

イギリスにおける科学的リテラシーに関する歴史と現状

Conception of Scientific Literacy in England: an historical perspective

磯崎 哲夫

ISOZAKI Tetsuo

広島大学大学院教育学研究科

Hiroshima University

[要約] 本小論では、イギリスの科学教育史において、科学的リテラシーに関わる用語がどのようなスローガンや目的として掲げられてきたのかを歴史的に素描し、その歴史的な流れの中で今日、それがどのような意味をなしているのかについて検討した。20世紀初頭には、'Science for All'がすでに明確に学校教育を対象にスローガンとして掲げられた。1985年のボドマーレポートを契機に'public understanding of science'が学校教育を含む生涯教育（生涯学習）の文脈で論じられている。そして、これ以降、主として学校教育の文脈において'scientific literacy'について議論されるようになった。'Science for All'、'public understanding of science'、'scientific literacy'どれをとっても、単なる理想論のみを説いたものではなく、その目的に適合するように実践への取り組み、例えば、カリキュラムやシラバスの具体的な提案、アクションプランの策定など、が伴っていることは歴史的に認められる。

はじめに

ソロモン (Solomon, J.) は、過去20年くらいの間にアメリカにおいて'scientific literacy'という用語が一般的に用いられるようになったこと、その意味は、若干違うところはあるものの、1985年の王立協会 (Royal Society) による報告書 (ボドマーレポート) においてもほぼ用いられていた'public understanding of science'と類似性があること、また、ヨーロッパ諸国では同じような用語として'scientific culture'があり、それは現在では'raising public awareness of science and technology'に置き換わっていること、などを指摘している¹⁾。

イギリス (主としてイングランドとウェールズ) における'scientific literacy'や'public understanding of science'の詳細な意味や定義については後に検討するとして、これらの意味が内包する要素として、すべての人が学ぶべき科学に関する知識やスキル (skills) などがあり、科学教育の目的のひとつとして、あるいはスローガンや理念としてこれらの用語が標榜される、と仮に考えるならば、同じような考えは、イギリスにおいて科学教育の制度化²⁾の過程である19世紀の中頃にまで遡ることができる。

以下では、イギリスの科学教育史における科学教育の目的を歴史的に素描することを通して、'scientific literacy'や'public understanding of science'あるいは古くから標榜されていた'Science for All'といったものの本質について概観してみたい。この作業を通して、わが国の科学技術リテラシー像構築のための何らかの示唆を得たい。

I 科学教育の制度化における科学教育の目的

産業革命による社会変革により、科学の存在意義や価値が次第に社会的に認識されるようになってくると、広義の意味での科学者や教育思想家などを中心に学校教育としての科学教育の必要性が説かれ、それが社会的に認知され学校において少しずつ科学が教えられるようになっていった。

こうした状況の中、大英科学振興協会（British Association for the Advancement of Science）は、1867年度の年次報告書において、科学教育の目的を科学的情報（scientific information）と科学的訓練（scientific training）として区分し、それぞれを科学的事実の学問的な獲得と能力ある教師の指導のもとで直接経験的に事実を学ぶことにより得られる科学的方法に関する知識とした³⁾。

しかしながら、社会階級をあまり意識せずすべての人を対象とした科学教育の目的を提唱したのは、当時の科学教育のオピニオンリーダーであったハクスレー（Huxley, T.H.）であった⁴⁾。彼は、まず教育を「知性に対して自然の諸法則を教える」と定義するとともに、自由教育（liberal education）を兼ね備えた理想的な人間像を描き出した。そして、その人間形成に果たす科学教育の価値を3つの立場で捉えた。すなわち、①一般教養的価値、②実用的価値、③専門家養成の準備教育としての価値、である。このように考える彼は、実生活における諸活動を想定し、科学の一般的性質の把握（a grasp of the general character of science）と科学の方法（the methods of all sciences）による訓練を目的として掲げるとともに、科学は教えられるものにあらず、子ども自らが事実と直面して観察し、比較し、帰納し、演繹するべきものである、と子どもの自己活動を重視する科学教育を主張した。

彼は、その科学教育の目的に適合させて内容についても論じている。まず、百科全書的な内容の知識注入を強く批判し、学習内容を、総合的内容に関する初歩的段階と、それを基礎としその上で展開される分科科学の2つの段階に分けて教授すべきであるという強い信念があった。前者に関しては、その範をドイツの'Erdkunde'に求め、自らも"Physiography"を著した。それは自然現象についての概観であり、この学習を通して子どもの知的で科学的な探究心を培うことを意図しており、その後の体系的な自然諸科学の準備であると位置づけられた。後者に関しては、科学を大きく二区分し、「自然の形態と、形態相互の関係を扱う分野」の代表として植物学を、「主として因果関係を扱う分野」の代表として物理学の学習を推奨した。これら以外にも、2つの分野が混在するものとして化学と生理学が学習されることを望んだ。

当時は、'Science for All'や'public understanding of science'あるいは'scientific literacy'という言葉は存在しなかったけれども、もし、これらがすべての人が学ぶべき科学に関する知識やスキルなどが含まれると考えるならば、基本的な考え方はこの時代に基礎づけがなされていたと言ってもよいであろう。

II 科学教育の目的としての'Science for All'

1. 'Science for All'の標榜

20世紀になると、パブリックスクール科学教師協会（Association for Public School Masters）は、1916年に"Science for All"を刊行した。これは、はじめて文書化され科学教育の目的や理念として明確に'Science for All'を標榜したものであり、具体的内容としては従前の物理、化学偏重のカリキュラムから生物や科学史なども含める幅広い内容から構想されていた。しかしながら、この'Science for All'の主たる対象は、大学進学が主目的のパブリックスクールの生徒を対象としており、基本的にはイギリス全体からすればごく限られた範囲でしか適用されないものであった。

ここに示された科学教育は、科学の形式陶冶と実質陶冶のバランスを目指すものであり、一般教

育としての科学教育という考え方であった。このような考え方は、中等教育が拡大し始めた頃の1918年に公表された首相の諮問委員会の報告書においても支持され、「16歳までのすべての青少年少女は、その学校教育の中で科学を学習する機会が与えられるべきである」⁵⁾と、中央政府の公の報告書において初めて勧告された。ただ、これは「すべての人に(それぞれの所属する学校において、彼/彼女らにふさわしい)科学を(教える)」という意味合いでの文脈であったと推察される。

