

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

| | |
|----------------------------------|---|
| 論題 Title | 第2部 我が国における科学的リテラシーをめぐる現状 |
| 他言語論題 Title in other language | Part2 Current state of scientific literacy in Japan |
| 著者/所属 Author(s) | 永野 博 (NAGANO Hiroshi) / 公益社団法人日本工学アカデミー 専務理事 ほか |
| 書名 Title of Book | 政策決定と科学的リテラシー：科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Policy Decisions and Scientific Literacy) |
| シリーズ Series | 調査資料 2017-7 (Research Materials 2017-7) |
| 編集 Editor | 国立国会図書館 調査及び立法考査局 |
| 発行 Publisher | 国立国会図書館 |
| 刊行日 Issue Date | 2018-03-30 |
| ページ Pages | 11-26 |
| ISBN | 978-4-87582-816-7 |
| 本文の言語 Language | 日本語 (Japanese) |
| キーワード keywords | — |
| 摘要 Abstract | 我が国における科学的リテラシーをめぐる現状を概観し、どのような科学的リテラシーが求められているかについて、その歴史的経緯やアカデミアの関与を踏まえて検討する。 |

調査報告書『政策決定と科学的リテラシー』は、国立国会図書館調査及び立法考査局による科学技術に関する調査プロジェクトの一環として、外部に委託し実施した調査研究の成果報告書です。掲載した論文等は、全て外部調査機関及び外部有識者によるものです。国立国会図書館の見解を示すものではありません。

第2部

我が国における科学的リテラシーを めぐる現状

【要 旨】

我が国における科学的リテラシーをめぐる現状について、科学的リテラシーの向上が望まれる具体的事例を取り上げ、調査委員会での議論を行った。

科学技術の発展に対する市民の期待は大きい反面、不安も生じ得る。個人の意見や伝聞情報が社会に伝わっていく中で不安が増幅したり、映画などによって不安が創作され、それが拡大したりすることもある。科学技術に対する不安を軽減し、科学技術の成果を正しく享受できるようにするためには、科学的リテラシーの向上が鍵となる。そのためには、科学者の役割が重要であるが、現状ではアカデミアからの発信が極めて弱いとする指摘もある。

他方、科学技術が社会に及ぼす影響は広範であるため、科学的知見を共有すべき関係者は多様である。科学者には、個別の専門分野の中に閉じこもるのではなく、分野の垣根を越えて、コミュニケーションの輪を拡大し、社会的課題などへの対応策を提示していくことが求められる。

科学技術が社会で受容され、活用されるためには、社会において科学的事実が適切に共有され、同時に政策決定者、市民、報道機関などが、科学技術の理解力とその活用力（科学的リテラシー（Scientific Literacy））を身に付け、その能力を向上させることが求められる。

第2部では、科学的リテラシー向上の意義と具体的事例を概観するとともに、科学的リテラシーをめぐる歴史的経緯について把握し、今後の政策形成においてどのような科学的リテラシーが求められているかについて検討する。

I 科学的リテラシー向上の意義と具体的事例

本章では、科学的リテラシー向上の意義について取り上げるとともに、科学的リテラシーの向上が望まれる事例として、①生命・健康分野での感染症への対応、②先端技術分野での人工知能（Artificial Intelligence: AI）及び③マスメディアと科学的リテラシーとの関係を取り上げ、科学的事実を社会に普及・定着させるために何が求められているかを探る。

調査委員会では、各事例等についてゲストスピーカー又は協力委員からそれぞれ説明を受け、討論及び質疑応答を行った⁽¹⁾。

1 科学的リテラシー向上の意義

東京理科大学大学院教授の北原和夫協力委員から「科学リテラシーとは：世界の認識の仕方と世界への関与の仕方」と題して、科学的リテラシーが求められる背景と、それを向上させることの意義について説明を受け、討論及び質疑応答を行った。その概要は次のとおりである。

科学リテラシー（Science Literacy）は、1980年代から注目され始めた概念である。その背景には、科学技術の進歩の恩恵を受けている市民にとって科学技術の基礎にある考え方や知識の理解は必ずしも容易でないこと、科学技術の高度化に伴い、研究分野間のコミュニケーション不足が顕在化したことがあった。さらに、1980年代頃から先進国で若者たちの理科離れなどが問題となり、市民の科学に関する素養としての「科学リテラシー」を高める試みが始まった。それらは、米国、英国などから始まり、我が国でもその影響を受けた取組が進

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成29（2017）年12月14日である。

(1) ゲストスピーカーについては、本報告書第1部第2章の「3 調査の方法」及び本報告書末尾の「調査委員会の実施概要」を参照。

んだ。

こうした取組は、小・中・高等学校や大学などにおいて、生徒・学生に対して細分化された科学の知識を授けるのではなく、社会が抱える問題解決に必要な総合的な基本的知識を身に付けさせることを目的としていたが、その教材を検討する中で「社会のための科学」という視点が生まれた。すなわち、科学が、単に自然や社会を認識するだけでなく、自然や社会に対してどのように関与するか、社会的な問題にどう対処するかの検討にも貢献すべきではないかという問題意識が生まれてきたのである。

この問題意識が、科学的事実の理解力にとどまらず、その応用力を含めた能力を向上させるという認識の変化、すなわち科学リテラシーから科学的リテラシーへの発展につながった。その過程で、工学 (engineering) 及び技術 (technology) の重要性も再認識され、技術リテラシー (Technology Literacy) もまた、科学的リテラシーの不可欠な要素として位置付けられるようになった。

科学的リテラシーと、それを構成する科学リテラシー及び技術リテラシーを高める取組は、アカデミア (学界) において、分野を越えた協働によって設計、実施されるようになり、現在に至っている。

また、北原協力委員は、調査委員会において自らの経験を踏まえ、科学的リテラシーを高めることの意義について次のように述べた。

「(科学的リテラシーを高める) 作業に 2008 年から関わってきて思うのは、科学的リテラシーとは、非専門家が専門的知識の一部を知って生活を豊かにするというにとどまらず、専門分野を越えた協働を可能とする英知であり、現在の世界の課題に共に取り組むための連帯・協働を生み出すものであるということです。」

この視点は、本調査の目的を考える上で貴重な示唆を与えるものである。

【コラム】不確実な問題への対応に必要な科学的リテラシー (調査委員会での質疑から)

(質問者)

- ・科学的根拠が不確実な問題については、どのような科学的リテラシーが必要か。

(北原氏)

