

# TIMSS2003理科の論述式課題における 児童・生徒の回答分析

－「日光の必要性」課題に対する児童の考え－

横山あゆみ<sup>1</sup>・米村 彰<sup>1</sup>・中山 迅<sup>2</sup>・猿田祐嗣<sup>3</sup>

An Analysis of Students' Written Answers of  
TIMSS 2003 Science Essay-Type Questions  
-Described Students' Ideas on "The Necessity of Sunshine for plants" Item-

Ayumi YOKOYAMA<sup>1</sup>, Akira YONEMURA<sup>1</sup>  
Hayashi NAKAYAMA<sup>2</sup>, Yuji SARUTA<sup>3</sup>

## I はじめに

IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement: 国際教育到達度評価学会) によるTIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study: 国際数学・理科教育動向調査), OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development: 経済協力開発機構) によるPISA (Programme for International Student Assessment: 生徒の学習到達度調査) などの調査結果に基づいて, 科学的な論述力への注目が高まっている。平成20年に告示された新しい学習指導要領では, 改善の方向性の1つに「思考力・判断力・表現力等の育成」が示された。これを受けて, 小学校理科の改善の具体的事項として, 「科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動」が提示され (文部科学省, 2008), これを支える科学的な論述力の育成は大変重要になってくる。ここでは, TIMSS2003小学校理科の論述式課題に焦点を絞り, 光合成に関する課題を事例として取り上げて, 日本の児童の論述する力について検討する。

## II 問題の所在

TIMSS2003小学校理科の論述式課題のうち, 日本の正答率が国際平均値より低くなっている論述式課題は, 論述式課題61題中11題であった (国立教育政策研究所, 2005)。そのうち, 公開問題が4題, 非公開問題が7題である。日本の正答率が国際平均値よりも低い論述式課題のうち, 公開されている問題を表1に示す。

この4つの論述式課題を, 「何を論述させるのか」という視点で分類するため, 「現象」, 「過程」, 「理由」の3つの視点を導入した。この視点をを用いると, 「現象」には, 出題番号S04-02

<sup>1</sup>宮崎大学大学院教育学研究科院生

<sup>2</sup>宮崎大学大学院教育学研究科

<sup>3</sup>国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部

とS10-04の2つが、「過程」には、S10-06が、「理由」には、S13-05(1)が該当する。

TIMSSと同様に注目度が高い国際的な学力調査の1つに、PISAがある(国立教育政策研究所, 2007)。PISA2006では、「科学的リテラシー」が中心分野として調査された。この、「科学的リテラシー」の定義の1つに、「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」がある。この中の、「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」は、本研究で取り上げているTIMSSの「理由を論述させる論述式課題」と同様の観点を含むものである。現在の国際社会において、科学的な根拠に基づいた判断や説明が求められているものと推察できる。

そこで、本研究では、TIMSS2003小学校理科の論述式課題の中から、理由についての論述を求めるS13-05(1)の課題を取り上げて分析し、日本の児童の論述する力の実態について検討することにした。

表1 国際平均値より日本の正答率が低かった論述式課題(公開問題)

問題番号	内容領域	認知的領域	日本の正答率	国際平均値	差
S04-02	生物	概念の理解	19.5	23.7	-4.2
問題	まきこさんはサッカーをしていて、からだがとても熱くなってしまいました。まきこさんのからだにどんなことが起きると、からだ冷えてくるでしょうか。				
問題番号	内容領域	認知的領域	日本の正答率	国際平均値	差
S10-04	地学	概念の理解	44.7	47.2	-2.5
問題	むし暑い日は、空気中にたくさんの水じょう気がふくまれています。この空気がとても冷たくなると、空気中の水じょう気はどうなるでしょうか。				
問題番号	内容領域	認知的領域	日本の正答率	国際平均値	差
S10-06	生物	事実の知識	23.0	27.9	-4.9
問題	けんいちさんはかぜをひきました。その後、1週間以内にけんいちさんの友だちも数人かぜをひきました。けんいちさんのかぜが、どのようにして友だちにうつったのでしょうか。2つ書きなさい。				
問題番号	内容領域	認知的領域	日本の正答率	国際平均値	差
S13-05(1)	生物	概念の理解	12.6	16.5	-3.9
問題	れい子さんは新しい家に引っこしました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。				

### III 研究の目的

本研究は、TIMSS2003小学校理科の中から、理由についての論述を求めるS13-05(1)の課題に対する児童の回答を分析し、日本の児童の「理由を述べて科学的に論述する力」の実態を探ることを目的とする。

### IV 研究方法

#### 1) 分析対象課題

TIMSS2003小学校理科の論述式課題のうちS13-05(1)「日光の必要性」課題(表2)を分析対象とする。分析対象としてこの課題を選択した理由は、この課題の正答率が低かったことと、物事の理由の説明を求めた課題であったことの2点である。

表2 分析対象課題 S13-05(1)

問題番号	内容領域	認知的領域	日本の正答率	国際平均値	差
S13-05(1)	生物	概念の理解	12.6	16.5	-3.9
問題	れい子さんは新しい家に引っこしました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。				

## 2) 分析対象人数

2003年に実施されたTIMSS2003の回答者として、S13-05(1)「日光の必要性」課題に回答した小学校4年生(726人)全員の回答を分析対象とする。

## 3) 分析方法

### 1. 児童の回答の分析

児童の回答に用いられた語句を分析し、「日光の必要性」課題に対する児童の回答の傾向や特徴を探る。そのため、テキスト型データ解析ソフトWord Miner<sup>®</sup>を用いた。Word Miner<sup>®</sup>の機能を利用して「有意性テスト」を行い、各回答コードの有意な構成要素を抽出した。また、絵を描いている回答については、何を描いているのか言葉でまとめ整理をしていった。

### 2. 学習指導要領・教科書分析

TIMSS2003の回答者となった児童が使用した年代に刊行されていた2社の教科書から、「日光の必要性」課題に関係すると考えられる既習事項を表に整理した。

### 3. 児童の回答の再分類

TIMSSの国際的な採点基準による回答分類とは別の方法で児童の回答を再分類し、「日光の必要性」課題に見られる日本の児童に独特の考え方の傾向や特徴を探る。そのため、課題に対する個々の回答を、短冊状の用紙に印刷し、内容的に近いと判断したものを集めてグループ分けをした。