この時代の‘Science for All’の理念は、当時の生活経験主義的総合科学としてのゼネラル・サイエンス (general science) に強い影響を及ぼすこととなった。

2. 教育の現代化と‘Science for All’の変容

第二次世界大戦後の世界的な教育の現代化運動の時代においては、急速に発展する科学や技術と、その社会や実生活における役割の増大などを踏まえ、改めて‘Science for All’が強く標榜されることとなった。

この時代、イギリスにおける教育の現代化を推進したのは、ナフィールド財団であり、科学教育に関しては科学教授計画 (Nuffield Foundation Science Teaching Project) が実施された。その中心目標は、「‘Science for All’であり、単に未来の専門家だけではなく、未来社会に生きる市民のためのもの」⁶⁾であった。ナフィールド財団科学教授計画では、基本的には科学主義的傾向が強く、科学的方法による訓練や探究活動が重視されていたが、そこには一般教育としての科学教育という伝統的な姿勢は決して忘れられてはいなかった。

ナフィールド財団科学教授計画の初期の段階では、‘Science for All’として分科科学が強く志向され、同学年齢層の上位20%を対象としたOレベルの分科科学カリキュラム開発から着手されることとなった。この計画が進展するに連れて、次第に学校種、生徒の能力や適性に応じた多様なコースが開発されることになり、総合的科学カリキュラムの開発が進められた。その背景には、①科学や技術の世界における責任ある市民の育成の必要や科学や技術への批判や懐疑に見られる社会からの要請、②生徒のニーズ、③総合制中等学校 (comprehensive school) の普及、④分科科学では科目間の調整がはかれないという教科の本質、などの理由から総合的科学に対する要請の高まりがあった⁷⁾。

さらなる厳密な分析を要するけれども、おそらくこの時代をターニングポイントとして‘Science for All’は、「すべての人に科学を」の文脈から「万人のための科学 (はどうあるべきか)」という文脈へ次第に変容し始めたように思われる。

3. 教育改革と新しい意味の‘Science for All’

1970年代の後半にもなると、生徒の年齢 (age)、能力 (ability)、適性 (attitude) (いわゆる3A’s) を重視した教育や科目選択制に対する諸問題が大きくクローズアップされるようになっていった。この諸問題とは、①科学諸科目の未履修者の存在 (科学に対する生徒の関心の低下)、②科学諸科目間における選択履修の偏り、③選択科目による性差、④初等中等教育や中等教育内における連続性などである。このような問題は、科学教育界だけに限られたわけではなく、科学界 (学術界) はもとより、行政府からもそれに対する適切な対処が求められるようになった。

このような状況において、1985年に教育科学省 (現在、教育スキル省) は、今後のイギリスの科学教育の方向性を示した“*Science 5-16: A statement policy*”を公表した。この中で、「中等教育段階の科学教育における国家の政策の中心的課題は、すべての生徒に、中等教育5年間を通じて、彼/彼

女らの能力、そして適性に応じた幅広い科学教育を提供することである」⁸⁾と表明され、改めて‘Science for All’が強く求められることとなった。そして、これ以降、科学カリキュラムのあり方を明確に示す意味で、‘a broadly and balanced science for all’や‘balanced science for all’といった表現もなされるようになった。

ところで、この‘balanced science’とは、何を意味するのであろうか。ある考え方によれば⁹⁾、カリキュラム構成においては「内容」、「プロセス」、「文脈」の3つの要素を考える必要があり、それらは分離独立した要素と見なすべきではないとされる。「文脈」については、子ども個人、社会、学校のカリキュラム全体という側面があり、子ども個人に関しては、子どもの学習に対する興味関心を喚起させること、子どもには固有の自然認識があることを理解すること、子どもに対する関連性を考慮すること、などが必要とされている。社会に関する文脈では、伝統的に学校の科学は実験室活動として学習されており、社会から遊離し、社会的問題や人間の価値観からも切り離されているという批判があり、民主主義社会における意思決定においても、科学の社会的、道徳的問題等も取り入れるべきであると考えられている。「内容」に関しては、その取捨選択の基準や「文脈」と「プロセス」との関連について、次の7つの点が指摘されている。①子どもが知ることができるものであり、子どもの経験に関連していること、②子どもが科学的知識は有用であり、応用することができ、現実的なものであることに気づくことができるようにすること、③子どもが認識を深めたり楽しみを増すために、自然物や人工物など子どもを取り巻く世界について知ったり、理解したりすることができること、④子どもが確信を持って職業選択をできるようにするため、現実の知識、概念、理論を取り扱うバランスのある科学諸分野を含むこと、⑤環境汚染、エネルギー生成、国家的全地球的資源のようにわれわれの社会において問題となっていることに関する科学的知識を子どもが持つことができるようにすること、⑥獲得した知識を利用して、自身、忍耐力、イニシアティブといった個人的能力や態度が発達できるようになること、⑦科学的知識には限界があり、有用的知識の唯一の形式ではないことを理解すること。

ここに示されたいくつかの事柄に関しては、後述する‘public understanding of science’や‘scientific literacy’の議論においても指摘されたことと相通じるところがある。

さらに、義務教育段階（5歳から16歳）において公立学校に通うすべての子どもが科学を学ぶこととなった、1989年から導入されたナショナル・カリキュラム（National Curriculum）の原案作成段階においても、‘Science for All’が強く志向され、その‘All’とは男女の差を問わず、また、民族的背景や知的能力に関わらず初等学校および中等学校のすべての児童・生徒を意味していた。ただし、ナショナル・カリキュラムは、私立学校（independent schools）は対象外である。

以上のように‘Science for All’の歴史的展開を素描すると、時代により‘science’や‘all’の意味するところは必ずしも同じではないこと、また、そのスローガンは、いわゆる「すべての人に科学を（教える）」という文脈と「万人のための科学（はどうあるべきか）」という文脈があったこと、なども指摘しておかねばならないであろう。加えて、‘Science for All’の標榜とその実現に向けての取り組みは、歴史的に理科教師を中心とした科学教育関係者たちによってなされていった（for science teachers by science teachers）ことは、イギリスの歴史的伝統のひとつとして指摘しておかねばならない。

