

EDUCATION

市民の科学リテラシーのための教育に対する科学者・教育者のアプローチについて

(「第95回日本生理学会大会・高大連携シンポジウム～垣根を乗り越えた協働へ～」講演)

香川大学教育学部 笠 潤平

(本稿は「第95回日本生理学会大会・高大連携シンポジウム～垣根を乗り越えた協働へ～」における講演原稿に加筆訂正を加えたものである。)

日本の科学教育の課題

私見では、現在のわが国の理科教育の重要課題は、現代社会における科学・技術（そこには当然医学と医療も含まれる）と社会の関わりについてよく考えたり討論したりする機会の提供、双方向的授業による教育効果の改善、科学的な探究活動の中等教育での保障の3つである。本稿ではこのうち最初の課題を扱う。

現代社会における科学と社会の関わり

現代社会における科学と社会の関わりについて考える機会を与えることの重要性は、現在の科学・技術の発展から直接導かれる。東日本大震災と東京電力福島第一原発の未曾有の事故は、科学・技術と社会の関係についてのわれわれの考え方に対して衝撃を与えた。とりわけ、科学技術行政のこれまでのあり方について大変な不信が生まれた。一方、ゲノム編集に代表される遺伝子工学の急速な進展は、生命とは何かという倫理上の問題とともにその際限なき利用の結果どのようなことが起きるのか、規制はどのようにすべきなのかなどについての不安を国民の中に生じさせている。これらの問題は、すでに70年代に、アメリカの核物理学者で原子力発電の開発にも関わったワインバーグが提起した「トランス・サイエンス」的な問題、すなわち「科学に対して問うことはでき

るが科学だけでは答えられない問題」と言われるが、現在ではそれが市民生活に及ぼす影響が年々大きくなり、質的に新たな対応を迫られつつある。そして、これらの問題についての判断は民主的な社会では市民に最終的に委ねられているはずである。

科学的リテラシー：科学教育の新しいスローガン

この問題は、将来の市民の科学的リテラシーとは何か、それはどのように育てるべきかという問題と関連している。そして、この「科学的リテラシー」やそれに類した用語は、現在、世界中で科学教育のスローガンになっている。たとえば、1980年代以降のアメリカの“*Science for All Americans*” (AAAS, 1989)を始めとする科学教育関係の諸文書、ユネスコによる「プロジェクト2000+」(1992)、OECDによるPISA調査、そして、日本学術会議が取り組んだ「科学技術の智プロジェクト」(2008)などはいずれも、*Science Literacy*, *Scientific Technological Literacy*, *Scientific Literacy*、「科学技術リテラシー」などの言葉を用いて科学教育の目標を語っている。

科学的リテラシーについての2つの見方

ところが、「科学的リテラシー」という言葉は多様な意味に使われていて、コンセンサスを得た定義がない。そこでここでは、過去50年以上にわたる科学的リテラシーをめぐる膨大な論説をたどり、科学教育を考える上で科学的リテラシーに関する見方を vision I 及び vision II の2つに区別す

ることが有益であるとしたカナダの科学教育学者 Roberts の見解を手掛かりにする。彼によれば、vision I は科学の成果や過程に目を向けることで科学的リテラシーを定義するという（いわば科学に対して内向きに向かう）見方であり、vision II は科学を社会や生活の状況の中で見たときに市民にとって必要な科学的リテラシーを考えるという見方である。この分け方を借りると、皆さんはどちらがより重要と考えるだろうか？そして、日本の中等理科教育はどちらに傾いているだろうか？

私見では、わが国では、学習指導要領を作成する側も、理科教育に関心を持つ理系諸学会のメンバーもそして現場の理科教師たちの多くも、“科学的リテラシーの増進とは国民にできるだけ多くの正しい科学的知識を与えることである”という理解にとどまり、“科学と社会の関係を主権者として議論し判断することができる市民の育成”は、こうした vision I の意味での科学的リテラシーの増進によって自動的に実現されると期待するか、または、前者なしに後者は実現しない（のだから前者の達成が先決問題である）という考えにとどまり、vision II に基づくとどのような教育をすることになるかを考えたことがないように思われる。そこで、ここでは、Roberts が vision II の考えに基づく中等科学教育コースの代表例として挙げている、2006 年から始まったイギリスの科学コースの 1 つである “21st Century Science GCSE Science” (Oxford 大学出版局, 2006) を紹介する。

