

PISA 調査問題から再考する科学的リテラシー

栢野 彰秀*・有藤 裕衣**・佐藤 絵美***・園山 裕之****

Akihide KAYANO・Yui ARITO・Emi SATO・Hiroyuki SONOYAMA
Scientific Literacy to Reconsider from the PISA Assessments' Problems

要 旨

筆者らは基本的文献からだけでは捉えきれなかった科学的リテラシーの意味内容について、PISA2006年調査問題などを実際に解くことによって、初等・中等教育の教科「理科」の授業場面に適用できる知見を得ようとこの研究に取り組んだ。

その結果、ある「状況」において「科学の知識」と「科学についての知識」を縦横無尽に駆使しながら「科学的な疑問を認識」し、観察・実験を通して「現象を科学的に説明」し、「科学的証拠を用い」て結論を得ることができる能力や知識や「態度」の総体が科学的リテラシーと捉えられた。このことを教壇に立ち授業を行う教師の立場から言うと、「科学的能力」と「科学的知識」の意味内容の正確な理解を伴った教師が、理科教科書の冒頭に“理科学習の順序”などとして記載されている探究の過程を子どもに辿らせた結果、子どもに身につく力が科学的リテラシーと捉えられた。

【キーワード：PISA 調査問題，科学的リテラシー，科学的リテラシーの評価の枠組み】

I. 問題の所在

1. 筆者らの有する問題意識

PISA調査 (Programme for Student Assessment) は、実生活における課題を解決するために知識や技能を用いる能力 (リテラシー) が、義務教育終了段階 (15歳) の生徒にどの程度備わっているかをみる「生徒の学習到達度調査」である。経済協力開発機構 (OECD) が2000年から3年ごとに実施している。読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの3つの分野が調査問題対象となっている。2009年調査では、OECD加盟30カ国を含む65カ国・地域、世界経済の約90%を占める国・地域が参加した。PISA調査ではリテラシーの評価が重要視される。学校での学習により習得したある特定の知識が、成人後の生活において応用できなければならないという理由からである^{1, 2)}。

PISA調査は、2012年にわが国の全国学力・学習状況調査に教科「理科」が追加された際に大きな影響を与えた。『平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】解説資料』(2012)には「政府の新成長戦略において「国際的な学習到達度調査において日本がトップレベルの順位となることを目指す」とされ、具体的な目標も示され

ていることから、その実現のため、TIMSSの「理科」、PISAの「科学的リテラシー」と関係が深い「理科」を対象教科とすることは有意義であること。」と記載されている^{3, 4)}。全国学力・学習状況調査は国内外の教育の動向を見据えながら実施されていることが分かる。

筆者ら理科教師が授業を実践するに当たって、PISA調査におけるリテラシー、とりわけ「科学的リテラシー」とその評価についての意味内容の正確な理解が今求められている。

2. PISA2006年調査における科学的リテラシー

(1) 科学的リテラシーの定義

PISA2006年調査では科学的リテラシーが中心分野とされ、表1のように定義された⁵⁾。

(2) 科学的リテラシーの評価の枠組み

科学的リテラシーの定義に基づいて調査問題が作成され、各国で調査が実施され、その結果が評価される。2006年調査では、科学的リテラシーの評価の枠組みが図1のように示された⁶⁾。

* 島根大学教育学部自然環境教育講座

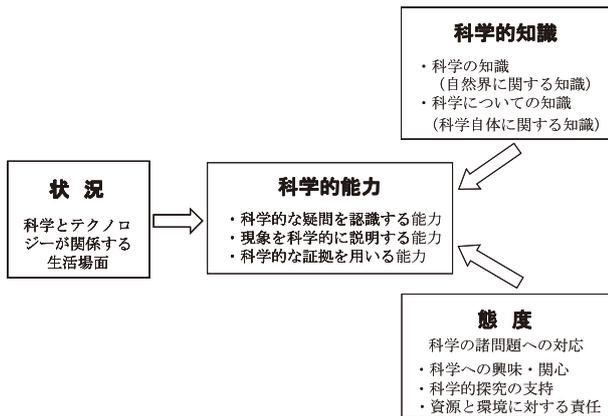
** 出雲市立四絡小学校

*** 広島県立尾道商業高等学校

**** 島根大学教育学部附属中学校

表1 科学的リテラシーの定義⁵⁾

<ul style="list-style-type: none"> ・疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用。 ・科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること。 ・科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること。 ・思慮深い一市民として、科学的な考え方をもち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること。
--

図1 科学的リテラシーの評価の枠組み⁶⁾

(3) 科学的リテラシーの評価の枠組みをつくる4つの要素

① 状況

「状況」は、図1のように科学とテクノロジーが関係する生活場面であり、「問題が設定されている生徒側の世界」と説明されている⁷⁾。そして、「個人的な状況」、「社会的な状況」、「地球的な状況」が横軸、「健康」、「天然資源」、「環境」、「災害」、「科学とテクノロジーのフロンティア」が縦軸とされた3行5列の表が示されて科学的リテラシーにおける「状況」が説明されている⁷⁾。

これらの説明を実際の理科授業場面に当てはめると、単元や小単元の導入部分における教師がつくる環境などと捉えられる。

② 科学的な能力

「科学的な能力」は、図1のように3つの能力に分けられている。一つは、科学的に方向づけられた疑問を認識する能力（以下、「科学的な疑問を認識する能力」または「疑問」と略）。二つ目は、科学的知識に基づいて現象を記述したり、説明したり、予測したりする能力（以下、「現象を科学的に説明する能力」または「説明」と略）。三つめは、証拠と結論を解釈する能力に加えて、意思を決定し、それを伝達するために科学的証拠を用いる能力（以下、「科学的証拠を用いる能力」または「証拠」と略）である。

科学的リテラシーは、これら3つの能力に重点を置いて評価される。加えて、これら3つの能力は、それぞれ3つずつの項目に分けられて表2のように説明されている⁷⁾。

表2 3つの能力を説明する項目^{7), 8)}

<p>科学的な疑問を認識する能力</p> <p>A) 科学的に調査可能な疑問を認識すること。 B) 科学的な情報を検索するためのキーワードを特定すること。 C) 科学的な調査について、その重要な特徴を識別すること。</p> <p>現象を科学的に説明する能力</p> <p>D) 与えられた状況において科学の知識を適用すること。 E) 現象を科学的に記述したり解釈したりして、変化を予測したりすること。 F) 適切な記述、説明、予測を認識すること。</p> <p>科学的証拠を用いる能力</p> <p>G) 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること。 H) 結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定すること。 I) 科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考えること。</p>

さらに「科学的な能力にプライオリティを与えている⁷⁾。」とも説明され、科学的リテラシーを獲得するためには「科学的な能力」をつけることが重要であると考えられていることが分かる。「これらの能力には、科学的知識が含まれる。」とも説明されている⁷⁾。

③ 科学的知識

「科学的知識」は、図1のように「科学の知識」及び「科学についての知識」をまとめて指す用語である。」と説明されている⁷⁾。「科学の知識」は、自然界に関する知識、すなわち「物理、化学、生物科学、地学・宇宙科学及び科学を基盤とするテクノロジーという主な領域をまたがる自然界の知識。」と説明されている⁷⁾。「科学についての知識」は、科学自体に関する知識、すなわち「科学的知識を獲得する方法としての科学の特徴(科学の方法「科学的探究」と目標「科学的説明」に関する知識」と説明されている⁷⁾。