Ⅲ 'public understanding of science'の提唱と科学教育の新しい展開

1. 'public understanding of science'の提唱と背景

サッチャー (Thatcher, M.) 保守党による様々な改革が強力に推進され始めた 1980 年代前半に、王立協会(Royal Society)はピット卿(Sir Pitt. H.)を議長とした小委員会を開いた。ここでは、①主にイングランド、ウェールズの中学校における科学の授業や学外試験について、②訓練された人材の雇用について、③適当に訓練された人材を適切に供給することを保証する方法について、などが諮問された。このような委員会が開かれた背景のひとつとして、イギリスの社会・経済の停滞の建て直しを図る打開策として教育に対する関心が高まっていたことが挙げられる。ここで協議された内容は、1982 年 11 月に“SCIENCE EDUCATION 11-18 in England and Wales”¹⁰⁾として公表された。

この報告書の第 1 章「学校への要求」では、イギリスの学校教育に対する期待として、以下のことが示されている。

「政府は学校カリキュラムについて、政策はおろかガイドラインでさえも定めることに対してとても慎重になっているという伝統がある。

しかしながら、地方教育当局(Local Education Authority)や学校評議会(School Councils)、試験団体(Examinations Boards)といった別のチャンネルがあり、それ意外にも、報道機関や他のメディアにおいて、あるいは保護者、教師、子どもまた広く一般市民の態度において、認められる明白ではないが影響力のある「思潮 (climate of opinion)」などもそうである。 (中略)

一般市民の(科学に対する悲観的な)態度は、ただ混乱させ、多くの無視や誤った情報に基づいているものではなく、むしろ心配、嫌悪、率直に言えば敵意といった感情が込められている。(中略) 科学教育について分別があり、バランスのとれた一般市民の意見が、科学やその社会における役割についての認識や啓蒙の発達に依存していることも明らかである。 (中略) 新聞やテレビ、ラジオによって一般市民が受ける、科学の理解に対する影響は大きい。」(p.9) (下線は筆者による)

当時の科学に対する一般市民の理解度や科学教育の果たすべき役割について簡潔に述べられているが、このような現状を踏まえて、「政府に対して」、「LEA、学校、教師に対して」など科学教育に関係する各方面に対してそれぞれ勧告がなされている。しかしながら、この報告書では、一般市民や子どもたちの科学の理解力を増進するための具体的戦略については、十分な議論が行われておらず、「王立協会の協議会は、'public understanding of science' (公衆の科学理解) を高める方法を調査するために特別小委員会を設立すべきである。」(p.73.)という勧告がなされた程度であった。

いずれにしても、'public understanding of science'の標榜とその取り組みの始まりは、主として科学者の主導であった。

2. “The Public understanding of science ” (ボドマーレポート)¹¹⁾の概要

その後、王立協会はこの勧告に従って、1983 年 4 月にボドマー(Bodmer, W.F.) (オックスフォード大学) を議長とする特別小委員会を招集した。

この特別小委員会には、科学者であるボドマーを始めとして、報道会社のアッテンボロー卿(Sir Attenborough, D.)や科学社会学者のザイマン(Ziman, J. M.)といったように、ジャーナリストや科学者、産業家、政治家といった広範囲の専門家から意見徴集を行った。ただし、これらの委員に必ずしも科学を専門としない一般市民は含まれていなかった。

この小委員会に委託された内容は以下に示す 4 点であった。

①イギリスにおける科学や技術の公衆理解の本質や程度、また先進的で工業化された民主主義

社会に対するその妥当性について再検討すること。

②科学、技術、社会におけるそれらの役割についての公衆理解に影響を及ぼすメカニズムを再検討すること。

③（科学の公衆理解を実施する際の）コミュニケーションの過程における制約と、どのようにしてそれらを克服するかについて考察すること。

④協議会に報告し、勧告を行うこと。

これらの内容について着手した小委員会は、1985年に報告書“*The Public understanding of science*”（この報告書は議長の名前をとってボドマーレポート(*Bodmer report*)とも呼ばれており、以下、ボドマーレポートと称す）を公表した。以下では、この報告書に関して、大きく3つの視点から検討してみよう。

（1）ボドマーレポートにおける‘Science’・‘Understanding’・‘The Public’の語義

ボドマーレポートでは、以下のような解釈がなされている。

表1 ‘The Public understanding of science’の語義

‘Science’：数学、技術、工学、医療を幅広く含んでおり、自然界の系統的調査やそのような調査に由来する知識の実践的応用から成り立っている。
‘Understanding’：単に事実の知識・理解ということではなく、科学的活動・探究といった自然に関する理解を含んでいるもの。「理解」の程度は、個人の仕事や責任といった、目的に依存している。
‘The Public’：主に科学を専門としない一般市民のことを指し、一般市民は以下に示す5つの機能的なカテゴリーに分類できる。このカテゴリー毎に、科学の理解が重要であると考えられる理由は異なっており、理解するアプローチもまた異なっている。
①個人的満足や充足のための一私人
②民主主義社会の一員として、市民の義務に参加する一市民
③科学的領域や特殊技術を必要とする仕事に従事する人達
④中間管理職や専門職業、労働組合に雇用されている人々
⑤産業界や政府において、われわれの社会における主な意思決定を行う責任ある人々

（2）‘public understanding of science’を促進する理由

次に、‘public understanding of science’を促進する理由として、ボドマーレポートでは、概ね以下に示す理由が指摘されている。

■科学の公衆理解は一般市民の個人的な意思決定を促進し、個人の生活を豊かにするという点で国家の繁栄を助長する主な要因となりうる。

■よりよい科学の公衆理解と国家の繁栄には強い関連がある。

■責任ある立場の人が科学や技術をより理解することで、（主要な産業における）競争においてかなり優位に立つことができる。

■科学を理解することは、（イギリス）議会にとっても強い影響がある。

■科学の全般的な理解は、一般市民の意思決定の質を大きく促進する。

■政府や公務員の上級職が科学をよりよく理解することにより、科学に関するよりよい政策がもたらされる。

■科学の理解は個人や彼／彼女の私生活にとっても重要である。例えば、食事、喫煙、予防接種などは科学の根底にあるいくつかの理解によって有益となる。

そして、これらの理由をもとにして、表1に示した5つのカテゴリーに分類される一般市民が、科学を理解することの重要性について以下のように結論づけられている。

- ①一人にとっては、彼／彼女らの個人的充足や幸福のため。
- ②個人にとっては、民主主義社会に参加するため。
- ③スキルを持った労働者にとっては、なにがしかの科学的な関わりを持つため。
- ④中級管理職や専門的職業、労働組合にとっては、科学に関わる環境に関する意思決定を助けるため。
- ⑤とりわけ、産業界や政府において責任のある立場の人々にとっては、（政策決定に関して）科学的、技術的な側面を含む問題に対する意思決定のため。