- ・確かに、宇宙論にしても生物進化にしても、ところどころは解明されているが、解明されている点と点を結んでいるという状況にある。また、東日本大震災の時のように、予想できなかったことが起きる可能性がある。科学者は、自分が観測したものはしっかりと説明すべきだが、推測しているものは不確実だということも明言すべきだと思う。また統計的な扱いについては、厳密な解答がないとはっきり言うべきだし、国会議員にもその限界は理解してもらわないといけない。いずれにせよ、観測、言葉を換えて言えば経験、歴史を真摯に学び、予想の範囲を把握すること、不確実事象に対しては観測を続け、生じる変化への対応を用意しておくことを当然としなければならないと思う。

2 感染症

長崎大学の中嶋建介教授 (元厚生労働省健康局結核感染症課感染症情報管理室長) から「感染症流行に関するリスク認識について」と題する説明を受け、討論及び質疑応答を行った。その概要は次のとおりである。

健康リスクのコントロール（制御）とは次のような考え方である。まず、研究者はそれがどの程度のリスク（危害）で、どのようなマネジメント（管理）が必要かなどをアセスメント（評価）し、それに基づいて行政機関等がマネジメントをする。また、研究者や行政機関は、市民、利害関係者、報道機関等とのコミュニケーション（伝達）を図っていく。リスクはこのようにしてコントロールされる。リスクを許容できる範囲は個人や社会ごとに異なるため、行政機関はリスクの有無や大小を認識するために調査研究を行った上で許容範囲を設定し、対応手段を検討することが必要になるが、その判断は必ずしも科学的評価だけに基づかないこともあるのが実情である。

感染症について言えば、対象となる病気ごとに、病因、症状、感染経路などの基本情報、海外及び国内での発生状況を把握し、発生・拡大予測、想定危害や対応策などについて、厚生労働省、国立感染症研究所、自治体、更には自治体の保健所、衛生研究所、医療機関、検疫所などが日常的に緊密な連携を保ち、行政機関等の間では科学的事実を共有する体制が構築されている。

他方、市民においては、生じている感染症の問題に対して「怖い」という感情が先行すると、リスクの大きさについて科学的事実から判断されるよりも過大に捉えてしまう傾向がある。その結果、市民の過剰な反応が、行政機関等の対応と合致せず、混乱や社会的損失が生じ得る。したがって、「怖い」という感情の先行を抑えるためにも、行政機関に加え、市民、アカデミア、報道機関が、科学的事実に基づく情報を適切に共有し、市民に対して又は市民自身によって、適切な対応が行われていくことが求められる。

例えば、2014年夏に問題とされたデング熱の国内感染については、関係者の間では国内感染例の出現が事前に想定され、感染者発見の際の対応についても検討が開始されていた。2013年の1年間に海外からの帰国者249名のデング熱感染が報告されており、また同年には日本を旅行したドイツ人が帰国後にデング熱感染を発見された事例もあったからである。しかし、複数個所で同時多発的に発生することは想定されておらず、同時多発によって蚊の専門家や駆除担当者がすぐに不足する事態になってしまった。自治体によってリスク認識に対する温度差があったことも強く感じられた。報道機関からの関心は、患者の個人情報と重症者の有無に集中し、取り上げる媒体がニュースからワイドショー、スポーツ新聞、週刊誌へと移っていく中で、段々と「あること」と「ないこと」が入れ混ざり、ついには「ないこと」の方が多くなってしまった印象がある。

また、2014年秋に、デング熱と入れ替わるように関心が高まったのが、エボラ出血熱であった。当初から西アフリカ地域における凄惨な感染状況が報じられていたが、感染拡大の原因は、衛生状態の悪さと、葬儀の際の遺体への直接接触の風習であった。科学的事実としてエボラウイルスの空気感染は発生しないが、マスコミへの記者会見の際には「空気感染するのではないか」という質問が繰り返し行われた。エボラウイルスの日本への侵入が危惧され、科学的にはリスクを最小にすることが必要であったはずが、リスクを「ゼロ」にするという不可能な水準での対応が求められてしまった。具体的には、少しでも熱のあるアフリカ対象地域からの帰国者の全数の公表が求められ、厚生労働省は昼夜を問わず記者会見を繰り返すことになった。リスクコミュニケーションの観点から、かえって不安をあおることになったのではないかと危惧する。

感染症が危機管理の対象として扱われるようになったのは、2003年のSARS（重症急性呼

吸器症候群) がきっかけであった。専門家の間だけでのリスク認識の共有であれば問題はなかったが、経済的損失の発生などが目に見える規模になり、関係者の数が急激に増えてしまったため、リスク認識の共有が手に負えなくなった。専門家による事前の感染症対策と危機感の共有は重要ではあるが、専門家が持つ危機感は専門家コミュニティを越えては絶対に共有されず、一旦感染症が発生すると世の中が大騒ぎになってしまう。政府の直接的な担当者としては、感染症発生直後の拡大予防と情報提供という必要十分な対策が極めて重要であるが、それだけでなく平時から発生時の対策を考慮しておき、発生時はそれを活用し、臨機応変に対応することが必要である。情報の伝達に当たっては、国民の知る権利や国が知らせる責務の間で、どのように患者の人権を守るかというのが課せられた任務である。

厚生労働省の担当者として見た立法府と行政府の関係については、特に、近未来に重大な対策が必要となる可能性の高い感染症を対象にして、主に法律、予算、組織、対応手順等の準備などの面で、長期的視点と展望を持って対応することが重要である。国会議員の多くは、感染症の専門家ではないことから、コミュニケーションが円滑に取れるような仕組みを考えていく必要もあろう。デング熱の問題の際は、国会及び各政党への説明を通じ、対応を任せてもらえたのではないかと認識している。この問題への対応を通じて、感染症法の改正による感染症発生時の情報収集体制の強化など、対策の整備に結び付けることもできた。

3 人工知能

東京大学の松尾豊特任准教授から「人工知能と技術倫理」と題する説明を受け、討論及び質疑応答を行った。その概要は次のとおりである。

人工知能(AI)の研究は、1956年に開始された。最近では、AIという言葉が社会に氾濫しているが、その実態は、基本的には昔からの技術が発展して、少しずつ良くなっているものである。流行に乗じて、単なるIT技術やビッグデータ化をAIと称しているものも多い。

ただし、近年のディープ・ラーニング(深層学習)⁽²⁾の技術は別格である。ディープ・ラーニング技術の急激な発達により、画像認識の精度が急速に向上している。例えば、人間であれば写真に写っている動物を見て、それが犬であるかオオカミであるかを、たとえシベリアンハスキーのような「オオカミっぽい犬」であってもある程度は判断できるのに対し、従来のコンピュータには判断が難しかった。それは、犬とオオカミの違いを判断するポイントを人間が定義し、コンピュータに登録することが必要だったからである。従来のコンピュータなら、例えば「耳の先端が丸いのは犬、尖っているのはオオカミ」という基準を設けたとしても、その定義に背く例外があれば判断を誤った。しかし、ディープ・ラーニングにより大量の画像を認識し、学習する中でコンピュータが判断のポイント(特徴量)を自ら定義することで、判断の精度は大きく向上する。

