

国際機関（UNESCOおよびOECD-PISA）における 科学リテラシーについて

Views on Scientific Literacy at the International Organization; UNESCO and OECD-PISA

熊野善介

KUMANO Yoshisuke

静岡大学教育学部

Shizuoka University

[要約] UNESCOにおける「科学リテラシー」の言葉は「プロジェクト2000+」の中で急速に用いられ始め、その基盤はAAASの「プロジェクト2061」の影響が大きいと見られる。1994年に主にアメリカ人とイギリス人の科学教育研究者により、「科学技術リテラシー、意味と論理的な根拠」が作成され、科学リテラシーの論理的な根拠が示された。その後、1999年にハンガリーのブタペストで「21世紀のための科学に関する世界会議；新しい公約」が開催され、2001年にインドのゴアにおいて、「人類の発展のための科学、テクノロジーと数学教育」に関する国際専門家がUNESCOの主催で開催された。その後も、UNESCOの科学技術教育部門、環境教育部門において、国家の発展の基盤としての科学技術教育や環境教育の重要性は認識され、様々なプログラムが展開されている。

その一方で、OECD/PISAにおいては、明確な「科学的なリテラシー」の定義が行われ、「科学的な知識又は概念」、「科学の方法」、「状況又は文脈」という3つの領域が示され、科学教育では常にこれらの3つの領域が混在していることが示されているだけでなく、この「科学リテラシー」を問う問題の作成がなされた。これらは、日本の理科教育のために大変意義深く価値ある内容である。

1. はじめに

ユネスコは戦後、様々な国の発展や開発を願って、科学と技術教育の進展に寄与してきた。ユネスコにおいて「科学リテラシー」という言葉の本格的な使用が始まったのは、1992年の「プロジェクト2000+、すべての人々のための科学技術リテラシー」からである。本小論では、ユネスコにおける科学技術リテラシー論がどのようになされてきたかを簡潔にレビューし、最近のリテラシー論がどのように展開しているといえるかについて考察を進める。

さらに、後半は2003年にOECD/PISA (Programme for International Student Assessment, Organization for Economic Co-operation and Development) による国際比較調査の結果について、科学リテラシーがどのように定義されているかについてかなり詳しい分析を試みた。この中で、いわゆる「読解力」の領域において、日本はトップ集団ではあるが、必ずしも望ましい結果を得たとはいえない。「読解力」とは総合的な解釈力であり、科学的・数学的な論理性が重要なポイントになる。さらに、文章の読解力だけでなく、判断したり意思決定したりする能力を求められている。これらは、現在の日本の国語の授業のみでは育成されるものではなく、むしろ「総合的な学習の時間」の中で醸成されるものである。

2. UNESCOにおける科学的リテラシー

UNESCOにおける科学教育は、1957年になって大きな転換期を迎える。それは、スプートニクが人工衛星として地球の上空を回ることになったことにより端を発する。つまり、この事件により、西欧諸国がこぞって科学教育プログラムと基礎科学における教育に対して、巨大な予算をかけるようになったことと直接関係する。特に、中学校レベルでの基礎的科学の学習の重要性が認識され、物理、化学、生物、数学が重要であることが支持された。このことにより、途上国においても科学教育の発展が望まれた。1963年に物理（ラテンアメリカ）、1965年に化学（アジア）、1967年に生物（アフリカ）、1969年に数学（アラブ首長国連合）が出版された。

1970年代からUNESCOは普通教育において統合科学教授とテクノロジーの導入へと政策を転換していった。1971年に“発展への科学とテクノロジーの応用のための世界行動計画”が採択され、世界各地（ブルガリア、アメリカ、オランダ等）で国際会議が開催された。1990年までに統合科学技術教育の6冊の新しい流れに関する出版がなされた。この流れの中で1977年ごろから、アジアUNESCO支局であるAPEID(発展のための教育改革アジアプログラム)が科学技術教育に特化して積極的にかかわるようになっていく。特に低コストの実験器具や観察の道具の開発や、アジア各地での、科学教育のワークショップが開催された。

1981年にパリのUNESCOで「科学技術と国家の発展に関する国際会議」が開催され、1985年には科学技術教育における国際情報ネットワークがUNESCOのもとに組織化された。1992年に「すべての人々のための科学技術リテラシー」という標語の「プロジェクト2000+」についての本が出版された。