（3）'public understanding of science'に影響を与える要素

さらに、ボドマーレポートでは、'public understanding of science'に影響を及ぼす主要要素として、以下に示す8点に焦点が当てられている。

- ①学校教育(formal education)
- ②マスメディア(mass media)
- ③科学者共同体(scientific community)
- ④公開講座(public lectures)
- ⑤子どもの活動(children's activity)
- ⑥博物館(museums)
- ⑦図書館(libraries)
- ⑧産業界(industry)

これらの要素のそれぞれについて、'public understanding of science'の視点から、科学者共同体やメディア、教育等は、それぞれ一般市民に対してどのように向き合い、または改善していくべきか、また、一般市民や児童・生徒はそのためにどのように向き合っていくべきかについて指摘されていた。簡潔に要約すると以下ようになるであろう。

■学校における適切な**科学教育**は、科学を十分に理解するための根本的な基礎を提供しなければならない。16歳までのすべての児童・生徒のために、幅広い科学教育と、それを可能にさせるリソースを、火急に提供する必要がある。

■**議会や科学委員会**は、国会において議論、審議される科学が関係する諸問題について、頻繁に会議を行うなどして、より効果的な審議ができるようになる。

■新聞のような**メディアにおいて科学**に焦点が当てられている。科学に関するニュースは多くはないが、（科学の）記事の特集は特に有益である。（中略）また、一般的な番組においても科学がより含まれるようになり、科学者とジャーナリストとの関係を向上させるケースがある。

■科学や技術が達成できることをより理解している責任ある立場の人がいれば、**イギリスの産業**はより競争力を増すであろう。産業と関連する研究を行う科学者は、適切な経営訓練を受けることにより、より広くより早く経理部門のポストに就く機会が与えられるべきである。産業界は科学教育や学校訪問やその交流において、興味を促進すべきである。また、企業は、特にその地域において、一般市民にその活動の科学的かつ技術的側面を知らせるべきである。

■科学者は一般市民と交流すべきであり、（科学者は）喜んでそれを遂行し、また、それを科学者の義務と捉えなければならない。したがって、すべての科学者は、メディアとその影響力について知り、多くの専門用語を使わずに、科学を簡単に説明する方法について学ばなければならない。各々の科学者共同体は、例えば、コミュニケーションや、よりメディアについて理解するための機会を提供したり、科学を専門としない人々への公開講座や講演を実施したり、若い人を対象とした科学競技を組織したり、一般市民との関係をより緊密にするためにジャーナリストを対象とした説明会を開くなどすべきである。

以上の勧告からわかるように、ボドマーレポートでは、'Science'、'The Public'、'Understanding'の意味を広義なものとして捉え、ほとんどの一般市民はある程度の科学（数学、技術、工学等を含む）を理解すべきであり、そうすることによって、民主主義社会において個人のよりよい意思決定を助長する機会があり、ひいては世界における国家の位置づけにも寄与すると考えられている。その中で、科学の理解はまず学校教育によって提供されることが望ましいとされている。また、科学者共同体、企業、議会、メディアは'public understanding of science'に影響を与えるために、どのようなスタンスをとる必要があるかについても示されている。加えて、ボドマーレポートでは、王立協会自身への呼びかけの必要性をも強調し、以下のように結論づけている。

「科学者は一般市民とコミュニケーションをとる必要があり、そうすることが科学者の責務であると考え。王立協会は、主要な活動のひとつとして'public understanding of science'を促進させるべきである。」(p.25.)

（４）ボドマーレポートとその後

ボドマーレポートが公表された後、これを端緒として'public understanding of science'のための活動が展開されることとなった。

1986年には、王立協会の教育委員会は、学校教育における'Science for All'を具体化するためのひとつの方法として、物理、化学、生物、地学（earth science）からなる内容を重視した”*A proposal of reduced content for a coordinated science curriculum to age 16*”¹²⁾を公表した。あくまでもこれは「提案」ではあるが、科学の公衆理解における学校教育としての科学教育が強く認識されている証拠でもあり、この「提案」は後のナショナル・カリキュラム科学の省令作成のための重要なひとつの資料とされた。

1987年には王立協会、王立研究所(Royal Institution)、大英科学振興協会の3組織の資金援助によってCOPUS(Committee On the Public Understanding of Science)が設立された¹³⁾。このCOPUSは、現代の進化した科学を説明することと、科学を専攻しない（したことの無い）人を対象とし、より科学に親しみやすくすることを目的とした組織であり、具体的な活動範囲として、'public understanding of science'を増進するために科学に関する書物出版への援助や、'public understanding of science'を促進する活動に対する援助、科学者のためのメディア教育に関連した公開セミナーを開くこと等の活動を行ってきた。

2000年には、①社会との幅広く、革新的で効果的な対話システムの構築、②科学的事柄に関する政策に、社会が肯定的に関与し責任を分担すること、③意思決定における開放的な文化に取り組むこと、④一般市民の（科学や技術への）価値観や態度に注意を払うこと、⑤王立協会が科学についての国家政策をプロモートすること、などを目的として、'Science in Society programme'¹⁴⁾が本格的に開始されることとなった。なお、2002年12月以降からは、COPUSとしての組織的活動ではな

