SciREX
Science for RE-designing Policy

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ

SciREX コアカリキュラム編集委員会

https://scirex-core.grips.ac.jp/

目次

0. イントロダクション
    0.1 変容する社会の中で、科学とは？技術とは？イノベーションとは？
        0.1.1 科学技術イノベーション政策と SDG
    0.2 科学技術イノベーション（STI）政策とは何か
    0.3 政策形成におけるエビデンスと「科学技術イノベーション政策の科学」
1. 科学技術イノベーションのダイナミクス
    1.0 イノベーションとは何か
        1.0.1 イノベーションとは
        1.0.2 イノベーション･プロセスのモデル
        1.0.3 イノベーション･プロセスをシステムとして捉える
    1.1 大学を源泉とする知の創出、知の移転
        1.1.1 大学システムと大学組織のイノベーション
        1.1.2 大学からの知の移転メカニズム
        1.1.3 大学発ベンチャー
        1.1.4 スター･サイエンティスト　サイエンスとビジネスの好循環が新産業を創出する
    1.2 企業のイノベーション
        1.2.1 イノベーションと企業の栄枯盛衰
        1.2.2 イノベーションのタイプ
        1.2.3 なぜ既存企業はイノベーションへの対応が難しいのか
        1.2.4 変化するイノベーション観
        1.2.5 イノベーション実現のための技術戦略
    1.3 イノベーションの普及と規制
    1.4 科学技術イノベーション人材
    1.5 新たなイノベーションのダイナミズム
        1.5.1 途上国と科学技術イノベーション政策ン政策
        1.5.2 国際関係とSTI（科学技術イノベーション）
        1.5.3 科学技術外交の近年の動向と今後の課題
2. 科学技術イノベーションのガバナンス及び政策形成プロセス
    2.0 STI 政策とは何か
        2.0.1 イントロダクション
        2.0.2 STI 政策の対象と手段
        2.0.3 科学技術イノベーション政策の正当性
    2.1 STI ガバナンス
        2.1.1 STI ガバナンスの構造
        2.1.2 STI 政策プロセス
    2.2 STI ガバナンスの各段階におけるツール
        2.2.1 STI ガバナンスにおける意思決定のツール
        2.2.2 科学的助言
        2.2.3 レギュラトリー･サイエンス
        2.2.4 STI 政策の評価とフィードバック
    2.3 STI 政策執行におけるアクター間関係のガバナンス

3. 科学技術イノベーションと社会
    3.1 研究者コミュニティと科学技術イノベーション
        3.1.1　研究者の責任と倫理的･法的･社会的課題（ELSI）
        3.1.2　ビッグサイエンスと社会
    3.2 社会からみた STI
        3.2.1 科学コミュニケーション　その政策的展開と学術的研究の概観
        3.2.2 研究者コミュニティと市民が交わる場づくり
        3.2.3 リスクコミュニケーション　　マイナスな側面をどう共有してどう乗り越えるか
    3.3 科学の立場から見た社会
        3.3.1 STI の社会へのインパクト
        3.3.2 科学技術の社会実装における共感的可視化
        3.3.3 政策のための科学リテラシー 9 のステップ　　科学技術･政策リテラシーを育むために
4. 科学技術イノベーション政策の社会経済的インパクト評価
    4.1 STI　政策における政策効果を把握するためのフレームワーク
    4.2 科学技術イノベーションの測定･評価指標
        4.2.1 科学技術イノベーションに係る主な評価指標
        4.2.2 インプットをとらえる
    4.3 科学技術イノベーション政策効果の分析方法
5. 科学技術イノベーション政策の歴史･海外情報
    5.1 イノベーションの歴史
    5.2 日本の STI 政策の歴史
    5.3 米国の STI 政策の歴史
    5.4 海外主要国の研究開発概論

0.1　変容する社会の中で、科学とは？技術とは？イノベーションとは？

有本建男 *　　岡村麻子 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 20 日

リード文

エビデンスに基づく政策形成の必要性がうたわれるようになって久しい昨今、科学技術イノベーション政策の基盤となるべく、「科学技術イノベーション政策の科学」の必要性が認識され、日本では、2011 年度に「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』推進事業が開始された。この事業開始の背景においては、変容する社会とともに、科学、技術、イノベーション自体が変化を遂げ、同時に、科学技術イノベーション政策の対象・範囲・目的も変化をしているという認識がある。ここでは、エビデンスに基づく政策形成が必要とされる背景として、下記の点に注目して概要をまとめる。

- 科学技術イノベーションと社会はどのような接点を持つか？
- 我々は現在、どのような社会的課題やリスクに直面しているのか？
- 科学、技術、イノベーションとは何か？何がどのように変化しているのか？
- 科学技術イノベーション政策にどのような役割が期待されているのか？

キーワード

科学、技術、イノベーション、科学技術イノベーション、社会的課題、ブタペスト宣言

* 政策研究大学院大学客員教授
† 科学技術・学術政策研究所主任研究官、政策研究大学院大学専門職 (2020 年 11 月迄)

本文

科学技術イノベーション[*1]を取り巻く環境変化

20 世紀末から加速したグローバリゼーションと、デジタル技術の飛躍的発達、気候変動などグローバルな課題の出現によって、近代が築いてきた政治経済社会システム、人々の価値観、ライフスタイルが大きく変容している (有本建男, 2015)。経済や社会におけるグローバル化、オープン化、デジタル化とともに、科学技術イノベーションの活動そのものにおいても同様の変化が生じ、その構造自体がより複雑化している。

1999 年のブダペスト宣言（科学と科学的知識の利用に関する世界宣言（1999 年 7 月 1 日採択））において、科学が果たすべき 4 つの役割として、「知識のための科学; 進歩のための知識」「平和のための科学」「発展のための科学」に加えて、「社会における・社会のための科学」が必要であると提言された[*2]。ブタペスト宣言から 20 年近くたったいま、科学技術イノベーション活動自体、そして科学技術イノベーションと社会の関係はどのように変化しているのだろうか。

科学技術イノベーションと社会の接点の多層性

科学技術イノベーションと社会について考えるにあたり、その接点の多層性について理解する必要がある。

まずは、知の創出における貢献を超えて、社会的課題解決やイノベーション創出に対して科学技術が期待される側面である。例えば国連の持続可能な開発のための 2030 アジェンダ（SDGs: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development）では、その目標の達成において、科学技術イノベーションが果たす役割が期待されている[*3]。他にも、'Innovation Imperative', 'Innovation for Growth' などという用語が使われるように、科学技術を動員しイノベーションを創出し、社会の成長や発展につなげることが期待されている（OECD (2018) 等）。

一方、科学技術の開発や社会普及に伴い、新たな社会的課題が生まれる側面がある。例えば、AI の導入が雇用へもたらす影響、ビックデータ活用に伴うプライバシーの問題、遺伝子組み換えや遺伝子編集に伴う安全性や倫理的側面への考慮の必要性や法整備の対応といった、科学技術イノベーションの普及に伴って顕在化する社会的課題が存在し、倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues: ELSI）と呼ばれている[*4]。

さらには、科学技術は、社会と別個に存在するのではなく、社会の中により深く埋め込まれているようになってきている。科学技術イノベーションの発展の方向性が、インフラ、社会デザイン、

[*1]科学、技術、イノベーション、科学技術イノベーションの定義については後述する。

[*2]http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration_e.htm; http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/siryo/attach/1298594.htm; http://pari.u-tokyo.ac.jp/publications/column10.html

[*3]科学技術イノベーション政策と SDGs については、0.1.1 でとりあげている。

[*4]ELSI については 3.1.1 で取り上げている。

民主主義等のいわば社会的基盤や、個人や社会の価値観の変容や働き方や暮らし方などとも、相互に深く関連しあうようになっている。科学技術の理解なくして社会を理解することはできないし、社会における科学技術の役割を理解することなく科学を適用し技術をデザインすることはできなくなっている (Bijker, 2006)。

また一方で、科学に問うことはできるが、科学だけでは答えを出せない社会問題（トランス・サイエンス）[*5]が存在する。2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故等においても顕在化したこれらの問題について、理解を深めていく必要がある。

このように科学技術イノベーションに関わるイシューの分野横断性や複雑性が高まり、政府にとどまらない多様なアクターの関わりがますます重要になっていることから、そうしたことを包含して調整する「ガバナンス（governance）」という概念が必要とされている。「ガバナンス」とは、伝統的な政府（government）だけでなく政府以外の幅広いアクターも含めた組織との水平的関係を念頭においた、社会的判断のための機能・仕組み・制度設計である[*6]。

上記のような科学技術と社会の接点の多層性を踏まえて、社会全体として研究やイノベーションをどのように方向付け受け入れていくか、同時に、社会自体がどのような方向へ進化していくべきか、議論と取り組みがすすめられている。欧州においては、倫理的観点のみならず、科学技術イノベーションを社会の中に適切に位置付けること、また包摂的かつ持続的な研究イノベーションのデザインを促進するためのアプローチとして、責任ある研究・イノベーション（Responsible research and innovation:RRI）というコンセプトが 2010 年代以降に打ち出されている。そこでは、1) 男女共同参画 gender equality、 2) 科学リテラシーと科学教育 science literacy and science education、 3) 公共的関与 public engagement、 4) オープンアクセス open access、 5) 倫理 ethics そして 6) ガバナンス governance を軸として、研究現場での実践に向けた取り組みも進められている[*7]。

我が国の第 5 期科学技術基本計画[*8]においても、下記のとおり、科学と社会の密接性を前提として、様々なステークホルダーによる協働、協創の必要性がうたわれている。

> 「人類の歴史は、科学技術と社会システムとの相互作用により塗り替えられてきたが、科学技術が急速に進展するにつれて、両者の関係が一層密接になってきた。大変革時代とも言うべき状況下において、科学技術イノベーションにより、未来の産業創造と社会改革への第一歩を踏み出すとともに、経済・社会的な課題への対応を図るには、多様なステークホルダー間の対話と協働が欠かせない。このため、科学技術と社会とを相対するものとして位置づける従来型の関係を、研究者、国民、メディア、産業界、政策形成者といった様々なステークホルダーによる対話・協働、すなわち「共創」を推進するための関係に深化させることが求められる。」（第 6 章）

[*5] トランス・サイエンスについては 2.2.3 でとりあげている。
[*6] 科学技術ガバナンスに関しては 2 章で取り上げている
[*7] https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation
[*8] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html

社会的課題の俯瞰

このような多層性を踏まえた上で、科学技術イノベーションの社会における立ち位置を考えるにあたり、我々が直面する社会的課題やリスクとして、どのようなものが認識されているのか、幾つか例を紹介する。

まず、国際社会が力を合せ取り組むべきグローバルな課題として、前述の国連 SDGs が挙げられる。本アジェンダでは、「誰一人取り残さない－ No one will be left behind」を理念として、経済成長、社会的包摂、環境保護という 3 つの主要素を調和させることで、国際社会が 2030 年までに貧困を撲滅し、持続可能な社会を実現することとし、その重要な指針として、17 の目標（ゴール）を設定している[*9]。そこで認識されている社会的課題は、下記の通り、多岐に渡る。

(SDGs における社会的課題)
貧困・飢餓に終止符、食料の安定確保、栄養状態の改善、持続可能な農業、健康的な生活の確保、福祉の推進、包摂的かつ公平で質の高い教育の提供、ジェンダーの平等、水と衛生へのアクセスと持続可能な管理、持続可能かつ近代的なエネルギーへのアクセスの確保、持続的・包摂的かつ持続可能な経済成長、生産的な完全雇用、ディーセント・ワーク、レジリエントなインフラ整備、イノベーションの拡大、国内および国家間の不平等を是正、包摂的・安全・レジリエントかつ持続可能な都市と居住、持続可能な消費と生産パターンの確保、気候変動への対応、海洋と海洋資源の持続可能な開発と利用、陸上生態系の保護・回復・持続可能な利用推進、森林の持続可能な管理、砂漠化への対処、生物多様性損失の阻止、平和で包摂的な社会の推進、すべての人々に司法へのアクセスを提供、あらゆるレベルにおいて効果的で責任ある包摂的な制度構築、グローバル・パートナーシップの活性化

この他、現代の解決すべき重要な課題や、科学技術イノベーションへ影響を与えるメガ・トレンド、よりローカルな社会的課題の一例として、下記が挙げられる。

(現代の解決すべき重要な課題)
21 世紀の人口問題 (人口増加、移民、高齢化) への対処、水資源・エネルギー・食料・気候問題の同時解決、地勢経済学的・地政学的ランドスケープの変化への対応、動くフロンティア（デジタライゼーションがどのように経済を駆動し、働き方を変えるのか）への対応、富・健康・知識におけるグローバル規模の不均衡への対応 (OECD, 2016a)

(科学技術イノベーションへ影響を与えるメガ・トレンド)
人口、資源エネルギー、気候変動・環境、グローバリゼーション、政府の役割、経済・雇用・生産性、社会、健康・不平等・福祉 (OECD, 2016b)

[*9]詳細は 0.1.1 及び https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/ 参照

(よりローカルな社会的課題)
つながりの希薄化、子供の環境、自己中心的行動の拡大、犯罪の多様化・凶悪化、町の機能の衰退、高齢者生活の不安、医療サービスの持続性への不安、仕事と家庭生活の不整合、人材の先細り、労働環境の悪化、豊かさの分配に対する懸念、地方の格差、新システムへの不安、都市における環境災害、テロ・感染症への不安、食料・生活財確保への不安、国境を超える環境汚染 (JST-RISTEX, 2010)

この他、国際機関（例として UNESCO (2015)）や各国政府系機関（例として米国 The National Intelligence Council (2012)）、さらには産業界（例として Eurasia Group (2017)）などが、将来社会を見据えた上で、社会的課題やリスクについて取り上げている。

これらを俯瞰すると、現在認識されているグローバル、ローカルな社会的課題の多くが、正負の両面で、科学技術イノベーションと何らかのかたちで関連しあうことがわかる。これらは、科学技術が解くべき課題であったり、逆に新しい科学技術によりもたらされる課題であったり、さらには、科学技術に問うことはできるが、科学技術だけでは答えを出せない社会問題である。

科学とは何か？技術とは何か？イノベーションとは何か？ - 定義

科学、技術、イノベーション、科学技術イノベーションの定義についてここで確認する。次項で、それらのうち、どのような側面で変化がおきていると議論されているのか紹介する。

科学 (Science)
科学とは、仮説と検証という過程を通じた知識の創造、であるが、様々な定義が存在する。例えば、米国における科学政策に関する主要な教科書的文献ともいえる Neal et al. (2008) における定義を確認すると、Thomas Kuhn や Carl Sagan による定義を紹介した上で、「科学は、プロセスとアウトカム双方を記述するために用いられる。すなわち、知識を得るためのプロセスと、得られた知識そのもの」であるとしている。

技術 (Technology)
技術は、目的達成のために用いられる手段・手法、としてとりあつかう。

イノベーション (Innovation)
イノベーションとは、知識の新たな結合による社会の変革である。シュンペーターは、イノベーションを、「新規の、もしくは、既存の知識、資源、設備などの新しい結合」と定義している[a]。

[a] イノベーションとは何か、については 1.0.1 を参照。

科学技術イノベーション (Science, Technology and Innovation)
「科学技術イノベーション」とは、政策用語である。政策文書における定義として、科学技術基本計画においては、科学技術イノベーションを、「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新」として定義している。

また、科学や技術と関連する活動として、研究開発がある。国際比較可能な測定・統計の実現を目指した OECD Frascati manual では、次のように定義されている (OECD, 2015)。

研究開発 (Research and experimental development)
研究及び試験的開発（R&D: research and experimental development）とは、知識－人類、文化、及び社会についての知識を含むーの蓄積を増大するために、並びに利用可能な知識の新たな応用を考案するために行われる、創造的であり体系的な作業から成る (伊地知寛博, 2016a)。

科学技術イノベーションの質の変化

それでは、どのような点で、科学技術イノベーションが変容しつつあるのか。ここでは、重要と思われる観点や、変化の兆しを幾つか紹介する。

- **【グローバル化】**持続可能性や社会包摂性などのグローバルな社会課題解決に対して科学技術イノベーションの貢献が期待されているなか、科学技術イノベーション活動も多国間・他地域にまたがるグローバルな協力がますます必要になってきている。
- **【マルチ・ディシプリン化、トランス・ディシプリン化】** 複雑な社会課題に対応するためには、単一の研究領域ではなく、複数の研究領域からの貢献－マルチ・ディシプリナリなアプローチ―が必要とされている。さらには、現実の社会課題に対応するためには、科学における多様性のみならず、政策や産業界、市民など多様なアクターとの協業が必要となるトランス・ディシプリナリな取り組みが必要となっている。この背景として進行しているのが、誕生以来 20 世紀まで続いてきた、近代化を支えてきた科学技術における知識の細分化、要素還元的方法、機械論的自然観の大きな転換である (有本建男, 2015)
- **【デジタライゼーション、デジタルトランスフォーメーション】** デジタル技術や AI の飛躍的発展により大規模データの利活用の可能性が拡がることにより、知識創出・共有や経済社会の構造が変化している (OECD, 2019)。同時に、研究環境や研究方法、研究成果の共有の在り方も変化している (OECD, 2020)。これは、仮説検証型から Data-driven science へと、科学の本質をも転換させることにつながりうることが示唆されている。
- **【オープン化】**デジタライゼーションが大きな契機となり、研究活動にも大きな変化が訪れいる。1990 年代に始まった学術ジャーナルの電子化は、その後、論文のオープンアクセス運動につながり、論文、雑誌、査読の意義や、論文数や被引用数などの限定的な項目に依拠した研究評価のありかたの見直しなど、研究活動や研究者のエコシステムの再考を促しなが

ら、研究データや研究プロセスを管理・保有・共有・公開するプラットフォームやサービスの開発が試行錯誤されている (林和弘 et al., 2019)。

- 【民主化／ステークホルダーの多様化】制度化された組織において活動する職業研究者だけではなく、シチズンサイエンスなどを通じて、市民を含む多様な担い手が研究やイノベーション活動に参加する－科学技術イノベーションの民主化―が進むことが期待される。この背景として、デジタライゼーションを発端とする科学研究やイノベーション活動のオープン化による研究成果の公知化や、クラウドファンディング等を通じた研究資金獲得源の多様化、研究活動やイノベーション活動のプロセスへの市民等ステークホルダーの参加を前提とした共創型研究プロジェクトの出現がある (林和弘 et al., 2019)。

科学技術イノベーション政策の対象・範囲・目的を含むフレームワークの変化

上記のような科学技術イノベーション自体の変化と同時に、科学技術イノベーション政策の目的や対象・範囲等を含む、政策形成のフレームワークにも変化が生じている。ここでは、重要と思われる観点や、変化の兆しを幾つか紹介する。

- 【科学技術イノベーション政策の理論的枠組み（フレーミング）が変化】している。小林信一 et al. (2019) では関連文献を引用して、次のように整理している。大学等における科学的発明を、企業が応用研究を通じて商業化することによりイノベーションが生じ、それが経済成長につながるというリニアモデルを前提とした「成長のためのイノベーション」を第一の枠組みとすると、セクターを超えた相互作用や各段階でのフィードバックループを重視した「ナショナル・イノベーション・システム」が第二の枠組みとして位置づけられる。いまや、複雑で広範な社会的課題解決を念頭に、社会経済と技術とが統合された社会技術システム全体の変革を伴う「トランスフォーマティブな変化」が第三の枠組みに移行しつつある。これは、「ミッション志向のイノベーション政策」や、SDGs のような「グランドチャレンジ」「グローバルチャレンジ」に対応した科学技術イノベーション政策の枠組みである。
- このようなフレームワークの変化は、【インパクトを重視した **STI** 政策への変化】と捉えることもできる。これまでの科学や技術の成果を政策の主な対象としていた科学政策や技術政策から、経済成長やイノベーション創出、さらにはウェルビーイングの達成や社会的課題解決など、いわゆるンパクトやアウトカムを重視する科学技術イノベーション政策へと、政策の範囲や目的が拡大している。
- 政策目標における価値付けが、【経済成長から個人・社会の多様な幸せへ】とシフトしている。高度成長期以降、GDP 成長という量的成長だけではなく精神面も含めた幸福度などの質的成長の重要性が提起され久しいが、GDP を超えた社会的進歩の測定への挑戦はいまだ続く (ジョセフ・E. スティグリッツ et al., 2020)。科学技術イノベーション政策においても、社会的課題解決が重視されるとともに、包摂性ある社会設計における科学技術イノベーションの役割がますます認識されるようになった。第 6 期科学技術基本計画においては、

Society 5.0 という目指すべき未来社会の重要な構成要素として、「一人ひとりの多様な幸せ（well-being）」が実現できる社会が位置づけられている。

- このような変化を前提として、科学技術イノベーション活動や関連する政策形成において、人文・社会科学の知見の活用がますます重要となっている。2021 年度より開始されている第 6 期科学技術基本計画においては、**「自然科学のみならず人文・社会科学も含めた多様な「知」の創造と、「総合知」による現存の社会全体の再設計」**が必要であるとしている[*10]。
- また、政策形成における**【科学的助言の重要性】**がますます高まっている (有本建男 et al., 2016)。2011 年の福島第一原子力発電事故や 2020 年から現在も続くコロナ禍など社会が災禍を経験するなかで、科学的助言のあり方やその課題が社会的な議論となっている。これは同時に、不確実性を伴う科学的知識そのものや、その社会的含意を社会で議論し共有していく能力を社会全体として獲得していく必要性を提起している。
- また一方で、科学は、国家のあるいは国際的な開発のためのツールとなっており、政府によって、より功利主義的なフレーミングのもと位置づけられるようになっている (Gluckman, 2016)。知識の利用とイノベーションの速度は社会と政府にとって機会でもありチャレンジとなっている。**【競争と協調のバランス】**とともに、そのための科学技術外交の重要性が引き続き認識されている。

References

Bijker, W. E. (2006). Why and how technology matters. In Goodin, R. E. and Tilly, C., editors, *The Oxford Handbook of Contextual Political Analysis*. Oxford Handbooks Online. doi:10.1093/oxfordhb/9780199270439.003.0037.

Eurasia Group (2017). Top risks 2017: The geopolitical recession. Technical report, Eurasia Group. https://www.eurasiagroup.net/issues/top-risks-2017.

Gluckman, S. (2016). Science advice to governments: an international perspective. 第 82 回 GIST Seminar 2016 年 11 月 7 日発表資料.

International Social Science Council (2016). World social science report: 2016 report - challenging inequalities: Pathways to just world. http://www.worldsocialscience.org/activities/world-social-science-report/2016-report-inequality/.

JST-CRDS (2011). 「エビデンスに基づく政策形成のための『科学技術イノベーション政策の科学』の構築」. 戦略提言 CRDS-FY2010-SP-13, JST-CRDS. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

JST-RISTEX (2010). 報告書「将来予想される社会問題の俯瞰的調査-社会技術研究開発事業　研究開発領域探索のための予備調査-」. http://ristex.jst.go.jp/.

Neal, H. A., Smith, T. L., and McCormick, J. B. (2008). *Beyond Sputnik: US science policy in the 21st*

[*10] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/6honbun.pdf

century. University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. http://www.science-policy.net/index.html.

OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Science, Technological and Innovation Activities*. OECD Publishing, Paris. doi:http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en.

OECD (2016a). *OECD Horizon Scan of Megatrends and Technology Trends in the context of future research policy*. Danish Agency for Science, Technology and Innovation. https://ufm.dk/en/publications/2016/an-oecd-horizon-scan-of-megatrends-and-technology-trends-in-the-context-of-future-research-policy.

OECD (2016b). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-en.

OECD (2018). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm.

OECD (2019). *Digital Innovation: Seizing Policy Opportunities*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a298dc87-en.

OECD (2020). *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation*. https://www.oecd.org/going-digital/digitalisation-of-STI-summary.pdf.

The National Intelligence Council (2012). Global trends 2030: Alternative worlds. https://globaltrends2030.files.wordpress.com/2012/11/global-trends-2030-november2012.pdf.

UNESCO (2015). UNESCO Science Report Towards 2030. http://en.unesco.org/node/256322.

ジョセフ・E. スティグリッツ, ジャン＝ポール・フィトウシ, and マルティーヌ・デュラン (2020). *GDP* を超える幸福の経済学. 明石書店.

伊地知寛博 (2016a). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (後編). *STI horizon= STI* ホライズン*:* イノベーションの新地平を拓く, 2(4):42–47. http://doi.org/10.15108/stih.00048.

伊地知寛博 (2016b). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (前編). *STI horizon= STI* ホライズン*:* イノベーションの新地平を拓く, 2(3). http://doi.org/10.15108/stih.00047.

金間大介, 伊東真知子, 明谷早映子, 岡村麻子, 標葉隆馬, 野呂高樹, 福井啓介, and 三森八重子 (2019). 新研究領域の形成と推進方策. 研究 技術 計画, 34(3):258–269.

小林信一, 赤池伸一, 林隆之, 富澤宏之, 調麻佐志, and 宮林正恭 (2019). 科学技術基本計画の変遷と次期への展望. 研究 技術 計画, 34(3):190–215.

政策研究大学院大学 (2013). 「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』の推進

に向けた試行的実践」. Technical report, 政策研究大学院大学. (平成 25 年度文部科学省委託調査研究) https://scirex.grips.ac.jp/resources/archive/140612_395.html.

有本建男 (2015). 科学技術の変容と 21 世紀のビジョンと思考力. 情報管理 *2015*, 58(8):623–634. https://doi.org/10.1241/johokanri.58.623.

有本建男 (2017). 21 世紀地球社会と科学技術の役割と責任－社会との新しい契約. In 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST-CRDS）, editor, 科学をめざす君たちへ*:* 変革と越境のための新たな教養. 慶應義塾大学出版会. https://www.keio-up.co.jp/np/detail_contents.do?goods_id=3348.

有本建男, 佐藤靖, and 松尾敬子 (2016). 科学的助言*:* *21* 世紀の科学技術と政策形成. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b307229.html.

林和弘, 吉本陽子, 佐藤遼, and 鈴木羽留香 (2019). デジタライゼーションとイノベーション政策. 研究 技術 計画, 34(3):270–283.

0.1.1　科学技術イノベーション政策と SDGs

中川尚志 *　　山本弦 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 8 月 5 日

リード文

0.1 で紹介したように、社会的課題解決に向けて科学技術イノベーションの動員が期待されている。本稿では、国連が提唱し世界を巻き込んだムーブメントとなっている「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」（Sustainable development goals: SDGs）について取り上げる。

2015 年 9 月の国連総会において、17 の目標と 169 のターゲットから構成される SDGs が全会一致で採択された。SDGs は、経済成長、社会的包摂、環境保護を特徴とし、先進国と途上国が共に取り組む課題（達成目標）である。国連では科学技術イノベーションに関する新たなフォーラムの設置を始め、NGO、ビジネスセクター等との連携によるイノベーションと目標達成の実現など STI との連携（STI for SDGs）を今までに無く強めているほか、ICS や AAAS 等をはじめ、様々な科学技術イノベーションに関連する団体が活動を活発に行っている。本稿では、SDGs と科学技術イノベーション政策、SDGs とイノベーションについて論じる。

キーワード

SDGs、STI for SDGs、multi-stakeholder、共通言語、システム思考、持続可能な開発目標（SDGs）推進本部、外務大臣科学技術顧問、STI Forum、ICS、SATREPS、capacity building、JST、JICA、Future Earth 、Sendai Framework for Disaster Risk Reduction、UNDP、SHIP、ESG 投資、CSV

本文

1　イントロダクション

2015 年 9 月の国連総会において、17 の目標と 169 のターゲットから構成される「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」（Sustainable development goals: SDGs）が全会一致で採択された。

* 政策研究大学院大学 SciREX センター　政策リエゾン、科学技術振興機構研究開発戦略センター　元フェロー
† 政策研究大学院大学 SciREX センター　政策リエゾン、日本学術振興会

SDGs は、経済成長、社会的包摂、環境保護を特徴とし、先進国と途上国が共に取り組む課題（達成目標）である。国連では科学技術イノベーションに関する新たなフォーラムの設置を始め、NGO、ビジネスセクター等との連携によるイノベーションと目標達成の実現など STI との連携（STI for SDGs）を今までに無く強めているほか、ICS や AAAS 等をはじめ、様々な科学技術イノベーションに関連する団体が活動を活発に行っている。本稿では、SDGs と科学技術イノベーション政策、SDGs とイノベーションについて論じる。

2　SDGs と科学技術イノベーション

2.1　SDGs とは

2015 年 9 月に国連総会において「持続可能な開発サミット」が開催され、「我々の世界を変革する：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ（Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development）」が全会一致で採択された。本アジェンダでは、「誰一人取り残さない－No one will be left behind」を理念として、経済成長、社会的包摂、環境保護という 3 つの主要素を調和させることで、国際社会が 2030 年までに貧困を撲滅し、持続可能な社会を実現することとし、その重要な指針として、17 の目標（ゴール）を設定している。この目標は、2001 年に策定された MDGs（ミレニアム開発目標：Millennium Development Goals）の後継として Post-2015 の議論を基に策定され、SDGs（持続可能な開発目標：Sustainable Development Goals）と言う。SDGs は、MDGs の残された課題やこの 15 年間に顕在化した都市、気候変動、格差など途上国のみならず先進国が自らの国内で取り組まなければならない課題を含む、全ての国に適用される普遍的（ユニバーサル）な目標として設定された。また、その達成のためには、先進国も途上国も含む各国政府や市民社会、民間セクターを含む様々なアクター（主体）が連携し（**multi-stakeholder**）、ODA や民間の資金も含む様々なリソースを活用していく「グローバル・パートナーシップ」を築いていくことが重要とされており、それらの**共通言語**として機能するとされている。SDGs は、17 のゴール、169 のターゲット、244(重複を除くと 232) の指標から構成され、ゴール／ターゲットは相互に関連（NEXUS）する。 1 つのゴール／ターゲットだけでなく、SDGs の全てのゴール／ターゲットの相互作用を理解し、包摂的かつ統合的に取組む、**システム思考**が不可欠とされる。SDGs 達成の推進方法の特徴は、 1 ）野心的な目標の提示、 2 ）実施メカニズムは特定しない、 3 ）モニタリングと評価により後押しする、というものであり、そのための仕組みとして、国連では、持続可能な開発のためのハイレベル政治フォーラム（HLPF）を新たに設置し、地球規模のフォローアップ・評価を毎年実施し、 4 年に一度首脳レベル会議を開催（次回 2023 年）する。

日本においては、国連での採択の後、全国務大臣を構成員とする「**持続可能な開発目標（SDGs）推進本部**」が 2016 年 5 月に設置、12 月には「持続可能な開発目標（SDGs）実施指針」が策定された。科学技術政策に関しては、外務省に置かれた「**外務大臣科学技術顧問**」（2015 年 9 月～2020 年 3 月岸輝雄東京大学名誉教授、2019 年 4 月～（次席科学技術顧問）狩野光伸岡山大学教授、2020 年 4 月～松本洋一郎東京理科大学学長）が主宰する「科学技術外交推進会議」においても活発に議

論され、2017 年 5 月には SDGs への対応に係る提言「未来への提言～科学技術イノベーションの「橋を架ける力」でグローバル課題の解決を」を取りまとめている。



図 1　持続可能な開発目標（ＳＤＧｓ）
出典：国連広報センター

2.2　科学技術イノベーションへの期待

科学技術イノベーション政策や研究開発振興も従来のように技術革新の追求にとどまるのではなく、 ユーザーの多様な要望や共感に応える新しい価値やサービスを創出することが求められている。 SDGs が示す目標はこれからの社会の共通価値・ビジョンと言えるものであり、科学技術イノベーションにより実現が期待される新たな価値・サービスの目標となりうるものである。SDGs の推進においても、科学技術イノベーションへは大きな期待が寄せられている。国連では Multi-Stakeholder Forum on STI for the SDGs (**STI Forum**) を設置している。科学コミュニティも SDGs に対し様々な取組を行っている。2018 年に合併した ICSU（国際科学会議）と ISSC（国際社会科学評議会）は連名で SDGs 採択の前に 17 のゴールについてのレビューのレポートを作成している。また、最新のレポートでは 17 のゴール間の関係性（トレードオフ）の分析も行っている。

AAAS 年次総会や World Science Forum、サイエンスアゴラ[*1] などサイエンスフォーラムや助成機関などでも活発に議論が交わされている。日本においては、先駆的な取組として、先進国と開発途上国が連携して地球規模課題の解決に取り組むプログラム「SATREPS」（**JST**（（国研）科学技術振興機構）等及び **JICA**（（独）国際協力機構））が実施されている。**SATREPS** では 2008 年よりこれまで、SDGs に関連の深い 環境・エネルギー/生物資源/防災/感染症分野において世界 40 カ国以上で 100 以上のプロジェクトを実施し、様々な研究成果とその社会実装 および 人材育成（**capacity building**）を通じて SDGs に貢献している。

17 のゴールのそれぞれと密接に関連した研究分野毎においても様々な取組がなされている。例えば、地球観測に関する政府間会合（**GEO**：Group on Earth Observations）では、GEO に関する重要方針に SDGs を位置づけ、モニタリングへの協力など積極的に国連機関と連携するとともに、アウトリーチにも熱心に取り組んでいる。地球環境研究分野においては、2012 年 Rio+20 で提唱された持続可能な地球社会の実現をめざす国際協働研究プラットフォーム「**Future Earth**」が SDGS との連携を深めている。また、防災分野に関しては、SDGs 採択に先駆けて策定された **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction** がゴール 11 都市に含まれている。

3　SDGs とイノベーション

SDGs の達成の鍵となるのは、ビジネスとの連携である。SDGs を新たなビジネスの機会として捉えた様々な活動がある。例えば、国連開発計画（UNDP）と一般社団法人 Japan Innovation Network（JIN）が運営している SHIP という活動は「SDGs の達成をイノベーションの機会として捉え、企業の技術・ノウハウで世界中の課題の解決を目指す、オープンイノベーション・プラットフォーム」を構築している。また、企業戦略では「CSV（Creating Shared Value）」が、金融面では「ESG 投資」[*2]が注目されている。

4　結語

1999 年ブタペスト宣言以降、科学コミュニティは新たに「社会のための科学」に取り組んできたが、2015 年 SDGs 採択を受けて、科学と社会の関係も新たなフェーズに入ったと言える。科学技術イノベーション政策を学ぶ上で、SDGs を科学技術イノベーションと社会との接点と捉え、理解が深まれば幸いである。

[*1] サイエンスアゴラ 2016 シンポジウム・トークセッション「いま世界が直面する SDG s 等の課題解決にイノベーションは何ができるか？」（2016.11　科学技術未来館）AAAS ホルト代表は本講演において、米国における SDGs の認識の低さについてふれ、その責任の一端は科学者にあると指摘した。http://www.jst.go.jp/csc/scienceagora/reports/2016/pickup/pickup1.html

[*2] 年金積立金管理運用独立行政法人（GPIF) は自身の HP,http://www.gpif.go.jp/operation/esg.html で ESG 投資と SDGs の関係について説明している。また、経済産業省でも持続的成長に向けた長期投資（ESG・無形資産投資）研究会,http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sansei/jizokuteki_esg/001_haifu.html が開催され議論されている。

References

CSV に関する記事. http://www.huffingtonpost.com/entry/csv-and-the-sdgs-creating-shared-value-meets-the_us_58eb9ceae4b0acd784ca5a63.

GEO 事例集. https://www.earthobservations.org/documents/publications/201703_geo_eo_for_2030_agenda.pdf.

JST 事例集.

JST 理事長レポート※国際戦略委員会資料.

PWC レポート.

"SDG index and dashboards report 2017 global responsibilities international spillovers in achieving the goals". http://www.sdgindex.org/.

グローバルコンパクト　コンパス.

グローバルコンパクトレポート（アンケート）.

国連コンパス日英.

国連採択文書日英　url.

持続可能報告書 2017.

ICSU (2015). Review of targets for the sustainable development goals: The science perspective. https://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/review-of-targets-for-the-sustainable-development-goals-the-science-perspective-2015.

ICSU (2017). A guide to SDG interactions: from science to implementation. https://www.icsu.org/publications/a-guide-to-sdg-interactions-from-science-to-implementation.

関連データ・ソース

- 国連広報センター http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/
- 首相官邸　持続可能な開発目標 (SDGs) 推進本部 http://www.kantei.go.jp/jp/singi/sdgs/
- 外務省
- 外務省科学技術顧問
- 文部科学省　日本ユネスコ国内委員会運営小委員会：「持続可能な開発のための教育 (ESD)」 http://www.mext.go.jp/unesco/002/006/002/006/shiryo/1376085.htm
- 公益財団法人 地球環境戦略研究機関（IGES）: SDGs プロジェクト"Aspiration to Action" http://www.iges.or.jp/jp/sdgs/index.html
- JST 「SDGs 達成に向けた科学技術イノベーションの実践」https://www.jst.go.jp/

sdgs/pdf/sti_for_sdgs_report_mar_2021.pdf

- JST「STI for SDGs 読本」https://www.jst.go.jp/sdgs/pdf/sti_for_sdgs_textbook.pdf
- 独立行政法人 国際協力機構 (JICA) :「持続可能な開発目標（SDGs）と JICA の取り組み」https://www.jica.go.jp/aboutoda/sdgs/index.html
- Sustainable Development Solution Network (SDSN) Japan http://sdsnjapan.org/
- 国連大学サステイナビリティ高等研究所（UNU-IAS）http://ias.unu.edu/jp/
- 東京大学　サステイナビリティ学連携研究機構；フューチャー・アース日本ハブ http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/
- 持続可能な開発目標とガバナンスに関する総合的研究（POST2015）-地球の限られた資源と環境容量に基づくポスト 2015 年開発・成長目標の制定と実現へ向けて-（慶應義塾大学　蟹江研究室）http://kanie.sfc.keio.ac.jp/post2015/
- グローバル・コンパクト・ネットワーク・ジャパン http://ungcjn.org/
- グローバル・コンパクト・ジャパン・アカデミー http://www.jgcan.org/
- SDGs 市民社会ネットワーク http://www.sdgscampaign.net/
- United Nations Sustainable Development Goals http://www.un.org/sustainabledevelopment/
- United Nations Technology Facilitation Mechanism (TFM) https://sustainabledevelopment.un.org/TFM
- United Nations Global Compact https://www.unglobalcompact.org/
- The United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS) http://ias.unu.edu/en/
- BctA
- UNESCO https://en.unesco.org/un-sab/content/science-and-2030-agenda-sustainable-development
- World Bank SDGs http://datatopics.worldbank.org/sdgs/
- Sustainable Development Solutions Network (SDSN) http://unsdsn.org/
- SDSN Japan http://sdsnjapan.org/en/
- Post2015 Project at Keio University http://kanie.sfc.keio.ac.jp/post2015/en/
- The University of Tokyo Institutes for Advanced Study (UTIAS), Integrated Research System for Sustainability Science (IR3S) http://en.ir3s.u-tokyo.ac.jp/
- SDG Knowledge Hub by International Institute for Sustainable Development (ISSD) http://sdg.iisd.org/
- International Council for Science (ICSU) SDGs http://www.icsu.org/science-for-policy/sustainable-development-goals-1/sustainable-development-goals
- International Telecommunication Union (ITU) https://www.itu.int/en/sustainable-world/Pages/default.aspx
- GEO https://www.earthobservations.org/geo_sdgs.php

- World Business Council for Sustainable Development (wbcsd) http://www.wbcsd.org/

0.2　科学技術イノベーション (STI) 政策とは何か

赤池伸一 *　　岩渕秀樹 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 11 月 5 日

リード文

STI 政策の範囲、構造等について概観するとともに、適宜、海外の STI 政策や歴史について触れる。また、基礎的な科学技術統計や指標についても紹介する。

キーワード

STI 政策、科学技術基本法、科学技術基本計画

本文

1　イントロダクション

STI 政策と他の政策領域との関係性、構造、構成要素等を知ることによって、STI 政策の実務や研究を行う上での基礎的な枠組みを提供する。

2　科学技術イノベーション政策の範囲、他の政策領域との関係性

科学技術イノベーション政策の概念について論じるに当たっては、先ず、科学技術政策あるいは科学技術イノベーション政策がこれまでどのように定義されてきたのかを確認することが必要であろう。例えば、乾侑 (1982) は、「科学技術政策とは、人的・物的資源を駆使して、政府や民間の諸機関における科学技術の諸活動を推進するとともに、その科学技術の基盤の整備を図るために、環境との調和に留意しつつ、国が計画的かつ組織的に行う、科学技術に関する行動方針およびそれを実現するための行動の体系である。」と定義している。しかしながら、「科学技術政策の概念は 1960 年代から 1970 年代にかけて確立したが、各国の歴史的背景の違いや時代の変化とともにその内容

* 科学技術・学術政策研究所上席フェロー、文部科学省科学技術・学術政策局付、内閣府参事官
† 文部科学省研究開発局　研究開発戦略官（核融合・原子力国際協力担当）

は変遷してきている。そのため、科学技術政策に関する明確で、権威のある定義はないに等しい。また、科学技術政策を明確に解説する標準的教科書もほとんどない。」(小林信一, 2011) と言われている。また、一橋大学イノベーション研究センター (2017) では、一章を科学技術イノベーション政策の概説に割いている。

日本政府における定義を顧みれば、第４期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）の次の記述が、科学技術政策から科学技術イノベーション政策への概念の発展をも踏まえており、特筆すべきであろう。「『科学技術イノベーション』とは、『科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新』と定義する。」「科学技術政策に加えて、関連するイノベーション政策も幅広く対象に含めて、その一体的な推進を図っていくことが不可欠である。このため、第４期基本計画では、これを『科学技術イノベーション政策』と位置付け、強力に展開する。」

科学技術イノベーション政策に関連する概念を整理した岡村麻子 et al. (2013) においても、この第４期科学技術基本計画を先ず引用しているが、そこでは、「科学技術イノベーション」を「科学技術を基盤とするイノベーション」と狭く定義しつつも、「科学技術イノベーション政策」については、「科学技術イノベーション」（科学技術を基盤とするイノベーション）の政策と狭く定義しているわけではない、という同基本計画の定義の特徴について触れているところである。ここでは、第４期科学技術基本計画と同様に、「科学技術イノベーション」とは、「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値 の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新」として取扱うこととする。

この定義については、第５期科学技術基本計画等、各種の政策文書においても踏襲されている。

「科学」、「技術」及びイノベーションは元々別の概念である。様々な定義があるが、

科学　仮説と検証という過程を通じた知識の創造

技術　目的達成のために用いられる手段・手法

イノベーション　知識の新たな結合による社会の変革

として考える。

イノベーションは、日本では「技術革新」と訳しているが、イノベーションの源泉は科学技術のみに由来するものではなく、誤解を招くものである。例えば、中国語では、「創新」と訳している。科学政策（science policy）、技術政策（technology policy）、イノベーション政策（innovation policy）についても、各々の特徴を明らかにしておくべきであろう。この点について、The Oxford Handbook of Innovation による整理を紹介したい（図 1 参照、Fagerberg and Mowery (2009)）。

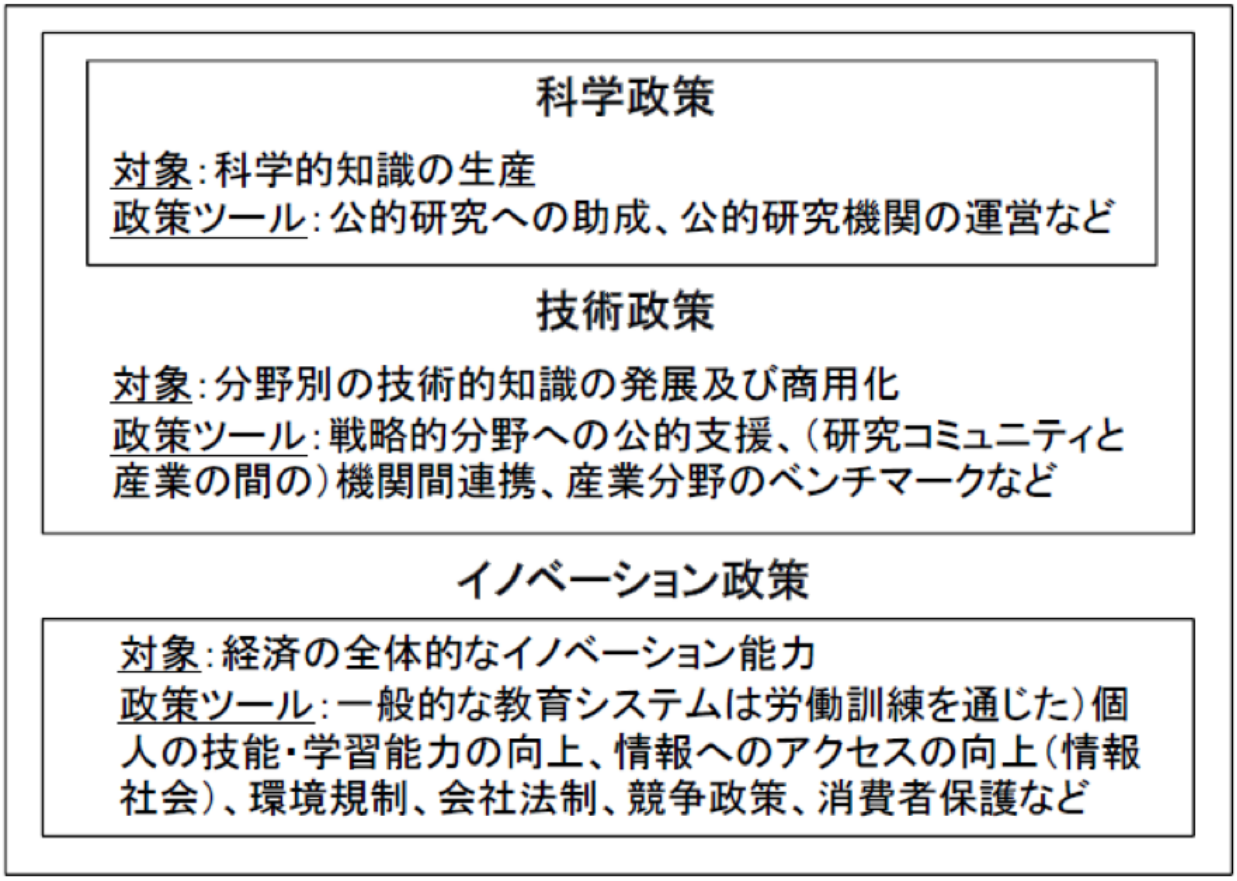
これによれば、「科学政策」の関心は、科学に対して十分なリソースを確保し、それを様々な活動ごとに賢く配分し、効率的な使用と社会福祉へ貢献する点にあり、特に、学生や研究者の質や量に特に注目するとされる。また、「科学政策」は、国の栄誉、文化的価値、国家安全保障、経済など多様な対象を持ち、教育・研究担当の中央省庁や研究関係の公的組織を主な担い手とするとされる。

同様に、「技術政策」は、技術や産業分野に着目した政策を指し、戦略技術や戦略産業分野の特定、特定分野の振興を特徴とするとされる。「技術政策」は、先進国では先端的な技術を生み出すことを、後発国ではかかる技術を吸収して市場で活用することを指すなど、後発国と先進国では異

なる意味を持つ。また、米国では国防・エネルギーのような分野毎に「技術政策」が展開されるが、日本では「技術政策」を産業政策の観点から所管する独自の行政庁が存在するなど、国ごとにも異なる意味を持つ。

他方で、「イノベーション政策」の主な目的は経済成長と国際競争力にあり、大別して、「レッセ・フェール」、「イノベーション・システム」という二つ類型からなる。前者は、特定の技術や産業分野に着目せず、フレームワークに着目するもので、基礎研究や教育、知的財産政策、起業家育成、科学技術への国民の関心喚起などが含まれ、後者は、イノベーション・システムの各部分の間の関係を最適化することに関心を注ぐとされる。このように、「イノベーション政策」は極めて多様な内容を含み、大学や技術に止まらず、多くの経済主体に関わり、公的セクターの取組みに閉じないという特徴があるとされる。

表 1　科学政策、技術政策、イノベーション政策の関係



出典:Fagerberg and Mowery (2009), The Oxford Handbook of Innovation

科学技術イノベーション政策は、産業政策、安全保障政策、環境政策等様々な政策領域と一部重なっており、その関係性については、2 章において詳述する。

3　科学技術基本法等の法体系

議員立法による 1995 年の科学技術基本法の制定までは、科学技術政策を一般的に規定するような法体系は無く、科学技術庁等の設置法や研究交流促進法等の個別法令で業務が規定されていた。包括的に科学技術政策を包括的に規定するものとしては、科学技術会議の基本答申とこれを元に閣議決定された「科学技術政策大綱」がその役割を果たしていた。

科学技術基本法は、5 年ごとに科学技術基本計画を策定すること、毎年、年次報告（白書に相当）を行うこと等が規定されている。科学技術基本計画では、政府研究開発投資目標、重点研究開発分野、重点施策等が規定される。特に、将来の財政支出に関係することから、国の計画において複数年度の投資目標を規定されることは珍しい（他には、中期防衛力整備計画がある）。例えば、第 1 期科学技術基本計画ではいわゆるポスドク 1 万人計画、第 2 期及び第 3 期では重点研究開発分野、第 4 期計画では課題解決型の科学技術、第 5 期では基盤的な力と Society 5.0 等の政策コンセプトや重点分野・施策が規定されている。



図 1　科学技術基本計画の変遷

科学技術基本法の他、2008 年には研究交流促進法の後継となる研究開発力強化法（研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律）が制定され、イノベーション人材の育成、研究公務員の身分に関する特例、施設の共用の促進等が規

定されている。

4　科学技術イノベーション政策の実施体制

科学技術イノベーション政策の実施体制は、それぞれの国の政治・経済・社会制度、研究コミュニティの構造、行政機関の組織設計等によって異なるが、おおむね以下のような要素で構成される。

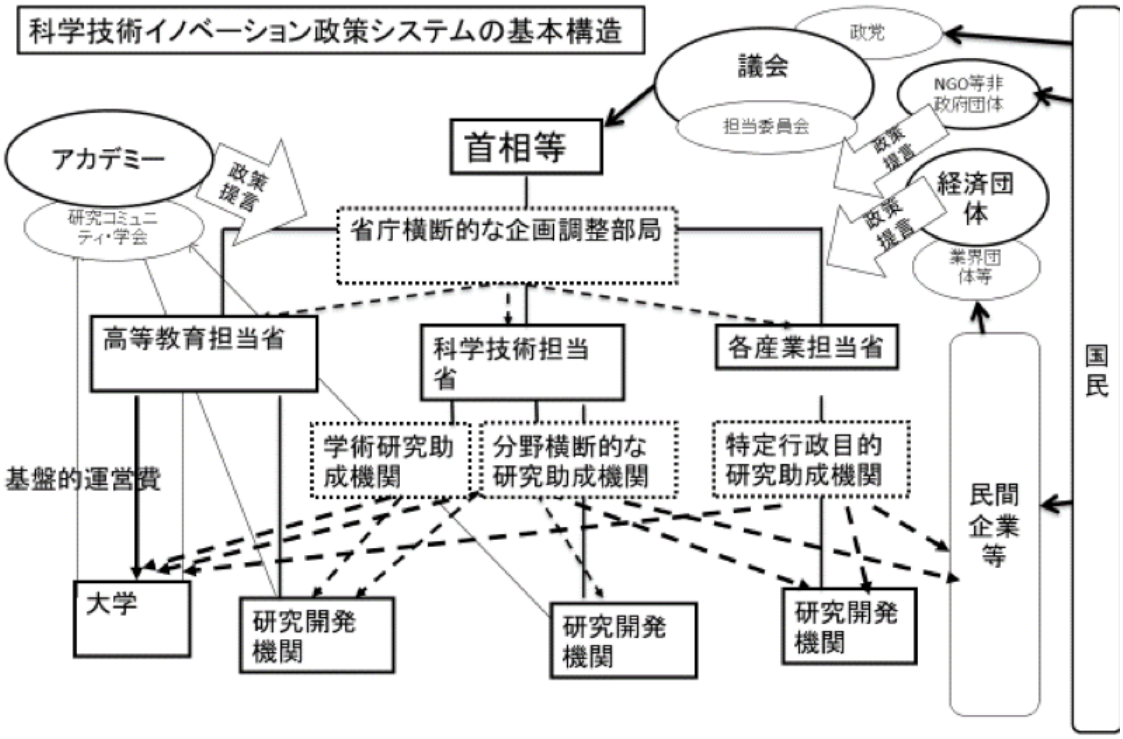


図 2　科学技術イノベーション政策システムの基本構造
出典:　執筆者が作成。

4.1　省庁横断的な企画調整部局

- 政府全体の戦略策定研究開発投資目標の設定重点研究開発分野の設定
  例：科学技術基本計画（日、韓)、 競争力イニシアティブ（米）
- 省庁横断的な資源配分
  例：政府研究開発予算の重点事項覚書（OMB-OSTP 覚書）（米）
  資源配分方針といわゆる SABC 評価（日）

4.2　高等教育担当省

大学等の高等教育機関の所管官庁。先進国では、大学の自治に配慮し、一般的に介入的な行政手法はとらない。大学の許認可、運営費の助成等を通じて、研究の制度的な基盤として重要な役割を果たす。例えば、文部科学省（旧文部省）（日）、教育省（英）、教育研究省（独）など。

4.3　科学技術担当省

科学技術関する省庁横断的なプログラムや大規模研究プロジェクト（宇宙開発、海洋開発など）を担う。独立している場合（中、旧韓、旧日等）もあるが、高等教育担当省（日、独、韓など）や産業政策担当省（英）と同一の省を構成する場合もある。

4.4　産業担当省

産業振興等の各行政目的のための研究開発の推進等を行う。農業、医療、通信、エネルギーなど産業振興と直結しており、民間部門との接点が強い。各国の産業事情によって様々な組み合わせがある。

4.5　研究助成機関（ファンディング・エージェンシー）

基礎研究から目的指向型の研究開発、人材育成、国内外の研究者交流を支援するものまで多様なFA がある。国によって異なる。ミッションが異なり、それに応じた評価システムが必要になる。日本では、学術的な研究から目的指向型の研究開発まで、日本学術振興会（JSPS）、科学技術振興機構（JST）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）等が行うような組織体制になっている。医療分野の基礎から臨床、実用化までの一貫した研究開発や環境の整備、助成を行う機関として日本医療研究開発機構（AMED）が設置されている。

4.6　高等教育機関

いずれの国でも最大の研究機能を持つ。併せて、大学院、ポスドクを通じた人材育成機能を持つ。各国とも、大学に対する一般的な助成金（運営費交付金（日））は削減される傾向にあり、様々な研究助成機関からの競争的資金（マルチ・ファンディング）や委託研究のウェイトが高まっている。

4.7　研究開発機関

分野横断的な研究開発を実施する機関（例　理研（日）、マックス・プランク（独））、特定の研究分野に特化した機関（例　材料研究機構（日）、JAEA（日）、NASA（米：行政機関としての性格も持つ））の双方がある。行政上・財政上の理由から、統合が進みつつある。国によっては、研究会

議（英）やアカデミー（露など）の下に設置されるケースもある

4.8　その他

アカデミー・学協会　経済団体　非営利民間法人（英国のウェルカム・トラスト、米国ビルゲイツ財団、ノーベル財団等）

以下に、日本、米国及び英国の科学技術イノベーション政策の推進体制を示すが、詳細は、科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS） (2017) を参照されたい。

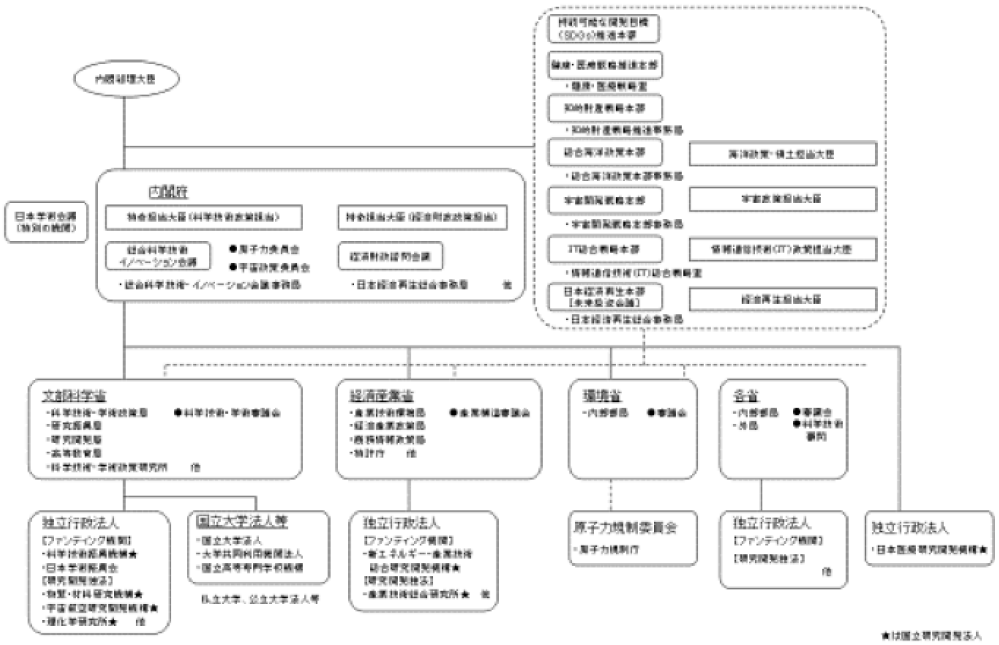
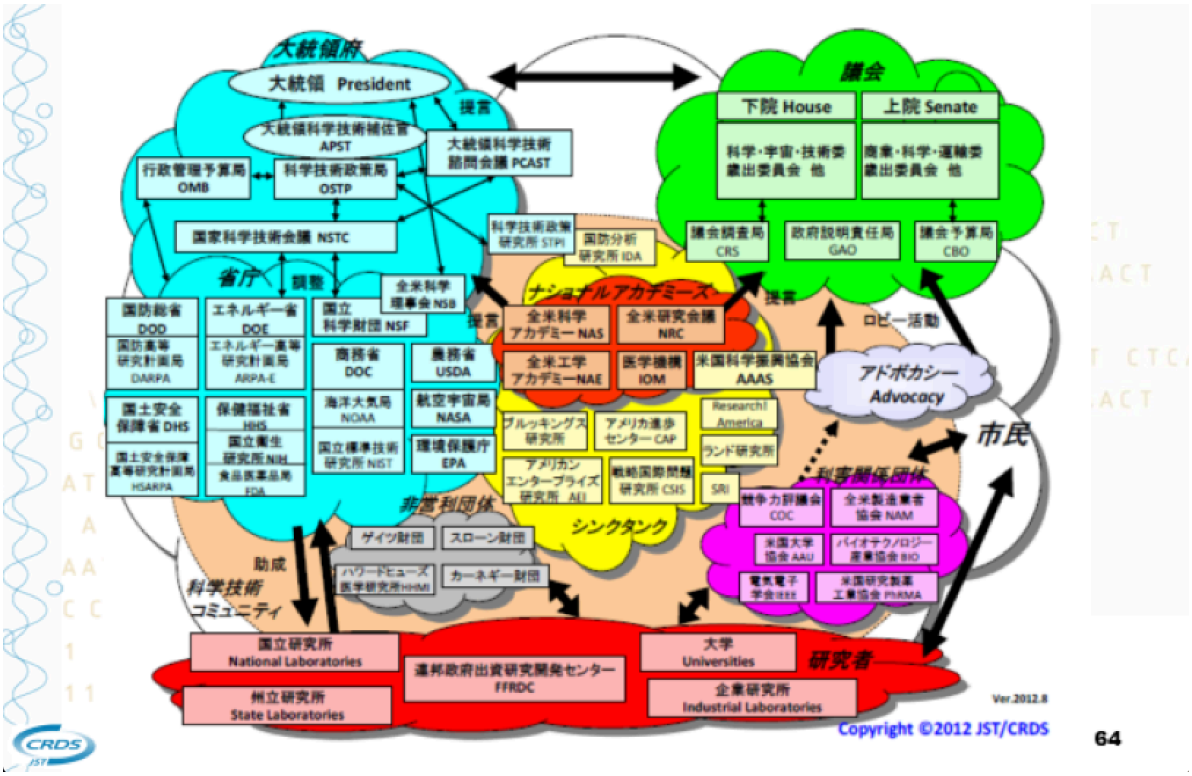


図 3　科学技術イノベーション政策における日本の行政体制
出典: 科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS） (2017)



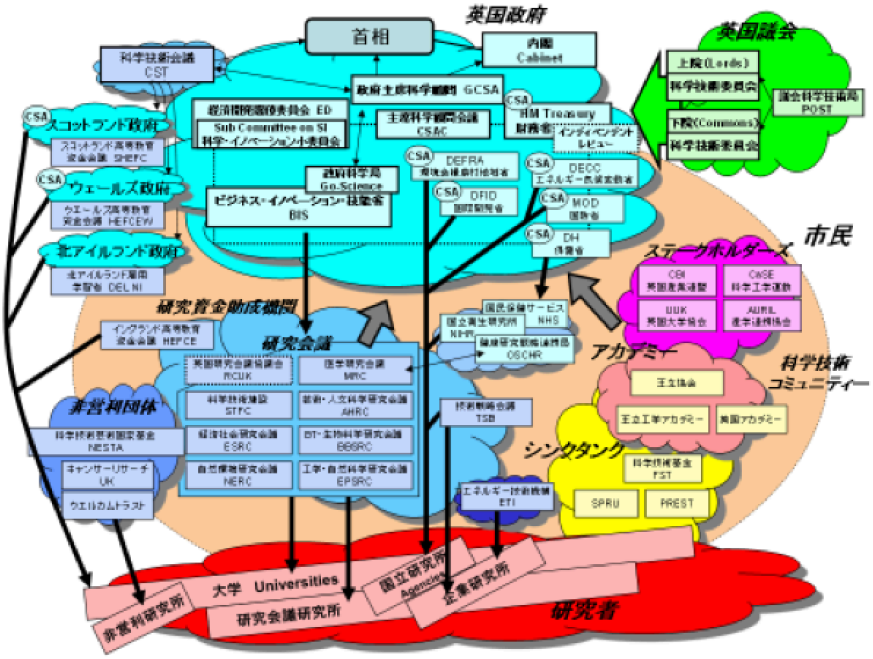


図４　米国・英国の科学技術政策コミュニティ
出典: 科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS） (2017)

5　基礎的な指標

日本は、研究費の GDP 比において世界でもトップクラスの位置にある。研究費の政府の負担割合では、欧米主要国が概ね 30% 程度であるのに対して、20% 程度と低い。これは、日本の民間企業が高い研究開発への意欲を持っていることの反映である。

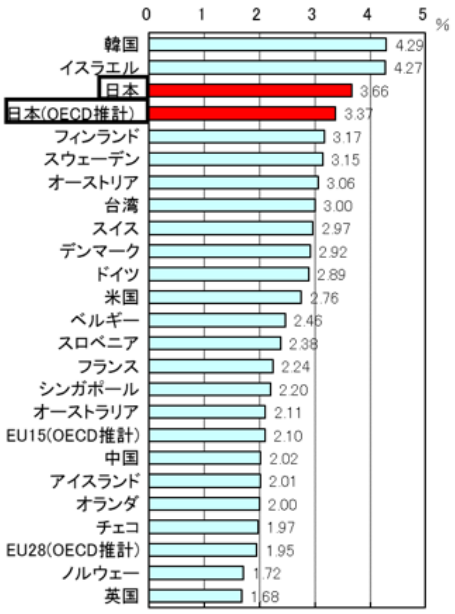


図 5　各国・地域の研究開発費総額の対 GDP 比 (2014 年)
科学技術指標 2017

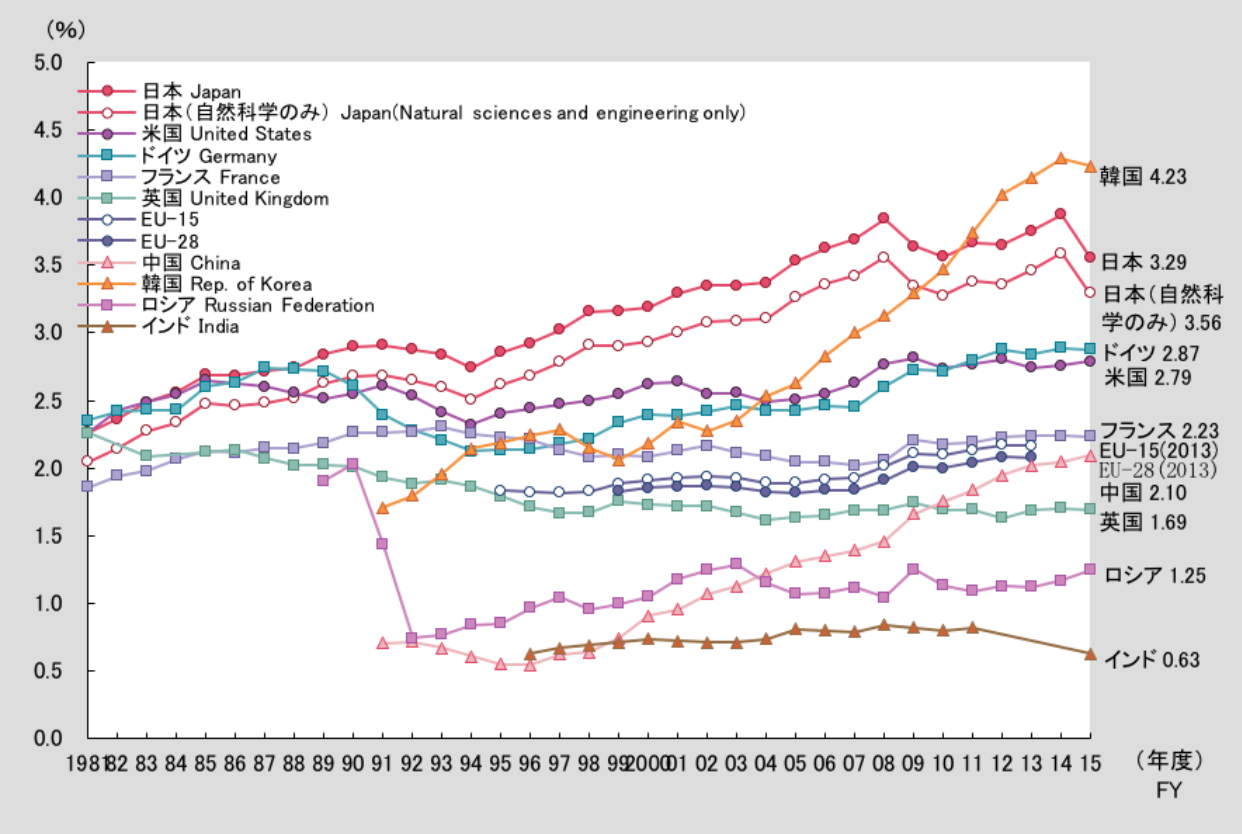


図 6　主要国の研究費対国内総生産比の推移

出典:平成 29 年版　科学技術要覧

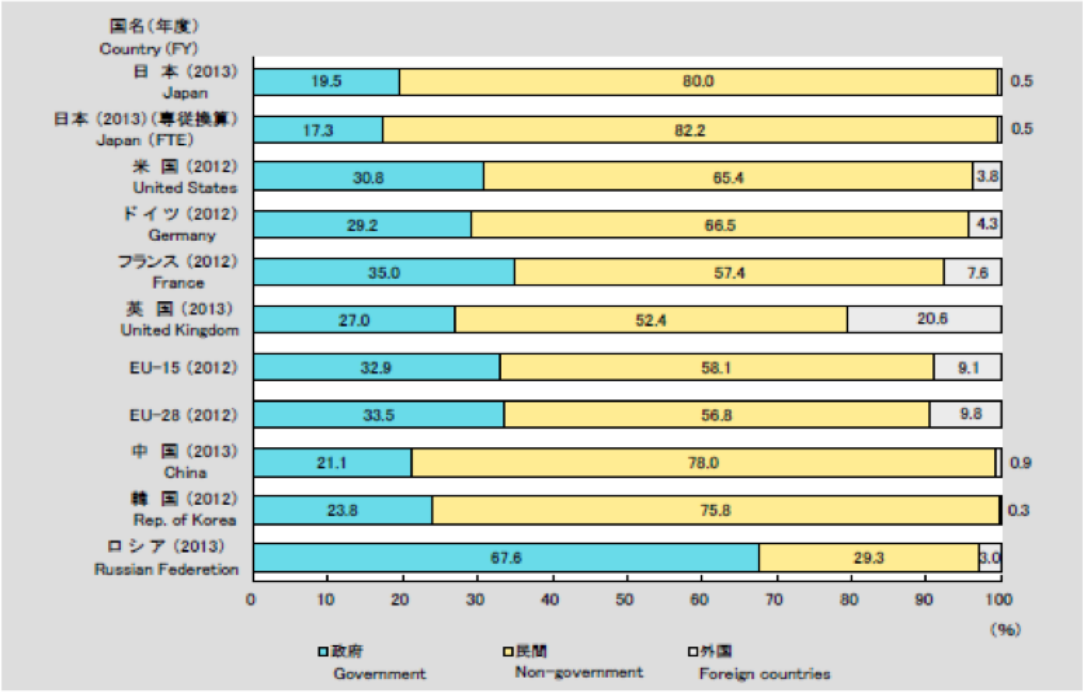


図 7　組織別研究費負担割合
出典:平成 27 年版科学技術要覧

政府の科学技術関係予算の推移を見ると、第 1 期科学技術基本計画の目標額を達成しているが、第 2 期以降では達成していない。予算の構造を見ると、当初予算はほぼ増加していないのに対して、補正予算による影響が大きい。補正予算は一般に景気拡大のために施設費を中心として措置されることが多く、維持費の確保など後年度の負担要因になる面もある。

公的資金は、大学運営費交付金などの基盤的経費、科学技術研究費補助金等の競争的資金、特定プロジェクト等のための経費等で構成されるが、最も基盤的経費の割合が多い。厳しい国家財政の中で、大学や研究機関の基盤的経費が減少する中で、相対的に競争的資金に依るところが大きくなってきたのが、最近の傾向である。一般に競争的資金は時限的であるためポスドクや任期付研究員を雇用することとなり、相対的に任期なしのいわゆるテニュアポストが減少することとなる。これが日本の基盤的な研究力に長期的に悪影響を及ぼすのでは無いかとの懸念が示されている（第５期科学技術基本計画など）。

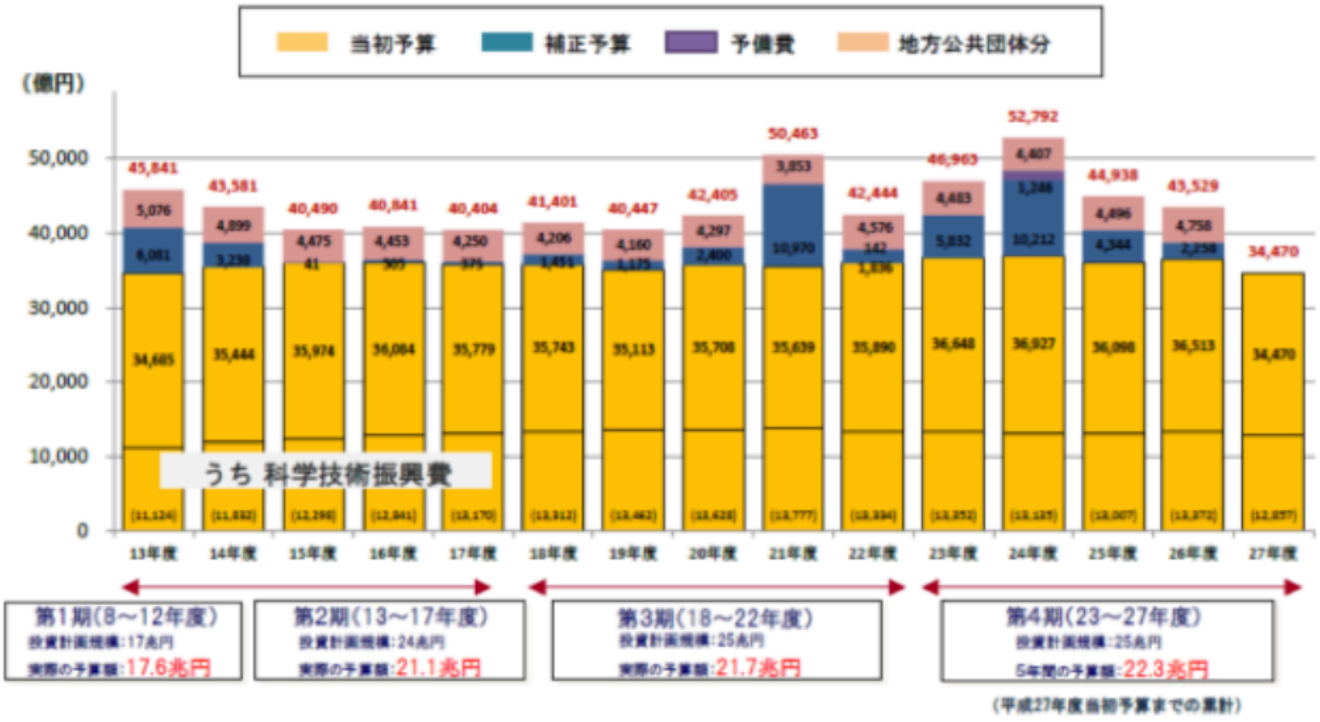


図 8　科学技術関係経費の推移
出典:内閣府作成資料を基に文部科学省作成

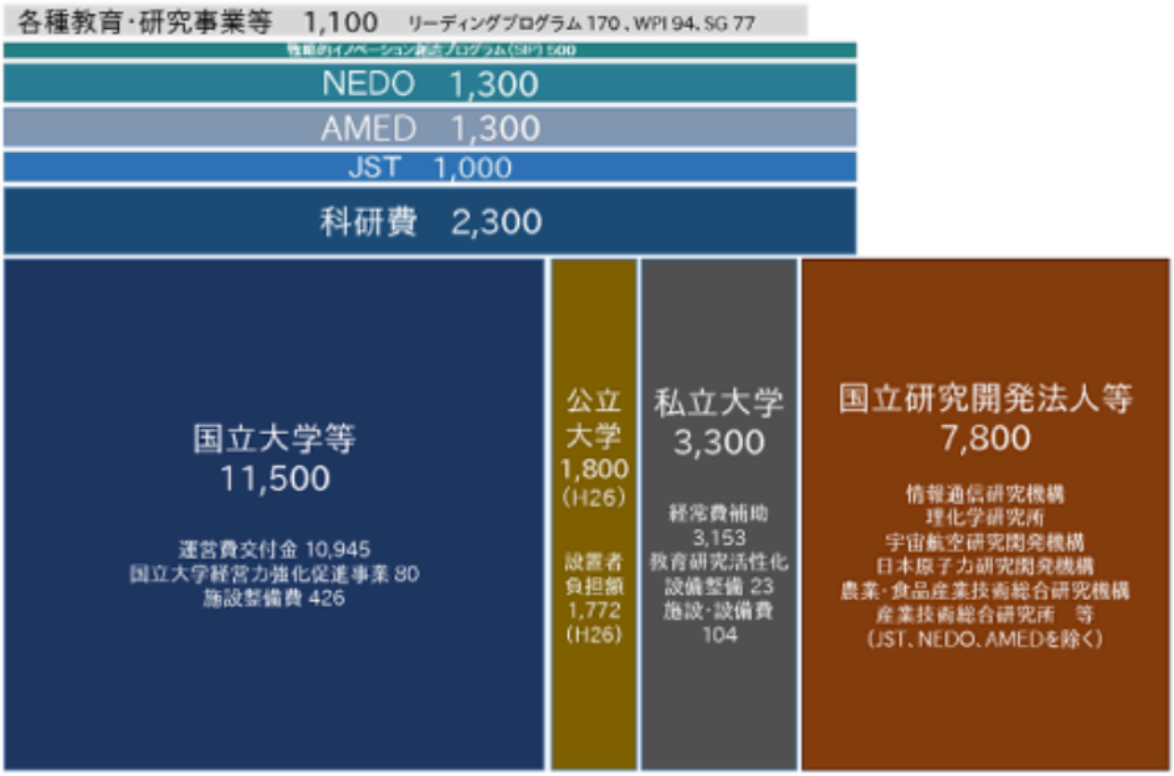


図 9　我が国における大学及び独立行政法人に対する公的資金支援の全体像
出典: 戦略プロポーザル：第 5 期科学技術基本計画期間において求められる研究費制度改革～関連する方策の現状と研究力強化に向けた今後の方向性 (研究開発戦略センター 2016 年 3 月)

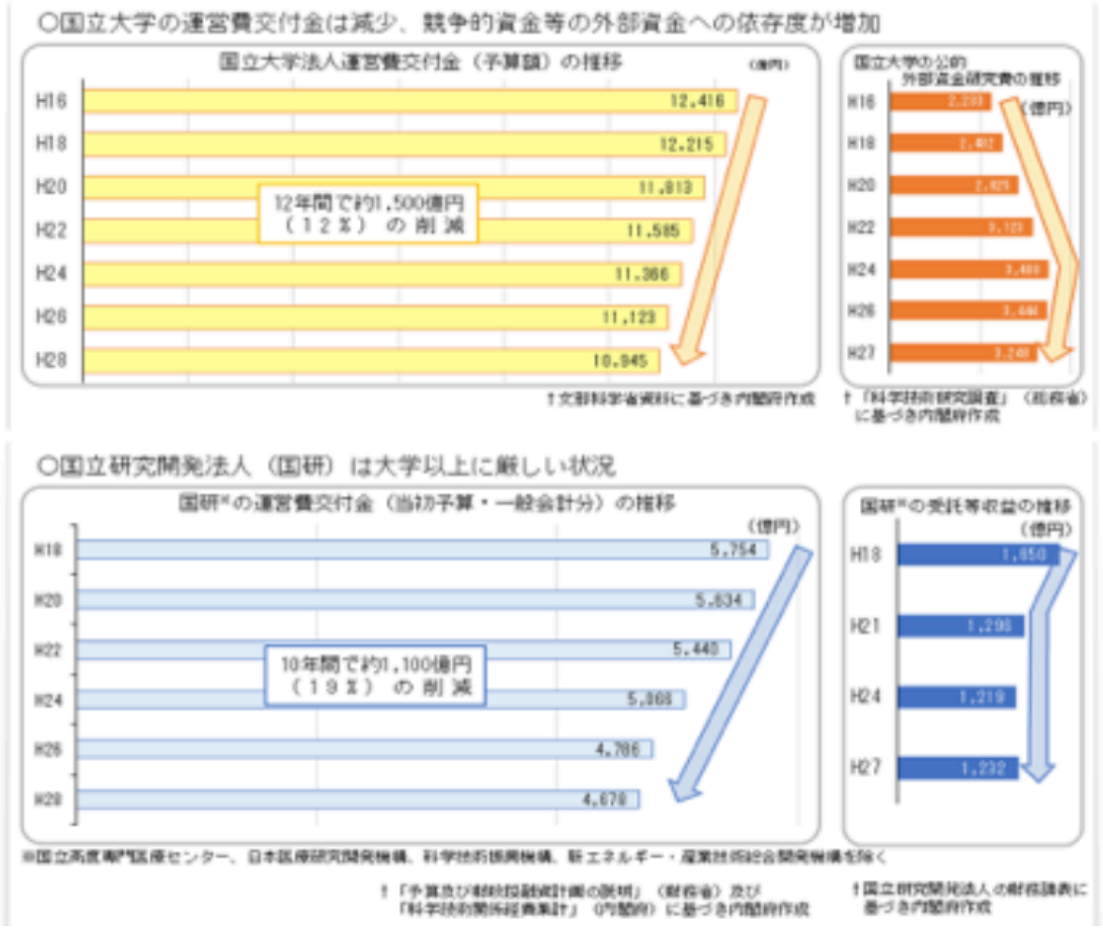


図 10　基礎研究を取り巻く閉塞感 (1/2)

References

Fagerberg, J. and Mowery, D. C. (2009). *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press. http://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805.

Lane, J. I., Fealing, K., Marburger, J. I., and Shipp, S., editors (2011). *The Science of Science Policy: A Handbook*. Innovation and Technology in the World Economy. Stanford University Press. https://www.sup.org/books/title/?id=18746.

一橋大学イノベーション研究センター (2017). イノベーション・マネジメント入門（第 2 版）. 日本経済新聞出版社. 「第 12 章　科学技術イノベーション政策」（p304-p332）を赤池、江藤が執筆。https://www.nikkeibook.com/book/74217.

岡村麻子, 標葉隆馬, 野澤聡, 原泰史, 深谷健, and 小林信一 (2013). 科学技術イノベーション政策研究の様相. 研究技術計画, 28(1):9–22. doi:https://doi.org/10.20801/jsrpim.28.1_9.

科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS) (2011). エビデンスに基づく政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学の構築」. 戦略提言, 科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS） (2017). 研究開発の俯瞰報告書「主要国の研究開発」. 研究開発の俯瞰報告書, 科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/report/report02/index.html.

乾侑 (1982). 科学技術政策: その体系化への試み. 東海大学出版会. http://iss.ndl.go.jp/books/R100000002-I000001548056-00.

研究・技術計画学会 (2013 – 2014). 「科学技術イノベーション政策の科学」特集号. 研究・技術計画学会誌, 27&28(3&4&1). http://jssprm.jp/index_back.html.

小林信一 (2011). 科学技術政策とは何か. In 国立国会図書館調査報告書 「科学技術政策の国際的な動向」. 国立国会図書館. http://ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2011/201003_02.pdf.

政策研究大学院大学（GRIPS） (2014). 「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」の推進に向けた試行的実践」. Technical report, 政策研究大学院大学（GRIPS）. http://iss.ndl.go.jp/books/R100000002-I026564364-00.

関連データ・ソース

(国内)

- 「科学技術要覧」（文部科学省科学技術・学術政策局）
  毎年刊行。文部科学省のウェブサイトから利用可能。
- 「科学技術指標 」（科学技術・学術政策研究所）
  科学技術政策研究所のウェブサイトから利用可能。
- 「科学技術白書」（文部科学省）
  毎年刊行。文部科学省のウェブサイトから利用可能。
- 研究開発の俯瞰報告書シリーズ（科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS））
  毎年刊行：JST/CRDS のウェブサイトから利用可能
- 「科学技術研究調査」（総務省統計局）
  最も基礎となる政府統計。e-Stat（政府統計の総合窓口）から利用可能。

(国際機関)

- OECD Science, Technology and Industry Outlook
  各年で刊行。科学技術イノベーション動向をレビュー。
- OECD Science, Technology and Industry Scoreboard
  科学技術イノベーション動向の国際比較分析。

- OECD　Main Science and Technology Indicators (MSTI)
  科学技術に関する基本指標に関するデータ分析
- OECD/World bank：　Innovation Policy Platform(IPP)
  イノベーション政策に関する統合サイト
  　いずれも　OECD Library で利用可能

(関係機関）

- 　NISTEP、JST/CRDS、RIETI など

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 　すべての項目

0.3　政策形成におけるエビデンスと「科学技術イノベーション政策の科学」

岡村麻子 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 10 月 20 日

リード文

エビデンスに基づく政策形成の必要性がうたわれるようになって久しい昨今、日本においても制度化に向けた動きが急速に始まっているが、課題も多い。政策形成におけるエビデンスとは何かについて概観した後に、「科学技術イノベーション政策の科学」がなぜ必要とされてきたのかの経緯と、どのような特徴を持つのかについて紹介する。

キーワード

エビデンス、科学技術イノベーション政策の科学、共進化

本文

1　はじめに

0.1 において、科学、技術、イノベーションの位置づけや質が変わりつつあることと同時に、科学技術イノベーション政策の対象・範囲・目的を含むフレームワークの変化が起こりつつあることを概観した。実際、2011 年に制定された第 4 期科学技術基本計画において、従来の研究開発を中心とした科学技術政策から、科学技術とイノベーションを一体としてすすめる科学技術イノベーション政策へとフレームワークが拡大されるとともに、2014 年、総合科学技術会議（CSTP）は、「総合科学技術・イノベーション会議（CSTI)」へ改組された。また 2020 年 6 月、科学技術基本法が改正され、「科学技術・イノベーション基本法」へと名称が変わり、人文・社会科学の振興とイノベーションの創出が、法の振興対象として加えられた[*1]。これに伴い、2021 年 4 月より施行の第 6

* 科学技術・学術政策研究所主任研究官（政策研究大学院大学　専門職（2020 年 11 月迄））

[*1] https://www8.cao.go.jp/cstp/cst/kihonhou/mokuji.html

期基本計画は、「科学技術・イノベーション基本計画」として施行され[*2]、社会的価値を生み出す人文・社会科学の「知」と自然科学の「知」の融合による「総合知」により、人間や社会の総合的理解と課題解決に資する科学技術・イノベーション政策が目指されることが一層明確になった。

このような変化と同時に、政策形成におけるエビデンスの重要性もまた認識されるようになった。科学技術イノベーション政策においては、2011 年に開始された第 4 期科学技術基本計画では以下のように提言されている[*3]。

> 国は、「科学技術イノベーション政策のための科学」を推進し、客観的根拠（エビデンス）に基づく政策の企画立案、その評価及び検証結果の政策への反映を進めるとともに、政策の前提条件を評価し、それを政策の企画立案等に反映するプロセスを確立する。その際、自然科学の研究者はもとより、広く人文社会科学の研究者の参画を得て、これらの取組を通じ、政策形成に携わる人材の養成を進める。

このような機運の中で、「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』推進事業（SciREX 事業）」が 2011 年に開始され、担い手となる人材育成・ネットワーク形成、データ・情報基盤構築、公募型研究開発等により、政策と科学の共進化と、学際的研究領域としての「科学技術イノベーション政策の科学」の構築が目指されることとなった (科学技術振興機構研究開発戦略センター, 2011a)。

2016 年に開始された第 5 期科学技術基本計画[*4]では第 4 期よりさらに踏み込んで、国全体としての政策の成果や進捗状況を把握するため、主要指標と目標値が設定された[*5]。ちなみに第 5 期では客観的根拠という用語が用いられている。また内閣府は、大学等の研究機関における「研究」、「教育」、「資金獲得」に関するエビデンスを収集するとともに、各種分析機能を開発し、関係省庁や国立大学・研究開発法人等の関係機関に対して分析機能・データを共有するプラットフォームとして e-CSTI（Evidence data platform constructed by Council for Science, Technology and Innovation）を構築し、2020 年 9 月に一般公開を開始した[*6]。

2021 年度から開始されている第 6 期科学技術・イノベーション基本計画では、エビデンスに基づく体系的・整合的な立案を行うこと、エビデンスに基づく国家戦略の策定・推進をすること、さらには、科学技術・イノベーション行政において、客観的な証拠に基づく政策立案を行う EBPM を徹底し、2023 年度までに全ての関係府省においてエビデンスに基づく政策立案等を行うことが提言されている[*7]。

EBPM の機運を高めていくことは、政府全体の方針でもある。1990 年代の終わりごろから欧米において EBPM が広まっていたが[*8]、我が国においては、2013 年以降、「経済財政運営と改革の

[*2] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html
[*3] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index4.html
[*4] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html
[*5] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5sanko.pdf
[*6] https://e-csti.go.jp/
[*7] https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html
[*8] 金本良嗣 (2020) 等において諸外国の事例が紹介されている

基本方針」（骨太の方針）に「エビデンス」という用語が使われるようになり、2017 年には政府全体として、証拠に基づく政策立案（EBPM）を進める方針が示された。また、2014 年の統計改革（公的統計の整備に関する基本的な改革）においても、公的統計が EBPM を支える基礎としての位置付けが明記された。2016 年に施行された「官民データ活用推進基本法」により、政府横断的な EBPM 機能を担う組織として、EBPM 推進委員会が設置され、2018 年より EBPM 推進統括官（政策立案総括審議官又は政策立案参事官）が各府省に置かれることとなった。

このように EBPM の意義についての理解が政府内で進み体制が構築されたことは大きな進展であるものの、政策形成におけるエビデンスは何かについての混乱や、データや担い手となる人材不足等の課題も多く、一朝一夕に進むものではない[*9]。EBPM 推進委員会では、現時点での政府内の浸透度の調査や課題の抽出を行うとともに、今後進むべき方向性として、EBPM の普及・浸透、質の向上、人材確保・育成・活用という観点から、ロードマップを作成している[*10]。

SciREX 事業が当初より対象としているエビデンスに基づく政策形成は、行政内でのロジックモデルの使用や行政レビューの強化などに主にフォーカスを当てる現在の EBPM より、よりスコープが広く、また基盤としての人材・コミュニティ・ネットワーク形成に中長期的に取り組むことを主眼としているため、政府内の動きと必ずしも連動していないが、EBPM に向けた大きな潮流の中にあるといえる。

一方、政策形成に科学性や客観性を持ち込もうとするこのような取り組みは、過去に何度も繰り返されてきた試みであり、克服すべき課題や、理想と現実の間の埋めるべきギャップが多くあることもまた、指摘されている。個別の関連研究の蓄積がそのまま、政策形成の実践で活用されるわけではない。政官学の人材流動性の低さも起因となり知識移転があまり進んでいないこと、また、政策形成の習慣により内部知識の利用が中心となり政策研究の成果利用が限定的なことなど、政策の科学と政策形成の間のギャップの存在を認識した上で、これらを埋めるための機能を制度設計していく必要がある。

本稿では、政策形成におけるエビデンスとは何かについて概観した後に、「科学技術イノベーション政策の科学」がなぜ必要とされてきたのかの経緯と、どのような特徴を持つのかについて紹介する。

2　政策形成におけるエビデンスとは何か

エビデンスに基づく政策形成は、Evidence-based policy making や Evidence-informed policy making などの訳語として用いられている。エビデンスに基づく政策形成を目指した取組は、国際的には、医療政策がさきがけとなり、その後、教育政策、開発援助政策など、社会政策全般に拡大されるようになった。また、医療政策分野のコクラン共同計画や、社会・教育政策分野のキャンベ

[*9] 日本における EBPM の特徴や課題等をまとめたものとして、金本良嗣 (2020)、小林庸平 (2020)、国立国会図書館 (2020) 等がある。

[*10] EBPM 推進委員会 EBPM 課題検討ワーキンググループ取りまとめ（令和 3 年 6 月）https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/ebpm/dai7/siryou1-1.pdf

ル共同計画など、系統レビュー（課題の設定、研究の収集、メタ・アナリシス、報告からなる一連のプロセス）により、関連するエビデンスを収集し体系化する取組も行なわれている。また、エビデンスの信頼性やバイアス等、エビデンスがどのように生成されたかによりエビデンスの質の分類を行なうエビデンスレベルの考え方も、医療分野を中心として導入されている。

そもそも、エビデンスとは何か。日本語としては、エビデンスや、根拠、証拠、客観的根拠、科学的根拠といった訳語が用いられている。エビデンスの定義には複数のものが存在し、多義的に用いられていることがわかる。例えば、

- エビデンスとは、科学的根拠を持つ事実・事象、すなわち、論理体系などに基づいて客観的に観察された事実・事象である。その範囲は定量的なものだけでなく定性的なものも含む。科学技術イノベーション政策の形成において必要なエビデンスとは、例えば、経済・社会の構造とダイナミズム、社会における顕在的・潜在的課題、科学技術への社会的期待、科学技術の現状と潜在的可能性に関するものとなる (科学技術振興機構研究開発戦略センター, 2011a)。
- エビデンスとは、ある種の信念や主張が正しいかどうかに関して利用可能な体系的な事実や情報（Evidence Collaborative: http://www.evidencecollaborative.org/）
- 科学的エビデンスとは、ある一点のフォーマルなプロセスにしたがって生成された情報により裏付けられる論拠 (Gluckman (2016))
- エビデンスとは単なるデータではなく、政策（A）が outcome（B）へ影響を及ぼしたという因果関係を指す[*11]

データや指標と同義語として取扱われているケースから、厳格にエビデンスの質を問うものまで幅広く、このような多義性により議論が混乱しがちである。政策が対象とするものの性質によって、社会実験やその他の方法論の適用可能性が異なるため、政策分野によって、エビデンスが得られる方法及び何をエビデンスとして定義するのか（例えば定性的なものを含むかどうか等）異なる。また、対象の不確実性の範囲にも違いがあるため、政策形成の実践における適用の幅も異なる (科学技術振興機構研究開発戦略センター, 2011a)。

分野によって、エビデンス生成のための実験の可能性や、そもそも「問い」の設定やその範囲を規定することの複雑さ等が大きく異なることから、エビデンスの厳密な定義を、社会科学分野や政策へ適応していくことについては課題が多く、さらなる研究と検証を経る必要があるだろう。研究面での厳密性／頑健性／汎用性の議論を越えて、科学技術イノベーション政策における実用的なエビデンスをどのように定義し、共有することができるかが今後の課題である。

[*11] http://home.uchicago.edu/ito/pdf/RIETI_BBL_2016_1025_Ito_Final.pdf

3　「科学技術イノベーション政策の科学」とは何か

3.1　経緯

「科学技術イノベーション政策の科学」はなぜ必要とされてきたのか。SciREX 事業が開始された 2011 年当時の議論を振り返りたい[*12]。そもそもの理由として、世界各国における、中長期的な国際競争力基盤としての、また、社会的問題解決のためのイノベーション実現への期待の高まりがあった。急激な人口・社会の構造変化や複雑性を増した世界経済・社会のなかで、各国政府は、財政難という課題を同時に抱えながら、科学技術振興やイノベーション創出を目指した。この目的のために、政策がいかに効果的効率的に寄与するのか、それを実証するエビデンスが必要とされていた。これらの前提として、政策領域を問わず、政府には、政策形成における透明性の確保や、エビデンスに基づき社会への説明責任を果たすことがますます求められていた。政策形成への国民参加においても、新たな政策形成の方法が模索されており、その際にもエビデンスへのアクセスの確保が必要である。これらへの対応の必要性が、「政策の科学」全般への期待を高めていた。さらに、情報工学に基づくビックデータ解析、情報の可視化や、社会科学分野の実証・実験科学としての発展に基づく社会実験の可能性等により、「政策の科学」の可能性への期待が高まった。科学分野のみならず行政データも含めた、オープン・アクセスへの取り組みが重視され始めたこともまた、「政策の科学」への追い風となった。

欧米において「科学技術イノベーション政策の科学」関連の取組がすすめられていたことも、日本に大きく影響を与えた。米国では、2005 年にマーバーガー前米国科学技術政策局長兼大統領科学顧問が科学政策の決定における政策担当者をサポートするために必要なデータ、ツール、方法論を生み出す実践コミュニティの構築の必要性を提起したことが契機となる[*13]。以降、省庁連携タスクグループが発足し、学術研究促進のためのプログラムである Science of Science and Innovation Policy（SciSIP）が米国国立科学財団 (NSF: National Science Foundation) において 2007 年から開始された。2008 年には「科学政策の科学：連邦研究ロードマップ」[*14]が発表され、2011 年にはハンドブックが出版された (Fealing et al., 2011)。その後、2019 年に SciSIP プログラムは、NSF のプログラム改変の影響を受けて、名称も Science of Science: Discovery, Communication, and Impact (SoS:DCI) program へと変更されている[*15]。欧州においては米国のようなフラッグシップ的な取組みはなかったが、EU を中心として、科学技術政策研究、イノベーション研究に関連する研究助成プログラムが長年あり、研究者コミュニティやネットワークも根強くあった。また、共通のデータ基盤を構築する取り組みが進められた[*16]。

[*12] 科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011a)、政策研究大学院大学 (2014)、岡村麻子 (2013) 等

[*13] 米国の動向については科学技術振興機構研究開発戦略センター (2019) を参照

[*14] National Science and Technology Council (U.S.). Subcommittee on Social, Behavioral, and Economic Sciences. (2008)

[*15] https://www.nsf.gov/pubs/2020/nsf20128/nsf20128.jsp 及び https://beta.nsf.gov/funding/opportunities/science-science-discovery-communication-and-impact-sosdci

[*16] https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/025/shiryo/__icsFiles/afieldfile/2017/

当時の各国における主要な取組みを観察すると、各国に共通する、説明責任の要請の高まり、財政難等による公的資金の効率化、さらには社会的課題への対応といった問題を前提としながらも、シニアレベルの政策担当者の、政策形成に活用できるエビデンスが容易に得られないという素朴な問題意識を発端として、関連研究を促進するためのファンディング等が開始されていた。どの取組においても、多様な学問領域の連携や、科学と政策をつなぐ仕組み形成の必要性が認識されていた。

このような経緯により期待された「科学技術イノベーション政策の科学」は、どのような特徴を持つか。次に、主なポイントを紹介する。

3.2 Policy for science と Science for policy

「科学技術イノベーション政策の科学」は、科学技術イノベーションのための政策（Policy for Science）と、政策のための科学（Science for Policy）を包含した取り組みである。科学技術イノベーションのための政策における諸課題への対応が期待されていると同時に、政策形成自体の進化・高度化も必要であり、その下支えとなる政策のための科学が必要とされている。この際、データやツールの蓄積といったハードなエビデンスの創出・蓄積だけでなく、東日本大震災や現在も続くコロナ渦で社会を巻き込んだ議論で改めて明らかになったように、政策形成において科学的知見はその一部に過ぎないことを踏まえて、政策形成におけるエビデンスの役割や社会的合意形成のあり方なども含めて検討を進めていくことが重要である。

3.3 多様な学問領域の連携

「科学技術イノベーション政策の科学」は、これまでの科学技術政策研究やイノベーション研究の成果を活かしながら、各種の自然科学や人文・社会科学からの知見を統合し、新たな研究領域の形成を目指して発展することが期待されている。

03/14/1383033_03.pdf 他

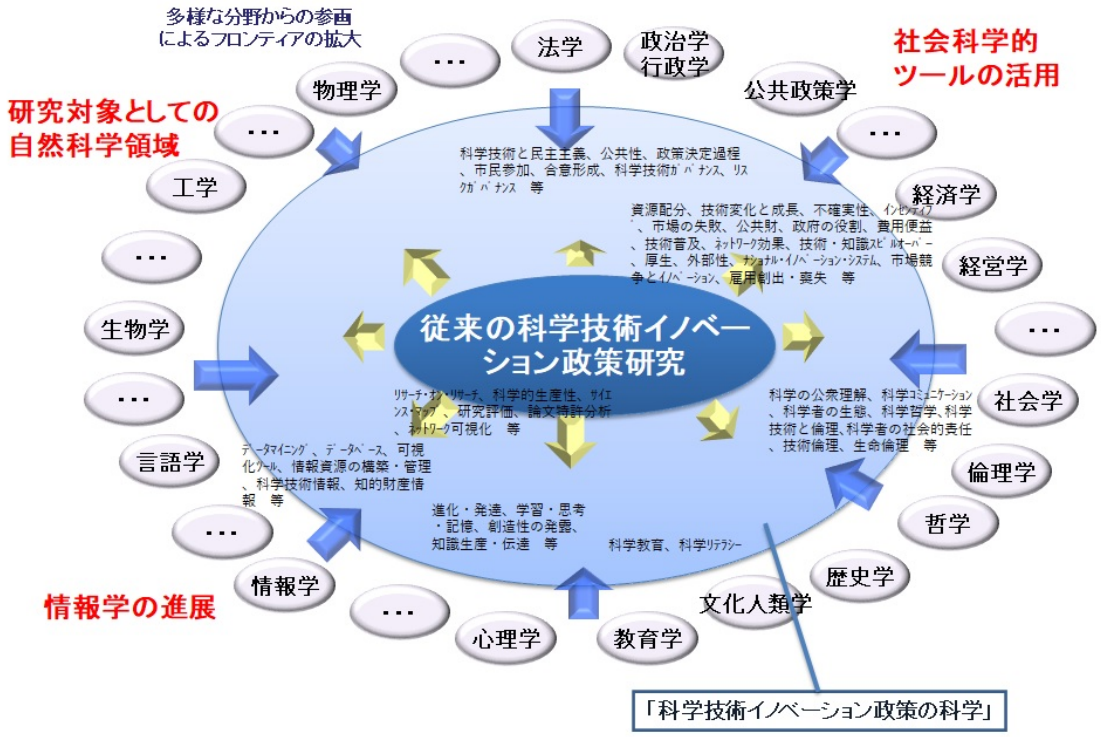


図 1　多様な学問領域との連携による「科学技術イノベーション政策の科学」の発展のイメージ
出典: 科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011a)

科学技術領域の現在の水準を的確に把握し、将来の潜在的可能性を予見するためには、自然科学の各学問領域の専門的知識が不可欠である。一方で、現実の経済・社会の構造を統合的、横断的に理解し、経済・社会や政策と科学技術のかかわりを複合的に理解するためには、それらを研究対象とする、人文社会科学の知見もまた不可欠であり、自然科学と人文社会科学の知見が連携した「科学技術イノベーション政策の科学」の創出の重要性は、ますます高まっている。より具体的にはどのような研究が必要とされるか。研究 技術 計画 (「科学技術イノベーション政策の科学」特集号 27 巻（2013）3/4 号及び 28 巻 1 号) では、科学技術政策研究やイノベーション政策研究の動向や、経済学、経営学、社会学、法政治学、情報学、公共政策学などの立場から、どのような貢献が期待できるかについてまとめている[*17]。

また、SciREX 事業では、「科学技術イノベーション政策の科学」が、どのような学際領域としての発展を辿るのか、研究及び政策にまたがる重要な問い（サイエンス・クエスチョン）を抽出したうえで、対象とする研究領域全体を俯瞰・構造化する取り組みを行ってきた[*18]。また、それらをもとに構成要素の基礎知識をまとめているのが、この「科学技術イノベーション政策の科学」コアコ

[*17] https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jsrpim/28/1/_contents/-char/ja 及び https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jsrpim/27/0/_contents/-char/ja

[*18] 議論の経緯は、科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011b) や科学技術振興機構研究開発戦略センター (2017) にまとめられている

ンテンツ（https://scirex-core.grips.ac.jp/）である。コアコンテンツは以下のテーマを対象としている。

- 科学技術イノベーションダイナミクス
- 科学技術イノベーションガバナンス及び政策形成プロセス
- 科学技術イノベーションと社会
- 科学技術イノベーション政策の社会経済的インパクト評価
- 科学技術イノベーション政策の歴史・海外情報

3.4 分析・設計・実装の側面

「科学技術イノベーション政策の科学」における研究成果は、政策形成や社会における実践で活用され、最終的には政策形成メカニズムの進化につながることが期待されている。しかしながら、個別の研究成果が、そのまま政策形成の実践で活用できることはまれである。

まず、科学技術イノベーション政策における顕在的・潜在的な政策課題を俯瞰的・構造的な視野で捉えた、政策形成に資する研究が利用可能である必要がある。そのためには、政策側と研究側が、リサーチ・アジェンダの設定の際に協働することが一つの方法である。SciREX 事業における「共進化実現プログラム」[*19]では、具体的な政策課題に基づいて、政策担当者と研究者とが対話をしながら研究課題を設定し、共に研究を進めるを実施しており、両者が課題設定の段階から一緒に取り組むという、EBPM の一つの実践として期待される。

また、個々の研究で得られる研究成果が、政策形成で活用されやすい知識体系として構造化されていることも重要である。個別に行われた複数の研究成果を収集・集約し、一定の基準のもとで評価し統合するメタ分析を行なうことが一つの方法となるであろう[*20]。

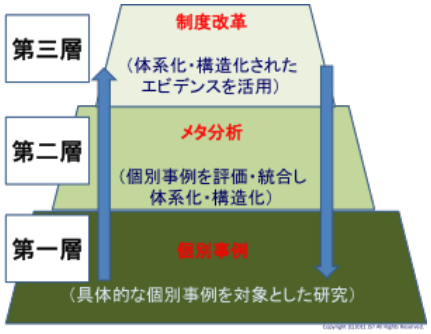


図 2　個別研究が政策形成へ活用されやすい知識体系として構造化されるイメージ
出典: 科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011a)

[*19] https://scirex.grips.ac.jp/project/list.html
[*20] 例えば、マンチェスター大学 MIoIR が行なった、イノベーション政策における関連研究のメタ分析が事例として取り上げられる http://www.innovation-policy.org.uk/compendium/

しかしながら、これらだけでは十分ではない。エビデンスの不確実性や不完全性などの課題も十分認識した上で、政策形成の適切な箇所でエビデンスを活用していくプロセスが必要である。政策形成におけるエビデンスの利活用には、幾つかのパターンがあると考えられる。一つには、政策担当者や意思決定者が研究成果を直接参照し、新たな制度を生んだり、効果のない制度が更新されることがありうる。あるいは、非常にインパクトのある研究成果の場合、社会一般に対して、啓発的効果を持ち、それゆえに人々の認識や行動変化を促すことがある。この帰結として、政策や制度の変更が行われることもある。このような、研究と政策をつなぐ様々な潜在的パスを強化していくことが、必要であろう。

同時に、エビデンスに基づく政策形成について、その限界も含めて、政策担当者や社会全般の理解を深め、マインドセットが変わっていくことも必要となる。「エビデンス」の概念や必要性に対する政策担当者や社会の認識は 2010 年代後半より大きく進んでいることもあり、多くの実務上の困難や課題はあるものの、今後大きく前進していくことが期待できる。

References

Fealing, K. H., Lane, J. I., Marburger, III, J. H., and Shipp, S. S., editors (2011). *The Science of Science Policy: A Handbook*. Stanford University Press. http://www.sup.org/books/title/?id=18746.

Gluckman, S. (2016). Science advice to governments: an international perspective. 第 82 回 GIST Seminar 2016 年 11 月 7 日発表資料.

National Science and Technology Council (U.S.). Subcommittee on Social, Behavioral, and Economic Sciences. (2008). *The Science of Science Policy : a Federal Research Roadmap*. NSTC. https://permanent.fdlp.gov/lps115579/39924_PDF%2520Proof.pdf.

岡村麻子 (2013). 『科学技術イノベーション政策の科学』の構築に向けて. 研究 技術 計画<特集>科学技術イノベーション政策の科学, 27(3/4):144–155. https://doi.org/10.20801/jsrpim.27.3_4_144.

岡村麻子, 標葉隆馬, 野澤聡, 原泰史, 深谷健, and 小林信一 (2013). 科学技術イノベーション政策研究の様相. 研究 技術 計画<特集>科学技術イノベーション政策の科学, 28(1):9–22. https://doi.org/10.20801/jsrpim.28.1_9.

科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011a). 「エビデンスに基づく政策形成のための『科学技術イノベーション政策の科学』の構築」. 戦略提言 CRDS-FY2010-SP-13, 独立行政法人科学技術振興機構研究開発センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

科学技術振興機構研究開発戦略センター (2011b).「科学技術イノベーション政策の科学」の俯瞰・構造化に向けた検討. ワークショップ報告書 CRDS-FY2011-WR-13, 科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2011/WR/CRDS-FY2011-WR-13.pdf.

科学技術振興機構研究開発戦略センター (2017). 「科学技術イノベーション政策の科学」のコア

コンテンツ作成に向けた国内外教育研究プログラム調査. 調査報告書 CRDS-FY2017-RR-03, 科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2017/RR/CRDS-FY2017-RR-03.pdf.

科学技術振興機構研究開発戦略センター (2019). 米国「科学イノベーション政策のための科学」の動向と分析 (2019 年アップデート版). 調査報告書 CRDS-FY2018-RR-05, 科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2018/RR/CRDS-FY2018-RR-05.pdf.

金本良嗣 (2020). EBPM を政策形成の現場で役立たせるために. In 大橋弘, editor, *EBPM の経済学: エビデンスを重視した政策立案*. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b491810.html.

国立国会図書館 (2020). Ebpm（証拠に基づく政策形成）の取組と課題. 総合調査報告書　調査資料 2019-3, 国立国会図書館. https://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2020/index.html#rm1230577.

小林庸平 (2020). 日本におけるエビデンスに基づく政策形成（EBPM）の現状と課題-Evidence-Based が先行する分野から何を学び何を乗り越える必要があるのか-. 日本評価研究, 20(2):33–48. http://evaluationjp.org/files/Vol20_No2.pdf.

政策研究大学院大学 (2014). 「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』の推進に向けた試行的実践」. 政策研究大学院大学. (平成 25 年度文部科学省委託調査研究) https://scirex.grips.ac.jp/resources/archive/140612_395.html.

1.0.1　イノベーションとは

青島　矢一 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 28 日

リード文

そもそもイノベーションとは何であるのか。なぜイノベーションは重要であるのか。イノベーションとはどのような特質をもつ現象なのか。イノベーションを実現するためにわれわれは何に注目すべきなのか。これらの問いに答えつつ、我々が明らかにしたい論点を整理する。

キーワード

イノベーション、価値、変革、経済成長

本文

1　イノベーションとは

イノベーションとは、一般には「何か新しいものを取り入れる、既存のものを変える」という意味をもつ。日本ではいまでもイノベーションを「技術革新」と訳すことが多いが、本来の意味はもっと広く、技術の革新に限定されるものではない。実際、技術革新と最初に訳語をあてた『経済白書』においても、「技術革新とはいうけれど、・・・消費構造の変化まで含めた幅の広い過程である」とわざわざ断っている。とはいえ、一人歩きした訳語が、イノベーションの意味を矮小化してきたことは否めない。「何か新しいものを取り入れる、既存のものを変える」という本来の意味でのイノベーションは、教育、芸術、政治、軍事、スポーツなどあらゆる分野に存在するが、ここでは、経済システムにおけるイノベーションに限定して言及する。そこには、製品やサービスなど経済取引の対象自体の革新と、それらを開発、生産、販売する方法やプロセス、組織の革新が含まれる。

経済システムにおけるイノベーションの定義を語る上で誰もが引用するのがシュンペーター（Schumpeter）である。シュンペーターは、イノベーションを、「新規の、もしくは、既存の知識、資源、設備などの新しい結合」と定義している (Schumpeter, 1934)。つまりイノベーションとは、

* 一橋大学イノベーション研究センター　教授

知識や物、力を、従来とは異なった形で結合する「新結合」である。シュンペーターはこの新結合には、(1) まだ消費者に知られていない新しい商品や商品の新しい品質の開発、(2) 未知の生産方法の開発（科学的発見に基づいていなくてもいいし、商品の新しい取り扱い方も含む)、(3) 従来参加していなかった市場の開拓、(4) 原料ないし半製品の新しい供給源の獲得、(5) 新しい組織の実現の５つがあると説明している。

ここでは、このシュンペーターの古典的な定義を踏襲しつつ、イノベーションを「社会に価値をもたらす革新」と定義する。「価値」と「革新」という２つの側面からイノベーションをとらえていることがこの定義の特徴である。

1.1 価値の追求

イノベーションの 1 つ目の側面は「価値」である。イノベーションは、革新的なアイデアが、具体的な製品や製法、サービスとなり、それらが社会に受容されてはじめて実現する。新しければイノベーション、変化すればイノベーション、というわけではない。単なる空想や思いつきのアイデアはもちろん、新しい現象の発見や新しい原理の発明も、それ自体ではイノベーションとはいえない。シュンペーターも、イノベーションがインベンション（発明）と異なることを強調している。発明は、商業的な意図とは関係なくあらゆる場面で生じうるものである。一方イノベーションは、経済活動の文脈において商業的な目的をもって実行される特定の社会的活動である (Schumpeter, 1934)。革新性はあくまでもイノベーションの必要条件にすぎない。イノベーションと認められた革新に対して消費者は、それを生み出すのに費やされた資源（ヒト、モノ、金、情報）の価値を超えるだけの追加的な価値を認めていたということになる。だからこそ、その革新は広く社会に受け入れられ、事後的に、イノベーションと認識されることになる。

1.2 革新

イノベーションの２つめの側面は「革新」である。革新の内容は、狭義の技術革新にとどまるものではない。それは、新技術、新製品、新サービスだけでなく、それらを生産するための方法、またそれらを顧客に届け、保守、サポートする仕組み、さらには、それらを実現するための組織や企業システム、収益獲得のビジネスモデル、人材育成方法、社会制度の革新などが含まれる。後述するように、これらのイノベーションは相互に関係しあって大きなシステムを形成している。

「革新」という言葉は、通常、従来の慣行からの大きな飛躍をイメージさせる。実際に、シュンペーターが想定していたイノベーションも、過去からの延長上にはない、非連続な革新であった。例えば、彼が残した名文の一つに、「いくら郵便馬車を列ねても、それによって決して鉄道を得ることはできない」(Schumpeter, 1934) というものがある。確かに、革新という点を強調するのであれば、非連続的な革新のみをイノベーションと呼ぶのが適切に思えるかもしれない。しかし、イノベーションの経済的効果や社会生活に対する影響という観点からすると、非連続的なイノベーションの後に続く、継続的で小刻みな改善型の革新の方がむしろ重要であるかもしれない。イノベー

ションは、非連続的で画期的な革新と連続的で漸進的な改善が組み合わさって、社会経済システムに浸透していくものである。

2　イノベーションはなぜ重要か

2.1　経済成長の牽引

イノベーションは経済成長を牽引する重要な役割をもっている。日本を含む先進国を中心として期待するほどの経済成長が実現できなくなっている中で、政府は、突破口としてイノベーションを叫ぶようになっている。日本の科学技術政策が、科学技術イノベーション政策と名称を改め、かつてより経済成果を強調するようになったのにも、こうした背景がある。

日本が経済成長を実現する上でイノベーションの役割はとりわけ大きい。経済成長は投入要素である資本か労働が増加するか、あるいは生産性が上昇するかのいずれかによって実現する。生産性の上昇とは、同じ量の資本と労働で、より多くの生産物をうみだせるようになることであり、それは技術の進歩などによって可能となる。日本の現状を考えると、労働と資本の増加により経済成長を望むことは難しい。労働人口が長期的に減少することは明らかであるし、貯蓄率の低下とともに資本の増加率も鈍化していくことが予測されるからである。となれば、頼みの綱は生産性の上昇であり、それは多分にイノベーションの創出にかかっている。

2.2　社会生活の変革

イノベーションには、量的な経済成長だけでなく、われわれの生活の質を根本的に変える力がある。イノベーションは社会が抱える課題や問題を次々と解決してきた。だからこそ常に社会はイノベーションを希求する。もちろん決してプラスの影響ばかりではない。イノベーションが社会生活に不安や危険をもたらすこともあるだろう。イノベーションの善し悪しの社会的判断に関する議論はここでの範疇を超えているが、イノベーションを積極的に評価、賞賛するにせよ、否定的、懐疑的にとらえるにせよ、その創出メカニズムを理解することが重要であることには変わりない。

2.3　企業の浮沈

イノベーションは企業の浮沈を大きく左右する。多くの企業はイノベーションをきっかけとして生まれ、成長する。そうして成長した大企業は、優れた製品やサービスを持続的に提供することによって、産業内での安定的な地位を確立する。しかしその地位も、新たなイノベーションを携えて登場する新興企業の登場によって、しばしば脅かされる。企業はさまざまな理由で経営危機に陥るが、イノベーションによる他社からの攻撃はもっとも重要な理由の１つである。イノベーションは、産業の主役交替を頻繁に引き起こすようになっている。

企業の長期的成功の背景にはイノベーションがあるし、予期せぬイノベーションの烈風が吹けば、その成功も一夜にして吹き飛んでしまう。自らがイノベーションをいかに生み続け、やむこと

のないイノベーションの攻撃にどう対応していくのか。これは、大小問わず、企業の経営者にとっての最大の戦略的課題である。

3　イノベーションの本質

3.1　知識の営み

イノベーションは、製品やサービス、生産設備など具体的な形となってわれわれの目に触れる。しかし、それらに体化されているのは、新たに創造された知識である。イノベーションの直接的なアウトプットは目に見えない知識であり、それを具体化してわれわれに利用可能な形としたものが、製品やサービスなどである。イノベーションの第一の特質は、それが知識という無形の財を創造する活動の結果だという点である。このことが、その他の経済的活動とイノベーションを生み出す活動を区別している。

3.2　不確実性

イノベーションの第二の特質は、その実現過程に常に高い不確実性が伴うことである。イノベーションの実現過程は、事前に綿密に計画され、周到に準備できるようなものではない。それは、様々な予期せぬ障害や苦労を乗り越え、時には偶然に導かれ、紆余曲折を経て前進していく過程である。イノベーションの源となる革新的なアイデアは、その実用化可能性と経済価値に関して不確実性に満ちている。

3.3　社会性

イノベーションを「技術革新」と訳している限り、そこには無機的な響きが残る。技術の革新は、われわれの通常の社会生活の外側で起きていると考えがちである。しかし、イノベーションを創造するのも、イノベーションを受け入れるのも、人間であり、企業である。担い手であり受け手でもある人間や企業が社会に埋め込まれた存在である限り、イノベーションも社会的な行為もしくは営みであり、社会的なプロセスと切り離して考えることはできない。そこには偉大な発明家や特異な起業家だけでなく、多くの普通の人々も大いに関わり、重要な役割を担っているのである。

それゆえイノベーションの創出は、人間や社会のその時々の都合や能力の限界によって制約を受ける。人間の情報処理能力は限られており、限定された範囲内でしか合理的に判断、行動できない。新しい技術の意味や価値に対する解釈も、人によって異なり、その多様性が時として、イノベーションの方向性を左右することがある。

3.4　システム性

イノベーションは、様々な要素が組み合わさってはじめて、社会に価値をもたらす。つまり、常にシステムを構成し、システムとして機能している。

システム性は、イノベーションに相互依存性をもたらす。それゆえ、イノベーションは、関連する様々な要素に依存し、また影響を与えながら、成立するものである。単独の製品やサービスがいかに優れていたとしても、既存の関連するシステムとの互換性がなかったり、新たな補完的システムが構築されていなければ、それらが社会に受け入れられることはない。イノベーションを広い文脈、関連する仕組みとの関係性においてとらえることが大切となるのは、こうしたシステム性のためである。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター **(2017)** 第 **1** 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Abernathy, W. J. (1978). *The Productivity Dilemma; Roadblock to Innovation in the Automobile Industry*. Johns Hopkins University Press.

Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions.(*中山茂訳『科学革命の構造』みすず書房、*1971* 年*)*. University of Chicago Press. http://www.nemenmanlab.org/~ilya/images/c/c5/Kuhn-1970.pdf.

Kuznets, S. (1930). *Secular Movement in Production and Prices.* Houghton Miflin Co, Boston. http://dspace.gipe.ac.in/xmlui/bitstream/handle/10973/24893/GIPE-010007.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development.(*塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑精一訳『経済発展の理論：企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究』岩波文庫、*1977* 年*)*. Cambridge, MA, Harvard University Press. http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674879904.

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism and Democracy.(*中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義』東洋経済新報社、*1962* 年*)*. New York, NY, Harper & Row. https://www.taylorfrancis.com/books/9781135154752.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- IMPP イノベーションと経営・経済・政策
- IMPP イノベーションマネジメント
- IMPP イノベーションと政策・制度
- IMPP イノベーションの経済分析

1.0.2 イノベーション・プロセスのモデル

永田晃也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 14 日

リード文

本節では、イノベーション・プロセスのモデルについて概説する。まず、情報のフローからみたモデルとして「リニア・モデル」と「連鎖モデル」を概観した後、イノベーションの決定要因からみたモデルを紹介する。

さらに、後者に対立する非決定論的なイノベーション・プロセスの捉え方を取り上げ、その実践的意味をイノベーションは計画できるかという観点から検討する。

キーワード

リニア・モデル、連鎖モデル、技術プッシュ、需要プル、専有可能性、技術機会、補完的資産、非決定論、社会構成主義

本文

1　はじめに

本節では、イノベーション・プロセスの「モデル」について概説する。

「モデル（模型）」という表現方法は、多くの学問分野で、また様々な目的に応じて採用されている。代表的なモデルとして、ある対象の構造、プロセス、行動様式などを模式的に表現するための「記述的 (descriptive) モデル」と、ある目標を達成するための手続き、方法などを一般的に表現するための「規範的 (normative) モデル」が挙げられる。ここで言うイノベーション・プロセスのモデルは前者に該当し、イノベーションが実現していくプロセスを模式的に記述したものを意味している。

この意味でのイノベーション・プロセスのモデルには、プロセスを構成する要素のうち何に焦点を当てるかによるバリエーションが存在する。以下では、情報のフローに焦点を当てたモデルと、

* 九州大学大学院経済学研究院　教授

イノベーションの決定要因に焦点を当てたモデルを紹介する。また、決定要因に焦点を当てたモデルに対する批判的観点として「非決定論」的なイノベーション・プロセスの捉え方に言及する。

なお、本節の対象は、ここで参照する先行研究の語法に則して「科学技術イノベーション」ではなく「イノベーション」のプロセスとするが、先行研究が対象としてきたイノベーションには科学技術の研究開発プロセスが含まれているため、本節での「イノベーション」は実質的に「科学技術イノベーション」と同義と考えて良い（両者の概念的な区別については別節の議論に譲る）。このことを踏まえて、最後に科学技術イノベーション政策のパースペクティブとしてのイノベーション・プロセスに関するモデルの意義と限界について検討する。

2　情報のフローからみたモデルーリニア・モデルと連鎖モデル

Kline and Rosenberg (1986) は、第二次世界大戦後に西欧で一般的に考えられてきたイノベーション・プロセスを図 1 のように表し、これをリニア・モデルと呼称した。このモデルでは、研究で生み出された技術情報が、開発、製造、マーケティングへと順次受け渡されていく継起的な段階としてイノベーション・プロセスを捉えている。

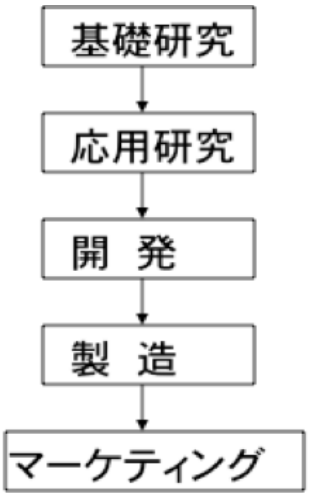


図 1　リニア・モデル
出所：Kline and Rosenberg (1986)

現実のイノベーション・プロセスが、このモデルの示すとおりであるならば、イノベーションを推進しようとする国や企業は、まず研究段階に注力しなければならないということになる。しかし、実際には巨額の研究投資を行った国や企業が、イノベーションによる優位性を確保できるとは限らない。このことは、現実のイノベーション・プロセスが、リニア・モデルの想定よりも遥かに複雑であることを示唆している。

そこで Kline and Rosenberg (1986) は、イノベーションに伴う情報のフローを包括的に記述した「連鎖モデル (Chain-Linked Model)」を提唱している（図 2）。　連鎖モデルは、「研究」、「知識」お

よび業務プロセスのフローを表す３つの階層からなっている。潜在的な市場を発見し、そのニーズに応えるための製品を生産し、流通させるまでの業務プロセスは、単純に時間に沿って段階的に遂行されるのではなく、しばしばある段階で生じた問題を解決するために、前の段階に情報がフィードバックされることがある。この図 2 は、段階的な連鎖を C、フィードバックの回路を f または F として描いている。また、ある段階で生じた問題を解決するためには既存の知識が参照されるが、既存の知識で解決できない場合には、その問題は研究課題となる。この回路は、K—R として表されている。科学研究の成果がまれに急速なイノベーションを引き起こしたり（D)、イノベーションの産物である計測機器、工作機械などが科学研究を促進する場合もある（I)。

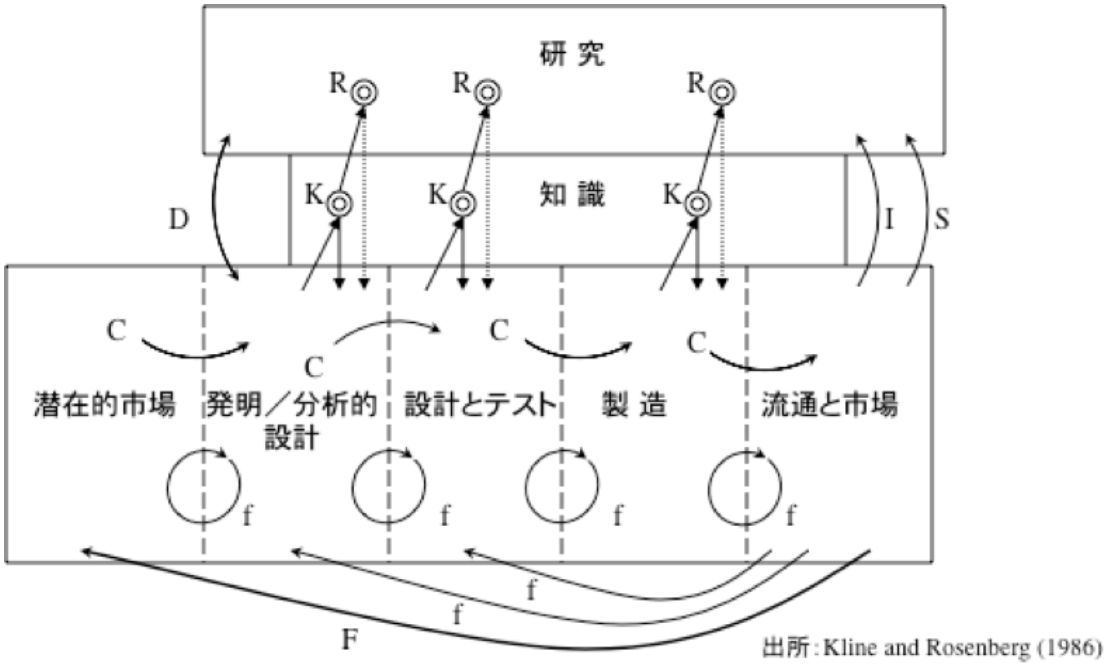


図 2　連鎖モデル

連鎖モデルは、多様なフィードバック・ループが存在することにより、イノベーション・プロセスの各段階が複雑な相互関係を持っていることを図式的に示している。この図式が示唆する重要なポイントは、リニア・モデルの想定とは異なり、研究に限らず様々な段階がイノベーションの出発点になり得ることを示していることである。また、研究と業務プロセスのフローの間に、それらの活動によって蓄積されるストックとしての知識の階層を明示している点も、このモデルの特徴のひとつである (永田晃也, 2003)。

3　イノベーションの決定要因からみたモデル

イノベーションの決定要因に関する古典的な仮説は、「技術プッシュ」と「需要プル」として知られている。前者はイノベーションを発生させる要因として新技術の創出を重視し、後者は需要の存在を重視する見方である。これらのうち、いずれが支配的な要因であるのかをめぐっては、多く

の実証研究が行われてきた (Utterback, 1974;Mowery and Rosenberg, 1979)。他方、それらの実証研究は、より本質的な決定要因の発見をもたらすことにもなった。

後藤晃 (2000) は、図 3 のようなイノベーション・プロセスのモデルを提唱している。このモデルでは情報のフローは単純化され、敢えてリニアに描かれているが、イノベーションの決定要因が作用する局面を具体的に示している。

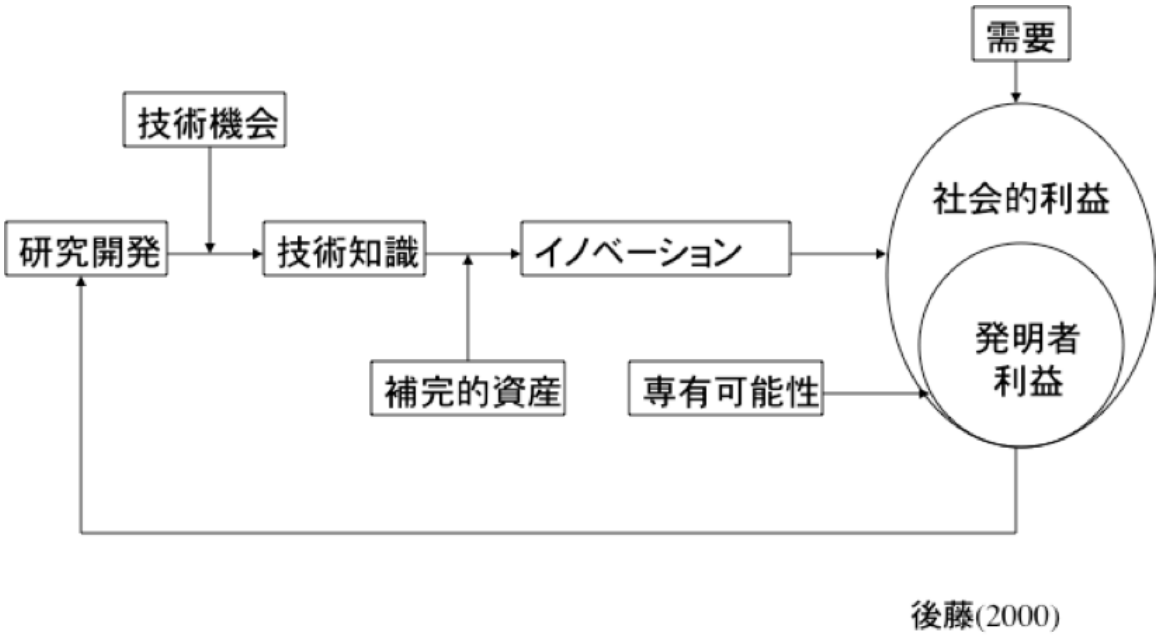


図 3　イノベーションの発生メカニズム

まず研究開発の段階においては、新たな技術知識の創出を効果的にもたらす要因として「技術機会 (Technological Opportunities)」が作用する。技術機会とは、研究開発をとりまく様々な情報源によって提供される機会であり、具体的には獲得された情報が新規プロジェクトの提案や、既存プロジェクトにおける問題解決に結びつくことを意味している。

創出された技術知識が、イノベーションとして実現されていく局面では、「補完的資産 (Complementary Assets)」が成否を左右する要因となる。もとよりイノベーションは、新たな技術知識のみでは実現しない。その技術知識を新製品や新製法に具現化し、市場で利益を上げていく過程では、所要の生産設備や販売網などを保有しているか、有利な条件でアクセスできることが重要な鍵となる。こうしたイノベーションの実現に必要となる資産が、補完的資産と呼ばれている。

イノベーションが生み出す全体的な利益の大きさは、需要によって規定される。この利益を企業が回収する局面に作用する要因が「専有可能性 (Appropriability)」である。専有可能性とは、イノベーションを実現した企業が、その利益を自ら回収できる程度を意味している。発明者利益として回収された利益は、新たな研究開発を行うための原資となる。したがって、専有可能性が低く、利益の多くがスピルオーバー（流出）してしまう状況のもとでは、企業は持続的にイノベーションを追求することが困難になる。専有可能性は、特許制度による権利保護の強度、技術知識その

ものの暗黙的な性格、経験曲線効果などの多様な要因の影響を受けることが知られている (Teece, 1986;Levin et al., 1987;Cohen et al., 2002)。

4　非決定論的視座によるイノベーション・プロセスの捉え方

決定要因に焦点を当てたイノベーション・プロセスのモデルは、新技術なり潜在的な需要といった何らかの先行要因の存在が、その後のイノベーションの方向を決定づけるという見方を前提としている。こうした「決定論」的な見方に対して、イノベーションの方向性は技術に対する多様な解釈の相互作用によって形成されるとする「非決定論」的な捉え方が提起されている。この見方によれば、解釈が固定化された後の技術の発展過程に擬似的な因果関係が観測されることになる (加藤俊彦, 1999)。

このような非決定論的視座は、現実の認知は社会的に構成されたものであるとする「社会構成主義」(social constructionism) の立場にある。技術に対する解釈がイノベーションの方向に影響を及ぼすという主張の裏付けは、この立場から記述された自転車の技術史に見出すことができる。

Bijker et al. (1987) によれば、1870 年頃に量産され、Penny-Farthing または Ordinary の名称で知られる初期の自転車（図 4 参照）は、これを専らスポーツ用具として解釈した若年男性によって歓迎された。この型の自転車はスピードを出せるが、サドルの位置が高く危険であったことから、ドレスを着た婦人などの他の社会的グループには受け容れられなかったため、後にサドルの位置が低く、後輪をチェーンで駆動するセーフティ型の自転車が開発された。しかし、19 世紀には自転車をスポーツ目的で使用する立場が支配的となったため、セーフティ型の自転車は商業的に失敗したとされている。

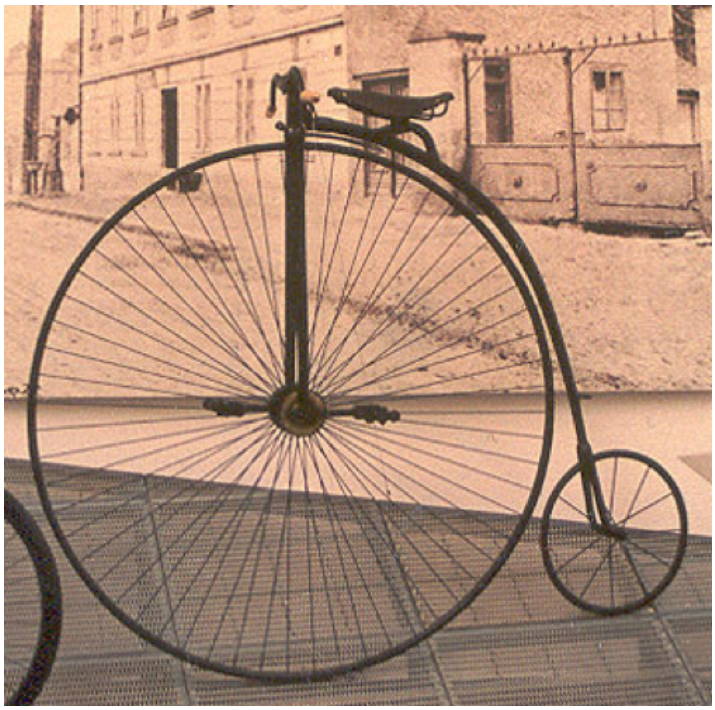


図 4　Penny-Farthung
出所：Wikimedia Commons

この事例は、速くかつ安全に移動するための道具としての自転車に対する潜在的な需要も、それを実現する技術も存在していたにも関わらず、セーフティ型の自転車が長らくイノベーションとして成立しなかった要因が、自転車の用途に対する当時の支配的な解釈にあったことを示している。潜在需要にせよ新技術にせよ何らかの「決定要因」が先行して存在したという認知は、セーフティ型の自転車がイノベーションとして成立してから構成される「後知恵」に過ぎないということになる。

5　イノベーションは計画できるか

あるイノベーションの決定要因が何であったのかは、当該のイノベーションが成立した後にならなければ認知できない―非決定論的な視座が提起するメッセージをこのように捉え返すならば、それは常識的な言明の域を出ないものである。しかし、これを常識として踏まえておくことは、イノベーションの促進に取り組む実務家にとって、イノベーション・プロセスに関する先入観を排除するために役立つであろう。ただ、イノベーションを何らかの先行要因と結びつける因果モデルが常に後知恵によって成立するのであるとしても、それは何らかの因果仮説を持って計画的にイノベーションを促進しようとするアプローチの無効性を意味しているのではないという点に注意を要する。

この点を理解する上では、３ M が実施したプロダクト・イノベーションの１つである「ポスト・イット」の成立過程を振り返っておくことが有用である。３ M には 15% ルールと呼ばれる不文律

があり、研究開発部門の社員は勤務時間の 15% を自由なテーマに使えることになっている。ポスト・イットに使用された接着剤は、15% ルールを活用した開発担当者スペンサー・シルバーの試行錯誤から生み出されたものであるが、当初は何にでも付くが簡単にはがれる「失敗作」と解釈されていた。しかし、この接着剤に関する報告を社内の技術交流会で聞いていたコマーシャル・テープ事業部の研究者アート・フライは、1974 年のある日曜日に教会で聖歌隊の一員として賛美歌を歌ったときに、歌集のしおりが落ちないようにできないものかと考え、件の接着剤の用途に思い至った。その後、フライは「落ちないしおり」の開発を自主的に進め、試作品の社内配布などを経て、その商品価値につきコマーシャル・オフィス・サプライ事業部を説得した。ポスト・イットが商品化されたのは、シルバーの報告から 8 年後、フライによるアイデアの着想から 7 年後の 1981 年であった。

ポスト・イットに使用された接着剤は、「落ちないしおり」を開発するという計画のもとに生み出されたのではない。また、「落ちないしおり」の開発は、もともとオフィス・サプライ事業部の計画に含まれていたわけではない。その意味では、３ M にとって収益の柱の 1 つとなったプロダクト・イノベーションは偶然の産物である。しかし、そもそも 15% ルールが存在しない企業では変わった接着剤が生み出される機会はなかったであろう。また、３ M に「汝、アイデアを殺すなかれ」という 11 番目の戒律が存在することは今日広く知られているが、そのようなエートスを持たない企業であれば、研究者が所属事業部の課題から逸脱するテーマを追求することは禁止されていた筈である。それ故、「ポスト・イットの開発には偶然の積み重ねという部分があったとしても、その開発を可能にした３ M の環境は、偶然の産物ではない」(Collins and Porras, 1994) と言えるのである。

6　科学技術イノベーション政策への含意

以上のように、複雑なイノベーション・プロセスの理解枠組みとなるモデルを構築するための議論は、イノベーション・プロセスが技術知識の創造を伴う場合でも、その起点が必ずしも研究にあるとは限らず、多様なステージでの問題発見などを起点とする情報の連鎖がイノベーションを成立させていることを明示してきた。　また、モデルの前提となる知見を提供するイノベーションの決定要因に関する研究は、イノベーションの成立には、研究開発の効率を左右する技術機会ばかりでなく、利益の専有可能性、補完的資産へのアクセス、需要の規模などの経済的な要因が関与していることを明らかにしてきた。　こうした先行研究から得られる政策的な含意は、イノベーションの活性化を目指す政策が企業の研究開発に対する支援や、大学・公的研究機関の研究力を高める施策に止まる限り、その政策効果は限定的なものにならざるを得ないということである。従って、科学技術イノベーション政策の担当者には、研究開発のフェーズだけではなくイノベーション・プロセスの全体像を念頭に置いて政策立案に取り組むことが求められる。　さらにイノベーション・プロセスに関する近年の研究は、イノベーションに先行して何らかの決定要因が存在するという認知がイノベーションの成立後に得られる後知恵であり、現実のイノベーション・プロセスは多様なアクターの相互作用を通じて社会的に構成されるものであるという見方を提起してきた。この見方は、

イノベーションがしばしばアクター間の相互作用による予期せざる結果として生じる性格を持つため、計画的に促進することは困難であることを示唆している。しかし、ポスト・イットの事例に沿って見てきたように、あるイノベーションを成立させた技術とニーズの結合が偶然の産物であるとしても、そのような偶然の結合は特定の組織的・制度的条件の下でしか起こり得ないということがある　それ故、イノベーションの確実な決定要因を事前に特定し、計画的にイノベーションを実現させることは不可能であるとしても、イノベーションの発生確率を高める組織的・制度的条件を科学的に明らかにし、その条件を整備する政策的アプローチには一定の有効性を期待することができるのである。

References

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems*. The MIT Press. https://mitpress.mit.edu/books/social-construction-technological-systems-anniversary-edition.

Cohen, W. M., Goto, A., Nagata, A., Nelson, R. R., and Walsh, J. P. (2002). *R&D Spillovers, Patents and the Incentives to Innovate in Japan and the United States*. Research Policy. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733302000689.

Collins, J. C. and Porras, J. I. (1994). *Built to last: Successful habits of visionary companies*. Random House. (山岡洋一訳『ビジョナリー・カンパニー』日経 BP 出版センター、1995 年) https://shop.nikkeibp.co.jp/front/commodity/0000/P49250/.

Kline, S. J. and Rosenberg, N. (1986). An Overview of Innovation. In *The Positive Sum Strategy*. National Academy Press. https://www.nap.edu/read/612/chapter/18.

Levin, R. C., Klevorick, A. K., Nelson, R. R., Winter, S. G., and Gilbert (1987). Appropriating the Returns from Industrial Research and Development. *Brookings Papers on Economic Activity*, (3). https://www.brookings.edu/bpea-articles/appropriating-the-returns-from-industrial-research-and-development/.

Mowery, D. and Rosenberg, N. (1979). The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies. *Research Policy*, 8. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733379900192.

Teece, D. J. (1986). Profiting from Technological Innovation: Implication for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy. *Research policy*, 15. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048733386900272.

Utterback, J. M. (1974). Innovation in Industry and the Diffusion of Technology. *Science*, 183. http://science.sciencemag.org/content/183/4125/620.

永田晃也, editor (2003). 価値創造システムとしての企業. 学文社. http://amzn.asia/0MohSsH.

加藤俊彦 (1999). 技術システムの構造化理論–技術研究の前提の再検討. 組織科学, 33(1). https://ci.nii.ac.jp/naid/40002246323.