3. UNESCOにおける科学的リテラシーと「プロジェクト2000+」

UNESCOにおける科学リテラシーは、1990年にタイのジョムチェンで開催された、「すべての人々の教育世界提言」に端を発するものである。しかし、この時代はすでに欧米では「科学的リテラシー」やAAASの科学と技術と数学を含む、「科学リテラシー」の動きがかなり熟成している時期である。1992年にUNESCOでは、「プロジェクト2000+；すべての人々のための科学技術リテラシー」を立ち上げ、2001年までにすべての国々が科学技術リテラシーを育むための適切な構造と活動を定着すべきであると提言したのである。1994年に本プロジェクトの一環として、「科学技術リテラシー、意味と論理的な根拠」という科学技術リテラシーに関して書かれた1980年から1993年にかけての論文の抽象ト約270件がまとめられた。

これに引き続き、1999年にハンガリーのブタペストで「21世紀のための科学に関する世界会議；新しい公約」が開催された。会議の目的は「社会が科学に対して抱く期待や、人間と社会の発展によって提起されている課題にこたえるべく科学を進展させるために、どのような努力がなされるべきかを検証する。」とされ、「科学と科学的知識の利用に関する世界宣言」及び「科学アジェンダー行動のためのフレームワーク」が採択された。この中で、科学教育の重要性が確認され、科学は人類全体に奉仕すべきものであるとし、科学的知識の創出と利用について活発で情報の行き届いた民主的な議論が必要であることが確認された。

その後、2000年に「ダッカ世界フォーラム」が開催され、リテラシーを高め、男女差別や経済格差をなくすために、すべての国が緊急の行動「すべての人々のための教育」を実行することが採択され

た。この「ダッカ世界フォーラム」の具体的アクションとして、2001年にインドのゴアにおいて、「人類の発展のための科学、テクノロジーと数学教育」に関する国際専門家がUNESCOの主催で開催された。

これら一連の「プロジェクト2000+；すべての人々のための科学技術リテラシー」では持続可能な社会をめざした6つの中心となる領域を明示している。それらは①科学技術の本質とその適切化、②発展との関係、③教授と学習の環境、④教師とリーダーシップ教育、⑤アセスメント方法と評価プログラム、⑥学校外と学校での開発方略である。

その後2003年に出された、「中等学校科学技術教育における政策作成のためのガイドライン」においてはこれまでのUNESCOの流れに則り、より具体的なガイドラインが作成された。このなかで、科学技術リテラシーに関する内容としては、以下の内容が示されている。

「科学技術リテラシー」に含まれる原理的な内容として、以下の内容が包含されている。①より広い科学技術の公共理解の基礎を確立すること。②健康や福祉、雇用との関係において、増大する科学技術世界において、個人が効果的に機能できること。③経済と社会の発展のために必要な労働者を教育すること。④とりわけ産業界や政府における意思決定者にほとんどの国家の課題には科学技術的観点が内在することを提示すること。

2005年には「すべての人々のための教育：生活のためのリテラシー」が作成され、UNESCOの新しい具体的なポリシーが策定された。この中では、「科学技術リテラシー」についてはほとんど示されていないが、UNESCOのHPを確認すると、科学技術教育は別なタスクフォースとして存在しており、科学技術リテラシーが無くなったわけではなく、今後もプロジェクト2000+の延長で更なる展開が期待できよう。

4. OECD-PISAにおける科学の定義

すべての人々にとって獲得すべき科学的能力とは何であろうか。科学はわれわれの生活をより豊かにするための基盤となるものを提供するだけでなく、あらゆる知識を証拠に基づいて確認する力を与えてくれる。同時に科学の限界と可能性の両面を理解することができるようになる必要がある。さらに、科学は日常生活において、科学的な現象に対して応用する力を与えてくれるだけでなく、科学・技術に関連した問題の解決のために、意思決定を行うための「科学の方法」を提供する点で重要である。

PISAの科学的リテラシーを定義するにおいて、2003年のPISAの中で参考にした論文は以下に示すとおりである。まず、科学的リテラシーのさまざまなレベルについて言及したのが、

- (1) シェイモス (Shamos, 1995)
- (2) グラエバー・ボルテ (Graeber & Bolte, 1997)
- (3) ラグッチ (Laugksch, 2000)

次にこれらの科学的リテラシーを4つの明確なレベルで研究したのが、

- (4) バイビー (Bybee, 1997)

である。バイビーが述べている、最初の2つの科学的なリテラシーは科学的な言語としての基礎基本を身につけるレベルと、限られた身近な文脈に当てはめ科学的な理解を深めるレベルであるが、これらはPISAが求める科学的なリテラシーではない。バイビーが述べている最も上位の複合次元型の科学的リテラシーとは、科学の文化における役割や科学の歴史や本質を理解しているレベルである。