## V 分析結果

### 1) 児童の回答の分析結果

「有意性テスト」を行って得られた、各回答コードで有意とされた「特徴的な構成要素」を、「採点基準」、及び「各回答コードの人数」と併せて表3及び表4に示す。

まず、正答の分析結果(表3)について述べる。

回答コード10の採点基準は、「植物が光合成をしたり自ら食べ物を作ったりするためには、光が必要であることについて述べている。」とされており、植物が光合成をするためや、植物を人間と同様に捉えて、植物が食べ物を得るために日光が必要であることを述べていなければならない。有意性

テストの結果として得られた特徴的な構成要素を見ると、「栄養」、「光合成」、「する」、「養分」などの言葉が有意な構成要素とされている。また、有意なサンプルの要約を見ると、「光合成

表3 正答コードの採点基準と特徴的な構成要素及び人員

回答コード	採点基準	特徴的な構成要素	人数
10	植物が光合成をしたり、自ら食べ物を作ったりするためには、光が必要であることについて述べている。 例：植物は光を利用して食べ物をつくる。 光合成のため。 光がなければ食べ物はつくられないだろう。 食べ物をつくるため。 日光は食べ物を与えてくれる。 植物は日光から食べ物を得ている。	栄養、光合成、する、養分、できる、作る、野菜、とれる、たくわえる、とる、たりない	68
11	植物はエネルギーとして光を必要とすることについて述べている。 例：日光はすべての生物にとってエネルギーのもとである。 太陽は植物をあため、エネルギーを与えている。 植物は太陽光線をエネルギーに変えている。 植物は太陽からエネルギーを得ている。	エネルギー、もらう、あつい、栄養、とれる、力、太陽、ある	33
19	その他の正答。	栄養、いる、なる、むかって、ような	16

をする」ということに関する記述が多い。また、「栄養を作る」、あるいは、「栄養をとる」という記述も見られる。

しかし、本来は、「植物が育つためには栄養（養分）が必要で、その栄養（養分）は光合成をすることで作られ、光合成をするために日光が必要である」ということが述べられたとき、はじめて科学的に妥当な正答と言える。そこで、回答コード10に分類される回答のうち「光合成」と「栄養（養分）」という言葉が含まれている回答を、改めて計数した。すると、「光合成」のみを含む回答が68人中18人、「栄養」のみを含む回答が68人中40人、「養分」のみを含む回答が68人中4人、「光合成」と「栄養」を含む回答が68人中2人、「光合成」と「養分」を含む回答が68人中1人であった。回答コード10に多いのは、日光の必要性として「光合成」のみに言及したり、「栄養」のみに言及したものであって、「光合成」と「栄養」を関係付けて言及しているものはごく少数であることがわかった。

回答コード11の採点基準は、「植物はエネルギーとして光を必要とすることについて述べている。」であり、植物のエネルギー源として、日光が必要であることを述べていなければならない。有意性テストの結果、有意な構成要素は、「エネルギー」、「もらう」、「あつい」、「栄養」などであった。また、有意なサンプルの要約を見ると、「日光が植物のエネルギーや栄養である。」という記述が多い。

回答コード19の採点基準は、「その他の正答」であり、回答コード10や回答コード11以外で正答とされた回答である。有意性テストの結果、有意な構成要素は、「栄養」、「いる」、「なる」、「むかって」、「ような」であった。回答コード19の有意な構成要素には、回答コード10と回答コード11で有意とされた構成要素の「栄養」が含まれていることが分かる。また、有意なサンプルの要約を見てみると、「日光が植物の栄養になっている。」ということに関する記述が多く、回答コード11の記述と似ている。

次に、誤答の分析結果（表4）について述べる。

回答コード70の採点基準は、「生き残ったり育ったりするために植物が光を必要とすることについて述べている。」である。有意性テストの結果、「育たない」、「育つ」、「植物」、「成長」、「大きく」といった言葉が有意な構成要素に挙がった。また、有意なサンプルの要約を見ると、「日光がないと育たないから。」といった記述が多い。

回答コード71の採点基準は、「熱や温かさが必要であることだけについて述べている。」である。有意性テストの結果、「あたたかい」、「寒い」、「寒くて」、「つめたい」、「温度」といった言葉が有意

表4 誤答コードの採点基準と特徴的な構成要素及び人員


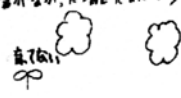
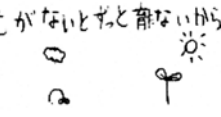
回答コード	採点基準	特徴的な構成要素	人数
誤答	70 生き残ったり育ったりするために植物が光を必要とすることについて述べている。 例：植物は光がないと、しぼんで死んでしまう。 光がないと育たない。 生きるため。 光が成長させている。	育たない、育つ、植物、成長、大きく、枯れる、ない、あたる、日光、元氣、しおれる、のびる、日、あびる、かげ、光、あてる	333
	71 熱や温かさが必要であることだけについて述べている。 例：太陽からの熱は植物を成長させる。 生き物は温かさが必要である。	あたたかい、寒い、寒くて、つめたい、温度、冷える、あたたかさ、所、いい、気温、高い	78
	79 その他の誤答 (線や消しゴムで消したもの、無関係な記述、判断不能、途中で止めたものを含む。)	水、与える、乾かない、水分、くさる、土、乾く、しみこむ、すいすぎる、乾かす、すいとる	146
無答	99 無記入。		118


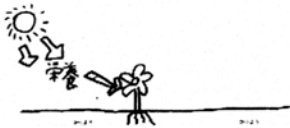
な構成要素に挙がり、採点基準の「熱」や「温かさ」という言葉と関連する言葉が多く出てきた。有意なサンプルの要約を見ると、「あたたかいから。」といった記述がよく見られ、「あたたかいと育つ。」といった記述や、「寒いと枯れる。」という記述も見られた。

