

理科教育改善の一つの視点

—理数定点調査とOECD-PISAの結果に基づいて—

下野 洋*

A view point for reform of science education

Based on some studies relation with science and mathematic education

Hiroshi Shimono*

要旨

理科教育の今日的課題の一つとして、児童生徒が理科に興味をもち主体的にその学習に取り組むことにより「生きる力」としての科学的リテラシーを育成することがあげられる。

その課題解決に当たって、わが国の児童生徒の現状の一端を理数定点調査や生徒の学習到達度調査(OECD/PISA)の結果からいくつかの問題点を指摘した。その問題点を改善するには、普段の理科の学習指導において、学習者に身に付けさせるべき資質能力とはどのようなものか、そのためにはどのような素材を選定し、それをどのように教材化するか、そしてどのように指導するかという一連のことを考えていくことが当然のことであり重要なことである。

キーワード：理科教育，科学的リテラシー，理数定点調査，OECD-PISA

1 「科学的リテラシー」の育成

平成14及び15年から順次小・中・高等学校で実施されている新学習指導要領では、「生きる力」の育成に重点が置かれている。その生きる力の一つである「科学的リテラシー」の定義には様々な考え方があがるが、ここではPISAにおける科学的リテラシーの定義にしたがうこととする。そこでは、「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、根拠に基づく結論を導き出す能力である」と定義されており、その科学的リテラシーには以下の3つの側面がある。

(1) 科学的知識・概念

物理学，化学，生物学などの各分野から選択され，力と運動，生命の多様性，生理的変化などの多くのテーマが導かれる。

(2) 科学的プロセス

① プロセス1；科学的現象を記述し，説明し，予測すること

② プロセス2；科学的探究を理解すること

③ プロセス3；科学的証拠と科学的結論を解釈すること

(3) 科学的状況・文脈；生活と健康，地球と環境，技術について，日常生活における様々な状況で科学を用いること

※ 客員教育実践教授 岐阜大学教育学部・理科教育講座（地学）
※ Visitor Professor, Faculty of Education, Gifu University

そこで、わが国の児童・生徒、特に高等学校生徒の「科学的リテラシー」の育成状況を「理数定点調査」の児童生徒質問紙のいくつかの項目での回答結果に着目して考察を試みることにした。取り上げた質問項目は、小学校第5学年、中学校第2学年、高等学校第2学年のそれぞれにおける最も新しい調査年度の児童生徒質問紙Ⅱに含まれる(6)、(9)、(12)、(25)の4項目である。それら4項目の内容と回答結果は以下のとおりである。回答の選択肢は4項目とも同じであるので、その内容は項目6のところのみ挙げておく。

【項目6】

自然科学(数学や科学)は、日常生活の問題を解決するのに役立ちます。

- ア そうだと思う・・・・・・・・・・・・・・・・(賛成)
- イ どちらかといえばそう思う・・・・・・・・(やや賛成)
- ウ そうではないと思う・・・・・・・・・・・・(反対)
- エ どちらかといえばそうではないと思う・・(やや反対)
- オ どちらともいえない・・・・・・・・・・・・(中立)