この段階はすべての市民が到達することは難しいが、この段階に達することでもっとも適切な科学倫理が使用できるレベルである。PISAが求めるレベルはバイビーが述べるところの第3の科学的リテラシー、“概念および科学的方法に基づいた科学的リテラシー”である（p133から概説、PISA/OECD, 2003）。ここで、バイビーが述べている内容を概略しておく、バイビーが述べている第3と第4の科学的リテラシーを順にまとめると以下ようになる(熊野, 2002)。

- 概念的、方法的科学的リテラシー (Conceptual and Procedural Scientific Literacy) は物理学、化学、生物学、地球・宇宙科学などの固有の科学領域と関連させて、ある科学の主たる概念構造の理解がなされている状況を示す。このレベルでは、科学的探究や工学的な設計方法も包含される。
- 多次元に及ぶ科学的なリテラシー (Multidimensional Scientific Literacy) においては、科学の理解が科学の概念の理解や科学的な探究の理解を超えて、科学と技術の哲学的、歴史的、そして社会的側面が包含されるのである。すなわち、STSである。このとき2つの見方を明らかにしておく必要がある。第一は、いろいろな科学概念や科学的な方法を統合することであり、第二は、他の学問領域や、社会と歴史の文脈の中で科学の研究をより広く捉える必要があることである。科学の統合した見方として、科学と技術の理解、人間の営為としての科学、科学的知識の本質、歴史的観点がまとめられた。文脈的観点からみた場合、学習者は科学と技術と他の領域例えば、個人と公衆衛生、人口の増加、自然資源、環境の質、自然災害および人災、地域・国家・地球への挑戦などとの関係を学ぶのである。

5. OECD/PISAにおける科学的リテラシー (Scientific Literacy)

PISAが2000年のホームページに公開したときの科学的リテラシーは以下のとおりである。

『「科学的リテラシー」は自然界を理解したり、人間の活動を通して自然界を変化させることについて意思決定を助けたりするために、証拠に基づいた結論を導いたり、疑問点を確認したり、科学的な知識を使用したりする能力のことである。科学的リテラシーには自然界を理解し、意思決定を行うために、鍵となる科学的な概念を使用することが当然含まれる。そして、科学的な質問を認識し、証拠を用い、科学的な結論を描き、これらの結論について意思の疎通ができることが当然含まれる。今日または近い未来の子どもの世界にとって実際に意味のある科学的な概念が使用される。すなわち、それらは生命や健康、地球や環境、そして技術に関する科学の概念が包含されるのである。(熊野訳,2002)』

これがOECD/PISA(2003)では以下のようにになっている。

『科学的リテラシーは、自然界について理解したり、人間の活動を通して自然界を変化させることについて意思決定を行ったりしたりするために、証拠に基づいた結論を導いたり、疑問点を確認したり、科学的知識を使用したりする能力のことである。(p133)』

ということで、大きな科学的リテラシーに関する内容の転換は起こっておらず、基本的な大きな捉え方は同一である。一方、2003年のバージョンではさらに詳しい解説が付加されている。簡単にまとめると以下の通りである。

“use scientific knowledge to identify questions and to draw evidence-based conclusions”
とは、

「科学的リテラシーで強調すべきことは、科学的な知識だけではなく科学的な知識がどのように形成されていったかという過程が科学的リテラシーにとって欠くことのできないものである。過程は科学的な内容と関連して使用されたとき初めて科学的となり得るのであるから、科学的な過程には科学的な内容の理解が必然的に含まれるのである。

科学的な知識とは単に科学的な名前や熟語、事実を理解しているだけではなく、原理的な科学概念を理解し、科学的な知識の限界や、人間の営みとしての科学の本質の理解を含むのである。明確化される質問・疑問とは科学的探究活動を通して答えられるものであり、特定の科学的トピックに関するものや、科学についての知識を必要とされるものである。“証拠に基づいた結論を描くこと”とは、科学的な情報やデータを選択したり評価したりするための科学的な方法を知っていることと応用できることを意味する。さらに、結論を定義づけるために十分な情報が得られないこともしばしばあることを認識し、得られた情報について慎重にかつ意識的に、あれこれと推測する必要があるのである。(p134より概訳)』