回答コード79の採点基準は、「その他の誤答（線や消しゴムで消したもの、無関係な記述、判読不能、途中で止めたものを含む。）」である。有意性テストの結果から、「水」、「与える」、「乾かない」、「水分」、「くさる」といった言葉が有意な構成要素に挙がった。また、有意なサンプルの要約を見ると、「水を乾かす」ことに関する記述や、「水を吸収する（すう）」ことに関する記述が見られた。

また、児童の回答の中には、絵を描いているものも726人中7人に見られた。表5に、採点基準と児童が実際にかいた回答を示す。なお、児童がかいた回答の横の欄にある、「児童が回答に描いている絵」及び「児童が回答に書いている言葉」は、何をかいているのが整理をするためにつけたものである。

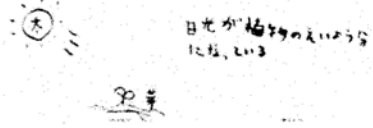

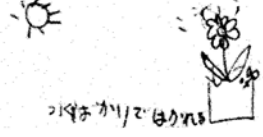

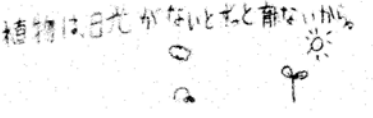
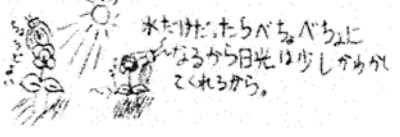
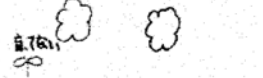
表5 採点基準と児童が実際に描いている絵

回答コード	採点基準と児童が描いた絵	
正答 19	<p><b>採点基準</b> その他の正答。                      児童番号：092012003281                      れいさんは新しい家に引っ越しました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。                      (1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。                      植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>  <p>日光が植物のえいよう分には、い...</p>	<p><b>児童が回答に描いている絵</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・双子葉類の芽</li> <li>・土壌</li> <li>・太陽</li> <li>・3本の線</li> </ul> <p><b>児童が回答に書いている言葉</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・芽</li> <li>・日光が植物のえいよう分になっている</li> <li>・太（絵の太陽の丸の中に）</li> </ul>
誤答 70	<p><b>採点基準</b> 生き残り育つために植物が光を必要とすることについて述べている。                      児童番号：091001303221                      れいさんは新しい家に引っ越しました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。                      (1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。                      植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>  <p>めがでてくると暖かくなか、太陽がなくな...</p>	<p><b>児童が回答に描いている絵</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・双子葉類の芽</li> <li>・雲</li> </ul> <p><b>児童が回答に書いている言葉</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・育ってない</li> <li>・めが出て太陽がなくなったら育たないから</li> </ul>
誤答 70	<p><b>採点基準</b> 生き残り育つために植物が光を必要とすることについて述べている。                      児童番号：091003501351                      れいさんは新しい家に引っ越しました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。                      (1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。                      植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>  <p>植物は、日光がないとずっと育たないから。</p>	<p><b>児童が回答に描いている絵</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雲</li> <li>・しおれた双子葉類の芽</li> <li>・双子葉類の芽</li> <li>・太陽</li> </ul> <p><b>児童が回答に書いている言葉</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・植物は、日光がないとずっと育たないから。</li> </ul>

回答コード		採点基準と児童が描いた絵	
誤答	70	<p><b>採点基準</b> 生き残ったり育ったりするために植物が光を必要とすることについて述べている。</p> <p>児童番号：091007301262</p> <p>れいさんは新しい家に引っこしました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。</p> <p>(1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。</p> <p>植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>	<p>児童が回答に描いている絵</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽（四重丸の太陽）</li> <li>・鉢植えの植物</li> <li>・2本の線</li> </ul>
			<p>児童が回答に書いている言葉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・日光</li> <li>・のびる</li> </ul>
正答	70	<p><b>採点基準</b> 生き残ったり育ったりするために植物が光を必要とすることについて述べている。</p> <p>児童番号：112000401051</p> <p>れいさんは新しい家に引っこしました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。</p> <p>(1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。</p> <p>植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>	<p>児童が回答に描いている絵</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉢植えの植物</li> <li>・3つの丸</li> <li>・太陽</li> <li>・12本の線</li> </ul>
			<p>児童が回答に書いている言葉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水ばかりではかれる</li> </ul>
誤答	79	<p><b>採点基準</b> その他の誤答（線や消しゴムで消したもの、無関係な記述、判読不能、途中で止めたものを含む。）</p> <p>児童番号：112000802312</p> <p>れいさんは新しい家に引っこしました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。</p> <p>(1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。</p> <p>植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>	<p>児童が回答に描いている絵</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・植物（花）</li> <li>・少しおれている植物（花）</li> <li>・ジョウロ（2つ）</li> <li>・太陽</li> <li>・5本の線</li> <li>・矢印</li> <li>・土壌（影付き）</li> </ul>
			<p>児童が回答に書いている言葉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ちょうどよい</li> <li>・ヘナヘナ</li> <li>・水だけだったらべちよべちよになるから日光は少しがわかってくれるから。</li> </ul>
誤答	79	<p><b>採点基準</b> その他の誤答（線や消しゴムで消したもの、無関係な記述、判読不能、途中で止めたものを含む。）</p> <p>児童番号：112000802312</p> <p>れいさんは新しい家に引っこしました。れいさんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。</p> <p>(1) れいさんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。</p> <p>植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。</p>	<p>児童が回答に描いている絵</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・植物（花）</li> <li>・根</li> <li>・土壌</li> <li>・太陽</li> <li>・矢印</li> </ul>
			<p>児童が回答に書いている言葉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・栄養</li> </ul>

説明のための絵を描いた7人の回答の共通点として、「植物が描いてあること」があげられる。また、7人中、6人は太陽を描いており、太陽を描いていない1名は雲の絵を描いている。そこで、太陽、あるいは雲と、どのような植物が描かれているかという視点で、改めて3つに分類をした。それを、表6に示す。

