

# 理科教科書の記述における問題解決の流れの分析

-小学校5年生「生物とその環境」を事例として-

米村 彰<sup>1</sup>・横山あゆみ<sup>2</sup>・中山 迅<sup>3</sup>・猿田祐嗣<sup>4</sup>

## Analysis of Sequences of Problem Solving on The Descriptions of School Science Textbooks: In The Case of “Living Things and Its Environment” in 5th Grade Elementary School Science

Akira Yonemura<sup>1</sup>, Ayumi Yokoyama<sup>2</sup>, Hayashi Nakayama<sup>3</sup>, Yuji Saruta<sup>4</sup>

### 要旨

OECDのPISA調査において「科学的な疑問を認識する」「現象を科学的に説明する」に関する問題の得点が低いことに着目し、日本の小学校における理科学習における問題解決の流れの特徴を明らかにすることを目標とした。そのため、教科書を実行されたカリキュラムとみなし、全国的に使用されている5社の理科教科書の分析に取り組んだ。小学校第5学年「A 生物とその環境」の内容を事例として分析したところ、問題解決の流れに3つのパターンが見いだされた。

### I. 目的

PISAの調査結果(国立教育政策研究所, 2006)から、日本の高校1年生は「科学的な疑問を認識する」「現象を科学的に説明する」に関する得点が低いことが報告されている。この原因につながる理科の問題解決活動の流れの特徴を見いだすことが本研究の目的である。

そこで実行されたカリキュラムの1つの形態としての教科書に着目し、教科書に記述された内容を「問題」「仮説」「方法」「事実」「結論」に分け、問題に対して事実を根拠にした結論を導くという問題解決の流れになっているかを分析することにした。さらに、全国的に使用されている5社分の教科書で構成されている問題解決の流れの共通点を見つけだし、問題解決のパターンを明らかにすることにした。

今回は、小学校6年生の「A 生物とその環境」を事例に挙げ、教科書に記述された内容が基本的な問題解決の流れである「問題」「仮説」「方法」「事実」「結論」という構造になっているかの分析を行い、報告する。

---

1 宮崎大学大学院教育学研究科

2 宮崎大学大学院教育学研究科

3 宮崎大学大学院教育学研究科

4 国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部



### III. 結果

#### (1) A社の教科書分析結果

紙面の都合で、分析結果の図2～図5ではデータを簡略化して示す。

A社(図2)では、一連の問題解決の流れには、必ず「問題」「仮説」「方法」「事実」「結論」があり、その中で一つ一つの条件に着目して問題を設定している。さらに、一連の問題解決の流れにおいて、最初に大きな「問題」を設定し、その後に条件に着目した小さな「問題」を設定している。小さな「問題」に結論はないが、「方法」「事実」を重ね、最後に大きな「問題」と対応する「結論」として締めくくっている。ただし、結論の文章中に事実が入っているものもある。

A社の特徴として、単元の最初に既習事項や生活経験などの事実を挙げ、見通しを持って問題解決できるような配慮がある。また問題解決の流れは単純で、筆者らがあらかじめ設定した分析基準に沿いやすい「標準的」なものであった。

ただし、教科書には具体的な「問題」の文章や実験操作が細かく書かれており、そのため、小さい文字が多く、文章量も多い。

テキスト	種別	頁	
<b>事実</b>			
問題	「? 種子が発芽するためには、どんな条件が必要なのだろうか。」	本文	15
仮説	「ホウセンカやヘチマは、あたたかくなってから、種子をまいたから...」	キャプション	15
仮説	「わたしたちは、息をしているけれど、植物は...」	キャプション	15
問題1	「①温度は、発芽と関係があるのだろうか。」	本文	15
<b>方法</b>			
問題2	「②水は、発芽と関係があるのだろうか。」	本文	16
<b>方法</b>			
問題3	「③空気は、発芽と関係があるのだろうか。」	本文	17
<b>方法・事実</b>			
結論	「! 種子が発芽するためには、適当な温度、水、空気が必要である。」	本文	18
<b>方法・事実</b>			
問題	「? (ア)の部分は、種子が発芽するときに、なにかはたらきをしているのだろうか。」	本文	19
仮説	「肥料をふくまない土でも、種子は発芽したから...」	キャプション	19
<b>方法・事実</b>			
結論	「! 発芽する前の種子の中にはでんぷんがあるが、発芽してしばらくすると、少なくなっている。これは、発芽するときに、種子の中ででんぷんが養分として使われたからである。種子は、養分をあたえなくても発芽するので、実験1のように、パーミキュライトやだし綿にまいても、発芽するのである。」	本文	19
<b>方法・事実</b>			
問題	「? 肥料をふくまない土で発芽したインゲンマメが、このあと大きく成長していくには、水のほかに、どんなものが必要だろうか。」	本文	21
仮説	「植物は、日当たりのよいところで育てるから...」	キャプション	21
仮説	「花だんには、肥料を入れて育てるから...」	キャプション	21
<b>方法</b>			
問題	「①日光は、植物の成長と関係があるのだろうか。」	本文	22
<b>方法</b>			
問題	「②肥料は、植物の成長と関係があるのだろうか。」	本文	22
<b>方法・事実</b>			
結論	「! 植物に日光を当てないと、葉の色が変わってきて、育たなくなる。植物が育つには、日光が必要であることがわかる。また、植物に肥料をあたえたと、よく育つようになることから、植物がよく育つには、肥料が必要であることがわかる。」	本文	20