これらの説明を実際の理科授業場面に当てはめると、「科学の知識」は、学習指導要領解説理科編に記載された単元や小単元の目標と捉えられる。「科学についての知識」は、学習指導要領解説理科編に記載された学年目標や分野の目標と捉えられる。

④ 態度

「態度」は、生徒の科学的な諸問題に関わろうとする態度を育むことで、「科学への興味・関心」、「科学的探究の支持」、「資源と環境に対する責任」という3つの領域から説明されている⁷⁾。

これらの説明を実際の理科授業場面に当てはめると、

学習指導要領に書かれた子どもの興味・関心と捉えられる。

3. 科学的リテラシーの評価の枠組みをつくる4つの要素等に対する筆者らの疑問

これまでに述べたように、科学的リテラシー及び科学的リテラシーの評価の枠組みの意味内容については『PISA2006年調査評価の枠組み』(2007)において研究者向けの詳細な説明がなされている⁵⁾。しかし、初等・中等学校の教壇に立って子どもに理科授業を行っている教師の視点から見ると、常日頃の授業に活かす示唆という面から次の3点について今一つ不明な部分が残る。

第一に、科学的リテラシーの中心部分といえる「科学的な能力」を分ける3つの能力とそれを構成する項目について、どのように捉えたら実際の授業実践に結びつくのか？

第二に、「問題が設定されている生徒側の世界」と説明されている「状況」について、小学校理科ではどのように捉えればよいのか？

第三に、「科学的な能力」について「これらの能力には、科学的知識が含まれる。」と説明されている。しかし、PISA2006年調査では図1のように「科学的な能力」と「科学的知識」は、互いを包含するような図になっていないのはなぜか？

上述した筆者らの疑問点を論じた先行研究をCiNiiで検索した。“科学的リテラシー”を論文題名の検索語として検索すると531件が表示された。これらの先行研究を調べる限り、PISA調査の報告書に書かれた意味内容を解説した先行研究及び、PISAの言う意味内容に基づく教育実践に関する先行研究は数多くあった。しかし、理科授業を行うに当たって具体的にどのように捉えればよいのかについて論じられた先行研究は見あたらなかった。

4. 研究の目的と方法

I-3において列挙した3点について、理科授業実践に活かすことのできる解釈に達する文献研究を行うことを本研究の目的とする。

上述した目的を達成するために、次のような研究方法を採用した。まず第一に、PISA2003年、2006年及び2009年調査に関する書籍を基本的文献として収集し、これまでのPISA調査における科学的リテラシーや科学的リテラシーの評価の枠組みなどの意味内容を文献に記載された文章記述から可能な限り把握した^{1, 5, 9)}。

その後、『PISAの問題できるかな?』(2010)に収載された2006年度調査問題とそれに関連する問題(以下、調査問題と略)を実際に解いて、その意味内容に解釈を加えた²⁾。

II. 調査問題から解釈される「科学的な能力」の意味内容

1. 解答した調査問題

実際に解いた問題は、『PISAの問題できるかな?』(2010)に収載された問題のうち、2006年調査問題及び同年調査のための予備調査問題の合計23題である。同書には、大問が34題出題されている。そのうち、2006年調査に関連する問題は大問番号で5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34であった。筆者らはこれらの大問23問を解答した。なお、各大問は2つ～4つの問から構成されている。

2. 調査問題の問と表2のA～Iとの対応関係

調査問題には、大問中の一つの問に対し「科学的な疑問を認識する能力」、「現象を科学的に説明する能力」、「科学的な証拠を用いる能力」のうち、どの能力を評価する問題なのかは記載されている。しかし、それらの能力を説明するどの項目、すなわち表2のA～Iのどれに相当するかは示されていない。そのため、科学的リテラシーやその評価の枠組みについての意味内容の理解が難しいのではないかと筆者らは考えた。

そこで、各問が表2で示されたA～Iのどの項目に解釈されるかを、実際に問題を解くことで明らかにすることにした。実際に問題を解く場面では、問題の解答だけを行ったのではなく、問題文中の何をどう考え、正答に達するためにどのような科学的知識が必要か、科学的知識はどのように用いるかなどを書きとめた。そして、それをもとに分類した。その結果を表3に示した。

3. 「科学的な能力」を分ける3つの能力の意味内容の解釈

(1) PISAによる説明と筆者らによる解釈との対応表の作成

筆者らが表3を作成する過程において、次第に次の点が明らかになってきた。それは、3つの能力を説明する各項目は、もう少し言葉を補って説明したり、A～Iの分類をさらに細分化した上で説明を加えたら、理科授業の実践に結びつく知見が得られるのではないかと、という点である。すなわち、3つの能力を説明するそれぞれの項目について、それらの意味内容の更なる解釈を筆者らが行った。表4には、「科学的な能力」を分ける3つの能力とそれを構成する項目に加え、それらの筆者らによる解釈が示されている。

表4より、「科学的な能力」を分ける3つの能力を説明する項目毎の説明全てが筆者らによって解釈され、①～⑱に書き改められていることが分かる。一つの項目が筆者らによって1つ～5つに細分されて解釈され説明されていることも分かる。このことによって、より理科授業の場面に近い形で記述された。

表3 調査問題の間と表1のA～Iとの対応

大問番号	問	疑問	説明	証拠	大問番号	問	疑問	説明	証拠
5	1			H	2 4	1		D	
	2			H		2		D	
	3		D			3	C		
4	A			4		C			
6	1		D		2 5	1		F	
	2		F			2		F	
7	1		F		2 6	1		D	
	2		F			2		E	
	3	A				3		D	
8	1	C			2 7	1			G
	2	B				2			G
	3	C				3			G
	4			H					H
9	1		D		2 8	1			H
	2		F			2	A		
	3		E			3		F	
10	1		E		2 9	1		F	
	2			G		2	C		
	3		D			3		D	
4				4			F		
11	1		D		3 0	1		F	
	2		F			2		D	
	3		E			3	B		
12	1	C			3 1	1			H
	2	C				2	C		
19	1		E		3 2	1			G
	2		F			2		E	
	3		E			3			I
	4		D		3 3	1		D	
	5		D			2		E	
20	1			G	3 4	1			H
	2			G		2			G
	3	A				3		F	
	4					4			G
21	1		D		3 4	1			G
	2		D			2			G
23	1	B			3 4	3		F	
	2			G		4		D	
	3			G					

表5 調査問題の間と表4の①～⑱との対応

大問番号	問	疑問	説明	証拠	大問番号	問	疑問	説明	証拠
5	1			⑮	2 4	1		⑥	
	2			⑯		2		⑥	
	3		⑥			3	⑤		
4	①			4		⑤			
6	1	①			2 5	1		⑨	
	2		⑥			2		⑧	
7	1		⑧		2 6	1		⑥	
	2		⑧			2		⑦	
	3	①				3		⑥	
8	1	④			2 7	1			⑪
	2	②				2			⑫
	3	⑤				3			⑪
	4			⑰					⑮
9	1		⑥		2 8	1			⑮
	2		⑩			2	②		
	3		⑦			3		⑧	
10	1		⑦		2 9	1		⑨	
	2			⑫		2	⑤		
	3		⑥			3		⑥	
4				4			⑨		
11	1		⑥		3 0	1		⑩	
	2		⑨			2		⑥	
	3		⑦			3	③		
12	1	④			3 1	1			⑯
	2	⑤				2	④		
19	1		⑦		3 2	1			⑪
	2		⑩			2		⑦	
	3		⑦			3			⑱
	4		⑥		3 3	1		⑥	
	5		⑥			2		⑧	
20	1			⑪	3 3	3		⑩	
	2			⑬		4			⑬
	3	①				1			⑫
21	1		⑥		3 4	2			⑭
	2		⑥			3		⑨	
23	1	②			3 4	4		⑥	
	2			⑪					
	3			⑭					