“…understand and help make decisions…”とは、

「このフレーズは、第一に目的として自然の世界を理解するだけでなく意思決定を行うことが重要であることを述べている。第二にほとんど専門書等でも注目されていないが、科学的な理解が意思決定に役に立つことを述べている。実際の決定は、社会的、政治的、または経済的な軸を持つ状況的な文脈の中でいつも行われている。そして、科学的な知識がこれらの軸に関係した人間の価値観という文脈の中で使用されている。ある状況の中である価値について合意が成り立っている場合、科学的な証拠の使用は議論の余地はないのである。ところが、価値の合意がなされない場合、意思決定を行うための科学的な証拠の使用と選択において、少なからぬ論争が生じることになる。(p134より概訳)」

“…the natural world and the changes made to it through human activity……”

「ここで述べられている“自然界”とは、物理的なあり様（物理的な世界）と生きとし生けるもの（生物界）、そしてそれらの相互作用を短縮して述べた言葉である。自然界についての決定には、科学と関連した自分や家族、コミュニティ、地球規模のイシューと関連した意思決定が含まれるのである。

科学的リテラシーとは、科学的リテラシーがあるものとなないものの2つに分けられるものではなく、あまり科学的リテラシーが開発されていない状態から、しだいに深く科学的リテラシーが開発された状態へと漸進的に変化するものと捉えることができる。より発達した科学的リテラシーとは、説明や予想をするために単純な概念的なモデルを使用したり作り上げたりすることができることを示せたり、実験をデザインすることに關して科学的な調査を行ったり、データを使用して代替の考えや異なった観点や発展的な考えについて価値判断したり、正確に意思の疎通や価値判断を行ったりできるようになることである。(p134より概訳)」

6. 領域の構成

PISA（2000年）における領域の構成においては、まず、「科学の方法」があり、その後、「科学概念」そして、「状況」という順で3つの構成について解説がなされていた。これが、2003年の中では、「科学的な知識または概念」、「科学の方法」、そして「状況または文脈」という順で多少語彙の変更がなされている。説明は3つの領域についてなされるが、これらは、科学的リテラシーの要素として同時に存在するもので、独立しているものではないことは共通して説明がなされている。

（1）科学的な知識または概念

2000年のPISAの本領域に関する解説を以下のようにまとめた。（熊野，2002）

「科学の概念」は、私達がすでに知っていることを新しい経験を通して結び付け、なるほどそういうことなんだと納得させてくれるものである。概念にはいろいろなものがあり、例えば、科学用語（光合成、加速度、溶媒などのこと）がある。また、より概念化したり、一般化がなされた法則や理論がある。さらには、数々の科学的なテーマがあり、評価や報告の目的のために、より広く応用可能である。OECD/PISAのアセスメントプロジェクトを進めるに当たって、「科学の概念」の選別に対して4つの規準を設けた。

- （1） 第一の規準は日常に直接関与していること。児童生徒の日々の生活の中で役に立つという観点から、科学概念にはいろいろな段階がある。
- （2） 第二の規準は、科学概念が向こう10年またはそれ以上の長い時間に渡っての人類の生活にとっても通用しうるものであると同時に、重要であり続けるものであること。
- （3） 第三の規準は、科学概念が具体的に実験や観察で示すことが可能な、換言すれば、具体的な状況のなかで直接的に関連しうる概念であること。
- （4） 第四の規準は、選択された科学の方法をいくつか統合することを必要とする科学の概念であること。（つまり、複数の科学的な方法を内在する科学的な概念であること）

これらの4つの規準に対応する概念には、主たる科学的概念として以下のものがあげられている。

物性特にその構造と性質（熱と電気の伝導性）、大気の変化（放射、伝導、気圧）、化学的・物理的变化（物質の相、反応の度合い、分解）、エネルギーの変換（エネルギーの保存、エネルギーの崩壊、光合成）、力と動き（平衡と不平衡の力、速度、加速度、力のモーメント）、形態と機能（細胞、骨格、適応）、人間生物学（健康、衛生、栄養）、生理学的変化（ホルモン、電気分解、神経）、生物の多様性（種、遺伝子プール、進化）、遺伝子管理（優性、遺伝）、生態系（食物連鎖、持続可能性）、宇宙における地球とその位置（太陽系、日変化と季節変化）、地質学的変化（大陸移動、風化）

さらに、科学の応用的な領域として、以下の内容がある。

生活と健康における科学、健康と病気と栄養、種の持続可能な使用と維持（管理）、物理的システムと生物的システムの相互存、地球および環境の科学、環境汚染、土壌の損失と生産、天気と気候、バイオテクノロジー、原料の使用と廃棄物処理、エネルギーの利用、輸送または交通

