

国際学力調査（PISA 調査）に見られる 学力観としての科学的リテラシー

上越教育大学 久保田 善彦

はじめに

日本では、国際比較を目的とした全国規模の学力調査として、「国際数学・理科教育動向調査」（IEA 実施，略称：TIMSS）や「生徒の学習到達度調査（Programmed for International Student Assessment）」（OECD 実施，略称：PISA）が実施されている。

TIMSS 調査は、小学校 4 年生と中学校 2 年生を対象に実施され、各国の学校カリキュラムで児童・生徒が身につけた「基礎学力」の達成度とそれに影響を及ぼす諸条件を明らかにしようとしている。そのため、問題作成にあたっては、各国のカリキュラムに可能な限り配慮している¹⁾。一方で PISA 調査は、義務教育を終えた段階の生徒たちが、これからの国際社会の中で生きていく準備としてどの程度の学力が身につけているかを測定しようとしている。つまり、各国のカリキュラムを基盤とした上で、実社会で「生きる力」を評価しようとしているのである。このように、PISA 調査は、TIMSS 調査とは異なり、必ずしも現在の学校教育における学習内容が問われていない点、現代および近い将来に要請される力の評価を試みている点が特徴であり、今後、国際的な学力を視野に入れた教育課程を考えていく上で重要な指針となり得る調査である。

PISA 調査では、測定する学力として、読解力（Reading Literacy）、数学的リテラシー（Mathematical Literacy）、科学的リテラシー（Scientific Lit-

国際学力調査（PISA 調査）に見られる学力観としての科学的リテラシー（literacy）を設定している。本論では、PISA 調査を中心に科学的リテラシーを取り上げ、その現代的意味と今後の日本の理科教育のあり方を考察する。

1. 米国における科学的リテラシー概念の変遷

リテラシーの用語は多義的であるため、科学的リテラシーを取り上げる前に、リテラシー概念を若干整理する。

リテラシーは、狭義に「読み書き能力（3 R's）」とされる。たとえば、70年代のアメリカでは、「基礎に帰れ（back to basic）」運動において、3 R'sを中心とする基礎技能に対してリテラシーもしくはリテラシー教育の用語が使われている。一方で、社会的自立に必要な基礎教養の概念を「機能的リテラシー（functional literacy）」とし、ハイスクールが提供するレベルの教養をリテラシーと定義している。また、1956年ユネスコの発展途上国におけるリテラシープログラムでは、「読み書きの能力だけでなく、大人になって経済生活に十全に参加するための職業的、技術的な知識を含む」と定義されている。このようにリテラシーは、学校において教育される共通教養であり、とくに社会的自立の基礎となる公共的な教養とされている⁹⁾。

科学的リテラシー（scientific literacy）の用語は、1950年代後半の米国で使われはじめている。そこで、米国における科学的リテラシー概念の登場と変遷を以下に概観する。

(1) 科学的リテラシー概念の登場

Roberts（1983）によれば、米国では、1958年にHurdが初めて科学的リテラシーに類似する用語を使用している。その後1960年代後半においてほとんど慣用句化し、1971年には科学教師の全米的組織であるNSTA（National Science Teachers Association）は「科学的リテラシー」の育成こそが科学教育の目的であると明言するまでに至っている。科学的リテラシーの用語が登場した1950年代後半は、スプートニク・ショックを受けて科学カリキュラム改革運動が全米的に展開された時期でもある。この運動は、科学者や技術

者の育成を目指すような学問的な優秀性 (excellence) を念頭に置いていた。この運動は、社会や日常との関連が希薄で学問としての科学のみを目指しているとの批判から、一般市民に必要な資質として科学的リテラシーの議論が始められたとされている⁽³⁾。