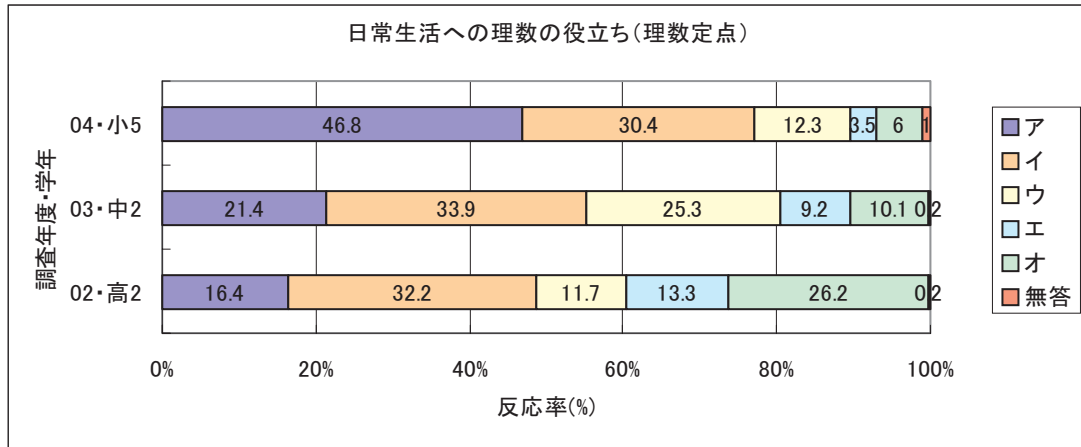


図1 質問項目6の学年・調査年度別反応率

図1を見ると、肯定的な意見(アとイ)は小学校77%、中学校55%、高等学校49%で、否定的意見(ウとエ)は小学校16%、中学校35%、高等学校25%で、どちらともいえない(オ)は小学校6%、中学校10%、高等学校26%となっている。

【項目9】

科学的な発見は、益より害を多くもたらします。

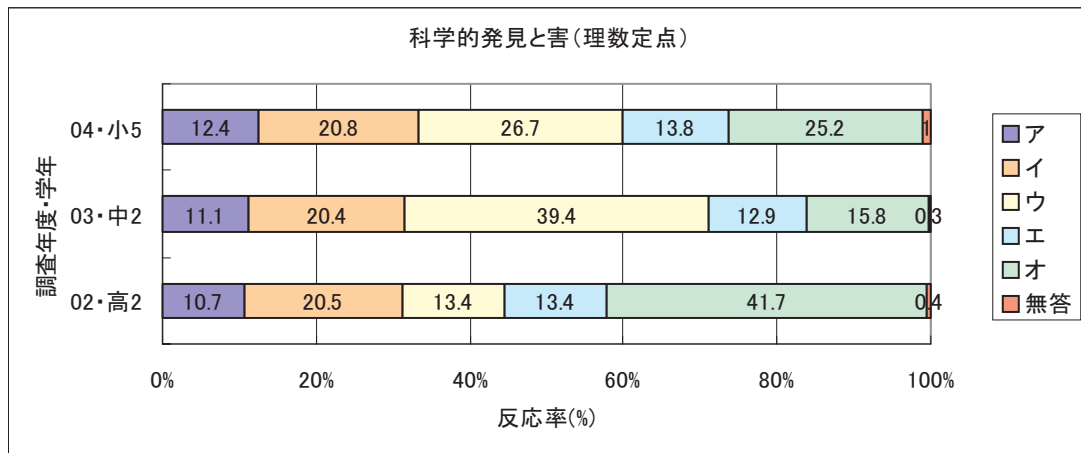


図2 質問項目9の学年・調査年度別反応率

図2を見ると、肯定的な意見(アとイ)は小学校33%、中学校31%、高等学校31%で、否定的意見

(ウとエ)は小学校40%、中学校52%、高等学校27%で、どちらともいえない(オ)は小学校25%、中学校16%、高等学校42%となっている。

【項目12】

学校で学んだ数学や理科の知識や考え方を将来の職業に役立てたいです。

次の図3を見ると、肯定的な意見(アとイ)は小学校74%、中学校51%、高等学校45%で、否定的意見(ウとエ)は小学校19%、中学校37%、高等学校28%で、どちらともいえない(オ)は小学校7%、中学校13%、高等学校27%となっている。