く、むしろ個々の協会の活動が主になっていくことが決められている。

このような状況において、大英科学振興協会は、科学の公衆意識（public awareness of science）を高揚させることも意図し、科学者と市民との交流の機会を促進している。また、科学者や政策立案者（policy makers）が科学に対する市民の態度（people's attitudes towards science）をより理解する必要性から、2005年4月に”Connecting Science: What we know and what we don't know about science in society”¹⁵⁾を公表し、この中で、科学や技術、リスクへの公衆理解や見方、公衆との関わりについての科学者の見方考え方、科学とメディア、学校における科学教育とインフォーマル科学教育、科学政策、科学と倫理、科学への公衆の参画と関わり、などの観点から社会における科学（者）のあり方が論じられている。そして、次の3つの勧告がなされた。まず、研究開発を拡げそれについて議論し、異なる研究領域の研究者をまとめ、研究者と利害関係者、政策立案者および公衆とを結びつける「ブローカー」の役割をすること。次に、例えば、市民が科学の事柄について最近得ている知識や教育において起こっていることについて、事実に関するギャップを埋めるための実際的な研究を遂行すること。最後に、市民の価値観、動機や関心についてより深く研究を遂行すること。加えて、（科学や科学者についての）調査結果は、市民が何を信じているかについて示している。つまり、大英科学振興協会は、市民がなぜこのような考え方をもち、どのように市民は自分の心配や関心をうまく扱っているかについてより理解する必要がある、と指摘されている。

この他にも、政府の中でも貿易産業省の中にある科学技術庁（Office of Science and Technology）が主導して、科学者と市民の双方向的なコミュニケーションを奨励している。また、議会上院の科学技術委員（House of Lords Select Committee on Science and Technology）は、2000年2月に報告書”Science and Society”¹⁶⁾を公表した。この報告書では、第3章では、’public understanding of science’について論じられた。なお、第6章では学校における科学教育に関しても言及され、学校の科学教育は、大学で理科系に進むより科学に興味があり能力がある生徒の準備教育に焦点化した伝統的で活力に満ちたものであると同時に、’scientific literacy’や’science for citizen’と呼ばれるすべての児童・生徒を対象としたものであることが報告された。

いずれにしても、ボドマーレポートを端緒として、’public understanding of science’、’public awareness of science’、’science in society’、’science for citizenship’などの用語・スローガンのもと、科学（者）と社会の関係についての新たな段階が始まっていると言えるであろう。

3. ’public understanding of science’の懐疑

先述してきたように、イギリスでは、1985年の王立協会によるボドマーレポートを契機として、例えば先にも示したように、王立協会などによって一般市民を科学とリンクさせる様々な活動が展開されてきている。しかし、一方では、このボドマーレポート以降、いくつかの論者によりこの’public understanding of science’は、素人（lay）の科学理解を空のバケツに例え、そこに科学の事実（facts of science）を注ぎ込めばよい、という考え方と思われ批判されたのも事実である。これは、一般市民からの視点が欠如した、’public understanding of science’に関する「欠如モデル(deficit model of public understanding of science)」、「トッパーダウンモデル(top-down model)」などと呼ばれている¹⁷⁾。

IV 科学的リテラシーと新しい科学カリキュラム構想

科学教育の目的あるいはスローガン、理念としての’Science for All’や’public understanding of science’、’scientific literacy’は、各々の定義は若干異なりまた論者によっても必ずしも統一見解があ

るわけでもない。

ここでは、イギリスではこれらの中でも最も新しい scientific literacy（この章では特に科学的リテラシーと訳す）について検討してみよう。

1. 科学的リテラシーの多様な語義

まず、科学史・科学哲学や科学社会学関係者であるトーマス (Thomas, G.) とデュラン (Durant, J.) の考え方を見てみよう。彼らは、科学的リテラシーの特徴を以下の8つに分類している¹⁸⁾。

- ①科学の本質、目的、一般的な限界に対する認識と、合理的な論争、一般化し統合し推定する能力、観察と理論の役割といった「科学的アプローチ」の理解
- ②技術の本質、目的、一般的な限界に対する認識と、科学の本質、目的、一般的な限界とは異なる方法についての認識
- ③研究の資金援助、科学の実践に関わる約束事、研究と開発の関係といったものを含めた、科学や技術の実際的な営みについての知識
- ④意思決定のプロセスや、社会における専門家としての科学者や技術者の役割といったものを含めた、科学、技術、社会における相互関係の理解
- ⑤言語に関わる一般的な基礎やいくつかの科学の重要な構成概念
- ⑥特に確率・統計といった数学的データの解釈方法の基本的な理解
- ⑦技術的に関わる情報や技術の産物を吸収し利用する能力であり、技術的進歩による生産物に関する「利用者の能力」
- ⑧科学や技術に関する情報やアドバイスはどこから、また誰から得るかについての考え

以上の考え方は、極めて幅広く、科学教育といっても学校教育を限定にしたものではなく生涯学習をも射程に入れていると解釈してもよいであろう。また、科学的リテラシーが狭義の意味の科学ばかりではなく、技術をも含んでいる点は注目される。

では、学校教育としての科学教育により焦点化した語義（あるいは定義）について見てみよう。

ソロモンは、科学的リテラシーについて以下のような要素を指摘している¹⁹⁾。

- ①科学（に関する文書等）が読め、理解できる能力
- ②科学についての（自分自身の）意見を表現する能力
- ③現在よりもより将来に対しても、現代科学に注意を払うこと
- ④民主的な意思決定に参加すること
- ⑤科学、技術、社会の相互作用を理解すること

また、ドライバーら (Driver, R. et al.) による科学の3要素（科学の内容の理解、探究の科学的アプローチ、社会的事業としての科学の理解）²⁰⁾ の理解も科学的リテラシーの構成要素と位置づけることができる。

最後に、より具体的に学校での実践の側面から見てみよう。試行期間が終わったばかりの、科学的リテラシーの育成を目的とし、前期中等教育段階（14歳から16歳まで）の生徒を対象としたプロジェクト'Science for the 21st Century'（21世紀型科学教育プロジェクト）²¹⁾ では、科学的リテラシーを兼ね備えた人が以下のように描出されている。

- ①日常生活における科学と技術のインパクトを理解し正しく評価することができる。
- ②健康やダイエット、エネルギーの利用といった科学に関する事柄について、情報を得た（あるいは教育を受けた）人として意思決定ができる。