当時の科学的リテラシーは「一定水準の市民的資質、すなわち一般教育の一部としての科学教育の目的であり、小学生は小学生なりに、中学生は中学生なりに望まれ、その成長を伴って高まり、更に成人としてふさわしさへ発達することが望まれる資質である。」と考えられている⁽⁴⁾。年代に応じて連続的に発達すべきものと捉えられているが、その具体は論者によって様々である。Pellaら(1966)は、1946年から1964年の100の関連文献から、科学的リテラシーの構成要素を抽出している。そこでは、「科学と社会」「科学の倫理(科学者としての精神・考え方)」「科学の本性(科学の目的)」「概念的知識(既存の学問体系にもとづく知識)」「科学と技術」「科学と人文」の6つの要素が抽出されている⁽⁵⁾。科学概念の理解や科学者の精神の理解を目的としてきた科学教育に、科学と関連する社会、技術、人文の理解が組み入れられている。ただし、それらは政策的な達成目標や公的な科学教育の目標ではなく、スローガ的な意味合いであった。内容も従前通り知識理解が中心で、各要素の関連性や市民生活でのリテラシーの活用については十分な議論はなされていなかった。

(2) SFAA および全米科学教育スタンダードにおける科学的リテラシー

米国では、70年代後半の経済停滞、国際的競争力の低下による危機感から、1983年には「危機に立つ国家 (Nation at Risk)」が発表され、国家の再生には教育の再生が必要であることが明言された。これを受け、1985年にはAAAS (American Association for the Advancement of Science) が中心となり、科学的リテラシーの向上を目指す「プロジェクト2061」が発足し、現在も活動を続けている。このプロジェクトにおいても、1950年代後半と同様に教育における優秀性 (excellence) の担保を掲げている。プロジェクトの最初の報告書である「Science for All Americans (以下、SFAA とする)」

のタイトルからも推測できるように、その方向はすべての市民がよりよい生活を営むための科学教育の構築に向いている。報告書では科学的リテラシーを備えた国民像を「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ことを認識した上で、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プロセスを用いる。」と定義している。報告書には”Habits of mind”という章が設けられ、科学に対する態度や価値観についても言及している⁽⁶⁾。

1996年には、「プロジェクト2061」の成果を基に「全米科学教育スタンダード」が作成されている。そこでの科学的リテラシーは、「個人的な意志決定、または市民のおよび文化的な活動への参加、そして経済生産力の向上のために必要となった科学的な概念およびプロセスについての知識および理解のこと」と定義されている。スタンダードの内容として、「物理科学」「生命科学」「宇宙および地球科学」のような従前の学問分野の他に、「科学における統合概念とプロセス」「探究としての科学」「科学と技術」「個人的、社会的観点から見た科学」「科学の歴史と本質」などが含まれている⁽⁷⁾。

米国における1950年代後半との比較から、SFAA および全米科学教育スタンダードの科学的リテラシーには、次の特徴が見られる。第一に、科学概念の理解は、単なる名称や用語についての知識にとどまらず、科学の限界や科学に関連する価値観や倫理観の理解を含めている。第二に、科学的な概念とプロセスの理解は個々に重要ではあるが、その活用は両者を組み合わせる必要があることを強調している。これらの特徴から現代の科学的リテラシーは、知識や技術の習得に終わらせることなく、意志決定過程に参加するための応用力、実践力としている。この背景には、環境問題に代表される複雑化した社会の存在がある。このような社会を生き抜くには、科学的な概念とプロセスを活用しながら、よりよい意志決定が不可欠であるとしたのである。

2. PISA 調査に見られる科学的リテラシーの特徴

前述したように、PISA 調査は、OECD（経済協力開発機構）が実施する15歳児を対象とした国際的な学力調査である。OECDは、先進工業国を中心に構成され、国際的な経済協力を目的とする機関である。経済発展や労働市場の開拓との関連から、PISA 調査に代表される教育や人材育成の事業も実施している。

PISA 調査は2000年、2003年、2006年の3回が実施されており、どの回も読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーが測定されている。2003年は、問題解決能力の調査が追加されている。調査が目的であるため、ペーパーテストで評価可能な知識、技能、能力を想定し、各リテラシーの詳細を設定している。