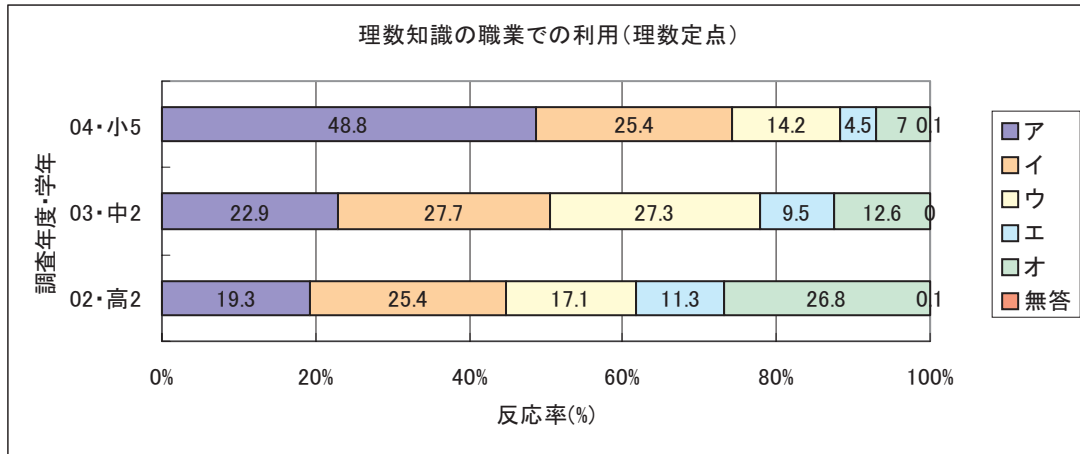


図3 質問項目12の学年・調査年度別反応率

【項目25】

世の中の問題の多くは、科学と技術が原因となっています。

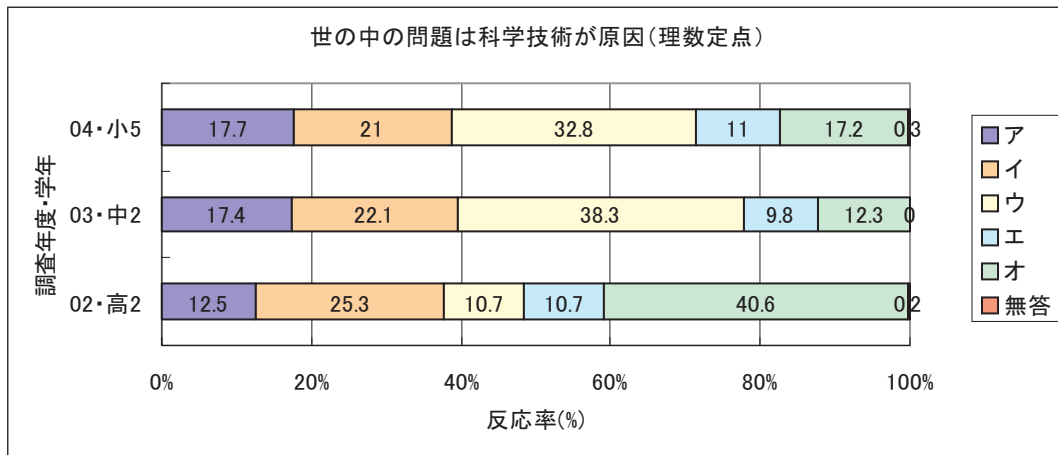


図4 質問項目25の学年・調査年度別反応率

図4を見ると、肯定的な意見(アとイ)は小学校39%、中学校40%、高等学校38%で、否定的意見(ウとエ)は小学校44%、中学校48%、高等学校21%で、どちらともいえない(オ)は小学校17%、中学校12%、高等学校40%となっている。

上記4つのいずれの項目でも、高等学校生徒の「どちらともいえない」の回答率が小中学校に比べて大変高くなっている。このことは、高等学校2年生ともなると質問項目に関する事柄について小中学校の児童生徒より賛否両面の情報、事例に多く接していることから「どちらともいえない」とするものが多くなっていることは当然のことのように思われる。しかし、科学が日常生活の中で果たす役割や世の中での問題としての環境問題などの解決策を考えると、結局は科学や技術の力を重んじなければならないのである。これら質問項目はいわゆる「科学技術理解増進」の問題ともかかわりをもつことであるが、そのような面からも高等学校生徒が高校生レベルでの意志決定のための素地となる

科学的リテラシーが不十分な面もあるのではないかという見方もあながち的をはずれているとは言えないのではなかろうか。これら質問項目で、「どちらともいえない」と回答した生徒や否定的な回答をした生徒に対して、どのような「科学的リテラシー」を身に付けさせることが大切なのかを生涯学習の立場から考えていくことが必要だと思われる。