画像認識のエラー率は、人間の5.1%に対して、AIは2015年2月に4.9%を記録した後、更に低下を続けており、既に人間の認識精度を超えているという分析もある。今後、ディープ・ラーニングは、画像認識精度の向上のほかにも、画像以外の多様なデータを使った状態認識や行動予測、ロボットに熟練した動きをさせること(運動の習熟)、さらに言語・知識の

(2) 人間の神経ネットワークを模した計算モデルを使い、高性能コンピュータによって大量データを解析して、図形、文字、音声などに含まれる抽象的な形式を識別させる機械学習の手法。

理解という順序で発展していくと見られる。例えば、認知症の前段階として発生する顔の表情の変化を AI に学習させることで早期の診断に結び付ける研究や、人間には見分けのつかないクジラの顔の個体差を AI に判断させる研究などが行われている。

AI の社会への適用においては、期待が高まる反面で、技術倫理の課題がある。一般的な論点としては、例えば、手塚治虫の漫画を学習したことによって AI が描いた手塚治虫風の漫画の著作権は誰に帰属するのか、自動車に搭載した自動運転用の AI が判断を誤って事故を起こした場合に誰が責任を取るのか、AI が防犯カメラの画像を使って顔を認識することはプライバシーの侵害にならないのか、AI の技術が軍事目的に転用されてしまうのではないか、などが挙げられる。人工知能学会では、倫理委員会を組織し、AI の研究者だけでなく、経営コンサルタント、SF 作家、科学ライターなどの多様な関係者も交えて、議論を進めている⁽³⁾。

しかし、AI の倫理を考える上で、多くの場合にまず議論されるのは、「AI は怖い」、「AI が暴走して人間を襲うのではないか」といった、より根源的な不安に関するものである。それらの実態は、ほとんどがハリウッド映画に由来した妄想である。実際には、人間が AI に何を認識させるかを決め、与えるデータも決めているので、AI やロボットが人間を超えた何かをやり出すことは考えにくい。専門家と市民やマスメディアとの間にある認識のギャップが大きいので、アカデミアは、AI 技術に関する科学的事実を市民と共有することに、まず特別の努力を払う必要がある。

AI は人工「知能」であって、人工「生命」ではない。つまり、そのもの自体が生き残ろうとする力はなく、単に工学的なシステムとして、与えられた問題設定に対して上手に解決する、というだけのものである。そのことを理解すれば、AI のリスクは AI そのものにあるのではなく、AI をどう使うかという点にあることが分かる。認知症の診断のように良い方向に使うこともできれば、人を欺くために使うこともできる。この問題は、他の一般の科学技術の場合と同じである。AI の研究者は多くの人にマッドサイエンティストだと思われて

【コラム】科学的事実の普及・定着に向けて求められる対応（調査委員会での質疑から）

(質問者)

- ・ハリウッド映画が「不安」の根源だと言うが、その影響へどう対応していくのか。

(松尾氏)

- ・打ち消すのではなく、あくまでも対話の中で不安、誤解を取り除いていく。また、理屈ではなく、技術の具体像に触れてもらい誤解を解くのが有効ではないか。自動車を例に挙げると、勝手に動くのではなく、実は人が運転して動いている。注意しても事故が起こる場合がある。できるだけ事故が発生しないように、発生しても被害が小さくなるように改善を重ねていくのが技術の姿である。それと同じように、AI が AI として社会に貢献する技術にしていく。

(質問者)

- ・国会議員やマスメディアとの対話で気になることはないか。

(松尾氏)

- ・国会議員の関心は高いと思う。勉強会などで話す機会はある。
- ・メディアについては、科学技術に対する理解力が落ちているのではないかという懸念がある。こちらの力不足もあるが、色々な勉強会を重ねても、番組作りもどうも表層的になり、社会全体に正しく伝わっていないことが多い。これでは、誤解の悪循環になる。

(3) 「人工知能学会倫理委員会」 <<http://ai-elsi.org/>>

いるのかも知れないが、技術を正しく理解してもらった上で、その技術を社会の中でどのように正しく使っていくか、現実的な問題にどのように対応していくか、対話を進める必要がある。

4 科学報道

科学的事実の社会での共有化の手段を考察するために、特定非営利活動法人 21 世紀構想研究会の馬場錬成理事長から「報道現場から見た科学貧困ニッポン」と題する説明を受け、討論及び質疑応答を行った。その概要は次のとおりである。

我が国はマスメディアに限らず、立法府、行政府、そしてアカデミアも外国の後追い⁽⁴⁾で考える傾向が強いように思われる。例えば、脳死問題では、1990（平成2）年、政府に臨時脳死及び臓器移植調査会（脳死臨調）が設置され、1997（平成9）年に「臓器の移植に関する法律」（平成9年法律第104号）が成立したが、脳死臓器移植が可能となったのは2009（平成21）年の同法改正後である。米国では、1981年に大統領委員会が脳死は人の死であることを定義付けており、1982年には既に100件以上の心臓移植が行われていた。⁽⁵⁾

こうした政策決定の遅れを防ぐには、我が国の立法府や行政府のリーダー層における科学的リテラシーの向上を図り、問題を正確に把握して意思決定を迅速に行うことが重要である。そのためには、アカデミアはマスメディアの力を借りて、科学的事実を積極的に発信していく必要がある。しかし、概してアカデミアは科学的事実の説明に慣れていないため、科学的事実を分かりやすく的確に説明できる人材を育成することもまた重要となる。

【コラム】 科学者・アカデミアの役割（調査委員会での質疑から）

（質問者）

- ・立法府への貢献に関して助言はあるか。

（馬場氏）

- ・科学技術をどうかすかについては、研究者、行政、メディア、国会議員にそれぞれの責任があるが、我が国は研究者からの発信が弱い。研究者が発信しない限り、行政もメディアも国会議員も分からない。
- ・また、感想であるが、我が国では人文・社会系の研究者は将来を見通すことをほとんどやっていないように受け止めている。例えば遺伝子治療とか生殖医療技術とか、そういう新しいものが出てきたときに法的・倫理的問題は避けられない。例えば受精卵を移植して、妊娠して子供を持つ。そのときに、その子の遺産相続は一体どういう権利になるか。それから、出自を問われたときの権利とか親の義務とか、そういうのはどうしたらいいのかという問題が当然出てくる。ところが、法律学者に問い合わせてもそれに対する回答は出てこない。日本の民法ではそういうことを認めていないから、そんなことは考えていませんと言う。是非とも、人文・社会系の研究者には科学の進歩に対応してほしい。