イギリスの「21 世紀科学」コース

イギリス（本稿ではイングランドおよびウェールズ）は、日本より 1 年早く始まり 1 年遅く終わる 11 年間の義務教育制度を持ち、それを 4 つに分け、ナショナル・カリキュラムがそれぞれの期間ごとの各教科の内容を定めているが、2006 年にその最後の 2 年間（日本の中 3・高 1 年齢でその最終試験の名称から GCSE 段階と呼ばれる）の科学カリキュラムに大きな変更が加えられた。すなわち、2 教科分（総授業時間の 20%）の時間配分を与えられていた「ダブルアワード科学」を、必修の「科学」と選択の「追加的科学」の 2 つの科目

に分け、前者では主として市民の科学的リテラシーの育成を目指し、後者で将来さらに科学を学ぶ基礎となるような学習を保障する構造にされた。この改革の背景には、イギリスの科学教育関係者がまとめた、「義務教育の科学の第 1 の目標は市民の科学的リテラシーの促進であり、この目標を将来の科学者の養成のための必要によってゆがめてはならない」とする “Beyond 2000” (1998) の勧告があるとされている。『21 世紀科学—科学』 “21st Century Science GCSE Science” (Oxford 大学出版局, 2006) は、この新設の「(必修) 科学」用にヨーク大学の科学教育グループとナフィールドカリキュラムセンターが開発した科学教育コースである。

『21 世紀科学』の科学的リテラシー像

『21 世紀科学』では、「市民のための科学リテラシー」とはどんなことを意味するのだろうか？そのホームページは次のように述べる。

われわれは科学リテラシーを備えた人物はつぎのことができると想定する：

- 日常生活に対する科学と技術の影響を評価し理解できる。
- 健康、食生活、エネルギー資源の利用などのような科学が関わる事柄について、情報を踏まえた個人的な判断ができる。
- 科学が関わる問題に関するメディアのレポートを読み理解できる。
- それらのレポートに含まれている情報や（しばしばより重要なことに）そこに入れられていない情報について批判的に考察を加えることができる。
- 科学が関わる論争的な問題について他の人々との議論に自信を持って参加できる。

ここから導かれるのは、たんに自然とその法則性についての基礎的科学知識を与えるのではなく、科学の性格について学び、科学と倫理の関わり、科学の関わる社会的問題についての決定の際に問題となる事柄について熟考する機会を与えるカリキュラムである。

表1. 21世紀科学—科学のモジュール

B1 あなたとあなたの遺伝子	C1 空気の質	P1 宇宙の中の地球	B2 健康の維持	C2 物質(材料)の選択	P2 放射と生命	B3 地球上の生命	C3 食品問題	P3 放射性物質
----------------	---------	------------	----------	--------------	----------	-----------	---------	----------

表2. B1 あなたとあなたの遺伝子

A 同じところと違い	B 家族の価値	C 人間のくじ	D 男か女か?	E 倫理—決定を下す	F あなたは自分の子どもを選べますか?	G 遺伝子治療	H クローニング—SF 科学的事実か?
------------	---------	---------	---------	------------	---------------------	---------	---------------------

『21世紀科学—GCSE 科学』の内容構成

この教材は、1年間または2年間をかけて学ぶ表1の9つのモジュールから構成されている。

宇宙論や太陽系、地球の構造や生命の多様性と進化など、われわれはどこから生まれどこに向かうのかという思春期に誰もが持つ疑問に関連するようなトピックとともに、「放射と生命」(電磁波や紫外線の生体への影響とオゾン層破壊、地球温暖化などの問題を扱う)や「放射性物質」(原発から生まれる核廃棄物問題などを扱う)など、いわゆるSTS(科学技術社会論)的な問題が並んでいる。そして各トピックに、具体的な場面設定をふんだんに含む教科書やビデオ教材と組み合わせられたアクティビティを通じて学んでいく授業プランが用意されている。他方、たとえば物理分野で言うと、動力学や電気回路などのトピックがない(それらは「追加的科学」で扱われる)。

