

## PISA2006における科学的リテラシーとしての態度の測定

PISA 2006 Assessment of Attitudes toward Science as Scientific Literacy

小倉 康\*  
OGURA Yasushi

## Abstract

Using the results of PISA survey conducted in 2006, the author analyzes students' attitudes toward science. Compared to those in developing countries, students in developed industrial countries tend to have good grades but less interest in learning science. In most developed industrial countries fostering scientific literacy at a high level, improving students' interest in science is difficult. In Japan, few students can recognize the practical values of learning science. Science teachers should make efforts to have their students realize that science is a subject worth learning. Although most students do not go into a profession in the field of science, they will encounter in daily and social life various cases where they are required to make a decision on science-related issues. The importance of using scientific way of thinking as a judgment criterion needs to be emphasized in science education. In present-day society, it is becoming increasingly important for individuals to choose an action for sustainable development. Since many environmental problems are caused by complex, intertwined factors, students have difficulty in deepening their understanding of them. It is, however, important to provide them with a learning opportunity to have certain knowledge of the problems and make a judgment properly. Future science education needs to deal with various science-related problems occurring in real life and society, equipping students with the knowledge of the natural world and science itself useful for understanding and solving problems. Also important are improving students' abilities to have a scientific question, to explain a phenomenon scientifically, and to use scientific evidence and fostering their attitudes toward interest in science, support for scientific inquiry, and responsibility for resources and environment.

## はじめに

理科教師であれば、生徒の科学への関心を高め、科学を学習する大切さを認識させたいと誰もが願うところである。科学への態度は、生徒が自ら科学の知識や理解を発展させたり、科学に関わる職業を選択したり、生涯を通じて積極的に科学的な概念や方法を活用したりする意思決定に重要な役割を果たす。その理科教育上の重要性のため、これまで科学への態度に関する研究は数多く行われてきた（例えば、Osborneら（2003）によるレビューを参照）。しかしながら、その長い研究の歴史において、2006年に実施された「OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）」（以下、PISA 調査）

\* 教育課程研究センター基礎研究部総括研究官

ほど、生徒の科学への態度を包括的にかつ大規模な国際比較が可能なデータとして測定した調査はかつてなかった。

2006年のPISA調査については、OECD (2007a; 2007b; 2006) と国立教育政策研究所 (2007a; 2007b) から詳しく報告されているが、本論文は、2006年のPISA調査における生徒の科学への態度の捉え方の特徴を分析するとともに、これからの日本の理科教育の改善に役立つ知見を見出す視点から結果を考察することを目的とする。

## 1. 2006年PISA調査における生徒の科学への態度の測定

2006年PISA調査における科学的リテラシーの定義には、「思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること」という文が含まれている(国立教育政策研究所, 2007b)。PISA調査が対象とする15歳段階の生徒には、科学的知識と技能をただ有しているだけでなく、それらを積極的に活用したり、継続的に発展させたりして、今日の科学技術の発達した社会において活躍できることが期待されている。生徒たちにはまた、この世界に生きる一市民として持続可能な発展を重視しそれを支持するような行動を選択することが期待されている。このため、2006年PISA調査では、科学的リテラシーの重要な一要素として生徒の科学への態度が測定されている。

2006年PISA調査は、表1のように、生徒の科学への態度を「科学的探究の支持」「理科学習者としての自己信頼感」「科学への興味・関心」「資源と環境に対する責任」の四つの領域で測定した。

PISA調査における生徒の科学への態度の測定は、科学的リテラシー問題の中での態度問題によるものと、生徒質問紙の質問項目によるものとの二通りで行われた。態度問題による科学への態度の測定は、科学的リテラシー問題で出題された特定の科学的事象に対する生徒の態度をより良く理解する目的で行われ、「科学的探究の支持」と「科学的な話題の学習への興味・関心」の二つの得点尺度が構成された。生徒質問紙の質問項目による科学への態度の測定からは、表1に上げた四つの領域に対して、合計13の指標が構成された。これらの得点尺度と指標を表2にまとめた。

2006年のPISA調査は、科学的リテラシーの主要な構成要素としての生徒の科学への態度を包括的に捉えている。これは、2003年の国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)では、生徒の科学への態度については「生徒の理科学習への自己信頼感指標」と「生徒の科学の価値づけ指標」の二つの側面でのみの測定となっている(Martin et al., 2004)のと比べると、はるかに情報量が多く、PISA調査では、特に「科学的探究の支持」と「資源と環境への責任」に関する領域に関連した生徒の態度について、測定領域が拡大されている。これらの拡大された領域は、「思慮深い一市民」としての15歳段階の生徒に期待されている科学的リテラシーの重要な特徴でもある。