これに対して、2003年のPISAにおいては、科学の主な分野の内容の規準を決めるために4つではなく3つの規準が示されている。（p135-136から概訳）

- ① 第一の規準が毎日の状況に適切であること。科学的な知識は日常生活において役に立つ度合いによって異なるからである。事例として相対性理論とニュートンの法則が示されている。（p135から概訳）
- ② 第二の規準は、選ばれた科学的な知識や概念が今後の10年またはそれ以上の間、生活していくために適切であり続けること。（p135から概訳）
- ③ 第三の規準は、選ばれた科学的な方法と統合することができる科学的な知識であること。そして、単純な記憶では解決できないものが含まれていること。（p136から概訳）

これらの規準に対応する科学的な内容として以下の内容が挙げられる。これらの内容に関しては大きな変化は見られない。しかし、2000年に示された（1）と（3）を統合し、第一番目の規準としたと見るべきであろう。

物質の構造と性質（熱と電気の伝導性）、
大気の変化（放射、伝導、気圧）、
化学的・物理的变化（物質の相、反応の度合い、分解）、
エネルギーの変換（エネルギーの保存、エネルギーの崩壊、光合成）、
力と動き（平衡と不平衡の力、速度、加速度、力のモーメント）、
形態と機能（細胞、骨格、適応）、
人間生物学（健康、衛生、栄養）、
生理学的変化（ホルモン、電気分解、神経）、
生物の多様性（種、遺伝子プール、進化）、
遺伝子管理（優性、遺伝）、
生態系（食物連鎖、持続可能性）、
宇宙における地球とその位置（太陽系、日変化と季節変化）、
地理学的変化（大陸移動、風化）

（2）科学の方法

先に熊野（2002）がまとめた2000年のPISAの中で述べられている科学の方法に関する内容のまとめは、以下のとおりである。

「科学の方法」とは知識や理解を得るために、証拠やデータを用いたり、解釈したり、獲得したり、考えたりするときの心理的および物理的な行動のことである。「科学の方法」は何らかの科学の内容と関連して使用され、科学的な内容から遊離した「科学の方法」などありえないのである。〈科学の方法〉に関連する能力(技能)として5つあげられる。それらは以下のとおりである。

- （1） 科学的に実験・観察することが可能な問いを認識すること。
- （2） 科学的な実験・観察を通して必要な証拠を確認すること。
- （3） 結論を出すことと評価すること。
- （4） 妥当な結論について意思の疎通を行うこと。
- （5） 科学的な概念の理解について説明すること。

これに対し、2003年度のPISAの「科学の方法」に対する説明として3つの段落を設け、一つ一つ解説がなされている。

『「科学の方法」とは心的（時として物理的）行為のことで、考え出し、手に入れ、知識を得たり理解したりするために、証拠やデータを使ったり解釈したりすることである。科学の方法には科学的な内容から切り離されるものはないのである。科学のなんらかの

内容に関連して科学の方法が存在するのである。(p136から概訳)』

一般的に科学の方法として示されているのは、

「われわれを取り巻く自然界からの証拠を集め解釈し、これらから結論を導くために必要な技能と理解力のことである。科学の方法は実際に研究を行うときに必要な内容、すなわち、実験を行うための計画と準備を行うこと、観測を行ったり、適切な実験道具を使用して観察を行ったりすることを包含しているのである。これまで、学校教育の中で示されてきた「科学の方法」である、観察から演繹的に結論を導くというやり方が「科学の方法」の主な内容となっているが、これはどのように科学的な知識が形成されたかを学ぶことにつながっている。(p137から概訳)」。

ここでは、演繹的に結論を導くという多くの学校教育における科学教育が不十分であることを示しながら、科学の方法をもっと広く捕らえる必要があることを示している。

ここで述べる科学的リテラシーとは、

「証拠そのものを集める能力そのものよりも“証拠に基づいた結論を創造するため”に科学的知識を使用することに、より高い優先権を与えている。すべての市民が、科学に影響を受けている自分たちの生活のさまざまな側面で、判断を行うために必要なものとして、証拠やデータを批判や結論と結びつける能力が、中心的存在であるとみなされている。さらに、すべての市民は科学が適切である場合、科学が答えられることと答えられないことを見分ける能力を身につける必要がある。すべての市民は証拠が妥当である場合、証拠がどのようにして集められたかということと、その適切性において判断する必要がある。そして最も大切なことであるが、すべての市民は、個人的・社会的・地球的規模で影響をおよぼす特定の営為に対して、賛成したり反対したりするための証拠の重みを推し計る能力と、証拠と結論を関係づける能力が必要である。(p137から概訳)」