科学についてのアイデア

感心するのは、科学的知識の性格や科学の進み方について市民が理解すべきことについて、1) データとその限界、2) 相関性と原因、3) 説明を展開する、4) 科学のコミュニティ、5) リスク、6) 科学と技術についての決定を行うという6つの柱を立て、それぞれの内容を詳しく規定し、上記の9つのモジュールを学ぶ中で生徒がそれらの観点到に繰り返し出会うように設計されている点である(この6観点のうち、最初の4つが科学の進み方に関するもので、最後の2つが科学と社会の関係性を扱う際に必要な観点である)。

モジュール B1 あなたとあなたの遺伝子

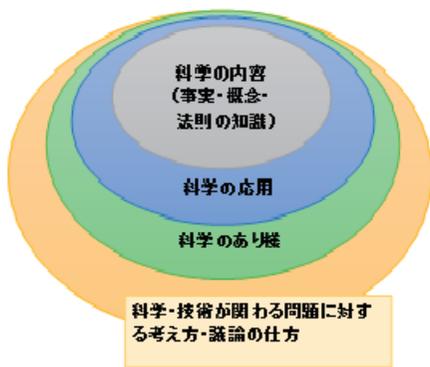
たとえば、最初のモジュール「あなたとあなたの遺伝子」は、表2の8つの節からなり、標準で60分×12回の授業時間をかけて学ぶ。

そこでは、まず、私たちはなぜ親や兄弟に似ている一方で違いもあるのかという疑問から始まり、科学的知識としては、遺伝の単位としての遺伝子、遺伝子と環境の相互作用、変異のもととしての有性生殖のしくみ、優性遺伝と劣性遺伝などの遺伝に関する基本的な諸概念を学ぶ。それと同時に生徒は、個人的・社会的に新しい可能性を開くに至った遺伝子工学について知る。その例は、出生前診断、遺伝子治療の可能性からクローン技術などを含む。と同時に、それが新たな倫理的な諸問題を個人および社会に提起することを学ぶ。このモジュールでは主に学ぶ科学論的観点は、「科学と技術についての決定を行う」である。

例：B1-E 節「倫理—決定を下す」の展開

さらに、このモジュールのE節「倫理—決定を下す」の内容を少し紹介しよう。まず、お互いに「嚢胞性線維症(cystic fibrosis)」のキャリアであることを知ったカップルが、初めての妊娠時に羊水穿刺検査を受け、生まれてくる赤ちゃんがこの病気を発症するだろうと知って、中絶を選択したこと(それは非常に困難な決断であったこと)が紹介され、このとき2人が考えていた問題は倫理的な問題であるということが述べられる。そして、この決断の際に考慮された事柄(たとえば経済的な問題など)がいくつか述べられていく。一方、同じ状況で、産むことを選んだ人の例も紹介される。さらに、ある人たちにとっては、中絶はそれ自体が根本的に間違ったことであると思われるかもしれないということが紹介される。そして教科書本文の横には、年齢・性別・皮膚の色、服装などもさまざまな6人の人がそれぞれに、この問題について意見を言っているイラストが掲載されている。モジュールのまとめを読むとそこにここで知る科学論的な観点がつぎのようにまとめられて

市民にとって必要な科学の理解の要素として、つぎの4つを教えている。



- 1) 科学の内容
現象・概念・法則の知識
- 2) 科学の応用
- 3) 科学論
科学的知識の性格、科学の方法の特徴、科学の進み方、科学と社会の関わり
(ideas about science or how science works その1)
- 4) 科学・技術が関わる問題に対する考え方・議論の仕方
(ideas about science or how science works その2)

