

東日本大震災・原発震災で明らかになった科学リテラシーの弱点 まずは「科学者の科学離れ」克服から

林 衛

The Shortcoming of Science Literacy Evidenced after the Great East Japan Earthquake and Genpatsu Shinsai (Earthquake-Nuclear Combined Disaster)

Let's overcome scientist's lack of interest in general science!

HAYASHI, Mamoru

摘要

東日本大震災・原発震災は、市民社会における科学や科学者のあり方を見直す機会となった。日本の市民社会には原発震災の未然防止はできなかったが、震災後に発揮された「超専門力」「市民科学リテラシー」によって、政府や御用学者からの偏った情報提供を批判的に受け止めるのに成功した面もあった。理科離れは「文系人間」の科学リテラシー不足の問題としてしばしば語られるが、より重要なのは「理系人間」が異分野への知的好奇心を磨きつつ自らのリテラシーの再点検・向上に努め、自由に科学を論じられる社会的な雰囲気づくりに貢献することだろう。

キーワード：理科教育，科学コミュニケーション，市民科学リテラシー，超専門力

keywords：science education, science communication, science literacy of citizen, beyond speciality

1. 科学コミュニケーションの偏り —ホワイトとブラックどちらが欠けている？

科学コミュニケーションとは、科学に関するコミュニケーション全般をさす一般名詞であり、どのようなコミュニケーションが存在し、世の中になにをもたらしているのか、それを探究テーマとしている筆者の立ち位置を、本論にあたり、まずは明らかにしておきたい。

1994年から『科学』（岩波）、『Bionics』（オーム社）などの科学雑誌・情報誌編集経験をしながら、2001年以降、科学コミュニケーションのための講座や授業、実践の場づくりを進めてきた¹⁾²⁾。現在は、富山大学人間発達科学部（旧教育学部）にて、教員養成や理科教育研究にもかかわっている³⁾。

東京大学教養学部特任准教授として2005年に始め、その後、滝川洋二特任教授とともに毎学期開講した1、2年生向け全学自由研究ゼミナールでは、科学雑誌や記事制作の現場を学生がレポートしたり、サイエンスショーを学生が企画・運営したりするのを支援してきた。受講生たちが立ち上げた東京大学科学コミュニケーションサークル「CAST」では、

教員たちを離れ、学生たちが実験教室やサイエンスショーを企画・実施してノウハウを磨いている（本の表紙参照⁴⁾）。

学生たちによる科学コミュニケーション実践例1

学生たちによる科学コミュニケーション実践例2

国立立山青少年自然の家「星空ガイド」メンバーを中心に2009年7月22日日食観測会を大学内で実施した。この経験は、2012年の日食や金星太陽面通過時に、卒業生自身や後輩たちによって小中学校や学内での観測活動に引き継がれた。



富山大学では2009年に、60 cm 反射式望遠鏡、プラネタリウムを備えた国立立山青少年自然の家から依頼を受け、学生による星空ガイド養成とプログラム開発を開始。休部状態にあった富山大学天文同好会を学生たちと再興、いまや学生だけでガイド実施、プログラムの発展・継承ができるまでになった⁵⁾。富山での青少年のための科学の祭典にも毎年参加し、運営に協力してきた。

総合科学雑誌編集から教育現場へと行動範囲を広げながら、研究実践の機会を得てきた。その内容は、科学の理解や普及、実験や自然体験の場づくりを中心とした「ホワイト科学コミュニケーション」と、科学のネガティブな面も分析や考察の対象にする「ブラック科学コミュニケーション」の二つに分けられる（「ホワイトあるいはブラック科学コミュニケーション」というのは筆者の造語である。科学のすばらしさを伝えたいというホワイト科学コミュニケーションでは、「理科好きを育てたい」という思想教育は可能だが、科学の重要性の一面しか語れない）。

現代の科学教育の大事な課題は、ブラック科学コミュニケーションの機会を理系進学者に対しても増やし、ホワイト科学コミュニケーションとブラック科学コミュニケーションとのあいだの分断の進行を食い止めて、もっと自由にかつ批判的に科学を語れるようにすることにちがいないと考えている。ここでは深刻な事態を共有し、解決に向けて議論を深めるために、筆者の見解のなかでもブラック科学コミュニケーションに重点を置いた視点をあえて述べてみ

る。

2012年度に活動を開始した日本サイエンスコミュニケーション協会（一般社団法人、<https://www.sciencecommunication.jp/>）の設立に至る過程で、「科学を文化にしよう」とのキャッチフレーズの是非が議論された。「縄文文化」や「若者文化」の用例にみられるとおり、文化にはその時代や地域の人々の生活様式や考え方を表わす意味がある。いまの日本にも科学の文化は存在しているのであり、文化内容を具体的に定めずに、「文化にしよう」というのは無内容であり、危険でもあるというのが、筆者の主張であった。水俣病の解決を遅らせ、原発震災を防げない「日本の科学の文化」の再生産（＝理科離れの原因による理科離れの再生産でもある）は繰り返してはならない、「科学を文化に」ではなく、「科学の文化を」共通課題にしようとの意見を述べたうえで、筆者は会員となった。^{註1)}

註1) 2012年9月開催の青少年のための科学の祭典魚津大会については、「東日本大震災・原発震災に学ぶ」というポスター展示を申し込んだが、「スポンサーである北陸電力がいやがる。原発問題については北陸電力が展示をすべきだ」（同大会事務局）、「小中高の先生方にくさくさしない内容だ」（実行委員長）といった理由で出展者リストから削除された。多数の出展のなかの一つ原発リスクを紹介したものを許さないというのは北陸電力への侮辱ではないか、事前に打診して北陸電力による「志賀原発の安全対策」というコーナを並べてもらえばよいのではないかと、実行委員会での議論を求めたが、結局、出展は許されなかった。科学コミュニケーションにおけるホワイトとブラックの溝は、文理の溝（あるいは理工の溝）よりも深刻かもしれない？

ここで「ブラック科学コミュニケーション」とは、現代の科学技術がもたらす負の問題群を分析、解決することを意識した科学コミュニケーションのことであり、その際には、科学や技術の内容だけでなく、その担い手一人ひとりの認識までもが相対化（他との関係性のなかで理解すること）される。

ところで、真理の探究をめざす科学とものづくりをめざす技術とは別物であり、それを「科学技術」と連続させた用語は混同をもたらすとの意見がある。いっぽう、ねらいは別である両者の分かちがたい結びつきを「科学技術」はうまく表現しているとの意見もある。いまから400年余前、ガリレオ・ガリレイは町場のレンズ職人たちの技術を手に望遠鏡をつくり、神がつくった世界に秘められた真理の探究に「応用」し「近代科学の父」と呼ばれるようになった。技術の応用としての科学の側面があるだけでなく、平和な時代の豊かな技術を用いて発展する科学に比べ、戦争をはじめとする国家間競争によって歪んだ発展をした科学が原子力に代表される制御困難な危うさをもつ技術の拡大をもたらす側面もある。この二つの側面の重要性をここでは指摘しておきたい。