その一つの考え方として、冒頭に掲げたOECD-PISAにおける「科学的リテラシー」を基に今後の理科教育を改善する視点を見出すことはできないであろうか。

次に、上述の内容とかがわってPISAの結果を取り上げてみたい。

ここでは、2000年と2003年に実施された「科学リテラシー」の共通問題を2つの小問ごとにわが国とOECD平均との正答率を比較した。これら共通問題の分野（科学的状況と文脈による分類）別内訳は、「地球と環境」（以下記号Eで示す）が10問、「生活と健康」（以下記号Bで示す）が8問、「技術」（以下記号Tで示す）が8問の計26問である。

図5は2000年の調査結果を、図6は2003年の調査結果をそれぞれわが国とOECDの平均正答率を示したものである。

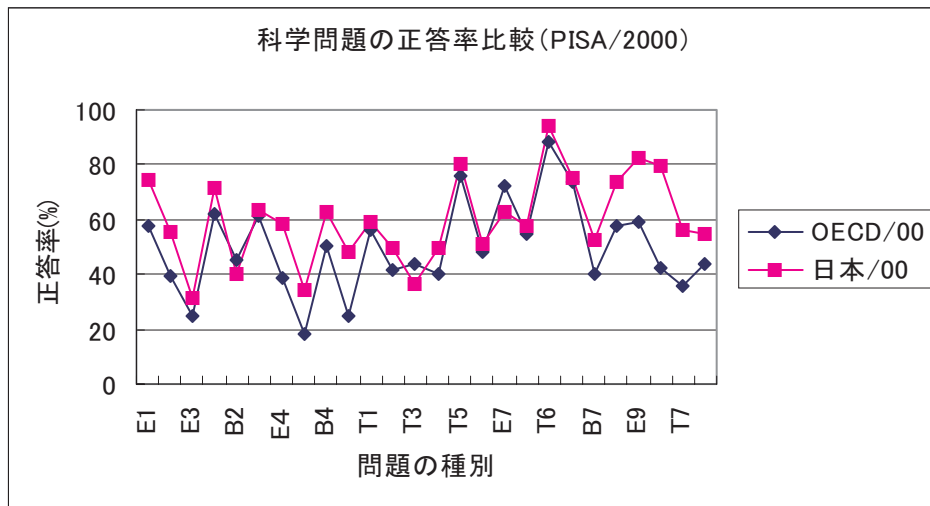


図5 2000年調査結果の日本とOECD平均正答率の比較

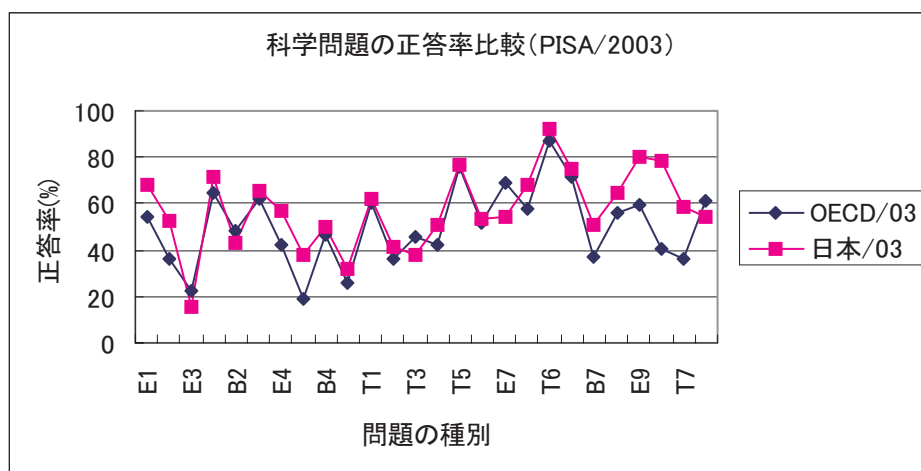


図6 2003年調査結果の日本とOECD平均正答率の比較

なお、これら図の横軸に示した問題の種類別は下記の一覧に示したとおりである。

図5、図6では、グラフの表記上問題の種類別を示す記号が一つ置きになっているので、表示されていないものについては次の表1を参照されたい。

表1 「科学的リテラシー」の問題種別一覧

記号	問題の名称	状況・文脈	知識・概念	プロセス	出題形式
E1	温室効果	地球と環境	大気の変化	証拠と結果の解釈	論述
E2	温室効果	地球と環境	大気の変化	証拠と結果の解釈	論述
E3	温室効果	地球と環境	大気の変化	科学的探究の理解	論述
B1	クローニング	生活と健康	遺伝子操作	現象の記述・説明・予測	選択肢
B2	クローニング	生活と健康	形態と機能	現象の記述・説明・予測	選択肢
B3	クローニング	生活と健康	遺伝子操作	科学的探究の理解	複合的選択肢
E4	昼間の時間	地球と環境	地球と宇宙	現象の記述・説明・予測	選択肢
E5	昼間の時間	地球と環境	地球と宇宙	現象の記述・説明・予測	求答
B4	役に立つ振動	生活と健康	形態と機能	証拠と結果の解釈	論述
B5	役に立つ振動	生活と健康	形態と機能	科学的探究の理解	論述
T1	生徒の自主研究	技術	物質の構造と性質	科学的探究の理解	選択肢
T2	生徒の自主研究	技術	物質の構造と性質	証拠と結果の解釈	選択肢
T3	生徒の自主研究	技術	物質の構造と性質	証拠と結果の解釈	複合的選択肢
T4	衣類	技術	物質の構造と性質	科学的探究の理解	複合的選択肢
T5	衣類	技術	物質の構造と性質	現象の記述・説明・予測	選択肢
E6	天気予報	地球と環境	地球と宇宙	証拠と結果の解釈	選択肢
E7	天気予報	地球と環境	地球と宇宙	証拠と結果の解釈	選択肢
