

「科学技術イノベーション政策の科学」コアコンテンツ

第3章：科学技術イノベーションと社会

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

科学研究を真理探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る、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、という理解であった。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理解でもあった。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、科学全体の自己理解に大きな影響を与えたとはまでは言えない。

このような真理追究という科学の自己理解に対して、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ず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」が繰り返されたのである。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。

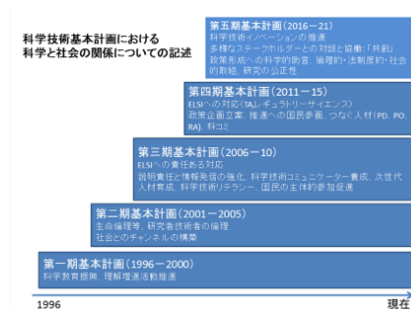


図 1

出所 小林 (2004)

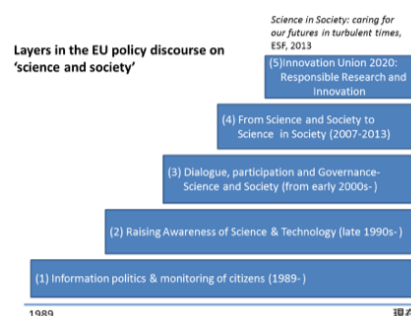


図 2

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求という 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的手段と位置づけ、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/kenkyujigyoku/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/Seimeirinri/ 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求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。

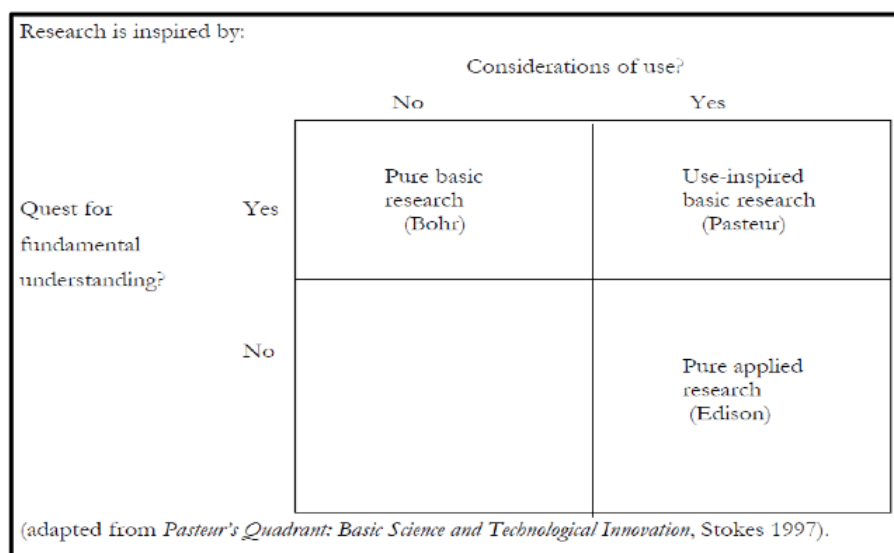


図 3

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きている。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トールの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-105hp105-b/pdf/GPO-CPRT-105hp105-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)『食品リスクー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)「サイエンスカフェー現状と課題(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

渡邊 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れ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れ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次世界大戦中の「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、徐々に組み込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和理論的分析であり、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・蛭名邦禎・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・蛭名邦禎・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>.

小塚莊一郎・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.

渡邊浩崇 (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 渡邊浩崇、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步として、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）に移っ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、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)。純粹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を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会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が目的として、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). サイエンスカフェー現状と課題. 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

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、デンマーク議会の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的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り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=gj8rAAAYAAJ&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・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るとされる。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% 引き下げることを選定した [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则认为られる。

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—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いたい。

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 Climate 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 年に亘り、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 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、一つに絞るとかと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る。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、ということの研究してみると、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、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いて、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 legitimization 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・ホップキンス大学 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)



「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