発芽の条件に関する問題解決の流れ

種子の中のでんぷんに関する問題解決の流れ

成長に関する問題解決の流れ

図2 A社の教科書記述テキストデータ分析結果

## (2) B社の教科書分析結果

B社の教科書(図3)では、「成長に関する問題解決の流れ」において、「問題」に対する「結論」の記述が「1日の天気の変化」の単元直後にある。他の4社には見られない教科書の構成である。さらに、「種子の中のでんぷんに関する問題解決の流れ」において、2つの小さな問題をそれぞれ設定し、その問題に対する結論を2つ述べ、その結論から大きな結論へと流れている。これはB社に特有の流れである。

B社の特徴は、教科書に描かれているキャラクターの話す言葉が、単元全体の見通しと問題解決において、とても重要な役割を果たしているように見えることである。「肥料は必要なのかな。」や「生きているんだから空気も必要だと思う。」などである。この言葉によって、子どもたちの「肥料」「空気」に関する問題意識を引き出している可能性がある。また、写真や絵を多用して、方法や事実を分かりやすくしている。

	テキスト	種別	頁		
問題	植物の種子が発芽するためには、何が必要なのだろうか。	本文	4	発芽の条件に関する問題解決の流れ	
仮説	水をあげればいいと思うよ。	キャプション	5		
仮説	生きているんだから、空気も必要だと思う。	キャプション	5		
問題	?インゲンマメの発芽には、水が必要なのだろうか。	本文	5		水についての問題
問題	?発芽には空気が必要だろうか。	本文	7		空気についての問題
問題	また、温度も関係しているのだろうか。	本文	7	温度についての問題	
結論	インゲンマメの種子は、実験2で空気がないとき発芽しなかったが、空気にふれさせると発芽した。実験3で、温度が5℃くらいのときは発芽しなかったが、温度が20℃くらいのときは発芽した。インゲンマメの種子が発芽するためには、水だけでなく、空気とてきとうな温度が必要である。	本文	10		
問題	?種子の中には、発芽に必要な養分がふくまれているのだろうか。	本文	11	養分について	
結論	インゲンマメの種子には、子葉のほかに根、くき、葉になるところがある。子葉には発芽に必要な養分がふくまれている。	本文	12		
問題	?子葉には、どのような養分がふくまれているのだろうか。	本文	12	養分は何か	
結論	発芽する前の子葉の切り口は、ヨウ素でんぷん反応が起きて、色が変わった。これは、でんぷんがふくまれているためである。	本文	13		
結論	子葉は発芽する前にはかたくとしているが、芽が出ると開き、成長するにつれてしだいにやわらかくなり、しおれてくる。これは、この中にふくまれているでんぷんが、発芽のための養分として使われたからである。	本文	13		
問題	インゲンマメは、種子の中の養分を使って発芽した。発芽してしばらくすると、子葉はしぼんでしまった。このあとの成長は、肥料や日光によってどのように変わるのだろうか。	本文	14	成長に関する問題解決の流れ	
問題	?インゲンマメの成長には、肥料や日光が必要なのだろうか。	本文	14		
問題	植物の成長に肥料は必要か。	本文	15		肥料について
仮説	肥料をあたえたものとあたえないものをくらべれば、肥料が必要かどうかわかるね。	キャプション	15		
問題	植物の成長に日光は必要か。	本文	15		日光について
仮説	日光にあてたものとあてなかったものをくらべれば、日光が必要かどうかわかるね。	キャプション	15		
結論	インゲンマメは、種子が発芽したあと、肥料や日光をあたえるとじょうぶに大きく成長する。	本文	35		