表1 2006年 PISA 調査における生徒の科学への態度の測定領域

<p><u>科学的探究の支持</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>異なった科学的見方や論点を検討する重要性を認めること</li> <li>事実に基づく情報を用いることと合理的な説明を支持すること</li> <li>結論を導く際に論理的で慎重な過程を経る必要性を表明すること</li> </ul> <p><u>理科学習者としての自己信頼感</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科学的な課題を効果的に処理すること</li> <li>科学的な問題解決の困難を克服すること</li> <li>科学的な能力が高いことを示すこと</li> </ul> <p><u>科学への興味・関心</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科学と科学が関連する様々な問題や努力に好奇心を示すこと</li> <li>様々なリソースや方法を用いて、一層の科学的知識と技能を獲得することに意欲を示すこと</li> <li>科学が関連する職業を検討したり、科学的情報を求めたり、</li> <li>科学への興味を継続させたりすることに意欲を示すこと</li> </ul> <p><u>資源と環境に対する責任</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能な環境を維持することに対する個人としての責任感を示すこと</li> <li>個人の行動が環境に及ぼす影響の認識を示すこと</li> <li>天然資源を維持する行動に意欲を示すこと</li> </ul>
--

表2 生徒の科学への態度に関する得点尺度と指標

<p><u>科学的探究の支持</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的探究の支持得点尺度*</li> <li>・科学に関する全般的価値指標</li> <li>・科学に関する個人的価値指標</li> </ul> <p><u>理科学習者としての自己信頼感</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・科学における自己効力感指標</li> <li>・理科学習における自己認識指標</li> </ul> <p><u>科学への興味・関心</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的な話題の学習への興味・関心得点尺度*</li> <li>・科学に関する全般的な興味・関心指標</li> <li>・科学の楽しさ指標</li> <li>・理科学習に対する道具的な動機づけ指標</li> <li>・科学に対する将来志向的な動機づけ指標</li> <li>・科学に関連する活動指標</li> </ul> <p><u>資源と環境に対する責任</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・環境問題に関する認識指標</li> <li>・環境問題の改善に関する楽観視指標</li> <li>・持続的な発展に対する責任感指標</li> <li>・環境問題の深刻さに関する懸念指標</li> </ul>
--

\* 得点尺度は、科学的リテラシー問題中の態度問題への反応から構成され、その他の指標は、生徒質問紙における質問への反応から構成されたものである。

## 2. 科学への興味・関心

PISA 調査において、生徒たちは2時間のテストで、かなりの数のユニットと呼ばれる大問を含む問題冊子中の各小問に解答した。大問の中には、その大問で問われている事象に関する特定の知識や技能を学習することに対する興味・関心の程度を尋ねる質問を持つものがあった。例えば、

「酸性雨」という大問には次のような質問があり、生徒はそれぞれの項目について、どれくらい興味や関心を持っているかについて、「高い」「中くらい」「低い」「全くない」のいずれかを選ぶように求められた。

- a) 人間の活動で、最も酸性雨の原因になっているのは何かを知ること。
- b) 酸性雨を生じさせる放出を最小限にする技術について学ぶこと。
- c) 酸性雨によって被害を受けた建物の修理に使われる方法を理解すること。

PISA 調査は、テスト問題中でのこのような形式の問いに対するすべての回答を統計処理し、一つの量的尺度、すなわち「科学的な話題の学習への興味・関心」得点尺度を構成した。得点は、OECD 加盟国の生徒の平均得点が500点、標準偏差が100点となるように標準化された<sup>(註1)</sup>。

図1は、「科学的リテラシー」得点の平均を縦軸に、「科学的な話題の学習への興味・関心」得点の平均を横軸にとって、すべての参加国の結果をプロットしたものである。非 OECD 加盟国の中で、「科学的な話題の学習への興味・関心」得点の平均が500点を下回った国は無かった。先進工業国の生徒たちと比べて、発展途上国の生徒たちは、成績の程度は比較的低いけれども、科学を学習することへの興味・関心の程度は比較的高い傾向が見られる。先進工業国では逆の傾向が見られ、成績の程度は比較的高いけれども、科学を学習することへの興味・関心の程度は比較的低い。例えば、「科学的リテラシー」の得点で参加国中トップのフィンランドは、「科学的な話題の学習への興味・関心」得点の平均では最下位となっている。日本については、「科学的リテラシー」の得点で上位10位以内に入った OECD 加盟国の中では、「科学的な話題の学習への興味・関心」得点の平均が最も高かった。その原因は特定できないが、2002年度からの政策「科学技術理科大好きプラン」を通じた生徒の科学への興味・関心を高める様々な取り組みの成果が現れつつあると解釈することも可能である。