では、「理科離れ」「科学離れ」の原因究明・解決に向けて、この問題のとらえ方を相対化する作業に進みたい。

2. 1990年代の理科離れ論争を振り返ると

1993年末刊行の科学技術白書が「若者の理工系離れ」を特集、翌1994年4月に物理系3学会（物理、応物、物理教育）が理科離れに警鐘をならす共同声明「理科教育の再生を訴える」を発進したのがメディアでもとりあげられ、「理科離れ」が社会問題として認知されるようになった⁶⁾。やがて「理科離れ」はすっかり定着し、いまや理科教育に関するイベントや授業（中学高校理科免許取得のための「理科教育法I」や富山大学五福キャンパス教養科目「現代と教育」）で、教育関係者のあいさつや理科教育に関心のある学生たちの発言に、あたり前のように「理科離れをなくそう」ということばがでてくる。

そこで語られるのは、「理科が好きでない」「科学知識をもたない」人たちが増えているので、理科に親しみをもってもらう場を増やしたり、豊かにした

りする必要があるという思いだ。こういった思いが上に書いたホワイト科学コミュニケーション活動に力を与えているし、筆者も思いの一部を共有し、活動に参画している。しかし、その思いだけでは、問題はほとんど解決しないと考えている。

1995年『科学』1月号に、理科離れ問題を取りあげる座談会を掲載した。座談会を、後に国会議員に立候補し当選する朝日新聞女性記者（松島みどり氏）に読んでもらった。文部省（当時）担当記者として、知り合いの政治記者に紹介してもらったのだ。女性記者は、ご自身が子どものころから虫もきらい、物理もきらい、学ぶ価値もたいして見出せなかったから、高校で理科が選択科目になり、国際化や他文化理解のために外国語や世界史が重視されるのは喜ばしいと語った。いっぽう、日本が国際競争力を維持するために、理工系人材のための理科教育は大事だと、科学者・技術者養成の重要性は認めていた。

スプートニクショックを受けた科学教育の現代化運動は、学習指導要領にも波及し、高校進学率が急上昇した1960、70年代には普通科高校で「物化生地」が「必修」になるなど、科学技術立国をめざして、理科教育が重視された。そのころの教育を受けた、女性記者の受け止め方は、いわゆる「文系」を自認する大人たちの多くと共通する場合が多いと思われる。そこには、自分では高度な理科を勉強したくはないが、専門家養成は抜きがたくがんばってほしいという、「理系」人間への期待をこめた「お任せ主義」がみてとれるのだ。

記者の発言をみて、「そんなことだからダメなのだ」と思う「理科系」の読者は多いのではないか。文系の人ももっと科学を勉強して、科学リテラシーを高めないといけない。そのためには、理科教育や科学コミュニケーション（ここでは多分にホワイト？）が重要だと。その考えはすべてまちがいだとは思わないが、しかしながら、事態はもっと込み入っていると筆者には思えてならない。

3. 「科学者の科学離れ」という壁

雑誌『科学』の編集をしていた1994年から2001年までの7年間に、出版不況のなか、編集・販売両面での工夫の結果、部数減に一定の歯止めをかけるのに成功した¹⁾。

科学の世界では英語の原著論文での報告があたり

前になっているのだが、査読者を納得させ、「アクセプト」を得るのが大目的になっていて、それに比べたら、読者にどう読まれるか、ましてや専門外の読者にどう受け止められるかなどはあとまわしになりがちになる。いっぽう、母国語である日本語で『科学』に書くレビューには予想外の誰かにじっくり読まれるかもしれないという別種の緊張感がある。そう感じてくれる著者たちに、他分野の研究者や科学に関心高い一般市民を満足させる書き方を求めたのが編集面での工夫だ。

何年か編集者としての経験を重ねるうち、入社直後から著者への原稿執筆依頼書に必ず入れてあった「わかりやすく」という表現は捨てたほうがよいと気づいた。どんなにわかりやすかろうと、中身が重要でなければ、読む価値は低い。むずかしくとも重要な内容が、なぜ重要なのかよくわかるよう、明確なねらいをもって表現されるように、原稿執筆の方向性を著者とつくりあげていこうと心がけたのだ。

販売面にかべとなったのが、大学・大学院で科学教育を受け科学への深い見識や興味をもっているはずの科学者が科学全般に対しては関心が低いという「科学者の科学離れ」だった¹⁾⁷⁾。「科学者の科学離れ」とは何のことなのか、驚かれるかもしれないが、総合科学雑誌の売り上げに、それが典型的に現われていた。

一般向けの『Newton』は10万部以上（公称）とそれなりに売れている。この数字は欧米の一般向けの科学雑誌が国内で数十万部の売上であるのに対しやや低いのだが、同じ10万の桁にはある。しかし、科学教育を受けた読者を想定した『科学』や『日経サイエンス』が堅調であるとはいえ、各国に比べて桁違いに部数が少ないという特徴があるのだ。『日経サイエンス』の3万部台とそのオリジナルの『Scientific American』の55万部の比は、日米の人口比とはかけ離れている。いっぽう、月刊の各号から掲載済みの記事を、例えば宇宙論や人類考古学といったテーマ別に集めた別冊特集は、アメリカではほとんど売れないが、日本ではよく売れて『日経サイエンス』の経営を支えたという。

10万、100万オーダーの読者獲得をめざし膨張していくメガ雑誌文化のアメリカと、読者を絞り専門分化する日本とでは、雑誌のビジネスモデルが異なる（広告の組合せの最適化にもつながる。典型例がコンビニや書店にならぶ女性雑誌群）。そのため、

単純な部数の比較はまちがいのもとだが、いろいろな分野のニュースやレビュー、解説がある総合科学雑誌の毎号は買わずとも、特定の分野を個別にフォローしたいという日本の科学教育を受けた読者の志向傾向はみてとれる。

要するに、興味の幅が狭く、仕事上または仕事以外の何らかの必要を感じる分野以外への関心が低いのが日本の科学教育を受けた人たちが示す傾向なのだ。それは、高校時代に文理分けされ、大学や大学院で専門教育を受け、それで専門家として認められるようになる日本の教育システムのもたらす帰結だと素直に理解できる。