表6 太陽、あるいは雲と植物による児童の回答の分類

1) 太陽と植物を描いている	
児童番号：092012003281 回答コード：正答（コード19） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 	児童番号：091007301262 回答コード：誤答（コード70） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 
児童番号：112000401051 回答コード：誤答（コード70） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 	児童番号：112000802312 回答コード：誤答（コード79） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 
2) 太陽（雲）としおれた植物、しおれていない植物を描いている	
児童番号：091003501351 回答コード：誤答（コード70） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 植物は日光がないととれないから。 	児童番号：112000802312 回答コード：誤答（コード79） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 水だけだと、たまたま、たまたまに、なるから日光は少しがめが、これらから。 
3) 雲と育っていない植物を描いている	
児童番号：091001303221 回答コード：誤答（コード70） れい子さんは新しい家に引っ越しました。れい子さんは庭の中のいろいろな場所で植物を育てたいと思っていました。 (1) れい子さんは、すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。 植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。 のみよても、雲が空か、たまたま、たまたまに、 	

7人の児童全員が、双子葉類植物の芽や花を描いていて、「日光」を連想させる「太陽」や、「日光」がないということを連想させる「雲」を描いている。つまり、「植物が育つ」ということと、「日光があたる」ということを関係付けた説明ができています。

「太陽」と「植物」の両方を描いている児童は4人いる。正答となっている児童は1人いるが、その児童の回答には、「日光が植物のえいよう分になっている」という記述がある。回答

コード11の採点基準として、「植物はエネルギーとして光を必要とすることについて述べている。」とあり、「エネルギー」=「えいよう分」と考えれば、この回答を正答とすることができる。しかし、回答コード11の採点基準はあくまでも、「エネルギー」について述べることにあるので、回答コード19の「その他の正答」に分類されたと考えられる。残り3人の回答は、植物が成長する、成長しないという現象を表現していたり、日光と植物の絵と「栄養」という言葉を矢印で結びつけて説明しようとしたりしている。この、日光と植物の絵と「栄養」という言葉を矢印で結びつけて説明しようとしている回答は、「栄養」という言葉が出てきているという点で、正答となった児童の回答と同じであるが、はっきりと「日光」と「植物」と「栄養」の関係を論述できていない。誤答に分類された3人の回答は、成長という現象にだけ注目していて、日光が必要な理由を述べていることができていないために誤答に分類されたと考えられる。

「太陽」、「しおれた植物」、そして、「しおれていない植物」を描いている児童は2人いる。ただし、1人は「雲」も記入している。この2人の児童は、日光がある場合とない場合を描いて、植物にとってなぜ日光が必要なのかを比較して説明しようとしている。しかし、2人とも誤答に分類されている。1人の児童は、絵だけでなく、「植物は、日光がないとずっと育たないから。」という記述を書いている。この記述では、「育たない」という現象を述べているだけであって、なぜ育つために日光が必要なのかという理由にはなっていない。もう1人の児童は、絵と「水だけだったらべちょべちょになるから日光は少しかわかしてくれるから。」という記述を書いている。水分の含有量が多いと、根腐れをし、枯れてしまうという点を考えると、もっともらしい回答である。日光が土壤を乾かしているのは間違いないだろうが、土壤中の水分含有量が植物にとって丁度よくても、それだけで成長するわけではない。日光がある場合とない場合を比較し、日光がない場合はこのような状態に植物がなるから日光は必要だと述べていても、現象を述べているだけで、日光が必要な理由を述べていない。そのため、この2人の児童の回答は誤答に分類されたと考えられる。

「雲」と「育っていない植物」を描いている児童は1人いる。植物にとってなぜ日光が必要なのかということ、日光がない場合の植物を描くことで説明しようとしている。この児童は、絵に加えて、「めが出ても太陽がなかったら育たないから」という記述を書いている。この記述も、「育たない」という現象を述べているだけで、なぜ植物が育つために日光が必要なか理由を述べられていない。よって、誤答に分類されたと考えられる。

## 2) 学習指導要領・教科書分析結果

平成10年告示、平成15年改訂の学習指導要領によれば、小学校第3学年で、夏生一年草の植物の栽培と観察を行い、茎や根などの植物の体のつくりや育ちの順序について学ぶ。小学校第4学年では、夏生一年草植物を対象として、一年をかけて季節ごとに植物を詳しく観察していく。このとき、観察の視点として、季節の変化と植物の様子との関係付けを行い、温度の変化との関係付けも行う。小学校第5学年では、対照実験を行い、種子が発芽するためには、「水、空気、適当な温度」が必要であることと、植物が成長するためには、「水、日光、肥料」が必要であることを学習することになっている。そして、小学校第6学年で、「植物の葉に日光が当たるとでんぷんができる。」という光合成の概念を学習することになっている。つまり、回答対象者となっている小学校4年生は、「光合成」の概念は未履修である。



表7 「日光の必要性」課題に関する教科書の記述

	名	教 書 の 記 述	
K社 (平成14年度用)	4年上	1 芽ばえのころ 季節と生き物 (1)	・春の生き物の活動や成長の様子を、あたたかさや関係づけて調べよう。(p2)
		3 葉がしげるころ 季節と生き物 (2)	・夏の生き物の活動や成長の様子を、あたたかさや関係づけて調べよう。(p8)
	4年下	6 葉が色づくころ 季節と生き物 (3)	・秋の生き物の活動や成長の様子を、あたたかさや関係づけて調べよう。(p2) ・夏のころにくらべて、ほとんどのびない。(p6)
		秋がふかまると	・オオケタデやヘチマなどの植物は、春に芽ばえ、暑い夏にさかんに成長し、すずくなる秋には実を实らせてかかれてしまいます。しかし、これらの植物も、実の中のはねは、冬をこし、あたたかくなれば、芽を出します。(p9) ・サクラも春から夏には、えだをのぼし、葉を上げらせ、秋には葉が色つき、やがて葉を落とします。葉を落とした木はかかれたように見えますが、かれてはいません。サクラの木もやはりあたたかくなると、ふたたび花をさかせ、葉を上げらせる成長をくり返していきます。(p9) ・このように、生き物の活動や成長は、あたたかさや大きさがかわっていることがわかります。(p9)
		8 芽ばえにそなえる ころ 季節と生き物 (4)	・冬の生き物の活動や成長の様子を、あたたかさや関係づけて調べよう。(p2) ・植物は、葉を落としたり、かわたりしたものが目立つようになりました。(p6) ・ヘチマやオオケタデのように、全体がかわってしまつてたねをたくさん残すものがあります。(p7)
	生き物の1年	・ヘチマやオオケタデは、暑い季節によく育つて、すずくなるころには実を实らせました。(p6) ・あたたかい日が多くなって、サクラや春の花がいっせいにさきだしました。(p7) ・暑い日が多くなってきました。植物はどれも大きく育ち、鳥や虫は、さかんに活動するようになりました。(p7) ・寒い日が多くなって、植物はかかれたものや葉を落としたものが目立ちます。(p7)	
D社 (平成14年度用)	4年上	1 季節と生きもの (春)	・前ご学校で育てたオクラは、暑くなって草たけがのびて、葉がしげつたね。(p1)
		季節と生きもの(夏)	・くきがえだ分かれてのび、葉がずいぶんしげつたね。(p2) ・暑くなって、くきがのびるようになった。黄色い花が次つぎにさきはじめている。(p5) ・暑くなるとツルレイシのくきはどんだんのびる。アサガオやオクラと同じだ。(p5) ・あたたかくなるにつれて、くきがぐんぐんのびて草たけが大きくなりました。(p3)
	4年下	季節と生きもの(秋)	・下のほうの葉からどんだんかかれてきている。(7) ・下のほうからかかれてくるのは、オクラと同じだね。(7)
		季節と生きもの(冬)	・見たところでは、かかれてしまっているみいだね。(2) ・ツルレイシをぬいて調べたら、やっぱり根までかかれていた。(2) ・冬になると、ツルレイシのように根までかかれて死んでしまう植物がある。(3)