(2) 調査問題の間と表4の①～⑱の対応関係

表5には、調査問題の間が表4における分類の①～⑱のどれに相当するかが示されている。

表5によって、調査問題の大問中の各問が理科授業のどのような場面に適用可能性があるかという点を考慮する際の資料ができた。

なお、表5を作成するために各問の問題文の何をどう考え、その時に解答するためにどのような科学的知識が必要か、あるいは科学的知識はどのように用いるかなどの点は、紙幅の都合で①～⑱それぞれ1問ずつではあるが、問の趣旨とともに資料1～3に示した¹⁰⁾。

4. 「科学的能力」の意味内容の解釈

PISA2006年調査の意味内容が説明された文献調査からは、図1及び表1、表2を作成する過程を通して、科学的リテラシー獲得のためには「科学的能力」をつけることが重要視されていることが分かった。すなわちPISA2006年調査では、解答の傾向から子どもの「科学的能力」を測り、科学的リテラシーの獲得状況を測定しようとしていると捉えられる。

筆者らが調査問題を実際に解いて、表3、表4、表5を作成する過程を通して、3つの能力の意味内容の解釈を行った。この解釈を行う際には、問題を解く場面で、

問題文中の何をどう考え、解答に至るためにどのような科学的知識と科学についての知識が必要であり、それらをどのように用いるかという、解答の過程を書きとめることが必要であった。

これらのことを考え合わせ筆者らは、PISAの言う「科学的能力」とは、「調査問題の正答を得るだけでなく、正答に至るまでの過程も書きとめることができる能力」を「科学的能力」の意味内容として捉えることにした。

Ⅲ. 調査問題から解釈される「状況」の意味内容

1. PISAに記載された「状況」の意味内容

I-2-(3)①で述べたように、PISAでは「状況とは、問題が設定されている生徒側の世界である。」と説明されている。さらに、「調査問題では、一般的な生活状況が設定されており、学校生活に限定されていない。評価において、自分自身、家族及び仲間集団に関連する(個人的な)状況、地域社会に関連する(社会的な)状況、世界にまたがる生活に関する(地球規模の)状況が設定されている。それらの状況における適用領域も用いられており、「健康」「天然資源」「環境」「災害」及び「科学とテクノロジーのフロンティア」が設定されている。」

表4 3つの科学的能力を説明する各項目及びそれらの筆者らによる解釈

3つの能力	3つの能力を構成する項目	筆者らによる解釈
科学的な疑問を認識する能力	A) 科学的に調査可能な疑問を認識すること。	① 疑問や課題が、実験・観察やある条件下で確かめることができるか判断すること。 ② 実験内容・方法から、実験によって調べようとしている課題や疑問を認識すること。
	B) 科学的な情報を検索するためのキーワードを特定すること。	③ 課題や疑問についてインターネットや書籍を用いて調べるとき、検索に必要な用語を選定すること。
	C) 科学的な調査について、その重要な特徴を識別すること。	④ 意図的に含まれる実験手順の意味を認識すること。
		⑤ 課題や疑問を調べるのに適切な実験計画を認識すること。
	現象を科学的に説明する能力	D) 与えられた状況において科学の知識を適用すること。
E) 現象を科学的に記述したり解釈したりして、変化を予測したりすること。		⑦ ある現象が起こる要因について、科学の知識を用いて説明すること。
F) 適切な記述、説明、予測を認識すること。		⑧ 科学の知識を適用して、ある現象について、適切に説明している記述を認識すること。
		⑨ 科学の知識を適用して、ある現象が起こる理由について、適切に説明している記述を認識すること。
		⑩ 科学の知識を適用して、ある操作の理由について、適切に説明している記述を認識すること。
科学的証拠を用いる能力	G) 科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達すること。	⑪ 与えられた情報を解釈し、問いに答えること。
		⑫ 与えられた情報を解釈し、実験結果を予想すること。
	H) 結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定すること。	⑬ 実験内容や結果を解釈し、導かれる結論を認識すること。
		⑭ 実験内容や結果を解釈し、関連した実験の結果を予想すること。
		⑮ グラフや、ある事柄・現象の説明文などの与えられた情報を解釈し、結論の根拠を示すこと。
		⑯ グラフや、ある事柄・現象の説明文などの与えられた情報を解釈し、結論に反対する根拠を示すこと。
	⑰ 実験内容を把握し、実験結果の予想の根拠を示すこと。	
I) 科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考えること。	⑱ 開発されている機械の説明を解釈し、人体や環境に配慮して解決すべき問題点を認識すること。	

と説明され、表6が「状況」として記載されている¹¹⁾。

表6より、PISAの説明通り学校生活に限定されない一般的な生活状況が設定されていることが分かる。

2. 調査問題から読み取る「状況」

Ⅱにおいて解答した調査問題に見られる「状況」を調査し、表7にまとめた。

表6及び表7から、PISAの言う「状況」とは「新聞に記事として掲載されるようなあらゆる状況」と捉えることにした。

Ⅳ. 筆者らによる科学的リテラシーの評価の枠組みの改訂とその意味内容の解釈

科学的リテラシーの評価の枠組みを構成する4つの要素とそれらの説明はⅠ-2で述べるとともに図1に示されている。Ⅱ、Ⅲでは、調査問題を実際に解いて、「科学的能力」と「状況」について検討を加えた。これらの解釈をまとめ、図1に示された科学的リテラシーの評価の枠組みを図2のように改訂した。図2には、筆者らが改訂を加えた科学的リテラシーの枠組みが示されている。

表 6 PISAに記載された「状況」¹⁾

	個人的な状況 (自分自身、家族及び仲間集団)	社会的な状況 (地域社会)	地球的な状況 (世界にまたがる生活)
健康	健康の維持、事故、栄養	病気の制御、社会的伝染、食品の選択、コミュニティの健康	流行（伝染病）の発生、感染症の蔓延
天然資源	個人の物質とエネルギー消費	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	再生可能と非再生可能、自然のシステム、人口増加、種の持続可能な利用
環境	環境に優しい行為、物質の使用と廃棄	人口分布、廃棄物処理、ゴミ処理、環境への影響、地方の気象	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
災害	自然災害と人為的災害、家を建てる際の決断	急激な変化（地震、激しい気象）、ゆっくりとした漸進的变化（沿岸の浸食、沈降）、リスク評価	気候変動、近代的戦争の影響
科学とテクノロジーのフロンティア	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	新素材、装置と処理、遺伝子操作、兵器テクノロジー、輸送	種の絶滅、宇宙探査、宇宙の起源とつくり

表 7 PISA 調査問題に見られる状況

大問番号	問題内容	大問番号	問題内容
5	温室効果	24	喫煙
6	衣類	25	星明り
7	グランドキャニオン	26	超音波検査
8	日焼け止め	27	化粧品の製法
9	予防接種	28	進化
10	酸性雨	29	パン生地
11	運動	30	金星の太陽面通過
12	遺伝子組み換え作物	31	健康上のリスク
19	飲料水をつくる	32	触媒コンバーター
20	虫歯	33	集中治療
21	暑い日の仕事	34	風力発電
23	イトヨの習性		