③科学についてのメディアレポートを読み、その本質が理解できる。

④そのようなメディアレポートにおいて含まれるあるいは（しばしばより重要なのは）排除された情報を批判的に省察することができる。

⑤科学が関連した問題（issues）について、自信を持って他者との議論に参加できる。

科学的リテラシーの定義、あるいはその用語が内包する意味については必ずしも同じではない。

これらを俯瞰し統一した定義にまとめることは困難であるが、少なくとも概ね次のような共通点を見出すことは可能である。まず、科学が社会的営みとして捉えられていること。次に、科学的リテラシーの諸能力として、科学（あるいは技術）に関する文書（メディアレポートを含む）が読め、理解できること。そして、科学の社会的問題（socio-scientific issues）に関する公的議論に参加し意思決定が行えること。いずれにしても、科学的リテラシー（‘scientific literacy’）が包括する意味は、学習指導要領に示されたわが国の理科教育の目標とは性格が違うことは明らかである。

一方、このような科学的リテラシーに加えて、‘scientific capability’（科学的実践力とでも邦訳すべきか）の提唱もある。例えば、デンレー（Denley, P.）は、多くの文献の分析から以下のようにscientific ‘literacy’ と ‘capability’ を区別している²²⁾。

表2 科学教育における literacy と capability の志向

Literacy	capability
社会や科学者共同体のニーズの視点から科学教育を見る	学習者個人の視点とニーズから科学教育を見る
標準化されたアプローチ	個性化されたアプローチ
科学（可能であれば技術）カリキュラムの開発に基本的に興味がある	カリキュラム全体とそれへの科学の貢献について考慮する
スキル、態度、価値観は重要であるけれども知識により強調点がおかれる	才能（capability）開発の可能性は、概念、スキル、態度、価値観に関係する「内容」選択にとっての優先事項である
学習成果は原理的には認知的、精神運動的領域である	情意領域における学習成果は、極めて重要である
標準化されたテストなどを用いてリテラシーのレベルを測定する圧力がある	より個人を基本として能力のレベルを評価する
学習モデルは暗黙のままである	学習モデルをより明示的にしようとする

上表は、scientific ‘capability’ を主張する論者によるものであり、確かに ‘capability’ の重要性は多くの論者によって主張されている。けれども、今日のイギリスでは ‘literacy’ の方がより一般的に用いられていることは指摘しておかねばならない。

いずれにしても、学校教育における scientific ‘literacy’ や ‘capability’ の標榜とその取り組みは、先の ‘Science for All’ と同じく、理科教師を中心とした科学教育関係者たちが重要な役割を果たしている。

2. “Beyond 2000: Science education for the future”²³⁾ の意図するところ

ナフィールド財団の財政的援助によりイギリスの著名な科学教育研究者を中心として、21世紀のイギリスの科学教育の方向性を検討するため、1997年1月から1998年4月にかけて、4回の非公

開セミナーと2回の公開セミナーが開かれた。ここで協議された勧告や主張は集約され、1998年に“*Beyond 2000: Science education for the future*”として公表された。

この報告書は、高度科学技術社会でグローバル化が進んだ21世紀を担う子どもたちのための科学教育について想定されている。この報告書の出発点は4つの鍵となる「問い」であるが、その中でも最初の問いは、「これまでの科学教育の成功と失敗は何か」である。これは、自国の科学教育の歴史的視点からの現状分析であり、そこから新たな勧告・提言を行う姿勢と見なすことができる。つまり、そこに、イギリスの科学教育の特色のひとつである、「省察とそれに基づく新たな前進というパターン」を見ることができる。

ここでは、科学教育の目的に関連する勧告を見てみよう。

【勧告1】5歳から16歳まで（義務教育段階）の科学カリキュラムは、一般的な科学的リテラシーを育成する課程としてまず見なされるべきである。

【勧告2】KS4（Key Stage：学習発達段階）（14歳～16歳）においては、カリキュラムの構造は、「科学的リテラシー」を育成する内容と、将来の科学における専門家育成のための準備としてデザインされたものと、明確な違いを示す必要がある。

【勧告3】学校科学カリキュラムは、われわれがなぜすべての子どもたちが科学を学習する価値があると考えているのか、われわれが子どもたちに（科学を学習する）経験から何を獲得してもらいたいと期待しているのか、といったことを明確に示した目的を提示しなければならない。これらの目的は、明確であり、かつ教師だけではなく、児童・生徒、保護者にも容易く理解される必要がある。もちろん、それらの目的は、現実的かつ達成可能でなければならない。

【勧告4】カリキュラムは、明確かつ簡潔に表され、その内容は（科学教育の）目的に沿うようにする必要がある。科学的知識は、鍵となる多くの「科学の説明の物語（explanatory stories）」として、カリキュラムに最もよく提示することができる。加えて、そのカリキュラムは、子どもたちに多くの重要な科学についての考え方（ideas-about-science）を示すべきである。（以上、波線は筆者による）

最後に、“*Beyond 2000: Science education for the future*”で示された目的を引用しながらまとめてみよう。子どもたちの教育経験の一部である科学教育の目的は、「21世紀における十分に満ち足りた生活のための準備を行うこと」であり、「子どもたちを取り巻く自然界についての好奇心を持続させ、発達させるとともに、自然界の振る舞いを探究する能力に自信を持たせなければならないし、彼／彼女たちが科学的・技術的事柄に携わるための自信と能力を持てるようにするために、科学への（よい意味での）驚きや熱意、興味を喚起しなければならない」ことでもある。また、科学教育を通して、「われわれの物質的環境や文化により重大なインパクトを与えている、科学の重要な考えや（科学による）説明の枠組みおよび科学的探究の手続きについて、子どもたちが広く理解できるように支援」しなければならない。

3. 新しいカリキュラム開発

上述したように、“*Beyond 2000*”では、科学的リテラシーの育成はすべての子どもたちにとって必要不可欠であり、将来の科学者を育成することと混同されてはならないことが明記されるとともに、科学教育の内容や教授方法、評価のあり方などの指針が示された。この報告書の影響を受けた、科学的リテラシーの育成、あるいは‘public understanding of science’を意図した科学カリキュラム

が開発されることとなった。そのうち、とりわけ2つの科学カリキュラムを指摘することができる。

まず、2000年9月に導入された教科目「Science for Public Understanding」であり、もう一方は2005年の9月から本格的に導入された「Science for the 21st Century」（21世紀型科学教育プロジェクト）である。このうち、前者は後期中等教育段階にあたる新ASレベル（16～17歳）の生徒を主に対象とした教科目であるのに対して、後者は前期中等教育段階のKS4（14歳～16歳）を対象とした教科目である。紙幅の関係からここでは詳細な検討は省くが、両者の科学カリキュラムは、わが国の科学的リテラシーを育成する新しいカリキュラムを検討する上では極めて示唆的である。