また、2社の教科書から、「日光の必要性」課題に関する既習事項をまとめたものを、表7に示す。

小学校第4学年では、季節や温度の変化と植物の成長を関係付けながら観察を行っているので、そのような記述が教科書にみられる。しかし、「暑い日が多くなってきました。植物はどれも大きく育ち、鳥や虫は、さかんに活動するようになりました。」「あたたかくなるにつれて、くきがぐんぐんのびて草たけが大きくなりました。」「寒い日が多くなって、植物はかかれたものや葉をおとしたものが目立ちます。」「冬になると、ツルレイシのように根までかかれて死んでしまう植物がある。」といった記述は、「植物の成長に必要なものは、暖かさだけ。」という認識を植え付ける可能性がある。

### 3) 児童の回答の再分類の結果

個々の児童の回答を短冊状の用紙に印刷し、内容的に近いものを集めて分類したところ、図1、図2に示すような結果が得られた。図1に、「日光があたる」という観点で回答をした児童の考えを、図2に、「日光があたらない」という観点で回答をしている児童の考えを示す。ただし、無記入の回答や途中で止まっている回答、考えが把握できないような回答については省いたため、合計人数は分析対象人数の726人になっていない。

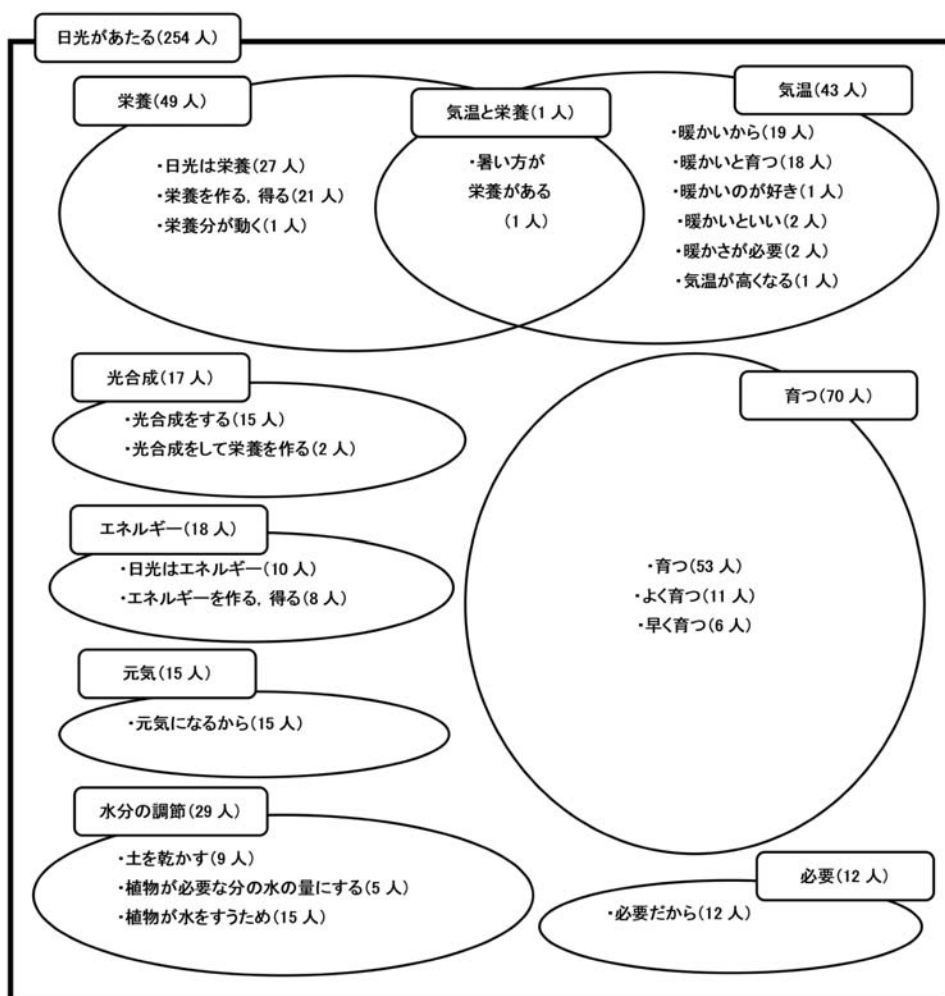


図1 「日光があたる」という観点での児童の考え方の分類

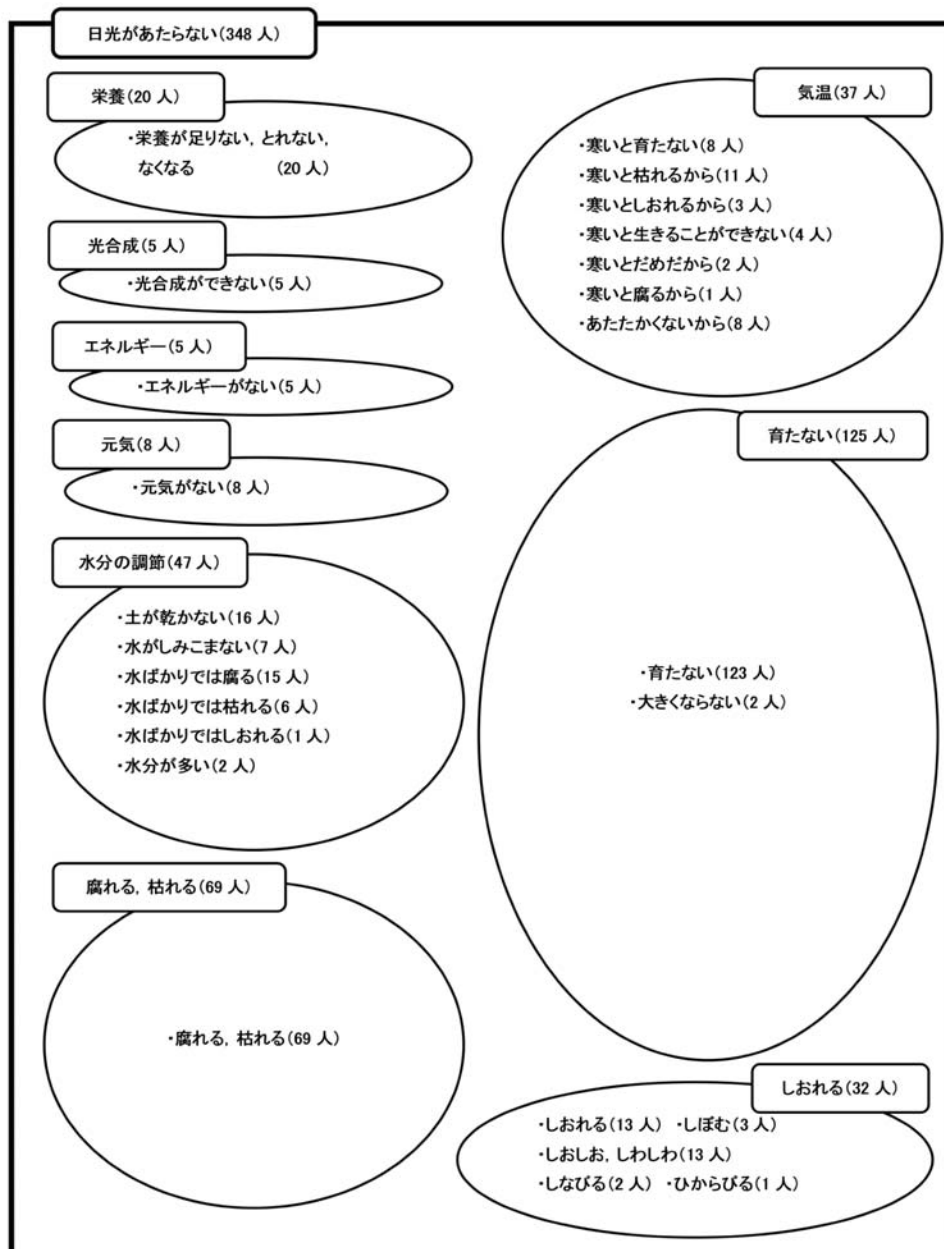


図2 「日光があたらない」という観点での児童の考え方の分類

図1と図2から, 問題文の「植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。」という問いに対する児童の考えを, 以下の8つに大きく分類をした。

1. 栄養説
2. 光合成説
3. エネルギー説
4. 気温説
5. 育つ・育たない説
6. 元気説