もちろん、理科が選択科目になったり、普通科高校でも理科の4領域のうち大学受験にあわせた2領域しか学べないのがあたり前になったりするなど、「制度としての理科離れ」（先述の『科学』掲載座談会ほかでは「理科離れ」とも批判された）が学習指導要領体制のもと一方的に進められたのは問題であり、科学者たちのなかにそれを憂えた声があがるのも当然だろう。筆者もその論陣に加わったのだが、編集や販売の実務を通して、現実の科学コミュニティの雰囲気を実感させられていった。専門分化の激しさ、いわゆるタコソボ化の問題を含め、「科学者の科学離れ」とも呼べる事態が確かに生じているのだと。

科学者の大多数は、自分の分野以外には関心や知識をあまりもたないまま、専門の研究や業務を進めている。「お任せ主義」は文系だけに限らない。ちがいがあるとしたら、「お任せ主義」を気楽に公言できるかどうかだけであり、科学者集団全体の一人ひとりを見たら、自ら「理科離れ」したまま専門家として食べているのに、一般市民の科学リテラシーの低さを指摘していた点で、「理科離れ」という問題提起には特殊性あるいは弱さがあつたといわざるをえない^{註2)}。

4. 「原発震災」を未然に防げず

この弱さ、すなわち科学離れした専門家へのお任

註2) ある分野の科学研究に従事しているのだから、「科学者の科学離れ」というのは形容矛盾、自己撞着だといった反論もあるが、一部の分野だけでよいのならば、理科4領域「物化生地」のうち2領域だけの選択学習への理科離れ批判は説得力を下げるだろう。

せ主義が、最悪の形で露呈してしまったのが、東日本大震災とくに福島第1原子力発電所で同時に1から4号機が制御不能に陥って生じた原発震災だろう⁸⁾。

1997年『科学』10月号に、石橋克彦氏による「原発震災－破滅を避けるために」を掲載した。1948年の福井地震で福井平野の相当の範囲が震度6以上の激しい揺れに襲われて以来、地震国日本で直下地震の洗礼を受けぬまま、地震に脆弱な複雑な都市を築いてきてしまった戦後50年の年に生じた阪神・淡路大震災の教訓を掘り下げていく連載シリーズの1本だった⁹⁾。

原子力発電所は、原子炉耐震指針によって300ないし400ガル程度の地震を想定して建設されていた。しかし、兵庫県南部地震で観測されたとおり、その何倍もの大きさの900ガルを越える地震動は大地震、巨大地震の際には珍しくないため、現行の設計理論は安全性をまったく担保できていない。原子炉耐震指針では「活断層を避ければ直下地震のリスクは避けられる」とされているが、大地震がおこったあとにはじめて活断層が見つかる場合も多く、事前に地震リスク全体を明らかにするのは困難である。これら指摘に加え、津波の危険性、水素爆発の連続、復旧作業の難航などが予言されていた。

指摘はいずれも的確なものであり、原発震災発生によって予言は証明されてしまった。いっぽう、その地震学的内容は学部あるいは大学院修士課程までに学習する地球科学の「常識」だといえる。しかし、石橋氏の警鐘は、国政や地方自治体レベルの審議会など、専門家同士の議論の遡上にはあがったものの、原子力推進に与する「御用学者」たちは、「石橋氏は東海地震については著名な方のようなのであるが、原子力学会、特に原子力工学の分野では聞いたことがない人である」(斑目春樹氏)、あるいは、「石橋論文は、書いてあることが相当本質をつくものであれば関連学会で取り上げられるはずだが、保健物理学会、放射線影響学会、原子力学会で取り上げられたことはない」(小佐古敏荘氏)などと、「原子力ムラ」のなかで重視されていないので考慮に値しないと切り捨てられてしまっていたのだ¹⁰⁾。

他分野の基本的な知見を他分野の知見だからだと無視できるのは、タコソボに閉じこもることで専門家の権威を振り回す、まさに「科学離れ」した科学者あるいは専門家の振る舞いの典型なのである。

ただし、地球科学の基本知識を原発震災の未然防止に役立てられなかったのは、直接の責任を負う原子力の専門家に限らない。「理科離れ」を訴える一方で、自らの「科学離れ」に思い至らず、原発震災という国家レベルの危機回避に動けなかった科学者コミュニティもまた基本的な科学リテラシーを欠いていたのだと評価される。このようにして国策の危うさを指摘した科学者の知的努力があったにもかかわらず、「原発震災」が未然に防げなかったのだ。

東日本大震災・原発震災のあと、公衆は実際にはパニックをおこさないのに専門家や為政者が公衆はパニックをおこしやすいと信じ(パニック幻想またはパニック神話)、自らがパニック状態となり(エリートパニック)、パニック防止を理由に市民社会を構成する公衆一人ひとりの命にかかわる情報さえ出し渋る状況が生じた。これも、社会心理学的な知見の不足と権威主義にもとづく侮蔑的公衆観ゆえだと考えられる。自ら深刻な判断を迫られる公衆の一員であったら、基本的な判断の助けとなる情報を求めるだろう。だから、情報は提供されねばならない。これが市民の自己決定を認め、危険回避を実現するための「リスクコミュニケーション」の原則である(例えば、応用心理学事典(丸善, 2007))^{註3)}。

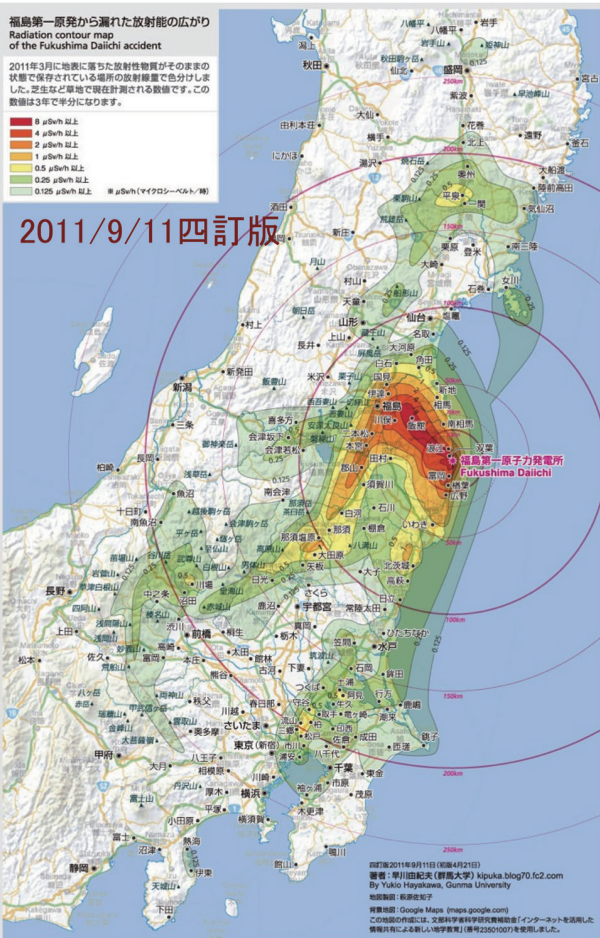
原発震災の問題に限らず、科学や技術のさまざまな問題について、科学者が傍観したままホワイト科学コミュニケーションばかりを強調しているのだとしたら、科学への興味の持ち方はますます偏ったものになり、科学者コミュニティの中でも外でも「理科離れ」や「科学離れ」はますます進むだろう。