後藤晃 (2000). イノベーションと日本経済. 岩波新書. https://www.iwanami.co.jp/book/b268503.html.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 九州大学大学院基幹教育科目「科学技術イノベーション政策概論」（担当：永田晃也）

1.0.3　イノベーション・プロセスをシステムとして捉える

永田晃也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 14 日

リード文

「ナショナル・イノベーション・システム」とは、イノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で形成するインタラクションを、一国におけるシステムとして捉えた概念である。この概念は、個別のアクターや制度ではなく、それらが構成する全体像を政策論議の対象とする思考方法を科学技術イノベーション政策に導入する上で、重要な役割を果たしてきた。

キーワード

ナショナル・イノベーション・システム、イノベーション・エコシステム、セクトラル・システム、地域イノベーション・システム、クラスター

本文

1　はじめに

イノベーション・プロセスは、様々なアクター間ないし制度間の相互作用によって遂行される性質を有していることから、特定のアクター等の要素に関する分析的アプローチと、分析によって得られた知見の積み上げに止まる限り、要素間の相互作用がイノベーション・プロセスにもたらす影響を捉え損なう虞がある。このため、一国におけるイノベーション・プロセスの特質を、要素間の相互作用からなるシステムとしての全体像を持つものとして捉える「ナショナル・イノベーション・システム (National Innovation System: 以下 NIS)」の概念が提起された。

本章では、まず NIS 研究の伝統と、そこで定義されてきた NIS の概念を整理し、この概念が科

* 九州大学大学院経済学研究院　教授

学技術イノベーションに関する政策論議に、どのような影響を及ぼしてきたのかを概観する。[*1]ついで、科学技術イノベーションの研究及び政策に対するシステム論的な視座の展開を、「イノベーション・エコシステム」や「地域イノベーション・システム」等の議論に即して見る。

2　ナショナル・イノベーション・システムの概念

NIS 研究の端緒は、Freeman (1987)、Dosi et al. (1988) 等によって拓かれた。Freeman (1987) は、NIS を「新しい技術の開発、導入、修正、普及に関連する私的・公的セクターの諸制度のネットワーク」と定義している。その後、NIS の概念には様々な再定義の試みが行われているが、イノベーションに関連するアクター間ないし諸制度間の相互作用にフォーカスしたものとして NIS の概念を提示している点においては、Freeman のシンプルな定義と同工異曲である。[*2]

様々な定義の共通項から NIS に対する一般的な理解を抽出するならば、それは「イノベーションの中心的な担い手である企業が、政府、大学等のアクターとの間で形成しているインタラクションを、一国における有機的なシステムとして捉えたときに与えられる全体像」であると言い換えることができるであろう。

3　NIS 研究の伝統

上記のような NIS の概念は、歴史的・文化的背景が互いに異なる諸国民のイノベーション・プロセスを理解する上では、個別の制度的要素の総和に還元できない全体性を捉えることが必要であるとの認識から招喚されたものである。この点は、Freeman (1987) が、そのサブタイトル (Lessons from Japan) に謳っているように、まずイノベーションによって国際的な産業競争力を構築してきた日本のシステムを解明するために NIS の概念を適用したことに端的に示されている。

このような動機にはじまった NIS 研究の領域では、初期の頃から活発な国際比較研究が行われてきた。Dosi et al. (1988) の第 5 部‘National Systems of Innovation’は、Freeman、Nelson、Lundvall らの論文によって構成されており、そこでは Freeman が日本の NIS を概説する一方、Nelson が米国の NIS に関する概観を提示している。Lundvall の論文は、アクター間の相互作用をサブシステム・レベルに降りて分析することに向けられており、そのアプローチによる成果は、後に Lundvall (1992) の中で体系化されている。

1993 年には、Nelson の編纂により本格的な国際比較研究の成果が刊行された。Nelson (1993) は、国民 1 人当り所得水準などを指標として 15 カ国を 3 つのグループに区分し、各国の NIS に関

[*1] 以下のレビューは、永田晃也 (2002) および永田晃也・大西宏一郎 (2007) の一部を改稿したものである。

[*2] 例えば、OECD (1999) は、NIS を「共同または個別に新技術の開発および普及に貢献する機関のセット。知識、スキル及び新技術として定義できる文明の産物を創出し、保有し、移転するための、相互に関連し合う機関のシステム」と定義している。また、科学技術庁 (1999) は、「イノベーションの過程に関係する機関 (主役となる企業、知識を提供する公的研究機関、大学等) の活動、これらの機関の相互間での資源 (知識・人材等) の流れ、およびそれぞれの活動に影響を与える外的要因 (例:政府による規制・奨励策、金融政策、雇用政策、教育・人材育成政策など) の総体」と定義している。

する記述を与えたものである。この比較研究における Nelson らの問題意識は、経済活動のグローバリゼーションが進展している中にあって、何故各国の NIS は収斂せず、多様性が存在し続けているのかという点に向けられた。この国際比較研究により、各国の NIS は、それぞれの制度や歴史的背景に依存しており、したがって経路依存的 (path-dependent) な性格を有するものであること、また各国の制度は技術と相互に影響し合いながら共進化 (coevolution) を遂げており、その結果として各国に固有の NIS が生成されていることなどが明らかにされた。

日本の NIS に関する初めての包括的な記述は、Nelson (1993) において日本の章を担当した小田切と後藤によって与えられた。後に小田切と後藤は、その研究を拡張・発展させ、Odagiri and Goto (1996) を刊行している。

4　NIS 研究の科学技術イノベーション政策への影響

以上のような NIS 研究の動向を反映して、科学技術イノベーション政策に関する各国の行政機関や国際機関では、NIS の概念を導入した政策立案を指向する議論が活発化した。

議論の中心を担ったのは OECD である。OECD の TEP(技術経済プログラム) は、1991 年に公表された声明の中で NIS の概念を導入し、研究開発の環境整備を図るためには、経済政策、社会資本整備、教育・雇用政策などの多岐に亘る政策に一貫性を持たせるとともに、国際調和の観点にも配慮すべきである旨を述べている。さらに OECD では、科学技術政策委員会 (CSTP) の事業として 1993 年から TIP(イノベーション・技術政策ワーキンググループ) を新たに設立し、NIS の分析に基づいてシステムの効率を改善するための施策の検討を進めた。こうした活動の成果について、OECD (1999) は、イノベーションに関する政府の役割としては市場の失敗を補うために研究開発の総量を増やす施策を講ずるばかりでなく、研究開発の効率性を妨げているシステム的欠陥を是正する必要があるとの共通認識が生まれていると評価している。

わが国では、「イノベーション」の振興を公式に所管する府省は長らく存在しなかった。も石渡裕子 (2019) によれば、わが国で法令上「イノベーション」という語が初めて用いられたのは、平成 20（2008）年の「研究開発システムの改革の推進等による研究開発能力の強化及び研究開発等の効率的推進等に関する法律（法律第 63 号、平成 30（2018）年「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に改称）である。また、周知のように総合科学技術会議の名称が総合科学技術・イノベーション会議に改められ、「イノベーション」が内閣府の所管事務に規定されたのは、平成 26（2014）年に行われた内閣府設置法の一部改正によるものである。

しかし、わが国でも OECD (1999) と同年に刊行された『科学技術白書』において、初めて NIS の概念を用いた科学技術活動の報告が行われている。また、平成 18（2006）年 3 月に閣議決定された第 3 期科学技術基本計画は、「科学技術システム改革」を目標に掲げ、産学官が一体となって「イノベーションを生み出すシステムの強化」を推進することとしている。従って遅くとも、この頃にはイノベーションに関心を持つ府省の間に NIS の概念は広く浸透していたと見ることができるであろう。

5 「エコシステム」というメタファー

以上のように NIS の概念は、イノベーションの研究者らによって 80 年代後半以降に提起され、90 年代以降の科学技術イノベーション政策に影響を及ぼすに至ったのであるが、90 年代にはイノベーションを指向する経営実務家や政策担当者の間で、新たに「イノベーション・エコシステム (Innovation Ecosystem)」という語が広く用いられるようになった。 「イノベーション・エコシステム」とは、イノベーションの創出に関与する企業、大学、政府などのプレーヤーによる相互作用と、それらを取り巻く周辺環境の全体像を「生態系 (エコシステム)」をメタファーとして表した語である。このメタファーは、イノベーションは 1 企業の努力だけでは実現できず、多様なプレーヤーとの相互依存関係の中で成立するものだという実務的な問題意識を背景としており、当初、インテルをはじめとする IT 系企業などにより「ビジネス・エコシステム」という語に用いられていた。それが 2000 年以降には、Iansiti and Levien (2004) などによって概念化され、米国競争力評議会 (COC) が 2004 年に発表した「パルミサーノ・レポート」として知られる政策提言 'Innovate America' の中でも使用されるに至ったのである。

イノベーション・エコシステムの概念を NIS のそれと比較すると、そこに理論的に重要な新規性は認め難い。しかし、エコシステムという表現の選択は、ナショナル・システムの境界よりも広範囲に亘るアクター間の相互作用関係を記述対象とする指向性を含む点に意義があると言えるであろう。もとより NIS の概念を提唱した研究者らの問題意識は、イノベーション・プロセスを国民国家に閉じられたシステムとして捉える前提に立っていた訳ではなく、むしろ経済活動のグローバル化とナショナル・システムの関係を理解することを積極的な動機としていたのであるが、その動機故に記述の焦点はナショナル・システムの固有性に当てられることになった。これに対して、イノベーション・エコシステムの概念は、グローバル経済そのものをエコシステムとして捉える方向に記述の焦点をシフトさせたのである。

6 中範囲カテゴリーへの展開ーセクトラル・システム

NIS の概念については、一国のシステムを構成する産業や地域が同質的である筈はないという観点からの再検討も加えられた。こうした再検討の試みは、ナショナル・システムと個々のアクターを媒介する中範囲のカテゴリーを提起することになった。このうち産業ごとのイノベーション・システムの特質に注目したカテゴリー概念が、Malerba (2004) による「イノベーションのセクトラル・システム」(Sectoral Systems of Innovation: 以下 SSI) である。

Malerba が言うセクターとは、既存の需要またはエマージェントな需要に対応する製品グループのために組み合わされる一連の活動を意味している。また、SSI とは、知識ベースや技術を共有し、当該セクターの製品を創造、生産、販売するために市場の内外で相互作用を行うエージェントのセットによって構成されるものと定義されている。ここでエージェントとは、特殊な学習プロセス、能力、組織構造、信念、目的および行動を伴う様々な集合レベルでの個人や組織である。エー

ジェントは、コミュニケーション、交換、協働、競争、指揮などのプロセスを通じて相互作用するが、その相互作用はまた制度によって形成されるものでもあるとされている。

Malerba は、以上のように SSI の基本コンセプトを記述した上で、その特質に言及している。すなわち、SSI は多様な構成要素の共進化を通じて変化と再編を経るものであるということ。および SSI は、1) 知識と技術、2) アクターとネットワーク、3) 制度という 3 つの「ビルディング・ブロック」によって構成されているということである。

7　地域イノベーション・システム

NIS の内部構造が、地理的・空間的に同質的である筈はないという着眼点は、「地域イノベーション・システム」(Regional System of Innovation: 以下 RIS) というコンセプトの提唱に結びついていった。しかし、その論理構成は Cooke (1998) にみられるように NIS のそれと概ね同型的であり、NIS の空間的スケールを縮小した議論として捉えることができる。特定の地域の中でも、イノベーションの主要な担い手である産業部門が、大学等の学術機関および行政機関と相互作用しながら、共進化を遂げているという訳である。[*3]

Saxenian (1994) も、イノベーションにおける地域的な優位性をモデル化した試みである。Saxenian は、ともにハイテク産業集積地域として知られたシリコンバレーとルート 128 号線周辺地域の比較研究を行い、何故、前者では活発な起業活動が持続し、後者では起業活動が衰退していったのかを分析した。その結果、専門化した起業家の集積が見られるシリコンバレーの地域システムを「ネットワーク型システム (Regional Network-based Industrial System)」、統合度の高い大企業の集積からなるルート 128 号線周辺の地域システムを「独立企業システム (Independent Firm-based System)」として特徴付け、市場の要求や技術変化への対応における前者の優位性を論じている。

8　システムとしての「クラスター」

一方、NIS 研究の直接的な影響下にはない研究者によって、RIS のモデル化として理解できる概念が独自に提起されている。Porter (1990) が、競争力のある産業の集積を意味するものとして提唱した「クラスター (Cluster)」の概念は、その一例である。

Porter は、ある国の企業が特定の産業分野において他国の企業よりも素早くイノベーションを実現できる要因を分析した。そこで提起された 4 つの条件と、それらの相互作用からなるフレームワークは、クラスターの概念的なモデルとして広く知られている。4 つの条件とは、生産活動の投入要素である熟練労働やインフラストラクチャーなどの資源を意味する「要素条件」、市場における需要の水準を意味する「需要条件」、当該産業に対するサプライヤーなどを含む「関連産業・支援産業」、競合他社の存在によって促される「企業戦略・競争戦略」である。Porter は、これら 4 つの条件が相互関係を持つものであることを強調し、図 1 のように 4 点を結んだフレームワークを示

[*3] このような関係を「三重らせん (トリプルヘリックス) 構造」として捉えた Etzkowitz (2008) の議論は、中範囲カテゴリーのモデル化の試みとして位置づけることもできる。

して「ダイヤモンド」と呼称している。

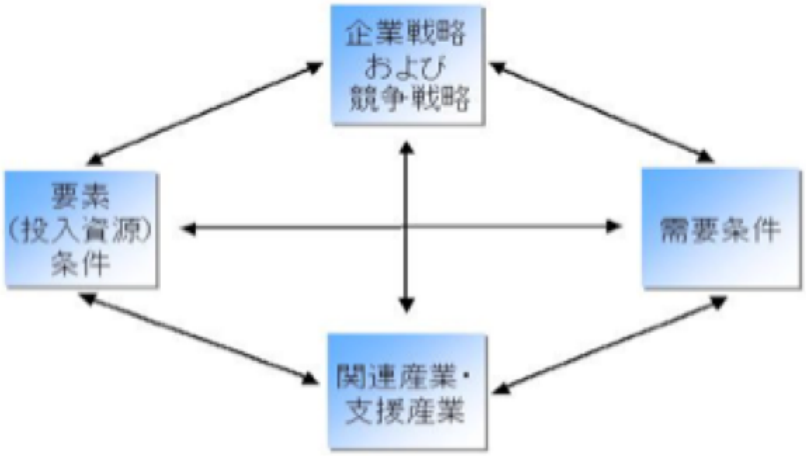


図 1　産業競争力の要因
出所:Porter(1990)

さらにポーターは、この諸条件のシステム的な性質が、競争力のある産業のクラスター化を促進することを、様々な具体例を上げて指摘している。すなわち、Porter (1990) におけるクラスターの概念は、「ダイヤモンド・システム」の一角を占める「関連産業・支援産業」という条件を介して、競争力を持つ複数の産業が一国に集積した状態（すなわち産業のクラスター）を意味していた。ところが、この概念は、Porter (1998) において再論された際には、「ある特定の分野に属し、相互に関連した、企業と機関からなる地理的に近接した集団」と定義され、その地理的な広がりは「一都市のみの小さなものから、国全体、あるいは隣接数カ国のネットワークにまで及ぶ場合がある」とされた。また、その上でクラスターそのものを「システムであり、その全体としての価値が各部分の総和よりも大きくなるようなもの、と定義できるかも知れない」と論じている。

Porter (1990) は、政策の役割について、競争的な環境を創出するための触媒に止まるべきであるとの見方に立っていたため、上述したモデルにもアクターとしての政府は明示されていない。しかし、Porter (1998) における再論では、競争的な環境を創出するためにはマクロ経済政策のみでは不十分であり、税制、労働市場政策、知的財産制度、反トラスト政策などのミクロ経済政策が競争の激しさを決定する上で重要な役割を果たすとしており、ダイヤモンドの一角を占める「企業戦略・競争環境」を強化する上で政府が果たすべき役割に踏み込んだ議論を展開している。また、「要素条件」については天然資源、人的資源などと並べて行政インフラ、情報インフラ、科学技術インフラを列記し、科学技術インフラの例としては「企業が競争の際に頼りにできる大学の研究機関など」を上げている。

わが国においても、2000 年代に入ってから、クラスターという語は広く用いられるようになった。その背景には、「産業クラスター計画」(経済産業省)、「知的クラスター創成事業」(文部科学省)のようにクラスターの名を冠する地域政策が相次いで実施されたという経緯がある。各政策において掲げられたクラスターの定義は以下の通りである。

- 産業クラスター：大学等の公的研究機関と周辺企業との間の技術革新に加え、より広域的に大学等と企業の間や企業同士の連携が図られ、イノベーションと新事業・新産業の創出が連鎖的に生じるシステム
- 知的クラスター：地域において独自の研究開発テーマとポテンシャルを有する公的研究機関等を核とし、地域内外から企業等も参画して構成される技術革新システム

これらの定義は、政策手段となる大学や公的研究機関の役割を中心に据えている点ではオリジナルの定義と異なっているが、ここで留意すべき点は、いずれの定義もクラスターをイノベーション・システムと明記していることである。

科学技術基本計画に基づく我が国の地域科学技術イノベーション支援施策は、第 2 期計画（2001 年度～2005 年度）から第 3 期計画（2006 年度～2010 年度）までクラスター政策を軸として推進された。クラスター政策は、2009 年に実施された事業仕分けにより、2010 年度には一部事業が廃止、または統合、再編、縮小されることになった。しかし、システムとしてのクラスターという概念の導入は、第 4 期計画（2011 年度～2015 年度）の「地域イノベーション・システムの構築」や第 5 期計画（2016 年度～2020 年度）の「イノベーション・エコシステムの構築」といった政策目標を準備する上で重要な役割を果たしたと言えるであろう。

9　政策立案への含意

本章では、イノベーション・プロセスをシステムとして捉える理論や概念枠組みを、NIS から RIS に至る研究対象の変化に沿って概観した。それらの研究成果が、実際の科学技術イノベーション政策に及ぼした影響にも言及してきたが、あらためて今後の政策立案に向けて一般的な含意を導出するならば、それは以下のように要約できるであろう。

イノベーション・プロセスは、多様なアクターや制度の相互作用からなる複雑なプロセスである。従って、このプロセスに対する政策的な介入を計画する際には、当該施策が直接対象とするアクターや制度に及ぼす効果のみを考慮するのではなく、施策の対象と相互作用関係にあるアクターや制度に及ぼす間接的な影響も考慮しておかなければならない。また、個々の施策は単独で閉じられた作用を及ぼすのではなく、他の施策との補完関係や代替関係を有する場合があることも考慮しておく必要がある。施策間の相互関係の範囲は、科学技術イノベーション政策の枠を超える場合もある。

また、本章で見てきたように NIS を構成するサブシステムとしてのセクトラス・システムや RIS には多様性が存在する。国レベルで実施するマクロ政策と、産業別・地域別の施策の間に補完関係を構築していく際には、このようなシステムの重層構造に配慮しておく必要がある。

このような視点に立った政策立案を行わないと、個々の施策が十分な効果をもたらさないといった事態も起こり得る。また、科学技術イノベーションは、良くも悪くも大きな社会的・経済的なインパクトをもたらす可能性があるため、そのプロセスに介入する政策を立案する担当者の世界観には、常に予期せざる負の結果を回避できる先見性と広角性が求められる。イノベーション・プロセスをシステムとして捉える視点は、かかる先見性と広角性を提供するものである。

References

Cooke, P. (1998). Introduction. In Braczyk, H., Cooke, P., and Heidenreich, M., editors, *Regional System of Innovation*. UCL Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=gT0AMUZYgy0C&oi=fnd&pg=PR7&dq=Regional+System+of+Innovation+Cooke,+P+1998&ots=w3Xj0vyeR3&sig=0KMPIdKSCRikYj3x5L3Kjkued34.

Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, G., and Soete, L., editors (1988). *Technical Change and Economic Performance*. Pinter Publishers.

Etzkowitz, H. (2008). *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge. (三藤利雄・堀内義秀・内田純一訳「トリプルヘリックス:大学・産業界・政府のイノベーション・システム」芙蓉書房、2009 年) https://www.taylorfrancis.com/books/9781135925284.

Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers. (大野喜久之輔監訳「技術政策と経済パフォーマンス:日本の教訓」晃洋書房、1989 年) https://books.google.co.jp/books/about/Technology_policy_and_economic_performan.html?id=rA20AAAAIAAJ&redir_esc=y.

Iansiti, M. and Levien, R. (2004). *The Keystone Advantage*. HBS. (杉本幸太郎訳「キーストーン戦略ー:イノベーションを持続させるビジネス・エコシステム」翔泳社、2007 年) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=T_2QFhjzGPAC&oi=fnd&pg=PP15&dq=The+Keystone+Advantage&ots=Uhw1R6sRj3&sig=d-d0Kv0lHNuLb4Xpa0Tz38evFew.

Lundvall, B. A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers. https://www.jstor.org/stable/j.ctt1gxp7cs.

Malerba, F. (2004). *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=l9tFuaE7S4UC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sectoral+Systems+of+Innovation:+Concepts,+Issues+and+Analyses+of+Six+Major+Sectors+in+Europe&ots=_8GdYku2o1&sig=Nk2pwqoo_N6NNZ01gHOj0lgpk38.

Nelson, R., editor (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press. https://books.google.co.jp/books?id=YFDGjgxc2CYC&printsec=frontcover&hl=ja&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

Odagiri, H. and Goto, A. (1996). *Technology and Industrial Development in Japan: Building Capabilities by Learning, Innovation and Public Policy*. Oxford University Press. (河又貴洋・絹川真哉・安田英土訳「日本の企業進化:革新と競争のダイナミック・プロセス」東洋経済新報社、1998 年) http://www.oupcanada.com/catalog/9780198288022.html.

OECD (1999). Managing National Innovation Systems. http://echo.iat.sfu.ca/library/oecd99_managing_National_IS.pdf.

Porter, M. E. (1990). *Competitive Advantage of Nation*. Harvard Business School Press. （土岐坤・中辻万治・小野寺武夫・戸成富美子訳『国の競争優位』上・下、ダイヤモンド社、1992 年）.

Porter, M. E. (1998). *On Competition*. Harvard Business School Press. （竹内弘高訳『競争戦略論』I.Ⅱ、ダイヤモンド社、1999 年）.

Saxenian, A. (1994). Regional advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128. *Harvard University Press*. (山形浩生・柏木亮二訳「現代の二都物語」日経 BP 社、2009 年) http://jolt.law.harvard.edu/articles/pdf/v08/08HarvJLTech521.pdf.

永田晃也 (2002). ナショナル・イノベーション・システム. In 杉山公造・永田晃也・下嶋篤, editor, ナレッジサイエンス. 紀伊國屋書店. https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01-9784764950054.

永田晃也・大西宏一郎 (2007). ナショナル・イノベーション・システムのパフォーマンス測定手法に関する予備的考察、「イノベーションの測定に向けた基礎的調査報告書」. NISTEP REPORT 103, 文部科学省科学技術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/673.

科学技術庁 (1999). 科学技術白書 (平成 11 年版). http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa199901/index.html.

石渡裕子 (2019). 外来語の受容と法律における使用. 国立国会図書館 調査及び立法考査局『リファレンス』 834, 国立国会図書館.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 九州大学大学院基幹教育科目「イノベーション・システムの比較制度分析」(担当:永田晃也)

1.1.1　大学システムと大学組織のイノベーション

福井文威 *　　林隆之 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 5 月 4 日

リード文

大学は、教育・研究・社会サービスの多様な目的を抱えるとともに、様々な学問領域から構成される複雑な組織である。その複雑さゆえに、高等教育政策のみならず、科学技術イノベーション政策、産業政策の影響を受けるとともに、また政策実現を左右する重要なアクターの一つとなる。よって、大学をいかに質的に高度化させていくのかは、国家戦略を考える上で重要な課題といえる。本稿では、はじめに科学技術イノベーション政策における大学の役割を整理した上で (第 1 節)、大学システムを取り巻く環境の変化 (第 2 節)、そして、大学システム・大学組織のイノベーション (第 3 節) について論じる。

キーワード

大学の多様化、知識基盤社会、大学の類型化、世界水準大学、評価国家、大学組織、アカデミックキャピタリズム、企業的大学

本文

1　科学技術イノベーション政策における大学の役割

1.1　大学の多様な機能

大学の起源は、12 世紀頃にボローニャ、パリにおいて出現した教師と学生の組合 (ウニヴェルシタス) とされるが、当時の大学の主な機能は法学や神学に関する教育であり、必ずしも大学は誕生当初から研究機能を有していたわけではない (Haskins 2001;Perkin 2006)。大学に研究機能が持ち込まれる上で重要な役割を果たしたのが、1810 年にドイツで創設されたベルリン大学である。ベルリン大学では、大学は新しい知識の創造により、ドイツ国家の発展を先導する役割を有すること

* 鎌倉女子大学准教授、コロンビア大学客員研究員（前 政策研究大学院大学助教授）
† 政策研究大学院大学　教授

が強調され、このドイツの近代的な研究大学は、その後各国に波及した (Geiger, 2015)。また、19 世紀後半にアメリカで設立されたランドグラント大学は、1862 年のモリル土地付与法によって連邦政府から提供された土地をもとに、農学、工学等の発展に寄与する大学として設立され、知識や技術移転を通じた公共的なサービスが大学の中核的な機能の一つとなった (Altbach, 2001)。すなわち、大学の機能は、国、時代とともに変遷しながら、主に教育、研究、社会サービス (知識移転含む) を主要な機能とするようになった。ただし、大学を単一的なモデルで捉えることには限界があり、例えば、旧ソ連や 1980 年代以前の中国において研究機能は大学外に設置された研究機関が中心的な役割を果たしていたように (Liu, 2007)、全ての大学が教育、研究、社会サービス (知識移転含む) といった機能を有しているわけではない。

一方、大学という一つの組織体にこれら 3 つの機能が包含された時、各機能は互いにどのような影響を受けるのか想定しておくことは、効果的な大学システムを創造する上で重要な視点である。というのも、教育と研究の 2 つの関係性をとってみても、両者は互いにシナジー効果を生み出すこともあれば、相互に妨げ合うこともありうるからである (Ben-David, 1977)。大学の主要な 3 機能である研究 (Research)、教育 (Teaching)、知識移転 (Knowledge Transfer) の関係性を整理したものが表 1 である (Geuna and Rossi, 2015)。表 1 で示されるように大学は、それぞれの機能が互いに影響を及ぼし合うため、ここにサイロ的視点から脱した政策や大学経営が求められることとなる。

表 1　教育、研究、知識移転の関係性 (ポジティブな側面とネガティブな側面)

	研究(Research)	教育(Teaching)	知識移転(Knowledge Transfer)
研究 (Research)		研究→教育へのポジティブな影響 ・教育の質を向上させる ・専門的知識を継続的に向上させる 研究→教育へのネガティブな影響 ・教育水準を犠牲とし研究生産性を高めるインセンティブが働く ・教育の適性が殆ど無い教員が採用される	研究→知識移転へのポジティブな影響 ・オリジナルな研究が関与することで、知識移転の有効性が向上する ・暗黙知の移転が容易になる
教育 (Teaching)	教育→研究へのポジティブな影響 ・アカデミック教員が教育と研究に対する異なる才能を提供することで、専門化を通した効率性が向上する ・学生をアカデミックな専門職にリクルートすることができる 教育→研究へのネガティブな影響 ・研究に使用出来る時間が減少する ・研究の能力や適応性が限られた教員が採用される		教育→知識移転へのポジティブな影響 ・科学知識に関するコミュニケーションスキルの向上により、外部のアクターとの相互作用が促進される ・卒業生によって、企業とのネットワークが強化される
知識移転 (Knowledge Transfer)	知識移転→研究へのポジティブな影響 ・研究成果のより効率的な伝達がなされる ・商業的に有望な研究テーマが特定される ・科学の進歩につながるリサーチ・ソリューションを刺激する課題が特定される ・補完的な才能や設備にアクセスすることができる ・認知度が向上し、より多くの資源が入ることによって、より多くの研究が達成される 知識移転→研究へのネガティブな影響 ・研究に使用出来る時間が減少する ・応用的で増分主義的なプロジェクトを重視するインセンティブが働く ・研究結果を秘匿したり、出版を遅らせるインセンティブが働く	知識移転→教育へのポジティブな影響 ・活動に役立つ魅力的なアイディアやケーススタディーを得ることができる ・学生がスタートアップ企業を立ち上げる良い機会となる ・教育のイノベーションに対する投資を可能とする更なる資金の確保につながる 知識移転→教育へのネガティブな影響 ・教育に使用出来る時間が減少する ・教育水準の低下 ・学生の活動が私的に利用されることがある	

出典:Geuna and Rossi (2015)[p.33]

1.2　科学技術イノベーション政策における大学の役割

大学のイノベーションへの貢献も、このような教育、研究、知識移転それぞれの機能を介して行われる。しばしば、研究機能を通じた新たな知識の創造やそれを社会的・経済的に還元させることが強調されることがあるが、Geuna and Rossi (2015) は各機能の様々な手段によって、大学が経済発展に貢献していることを整理した。たとえば、高度職業人の養成、経営・組織・戦略・マーケティング等の社会科学の知識の創造と普及、スピンオフ企業の創出、産学連携、企業での研究者の雇用、施設や設備の刷新、新しい知識や技術の創造と普及、貴重な設備や施設へのアクセス、古い技術・設備や書誌・映像・原稿等の保護管理、立地する都市の再生、地域文化やスポーツコミュニティへの貢献、学生・卒業生・教員・関係者の社会的ネットワークの創造等である。

これらの手段を通じて、大学は直接的な効果としては人材や有形資産の技術的発展、維持、刷新をもたらす。たとえば、人材の生産性の向上、企業の技術適応能力の向上、企業の新製品・新規プロセスの導入能力の向上、高度専門人材の雇用、設備の刷新などである。また、間接的な効果としては、経済制度のパフォーマンスを向上する。たとえば、政策当者の能力の向上、社会資本の増大、健康・政治参加・市民としての責任等の教育効果である。

2　大学システムを取り巻く環境と変革を促す諸要因

2.1　大学セクターの拡大

大学の変革が必要に迫られてきた社会背景の一つして、大学セクター自体の拡大がある。大学は、その多機能性ゆえに、教育研究の質、管理運営、行財政、教職員の採用・キャリア、アドミッション、カリキュラム、教授方法、産学連携等をはじめとして様々なテーマが問題となるが、これらを分離した問題としてではなく統合的な枠組みを用いて、その変化を説明しようとしたのが Trow (1973) である。Trow は、該当年齢人口に占める大学在籍率が 15% までの社会における大学システムをエリート型、15% から 50% までの大学システムをマス型、50% 以上の大学システムをユニバーサル・アクセス型とした上で、大学の大衆化が教育活動のみならず、社会と大学の関係性、大学の経営管理、行財政の仕組みまでを変革させていくことを指摘した (Trow, 1973)。例えば、大学を支える財政はその典型的な問題の一つであり、ユニバーサル化の進展とともに、教育研究活動を支える資金をどこが負担をするのか、政府の希少な資源を多様な高等教育セクターのどこに配分するのかという問題が発生してくる。

2.2　大学への社会からの期待

同時に、大学が社会の中で果たす役割への期待は、この 20〜30 年の間に大きく拡大してきた。その背景には、情報化、国際化、グローバル化が進行する中で、社会が知識基盤社会へと移行していること、ならびに、そのような現象を基礎に、各国や国際機関 (OECD 1996;UNESCO 2005) に

おいて知識基盤経済や社会を促進するイノベーション政策や高等教育政策がとられてきたことがある (大場淳, 2011)。

知識が労働や資本に代わり、経済・社会の発展の主たる要素になるという社会像は、1960 年代以降、類似した様々な用語で示されてきた (e.g. Drucker 1969;Bell 1973)。経済学者は知識経済 (knowledge society) や知識基盤社会 (knowledge-based society) という用語を用い、社会学者は知識社会や知識基盤社会、教育学者は学習社会 (learning society) などの用語を用いてきた。このような知識基盤社会の概念においては、知識の生成・伝達・普及が国や世界経済の発展の主要因となるとともに、個々の労働者はそのキャリアの途中に職を変え、専門を変え、知識を常にアップデートすることが求められる。

その中で大学は重要な活動主体と認識され、伝統的な研究活動による知識生産のみならず、知識の移転や、大学外の多様なアクターとの共同による知識の生成や普及が求められるようになる。人材育成の面では、知識基盤社会のもとで学生のマス化への対応が求められるとともに、生涯学習機能の拡大や、「継続して学び続ける」ことを学ぶような主体的学習へと教育方法を転換していくことが求められる (Välimaa and Hoffman, 2008)。

3　大学システム・大学組織のイノベーション

3.1　大学セクターのイノベーション

大学セクターへの NPM の適応

大学への社会からの期待が拡大する中で、大学セクターと政府との関係、ならびに大学間の関係も変わりつつある。この点での大きな変化が、大学政策への新公共経営 (ニュー・パブリック・マネジメント:NPM) の適応である。一般的に NPM の特徴は、1) 政策の企画立案と実施を分離し、2) 実施者を競争原理のもとで選定し、3) 実施方法の工夫については実施者に権限委譲し、4) 実施者を業績・成果により評価する、というところにある。

1) の典型的な例は、日本の国立大学や公立大学の一部の法人化のように、大学を行政府から独立した組織とすることである。このような政策は韓国やフランスなどでも実施されており、大学が組織改組や意思決定体制の変更を自ら実施可能となるなど、より自律的な組織形態となるような変更がなされてきた。

さらに 2)〜4) の実施例として、大学の実績を評価し、その結果に基づいて国からの経費 (特に国から大学への一般経費) を配分することがあげられる。その先駆的な例は英国における「研究評価事業 (Research Assessment Exercise: RAE)」であり、2014 年からは「研究卓越性フレームワーク (Research Excellence Framework: REF)」となっている。OECD (2010) や Hicks (2012) によれば、その後に少なくとも 13 カ国 (イギリス、スペイン、スロバキア、香港、オーストラリア、ポーランド、イタリア、ニュージーランド、ベルギー (フランダース地方)、ノルウェー、スウェーデン、デンマーク、フィンランド) において指標や評価により一括交付金の配分を行うことが行われるようになっている。米国やドイツでは州によって各種の指標に基づき交付金の一部を実績配分してい

る。日本では国立大学法人の評価が行われ、運営費交付金の一部がその評価結果に基づいて配分されている。

NPM により、政府の役割が大学に対する財政投資による統制や法令による規制から、アウトプットの評価を通じた国家目標への間接誘導という「評価国家 (evaluative state)」(Neave, 1988) へと変容しており、それにより政府は大学の目標を管理するのではなく、多様なアウトプットの質の評価によって報奨する。これに応じて、各大学は、産業界や学生といった政府以外の様々なステークホルダーとの関係から、自らの機能や目標を明確にして、戦略形成を行い、多様な機能の優先順位を明確にすることが求められるように変わってきた。

大学の多様化と類型化

大学セクターの拡大とともに創出した、いまひとつの課題が多様化した大学をいかに類型化し整理するかという課題である。特に、類型化は、科学技術政策においては交付金による研究費をどの大学に重点的に配分するか検討する際の概念装置として必要となる。

欧州では、「ミッションの多様性 (mission diversity)」「ミッションの差異化 (mission differentiation)」という用語によって大学の類型化や機能分化を志向してきた。欧州では、伝統的に大学と大学以外の高等職業教育機関が併存する体制がとられている国が多く、はじめから多様性は存在していた。しかし、イギリスにおいて 1992 年にポリテクニクを大学へと昇格させて一元化したことをはじめ、欧州諸国ではボローニャプロセスとよばれる、国ごとに多様な学位制度を標準化する取組により、大学とそれ以外の高等教育機関は法的に同じ学位を授与することになった。また，研究活動についても高等職業教育機関でも産業応用に近い領域での研究活動を拡大し、大学との差異が明確になってきた。そのため、大学の活動の特徴や実績をデータ等を用いて事後的に分析することが必要となった。さらに、そこでは、大学ランキングのようなある指標の中での教育・研究の質の階層を区分するような垂直的多様性だけでなく、複数の指標によって大学の指向性の違いをプロフィールとして示す水平的多様性も求められる (Teichiler, 2005)。たとえば欧州では、U-Multirank など多次元のランキングを形成する取組がなされてきた (Van Vught, 2008)。

米国では、拡大した高等教育セクターの全体像を把握するための大学類型として、1970 年代にカーネギー高等教育審議会がカーネギー分類を策定した。カーネギー分類の基準は、これまで微修正を繰り返しながらも基本的には学位授与数等の客観的な指標をベースに策定され、あくまでも多様な大学を単純に整理する目的で策定されてきた。分類基準は、2005 年に大幅な改定がなされ、これまでの大学の基本類型の他に学士課程教育プログラム、大学院教育プログラム、学生情報、学士課程情報、規模と環境といった新たな分類枠組みが提示されており、複数の視点から大学を類型化する手法が取られ始めている。

我が国では、「個性化」や「機能別分化」というキーワードによって、大学セクターの類型化や機能分化は政策的になされてきた。近年では、2005 年の中央教育審議会答申『我が国の高等教育の将来像』において大学が有する機能として、1) 世界的研究・教育拠点、2) 高度専門職業人養成、3) 幅広い職業人養成、4) 総合的教養教育、5) 特定の専門的分野 (芸術、体育等) の教育・研究、6) 地域の生涯学習機会の拠点、7) 社会貢献機能 (地域貢献、産学官連携、国際交流等) の 7 つの機能

が示され、大学の自律的選択に基づく機能別分化が提言された。また、2016 年には文部科学省は国立大学を「地域活性化・特定分野重点拠点」、「特定分野重点拠点」、「世界最高水準の教育研究拠点」の 3 類型に分類し、その取り組みに応じて運営費交付金を配分する方式が導入されている。大学の類型化論に関連し、新興国をはじめとして国家的な課題となっているのが「世界水準大学 (World Class University)」の形成である (Altbach, 2001)。Salmi (2009) は、世界水準大学の構成要素として、1) 卓越した学生と教員が集積し、2) 充実した教育環境と最先端の研究を支える豊富な資源があり、3) 戦略的なビジョン、革新性、適応性を促進し、官僚制に縛られることなく意思決定と資源管理を可能にする優良な統治機能があることを挙げている。その創設に向けて政府が取り得る手段として、第 1 に潜在的に力のある既存の少数の大学のアップグレード、第 2 にシナジー効果を産み出す既存の複数の大学の統合の促進、第 3 に新しい大学の創設といった手段を提示している (表 2)。我が国では、世界最高水準の教育研究活動が見込まれる国立大学を指定国立大学法人として指定する施策が 2017 年に開始された状況にある。

表 2　世界水準大学の形成に関する戦略的アプローチのコストとベネフィット

	アプローチ		
コンディション	既存の大学のアップグレード	既存の大学の統合	新たな大学の創設
人材を獲得する力	教職員を新しくしたりブランドを変化させて、優秀な学生を惹き付けることが難しい	既存の教職員の抵抗があるかもしれないが、リーダーシップの変化、新しいスタッフを惹き付ける機会がある	ベストな教職員・学生を選ぶ機会がある。一方、一流の学生を未知の機関に惹き付ける難しさがある。研究と教育の伝統を築く必要がある
コスト	低い	中	高
ガバナンス	同じ規制の枠組みで、運用のモードを変更することが難しい	既存の機関とは異なる法的地位で動く可能性が高い	適切な規制とインセンティブの枠組みを作る機会がある
組織文化	内から変換させることが難しい	異なる組織文化から、新しいアイデンティティーを取り出すことに困難さが伴う	優れた文化を創造する機会がある
変化のためのマネジメント	全てのステークホルダーとの大規模な協議とコミュニケーション	全てのステークホルダーを対象に、期待される基準と組織文化を教育する規範的なアプローチ	新しい機関を社会的に市場に出しながら、コミュニケーションをとる環境適応アプローチ

(出典 Salmi (2009)[p.48])

3.2　大学組織のイノベーション

大学組織の特殊性

大学セクター全体の変革とともに、大学組織レベルの変革も進んでいる。これまでの大学組織論に関する研究においては、大学組織への企業的経営手法の単純な導入の限界と大学組織の特殊性を踏まえた変革の必要性が指摘されてきた (Birnbaum 1988;Kezar 2001)。

Kezar (2001) は、大学組織の持つ特徴として 13 の特徴を挙げている。すなわち、大学は、1) 政府や評価機関をはじめとする外部組織の動きに影響を受けるため単独で独自の決定をすることが困難な相互依存組織 (interdependent organization) であること、2) その一方、伝統的には大学の自治のもと社会経済環境から比較的独立した組織であること、3) アカデミアの極めて特徴的な組織文化[*1]が存在すること、4) 長期的な使命を帯びている組織であること、5) 組織全体で共有する信念が存在する一方で、異なる信念が並存する組織であること、6) 複数の権力と権威の構造があること、7) 緩く結合したシステムであること、8) 複数の権力と権威の構造があり、緩く結合した相互依存的組織であるため、組織化された無秩序による意思決定 (organized anarchical decision-making) が行われること、9) 教員と管理運営者の重視する価値に違いが見られること、10) 緩く結合した分散的な意思決定が共同統治 (shared governance) を通じて行われること、11) 従業者が一つの組織に長い間在籍していること、12) 組織の目標が曖昧 (goal ambiguity) であること、13) 組織のイメージが経営上重視されることの、以上 13 の特徴である。無論、これらの全ての特徴は全ての大学に当てはまるものではないが、こうした大学組織の特性に配慮した組織のイノベーションが求められる。

大学の企業化

大学組織の特殊性を踏まえながらも、前節で示した環境変化のもとで、大学は企業的な運営形態を導入し、教育サービスの提供や研究資金の獲得などを通じて、財源確保を苦心するようになってきた。そのような状況は、「アカデミックキャピタリズム Academic catitalism」 (Slaughter and Leslie, 1997) や、「企業的大学 Entrepreneurial university」(Clark, 1998) などのいくつかの名称で表現されてきた (羽田貴史, 2004)。Clark によれば企業的大学とは、自大学の活動をいかに行うかについて積極的に変革をすることを模索する大学であり、特徴づける要素として以下の 5 つを挙げている。1) リーダーシップや管理権限のような運営における中心 (コア) の強化、2) 大学を取り巻く周辺組織との発展 (TLO や起業との教育面の連携)、3) 自由裁量資金の保有、4) 企業的行動の大学内での中心地の促進、5) 起業家的な信念の大学内への普及である。

大学における研究マネジメントの進化

さらに大学の研究活動について、そのマネジメントは大きく変革してきている (Connell, 2004; Hazelkorn et al., 2005)。大学における研究機能の重要性が増し、大学は研究資金を多様な資金源から競争的に獲得し、資金を学内で適切に配分することが求められるとともに、組織を超える学際的な研究や大きな装置を要する研究を実施することが必要とされている。また、優秀な人材を獲得し維持し、若い研究者を不安定な雇用の中で育成していくことも必要である。そのため、大学の研究マネジメントの変化の共通する傾向としては以下があげられる (Connell, 2004)。一つは、大学内の研究マネジメントが専門化していることであり、多くの大学で研究担当の副学長などのシニア職がおかれるとともに、研究管理の専門職人材 (URA) もおかれるようになっている。また、組織とし

[*1] Birnbaum (1988) は、大学組織の文化を同僚平等的文化 (collegial culture)、官僚的文化 (bureau culture)、政治的文化 (political culture)、無秩序的文化 (anarchical culture) の 4 つのモデルを提示している。

ての戦略的な研究計画の策定であり、組織的に重要研究分野・課題などのプライオリティを定め、資金配分を行い、学内で質の評価を行い、研究成果の商業化をはかる。さらに、研究者のキャリアの育成であり、博士課程学生やポスドクの教育の体系化や、ノンアカデミックキャリアにつくためのトランスファラブルスキルの教育、教員の継続的な能力向上による大学への貢献を維持することである。

4　近年の大学政策

最後に、近年の我が国の大学セクターをめぐる主な政策的動向について概説しておきたい。我が国の大学政策は、1980 年代の臨時教育審議会による大学に関わる規制緩和や民間活力導入の提言を大きな契機として、大学の自律性の拡大、それに基づく競争的環境の醸成を促してきた (大場淳, 2009)。特に、1991 年の大学設置基準の大綱化は、大学の教育課程の編成等への各種規制を大幅に緩和し、大学が自己責任の下、自由に教育研究を実施していくことを推進した。その後、2000 年前後の規制改革における「事前規制から事後チェックへ」という大きな流れの中で一連の大学改革は加速化し、私立大学の設置認可制度の緩和 (2003 年)、専門職大学院の創設 (2004 年)、国立大学の法人化 (2004 年)、認証評価制度の創設 (2004 年) をはじめとする制度改正がこの時期に重ねて実施された。

特に、明治以来の日本の大学制度の歴史の中で一つの大きな転換点となったのが、2004 年の国立大学の法人化である。この制度改革により、これまで行政機構の一部であった国立大学には法人格が付与され、行政機構から独立した法人となった。これにより、学長の権限が強化されるとともに、役員会、経営協議会、監事等の責任体制が明確にされ、国立大学は、制度的には自己責任と自主性に基づく経営体となった。また、財務面でも従来の国立学校特別会計が廃止され、運営費交付金がブロックグラントとして配賦されたことで自律性が促された。一方、大学の運営や施設整備に関わる資金の主要部分は政府から賄われている中、運営費交付金には効率化係数がかけられ、法人化移行、漸減してきた。また、国立大学法人は、文部科学大臣が定めた 6 年間の中期目標に基づき中期計画を定めることが制度上義務付けられ、その達成度が評価されることとされており、政府の間接的な管理下に置かれている状況にある。

近年では、運営費交付金が減少する中で、卓越した教育研究拠点の形成や大学の国際化を重点的に支援するため、競争的な補助金事業等が政策的に展開されており、２１世紀 COE プログラム (2002 年より開始)、グローバル COE プログラム (2007 年より開始)、研究大学強化促進事業 (2013 年より開始)、国際化拠点事業 (グローバル 30: 2009 年より開始)、スーパーグローバル大学創生支援事業 (2014 年より開始)、指定国立大学 (2017 年より開始) などの事業が推進されている。

References

Altbach, P. G. (2001). The American academic model in comparative perspective. In Gumport, P. J. and Johnstone, D. B., editors, *In defense of American higher education*, pages 11–

37. Johns Hopkins University Press. https://books.google.co.jp/books?id=bUcfz-xGr2EC&pg=PA55&lpg=PA55&dq=The+American+academic+model+in+comparative+perspective&source=bl&ots=iW2oFQEnsZ&sig=O6J18xvKBnsErIlhXM2AG9k9dDY&hl=ja&sa=X&ved=0ahUKEwjPmKb38ZrcAhWET7wKHR4WCZQQ6AEINDAB.

Altbach, P. G. and Balán, J. (2007). *World class worldwide: Transforming research universities in Asia and Latin America*. Johns Hopkins University Press. https://jhupbooks.press.jhu.edu/content/world-class-worldwide.

Bell, D. (1973). *The coming of post-industrial society. A venture in social forecasting*. Basic Books. (内田忠夫他訳 (1975)「脱工業社会の到来 (上)(下)」ダイヤモンド社) https://books.google.co.jp/books/about/The_Coming_of_Post_industrial_Society.html?id=hlS6AAAAIAAJ&redir_esc=y.

Ben-David, J. (1977). *Centers of learning: Britain, France, Germany, United States*. Routledge. (天城勲訳 (1982)「学問の府:原典としての英仏独米の大学」サイマル出版会) https://www.taylorfrancis.com/books/9781351529662.

Birnbaum, R. (1988). *How colleges work: The cybernetics of academic organization and leadership*. Jossey-Bass. (高橋靖直訳 (1992)「大学経営とリーダーシップ」玉川大学出版) https://eric.ed.gov/?id=ED301114.

Clark, B. R. (1998). *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation. Issues in Higher Education*. Elsevier Science Regional Sales. https://eric.ed.gov/?id=ED421938.

Connell, H. (2004). *University Research Management: Meeting the Institutional Challenge*. OECD. https://searchworks.stanford.edu/view/5962380.

Drucker, P. F. (1969). *The Age of Discontinuity: Guidelines to Our Changing Society*. Harper and Row. (上田惇生訳 (2007)「断絶の時代」ダイヤモンド社) https://www.elsevier.com/books/the-age-of-discontinuity/drucker/978-0-434-90395-5.

Geiger, L. R. (2015). *The history of American Higher Education: Learning and Culture from Founding to World War II*. Princeton University Press. https://www.jstor.org/stable/j.ctt7ztpf4.

Geuna, A. and Rossi, F. (2015). *The university and the economy: Pathways to growth and economic development*. Edward Elgar Publishing. https://www.e-elgar.com/shop/the-university-and-the-economy.

Haskins, C. H. (2001). *The rise of universities*. Transaction Publishers. (青木靖三・三浦常司訳 (2009)「大学の起源」八坂書房) https://www.taylorfrancis.com/books/9781315134659.

Hazelkorn, E., Organisation for Economic Co-operation, and Development (2005). University research management: Developing research in new institutions. Technical report, OECD. http://www.oecd.org/education/imhe/universityresearchmanagementdevelopingresearchinnewinstitutions.htm.

Hicks, D. (2012). Performance-based university research funding systems. *Research policy*, 41(2):251–261. https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.09.007.

Kezar, A. (2001). *Understanding and Facilitating Organizational Change in the 21st Century:Recent Research and Conceptualizations*, volume 28. John Wiley & Sons. https://www.wiley.com/en-us/Understanding+and+Facilitating+Organizational+Change+in+the+21st+Century%3A+Recent+Research+and+Conceptualizations%3A+ASHE+ERIC+Higher+Education+Report%2C+Volume+28%2C+Number+4-p-9780787958374.

Liu, N. C. (2007). Research universities in china: Differentiation, classification, and future world-class status. In Altbach, P. G. and Balán, J., editors, *World class worldwide: Transforming research universities in Asia and Latin America*, pages 54–69. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD. https://muse.jhu.edu/book/3387.

Neave, G. (1988). On the cultivation of quality, efficiency and enterprise: an overview of recent trends in higher education in western europe. *European Journal of Education*, pages 7–23. https://doi.org/10.2307/1502961.

OECD (1996). The Knowledge-Based Economy. Technical report, OECD. https://www.oecd.org/sti/sci-tech/1913021.pdf.

OECD (2010). Performance-based Funding for Public Research in Tertiary Education Institutions:workshop Proceedings. Technical report, OECD. http://www.oecd.org/sti/sci-tech/performance-basedfundingforpublicresearchintertiaryeducationinstitutionsworkshopproceedings.htm.

Perkin, H. (2006). History of universities. In *International handbook of higher education*, volume 18, pages 159–205. Springer Netherlands. https://www.springer.com/gp/book/9781402040115.

Salmi, J. (2009). *The challenge of establishing world-class universities*. World Bank Publications. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2600.

Slaughter, S. and Leslie, L. L., editors (1997). *Academic capitalism: Politics, policies, and the entrepreneurial university*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. (成定薫監訳 (2012)「アカデミック・キャピタリズム」法政大学出版局) https://eric.ed.gov/?id=ED409816.

Teichiler, U. (2005). New patterns of diversity in higher education. In *Governing Knowledge*, pages 97–112. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-3504-7_7.

Trow, M. (1973). Problems in the Transition from Elite to Mass Higher Education. ERIC ED091983, Carnegie Commission on Higher Education, Berkley. https://eric.ed.gov/?id=ED091983.

UNESCO (2005). *Towards Knowledge Societies*. UNESCO. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001418/141843e.pdf.

Välimaa, J. and Hoffman, D. (2008). Knowledge society discourse and higher education. *Higher Education*, 56(3):265–285. https://doi.org/10.1007/s10734-008-9123-7.

Van Vught, F. (2008). Mission Diversity and Reputation in Higher Education. *Higher Education Policy*, 21(2):151–174. https://doi.org/10.1057/hep.2008.5; https://link.springer.com/article/10.1057/hep.2008.5.

羽田貴史 (2004). 企業的大学経営と集権的分権化. **大学論集**, 34:21–40. http://rihejoho.hiroshima-u.ac.jp/ron/ron34.html.

大場淳 (2009). 日本における高等教育の市場化. **教育学研究**, 76(2):185–196. http://home.hiroshima-u.ac.jp/oba/docs/kyoikugakukenkyu076-2.pdf.

大場淳 (2011). 知識基盤社会と大学教育:欧州における取組から. In **「知識基盤社会と大学・大学院改革」戦略的研究プロジェクトシリーズ** *V*, volume 5, pages 39–65. 広島大学高等教育研究開発センター (編). https://home.hiroshima-u.ac.jp/oba/docs/kbs&university_education2011.pdf.

1.1.2　大学からの知の移転メカニズム

隅藏康一 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

大学は、教育と学術研究という従来からの基本的使命に加え、社会へのより直接的な貢献をいわば「第三の使命」として位置づけ、取り組むことが求められる。本節では、産学連携による大学から産業界への知の移転をテーマとして、研究プロジェクトの目的による分類、アカデミック・リサーチのイノベーションに対する貢献、米国におけるバイ・ドール法の影響の評価などについて述べる。

キーワード

産学連携、知的財産権、TLO、大学知的財産本部、パスツール象限、アカデミック・リサーチに基づくイノベーション、バイ・ドール法

本文

1　イントロダクション

「学」のセクターである大学における研究活動のうち、産業応用できる研究については、その成果を実際に産業界で活用できるようにすべきであるということに、異論の余地はないだろう。大学は最終製品の製造までは行わないため、研究成果を「産」セクターで活用して社会還元するには、「産学連携」により大学で生まれた知を産業界に移転し、新たな製品・サービスやプロセスの創生 (すなわちプロダクト・イノベーションやプロセス・イノベーション) につなげることが不可欠である。また大学の側としても、企業に蓄積された技術的知識を入手したり、新製品開発に対するニーズを汲み入れたりすることで、研究活動に有用な知を獲得することができる。

このような産学間の知の移転の形態としては、主たるものとして、大学で生まれた研究成果を特定の企業・機関に移転するという「技術移転」のアプローチ、大学における研究テーマ設定の段階

* 政策研究大学院大学　教授

から特定の企業のニーズを組み入れた上で研究開発を行うという「共同研究・委受託研究」のアプローチ、ならびに大学で生まれた研究成果を基にベンチャー企業を設立して更なる開発を行うという「大学発ベンチャー」のアプローチを挙げることができる。この他、産官学の複数機関が研究開発コンソーシアム[*1]を形成する際や、異なるセクターに属する研究者間で公式又は非公式の活動により技術指導やアドバイスが行われる際にもまた、産学の間で知の移転が実現される。また、特定分野の専門性を持つ学生・大学院生・ポストドクターを採用し雇用することによって大学の知が企業に移転するし、産業界の人材が大学で講義・研究指導を行うことによって産業界の知が大学に移転する。

上述した「技術移転」、「共同研究・委受託研究」、「大学発ベンチャー」のいずれの形態の産学連携を行う場合であっても、民間企業が特に重視するのは、大学で生まれた発明を活用して製品化に向けた開発研究を行うにあたって、発明を独占的に使用できるか否かである。この点が、当該企業がその開発研究への投資を行うかどうかを判断するための重要な材料となる。開発がうまくいったとしても、他の企業も同じ製品を開発してしまったとしたら、市場のシェアをおさえることができず、投資が無駄になってしまう可能性があるからである。このような独占的な使用が可能になるためには、その前提として、大学で生まれた発明が特許権の形で権利化されていることが必要である。そのため、特許権をはじめとする知的財産権の獲得とそれを主導できる人材の活動[*2]は、産学連携の成功を考える上で重要な要素となっている。

2　日本における関連政策[*3]

1995 年 11 月の科学技術基本法の成立、ならびに 1996 年 7 月の第一期科学技術基本計画の閣議決定を経て、1990 年代後半の産学連携関連施策は、経済再生を実現するための技術革新の源としての大学への期待と、景気低迷の中で増大した大学の研究費を社会に還元する必要性の高まりの中、進められることとなった。

大学発明の特許化のシンボルとして日本において技術移転機関 (以下 TLO:米国では OTL と呼ばれることが多いが、本稿では米国の技術移転機関に対しても一律に TLO と記述する) が登場したのは、1998 年のことであった。同年の「大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律」(通称「大学等技術移転促進法」) では、「承認 TLO」として政府の承認を得るための条件が示された。この年に TLO として最初に 4 つの機関が、同法に基づく承認を受けた。

特許出願手続きや特許権の使用許諾 (ライセンス供与) は、発明者である大学教員自身でも行えるが、ほとんどの教員はそうしたノウハウを身につけていないため、教員に代わって、特許出願すべきかどうかの判断、特許出願、ならびにライセンス供与を行う組織が必要である。それを担うのが、TLO である。TLO の主たる機能は、その名のとおり大学から民間企業への「技術移転」である。典型的な TLO の活動は、大学の研究室からの報告を受けて発明を把握し、その発明を特許出

[*1] 研究開発コンソーシアムの解説として、たとえば、独立行政法人工業所有権情報・研修館 (2010) を参照。
[*2] その経緯をまとめたものとして、高橋真木子・古澤陽子・枝村一磨・隅蔵康一 (2018) がある。
[*3] 本節の記述は、隅蔵康一 (2003) の一部に加筆修正を加えたものである。

願するかどうかの判断をし、外部の特許事務所などと連携して特許出願を行い、特許出願した発明を特定の企業に売り込み、ライセンス契約を締結するというものである。得られたライセンス収入は、TLO が実費と管理費用を差し引いた後は、大学・学部・発明者の研究室・発明者個人などに一定比率で還元される。TLO で技術移転を行う専門スタッフは、どの企業がどういう技術を欲しているかを知った上で、新技術に基づく事業提案を行う。このように TLO の機能は基本的に、大学の知を産業界に移転するという「学から産への技術移転」の流れをになうものであるが、機関によっては、企業ニーズを汲んだ上でそれを満たすことができそうな大学研究者を紹介することや、大学発ベンチャーの設立を支援する機能なども実質的に担っている場合もある。

1999 年には、産業活力再生特別措置法の第 30 条として、受託者が一定の条件を満たす場合に、各省庁が政府資金を供与して行っている全ての委託研究開発に係る知的財産権について、100% 受託企業に帰属させ得るとする、いわゆる日本版バイ・ドール条項が定められた。一定の条件とは、「(i) 研究成果が得られた場合には国に報告すること。(ii) 国が公共の利益のために必要がある場合に、当該知的所有権を無償で国に実施許諾すること。(iii) 当該知的所有権を相当期間利用していない場合に、国の要請に基づいて第三者に当該知的所有権を実施許諾すること。」である。しかしながら、この時点で国立大学は法人格を持っていなかったため、この条項が適用される対象とはなっていなかった。そのため、国立大学で生まれた発明に対して、特許を受ける権利は個人帰属又は国帰属となり、いずれに該当するかは発明委員会で決定された。大学が機関として特許の保有者となりその管理を行うことができない体制であった。なお、日本版バイ・ドール条項はその後 2007 年から産業技術力強化法の第 19 条に移管された。

2002 年には、知的財産戦略大綱、ならびに知的財産基本法が制定された。同法 13 条には、「大学等における知的財産に関する専門的知識を有する人材を活用した体制の整備、知的財産権に係る設定の登録その他の手続きの改善」等を進める旨が記されている。基本法を受けて 2003 年 3 月に設置された政府の知的財産戦略本部は、同年 7 月に後述の「推進計画」を発表することとなる。

2002 年には、文部科学省の「知的財産ワーキング・グループ」において、国立大学法人化後の特許権等の帰属の見直しや、特許管理のあり方についての検討が行われた。11 月に発表された「知的財産ワーキング・グループ報告書」[*4] には、「大学においては、人間社会にとっての普遍的存在であると同時に時代とともに生きる社会的存在として、教育と学術研究という従来からの基本的使命に加え、社会へのより直接的な貢献をいわば「第三の使命」として位置づけ、正面から取り組んでゆくことが必要である。」と記されている。また、同報告書では、「知的財産に係る権利等の帰属については機関帰属を原則」とすべきである旨が述べられており、その約 1 年半後に実施された国立大学法人化の先鞭をつけるものであった。

2003 年 7 月は、日本の国立大学が歴史的な転換点を迎えた月となった。2003 年 7 月 8 日、政府の知的財産戦略本部により「知的財産の創造、保護、活用に関する推進計画」が発表された。翌 9 日には、国立大学法人法案が参院本会議で可決され、成立した。7 月 15 日には、文部科学省よ

[*4] 科学技術・学術審議会 技術・研究基盤部会 産学官連携推進委員会 知的財産ワーキング・グループ「知的財産ワーキング・グループ報告書」(2002 年)、3 頁

り、「大学知的財産本部整備事業」の採択機関 43 件[*5]が発表された。「国立大学法人法案」により、2004 年 4 月の法人化以降は、各国立大学法人において知的財産権の保有・管理を独自に行うことが可能となった。そして、国立大学法人は「大学知的財産本部」等の組織を大学内部に設置し、知的財産の管理を行うことになった。

3　基本的な概念と論点[*6]

3.1　科学技術のモード論

小林信一 (1999) は、「産学連携を推進することは、科学技術活動とはどのようなものか、社会の中における科学技術活動の役割は何か、他の制度や組織とどのような関係にあるべきか、といった科学技術観を根本的に問い直すことである。大学のあり方、国全体の研究活動のあり方、さらには科学技術政策のあり方などの見直しに連なる本質的な問いである。」と述べている。

ギボンズらによると、科学技術活動には 2 種類の様式があり、特定の学問領域の論理に従って行われるモード 1 と、解決すべき課題が先にありそのために研究活動が行われるモード 2 に分類される Gibbons et al. (1994))。小林信一 (1999) によると、米国では従来、比較的自由に研究活動が行われ、その成果の活用についてはほとんど気にかけなくてよい状況であったが、冷戦から経済競争の時代へと転回した 1970 年代後半からは産業競争力の強化への貢献が求められるようになり、研究資金の配分もそのような観点から行われるようになったため、研究活動の様式としてモード 2 が広がっていった。

2016 年度にノーベル医学生理学賞を受賞した大隅良典教授は、受賞決定後のインタビュー Yoshida (2016) の中で、何かに役立つ研究成果を出さねばならないというプレッシャー下に置かれている現在の日本の研究者の状況を憂い、基礎科学の研究成果が何かに役立つことが分かるまでには 10 年、100 年という長い年月がかかるかもしれないと述べた。モード 1 の研究活動の重要性を再認識させるための警鐘であり、重要なコメントである。一方で、モード 2 のみならずモード 1 の研究活動の成果の中にも、何かに役立つ可能性がみられることがあり、そのような場合には将来的な社会における活用やビジネス展開を考えて特許出願を行うなどの対応をしておくことが望まれる。現在の日本の多くの大学においては、研究者が発明をした場合に、発明届けを大学知的財産本部等に提出することが義務付けられているため、発明届けを受けてその発明の今後の可能性を評価・審議する担当者の目利き能力を醸成することにより、モード 1 の研究成果を社会において活用する可能性が高まるものと期待される。

[*5]「大学知的財産本部整備事業」として 34 件、それに付随する「特色ある知的財産の管理・活用機能支援プログラム」として 9 件が採択された

[*6]本節のうち 3.3 と 3.5 の記述は、隅藏康一・齋藤裕美 (2014) の一部に加筆修正を加えたものである。

3.2 Stokes の分類

大学における自然科学分野の研究プロジェクトの中には、すぐには応用に結びつかない基礎研究もあれば、社会的ニーズに即した応用研究もある。Stokes (1997) は、研究プロジェクトの目的を、根本的な自然現象の理解を追究するか否か、ならびに、実社会の特定の問題解決を目指すか否か、という 2 つの軸で 4 象限に分類した。このうち、根本的な自然現象の理解を追究し、実社会の特定の問題解決は目指さないという「純粋な基礎研究」を、ボーアの象限と呼んだ。一方、根本的な自然現象の理解を追究せず、実社会の特定の問題解決を目指すという「純粋な応用研究」を、エジソンの象限と呼んだ。これらの他に、根本的な自然現象の理解を追究し、なおかつ実社会の特定の問題解決を目指すという「目的に導かれた基礎研究」が存在し、これをパスツールの象限と呼んだ。

Nagaoka et al. (2011) は、日本ならびに米国で発明者に対するアンケート調査を実施し、高引用度の論文を生み出した研究プロジェクトのうちどの程度の割合がそれぞれのタイプに該当するかを調べたところ、日本においては、ボーア型が 45%、パスツール型が 15%、エジソン型が 15% であり、米国においては、ボーア型が 46%、パスツール型が 33%、エジソン型が 11% であった。産学連携により効果的に社会還元されると期待されるパスツール型の研究プロジェクトの割合は、日本では米国の半分以下であることが明らかとなった。

3.3 米国におけるバイ・ドール法のインパクト

日本において 1990 年代後半以降に産学連携を促進するための政策が構築される際、一つの「お手本」となったのは、1980 年代以降に大学の研究の特許化を推進してきた米国の体制であった。　米国の大学からの技術移転に関する法整備の一つが、1980 年に制定されたバイ・ドール法であり、これは米国特許法を一部改正するための法律である。それまで大学において政府資金 (大学の研究費の 70 %以上に相当した) で行われた発明の特許権は政府に帰属し、非独占的なライセンス供与しか認められていなかった Loise and Stevens (2010)。バイ・ドール法により、政府資金を用いた研究によって生じた発明に対する特許権を、資金を受領して研究を行った機関 (大学等の非営利組織や、小規模企業) が保有することが可能となった。技術移転のための TLO を持つ大学はバイ・ドール法の制定前は 23 であったが、その急速に増え、今ではほとんどの主要な研究機関が TLO を有しており、米国だけでも 200 以上の TLO がある Loise and Stevens (2010)。

バイ・ドール法の評価については、様々な意見がある。[*7] バイ・ドール法がもたらしたインパクトとして、Roessner et al. (2009) は、1996 年から 2007 年までの間に、大学からライセンスを受けて作られた製品が 279,000 人の雇用を生み出し、学術機関からの技術移転が米国の GDP に対して 1870 億ドルの貢献をしたと述べている。一方、Mowery et al. (2001) は、バイ・ドール法の効果について検討するために、カリフォルニア大学、スタンフォード大学、コロンビア大学の 3 校を対象

[*7] Loise and Stevens (2010) や Grimaldi et al. (2011) や古谷真帆・渡部俊也 (2014) も、いくつかの文献を引用しながら、バイ・ドール法に対する様々な意見を記載している。

として分析を行った。その結果として、バイ・ドール法は大学発明の特許化やライセンス活動の増加の背景にあるいくつかの重要な要素の一つにすぎないと結論付けている。

3.4　デス・バレーとダーウィンの海

大学等における基礎研究と、民間企業による応用研究・開発の間には、初期段階の技術開発に対して民間の投資を得ることが難しい「死の谷」(Valley of Death) と呼ばれるギャップが存在する。「死の谷」とはカリフォルニア州にあり現在は国立公園となっているデス・バレーに由来する呼称であり、簡単に通過することができないという意味で使われている。論文発表された基礎研究に追加実験を加えて、企業が導入を検討することができる状態にまで持っていく段階が、この「死の谷」に含まれるものと考えられる。このような段階の研究は、資金を得にくいのみならず、論文になりにくいものが多いため学術機関の研究者にとってはインセンティブに乏しいケースも多々ある。一方で、学術機関の研究者が大学からスピンオフしたベンチャー企業を設立して、この段階の技術開発に取り組んでいる事例もある。政府の取り組みとしては、この段階の技術開発に対する大学と企業の共同研究開発や、複数の機関がコンソーシアムを組んで研究開発を行うことに対し、資金を助成するプログラムを作ることにより、死の谷を克服するための有効な一助とすることができるであろう。

Loise and Stevens (2010) によると、少なくとも、1985 年の Fawcett (1985) の中に、Valley of Death という用語が見受けられる。Fawcett (1985) においては、どのプロジェクトにも、しばし用いられる Valley of Death の段階があると述べられており、越えねばならない技術的なハードルという意味で Valley of Death という用語が用いられている。一方、それより後の COMMITTEE ON SCIENCE (1998) では、政府資金による基礎研究と民間資金による応用研究・開発の間の資金調達が困難なギャップという意味で、Vern Ehlers 議員により Valley of Death という用語が用いられている。

Branscomb and Auerswald (2001) は、実際の基礎研究とビジネスの間のイメージは、「死の谷」という不毛の地を進んでいくというよりはむしろ、数多くの新しい技術的アイデアやビジネスプランが生存競争を繰り広げている「ダーウィンの海」の中をビジネスの成功を目指して幾度となく荒波にもまれながら航海することであると述べた。言い換えると「ダーウィンの海」は発明とイノベーションの間に存在するものとされる。

日本においては、基礎研究からイノベーションへの展開として、「死の谷」を越えたらその次の段階として「ダーウィンの海」を越えなくてはならないという説明がなされている場合があるが、Branscomb and Auerswald (2001) の趣旨はそうではなく、あくまでも「死の谷」に代わる概念として「ダーウィンの海」が提唱されている。[*8]

[*8]児玉文雄は、2005 年 2 月 1 日の RIETI における講演「イノベーションに関する「死の谷」問題を巡る議論について」の中で、日本においてこのような誤解が生じていることについて述べている。http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/05020101.html(2017 年 10 月 27 日アクセス)

3.5　アカデミック・リサーチのイノベーションへの貢献

Cohen and Levinthal (1990) によると、企業にとって、イノベーションを実現させる能力を高めるためには、外部にある新しい情報の価値を認識して吸収し商業的に応用する力、すなわち吸収能力 (absorptive capacity) を養う必要がある。企業が自社内で基礎研究を行うことは、当該企業の知識基盤を広げ、外部にある新しい知識を見出してそれを理解し、新たな技術開発のために利用することにつながるため、吸収能力の向上に貢献する。

それでは、企業にとっての外部知識の中で、大学における基礎研究の成果は、企業のイノベーション創出にどの程度貢献しているか。この設問に対してエビデンスに基づいた明確な回答を示そうとする研究が、様々なアプローチにより行われてきた。Jaffe (1989) は、企業の特許出願、研究開発費、ならびに大学の研究費に関して、米国の州ごとの時系列データを分析し、大学の研究費と企業の特許出願との間に正の相関を見出した。Mansfield (1991)、Mansfield (1998) の企業アンケート調査の結果によると、アカデミック・リサーチの成果がなければ新しい製品の 13〜15% は開発され得なかったか、あるいはその登場が著しく遅れていたであろうと指摘されている。また、Narin et al. (1997) は、米国企業の特許が引用している学術論文のうち 73% が大学・政府機関・公的研究機関によるものであり、アカデミック・リサーチの産業界への寄与が大きいことを示した。

3.6　医薬品・バイオテクノロジー分野の特徴

Mansfield (1991)、Mansfield (1998) の調査結果から、基礎研究で生み出された知見が産業応用につながる可能性がとりわけ高い業種と考えられているのが、医薬品・医療関連製品 (Drugs and medical products) であり、アカデミック・リサーチの成果がなければ開発され得なかった製品の割合として、1986〜94 年を対象とした調査では調査した全業種の平均が 15% であったのに対し、医薬品・医療関連製品では 31% となり、調査した全業種の中で最大の値を示した。

Klevorick et al. (1995) によるサーベイの結果の中でも、科学がビジネスに最も近い業種として医薬品が挙げられている。McMillan et al. (2000) は、米国の株式公開しているバイオテクノロジー企業の特許の引用文献を分析し、バイオテクノロジー企業は他の業種の企業よりも公的研究・基礎科学への依存度が高いことを示している。これらの結果から、製薬・バイオ関連の企業においてアカデミック・リサーチとイノベーションの結びつきが他の業種の企業よりも強いことが明らかとなっている。

先述のように、企業が外部知識の吸収能力を高めるための手段として、自社内で基礎研究を行うことが有効であるとされている Cohen and Levinthal (1990) が、その後の製薬企業に対するインタビュー調査から、公的な研究資金を受けた研究の成果を活用しようと考える企業は、単に自社内の基礎研究に投資するだけではなく、公的な研究資金を受けた研究者と積極的に共同研究しなくてはならないことが示された Cockburn and Henderson (1998)。Cockburn and Henderson (1998) は、さらに、共同研究の程度の指標として製薬企業と公的研究資金を受けた研究者間の共著論文数に着目

し、この指標が企業側の研究成果 (研究費あたりの重要特許数) と正の相関を持つことを示した。

Saito and Sumikura (2010) は、大学等と日本の製薬企業による特許の共同出願の状況に基づいて、各企業のアカデミック・リサーチを獲得しようとする傾向の強さを指標化し、この指標を説明変数として分析を行い、アカデミック・リサーチが企業の研究開発のパフォーマンスを向上させることを示した。ただし、アカデミック・リサーチの獲得頻度が新規医薬品の創出数には有意な正の効果を及ぼしているという証拠は見出されておらず、医薬品企業における研究開発と医薬品の創出の間にアカデミック・リサーチの獲得が効果的に作用し得ない不連続な局面が存在することが示唆されている。

こうした製薬・バイオ分野におけるアカデミック・リサーチへの公的支出の経済的・社会的インパクトは、どの程度であろうか。Cockburn and Henderson (2001) は、先行文献をサーベイして分析を行い、米国において医学生命科学 (バイオメディカル) 研究への公的支出の利益率は少なく見積もっても年間約 30% であると述べている。また、Toole (2012) は、生命科学分野のアカデミアの基礎研究に対する米国 NIH (National Institutes of Health) の研究助成に関する 1955 年から 1996 年までのデータ、製薬企業の研究開発投資のデータ、ならびに新薬の創出に関するデータを用いて分析を行った結果、NIH の基礎研究への助成、潜在的な市場規模、産業界の研究開発費は、いずれも新薬の創出に正の貢献をしていることを示している。この研究では、基礎研究への公的支出が 1% 増加すると、新薬の創出が 1.8% 増加するものと見積もられている。実際、アカデミアの研究成果に基づいて創出された医薬品は多数存在する。Stevens et al. (2011) によると、1990 年から 2007 年までの間に FDA (Food and Drug Administration) の承認を受けた医薬品 1541 件のうち 143 件（9.3%）が大学・公的研究機関の研究を通じて生み出されており、米国ではライフサイエンス研究への公的支出が一定の経済的・社会的インパクトを有していることの証拠となっている。

References

Branscomb, L. and Auerswald, P. (2001). Taking technical risks: How innovators, executives and investors manage high-tech risks, cambridge, ma. *MIT Press*. https://mitpress.mit.edu/books/taking-technical-risks.

Cockburn, I. M. and Henderson, R. M. (1998). Absorptive Capacity, Coauthoring Behavior, and the Organization of Research in Drug Discovery. *Journal of Industrial Economics*, 46(2):157–182. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-6451.00067.

Cockburn, I. M. and Henderson, R. M. (2001). Publicly Funded Science and the Productivity of the Pharmaceutical Industry. In Jaffe, A. B., Lerner, J., and Stern, S., editors, *Innovation Policy and the Economy*, volume 1, pages 1–34. MIT Press. http://www.nber.org/chapters/c10775.pdf.

Cohen, W. M. and Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1):128–152. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750672238500058.

COMMITTEE ON SCIENCE, U.S. HOUSE OF REPRESENTATIVES, O. H. F. C. (1998). Unlocking our future: Toward a new national science policy. https://www.aaas.org/sites/default/files/migrate/uploads/GPO-CPRT-105hprt105-b.pdf.

Fawcett, S. L. (1985). Macro-engineering projects in a free society. *Technology in Society*, 7(4):361–371. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0160791X85900041.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., and Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage. (和訳書:M. ギボンズ編著、小林信一監訳 (1997)「現代社会と知の創造ーモード論とは何かー」丸善 https://books.google.com/books/about/The_New_Production_of_Knowledge.html?id=KS_caFqMFoMC.

Grimaldi, R., Kenney, M., Siegel, D. S., and Wright, M. (2011). 30 years after bayh–dole: Reassessing academic entrepreneurship. *Research Policy*, 40(8):1045–1057. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311000874.

Jaffe, A. B. (1989). Real effects of academic research. *The American Economic Review*, pages 957–970. http://dimetic.dime-eu.org/dimetic_files/JaffeAER1989.pdf.

Klevorick, A. K., Levin, R. C., Nelson, R. R., and Winter, S. G. (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research policy*, 24(2):185–205. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004873339300762I.

Loise, V. and Stevens, A. J. (2010). The Bayh-Dole Act turns 30. *Science translational medicine*, 2(52):52–27. http://stm.sciencemag.org/content/2/52/52cm27.short.

Mansfield, E. (1991). Academic research and industrial innovation. *Research policy*, 20(1):1–12. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004873339190080A.

Mansfield, E. (1998). Academic research and industrial innovation: An update of empirical findings1. *Research policy*, 26(7-8):773–776. http://sjbae.pbworks.com/f/Mansfield_1998.pdf.

McMillan, G. S., Narin, F., and Deeds, D. L. (2000). An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology. *Research policy*, 29(1):1–8. http://www.sristi.org/material/9.2an%20analysis.pdf.

Mowery, D. C., Nelson, R. R., Sampat, B. N., and Ziedonis, A. A. (2001). The growth of patenting and licensing by u.s. universities: an assessment of the effects of the bayh-dole act of 1980. *Research policy*, 30(1):99–119. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733399001006.

Nagaoka, S., Igami, M., Walsh, J. P., and Ijichi, T. (2011). Knowledge Creation Process in Science: Key Comparative Findings from the Hitotsubashi-NISTEP-Georgia Tech Scientists' Survey in Japan and the US. IIR Working Paper No. 11-09, Institute of Innovation Research, Hitotsubashi University. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/19402/3/070iirWP11_09.pdf.

Narin, F., Hamilton, K. S., and Olivastro, D. (1997). The increasing linkage between us technology

and public science. *Research policy*, 26(3):317–330. https://www.researchgate.net/profile/Francis_Narin/publication/247909063_The_increasing_link_between_U_S_technology_and_public_science/links/56aafe7c08aeadd1bdcafd88/The-increasing-link-between-U-S-technology-and-public-science.pdf.

Roessner, D., Bond, J., Okubo, S., and Planting, M. (2009). The Economic Impact of Licensed Commercial Inventions Resulting from University Research, 1996-2007. Final Report to the Biotechnology Industry Orgnization https://www.bio.org/sites/default/files/Study_on_Economic_Impact_Bayh-Dole.pdf.

Saito, H. and Sumikura, K. (2010). An empirical analysis on absorptive capacity based on linkage with academia. *International Journal of Innovation Management*, 14(3):491–509. https://www.researchgate.net/publication/46510867_An_empirical_analysis_on_absorptive_capacity_based_on_linkage_with_academia.

Stevens, A. J., Jensen, J. J., Wyller, K., Kilgore, P. C., Chatterjee, S., and Rohrbaugh, M. L. (2011). The Role of public-sector research in the discovery of drugs and vaccines. *New England Journal of Medicine*, 364(6):535–541. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMsa1008268.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant - Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press. https://books.google.co.jp/books/about/Pasteur_s_Quadrant.html?id=TLKDbvJX86YC&redir_esc=y; https://philpapers.org/rec/STOPQB.

Toole, A. A. (2012). The impact of public basic research on industrial innovation: Evidence from the pharmaceutical industry. *Research Policy*, 41. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331100117X.

Yoshida, R. (2016). Nobel winner yoshinori ohsumi urges investment in science. *The Japan Times News*. https://www.japantimes.co.jp/news/2016/10/04/national/science-health/nobel-winner-yoshinori-ohsumi-urges-investment-science/.

Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2001). Capturing technological opportunity via japan's star scientists: Evidence from japanese firms' biotech patents and products. *The journal of Technology transfer*, 26(1-2):37–58. https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007832127813.

Zucker, L. G., Darby, M. R., and Armstrong, J. S. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management science*, 48(1):138–153. https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274.

隅藏康一 (2003). 知的財産権を目利きする『円錐型人材』が日本を変える:大学は『知的財産』とどのように向き合うべきか. イリューム, 30:4. https://ci.nii.ac.jp/naid/10021357020/.

隅藏康一・齋藤裕美 (2014). アカデミック・ナレッジはイノベーションに貢献しているか？—ライフサイエンスに基づく製薬・バイオのイノベーション創出に向けて—. In 日本知財学会知財学ゼミナール編集委員会 *(*編*)*「知的財産イノベーション研究の展望　明日を創造する知財学」, pages 209–235. 白桃書房. http://www.hakutou.co.jp/book/b186001.html.

古谷真帆・渡部俊也 (2014). バイドール制度の各国比較. http://pari.u-tokyo.ac.jp/unit/iam/outcomes/pdf/papers_140819furuya.pdf.

高橋真木子・古澤陽子・枝村一磨・隅藏康一 (2018). 日本のアカデミアにおける研究推進・活用人材-競合から協働へ向かう産学官連携コーディネータと URA-. GRIPS DISCUSSION PAPER 18-11, GRIPS. https://grips.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1648&file_id=20&file_no=1.

小林信一 (1999). 科学技術のモード論の背景と展開. まてりあ, 38(11):830–833. https://doi.org/10.2320/materia.38.830.

独立行政法人工業所有権情報・研修館 (2010). 研究開発コンソーシアムにおける知財プロデューサの在り方に関する研究会　報告書. Technical report, 独立行政法人工業所有権情報・研修館. https://www.inpit.go.jp/content/100165200.pdf.

関連データ・ソース

- 大学等における産学連携等実施状況について (2003 年度～2017 年度、各年度)
  http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sangaku/sangakub.htm

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 政策研究大学院大学　講義　Policy for Higher Education and University-Industry Cooperation(担当:隅藏康一)
- 政策研究大学院大学　講義　Roles of Intellectual Property Rights in Globalized World（担当：隅藏康一）
- 政策研究大学院大学　政策研究プロジェクトセンター　リサーチ・プロジェクト「大学の専門スタッフが外部資金獲得や産学連携活動に及ぼす効果に関する研究プロジェクト」(2016 年度～2017 年度、研究代表者:隅藏康一)
- 科学研究費補助金　基盤研究 (B)「大学の研究資源獲得と研究成果創出・社会還元に関する決定要因の分析」（2018 年度～2021 年度、研究代表者：隅藏康一）
- 政策研究大学院大学　政策研究プロジェクトセンター　長期学術会議支援事業「産学連携人材の育成に関する研究会 (知的財産マネジメント研究会:Society for Management of Intellectual Properties；略称 Smips)」(2009 年度～2019 年度、事業代表者:隅藏康一) ※研究会自体は 2000 年 4 月から開催されている。http://www.smips.jp/

1.1.3　大学発ベンチャー

牧兼充 *　　吉岡 (小林) 徹 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 26 日

リード文

科学技術イノベーションのプロセスにおいて、研究を社会に還元する具体的な仕組みの一つが「大学発ベンチャー」である。米国では、大学発ベンチャー企業は、他のベンチャー企業に比較してパフォーマンスの高い企業であることが複数の研究によって確認されており、本来であれば実用化できなかった技術を商業化する存在として認識されている。従って、その成功のメカニズムを探索することは、日本においても社会的な意義が大きい。本稿では、大学発ベンチャー企業に関する既存の研究についてレビューを行うと共に、政策形成において重要となる大学発ベンチャーの成功のためのメカニズムについてまとめる。

キーワード

大学発ベンチャー、技術特性、創業チーム、資金調達

本文

1　イントロダクション

科学技術イノベーションのプロセスにおいて、研究を社会に還元する具体的な仕組みの一つが「大学発ベンチャー」である。図 1 は、大学発ベンチャーに関する学術論文の出版数の推移である (Rothaermel et al., 2007)。この図 1 から明らかなように、大学発ベンチャーに関する研究は年を追うごとに増加しており、学術領域としての注目の高さを伺うことができる。アカデミアにおいて、大学発ベンチャーに関する研究が注目されている背景には、研究者である大学教員に身近でありデータが得られやすい、ということ以外にも、大学発ベンチャーそのものの重要性がある。

* 早稲田大学大学院経営管理研究科准教授、政策研究大学院大学前助教授
† 一橋大学イノベーション研究センター　講師／前・東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻　特任助教／文部科学省科学技術・学術政策研究所　客員研究官

Shane and Stuart (2002) によると、大学発ベンチャー企業は、他の独立系ベンチャー企業に比較してパフォーマンスの高い企業であるとされている。他方で Ensley and Hmieleski (2005) は、独立系のベンチャー企業と比べると収益率は低い傾向にあることを実証している。このようにパフォーマンスそのものについては評価は別れているものの、本来であれば実用化できなかった技術を商業化する存在としての役割は大きい。従って、その成功のメカニズムを探索することは、社会的な意義がある。

政策担当者にとっては、大学発ベンチャー育成は、経済発展を促すために有効な手法である。革新的な技術によって新たな経済的価値を産み、雇用を創出し、地域経済の発展を促す。大学経営者にとっては、大学発ベンチャーは、不確実性の高い技術を商業化するための効果的な手段であると共に、大学に資金をもたらすという点で、大学の本来的な使命である研究・教育活動をより充実させる。少なくとも、大学発ベンチャーの創出は大学にとっての利益率が高い。例えばカナダの研究者に対する調査では、設立後 3 年で研究資金が 57 %増加していた (Doutriaux and Barker, 1995)。

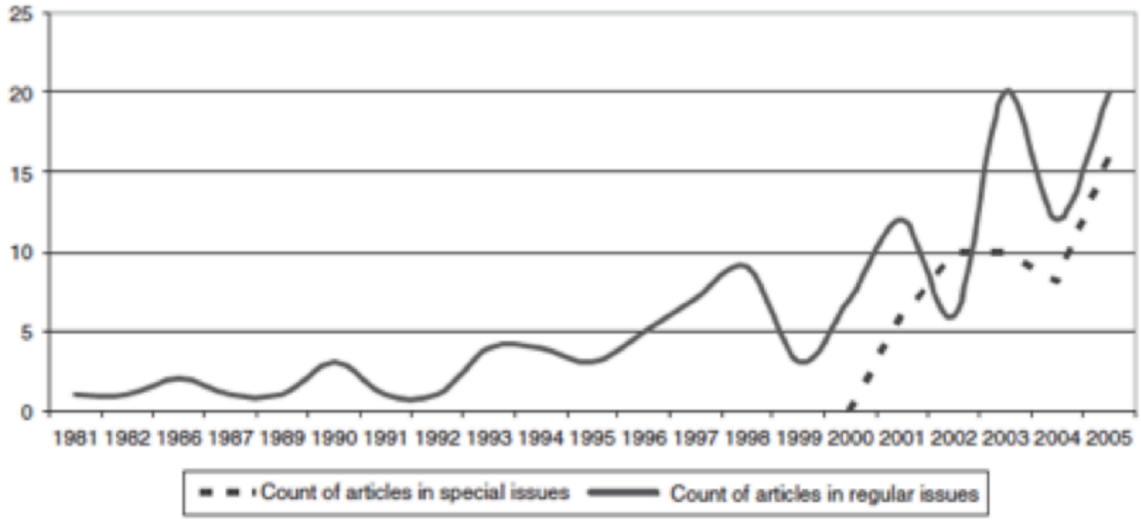


図 1　「大学発ベンチャー」関連論文数の推移
出典：Rothaermel et al. (2007)

我が国における大学発ベンチャー育成は、科学技術イノベーション政策における柱の一つとして位置付けられてきた。1998 年の大学技術移転促進法 (TLO 法)、2001 年の経済産業省による「大学発ベンチャー 1000 社計画」からスタートし、2015 年末現在で、大学発ベンチャー企業が 1,773 社設立され、一定の成果を上げたと言える。しかしながら、その大学発ベンチャーの有効性に関する検証は、十分に行われておらず、引き続き検証が必要である。

大学発ベンチャーの有効性の評価は、我が国に限らず、国際的に共通の課題である。

その評価が十分に行われていない背景には、適切なデータセットの欠如がある (Rothaermel et al. 2007, Shane 2004)。大学発ベンチャー企業のデータセットは、(1) サンプルサイズが小さい、(2) 網羅的なデータがない (変数が少ない)、(3) 成功バイアス (現時点で生き残っている企業しかデータを

集めることができない)、といった課題がある。従って、先行研究の多くはケーススタディ (定性研究) に依存しており、「客観的根拠 (エビデンス)」としては今後も蓄積が必要である。

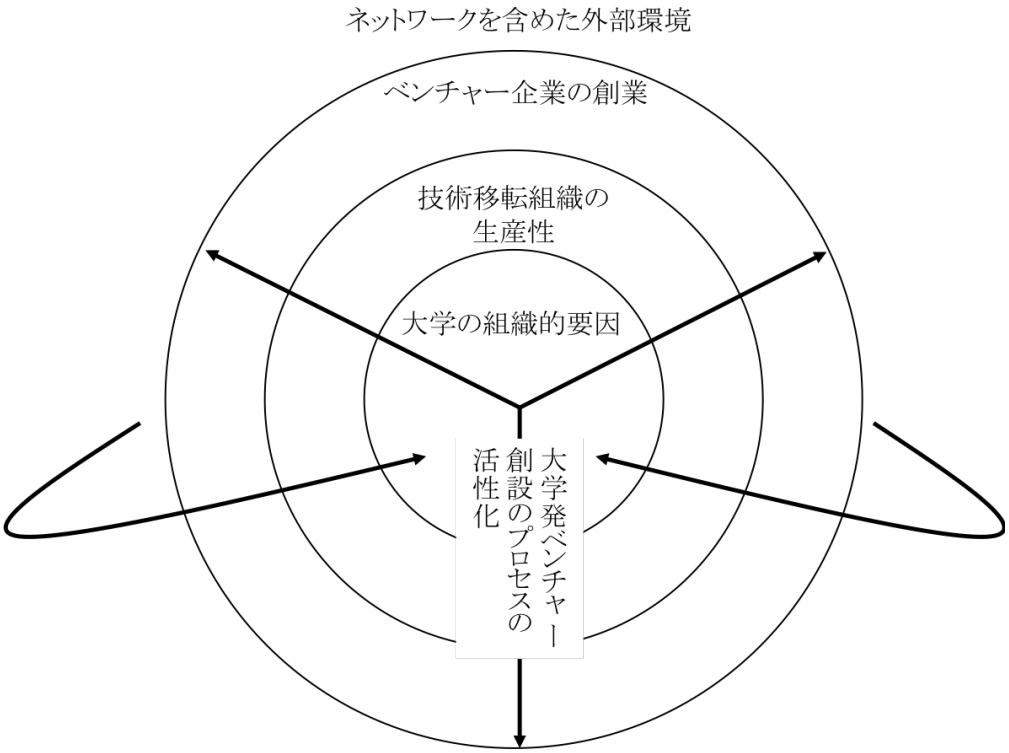


図 2　「大学発ベンチャー」関連研究の分類
出典 Rothaermel et al. (2007) を筆者が日本語化

図 2 は、Rothaermel et al. (2007) による、大学発ベンチャー研究論文の分類である。大学発ベンチャー企業に関する研究は「大学の組織的要因」、「技術移転組織の生産性」、「ベンチャー企業の創業」、「ネットワークを含めた外部環境」の 4 つに大きく分類されている。これは、大学発ベンチャーがどのような要因によって生まれ、そしてどのような要因によって育っているかを考えた時に、この 4 要素の影響が大きいと考えられていることを表している。

2　大学発ベンチャー企業を生み出し育てる要因

2.1　大学の組織的要因

大学発ベンチャーはどの大学からも同じように生み出されているわけではない。むしろ、大学による偏りが大きいことが欧米の実態からわかっている (Pressman 2002, Charles 2001)。これは、各大学固有の制度や文化が起業のシーズの創出や起業の意思決定に大きく影響しているためである（全体像は Shane (2004) 参照。また、アンケート調査による実証分析として (D’Este and Patel,

2007))。個々の要因については多くの研究が蓄積されている。その要点を図 3 に示した。機関の文化として起業志向であること、機関の制度が大学発ベンチャーを促すものになっていること、そして、機関に大学発ベンチャーの設立に有益な人的・金銭的資源、知識資源があることが重要であり、それぞれが相互作用を生んでいることが確認されている。いくつか重要な個別の要素について触れると、機関内の制度要因の中では発明者に知的財産権を帰属させることで、成果の実用化に強いコミットメントを持ち、企業につながることがわかっている。大学に帰属する場合でも、ロイヤリティをエクイティ（株式）で受け取ることで、大学発ベンチャーの初期の資金不足を緩和でき、起業の後押しになるだけでなく、大学発ベンチャーの成功率も高める。機関内の資源要因の中では、技術移転機関や産学連携部門に知識の集約があることと人的ネットワークがあることが効果的であることがわかっている。なお、このことは、国立大学・公立大学を中心に産学連携部門で知識・人的ネットワークを持つ人材を雇用し続けられる組織としての工夫が必要であることを物語っている。

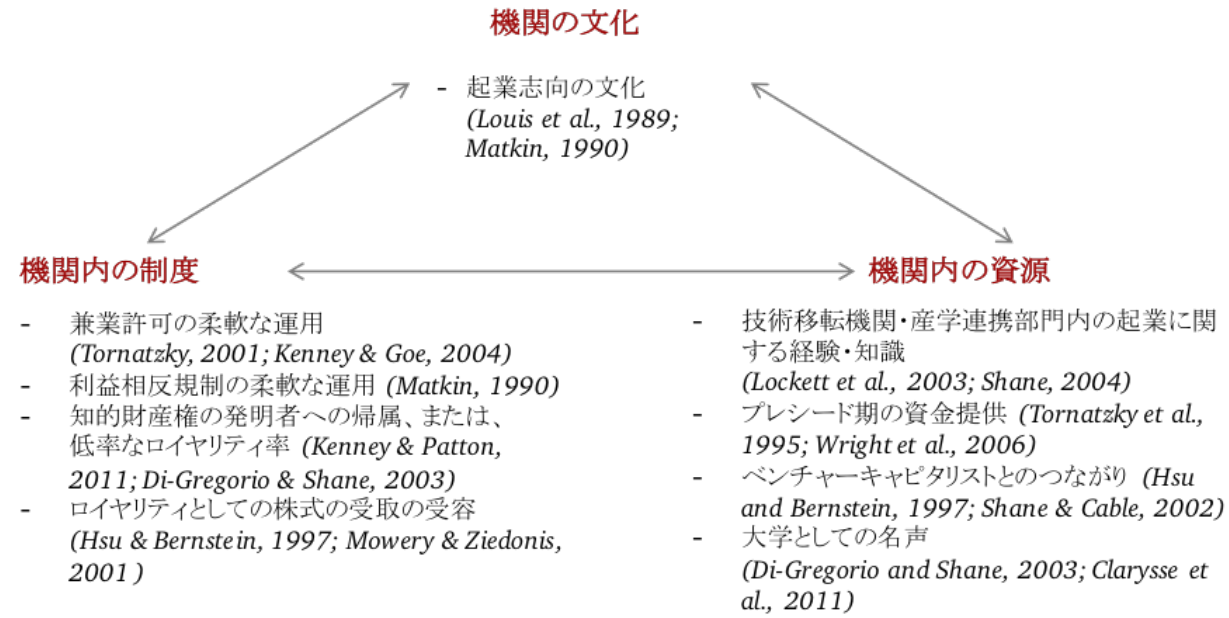


図 3　大学発ベンチャーの創出に影響する大学の組織的要因
出典：筆者作成

我が国では 1997 年以降、産学連携部門や技術移転機関（TLO）の政策的な整備促進を通じて、大学発ベンチャー創出の資源は整っている。制度については私立大学においては各機関の判断に委ねられている一方、国立大学においてはかつて制約があったが、2004 年の国立大学法人化によって変化した。例えば、兼業許可が法人の判断事項となるなど、制度的な環境が急速に整った。文化については、近年、起業文化が形成されつつある機関がいくつか登場している。例えば、東京大学はかつて他の大学に比べると起業が必ずしも活発な大学とはいえなかったが、大型の上場や世界的な起業に買収される教員発ベンチャーが登場するなど変容を遂げている。ただ、専ら大学発ベン

チャー設立を促す形で大学を改革したのではなく、伝統的な大学の文化と併存させる形で大学発ベンチャーに有益な制度を入れ、人的資源・知識資源を培い、大学の文化を変えていったことが奏功した可能性が指摘されている (Yoshioka-Kobayashi, 2018)。

2.2　技術移転組織の生産性

大学発ベンチャーの創出には産学連携部門や技術移転機関など、技術移転組織の影響が大きい。

第一に、創業の判断に大きな影響を与える。技術移転組織は、例えば研究者の発明を特許化するか否かの判断にあたって、市場機会の判断を行うため、起業についてのアドバイスも行いやすい立場にある。このことが奏功した例が、2006 年に東京大学の菅裕明教授が発明した技術を基に創業されたペプチドリーム株式会社である。菅教授が発明の特許出願について技術移転機関である株式会社東京大学 TLO に相談したところ、起業を勧められたことが創業の契機になっている。なお、同社は 2013 年に上場し、400 億円の時価総額をつけたことでも知られている。

第二に、経営者やベンチャー・キャピタリスト、弁護士・会計士・税理士などの専門家とのネットワークを構築しやすい立場にあり、大学に不足する経営資源を補うことができる。前述のペプチドリーム社の事例では、東京大学 TLO から話を聞いた株式会社東京大学エッジキャピタルが経営者となる人材を紹介したことで創業に至ることができた。

2.3　ベンチャー企業の創業

当然のことであるが、起業したベンチャーがどのような資源を持っているかは、その後の成功確率に影響を与える。

そもそもベンチャー・キャピタルのようなリスクマネーの供給を受けていることはその後の成功に大きく影響する Shane and Stuart (2002)。我が国で顕著なように。一般的な融資では、十分な担保となる資産か人的な保証が求められてしまい、仮に事業が失敗すると社会的関係までも破壊する結果を招いてしまう。これではリスクが高すぎて、革新的な事業を核とするベンチャーを起こすことは容易でない。ではどのようにするとベンチャー・キャピタルからの投資を受けやすいのだろうか。

これまでの研究蓄積では、模倣を阻止する特許群を有していること Shane and Stuart (2002)、創業者にマーケティングやマネジメントの経験者が含まれていること Roberts and Malonet (1996) が指摘されている。また、直接にベンチャー・キャピタリストとの社会的なつながりの影響も指摘されている (Shane and Stuart 2002;Shane 2004)。

大学発ベンチャーのパフォーマンスには、戦略の妥当性 Shane (2004)、大学の研究者の技術開発への関与 Maki (2015)、経営陣の専門の多様さ Doutriaux and Barker (1995) など、様々な要因が明らかになりつつある。とくに日本の大学発ベンチャーの研究では経営陣に母体となった大学以外出身者の割合が高いこと、経営陣の構成の異質性が高いことがパフォーマンスを高める要因であると指摘されている (平井祐理 et al., 2013)。

2.4　ネットワークを含めた外部環境

大学発ベンチャーを生み出すには、外部環境も重要である。例えば、地域内の起業のエコシステムの存在は大きな貢献をする。起業のエコシステムとは、起業経験者がベンチャー・キャピタリストとなり新たな起業を促し、その起業によって成功した者が新たなベンチャー・キャピタリストとなりさらなる起業を促す、というものである。このようなエコシステムが形成されている地域としてはシリコンバレーが知られているが、近時の研究ではテキサス州オースティンにおいて大手企業の OB を起点としてテキサス大学からベンチャー創出のエコシステムが形成されたことが紹介されている (福嶋路, 2013)。同様に、マサチューセッツ工科大学やハーバード大学を有するボストン、ロンドン大学などを有するロンドン、ケンブリッジ大学を有するケンブリッジ、ベルリン大学を有するベルリン、北京大学や清華大学を有する北京市中関村地域、そして近年では東京大学本郷キャンパス周辺や中国深セン市にエコシステムが形成されつつあることが指摘されるようになった（表 1、表 2)。ただし、シリコンバレーが世界的なインパクトを持ちつづけている状況が依然として続いていることが併せて指摘されている (Economist, 2015)。この要因の一つは、成長力が高く、他産業の基盤ともなるソフトウエア産業に特に強みがあることであるという (Gupta and Wang, 2016)。実際、ベンチャーキャピタルの投資額も多くがシリコンバレーに偏在している（表 3)。

表 1　大学発ベンチャーを生み出すエコシステムの形成が指摘される地域 (1)

地域	主要集積	関連する主要大学	出所
米国カリフォルニア州サンフランシスコ湾周辺(Silicon Valley)	テクノロジー産業、情報技術産業、バイオ産業、半導体産業	スタンフォード大学、 カリフォルニア州立大学	
米国マサチューセッツ州ボストン	バイオ産業	マサチューセッツ工科大学、 ハーバード大学	Economist(2016)
米国ニューヨーク州ニューヨーク市マンハッタン (Silicon Alley)	メディア産業、情報技術産業、バイオ産業	コロンビア大学、コーネル大学、イスラエル工科大学	Economist(2015)
米国テキサス州オースチン(Silicon Hills)	情報技術産業	テキサス州立大学	福嶋(2015)
米国カリフォルニア州サンディエゴ	バイオ産業、情報技術産業	カリフォルニア大学サンディエゴ校	
英国グレーター・ロンドン東部ロンドン (Silicon Roundabout / East London Tech City)	テクノロジー産業、情報技術産業	ロンドン大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン等	Economist(2015)
英国イングランド東部ケンブリッジ市 (Silicon Fen / Cambridge Cluster)	情報技術産業、バイオ産業	ケンブリッジ大学	Economist(2015)

(注) 主要集積や関連大学は Wikipedia の記述も参照した。

(出所) 筆者作成

表 2　大学発ベンチャーを生み出すエコシステムの形成が指摘される地域 (2)

地域	主要集積	関連する主要大学	出所
韓国ベルリン州 (Silicon Allee)	テクノロジー産業	(情報なし)	Economist(2015)
韓国ミュンヘン (Isar Valley)	情報技術産業	ミュンヘン工科大学	The New York Times(2015)
中国北京中関村	情報技術産業	北京大学、清華大学	Economist(2011)
中国広東省深セン市 (Silicon Delta)	通信機器産業、テクノロジー産業	清華大学	Mao & Motohashi(2016) , Economist(2017)
東京都文京区	ソフトウェア産業、テクノロジー産業	東京大学等	週刊東洋経済(2017)

(注) 主要集積や関連大学は Wikipedia の記述も参照した

(出所) 筆者作成

表 3　地域別のベンチャーキャピタル投資額（2012 年）

順位	地域	ベンチャーキャピタル投資額（百万ドル、2012年）	比率
1	San Francisco (Silicon Valley)	$6,471	15.45%
2	San Jose (Silicon Valley)	$4,175	9.96%
3	Boston	$3,144	7.50%
4	New York (Silicon Alley)	$2,106	5.00%
5	Los Angeles	$1,450	3.45%
6	San Diego	$1,410	3.36%
7	London (Silicon Roundabout)	$842	2.00%
8	Washington, D.C.	$835	2.00%
9	Beijing	$750	1.80%
10	Seattle	$727	1.70%

（注 1）Thomson Reuters のベンチャー投資データベースに基づく集計。
(注 2) 背景色ありの列は表 1, 表 2 記載の地域。
(注 3) 比率は全世界のベンチャーキャピタル投資額に占める割合
（出所）Martin Prosperity Institute (2016)

この他に、ベンチャーを支援する制度の存在も重要である。リスクマネーの供給がその一つであり、成長フェーズに応じた研究開発助成を行うことを目的とした米国の制度である Small Business Innovation Research(SBIR) はベンチャーの発展に大きく寄与していることが知られている (Maki 2015; 山口栄一 2015)。

3　政策担当者への示唆

大学発ベンチャーは、イノベーションを起こす手段の一つである。その創出・成功要因で明らかなように、多数の要因が相互に関わり合って生み出され成長していくものである。大学発ベンチャーをめぐる政策においては、社会を変えていくような力のある大学発ベンチャーを生み出し、成長させ続けていく生態系（図 4 参照）が意識されるべきである。

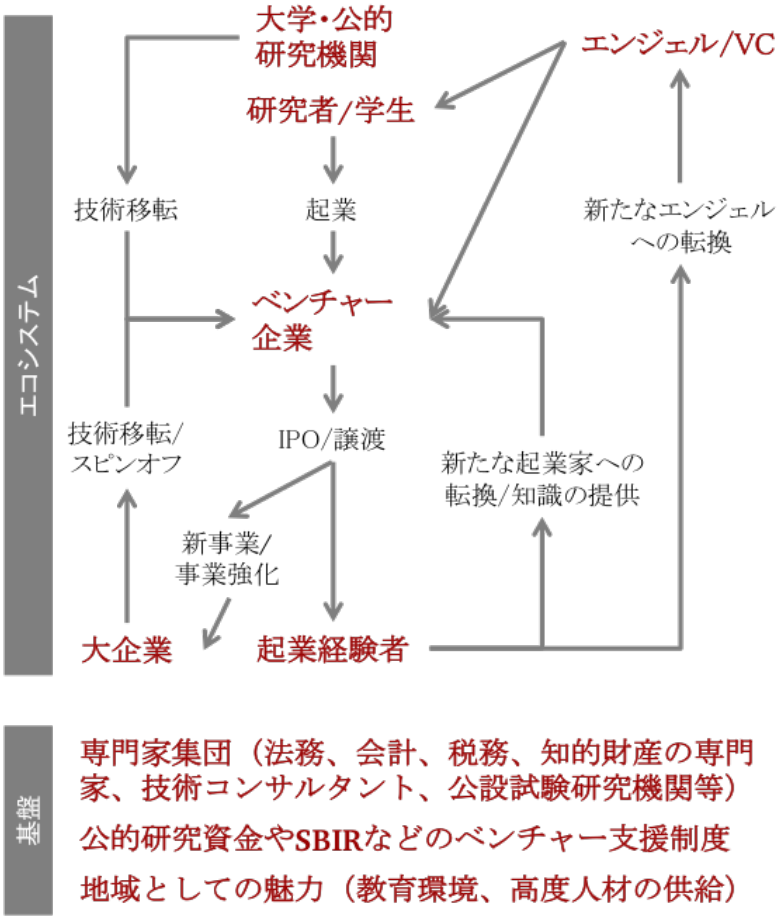


図 4　大学発ベンチャーをめぐるエコシステム
出典: 福嶋路 (2013) を参照したうえで筆者作成

References

Charles, D. R. & Conway, C. D. (2001). Higher education-business interaction survey: A report to the UK HE funding bodies and the office of science and technology. *Higher Education Funding Council for England*. https://www.researchgate.net/profile/David_Charles/publication/246375581_Higher_Education-Business_Interaction_Survey/links/5ac156fcaca27222c75b59cc/Higher-Education-Business-Interaction-Survey.pdf.

Doutriaux, J. and Barker, M. (1995). The university-industry relationship in science and technology. http://publications.gc.ca/collections/Collection/C21-23-11E.pdf.

D'Este, P. and Patel, P. (2007). University–industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry? *Research Policy*, 36(9):1295–1313. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733307001199.

Economist (2011). Bamboo innovation. May 5. https://www.economist.com/node/18648264.

Economist (2015). Inside silicon valley: Empire of the geeks. Jul 25. https://www.economist.com/news/leaders/21659745-silicon-valley-should-be-celebrated-its-insularity-risks-backlash-empire-geeks.

Economist (2016). The biotechnology industry: Clusterluck. Jan 25. https://www.economist.com/news/business/21688385-bostons-biotech-hub-surviving-challenge-silicon-valley-clusterluck.

Economist (2017). Shenzhen is a hothouse of innovation. Apr 8. https://www.economist.com/news/special-report/21720076-copycats-are-out-innovators-are-shenzhen-hothouse-innovation.

Ensley, M. D. and Hmieleski, K. M. (2005). A comparative study of new venture top management team composition, dynamics and performance between university-based and independent start-ups. *Research Policy*, 34(7):1091–1115. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733305001058.

Gupta, A. and Wang, H. (2016). The reason silicon valley beat out boston for vc dominance. *Harvard Business Review*. https://hbr.org/2016/11/the-reason-silicon-valley-beat-out-boston-for-vc-dominance.

Maki, K. (2015). *The Institutional Design for University Knowledge Transfer and Firm Creation*. Ph.d. dissertation, University of California San Diego. https://escholarship.org/uc/item/1hn0s8pv.

Mao, H. and Motohashi, K. (2016). A comparative study on tenant firms in beijing tsinghua university science park and shenzhen research institute of tsinghua university. *Asian Journal of Innovation & Policy*, 5(3). http://www.kpubs.org/article/articleDownload.kpubs?downType=pdf&articleANo=GSHSS5_2016_v5n3_225.

Martin Prosperity Institute (2016). Rise of the global startup city: The geography of venture capital investment in cities and metros across the globe. Technical report, Martin Prosperity Institute. http://martinprosperity.org/content/rise-of-the-urban-startup-neighborhood/ (accessed on Jul. 12, 2017).

Pressman, L. (2002). Autm licensing survey: Fy2000. https://www.autm.net/resources-surveys/research-reports-databases/licensing-surveys/.

Roberts, E. B. and Malonet, D. E. (1996). Policies and structures for spinning off new companies from research and development organizations. *R&D Management*, 26(1):17–48. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9310.1996.tb00927.x.

Rothaermel, F. T., Agung, S. D., and Jiang, L. (2007). University entrepreneurship: a taxonomy of the literature. *Industrial and corporate change*, 16(4):691–791. https://academic.oup.com/icc/article/16/4/691/656628.

Shane, S. and Stuart, T. (2002). Organizational endowments and the performance of university start-

ups. *Management science*, 48(1):154–170. https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.48.1.154.14280.

Shane, S. A. (2004). *Academic entrepreneurship: University spinoffs and wealth creation*. Edward Elgar Publishing. （スコット=シェーン（著）・金井一頼・渡辺孝（監訳）(2005)『大学発ベンチャー：新事業創出と発展のプロセス』中央経済社）https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=fMRGAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Academic+entrepreneurship:+University+spinoffs+and+wealth+creation&ots=7WQMgPAnlc&sig=FYi4rGdNJDVGEmYgV6xNcuOEnNE.

Times, T. N. Y. (2015). A fearless culture fuels U.S. tech giants. Jun 18. https://www.nytimes.com/2015/06/19/business/the-american-way-of-tech-and-europes.html.

Yoshioka-Kobayashi, T. (2018). Institutional factors for academic entrepreneurship in publicly-owned universities: The case of a transition from a conservative anti-industry university collaboration culture to a leading entrepreneurial university. *Science, Technology and Society*, forthcoming.

山口栄一, editor (2015). イノベーション政策の科学*: SBIR* の評価と未来産業の創造. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b306982.html.

拓己, 東. (2017). 急増する東大ベンチャーの勝算: 私大や関西勢も続々設立. 週刊東洋経済, 6710:38–40. https://premium.toyokeizai.net/articles/-/14681.

福嶋路 (2013). ハイテク・クラスターの形成とローカル・イニシアティブーテキサス州オースティンの奇跡はなぜ起こったのか. 東北大学出版会. http://amzn.asia/37lBnxY.

平井祐理, 渡部俊也, and 犬塚篤 (2013). 日本の大学発ベンチャーのトップ･マネジメント･チームが業績に与える影響に関する実証研究. 研究 技術 計画, 27(3_4):259–272. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/27/3_4/27_KJ00008639724/_article/-char/ja/.

関連データ・ソース

- 経済産業省＞大学発ベンチャーに関する基礎調査
  http://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/start-ups.html
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所「研究開発型大学等発ベンチャー調査 2016」[DISCUSSION PAPER No.139]
  http://www.nistep.go.jp/archives/29119

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- Science and Technology Policy and Entrepreneurship / 科学技術政策とアントレプレナー シップ」（GRIPS GIST：牧助教授）

1.1.4　スター・サイエンティスト-サイエンスとビジネスの好循環が新産業を創出する-

牧兼充 *　　長根 (齋藤) 裕美 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

科学技術イノベーションの源泉となる基礎研究が、社会・経済に強烈なインパクトをもたらすという観点から、科学的発見から技術開発まで、様々な点で優秀な"スター"に着目することがキーポイントになる。ここでは、主にアメリカで展開されてきたスター・サイエンティストにまつわる研究についてレビューするとともに、日本の現状と照らし合わせて、今後の展望を行う。スター・サイエンティストに関する研究は、「スターをどのように育てるか」、「スターをどのように活用するか」という二つの観点から、科学技術イノベーション政策の設計に活用可能である。

キーワード

スター・サイエンティスト、基礎研究、大学発ベンチャー

本文[*1]

1　イントロダクション

イノベーションの源泉が"科学"にあるように、科学の源泉は"基礎研究"にある。そしてその基礎研究を担うのは"サイエンティスト（科学者）"である。サイエンティストの研究活動から生み出された科学的知識が、イノベーションにつながり、社会・経済にインパクトをもたらす。　特に社会・経済に強烈なインパクトをもたらすという観点からは、サイエンティストの中でも、科学的発見から技術開発まで、様々な点で優秀な"スター"に着目することはキーポイントになる。 スター・

* 早稲田大学大学院経営管理研究科准教授、政策研究大学院大学前助教授
† 千葉大学社会科学研究院　准教授
*1 本稿は、政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センターワーキングペーパー「スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション」をベースに加筆・修正を行った。

サイエンティストに関する研究は、「スターをどのように育てるか」、「スターをどのように活用するか」という二つの観点から、科学技術イノベーション政策の設計に活用可能である。

2　スター・サイエンティストとは何か

サイエンティストを評価する基準は様々である。公刊する論文数、あるいはその論文の質などが基準として考えられる。また論文の質というと、被引用数 (学術論文・特許の参考文献あるいは非特許文献において参照された数) が多い、またはトップレベルの学会誌に掲載されている、といったことが挙げられる。むろん、これらは"学術的な価値"であって、社会・経済になにがしかのインパクトをもたらしたという意味での"社会・経済的な価値"と必ずしも一致するとは限らない。例えば特許につながった論文であるか、ひいては価値のある特許につがったかどうかが、その論文の社会・経済的価値を左右するとも言える。むろん、よい学術的成果はよい特許につながることも多く、その場合、学術的価値と社会・経済的価値は相関するともいえる。

サイエンティストのなかでも、卓越した業績をもつサイエンティストを、ここでは「スター・サイエンティスト」と呼ぶことにする。これは通常のサイエンティストに比べて、論文数、被引用数、ひいては特許出願など、様々な点で優れている研究者のことを指す。これらの結果として、学会の賞を受賞、もしくは権威のある学会の要職を兼務していることもスターの証左になるだろう。また通常のサイエンティストと比べて優秀な博士課程の学生やポスドクを育てているといった、教育面での貢献も挙げられる。このようにスターは様々な側面をもつ。それゆえに、スターは必ずしも一意に定義されているわけではない。上述したようにサイエンティストの評価基準は様々に考えられ、どの基準で評価するかによってスターの意味は異なってくる点には注意されたい。

スター・サイエンティスト研究のパイオニアとして、カリフォルニア大学ロサンゼルス校の Lynne Zucker 教授と Michael Darby 教授が挙げられる。彼らは論文データや特許データ、および地域の企業のデータなどを結合し、大規模なデータベースを作り、スター・サイエンティストの特性や産業界へのインパクトを様々な観点から定量的に明らかにしてきた。

一つは地理的観点である (Zucker et al., 1998)。1976 年から 1989 年におけるバイオテクノロジー分野を対象に、遺伝子配列に関する発見をした 327 人の研究者をスター・サイエンティストとして定義したうえで、彼らとバイオテクノロジーのベンチャー企業の関係についていくつかの観点から分析している。彼女らはスター・サイエンティストとベンチャー企業の地理的分布を分析し、スター・サイエンティストのいるところにベンチャー企業が集積していることを明らかにした。これによりスター・サイエンティストの分布とベンチャー企業の集積には何らかの相関があることが示唆された。

二点目はベンチャー企業のパフォーマンスの観点である (Zucker et al., 2002)。ベンチャー企業のパフォーマンス指標として、(1) 特許、(2) 開発中のプロダクト、(3) 上市したプロダクト、を取り上げた上で、それらと 1) スター・サイエンティスト、2) 全米トップ研究大学（必ずしもスター・サイエンティストが存在するとは限らない)、3) ベンチャーキャピタル、とのつながりを概観した。結論として、スター・サイエンティストと共著論文が多いベンチャー企業は、パフォーマンスも高

くなること、トップ研究大学との共著が増えるほど、概して企業のパフォーマンスは高くなるが、スター・サイエンティストとの共著の場合に比べるとそれほどパフォーマンスは高まっていないこと、ベンチャーキャピタルの投資はパフォーマンス向上にはつながるものの、その影響は他の二つと比較しても、更に小さいこと、などを明らかにしている。以上より、ベンチャー企業のパフォーマンスに影響を与える最たるものとしては、スター・サイエンティストとの共著が有力であることが示唆される。

Zucker and Darby (2007) は、スター・サイエンティストのベンチャー企業への関与の、スター・サイエンティストの研究業績への影響を検証している。結論は、スター・サイエンティストがベンチャー企業に関わることは、研究者の業績を上げるというものである。彼らはベンチャー企業に関わった (ベンチャー企業と共著論文がある、もしくはベンチャー企業において役職を持つ) バイオテクノロジー分野のスター・サイエンティストの業績の違いを分析している。米国におけるバイオテクノロジー分野のスターといえるサイエンティストは合計で 207 人おり、その中で、69 人が何らかの形で企業との関係を持っている。そのうち 57 人は企業との共著論文を書いていて、更に 12 人はベンチャー企業においてサイエンティフィック・アドバイザー (科学顧問) もしくはファウンダー (創業者) としてのポジションを保持している。彼らの 1 年あたりの論分数および 1 論文あたりの被引用数をみると、まず全く企業との関わりがないスター・サイエンティストは論文数で平均 1.67、被引用数で平均 13.15 であるのに対して、ベンチャー企業と何らかのつながりをもつスター・サイエンティストは論文数で平均 2.53、被引用数で平均 22.52 であり、明確な差がある。

さらにはベンチャー企業と何らかの関わりをもつスター・サイエンティストのなかで、共著論文のみ有する者と、共著論文のみならずベンチャー企業において何らかのポジションを有する者を比較すると、公刊論文の平均はそれぞれ 2.54 と 2.53 と大差ないが、被引用数で見ると前者が 20.74 であるのに対して後者が 31.39 と、後者が圧倒的に多い。

このようにベンチャー企業と関わっているサイエンティストのほうが論文数（量）および被引用数（質）ともに大きいことはもちろん、特にベンチャー企業において何らかの役職を保持し、より直接的に関わっているサイエンティストのほうが研究業績の質が高いことが示唆される。さらに時系列による分析を行い、スター・サイエンティストがベンチャー企業と関わって以降、研究業績が向上していることも示している。

以上のことから、Zucker and Darby (2007) は、スター・サイエンティストと企業が何らかの形で関わると、それぞれ研究業績および企業業績が上がるという"Virtuous Circles in Science and Commerce"(サイエンスと商業化における好循環) の関係を示唆している（下記図 1）。

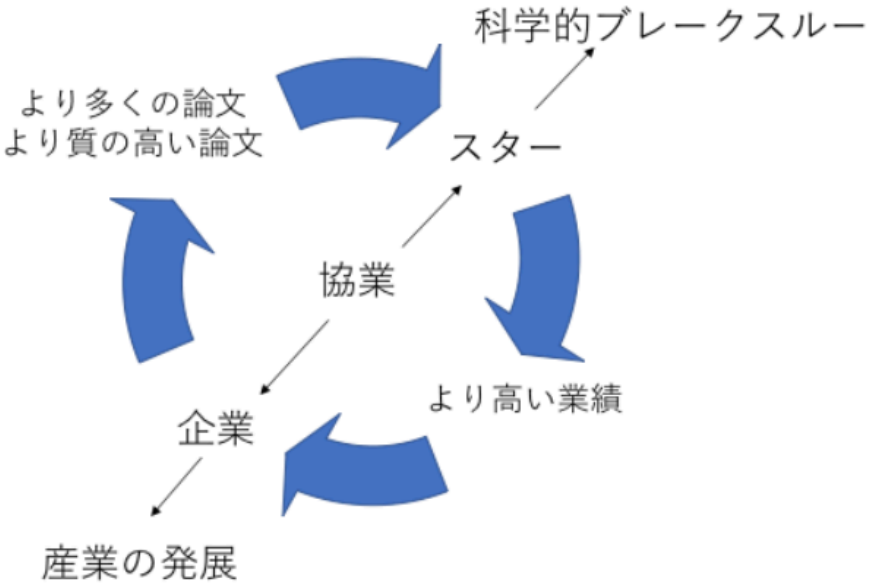


図 1　サイエンスと商業化の好循環
出典：Zucker and Darby (2007) より転載。翻訳は筆者による。

3　日本への示唆

無論、前節で紹介した結果は主に 1970 年代から 1980 年代、米国、そしてライフサイエンス分野を対象としているという点で、年代、国、分野の制約に基づく。ではこの「サイエンスと商業化における好循環」は果たして各国に共通する普遍的な事象といえるだろうか？

Zucker and Darby (2007) は、1970 年代から 1980 年代のバイオテクノロジー分野を対象に、国際比較も行っている。その結果によると、国別のスター・サイエンティストの分布から、米国が 50.2% で 1 位であるのに続き、日本が 12.6% を占めていることを示している。さらに企業とのつながりがあるスターの割合をみると、米国が 33.3% であるのに対して、日本は 42.3% である。

ただし、スター・サイエンティストの企業とのつながりに着目した場合、1980 年代の産学連携先には日米で大きな違いがあることが示されている (Zucker and Darby, 2001)。スター・サイエンティストが連携する企業として、米国ではその多くが主にベンチャー企業であったのに対して、日本では大企業であった。その背景には米国では当時ベンチャー企業を創業することが盛んであったのに対して、日本ではあまりベンチャー企業そのものが存在しなかったということがある。このように、サイエンティストが生み出した研究成果から生まれた知識を移転する産業界側の受け手は、各国の特殊性によって異なる。いずれにしろ重要なのは、サイエンティストが生み出した研究成果を実用化するためには、その知識を産業側の適切なパートナーに移転することである。

スター・サイエンティストの分布に関する国際比較は、日本の産学連携に新たな視座を提供す

る。日本における政策策定の現場においては、日本の産学連携は米国に比して遅れていると判断される傾向にあったが、少なくともバイオテクノロジー分野、かつ 1970 から 1980 年代に限っては、必ずしもそうとはいえないことが示唆される。

4　他のスター・サイエンティスト研究

Zucker and Darby の一連の研究が、スター・サイエンティストが産業界に及ぼす影響に焦点を当てたのに対して、アカデミックの世界にもたらす影響に焦点をあてた研究も行われている。Azoulay et al. (2010) は、スター・サイエンティストが周りの研究者に及ぼすスピル・オーバーをきわめて斬新なアイディアで実証的に明らかにしている。スター・サイエンティストの周りには沢山の研究者が集まり、グループを形成する。スター・サイエンティストの研究パフォーマンスはもちろん高いが、スター・サイエンティストの周辺にいる研究者も、他の研究者に比べて研究パフォーマンス (論文数や被引用数) が高い、という事象が観察される。すなわちスター・サイエンティストを中心としたグループが存在し、そのグループの中と外の境界らしきものが存在する。そうしたグループのことを「インビジブル・カレッジ」と呼ぶ。

むろんスター・サイエンティストの周辺にいることと、その研究者の研究パフォーマンスが高いということは、因果関係ではなく相関関係である。その相関関係を説明するには二つの仮説が考えられる。一つは、スター・サイエンティストの周辺に集結する研究者はもともと優秀であるという説 (仮説 1) である。すなわち、優秀だからこそ、スター・サイエンティストに認められて共同研究するチャンスが増える（スター・サイエンティストの周辺にいることができる）というものである。二つ目はスター・サイエンティストが周りの研究者にプラスの影響を与えるため、周りにいる研究者が優秀になっていくという仮説 (仮説 2) である。

どちらの仮説が支持されるのか? Azoulay et al. (2010) は自然実験の手法でアプローチした。彼らはスター・サイエンティストの中で、突然事故死をした研究者をリスト化して、その前後で、周りの研究者のパフォーマンスがどう変わったかを考察した。突然の事故死はまさに外生的な要因であり、何らかの因果によって起こされたものと考えづらい。この点を利用して、スター・サイエンティストが突然消えることによって、スター・サイエンティストの周辺にいた研究者のパフォーマンスに変化があったとすれば、周辺にいる研究者が優秀なのは、その研究者が本来持つ能力によるものではなく、スター・サイエンティストが何らかの影響を与えていたからであると結論づけられる。結果は、スター・サイエンティストが消滅した途端に、周囲の研究者の研究パフォーマンスが下がる、というものであった。すなわち仮説 2 が支持されて、スター・サイエンティストが周囲にプラスの影響を与えていることが示唆された。

ではスター・サイエンティストはどのように周辺の研究者に影響を与えているのか。すなわち上述した「インビジブル・カレッジ」にスター・サイエンティストはどのように関わっているのだろうか。一つ目として、スター・サイエンティストからのアイディアの「スピル・オーバー」が挙げられる。スター・サイエンティストはいつも新しい研究のアイディアを持っているため、周囲の研究者も新しい研究テーマを思いつきやすくなる。二つ目として挙げられるのが、スター・サイエン

ティストが「ゲートウェイ」の役割を果たすという説である。スター・サイエンティストはコミュニティのハブであるため、その周辺にいることで研究者同士が新たに出会い、一緒に論文を書くようになることが考えられる。三つ目は、研究リソースへのアクセシビリティの点である。スター・サイエンティストはリソースを沢山持っているため、その周辺にいることで研究費等を含めたリソースにアクセスしやすくなると考えられる。四つ目は、スター・サイエンティストは論文の査読プロセスに影響力を持っているため、論文が採択されやすくなるということが考えられる。同様の仕組みで、五つ目として、研究グラントの審査が通りやすくなるということも考えられる。Azoulay et al. (2010) は、これらの仮説を一つ一つ検証して、結果としてアイディアのスピル・オーバーのみが、スター・サイエンティストのインビジブル・カレッジへの価値の提供だと指摘している。

むろん、課題も残されている。たとえば、スター・サイエンティストといえども一絡げに扱うとミスリーディングになる可能性がある。米国ではノーベル賞を受賞した教授の研究室でのポスドクは選ばない方が良いという共通認識があるという。これはノーベル賞を受賞するようなスター・サイエンティストのもとで若手研究者が研究する場合、スター・サイエンティストの活発な研究活動を支えるべく、研究の手足として使われるだけ使われて、筆頭著者 (論文の主たる貢献者) として論文を書くようなチャンスをなかなかもらえなくなるということを含意している。すなわちスター・サイエンティストも様々であり、「良いスター・サイエンティスト」と「悪いスター・サイエンティスト」がいる可能性がある。こうした可能性も踏まえてスター・サイエンティストの特性を分類することも必要だろう。

この点で言えば、従来のスター・サイエンティストの概念を拡張し、サイエンティストの研究の生産性以外の価値を踏まえた研究として、Oettl (2012) がある。この論文では、サイエンティストが他の研究者たちの生産性に影響をあたえるメカニズムを解明するため、従来よりもサイエンティストのパフォーマンスの評価に新しい次元を加えた。伝統的なサイエンティストの分類が論文生産性に依っていたのに対して、Oettl (2012) では新たに社会的次元として、他の研究者の助けになっているかどうか（helpfulness）を考慮した。その代理指標としては論文で謝辞に名前が登場するかどうかを測定した。さらにこの helpfulness が高いことが周りの研究者にどのような影響を与えているかを、事故死した helpful なサイエンティストの共著者の論文の変化を分析することで明らかにした。結果として、非常に helpful なサイエンティスト（故人）の共著者は質の点でアウトプットが減少し、あまり helpful ではないが、高い生産性を誇るサイエンティストの死は、共著者のアウトプットに影響しないことがわかった。

5　今後への課題

Lynne Zucker 教授や Michael Darby 教授を中心に進められてきたスター・サイエンティスト研究は、新たな広がりを見せ始めている。しかしながら、日本を対象にしたスター・サイエンティスト研究についていえば、まだまだ手薄であるといえよう。Zucker and Darby による研究には日本を対象にしたものも含まれているが、おもに 1970 年代から 1980 年代を扱っているし、日本のナショナル・イノベーション・システムの歴史上の転換点として重要な 1995 年の科学技術基本法以降の

現象を考察していない。

何を持ってサイエンティストを「スター」とするのか、そしてどのようにスターのタイプを分類するのか。様々な観点から検討し、その結果、どのようなスター・サイエンティスト像が浮かび上がるのか。また彼らがどれだけ社会・経済にインパクトをもたらしうるのか。これ自体が、スター・サイエンティスト研究の課題である。

こうした課題に答えていくためにも、対象年代や国、分野を広げた上で、Zucker and Darby が構築したような、スター・サイエンティストの研究活動および企業とのつながり、そして企業のパフォーマンス、ひいては地域への影響を含めた、様々な情報を結合させた大規模なデータベースが必要である。これは日本のスター・サイエンティスト研究を進めるに当たって、喫緊の課題であろう。こうしたデータベースができれば、スター・サイエンティストの知識生産活動のメカニズムや、その科学的知識の移転メカニズム、さらには移転された科学的知識がいかに社会・経済にインパクトをもたらすのかのメカニズムなど、スター・サイエンティストをめぐる産業やアカデミックの世界への影響を明らかにできる。こうした研究から得られるエビデンスは、科学技術イノベーション政策の設計においても活用されることが期待される。

References

Azoulay, P., Graff Zivin, J. S., and Wang, J. (2010). Superstar extinction. *The Quarterly Journal of Economics*, 125(2):549–589. https://academic.oup.com/qje/article-abstract/125/2/549/1882179.

Oettl, A. (2012). Reconceptualizing stars: Scientist helpfulness and peer performance. *Management Science*, 58(6):1122–1140. https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.1110.1470.

Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=TLKDbvJX86YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Pasteur%27s+quadrant:+Basic+science+and+technological+innovation&ots=TVFWHlSVYV&sig=J6AlGtX57qBDXVIJOsE6s6XIg-Q.

Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2001). Capturing Technological Opportunity 'Via Japan's Star Scientists: Evidence from Japanese Firms' Biotech Patents and Products. *The journal of Technology Transfer*, 26(1-2):37–58. https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007832127813.

Zucker, L. G. and Darby, M. R. (2007). Virtuous circles in science and commerce. *Papers in Regional Science*, 86(3):445–470. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1435-5957.2007.00133.x.

Zucker, L. G., Darby, M. R., and Armstrong, J. S. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management science*, 48(1):138–153. https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.48.1.138

.14274.

Zucker, L. G., Darby, M. R., and Brewer, M. B. (1998). Intellectual capital and the birth of us biotechnology enterprises. *American Economics Review*, 88(1):290–306. http://www.nber.org/papers/w4653.

関連データ・ソース

- Connecting Outcome Measures in Entrepreneurship, Technology, and Science (COMETS) (http://www1.kauffman.org/comets/)
- Nanobank (http://www.nanobank.org/)
- Highly Cited Researchers (http://hcr.stateofinnovation.com/)

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 政策研究大学院大学「科学技術とアントレプレナーシップ」
- JST-RISTEX「スター・サイエンティストと日本のイノベーション」プロジェクト

本稿は、SciREX ワーキングペーパー「日本のイノベーションとスター・サイエンティストの役割：現状と課題」(長根（齋藤）裕美、牧兼充著) より転載し、修正したものである。

1.2.1　イノベーションと企業の栄枯盛衰

軽部大 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

キーワード

本文

1　栄枯盛衰

技術進歩による成長機会を享受して、急速な成功を収めた企業は枚挙にいとまがない。Facebook や twitter は、急成長する SNS サービス分野における成功事例である。Android OS を中心としてインターネット関連事業で急速な成長を果たした Google や、移動体通信技術や半導体設計で業界標準を握る Qualcomm もまた、代表的な成功事例の一つであろう。

その一方で、技術革新がもたらす果実を享受する新規参入企業との競争に敗れ、市場からの退出を迫られる事例も散見される。電子技術の進歩によって、銀塩カメラとフィルムはデジタルカメラに代替され、業界最大手だったイーストマン・コダックをはじめとして多くの銀塩フィルムメーカーが廃業に追い込まれたのは、最近の出来事である。フィルム業界で唯一実質的に生き残ったのは、フィルム事業以外へ主力事業への転身を図った富士フイルムだけであった。このような業界で中心となるプレーヤーの市場地位の変化に必要となる時間は、従来にも増して短くなっている[*1]。

米国有力経済誌 Fortune の売上高上位 500 社企業ランキングに登場する顔ぶれと歴史的変化を見ると、主役交代の激しさがわかる。例えば、1955 年の企業ランキングで上位 500 社にランクインした企業のうち、50 年後の 2005 年に同じくランクインした企業はわずか 80 社である[*2]。確かに、主役交替の激しいアメリカでも、GE、プロクター&ギャンプル、ボーイング、デュポン、3M、ジョンソン・エンド・ジョンソンなど、業界のリーダーとして常に技術革新を主導し、新規参入企業の挑戦を退けながら長期にわたって市場地位を維持してきた大企業も存在する。しかし、長年そのよ

* 一橋大学イノベーション研究センター

[*1] Stalk (1990)

[*2] 具体的な企業については、次の web サイトを参照されたい。http://archive.fortune.com/magazines/fortune/fortune500_archive/full/1955/

うな市場地位を維持することは決して容易ではないのである。

2　先行者の優位と専有可能性

2.1　先行者の優位とイノベーション成果の流出

競合他社に＜時間的に先行して＞手がけることで得られる優位性を、「先行者の優位（first mover's advantage）」という[*3]。先行者の優位性とは、次のようなものが挙げられる。1) 技術的先行することで得られる一定期間の利益の独占（業界のパイオニア企業として高い価格を設定でき、顧客も進んで高い価格を支払う）、2) 標準規格への関与（業界のパイオニア企業として、業界標準プロセスの策定に関与できる）、3) 特許取得（特許という形で技術的障壁を形成し、他社の参入を防ぐ）、4) 経験曲線効果（他社よりも先行して量産することにより、より安価に生産する方法を他社に先駆けて学習できる）、 5) 資源の先買（稀少な資源を他社に先駆けて専有することができる）、6) 買い手の切り替え費用（顧客が購入先を切り替えるのに必要なコストを生み出し、一度獲得した顧客を維持しやすくなる[*4]）、7) ネットワーク外部性（ネットワークの規模の拡大に伴いネットワークの利用者の便益が高まる場合、他社に先駆けてネットワークの規模を拡大することで、ネットワークの利用者の便益を高めることができる[*5]）である。

しかし、そのような先行者優位は常に実現するとは限らない。それとは逆に、場合によっては「後発者の優位」と呼ばれる、後追いするがゆえの優位が生まれる場合もある。

2.2　イノベーションによる利益確保の可能性

2.2.1　利益確保の可能性（専有可能性）

先発者が自ら作り出したイノベーションの果実を、＜どの程度＞自分のものとして確保できるか否かを理解する上で、鍵となるのが「利益確保の可能性（専有可能性：appropriability）」という概念である。「イノベーションから得られる経済的価値を自分のものとして確保できる程度」を意味する。利益確保の程度が非常に高い状態とは、イノベーションから得られる経済的果実をほとんど自分のものとすることができる状態である。それとは逆に、その程度が非常に低い状態とは、ほとんど自分のものとすることはできず、他社に経済的果実を持って行かれる状態を指す。

利益確保の程度を左右する要因として、1) リードタイム（先発者と後発者との時間的先行性がどの程度大きいか）、2) 法的な保護（特許、意匠権、著作権などの知的財産権によってどの程度保護されるか）、3) 技術の模倣のしやすさ（後発者によってどの程度技術の中身が観察可能で、再現可能であるか）、そして 4) 補完的資産の重要性とその保有状況が挙げられる[*6]。リードタイムが短

[*3] Lieberman and Montgomery (1988) First-mover advantages. *Strategic Management Journal*, 9: 41-58.

[*4] スイッチングコスト（switching cost）とも呼ばれる

[*5] 家族や友人が同じ携帯電話会社に契約している時に、そうでない場合に比べて利便性が高い場合を考えてみれば良い。

[*6] 補完的資産に関しては、次の論文を参照されたい。Teece (1986)

く、法的保護が十分ではなく、技術が模倣されやすく、補完的資産が重要であるにも拘わらず十分に保有できていないと、先行して技術で勝っても市場での競争に敗れる、という結果につながる。法的保護は説明するまでもなく、開発された技術の所有権が法律でどの程度保護されるか、という問題である。法的保護が未整備の新興国において事業展開する際には、しばしば知的財産権への対処が重要な経営課題となる。最先端の技術開発においても、他社からの模倣を牽制するという意味で、重要な経営課題となる。

模倣のしやすさ：同じ技術でも技術の性格によって、模倣されやすいものと、されにくいものがある。客観的で明示的に形式知として表現できる技術は模倣されやすい。他方で、ヒトや組織に体化しているため暗黙知として存在するが故に、競合他社から観察が難しい業務運営ノウハウ、生産技術や細々なノウハウの塊などは、競合他社から容易に模倣されにくい[*7]。広範な要素技術によって構成される裾野を広く持つ製品の場合もしばしば模倣が難しい。要素技術の複雑性をすべて他社が同じ性能で再現することは難しくなるからである。その点で、製品技術の複雑性も模倣のしやすさに影響を及ぼす要因である。競合他社から見て何が競争力の源泉か、観察することも原因を同定することも難しいこともある[*8]。

補完的資産：新しく開発された技術を事業として成功に結びつけるためには、製品やサービスを生産するための設備や機械、それを売るための販売網やユーザーの使用やメンテナンスを支援するサービス網などの補完的な機能が必要である。例えば、新しい冷凍食品を市場に投入するには、いわゆるコールドチェーンと呼ばれる冷凍倉庫や冷凍トラック、冷凍食品を陳列する冷蔵設備を備えた食料品店やスーパーマーケットが必要になる。これらは新しい冷凍食品という本源的価値を顧客に届けるために必要な補完的な機能を提供する資産である。いくら優れた冷凍食品の開発に成功したとしても、このような補完的資産（complementary asset）を自ら保有するか利用でなければ、イノベーションから得られる果実を自分のものとして専有できないのである。もし、補完的資産が誰でも利用可能なものであれば、問題はない。問題となるのは、補完資産が開発した製品やサービスに固有の特殊なものであり、しかも特定企業に集中していて、それに対抗する資産を他の企業が利用しにくい、あるいは獲得するか新たに構築するのに時間や費用がかかる場合、資産を保有している企業が、イノベーションから得られる果実の分配において強い交渉力を持つこととなる。

先行して技術革新に成功する主体「イノベーター（innovator）」の専有可能性が低いと、先発者として新しい製品を開発しても、既存企業の巻き返しや新製品を模倣して後から参入する新規参入者の攻勢に遭うこととなる。結果的にイノベーションの果実を十分に享受することなく市場の表舞台から去って行くケースも出てくる。CT スキャナーの開発でノーベル賞を獲得しながら、やがて事業から撤退を余儀なくされたイギリスの EMI はその例である。民間旅客機のジェットエンジン航空機のパイオニア企業であったデハビラント、ダイエット・コーラを初めて世に出した RC コーラも同じ運命を辿った。IBM も MS-DOS をパーソナル・コンピュータのオペレーティング・シス

[*7] ただし、相対的に模倣されにくい暗黙知も、それが製造装置やヒトに体化（embodied）されることで、競合他社に技術やノウハウが流出することがある。競合他社も同じ製造装置や生産機械をつかうこと、あるいは有力な技術者が競合他社へ転職するケースを考えてみれば良い。

[*8] 詳しくは、次の論文を参照されたい。Reed and DeFillippi (1990)

テム（OS: Operating System）の業界標準にすることに成功したが、そこから得られる果実を専有できずにマイクロソフトに奪われる結果となった。

表 1.2.1.1 は、専有可能性の手段について、その有効性を日本と米国の企業に尋ねたアンケート調査の結果である[*9]。

表1.2.1.1 占有可能性を確保するための手段の有効性

	製品イノベーション		工程イノベーション	
	日本	アメリカ	日本	アメリカ
技術情報の秘匿	25.6%	51.4%	28.9%	52.7%
特許による保護	37.8	35.7	24.8	23.9
他の法的保護	16.3	20.3	11.8	15.0
製品の先行的な市場化	40.7	51.8	28.2	38.0
販売・サービス網の保有・管理	30.0	41.9	22.7	29.0
製造設備・ノウハウの保有・管理	33.1	45.5	36.1	43.3
生産・製造設計の複雑性	20.2	40.0	22.0	38.6
その他	6.5	8.6	6.6	8.0

注：日本の主要企業643社、アメリカの主要企業1478社への質問票調査の結果（1994年実施）。過去３年間に実現したイノベーションのうち、専有可能性を確保する手段として有効であった方法の比率。

日本では、製品イノベーションについては製品の先行的市場化が最も有効で（40.7%）、次いで特許による保護（37.8%）、製造設備・ノウハウの保有・管理（33.1%）、販売・サービス網の保有・管理（30.0%）となっている。工程イノベーションについては、製造設備・ノウハウの保有・管理（36.1%）、技術情報の秘匿（28.9%）、製品の先行的な市場化（28.2%）の順となっている。特許も重要だが、先行的市場化や補完的資産も同様に重要だということが分かる。一方米国では、製品イノベーションについては、製品の先行的市場化が最有力（51.8%）という点は同じだが、技術情報の秘匿（51.4%）がそれに続いている。工程イノベーションでは技術情報の秘匿（52.7%）、製造設備・ノウハウの保有・管理（43.3%）、生産・製品設計の複雑性（38.6%）の順となっている。国によっておかれている状況が異なり、その強調点も異なるということであろう。

収益の保護手段は、産業によっても大きく異なる。表 1.2.1.2 は、業種別の収益保護手段の比率を示したものである。業種は生活関連型産業、基礎素材型製造業、そして加工組立型製造業に大別し、基礎素材型と加工組立型については、代表例としてそれぞれ化学工業と鉄鋼業、情報通信機械器具と輸送用機械器具の比率を示している。この表から、一口に製造業と言ってもその多様性が読み取れるであろう。

[*9] 後藤晃・永田晃也 (1997)

表1.2.1.2 イノベーションから得られる収益の保護手段

産業分類	総数（社）	プロダクト／プロセス・イノベーションから得られる収益の保護手段（%）					
		特許による保護を利用した	他の法的保護を利用した	競合他社に先駆けて製品・サービスを市場に投入した	他社が模倣しづらいように生産・製品設計を複雑化した	競合他社に対して製造技術・方法または販売方法を秘匿した	その他
全産業	331,037	5.7	6.0	13.8	7.9	7.9	0.5
生活関連型産業	31,637	8.8	15.2	21.4	21.8	12.6	0.2
基礎素材型製造業	29,722	14.8	12.7	18.4	15.0	16.0	1.7
（化学工業）	2,378	33.4	23.8	29.9	20.0	33.2	0.6
（鉄鋼業）	1,897	11.4	4.4	14.9	11.0	13.8	0.2
加工組立型製造業	31,873	15.9	9.9	21.0	15.5	19.7	0.4
（情報通信機械器具製造業）	1,492	15.4	8.0	16.3	15.9	13.0	1.3
（輸送用機械器具製造業）	5,583	16.0	13.5	25.7	14.9	29.8	1.0

注：「生活関連型産業」とは、食料品製造業、飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業、家具・装備品製造業、印刷・同関連業、なめし革・同製品・毛皮製造業、その他の製造業。
「基礎素材型製造業」とは、木材・木製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業、化学工業、石油・石炭製品製造業、プラスチック製品製造業、ゴム製品製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製造業、金属製品製造業。
「加工組立型製造業」とは、汎用機械器具製造業、生産用機械器具製造業、業務用機械器具製造業、電子部品・デバイス・電子回路製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業、輸送用機械器具製造業。
出所：『第２回全国イノベーション調査』（2010年9月）文部科学省科学技術政策研究所。全産業のみ抜粋

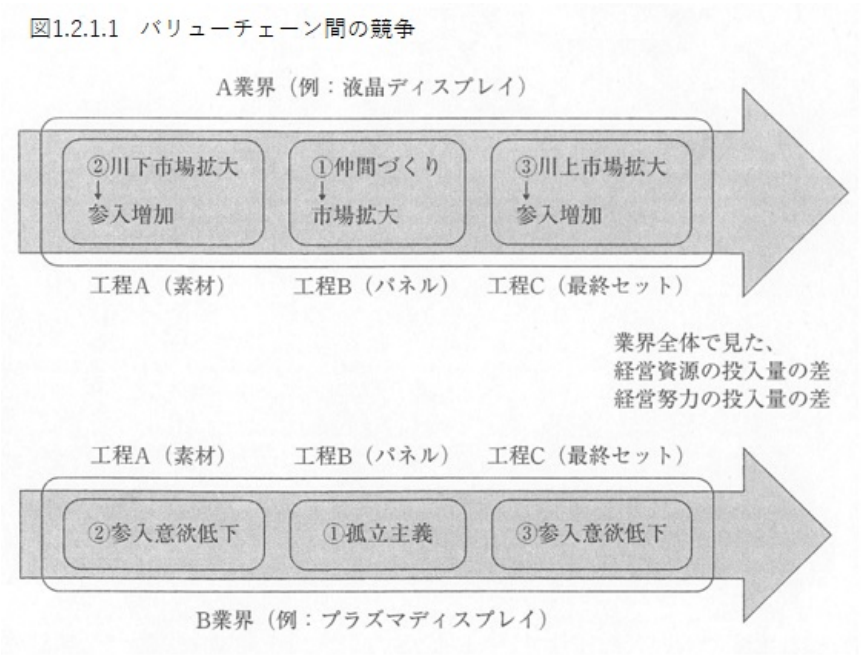
化学工業では特許が最も多く、それに製造技術・方法または販売方法の秘匿が続いている。これに対して、同じ素材型製造業でも鉄鋼業においては、他社に先駆けた製品・サービス投入が最上位となっている。加工組立型産業の情報通信機械器具では、他社に先駆けた製品・サービス投入が最上位で、それに生産・製品設計の複雑化が続いている。自動車を含む輸送用機械器具では、製造技術・方法、または販売方法の秘匿が最も多いことが分かる。収益を自らのものとして保護する方法は業界によって異なり、そして追求すべき技術戦略も業界によって異なるのである。

2.2.2　利益専有に内在する問題

無から有を作り出す努力と、それに挑むリスクテイクは賞賛されるべき行為である。イノベーションの実現に先行した企業は、そこから得られる経済的価値の全てを自らのものとして収穫する動機に駆られることとなる。ただし、競合他社による模倣に関連して、留意すべきことがある。それは、イノベーションの果実を専ら自分のものとして、可能な限り競争相手をできるだけ少なくするという方針は、いつも正しいとは限らないという点である。

イノベーションの果実を獲得するためには、競争相手を少なくすることで市場を独占することが常道である。しかし、時として競争相手を増やすことが重要な場合もあるからである。というのも、独占状態が独占に成功した企業の更なる企業努力を減退させるからだけではなく、孤立主義や排他主義は、市場自体の育成にマイナスとなることがあるからである。競争相手が増えることで、それらの競争相手にも川上から材料や部品を提供する供給業者としての新規参入を期待できる。競争相手の増加は、川上の供給業者の育成にもつながる。同様に、競争相手が増えることで、それらの競争相手から製品を購入する川下の顧客から見れば、購入の選択肢が増え、安定的な購入が可能となる。

例えば、自動車や半導体業界をはじめとしてB to Bの世界では、安定調達を目的に、複数購買と呼ばれる同一機能の製品を複数の異なる企業から購入・調達することが一般的である。競争相手が増え同業他社が存在することで、顧客への新製品・サービスの認知度も高まるし、顧客の教育訓練



やインフラの整備も分担することが可能となる。競争相手が増えることで業界規模が拡大することで、補完的機能を持つ補完財業界の育成も期待できるようになる。結果的に、競争相手が増えることで、川上・川下の様々なレベルで技術が改善され、進歩し、市場が拡大するという特定企業が専有することでは得られない効果が期待できるのである。

例えば、当初薄型テレビ業界では、プラズマディスプレイと液晶ディスプレイ（LCD）という異なる技術方式に基づく市場競争が繰り拡げられ、当初はインチサイズでの棲み分けが成立すると考えられていた。しかし、その後 LCD がコストと性能で大幅な改善を実現し、液晶が市場を支配することとなった。その一因は、川上、川中、川下それぞれで起きた激しい競争ゆえに、川上業界や補完業者の育成と多様なセットメーカーの参入が促されたからである（図 1.2.1.1 参照）。孤立主義は川上業者の参入意欲を低下させる。川上の供給業者が増えなければ、自社の強みは高まらない。結果として川下業者の参入意欲も相対的に低下する。他方で、川中で激しい競争が起き、それが川上と川下の参入と激しい競争を誘引したのが液晶である。結果としてプラズマと液晶ではバリューチェーン全体で経営資源の投入と経営努力において大きな差が生まれたと考えられる。それが結果として液晶ディスプレイでの性能とコストで大幅な改善をもたらしたのである。

自社に生産能力や販売サービス網がない時には、むしろそのような補完的資産を有する企業にライセンスを供与したほうがリスクは小さいし、より大きな果実を得ることができる場合もある。例えば、インテルは 1985 年に日本企業との競争に敗れて、中核事業の一つである DRAM 事業から撤退したものの、その日本企業に敢えて自社が注力することとなった MPU 事業のセカンドソースメーカーとしての権利を認めたのは興味深い事例である。一見すると自社を窮地に追いやった日本企業に自社の残された中核事業の製品の代替品を生産することを認める戦略は、短期的には敵に塩を送る戦略であり、自滅的な戦略であるように見える。しかし、急速に成長する日本企業の生産

能力を利用して、自社単体では不可能な自社中核事業の市場機会を広げ、自社事業が大きく立ち上がって時点でセカンドソースメーカーとして順に日本企業を排除し、自社投資に切り替えていく戦略は、まさに他社の力をテコにして自社の競争力を上げていく戦略の好例である[*10]。

海外の市場などは、現地の企業と組まなければ参入できない場合もある。進出国の政府の政策でそのように誘導される場合もあれば、進出国の固有な生活文化や慣習ゆえにそうせざるを得ない場合もある。業界標準を獲得するために賛同する競合メーカー数を増やして、より多くのユーザーを獲得することは、ネットワーク外部性の高い商品ではとても重要である。新しい技術を自社で専有するのではなく、競争相手も含め、外部の企業と協力することが重要となるケースも存在する。そこでは、従来からの競争という概念に加えて、様々な業者と価値をともに作り出していく「共創」という概念も重要になるのである[*11]。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター **(2017)** 第 **3** 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf.

Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.

Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.

Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. https://www.jstor.org/stable/3152166.

Christenson, C. (1997). *The innovator' s dilemma*. Harvard Business Review Press. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46.

Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto indus-

[*10] 軽部大 (1998)

[*11] この点について次の 2 つの書籍を参照されたい。Brandenburger (1998) Adner (2012)

try. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/.

Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. https://www.jstor.org/stable/2393549.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009.

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706.

Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277.

Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail.

Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.

Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.

Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBuOA5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.

Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf.

Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. https://www.jstor.org/stable/

pdf/2392832.pdf.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

1.2.2　イノベーションのタイプ

軽部大 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

キーワード

本文

一般的に考えると、大企業は新興企業に比べてイノベーションの果実の獲得において優位に立てるチャンスが大きそうである。しかし、イノベーションをきっかけとして、新興企業と既存の大企業との交代が起きることがある。なぜ優位な市場地位にあるはずの既存のリーダー企業がそのような地位を失うことがあるのだろうか。

以下では、イノベーションがもたらす＜変化の特徴＞に注目し、1) 変化の大きさと連続性、2) 既存能力・知識・資源への影響、3) 製品システムの変化のレベル、4) ユーザーとの関係、そして 5) 業界全体の構造変化に注目して、企業の主役交代の原因を検討する。

1　変化の大きさと連続性：漸進的イノベーションと急進的イノベーション

既存の現役企業に有利に働くか、新興の新規参入企業に有利働くか否かを具体的に検討するには、イノベーションのもたらす変化の特徴に注目する必要がある。イノベーションのもたらす変化が漸進的で連続的であるのか、画期的で非連続的であるのか、という点である。一般的に漸進的で連続的な変化をイノベーションがもたらすのであれば、既存の現役企業に有利となり、急進的で非連続的変化をもたらす場合には、新興の新規参入企業が有利となる傾向が見られる。イノベーションのパターンに即して言えば、技術進歩の S 字カーブを上り詰める段階、アバナシーモデルにおける移行期・固定期の段階では、製品技術と生産技術の双方の革新において、それまで蓄積した情報や知識、経験が役に立つので、先行している既存企業が優位に立つことができる。必要な要素技術が確立し製品の基本コンセプトが確立したドミナントデザインを前提とした段階では、他社に先

* 一橋大学イノベーション研究センター

駆けて、必要な技術者やスタッフを雇い、訓練し、効率的に組織化していくことによって、技術開発・生産・販売などの一連の業務を専門化することが追求される。そこでの競争の鍵は、徹底的な分業を通じた専門化であり、効率性の追求である。ここに、新興の新規参入企業が割り込んで挑戦する余地は必ずしも大きくない。

もっとも、イノベーションは漸進的・連続的変化を常にもたらすわけではない。効率性の追求はいずれは限界に直面し、それが非連続的で急進的なイノベーションが生まれる契機となる。いわば、ある技術体系（S 字カーブ）から別の技術体系（S 字カーブ）へ移行する局面である。このような変化は、パラダイム転換と呼ばれたり、脱成熟化と呼ばれたりすることもあるが、このような局面ではそれまで蓄積された過去のノウハウや知識は役に立たない。これまで採用してきた技術者とは異なる専門分野の技術者を採用しなくてならなくなる。組織のあり方を見直さなくてはならないし、想定する地域や顧客を見直す必要も出てくるだろう。従来の技術領域での実績をあげたミドルマネジャーや役員も抵抗するかもしれない。未成熟な新技術にリスクの高い投資をするよりも、より確実な既存技術への投資を行うことで、新技術を駆逐するシナリオを考えたくなるのは人間の自然な流れである。

新しい製品やサービスの登場によってドル箱である既存の事業の収益が浸食される場合に、特に既存企業は難しい立場におかれる。同じイノベーションを実現する機会を得て、仮にその将来性について同じような評価を下していたとしても、そこから得られる利益の期待値は企業によって異なるからである。新たに登場する製品やサービスと直接競合する事業を営んでいる企業は、既存事業の利益が侵食される分（いわゆる新規事業と既存事業の共食い）、期待利益は小さくなる。他方で、ゼロからスタートする新興企業は失うものがない分、期待利益は大きくなる[*1]。

技術的に画期的な商品でも既存の商品と市場で競合しないものであれば、既存企業も新興企業と同じ条件に立つ。しかし、既存の商品や事業が代替されるような場合だと、その分新規製品やサービスに注力する誘因（インセンティブ）が低下してしまうのである。しかも既存の事業で確実に利益を上げているだけに、リスクのある新商品についての評価は厳しくなりがちである。連続的なイノベーションでは強みであった「過去の蓄積」が非連続的なイノベーションでは「過去のしがらみ」に転じてしまうのである[*2]。

蓄積からくる強みがしがらみに起因する弱みへと転じる理由は、個人や組織レベルでの環境変化に対する認識のゆがみ（認識バイアス）、個人や組織のしがらみ等様々あるが、その結果既存企業では新規技術への躊躇や抵抗が生まれ、結果として新興企業に後れをとり、市場の表舞台から去らなくてはならなくなる。ある企業は新技術を過小評価し、旧技術のさらなる改良に傾注する。あるいは新旧技術の双方に傾注しても、両面作戦は、経営資源の分散をうみ、中途半端な取り組みに陥る恐れがある。例えば、多くの銀塩フィルムメーカーが来たるべきデジタル化の流れに適切な手を打てなかったのは、その典型であろう[*3]。

ただし、非連続といっても、どの程度の非連続性なのであろうか。非連続か否かは、おかれた市

[*1] Chandy and Tellis (1998)

[*2] Leonard-Barton (1992)

[*3] Tripsas and Gavetti (2000)

場環境や変化に直面する個々の企業にとって、相対的なものであるはずである。常に、非連続的なイノベーションでは主役は交代するのだろうか。既存企業がみすみす新しい商品への取り組みを怠るのは、単に既存事業と新規事業との間で起きるカニバリゼーションが唯一の理由であろうか。そもそも、一見すると連続的なイノベーションで主役が交代することはないのだろうか。以下で振り返るように、イノベーションと企業の盛衰との間には、＜漸進的・連続的イノベーション＝既存企業有利、急進的・非連続的イノベーション＝新興企業有利＞という単純な図式が常に成立するわけではない。その点について、さらに検討を進めよう。

2　既存能力・知識・資源への影響：増強型と破壊型

2.1　既存能力の増強と破壊

イノベーションの競争へのインパクトを考える上で、一つの鍵となるのが、イノベーションがもたらす変化が、企業の既存の能力にどのような変化をもたらすのか、という視点である。トゥツシュマンとアンダーソンは、航空会社、セメント、ミニコンピュータの 3 つの業界を取り上げて、「桁違い」の技術進歩が起きた時に、企業競争にどのような影響があったかを調べた[*4]。その結果、既存企業がイノベーションを主導し事業を結果的に継続したケースと、新規に参入した企業がイノベーションを主導し、既存企業が多数退出していったケースがあることを明らかにした。このことは、「桁違い」の技術進歩として表現される非連続な技術革新でも、企業の既存能力への影響が大きく異なることを示唆している。前者のケースでは過去のノウハウが依然として有効であったのに対して、後者では役に立たなくなったである。トゥツシュマンとアンダーソンは、前者を「能力増強型（competence-enhancing）のイノベーション」、後者を「能力破壊型（competence-destorying）のイノベーション」と呼んでいる。

彼らが取り上げたセメント業界を紹介しよう。1872 年にアメリカでセメントの生産がスタートしてから 3 つの非連続的なイノベーションがあった。第一に、1890 年代のロータリー・キルンの導入（粉末炭の使用）による省人化、品質の安定化。第二に、1900 年代のロング・キルンの導入（エジソン特許）による経済効率アップ。第三に、1960 年代のコンピュータ・プロセス・コントロール導入による超大型キルンの導入である。いずれも生産効率の飛躍的増大をもたらした。

このうち、最初の技術革新は、それまでの人手を使って、木材を燃やしてセメントを作るノウハウを陳腐化させてしまった。能力破壊型のイノベーションである。結果的にロータリー・キルンの導入に積極的に取り組んだのは、大半が新興企業で、これを契機に多くの企業がセメント産業に新規参入した。これに対して、後の二つの技術革新は、石炭を燃料とするロータリー・キルンを用いるという点では、継続性が有り、その点で能力増強型のイノベーションであった。その結果、既存企業が導入を主導し、新規参入も増えず、業界地図に大きな変化は起きなかった。

これらの事例から明らかとなるのは、一見すると桁違いの非連続的イノベーションであったとしても、そのベースとなっている技術がどの程度既存の技術から継続しているかによって、競争に与

[*4] Tushman and Anderson (1986)

える影響が違ってくるということである。

2.2　変革力

イノベーションが競争に与える影響を検討する上で、注目すべき点は技術的観点から見た既存の能力への影響だけではない。顧客や市場との関係についても注目する必要がある。アバナシーとクラークが注目したのは、まさにその点である[*5]。彼らは、イノベーションが企業の既存の経営資源、スキル、知識にどのような影響を及ぼすかを検討し、それを変革力（transilience）と呼んでいる。技術（製品、生産、業務のあり方）と市場（市場、顧客との関係）の両面において、イノベーションがもたらす変革力が破壊的（既存の資源が価値を失う）か、温存的（価値を保持する）かを区分し、イノベーションを 4 つのタイプに分類している。

1. 技術面では破壊的で、市場面でも破壊的イノベーション
   フォードが開発したモデルＴが一例。製品・生産技術で画期的であっただけでなく、大衆マーケットという新たな市場も開拓した。Mass production は、大量生産の確立を意味すると同時に、大衆市場の創造も意味している。
2. 技術面では温存的だが、市場面が破壊的イノベーション
   フォードが開発したモデルＡが一例。モデルＴ以来の新モデルとして 1926 年に登場したモデルＡは成長しつつあった都会の家族向けの中級車という市場の創造を意図したものであった。
3. 市場面では温存的だが、技術面が破壊的イノベーション
   1921 年に登場した鋼鉄製の密閉型ボディが一例。それまでの木製のオープン型ボディに取って代わられた密閉型ボディは、自動車のデザインを大きく変え、競争の焦点を利便性、快適性、性能にシフトさせると友に、生産システムをそれまでの木製車体メーカーの熟練工依存型のものから機械による後半成形技術を柱とする技術体系へと変化させた。
4. 市場面では温存的で、技術面でも温存的イノベーション
   一番地味で目立たないが、その累積効果は決して小さくない。例えば、モデルＴの値段は 1908 年の 1200 ドルから 1926 年の 290 ドルまで低下し、それは鋳造、溶接、組み立て、代替材料など様々な領域での細かな改善が貢献し、その結果としてめざましい生産性の向上が結実した結果である。製品技術面でも信頼性や性能の改良が積み重ねられている。

四つのタイプのイノベーションは、それぞれ競争に与えるインパクトが異なる。最もドラマティックなのは、技術面でも市上面でも破壊的な変革力を持つ第一のタイプであるが、他のタイプも競争に様々なインパクトをもたらす。例えば、密閉型ボディの登場は木製ボディメーカー頼っていた小規模な自動車メーカーを苦境に追い込んだし、1930 年代のクライスラーはキャブレター、ボディ・デザイン、トランスミッションなどで技術面で破壊的なイノベーションを生み出し、シェ

[*5] Abernathy and Clark (1985)

アを拡大していった。いずれも技術面で破壊的、市場面で温存的な第三のタイプのイノベーションである。第四の技術面でも市場面でも温存的なイノベーションは、日本企業が得意としてきたタイプで有り、それによってシェアを拡大してきたのは周知の通りである[*6]。

問題はイノベーションのタイプによって、もたらされる外部環境の変化の程度や変化のレベルが異なるということであり、その結果変化に対処すべき経営のあり方や考慮すべきポイントが異なるということである。

3　異なる階層の変化：部品とつなぎ方

一見すると穏やかな、目立たない、既存の技術蓄積の延長線上にあるイノベーションでも、既存企業が苦境に追いやられるケースもある。このようなケースは、これまで説明してきた枠組みでは必ずしも説明できないケースである。ゼログラフィーの開発で先行し、複写機事業を牛耳っていた米国のゼロックスが日本勢の小型コピー機の攻勢にうまく対処できなかったケースや、小型トランジスタ・ラジオを売り続けるソニー対して、同社に技術ライセンスを与え続けた RCA 社が対抗できる商品をなかなか市場投入できなかったのはその一例である。

そこで、ヘンダーソンとクラークが注目したのは、イノベーションがもたらす変化の階層性である[*7]。彼らは、構成要素（要素技術や部品）と呼ぶべきサブシステムからなる製品システムとして製品を定義することによって、イノベーションのもたらす変化が、個々の部品や要素技術レベルで起きる変化とそれらの部品や要素技術を製品としてまとめるまとめ方に関する変化の 2 つから成り立っていることに注目している。具体的には、部品レベルで起きる変化をモジュラー型イノベーション、つなぎ方のレベルで起きる変化をアーキテクチュラル型イノベーションと呼んでいる。

しばしば既存企業が一見すると連続的に見えるイノベーションの対応に苦労するのは、個々の部品や要素技術レベルでは大きな変化が見られないものの、部品や要素技術のまとめ方が変化する場合なのである。彼らがその具体例として挙げるのが、半導体製造装置の一つである光学式露光装置のイノベーションである。第一世代は密着式露光と呼ばれるタイプで、マスクとウェハーを直接密着・照射する方式であった。アメリカのキャスパー社はこの世代の主要メーカーの一つであった。しかし、汚れや傷の問題があり、マスクとウェハーの感覚を話して露光する近接法が第二世代として登場することとなる。この世代交代を受けて、キャスパー社は近接露光装置に参入したものの成果を挙げられぬままキヤノンなどに主導的な地位を奪われ、業界から撤退することとなった。

両世代の間には要素技術の違いはほとんどなかった。実際、ほとんどの近接型は、密着型としても使用できるオプションがついているほどであった。このため、キャスパー社は、キヤノン製の近接型を単に自社の製品の模倣に過ぎないと見なしたのであった。しかし、実際には、2 つの世代には部品同士の関係、製品としてのまとめ方において本質的な違いがあった。

近接型は非接触なためマスクの正確な位置決めが求められ、精度を出すためにいかに関連する部

[*6] Cusumano (1988)

[*7] Henderson and Clark (1990)

品をまとめ上げるかが鍵となっていた。ところが、密着型の発送から抜けきれなかったキャスパー社は、問題の所在そのものを認識できずに、密着型を前提に作り上げてきた技術開発の組織や仕組みでは精度を高めることができなかった。キャスパーには、近接型装置のユーザーからクレームが寄せられたものの、同社では密着型での経験の延長でしか物事を考えられなかったのである。第一世代でのクレーム同様、問題はあくまでもユーザー側に有り、装置自体には問題がないものと処理されていた。

特定の部分の変化をきっかけに全体のつなぎ方が変わることもある。航空機でジェットエンジンが取り入れられた時も、それは単に推進動力源が変わっただけではなかった。ジェットエンジンの採用によって、機体の構造自体の見直しが迫られた。これにうまく取り組んだのが、シェアを伸ばしたボーイングであったと言われている。ジェットエンジンのように部品が変化すれば、まだ認識はしやすいのかもしれない。近接露光型装置のようび部品に特段の変化がないまま、つなぎ方だけが変わる場合には、認識するのが一段と難しく、それに応じて組織や開発のプロセスを見直すのも難しい。

製品開発に携わる組織の構造（チームの分け方や協力のあり方）やプロセス（情報の流れ、問題解決の手順）はある一定の部品のつなぎ方やまとめ方を前提に構築されている。それを変更することは簡単ではない。前の世代で成功を収めていた企業ほど、それにあうように構築されており、見直しが必要な局面ではかえって既存の強みが弱みとして顕在化しやすいのである。イノベーションの変化がもたらす影響は、単にその大きさや連続性、既存の技術や市場との関係に目配せするだけでなく、製品システムのどのレベルで起きる変化であるのか、という変化の階層性にも注目する必要がある。

4　バリューチェーン内の変化：顧客との関係性

アバナシーとクラークが指摘したように、イノベーションがもたらす競争の影響を検討するには、技術面の変化と同時に、市場面での変化にも注目するのが重要である。アメリカのハードディスクドライブ産業の技術革新と企業の盛衰の歴史を追ったクリステンセンが注目したのは、顧客との関係の重要性である[*8]。

ハードディスク産業では、従来の性能評価軸の延長線上にあるイノベーションであれば、それが能力破壊型であっても、部品のつなぎ方が変わるような変化であっても、既存企業は問題なく対処した。それは、イノベーションの性質がどうであれ、主要なユーザーが変わらなかった為である。主要なユーザーが新しい技術が重要であると認識し、それを求めれば既存企業は必死で取り組む。ごく自然な流れである。

ところが、顧客が求める性能評価軸が異なり、その価値を既存の主要顧客が認めないと、事態は違ってくる。例えば、8 インチのディスクドライブ全盛の時代（1980 年代初頭）に 5.25 インチが提案された時、後者の優位性はサイズと重さにしかなく（小さくて、軽い）、記憶容量、アクセスタ

[*8] Christenson (1997)

イプ、容量あたりのコストについては 8 インチに大きく劣っていた。このため 8 インチの主力ユーザーであったミニコンピュータ・メーカーにとっては、5.25 インチは魅力のなき商品であり、彼らを主たる顧客としていた既存のハードディスクドライブ・メーカーは 5.25 インチに注力すべき理由がなかった。社内の技術者が 5.25 インチに興味を抱いても、上層部の会議では主力顧客向けの 8 インチへの資源投入が優先される。

他方で、5.25 インチで新規参入した企業は、新たな顧客を求めて誕生間もないパソコン・メーカーにアプローチした。デスクトップのパソコンにとっては、小型軽量の 5.25 インチの価値は高く、これが 5.25 インチの市場を形成していった。その後、5.25 インチにおいて積み重ねられた技術蓄積は容量拡大を可能にし、やがて 8 インチのハードディスクドライブを凌駕していった。ミニコン・メーカーだけに目向けていた 8 インチの主力メーカーは出遅れ、結果的に、5.25 インチでは主役の座を降ろされる結果となったのであった。同じような交代劇は、14 インチから 8 インチ、5.25 インチから 3.5 インチへの転換の際にも起きている。

新技術が小さな市場でスタートするのは珍しいことではない。トランジスタが登場した当初は真空管に比べて周波数、電力、耐熱性、価格などで制約が多く、限られた用途にしか使われないだろうと考えられていた。ジェットエンジンも軍用機向けに限られ、民間航空機ではプロペラが主役として生き残ると考える企業が多かったという。電話が登場した時も、電話サービスを営む企業は電話が限られた用途、市場向けの技術だと見なしていた。長距離の情報伝達サービスの主たる顧客は文章で情報をやりとりする事業所であって、音質の悪い会話をやりとりするのは、ごく少数の物好きの金持ちだと考えられていた。

新しい技術がもっぱら限られた用途に向けられていれば特段大きな問題は生じない。しかし、当初予想していなかった形で技術が進歩すると、やがて用途が広がり、市場が拡大し、ついには既存の市場にも浸食するようなことが起きる。こうなると、過小評価して出遅れた企業は臍をかむことになる[*9]。

クリステンセンが指摘するのは、まさにこの点である。既存の重要顧客の声に耳を傾けていると落とし穴にはまる。既存の重要顧客は日々の事業を支える日銭を提供してくれる大事な存在である。しかし、既存の重要顧客は、未来永劫重要な顧客でありつづける保証はない。既存の重要顧客に耳を傾けつつも、将来自社の重要顧客となりうる顧客の声にも耳を傾ける必要があるのである。したがって、先端のニーズを持つ顧客はどこにあるのか、という視点で顧客のニーズを拾う姿勢が重要となる。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 3 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

[*9] Rosenberg (1995)

References

Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf.

Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.

Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.

Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. https://www.jstor.org/stable/3152166.

Christenson, C. (1997). *The innovator' s dilemma*. Harvard Business Review Press. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46.

Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/.

Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. https://www.jstor.org/stable/2393549.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009.

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706.

Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277.

Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. https://www

.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail.

Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.

Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.

Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBuOA5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.

Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf.

Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

1.2.3　なぜ既存企業はイノベーションへの対応が難しいのか

軽部大 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

キーワード

本文

なぜ、既存企業はイノベーションがもたらす環境変化にうまく適応することができないのだろうか。

1　変化の認識に起因する問題：個人の意思決定バイアス

社会心理学の研究は、我々人間が意図の上で合理的であろうとしても、限定合理性[*1]ゆえに、その意思決定は置かれた環境に大きく影響を受けることを明らかにしている。その結果、残念ながら、我々は現実を客観的に把握し、中立な意思決定を下せるわけでは決してない。我々の環境認識やそれに基づく意思決定は偏向した傾向に支配されているのである。そのような意思決定に伴う偏向した傾向は「意思決定バイアス」と呼ばれている。意思決定バイアスとしてよく知られたものに、1）確証バイアス、2）アンカリング（投錨）効果、3）フレーミング（問題定義）、4）サンクコスト（埋没費用）、5）自己正当化、などが挙げられる。

確証バイアスとは、自分の意見の正しさを確認する証拠ばかりを集める傾向である。新しいイノベーションに既存企業が対処できない理由は、事後的に振り返れば環境変化を見過ごす過度な楽観的態度や慢心に起因すると説明することは可能である。しかし、そのような事態につながる真因は、実は自分の環境認識が正しいと思える証拠のみを集めることで変化に対処しようとする確証バイアスに起因するのである。このような確証バイアスは様々な局面で起きる。新技術の可能性が期待されても、それを過小評価するのも、自社とは関係のないものとして結果として無視してしまうの

* 一橋大学イノベーション研究センター

*1 Simon (1947)

も、自分の都合の良いような証拠のみを我々は集めてくる傾向にあるからである。

アンカリング（投錨）効果とは、はじめに規定された基準点や参照点に我々の意思決定が影響を受けるという効果である。会議の口火を切る人の意見が、結果として会議全体の議論の方向性を決めてしまうというのはその一例である。イノベーションへの対処という局面でも、そのことが起きる。全くゼロから出発する新興企業と違って、新しいイノベーションを実現しようとする企業の経営陣やマネジャーは、既存事業を出発点に、あるいはそれを参照点として新技術や新事業の可能性を評価する。その結果、過度に現状の技術開発や事業特性、あるいは市場地位に基づいてその評価が影響を受けることとなる。本来既存事業と新規進出を試みようとする事業領域とは別物であるにも拘わらず、自分達の既存の強みを新しい技術開発や新事業展開に過度に活かそうとする態度もまた、アンカリング効果の一例であると言えよう。このような効果は、以下で述べる組織の力学を通じてさらに悪化することがある。

フレーミング（問題定義）とは、同じ経営課題であったとしても、それがどのような文脈で語られるかによって、我々の意思決定は大きく異なるという効果である。例えば、同じ期待値をもたらす 2 つの問題を、いくら獲得できるかというゲインの問題として問う場合と、いくら損失が発生するかというロスの問題として問う場合とでは、回答者の反応は大きく異なることが知られている。ゲインの問題として問われた場合は、より多くの人間がリスクを回避する傾向が見られ、逆にロスの問題として問われた場合は、リスクを求める傾向が見られる。イノベーションのもたらす変化は、機会でもあり脅威でもある。それはイノベーションのもたらす変化をどのように定義するかに依存している。したがって、問題定義の如何では、イノベーションのもたらす可能性が適切に認識されないことがあるのである。

サンクコスト（埋没費用）とは、過去に投資した費用のうち事後的に回収不可能な費用であり、経済学ではよく知られた概念である。このサンクコストの大きさは、我々の意思決定に大きな影響を及ぼす。これまでの蓄積してきた経験や能力を活かした職業に就こうと努力するのも、人的投資にかかったエネルギーや時間、金銭的費用そのものを回収できないので、その投資に見合った職業で得られる所得を利用してその回収を試みようとする行動である。先に述べたように、新興企業と違って、既存企業には主力事業というものが存在し、その主力事業で市場地位を維持すための投資が継続的に行われている。そのため、その事業にこれまで投資してきた費用の回収を意図して、それが近い将来十分に儲からないものになることが事前に分かっていてもその回収を意図してさらなる追加投資が行われる。このような儲からない事業への再投資が継続される原因は、サンクコストに縛られた意思決定がなされるためである。その結果、既存事業への継続的な再投資によって、新規技術の開発や新事業開発への投資の必要性は相対的に等閑視されることとなるのである。

最後の自己正当化とは、読んで字のごとく、直面する環境変化を自分の都合の良いように解釈する傾向のことである、我々は自らの信念や理想像と現実との間に乖離を見いだすと、「認知不協和」という状態に陥る。それは不安定な状態であり、その解消を目指して、信念や理想像にあうように現実を解釈する説明論理を生み出し、それに則って行動するようになる。例えば努力投入したのにも拘わらず結果が伴わない時、努力の投入量や努力の仕方に問題があるのではなくて、それ以外に問題を帰するのはその一例である。既存企業を取り巻く環境に不吉な兆候が見いだせるのにも拘わ

らず、自社には関係ないと考えてしまうのも、対岸の火事と考えてしまうのも、全くその兆候を認識できていないからではない。むしろその兆候を、自分達の都合の良いように解釈してしまうことに問題があるのである。

これらの意思決定バイアスは、基本的に個人レベルで起きる環境認識の問題であり、それに伴う意思決定の偏向に関わる問題である。ただし、それはそのような意思決定を行う個人の意思決定が組織の意思決定として統合される過程で、さらに顕著に増幅される可能性がある。これが既存企業が適切に環境変化を認識できなくなる第一の病理の構造である。

2　変化への対処に起因する問題：集団の力学

上記に述べた意思決定バイアスを個人、もしくは集団レベルで仮に克服できたとしても、既存の大企業は変化への対処という点で克服すべき課題を抱えている。認識の問題が病理を生み出す第一の構造だとすると、第二の構造は集団の力学に起因する病理である。個人が組織として活動する際に起きる集団の力学と呼ぶべき影響である。環境変化への適応がうまくできない状況を経営学では「組織的慣性（Organizational Inertia）」と表現するが、それは結果として自らが変わらないことで、イノベーションのもたらす環境変化への適応が困難になる状況を指している。

そのような組織的慣性は、一方で変わる動機が小さいことからもたらされ、他方で能力がないことからももたらされる。言い換えれば、組織的慣性は、変わる動機が小さいか、変わる動機はあるけれども、変わるための能力や資源が欠如することからも生まれてくる。既存企業の多くが新しい革新にうまく対処できないのは、経営資源や能力においては変化へ対処することが可能であるにも拘わらず、動機が小さいことから生まれるケースである。なぜ、既存企業においては変化への積極的対処を行う動機が小さくなり、組織的慣性が生まれるのだろうか。

その理由は大別すると３つある。第一の理由は既存事業と新規事業との間の代替的な関係性に起因するものである。新技術の開発を推進することで既存技術の陳腐化が起きるとか、新規事業の展開によって既存事業の製品ラインが食い潰されるとか、収益性や事業価値が低下するというのは、いずれも新旧技術、もしくは新旧事業の間で起きる経済的な代替性の一例である。いわゆるカニバリゼーションである。目に見える形で確実な既存事業へ注力することは、目に見えない不確実な新規事業へ注力するよりも合理的であるという考え方や意見が組織を支配することになる。また、新規事業はしばしばそのスタート段階においては既存の主力事業と比較して圧倒的に規模が小さく、その初期投資ゆえに利益率が低いことも多い。その結果、敢えて新しいことをしないという意思決定や行動が自然と「合理的」。このような経済合理性に基づく集団力学が第一の理由である。

第二の理由は、経済合理性とは別の、より政治的要因に起因した集団力学である。新規技術の開発や新事業を推進することは、単に既存事業の収益性を低下させるだけでなく、既存事業を最適化するように設計されている組織構造、報酬体系、組織の中での地位、それに基づく権力構造を変えることにつながる。このことはより組織階層の上位階層の地位に位置する人ほど影響を受ける変化である。言い換えれば、新規事業の進出によって既存事業を最適化してきた既存の経営システムの変革が必要となるのである。組織の上位階層に位置する人々は、既存の経営システムのトップに

立つ人々であるから、新規事業への進出は必然的に自らの存在意義やこれまでのキャリア、それによって獲得した組織内地位を脅かす原因となるものである。したがって、変革の起点となるべき経営層が、変革によってもたらされる影響を最も大きく受けることとなるので、最も大きな変革への抵抗勢力として機能する可能性がある。

第三の理由は、経営層かマネジャー層か、あるいは現場といった組織階層に拘わらず見られる集団力学であり、それは日々の業務活動を通じて暗黙の慣習や価値観が形成され、そのように形成された慣習や価値観の集積としての組織文化がさらなる集団レベルの行動を規定するという制度的要因に起因する集団力学である。過去の決定や出来事は企業に影響を与え、未来の方向性を規定する。過去の影響からは逃れることは決してできず、どのような経路をこれまで辿ってきたかによって組織の中で何が正しいのか、何が適切なのか、何をやるべきかの規範や価値観が形成される。組織内部で確立された明示的・暗示的な慣習やルール、価値観を「組織のルーチン」と呼ぶが、その確立された組織のルーチンこそが、集団レベルでみた組織の環境適応能力をそぐ原因として機能することになる。時として暗黙的であるからこそ、組織内部の人間でさえその存在を認識することが困難なことが、適応能力を削ぐ本質的な原因となる。組織の規模が大きくなるにつれて、あるいは既存事業での事業経験が長くなるほど、認識が難しく変革が難しい組織ルーチンが発達する。またその組織ルーチンは、既存事業の不確実性が低く、安定的であるほど高度に発達することとなる[*2]。

個人レベルの認識の問題に加えて、組織レベルの 3 つの集団力学が、既存企業の環境変化を阻害する要因となるのである。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 3 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf.

Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.

[*2] 意見の対立や摩擦が当たり前の前提を見直し、創造性の源泉となるという興味深い指摘については、次の文献を参照されたい。Stark (2011)

Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.

Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. https://www.jstor.org/stable/3152166.

Christenson, C. (1997). *The innovator' s dilemma*. Harvard Business Review Press. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46.

Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/.

Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. https://www.jstor.org/stable/2393549.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009.

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706.

Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277.

Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail.

Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.

Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.

Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBuOA5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.

Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf.

Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

1.2.4　変化するイノベーション観

軽部大 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

キーワード

本文

これまでの一連の議論から明らかとなるのは、イノベーションが企業の栄枯盛衰に与える影響の程度とパターンに関しては極めて多様である、ということである。また、我々は、イノベーションに対する見方をいくつか修正する必要がありそうである。

第一に、シュンペーター仮説として後に経済学者によって定式化された問題は、企業の栄枯盛衰を巡る現象の一部にしか過ぎないことに注意が必要である。既存企業か新興企業かという二項対立に基づく定式化は素朴な問題提起としてはありうるものの、どちらがより有利に機能するかどうかは、企業が保有している経営資源や蓄積した知識、そして組織ルーチンに依存し、他方では環境変化のあり方に依存している。したがって、新興企業か既存企業かという表面的な企業主体や市場地位の特徴に注目するだけでなく、イノベーションがもたらす変化がどのようなレベルで顕在化するか、その変化は既存の経営資源や知識、そして組織ルーチンにどのような影響をどの程度与えるのか、という点にもっと注目する必要がある。

例えば、画期的イノベーションか否かという問題も、どのレベルの変化に注目するかによって大きく変わってくる。また、もたらす変化は、企業主体によって大きく異なるという点で、どの企業にとっても一義的な「画期的イノベーション」が存在するわけではない。また、イノベーションがもたらす変化が、非連続的か連続的かという問題も、どの時点からどの時点までの変化として捉えるかに依存している。このことは、変化をどのレベルで、どのように個人と組織が＜認識し、解釈し、評価し、対処するか＞という問題に企業の栄枯盛衰が関係していることを示唆している。

第二に、イノベーションの競争へのインパクトは、イノベーションのパターンがそうであったように、純粋に科学や技術の再現可能な知識によって構成される法則定立的世界によってのみ支配されるわけではなく、むしろ人間の意図や主観的な解釈や評価によっても大きな影響を受ける社会的

* 一橋大学イノベーション研究センター

プロセスでもある[*1]。組織を特徴付ける組織文化や価値観、組織慣習に加えて、顧客との関係性や販売体制にも影響を受ける。顧客との関係性はこれまでの取引関係のあり方や取引期間の長さにも影響を受ける。その他、当該国の政策や制度にも影響を受ける。そもそも新しい技術をどのように受容するかは、顧客の価値観やそれに基づく評価にも依存している。したがって、技術はその技術が埋め込まれる社会や社会で共有される価値観とは無関係ではいられない。それゆえに、イノベーションの競争インパクトを検討するには、単に技術の優劣のみを検討するだけでなく、技術と社会の関係性にこれまで以上に注目する必要がある。

戦略のあり方を検討する 1.2.5 で詳述するように、栄枯盛衰を主体的にコントロールすることは至難の業である。新しいことに挑戦するためには不確実性やリスクがある。既存の事業に最適化した経営システムやそこで働く人々は変化を嫌い、目に見える確実な現状の事業に固執する傾向がある。ほとんど不可能だとあきらめるか、困難だけれども主体的に変化を主導するためには何をしなければならないか。この問題を考えるのが、イノベーションのマネジメント・戦略である。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 3 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf.

Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.

Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.

Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. https://www.jstor.org/stable/3152166.

Christenson, C. (1997). *The innovator' s dilemma*. Harvard Business Review Press. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46.

[*1] 技術進歩の社会構成主義的見方については、次の書籍を参照されたい。Bijker et al. (1987)

Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/.

Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. https://www.jstor.org/stable/2393549.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009.

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706.

Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277.

Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail.

Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.

Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.

Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBuOA5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.

Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf.

Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environ-

ments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

1.2.5　イノベーション実現のための技術戦略

軽部大 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

キーワード

本文

1　内部要因と外部要因

イノベーション実現のための戦略という観点から、戦略策定、意思決定、そして実行に至る一連のプロセスにおいて、検討すべき課題を取り上げることにしよう。単純化するならば、戦略とは、企業を取り巻く外部要因（外部環境）と、企業の内部要因（内部組織）の双方を可能な限り自らの意図通りに動かすための道筋である。ただし、身勝手な意図や目標は決して達成し得ず、顧客に意味ある価値を提供できなければ、持続的に可能な限り意図通りにコントロールすることはできない。技術戦略には、技術を以てすでにある既存の強みや市場地位を＜維持・強化していく側面＞と、自らの強みや市場地位を破壊し、直面する市場環境を＜変革していく側面＞とがある。技術は本来中立的なものであり、使い方によって既存システムを維持・強化することも、破壊・変革することにも利用可能なものである。

したがって、技術がどのような社会的コンテキスト（文脈）の中で利用されることを目標とするのか、という点を検討することで技術戦略は出発する。言い換えれば、念頭に置く技術が、既存システムの維持強化のための武器として想定するのか、自らの否定・変革、そして業界構造の変革の武器として想定するのか、という問題である。

技術戦略を考える上でもう一つ重要となるのは、どの程度既存の蓄積が社内にあり、他社の差別性の源泉となっているか、という視点である。社内に蓄積があれば技術戦略の方向性は自らの強みをさらに深掘りする形で進めるべきであるし、逆に蓄積に乏しければ新たな能力を獲得するために技術戦略が方向付けられるべきである。

一口に、技術戦略といっても、新しい技術の開発と事業化を通じて、どのように社会生活の中に

* 一橋大学イノベーション研究センター

当たり前のものとして定着することを期待するかによって、その力点は大きく変わってくるはずである。技術戦略を考えるためには、以下の問いを立てることから出発する。

1. 戦略策定の際に想定する具体的な時間軸（5 年先か、10 年先か、20 年先か）とはいつか。
2. その時間軸の中で、業界構造はどのように変化するか。その中での鍵要因とは何か。また。業界構造はどのように変化して欲しいか。また、その中で自社の市場地位はどのように変化して欲しいか。
3. 上記の変革を実現する上で、自社が他社に先駆けて有利に展開するためには何をすべきか。
4. 自社のこれまでの経営資源（スキル、ノウハウ、ブランド、技術、組織慣行・文化）はどのように活かせるか。特に、これまでの技術資産や人的ノウハウ、それを支える組織慣行や文化をどのように活かせるか。
5. 変化する業界構造で主導的地位を確立するために、新たに獲得すべきノウハウやスキル、能力とは何か。特に念頭に置く技術領域で鍵となる能力とは何か。
6. 既存の組織体制で対応できないとしたら、どのような組織体制で新しい能力構築を目指すべきか。

2　既存能力の深掘りとしての技術戦略：コアコンピタンス（中核能力）

どの会社も程度に違いこそあれ、他社には負けない強みというものがある。存在しないと思うのであれば、それは多くの場合認識の問題である。自社から見て当たり前にできることそれ自体が、他社から見ると脅威となっていることもある。技術戦略は、他社に負けない強みの認識、そしてその認識の組織成員間での共有から出発する。単なる他社には負けないだけでなく、＜他社を圧倒して＞顧客に価値を提供できる能力、そして他社が摸倣しようとしたとしても容易にできない能力を認識することが内的要因を梃子にした技術戦略の基本的な出発点である。その能力を、一般的には「中核能力」（コアコンピタンス）と呼ぶ（伊丹、1984；プラハラード・ハメル、1990）。

その能力は、製品や事業レベルでの外形的成功尺度（例えば利益率）で測れるような目に見える（可視的な）競争力ではなく、目に見えない（不可視的な）競争力である（藤本、2004）。製品や事業レベルではなく、複数の異なる新製品や新市場を生み出す共通基盤としての組織能力に強調点がある。新しい製品やサービスを生み出すための深層能力は、新たな適応力を生み出すための能力という意味で、ダイナミック・ケイパビリティ（Dynamic Capability）と呼ばれることもある（Teece, Pisano, and Shuen, 1997）。

例えば、味の素であれば、アミノ酸技術を独自技術として深く掘り下げることで、世界のライバル企業も一目置くこととなり、それが食品を起点にその他の新規事業創出の原動力となり、また世界的な食品業界再編のキープレーヤーとなることを可能としている。電子部品で高い収益性を実現している村田製作所は、安易に領域を広げ、結果として技術の離れ小島を作ることなく、セラミッ

ク技術分野で他社を圧倒する技術分野の明確化を意識している（伊丹、2003）。二輪車と四輪車でよく知られたホンダは、エンジン開発を中核技術に据え、モビリティを基軸にその多面的な展開を試みている（芝刈り機から歩行支援、二輪、四輪まで）。近年の航空機業界への参入を可能としたのも、長年にわたる低燃費と居住性を兼ね備えるために培われたエンジン設計開発と機体設計に関わる蓄積の賜物であったと言えるだろう。

持続的な中核能力を支えるのが個人に体化（embodied）した、あるいは組織として蓄積された技術である。持続的な中核能力を維持するためには、自社の中核技術とは何かを明確化し、継続的にそれが強みとして顕在化できる市場機会（そして機会を構成する顧客）に遡及していく必要がある。中核技術とは何か、を明確化し決定する作業は、現場やミドルの人間が決められるものではなく、長期的なシナリオの下に決定すべきものであるという点で、経営者の判断として本来なされるべきものである。

顕在化した市場機会にのみ注目していては、自ら有するはずの中核能力を同定することは決してできない。中核能力と呼べるような環境変化に対応できる能力を構築するには、時間のかかる長期的な要素技術の開発が必要となる。それは、未来の市場機会（未来の顧客が直面する課題）を同定するところから始まる。決して短期志向の日々の積み重ねでは成立し得ない。

近視眼的な行動が必然的にもたらす帰結は、次の言葉に示唆されている。「市場のニーズを見定めて戦略を定めるという市場分析志向の戦略は、散弾銃のように成果が散らばってしまうリスクと、競争者を含めた市場の動きの後追いになるリスクとがある。つまり、市場分析を重視し、すでに実在するニーズから戦略をスタートさせていると、「マーケターやマーケターが属している組織にとっては新しいニーズであっても、市場ではすでになじみのあるニーズとなっている」といったことが起こりうる。その商品に待ち受けるのは、多数の競争者であり、よく似たデザインの商品との価格競争である。」（石井、2009）

3　能力構築としての技術戦略：ストレッチと学習

もっとも、他社を圧倒する中核技術が社内にあれば、持続的な成長を保障されると考えるのは早計である。他社が新たな技術を開発することにより、あるいは他社が自社固有の中核技術にキャッチアップすることにより、中核技術が果たす社会的価値や経済的価値は時間と共に低下するからである。したがって、自ら中核能力を有しているか否か、それがどのように既存の事業に、あるいは新規事業に活かせるかという視点で技術戦略を構築するだけでなく、どのように既存の中核能力とは異なる「新たな」中核能力を構築できるか、という視点で技術戦略を構想し構築することが長期的にはより重要となる。戦略論では、すでに保有する能力や資源を活用することをレバレッジ戦略と呼び、新たに能力や資源を獲得することをストレッチ戦略と呼ぶ（Hamel and Prahalad, 1994）。新たな中核能力の構築を目指そうとする活動は、まさにストレッチ戦略の一つである。

ストレッチ戦略とは、いわば現状と目標との間のギャップを埋める戦略である。現状では実現できないが、目標として設定された期限には実現できるようになること。そのギャップを埋める道筋がストレッチ戦略であり、その戦略の実行過程の鍵が、個人と組織の二つのレベルにおける学習で

ある。つまり、新たな中核能力を創出するためのストレッチ戦略とは、どの技術領域でどのような具体的な挑戦目標を事前に立て、その目標に向かってどのように個人と組織の双方で学習を促していくかの道筋を決めることである。研究開発活動とは、顧客の抱えた未来の課題を事前に同定し、その課題解決のための技術的解決策を発見し再現可能なものにして、製品サービスという形で顧客に提供する活動である。それはその活動に関与する人々による問題解決の学習プロセスに他ならない。その意味で、研究開発活動が適切に推進されるかどうかは、組織の様々な場で効果的な組織学習が起きるかにかかっている。能力構築を促す技術戦略とは、組織学習を促す戦略でもある。それには、次のような点を考慮する必要がある。

1. 健全な危機感：人間は弱い存在である。目に見える具体的で短期的な目標に固執し、目に見えない曖昧で長期的な目標に挑戦することは難しい。したがって弱い存在であることを前提に、技術戦略を考えることが出発点となる。例えば、スポーツウェアーで急進するアンダーアーマー社の「私たちはまだ決定的な製品を生み出していない」というスローガンは一つの参考になるだろう。そこには、不完全だという認識が、より完全なものを創り出すための挑戦を生み出すという前提がある。
2. 厳しい環境と顧客：弱い存在であるからこそ、厳しい環境に敢えて身を置いて学習が促されるという側面がある。学習を促す戦略として、自らを鍛える場として、厳しい仕様要求を行う顧客とつきあう、仕様要求が最も厳しい技術・顧客領域を敢えて選択するという戦略がありうる。それは、現在保有する能力との適合を考えるのではなく、将来的な能力構築・錬磨という観点から敢えて不適合領域に参入するという戦略である（伊丹、2003）。顧客によって能力構築が促されることを期待する戦略である。うるさく厳しい顧客と結節点を持てて初めて、未来の顧客との関係性が構築できるはずである。
3. 小さく試し、失敗から学ぶ：学習を促すには、実験が不可欠であり、しばしば失敗を伴うものである。したがって、学習を促すには、一方で失敗を恐れず実験（試してみる）を促し、他方で失敗から学ぶという姿勢が必要となる。実験を促す方策としては、学習の制度化が挙げられる。３Ｍ社の 15 %ルールやグーグル社の 20 %ルールに代表される業務時間の一定割合を日常業務以外に割り振ることを公式化するのはその一例である。「バウンダリーレス」という General Electric 社のジャック・ウェルチ社長が推進した施策もその一例である（ウェルチ、2001）。　より難しいのは、失敗から学ぶという姿勢であり、失敗から学ぶ文化の構築である。失敗は将来の飛躍のための知の源泉であるにも拘わらず、我々は様々な場面で暗黙裡に失敗は避けるべきものだと教えられてきている。しかし、そもそも失敗の原因は一様ではない。失敗は、単純な過失ゆえの「予防できる失敗」と、複雑性に起因した「避けられない失敗」、そして先端領域での「知的な失敗」とに分ける必要があり、それぞれに応じて対処すべきスタンスは異なるはずである (Edmondson, 2011)。大きな致命的な失敗を防ぐためにも、試してみる物理的・心理的ハードルを下げる意味でも、小さく試してみることが必要である。
4. 自社のドメイン（活動領域）の絞り込み：試してみることや失敗から学ぶことの意義を仮に

認めたとしても、経営資源に限りがあるのは厳然たる事実である。成長性があるからという理由だけで、あるいは自社が技術的実現可能であるという理由だけで、新規事業や新規技術に手を染めることは適切ではない。自社が手がけるべき事業活動領域はドメイン（domain）とも呼ばれるが、経営資源に限りがあるからこそ、自社ゆえに手がけるべき事業領域を徹底的に絞り込む必要がある。明確な活動領域の定義なしに、目先の成長性に合わせて新規事業を立ち上げていると、結果的に関係性の低い事業の集合体を抱える危険に事後的に直面することとなる。

5. 周縁から学ぶ：イノベーションは辺境から生まれる、と言われる。多くの場合、月並みではない新しいアイデアは、組織や市場の中心部ではなく、周縁や辺境と呼ばれる多くの人々が関心を払わない月並みではない所から生まれる。それは、過去からの延長線となる既存の原理や慣行が組織や市場の中心を支配し、新しい原理や慣行そしてアイデアは、たとえこの世の中に出現したとしても、既存システムとは相容れない変則事例（anomalies）として無視されたり、切り捨てられたりするからである（Hamel & Breen, 2007）。近年では、エッジ戦略（edge strategy）と呼んで、周縁の積極的意義に注目する議論もある（Lewis & McKone, 2016）。彼らによれば、周縁とは単なる辺境ではなく、むしろ異なる生態系の交差地帯（森林の周縁、海岸線、湿地帯など）ゆえに双方の生態系の特徴を兼ね備えた個体群が生息する場所であるとされる。そこに生息する個体群は、どちらの生態系においても周縁と位置づけられる異端であるものの、同時に双方の生態系の原理にも順応しているという意味で、独自な存在であるかもしれない。ビジネスにおいても新しい機会は、そのようなどのような既存市場や組織の原理や慣行から見ても周縁と位置づけられる場で生まれる可能性がある。革新とは起きる前には疑わしく、起きた後は当たり前だと思える現象である。したがって、革新の可能性を探索するには、主流ではなく周縁そして異なる周縁が交錯する場の動向に目を向ける必要がある。

4　業界構造の維持と強化の武器としての技術戦略

新技術を開発し、顧客の問題解決に資するために能力開発に注力することのみが技術戦略の目的ではない。技術戦略は、自社の地位を維持したり、直面する外部環境を変革するためにも用いられる。いわば、既に有する技術を通じて、あるいは新規技術の開発を通じて、直面する外部環境をより自社の意図通りに操作するための武器として技術開発や技術戦略を位置づけることもできる。これが技術戦略のもう一つの側面である。

戦略論ではよく知られるように、企業を取り巻く外部環境は、業界構造の潜在的な利益水準を規定する６つの諸力によって特徴付けられている（Brandenburger & Nalebuff,1997; Porter, 1980）。ここで６つの諸力とは、既存業界、既存業界への新規参入（の可能性）、代替品、売り手、買い手、そして補完財である。既存業界、新規参入（の可能性）、そして代替品は、川下の顧客という観点から見れば、既存業界から購入するか、新規参入業者から購入するか、代替品を購入するかという

点で、顧客を取り合うことになっているので、新規参入の可能性が大きくなれば、あるいは、代替品が台頭することで、当該バリューチェーンの潜在的な利益水準は低下する。また、買い手と売り手はバリューチェーンを構成する協力業者である一方で、生み出した価値を川下と川上とで分配しあう関係にあるので、競合する相手でもある。

このように６つの諸力から業界構造を検討する視点は、利益を収奪する潜在・顕在要因を交渉力の多寡から検討するフレームワークであるが、技術戦略にも応用可能な視点を提供してくれる。具体的には、既存業界の中での競合企業、新規参入業者、代替品供給業者、売り手、買い手との交渉力の維持強化、もしくは既存の業界構造の変革と新しい業界構造の創出のために、既に有する技術あるいは現在開発中の新規技術を位置づけるという戦略である。以下に示すように、その基本戦略は、自社の技術を武器にした、他社が展開する製品・サービスの社会的・経済的・技術的価値の無効化戦略である。

1. 当該技術（すでに開発が終了している、あるいは開発中の技術）は、競合他社の製品・サービスの価値をどの程度無効化できるだろうか。
2. 当該技術は、新たな業者の参入をどの程度防ぐ障壁（参入障壁）として機能するだろうか。
3. 当該技術は、代替品や補完財の価値をどの程度無効化できるだろうか。
4. 当該技術は、買い手（売り手）の交渉力をどの程度無効化することが可能であろうか。

5　業界構造の変革と創造の武器としての技術戦略

もっとも、外的環境を基軸にした技術戦略は、他社の価値を無効化し、代わりに創り出された価値を自社のものとして専有するという消極的な意味でのみ重要なわけではない。新規技術開発とそれに基づく技術進歩は、直面する既存の業界構造内での競合業者や協力業者との関係性を変革し、新たな業界構造を創造する契機となり得る。新たな技術の開発を通じて、自社の置かれた競争環境を変革するのは、技術戦略のもう一つの目的である。

自動車業界における電子制御の高度化は、同業界への異業種の新規参入機会を生み出し、既存の業界構造の変革の契機となりつつある。アップル社やグーグル社などの自動車業界への参入はその一例である。また、撮像素子の進歩と撮影装置の高画質化と低価格化は、動画撮影の参入障壁を低下させ、動画製作がより多くの普通の人々に開かれるという状況を生み出している。その結果、放送局と専門製作会社が支配する閉じたテレビコンテンツは、インターネット上の素人製作を中心とした動画コンテンツと競争することとなり、それに伴い広告のビジネスモデルも変化する機会となっている。このような技術革新による競争環境の変化を促すのが技術戦略の目的である。

企業を取り巻く外部環境の動向を視野に入れて、技術戦略のあり方を考える視点は、川上から川下まで自社が支配する垂直統合型のビジネスモデルが支配的な時代には、必ずしも重要ではなかった視点である。垂直統合ゆえに、かつては外部環境をより容易にコントロール可能であったからである。しかし、垂直統合型ビジネスから水平分業型ビジネスへと支配的なビジネスモデルが変化し、企業と最終顧客との間に存在する様々なビジネスパートナーがイノベーション実現に影響を及

ぼす可能性を考慮に入れるならば、これまで以上に自社を取り巻く外部環境の変化に注意を払う必要がある。

アドナー（Ron Adner）は、イノベーション実現における業界構造の依存関係に注目する必要性を指摘し、実行リスク（Execution Risk）のみならず、コ・イノベーションリスク（Co-innovation risk）とアダプションチェーンリスク（Adoption chain risk）に注目する必要性を主張している（Adner, 2012）。ここで、実行リスクとは、顧客に必要とされるものを競合他社よりも提供できるリスクであり、コ・イノベーションリスクとは、自社が推進するイノベーションの実現がその他のイノベーションの商業化に依存しているリスクである。アダプションチェーンリスクとは、顧客に価値提供する上で、協力業者たるビジネスパートナーが自社のイノベーションを受け入れるリスクである。そこでの強調点は、エコシステム（生態系）とも呼ばれるイノベーション実現における他者への依存関係（協働という形ではじめて実現可能となる関係）である。アドナーは、その一例としてミシュラン社によって導入が試みられた革新的なタイヤである PAX システム（パンクしても走り続けることが可能なランフラットタイヤ）を引き合いに出して、いかに同社が革新的製品導入過程で、修理工場が果たす役割を軽視してたかを明らかにしている。

新規技術開発を通じたビジネスパートナーとの関係性の変革は、様々なレベルで実行可能である。例えば、上流工程に位置する強い売り手（部品供給業者とか材料供給業者）がバリューチェーン全体のより多くの価値を自らのものとして専有しており、川下に位置するその他の企業はその会社に利益を収奪されている場合を考えてみよう。その場合、高い交渉力を有する当該売り手との関係性を変革し、交渉力を減ずる方向に業界を変革するには、川上の売り手業界が従来よりも競争促進的になる必要がある。その場合に川下企業が売り手に対してなすべきことは、利益を収奪する特定売り手業者以外の業者との取引拡大であり、資本支援や技術協力も視野に入れた長期取引である。2 番手以外の売り手業者が育ち、競争促進的になることによって売り手業者との関係性を長期的に改善することが可能となる。補完財の性能や価格がボトルネックとなって、自社の製品・サービスの普及が進まない場合も、売り手に対してとるべき方策と同様である。つまり、補完財の業界を技術進歩と価格の両方から競争促進的になるべく、自社の技術開発の方向性を位置づけるという戦略である。技術開発戦略は、自社製品の価値を高めるために構想・実行されるべきものであると同時に、他者の技術開発を無効化したり、牽制したり、ボトルネックを解消するために構想・実行されるべきものでもある。その点で、技術開発戦略は、売り手や補完財のみならず、代替品業界の技術進歩を遅延させ、買い手による指名買いの可能性を高めるために構想・実行されるべきものでもある。

6　技術戦略の策定・実行に伴う罠と課題

6.1　中核能力の罠

自ら蓄積・保有する技術的強みに経営資源を集中し自社の競争力を高めようとする経営施策は、中核能力（コアコンピタンス）を構築する合理的な施策である。ただし、中核能力の構築を意図し

た技術戦略を策定・実行する上で、留意すべき点がいくつかある。第一に、中核能力の定義・共有の問題である。中核能力自体は、目に見えるものではなく、日々の業務活動に深く根付いたものであるため、つかみどころがなく（elusive）、その存在を認識・同定するのも、共有するのもしばしば困難である。それゆえ、より多くの組織成員が事業プロセスに参加するのに伴い、中核能力とは何かについて認識の共有が難しくなる。第二に、異なる領域への応用可能性の高さや汎用性こそが中核能力として定義されるがゆえに、技術力としての中核能力は過大評価される傾向にある。第三に、中核能力はヒト自体やヒトとヒトとの協働プロセスに体化され、組織文化や組織慣行と深く結びついている。そのため、中核能力は短期的には変化し得ない。言い換えれば中核能力は強みであるとともに、環境変化によって弱みに転ずる性格を持っている。中核能力は、硬直性の源泉でもある (Leonard-Barton, 1992)。

6.2　既存事業のルール・規範・評価基準

新規技術の開発が新規事業や新規ビジネスモデルの提案を以て推進される時、新規技術の推進はしばしば困難に直面する。それは新規技術がもたらす市場機会が、既存事業が立脚するルールや行動規範、そして評価基準によって評価されるからである（Johnson, 2010）。例えば、新規技術の市場機会は、かつての既存事業が開拓してきた市場機会に比べると、市場規模が小さすぎるかもしれないし、利益率が低すぎるかもしれない。あるいは、社内の品質基準を満たさないかもしれないし、顧客層は既存企業が対象としてきた顧客層と大きく異なるかもしれない。その時、かつての既存事業の成功のエッセンスを体現した既存ルールや行動規範、そして評価基準は、新規技術が切り開く市場機会の把握には役に立たず、むしろ新たな機会を過小評価するための合理的な根拠として利用される。

しばしば既存事業において新規事業が期待通りに立ち上がらないのは、十分に経営資源が新規事業に割かれていないことも一因であるが、それ以上に深刻なのは既存事業の経営慣行が新規事業に無意識的に持ち込まれることに求められる。新規事業は、既存事業とは異なる合理性と基準やルール、そして評価基準に支配されるものである。それゆえ、経営層は、新規事業と既存事業とを明確に切り分け、異なるルールと基準でそれぞれを運営する必要がある。

7　破壊的イノベーション：性能次元と競争次元との転換

技術開発は、常に更なる高性能化への道をたどる慣性力を有している。このことは、他者よりも先んじて優れたものを開発するという技術者自身の個人特性に起因していると言えるかもしれないし、競合他社に先駆けて開発を進めるという企業間競争に起因しているかもしれない。いずれの理由にせよ、技術開発やその結果として実現するイノベーションは、性能向上の飽くなき改善という形で実現されることとなる。しかし、一定水準以上の性能向上は性能次元の転換をもたらすこと、そして主流となる顧客が転換することによって、主流となる競争次元が転換することを指摘したのが、クレイトン・クリステンセン（Clayton Christensen）による『イノベーションのジレンマ』で

ある。

技術開発は、常に顧客の問題解決の手段であって目的ではない。しかしながら、時として技術開発は自己目的化することによって、性能向上そのものが自走することとなる。問題は、性能向上によって達成される水準が顧客の満足を超えた時である。技術的に顧客の問題が解決されるならば、顧客は異なる技術的課題に関心を払うようになるかもしれないし、技術的課題以外の価格や納期などの他の課題により関心を寄せるかもしれない。その時競争次元が転換することとなる。高画素化が一段落すると急速な価格低下によるコモディティ化が進展した薄型テレビなどは急速に訴求すべき性能次元の転換に伴い、競争次元が転換した一例である。技術開発はしばしば顧客の満足水準を大きく超えてオーバーシュートする可能性があることに留意する必要がある。それは技術開発能力の高さを自認する企業ほど気をつける必要がある。

8　リバース・イノベーション：先進課題はどこにあるか

これまでのイノベーションの説明モデルの基本的前提は、先進国でイノベーションが実現し、その成果を発展途上国が事後的に享受するというものであった。そこでは先進国→発展途上国という経路が想定されている。しかし、先進国で顕在化した課題は、必ずしも発展途上国で顕在化した課題と同一であるわけではない。そのため先進国の問題解決のために誕生した新製品やサービスは発展途上国に自動的に受け入れられるわけではない。それとは逆に、発展途上国の改題解決のために誕生した新製品やサービスは、課題の後進性ゆえに先進国に受け入れられるわけではない。もしそうであるならば、先進国と発展途上国は、それぞれ異なる解決すべき課題に応じてイノベーション実現に注力すべきこととなる。

Govindarajan と Trimble が『リバース・イノベーション』の中で強調するのは、発展途上国の改題解決のために誕生した新製品やサービスが、時として途上国故に直面する課題の先進性ゆえに、事後的に先進国の潜在的な課題解決に資することがあるという点である。発展途上国は先進国と比較して常に課題の後進国ではなく、課題設定の仕方によっては、先進国に展開可能な課題解決の場として発展途上国が重要な役割を果たす可能性がある。

9　オープン化とエコ・システム：他者と競争し共創する

技術開発戦略において、これまで以上に重要となっているのが、プラットフォーム戦略（Gawer and Cusumano, 2002）であり、研究開発のオープン化であり（Chesbrough, 2003）、エコ・システムの中で自社の製品・サービス開発戦略を考えるという視点である（Iansiti　and Levien, 2004）。プラットフォームを意識した技術戦略は、一つの商品やサービス開発を単体・単発開発として位置づける古典的な技術戦略と違って、一連の製品群（世代）の一つとして個々の製品を位置づけ、製品間に関連性や連続性を持たせることによって価格や機能上の優位性を生み出そうとする試みである。毎回新たな技術戦略を策定・実行するのではなく、技術的な共通基盤となるプラットフォームやビジネスの場としてプラットフォームを作ることによって、持続的な競争優位性を確立しようと

する試みである。インテル社の PCI バス開発などはその一例である。それは急速な技術進歩に対処するための一方策でもある。

オープン・イノベーション戦略もまた、急速な技術進歩に対処するための一方策である。自らできる開発に限界があるからこそ、他のパートナーと協働し、価値を協働で創造する必要が出てくる。垂直統合型ビジネスモデルを追求してきた日本企業は、オープン・イノベーション戦略を追求する余地が数多く残されているかもしれない。ただし、他社の成果をうまく生かすには、自社の強みに関する深い理解が必要である。したがって、オープン・イノベーションを実現するには、自社が強みとするクローズドなコアを今以上に明確に認識する必要がある。

エコ・システムという言葉も含めて、これからの技術戦略の策定と実行において必要なのは、他者と競争し、同時に共創するという視点である。技術進歩の早さはゆえに、競争者は協力者でもある。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター **(2017)** 第 **3** 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Abernathy, W. J. and Clark, K. B. (1985). Innovation: Mapping the winds of creative destruction. *Research policy*, 14(1):3–22. https://pdfs.semanticscholar.org/0d0d/b78f584979413a28bc174b41188c804052aa.pdf.

Adner, R. (2012). *The Wide Lens: What Successful Innovators See That Others Miss*. Penguin. http://amp.tuck.dartmouth.edu/news-knowledge/the-wide-lens.

Bijker, W. E., Hughes, T. P., and Pinch, T. J. (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=SUCtOwns7TEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=The+Social+Construction+of+Technological+Systems:+New+Directions+in+the+Sociology+and+History+of+Technology&ots=RwxA-Kel0q&sig=tLYzsEBfcfdrxxP83u0zQ9cVWFY.

Brandenburger, A. M. (1998). *Co-opetition*. Crown Business. https://books.google.co.jp/books/about/Co_opetition.html?id=THhfPgAACAAJ&redir_esc=y.

Chandy, R. K. and Tellis, G. J. (1998). Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of marketing research*, pages 474–487. https://www.jstor.org/stable/3152166.

Christenson, C. (1997). *The innovator' s dilemma*. Harvard Business Review Press. https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=46.

Cusumano, M. A. (1988). Manufacturing innovation: Lessons from the japanese auto industry. *MIT Sloan Management Review*, 30(1):29. https://sloanreview.mit.edu/article/manufacturing-innovation-lessons-from-the-japanese-auto-industry/.

Henderson, R. M. and Clark, K. B. (1990). Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative science quarterly*, pages 9–30. https://www.jstor.org/stable/2393549.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic management journal*, 13(S1):111–125. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250131009.

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1988). First-mover advantages. *Strategic management journal*, 9(S1):41–58. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.4250090706.

Reed, R. and DeFillippi, R. J. (1990). Causal ambiguity, barriers to imitation, and sustainable competitive advantage. *Academy of management review*, 15(1):88–102. https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/AMR.1990.4308277.

Rosenberg, N. (1995). Why technology forecasts often fail. *The Futurist*, 29(4):16. https://www.questia.com/magazine/1G1-17100211/why-technology-forecasts-often-fail.

Simon, H. (1947). *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*. Macmillan. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=_obn42iD3mYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Administrative+behavior&ots=v_YhbxzmeT&sig=3NYwSzJh9bJaUiLhMIytMWNEcQ0.

Stalk, G. (1990). *Competing against time: How time-based competition is reshaping global mar*. Simon and Schuster. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=pRYK6y43WTwC&oi=fnd&pg=PT8&dq=Competing+against+time:+How+time-based+competition+is+reshaping+global+mar&ots=yu--fNb513&sig=Cv5j3P7Wf3khDXbyIBEQhF-i6w8.

Stark, D. (2011). *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*. Princeton University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=mBuOA5QylGsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=The+sense+of+dissonance:+Accounts+of+worth+in+economic+life&ots=5SBErWED4T&sig=5mvYZT1gFoVbJkBZmWFhw_uF8wk.

Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6):285–305. http://www.politicipublice.ro/uploads/technological_innovation.pdf.

Tripsas, M. and Gavetti, G. (2000). Capabilities, cognition, and inertia: Evidence from digital imaging. *Strategic management journal*, pages 1147–1161. http://www.people.hbs.edu/mtripsas/articles/Tripsas&Gavetti2000.pdf.

Tushman, M. L. and Anderson, P. (1986). Technological discontinuities and organizational environments. *Administrative science quarterly*, pages 439–465. https://www.jstor.org/stable/pdf/2392832.pdf.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). **イノベーションマネジメント入門**. 日本経済

新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

軽部大 (1998). 知的所有権の保護による新しい競争戦略: インテル社の事業展開の事例研究. 一橋研究, 22(4):1–27. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/5738/1/kenkyu0220400010.pdf.

後藤晃・永田晃也 (1997). イノベーションの専有可能性と技術機会-サーベイデータによる日米比較研究. NISTEP REPORT 48, 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/530.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

1.3　イノベーションの普及と規制

江藤　学 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

イノベーションに影響を与える様々な政策や制度は、イノベーションの種を作り出すもの、その種を管理し財産化し、流通させるものとともに、その種を社会に普及させ、イノベーションを実現するためのものが数多く存在する。特に技術規制はイノベーションの普及促進・普及阻害の両面で大きな影響を持っている。

キーワード

イノベーション、普及、規制

本文

1　技術の普及と利益の確保

1.1　技術普及とイノベーション

人間が技術開発を行う原動力の基本は、「もっと楽になりたい」という普遍的要求にある。様々な技術を開発して、少しずつ進歩し、楽に暮らせるようにしてきたのが人類の歴史だ。そこで開発された様々な技術は様々な方法で人々に伝えられ、普及し、イノベーションを起こしてきた。

しかし、現代のイノベーションは企業活動を抜きに考えることはできない。開発した技術をそのまま使ったり、他人に無償で伝達したりするのではなく、製品にその技術を体化し販売し利益を上げることが「もっと楽になりたい」を実現することとなったのである。もちろん、イノベーションの成果から対価を得ることは、次の技術開発の資源を得る上でも必須のサイクルであり、資本主義社会における当然の形と言えるだろう。

Everett Rogers は、その著書 Diffusion of innovation(Rogers, 1962) の中で、技術が普及するため

* 一橋大学イノベーション研究センター 教授

には、1) 従来の技術と比べた比較優位、2) 利用者の既存の行動に対する適合性、3) 利用者がその技術を使ううえでの分かりやすさ、4) その技術を使ってみることができる試用可能性、5) 新しい技術を使っていることが他者にも見えるような可視性、の 5 つのポイントが重要だと整理している。そして、その技術が普及する過程では、最初に新しい技術を積極的に採用するリスクを取る、若くて行動的な Innovators が存在し、社会的影響力の大きいオピニオンリーダーがそのイノベーターと積極的に交流しつつ、二番手の利用者として、しっかりと技術を確認したうえで採用を決める Early adopters となることが重要としている。このように技術普及をマネジメントすることは、イノベーションの重要なポイントだ。

1.2 企業活動と技術普及

企業活動としてイノベーションから利益を得ることが必須であれば、技術の普及には高度な戦略が必要だ。技術をどこまでオープンにし、技術の普及と利益の確保とのバランスを確保するかが重要な戦略となるのである。技術を隠し、占有すれば、そこから得られる利益は 100% 独占することができるが、当然その技術の普及は進まないため、市場が拡大せず利益総額は伸びない。逆に、技術を完全にオープンにしてしまうと、その技術を模倣して製品を製造し販売する多くの競争者が生まれる。このため、技術製品の市場が大きく拡大しても、自らが得られる利益は少なくなるのである。

そしてさらに現代社会では、この個人の利益最大化だけを目的とすることはできない。社会の安定と安全を実現する上で、個人の利益を犠牲にしても、普及すべき技術や使用を規制すべき技術が存在するからだ。つまり、単に技術をオープンにするだけではなく、そこからイノベーションに結び付けるべき技術を選択していくことが必要なのである。このイノベーションを実現するために、様々な社会ルールが整備されてきているのである。

2 制度による技術普及のコントロール

2.1 事前規制と事後規制

規制には様々なタイプのものがあるが、一般的に技術規制とは、新しく開発された技術が社会の安全を脅かさないように、その使用を制限することを目的としている。しかしそれは、逆に規制の範囲内で利用できる技術の普及を促進することになる。技術規制の中には、新しい技術を強制的に使うことを定めたものも多く、このような技術規制は、まさに技術の普及を強制的に行う行為だ。

しかし、多くの場合、技術規制はイノベーションを阻害する効果のほうが大きい。その影響力は、規制体系が事前規制か事後規制かにも大きく影響される。事前規制とは、新しい技術の使用などに当たって、その使用方法を詳細に規定し、危険な使用方法や間違った用途での使用が起こらないようにしようとするものだ。日本は、この事前規制を重視する法体系となっている。これに対し事後規制とは、新しい技術の開発者、販売者、利用者など、その技術の利用にかかわる利害関係者の責任を明らかにし、もし事故や問題が起こった場合に、その責任をきちんと追及できるルールを

定めるものだ。米国などがこの事後規制を重視した規制体系となっている。

確かに事前規制を行うことで、関係者が大きな責任を負うような事故の発生確率は減ることが期待できるが、その分技術の挑戦的利用、実験的利用は困難となり、イノベーションの阻害効果は大きい。このため日本でも、大きな流れとして、事前規制から事後規制へと規制体系を変化させようとする動きがあるが、まだまだ、米国等に比べると、事前規制が強く、新技術によるイノベーションを起こしにくい環境となっているといえるだろう。米国が事後規制の政策体系を実現できる背景には、民間の保険システムの充実と、その保険による賠償を受け入れる国民意識があることも大きい。

このような中で、国ごとの規制の差を利用して製品開発や市場創出を行う戦略は、既に多国籍企業では一般的となっている。国ごとの規制体系の違いは、ビジネスのコストになることもあるが、ビジネスチャンスとなることもあることは重要なポイントだ。

2.2　技術規制のイノベーションへの影響

前に述べたように、規制の多くは一義的にはイノベーションを阻害する方向に動くだろう。しかし、実際には、規制がイノベーションを促進することも多い。当然ながら新しい技術の普及に対する規制は、その新しい技術を普及させるために必要な制限だからだ。これらの規制は、当該技術の安全なイノベーションを促進するだけでなく、リスクを軽減する多くの新しい技術を生み出すことにもつながる。実際に規制があったからこそ生まれた新しい技術は数多く知られており、さらに最近では技術進歩を促すための規制なども生み出されている。

2.2.1　技術規制によるイノベーション

規制が生み出したイノベーションとしてもっと有名なものが、ホンダによる CVCC エンジンだ。この CVCC エンジンは、1970 年に米国のカリフォルニア州などで導入が進められた大気浄化法改正法（通称マスキー法）に対応するために生み出された技術であり、多くのイノベーション研究の対象となっている。

2.2.2　イノベーションを継続させる規制

規制は、その規制をクリアするためのイノベーションを生み出すが、一旦規制をクリアすると、それ以上のイノベーションを起こす必要はないため、技術開発が停滞する場合が多い。この問題をクリアする目的で整備された法律に、1999 年に改正された「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」）がある。トップランナー方式と呼ばれる法律で様々な工夫がその中には存在する。

2.2.3　規制を活用したイノベーション

規制はイノベーションに大きな影響を与えるため、ビジネスを成功させる上で、このような規制環境を技術開発と並行してマネジメントすることも重要な課題となる。

15 年程前に開発された生分解性の釣り糸は、この規制を活用することが出来ず、事業化されなかった事例だ。この糸は通常の釣り糸に比べ、少し弱く、少し高価であったが、河川・湖沼の釣りには十分な性能を有していたし、自然環境を保護する上では高い価値を持っていた。関係者は、国立公園内での釣りにはこのような生分解性の釣り糸を使用することを義務付けることができれば大きな市場ができるとして、製品開発後に関係省庁に働きかけたが、簡単には実現せず、その間に開発企業は製品化から撤退してしまった。

2.2.4　規制改革が起こすイノベーション

電動アシスト自転車の特徴は、この製品が「自転車」であることが規制により認められているということだ。具体的には、道路交通法第 2 条第一項第 11 号の 2 において「人の力を補うため原動機をもちいる自転車」と規定されており、電動アシスト自転車が自転車であると認められている。このため電動アシスト自転車は原動機を持つ製品でありながら、免許・ヘルメットの装着を必要としないのである。

電動アシスト自転車は高度な技術を開発することで旧来の自転車と同じ感覚で操作できる原動機付き自転車を開発し、道路交通法を改正することで、それを自転車と認めさせることによりイノベーションを起こすことに成功した。さらに、安全性・自転車との同一性が認識されるとともに、アシスト力を強くする方向に規制緩和も行われた。この規制緩和が、他の規制緩和や規制強化と強い関係を有し、イノベーションを実現しているのも、注目すべき点だろう。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 11、12、15 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Porter, M. (1991). America’s Green Strategy. *Scientific American*, 264(4):168. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=i7UDHlOGfPEC&oi=fnd&pg=PA33&dq=America%E2%80%99s+green+strategy&ots=AN3s6Fn60P&sig=FCsbOMdhP8NX09TRSX14pzBlszE.

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations*. Free Press. https://books.google.co.jp/books/about/Diffusion_of_Innovations_5th_Edition.html?id=9U1K5LjUOwEC&redir_esc=y.

Shapiro, C. and Varian, H. R. (1999). *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*. Harvard Business School Press. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=aE_J4Iv_PVEC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Information+Rules:+A+Strategic+Guide+to+the+Network+Economy&ots=o2Gh4VifSY&sig=uBsAaewCVtKo197WZc6Gs7icPmU.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

1.4　科学技術イノベーション人材

富澤 宏之 [1]

初版発行日：2022 年 12 月 26 日、最終更新日：2022 年 12 月 26 日

科学技術イノベーションを担う人材の重要性は広く認められているが、それに関する政策には様々な課題がある。主要な課題としては、科学技術人材育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチ、研究人材の需要と供給の不一致に起因する諸問題、社会全体としての高度な専門人材の活用の遅れ、などがあるが、科学技術イノベーション人材に関する基本的な概念には曖昧性や脆弱性があり、そのことが政策的な議論や検討が深まらないことにつながっている。

キーワード

人材育成システム、人材の需要と供給、科学技術人材、研究人材、高度人材

1. 科学技術イノベーション人材に関する政策上の課題のスコープ

科学技術イノベーション人材の育成や活用促進は、科学技術イノベーション政策における重要課題である。科学技術やイノベーションの活動を担うのは“人”であるからには、“人材”が大きなテーマとなることは当然のことである。この観点からは、科学技術イノベーション人材に関する政策的な課題として、将来的なイノベーションや社会的課題の解決に向けてどのような人材を育成するのか、また、そのための人材育成システムをどのように構築するのか、といった課題が浮かび上がってくる。

別の観点として、日本のイノベーション・システムに生じている様々な問題を、“人材育成システム”の問題に関連付けて捉えることも必要になっている。例えば、近年、日本の“研究力”が低下しているとの懸念が広まっているが、これは、博士人材の育成・供給、若手研究者の処遇や研究環境、などの問題が要因の一部となっている可能性があり、人材育成システムの側からの検討が重要になってきている。また、日本において情報技術の活用が進展していないという問題も、情報技術人材の育成システムから検討することが重要になる。

このように考えるだけでも、科学技術イノベーション人材に関する政策上の課題は大きな拡がりがあることが分かるが、更に、上記の観点では捉えられないような様々な問題が存在するであろう。そのため、問題の網羅的あるいは体系的な抽出は困難であり、次節以降では、様々な問題の根底にある基礎的な概念と主要な論点に重点を置いて、この問題を概観する。

2. 科学技術イノベーション人材の概念的枠組み

2-1. 科学技術イノベーション人材の概念についての概観

ここまで、「科学技術イノベーション人材」という語を用いてきたが、この語には曖昧性があり、どのような人材を指し、どの範囲を対象にしているのか、明確ではない。曖昧性のある語が

[1] 文部科学省科学技術・学術政策研究所　第２研究グループ　総括主任研究官

有用な場合もあるが、政策や政策的議論の対象を指す語として用いる場合には注意が必要であろう。また、「科学技術イノベーション人材」の下位概念と考えられる「科学技術人材」や「研究開発人材」などについては、統計上の定義等は有るものの、後述のように、これらを巡る一種の混乱が長年に渡って続いている。このように、科学技術イノベーションに関する人材を論ずる際には、最も基本的な概念に脆弱性があることに注意すべきである。ここではその問題を扱うが、現時点では「科学技術イノベーション人材」などの語や概念を明確に定義することは困難であることを踏まえ、問題の所在を概観する。

まず、「科学技術イノベーション人材」という語は、広い意味で“科学技術やイノベーションに関する活動を担う人材”を指す語とすることが妥当であろう。これだけでは、どのような人材を指すかを明確にはできないが、例えば、「科学技術イノベーションの促進のために、どのような人材を育成するべきか」といった政策的な議論に際して、最初に対象を広く捉えるための語としては機能するであろう。本稿でも、広い範囲の人材を指す語としては、この語を引き続き用いることとする。なお、過去に科学技術人材や研究開発人材の概念や定義を提示してきた OECD と欧州委員会（European Commission）は、2019 年より公開している国際的な科学技術イノベーション政策に関するデータベース“STIP COMPASS”において、「科学技術イノベーション人材」に相当する語を“Human resources for research and innovation policy area”と一般的な名詞で表記している（European Commission and OECD 2019）。このことからも、現時点では、「科学技術イノベーション人材」の国際的に定着した定義がないことがうかがえる。

もう少し具体性のある人材概念を考えるためには、そもそも、科学技術とイノベーションは、かなりかけ離れた概念であり、政策上の議論や論述において「科学技術イノベーション」という語（あるいは概念）が用いられるようになったのは比較的、最近であることを思い起こすべきである [2]。そのため、「科学技術イノベーション人材」は、科学技術に関する人材とイノベーションに関する人材に分けて考えることが自然である。そして、前者（科学技術に関する人材）については、早くから政策的な議論の対象となり、相対的には概念化や定義化が進んでいる。そのため、2-2 節で科学技術に関する人材の概念や定義等を検討し、それに基づいて、2-3 節でイノベーションに関する人材に関する概念について考察する。

なお、“人材”という概念に関連する概念についても簡単に触れておく。ここまでの議論の文脈において、“人材”という語は、労働経済学における“人的資本”（人間に体化された熟練・技術・知識の事を意味する）の概念に近い意味となっていた。これまで、労働経済学の知見が科学技術イノベーション政策の議論・検討に援用・参照されることは必ずしも多くは無かったが、労働経済学では“人的資本”の概念に基づく様々な研究や検討がなされており、人材関係の様々な議論・検討に対して、有用な知見をもたらしてくれる可能性があることを指摘しておく。

2-2. 科学技術人材の概念と関連概念

(1) 専門用語としての科学技術人材：HRST

「科学技術人材」に関しては、科学技術に関する統計やデータの専門家、あるいは科学技術に関する人材の問題に携わる専門家等の間で充分に定着している概念が存在する。それは学術的な議論や、いくつかの国での長年に渡る統計に関する取り組みを通じて形成され、1995 年に OECD と欧州委員会統計局によって編纂・公表された「キャンベラ・マニュアル：科学技術人材の測定に関するマニュアル」において提示されている（OECD/Eurostat 1995）。「キャンベラ・マニュアル」は、OECD が発行している科学技術活動の測定に関する国際標準を提示するマニュアル群の一つであり、科学技術人材の測定に関する様々な事項を扱っている。

[2] そのことを端的に示す例としては、「科学技術基本法」が改正されて「科学技術・イノベーション基本法」（2021 年 4 月 1 日施行）となったことを挙げることができる。この改正に伴い、5 年ごとに策定することが義務づけられていた「科学技術基本計画」も、2021～2025 年度を対象期間とする第 6 期より「科学技術・イノベーション基本計画」に名称が変更された。なお、「科学技術・イノベーション」という「・」を含む表記は、本来、別の概念である科学技術とイノベーションを結び付けたことを明示化した表記であると考えられるので、ここでの議論では「・」の有無は考慮しないこととする。

同マニュアルで定義されているのは、“Human Resources devoted to Science and Technology (HRST)”であり、日本語に直訳すると「科学技術に充てられた人的資源」や「科学技術に従事する人材」などとなるが、単に「科学技術人材」と訳すこともできるであろう。その定義は、「自然科学または工学の大学卒業者と同等ないし同等以上の資格を有する者、あるいは関連する科学・技術分野の職業に従事している者」（筆者による日本語訳）とされている。この定義の前半は教育や資格が基準となっているが、後半は従事する職業が基準となっている。なお、あるカテゴリーの人材の範囲を定める際に、このように、教育・資格と職業・活動という 2 つの面から定めるのは典型的な方法である。

この定義は、かなり広い範囲の人材を指しており、おそらく、日本語の「科学技術人材」という語から想像されるより、はるかに広い概念と言えるであろう。定義の前半は、科学技術分野の高等教育の課程を修了した人は全て HRST に含まれることを意味している。この「高等教育の課程」は、大学院レベルに限定されるのではなく、日本の場合、4 年制大学、短期大学、高等専門学校のいずれも含まれる。また、「科学技術分野」の範囲は、基本的には自然科学と工学とされているが、農学や医学、社会科学も対象にすることもでき、さらに、場合によっては人文科学までも含める枠組みも想定されている。一方、定義の後半は、前半で述べられているような教育や資格を有していない場合でも、そのような教育や資格を必要とすることが一般的である科学技術関係の職に就いている人が含まれる。例えば、高等教育を受けずにシステム・エンジニアの職に就いている人が含まれることになる。このように対象範囲が広く、日本において HRST に近い人材カテゴリーを指す一般的な語としては“理系人材”などが比較的近い意味を持つかもしれない。

1995 年にキャンベラ・マニュアルが公表された頃は、このような対象範囲が広い人材についての統計調査を行っている国は少なく、同マニュアルは、実用的なマニュアルと言うより、理念的な文書という面があった。しかし、その後、同マニュアルの影響を受けて科学技術人材のデータ整備を進める国が次第に増加し、特に欧州では、欧州委員会が同マニュアルに準拠したデータの整備を推進している。なお、米国では同マニュアルよりはるかに古くから、NSF（全米科学財団）などが高等教育機関で科学技術の教育を受けた人材や科学技術に関する職に就いている人の大規模な統計を作成していた。この米国の人材統計は、本質的に HRST と類似の概念に基づいていると言える。

なお、HRST の語は、外面的には“イノベーション”の要素を含んでいないが、内容的・歴史的には“イノベーション”と深い関係がある（小林 2011, 綾部 2018）。例えば、キャンベラ・マニュアルの序文の冒頭の文章は、「科学技術（S&T）と人的資源（HR）をいかに組み合わせるかは、今後数十年にわたり、経済発展と人類の生存の鍵を握る要素となると考えられている」となっており、HRST の概念には、科学技術システムを支える人材というよりも、社会・経済の維持や発展を担う人材といった考え方が反映されていることがうかがえる（OECD/Eurostat 1995）。

(2) 研究開発人材の定義と人材区分

研究開発統計において、研究開発人材は研究開発支出と並ぶ主要な測定項目である。研究開発統計の国際的な標準を示している OECD のフラスカティ・マニュアル [3]において、「研究開発人材（R&D personnel）」は「ある統計単位において、そこに雇用されているか外部からの貢献者であるかにはよらず、直接的に研究開発に従事している人、及び、そこでの研究開発活動に直接的なサービスを提供する人」と定義されている。

この研究開発人材は、研究開発における役割によって、「研究者（Researchers）」、「技能者（Technicians）」、「他の支援職員（Other supporting staff）」に区分されている。これらのいずれについても、フラスカティ・マニュアルで定義された「研究開発（Research and Development）」

[3] 『フラスカティ・マニュアル（Frascati Manual）』は、OECD が作成している研究開発統計に関する国際的な指針である。その最初の版は 1963 年に公表され、1964 年に OECD 加盟国によって承認された。この名称は、同マニュアルの策定のための会議が開催されたイタリアの地名に由来し、当初は通称であったが後に正式名称となった。同マニュアルは、その後、何度か改訂され、現時点での最新版は 2015 年版である（OECD 2015）。

に直接的に関与した人であるため、「研究者」と言っても、アカデミックな研究職だけでなく、例えば、企業において「研究開発」に従事する人を含む広い対象であることに注意が必要である。

研究開発人材の定義や区分で、特に考慮が必要であるのが高等教育機関である。大学教員は、研究に従事している場合にのみ「研究者」に含まれる。日本の場合、大学教員は全て研究者に含まれるが、これは、“大学は教育と研究を両輪とする”と言う確固とした原則があるためである。なお、研究開発統計においては、大学教員が職務時間の全てを研究に費やしていない場合、フルタイムの研究者ではなくパートタイムの研究者として扱い、その人数の計測は「フルタイム換算」（Full-time equivalent）で行われる。一方、研究開発活動に従事している博士課程学生は研究者に含める一方、修士課程学生については、従事している研究開発活動に対して給与の支払を受けている場合に限ってのみ研究開発従事者に含まれるべきものとされている。また、高等教育機関や公的研究機関等において若手の研究者として研究開発活動に従事する、いわゆるポスドクについては、活動形態、あるいは雇用や給与の形態は多様であるため、一律に扱われず、フラスカティ・マニュアルに示された研究開発人材の定義や集計基準に基づいて、それぞれの扱いが定められることになる。

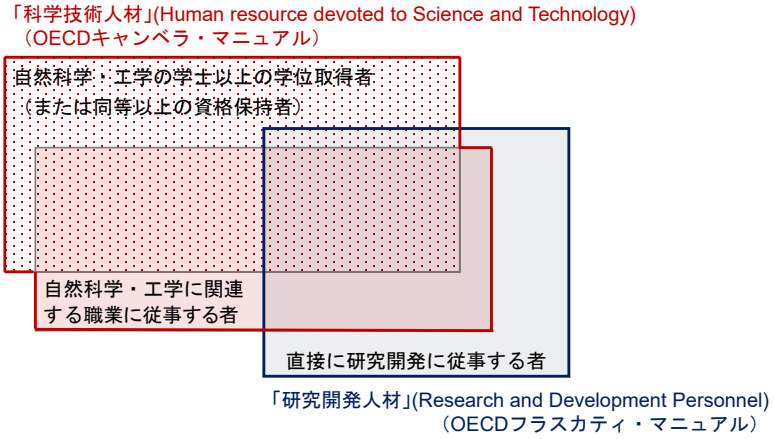


図１　科学技術人材（HRST）と研究開発人材（R&D Personnel）の関係

注：ここでは、「科学技術人材」の範囲を自然科学・工学に限定した場合を示している。その範囲を人文社会科学なども含む全ての分野に広げた場合、「研究開発人材」は基本的に「科学技術人材」の部分集合となる。

(3) 「科学技術人材」と「研究開発人材」をめぐる混乱

以上のように「科学技術人材」と「研究開発人材」に関しては、定義が有り、両者の関係は図1のように示すことができるものの、概念上の混乱がしばしば見受けられる。まず、「科学技術人材」に関しては、前述のような定義とは別に、「科学技術」と「人材」という２つの一般名詞を結合させただけの漠然とした意味の語として使用される場合も多い。その場合、曖昧性があるというだけでなく、定義された「科学技術人材」と一般名詞としての「科学技術人材」の混用、あるいはどちらの意味で用いているのか分からないと言った問題が起きてくる。しかも、「科学技術人材」という語は広く使われており、そのような状況のもとで政策的な議論がなされたために、議論が深まらない場合が見受けられる。

また、典型的な問題の例は、「科学技術人材」という語を用いているにもかかわらず、内容的には「研究開発人材」や、それを更に狭く捉えた「研究人材」について述べている、という場合

である[4]。これがどのような問題を生むかは容易に推察できる。「研究人材」に関する政策的な課題は、研究者のポストや処遇、研究環境に関する問題をはじめ、研究システムの内部の問題であることが多いであろう。一方、前述のように、HRST として定義された「科学技術人材」は、もともと、科学技術システム内部の観点というよりも、科学技術を社会・経済の維持や発展にいかに結び付けるか、といった文脈から形成された概念である。そのため、例えば、社会や経済に対応した人材ニーズについて政策的な検討を行う場合に、「科学技術人材」という語を用いつつも、実質的には「研究人材」を念頭に置いた議論がなされると、科学技術システムの内部に閉じた議論になり、議論は深まらないということになる[5]。

(4) 科学技術人材の関連概念

「科学技術人材」に類似した語はいくつかあるが、最近は“STEM worker”や“STEM workforce”、“STEM Labor Force”といった語が使われることがある。STEM は、"Science, Technology, Engineering and Mathematics" の略語であり、教育分野としての科学・技術・工学・数学を指す語として、日本も含めて世界的に用いられることが増えている。STEM は教育の分野を指す語ではあるが、もともと、米国において、ハイテク人材の不足や国家の産業競争力を左右する人材の必要性といった文脈で、強化すべき教育分野を指す語として用いられるようになったため、本質的に科学技術人材の概念と密接に結びついており、また、STEM 分野の高等教育を受けた人材を指す “STEM workforce”等は、HRST と対象範囲が似ている。

その他、国際的に “Highly skilled” あるいは “Highly skilled worker” や “Highly skilled professionals” の語も比較的よく用いられている。これに対する日本語としては、「高度人材」、「高度職能人材」、「高度技能人材」などの語が当てられている。この語自体には明示的に “科学技術”の要素は含まれていないが、科学技術イノベーション政策の文脈で用いられることにより、科学技術人材（HRST）と似た意味になる場合が多い。また、「高度」という点を強調する考え方においては、科学技術人材全般というよりも、先端科学技術分野の研究者や技術者、博士号保有者などに限定した意味が強くなる。ただし、現在、この語は、主として科学技術イノベーションに関わる人材の国際的な流動の問題を扱う際に用いられる場合が極めて多い。

2-3. “イノベーション人材”の概念についての考察

“科学技術”という語が専門的な知識の体系、あるいはそのような知識体系に関する活動を意味していることから、「科学技術人材」の語は、科学技術の専門的な知識を有している人材や専門的な活動に携わる人材を指すと考えることができたのに対し、「イノベーション人材」を “イノベーションに関与する人材”と規定しようとしても、これだけでは概念としても曖昧である。なぜなら、イノベーションは不確実性の高い事象であり、それが起きるか否かを事前には予見できないためである。言い換えるなら、従事している活動に基づいて「イノベーション人材」を規定することは困難である。そのため、この語を用いる際には、その目的に応じて意味づけを明確にする必要があると考えられる。

「イノベーション人材」を規定する一つの方法は、イノベーションをもたらす可能性のある諸活動に関与する人材として、広く捉えることであろう。この場合、広い意味での科学技術人材をすべて含む上に、科学技術知識の実用化や社会システムへの適用、あるいはそれらに関する制度や組織の運用者など、様々な人材が含まれることになるだろう。ただし、このような広い捉え方が有用な場合はあるかもしれないが、あまりにも幅広いカテゴリーの人材が対象になることで

[4] 「研究人材」については、国際的に流通している定義があるわけではないが、フラスカティ・マニュアルで定義されている「研究開発人材」の完全な部分集合であり、両者の関係が明確であるため、本稿では、この２つの語を内容に応じて使い分けている。例えば、大学教員は、フラスカティ・マニュアルの定義では「研究開発人材」に含まれるが、“開発”に従事する場合は稀であるため、「研究人材」という語を用いる場合がある。

[5] これに関連する議論として、小林（2004b）は、科学技術者と研究者の意味の違いについて注意喚起した上で、日本では科学技術者＝研究者という議論が行われており、そのような認識のもとでは政策的な議論が深まらないという趣旨の指摘をしている。

有用性の乏しい人材概念となる恐れがある。

これと対照的な考え方は、イノベーションを起こすことを明確に意図した活動に従事する人材を指す語・概念とすることである。例えば、ベンチャー企業やスタートアップの創業者などが考えられる。また、産学連携や大学からの知識移転をサポートする専門家等は、現代的なイノベーション・システムに特徴的な人材であり、今日のイノベーション政策で特に焦点が当てられる人材であるため、ここに含めることができるだろう[6]。しかし、この場合は、かなり限定的な人材しか対象とならず、予期しないところからも起きるイノベーションの一部しか捉えていないといった問題が生じる可能性がある。

そもそも、イノベーションを担う人材を重視するとしても、それを「イノベーション人材」という概念で捉える必要があるのか、検討の余地がある。例えば、イノベーションの源泉は科学技術であるという考え方に立脚するのであれば、イノベーションを担う中核的人材として「科学技術人材」の概念があれば多くの場合は十分かもしれない。もちろん、イノベーションは科学技術から生まれるだけでなくマネジメントや組織の改革などからも生まれるため、「科学技術人材」だけでは不十分となる場合もあるが、その場合でも、前述の「高度人材」のような概念で足りるという考え方もある。以上のように、「イノベーション人材」という語や概念の必要性は十分に検討されておらず、歴史的な蓄積も不十分であり、現時点では確立した概念となっていないと言える。

3. 科学技術イノベーション人材に関する主要な政策的な論点

本節では、科学技術イノベーション人材に関する主な政策的な課題をとりあげる。政策的な課題は、日本の科学技術イノベーションのシステムの状況についての認識や分析に基づいて顕在化するので、ここでは、それぞれの政策的な課題の背景にある状況や歴史についての説明に重点を置いている。

3-1. 科学技術人材育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチ

科学技術の推進やイノベーションの創出には、専門知識を備えた人材が求められ、高等教育機関など、高度に整備された人材育成システムが必要となる。しかし、そのような人材育成システムを、将来的な変化をも踏まえて産業や社会のニーズに適合したものとすることは容易ではないため、しばしばミスマッチが生じる。このようなミスマッチは科学技術イノベーション人材のあらゆるカテゴリーについて生じる可能性があるが、これまで日本において大きな規模で実際に起きたのは、実質的に第 2 節で述べた意味での「科学技術人材」に関するミスマッチであり、それらに関する分析や研究もかなり行われているため、ここでは、「科学技術人材」の育成システムと産業や社会のニーズとのミスマッチの問題について述べる。

高等教育機関における科学技術人材の育成は、日本の重要な政策課題として長い歴史を持っている。これは、大学を社会や産業のニーズに対応する人材育成システムとして位置づけるとともに、科学技術を社会・経済の発展にいかに結び付けるか、という問題でもあり、狭義の科学技術政策の枠には納まらず、教育政策や産業振興政策などの様々な政策領域のなかでも検討・実施されてきた。そして、高等教育機関の人材育成に関して、産業や社会のニーズとのミスマッチがある、あるいは、産業や社会の変化に対応した人材を供給していない、といった批判が高度経済成長期の後半以降、長年に渡ってなされており、それがこのテーマにおける基本的な課題となっている（小林 1996, 矢野 2001, 小林 2001, 両角・齋藤・小林 2004, 富澤 2021, 富澤・長根(齋藤)・安田 2021）。

このミスマッチについて論じる際には、それと対比される成功モデルとして、高度経済成長期

[6] このような専門人材は大学に多く、研究開発プロジェクト等の「プログラムマネージャー」、研究活動のマネジメントを主務とする「URA」（University Research Administrator）、知的財産のマネジメントや新ビジネスの創出を担う「産学官連携コーディネーター」などがある。また、知的財産マネジメントに関する専門家、社会との関係構築やアウトリーチに携わる人材、ファンドレイザー等、なども関連する人材と言える。

の科学技術人材の養成政策が引き合いに出されることが多い。具体的には、「1950 年代後半から 60 年代にかけての高度成長期には、社会や産業界の強いニーズを背景に高等教育機関の大幅な拡充や大学の理工系学部の増員が行われ、日本の経済成長に多大な貢献をした。」といった形で引き合いに出される（安西 2022）。実際、高度経済成長期には、“理工系ブーム”と呼ばれるほどの理工系学部の増員を中心とした高等教育システムの大幅な拡張がなされ[7]、しかも、この時期の大学卒業者の就職率が一貫して 9 割以上であったことが示すように、高度成長期の日本経済システムが必要としていた大量の大学卒業生を適切に供給したといえる（伊藤 1996, 富澤 2021）。また、この時期に拡充された理工系学部は、その後も長年にわたって、日本のイノベーション・システム[8]の重要な構成員である科学技術人材を育成・供給した。その意味で、高度経済成長期の科学技術人材育成政策は、産業界の需要や社会的要請に応えたように見える。なお、この認識は広く浸透しており、日本のイノベーション・システムにおける人材育成について考察する際の基本的な思考の枠組みを提供してきた面がある（佐和 1984, 佐藤 2011, 安西 2022）。

一方、1970 年代半ば以降のポスト高度成長期以降、現在に至るまで、そのような人材育成の“成功”は再現できなかったとされることが多い（小林 1996）。ただし、高度成長期の人材育成は、理工系人材全体の需要の量的予測で対応できたのに対し、その後は、専門分野や専門性などの質的な要素まで含めた予測が必要となり、政策立案の困難性が高くなったと考えられる（両角・齋藤・小林 2004）。例えば、情報技術に関わる人材については、1980 年代より今日に至るまで、しばしば将来的な人材不足の予測が出され、その育成に向けた政府の政策も掲げられてきたが、常に人材の不足が叫ばれている[9]。

情報技術人材については、最近であれば AI 技術の人材が強く求められるなど、時代によって必要とされる人材のタイプや能力が異なっていることや、情報技術の発展が急速であることが人材需給のミスマッチの要因の一部となっていると考えられる（両角・齋藤・小林 2004）。また、前述のように、社会や産業のニーズに対応する人材育成は総合的な政策課題であり、日本の場合、複数の省庁にまたがる政策課題への対応能力が弱いこともミスマッチの要因となっている可能性も考えられる。より深刻であるのは、情報技術人材の不足が日本における情報技術の推進や活用を妨げているにも関わらず、そのような人材の不足が認識されていない、という問題が起きている可能性である。

ところが、高度経済成長期以降で、社会のニーズを反映して大学の人材育成システムが拡大した分野がある。それは保健分野であり、この分野の大学入学者数は、1992 年度の 22,561 人から 2015 年度の 68,603 人へと 3 倍になり、また、大学入学者全体に占める割合も 4.2%から 11.1%になっている（富澤 2021）。この増加は 2016 年度には一旦止まったが、その後、再び保健分野の大学入学者数の増加は続いており、これほどの長期にわたる一貫した増加傾向は日本の高等教育機関の歴史を通じて他に例を見ない。このような保健分野の大学拡大は、看護専門職や保健専門職に対する社会の強いニーズに呼応したものと考えられる。また、この拡大においては、文部科学大臣／文部科学省による大学の設置基準の緩和が大きな影響を及ぼしたと考えられる。ただし、大学拡大の直接的な推進力は社会や産業のニーズであり、それが実効的な影響を及ぼすことを妨げていた“規制”が緩和されたことにより拡大が起きたと考えられる（富澤 2021）。な

---

[7] そのような高等教育機関の大幅な拡充や理工系学部の増員は、1950 年代末から 1960 年代後半までの期間に政府の様々な計画の下で実現した。特に、文部省が 1961 年 2 月に策定した「理工系学生定員増加計画」（“理工系拡充計画”とも呼ばれる）は、池田内閣による有名な「国民所得倍増計画」（1960 年）に連動しており、高度経済成長を支えた重要な計画であると見なされている（伊藤 1996, 小林 1996）。しかし、このような大学の人材育成システムの拡張は、政府の政策のみによって実現したわけではない。私立大学は、政府からの財政的支援が十分に得られないなかで自主的に理工系学部の増員を行い、“理工系拡充”への貢献は国公立大学を上回っていた。また、“理工系拡充”を後押しした最大の要因は、科学技術人材に対する産業界の強いニーズであったと考えられる（富澤 2021）。

[8] 本稿における「日本のイノベーション・システム」は、イノベーションに関与する企業、政府、大学などと、それらの間の相互作用を日本全体のシステムとして捉えた概念を指している。これは、イノベーション研究などで広く用いられている「ナショナル・イノベーション・システム」の概念を日本に適用したものである。この概念についての解説は「SciREX コアコンテンツ」の 1.0.3 項「イノベーション・プロセスをシステムとして捉える」で述べられている（永田 2021）。

[9] 1980 年代に行われた予測の例としては乾（1989）がある。最近の例としては、2019 年 4 月 23 日に経済産業省が発表した「IT 人材需給に関する調査」では、2030 年に人材不足と人材余剰が同時に起こるとし、AI や IoT に関わる先端人材は 55 万人不足するが、受託開発や保守運用を担う従来型 IT 人材は 10 万人余る、との見通しがなされている。

お、大学の設置基準の緩和は、大学教育の質の低下という大きな負の効果を及ぼす可能性がある。高度成長期の大学設置基準の緩和は、学生定員の“水増し”や、いわゆるマスプロ化などを招いたことは広く知られている（伊藤 2013）。人材育成に関しては、このような量的な拡大と人材の質の確保の両立は困難であり、人材育成に関する政策の主要な課題の一つと言える。

3-2. 研究人材の需要と供給に関わる諸問題

研究人材の需要と供給の問題は、日本では、問題の深刻さや歴史的な理由などにより、科学技術政策における独立した重要テーマとなっている。今日、その問題は、研究者の就職難や若手研究者の処遇の悪化、さらにはそれによる研究職のステイタスの低下といった形で認識される場合が多い。また、この問題を、2010 年代に顕在化した“日本の研究力の低下”と関連付ける議論もなされている（長根 2021）。このような問題は、大学院で育成される研究人材と研究職のポストの間での需要と供給の不一致による面が強く、過去にも類似の問題は起きており、日本の大学システムで起きやすい構造的な問題である可能性がある。この点で、この問題は、主として産業や社会のニーズに向けて形成された人材育成システムの問題とは異なる性格を有するため、本節を 3-1 節とは別の項目とした。

この問題の考察に際しては、3-1 節でも言及した 1960 年代の大学システムの急激な拡大に遡ることが有力な手がかりとなる。この時期には、大学教員の需要が増大し、大学院による人材育成の規模も拡大した。しかし、大学教員や公的研究機関の研究職のポストは、一旦埋まると長期的に空かないため、次第に供給過多の状況になり、1970 年後半から 80 年代にかけては、大学院博士課程の修了者や満期退学者が定職に就かず大学の研究室等において研究を継続するといった“オーバードクター”が大量に生まれる問題が起きた（長根 2021）。

1980 年代末には、第二次ベビーブーム世代の大学進学に伴い学生定員が増え、教員採用数も増加したためオーバードクター問題は一時下火になった。しかし、その一方で大学院の規模的な拡大は 80 年代に一貫して進展した[10]。これは、日本の産業界の強いニーズ、及び「基礎研究ただ乗り」批判に対処するための科学研究システムの強化の必要性を背景としており[11]、政府も、大学院による研究者の養成を強化し大学院を学術研究推進の中核機関として位置づけようという方向性を打ち出している[12]。

そして、1990 年代には“大学院重点化”と呼ばれる政策的枠組みの下で、更なる大学院の拡大が進んだ。実際、大学院在学者数は 1991 年度の 98,650 人から、2000 年度には 20 万 5 千人超へと増加し、1991 年 11 月の大学審議会答申が提示した“大学院生の倍増”という目標を上回った。なお、大学院重点化とは、本来的には、大学の教育研究組織を、従来の学部を基礎とした組織から大学院を中心とした組織に変更することを指すが、一般的には、そのような組織変更をはじめとする大学院の様々な改革、及び、それに伴って起きた大学院の規模的な拡大を指す場合が多い（小林 2004a）。

1990 年代の大学院重点化の下での大学院生の急増、とりわけ博士課程在籍者の急増は、新たな問題を引き起こした。博士課程修了者の主な就職先となる大学や研究機関のポストは、政府財政の逼迫の下では増加することはなく、企業の研究開発者の採用は修士課程修了者が中心であるため、博士課程修了者の就職難が進んだ（水月 2007, 榎木 2010, 濱中 2013）。

このような状況で、1990 年代半ばより「ポストドクター等一万人支援計画」が実施される。これは、博士号取得者が研究者としての経験を積むための職である博士研究員（ポストドクター）に関して、1 万人の支援を行うことを目指した計画であり、1996 年 7 月に閣議決定された第 1

[10] 1980 年代の大学院の拡大では、学問分野別の人数が最大である工学系の修士課程入学者数の増加が著しく、1980 年度に比べて 1990 年度の入学者数は 1.9 倍になっている（富澤 2021）。

[11] 「基礎研究ただ乗り」批判への日本全体としての対応は、“大学システム”の強化だけでなく、企業の基礎研究への取り組みの強化や政府の政策的対応なども含んでいるため、ここでは、それを「科学研究システムの強化」と表記した。ここでの「科学研究システム」は、日本のイノベーション・システム（脚注 8 参照）のうち、科学研究を主として担う部分を意味する。

[12] 大学院の制度改革を推進するために 1988 年に大学審議会答申「大学院制度の弾力化について」が公表され、また、1991 年 5 月に答申「大学院の設備充実について」、同年 11 月に答申「大学院の量的整備について」が発表され、後者では、2000 年までに大学院生を倍増させるという目標が提示された。

期科学技術基本計画に 2000 年度までに目標を達成することが盛り込まれた。この計画は、欧米に比べて手薄な若年研究者の層を厚くすること、及び、若手研究者が一人前になるための“修業期間”となる職種を充実・強化することが目的とされ、日本の研究力の強化を意図していた。しかし、ポストドクターの支援は任期付きの雇用が主な手段であり、定常的な研究職のポストの増加は財政的に困難であることは明白であったため、本計画の立案時においても、一時しのぎの政策であるとの指摘もあった（榎木 2010）。また、一般社会では、大学院重点化で急速に増加した博士課程修了者の受け皿を設けることが目的であったと受け止めている例も散見する [13]。とはいえ、一時的であっても博士課程修了者の就職難等の問題を緩和するという期待、及び、大学の研究現場の活性化への期待などもあり、当時、この計画はどちらかといえば好意的に受け止められたと考えられる（Ledford 2007, 榎木 2010）。

この計画の下で、1996 年度には 6000 人台であった支援対象人数は増加し、1999 年度には 1 万人に達している。このように計画の目標自体は達成されたが、依然として大学や研究機関のポストは増えず、民間企業の採用動向にも変化は無かったため、就職難に見舞われる博士課程修了者の年齢が後ろ倒しになる形となり、ポストドクターの高齢化の問題も起きた。また、博士課程修了後の将来的なキャリアの見通しを得ることが困難であることから、博士課程進学が敬遠される傾向の要因となったと考えられている。更に、日本での就職の機会が限られるため、海外への頭脳流出などの問題も生んだ。

これらは、直接的には大学や公的研究機関に向けた研究者養成の問題という面が強いが、産業界のニーズとかけ離れた人材育成システムの拡大がなされたという点で、日本のイノベーション・システムの問題でもある（小林 2010）。

以上のような日本の研究人材をめぐる問題や政策的課題は、他の主要先進国と比較して、強い固有性があることを以下で指摘する。ただし、研究人材の需要と供給の不一致、特に博士号取得者の就職難は多くの先進国で見られ、この点については日本が特殊と言うわけではない（小林 2011）。日本の状況の固有性のひとつは、博士号取得者に対する社会のニーズの高まりが見られないことである。人口当たりの博士号取得者数を比較すると、米・英・独・韓・仏のいずれの国よりも日本の値は小さい上に、過去 10 数年に渡って日本のみが減少傾向となっている [14]。人口当たりの博士課程修了者数が日本よりも多い先進主要国、とりわけ、それが増加している国では、イノベーションや経済成長、あるいは社会的課題の解決などに向けて高度な専門人材のニーズが高まるなかで、博士号取得者をはじめとする研究人材のニーズも高まっていると考えられる。また、それらの国では大学に対する国全体の投資が増加している点でも、日本の状況とは大きく異なっている。

日本の固有性のもうひとつの側面は、長年に渡って人材育成が科学技術政策の最上位レベルの重要課題とされてきたなかで、多くの場合、その議論のベースとなる“人材像”がアカデミックな“研究者”の枠内に留まっており、イノベーションを担う人材といった広範な枠組みで捉えられることがほとんど無かったことである [15]。このことは、政策議論の内容やプロセスにも影響

[13] 水月（2007）は、当計画について、「ほうっておけば無職になってしまう多くの大学院博士課程修了者を、ポストドクトラルフェローという職種を数多く作り出すことによって救済を試みたものであった。」と述べている。これには著者の主観や主張が含まれている可能性はあるが、この記述に先立ち、1997 年から 2006 年において「ポスドク問題」をとりあげた主要新聞等の記事 10 件を紹介しており、社会の一般的な受け止め方をある程度反映していると考えることはできるであろう。また、『ウィキペディア（Wikipedia）』の「ポストドクター等一万人支援計画」の項では、「1994 年（平成 6 年）頃から主要なメディアにおいて、増えすぎたオーバードクターを雇用するための救済策と解説されるようになった。」との記述がある。ここには根拠となる文献等が示されておらず、十分に検証可能な内容ではないものの、広く参照される媒体に掲載されているこの記述自体が、一般社会の受け止め方の典型例となっていると考えられる。

[14] 2019 年における人口 100 万人当たりの博士号取得者数は、米国（579 人）、英国（361 人）、ドイツ（345 人）、韓国（296 人）、フランス（167 人）であり、日本（120 人）はそれらの国を下回っている。また、その値は、2000 年以降の約 20 年間において、米・英・韓では 2 倍以上に増加し、また独・仏はほぼ横ばいながら日本より高い水準を保っているのに対し、日本は 2006 年をピークに、その後は減少傾向が続いている（文部科学省科学技術・学術政策研究所 2022）。

[15] 小林（2004b）は、脚注 5 でも言及したように、「日本では科学技術者＝研究者という議論が行われる」と指摘しており、更に、小林（2011）は、科学技術政策における人材問題について、各国の状況と近年の日本の特徴を描出した上で、「欧米に比べて日本では、人材政策においてイノベーションの観点があまり強調されてこなかった。そのため、欧米諸国と日本では、人材問題に対する考え方には違いもみられる。」と述べている。また、「ここ十年くらいのあいだ

している可能性が有り、例えば、“ポスドク問題”が顕在化した後に博士課程修了者のキャリアパスの多様化を図る政策議論が浮上する、という日本の政策議論が辿ったプロセスは、“研究者”がモデルであったことと関連している可能性も考えられる。

以上に述べた日本の状況の固有性は、この問題についての国際的な比較に関する研究が極めて少ないため、十分に分析された結果に基づいたものではなく、今後、研究が深められる必要があるが、その手掛かりとなる調査結果を紹介する。欧州委員会と OECD は、最近、科学技術イノベーション人材に関する各国の主要な政策上の論点についての調査結果を公表している（European Commission and OECD 2019）。その結果を見ると、回答した 56 の国・地域の多くが、自国のイノベーションの能力を高めるために人材を強化することを重視しているが、博士課程学生やポスドク、キャリア初期の研究者などに関する施策、あるいは、研究職の魅力やスタイタスの向上などを政策上の重要課題としている国・地域は全体の三分の一程度であり、また、日本のように、それらが科学技術イノベーション政策の領域における最上位レベルの問題となっている国は少ないことが読み取れる。

3-3. 産業界の博士人材の活用を巡る問題

産業界における博士号取得者の採用が進まないことについては、博士号取得者の就職難の問題の一部として議論されることも多いが、それとは別に、産業界の高度な専門人材の活用に関する問題でもある。そもそも、日本では人口当たりの博士号取得者数が先進国としては少なく、しかも、日本企業は博士号取得者を雇用するよりも、修士号取得者や学士号取得者を採用者の中核とし、社内で必要な教育を行うという形態が長年に渡って主流となってきた。しかし、欧米を中心とする先進国やその他の準先進国においては、今世紀に入ったころから博士号取得者の産業界での雇用が顕著に増加しており、日本はそれと対照的な状況にある。

日本において博士号取得者が産業界で活躍していない問題は、しばしば、博士を育成する大学側の問題として議論されてきた。例えば、日本の博士号取得者は自分の専門分野に閉じこもり視野が狭い、あるいは、多様な問題に取り組む柔軟性に欠ける、といった批判である（小林 2010）。しかし、博士号取得者を適切に処遇せず、上手く活用できない企業側にも問題があるという批判もある[16]。特に、長年に渡って日本企業で主流であった終身雇用や年功序列に基づく人事システムは博士号取得者の雇用に適していないという見解があり、今後は、ジョブ型雇用の浸透が博士号取得者の雇用を促進する可能性が考えられる（経済産業省／株式会社富士通総研 2021，経済産業省／有限責任監査法人トーマツ 2022）。なお、より本質的な問題は、マクロレベルで見て、社会や産業の人材ニーズと大学の人材育成機能の間に適切な相互作用が働いていないことであるという見方もできるであろう（小林 2004b，経済産業省 2022）。

3-4. 科学技術人材の流動性、高度人材の国際移動、“人材獲得競争”

科学技術人材は、科学技術に関する知識・経験・熟練を体化した“人的資本”であり、その移動は、イノベーションと密接に関係していることを多くの論者が指摘あるいは主張している（OECD 2001a, OECD 2001b, Pogue 2007）。ここでの移動とは、組織内の移動、組織間の移動、国内の部門間の移動、更には国際的な移動など様々なものが考えられる。科学技術人材の移動がイノベーションを促進する理由としては、人材の移動により異なる知識の結合や知識の活用面での進展が起きることなどが考えられるが、そのメカニズムや促進効果の定量的な把握は困難であり、明確な実証的根拠があるわけではない。なお、日本については、終身雇用が主流であるため、労働者一般の労働流動性が極めて低く、その一部である科学技術人材、さらには大学

に、イノベーション指向の人材施策を重視する欧米各国と、人材政策に関してそのような観点からの包括的議論がない日本とのあいだで、政策的な論点やその考え方に大きい違いが生じてきたことは確かであろう。」と指摘している。

[16] 濱中（2013）は、大学院修了者の就職難について、大学院の教育内容が原因であるという「大学院原因説」が“通説とも言える”とした上で、大学院修了者や企業の人事担当者のインタビュー調査データの分析に基づき、「『企業原因説』を唱えることもできる」と述べている。

や公的研究機関に所属する研究人材の流動性も低い。そのため、科学技術基本計画をはじめとする政府の政策文書でも、人材流動性の促進は重要課題として言及されることが多い。

このような人材の流動のうち、国際的な流動は、科学技術イノベーション政策の重要テーマとして世界的に盛んに議論されており[17]、また、科学技術イノベーション政策研究においても盛んに分析が行われている。その背景には、冷戦終結後のグローバリゼーションの急速な進展があり、また、世界の一部で、博士号取得者などの高度な専門性や先端的な知識を有する人材の獲得競争とも言える状況が起きているとの見解が影響している（村上 2008）。なお、このような議論の対象となる人材は、2-2(4)でも触れたように、世界的に「高度人材」（highly-skilled）と呼ばれることが多い（OECD 2001b）。

日本においても、外国からの高度人材の受入れを促進するため、「高度専門職」の在留資格を設け、出入国在留管理上の優遇措置を講ずる制度が2012年より導入されている。この制度では、高度外国人材の活動内容を「高度学術研究活動」、「高度専門・技術活動」、「高度経営・管理活動」の３つに分類し、それぞれの特性に応じて学歴や職歴、年収などを点数化して「高度専門職」の在留資格の判断基準とする「高度人材ポイント制」が導入されている。

また、出入国管理及び難民認定法では、「特定活動」在留資格として、①特定研究活動（研究機関の施設で特定の分野に関する研究、研究の指導及び教育をする活動）、②特定情報処理活動（自然科学又は人文科学の分野に属する技術又は知識を要する情報処理に関わる業務に従事する活動）、③特定研究等家族滞在活動及び特定情報処理家族滞在活動（①または②で滞在する外国人の扶養を受ける配偶者又は子が日本で行う活動）、の３種類が規定されている。

3-5 人材に関連するその他の政策的議論

ここまでに述べた政策的課題においては、大学などの高等教育機関や高等教育に関する議論が多かったが、科学技術イノベーション人材の育成に関する政策では、高等教育だけでなく初等中等教育も対象に含まれてくる。これは世界の多くの国で見られることであり、科学技術イノベーション人材の育成が経済成長や競争力の強化につながることや、そのためには早期の段階からの科学技術関連の教育が重要である、という認識が背景にあると考えられる。日本においても古くから、初等中等教育を科学技術イノベーション人材の育成に関連付けた政策は実施されているが、その傾向は更に強くなっている[18]。最近では、初等中等教育において、2-2(4)で言及した「STEM」に芸術、文化、生活、経済、法律、政治、倫理等を含めた広い範囲を指す語である「Art」の頭文字を加えた「STEAM」（Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics）の語を用いた「STEAM 教育の推進」などが実施されており、また、第６期科学技術・イノベーション計画（2021～2025 年）に「STEAM 教育の推進」に関する記述が盛り込まれるなど、この語が、科学技術・イノベーション政策の政策的議論でも用いられるようになっている。

また、最近、科学技術イノベーション政策の議論のなかで用いられることが増えてきている語として、「リカレント教育」を挙げることができる[19]。「リカレント教育」は、「生涯学習」と類似の概念であるが、後者に比べて、より仕事に活かすための知識やスキルを学ぶという性格が強い[20]。「リカレント教育」が科学技術イノベーション政策の文脈でとりあげられるようになって

[17] 欧州委員会と OECD による調査によると、OECD 加盟国や欧州連合加盟国において、研究とイノベーションのための人的資源に関する政策的な議論のなかで、最も頻繁に取り上げられるテーマは「人材の国際移動」とのことである（European Commission and OECD 2021）。

[18] 第１期科学技術基本計画（1996～2000 年）より第６期科学技術・イノベーション計画（2021～2025 年）までの全ての基本計画に、「初等中等教育」に関する政策についての記述がある。また、これらの基本計画における「初等中等教育」の語の使用頻度は、新しい計画ほど増える傾向がある。（科学技術・学術政策研究所が公開している「科学技術基本政策文書検索」<https://www.nistep.go.jp/research-scisip-whitepaper-search>を用いた集計結果による。）

[19] 第６期科学技術・イノベーション計画では、「リカレント教育」の語が６箇所で用いられている。

[20] 政府広報オンライン（令和３年（2021 年）８月 20 日）では、「リカレント教育」と「生涯学習」について、「どちらも『学ぶ』という点では同じですが、学ぶ目的が異なります。リカレント教育は、仕事に生かすための知識やスキルを学びます。（中略）一方、生涯学習は、生涯にわたり行うあらゆる学習で、学校教育や社会教育、さらには文化活動、スポーツ活動、ボランティア活動や趣味など仕事に無関係なことや『生きがい』に通じる内容も学習の対象に含まれます。」と説明している。

きた背景には、科学技術の進展や変化が著しくなり、専門知識の陳腐化も速くなっており、既に社会で活動している専門人材の専門知識やスキルのアップデートが必要になっている状況があると考えられる[21]。また、高等教育機関で専門的な科学技術知識を学んだ卒業者・修了者が社会で活躍する、という従来型の科学技術人材育成のモデルでは対応が困難となってきており、人材育成システム自体の強化の意味もあると捉えることもできるであろう。更には、様々な分野の技術者が最新の情報技術を学ぶことによりイノベーションにつながる、といったことが、このような教育に期待されている。

以上とは性格が異なるが、人材の多様性（ダイバーシティ）の推進は、科学技術イノベーション政策において、近年、急速に重視されるようになってきている。元々、日本では社会政策や労働政策において女性の雇用促進や社会参画の推進などが掲げられてきたが、「男女雇用機会均等法（通称）」の施行（1985 年）や「男女共同参画社会基本法」の施行（1999 年）を節目に、科学技術イノベーション政策の領域でも「女性研究者の活躍促進」などが掲げられることが次第に増えていた。しかし、科学技術イノベーション人材の強化という観点で、女性研究者の量的拡充などの政策が掲げられるようになったのは、より最近のことである。例えば、第 3 期科学技術基本計画（2006～2010 年）において、大学や公的研究機関等での女性研究者の採用割合に関して、自然科学系全体で２５％という数値目標が掲げられた。そして最近は、人材の多様性を広げることがイノベーションにつながるという世界的にも一般的になっている考え方のもとで、女性や外国人の雇用促進や活躍促進等が重要な政策課題となり、第６期科学技術・イノベーション計画でも人材の“ダイバーシティ”というキーワードが用いられている。

References

European Commission and OECD (2019), “2019 EC-OECD STIP Survey: Human resources for research and innovation policy area”, *STIP COMPASS* https://stiplab.github.io/R2r/main.html

European Commission and OECD (2021), “2021 EC-OECD STIP Survey: Human resources for research and innovation policy area”, STIP COMPASS https://stiplab.github.io/R3r/main.html

OECD/Eurostat (1995), Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T: Canberra Manual, OECD Publishing, Paris.

OECD (2001a), Innovative People: Mobility of Skilled Personnel in National Innovation Systems, OECD Publishing, Paris.

OECD (2001b), International Mobility of the Highly Skilled, OECD Publishing, Paris.

OECD (2015), Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris.

Pogue, Thomas E (2007), Mobility of Human Resources and Systems of Innovation: A Review of Literature, HSRC Press, South Africa

Ledford, Heidi (2007), “Scientists to spare”, *Nature*, Vol.449, pp.1084–1085.
（日本語版：「過剰気味なポスドクの進む道」,『Nature ダイジェスト』, Vol.5, No.2, 2008. https://storage.googleapis.com/natureasia-assets/ja-jp/ndigest/pdf/v5/n2/ndigest.2008.080209.pdf）

[21] 両角・齋藤・小林（2004）は、情報系人材の求人情報や資格の経年変化を分析して、専門知識やスキルの陳腐化の状況を示している。また、人材に関する分析ではないが科学技術知識の陳腐化率を特許データによって測定した研究としては中西・山田（2010）などがあり、また同論文の参考文献には、英語文献も含め、代表的な測定例が示されている。

綾部広則（2018），「日本の科学技術系人材育成政策(1990-2017) 」，『連合総研レポート』（特集 科学技術立国日本を支える若手研究者育成に向けて ： 現状と課題），(335) 4-7，公益財団法人連合総合生活開発研究所

安西祐一郎（2022），「革新者排出する博士課程支援を」，『産経新聞』（正論），2022 年 3 月 28 日，株式会社産業経済新聞社

伊藤彰浩（1996），「高等教育大拡張期の政策展開」，天野郁夫・吉本圭一編『学習社会におけるマス高等教育の構造と機能に関する研究』（放送教育開発センター研究報告 91），放送教育開発センター

伊藤彰浩（2013），「高度成長期と技術者養成教育－高等教育機関をめぐって」，『日本労働研究雑誌』，634，独立行政法人労働政策研究・研修機構

乾侑（1989），「2000 年における情報技術者の需給予測」，文部省編，『文部時報』，ぎょうせい

榎木英介（2010），『博士漂流時代 ― 「余った博士」はどうなるか？』，株式会社ディスカヴァー・トゥエンティワン

経済産業省（2022），「未来人材ビジョン」

経済産業省／株式会社富士通総研（2021），「産業界と大学におけるイノベーション人材の循環育成に向けた方策に関する調査報告書」，令和２年度産業技術調査事業，経済産業省

経済産業省／有限責任監査法人トーマツ（2022），「産業界における博士人材の活躍実態調査報告書」，令和３年度産業技術調査事業，経済産業省

佐藤信（2011），『60 年代のリアル』，ミネルヴァ書房

佐和隆光（1984），『高度成長 ― 「理念」と政策の同時代史』，日本放送出版協会

小林信一（1996），「理工系ブームと技術者養成」，『研究報告』，91，放送教育開発センター

小林信一（2001），「知識社会の大学 ― 教育・研究・組織の変容 －」，『高等教育研究』，第 4 集，日本高等教育学会

小林信一（2004a），「大学院重点化政策の功罪」，江原武一，馬越徹，『大学院の改革』，講座：21 世紀の大学・高等教育を考える，第 4 巻，東信堂

小林信一（2004b），「若手研究者の養成－当たらない予言」，『高等教育紀要』，第 19 号，高等教育研究所，（再掲：阿曽沼明裕（編），『大学と学問 ― 知の共同体の変貌』，リーディングス日本の高等教育５，玉川大学出版部，2010）

小林信一（2010），「プロフェッショナルとしての博士 ― 博士人材の初期キャリアの現状と課題」，『日本労働研究雑誌』，594，独立行政法人労働政策研究・研修機構

小林信一（2011），「科学技術政策における人材問題」，『科学技術政策の国際的な動向［本編］』，科学技術に関する調査プロジェクト調査報告書，調査資料 2010-3，国立国会図書館調査及び立法考査局

富澤宏之（2021），「大学の科学技術人材育成システムの展開と社会・産業ニーズへの呼応」，『研究 技術 計画』，Vol. 36, No. 3，研究・イノベーション学会

富澤宏之・長根(齋藤)裕美・安田聡子（2021），「高度人材の需要と政策および大学」，鈴木潤・安田聡子・後藤晃（編），『変貌する日本のイノベーション・システム』，第 5 章，有斐閣

永田晃也（2021），「イノベーション・プロセスをシステムとして捉える」，『科学技術イノベーション政策の科学（SciREX）コアコンテンツ』（1.0.3），政策研究大学院大学科学技術イノベーション政策研究センター
https://scirex-core.grips.ac.jp/

中西泰夫・山田節夫（2010），「特許の価値と陳腐化率」，『社会科学研究』，61(2)，東京大学社会科学研究所

長根(齋藤)裕美（2021），「研究者養成システムの変遷と研究システムへの影響」，『研究 技術 計画』，Vol. 36, No. 3，研究・イノベーション学会

濱中淳子（2013），「拡大する大学院と就職難民問題」，広田照幸・吉田文・小林傳司・上山隆大・濱中淳子，『大衆化する大学』，第 4 章，岩波書店

水月昭道（2007），『高学歴ワーキングプア ― 「フリーター生産工場」としての大学院』，光文社

村上由紀子（2008），「日本の頭脳流出－在米日本人研究者に関する分析から」，『日本労働研究雑誌』，577，独立行政法人労働政策研究・研修機構

両角亜希子・齋藤芳子・小林信一（2004），「知識社会における大学教育と職業 ― 情報系人材の知識・スキル変化を題材として ―」，『大学論集』，第 34 集，広島大学高等教育研究開発センター，（再掲：塚原修一（編），『高等教育』，リーディングス日本の教育と社会 12，日本図書センター, 2009 年）

文部科学省科学技術・学術政策研究所（2022），『科学技術指標 2022』，調査資料-318

矢野眞和（2001），「大学・知識・市場」，『高等教育研究』，第 4 集，日本高等教育学会

4. 関連データ・ソース

科学技術人材

日本では、キャンベラ・マニュアルに基づく全般的な統計データの収集は行われていないが、基本的な教育統計である「学校基本調査」（文部科学省）において、大学の卒業生数について、学部別の内訳や就職先の組織種類別の内訳が毎年、調査されている。これは、キャンベラ・マニュアルにおいて HRST に新たに加わる人材とされている「HRST インフロー」に相当する。

・https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/main_b8.htm

また、「国勢調査（人口統計調査）」において、「科学研究者」と「技術者」の総数が調査されている。ただし、国際的な定義に基づくものではない。またここでの「科学研究者」の定義と 2-2(2)で述べた「研究者」の定義はかなり違いがある。

・https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/index.html

研究開発人材

日本の基本的な研究開発統計である総務省統計局の「科学技術研究調査」により、各部門（産業、高等教育、政府、民間非営利）の研究開発人材のデータが毎年、収集されている。これは、基本的にフラスカティ・マニュアルに準拠したものである。

・https://www.stat.go.jp/data/kagaku/index.html

また、高等教育機関に所属する研究者（大学教員と大学院生）については、上記に加えて、「学校基本調査」（文部科学省）によって毎年、詳しいデータが作成されている。さらに、大学教員については 3 年ごとに「学校教員統計調査」が実施されている。

・https://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/main_b8.htm

博士人材

文部科学省科学技術・学術政策研究所（NISTEP）は、博士課程修了者の社会での活躍状況の調査のための「博士人材データベース（JGRAD）」の整備を進めている。これは、当事業に参加している 52 大学（2022 年 4 月現在）が、博士課程在籍者の初期登録情報を NISTEP に提供し、初期登録後は登録者が博士課程修了後のキャリア情報等を継時的に JGRAD に入力する仕組みとなっている。

・https://jgrad.nistep.go.jp/about/about_jgrad.html

これと並行して、NISTEP は、大学院博士課程修了者を対象とした「博士人材追跡調査（JDPRO）」を実施している。

・https://www.nistep.go.jp/jdpro/

科学技術人材の国際移動

科学技術人材の国外への流出、国内への流入については、国際的な基準に沿ったものでないが、下記のデータ源がある。

法務省出入国在留管理庁の「出入国管理統計」では、入国外国人と出国外国人について、在留資格別及び国籍・地域別の人数が調査されており、3-4 で述べた「高度専門職」などの入国外国人と出国外国人の人数のデータが入手できる。また、法務省出入国在留管理庁の「在留外国人統計」では、在留資格（在留目的）別の在留外国人についての統計データが作成されており、在留目的が「研究」である在留外国人や、3-3 で述べた「高度専門職」などの在留外国人の人数のデータが入手できる。

・https://www.moj.go.jp/isa/policies/statistics/index.html

1.5.1　途上国と科学技術イノベーション政策

飯塚 倫子*

初版発行日：2024 年 2 月 29 日、最終更新日：2024 年 2 月 29 日

中国、インド、アフリカ諸国など途上国は経済活動において存在感を増している。科学技術イノベーションについても同様である。ここでは、途上国における科学技術イノベーションを概観し、歴史的背景を理解する。さらに、途上国において共通のテーマであった技術能力の構築についての議論をレビューし、現在の研究課題について触れる。

キーワード

途上国、新興国、技術能力、イノベーション・システム

1. 途上国と科学技術イノベーション政策

今日、科学技術イノベーション政策[1]は、新興国・途上国においても将来の発展方向を定める重要な政策として議論されるようになった。同時に途上国、新興国の動向が世界の科学技術(イノベーション)政策に及ぼす影響も大きくなりつつある。

この理由として、大きく以下の 2 つを挙げることができる。1 つには科学技術イノベーション政策が対応する分野の広がり（図 1)、もう一つは世界における途上国の位置付けが変容したことである。

1.1 科学技術イノベーション政策と社会課題解決

今まで科学技術イノベーション政策は、高等教育、研究開発というやや狭い分野に限定されていた（薄い緑)。このため、貧困、教育、保健、雇用などの「基本的な社会サービス」が十分に提供されていないという切実な課題を持つ途上国では、高等教育・研究開発分野への政策上の優先順位が相対的に低くなりがちであった。しかしながら近年（あえていえば 2010 年代ごろ)、科学技術イノベーションの対応する知見は、地球規模の社会的課題―例えば気候変動、感染症対策、デジタル化（例 SDGs）―という喫緊の課題に役立てることができるという理解が広まった。特に、これら課題に対応する能力（ケイパビリティー）を持つことは国の将来的発展への達成までの道筋や速度を左右するため、科学技術政策とそれを担う人材育成や技術開発の実施は、途上国においても重要な政策課題と広く認識され始めている。

* 政策研究大学院大学 教授

[1] 途上国の科学技術イノベーション政策は近年まで高等教育、研究機関に対する「科学技術」政策の部分が中心的であった。イノベーション政策についてはアジア、ラテンアメリカ諸国においては 2000 年代、アフリカ諸国においては 2010 年代からより活発に政策的に始めている。

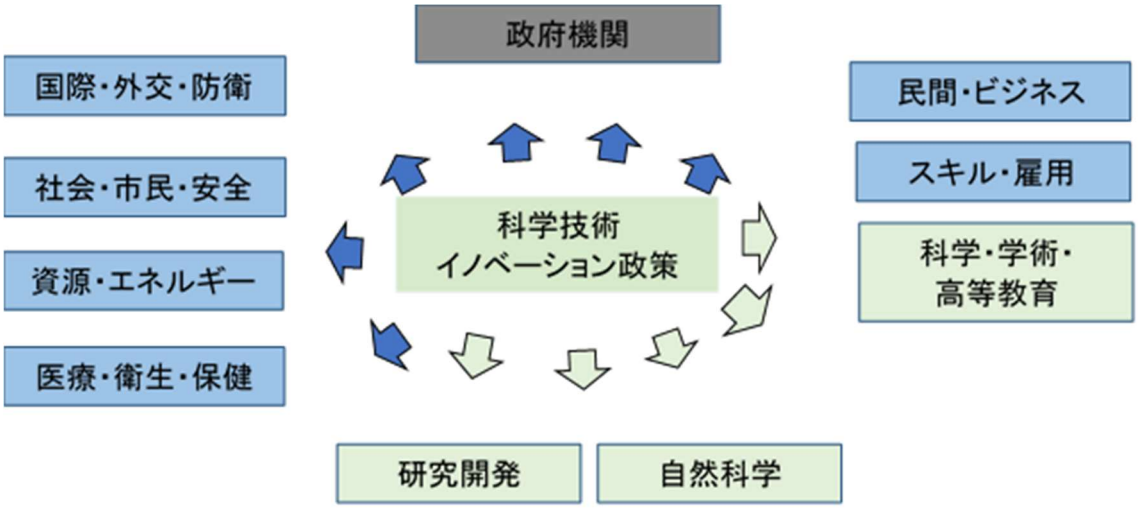
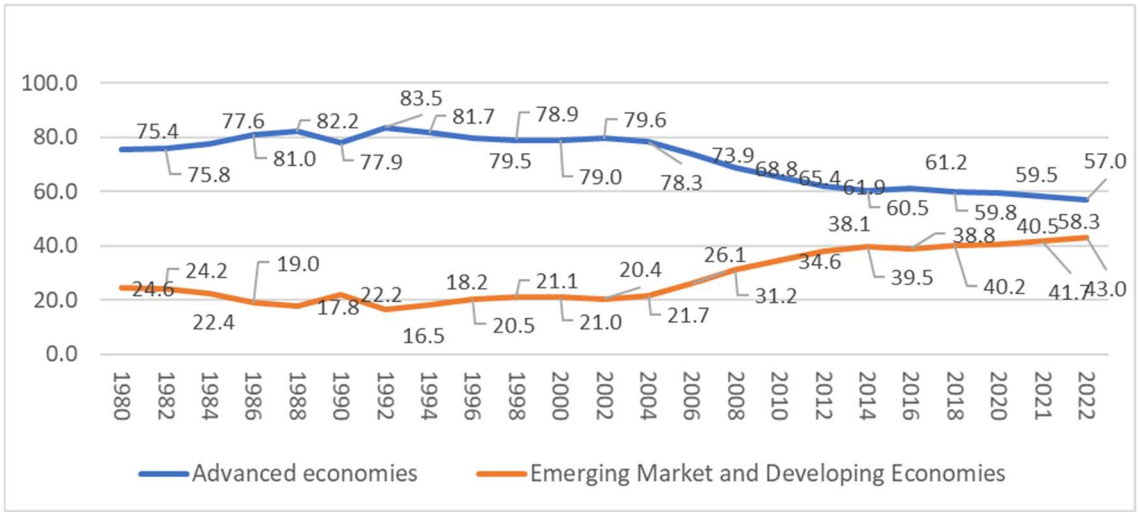


図 1 国家レベルにおける科学技術イノベーション政策の関連分野（概念図）

1.2 世界における途上国の存在と科学技術イノベーション

一方、2000 年以降、グローバルな経済活動における途上国の存在が大きくなっている。事実、経済活動の指標である国民総生産（GDP）に占める途上国の割合は 1990 年代から増加傾向にある（図 2 参照）。図 2 に、先進国（Advanced Economy）に分類している国とそうでない国の GDP の割合を 1980 年から近年まで時系列の折れ線グラフで比較した（IMF、2022）。この 2 つの線を見てみると格差が一時的に開いたものの、だんだんと収束してきている。ちなみに図 2 から、1980 年から 1992 年ごろまでは GDP の格差が 75.4% 対 24.6%から 83.5% 対 16.5%に拡大しているが、その後 2004 年(79.6%対 20.4%)、2014 年（61.9% 対 38.1%）、 2022 年（57.0% 対 43%）とその格差が縮小している。つまり、この間、途上国は市場・生産地として世界の経済活動に組み込まれ、先進国が経済活動を考える上で無視することのできない存在になっていったことがわかる。



Source: IMF data

図 2 途上国と先進国の GDP の比率

例えば、グローバルな問題を話し合う場は、1976 年から先進国 7 カ国間政策対話（G7）[2]であったが、1999 年以降これら 7 カ国に加えて EU とロシアおよび急速な経済発展を遂げているインドや中国などの新興国 11 ヶ国（中国・インド・ブラジル・メキシコ・南アフリカ・オーストラリア・韓国・インドネシア・サウジアラビア・トルコ・アルゼンチン）を加えた G20 の枠組みで議論されるようになっている。つまり、上記新興国の存在が国際経済はもちろんのこと、地球規模の課題を議論する政治の場においても無視することができない存在に変化していることが窺える。

1.3 世界における途上国の存在と科学技術イノベーション

(1) 経済規模（GDP）

ここで気をつけなければならないのは、「途上国」に含まれる国々の趨勢である。戦後の冷戦下、「途上国」は、「第 3 世界」とも呼ばれ、民主的で、高い技術・生活水準を持つ国々「第 1 世界」、ソビエト連邦の勢力圏内にあった社会主義国や衛星国「第 2 世界」に並ぶ、一つの均一な国々によって構成されたグループのように扱われていた。しかしながら、戦後 70 年を経て今や「途上国」は多様な側面を持つ国々の集合体となっている。アジア地域では、日本、韓国、台湾、シンガポールは製造業をはじめとした技術のキャッチアップで先進国の仲間入りを果たした。また、いくつかの国々は、経済規模や人口のボーナスをうまく直接投資、貿易政策とリンクさせ、海外からの技術移転を促進し、大きな市場を戦略的に活用させることで新興国として成長をとげている。2000 年以降では BRICS（ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ）、近年では MINT（メキシコ、インド、ナイジェリア、トルコ）などと言われる新興諸国が著しい経済成長を達成し、急速に政治的影響力も持ちつつある。またいくつかの低所得国は中所得国へと変貌を遂げている一方、成長できずにいる国々もある。つまり、「途上国」に属する国々が異なる速度で発展を遂げていったことで途上国間でも経済格差が生まれ、今日「途上国」には多様な発展段階の国々が含まれている。前述の図 2 で新興国の経済活動に占める割合の重要性が示されているが、これは G20 に属する中国やインドのような一部の新興国の存在が大きくなったことがわかる。それでは、これらの国々で科学技術とイノベーションはどの様に推移してきたのであろうか？

(2) 研究開発への投資（R&D）

一般的に途上国が先進国にキャッチアップするためには、独自の「研究開発力」と「技術を吸収する力（absorptive capacity）」が鍵になると言われている。先行研究によると、「技術開発力を吸収する力」は過去に行なった研究開発への投資に大きく影響されるといわれている(Cohen and Levinthal, 1989, 1990)。この考え方に基づき[3]、研究開発（R&D）費を概観すると、キャッチアップへの努力レベル及び将来の経済成長の可能性についての考察をある程度行うことができる。表 1 では、研究開発費の割合を国の所得レベルで 2007 年から 2018 年の間比較した。

この表からいくつかのことが言える。第 1 には前述の GDP の割合と同様に高所得国の研究開発割合の全体に占める割合が過去 10 年間で上位中所得国の割合の増加と相対的に減少している。つまり、研究開発は高所得国のみではなく、徐々にいくつかの上位中所得国によっても活発に行われるようになってきている。ただ、これら上位中所得国内にも取り組み方に濃淡がある。例えば、上位中所得国の研究開発の割合が増加の多くは中国によってもたらされている。BRICS 国内でも、中国が突出しており他の諸国との差違が生じている。同様に下位中所得国ではインドの存在が顕著である。第 2 に低所得国による研究開発費の割合は 2013 年ごろまで若干増えているもののそれ以降は減ってきている。つまり低所得国と他の非先進国との格差は現在広がりつつある。

[2] *United States, Japan, Germany, France, Italy, the United Kingdom, and Canada*
[3] 後に述べるが、研究開発費に投資がなくてもイノベーション、つまり知識の新しい組み合わせは起こりうる。

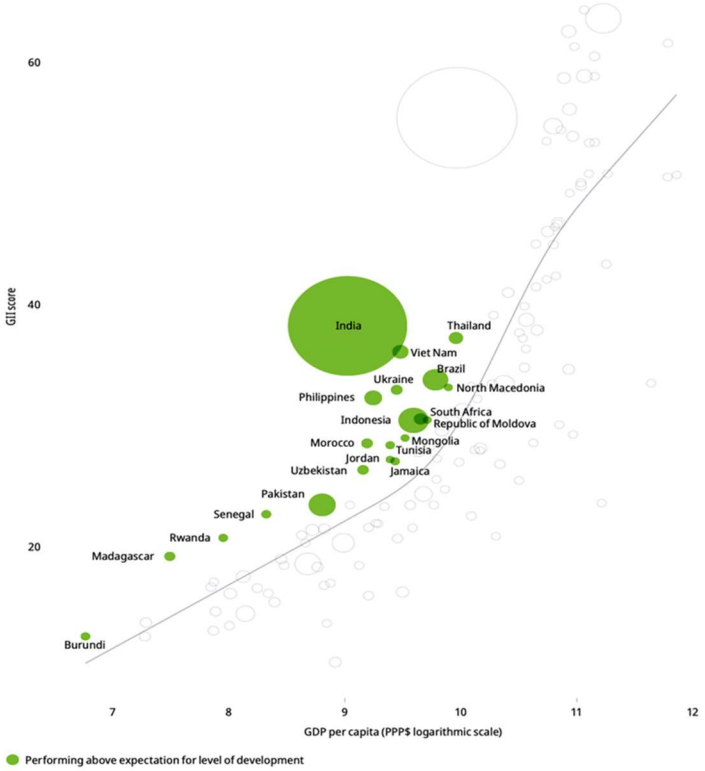
表 1 所得レベル別研究開発費の割合(2007−2018)

	2007	2009	2011	2013	2014	2018
高所得国	79.70	75.60	72.60	69.30	68.20	64.36
上位中所得国	16.10	19.90	22.70	25.80	27.50	31.21
下位中所得国	4.10	4.30	4.50	4.60	4.20	4.33
低所得国	0.20	0.20	0.20	0.30	0.10	0.10
BRICS 諸国＊						
中国（上位中所得国）	10.20	13.80	16.50	19.60	21.18	24.84
インド（下位中所得国）	2.70	3.00	3.20	n.d.	2.94	3.06
ロシア（上位中所得国）	2.00	2.00	1.70	1.70	1.62	1.28
ブラジル（上位中所国）	2.10	2.10	2.30	2.20	2.40	1.88
南アフリカ（上位中所得国）	0.40	0.40	0.30	0.30	0.31	0.29

Source: UNESCO, 2021
Note: ＊BRICS 諸国でインドのみ下位中位国（2018）。n.d.- データなし。

(3) イノベーション（GII 指標）

一般的にイノベーションは研究開発費がなくても起こる（Huang et al, 2010）と言われており、途上国においてはその傾向が顕著である。このためイノベーションの実施状況についても言及する必要がある。次に WIPO の発展レベル（一人当たりの GDP）以上のイノベーション（GI 指標)を実施している低・中所得国を概観する。



Source: Global Innovation Index Database, WIPO, 2023. Note: 円の大きさは人口のサイズ。ラインは一人当たりの GDP レベル想定される GII2023 で示されるイノベーションパフォーマンスのレベルを示す。GII スコアとはイノベーションの複合指標

図 3　所得レベル以上のイノベーションを実施している低・中所得国

WIPO のグローバルイノベーションインデックス（GII）は各国のイノベーション活動を複合指標でインデックス化し、国際比較を容易にしたものである。上記グラフは WIPO が毎年発表しているものであり、イノベーション活動を GI 値によって縦軸に示し、発展段階を所得レベル（一人当たりの GDP）に横軸に示している。このグラフ内の三次曲線は所得レベルに対して期待されるイノベーション活動の実施状況を示している。このグラフから先進国の多くも所得レベル以上のイノベーションをおこなっていることがわかるが、途上国の国名を明記したバブルが示しているように途上国でも同様にイノベーションが行われている。

上記は 2023 年のみのスナップショット的な結果であるが、表 2 に 2011 年以降の時系列情報を補っている。これを見るとイノベーションを長期間（2011 年以降）―10 年以上―継続的に実施している国々は、インド、モルドバ、ベトナム、モンゴロ、ルワンダ、ウクライナ、タイの 7 カ国と決して多くない。またこれらは特に上位中所得に集中しているわけでなく、下位中所得、低所得と全て所得レベルで存在している。つまり、所得レベルが高ければイノベーションが実施されるのではなく、政策、産業活動、人材などその国の持つ要因の組み合わせによって、イノベーションの実施が左右されその国の発展・成長に貢献している。つまり今後「途上国」の趨勢を読み取るには、さまざまな所得レベルにある途上国・新興国が異なる速度で科学技術イノベーションを行っている現状に注意を払っていく必要がある。

表 2 期待値以上のイノベーションパフォーマンスをした低・中所得国

国	所得レベル	期待位置以上の結果を得た年
インド	下位 中所得国	2011-23 (13 年間)
モルドバ	上位中所得国	2011-23 (13 年間)
ベトナム	下位 中所得国	2011-23 (13 年間)
モンゴル	下位 中所得国	2011-15, 2018-23 (11 年間)
ルワンダ	低所得国	2012, 2014-23 (11 年間)
ウクライナ	下位 中所得国	2012, 2014-23 (11 年間)
タイ	上位中所得国	2011, 2014-2015, 2023 (11 年間)
ヨルダン	上位中所得国	2011-2015, 2022-2023 (7 年間)
マダガスカル	低所得国	2016-2018, 2020-2023 (7 年間)
セネガル	下位 中所得国	2021-2015, 2017, 2023 (6 年間)
南アフリカ	上位中所得国	2018-2023 (6 年間)
モロッコ	下位 中所得国	2015, 2020-2023 (5 年間)
フィリピン	下位 中所得国	2019, 2020-2023 (5 年間)
チュニジア	下位 中所得国	2018, 2020-2023 (5 年間)
ブルンジ	低所得国	2017, 2019, 2022-2023 (4 年間)
ブラジル	上位中所得国	2021-2023 (3 年間)
ジャマイカ	上位中所得国	2020, 2022-2023 (3 年間)
北マセドニア	上位中所得国	2019-2020 2023 (3 年間)
インドネシア	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)
パキスタン	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)
ウズベキスタン	下位 中所得国	2022-2023 (2 年間)

Source: Global Innovation Index Database, WIPO, 2023.

2. 歴史的な背景

ここではこの途上国の多様性と科学技術イノベーションとの関係を少し歴史的に把握することとする。巻頭で途上国の科学技術・イノベーションの重要性は最近の傾向であるかのような印象を与えたかもしれないが、途上国での議論は何も近年始まったものではない。ここでは歴史的な趨勢を理解することから途上国の技術的能力（technological capabilities）に関わる議論の大

きな流れを理解することを目的とする。地域別にまとめて述べているが、地域内においても細かな違いがある。

途上国の科学技術や高等教育に関わる大学や公的・研究機関の多くは、植民地時代にその基礎が形成され、独立後に国の機関として設立された。第 2 次世界大戦後、1960 年代に植民地であった多くの途上国が独立し、建国とともに食糧不足・公衆衛生の構築・医療体制の不備・インフラの構築等さまざまな課題を対応する必要があった。これら途上国への支援には、ヨーロッパの戦後復興を支援したマーシャルプランのような財政面の支援のみではなく、課題を解決のために必要な能力―科学・技術能力―への技術的支援（技術移転）の必要性が認識されることとなった。

(1) 技術移転についての国際機関における議論

途上国の発展を支援する上で科学・技術能力の欠如が問題であり、これらの構築が急務であるという認識がひろがりつつあったが、認識と実施には多くのギャップがあった。事実、1970 年に発表されたサセックス宣言（Sussex Manifesto）によると、この時点での全途上国による研究開発費の割合は世界全体のわずか 2%であり、アメリカ（70%）とその他の先進国（28%）に比べて大きく見劣りしていた[4]。さらに、この時期の先進国による研究開発費の内訳は、原子力（7%）、宇宙（15%）、防衛（29%）、経済（26%）、厚生（22%）となっており、途上国特有の問題解決への投資は全体のわずか 1%しか向けられていなかった（OECD 1967）。つまり、先進国は財政的な支援は行いつつも、研究開発費を投じて途上国の課題解決を行うに至っていなかった。このことから、途上国では自らの力で、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）の構築」を先進国からの「技術移転」を行いながら進める必要があるという認識が共有されはじめた。

技術移転と独自の科学技術力の向上を経て発展を遂げようとする途上国と経済力を持つ先進国との間で支援の内容について何らかの対峙があったことは 1974 年に国連総会で採択された、「新国際秩序（New International Economic Order : NIEO）宣言」から読み取ることができる。なぜなら、この宣言の中で、先進国による途上国の支援は「援助ではなく貿易」であるべきと明記し、途上国に経済活動を活性化するべく工業化、農業生産、金融、そしてそれら活動に必要な技術移転を政府主体で促進することを改めて要求しているからである。つまり、この時点において多く途上国において先進国から十分な途上国の発展に資する支援がされていないという認識を共有していたと考えられる。このような背景の中、多くの途上国は 1970 年代まで、経済活動、貿易の不均等、技術移転の重要性についての主張を NIEO の下、国際的に主張していた。しかしながら、1973 年のオイルショックによる原油価格の上昇、途上国の財政収支の悪化、先進国の景気低迷による輸入の伸び悩みが相まって徐々に途上国債務が累積し 1980 年代には債務危機に陥り、国際金融機関（IMF・WB）からの債務繰延受け入れなければならなくなった。この債務問題をきっかけに NIEO で行われた途上国による主張は途絶えてしまった。

Box 1 Sussex Manifesto

サセックス宣言では「技術移転」と、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）構築」をし、途上国の科学技術政策に資するために、以下のような指標を用いたターゲットを先進国、途上国双方に提示している。

- 途上国の研究開発費を GNP 比 0.2%（当時）から 0.5%にする。
- 先進国は途上国科学技術推進のための支援（技術移転など）を行う。
- 先進国は GNP 比 0.05%を途上国の科学技術支援（ODA）に活用する。
- 先進国の研究開発 5%を途上国の問題解決に活用する。
- 途上国への科学技術の知識の伝播（コミュニケーション）とアクセスを改善する。

[4] 中央計画的経済は除く。

このサセックス宣言は元々「国連開発のための科学技術に関する国連世界行動計画(1970 年)」の序章としてサセックスグループによって執筆された。しかしながら、途上国、先進国双方に具体的な達成指標を設定するなど、当時としては前衛的すぎる内容であったため、賛同が得られず、結局計画の Annex として巻末に加えられた[5]。前述した「新国際秩序(New International Economic Order) 宣言」と同様、支援内容に関する先進国と途上国の対峙に科学技術が大いに関わっていたことがこれら文書から伺える。最近では MDGs から SDGs に移行する際の 17 目標の選定過程にも科学技術力を向上したい途上国 (例えば目標 9) とガバナンスを維持しようとする先進国との駆け引きがあったとされる。

(2) 途上国の科学技術政策

1960 年代から途上国では「技術移転 (technology transfer)」と、「独自の科学技術力 (indigenous scientific and technical resources)構築」を推し進めるべく、政策が試行された。政策の成果はその国の歴史、地理、政治的条件及び、国が所有する資源の有無などによっても左右され、その結果もまた地域によって異なる。ここでは地域別に大まかな特徴的背景を説明する。

A. アフリカ諸国

アフリカ諸国は 1960 年代に次々と独立し、当初は順調に経済成長をしていた。この時期、アフリカ諸国が課題解決する上で科学技術に大きく期待していたことを、アフリカ統一機構 (OAU : Organization of African Unity) 創立の創立スピーチの一部からも伺うことができる (Box 2 参照)。

Box 2 アフリカにおける科学技術政策への期待

「我々は機械を蓄積し、製鉄所、工場を設立し、大陸内の国々をコミュニケーションネットワークで繋ぎ、水力発電で世界を驚愕させる。さらに、沼地を排水し、病気の蔓延している地域を浄化し、人々に食料を与え、寄生虫や病気を取り除き、 サハラに緑豊かな植生のある広大な畑に花を咲かせる。これらは全て科学技術の可能性の範囲内である。」[6]

上記は 1963 年 5 月 24 日にアディスアベバで開催されたアフリカ統一機構での創立サミットでガーナのクワメ・ンクルマ大統領 (当時) の行ったスピーチの一節である。ここからも建国が相次いでいたアフリカ地域は将来的な発展を達成するべく「科学技術」に高い期待を抱いていたことを伺うことができる。なお、クワメ大統領の像はアフリカ連合の本部ビルに設置されている。また、この一節は「アフリカの科学技術戦略 2024」の最初のページにも掲載されている。

このアフリカ諸国の状況は 1973 年に発生したオイルショックによって急変した。石油価格の急激な上昇は、アフリカ経済に直接大きな打撃を与えただけでなく、現状にそぐわない国内開発

[5] しかし、科学政策研究の第一人者である Chris Freeman, 開発経済学の第一人者である Hans Singer によって構成されていた Sussex group (Chris Freeman, Hans Singer, Charles Cooper, Geoffrey Oldham among others) の作者は、この取り扱いに反し、サセックス宣言 (Sussex Manifesto) として発表した。
https://steps-centre.org/wp-content/uploads/bell-paper-33.pdf
(最終アクセス 2022 年 9 月 27 日)

[6] President Kwame Nkruma of Ghana made a speech at the foundation summit of a speech at the Organization of African Unity in Addis Ababa, 24 May 1963. Many African STI frameworks make reference to this excerpt.
"*We shall accumulate machinery and establish steel works, iron foundries and factories; we shall link the various states of our continent with communications; we shall astound the world with our hydroelectric power; we shall drain marshes and swamps, clear infested areas, feed the undernourished, and rid our people of parasites and disease. It is within the possibility of science and technology to make even the Sahara bloom into a vast field with verdant vegetation for agricultural and industrial developments*".

