

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。ブダペスト宣言から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、ビッグ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。

*²http://www.unesco.org/science/wcs/eng/declaration_e.htm; http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/siryu/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。

*⁴ELSI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置いた、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ー 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)への対応、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(デジタルイノベ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、どのような側面では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—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)
- 【デジタルイゼーション、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】 デジタル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ている。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

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、デジタルイノベ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、いわゆるイ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きている (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・フィトゥシ, and マルティーン・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). デジタルイノベーションとイノベーション政策. 研究技術計画, 34(3):270–283.