何が欠けているのだろうか。基本的な知識の共有だけでなく、ホワイトだけでなくブラックにまで広がった科学コミュニケーションの精神、実践だったと考える。科学政策や科学技術推進のあり方に問題がありそうであれば、問題の共有や解決に向けて、注意

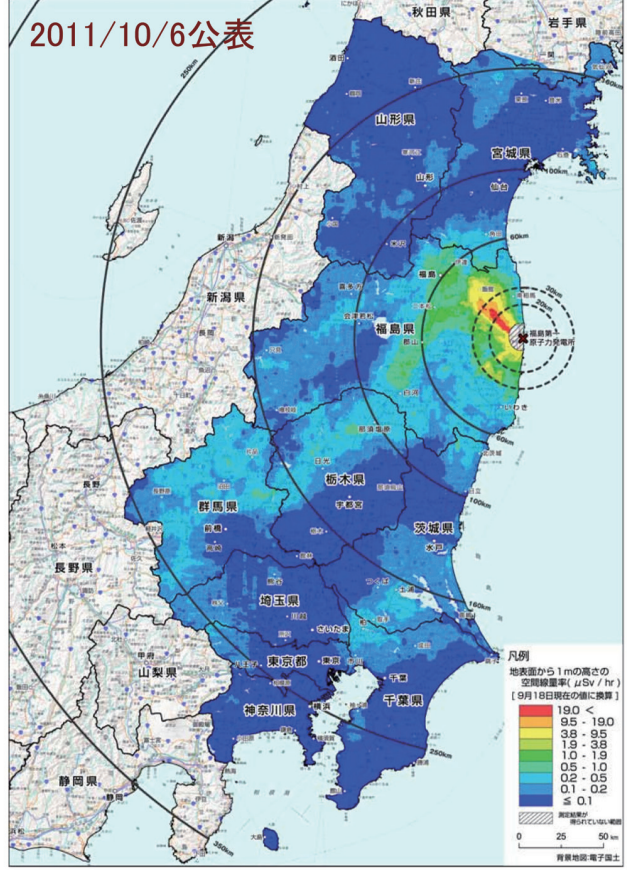
註3) 観測点が失われたため発生源情報があいまいだと理由で SPEEDI を非公開とした判断も、原子炉で爆発が生じているのに「格納容器の健全性は維持されている」と語った枝野官房長官も、確証がないのを理由に、公衆の一人ひとりの危機回避に不可欠な情報提供を怠った事例である。エリートパニックによって、原発からの10kmあるいは30km同心円を越えた汚染の広がり可能性を示す公的な情報があまりに限られ、楽観論ばかりが発信されたために、公衆のもつ心理作用「正常性バイアス」「同調性バイアス」のはたらきを抑えられず、原発から北西方向の飯館村、浪江町などの汚染地帯で被曝が続いてしまった。

「超専門力」によって誕生，更新が続いた「早川マップ」。

文科省が公表する航空機測定マップ（右）に先駆ける形で更新され，東日本の広域的な汚染が明らかにされた。2011年10月当時の両マップの比較。文科省マップは岩手，長野の汚染はとらえていない。



文部科学省による東京都及び神奈川県内の航空機モニタリングの測定結果について(文部科学省がこれまでに測定してきた範囲及び東京都及び神奈川県内におけるの地表から1m高さの空間線量率)



喚起をしたり，専門を越えた深刻な討論を組織したりする社会的な役割が，専門家には自然に付託されているといえる。

科学が，バラバラの専門をただだんに寄せ集めた集合体にすぎず，普遍的・一般的な科学を議論する能力や資格が個々の市民や科学者や技術者にありえないのであれば，理科離れや科学離れを普遍的・一般的な問題として論じる意味もないわけだが，筆者を含め，それに同意する人は皆無といってよいだろう。国策や産業振興と結びついているからこそ，それからいったん切り離して分析できるのが科学に普遍性や一般性がある意義なのだというを，「お任せ主義」への反省として再確認しておきたい。

もちろん，科学技術に関する国策の誤りの責任のすべてを科学者や技術者が負うわけではないが，専門ゆえいち早く問題に気づける位置にある科学者や技術者による問題提起，タコソボや文系理系のかべ

を越えた自由で批判的で深みのある議論は重要である。批判を受けるのは期待されている証拠だともいえる。自ら理科離れを脱却し，期待に応えることで，あるいは自らの問題意識を重視することで，科学を学ぶ意義を体現できるのだ。

しかし，現実はそのうまくいっていない。

5. 「超専門力」と「エア御用」

原発震災の発生後，政府の情報隠蔽と「御用学者」による加担がメディアを通して多くの市民の目にやきついて，政府や科学者への信頼度は下がった¹¹⁾。人々は複数の情報源をたどり，自ら真偽を判断する必要を痛感した。新聞やテレビが政府や東電の発表をおいかけるのに精いっぱいになった¹²⁾。一方，ネット上では専門を超えて専門を生かす能力（「超専門力」と呼びたい）を発揮してオルタナティブ情報を

発信する市民や科学者が現われた。公的情報とオルタナティブ情報をあわせてようやく真実に迫れる事態となったのだ¹³⁾。

ここでは、超専門力を発揮した科学者を二人あげたい。牧野淳一郎氏（国立天文台、2011年4月から東工大）は、原発震災発生直後から、ネット上の公開日記で、原子力安全基盤機構が地震によって電源が失われ炉心溶融が進んでいく過程をシミュレーションしたレポートを参考にしながら、物理過程としての原発事故の推移を的確に想定した。2011年3月20日の時点で、チェルノブイリに匹敵する放射性物質放出がされていることをいち早く計算し、公表している。それによって、政府の楽観論を越えた過酷事故だということがわかった。

群馬大学教育学部の火山学者、早川由紀夫氏は、火山灰や火山ガスの拡散、降下をとらえる方法を応用し、福島第1原発放射線汚染地図を制作し、ブログで発表、改良を加えていった。汚染状況の広がり、全貌を把握し、ホットスポットやさらに小規模なマイクロホットスポットを探し出す自治体や個人レベルでの測定活動、さらには除染活動をうながす大きな力となった。

「いつ役に立つかわからないから大事」だとされる「基礎科学」（天文学や火山学）が、「超専門力」として予言通り役に立つと証明される機会となった。原発震災発生によって喚起された自らの問題意識を大切に、専門的な経験知と他分野の知見を融合させた情報発信は、人々の知的活動をさらに呼び起こしていったのだ^{註4)}。