ここで述べる科学の方法は、科学の中における科学の方法と科学についての科学の方法を比べて考えたとき強調されているのが、「科学についての科学の方法」であるといえる。2003年のPISAの科学の方法には3つの科学の方法が挙げられている。(p137, 図3.2)

科学の方法1：科学的な現象を解説し、説明し、予想すること。

科学の方法2：科学的な研究を理解すること。

科学の方法3：科学的な証拠と結論について解釈を行うこと。

これらの一つ一つに解説が以下のように付加されている。

① 科学的な現象を解説し、説明し、予想すること

「与えられた状況の中で、適切な科学的知識を当てはめることによって子どもたちの理解を表す科学の方法である。この科学の方法には、自然現象を解説したり説明したり、変化を予想したりすることを包含し、また、適切な解説、説明、推察を認識することや確認することをも包含するのである。(p138から概訳)」

② 科学的な研究を理解すること

「科学的な研究を理解することには、科学的に研究しうる疑問を認識したり、疑問と相互交流したりすることであり、そのような研究にはどのようなものが含まれるかを理解することを包含する。また、科学的に研究可能な疑問を認識したり、ある与えられた状況の中で、科学的に研究が可能な質問を提案したりすることを包含する。さらに、科学的な研究の中で必要な証拠を確認したり、認識したりすることを包含する。たとえば、どのようなものを比較するのか、どの変数を変化させるべきか、または統一すべきか、さらには、どんな付加的な情報が必要とされるのか、適切なデータを得るためにどのようなことをすべきであるのかなどである。(p138から概訳)」

③ 科学的な証拠と結論について解釈を行うこと

「批判や結論のために、証拠としての科学的な発見について理解することを意味する。このことは、科学的な情報を評価したり、科学的な証拠に基づいて結論を導いたり、結論について考察を深めたりすることを包含する。また、証拠に関連して、代替の結論について相互交流したり、選択したりすることを包含する。また、与えられたデータに関しての結論に対して反対、または賛成であるための理由を提出することを包含する。さらに、結論に至るための仮定を明確にすることや、科学的な結論によって予想される社会的な影響について熟考することを包含する。(p138から概訳)」

これらの科学の方法に関する解説は、その表現のあり方を大きく変化させ、2000年に作成された5つの科学の方法を3つの内容に縮小して解説を試みている。しかしながら、よく内容を比較してみると、2000年の(1)と(2)は2003年の2番目に対応し、(3)と(4)は3番目に対応し、(5)が一番目の内容になっているといえる。その一方で、実験・観察を通して必要な証拠を確認することが無くなったことは、多くの国が実験・観察が自由にできていない状況を反映していると思われることが可能であるが、ある意味で残念である。今後確認が必要である。また、この中で使用されている“コミュニケーション”とは人間同士における意思の疎通も含まれるであろうが、個人が科学的リテラシーの一部として、科学的な内容と自問自答する状況を述べていると見るべきであることが理解される。

(3) 状況または文脈；応用の領域

先に熊野(2002)がまとめた2000年のPISAの中で述べられている「状況または文脈」に関する内容のまとめは以下のとおりである。

「状況(situations)」についてであるが、これはしばしばある課題の「文脈(context)」であるとか「設定(setting)」とか述べられているものであるが、ここでは混乱を避けるためにあえて「状況」という言葉が用いられている。というのも、特定の状況は科学的行動(performance)に大きな影響を及ぼすことが分かっているからである。従って、どのような状況において科学的な課題を出していくかを詳細に検討していく必要がある。OECD/PISAプロジェクトでは、学校内だけの状況ではなく、学校外での生徒の日常の状況が今後益々重要性を増していくと想定している。

現実の世界の状況では、個人に対して影響を及ぼしている問題(例えば、食物やエネルギーの使用)、または、地域のコミュニティーの構成メンバーに対して影響を及ぼしている問題(例えば、飲み水の供給問題や発電所の立地の問題)、さらには地球市民に対して及ぼしている問題(例えば、地球の温暖化問題、生物の多様性の減少など)があげられる。その他の状況として、科学の歴史的な側面がある。したがって、科学的リテラシーの3つの面として、いろいろな立場から、すなわち個人として家庭の構成メンバーとして、地域の構成メンバーとして、さらには地球市民として、科学知識が科学と関連した社会的な意思決定にどのように発展し、影響を及ぼしていくかを理解する必要がある。学校教育の科学カリキュラムの中や、学校外の科学に関連している学習から、科学的知識の応用的な側面における能力がどのようになっているかを評価することが重要であるとPISAでは合意したのである。