本章では、筆者らが図1を図2に改訂した検討の過程を論じる。

1. 「科学的能力」と「科学的知識」に対する検討

前述したように筆者らは、調査問題の正答を得るだけでなく、正答に至るまでの過程も書きとめることができる能力を「科学的能力」の意味内容として解釈した。問題を解答する際に、この間は「科学的能力」を分ける3つの能力のうちのどれを測ろうとしているのか、それとも「科学的知識」を測ろうとしているのか、判断しにくい間があった。例えば、大問6「衣類」問2である。この間では、衣類の繊維の電気の流れやすさを調べることができる実験装置を選択肢から選択できるか否かで、現象を科学的に説明する能力が問われる。この間は、電圧計で電気が通っていることを調べることができるという「科学的知識」があれば解答できる。しかし、電圧計という特定の「科学的知識」の有無が問われているとも捉えられる。そこで、図1では「科学的能力」と「科学的知識」が別に示されているが、二つの関係はもっと密接に関わっているのではないかと考え、「科学的能力」及び「科学的知識」に検討を加えた。

(1) 「科学的能力」に加えた検討

調査問題で問われる科学的リテラシーは、子どもが新聞に記事として掲載されるようなあらゆる状況に応じて、「科学的知識」を様々な活用することを評価する能力である。すなわち「科学的知識」を様々な活用する力が「科学的能力」であるともいえる。「状況」に応じ、「科学的知識」を用いて、「科学的能力」を発揮することで調査問題が解答できる。

このように、「科学的能力」は科学的リテラシー重要な部分を占めているといえるので、大きく表現する必要があると筆者らは考え、大きな円で表示した。

(2) 「科学的知識」に加えた検討

図1では、「科学的知識」は「科学の知識」と「科学

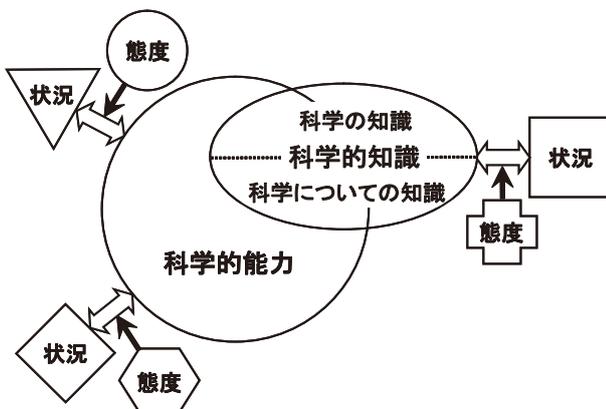


図2 筆者らが改訂を加えた科学的リテラシーの評価の枠組み

についての知識」の2つから構成されるように示されている。しかし図2では、「科学的知識」と「科学についての知識」は点線で分けている。

I-2-(3)で論じたように、「科学的知識」は科学的概念ともいえる。「科学についての知識」は科学的探究と科学的説明、すなわち疑問や課題から実験をして結果を得るまでの一つ一つの過程（予想を立てること、実験計画を立てることなど）であり、またその結果をいかに扱うか（グラフや表にして表したり、新たな疑問を見出したりすることなど）である。すなわち、探究過程の諸要素であるといえる。

筆者らは、理科授業の場面では、これら二つの知識は相互作用で獲得されていくものと捉えている。例えば、小学校第5学年「振り子」単元において、ふりこの1周期にかかる時間に関する「科学的知識」を獲得する場合、振り子が1往復する時間を変える条件を予想し、実験で確かめるといって「科学についての知識」が活かされる。これによって、糸の長さによって振り子の1往復する時間が変わるといって「科学的知識」を得る。このように「科学的知識」と「科学についての知識」は、理科の授業場面では学習中に相互作用で獲得されることが多い。

これらのことから「科学的知識」と「科学についての知識」を点線で分けた。

「科学的知識」も「科学的能力」と同様に科学的リテラシーの重要な部分を占めているといえるので、大きな円で表示した。

(3) 「科学的能力」と「科学的知識」の重なりに加えた検討

図1では、「科学的能力」と「科学的知識」は分けて示されているとともに、「科学的知識」から「科学的能力」へ向かう一方向の矢印が示されている。図2では、「科学的能力」と「科学的知識」双方の一部を重複させて表示した。

「科学的知識」は、「科学的能力」を発揮する際に適用される。調査問題でも、問に関する「科学的知識」を適用して問題を解いたり、説明するために「科学的知識」が用いられたりする。例えば、大問9「予防接種」問3である。この問は、インフルエンザの予防接種が子どもや老人に勧められる理由について説明し、現象を科学的に説明する能力が問われる。理由を説明するには、予防接種とは病気に対する免疫をつけるためにワクチンを投与するものであること、子どもや老人は免疫力が低いなどの「科学的知識」が必要となる。そこで、これらの知識を説明に使い、免疫力が弱いとインフルエンザにかかりやすくなってしまおうという「科学的知識」が含まれた説明をする。このように、「科学的能力」を発揮するために「科学的知識」が適用されている。

「科学についての知識」は、PISAによる説明にあるように、探究についての知識である。問題を解いていくと、「科学的能力」の部分に探究と意味内容が似かよっていると捉えざるをえない問があった。大問24「喫煙」問3

である。この問は、ニコチンパッチの効果を無作為に選んだ喫煙者100人を対象に調べるため、どんな方法で調べるべきかを選択肢から選択することで、科学的な疑問を認識する能力を問うものである。ニコチンパッチの効果について調べるという課題を解決する適切な方法を選ぶ問であり、この課題を解決する方法を考えることは探究過程の一部に含まれる。この能力を筆者らは、課題や疑問を調べるのに適切な実験計画を認識することと解釈した。このように、「科学についての知識」は探究についての知識であり、「科学的能力」の意味内容が探究と似かよっていると捉えられる。

これに加え、PISAによる説明では「これらの能力（科学的能力）には、科学的知識が含まれる。」と説明されている。

これらのことから、「科学的知識」と「科学についての知識」の双方の一部が「科学的能力」の一部と重複するように表示した。

2. 「状況」に対する検討

図1では、たった一つの「状況」から「科学的能力」に向かう一方向の矢印が示されている。図2では、「状況」を様々な形で表示するとともに、「状況」と「科学的能力」または「科学的知識」との間に両端矢印で表示した。

(1) 「状況」が様々な形で表されていることについて

図2中の正方形、ひし形、逆三角形で表された部分である。I-2-(3)で述べたように、「状況」の範囲（個人的、社会的、地球規模）や、領域（健康、天然資源、環境など）は様々であるからである。そのため、様々な「状況」があるように表した。

(2) 「状況」と「科学的能力」との間に両端矢印で表示したことについて

調査問題の間には様々な「状況」が設定され、その状況に合わせて「科学的能力」を発揮される場面が数多くあった。そのため、「状況」からの一方向だけではなく、「状況」に「科学的能力」を発揮するという意味で両端矢印で表示した。