註4) 「いつ役に立つかわからないが基礎であるから大事」だと、科学を基礎と応用に分け、知的好奇心を結びつけて基礎科学（純粋科学）を正当化する考えは自明だといえるのだろうか。「いつ役に立つかわからないが、将来必ず役に立つ」という科学の「無限の有用性」の主張は、フランス革命前の啓蒙期にすでにみられる。アカデミーの役割を明確にし、その権威を盤石にしようとの動きの中で、永続的な絶対王権に対し「無限の有用性」が訴えられた（参考：隠岐さや香：科学アカデミーと「有用な科学」（名古屋大学出版会、2011）。日本では、帝国主義的拡張の時代に基礎科学の必要性が説かれ、大阪、九州帝国大学に理学部が設立された（「科学の制度化・体制化」「科学の国家動員」については、湯川秀樹門下生であり科学史に転じた廣重徹：科学の社会史（岩波現代文庫に収録）などに詳しい）。マンハッタン計画の「大成功」と米ソ冷戦は、基礎→応用→実用という考え（リニアモデル）のもと科学者の国家動員をもたらした。「いつ役に立つかわからないが基礎であるから大事」との考えを広げていった（リニアモデルの挫折については、西村吉雄：産学連携——「中央研究所の時代」を越えて（日経BP社、2003））。

情報戦争が生じるなか、いわゆる原子力ムラの利益共同体には属していないのに政府や御用学者のまちがい擁護するような発言をネット上で繰り返す「エア御用」と呼ばれる科学者らの言動が注目された。「エア御用」はギターをもたずに演奏姿を競うエアギターからの転用だと聞く。インターネット上のサイト「御用ウィキ」は、ツイッターや2チャンネル掲示板なども活用し、政府や福島県の委員会、新聞、放送、出版、ネット上での「御用」「エア御用」の活躍ぶりを収集、分析してみせた（残念ながら2012年12月11日をもって閉鎖されてしまった。個人レベルの活動として維持が困難になったものと思われる）。ただし、当時のデータをもとに復元、再活動したサイトも。

水素爆発がおこっても「メルトダウンは生じない」との見解を流し、その見解が無理解によるまちがいだったと明らかになったあとも訂正することなく、その後も、低線量被曝リスクを軽視したり、経済停滞による自殺者増のリスクを無視しているなどと再稼働反対論者を非難したりする飛躍した論を展開し続けている。

得意分野以外への誤解や不勉強は必要に応じて補うほかないだろう。ここで問題なのは、エセ科学を批判しながら、自らはエセ科学的発言を繰り返すという自己撞着にある。それが、大学教授という肩書きゆえなのか許されてしまうのも、科学離れた科学者の現状の一端を示しているといえるだろう。

よりよい政府の活動実現の責任は広い意味ですべての有権者が負うものであり、民主社会において政府が失敗した場合の政治的責任から有権者・市民は逃れられない。そのなかで、専門家集団の相互チェックは科学者の使命の一つだということを忘れてはならない。小悪を叩くエセ科学批判がはたしている役割も確かにあるのだが、より大きな問題として、政府や専門家集団がかかわる大悪を見逃してしまいがちな科学者、科学者コミュニティの残念な現状が隠しようもなくなってしまった¹³⁾。

このように科学や科学者の現状（等身大の姿？）が露わになったのは、科学あるいは科学技術の功罪を自由に語れる市民社会をつくる機会となるのであれば、必ずしも悪くない¹⁴⁾。

以上のように、理科離れが文理問わず根深い現実を明らかにしてきた。その深刻さはまだ十分共有されているとはいいがたい。「超専門力」発揮の場面

は限られている。解決は簡単ではないかもしれないが、筆者の考える大きな方向性をいくつか示しておきたい。

6. 疑問をもてることを励ます

先述の制度としての理科離れ、理科の選択科目化、内容・時間数の大幅削減は、普通科高校で理科4領域を学んだ世代が大人になったときに、(反対論があったものの)決められたものだった^{註5)}。1960年代以降の理科教育は、専門家養成のためにも、原発震災を未然に防ぐ厚みある市民社会をつくるためにも、成功してきたとはいいたい。

では、学べば学ぶほど、理科について見るのも聞くのも嫌になり、自分の分野以外への関心や、社会的問題意識、責任の自覚の薄い専門家を生んでしまう理科教育の改善はどのように実現できるのだろうか。

改善の方向目標の第一は、正解主義からの脱却だろう。理科は暗記科目であるとか、少数の法則によって正解が決まるのがうれしいといった、「理科好き」たちの感想を聞く。基本的な概念、知識を覚え、使いこなして、試験で正解を得られるようになった学習者の抱く感想だ。その一方で、個別の知識が結びついた世界観が生まれずに雑多な知識の暗記に身を費やし、抽象的な法則に実感がともなわないうまま、学ぶ意欲を失っていく学習者も少なくない。前者が成功で後者が失敗だとの見方では事態は改善しないだろう。試験のために正解を得るだけが科学を学ぶ意義ではないからだ。

小中高の理科授業にはまだまだ改善の余地があるが、その改善の方向性をまちがえてはいけない。学べば学ぶほどに知識が増え、世界観が改まるとともに、新たな疑問がわき出してきて、ますます考えて

みたくなる。わかることもわからないことも両方が増えていき、すぐにはわからない疑問につきあえる「思考の肺活量」¹⁵⁾を備えた大人を育むという目標を大事にすべきなのだ^{註7)}。

高校までに学習する理科の内容は、時間をかければだいたいの人がマスターできる。用意ドーンでスタートし、どこまで正解を身につけられたのか、差をつけ「適性」を短時間で判別するための理解スピード競争をすればするほど、理科授業は正解主義に陥る危険性が高まる。正解主義に疑問をもたない、あるいは正解主義に対する形式的な疑問をもててもほかの方法をとれない教師や親は、同様の指導を繰り返す。その結果、せっかく疑問をもてるようになったのに考える気持ちを励まされないまま、「見るのも聞くのもいや」という学習後感が拡大再生産されているのだ^{註6)}。

理論物理学者の佐藤文隆氏は、近著『職業としての科学』(岩波新書、2011)で、「初等中等教育だけでなく高等教育においても、あるいは市民教育においても、科学の教育とは単に科学の成果や業界の情報を覚えることではない。筆者は事あるごとに昔から「宇宙がビッグバンではじまったなどという知識は二束三文の価値もない」といつている。「価値があるのはなぜそう考えられているか」である。自分の頭での推論が腑に落ちる科学知識にこそ意味があるのである」と述べている。

疑問をもたず、まちがうことなく正解を書き込めるのをよしとする選抜型の専門家教育は、他分野からの批判を無視できる「御用学者」を生む温床ともなった。1990年代以降の選択科目化は、選択科目として学ぶ機会を増やすのではなく、大学入試科目を入試目的で学ぶ以外の機会を減らす結果となり、正解主義をますます広げてしまった。