(1) 科学的リテラシーの定義

表1は、PISA 調査における科学的リテラシーの定義およびその発達の程度である⁶⁾。この定義は、科学的知識とプロセスを結びつけていることやそれらを意志決定の重要なツールとしていることなど、SFAA および全米科学教育スタンダードにおける科学的リテラシー概念を踏襲している。また、科学的リテラシーを、低度な発達から高度な発達まで連続した能力として捉え、その具体的な能力を例示している。

Bybee (1997) は、科学的リテラシーを、名称や用語を理解するレベルの「名称上の科学的リテラシー」、限られた文脈の中で科学用語を利用できる「機能的な科学的リテラシー」、科学の概念およびプロセスを理解できる「概念的・方法的な科学的リテラシー」、科学とテクノロジーの哲学的、歴史的、そして社会的役割の理解を含む「多次元的な科学的リテラシー」に分けている⁶⁾。定義からは、科学的リテラシー教育の目標を「概念的・方法的な科学的リテラシー」と設定していることがわかる。しかし、低度および高度の発達の例示からは、「機能的な科学的リテラシー」にまで測定ターゲットを

表1 PISA調査における科学的リテラシーの定義および発達の程度

定 義	
自然界及び人間の活動によっておこる自然界の変化について理解し、意志決定のために、科学的知識を活用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力。	
発達状態	生徒の具体的状況・特徴
低度	ある単純な事実についての知識（名称、事象、用語、簡単なルールなど）を思い出したり、常識的な科学的知識を使って議論を出したり、評価することができる。
高度	単純な概念モデルを作り出し、それをを用いて予測したり、説明したり、正確にこれを伝達したり、実験計画に関する調査結果を分析し、データを証拠として使いながら、別の見方や異なる見通しとその意味について評価し、その結果を正確に伝達することができる。

置いていることがわかる。高度で専門的な能力とされる「多次元的な科学的リテラシー」は、全米科学教育スタンダードには含まれていたが、PISA 調査では取り上げてはいない。

(2) 科学的リテラシーの3つの側面

注目すべきは、科学的リテラシーを、表2のように「科学的知識または概念」「科学のプロセス」「状況または文脈」の3つの側面から捉え直していることである。3つの側面は独立したものではなく、常に相互に関連して科学的リテラシーを構成している。PISA2003Assessment Framework (2003) によれば、3つの側面を以下のように解説している。

「科学的知識または概念」は、物理学や化学など既存の学問体系の知識や概念から、とくに、日常性との関連ある内容、将来にわたって生活に持続的な関連のある内容を取り上げる。つまり、実生活に应用可能である科学的知識や概念を重視している。

「科学のプロセス」では、教科内容と関連しないプロセスは無意味であるとする点、広範囲な教科と関連して使用できる能力であるとする点、現在の学校教育に一般的である帰納の手順を唯一のプロセスとしない点を特徴としている。ここで取り上げられるプロセスは、科学に関して取り上げられたプロセスであり、科学それ自体のプロセスではない。

「状況または文脈」では、一般的な生活状況を設定することの必要性を述べている。従前の学習は、学校内の状況設定が多く、科学的プロセスと知識の利用は実験室または教室に限定されることも多かった。しかし、より実践的、実用的な能力として科学的リテラシーを捉えるために、与えられた素材や状況の中で如何に判断できるかが重要と考えられている。

これまでの科学的リテラシー概念との違いは、知識や概念を“日常”と密接に結びつけた点、獲得した知識やプロセスを活用する“状況や文脈”を明確に位置づけた点にある。つまり PISA 調査の科学的リテラシーは、社会をよりよく生きる知識・技能だけでなく、社会に積極的に参加できる機能的な知識・技能を包括した概念といえる。

表 2 科学的リテラシーの 3 つの側面

科学的知識または概念	物理学、化学、生物学、地学、宇宙科学などの主要な分野から選択され、力と運動、生命の多様性、生理的変化などの多くのテーマから導かれる。
科学的プロセス	証拠に基づいて習得し、解釈し、行動する能力を中心とし、次の 3 つのプロセスからなる。 (1)科学的現象の描写、説明、予測 (2)科学的調査の理解 (3)科学的証拠と結論の解釈
状況または文脈	生活と健康、地球環境、技術について、日常生活における異なる状況で科学を用いること。