E8	天気予報	地球と環境	地球と宇宙	証拠と結果の解釈	複合的選択肢
T6	スプーン	技術	物質の構造と性質	現象の記述・説明・予測	選択肢
B6	藻類	生活と健康	生態系	科学的探究の理解	選択肢
B7	藻類	生活と健康	生態系	科学的探究の理解	論述
B8	藻類	生活と健康	生態系	現象の記述・説明・予測	選択肢
E9	地球の気温	地球と環境	地質的变化	現象の記述・説明・予測	論述
E10	地球の気温	地球と環境	エネルギーの移動	現象の記述・説明・予測	論述
T7	地球の気温	技術	エネルギーの移動	現象の記述・説明・予測	複合的選択肢
T8	潮力発電	技術	地球と宇宙	現象の記述・説明・予測	複合的選択肢

図5、図6から、わが国の場合、26問のうち2000年から2003年にかけて正答率が5%以上伸びたものは1つもないが、反対に5%以上下がったものは6問存在する。正答率が下がったものを科学的状況と文脈による区分で見ると、「地球と環境」が3問、「生活と健康」が2問、「技術」が1問となっている。これら正答率が下がった問題をもう少し詳しく見ていくことにする。「温室効果」に関する小問E1では、74.1%から68.4%へ5.7%、「温室効果」のE3では31.7%から15.8%へ15.9%下がっている。「天気予報」に関するE7では、73.6%から64.7%へ8.9%下がっている。「役に立つ振動」に関するB4では、58.2%から49.9%へ8.3%、「藻類」に関するB8では、73.6%から64.7%へ8.9%下がっている。「生徒の自主研究」に関するT2では、50.5%から41.8%へ8.7%下がっている。

また、これら小問の正答率をOECD平均と比較したとき、2000年、2003年ともほとんどの小問でわが国の正答率はOECD平均を上回っている。その状況を2000年で見ると、わが国の正答率が上回っている場合は、5~10%上回っているもの5問、10~20%上回っているもの8問、20~30%上回っているもの3問、30%以上上回っているもの1問である。

逆にOECD平均を下回ったものが3問あり、その差の大きさは4.9%から9.2%であった。2003年では、5~10%上回っているのは12問、10~20%上回っているものは6問、20~30%上回っているものは2問、30%以上上回っているのは1問である。逆にOECD平均を下回ったものが5問あり、その差の大きさは5.2%から14.3%であった。

OECD平均の各問の正答率は、2000年と2003年で大きく変動したものは見られない。この2000年と2003年の結果をOECD平均と比較してみると、2000年より2003年の方がOECD平均との差が縮小されてきているようである。これら科学的リテラシーの問題の内容はほとんど公表されていない状況で、その中身との関係を検討することなく軽々しく論ずることはできないが、今後の「科学的リテラシー」