(3) 「状況」と「科学的知識」との間に両端矢印で表示したことについて

図1では、「状況」から出された矢印は「科学的能力」のみと関わっていた。図2では、「科学的知識」との間も両端矢印で表示した。このことは、「状況」から新たな知識を獲得する場面があることと、「科学的知識」を適用して問に答える場面もあることを示している。

調査問題でも、問題文を読んで把握することで、新たな知識を獲得し問題を解く問がある。大問10「酸性雨」問2である。問題文に大理石は酸性雨によって浸食されること、大理石は炭酸カルシウムでできていること、大理石のかけらを酢につけると気泡が発生することが記載

されている。この内容を把握し、新たな「科学的知識」として獲得し、以後の問に答えるという問題となっている。このことから、問題文で示された「状況」から、新たな「科学的知識」を獲得する方向の矢印を表した。

「科学的知識」を適用して問に答える問題は、大問6「衣類」問2である。この問では、衣類の繊維が電気の流れを制御しているかどうか調べる実験装置を選択肢から選択することで、現象を科学的に説明する能力が問われる。この選択肢から選択する際に、電気が通っていることは電圧計で調べることができるという「科学的知識」が適用される。このことから、問などの「状況」に合わせて「科学的知識」を用いる場面があると考えられる。そのため、「科学的知識」から「状況」に向かう方向の矢印も表した。

これらのことから、「状況」と「科学的能力」または「科学的知識」の間に相互作用を示す両端矢印を書き込み、それぞれの関係を表した。

3. 「態度」に対する検討

図1では、たった一つの「態度」から「科学的能力」に向かう一方の矢印が示されている。図2では、「態度」を様々な形で表した。さらに、「状況」と「科学的能力」または「科学的知識」の間に付された両端矢印に向かつて「態度」から向かう方向の実線の矢印として表示した。

(1) 「態度」が様々な形で表されていることについて

図2中の十字型、六角形、円形で表された「態度」がこれに相当する。PISA2006年調査からは、「態度」の評価を重視するために、質問用紙の他に各大問に関する「態度」を評価する方法も取り入れられた¹²⁾。そこで、各大問に関する「態度」を評価するということは、あらゆる「状況」に応じた「態度」があり、それを評価することで「態度」に関する評価を詳細にしたと考えられる。すなわち、一つの「態度」から表されるよりも、あらゆる場面に合わせた多種多様な「態度」を表すような図が適切と考えた。そのため、様々な「状況」があるように表した。

(2) 「状況」から「科学的能力」または「科学的知識」

へと向かう両端矢印に向かつて「態度」から向かう方向の矢印で表したことについて

PISA調査において、科学に対する「態度」に注目した理由は「個人の科学的リテラシーにある種の態度、信念、動機付けの方向性、自己効力感、価値そして最終的な行動が含まれるという考え方に基づいている。」と説明されている¹³⁾。

加えて、先ほど「状況」に検討を加えた経緯でも述べたように、ある「状況」から能力や知識を発揮する場合もあれば、能力や知識を獲得したりする場合もある。

すなわち、調査問題で問われる科学的リテラシーは、生徒が様々な状況に応じて、「科学的知識」を様々な活

用することを評価するものであると筆者らは解釈した。

これらのことから、「科学的能力」や「科学的知識」を発揮したりする際にも、態度が関わってくると考えた。そのため、「状況」から「科学的能力」または「科学的知識」へと向かう両端に向かつて「態度」から向かう方向の矢印を表示した。

V. 理科授業場面への適用の検討

これまでに科学的リテラシーの中心部分といえる「科学的能力」について、筆者らは表4のような解釈を行った。

「科学的能力」を分ける3つの能力のうち、「科学的な疑問を認識する能力」については、表4に記載された筆者らの分類①～⑤に相当する。表4における①～⑤の意味内容をまとめると、初等・中等教育の理科授業の場面では、疑問を持ち学習課題を把握し、仮説を設定したりして実験計画（を立てる）の場面に主に相当すると考えられる。

「現象を科学的に説明する能力」については、表4における⑥～⑩に相当する。これらの意味内容をまとめると、初等・中等教育の理科授業の場面では、観察や実験を行い観察・実験の結果を記述したり整理したりする場面に主に相当すると考えられる。

「科学的証拠を用いる能力」については、表4における⑪～⑬に相当する。これらの意味内容をまとめると、初等・中等教育の理科授業の場面では、観察・実験結果を整理しそれをもとに導き出した考察や結論を記述したり報告したりする場面に主に相当すると考えられる。

すなわち、科学的リテラシーの中心部分といえる「科学的能力」とは、子ども自身が教科書の冒頭に“学習の順序”や“学習のすすめ方”などとして記載されている内容（探究）を行う力と言え、科学的探究を行う能力と言い換えて差し支えないと考えられる。

上述した「科学的能力」の解釈に加え、前述した「科学的知識」及び「状況」、「態度」の意味内容をまとめると、理科学習における子どもの活動は次のように進んでいくと考えられる。

- a) ある「状況」において、子どもは学習課題を把握し、「科学の知識」と「科学についての知識」を使いながら、ある時には仮説を設定したりして、観察・実験計画を立て、観察・実験に取り組む。
- b) 主に「科学の知識」を使いながら、観察・実験で得られた事実をそのまま記述したり、あるときにはは図表やグラフで表現する。
- c) 「科学についての知識」と「科学的知識」を使いながら、観察・実験事実やそれらに基づいて作成した図表あるいはグラフをもとに、科学的な根拠に基づいて考察や結果を導き出す。

すなわち、「科学の知識」と「科学についての知識」を縦横無尽に駆使しながら、科学的探究を行い、課題に

対した適切な結論を得ることのできる能力や知識や「態度」の総体が科学的リテラシーと捉えられる。

VI. おわりに

筆者らは基本的文献からだけでは捉えきれなかった科学的リテラシーの意味内容について、PISA2006年調査問題などを実際に解くことによって、初等・中等教育の理科授業場面に適用できる知見を得ようと、この研究に取り組んだ。

その結果、次の諸点について知見が得られた。

第一に、「科学的能力」を分ける3つの能力（科学的な疑問を認識する能力、現象を科学的に説明する能力、科学的証拠を用いる能力）を説明する9項目（それぞれ3項目）について、一つの項目をそれぞれ1つ～5つにさらに細分し、初等・中等教育の授業場面に近い形の記述で合計18に分類した。これによって、調査問題の大問中の各問の意図が、初等・中等教育の理科授業のどのような場面に適用できるかという点を考慮する際の資料が得られた。

第二に、PISAの提案した科学的リテラシーの評価の枠組みについて、改訂版が提案できた。これによって、「科学的能力」と「科学的知識（「科学の知識」と「科学についての知識」）」の間の関連、とりわけ包含関係に加え、「科学的能力」、「科学的知識」と「状況」、「態度」の相互関係が明らかにできた。

第一及び第二で明らかになった知見をまとめると、初等・中等教育の理科授業では、ある「状況」において「科学の知識」と「科学についての知識」を縦横無尽に駆使しながら「科学的な疑問を認識」し、観察・実験を通して「現象を科学的に説明」し、「科学的証拠を用い」て結論を得ることができる能力や知識や「態度」の総体が科学的リテラシーと捉えられる。このうち、「科学的な疑問を認識」し、観察・実験を通して「現象を科学的に説明」し、「科学的証拠を用い」て結論を得るという学習の流れは、理科教科書の冒頭に“学習の順序”や“学習のすすめ方”などとして記載されている内容に相当する。これは、理科教科書では探究の流れと記載されている。