II 科学的リテラシーをめぐる歴史的経緯

本章では、調査委員会における北原和夫協力委員の説明及び討論・質疑応答の結果を基に、さらに文献調査による補足的な調査を行い、我が国における科学的リテラシーへの関心と問題

(4) 具体例として、馬場氏は、脳死問題のほか、終末医療における鎮痛治療、乳幼児突然死対策、虫歯予防のフッ素添加、生殖医療技術の適用などを挙げた。

(5) 伊藤暁子「アメリカの2006年改訂統一死体提供法」『外国の立法』No.262, 2014.12, pp.4-5. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_8841948_po_02620002.pdf?contentNo=1>; ジェームズ・リッチ「臓器移植—少女ケリーは四人の生命を救った—」『リーダーズダイジェスト』38(8), 1983.8, pp.122-123.

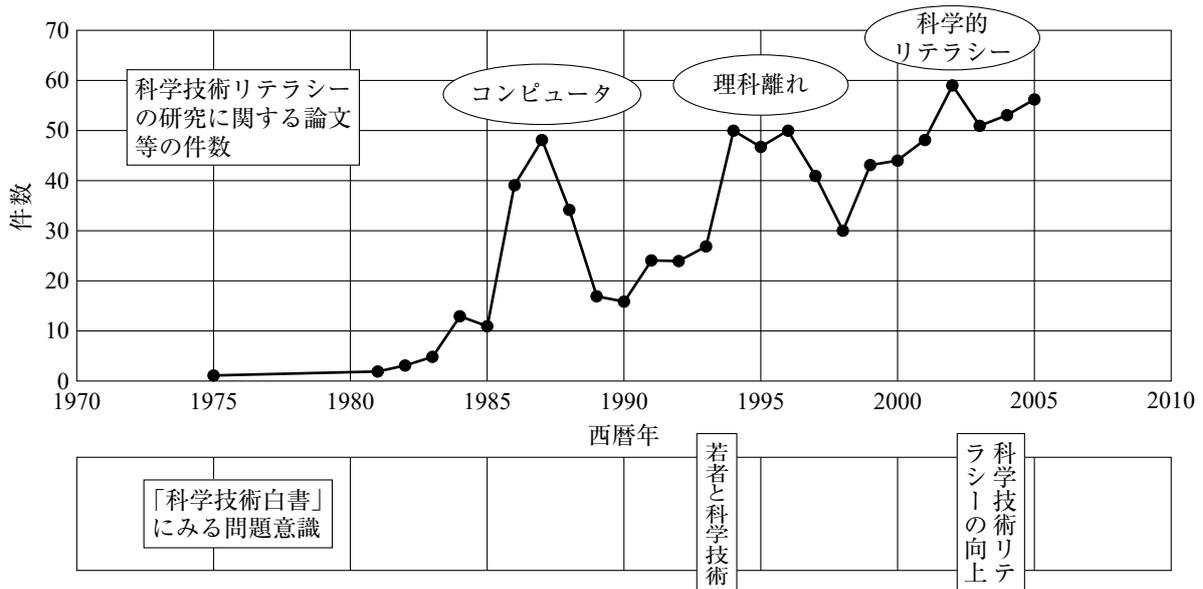
意識の変遷をまとめた。また、科学リテラシーの向上に向け、これまでにアカデミアなどが推進してきた国内外の取組を紹介する。

1 我が国における科学リテラシーへの関心と問題意識の変遷

一般論として、利活用する科学技術が高度になれば、それを利活用する人たちの科学技術に関する関心は高まり、また高度な理解も求められる。我が国において、科学技術に関連するリテラシーへの関心がどのように高まり、変化してきたかについて、長崎栄三氏は、2005（平成17）年まで発行された、41の学会誌・専門雑誌に掲載された文献を基に分析している。同氏によると、科学技術に関連するリテラシーへの関心の高さは、1980年以降に幾つかのピークがあり、1980年代のピークがコンピュータに、1990年代のピークが理科教育（若者の理科離れに関連）に、2000年代のピークが科学技術におけるリテラシー（科学リテラシー）に対応していることが示された（図）⁽⁶⁾。

このことを『科学技術白書』によって確認してみたい。同白書は、1958（昭和33）年に初めて発行され、1962（昭和37）年以降は毎年発行されており、その内容を継時的にたどっていくことにより、科学技術に関する状況や中心的な関心事がどのように変化していったかを読み取ることができる。同白書の掲載内容の変化は、それぞれ次のように説明できる。

図 科学リテラシーへの関心と問題意識の変遷



(注) 「コンピュータ」、「理科離れ」、「科学的リテラシー」は長崎ほかに基づき、「若者と科学技術」、「科学技術リテラシーの向上」は各年度の『科学技術白書』に基づき、各年代での課題を示している。

(出典) 長崎栄三ほか「日本における科学技術リテラシーに関する研究の動向—教育分野を中心として—」『国立教育政策研究所紀要』第136集, 2007.3, p.192 (表2) <https://www.nier.go.jp/kankou_kiyou/kiyou136-189.pdf>; 各年度の『科学技術白書』を基に筆者作成。

(1) 1990年以前

当初の白書は、研究開発の成果をすべからく市民に還元する「成果普及」や「普及啓発」の姿勢を明確に打ち出していた。1974（昭和49）年から1989（平成元）年までの全ての科学技術

(6) 長崎栄三ほか「日本における科学技術リテラシーに関する研究の動向—教育分野を中心として—」『国立教育政策研究所紀要』第136集, 2007.3, pp.189-205. <https://www.nier.go.jp/kankou_kiyou/kiyou136-189.pdf>

白書において、例えば1974（昭和49）年版には⁽⁷⁾、

「科学技術の円滑な振興を図るためには、普及啓発、表彰、技術普及等を通じ、科学技術の広範な浸透に努めるとともに、これに対する国民の理解と協力を求めることが不可欠である。」

「国民一般の科学技術に対する関心を高めること、特に、次代を担う青少年に科学技術の重要性を認識させ、科学する心をかん養していくことが科学技術を振興するために重要である。」

また、1989（平成元）年版には⁽⁸⁾、

「科学技術の円滑な振興を図るためには、普及啓発、表彰、技術普及などを通じ科学技術の広範な浸透に努めるとともに、これに対する国民の理解と協力を求めることが不可欠である。」