選択された科学的な知識の応用を負荷することによって、また、実際の現実世界に反映された重要な状況に科学的の方法を使用することを負荷することによって、科学的リテラシーの深さの程度を評価することができる。

以下に示されたリストは、現代や未来の市民が理解したり意思決定したりする必要のある科学の応用が必要なイシューである。

- 生活と健康における科学：健康と病気と栄養、種の持続可能な使用と維持(管理) 物理的システムと生物的システムの相互依存
- 地球および環境の科学：環境汚染、土壌の損失と生産、天気と気候
- バイオテクノロジー：原料の使用と廃棄物処理、エネルギーの利用、輸送または交通 (p139, 図3.3より)

テスト問題を作成するにあたって、応用分野だけでなく、イシューに関する内容を吟味する必要がある。内容はともすると学校カリキュラムにおける実験・観察のみを考えがちであるが、学校の外にある現実の社会の中にある問題へ応用するような問題も出されるべきである。そして、問題を作成するにあたり、すべての国の生徒が興味を抱いている内容に関して十分に考慮する必要がある。

(p139から概訳)

2000年のPISAでは、これらの内容は科学的な知識のところでは述べられ、科学の応用的な領域として述べられていた。『科学の状況と文脈』では、状況という言葉のみの強調から、文脈という文言も同値の内容と認められ、これらの内容に関する問題の作成の必要性が述べられ、応用問題としての位置づけが明確にされた。

7. 問題の事例

以上の科学的リテラシーの能力を評価する問題の事例が示された。(p141～145)

(1) 細菌が広がるのを阻止せよ。

以下の予防接種の歴史に関する短い文章を読み以下の問いに答えなさい。

11世紀の初期ごろ、中国人の医者が免疫の仕組みを操作しようとしていた。黒死病で死んだ患者からとった瘡蓋を粉々にした粉末を患者の鼻に吹き付けることによって、病を和らげ、結果として後に起こる危険な状態を防ぐことができる場合がしばしばあった。1700年になって、乾燥した瘡蓋で強く皮膚に擦りつけることにより、黒死病から人を守ることができた。これらの原理的な実践が英国やアメリカの植民地に導入された。1771年と1772年に黒死病の大量発生が起こったとき、ボストンのザブディエル・ボイルストンというお医者さんが、自分の持っていた考えを試してみた。6歳の自分の息子と285人の患者の皮膚に引っかき傷をつくり、この傷に黒死病患者の瘡蓋からの膿を擦りつけたのである。6人以外は全員生き残ったのであった。

- ④ ザブディエル・ボイルストンはどのような考えに基づいて試行したのだろうか。
- ⑤ ボイルストンのやり方が成功したものだと判断するために、あなたにとって必要な情報を2つ挙げなさい。

(2) Peter Cairney

以下に示す文章は、オーストラリアの道路研究委員会のために仕事をしているピーター・カーニーについての文章である。この文章を読んで、4つの問いに答えなさい。

・・・道路の安全性を高めるためにピーターが集めた情報のもう一つは、狭い道の交通状況を記録するために13メートルの柱にテレビカメラを設置することによってなされた。記録ビデオから車がどのぐらいの速度で走っているか、道のどの部分が主に使用されているかなどが明らかになった。そして、一定の時間が経て、道に中央分離線が描かれた。このことにより、どのように交通が変化するかを記録ビデオから確認することができた。車は前よりも速く移動するようになったか、あるいは、遅く移動するようになったか。前よりも車と車の距離は狭まったか広まったか。バイクは道の端に近づいたか、中央分離帯に近づいて運転するようになったか。ピーターがこれらのことについて情報を集めることにより、狭い道に中央分離帯を描くべきかどうかについて、有益な意見を述べるようになる。

①もし、ピーターがとても有益な意見を与えられると確信したいならば、ピーターは狭い道をビデオ撮りするだけでなく、ほかのいくつかの情報を集めるかもしれない。狭い道に中央分離帯の線を引く影響に関して意見を述べる内容をよりの確にするため、以下のどのような内容が適切であるか。

- A) 他の狭い道で同じことをする。 Yes / No
- B) 広い道で同様のデータを集める。 Yes/ No
- C) 線を引く前と後である一定時間に起こる事故の数を数える Yes / No
- D) 線を引く前と後である一定時間に通過する車の数を数える Yes / No