図3 B社の教科書記述テキストデータ分析結果

(3) C社の教科書分析結果

C社の教科書では、どんな「問題」でも、それに対応した「結論」が必ずある。「発芽の条件に関する問題解決」において、最初に大きな「問題」があり、そして、水、空気、温度の条件に着目した小さな「問題」と「結論」が3つある。その3つの小さな結論から、大きな結論へと流れている。あと2つの「養分についての問題解決」と「成長に関する問題解決」の流れにおいては、条件についての「問題」の設定はない。

C社の特徴として、写真や絵が多用され、見やすいレイアウトになっている。例えば、結論の文章の近くに観察・実験の「方法」があることや、結論の文章が次の問題解決の流れの冒頭に記載されて授業の導入を行いやすくしていることが挙げられる。文字数は非常に少ないが、具体的な記述が中心である。

単元の最初には、これまでに学習してきた知識や日常で体験してきたことなどの事実を挙げ、子どもに植物の発芽や成長に対する問題意識をもたせるような記述になっている。これにより単元全体を見通すことができるような構成となっている。

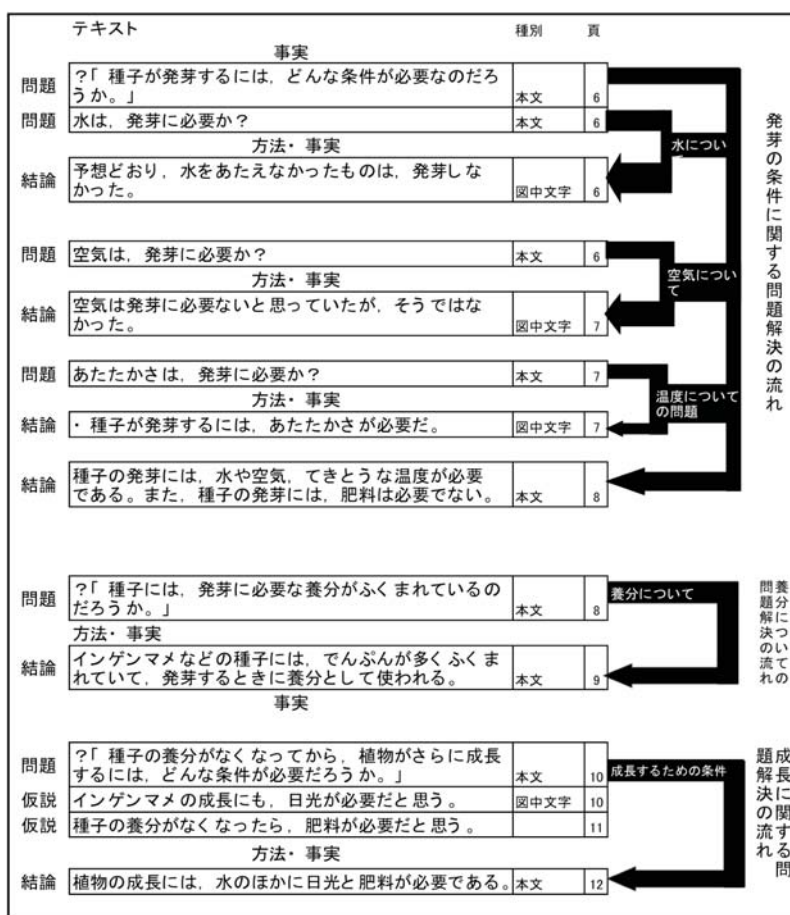


図4 C社の教科書記述テキストデータ分析結果

## (4) D社の教科書分析結果

D社の教科書では、「発芽に関する問題解決」において、まず、水の条件に着目し、「問題」から「結論」に至る小さな問題解決の流れがある。その後、空気と温度についての問題を設定して、結論を導いている。そして、最終的に水についての結論と、空気と温度についての結論という2つの結論を基に大きな結論を導く構成となっている。この教科書の大きな特徴として、水の条件に着目した問題に対して、念入りに「方法」と「事実」を重ね、小さな「結論」を導きだし、そして水に着目した問題に対しての結論を導きだしている。他の空気や温度の条件には問題を設定せず、「種子が発芽するためには、水の他に何が必要なのだろうか。」という問題になっている。つまり、最初は子どもたち教科書を見ながら問題解決できるようにして、他の問題は子ども自身で解決させるという構成であるということである。

単元の最初に、単元全体を見通すことができるように、既習事項や生活経験にかかわる「事実」が記述されている。また、途中で「学習の準備」という欄を設けて、計画的な問題解決学習への足場かけをしようとする意図が読み取れる。

