

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§

2018年8月

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たとされる。今後、わが国でも科学技術コミュニケーションの場が充実されることで人々の科学技術に対する評価の改善が期待される。

2 科学技術の移転は誰を幸せにし、誰を不幸にするのか：健康・医療分野の動向と試みを中心に

アカデミアや研究機関は、革新的技術を開発し、社会へ還元することが求められている。しかし、科学技術の移転は、有益な影響のみを社会に与えるわけではない。新規技術は、対象となる集団の

多くには利益をもたらす一方で、他の集団、そして社会全体に対しては不利益となり、倫理的・法的・社会的な問題 (ELSI ; Ethical, Legal and Social Implications) を惹起される可能性を有している。

本邦のアカデミア発の新規がん治療薬の社会実装を例に上げる。京都大学の本庶佑博士らは、がん細胞に対する免疫の働きを回復させる、新しいコンセプトの治療薬：ニボルマブを、小野薬品工業とともに開発した (Ishida et al., 1992; McNutt, 2013; Topalian et al., 2012)。悪性黒色腫という稀な腫瘍の治療薬として、2014年9月に世界に先駆けて本邦で発売が開始され、2015年12月には非小細胞肺がんに適応が拡大された (Brahmer et al., 2015)。その結果、年間で約5万人の患者に、大きな生存期間の延長効果をもたらされた。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ると考えられる。

3 科学技術はどれだけ社会に貢献しているか：医学研究の臨床応用の視点から

自然科学は実践とは切り離されて進展を遂げてきたが、OECD加盟国において政府研究開発費の多くが国防・健康・環境保護などの経済社会的目的のために支出されており、科学技術政策も社会と関わりが無視できなくなっている(岩橋理彦, 2016)。

1999年の世界科学会議において21世紀のための科学を振興する上での新たな責務として「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」が採択された。「4. 社会における科学と社会のための科学」のなかで、科学研究とそれによって生じる知識は人類の福祉・人間の尊厳・世界環境を尊重するために利用されなければならないと記載されている[14]。

日本では2011年に策定された第4期科学技術基本計画において「社会とともに作り進める政策」の実現が理念として掲げられた[15]。2016年に策定された第5期科学技術基本計画では、国内外の複雑化する課題をふまえ、計画の4本の柱の一つに「経済・社会的な課題への対応」が掲げられている[16]。

平成27年度版科学技術白書では、日本の科学技術の進歩によってこの10年程度の間にもたらされた生活の変化が政府の果たした役割とともに紹介されている。家の外壁コーティングなどに利用されている光触媒技術、世界初のクロマグロ完全養殖、高コレステロール血症治療薬など8事例が紹介されおり、多くが研究の萌芽から実装に至るまで数十年以上を要していた[17]。

基礎医学研究が臨床応用に至るまでには多くの資金と年月を要することが知られており、過去の研究で1979年から1983年にトップ5雑誌に掲載された論文でも10年後臨床応用に至ったとされたのは27本であったという報告がある(Contopoulos-Ioannidis et al., 2003)。

われわれは、新たな研究分野や解決すべき課題が出現する中で、臨床応用にいたる割合や要する期間に変化が起きていると考えられ、1989年から1993年の間にトップジャーナル8誌に掲載された論文に関して検討を行った。その結果、先行研究と比較して臨床応用に至る割合は低下し、臨床応用に至るまでの期間は延長しており(Hanaki et al., 2016)、研究資金を配分する際には掲載雑誌に影響されず研究内容を吟味する必要があると考えられた。

今後、日本を含めた各国(主に先進国)では社会経済の変化に伴い、少子高齢化に伴う人口構造の変化、資源不足の問題、環境問題など解決すべき課題に直面することが予想される[18]。科学技

術イノベーションはこれらの課題を解決し社会に貢献することが求められている。その一方で直ちに実用化につながらないが将来のイノベーションにつながる基礎的研究に対する支援も必要であり、限られた研究資金の配分に際しては留意が必要である。

References

- Brahmer, J., Reckamp, K. L., Baas, P., Crinò, L., Eberhardt, W. E., Poddubskaya, E., Antonia, S., Pluzanski, A., Vokes, E. E., Holgado, E., et al. (2015). Nivolumab versus Docetaxel in Advanced Squamous-Cell Non-Small-Cell Lung Cancer. *New England Journal of Medicine*, 373(2):123–135. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1504627>.
- Contopoulos-Ioannidis, D. G., Ntzani, E. E., and Ioannidis, J. P. (2003). Translation of highly promising basic science research into clinical applications. *The American journal of medicine*, 114(6):477–484. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12731504>.
- Hanaki, N., Sengoku, S., Imanaka, Y., and Kawakami, K. (2016). The clinical application of medical science research: investment and duration. *Translational Science*, 2:272–276. https://www.researchgate.net/profile/Nao_Hanaki/publication/307441207_The_clinical_application_of_medical_science_research_investment_and_duration/links/57dfd25a08ae1dcfea865f49.pdf.
- Ishida, Y., Agata, Y., Shibahara, K., and Honjo, T. (1992). Induced expression of PD-1, a novel member of the immunoglobulin gene superfamily, upon programmed cell death. *The EMBO journal*, 11(11):3887–3895. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1460-2075.1992.tb05481.x>.
- McCabe, C., Claxton, K., and Culyer, A. J. (2008). The NICE cost-effectiveness threshold: what it is and what that means. *Pharmacoeconomics*, 26(9):733–744. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/26466/1/MPRA_paper_26466.pdf.
- McNutt, M. (2013). Cancer Immunotherapy. *Science*, 342(6165):1417. <http://science.sciencemag.org/content/342/6165/1417.full.pdf>.
- Menon, D. and Stafinski, T. (2011). Role of patient and public participation in health technology assessment and coverage decisions. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 11(1):75–89. <https://doi.org/10.1586/erp.10.82>.
- Topalian, S. L., Hodi, F. S., Brahmer, J. R., Gettinger, S. N., Smith, D. C., McDermott, D. F., Powderly, J. D., Carvajal, R. D., Sosman, J. A., Atkins, M. B., et al. (2012). Safety, activity, and immune correlates of anti-PD-1 antibody in cancer. *New England Journal of Medicine*, 366(26):2443–2454. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1200690>.
- 岩橋理彦 (2016). 科学技術政策上の課題を巡って 2. 科学技術と社会. In 科学技術政策の歴史的展開, chapter 2, pages 69–74. 科学技術国際交流センター. <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB21608246>.

- 吉野諒三, 松岡亮二, and 前田忠彦 (2015). 意識の国際比較可能性の追求のための「文化多様体解析」. 統計数理, 63(2):203–228. <http://www.ism.ac.jp/editsec/toukei/pdf/63-2-203.pdf>.
- 錦織達人, 川上浩司, 後藤励, 肥田侯矢, and 坂井義治 (2015). 外科領域における Health Technology Assessment (特別寄稿). 日本外科学会雑誌, 116(1):64–69. <http://iss.ndl.go.jp/books/R000000004-I026045806-00>.
- 栗山喬行, 関口洋美, 大竹洋平, and 茶山秀一 (2011). 日・米・英における国民の科学技術に関する意識の比較分析-インターネットを利用した比較調査. Technical report, 科学技術政策研究所 第2 調査研究グループ. <http://hdl.handle.net/11035/883>.
- 小林信一 (2012). 社会技術概論, chapter 社会のための科学—その歴史, page 71. 放送大学教育振興会. <https://www.hanmoto.com/bd/isbn/9784595313684>.
- 小林傅司 (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/kiryohi/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](http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/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