②中央分離帯の線が書かれてから、以下のような変化をピーターが発見したとする。

速度：より速く走っている。

位置：平均的に車は道路の端に近づいて走っている。

車間距離：特に変化なし。

これらの結果に基づいて判断すると、すべての狭い道に中央分離帯の線を描くべきであると決定がなされた。あなたは、この結論が最善の結論であると考えますか。あなたの理由も添えて、賛成が反対か示しなさい。

③ 制動距離は車の速度が大きいほど長いので、車がゆっくり走っているときよりも速く走っているときの方が車間距離を長くとるべきであると指導される。では、どうして速い車は制動するのにゆっくり走っている車より長い距離が必要なのか説明しなさい。

④ピーターが撮影したビデオの中に、45km/hで走っている車(A)が60km/hで走っている車(B)に追い越されている場面があった。Aを運転している人にとって、Bの車はどのぐらいの速度で追い越していくのか。

- A. 0 km/h
- B. 15 km/h
- C. 45 km/h
- D. 60 km/h
- E. 105 km/h

8. まとめ

UNESCOにおいては、今後も科学技術教育の部門を中心にプロジェクト2000+の延長で、科学技術学習(STL)を中心に更なるプロジェクトが推進されることになる。途上国においても科学技術学習を推進することが重要であることが確認された。このSTLの教師教育用プログラムをみると、身近な科学と技術に関する内容を具体的に学習する、科学と技術の融合学習の重層性がプログラムの主要な内容となっていた。例えば、橋をどのようにデザインすることが最も価値が高いのかを、いろいろな変数をもとに考えられるプログラムなどが作成されていた。日本としてもこのような教師教育プログラムを分析し、途上国の支援を行うときに参考にする必要がある。JICAの支援プログラムとUNESCOが歩調を揃えるという事例はほとんど無いが、UNESCOもJICAの様々な教育支援も日本政府の資金に基づいて行われており、お互いが歩み寄り、相乗効果を狙うことも可能であろう。

また、PISAにおける科学的リテラシーが2000年のものと2003年のものを比較しながら、どのような変化が見られたか、また、これらの科学的リテラシーを問う問題とはどのようなものなのかをかなり明確に示すことができた。2006年に出てくる問題は、日本の「理科」の中において考察を行うと、発展的な学習や総合的な学習の時間に見られる内容を積極的に展開しないとかなり問題がある結果が出るのではないかと予想される。昨今の学習指導要領に対する改定の方向性や、教科「理科」をめぐる問題を指摘する内容が、ともすると「基礎基本」の見直しや「基礎学力低下」に対する対処療法的な教育改定を示している場合が多い。しかしながら、21世紀の中庸を目指した新しい教育の流れは、昨今の世論の方向性とはかなり異なった、科学教育の質的な転換を要求していると見るべきではないか。UNESCOやPISAが求める科学的リテラシーは日本の理科教育・科学教育を見直すことにおいて、大変重要な視点と内容を提供しているといえる。

参考資料

Education for All Literacy for Life, Summary(2005), The EFA Global Monitoring Report Team, Director Nicholas Burnett, UNESCO,

Graeber & Bolte(1997), Scientific Literacy - An international Symposium, IPN, Kiel, Germany.

Guidelines for Policy-Making in Secondary School Science and Technology Education(2003), prepared by Edgar W. Jenkins, University of Leeds, United Kingdom for UNESCO, Division of Secondary, technical and Vocational Education Section for Science and Technology Education, UNESCO, 2003

熊野善介(2002)、科学的リテラシーの再検討と日本の文脈での再構築、—全米科学教育スタンダードとPISAの科学リテラシーの比較とその後の論文を基盤として—、新しい科学リテラシー論に基づく科学教育改革の基礎研究、平成12-13年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C)(1)、研究代表者 長洲南海男、課題番号12680166、平成14年3月、40-51

Laugksch (2000) , “ Scientific Literacy: A Conceptual Overview” , Science Education, 84(1), 71-94.

PISA/OECD (2003), The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, Programme for International Student Assessment, Organization for Economic Co-operation and Development, 1-200.

Scientific and Technological Literacy Meanings and Rationales, An Annotated Bibliography by David Layton, Edgar Jenkins, and James Donnelly, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds in association with UNESCO, 1994.

Science, Technology and Mathematics Education for Human Development, Framework for Action (2001), adopted at the International Experts Conference on Science, Technology and Mathematics Education for Human Development, Goa, India, 20-23 February 2001, UNESCO-CASTME

Shamos(1995), The Myth of Scientific Literacy, Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.

UNESCO HP: Education, Science, Technology and Environment: <http://portal.unesco.org/education/>