計画の実施、先進国の景気低迷による輸入減少によって資源輸出に依存していたアフリカ経済が不安定化した。さらに同時期、産油国のオイルマネーが先進国に集中し、冷戦中アフリカ諸国を味方に引き入れたがった先進国政府が当時のアフリカの独裁政権に返済の可否に関係ない貸付を進めたため、70 年代にアフリカ諸国の債務は累積した。80 年代に世界的に金利上昇したため、債務を抱えるアフリカ諸国は返済が不可能となる「債務危機」に陥った。

このような状況を踏まえ、世界銀行と国際通貨基金（IMF）は債務繰延の条件に、債務国に緊縮財政策を促す、構造調整プログラム（Structural Adjustment Programs）を実行した。これは、債務国に対し、厳しい緊縮財政（Conditionality）や貿易の自由化、国営企業の民営化の促進などを課した。これら政策の結果、国内投資の低迷や公務員の失業増加、貧困の悪化を引き起こしたと批判されている[7]。特にアフリカ地域においては貧困や格差が拡大したと言われている。また、科学技術分野では、緊縮財政を強いられた際、高等教育、研究機関への予算が長きにわたって削減され、科学技術の知見をもつ人材育成の機会が失われた[8]。

もちろん、1980 年代にアフリカ諸国が科学技術の重要性を無視していたわけではない。アフリカ統一機構では「経済のためのラゴス行動計画（1980）」をはじめキリマンジャロ宣言（1987）、ハルツーム宣言（1988）、アブジャ声明（1989）において科学技術がアフリカにおける社会課題解決（食料問題、環境問題、水不足、生産性向上）に重要な役割を担うと宣言され、研究開発費支出を GDP 比 1%にすることを目標にしている（Iizuka et al, 2015）。しかしながら、多くのアフリカ諸国で 80 年代、90 年代の間、債務危機に起因する政治・経済的に不安定な時期が続いたため、具体的な対策の実施には至らなかった。長きにわたって科学技術の基盤構築に投資できなかったことは、脆弱な産業基盤と相まって、経済発展の機会が制限された。2000 年以降のアフリカ連合（African Union: AU）における高等教育・科学技術への強い働きかけ（Box 3 参照）にはこのような背景がある。

Box 3

2005 年アフリカ連合[9]における“**科学技術の包括的計画**（S&T Consolidated Plan of Action（CPA）”が作成され、 2007 年科学技術大臣評議会（Ministerial Council for Science and Technology : AMCOST ）承認されたことによって、アフリカ大陸において科学技術・イノベーション政策への動きが、具体的に動き始めた。ここで強調された 3 つの柱は **1）能力開発、2）知識の構築と 3）技術とイノベーション**、である。
アフリカ連合は 2007 年を「アフリカの科学的イノベーションの年」と宣言し、7 年間にわたり、研究開発プログラムを通じて科学技術イノベーション政策の状況を改善することを掲げ、2010 年を目指して以下の目標を立てた。（1）R&D 支出を GDP 比 1%、（2）科学技術の Center of Excellence を設立、（3）アフリカの大学を再構築、（4）ST&I 指標と ASTII（アフリカの科学指標のためのイニシアティブ）育成や拠点の設立である。

[7] これら批判を受け、IMF と世界銀行は 1990 年代には、「重債務貧困国イニシアチブ」、2005 年には「マルチ債務救済イニシアチブ」、ジュビリー債務キャンペーンという市民運動も相まって、G8 でアフリカの住債務国の債務が 100%免除する債務救済が行われた。

[8] この点は、比較可能なデータがないため、いくつかの 2 次資料に基づいている。Babaloa, et al (1999)は構造調整下のナイジェリアとザンビアの教育支出を教育レベル（小・中・高）ごとに比較し、構造調整下、これら国々では、高等教育支出は少なくなっているものの、減額幅は中等教育の方が大きかったとしている。一方、世界銀行（1991）の「アフリカの大学：安定化と再生化」によると、構造調整下において大学への入学率が 1980 年代 61%上昇したと報告している。しかしながら、学生当たりの支出は 70%の縮小、図書館の本へのアクセスは 80%縮小、教員の給料は 30%減少し、教育の質の低下を招いたとされる。特に緊縮財政下、エチオピア、ガーナ、ナイジェリア、スーダン、ウガンダ、ザンビアの大学や公的研究所における高度なスキルを持つ人材の処遇が悪化し、すでにわずかだった研究への投資が予算の 1%以下に削減され,研究に関わる人材の半分が海外に流出した（Saint、1992）としている。同様に、アフリカ開銀グループ（2008）「高等教育、科学技術戦略（Strategy for higher education, science and technology）」は、20 年もの間、対アフリカ援助は常に初等教育を優先し、高等教育への支援は行われなかったと報告している。アフリカ開発銀行でも高等教育を支援し始めたのは 1999 年以降であり、また現在でも初等教育へ 26.6%, 中等教育へ 23.3%、TVET 35.3%、高等教育 10.3%、識字教育と非フォーマル教育 5.9%と、高等教育への支援が比較的低くなっている。これらを鑑み、アフリカ開発銀行（AfDB）の戦略文書（2008）では高等教育と科学技術への支援を強化することを明記している。

[9] アフリカ統一機構は 2002 年アフリカ連合に置き換えられた。

2014 年にはアフリカ科学技術・イノベーション戦略 2024 （STISA 2024）が AU によって策定される。アフリカの科学、技術、イノベーション戦略（STISA）に挙げられた 6 課題は以下の通りである。

1. 餓の根絶と食料安全保障
2. 病気の予防と管理
3. コミュニケーションと知識のモビリティ
4. スペースの保護
5. アフリカ・コミュニティの構築
6. 富の創造

上記の目標はアフリカの 2063 年開発プラン及び SDGs の目標にも共通点が見られる。また、ここからも科学技術・イノベーションが国の発展の核となるべく政策であると認識が共有されていることがわかる。

Source: AU, STISA 2024

2000 年頃まで、科学技術政策は高等教育、大学・研究機関を主に政策の対象としていたが、2000 年頃から ICT やイノベーションにも対象が広げられ、2010 年ごろから多くの国でこれら分野の戦略・計画が策定され始めていている（Iizuka et al, 2015）。特に、高等教育・研究開発の拠点を構築すると共にその成果をいかに企業や課題解決に役立てていくのかが政策上の大きな焦点になっている（AfDB, 2008）。

アフリカ諸国の一般的な科学技術指標（R&D、特許、など）は南アフリカ共和国を除き、OECD 諸国のそれらにまだまだ大きく見劣りするが、ケニヤの携帯電話で送金を可能にした M-PESA、ルワンダで血液輸送にドローンを活用する Zipline、セネガルで分散型再生可能エネルギー供給インフラを展開する TUMIQUI など、先進国では既存のインフラがあるため採用されにくいデジタル・新興技術に基づく新しい製品やサービスが社会的ニーズに応えるイノベーションとして次々と導入されている（Disruptive Innovation[10]）。インフラの整備が十分でないアフリカの状況下、既存の技術をリバースエンジニアして学んでいくキャッチアップ型と異なる、これらを飛び越える（リープフロッグ）型のイノベーションによる発展経路の可能性を示している。アフリカのこのような成功事例はまだ数える程度であるが、これらがスケールアップすることによって大きな技術的転換（transformation）になっていく可能性がある。もちろん、実現のためには政策、大学研究機関、企業（国内外のスタートアップも含む）がうまく連携できるイノベーション・システムが形成され機能しなくてはならない。

B. ラテンアメリカ諸国

ラテンアメリカ諸国では、アフリカよりも早く「技術移転（technology transfer）」と、「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）構築」を推し進めるべく、さまざまな政策を施行する努力がなされた。ここでは、代表的な政策として「輸入代替工業化政策」について触れておく。当時多くの途上国は、1 次産品を輸出し、工業製品を輸入するという、資源に依存した経済を営んでいた。このため、交易条件の悪化と価格の乱高価により経常・貿易収支が不安定化し、自国産業の競争力向上へ投資が行えず、ますます付加価値の高い工業品を輸入頼る、というネガティブ・スパイラルに陥っていた。この状態からの脱却を狙ったのが、「輸入代替工業化政策」である。具体的に、自国の産業に国際競争力をつけるため、「一時的」に高関税や補助金などの政策を用いて国際的な競争から自国の産業（幼稚産業）を保護（「幼稚産業の保護」）するというものであった。

多くの国が天然資源に依存するラテンアメリカ諸国では、1950−60 年代からこの政策が導入

[10] Disruptive innovation の日本語訳に「非連続なイノベーション」が使われているが、誤解を含めて「破壊的な」という訳をここではあえて使っている。

され[11]、アジア諸国もそれに続いた。この政策で重要な点は、自国の産業が国際的な競争から「一時的に」保護されている間に競争力を向上させることであった。しかしながら、市場が保障されている状況下にある企業に研究開発費を先行投資させること、それら活動への補助金などから政府支出の増加、もともと乏しい自国の能力で「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）」を構築し、企業の競争力に転換することを「一時的」な期間に達成することは困難をきわめた。また、「一時的」な期間をどのように設定し、ソフトランディングさせるのかという、政策上の課題もあった。このため、当政策を実施した多くの国では、経済成長も企業の競争力向上も得られることなく、ただただ財政赤字を増大させることとなった。この政策による失敗はその当時の債務危機と相まって、ラテンアメリカ諸国の 1980 年代が「失われた 10 年」と言われる主な原因とされている（Meller, 1990）。

1990 年代から、多くのラテンアメリカ諸国はそれまでの保護貿易主義をやめて、経済自由化へ舵をとり、関税の引き下げ、自由化、民営化、輸出促進、海外直接投資招聘、輸出特区設置などの政策が相次いで取られた。これによって経済成長率は好転したが、短期間で経済を自由化したことで国内にわずかながらも残っていた非効率な製造業をさらに弱体化させ、１次産品に依存した経済体制（輸出加工地区を作っていたメキシコを除く）に逆戻りしてしまうという状況を生み出した。そして、2000 年代からの資源ブーム、活況な農産品の輸出によって、1 次産品依存の経済体制はより一層強まった。この繰り返される「資源の呪い」からも逃れるには、天然資源に科学技術・イノベーションの力を用いて付加価値のある製造・サービス産業を資源産業の川上・川下に構築することが現在も重要な科学技術イノベーション政策の課題とされている（Marin et al, 2015, Crespi et al, 2020, Pietrobelli et al, 2023）。特に現在 EV（電気自動車）製造に必要な銅、ニッケルなどの伝統的な鉱石に加え、リチウム、クリティカルミネラルなどを生産している諸国での川上、川下産業育成政策の重要性が論じられている（Pietrobelli et al, 2023）。

C. 東、東南アジア諸国

アジアには、東アジア、東南アジア、南アジア、西アジアと広範な地域に、多様な社会、経済文化背景をもつ国々が存在している。ここでは、日本との関わり合いが深い、東、東南アジア諸国について言及する。日本は、60 年代から 90 年代初期にかけ産業構造の高度化過程の中で成熟期あるいは大量生産期を迎えた製造プロセスをコスト優位性が持つアジア諸国―香港、韓国、台湾、シンガポール（NICs: Newly Industrialized Countries）―に移転することで製造業の分業体制を形成していった。この産業移転に伴い、日本は技術提供と投資出資を積極的に行なった。

これらアジア諸国が技術力を向上し、経済的なキャッチアップを可能にしたのは、輸出市場の要求に応えるために、技術・産業機械の導入し技術を吸収（技術の吸収力 : absorptive capacity）するため、研究開発投資と政策的支援を国と企業レベルで積極的に行ったためと言われている（Hobday, 1995, Kim, 1997, Lee and Lim, 2001）。つまり、アジア諸国が技術力を構築し、最終的に自前のブランドを持つという段階的な成長を遂げた[12]背後には技術の構築への政府と企業の努力があった、とされている。

1990 年代、東アジア諸国の高い成長率は輸出市場を活用した「輸出志向型工業化政策」の成果と考えられ、政府主導による「輸入代替工業化政策」用いて経済が低迷したラテンアメリカ諸国や債務問題を抱えたアフリカ諸国と対比された。世界銀行は東アジアが輸出市場、外国投資を活用し、マクロ経済のバランスを保ち、市場競争原理を導入し競争力を向上した点に注目し、「市場 vs 政府」を中心とする議論を展開し市場経済の力を活用したアジアの事例を「東アジアの奇跡」と呼んだ（World Bank, 1993）。しかしながら、この「市場 vs 政府」の議論では、市場原理の部分が強調され、技術能力の転移や構築を可能とした企業努力や政府の介入について深い考察がなされていなかった。

事実、東アジア諸国の次に展開した東南アジア諸国では輸出、外資を用いて経済成長したにも

[11] 1930 年ごろから導入されたという説もある。Prebisch, 1950.
[12] これら技術能力についてのアジアの事例は、Lin Su Kim, Alice Amsden, Robert Wade, Mike Hobday 及び多くの研究者によって明らかにされている。この途上国における技術能力(Technological capability)の議論ついては後述する。

かかわらず、長期的な経済成長に繋がらない、「中所得国のわな」に陥った理由として、技術力の構築の欠如による労働力集約的生産工程からの脱却ができないことが挙げられている。後の世界銀行の報告書（World Bank, 2019）には「中所得国のわな」から抜け出すためには技術能力の構築―(1)生産及び雇用の高度化、(2)技術革新の推進 、(3)教育制度を新たな技術習得から新たな商品やプロセスの創造(イノベーション)へのシフト、が必要であると論を展開している。この世界銀行の議論以前に、技術のキャッチアップには「独自の科学技術力（indigenous scientific and technical resources）の構築」力（Bell and Pavitt, 1995）とともに、技術の転換期を（windows of opportunity）うまく捉える必要があるという議論（Lee and Malerba, 2017 など）がなされている。現在、第４次産業革命と言われ、多くの基盤技術（モビリティ、エネルギー、金融など）の転換期にあることからも科学技術の能力、政策への関心の高まりが途上国にも広がっている。

以上、途上国の発展段階を歴史的変遷の中で、科学技術イノベーション政策という観点からアフリカ、ラテンアメリカ、アジア地域の特徴的な点に触れながら、大まかな流れを概観した。巻頭で「途上国」の存在が科学技術イノベーション活動において高まっていると述べた。また科学技術イノベーションのレベルの格差も従来の様に先進国 vs 途上国ではなく、途上国間にも生まれつつあることに言及した。ここでは、歴史的変遷を概観することで「途上国」の多様性の背後にある歴史的要因を理解することを試みた。

なお、ここでは紙面の関係上、歴史的変遷を地域別にやや大雑把にまとめている。同地域にあっても国によって政策、資源、産業構造が異なるため、ここで述べたのはあくまで大きな流れである。国別の科学技術イノベーション分野の支援策を考察する際には、国やセクターレベルで詳細な分析をおこなっている先行研究を参照されたい。

3. これまでの中心的な議論

途上国の科学技術イノベーション研究において、「どのように技術イノベーション[13]能力（Innovation（technological） capability）を構築していくのか」という問いは中心的なテーマである。なぜなら、技術イノベーション能力は競争力の源泉であり、この能力を向上することで、競争力をつけ、先進国に経済的にキャッチアップできると考えられているからである。なお、途上国の技術イノベーション能力向上には（1）技術移転と（2）独自の科学技術（indigenous scientific and technical resources）の構築が必要とされ、これまで政策介入は上記２つを実現することを目標としている。近年においては競争力、キャッチアップのみならず、科学技術力は不明瞭な将来課題解決にも重要な役割を担う。

ではなぜ、開発の過程に技術イノベーション能力が必要と考えられるようになったのであろうか？開発経済において貿易赤字、債務問題などマクロ経済的な理解が主流だった経済発展の議論に、Abramovitz （1986）は「社会的能力」が国の成長を決定づけると唱えた。そして、能力の主要な構成要素を、管理能力と技術能力、大規模な資本を動員できる市場及び制度、安定した効果的な政府、国民の広範な信頼に分類した。その後、Lall（1992）は「能力」を国レベルのものと企業レベルに分け、企業レベルの技術能力（Firm level technological capability: FTC）は投資過程、生産過程、リンケージに分類し（表 3 参照）、国レベルの技術能力（National Technological Capability: NTC）はインフラ、人的資源と技術構築への努力（technological effort）とした。そして、技術能力の向上は、国レベルと企業レベルの技術能力が相互作用することによってもたらされるとした（Lall, 1992）。

[13] 技術イノベーション能力（Innovation（technological） capability）Technological capability は学術的によく使われているが、ここでは Bell, 2009 に基づき、Innovation capability と Technological capability を同義語として明記している。

表 3　技術イノベーション能力のマトリックス

		投資過程		生産過程			
複雑度		投資前	プロジェクト実施	プロセスエンジニアリング	プロダクトエンジニアリング	インダストリアルエンジニアリング	リンケージ（連携）
基礎	簡単なルーテーン（経験に基づく）	プレフィージビリティおよびフィージビリティ・スタディ,サイト選択;投資のスケジューリング	土木建設、関連するサービス;機器の組み立て、試運転	機材の欠陥に対応する、品質管理;プロセス技術の同化	製品設計の同化、市場のニーズへの簡単な適応	ワークフロー、スケジューリング、作業効率化、在庫管理	商品とサービスの現地調達、サプライヤーとの情報交換
中級	技術の適応と複製（探索に基づく）	技術ソースの探索、契約の交渉、バーゲニング、情報・システム	機器の調達;詳細なエンジニアリング、熟練した人材の訓練と採用	機器の拡張、プロセスの適応とコスト削減、新技術のライセンス取得	製品の品質向上、新しい輸入製品技術のライセンス取得と技術の同化	生産性の監視。調整の改善	現地サプライヤーへの技術移転、コーディネートされたデザイン、科学技術リンク
上級	革新的・リスクが高い 技術(研究に基づく)		基本的なプロセス設計、装置の設計と供給	社内のプロセスイノベーション、基礎研究	企業によるプロダクト・イノベーション、基礎研究		完成品を引き渡しする能力、共同研究開発、自社技術を他社にライセンス供与

Source: Based on Lall, 1992

以上の考え方に基づき、この頃(1980s−1990s)成長が目覚ましかった韓国や台湾企業（製造業）の事例研究が行われ、技術能力習得のプロセスが解明された。それら研究は、途上国の技術の習得は先進国のような研究開発（R&D）から始まっているではなく、他者（社）からの「模倣から学習（Learning by imitating)」し、自社の生産体制・市場の状況に適応（Adapt）する、という「リバース・エンジニアリング（reverse engineering)」の過程を経ていることを明らかにした。これは、途上国が、まず何らかの形で製造過程に参入し、製造しながら学習し、技術レベルを向上させ、競争力をつけ、最終的に自らがデザインした（ブランド）製品を製造するという漸進的な（incremental）イノベーションによって能力を向上させる形態である。つまり、途上国においては初期の段階においては「研究開発」よりも、技術吸収と適応力が、キャッチアップに重要な役割を果たしたと提唱したのである。(例えば、Hobday, 1995, 2003;　Kim, 1997）。

なお、技術能力は非常に複雑なスキルセットによって構成されていることが明らかになっている（表 3 参照)。つまり、技術能力とは「技術の変化を生み出し、管理するために展開される資源、スキル、および知識基盤の集合体」（Bell and Pavitt, 1995）であり、さまざまなスキルセットを効果的に学習していくことがキャッチアップに必須と考えられた。東アジア諸国の成功事例から、外部からの技術移転を促進させるために、多国籍企業の直接投資による現地生産、海外市場への輸出市場（learning from exporting）を政策的に活用すると同時に自国企業による学習へのインセンティブが与えられていたことが明らかになっている。

途上国の技術能力の研究はその後、政府、企業、大学などが状況に応じて技術の移転、伝播のために関係者間で協働を促す仕組み―イノベーション・システム―（Freeman, 1987、Lundvall,

1992, Nelson, 1993）の枠組みでも研究されている。特に途上国のイノベーション・システムは先進国と異なり、技術能力、人材やインフラ整備不足という問題のみならず、システム的な脆弱性―特に調整能力、継続性の欠如、研究開発と企業のつながりの弱さを抱えているとされている（Arocena and Sutz, 2000）。このため、これら脆弱性を克服し、システム内のアクター間の連携を向上させることができるのかについての研究が行われている。

4. これからの途上国における科学技術イノベーション

今日途上国の存在感の高まりは経済活動にとどまらず、科学技術・イノベーションの分野にも及んでいる。また「途上国」は、多様性に富む国々であり、これは科学技術イノベーションのレベルや政策的取り組み方においても同じことが言える。この様に途上国はさまざまなステージにある国々の集合体ではあるが、これらの国々において共通に重要な問いは「どのように技術イノベーション能力（Innovation（technological） capability）を構築していくのか？」である。

特に、途上国の技術能力の習得過程にはその国独自の背景が大きく影響する。例えば、技術能力の向上は必ずしも研究開発からではなく、他者（社）からの「模倣から学習(Learning by imitating)」し、自社の生産体制・市場の状況に適応（Adapt）する、という「リバース・エンジニアリング（reverse engineering)」の過程を経て達成されている。このため、先進国の政策事例を途上国に適用することはできず、途上国の特異性を理解し、最適な方法を選ぶことが、途上国の科学技術イノベーション政策の向上に貢献すると考えられている。また、先進国ではあまり考慮されない要因（例えば、宗教、文化など）にも配慮する必要がある。また、科学技術イノベーションの「学び」の主体は国、企業、システムがあり、途上国の特徴を踏まえた上でこれらを対象とした研究がされてきた。

途上国特有の課題や状況を解決するイノベーションとして、広がる格差を緩和するための包摂的なイノベーション（Inclusive innovation）、天然・農業資源を活用したイノベーション(Natural resource based/ Agricultural Innovation)などの研究も進められている。近年のデジタル化、第 4 次産業革命に伴い、途上国において新興技術が新しい形の製品やサービスを社会課題解決のために先進国に先んじて導入されている事例が多く散見されている。特に既存の産業、インフラ、規制などが整備されていない途上国で新技術導入ができるのは制限障壁が低いためだと言われている。例えば、デジタル立国を目指すルワンダはデジタル技術に特化した規制のサンドボックスを儲けることで先進国のスタートアップによる実証実験の場を与え、新しい技術導入及びそれに伴い必要となる人材育成を行うという積極的な政策をとっている。これらは限られた事例ではあるが、新技術導入のために参考となるデータ、制度、インフラモデルなどに途上国事例が参照されることが将来的に増えることになるかもしれない。

途上国の科学技術イノベーション指標は今まで整備されていなかったため、今までその研究の多くが事例研究にもとづいていた。近年、これら指標が国際的に比較可能な形で整備されはじめており、より詳細なエビデンスに基づいた比較分析が行われ、技術能力の構築過程メカニズムの解明が進むことに期待したい。ここでも、途上国経済に重要な農業／鉱業セクターや、インフォーマルセクターにおけるイノベーションの測定方法など、途上国の特徴を汲む先進事例が現在うまれつつあり、これら成果は将来的に先進国の政策への示唆を与えるのではないかと考えられる。

References

Abramovitz, M (1986) Catching up forging ahead and falling behind. Journal of Economic History, 46(2): 385-406.

African Development Bank Group (2008) Strategy for Higher education science and technology, AfDB.

Arocena R. and J. Sutz (2000) Looking at National System of Innovation from the South

Industry and Innovation 7(1):55-75

AU (2014) Science Technology and Innovation Strategy for Africa 2024 (STISA), Addis Ababa, AU.

Babalola, J.B., Lungwangwa, G. Adeyinka, A. A. (1999) Education under structural adjustment in Nigeria and Zambia, McGill Journal of Education, vo34(1) 79-98.

Bell, M. (2009) Innovation capabilities, Step-Center, Brighton.

Bell, M. and K. Pavitt (1995) The development of technological capabilities. Trade, Technology and International Competitiveness edited by I.U Haque, Washington D.C., World Bank.

Cohen, W M and D. A. Levinthal (1990) Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation, Administrative Science Quarterly, 35: 128-153.

Cohen W.M and D.A. Levinthal (1989) Innovation and learning: the two faces of R&D, Economic Journal, 99: 569-596

Crespi, G., Dutrenit, G.(ed) (2016) Science, Technology and Innovation Policies for Development: The Latin American Experience, Springer.

Crespi G., Katz, J., Olivari, J. (2020) Innovation, natural resource-based activities and growth in emerging economies, the formation and role of knowledge intensive service firms, In Andersen A and Marin, A (eds) Learning and Innovation in Natural Resource Based Industries, Routledge:23 pages.

Dutrenit, G. (2000) Learning and Knowledge management in the firm from knowledge accumulation to strategic capabilities. Cheltenham. Edward Elger

Figueiredo, P.N (2003) Learning, capability accumulation and firm differences: evidence from latecomer steel. industrial and corporate change, 12(3), 607-643,

Freeman, F. (1987) Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan, Pinter.

Hobday, M. (1995) Innovation in East Asia: the challenge to Japan. Cheltenham, Edward Elgar

Hobday, M (2003) Innovation in Asian industrialization: A Gershenkronian perspective. Oxford Development Studies 31 (3): 293-315.

Huang, C., Arundel, A., Hollanders, H., (2010) How firms innovate: R&D, non -R&D, and technology adoption, UNU-MERIT working paper, 2010-027. Maastricht.

Iizuka, M., Mawoko, P. and Gault, F. (2015) Innovation for Development in Southern & Eastern Africa: Challenges for Promoting ST&I Policy. UNU-MERIT Policy Brief, 1, 1-8.

Interakumnard, P (2019) Thailand's Middle-Income Trap: Firms' Technological Upgrading and Innovation and Government Policies, Seoul Journal of Economics 2019, Vol. 32, No. 1

Kim, L-S (1997) Imitation to innovation. The dynamics of Korea's technological learning. Boston, MA; Harvard Business School Press.

Kim, L-S (1980) Stages of development of industrial technology in a developing country: A model. Research Policy.

Kim, L-S and C. Dahlman (1992) "Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience" Research Policy, 21, pp. 437- 452.

Lall, S. (1992) Technological capabilities and industrialization. World Development 20(2): 165-186.

Lee, K., and Lim, C., (2001) Technological Regimes, Catching-Up and Leapfrogging: Findings from the Korean Industries, Research Policy, 30(3):459-483.

Lee, K., and F. Malerba (2017) Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems, Research Policy, 46 (2): 338-351

Lundvall, B.A ed (1992) National Systems of Innovation, towards a theory of innovation and interactive learning. London, Pinter.

Lundvall, B.-Å. (2007) 'Innovations system research, where it comes from and where it might go', Globelics Working Paper Series No. 2007-01, Aalborg, Denmark: Globelics.

Marin, A., Naves Aleman, L., Perez, C. (2015) Natural Resource Industries: As a Platform for the Development of Knowledge Intensive Industries, Journal of Economic and Human Geography, Vol 106 (2): 154-168.

Meller, Patricio 1990 Trad and development in Latin America, Tokyo, JICA.

Nelson, R ed (1993) National Innovation Systems: A Comparative Analysis, University of Oxford Press.

Pietrobelli, C., Calzada Olvera, B., Iizuka, M., Torres, C. (2023) Suppliers' entry, upgrading, and innovation in mining GVCs: lessons from Argentina, Brazil, and Peru, Industrial and Corporate Change.

Prebisch, R. (1960) The economic development of Latin America and its Principal problems. New York: United Nations.

Saint, W.S. (1992) Universities in Africa: Strategies for Stabilization and Revitalization, Washington D.C. World Bank.

Sussex Group (1970) Sussex Manifesto, Brighton, University of Sussex

WIPO (2011), Global Innovation Index, WIPO, Geneva

World Bank (1993) The East Asian Miracle, A World Bank Policy Report, Washington D.C., World Bank.

World Bank (2019) World Development Report, Washington D.C., World Bank.

Data

IMF data　2022

UNESCO data, 2021

（注）本稿は、英語で書かれた対応するコアコンテンツの原稿を和訳したものです。翻訳は、コアカリキュラム編集委員会の事務局である政策研究大学院大学 SciREX センターが専門の翻訳者に委託しました。なお、和訳に疑義がある場合は、本コンテンツの英語版をご参照下さい。

1.5.2 国際関係と STI（科学技術イノベーション）

マシュー・ブラマー[1]

初版発行 2023 年 12 月 8 日　　最終更新日：2023 年 12 月 8 日

国際関係と科学技術イノベーション（Science, Technology, and Innovation: STI）との関係は何か？軍事紛争や安全保障同盟が STI を生むのか、あるいは STI が紛争や同盟関係を生むのか。国際政治と国内の STI との関係をより良く理解することにより、それぞれの分野においてより適切な政策を策定することが可能となる。大国間の競争が激化し、第四次産業革命が進行中の今日において、この理解は極めて重要である。

キーワード
政治、権力、安全保障、戦争、脅威、同盟、制度、国際機関、アイデンティティ、規範、文化、科学、技術、イノベーション、第四次産業革命、人工知能

1　国際関係と STI

科学技術イノベーション（STI）は、国の貿易プロファイル（Krugman 1986、1991）、金融フロー（Strange 1986）、経済成長（Solow 1957; Romer 1986）、軍事力（Walts 1979）、防衛技術（Gilpin　1981）、そしてアイデンティティ（Wendt　1999、2003）を含む、現代の政治および経済関係のほとんど全ての面に影響を及ぼしている。したがって STI は、相対的な経済的影響力と絶対的な戦略的パワーの両面から、国家の世界的地位において重要な役割を果たしている（Cox 1981）。つまり、安全保障から制度、アイデンティティに至るまで、すべての主要な国際関係理論は STI を組み込んでいるのである。

理論が説得力をもたないとしても、歴史がこれを物語っている：第一次産業革命期の英国の台頭、第二次産業革命期のドイツと米国の台頭、20 世紀の日本の奇跡、そして現在の中国のグローバルな舞台での再台頭に代表されるように、STI を急速に向上させた国家は、それに対応して威信と権力が増大する（Mokyr 1990, 1992; Taylor 2016）。逆に、STI で成功を収められなかったり、そのフロンティアでの地位を維持できなかったりする国は、世界的な影響力を持つ立場から後退してしまう。歴史には、明の中国、オランダ共和国、スウェーデン、ポルトガル、ロシアなど、STI のリーダーシップと国際的地位が同時に低下した国の例が数多くある（Kennedy 1987）。

1政策研究大学院大学 助教授

実際、人類の歴史は、一方では STI 主導の革命（White 1966）、他方では戦争と同盟の形成（Cohen 1996; Tilly 1975）の連続という二つの側面から理解することができ、科学技術のブレークスルーは帝国主義的プロジェクトを形成するだけでなく（Headrick 1981; Baber 1996; Yang 2011）、グローバル・ノース（「持てる者」）とグローバル・サウスの双方におけるグローバリゼーション、国家、現代文化の爆発的な発展を促進し、加速させてきた（Mayer, Carpes, and Knoblich 2014; Chandler 1977; T.Hughes 2004; Iwabuchi 2021）。

今日、私たちは、大国間競争が激化する中で、新興科学技術のイノベーションに牽引される第四次産業革命（日本では Society 5.0 とも呼ばれる）を迎えようとしており、その原因と影響は人類の歴史の流れを再び形作ることになるだろう。そのため、学者も政策立案者も同様に、国際関係と STI との関係について問いかけ、その答えを求めている。

2　国際関係論と STI

まず最初に、国際関係論（IR）の研究者が、国際的な安全保障が国内の制度や政策にどのような影響を与えるかを詳細に研究してきたことに注目することが重要である。これには、戦争や紛争が、どのように国内の革命につながるか（Skocpol 1973, 1979）、民主主義的あるいは権威主義的な政治的軌跡を決定するか（Pollins 1992）、市民のナショナリズムを煽るか（Posen 1993）、市民とその権利を決定するか（Tilly 1999）、国の税制設計に影響を与えるか（Scheve and Stasavage 2010, 2012）、社会福祉支出の程度に影響を与えるか（Skocpol 1999）、マイノリティへの市民権拡張を促すか（Dudziak 2011）などが含まれる。革命、政府の体制、ナショナリズム、権利、税制、支出など、国際安全保障が国内の成果にどのような影響を与えるかを示すこれらの例はすべて、さらに多くの例と同様に（Grieco, Cheng, and Guzman 2014）、国の科学技術イノベーションのパフォーマンスと直接的または間接的に関連している（Brummer 2022）。このように、国際関係論の各主要な立場（現実主義、自由主義、構成主義）は、理由は異なるものの、STI を特に扱っている（Krishna-Hensel 2010）。

2.1 リアリズム

現実主義の研究者たちは、「自助」という無秩序な世界システムにおいて安全保障が国家の第一次的利益であるとの前提のもとで、主に STI の戦略的意味合いと力を最大化する効果に関心を寄せている。力の均衡（Morgenthau, 1948）と脅威の均衡（Walt, 1987）の両理論は、国家行動の理解に STI の進歩を組み込んでいるが、能力のイノベーションは必然的に均衡、力、脅威の変化をもたらす。例えば、Waltz（1979）は、馬車の車輪から造船、さらに鉄道技術、そしてそれ以降の技術革新が、軍事力の威力とその展開に根本的な変革をもたらしたように、技術が長距離での輸送能力に及ぼした深淵な影響を観察している。Walt (1987)もこれに同意し、この種のゲームチェンジングな発見は（その中でも核は特異な重要性を維持しているが）、勢力均衡から追従化まで、同盟形成の特定の方向性を決定しうると論じている。Posen (1986) によれば、技術は軍事ドクトリンそのものの重要な原動力であり、大戦略の策定を形作り影響を及ぼすものである。また、Fearon（1997）によれば、攻撃能力と防御能力の技術革新は、紛争に関与する論理そのものを変化させる。Jervis（1978）と Van Evera（1999）は、攻撃的兵器と防衛的兵器のバランスが、国家が互いの関係をどのように計算するかに決定的な影響を与えることを明らかにしている。Jervis（1978, 186）は、「安全保障のジレンマ」の説明の中で、ある国家の安全保障を求める行動が、他の国々の安全保障を脅かす可能性があり、他の国々はそれに反応するのだと論じている。したがって、攻撃技術と防衛技術のイノベーション（例えば、ミサイルとミサイル防衛システム）は、それぞれ相互に関連して発生する。さらに、技術が攻撃作戦に関連するコストを削減するにつれて、安全保障競争は激化すると主張する。要するに、技術が軍事力、同盟の形成、紛争と戦争の論理にどのような影響を与えるかが、このパラダイムの核心なのである。Weiss ワイス (2005, 308)は、合理主義者が「権力、安全保障、国

益といった概念は客観的かつ現実的なものであり、科学技術はそれらに外的な影響を与えるものである」と考えていることを指摘し、現実主義者の立場を端的に要約している。

2.2 リベラリズム

新自由主義の立場をとる研究者たちもまた、技術が国家の研究に不可欠であると考えているが、その理由と経路については大きく異なる結論に達している。リベラリストは一般に、地球規模の問題に対処し、危機的な国家間関係を管理するために、国際機関、条約、規範の創設や影響力を支持し、新しい STI がそうした国際機関、条約、規範を発展させる主要な動機となることが多いと主張する。例えば、Krasner （1983）は、イノベーションが戦争のコストを引き上げたり引き下げたりする能力が、国際体制に参加することの合理的な魅力にどのように影響するかを指摘している（Krasner は自らをリベラル派とは認めていないが）。同様に、国際貿易ネットワークとその開放性及び透明性を促進する上で、技術革新は、複雑な相互依存関係と共有する未来の基礎をもたらすことがある（Keohane and Nye 1977）。Keohane (1984, 101) は、国際レジームがいかに「情報を提供して取引コストを削減する存在」として機能し、合意を促進し、協力の可能性を高め、多国間交渉の条件を整え、さまざまな形の国家行動を合法化／非合法化し、レジーム内およびレジーム間の課題間の連携を促進し、政府が受け取る情報の質を高めるのに役立っているかを詳述している。技術がこうした業務の支出負担を軽減し、交渉の促進と協力の拡大における効率性と有効性を高めるのと同様に、技術は国際機関の妥当性と正統性そのものを左右しているとも言える。ただ、他の自由主義的な制度論者は、国家間の技術的・経済的相互接続が相互の繁栄を促進し、ひいてはより平和な世界をもたらすという考えを強調する（Friedman, 1999）。また、大前（1990）のように、技術の普及はやがて均等に発展した「ボーダーレスな世界」を生み出し、われわれが知っているような国家システムを完全に再構築するだろうという考え方もある。最後に、政府の種類、STI、国家間行動の関係については、長い間議論が続いている。例えば、民主主義国家は STI においてより効率的かつ効果的であり（Acemoglu and Robinson 2012）、STI において非効率的で紛争を起こしやすい権威主義政権（Doyle 1983）と比べて、互いに戦争を起こさないとしばしば言われる（民主的平和理論として知られる）が、これは大いに議論のあるところである（Lind, 2023）。

2.3 構成主義

STI と国際関係論の関係を研究する上で、構成主義者は、科学技術の発展が文化、規範、社会的慣行にどのような影響を及ぼしうるか、また、それらが国家間関係における説明力としてどのように機能しうるかを重視している（E. Haas 1975; P. Haas 1992; Hopf 1998）。これらの研究者にとって、STI は社会的、科学的、物理的環境によって規定された発展の過程をたどるのが常であり（Wendt 1999）、脅威認識や国家安全保障上の懸念といった要素を構成する共同体の「文化的規範」に組み込まれている（Katzenstein 1996）。国際関係に対する物質的な力の独立した影響に関する Wendt の記述は、技術的決定論（Bimber 1992）の視点を反映したものであり、社会構成主義が国際政治を扱う際の要であり（Wendt, 1999）、「世界国家が不可避である理由」（Wendt, 2003）を支える論理である。実際、テレコミュニケーションやインターネットのような技術は、社会を変容させるだけでなく、既成の権威や伝統的な権力中枢を弱体化させることもある（Schwartzman 1989）。重要なのは、Katzenstein (2003) が日本の技術と日米関係に関する研究で示しているように、国家は軍事同盟を維持しながら、技術的な競争を行うこともできるという点である。これらの主要な構成主義者全員にとって、技術は、規範、文化、アイデンティティに直接影響を及ぼし、それがひいては国際関係にも影響を及ぼすものである。

表 1：科学技術イノベーションに関する国際関係論の扱い

IR キャンプ	代表的な研究者	STI の影響
リアリズム	Gilpin, Mortenthau, Walt, Waltz	力とポジション
リベラリズム	Axelrod, Keohane, Krasner, Nye	国際的な機構とシステム
構成主義	Haas, Katzenstein, Wendt	文化・規範・アイデンティティ

2.4 国際関係と STI の因果関係を逆転させる

国際関係論における伝統的な研究の多くが STI を独立変数（国際面での結果の原因）として扱う一方で、外部環境を国内 STI の主要な説明変数として特別に扱う現代的な研究プログラムもいくつか登場している。

Doner, Ritchie, and Slater (2005)は、韓国、台湾及びシンガポールとマレーシア、フィリピン及びタイを比較し、なぜ前者は「開発国家」モデルを採用したが後者は採用しなかったのかについての理論を提示している。彼らは、これらの国々における技術高度化のシフトを促す中心的な変数は、資源不足と戦略的依存を取り巻く不安、すなわち国際的な脅威から派生する脆弱性であると論じている。Mark Taylor (2012, 2016)は、Doner (2005, 2009)に倣って、「創造的不安」と呼ばれる理論を展開している。この理論は、「海外からの経済的・軍事的競争の脅威と国内での政治的・経済的対立の危険性との間の正の差異」、言い換えれば、「海外からもたらされる脅威が国内の脅威を凌駕しているという認識」を説明するものである。このような条件下では、Schumpeter（[1942] 1976, 83）の創造的破壊に対する支持は高くなる。Taylor は、台湾、イスラエル、アイルランド、メキシコの 4 つのケースで、彼の理論を定性的に検証している。

同様に、国際関係研究者は、国家安全保障同盟と STI の関係、特に同盟のシグナリングが国内経済成果や制度の発展にどのような影響を与え得るかについても検証している。例えば、Biglaiser and DeRouen (2007) は、ある国に米軍が駐留することは、そのような政治的な連携がもたらすと認識される投資家の信頼が高まるため、外国直接投資（FDI）流入の増加と関連すると論じている。Li and Vashchilko（2010）は、それぞれの国の政府や産業界がお互いへの政治的信頼を増し両国間のビジネスにおけるリスクをとるようになることから、国家間の安全保障上の同盟関係は、STI への重要なインプットである二国間貿易の増加と関連していると論じている。Schmid、Brummer、Taylor (2017) は、30 年以上にわたる 89 カ国の研究において、イノベーションと、合同軍事演習、ハイレベルの公式訪問、米国との同盟協定の有無など、同盟及びそれに類する関係との間に正の有意な相関関係があることを見出している。また、Callado-Munoz ら（2022）は、NATO 同盟がハイテク兵器の優先的移転を通じて加盟国の国内 STI を増加させることを見出している。

3 核科学技術

本節では、異なる国際関係論の陣営が特定の科学技術とそのイノベーションをどのように扱っているかを明らかにすることを目的として、核技術について簡単に触れる。第二次世界大戦末期に米国が最初の原子力兵器を爆発させた後、このような STI の威力は国際関係論研究者の中心的関心事となった（例えば、Brodie and Dunn 1946; Snyder 1965; Betts 1987）。特にこれらの兵器の導入に伴い、国際社会は核技術全般についても関心を持つようになった（Nye 1987; R. Smith 1987）。その懸念とは、多くの用途が平和目的（例：発電、農業、工業、医療用途など）に使用されている一方で、ある国が核インフラを爆弾製造などの邪悪な目的にも使用していないことを証明するのが難しいというものである（Sagan 1997; Kroenig 2009）。国際関係論のさまざまな陣営を調査してみると、核に関する科学技術やイノベーションと国際システムとの関係を考える際、研究者たちはかなり異なった視点を有していることがわかる。

3.1 リアリズムと核科学技術

現実主義者は、国家を主にパワーという中核的な目標に突き動かされているとみなす。Von Clausewitz（1976）が書いているように、「あらゆる条件の中で交戦者にとって最悪な場合とは、まったくの無防備であることである」。このように、現実主義者は、敵対国が核兵器を追求したり、特にすでに核兵器を保有したりしている場合には、当該国が核兵器を追求すると考える。抑止論は、国家がなぜ核兵器を求めるのか、そしてそのような核兵器が国家の外交政策にどのような影響を与えるのかを説明するために発展した（Schelling 1966）。この理論では、報復の脅威を明示的に示すことによって、敵対国が行動を起こすことを思いとどまらせなければならないと主張している（Snyder and Diesing 1977）。現代の抑止理論では、対称的な核兵器保有と同程度の能力レベルが紛争の可能性を低減させることが主に主張されている（Bueno de Mesquita and Riker 1982; Kugler 1984; Asal and Beardsley 2007; Gartzke and Jo 2009; Rauchhaus 2009; Kroenig 2013）。冷戦は、抑止理論が機能していることを示す好例である。冷戦が「冷戦」であり続けた（言い換えれば、核兵器が爆発しなかった）主な理由は、相互確証破壊（Mutually Assured Destruction、MAD）として知られるようになったことであり、これは米ソ両国が互いに直接衝突することに対する高度な抑止力として機能した（Betts 1987; Jervis 1978）。報復のコストが十分に高かったため、どちらの国家も報復を受けようとしなかったのである（Powell 1990）。抑止論の支持者はまた、核兵器が国際システムに導入されて以来、核兵器を保有する 2 国間で戦争が起きたのは 1 度だけであるという実績も強調している（その 1 度の例は 1999 年のインドとパキスタンによるカーギル戦争（Geller 2005））。現実主義者の中には、抑止論の論理をこの点以上に拡張し、核技術の普及や「管理された」核兵器の拡散さえも、少なくとも理論的には世界をより安全な場所にするのに役立つと示唆する者もいる。Waltz（1981）は、「核兵器は、戦後世界で平和のために働いてきた第二の力である。核兵器は戦争の代償を恐ろしく高く見せ、その結果、そのような兵器の使用につながりかねない戦争を始めることを国家に思いとどまらせている」とする 。また、軍事組織論の観点から、軍事組織の非柔軟性や硬直性により核兵器が平和を確保する可能性は低く（Sagan, 1994）、平和を確保するための核兵器の価値に対する信頼には決定的な欠陥があると主張する者もいる（Doyle, 2013）。すべての現実主義思想に共通するのは、核兵器を保有しようとしない国家は、核を保有する国際システムの中で損をするということである。したがって、このようなインセンティブ構造は、すべての国家が、相手国も同じことを行っているのではないかという恐れから、核兵器化を進めるか、既存の核兵器を強化することを示唆している。これに対して、「非兵器国」が取りうる代替的なアプローチとしては、自国の保護と生存を確保するために、核兵器を保有する大国と同盟を結ぶことが考えられる（Horowitz 2010）。安全保障に対するこのような代替的アプローチは、勢力均衡から追従まで、国際システムに新たな同盟構造を生み出す可能性がある（Waltz 1964; Walt 1985）。

3.2 リベラリズムと核科学技術

自由主義的な国際主義者は、国家が多様な選好を持ちうると考えている（Axelrod 1980; Keohane 1988; J. Goldstein and Keohane 1993）。絶対的な権力を求める国家もあれば、国際システムにおいて「利他的」な平和を求める国家もある（Moravcsik 1997）。このように、現在の国際的な核安全保障体制は、リベラルな国際主義思想の産物である（Ikenberry 2009）。核拡散防止条約（NPT）は、「この条約のいかなる規定も、平和的目的のために原子力の研究、生産および利用を発展させることについてのすべての締約国の奪い得ない権利に影響を及ぼすものと解してはならない」（NPT 第 4 条第 1 項）と定めている。したがって、平和的な核技術を追求する権利を否定することは、国際法違反である。たとえ、その技術が本当に平和的に利用されていることを証明することが極めて困難であったとしても。非核兵器国が平和的利用のみを追求し、兵器化を進めていないことを確認するため、国際原子力機関（IAEA）は国連の傘の下に、世界各地の原子力活動を検証する役割を担っている（Deese and Nye 1981; R. Smith 1987）。IAEA は、世界中の核施設に査察団を派遣し、すべての核物質が記録計量され、

秘密兵器施設に転用されていないことを確認することで、主権国家の協力による「安全保障共同体」を作り出している（Adler and Barnett 1998）。Keohane and Martin（1995）が書いているように、「（IAEA のような）機関は、情報を提供し、取引コストを下げ、コミットメントをより信頼性の高いものにし、調整のための中心点を確立し、一般的に互恵性の運用を促進することができる」(42)。保障措置への協力だけでなく、国際的な圧力や国内的な圧力の結果、国家が核兵器を放棄した最近の例もいくつかある（2003 年のリビア、1989 年の南アフリカなど）。自由主義者は現実主義者とは一線を画し、外的要因のみを考慮するのではなく、国家の国内状況や政治的連合が核拡散や核への自制にどのような影響を与えるかを考慮する（Solingen 1994, 2007）。また自由主義者は、民生技術の共有、（IAEA のような）国際協力機関の出現及び核兵器の放棄を、技術がいかに国家間をネットワーク化して未来を共有するかを証明するものであると同時に、拡散の規制／制限を含めこうしたダイナミックスを管理する国際機関の重要性を示すものであると考えている。

3.3 構成主義と核科学技術

構成主義者は一歩引いて、国家がどのようにアイデンティティを形成し、そのアイデンティティがどのように国家の選好を形成するかを、より広い視点から考察する（Adler, 1997）。これらの研究者にとって「無政府状態とは国家が作り上げるもの」（Wendt, 1992）であり、核兵器もまた同様で、核技術は、その存在を取り巻いて構成された規範と文化の文脈の中で意味を与えられている。構成主義の用語で言えば、核兵器の継続的な重要性と、核の場において国家が支配的役割を果たしていることは、社会的事実を構成しているという。これらの兵器は、構築された社会的目的、すなわち威信（例えばアイデンティティ）と支配（例えば利益）の維持に国家が執着していることを示している（van Wyk et al. 2007）。構成主義者は、国家のアイデンティティがどこで形成されるかを説明するために、多くの要素を検討する。国内政治、国際規範、国際機関、世界秩序、歴史的経験、その他多くの要素が、国家のアイデンティティ、ひいては核科学技術における国家の行動を説明することができる（Barnett and Levy 1991; Buzan 1987）。核拡散問題に取り組む構成主義者たちは、核拡散や核不拡散における行動パターンが観察された場合、「それが国際的な社会環境などの要因によってどの程度引き起こされるのか」という中心的な問いに答えようとしている（Rublee 2009）。Rublee（2009）は続けて、この中心的な問いに研究者たちが答えるためには、信念がそもそもどのように形成され、時間の経過とともにどのように変容していくのか、そして核物理学という技術がこれらの信念体系にどのような影響を与えるのかを考慮しなければならないと説明している。核兵器の出現によって信念や規範がどのように形成されるかを示す一例として、Tannenwald（1999）は「核のタブー」という概念を取り上げ、米国が日本に 2 発の核爆弾を投下する以前には、このような社会的に構築された信念が存在しなかったため、世論の支持を得てこのような出来事を起こすことができたと論じている。しかし戦後、朝鮮戦争における核兵器の不使用が示すように核兵器はタブー視され、紛争や戦争における核兵器の配備を制約するようになった。核兵器が安定性を高めるという現実主義者の路線に対して Hayes（2015）は、重要なのは核兵器の意義を国民がどのように理解するかであり、核兵器そのものの残忍さではないと主張している。言い換えれば、各国が軍縮を受け入れるには、まず、核技術に関連する不安や習慣を中心に発展してきた国民の認識に対処しなければならない。構成主義者にとっては、核技術が信念体系や文化的規範に影響を与えることを通じて、外交政策や国際外交を形成してきたこととなる。

3.4 国際関係論と核（および STI）の研究の余地

このトピックに関する最終的な考察として、これまでの小節では主に、核兵器が国際関係にどのような影響を与えたかに焦点を当てたが、国際関係が核にどのような影響を与えたかには焦点を当ててこなかった。これは、学術的な文献の大半が上記のように扱っているためであ

る。しかし、多くの政策立案者が実践からよく知っているように、国際関係は明らかに国内の核（および STI）プログラムに影響を与える。この点について、自由主義がおそらく国際関係論の陣営の中で最も進んでおり、学問的にはこの関係を内生的なものとして扱っている。すなわち、核技術は国際制度の形成に影響を与え、国際制度は核技術に影響を与える。しかし、現実主義と構成主義の文献は、この点ではあまり進んでいない（例外については、以下参照：Taylor 2012, 2016; Schmid et al. 2017; Brummer 2022; Brummer and Mita 2023）。この意味で、現実主義理論と構成主義理論が国内の核開発計画（およびより広範な STI）をどのように説明できるかについては議論の余地があり、さらなる研究が必要である。このことは、チップや半導体などのハイテクに焦点を当てた新たな「促進と保護」の産業・貿易体制の時代に入った現代において非常に重要である。米国、日本、EU はいずれも最近（2023 年 3 月現在）、このような新しい戦略的経済国家戦略を導入しており、中国も同様である。STI の国際政治におけるこうした新たな展開を説明することには大きな研究の可能性がある。

4 米中のライバル関係と第四次産業革命

前節までに紹介した理論、経験論、核技術に関する考察は、現在、国際関係と STI の現代的文脈の中で検討され、再考されている。これは、米中間の戦略的競争と大国間対立、第四次産業革命の端緒となる数々の新しい科学技術の出現に代表される、国際システムと STI の両レベルにおける構造的変化の中で起こっている（Schwab 2016）。つまり、ほとんどの国際関係論の研究は、第一次、第二次、第三次産業革命における STI に焦点を当ててきたが、現在、我々は第四次産業革命にさしかかっている。

人工知能、サイバーフィジカルシステム、IoT（モノのインターネット）、3D プリンティング、バイオテクノロジー、ビッグデータ、再生可能エネルギー貯蔵、次世代バッテリーに関連する科学技術イノベーションは、国際関係にどのような影響を与えるのか。また、同盟、脅威、紛争、戦争などの国際関係は、第四次産業革命（日本では Society 5.0）の STI にどのような影響を与えるだろうか。

4.1 人工知能、米中のライバル関係、政策への影響

このコア・コンテンツで第四次産業革命技術のすべてを網羅することは不可能である。そこで、紛れもなく最も重要な技術である人工知能（AI）に焦点を当てる。また同様に、すべての国を直接カバーすることは不可能である。したがって、国際関係にとって最も重要な米中関係に焦点を当てる。とはいえ、以下に示す質問と示唆の多くは他の最先端技術や国との比較にも応用可能であり、応用すべきである。

国際関係論の研究者たちは、AI が軍事能力とパワーに及ぼす潜在的影響について議論を始めている（Horowitz 2018; Jensen et al.）。これらの研究は、応用（Johnson 2019）、戦略（Ayoub and Payne 2016; Payne 2018）、倫理（Maas 2019a, 2019b; Morgan et al. 2020）に加え、「AI 軍拡競争」（Roper 2020; Scharre 2021）や「軍事における AI 革命」（Raska 2021; Schmid 2022）の有無に焦点を当てる傾向がある。

これらの疑問に対する答えは、重要な政策や理論的議論に役立つだろう。第一に、どの国が AI 競争の頂点に立つことができるかは、国際的な国家システムに重大な影響を与える。例えば、中国が AI でイノベーションを起こし、「中間所得の罠」を回避できれば、超大国の地位に上り詰めることができる。政治的な安定が続けば、中国が高所得国の範疇に入ることで、中国は世界で最も豊かな国になるだろう。このことは、米中関係の将来とパワーバランス（Beckley 2018; Brooks and Wohlforth 2016; 2015）、そして国際秩序の性質（Rolland 2020; Mazarr, Heath, and Cevallos 2018; Foot and Walter 2010）に重大な影響を与える。

第 2 に、中国が AI と第四次産業革命におけるイノベーションをより広範に成功させることができれば、国内制度と経済成長に関する重要な言説に挑戦することになる。研究者たちは、権

威主義体制の「搾取的」制度がイノベーションを阻害すると主張している（Kroenig 2020; Acemoglu and Robinson 2012）。しかし、AI における中国の台頭はこの議論を覆し、権威主義政治の研究において、そのような体制が制度と経済成果の両面において極めて多様であるとの主張が支持されるかもしれない（Frantz 2018）。ある種の権威主義体制がより急速な技術・経済成長をもたらすという証拠は、安全保障と政治経済の両分野における多くの問題にわたって「民主主義の特別性」を仮定する幅広い国際関係論の全面的な再検討を必要とするだろう（Brumer and Lind 2023 発表予定; Lind 2024 発表予定）。

第三に、米中間のライバル意識が高まるにつれ、両国はより競争的な政策を採用するようになり、多くのオブザーバーが新冷戦の幕開けを宣言するほどになっている（Charap and Shapiro 2015; Zhao 2019）。これには経済的デカップリングの傾向も含まれ、脅威認識の高まりによって、各国はサプライチェーンの経済効率よりも安定性を優先するようになっている（Johnson and Gramer 2020; Wyne 2020; Bateman 2022）。しかし、米国と中国は AI における世界のリーダーであるだけでなく、AI 研究において互いに最も緊密な協力者でもある（Brumer and Lind 2023）。このことは、このような潜在的なデカップリングが、第四次産業革命を支える知識と技術協力のグローバル・ネットワークを大きく再編成することを示唆している（Tang et al. 2021）

5 まとめ

いかなる国も、21 世紀におけるパワーと技術の移り変わりを免れることはできないだろう。研究者も政策立案者も同様に、新冷戦と第四次産業革命における国際関係と STI との関係を、どのように理解し管理するのが最善なのか、その答えを競っている。「正しく予想する」ことの意味するところは極めて大きく、そうできる国は強くなり、そうできない国は衰えていく。STI と大国間競争という新たな世界において、最善の競争や協力を行うため、各国はどのように制度や政策の組み合わせを設計することができるのだろうか。これは今日、研究者や政策立案者が直面している最も重大な問題のひとつである。

References

Acemoglu, D. and Robinson, J. A. (2012). *Why nations fail: The origins of power, prosperity, and poverty*. Currency. https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=yIV_NMDDIvYC&oi=fnd&pg=PA335&dq=Acemoglu+and+Robinson+2012&ots=_1TyYvtiJA&sig=xmIDiVy-efxONy3hvpoaipg2Oc#v=onepage&q=Acemoglu%20and%20Robinson%202012&f=false.

Adler, E. (1997). *Seizing the middle ground: Constructivism in world politics*. European journal of international relations, 3(3), 319-363. DOI: https://doi.org/10.1177/1354066197003003003.

Adler, E., Barnett, M., and Smith, S., editors (1998). *Security communities* (No. 62). Cambridge University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=wfFiU4nPB0wC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Adler+and+Barnett+1998&ots=NdOfpwp8Mx&sig=MEwoM-CGj-ADfN0i8ICDWobuEU8#v=onepage&q=Adler%20and%20Barnett%201998&f=false.

Asal, V. and Beardsley, K. (2007). *Proliferation and international crisis behavior*. Journal of Peace Research, 44(2), 139-155. DOI: https://doi.org/10.1177/0022343307075118.

Axelrod, R. (1980). *Effective choice in the prisoner's dilemma*. Journal of conflict resolution, 24(1), 3-25.
DOI: https://doi.org/10.1177/0022002780024001.

Ayoub, K. and Payne, K. (2016). *Strategy in the age of artificial intelligence*. Journal of strategic studies, 39(5-6), 793-819.
DOI: https://doi.org/10.1080/01402390.2015.1088838.

Baber, Z. (1996). *The science of empire: Scientific knowledge, civilization, and colonial rule in India*. SUNY Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=ucDBJSxaCPYC&oi=fnd&pg=PP11&dq=Zaheer+1996+imperialism&ots=z9i8c_IlrZ&sig=97nydj9xwbOm4iuk9Ua0x8kFjK4&redir_esc=y#v=onepage&q=Zaheer%201996%20imperialism&f=false.

Barnett, M. N. and Levy, J. S. (1991). *Domestic sources of alliances and alignments: The case of Egypt, 1962–73*. International Organization, 45(3), 369-395.

Bateman, J. (2022). *US-China Technological "Decoupling": A Strategy and Policy Framework*.
https://carnegieendowment.org/2022/04/25/u.s.-china-technological-decoupling-strategy-and-policy-framework-pub-86897

Beckley, M. (2018). *The power of nations: Measuring what matters*. International Security, 43(2), 7-44.

Betts, R. (1987). *Nuclear blackmail and nuclear balance.* Washington: DC: Brookings Institution.

Biglaiser, G. and DeRouen Jr, K. (2007). *Following the flag: Troop deployment and US foreign direct investment*. International Studies Quarterly, 51(4), 835-854.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1468-2478.2007.00479.x.

Bimber, B. A. (1992). *Institutions and information: the politics of expertise in Congress* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Brodie, B. and Dunn, F. S. (1946). *The absolute weapon: Atomic power and world order.*

Brooks, S. G. and Wohlforth, W. C. (2015). *The rise and fall of the great powers in the twenty-first century: China's rise and the fate of America's global position*. International security, 40(3), 7-53.
DOI: https://doi.org/10.1162/ISEC_a_00225.

Brooks, S. G. and Wohlforth, W. C. (2016). *The once and future superpower: Why china won't overtake the united states*. Foreign Affairs, 95, 91.

Brummer and Lind (2023). *The Fourth Industrial Revolution and Great Power Rivalry.* [forthcoming].

Brummer and Mita (2023). *National Security, Science, Technology and Innovation in the Persian Gulf.* (forthcoming)

Brummer, M. (2022). *Innovation and Threats.* Defence and Peace Economics, 33(5).
https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1853984 .

Buzan, B. (1987). *An introduction to strategic studies: military technology and international relations*.Springer.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=r1-xCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Buzan+1987&ots=8BZfh17_el&sig=8Vn765loioOifNGvnN-4WwZc84M#v=onepage&q=Buzan%201987&f=false.

Callado-Muñoz, F. J., Hromcová, J. and Utrero-González, N. (2022). *Can buying weapons from your friends make you better off? Evidence from NATO*. Economic Modelling, 106084.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2022.106084.

Chandler, A. D., Jr. (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business.* Cambridge, Mass.: Belknap Press.

Charap, S. and Shapiro, J. (2015). *Consequences of a new Cold War. Survival*, 57(2), 37-46.
DOI: https://doi.org/10.1080/00396338.2015.1026058.

Cohen, E. A. (1996). *A revolution in warfare*. Foreign Affairs, 75, 37.

Cox, R. W. (1981*). Social forces, states and world orders: beyond international relations theory*. Millennium, 10(2), 126-155.
DOI: https://doi.org/10.1177/03058298810100020501.

De Mesquita, B. B. and Riker, W. H. (1982). *An assessment of the merits of selective nuclear proliferation*.

Journal of Conflict Resolution, 26(2), 283-306.
DOI: https://doi.org/10.1177/002200278202600 20.

Deese, D. A. and Nye, J. S. (1981). *Energy and security*. [Book: report of Harvard's Energy and Security Research Project].

Doner, R. F., Hicken, A. and Ritchie, B. K. (2009). *Political Challenges of Innovation in the Developing World 1.* Review of Policy Research, 26(1 - 2), 151-171.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1541-1338.2008.00373.x.

Doner, R. F., Ritchie, B. K., and Slater, D. (2005). *Systemic vulnerability and the origins of developmental states: Northeast and Southeast Asia in comparative perspective*. International organization, 59(2), 327-361.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818305050113.

Doyle, J. E. (2013). *Why Eliminate Nuclear Weapons?*. Survival, 55(1), 7-34.
DOI: https://doi.org/10.1080/00396338.2013.767402.

Doyle, M. W. (1983). *Kant, liberal legacies, and foreign affairs, part 2*. Philosophy & Public Affairs, 323-353.

Dudziak, M. L. (2011). *Cold war civil rights. In Cold War Civil Rights*. Princeton University Press.

Fearon, J. D. (1997). *Signaling foreign policy interests: Tying hands versus sinking costs.* Journal of conflict resolution, 41(1), 68-90.
DOI: https://doi.org/10.1177/0022002797041001004.

Foot, R. and Walter, A. (2010). *China, the United States, and global order*. Cambridge University Press.

Frantz, E. (2018). *Authoritarianism: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=-WBmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=frantz+2018+authoritarianism&ots=kMDIoEdIG4&sig=eCEY0bmo3bubHZouYBiyRIcqhx4&redir_esc=y#v=onepage&q=frantz%202018%20authoritarianism&f=false.

Friedman, L. M. (1999). *The horizontal society*. Yale University Press. https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Fq3fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Friedman+1999+technology+and+peace&ots=WnQ2uBV6PM&sig=vTgegyvE8orWiCG0LZX3RlQoCk#v=onepage&q&f=false.

Gartzke, E. and Jo, D. J. (2009). *Bargaining, nuclear proliferation, and interstate disputes*. Journal of Conflict Resolution, 53(2), 209-233.
DOI: https://doi.org/10.1177/0022002708330289.

Geddes, B., Wright, J. G., Wright, J. and Frantz, E. (2018). *How dictatorships work: Power, personalization, and collapse.* Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=qnlnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR12&dq=Frantz+2018&ots=hcSg4tw6jz&sig=_nZA2VDn0295hAURrao43aGi9Z4#v=onepage&q=Frantz%202018&f=false.

Geller, D. S. (2005). *The India-Pakistan rivalry: prospects for war, prospects for peace.* The India-Pakistan Conflict: An Enduring Rivalry, 80-102.

Gilpin, R. (1981). *War and change in world politics*. Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=2iKL7zr3kl0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=Gilpin+1981&ots=W3V5Bf9UUk&sig=PpLKMv7tXpPpAxIEnPZfgaVwgMk&redir_esc=y#v=onepage&q=Gilpin%201981&f=false.

Goldstein, J. and Keohane, R. O., editors (1993). *Ideas and foreign policy: beliefs, institutions, and political change.* Cornell University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=DfeLsaiPr7oC&oi=fnd&pg=PP9&dq=J.+Goldstein+and+Keohane+1993&ots=P-YOXglphR&sig=dwhYzFcFBu3vMePGkkT-mkZj8JM#v=onepage&q=J.%20Goldstein%20and%20Keohane%201993&f=false.

Grieco, J., Cheng, C. and Guzman, A. (2014). *International Conflict and National Technological Innovation.* In annual meeting of the International Studies Association, Toronto, March (Vol. 26).

Haas, E. B. (1975). *Is there a hole in the whole? Knowledge, technology, interdependence, and the construction of international regimes*. International Organization, 29(3), 827-876.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818300031787.

Haas, P. M. (1992). *Introduction: epistemic communities and international policy coordination*. International organization, 46(1), 1-35.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818300001442.

Hayes, J. (2015). *Nuclear disarmament and stability in the logic of habit*. The Nonproliferation Review, 22(3-4), 505-515.
DOI: https://doi.org/10.1080/10736700.2016.1159374.

Headrick, D. R. (1981*). The tools of empire: Technology and European imperialism in the nineteenth century.* Oxford University Press, USA.

Hopf, T. (1998). *The promise of constructivism in international relations theory*. International security, 23(1), 171-200.
DOI: https://doi.org/10.1162/isec.23.1.171.

Horowitz, M. C. (2010). *The diffusion of military power*. In The Diffusion of Military Power. Princeton University Press.

Horowitz, M. C. (2018). *Artificial intelligence, international competition, and the balance of power*. 2018, 22.

Hughes, T. P. (2004). *Human-built world: How to think about technology and culture.* University of Chicago Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=G7xmjLN6uXwC&oi=fnd&pg=PP17&dq=T.+Hughes+2004&ots=nHkQe_NBZT&sig=-zMagY_9OKX7S_hmnRWs8WdkHqo&redir_esc=y#v=onepage&q=T.%20Hughes%202004&f=false.

Iwabuchi, Hideki (2021), "Science, Technology and Higher Education Policy at the European level: Current Status and Formulation Process", NISTEP RESEARCH MATERIAL, No.307, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo
DOI: http://doi.org/10.15108/rm30

Ikenberry, G. J. (2009). *Liberal internationalism 3.0: America and the dilemmas of liberal world order.* Perspectives on politics, 7(1), 71-87.
DOI: https://doi.org/10.1017/S1537592709090112.

Jensen, B. M., Whyte, C. and Cuomo, S. (2020). *Algorithms at war: the promise, peril, and limits of artificial intelligence*. International Studies Review, 22(3), 526-550.
DOI: https://doi.org/10.1093/isr/viz025.

Jervis, R. (1978). *Cooperation under the security dilemma.* World politics, 30(2), 167-214.

Johnson, J. (2019). *Artificial intelligence & future warfare: implications for international security.* Defense & Security Analysis, 35(2), 147-169.
DOI: https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800.

Johnson, K. and Gramer, R. (2020). *The great decoupling*. Foreign Policy, 14, 2020.

Katzenstein, P. J. (2003). *Same war—different views: Germany, Japan, and counterterrorism*. International Organization, 57(4), 731-760.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818303574033.

Katzenstein, P.J. (1996). *Cultural Norms and National Security: Police and Military in Postwar Japan*, Ithaca: Cornell University Press.

Kennedy, P. (1987). *The rise and fall of the great powers: economic change and military conflict from 1500 to 2000*. Random House.

Keohane, R. O. (1984) *After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Keohane, R. O. (1988). *The rhetoric of economics as viewed by a student of politics.* In Klamer, A., McCloskey, D. N., McCloskey, D. N. and Solow, R. M., editors. The consequences of economic rhetoric. Cambridge University Press. pp. 240-247.

https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=7Ov-kIP1-qMC&oi=fnd&pg=PA240&dq=RO+Keohane+1988&ots=d72lFLokyy&sig=HjrjG3bycB9kf9YxtbKPSO81kIg#v=onepage&q&f=false.

Keohane, R. O. and Martin, L. L. (1995). *The promise of institutionalist theory*. International security, 20(1), 39-51.
DOI: https://doi.org/10.1162/isec.20.1.39.

Keohane, R. O. and Nye, J. S. (1977) *Power and Interdependence*. Boston: Little Brown.

Krasner, S. D., editor. (1983). *International regimes*. Cornell University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=WIYKBNM5zagC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Krasner+(1983)+&ots=pxyypMBYif&sig=ozB2ue3g6vpqA1mcpH_x9u_10Aw#v=onepage&q=Krasner%20(1983)&f=false.

Krishna-Hensel, S. F. (2010). *Technology and international relations*. In Oxford Research Encyclopedia of International Studies.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=vBLIjop0B3YC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Krishna+Hensel+2010&ots=9t8TJPu54D&sig=jQyeYtXNkhit9-7RYZo_8tfcLSQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Krishna%20Hensel%202010&f=false.

Kroenig, M. (2009). *Exporting the bomb: Why states provide sensitive nuclear assistance*. American Political Science Review, 103(1), 113-133.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0003055409090017.

Kroenig, M. (2013). *Nuclear superiority and the balance of resolve: Explaining nuclear crisis outcomes*. International Organization, 67(1), 141-171.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818312000367.

Kroenig, M. (2020). *The return of great power rivalry: Democracy versus autocracy from the ancient world to the US and China*. Oxford University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=M9bODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kroenig+2020&ots=KLJeUVa2jG&sig=1GL-kYY8lXQAOZlxvBgqhHgX68E#v=onepage&q=Kroenig%202020&f=false.

Krugman, P. (1991). *The move toward free trade zones*. Economic Review, 76(6), 5.

Krugman, P. R., editor (1986). *Strategic trade policy and the new international economics*. MIT Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Jo5SDOMa_i0C&oi=fnd&pg=PP9&dq=Krugman+1986&ots=BS7VeRAG5H&sig=rAbFpSeUncY-1_MeAiN6xytJxrQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Krugman%201986&f=false.

Kugler, J. (1984). *Terror without deterrence: Reassessing the role of nuclear weapons*. Journal of Conflict Resolution, 28(3), 470-506.
DOI: https://doi.org/10.1177/0022002784028003O.

Li, Q. and Vashchilko, T. (2010). *Dyadic military conflict, security alliances, and bilateral FDI flows*. Journal of International Business Studies, 41(5), 765-782.

Lind. 2023. Autocrats at the Cutting Edge.
[Unpublished manuscript, forthcoming].

Maas, M. M. (2019a). *How viable is international arms control for military artificial intelligence? Three lessons from nuclear weapons*. Contemporary Security Policy, 40(3), 285-311.

Maas, M. M. (2019b). *Innovation-Proof Global Governance for Military Artificial Intelligence?: How I Learned to Stop Worrying, and Love the Bot*. Journal of International Humanitarian Legal Studies, 10(1), 129-157.

Mayer, M., Carpes, M. and Knoblich, R., editors (2014). *The Global Politics of Science and Technology-Vol. 1: Concepts from International Relations and Other Disciplines (p. 1)*. Springer Berlin Heidelberg.

Mazarr, M. J., Heath, T. R. and Cevallos, A. S. (2018). *China and the international order*. Rand Corporation.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=bX5fDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mazarr,+Heath,+and+Cevallos+2018&ots=mIBD9Tlqwc&sig=jqk1Za6hy3e6HKfAMeShatJKYtk#v=onepage&q=Mazarr%2C%20Heath%2C%20and%20Cevallos%202018&f=false.

Mokyr, J. (1990). *Punctuated equilibria and technological progress*. The American Economic Review, 80(2), 350-354.
https://www.jstor.org/stable/2006599.

Mokyr, J. (1992). *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=b9Ha2CJHPQUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mokyr&ots=OGQG2EK0ho&sig=MsMJd81Z2yyQFY2UWoHVqlX_BCc&redir_esc=y#v=onepage&q=Mokyr&f=false.

Moravcsik, A. (1997). *Taking preferences seriously: A liberal theory of international politics*. International organization, 51(4), 513-553.
DOI: https://doi.org/10.1162/002081897550447.

Morgan, F. E., Boudreaux, B., Lohn, A. J., Ashby, M., Curriden, C., Klima, K. and Grossman, D. (2020). *Military applications of artificial intelligence: ethical concerns in an uncertain world*. Rand Project Air Force Santa Monica CA Santa Monica United States.

Morgenthau, H. J. (1948). *Politics Among Nations*. New York, NY: Knopf

Nye, J. S. (1987). *Nuclear learning and US–Soviet security regimes*. International Organization, 41(3), 371-402.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818300027521.

Ohmae, Kenichi. (1990). *The Borderless World: Power and Strategy in the Interlinked Economy.* New York: Harper Business.

Payne, K. (2018). *Artificial intelligence: a revolution in strategic affairs?.* Survival, 60(5), 7-32.
DOI: https://doi.org/10.1080/00396338.2018.1518374.

Posen, B. (1986). *The sources of military doctrine: France, Britain, and Germany between the world wars.* Cornell University Press.

Posen, B. R. (1993). *The security dilemma and ethnic conflict*. Survival, 35(1), 27-47.
DOI: https://doi.org/10.1080/00396339308442672.

Powell, R. (1990). *Nuclear deterrence theory: The search for credibility*. Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=0_hhmOYhbjMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=powell+1990+deterrence+theory&ots=GDXQJ6eTMQ&sig=gj98K_tdcoN-hU1R6suvVACi1SI#v=onepage&q=powell%201990%20deterrence%20theory&f=false.

Raska, M. (2021). *The sixth RMA wave: Disruption in military affairs?.* Journal of strategic studies, 44(4), 456-479.
DOI: https://doi.org/10.1080/01402390.2020.1848818.

Rauchhaus, R. (2009). *Evaluating the nuclear peace hypothesis: A quantitative approach*. Journal of Conflict Resolution, 53(2), 258-277.
DOI: https://doi.org/10.1177/0022002708330387.

Rolland, N. (2020). *China's vision for a new world order*. Washington, DC: National Bureau of Asian Research.

Romer, P. M. (1986). *Increasing returns and long-run growth*. Journal of political economy, 94(5), 1002-1037.
DOI: 10.1086/261420.

Roper, W. (2020). *There's No Turning Back on AI in the Military.*
https://www.wired.com/story/opinion-theres-no-turning-back-on-ai-in-the-military/.

Rublee, M. R. (2009). *Nonproliferation norms: Why states choose nuclear restraint*. University of Georgia Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=b8xQj9rguogC&oi=fnd&pg=PR14&dq=Rublee+2009&ots=yXgU0Gqk9X&sig=TrulfTLJEdBsYHJKHFak2ObHI7Q#v=onepage&q=Rublee%202009&f=false.

Sagan, S. D. (1994). *The perils of proliferation: Organization theory, deterrence theory, and the spread of nuclear weapons*. International Security, 18(4), 66-107.

Sagan, SD. (1997). *Why do states build nuclear weapons? Three models in search of a bomb. Int. Secur.* 21(3):54–86,

Scharre, P. (2021). *Debunking the AI Arms Race Theory (Summer 2021).* Texas National Security Review.

Schelling, T. C. (1966). *Arms and influence*. New Haven, CT: Yale University Press.

Scheve, K. and Stasavage, D. (2010). *The conscription of wealth: mass warfare and the demand for progressive taxation.* International organization, 64(4), 529-561.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818310000226.

Scheve, K. and Stasavage, D. (2012). *Democracy, war, and wealth: lessons from two centuries of inheritance taxation.* American Political Science Review, 106(1), 81-102.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0003055411000517.

Schmid, J. (2022). *Technological Emergence and Military Technology Innovation*. Defence and Peace Economics, 1-19.
DOI: https://doi.org/10.1080/10242694.2022.2076339.

Schmid, J., Brummer, M. and Taylor, M. Z. (2017). *Innovation and alliances.* Review of Policy Research, 34(5), 588-616.
DOI: https://doi.org/10.1111/ropr.12244.

Schumpeter, Joseph A. [1942] 1976. *Capitalism, Socialism and Democracy*. 3d ed. New York: Harper Torchbooks.

Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.

Schwartzman S. (1989). *The Power of Technology*. Latin American Research Review Vol. 24, No. 1 (1989), pp. 209-221.
DOI: http://www.jstor.org/stable/2503288.

Skocpol T. (1999). *"From Beginning to End: Has Twentieth-Century U.S. Social Policy Come Full Circle?*". In Melnick SR, Keller M Taking Stock: American Government in the Twentieth Century. Cambridge and New York: Cambridge University Press. pp. 259-79.

Skocpol, T. (1973). *A critical review of Barrington Moore's social origins of dictatorship and democracy*. Politics & Society, 4(1), 1-34.
DOI: https://doi.org/10.1177/003232927300400101.

Skocpol, T. (1979). *States and social revolutions: A comparative analysis of France, Russia and China.* Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=so0gddc0w3UC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Skocpol+1979&ots=ISLiKpVTsY&sig=JbNwfPvy6XUOQmrqJ7_WIaBidQE&redir_esc=y#v=onepage&q=Skocpol%201979&f=false

Smith, R. K. (1987). *Explaining the non-proliferation regime: anomalies for contemporary international relations theory.* International Organization, 41(2), 253-281.

Snyder, G. H. (1965). *The balance of power and the balance of terror*. Chandler.

Snyder, G. H. and Diesing, P. (1977). Conflict among nations: Bargaining and decision making in international crises. Princeton University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=L5d9BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Conflict+among+nations&ots=hvrepbgGK1&sig=Z50bQslquxi3sUt7V1u0m6oQeaM#v=onepage&q=Conflict%20among%20nations&f=false.

Solingen, E. (1994). *The political economy of nuclear restraint*. International Security, 19(2), 126-169.

Solingen, E. (2007). *Pax Asiatica versus Bella Levantina: The foundations of war and peace in East Asia and the Middle East*. American Political Science Review, 101(4), 757-780.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0003055407070487.

Solow, R. M. (1957). *Technical change and the aggregate production function*. The review of Economics and Statistics, 312-320.
DOI: https://doi.org/10.2307/1926047.

Strange, S. (1986). *The Bondage of Liberal Economics*. SAIS Review, 6(1), 25–38.
DOI:10.1353/sais.1986.0037.

Tang, L., Cao, C., Wang, Z., & Zhou, Z. (2021). *Decoupling in science and education: A collateral damage beyond deteriorating US–China relations.* Science and Public Policy, 48(5), 630-634.
DOI: https://doi.org/10.1093/scipol/scab035.

Tannenwald, N. (1999). *The nuclear taboo: The United States and the normative basis of nuclear non-use.* International organization, 53(3), 433-468.
DOI: https://doi.org/10.1162/002081899550959.

Taylor, M. Z. (2012). *Toward an international relations theory of national innovation rates.* Security Studies, 21(1), 113-152.
DOI: https://doi.org/10.1080/09636412.2012.650596.

Taylor, M. Z. (2016). *The politics of innovation: Why some countries are better than others at science and technology*. Oxford University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=cUcnDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Mark+Taylor+2016&ots=HDF2wZicap&sig=g-1NW-XQHsLzmECGNDjPOBcO3_s&redir_esc=y#v=onepage&q=Mark%20Taylor%202016&f=false.

Tilly, C. (1975). *Reflections on the history of European state-making.* The formation of national states in Western Europe, 38, 3-83.

Tilly, C. (1999). *From interactions to outcomes in social movements*. How social movements matter, 10, 253-270.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=URFq34yxCaYC&oi=fnd&pg=PA253&dq=Tilly+1999&ots=WD4Y3TTlwo&sig=uH2kRTrcYD7YmtUS0SPw4ky7yAM&redir_esc=y#v=onepage&q=Tilly%201999&f=false.

Van Evera, S. (1999). *Causes of war: Power and the roots of conflict*. Cornell University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=i08gUtnQFm0C&oi=fnd&pg=PR2&dq=Van+Evera+1999&ots=wso74BQJH6&sig=GuaE-9crAFK6Ct1vdwnPBiRooAg&redir_esc=y#v=onepage&q=Van%20Evera%201999&f=false.

Van Wyk, J. A., Kinghorn, L., Hepburn, H., Payne, C., and Sham, C. (2007). *The international politics of nuclear weapons: A constructivist analysis*. Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies, 35(1).

Von Clausewitz, C. (1976). *On War, ed. and trans. Michael Howard and Peter Paret* (Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1976), 75.

Walt, S. M. (1985). *"Alliance Formation and the Balance of World Power."* International Security 9 (4): 3–43.

Walt, S. M. (1987). *The Origins of Alliances*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Waltz, K. N. (1964). *The stability of a bipolar world*. Daedalus, 881-909.

Waltz, K. N. (1979). *The anarchic structure of world politics*. International politics: enduring concepts and contemporary issues, 29-49.

Waltz, K. N. (1979). *Theory of International Politics*. New York: McGraw Hill. Google Scholar

Waltz, K. N. (1981). The spread of nuclear weapons: More may be better: Introduction.
DOI: https://doi.org/10.1080/05679328108457394.

Weiss, C. (2005). *Science, technology and international relations*. Technology in Society, 27(3), 295-313.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2005.04.004.

Wendt, A. (1992). *Anarchy is what states make of it: the social construction of power politics*. International organization, 46(2), 391-425.
DOI: https://doi.org/10.1017/S0020818300027764.

Wendt, A. (1999). *Social theory of international politics* (Vol. 67). Cambridge University Press.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=s2xjEd0ww2sC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Wendt+1999&ots=UFqIybLdJv&sig=ItPbUYEwaKpONVbk65shuCSX0v8&redir_esc=y#v=onepage&q=Wendt%201999&f=false.

Wendt, A. (2003). *Why a world state is inevitable*. European journal of international relations, 9(4), 491-542.
DOI: https://doi.org/10.1177/1354066103940.

White, H. V. (1966). *The burden of history*. History and Theory, 5(2), 111-134.
DOI: https://doi.org/10.2307/2504510.

Wyne, A. (2020). *How to think about potentially decoupling from China*. The Washington Quarterly, 43(1), 41-64.

Yang, D. (2011). *Technology of empire: Telecommunications and Japanese expansion in Asia, 1883–1945*. BRILL.
https://books.google.co.jp/books?hl=en&lr=&id=Hv_0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=yang+2011+technology+empire&ots=KtqhrnovXE&sig=NHD3o3oyGwvvoWLI5KDVDajs1dA&redir_esc=y#v=onepage&q=yang%202011%20technology%20empire&f=false.

Zhao, M. (2019). Is a new Cold War inevitable? Chinese perspectives on US–China strategic competition. The Chinese Journal of International Politics, 12(3), 371-394.
DOI: https://doi.org/10.1093/cjip/poz010.

関連データ・ソース

“Correlates of War”:
https://correlatesofwar.org/data-sets

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

GRIPS Course: “Politics of Innovation,” Spring(STI6091E and STI1090E), Instructor: Matthew Brummer

1.5.3　科学技術外交の近年の動向と今後の課題

有本 建男[1]　　浅野 佳那[2]

初版発行日：2024 年 2 月 28 日、最終更新日：2024 年 2 月 28 日

本稿では、科学技術と外交の相互作用といえる科学技術外交について、近年の動向と歴史的な変遷を紹介し、ついで、ここ数年の新型コロナウイルスによるパンデミック（コロナパンデミック）、ロシアのウクライナ侵攻などの国際的な地政学的緊張の高まりと、AI、量子、バイオ等新興技術の急激な発展と大きな社会インパクトを受けて、科学技術外交が先進国・途上国を含めて世界的に安全保障、政治経済上も関心が高まっている状況を紹介する。最後に今後の科学技術外交のあり方の再検討に向けた世界的な動きとそれを取り巻く課題を考える。

キーワード

科学技術外交、科学助言、政府科学技術顧問、コロナパンデミック、STI の安全保障化、新興技術のガバナンス、FMSTAN、INGSA、ISC、AAAS、ロンドン王立協会、グローバル・サウス

1. はじめに

21 世紀に入って、気候変動、コロナパンデミック、大規模自然災害、エネルギー、食糧、水問題、安全保障・地政学的緊張、サイバーセキュリティーなど、地球規模の危機と社会課題の解決に向けて、グローバル・レベルからリージョナル・ナショナル・ローカルの各レベルで、安全保障と政治、経済と科学技術の相互作用と関係性が重要になっており、世界的に科学技術外交への関心と期待が高まっている。

科学技術外交とは何か。大くくりに科学技術と外交の相互作用といえるが、人類史における科学技術の様々な国際的活動を含むものである。たとえば、第 1 次、第 2 次世界大戦前後の世界の政治・軍事状況を受けて、科学の国際連携の組織がドイツ主導から米英主導へ変遷するなど、科学技術外交の基盤は西洋近代社会経済の変遷と密接に関係してきている（Gluckman 2022, 岩渕 2021）。また、外交のツールとして科学技術を活用するという外交の一類型とみることもできる。本格的に概念化が議論され始めたのは 21 世紀に入ってからであり、気候変動など事案毎にその体制・方法が蓄積されてきた。2009 年に英米の学会が共同で科学技術外交の概念と 3 類型を提案し、専門誌が発刊された。以後、様々な分野で科学技術活動の論文・報告が発表されてきたが、個別記述的なものがほとんどで、これらを総合する枠組みや方法はまだ十分確立されていない。さらに、コロナパンデミックへの対応の反省から、従来の科学技術外交の目的や体制方法の見直しが必要になっている。現在は、政府に対する科学助言に関する国際ネットワーク（INGSA、https://ingsa.org/）等で国際的に多くの経験や事例が収集分析されており、2025 年を目途に、新しい時代の科学技術外交のあり方、体制、方法などを先進国・途上国が連携して理論化していこうという国際的動きが始まっている。なお、わが国では「科学技術外交 science and

[1] 政策研究大学院大学客員教授、（国研）科学技術振興機構参与、ISC フェロー
[2] （国研）科学技術振興機構　研究開発戦略センター　フェロー

technology diplomacy」といっているが、海外では同様な意味で「科学外交 science diplomacy」と表現することが多い。

上に述べたように、科学技術政策とそのシステム、国際関係が大きく変革を迫られている現在、科学技術外交と科学技術政策の歴史的変遷の光と影（STS フォーラム 2023）を俯瞰的にみる視座の醸成が重要になっている（参考 1）。17 世紀の近代科学の成立以来の国際研究協力はその一つであり、第 1 次・第 2 次世界大戦における科学技術の軍事力の強化と国際協力、第 2 次世界大戦以後の原子力、宇宙、海洋の分野の開発利用と規制の国際的ルール作り、国際原子力機関、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）などの国際組織の設置もその例である。前者は、原子力、宇宙等の科学技術が、軍事力と人類の生存に決定的な影響を与えることから、米ソ両陣営の政府がリアリズム的に協調して技術の国際管理をする枠組みを作ったものである。後者の IPCC は、地球温暖化の原因としての科学的データの蓄積を踏まえて、国際間で協調してデータの分析、インパクトを評価し、科学と政治を架橋する仕組みとして設立されたものである。各国、国際組織、非政府機関による、気候変動、生物多様性、SDGs など学際的で国際的な活動が拡大し、それらの経験に基づく論文や報告は増加している（AAAS 2022）。わが国では、東日本大震災と福島原発事故は、科学助言体制と科学技術外交体制の強化の大きな契機となった。筆者らはこれらの科学技術外交の実務に長く関与してきた。

こうした個々の活動に加えて、近年は、科学技術が個別領域や国境を越えて安全保障・政治・経済・社会の課題と相互に作用する事案が急増したため、包括的な視座から概念整理と理論化が必要になっている。特に、現時点での科学技術外交の重要課題として、先端技術での米中の戦略的競争と覇権争い、地球規模問題での国際協調というディレンマ問題が挙げられる。

本稿では、まず、科学技術外交について、近年の動向と歴史的な変遷を紹介する。次に、ここ数年のコロナパンデミック、ロシアのウクライナ侵攻、米中の摩擦激化など、国際的な地政学的緊張の高まりと、AI、量子、バイオ等新興技術の急激な発展と大きな社会インパクトを受けて、科学技術外交が、先進国途上国を含めて世界的に安全保障、政治経済上も関心が高まっておりその状況を紹介する。最後に今後の課題を考える。

2. 科学技術外交の概念と枠組み

科学技術外交は、対象とする事案、地域などに応じて、多様な分野、関与者と関係機関、政策レイヤーからファンディング、研究開発実施組織のレイヤーまで、多様なプレーヤーと重層的な構造と機能から構成され、国境を越えたネットワークが拡大している。こうした複雑な機能と構造を整理し、科学技術外交の概念と枠組みを明確にすることに貢献した 2 つの報告を以下に紹介する。これらは現在の活動の基盤になっている。

2-1. 科学技術外交の概念の確立と 3 類型 —2010 年：英王立協会と米 AAAS—

現代社会において、科学技術は、新知識の創造にくわえて、軍事力、経済力など国力の強化と、気候変動等の社会・地球規模課題の解決に重要な役割を果たしている。このような科学技術活動の多くは国際協力で進められている。こうした多様な国際的活動が「科学技術外交」という一つの概念で整理されたのは 2010 年である（Royal Society and AAAS 2010）。ロンドン王立協会とアメリカ科学振興協会（AAAS）が共催して、外交における科学技術の役割について、先進国、途上国、国連機関、産学官メディアが参加して、2 日間にわたって大規模な国際ワークショップが開催された。その結果「科学技術外交」という概念と次の 3 類型が提案された。

① 「外交における科学技術」（Science in Diplomacy）：外交政策の意志決定と実施に当たって科学技術の知見を活用する。
② 「科学技術のための外交」（Diplomacy for Science）：外交を通じて国際的な科学技術協力を推進する。

③ 「外交のための科学技術」（Science for Diplomacy）：科学技術の国際的協力活動を通じて、国家間の政治経済的な信頼の形成と関係の改善を図る。

これを受けて、2012 年に AAAS は、科学外交センターを設置し、専門誌『科学外交』(Science & Diplomacy、オンラインジャーナル)を発刊して科学技術外交の概念の普及と実践事例の紹介を行ってきた。また、同科学外交センターは政府組織ではない立場を活用し、キューバなど米国政府が公式にはアクセスし難い国との科学における国際連携を支援するなど、科学技術外交ネットワークの発展に大きく貢献してきた。以来 10 年余、科学技術外交の課題の増加と複雑化、関与する国、組織の増加、国際情勢の緊迫化に伴って、この 3 類型は分析には重要だが、近年の科学技術外交の実践には十分でなく、新たな概念が必要という議論が始まっている。具体的には、コロナパンデミック、気候変動、SDGs などの経験と事例の蓄積を踏まえて、近年、科学技術外交の範囲と枠組みに、前述の 3 類型を超えて、より実践性、多様性が求められるようになっている。グローバルだけでなく、各国・地域の課題設定、課題解決の実践と能力構築にとって有益な活動を求められるようになっているのである。そのためには、国・地域に固有の社会システム、歴史、文化などを考慮する必要がある。以下に、近年の動向を示す。

2-2. 科学技術外交の 3 つの実践的枠組み：2018 年

上に述べた問題意識の下で、科学技術外交の国際ネットワーク（FMSTAN と INGSA）の開設と拡大を主導してきた米・英・日・ニュージーランドの外務大臣・科学技術顧問の 4 者が共同して、科学技術外交が政策レイヤーの議論と分析だけでなく、実務者が実践する時代が到来したことを踏まえて、2018 年に以下の 3 つの実践的枠組みを提案した（Turekian・Gluckman・Kishi・Grimes 2018）。

① 国益を達成するための行動
② 国境を越えた共通利益を達成するための行動
③ 地球規模の課題解決を達成するための行動

提案された枠組みと行動リストは、科学技術外交の現場で、その目的と自らの位置を確認しながら行動する上で実用的なため現在広く普及している。以下に、その概要を示す。

(1) 国益を達成するための行動

○ 一国の国際的な発言力／影響力／ソフトパワー／評判の強化
- 科学技術協力、人材の育成と循環、STEM 教育支援、開発援助。

○ 一国の安全保障の強化
- 各種の危機・脅威への対応（人工的、自然、サイバー等）、危機への事前準備と対応と管理。
- 政治軍事的緊張への対応（米・露、米・中、米・アラブ、日米関係など）。

○ 一国の経済力の強化と紛争解決
- 貿易、技術開発支援・協力、サプライチェーンの強化、経済的威圧への対応、 知財、国際基準と管理、WTO。

○ 一国の科学技術力の強化とそのための国際協力
- 教育研究環境（大学等）、技術力、研究開発インフラの整備運用、知識・技術、研究者の保護とアクセス管理。

(2) 国境を越えた共通利益を達成するための行動

○ 国境を越えた危機・災害管理と協力（例：コロナパンデック、洪水、地震、津波、火災、火山など)。
○ 資源管理：鉱物・森林・水などの開発と環境・保全管理。
○ 人材の育成と研究者の国際流動、大型研究開発施設の建設と運営。

なお、この第（2）項の提案は、米中摩擦の激化とロシアのウクライナ侵攻のインパクトによって、その範囲が論文発表時よりも大きく広がり複雑化している。いわゆる民主主義国陣営と中国・ロシア等の権威主義国陣営の分断とブロック化、技術ガバナンスと最先端研究者の保護、サプライチェーンの強靭化など、同志国間の共同プログラムなども含むようになっている。この（2）項は、後出 4.で詳しく述べる。

(3) 地球規模の課題解決を達成するための行動

○ 見えている課題：気候変動、持続可能性（SDGs)、パンデミック、核兵器・化学・生物兵器の管理など。
○ 見えない非統治空間（海洋、宇宙、極域、AI、サイバー）のデータ収集と利用などへの対応と管理、ルールと体制作り等。

3. 科学技術外交コミュニティーの世界的拡大：2010 年以降

2015 年の国連 SDGs 決議に象徴されるように、2010 年以降、国際政治・経済・安全保障・気候変動、環境政策において、科学技術の重要性が飛躍的に高まり、各国で科学技術外交の取り組みが戦略的に強化されている。プレーヤーは、欧米先進国に加え新興国・途上国に広がり、NGO、民間企業など多様化している。科学的助言者や関連組織の国際ネットワークが広がり、2014 年に INGSA が NGO として発足した。INGSA は、2 年毎に総会を開催（オークランド（2014)、ブリュッセル（2016)、東京（2018)、モントリオール（2021)、ルアンダ・キガリ（2024 予定））している。INGSA は地域支部（例：南アジア、アフリカ、アメリカ）を設置しボトムアップで、科学的助言の事例の収集と普及、方法論の開発、能力構築を進めている。

同時期に幾つかの国で外務大臣科学技術顧問が設置され、米、英、ニュージーランド、日本の４か国が主導して、2015 年に外務大臣科学技術顧問国際ネットワーク（FMSTAN, https://ingsa.org/divisions/fmstan/）が発足した。現在約 30 か国が参加して、各国の外交案件と科学技術の関係等について情報の共有と意見交換を行っている。わが国では、東日本大震災・福島原発事故を契機に、科学的助言、科学技術外交の体制強化が進められ、2015 年に外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議が設置され、FMSTAN の中心メンバーとして国際的に活動中である。

2018 年には、国際科学会議（ICSU、1931 年発足）と国際社会科学協議会（ISSC、1952 年発足）が合併し、国際学術会議（International Science Council：ISC）が発足した。ISC は、「科学者の国連」といわれるように、科学研究の基盤と質の確保、社会的課題に対応する自然科学と社会科学の異分野連携、科学的助言の知識基盤の整備等を目的としている。分野の細分化が進んできた近代科学の歴史において大きな画期といえる。

なお、ISC 第 2 代会長グルックマンは、科学技術外交と科学助言世界ネットワークのリーダーの一人だが、コロナパンデミックについて、多国間主義や科学技術外交の可能性と弱点、教訓を語っているので（Gluckman 2022)、主な点を列記しておく。

- コロナパンデミック対応では、各国のシステムは、総じてリスク評価と管理・コミュニケーションに対応できていなかった。政府と専門家への不信が増大。
- コロナウイルスのデータの共有、ワクチン開発は高速でなされたが、その配布では国

毎に大きな不平等が生じた。WHO、国連システムにおける、世界的なリスク評価・管理とコミュニケーションの強化が必須。現在、ISC と国連が共同で世界的な科学的助言システムの構築を検討している。

なお、コロナパンデミックはまさに地球規模の災厄であったが、ポジティブな側面の１つとしては、克服するにあたって、市民の多くが科学技術や科学的助言、そして国際連携の重要性を理解するようになったことが挙げられるよう。これは本項の冒頭に述べた科学技術外交の新興国・途上国への広がりにも貢献している。2023 年の G20 首脳サミットでは、「科学外交をツールとして世界的な科学助言メカニズムを創設する」とした G20 首席科学顧問ラウンドテーブルの成果文書が付属文書として採択された（7-1 に詳述）。

4. 国力の基盤としての科学技術と科学技術外交の戦略的重要性―時代認識―

4-1. 安全保障と科学技術イノベーション（STI）政策と科学技術外交

ここでは、OECD が基幹報告として 2 年毎に発表し世界の科学技術イノベーション政策に大きな影響を与えている『OECD 科学技術イノベーションアウトルック』の 2023 年版（Outlook 2023）（OECD 2023-1）に注目する。この報告書で強調されているのが、近年の「STI 政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策の急速な重なり」であり、従来の科学技術国際協力のパラダイム転換といえる。OECD は、この状況を“securitization of STI（科学技術イノベーションの安全保障化）”というコンセプトで捉えて、安全保障面だけでなく、気候変動、エネルギー、食糧、各種サプライチェーン、大規模災害など人類と地球の危機への対処のために、科学技術政策とその他の政策との架橋と国際協力の重要性を強調している。

このように OECD・Outlook 2023 は、従来になく国際政治に踏み込んだ分析をしているので、長文になるが、当該部分を引用しておく（翻訳は引用者）。

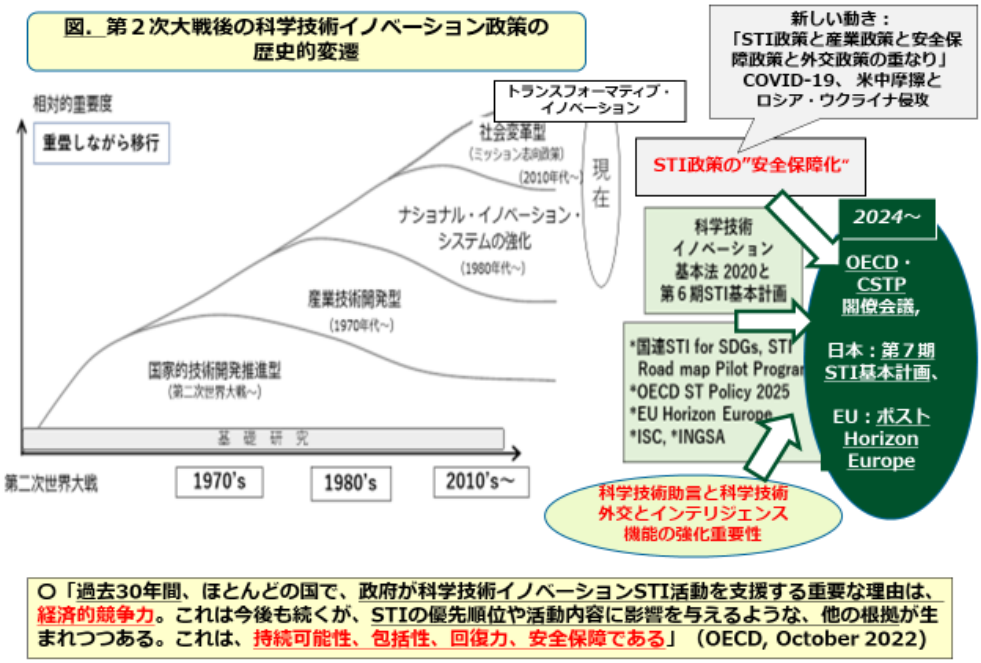
「・・・中国は自由主義市場経済のシステム上のライバルとみなされるため、その台頭は、近年政策上の懸念も深まっている。経済競争力と国家安全保障を支える重要技術における競争の激化、第２次世界大戦後のルールに基づく国際秩序に挑戦する価値観と利害の相違、サプライチェーンの相互依存による脆弱性の増大である。このような懸念の中核にあるのが技術であり、EU や米国などは、戦略的政策目標として技術主権と戦略的自律性を推進している。技術へのアクセスを制限し（保護 protection）、新興技術と国内産業政策へ積極的に投資し（促進 promotion）、志を同じくする国々との国際的な技術提携を強化する（投射 projection、（筆者注）EU では“partnering”ともいう用語を使用）という政策を採用している。・・・貿易、外交、国防、産業といった政策領域がこうした政策展開の多くを牽引しているが、研究担当省庁や資金提供機関はまだ中心的な役割を果たしていない。」

現代国際政治学の古典モーゲンソーの『国際政治』では、国力の本質と諸要素として、工業力、軍備、科学技術、技術革新力を重視しており、近年の国際政治学でも同様な扱いをしている（モーゲンソー 2013, 高坂 1966, 中西 2003, 細谷 2012, 坂本 2011）。すなわち、国力の主な要素として、①安全保障・軍事力、②経済・産業力、③ソフトパワー（文化・学術科学など）が挙げられる。科学技術は従来、主として③に位置付けられてきたが、ここ数年の国際情勢と技術の急速な変化と発展に伴って、AI、半導体技術、バイオテクなどの科学技術とその政策が、安全保障、産業競争力の基盤として極めて重要との認識が深まり、各国・地域間の競争と協調など、科学技術外交の戦略と舵取りが極めて重要になっている。EU は、2023 年 12 月にマドリッドで開催された第１回 EU 科学外交会議の成果文書で、「ソフトパワーおよびハードパワーとしての科学外交の利用」（EU 2023）を強調し、大きく発想に転換を促している。

4-2. 国際経済社会システムと STI と科学技術外交

OECD はさらに、過去 30 年間 STI 政策の最優先目的であった経済的価値に加えて、今後は、持続可能性、レジリエンス、生活の質（well-being）、安全保障が重要になると指摘している。ロシアのウクライナ侵攻、米中新冷戦は、国際経済社会システムにも大きな転換を迫っている。

米国では「新ワシントンコンセンサス」と称されて、過去 30 年のグローバル化、オープン化、経済政策の効率優先、企業立地、物流、金融システムの効率重視と、それによる経済的・技術的に深く接続された世界システムについて再設計が進んでいる（Sulliban 2023）。反グローバル、ナショナリズム、ポピュリスムが台頭する中で、デカップリング（分断）、デリスキング、レジリエンスなどのコンセプトが提案され様々なセクターで議論が進められているが、第 2 次世界大戦後に確立してきた国際経済ルール、人権、民主主義が大きく揺らいでおり、科学技術活動もブロック化が危惧されている。今後の科学技術外交の重要な視点である。転換期にこうした歴史観をもつことは重要である。下図により、第 2 次世界大戦後の STI 政策の変遷と、近年の科学助言と科学技術外交の重要性の増大を示す。この流れは、日本の第 7 期 STI 基本計画、EU のポスト・ホライゾン・ヨーロッパの検討等に反映されていくものと考える。



5. 科学技術外交のモード：トラック 1 とトラック 2

近年、科学技術外交において、組織横断の対応、学際協創的アプローチが必要になっており、国内的にも国際的にも、政策、ファンディング、研究実施組織、個々の研究者等の多層のレイヤーでの水平と垂直の調整・協働の仕組みとそれらを繋ぐ人材の育成強化が重要になっている。科学技術外交のモードは、担う組織と人材によって、大まかに次の 2 つに分類される。

- トラック 1：政府の方針に沿って、外務省・外交官が対外的な議論、折衝を行う。
- トラック 2：科学技術コミュニティーや NGO などが主導して、対外的な議論、折衝を行う。公的な資金が必要になる場合は、政府がバックアップすることも多い。

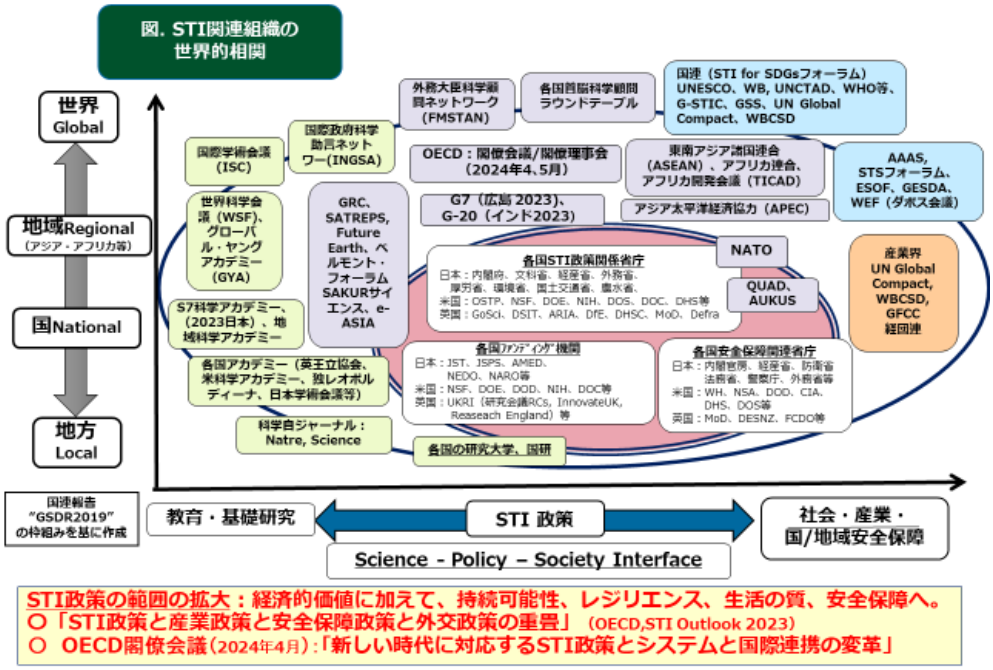
両者は相互補完関係にあり、科学技術外交のニーズ、方法の多様化、関与者が多数になる中で、トラック 2、それらの中間としてのトラック 1.5 のアプローチが大きな役割を果たすようになると予想されている。トラック 2 を担う組織、人材の量と質の確保は、日本のような人材の流動性が低い社会にとって大きな課題である。これについては、7-4 で詳しく述べる。[3]

6. 転換期における科学技術外交のプレーヤーの多様化と位置—世界地図の中で考える—

一国の科学技術の推進構造は、政策、施策・ファンディング、研究実施機関、個人（科学者、アカデミー）の多層な構造からなっている。近年これら各層を構成する政府、組織、個人が、それぞれ国境を越えて国際的ネットワークを拡大している。主なプレーヤーは、各国政府、各首脳科学顧問、大学、国立研究所、研究助成機関、科学アカデミー、民間企業、NGO にくわえて、ISC、FMSTAN、INGSA、OECD、世界科学会議（WSF）、国連とその機関（世界銀行、UNESCO、WHO、UNEP 等）等の国際組織がある。

この構造と機能を地球規模で俯瞰して、それぞれのプレーヤーの立ち位置と役割、相互関係を確認する作業が重要になる。その基盤として下図を作成した。国連の“Global Sustainable Development Report (GSDR 2019)”の示唆を基にして、縦軸に global（世界）、regional（地域：アジア、アフリカ）、national（国）、local（地方）を取り、横軸に科学技術、政治・行政・ビジネス・安全保障のセクターを取り、2 次元の平面に関係組織を位置付けた。図の各組織の位置と役割、関係性は固定化されたものでなく、政治経済技術の国際情勢によって変化していく。

国際政治学における①主権国家体制、②国際共同体、③世界市民主義の 3 つの位相と規範が併存し競合しながら、現代国際政治が構成されているという考え方（Gluckman 2022）は、この図を基に考え行動を起こす際に重要な示唆を与えてくれると考える。



[3] トラック 1 を担う各国の外務省には、科学技術を担当する局部課室があり、大使館には科学技術を担当する外交官が配置されている。近年、気候変動や AI など科学技術の専門知識を必要とする国際課題が増加し、外交官に加えて、専門家の参画が必要になっている。首相科学技術顧問や外務大臣科学技術顧問を設置する国も多くなっている。たとえば、2023 年の G7、G20 では、首脳レベルで、科学技術に関連して、AI、地球温暖化、新興技術のガバナンスの国際協力のあり方が大きな外交案件となり、これら顧問による国際ネットワークが重要な役割を果たしている。

7. 科学技術外交の幾つかの新しい課題

世界情勢の激変の下で、科学技術外交をめぐる課題として、以下に、グローバル・サウスのプレゼンス拡大、AI、バイオテクノロジー等新興技術のガバナンス、インテリジェンス機能の強化、科学技術と政治・外交を架橋する人材の育成強化を取り上げる。これらは、2024 年 4 月に 9 年ぶりに開催される、OECD・科学技術政策閣僚会議での重要な討議課題になる予定である（OECD 2023-3）。

7-1. 科学技術外交の舞台にグローバル・サウスのプレゼンス拡大

2023 年インドが主宰した G20 で、科学的助言と科学技術外交の強化について以下の文書が発表された（ G20 首席科学顧問ラウンドテーブル）（G20 Chief Science Adviser Roundtable 2023）。科学技術外交が、グローバル・サウスを含めて、地球規模で注目されるようになったのである。

（該当部分の抜粋）「進むべき道：包括的、継続的、行動指向の世界科学的助言メカニズムを創設する」（翻訳は引用者）

「第 15 項：我々は、グローバル社会に公平に利益をもたらす既存の知識の非対称性に対処するため、効果的でグローバルな科学助言を必要とする現代的な問題について審議するために、チーフ・サイエンス・アドバイザーとその指名された同等の人々が一堂に会する、強固で適切かつ効果的なメカニズムの創設に向けて努力する。G20-CSAR（G20－主席科学顧問ラウンドテーブル）は、メンバーや国際機関が様々な学際的な問題に集中し、相乗的な科学的助言を与えることができるよう、さらなる議論や審議の舞台を整えた。科学外交は、このメカニズムに関わる関係者間の相乗効果を高めるためのツールとして利用することができる。G20-CSAR は、科学的なインテグリティと厳密さを核とし、アクセスしやすく、包括的で、行動を重視し、成果を重視し、ダイナミックな科学的助言のエコシステムを強化することを意図している。」

7-2. 新興技術のガバナンスと戦略的科学技術外交の重要性

生成 AI に代表されるように、新興技術は急速に発達し社会に与えるインパクトと時間が格段に短くなっている。新興技術としては、AI の他、バイオ技術（神経工学、合成生物学等）、量子技術、ドローン、センサー、メタバース・電子通貨、自律システムと兵器、宇宙開発、海洋開発、地球工学などがある。こうした新興技術について、技術の発展とインパクトを先見した上で、イノベーションを阻害しないよう、また、リスクを回避する適切な規制をすることが重要になっている。こうした活動を、誰がどの組織が何処でどういう方法で対応するのか。2023 年の G7 における首脳レベルの会合でも大きなアジェンダになる等、現在、世界中で大きな課題となっており、一国だけでは対応できず、2 国間、多国間の協力と競争が重要になる技術ガバナンスである。

OECD Outlook 2023 は、科学技術の安全保障化の時代を迎えて、「研究担当省庁や資金提供機関はまだ中心的な役割を果たしていない。」と厳しい指摘をしているが。OECD、米、EU などは、新興技術の振興（promotion）、技術知識と研究者の保護（protection）、新興技術の国際協力（projection）という 3 つの視点から政策を検討している。わが国の STI コミュニティーも、政策レベルからファンディング、研究実施組織、研究者の各レイヤーで、経済安全保障という新しい要請に応じた STI の目標とシステムへの構造的な変革が必要になっている。

7-3. 科学技術外交の基盤としての戦略的インテリジェンス機能の強化

先に述べたが、OECD が強調する「STI 政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策の重畳」する先行き不透明な時代を迎えて、各国、国際機関などで、フォーサイトをはじめ戦略的インテリジェンス機能の強化が盛んになっている。

フォーサイトについては、AI とデジタル技術を活用した、政策形成からファンディングの設計などのために、様々な粒度で課題の設定、技術の方向とインパクト・リスク評価、モニタリング方法、ステークホルダーの参画と合意形成、国際的プラットフォーム作りが重要になっている。（例：G7 での AI ガイドラインの検討プロセス（外務省 2023）、OECD による技術ガバナンスとして「新興技術世界フォーラム（GFT）」の設置（OECD 2023-2）。スイスの GESDA 財団による技術予測と外交戦略の融合プロジェクト(スイス・ジュネーブ GESDA 財団 2023、EU/JRC による知識基盤と知識統合プログラムなど （EU Joint Research Center 2023）。）

国連は、ロシアのウクライナ侵攻と米中対立の中で機能不全に陥っており、国連決議 SDGs ゴール（2030 年）の達成も困難になっている。この状況下、グテーレス国連事務総長はポスト SDGs を視野に入れた『我々の共通アジェンダ』を提案しており（外務省 2023）、その中で、ISC と国連専門機関（WB、UNEP、UNDP、WHO、UNESCO 等）が連携して、国際的な科学的助言機能の強化を進めている（Gluckman 2022）。

ポスト・コロナ時代の効果的な科学的助言のあり方、方法の改革の一環として、科学と政治と社会の間のコミュニケーション、信頼形成のために、文化、言語、感性への配慮が強調されるようになっている。国連報告“Global Sustainable Development Report 2023”（UN 2023）、グローバルヤングアカデミー2022 総会（日本開催）のテーマ「感性と理性のリバランス：包括性と持続性に向けた科学の再生」(日本学術会議(2022))、INGSA による言語・文化圏による機能の差異など国際比較研究などがある（INGSA 2021）。2023 年 8 月、グテーレス国連事務総長は、科学と技術の画期的な進歩と、これらの進歩の利点を活用し、潜在的なリスクを軽減する方法について国連指導者に助言するための新しい科学諮問委員会の創設を発表した。7 人の著名な科学者グループと、さまざまな国連機関の主任科学者グループ、国連大学学長、技術特使で構成されている。

7-4. 科学技術と外交を架橋する人材の育成

激変する世界の政治経済情勢を理解し、また AI や量子などの新興技術の発展方向と社会的インパクトを理解して国際的な議論に対応できる専門人材―科学技術外交を担う人材―の育成と確保は、世界的に喫緊の課題となっている。

国連と ISC は共同で、科学と政治行政と社会（国際社会を含む）を架橋する新しい時代の科学技術関係者として次の四つを提案している（United Nations 2021）。科学的知識の生産者（generators）：＜伝統的な研究者＞、知識の統合者（synthesizers）、知識の仲介者（brokers）、内外の政治行政へのコミュニケーター（communicators）である。EU も同様に「新しいタイプの政策のための科学者」の育成を強調している。これらの実現のためには、科学者個人の能力向上にくわえて、インセンティブ、キャリアパスの確立、人材評価システムの改革が必須であり、科学技術システム全体の改革に繋がる。

近年の STI 政策関連の国際会議で、わが国は専門知をもつ大学人に参加を依頼することが多い。これは海外と異なり改善する必要がある。科学研究の分析的方法と論文生産に馴れた大学人にとって、価値観もスピードも目的も異なる外交の領域に、十分な訓練もなく国際場裏に出て期待される役割を果たすには困難が多い。外交は内政といわれて、国内各省、各政策との繋ぎ・調整も重要になる。長期的な取組みとして、学際的で実践的なカリュキュラム編成で、こうした素養と能力をもった人材を若い年代から育成確保することが重要になる。わが国の国益と研究力向上にとっても重要である。[4]

[4] 海外では研究経験を有する人材を STI 政策や科学技術外交の現場で活躍してもらうため、キャリアパスの開発を含め長年取り組んでいる。ここでは AAAS の例を挙げる。「AAAS 科学技術政策フェローシップ」は、科学者や技術者（多くは博士）を原則 1 年、立法（議会委員会スタッフ、議員事務所等）、司法、行政機関（国務省や NSF、エネルギー省等）に派遣し、STI 政策立案プロセスを実地体験させるもので、受け入れ側のニーズも高く国際的にも評価が高い。年間 300 名程度を採用し、終了後は 1/3 が行政に残り、1/3 は研究に戻り、残りは企業など他のキャリアに進む。半世紀近い歴史をもち、バイデン政権で女性として初めて大統領科学技術顧問に就任した者、国務長官科学技術顧問、科学アカデミー幹部など多くの人材を輩出している。わが国でも早急に同じようなフェローシップを導入する必要がある。

8. 科学技術外交の枠組みの再検討に向けて

8-1. 科学技術外交の概念の確立から 2025 年で 15 年

この間、人類はコロナパンデミック、ロシア・ウクライナ戦争、米中摩擦の激化など、第 2 次世界大戦後初といわれるほどの世界史的な出来事に対峙してきた。これを踏まえて、科学外交の枠組みと実践方法の抜本的再検討を行うために、2025 年に科学技術外交の現在の枠組み作りをリードしてきた米 AAAS と英王立協会は、2025 年を目途に、新しい時代の科学技術外交の目標、方法などについて、世界の多様な関係者・組織を巻き込んだ議論の蓄積と国際的な会議を企画している（Montgomery・Wiggins 2024）。科学技術外交の今日的な可能性と価値、新しい方法等について、世界的に関係者・組織が議論し、多面的な視座から理論化することは、ステークホルダー間のコミュニケーション、信頼の形成と協働にとっても極めて重要である。

8-2. 最近の動き

世界情勢がめまぐるしく変化する中で、科学技術外交の概念はグローバル・サウスの国々にも広がりつつある。2023 年 9 月の G20 首脳サミットでは、「科学外交をツールとした世界的な科学助言メカニズムを創設する」とした G20 首席科学顧問ラウンドテーブル（同年 8 月開催）の成果文書が附属文書として採択されたことに注目すべきであろう。また、2023 年 10 月に京都で開催された STS フォーラム年次総会において、岸田内閣総理大臣は「気候変動やエネルギー問題などのグローバルな課題の解決に向けて、科学技術を通じた国際協力や人材育成、サイエンス・ディプロマシー（外交のための科学）が不可欠」と述べた。

そして、2023 年 12 月にマドリードで開催された「第 1 回欧州科学外交会議」を皮切りに、科学技術外交のあり方にかかる新たな検討が始まっている。EU は、①「欧州科学外交枠組み」の策定状況を把握すること、②今後の進め方について議論すること、③幅広い利害関係者による対話、共同創造、参加の場を提供し、EU 域外への科学外交の働きかけを促進すること、④科学外交関係者の積極的な参加意欲を高め、現在進行中のプロセスを可視化することを目的に同会議を開催した。その結果、「分断され多極化した世界におけるヨーロッパの科学外交を再考し、可能な限りオープンでありながら必要に応じて閉鎖的であるという概念に基づいて、ソフトパワーおよびハードパワーとしての科学外交の利用を反映する必要がある」といった点を含む 12 項目からなる会議の成果が公開された（参考 3 参照）この中で、これまで科学は外交のソフトパワーとして位置づけられていたが、ハードパワー・国力の手段の側面を強調したことは枠組みの大きな転換といえよう。

2024 年 1 月、Royal Society と AAAS は Science Diplomacy 誌の論説にて、2025 年に科学技術外交のフレームワークを変革することを発表した。そのために、今後 1 年にわたって、変化する地政学的環境における科学技術外交の役割について、オープンで包括的な対話を実施するとしている。同時に、Science Diplomacy 誌における特集号への寄稿も呼びかけられ、科学と外交政策の接点で働く多様な関係者の意見を求めている。AAAS の SCIENCE & DIPLOMACY 誌の科学技術外交 15 周年特別号が 2024 年 10 月に刊行された。

8-3. まとめ

最後に、今後の議論で重要な点について、以下に列記して本稿を終わる。

1. STI 政策と産業政策と国家安全保障政策と外交政策が重畳する時期を迎えているとの時代認識の共有が重要になっている。その下での、研究のインテグリティと研究セキュリティの確保とバランス（UN 2020）
2. 科学技術活動と科学技術外交における、安全保障・国際経済の軸からの厳しい競争と同志国間の協同と、世界規模課題解決のためのグローバルな多国間協調という、ダブルト

ラックのバランスが重要になってくる。デカップリングでなく、デリスキングという視座が必要である。

3. 科学技術外交において、グローバル、リージョナル、ナショナル、ローカルという世界的な階層構造の認識とその間を循環させるダイナミックな能力をもつ必要がある。G20などグローバル・サウスの新しいプレーヤーの参加へのわが国の寄与。
4. 科学技術外交の効果的実践のために、トラック 1、トラック 2、トラック 1.5 の多様なアプローチの組み合わせが重要になる。
5. 科学と内外の政治行政を繋ぐ人材の育成確保。
6. 科学技術外交の政策形成と実行に EBPM を導入する。そのために、インテリジェンス機能の強化、リスク評価・管理・コミュニケーション機能の強化が必要。「科学技術外交の科学」をテーマに国際共同研究を企画する。

9. 参考

9-1. （参考 1）科学技術外交と科学技術政策の歴史的変遷の概観

科学技術外交の歴史的に大きな役割は、科学技術の国境を越えた活動を推進することである。古くは極域観測、子午線測定、学術用語や科学方法論の共通化などの国際研究協力があり、西洋近代社会と科学の発展の重要な基盤を形成してきた（岩渕 2021）。その流れの中で 19 世紀末にドイツ科学界が主導して国際学士院連合（IAA）が設立された。科学技術外交のもう一つの面は、科学技術の発展・盛衰と安全保障・政治・経済の国際情勢との相互作用への対応である。国際情勢に応じて多くの科学技術に関する国際的仕組みが歴史的に形成されてきた。ここでは、ISC グルックマン会長が示唆した（Gluckman 2022）時代区分をもとに、20 世紀初めから現在までを次の 4 つの期間に分けてその変遷をのべる（岩渕 2021, 有本 2021）。

- 第 1 期（1900 年～1945 年）:「世界的紛争の時代」
- 第 2 期（1950 年～1990 年）:「東西冷戦と新しい国際制度体制の構築の時代」
- 第 3 期（1990 年～2015 年）:「国際経済競争の激化とグローバリゼーションの時代」
- 第 4 期（2015 年～現在）:「地球規模課題と戦略的競争と分断の時代」

この 4 つの時期で、科学技術外交に関連して注目される出来事を以下に示す。

(1) 第 1 期（1900 年～1945 年）:「世界的紛争の時代」

① 19 世紀末に、極域観測、子午線測定などの国際研究協力の推進のために、ドイツが主導して国際学士院連合（IAA）が発足した。
② 第 1 次世界大戦が終了した 1919 年、IAA に代わって、イギリスとアメリカの科学アカデミーが主導して、国際研究会議が発足した。ベルサイユ体制下で、当初はドイツ等枢軸国の科学コミュニティーを排除したが、アインシュタインらの働きかけで、1931 年にドイツ等の加入を認め、国際学術連合会議（ICSU）として再編成され 2018 年まで続くことになる。
③ 第 1 次と第 2 次世界大戦の戦間期には、国際連盟活動の一環で、知的協力国際委員会が発足し、ベルグソン、キュリー夫人、アインシュタイン等が参加して国際間の知的・科学交流を推進する国際枠組みができた。新渡戸稲造が事務局長を務めた。日本の民俗学を創始した柳田国男も一時この委員会のスタッフとして働いている。この委員会は現在の国連・UNESCO に繋がるもので、リベラルな科学外交の典型例といえる。
④ 戦争の時代を反映して、連合国、枢軸国のそれぞれで軍事力の強化のために国際科学技術協力も進められた。第 2 次世界大戦中の 1940 年のイギリスのテザード・ミッションは有名である。これを契機に、アメリカとイギリス間の軍事科学技術協力が強化され、原爆やレーダーなどの開発が加速された。

(2) 第 2 期（1950 年～1990 年）:「東西冷戦と新しい国際制度体制の構築の時代」

① 第 2 次世界大戦後の厳しい東西冷戦の下で、原子力、宇宙等の科学技術が軍事力に決定的な影響を与えることから、技術による人類生存の危機への対処として、東西両陣営の間で原子力技術の国際管理機構が設置された（国際原子力機関。IAEA）。また、大国の国威発揚として、原子力、宇宙などのビッグプロジェクトの国際研究協力が進められた。

② 先進国がリードして、国際研究協力の体制の充実、人材交流と大学への留学生受け入れ等が盛んになり、科学技術が、国際政治でいう「ソフトパワー」として注目されるようになった。

③ 科学技術の国際協力活動が、冷戦や紛争の激化を緩和し、2 国間・多国間の関係を平和的に維持する手段とみなされるようになった。欧州原子核研究所（CERN、スイス）、中東放射光研究施設（SESAMI、ヨルダン）は象徴的な例である。これら活動のプレーヤーとして、各国政府だけでなく科学者集団、非政府組織（NGO）が重要な役割を果たすようになる。「トラック 2」外交といわれる。

④ NGO の活動が、国際政治に大きな影響を及ぼした例を次に示しておく。

- 第 2 次世界大戦での原爆開発と使用への反省から、ラッセル、アインシュタインらが主導して「パグウォッシュ会議」が開催され、核不拡散条約、核兵器禁止条約等の議論に大きな影響を与えた。
- 国際地球物理年が国連で設定され（1957 年）、ICSU の主導で、各国の研究組織が協力して地球観測研究が実施され、南極条約（1959 年）等の成立につながった。さらに、地球温暖化研究の精密化と国際的広がりが、フィラハ会議の開催、IPCC の設立（1988 年）、リオ・サミット（1992 年）、気候変動枠組み条約の制定につながった。また、オゾン層破壊メカニズムの国際共同研究は、フロンガス規制のモントリオール議定書に至った。この 2 つは、科学的知見の蓄積が国際政治を動かした典型例である。

(3) 第 3 期（1990 年～2015 年）:「国際経済競争の激化とグローバリゼーションの時代」

① 東西冷戦が終了し（1989 年）、各国の科学技術政策の目的が、国威発揚・軍事力強化から、経済的価値の実現・国際競争力の強化に大きくシフトした。

② これに伴って、科学技術外交も、従来の国際研究協力にくわえて、経済競争力強化、知的財産保護、標準化のための国際活動など、多様な領域に広がっていく。

③ 典型的な例は、1980 年代、日米間の自動車、半導体の貿易摩擦が技術摩擦に広がり、日米科学技術協力協定の改定に至った。その過程で、米国から「ハイテク技術の日本ただ乗り」「シンメトリー・アクセス要求」「日本の産業技術政策」等に関して、米側の証拠に基づく厳しい批判があり、日米間で専門家会合が繰り返し行われた。その後の日本の科学技術政策の基礎研究シフト、産学官連携システムの見直し、政策研究の強化等 STI 政策全般の転換に大きな影響を与えた（Turekian・Gluckman・Kishi・Grimes 2018）。

④ 各国の科学技術政策で、科学技術と社会の関係、社会的価値の創出（イノベーション）が重視されるようになり、OECD 等国際的にもこうしたテーマが盛んに議論されるようになる。参加する者も、科学技術分野に加えて、社会科学分野の専門家も参加するようになり、多様な専門人材の育成が重要になった。

⑤ 国際経済競争激化の下でも、国際宇宙ステーション、ヒューマン・フロンティア・サイエンス、地球観測データプロジェクト、深宇宙探査など、多国間の研究開発プロジェクトが進められた。

⑥ 日本は、科学技術外交の具体的プログラムとして、2008 年以来、JST（＋AMED）と JICA の共同ファンディングの下、日本と途上国の産学官による地球規模課題対応研究開発国際共同プロジェクトを支援している（「SATREPS」プログラム、https://www.jst.go.jp/global/about/about.html）。

(4) 第 4 期（2015 年～現在）:「科学技術外交の国際的広がり：地球規模課題と戦略的

競争と分断の時代」

① 科学技術政策の目的が、経済的価値の重視から、持続可能性、レジリエンス、ウェルビーイング（人々の生活の質）、国家安全保障に大きく広がり多様化している。これにともなって、科学技術外交の方法、人材も大きな転換を要求されている。例えば、OECD は科学技術政策研究のテーマとして、近年は、STI 政策の安全保障化、学際共創、ミッション志向、人材のキャリアパス、技術ガバナンスなどを取り上げている。
② この時期、科学技術外交のプレーヤーが、欧米先進国に加え、途上国に広がり多様化している。国際政治・経済・安全保障・気候変動、環境政策において、科学技術の重要性が飛躍的に増加した。国連の SDGs 決議は、各国の科学技術外交の取り組みに大きなインパクトを与えた。日本では、東日本大震災、福島原発事故を契機に、科学的助言、科学技術外交の強化が進められ、2015 年に外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議が設置され、科学技術外交の国際サークルの主要メンバーになった。
③ 政治・経済・環境・生活の多様なニーズ・課題に対応するために、科学と政治と社会のインターフェース（科学的助言）の構築が、各国でも世界レベルでも重視されるようになり、各国政府やアカデミーで、科学的助言の原則、方法、行動規範等の整備が進められた。OECD は「政策形成のための科学的助言」（2015 年）、「緊急時科学的助言」（2018 年）等科学的助言のシステムと方法について報告書をまとめた、わが国の日本学術会議は「科学的助言」の規範をまとめた（2013 年）。
④ この時期、科学的助言者や組織の国際ネットワークが広がり、政府科学助言国際ネットワーク（INGSA、2014）、外務大臣科学技術顧問国際ネットワーク（FMSTAN、2015）が発足した。INGSA は、2 年毎に総会を開催し（（オークランド（2014）、ブリュッセル（2016）、東京（2018）、モントリオール（2021）、ルアンダ・キガリ（2024 予定））、助言システムのレビュー、方法の開発、人材の育成と普及、実践事例の収集など国際的に主導している。
⑤ 2018 年には、ICSU（国際科学会議、1931 年）と ISSC（国際社会科学協議会、1952 年）が合併し、国際学術会議（International Science Council：ISC）が発足した。ISC は、科学研究の基盤と質の確保、 社会的課題に対応する自然科学と社会科学の異分野連携の促進、科学的助言の知識基盤の整備等を目的としている。分野の細分化が進んできた近代科学の歴史において大きな画期といえる。ISC は、国連と協力して、グローバルな科学的助言システムの強化を進めている。

9-2.（参考 2）「科学技術外交のあり方に関する有識者懇談会・報告書」（2015 年 5 月 8 日、外務省）（外務省 2015）

この報告書に基づいて、わが国で初めて科学技術顧問制度が外務省に設置されたのであるが、その内容は、現在でも、科学技術外交の具体を考えるに当たって示唆に富むので以下に提言のポイントを列記する。

グローバル課題への対応と外交機会の活用

- 提言 1：「科学技術イノベーションを通じてグローバルな諸課題の解決を主導し、望ましい国際環境の実現をはかる」との外交姿勢を確立する（科学技術外交を日本外交の新機軸として明確に位置づける）。
- 提言 2：国際社会で将来的に重要になり、我が国が指導力を発揮しやすい「次なる課題」をいち早く特定する仕組みを構築する。
- 提言 3：特定された課題をもとに、科学的根拠を伴う外交アジェンダを提示し、国際的取組を主導する。

外交上重要性の高いパートナー諸国や新興国等との協力関係強化

- 提言 4：外交上重要性が高いパートナー諸国との戦略的な共同研究開発を推進する。
- 提言 5：日本企業の海外展開を支援するとともに、新興国等のイノベーション人材育成や科学技術イノベーションに関する政策立案能力向上を積極的に支援する。
- 提言 6：地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）や第三国と連携して ODA を活用する三角協力を通じた新興国・途上国との協力強化、イノベーションを重視した新興国や ODA 卒業国向けの戦略的共同プロジェクト立ち上げを進める。
- 提言 7：人材育成協力（工学系大学支援など）を強化し、次世代のネットワーク構築を進める。
- 提言 8：科学技術人材を民間交流を通じた外交活動に活用する。

外交政策の立案・実施における科学的知見の活用強化

- 提言 9：外務大臣科学技術顧問を試行的に設置する。
- 提言 10：関係府省・機関・学識経験者・産業界との連携を強化するための国内及び国外のネットワークを構築し、外務大臣科学技術顧問を補佐する体制を整備する。
- 提言 11：我が国の在外公館の科学技術担当官の能力及び人員数の増強をはかる（本省や他公館との情報共有・連携の深化、研修機会の拡充など）。

科学技術外交を支える人材の育成

- 提言 12：中堅・若手研究者を外交政策立案に参画させる（外務省内で勤務、科学技術顧問の補佐、国際機関への送り込み）。

対外発信・ネットワークの強化

- 提言 13：「科学技術イノベーションを通じてグローバルな諸課題の解決を主導し、望ましい国際環境の実現をはかる」とのメッセージを、首相や外相等のハイレベルから国際社会に対して積極的に発信する。
- 提言 14：有力な科学技術関係団体を戦略的にターゲッティングしつつ知的交流を推進し、科学技術外交ネットワークを強化する。
- 提言 15：科学者派遣や内外の展示施設など（例：ジャパン・ハウス）との連携を図り、我が国の科学技術の対外発信を強化する。

○　わが国外務省科学技術顧問制度と科学技術外交推進会議

上記、提言に基づいて 2015 年に、設置された外務大臣科学技術顧問と科学技術外交推進会議の活動状況は以下の URL を参照。

- https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/isc/page24_001500.html
- https://www.mofa.go.jp/mofaj/dns/isc/index.html

References

AAAS (2022). Colglazier, W. and Montgomery, K. “A Decade of Science & Diplomacy”. Science & Diplomacy.
https://www.sciencediplomacy.org/

AAAS (2024), “ The Special Issue： Science Diplomacy - 15 Years On”, in October 2024.
https://www.sciencediplomacy.org/

Asano, K. and Arimoto T. (2024). " Research Security for Actionable Science Diplomacy", in, " The Special Issue： Science Diplomacy - 15 Years On", in October 2024. https://www.sciencediplomacy.org/perspective/2024/research-security-for-actionable-science-diplomacy

Brummer M. (2023). "International Relations and STI", SciREX Core Contents. https://scirex-core.grips.ac.jp/en/pdf/scirex_cc_1.5.2.pdf

Colglazier, W. (2023). "The Precarious Balance between Research Openness and Security". ISSUES. National Academy of Sciences, Engineering and Medicine.

EU (2023). "Towards a European framework for science diplomacy - Outcome of the first European Conference on Science Diplomacy" Madrid, 18-19 December 2023 https://eu-science-diplomacy.service-facility.eu/en/outcome

EU Joint Research Center (2023). "Revitalizing the JRC Strategy 2030".

Gluckman, P. (2022). "Science Advice and Science Diplomacy- in a Changing and Challenging World" . Lecture at Japan S&T Agency. Nov 2, 2022, in Tokyo.

G20 Chief Science Adviser Roundtable (2023). https://g20csar.org/

International Governmental Science Advice Network（INGSA） https://ingsa.org/

INGSA (2021). "Build Back Wiser:Knowledge, Policy and Publics in Dialogue" Montréal, Canada https://ingsa.org/capacity/ingsa-conferences/ingsa2021

INGSA (2024). "THE TRANSFORMATION IMPERATIVE- Expanded Evidence for Inclusive Policies in Diverse Contexts", 1 – 2 MAY 2024, KIGALI, RWANDA https://www.ingsa2024.com/

Montgomery,K and Wiggins,I (2024), "Science Diplomacy – 15 Years On", January 31 2024, Science & Diplomacy, AAAS

OECD (2023-1). "Science, Technology and Innovation Outlook 2023- Enabling Transitions in times of Disruption".

OECD (2023-2). Global Forum on Technology. https://www.oecd.org/digital/global-forum-on-technology/.

OECD (2023-3). "Ministerial-level meeting, OECD Science and Technology Policy Ministerial", 23-24 April 2024 | Paris, France. https://www.oecd-events.org/mm24/en/content/test

Royal Society and AAAS (2010). "New frontiers in science diplomacy-Navigating the changing balance of power".

Turekian, V. Gluckman, P. Kishi, T. and Grimes, R. (2018). "Science Diplomacy: A Pragmatic Perspective from the Inside". Science & Diplomacy. AAAS.

Turekian V. and Gluckman P. (2024), "Science Diplomacy and the Rise of Technopoles", Issues in Science and Technology, US National Academy of Sciences.

https://issues.org/science-diplomacy-technopoles-turekian-gluckman/

Sulliban, J. (2023). "Renewing American Economic Leadership". National Security Adviser to the President Biden, April 27 2023, at the Brookings Institution. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/speeches-remarks/2023/04/27/remarks-by-national-security-advisor-jake-sullivan-on-renewing-american-economic-leadership-at-the-brookings-institution/

United Nations (2021). “Our Common Agenda”, Report of the Secretary General of the United Nations.
https://www.un.org/en/common-agenda.

United Nations (2020). “Principles of Effective Governance: CEPA Strategy Note on the Science Policy Interface”. United Nations Department of Social and Economic Affairs.
https://publicadministration.un.org/Portals/1/Images/CEPA/Principles_of_effective_governance_english.pdfhttps://www.oecd.org/digital/global-forum-on-technology/

United Nations (2023). "Global Sustainable Development Report 2023".
https://sdgs.un.org/gsdr/gsdr2023

STS フォーラム（2023).
https://www.stsforum.org/

スイス・ジュネーブ GESDA 財団（2023).
https://gesda.global/.

有本建男（2021).「SDGs とコロナパンデミックによる科学的助言のパラダイム転換と日本学術会議」. 学術協力財団.

岩渕秀樹（2021).「「欧州レベルの科学技術・高等教育政策 ～現状と成立過程～」. 科学技術政策研究所. https://www.nistep.go.jp/archives/47344

外務省（2015).「科学技術外交のあり方に関する有識者懇談会・報告書」.
https://www.eeas.europa.eu/eeas/what-science-diplomacy_en.
https://www.s4d4c.eu/european-science-diplomacy-online-course/

外務省（2023). G7 首脳コミュニケ.
https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/100506909.pdf.

科学技術振興機構・研究開発戦略センター（2024).「科学技術・イノベーション政策に関する世界の潮流（2024 年）」. 2024 年 3 月.

https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2023-RR-07.html

高坂正暁（1966).「国際政治」. 中公新書.

坂本義和（2011).「人間と国家」. 岩波新書.

ナイ・ジョセフ, 他（2017).「国際紛争―理論と歴史（原書第 10 版）」. 有斐閣.

中西寛（2003).「国際政治とは何か」. 中公新書.

中西寛, 石田淳, 田所昌幸（2013）.「国際政治学」. 有斐閣.

日本学術会議（2022）.「第 12 回グローバルヤングアカデミー総会兼学会 開催結果報告」
https://www.scj.go.jp/ja/int/kaisai/pdf/2206120617.pdf

細谷雄一(2012).「国際秩序」. 中公新書.

ナイ S. ジョセフ, ウェルチ A. デイヴィッド（2017）「国際紛争―理論と歴史」. 田中明彦,村田晃嗣訳. 有斐閣.

モーゲンソー（2013).「国際政治」. 原監訳. 岩波文庫.

2.0.1　イントロダクション

赤池伸一 *　　城山英明 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

科学技術イノベーション政策のガバナンスの側面から、本章の趣旨を述べる。

キーワード

科学技術イノベーション政策、ガバナンス、プロセス、アセスメント

本文

科学技術イノベーション政策の対象や範囲については、0 章で扱ったように、科学、技術及びイノベーションは、元々別の概念であるが、現在では「科学技術イノベーション政策」という政策領域が認められるようになってきたところである。また、その国毎に科学技術イノベーション政策の体制は様々なものがある。

本章では、科学技術イノベーション政策について政策のガバナンスの視点からこれを扱う。科学技術イノベーション政策は多様な社会的含意をもち多様なアクターへの資源配分に関係する。そのため、伝統的な政府（government）だけでなく政府以外の幅広いアクターも含めた組織との水平的関係を念頭においた、社会的判断機能や仕組み・制度設計、すなわち「ガバナンス（governance）」の設計が求められる (城山英明, 2007)。

SciREX は「政策の科学」と「政策形成プロセス」の共進化を目指したものであり、科学技術イノベーション政策の効果を分析するのみならず、その立案、実施、評価等のプロセス全体をガバナンスの視点から分析することが、政策に関する研究成果を政策形成の現場で実践する上でも重要である。

SciREX プログラムの構想の基礎となった CRDS の政策提言である「(戦略プロポーザル）エビデンスに基づく政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学」構築／ CRDS-FY2010-

* 科学技術・学術政策研究所上席フェロー、文部科学省科学技術・学術政策局付、内閣府参事官
† 東京大学法学部・公共政策大学院教授

SP-13」CRDS (2011) においても、研究領域の一つとして「戦略的な政策形成フレームワークの設計と具体化」を明記している。



城山英明 (2013) では、科学技術イノベーション政策を政治学的観点から分析する際の課題について整理を行っている。城山は、ガバナンスを分析する際の視角として、「政治学観点として、政治的判断を伴う裁量的判断がどこに埋め込まれているか、そのような政策の仕組み・制度がとられる原因を経験的に明らかにすることも基礎作業として重要である。」旨を指摘している。また、Spolsky and Taylor (2010) は、社会にはイノベーションによって恩恵を得る者と被害者の双方がおり、政府は様々な利害関係者間の調整を行う役割を担うとの立場でとらえ、政策のデザイン、経過、実施に際しての影響を考慮する必要があるとしている。

本章では、まず、STI 政策の正当性と科学技術ガバナンスの必要性を整理するとともに、STI 政策の手段、複雑な STI ガバナンスの構造、プロセス、科学技術ガバナンスの各段階におけるツール、政策執行におけるアクター間関係のガバナンス、ガバナンスと組織のイノベーションについて概説する。

References

CRDS (2011). (戦略プロポーザル) エビデンスに基づく政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学」構築 (CRDS-FY2010-SP-13）. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

Spolsky, H. and Taylor, M. (2010). Politics and the Science of Science Policy. In *The Science of Science and Innovation Policy: A handbook*, pages 31–55. Stanford Business Books. https://www.sup.org/books/title/?id=18746.

城山英明 (2007). 科学技術ガバナンス. 東信堂. https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01

-9784887137899.

城山英明 (2013). 科学技術イノベーション政策の政治学 (< 特集> 科学技術イノベーション政策の科学). 研究 技術 計画, 28(1):23–36. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/28/1/28_KJ00008954046/_article/-char/ja/.