いずれにしても、少なくとも、1985年のボドマーレポートを直接的な発端とした‘public understanding of science’や、直接的には‘Beyond 2000’を受けた科学的リテラシーに関する具体的な学校科学に関するカリキュラムやプロジェクトが現在実施されている段階である。

V 科学教育のスローガンの標榜と時代的・社会的背景

では、最後に、なぜ、児童・生徒が、あるいはすべての人が科学を学ぶ意義が時代により多様な用語として標榜されたのかについて、時代的・社会的背景から検討してみよう。

科学教育の制度化が位置づけられる時代は、産業革命が起こり科学の制度化が始まった19世紀の中頃から後半にかけてである。ちょうどその頃、1851年の博覧会（The Great Exhibition）では、イギリスの科学や技術力が世界を圧倒したけれども、1867年のパリ博覧会ではそのイギリスの科学や技術あるいは工業に関する世界的地位の急落が明白となった。その背景に、基礎教育や科学教育や技術教育（当時は区分が困難ではあったが）の欠如があったことが政府や学术界にも認識されるようになり、朝野をあげての科学教育振興運動となった。

先にも紹介したハクスレーは、科学教育の必要性を唱道する際に2つの反対があったとしている。一方は産業革命を牽引した工場主などの実用主義者からであり、他方は「古典（語）教育こそ教養に至る唯一の方法」とする教養主義的立場の人文主義者からである。彼は、理論と実践は関係がなく、科学はくだらない机上の空論であり、経験と勘こそがすべてである、とする実用主義者に対しては、「徹底的な科学教育の普及こそ工業の進歩、発展のために絶対不可欠な条件である」と科学の実用的価値を説き、人文主義者に対しては、教養が自由教育によってしか得られないという見解を批判し、人間形成にとって人文的教養と科学的教養の2つの教養がともに必要とされることを主張した²⁴⁾。これは、当時の科学教育の置かれていた状況を示すひとつの証左であるが、このような状況であるが故に、学校で科学を学ぶ意義と価値を明確に声高に主張しなければならなかった。

‘Science for All’が明確にスローガンとして標榜された20世紀初頭は、曲がり形にも学校で科学教育が教えられるようになっていた。しかしながら、当時の科学教育は、アームストロング（Armstrong, H. E.）の発見的教授法（heuristic method）が中等学校においては必ずしもその考え方が理解されず、その結果、教えられる科学教育の内容は物理と化学に偏重したものとなっていた。そのため、パブリック・スクールの教師たちが集まり、学会を組織し、学校で物理や化学以外にも生物や科学史などを教えることを求めていった。加えて、教育全体を見渡すと、1902年教育法により中等教育の拡大が図られるようになり、1904年には中等学校規則が作成され学校で教えるべき教科構成が示されるまでに至った。

他方、1901年に始まったノーベル賞の授賞は科学における世界的な褒賞・顕賞制度の確立であり、また、特殊相対性理論や一般相対性理論などに代表される新しい科学理論の提唱は、少なからず社会にインパクトを与える結果となった。さらに、第一次世界大戦は科学戦とも称され、社会や教育

にも少なからず影響を及ぼした。つまり、20世紀第1四半世紀においては、社会との関わりという点から、教育界や科学界において新たな展開が認められる時代であり、そのような背景において‘Science for All’が標榜されることとなった。

1960年代から1980年代はカリキュラム開発時代（curriculum development era）とも呼ばれ、イギリスやアメリカを中心に多種多様な科学カリキュラム（プロジェクトも含む）が開発された。そもそも、その直接的な発端は、1957年の旧ソビエトによるスプートニク打ち上げによるスプートニク・ショックであった。イギリスの場合、アメリカとは少し事情が異なり、第二次世界大戦後の教育改革、とりわけ学校制度と中等教育段階における試験制度の改革が、その背景にあった。また、アメリカのように政府が莫大な資金提供をして科学研究や科学カリキュラムを推進し、その科学カリキュラム開発も科学者が重要な役割を果たしたのに対し、イギリスの場合は、ナフィールド財団が中心となって科学カリキュラム開発を支援し、その中心的役割を担ったのは理科教師たちや科学教育研究者であった。この時代における‘Science for All’は、このような背景のもとで標榜された。

‘public understanding of science’や、ナショナル・カリキュラムの導入時における‘Science for All’の標榜は、1980年代後半である。この時代は、科学技術を背景とした世界的な経済競争が加速化した時代である。1979年に誕生したサッチャー（ *Thatcher, M.*）保守党政権がサッチャリズムとも称せられる考え方に基づき様々な分野で改革を行った時代でもある。1989年のナショナル・カリキュラムでは科学が数学と英語とともに、公費維持学校に通うすべての児童・生徒が学ぶべき教科（コア教科）として位置づけられた。この背景として、当時のサッチャー首相の考え方²⁵⁾やベーカー（*Baker, K.*）教育科学大臣の論文²⁶⁾からは、科学技術を背景とする世界的な経済競争に打ち勝ちイギリスの地位を維持するための人材開発を読みとることができる。

以上のように、‘Science for All’、‘public understanding of science’、‘scientific literacy’が標榜された時代的・社会的背景には、2つの動因が考えられる。1つは、科学・技術そのものやその政策に関するグローバル規模の変化や科学・技術を背景とした経済競争の激化といった外的要因であり、もう1つは、教育改革やそれと連動する、理科教師や科学教育研究者が中心（時代によっては科学者主導）となった科学教育の振興運動や改革への取り組みといった内的動因である。この外的動因と内的動因が上述の科学教育の目的、あるいはスローガンや理念の提唱に関係していると言える。

おわりに

歴史的素描によって明らかにしたように、科学教育の目的あるいはスローガンとしての‘Science for All’や‘public understanding of science’、‘scientific literacy’を標榜する背景には、外的動因と内的動因の2つの刺激があった。そして、それぞれの用語は、時代とともにその意味するところは変容し、論者によりその語義（あるいは定義）も一様ではない。加えて、語義（あるいは定義）の不明確さゆえに起因する批判もあったことも事実である。