7. 水分の調節説
8. 腐れる・枯れる・しおれる説

## VI 考察

## 1) 児童の回答の分析結果と学習指導要領・教科書分析結果から

正答コード10に分類された回答の有意な構成要素として、「栄養」、「光合成」、「する」、「養分」があげられていて、これらの言葉が多くの回答で用いられていることが分かる。問題文は、「植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。」となっていて、その理由を説明するために、「栄養」、「光合成」、「する」、「養分」といった言葉を用いていると考えられる。つまり、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付け、その理由として、光合成の概念を用いていると考えられる。

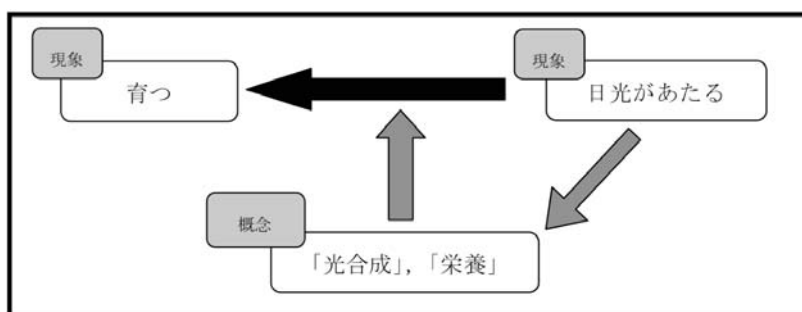


図3 正答コード10

正答コード11に分類された回答の有意な構成要素として、「エネルギー」、「もらう」、「あつい」、「栄養」があげられている。「エネルギー」を光合成による副産物ととらえれば、正答コード11に分類された児童の回答も、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付け、その理由として、光合成の概念を用いていると考えられる。

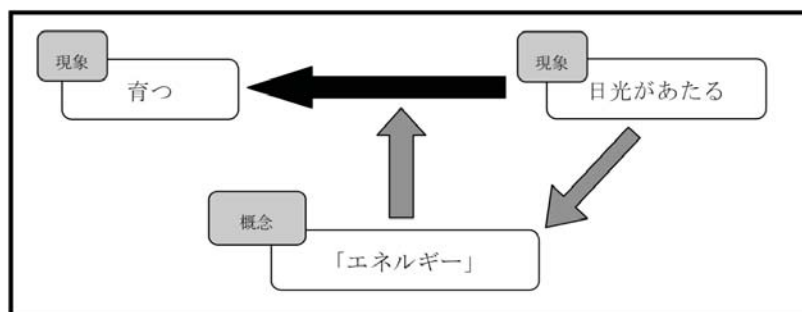


図4 正答コード11

正答コード19に分類された回答の有意な構成要素として、「栄養」、「いる」があげられている。「栄養」を光合成による副産物ととらえれば、正答コード19に分類された児童の回答も、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付け、その理由として、光合成の概念を用いていると考えられる。