2.0.2　STI 政策の対象と手段

岩渕 秀樹 *　　赤池 伸一 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2020 年 7 月 2 日

リード文

科学技術イノベーション政策の基本的な政策手段について概説する。本文書は暫定版である。

キーワード

科学技術イノベーション政策、政策手段、税制、規制、政策金融

本文

1　政策手段としてどのようなものがあるか

科学技術イノベーション政策の定義、科学政策、技術政策、イノベーション政策の各々の特徴を確認したところで、続いて、科学技術イノベーション政策の手段についてさらに考察を深めていきたい。

科学技術イノベーション政策の手段を類型化する先行的な取組みとしては、例えば、Gault (2011) があり、Market, People, Innovation activities, Public institutions, International engagement の 5 つの政策手段への類型化を試みている。但し、ここでは基本に立ち返り、科学技術イノベーション政策の手段の類型化を論じるに先立ち、一般に公共政策の手段がどう類型化されるのか確認してみたい。秋吉貴雄・伊藤修一郎・北山俊哉 (2015) によれば、公共政策の手段は、直接供給、直接規制、誘引、その他に分類できるという。

1.1　直接供給

- 公共財の提供（国や社会の安全保障、道路、街灯、灯台等）
  ※消費の非競合性、排除不可能性から正当化されるもの

* 欧州連合日本政府体表部参事官
† 科学技術・学術政策研究所上席フェロー、文部科学省科学技術・学術政策局付、内閣府参事官

- 準公共財（価値財）の提供（教育、住宅、医療、文化等）
  ※私的選択に委ねると供給が十分に行われないという社会的判断に基づき、政府がパターナリズムの観点から供給するもの

1.2　直接規制

- 外部性の存在（環境規制等）
- 規模の経済の存在（独占禁止、料金規制等）
- 情報の非対称への対処（資格制度（例：医師、弁護士）等）
- 社会的規制（労働規制　等）

1.3　誘引

- 誘導型（特定の行為を好ましい方向に誘導するもの）
  補助金、低利融資、融資保証、利子補給、税制優遇、制裁・罰則等）
- 誘因型（インセンティブを継続的に持たせる仕組みを構築するもの）
  （環境税など税体系、排出権取引のような新規市場創設　等）

1.4　その他

- 啓発的手段（事実の提示）（食品表示制度、渡航安全情報　等）

このような公共政策の手段の分類に沿って、先に紹介した科学政策、技術政策、イノベーション政策の政策ごとに、主な政策手段を整理してみる。（表 1 参照）

科学政策の場合、ある意味単純であり、科学的知識という財の直接供給という政策手段が中心となる。論文のような形で広く公開される科学的知識は、誰にでも利用可能な性格を持ち、消費の排除不可能性を有することから、公共財として供給されない限り過小供給の恐れがあるというわけである。

これに対し、技術政策の場合には、異なる政策手段が選択される。特定の技術分野を政府（我が国でいえば経済産業省など）が選択し、そうしたターゲット分野の技術開発に対して補助金を供給したり、税制優遇を応じるといった政策手段（誘引（誘導型））が取られるほか、成長産業を特定するビジョン類を政府（我が国でいえば経済産業省など）が示すという政策手段（啓発的手段）が取られる。

さらに、イノベーション政策の場合には、多くの政策手段が使われることとなる。例えば、イノベーション促進的な規制政策など規制という政策手段をとる場合もあれば、イノベーション促進的な公共調達など誘引（誘因型）という政策手段をとる場合もあろう。

このように、科学政策、技術政策、イノベーション政策と移るにつれて、政策手段が変化し、多

様化していく傾向がある点は留意すべき点であろう。

表１　科学政策、技術政策、イノベーション政策の政策手段

	科学政策	技術政策	イノベーション政策
直接供給	科学的知識の生産		
直接規制			イノベーション促進的な規制（環境規制、競争政策、消費者保護など）
誘引		特定の技術開発に対する補助金供給・税制優遇 特定の産業分野における労働訓練 【誘導型】	イノベーション促進的な公共調達 一般的な教育・訓練に対する補助 【誘因型】
その他（啓発等）		成長産業を特定するビジョン類の作成	起業風土の醸成、国民の情報アクセス向上

出典：

科学技術イノベーション政策の手段に関し、昨今の国際的な政策動向を振り返れば、科学技術と関連する「イノベーション政策」の重要性が世界的に注目されていることが分かる。

例えば、２０１０年のＯＥＣＤイノベーション戦略は、「イノベーションや起業に対する行政規則などの規制障壁の撤廃や成長に寄与する税制など、イノベーションを支える枠組みの構造を改革する政策は、イノベーションや成長を強化する上で大きな役割を果たすことができる。」としている。また、２０１５年改訂のＯＥＣＤイノベーション戦略は、「政策立案者は、狭い意味で定義される研究・イノベーション政策を超えて、政策の文脈に応じて変化する、様々な『イノベーションのための政策群』を組み合わせることが求められる」としている。

さらに、米国イノベーション戦略（2015 年）において、新たな政策トレンドとして挙げられている事項を列挙すると次のとおりであり、いわゆるイノベーション政策に関わる事項が多い。

- 新興技術を支援するスマートな規制
- 21 世紀における行政サービス（有能な人材を政府に雇用・維持するための政策）
- 国家的優先課題に対応する財政的イノベーションの活用
- 米国イノベーション戦略における「需要駆動型」モデルの役割増加

このように、イノベーション政策への関心が近年高まる中、世界経済フォーラム（WEF）の国際競争力ランキングに基づきながら、我が国の科学技術イノベーション政策の強み、弱みを眺めてみたい。

表 2 には、ＷＥＦの国際競争力ランキングを算出する際に用いられている様々な指標ごとに、我が国のランキングを示している。このうち、「科学政策」に関する典型的な指標としては、「科学者・技術者の供給」「科学研究機関の質」などをあげることができる。これらの指標に関して、我が国は、各々世界 3 位、7 位と極めて高く評価されていることが分かる。

他方で、「イノベーション政策」に関する指標においては、我が国の評価は総じて低い。「先端技術製品の政府調達」（21 位）、「政府の規制」（64 位）、「ベンチャーキャピタルの利用可能性」（24 位）、「投資インセンティブとしての税制」（71 位）、「雇用・解雇慣行」（133 位）などである。（なお、技術政策に関する指標は、ＷＥＦの国際競争力ランキングでは、特に念頭に置かれていない。）

このように、我が国の科学技術イノベーション政策については、科学政策において強みを有する一方で、イノベーション政策において弱みを抱えていると評価されている。

表 2　我が国の国際競争力ランキング

Pillar: Innovation	世界順位
Availability of scientists and engineers	3位
Quality of scientific research institutes	7位
Government procurement of advanced tech products	21位
Pillar: Institutions	**世界順位**
Burden of government regulation	64位
Pillar: Financial market development	**世界順位**
Venture capital availability	24位
Pillar: Goods market efficiency	**世界順位**
Effect of taxation on incentives to invest	71位
Pillar: Labor market efficiency	**世界順位**
Hiring and firing practices	133位

※順位は144ヶ国中
※評価項目は、制度的環境(21項目)、インフラ環境(9項目)、マクロ経済(5項目)、初等教育・保健衛生(10項目)、高等教育(8項目)、商品市場の効率性(16項目)、労働市場の効率性(10項目)、金融市場(8項目)、技術適応力(7項目)、市場規模(4項目)、ビジネスの洗練度(9項目)、イノベーション(7項目)

出典：World Economic Forum, Global Competitiveness Report 2014-15

我が国政府としても、このような科学技術イノベーション政策の強み、弱みについて無自覚なわけではない。

第４期科学技術基本計画（2011～2015 年度）において初めて、科学技術と関連するイノベーション政策を統合的に扱うため、「科学技術イノベーション政策」という概念が掲げられたことは前述のとおりである。また、２０１３年２月、安倍総理の施政方針演説の中で「世界で最もイノベーションに適した国」を創り上げるという政策目標が掲げられた。安倍政権の成長戦略「日本再興戦略」においてもこの目標は掲げられている。

こうした中、従来の科学技術政策の中心である研究開発費や技術開発費の支援に関する施策等に

加えて、税制や政策金融、公共調達、規制改革等のイノベーションに資する幅広い施策等を総動員した政策を推進する重要性が増していると言える。

2　他の政策領域とはどのような関連を持つのか

ここでは、科学技術イノベーション政策と他の政策領域との関連について論じる。主な政策として、経済政策、社会保障政策、安全保障政策を取り上げ、各政策領域の最近の我が国政府の政策を基に、科学技術イノベーション政策との関わりを概観してみたい。

まず、経済政策について、内閣府が策定する経済財政白書（平成 28 年版）では、科学技術イノベーションを日本企業の投資行動に関する文脈の中で取り扱っている。具体的には、成長力強化に関する企業の取組みとして、設備投資、M&A と並び研究開発投資に着目している。一方、「経済財政運営と改革の基本方針２０１７」（２０１７年６月９日閣議決定、いわゆる「骨太の方針２０１７」）においては、「科学」という単語が１７回、「技術」が３６回、「イノベーション」が２２回も登場する。内閣府が初めて策定した２００１年の「骨太の方針」においては、これら三つの用語は各々、８回、１６回、２回しか登場しなかったことを踏まえると、経済政策と科学技術イノベーション政策との間の関連性が、今世紀に入って強まっていることをうかがわせる。「骨太の方針２０１７」では、働き方改革、成長戦略、消費活性化、地方創生等が重点課題として列挙されているが、科学技術イノベーション政策に関わる言及があるのは、主として成長戦略の部分である。具体的には、投資促進の文脈の中で対日直接投資と共にイノベーションに対する投資の促進がうたわれている他、戦略分野への政策資源の集中投入、社会実証を通じてイノベーションを促進するための規制改革等が、成長戦略として列挙されている。

続いて、社会保障政策について、厚生労働省が策定する厚生労働白書（平成 28 年版）に基づけば、社会保障のための政府の取組は 11 種類に大別される。11 の取組みのうち、科学技術イノベーションが関わるものとして、医療関連イノベーションの推進という柱が一つ立てられている。具体的には、医薬品・医療機器等の研究開発や承認審査、臨床研究・治験に関する制度整備、国際的な薬事規制等の調和といった施策により構成されている。医療以外のセクションでも、先進的な技術等を用いた介護等福祉サービスの提供手法の効率化といった文脈で科学技術イノベーションが取り上げられている。

また、安全保障政策について、防衛省が策定する防衛白書（平成 28 年版）に基づけば、安全保障のための政府の取組は、1) 防衛を担う組織、2) 安全保障に関する国際協力、3) 防衛装備・技術、4) 地域社会・国民との関わり、の４つに大別される。このうち、科学技術イノベーションが関わるのは主として 3) であり、具体的には、装備品の研究開発、外国との技術協力、装備品の調達といった施策により構成されている。

このように、他の政策領域においては、科学技術イノベーション政策は、各分野における研究開発のほか、イノベーション促進的な規制、調達などの制度設計という形で取り上げられており、また、他の政策領域と科学技術イノベーション政策の関わりは、以前より増してきているようである。

以上に関わらず、そもそも、政策をタテワリに類型化して議論することには疑念も呈されている

点を忘れるべきではない。例えば、秋吉貴雄・伊藤修一郎・北山俊哉 (2015) は次のように論じている。

- 政策の類型と聞いてまず思い浮かぶのが、産業政策、農業政策、環境政策、交通政策、外交政策といった個別政策領域の類型であろう。
- この「タテワリ」による類型化は、非常にわかりやすいものである。しかし、そこには政策分野ということ以外に政策を類型化する基準はない。
- タテワリの政策類型は、このような政策分野がある（担当省庁および部局がある）ということ以上は意味しない。
- Oxford Handbook of Public Policy をはじめとする欧米の公共政策学に関するハンドブックでも、政策類型論に関しては章どころか論文すら収録されていない。
- 多様な側面を持つ公共政策を明快に類型化する軸を見出すことは困難である。

このように、タテワリの政策類型には担当省庁という以上の意味がない、という指摘も念頭に置きつつ、科学技術イノベーション政策が他の政策領域（担当省庁）とどのような関連を持つのか、我が国の文脈に当てはめて論じてみた。（図 1 参照）

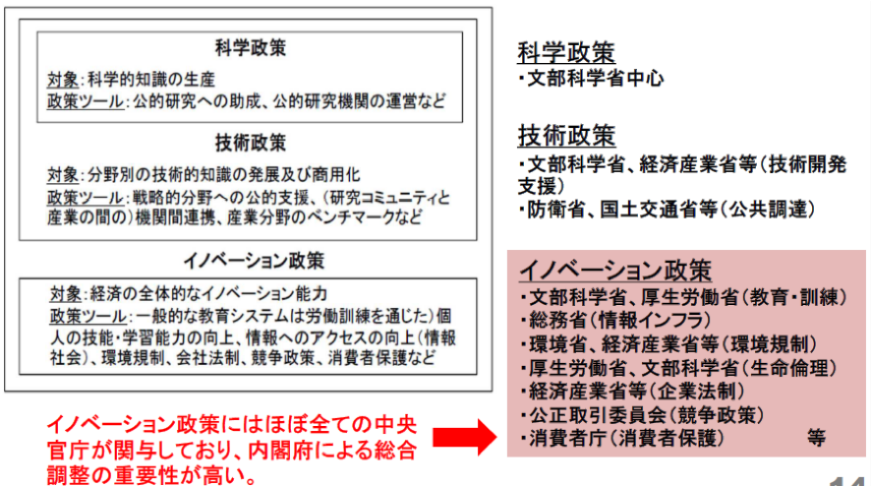


図 1　科学技術イノベーション政策と中央官庁の関わり
出典：

まず、科学政策については、科学的知識の生産という政策対象の性格上、他の政策分野との関わりは相対的に少ない。

次に、技術政策であるが、技術的知識の発展及び商用化という政策対象の性格上、技術の活用に関する様々な政策分野との関わりが大きい。例えば、先端的な技術を調達する必要に迫られる防衛省の安全保障政策、国土交通省の公共事業政策などは、技術政策と密接な関わりを有するであろう。

そして、イノベーション政策については、経済の全体的なイノベーション能力という極めて広い政策対象を持つことから、関わりのある政策分野は多岐にわたる。例えば、個人の技能の向上とい

う点からは厚生労働省の労働政策全体が、情報へのアクセスという点からは総務省の情報通信政策全体が関わりを持つ、といった具合であり、ほぼすべての中央省庁の政策分野が何らかの関わりを持つ。

このように、科学技術イノベーション政策は他の広範な政策領域と関わりを持つものであるが、特に、科学政策、技術政策、イノベーション政策と移るにつれて、より多くの政策領域（担当省庁）が関連するという特徴がある。換言すれば、科学政策であれば、他の政策領域（担当省庁）と独立性の高い政策として遂行することが可能であったが、イノベーション政策となると、ほぼ全ての中央省庁が関わるところとなり、政策領域（担当省庁）間の総合調整機能の重要性が増すこととなる。即ち、我が国の行政機構でいえば、内閣府が担うこととなる政策の総合調整機能が重要となるわけである。

こうした科学技術イノベーション政策の性格について、我が国政府も無自覚ではなく、行政機構の再構築が進められてきている。古くは、1956 年に総理府に設置された科学技術庁の例を挙げることができる。この行政庁は、関係行政機関の科学技術に関する事務の総合調整を行うことをその役割の一つとして設立されており、2001 年の中央省庁再編、即ち橋本行革の時点まで存置された。関係行政機関の事務の総合調整という同庁の機能の中核部分は、中央省庁再編に当たって内閣府に移され、内閣府には総合科学技術会議が設置された。さらに、近年では、2014 年に内閣府設置法が改正され、「総合科学技術会議」にイノベーション創出環境整備に関する事務が追加され、「総合科学技術・イノベーション会議」に発展・改組された。科学政策、技術政策に加えてイノベーション政策の重要性が高まっていることを踏まえ、内閣府の総合調整機能を強化した格好である。

このように行政機構の整備は着実に進展してきたところであるが、今後の科学技術イノベーション政策の実行に当たっては、こうした行政機構改革を実質化していくことが課題であると考えられる。

References

Gault, F. (2011). Developing a Science of Innovation Policy Internationally. In Fealing, K. H., Lane, J. I., Marburger III, J. H., and Shipp, S. S., editors, *The Science of Science Policy Handbook*, Innovation and Technology in the World Economy, pages 156–182. Stanford University Press. https://www.sup.org/books/title/?id=18746.

Lundvall, B.-Å. and Borrãs, S. (2005). Science, Technology, and Innovation Policy. In Fagerberg, J., Mowery, D. C., and Nelson, R. R., editors, *The Oxford Han]dbook of Innovation*, pages 599–631. Oxford University Press. http://www.forskningsdatabasen.dk/en/catalog/2389367317.

岡村麻子・標葉隆馬・野澤聡・原泰史・深谷健・小林信一 (2013). 科学技術イノベーション政策研究の様相 (< 特集> 科学技術イノベーション政策の科学). 研究技術 計画, 28(1):9–50. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/28/1/28_KJ00008954045/_article/-char/ja/.

秋吉貴雄・伊藤修一郎・北山俊哉 (2015). **公共政策学の基礎**. 有斐閣ブックス, 東京. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641184282.

2.0.3　科学技術イノベーション政策の正当性

永田晃也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

本章では、科学技術イノベーションのプロセスに対する政策的な介入が、どのような理論的根拠に基づいて正当化されてきたのかを概観する。

キーワード

公共財、市場の失敗、インセンティブ、開発競争、外部経済、外部不経済、クラウンディング・アウト

本文

1　はじめに

技術的なイノベーションの主要な担い手は、新製品や新製法の開発・導入に取り組む企業であり、その経済活動は市場という価値の交換システムを通じて遂行される。市場のメカニズムが十分に機能し、イノベーションの遂行に必要な資源が効率的に動員される状態か、一時的に非効率が生じたとしても、市場の調整機能が作動する状態であれば、このプロセスに対する政策的な介入は不要であり、無用な資源の浪費を伴う限りにおいては有害でもある。こうした観点に立って、イノベーション政策に関する伝統的な議論は、政策介入の正当性 (legitimacy) を、「市場の失敗」をもたらす要因によって根拠づけてきた。

言い換えれば、このような正当化の理論的な根拠は、資源配分の均衡を達成する市場メカニズムの存在を前提としていることになる。しかし、意思決定の「限定合理性」や市場取引における「非対称情報」の存在を重視してきた近年の経済理論の歩みが、均衡論に対する異議申立ての歴史であり、また、これらの意義申し立てがイノベーション・プロセスに対する理解を深める上で重要な手がかりとなってきたことを踏まえるならば、われわれは資源動員に非効率をもたらす要因を、本来

* 九州大学大学院経済学研究院　教授

の市場メカニズムを損なう「失敗」の要因と見る理論に依拠するのではなく、市場取引に本質的に伴う属性として捉え直す理論を探索し、そこにイノベーション政策を基礎づけるべきであろう。

ただ、このような探索の緒に就くためには、まず伝統的な議論の枠組みを理解しておくことが不可欠である。本章では、コアテキストとしての目的に鑑み、イノベーション政策の正当性を根拠づけてきた従来の基本的な概念などを中心に解説する。

2　なぜ政府は科学技術イノベーションのプロセスに介入するのか

Coombs et al. (1987) は、科学技術とイノベーションに対する政府の介入（支援及び規制）を正当化するために用いられてきた多様な理由を列挙している。それらを箇条書きに整理すれば以下のとおりである。

- 科学技術、イノベーションと経済成長の間には因果関係が存在する。
- 新技術、先端技術にかかる研究開発投資の規模が極めて大きく、個別企業はその投資に伴うリスクを引き受けることができない。
- 国際競争に直面している産業を支援する必要がある。
- エネルギー、輸送、通信のような産業ないし社会全体にとって重要な領域では、技術への投資から利益が上がるとは限らない。
- 基礎的な知識は長期的には産業にとっても有用である。
- 多くの基礎的・学術的な研究分野は、直接、技術変化を生み出す発見に至るとは限らないため、市場メカニズムは、これら分野への資源配分を非効率なものとする。
- 農業のような小さい産業部門では、十分な研究開発資源がないため、経済的・社会的に望ましい技術変化を生み出すことができない。
- 健康サービスのような分野に関する研究開発は、市場メカニズムのみに支配されるべきではない。
- 国防に関する研究開発は、定義的に政策の対象である。

これらの理由は、必ずしも独立の論拠を有しているわけではなく、相互に関連している場合がある。また、多くの理由は、Coombs らの指摘しているように、企業が行う研究開発がもたらす社会的利益が、当該企業の享受する私的利益よりも大きいという主張を含んでいる。そして、このような主張は、研究開発の成果である技術に関する知識ないし情報が、後述する「公共財」としての性格を有しているということを論拠としてきた。

3　財としての知識

技術に関する知識ないし情報（以下、技術知識）を、「財」として分析する視点を導入した先駆的な論文は Arrow (1962) である[*1]。Arrow は、発明や新技術の開発（以下、研究開発）を、技術知識の生産活動として捉え、その生産に対する資源配分に非効率をもたらす要因を、以下の 3 点に亘って論じている。

- 研究開発が「不確実性」(uncertainty) を伴うという点
- 産出される技術知識が「分割不可能性」(indivisibility) を有し市場で売れ難いという点
- 産出される技術知識が「専有不可能性」(inappropriability)、または第三者による「消費の排除不可能性」(non-excludability) を有し、技術知識がもたらす利益を回収することが困難であるという点

これらは、いずれも研究開発に対するインセンティブを損ない、企業による開発投資を過小にする要因として挙げられているが、このうち「不確実性」は発明という生産活動に伴う要因であり、「分割不可能性」と「専有不可能性」(または「消費の排除不可能性」) は財としての技術知識そのものに伴う要因である。また、後者のうち専有不可能性または消費の排除不可能性と呼ばれた要因が、特に技術知識に「公共財」としての性格を与えることになる。

4　公共財とは何か

公共財 (public goods) とは、以下に挙げる性格のうち 1 つ以上を持つ財として定義される。

- 消費の排除不可能性: 生産者及び取引関係のある経済主体以外の第三者が、対価支払いを行わずに当該財を消費することを排除できない性格
- 消費の非競合性（集合性）: 複数の経済主体が追加的な費用を伴うことなく同時に消費することができる性格

これらの性格をともに持つ財を「純粋公共財」、いずれか一方の性格を持つ財を「準公共財」と呼ぶ。いずれの性格も持たない財は「私的財」である。

消費の排除不可能性という性格が、取引当事者以外の第三者に及ぼす便益を「外部経済」(external economies) と言う。このような性格を持つ財の生産には十分なインセンティブが伴わないため、社会的に望ましい水準よりも過小な投資しか行われない可能性がある。その意味で、外部経済を発生させる公共財の性格は、「市場の失敗」をもたらす要因の 1 つとされてきた。

純粋公共財の具体例として、科学的な知識が挙げられる。その生産には大きな経済的、時間的コストを要することがあるが、生産者は特許性を持たない科学的な知識を独占することができず、第

[*1] Arrow (1962) の議論と、それに対する批判について詳しくは伊藤元重・清野一治・奥野正寛・鈴村興太郎 (1988) を参照。

三者が知識を利用することによって獲得する利益は外部経済となる。このような知識の生産には誰も積極的な投資を行おうとせず、誰かが生産する知識の外部経済を享受しようとする機会主義的行動をとることになるため、その生産は過小になると見込まれるのである。

5　開発競争と外部不経済

Arrow (1962) では、研究開発に対する投資が過小になる可能性が示されたが、その分析では技術開発をめぐる競争が考慮されていない点が Dasgupta and Stiglitz (1980a)、Dasgupta and Stiglitz (1980b) 等によって批判されている。最も早く研究開発に成功した企業に開発投資を上回る独占的な利益がもたらされる可能性がある限り、企業間の開発競争は終わらず、同一の開発課題に対して重複投資が行われる。しかし、社会的な厚生の改善は、そのうち 1 つの開発プロジェクトが成功すれば達成されるのであるから、この状況は社会的に望ましい水準を上回る過大投資を発生させていることになる。

前述の外部経済とは逆に、取引当事者以外の経済主体に便益ではなく費用ないし不利益がもたらされることを「外部不経済」(external diseconomies) と言う。開発ラッシュがもたらす重複投資は、「混雑」(congestion) の外部不経済に類するものとされている。

6　正当化される政策

企業の研究開発をめぐる現状が、過小投資と過大投資のいずれを発生させる状況にあるのかによって、正当化される政策のタイプは異なる。

過小投資が発生する状況には、公共財的な知識の生産に直接関与するか、または企業のインセンティブを補う政策が適合する。具体的な施策としては、以下が挙げられる。

- 政府投資による大学、公的研究機関での研究開発の促進
- 民間部門の研究開発を促進するための施策 (研究開発優遇税制、研究開発補助金、政府による委託研究開発、政府調達、府系金融機関による研究開発への低利融資、等)
- 知的財産権の保護強化

他方、過大投資が発生する状況には、企業間の利害を調整するタイプの政策が適合する。具体的な施策としては、以下が挙げられる。

- 政府主導による共同研究開発プロジェクトの促進
- 技術ライセンスの促進
- 技術標準化の促進

また、開発された技術が外部不経済を発生させる場合には、規制政策を採ることが正当化される。

7　政府投資による負の効果

前述のように研究開発の対象となる技術知識が公共財的な性格を有し、企業による投資が過小となる状況の下では、政府が当該知識の生産に直接関与する政策が正当化される。このような政策の選択が適切に行われるならば、政府投資によって創出された知識の応用、実用化を目的とする研究開発投資が企業において誘発される効果も期待できるであろう。

しかし、政府投資は必ずしも民間部門の投資に正の効果を及ぼすとは限らない[*2]。政府支出の増加は、政府借り入れの増加と利子率の上昇を伴うことによって、民間投資をクラウディング・アウトする可能性があるからである。また、低金利政策が採られている状況の下でも、政府投資が目的において民間部門の投資と代替的な性格を持つ場合には、民間部門の投資を減退させる可能性がある。

David et al. (2000) は、政府研究開発と民間研究開発の関係を分析した 33 件の先行研究をレビューし、ネットの代替効果を見出した研究は、企業レベル以下の細かい分析単位を用いた 19 件の研究の中では 9 件、産業レベル以上の大きい分析単位を用いた 14 件の研究の中では 2 件あったと報告している。

このような分析結果の差異は、データの集計レベル間ばかりでなく、分析対象とされた国の間でも生じている。連邦政府から巨額の委託研究費が支出されている米国のデータを用いた研究では、しばしば民間の研究開発に対する代替効果が報告されてきたが、米国以外の国を対象とした研究では、データの集計レベルが小さい場合でも、代替効果の報告例は相対的に少ないのである。このような差異の要因を明らかにするためには、政府研究開発投資を国別・目的別に把握したデータによる分析が求められるであろう。

8　おわりに

本章で解説した均衡論を基礎とする議論は、企業の研究開発投資が過小となる状況か過大となる状況かに応じて、研究開発に対する資源配分の最適化という観点から正当化される政策のタイプは異なり、採るべき施策も異なることを示唆している。このような政策選択のアプローチは、「企業は合理的であろうとしても全体最適を達成できる状況にないため、政策担当者が適切な制度設計を行うことにより社会全体の利益を最大化する」という見方を暗黙の前提としている。しかし、この見方に立ったアプローチは、以下の批判的観点から発展させなければならない。

第 1 に、企業が全体最適を達成できる状況にないのであれば、科学技術イノベーション政策の課題は、研究開発に対する資源配分の最適化に止まらない。研究開発プロセスや、その成果が活用・普及されるプロセスにおいても企業の合理性を限定する要因が存在するのであれば、それは政策による補完的・調整的な介入を正当化する。

[*2] 以下について詳しくは永田晃也 (2003) を参照。

第 2 に、企業の合理性が限定されているように、政策担当者も常に合理的な制度設計を行う存在であるとは限らない。政策プロセスには試行錯誤を伴う進化的なプロセスとして理解すべき性格があり、試行錯誤からの学習を機能させるためには、政策評価を政策プロセスの一環をなすものとして正当化しなければならない。

以上の観点を考慮することによって、われわれは科学技術イノベーション政策の体系全体に係る論拠を理解するであろう。

References

Arrow, K. J. (1962). Economic Welfare and the Allocation of Resources of Invention. In *The Rate and Direction of Inventive Activity*. Princeton University Press. http://www.nber.org/chapters/c2144.pdf.

Coombs, R., Saviotti, P., and Walsh, V. (1987). *Economics and Technological Change*. Macmillan. (竹内啓・廣松毅監訳『技術革新の経済学』新世社、1989 年) http://wrap.warwick.ac.uk/24619/.

Dasgupta, P. and Stiglitz, J. (1980a). Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity. *The Economic Journal*, 90(358):266–293. https://www.jstor.org/stable/2231788?seq=1#page_scan_tab_contents.

Dasgupta, P. and Stiglitz, J. (1980b). Uncertainty, Industrial Structure, and the Speed of R&D. *The Bell Journal of Economics*, pages 1–28. https://academiccommons.columbia.edu/download/fedora_content/download/ac:160374/content/5748978.pdf.

David, P. A., Hall, B. H., and Toole, A. A. (2000). Is Public R&D a Complement or Substitute for Private R&D ?: A Review of the Econometric Evidence. *Research policy*, 29(4-5):497–529. https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/DavidHallToole%20RP00.pdf.

伊藤元重・清野一治・奥野正寛・鈴村興太郎 (1988). **産業政策の経済分析**. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b300778.html.

永田晃也 (2003). 政府研究開発の役割と経済効果 (特集 研究開発投資と日本経済). **経済セミナー**, (587):25–28. https://ci.nii.ac.jp/naid/40006008917/.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 九州大学大学院基幹教育科目「科学技術イノベーション政策概論」(担当: 永田晃也)

2.1.1　STI ガバナンスの構造

城山英明 *　　岸本充生 †　　松尾真紀子 ‡

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 25 日

リード文

本稿では、まず本稿における「ガバナンス」を定義したうえで、なぜ STI のガバナンスが必要とされるのかを論じる。STI のガバナンスが必要な要因には、1)STI が扱うイシューの特性と、2)STI 政策がもつ複雑な構造が挙げられる。後者の、STI 政策の複雑な構造については「STI（推進）のための政策」と「政策（課題対応）のための STI 政策」の両側面の差異と近接性のバランスを踏まえ、多様なセクター別の政策、政府と民間主体を含む多様なアクターとの交錯、さらにはそうしたものが展開される社会基盤に至るまでをきちんと把握し、調整するメカニズムが不可欠であることを指摘する。

ガバナンスの分析視角はレベルと範囲（国際・地域・国レベル、個別分野やセクター）によって異なる。また、技術発展や社会状況に応じてその構造も変化する。特定セクター・イシューおよび関連する周辺政策を担う行政組織や国際機関等によるコミュニケーションや調整をどのように果たすのかが課題となる。他方、行政は STI の管理・研究開発資金提供や関連する規制等の主要な機能を依然として担うものの、行政のみでのイノベーション推進・管理には限界があり、今後、その他のアクターとの相互補完的な関係構築が一層重要となる。

キーワード

ガバナンス、「科学、技術、及びイノベーション」（Science, Technology and Innovation, STI）、「STI（推進）のための政策」と「政策（課題対応）のための STI 政策」

* 東京大学法学部・公共政策大学院教授
† 大阪大学データビリティフロンティア機構教授
‡ 東京大学公共政策大学院特任准教授

本文

1　STI 政策にガバナンスが必要な理由

1.1　本稿における STI、ガバナンスとは

STI 政策におけるガバナンスを論じるにあたり、まず、本稿における「科学」、「技術」、及び「イノベーション」（Science, Technology and Innovation, 以下 STI[*1] ）と、「ガバナンス」を以下のように定義する。

STI における、「科学」とは自然界の法則・因果関係を発見しようとする活動、「技術」とは社会における一定の機能・目的を達成するための手段（このうち科学的知識を活用するものが科学技術[*2])、「イノベーション」とは、科学、技術を社会に導入し、価値の創造に結びつける活動である。したがって STI 政策[*3]は、単に科学、技術の研究開発や基盤整備に関する政策にとどまらず、それらを社会に導入して経済的・社会的・公共的価値をもたらすための多様な政策が含まれる (城山英明, 2018)。

次に、「ガバナンス（governance）」とは、伝統的な政府（government）だけでなく政府以外の幅広いアクターも含めた組織との水平的関係を念頭においた、社会的判断機能や仕組み・制度設計である (城山英明, 2007)。なお、本章・本節では「ガバナンス」をこのように定義づけるが、ディシプリンにより定義は多様である[*4] 。ここで、「ガバナンス」という言葉を用いるポイントは、政府に限らない多様なアクターを含む点、関係性についてもトップダウンのみならずボトムアップも含む多様なレベルの関係性を含む点、STI に関連する様々なイシュー（単一セクターにとどまらない横断的な領域）と制度設計（ハードなものからソフトなものまで）を包含する点である。

[*1] 日本語ではしばしば「科学技術イノベーション」と訳される Science, Technology and Innovation は、正確には「科学、技術、及びイノベーション」である（Science Technology Innovation ではない）。このため略称は、本来「STI」ではなく、「S,T&I」であるが、英語でも STI の略語を慣例的に用いているため、本稿でも「STI」と記述した。この意味するところは、STI とは、本来「科学技術のイノベーション」ではなく、「科学、技術、及びイノベーション」であり、同じく、STI 政策とは、「科学政策、技術政策、及び、イノベーション政策」を意味している。ただしそれぞれが完全な独立関係にあるわけではなく交錯領域も存在する。

[*2] 技術には必ずしも科学的知識に基づかない、経験的なものも含む (城山英明, 2013)。

[*3] 科学技術イノベーションとは「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結び付ける革新 (第 5 期「科学技術基本計画」)

[*4] ガバナンスは分野によってとらえ方やスコープが多様である。政治学、特に国際政治の分野では、グローバル・ガバナンスに代表されるように、グローバル化（貿易の増大や環境問題などの越境型の問題の増大）によりこれまでの主権国家による垂直的統治構造が変容し、国家・政府以外の多様なアクターの役割が増大する中、ありとあらゆる問題の管理・調整手段（制度・組織など）・プロセスの総体としてとらえられることが多い。ガバナンスという言葉は、こうした構造変化を描写的・分析的に見るために使われる場合もあれば、構造のあるべき姿や原則を規範的に論じるために使われる場合もある。後者の場合は、アカウンタビリティ、正統性、透明性、市民参加・民主化、有効性といったガバナンスの原則が論じられる。他の分野では、例えばコーポレートガバナンスのように、ガバナンスを権限分配のようにより限定的な形で用いられることもある。

1.2 STI 政策におけるガバナンスの必要性—STI 政策のイシュー・複雑な構造

今日の STI 政策において上記のようなガバナンスの観点が必要とされる要因は二つ挙げられる。一つ目が、STI 政策が扱うイシューの特性であり、もう一つは STI 政策の複雑な構造である。

まず、STI 政策が対象とするイシューの特性については、以下の点があげられる。情報分野におけるデジタル技術に代表されるように、開発スピードの加速化、ほかの技術との融合と相互作用の深化、技術の簡便化やそのコストの減少等による、領域の横断性が増大している。また科学、技術の「不確実性」も挙げられる。科学的知識そのものの不確実性に加え、その社会的含意は自明ではなく、便益もリスクも受け手やそのフレーミングによって多面的であり、かつ、しばしば質の異なるリスク間でのトレードオフ問題も生じさせる (グラハム・ジョン・D and ウィーナー・ジョナサン・B., 1998)。リスクと便益に関する判断に加え、社会的判断が最も困難となるのは、STI が生命倫理など価値に関する問題と抵触する際である。また、科学、技術の多目的な応用可能性という特性も挙げられる。民生品の意図せざる軍事利用といったデュアルユース等、非意図的な結果をもたらすこともある。さらに、科学、技術の本質的な予測不可能性も挙げられる。東日本大震災でも明らかとなったように、科学技術と自然災害リスクの連鎖（Natech）は想定外の事態をもたらした。従来より、技術の導入時点では確実な予測がつかず、社会導入後はその影響をコントロールすることが難しくなってしまいかねないジレンマを内在していることが（コリングリッジのジレンマ、(Collingridge, 1981)）指摘されてきたが、STI 政策の対象がもたらす影響の不確実さや曖昧さはさらに大きくなっている。

後者の STI 政策の複雑な構造については、STI 政策に関連する多様な目的を有する政府内の省庁が多様なレベルで存在することに加え、STI の対象や影響の拡大により政府以外のアクターの関与も増大させていることが特徴として挙げられる（その具体的な形態については本稿の次節でさらに述べる）。

このように、STI 政策が取り扱うイシューの影響が分野横断的で複雑で、政府にとどまらない多様なアクターにかかわることから、そうしたことを包含して調整する「ガバナンス」という概念が必要とされていることが指摘できる。

2 STI ガバナンスの構造

2.1 「STI(推進) のための政策」と「政策 (課題対応) のための STI 政策」の両側面の包含

STI 政策には二つの側面がある。一つは、ST の研究開発とそれによりイノベーションを推進することに主眼を置く「STI（推進）のための政策（Policy for STI）」である。もう一つは、健康・医療、環境・エネルギー等、様々なセクターの政策における社会的問題への対応に STI を役立てることを目的とする「政策（課題対応）のための STI 政策（STI for Policy）」である。伝統的に「科学技術政策」というと、前者が想起されてきた。しかし日本では従来より、個別政策課題への対応を

念頭とした省庁ごとの課題解決政策（例：エネルギー政策、医療政策等）やその研究機関が存在してきた。さらに、前述のように、昨今は STI と明示的にイノベーション、すなわち社会的側面を重視するようになってきており、後者の重要性は増している。

STI 振興のために生み出された成果が、個別政策課題における対応に役立つこともあるし、政策課題対応のために生み出された STI が STI 推進に役立つこともある。これは昨今話題となっている人工知能（AI）やゲノム編集などの基盤技術がセクター横断的に様々な政策分野に適用可能であること、逆に政策課題対応型の研究が科学技術を推し進めていることからも指摘できる。今日、両側面の接点は複雑化し、相互の交錯範囲も拡大してきている。一般的に前者が科学技術推進的な内容であるのに対して、後者は、技術を社会に導入する際の関連制度の整備、課題対応のためのリスク管理など、規制的な立場であることが多い。しかし、それぞれ個別に展開するのではなく推進と規制、アクセルとブレーキ、のバランスが重要となる。

ST を適切に社会に導入してイノベーションを促進するうえでは、前節で論じた、「ガバナンス」の観点が重要となる。すなわち、「STI（推進）のための政策」と「政策（課題対応）のための STI(政策)」にかかわる多様なセクター別の政策、政府と民間主体を含む多様なアクターとの交錯、さらにはそうしたものが展開される社会基盤に至るまでをきちんと把握し、調整するメカニズムが不可欠である。

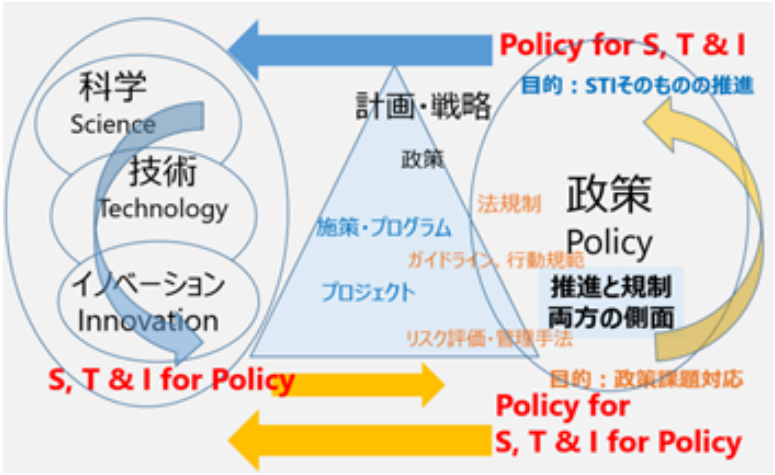


図 1　STI と政策の関係（筆者ら作成）

2.2　STI 分野にかかわる多様なアクター

STI に関連するアクターとしては、STI の政策に関心をもつ議会、関連する行政組織、研究開発に関与する大学・研究所・シンクタンク、市場化を目指す産業界・事業者、そうした活動を社会に伝達するメディアや NGO や NPO、それらの受け手・利用者となる一般市民・消費者が挙げられる。

「STI（推進）のための政策」については、主として、内閣総理大臣が議長を務め STI 政策の司令塔ともいえる総合科学技術イノベーション会議（CSTI）、文科省、そしてそれらの調査分析機能を

担う科学技術政策研究所（NISTEP）や科学技術振興機構（JST）の研究開発戦略センター（CRDS）などが存在する (有本建男・佐藤靖・松尾敬子, 2016, 第 8 章))。また、各省庁にも、一定程度技術開発に関わる部署、研究機関が存在する。「政策（課題対応）のための STI 政策」にかかわるアクターについては、産業、エネルギー、通信、交通、農業、環境、健康、医療等の個別政策を所管する各省庁、及びそれらが擁する審議会、個別省庁のファンディングエージェンシー・各種研究機関が存在する。

また、STI に関連する行政以外のアクターとしては、一定の独立的立場[*5] から学会を基礎に横断的な組織により政策提言等をする日本学術会議、さらに独立の立場から研究や人材供給等を行う大学、個々の学会、特定の目的あるいは第三者的立場から研究調査を行う各種シンクタンクがある。

実際に STI に大きな役割を果たすアクターとしては、技術の開発主体でもありまた利用主体ともなりうる、業界団体（日本経済団体連合会、産業競争力懇談会）、大手・中小の事業者、ベンチャー企業等がいる。また、そうした科学技術の社会導入において情報発信をするメディア、特定の立場からアドボカシーを行う環境・消費者・患者団体の NGO や NPO が存在する。そして、それらを享受する社会・一般市民がいる。

2.3　複雑なガバナンス構造

どのようなガバナンス構造をとるのかは、上記の多様なアクターへの資源配分を大きく左右する。ガバナンスの分析視角はレベルと範囲によって異なる。つまり、国際レベル、地域レベル、国レベルといった構造で見るのか、それとも個別分野やセクターによってみるのかで変わってくる。国全体のシステムにおける科学技術イノベーション政策としてみるなら、個別セクターを束ねて相互の関係を調整・司令塔の役割を果たす CSTI を中心とするガバナンス構造が検討の対象となる。しかし、分野ごとに見るのであれば、その分野の特性を反映して、ガバナンスの単位も関与アクターも変わってくる。

同一分野においても、技術の進展や社会的文脈を反映してガバナンス構造は変化しうる。例えば日本の宇宙政策は、ここ数十年で大きな変化があった事例の一つとして挙げられる。衛星は GPS を通じて、交通・エネルギー・金融等地上の様々なインフラの制御に関連している。これにはソフト・ハード両方の安全保障上の含意もある。昨今の民間技術の向上、ベンチャーの出現や、実社会における様々な活用への期待から、開発と利用に主眼が置かれるとともに、安全保障的観点も盛り込まれた宇宙基本法が採択されたことを受けて、全体予算、政策の方向性の決定、規制等に関する課題ごとの総合調整は、従来の文科省から、内閣府の宇宙開発戦略会議、宇宙政策委員会が担うこととなった (城山英明, 2018)。これは技術目的と対応組織が社会的文脈に応じて変化した一つの例といえる。

[*5] 日本学術会議は政府とは独立の立場で政府の諮問に答申・提言することが任務だが、組織的には政府機構の一部で政府予算により運営されている (有本建男・佐藤靖・松尾敬子, 2016, p.152)。

2.4 行政機関間および、行政とその他のアクターとの相互補完的な役割分担が肝要

以上を踏まえて、STI 政策のガバナンスの課題を整理する。STI 政策においては、政策上の領域の接点が複雑化していることから、縦割りによる弊害は STI の促進に致命的である。したがって、特に CSTI 等、全体を俯瞰できる行政組織が文字通り「司令塔」としての役割を果たし、特定セクター・イシューおよび関連する周辺政策を担う行政組織や国際機関等とのコミュニケーションを図り調整を行うことが肝要となる。

他方、行政は STI の管理や研究開発資金提供や関連する規制等の主要な機能を依然として担うものの、行政のみでのイノベーション推進・管理には限界があり、今後、その他のアクターとの相互補完的な関係性が一層重要となる。従来から指摘されている通り、大学・学会、産業界や NGO 等の巻き込みが重要であると同時に、イノベーションの観点からは、今後は新たな研究開発アクターとして、キッチン・ラボやガレージ・ラボで DIY（Do it yourself）を展開する個人レベルの市民にも注目が必要となる。IT 化やオープンソース化、グローバル化、技術の民主化がこうした多様な主体の出現の後押しをしている。それぞれ異なる行動原則のアクターの間でどのように全体としての調整を行っていくのかが、これまで以上にガバナンスのありかたの検討が重要となる。

References

Collingridge, D. (1981). *The Social Control of Technology*. Palgrave Macmillan. https://www.abebooks.com/9780312731687/Social-Control-Technology-David-Collingridge-031273168X/plp.

Shiroyama, H., Yarime, M., Matsuo, M., Schroeder, H., Scholz, R., and Ulrich, A. E. (2012). Governance for sustainability: knowledge integration and multi-actor dimensions in risk management. *Sustainability Science*, 7(1):45–55. http://www.academia.edu/download/46586894/Governance_for_sustainability_Knowledge_20160618-13414-19aej8q.pdf.

グラハム･ジョン･D and ウィーナー･ジョナサン･B. (1998). リスク対リスク―環境と健康のリスクを減らすために. 昭和堂. http://iss.ndl.go.jp/books/R100000002-I000002723610-00.

城山英明, editor (2007). 科学技術ガバナンス. 東信堂. 未来を拓く人文・社会科学シリーズ, 1, http://www.toshindo-pub.com/book/科学技術ガバナンス/.

城山英明 (2013). 科学技術イノベーション政策の政治学 (< 特集> 科学技術イノベーション政策の科学). 研究 技術 計画, 28(1):23–36. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpim/28/1/28_KJ00008954046/_article/-char/ja/.

城山英明 (2018). 科学技術と政治. ミネルヴァ書房. http://www.minervashobo.co.jp/book/b353588.html.

有本建男・佐藤靖・松尾敬子 (2016). 科学的助言: *21* 世紀の科学技術と政策形成. 東京大学出版

会. 序章、第 8 章 https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/59/10/59_716/_article/-char/ja/.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

2.1.2　STI 政策プロセス

岸本充生 *　　松尾真紀子 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 27 日

リード文

科学、技術、及びイノベーション（STI）のための政策プロセスの特徴として、戦略の必要性、課題（アジェンダ）設定の重要性、空間的及び時間的な外部性の大きさ、ロー・セイリエンスが挙げられる。こうした要素を十分に踏まえたうえで、課題（アジェンダ）設定の手法に重きを置きながら、エビデンスに基づく／を踏まえた政策決定（EBPM/EIPM）の観点から、政策プロセスのあるべき姿を解説した。

キーワード

課題（アジェンダ)、政策プロセス、政策オプション、ロジックモデル

本文

1　STI 政策プロセス

1.1　STI 政策プロセスに特有の要素は何か

「科学、技術、及びイノベーション（STI）政策」と、「科学技術（ST）政策」との差異、すなわち STI 政策に特有の要素は何だろうか。その要素が政策プロセスにはどのような特徴をもたらすのだろうか。ST 政策にもイノベーションを促進する意図や機能はもちろんあったはずだが、STI 政策ではイノベーション促進を明示し、イノベーションを創出しやすい仕組みを社会全体として構築することを主目的とする点に大きな特徴がある。ここでイノベーションとは、単なる技術革新ではなく、科学、技術による知的・文化的価値を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造

* 大阪大学データビリティフロンティア機構　教授
† 東京大学公共政策大学院　特任准教授

に結びつける革新と定義づけられる[*1]。このように STI 政策は、人々や組織の行動パターンを変えることも目的に含まれるため、戦略的なアプローチが必要となる。STI 政策のプロセスは、「科学、技術、および、イノベーション（STI)(推進) のための政策」（Policy for Science, Technology and Innovation）と「政策 (課題解決) のための科学、技術、およびイノベーション（STI）（の政策）」（(Policy for) Science, Technology and Innovation for Policy）で異なる部分がある。本節では主として前者の「STI(推進) のための政策」に焦点を当て論じるが、両者は 2.1.1 で論じた通り明確に分別しきれないことも注意が必要である。

「STI のための政策」は、科学技術基本計画（第 6 期からは「科学技術・イノベーション基本計画」）や科学技術イノベーション総合戦略といったトップレベルの「計画」や「戦略」から、政策レベル、施策レベル、プログラムレベル、プロジェクトレベルまで多様である。また、内容の面からは、人材・知識・資金、すなわち人材育成政策、研究開発資金の配分政策、知的財産政策、研究基盤整備政策などに分類することもできる。「STI のための政策」のプロセスは、課題（アジェンダ）の発見・設定に始まり、政策オプションの策定とそれらについての事前評価をもとに政策決定がなされ、政策実施後に事後評価が実施される。事後評価において新たな課題が発見されることにより、これらがサイクルという形で回っていく。「STI のための政策」のプロセスの特徴として以下に 3 点挙げる。

1 つ目は、イノベーション創出のメカニズムに関する妥当な理解に基づく全体の戦略の重要性である。そのために、司令塔として、総合科学技術・イノベーション会議が設置され、5 年に 1 度策定される科学技術基本計画や、それに基づいて毎年作成される科学技術イノベーション総合戦略が存在する。これらが「STI のための政策」体系を規定する。

2 つ目は、しばしばビッグサイエンスを対象とし、大型研究施設や大型研究費を伴い、民間だけでは投資が困難な部分を担う (2.0.3 も参照) ことから必然的に、正の外部性が大きいことである[*2]。すなわち、投資の効果の面からみて、波及効果を含めてその裾野が広いことである。また、アウトカムの実現までに時間がかかることも特徴である。このことは政策の評価において困難を生み出す可能性がある（2.2.4 を参照）。

3 つ目は、専門性が高いこともあり、非政治家により構成される司令塔の役割が大きくなることから、「STI のための政策」の多くはロー・セイリアンス（low-salience：一般有権者と政治家が関心を持ちにくく、選挙の争点になりにくい）政策分野となる点である。そのような場合は、政策プロセスへの政治的な介入が比較的少なくなる。ただし、まれに政治イシューになり、その費用や効果をめぐり議論が繰り広げられることがある[*3]。その場合には、2 つ目に挙げた特徴である、効果の説明の困難さが改めて浮き彫りになる。

[*1] 第 4 期科学技術基本計画では「科学技術イノベーション」を「科学的な発見や発明等による新たな知識を基にした知的・文化的価値の創造と、それらの知識を発展させて経済的、社会的・公共的価値の創造に結びつける革新」と定義づけている。

[*2] 近年、イーロン・マスクやジェフ・ベゾズらによる宇宙開発が活発化するなど、従来は公的資金でないと不可能であると思われていた大型研究開発に、富豪らが独自に投資する例も出てきている。

[*3] 事業仕分けにおけるスーパーコンピューターの例や、大学における人文社会系の存在価値が議論になる例などが挙げられる。

1.2 課題（アジェンダ）の発見・設定

「STI のための政策」のプロセスは、課題（アジェンダ）の発見・設定から始まる。社会的及び技術的な変化が激しい今日においては特に、課題（アジェンダ）の発見・設定は重要である。また、政策プロセスに参加すべきアクターの範囲が拡大し（2.1.1 参照）、彼らの価値観も多様化する中で、客観的な証拠を踏まえた、説明可能な、透明性の高い課題（アジェンダ）設定が求められている。そのため、課題（アジェンダ）設定手法自体が 1 つの研究対象ともなっている。「STI のための政策」では先に述べたように、計画や戦略の創出それ自体も 1 つの「STI のための政策」ととらえることが可能である。そこでは、課題（アジェンダ）の発見・設定それ自体がアウトプットとなる 1 つの政策であり、その政策のための課題（アジェンダ）の発見・設定があるという入れ子構造になっている。本節では、「STI のための政策」プロセスの最初のステップでもあり、それ自体が 1 つの「STI のための政策」でもありうる、課題（アジェンダ）の発見・設定に焦点をあてて、STI 政策特有の要素について検討したい。

課題（アジェンダ）は国際的に設定される場合と国内で設定される場合がある。前者の例は G7 科学技術大臣会合や OECD のアジェンダ設定などが挙げられる。アジェンダ設定においていかに主導権を持てるかは科学技術外交の 1 つのテーマである。世界で最も有名なアジェンダは 2015 年に採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」、すなわち 17 の目標と 169 のターゲットからなる持続可能な開発目標（SDGs）である。前のミレニアム開発目標（MDGs）は国連主導（トップダウン型）でクローズドな議論で策定されたのに対して、SDGs の策定には、あらゆるステークホルダーへ開かれた透明な政府間交渉プロセス（ボトムアップ型）が採用された。具体的には、世界を 5 つの地域グループに分けて、加盟諸国から指名される 30 名の専門家で構成される「持続可能な開発目標のためのオープン・ワーキング・グループ（OWG）」が設置され、2013 年 3 月から 2014 年 7 月にかけて計 13 回の会合が開催され、2014 年 8 月に SDGs を盛り込んだ報告書が提出された。多様なステークホルダーからの意見はこれらの会合の中で報告書に盛り込まれた。その後の加盟国間の交渉を経て合意された 17 の目標と 169 のターゲットが 2015 年 9 月の国連総会で採択された。SDGs は多くの国、様々な分野において、具体的な「STI のための政策」を提案する際のアジェンダとして活用されている[*4]。

国内における課題（アジェンダ）の設定において、その基礎的な部分を担っているのが科学技術基本計画と毎年作成される科学技術イノベーション総合戦略である。これらを担っているのが、総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）である。第 5 期科学技術基本計画ではその第 3 章で挙げられた 13 の重要政策課題に対して、第 4 章では「基盤的な力」として、人材力の強化、知の基盤の強化、資金力の強化が課題として挙げられた。第 5 章ではこれらの好循環システムの構築のための政策アジェンダとして、「オープンイノベーションを推進する仕組みの強化」「新規事業に挑戦する中小・ベンチャー企業の創出強化」「国際的な知的財産・標準化の戦略的活用」「イノベーション創

[*4]ただし、SDGs の策定にあたっては、途上国から先進国までを対象とし、多様な意見や立場のステークホルダーの参加を重視したがゆえに、目標やターゲットの間に優先順位を付け、絞り込むことに失敗したのだという批判もある。

出に向けた制度の見直しと整備」「「地方創生」に資するイノベーションシステムの構築」「グローバルなニーズを先取りしたイノベーション創出機会の開拓」が挙げられた。施策レベルのアジェンダ、プログラムレベルのアジェンダ、プロジェクトレベルのアジェンダは、これらに基づき設定されることになる。

一般的にはアジェンダ設定におけるマスメディアの役割は大きいが、「STI のための政策」のようなロー・セイリエンスな場合ではそれほど大きくはないかもしれない。ただし、政治的に注目を集めるようなケースではマスメディア報道の役割にも注視する必要があるだろう。

1.3 政策形成・執行・事後のプロセス

いったん課題（アジェンダ）が設定され、それらに優先順位が付けられると、課題解決のための政策オプションの策定に移り、それらの事前評価（費用やアウトプット、アウトカムの予測）が実施される。そして、それらを踏まえたうえで政策決定がなされる。その後は、政策が実施され、一定期間後に事後評価が行われ、事前評価との差異が生じた原因が検討され、そこから抽出された課題を解決するために政策の見直しが行われる。これらは学術的には「政策過程」と呼ばれ、政治学では、政策に利害関係を持つ各アクターの権力配置に学問的関心があり、実際の政策過程をモデル化することが試みられてきた。以下には、エビデンスに基づく政策決定（Evidence Based Policy Making, EBPM）、あるいはエビデンスを踏まえた政策決定（Evidence Informed Policy Making, EIPM）、のための基本的なプロセスを描写する。

挙げられた課題（アジェンダ）を解決するためには様々なオプションがありえる。最初にできる限り多くのオプションを挙げることが重要である。政策オプションごとに、課題の解決に至る道筋（仮定された因果関係）は、「ロジックモデル」として分かりやすく示される必要がある。そのうえで、各オプションを実行するために必要な人的・金銭的資源（インプット）や効果（アウトプット、アウトカム）、制度的・文化的な障壁、ありうる副次的影響や波及的影響などを予想し、これらを一覧に示す。政策の及ぼす影響は、ターゲットとする効果だけでなく、経済・環境・社会全体を視野に入れる必要がある。このためには、利用可能なエビデンスを広く収集することが必要不可欠であり、多様なステークホルダーとの対話が重要な情報源となる。また、エビデンスは弱いものから強いものまで、定性的なものから定量的なものまで、多様であることに注意すべきである（エビデンスについては 2.2.1、レギュラトリーサイエンスについては 2.2.3 も参照）。政策過程には多様なステークホルダーの参加が確保されるべきであり、最終的な政策決定にあたっては、選択されたオプションが選ばれた根拠について、意思決定者は、費用や効果の面から分かりやすく説明できなければならない。政策プロセスにおいて、エビデンスの収集や生成といった面で、民間機関への委託、あるいは学術組織への委託などが行われる場合もある。逆に、日本学術会議や学会等からの提言、あるいは審議会等からの答申そのものが「エビデンス」とされる場合もあるが、そのような場合でも、他のオプションとの比較、及び、政策の費用や効果に関する分析、すなわち政策決定の根拠の説明や予測される影響の開示は必須である。いったん政策が執行されたのちは、目標の達成状況や成果等を把握し、その後の施策展開への活用等を行うため一定期間後に事後評価を行う必要

がある。政策の執行にあたっては想定外の障害が発生する可能性も十分にあるため、政策の執行前に事後評価をあらかじめ組み込んでおく必要がある。また、効果的な事後評価のために、KPI としていくつかの指標をあらかじめ設定し、モニタリングを行っておくべきである。事後評価は国内外の社会経済状況や技術開発状況を参照しつつ、新たな課題（アジェンダ）の発見の場としても位置付けられる。

References

秋吉貴雄 (2017). 入門 公共政策学-社会問題を解決する「新しい知」. 中公新書. http://www.chuko.co.jp/shinsho/2017/06/102439.html.

政策研究大学院大学 (2014). 平成 25 年度文部科学省委託事業「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」の推進に向けた試行的実践」調査研究結果. https://scirex.grips.ac.jp/resources/archive/140612_395.html.

関連データ・ソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

2.2.1　STI ガバナンスにおける意思決定のアプローチ・ツールとエビデンス

松尾真紀子 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 27 日

リード文

本節では、STI の社会導入における政策的意思決定で、「何を」「どのように」評価・検討し判断するのかについて論じる。

STI の社会導入上の政策的検討事項は、当該 STI の社会定着度に応じて異なるため、STI の社会導入状況と政策プロセス上の検討事項と、それを評価するにあたって有用なアプローチ・ツール 1) ホライゾン・スキャニング、2) フォーサイト、3) テクノロジー・アセスメント（TA）、4) リスク・アプローチ、5) 規制ギャップ調査・規制影響評価を包括的に整理する。そのうえで、どのアプローチ・ツールを用いたとしても、共通で必要とされる「エビデンス」（意思決定・政策判断の根拠）の特性を記すとともに、求められる「エビデンス」の内容（項目、具体性、定量・定性等）は政策プロセス段階に応じて温度差があることも指摘する。

さらに、こうしたアプローチ・ツールに基づいて行われる個別の活動の成果が、STI の社会導入と政策プロセスの進展に応じて、俯瞰的な視点から調整・引継ぎ・連動されていく制度設計が、ガバナンス上きわめて重要であることを指摘する。

キーワード

エビデンス、共同事実確認（JFF）、ホライゾン・スキャニング、フォーサイト、テクノロジー・アセスメント（TA）、リスク・アプローチ、規制ギャップ調査・規制影響評価、順応ガバナンス、トランジションマネジメント

* 東京大学公共政策大学院特任准教授

本文

1　政策プロセスにおいて有用なアプローチ・ツール

1.1　STI の社会導入状況と政策プロセス

STI は必ずしもリニアに発展するものではないが、その社会導入状況は、萌芽段階、発展段階、市場化段階、社会定着段階に分類できる。政策プロセスで、検討したり、講じたりすべき対応は、その社会定着度合いに応じて重点が異なる（なお、本節では「政策プロセス」を STI の社会導入状況に応じて実施すべき政策対応のプロセスとしてとらえている）。萌芽・発展段階では、基礎研究レベルで展開されている兆候の把握、新興技術の方向性に関する選択肢の特定や既存技術との比較、代替技術との関係性、技術が置かれる社会のビジョン形成といったことに比重が置かれるし、発展・社会導入段階に入るにつれて、新興技術分野の総体としての、安全性や社会影響の評価（ELSI：倫理的・法的・社会的課題等）、政府レベルでの政策・方針の形成が必要となる。新興技術が実際に商品化される等して、社会導入される段階においては、個別応用分野での法規制を含めた分野ごとの管理体制の構築や当該技術を推進する上での政策や標準化等の検討が求められ、社会導入後・定着期においては、講じられた措置や課題のレビューと政策へのへのフィードバックが必要となる。

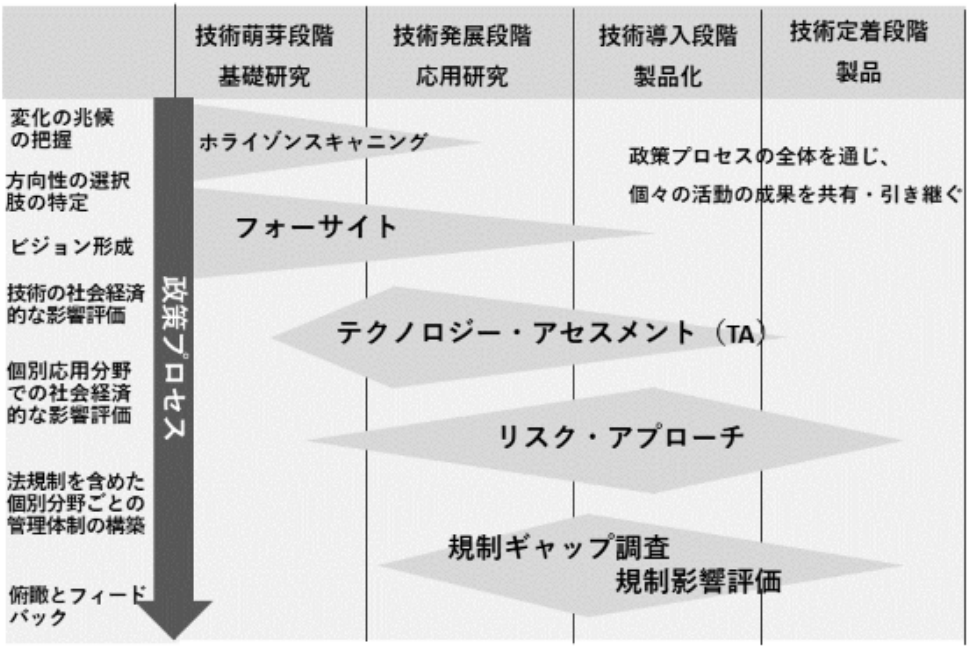


図 1　新興技術のガバナンスのための取り組み
出典: (松尾真紀子 and 岸本充生, 2017)

1.2　有用なアプローチ・ツール

上記の STI の社会導入状況と政策プロセス上の検討事項に応じて、有用なアプローチ・ツールは異なる。本項では、特に STI のガバナンスに有用なアプローチ・ツールとして、1) ホライゾン・スキャニング、2) フォーサイト、3) テクノロジー・アセスメント（TA）、4) リスク・アプローチ、5) 規制ギャップ調査・規制影響評価について、技術社会導入状況と政策プロセスで求められる対応に応じて紹介する（個々の概要については表 1 を参照）。

ホライゾン・スキャニングやフォーサイトは、新興技術の変化の兆候を幅広く把握し、数十年単位の長期ビジョンを戦略的に形成するのに適している。これに対し TA はより近い将来を対象として高い確度で社会導入が想定される新興技術がもたらす正と負（リスクとベネフィット）の社会的影響を評価分析し、選択肢の提示等による社会の意思決定を支援する営みである (吉澤剛, 2009);(城山英明 et al., 2010);(城山英明 et al., 2011)。リスク・アプローチは、より現実的に社会導入が想定される対象がもたらしうるリスクを社会が許容可能とするレベル未満に管理することを目的とする。規制ギャップ調査は管理すべきリスクが現在の法制度枠組みで対処できるか検証するもので、TA やリスク・アプローチの中でも行われる。さらにその結果を受けて法規制を導入・見直しする際に規制影響評価が実施される。

表 1　新興技術のガバナンスに有用な手法とアプローチの概要[*1]

①ホライゾン・スキャニング	将来の兆候や芽を幅広くとらえる活動。限定的にひとつの手法・技法としてとらえる場合とフォーサイトの一連の流れと同義でとらえる場合がある。多様な情報収集を行いSTEEPLED（Society, Technology, Environment, Economic, Politics, Legal, Ethical, Demographic）分析等する。
②フォーサイト	長期的かつ俯瞰的立場から将来ビジョンを形成しそれに基づく政策形成を行うのための活動。ホライゾン・スキャニングを含め、デルファイ法や、シナリオ・プランニング、ロードマッピング等様々な手法で展開。
③テクノロジー・アセスメント（TA）	科学技術の潜在的な正と負の社会的影響を予期し、技術開発やその利用についての課題設定や社会の意思決定を支援する活動。①専門家による伝統的な手法、②参加型手法（コンセンサス会議，シナリオワークショップ，市民陪審等）、③科学技術の上流段階から研究開発とTAの相互作用により展開する構築的TA（CTA）やリアルタイムTA（RTA）などの手法がある。
④リスク・アプローチ	人命、生態系や国の存続など守りたい対象に対する負の影響が発生する可能性（確率、頻度）とその影響の大きさの2つの要素を推測して社会が許容できるレベル未満に抑える対応を検討する活動。化学物質、機械、防災、セキュリティ、金融などの分野で科学的分析手法が発展。
⑤規制ギャップ調査・規制影響評価）	規制ギャップ調査は、新興技術の発展による影響が現行法規制でカバーされない「法規制ギャップ」が存在しないかを検討する活動。規制影響評価は法規制の新規導入・改正の際に、その目的が達成できる複数代替案について、規制遵守費用、期待される効果、副次的影響等を定量的に検討する活動。

(出所) (松尾真紀子 and 岸本充生, 2017) を参考に整理

[*1] ただし、これらの手法・アプローチについても様々な定義があることに注意。

2　意思決定において求められるエビデンスの特性

2.1　意思決定の材料ーエビデンスとは

「エビデンス」は、意思決定者が特定の目的やニーズに基づき行う意思決定の判断に際して参照し検討する様々な根拠の総体である。2.1.1 節「 STI ガバナンスの構造」(城山英明 et al., 2021a) で論じた通り、STI の対象も、それによりもたらされる影響も、拡大・多元化する中、意思決定の判断根拠となるファクトも包括的にならざるを得ない。したがって、エビデンス[*2]は、質的・量的な両方のものを対象とし、いわゆる自然科学系の領域に限らず人文社会科学系も含む広範な領域から生成されるものや、地域・現場などに根付く暗黙知など、多様なものをカバーする (松尾真紀子 et al., 2015)。エビデンスは可視化（数値化・データ化[*3]、言説化等）されてはじめて使えるものとなり、何をどこまでエビデンスとするかの範囲は問題のフレーミングにも関連する。このため特に政策プロセス (上述 1.1 参照) の上流での問題設定が重要である。また、バランスのとれた判断のためには、評価の際にリスクだけでなくベネフィットも評価をすることが課題である。

必要とされるエビデンスは政策プロセスの段階によって異なるが、以下では特にリスクアプローチの段階（監視・リスク管理）におけるエビデンスについて述べる。エビデンスの類型としては、大きく「科学的ファクト」と「その他のファクト」に大別できる。「科学的ファクト」は科学的データや科学的推論や手法によって導出されるファクトを指し、その評価手法は個別ディシプリンにおいて発展がみられた。「科学的ファクト」には、例えば食品のリスク評価における、ハザード評価のようにある程度グローバルに共通な要素であるものと、暴露評価のようにローカル（地理的・気候的、文化的、制度的）な要素が影響を持つものもある。他方、「その他のファクト」は、「科学的ファクト」以外の社会的含意に関するファクトの総称で、具体的には、実行可能性、費用・便益、国内外の基準規制、公平性や倫理的な考慮事項等、いわゆる ELSI（倫理的・法的・社会的事項）と呼ばれる要素を含むものである。定量的に実施できるものもあれば、定性的なものも多く存在する。

エビデンスは上述（ 1 .）のどのツールを用いたとしても共通で必要とされる要素であるが、政策プロセスの上流ではより定性的かつ広い範囲の「エビデンス」の収集が求められ、下流においてはより個別具体的かつ定量的な「エビデンス」が活用される傾向にある。

[*2] 本節では「エビデンス」のとらえ方をこのようにするが、多様な定義がある（科学技術振興機構研究開発戦略センター (2010) など参照)。科学技術基本計画等の文書では、「エビデンス（客観的根拠)」としているが、本節や 2.1.2 節「STI 政策プロセス」(城山英明 et al., 2021b) で論じた通り、社会的影響が広範に及ぶ STI のエビデンスは狭い意味での「客観的」なものに限定せず、意思決定の際に参照・検討するあらゆる根拠と広くとらえるべきである。そして、アセスメントの対象に応じて、より限定的に捉えることが適切か、あるいはより広くとらえるべきことが適切かを、意思決定者がアセスメントの上流における設計の際に適切に判断すべきである。

[*3] 例えば、WHO(2015) の汚染食品起因とする疾病・死亡のデータなどにより、これまで明らかでなかった食品由来の疾病・死亡（年間約 6 億人が発病、42 万人が死亡と推計）が明らかになりより食品安全確保のための積極的対策が講じられつつある。

2.2　科学的不確実性の判断の制度設計

以下では新興技術が潜在的に持ちうるリスクに関する「科学的ファクト」に焦点を当てて、科学的判断の線引きについて検討してみたい。上記「科学的ファクト」のアセスメント機能を担うのはリスク評価、その評価を踏まえて、「その他のファクト」も含め総合的に検討し対策を講じる機能はリスク管理である。ただし、両者の境界は実際はそれほど自明ではない。「科学的ファクト」における不確実性の取扱いは、科学的推論（安全係数、外挿などの前提やデフォルト）がディシプリンにより異なることもあり（図 2）、また、評価対象の特質による違い、専門家個々人の解釈により、異なる結果となることもある。また、科学的ファクトの範囲も、不確実性の判断においてリスク評価とリスク管理のどちらがどこまで担うのかは、リスク分野（環境、食品、衛生等）や所管省庁によって異なる。リスク評価として、科学的に確実な部分に加えて、科学的推論まで含めて行う場合と、リスク評価は科学的に確実な部分にとどまり、科学的推論についての検討はリスク管理側が行う場合と、両者の合間で科学的推論が行われない場合と、実は様々なバリエーションが存在する（図 3）（この点については 2.2.3 のレギュラトリーサイエンスも参照）。さらに、社会における「適切な保護の水準（Appropriate Level of Protection）」は、上記多様な「科学的ファクト」に加え、社会的含意を含む「その他の要素」も加味した主観的判断を伴う総合的判断である。

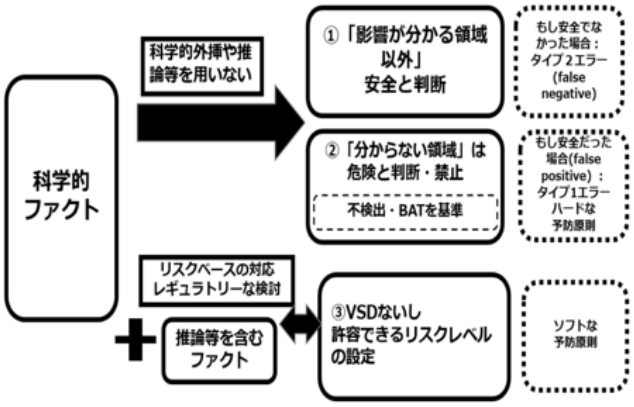


図 2　リスク管理における科学的ファクトに対する不確実性への対応のパターン
(出所) 松尾真紀子 et al. (2015) を改変[*4]

[*4] 科学的ファクトに伴う不確実性があった場合、安全性についての対応には 1) 科学的ファクトで影響が明らかな領域以外は安全と判断する、2) 影響が分からない部分は危険とする、3) 分からない部分はリスクがあることを前提に実質安全量（VSD）ないし許容できる水準を科学的推論を用いて検討する、3 つのパターンがありうる。1) を選択した場合、もし安全でなかった場合はタイプ 2 エラーに陥り、2) を選択した場合、もし安全だった場合にタイプ 1 エラーに陥る。2) はハードな予防原則、3) はソフトな予防原則と特徴づけられる。

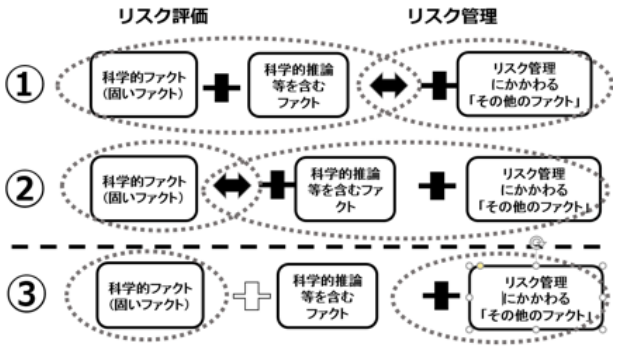


図 3　リスク評価・管理のインターフェース
(出所) 松尾真紀子 et al. (2015)[*5]

「エビデンス」の取り扱いや重みづけは結果的に資源配分を左右するため、時に「科学の政治化（politicization of science）」をもたらすことがある。このため、個々のエビデンス、特に科学的ファクトの判断に政治が影響しないよう、科学の独立・中立性の担保が謳われている。例えば食品安全分野でリスク評価と管理を機能的に分離すべきとする[*6]のはこのためである。特に国際食品安全基準を策定し国家間の利害関係が交錯するコーデックスの場合は、リスク評価機関の専門家の構成は、国の代表でなく個人の専門家としての参加を義務付けることでその評価結果のクレディビリティを担保している。他方で、エビデンスの材料であるファクトも、リスク評価・管理の機能も、概念的には二つに分類できるが、行き過ぎた独立は両者のディス・コミュニケーション等の副作用をもたらしかねず、科学的アドバイスが政策的関連性（policy relevant）を持つには、相互作用によりリスク管理側の要請や社会的文脈の共有が不可欠であることも指摘されている。こうしたことを踏まえ、例えば食品安全の分野だけ見ても、米国 FDA のようにリスク評価・管理は機能的に分離させつつも同一組織内で行うもの[*7]、欧州や日本、コーデックスのように組織的に独立したリスク評価機関を持つものなど[*8]、その制度設計は多様である。

いかなる制度設計もメリットデメリットがあることから制度設計に正しい解はなく、生じる負の副次的効果を小さくする仕組みが必要である。そのためには、多様なエビデンスを多面的に収集[*9]し、個々のエビデンスの質を担保する仕組みを確保し、エビデンスの俯瞰マッピングを定性的にも定量的にも実施することが肝要である。

[*5] リスク評価（科学）とリスク管理（政策・政治的判断を伴う意思決定）のインターフェースには科学的不確実性やその不確実性対処ための科学的推論の取り扱いがある。(1) 不確実性対処のための科学的推論をリスク評価側がする場合、(2) リスク管理側がする場合、(3) どちらも行わない場合、の 3 パターンがありうる。

[*6] コーデックス「内部向けリスク分析適用の作業原則」パラ 9

[*7] 米国では完全な分離は逆効果との考えがあり、組織的分離は必ずしも求められていない（NRC (1983, p.6)）。

[*8] 機能的分離の厳格さは分野によっても異なる。同様に食に関連する国際機関の OIE（国際獣疫事務局）ではそこまで厳格に機能的分離を求めていないとの指摘もある。

[*9] エビデンスを多面的に収集するには共同事実確認（Joint Fact-Finding, JFF）が有用である。JFF とは、多様な主体による「協働」、「多様なエビデンスの把握」のためのアプローチ・概念 (Ozawa and Susskind, 1985); Ehrmann and Stinson, 1999; McCreary et al., 2001; Andrews, 2002; Adler et al., 2011; Karl et al., 2007; (Rofougaran and Karl, 2005) 等

そして一番大事な点は、不確実性を伴う対象の意思決定をした際にいかなるエビデンスに基づいて、どのように判断したのかを明確化し、説明することである。

3　全体俯瞰・調整と順応の確保

上記の STI ガバナンスに関する手法やアプローチは、日本では分野により技術フォーサイトや技術ロードマップ、リスク・アプローチなどのように国内の政策プロセスや制度に埋め込まれているものもあるが、TA のようにアドホックにしか展開されてこなかったものもある。

STI にかかわる一連の営みを極力全体俯瞰し（個別システム・セクター間の関係性の把握）、STI の社会導入状況に応じて取るべき施策の検討を政府全体で（whole-of-government approach）メタガバナンス的な観点で展開することが重要である。その際、例えばフォーサイトの成果を TA に、そしてそれらをさらにリスク・アプローチで展開されている活動にというように、異なる主体で展開されている個々の活動が切れ目なく連動されることが肝要である。

また、社会導入状況に応じて「分散・多様性」の確保と集約・集権（centralization）のバランスをとっていくことも重要である (Biermann et al., 2009)。すなわち、STI の萌芽段階では多様なアイディアやゴールの選択肢を許容し分散的に活動を行うことが STI の促進に効果的であるが、STI が実際に社会導入される際にはそこから生じる様々な社会的含意を踏まえて対策を講じるうえで一定の集約・集権化[*10]が求められるということである。そのためには、硬直的なガバナンス体系でなく、柔軟な順応ガバナンス（Adaptive Governance）、予測的ガバナンス（Anticipatory Governance, Quay, 2010）トランジションマネジメント[*11]、さらにそれらの学習に基づく再帰的ガバナンス（Reflexive Governance, VoB and Bornemann, 2011）のアプローチが有用である。

References

Biermann, F., Pattberg, P., Van Asselt, H., and Zelli, F. (2009). The fragmentation of global governance architectures: A framework for analysis. *Global Environmental Politics*, 9(4):14–40. http://www.academia.edu/download/46097705/9.4.biermann.pdf.

Council, N. R. et al. (1983). *Risk assessment in the federal government: managing the process*. National Academies Press. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216741/.

Dreyer, M. and Renn, O. E. (2009). *Food safety governance: Integrating Science, Precaution and Public Involvement*. Springer. https://www.springer.com/la/book/9783540693086.

Kemp, R. and Loorbach, D. (2006). Transition management: a reflexive governance approach.

[*10] 集権化の段階で注意すべき点は、STI に見合った監督をするということである。STI のスピードと法規制のスピードに齟齬があると、過剰規制あるいは過小規制という状況に陥る。STI のダイナミックな性格、スピードの加速を踏まえて、監督（Oversight）・規制と STI の適切なペーシングが必要である (Kuzma, 2014)

[*11] STI や社会の方向性をはじめの段階で決め打ちせず、多様な複数のパスを念頭に、ネットワークや学習プロセスを重視して既存の枠組みを再編成、マネジメントするアプローチ。(Kemp and Loorbach, 2006);(Loorbach, 2007);(Rotmans et al., 2001)

In et al, V., editor, *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Edward Elgar Publishing. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=yYGZLbYKpxgC&oi=fnd&pg=PA103&dq=Transition+management:+a+reflexive+governance+approach&ots=kZchhd9YNV&sig=Wr81IyJK2Cc0sRZalRmF3GJqo7U.

Kuzma, J. (2014). Properly paced or problematic?: Examining governance of gmos. In *Innovative governance models for emerging technologies*, pages 176–197. Edward Elgar Publishing. https://www.researchgate.net/publication/310606866_Innovative_Governance_Models_for_Emerging_Technologies_Chapter_9_Properly_Paced_or_Problematic_Examining_Past_and_Present_Governance_of_GMOs_in_the_United_States_Kuzma_J.

Loorbach, D. (2007). *Transition Management: new mode of governance for sustainable development*. International Books, Utrecht, the Netherlands. https://repub.eur.nl/pub/10200/.

Ozawa, C. P. and Susskind, L. (1985). Mediating science-intensive policy disputes. *Journal of Policy Analysis and Management*, 5(1):23–39. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pam.4050050102.

Rofougaran, N. L. and Karl, H. A. (2005). San Francisquito Creek - The Problem of Science in Environmental Disputes. Technical Report Professional Paper 1710, USGS. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=ESzwAAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=San+Francisquito+Creek+-+The+Problem+of+Science+in+Environmental+Disputes&ots=gSSEoQLyAD&sig=kls9fI3vaVtD7judkZl5mhMRwig.

Rotmans, J., Kemp, R., and van Asselt, M. (2001). Transition Management: a promising policy perspective. In *Interdisciplinarity in Technology Assessment*, pages 165–197. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-04371-4_11.

Sapolsky, Harvey M. Taylor, M. Z. (2011). Politics and the Science of Science Policy. In Fealing, K. H., Lane, J. I., Marburger, J. H. I., and Shipp, S. S., editors, *The Science of Science Policy:A Handbook*. Stanford University Press. http://amzn.asia/5gzQtYz.

World Health Organization et al. (2015). WHO Estimates of the Global Burden of Foodborne Diseases - Foodborne Diseases Burden Epidemiology Reference Group 2007-2015. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199350/1/9789241565165_eng.pdf?ua=1.

科学技術振興機構研究開発戦略センター (2010). エビデンスに基づく科学技術イノベーション政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学」の構築. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

吉澤剛 (2009). 日本におけるテクノロジーアセスメント-概念と歴史の再構築. 社会技術研究論文集, 6:42–57. https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/6/0/6_0_42/_article/-char/ja/.

吉澤剛 (2013). 責任ある研究・イノベーション一 ELSI を越えて一. 研究技術計画, 28(1):106–122. https://doi.org/10.20801/jsrpim.28.1_106.

松尾真紀子 (2013). 日本の食品安全ガバナンスのこれまでとこれから-制度設計からの考察. **日本リスク研究学会誌**, 23(3):127–135. https://www.jstage.jst.go.jp/article/sraj/23/3/23_127/_article/-char/ja/.

松尾真紀子 and 岸本充生 (2017). 新興技術ガバナンスのための政策プロセスにおける手法・アプローチの横断的分析. **社会技術研究論文集**, 14:84–94. http://shakai-gijutsu.org/vol14/14_84.pdf.

松尾真紀子, 岸本充生, and 立川雅司 (2015). 食品中の放射性物質のリスクを巡る共同事実確認 (JFF) の実践. **日本リスク研究学会誌**, 25(2):69–77. https://ci.nii.ac.jp/lognavi?name=jstg&lang=ja&type=pdf&id=https://doi.org/10.11447/sraj.25.69&naid=130005099311.

城山英明, 岸本充生, and 松尾真紀子 (2021a).「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ 2.1.1 STI ガバナンスの構造. https://scirex-core.grips.ac.jp/2/2.1.1/main.pdf.

城山英明, 岸本充生, and 松尾真紀子 (2021b).「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ 2.1.2 STI 政策プロセス. https://scirex-core.grips.ac.jp/2/2.1.2/main.pdf.

城山英明, 吉澤剛, and 松尾真紀子 (2011). Ta (テクノロジーアセスメント) の制度設計における選択肢と実施上の課題. **社会技術研究論文集**, 8:204–218. https://www.jstage.jst.go.jp/article/sociotechnica/8/0/8_0_204/_article/-char/ja/.

城山英明, 吉澤剛, 松尾真紀子, and 畑中綾子 (2010). 制度化なき活動—日本における TA (テクノロジーアセスメント) 及び TA 的活動の限界と教訓. **社会技術研究論文集**, 7:199–210. http://shakai-gijutsu.org/vol7/7_199.pdf.

有本建男, 佐藤靖, and 松尾敬 (2016). **科学的助言: *21* 世紀の科学技術と政策形成**. 東京大学出版会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/59/10/59_716/_article/-char/ja/.

2.2.2　科学的助言

松尾敬子 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2020 年 6 月 16 日

リード文

科学的助言とは、特定の課題について妥当な政策形成や意思決定が行われるよう、科学者やその集団が専門的な知見に基づいて政策立案・決定者に助言することである。近年、多様な政策分野で科学的助言が不可欠となっており、その制度や体制のあり方について世界的に関心が集まっている。本稿では、そうした科学的助言の概念と現状について解説した上で、科学と政治・行政との役割について紹介する。

キーワード

政策形成、リスク評価、リスク管理

本文

1　はじめに

近年、科学と社会の関係が深化・複雑化し、政策形成プロセスにおいて、科学的根拠に基づく助言の重要性がますます増している。本節では、そうした助言における概念と現状について解説する。

科学と政策形成との関係について問題意識がみられるようになったのは、概ね 1970 年代頃からである。1972 年、米国のオークリッジ国立研究所長だった核物理学者アルビン・ワインバーグは、科学と政治の間には境界領域が存在しており、科学だけでは答えることができない問題（低レベル放射線の生物への影響、巨大地震）が現在社会には山積みしていることを指摘した。この頃から科学と社会の関係に新たな展開がみられるようになったといえる。さらに 21 世紀にはいり、気候変動、エネルギー、感染症、サイバーセキュリティなど地球規模課題の増大により、従来型の政府組織と分野別の専門家では対応できない複雑で不確実性の高い課題が急増し、タイムリーに適確な政

* 科学技術振興機構研究開発戦略センター　フェロー

策を打ち出すことが困難な場面が増えている。こうした不確実性を増す社会を支える基盤として、政策形成の過程において「科学的助言」が占める位置づけは拡大し、科学的助言者とそれを受け止めて政策に組み込む政策担当者の役割も重要性を増してきたといえる。

2013 年には国連事務総長の科学諮問委員会が設けられ、2014 年には「政府に対する科学的助言に関する国際ネットワーク（INGSA）」が国際科学会議（ICSU）の後援のもと創設された。INGSA は、世界各国の多様な科学アドバイスの組織と国家システムを超えて、政策対話や能力開発、研究を推進するための共同プラットホームとして活動の幅を拡げている。

我が国でも、東日本大震災を契機に科学的助言に対する関心が高まり、2013 年に日本学術会議が公表した「科学者の行動規範 改訂版」や、2015 年に外務大臣の科学技術顧問がわが国で初めて任命された。こうした動きを反映して 2016 年に閣議決定された第 5 期科学技術基本計画において科学的助言の重要性に関する記述が盛り込まれた。

2　科学的助言の構造

科学的助言とは、政府が特定の課題について妥当な政策形成や意思決定ができるよう、科学者（技術者、医師、人文社会分野の科学者等を含む）やその集団が専門的な知見に基づく助言を提供することである。その本質は、科学的知見に基づく助言を政策立案・決定に提供することであり、科学は、客観的で価値判断から中立であるが、政策立案・決定は一定の価値実現を目指し、両者は異なる価値観を有している。そうした本質的な違いから両者は疎遠になりがちであるが、科学的助言の有効性を高めるためには、双方をつなぐ媒介機能（科学的助言者、科学的助言組織）が重要である。

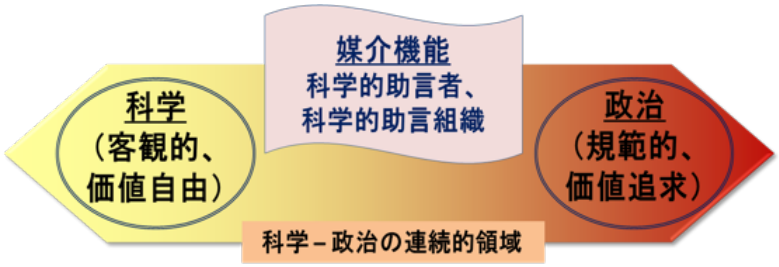


図 1　科学的助言の構造

3　科学的助言者の種類

上述したように、科学と政策立案・決定の双方を繋ぐ媒介機能が重要となるが、そうした科学的助言者（個人の場合も組織の場合もある）としては、各国の例をみれば以下の四つの種類がある。これは、経済協力開発機構（OECD）の科学技術政策委員会による報告書「政策形成のための科学的助言－専門家組織と科学者個人の役割と責任」に示されているものである (OECD, 2015)。

（a）科学技術政策に関する会議

科学技術政策に関する政府の最高レベルの審議機関であり、イノベーション政策等を審議の対象に含めることも多い。学界からだけでなく産業界からのメンバーも加わっている場合も多く、関係閣僚もメンバーとなっている場合もある。米国の大統領科学技術諮問会議（PCAST）、英国の科学技術会議（CST）、日本の総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）などが挙げられる。多くの場合、政府組織の一部として設置されるが、ドイツの研究イノベーション専門家委員会（EFI）のように政府から独立した組織である場合もある。基本的に「Policy for Science」の助言に重心を置く組織である。

（b）審議会

有識者（科学者だけでなく利害関係者等も含む場合がある）を集めて特定の政策分野・課題に関して審議を行う。保健医療分野や環境分野など自然科学分野の知見が中心的な役割を果たす審議会もあれば、財政や外交など必ずしもそうでない審議会もある。通常、法令に基づいて設置されるが、臨時の組織の場合もあり、例えばわが国では大臣や局長の下に「研究会」「懇談会」といった名称の私的諮問機関が置かれることも多い。

（c）科学アカデミー等

各国には、科学者の代表が集まる科学アカデミーが置かれている。米国では全米アカデミーズ、英国では王立協会、日本では日本学術会議がそれにあたる。科学アカデミーは、科学者としての意思や見解を政府や社会に対して提示する科学的助言者としての機能と、多くの功労を成した科学者の顕彰機関としての機能とをあわせもつ場合が多い（ただし日本では後者の機関として日本学士院が別途置かれている）。各国の科学アカデミーが助言を作成する際には、通常、内部で委員会を立ち上げて審議を行う。その活動は政府予算でまかなわれている場合が多いが、政府からは独立の立場から助言を行うのが通例である。

科学アカデミーのほかにも、個別の学問分野の学会や協会、官民のシンクタンク、公的研究所等が科学的助言を行う場合もある。

（d）科学的助言を行う個人（いわゆる「科学顧問」等）

政府首脳に対して科学的助言を行う個人を科学顧問として任命している国がある。英国の政府主席科学顧問（GCSA）、米国の大統領科学顧問、オーストラリアの主席科学者などである。これらの科学顧問は、政治の世界と科学の世界の結節点として非常に重要な役割を果たす。特に災害発生時など緊急の対応を要する場合に適時の科学的助言を行うことができるとされている。各省庁の長に助言を行う科学顧問が置かれている場合もある。一方、ドイツやフランスなど科学顧問が置かれて

いない国も多い。日本でもこれまで基本的には科学顧問は置かれてこなかったが、[*1]2015 年 9 月、外務大臣科学技術顧問として岸輝雄氏がはじめて任命された。[*2]

4　Policy for Science と Science for Policy—助言の対象と内容

ここまで、科学的助言の構造と種類について述べてきたが、科学的知見に基づく助言とはどういったものであろうか。科学的助言には、助言内容により「Policy for Science（科学のための政策）」の助言と「Science for Policy（政策のための科学）」の助言がある。この区別は、古くはハーバード大学の科学技術政策プログラムの創始者ハーベイ・ブルックスが 1964 年に導入し、その後 OECD や ICSU などの場を通じて国際的に普及してきたものである。「Policy for Science」は科学技術政策ないし科学技術イノベーション政策（STI 政策）を対象とした助言であり、一方、「Science for Policy」は科学技術政策だけでなく医療、環境、エネルギー、教育等あらゆる政策分野を対象とした助言である。両者とも、その助言内容の主な基盤となるのはエビデンスであるといえるが、「Policy for Science」の場合には、エビデンスに加えて科学者が有するより広範な知見が科学的助言の重要な基盤となるといえよう。ここで科学者の広範な知見とは、科学者がそれまで培ってきた専門的知見や経験を通じて得られる、専門分野の今後の発展性やそれが社会・経済に及ぼす影響に関する見通しなどを指している。

[*1]例外的に、2006 年から 2008 年まで、第一次安部政権および福田政権のもと、黒川清氏が内閣特別顧問（科学、技術、イノベーション担当）に任命された。

[*2]外務省報道発表「外務省参与（外務大臣科学技術顧問）の任命」、2015 年 9 月 24 日。

表 1　科学的助言の対象と内容 [b]

科学的助言の種類	Policy for Science	Science for Policy
助言対象	科学技術政策分野ないし STI政策分野	多様な政策分野（医療、環境、エネルギー…）
助言内容の主な基盤	エビデンス（科学的根拠）科学者の広範な知見[a]	エビデンス（科学的根拠）

出典

[a]科学者の広範な知見とは、科学者がそれまで培ってきた専門的知見や経験を通じて得られる、専門分野の今後の発展性やそれが社会・経済に及ぼす影響に関する見通し等を指す。これは、科学技術政策の立案にあたっては客観的なエビデンスに基づく検討が可能な部分が限られており、科学者の経験および実績に裏うちされた主観的な判断や議論が必要であるという現状があるためである。一方で、医薬品審査や環境規制などの分野で求められる「Science for Policy」助言は、少なくとも理念的には主として客観的なエビデンスに基づくものであるべきであるといえるだろう。ただしこれらの分野でも、最終的には主観的判断を含めさまざまな要因が総合的に考慮されたうえで政策立案がなされることは言うまでもない。

[b]科学者の広範な知見とは、科学者がそれまで培ってきた専門的知見や経験を通じて得られる、専門分野の今後の発展性やそれが社会・経済に及ぼす影響に関する見通し等を指す。これは、科学技術政策の立案にあたっては客観的なエビデンスに基づく検討が可能な部分が限られており、科学者の経験および実績に裏うちされた主観的な判断や議論が必要であるという現状があるためである。一方で、医薬品審査や環境規制などの分野で求められる「Science for Policy」助言は、少なくとも理念的には主として客観的なエビデンスに基づくものであるべきであるといえるだろう。ただしこれらの分野でも、最終的には主観的判断を含めさまざまな要因が総合的に考慮されたうえで政策立案がなされることは言うまでもない。

上述したように、「Policy for Science」と「Science for Policy」は概念的には分離される。しかしながら、ともに科学的助言の一部であって互いに補完的関係にあるといえ、実際の政策現場では両者の関係は複雑であり、重複しうる。例えばわが国の文部科学省の科学技術・学術審議会は、科学技術・学術政策に関して答申することから「Policy for Science」の助言を行っている。一方で、そうした答申には科学的立場からのエビデンス（科学的根拠）も含まれるため、科学技術・学術審議会は「Science for Policy」の助言も行っているといえる。

「Policy for Science」と「Science for Policy」の概念をさらに複雑にしているのは、そもそも科学技術政策や STI 政策という概念が曖昧であるということである。「Policy for Science」は科学技術政策ないし STI 政策に対する助言を指すといっても、STI 政策の外縁には高等教育政策、産業政策、環境・エネルギー政策、医療政策なども含まれうる。

5　科学的助言者の役割

科学的知見を政策立案・決定に提供することが科学的助言であり、その類型、助言内容を示したが、それを担う助言者のあるべき役割について考えてみたい。科学的助言像を表した概念として「誠実な斡旋者」（honest broker）というモデルがある。これは、米国の政治学者ロジャー・ペルキーが提唱する、国際的に普及している概念であり、四象限の表に示される。この表 2 には科学的

助言者の類型が端的に表現されており、近年盛んに開かれている科学的助言に関する国際会議でも頻繁に言及されている。

下表 2 の「純粋科学者」は、政策や産業への応用を意識することなく、単に科学的知識の生産のみを行う科学者である。次に「科学知識の提供者」は、特定の政策上の問題があったときに、関連する科学的知識を求めに応じて提供する科学者である。これら二つの科学的助言者の類型は、優れた科学的知見が優れた政策形成を導くという、ペルキーが「リニア・モデル」と呼ぶ科学観を前提としている。それに対して、ある政策課題に対して特定の立場を主張する「主義主張者」や、複数のオプションとともに関連の知見を示す「誠実な斡旋者」は、科学的知識の政策形成への応用を明確に意識する。この前提となる科学観は、科学的助言は幅広い関係者によって形成されるとする「ステークホルダー・モデル」である。ペルキーは、断定してはいないが、この四つの科学者の類型のうち、科学的助言者としては政策のオプションを提示する「誠実な斡旋者」が重要であると考えているようだ。

表 2　科学的助言者の四つの類型

		科学観	
		リニア・モデル	ステークホルダー・モデル
民主主義観	社会に政策のオプションが存在	純粋科学者 (Pure Scientist)	主義主張者 (Issue Advocate)
	専門家が政策のオプションを提示	科学知識の提供者 (Science Arbiter)	誠実な斡旋者 (Honest Broker of Policy Options)

出典

6　科学的助言のプロセスと課題

科学的助言が有効に機能するためには、そのプロセスの各段階において留意されるべき点がある（下図 2 参照）。政治・行政の側は、課題の設定や助言者の選定を適切に行うことが重要である。助言の作成段階では、科学的助言者の独立性を保障し、助言の質を担保する仕組みが必要である。そして作成された助言は、そこに含まれる不確実性・多様性も含め、適時・的確に伝達され、活用される必要がある。また、こうした一連のプロセス全体には透明性が求められ、科学的助言に基づく行政措置が損害等を引き起こした場合の法的責任も明確化される必要がある。さらに、緊急時の科学的助言のためのシステムの構築も望まれる。

こうした科学的助言のプロセスが適切に機能しないと、誤った政策の立案と実施が導かれかねないばかりか、政策形成や科学そのものに対する社会的信頼が損なわれてしまう。場合によっては、科学的助言者側が政府の既定の政策を安易に追認したり、政府が科学的助言を都合よく解釈し用いたりする恐れが常にある。そのようなことを防ぐために科学的助言のプロセスを正しておくことが重要である。

各国では近年、科学的助言の健全性を担保するための原則、指針、ないし行動規範が定められてきた。特に英国や米国は、1990 年代の BSE 問題や 2000 年代のブッシュ政権期における政治の科学への介入を経験したこともあり、行動規範の体系の整備が進んできた。そうした行動規範においては、科学的助言者のバランスのとれた選定、利益相反の適切な取扱い、科学的助言の不確実性の適切な評価・伝達・管理、プロセスの透明性・公開性の確保等について規定されることが多い。ただし、英国の行動規範では、科学的助言者と政府の一般的関係性について、「助言者は、広範な要因に基づいて意思決定を下すという政府の民主主義的な任務を尊重し、科学は政府が政策決定の際に考慮すべき根拠の一部に過ぎないことを認識しなくてはならない」と明記されていることなども注目される。わが国でも東日本大震災後、科学的助言に対する関心が高まり、2013 年 1 月には日本学術会議が声明「科学者の行動規範 改訂版」を公表し、科学者が助言を行う際の基本的な原則をいくつか示した。さらに経済協力開発機構（OECD）では、2013 年から 2 年間、科学的助言に関する検討プロジェクトを進め、有効な科学的助言が備えるべき一般的な要件を提示した。このような国際的な検討は、今後さらに進展していくものと思われる。

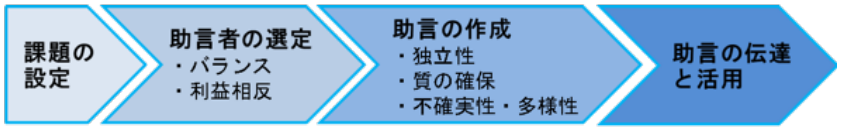


図 2　科学的助言のプロセスと論点

出典

References

Brooks, H. (1964). *The Scientific Advisor in Robert Gilpin and Christopher Wright (eds.)*. Columbia University Press.

ICSU (1996). Assessment Panel, Final Report. Technical report, ICSU. https://www.icsu.org/cms/2017/04/ICSU_Assessment_Report_1996.pdf.

OECD (2015). *Scientific Advice for Policy Making. The Role and Responsibility of Expert Bodies and Individual Scientists*. OECD. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/scientific-advice-for-policy-making_5js33l1jcpwb-en.

OECD and Brooks, H. (1971). *Science, Growth and Society: A New Perspective*. OECD. Ad Hoc Committee on New Concepts of Science Policy.

Pielke, R. A. (2007). *The Honest Broker: Making Sense of Science in Policy and Politics*. Cambridge University Press. http://www.cambridge.org/gb/academic/subjects/politics-international-relations/comparative-politics/honest-broker-making-sense-science-policy-and-politics?format=HB.

佐藤靖 and 有本建男 (2014). 科学的助言をめぐる諸問題へのアプローチ: 動き出した国際的な検

討活動 (特集 科学的助言: 科学と行政のあいだ)–(科学的規制の時代). 科学, 84(2):202–208. https://ci.nii.ac.jp/naid/40019949123.

小林信一 (2011). 科学技術政策とは何か. In 科学技術政策の国際的な動向. 国立国会図書館. http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2011/201003_02.pdf.

有本建男, 佐藤靖, and 松尾敬子 (2016). 科学的助言ー *21* 世紀の科学技術と政策形成. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b307229.html.

2.2.3　レギュラトリーサイエンス

岸本充生 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 15 日

リード文

科学と政策の間にはギャップが存在する。新規技術や新興感染症のように科学の側に不確実性が高い場合はとりわけ大きなギャップが存在する。新規科学技術が社会とコンフリクトを起こすことなく活用される、すなわちイノベーションに結び付けられるためには、適切な規制、制度、手続き、あるいはガイドラインといった広義の意味での政策対応が不可欠であり、これらを策定するための手順やノウハウは「レギュラトリーサイエンス」と呼ばれる。本項では、レギュラトリーサイエンスが「もう 1 つの科学」として定着していく背景と経緯を解説した。

キーワード

トランスサイエンス; ポストノーマルサイエンス; 基準値

本文

1　トランスサイエンスの発見

科学者は、分からない場合は「分からない」と答えるのが本分であると考えられているのに対して、政策決定者は、不確実なもとで何らかの意思決定を迫られる。何もしないことも 1 つの意思決定であるからである。当然、そうした場合に、科学と政策の間にはギャップが生まれる。科学技術の発展スピードが速くなり、不確実性が増すほど、科学と政策の間のギャップは広がっていく。しかし、そのギャップは、政策側の直観や、科学者の冒険によって乗り越えるべきではなく、ギャップの存在を可視化したうえで、レギュラトリーサイエンスとして明示的に埋める必要がある。

客観的で中立的である科学によって生み出されたデータに基づき、半ば自動的に、政策が決められるという素朴な考え方に対して、核物理学者であったワインバーグが 1972 年、「科学によって問うことができるが、科学によって答えることができない問題群」の存在を指摘し、これを「トラン

* 大阪大学データビリティフロンティア機構　教授

スサイエンス」と名付けた (Weinberg, 1972)。ワインバーグは、低線量放射線の生体影響、低頻度高影響事象、工学的判断、さらには、社会科学的な問題、最後に、科学における価値観を挙げた。低線量放射線の生体影響などは資金と時間がいくらでもあれば理論上は解決可能な問題ではあるが、現実的には実施不可能であり、解決できない。社会科学的な問題には人間の心理や行動が関係するために予測がきわめて困難であることが指摘されている。そして、科学における価値観は、どの科学に予算を付けるかといった、いわゆる科学政策を指している。これ自体は科学によって決めることが不可能である。

トランスサイエンスと関連して、1990 年代の初頭、フントヴィッチとラヴェッツらは、「ポストノーマルサイエンス（post-normal science）」という概念を提示した (Funtowicz and Ravetz, 1993)。意思決定にかかわる利害の大きさとシステムの不確実性の両者が大きくなるにつれて、通常の科学（ノーマルサイエンス）から応用科学、専門家への委任を経て、ポストノーマルサイエンスに至るとの図式が示された。

2　レギュラトリーサイエンスの誕生

「レギュラトリーサイエンス（regulatory science）」という言葉は日本と米国でほぼ同時期に独立して提唱された。日本では 1987 年、当時の国立衛生試験所（現在の国立医療品食品衛生研究所）の内山充によって、「科学技術の進歩を真に人と社会に役立つ最も望ましい姿に調整（レギュレート）するための、予測・評価・判断の科学」と定義された (内山充, 1987)。真理の探究といった華やかなサイエンスとは別に、基準値を策定したり、測定法を開発したりといった、一見地味で、場合によっては行政の下請けのようにも見られかねない仕事に対して、もう 1 つのサイエンスと位置づけ、担当者らを鼓舞する意図があったのだと思われる。米国では、政治科学者であるラシェフスキー教授が 1986 年の著書の中で「ノーマルサイエンス」に対する概念として使用し、科学技術社会論のジャサノフ教授も独自に、目標、組織、成果物、動機づけ、時間枠、選択肢、及びアカウンタビリティの観点から、「リサーチサイエンス」に対する概念として提唱した (Jasanoff, 1990)。

トランスサイエンス、ポストノーマルサイエンス、レギュラトリーサイエンスはともに、科学と政策の間のギャップ部分を扱っているが、前の 2 つは「科学によって答えられない」側面を強調した（そして、人文社会科学の知見の必要性を指摘した）のに対して、後者は政策によって問われた問いに回答するために科学の側から新しいアプローチでもって可能な限り答えようとする点に特徴がある。これは、科学と政策のギャップを、政策の側から埋めようとするか、科学の側から埋めようとするかという態度の違いと捉えることもできるだろう。実際、ワインバーグが、低線量放射線の生体影響や工学的判断などとして分類した部分は、リスク評価として、レギュラトリーサイエンスの主要な領域になっている。また、「社会科学的な問題」についても、社会経済分析や、規制については規制影響分析として制度化され、レギュラトリーサイエンスの一部となっている。ただ、「科学における価値観」、すなわち科学政策は、レギュラトリーサイエンスではカバーしきれない（2.1.2 節を参照）。

3　レギュラトリーサイエンスの発展

国内では、2004 年から、厚生労働科学研究において「医薬品・医療機器等レギュラトリーサイエンス総合研究」と題する研究事業課題が開始された。また、2010 年からは、農林水産省が「レギュラトリーサイエンス新技術開発事業」を開始した。医薬品を対象とした、一般社団法人レギュラトリーサイエンス学会もこの年に設立された。2011 年には、日本学術会議から「提言　わが国に望まれる食品安全のためのレギュラトリーサイエンス」が発表された。2011 年 8 月に閣議決定された第 4 期科学技術基本計画には、「ライフイノベーション推進」のための方策の中に、「国は、レギュラトリーサイエンスを充実、強化し、…」という文言が入り、先に引用した内山の定義が引用された。2016 年 1 月に閣議決定された第 5 期科学技術基本計画には、レギュラトリーサイエンスという用語そのものは掲載されていないが、その代わりに、「第 6 章 科学技術イノベーションと社会との関係深化」の中で、科学技術を社会の中で利用促進するために必要な社会技術として、テクノロジーアセスメントとともに、「規制等の策定・実施において科学的根拠に基づき的確な予測、評価、判断を行う科学に関する研究」が挙げられている。これは、第 4 期では公衆衛生分野に限定されていたレギュラトリーサイエンス概念が、すべての科学技術分野で必要とされていることを示している。

米国では、食品医薬品庁（FDA）がレギュラトリーサイエンス概念を積極的に利用している。彼らはレギュラトリーサイエンスを「すべての FDA が規制する製品の安全性、効能、品質、及びパフォーマンスを評価するための新しいツール、基準、そしてアプローチを策定するための科学」と定義し、2011 年には戦略的計画を策定した。欧州でも、欧州化学品庁（ECHA）が 2015 年に「レギュラトリーサイエンス戦略」を発表し、欧州医薬品庁も米国 FDA と同様の定義を採用しているが、社会科学も含むと明記している点に特徴がある。オーストラリアの殺虫剤及び動物用医薬品庁（APVMA）も、「レギュラトリーサイエンス戦略」を策定し、その中で「限定された法的枠組みや時間的枠組みの中で利用されるために何か（例えば化学物質）を許容するかどうかの意思決定を行うという目的のための科学的方法の実践的適用に関すること」と定義した。時間的制約が事実上ない、真理の探究としての科学と違い、手元にある科学的知見のみからある一定の時間内に暫定的な結論を出さざるを得ないという政策側の事情に答えるという特徴が挙げられている。オーストラリアでは、9 つの連邦政府の規制機関がレギュラトリーサイエンスネットワーク（RSN) を設置している。

4　レギュラトリーサイエンスの多様性

国内では、レギュラトリーサイエンスという用語は、科学と政策の間のギャップを埋めるという 1 点においては共通しているものの、多様な用いられ方をしているのが現状である。1 つは、科学の側が主導して、不確実なファクトを政策につなげるために実施されている研究がある。2 つ目は政策側が主導して、科学者の助けを借りながら実施する規制措置のためのロジックを作成するよう

なケースである。審議会で、規制措置や基準値を策定する場合が該当する。3 つ目は、政策側が、政策形成に必要な情報を得るために、科学側に委託した研究を指しているケースである。この場合は、見た目は伝統的な科学と変わらないが、政策側から委託されたという点で「レギュラトリー」なのである。この他にも、規制機関内部で検討され、外側からは見えないタイプのレギュラトリーサイエンスもあるだろう。多様なレギュラトリーサイエンスの実践例を表に示した。

	主導するアクター	内容	具体的な事例
タイプ 1	科学者	科学者側主導で、不確実なファクトを政策決定のエビデンスにつなげる研究	化学物質や新規技術のリスク評価手法の開発
タイプ 2	行政	政策側主導で実施する規制措置のためのロジック作成	審議会（検討会等）の場での規制ロジック作成
タイプ 3	行政	政策のために必要な科学的知見を得るために行政が科学者に委託した研究	リスク管理措置のための研究、測定法や評価手法の開発
タイプ 4	行政	行政内部での政策ロジック作成のための実務	省庁内部で基準値案を作成

レギュラトリーサイエンス研究も学際的である。いわゆる科学側からのアプローチに加えて、政策側からのアプローチ（経済学、行政学）や、第三者的な観察（政治学、社会学、科学技術社会論）も重要である。科学と政策の間のギャップは最終的に、基準値の決定という形で埋められることも多い。この場合は基準値の決定プロセスそのものがレギュラトリーサイエンスである (村上道夫 et al., 2014)。日本では、科学と政策を埋める場として、審議会（検討会や作業グループも含む）プロセスは重要な役割を果たしている。そこでは、審議会メンバーの人選、審議会の機能の範囲、ステークホルダーの参加方法など、それ自体が研究対象となりうるテーマを含んでいる (森田朗 2006,2014,2016)。

References

Funtowicz, S. O. and Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures*, 25(7):739–755. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001632879390022L.

Jasanoff, S. (1990). *fifth branch*. Harvard University Press. https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674300620.

Weinberg, A. M. (1972). Science and trans-science. *Minerva*, 10(2):209–222. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF01682418.pdf.

森田朗 (2006). 会議の政治学 1 . 慈学社出版. http://www.jigaku.jp/mokuroku10.htm.

森田朗 (2014). 会議の政治学 2 . 慈学社出版. http://www.jigaku.jp/mokuroku10.htm.

森田朗 (2016). 会議の政治学３. 慈学社出版. http://www.jigaku.jp/mokuroku10.htm.

村上道夫, 永井孝志, 小野恭子, and 岸本充生 (2014). 基準値のからくり―安全はこうして数字になった―, 講談社ブルーバックス. 日本大辞典刊行会 *(編)(1972)* 日本国語大辞典 *(第一版)*, 1:2000–2002. http://bookclub.kodansha.co.jp/product?item=0000194829.

藤井健吉, 河野真貴子, 井上知也, 平井祐介, 永井孝志, 小野恭子, 岸本充生, and 村上道夫 (2017). レギュラトリーサイエンス (RS) のもつ解決志向性とリスク学の親和性―薬事分野・食品安全分野・化学物質管理分野の事例分析からの示唆―. 日本リスク研究学会誌, 27(1):11–22. https://www.jstage.jst.go.jp/article/sraj/27/1/27_11/_article/-char/ja/.

内山充 (1987). Regulatory science. 衛生支部ニュース, 272. https://ci.nii.ac.jp/naid/10007174541/.

関連データソース

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

2.2.4　STI 政策の評価とフィードバック

五十川大也 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 2 日

リード文

STI 政策において、政策プロセスの各段階に求められる評価のあり方と政策へのフィードバックについて解説する。各段階における評価の役割や依拠するエビデンスは異なってくるため、事前評価・プロセス評価・事後評価のそれぞれに固有のイシューが存在する。STI 政策は正の外部性を伴いやすく、また長期間にわたって社会的・経済的に影響を及ぼしうるため、社会経済性評価を行う上では対象の設定自体が論点となる。また、定量的評価まで含めた社会経済性評価を実施するためには、科学的データが幅広いアクターに開かれていることが重要である。

キーワード

政策プロセス、事前評価、プロセス評価、事後評価、社会経済性評価

本文

STI 政策のプロセスは、当該政策のエビデンスに基づく評価とそのフィードバックによって完結する。本節では、主として STI 政策プロセスのうち「科学、技術、および、イノベーション (STI) のための政策」(Policy for Science, Technology and Innovation) に焦点を当て、政策プロセスの各段階に求められる評価のあり方と政策へのフィードバックについて解説する。プロセスの段階に従って評価の役割を概観した後、評価のメソッドとして社会経済性評価について述べる。

エビデンス[*1]に基づく STI 政策の評価の重要性は、科学技術基本計画やそれに基づき毎年作成される科学技術イノベーション総合戦略において指摘されている。第 5 期科学技術基本計画では「実効性ある科学技術イノベーション政策の推進と司令塔機能の強化」の項で、「客観的根拠に基づく政策の企画立案、評価、政策への反映等を進める」ため、「経済・社会の有り得る将来展開などを

* 大阪市立大学経済学部　准教授

[*1] 本項で用いる「エビデンス」という用語は 2.2.1 項の定義に準ずる。特に政策プロセスの下流ではエビデンスの類型のうち「科学的ファクト」を主に想定するが、上流においてはその限りではない。

客観的根拠に基づき体系的に観察・分析する仕組みの導入や、政策効果を評価・分析するためのデータ及び情報の体系的整備、指標及びツールの開発等を推進する」ことが目標として設定されている。また、科学技術イノベーション戦略 2017 でも、「客観的根拠に基づく効果的な官民研究開発投資拡大アクション」の中で、「政府による研究開発投資や政策効果等の「見える化」を図り、政策形成の判断材料を提供するとともに、適切な資源配分や評価の実現、対外的な情報発信・共有を図り、インプットとアウトプット、さらにはアウトカムを明確にした客観的根拠に基づく政策の PDCA サイクルを確立していくことが求められる」と言及している。

1　政策プロセスの各段階での評価

前節 (2.1.2) で整理したように、STI 政策プロセスは課題 (アジェンダ) の発見・設定から始まる。[*2] この段階における評価手法として、ニーズアセスメントを挙げることができる (例えば、秋吉貴雄・伊藤修一郎・北山俊哉 (2015))。これは、既存の統計資料や新たに実施する調査、あるいは各アクターとのコミュニケーションを通じて、対象となる課題に対して政策的対応が必要であるかどうかを判断するものである。アジェンダの特定は一義的には政府の責任であるが、経済社会と科学技術の結びつきが複雑化する現在においては、この点において専門家が果たす役割も大きい (有本建男・佐藤靖・松尾敬子・吉川弘之, 2016)。政府、専門家、市民といった各ステークホルダーが課題の発見・設定に関与する仕組みを構築することで、政策プロセスの初期段階における選択集合を広げることが可能である。

アジェンダが設定された上で、政策オプションの設定および政策決定の過程で事前評価が必要となる。これは、課題に対してどのような政策目的を設定し、またそれをどのような政策手段で達成するか、複数のオプションを比較衡量するための方策である。事前評価においては限られた情報から結果を予測・推計することが必要になり、特にこれまで実現しなかった状況について予測・推計を行うのは困難な作業となりやすい。データの収集に限界がある場合、反事実シミュレーション分析など一定の仮定を置いた上で政策効果を予測するアプローチも考えられる。反事実シミュレーション分析は、政策が執行された場合に実現するアウトプットやアウトカムを事前にシミュレートし、現実 (ベースライン) との差分を効果・費用とする考え方である。この段階において「政策が執行された場合のアウトプットやアウトカム」は未だ実現していないため、分析では必然的に反事実 (counter-factual) の状況を捉えなければならない。このため、政策の影響を受ける主体がそれによってどのように意思決定や行動を変化させるのかを捉えるモデル (経済モデル) を構築する方法がある (例えば、Reiss and Wolak (2007))。

政策の執行過程では、特に政策実施期間が長期に及びがちな STI 政策において、政策の実施が適切になされているかどうかを評価するプロセス評価が必要となる。この段階では、事前評価の際に設定した政策目的と政策手段の関係を見直し、制約条件の変化や当初予測できなかった問題の発生

[*2] なお、本項と 2.2.1 項における「政策プロセス」は切り口が異なることに留意されたい。本項では政策の立案・執行プロセスに関心があり、2.1.2 項の整理を受けたものである。

などを踏まえることが求められる。評価の結果によっては政策の修正・変更、あるいは中止という選択もありえるが、その際には「サンクコストの誤謬」(例えば、Arkes and Blumer (1985)) に陥らないように留意する必要がある。サンクコスト (埋没費用) とは、既に投入された資源のうち、事業の中止・撤退に際して転用ができず、回収が不可能な費用である[*3]。事業継続に関する判断を行う場合には、「継続した場合の費用および便益」と「中止した場合の費用および便益」の比較が関心となるが、サンクコストは両者の費用に含まれるため、合理的な判断のもとでは継続・中止の決定からは切り離されるはずである。しかしながら、現実社会ではしばしば (サンクコストであっても) すでに投入された資源を惜しみ、事業を中止できない状況が見られる。この現象がサンクコストの誤謬、あるいはコンコルドの誤謬と呼ばれるものである[*4]。政策の継続可否を判断する場合でもサンクコストを意識することは重要であり、この点は政策評価に関する一部のガイドラインやマニュアルにも反映されている[*5]。

政策が実施された後、一定期間後に事後評価が行われる。ここでは、アウトプットやアウトカムの変化を測定することで政策の効果を評価し、事前評価との差異が生じた場合にはその原因を検討することが求められる。事後評価の役割の一つは、市民を含む多様なステークホルダーに対して説明責任を履行することである。このため、わかりやすい指標・扱いやすい指標を用いた評価が必要とされる。もう一つの役割として、事後評価の結果自体が新たなエビデンスとして活用できる可能性が指摘できる。プロセス評価が政策の実施過程における当該政策へのフィードバックとして位置づけられる一方、事後評価は別の政策へのフィードバックとしての役割を持つ。政策プロセスの評価は当該政策で閉じたものではなく、ある政策の評価が新たなアジェンダの設定に繋がるという点を認識するべきである。

2　社会経済性評価

STI 政策評価を行う上では、当該政策が社会や経済に与える様々な影響をエビデンスに基づき検討する必要がある。わが国をはじめとする各国が財政資源の限界に直面する中、政策プロセスを合理的なものとするために、社会経済性評価の果たす枠割はますます高まっていると言えよう。また、市民に対する説明責任という側面からも客観的な根拠に基づいた政策評価の重要性は指摘できる。

社会経済性評価においては、政策の実施に必要な人的・金銭的資源 (インプット) と政策の成果をそれぞれ識別する必要がある。政策の成果については、アウトプット、アウトカム、インパクト

[*3]例えば、研究開発や人材育成のために支払われた投資は退出する際に回収が困難であるため、サンクコストとなりやすい。一方で、購入した自動車や土地などは他の用途に転用できる (市場で売却できる) ため、サンクコストとなる部分は小さいと言える。

[*4]例としては、語源にもなっている超音速旅客機コンコルドの開発に関する顛末が挙げられる (例えば、長瀬勝彦 (2008))。1960 年台にイギリスとフランスが共同開発を開始したコンコルドは、後に開発費用が当初の見積もりを大きく超過することが明らかになった。この際、開発を取りやめて撤退するという決定もありえたが、すでに巨額の費用を投じていた両国政府は追加の投資を決定した。本事業は商業的失敗に終わったとされており、2003 年には全機が退役している。

[*5]例えば、「水道事業の費用対効果分析マニュアル」(厚生労働省) では、中止した場合の費用を算定する際に埋没費用を考慮しないことが明記されている。

に区分して捉えることが可能である。標葉隆馬 (2017) では、政策の実施によって生じる直接の成果物をアウトプット (論文の出版など)、アウトプットの結果としてもたらされる短中期的な成果をアウトカム (新薬創出、特許など)、長期的な時間軸で見えてくる幅広い影響をインパクト、と整理されている[*6]。STI 政策においては正の外部性 (波及効果) が伴いやすい点、長期間にわたって社会的・経済的に影響を及ぼしうる点が指摘できる。このような STI 政策評価の性質は、計画中・実施中の行為・政策が社会・経済にもたらす幅広い影響を評価するインパクト・アセスメント (Impact Assessment: IA) の枠組みの中に位置づけることが可能である。インパクトは分野・時代・社会などによって多様であるため、政策評価を行う上では何を対象とするべきなのかという点を常に意識することが肝要である。

また、しばしば社会経済性評価においては定量的評価まで実施することが求められる。評価手法の具体的なフレームワークの紹介は 4 章に譲るが、定量的な社会経済性評価を行う上で、科学的ファクトの基となるデータが不可欠である点はここで指摘しておきたい。科学的な根拠に基づいたオープンな議論のため、特にデータがアカデミア・シンクタンクといったアクターに開かれていることは重要であろう。具体的には、政策の費用に関するデータおよび効果に関するデータがそれぞれ必要となる。費用データに関しては、直接的な費用支出のほか、波及効果が大きい政策については社会費用に関心がある状況も考えられる。この点は効果サイドについても同様であり、特に STI 政策においては波及効果が無視できない状況が多く存在する。例えば、民間部門における研究開発投資の促進策を考慮する場合には、研究開発投資の結果が社会的・経済的に波及する可能性 (例えば、Griliches (1992)) を踏まえ、政策の直接の対象企業への影響だけでなく、市場や産業などより広い対象について費用・効果のデータが必要となることがある。

政策プロセスの各段階によって、用いるデータも当然異なってくる。事前評価の段階では、政策実施前のデータ (例えば、対象となる企業・産業の研究開発支出) に基づいて予測を行わざるを得ない。一方で、プロセス評価や事後評価の段階では既に現出している費用や効果の情報を用いることが可能であるが、必ずしも政策の効果・費用を識別するのは容易ではない。他の政策の影響や外的要因 (為替レートなど) の影響などを受けている可能性があるため、当該政策の純効果・純費用を推定するには工夫が必要ある。その際には、前述の反事実シミュレーション分析が一つの有力なアプローチとして挙げられる。「当該政策が執行されなかった」という反事実の状況を予測し、政策が執行された現実 (ベースライン) との差分を効果・費用とする考え方である。

最後に、政策評価を行う際にはその時間軸に留意する必要がある点をもう一度指摘しておく。アウトカムの実現まで時間がかかりやすい STI 政策において、短期の費用・効果と長期の費用・効果が乖離する状況が考えられるためである。

[*6]なお、アウトカムの中に長期的な帰結を含める考え方もあり (例えば、内閣府「社会的インパクト評価の推進に向けて」)、この点は混同しないように留意する必要がある。

References

Arkes, H. R. and Blumer, C. (1985). The psychology of sunk cost. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 35(1):124–140. http://www.communicationcache.com/uploads/1/0/8/8/10887248/the_psychology_of_sunk_cost.pdf.

Griliches, Z. (1992). The Search for R&D Spillovers. *Scandinavian Journal of Economics*, 94:29–74. https://www.researchgate.net/publication/4747485_The_search_for_RD_spillovers_Scand_J_Econ_94Suppl29-47.

Reiss, P. C. and Wolak, F. A. (2007). Structural Econometric Modeling: Rationales and Examples from Industrial Organization. In Heckman, J. and Leamer, E., editors, *Handbook of Econometrics*, volume 6, pages 4277–4415. Elsevier. https://pdfs.semanticscholar.org/f0c5/8744d6db36843a9c7c42906c41cd2c25206e.pdf.

秋吉貴雄・伊藤修一郎・北山俊哉 (2015). 公共政策学の基礎 (新版). 有斐閣ブックス, 東京. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641184282.

長瀬勝彦 (2008). 意思決定のマネジメント. 東洋経済新報社. https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=URIFBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=意思決定のマネジメント&ots=6eGxGW73H9&sig=Y52SG90dmbat4xsgnf8wIE50I-g.

標葉隆馬 (2017). 「インパクト」を評価する—科学技術政策・研究評価—. In 冷戦後の科学技術政策の変容:科学技術に関する調査プロジェクト報告書, pages 39–53. 国立国会図書館. http://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/10314914?itemId=info%3Andljp%2Fpid%2F10314914&__lang=en.

有本建男・佐藤靖・松尾敬子・吉川弘之 (2016). 科学的助言: *21* 世紀の科学技術と政策形成. 東京大学出版会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/59/10/59_716/_article/-char/ja/.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

2.3　STI 政策執行におけるアクター間関係のガバナンス

吉岡 (小林) 徹 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

科学技術・イノベーション政策の一類型である科学、技術、および、イノベーションのための政策の中でも、科学・技術を起点としたイノベーションの実現を目指した政策の執行には、産業界、省庁および独立行政法人、大学が主に関わりうる。それぞれのアクターは、それぞれの理念、目標、行動規範がある。異なるアクター同士が連携することは容易ではない。これらの間でどのような権限分配 (＝ガバナンス) を行い、また、資源を有効に使う体制や行動規範を作る (＝マネジメント) べきなのだろうか。

キーワード

産官学連携のガバナンス; 産官学連携マネジメント; 産官学連携のリスク・マネジメント; triple-helix; 創発性

本文

1　産官学のガバナンスのあり方:誰が主導するべきか？

科学技術・イノベーション政策のうち、科学、技術、および、イノベーションのための政策 (2.1.1. 参照) の核の一つは、科学・技術を起点としたイノベーションの実現にある。科学・技術を起点としたイノベーションにおいて、産、官、学の相互作用が欠かせないことは、米国での数多くのイノベーションの事例の分析を通じて確認されてきた。ではこの相互作用を生じさせる制度や連携の仕組みをどのように設計すればよいのだろうか。言い換えると、誰が主導する仕組みが望ましいかという意味での「ガバナンス」が論点になる。1990 年代初頭から科学・技術を起点としたイノ

* 一橋大学イノベーション研究センター　講師／前・東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻　特任助教

ベーションの文脈でインパクトを与えたキーワードは、スタンフォード大学のヘンリー・エツコウィッツ教授が 1993 年に提唱した"triple helix"(産学官の三重らせん構造) 論である (Etzkowitz and Chunyan, 2017)。

大学は基礎研究を行い、その成果が何らかのチャネルを通じて産業界に移転し、応用研究が進められ実用化に至るというものが、従来の産学の関係の有力な理解であった。しかし、現実には研究成果を積極的に実用化する道を探り、時にライセンスを行い、時に大学発ベンチャーを積極的に作り出す「企業家・起業家的大学 (entrepreneurial university)[*1]」が存在し、そこからいくつもの科学・技術を起点としたイノベーションが生まれていた。産業界も単に知識の移転を受けるだけの立場ではなく、知識の創造に積極的に関与し、大学と協働して研究開発人材の強化を図っていた。国は、単なる公的な研究費の提供者にとどまらず、イノベーションの種となる萌芽的な科学・技術を探索し育てる役目や、事業化の初期のフェーズにある成果に対してベンチャーキャピタリストとして資金提供を行う役目を果たすことで、これらの動きを支えていた。triple helix 論は産官学の 3 つのアクターが相互に絡まりながらイノベーションに向かって進んでいることを、遺伝子の三重らせん構造に例えたものである。

3 つのアクターが相互に関わり合う一例として、国が主導して萌芽的な研究や大型の研究資金が必要な研究を産学連携で進めることを支援する政策が挙げられる。このような政策の歴史は古い。とくに宇宙技術、軍事技術でこのような取り組みが複数見られた。著名な例が米国航空宇宙局 (NASA) が 1961 年から 11 年間行った、有人宇宙飛行による月探査を目標とするアポロ計画である。産学の約 20,000 機関が参加したこの取組は、宇宙技術の発展と、関連産業の発展に大きな影響を与えた。より直接に産業政策として注目を浴びたものが、日本で 1976 年に立ち上がった超 LSI 技術研究組合であった。大型コンピューター向けの集積回路の国産化を目指し、通商産業省 (現: 経済産業省) の主導で、工業技術院 (現: 産業技術総合研究所) と東芝、日本電気、日立製作所、富士通、三菱電機が共同して超 LSI 製造装置の開発を進めた。この成果は 1980 年代の日本の半導体産業の発展に繋がったと評価されている。このように競合企業が連合して技術開発にあたる取り組みは、当時の米国では独占禁止法 (反トラスト法) に抵触する恐れがあり、実施が困難であった (立本博文, 2017)。国が主導し目標を定め、競合企業を含めた産学のアクターの能力を集約するというガバナンス形態は、技術キャッチアップの手法としては有効に作用した。

ところが、イノベーションについては必ずしもこの手法が最適解ではない。例えば、太陽光発電の産業化のきっかけになった「サンシャイン計画」は、国が主導した計画どおりには行かず、むしろ、産業界の側からの動きとそれに対する国との相互作用によって予定していなかった形での成功を収めていたことが、経営史の研究から示されている (島本実, 2014)。イノベーションのように不確実性の高い目標を掲げる取り組みでは、triple helix 論が示すとおり、3 つのアクターが創発的な関係を構築できるガバナンス形態をとることによって、市場の動きを機動的に捉え、また、イノベーションの実現に必要な資源を迅速に確保することに繋がる。

具体的に我が国でのガバナンス形態別の政策実施手段の例を列挙すると下表 1 のとおりである。

[*1] ここでの entrepreneurial（企業家・起業家）は新たな企業を興すか否かは問わず、新たな事業を立ち上げる行動を指す

官主導のものは確実な実行が期待できる。一方、折衷形態は、産官学の創発性を期待できる。どのようなガバナンスがどのような条件で有効かについての学術的な知見の蓄積は乏しく、今後の研究に委ねられている。

表 1　ガバナンス形態別の科学、技術、および、イノベーションのための政策実施手段例

ガバナンス形態	政策実施手段例
官主導	特定の科学技術の直接供給（国立研究開発法人による創出） 特定の科学技術の規制 特定の科学技術・産業に係る委託研究開発事業
折衷形態	特定の科学技術・イノベーションの研究開発・利用に対する税制優遇 課題提案型の研究開発補助事業 マッチング・ファンド方式の研究開発助成事業 特定の科学技術の成果の調達

(注) 研究開発には、基礎的な研究開発だけでなく、応用技術開発、研究成果の社会実装のための実証研究を含む
(出所) ユージン=バーダック (著) 白石賢司・鍋島学・南津和広 (訳) (2012)、秋吉貴雄 et al. (2015) を手掛かりに執筆者作成

2　産官学連携におけるアクター間のマネジメント:どのように資源を有効に活用するか？

産官学の連携は科学・技術を起点としたイノベーションの達成に大きな貢献をし得るが、その連携は必ずしも容易ではない。それぞれのアクターは異なる目標、行動原理で動いている。産側は営利が主たる目標ではあるが、長期的な組織の存続や社会貢献も目標となっている組織も少なくない[*2]。官側は、社会の安定と発展を目標に行動をしている。学側は、大学であれば、教育、研究、そしてそれらの成果の社会への提供が目標となり (学校基本法 83 条)、公的研究機関であれば中長期的な視点に立った科学・技術の試験、研究・開発が目標となる (独立行政法人通則法 2 条 3 項参照)。

組織としての目標・行動原理の差異に加えて、組織の構成員の目標・行動原理の差異も障壁となる。例えば産側を例に取ると、組織が崇高な社会貢献を理念として掲げていても、現場の従業員にその社会貢献のインセンティブが不十分であれば、社会貢献活動の実行は容易ではない。産側では構成員に対するインセンティブの設計は多様であり、給与制度、人事評価制度、組織文化など様々な手段を通じてインセンティブが形成される。さらに、その形成も、組織内で異なっていることがある。官側では、海外においても日本においても、組織の維持 (戸矢哲朗 (著) 青木昌彦 (監訳) 戸矢理衣奈 (訳) (2003)) や組織の権限の拡大 (加藤淳子 (1997)) が構成員の行動原理の一つとなっている。省により情報収集のチャネルや政策形成プロセスを始めとする業務ルーチンが異なっている (城山英明 et al. (1999); 城山英明 and 細野助博 (2002)) ことも相まって省ごとの単位で行動原理の違いが現れやすい可能性がある。学側は、テニュア職でない、つまり、任期付き雇用であることが多い若手研究者を中心に、学術研究の成果を出すことへのインセンティブが強い傾向がある。この傾向が主要国で共通であり、産学連携活動に関わりやすいのは専らテニュア職を得た者である傾向

[*2]営利への要請が強く働く企業は、上場企業や、非上場であっても短・中期の利益獲得を目的とした株主からの圧力がかかりやすい株主構成の企業である

があることが知られている (たとえば、イギリスの大規模なデータを使った分析結果として (Abreu and Grinevich, 2013))。言い換えると、学は個人単位で多様な行動原理を示す傾向があるといえる。

表 2　アクター別の目標、行動原理

アクター	組織レベルでの主たる目標	構成員レベルでの代表的な行動原理	研究開発プロジェクトでの代表的な行動原理
産	営利、組織の持続、社会貢献など。組織の持続可能性が担保されている限りにおいては目標は多様。上場企業の場合、営利に対する強い要請が働きがち	組織内の売上・利益目標等組織内で定義された目標の達成	既存製品・サービスの改良、新製品・サービスの開発
官	社会の安定と発展、組織のミッションの遂行	組織内で定義された業務の遂行、組織の存続	社会課題の解決、公共の利益の達成
学	高等教育の実施、学術研究の遂行、成果の社会還元	研究活動、論文等成果の公表と普及、優秀な学生の輩出	学術的な新奇性、独創性

(出所) 執筆者作成

このように、産官学の連携で研究開発を実施する際には、異なる目標、異なる行動原理の調整が強く求められる。とくに問題になりやすい第一の論点が、目標の設定である。産側は製品・サービスとの関連を求めるが、学側は学術研究としての独創性、新規性を好む (Nelson, 2004)。第二が、成果の公開の取扱いである。産側は成果を秘匿し、独占的な利益を獲得することを目指す一方、学側は成果を公開し、広く普及する (または研究者、機関の名声を高める) ことを目指す。とくに大学院生が関わった場合は、学位取得のために成果を論文の形で早期に公開することを強く求める傾向がある。しかし、成果が公開されると、関与した産側は成果を独占的に使う機会を失う。両者の利害の調整のため、成果の公開前に特許出願の機会を確保するような研究開発の運用をするなど、相互にとって連携をする便益がある運用が求められる。第三が、知的財産権の取扱である。長く費用の分担や利益の分配の基準について合意形成の難しさが指摘されてきた。とくに、大学側は実施のしようがないため、共同出願特許において産業側に不実施補償を求める実務運用が多かったが、産業側との不一致点の一つとなってきた。

これら、実務的な論点については長平彰夫 and 西尾好司 (2006) が詳しい。学術的にどのようなマネジメント上の論点が研究されてきたかについてこれまでの知見を整理したものとしては Perkmann et al. (2013) が存在する。とはいえ、最適なマネジメント方法についてはいまだ模索の途上であり、とくに我が国では十分な連携の体制に至っていないとの認識がある。このような背景のもと、2016 年には文部科学省と経済産業省が連携して「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」を公表し、マネジメント上の論点と、それに対する処方箋を提示している。

なお、この産学官の連携は、オープンイノベーションの文脈でも重要視されている。オープンイノベーションは、組織外の技術や人材、サプライチェーンなどを活用してイノベーションを起こすことや、自組織のアイディアや技術などを組織外に出し自組織では様々な制約から達成困難だった

イノベーションを起こすことを指す。この動きは、(1) 人材の流動性の増加、(2) ベンチャーキャピタルの興隆、(3) イノベーション創出におけるサプライチェーン上の各プレーヤーの役割の増加、によって、一組織でイノベーションを起こすことの必然性がなくなってきたために生じたものである (Chesbrough, 2003)。この動きのなかで、大学は重要なオープンイノベーションのパートナーとして位置づけられている。

3　産官学連携活動のマネジメント:社会との関係への注力

産官学の連携活動では連携に直接に関わるアクター間の利害調整だけでは不充分である (「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン」も参照のこと)。重要なマネジメント上の論点が、利益相反のマネジメントである。産業界と協同することで、学術活動の公平性が失われ、バイアスがかかってしまうのではないかと社会に受け止められることや、実際にバイアスがかかってしまうことが生じうる。とくに医学、創薬領域では大きな論点となっている (例えば、Krimsky (2003))。

このマネジメントは社会との関係のマネジメントとも位置づけられる。同様に社会との関係でマネジメントの対象となるものが、個人情報の取扱や安全保障貿易管理、または、成果の発信 (広報) などである。これらは、その管理体制や管理方式の違いが連携の支障になり得る。悩ましいことに、これらのリスクのマネジメントは個々に専門性が高く、マネジメントが断片化してしまいがちである東京大学 STIG (2017)。プロジェクトに十分な従事ができ、かつ、高度な専門性を持ったリサーチ・アドミニストレータの配置が一つの解になりうるが、そのための間接経費の手当が必要になるなど、課題は残されている。

また、科学・技術研究の多くが税金によって支えられており、かつ、その成果が市民生活に影響を与えうることから、科学・技術研究に関する市民との適切なコミュニケーションも求められる (詳細は 3.2 参照)。加えて、近年オープンサイエンスの動きが活発になりつつあり、その一つとして従来の科学・技術コミュニティの外に位置する市民を巻き込んだ形の科学・技術研究も広がりつつある。最も単純な例では、クラウドファンディングを通じた研究資金の調達と、その成果のフィードバックが挙げられる。このような取り組みを通じて、市民は研究の意義や研究費の使途、そして研究成果の情報にアクセスしやすくなる。この他にも、アイディアを広く市民に求める科学・技術研究も現れつつある。

4　まとめ

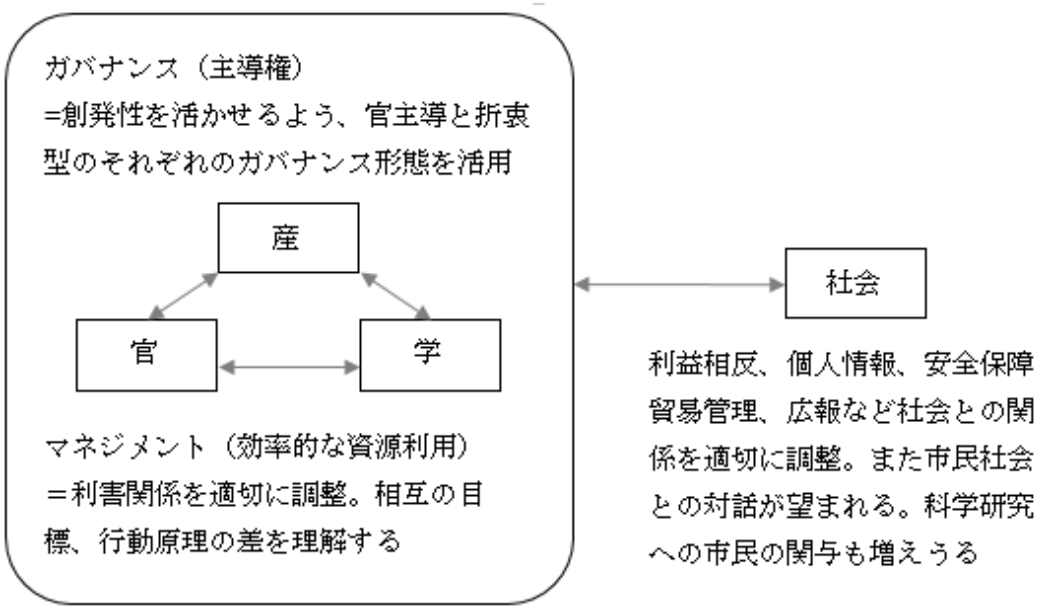


図 1　STI 政策執行におけるアクター間関係のガバナンス

出所: 執筆者が作成。

References

Abreu, M. and Grinevich, V. (2013). The Nature of Academic Entrepreneurship in the UK: Widening the focus on entrepreneurial activities. *Research Policy*, 42(2):408–422. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312002326.

Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Publishing. (ヘンリー=チェスブロウ (著)・大前恵一郎 (訳)(2004)「OPEN INNOVATION―ハーバード流イノベーション戦略のすべて」産能大学出版部) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=OeLIH89YiMcC&oi=fnd&pg=PR17&dq=Harvard+Business+School+Publishing+Open+Innovation:+The+New+Imperative+for+Creating+and+Profiting+from+Technology+2003&ots=RE3ynOEKff&sig=pZ1PhrEL3HJrC7BGgic6Znp4lp8.

Etzkowitz, H. and Chunyan, Z. (2017). *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge, 2nd edition. (初版の翻訳として、ヘンリー=エツコウィッツ (著)・三藤利雄・堀内義秀・内田純一 (訳)(2009)「トリプルヘリックス―大学・産業界・政府のイノベーション・システム」芙蓉書房出版.) https://www.taylorfrancis.com/books/9781135925284.

Krimsky, S. (2003). *Science in the Private Interest - Has the lure of profits corrupted biomedical*

research? The Rowman & Littlefield publishers. (シェルドン=クリムスキー (著)・宮田由紀夫 (訳)(2006)「産学連携と科学の堕落」海鳴社) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=W_qKbgQ5XbwC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Science+in+the+Private+Interest+-+Has+the+lure+of+profits+corrupted+biomedical+research%3F&ots=R0wyyC8Df_&sig=7ozzRsnTzibjK1iNk2IfU1Xc9jM.

Nelson, R. R. (2004). The Market Economy, and the Scientific Commons. *Research policy*, 33(3):455–471. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733303001513.

Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., Fini, R., Geuna, A., Grimaldi, R., Hughes, A., Krabel, S., Kitson, M., Llerena, P., Lissoni, F., Salter, A., and Sobrero, M. (2013). Academic Engagement and Commercialisation: A Review of the Literature on University-industry Relations. *Research policy*, 42(2):423–442. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312002235.

ユージン=バーダック (著) 白石賢司・鍋島学・南津和広 (訳) (2012). 政策立案の技法*:* 問題解決を「成果」に結びつける *8* つのステップ. 東洋経済新報社. https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB09360301.

加藤淳子 (1997). 税制改革と官僚制. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b299820.html.

戸矢哲朗 (著) 青木昌彦 (監訳) 戸矢理衣奈 (訳) (2003). 金融ビッグバンの政治経済学-金融と公共政策策定における制度変化. 東洋経済新報社. https://www.e-hon.ne.jp/bec/SA/Detail?refShinCode=0100000000000031081511&Action_id=121&Sza_id=F3.

秋吉貴雄, 伊藤修一郎, and 北山俊哉 (2015). 公共政策学の基礎 *(*新版*)*. 有斐閣ブックス, 東京. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641184282.

城山英明 and 細野助博, editors (2002). 続・中央省庁の政策形成過程*:* その持続と変容. 中央大学出版部. http://www2.chuo-u.ac.jp/up/isbn/ISBN4-8057-1126-4.htm.

城山英明, 鈴木寛, and 細野助博, editors (1999). 中央省庁の政策形成過程. 中央大学出版部. http://www2.chuo-u.ac.jp/up/isbn/ISBN4-8057-1118-3.htm.

長平彰夫 and 西尾好司 (2006). 競争力強化に向けた産学官連携マネジメント. 中央経済社. https://www.biz-book.jp/競争力強化に向けた産学官連携マネジメント/isbn/978-4-502-38710-4.

島本実 (2014). 計画の創発. 有斐閣. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641164406.

東京大学 STIG (2017). イノベーション創出に向けた産学官連携: 知識マネジメントと制度設計平成 28 年度報告書.

文部科学省 and 経済産業省 (2017). 産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/12/1380114.htm.

立本博文 (2017). プラットフォーム企業のグローバル戦略. 有斐閣. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641165014.