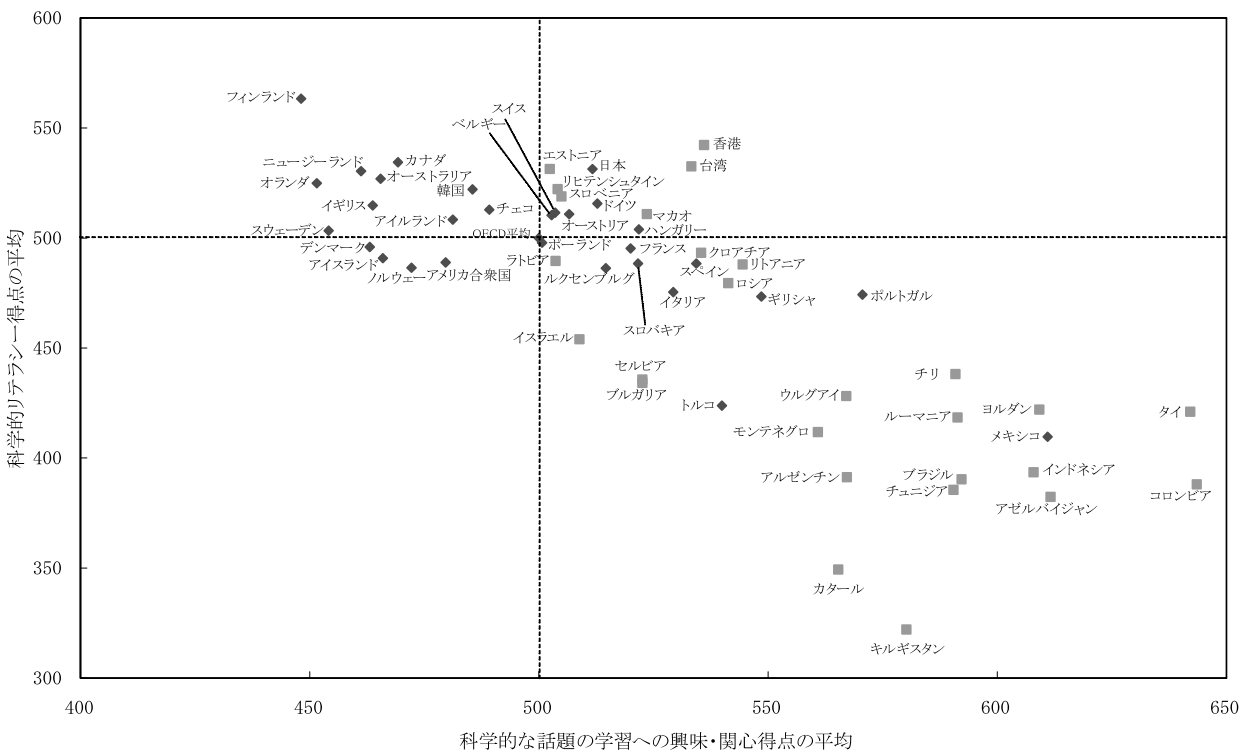


図1 科学的リテラシー得点の平均と科学的な話題の学習への興味・関心得点の平均

( ◊ は OECD 加盟国、 ◻ は非 OECD 加盟国を示す。各尺度の平均得点のデータは OECD (2007b) の p.27と p.54 に基づいている。)

生徒の科学への興味・関心に関する「科学に関する全般的な興味・関心」指標と「科学の楽しさ」指標についても、その程度が発展途上国で比較的高く、先進工業国で比較的低い結果となっている。これらの指標値は、すべてのOECD加盟国において、「科学的リテラシー」の得点と正の相関を示している。つまり、それぞれの国の中では、科学への興味・関心の指標値の値が高い生徒の方が、科学的リテラシーの得点においても概ね高い結果を示す傾向がある。図1は「科学的リテラシー」得点と「科学的な話題の学習への興味・関心」得点とが負の相関関係にあるわけではなく、各国別の平均得点間に負の相関関係が見られる現象を示している。高い水準で科学的リテラシーを育成している多くの先進工業国の理科教師たちは、生徒の科学への興味・関心の程度を向上させることが難しい状況にあることがわかる。

しかしながら、科学への興味・関心は、内発的な動機と極めて近い関係にあり (Krapp et al. 1992; Osborne et al. 2003; Tobias 1994)、生涯を通じた科学の学習や、科学技術の職業選択をある程度予測できることから、先進工業国において生徒の科学への興味・関心の程度が低いことは重要な問題である。この問題の原因を理解する上で一つの有力な説明は、生徒たちにより高度な水準の理科学習を要求することが、彼らの理科学習への興味・関心を抑制することになるということ、そして、生徒たちの興味・関心や内発的な動機づけを維持するためには、彼らの自律的な学習を支援することが重要だということである (Deci, 1992)。したがって、教師が生徒たちにより高い成績を求めてプレッシャーをかけすぎると、彼らから科学への興味・関心や科学の楽しさを育む余地を奪ってしまいかねないことを、理科教師たちは肝に銘じておくべきである。

### 3. 理科を学習する目的意識

学習への外発的動機づけの視点から構成された「理科学習に対する道具的な動機づけ」と「科学に対する将来志向的な動機づけ」の二つの指標から、生徒が理科を学習する目的意識が窺える。