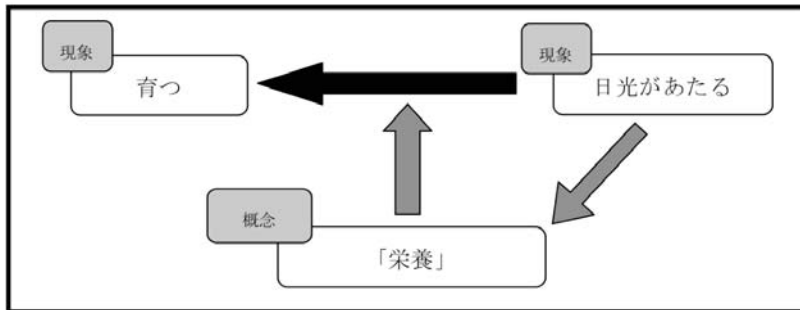


図5 正答コード19

誤答コード70に分類された回答の有意な構成要素として、「育たない」、「育つ」、「植物」、「成長」があげられている。「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付けてはいるが、育つために必要な理由を記述することができていないと考えられる。



図6 正答コード70

誤答コード71に分類された回答の有意な構成要素として、「あたたかい」、「寒い」、「寒くて」、「つめたい」があげられている。「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付け、その理由として、暖かさや寒さなどの気温や温度に関することを記述していると考えられる。

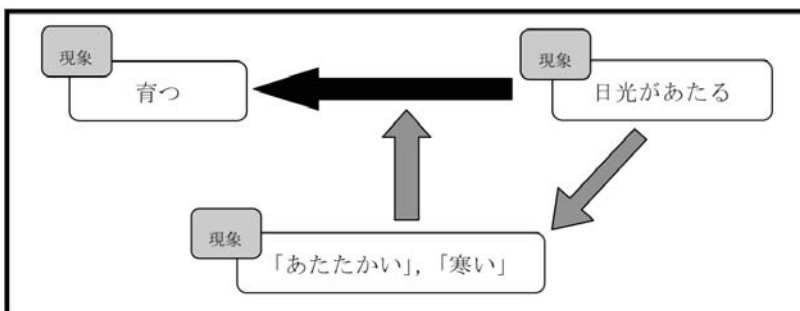


図7 正答コード71

誤答コード79に分類された回答の有意な構成要素として、「水」、「与える」、「乾かない」、「水分」があげられている。「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付け、その理由として、土壌中の水分を植物にとって最適なものにし、根腐れ

を防いだり、水をやったときにどンドンしみ込んで植物に届くようにしたりするといったことをあげている。

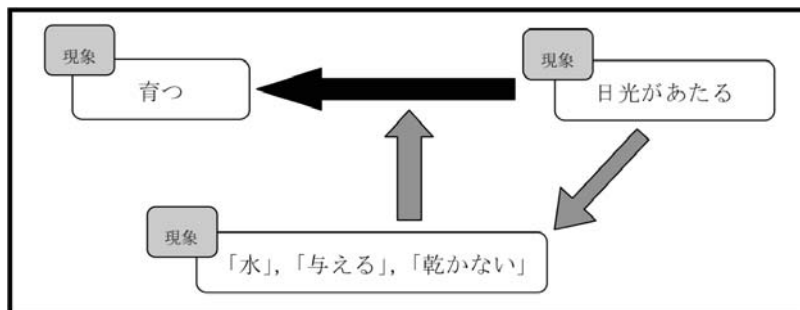


図8 正答コード79

以上の結果に見られるように、正答か誤答かに関係なく、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付けていることは共通している。問題文に、「すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。」とあることも要因の一つであると考えられるが、小学校4年生の理科の学習において身に付けなければならない、「自然の事物・現象の変化と関係する要因を抽出する資質・能力」（文部科学省、1998）が培われていると判断できる。正答コードと誤答コードを比較すると、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を結び付ける理由として、光合成の概念を用いたかどうかで、正答と誤答に分けられたと考えられる。しかし、学習指導要領・教科書分析の結果からも分かるように、TIMSS2003小学校理科の回答対象となった小学校4年生の段階では、光合成の概念は未履修の状態である。誤答コード70に分類された児童は、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付けることができているが、この2つの現象を結び付ける理由を論述できていなかった。また、誤答コード71に分類された児童は、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を結び付ける理由として、「あたたかさ」、「寒さ」といった言葉を用い、気温や温度を関係付けていた。学習指導要領・教科書分析の結果から、日本の小学校4年生は、植物の成長と気温や温度を強く結び付けてしまう可能性が読み取れる。そうだとすれば、誤答コード70のように、日光さえあれば育つと考える児童や、誤答コード71のように、気温や温度に着目し記述する児童がいても不思議ではない。誤答コード79の回答は、有意な構成要素を見ただけでは、児童の考えを推定することは困難であるが、誤答コード79の回答の一つずつ検討すると、絵を描いている児童の回答のように、「水をやりすぎると腐れるから、太陽で調節をしてちょうどよくする。」といった、土壌中の水分と日光を関係付けている回答が多くみられた。このように、誤答コードに分類された児童の回答は、これまでの既習事項や生活経験を生かして、できる限りの推論をしようとしていたり、自らの知識に基づいて、可能な限りの思考を働かせて論述しようとしていたりしている。このような、子ども達なりに筋の通った考えは、学んだ知識を使って考える態度が育っているという意味では、高く評価することが可能である。

その一方で、次の点が、日本の児童の論述力の課題と考えた。「日光の必要性」課題において最も多い回答コードは、誤答コード70の333人で、採点基準は「生き残ったり育ったりする