関連データ・ソース

- 文部科学省:産学官連携の実績
  http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sangaku/sangakub.htm
- 経済産業省:大学発ベンチャーに関する基礎調査 http://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/start-ups.html
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所「大型産学連携のマネジメントに係る調査研究」[DISCUSSION PAPER No.127]

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- SciREX 事業基盤的研究・人材育成拠点 個別政策課題プロジェクト「イノベーション創出に向けた産学官連携:知識マネジメントと制度設計」

3.1.1　研究者の責任と倫理的・法的・社会的課題（ELSI）

小林 傳司 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

科学研究を真理追究の理念に基づく知の生産と理解し、その社会的責任を生産の場面における品質管理（研究不正をしない）と把握するモデルは、冷戦の終了と共に見直され始めた。現在は、科学技術が生み出す知識が社会にもたらす影響はきわめて大きいため、その営みの社会的責任も拡大している。今後、公的資金を含む社会的資源の投入により営まれる科学技術研究は、常にそれがもたらす社会的影響を考慮する必要があり、研究者もこれを自らの社会的責任として自覚しなければならない。

キーワード

CUDOS、ELSI、モード論、パスツールの 4 類型、ポストノーマルサイエンス、テクノロジー・アセスメント、科学技術の不確実性と意志決定

本文

1　社会と科学技術の関係性の変化を振り返る

やや大げさな物言いではあるが、人類社会がひたすら新規性のある知識を生み出すことを生業とする集団を抱え込んだのはそれほど古いことではない。科学者集団と呼ばれるこの集団が成立し、scientist と名乗り始めたのは 19 世紀中葉と言ってよいであろう。それ以降、当初さほど現実社会における有用性を示す能力のなかった科学が、20 世紀の二度の大戦を通じてその有用性を示し、社会から多大な人的、経済的資源の投入を受け、確固とした社会集団、それも現代の産業社会を支え推進する駆動力と見なされるにいたったのである。

* 大阪大学 CO デザインセンター　教授

このような科学の「成功」には、さまざまな観点からの説明が試みられた。いわく合理的な「科学的方法」が存在し、それが次々と真理を発見していく。あるいは、科学者自身が特有の価値意識のもとに研究活動をしており、それが真理の発見を実現している。前者は 19 世紀後半以降の科学哲学の主要な研究動機であり、後者はマートンの CUDOS（Communality, Universalism, Disinterestedness, Organized Skepticism）に代表される科学社会学が解明を試みたテーマであった。両者に共有しているのは、科学研究が真理追究を目的としている、という了解であった。そしてこの真理を活用する（「応用」）のは専ら社会の仕事と考えられてきた。これは同時に、科学の社会的責任は真理を見いだすことに尽きているという了解でもあった。もちろん、核兵器の開発に伴う物理学者の社会的責任論やラッセル＝アインシュタイン宣言のような議論が存在したことは確かであるが、科学全体の自己了解に大きな影響を与えたとまでは言えない。

このような真理追究という科学の自己了解に対して、反省と変化が生まれるのは、1970 年代以降と言ってよいであろう。そこでは、科学が明らかにした真理を活用することによる人類の進歩という楽天的な図式に対する懐疑がきっかけとなった。いわゆる環境問題（当時は公害と呼ばれた）など、科学の発展の負の側面が顕在化し、科学の社会的責任を問いただす議論やテクノロジー・アセスメント（日本では根付かなかった）のような営みを産み出した。

さらに冷戦の終わった 1990 年代になると、アメリカなどで巨大な軍事研究のもと国威発揚を旗印に行われていた純粋科学研究が、その社会的意義を問われ始める。研究すること自体に意味がある、科学の目的は真理の追究だという主張だけで、青天井の研究費を使うことが許されなくなったのである。

1998 年にアメリカ下院科学技術委員会が出した報告書"Unlocking Our Future" Committee on Science, U.S. House of Representatives (1998) において、この楽天的な科学観は冷戦期に適合していたが、もはや時代は変わったと宣告している。そして、科学の社会的意義として経済への貢献が強調され始めるのである。ほぼ同時期の 1999 年にブダペストでユネスコと国際科学会議（ICSU）の共催で開かれた世界科学会議においても、21 世紀における科学の意義について議論され、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択された (The World Conference on Science, 1999)。そこでは、21 世紀の科学の役割として「知識のための科学；進歩のための知識」、「平和のための科学」、「開発のための科学」そして「社会のなかの科学と社会のための科学」が挙げられた。とりわけ最後の「社会の中の科学と社会のための科学」は科学の社会的責任を強調し、真理の追究という伝統的科学観をより大きな社会的文脈のもとで見直そうとするものである。注意すべきことは、「知識のための科学；進歩のための知識」が伝統的な純粋科学や基礎科学のことであり、これに加えて工学に代表されるような「社会の中の科学と社会のための科学」の意義が再確認された、といった理解が誤りであるという点である。二種類の科学があるのではなく、すべての科学に、この両方の性格があるという理解が重要なのである。

2　日欧の科学技術政策に見られる社会と科学技術の関係の変遷

90 年代に明瞭に意識された、社会と科学技術の関係の変化は、ほぼ同時期に策定が始まった日欧の科学技術政策にも反映されている。図 1 と図 2 はそれぞれ、日本と EU の科学技術政策において、社会と科学技術の関係がどのような観点から政策として表現されているかを示すものである。ここには、政策課題の表現における明らかな変遷と重層化が見て取れる。

両者に共通しているのは、80 年代から 90 年代前半においては、「測定モード」とでも呼ぶべき思考が支配的だという点である。すなわち、科学技術に関する「正しい」情報がどの程度正確に社会に「伝わっているか」を測定することへの関心である。各種アンケートが繰り返され、「正しく」伝わっていないことが判明すると、それを改善するための周知宣伝活動を行うという「科学コミュニケーション活動」が繰り広げられたのである。科学教育振興や、「理解増進活動」や Public Understanding と呼ばれる活動である。

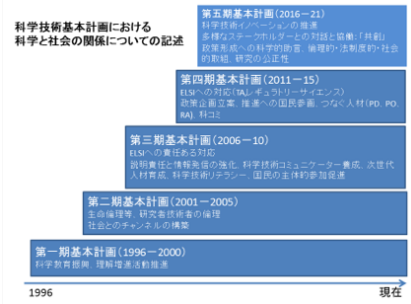


図 1

出所 小林 (2004)

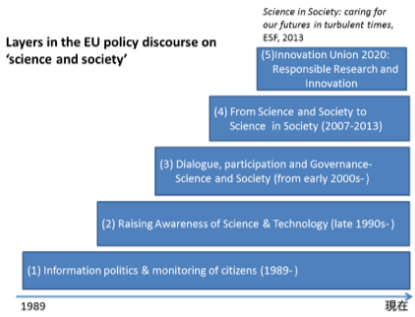


図 2

出所 (2013)The ESF Standing Committee for the Social Sciences(SCSS) (SCSS)

しかし、2000 年前後からは「対話モード」が強調され始める。BSE 事件、クローン技術や遺伝子組み換え技術などの生命科学をめぐる社会的不安、原子力技術をめぐる社会的対立など、従来の測

定モードでは対応が困難になる事例が増えたことが原因である。この時期には、世界各国で市民と科学技術の専門家の対話が試みられることになった。例えば参加型のテクノロジー・アセスメントとしてデンマークが開発したコンセンサス会議[*1]、陪審制度をモデルにした科学技術に関する市民陪審などである。[*2]また、哲学を象牙の塔の学問から市民の生活の現場に取り戻すという発想のもとに始まった Café philosophique と類似の発想で、Science café が始まるのもこの頃である。[*3]「社会の中の科学」という視点が強調され始める。測定モードが、社会の側による科学の「正しい」理解を求める傾向を示すのに対して、対話モードは科学技術の側による社会の「適切な」理解を求める傾向を示す。もとよりどちらかだけが正しいのではない。社会と科学技術の良好な関係のためには、両方が必要なのである。科学技術の側による社会の「適切な」理解という発想は、当然のことながら、科学技術（者）の使命の再考にいたる。真理を誠実に追究するだけではなく、科学技術の知を生産することに伴う各種の法的、倫理的、社会的な課題を検討することが求められるようになる。こういった検討は、当初はヒトゲノム研究などの生命科学研究に伴う ELSI(Ethical, Legal and Social Issues) 研究[*4]、あるいは技術者の倫理といったかたちで、比較的限定された課題と認識されていたが、科学技術研究と社会のインターフェースが変容するにつれ、2000 年代半ば以降は、科学技術研究全体の課題と認識されるようになっていく。[*5]

3　社会と科学技術研究のインターフェースの変容

そもそも、第二次世界大戦の際の科学動員に見られたように、科学技術が社会の求めに応じた研究を行うこと自体は希なことではない。しかし戦争のような緊急事態ではない時期には、科学者の知的好奇心に基づく真理追究という CUDOS の理念は社会的に尊重され、また冷戦期にはアメリカのように国威発揚に有益という理由から擁護されることもあった。しかし冷戦の終了後、世界各国は科学技術を経済成長や福利厚生の手段と位置づけ、研究の政策的誘導が始まる。[*6]研究費の観点

[*1] 日本での開催事例については　小林 (2004)、 若松 (2010)

[*2] 内外の事例については、でこなび：参加型手法と実践例のデータベース http://decocis.net/navi/
このような取り組み事例が内外にあり、かつ国内に実施実績をもつ研究者集団が存在したことによって、2012 年の「エネルギー・環境に関する討論型世論調査」の実施が可能になったと言える。この調査の報告書はエネルギー・環境の選択肢に関する討論型世論調査実行委員会 (2012)。この調査の実施に関わった研究者の見解等については、Keio DP 慶應義塾大学 DP 研究センターウェブサイト内「討論型世論調査の意義と概要」（http://keiodp.sfc.keio.ac.jp/?page_id=22）　および柳瀬 (2015) 参照。またチャタムハウスルールの下での関係者による振り返りの議論についての報告書が (2014) 公共圏における科学技術・教育研究拠点 (STiPS) (STiPS) である。

[*3] サイエンスカフェの歴史については中村 (2008) 参照。

[*4] ヒトゲノム計画の際の ELSI 研究の責任者アンドルーズは、ワトソンが ELSI については「討論ばかりしていて実際には何も行動を起こさない監視団」を望んでいたことを明らかにしている。(アンドルーズ, 2000, 12 章) 参照。また、生命科学については、さまざまなガイドラインや指針、法律による研究の制御体系が作られてきた。文部科学省ウェブサイト内「生命倫理・安全に対する取組」http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/seimei/main.htm　厚生労働省ウェブサイト内「研究に関する指針について」http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/i-kenkyu/index.html　経済産業省ウェブサイト内「個人遺伝情報ガイドラインと生命倫理」http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/bio/Seimeirinnri/　である。

[*5] 藤垣 (2003) 参照。ELSI の歴史的背景を踏まえ、情報技術への適用の必要性を論じたものとしては、神里 (2016) 参照

[*6] ギボンズらの「モード論」はこの時期の科学技術と社会のインターフェースの変容を多面的に分析したものである。ギボンズ (1997)

からこの事態を眺めれば、日本の科学研究費補助金と委託研究の並立、そして後者の高額化という流れが生まれたのである。委託研究は社会的課題や政策的課題の解決のための研究を委託する仕組みであり、CUDOS のような curiosity driven 研究との対比で、mission oriented な研究と呼ばれる。

さらに、20 世紀後半から生まれた科学技術研究は、CUDOS の理念が想定していたモデルでは理解できないモードを示すことにも注意すべきである。第一に、基礎と応用という区別が真理追究と実用追求の区別と単純に重ならないということである。生命科学は基礎研究の性格を持ちつつ、当初から実用性を指向しているのである。工学研究の多くもこのような性格を持っている。こういった点を捉えようとしたのが、ストークスのパスツールの 4 象限（図 3）である (Stokes, 1997)。ここでは、真理追求型研究が社会的利用を想定しているタイプと想定していないタイプとに分類されている。

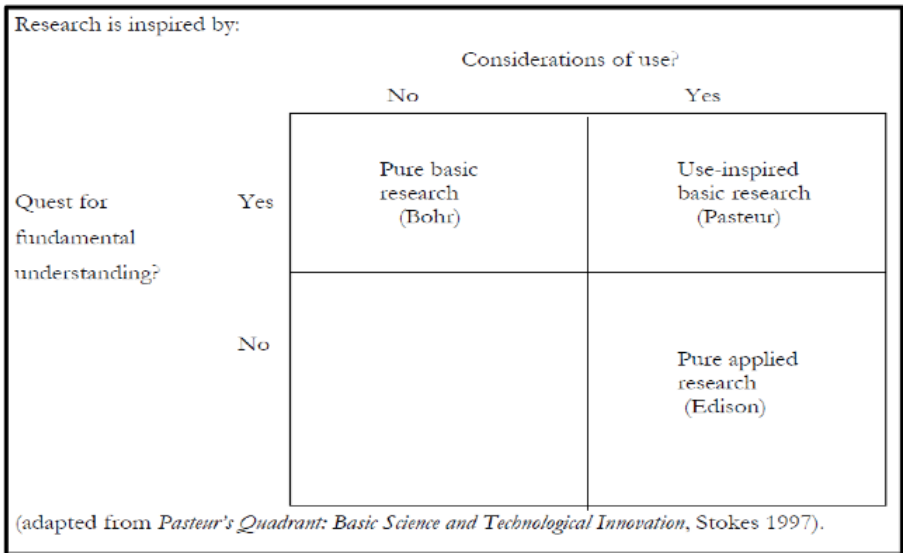


図 3

出所: Stokes (1997)

第二に、伝統的なディシプリンの相互乗り入れと融合がかつてない規模で進み始めていることである。生命科学自体がかつての生物学とは異なり、工学や情報科学との融合を特色としていることは周知の通りである。それ以外にもナノサイエンス、フォトニクス、環境科学など枚挙にいとまがない。そもそも、エネルギー問題や環境問題などの複合的な社会的課題に取り組もうとすれば、従来のディシプリンを超えることが必要になることは自明である。また情報科学自体の急速な発展は、文理を問わず学術全体のあり方を変える研究のインフラ科学の役割を果たす可能性を示し始めている。

第三に、社会を実験室とした研究が進み始めていることである。従来の実験室内部での実験研究に加え、社会をフィールドとした研究が重要な役割を果たすようになっている。その魁となった事例は、大量のゲノム情報を駆使する生命科学研究であり、資料やデータを広く社会の人々から獲得することに伴う、さまざまな倫理的検討が進んだのであった。現代、同様のことが情報科学を中心

に進んでいる。いわゆるビッグデータの取得と分析による研究は、倫理的、法的検討を不可欠としているのである。

社会と科学技術のインターフェースのこのような変容を、研究者はさまざまな観点から把握しようとしている。ギボンズのモード論やストークスのパスツールの 4 象限の議論もその例であるが、その他にもラベッツの「ポストノーマルサイエンス」論 (ラベッツ, 2010) 、イノベーション論におけるエツコビッツのトリプルヘリックス (triple helix) 論からカドルプルヘリックス (quadruple helix) 論への展開 [*7]などがある。

とりわけイノベーションをめぐる議論は、近年の科学技術政策を考える上で重要である。先進国の経済成長が低下し、人口構成の高齢化による社会保障費の増加など社会的課題が増加する中、各国が科学技術によるイノベーションに活路を見いだそうとしている。図 1 の EU における、responsible research and innovation という標語、あるいは日本の科学技術政策におけるイノベーションの重視などがその事例である。科学技術は、さまざまな社会的課題のなかでもとりわけ経済上の有益さに貢献することを求められている。

この観点から、批判に曝されやすいのがいわゆる純粋科学と並んで人文系諸科学であろう。アメリカでは NSF に対する政府支出の研究資金の減少が語られ[*8]、ヨーロッパでは研究評議会がイノベーションに貢献する人文社会科学という観点を押し出した Vilnius declaration[*9]を発するなど、人文社会科学の使命とは何かをめぐる議論が焦点化している。

4　何のための科学技術かという問い

科学技術が社会の中で果たす役割が大きくなるにつれて、そしてその威力が大きくなるにつれて、期待と責任が増加する。膨大な公的資源が投入されている科学技術は、「知的好奇心に基づく営みであって、何の有用性も目指すものではない」といった表現で自己の活動を弁証することが許されなくなっている。科学技術に携わるものは「何のための科学技術か」という問いに応答することが求められている。「真理のため」という回答だけでは不十分なのである。

この問いは厄介である。貧困からの脱却と経済的豊かさという目標がすんなりと国民的合意を得られた時代（例えば日本の 1960 年代）は、話は比較的簡単であった。しかし今は、仮に豊かさや便利さが目標であるとしても、どのような状態が「豊かさ」や「便利さ」なのかをめぐって、多様な意見が存在する。つまりは、「どのような社会に生きることを望むか」という点で[*10]、多様とし

[*7] エツコウィッツ (2009) トリプルヘリックス論は産・官・学の三つの要素に着目したイノベーション論であるが、近年ではもう一つの要素として「社会」を加えたカドルプルヘリックスの議論が検討されている。https://cor.europa.eu/en/engage/studies/Documents/quadruple-helix.pdf

[*8] 例えば、 Inside Higher Ed のウェブサイト　https://www.insidehighered.com/quicktakes/2017/07/26/senate-appropriations-bill-cuts-nsf-funding

[*9] 原文はウェブ上で公開されている https://erc.europa.eu/sites/default/files/content/pages/pdf/Vilnius_SSH_declaration_2013.pdf

[*10] ちなみにこのフレーズは、遺伝子組み換え技術をめぐって生じた激しい社会的論争を総括した際に、イギリスの科学顧問ロバート・メイが述べた言葉である。彼は「この論争は安全性についてなどではなかった。それよりもっと大きな問い、つまり我々はどんな世界に住むことを欲しているかをめぐるものだった。」と述べている。 (House of Lords,

か言いようのない時代なのである。

近年では、科学技術の軍事利用の可能性をめぐるデュアルユース問題が話題になっている[*11]。これなども科学技術の有用性をどのように理解し、どの方向で活用するかという点で、きわめて重要かつ意見の対立する問題である[*12]。こういった事例に典型的に現れているように、正解のない状況において、科学技術が社会にもたらす恩恵と倫理的、法的、社会的課題をどのように評価し、その解決の優先順位をどのようにつけるか、が問題の核心であり、実はこれは 1970 年代にアメリカが取り組んだテクノロジー・アセスメントが解決しようとした問題でもある。日本は先進国の中でほとんど唯一と言ってもいい、テクノロジー・アセスメント不在の国である。改めて、この課題に取り組む必要があると言うべきである。

5　科学技術が果たすべきもう一つの役割

1990 年代のイギリスにおける BSE 問題[*13]、そして 2011 年の日本における東日本大震災と福島原発事故は、科学技術と政治的意志決定に関する難問を明るみに出した。問題の核心はこうである。不確実性を伴う科学的知見しか得られていない状況で、科学技術の専門家は政治的意志決定に対してどのような助言を行い、また政治的意志決定者はこの助言をどのように理解し、活用すべきか、という問題である[*14]。

科学技術が現代社会におけるもっとも信頼できる知識体系であることは間違いがない。そして医療に象徴されるように、科学技術の知識は我々の生活に多大な貢献をしてきたのである。にもかかわらず、科学知識は常に進歩する（更新される）知識であり、現時点では必ずさまざまな不確実性を伴っている。高等学校の教科書に記載されているような知識は、そう簡単に改訂されたり否定されたりしないであろう。まさにそういう知識が記載されている。しかし研究の先端では、知識の安定性は低い。数年後には改訂されるということはざらである。にもかかわらず、科学技術（者）は政治的意志決定に際して助言を求められることがある。

BSE 事件のように、科学研究の当時の水準において原因や人間への感染の可能性に関して不確実な場合もあれば、福島原発の事故の最中の進展予測やその後の低線量被爆のリスク解釈のように、科学者集団の中での意見の対立がある場合もある。いずれにせよ、政治的意志決定を行う場合に、このような不確実性を伴う科学技術的知見をどう理解し、判断に生かすかは難問である。また、科学技術（者）はこのような状況において、どのように振る舞うべきかも難問である。

ここに、社会の運営に資する信頼できる知識の提供という科学技術の使命という問題が出現するのである。とりわけ不確実性を伴う場合、科学的正当化（justification）には限界があるが、社会的に正統な（legitimate） 意志決定が必要なのである。科学のもたらす知の正当性と政治が調達する

2000)

[*11] 日本学術会議 (2017) 参照。

[*12] この問題に関する学術会議における検討については、日本学術会議 (2012), 日本学術会議 (2014c)

[*13] 神里 (2005) 参照。

[*14] 有本・佐藤・松尾 (2016), 日本学術会議 (2014b), 日本学術会議 (2014a) 参照

意志決定の正統性をどう調和させるかが課題なのである[*15]。

以上の議論からわかるように、科学技術が現代社会の体制構築に必須の要素となるに従い、福音とリスクをもたらす両義的な存在にならざるを得ず、したがって、科学技術（者）はその両方の側面についての倫理的、法的、社会的な検討から逃れることができなくなっているのである。当然、科学技術者自身がこの状況を理解しなければならず、また社会の側もこの状況に自覚的でなければならない。しかしより根本的には、「我々はどのような社会に生きることを欲しているのか」、そして「科学技術はこの課題にどのように貢献できるのか」という問いに真剣に向き合う必要がある。既に述べたように、この問いは、本質的にはテクノロジー・アセスメントが立ち向かう問いなのである。

References

アンドルーズ，L. B. (2000)『ヒト・クローン無法地帯：生殖医療がビジネスになった日（望月弘子訳）』，紀伊國屋書店，https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01-9784314008785.

有本建男・佐藤靖・松尾敬子 (2016)『科学的助言：21 世紀の科学技術と政策形成』，東京大学出版会，http://www.utp.or.jp/book/b307229.html.

Committee on Science, U.S. House of Representatives (1998) "Unlocking Our Future," https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/GPO-CPRT-105hprt105-b/pdf/GPO-CPRT-105hprt105-b.pdf.

エネルギー・環境の選択肢に関する討論型世論調査 実行委員会 (2012)「エネルギー・環境の選択肢に関する討論型世論調査調査報告書」，http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/kokumingiron/dp/120827_01.pdf.

エツコウィッツ，H. (2009)『トリプルヘリックス：大学・産業界・政府のイノベーション・システム』，芙蓉書房出版，（三藤利雄, 堀内義秀, 内田純一 訳）（原著は 2008 年）http://www.fuyoshobo.co.jp/book/b101008.html.

藤垣裕子 (2003)『専門知と公共性』，東京大学出版会，http://www.utp.or.jp/book/b301838.html.

ギボンズ，M. (1997)『現代社会と知の創造：モード論とは何か』，丸善，https://www.kinokuniya.co.jp/f/dsg-01-9784621052419.

House of Lords (2000) "Science and Technology, Third Report," https://publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm.

ジャサノフ，S. (2015)『法廷に立つ科学：法と科学入門（原著は 1997 年）』，勁草書房，http://www.keisoshobo.co.jp/book/b200858.html.

日本学術会議 (2012)「科学・技術のデュアルユース問題に関する検討報告（報告）」，http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h166-1.pdf.

[*15] この点で、欧米に倣って科学顧問を置くという構想が福島原発事故の後に検討されたが、現実には外務省の科学顧問設置のみが実現した。このあたりの問題系については、有本他 (2016) 参照。またジャサノフ (2015) 参照。

——— (2014a)「科学と社会のよりよい関係に向けて～福島原発災害後の信頼喪失を踏まえて～（提言）」，http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t195-6.pdf.
——— (2014b)「科学者から社会への情報発信のあり方について（報告）」，http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140204.pdf.
——— (2014c)「病原体研究に関するデュアルユース問題（提言）」，http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t184-2.pdf.
——— (2017)「軍事的安全保障研究について（報告）」，http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-h170413.pdf.
神里達博 (2005)『食品リスク－ BSE とモダニティ』，弘文堂，http://www.koubundou.co.jp/book/b157012.html.
——— (2016)「情報技術における ELSI の可能性：歴史的背景を中心に」，『情報管理』，第 58 巻，第 12 号，https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/58/12/58_875/_article/-char/ja/.
小林傳司 (2004)『誰が科学技術について考えるのか』，名古屋大学出版会，http://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN4-8158-0475-3.html.
中村征樹 (2008)「サイエンスカフェ–現状と課題 (特集サイエンス・コミュニケーション)」，『科学技術社会論研究』，第 5 号，31-43 頁，6 月，URL：https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/3233/.
公共圏における科学技術・教育研究拠点 (STiPS) (2014)「Lesson Learning 2012 年夏のエネルギー・環境の選択肢に関する国民的議論とは何だったのかこれからの「政策形成のあり方」を考える実施報告書」，http://stips.jp/wp-content/uploads/LessonLearning.pdf.
ラベッツ，J. (2010)『ラベッツ博士の科学論：科学神話の終焉とポスト・ノーマル・サイエンス（御代川貴久夫訳）』，こぶし書房，（原著は 2006 年）http://www.kobushi-shobo.co.jp/book/b81072.html.
Stokes, E., Donald (1997)『Pasteur’s Quadrant： Basic Science and Technological Innovation』，Brookings Institution Press，https://www.brookings.edu/book/pasteurs-quadrant/.
The ESF Standing Committee for the Social Sciences(SCSS) (2013) “Science in Society: caring for our futures in turbulent times,” http://archives.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/spb50_ScienceInSociety.pdf.
The World Conference on Science (1999) “SCIENCE FOR THE TWENTY-FIRST CENTURY A New Commitment,” http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001207/120706e.pdf, 宣言の翻訳は世界科学会議 (1999). 科学と科学的知識の利用に関する世界宣言 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/siryo/attach/1298594.htm.
若松征男 (2010)『科学技術政策に市民の声をどう届けるか』，東京電機大学出版局，https://www.tdupress.jp/book/b350288.html.
柳瀬昇 (2015)『熟慮と討議の民主主義理論――直接民主制は代議制を乗り越えられるか』，ミネルヴァ書房，http://www.minervashobo.co.jp/book/b190337.html.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術イノベーション政策概論 A」（1 単位、春学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術イノベーション政策概論 B」（1 単位、夏学期）
- StiPS 大阪大学・授業科目「科学史・科学哲学入門」（1 単位、夏学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術社会論入門」（1 単位、春学期）

※ 2019 年 4 月時点

3.1.2　ビッグサイエンスと社会

渡邉 浩崇 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンスを取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考える一つの手がかりを提供しようとするものである。ビッグサイエンスの定義の整理を試み、第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスがどのように位置付けられるかを概説し、ビッグサイエンスの典型例と考えらえる宇宙政策と社会の関係について考察する。宇宙政策のようなビッグサイエンスと、社会や一般の人々との関係がますます深まっている中で、一般の人々がその政策過程に直接関わる機会を増やすことが求められている。

キーワード

ビッグサイエンス、巨大科学、科学技術史、宇宙政策、パブリックコメント、世論調査

本文

1　はじめに

科学技術イノベーションと社会の関係を考える上で、ビッグサイエンス（巨大科学）を忘れることはできない。第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、とくに東西冷戦中、そして冷戦後の現在に至るまで、ビッグサイエンスが国内社会や国際社会において果たしてきた役割は大きい。

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンスを取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考える一つの手がかりを提供しようとするものである。まず、ビッグサイエンスとは何か、すなわち定義の整理を試み、次に、第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスがどのように位置付けられるかを概説し、最後に、ビッ

* 大阪大学 CO デザインセンター　特任准教授

グサイエンスの典型例と考えらえる宇宙政策と社会の関係について考察してみたい。

2　ビッグサイエンスとは何か

ビッグサイエンス（巨大科学）とは、ある説明では、原子力や宇宙開発のように、大規模な組織と管理のもとで、多くの人材と多額の費用を投入して、国家政策として遂行される科学研究をいう (慈道裕治, 2018)。

また、ビッグサイエンスの特徴として、「大規模化」、「政策化」、「国際化」の三つを挙げることができる (慈道裕治, 2018)。20 世紀において、科学研究のための機器・装置が高性能化し、それらを開発・製造して維持・運転するために、より多くの人材と費用が必要になり、科学は大規模化した。そのように大規模化した科学研究を遂行するために国家の資金が必要になった一方で、国家間の競争において軍事技術やそれに関連する産業技術が重要になった結果、科学研究は国家政策として、どの分野にいくら投入するかが判断され、成果や意義を評価されるようになり、科学は政策化した。そして、そのように大規模化し政策化した科学研究は、激しい国際競争の中で展開される一方で、一国の科学技術力や経済力のみでは遂行が困難になったために国際協力や共同研究によって取り組まれるようになり、科学は国際化した。概して、以上のような特徴を持つ科学研究がビッグサイエンスと呼ばれている。

さらに、ビッグサイエンスの具体的な分類を整理すると、次のようになる (綾部広則 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編), 1999)。ビッグサイエンスを、数百億円規模の投資を要する科学研究プロジェクトで、かつプロジェクトへの投下資金の規模に比べて参加する研究者の数が少ないタイプのものと定義すると、高エネルギー物理学などの巨大科学を「資本集約型巨大科学（ビッグサイエンス）」と呼ぶことができる一方、人海戦術的なヒトゲノム計画などの巨大科学を「労働集約型巨大科学（マスサイエンス）」と呼ぶことができる。

以上のように、ビッグサイエンスの定義はある程度の精緻化はされているものの、必ずしも確定しているわけではない。また、「巨大科学」はビッグサイエンス（big science）の訳語と考えられるが、巨大科学にはビッグサイエンスとマスサイエンスがあるという説明のように、少し違った意味で用いられる場合もある。そのため本稿では、ビッグサイエンスの定義を、あえて広く考えて、人材、費用、組織、管理などの点で大規模で、一国単独や国際協力によって取り組まれる科学技術イノベーション政策や計画として、議論を進めてみたい。

3　戦後科学技術史とビッグサイエンス

第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスはどのように位置付けられるだろうか。科学史家である中山茂は、著書『科学技術の国際競争力』（2006）において、世界、米国、日本のイデオロギーによる時代区分を用いて、戦後科学技術史の一つの全体像を提供しようとしている（表 1 参照）。この場合、イデオロギーとは、ある種の価値観が特定の時代に共通するものとして誰にも感じられる「時代精神」のようなものと説明されている。

表 1　戦後科学技術史 (世界・米国・日本の時代区分)

時代区分	代表的科学技術	イデオロギー（世界）	イデオロギー（米国）	イデオロギー（日本）	担い手
第1期（1945～1957） 戦後の非軍事化と冷戦： 冷戦科学	原子力 ←ビッグサイエンスの始まり	基礎科学	基礎科学	戦後民主主義	米：軍 日：学
第2期（1957～1960年代） ポスト・スプートニク： 科学技術ブームと高度成長	宇宙 ←ビッグサイエンスの全盛	基礎科学	基礎科学	科学技術	米：学 日：産
第3期（1970年代） 科学批判とエコロジー： 自然環境保護	エコロジー	エコロジー	エコロジー	エコロジー	市民、学
第4期（1980年代） 米国の停滞と日本の興隆： 日米経済・技術摩擦	コンピューター、インターネット ←ビッグサイエンスの復活？	情報化社会	競争力	ジャパン・アズ・ナンバーワン	官、産
第5期（1990年代以降） ポスト冷戦と民営化： 地球環境科学	バイオテクノロジー	民営化	グローバリゼーション	競争力	官、産

出典：中山茂 (2006)『科学技術の国際競争力』朝日新聞社, pp3-13 を参考に著者作成

戦後科学技術史は 5 つの時代区分に分けることができる。第 1 期は、1945 年から 1957 年までの戦後の非軍事化と冷戦の時代である。この時期に東西冷戦が始まり、米国では戦時中の軍事研究費が基礎科学に振り向けられ、日本は戦後民主主義のもと、経済復興のための市場向けの科学技術に取り組んでいった。ビッグサイエンスはこの時期よりも少し前に始まったと言える。第二次世界大戦中の 1942 年 9 月に米国において、原子爆弾の開発と製造を目的として開始され、1945 年 7 月に原子爆弾の実験に成功した国家プロジェクトが「マンハッタン計画」であった。当時で 20 億ドルの資金と 12 万人以上の人材が投じられたと言われている。米国では、当時のソビエト連邦（ソ連）との冷戦が常態化する中で、原子力（原子爆弾に続いて水素爆弾）の研究開発が継続発展され、冷戦科学のビッグサイエンスとして進められた。

第 2 期は、1957 年から 1960 年代のポスト・スプートニクの時代である。この時期は、1957 年 10 月にソ連が人類初の人工衛星「スプートニク 1 号」の打上げに成功したことによって、米国を始めとした世界各国が受けた「スプートニク・ショック」から始まった。宇宙が科学技術の中心となり、米国は科学技術の重要性を強く認識し、人類初の有人月面着陸を実現する「アポロ計画」を 1961 年 5 月に決定して推進し、1969 年 7 月に実現した。アポロ計画には、当時で 250 億ドルの資金と 40 万人の人材が投じられたと言われている。日本でも科学技術ブームと戦後の高度経済成長の中で、ビッグサイエンスの全盛の時代となった。

第 3 期は、1970 年代の科学批判とエコロジー（生態学、環境保護）の時代である。この時期は第 2 期の反動で、1960 年代末、ベトナム戦争や環境破壊や公害の中で、科学技術至上主義に対する批判が行われ、自然環境保護などを求めて、市民運動が盛んになった。そのような中で、ビッグサイエンスは予算削減や計画縮小を検討されて国際協力によって進められることになった。宇宙分野では、アポロ計画後のポスト・アポロ計画として「スペースシャトル計画」が、その主要部分は米国の担当であったが、欧州とカナダとの協力によって進められることになった。また、1975 年

7 月には米ソ冷戦の緊張緩和の中で、米国のアポロ宇宙船とソ連のソユーズ宇宙船が地球低軌道でドッキングするという「アポロ・ソユーズ計画」が実現した。原子力分野では、米国では環境問題への対応から原子力発電所の規制が強化されたが、欧州では「欧州共同トーラス（Joint European Torus, JET）」という核融合大型実験装置の開発が国際協力によって進められた。ビッグサイエンスは国際協力によって生き延びたと言える (佐藤靖, 2014b)。

第 4 期は、1980 年代の米国の停滞と日本の興隆の時代である。科学技術ではマイクロエレクトロニクス革命期と言われ、コンピューターや最後にはインターネットが登場し、情報化社会に入って、日本は生産科学技術で頂点に達し、それにより米国は競争力のイデオロギーが生まれ、日米経済・技術摩擦が激しくなった時期である。米ソ関係は、1980 年代前半は新冷戦と呼ばれて対立が激しかったが、後半は関係改善が模索され緊張緩和が進んだ。そのような中で、二つのビッグサイエンス（国際ビッグプロジェクト）が開始された。一つは、現在の「国際宇宙ステーション（International Space Station, ISS）計画」へと発展する宇宙ステーション計画である。米国は 1984 年 1 月に開始を発表して西側諸国に参加を呼びかけ、1988 年 9 月には米国、欧州、日本、カナダの間で政府間協定が締結された。もう一つは、現在まで続く「国際熱核融合実験炉（International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER）計画」である。1985 年 11 月にジュネーブで開催された米ソ首脳会談で合意され、欧州と日本も加わって 1988 年から概念設計が開始された。宇宙ステーション計画は米ソ競争、国際熱核融合実験炉計画は米ソ協力として進められた (佐藤靖, 2014b)。

最後の第 5 期は、1990 年代以降のポスト冷戦と科学技術の民営化の時代で、冷戦科学に代わって、地球環境科学が盛んに叫ばれた時期である。冷戦構造が崩壊して、民営化、グローバリゼーションが言われ、日本では、米国に対抗して競争力のイデオロギーが言われたが、科学技術はバイオの時代となった。冷戦終結後、1980 年代に米国、欧州、日本、カナダによって進められていた宇宙ステーション計画は、1993 年 9 月にロシアが加わって「国際宇宙ステーション（ISS）計画」となり、1998 年からモジュールの打上げが開始され、2011 年に完成して現在運用中である。また、「国際熱核融合実験炉（ITER）計画」は工学設計が 1992 年から 1998 年まで実施され、計画の規模縮小の検討や米国の脱退などのさまざまな問題が生じたが、2007 年 10 月には ITER 国際核融合エネルギー機構が設立され、現在も建設が進められている。

以上のような戦後科学技術史において、ビッグサイエンスは第二世界大戦中の「マンハッタン計画」から 1950 年代までの原子力の研究開発として始まり、スプートニク・ショック後の 1960 年代は宇宙の研究開発として全盛期を迎えた。1970 年代には科学批判や環境保護の中で予算削減や計画縮小を国際協力によって乗り越え、冷戦終結前後の 1980 年代と 1990 年代は原子力も宇宙も国際協力の発展によって、縮小よりは発展して現在に至っている。

4　宇宙政策と社会

最後に、ビッグサイエンスの典型例と考えらえる宇宙政策と社会の関係について考察してみたい。本稿では「宇宙政策」を、宇宙（月その他の天体を含む宇宙空間）もしくは宇宙活動（宇宙の

研究・開発・利用等）に関して、国家や政府が追求すべき目標やその計画、その成果を意味し、成果としての宇宙法や宇宙科学技術等を含むものと定義する。ビッグサイエンス（巨大科学）の一例として「宇宙計画」ではなく「宇宙政策」としているのは、国家や政府そして社会との関係を考える場合、ロケットや人工衛星などの計画だけでなく、それらの政策過程や関連する法制度・組織なども含めることができ、宇宙もしくは宇宙活動に関することを広く網羅的にとらえることができるからである。

ここで、宇宙政策を取り上げる理由は、もう一つのビッグサイエンスの典型例と考えられる原子力政策に比較して、とくに日本では、十分に研究がなされてこなかったからである。宇宙政策を研究する「宇宙政策研究」は、日本では欧米諸国に遅れながらも 2000 年代以降、徐々に取り組まれるようになった。それまでは、科学技術史の一分野の宇宙開発史として、また国際法の一分野の宇宙法として宇宙政策が研究されることはあったが、国際政治学、安全保障論、公共政策論、政治外交史の中で研究されるようになって、まだ 20 年も経っていない。宇宙政策研究は、問題関心を政治と宇宙（活動）の相互作用に持ち、分析手法は主に歴史的分析と理論的分析であり、日本においてはまだ発展途上の段階である。

宇宙政策はどのような特徴を持っているのだろうか。まず、他の科学技術イノベーション政策との比較では、とくに外交・安全保障政策としての側面が大きいことがある。それは、宇宙が陸・海・空・サイバー空間とともに「場」を意味し、かつ国家の領域外であり、ロケットや人工衛星などの宇宙科学技術がまさに軍民両用（デュアル・ユース）技術であるためである。次に、社会や一般の人々との関係では、原子力や環境などと比べて、これまで直接的被害が少なかったことがある。また、日本の宇宙関連予算は約 3,400 億円（2017 年度）で、政府全体予算の約 100 兆円に対して 0.3 %であり、これまでもその割合はそれほど高くなかった。こうした宇宙政策の特徴から、一般の人々が賛否の明確な判断を期限付きで求められることが少なく、この点は、宇宙に関する世論調査が日本においてあまり実施されてこなかったことにも表れている。

しかしながら、日本は未だ宇宙政策の大転換期にある。2008 年 5 月に「宇宙基本法」が成立して、内閣に宇宙開発戦略本部と宇宙担当大臣が設置され、2009 年 6 月に初の「宇宙基本計画」が策定された。2015 年 1 月には現行の第 3 期宇宙基本計画が策定され、三つの重点目標として、1) 宇宙安全保障の確保、2) 民生分野における宇宙利用推進、3) 産業・科学技術基盤の維持・強化が挙げられている。同時に、宇宙政策の推進体制の整備も進み、内閣府に「宇宙開発戦略推進事務局」（司令塔）と「宇宙政策委員会」（審議機関）が設置されており、宇宙航空研究開発機構（JAXA）は政府全体の宇宙開発利用の中核的な実施機関として位置付けられている。2016 年 11 月には、民間のロケット打上げ・衛星運用を促進する「宇宙活動法」と、衛星画像の利用・管理を規制する「衛星リモートセンシング法」が成立した。そして現在、日本は 1980 年代から日米同盟強化を主たる目的として参加してきた「国際宇宙ステーション（ISS）計画」に 2024 年まで参加することになっているが、その後の宇宙探査に関する宇宙政策をどうするか、その検討を急いでいる。

以上のように、宇宙政策と社会や一般の人々との関係は、宇宙科学技術の利用拡大に伴い、この 10 年間でますます深まっていると言える。しかし、一般の人々が宇宙政策に直接関わる機会はまだ少ない。現在の日本の宇宙政策過程において、一般の人々が直接関わることができるのは、宇宙

基本計画の本文や工程表を策定・改訂する際に行われる意見募集（パブリックコメント）に限られている。これまで、宇宙基本計画の第 1 期（2009 年 6 月決定）の本文、第 2 期（2013 年 1 月決定）の本文、第 3 期（2015 年 1 月決定）の本文と工程表、第 3 期（2015 年 12 月改訂）の工程表、第 3 期（2017 年 12 月改訂）の工程表に関して、パブリックコメントが行われた。本文については、募集期間 1〜3 週間、意見総数 550〜1,510 件、投稿人数 309〜660 人であり、募集期間は比較的短いものの、およそ毎回 500 人が投稿していることになり、投稿者の内訳も専門家、関係者、一般の人々とさまざまである。

また、こうした宇宙基本計画のパブリックコメントに関する研究として、パブリックコメント・ワークショップの試行も行われている (伊藤真之・源利文・中山晶絵・蛯名邦禎・水町衣里・加納圭・秋谷直矩, 2014)。パブリックコメント（意見公募手続）制度は、画期的な行政参加手法と考えられるが、「法令義務」（募集期間：原則として公示日から 30 日以上）と「任意」の 2 種類があり、宇宙基本計画については任意である。パブリックコメントの欠点としては、そのようなものがあることを知らない、意見数が少ない、意見が反映されない（反映率 20〜30 %）、募集期間が短すぎる、専門性（理解や意見提出が困難）を挙げている。それゆえ、第 2 期宇宙基本計画（案）（募集期間：2012 年 12 月に 20 日間）に対して、パブリックコメント・ワークショップとして、1) パブリックコメント案件に関連したワークショップを企画・開催、2) 参加者への情報提供と意見交換、3) 主催者が代表して意見提出、4) 提出意見に対する回答の共有を行って、政策形成プロセスへの市民参画を試みる新しい選択肢の一つを試みている。

以上を総合すれば、宇宙基本計画に関するパブリックコメントは、課題はあるものの、意見数と参加者（専門家、関係者、一般市民）の点である一定の成果は挙げていると言える。直近の第 3 期（2017 年 12 月改訂）の工程表に関するパブリックコメントでは、募集期間を一か月としており、今後も継続的に実施されることで宇宙政策過程の一つとして定着していくものと考えられる。その一方で、宇宙政策と社会や一般の人々との関係がますます深まっている中で、宇宙政策の専門性や特殊性を考慮しながらも、一般の人々が宇宙政策過程に直接関わる機会を増やす努力が必要であろう。

5　おわりに

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンス、そして宇宙政策を取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考えてきた。ここで、日本におけるビッグサイエンスに関して、あえて結論のようなものをまとめれば、以下になるであろう。科学技術イノベーション政策としてのビッグサイエンスの研究は、日本においては不十分な状況にある。科学技術イノベーション計画としてのビッグサイエンスの記録や分析はあるのかもしれないが、まず、それらは個別具体的な科学技術イノベーション「政策」として再検証される必要がある。次に、原子力政策であれば原子力政策どうし、宇宙政策であれば宇宙政策どうしで比較検証される必要がある。そして最後に、原子力や宇宙などの科学技術イノベーション政策どうしで比較検証される必要がある。ビッグサイエンスは、人材、費用、組織、管理などの点で大規模で、一国単独や国際協力に

よって取り組まれる科学技術イノベーション計画であり、社会との関係が大きく、国内政策はもちろん対外政策としての重要性も高い。それゆえ、科学技術イノベーション政策としてのビッグサイエンスの研究の発展が求められている。

References

綾部広則 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1999). 岐路に立つビッグ・サイエンス. In **通史 日本の科学技術［国際期］** *1980-1995*, volume 5, pages 539–557. 学陽書房. http://www.gakuyo.co.jp/book/b174165.html.

伊藤真之・源利文・中山晶絵・蛯名邦禎・水町衣里・加納圭・秋谷直矩 (2014). パブリックコメント・ワークショップの試行:「宇宙基本計画 (案)」をテーマとしたワークショップの事例報告. **科学技術コミュニケーション**= *Japanese Journal of Science Communication*, 15:123–136. https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/56442/1/web_Costep15_123.pdf.

吉岡斉 (1995a). 宇宙科学の草創期. In **通史 日本の科学技術［自立期］** *1952-1959*, volume 2, pages 108–121. 学陽書房. http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html.

吉岡斉 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1995b). 宇宙開発体制の確立. In **通史 日本の科学技術［高度成長期］** *1960-1969*, volume 2, pages 172–183. 学陽書房. http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html.

吉岡斉 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1999). 軍事・機微技術と日米関係. In **通史 日本の科学技術［国際期］** *1980-1995*, volume 5, pages 157–177. 学陽書房. http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html.

公共圏における科学技術・教育研究拠点 (STiPS) (2018). 2017 2018 年度 政策立案ワークショップ（宇宙）の記録. http://stips.jp/wp-content/uploads/Report_SpaceWS_2017-2018_forWEB-1.pdf.

黒澤満他（編）(2015). **軍縮辞典**. 信山社. https://www.shinzansha.co.jp/book/b210398.html.

佐藤靖 (2007). NASA を築いた人と技術 : 巨大システム開発の技術文化. http://www.utp.or.jp/book/b305612.html.

佐藤靖 (2014a). *NASA*一宇宙開発の *60* 年. 中央公論新社. http://www.chuko.co.jp/shinsho/2014/06/102271.html.

佐藤靖 (2014b). 「第 3 章 政策オプションの作成 第 2 節 政策オプションの作成の試行 1. 科学技術分野における国際ビッグプロジェクトの推進に係る視点と課題」. In 国立大学法人政策研究大学院大学（GRIPS）, editor, **平成 *25* 年度文部科学省委託調査研究「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』の推進に向けた試行的実践」報告書**, pages 128–166. 国立大学法人政策研究大学院大学（GRIPS）. https://scirex.grips.ac.jp/resources/archive/140612_395.html.

財団法人新技術振興渡辺記念会（編） (2010). **科学技術庁政策史 : その成立と発展**. 科学新聞社出

版局.
慈道裕治 (2018). 巨大科学. In 日本大百科全書（ニッポニカ）. Japan Knowledge Lib. http://japanknowledge.com/lib/display/?id=1001000070208.
小塚荘一郎・佐藤雅彦（編） (2018). 宇宙ビジネスのための宇宙法入門・第 2 版. 有斐閣. http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641126022.
小林信一 (2011). 科学技術政策とは何か. In 国立国会図書館調査報告書 「科学技術政策の国際的な動向」, pages 7–34. 国立国会図書館. http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2011/201003_02.pdf.
青木節子 (2006). 日本の宇宙戦略. 慶應義塾大学出版会. http://www.keio-up.co.jp/np/isbn/4766413180/.
大澤弘之（監修） (2003). 新版日本ロケット物語. 誠文堂新光社. http://www.seibundo-shinkosha.net/products/detail.php?product_id=489.
中山茂 (2006). 科学技術の国際競争力: アメリカと日本相剋の半世紀, volume 793. 朝日新聞社. https://publications.asahi.com/ecs/detail/?item_id=7205.
渡邉浩崇 (2010). 冷戦とアポロ計画: 米国宇宙政策における競争と協力. PhD thesis, 大阪大学. https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/58553/.
鈴木一人 (2011). 宇宙開発と国際政治. 岩波書店. https://www.iwanami.co.jp/book/b265177.html.

関連データ・ソース

- 内閣府ホームページ「宇宙政策」, http://www8.cao.go.jp/space/index.html
- 文部科学省ホームページ「宇宙開発利用部会 国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会」, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/071/

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学史・科学哲学入門」（1 単位、夏学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術と公共政策 A」（1 単位、秋学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術と公共政策 B」（1 単位、冬学期）
- STiPS 拠点間連携プロジェクト「新しい科学技術の社会的課題検討のための政策立案支援システムの構築」（STiPS 大阪大学、2016～2018 年度）
- SciREX 重点課題に基づく研究プロジェクト（共進化実現プロジェクト）「国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の歴史・現状・未来像に関する研究：政府と民間の関係に焦点を当てて」（研究代表者：大阪大学 渡邉浩崇、2019～2020 年度）
  ※ 2019 年 4 月時点

3.2.1　科学コミュニケーション：その政策的展開と学術的研究の概観

工藤 充 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

日本においては、科学や技術、イノベーションをテーマに、主に非専門家の人々を対象として行われるコミュニケーション活動が、「科学（技術）コミュニケーション」の名の下に政策を通じてここ十数年間にわたって推進されてきた。本節では、こうした政策の展開について俯瞰するとともに、そのような政策の成立した背景にあった学術的な研究について概説する。

キーワード

科学コミュニケーション；科学技術イノベーション政策；理解増進；パブリックエンゲージメント

本文

1　はじめに

「科学コミュニケーション」という言葉が包含する活動は多岐に渡る。科学コミュニケーションに関するオープンアクセスの専門誌で、研究者から実践者まで幅広い読者層を持つと考えられる Journal of Science Communication や『科学技術コミュニケーション』に掲載された論文・論考、また、国立研究開発法人科学技術振興機構 JST においてアーカイブされた調査報告書をざっと眺めるだけでも、様々な主題を対象とした多様な活動が取り扱われていることが見て取れる。科学者や科学研究機関が主体的に行う、自らの研究の内容・成果・意義について外部に発信する科学広報活動。学校や科学館・博物館といった場で行われる科学教育。マスメディアを通じた科学報道・ジャーナリズム。科学技術の研究開発が広く社会に及ぼす影響や懸念についての、専門家と非専門

* 大阪大学 CO デザインセンター　特任講師

家の間での対話。科学コミュニケーションは、そのような多様な活動を包含した分野横断的な、誤解を恐れずに表現するなら「雑多」な領域である。そして、それらの活動に従事する人々の間では、政策実務者や実践者、学術研究者といった立場に拘らず、何を科学コミュニケーションの理念や実践の中心に据えるべきかについての理解や依拠する価値体系がしばしば大きく異なっている(Lamberts, 2017)。科学コミュニケーションを学ぶということは、科学コミュニケーションが内包する、関わっている人々の立場・見解の多様性や差異について学ぶことだと言えるかもしれない。

本稿では、そのような学びに向けた最初の一歩として、欧州および日本の政策レベルで科学コミュニケーションがどのように展開されてきたかについて、その概要を紹介する。直前の段落でも述べたよう、科学コミュニケーションという言葉の含む活動や関与者の意図・目的は多様であり、その政策的な展開がなぜ、どのように進められてきたかということについての「解釈」も様々に論じられている。本稿で紹介するのは、科学コミュニケーションに関わる実務者・研究者に向けて英語圏や日本においてまとめられた文献、特に 2000 年以降に出版された数々の科学コミュニケーション関連の入門書（例として、(Bowater and Yeoman, 2012; 梶雅範 et al., 2009; 小林信一 et al., 2007; 藤垣裕子 and 廣野喜幸 (編), 2008)）などを通じて、科学コミュニケーションの実践や研究に携わる人々の間で広く共有されているものである。紙幅の関係もあり、ごく簡単なまとめであるが、これから科学コミュニケーションについて理解を深めてゆく上での叩き台程度の役割は果たせるのではないかと考える。

本稿では、まず 2 および 3 で、欧州及び日本における科学コミュニケーションの政策的展開の最も基本的な事項について紹介する。そして 4 で、そのような政策的展開と並行する形で行われてきた科学コミュニケーション研究の一部を紹介する。

2　欧州における科学コミュニケーションの政策的展開

英国を始めとした欧州圏におけるここ二〜三十年間の科学コミュニケーションに関係する政策・施策は、「公衆の科学理解増進・態度向上（PUS）」から「科学技術についての公衆関与（PEST）」へとその焦点を推移させてきたとして解釈されることが一般的である。以下にその概略を述べる。まず 1985 年に英国王立協会から出版された報告書 “The Public Understanding of Science”（公衆の科学理解）(The Royal Society (1985)) が契機となり、一般の人々が科学に対して不信や不満を抱いており、科学に対する支援的な態度を欠いていることが問題として取り上げられた。そして、人々の科学に関する知識の欠如が問題の原因であると考えられた。そこで、科学者から市民に向けた啓蒙・啓発的な科学理解増進活動を振興することにより、知識の欠如を埋め、問題の解決を図ろうとする科学コミュニケーション活動が振興されるようになった。しかし、このような「欠如モデル」に基づいた PUS 指向の科学コミュニケーションが期待されたようには機能しないことが、1990 年代を通じて次第に明らかになってきた。その反省から、2000 年に英国貴族院科学技術委員会が出した報告書"Science and Society"(The House of Lords (2000)) では、PUS に焦点を絞った一方向的な科学コミュニケーションの限界が指摘された。そして、専門家と非専門家の間の双方向コミュニケーションを通じて、科学に関する政策形成への参加等を含めた「公衆の科学技術へ

の関与（PEST）」を幅広く促進する方向に科学コミュニケーションを推進していくことの必要性が述べられた。それ以降、PUS に主眼を置いた科学コミュニケーションは継続的に実施されつつも、PEST への意識を強く持った対話、熟議、市民参加といった科学コミュニケーションを実践するための、政策・予算配分などの制度整備が進められることとなり、Sciencewise や The National Co-ordinating Centre for Public Engagement (NCCPE) が立ち上がった。

欧州における最近の科学コミュニケーションの主要なトピックとしては、欧州連合 EU が掲げる 2014-2020 の研究・イノベーション戦略プログラムである Horizon 2020 において、「責任ある研究とイノベーション」（Responsible Research and Innovation = RRI）が重要な軸の一つとして位置付けられたことが挙げられる。その中では、イノベーションの研究開発や政策形成における意思決定に市民が参画するための PEST の必要性が明記されている（European Commission）。

3　日本における科学コミュニケーションの政策的展開

日本の科学技術政策の中で科学（技術）コミュニケーションという用語が広く用いられ、予算配分も含めて政策的に展開されるようになるのは 2000 年代前半からであるが、その設計に当たっては、前項 2 で述べた欧州での科学コミュニケーション概念の変遷や取り組みの変化が継続的に参照されてきた。文部科学省の科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の調査資料として作成された報告書『科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について』(渡辺政隆 and 今井寛 (2003)) や産業技術総合研究所の技術と社会研究センターが作成した『科学技術と社会の楽しい関係：Café Scientifique（イギリス編）』(小林信一 et al. (2004)) では、PUS を達成目標とする一方向的な科学コミュニケーションの限界や、科学者コミュニティの側も社会についての理解を深める双方向的なコミュニケーションの必要性が述べられ、文部科学省 (2004) の『平成 16 年版科学技術白書：これからの科学技術と社会』では、そのような科学コミュニケーションを科学技術政策の一環として推進してゆく方向性が示された。また、日本の科学技術研究開発のための政策として最上位に位置付けられる科学技術基本計画においては、第一期（1996-2000）から現在の第五期（2016-2020）にかけて順次、「科学技術に関する学習の振興及び理解の増進と関心の喚起」といった課題設定から、「科学技術と社会との間の双方向のコミュニケーション」「社会のための科学技術、社会の中の科学技術」「倫理的・法的・社会的課題への責任ある取り組み」「社会とともに創り進める政策」「社会の多様なステークホルダーとの対話と協働」といった文言に示されるような形で、科学コミュニケーションの対象とする範囲やその意義を拡大してきている。

具体的な施策レベルでの取り組みとしては、代表的なものとしてまず、文部科学省科学技術振興調整費の新興分野人材養成枠（2005-2009 年度）で実施された、北海道大学・東京大学・早稲田大学における科学コミュニケーションの人材育成プログラムが挙げられる（都築章子 and 鈴木真理子 (2009)）。他にも、「自然科学と人文・社会科学の複数領域の知見を統合して新たな社会システムを構築していくための技術」である「社会技術」の研究開発のために設立された RISTEX（正式名称: 社会技術研究開発センター）や、本 SciREX（正式名称: 科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」）（SciREX ウェブサイト）事業の中でも、科学技術イノベーション政策形成にお

いて市民を含む多様なステークホルダーの声を反映させる参加型の科学コミュニケーションの理論的・実践的な探索が進められている。

4　科学コミュニケーションの学術研究

前項２、３で述べたよう、科学コミュニケーションの政策的展開の重心は、人々の科学技術についての理解を増進させること（PUS）から、科学技術に関する意思決定により積極的な形で参画できることを推進する方向（PEST）に推移してきたと捉えることができる。そして、そのような政策的な推移が生じた一つの重要な要因として、学術的な知見の蓄積があったと理解されている。

PUS を中心的な関心とする科学コミュニケーションを政策的に推進する上では、人々が科学的な知識を静的なストックとして保持していると考え、その量を科学についての質問から成る質問紙や試験への回答を分析することによって把握しようとする実証主義的且つ定量的な手法を用いた研究が、政策のエビデンスとして用いられてきた (Bauer et al., 2007)。そうした実証主義的な見方とは対照的に、人々の科学についての理解をより動的に構築されるものとして捉え、それを解釈主義的に探索した一連の研究が、科学コミュニケーションの重要な研究として 1990 年頃から存在感を増した。それらは、人々は、科学についての情報が必要となる文脈に応じて、自らの経験や価値観、アイデンティティといった知識の外側の要素と複雑に関連させながら科学についての知識や自分自身と科学との関係性を動的に構築していくものであると考え、実証主義的な手法では捉えきれない人々の科学についての理解を捉え直そうとした。こうした解釈主義的なアプローチを用いた研究（特に代表的なものとして Wynne (1992) が参照されることが多い）から「欠如モデル」という批判的枠組みが生じ、PUS を念頭に置いた科学コミュニケーションの政策的展開の限界が指摘され、PEST への政策的な転換への布石となったとみられている。

科学コミュニケーションが PEST という枠組みで政策的に展開されるようになった 2000 年代に入ってからは、科学技術イノベーション政策形成への市民参加に関心を持つ研究者の間では、PEST の科学コミュニケーションの理論や理念が志向する民主主義的な市民参加が如何にして可能かという問いに、実践の現場で実際の仕組みの設計・実践に関わりながら向き合う研究が数多く行われてきた。近年では、そうした実践・研究を振り返る論説・論考がまとまって出されるようになってきている（例：学術誌 Public Understanding of Science の特集号" Public Engagement in Science vol23,2014"）。また、科学技術イノベーション政策へのガバナンスを実践する際に、ガバナンスに必要な専門知を如何にして同定可能か、という問いに対しても、政治・経済・社会的な視点から検証・議論が行われてきている（参照：Collins and Evans (2002) を端緒とする、学術誌 Social Studies of Science 誌上での一連の議論など）。

科学技術の政策的な意思決定に対する市民参加の事例は日本にも数多く存在する。現在の日本の科学コミュニケーションの学術的な議論との関連の強いものとして、例えば、1990 年代の後半から若松征男 (2010) や小林傳司 (2004) らが実施した「コンセンサス会議」が挙げられる。これは、「社会的に争点のある具体的な科学技術に関して、専門家と市民の対話を通じて、市民による科学技術の評価や提言をまとめる」(ibid., p.2) ことを目的とした試みである。他にも、「政策提言を行

なうことよりも、新しい科学技術について多様な人たちの多様な意見を集め、今後の研究開発や政策作り、実用化に向けて『社会で議論すべき問い=アジェンダ』を提案し、社会的議論の種をまく」((山内保典, 2011, p.3))ことを目指した「熟議キャラバン」という取り組みを、大阪大学の研究者が中心となって試行した事例などがある。

5 おわりに

ここまで、科学コミュニケーションの欧州及び日本における政策的な展開と、学術的研究の一部について紹介してきた。冒頭でも触れたように、ここで述べたことは、科学コミュニケーションを構成する政策や研究のごく一部に過ぎず、全体像を概観するにも到底足りないものである。興味・関心のある読者には、文中で参照した文献や参考文献に掲載した資料を手掛かりに、さらに理解を深めていって頂けると幸いである。

References

Bauer, M. W., Allum, N., and Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of pus survey research? Liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science*, 16(1):79–95. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00571116/document.

Bowater, L. and Yeoman, K. (2012). *Science communication: a practical guide for scientists*. Wiley-Blackwell. https://www.chemistryworld.com/culture/science-communication-a-practical-guide-for-scientists/6706.article.

Chilvers, J. and Kearnes, M. (2015). Remaking Participation: Science, Environment and Emergent Publics. https://www.routledge.com/Remaking-Participation-Science-Environment-and-Emergent-Publics/Chilvers-Kearnes/p/book/9780415857406.

Collins, H. M. and Evans, R. (2002). The third wave of science studies: Studies of expertise and experience. *Social Studies of Science*, 32(2):235–296. http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0306312702032002003.

Lamberts, R. (2017). Science communication: frequently public, occasionally intellectual. *Journal of Science Communication*, 16(1). https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/JCOM_1601_2017_C01.pdf.

The House of Lords (2000). Science and Society.

The Royal Society (1985). The Public Understanding of Science. London: The Royal Society. https://royalsociety.org/~/media/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf.

Wynne, B. (1992). Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science. *Public Understanding of Science*, 1(3):281–304. http://drthorntonscourses.webs.com/Wynne-Misunderstood-PUS-1.pdf.

梶雅範, 西條美紀, and 野原佳代子 (編) (2009). **科学・技術の現場と社会をつなぐ科学技術コミュニケーション入門**. 培風館. https://honto.jp/netstore/pd-book_03120814.html.

山内保典 (2011). 統合的参加型テクノロジーアセスメント手法の提案; 再生医療に関する熟議キャラバン 2010 を題材にして. *Communication-Design*, 4:1–28. https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/7382/cdob_04_001.pdf.

若松征男 (2010). **科学技術政策に市民の声をどう届けるか: コンセンサス会議, シナリオ・ワークショップ, ディープ・ダイアローグ**. 東京電機大学出版局. https://honto.jp/netstore/pd-book_03294600.html.

小林信一, Hope, T. E., 草深美奈子, and 両角亜希子 (2004). 科学技術と社会の楽しい関係：Café Scientifique（イギリス編）. https://www.academia.edu/214301/科学技術と社会の楽しい関係_Café_Scientifique_イギリス編_.

小林信一, 小林傳司, and 藤垣裕子 (2007). **社会技術概論概論**. 放送大学教育振興会. http://amzn.asia/1eF9eC9.

小林傳司 (2004). **誰が科学技術について考えるのか: コンセンサス会議という実験**. 名古屋大学出版会. http://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN4-8158-0475-3.html.

渡辺政隆 and 今井寛 (2003). 科学技術理解増進と科学コミュニケーションの活性化について. Technical report, 科学技術政策研究所 第 2 調査研究グループ. http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/787/6/NISTEP-RM100-FullJ.pdf.

都築章子 and 鈴木真理子 (2009). < 実践報告> 高等教育での科学技術コミュニケーション関連実践についての一考察. **京都大学高等教育研究**, pages 27–36. http://hdl.handle.net/2433/97917.

藤垣裕子 and 廣野喜幸 (編) (2008). **科学コミュニケーション論**. 東京大学出版会. http://www.utp.or.jp/book/b305848.html.

文部科学省 (2004). 平成 16 年版科学技術白書. http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200401/index.html.

関連データ・ソース

専門誌

- Journal of Science Communication
- 科学技術コミュニケーション
- Public Understanding of Science
- Social Studies of Science

ウェブサイト

- Sciencewise
- National Co-ordinating Centre for Public Engagement
- RISTEX: 国立研究開発法人科学技術振興機構社会技術研究開発センター
- SciREX: 科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」
- 国立研究開発法人科学技術振興機構未来の共創に向けた社会との対話・協働の深化（旧・ 科学コミュニケーションセンター）
- 一般社団法人日本サイエンスコミュニケーション協会
- 科学コミュニケーション研究会（任意団体）

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

関連する拠点授業科目

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 A」（1 単位、春学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 B」（1 単位、夏学期、冬学期）
  ※ 2019 年 4 月時点

3.2.2　研究者コミュニティと市民が交わる場づくり

水町 衣里 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

研究者に求められる役割が多様になってきた。社会との対話が求められるようになっている近年、様々な場づくりの試みがなされてきた。それに伴って、研究者個々人だけではまかないきれない部分を、大学や研究機関が支援する制度や支援できる組織の整備などが進められてきたところもある。その現状を紹介する。

キーワード

アウトリーチ、科学コミュニケーション、対話と協働

本文

1　研究者に求められる役割

1.1　多様化する研究者の役割

「3.1.1 研究者の責任と倫理的・法的・社会的課題（ELSI）」でその概略が紹介されているように、社会と科学技術との関係性の変遷に伴い、研究者に求められる役割が多様化している。研究者コミュニティの中だけで閉じるコミュニケーションだけではなく、研究者コミュニティの外側の人々とのコミュニケーションも求められるようになってきた。社会に対して自身が取り組む研究の成果についてわかりやすく「伝える」だけでなく、研究者が関わる研究領域においてどのような倫理的・法的・社会的課題（ELSI）が存在するのかを「学ぶ」ということや、これからの社会の中で科学技術がどうあるべきかを社会と「ともにつくる」ことも求められている。

「ともにつくる」つまり、社会との協働というコンセプトは、科学技術基本計画に第 4 期（2011 年 8 月閣議決定、2011 年度から実行開始）から盛り込まれた。第 5 期（2017 年 1 月閣議決定、2017

* 大阪大学 CO デザインセンター　特任助教

年度から実行開始）にも引き続き、「社会との多様なステークホルダーとの対話と協働に取り組む」と書き込まれており、多様な価値観をすくい上げ、研究者コミュニティへの信頼を醸成し、研究者の社会リテラシー向上を目指すための対話と協働といったことがうたわれている（日本における科学コミュニケーションの政策的な変遷については、「3.2.1 科学コミュニケーション：その政策的展開と学術的研究の概観」参照）。

1.2　実際に研究者が行っている活動

では、実際に、研究者コミュニティ以外の人々との対話に関わった経験のある研究者は、自身の活動をどのように捉えているのだろうか。平成 29（2017）年 6-7 月に、JST が運営する researchmap にメールアドレスを登録していた研究者（このうち、JST からの案内を受信可能としている人）を対象にアンケート調査が実施された（16,079 件のメールアドレスに調査の依頼が送信され、回収率は 18.1 %）その結果をみてみると、実際に科学コミュニケーション活動の経験があると回答した研究者の多くは次のような活動を行ったと回答している (JST 科学コミュニケーションセンター, 2017)。「出前授業、公開講座、シンポジウム・セミナー（86.6 %）」「所属機関の一般公開、オープンキャンパス（81.6 %）」「非専門家向けの書籍の出版、寄稿など（60.3 %）」「HP、ブログ、ソーシャルメディア (Facebook、Twitter 等) を介した情報発信など（56.4 %）」このように科学について発信するというスタンスの活動や参画研究者がどうしても多くなりがちではある。

ただ、当初の前提（例えば、第 5 期科学技術基本計画でも掲げられているような「社会との多様なステークホルダーとの対話と協働」）に照らしてみると、研究者コミュニティから社会への発信という活動だけではなく、研究者コミュニティが社会から学ぶような活動、もしくは、研究者と社会とが協働するという観点の活動も実施されるべきである。このような活動に関しては、JST 科学コミュニケーションセンター (2017) によると、「サイエンスカフェ、ワークショップ等の参加型対話イベント（43.3 %）」「科学技術の社会的影響を検討するような活動 (市民、異分野研究者、産業界等との意見交換、ワークショップなど)（22.1 %）」「市民との協働調査・研究 (サイエンスショップなど)（17.0 %）」などと挙げられていた。積極的に社会と関わる研究者が一定数存在するようだ。

2　様々な場づくりの試み

2.1　サイエンスカフェという対話の場

国内で「研究者コミュニティと市民が交わる場」としてよく知られるようになったものの 1 つに「サイエンスカフェ」がある。平成 16（2004）年 6 月に発行された科学技術白書のコラム「科学者等と国民とが一緒に議論できる喫茶店～Café Scientifique～」で、当時イギリスで実施されていた試みが紹介され、以降開催数が徐々に増え、平成 18（2006）年春には全国で一斉にサイエンスカフェを開催するという試み（主催：日本学術会議、独立行政法人科学技術振興機構）がなされた。現在でも、数多くのサイエンスカフェが開催されており、全てが網羅されているわけではないが、「サイエンスポータル」内「イベント情報」のページ（http://scienceportal.jst.go.jp/events/events.php）

には、ある程度の開催情報が集まっている。

ただ、同じ「サイエンスカフェ」と呼ばれるイベントであっても、主催者によって、その規模も、趣旨も、形式も、様々である (松田健太郎, 2008; 中村征樹, 2008)。純粋に科学の楽しさを分かち合いたいという思いで開催されるサイエンスカフェもあれば、科学技術に関する社会的な課題を市民とともに考えることを目的とするサイエンスカフェもある。自然科学系のテーマだけではなく、人文社会系のテーマを取り上げるサイエンスカフェも開催されている。どのような目的の元に実施されているのか、WEB 上に掲載された開催概要だけを見て判断できるものでもない。

例えば、筆者が以前その運営に関わっていたサイエンスカフェは、少し変わった役割を担うものだった。それは、研究機関の広報活動という側面も持ちつつ、参加する研究者の対話力を磨くという機能も担っていた。文部科学省が推進する事業「世界トップレベル研究拠点（WPI）プログラム」 に採択された拠点の 1 つ京都大学物質－細胞統合システム拠点（Institute for Integrated Cell-Material Sciences : iCeMS）が主催していたサイエンスカフェ「iCeMS カフェ」（2008 年 3 月から 2016 年 10 月まで実施）である。科学について多くの人に知ってほしいという思いで対話活動に参加する研究者が多い一方で、自身とは異なる価値観から出た意見もきくことができ、そこから何かを学びとるという姿勢を保つことのできる研究者は多くはない。対話を通じて、自身の研究を社会の中に位置づけて捉え直すことができるような研究者を育成すべく始めた試みだった (加納圭 et al., 2015)。

2.2　その他の対話の場

サイエンスカフェ以外にも、研究者が社会と関わる場として数多くの取り組みがなされてきた。科学を効果的に伝えるという観点については、例えば、「平成 18 年度科学技術振興調整費『効果的な理解増進事業の実施のための手法開発に関する調査』成果報告」に多様な取り組みが紹介されている。また、研究者と市民とで科学技術と社会との間に存在する課題について話し合うための試みについては、JST 社会技術研究開発センター（RISTEX）における研究開発プロジェクト「市民と専門家の熟議と協働のための手法とインタフェイス組織の開発（DeCoCiS）」の一環として開発された、参加型手法と実践事例のデータベース「でこなび」が詳しい。多様な参加型手法の説明や実践例が掲載されている。他にも、報告書「社会と科学技術イノベーションとの関係深化に関わる推進方策　～共創的科学技術イノベーションに向けて～」(安全・安心科学技術及び社会連携委員会, 2015) や「科学技術の社会的期待と懸念に向き合う「対話」「協働」実践上の課題」(JST 科学コミュニケーションセンター, 2016) には、多様な実践事例が紹介されている。

3　大学や研究機関における支援制度や組織の整備

先に述べたような場づくりに必要な観点とはどういったものだろうか。誰との対話を目指すのか、互いに何を得ようとするのか、対話の場に出て行く研究者にはどのような支援が必要なのか、誰がその場をつくるべきか。検討すべき観点は多数存在する。経験のない研究者や研究機関にとっ

ては、何から始めたらよいのかわからなくて戸惑うことがあるかもしれない。現在までに、対話の場を設計・運営を試みるにあたり、多様な情報提供や支援制度、組織の整備が進められてきた。その一部を紹介する。

3.1 対話活動を始めたい研究者にとって役立つ情報

- Web サイトと小冊子「研究者のための科学コミュニケーション Starter's Kit」
  科学技術振興機構社会技術研究開発事業「基礎科学に対する市民的パトロネージの形成」（代表 戸田山和久、2005 年〜2008 年）の成果物として制作されたもの。

- Web サイト「研究者向けアウトリーチ活動支援情報」
  市民と大阪大学をつなぐ社学連携や社会貢献活動の窓口として機能している、大阪大学 21 世紀懐徳堂が運営するウェブページとして公開されているもの。

- 研究者向けの研修プログラム「科学コミュニケーション基礎研修」「研究者のためのメディアトレーニングプログラム」「対話力トレーニングプログラム」
  2012〜2014 年度に JST 科学コミュニケーションセンターがとりまとめや普及展開を担っていたもので、現在は、3 つの実施主体がそれぞれの研修プログラムを行っている。

3.2 研究者と社会との対話をサポートするために大学や研究機関が整備する組織や場

- 世界トップレベル研究拠点（WPI）のアウトリーチ担当者など
  文部科学省の事業の一環として設置された世界トップレベル研究拠点（WPI）では 2010 年 3 月以降、各拠点にアウトリーチ担当者がそれぞれに設置されることになった（WPI プログラム自体は 2007 年度より開始）。アウトリーチ担当者以外に、京都大学物質－細胞統合システム拠点（WPI-iCeMS）では、拠点の設立当初から研究グループの 1 つとして科学コミュニケーショングループが設置され、事務部門内にあった国際広報室と連携しながら、研究や実践活動を続けていた（2017 年 3 月にグループの活動は終了）。

- 各大学に設置されているリサーチ・アドミニストレーター（URA）など
  大学によって URA が果たしている役割は異なるものの、研究者と社会との対話を支援する体制をとっている大学もある。例えば、京都大学においては、京都大学学術研究支援室（と研究推進部）が中心となって「京都大学アカデミックデイ」という催しを年に 1 回開催している。これは、2011 年度より実施されているもので、2010 年 6 月に公表された「「国民との科学・技術対話」の推進について（基本的取組方針）」がその開始のきっかけの 1 つで

ある。対話活動に参加したことのない研究者の参加への障壁をできるだけ下げることを目的として、事前説明会を実施したり、発表資料に対するアドバイスを行ったりしている。他にも、大阪大学においては、大阪大学経営企画オフィス URA 部門が研究情報の発信支援業務の一環として対話活動への研究者の参画を支援している。

- 博物館や科学館など
  ここまで述べてきた「科学コミュニケーション活動」から少し文脈は異なるかもしれないが、博物館や科学館ではこれまでに数多くの市民と連携した活動（市民と一緒に地元の生物の分布を調査するなど）が行われてきた。日本科学未来館においても、研究者と市民が社会課題について考えるようなイベントが複数行われてきている。

- その他
  吉澤剛 et al. (2011) も指摘するように、科学的知識の政策への利用を促進するインターフェイス機関、つまり研究者や政策決定者、住民の間に立って、双方の参画を促したり、適切な情報の提供に努めたりしながら、よりよい協働のあり方を模索する役割を果たすことを目指す組織が必要とされてはいる。しかし、継続性などの課題もあり、社会的定着には至っていないと考えられる。

References

JST 科学コミュニケーションセンター (2016). 【平成 27 年度調査報告書】科学技術の社会的期待と懸念に向き合う「対話」「協働」実践上の課題. https://www.jst.go.jp/csc/knowledge/items/report2015_01.pdf.

JST 科学コミュニケーションセンター (2017). 研究者意識調査（科学と社会とのつながり）報告書. http://www.jst.go.jp/csc/knowledge/items/csc-report_2017researchers.pdf.

安全・安心科学技術及び社会連携委員会 (2015). 『社会と科学技術イノベーションとの関係深化に関わる推進方策～共創的科学技術イノベーションに向けて～. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/__icsFiles/afieldfile/2015/07/29/1359752_1.pdf.

加納圭, 水町衣里, 高梨克也, 元木環, 森幹彦, 森村吉貴, 秋谷直矩, and 加藤和人 (2015). 研究者のための「対話力トレーニングプログラム」. サイエンスコミュニケーション, 4(1):18–19. https://www.sciencecommunication.jp/journal/papers/?action=common_download_main&upload_id=3235.

吉澤剛, 山内保典, 東島仁, and 中川智絵 (2011). 科学と社会をつなぐ組織の社会的定着に向けて: 英国からの教訓. 科学技術コミュニケーション = *Japanese Journal of Science Communication*, 9:93–106. https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/45784.

松田健太郎 (2008). 日本のサイエンスカフェをみる：サイエンスアゴラ 2007 でのサイエンスカフェポスター展・ワークショップから. 科学技術コミュニケーション, 3:3–15.
総合科学技術会議 (2010a). 『国民との科学・技術対話』の推進について（基本的取組方針）. http://www8.cao.go.jp/cstp/output/20100619taiwa.pdf.
総合科学技術会議 (2010b). 第 5 期科学技術基本計画. http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html.
中村征樹 (2008). サイエンスカフェ —現状と課題. 科学技術社会論研究, 5:31–43.
内閣府 (2007). 平成 18 年度科学技術振興調整費『効果的な理解増進事業の実施のための手法開発に関する調査』成果報告. http://www8.cao.go.jp/cstp/stsonota/rikaizoushin/rikai.html.
文部科学省 (2004). 平成 16 年版科学技術白書—これからの科学技術と社会. http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa200401/.

関連データ・ソース

- 研究者のための科学コミュニケーション Starter's Kit
  http://www.cshe.nagoya-u.ac.jp/scicomkit/index.html
- でこなび - 参加型手法と実践事例のデータベース
  http://decocis.net/navi/about/
- 京都大学アカデミックデイ
  http://research.kyoto-u.ac.jp/academic-day/about_ad
- 大阪大学 21 世紀懐徳堂のウェブサイト内「研究者向けアウトリーチ活動支援情報」
  http://21c-kaitokudo.osaka-u.ac.jp/outreach
- サイエンスポータル内イベント情報ページ
  http://scienceportal.jst.go.jp/events/events.php

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 A」（1 単位、春学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 B」（1 単位、夏学期、冬学期）
  ※ 2019 年 4 月時点

3.2.3　リスクコミュニケーション：マイナスな側面をどう共有してどう乗り越えるか

八木 絵香 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 5 月 7 日

リード文

科学技術コミュニケーションの構成要素は多義的であるが、そのうちのひとつが、リスク評価やリスク管理の過程において、そのマイナスの側面を関係者で共有し、乗り越えていくための考え方や方策としての「リスクコミュニケーション」である。

本稿では、このリスクコミュニケーションが必要とされるようになった歴史的背景について概説するとともに、拡張されたリスクコミュニケーションとしての参加型テクノロジーアセスメントの方策等について解説を加える。

キーワード

リスクコミュニケーション、欠如モデル、専門家と信頼、参加型テクノロジーアセスメント

本文

1　リスクコミュニケーションが必要とされるようになった背景

1.1　1970 年代：リスク心理学の台頭

「リスク」に関する定義は多様であるが、その代表的なものは、結果として発生する被害（損害）の重大性と、その被害が発生する確率という 2 つの要素の積で表すことができる。一方で 1960 年代後半からこうした定量的に表現されるリスクに対して、専門家ではない一般市民がリスクをどのように捉えているのか、すなわちリスク認知に焦点をあてた研究が注目を集めるようになった。リスク認知研究が盛んとなった背景には、1960 年代後半以降、国内外を問わず公害問題や薬害問題等が頻発し、科学技術やその産物のリスクに対する社会的関心が高まったことがあげられる。

* 大阪大学ＣＯデザインセンター　准教授

この時代の代表的な研究である（Slovic et al. (1979)、Slovic (1987)）の調査では、1) 専門家集団と一般市民との間にはリスクの認知の仕方に差があること、特に、2) 専門家と呼ばれる人々が対象となるリスクについて被害者数（実測値や推計値）やその発生確率、被害の重篤度によってリスクをとらえるのに対して、一般市民は「恐ろしさ」と「未知性」という専門家とは異なる軸や、その他の基準でリスクをとらえていることが明らかとなっていった。

1.2　1980 年代：リスクコミュニケーションという概念の成立

一方で、専門家と一般市民のリスクのとらえ方の違いが明らかになるにつれ、別の問いが立ち上がることとなった。それは、専門家と一般市民のリスク認知が異なることは明らかであるとして、このいずれのリスク認知の仕方を「正しい」とするべきなのであろうかというものである。

このギャップの解釈には大きく分けて 2 つのものがある。1 つは、一般市民はバイアスにより歪んだリスク認知を行う傾向があるので、科学技術の「リスク」を適切に管理するためには、一般市民に「正しい」知識を与え、リスク認知を補正しなければならないとするいわゆる「欠如モデル (Wynne B., 1996)」により、この問題を解消しようとする方向性である。もう 1 つの考え方は、専門家と一般市民のリスク認知のギャップは知識量ではなく、とらえられるリスクの構成要素が異なるのであり、どちらのリスク認知がより「正しい」という観点でこのギャップをとらえることは適切ではないという考え方である。

1970 年代頃までは、欠如モデル型、言い換えるならその問題解決を理解増進にのみ求める方向が主流であった。すなわち、リスク評価を行うのはあくまでも専門家集団であり、一般市民はそれを伝達される側として位置づけられていたのである。

一方で、米国研究新議会（NRC）が、「従来リスクコミュニケーションは，専門家から非専門家への一方的な情報伝達と理解され、情報発信者の意図が受け入れられることが成功の証とされていた。NRC の委員会は、リスクコミュニケーションを集団、個人、組織間の情報と意見交換のプロセスと考え、関係者間の理解と信頼のレベル向上をもって成功の証と考える。」と表明 (National Research Council, 1989) したことに代表されるように、1980 年代を境にリスクコミュニケーションの段階は、双方向コミュニケーションと認識の共有の段階へと移行してきた。このような考え方は、現在のリスクコミュニケーションの中心的な定義「リスクのより適切なマネジメントのために、社会の各層が対話・共考・協働を通じて、多様な情報および見方の共有を図る活動」と捉えること (文部科学省安全・安心科学技術及び社会連携委員会, 2014) の源流ともなる考え方である。

1.3　1990 年代：リスクコミュニケーションと信頼

リスクコミュニケーションを考える際のもう 1 つの大きなターニングポイントは、1995 年である。国内に目を向けて見てれば、1 月 17 日に阪神・淡路大震災が発生し、6434 人 の犠牲者が発生した。1 月 17 日は、ちょうど 1 年前に米国ノースリッジで発生した大地震により、高速道路が倒壊するなどの大被害が発生した日付でもある。ノースリッジ地震の際に日本政府の調査団や土木工

学の専門家は「日本では同じような被害は発生しない」としたにも係わらず、そのちょうど一年後に、同様の形で高速道路が倒壊し 6 千人以上の死者を生む被害が発生したのである。また同年 12 月 8 日に発生した旧動燃もんじゅ事故では、事故の重大性により専門家の「能力」への信頼が失墜したのみならず、事故現場を撮影したビデオの秘匿、バイアスのかかった編集が発覚するにつれ、「情報隠蔽」の側面が糾弾されるようになり、専門家の「姿勢」への信頼低下を象徴的に示す社会事件へと発展した。

一方で欧州でも、1990 年代に発覚した BSE 問題を契機に、リスクコミュニケーションは転機を迎えた。問題発覚当初、英国政府や専門家集団は、人的被害は発生しないという宣言行ったが、数年後には変異型クロイツフェルトヤコブ病が発見され、ヒトへの感染が顕在化した。これにより、英国内における政府や専門家に対する信頼は大きく失墜したことも同時代的な出来事である。この傾向は、1990 年代末に議論が活発化した遺伝子組み換え（Genetically Modified）作物をめぐる論争でより明確となった。

このような潮流の中、非専門家への知識注入を目的とした「科学技術への理解増進活動（Public Understanding of Science；PUS）から、対話を通じて科学技術がもつ不確実性まで含めてそのリスクを共有し、科学技術の社会導入や規制の在り方に関する社会的意思決定への市民参加を重視する科学技術への市民関与（public engagement in science and technology；PEST）へ科学技術にかかるリスク管理の考え方は変化していったのである。

2　これからのリスクコミュニケーション

2.1　リスクコミュニケーションの現在

ここまでに示した社会的背景の中で、リスクコミュニケーションは、従来型の教育や説得という枠組みではなく、むしろ「個人、組織、集団間での情報や意見のやりとりの相互作用過程」と位置づけ (National Research Council, 1989)、そのプロセスを重視することが重要であることが強調されてきた。この新しいリスクコミュニケーションの概念では、リスクに関する情報の相互作用を重視している。つまり欠如モデルだけを念頭にリスクに関する情報を送り手（多くの場合、行政や専門家）から受け手（多くの場合、一般市民）へ一方向的に提供するのではなく、そのリスク管理の方法に影響を与える形で、送り手と受け手が相互作用するのが、その基本となるのである。

また、いわゆる科学的な「リスク」に限定された内容だけでなく、社会的側面に焦点をあてた情報も含めたすべてのメッセージを含むことが重要であるとされている。ここでいう社会的側面とは、リスクの管理、その政策のあり方、判断の根拠、そしてそれらに対する社会反応や、個々人の意見や価値観に関するメッセージのすべてを含む。加えて、近年、リスクコミュニケーションは事後から事前へという流れになりつつある。すなわち、リスクが健在化した後に対処するのではなく、ある科学技術が実用化される前、場合によっては研究開発の初期段階においてもコミュニケーションの機会を設定するという「事前対応」に移行しつつある。そのリスク管理のあり方もふくめて事前にさまざまなステークホルダーによるコミュニケーションとそれに基づくリスク管理を行お

うとする発想である。

2.2 リスクコミュニケーションと参加型テクノロジーアセスメント

このようなリスク管理の発想は、別の文脈では、「参加型テクノロジーアセスメント（participatory technology assessment：参加型 TA）」として発展してきた。TA は、新しい科学技術のプラスマイナス両方の社会的影響について予見的に評価を行い、科学技術政策の立案につなげるための活動や考え方であり、1960 年代後半に米国で始まった。1972 年には、米国連邦議会技術評価局（Office of Technology Assessment：OTA）として制度化され、1980 年代には欧州諸国にもその活動は広まっていった。そのような流れの中、デンマーク議会に設けられたデンマーク技術委員会（Danish Board of Technology: DBT） は、参加型 TA という新しい方式を提案した。従来型の TA が専門家による評価であったことに対して参加型 TA では、対象となる科学技術の影響を受ける利害関係者や一般市民（潜在的に影響を受けるものも含む）が TA を行うことに大きな特徴がある。DBT が開発し、1990 年代〜2000 年代初頭にかけて国内でも活発に展開されたコンセンサス会議がその代表例であり、そのほかの分野でも同様の試みが展開されている。これらの参加型 TA の試みは、前述のリスクコミュニケーションの展開とは直接的には関連をもたずに発展してきているが、社会における科学技術のあり方の変遷に伴い、同様の問題意識から産まれてきたということが言えよう。

2.3 福島事故後の日本におけるリスクコミュニケーション

国内外を問わず科学技術のリスクが顕在化した 1970 年代のリスク問題を巡る、専門家と市民とのさまざまなやりとりにおいて専門家は、自分たちの定量的なリスク評価を「正しい」知識として扱い、市民のリスクのとらえ方（多くの場合は、専門家からみればリスクを過度に強調しているようにうつる）を誤解に基づいた非合理なものとしてみなしていた。一方で市民の側は、専門家は自分たちに都合の悪いリスクの特性を隠し、一般市民にリスクを負わせようとしているという不信の目で眺めているという相互不信の関係にあった。これは過去におけるモデルであると同時に、現在にも通底するモデルである。

福島第一原子力発電所事故以降の「放射線リスク」を巡るさまざまな混乱（直後の放射線をめぐる混乱も、現在も続く汚染水問題や、放射性廃棄物をめぐる問題や低線量被ばくをめぐる問題）も、この専門家と一般市民のリスク認知の仕方の違い、それに対する対処方法やフレーム差異に起因しているものが少なくない。この事故に限定して言えば、一定の放射線知識は必要である一方で、放射線に対する不安は、「正しい（とされる）」知識を注入することだけでは払拭されない。また、このリスクを問題にしている人々は、定量的な放射線リスクだけを問題視しているのではなく、リスクの取り扱い方をめぐる政策決定を含めたリスクガバナンス全体を問題視している。まして、今回のように、人類が経験したことのないレベルの原子力発電所の事故が現実化し、信頼の非対称性原理が強固に機能する社会においては、専門家の発言を、盲目的に信頼することは極めて困難であろう。誰しもが、公的発表のみならず、その対抗的な位置づけにある情報（危険を警鐘する情報）も

含めて総合的に判断しようとする事態においては、唯一無二の正確な情報提供ではなく、何が正確なのか判断するための材料として、詳細な根拠付きの情報を提示することこそが、専門家集団には求められる。そしてこれはリスクコミュニケーションの研究・実践の分野では繰り返し強調されてきたことでもあるのである。

References

Irwin, A. (2001). Constructing the scientific citizen: Science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, 10(1):1–18. http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3109/a036852.

National Research Council (1989). *Improving risk communication*. The National Academies Press. (林裕造・関沢純監訳, 1997, リスクコミュニケーション・前進への提言, 化学工業日報社) https://books.google.co.jp/books?hl=ja&lr=lang_ja|lang_en&id=gj8rAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA14&dq=Improving+risk+communication&ots=H36_RFHvDr&sig=ZkthhoBXiS5qVDhnaXZUZC7apZc.

Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, 236(4799):280–285. http://science.sciencemag.org/content/236/4799/280.

Slovic, P. (1993). Perceived risk, trust, and democracy. *Risk analysis*, 13(6):675–682. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1539-6924.1993.tb01329.x.

Slovic, P. (1999). Trust, Emotion, Sex, Politics, and Science: Surveying the Risk-Assessment Battlefield. *Risk Analysis*, 19(4):689–701. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1539-6924.1999.tb00439.x.

Slovic, P., Fischhoff, B., and Lichtenstein, S. (1979). Rating the Risks. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 21(3):14–39. https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00139157.1979.9933091.

Wynne B., and Irwin, A. (1996). *Misunderstanding Science?: The Public Reconstruction of Science and Technology*. Cambridge University Press.

吉川肇子 (2012). リスク・コミュニケーションのあり方 (特集 リスクの語られ方). 科学, 82(1):48–55. https://www.iwanami.co.jp/kagaku/KaMo201201.html.

山岸俊男 (1998). 信頼の構造：こころと社会の進化ゲーム. 東京大学出版会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsr1950/50/1/50_1_122/_article/-char/ja/.

独立行政法人科学技術振興機構科学コミュニケーションセンター (2014). リスクコミュニケーション事例調査報告書. https://www.jst.go.jp/csc/mt/mt-static/support/theme_static/csc/pdf/riskfactresearch.pdf.

独立行政法人科学技術振興機構科学コミュニケーションセンター (2015). リスクコミュニケーション研究及び実践の現状に関する分野横断的調査報告書. http://www.jst.go.jp/csc/mt/mt-static/support/theme_static/csc/pdf/riskcom_201503.pdf.

八木絵香 (2011). ポスト 3.11 時代の科学技術コミュニケーション―社会は原子力専門家を信頼できるのか. 日本原子力学会誌, 53(8):16–19. http://www.aesj.or.jp/atomos/tachiyomi/2011-08mokuji.pdf.

八木絵香 (2016). ただ「加害者」の傍らにあるということ–福島第一原子力発電所事故と JR 福知山線事故　2 つの事故の経験から. 科学技術社会論研究, 12:106–113. http://jssts.jp/content/view/284/32/.

文部科学省安全・安心科学技術及び社会連携委員会 (2014). リスクコミュニケーションの推進方策. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/064/houkoku/__icsFiles/afieldfile/2014/04/25/1347292_1.pdf.

関連データ・ソース

- でこなび
  http://decocis.net/navi/

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 A」（1 単位、春学期）
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術コミュニケーション入門 B」（1 単位、夏学期、冬学期）

※ 2019 年 4 月時点

3.3.1　STI の社会へのインパクト

川上浩司 *　　祐野恵 †　　錦織達人 ‡　　花木奈央 §

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2018 年 8 月 28 日

リード文

これまで、インパクトのある科学技術イノベーションが社会のあり方を大きく変えてきた。科学技術と社会の接点は増えてきたが、依然として科学技術の社会貢献・社会実装には長い月日を要している。社会を変化させるような科学技術イノベーションの促進には、直面している社会課題に対する短期的な投資のみならず、中長期的な科学技術への投資が必要不可欠である。一方で、そのような科学技術イノベーションによる社会の変化が、社会の幸福度の向上に貢献しているのかは自明ではない。日本人の科学技術観では、科学技術が社会をより良くしているという意識は薄い。また、実際に、科学技術は、社会経済的な問題や倫理的方的社会的な問題を惹起される可能性を有している。本節では、このような科学技術イノベーションが社会に与える影響について、健康・医学分野における事例を混じえて紹介する。

キーワード

社会実装, 科学技術観, 技術移転, Health technology assessment, 臨床応用

本文

1　日本人の科学技術観

科学技術に対する人々の意識を量るため、我が国では様々な調査が実施されている。1967 年から 9 回にわたって内閣府が実施している科学技術と社会に関する世論調査 [1]、文部科学省直轄の国立試験研究機関である科学技術・学術政策研究所によるインターネット調査 [2]、1953 年から 5 年毎に統計数理研究所によって実施されている「国民性調査」[3]、ミシガン大学の Inglehart によ

* 京都大学医学研究科　教授
† 京都大学人間・環境学研究科
‡ 京都大学医学研究科
§ 大阪大学医学研究科　特任助教

る「世界価値観調査 (WVS)」[4] 等である。サーベイ調査は、国内では、回答率の低下によって生じる問題、国際比較では、日本人の極端な回答を避け、程度を控えめにいう傾向 (吉野諒三 et al., 2015) によって生じる問題があるものの、日本人の科学技術観を探る手がかりとなる。調査からみえる日本人の科学技術観は、主に次の 2 つの点に特徴づけられる。

1 つ目は、1970 年代における意識の変化である。科学技術に対する意識に限らず、日本人のものの見方は 1970 年代に大きく変化した。国民性調査によると、1973 年の調査を境に「人間が幸福になるためには、自然を征服すべき」という意見が減少し、「自然に従うべき」という意見が増加に転じた。そして「科学や技術の発達による利便性の向上とともに、人間らしさがへる」という意見が、現在と同水準の 50% に達した。また、内閣府の「国民生活に関する世論調査」[5] では、「物質的な面で生活を豊かにすることに重きをおきたい」とする回答と「心の豊かさに重きをおきたい」とする回答の割合が 1970 年に並び、その後は物の豊かさより心の豊かさに重きをおくとする回答が増加している。当時、日本は二度の石油危機と深刻化する公害問題への対応を迫られていた。こうした社会状況を背景として、高度経済成長期に主流であった、科学技術者の判断に基づいて基礎研究を進めることが社会的問題の解決に繋がるというリニア・モデル (小林信一, 2012) は 1970 年代に否定されるようになった。

2 つ目は、科学技術によって世界がよくなったとする評価が海外との比較において低いことだ。2010 年〜2014 年に実施された世界価値観調査 (第 6 波) では、「科学技術によって、世界はよりよくなっているか、悪くなっているか」について 10 段階尺度で回答を求めている。OECD 加盟国中（調査対象となっているのは 14 か国)、日本はメキシコに次いで評価が低い国となっている。同様の傾向は 2005 年〜2009 年に実施された第 5 波でもみられ、OECD 加盟国中（調査対象となっているのは 17 か国)、ハンガリーに次いで評価が低い。他方、こうした傾向は、科学技術によってもたらされるマイナス面に関する意識とは必ずしも関係していない (栗山喬行 et al., 2011)。科学技術の発展についてプラス面とマイナス面のどちらが多いか問う世論調査で、日本人のマイナス面を意識した回答は 4 割にとどまるが、日本より科学技術によって世界がよくなったと評価するイギリスやドイツ、オランダ等では、マイナス面を意識した回答は 5 割を超える [6] ためだ。科学技術の安全性やリスクといったマイナスの要素だけが、科学技術に対する不信を招くのではない。イギリスにおける人々の科学技術不信の分析 (小林傳司, 2012) から、科学技術と社会のコミュニケーションにおいて、人々は科学技術の持つ倫理的、法的、社会的な諸問題について対話を求めていたとされる。今後、わが国でも科学技術コミュニケーションの場が充実されることで人々の科学技術に対する評価の改善が期待される。

2　科学技術の移転は誰を幸せにし、誰を不幸にするのか：健康・医療分野の動向と試みを中心に

アカデミアや研究機関は、革新的技術を開発し、社会へ還元することが求められている。しかし、科学技術の移転は、有益な影響のみを社会に与えるわけではない。新規技術は、対象となる集団の

多くには利益をもたらす一方で、他の集団、そして社会全体に対しては不利益となり、倫理的・法的・社会的な問題 (ELSI ; Ethical, Legal and Social Implications) を惹起される可能性を有している。

本邦のアカデミア発の新規がん治療薬の社会実装を例に上げる。京都大学の本庶佑博士らは、がん細胞に対する免疫の働きを回復させる、新しいコンセプトの治療薬：ニボルマブを、小野薬品工業とともに開発した (Ishida et al., 1992; McNutt, 2013; Topalian et al., 2012)。悪性黒色腫という稀な腫瘍の治療薬として、2014 年 9 月に世界に先駆けて本邦で発売が開始され、2015 年 12 月には非小細胞肺がんに適応が拡大された (Brahmer et al., 2015)。その結果、年間で約 5 万人の患者に、大きな生存期間の延長効果がもたらされた。そして、小野薬品工業の売上高は、2016 年 9 月の中間決算で、前年同期で 94.7% 増となり、売り上げ・利益ともに過去最高となった [7]。

しかし、この画期的な医療技術は利益のみを社会にもたらしたわけではない。成人男性 1 人あたりが 1 年間にニボルマブを使用する薬剤費は、約 3,500 万円にのぼる。対象患者全員がニボルマブを使用すれば、年間で約 1 兆 7,500 億円もの薬剤費が必要になることが明らかになった [8]。本邦の高額療養費制度における患者の自己負担割合は、その数 % 以下であり、残りは医療保険の給付費と税から支払われる。ある特定の疾患を有する集団に福音をもたらしたイノベーションが、他の多くの患者や市民を支える保険医療財政を脅かす事態になったのである。これを受け、厚生労働省は、通常の薬価改定が行われる 2018 年を待つことなく、2017 年 2 月に緊急的に薬価を 50% 引き下げることを決定した [9]。しかし、こうした規定外の改定も、製薬企業の経営の予見性を損なせ、現在そして未来の患者のための新たなイノベーションへの投資を阻害する要因となった可能性がある。

ニボルマブと同様に、高度化、高額化した医療技術 [10] は、1 年間に数千億円から一兆円規模で国民医療費を増加させる要因の一つになっており、国民皆保険制度の持続可能性が問われている (錦織達人 et al., 2015)。また、経済的な問題だけではなく、iPS 細胞の臨床応用といったライフイノベーションは、倫理的・法的な課題をも惹起する。そして、新規の医療技術は、対象集団に対する副作用といったリスクも包含していることを忘れてはならない。技術の移転は、利益のみを社会に与えるのではなく、ある集団もしくは社会全体に ELSI を惹起させる可能性があることを、科学技術イノベーションの実行主体は明確に認識する必要がある。

テクノロジーアセスメントは、こうした社会的影響を技術発展の比較的早い段階で予測する活動で、社会の意思決定を支援する (城山英明 et al., 2013)。医療分野における試みが、医療技術評価 (HTA) で、比較効用分析がその代表的な手法である。費用をどれだけ増加させることで、生命予後や生活の質をどれほど改善できるのかといった費用対効果を評価する (McCabe et al., 2008; 錦織達人 et al., 2015)。諸外国で利用が進んでおり、本邦でもニボルマブといった高額医療技術に対する費用対効果評価が本格的に導入されようとしている [11] こうした手法を用いることで、社会として限りある資源を有効に活用することができ、価値ある技術に対して正当な評価を与えることができる。そうした評価は、画期的なイノベーションをさらに促進させると考えられている。

また、HTA には医療の専門家だけでなく、患者や市民が関与することが重要である (Menon and Stafinski, 2011)。新規の医療技術がもたらす効果が「幸せ」であるのか、「不幸せ」であるのかを判断するのは、医療者ではなく、個々の患者や市民である。HTA 先進国である英国では、患者を医

療の素人ではなく、病気とともに生きることの専門家として捉え、Patient and Public Involvement Policy のもと、HTA に患者や市民が積極的に参加している [12,13]。

第 5 期科学技術基本計画では、科学技術イノベーションと社会との関係を、従来の相対する関係から、様々なステークホルダーが「共創」する関係に深化させることが挙げられている。科学技術が及ぼす影響を多面的に予測、評価、判断する HTA といった系統的な活動を促進することで、各ステークホルダーは双方向性に対話・協働し、共創的な科学技術イノベーションが本邦で推進されると考えられる。

3 科学技術はどれだけ社会に貢献しているか：医学研究の臨床応用の視点から

自然科学は実践とは切り離されて進展を遂げてきたが、OECD 加盟国において政府研究開発費の多くが国防・健康・環境保護などの経済社会的目的のために支出されており、科学技術政策も社会と関わりが無視できなくなっている (岩橋理彦, 2016)。

1999 年の世界科学会議において 21 世紀のための科学を振興する上での新たな責務として「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択された。「4. 社会における科学と社会のための科学」のなかで、科学研究とそれによって生じる知識は人類の福祉・人間の尊厳・世界環境を尊重するために利用されなければならないと記載されている [14]。

日本では 2011 年に策定された第 4 期科学技術基本計画において「社会とともに作り進める政策」の実現が理念として掲げられた [15]。2016 年に策定された第 5 期科学技術基本計画では、国内外の複雑化する課題をふまえ、計画の 4 本の柱の一つに「経済・社会的な課題への対応」が掲げられている [16]。

平成 27 年度版科学技術白書では、日本の科学技術の進歩によってこの 10 年程度の間にもたらされた生活の変化が政府の果たした役割とともに紹介されている。家の外壁コーティングなどに利用されている光触媒技術、世界初のクロマグロ完全養殖、高コレステロール血症治療薬など 8 事例が紹介されおり、多くが研究の萌芽から実装に至るまで数十年以上を要していた [17]。

基礎医学研究が臨床応用に至るまでには多くの資金と年月を要することが知られており、過去の研究で 1979 年から 1983 年にトップ 5 雑誌に掲載された論文でも 10 年後臨床応用に至ったとされたのは 27 本であったという報告がある (Contopoulos-Ioannidis et al., 2003)。

われわれは、新たな研究分野や解決すべき課題が出現する中で、臨床応用にいたる割合や要する期間に変化が起きていると考えられ、1989 年から 1993 年の間にトップジャーナル 8 誌に掲載された論文に関して検討を行った。その結果、先行研究と比較して臨床応用に至る割合は低下し、臨床応用に至るまでの期間は延長しており (Hanaki et al., 2016)、研究資金を配分する際には掲載雑誌に影響されず研究内容を吟味する必要があると考えられた。

今後、日本を含めた各国（主に先進国）では社会経済の変化に伴い、少子高齢化に伴う人口構造の変化、資源不足の問題、環境問題など解決すべき課題に直面することが予想される [18]。科学技

術イノベーションはこれらの課題を解決し社会に貢献することが求められている。その一方で直ちに実用化につながらないが将来のイノベーションにつながる基礎的研究に対する支援も必要であり、限られた研究資金の配分に際しては留意が必要である。

References

Brahmer, J., Reckamp, K. L., Baas, P., Crinò, L., Eberhardt, W. E., Poddubskaya, E., Antonia, S., Pluzanski, A., Vokes, E. E., Holgado, E., et al. (2015). Nivolumab versus Docetaxel in Advanced Squamous-Cell Non–Small-Cell Lung Cancer. *New England Journal of Medicine*, 373(2):123–135. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1504627.

Contopoulos-Ioannidis, D. G., Ntzani, E. E., and Ioannidis, J. P. (2003). Translation of highly promising basic science research into clinical applications. *The American journal of medicine*, 114(6):477–484. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12731504.

Hanaki, N., Sengoku, S., Imanaka, Y., and Kawakami, K. (2016). The clinical application of medical science research: investment and duration. *Translational Science*, 2:272–276. https://www.researchgate.net/profile/Nao_Hanaki/publication/307441207_The_clinical_application_of_medical_science_research_investment_and_duration/links/57dfd25a08ae1dcfea865f49.pdf.

Ishida, Y., Agata, Y., Shibahara, K., and Honjo, T. (1992). Induced expression of PD-1, a novel member of the immunoglobulin gene superfamily, upon programmed cell death. *The EMBO journal*, 11(11):3887–3895. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1460-2075.1992.tb05481.x.

McCabe, C., Claxton, K., and Culyer, A. J. (2008). The NICE cost-effectiveness threshold:what it is and what that means. *Pharmacoeconomics*, 26(9):733–744. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/26466/1/MPRA_paper_26466.pdf.

McNutt, M. (2013). Cancer Immunotherapy. *Science*, 342(6165):1417. http://science.sciencemag.org/content/342/6165/1417.full.pdf.

Menon, D. and Stafinski, T. (2011). Role of patient and public participation in health technology assessment and coverage decisions. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 11(1):75–89. https://doi.org/10.1586/erp.10.82.

Topalian, S. L., Hodi, F. S., Brahmer, J. R., Gettinger, S. N., Smith, D. C., McDermott, D. F., Powderly, J. D., Carvajal, R. D., Sosman, J. A., Atkins, M. B., et al. (2012). Safety, activity, and immune correlates of anti-PD-1 antibody in cancer. *New England Journal of Medicine*, 366(26):2443–2454. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1200690.

岩橋理彦 (2016). 科学技術政策上の課題を巡って 2. 科学技術と社会. In 科学技術政策の歴史的展開, chapter 2, pages 69–74. 科学技術国際交流センター. https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB21608246.

吉野諒三, 松岡亮二, and 前田忠彦 (2015). 意識の国際比較可能性の追求のための「文化多様体解析」. **統計数理**, 63(2):203–228. http://www.ism.ac.jp/editsec/toukei/pdf/63-2-203.pdf.

錦織達人, 川上浩司, 後藤励, 肥田侯矢, and 坂井義治 (2015). 外科領域における Health Technology Assessment (特別寄稿). **日本外科学会雑誌**, 116(1):64–69. http://iss.ndl.go.jp/books/R000000004-I026045806-00.

栗山喬行, 関口洋美, 大竹洋平, and 茶山秀一 (2011). 日・米・英における国民の科学技術に関する意識の比較分析-インターネットを利用した比較調査. Technical report, 科学技術政策研究所 第2 調査研究グループ. http://hdl.handle.net/11035/883.

小林信一 (2012). **社会技術概論**, chapter 社会のための科学ーその歴史, page 71. 放送大学教育振興会. https://www.hanmoto.com/bd/isbn/9784595313684.

小林傳司 (2012). **社会技術概論**, chapter 科学技術と社会のコミュニケーション・デザイン, page 88. 放送大学教育振興会. https://www.hanmoto.com/bd/isbn/9784595313684.

城山英明, 鎌江伊三夫, and 林良造 (2013). **医療技術の経済評価と公共政策**, chapter テクノロジーアセスメントの動向と医療分野での活用, pages 2–9. じほう. http://www.jiho.co.jp/shop/list/detail/tabid/272/pdid/43730/Default.aspx.

関連データ・ソース

1. 世論調査
   - 科学技術及び原子力に関する世論調査 (1976 年 10 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/s51/S51-10-51-14.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 科学技術に関する世論調査 (1981 年 12 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/s56/S56-12-56-14.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 科学技術に対する関心に関する世論調査 (1986 年 2 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/s61/S62-03-61-20.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 科学技術と社会に関する世論調査 (1990 年 1 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/h01/H02-01-01-19.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 科学技術と社会に関する世論調査 (1995 年 2 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/h06/H07-02-06-18.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 将来の科学技術に関する世論調査 (1998 年 10 月)
     http://survey.gov-online.go.jp/h10/syourai.html［最終検索日：2017/2/27］
   - 科学技術と社会に関する世論調査 (2004 年 2 月)

http://survey.gov-online.go.jp/h15/h15-kagaku/index.html［最終検索日：2017/2/27］
- 科学技術と社会に関する世論調査 (2007 年 12 月) http://survey.gov-online.go.jp/h19/h19-kagaku/index.html［最終検索日：2017/2/27］
- 科学技術と社会に関する世論調査 (2010 年 1 月) http://survey.gov-online.go.jp/h21/h21-kagaku/［最終検索日：2017/2/27］

2. NISTEP
   - http://www.nistep.go.jp/research/the-relationship-of-science-and-technology-with-society［最終検索日：2017/2/27］
3. - http://www.ism.ac.jp/~taka/kokuminsei/index.html［最終検索日：2017/2/27］
4. - http://www.worldvaluessurvey.org/WVSOnline.jsp［最終検索日：2017/2/27］
5. - http://survey.gov-online.go.jp/index-ko.html［最終検索日：2017/2/27］
6. - http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb_special_240_220_en.htm［最終検索日：2017/2/27］
7. - 毎日新聞 東京朝刊 2016 年 11 月 9 日 http://mainichi.jp/articles/20161109/ddm/008/020/045000c [最終検索日：2017/3/1]
8. - 財政制度等審議会 財政制度分科会 財務省 平成 28 年 4 月 4 日 http://www.mof.go.jp/about_mof/councils/fiscal_system_council/sub-of_fiscal_system/proceedings/material/zaiseia280404/02.pdf[最終検索日：2017/3/1]
9. - 中央社会保険医療協議会 厚生労働省： 平成 28 年度緊急薬価改定について 平成 28 年 11 月 16 日 http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000142944.pdf [最終検索日：2017/3/1]
10. - 中央社会保険医療協議会 厚生労働省： 費用対効果評価の試行的導入における対象品目等について 平成 28 年 4 月 27 日 http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12404000-Hokenkyoku-Iryouka/0000123026.pdf [最終検索日：2017/3/1]
11. - 厚生労働省：平成 26 年度 国民医療費の概況 http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-iryohi/14/dl/kekka.pdf [最終検索日：2017/3/1]
12. - National Institute for Health and Care Excellence： Patient and public involvement policy https://www.nice.org.uk/about/nice-communities/public-involvement/patient-and-public-involvement-policy [最終検索日：2017/3/1]
13. - National Institute for Health and Care Excellence： Public involvement programme https://www.nice.org.uk/about/nice-communities/public-involvement/public-involvement-programme [最終検索日：2017/3/1]
14. - UNESCO UNESCO WCS Declaration on Science and the Use of Scientific Knowledge, http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration_e.htm
15. - 文部科学省 第 4 期科学技術基本計画 http://www.mext.go.jp/component/a_menu/

science/detail/__icsFiles/afieldfile/2011/08/19/1293746_02.pdf.

16. • 文部科学省 第 5 期科学技術基本計画 http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf.

17. • 文部科学省平成 27 年度版科学技術白書 第 3 章 第 1 節 将来を展望した社会経済の変化 http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/__icsFiles/afieldfile/2015/06/11/1358751_007.pdf

3.3.2　科学技術の社会実装における共感的可視化

小山田耕二*　　尾上洋介†

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 27 日

リード文

20 世紀半ば以降、ICT は、社会の様々な現象を可視化し、人々が意思決定を行う上で重要な役割を果たすようになってきた。ICT を用いて科学的なエビデンスを可視化することは、政策策定を含んだ様々な場面での問題解決に必要である。例えば、地方自治体の気候変動適応策の策定においては、科学技術計算を用いた近未来予測結果を可視化し、各々の自治体の将来のあるべき姿について住民を巻き込んで議論を進める必要がある。また、そのような多様なステークホルダーが関わる場面では、意見の対立がしばしば生じる。共感的可視化は、そのような対立を乗り越え、共通の解決策を見出す上で重要な役割を果たす。ICT を用いた可視化が様々な場面で使われるようになった一方で、ICT の発展は、人工知能研究における倫理的法的社会的問題などの新しい課題を生むようになった。本節では、このような ICT と社会の関わりや科学技術の社会受容について、科学的可視化の観点から議論を行う。

キーワード

ICT、科学的可視化、共感的可視化、意思決定支援、気候変動適応策、人工知能研究

本文

世界中の公的科学由来のデータがインターネット経由で開放されるオープンデータ時代が始まっている。そして、市民がこれらオープンデータにアクセスして、科学に参加できるオープン科学時代が近づいている。さらに、人工知能時代の到来により、市民は、自らの存在感を示すために、より独創的な活動にチャレンジするようになってくると想像される。このようなオープン科学時代には、市民は、科学的手法について、傍観者ではなく、積極的に関与する必要がある。ただ、日本の教育プログラムにおいては、科学的方法の習得を、明示的に盛り込んでいない。この科学的方法では、対象の観察、問題設定、仮説構築、仮説検証、社会実装という流れを辿るが、これらのほぼすべてにデータ可視化・分析技術が関与するようになった。特に最後の社会実装においては、関係者の視点でのわかりやすさ（共感性）を担保するために、可視化は重要な役割を果たす。しかしながら、多くの場合で可視化というキーワードは、データ化という意味で利用されており、必ずしもデータを人間が認知するための技術という意味ではとらえられていない。

科学的方法で社会実装の段階にあるときは、共感性の向上のために、関連データを付加し、そのデータとともに可視化することが望ましい。具体的には、ICT（Information and Communication Technology）技術などを活用し、検証された仮説を提示するコミュニティの共感性を向上させるようなデータとともに可視化することである。ここで、ICT とは、情報・通信に関する技術の総称を意味する。どのような関連データをどのように付加するのかについては、

* 京都大学学術情報メディアセンター教授
† 日本大学文理学部情報科学科准教授（京都大学学際融合教育研究推進センター政策のための科学ユニット特定助教）

可視化を行う者の考えに左右されることが多く、可視化結果の提示をうける立場の者から共感よりもむしろ反感を受けることがある。可視化結果をさまざまな背景をもつ関係者に提示する際には、それぞれの立場の方に可視化プロセスをオープンにするとともに、可能であれば加わってもらうことが望ましい。

共感的可視化に関する重要な論点をもうひとつ示してみよう。認知構造において、もともと対立関係のあった対象において、共通理解を促進させるのはどうしたらよいかという観点である。可視化効能の測定に利用可能な評価グリッド法において、可視化技術に関する認知構造の評価が行われたとしよう。オリジナル評価項目の抽出のために、刺激要素として、二対の可視化画像を提示し、どちらが良いかをたずねることから開始して、前述の方法に従い、可視化技術に関する評価構造が得られたとする。評価構造の下位概念において、仮に「三次元可視化がよい」と「二次元可視化がよい」のような、一見対立する項目が抽出されたとする。従来だと、このような項目が 独立して抽出されるとそれぞれの支持者には感情的なしこりが残ってしまう。ここで、評価構造の可視化において、その上位概念において、「わかりやすさを追求したい」という項目が見つかり、これがそれぞれ「三次元可視化がよい」と「二次元可視化がよい」という項目と接続されていることが判明したとしよう。そのような場合、対立軸が存在することは、どうしようもないが、それぞれは、共有の上位概念を持つことが明らかになり、感情的なしこりが消え、相互理解が促進されるような、ある意味で一条の光明を見つけることができ、共感性の向上につながることも期待できる。

2045 年、計算機能力が人間を超えることが予想され、あらためて、計算機を含む機械と人間の関係が問われている。計算機能力は、最近注目を浴びている人工知能の性能と関係することより、将来、人工知能に奪われる可能性の高い仕事のリストがいくつか発表されたが、これらの職業の多くは、単純作業に属するものであった。ただ、このようなリストを目にすると、人工知能が将来格段に進歩し、人間は不要になってしまうのではないかという不安を持つ人たちも増えていることも納得できる。さらに、人工知能と先端科学が結託して人間を滅亡させるような終末期が映画などのメディアによってリアルに描かれてしまうと、人間が生き延びるためには、人工知能研究に何らかの規制が必要であるとの認識も強まる。

最近では、実際に、人工知能の弁護士や医師が出現している。これらは、高度な専門 職人材が従事していた職業であるが、内容的には、形式知を問題解決に活用するものであり、人工知能の得意分野とも考えられている。さらに、科学の世界にも人工知能が進出してきており、2001 年ノーベル物理学賞の受賞理由となったボース=アインシュタイン凝縮実験を 1 時間足らずで再現したとの報告もある。ただ、科学的方法において、本質的なのは、研究的問いを立て、それに対する仮説を構築することであり、このような知的活動は、まだまだ人間の活躍が十分に見込めると信じたい。このように、人工知能が進化した時代であっても、人間は、人工知能と共存しながら、人工知能単独では困難な、本質的な領域で貢献し続けると期待したい。このような期待に応えるためには、可視化の役割はますます重要になっていくものと考えられる。

国は、オープン科学時代に、人間が人工知能とともに科学的知見を創出する基盤の大きな柱は、可視化技術であるという認識に立って政策を立案するべきである。また、政策意思決定における科学的手法の活用において、膨大なデータからエビデンスを発見するための有用性に鑑み、可視化技術の利活用に積極的に取り組むべきである。

References

Onoue, Y., Kukimoto, N., Sakamoto, N., and Koyamada, K. (2016). E-grid: a visual analytics system for evaluation structures. *Journal of Visualization*, 19(4):753–768. https://link.springer.com/article/10.1007/s12650-015-0342-6.

Sanui, J. (1996). Visualization of users' requirements: Introduction of the Evaluation Grid Method. In *Proceedings of the 3rd Design & Decision Support Systems in Architecture & Urban Planning Conference*, volume 1, pages 365–374. https://cumincad.architexturez.net/system/ files/pdf/ddssar9625.content.pdf.

三村信男, 太田俊二, 武若聡, and 亀井雅敏 (2015). 気候変動適応策のデザイン~*Designing Cli- mate Change Adaptation*~. クロスメディア・マーケティング. https://calil.jp/book/ 4844374095.

讃井純一郎 and 乾正雄 (1986). レパートリー・グリッド発展手法による住環境評価構造の抽出 : 認知心理学に基づく住環境評価に関する研究 (1). In 日本建築学会計画系論文報告集, volume 367, pages 15–22. 日本建築学会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/aijax/367/ 0/367_KJ00004066580/_article/-char/ja/.

小山田耕二 (2014). 可視化は研究の対象か?(シミュレーションの世界). シミュレーション, 33(4):288–293. https://ci.nii.ac.jp/naid/110009900376/.

日本学術会議(2017). 提言「科学的知見の創出に資する可視化に向けて」. http://www.scj.go.jp/ ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t247-5.pdf.

尾上洋介, 久木元伸如, and 小山田耕二 (2014a). 可視化情報学会における会員満足度の因果関係分析. In 可視化情報学会論文集, volume 34, pages 43–51. 社団法人可視化情報学会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/tvsj/34/12/34_43/_article/-char/ja/.

尾上洋介, 坂本尚久, and 小山田耕二(2014b). 生息場適性指数モデリングのためのステークホルダー向け視覚分析環境. 可視化情報学会誌, 34(135):172–177. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jvs/34/135/34_28/_article/-char/ja/.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

関連する拠点授業科目

- 科学的方法による京都学実践
- 可視化シミュレーション学

関連する研究プロジェクトの情報

- 文部科学省 気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）

3.3.3　政策のための科学リテラシー 9 のステップ：科学技術・政策リテラシーを育むために

カール・ベッカー *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 8 月 25 日

リード文

行政官や研究者が領域横断的な社会問題に取り組む際、科学的な判断を実際の問題解決に結びつけることができる広範な能力が必要とされる。つまり、特定分野の専門知識に加えて、様々な物事を科学的に考えるための科学リテラシーが、現代社会が抱える諸問題の解決の鍵を握っているのである。科学リテラシーの必要性は今後いっそう増してゆくであろう。しかしながら、従来の日本では、物事を科学的に考え、政策などの社会貢献につなげるための研究方法論の教育は十分であったとは言い難い。従って、「政策のための科学」の推進においては、科学と社会を結びつける能力を持つ人材の育成が急務である。本節では、科学と社会を結びつける能力を「政策のための科学リテラシー」と呼び、そのフレームワークを紹介する。具体的には、看護師の離職に関する研究を事例として取り上げ、9 ステップに分けて解説をする。

キーワード

科学リテラシー, 人材育成, 研究方法論

本文

欧米では、過去 10 年に亙り、政策のための科学が積極的に推進されてきた。代表的なものとして、米国 NSF のダッシュボード[*1]、豪州の SRP[*2]、フランスの SGMAP[*3] などが挙げられる。大学における教育プログラムとしては、ミシガン大学の Science, Technology, and Public Policy

* 京都大学学際融合教育研究推進センター政策のための科学ユニット　特任教授

[*1] https://labs.data.gov/dashboard/offices

[*2] http://www.science.gov.au/scienceGov/ScienceAndResearchPriorities/Pages/default.aspx

[*3] http://www.modernisation.gouv.fr/en/our-activities/evaluating-public-policy

Program[*4] や、カリフォルニア大学サンディエゴ校の Science Policy Internship Program[*5] が、よく知られている。

英国の University of Sussex Science Policy Research Unit は、エネルギー、産業経営・経済などの分野で大きな成果を上げると共に、ハーバードで大学との共同の科学技術による防衛政策に関する研究でも注目されている[*6]。欧州でも、The United Nations University Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology[*7] をはじめ、ノルウェーのオスロ大学[*8] が科学技術に基づく政策や、技術を発展させる科学的政策に関する研究を積極的に推進し、数多くの発表に結びついている。なお、日本では、CRDS の国内外教育研究プログラム調査（2017 年）によると、 少なくとも 43 の大学研究機関が科学技術イノベーション政策に取り組んでいる[*9]。

21 世紀も 20 年余りも経過した現在、科学的根拠の無い政策の施行は許される時代ではなくなりつつあるとはいえ、日本の大学における科学リテラシーの教育自体は旧態依然であると言わざるを得ない。欧米では、主要な研究大学の学部だけではなく進学高校にも “scientific thinking” に関する授業が設定されている[*10]。また、北米の学生を選抜する大学入試（SAT=学問適性試験）も、丸暗記ではなく、エビデンスに基づいて結論を導き出せるか、論理的な能力を測ることに主眼が置かれている。他方日本においては、主要な研究大学ですら、「科学的思考」、「科学方法」「科学リテラシー」に関する授業をほとんど開講していない。また、そうした教科教育を対象とする研究自体も、中等教育における理科教育を念頭に置いたものが圧倒的多数を占めており、高等教育レベルの文脈で論じたものは管見の限り見られない。だからこそ、SciREX の存在意義は大きいと言える。

とはいえ、科学リテラシーが扱う領域は、狭義の科学に限定される訳ではない。科学リテラシーは、狭義の科学（自然観察や実験等の手法によって原理・法則を見いだす自然科学、cf. 尾身, 1996）の概念や手法の知識・理解にのみ焦点を当てるものではなく、科学的な根拠に基づく政策の策定など、社会全体も研究対象とするものである。言い換えれば、「政策のための科学」も科学リテラシーの重要な一翼を担っているのである。そうした「政策のための科学」では、社会貢献につながる科学的な研究方法論の習得が重要になる。米国では、この研究方法論が、3 歳から 6 歳の児童を対象とした教育カリキュラムに意図的に組み込まれている[*11] 。ただし、「政策のための科学」の教育に積極的な米国においても、政策のすべてが科学的な根拠に基づいている訳ではなく、反科学的な政治家や市民も多数存在する。それでも、「エビデンスに基づく政策」というコンセンサスが行政官に浸透していることは確かで、「政策のための科学」の教育が殆ど行われていない日本とは対照的である。

以上から、科学リテラシーは「科学に関するリテラシー」ではなく、「政策のための科学的思考

[*4] http://fordschool.umich.edu/stpp; cf. http://ihpi.umich.edu/csp
[*5] http://aip.ucsd.edu/programs/ucdc/spip.html
[*6] http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/hsp/Harvard; https://sites.fas.harvard.edu/~hsp/about.html
[*7] https://www.merit.unu.edu/about-us
[*8] https://www.sv.uio.no/english/research/phd/structure/TIK.html
[*9] https://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2017-RR-03.html
[*10] Jurecki and Wander (2012)
[*11] https://www.scholastic.com/teachers/articles/teaching-content/scientific-thinking-step-step/

法リテラシー」であると理解した上で、簡単に紹介したい。具体的には、看護師の離職に関する研究 (中嶋文子 et al., 2015) を事例として取り上げ、概ね 9 ステップに分けてそのフレームワークを以下に解説する。

1　何が問題：（先行研究に基づく）詳細な定義と限定

日本人が試みられる何割もの研究は、トピックがボンヤリし過ぎて、限定不十分である。例えば「看護師と燃え尽き」と題しても、何をどのようにしたいかは、読者にも、研究者にもクッキリ見えてこない。「A と B」という題目ではなく、「A の中の B を何で改善できるか」というように、疑問符付きの研究課題がより限定しやすいものである。複数の要因が絡んでいる場合、一つだけに絞るとか、複数の対策を考えられるのならば、一つに絞るとか、複数の地域や対象群を考えられるのならば、一つに絞るとかいうプロセスは重要である。

2　問題を解決したら、誰の利益のために、誰が払うべきか

無限な財産と人材があれば、様々な問題を解決できよう。逆に、財産と人材は有限だからこそ、その有益な使い道を賢く検討せねばならないわけである。救急医療ではトリアージュという言葉も使うが、全ての問題を同時に解決できない場合、ほって置いても自然に治るものと、いくら努力しても治せないものとを後回しにし、最小限の投資で最大限の効果を得られる相手を最優先する事が、その発想である。小生が研究する看護離職の場合、「看護師の給与を 2 倍以上に上げる」という案は一見ご尤もだが、それだけ払う患者や病院もいなければ、国家予算でも無理な話である。患者・病院・国家にしても、看護師に離職されて欲しくないが、それだけの予算はかけられない。或いは、遺族カウンセリングを例にしても、「遺族は笑顔になった」という効果は望ましい限りだが、それだけでは、国も病院もカウンセラーの給与を払えないであろう。むしろ、遺族の健康が良くなり、仕事に復帰して納税が殖え、医療福祉の依存率が下がったために医療赤字が軽減された、という証明ができれば、その政策で得られる余剰の経費の一部を遺族カウンセリングにかけても良いことになろう。このように、コスト・ベネフィットの証明は無いなら、ただ「グッドアイディア」だけでは、政策に現実味がないのである。

3　問題の根本原因は何？　特定できるか？　それで改善できるか？

事件や事故などが生じてから、原因の究明は一種の常識にはなっているが、特定できない場合と、特定できても直せない場合は非常に多い。例えば地震や津波の原因が分かっても、だからと言って原因を止められるわけでもない。あるいは、自殺などには無数の要因が絡んでおり、「根本原因」などには絞り難い。看護師離職の場合も、仮に夜勤や休日勤務、責任感と業務上のストレス、認知症患者などが原因だと分かったところで、夜と休日に看護を一切やらず、責任と業務をいい加減にしておいて、認知症患者の看護を辞める、などというわけには行かない。つまり、原因究

明は、参考にすべきものではあるが、それがすぐ対策に繋がるとは到底言えないのである。

4　根本原因は直せないとしたら、考えられる対策は何？

では、原因は直せない場合、繰り返しを避けるための予防策をどのように考えられようか。地震や津波自体を避けられないならば、せめて地震や津波に弱い、活断層や海岸線の真上に原発の建設を避けられるであろう。あるいは、自殺の唯一根本原因などは特定できなくても、自殺する手段（拳銃や木炭）を制限することによって、自殺率を減らせるかも知れない。看護師離職の場合も、勤務条件は変えられないとしても、看護師のやりがい感を高めて、良い精神状態を守る方法があれば、辞められずに済むようになるかも知れない、などの仮説を思いつかれるであろう。

5　上記 3 ないしは 4 に基づく対策の前例・成功例はないか？（質的研究）

次に、問題の原因を避けられるか、手段で予防できるか、徹底的な先行研究で前例や成功例が調べたいものである。例えば北欧のサマータイム制度の導入によって、市民の電力消費を減らす政策が成功している国もある[*12]。但し余計に冷房を使われる地域では、その逆の結果も報告される[*13]。或いは、拳銃や木炭の販売を制限することで、自殺率を減らした香港のような例もある。病院によっては離職率は全く違うが、同じ勤務態勢と給与であっても、辞められる病棟と辞められない病棟のどこが違うか、ということを研究してみると、重要な対策を見付けることがある。また前例が多いほど、行政の方々に対しても後々説明・説得するためにも役立つ。

6　政策作成のため、何のデータが必要か

政策のための科学は、データを根拠にするわけであるから、事前に必要な裏付けとなるデータを重々検討しておかねばならないものである。そのデータの信憑性と応用性も重要になってくる。第一、自分でデータを探す前に、先行研究は既にどのようなデータを集めているか、複数の症例研究をメタ分析できないかなどと考える。自分で調査するとしても、新たな尺度は創造せず、既にその業界・分野で信憑性の高いものを借用する方が、後々まで比較できる対象になる。例えば、看護師の燃え尽きについては、Pines, Maslach, Zarit の 3 名の研究者がそれぞれ作成された種類の尺度は[*14] 世界的に使われているので、それぞれの強弱・長短を理解した上、最適なものを選ぶ。そして調査してしまってからでは、「これも訊いて置けば良かったのに」とはならないように、質疑と政策の論理的関連性を調査前に確認する。

[*12] https://doi.org/10/1016/j.enpol.2011.03.057

[*13] https://www.wsj.com/articles/SB120406767043794825

[*14] 全部 http://www.acqol.com.au/instruments/instrument.php でご参照。

7　新しいデータはどこから集められ、どう解釈できるのか（量的研究）

自分で調査を試みる場合、実現可能な対象群や、アンケートならその回答率も吟味せざるを得ない。後になって、「私たちのデータを使って欲しくない」と対象群に言われても困るので、事前にその使い道を説明して、許可を取る必要が生じる時もある。二種類以上の要因の関連性を解析したい場合、一方通行の関連性を保証できるか、それとも関連性を証明しても、因果は証明できないのとでは、その価値が全く違う。例えば患者の認知度と看護師の疲弊を関連づけた場合、疲弊が上がれば相手の認知度も上がるとは考え難いので、認知度→看護師疲弊という一方通行の論理は成り立つ。だが、同僚との関係の悪化は、疲弊の原因とも結果とも成り得るので、相関性を示しただけでは、どちらが原因かは言えない。また対象群の代表性や問題解決への関連も重要である。代表的とは言いきれない対象群を計っても、政策提案の際に説得力を欠くこととなるので、データの論理と応用を耐えず念頭に置きたい。

8　量と質的研究によって、パイロット対策の実行と評価を検討

データを解析した上で、問題対策の介入法を企画したいが、一気に全国的な政策は実行できない。その前に、確認と評価できる程度の小規模のパイロットとして始めることが良い。例えば、看護師のやりがい感や自己成就感の欠如は燃え尽きの大きな原因であることを、中嶋他の研究で発見・証明できた。次のステップは、近くの病院の看護師定期研修会で、看護師のやりがい感や自己成就感を高める介入を試みることにした。看護師のやりがい感や自己成就感を高める研修や面談、また簡単な質問紙を加えてみた。後に、以前と同様なアンケート調査を行うと、やりがい感や自己成就感のみならず、それによって燃え尽き要因は軽減・延長された傾向が見られ、介入の有用性は評価できたのである。

但し、自己成就感を高める研修や面談が行えたのは、やりがい感研究に詳しい同僚であった。介入は有益とわかっても、その数名の同僚は全国をカバーできない。従って、看護師定期研修にやりがい感や自己成就感を高める教材を用いることや、ファシリテーターを育成することが、問題対策の介入法として残された課題となる。

9　どの政策者に紹介すれば、利点を理解し、実行する権限を持つのか

上記の３でも、根本原因が分かっても解決策には及ばないと指摘した。同じ様に、良さそうな改善策を実験的に証明しても、行政や企業はそれを政策まで取り入れてくれるとは必ずしも限らない。実社会で取り入れてもらうには、実験や統計学的証明だけでは足りない。人々に、これまでに

やっていない行動を取って頂くためには、その人々が動き出すだけの利益を宣伝して、信じてもらわねば始まらないのである。無論、行政や企業を説得する作業自体は、大学の研究外と言えよう。しかし、実現は到底見込めないならば、研究自体は虚しくなる。つまり、前もって、権限を持つ責任部局や有力者の誰々に対して、どのようにアピールできるかを考えて置く必要がある。

今後は少しずつ、産学官連携が実現すれば、学者の研究結果を実社会（産と官）に伝えるチャンスは増えるかも知れないが、その交流が増えたからと言って、学者の証明した政策を即に取り入れてもらえるとは考え難い。つまり、政策のための科学を試みている初期段階からでも、本研究のセールズポイントを明快に熟慮する必要がある。例えば、「これだけの人材と経費をこの政策に投資しておけば、どれくらいの人材がさらに働けて、結果的にどれくらいの経費削減につながるのか」というような質問を、データに基づいて試算して、政策者に対して分かりやすく訴えられる様に準備しておく。それだけでも十分条件とは限らないが、そのような利点は考えられない場合、実際に政策のための科学には到らないのである。

10　結語

上記で見てきたように、大学で育てるべき科学リテラシーは、単なる数学の計算法や化学の元素周期表の暗記という意味ではない。むしろ根本から物事を科学的に考えることである。問題の定義や設定、データの収集法と分析法、さらにはそれを問題解決に結ぶ論理と説得力までも必要と言えよう。ジョン・デューイが提唱した様に[*15]、この類の科学リテラシーは大学院教育に限ったものではなく、いずれは全国民に学ぶべきものとも言えよう。たとえそれが高すぎる理想だとしても、取り敢えずは、STIPS の政策のための科学プログラムにおいては、上記の様な考え方をしっかりと身に付けて頂くよう、教育していきたいものである。

References

Albert, M. and Laberge, S. (2007). The legitimation and dissemination processes of the innovation system approach: The case of the Canadian and Quebec science and technology policy. *Science, Technology, & Human Values*, 32(2):221–249. http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0162243906296854.

Arnold, G. (2014). Policy learning and science policy innovation adoption by street-level bureaucrats. *Journal of Public Policy*, 34:389–414. https://www.researchgate.net/profile/Gwen_Arnold/publication/270955740_Policy_learning_and_science_policy_innovation_adoption_by_street-level_bureaucrats/links/57e1ee8708ae427e2957eff5/Policy-learning-and-science-policy-innovation-adoption-by-street-level-bureaucrats.pdf.

[*15] Wickman et al. (2011); cf. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK396086/

Blind, K. and Grupp, H. (1999). Interdependencies between the science and technology infrastructure and innovation activities in german regions: empirical findings and policy consequences. *Research Policy*, 28(5):451–468. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733399000074.

Hassanzadeh, A., Namdarian, L., Majidpour, M., and Elahi, S. (2015). Developing a model to evaluate the impacts of science, technology and innovation foresight on policy-making. *Technology Analysis & Strategic Management*, 27(4):437–460. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2015.1007035.

Jacob, M. and Hallonsten, O. (2012). The persistence of big science and megascience in research and innovation policy. *Science and Public Policy*, 39(4):411–415. https://academic.oup.com/spp/article-abstract/39/4/411/1672307.

Jurecki, K. and Wander, M. C. F. (2012). Science Literacy, Critical Thinking, and Scientific Literature: Guidelines for Evaluating Scientific Literature in the Classroom. *Journal of Geoscience Education*, 60(2):100–105. https://doi.org/10.5408/11-221.1.

Laranja, M., Uyarra, E., and Flanagan, K. (2008). Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting. *Research policy*, 37(5):823–835. http://www.ccdr-lvt.pt/files/8d04a838c392d2f0d7ce838ada888ca1.pdf.

Leitch, S., Motion, J., Merlot, E., and Davenport, S. (2014). The fall of research and rise of innovation: Changes in New Zealand science policy discourse. *Science and Public Policy*, 41(1):119–130. http://dx.doi.org/10.1093/scipol/sct042.

Martin, B. R. (2012). The evolution of science policy and innovation studies. *Research Policy*, 41(7):1219–1239. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331200073X.

McGreavy, B., Calhoun, A., Jansujwicz, J., and Levesque, V. (2016). Citizen science and natural resource governance: program design for vernal pool policy innovation. *Ecology and Society*, 21(2). https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1105&context=mitchellcenter_pubs.

Molas-Gallart, J. and Davies, A. (2006). Toward theory-led evaluation: The experience of european science, technology, and innovation policies. *American Journal of Evaluation*, 27(1):64–82. https://doi.org/10.1177/1098214005281701.

Morlacchi, P. and Martin, B. R. (2009). Emerging challenges for science, technology and innovation policy research: A reflexive overview(special issue: Emerging challenges for science, technology and innovation policy research: A reflexive overview). *Research Policy*, 38(4):571–582. https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.021.

Padilla-Pérez, R. and Gaudin, Y. (2014). Science, technology and innovation policies in small and developing economies: The case of Central America. *Research Policy*, 43(4):749–759. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873331300190X.

Pennock, A. (2011). The Case for Using Policy Writing in Undergraduate Political Science Courses. *PS: Political Science & Politics*, 44(1):141–146. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/CFA5A49AA757AF6D8CFAF9D057E4C651/S1049096510002040a.pdf/the-case-for-using-policy-writing-in-undergraduate-political-science-courses.pdf.

Pieczka, M. and Escobar, O. (2013). Dialogue and science: Innovation in policy-making and the discourse of public engagement in the UK. *Science and Public Policy*, 40(1):113–126. http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scs073.

Salazar, M. and Holbrook, A. (2007). Canadian science, technology and innovation policy: The product of regional networking? *Regional Studies*, 41(8):1129–1141. https://doi.org/10.1080/00343400701530865.

Vignola-Gagne, E. (2013). Argumentative practices in science, technology and innovation policy: The case of clinician-scientists and translational research. *Science and Public Policy*, 41(1):94–106. https://academic.oup.com/spp/article-abstract/41/1/94/1697275.

Wickman, P.-O., Linder, C., Östman, L., Roberts, D. A., Ericksen, G., and MacKinnon, A. (2011). Scientific literacy as Action. In Linder, C., östman, L., Roberts, D. A., Wickman, P.-O., Ericksen, G., and MacKinnon, A., editors, *Exploring the Landscape of Scientific Literacy*, pages 145–159. Routledge, NY. https://www.routledge.com/Exploring-the-Landscape-of-Scientific-Literacy/Linder-Ostman-Roberts-Wickman-Ericksen-MacKinnon/p/book/9780415874366.

Williamson, B. (2015). Governing methods: policy innovation labs, design and data science in the digital governance of education. *Journal of Educational Administration and History*, 47(3):251–271. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00220620.2015.1038693.

Wooden, R. (2006). The Principles of Public Engagement: at the Nexus of Science, Public Policy Influence, and Citizen Education. *Social Research: An International Quarterly*, 73(3):1057–1063. https://muse.jhu.edu/article/537202.

Zoss, A. M. and Borner, K. (2012). Mapping interactions within the evolving science of science and innovation policy community. *Scientometrics*, 91(2):631–644. https://doi.org/10.1007/s11192-011-0574-8.

中嶋文子, カール・ベッカー, 赤澤千春, 寺口淳子, 小野千秋, 渡辺美佳, 浜崎美子, 栃岡千香子, 東真理, and 山田利恵 (2015). 早期離職した看護師のストレス対処能力（SOC：Sense of Coherence：首尾一貫感覚）と退職理由の関係について. **医療の広場**, 54(4):7–10.

関連データ・ソース

科学政策ブリーフ（Policy Brief）の基礎（Literacy）に関するサイト

- ジョンズ・ホップキンズ大学 https://www.jhsph.edu/research/centers-and-institutes/womens-and-childrens-health-policy-center/de/policy_brief/index.html
- ノースキャロライナ大学 http://writingcenter.unc.edu/policy-briefs/
- カリフォルニア大学 https://policyinstitute.ucdavis.edu/informing-policy/policy-briefs/policy-briefs-101/
- ニューキャッスル大学 http://toolkit.northernbridge.ac.uk/essentialskills/communicatingforpolicyaudiences/writingapolicybrief/

無料の国内ビッグデータサイト

- http://www.data.go.jp/
- http://datameti.go.jp/data/ja/dataset
- http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortalE.do
- http://www.ncd.or.jp/

無料の国際的なビッグデータサイト

- http://data.un.org/
- http://www.who.int/gho/en/
- https://data.unicef.org/
- https://www.ehdp.com/vitalnet/datasets.htm
- http://data.europa.eu/euodp/en/data/
- http://www.census.gov/data.html
- https://www.healthdata.gov/search/type/dataset
- https://data.gov.uk/

産業・エネルギー・世論、可視化 に役立つサイト：

- http://www.iea.org/statistics/
- http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1118783123
- https://datasource.kapsarc.org/pages/home/
- https://www.kaggle.com/datasets
- http://data.worldbank.org/
- http://landmatrix.org/en/
- https://www.gapminder.org/data/
- https://ropercenter.cornell.edu/polls/dataset-collections/
- http://wiki.dbpedia.org/projects/sparklis
- http://www.visualdataweb.org/relfinder.php

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- 「政策のための研究方法論演習」（京都大学）
- 「科学技術コミュニケーション演習」（京都大学）
- 「科学技術イノベーション政策特別演習」（京都大学）

4.1　STI 政策の政策効果評価の把握のためのフレームワーク

黒田昌裕 *　　原泰史 †

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 26 日

リード文

科学技術イノベーション政策は、政策による基礎科学、応用科学、技術開発研究推進の効果とその成果の社会実装による社会の新しい価値創造への影響を一貫性をもって把握し、戦略的に、社会の課題解決にむけて進めることがもとめられる。その基盤としての「科学技術イノベーション政策」を客観的、科学的根拠に基づいて行うという「政策の科学 (Science of Science Policy)」の確立が求められる所以でもある。現代の社会課題の解決には、現代の科学の各分野、領域が複雑な連携性をもつのみではなく、科学の進歩とその社会への導入が自然環境のみならず、社会を構成する人間の価値観の形成環境にまで影響を及ぼす可能性をもつという現状への実体を明確に認識する必要がある。そこでは、各種の科学技術イノベーション政策の実行の社会経済的影響を事前的、事後的に評価することが極めて重要な課題となる。本節では、こうした問題意識のもと、科学技術イノベーション政策の社会経済的影響を評価するにあたっての枠組みと課題を整理しておきたい。

キーワード

政策オプション、政策形成メカニズムと政策科学の共進化

本文

1　政策オプションとは

ある特定の課題を決めて、その政策課題の達成を実施しようとした時、目標達成に向けた政策シナリオに対応して、幾つかの選択可能な政策手段が施策として考えられる。その際、施策に際しての選択される政策手段によって、政策目標の達成度や施策推進にともなう社会経済的影響の差異が

* 慶応義塾大学名誉教授・政策研究大学院大学客員教授
† パリ社会科学高等研究院ミシュランフェロー (前 政策研究大学院大学 SciREX センター専門職)

生じることが予想される。政策の立案と施策の実行に関しては、最終的な責任は、政府当局や行政が責任を負うことは論を俟たないが、政策立案、施行に際して、選択された政策手段によって、それぞれ目標達成度や社会的影響に差異のあることをエビデンスとして示した上で、国民の理解と実施への合意をもとめることも、政策実施者の国民への説明責任であると考えられる。課題解決に向けての政策手段の目標達成度や社会経済的影響を政策実施の事前・事後で評価し、選択可能な政策手段の政策的意味づけを明らかにするための提案を、ここで「政策オプション」と呼んでおこう。もちろん、ここで提案する「政策オプション」の策定の手続きそのものの妥当性を評価する、よりメタなレベルでの評価が必要とされることも考えなければならない。後述の図２で示すように、政策課題設定の妥当性を評価するためのＰＤＣＡのサイクルを回す体系が上位概念として前提されていることは念頭に置かなければならない。

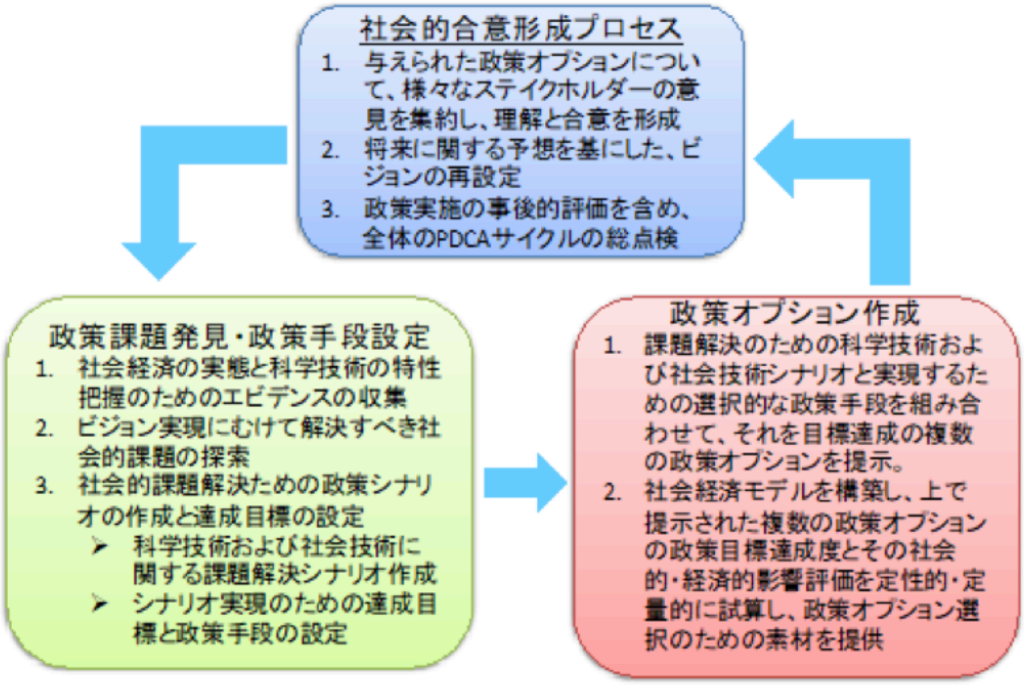


図 1　政策オプションと政策プロセスの概念図
出所: 執筆者作成。

2　「科学技術イノベーション政策の科学」における政策オプション作成の意義

人類の哲学的思考が 17～18 世紀、"神の創造を解読"することから解放されて、"自然の謎を解く"という人類の知的好奇心を満たすもの、いわゆる"Curiosity-driven"の科学 (Science) へと進化したことによって、自然科学に革命的な発展を齎し、人類の発展に大きく寄与することになった歴史

的経緯は、多くの科学史の研究の示すところである。さらに 19 世紀から 20 世紀には、古典物理学のパラダイムから、マックスウエル、プランク、アインシュタイン、ボーアなどの近代物理学のパラダイムへの変革を経て、電磁気学、量子力学、生化学、情報科学、材料科学、生理学、医学などの諸分野にわたって、基礎科学のみならず、応用科学、技術開発へと急速な進展を見せてきた。とりわけ、19 世紀末に開花した物質の構造解明は、20 世紀には、新しい材料を生み、情報技術にも浸透して、大量の情報処理を高速で可能にする Computer の開発に結び付いている。いわゆる情報革命の進展である。21 世紀に入って、この情報処理技術は、通信技術とも結び付いて、インターネットという、新しいグローバル世界の情報伝搬・処理技術、さらには、AI（人工知能; 人工頭脳）の開発、量子コンピューターへの進化など、あらゆる科学分野で革命的に深化を招来している。一方で、基礎科学の深化とその応用技術の社会への浸透が、新たに人類に、環境破壊や生態系、さらには、社会の構造にも影響を及ぼし、必ずしも科学の発展が、もはや自然科学の智見ものでは、解決できないと思われる、先験的に予期できない課題を生み出す、いわゆる「トランス・サイエンス時代（Trans-Science Age)」と呼ばれる世界を生み出している。そこでの人類の科学の分析対象は、もはや、"自然の謎"を解くという素朴な好奇心を満たすことのみを開発の動機とするだけのもでは止まらなくなっている。自然現象の解明を目指した科学の進歩とその知識を礎とする技術の社会への導入が、人類社会の発展過程に加速的変化をもたらし、他方で、その変化の自然現象への反作用が自然環境のバランスに変移を齎している。そこでは、人類が培ってきた倫理感や法の理念にも再構築を余儀なくさせ、更にはまた、新しい科学を生み出して、未解決の課題の解決に取り組まなければならないという不可避的な循環的構造を生み出している。したがって、そこでは、科学技術の発展に人間と自然とを巻き込んだ作用・反作用の連鎖現象を包括的に分析対象とするという視野の拡大を余儀なくさせているのである。科学の領域もこの包括的な分析対象に対応すべく、個別の discipline ベースの科学の領域を超えた、学際的な (Inter-displinary)、分野融合的（Multi-displinary）な発想による、課題発見的（"Issue-driven"）かつ　課題解決的（"Issue-solving" な）ものへと複合的な変化を遂げつつある。そしてまた、こうした科学の対象領域と分析対象の変化に対応して、科学技術政策もまた、従来の各科学分野での基礎科学から、応用科学、そして開発科学へと単線的で線形の進展を推進するだけではなく、積極的に社会の課題を発見し、その課題発見のための科学的知見を、科学領域を超えて課題の解決に向けて融合し、技術を育み、社会のシステムのイノベーションを戦略的に誘導するという多角性が求められるようになってきている。

各国政府は、「科学技術イノベーション政策の科学」を推進し、客観的根拠（エビデンス）に基づく政策の企画立案、その評価及び検証結果の政策への反映を進めるとともに、政策の前提条件を評価し、それを政策立案等に反映するプロセスを確立することを目指している。わが国でも、平成 23 年度には、「科学技術イノベーション政策の科学の推進（Science for RE-designing Science, Technology and Innovation Policy : SciREX）」事業が開始され、エビデンス・ベースの科学技術イノベーション政策の構築にむけての科学的方法論の検討とその科学としてのデシプリンの確立をめざして、事業プログラムを進めてきている。科学技術イノベーション政策の科学性の追求は、1) 現代社会の科学技術の俯瞰とその科学特性の把握、2) 現代社会の解決すべき課題の発掘と明確化、3) その課題解決のための社会技術やシステムの変革を含む科学技術イノベーション政策手段の選択と

その影響評価、いわゆる選択可能な政策オプションの作成、そして 4) その政策意図の国民への説明責任と国民各ステークホルダーの理解の醸成、5) 科学技術イノベーション政策を担う人材の養成、さらには、6) これら諸課題にまたがるエビデンスの集積を体系的におこなうデータ・情報システムの開発などの諸課題を軸に進められてきた。　この事業の推進の背景には、以下のような基本的考え方がある。

1. **課題解決型科学技術イノベーション政策**：科学技術の基礎・応用・開発にわたっての分野横断的な深化とその成果の社会実装による新しい価値創造（イノベーション）によって、その社会が有する課題の解決に資することを目標に、その推進をはかること。
2. **Science of Science Policy の探求**：その推進の事業は、社会の課題発見と現代科学の特性の科学的な認識に関する客観的な観察事実 (Evidences と Facts) に基づいて、科学的な合理性をもって推進されるべきこと。
3. **政策立案過程の透明性と政策推進に際しての国民への説明責任**：政策立案過程の透明性とその内容の国民への説明責任を維持し、政策の立案への科学的な助言の役割を担う科学者とその助言に基づいて政策を立案し、実施する政治、行政は、補完的な関係において協働し、政策の科学的中立性が担保されているべきこと。
4. **政策評価の事前的・事後的評価**：政策の立案、実施にあたり、複数の選択可能な政策手段の選択肢を示し、その社会、経済への影響の評価をおこない、それを政策選択のオプションとして示すことによって、政策立案プロセスの透明性を科学的に担保すること。さらには、選択された政策の事後的評価を行い、政策実施の PDCA サイクルを構築すること。
5. **科学者・政策立案者・政策実施者の行動規範の確立**：学術・行政・政治のそれぞれが、国民の立場にたって、自ら規範を律し、お互いの立場と役割を尊重して行動し、社会のイノベーションを推進すること。

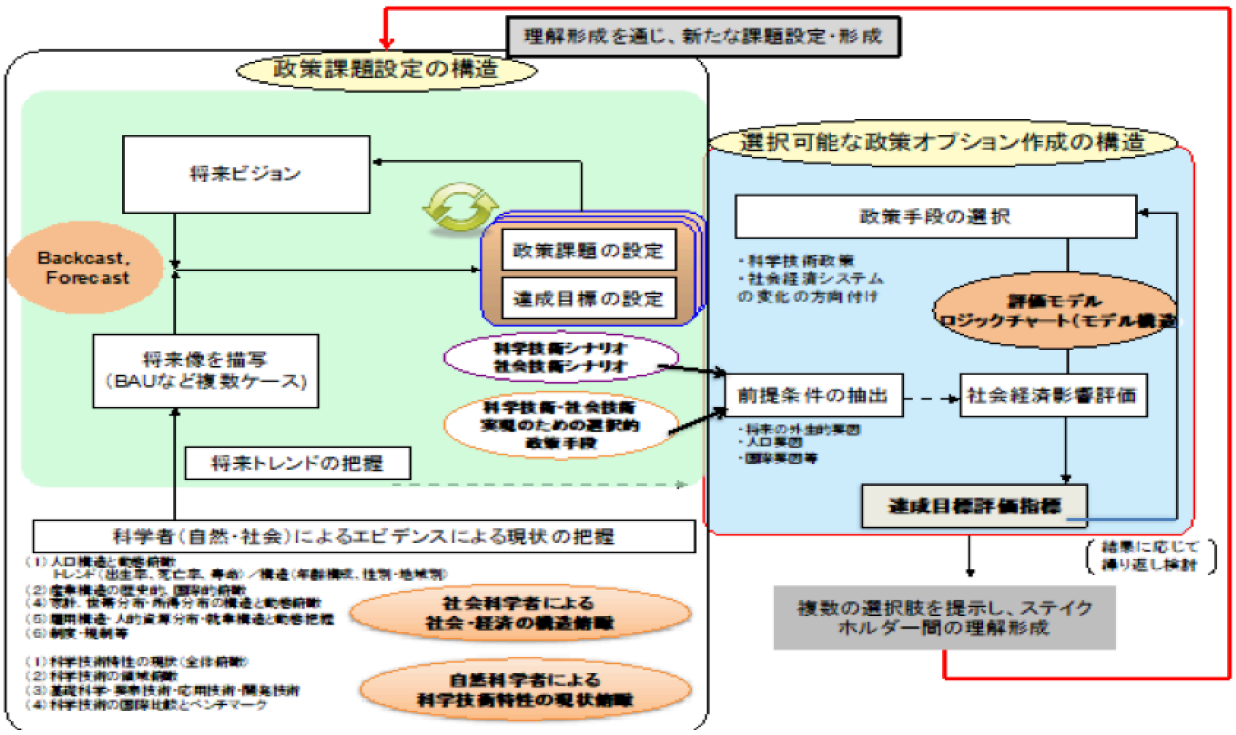


図 2　「政策のための科学」における選択可能な政策オプション作成のフレームワーク
出所:執筆者作成 ：参考　JST-CRDS (2010)

3　政策課題の設定の構造

図 2 の左側のブロック「政策課題の設定の構造」では、まず、科学技術イノベーションによって解決すべき課題の設定をおこなう。課題の設定は、まず、現状の科学技術の俯瞰とその特性の把握と現状の社会経済の状況の俯瞰的観察によって、科学技術ならびに社会経済の現状の認識を明確にすることから始める。左側のブロックの最下段の「エビデンスによる現状の把握」がそれである。そこでは、『自然科学者による科学技術特性の俯瞰』によって、現状の科学技術の水準、領域間の相互依存性、各科学領域の特性の把握など、各領域の科学者の知見を集約して、現在の科学技術の構造特性を俯瞰する。我が国の科学技術構造特性の俯瞰に際しては、他の先進諸国をベンチマークとして、比較することによって、我が国の特性をより明らかにできるであろうし、各科学領域への研究資金等の配分（Funding）と研究開発の成果を結びつける計量書誌学的なデータによる解析も有効であろう。また成果を論文数や特許数といった形でとらえるだけではなく、各分野の人材育成の状況を把握することも成果を測る重要な指標となり得る。もう一つのこのブロックの観察は、『社会・経済の現状の俯瞰的観察とその構造化』である。これは、現状の社会経済が抱えている顕在的な課題のみならず、潜在的な課題を見いだすことが目的となろう。ここでは、国民一人一人の素朴な実感から見える課題の発見もあり得るし、各種の自然科学者や人文社会科学者によるデータの解析によって発見、解析される課題もあり得る。気象学者が観察によって温暖化現象を発見した

り、人口構造の変化から、産業や企業の労働力需給に関する変化を推察して労働市場の課題を発見したり、グローバル経済の中での産業の国際競争力の課題や産業構造の課題を発見することもあり得る。社会経済の現状把握に関しては、資本、人口（労働)、エネルギー、資源など生産要素の賦存状況、財やサービスの需給状況と産業・企業の生産性の推移、さらには、人々の価値観の変化など、社会学、経済学、人口学等社会経済の現状を把握する体系的なデータの収集が不可欠である。

一方、このブロックでは、この『科学技術特性の俯瞰』と『社会・経済の現状の俯瞰的観察と構造化』を通じて得た現状の課題に対して、将来に向けての解決すべき課題を明確化するプロセスが次に発生する。それは、将来どのような社会を創っていくか？また国民がどのような社会を望んでいるか？という、我が国の将来像に関するビジョンに対比されるものであり、その将来ビジョンにもとづく将来像と現状の社会像とのギャップを埋めることが、政策に課せられた課題であり、目標となる。このプロセスでは、ギャップを埋める施策が、科学技術の深化とその社会システムへの導入によって解決されるべき、もしくは解決可能な課題であるかどうかを見極めることになる。そしてもし科学技術によって解決される課題であると同定された場合には、将来像の実現の時点を設定したうえで、そこで、科学技術に要求される機能を明確にし、その機能を満たすことのできる科学技術の水準への到達が現在の水準からの自然体のトレンドとして、何処まで達成可能か？もし望ましい技術水準とのギャップがあると想定される場合には、どのような政策手段によって、そのギャップを埋めることができるか？を考えることになる。現状からの将来予想と将来のあるべき姿を比較する、予測型 (Forecast) による解析とは逆に、将来あるべき姿を描いた上で、その技術水準にいたるまでの技術の発展経路を将来像から現在に引き戻すかたちで描くことによって、現実の技術水準と将来の望ましい技術水準比較することによって、仮想的な理想の技術水準と現在の技術水準とのギャップを測り、そのギャップを埋めるという将来あるべき姿を実現するために現在をどのうに変えていくべきかを、引き戻し型 (Backcast) による解析する方法もあり得る。いずれにしろ、現状の科学技術の水準と将来の技術水準の達成目標とのギャップをうめる科学技術の深化に関しての目標値が時間的な経路をふくめ設定されることになる。これを、課題解決にむけての『科学技術シナリオ』と呼んでおく。そして、その『科学技術シナリオ』の実現に向けては、選択可能な幾つかの政策手段が用意されることになる。選ばれた政策手段の実行が、科学技術推進の開発を促し、望ましい科学技術の進展が実現されるかどうかは、資源配分の領域間の配分や推進の戦略の的確さや開発の成功・不成功の確率的な要素を含んで時間的なロードマップとして想定される。また、一方で、この『科学技術シナリオ』を社会で実装を図るためには、社会制度やその設計に係る『社会技術シナリオ』が併せて用意されなければならない。科学技術研究開発に伴う開発の調達は、政府が行うにしろ、民間の経済主体が行うにしろ、その資金調達の方法とその源泉が社会システムとして設計されなければならないし、開発された技術の社会実装には、社会システムの変革が必要な場合が多い。そして、その両シナリオ自体、実現の過程では、不確実性を伴う確率的要素を含んでいることを認識することも重要である。

4　選択可能な政策オプション作成の構造

確率的な要素を含んだ『科学技術シナリオ』と『社会技術シナリオ』のロードマップとそれを実現するための政策手段とが、選択可能な、複数のオプションとして描かれることになる。「政策手段の選択肢として考えられる複数のオプション」から、「どのオプションを選ぶか？」を社会の各種のステークホルダー間で議論し、理解と合意を形成するプロセスへの議論の材料の提供が必要である。そこでの議論の材料は、それぞれの政策オプションの政策手段の実施が、「政策目標を達成しうるかどうか？」、またその政策手段の選択が、「社会的・経済的に如何なる影響を及ぼすか？」に関してのエビデンスを提供できるものでなければならない。それが、図 2 の「政策オプション作成の構造」のブロックの役割である。

前段の「政策課題の設定」のブロックにおいて、同時に課題の達成目標と課題達成のための『科学技術シナリオ』と『社会技術シナリオ』、そしてそのシナリオを実現するための複数の政策手段の選択肢がオプションとして示される。その複数の選択肢に対応した政策目標の達成度と社会的・経済的影響評価をセットとして示すのが、政策オプション作成である。そして政策オプション作成の方法論は、いろいろな手法が考えられる。計量経済学的な手法 (Econometric Method) によるモデルによるシミュレーション、多様なステークホルダーの意思決定の多様性を確率的に表現することによって政策手段の影響を測るエージェント・モデル (Agent Model) によるシミュレーション、実験経済学による検証手法、影響評価のサーベイ調査などによる記述的な評価法など各種の方法が考えられる。いずれの方法論を用いるにしろ、ある政策手段の実施による、その社会経済的な影響評価は、体系的な整合性を前提に、定量的、定性的な影響評価指標によって示され、選択可能な複数の選択手段の功罪を評価し、その選択の意味を明らかにし、透明性をもって、政策選択プロセスを進める議論の材料を提供することになる。図 2 の右側最下段に示したように、政策オプションは、各種のステークホルダーの間で、政策への理解と合意を形成することに資するものでなければならない。政策オプションによって、描かれた経済社会への影響評価が、将来ビジョンに照らして、当初の課題設定の時点で想定していた以上の付加的な影響を及ぼすことが示された場合には、政策手段の選択のみならず、課題の設定の再考という可能性もあり得る。

この PDCA のサイクルの過程では、図 3 にしめしたように、科学政策の科学 (Science of Science Policy) を担うアカデミアとその助言にもとづいて政策の立案・実施 (Policy for Science) を担う行政者との協働と共進化が期待され、そのプロセスでの明確な説明の説得性と透明性の確保が、政治と国民の間で共有化されることが重要である。以下の図 3 を参照してほしい。

「科学技術イノベーション政策の科学」では、観察と分析による科学技術および経済社会状況の俯瞰、その俯瞰的な観察と分析を踏まえた政策課題の設定、政策目標と『科学技術および社会技術シナリオ』とそれを実現するための複数の政策手段の選択肢の提示、政策オプションによる政策評価、政策決定への理解と合意の形成というプロセスをへて政策の実行にいたるという政策決定のプロセスを考えている。それに政策の実施の事後的影響評価が加わって、合理的な科学技術政策の科学方法論が精度を充実していくことになる。また、そのプロセスでは、解決すべき社会課題の発

見、発掘と科学技術シナリオ、社会技術シナリオの作成、政策手段の抽出、政策オプション作成の各段階において、観察、分析の理論的枠組みとその実験計画のもとでのエビデンス蓄積のためのデータの収集が必要となる。それを整理したものが、表 1 である。

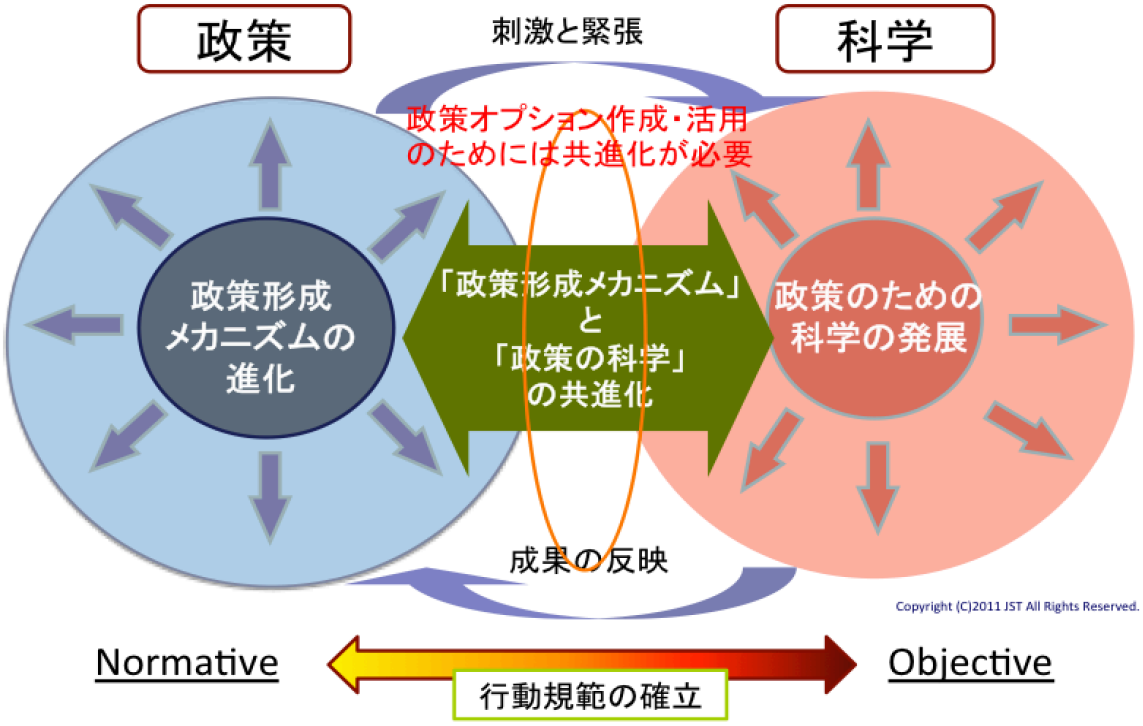


図 3　「政策形成メカニズム」と「政策の科学」の新たな連携による共進化
出所:　JST-CRDS (2010)

表 1　政策課題の発見、科学技術・社会技術シナリオ作成、政策手段の抽出、政策オプション作成のためのデータ構造: 選択可能な政策オプションの作成とその政策立案プロセスへの反映

	課題の発見・発掘～科学技術・社会技術シナリオ作成		政策オプションの構築
	科学技術の俯瞰と特性 科学技術シナリオ	社会経済の俯瞰と特性 社会技術シナリオ	
現状把握・観察型資料	・Science Knowledge Mapによる科学技術のLinkageの把握：現状とベンチマーク ・科学技術に関する計量書誌学的分析による科学技術の現状発展段階の把握 ・科学技術FUNDING−論文−特許など INPUT−OUTPUT の実績把握 ・科学技術人材の分布	・社会経済の現状把握：人口分布、資源賦存分布、市場の競争条件、産業の供給特性、消費者の需要特性、生産効率性と国際競争力、所得分布と格差 ・社会制度の構造：法的規制および各種制度設計の現状 ・科学技術の社会実装と制度設計の現状	
現状構造・分析型資料	・科学技術知識ストックの特性分析 ・科学技術の水準の強弱：時系列および横断面解析による現状課題に発見 ・科学技術ロードマップ ・FUNDINGシステムの課題発見 ・人材育成システムの課題発見 ・課題解決に向けての科学技術による課題解決の可能性の同定	・社会経済の特性と構造把握 ・社会経済の課題の特定と社会システム、制度の改善改革による課題解決の可能性の同定 ・社会経済の国民の期待の発見	・国民経済計算、産業連関表等時系列データ ・有形・無形固定資産フロー＆ストックデータ ・政策オプション構築のためのシミュレーションモデルの構築 ・政府R&D投資（科学技術関連統計）　・政策手段の選択による社会経済的影響評価のシミュレーション実験と政策オプションの作成の関連データ
前提条件予測型資料	・科学技術の発展の将来見通し ・科学技術発展のロードマップ ・科学技術の深化に向けての戦略的重点化領域の特定	・人口構造の将来分布の予測 ・資源賦存の将来予測 ・国際的社会経済の地政学的予測	・科学技術シナリオ ・社会技術シナリオ
政策手段抽出資料	・科学技術の戦略的重点化領域の選定 ・FUNDUNG 制度の枠組みと提言 ・科学人材の育成プログラムの枠組み	・科学技術の社会的実装への社会経済的政策手段：規制緩和、税制等優遇措置等の枠組み　・知財管理制度等の枠組み	

（出所）執筆者作成

References

JST-CRDS (2010). エビデンスに基づく政策形成のための「科学技術イノベーション政策の科学」構築ー政策提言にむけてー. 戦略提言 CRDS-FY2010-SP-13, JST-CRDS. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2010/SP/CRDS-FY2010-SP-13.pdf.