註5) 理系出身の有馬朗人文部大臣(任期1998年7月から99年10月)は、1998年夏の参議院議員立候補(自民党比例区1位)による政治家への転身する前、東京大学総長(1989年から93年)を経て、理化学研究所理事長(1993年から98年)、中央教育審議会会長(1995から98年)に就任、理科時間数削減する2002年学習指導要領づくりの先頭に立った(後藤敏夫まとめ:平成9年度応用物理学会公開講演会「理科教育と科学技術」(有馬朗人先生ご講演要旨)応用物理、第67巻、4号(1998))。ただし、その後、理数削減への反省の述べ、このままでは理数力の崩壊は避けがたいので、総合的学習の時間は教科学習、できれば理数で使うべきだと、提言するにいたった(『論座』2001年9月号)。

註6) 学力評価に関しての問題として、国際学力比較テストPISAの刺激を受けて、知識の量だけでなくその活用能力を問う学力観が日本でも受け入れられつつある。しかしそれでも、学習者の孤立した能力を測定している点で、学力観やその評価法は現実離れしている。東日本大震災・原発震災後、政府や御用学者の情報の偏りを見抜き、オルタナティブ情報発信によって、真実に接近していった「市民科学リテラシー」もネットワークで達成されたものであった。疑問を抱き、自らあるいはネットワークで解決する能力こそが、求められる学力として意識され、評価されるようになるべきだ。

7. 疑問をもてることを励ます授業例

次ページの例は、富山大学人間発達科学部附属小学校橋本大一郎教諭による6年生「人の体のつくりと働き」の実践である。既習事項や生活経験をいかしながら消化や呼吸について13時間学んだ後、心臓から送り出される「血液は本当に隅々まで流れているのだろうか」との子どもの問題意識を高めたところで、血流スコープで指先の皮膚を拡大、毛細血管の流れを観察する研究授業を2012年6月に実施した。

一部を紹介した「授業各回まとめポスター」だけでも、さまざまな観察が用意されているのがおわかりいただけるだろう。たんに実験・観察によって経験を重ねるだけでなく、知識が増えることによって生まれてきた疑問の答えを探りながら理解を深めるとともに、つぎなる疑問をみつけていく流れができあがっている点に注目したい。

「イワシの体の中はどうなっているのか」では、胃と腸の内容物を見比べることで素朴に理解していた「消化」という過程が実感される。「特別に指示をするわけでもないのに、神経や脳、眼球のレンズである水晶体を細かく探り出す児童がでてくる」（橋本教諭）のは、経験や既習の知識がほんとうなのだろうか、実物のすがたを確認してみたいという疑問あるいは願いの現われだと考えられる。その次の「魚の体の中で、食べ物はどのようになっているのだろうか？」の時間で、ヒトの消化管の実物長のモデルを示した途端、サカナでの学習がヒトの体のしくみを知りたいという思いを高めていく。

デンプンの唾液による糖への消化、胃液によるタンパク質の消化を学び、腸の膜にみたてたセロハンをデンプンが消化されブドウ糖になると通り抜ける現象を確かめる何回かの授業を経て、自分たちの呼吸を気体検知管に通すことで呼吸によって、酸素が消費され二酸化炭素が発生している事実を知る。

その次の時間「魚がパクパクするのはどうしてだろうか」では、直前の時間で学んだ知識を生かし「酸素が少ない」との予想が立てられ、ほんとうにそうなのか二酸化炭素の発生を既習事項である石灰水の性質で調べてみようという提案がでてくる。毒性のある石灰水ではうまくいかないの、どうすればよいのか、課題解決に詰まってしまったとき、教

師から提供するBTB溶液というヒントによって、二酸化炭素の発生を確認すると、そのころまでに児童たちは自然な流れのなかで「金魚がパクパクしない方法を試してみよう」という実験課題をいわれる前にみいだすようになっている。

「このままでは苦しくなって金魚が死んでしまう。どうすればよいのだろうか？」と児童たちは、「酸素を入れる」「エアーポンプを入れる」「水草を入れる」といった方法で、自分たちの考えの検証を試み始めていく。このように疑問をもつこと、その主体的解決が励まされている状況では、石灰水に加えて二酸化炭素の検出試薬として中学校理科で登場するBTB溶液が小学校の段階ででてきても、児童たちはとくに苦もなく両者の特性のちがいや利用価値を受け止めることになる。

血液が酸素や二酸化炭素、消化によって取り入れられた栄養分を運ぶ役割をもっている事実を実感した児童たちは、心臓の拍動や拍出、弁のはたらき、血液のゆくえに関心や疑問を広げていくことになる。全身に行き渡るのはずの血液が、毛細血管のなかをじわりじわりと進んでいく姿を血流スコープで確認した児童たちは、ミクロなレベルでの人体のはたらきへと関心や疑問を抱くようになっていこう（「細胞」概念を示すことで検証できるにちがいない）。

教科書に書いてある以上の豊富な事実があるからこそ、ヒトのからだのしくみの本質的な理解のために疑問をもって探究的に主体的に学べる授業の流れが、橋本教諭によって工夫されている¹⁶⁾。

もちろん、役に立つ知識の定着も重要である。小学校、中学校、高校といくらか学習機会がある「モーメント」や「キルヒホッフの法則」など覚えておいて損のない現象論的な基本概念について、ことばが提示されないまま定着の機会を先延ばしにしてしまい、結果的に物理への苦手意識を生みだしてしまっている問題も改善したい。正解主義のある種の反動として授業者や教育行政側が抱く、覚える用語を減らそうという意識がはたらいているために、学習者の利益が損なわれている例だと考えられる。

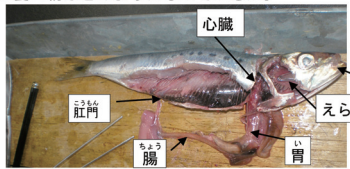
例えば、豆電球で電流が消費されてなくなるという素朴概念は、小中学校の学習を経てもなかなか克服されない。そこで、「各点に流れ込む電流と流れ出す電流の総和は等しい」というキルヒホッフの法則によって記述される基本的な電流の性質を、実験を通し経験的に学習するとともに、ことばによって

知識が増えるとともに新たな疑問がわきだす理科授業を

5月25日
今日の問題
イワシの体の中はどうなっているだろうか。

○観察の視点
・体のつくりはどうなっているか。
・食べ物はどのようになっているか。

魚の消化管
口→胃→幽門垂→腸→肛門



心臓
口
えら
胃
腸
肛門

腸を伸ばすと
胃の中は、固形物があった。
腸の中は、ドロドロしていた。

比べてみると
あれっ、胃と腸を比べてみると、食べ物の状態が違うぞ。

5月29日
今日の問題
魚の体の中で、食べ物はどのようになっているのだろう

わー、長い！



茶色っぽくて、1つの個体
ドロドロの液体状
顕微鏡で見ると、頭みたいなものが・・・

このことを消化という
体内に取り込んだ食物を、吸収可能な液体状にして、取り入れやすくする。
(国語辞書より)