ために植物が光を必要とすることについて述べている。」となっている。「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を因果的に結び付けて論述が終わっている回答で、例えば、「日光があたるとよく育つから。」「日光があたらないと育たないから。」といった回答である。問題文は、「すべての植物は育つために日光が必要であることを知っています。植物が育つためにはなぜ日光が必要なのかを説明しなさい。」となっていて、「植物が育つために日光が必要な理由」を問われているにもかかわらず、「植物に日光があたる」という現象と、「植物が育つ」という現象を結び付けることで論述がとどまっている。確かに、日光があたることで植物が育つことは、問題文に示されていて、実際に観察を行っているのであればなおさら明らかな事実である。しかし、「日光の必要性」課題では、事実をそのまま述べるのではなく、事実から考えられる理由を問われている。さらに、植物が光合成によってデンプンという養分をつくりだしていることは、視覚的に捉えることはできず、その点でも、「日光の必要性」課題の正答率が低くなっているとも考えられる。事実をそのまま論述するのではなく、問題文の意図を見抜いて論述する力、さらに、光合成といった目には見えないプロセスについて考え論述する力に課題があると考える。

## 2) 児童の回答の再分類と学習指導要領・教科書分析の結果から

平成10年(1998年)告示の学習指導要領では、植物が育つためには日光が必要であることを小学校第5学年で学習し、光合成の概念についての学習を小学校第6学年で行うことになっている。そのため、結果で示した「植物が育つためになぜ日光が必要なのかを説明しなさい。」という問いに対しての児童の8つの説のうち、1. 栄養説、2. 光合成説、3. エネルギー説は、未履修の知識に近い考えに基づいて論述していると考えられる。一方、4. 気温説については、小学校第3学年で夏生一年草植物の栽培や植物の体のつくり、育ちの順序について学習した後、小学校第4学年で、季節や気温と植物の変化を関係付けながら、夏生一年生植物を詳しく観察していくので、既習の知識を用いて論述していると考えられる。5. 育つ・育たない説は、「日光があたる」という現象と、「育つ」という現象を結び付けて論述しているだけである。しかし、学習指導要領では、理科において小学校第4学年で身につけるべき資質・能力として、「変化と関係する要因を抽出し関係付ける」ことが求められている。したがって、学習指導要領が求めている資質・能力としての「変化と関係する要因を抽出し関係付ける」力が培われていると考えることが可能である。6. 元気説、7. 水分の調節説、8. 腐れる、枯れる、しおれる説は、学習指導要領に基づく既習事項との関連は不明であるが、児童のこれまでの生活経験が関係している可能性がある。

「日光の必要性」課題では、「植物が育つためには、なぜ日光が必要なのか」という問いに答えることが要求されているが、この内容が未履修であることから、大半の児童はこれについての適切な回答を知識として持っているわけではない。そのため、既習の知識や日常生活から得た知識を活用しつつ、自ら説明の論理を組み立てることを要求されている。つまり、『学校で、「日光が当たると、植物は養分をつくり出す。」と習った。』と考え、「日光が当たると、植物は養分をつくり出すから。」と、「知識を単純再生」して論述しているのではなく、『暖かくなるとよく植物は育ったよな。』、『人間のように栄養が必要なのかな。』、『根腐れするって先生が言ってなかったかな。』と知識や経験を総動員して、「日光があたると栄養ができてよく育つから。』、『根腐れしないように、日光で土を乾かすため。』と、児童なりの「知識の再構成」をして論述していると考えられる。これは、知識の活用能力という点でも肯定的に評価できると考える。

## VII おわりに

理科で育成しようとする問題解決能力や思考力が、未経験の問題に対して既知の知識を用いて考え、説明することであるとすれば、今回の「日光の必要性」課題に対する児童の回答は、その意味で重要な意味を持っている。

TIMSS2003などの論述式課題に対する回答には、その課題の採点規準では「誤答」に分類されていても、当該学年までの既習内容を用いた思考力という意味では、評価に値するものが含まれており、そういった児童の見方・考え方を、当該学年や上級学年での学習指導に生かす取り組みの研究が重要になるかもしれない。

## 附記

本論文は、横山あゆみ・米村彰・椎葉邦子・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS 2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（1）－「日光の必要性」課題に対するテキストマイニング－」、横山あゆみ・米村彰・椎葉邦子・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（2）－「日光の必要性」課題に対して絵を用いた回答－」、横山あゆみ・米村彰・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS 2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（3）－「日光の必要性」課題に対する児童の考えの分類－」の発表内容をもとに、加筆して執筆したものである。

## 注・参考文献

- 国立教育政策研究所（2005）『TIMSS2003理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査報告書』ぎょうせい
- 国立教育政策研究所（2007）『生きるための知識と技能3 OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2006年調査国際結果報告書』ぎょうせい
- 文部科学省（1998）『小学校学習指導要領解説 理科編』東洋館出版
- 文部科学省（2008）『小学校学習指導要領解説 理科編』大日本図書出版
- 永野重史・養老孟司 監修（2001）『平成14年度用 小学理科4年上』教育出版株式会社
- 永野重史・養老孟司 監修（2001）『平成14年度用 小学理科4年下』教育出版株式会社
- 戸田盛和・有馬朗人 ほか（2001）『平成14年度用 たのしい理科4年上』大日本図書株式会社
- 戸田盛和・有馬朗人 ほか（2001）『平成14年度用 たのしい理科4年下』大日本図書株式会社
- 横山あゆみ（2008）「TIMSS2003の小学校理科論述式課題にみられる誤答の特徴分析」
- 横山あゆみ・米村彰・椎葉邦子・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（1）－「日光の必要性」課題に対するテキストマイニング－」『日本理科教育学会九州支部大会発表論文集』第36巻，pp. 67-70
- 横山あゆみ・米村彰・椎葉邦子・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（2）－「日光の必要性」課題に対して絵を用いた回答－」『日本科学教育学会第32回年会論文集』pp. 429-430
- 横山あゆみ・米村彰・中山迅・猿田祐嗣・三宅征夫（2008）「TIMSS2003理科の論述式課題における児童・生徒の回答分析（3）－「日光の必要性」課題に対する児童の考えの分類－」『日本教科教育学会全国大会論文集』pp. 23-26