図1. 『21世紀科学—GCSE 科学』の学習内容の構造

いる。「人は、自分たち自身の信条および(あるいは)自分たちのおかれた状況のゆえに、異なる決断をすることがありうる。あなたが倫理的問題を検討する際に、あなたは、その問題がどんな問題なのか明確に言えるべきであり、人々が持つ可能性のあるいくつかの異なる見解を述べるべきであり、あなたがどう考えるか、それはなぜかを言えるべきである。」

『21世紀科学』はどこが新しいか

私見では、結局、このコースでは科学について次の4つのことを学ぶのである。

- 1) 科学の内容：現象・概念・法則の知識
- 2) 科学の応用
- 3) 科学論：科学的知識の性格、科学の方法の特徴、科学の進み方、科学と社会の関わり
- 4) 科学・技術が関わる問題に対する考え方・議論の仕方

1つ目は科学の内容で、2つ目は科学の実際の応用例である。日本の理科の力点はもちろん1にあるが、2つ目についても一応学ぶ。そして第3はいわゆる科学論で、科学的知識の性格、科学の方法の特徴、科学の進み方、科学と社会の関わりなどについての知識、ただしなるべく実際の状況で使

う経験をさせた機能的な理解をとまなう知識である。日本ではこのうち科学の方法については多少学ぶことになっているが、それも不十分であり、科学と社会の関わり、とくにそのマイナスの側面についてはほとんど学ばない。そして、このコースの際立った特徴は、第4の科学が関わる社会的な問題について市民として考えるための視点・観点も教えようとしている点である。これは日本の理科にはまったくくない。

『21世紀科学』はなぜ誕生したか

このようなコースを許容する、市民の科学リテラシーの育成を第一の目標とするカリキュラム構造がイギリスで生まれた背景には、科学と社会あるいは科学行政と世論に関わる1990年代後半から2000年代にかけてのイギリスの状況が背景として存在していたと思われる。

2000年に、英国議会上院・科学と技術特別委員会は、第3報告「科学と社会」をまとめるが、これは科学に対する「信頼の危機」が存在することを認め、科学と市民の間の双方向的なコミュニケーションの必要性を認識するというものであった。この背景には、イギリスにおける1990年代後半のBSE(狂牛病)問題があったと言われる。

この上院委員会の委員長をしていた保守党の The Rt Hon the Lord Jenkin of Roding は、その1年後の2002年にイギリスの代表的な科学教育団体 ASE (科学教育連盟) の会長に就任し、「科学的リテラシーの推進における科学教師の役割」と題するその就任演説の中で、同委員会の報告の概略をつぎのように述べている。

1)「信頼の危機」が存在するのは事実である。人々は技術の恩恵を認識し科学的発見に魅了されているが、その一方で不信が底流として存在している。2) 専門家の主張に対する公衆の否定的反応は、実際には人々が「科学的問題」のみへの矮小化が他の正当な懸念を捻じ曲げたり除外したりすることに否定的に反応しているのに、科学に対する否定と間違っ受け取られていることがありうる。3) 公衆との対話のためには秘密主義の文化が透明性と公開性の新しい文化に取って変わられる必要がある。「公衆の関与」が課題である。4) どれだけ多くの「対話」が起きて、たいいてい人は科学に対しメディアと自分の学校時代の態度によって作られた見解を持ち続けるだろう。

大学院生の感想

最後に、先に紹介したモジュール B1 を授業で読み進めた香川大教育学部の大学院生の感想を紹介する。彼女は香川大農学部を卒業し高校教員を目指して教育学研究科にきた学生である。

「私はこの教科書の存在を知ったとき、私もこのような教科書で学んでみたかったと感じた。」「科学を学ぶとき苦手だと感じたり、知りたいと思いつらい原因として、身近なこととして感じられないことやなぜ学ぶのか分からないことなどが考えられる。私自身は理科が好きではあったものの、なかなか身近なこととして考えられず、教科だからと割り切って学んでいた気持ちがどこかあった。…この教科書では、なぜ学ぶのかということをも単元の冒頭で明らかにしていることによって、子どもたちはより関心を持つことができる。」「さらに基本的な知識とともに具体的な例や関連する問題を紹介することによって、子どもたちにとって教科書の中だけの話として終わるのではなく、