「国民一般の科学技術に対する関心を高めること、特に次代を担う青少年に科学技術の重要性を認識させ科学する心を涵養していくことが、科学技術を振興するために重要である。」

のように、ほぼ同趣旨の文章が毎年掲載されていた。

(2) 1990年代

1990年代になると、「若者の理科離れ」に特徴付けられる課題の変化が見て取れる。すなわち、それまでの「成果普及」、「普及啓発」といった主に情報を出す側の課題から、主に情報を受ける側に関連する「学習の振興」、「理解の増進」といった課題に変化し、市民の科学リテラシーを高めることに重点が置かれるようになったのである。例えば、1993（平成5）年版の科学技術白書の副題は「若者と科学技術」であり、90ページ余りを用いて若者の科学技術離れに関する考察を行っている。その中には、次のような表現も見られる。

「将来において必要とされる科学技術の発展を長期的に実現していくためには、若者を含めた幅広い国民の各層に、科学技術について、科学者や技術者といっしょに考えていこう、あるいは必要とされる科学技術の発展に取り組んでいこうといった積極的な意識のあることが必須の要件となろう。」⁽⁹⁾

この時期に問題となった「科学技術離れ」の背景要因としては、例えば次のような指摘がなされている⁽¹⁰⁾。

- ・ 科学技術の高度化、専門分化と技術のブラックボックス化が、市民を科学技術から疎外する。
 - ・ 学校教育における理科の学習事項の削減が、知識の断片化を招き、体系的理解をかえって困難にし、小学校教員の理科学力の低下が児童の基礎学力の低下をもたらす悪循環となる。
- また、教員の多忙化が、教材研究などの教育自主研究を阻害し、教育力低下を招く。

(7) 科学技術庁『科学技術白書 昭和49年度』1975, p.416.

(8) 科学技術庁『平成元年版科学技術白書—平成新時代における我が国科学技術の新たな展開—』1990, p.384.

(9) 科学技術庁『科学技術白書 平成5年版』1994, p.74.

(10) 田中久徳「科学技術リテラシーの向上をめぐる—公共政策の社会的合意形成の観点から—」『レファレンス』662号, 2006.3, pp.74-76. <http://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_999846_po_066203.pdf?contentNo=1>

- ・文系出身者と理系出身者の生涯賃金の格差など、若者に魅力ある理科系進路の将来を示せない現実がある。文化としての科学が根付いていない。
- ・日本では科学者や技術者といった専門家が、自らの専門領域以外に無関心すぎ、科学技術全体に責任を負う専門家としての自覚に乏しい。

(3) 2000年代

2000年代では、2004（平成16）年版の科学技術白書に「科学技術リテラシーの向上」という項目が現れた。成人の科学技術基礎概念の理解度に関する国際比較データを紹介した上で、次のように述べている。

「大人の科学技術リテラシーは、理解度の面において国際的に見て高い水準にあるとは言えず、また興味や関心という面においても低下傾向にある。（中略）今後、我が国において国民の科学技術リテラシーを向上させていくためには、科学技術が社会において果たしている役割や効用を、分かりやすい言葉で社会に伝えていくとともに、子どものころから、科学技術に対する興味や関心を高めるなど科学技術・理科教育を充実させることが必要である。」⁽¹¹⁾

また、同白書では、科学技術と社会をつなぐ人材の養成、科学者等の国民との交流の推進などが記載されたほか、科学技術に関する国民参加型意思決定に関する手法の例として、参加型テクノロジー・アセスメントが詳しく紹介された⁽¹²⁾。このように、「社会とのチャンネル」、「国民に支持される科学技術」という形で、いわゆる「双方向コミュニケーション」の重要性に焦点が当てられるようになる。

(4) 2010年代

2010年代に入ると、2011（平成23）年版の科学技術白書において、「第2章 社会とのコミュニケーションの深化に向けて」の中に「科学技術リテラシーの^{かん}涵養」という項目があるが⁽¹³⁾、それだけでなく、同白書は、「国民一人ひとりにとっては、科学技術を自分のものとして捉え、科学技術に関わる諸問題を適確に判断し、当事者として行動し、政策形成過程へ参画していくことが必要となっている。」⁽¹⁴⁾と述べている。この背景には、同年発生した東日本大震災が大きな被害をもたらし、安心・安全の崩壊を目の当たりにした鮮烈かつ痛烈な経験により、科学技術への不安、不信感がより顕在化したことがあろう。一方、未来を展望すれば、今後ますます科学技術の役割が期待される中で、科学技術に対する期待と不安の両側面の間にあるギャップがなかなか埋まらないという現実が依然としてある。その解決のために、科学的リテラシー向上の重要性が更に高まっている。

(11) 文部科学省『科学技術白書 平成16年版』2004, p.94. なお、同白書では、「科学技術リテラシー」について、「科学技術に関する判断を支える基礎的素養」と定義しており（同, p.88.）、本報告書の「科学リテラシー」（第1部第1章の「2 科学的リテラシーの向上」の項を参照）と同等の概念と考えられる。

(12) 参加型テクノロジー・アセスメントとは、「科学技術による社会や自然環境に対する様々な影響を、国民等の多様な主体が参加して、それぞれの視点で事前に評価し、科学技術の社会的側面に関する国民の意見として形成し、そして政策形成に反映させるものである。」同上, p.131.

(13) 文部科学省『科学技術白書 平成23年版』2011, pp.59-76.

(14) 同上, p.3.

2 科学的リテラシーの向上に向けた国内外の取組

科学的リテラシー（科学リテラシー及び技術リテラシーを含む。）の向上に向け、これまでに主にアカデミアなどが推進してきた国内外の主な取組事例を紹介する。

(1) 「理科離れ」克服に向けた取組

科学的リテラシー向上に関しては、若者の「理科離れ」、「科学技術離れ」が国内外で問題となっている。これを克服する試みとして、米国では1985年から「プロジェクト2061 (Project2061)」⁽¹⁵⁾が、英国では2006年から「21世紀科学 (Twenty First Century Science)」⁽¹⁶⁾という中等教育（12歳から16歳まで）の新しい理数教育のプログラムが始まった。

我が国では2003（平成15）年、日本学術会議に「若者の科学力増進特別委員会」が設置され、同委員会は科学と社会との関係について審議した。その結果、日本学術会議は2004（平成16）年4月20日に「社会との対話に向けて」と題する声明を公表し、科学者と社会が共感と信頼に基づいて協同することの必要性を訴えた。声明文は次のとおりである。