これらのうち、‘Science for All’と‘scientific literacy’は生涯教育（生涯学習）を視野に入れながらも主として学校教育の文脈において用いられることが多く、‘public understanding of science’は主として学校教育を含む生涯教育（生涯学習）の文脈において用いられる傾向があるように思われる。

ただ、いずれの時代においても、これら3つの科学教育の目的あるいはスローガンは、単なる理想論のみを説いたものではなく、その目的に適合するように実践への取り組み、例えば、カリキュラムやシラバスの具体的な提案、アクションプランの策定など、が伴っていることは歴史的に認められる。

わが国の科学技術リテラシー像構築に関して、イギリスの研究から以下の2点が示唆として得られるのではないであろうか。

- 1) 科学技術リテラシーは、諸外国の議論を参考としながらも、わが国の科学技術や学校教育（生涯学習社会も含む）の歴史的、時代的あるいは社会的背景を考慮して定義・構築する必要がある。
- 2) 科学技術リテラシーは、まず、誰を対象としているかを明確にし、次に、対象としている集団にあった具体的なアクションプランなどを策定すること。

【引用文献】

- 1) Solomon, J., Teaching for scientific literacy: what could it mean?, *School Science Review(SSR)*, Vol.82, No.300, 2001, pp.93-102.
- 2) 磯崎哲夫, イギリスにおける科学技術教育の制度化（1851年－1890年）, 『科学教育研究』, Vol.22, No.1, 1998, 22-31頁.
- 3) British Association for the Advancement of Science (The BA) *Report of the (Dundee) Meeting 1867*, John Murray, 1868, pp.xxxix-lix.
- 4) 磯崎哲夫, 19世紀のイギリスにおける科学教育の論議－「なぜ科学を教えるのか」について－, 『理科教育学研究』, Vol.40, No.2, 1999, 13-26頁。「註及び文献」参照のこと。
- 5) *Report of the Committee Appointed by the Prime Minister to Enquire into the Position of Natural Science in the Education System of Great Britain*, His Majesty's Stationery Office, 1918, p.21.
- 6) *The Nuffield Foundation Science Teaching Project Progress Report: October 1963*, Nuffield Lodge, 1963, p.5.
- 7) Hall, W., The need for Integrated Science, *Education in Science*, No.45, 1971, pp.20-21.
- 8) Department of Education and Science, Welsh Office, *Science 5-16: A statement of policy*, Her Majesty's Stationery Office, 1985, p.12.
- 9) Kirkham, J., Balanced Science, in Wellington, J., ed., *Skills and Process in Science Education*, Routledge, 1989, pp.135-149.
- 10) The Royal Society, *Science Education 11-18 in England and Wales: The Report of a Study Group*, The Royal Society, 1982. 以下、この報告書に関する引用部分はすべてこの文献による。
- 11) The Royal Society, *The Public Understanding of Science*, The Royal Society, 1985. 以下、この報告書に関する引用部分はすべてこの文献による。
- 12) The Royal Society, *A proposal of reduced content for a coordinated science curriculum to age 16*, The Royal Society, 1986.
- 13) http://www.copus.org.uk/grants_about_history_copus.htm
- 14) <http://www.royalsoc.ac.uk/page.asp?id=1988>
- 15) The BA, *Connecting Science: What we know and what we don't know about science in society*, The BA, 2005.
http://www.the-ba.net/NR/rdonlyres/CE852B1D-7699-43A1-91C4-382DB5877D45/0/ConnectingScience_review.pdf
- 16) House of Lords Select Committee on Science and Technology, *Science and Society: Science and technology – Third Report*, 2000.
<http://www.publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm>

- 17) Gregory, J. & Miller, S., *Science in Public: communication, culture, and credibility*, Perseus Publishing, 1998, ch.4.
- 18) Jenkins, E., Scientific literacy and school science education, *SSR*, Vol.71, No.256, pp.46-47. (引用論文 : Thomas, G & Durant, J. Why should we promote the public understanding of science?, in Shortland, M. ed., *Scientific Literacy Papers* (Oxford Departemtn for External Studies,)1987, pp.1-14.)
- 19) 前掲書 1) .
- 20) Driver, R. *et al.*, *Young People's Image of Science*, Open University Press, 1996, ch.2.
- 21) 21st Century Science project team, 21st Century Science- a new flexible model for GCSE science, *SSR*, Vol.85, No.310, 2003, pp.27-34.
- 22) 2003 年 10 月 9 日広島大学大学院教育学研究科科学教育学研究室による科学教育セミナー”Scientific literacy or capability – which do we need?” (Dr. Paul Denley) における配付資料による。この他に Bishop, K. & Denley, P., *Effective Learning in Science*, Network Educational Press, 1997 などもある。
- 23) Millar, R. & Osborne, J., eds. *Beyond 2000: Science education for the future*, King's College London, 1998. 以下、この報告書に関する引用部分はすべてこの文献による。
- 24) Huxley, T. H., *Collected Essay Vol.III: Science and Education*, Macmillan and Co., pp.136-139, 1895.
- 25) 1987 年 10 月 9 日の保守党大会において、サッチャー首相はナショナル・カリキュラムにおいて科学を英語と数学とともにコア教科とする理由について、科学技術を背景とした経済競争を指摘している。*The Times Educational Supplement*, 16th October, 1987, p.12.
- 26) ナショナル・カリキュラム導入の担当であったベーカー教育科学大臣は、科学を学ぶ意義について、科学の持つ価値観から 4 点（実用的・功利的価値、経済的・国家的価値、教養的・文化的価値、民主的価値）から論じている。Baker, K., *Science and the National Curriculum in England Wales*, *Physics Education*, 24, 1989, pp.117-118.

【主な参考文献】

- Levinson, R. & Thomas, J. eds., *Science Today: Problem or Crisis?*, Routledge, 1997.
- Millar, R. & Wynne, B., Public understanding of science: from contents to process, *International Journal of Science Education*, Vol.10, No.4, 1988, pp.388-398.
- Millar, R., Towards a science curriculum for public understanding, *SSR*, Vol.77, 1996, pp.7-18.
- Solomon, J. & Thomas, J., science Education for Public Understanding of Science, *Studies in Science Education*, Vol.33, 1999, pp.61-89.

他