これらのことをまとめ、授業を行う理科教師の立場から言うと、「科学的能力」と「科学的知識」の意味内

容の正確な理解を伴った教師が、理科教科書の冒頭に“理科学習の順序”などとして記載されている探究の過程を子どもに辿らせた結果、子どもに身につく力が科学的リテラシーと捉えられる。今後は本研究で得られた成果を基に常日頃の授業を行いたい。

本研究はPISA2006年調査問題と同年調査のための予備問題23題を解いただけから得られた知見である。今後は、入手可能な限りの調査問題を解いた上で検討を加えるべき課題が残された。さらに、PISA調査問題とわが国の全国学力・学習状況調査との関連性についても検討を加える課題が残された。

註

- 1) 経済協力開発機構（OECD）編著、国立教育政策研究所監訳：『PISA2009年調査評価の枠組みOECD生徒の学習到達度評価』, pp. 15-29, 2010, 明石書店。
- 2) 経済協力開発機構（OECD）編著、国立教育政策研究所監訳：『PISAの問題できるかな？OECD生徒の学習到達度調査』, 2010, 明石書店。
- 3) 文部科学省国立教育政策研究所：『平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】解説資料』, p.1, 2012。
- 4) TIMSSとは、IEA（国際教育到達度評価学会）の国際共同研究調査の一つである「国際数学・理科教育動向調査（Trends in International Mathematics and Science Study）の略である。
- 5) 国立教育政策研究所監訳：『PISA2006年調査評価の枠組みOECD生徒の学習到達度評価』, p.19, 2007, ぎょうせい。
- 6) 上掲書, p.22.であるが、一部筆者が加筆を行っている。
- 7) 国立教育政策研究所監訳：前掲書1), pp.21-32。
- 8) 表2中のA～Iの記号は筆者らが付した。
- 9) 国立教育政策研究所監訳：『PISA2003年調査評価の枠組みOECD生徒の学習到達度評価』, 2007, ぎょうせい。
- 10) 後に、大問の問題文の全貌が分かる必要がある問については、資料中に大問の問題文も掲載した。
- 11) 国立教育政策研究所監訳：前掲書1), p.23。
- 12) 国立教育政策研究所監訳：前掲書1), pp.30-32。
- 13) 国立教育政策研究所監訳：前掲書1), p.31。

資料1 科学的な疑問を認識する能力

<p>① 疑問や課題が、実験・観察やある条件下で確かめることができるか判断すること。</p> <hr/> <p>大問6「衣類」問1 問題文(洗濯しても破れない、物を包んでも破れない、しわくちゃにしても破れない、安く大量生産できる)はそれぞれ、この文章で主張されていることです。これらを、実験室内の科学実験で確かめることができますか。</p> <hr/> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 問題文中の説明にある衣服の性質が、実験室内で確かめられるかどうかを考えさせる問である。その際、どのような実験方法が立てられるかを考えた。最初の3つの性質(洗濯しても破れない、物を包んでも破れない、しわくちゃにしても破れない)に関しては、実際に洗濯したりして衣服が破れているか確認したら分かることであるから、確かめることができる疑問であると認識した。一方、安く大量生産できる性質に関しては、確かめるためには材料費を計算することや大量に作れるような機械が必要になると考えた。これは実験室内でできる科学実験という条件があるため、確認することはできないと認識した。</p>
<p>② 実験内容・方法から、実験によって調べようとしている課題や疑問を認識すること。</p> <hr/> <p>大問23「イトヨの習性」問1 この実験で何を調べようとしているのかを教えてください。</p> <hr/> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 まず第一に実験内容を把握した。この実験では、どんなことがオスのイトヨの攻撃的な習性を引き出すかを調べるために、イトヨの模型の色という条件だけを変えて、攻撃的な行動を見せる回数を測定している。変える条件と一定にする条件を見出すことで、イトヨの攻撃的な行動を誘発することに他のイトヨの色が関係しているのではないかと、という疑問を導いた。</p>
<p>③ 課題や疑問についてインターネットや書籍を用いて調べるとき、検索に必要な用語を選定すること。</p> <hr/> <p>大問30「金星の太陽面通過」問3 次の文ではいくつかの言葉に下線がひかれています。天文学者の予測では、海王星から観測した場合に土星が太陽の面を通過するのが見えるのは、今世紀の終わりだとされています。この下線をひいた単語をインターネットや図書館で検索語として使った場合、通過の予想時期を確認できるのはどれですか。検索に役立つような単語を3つあげてください。</p> <hr/> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 土星の太陽面通過の予想時期はいつか、という疑問をインターネットや書籍から調べるとき、この疑問に対してどの単語がキーワードになるかを考えた。そのため、問3の問題文のように与えられた情報を解釈し、キーワードを検索するために必要な単語を列挙した。課題や疑問を解決する際、実験や観察など実際に確かめる方法だけではなく、この問題例のようにインターネットや書籍から調べることも必要な能力と考えた。</p>
<p>④ 意図的に含まれる実験手順の意味を認識すること。</p> <hr/> <p>大問8「日焼け止め」問1 次のうち、日焼け止めの効果を比較するため、鉱油と酸化亜鉛の役割について科学的に説明しているものはどれですか。A) 鉱油と酸化亜鉛はともに、検査される要素である。B) 鉱油は検査される要素で、酸化亜鉛は比較参照のための物質である。C) 鉱油は比較参照のための物質で、酸化亜鉛は検査される要素である。D) 鉱油と酸化亜鉛はともに、比較参照のための物質である。</p> <hr/> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 まず第一に、4種類の日焼け止め製品の皮膚の保護の程度を比較し、どの日焼け止め製品が最も皮膚を保護するかを調べる実験であるという、実験目的を見出した。その実験の中で、なぜあえて日焼け止め製品ではない鉱油と酸化亜鉛も比較するかを考えた。そこで、鉱油は日光を通し、酸化亜鉛は日光をほとんど通さないという性質を把握し、日焼け止め製品が日光を通していか、通していないかを判断するために参考にする物質であるということを見出した。</p>
<p>⑤ 課題や疑問を調べるのに適切な実験計画を認識すること。</p> <hr/> <p>大問24「喫煙」問題文 タバコは紙巻きタバコや葉巻、パイプなどで吸われています。タバコに関連した病気により、毎日13,500人近くの人が世界中で死んでいるという研究結果が出ています。このまま行くと、2020年までには、世界における死因の12%がタバコによるものになると予想されています。 たばこの煙はたくさん有害な物質が含まれています。最も有害な物質はタール、ニコチンと一酸化炭素です。</p> <hr/> <p>大問24「喫煙」問3 人によっては禁煙をするため、ニコチンパッチを使う人もいます。皮膚に貼られたパッチからニコチンが血液へしみ出すのです。これによって、禁煙をする際に喫煙したい気持ちや禁断症状を和らげることができます。ニコチンパッチの効果を調べるため、禁煙を望む100人の喫煙者を無作為に選びました。彼らは6か月にわたって研究に参加し、調査が終わるまでに何人が禁煙できたかを調べることでニコチンパッチの効果を測るといいます。下記のうち、最も適した実験計画はどれかを教えてください。A)参加者全員がニコチンパッチを貼る。B)ニコチンパッチなしで禁煙しようとしている1名以外は、全員ニコチンパッチを貼る。C)禁煙をするにあたって、ニコチンパッチを貼るかどうかが、それぞれに選ばせる。D)無作為に選んだ半数の人にニコチンパッチを貼り、残りの人には貼らない。</p> <hr/> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 まず第一に、ニコチンパッチを貼ったときの禁煙効果について調べる実験だということ把握した。実験課題を解決するためには、ニコチンパッチを貼る人と貼らない人で、禁煙できたかどうかを比べる比較実験が適していると考えた。それを比較するためには、人数など他の条件はできるだけ変えない方が正確なデータと言えるため、一番他の条件を変えないようにしている実験計画を選択した。</p>