Zucker, G., Darby, M., and Armstrong, J. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science*, 48(1). https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274.

原泰史, 壁谷如洋, and 小泉周 (2017). ノーベル賞受賞者の特性分析から見える革新的研究の特徴 (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):26–40. https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245697/.

原泰史 and 木内満歳 (2017). Elasticsearch と科学技術ビッグデータが切り拓く日本の知の俯瞰と発見. 産業技術大学院大学. https://www.slideshare.net/yasushihara/elasticsearch-15-spias.

原田裕明, 小柴等, 池内健太, 原泰史, 黄俊揚, 黒田昌裕, et al. (2017). 科学技術イノベーション政策立案のためのデータプラットフォーム: テキストマイニングによる科学技術分野の同定. In 年次学術大会講演要旨集, volume 32, pages 344–347. 研究・イノベーション学会. https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/15004/1/kouen32_344.pdf.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/3161/1/NISTEP_DP142_FullE.pdf.

齋藤裕美 and 牧兼充 (2017). スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):42–56. https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245706/.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.2.1 科学技術イノベーションに係る主な評価指標

原 泰史 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 26 日

リード文

科学技術およびイノベーションの成立は長い時間を要する取り組みである。従来研究は事象あるいは科学領域を特定することで、定性的にその要因を解析することに主眼をおいていた。しかしながら、データベースの充実、オープン化、研究者が活用できるコンピューティングパワーの増大、および、評価手法の理論的な発展により、今日では特許、論文、あるいは競争的資金等各種の Funding に係るデータベースを接合し合うことで、定量的に科学技術の様相を解析することが可能になりつつある。

キーワード

データベース, 特許, 論文, ビッグデータ

本文

1　科学技術イノベーションに係る主な評価指標

科学技術の評価はこれまで、特定事象および年代、あるいは状況にフォーカスした調査が中心にして行われてきた。しかしながら、データのオープン化およびコンピューティングパワーの増大により、昨今では国レベルのマクロデータと研究者レベルのマイクロデータのより細密な分析、あるいはデータ間を接合し合うことで、より長期間かつ、構造的変化を見据えた上で解析することが可能になりつつある。図 1 に, 科学技術に関わる指標およびその関係性を示した。今日科学技術イノベーションを解析するにあたり利用可能なデータを, (1) マイクロ (micro) レベル, (2) メソ (meso) レベル, (3) マクロ (macro) レベルの三点に大別すると, (1) および (2) に係る指標としては、特許および学術論文の書誌情報データが広く活用されている。これらのデータでは、研究活動のアウトプットである学術論文および特許について、どのような組織の人間が、いつ、どこで、どのような

* パリ社会科学高等研究院ミシュラン　フェロー (前 政策研究大学院大学 SciREX センター　専門職)

資金を活用して論文ないしは特許を執筆し、それがどのような既存研究を参照し、かつどれほど他の論文や特許で、どのような目的を持って活用されたかを、評価することが出来る。また昨今では、特許の非特許文献情報を網羅したサイエンスリンケージデータも活用されつつある。これら特許および学術論文を生産するにあたっては、主に日本の大学および研究機関に所属する科学者の場合、科学技術研究費 (科研費) に代表される競争的資金を活用している。こうしたインプットデータも、科学者の行動を測定・評価する上では重要な指標のひとつであるといえよう。

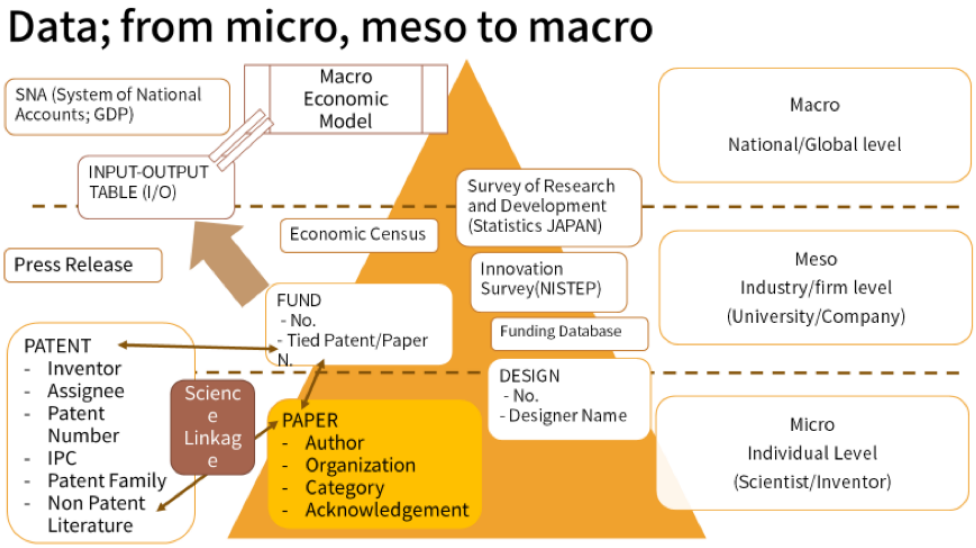


図 1　科学技術イノベーションデータの関係性
出所：筆者作成

また、近年の研究ではこれらインプット＝アウトプット間の関係性についてのみならず、科学技術の研究活動によって生み出された新たな知見がどの程度実際の生産物へと結びついたのか、すなわち、社会的な効果を持ちうるイノベーションへと結びついたかを測定することを目的として、製品データベース、プレスリリースデータベースなどに記載された製品の委細情報、主な開発者名、価格、対象消費者僧など、アウトカムを指し示しうる指標についても着目されつつある。しかしながら、ライフサイエンス産業、特に低分子医薬品を除き、多くの産業において特許と製品は 1:1 の対応関係にはない。このように、イノベーションのアウトカムを測定することには、多大なチャレンジが残されている。そのため、政府あるいは大学・研究機関では、イノベーションに係るアウトプットを測定するにあたり、発明者、あるいは企業に対してサーベイ調査を行うことでこうした課題に対応してきた。こうした取り組みの一例として、文部科学省 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP) の全国イノベーション調査、民間企業の研究活動に関する調査 (民研調査)、総務省統計局の科学技術研究調査、経済センサスなどが挙げられる。こうしたマイクロあるいはメソレベルのデータを産業レベルで接合することで、はじめてマクロレベルでの推定を細密に行うことが可能となる。また、マクロレベルでの影響を測定するひとつの方法論として産業連関表を用いることで、科学技術研究活動から生まれた智的資産と産業ごとの動態および相互の関係性を細密に測定でき

る。このように、分析単位が様々なデータをマイクロレベルから集計することで、マクロレベルでの解析の精緻化、ひいては、科学技術がどのようにマクロ経済に影響を与えるのか、ナショナルイノベーションシステム内でのステークホルダー間の相互依存性を考慮しながら、その構造を推定し解析することが可能となる。しかしながらこうした分析を行うためには、(1) 異なるデータベース間でのデータ集計, (2) データの接合, (3) データのクリーニングおよびクレンジング, (4) 補間データの作成などの作業が都度要求される。

科学技術イノベーションの解析をマイクロレベルから開始するためには、その活動主体である科学者の研究活動を総合的に評価する必要がある。しかしながら、前述したように、科学者の能力測定に係る従来の既存研究の多くは特許あるいは論文の書誌情報のみを利用し解析をしており、科学者の多面的な効果や特性を十分に解析出来ていなかった。また、別節にて取り上げるスターサイエンティストに関わる議論でも示唆されているように、科学者は学術的な能力あるいは製品開発能力のみならず、教育活動や企業への参画、あるいは政府委員会への参画や法制度整備への間接的な関与など、実社会への社会的な影響 (social impact) も有している。このように、科学者の影響を定量的かつ総体的に評価可能とするためには、特許や論文、特許の非特許文献、製品 (プレスリリース, 表彰データ) 情報などのデータベースを複合的に組み合わせることで、科学者が学術的あるいは社会的に与える多面的な影響を解析する必要がある。

1.1 STI データ整備に関わる日本および海外の状況

科学者の活動は複合的かつ多彩であり、インプット (研究に繋がる資金調達) あるいはアウトプット (論文の公開および特許の出願)、アウトカム (社会的な貢献活動, 企業への参画) の手段も多岐に渡る。また、インプット＝アウトプット間の関係を測定することで、たとえば、科学技術研究費 (科研費) に代表される研究者に対する競争的資金制度の在り方を議論することも可能ではあるが、現時点では、こうしたデータベース間の情報を分析単位に応じて相互に接続できるツールとしてのマッチングテーブルは、NISTEP 企業名辞書[*1], NISTEP 大学・研究機関名辞書[*2]など一部に留まる。

こうした複数データセットの提供プラットフォームの海外における具体例として、(a.) 欧州 RISIS (Research Infrastructure for Research and Innovation Policy Studies)[*3], (b.) NIH Research Portfolio Online Reporting Tools (RePORT)[*4]が挙げられる。(a.) では、RISIS Datasets Portal (datasets.risis.eu) を通じて, 科学技術イノベーションに係るデータベースを研究者に対して提供している。一例として PROFLE - The German Doctoral Candidates and Doctoral Holders Study では、ドイツの大学およびファンディング機関で研究活動を行う博士号および博士候補生 (Doctoral Candidate) に対して行ったサーベイ調査の個票データを、利用申請を行った研究者が利用することが出来る。並行して RISIS では, SMS (Semantically Mapping Service) Platform[*5], CorTEXT

[*1] NISTEP 企業名辞書, http://www.nistep.go.jp/research/scisip/rd-and-innovation-on-industry/
[*2] NISTEP 大学・研究機関名辞書, http://www.nistep.go.jp/research/scisip/randd-on-university
[*3] RISIS, http://risis.eu/
[*4] RePORT, https://report.nih.gov/
[*5] SMS Platform, http://sms.risis.eu/

Platform[*6]などのデータ解析用プラットフォームも併せて提供している。前者では, Web of Science, Scopus や PATSTAT, OECD が提供する科学技術に係るインジケータ情報などを接合し分析することを可能にしている。後者では, RDF, XML, CSV 形式のデータを自動的に parse し、グラフ化やネットワーク分析などを実行できる。また (b.) では、NIH によるファンドの PI (Principal, Investigator; 研究代表者), 金額 (直接経費および間接経費), 期間, 関連プロジェクト、プロジェクトによる研究アウトプット (論文, 特許) などを Web インターフェースを通じ解析出来る。

翻って、日本のこうした科学技術に係るデータ整備および提供スキームは未だ発展途上の段階にある。科学者が研究活動を行うにあたっては、(1.) 大学運営交付金などから充当される研究資金、あるいは、(2.) 科研費, JST などの競争的資金、(3.) 企業との共同研究などを通じ資金を獲得し、研究に必要なインプットを確保する必要がある。無論、資金のみならずポスドク, RA などの人的資源も重要である。しかしながら、国立情報学研究所が提供する科研費のデータベースを例外として、JST, NEDO など国のファンディングエージェンシー、あるいは文部科学省および経済産業省など省庁による国家プロジェクトによるファンド情報はオープン化されておらず、あるいは、Web 上にデータが公開されていても、データベース化そのもは未だ中途段階にある。結果、特定の科学領域に関して政府あるいは国の研究機関がどの程度の資金を投入しているのか、把握することが極めて困難である。こうした状況を是正するため、政策研究大学院大学科学技術イノベーション研究センターでは SPIAS(SciREX 政策形成インテリジェント支援システム) と呼ばれる Web ベースのデータ接合システムを構築しているが、詳細については後節に記す。

科学者のアウトプットに関連して、論文データベースについては、JST がジー・サーチ社と共同で J-global を構築している。また特許データベースに関しては、特許庁が J-Patplat として SaaS 型のシステムを運用している他、知的財産研究所では IIP パテントデータベースとして特許解析用データベースを公開している。しかしながら、これら特許および論文間を接合した分析は一部に留まっている。日本における先駆的な取り組みとしては 池内健太 et al. (2017) を参照されたい。また、特許と論文間のみならず、インプット＝アウトプット間の関係を細密に測定するためには、特許＝論文＝競争的資金間のデータ接合が肝要となる。しかしながら、こうしたデータ整備については、論文および特許とファンド間のデータ接合が科研費などの一部競争的資金について行われているに留まる。

また前述したように、研究者の活動成果は特許および論文のみならず、社会的な貢献活動、メディアへの登場、政府関係機関の審議会への参画、産学連携への関与の度合い、企業への社外取締役あるいは株主としての参画など広義な要素を内包しているが、データの可用性の問題からこうした研究者の社会的効果については未だ定性的かつ特定の研究者を対象とした事例調査の範疇に留まる (原泰史 et al., 2017)。

しかしながら、テキストマイニングおよび自然言語処理の手法を活用することで、これら研究者の社会的側面が記録されている非定型データ (ソーシャルメディア, 新聞記事, プレスリリース) から研究者名、組織名、貢献分野など必要な情報を抜き出し解析するアプローチが採られつつある。

[*6]CorTexT Platform, http://www.cortext.net/

前述した SPIAS では, 日本経済新聞社が収集したプレスリリース情報から組織名を抽出することで, 特許、論文の出願あるいはファンドを獲得している企業および大学・研究機関との突合を行っている。このように、従来の研究者あるいは組織名に対して一意な ID 情報を付与することで解析する手法に加え、RISIS の SMS Platform が採るアプローチのような、自然言語処理にもとづき尤度を測定しながら不定形データを接合する手法を併用することにより、研究活動のインプットおよびアウトプットのみならず、アウトカムを包有して解析することは実現可能になりつつある。

1.2 主な科学技術指標 (マイクロデータ)

研究者レベルで科学的な調査を行うために広く用いられている指標として, (a.) 論文, (b.) 特許および (c.) ファンド情報が挙げられる. 詳細について以下に記す.

(a.) 論文データベース

- Scopus[エルゼビア社提供] (学術論文のデータベース、英語論文誌が中心; 研究者および組織名に ID が付与されていることにより, データの整合性に一日の長を持つ)
- Web of Science [Clarivate Analytics 社提供] (学術論文のデータベース、英語論文誌が中心; 1900 年のデータから提供されており、歴史的分析を行う上では必要不可欠である。スターサイエンティストに係る既存研究でも広く活用)
- J-global (科学技術振興機構が提供する学術論文・特許データベース; 日本の学術誌を極めて広くカバーしている)

(b.) 特許データベース

- PATSTAT (欧州特許庁 (EPO) が提供する特許データベース; ヨーロッパおよびアメリカ、日本と主要三地域の特許データベースを広くカバーしている)
- PatentsView (米国特許庁 (USPTO) が提供する特許データベース; 発明者および組織名について正規化が行われている)
- J-global (科学技術振興機構が提供する特許データベース; 発明者および組織名について正規化が行われている)
- IIP パテントデータベース (知的財産研究所が提供する特許データベース; 日本の特許データについてカバー)

(c.) ファンド情報データベース

- SPIAS (日本のファンド、特許、論文およびプレスリリース情報を総合的に接合したデータプラットフォーム; SciREX センター, NISTEP および JST 研究開発戦略センターが開発)
- 科研費 DB (NII および科学技術振興機構が提供する, 科学技術研究費 (科研費) の細目情報およびその成果論文および特許情報を接合したデータベース)

- AMED データベース (AMED が所管する競争的資金情報およびその成果を公表したデータベース)
- Nanobank (ナノテクノロジーの特化した学術、論文、特許、研究費情報のデータベース、組織名の名寄せ済み。)
- COMETS (全分野の特許、研究費情報のデータベース。組織名の名寄せ済み。)

前節に示したように, 科学者の活動を総体的に把握するためには、これらのデータベース間を接合しコホートデータを構築する必要がある。

コホートデータ構築にあたるデータ接合の課題として, (1) 元データベースの組織/研究者名情報に揺らぎや誤記載があり, そうした情報を除去あるいはクリーニングする必要があること, (2) 同姓同名や同一社名などの情報をクリーンアップし、識別する手法を開発する必要があること, (3) 英語名=日本語名など異なる言語で書かれた組織名, 研究者名などの情報を異なるデータベース間で突合する必要があること, (4) 歴史的な分析を行うにあたって, 企業の M&A 情報などを盛り込む必要があること、等が示唆できる。特許および論文データに関しては, 前述したように文部科学省科学技術・学術政策研究所が関連するデータテーブル整備を進めており、その成果を活用することで、データの精緻化を円滑に行える可能性がある。また同様に、データ管理・運用の課題として、(1) 論文あるいは特許の書誌情報データはデータサイズおよびその構造が極めて複雑であること, (2) 複数領域, 複数年度にまたがる解析を行うためには, 潤沢なコンピューティングリソースを必要とすること, (3) 競争的資金情報など機微性をともなうデータが含まれており, 高いセキュリティを担保する必要があること等が挙げられる。

1.2.1 今後の課題

今後の課題として、各データベース間の接合手法について検討する必要がある。図 1 に示したように, それぞれのデータベースは、組織名あるいは研究者名に基づき接合する必要がある。そのためには、研究者の氏名データの曖昧性除去 (disambiguation) および突合 (harmonization)、自然言語処理の技法を用いた組織名および研究者名の抽出およびマッチングを行う必要がある。また極めて多変量かつ複雑なデータ構造を処理することになるため、従来学術的な定量研究のデータ整備過程で利用されてきた RDBMS 形式ではなく、Neo4j、ElesticSearch などの不定形データに対応した解析プラットフォームについて検討・導入する必要がある (原泰史・木内満歳, 2017)。またこうした解析を行うためには, 欧州の研究コンソーシアムが RISIS (SMS Platform, CorText Platform) で実現しているような, 研究者が自由に活用できる潤沢なコンピューティングリソースを有するクラウドプラットフォームをコンピューティングインフラストラクチャとして整備する必要がある。

References

Zucker, G., Darby, M., and Armstrong, J. (2002). Commercializing knowledge: University science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology. *Management Science*, 48(1).

https://pubsonline.informs.org/doi/pdf/10.1287/mnsc.48.1.138.14274.

原泰史, 壁谷如洋, and 小泉周 (2017). ノーベル賞受賞者の特性分析から見える革新的研究の特徴 (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):26–40. https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245697/.

原泰史・木内満歳 (2017). Elasticsearch と科学技術ビッグデータが切り拓く日本の知の俯瞰と発見. https://www.slideshare.net/yasushihara/elasticsearch-15-spias.

原田裕明, 小柴等, 池内健太, 原泰史, 黄俊揚, 黒田昌裕, et al. (2017). 科学技術イノベーション政策立案のためのデータプラットフォーム: テキストマイニングによる科学技術分野の同定. In 年次学術大会講演要旨集, volume 32, pages 344–347. 研究・イノベーション学会. https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/15004/1/kouen32_344.pdf.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/3161/1/NISTEP_DP142_FullE.pdf.

齋藤裕美 and 牧兼充 (2017). スター・サイエンティストが拓く日本のイノベーション (特集ノーベル賞と基礎研究: イノベーションの科学的源泉に迫る). 一橋ビジネスレビュー, 65(1):42–56. https://ci.nii.ac.jp/naid/40021245706/.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.2.2　科学技術イノベーションのインプットを捉える

富澤宏之 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2020 年 6 月 30 日

リード文

科学技術イノベーションの測定・評価を主題とする４．２節の一項目として、本項では、科学技術イノベーションの“インプット”の測定や指標について述べる。科学技術イノベーションの“インプット”とは、科学技術イノベーションに関する諸活動のために投入されるリソース、例えば、研究開発のために投入される資金や労働力を指す。以下では、科学技術イノベーションのインプットを捉えるための測定・評価指標の概要を述べる。

キーワード

研究開発統計、フラスカティ・マニュアル、オスロ・マニュアル

本文

1　インプットを捉えることの意義

科学技術イノベーションの測定・評価においては、科学技術イノベーションのアウトプットやアウトカムを捉えることが重視される。測定・評価とは、対象とする活動やシステムのアウトプットやアウトカムを捉えることとほとんど同義であると言うことができ、それは当然のことである。しかし、実際には、科学技術イノベーションの測定・評価において、インプットを捉えることもそれと同様に重視されている。そのようなインプットを捉えることの必要性や意義は何であろうか。

第一に、アウトプットやアウトカムを測定したとしても、それだけでは、それが充分であるのかどうか判断することが出来ない場合が多く、その基準としてインプットに対するアウトプット／アウトカムの相対的な大きさを見る必要があるためである。特に、測定・評価に際して、複数の対象を比較するためには、それらのアウトプットやアウトカムを比較するだけでは有用な情報は得られず、インプットの大きさを考慮した上で比較することが必要となる場合が多い。また、パフォーマ

* 科学技術・学術政策研究所

ンスや効率を測定するためには、アウトプット指標をインプット指標で規格化することが必要となってくる。つまり、インプットを捉えることは、アウトプットやアウトカムを評価するための基準を提供する点で重要である。

インプットを捉えることが重要である別の理由は、ある対象の測定・評価を、その対象の改善につなげようとするならば、どのようなインプットがあったかを捉えることが重要となるためである。すなわち、アウトプットやアウトカムは活動やプロセスの結果に過ぎないため、それだけを見ても、何を改善すれば良いか分からないが、インプットは、結果を左右する要因のひとつであるため、そちらを捉えることが改善に役立つ。PDCA サイクル (Plan-Do-Check-Act cycle) に基づいて言うならば、Check(確認) のためにはアウトプットやアウトカムの把握が重要だが、Plan(計画) や Do(実行) の状況を踏まえた Check(確認) や Act(改善) のためにはインプットの把握も必要ということになる。この場合、インプットを捉えるといっても、投入されるリソースの全体的な量や大きさを測定するだけではあまり意味は無く、インプットの内訳や内容を捉えることが重要になる。例えば、政府の研究開発投資は、一国の研究開発システムへの主要なインプットの一つであるが、単にその金額を測定するだけでなく、その内訳や使途についてのデータを取得し、それをアウトプットやアウトカムのデータと組み合わせることによって、課題や改善点を明らかにすることができる。

以上のようなインプットを捉えることの重要性とは別に、アウトプットやアウトカムを捉えることが困難であるために、インプットを捉えることに注力する場合もある。特に、科学技術イノベーションに関しては、アウトプットやアウトカムの測定が困難である場合が多く、相対的に測定しやすいインプットを測定することにより、科学技術イノベーションの活動やシステムの状況を理解・把握しようとする場合も多い。

2　研究開発統計

科学技術イノベーションのインプットに関しては様々な指標やデータがあるが、以下では、まず、それらのなかで中心的存在である研究開発統計について述べ、その後に、それと比較しつつ、その他のインプット指標／データについて述べる。このような構成とする理由は、研究開発統計は長い歴史があるため、それ例外の様々な指標やデータの雛形となっている場合が多く、また、研究開発統計に関する諸概念や原理の多くは、科学技術イノベーションの様々な指標／データを考える上で有用であるためである。

2.1　研究開発統計の起源とフラスカティ・マニュアル

現在、世界の多くの国の政府機関・公的機関で作成されている研究開発統計は、1950 年代に、米国の NSF をはじめとするいくつかの国の政府機関による科学技術に関する統計の作成に端を発している[*1]。日本でも 1953 年に「研究機関基本統計調査」(現在の「科学技術研究調査」の前身) が

[*1]科学技術の測定と統計の歴史についての成書をまとめた Godin によると、1950 年代以前にも組織的な科学技術測定は行われていたが、東欧に限定されていたとのことである (Godin, 2004)。

開始されており、日本は、世界的に見ても研究開発統計を比較的早く開始した国と言える[*2]。

このように、いくつかの国で先駆的な研究開発統計が作成された後、1960 年頃に、OECD や UNESCO などにおいて、研究開発統計の国際的な標準化が開始されている。その成果の一つとして、OECD は研究開発統計のための最初の指針を 1963 年に公表し、1964 年に OECD 加盟国によって承認された。この指針は通称として「フラスカティ・マニュアル (Frascati Manual)」と呼ばれ、後にそれが正式名称となったが、この名称は同指針の策定のための会議が開催されたイタリアの地名に由来する。フラスカティ・マニュアルは、その後、何度か改訂され、現時点での最新版は 2015 年版である (OECD, 2015)。また、OECD 加盟国だけでなく、研究開発統計の世界的な指針となっている。

フラスカティ・マニュアルは、一国の研究開発活動を体系的に測定するための統計の指針であるが、研究開発活動に投入された資金やマンパワーの測定に焦点が当てられており、インプットの測定に特化した内容となっている。フラスカティ・マニュアルが研究開発のインプットの測定に特化している理由として、同マニュアルは「研究開発のアウトプットを同定し測定することは困難」であることを挙げている。つまり、研究開発のアウトプットである新知識は直接的に測定できず、また、間接的な指標はいくつかあるものの、いずれも研究開発の成果の一面を示す指標に過ぎないというわけである。また、比較的最近まで、研究開発のアウトプットやアウトカムは不確実性が高いため、ある確率で産み出されるものとして、測定や評価の対象とはせず、コントロール可能であるインプットの測定により強い関心を向けるような考え方が世界的にも主流であったが、そのような歴史的な背景が研究開発統計の成り立ちに大きく影響したと考えられる。

ところで、前述のように、フラスカティ・マニュアルの初版が作成された時点では、既に、いくつかの国で先駆的な研究開発統計が作成され、国による違いが生じていたため、同マニュアルでは厳格な国際標準が十分に提示できなかった面がある。例えば、研究開発費の定義や測定すべき費目などは示されているものの、その具体的な測定方法については、ある程度の多様性を許容した記述となっている。同マニュアルは、その後の改訂を経ても、測定方法等について多様性を許容しているという特徴は引き継がれており、現在においても研究開発統計の国際比較可能性が十分に確保されていないことの要因の一つとなっているとも考えられる。

2.2 フラスカティ・マニュアルに示された研究開発統計の主要な諸概念

「フラスカティ・マニュアル 2015」の記述は多岐に渡っているが、ここでは科学技術イノベーションの測定・評価という観点から重要性の高い事項に絞り、研究開発統計の基本的な考え方を述べる。なお、同マニュアル自体の解説は伊地知（2016a, 2016b）に述べられている[*3]。以下では、「フラスカティ・マニュアル 2015」について、特に必要のある場合を除き、単に「フラスカティ・

[*2] フラスカティ・マニュアル 2015 年版の Annex1 には、同マニュアルの歴史が書かれているが、その冒頭部分に、研究開発統計を早い時期に開始した OECD 加盟国として、米国、日本、カナダ、イギリス、オランダ、フランスが挙げられている (OECD, 2015)。

[*3] 本節の執筆に際しては同記事における様々な説明や訳語を参考にした。

マニュアル」と表記する。

2.2.1　研究開発の定義

フラスカティ・マニュアルは、研究開発のために支出された資金や人材インプットの測定に関する様々な指針を示しているが、その基礎となっているのは研究開発の概念と定義である。まず、フラスカティ・マニュアルは、研究開発について、より正確な語として「研究及び試験的開発 (research and experimental development)」を用いており、また、その略語として“R&D”を用いている。また、この「研究及び試験的開発」は、「基礎研究」、「応用研究」、「試験的開発」という三つのタイプに区分されており、それらを表 1 に示すように定義している。この三つの区分は、単に有用な測定項目というだけでなく、それらが合わさって「研究及び試験的開発」という概念を構成している。なお、以下では、特に必要のある場合を除き、「研究及び試験的開発」を単に「研究開発」と表記する。

表 1　フラスカティ・マニュアル 2015 における研究開発の定義

研究及び試験的開発（research and experimental development）は、知識（人類、文化、社会についての知識を含む）の蓄積を増大するため、及び、利用可能な知識の新たな応用を考案するために行われる創造的で体系的な作業から構成される。
基礎研究（basic research）とは、主として現象や観察可能な事実の基盤をなしている新たな知識を獲得するために取り組まれる実験的又は理論的作業であり、何ら特定の応用や利用を考慮に入れない。
応用研究（applied research）とは、新たな知識を獲得することを目的として取り組まれる独創的探究である。しかし、主として明確な実用的な目的又は目標に向けて行われる。
試験的開発（experimental development）とは、新しいプロダクト又はプロセスを創出すること、もしくは既存のプロダクト又はプロセスを改善することを目指した、研究及び実際の経験から得られる知識を活用し、付加的な知識を創出する体系的作業である。

出典:OECD (2015) 参考:伊地知寛博 (2016b)

フラスカティ・マニュアルは、上記の定義に基づいて、研究開発とそれ以外の活動をいかに区別するか、という観点から、研究開発に投じられた資金や人材インプットの測定に関する指針を展開している。しかし、上記の定義は概念的・抽象的であり、具体的な測定方法に結びつくような定義ではない。そのため、研究開発とそれ以外の活動の区分には、曖昧性や主観性がある。ただし、これはフラスカティ・マニュアル特有の問題というわけではなく、研究開発とは“知識”という目に

見えないものを産み出す活動であるため、外形的な情報に基づく判断は困難であり、研究開発とそれ以外の活動の境界線は概念的・抽象的であると言える。

2.2.2 組織区分と統計単位

フラスカティ・マニュアルに示されている研究開発統計の体系は、国全体の研究開発活動を測定することが最も主要な目的であるため、国全体を網羅的、整合的に測定することに大きな注意が払われている。その基礎となるのは、組織区分と統計単位である。

まず、組織に関して、国内については、企業部門 (BE)、政府部門 (GOV)、高等教育部門 (HE)、民間非営利部門 (PNP) の４つの部門に区別され、それに加えて、国外を指す世界他地域 (rest of the world) が設定されている。この組織区分は、国民経済計算 (SNA; System of National Accounts) の部門勘定をモデルとしており、表２に示すように、両者の組織区分には共通部分が多い。しかし、フラスカティ・マニュアルの組織区分には、SNA の組織区分には無い「高等教育部門 (HE)」が独立した部門として設定されていること、及び、SNA に組織区分に含まれている「家計部門」が無いこと、の２点が主な相違点である。SNA の「家計部門」は、フラスカティ・マニュアルの組織区分では、企業類似自営業者が「企業部門 (BE)」に含まれ、それ以外の全てが「民間非営利部門 (PNP)」に含まれている。

表 2　フラスカティ・マニュアルと SNA における組織区分の対応関係

		フラスカティ機関部門			
		高等教育部門 (HE)	企業部門 (BE)	政府部門 (GOV)	民間非営利部門 (PNP)
SNA 機関部門	法人企業部門（金融及び非金融）	SNA 法人企業部門における高等教育機関	SNA 法人企業部門と同様であり、公共法人を含む。ただし、SNA 法人企業部門における高等教育機関は除く。		
	一般政府部門	SNA 一般政府部門における高等教育機関		SNA 一般政府部門と同様である。ただし、高等教育機関は除く。	
	対家計非営利団体部門(NPISH)	SNA 対家計非営利団体部門における高等教育機関			SNA 対家計非営利団体部門と同様である。ただし、SNA 対家計非営利団体部門における高等教育機関は除く。
	家計部門		企業類似自営業者（たいていは準法人として把握される）		完全性のため：SNA 家計部門と同様である。ただし、家計「企業類似自営業者」は除く。

出典:伊地知寛博 (2016a) [OECD (2015) の Table3.1 の和訳]

注:対家計民間非営利団体 (NPISH; Non-profit institutions serving households) は、非営利団体中の非市場生産者のうち、政府の支配を受けない民間の機関。

フラスカティ・マニュアルにおいて、統計情報の思考の対象や最終的な集計を行う対象となる「統計単位 (statistical units)」は、企業部門 (BE) では企業とされ、政府部門 (GOV) では、法人格を有しない行政組織については各府省庁、法人格を有する機関については各法人が、それぞれ単位となっている。一方、高等教育部門 (HE) については、国によって教育システム等が異なることから、明確には規定されていない。なお、フラスカティ・マニュアルでは、このような「統計単位」に加えて、「報告単位 (reporting units)」という概念も用いられている。「報告単位」とは、統計が収集される実体 (機関や組織等) を指し、調査票に基づく統計調査の場合は、調査票に回答する実体を指す。また、SNA の「組織単位 (institutional units)」の概念も援用されている。

2.2.3　研究開発支出の意味

研究開発統計の中心的な測定項目である研究開発費に関して、フラスカティ・マニュアルで定義されているのは、正確には「研究及び実験的開発に対する支出 (expenditure on research and experimental development)」である。これは、参照期間 (例えば、ある会計年度の 1 年間) において研究開発のために「支出」された額が計上される。ここで注意すべきは、「費用 (expense)」でなく

「支出 (expenditure)」が測定対象となる点である[*4]。そのため、例えば、研究開発のために土地、施設、機器などを購入した場合、それらに係る減価償却費ではなく、参照期間に支出した金額が計上される[*5]。

この研究開発支出に計上される経費の内訳については、ある機関の内部での研究開発支出 (これを「機関内研究開発支出」と呼ぶが定義等は後述) の場合、「経常支出 (current expenditures)」と「総資本支出 (gross fixed capital expenditures)」の合計である。「経常支出」には、内部で雇用された研究開発従事者の人件費、サービスの購入費や外部の研究開発従事者に対する支出、材料の購入費、一般管理費などが含まれ、一方、「固定資本支出」には、土地及び建物、機械及び機器、資産計上の対象となるコンピュータ・ソフトウェア、知的財産成果物などが含まれる[*6]。

上述のように、研究開発支出に人件費が含まれることは、そのデータを解釈する上で極めて重要である。しばしば、研究費に関しては、研究者の人件費を含まない研究費のイメージに基づく分析や議論が見受けられるが、研究開発統計で測定された研究開発費のデータは、それと異なっていることに注意が必要である。

2.2.4 研究開発支出に関する統計量

研究開発支出については、集計範囲等の違いにより、いくつかの統計量があるが、基本となるのは「機関内研究開発支出 (intramural R&D expenditures)」である (「内部使用研究開発費」や、会社の場合は「社内使用研究開発支出」と訳される場合もある)。これは、ある機関 (統計単位) の内部で、参照期間に研究開発のために支出された金額の合計である。

一方、外部に支出された研究開発費は、「機関外研究開発支出 (extramural R&D expenditures)」と呼ばれており、重複を排除して研究開発費を整合的に集計するために、部門別や国全体の集計の際には対象外とされるものの、研究開発活動を把握する上では重要な統計量である。

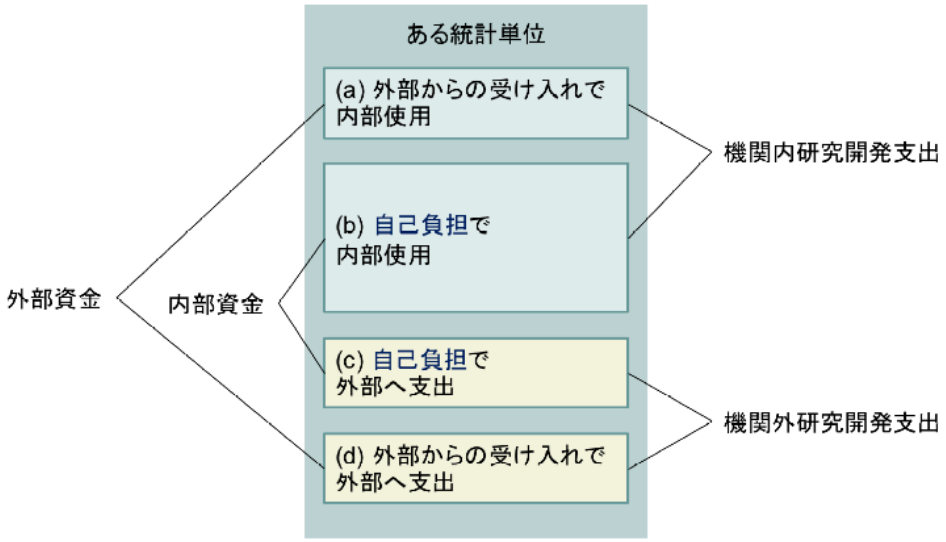
上記の２つは、研究開発支出が使用されたのが、統計単位の内部であるか外部であるか、という違いによって区別されていた。それとは別の区別として、研究開発費の資金源が統計単位の内部か外部かによる区別もある。これに関しては、統計単位の機関等が自ら負担する「内部資金」と、統計単位の外部から提供される資金である「外部資金」とに区分されている。

以上の４つの統計量の関係を言い換えると、まず、研究開発費を内部で使用したか、外部に支出したかの区分があり、次に、資金源が、外部から受け入れた資金であるか、自己負担であるのか、という区分がある。それらの関係を図 1 に示した。

[*4]「支出 (expenditure)」は「費用 (expense)」とは会計上異なる概念である。会計上の「費用」とは、支払うことが決定した時点で計上 (いわゆる「発生主義」による計上) される金額であり、減価償却費、代金未払いでも提供された役務や品物の金額、貸倒引当金、退職給付引当金などが含まれる。一方、「支出」は、実際の支払いの金額を指す。

[*5]なお、研究開発統計調査に際して、特に企業は誤って「研究開発費用」を回答する可能性があることから、フラスカティ・マニュアルでは、研究開発支出額とは別に、「費用」概念に基づく、研究開発に係る減価償却費も回答させることが勧告されている。

[*6]両者の区別として、「経常支出」は、その支出と同時に (1 年以内に) 効力が及ぶものに関する支出額であり、これに対して「固定資本支出」は、その支出以後、1 年を超えて効力が及ぶものに関する支出額であるとされている。



ある統計単位の「機関内研究開発支出」には、その資金源が自己負担であるか外部からの受け入れであるかによらず、内部使用分である(a)＋(b)が計上される。また、「機関外研究開発支出」には、その資金源によらず、外部への支出分である(c)＋(d)が計上される。一方、「内部資金」には、資金源が自己負担である(b)＋(c)が計上され、また、「外部資金」には、資金源が外部からの受け入れである(a)＋(d)が計上される。

図 1　研究開発支出の支出先による区分と資金源による区分

出所: 著者が作成

2.2.5　総研究開発支出 (GERD) と部門別の研究開発支出

一国の研究開発支出の総額は「国内総研究開発支出 (GERD: Gross domestic expenditure on research and experimental development)」と呼ばれる。SNA における国内総生産 (GDP: Gross domestic product) のように、GERD は研究開発統計において中心的な位置を占める統計量である。ある国についての GERD は、原理的には、その国において研究開発を実施している全ての機関／組織の機関内研究開発支出の金額を合計することによって得られる。これは、研究開発費の使用者と負担者を区別した上で、研究開発費の使用者のみについて、網羅的に集計することにより、国全体の研究開発費を重複なく把握しようとしていることになる。先に示した図 1 で言えば、各統計単位の (a) ＋ (b) の金額を、全ての統計単位について足し合わせた金額である。

フラスカティ・マニュアルの体系では、それぞれの部門ごとの研究開発費の負担額も集計できるようになっている。すなわち、研究開発費に関して、国全体が使用部門と負担部門に区別されるとともに、この両者のそれぞれについて、上述の 4 部門に区分されている。更には、負担側の 4 部門 (国外を含めた場合は 5 部門) と使用側の 4 部門の間の研究開発費の流れも測定できるように考慮されている。図 2 に、実際のデータの例として、日本の部門間の研究開発費の流れのデータを図示した。

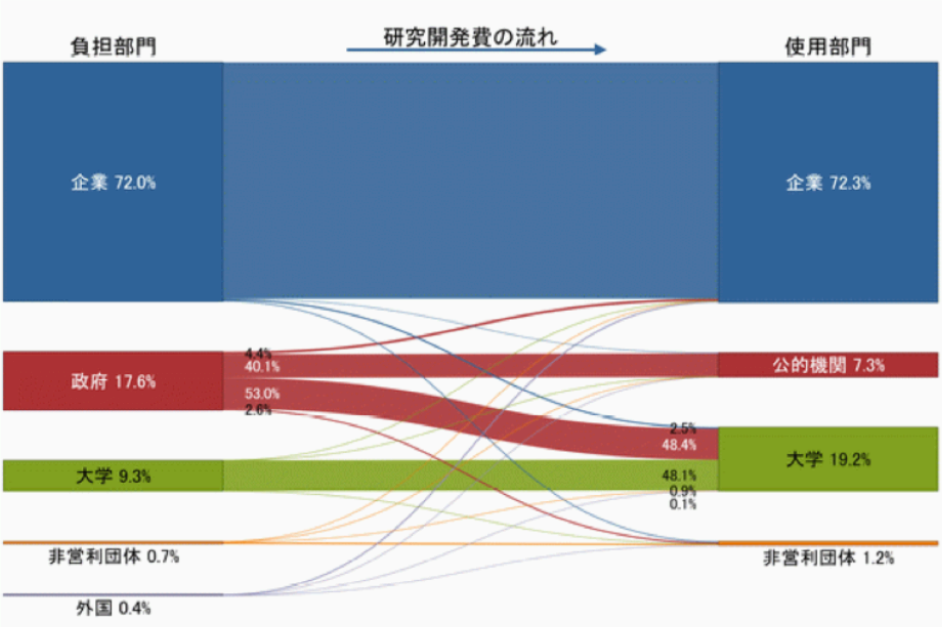


図 2　日本の部門間の研究開発費の流れ (2015 年)
出典:文部科学省科学技術・政策研究所,「科学技術指標 2017」, 調査資料-261, 2017 年 8 月, データ:総務省,「科学技術研究調査報告」

2.2.6　研究開発人材の定義と人材区分

研究開発統計において、研究開発人材 (R&D personnel) は、研究開発支出と並ぶ主要な測定項目である。フラスカティ・マニュアルにおいて、研究開発人材は「ある統計単位において、そこに雇用されているか外部からの貢献者であるかにはよらず、直接的に研究開発に従事している人、及び、そこでの研究開発活動に直接的なサービスを提供する人」と定義されている。

この研究開発人材は、研究開発における役割によって、「研究者 (researchers)」、「技能者 (technicians)」、「他の支援職員 (other supporting staff)」に区分されている。このいずれについても、前述のように定義された「研究開発」に直接的に関与した人であるため、「研究者」と言っても、一般的な意味での研究者というよりは、例えば、企業において「研究開発」に従事する人を含む広い対象であることに注意が必要である。

研究開発人材の定義や区分で、特に考慮が必要であるのが高等教育機関である。研究開発活動に従事している博士課程学生は研究者に含める一方、修士課程学生については、従事している研究開発活動に対して給与の支払を受けている場合に限ってのみ研究開発従事者に含まれるべきものとされている。また、高等教育機関や公的研究機関等において若手の研究者として研究開発活動に従事する、いわゆるポスドクについては、活動形態、あるいは雇用や給与を受ける形態は多様であるため、一律に扱われず、これまでに述べた研究開発人材の定義や集計基準に基づいて、それぞれの扱いが定められることになる。

2.2.7　研究開発人材の測定

研究開発支出額の集計と同様に、研究開発人材の人数は、研究開発を実施している統計単位を基準に集計される。また、機関内において実施される研究開発活動に従事する者は、自機関において雇用されるあるいは給与を提供される従業者である場合もあれば、他機関において雇用されている者や無給の者 (これらの者は、従業者と対比して外部貢献者と呼ばれる) もある。機関内研究開発支出額との対応が付くように、前者は「内部研究開発従事者」、後者は「外部研究開発従事者」と区分されている。

研究開発人材の測定は、フラスカティ・マニュアルにおいては、物理的な人数の測定 (ヘッドカウント) に加えて、研究開発に関するフルタイム換算 (FTE; full-time equivalent) によって測定することが勧告されている。研究開発に関するフルタイム換算とは、研究開発人材を計測する場合、研究開発への従事割合を勘案して測定する方法である。その従事割合は、基本的に、職務従事時間に占める研究開発従事時間の割合によって決められる。なお、研究開発に関するフルタイム換算は、一般的なフルタイム換算の概念とは異なる。例えば、SNA においては、フルタイム換算は、総労働時間の簡易的な測定方法とされているが、この場合のフルタイム換算は、パートタイム労働者の労働インプットを、単純に労働時間に基づいてフルタイム労働者の労働インプットに換算するという考え方である。これに対して、研究開発に関するフルタイム換算は、単純な労働時間ではなく、労働の内容が研究開発に該当するかを判断して測定されるものである。

2.3　日本の研究開発関連統計

以下では、日本において調査が実施されて得られた統計データが公開されている統計調査の主なものについて述べる。狭義の研究開発統計だけでなく、研究開発に関する調査項目を含んだ各種の統計を取り上げる。

2.3.1　科学技術研究調査

「科学技術研究調査」は、統計法に基づく基幹統計調査の一つとして総務省統計局が毎年実施している統計調査である。その大部分はフラスカティ・マニュアルに準拠した内容となっており、民間企業、大学、政府機関、民間非営利機関を対象として、それらの各部門と日本全体の研究費 (フラスカティ・マニュアルの基準では「研究開発支出」) や研究従事者 (フラスカティ・マニュアルの基準では「研究開発人材」) の数などが調査されている。

本調査では、フラスカティ・マニュアルの「研究及び実験的開発」、及び、その３区分である「基礎研究」、「応用研究」、「実験的開発」のそれぞれに対応する概念について、それぞれ「研究」、「基礎研究」、「応用研究」、「開発研究」と呼び、それぞれの定義も示されている。この対応関係は、必ずしも厳密ではないが、概ね同様の内容と言うことができるであろう。

フラスカティ・マニュアルの研究開発統計の考え方が、「科学技術研究調査」においてどのように具体化されているかを示す例として、先に表 1 に示した研究開発支出の支出先による区分と資金

源による区分に関する調査方法を表 3 に示した。

表 3　「科学技術研究調査」の調査票における研究開発費の負担源と支出先に関する設問

【12】外部から受け入れた研究費を記入してください

			受入額	うち内部で使用した研究費
総額				
公的機関	国・地方公共団体	国		
		地方公共団体		
		国・公立大学		
		国・公営の研究機関		
		その他		
	特殊法人・独立行政法人	研究所等		
		公庫・公団等		
		その他		
会社				
私立大学				
非営利団体				
外国				

【13】外部へ支出した研究費を記入してください

			支出額	うち自己資金から支出した研究費
総額				
公的機関	国・地方公共団体	国		
		地方公共団体		
		国・公立大学		
		国・公営の研究機関		
		その他		
	特殊法人・独立行政法人	研究所等		
		公庫・公団等		
		その他		
会社				
私立大学				
非営利団体				
外国				

上図の左側では、「外部から受け入れた研究費」の回答を求めているが、その内数として「内部で使用した研究費」の回答も求めており、図1で言えば、前者が「(a)＋(d)」に該当し、後者が「(a)」に該当する。この設問とは別に、より基本的な統計量として「内部で使用した研究費の総額」、すなわち図1で言えば「(a)＋(b)」に該当する金額の回答を求めているため、上図の設問で得られる「(a)」の金額と組み合わせて、「(b)」の金額も分かるようになっている。また、上図の左側では、「(a)」の「外部から受け入れた研究費」の資金源の組織区分ごとに金額の回答を求めているため、負担部門別の研究費の内訳や、図2のような部門間の研究費の流れのデータ源となっている。
一方、図3の右側では、「外部へ支出した研究費」や、その内数として「自己資金から支出した研究費」の回答も求めており、前者が図における「(a)＋(d)」に該当し、後者が「(a)」に該当するが、これらの調査データは、負担部門別の研究費の内訳や、図2のような部門間の研究費の流れのデータには使用されていない。

出典:総務省,「科学技術研究調査報告」

研究従事者については、「科学技術研究調査」では、高等教育部門以外の部門では、ヘッドカウントの人数とフルタイム換算値の両方を調査しているが、高等教育部門では、ヘッドカウントの人数のみが調査されている。これは、高等教育部門の研究者数のフルタイム換算値の測定は複雑であるため、本調査とは別に、文部科学省が５年ごとに「大学等におけるフルタイム換算データに関する調査」を実施しているためである。

2.3.2　民間企業の研究開発に関する調査

「民間企業の研究開発に関する調査」は、文部科学省科学技術・学術政策研究所が毎年、実施している統計調査であり、統計法における一般統計の一つとなっている。内容的には、広義の研究開発統計の一つであり、企業の研究開発の動向や戦略・組織などに関する定性的データの取得に重点が置かれているが、研究開発費などの定量データについても「科学技術研究調査」を補足している。その際に、各種の定義、分類等についてはフラスカティ・マニュアルに準拠している。また、狭義の研究開発統計を超えた調査項目として、イノベーション活動の実態・動向も調査している。

本調査の調査対象は、「科学技術研究調査」で研究開発を実施していると回答した民間企業 (資本金 1 億円以上) を対象としており、2017 年調査の場合、3573 社が調査対象となっている。

3　研究開発統計以外のインプット指標とそのソース

3.1　イノベーション調査

研究開発だけでなくイノベーションの状況についても、統計的にデータを収集し解釈するための国際標準指針として、OECD と Eurostat により「オスロ・マニュアル (Oslo Manual)」が策定されており、現行版は 2018 年に出版された第 4 版 (OECD/Eurostat, 2018) である。同マニュアルは、イノベーション活動、及びイノベーションの実現の状況を把握・測定するための基本的な概念や方法を示している。

オスロ・マニュアルは、「イノベーション」の定義を示した基本的な文献としてよく知られている。同マニュアル第 4 版 (OECD/Eurostat, 2018) における「イノベーション」の定義では、初めに、「イノベーションとは、新しい又は改善されたプロダクト又はプロセス（又はそれの組合せ）である」と述べており、それに続いて、既存のプロダクト又はプロセスと“かなり異なるもの”であることや、“利用可能性”を有するものであることが要件である旨が述べられている[*7]。このように、同マニュアルにおける基本的な「イノベーション」の定義は、かなり概念的なものである。なお、オスロ・マニュアルでは、「イノベーション」を産み出すための活動を「イノベーション活動」と呼び、その活動を通じて産み出された“アウトカム”を「イノベーション」であるとして、両者を区別している。したがって、上述のように定義された「イノベーション」は“アウトプット／アウトカム側”の概念であることに注意が必要である。

イノベーション活動のインプットについては、同マニュアルの 4.3 節において、「イノベーション活動」を、ある程度、具体的に規定した上で、4.4 節で「イノベーション活動に関する支出のデータの測定」について述べている。ここでの「支出」には、「研究開発支出」が含まれるほか、「エンジニアリング、デザイン及び関連する創造的業務活動」、「マーケティングとブランド・エクイティ

[*7]定義の全文：「イノベーションとは、新しい又は改善されたプロダクト又はプロセス（又はそれの組合せ）であって、当該単位の以前のプロダクト又はプロセスとかなり異なり、かつ潜在的利用者に対して利用可能とされているもの（プロダクト）又は当該単位により利用に付されているもの（プロセス）である。」（この和訳は、オスロ・マニュアル第 4 版 (OECD/Eurostat, 2018) について解説している伊地知寛博 (2019) による。）

活動」、「知財関連活動」、「従業員の訓練」、「ソフトウェア開発とデータベース活動」、「有形資産の取得またはリース」についての支出などが含まれている。また、このような支出の金額の測定については、会計データが良いデータ源となる場合があることや、SNA（国民経済計算）のなかに、これらに関係のある統計量が含まれていることが述べられている。

これに加えて、4.5 節は「イノベーション活動に関するその他のデータ」をテーマとしており、イノベーション活動に対する支出の金額を測定するのが困難な場合には、イノベーション活動に割り当てられたマンパワーを FTE ベースで測定することが有用である場合があること（4.5.1 節）や、イノベーション・プロジェクトの件数の測定（4.5.2 節）などが言及されている。

このオスロ・マニュアルに基づく統計調査として、日本では「全国イノベーション調査」が文部科学省科学技術・学術政策研究所により、数年ごとに実施されている。本調査では、日本企業のイノベーション実現の状況に関するデータ、及びイノベーション活動に関するデータ等が収集されている。そのなかには国際比較可能な統計データが含まれており、OECD でもそのデータが用いられているが、「イノベーションに関する支出」の金額の測定は行われていない。

3.2　企業活動基本調査

「企業活動基本調査」は、統計法に基づく基幹統計調査の一つとして経済産業省が毎年実施している統計調査である。文字通り、企業活動に関する基本的な項目 (事業組織別の事業所数及び従業者数、親会社・子会社・関連会社の状況、財務など) を調査しているが、それに加えて、研究開発や技術の所有・取引状況を把握するための調査項目も含んでいる。

研究開発に関しては、「自社研究開発費」、「委託研究開発費」、「受託研究費」、「研究開発関連有形固定資産当期取得額」の 4 項目を調査しており、そのうち「委託研究開発費」「受託研究費」に関しては、それらの内数として、国内と国外の関係会社との受委託の金額も調査している。また、「能力開発費」の金額も調査しているが、これは、オスロ・マニュアルで言及されているイノベーションに携わる人員のトレーニングのための支出に近い調査項目であると言える。　一方、技術の所有・取引状況については、特許権・商標権・意匠権の所有と使用の状況を調査している。また、これらの特許権等に著作権を加えた知的財産に関する取引の受取金額と支払金額を調査している。

3.3　有価証券報告書

有価証券報告書は、金融商品取引法で規定されている、上場会社が事業年度ごとに作成する会社内容の外部への開示資料である。企業の財務や経営状況に関するデータ源であるが、イノベーション活動に関するデータも含まれており、また、研究開発費のデータも含まれている。この研究開発費のデータは、会計上の研究開発費と呼ばれるものである。その基準となる研究開発の定義に関しては、金融庁が公表している「研究開発費等に係る会計基準」において、「研究」とは「新しい知識の発見を目的とした計画的な調査及び探求」であり、「開発」とは「新しい製品・サービス・生産方法についての計画若しくは設計又は既存の製品等を著しく改良するための計画若しくは設計とし

て、研究の成果その他の知識を具体化すること」とされている。この定義は、「科学技術研究調査」の「研究」の定義とかなり近いものとなっている。ただし、研究開発費の会計処理のルールは「すべて発生時に費用処理」となっており、減価償却費を含むことなど、研究開発統計における「研究開発支出」との違いもある。

3.4 学校基本調査【文部科学省】

学校基本調査は、文部科学省が実施する教育に関する統計である。科学技術に関する調査項目としては、高等教育機関の教員数・学生数の内訳、卒業生の進路などが含まれている。このうち、教員数は、「科学技術研究調査」の大学等の「研究者」の「教員」と実質的に同じであり、調査時点の違い (この調査では 5 月 1 日時点であるのに対して、「科学技術研究調査」では 3 月 31 日時点) により、若干、人数は異なっている。また、「科学技術研究調査」の大学等の「研究者」の「大学院博士課程在籍者」は、この調査の大学院博士課程の学生数と実質的に同じである。

3.5 学校教員統計調査

「学校教員統計調査」は、統計法に基づく基幹統計調査 (基幹統計である学校教員統計を作成するための調査) として、学校の教員構成並びに教員の個人属性、職務態様及び異動状況等を明らかにすることを目的としている。文部科学省が 3 年周期で実施しており、現時点では、平成 28 年 (2016 年) 調査が最新である。科学技術に関する調査項目としては、大学等の教員の人数、その属性別の内訳等が含まれている。大学等の教員の年齢 (階層) 別の人数など、「科学技術研究調査」では調査されていない調査項目が含まれている点で重要である。

3.6 大学法人・学校法人の財務諸表

国立大学は、国立大学法人法 (準用通則法第三十八条) により、財務諸表等を文部科学大臣に報告するだけでなく、一般の閲覧に供しなければならない。そのため、国立大学は、web サイトに掲載するなどの方法で、財務諸表を毎年度、公表している。財務諸表には、貸借対照表、損益計算書などが含まれており、科学技術イノベーション関係のデータとしては、「研究経費」、「教育経費」、「診療経費」といった大学の主要な活動に関する経費のデータに加えて、「受託研究費」や「受託研究・受託事業等収益」、「運営費交付金収益」、「寄付金収益」などのデータが含まれている。なお、「研究経費」と「教育経費」には教職員等の人件費は含まれておらず、人件費は別途、計上されている。

一方、私立大学については、私立大学振興助成法により、国または地方公共団体から助成金を受けていることから、「学校法人会計基準」(文部科学省令) に従い、会計処理及び計算書類を作成することを義務付けられている。作成すべき財務諸表は、資金収支計算書、事業活動収支計算書、貸借対照表の 3 点である。

3.7　国勢調査

国勢調査は、日本に住む全ての人・世帯を対象とする国の最も基本的な統計調査（全数調査）である。調査は基本的に 5 年ごとに行われ、西暦年の末尾が「0」の年は大規模調査として、また西暦年の末尾が「5」の年には簡易調査として行われる（統計法第 5 条第 2 項）。両者で異なるのは調査項目数であり、大規模調査は 22 項目、簡易調査は 17 項目となっている。両者に共通の調査項目には、世帯員の数、氏名、性別、生年月、配偶者の有無、国籍、居住地、就業状態、従業地又は通学地、勤め先の事業の内容、本人の仕事の内容、などが含まれている。これらの調査項目を通じて、国内の人口、世帯、産業構造等などについての基本的な統計データが得られる。

本調査により、「科学研究者」と「技術者」の総数とその属性別の内訳が得られ、科学技術イノベーションのインプットの基礎的データとして用いられることがある。ただし、ここでの「科学研究者」と「技術者」は、国際的な定義に基づくものではなく、また、「科学研究者」の定義は、「科学技術研究調査」における「研究者」の定義と異なっており、実際の統計値もかなり違いがある。しかし、国内居住者についての最も網羅性の高い統計調査である本調査により様々な職業別の人数が示されるなかで、「科学研究者」と「技術者」の網羅的な人数が得られるため、日本における科学技術活動の概要を知る上で、重要な統計データであると言うことができる。

References

Godin, B. (2004). *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*. Routledge. https://www.taylorfrancis.com/books/9781134326594.

OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientic, Technological and Innovation Activities,*. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en.

OECD/Eurostat (2018). Oslo manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities. https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual-2018_9789264304604-en.

伊地知寛博 (2016a). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (後編). *STI horizon= STI* ホライズン*:* イノベーションの新地平を拓く, 2(4):42–47. http://doi.org/10.15108/stih.00048.

伊地知寛博 (2016b). 科学技術・イノベーションの推進に資する研究開発に関するデータのより良い活用に向けて: OECD 「Frascati Manual 2015 (フラスカティ・マニュアル 2015)」の概要と示唆 (前編). *STI horizon= STI* ホライズン*:* イノベーションの新地平を拓く, 2(3). http://doi.org/10.15108/stih.00047.

伊地知寛博 (2019). 「Oslo Manual 2018：イノベーションに関するデータの収集、報告及び利用のための指針」－更新された国際標準についての紹介－. *STI horizon= STI* ホライズン*:* イノベーションの新地平を拓く, 5(1):41–47. http://doi.org/10.15108/stih.00168.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, and 塚田尚稔 (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://doi.org/10.15108/dp142; http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035%/3161/1/NISTEP_DP142_FullE.pdf.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

4.3 科学技術イノベーション政策効果の分析方法

池内健太 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2019 年 4 月 25 日

リード文

政策効果の分析とはある政策がもたらす効果を明らかにすることである。本稿では、政策効果の目的と現在よくつかわれている一般的な分析方法を概観し、その有用性について議論する。また、研究開発補助金政策を例にとり、いくつかの政策効果の研究事例を紹介する。

キーワード

政策効果、政策評価、研究開発補助金、差の差の分析、処置効果、マッチング、シミュレーション、事前評価、事後評価

本文

1　政策効果分析の目的

政策効果の分析とはある政策がもたらす効果を明らかにすることである。類似した政策の効果を分析している先行研究を参考にすることも重要である。例えば、企業に対して研究開発に関する補助金を配分する政策の効果について考えてみよう。この場合、これらの政策の目的は企業の研究開発活動を活発にすることで、技術を発展させ、イノベーションを創出し、経済成長率を高めることである。このような政策の効果として第 1 義的に検証すべきは補助金の配分を受けた企業の研究開発投資が増大したかどうかである。また、研究開発投資の増大が技術開発に影響を与えることを鑑みれば、特許出願数などもアウトカム指標の候補となりうる。さらには、イノベーションへの影響をみるためには生産性上昇率や新製品・新サービスなどのプロダクト・イノベーションが増えているか、についても検証の余地がある。研究開発補助金が経済成長に与える影響を捉える上では、政策の波及効果にも目を向ける必要がある。

政策効果を精緻に捉えるためには、**反事実の潜在的結果（counter-factural potential outcome）**

* 経済産業研究所

の想定が必要である (伊藤公一朗, 2017; 中室牧子 and 津川友介, 2017)。先述の研究開発補助金政策の効果の例では、理想的には、補助金を受給した企業の補助金を受給した後の研究開発投資額を**その企業が仮に補助金を受給しなかった場合の研究開発投資額**と比較することで、補助金政策の研究開発投資額への効果を検証することが可能となる。しかしながら、実際には補助金を受給した企業の「補助金を受給しなかった場合の」研究開発投資額は観察できない。このような現実には起こっていないが、政策介入を実施しなければ起こり得た結果（反事実の潜在的結果）を想定し、それを現実と比較することが政策効果の検証の肝となる。

例えば、補助金を受給した A 社と補助金を受給しなかった B 社を単純に比較して、A 社の研究開発投資額が B 社の研究開発投資額より大きかったとしても、それ根拠として補助金が研究開発投資を増加させた効果が認められた判断することは危険である。なぜなら、補助金以外の要因の違い（例えば、A 社と B 社の研究開発能力や資金調達力の違い）によって、その差が生み出されている可能性がある。

他方、補助金を受給した A 社に関して、補助金受給の前後で研究開発投資額が増えていたとしても、それが補助金の効果であると結論付けることも危険である。なぜなら、補助金とは関係なく A 社は最初から研究開発投資額を増やすことを計画していたかもしれない。その場合、本来予定していた研究開発投資額の増額分を補助金でまかない、本来予定していた研究開発投資額の増額分を他の用途に支出した可能性や予定していた民間の金融機関からの資金調達を減少させた可能性があるからである（このような政府支出が民間の資金需要を減退させることは一般に「クラウディング・アウト効果」と呼ばれる）。

次節以降では、このような課題に対して、限られたデータから政策効果を評価するための代表的な分析手法を紹介していく。

2　政策効果の事後評価と事前評価

政策効果の分析方法は事後評価と事前評価に分けてみることが重要である。事後評価とは、ある政策が現実に実施された後にその政策の効果を評価することである。一方、事前評価は、将来実施しようとする政策について、その政策の実施前に、その評価を行うことである。

事後評価の場合は、政策の実施前から政策評価に必要なデータを収集・保全しておくことが肝要である。ポイントは先述の「反事実の潜在的結果」を再現するのに十分なデータを揃えることである。例えば、実際に補助金を受給した企業のデータのみから「反事実の潜在的結果」を再現することは、ほとんど不可能である。そのため、補助金を受給していない企業のデータも比較対象として揃えておく必要がある。また、補助金を受給した後のデータだけを使って政策効果を検証することも困難である。したがって、政策介入を受けたグループとその比較対象のグループの双方について、政策介入の前後のデータを収集・保全しておくことが必要である。他方、どのようなデータを収集・保全する必要があるか。第 1 に、政策の評価指標とすべきデータが欠損していると政策評価の分析は不十分となってしまうため、政策の実施目的や先行研究を参考にしながら、十分な検討のもとに政策介入の実施前後の政策介入グループと比較対象グループの双方について評価指標のデー

タを揃える必要がある。

事後評価に関する分析方法は大きく分けて 2 つのアプローチがある。1 つ目は、**処置効果（treatment effects）の推定**である。過去の政策介入から評価指標への因果関係（影響）をデータを用いて統計的に推定しようとするアプローチであり、「誘導型分析」とも呼ばれる。

2 つ目は、**モデルベースの反事実シミュレーション**を用いた分析である。政策介入が行われた現実をうまく再現する理論モデルを構築した上で、政策介入が行われなかった状況を前提として理論モデルを動かしてみて、その理論モデルの帰結が現実とどれだけ異なるかを確認することによって、実際に行われた政策の効果を評価する。具体的には、「成長会計分析」、「応用一般均衡（CGE）モデル」、「構造推計（Structural Estimation）」、「エージェント・ベース・モデル（ABM）」などのアプローチがある。

前者は精緻な理論モデルを前提にしなくても政策効果を検証できる利点がある一方、政策介入グループと比較対象グループ双方について豊富なデータを必要とするいわば、データ駆動型のアプローチであるのに対し、後者は理論モデルを前提にすることで、政策の直接効果のみならず、間接効果・波及効果も含めたより精緻な政策効果の検証を行おうとする点に特徴がある (大橋弘 and 五十川大也, 2013)。

他方、事前評価の場合、未だ実施されていない政策の効果を検証することが必要なため、事後評価の場合とは手続きが異なる。最もシンプルな方法は政策介入の対象者の中から無作為に一部の対象者を抽出し、試験的に政策介入を行ってみて、政策介入の前後の評価指標に関するデータを収集し、その効果を検証してみることである。この時、事後評価の場合と同様に、政策介入を行わなかったグループ（比較対照グループ）についてもデータを収集して、政策介入を実施したグループの評価指標を比較対象グループの評価指標と比較する。このような方法は「無作為化比較実験（RCT：Randomized Controlled Trial）」と呼ばれる。

しかしながら、効果検証の対象となっている政策の種類によっては、RCT の実施が困難な場合もある。そのような場合には、前述の「モデルベースの反事実シミュレーション」の適用が有効な場合もある。また、政策効果の事前評価において、モデルベースの反事実シミュレーションの精度を高めるためには、アンケート調査なども組み合わせて用いることが有用である。

なお、これらの分析手法は政策効果の事後評価においては既に実施された政策を対象とし、事前評価においても政策オプションが分析者には与えられているものと仮定している。一方で、新たな政策オプションの作成においてはこれらとは異なる分析アプローチが必要である。以下では、これらの政策効果の分析手法について科学技術イノベーション政策に関連する具体的な例を挙げながら解説していくとともに、それぞれの分析手法を適用する際に必要となるデータや指標に関する留意点についても議論する。

3　処置効果の推定による政策効果の事後評価

政策効果の事後評価の処置効果の分析には、実際に政策が実施された「現実」の結果を政策が実施されなかった「反事実」の潜在的な結果と比較することが必要である。政策が実施された「現

実」の結果はデータを適切に収集すれば把握することができるが、「反事実」については現実には起こっていない状況での潜在的な結果であるため仮想的に作り出す必要がある。そのため、いかにしてもっともらしい反事実における結果を作り出すかが、事後評価を行う上での根幹となる。研究開発補助金の例で言えば、現実に補助金を受け取った企業に関して、全く同じ状況でその企業が補助金を受け取らなかった場合のその企業の業績を知ることができれば、それを補助金を受け取った後の現実の業績と比較してやれば、補助金を配分したことがその企業の業績に与えた効果（処置効果）を正確に知ることができる。

政策による処置効果を推定するために反事実を得るための代表的な方法の一つが**マッチング法**である。マッチング法のアイデアは政策的な介入を受けた対象者それぞれに対して、政策的な介入を受けていない比較対象グループの中から最も似ている者を割り当てることにより、マッチングされた比較対象者のデータを反事実として利用しようというものである。この時、政策的な介入を受ける前の時点でのデータに基づいて、類似性を定義づけることに注意が必要である。もし政策介入の後の時点のデータに基づいて類似性を定義づけてしまうと、政策介入を受けた対象者のデータは政策介入の影響を受けてしまっている可能性があり、適切に政策効果が分析できなくなる。政策介入を受ける前の時点でよく似た対象者を割り当てることによって、あたかも同一の対象者に対して政策介入した場合と政策介入しなかった場合での政策評価指標の差（つまり、政策効果）を推定しようとする。

例えば、研究開発補助金の例であれば、ある企業が補助金を受ける前の時点での研究開発投資額や企業業績、企業規模、設立時期、イノベーション活動への取り組みなど、政策評価指標として注目すべき企業業績や研究開発投資額に影響を与える様々な指標についてなるべく類似した比較対象企業を見つけ出し、その企業の補助金受給後の業績と比較対象企業の業績との差を取ることによって、政策効果を推定できる。無論、統計学的に意味のある推論を行うためには、1 社のみのデータを用いるのではなく、なるべく多くの企業のデータを用いることが望ましいため、実際にはそのように推定された 1 社ごとの比較対象企業との差の平均的な処置効果（Average Treatment Effects: ATE）に基づいて、政策効果の大きさの仮説検定や区間推定を行い、統計的な判定を行う必要がある。

マッチングの方法には代表的なものとして、**傾向スコア・マッチング（Propensity Score Matching: PSM）**や**マハラノビス距離（Mahalanobis Distance: MD）**に基づくマッチングがある。

平均的処置効果の推定による政策効果の事後評価の方法にはその他にも、政策介入グループと比較対照グループの双方に共通するトレンドの効果を取り除いて政策介入前後の両グループ間のパフォーマンスの差に注目する**差の差（Difference in Difference: DID）の分析**、政策的介入の基準が連続的なスコアのカットオフの基準によっている場合の評価指標のジャンプに注目する**回帰不連続デザイン（regression discontinuity design : RDD）**、政策介入の有無には影響を与えるが評価指標には直接影響を与えないような変数を用いて介入グループと対照グループを比較可能にする**操作変数（Instrumental Variable: IV）法**などがある。これらの手法の詳細は中室牧子 and 津川友介 (2017) や伊藤公一朗 (2017)、Wooldridge (2010) などを参照されたい。

例えば、研究開発補助金の政策効果を分析した研究では、PSM を用いたものは Czarnitzki and

Delanote (2015) や Hud and Hussinger (2015) などがあり、RDD を用いたものには Bronzini and Piselli (2016) などがあり、IV 法を用いたものは Clausen (2009) などがある。

4 反事実シミュレーションによる政策効果の事後評価・事前評価の例

「モデルベースの反事実シミュレーション」では、政策介入が行われた現実をうまく再現する理論モデルを構築した上で、政策介入が行われなかった状況を前提として理論モデルを動かしてみて、その理論モデルの帰結が現実とどれだけ異なるかを確認することによって、実際に行われた政策の効果を評価する。例えば、池内健太 et al. (2013) では成長会計の考え方を用いて過去 20 年の生産性上昇率の低下の要因分解を行うことにより、公的研究開発投資が経済成長に与えた効果を分析した。大橋弘 and 五十川大也 (2013) は企業の戦略的な行動と技術的な波及効果を明示的に取り入れた理論モデルに基づいて、イノベーション活動に関する費用に対する公的助成の効果を検証している。

また、反事実シミュレーションを用いることで、将来の政策効果を評価する分析も可能である。例えば、永田晃也 (1998); 永田晃也 et al. (2013) では、標準的なマクロ経済モデルに基づいて研究開発投資が将来の経済成長に及ぼす効果のシミュレータを開発している。黒田昌裕 et al. (2016) では、応用一般均衡モデルを用いて将来の公的な研究開発投資が経済成長に与える効果をシミュレーションする方法を提案している。外木暁幸 (2015) では、構造推定を用いた一般均衡動学モデルを用いて公的研究開発投資の増加が将来の経済成長に与える効果をシミュレーションしている。

5 無作為化比較実験による政策効果の事前評価

政策効果の事前評価においては、無作為化比較実験（RCT）を実施することが理想的である。RCT では、政策介入の対象者の中から無作為に一部の対象者を抽出し、試験的に政策介入を行い、その効果を検証する。この時、政策介入を行うグループと比較対照グループを無作為（ランダム）に分けることが重要なポイントである。例えば、政策介入グループに元々業績の良くない企業が偏っていたとすると、政策介入後の政策介入グループの業績が対照グループと比べて高いのは当然である。政策介入グループをランダムに選択することで、政策効果を厳密に推定することが可能となる。RCT の方法の詳細は中室牧子 and 津川友介 (2017) や伊藤公一朗 (2017)、Edovald and Firpo (2016) などを参照されたい。

近年、政策サイドにおいても RCT への注目は高まってきている (山名一史, 2017)。しかしながら、現在において科学技術イノベーション政策の実務において RCT は一般的には実施されていない (What Works Centre for Local Economic Growth, 2015)。1 つには政策実務において RCT を実施する際の手続きや合意形成が確立されていないことが大きな原因の一つであろう。RCT の普及のためには、RCT の有用性について合意形成をはかるとともに、一部の対象者に不利益が生じた際の保障制度などについても整備が必要であると思われる。

References

Bronzini, R. and Piselli, P. (2016). The impact of R&D subsidies on firm innovation. *Research Policy*, 45(2):442–457. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733315001614.

Clausen, T. H. (2009). Do subsidies have positive impacts on R&D and innovation activities at the firm level? *Structural change and economic dynamics*, 20(4):239–253. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X09000617.

Czarnitzki, D. and Delanote, J. (2015). R&D policies for young smes: input and output effects. *Small Business Economics*, 45(3):465–485. https://link.springer.com/article/10.1007/s11187-015-9661-1.

Edovald, T. and Firpo, T. (2016). Running randomised controlled trials in innovation, entrepreneurship and growth: An introductory guide. Innovation growth lab, NESTA. https://www.nesta.org.uk/toolkit/running-randomised-controlled-trials-in-innovation-entrepreneurship-and-growth/.

Hud, M. and Hussinger, K. (2015). The impact of R&D subsidies during the crisis. *Research Policy*, 44(10):1844–1855. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733315001006.

What Works Centre for Local Economic Growth (2015). Evidence review 9: Innovation: grants, loans and subsidies. http://www.whatworksgrowth.org/public/files/Policy_Reviews/15-10-20-Innovation-Summary.pdf.

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press. http://fin.shufe.edu.cn/fe/Books%20&%20Links/Wooldridge%20Econometric%20analysis.pdf.

伊藤公一朗 (2017). データ分析の力 因果関係に迫る思考法. 光文社新書. https://www.kobunsha.com/shelf/book/isbn/9784334039868.

永田晃也 (1998). マクロモデルによる政府研究開発投資の経済効果の計測. DISCUSSION PAPER 5, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/422.

永田晃也, 藤田健一, 坂下鈴鹿, and 鈴木真也 (2013). 政府研究開発投資の経済効果を計測するためのマクロ経済モデルの試行的改良. NISTEP NOTE (政策のための科学) 7, 科学技術・学術政策研究所. http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/2468.

外木暁幸 (2015). R&D 投資を導入した一般均衡動学モデルによる日本の経済成長分析. IIR Working Paper WP 15-22, 一橋大学イノベーション研究センター. http://hermes-ir.lib.hit-u.ac.jp/rs/bitstream/10086/27729/1/070iirWP15-22.pdf.

黒田昌裕, 池内健太, and 原泰史 (2016). 科学技術イノベーション政策における政策オプションの作成-政策シミュレーターの構築- (モデル構築編). SciREX ワーキングペーパー 1, 政策研究大

学院大学. http://doi.org/10.24545/00001570.

山名一史 (2017).「エビデンスに基づく政策形成」とは何か. ファイナンス (シリーズ日本経済を考える) 68, 財務総合政策研究所. https://www.mof.go.jp/pri/research/special_report/f01_2017_08.pdf.

大橋弘 and 五十川大也 (2013). イノベーション活動と政策効果分析: 動学性を踏まえた構造推定 (特集企業ダイナミクスとマクロ経済). フィナンシャル・レビュー, 2013(1):26–54. https://ci.nii.ac.jp/naid/40019583817/.

池内健太, 元橋一之, 田村龍一, 塚田尚稔, et al. (2017). 科学・技術・産業データの接続と産業の科学集約度の測定. DISCUSSION PAPER 142, 科学技術・学術政策研究所. http://hdl.handle.net/11035/3161.

池内健太, 深尾京司, Belderbos, 権赫旭, and 金榮愨 (2013). 工場立地と民間・公的 R&D スピルオーバー効果：技術的・地理的・関係的近接性を通じたスピルオーバーの生産性効果の分析. DISCUSSION PAPER 093, 科学技術・学術政策研究所. http://hdl.handle.net/11035/1198.

中室牧子 and 津川友介 (2017).「原因と結果」の経済学: データから真実を見抜く思考法. ダイヤモンド社. https://www.diamond.co.jp/book/9784478039472.html.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

5.1　イノベーションの歴史

清水洋 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 7 月 12 日

リード文

イノベーションが持続的に生み出されるようになったのは、歴史的に見ると、イギリスの産業革命以降である。ここでは、イノベーションとその担い手に注目して、産業革命の始まり、垂直統合の高い大企業の登場、そして、スタートアップの興隆を概観していく。

キーワード

イノベーション、歴史、産業革命、垂直統合、スタートアップ

本文

1　産業革命：イノベーションの連鎖のはじまり

イギリスにおける産業革命は、世界史上でも最も重要な出来事の 1 つであろう。イノベーションの連鎖は、ここから始まったと言っても過言ではない。それでは産業革命は、どのようなプロセスで起こったのだろう。この「革命」と呼ばれる現象は、実は非常に長い時間をかけて累積的なイノベーションが積み重なって起こったものである。

まず、産業革命が始まるまでの、英国の歴史を整理する。産業革命に至るまでに他国と比べてイギリスが得てきたアドバンテージはいくつかの要点に整理される。

(1) 大航海時代以降、植民地競争に勝利してきたイギリスは植民地貿易により莫大な資本を蓄積
(2) 英国内におけるより穏健な宗教改革の進展と、市民が中心となる議会による王権の抑制（清教徒革命時の「権利の請願」及び名誉革命の際の「権利の章典」）により市民社会の基盤が確立

このような経緯を辿ったうえで、なぜ綿織物産業を中心に産業革命がおこった原因を探る。英国

* 一橋大学イノベーション研究センター　教授

とインドの植民地貿易のうち、特にイギリスで人気を博したのはインドの安い労働力を基にした良質な綿織物であった。これに目を付けた資本家は、自ら工場を作り、綿花から綿糸を、綿糸から綿布を作ることを考えた。しかしながら、人件費が高いイギリスでは、インドのような家内制手工業による生産は難しく、ここに、人の代わりに機械で生産する必要性が高まっていった。

産業革命の中心をなした機械制工業は繊維工業で展開された。イノベーションの連鎖の最初のきっかけは、ジョン・ケイと呼ばれる織布工兼機械工であった。ケイは日常の織物業務にあって、ある一定以上の幅の布を織り上げるには 2 人以上の労働者が必要であり、そのことが生産性を下げていることに気づいた。そこでケイは織機の一方から他方へ杼を飛ばす方法を考え、そのために杼をはじいて滑り溝にそって滑走させる機械を発明した。これが飛び杼（フライング・シャトル）であり、1733 年頃の発明であったと言われている。この発明の結果、布の幅が広くなっただけでなく、布を織る速度がはるかに速くなった。織布の生産性が大きく向上したのである。

この生産性の向上は前工程すなわち糸を撚り上げる紡糸工程との間の生産性に大きな不均衡を生み出した。この生産性の不均衡は大きなビジネスチャンスをつくりだした。この生産性の不均衡を解消することが大きなビジネスチャンスとなったのである。

紡糸工程の初期の機械化は、ジョン・ワイアットとリュイス・ポールの 2 人が関わり、1738 年に発明された。この後に、産業革命において大きなインパクトを与えたハーグリーヴズのジェニー機とアークライトの紡績機が続いたのである。これらの紡糸工程の革新は、さらなるイノベーションを呼んだ。サミュエル・クロムプトンは、ハーグリーブズのジェニー機とアークライトの水力紡績機をさらに巧みに組み合わせて、より細くて丈夫な糸を撚り上げる機械を完成させた。この 2 つの発明の混成機械は、ろばと馬とを掛け合わせた「らば（ミュール)」にちなんで後にミュールと通称されるようになった。クロムプトンのミュール紡績機によって、ジョン・ケイの飛び杼以来の紡糸と紡織の間の生産性の不均衡は解消したばかりか、逆に紡糸の生産性が紡織を上回るまでになった。さらに、ジェニー紡績機のバーとアークライトの水力紡績機のローラーの組み合わせによって、極細の糸を紡ぐことができるようになった。この当時すでに、イギリスは太糸ではインドに対しても価格競争力を構築しつつあったが、ミュールによって細糸でもインドと競争できるまでになったのである。

また、産業革命期のイノベーションの発達を見ると、関連する技術や工程間の不均衡は、相互補完的にその発展を促進しあうということがわかる (Rosenberg, 1979)。この意味で、不均衡こそが産業や技術を前進させる原動力といえる。ひとつの技術が突出することによって不均衡が生じ、それを解消するために他の工程あるいは技術が進歩し、またそこで新たな突出が生まれていったのである。このような不均衡が新たなイノベーションを生み出すという連鎖はこれからさまざまなところで見られるようになっていった。

それでは、なぜ、産業革命はイギリスで始まったのだろう。イギリスにおいて産業革命が最初に起こった大きな理由は前述の通りだが、他国に先駆けて近代的な特許制度が 1624 年に専売条例として成立していたことも要因の一つとして挙げられる。これは、他の諸国よりも早い成立であった。この知的財産権を保護する近代的な制度の成立によって、イギリスのエンジニアは、自らの発明によって大きな富を得られるようなインセンティブの構造が生まれたのである。この知的財産権

の保護の制度の成立によって、専有可能性が担保されるようになったのである。つまり、発明をビジネスに結びつける素地が整ったのである。

2　ビッグ・ビジネスの登場

産業革命期のイノベーションの主役は、企業というよりも個人の発明家や企業家であった。企業の規模としては小規模なものにとどまっていた。しかし、19 世紀後半にアメリカに出現した巨大企業は、その生産量の巨大さにおいて、それまでの企業とは決定的に性格が異なるものであった (Chandler Jr, 1977)。ビッグ・ビジネスの基礎的な形態を整えた最初の産業は鉄道であった。鉄道網が広がっていくと、大きな投資の管理や効率的な長距離輸送、安全性への対応などが必要になっていった。そのために、階層性を持った組織構造が構築されていったのである。

アメリカにおいて幹線鉄道網が整備されたことによって、それまで分断されていた市場が大きな国内市場へと統合された。それにより、大量生産そして、大量流通の仕組みを整えることが、大きなビジネスチャンスとなった。

大量の製品を製造し、大量に販売して利益を上げるということは、大量生産のための機械の仕事だけではなく組織の仕事でもあった。原材料をタイミングよく調達、貯蔵したり、ばらつきのない効率的な生産を達成したりしなければ、いくら機械が存在しても利益を上げることはできない。ましてや、アメリカあるいは全世界という広大な市場に大量の製品を過不足なく流通、販売するには、綿密な組織的対応が必要だった。しかも、こうした大量の原材料調達や製品販売は、既存の商社、流通業者、卸売業者あるいは小売店の利用で対応できるような規模ではなかった。当時はコンピュータどころか電信がやっと普及した程度で、市場を通じた企業間調整コストはきわめて高かった。また、市場の取引では、自社の大量生産技術に合わせたような関係特殊的な投資を既存の流通企業に期待することは難しい。すなわち、機械が可能とした規模の経済性を収穫することが不可能だったのである。

そのため、企業には取引を内部化して巨大組織を作り上げる必要性が生まれた。自社内に、購買部門、流通部門、マーケティング部門など、自社の技術にとって補完的な経営資源を統合することによって、規模の経済性を達成しようとした。会社の中に生産だけでなく、購買、販売、法務、財務など複数の職能を内部化した巨大組織すなわち複数職能組織（multi-functional organization）が成立したのである。

垂直統合を遂げた企業が成長する過程で、企業内に経営資源が次々と蓄積されていった。一般的に、景気変動や競争などによって需要が変化したり、科学技術が進歩することによって、蓄積された経営資源の間に不均衡や未利用という事態が生じてくる。このような未利用資源をいっそう活用するために、企業は新製品を開発して多角化を進めることになる。化学工業や電機産業などで典型的に見られたように、技術の発展によって同一の設備から多種類の製品の大量生産が可能となり、生産プロセスに未利用資源が蓄積される (Penrose, 1980)。この不均衡を解消するために、製品の多角化が図られ、そこでのイノベーションが模索されていった。

3　スタートアップと外部の経営資源の活用

20 世紀に入り、研究開発などを始めとして多くの機能を内部化させた垂直統合的な企業から多くのイノベーションが生み出された。しかし、1990 年代からその様子は変わってきた。垂直統合の程度が低い企業から多くのイノベーションが生み出されるようになってきているまた、1980 年代後半からは、アメリカのシリコンバレーを中心にしてスタートアップが重要なイノベーションの担い手となってきた。この背後には、ベンチャー・キャピタルのための制度整備や流動性の高い労働市場などがあった。これらによって、新しいビジネス機会を見つけた場合には、失敗する可能性があったとしても、チャレンジするほうが経済的に合理的な場合が増えてきたのである。

それらの企業は、社内に多くの経営資源をかかえるのではなく、外部の経営資源の戦略的な活用によってイノベーションを生み出している。さらに、2000 年代に入り　外部の経営資源を戦略的に活用してイノベーションを生み出そうという動きが活発に主に欧米の既存企業でも見られるようになってきた。これは、アメリカの P&G や IBM、GE あるいはオランダの DSM といったそれまで多くの研究開発機能を内部化していた垂直統合の程度の高い企業が、もはや企業内部の経営資源の組み合わせだけでは、イノベーションを生み出すためのスピードも遅く、コストも高いという判断をし始めたのである。

これは、垂直統合型からよりネットワーク型へと経営資源の組み合わせの仕方の変化であり、オープン・イノベーションとも呼ばれている (Chesbrough, 2003)。そこではスタートアップとの連携が重要になっており、最近では既存企業がスタートアップへの投資や育成を行うようになっている。優れた経営資源が社会においてさまざまな組織に拡散していくに連れて、自社や長期的にビジネス関係を構築してきた組織の経営資源がイノベーションを起こすために最も適しているというわけではなくなってくる。そのような状況において、幅広く外部にあるイノベーションのタネを活用する仕組みを構築する必要ができてきたのである。

尚、本章は一橋大学イノベーション研究センター (2017) 第 2 章を要約したもので、詳細は本書をご覧いただきたい。

References

Chandler Jr, A. D. (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Harvard University Press. http://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674940529.

Chesbrough, H. W. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Press. https://hbr.org/product/open-innovation-the-new-imperative-for-creating-and-profiting-from-technology/8377-HBK-ENG.

Penrose, E. T. (1980). *The Theory of the Growth of the Firm*. White Plains, N.Y.: M. E. Sharpe. https://trove.nla.gov.au/work/9812420?q&sort=holdings+desc&_=

1533604862789&versionId=45118806.

Rosenberg, N. (1979). Technological Interdependence in the American Economy. *Technology and Culture*, 20(1):25–50. http://www.jstor.org/stable/3103110?seq=1#page_scan_tab_contents.

一橋大学イノベーション研究センター, editor (2017). イノベーションマネジメント入門. 日本経済新聞社. https://www.nikkeibook.com/book/79114.

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- IMPP イノベーションと経営・経済・政策
- IMPP イノベーションマネジメント
- IMPP イノベーションと政策・制度
- IMPP イノベーションの経済分析

5.2　日本の STI 政策の歴史

佐藤 靖 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 8 月 10 日

リード文

我が国においては従来原子力・宇宙の両分野が科学技術政策の大きな部分を占め、それが産業技術政策や学術政策と並立していたが、1995 年の科学技術基本法制定以降、5 年ごとに科学技術基本計画が策定されることとなり、科学技術全般に関する政策が次第に具体性を増した形で示されるようになってきた。さらに 2005 年頃から世界的にイノベーションの重要性が強調されるようになって、我が国においても科学技術イノベーション（STI）政策という用語が用いられるようになり、その重要性が増してくることとなった。

キーワード

科学技術基本法、科学技術基本計画、冷戦、基礎研究、省庁再編

本文

1　冷戦期の科学技術政策

我が国では、第二次世界大戦後の占領期の間にも 1949 年に日本学術会議及び科学技術行政協議会（STAC）が設立されるなどの動きはあったが、1952 年のサンフランシスコ講和条約発効後に科学技術に関わる政策の推進体制が本格的に構築され始めた。1953 年末の国連総会において米国アイゼンハワー大統領が「平和のための原子力（Atoms for Peace）」のビジョンを提示する演説を行ったことを機に我が国では 1954 年度に原子力予算が初めて計上された。1955 年には、日本学術会議が提示した自主・民主・公開の三原則を盛り込んだ形で原子力基本法が制定され、翌 56 年に原子力委員会及び日本原子力研究所が発足するとともに、原子力を含む科学技術の推進に関する行政事務を担う組織として、STAC 等の業務をも引き継ぐ形で科学技術庁が誕生する。さらに 1959 年には科学技術政策に関する内閣総理大臣の諮問機関である科学技術会議が設置された。

* 新潟大学人文社会科学系　教授

その後原子力分野では技術導入を進めるとともに、原子力船開発の推進、高速増殖炉開発の推進などの政策が打ち出され、1967 年には動力度・核燃料開発事業団が発足する。一方宇宙開発分野でも 1964 年に東京大学宇宙航空研究所が発足し、また科学技術庁には宇宙開発推進本部が設置されて、前者は自主技術開発による科学衛星の打上げを、後者は 1969 年に特殊法人宇宙開発事業団へと発展的に解消し技術導入による実用衛星の打上げを担う体制となった。

産業技術の諸分野でも、1950 年代後半から 1970 年代はじめにかけての高度成長期には民間企業による技術導入と自主技術開発の両面に政府が関与した。例えばコンピュータ産業では、最初期には通商産業省電気試験所、電電公社電気通信研究所、東京大学、京都大学等の官学が研究開発を担い、民間各社はそれぞれ米国企業と契約を結んで技術導入を進める一方で、基本特許を押さえる IBM 社に対しては通商産業省が業界を代表して交渉を行い、さらに通商産業省は可能な範囲で保護主義的政策を維持しながら次々と補助金を投じて研究開発を促進するとともに業界再編を主導しさえした。一方、第二次世界大戦以前からの分厚い技術の蓄積をもち戦後は優秀な海軍出身の技術者らも受け入れた日本国有鉄道は、民間企業とともに自主技術により 1964 年に東海道新幹線を完成させ、世界を驚かせた。

ところが、高度成長期には、公害問題も重大な社会問題としてクローズアップされるようになった。特に熊本と新潟の水俣病、四日市ぜんそく、イタイイタイ病の四大公害病により、公害対策が喫緊の政治的課題となり、1967 年には公害対策基本法が、1968 年及び 1970 年には大気汚染防止法と水質汚濁防止法が制定されるなどの動きがあり、1971 年には環境庁が発足した。

我が国の高度成長期は 1973 年の第 1 次石油危機とともに終焉を迎えるが、それは原子力の推進を促すとともに再生可能エネルギー（当時は石油代替エネルギー等と呼ばれた）の模索をも促した。1974 年にはその目的でサンシャイン計画が開始され、1978 年からは省エネルギー技術の研究開発を目的とするムーンライト計画も開始される。1979 年には第 2 次石油危機もあり、我が国の産業は大きな構造変革を迫られたが、その競争力はますます向上していった。例えば自動車などでは、石油ショック下の中で、より燃費が良く、より厳しい排ガス規制にも対応できるエンジンを開発していった。1970 年に米国で制定されたマスキー法は一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物の排出量を従来の 1/10 にするものであったが、米国産の自動車が当該基準をほぼ達成できなかったのに対し、日本の自動車会社は様々な技術開発をすることによって、1978 年にはすべてクリアすることとなるなど、技術的な競争力を高めていくこととなった。そして鉄鋼、自動車、テレビなどの分野での貿易摩擦が大きな政治問題になった。

1980 年代に入ると、日米間の貿易摩擦問題はさらに深刻になり、それが半導体などの先端技術分野にも広がってきた。米国は、プロパテント（特許重視）政策等により日本に対抗するとともに、1985 年のプラザ合意によって自国に有利な競争環境を整えようとした。そのようななかで我が国は第 5 世代コンピュータプロジェクトなどを進めて、技術立国として歩んでいくためにさらに自国の強みを伸ばそうとしたが、これを米国は強く警戒することとなった。

2　基礎研究重視の流れと科学技術基本法の成立

1980 年代後半には、米国は日本に対して貿易不均衡の是正などを求めるにとどまらず、日本が米国による基礎研究の成果にただ乗りして製品を開発しているとの主張を強めた。特に 1988 年の日米科学技術協力協定に際して米国はきわめて強い問題意識をもって、日本を科学技術分野における対等の競争相手とみなし交渉に臨んできた。この米国によるいわゆる「基礎研究ただ乗り論」に押される形で、日本はその後基礎研究重視の政策をとっていくことになる。

そのような流れの延長上に 1995 年に成立したのが科学技術基本法であった。米国からの圧力を抜きにしても、当時の日本では、すでに科学技術の面では欧米先進国へのキャッチアップの段階を終え、これからはフロントランナーとして創造的な基礎研究を進め国際的な貢献を果たしていかなければならないという認識が広く共有されていた。科学技術基本法は、科学技術の振興を国及び地方公共団体の責務として定め、科学技術基本計画の策定を政府に義務づけるとともに、政府はその実施に要する経費を「国の財政の許す範囲内で」確保するよう努めなければならないと規定した。

第 1 期の科学技術基本計画は、科学技術会議において迅速に検討が行われ、1996 年 7 月に閣議決定された。その内容で最も注目を集めたのは、やはり 5 年間で 17 兆円という科学技術関係経費の支出総額の目標が明記されたことであった。これは、科学技術を重視する日本政府の端的なメッセージとして受け止められた。この数値目標を定める際の基本となった考え方は、政府研究開発投資の対 GDP 比を欧米主要国並み、すなわち 1 %程度まで引き上げるというものである。この科学技術関係経費の支出総額の目標は現実に達成されることとなる。

第 1 期基本計画には、「研究開発システム」の改革のための諸施策も盛り込まれた。大学等における任期制の導入、ポスドク 1 万人計画、研究支援者の抜本的拡充、競争的な研究資金の大幅な拡充、厳正な研究開発評価の実施、産学官交流の活発化等の方針が示された。これらのほとんどの施策は、少なくとも一定程度の実現をみる。

1990 年代には、こうして我が国の科学技術政策の新たな枠組みができた一方で、原子力や宇宙開発の分野では大きな事故が相次いだ。原子力分野では、すでに 1970 年代から原子力発電所の立地反対運動が強まり、1974 年には原子力船「むつ」の放射線漏れ事故が発生して大きな社会問題となったが、1990 年代には高速増殖炉「もんじゅ」のナトリウム漏洩事故（1995 年）及び東海村 JCO 臨界事故（1999 年）が発生し、原子力政策を大きく揺るがす。宇宙開発分野でも、1994 年 2 月に全段自主開発の液体燃料ロケット H-II の初号機打上げに成功した後、同年 8 月の 2 号機で打ち上げられた人工衛星「きく 6 号」の軌道投入に失敗し、1999 年 11 月に打ち上げられた 8 号機の打上げも失敗した。この頃から原子力・宇宙両分野の予算は停滞傾向をみせるようになった。

3　省庁再編と科学技術基本計画の展開

我が国の科学技術政策分野の組織体制は、2001 年の省庁再編をもっていくつかの点で大きく変化した。まず、科学技術会議が廃止され、代わりに権限および組織が強化された総合科学技術会議

（CSTP）が内閣府に「重要政策に関する会議」として設置されて内閣および内閣総理大臣を助ける「知恵の場」としての役割を期待されることとなり、同時に科学技術政策担当大臣が置かれた。また、文部省と科学技術庁の統合により文部科学省が誕生するとともに、元の両省庁に置かれていた数多くの審議会を束ねる形で科学技術・学術審議会が設置された。なお、日本学術会議は旧総理府からいったん総務省に移されたうえで、そのあり方を CSTP において再検討することとされたが、結局内閣府の「特別の機関」として存続することが決まった。

省庁再編後には、国立大学等が 2004 年に法人化され、国立研究機関等もその前後に法人化及び再編されたことにより、研究開発の実施体制に大きな変化がみられた。2003 年には独立行政法人宇宙航空研究開発機構が、2005 年には独立行政法人日本原子力開発機構が誕生した。並行して、科学技術分野の政策形成を支えるエビデンスを産み出す調査分析組織ないしシンクタンク組織も充実していく。文部科学省の科学技術政策研究所（NISTEP、現科学技術・学術政策研究所）はすでに 1988 年に設立されていたが、2003 年には同省所管の日本学術振興会（JSPS）に学術システム研究センター（RCSS）が、また科学技術振興機構（JST）には研究開発戦略センター（CRDS）が設置された。

省庁再編とほぼ時を同じくして、第 2 期科学技術基本計画が 2001 年に閣議決定された。その最大の特徴は、基礎研究の重要性を強調しつつ、国家的・社会的課題に対応した研究開発については重点的に推進する分野が指定されたことである。すなわち、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の 4 分野に対して重点的に予算配分を行う「戦略的重点化」の方針が明示された。また、競争的資金の倍増や産学連携のさらなる推進、科学技術と社会との関係の重視が掲げられ、期間中の政府研究開発投資の規模を総額 24 兆円とすべきであるとされた。ただし、実際の投資額は 21 兆 1000 億円にとどまり、目標を下回ることになる。

つづく 2006 年の第 3 期科学技術基本計画の策定に際しては、NISTEP はじめ各機関によって膨大なエビデンスが整えられ、検討が行われた。第 3 期基本計画では、「戦略的重点化」の方針は維持され、4 分野に重点的に資金配分を行う方針は変わらなかった。ただし、よりきめ細かな資金配分を行うために「戦略重点科学技術」の考え方が導入され、62 課題が選定された。第 3 期基本計画の大きな特徴は、イノベーションの重視が打ち出されたことである。わが国の潜在的な科学技術力を新たな社会的・経済的価値の創出へとつなげていくことが必要であるとされた。計画期間中の政府研究開発投資総額の目標については、5 年間で 25 兆円という数値目標の記載が実現したが、実際の投資総額は 21 兆 7000 億円にとどまることになる。科学技術関係経費の推移を当初予算ベースで長期的にみると、2004 年までは上昇基調にあったのがそこからほぼ横ばいないし緩やかな減少傾向が続いている。

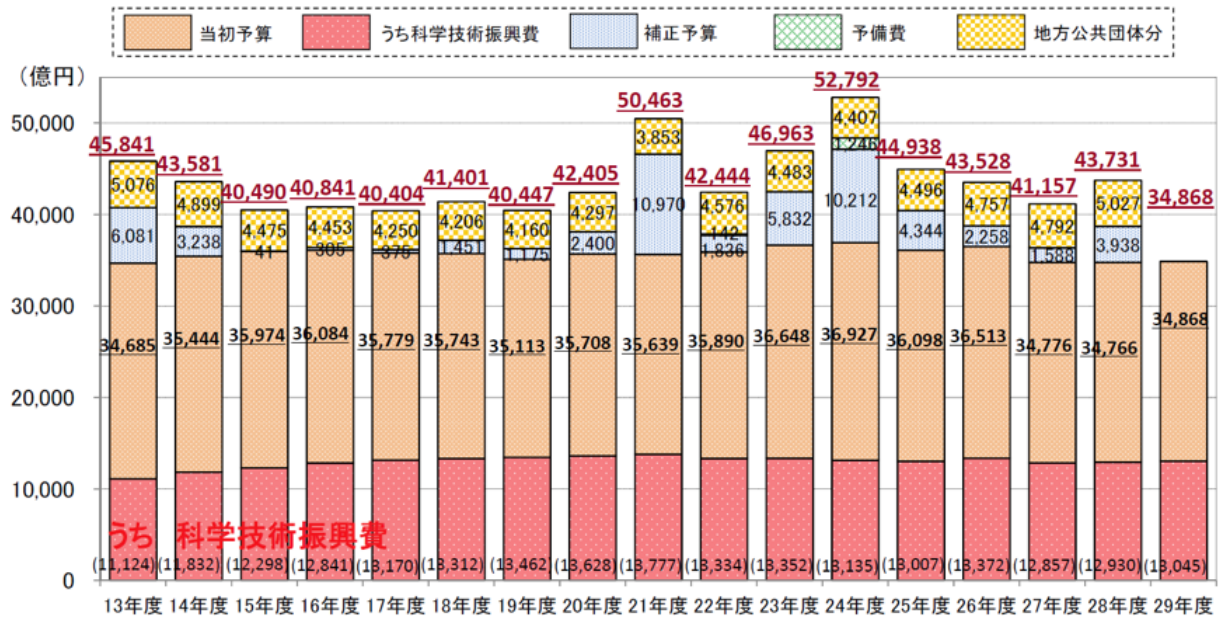


図 1　科学技術関係予算の推移（内閣府資料）

出所

4　科学技術イノベーション（STI）政策へ

第 4 期基本計画の検討期間中には、二つの大きな環境変化があった。一つは CSTP 基本政策専門調査会が議論を始める直前の 2009 年 9 月に自民党から政治主導を掲げる民主党への政権交代があったことである。もう一つは 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて基本計画の原案が見直され、閣議決定が 2011 年 8 月まで後ろ倒しとなったことである。

第 4 期基本計画の最大の特徴は、第 2 期および第 3 期にわたって 10 年間踏襲された分野別の重点化の考え方から、社会的課題の解決を志向した重点化の考え方への転換が図られたことであろう。「課題達成」がキーワードとなり、「グリーン・イノベーション」と「ライフ・イノベーション」の 2 大イノベーションに加えて震災からの復興、再生が達成すべき課題として位置づけられた。

第 4 期科学技術基本計画では、「科学技術イノベーション政策（STI）のための科学」の推進に係る記述も盛り込まれた。その方針に沿って、政府は STI 政策分野の基盤データの整備、政策立案に資する調査研究、人材育成等を進めるため、「科学技術イノベーション政策における『政策のための科学』の推進」事業（SciREX 事業）を進めることになる。

第 4 期科学技術基本計画期間中には、大学改革の流れも進んだ。すでに 2006 年には教育基本法が改正され、大学の基本的な役割として教育・研究に加えて社会貢献が盛り込まれるといった動きがあったが、2012 年には文部科学省より大学改革実行プランが公表されて各国立大学の「ミッションの再定義」が開始された。この前後から研究者個人ではなく大学等の組織単位で配分される

競争的経費の種類が増え、各大学はそうした経費を獲得しつつ大学改革を進めることを求められた。そして、2016 年からの第 3 期国立大学法人中期目標期間においては運営費交付金の配分において 3 つの重点支援枠の設定がなされ、事実上国立大学のミッションが分化することとなり、さらに 2017 年からは指定国立大学制度がスタートした。

2016 年度からスタートした第 5 期科学技術基本計画は、社会的課題の解決を志向するという第 4 期基本計画の基本的な考え方を引き継ぎつつ、イノベーションをめぐる内外の環境変化を踏まえて技術のシステム化・統合化に重点を置き、「超スマート社会」の実現を目指すことを打ち出した。同時に、我が国の科学技術の存在感が相対的に低下傾向にあることを踏まえつつ、大学や研究機関の改革を含め国のイノベーション・システムの改革を促すとともに、STI 分野の現状や政策実施の状況を示す指標を設定してフォローすることにより PDCA サイクルを回すための方策を講じるとしている。その他、若手研究者や女性研究者の活躍促進、大学改革と研究費制度改革の一体的推進、オープンイノベーションの推進等の方策も盛り込まれた。

なお、第 5 期科学技術基本計画の検討期間中の 2014 年には、CSTP の所掌範囲が拡大されて総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）と改称され、イノベーション重視の姿勢が強まって、経済財政諮問会議等とも連携しつつ我が国の成長戦略にますます重要な役割を果たすようになっている。

5　おわりに

我が国では 1995 年に科学技術基本法が制定されて以来、政府研究開発投資の規模が拡大するとともに STI 政策の立案に関わる組織体制が充実し、膨大なエビデンスが揃えられたうえで科学技術基本計画が策定されるようになってきた。2011 年度からは SciREX 事業も始まり、さらに高度なエビデンスの生成手法の開発や、将来の STI 政策分野を支える人材育成に向けた取組みが進んでいる。科学技術に対する投資に費用対効果や説明責任を求める流れは今後も強まっていくことが想定され、エビデンスに基づく政策の企画立案のための体制を整えていくことが必要と考えられる。

References

吉岡斉, editor (2011). **新通史 日本の科学技術**, volume 全 4 巻. 原書房. http://amzn.asia/hECIS0j.

中山茂 (1995). **科学技術の戦後史**. 岩波書店. https://www.iwanami.co.jp/book/b268214.html.

中山茂・吉岡斉 (1994). **戦後科学技術の社会史**. 朝日新聞出版. http://www.arsvi.com/b1990/9409ns.htm.

中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (1999). **通史 日本の科学技術**, volume 全 6 巻. 学陽書房. http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html.

武安義光・大熊健司・有本建男・國谷実 (2009). **科学技術庁政策史－その成立と発展**. 科学新聞社.

http://amzn.asia/5j1Zn4A.

有本健男・松尾敬子 (2015). 科学技術イノベーション政策の俯瞰～科学技術基本法の制定から現在まで～. Technical Report CRDS-FY2014-RR-05, 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2014/RR/CRDS-FY2014-RR-05.pdf.

有本建男・佐藤靖・松尾敬子 (2016). 科学的助言ー *21* 世紀の科学技術と政策形成. 東京大学出版会. https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/59/10/59_716/_article/-char/ja/.

國谷実 (2014). 日米科学技術摩擦をめぐってージャパン・アズ・ナンバーワンだった頃ー. 科学技術国際交流センター. http://amzn.asia/bZs5Wv0.

関連データ・ソース

- 内閣府ホームページ「科学技術政策」, http://www8.cao.go.jp/cstp/stmain.html.

5.3　米国の STI 政策の歴史

佐藤 靖 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 8 月 10 日

リード文

米国においては、第 2 次世界大戦後間もなく連邦政府の科学技術推進体制の基本が確立し、特に 1957 年のソ連による世界初の人工衛星打上げ成功後のいわゆる「スプートニク・ショック」以降、科学技術への公的投資が急増した。その後は米国内外のさまざまな政治経済環境の変化に伴って科学技術政策の方向性が大きく変化してきたが、時代が下るにつれてグローバル化した世界のなかで米国の競争力を維持することが大きな命題となり、イノベーションの重要性が強調され現在に至っている。

キーワード

冷戦、基礎研究、マルチファンディング、イノベーション

本文

1　米国の科学技術推進体制の確立

米国では、第 2 次世界大戦以前は民間の企業や財団が大学等における研究開発の主な資金源となっていたが、第 2 次世界大戦が始まると連邦政府による科学技術への投資が一気に増した。1940 年には国防研究委員会（NRDC）が設立され、軍事研究に予算が投入され始める。1941 年には NRDC を吸収する形でより広範な権限をもつ科学研究開発局（OSRD）が設立され、マサチューセッツ工科大学（MIT）出身の電気工学者であり科学行政官であるバニーバー・ブッシュがその局長となった。OSRD は科学技術の戦時動員の司令塔として、MIT をはじめ米国内の大学や企業と契約を結んでレーダーや原子爆弾、抗生物質などに関する研究を進めた。

ブッシュは 1944 年 11 月、終戦後の連邦政府による科学研究の支援のあり方などに関する検討の依頼をルーズベルト大統領から受け、1945 年 7 月に報告書「科学－果てしなきフロンティア」を

* 新潟大学人文社会科学系教授

公表する。この報告書は、連邦政府による科学への投資、特に基礎研究の重要性を強調していた。その前提となっていたのは、基礎研究から実用化へと導かれる直線的なプロセス、いわゆる「リニア・モデル」であり、これは現在ではしばしば批判の的となるが、当時はこの報告書は高い評価を受けた。この報告書は、戦後の米国の科学技術政策の基礎となる思想を提示したという意味で大きな歴史的意義をもつものであったといえる。また、この報告書をきっかけに議会で議論が始まり、1950 年には国立科学財団（NSF）が設立された。

ただ、当面米国の科学技術政策の議論は原子力や宇宙開発の分野に重点が置かれることになる。原子力分野では、第 2 次世界大戦中に国内の科学者や企業などを動員して原爆開発を行ったマンハッタン計画の体制にかわって原子力委員会（AEC）が 1947 年に設立された。それからしばらくは米国の原子力開発は軍事目的で進められるが、1953 年末の国連総会でのアイゼンハワー大統領による「平和のための原子力（Atoms for Peace）」を提唱した演説をきっかけに平和目的の原子力発電も始まる。一方宇宙開発分野では、陸海空軍がそれぞれミサイル開発を進めたが、科学観測を目的とした研究開発も行われていた。しかし、1957 年 10 月 4 日にソ連が米国に先がけて人工衛星「スプートニク 1 号」の打上げに成功したことで米国内に動揺が広がり、1958 年には航空宇宙局（NASA）が設立されてソ連との宇宙開発競争が繰り広げられていく。

この「スプートニク・ショック」は、米国の科学技術政策に大きなインパクトをもたらした。宇宙開発予算だけでなく、基礎研究を含む幅広い分野の科学技術予算が急速に伸び始めたのである。また、スプートニク 1 号の打上げ直後には、正式に初代の大統領科学顧問と大統領科学諮問委員会（PSAC、のちの大統領科学技術諮問委員会（PCAST））が置かれているが、このことからは連邦政府における科学技術政策の比重と位置づけが増したことが読み取れる。また、NASA の設立によって、既存の国立衛生研究所（NIH）、AEC（現エネルギー省（DOE））、NSF、国防総省等とあわせ米国の科学技術を多面的に支える現行のマルチファンディング体制の枠組みが完成した（図 1）。米国の連邦政府が出資する研究費のうち最も大きな割合を占めているのは国防総省によるものだが、冷戦時代にスタートし現在も引き継がれている制度（組織）として特筆すべきものとして、国防高等研究計画局（Defense Advanced Research Projects Agency）がある。DARPA は国防総省内の機関ではあるが、軍の研究機関とは独立しており、長期的な最先端の国防技術を開発するため、独立性の高いプログラムマネージャーが、大学や民間企業に資金提供を行い、これらの機関で研究が行われることとなる。これらの成果は民間での活用事例も多く、インターネットや GPS、ドローンなど、多岐にわたっている。

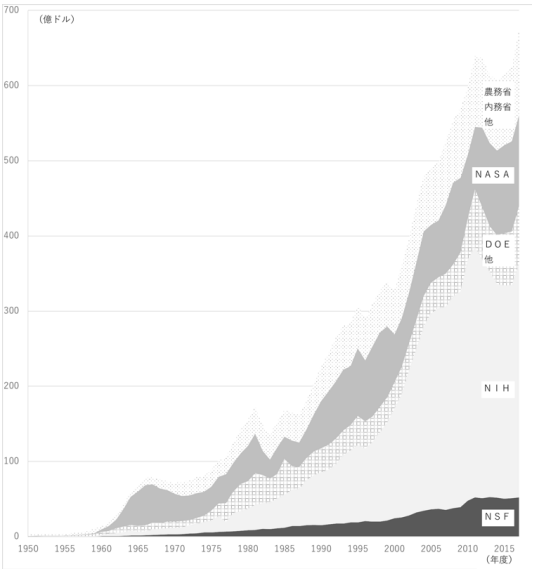


図 1　米国連邦政府の非軍事研究開発予算の内訳の歴史的推移

出典：White House Office of Management and Budget Historical Tables
https://www.whitehouse.gov/omb/budget/HistoricalsTable9.8 のデータを基に筆者作成

2　冷戦の緩和（デタント）と巨大科学技術の転機

1970 年前後になると、米国で科学技術政策に大きな影響を与える政治環境の大変動がみられた。東西冷戦の緊張が次第に緩み、その一方で経済問題・財政問題がクローズアップされるようになったのである。既にジョンソン政権期（1963 年～1969 年）からベトナム戦争の過大な財政負担が問題になって反戦運動が盛んになり、一方で貧困問題や都市問題の解決に向けた取り組み（「偉大な社会」プログラム、1965 年～）が進められていたが、1969 年にニクソン政権が誕生した頃からそうした流れは加速する。当時、米国は、世界における自国の軍事的・経済的地位が相対的に低下し、圧倒的な軍事力・経済力を背景に資本主義陣営の盟主として行動していたそれまでの世界戦略を維持することができなくなってきていることを自覚していた。そうした認識を背景に米国はソ連とのデタント交渉に乗り出し、中国との国交正常化に踏み切り、またベトナムから撤退したのである。その結果、冷戦期に大きく伸びた軍事予算や宇宙予算は停滞することとなった。

ベトナム戦争や環境問題は、科学技術が社会に与える影響には正負両面があることをも人々に強く認識させた。反戦運動や環境運動が高まるなかで、従来型の科学技術やそれを支える軍産複合体に対する懐疑と批判が聞かれるようになり、1970 年には国家環境政策法が制定、環境保護庁が設置されて環境規制が着実に強化されていく。国際的にも 1972 年には国連人間環境会議（ストックホルム会議）が開催され、ローマクラブが報告書「成長の限界」を公表するなかで、米国では同年議会に技術評価局（OTA）が設置された。そして、原子力や宇宙開発にかわって、社会に適合する技術を求める「適正技術」などの考え方も注目を浴びるようになる。

実際、1970 年代に入って連邦政府による科学技術の支援の重点は大きくシフトした。宇宙開発分野では 1969 年にアポロ計画による有人月面着陸が実現したことでソ連との宇宙開発競争に一応の決着をみたこともあり、予算が急激に削減され、後続のスペースシャトル計画は難航した。一方で 1971 年にニクソン大統領は「がんとの戦争」を打ち出し、医学研究に集中投資する政策をとった。これにより米国における生命科学分野の研究基盤が急速に充実し、米国がのちに同分野を主導する足がかりができた。また、エネルギー分野でも、1973 年に石油ショックが起きたことも追い風となって研究開発投資が急増し、AEC が組織改編を経て 1977 年にエネルギー省が誕生する。

1970 年代には原子力分野の停滞という現象もみられた。1960 年代に計画された新規建設計画の多くがキャンセルされた。これは、環境運動などを受けて原子力分野の規制強化が進み、建設コストが上昇して他のエネルギー源と比べたときの競争力がなくなってきたためである。この動きに対応するため、原子力産業界では原子炉の確率論的リスク評価を行い、規制を合理化しようとする動きなどもあった。しかし 1979 年にスリーマイル事故が発生すると原子力分野は一段と停滞し、新規建設が完全に止まる。

科学技術のリスクを定量的に評価することによって、それを適切に管理する規制を設けるという流れは環境分野、食品安全分野、医薬品分野などでも強まった。ただし、そうしたリスク評価は高い不確実性を内包したものであり、またそれに基づくリスク管理は総合的な観点から実施される必要があるため、科学技術のリスクへの対応は複雑で困難なものとなった。この問題は、1973 年に物理学者アルビン・ワインバーグが、科学によって問うことはできるが科学だけでは答えることができない問題領域として定義した「トランス・サイエンス」という概念を参照しつつしばしば議論されることとなる。そして 1980 年代には、規制行政分野での政策立案・実施に必要とされる科学としてレギュラトリーサイエンスという概念が認知度を高めていく。

3　産業競争力の重視と冷戦の終結

世界における米国の経済力の相対的位置は 1970 年代以降低下し、とりわけ日本との貿易摩擦が大きな政治的課題となっていたが、1980 年代に入ってさらにその流れは強まる。すなわち、繊維製品、鉄鋼、自動車等のみならず半導体等の先端技術分野においても摩擦が深刻化し、米国経済に対するダメージが拡大していった。このため 1980 年代には米国は産業競争力強化を重視することとなり、科学技術政策もその方向性に沿ったものとなった。1980 年代以降、産業競争力の強化のため、国立研究所、大学などの知をいかに活用していくかが喫緊の課題となり、様々な法律が制定された。

まず 1980 年にはバイ＝ドール法が制定され、連邦政府からの資金によって大学が行った研究開発の結果生まれた特許について大学や研究者個人に帰属させることができることとなり、産学連携の一層の活性化がもたらされた。また、同年にはスチーブンソン・ワイドラー技術革新法（Stevenson-Wydler Technology Innovation Act）も成立し、国の技術移転を推進するために「国立研究所に技術移転オフィスを設置すること、国立研究所が民間からの委託開発を可能とすることなどが定められた。本法律は 1986 年に連邦技術移転法（Federal Technology Transfer Act : FTTA）に

改正され、民間研究所との共同研究開発協定（Cooperative Research & Development Agreement：CRADA）や、研究員の民間への出向研究が可能となるなど、技術移転方策がさらに進展することとなった。1981 年にレーガン大統領が就任すると競争力強化の方針はいよいよ明確になり、1985 年には「産業競争力に関する大統領顧問委員会」報告書（通称「ヤング・レポート」）が公表され、特許制度の強化等の方針が示される。1980 年代後半には、特許侵害に係る裁判で日本企業が多額の賠償金支払いを余儀なくされるケースが相次いだ。米国はこうしたプロパテント（特許重視）政策を国際的な場にも展開し、1995 年の世界貿易機関（WTO）の発足時に知的財産権の国際的調和を実現するための TRIPS 協定の発効が実現する。

レーガン大統領は、産業競争力強化を目指す一方で軍事力の増強も重視し、戦略防衛構想（SDI）や宇宙ステーション計画の推進も決定した。しかし 1986 年にスペースシャトル・チャレンジャー号事故が発生し、米国の宇宙計画は大きな試練を迎える。各種の国内問題が山積するなか、米国の巨大科学技術は行き詰まりの兆候を見せ始めた。

冷戦が終結し、クリントン大統領が 1993 年に就任すると、軍事部門の研究開発費は大幅に縮減され、同時に巨大科学技術に関わる政策も大きく方向転換する。宇宙ステーション計画はもともと冷戦下で資本主義陣営の結束を示すという政治的目的をも帯びたものであったが、1993 年にロシア等の参加が決まり、一転して国際社会の協調のシンボルとしての性格を帯びることとなった。一方、テキサス州に建設中であった超電導超大型加速器（SSC）計画は資金不足により同年中止が決まる。核融合の分野では国際熱核融合炉（ITER）計画が冷戦終結前から国際協力により進展していたが、こうした巨大科学技術の計画について米国は自国の財政事情を反映する姿勢を強めた。

一方でクリントン政権は情報通信技術やバイオテクノロジーを推進した。前者については民間主導の研究開発の比重が高くなったが、後者については議会の後押しもあり 1998 年から NIH の予算を 5 年間で倍増するという方針が実施された。1989 年に開始されたヒトゲノム計画は着実に推進され、2003 年にはヒトゲノムの解読完了に至った。クリントン政権は 2000 年に国家ナノテクノロジー構想（NNI）も打ち出している。環境分野でも 1997 年の京都議定書採択において重要な役割を果たすなど、クリントン政権は巨大科学技術の支出を抑制するかたわら幅広い分野の科学技術政策を積極的に打ち出した。

4　グローバル化とイノベーション

2001 年にブッシュ政権が誕生すると、科学技術政策の方向性はまた大きく変化する。京都議定書については、もともと議会で批准される見通しは低かったが、同政権は正式に米国の離脱を表明した。また、2001 年の同時多発テロ事件を受けて、ブッシュ政権は軍事部門の研究開発費を大幅に増額していく。宇宙開発分野でも有人火星探査を視野に入れた新たな大型計画が発表され、原子力分野でも「グローバル原子力パートナーシップ」を打ち出すなど積極的姿勢を示した。

同時に、ますますグローバル化が進む世界において米国の産業競争力を維持・強化することが連邦政府にとって非常に重要な課題となった。競争力評議会は 2004 年、報告書「イノベート・アメリカ」（通称パルミサーノ・レポート）を公表し、米国の競争優位確保のためにイノベーションの重

要性を強調した。これを受けて議会から検討の依頼を受けた全米アカデミーズは 2005 年に報告書「迫り来る嵐を乗り越える」（通称オーガスティン・レポート）を公表し、米国の競争力の将来に危機感を示しつつ理工学の教育研究の強化やイノベーション環境の整備などを提言した。ブッシュ大統領は 2006 年に米国競争力イニシアティブを発表し、2007 年には米国競争力法が成立する。こうした米国のイノベーション重視の流れはまたたく間に世界に波及していく。

2009 年からのオバマ政権においてもイノベーション重視の姿勢は変わらなかったが、その他の多くの点で政策の方向転換があった。軍事予算は削減され、ブッシュ政権が打ち出した宇宙開発計画もキャンセルされた。一方でスマートシティの構想を推進し、エネルギー省にエネルギー高等研究計画局（ARPA-E）を新設するなど、情報通信や環境・エネルギー等の分野では先導的なイニシアティブを進めた。また、著名な科学者を政権に登用して科学重視の姿勢を明示し、科学の健全性（scientific integrity）を確保するための取り組みを進めた。

2017 年に発足したトランプ政権の科学技術政策は未だその全体像が明確でないが、科学軽視の傾向をもつことは明らかであり、今後予測不可能な展開となることも想定される。

5　おわりに

米国の科学技術政策は、政権交代のたびに方向性が大きく変化するという特徴があるが、第２次世界大戦後の歴史を通してみるとより長期的な傾向をみてとることもできる。冷戦下の軍事的緊張が 1970 年前後のデタントを経て弱まり、さらに 1990 年前後には冷戦が終結した流れのなかで、巨大科学技術の位置づけは次第に小さくなってきた。連邦政府の政策課題の重心が軍事から経済にシフトしてきたのに伴い、競争力の確保という目標が重要性を増し、科学技術がその目標にどう貢献できるかが問われてきた。情報公開が進んで政策形成全般のプロセスがオープンになってきたことを背景に、科学技術政策においても説明責任と費用対効果がますます求められるようになってきた。今後も米国の科学技術政策は政治的な文脈を敏感に反映して形成されていくことになるだろう。

References

Dickson, D. (1984). *The New Politics of Science*. University of Chicago Press. https://www.press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/N/bo3638376.html.

Kraemer, S. (2006). *Science and Technology Policy in the United States: Open systems in action*. Rutgers University Press. http://a.co/2fQtjwi.

Smith, B. L. (2011). *American Science Policy since World War II*. Brookings Institution Press. https://www.brookings.edu/book/american-science-policy-since-world-war-ii/.

Wang, Z. (2009). *In Sputnik's Shadow: The President's Science Advisory Committee and Cold War America*. Rutgers University Press. https://www.rutgersuniversitypress.org/

in-sputniks-shadow/9780813546889.

Zachary, P. G. (1997). *Endless frontier: Vannevar Bush, engineer of the American Century*. Free Press. https://mitpress.mit.edu/books/endless-frontier.

上山隆大 (2010). アカデミック・キャピタリズムを超えて: アメリカの大学と科学研究の現在. NTT 出版. http://www.nttpub.co.jp/search/books/detail/100002069.

中山茂 (2006). 科学技術の国際競争力: アメリカと日本相剋の半世紀, volume 793. 朝日新聞社. https://publications.asahi.com/ecs/detail/?item_id=7205.