の育成を考える際の一つの視点がここにありそうな気がする。

2 「地球と環境」及び天文領域の学習についての分析

次に、「科学的リテラシー」の問題のうち公表されているものが含まれている「地球と環境」の問題10問について2000年調査と2003年調査の結果を比較してみた。

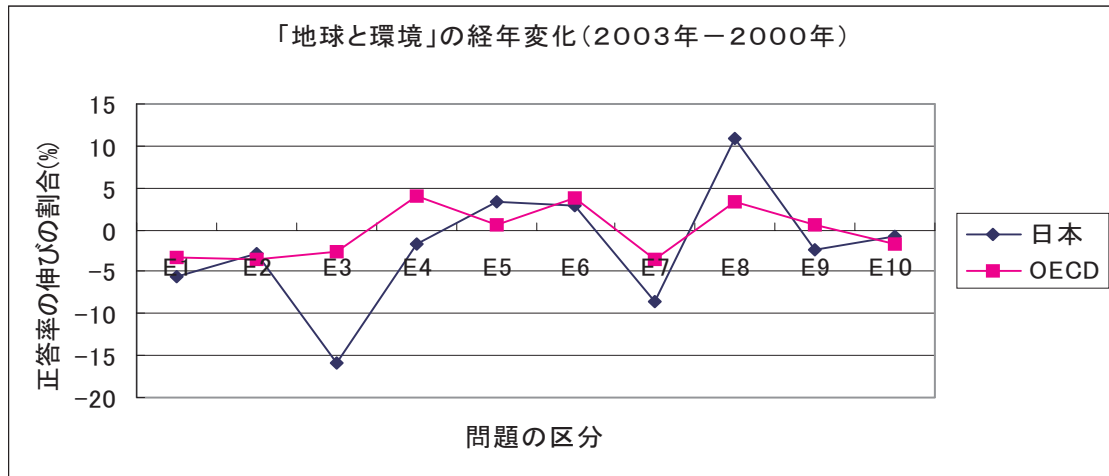


図7 「地球と環境」の問題における日本とOECD平均との伸びの比較

図7は、わが国とOECD平均について2000年から2003年にかけて各問題の正答率の伸びを示したものである。これを見ると、わが国の場合2000年より2003年の正答率が高かったものはE5, E6, E8の3問で、そのほかの問題ではいずれも2000年の結果を下回っている。これに対して、OECD平均の場合2000年より高くなったのはE4, E5, E6, E8, E9の5問でそのほかの5問は2000年の結果を下回っている。このように、わが国では2000年調査の結果と比較して正答率の下がったものが多く、中でもE3とE7の下落りが顕著であったといえる。さらに、このときのわが国の「伸び」をOECD平均と比べると、OECD平均より高かったのはE2, E5, E8, E10の4問だけであった。

ところで、この「地球と環境」の問題のうちE4とE5は「昼間の時間」という名称の問題の問1と問2にあたり、その内容は公開の対象となっている。したがって、この問題について若干の考察を加えてみたい。

まず調査対象となった生徒のうち、2000年に調査を受けた生徒は小中学校では旧学習指導要領（平成元年改訂）下での学習を、2003年に調査を受けた生徒は新学習指導要領（平成10年改訂）下での学習を行ってきた。新学習指導要領と旧学習指導要領では、この「昼間の時間」とかかわる天文領域の扱いが少し異なっている。特に、新学習指導要領では小学校第6学年で履修していた「太陽の動き」、「恒星の日周運動の観察」の内容が軽減または削除され、「北天や南天の星の動き」、「全天の星の動き」は中学校へ移行され、中学校第1学年で履修していた天文分野の学習をすべて第3学年へ移したことで、そのうち「外惑星の運動」は高等学校へ移したことが異なるところである。中学校の新学習指導要領第2分野大項目（6）「地球と宇宙」の「ア 天体の動きと地球の自転・公転」では、（ア）「天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。」、（イ）「四季の星座の移り変わり、季節による昼夜の長さ、太陽高度の変化などの観察を行い、その観察記録を地球の公転や地軸の傾きと関連付けてとらえること。」があげられている。旧学習指導要領では、これらの学習の最初に太陽、月などの身近な天体の観察を行い地球の特徴を知る学習が位置づけられていた。しかし、新学習指導要領では、これら内容を「イ 太陽系と惑星」に移行し月と地球については高等学校へ移行させている。それだけに身近な天体に親しませる活動が以前より少なくなったといえる。