「(略) 科学者と社会が互いに共感と信頼をもって協同することなくして、いかなる科学研究も生命感の漲 [みなぎ] る世界を持続させることができないことを認識する。(中略) 科学者が社会と対話をする事、特に人類の将来を担う子どもたちとの対話を通して子どもたちの科学への夢を育てることが重要であると考え。 (中略) 日本学術会議は、子どもたちをはじめとするあらゆる人々と科学について語り合うように、全ての科学者に呼び掛ける。また、日本学術会議は自ら、科学に対する社会の共感と信頼を醸成するために、あらゆる可能な行動を行う。」⁽¹⁷⁾

(2) 米国アカデミアによる科学的リテラシーに関する報告書

「プロジェクト2061」の成果の一つである「すべてのアメリカ人のための科学 (Science for All Americans)」は、米国科学振興協会 (American Association for the Advancement of Science: AAAS) が選任した著名な科学者と教育者のグループである全米科学技術教育評議会 (National Science and Technology Education Council) が1989年に発表した報告書である⁽¹⁸⁾。同報告書は、全ての米国民が科学的リテラシーを備えるために必要不可欠な理解や、思考の習慣について記している。

(15) 次にハレー彗星が来る2061年までに全米国人の科学リテラシーを高めることを目標とした取組である（詳細は(2)で紹介する)。“Project 2061.” American Association for the Advancement of Science Website <<http://www.aaas.org/program/project2061>>

(16) “Twenty First Century Science Suite,” Oxford, Cambridge and RSA Examinations (OCR) Website <<http://www.ocr.org.uk/qualifications/by-type/gcse/twenty-first-century-science-suite/>>

(17) 日本学術会議「声明「社会との対話に向けて」」2004.4.20. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-s1012-1.pdf>> なお、[] は筆者による補足である。

(18) American Association for the Advancement of Science, “Science for All Americans,” 1989. <<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>> なお、同報告書の日本語訳は幾つかあるが、2005（平成17）年に刊行された日本語訳は、AAASが運営するウェブサイト上に掲載され、閲覧可能となっている。米国科学振興協会（日米理数教育比較研究会）「プロジェクト2061 すべてのアメリカ人のための科学」2005. <http://www.project2061.org/publications/sfaa/SFAA_Japanese.pdf> この翻訳作業は、科学者などで構成される日米理数教育比較研究会のメンバーが分担して行ったものである。翻訳が行われた背景には、青少年、若者の理科離れなど科学教育の在り方が問われていること、同報告書が米国の科学教育の現状を理解するのに適しているとともに、科学的リテラシーの基本文献としての性格も有していたことがある（米国科学振興協会, p.179.）。

この背景として、「最近実施された数多くの研究によって、国内的標準によってもまた国際的規準からしても、アメリカの教育があまりに多くの生徒を十分に教育できておらず、したがって国の期待に沿えていないことが明確になっている。」⁽¹⁹⁾ という危機感があり、日本などからも教訓を引き出したと言われている⁽²⁰⁾。

同報告書は、科学リテラシーについて、科学、数学、技術に関するリテラシーを包含するものであり、教育の中心的な目標であると指摘している。また、「科学リテラシーを備えた人物」について、「科学、数学、技術がそれぞれの長所と制約を持ち、かつ相互に依存する人間活動であるということ意識した上で、科学の主要な概念と原理を理解し、自然界に精通してその多様性と統一性の双方を認識し、個人的、社会的目的のために科学的知識と科学的な考え方をを用いるような人物」としている。⁽²¹⁾

同報告書は、科学教育について直接何らかの改善措置を示すものではないが、K-12（日本の小学校から高等学校までに相当）のカリキュラム改革の必要性や、カリキュラム作成に向けた教育者や科学者の育成、さらに科学関係の省庁、連邦機関、大学、アカデミア、教員団体などの多様な主体の協力が必要であることを示している。

(3) 米国アカデミアによる技術リテラシーに関する報告書

技術教育者のための専門機関である、米国の国際技術教育協会（International Technology Education Association: ITEA）⁽²²⁾ は、主権者としての市民が持つことが望ましい、技術に関する基本的素養（技術リテラシー）について全米工学アカデミー⁽²³⁾の全面的協力の下で取りまとめ、1996年に「全てのアメリカ人のための技術（Technology for All Americans）」⁽²⁴⁾を公表した。2000年に発表された詳細版は、日本語に翻訳され、2002年に刊行されている⁽²⁵⁾。

同報告書では、生徒が技術的素養を持つために必要である「技術的素養のためのスタンダード：技術の学習のための内容」20項目を示している。また、この20項目が各州での教育に導入されることを要望するとともに、専門職者や研究者などにも、技術教育を積極的に支援するよう呼びかけている。

(19) 米国科学振興協会（日米理数教育比較研究会訳）同上, p.1.

(20) 「すべてのアメリカ人のための科学」が参考文献として挙げている資料の一つでは、「日本の科学教育はアメリカよりも質・量ともに優れている」とした上で、日本の理科教育に関する動向を考察している。同上, p.175; Margrete Siebert Klein and Floyd James Rutherford, eds., *Science Education in Global Perspective: Lessons from Five Countries. Selected Papers Presented at the Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science*, Boulder: Westview Press, 1985, p.13.

(21) 米国科学振興協会（日米理数教育比較研究会訳）前掲注(18), pp.2, 5.

(22) 2010年に改称し、現在は国際技術・工学教育者協会（International Technology and Engineering Educators Association）。

(23) 本報告書第3部第2章の「2 米国ナショナルアカデミー」の項を参照。

(24) International Technology Education Association, *Technology for All Americans: A Rationale and Structure for the Study of Technology*, 1996. <<https://www.iteea.org/File.aspx?id=42622>>

(25) 国際技術教育学会著、宮川秀俊ほか編訳『国際競争力を高めるアメリカの教育戦略—技術教育からの改革—』教育開発研究所, 2002. (原書名: International Technology Education Association, *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, 2000)

(4) 日本学術会議の提言

2005（平成17）年には、前述の日本学術会議の「若者の科学力増進特別委員会」が「次世代の科学力を育てるために」と題する報告書⁽²⁶⁾を提出した。同委員会は、理科離れへの対応として、全ての日本人が科学リテラシーを持ち、科学と技術の成果を平等に享受し、また、科学と技術の健全な発展に対して責任を持つ社会を構築するために議論・検討を行い、次のような提言を行った⁽²⁷⁾。