	テキスト	種別	頁	
問題	種子が発芽するためには、水や肥料が必要なのだろうか。	脚注	4	発芽に関する問題解決の流れ
結論1	両方とも発芽したことから、発芽には肥料は必要ではないことがわかる。	図中文字	5	
結論2	イだけが発芽したことから発芽には水が必要であることがわかる。	図中文字	5	
結論3	種子が発芽するためには、肥料は必要ありませんが、水が必要です。	本文	5	水
問題	種子が発芽するためには、水のほかに何が必要なのだろうか。	脚注	6	
仮説	春になって、いろいろな芽が出たから、あたたかさが必要だと思う。	キャプション	6	
仮説	しょうたさんの考え発芽に適した温度が必要だと思う。	図中文字	6	
仮説	まわりには空気があるから、空気が必要だと思う。	キャプション	6	
仮説	みくさんの考え空気が必要だと思う。	図中文字	6	
問題	発芽に適した温度と空気について、調べる方法を考えましょう。	本文	6	
問題	発芽に適した温度について調べる方法を考える。	図中文字	6	
仮説	春になっていろいろな芽が出てきたから、適当な温度が必要だと思う。	図中文字	7	
仮説	☆予想通りなら、空気を送らないものは発芽しないだろう。	図中文字	7	
結論4	インゲンマメの種子が発芽するためには、水のほかに、発芽に適した温度と空気が必要です。	本文	10	空気と温度
結論	3つの条件がそろっていると発芽する。	図中文字	10	
問題	インゲンマメの子葉は、どうしてしぼんでしまうのだろうか。	脚注	12	養分について
結論	このことから、種子にたくわえられたでんぷんなどの養分が発芽に使われるために、子葉がしぼんでしまうと考えられます。	本文	14	
問題	植物がよく成長するためには、何が必要なのだろうか。	脚注	15	成長するには
仮説	つばささんの考え肥料が必要だと思う。	図中文字	15	
仮説	もえさんの考え日光が必要だと思う。	図中文字	15	
結論	植物がよく育つためには、水のほかに日光が必要です。また、植物は、肥料をあたえると、よく成長します。	本文	18	問題解決の流れ

図5 D社の教科書記述テキストデータ分析結果

(5) E社の教科書分析結果

E社の問題解決の流れは、図6のように、矢印の数が多く、複雑であるが、一つ一つの「問題」に対して、「仮説」「方法」「事実」「結論」が細かく記述されている。そして、複数の結論から大きな結論を導く流れとなっている。しかし、「結論」を述べる際に文章の冒頭に「事実」が入っている文章表現がある。それは「成長に必要な条件についての問題解決」の「結論」部分である。具体的には「実験から、植物は」のところから3行目の「あまりよく育ちません」という文章までは「事実」である。その後、問題に対する「結論」が述べられている。

この教科書においては、他の4社の教科書と比べて全体的に文字が多くて小さいが、内容は具体的な文章が多かった。

テキスト	事象	種別	頁
問題	種子は、どんなときに発芽するのでしょうか。	脚注	15
問題1	水が必要かどうか	箇中文字	16
問題2	あたたかさが必要かどうか	箇中文字	16
問題3	空気が必要かどうか	箇中文字	16
仮説1	同じあたたかさの場所に置かないと…	キャブシヨ	16
	方法		
仮説2	冷蔵庫の中は暗い。アも暗くすれば…	キャブシヨ	16
	方法		
仮説3	同じあたたかさの場所に置かないと…	キャブシヨ	16
	方法・事実		
結論1	種子の発芽には水が必要だ。	箇中文字	18
	方法・事実		
結論2	種子はまわりの温度が低いと発芽しない。	箇中文字	18
	方法・事実		
結論3	種子の発芽には空気が必要だ。	箇中文字	18
	方法・事実		
結論	チャレンジ1実験から、インゲンマメの種子の発芽には、水と適当な温度と、空気が必要なことがわかります。	脚注	18
問題	種子の中は、どうなっているのでしょうか。	脚注	18
	方法・事実		
結論	インゲンマメの種子には、根・くき・葉になる部分と子葉があります。	脚注	19
問題	種子は、どうして肥料がなくても発芽するのでしょうか。	脚注	19
問題1	種子はどのようなしくみで発芽するのでしょうか。	脚注	19
問題1	子葉にある養分が使われて、しぼんでくるのかな…	キャブシヨ	19
	方法・事実		
結論1	発芽する前のインゲンマメの種子の中には、でんぷんがたくさんふくまれています。しかし、発芽して根や芽が育っていくと、でんぷんはしだいに少なくなります。これは、種子の中のでんぷんが、発芽するための養分として使われたからです。	脚注	21
結論	インゲンマメの種子は水と適当な温度、空気などの条件が整うと、発芽します。このとき、種子の中のでんぷんが発芽するための養分として使われます。	脚注	22
問題	子葉がとれたインゲンマメが続けて成長していくためには、水の他に何が必要なのでしょう。	脚注	23
仮説	養分がなくなったので、肥料が必要だと思う。	キャブシヨ	23
	方法・事実		
結論	実験から、植物は、日光に当て、肥料をあてたものが最もよく育つことがわかります。日光に当てなかったものは、肥料をあてても、あまりよく育ちません。実験後のなえは、よく日光が当たる畑や花だんに植えかえ、肥料をあてて育てよう。	脚注	27