資料2 現象を科学的に説明する能力

<p>⑥ 科学の知識を適用して、課題や問いにこたえること。</p>
<p>大問6「衣類」問題文 声の出ない子どもが発声できるようになる特殊な衣服について、以下の説明文がある。生まれつき声の出ない子どもが「発声」できるようになる「インテリジェントな(かしこい)衣服」をイギリスの科学者チームが開発している。電子化された特殊な繊維がチョッキに織り込んであって、音声合成器につながっている。それを着た子どもが、このタッチセンサー入り素材を指でたたきただけで声が出て、自分の意思を伝えられる。 この素材は、ふつうの布に優れた炭素繊維を織り込んであり、電気を制御できる。衣服に圧力が加わると、この制御繊維を通過する電気信号のパターンが変化してコンピュータのチップに入り、どこに触ったか識別される。これを電子機器に接続すれば、声として伝えることができる。こうした電気機器は、マッチ箱2個分くらいに小型化できる。 「繊維の織りかたと、電気信号の送り方がミソです。ふつうの繊維に織りこめるから、見た目は特殊な繊維が入っているとはわかりません。」と科学者たちは言う。 この素材は洗濯したり、ものを包んだり、しわくちゃにしても壊れない。また科学者たちによれば、これを安く大量生産することも可能である。</p>
<p>大問6「衣類」問2 この繊維が電気を制御しているかどうか調べるには、次の実験機器のうち、どれが必要ですか。A)電圧計 B)照明箱 C)マイクロメーター D)音圧計</p> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 電気がどのくらい通っているか、電圧計を使うと数値として表すことができるという科学の知識を使って、電気を制御しているか調べる実験機器として電圧計を選んだ。もしくは、照明箱は光の明るさ、マイクロメーターは物の長さ、音圧計は音の大きさを測定するものという科学の知識を使う。</p>
<p>⑦ ある現象が起こる要因について、科学の知識を用いて説明すること。</p>
<p>大問9「予防接種」問題文 予防接種の歴史について次のように記載されている。メアリー・モンタギューは、美しい女性だった。彼女は1715年に天然痘にかかり、病気は治ったものの、体中に痕が残ってしまった。1717年、メアリーがトルコに住んでいたとき、当時で一般的に行われていた接種方法を目にした。この治療法は、健康な若者の皮膚に傷をつけ、その傷に軽い天然痘を感染させるものだった。その若者はその時に病気になるが、ほとんどの場合、軽い症状のものであった。メアリー・モンタギューは、この接種方法を安全だと信じ、息子と娘に接種を受けさせた。 1796年、エドワード・ジェンナーは、天然痘への抗体を作るため、天然痘に似た牛痘の接種を行った。天然痘の接種に比べて、この作用は副作用が少なく、接種された人からは他の人とうつらなかった。この治療法は予防接種として知られるようになった。</p>
<p>大問9「予防接種」問3 インフルエンザの予防接種は、特に小さな子どもや老人に受けるように勧められます。その理由を一つあげてください。</p> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 インフルエンザの予防接種が子どもや老人に受けるよう勧められるのはなぜか考えた。そこで、子どもや老人の特徴として、免疫力が弱いことがあるという科学の知識から、免疫力が弱いとインフルエンザにかかりやすくなり、重たい症状が出てしまったりするという理由を見出した。</p>
<p>⑧ 科学の知識を適用して、ある現象について、適切に説明している記述を認識すること。</p>
<p>大問7「グランドキャニオン」問2 グランドキャニオンの石灰岩Aの層には、貝や魚、サンゴなどの海洋動物の化石が多く含まれています。これらの化石がその地層で発見されることになったのは、何百年も前に何が起きていたからですか。次の中からあてはまるものを選びなさい。A)昔、人が海からこの場所に魚介類を持って来た。B)海は今より非常に荒く、大波によって海洋生物が内陸にまで打ち寄せられた。C)当時、この場所は海面下にあり、その後、海が後退していった。D)海に移動する前は、いくつかの海の動物はかつて陸に生息していた。</p> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 化石は、かつてその土地にその生き物が住みついていた環境であったことを表すという科学の知識から、海洋生物が多く含まれる地層で何百年前に起きていたことを適切に説明している記述を選んだ。つまり海洋生物が多く含まれるということは、何百年前その土地は海面下であったことを示していると考えた。</p>
<p>⑨ 科学の知識を適用して、ある現象が起こる理由について、適切に説明している記述を認識すること。</p>
<p>大問29「パン生地」問1 発酵することによって、パン生地が膨らみます。なぜパン生地は膨らむのですか。A)生地が膨らむのは、アルコールが作られ、気体になるため。B)生地が膨らむのは、生地の中で単細胞が繁殖するため。C)生地が膨らむのは、気体である二酸化炭素が発生するため。D)生地が膨らむのは、発酵によって水が蒸気になるため。</p> <p>解答を終えるまでに必要とした思考 パン生地が膨らむという現象が起きる理由について考えた。発酵することで生地の中にアルコールと二酸化炭素ができるという情報や、生地が膨らむには生地の中に気体がないといけないなどの科学の知識を使い、気体である二酸化炭素が要因であることを見出した。</p>
<p>⑩ 科学の知識を適用して、ある操作の理由について、適切に説明している記述を認識すること。</p>
<p>大問19「飲料水をつくる」問2 水の浄水処理は、異なった方法のいくつかの段階で行われます。図に表されている浄水過程は4段階あります(番号(1)~(4))。第2段階で、水は沈殿槽に集められます。この段階ではどのようにして水をきれいにするのでしょうか。A)水の中の細菌を殺す。B)水に酸素を加える。C)小石や砂を底に沈める。D)毒素を分解する。</p>

解答を終えるまでに必要とした思考
水を沈殿槽に集めることで、水がどのようになれるかを考えた。そこで、沈殿とは水に浮かぶ重たいものが底に沈むことであるという科学の知識を使い、沈殿槽で水をきれいにするのは、小石や砂が底に沈むからであるということを見出した。