道具的な動機づけは、生徒の科目選択や職業選択、及び成績を予測する重要な要素である (Wigfield and Eccles 1992; Wigfield et al. 1998)。生徒たちは、たとえ課題に対する興味・関心が低くても、それが彼らの将来の目標達成に重要であるならば、その課題を遂行することができる。そうした課題には実用上の価値があり、生徒にそれを行うことに外発的な理由づけを与える。「理科学習に対する道具的な動機づけ」指標は、生徒質問紙の質問への生徒の回答から算出された。以下は指標を構成した五つの質問である。生徒はそれぞれの質問について、どの程度そうだと思うかについて、「全くそうだと思う」「そうだと思う」「そうは思わない」「全くそう思わない」のいずれかを選ぶように求められた。各質問に、「全くそうだと思う」か「そうだと思う」と回答した日本とOECD平均の生徒の割合を付記した。

- a) 私は自分の役に立つとわかっているので、理科を勉強している (日本42%、OECD平均67%)
- b) 将来自分の就きたい仕事で役に立つから、努力して理科の科目を勉強することは大切だ (日本47%、OECD平均63%)
- c) 理科の科目を勉強することは、将来の仕事の可能性を広げてくれるので、私にとってやりがいがある (日本41%、OECD平均62%)
- d) 私は理科の科目からたくさんのことを学んで就職に役立てたい (日本39%、OECD平均56%)

e) 将来勉強したい分野で必要になるので、理科の科目を学習することは重要だ (日本42%、OECD 平均56%)

OECD 全体では、6割前後の生徒たちが理科の勉強を自分にとって実用的な価値があるものと認識しているが、日本の生徒たちについては、4割前後と低い割合である。実際、これら五つの質問に対する回答から算出された「理科学習に対する道具的な動機づけ」指標の平均値では、日本の結果は、57の参加国中で最下位であった。日本では、理科の学習の実用的な価値を認識している生徒が少ないことがわかる。

OECD 加盟国30カ国中の28カ国において、「理科学習に対する道具的な動機づけ」指標と「科学的リテラシー」得点との間に統計的に有意な正の相関関係が見られた。自分がどんな目的で理科を学習しているかを明確に意識している生徒は、理科の学習により高く動機づけられて、良い成績を上げていると考えられる。理科教師は、生徒たちに、理科がやり甲斐のある教科であることを実感させられるように努力すべきだと言える。

生徒の中には、将来、科学に関連した専門家になるために積極的に勉強しようとする者もいる。次は、「科学に対する将来志向的な動機づけ」指標の構成に用いられた質問である。

- a) 私は、科学を必要とする職業に就きたい (日本23%、OECD 平均37%)
- b) 高校を卒業したら科学を勉強したい (日本20%、OECD 平均31%)
- c) 大人になったら科学の研究や事業に関する仕事がしたい (日本17%、OECD 平均27%)
- d) 最先端の科学にたずさわって生きていきたい (日本23%、OECD 平均21%)

日本で2割程度、OECD 全体で3割前後の生徒たちが、将来、科学に関連した職業に就くことを希望している状況である。彼らはすべての生徒が身に付けるべき科学的リテラシーの内容以上の教育を必要としている集団であると解釈できる。OECD 加盟国30カ国中の29カ国において、「科学に対する将来志向的な動機づけ」指標と「科学的リテラシー」得点との間に統計的に有意な正の相関関係が見られた。将来、科学と関連して生活することを目的として意識している生徒は、理科の学習への動機が高く、良い成績を上げていると考えられる。

「理科学習に対する道具的な動機づけ」指標と「科学に対する将来志向的な動機づけ」指標のいずれについても、非 OECD 加盟国では、「科学的リテラシー」得点との相関関係にはっきりとした傾向が見られなかった。正の相関関係、負の相関関係、及び、有意な相関関係が見られない国が混在していた。このことは、発展途上国の中には、「科学的リテラシー」の学力とは無関係に、科学を学習することに動機づけられている生徒が多いことを示唆している。つまり、理科学習が価値あることだという意識は強い一方で、学力を伸長させるのに必要な理科教育は受けられていないということである。また、負の相関関係が見られる国においては、学力を伸長させるのに必要な理科教育を受けることで、理科学習への動機が失われるという理科離れが起こっていることを示唆している。日本については、他の大半の OECD 加盟国と同様に、いずれの指標も、「科学的リテラシー」得点と正の相関関係にあり、理科の学力と学習意欲とがどちらとも高まるか、どちらとも低下する傾向が一般的であることがわかる。理科教師としては、学力形成と動機づけの両面に留意して教育することが大切である。

#### 4. 思慮深い一市民としての態度

大半の生徒たちは、将来、科学の専門職には就かないが、日々の生活や社会生活で、科学が関連した諸問題について意思決定することを要する様々な場面に遭遇する。理科教育は、生徒たちが科学的な見方や考え方を重んじ、それに従って意思決定したり、社会における科学的な活動を支持したりすることができるようになることを目指している。このような理科教育の民主主義的で社会的な機能が、なぜ一般国民が科学を学習する必要があるかについての重要な根拠となっている (Millar, 1996)。