(3) PISA 調査の背景にある学習論

PISA 調査は、SFAA や全米科学教育スタンダードの流れを受けながらも独自の科学リテラシー概念を作り上げている。その背景を、同時期に OECD が設定したキー・コンピテンシーズ (Key Competencies) から探る。

OECD は、2003年に「人生の成功と良好に機能する社会」のためにコアとなる能力として、キー・コンピテンシーズを策定している。PISA 調査で扱うリテラシーよりいっそう広い範囲の概念である。策定の作業は、1997年後半からスイス連邦のリーダーシップのもと、DeSeCo (The Definition and Selection of Competencies) によって進められた。1999年の第一回 DeSeCo 会議では、表 3 のキー・コンピテンシーの 3 要素が挙げられた。さらに、3

要素すべてに関連する中核概念として「批判的で反省的な思考」が提示されている⁹⁹。

表3 キー・コンピテンシーズの3要素

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 相互作用的に道具を用いる<ol style="list-style-type: none">1 A : 言語, シンボル, テキストを相互作用的に活用する能力1 B : 知識や情報を相互作用的に活用する能力1 C : 技術を相互作用的に活用する能力2. 異質な集団で交流する<ol style="list-style-type: none">2 A : 他者とうまく関わる能力2 B : 協力する能力2 C : 争いを処理し, 解決する能力3. 自立的に活動すること<ol style="list-style-type: none">3 A : 大きな展望の中で活動する能力3 B : 人生計画や個人的プロジェクトを設計し実行する能力3 C : 自らの権利, 利益, 限界, ニーズを表明する能力 <p>*PISA調査における「読解力」と「数学的リテラシー」は1 Aの能力に、「科学的リテラシー」は1 Bの能力に含まれる。</p> |
|--|

3要素のキーワードとして、道具 (tools) や相互作用 (interacting) を挙げることができる。道具 (tools) は、コンピュータなどの情報機器のみならず、会話や文字なども含めた様々なメディアである。高度化し複合化し流動化する知識社会では、様々なメディアを媒介とした相互作用の能力が重要であることを示している。

ドミニク (2006) は、コンピテンスを「個人の属性と、その人が働きかける文脈との相互行為の産物である。」としている。このような言説や、上記のキーワードから、コンピテンスモデルは、状況的学習論 (situated learning theory) を基盤していると推測できる。Lave & Wenger (1990) によって提唱された状況的学習論は、相互作用の場として実践共同体を位置づけ、そこへの参加こそが学習であると定義している。そして学習は、実践共同体内での文脈に対し意味ある活動の中に埋め込まれたときにこそ成功するとしている¹⁰⁰。このような学習論の下では、これまでの知識を持つ者が持たない者に一方通行的に情報を伝える指導ではなく、広範囲な文脈の中で自己決定や自己反省をする問題解決的な学習や、学習の場としての実践共同体が必要

になる。

PISA 調査の科学的リテラシーの一要素である「状況および文脈」は、状況の学習論と関連していることが容易に推測できる。この学習論から「状況および文脈」は、「知識やプロセスを社会的状況に応じて利用する」に加え、「ある限定された状況から知識やプロセスを創造する」ことも必要であると再定義できる。

3. 国際的な科学的リテラシー政策から見た日本の課題

(1) 科学的リテラシー概念からの課題

日本では、評価の観点として「自然事象への関心・意欲・態度」「科学的な思考」「観察・実験の技能・表現」「自然事象についての知識・理解」の4つが示されている。また、平成11年度の「学習指導要領解説理科編」の改訂の趣旨には「学習内容を自然体験や日常生活と関連付けるとともに、自然環境と人間との関わりを一層重視する」ことが示されている⁹²。これらから、日本の理科教育においても科学的リテラシーの3要素「科学的知識または概念」「科学的プロセス」「状況または文脈」は、ある程度包含されているといえる。