人間はどうなっているのだろう

模型のタロウ君のおなかの中から
こんなに長い消化管が出てきた！

6月6日・7日
今日の問題
魚がバクバクするのはどうしてだろうか

せまい、かわいそう！

予想
酸素が少ない

酸素を取り入れる 二酸化炭素を出す
BTB実験 二酸化炭素を送ると・・・
青色から黄色へ

実験 BTB溶液の中に金魚を入れてみよう
結果 BTB溶液が黄色くなった。やっぱり二酸化炭素を出している。

実験金魚がバクバクしない方法を試してみよう
・酸素を入れる ・エアポンプを入れる ・水草を入れる

酸素を入れるとバクバクしなくなった。やっぱり酸素が必要なんだ。
まとめ 酸素を取り入れ、二酸化炭素を出すことを呼吸という

6月12・13日
今日の問題
血液はどのように流れているのだろうか。

血液を流しているのは心臓
その証拠
心臓の音、脈(手首、首)
トクトクトク、ドクドクン
一定のリズムで
脈の回数
60回以下 1人
61~70回 2人
71~80回 13人
81~90回 13人
90回以上 1人

心臓はどうやって血液を送っているのだろう。

豚の心臓を観察しよう。

心臓が4つの部屋に分かれている
心臓は、ポンプの役目をしている。
1分間に約80回のドクン(はく動)
1回のはく動の血液量 約70ml
1分間のはく動の血液量 約5.6L
1時間のはく動の血液量 約330L
1日のはく動の血液量 約8000L
1年のはく動の血液量 約3000000L
一生にはく動する回数 22億回~25億回

心臓から出る血管は太い!
逆流しない弁がある

富山大学人間発達科学部附属小学校橋本大一郎教諭による6年生「人の体のつくりと働き」授業各回まとめを大判で教室に掲示するポスター。子どもたちはさまざまな観察によって生まれてきた疑問の答えを探りながら理解を深めるとともに、つぎなる疑問をみつけていく(本文でその流れを説明した)。

理科教育に情熱を注ぐ橋本氏も、大学時代を文理にあえて分ければ「文系」。高校・大学時代の経験にこだわりすぎることなく、理系だろうと文系だろうと大事なことは学びあい、ネットワークで協力し合えるようになるのが大切だ。

血流スコープによる観察によって、なぜ毛細血管になるのか、ミクロな細胞への血液循環という本質に気づくのもすぐそこだ。



意識して素朴概念と対比させてみたい。

素朴概念どおりにはいかないために生じる疑問をいかした、思考過程のある学習活動を通し、電流の性質が理解され定着し、自然認識が改まっていくだろう。富山大学人間発達科学部附属小学校2012年春の研究会、澤柿教淳教諭による4年生「電流のはたらき」は、キルヒホッフの法則の児童自身による再発見を意識したものであった。

科学リテラシー論、理科離れ論の落とし穴は、限られた専門からみて、他者の知らないこと、わからないこと存在ばかりを問題視してしまいがちな点にある。わかることの意義、わかることによって疑問をもてることを尊重し、はげます態度は、専門の異なる専門家同士がやりとりする際にも重要であり、科学者の科学離れの解決にも、問題解決に向けた「超専門力」発揮にも役立つだろう。

近年、日本の理科学習指導要領づくりに中心的な役割を担っている広島大学のグループが共同執筆した『理科教育学概論』（大学教育出版、2007）「はじめに」に以下の課題が指摘されている。「…中等理科では、急速に発展する自然科学や科学技術に対応するため常に新しい知識を取り入れて学習内容を改新し、レベルアップすることが求められる。しかしその際、不用意に新知識を導入して学習内容のレベルアップを行うと、理解が難しくなり“理科嫌い”“理科離れ”の増大につながる恐れがある」との指摘だ。

これは確かに一面の真理ではあるが、この課題の解決の方向性は、内容を豊かにするレベルアップを正解主義のもとで断念するのではなく、理科を学ぶことで具体的な疑問を抱いたり、指摘したりできるようになり、高等教育や実務、社会参加を通してネッ

註6) 学力評価に関する問題として、国際学力比較テストPISAの刺激を受けて、知識の量だけでなくその活用能力を問う学力観が日本でも受け入れられつつある。しかしそれでも、学習者の孤立した能力を測定している点で、学力観やその評価法は現実離れしている。東日本大震災・原発震災後、政府や御用学者の情報の偏りを見抜き、オルタナティブ情報発信によって、真実に接近していった「市民科学リテラシー」もネットワークで達成されたものであった。疑問を抱き、自らあるいはネットワークで解決する能力こそが、求められる学力として意識され、評価されるようになるべきだ。

トワークで問題解決できるようになるという方向目標の設定をよしとするかどうかにかかっているのではないだろうか（註⁶⁾で述べた学習達成度の評価法改革とも関係する^{註7)}）。

8. 科学者にも社会リテラシーを

専門以外の知識や見識の不足は、理系分野に限らない。このような科学者のリテラシー不足に気づいた総合研究大学院大学の平田光司氏（大学院時代の専門は素粒子物理学）は、1999年から一般市民の科学リテラシーよりも優先すべき科学者の社会リテラシー向上のための共同研究を開始、大学院レベルでの分野間交流と科学技術社会論教育の重要性を示している¹⁷⁾。

筆者たちによるサイエンス・ライティング講座や大学・大学院での実践も、ふだんのゼミや学会とは異なる、専門外の読者、相手とのコミュニケーションを深めるプログラムだ¹⁸⁾。研究室のゼミや学会では、一般に経験知の豊富な相手に向けて、最新の成果を報告する。そもそもなぜその研究をしているのかといった基本的な枠組みが自明とされていれば、発表準備の際に出発点や本質的な目的にまで立ち返る必要はない。

ところが、専門が異なる相手によく知っているはずの自身の研究を紹介しようとする時、科学全体あるいは広い世間のなかでの自身の研究の特徴や位置付けについての理解が大事だと気づかされ、自身の研究を客観的にみつめなおす機会ともなる。理系研究者の他分野との交流は、新たな分野を開拓していく研究者教育においても有効だろう。