2006年の PISA 調査で測定された様々な科学への態度のうち、「科学的探究の支持」の測定領域は意思決定に関わるものである。「科学的探究の支持」については、前述の「科学的な話題の学習への興味・関心」得点尺度と同様、PISA 調査のテスト問題の中で、大問で問われている事象に関する特定の科学的探究に対する支持の程度を尋ねる質問が出題された。例えば、「酸性雨」という大問には次のような質問があり、生徒はそれぞれの項目について、どう思うかについて、「全くそうだと思う」「そうだと思う」「そうは思わない」「全くそう思わない」のいずれかを選ぶように求められた。

- a) 古代遺跡の保存は、損傷の原因に関する科学的な根拠にもとづくべきである。
- b) 酸性雨の原因についての意見は、科学的な調査にもとづくべきである。

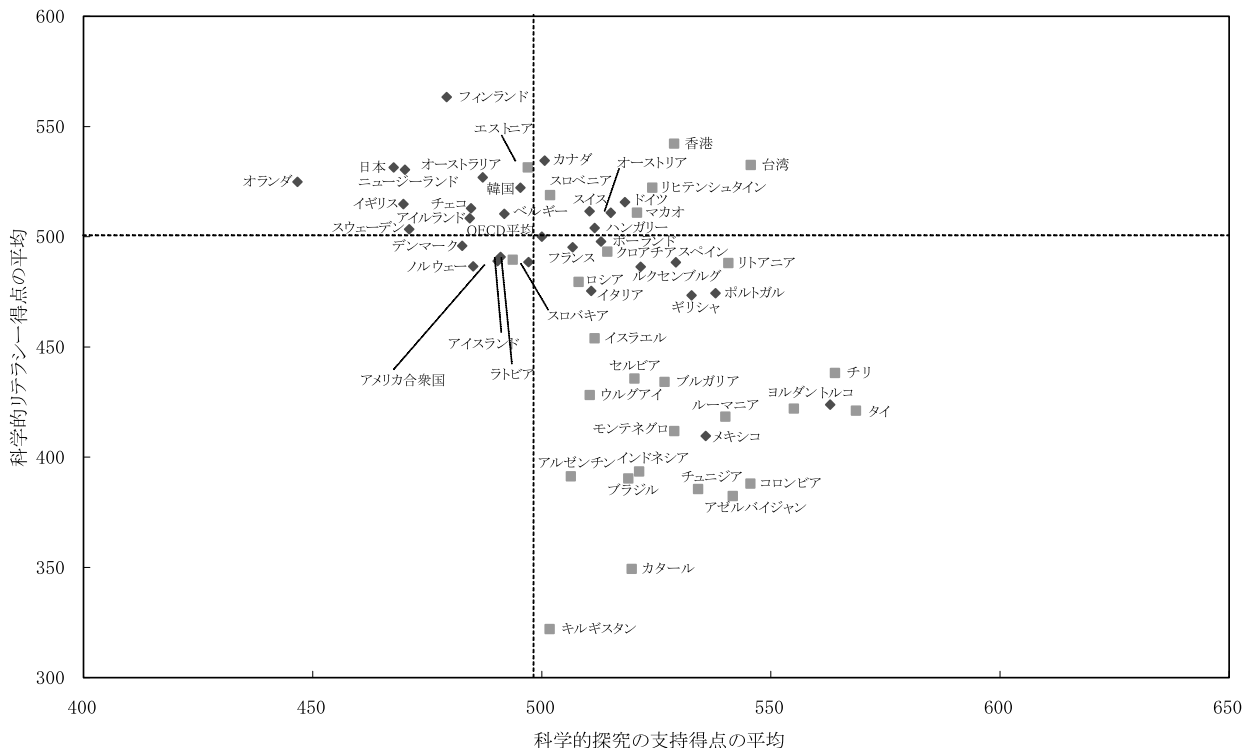


図2 科学的リテラシー得点の平均と科学的探究の支持得点の平均

( $\blacklozenge$  は OECD 加盟国、 $\blacksquare$  は非 OECD 加盟国を示す。各尺度の平均得点のデータは OECD (2007b) の p.27と p.56 に基づいている。)

図2は、「科学的リテラシー」得点の平均を縦軸に、「科学的探究の支持」得点の平均をとって、すべての参加国の結果をプロットしたものである。ほとんどの非 OECD 加盟国は、「科学的探

究の支持」得点の平均が500点を上回っており、発展途上国の生徒たちが、科学的な探究を高く支持していることがわかる。カナダ以外の成績上位の OECD 加盟国では、一般的に低い得点水準となっているが、日本については、すべての参加国中でオランダに次いで低い平均得点であった。理科教育において、科学的な見方や考え方を意思決定の判断基準として用いることの大切さを強調する必要がある。