- ・研究者によるアウトリーチ活動⁽²⁸⁾をより盛んにするために、全ての科学者が、社会と対話するための基盤づくりを推進する。
- ・次世代の科学力を増進するために、より良い科学教育を実現する。その中で、女性科学研究者の育成にも深い配慮を払う。
- ・日本の科学リテラシーを向上させるために、科学者、科学教育学者、教育者との協働による、豊かな科学教育のグランドデザインを構築する。そこでは、人と人との出会いによる科学教育の推進、人が自然と出会い、生命の大切さを学ぶ科学教育の発展を目指す。
- ・次世代の理科教員を養成するための支援を行う。
- ・現役理科教員の教育支援と、教育環境向上のための支援を行う。

(5) 日本工学アカデミーによる検討

日本工学アカデミーは、2003（平成15）年に「技術リテラシータスクフォース」を立ち上げ、「国民一般に望まれる技術リテラシー」について検討を行い、その報告書を2005（平成17）年に発表した⁽²⁹⁾。

同タスクフォースの主査を務めた桜井宏専務理事（当時）らがこの検討を始めた動機は、①技術に関する入門書が我が国にはないこと、②中学校技術・家庭科の技術分野の教科書には技術とは何かの説明がないこと、さらに、③技術分野の教科書で扱われている技術の内容が、概念のレベルで技術者の実感と全く異なることであったという⁽³⁰⁾。

桜井氏は、技術の分類について次のような考え方を示している⁽³¹⁾。

- ・旧来の技術は、社会的に必要なこと（ニーズ）を満たすために、経験と経験者の直感を用いてきた。

⁽²⁶⁾ 日本学術会議若者の科学力増進特別委員会「若者の科学力増進特別委員会報告 次世代の科学力を育てるために」2005.7.21. <<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-t1031-9.pdf>>

⁽²⁷⁾ 同上, pp.25-26. なお、この報告書では、科学リテラシーについて、「生活のための最低限の知識」、「科学の在り方に対して責任ある市民として関与するための知識と考え方を持つこと」、「専門職として身につけておくべき科学技術の知識と考え方」の三段階があるとしている（p.14）。また、国民全てが持つべき科学と技術の素養を意味する「科学技術リテラシー」の策定が必要であるとしている（p.13）。

⁽²⁸⁾ 研究者等と国民が互に対話しながら、国民のニーズを研究者等が共有するための双方向コミュニケーション活動。

⁽²⁹⁾ 日本工学アカデミー技術リテラシータスクフォース「技術リテラシーと市民教育—学校では技術について何が教えられるべきか—」『EJ Information』No.122, 2005.5.20. <<https://www.eaj.or.jp/app-def/S-102/eaj/wp-content/uploads/2017/01/symposium050620.pdf>> また、この成果は用語集を追加して2006（平成18）年に出版された。桜井宏『社会教養のための技術リテラシー』東海大学出版会, 2006.

⁽³⁰⁾ 桜井 同上, pp.4-5.

⁽³¹⁾ 同上, pp.51-52.

- ・最近の技術は、社会的に必要なこと（ニーズ）を、科学で明らかになった役に立ちそうな原理原則（シーズ）につなげる方向に展開している。
- ・技術の検討においては、その全部又は主要部分における共通の問題とともに、個別分野に特有の問題についても考える必要がある。
- ・そのためには、個々の技術の体系的分類があるのが望ましい。その際には、科学の分類・体系に対応させるのが一つの方法である。
- ・さらに、技術と社会の関係で見た場合、代表的な産業における個々の技術の役割を簡明に説明するのが良い。

また同報告書は、科学と技術との違いを明らかにしている（表1）。さらに、科学リテラシーと技術リテラシーとの違いについて、技術リテラシーの狙いが、関係当事者が技術に関係する意思決定を的確に行うことにあるのに対して、科学リテラシーの狙いは、科学に関する幅広いコミュニケーションを効率的に行うことにあるのではないかと指摘している⁽³²⁾。

表1 科学と技術の六つの違い

- ・技術は、人間の必要や欲求を満たすことを目的とするが、科学は、知識獲得を目的とする。
- ・科学は、正解を求めるが、技術には唯一の正解はなく、最適解を求める。
- ・科学の知識は、半永久的な寿命を持つが、技術には寿命があるので、技術の知識の寿命は限られている。
- ・科学者は、研究者と教育者からなるが、技術者の多くは実務者である。
- ・技術は、自然を改変するが、科学は、自然を変える意図を持たない。
- ・社会が科学の結論に影響を及ぼすものではないが、技術は社会を離れて考えることはできず、社会から常に影響を受ける。

(注) ここでの「科学者」の定義は本報告書と異なる。本報告書では「科学者」は研究者と技術者から成るとしており、教育者を含めていない。本報告書第1部第1章の「4 アカデミアの使命」の項を参照。

(出典) 日本工学アカデミー技術リテラシータスクフォース「技術リテラシーと市民教育—学校では技術について何が教えられるべきか—」『EAJ Information』No.122, 2005.5.20, pp.12-13 を基に筆者作成。

(6) 科学技術の智プロジェクト

2006（平成18）～2007（平成19）年度には、日本学術会議と国立教育政策研究所による「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」（科学技術の智プロジェクト）が実施された。同プロジェクトは、全ての日本人が備えるべき科学・数学・技術に関わる知識・技能・考え方を明示することを目的として、約150名の科学者等が参加して実施され、2008（平成20）年に報告書⁽³³⁾を取りまとめた。

同プロジェクトは、七つの分野（①数理科学、②生命科学、③物質科学、④情報学、⑤宇宙・地球・環境科学、⑥人間科学・社会技術、⑦技術）におけるリテラシー像を、それぞれ専門部会を設けて検討し、報告書において各リテラシー像を示すと同時に、「各分野に共通する科学技術の考え方」として六点を示した（表2）。

⁽³²⁾ 同上, pp.19-20.