関連データ・ソース

- 「海外の科学技術事情　北米」http://www.jst.go.jp/crds/report/worldmap/n_america.html
- 「米国の科学政策」http://endostr.la.coocan.jp/sci-index.htm

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

5.4　海外主要国の科学技術・イノベーション政策概論

石井 加代子 *　　澤田 朋子 *　　張 智程 *　　長谷川 貴之 *　　原田 裕明 *
八木岡 しおり *　　山村 将博 *　　吉田 裕美 *

初版発行日：2018 年 8 月 28 日、最終更新日：2021 年 9 月 9 日

リード文

海外主要国の科学技術・イノベーションに対する政策について概観する。

キーワード

海外主要国の行政機構図、海外の科学技術・イノベーション政策、国際比較

本文

1　はじめに

本節では、海外主要国の科学技術・イノベーション政策の策定メカニズムの概要と現状での指標の国際比較を行う。まず、各国別に行政機構図（一部、立法府も含む）を示し、政策決定がどのようなプロセスを経て行われるかを概観する。同様に各国固有のプログラムや分野別の施策等について触れる。

欧州連合 (European Union) は国ではないが、EU としての予算配分があり、協調的な科学技術・イノベーション政策を取っていることから、ドイツ、フランスの政策にも影響を与えているため、同列に説明している。

また最後に OECD の指標を中心に各国の科学技術・イノベーション政策の傾向について、より明確にするために国際比較を行っている。国際比較においては、各国の制度の歴史的発展の違い、国の三権や統治構造などの違い、国と地方政府（連邦制の場合））との関係の違いなどにも留意しつつ、現在における各国の相対的位置を把握し、各国が何を政策目標に置いているのかを考察することが重要である。

* 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター（JST/CRDS）

なお本項の初版は 2018 年に作成されたが、今回は JST/CRDS の俯瞰報告書「主要国の研究開発戦略（2021 年）」に依拠して、全面的に改訂をおこなった。各国のより詳細な情報、及び各国比較については、本俯瞰報告書を参照されたい。

2　米国

2.1　科学技術・イノベーション政策関連組織等

2.1.1　科学技術関連組織と科学技術政策立案体制

行政権と立法権の厳格な権力分立に基づく大統領制を採っている米国の公共政策形成は、各所に権力が分散した多元的な主体によって「抑制と均衡」が図られるところに特徴がある。政策形成に当たっては、大統領府を中心とする行政府だけではなく、予算編成権を握る連邦議会と、民間の財団やシンクタンクなどの政策コミュニティが与える影響が非常に大きい。科学技術分野も例外ではなく、行政府、議会、学術団体等多様なアクターが政策共同体を形成している。

米国では科学技術行政を一元的に所管する省庁は存在せず、連邦政府の各省庁がそれぞれの所管分野に関して政策立案と研究開発を担う分権的な体制となっている。省庁横断的な政策調整は大統領府が行うが、大統領府の組織マネジメントについては大統領の裁量が大きく、同じ組織やポストであっても政権によって果たす役割に違いが生じることもある。

予算と権限が分散する連邦政府内で科学技術政策の推進・調整役を担うのは大統領府の科学技術政策局（OSTP）である。OSTP は政府部内の調整とともに大統領への助言と科学に基づく政策形成の促進を本務としており、OSTP 局長は科学技術担当大統領補佐官として任命されるケースもある。

また、大統領府と各省庁の政策調整を目的として、大統領、副大統領、各省長官等から構成される国家科学技術会議（NSTC）が大統領府に置かれ、OSTP が事務局となり閣僚レベルで意見調整を図る仕組みとなっている。NSTC 下に設けられた委員会は、各種の省庁横断イニシアティブの調整や評価を行っている。

大統領への専門的助言機関として、大統領府に大統領科学技術諮問会議（PCAST）が置かれることがある。PCAST の構成や役割は政権によって異なるが、基本的には科学界や産業界の有識者が、連邦政府全体で取り組むべき科学技術政策上の重要課題について報告や提言を行う。また、国立科学財団（NSF）を監督する全米科学理事会（NSB）も大統領及び連邦議会への助言機能を持っており、NSF 長官を含む 25 名の有識者がそのメンバーとなっている。

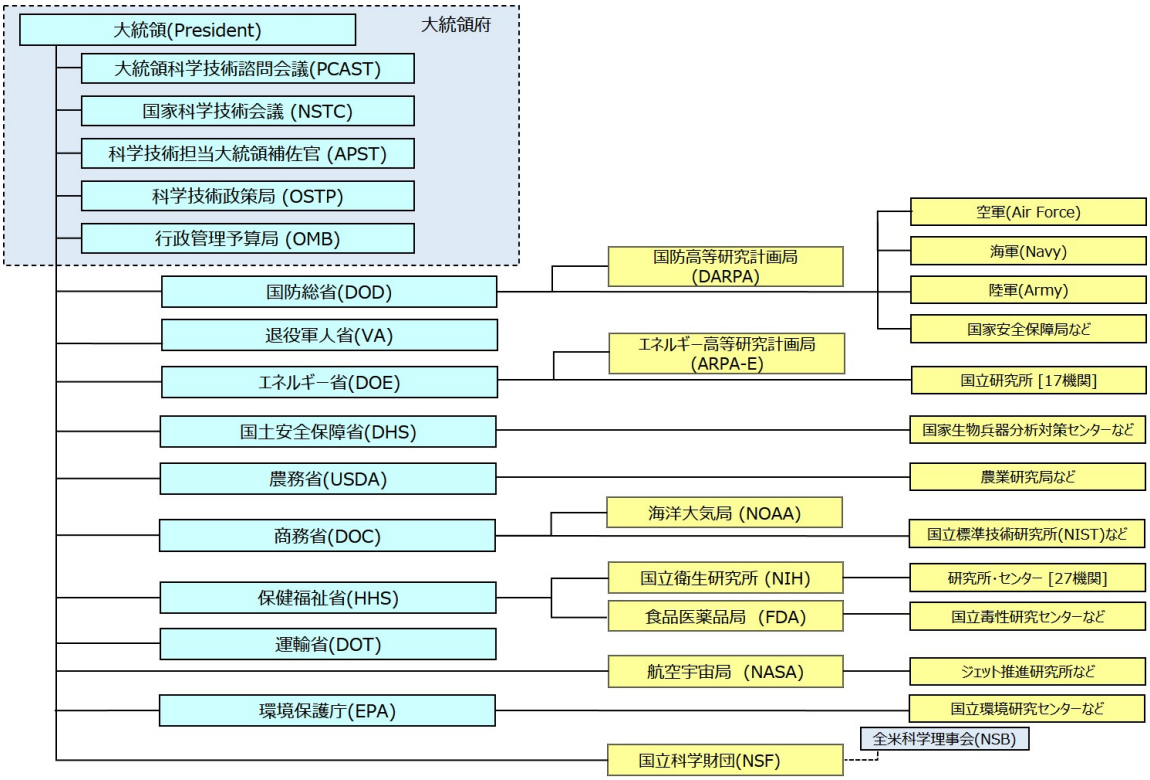


図 1　米国連邦政府の科学技術・イノベーション関連組織図

出典：各省庁ウェブサイト等を基に CRDS 作成

大統領の研究開発予算案の作成については、大統領府の行政管理予算局（OMB）が大きな役割を果たしている。OMB は OSTP と共同で予算の全体指針を作成し、各省庁はそれを元に予算案を作成する。OMB は OSTP と連携しながら各省庁と協議・調整の上、予算に関する政権の考え方として大統領予算教書をまとめる（図 2 参照）。ただし、予算教書は連邦議会に対する大統領の提案と位置付けられ、法的拘束性を有さない。米国では、予算編成権と立法権は連邦議会の専権事項であるために、各省の予算案はそれぞれ歳出法として立法化される必要がある。従って連邦議会は、上院商務科学運輸委員会と下院科学宇宙技術委員会、及び両院それぞれの歳出委員会を主な舞台として、予算編成過程において大統領の科学技術政策に大きな影響を及ぼしている。特に大統領の与党と上院や下院の多数党が異なる場合は、大統領予算案は、議会における歳出法の審議過程で大幅な修正を迫られることが多い。

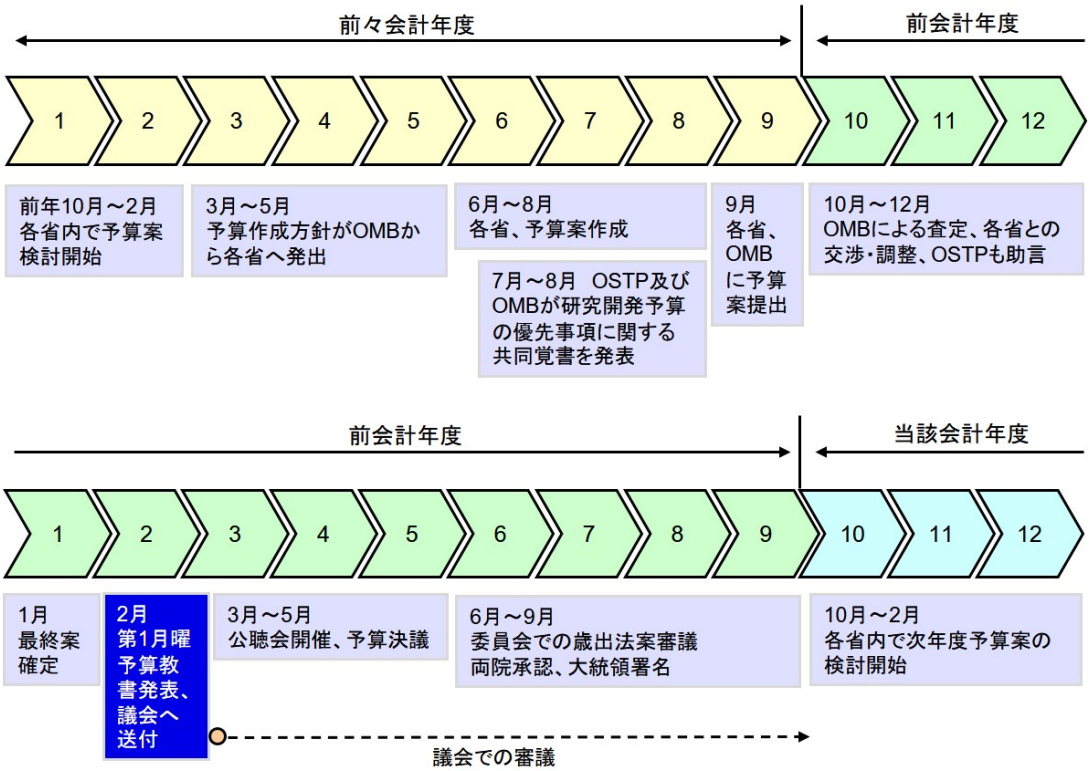


図 2　米国の予算決定プロセス

出典：各種資料を基に CRDS 作成

このほか、学術団体やシンクタンク、業界団体、非営利団体、労働組合等多種多様な参加者が科学技術政策コミュニティを形成しており、行政府と議会に働きかけが行われている。とりわけ、全米アカデミーズ（NASEM）や米国科学振興協会（AAAS）等の学術団体は、さまざまな提言や発信を通じて、政策立案にも大きな影響を与えている。

2.1.2　ファンディング・システム

NSB は、科学技術に関する各種統計を取りまとめた「科学・工学指標」を定期的に作成している。同指標によれば、2017 年の米国における官民合わせた総研究開発費は約 5,480 億ドルで、うち連邦政府が 22%、産業部門が 70% を支出している。一方、研究開発の実施側からみると、産業部門が 73%、大学が 13%、連邦政府が 10% を使用している。研究開発段階別では基礎研究に 17%、応用研究に 20%、開発に 63% が振り向けられており、大学は基礎研究向け研究費のうち 48 % を使用している 。

米国は、目的に応じた多様な研究資金が併存する典型的なマルチファンディング・システムの国であり、各省庁とその傘下の国立研究所や連邦出資研究開発センター（FFRDC）が、それぞれの分野ごとに基礎・応用・開発研究を支援・推進している。基礎研究における主要な研究資金配分機関としては、医学分野の NIH、科学・工学分野の NSF、エネルギー分野の DOE 科学局等が挙げられる。

NSF は、資金配分に特化した機関として、研究費のほぼ全て（98%）を大学など外部組織の研究者へ配分している。一方 NSF 以外の各組織は、内部研究機能と外部への資金配分機能の双方を合わせ持っている。例えば NIH は、研究費の 8 割を外部向け（extramural）研究資金として大学等に配分する一方で、2 割を内部向け（intramural）研究資金として傘下の 27 研究所・センターにおける研究開発に振り向けている。DOD も同様で、6 割を外部に資金提供し、4 割を内部研究に充てている。対照的に DOE は、研究資金の 6 割を 17 ある内部研究所で使用しつつ、DOE 科学局等を通じて残りを外部向けに資金配分している。

米国のファンディング・システムの特徴の一つとして、ハイリスク・ハイペイオフ研究支援を専門とする機関の存在が挙げられる。インターネットやステルス技術を生み出した DOD の国防高等研究計画局（DARPA）が代表的であり、DARPA の成功に倣って DOE にはエネルギー高等研究計画局（ARPA-E）が設けられている。また、インテリジェンスの分野では、国家情報長官室（ODNI）の所管するインテリジェンス高等研究計画活動（IARPA）がある。

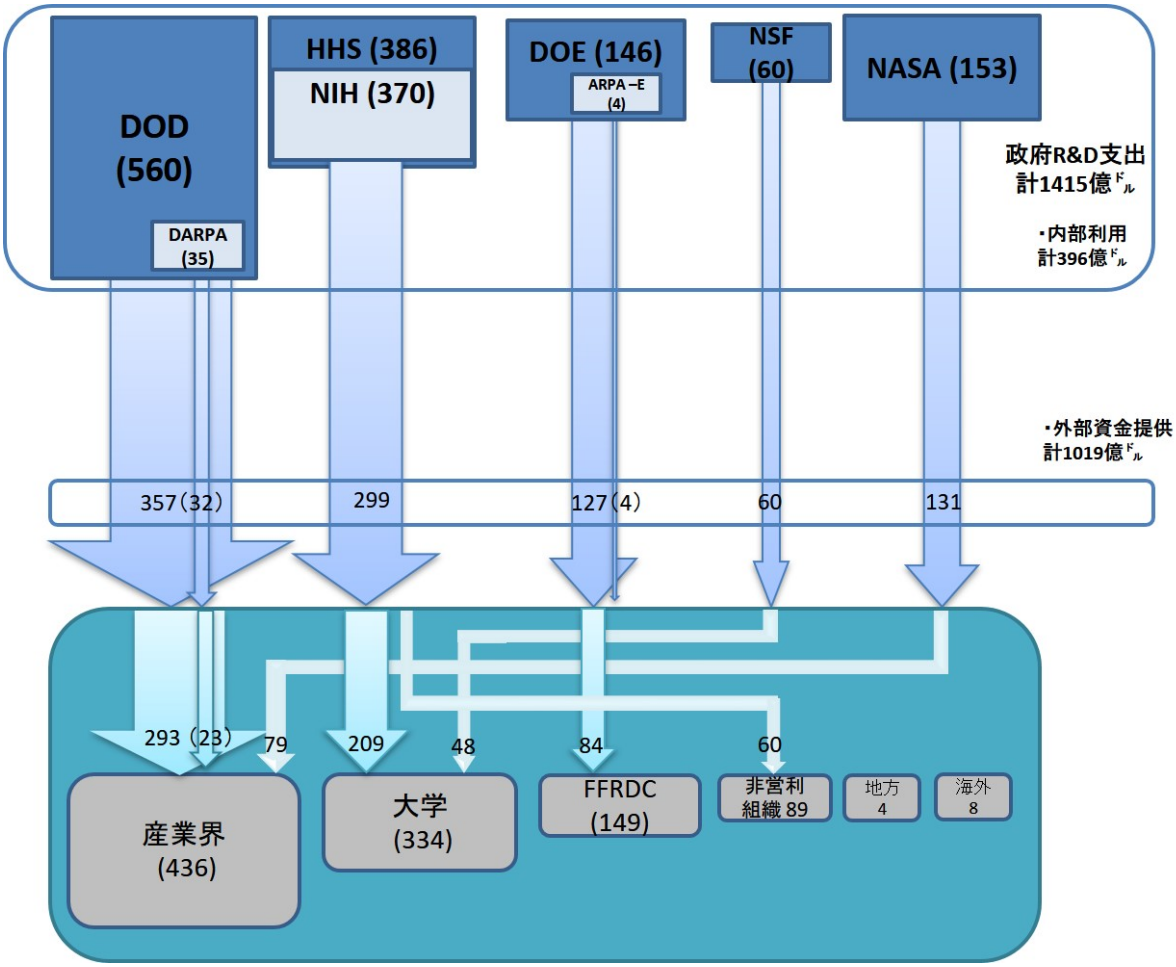


図 3　連邦政府研究開発資金の主なフロー（2019 年）（単位：億ドル）

出典：NCSES, Survey of Federal Funds for Research and Development: Fiscal Years 2018-19 を基に CRDS 作成

2.2 科学技術・イノベーション基本政策

2.2.1 近年の科学技術・イノベーション政策

米国の科学技術・イノベーション政策に関しては、包括的・体系的に政策目標や計画を管理するような一貫した枠組みはなく、内外の情勢や政権のスタンスを踏まえた個別の政策により取り組まれている。

トランプ政権は発足（2017 年）以来、「米国第一主義」を掲げ、米国の安全保障と軍事技術優位を重視し、人工知能（AI）、量子コンピューティング、5G 次世代情報通信、先進製造、及びバイオテクノロジーなどの「未来の産業」、及びその関連技術領域に注力していた。とりわけ、「米国 AI イニシアティブ」や「国家量子イニシアティブ法」を政策基盤として、AI、量子分野への投資を加速させる動きが目立った。一方で、オバマ政権が積極的に注力した環境・気候変動問題をめぐる政策的な取組みに関しては、前提となる問題意識に懐疑的な姿勢で臨み、「気候行動計画」の撤回、パリ協定からの離脱、エネルギー政策の規制緩和などを実行した。

2020 年 11 月に行われた大統領選挙の結果、共和党トランプ大統領が民主党バイデン氏に敗北し、2021 年 1 月にバイデン政権が発足した。同政権は気候変動への取り組みを政策課題の中核に位置付け、2050 年の温室効果ガス排出実質ゼロを目標に掲げるとともにパリ協定へ復帰した。また、新型コロナへの対応に当たっても、専門家の科学的助言を政策に取り入れ、世界保健機構（WHO）からの脱退も撤回するなど、国際協調と科学的知見を重視する姿勢を明確にしている。

一方で、AI や 5G など先端技術への投資はバイデン政権においても引き続き重視されている。バイデン政権は 2021 年 3 月、経済財政政策として「米国雇用計画」を発表し、電気自動車（EV）やクリーンエネルギーのインフラ整備や、先端技術の研究開発などを含む巨額の投資構想を打ち出した。また、同政権は国防高等研究計画局（DARPA）をモデルとした「気候高等研究計画局（ARPA-C）」及び「医療高等研究計画局（ARPA-H）」の新設を提案している。

連邦議会では、米国の国際競争力や安全保障上重要な技術の優位性を確保する観点から、製造業の強化や先端技術の研究開発に投資を求める超党派法案の提出・審議が活発化している。こうした立法府の動きは、米国の科学技術・イノベーション基本政策に大きな影響力を持つと考えられる。

2.2.2 米中ハイテク摩擦をめぐる諸政策対応

2018 年頃から程度を増してきた米国と中国のハイテク分野の摩擦は、米国の科学技術・イノベーションをめぐる研究開発現場にも直接的な影響を与えている。中国による組織的な技術移転行為は、米国の先端技術における世界的優位及び国家と経済安全保障に対する脅威であるとの認識の下、トランプ政権時代から連邦諸機関における全面的な対応が展開されている。

OSTP は、米国の研究コミュニティが直面している重大な問題に対処するために、2019 年 5 月、NSTC 内に「研究環境に関する合同委員会（JCORE）」及び 4 つの個別テーマ（研究セキュリティの確保、研究管理の負担軽減、研究の厳密性・公正性、安全・包摂的な研究環境）を議論する小委員会を設置した。特に研究セキュリティの確保については、開かれた研究環境と国家安全保障との

バランスを取りつつ、連邦政府機関間の政策調整を図っていくとしている。

連邦の研究費配分機関や研究開発機関は、外国の干渉による研究インテグリティ侵害の危機に対する取り組みを進めている。特に NIH は法執行機関とも連携して、積極的な調査や対処を進めている。NSF は、科学助言グループ「JASON」に、研究インテグリティ侵害に関する問題の整理と取るべき対処について調査を委託した。同グループは、2019 年 12 月に発表された報告書において、研究コミュニティへの外国政府の干渉に関する問題は、責務相反や利益相反の開示など研究インテグリティの枠組みの中で対処できると結論づけている。DOE は 2019 年 6 月より職員が中国などの特定国の人材採用プログラムに参加することを制限している。一方 DOD は、同省の資金の受給者による外国の人材採用プログラムの参加を禁止する方針を検討している。

その他、教育省が 2019 年 6 月から複数の大学を対象として外国資金の受領状況調査を展開し、多額の未報告の資金受領、及び米国政府が契約を禁じている外国企業等との契約といった実態が明らかになったとされている。司法省は連邦捜査局（FBI）と合同で産業スパイを取り締まる「チャイナ・イニシアティブ」を開始し、中国と関わりのある研究者による不正行為を相次いで摘発している。国務省は 2019 年 6 月にハイテク分野を専攻する中国人留学生に対してビザを 1 年単位までに短縮した他、トランプ大統領は 2020 年 5 月と 6 月に大統領声明を発出し、軍民融合戦略に関わる中国人研究者・留学生の入国ビザを取り消している。

輸出管理に関しては、2018 年 8 月、国防権限法 2019 により、輸出管理規則（EAR）の根拠法として輸出管理改革法（ECRA）が再法制化された。ECRA は既存の輸出規制でカバーできない「新興・基盤技術（emerging and foundational technologies）」のうち、米国の安全保障に必要な技術を規制すること、更に当該規制を国務長官が国際輸出管理レジームへ提案することを規定している。同規定に関連して、ECRA の管轄機関である商務省産業安全保障局（BIS）は、2018 年 11 月に「新興技術」の規制に関わる規則案策定のための手続きを開始した。その後の状況は、包括的な新規則の制定ではなく、既存の枠組み内での個別技術の規制に留まっている。

バイデン政権下においても、重要技術の確保に向けた取り組みが進められている。2021 年 2 月には米国の重要品目・産業におけるサプライチェーンのレジリエンスを強化するための大統領令が発出された。また、主要 7 カ国（G7）や米日豪印 4 カ国（クアッド）などの連携を通じ、同盟国やパートナーと先端技術の研究開発やサプライチェーン構築に関する協力を拡大している。

2.3　科学技術・イノベーション推進基盤の戦略・政策及び施策

●人材育成と流動性

米国の科学技術力は多様で優秀な人材に支えられており、科学技術政策においても、科学・技術・工学・数学（STEM）の教育レベルを高めるとともに、世界から優秀な学生を惹きつけ、科学技術人材として確保することが重視されてきた。

2018 年 12 月、NSTC の STEM 教育委員会（CoSTEM）は、報告書「成功への道筋を描く：米国の STEM 教育戦略」を発表した。CoSTEM は、「2010 年米国競争力再授権法（America COMPETES Reauthorization Act of 2010）」に基づき設置された委員会で、2013 年に最初の STEM 教育戦略計

画を策定している。本報告書は今後 5 年間にわたる STEM 教育の方向性を示しており、米国が、生涯にわたって質の高い STEM 教育を受ける機会を全国民に対して提供し、STEM 分野における能力開発、イノベーション及び雇用においてグローバル・リーダーになるための次の 3 つの目標を提示している。

1. STEM リテラシーのための強固な基盤の構築：
   すべての米国民が技術の急速な進歩に対応し、社会参加ができるように、デジタル知識や計算論的思考をはじめとする基礎的な STEM 概念を習得する機会を増やす。
2. STEM における多様性、公平性、包摂性（インクルージョン）の促進：
   すべての米国民、特に STEM 分野においてこれまで十分な教育を受けることのできなかったマイノリティに対し、生涯にわたり質の高い教育を受ける機会を提供する。
3. 未来に向けた STEM 人材の育成：
   大学卒・非大学卒双方の技能労働者に対し、STEM キャリアを追求できるような魅力的な労働環境・学習環境を提供する。

●産学官連携・地域振興

米国には、シリコンバレーをはじめ、多くの地域に卓越した産業クラスターが存在し、また大学における産学連携活動も盛んである。各連邦政府機関も、多様なプログラムを通じて産学官の共同研究や研究開発成果の技術移転に取り組んでいる。例えば NSF は、学際研究や産学協力を促進するために、大学の研究センターの設置・運営を支援するプログラムとして、産学共同研究センター（IUCRC）等の様々なセンター・プログラムを実施している。

2019 年 4 月に NIST は、政府資金により創出された研究成果の技術移転推進策に関する報告書（グリーンペーパー）を発表した 。また 2021 年 1 月には、連邦政府の資金による研究開発から生まれた発明の特許権を大学や研究者に帰属させることを認める法律、いわゆるバイ・ドール法の実施規則の改訂案を発表し、パブリックコメントを募集した。

●研究拠点・基盤整備

DOE 傘下の国立研究所では、多くの大型研究施設が管理・運営されている。LCLS（SLAC 国立加速器研究所）やテバトロン（フェルミ国立加速器研究所）のような大型加速器をはじめ、ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）のレーザー核融合実験施設である国立点火施設（NIF)、オークリッジ国立研究所（ORNL）の核破砕中性子源（SNS）施設、国立強磁場研究所（NHMFL）の次世代強磁場施設などが挙げられる。DOE 国立研究所では、「ユーザー施設制度」によって、研究施設を対外的に開放し、共用を推進する取り組みが行われている。

NSF は、大型の研究設備・施設に対して資金提供している。新たな設備・施設の建設にあたっては、科学者コミュニティが 5～20 年にわたる長期的視野に立って該当分野のニーズにもとづいた検討を行い、ボトムアップ的な手順によって NSF に提案する。その後、NSF や NSB の審査を経て、国全体としての戦略の観点から優先順位がつけられ、支援対象となる設備・施設が決定される。主

要な研究設備や施設のロードマップの策定や順位付けについては、毎年見直しが行われている。

2.4 個別分野の戦略・政策及び施策

●環境・エネルギー分野

気候変動分野における研究開発については、1989 年に立ち上げられた連邦 13 省庁による横断的なイニシアティブ「米国地球変動研究プログラム（USGCRP）」が中心的な取り組みであり、現在は科学的知識の増進や適応・緩和への政策決定支援等の目標を定めた「2012 － 2021 戦略計画」の下、推進されている。USGCRP の予算は 24 億ドル（2019 年度）で、参加機関別に見ると NASA が全体予算の約 6 割、他の大部分を DOC（傘下の NOAA、NIST）、DOE、NSF などが占める。2018 年 11 月には気候変動の影響を分析する定期報告書「第 4 次国家気候アセスメント」が公表された。同報告書は、気候変動が米国の社会、経済、環境、健康等に対する深刻なリスクとなっており、グローバルな行動により緩和できると指摘している。

環境分野全般で見ると、DOE や EPA を中心に USDA や NOAA、地質調査所（USGS）など多様な省庁がそれぞれのミッションに沿って研究開発を実施している。EPA は管理・規制当局としての役割も持つ。

●ライフサイエンス・臨床医学分野

生命科学・医学関連の研究開発は、NIH と傘下の研究所・センターを中心に行われている。NIH の全体予算は、417 億ドル（2020 年度）である。優先研究課題として、オピオイド、小児がん、HIV、インフルエンザなどを挙げているが、直近では COVID-19 対策としてのワクチン・治療薬の開発が最優先となっている（後述）。その他の近年の大きな取り組みとしては、2016 年の「21 世紀治療法（21st Century Cures Act）」の下、10 年間で 48 億ドルを次の 4 つの研究プログラムに投資するものがある。

1.「All of Us」研究プログラム（個別化医療のためのコホート研究）
2. BRAIN（Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies）イニシアティブ
3. がん・ムーンショット（Cancer Moonshot）
4. 再生医療イノベーション・プロジェクト

非医療分野のライフサイエンスに関しては、多くの省庁において研究開発活動が行われている。省庁横断的な取り組みとしては、2000 年のバイオマス研究開発法に基づくバイオマス研究開発イニシアティブが、DOE と USDA を中心とする 8 省庁・機関により推進されている。また、2020 年 9 月には、バイオエコノミー領域における連邦政府資金による研究開発活動を調整し、米国の技術能力を変革することを目的として、国家科学技術会議（NSTC）にバイオエコノミーの科学技術に関する省庁間小委員会が設立された。

●システム・情報科学技術分野

情報科学技術分野の研究開発は、1991 年に開始された省庁横断型のイニシアティブ「ネットワーキング・情報技術研究開発（NITRD）」により戦略的に取り組まれている。NITRD プログラムには現在 23 省庁・機関が参加しており、ネットワーキング、システム開発、ソフトウェアやそれらに関連する情報技術分野の研究開発活動を調整している。

NITRD は、プログラム・コンポーネント・エリア（PCA）と呼ばれる研究対象領域を設定し、あらかじめ各領域への予算配分割合を決めて戦略的に投資している。PCA は、各省庁における研究開発活動や政権の優先事項を反映して適宜見直されるものであり、2021 年度は以下の 11 領域が設定されている。このうち AI は、2020 年度新規に設定されたものである。

1. 人工知能（AI）
2. 人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング（CHuman）
3. フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング（CNPS）
4. サイバーセキュリティとプライバシー（CSP）
5. 教育と労働力（EdW）
6. ハイケイパビリティーコンピューティング・システムの研究開発（EHCS）
7. ハイケイパビリティーコンピューティング・インフラと応用（HCIA）
8. インテリジェント・ロボット工学と自律システム（IRAS）
9. 大規模データ管理と解析（LSDMA）
10. 大規模ネットワーク（LSN）
11. ソフトウェアの生産性・持続可能性・品質（SPSQ）

2020 年度の NITRD 予算は 67 億ドル、うち AI 関連は 11 億ドルとなっている。2021 年度予算教書（予算に対する政権の意向）では NITRD 全体で 65 億ドル、うち AI 関連で 15 億ドルが示されており、AI 関連の研究開発投資を加速させる姿勢が表れている。なお、いずれの金額も、DOD 及び DARPA の AI 関連予算は非公開のため含んでいない。

●ナノテクノロジー・材料分野

米国は、早くからナノテクノロジーを国家戦略上の重要課題と認識し、2000 年 7 月に発表された「国家ナノテクノロジー・イニシアティブ（NNI）」の下、2001 年度から省庁横断的な研究開発投資を開始した。2003 年には、「21 世紀ナノテク研究開発法」の制定により NNI の法的根拠が担保され、確固たる政策的枠組みを背景に推進されている。以降 NNI は 4 代の政権に渡り、2021 年の時点においても継続されている。

NNI では、(1) 世界クラスのナノテクノロジー研究開発の推進、(2) 商業的及び公共的利益のための新技術の製品への移転促進、(3) ナノテクノロジー発展のための教育投資、熟練労働力の確保、インフラ・機器の整備、(4) ナノテクノロジーの責任ある発展の支援、の 4 つを戦略目標として、20

の省庁が協同して研究開発を行っている。NNI は、NSTC の枠組み内で運営されており、NSTC 技術委員会のナノスケール科学工学技術（NSET）小委員会が、NNI の計画立案、予算作成、プログラム執行、評価などを行っている。

NNI も先述の NITRD と同じく、あらかじめ設定した研究対象領域（PCA）ごとに戦略的な投資を行っている。2021 年度の PCA は以下の 5 領域であり、このうちナノテクノロジー・シグネチャー・イニシアティブ（NSI）領域には 3 つの個別テーマが位置付けられている。

1. ナノテクノロジー・シグネチャー・イニシアティブ（NSI）
    - 持続可能なナノ製造
    - センサーのためのナノテクノロジー、ナノテクノロジーのためのセンサー
    - ナノテクノロジーを通じた水の持続可能性
2. 基盤的研究（Foundational Research）
3. ナノテクノロジーにより発展するアプリケーション、デバイス、システム
4. 研究インフラ及び装置
5. 環境、健康、安全

NNI の予算は、参加各省庁が OMB、OSTP、連邦議会と調整しながら割り当てたナノテク関連予算の合計である。各省庁は、NSET 小委員会や作業部会を通じてコミュニケーションを取り合い、情報共有、共同公募、ワークショップ運営、施設・設備の共有といった多様な形態の省庁間協力につなげている。

2020 年度の NNI 予算は、18 億ドルとなっている。2021 年度予算教書（予算に対する政権の意向）では NNI 全体で 17 億ドルが示されており、省庁別では HHS（大部分が NIH）、NSF、DOE、DOD、NIST の 5 機関で約 96 %を占めている。PCA 別では、PCA2（基盤的研究）が約 44 %を占めている。2021 年度の予算教書ベースの金額も含め、2001 年以来の NNI への投資額累計は約 310 億ドルとなる見込みである。

（海外動向ユニット　長谷川貴之、張　智程）

3　欧州連合（EU）

EU における政策の意思決定機関として、欧州理事会（European Council）、EU 理事会（The Council of the European Union）、欧州議会（European Parliament）の 3 機関がある。欧州理事会は、EU 各国首脳、欧州理事会議長（シャルル・ミシェル氏、前ベルギー首長）、欧州委員長（後述）で構成され、政策的優先事項を含む一般的な政治指針の策定や、共通外交・安全保障政策の決定を行う。EU 理事会は、EU 各国の閣僚級代表により構成される EU の主たる決定機関で、閣僚理事会とも呼ばれる。法案・予算の承認権限を持ち、立法府としての役割を果たす。政策分野ごとに 10 の異なる会合が開かれ、各会合には加盟国の政府を代表して各国の担当閣僚が参加する。欧州議会は、EU 各国の直接選挙に基づく欧州市民の代表である。特定分野の立法における EU 理事会との

共同決定権、EU 予算の承認権、新任欧州委員の一括承認権等を有する。

行政を執行する機関は欧州委員会（European Commission）である。欧州委員会は、狭義には EU 加盟各国から任命された 27 名の欧州委員（閣僚に相当）で構成される合議体を指す。現欧州委員長は、2019 年 12 月に就任した前ドイツ国防相のウルズラ・フォン・デア・ライエン氏で、任期は 2024 年 11 月までの 5 年間である。委員長・委員の活動を支えるのが、国における省庁の役割を担う「総局（Directorate General：DG）」であり、立法・政策提案、予算案策定・執行等の実務を担う。広義の欧州委員会は、各総局で働く 32,000 名以上の職員を含む機関全体を指す。

EU の立法プロセスは、基本的に欧州委員会が提案した法案を、EU 理事会と欧州議会が共同で採択するという形をとる。法案提出権は、特定の場合を除いて欧州委員会が独占している。EU 理事会も欧州議会も、欧州委員会に法案提出を要請することはできるが、提出するか否かの裁量は欧州委員会にある。欧州理事会は、EU の最高意思決定機関として、一般的な政治方針を定めるが、立法的な機能は有しない。

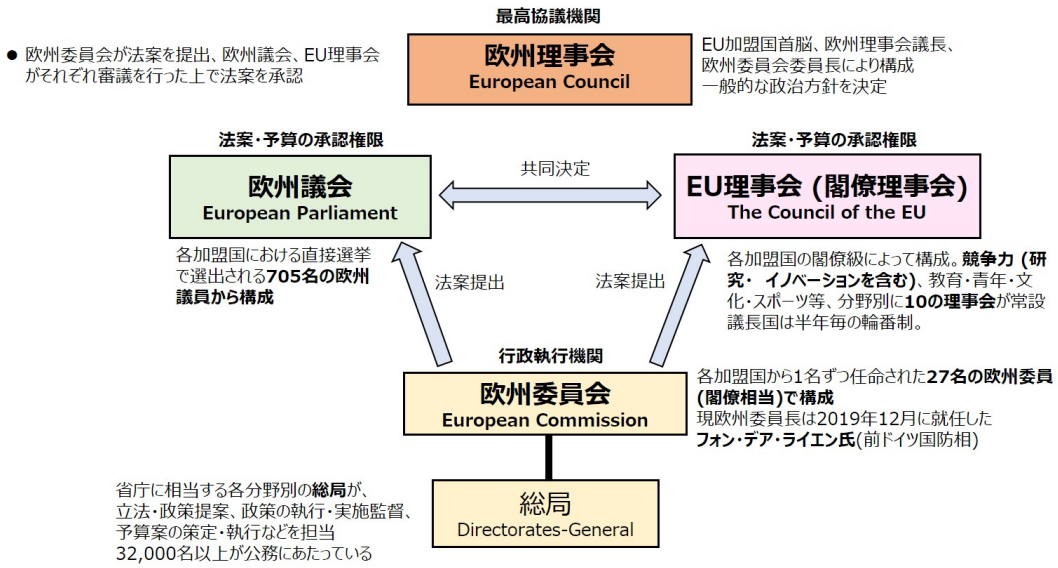


図 4　EU の政策決定に関わる主要機関とその関係

出典：各種資料をもとに CRDS で作成

科学技術・イノベーションに関連の深い総局としては、研究・イノベーション総局（DG RTD）、コミュニケーションネットワーク・コンテンツ・技術総局、共同研究センター（Joint Research Centre：JRC）等がある。研究開発プログラムの運営の一部は、欧州研究執行機関（European Research Executive Agency：REA）等の執行機関により行われる。

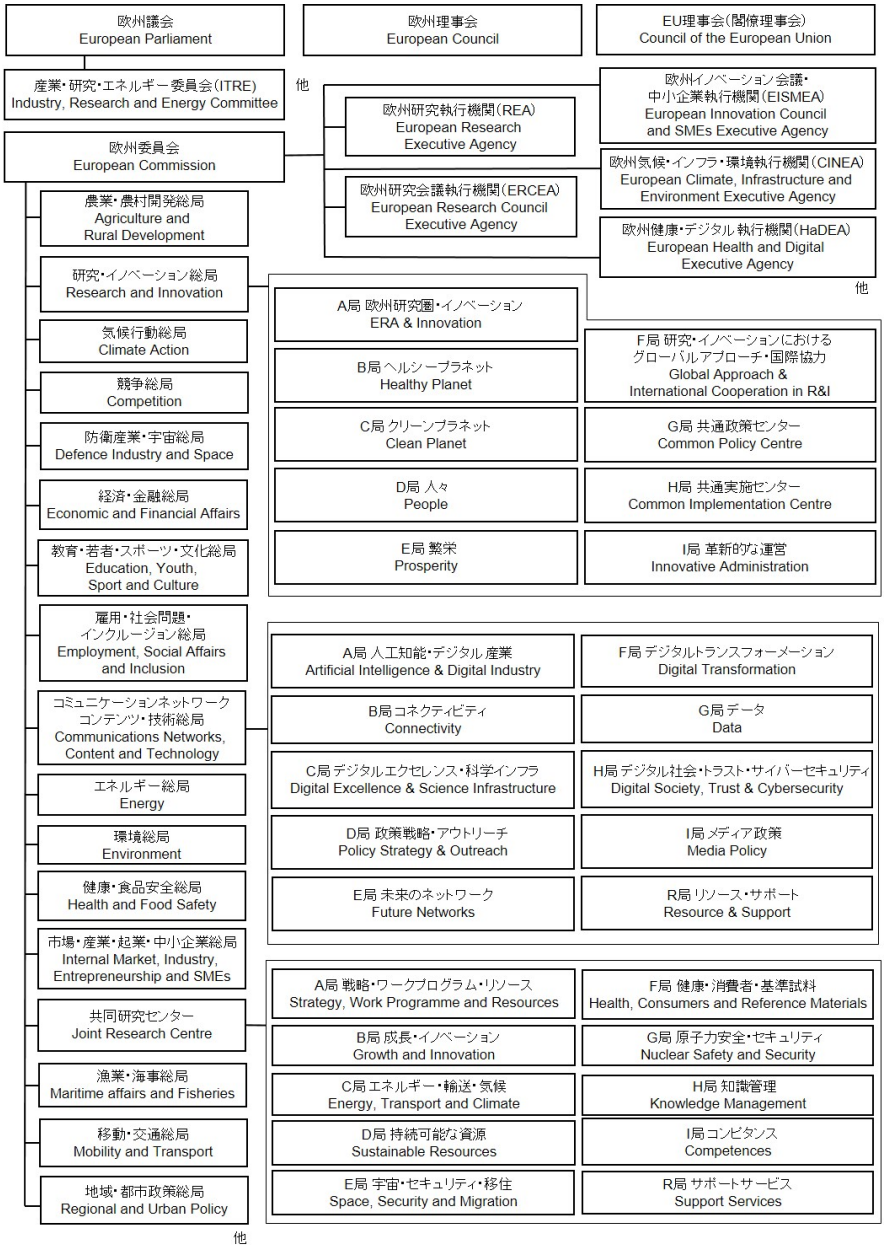


図 5　EU の科学技術・イノベーション関連組織図

出典：欧州委員会、各総局等のウェブサイトをもとに CRDS で作成

新欧州委員長候補に選出されたフォン・デア・ライエン氏は、着任前の 2019 年 7 月に「A Union that strives for more: My agenda for Europe」と呼ばれる政策ガイドラインを発表した。このガイドラインでは、同氏の任期である 2019 年～2024 年の 5 年間で取り組む優先事項として、「欧州グリーン・ディール」、「欧州市民のための経済」、「デジタル時代に適合した欧州」、「欧州の生活様式の保護」、「世界におけるより強い欧州」、「欧州の民主主義のさらなる推進」の 6 つが示されている。

政策ガイドラインの 6 つの優先事項の中でも、特に重要視されているのが「欧州グリーン・ディール」である。欧州グリーン・ディールとは、2030 年までに温室効果ガス排出量を 1990 年比で 55

%削減、2050 年までに排出を実質ゼロとし、EU が資源効率的で競争力のある経済を有する公正で豊かな社会へ移行することを目指す新たな成長戦略である。経済の全セクターを網羅しており、特に輸送、エネルギー、農業、建設のほか、鉄鋼、セメント、ICT、繊維、化学などの産業を対象としている。

EU のファンディング・システムとしては、「フレームワークプログラム（FP）」が代表的である。これは、複数年の研究開発・イノベーションプログラムの方向性を示し、それに基づいて資金配分を行うものである。FP は複数のプログラムから構成されており、プログラムごとにファンディングが行われる。最初の FP が始まったのは 1984 年で、毎回予算規模と実施内容を拡大し、現在は 2021 年開始の第 9 期 FP である「Horizon Europe」が進められている。

Horizon Europe の予算総額は 2021 年～2027 年の 7 年間で 955 億ユーロであり、第一の柱「卓越した科学」、第二の柱「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」、第三の柱「イノベーティブ・ヨーロッパ」と、「参加拡大と欧州研究圏（ERA）強化」から構成されている。

第一の柱 (最先端研究支援) **「卓越した科学」**		**250億**	**第二の柱** (社会的課題の解決) **「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」**		**535億**	**第三の柱** (市場創出の支援) **「イノベーティブ・ヨーロッパ」**	**136億**
	欧州研究会議(ERC)	160億	6 つの社会的課題群 (クラスター)		515億	欧州イノベーション会議(EIC)	101億
			・健康		(82億)		
			・文化、創造性、包摂的な社会		(23億)		
			・社会のための市民安全		(16億)		
	マリー・スクウォドフスカ・キュリー・アクション	66億	・デジタル、産業、宇宙		(153億)	欧州イノベーション・エコシステム	5億
			・気候、エネルギー、モビリティ		(151億)		
			・食料、バイオエコノミー、資源、農業、環境		(90億)		
	研究インフラ	24億	共同研究センター(JRC)		20億	欧州イノベーション・技術機構 (EIT)	30億
参加拡大と欧州研究圏 (ERA)強化							**34億**
参加拡大とエクセレンス普及			30億	欧州研究・イノベーション(R&I)システムの改革・強化			4億
合計							**955億**

図 6　Horizon Europe の全体構成と予算内訳（2021-2027 年）
出典：欧州委員会公表資料をもとに CRDS で作成

第一の柱「卓越した科学」は、EU のグローバルな科学的競争力強化を目的とする。欧州研究会議（ERC）を通じたトップサイエンティストによる最先端の研究プロジェクトの支援、マリー・スクウォドフスカ・キュリー・アクションによるフェローシップ提供や研究者交流、世界レベルの研究インフラへの投資を進める。

第二の柱「グローバルチャレンジ・欧州の産業競争力」では、クラスターと呼ばれる 6 つの社会的課題群を設け、社会的課題に関する研究支援と技術的・産業的能力強化を図る。加えて、科学的エビデンス提供や技術的な支援を通じて EU 及び加盟国の政策決定者を補助する JRC の活動もこの柱に位置づけられる。産学官連携を推進する欧州パートナーシップもこの柱で実施される。第二の柱に Horizon Europe の全体予算の半分以上が充てられている。

第三の柱「イノベーティブ・ヨーロッパ」では、欧州イノベーション会議（EIC）という機関を設立する。EIC は中小企業及びスタートアップへの助成・投資によって、市場創出を念頭に置いた漸進的・急進的・破壊的イノベーション創出を目的としている。また、欧州イノベーションエコシス

テムの発展や、教育・研究・イノベーションという知の三角形の統合を促進する欧州イノベーション・技術機構（EIT）を通じて、欧州全体のイノベーション環境の発展を促す。

「参加拡大と欧州研究圏（ERA）強化」では、EU 加盟各国が自国の研究・イノベーションポテンシャルを最大限に活用しようとする取り組みを支援するとともに、研究者・科学的知見・技術が自由に循環する ERA の促進を図る。これにより、科学技術・イノベーションで後れを取っている東欧等の加盟国がプログラムにより多く参加できることを目指している。

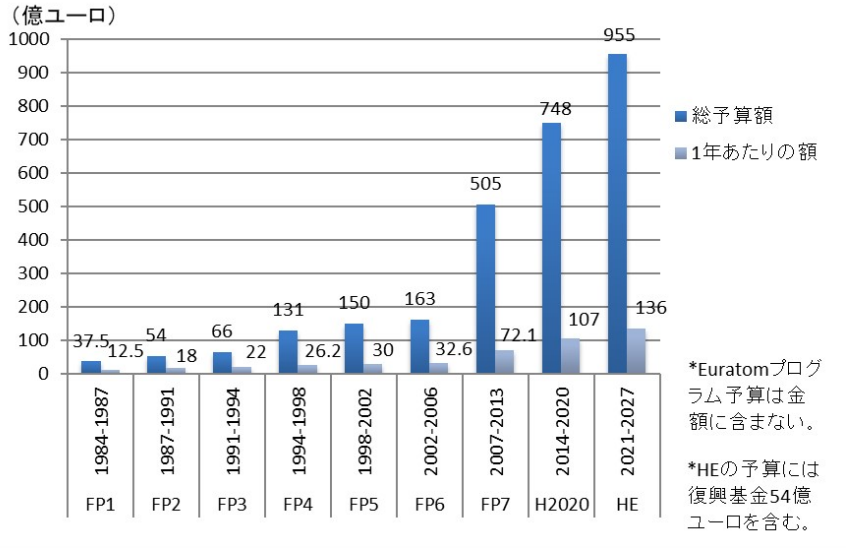


図 7　EU フレームワークプログラムの予算推移

出典：欧州委員会公表資料などをもとに CRDS 作成

（海外動向ユニット　山村将博）

4　英国

4.1　科学技術・イノベーション関連の組織と政策立案体制

英国では、国会決議を経ず閣議決定のみで省庁の再編が可能であり、政権交代等にともなって科学技術・イノベーション関連組織が変化する可能性がある。2021 年時点、科学技術・イノベーションの主要所管省は、ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）である。同省は、2016 年 6 月の EU 離脱を問う国民投票で離脱派が過半数を占めたことを受け退陣したキャメロン内閣に代わり、翌 7 月に発足したメイ新内閣の下、それまで科学技術・イノベーションと高等教育を担ってきたビジネス・イノベーション・技能省（BIS）とエネルギー・気候変動省（DECC）を合併して新設した。BEIS には閣内大臣（Secretary of State）の他、エネルギー・クリーン成長担当といった分野別に置かれた複数の閣外大臣（Minister of State）が存在する。閣外大臣とは、閣議に参加しない大臣を意味し、大臣の下に位置する、日本の副大臣のような位置付けである。BEIS 新設により、科

学・研究・イノベーションの所管は引き継がれたが、BIS の担っていた高等教育機関の教育関係案件は教育省（DfE）に移管された。2020 年 2 月以降、BEIS に科学・研究・イノベーション担当大臣（政務次官相当に降格、通称・科学大臣）、別途 DfE に教育大臣を置いている。

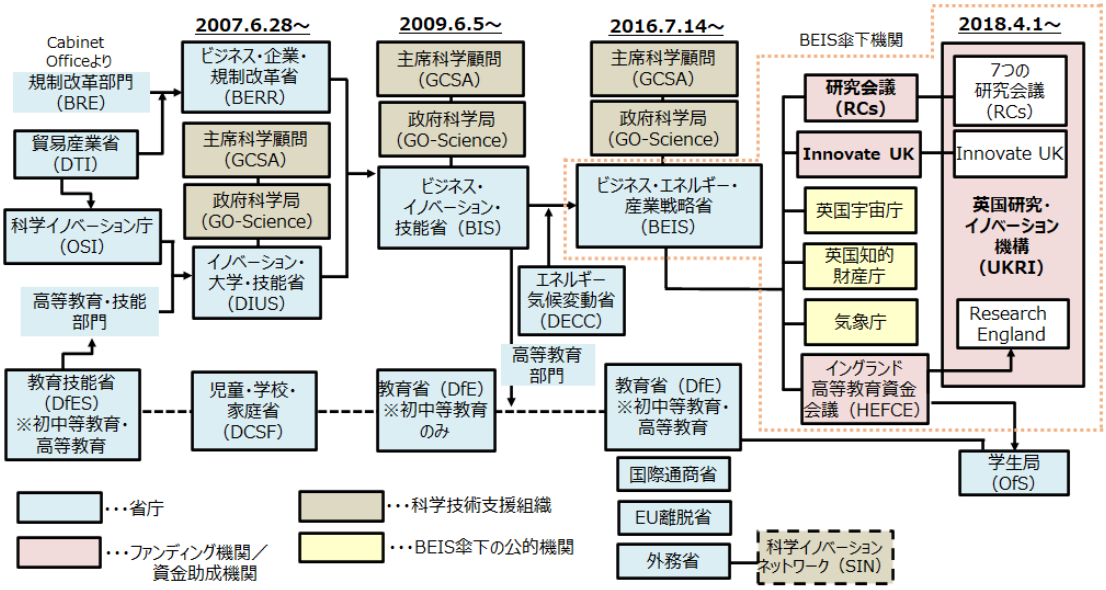


図 8　英国の科学技術・高等教育関係機関の再編の流れ

出典：各種資料をもとに CRDS で作成

BEIS は、英国最大の公的ファンディング機関である英国研究・イノベーション機構（UKRI）の他、英国宇宙庁（UK Space Agency）や英国知的財産庁（UKIPO）、気象庁（Met Office）等、約 50 の組織を傘下に擁する。UKRI は、7 つの研究会議（分野別に設置された研究支援組織）、Innovate UK（主に産業界や企業におけるイノベーション活動を支援）、及び Research England（大学にブロックグラント[*1]を助成）を単一の法人組織としてまとめ、2018 年 4 月に発足した。近年は政府との協議のもと分野横断型研究プログラムを設置し、UKRI の科学研究予算の具体的な執行に当たって、省庁との話し合いで具体案件を決める機会も少なからず存在する。英国の主要な研究開発実施機関は高等教育機関であるが、研究資金制度は、ブロックグラントと、研究会議から提供される競争的研究資金の 2 つの流れがあり、二元支援制度「デュアル・サポート・システム」と呼ばれている。また BEIS 内には、ライフサイエンス局（Office for Life Sciences）や低公害自動車局（Office for Low Emission Vehicles）など、分野に特化した組織がある。

英国では、BEIS だけでなく、複数の省庁にまたがって科学技術行政が執り行われている。保健・社会福祉省（DHSC）、国防省（MoD）、環境・食糧・農村地域省（Defra）等も科学技術関係部門や傘下に研究所を抱えており、課題に応じて関係省庁が連携しながら対応する。

DHSC は、BEIS の次に政府研究開発資金の支出元として多くを占めている。傘下にある国民保健サービス（NHS）において、全国の NHS 病院・クリニックでの国民への医療提供のみならず臨

[*1] 各高等教育機関長に使途を一任された一括助成金。「コア・ファンディング」とも呼ぶ。日本の運営費交付金に相当。

床研究も行っている。DHSC を所管省として、保健関係の研究資金助成を行う国立衛生研究機構（NIHR）がある。

国防科学技術研究所（Dstl）は、国防や安全保障分野に関する MoD の研究・技術開発部門である。Dstl の傘下に国防・セキュリティ促進機構があり、革新的でハイリスク・ハイポテンシャルな研究に対する助成を行う。米国の DARPA を参考とし、斬新な思考と能力を国防研究に取り込み、防衛産業のサプライチェーンに中小企業やアカデミアを関与させる研究開発を目指している。

2018 年度の政府による研究開発投資の総額のうち約 4 割弱が研究会議及び Innovate UK から配分され、およそ 2 割が高等教育機関にブロックグラント[*2]を配分する組織、1 割強が MoD、残り 2 割強は各担当省からそれら管轄の研究機関に配分されている[*3]。

政府主席科学顧問（GCSA）が、多様な意見や主張をエビデンスに基づいてまとめ、首相と内閣に対し科学技術分野の助言を行う。GCSA が長官を務める政府科学局（GO-Science）は、BEIS 等各省庁の一段上に置かれ、GCSA の支援や省庁横断のグローバル科学イノベーションフォーラム事務局としての機能を担う。又、傘下にフォーサイト部門等を有し、科学技術・イノベーション政策全般の調査・推進活動を行っている。GO-Science は、具体的な研究開発プロジェクトの選定や資金配分は行わず、司令塔として機能している。

各省庁にも、大臣に対し科学的助言を行う主席科学顧問（CSA）が設置されている。GO-Science を事務局として、GCSA と CSA が、定期的に主席科学顧問会議（CSAC）を開催する。科学技術について省庁横断的に話し合い、省庁連携やエビデンスに基づいた政策検討を促進する。

科学技術会議（CST）が、政府省庁を横断する科学技術・イノベーションに関係した戦略事項の助言を首相に対して行う。CST は、共同議長 2 人に学術界や産業界から 19 名を加えた正規メンバー 21 人及びオブザーバー 2 人により構成されている（2020 年 12 月時点）。2 人の共同議長のうち 1 人は GCSA が務める。

[*2] 各高等教育機関長に使途を一任された一括助成金。日本の運営費交付金に相当。

[*3] https://www.gov.uk/government/topical-events/the-uks-industrial-strategy

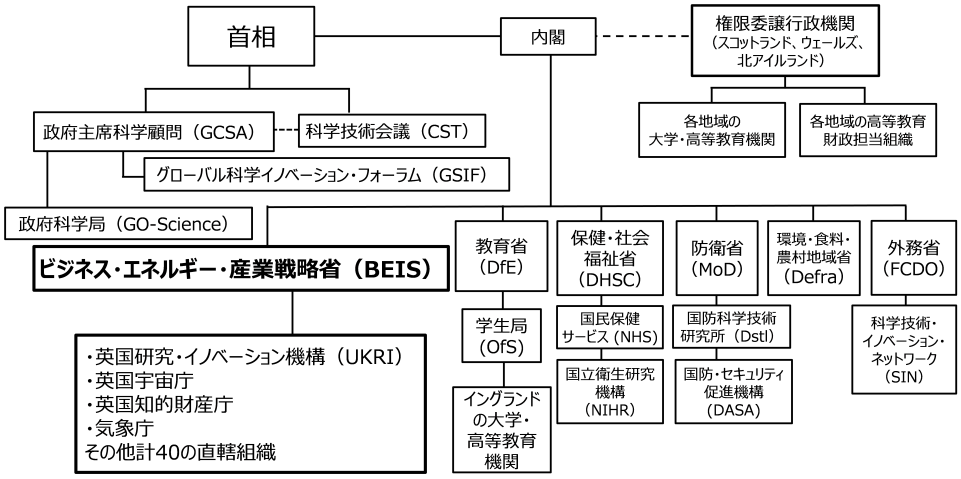


図 9　英国の科学技術・イノベーション関連組織図（2020 年 12 月時点）
出典：各種資料をもとに CRDS で作成

英国議会の上院・下院それぞれに科学技術委員会が設置されており、政府に対する審問レポートを発表するなど、科学技術・イノベーション政策を精査する活動を行っている。また、科学技術に関する問題について、国会議員の効率的な調査を支援するために、議会科学技術局（POST）が設置されている。

英国の政策立案の初期過程において用いられるインディペンデント・レビューでは、政府に委託された議長を中心とする審議会が、委託案件について包括的な調査や評価・提言を行い公表する。これに対して政府が回答を公表し、改革へ反映する。

4.2　科学技術・イノベーション基本政策

英国の科学技術・イノベーション基本政策は、定期的に発表されるものではなく、分量や内容、策定に主に関わる省庁は政策ごとに異なり、その時代の政権の考え方を反映した内容となっている。

●産業戦略

2017 年 11 月に BEIS は「産業戦略：将来に適応する英国の建設」 を発表した。同戦略は 2030 年までに英国を世界最大のイノベーション国家にすることを目指し、生産性向上などの長期構想を示した。産業戦略の域を超え、科学技術・イノベーション政策も包含する内容となっており、現政権における科学技術・イノベーション政策の中核的存在として位置づけられている。英国がグローバルな技術革命を主導できる領域として 4 つの「グランド・チャレンジ」（AI とデータ・高齢化社会・クリーン成長・将来のモビリティ）を特定し、2018 年 5 月には、各グランド・チャレンジの具体的な目標として「ミッション」を設定している。

同戦略では、英国の生産性向上を支える 5 つの基盤（アイデア・人材・インフラ・ビジネス環境・地域）を設定し、各基盤では達成すべき科学技術の数値目標も定めている。「アイデア」では、2027 年までに官民合わせた研究開発投資を対 GDP 比で 2.4% にまで引き上げる旨明記している。

英国では、政策文書や戦略の他に、財務省から発表される予算関連文書にも、科学技術・イノベーションに関する重要な方針が示されることが多い。

●政策に対する評価

英国では、研究資金助成の効率性を高めるために、定期的・周期的にモニタリング、レビュー、評価を実施している。又、国家戦略の評価を定期的に行う体制を整えている。前述の産業戦略に対しては、産業戦略会議を設置し、産業界・学術界・市民団体からの 20 名の委員が、以下の任に当たっている：

- 産業戦略の実施に必要な一連の達成方策提言
- 上記方策の実施方法とその英国経済成長への寄与に関するコメント
- 達成度評価方法の改善策、特に政府全体の生産性とデータの有効活用に関するコメント
- 産業戦略の目標達成に寄与する既存プログラムの効果を評価する方法の有効性に関するコメント、必要に応じて評価方法の改善策を提言
- 達成方策に対する産業戦略実施の進捗状況と測定・評価の改善方法を評価、定期的な公開報告書を発表

● EU 離脱

英国政府は 2020 年 1 月の EU 離脱を見据え、2019 年 5 月「国際研究・イノベーション戦略」を発表した[*4]。グローバルな課題に取り組み、かつ成長を生み出すために、世界のベストな相手との国際パートナーシップに関して、英国の研究・イノベーション・システムを開放する為の方策を示している。

2020 年 12 月英国・EU 通商・協力協定合意を受け、英国は第三国として最新の枠組みプログラムである Horizon Europe（2021 年～2027 年）にも参加可能となった。一方、広い世界との関係構築の一環として、UKRI では、1 億 1,000 万ポンド規模の国際協力基金（Fund for International Collaboration : FIC）を設け、EU 諸国以外との二国間・多国間での国際共同研究の推進を進めている[*5]。本基金で対象となるパートナー国は、米国、カナダ、日本、オーストラリア、イスラエル、韓国、シンガポール、中国、インド等である。

[*4] International Research and Innovation Strategy https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/801513/International-research-innovation-strategy-single-page.pdf

[*5] https://www.ukri.org/publications/fund-for-international-collaboration-fic/

4.3　イノベーション推進基盤の戦略・政策及び施策

●人材育成と流動性

2002 年 4 月に発表されたロバーツ・レビュー[*6]は、STEM（科学、技術、工学、数学）分野での人材供給に関して提言し、近年の英国研究開発人材育成政策の布石となっている。教育機関だけでなく雇用者である産業界との連携による、研究キャリア開発や研究者の「Transferable Skills」トレーニングが必要であること等を提起した。これを受け、研究キャリア開発のための新たな政府投資が実施され、奨学金プログラムの新設や研究者のキャリア支援組織の設立も行われた。

また、研究開発人材を育成すべく、研究会議や王立協会等により多様な奨学金等のプログラムが設置されている。政府は、産業界のニーズに合った知識や能力、及び経験を有する学生や若手研究者を育成するため、産業界での研究キャリア人材育成の取り組みも行っている。

●研究基盤整備

英国は、下記のような研究・イノベーション・インフラネットワークを、研究・イノベーションで世界をリードする立場を維持する為の基盤として捉えている。

- シンクロトロン、研究船、科学衛星などの物理的大規模研究施設
- データ・コンピューターシステム、コミュニケーションネットワークなどの技術・電子インフラネットワーク
- 科学・文化・芸術コレクションやアーカイブを含む知識ベースの資源

2027 年までに研究開発投資を GDP の 2.4% に増加させるという目標に向け、UKRI が英国全土の研究・イノベーション・インフラの評価・分析を行い、2019 年 11 月に研究・イノベーション・インフラに関する 2 つの重要文書を公表した。

「英国の研究・イノベーション・インフラ：能力を向上させる機会」[*7]では、次世代インフラ機能に大胆な変化をもたらす潜在的な機会、及びその結果生じる投資のオプションを特定している。2030 年に向けた意思決定と優先事項の特定に導くことを意図しており、バイオテクノロジーへの投資から将来の輸送ソリューションや再生可能エネルギー源に至るまで幅広く網羅している。

「英国研究・イノベーション・インフラの状況分析」[*8] では、英国のインフラに関する状況を示している。およそ 1,000 か所のインフラや機関からデータを収集するアンケートベースのアプローチを用いている。この分析では、500 を超える国家的又は国際的に重要なインフラを特定している。

[*6] ロバーツ・レビューの正式名称は「SET for Success: The supply of people with science, technology, engineering and mathematics skills」https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/+/http:/www.hm-treasury.gov.uk/d/robertsreview_introch1.pdf

[*7] The UK’s research and innovation infrastructure: opportunities to grow our capabilityhttps://www.ukri.org/files/infrastructure/the-uks-research-and-innovation-infrastructure-opportunities-to-grow-our-capacity-final-low-res/

[*8] The UK’s research and innovation infrastructure Landscape Analysishttps://www.ukri.org/files/infrastructure/landscape-analysis-final-web-version/

英国における大規模な公的研究開発施設は主として、科学技術施設会議（STFC）により管理・運用されており、英国内外の多くの研究者に利用されている。このほか、各研究会議でも設備運用を支援することがある。

●産学官連携・地域振興

英国政府は近年、科学研究の成果が十分に活用されずイノベーション創出につながっていないとの反省から、研究成果の実用化に資するイノベーション推進策に注力し、産学連携の強化を重視している。

2020 年 7 月 BEIS の発表した研究開発ロードマップでは、10 年程度の長期に掛けて達成する科学イノベーション戦略として「Moon-shots 計画」を挙げている。市民・アカデミア・産業界の活性化を趣旨とし、明確な目標・時間枠と顕著な波及効果、実現可能で画期的な科学上の躍進に基づく社会的課題の解決に取り組む。又、米国 ARPA に倣った、「高リスク・高収益」な研究を推進する Advanced Research and Invention Agency (ARIA) の 2021 年内創設を計画している。

●産業戦略チャレンジ基金（ISCF）[*9]

ISCF は産学共同研究開発によって産業界が抱える技術的・社会的課題解決を目的とするプログラムである。Innovate UK が所管して 2016 年に開始し、これまでに 3 次にわたって計 23 の技術テーマ（チャレンジ）が定められている。アメリカ国防高等研究計画局（DAPRA）をモデルとして、チャレンジ・ディレクターをテーマごとに選び、ディレクターの裁量のもとプロジェクトを推進する。ディレクターは産業界出身の人物が多いが、アカデミアからも選ばれている。全てのチャレンジは、産業戦略で設定された 4 つのグランド・チャレンジのいずれかに位置づけられている。

●カタパルト・プログラム（Catapult Programme）[*10]

カタパルト・プログラムとは、英国が世界をリードする技術・イノベーションの拠点構築を目指し、Innovate UK が所管するプログラムである。2011 年開始に際し、下記のような条件を満たす既存領域の中から、更に英国の経済産業活性化へ寄与する可能性を基に領域が精査された：(1) 年数十億ポンド以上の国際市場が見込まれる、(2) 英国が世界を先導する研究能力、潜在的産業活力、増額投資の活用能力を有す、(3) 英国が高付加価値の相当部分を確保する事が見込まれる、(4) 技術イノベーション・センターが国際的企業の知識集約的活動を誘引・把持しうる。更に、Innovate UK 自体の 4 年ごとのレビューや、BEIS によるレビューを受け、領域の見直し・統廃合が行われている。2020 年 12 月現在、9 種の技術分野で拠点としてのカタパルト・センターが設置されている。拠点は、産業界が技術的課題を解決できるような世界トップレベルの技術力を生み出す場であると同時に、大学等の知見を活用して英国で新しい製品やサービスが提供できるように長期的な投

[*9] https://www.ukri.org/innovation/industrial-strategy-challenge-fund/
[*10] https://catapult.org.uk/

資を実現するプラットフォーム*11でもある。

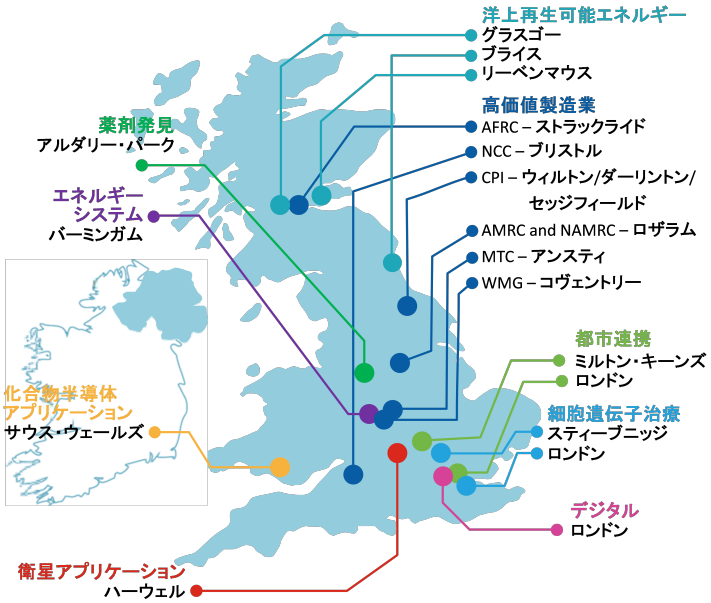


図 10　9 分野のカタパルト・センター
出典：カタパルト・プログラムのホームページを元に CRDS で作成

4.4　個別分野の戦略・政策及び施策

●環境・エネルギー分野

2017 年 10 月には BEIS より「クリーン成長戦略」が発表された。これは、歳出削減を図る一方で消費者向けのコストダウンを維持し、良質の雇用を創出し経済の成長を図るという高い目標を持つ内容で、政府の産業戦略の重要な一要素を成すものである。

2020 年 11 月、BEIS は「グリーン産業革命の 10 計画」を発表した*12。クリーンエネルギー（洋上風力、水素、原子力）・電気自動車（EV）の増強、路上交通や航空・船舶の脱炭素化、住宅のグリーン化、CO2 の回収貯蔵、植樹、技術革新・投資等の 10 項目に対し、政府予算 120 億ポンドを拠出し、高技能・高収入のグリーン関連雇用を 2030 年迄に 25 万件創出するとしている。コロナ禍から、科学技術に基づいた「より良い復興（Build Back Better）」を達成する一助とする。

*11 The ten point plan for a green industrial revolution https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution

*12 The ten point plan for a green industrial revolution https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution

●ライフサイエンス・臨床医学分

英国のライフサイエンス分野の国際競争力は高く、政府から措置される研究費の割合は大きい。2017 年 11 月に発表された産業戦略では、セクター協定（セクターの生産性向上を目的とする政府・産業界間提携）を開始し展開することが明記され、最初のセクター協定の一つにライフサイエンスが含まれた。

●システム・情報科学技術分野

新産業戦略では、10 億ポンド強の公共投資によりデジタル・インフラを増強していく計画を打ち出した。ICT 分野に関する主な公的助成機関は、EPSRC、Innovate UK である。EPSRC は、優先研究テーマの中に「デジタルエコノミー」と「ICT」を挙げている。

デジタル・カタパルト・センターでは、中小企業やスタートアップ企業が参加しやすい環境にを設けている。優れた研究成果については、カタパルトのプロジェクトと関係ないものでも、3 か月という期間を限定的に設けて無償でセンター内に展示する等の試みを行っている。

2018 年、英国上院は AI に関する報告書 “AI in the UK: ready, willing, and able?” を発表した。この報告書では、大手テクノロジー企業によるデータの独占利用の可能性についての検討、英国の中小企業が AI を活用してビジネスを拡大するための成長基金の創設、英国の大学内で行われている優れた研究から AI スタートアップをスピンアウトするメカニズムの標準化、データ集約型のディープラーニングにとどまらない幅広い AI 研究への投資、等を提言している。

●ナノテクノロジー・材料分野

高価値製造業カタパルト・センターは、製造業セクターの振興及び英国の GDP 増加に貢献することを長期目標に掲げている。

政府が投資するナノテク・材料分野の研究費は主に、EPSRC や Innovate UK 等から拠出されている。EPSRC は、優先研究テーマの中に「エンジニアリング」を挙げており、その関連研究分野として「材料エンジニアリング：セラミック、複合材料、金属・合金」が含まれている。

2013 年にはマンチェスター大学内に国立グラフェン研究所（National Graphene Institute）を設立し、80 社を超える企業参加を受け、異分野融合の研究を進めている。2018 年度には、産業界主導の開発を行うグラフェン技術応用イノベーションセンター（Graphen Engineering Innovation Centre）を同大学内に開設し、大学や公的機関の研究者と産業界との協力によるグラフェン材料の応用・商業化の促進やハイテク分野における雇用の創出を目指している。

2014 年、UK National Quantum Technologies Programme を開始し、4 つの研究ハブを中心に量子技術分野の研究開発を進めている。

（海外動向ユニット　石井加代子）

5　ドイツ

5.1　科学技術・イノベーション政策関連組織等

ドイツにおける科学技術・イノベーション政策の主要所管省は連邦教育研究省（BMBF）である。BMBF は連邦政府の研究開発関連予算の約 60 %を管理し、また様々な研究開発戦略を立案している。BMBF はその組織内にも研究開発戦略を調整・調査・立案などをする部署を設けているが、BMBF 単体で決定するのではなく外部の機関からの助言や協力を得ながら各種の戦略を作成している。それらの機関の中で重要なものとして、連邦政府及び州政府の科学・教育・文化関連省庁及び財務省から参加して科学技術関連の協議をおこなう合同科学会議 （GWK)、大学や企業などの有識者により構成され、ハイテク戦略の策定・評価、に関与する BMBF の諮問組織であるハイテク・フォーラム、国際的に著名なイノベーション研究者により構成され研究・イノベーション・技術に関する評価や意見書・報告書を連邦政府に提出する研究イノベーション審議会（EFI）や連邦政府及び州政府により運営され両政府への科学的助言をおこなう科学審議会（WR）がある。ドイツは歴史的な経緯から州政府が多くの権限を持つ連邦国家であり、文化、教育及び研究は基本的に州の権限とされ、連邦政府は州政府との合意に基づいて共同で施策を実施する体制をとっている。しかし近年、大学の研究力の強化はドイツの最優先事項の一つであり、連邦政府は大学の競争を促し、また教育や研究への支出を増やすなど、連邦と州が共同で施策実施に当たっている。

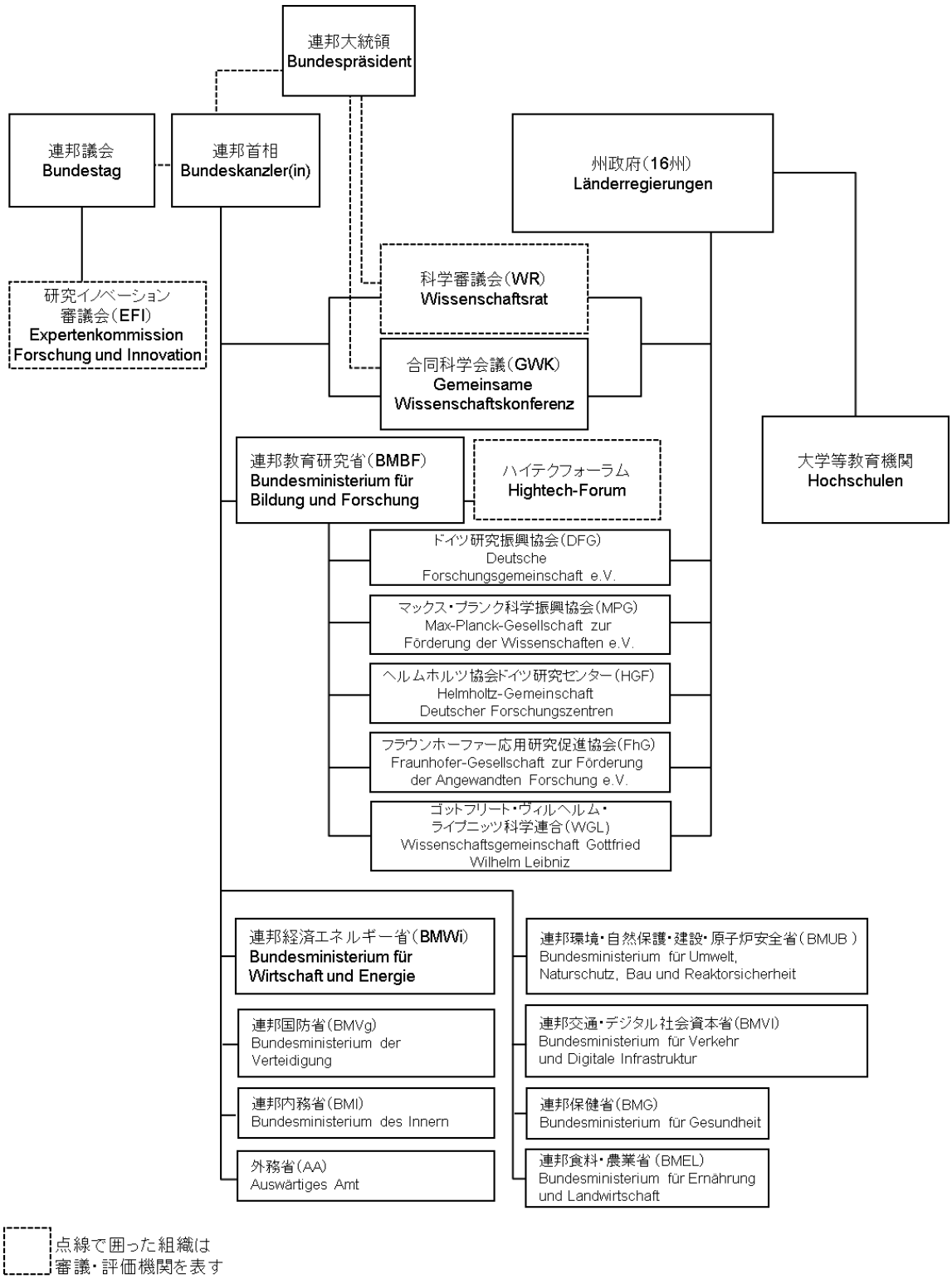


図 11　ドイツの科学技術・イノベーション政策に関連した行政機構図

出典：各種資料をもとに CRDS で作成

5.2　科学技術・イノベーション基本政策

ドイツの科学技術・イノベーション政策は、研究開発及びイノベーションのための包括的な戦略である「ハイテク戦略（2006 年）」を基本として推進されている。ハイテク戦略は省庁横断型の戦略であり、ファンディングから研究開発システムに至るまで、幅広い施策や戦略が網羅されている。公的資金をより効率的に利用し、知識の創出や普及によって、雇用や経済成長を促進することを目的としている。2010 年には次期「ハイテク戦略 2020（2010 年）」が発表され、社会的な課題をイノベーションの創出によって解決達成させるためのさまざまな施策が盛り込まれた。ハイテク戦略 2020 からは、課題分野別の予算配分額は具体的には示されておらず、毎年の予算決定過程でどの分野にいくら配分するかが決定されることとなった。その後、「新ハイテク戦略（2014 年）」に続き「ハイテク戦略 2025（2018 年）」が発表された。初期の「ハイテク戦略」では、欧州連合各国で合意されている総研究開発費の GDP 比 3% を達成することが目標の一つとされていたが、ドイツは 2018 年にこの数字を達成した。そこで「ハイテク戦略 2025」では、さらなる目標として 2025 年までに総研究開発費対 GDP 比を 3.5 %とすることが明記された。「知識から実用」をもたらすイノベーション重視の方針は変わらないが、変化の早い社会の情勢や、グローバルに解決が求められる社会的な課題、高まる国際競争の圧力に対応し、高い科学技術力で飛躍的なイノベーション（ドイツ語で Sprunginnovation）を興し、生活の質と雇用を維持しながら経済成長を続けていくとしている。

5.3　科学技術・イノベーション推進基盤

●研究開発人材の育成支援

日本と同様に高齢化が急速に進むドイツでも、優秀な科学者や専門家の確保は将来の国際競争力維持に向けて大きな関心事項となっており、さまざまな若手人材への助成を積極的に実施している。2000 年ごろから、博士号取得後の人材育成・助成政策が広く議論され、ポスドク研究者が安定したポジションに就くことを重要課題として取り組んできた。それまで教授のポストに応募するには、博士の学位取得後、教授論文（研究と教育を行うための資格）が必要であった。しかし、教授職を得るまで非常に長い時間がかかることや、海外でポスドクをしている研究者が米国などから帰国せず頭脳が流出する事態を懸念した連邦政府は、2002 年にジュニアプロフェッサー制度の導入を認め、教授論文以外のキャリアパスを整えた。またこれまでは、ドイツ全国のどの大学でも高いレベルの教育を受けることを目標とし、全国レベルで大学の順位付けや競争がなされることがなく、先端研究が少数の大学に集中するということもなかった。これにより大学の質は一定になったが、世界のエリート大学と比較して、優秀な研究者や学生の確保という点でやや魅力に欠けていた。そこで連邦政府は、より高度な教育・研究を行い、米国や英国などの大学に対抗できる優れた大学を生み出すため、選ばれた少数の大学に集中的に助成を行う「エクセレンス・イニシアティブ」プログラムを開始した。2018 年からは、「エクセレンス・ストラテジー」と名称を変えて制度化され

た上で継続している。この他、主要ファンディングエージェンシーのドイツ研究振興協会（DFG）には、ポスドク研究者の早期自立を目指したフェローシッププログラム、エミー・ネータープログラム（Emmy Noether Program）や　大学と研究者が共同で申請し助成期間を終えると大学に定年制ポストを保証するハイゼンベルクプログラム（Heisenberg Program）などがある。

●産学官連携クラスター政策

ドイツは教育や研究だけでなく、産業政策においても州政府の権限が大きい。首都圏や特定の地域にあらゆる産業が集積することもなく、各州、各自治体に産業分散しそれぞれの地域に特色がある。このような背景があって、州政府を含めた産学官連携及び研究開発拠点支援策の運用が容易であることが推察される。1980 年代後半に始まったクラスター政策は、基本政策「ハイテク戦略」においても主要施策と位置づけられている。2018 年に実施された連邦教育研究省（BMBF）の組織改編にあたり、ハイテク戦略の下で戦略策定を担当する局が所管していたクラスタープログラムは、分野・領域別個別の研究開発促進を所管する局に統合された。所属局が変更になったものの、各クラスタープログラムは引き続き実施されるが、今後は分野別の戦略と基盤的な施策の融合が期待されている。現在実施中のプログラムは以下の通り。

■(1) 未来クラスター・イニシアティブ（Clusters4Future）

イノベーション創出を第一目的とするものの、萌芽的なアイディアや大幅な成長が期待される領域への支援を積極的に行うプログラムとして設計された。実質的な研究開発に入る前のコンセプト構築フェーズも助成対象としている。このコンセプト構築フェーズでは 15 件程度を目標にクラスターが選ばれ、半年間でコンセプトを洗練し、研究開発に必要なネットワーク作りに資金が拠出される。最大で 25 万ユーロ、クラスター側の負担が総額の 20 %となっている。次に第二回目の採択ラウンドが実施され、15 のうちから 5-7 件のクラスターに絞る。このフェーズでは最大 1,500 万/3 年の助成が目安となっている。最長の助成期間が 9 年間となる見込みで、第一フェーズでは民間の負担額が全体予算の 20 %、第二、第三と進むにつれてそれぞれ 35 %、50 %と設定されている。

■(2) リサーチ・キャンパス プログラム

産学のパートナーシップを中長期的に支援する公募型助成プログラム。2012 年 9 月に 90 を超える応募の中から 10 の研究プロジェクトを選定された。将来の社会的課題の解決を達成するために、企業と研究機関を早い段階から緊密に連携させることを目的としている。応募要件としては、大学、研究施設構内に研究サイトがあることのほか、将来性のある革新的な技術を研究開発することが明示されている。最長 15 年間の長期プロジェクトで、1 件あたり 10 万から 20 万ユーロ／年のファンディングが予定され、総額 200 万ユーロを上限としている。この助成イニシアティブによって、分野横断的なハイリスク研究が実用的な応用研究につながることが期待されている。プロジェクトの進行は 2 期に分かれ、助成開始から最長 2 年を準備期間、残りを本研究期間としている。準備期間では、プロジェクトのコンセプト作りやマネジメント体制の確立を行うことになっている。

●飛躍的イノベーション機構の設置

2018 年 8 月連邦閣議は、最新技術の新たな製品やサービスによって、市場を変革させるインパクトを持つポテンシャルの高いイノベーション創出を目標とした「飛躍的イノベーション機構（SprinD）」の設立を決めた。飛躍的イノベーションとは、劇的な技術革新、全く新しいビジネスモデル、社会的変化に基づくイノベーションと定義され、ハーバード大学教授クリステンセンの「破壊的イノベーション」と同じような意味を持つ。連邦教育研究省（BMBF）と連邦経済エネルギー省（BMWi）が共同で出資する法人（GmbH）で、当面 10 年間で 10 億ユーロの運用が計画されている。従来の助成プログラムと比較して、(1) テーマオープン、(2) ハイリスク、(3) 柔軟で、(4) 失敗を許容するファンディングを目指し、プロジェクトの統括を担うイノベーション・マネージャーに大きな権限を付与するモデルを構築するとしている。機構発足前に助成開始した 3 つのパイロットプロジェクトに加え、5 つのプロジェクトが 2020 年に採択されている。

5.4　個別分野の戦略・政策及び施策

●環境・エネルギー分野

2019 年、連邦政府は地球温暖化対策の各種目標を達成するため「気候保護プログラム 2030」の重点を提示、これを受けて内閣は詳細な「気候保護プログラム 2030 作業計画」を決定し、連邦議会は気候保護法を策定した。同法は京都議定書、パリ協定等の国際協定の遵守、ならびにエネルギー転換政策実現のため諸戦略と連関している。研究開発の推進については、イノベーションシステム全体の動員、研究開発における企業家の強いコミットメント、政府のさらなる研究とイノベーションへの投資が必須と明記されている。具体例として、「ハイテク戦略 2025」にも言及されているとおり、バッテリー研究と国内生産の強化、CO2 の貯蔵と使用によって産業プロセスからの排出を回避する方法、水素を産業の再編における重要な要素としてとらえ、研究開発を推進することなどが記されている。2013 年末に発足した第三期メルケル内閣で省庁再編が実施されて、連邦経済省（BMWi）は連邦経済エネルギー省と名称を変え、エネルギー政策全般を所管することとなった。2022 年までに原子力発電から完全撤退することを決めたドイツは、一極集中型の化石・原子力発電所から分散型の再生可能エネルギーへの転換を目指して、再生可能エネルギー転換策（Energiewende）を採る。エネルギー分野の研究開発の目標や重点分野を示しているのが、連邦環境・自然保護・建設・原子炉安全省（BMUB）と BMWi の協力で実施されている第 7 次エネルギー研究プログラムである。更に 2020 年には水素戦略を発表、2030 年の商業化を目指しインフラ整備を含みながらも 90 億ユーロ規模の大規模投資を予定している。再生可能エネルギーからの電気のみを電気分解に使用する水の電気分解によって生成される CO2 フリーな水素、グリーン水素の製造に重点を置き、戦略的にドイツ国内ないし欧州域内での水素製造を目指している。一方、BMBF は 2004 年に「持続的発展のための研究フレームワークプログラム（FONA）」を発表し温暖化対策のための様々な研究を行ってきた。その後同省は 2010 年、後継プログラムとして FONA2（2010～2014 年）、引き続き FONA3（2015～2019）、FONA4（2020～2024 を発表し、今後 5 年間に 40

億ユーロを拠出する。新プログラムでは、グリーン水素、循環経済、環境保護、バイオエコノミーの 4 エリアを重点分野として位置づけ、過去 15 年の実績を活かしながら、エネルギー転換、省資源、地球温暖化対策に貢献していくとしている。

●ライフサイエンス・臨床医学分野

連邦政府は「国家政策戦略バイオエコノミー（2013 年）」及び「国家研究戦略バイオエコノミー 2030（2010 年）」の具体的な行動指針「アクションプラン・バイオエコノミー」を発表している。これは、前項の環境政策と総合して、バイオテクノロジーにより効率的に食料を生産し世界に供給するとともに、その過程で必要となるエネルギーを再生可能エネルギーで賄う、という人間の社会全般のニーズを科学技術によってより良くしていこうとする戦略である。優先される分野として、世界的な食糧の確保、持続性のある農業生産、食の安全性、再生可能資源の産業利用、バイオマスを基本としたエネルギー源の 5 つのフィールドを示している。バイオテクノロジーのイノベーション力を、医薬・化学産業のみならず、農林業やエネルギー産業の分野でも活用したいとしている。また健康研究の分野では、BMBF は「健康研究基本プログラム（2010 年）」を制定し、今後の医学研究の戦略的方針を定めた。重点領域として、(1) 糖尿病、心臓病などの国民的疾患研究、(2) 個別化医療研究、(3) 予防、健康医学、(4) 看護、介護研究、(5) 健康関連産業、(6) 国際共同研究を挙げている。同プログラムは BMBF と連邦保健省（BMG）により所掌され、2019 年からは第三期プログラムが継続して実施されている。第三期では、特に個別化医療（プレシジョン・メディスン）に重点を置くことが決まっている。

●システム・情報科学技術分野

連邦政府は、「デジタルアジェンダ 2014-2017」を発表。経済成長と雇用を確保するためにデジタル化を大きなチャンスととらえ、ブロードバンドの普及、デジタル化時代の労働、イノベーションのインフラ、教育と研究、サイバーセキュリティと国際的なデジタルネットワークについての行動計画を示した。デジタルアジェンダ 2014-2017 は主として BMWi、BMVI 、BMI（連邦内務省）が管掌している。2015 年には BMWi からデジタルアジェンダの具体的な方針となる「デジタル戦略 2025」が発表され、研究開発から産業促進まで含めた 10 項目の強化方針が示された。高速の光ファイバー網の整備、デジタル化における中小企業の投資促進、歴史の浅い技術企業及びスタートアップのためのイノベーション環境造り、「デジタル学習」戦略が含まれている。2018 年、ドイツ連邦政府は「人工知能（AI）戦略」を発表、2019 年～2025 年までに基盤的経費を含め研究開発費として 30 億ユーロ規模の投資をすることを発表、更に 2020 年にコロナ禍の補正予算で更に 20 億ユーロの追加投資が決まっている。AI の実用化に向けて、基礎研究から応用研究へ連携と国際連携の重要性を強調している。国際連携については、ドイツに先んじて今年初めに AI 戦略を発表したフランスとの連携をベースに、EU の枠内での研究開発を推進することが記述されている。

●ナノテクノロジー・材料分野

BMBF は 2015 年に「材料からイノベーションへ」と題したナノテク分野の基本計画を発表した。ハイテク戦略と連動した同計画の下、以来さまざまな施策が実施されている。同名の助成プログラムでは、(1) ナノテクプラットフォームの構築、(2) エネルギー、交通、医療、建築、機械分野への応用、(3) 持続可能で高効率な資源利用、(4) 産学連携を基本コンセプトとして、各プロジェクトが運営されている。同プログラムは、過去に実施された「ナノイニシアティブ・アクションプラン 2010」、「アクションプラン・ナノテクノロジー 2015」の後継と位置づけられているだけでなく、応用分野として領域横断的に環境・エネルギーの FONA やライフサイエンスの健康研究基本プログラムとの連動を強く意識している。現状では 2024 年まで、毎年 1 億ユーロ規模の助成を予定している。2018 年、連邦政府は「量子戦略」で 2018 年～2022 年の 4 年余りで 6.5 億ユーロを投資することを発表し、更に 2020 年に同領域に 20 億ユーロの追加投資を決めている。重点領域として、第二世代の量子コンピューティング（コンピューター、シミュレーションなど）、量子コミュニケーション（通信、セキュリティ技術など）、計測（精密計測技術、衛星、ナビゲーション技術など）の開発のほか、量子分野の技術移転と産業の参画推進をあげている。

（海外動向ユニット　澤田朋子）

6　フランス

6.1　科学技術・イノベーション政策関連組織等

●科学技術・イノベーション関連組織

フランスの科学技術・イノベーション政策にかかわる関連組織は図 12 のとおりである。

国の研究戦略は大統領を頂点にし、首相の諮問機関である研究戦略会議（CSR）で立案、その下部機能である運営委員会で戦略の執行・運営がなされる。本委員会には研究とイノベーションの所管省である高等教育・研究・イノベーション省（MESRI）の他、関係各省、研究連合（アリアンス）の各代表、公的研究機関や大学、グランド・ゼコール、競争力拠点、カルノー機関（後述）などの研究に関わる諸機関の代表総勢 30-40 名が参集する。首相府に属するフランス・ストラテジー（戦略展望総務庁）は、科学技術・イノベーション政策に限らず国家全体の方針決定に資する調査・研究を行い、政策の評価、イノベーションや政策に関する情報提供や提言を行っている。また同じく首相府に設置されている投資事務局（SGPI）は「将来への投資計画　Programme d'investissements d'avenir（PIA）」を統括している。

研究連合は、政策立案・調整に当たり公的研究機関や高等教育機関の活動と政策立案段階を繋ぐフランス独特で重要な組織である。環境、エネルギー、ライフサイエンス・医療、情報科学技術、人文・社会科学の 5 つの研究区分に沿って設置されている。各公的研究機関・高等教育機関は代表者となる研究者を参加させ、ANR や政府に戦略の元となる分野ごとの提言を行う。例えば環境

分野では当該分野に携わる約 2 万人の研究者のうち 500 名程度がこの提言の為の討議に参加する。各研究連合には少人数の事務局が置かれている。MESRI は緊急性のあるテーマ等に関しては、この研究連合を通じて公的研究機関に働きかけることが多い。研究連合は法制度上の組織は持たず、法人格なども持たない。

科学技術・イノベーションの主要所管省である MESRI は、高等教育と科学技術・イノベーションに関する政策、予算等を所管する。マクロン政権発足により初等・中等教育を中心に当たる国民教育・青少年・スポーツ省とは別に設置された。同省のほか経済・財務・復興省、軍事省、エコロジー移行省等がその傘下機関の活動を含めて、科学技術・イノベーションに関わっている。新しい試みとして 2018 年より、経済・財務所管省と MESRI の両大臣が共同で統括し、関係する閣僚が参加する「イノベーション審議会」が定期的に開催されている。

研究開発の主な推進主体は、MESRI と関連各省の両者の傘下に位置する公的研究機関である。国立科学研究センター（CNRS）、国立保健医学研究機構（INSERM）、原子力・代替エネルギー庁（CEA）、国立農学・食料・環境研究所（INRAE）、国立情報学自動制御研究所（INRIA）といった研究所がある。フランスでは大学やグランド・ゼコールなどの高等教育機関は上記 CNRS や CEA といった公的研究機関に比べ、歴史的に研究開発活動が相対的に活発ではなかった背景がある。しかし、近年はイニシアティブエクセレンス（イデックス、IDEX）などの国の拠点形成のためのプログラムによる積極的投資と、前述のような公的研究機関の拠点への積極的参加により高等教育機関は研究力を増強しつつある。2020 年末現在、分野横断的研究を行う 8 つのイデックス（IDEX）拠点とテーマを特定して研究を行う 9 つのアイサイト（I-SITE）拠点が採択されている。これら高等教育機関はフランス独特の仕組みである混成研究ユニット（UMR）と呼ばれる、CNRS などの国立研究機関や一部企業と共同で運営する研究室を設置することが一般的であり、実際はこの UMR において国立研究機関と大学・グランド・ゼコールの人員が共同で研究を進めているという実態がある。

競争的資金を配分する主たる機関として、国立研究機構（ANR）と公共投資銀行（Bpifrance）を挙げることができる。前者は、基礎研究から応用研究まで、幅広く資金配分をしている。後者は、主に中小企業によるイノベーション創出活動を中心に資金を配分している。また、環境・省エネルギー機構（ADEME）も、小規模ながら競争的資金を配分する。

研究の評価については、「研究・高等教育評価のための高等審議会（HCERES）」が設置されている。立法の分野においては、議会科学技術評価局（OPECST）が設置されている。

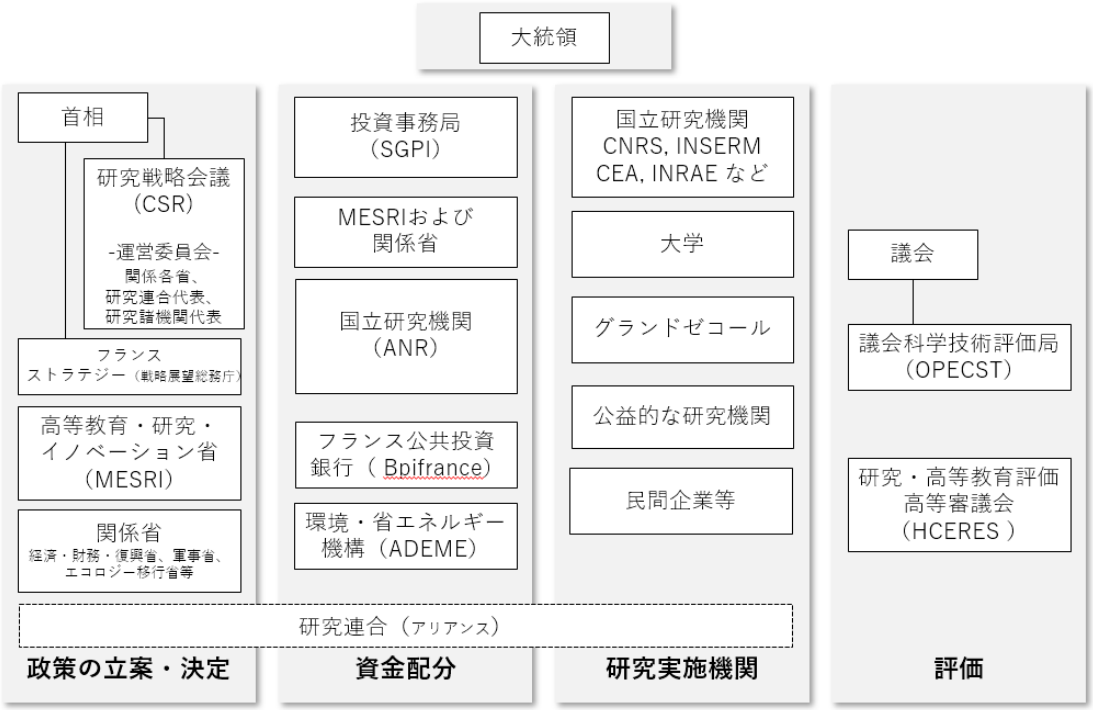


図 12　フランスの科学技術・イノベーション政策体制

出典：ウェブサイト情報を基に CRDS 作成

●ファンディング・システム

研究開発に関わる予算は 2006 年から本格的に施行された予算組織法に則り、MESRI の所管する研究・高等教育省際ミッション（ミレス、MIRES）という予算枠にまとめられており、省庁を超えた高等教育・研究関連予算が一括され議会で審議される。研究開発に関わる公的支出先の多くは大学やグランド・ゼコールなどの高等教育機関、CNRS や CNES（国立宇宙研究センター）、CEA などの公的研究機関であり、支出の多くが機関補助と競争的資金の配分による。機関補助については、所管省との間で原則として 4、5 年ごとに締結される契約に基づき、上記のミレスより毎年一定額が配分される。主たる競争的資金を配分する ANR はフランスで初の独立したファンディング・エージェンシーとして 2005 年に設立、2006 年に組織・運営が定められた。フランスでは従来、機関補助の割合が高いとされていたが、ここ 10 年の間に大学や公的研究機関の資金における機関補助の割合が減少、競争的資金の割合が 24% 程度に上昇している。2010 年以降、前述の首相府に設置されている投資事務局が統括するミレス外支援「将来への投資計画」資金などの競争的資金の割合が高まった結果といえ、今後の推移が注目される。

2018 年における国内総研究開発費は 517 億ユーロ。うち公的支出は約 35%、民間支出は約 65% の比率であった。

6.2　科学技術・イノベーション基本政策

●「将来への投資計画（PIA)」と高等教育・研究及びイノベーション支援

フランスにおいては、2004 年以降高等教育・研究システムの改革が続いている。同年 11 月シラク政権下におきた研究者への処遇等に対する大規模な抗議運動「研究を救おう運動」を踏まえたフランス政府の「研究協約」を契機に 2006 年「研究のための計画法」が制定され、戦略・政策提言機能の強化、ANR などを通じた研究プロジェクト支援の強化、公的研究機関と高等教育機関の連携強化、博士課程を職務として規定するといった事項が定められている。博士課程学生に関しては本法の成立を契機に、2009 年博士課程契約が規定され、以後高等教育・研究機関の博士課程にて研究を行う学生が 3 年間の契約締結の下、給与報酬を受け、社会保障などを享受することとなった。このほか民間企業が参加する支援制度もあり、これらを含めて全体で 74% の博士課程学生が給与を受領している。

サルコジ政権による高等教育・研究システム改革の基本方針の一つのは「大学を研究の中心に位置付けること」で、その意識に基づき、2007 年「大学の自由と責任に関する法」が制定され、国立大学の自主裁量権の強化、研究・教育の活性化、資金増が段階的に実施されてきた。前述二つの法律の制定を契機として、大学を研究の中心に据える政策が進むこととなり、公的研究機関を巻き込んだ大学拠点の形成がみられるようになった。

更に景気後退局面の 2010 年超党派のジュペ・ロカール委員会が設置され、この委員会の報告書の提言に基づき国の大規模借款を通じて獲得した資金を活用した大規模投資「将来への投資計画（PIA)」が同年開始されることとなった。PIA は将来を担う若年世代への投資と成長分野への投資を重要視し、高等教育・研究・イノベーションの支援、革新的な中小企業の育成の他、ライフサイエンス、低炭素型のエネルギー開発・資源管理、明日の都市、モビリティ、デジタル社会といった優先投資分野へ、単年度予算では難しい中長期視野での支援を試みている。この施策の枠組みで公的研究機関を巻き込む形のイデックス（IDEX）指定大学拠点プログラムへの公募採択や、公的研究成果の技術移転促進機関（サット、SATT）の全国での設立、起業学生を支援する起業学生クラスター（ペピット、PEPITE) 制度などが開始され、当初予算額は 350 億ユーロに及んでいる。なお、この 350 億ユーロによる資金支援は一部消費不可能な（利子分のみ資金配分）資金で行われるため、金額的な影響は額面よりも小さい。

●「高等教育・研究法」（フィオラゾ法）2013 年とグループ化政策

現在の科学技術・イノベーションに関する基本法として注目すべき法は 2013 年にオランド政権下で施行された「高等教育・研究法」（フィオラゾ法）及び 2020 年 12 月にマクロン政権下で施行された「複数年研究計画法」である。フィオラゾ法は、高等教育と研究に関する法律が初めて一つの法律に統合されたもので、「研究戦略会議」（CSR）や評価機関である研究・高等教育評価のための高等審議会（HCERES）の設置と定めた。大学拠点形成政策として大学・公的研究機関コミュニ

ティ[*13]（COMUE）等の形成を通じたグループ化政策の方針が示され、イノベーション関連では学生起業家を支援する学生起業家のためのクラスター（PEPITE）の開設が盛り込まれた。また本法では「研究に関する国家戦略」（通称「SNR France Europe 2020」）ならびに「高等教育に関する国家戦略」（通称「StraNES」）の策定、かつこれら両戦略を統合し 5 年ごとに「白書」として取りまとめることも定められた。これまでに高等教育・研究白書 2017 が発行されている。

●「複数年研究計画法」2020 年の施行による 250 億ユーロの研究予算増額

マクロン政権は 2020 年 12 月末に「2021 年-2030 年期における研究のための計画及び研究・高等教育に関わる諸施策に関する法律」（本稿では以後「複数年研究計画法」と略す）を成立させた。本法は政府研究開発予算額を 10 年間で漸増させ、約 50 億ユーロ増額となる約 210 億ユーロ（年あたり）とするものである。これにより研究開発予算額は 2020 年時点（160 億ユーロ）から比較すると約 31% 増となり、EU がバルセロナ（2000 年）において定めた域内の官民あわせた総研究開発費の GDP 比 3% 目標に到達することになる。現状はフランスの対 GDP 比の総研究開発費は 2.2%（2018 年統計）にとどまっている。本法には優先事項として 4 つの柱、1）博士課程学生・若手研究者を中心とする研究人材支援、2）ANR を始めとする競争的資金の増額、3）産学連携や科学と社会の連携強化、4）研究付随業務の簡化、が盛り込まれている。

表 1　複数年研究計画法予算増額表

出典：複数年研究計画法より CRDS が和訳し掲載

単位:百万ユーロ	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年
公的研究機関・ANR学際研究の増額分	224	559	785	1109	1455	1816	2193	2499	2805	3110
宇宙分野研究の増額分	-32	44	76	107	138	169	201	232	263	294
大学関連研究費の増額分	165	302	445	589	713	820	911	1175	1438	1701
年間総増額予定額	357	905	1306	1805	2306	2805	3305	3906	4506	5105

●人工知能（AI）国家戦略 2018 年と学際的研究ネットワーク・トロワジア（3.I.A）

人工知能（AI）に関するヴィラーニ報告に基づき、フランスは EU に先駆けて人工知能（AI）国家戦略を発表した。本戦略は AI 研究・人材への投資に限らず、行政や経済・教育など社会全般での AI・デジタル化の導入・推進により国全体の改革及び国際競争力の向上を目指すもので、4 つの戦略分野（健康・ 医療、環境、輸送、防衛・セキュリティー）を策定している。研究投資面では 2022 年までに 15 億ユーロの投資が表明されている。政府は 1）AI の学際的研究ネットワーク・トロワジア（「3.I.A」）拠点など通じた仏・欧州の AI 研究エコシステムの強化、2）行政・経済制度への AI・デジタル化の導入推進などを通じたデータのオープン化政策、3）AI をめぐる規制や資金支援の欧州・国レベルでの枠組みの構築、4）AI の倫理的・政策的 課題の策定といった課題へ取り組む方針を表明。欧州一丸となった AI 政策を目指している。採択拠点は、グルノーブル、ニース、パリ、トゥールーズの 4 都市地域であり、各採択拠点では多くの民間企業や外国企業等が参加している。

[*13] ここでのコミュニティはある目的をもって組織同士が集まることを指す。

表 2　トロワジア採択拠点

出典：ウェブサイト情報より CRDS が和訳して掲載

3IA採択拠点 採択機構名	機構加盟メンバー	優先研究分野
グルノーブル **MIAI**	CEA, CNRS, INRIA, グルノーブル・アルプ大学、ミナロジック、競争力拠点リヨンビオポル、企業（クリテオ,フランス電力会社, Facebook, Google, ヒューレットパッカード, IBM, オレンジ, セールスフォース, シュナイダーエレクトリック, STマイクロエレクトロニクス, タレス, トタル 他）	保健、環境、エネルギー
ニース・ソフィアアンティポリス **3IA Côte d'Azur**	CNRS, INRIA, ミーヌパリテック、ニース大学病院、CEA, 企業（SAP, ARM, ルノー他）	保健、地域振興
パリ **PRAIRIE**	CNRS, INRIA,パリ科学人文学大学、企業（Amazon, クリテオ, Facebook, Google, Microsoft, ノキアベルラブ,プジョーシトロエン, スエズ, ヴァレオ等）	保健、輸送、環境
トゥールーズ **ANITI**	トゥールーズ大学・大学病院、INRA, 国立宇宙研究センター, INSERM, INSA-TOULOUSE、CNRS,国立宇宙研究センター、エアロスペースヴァレー, サンテグジュペリ技術研究所, 企業（エアバス, カップジェミニ, IBM, ルノー, シーメンス,タレス, ラテコテール, リベール他	輸送、環境、保健

6.3　科学技術・イノベーション推進基盤

●研究インフラロードマップ

フランスは大規模な加速器から巨大なデータベースまで有形・無形の研究インフラをリストとして一元化し、数年ごとに更新をしつつ国の「研究インフラロードマップ」として発行している。このロードマップに掲載されることは、そのインフラの質の証明であり国の研究戦略においてその価値が評価されていることでもあるが、このロードマップに選ばれることが、国からの予算支援に直ちにつながるものではない。同ロードマップでは、人文・社会、地球システム・環境科学、エネルギー、生物学・医療、材料科学・工学、天文学・天体物理学、原子力・高エネルギー物理学、ICT・数学、科学・技術情報といった分野ごとに、全体で 99 個の具体的なインフラを同定している。近年は単一の施設（モノサイト）のインフラよりも分散型のインフラが目立つ。

●研究基盤整備プログラム

■(A) イニシアティブエクセレンス：イデックスとアイサイト

イデックス（IDEX）は、世界トップレベルの大学や研究機関の拠点を選抜採択し、資金を配分するもので、大学やグランド・ゼコールなど高等教育機関、公的研究機関、企業、地域との連携による国際的な競争力強化を目的とした研究・教育の拠点化プログラムである。複数の大学・公的研究機関等が、形式を問わず統合することで経済的競争力やイノベーション創出力を高める。拠点の採択は、1）研究の質、2）教育と研究開発能力、3）地域経済社会との関連性、国際共同研究の充実、4）プロジェクトを効果的に行う能力、の 4 つの基準で行われる。アイサイト（I-SITE）の方は科学・イノベーション・地域・経済を中心に研究テーマを絞った拠点である。イデックスは 2020 年末時点で 8 拠点であり表 3 に示す。またアイサイト拠点はロレーヌ大学、ブルゴーニュ・フランシュコ

ンテ大学、リール大学、モンペリエ大学、クレルモンフェラン大学、ナント大学、ギュスターヴ・エッフェル大学、セルジー・ポントワーズ大学、ポー大学の 9 拠点である。

本プログラムの資金は「将来への投資計画」第二期（PIA2）より配分されており、1 拠点あたり 10 年間では概ね 7 億ユーロである。この 7 億ユーロは基金といった「消費不可能」な位置づけであり、利用可能な資金は本資金から発生する利子相当額となる。一例を挙げると、2019 年のボルドー大学においては年あたりの支援金として 7 億ユーロを原資とした利息部分相当額 2400 万ユーロ（31 億円/換算 1 ユーロ 131.96 円）が通常の年間運営資金にプラスされる。使途は国と大学間での契約に定められた大学の優先領域、例えばイノベーションや研究などに関して大学は自由に使うことができる。建物修理などには使えない。

表 3　イデックス拠点一覧

出典：高等教育・研究・イノベーション省ウェブサイトを元に CRDS 作成

拠点名	中心テーマ
ボルドー大学 （Université de Bordeaux）	情報学、数学等の基礎研究とその航空分野や医療分野への応用、光学の基礎・応用など
ストラスブール大学 （Université de Strasbourg）	ライフサイエンス、化学、物理、材料、ナノ、地球・宇宙科学、数学、工学、人文・社会科学など
パリ科学・人文学大学 （Paris Science et Lettres）	環境、エネルギー、宇宙、ライフサイエンス、健康インターフェイス、人文・社会科学、など
エクス・マルセイユ大学 （Aix-Marseille Université）	エネルギー、環境、宇宙、医療・ライフサイエンス、異文化交流など
パリ・サクレー大学 （Campus Paris-Saclay）	数学、物理・宇宙・地球科学、農学・植物・動物学、工学、コンピュータサイエンスなど
ソルボンヌ大学 （Université Sorbonne）	デジタル革命のためのプラットフォーム創造、トランスレーショナルな医学研究、など
コートダジュール大学 （Université Côte d'Azur）	医療・福祉・高齢化社会、リスク予防・管理、デジタル化、教育イノベーションなど
グルノーブル・アルプ大学 （Université Grenoble Alpes）	数学・ICT、物理学・工学・材料科学、宇宙物理学・地球科学、化学・生物学、人文・社会科学など

■(B) 高度な研究設備（EquipEX）/EQUIPEX +

科学コミュニティや産業界に対して開かれ高度な研究を推進する中規模研究設備に対して、1 プロジェクトあたり 100 万から 2,000 万ユーロが配分される。先述の国の研究インフラロードマップなどの対象外でありかつ、各公的研究機関の通常予算では負担できない規模の研究設備を対象とする。2011～2012 年に 2 回に分けて公募が行われた。1 回目の公募では 336 件の応募中、52 件が採択され 3 億 4,000 万ユーロの資金配分がされることとされた。プロジェクトの内訳は、バイオ・健康 29%、エネルギー 17%、ナノテクノロジー 19%、環境科学 15%、人文・社会科学 10%、情報科学 10% の研究領域であった。更に後継としてエキペックスプラス（EQUIPEX +）が、全国規模の

e インフラの構築に 2 億 2400 万ユーロを資金配分する計画で 2020 年 5 月公募が行われた。

■(C) 地域レベルの研究基盤-混成研究支援ユニットなど

フランスでは大学など高等教育機関が公的研究機関である CNRS と共同で混成研究ユニット（UMR）と呼ばれる研究室を設置することが一般的でありその他の公的研究機関でも同様の制度がある。研究の支援に関しても類似の制度があり、例えば CNRS がその他公的研究機関、大学、企業と形成する研究支援ユニットは混成研究支援ユニット（UMS）あるいは、純研究支援ユニット（UPS）と呼ばれ、コンピュータ、動物、研究機器やプラットフォームの管理・運営のほか、物流、文献管理、カンファレンスや教育を担っており、CNRS においては UMS と UPS をあわせ 133 の研究支援ユニット（2019 年 CNRS 報告）があって研究の後方支援を行っている。

●産官学連携・地域振興

■(A) 競争力拠点

競争力拠点とは、企業を中心組織とし公的研究機関や大学とともに形成される産業クラスターである。経済競争力を高め、地域に根ざしつつ高いレベルの技術開発を行い、国際的に発信することで成長と雇用をもたらすことを目的としている。多くの場合運営組織は 1901 年法のアソシアシオン（非営利団体）としての法人格をもつ。競争力拠点を支援するプログラムは 2004 年に OSEO により公募が行われ（OSEO は 2012 年 Bpifrance に改組）2010 年に「将来への投資計画」より資金配分がされることになった。2019 年に第 4 期の公募が行われ、ICT、医療、バイオ、エネルギー、環境など 53 の拠点に絞られている。これら拠点は企業と公的研究機関・大学等からなる研究チームの結成を促進、知見を活かした助言や金融機関やファンディング機関への橋渡し、研究に関わる企業、公的研究機関、高等教育機関、技術移転機関などの機関間のマッチングなどを行っている。

■(B) カルノー機関

2006 年に企業との共同研究を推進する公的研究機関や高等教育機関に対し、イノベーション所管省がカルノー機関として採択（「カルノーラベルを与える」という）し、特別な支援を行うプログラムが開始された。2019 年に第 4 期のプログラムが開始されており、37 機関が今後 4 年に亘りカルノー機関として採択され、2 機関が 18 か月の期限で仮ラベルを受けている。同プログラムは成功しているプログラムとして評価されており、余り産学官連携に積極的でなかった公的研究機関と企業との直接契約額を、全体で 10 年間で 2 倍以上にするという成果を生んだ。

仕組みとしては、まず企業との共同研究を積極的に推進しようとする一定の要件を満たした公的研究機関等に対し、公募を通じてカルノーラベルを与える。ラベルを与えられた機関は、公募時に採択された計画に従って年間活動を行い、その年の企業との直接契約実績額に応じて翌年 ANR から資金配分を受ける。この配分資金額は実績に応じて変化する、すなわち、企業との共同研究の規模を拡大すればするほど、翌年のカルノー機関としての配分資金額が増大する仕組みになっている（なお、実際はカルノー機関全体に配分できる金額の上限が 2020 年現在で年間 6,200 万ユーロと決められているため、際限なく増大するわけではない）。尚、AI 国家戦略の一環で 1000 万ユーロの追加支援がカルノー機関に配分されている。

■(C) 技術研究所（IRT）

技術研究所（IRT）は、官民連携により運営される技術移転を目的とした組織で、8 つ採択されている。イノベーション・エコシステムを強化するため、競争力拠点と連携する前提で「将来への投資計画」プログラムの枠組みで設置が始まり、20 億ユーロの資金が ANR を介し国から配分されている。カルノー機関に類似するがそれよりも規模が大きく、また提供するサービスの範囲が広く、官民連携組織により運営されるという点で異なる。一例としてトゥールーズ地区にあるサンテクジュペリ研究所を挙げる。競争力拠点アエロスペースヴァレーと連携して研究活動を行い、競争力拠点は主としてコアとなるプロジェクトをめぐるビジネスパートナーや資金の確保を担い、IRT であるサンテクジュペリ研究所は研究プロジェクトの実行を担う。対象技術レベルは TRL4-6 である。研究所のガバナンスを担う委員は 15 名で企業側と高等教育・公的研究機関側がほぼ半々である。研究活動を行う人員は約 300 名で企業側からの出向が 50%、25% が博士課程学生とポスドク、20% が IRT 所属の研究者、5% が公的研究機関からの出向である。

エネルギー技術に特化した、エネルギー技術研究所（Institut pour la Transition Energetique : ITE）もあり、ITE は 8 か所が採択されている。

■(D) ラブコム（LabCom：Laboratoire Commun）

混成研究ユニット（UMR）を企業と CNRS などの公的研究機関が共同で運営する仕組みの一つ。UMR を CNRS などの公的研究機関と企業が対等に組織するには企業側に比較的大きな予算・人員が必要となるが、このラブコムの形式では企業は小規模グループでの参加が可能である。最短 4 年の契約を企業と研究ユニット間で締結し、研究目標、予算、費用、人員等を共有して研究活動を行う。CNRS が関わるこの種の取り組みは 2019 年現在 140 程度あり、うち 60% が中小企業である。ANR の資金配分を得て共同で研究を行う仕組み LabcomANR が 2013 年よりが公募を開始している。AI 国家戦略の一環で 2000 万ユーロの追加支援が ANR より配分された。

6.4　個別分野動向

●環境・エネルギー分野

■(1)「低炭素戦略 」と「エネルギーに関する複数年計画 2019-2023、2023-2028」

2019 年頭、環境連帯移行省の所管でエネルギーに関する二つの文書が改訂された。

新「低炭素戦略」は 2050 年のカーボンニュートラルを見据えたロードマップであり、欧州諸国とも同じ目標を共有すべく策定されている。2016 年策定の「複数年計画」は「エネルギーに関する複数年計画 2019-2023、2023- 2028」として改訂されている。これは、先に発表の「低炭素戦略」の方向性に沿ったものであり、パリ協定に鑑み、全てのセクターでのエネルギー消費の削減を求めているほか、再生ガス利用や水素、風力、太陽光、バイオマス、地熱発電といったエネルギー源の多様化、環境要求に配慮した安定供給、蓄電、研究とイノベーション、エネルギー価格の競争性の維持、地方自治体の参加などを示している。原子力発電では、2012 年 9 月「2025 年までに原子力発電の総発電に占める割合を、現行の 75% から 50% に削減」という目標が示されたが、本「エネ

ルギーに関する複数年計画」において「2035 年までに」と修正している。

■(2) 水素による脱炭素戦略

2020 年 9 月経済・財務・復興省は水素利用の脱炭素を目指した国家戦略を発表し、2030 年までに合計 70 億ユーロの投資を行うこととした。この 70 億ユーロには、「復興計画」（2022 年まで）に盛り込まれている 20 億ユーロが含まれる。3 つの優先事項は以下の通りである。

- フランスの電解液製造産業を発展させつつ製造業の脱炭素化を図る
- 重量車両用の水素を利用した脱炭素開発
- 研究&イノベーションの支援

●ライフサイエンス・臨床医学分野

■(1) パリサンテ（PariSante）キャンパス

パリの旧ヴァル・ド・グラース軍病院の敷地で進む「ヴァル・ド・グラース・キャンパス」において、デジタルヘルス研究とイノベーションを官民で推進する「パリサンテ・キャンパス」計画が 2020 年 12 月始動した。73000m^{2}の敷地に 3 億 6000 万ユーロを投じる。参加公的機関としては INSERM、パリ科学・人文学大学、INRIA、デジタルヘルス庁、ヘルス・データ・ハブである。国内外のパートナーと連携し、民間の知識と専門能力を集約することで、デジタルヘルス研究・イノベーションにおいて主導的役割を果たすことを目指す。研究結果を共有できる国際会議センターを擁し、ビジネスホテル 1 社、スタートアップ・インキュベータなどの企業を受け入れる。

■(2) COVID-19 及び感染症をめぐる動き：「新興感染症庁」設置

新型感染症蔓延をうけて 3 月末、MESRI は健康・医療全般とライフ関連全般の研究周り（インフラ、給与見直し、研究ユニットの予算、プロジェクト資金等）に年間 10 億ユーロの増額を発表。12 月に新興感染症の研究に関する新組織「新興感染症庁」が MESRI と連帯・保健省の共同所管で INSERM 内に創設されることが発表されている。新組織の任務は、(1) 研究・科学的活動の統括、(2)Covid-19 及び人間が関与する新たな感染症に関する研究のための流動的な規制認可プロセスの確立、(3) 研究室と研究インフラの支援である。新組織は ANR の業務を調整・補完しプロジェクト公募では将来 ANR と共通のポータルを設置する。

●システム・情報科学技術分野

■(1) デジタル人材及び人工知能（AI）研究に関する取り組み

人工知能（AI）に関するヴィラーニ報告（2018 年 3 月）に基づき、政府は AI 研究を支える数学系人材とデジタルに関する国の戦略を発表した。（6.2 科学技術・イノベーション基本政策の人工知能国家戦略に詳述）

■(2) スーパーコンピュータ（HPC）などの計算能力増強

以下に掲げる国内の 3 つの計算センターが取り組んでおり、各センターの計算機器入手は国立高速

計算施設（GENCI）社がとりまとめをおこなっている。購入費用は 49% を GENCI が支出し、残りは公的研究機関や国が支出している。運用についても GENCI がマシーンの更新・運用時間の最適化などをおこなっている。GENCI は独自の人員を擁しているが、各計算センターの人員コストは運営する CNRS や CEA、大学などが負担している。 GENCI 設立の目的は研究コミュニティの計算要求をひとつの窓口に絞り、計算負荷を最適化、ノウハウを蓄積することであり、ピアレビューを行うメリットもある。

表 4　フランスの国立計算センター

出典：各機関ウェブサイト情報もとに CRDS 作成

計算センター 名称	運営	場所	備考
集中サイエンスコンピューティングの開発と資源のための研究所 **IDRIS**	**CNRS**	オルセイ(パリ･サクレー)	
CEA大規模計算センター **TGCC**	**CEA**	ブリュイエール･ル･シャテル	
高等教育の為の国立コンピューティングセンター **CINES**	**CINES運営委員会/MESRI**	モンペリエ	大学研究用

●ナノテクノロジー・材料分野

■(1) ナノ（Nano） 2022

ナノ 2022 は官民共同で実施される 5 年間のサポート・プログラムであり、マイクロエレクトロニクス技術の研究開発及び実用化、特に試作開発から量産への移行もカバーする。2019 年 3 月、エレクトロニクス業界と関連研究機関が政府と協約を結び発表した。公的研究機関としては CEA の技術部（CEA Tech）がプロジェクト管理を担い、製造業界から ST マイクロエレクトロニクス社がリーダー企業として参画する。ナノ 2022 は仏、伊、独及び英国のマイク ロエレクトロニクスに関する共同プロジェクト「欧州共通利害共同プロジェクト（IPCEI）」の一部としての位置づけである。国内では 11 億ユーロの公的助成（うち国の助成は 8 億 8650 万ユーロ）の支援が計画され、IPCEI の枠組みでは 4 か国で合計 17 億 5 千万ユーロを支援することが欧州委員会によって承認されている。対象分野は自動車、5G、AI、IoT、航空宇宙・安全保障といった領域に関わる次世代コンポー ネントの製造技術である。

■(2) 「量子国家戦略」策定

2020 年 1 月量子戦略の報告書「量子技術：フランスは技術的転換点を逃さない」が政府に提出された。本報告書ではこの革新的技術がもたらす経済成長とサイバーセキュリティなどの技術に関わる国の主権保持を重要課題として捉えている。上記報告書をベースに 2021 年 1 月「量子国家戦略」が発表され、産業のバリューチェーンを強化しながら、人材育成、科学研究、技術実験を大幅に強化することを目指している。投資金額は 18 億ユーロで「将来への投資計画」の第 4 期（PIA4）

と「復興計画」などから拠出される見込みである。本戦略では学際性や人材育成に留意しつつ、今後 5 年間、年間 100 件の学位論文、50 件のポスドクの奨学金、10 件の若手人材助成金が行われる予定であり、戦略の 7 つの柱が発表されている。

（海外動向ユニット　八木岡しおり）

7　中国

7.1　科学技術・イノベーション政策関連組織等

中国の政策は、トップダウンで決定されるのが特徴的であるが、科学技術のように専門性の高い分野では、研究者等専門家の意見が反映されることも多い。科学技術・イノベーション政策の策定時には、中国共産党中央委員会及び国務院のもとに政策立案を行う専門家チームが組成され、国務院傘下の科学技術部（MOST[*14]）が事務局機能を担うケースが多い。中国科学院（CAS[*15]）も科学技術・イノベーション政策の諮問機関としての機能を有している。

●科学技術・イノベーション関連の組織と政策立案体制

中国の科学技術・イノベーション政策関連組織図を下図に示す。科学技術・イノベーション政策の実施主体は、主に科学技術部が担っている。科学技術部傘下には、基礎研究を支援する最も重要なファンディング・エージェンシーである国家自然科学基金委員会（NSFC [*16]）、科学技術・イノベーション政策に係るシンクタンクである中国科学技術発展戦略研究院（CASTED [*17]）や科学技術情報基盤の構築を担う中国科学技術情報研究所（ISTIC [*18]）を置いている。また、中国科学院は国務院直属の機関として置かれており、傘下に研究所、大学、シンクタンク、出版社、スピンアウト企業等を有する一大組織となっている。

[*14] The Ministry of Science and Technology
[*15] Chinese Academy of Sciences
[*16] National Natural Science Foundation of China
[*17] Chinese Academy of Science and Technology for Development
[*18] Institute of Scientific and Technological Information of China

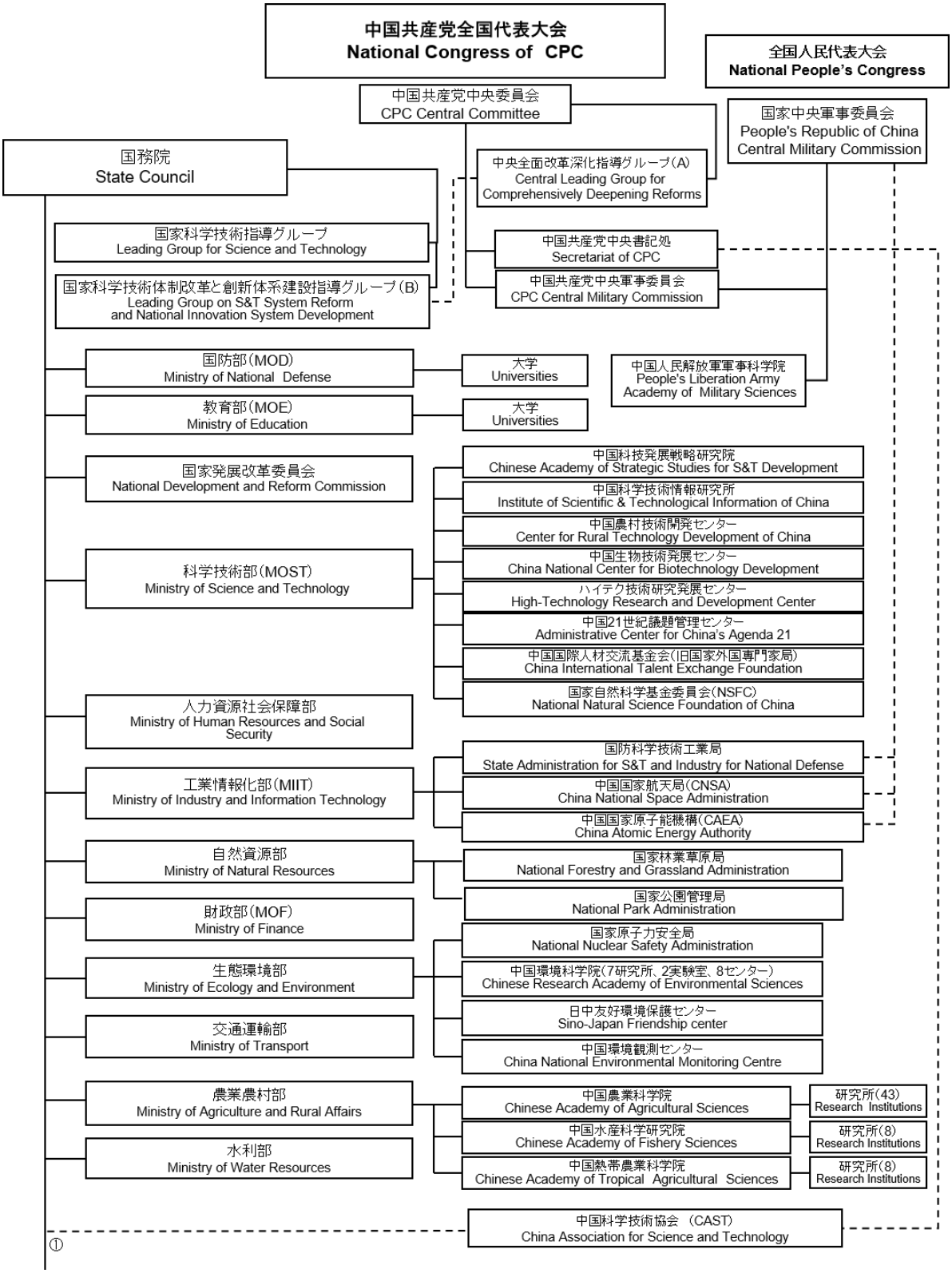
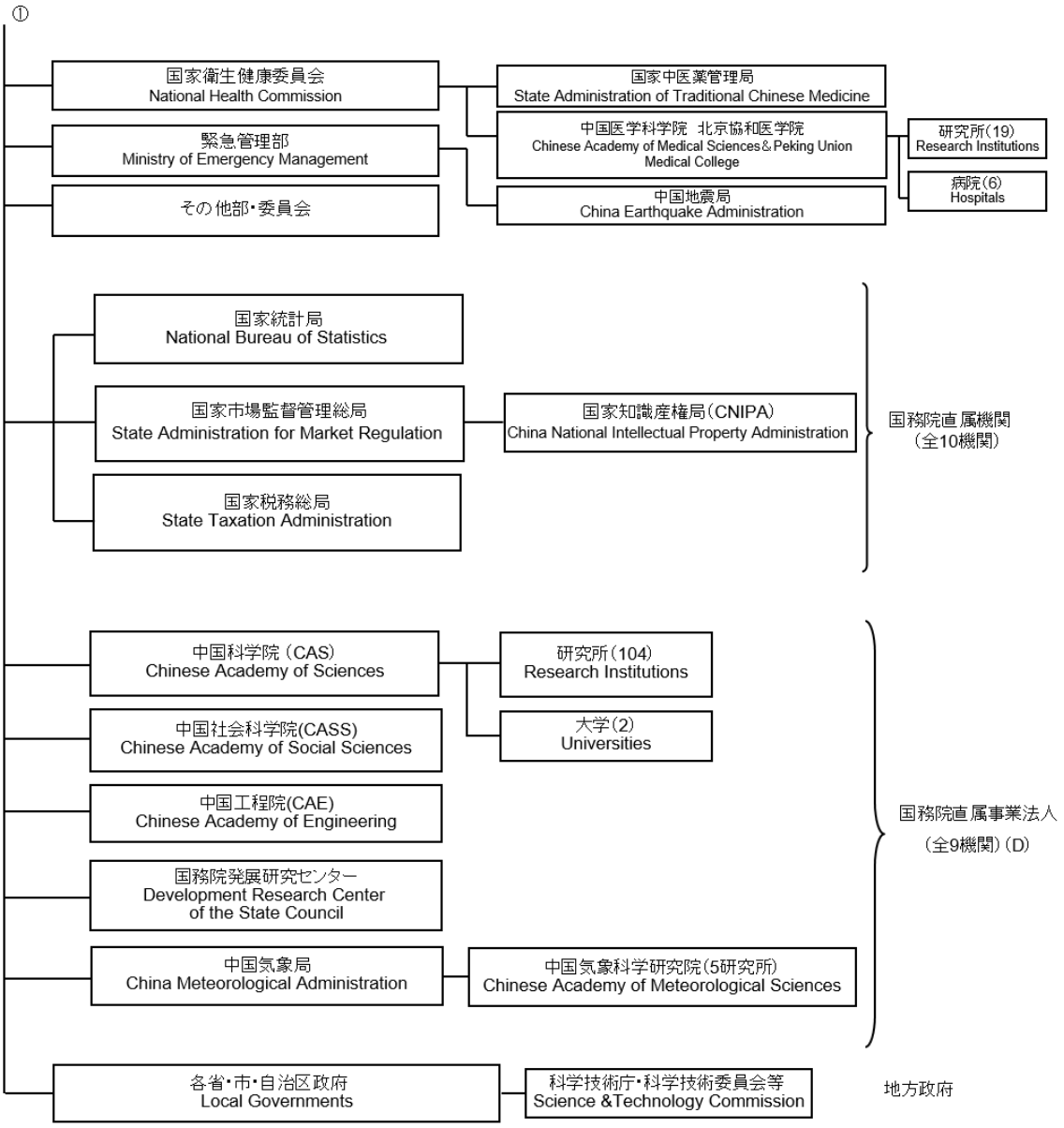


図 13　中国の科学技術・イノベーション政策関連組織図（1）

出典：ウェブサイト情報を基に CRDS 作成



注: ・所属関係を実線、関連のある部分を破線にて表示。
・研究開発に係わる研究所は8以上の場合のみ、ポップにて表示。
(A) 中央全面改革深化指導グループは、中国共産党及び国家の改革において、政策の企画立案及び綜合調整を目的とする最高レベルの重要政策会議である。習近平が座長を、李克強総理、王滬寧(中国共産党中央書記処第一書記)、韓正副総理が副座長を担当し、及び各省庁の部長(大臣に相当)がメンバーとして参加。
(B) 国家科学技術体制改革と創新体系建設指導グループは、中央全面改革深化指導グループの指導を受けて、中国科学技術体制改革と創新系統建設(構築)の推進において、政策の企画立案及び綜合調整を目的とする政策会議である。
(C)「中国科学技術協会」は全国の全ての学会と科学館を管理し、科学技術知識の普及において、大きな役割を果たしている組織。
(D)「事業法人」は中国語では、独立行政法人や国立研究開発法人等を指す用語。
(E) 中国科学院大学と中国科学技術大学の2校。上海市と共同で設立した上海科学技術大学を含めれば3校となる。

図 14　中国の科学技術・イノベーション政策関連組織図（2）

出典：ウェブサイト情報を基に CRDS 作成

●ファンディングシステム

公的機関による研究開発に対するファンディングは、中央政府が提供する競争的研究資金、省庁等による傘下機関への資金提供、地方政府が提供する競争的研究資金の 3 つに大別できる。

中央政府が提供する競争的研究資金は、科学技術部や国家自然科学基金委員会が配分を担っており、「国家自然科学基金」、「国家科学技術重大特定プロジェクト」、「国家重点研究開発計画」、「技術イノベーション誘導計画」、「研究拠点と人材プログラム」の 5 つに分類される。

「国家自然科学基金」は、国家自然科学基金員会により管理されている。同委員会は、国の方針及び政策に基づき、基礎研究と応用研究の一部を国の財政資金で助成し[*19]、政府の科学技術担当機関と協力し、基礎研究における方針・計画の策定、科学技術開発分野における重要な国家レベルの問題への助言を行っている。予算総額は、1986 年の 8,000 万元（当時のレート換算で約 39 億 4,000 万円）から、2019 年の 311 億元（約 4,976 億円[*20]）と急増している[*21]。「国家科学技術重大特定プロジェクト」は、国防技術を含む 16 の最優先研究課題を約 10 年から 15 年にわたり支援し、該当領域における国の競争力強化を目的としている。「国家重点研究開発計画」は、従来各省庁が配分していた「国家重点基礎研究発展計画（973 計画）」や「国家ハイテク発展計画（863 計画）」等の 100 余りの研究資金プログラムを集約した形になっている。「技術イノベーション誘導計画」と「研究拠点と人材プログラム」については、現時点で予算を含む詳細は不明である。

省庁等による傘下機関への資金提供に関して、大学の資金は教育部から配分される（一部を除く）。また、分野により異なるが、中国科学院所属の各研究所の資金は、同院本部から約 1/3 が基盤的経費として配分される。更に、中国科学院や教育部をはじめとする政府機関においては、各自傘下の機関に対して内部向け競争的研究資金制度がある。地方政府も行政ニーズに基づいた研究会への資金提供に大きく力を注いでいるが、特に経済的発展を遂げた北京市、上海市、江蘇省、浙江省、広東省、深セン市などでは、その地方の大学、研究機関及び企業に豊富な競争的研究資金を提供している。

7.2　科学技術・イノベーション基本政策

現在の科学技術・イノベーション施策は、3 つの政策に基づいて実施されている。2006 年 2 月、自主イノベーションによる国家建設を目指した「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006 年-2020 年）」が公表された[*22]。本綱要は、中国を 2020 年までに世界トップレベルの科学技術力を持つ国家とすることを目標に掲げ、重点分野の強化等を通じて自主イノベーション能力の向上を目指している。また、研究開発投資の割合を 2020 年までに対 GDP 比率 2.5% 以上に引き上げ、対外技

[*19]「NSFC Constitution, General provisions」http://www.nsfc.gov.cn/english/site_1/policy/B2/2017/12-29/48.html （2020 年 12 月 23 日アクセス）

[*20] 1 元≒ 16 円

[*21] 国家自然科学基金委員会「NSFC at a Glance」: http://www.nsfc.gov.cn/english/site_1/about/6.html （2020 年 12 月 23 日アクセス）

[*22] 科学技術部 http://www.most.gov.cn/kjgh/kjghzcq/ （2020 年 12 月 7 日アクセス）

術依存度を 30% 以下に引き下げ、特許取得件数や国際的な科学論文の被引用件数を世界 5 位以内に引き上げること等を目標としている。2016 年 5 月、科学技術・イノベーション分野をより重視し、産業力強化と総合的な国力の向上を目指した「国家イノベーション駆動発展戦略綱要（2016 年-2030 年）」が公表された。本綱要は、2050 年までを見据えた長期戦略における 2030 年までの 15 年間の中期戦略である。2030 年までに、国際競争力の向上に重要な要素、社会発展のための差し迫った需要、安全保障に関する問題を認識し、それらに関わる科学技術の重点領域を強化することを目標としている。これら 2 つの基本政策を受けて、2016 年 8 月、5 年間の実施計画である「科学技術・イノベーション第 13 次五か年計画（2016 年-2020 年）」が公表された。2020 年までにイノベーション能力を世界 15 位までに引き上げ、イノベーション型国家の仲間入りを目指している。その他、研究開発費の対 GDP 比を 2.5% 以上に引き上げ、就業者人口における研究開発者数を 1 万人あたり 48.5 人から 60 人へ、国際科学論文被引用回数ランキングを世界 4 位から 2 位へ、PCT 特許出願数を 3.05 万件から倍増 させること等が目標として設定されている[*23]。

●中国国民経済・社会発展第 14 次五か年計画（2021 年-2025 年）と 2035 年の長期目標

2020 年 10 月、科学技術を含む国全体の方針を示す「中国国民経済・社会発展第 14 次五か年計画（2021 年-2025 年）と 2035 年の長期目標」の大枠が発表された。継続してイノベーションによる発展戦略を強化することが示されている。具体的には、国家の戦略的科学技術力の強化としてコア技術の開発、基礎研究の強化、人工知能、量子情報、集積回路等の先端的分野の発展をあげている。また、戦略的な新興産業の開発やインターネット、ビッグデータ、人工知能等との融合の促進を掲げ、更に企業の技術革新能力の強化や国際競争力のある人材育成等が重点領域とされている。

●中国製造 2025（メイド・イン・チャイナ 2025）

2015 年 5 月に発表された、新しい産業技術政策である「中国製造 2025」は、製造業分野におけるイノベーションの創出と推進を目指している。中国の総合的な国力を高め、世界の強国となるために、国際競争力のある製造業を育てることは必須であり、「中国製造 2025」はそのビジョンを達成するための最初の 10 年間のロードマップである。中華人民共和国建国 100 周年（2049 年）までに製造強国として世界のリーディング国家となるビジョンを掲げ、3 つの段階目標が設定された。ステップ 1 の「中国製造 2025」にて、 2025 年までに製造強国の仲間入りをする。ステップ 2 の 2035 年までに、製造業全体を世界の製造強国の中で中位レベルへ到達する。ステップ 3 となる 2049 年までに、製造業大国としての地位を一層固め、総合的な実力で世界の製造強国の中でもリーダー的地位を確立することを目標としている。

●次世代人工知能発展計画「AI2030」

2017 年 7 月、国務院から「次世代人工知能発展計画（通称「AI2030」）」が発表された。人工知能の技術開発は、「十三五」の「産業技術の国際競争力の向上」の項目の「破壊的イノベーション

[*23] 中国総合研究・さくらサイエンスセンター「中国の科学技術の政策変遷と発展経緯」pp.17-18 参照

技術」 に分類されていたが、その後国家戦略として昇格された。ロードマップとして、ステップ 1 は 2020 年までに人工知能技術で世界の先端に追いつき、人工知能を国民の生活改善の新たな手段とする。ステップ 2 の 2025 年までに、人工知能基礎研究で重大な進展を実現し、 産業アップグレードと経済モデルの転換をけん引する主要動力とする。ステップ 3 で、2030 年までに人工知能理論・技術・応用のすべてで世界トップ水準となり、中国が世界の“人工知能革新センター”になることを目標としている。

7.3 科学技術・イノベーション推進基盤

●科学技術・イノベーション人材政策

中央政府は 1990 年代より海外留学生の帰国奨励策を打ち出し、2000 年代からは国内の優秀な学生を海外のトップ拠点に積極的に留学させる取り組みも実施している。2008 年、「千人計画」が開始された。当初の目標は、5 年から 10 年をかけて、1,000 名近くの海外在住の科学技術・イノベーションに関わる卓越した人材を中国の各分野で就業させることであった。2012 年には、国内の優秀な人材の育成のための「国家ハイレベル人材特別支援計画（万人計画）」が開始された。

注目すべき科学技術人材政策の分野の一つに、起業奨励政策がある。科学技術者を支援し、科学技術成果の転移の加速とイノベーション・起業の形成を促進する政策を打ち出してきた。「国家中長期科学技術人材発展計画（2010 年-2020 年）」では、自主知的財産を持つ科学技術人材の企業支援、イノベーション能力のある起業家の育成、科学技術人材の流動とその環境整備（特に企業への流動）を促進する旨、公表した。2014 年に李克強首相が提唱した「大衆創業、万衆創新」（多くの人々が創業し、多くの人々がイノベーションに携わる）に即し、起業を奨励する政策が次々と実施表された。2020 年 1 月に発表された「公的機関に所属する研究者のイノベーション・創業のさらなる支援・奨励に関する指導的意見」では、政府関係機関の所属研究者によるイノベーション創出や起業のための休職、在職、兼職への支援を発表している。

●研究拠点・基盤整備

2013 年 2 月、国家発展改革委員会は関連部門との共同で、「国家重大科学技術インフラ整備中長期計画（2012 年-2030 年）」を策定した。国の科学技術戦略にのっとり、エネルギー、生命科学、地球システム・環境、材料、素粒子物理、核物理、宇宙・天文、エンジニアリング技術の 7 つの重点分野を指定し、各分野の研究インフラの整備を目的としている。

中国の基礎研究及び戦略的基礎研究の重要な研究拠点として、国家重点実験室がある。1984 年、指定した研究室に重点的に予算配分をするという「国家重点実験室計画」が開始された。2018 年 6 月に発表された「国家重点実験室建設発展の強化に関する意見」では、 2020 年までに改善・新設により実験室を総数 700 前後で安定させるとした。2025 年までに国家重点実験室体制に構築し、研究開発のレベルと国際的な影響力を大幅に向上させることを目標としている[*24]。

[*24] 人民網日本語版「中国の国家重点実験室は 2020 年までに 700 ヶ所に」http://j.people.com.cn/n3/2018/0626/c95952-9474820.html （2021 年 1 月 7 日アクセス）

●大学研究開発能力の向上施策

2015 年 10 月、国務院は「世界一流大学と一流領域の建設に関する全体方案」を発表し、その後も関連政策を次々と打ち出した。「双一流大学」政策と呼ばれるこれらの政策は、2020 年までに若干の大学・領域が世界一流の仲間入りをし、一部の領域においてトップクラスに達する。2030 年までに、より多くの大学・領域でトップクラスに達し、より多くの領域で世界トップクラスになり、高等教育レベルを大幅に向上させる。最終段階として、2050 年までに、一流大学・一流領 域の数が世界トップクラスとなり、高等教育の強国となることをロードマップとしている。

7.4　個別分野の戦略・政策及び施策

●環境・エネルギー分野

中国のエネルギー政策の基本方針は、「エネルギー中長期発展計画綱要（2004 年-2020 年）」に示されている。環境分野では「青空防衛戦 3 か年作戦計画」（2018 年）など大気、水、土壌に関する環境保護関連計画を複数発出している。また、「十三五」の重大科学技術プロジェクトに「石炭のクリーン・高効率利用技術」、「スマート・グリッド技術」、「京津冀地域総合的環境保全」、 国民生活水準の向上と持続的発展可能な技術体系の構築のための「環境・生態保全技術」、「資源の高効率な利用技術」、「都市化に係る技術」が指定されている。

中国政府は、石炭等エネルギーのクリーンな利用と環境汚染の防止等に取り組むとしており、2030 年頃までに国全体における EV 車の 100% 普及を目指すとしている。更に、水素産業に対しても、2019 年 3 月、政府活動報告に「電気自動車充電ステーションと水素燃料電池 燃料補給ステーションの建設の促進」が初めて盛り込まれ、2020 年 5 月の全人代にて水素エネルギー発展戦略の計画の策定が明らかとなった。

●ライフサイエンス・臨床医学分野

主な重点領域は「自主的育種技術」、「先進バイオ技術」、「農業における生物の遺伝的改良」、「医学免疫学」、「タンパク質複合体と生命過程の制御」、「幹細胞研究及び臨床へのトランスレーション」、「発達における遺伝と環境の相互作用」、「合成生物学」、「ゲノム編集」等である。「国家科学技術重大プロジェクト」では、国の競争力を強化すべき 16 の分野に、「遺伝子組み換えによる新品種育成」、「重要な新薬の開発」、「AIDS やウィルス性肝炎など主要感染症の予防と管理」が挙げられている。

●システム・情報科学技術分野

「国家中長期科学技術発展計画綱要」においては、重大科学研究の一項目として「量子制御」を指定している。「国家イノベーション駆動型発展戦略要綱（2016 年-2030 年）」では、「産業技術体系のイノベーションの推進、発展のための新たな優位性の創造」をすべき分野に量子情報技術が挙げられており、「再度手配すべき重大科学技術プロジェクト及び事業」に量子通信が挙げられている。

また、「十三五」の国の重大科学技術プロジェクトとして「量子通信と量子コンピュータ」、「国家サイバーセキュリティ」、「天地一体化 通信網」、更に、産業技術の国際競争力として、「次世代情報通信技術」、「（ビッグデータ、人工知能等）産業革命に資する破壊的技術」、基礎研究の強化として「量子制御と量子情報技術」が選定されている。「国家科学技術重大プロジェクト」では、国の競争力を強化すべき 16 の分野に、「ハイエンド 汎用半導体チップ及び基本ソフトウェア」、「次世代ブロードバンド無線移動通信」が挙げられている。また、「中国製造 2025」では、5 重点事業には「スマート製造」及び「グリーン製造」、10 重点分野には「次世代情報通信技術」が指定されている。

●ナノテクノロジー・材料分野

「十三五」では、重大科学技術プロジェクトに「新素材の研究開発と応用」、産業技術の国際競争力の向上に係る「新材料技術」、基礎研究の強化に係る「新材料の設計と製造工程に関する研究」、「量子通信・量子情報」が指定されている。「国家科学技術重大プロジェクト」では、国の競争力を強化すべき 16 の分野に、「ハイエンド汎用半導体チップ及び基本ソフトウェア」、「超大規模集積回路製造設備（VLSI）及びフルセット技術」、「ハイエンド・コンピュータ・数値制御工作機械（CNC）と基礎製造技術」が挙げられている。

●新型コロナ対策

世界で初めてコロナ感染者を WHO に報告した中国では、ビッグデータ、人工知能、クラウドコンピューティング等のデジタル技術を感染症対策として取り入れるよう奨励された。医療・研究開発のみならず、ポストコロナにおける経済活動の再開や社会インフラ構築にもハイテク技術が使用された。

ワクチン・治療薬の開発、感染予防・感染動向把握等に対応するため、中央政府及び地方政府ともに研究開発のファンディングを実施した。国内のみならず、海外の研究機関との合同プログラムも支援された。

（海外動向ユニット　吉田裕美）

8　各国比較

●研究開発費

主要国の研究開発費は一貫して増加を続けており（過去 5 年間の年増加率で中国 6.2%、米国 4.1% など）、また研究開発費の対 GDP 比についても増加傾向にあり、研究開発力強化の方向性が見て取れる。

日本の官民合わせた研究開発費の対 GDP 比はおおむね 3.3% 前後で推移するなど、主要国と比較して高い割合を維持し続けているものの、研究開発費自体は過去 5 年間で年率 0.2% 程度増加とほぼ横ばい傾向となっている。

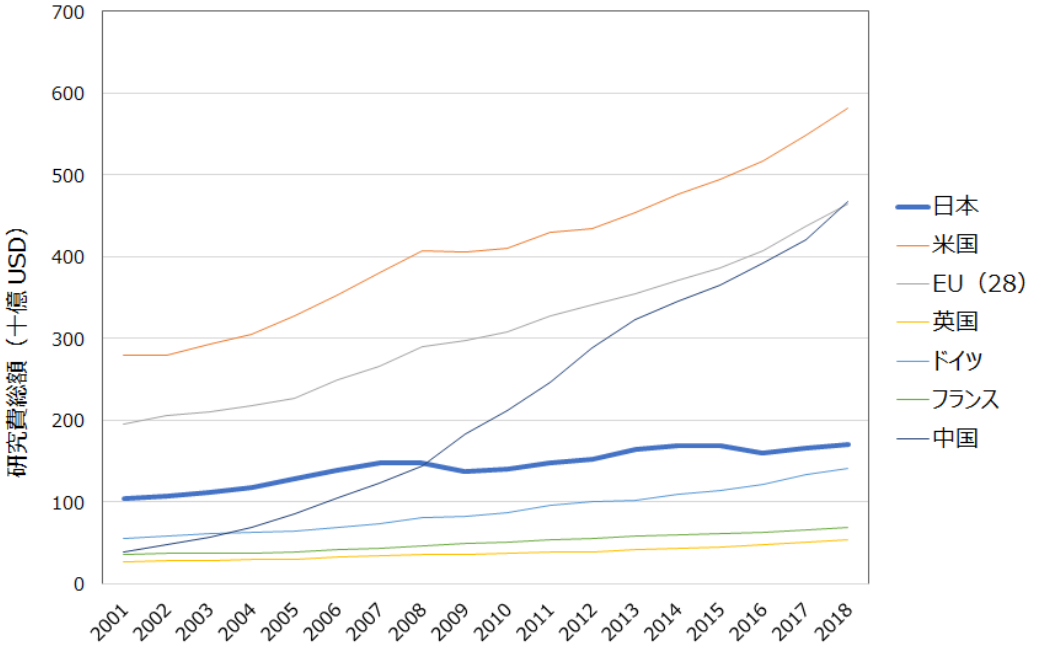


図 15　主要国の研究開発費推移（2001 年～2018 年）

出典：OECD, Main Science and Technology Indicators のデータを元に CRDS で作成

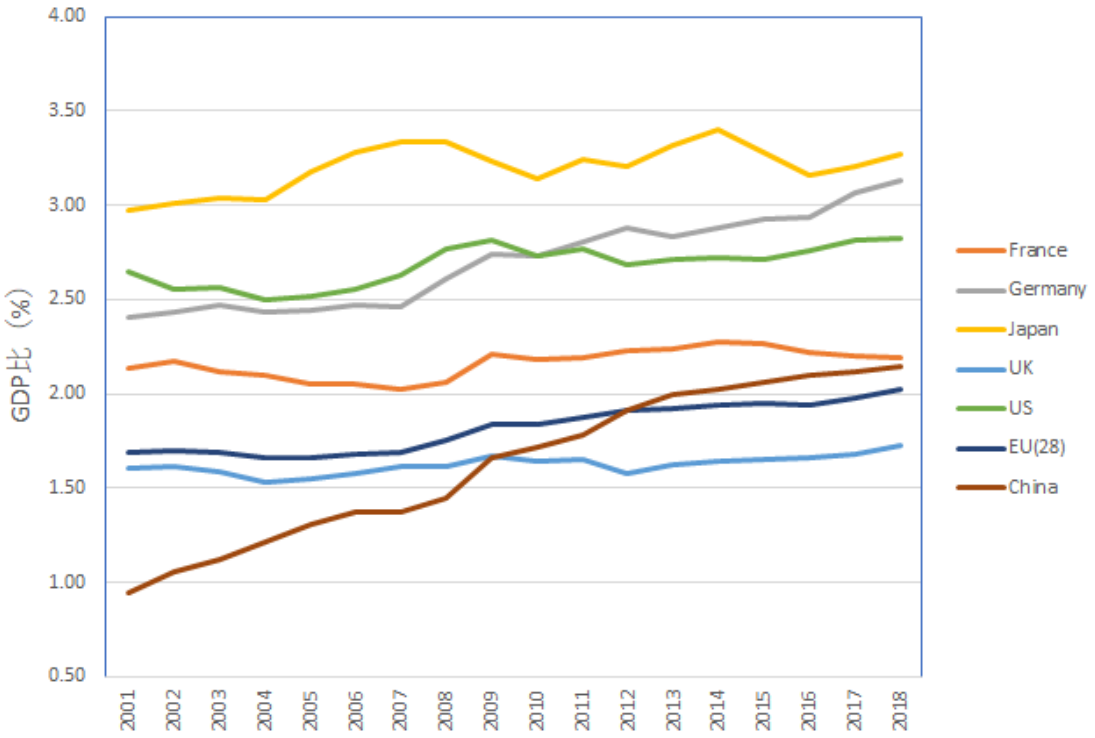


図 16　主要国の研究開発費対 GDP 比の推移（2001 年～2018 年）
出典：OECD, Main Science and Technology Indicators のデータを元に CRDS で作成

●研究人材数

OECD の統計による FTE（フルタイム換算）研究者数を比較する。フルタイム換算とは大学等における研究者一人あたりの研究活動時間割合を係数としてかけあわせたものであり、純粋に研究活動をおこなっている研究者数を示すものである。

主要国では研究者数が大幅に増加している。

一方、日本の研究者数は約 67.8 万人であり、ほぼ横ばいである。2002 年度調査において FTE 係数が 0.465 であったが、2018 年度調査では 0.329 となっており、大学等研究者の研究時間割合の低下が見て取れる。

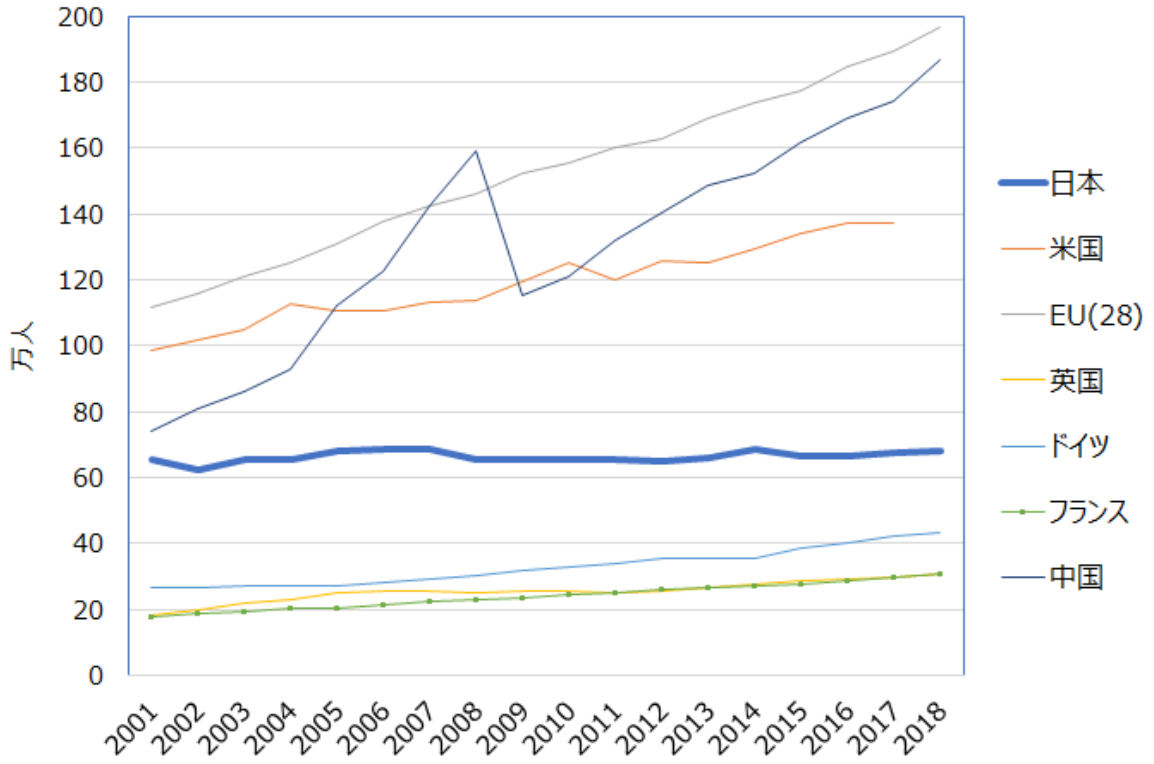


図 17　主要国の研究者総数（FTE 換算）の推移（2001 年～2018 年）
出典：OECD, Main Science and Technology Indicators のデータを元に CRDS で作成

●研究開発アウトプット

米国が 429 万編でトップであり、2 位の中国（311 万編）、3 位の英国（126 万編）を大きく引き離している。

日本の 2010 年～2020 年の論文生産数は第 5 位、2020 年のイノベーションランキングは第 12 位となっている。イノベーションランキングでは長く 5 位以内をキープしていたが、近年は順位がやや低下傾向にある。

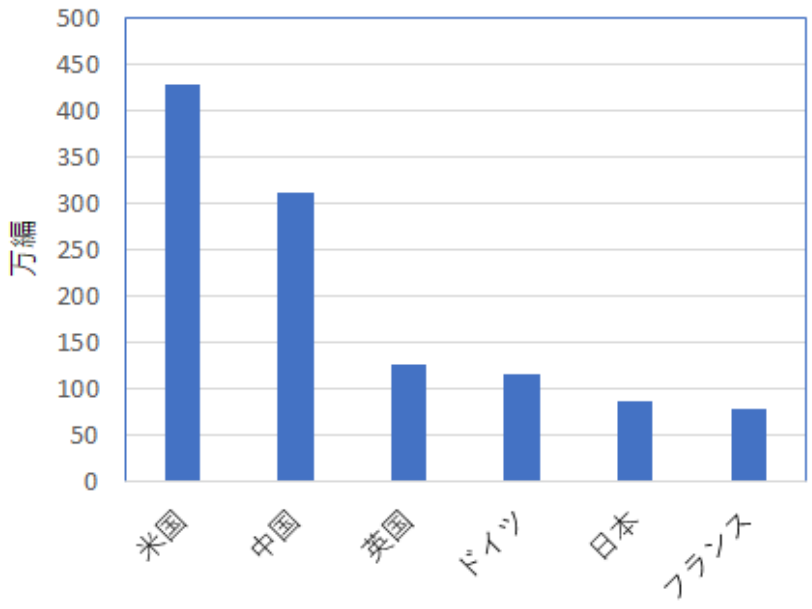


図 18　主要国の論文数（2010 年～2020 年の合計数）
出典：Clarivate Analytics 社 InCite essential Science Indicators のデータを元に CRDS で作成

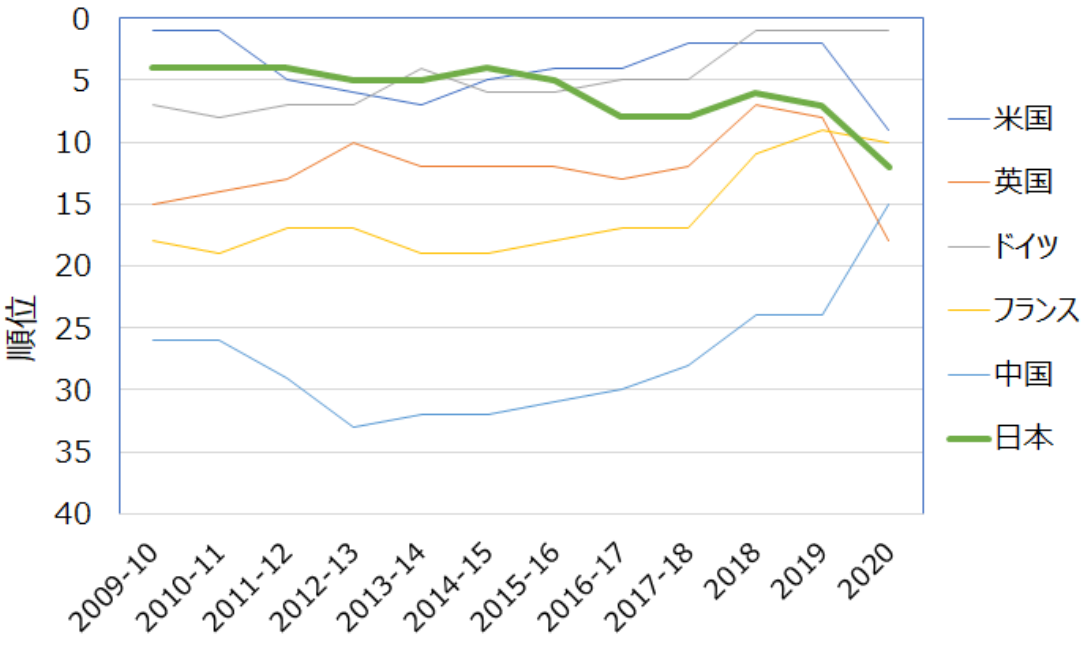


図 19　主要国の WEF イノベーションランキングの推移（2009 年～2020 年）
出典：世界経済フォーラム（WEF）のイノベーションランキングを元に CRDS で作成

（科学技術イノベーション政策ユニット　原田裕明）

References

JST/CRDS (2021). (研究開発の俯瞰報告書) 主要国の研究開発戦略 (2021 年) CRDS-FY2020-FR-05. Technical report, 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター. https://www.jst.go.jp/crds/report/report02/CRDS-FY2020-FR-05.html.

関連データ・ソース

-

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

-

SciREX

Science for RE-designing Policy

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ

https://scirex-core.grips.ac.jp/

各原稿の著作権は執筆者に、コアカリキュラム全体の編集著作権はコアカリキュラム編集委員会に帰属しています。原稿の一部を引用することは自由です。引用を行う際は、必ず出典を記述願います。引用して利用する場合は、やむを得ない場合を除き、執筆者名を併記してください。

© 2022 SciREX コアカリキュラム編集委員会 All rights reserved