2006年の PISA 調査で測定された意思決定に関わるもう一つの態度は、「資源と環境に対する責任」の測定領域である。国連教育科学文化機関 (UNESCO, 2004) が2005年からの10年間で「持続可能な発展のための教育の10年」と定めているように、今日社会において、個々人が持続可能な発展のために行動を選択することがますます重要性を増しつつある。「資源と環境に対する責任」は、すべての生徒たちが教育を通じて身に付けることが期待されている態度である。この領域については四つの態度指標が構成されたが、「環境問題に関する認識」指標は、以下の五つの質問から構成された。生徒は、それぞれの環境に関する諸問題について、どの程度知っているかを尋ねられた。括弧中は、「よく知っており、詳しく説明することができる」か「ある程度は知っており、問題について大まかに説明できる」と回答した生徒の割合である。

- a) 土地開発のための森林伐採の影響 (日本68%、OECD 平均73%)
- b) 酸性雨 (日本75%、OECD 平均60%)
- c) 大気中の温室効果ガスの増加 (日本53%、OECD 平均58%)
- d) 核廃棄物 (日本33%、OECD 平均53%)
- e) 遺伝子組み換え生物の利用 (日本33%、OECD 平均35%)

多くの環境問題は、様々な要因が複雑に絡み合っており、PISA 調査が対象としている15歳の段階で、生徒が問題についての理解を深めることは容易でない。日本においても、中学校までの理科教育ではこれらの問題についての科学的説明は行われていない。しかし、今日の生活状況は、これらの環境問題が身近な存在となっており、問題についてある程度の知識を持ち、適切に判断できるように生徒に学習機会を提供することの必要性が高まっている。環境に関する諸問題について、今後、生徒たちにどの程度の知識をどのように教育するかは、理科教育の問題に止まらず、上記の「持続可能な発展のための教育の10年」を進展させ、資源と環境に対して責任ある行動を選択できる市民を育成するための重要な国際的課題である。

## 5. 議論

これまで、2006年の PISA 調査における生徒の科学への態度に関する豊富な測定データから、科学への興味・関心、理科を学習する目的意識、及び、思慮深い一市民としての態度という三つの視点で分析を進めてきた。最後に、これらの分析を踏まえて、生徒の科学への態度を向上させる側面から、これからの理科教育をどう改善すべきなのかについて論じることとする。

科学への興味・関心についての分析では、先進工業国の多くで、生徒の科学への興味・関心の程度が低いことは、さらなる科学の学習や、科学技術の職業選択の可能性を低下させることが予測される深刻な問題であることを指摘した。もし、生徒たちにより高度な水準の理科学習を要求することが、彼らの理科学習への興味・関心を抑制し、内発的な動機づけを低減させるのだとすれば、科学への興味・関心の程度を向上させるためには、理科学習の水準を低下させなくてはならないこととなる。筆者は、こうしたトレード・オフの関係から抜け出すためには、日本については、外発的



な動機づけを重視することが特に有効であると考えている。理科を学習する目的意識に関する分析で、「理科学習に対する道具的な動機づけ」についての日本の結果は、参加国中の最下位であった。このことは、理科学習の実用的な価値意識を重視することで、日本の生徒たちの外発的な動機づけを高められる余地が大きいことを意味している。Deci (1992) の「自己決定論」によれば、当初は自身から発生したものでない外発的な動機づけであっても、その重要性が内面化されることによって、やがて自己決定的な外発的動機へと転化して、自身の行動を制御するようになるという。つまり、生徒に対して、理科を学習する重要性を強調するとともに、その実用的価値を実感させることで、当初は理科を学習する意欲が湧かずに勉強させられていた状態から、次第に理科を学ぶ重要性を意識しながら自ら学習する状態へと変わっていくことが期待されるのである。このような状態に到達することができれば、たとえ内容的に興味・関心が湧かない場合でも、それが重要であると認識できれば、その価値を習得することへの興味・関心から進んで学習することが可能となる。

もともと個人の興味・関心は特定の領域に伸長していくものであり、すべての領域に伸長する類のものでないことは明らかであり、したがって、内発的な動機づけのみで、すべての生徒の科学への興味・関心を育成しようとするには無理がある。科学マジックのような驚きを伴う導入などによって興味・関心を一時的に喚起できたとしても、それが高度な水準の理科学習に自ら取り組む意欲につながるとは考えにくい。興味・関心が高い一部の生徒を除いては、実用的な価値が明確に意識できる外発的な動機づけによって、科学を学習する意欲を引き出すことの方が有効と考えられるのである。