⁽³³⁾ 科学技術の智プロジェクト「21世紀の科学技術リテラシー像—豊かに生きるための智—プロジェクト 統合報告書」2008.6. 科学技術振興機構ウェブサイト <https://www.jst.go.jp/csc/mt/mt-static/support/theme_static/csc/img/s4a/s4a00.pdf>

表2 各分野に共通する科学技術の考え方

| | |
|------------------|--|
| 総合的視点に立つ選択 | 科学技術に関わる課題について判断するとき、現時点での利便性だけでなく、全体的な視点に立って、あるときは地球規模全体で考え、あるときはトレードオフの考えに立って、選択していかなければならない。 |
| 多様性と一様性 | 生命は多様であるがその原理は一様である。同様に物質世界も、物質は多様であるが、構成要素は元素の種類に限られる。多様な現象の中に一様性を見いだすとともに、その一様性も必ず例外を伴うことを認識することも重要である。 |
| 可視化 | 科学技術を記述する方法として、これまでは数式か言語だけであったが、現在では、グラフィック技術の発達によって可視化することが可能となり、イメージによる理解が有効となった。一方で、イメージ化を一方的に進めるときに現実世界との関わりが希薄になるおそれもある。 |
| スケールとサイズ | 観測及び測定手段の高度化によって、私たちが観測できる領域が大きく広がった。宇宙の遠い天体からの微弱な電磁波、又は宇宙線をとらえることができ、またトンネル電子顕微鏡などによってナノスケールの物質の構造を観測することもできる。 |
| 多量データ高速処理のアルゴリズム | 電子技術の発達により、プログラムとして組み上げることで、人力では到底不可能な多量のデータ処理を高速に行うことが可能になった。大型のシミュレーションによる気象等の複雑系の予測や、場合分けを計算機に行わせることによる数学の証明ができる。 |
| 科学と技術の相互貢献 | 科学的発見が新たな技術を生み出してきたが、技術開発が原理的な問題を提起することによって、新たな科学の進歩をもたらしてきた。また、観測の領域を拡大するためには、技術開発は必須である。 |

(出典) 科学技術の智プロジェクト「21世紀の科学技術リテラシー像—豊かに生きるための智—プロジェクト 統合報告書」2008.6, pp.120-130. 科学技術振興機構ウェブサイト <https://www.jst.go.jp/csc/mt/mt-static/support/theme_static/csc/img/s4a/s4a00.pdf> を基に筆者作成。

また、同プロジェクトは、七つの分野のうち⑦技術について、技術リテラシーの定義とそれを身に着けることの意義などを示したほか、「各分野に共通する科学技術の考え方」(表2)に示された六つの考え方のうち「科学と技術の相互貢献」において、科学と技術との関係を明示している。これらは、技術リテラシーが各分野のリテラシーを統合したもの(本報告書では「科学的リテラシー」と呼ぶ。)の一部分として位置付けられることを明確にしたものであり、同プロジェクトの成果の一つの特徴になっていると言えよう。

3 小括

上記の主にアカデミアによる科学的リテラシーに関する検討も踏まえると、我が国の科学的リテラシーに関する年代別の変遷は、表3のようにまとめることができる。

表3 我が国の科学的リテラシーに関する年代別の変遷

| 年代区分 | 当該年代の関心事、状況、特徴 | 現在の課題 |
|---|--|---|
| I期（1980年代） 「コンピュータリテラシー」 | <ul style="list-style-type: none"> ・学校で教えられていない新しい技術が次々に実用化されるので、市民にとって新しい技術はブラックボックス化する。 ・例えば、コンピュータを苦手とし、コンピュータを使わない市民が多数生まれ、コンピュータを積極的に導入した企業は、独自の技術教育によって対応する。 ・時間の経過とともに学校教育におけるコンピュータ教育が充実していく。 | <ul style="list-style-type: none"> ・学校での知識が科学技術の知見に追いつかない事例は、現代では日常的に出現しているとも言えるので、対応策は今後とも必要不可欠である。 ・新技術の寿命は短くなる傾向にあり、この問題への個別的対応は一層難しくなる可能性がある。 |
| II期（1990年代） 「科学リテラシーから科学的リテラシーへ（1）」 | <ul style="list-style-type: none"> ・「成果普及」、「普及啓発」といった主に情報を出す側の課題から、主に情報を受ける側に関連する「学習の振興」、「理解の増進」といった課題に変化し、市民の科学リテラシーを高めることに重点が置かれるようになった。 | <ul style="list-style-type: none"> ・「理科離れ」、「理科嫌い」の問題は将来の科学技術の担い手不足に直結するおそれがある。左の対応は、当時顕在化していたこの問題への対応にもなったが、引き続き注意を払うべき課題である。 |
| III期（2000年代） 「科学リテラシーから科学的リテラシーへ（2）」 | <ul style="list-style-type: none"> ・「社会とのチャンネル」、「国民に支持される科学技術」という形で、いわゆる「双方向コミュニケーション」の重要性に焦点が当てられるようになる。 | <ul style="list-style-type: none"> ・双方向コミュニケーションは、現在でも引き続き重要な課題である。 |
| IV期（2010年代） 「『ポスト真実』の時代」 | <ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災や感染症問題などを経験して、科学技術への不安・不信にどのように対処するかが課題となっている。 ・人類社会の持続性を高めるため、また成長を促すために、科学技術イノベーションが不可欠であるという認識が高まっている。 | <ul style="list-style-type: none"> ・科学技術への不安・不信や「ポスト真実」への対応が大きな課題となりつつあり、科学技術イノベーションの必要性とともに、政策の議論における科学的リテラシーの重要性が高まっている。 |

（出典）長崎栄三ほか「日本における科学技術リテラシーに関する研究の動向—教育分野を中心として—」『国立教育政策研究所紀要』第136集, 2007.3等を基に筆者作成。

III まとめ

第2部では、我が国における科学的リテラシーをめぐる現状として、科学的事実の共有化が求められる具体的事例、科学的事実を社会で共有する手段としてのマスメディアと科学的リテラシーとの関係及び我が国における科学リテラシーから科学的リテラシーへの変遷について取り上げ、調査委員会での議論の内容を紹介した。また、科学的リテラシーの向上に向けた取組の経緯を整理した。

主な結論は次のとおりである。

- ・科学技術の発展に対する市民の期待は大きい反面、不安も生じ得る。個人の意見や伝聞情報が社会に広がっていく中で不安が増幅したり、映画などで不安が創作され、それが拡大したりすることもある。科学者はこれを直視し、誤解などを取り除くことが求められる。
- ・科学技術に対する不安を軽減し、科学技術の成果を正しく享受できるようにするためには、科学的事実の理解能力及びその活用能力である科学的リテラシーの向上が鍵となる。その責

任は、立法府、行政府、アカデミア、マスメディアなどがそれぞれ負っているが、第一義的な責任は科学者にある。一方で、現状ではアカデミアからの発信が極めて弱いとする指摘もある。

- ・科学技術が社会に及ぼす影響は広範にわたるため、科学的事実を共有すべき関係者も多様とならざるを得ない。科学者には、個別の専門分野の中に閉じこもるのではなく、分野の垣根を越えて、コミュニケーションの輪を拡大し、社会的課題などへの対応策を提示していくことが求められる。

| | | | |
|--------------------|------|--------|--------|
| 執筆：公益社団法人日本工学アカデミー | 専務理事 | ながの 永野 | ひろし 博 |
| | 同上 | ながい 長井 | ことぶ 寿 |
| | 同上 | いとう 伊藤 | ゆうこ 裕子 |