資料3 科学的証拠を用いる能力

⑪ 与えられた情報を解釈し、問いにこたえること。
大問20「虫歯」問1 虫歯になるとき細菌はどんな役割をしますか。A)細菌はエナメル質を作る。B)細菌は砂糖を作る。C)細菌は無機物を作る。D)細菌は酸を作る。
解答を終えるまでに必要とした思考 大問中の虫歯に関する情報を解釈した。細菌が食べた砂糖が酸に変わり、酸が歯の表面を傷つけることで虫歯になることを捉え、問である細菌の役割は砂糖を酸に変えることだと考えた。
⑫ 与えられた情報を解釈し、実験結果を予想すること。
大問10「酸性雨」問題文 2500年以上も前にアテネのアクロポリスに建てられた女人像柱の彫刻の写りが載っている。その彫刻は大理石でできていて、大理石とは炭酸カルシウムでできた種類の岩石であることが示されている。そして、1980年に本物の彫刻が酸性雨に浸食されつつあったため、本物は博物館へ移動され、代わりに複製が置かれたことも示されている。 酸性雨が大理石に与える影響を調べる実験に関して、次のように示されている。酸性雨が大理石に与える影響は、大理石のかけらを一晚、酢につけることによって確かめることができます。酢と酸性雨はほぼ同じ酸性度を持っています。大理石のかけらを酢に入れると、気泡が発生します。実験の前後で乾いた大理石のかけらの質量を調べることができます。
大問10「酸性雨」問2 酢に一晚中つける前の大理石のかけらの質量は、2.0グラムでした。翌日、そのかけらを取り出して、乾かしました。乾いた大理石の質量はどうなっていますか。次のうちから選びなさい。A)2.0グラムより小さい B)ちょうど2.0グラム C)2.0グラムから2.4グラムの間 D)2.4グラムより大きい
解答を終えるまでに必要とした思考 大理石でできた像が酸性雨によって浸食されること、大理石は炭酸カルシウムでできていること、酢と酸性雨はほぼ同じ酸性度を持つこと、大理石のかけらを酢につけると気泡が発生するなど、与えられた情報を把握した。そこで、酢と大理石の炭酸カルシウムが化学反応を起こし、気泡が発生するということが、何らかの気体すなわち二酸化炭素が発生したのだと解釈した。解釈したことで、大理石のかけらを酢に入れると二酸化炭素が発生し、質量は反応前より小さくなることを予想した。
⑬ 実験内容や結果を解釈し、導かれる結論を認識すること。
大問20「虫歯」問2 次のグラフは世界各国の砂糖の消費量と虫歯の多さを示しています。グラフの中の点の一つの国を表しています。(縦軸が各国の一人当たりの平均虫歯数、横軸が砂糖の平均消費量(グラム/人/日)のグラフが掲載されている。)次の説明のうち、グラフのデータによって裏づけられているのはどれでしょうか。A)他の国よりも歯磨きの回数が多い国がある。B)砂糖を食べる量が多いほど、虫歯になりやすくなる。C)近年、多くの国で虫歯になる割合が増えた。D)近年、多くの国で砂糖の消費が増えている。
解答を終えるまでに必要とした思考 グラフのデータによって裏づけられていることとは、データから分かること、つまり考察である。そのため、この問を解くためには、まず、どのようなことを表すグラフになっているかを解釈した。このグラフは一人当たりの砂糖の平均消費量と一人当たりの平均虫歯数の関係が国ごとに表されている。砂糖の平均消費量が高くなるにつれ、平均虫歯数も高くなっている傾向を読み取った。よって、グラフから読み取れることをもっともよく示している考察が必要と考えた。
⑭ 実験内容や結果を解釈し、関連した実験の結果を予想すること。
大問23「イトヨの習性」問3 他の実験では、オスのイトヨは、赤色の腹の模型に対しては攻撃的な行動をとり、銀色の腹の模型に対しては求愛行動をとることがわかりました。第3の実験では、下のような模型を使いました。(からだ全体銀色の模型1、腹は赤色、それ以外は銀色の模型2、腹は銀色、それ以外は赤色の模型3、頭は赤色、それ以外は銀色の模型4)下の3つの図は、オスのイトヨが4つの模型に対してどのような反応をすると考えられるかを表したものである。(攻撃的行動が求愛行動の回数よりも多い図A、攻撃的行動と求愛行動の回数がほぼ同じ図B、攻撃的行動が求愛行動の回数よりも少ない図C)4つの模型それぞれに対してオスがとる反応はどれになると予想しますか。
解答を終えるまでに必要とした思考 他の実験結果から、オスの攻撃的行動や求愛行動がみられる状況を把握し、腹の色で行動に違いがみられることを解釈した。そして第3の実験内容を把握し、他の実験結果で解釈したことから、模型1は腹が銀色のため求愛行動をとり、模型2は腹が赤色のため攻撃的な行動をとり、模型3は腹が銀色のため求愛行動をとり、模型4は腹が赤色と銀色の部分があるため両方の行動がみられるということ予想した。
⑮ グラフや、ある事柄・現象の説明文などの与えられた情報を解釈し、結論の根拠を示すこと。
大問5「温室効果」問1 ある生徒の結論は、グラフのどのようなことを根拠にしていますか。
解答を終えるまでに必要とした思考 太郎さんの結論について把握し、2つのグラフから平均気温の上昇と二酸化炭素排出量の増加が伴っていることが根拠になっていることを見出した。そして実際に2つのグラフを照合し、以上のような根拠がいえる点をグラフから解釈した。
⑯ グラフや、ある事柄・現象の説明文などの与えられた情報を解釈し、結論に反対する根拠を示すこと。

<p>大問5「温室効果」問2 別の生徒が、ある生徒の結論に反対しています。別の生徒は、2つのグラフを比べて、グラフの一部にある生徒の結論に反論する部分があると言っています。グラフの中である生徒の結論に反する部分を一つ示し、それについて説明してください。</p>
<p>解答を終えるまでに必要とした思考 ある生徒の結論の反対は、地球の平均気温が上昇した要因は二酸化炭素排出量が増加したためではないということであると、把握した。その根拠となる部分を2つのグラフを照合して探し、地球の平均気温が上昇していても二酸化炭素の排出量は増加していない部分を確認し、そのことについて記述した。</p>
<p>⑰ 実験内容を把握し、実験結果の予想の根拠を示すこと。</p>
<p>大問8「日焼け止め」問4 感光紙は濃い灰色で、日光にさらされると薄い灰色になり、大量に日光にさらされると白くなります（図の表示あり）。次のうち、生じるであろうパターンはどれか選んでください。また、それを選んだ理由を説明してください。</p>
<p>解答を終えるまでに必要とした思考 実験内容から、鉱油、日焼け止め製品 S1、S2、S3、S4 と酸化亜鉛があり、鉱油は日光を通し、酸化亜鉛は日光を遮るということ把握した。そこで、感光紙は日光にさらされる量が大きいほど灰色が薄くなり、白に近づくという性質を持つことから、鉱油のところは白に近く、酸化亜鉛は濃い灰色に近いことを認識した。この実験は4種類の日焼け止めを比較する実験であるため、根拠のある色の予想ができるのは鉱油と酸化亜鉛であることに気が付き、鉱油のところは白く、酸化亜鉛のところは濃い灰色になっている結果を予想した。その予想について、上記で示したように鉱油や酸化亜鉛の日光を通す、通さないという点が含まれる理由を示した。</p>
<p>⑱ 開発されている機械の説明を解釈し、人体や環境に配慮して解決すべき問題点を認識すること。</p>
<p>大問32「触媒コンバーター」問3 触媒コンバーターから排出される気体の図をよく見た上で、有害な排気ガスを減らすために触媒コンバーターの開発に関わっているエンジニアや科学者が解決に取り組むべきであると思われる課題を1つ述べてください。</p>
<p>解答を終えるまでに必要とした思考 科学者たちが開発し、現在多くの車で実際に使われている装置の説明や仕組みを解釈した。その装置の説明や仕組みを解釈すると、科学者たちが人体や環境に害が少なくなるように開発した装置であるが、100%安全でないことを確認した。その上で改良を加えるべき問題点を挙げ、その問題点を解答に示した。</p>