註7) なお、事例を紹介した富山大学人間発達附属小学校での橋本大一郎、澤柿教淳両教諭が豊かな教材を工夫して実践している、知識が増えるとともに新たな疑問がわきだす一連の理科授業に対し、「附属小学校だからできる授業であり、一般の小学校では児童にとってむずかしすぎる」との意見が、公開授業を視察した際に、文部科学省で学習指導要領づくりにかかわっている理科教育研究者から寄せられたことがある。この指摘は検証すべき問題だと考える。一般の小学校だからこそ、このような豊かな教材を通して児童が主体的に学べる可能性もある。検証によって一般の小学校でも有効であると確かめられた場合、検定教科書にあわせて内容を減らすのではなく、児童の実態にあわせて豊かな教材を用いた授業を実現するための教員支援が課題だということになる。

9. あくまで市民科学リテラシーのために

市民科学者として原子力問題に取り組んできた高木仁三郎は、遺言ともいえる『科学』800号巻頭言のなかで、「科学者たちは、まず、市民の不安を共有するところから始めるべきだ。そうでなくては、たとえいかに理科教育に工夫を施してみても、若者たちの"理科離れ"はいつそう進み、社会（市民）の支持を失った科学は活力を失うであろう」と述べている¹⁹⁾。科学技術の正の面ばかりを強調するホワイト科学コミュニケーションだけでは、理科離れ問題は解決しないだろう。自然科学を学ぶだけでは、市民科学リテラシーは自動的に発揮されない。学習内容をいかして社会問題に取り組むようになるためには、学習者や授業者が意識して越えねばならない障壁がある²⁰⁾。

市民が不安を抱くような科学や技術のかかわる社会問題について、義務教育、中等、高等教育のなかで調べたり、議論したりするブラック科学コミュニケーションの要素を含む学習機会を増やし、得意分野や専門をまたぎネットワークで問題解決に取り組めるよう市民社会の厚みを増やしていきたい。市民社会との共同は、科学の専門家教育のなかでは、究極の異分野交流の機会、「超専門力」発揮へのヒントにであえる機会ともなるだろう。

ここまで科学者のリテラシーの不足をいろいろな事例を通して指摘してきた。だがそれは、批判のための批判では決してない。理科教育にも一般市民や科学者の科学リテラシーにも社会リテラシーにも、改善点はあるが蓄積もある。だからこそ、それによって問題解決へ踏み出す余地も大きいのだ。

文献

- 1) 林 衛：科学教育と科学ジャーナリズムの可能性，大学の物理教育，2002-2号
- 2) 林 衛・加藤和人・佐倉 統：なぜいま「科学コミュニケーション」なのか？，生物の科学 遺伝，2005年1月号（科学コミュニケーション特集号—特集にあたって）30-34；林 衛：総合科学雑誌による公共圏構築，梶雅範ほか共編『科学技術コミュニケーション入門—科学・技術の現場と社会をつなぐ』，（培風館，2009）167-170
- 3) 例えば，林 衛：あとがき，松本謙一編著：自然読解力をはぐくむ授業と教材提示（学校図書，2009）
- 4) 東京大学サイエンスコミュニケーションサークル CAST 著：東大生がおしえてくれたアタマがよくなる科学おもちゃ&手品（宝島社，2012）
- 5) その立ち上げ時期の報告として，五十嵐由子・林 衛：国立立山青少年自然の家で星空ガイド—学生による世界天文年その2，天文教育103，33（2010）
- 6) 兵頭俊夫：日本物理学会誌60，811（2005）
- 7) 林 衛：「科学者の科学離れ」でよいのか（2011）名古屋大学 SPS 電子版コラム
- 8) 林 衛：原発震災を引き起こした「科学者の科学離れ」（2011）名古屋大学 SPS 電子版コラム
- 9) 連載のまとめが、『科学』編集部編・室崎益輝・藤田和夫ほか著：大震災以後（岩波書店，1998）
- 10) 資源エネルギー庁公益事業部原子力発電安全企画審査課長：雑誌「科学」10月号に掲載された石橋克彦氏の論文に対する見解について（回答）1997年12月24日付静岡県総務部防災局長宛；科学7月号（2011）に転載
- 11) 例えば，科学技術白書（2012）
- 12) 例えば，毎日新聞2011年10月16日「開かれた新聞委員会」座談会
- 13) この問題については，林 衛：「御用ジャーナリズム」イメージはどこからきたのか，市民研通信（電子版）2011年9月，低線量被曝問題はなぜ混乱が続くのか，市民研通信（電子版）2012年3月，福島原発報道の検証—オルタナティブ情報発信の役割を中心に，2011年と2012年のSTS学会講演資料（富山大学学術機関リポジトリに収録）；「放射線被曝情報の誤解と混乱は、なぜ生じたか？」，日本科学技術ジャーナリスト会議編，4つの「原発事故調」を比較・検証する—福島原発事故 13のなぜ？9+章，水曜社（2012）
- 14) 平川秀幸：科学は誰のものか—社会の側から問い直す，生活人新書（NHK 出版，2010）
- 15) 鷲田清一：わかりやすいはわかりにくい？臨床哲学講座（ちくま新書，2010）
- 16) 戦後日本の理科教育の実践の中で，学習者の認識の順次性に沿った課題提示と討論，実験による検証の繰り返しによって系統的に物質概念を身につけるプログラムを開発した玉田泰太郎氏らの業

績は、疑問をもてることをはげます授業づくりのためにも大いに参考になるだろう（例えば、林衛ほか：人間の認識をどう育むか——人間発達科学部「ゼミナール」での玉田泰太郎小学校理科実践の分析から、富山大学人間発達科学部附属実践センター紀要（2008）；林衛：玉田実践を科学リテラシー育成に生かそう，理科教室 1月号（2010）参照）。

- 17) 総合研究大学院大学共同研究「科学と社会」の報告書の電子化・公開が、同大学機関リポジトリで進んでいる。このほかにも、タコツボ化からの脱却をめざす試みがある。例えば、岡村秀樹ほか：理学専攻学生を対象とした取り組み「社会の中の科学」にみる科学に対する意識、第53回応用物理学関係連合講演会予稿集，23a-P2-2/I, p.449（2006春）
- 18) その一端は、林 衛・西村尚子：サイエンス・ライティング 2-ストーリーの立て方・専門用語の取り回し，千葉和義・仲矢史雄・真島秀行編著，サイエンスコミュニケーション——科学を伝える5つの技法（日本評論社，2007）
- 19) 高木仁三郎：市民の不安を共有する，科学，3月号（1999）は，ホームページでも公開されているのでぜひ目を通していただきたい。
- 20) 林 衛：市民社会における理科教育・科学コミュニケーションの目的——原発震災の経験をふまえて，日本理科教育学会北陸支部大会（新潟大学教育学部）発表要旨（2012）でも簡単に触れているが，詳細を2012年1月5日科学教育研究協議会全国研究会で「科学リテラシーは自動的に発揮されない」として報告。

（2012年10月22日受付）

（2012年12月19日受理）