その問題について自分はどうか考えるか、また自分だったらどうするのかというように自分のこととして学ぶことができる。」「このように、教師による詰め込み学習にはならず子どもたちが積極的に知ろうと思える学習になると考えられる。」「そして日本では理科は暗記科目だとよく言われるが、子どもたち自身がこれから生きていく上で必要な情報や、考えていかなければならない問題を知るとい、人としての力を身につけることができる授業になるだろう。」「これからの社会は、今以上にますますたくさんの情報に囲まれた世界になると考えられる。特に今の子どもたちは幼い頃からインターネットを使うことができるような環境で育っているため、どんなこともすぐに調べることができる。そこでより正しいと思われる情報を選択できる力、科学に関するさまざまな問題について他人事と思わず考えられる力、自分自身に問題がふりかかったときにきちんと理解して対応できる力などを身につけることが、重要になってきているのではないだろうか。この教科書はその良い手助けになるものであると考える。」

終わりに

先に述べたように、わが国では、学習指導要領の作成側も理系諸学会のメンバーも理科教師の多くも、“科学的リテラシーの増進とは国民にできるだけ多くの正しい科学的知識を持ってもらうことである”という理解にとどまり、“科学と社会の関係を主権者として議論し判断することができる市民の育成”は、こうした科学的リテラシーの増進によって自動的に実現される、または少なくとも前者が先決問題であるという考えであるように思える。

しかし、科学・技術と社会が関わる問題に向き合って議論に参加し決定を下すための直接的な準備をさせることも重要ではないだろうか。そして、そのためのより直接的な努力が必要ではないだろうか。例えば、原子力やゲノム編集の問題について考え議論に参加する姿勢と方法（そこには例えば「事前警戒原則（予防原則）」や「リスク・ベネフィット論」などの考え方が含まれる）を学ぶ機

会を学校教育の中で保障することをわれわれは検討すべきではないだろうか。

文 献

1. Weinberg A: Science and Trans-Science. *Minerva* **10**: 1972
2. Roberts D: Scientific Literacy/Science Literacy. In: Handbook of Research on Science Education, 2007
3. AAAS: Science for All Americans, 1989
4. NRC: National science education standards, 1996
5. UNESCO: Project 2000+, 1992
6. 日本学術会議：報告『21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」』。2008
7. UYSEG: 21st century science GCSE Science Higher, OUP, 2006
8. Miller R & Osborne J, Eds: Beyond 2000, 1998
9. 小林傳司：トランス・サイエンスの時代，NTT 出版，2007
10. 平川秀幸：科学は誰のものか，NHK 出版，2010
11. 笠 潤平：原子力と理科教育，岩波書店，2013
12. 笠 潤平：中等科学カリキュラムをめぐる英国の論争と英国物理学会。大学の物理教育 **20**，2014

著者略歴
現職

香川大学教育学部教授 日本学術会議連携会員

所属学会

日本物理学会，日本物理教育学会他

研究分野

科学カリキュラム，物理教育研究，認知的発達と科学教育，中等教育における探究活動

学歴

神奈川県立厚木高校卒，京都大学理学部（物理学第一教室）卒，京都教育大学教育学研究科修了

職歴

京都女子中学校高校教諭，慶應義塾高校理科教諭，香川大学教育学部准教授を経て現職

著書・訳書

『科学の不定性と社会』（共著，信山社），『原子力と理科教育』（岩波ブックレット）

『トス先生の物理教室 統計物理・原子物理・原子核物理』（共訳，丸善），『科学をどう教えるか』（共訳，丸善）他

「教育のページ」は学部学生，大学院生，ポスドク，教員などを対象に，生理学教育に関する取り組みや意見を紹介することを目的としています。原稿は Web（日本生理学会ホームページ）上にも掲載されます。皆様のご投稿をお待ちしています。投稿規程は http://physiology.jp/magazine/contribution_rule/ をご参照ください。