そもそも2006年のPISA調査で提案された科学的リテラシーの考え方は、すべての人々が、思慮深い一市民として、科学とテクノロジーが関係する状況において、何を知っていて、何に価値を認め、何をすることができることが重要かを特定しようとするものであり、科学を学習する実用的な価値を明確にした理科教育を提案するものである。したがって、先進工業国の多くで、生徒の科学への興味・関心の程度が低い問題に対しては、PISAの科学的リテラシーの考え方が、実は問題の解決へ向けた重要な提案なのだと思えることができる。具体的には、理科教育が、実生活や実社会に存在している科学が関連する様々な問題の状況を扱い、その理解や解決に役立つ自然界に関する知識や科学自体に関する知識を生徒に身に付けさせるとともに、科学的な疑問を認識したり、現象を科学的に説明したり、科学的な証拠を用いたりするための生徒の能力を高めることであり、加えて、生徒の科学への興味・関心のみならず、科学的探究への支持や資源と環境に対する責任などの態度を培うことである。

実生活や実社会の諸問題の状況を扱うためには、物理や化学といった個別科学の学問的知識の習得を中心に扱ってきた従来の理科教育とは異なるカリキュラムの構成が必要となる。実際に、そうした考え方に基づいて英国で開発された「21世紀科学」カリキュラムで第10学年（日本の中学校3年生段階）のすべての生徒が学習するテーマは、「あなたとあなたの遺伝子」「健康を維持する」「地球上の生物」「大気の状態」「材料の選択」「食事に関わること」「宇宙の中の地球」「放射と生命」「放射能物質」の9つから構成されている。テーマから分かるように、学習は理科を中心としながらも、保健科、技術・家庭科、社会科を横断したような内容となっている。

表3は、PISA調査において科学的リテラシーを評価する枠組み（OECD, 2006; 国立教育政策研究所, 2007a）の中で示された、問題の「状況」である。個人レベル、社会レベル、地球レベルのそれぞれの次元で、健康や資源、環境、災害、科学技術のフロンティアという五つのテーマが設定され、それぞれに市民にとって重要性の高い問題状況の例が挙げられている。これらの例も、こ

れからの理科教育で実生活や実社会の諸問題を扱う際の参考になると考えられる。

さて、理科教育で実生活や実社会の諸問題に関連させた学習を行うことは、すでに、平成20年1月の中央教育審議会答申で、次期の学習指導要領の理科の改訂方針となっている。例えば、中学校理科については、「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせる観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する。また、持続可能な社会の構築が求められている状況に鑑み、環境教育の充実を図る方向で内容を見直す。これらを踏まえ、例えば、第1分野の科学技術と人間、第2分野の自然と人間についての学習の充実を図る」とされている。このように、方針上では十分に配慮されているように読みとれるが、現実的な問題点として、第1分野の科学技術と人間、第2分野の自然と人間は、中学校3年の最終単元であるが、それまでの学習の中で実社会・実生活との関連が十分に指導されるのかという点と、卒業間近の段階での学習であるために、十分深まりのある学習が展開されるのかという点が心配される。今後の改訂へ向けた準備の中で、これらの懸念の払拭に努めるべきである。

理科教師が、理科を学習する重要性を強調するとともに、その実用的価値を実感させることで、科学への内発的な興味・関心が湧かない生徒も、理科を学ぶ重要性を意識しながら自ら理科を学習するようになっていくと考えられると述べたが、それは具体的にはどのような指導なのであろうか。残念ながら、生徒の科学への態度をどのような理科指導で改善できるかについての研究は未だ殆ど蓄積されていない (Osborne, 2003)。英国では前述の「21世紀科学」カリキュラムで、今後、実践的な成功事例が蓄積されていくであろう。日本については、今後、新たな学習指導要領が実施される過程で、生徒の科学への態度を向上させる優れた指導法が編み出され、普及させることが期待される。その際、2006年のPISA調査における生徒の科学への態度の測定に用いられた質問項目を、直接、生徒に問いかけて議論させることも考えられる。例えば、「私は自分の役に立つとわかっているので、理科を勉強している」かについて、議論する中で説得力のある賛成理由が出されれば、賛成でなかった生徒が賛成に態度を変える可能性が出てくる。

他の国における理科の指導法から学ぶことも一つの可能性である。1999年に実施されたTIMSSの理科授業ビデオ研究 (Roth et al. 2006) では、日本を含む五カ国で、理科の指導法を比較した結果、それらの間に大きな違いがあることが見出された。アメリカ合衆国の理科授業には、日本やチェコ、オランダの授業よりも、生徒の関心を喚起するための活動 (ゲーム、パズル、劇的なプレゼンテーション、驚くような現象、競争的な活動、ロールプレイなど) に、より高い割合の授業時間が使われていた。アメリカ合衆国はまた、科学の本質や科学とテクノロジーと社会の関係、環境および資源問題、科学的知識の性質、科学と数学との関係など、個別科学を超えた横断的な内容を扱う理科授業が数多く見られたが、日本では全く見られなかった (小倉・松原, 2007)。このように他の国と理科の指導法や指導内容を比較することから、日本の理科授業の改善につながる視点を見出すことができる。今後、理科授業に関する国際比較研究も含めて、生徒の科学への態度を改善する理科授業に関する研究の進展が期待される。