新学習指導要領大項目（6）「地球と宇宙」の「イ 太陽系と惑星」では（ア）「太陽、恒星、惑星とその動きの観察を行い、その観察記録や資料に基づいて太陽の特徴を見出し、恒星と惑星の特徴を理解するとともに、惑星の公転と関連付けた太陽系の構造をとらえること。」があげられている。ここでは、地球上の生物の生存を支える太陽の特徴を知り、夜空の星には恒星と惑星という異なる性質をもつ天体が存在することを理解させる。また、惑星については太陽の周りを公転しており、それらが太陽系を構成していることを理解させる。

このように、2003年に調査を受けた生徒は中学校第3学年で「天体の動きと地球の自転・公転」の内容において、今回PISAのE4、E5の背景となる学習を行ってきたばかりである。また、2000年で調査対象となった生徒は小学校第6学年頃からPISAのE4、E5の背景となる基礎知識を身に付けてきているのである。この場合、天体の自転・公転とかかわる内容について観察、調査、体験などを通して順次学習を積み重ねてきた生徒であれば、それが不十分な生徒に比べてこれらに関する応用的な問題に出会ったときの正答率は高くなることは予想されることである。したがって、2000年調査の対象となった生徒の方がこの内容に関しては小学校の頃から手厚く学習してきたと思われる。特に、E4（問1）の「昼と夜とがある理由」を正しく説明している選択肢を選ぶ問題では、天体の自転・公転にかかわる多くの事象に親しんできた2000年調査対象の生徒の正答率がわずかに1.7%ではあるが2003年調査対象の生徒より高くなっているとも推定できる。また、メルボルンでの昼間が最も短い日の図的説明を求めるE5（問2）では、2003年調査対象の生徒の正答率が2000年の生徒に比べて3.4%高くなっているのは、この問題の内容に関する学習を中学校第3学年で学習してきたばかりであるという点も少なからず影響を与えていると考えられる。

この問題と係って、理数定点調査の生徒質問紙Ⅲの（19）に次のような項目があるのでそのことについても触れてみたい。

【質問項目19】

恒星とは、どのようなものですか。

- ア たとえば、地球のように太陽のまわりを回っている天体
- イ たとえば、月のように地球のまわりを回っている天体
- ウ たとえば、金星のように太陽の光を反射して光っている天体
- エ たとえば、太陽のように自分から光を出している天体
- オ たとえば、アンドロメダのようなたくさんの星の集団

この質問自体は恒星とはどのようなものかを尋ねているものではあるが、その選択肢の内容には天体の空間的位置関係や公転に関するものが含まれている。したがって、各選択肢の内容がしっかり理解できていなければ正答を選び出すことはできないはずである。