しかし、各要素の詳細は検討の余地がある。たとえば、これまで教育課程は、内容範囲（スコープ）と系列（シーケンス）の関係から導き出されてきた。そのため、科学の学問体系と関連した内容に主たる焦点が当てられ、関連するプロセスや状況は焦点化されない現状がある。日常的で近い将来にわたって必要な科学的知識や概念の抽出や、内容とプロセスを緊密に組み合わせた教育課程が必要である。

(2) PISA 調査結果からの課題

過去2回のPISA調査において、日本の科学的リテラシーの平均得点は、第2位であることから、知識や技能を実生活に活用する力は国際的に上位といえる。しかしながらPISA2000の「オゾン」の問題のような論述形式の間

題では、「完全正答の割合が高く、誤答の割合が低く、無答の割合が高い」という結果も示されている。すでに知り得ている知識や技能を活用する能力は優れているが、新規の現象に対してこれを課題として解決に取り組む子どもが、国際的な水準から考えると低いといえる。これを、再定義した「状況および文脈」から考察すると、「知識やプロセスを社会的状況に応じて利用する」力は高いが、「ある限定された状況から知識やプロセスを創造する」力が十分ではない。学習課程の改善に状況的学習論の視点を応用し、広範囲な文脈の中で自己決定や自己反省をする問題解決的な学習の展開や、学習の場としての実践共同体を組織する必要がある。

おわりに

米国における科学的リテラシーの変遷および PISA 調査での科学的リテラシーについて整理した。特に、PISA 調査および DeCeCo のキー・コンピテンシーズは国際的標準としての学力として注目すべきである。一方で小川（1998）は、西洋の科学概念と日本の理科概念の比較から、特定の文化的文脈によって作り出される「土着科学」の重要性を提案している⁹³。国際標準の学力を視野に入れつつ、日本型の科学的リテラシーの構築を進める必要があるのではないだろうか。

〈参考文献〉

- (1) 猿田祐嗣「理科における「読解力」とは？」『理科の教育』日本理科教育学会、第647号、2006年、368～371頁。
- (2) 佐藤学「リテラシーの概念とその再定義」『教育学研究』第70号、日本教育学会、2003年、292～301頁。
- (3) Roberts, D. A. *Scientific literacy, Towards a balance for setting goal for school science programs*, Ottawa, ON, Canada: Minister of Supply and Services, 1983.
- (4) 鶴岡義彦「'scientific literacy'について～米国科学教育の動向に関する一考察～」『教育学研究集録』第2集、筑波大学教育研究科、1979年、159～168頁。

- (5) Pella, M. O., O'Hearn, G. T., & Gale, C. G., Referents to scientific literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 1966, 199-208.
- (6) American Association for the Advancement of Science., *Science for All Americans*, Project2006, Oxford University Press, 1989.
- (7) National Research Council, National Science Education Standards, Washington, DC: National Academy Press, 1996. NRC (長洲南海男監修)『全米科学教育スタンダード—アメリカ科学教育の未来を展望する—』梓出版社, 2001年。
- (8) OECD, PISA2003Assessment Framework, 2003. 国立教育政策研究所『PISA2003年調査評価の枠組み』ぎょうせい, 2004年。
- (9) Bybee, R. W., Achieving Scientific literacy: from purposes to practices, Heinemann, 1997, 1-125.
- (10) D. S. Rychen & L. H. Salgannik, *Key Competencies for a successful life and well-functioning society*, 2003. ドミニク・S. R.・ローラ・H. S (立田慶裕監訳)『キー・コンピテンシー—国際標準学力を目指して—』明石書店, 2006年。
- (11) Lave, J., & Wenger, E., *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation.*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990. J.レイヴ, E.ウエンガー (佐伯胖訳):『状況に埋め込まれた学習—正統的周辺参加』産業図書, 1993年。
- (12) 文部省『小学校学習指導要領解説理科編』1999年, 3頁。
- (13) 小川正賢『「理科」の再発見—異文化としての西洋科学—』農山漁村文化協会, 1998年。

[キーワード]

科学的リテラシー, PISA 調査, キー・コンピテンシー, 状況的学習論