表3 PISA 調査において科学的リテラシーが評価される問題の「状況」

個人的な状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 健康の維持, 事故, 栄養)</li> <li>➤ 資源 (例: 個人の物質とエネルギー消費)</li> <li>➤ 環境 (例: 環境に優しい行為, 物質の使用と廃棄)</li> <li>➤ 災害 (例: 自然災害と人為的災害, 家を建てる際の決断)</li> <li>➤ 科学技術のフロンティア (例: 自然現象に関する科学的説明への興味, 科学に基づく趣味, スポーツやレジャー, 音楽と個人使用のテクノロジー)</li> </ul>
社会的な状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 病気の制御, 社会的伝染, 食品の選択, コミュニティの健康)</li> <li>➤ 資源 (例: 人口の維持, 生活の質, 食料の確保, 生産, 流通, エネルギーの供給)</li> <li>➤ 環境 (例: 人口分布, 廃棄物処理, ゴミ処理, 環境への影響, 地方の気象)</li> <li>➤ 災害 (例: 急速な変化 [地震, 激しい気象], 漸進的な変化 [沿岸の浸食, 沈降], リスク評価)</li> <li>➤ 科学技術のフロンティア (例: 新素材, 装置と処理, 遺伝子操作, 兵器テクノロジー, 輸送)</li> </ul>
地球的な状況
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 流行 (伝染) 病の発生, 感染症の蔓延)</li> <li>➤ 資源 (例: 再生可能なものと非再生可能なもの, 自然のシステム, 人口増加, 種の持続可能な利用)</li> <li>➤ 環境 (例: 生物多様性, 生態系の持続可能性, 個体数制御, 土壌の生成と流失)</li> <li>➤ 災害 (例: 気候変動, 近代的戦争の影響)</li> <li>➤ 科学技術のフロンティア (例: 種の絶滅, 宇宙探査, 宇宙の起源とつくり)</li> </ul>

## 註

註1 OECD 加盟国の生徒の平均得点が500点、標準偏差が100点となるように標準化されたことは、OECD 加盟国の約3分の2の生徒の得点が400点から600点の間にあり、ちょうど平均となる生徒の得点が500点であることを意味する。この処理の過程では、規模の大きい国 (生徒数が多い) がより規模の小さい国よりも強い影響を及ぼさないように、それぞれの重みが同じになるように計算されている。

## 文献

Deci, E. L. 1992. The Relation of Interest to the Motivation of Behavior: A Self-Determination Theory Perspective. In *The role of interest in learning and development*, eds. K. A. Renninger, S. Hidi, and A. Krapp, 43-70. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

国立教育政策研究所監訳 (2007a) 『PISA2006年調査 評価の枠組み OECD 生徒の学習到達度調査』ぎょうせい。

国立教育政策研究所 (2007b) 『生きるための知識と技能3 OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA)』ぎょうせい。

Krapp, A., Hidi, S., and Renninger, K. A. 1992. Interest, learning and development. In *The role of interest in learning and development*, eds. K. A. Renninger, S. Hidi, and A. Krapp, 3-25. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., and Chrostowski, S. J. 2000. *TIMSS 2003 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades*. Chestnut Hill, MA: Boston College.

Millar, R. 1996. Toward a science curriculum for public understanding. *School Science Review* 77 (280): 6-18.

OECD. 2006. *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD,

Paris.

OECD. 2007a. PISA 2006 Science competencies for tomorrow's world - Volume 1: Analysis. OECD, Paris.

OECD. 2007b. PISA 2006 Science competencies for tomorrow's world - Volume 2: Data. OECD, Paris.

小倉康, 松原静郎 (2007) 「TIMSS1999理科授業ビデオ研究の結果について」『国立教育政策研究所紀要 (第136集)』  
国立教育政策研究所, 219-232.

Osborne, J., Simon, S., and Collins, S. 2003. Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25(9): 1049-1079.

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., Rasmussen, D., Trubacova, S., Warvi, D., Okamoto, Y., Gonzales, P., Stigler, J., Gallimore, R., and Gonzales, P. 2006. *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study* (NCES 2006-011). U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Washington, DC: U. S. Governemnt Printing Office.

中央教育審議会 (2008) 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について (答申)』.

Tobias, S. 1994. Interest, Prior Knowledge, and Learning. *Review of Educational Research* 64(1): 37-54.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) 2004. *United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014: Draft International Implementation Scheme*. Paris: UNESCO.

Wigfield, A., and Eccles, J. S. 1992. The Development of Achievement Task Values: A Theoretical Analysis. *Developmental Review* 12: 265-310.

Wigfield, A., Eccles, J. S., and Rodriguez, D. 1998. The Development of Children's Motivation in School Context. *Review of Research in Education* 23: 73-118.