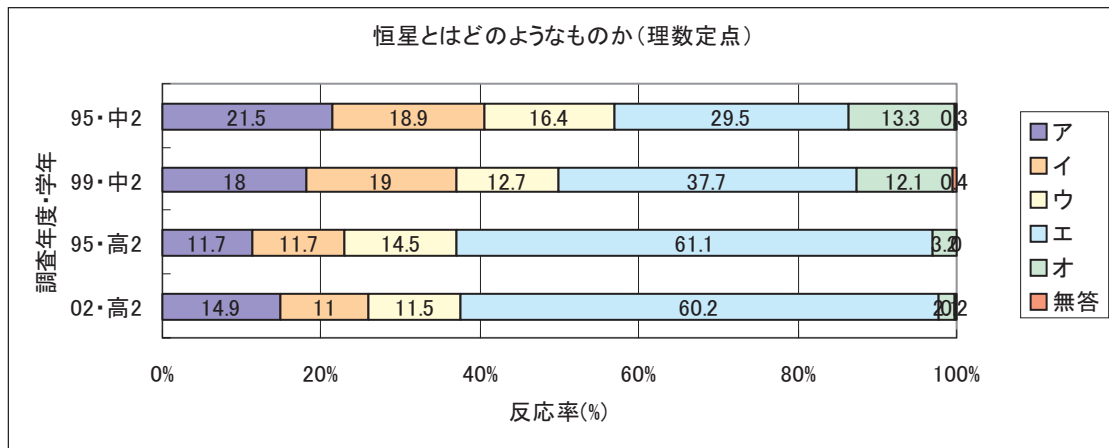


図8 中学第2学年生徒と高等学校第2学年生徒の年度別調査結果の比較

図8は、1995年と1999年の中学校2学年の調査結果と1995年と2002年の高等学校第2学年での調査結果を取り上げてグラフで示したものである。

図8によると、中学校生徒は兩年度とも恒星に対する正答率は3割台であるが高等学校生徒の恒星に対する正答率は兩年度とも6割台になっている。また、恒星が地球や太陽の周りを回っていると考える生徒が中学生で約4割、高等学校生徒で約2.5割いるということは天体の位置関係やその運動について確実な理解ができていないとも考えられる。これら高等学校生徒はいずれも中学校では旧課程で学習してきた生徒である。この理数定点の調査結果を即PISAの調査結果と結びつけて論じることはできないが、理数の調査結果を見るかぎりにおいては天体の運動や空間的な認識が十分でない高校生が四分の一近くいるということである。これまでも議論されてきていることではあるが、天文領域の学習では実際の観察は地球表面で行いその観察記録の分析や解釈の際には視点を移動させて地球の外つまり宇宙空間から天体の配列や、自転・公転などの運動を考えさせるようになっている。

この視点の移動という空間的な概念をとらえるためには実際の星空、星座の動き、太陽の日周運動、季節による太陽南中高度の違いなどの観察やその記録をとるとともにモデルやプラネタリウムを利用して初等中等段階を通して具体的に学習することである。

今日、実際の星空を見ようにもそれが可能な地域はごく限られた場所ではないかもしれない。大多数の人々は、地球上でのみ生存が許されているのであるからこの「地球と環境」についての最小限の科学的リテラシーを、生涯学習の観点に立って学校教育の段階から培っていかねばならない。「科学的リテラシー」を身に付ける学習だけでもその内容と範囲は多岐にわたっているが、どの段階で、どのような内容を、どの程度身に付けていくかは時代的な背景や教育全体の中で考えていくことが大切なことであろう。時代の進展とともに、国際的にはものづくりや経済活動の競争に重点がかけられていたが今後は教育の競争時代になるともいわれている。また、日本学術会議などでもこれまでの科学のための科学ではなく、社会のための科学にシフト変換すべきということで組織のあり方自体を大きく変えようとしている。学校教育に携わるものとして、例えば理科教育の改善に当たって留意すべきことはそれがどの領域であろうと、また領域内の限られた分野であろうと、そこでの考えるべき手続きは共通したものでなくてはならない。それは、例えば先ずそこで学習者に身に付けさせるべき資質能力とはどのようなものか、そのためにはどの素材を選定するか、その素材をどのように教材化するか、そしてそれをどのように指導するかという一続きのことを考えていくことが必要であろう。

これまでの長期にわたる理数定点調査で得られた知見は、公表された分だけでも貴重なものが明らかにされている。この追跡調査のように、観点を絞ってその都度多面的な角度から分析していくことは今後の理科教育のあり方を考えるためには大変有効なことである。

この調査は平成元年から始まっておりその間に教育課程も2度改訂され、持続可能な地球環境を維持するために理科教育そのものの位置づけなどを考えるために、調査のあり方に検討を加えつつ是非この調査を継続させてほしいものである。

【文 献】

- 国立教育政策研究所（2005）：理数調査報告書 -平成16年度 理数定点調査集計結果一
- 国立教育政策研究所（2003）：理数調査報告書 -平成14年度 理数定点調査集計結果一
- 国立教育政策研究所（2000）：理数調査報告書 -平成11年度 理数定点調査集計結果一
- 国立教育政策研究所（2004）：生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）
2003年調査国際結果報告書
- 国立教育政策研究所（2001）：生きるための知識と技能 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）
2000年調査国際結果報告書