図6 E社の教科書記述テキストデータ分析結果

## IV. 考察

## (1) 問題解決の流れについて

まず、どの教科書にも、事実を根拠にして問題に対する結論を導く流れが認められた。つまり、問題解決の大きな「破れ」はなく、小学校5年生では、どの教科書もA区分の問題解決を典型的な形で進める形になっている。ただし、B社の教科書の構成において、結論が他の単元を挟んだ直後に出てきている部分が1カ所認められた。植物の成長に時間がかかるという理由から、結論を記述するタイミングを意図的にずらしている可能性がある。

## (2) 5社の教科書に見られる問題解決のパターン

5社の教科書の分析結果(図2～6)に記入された矢印は、一見すると複雑なものもあったが、整理すると図7に示すような3つのパターンに集約できた。

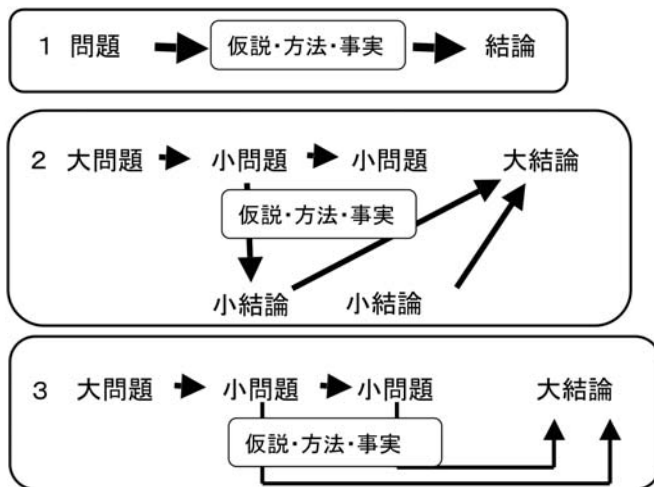


図7 問題解決のパターン

どの教科書も、最低2つのパターンを含んでおり、E社は3つのパターンを含む構成であった。

まずパターン1は「問題」「仮説」「方法」「事実」「結論」の順で問題解決が流れている。これは、分析の前に標準的なものとして想定した問題解決の流れであり、ほとんどの教科書がこのパターンを採用していることが確かめられた。

次にパターン2は、大きな「問題」を設定し、その問題から派生したように小さな「問題」を設定する流れである。派生した小さな「問題」に対して「仮説」「方法」「事実」を重ね、それぞれの小さな「問題」に対する小さな「結論」へと導いている。そして、最終的にその小さな「結論」から大きな「問題」に対する大きな「結論」へと導かれる。このパターンの特徴は、大きな「問題」は抽象的な「問題」になっていることである。例えば「種子はどんなときに発芽するのでしょうか」という表現がその代表例である。この表現には「どんな」という抽象的



で漠然とした言葉が入っており、具体的な観察や実験に直接結びつける問題解決の流れには向かない問題設定の仕方である。しかし、この漠然とした問題をもとに、そこから焦点化した小さな「問題」を設定することで、子どもにとって、問題を解決しやすくしていることが分かる。

最後にパターン3は、パターン2と同じように、抽象的な大きな「問題」を設定し、それを焦点化させた小さな「問題」を設定する流れである。しかし、小さな「問題」に対する小さな「結論」はない。それぞれの小さな「問題」に対する「事実」を重ね、帰納法的な手法で、大きな「結論」へと導く流れである。1つの「事実」から「結論」を出すことよりも、複数の「事実」から「結論」を出すことの方が子どもにとっては難しいため、パターン3の流れは、パターン2よりも少し高度な問題解決の流れであると言える。

## V. 今後の課題

全国で使用されている5社の5年生の教科書分析では、事実を根拠にして問題に対する結論を導いており、また共通した3つの問題解決のパターンが認められた。他の学年や、他の内容区分でも同様の傾向が見られるかどうかを、引き続き分析する必要がある。

## 附記

本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)「証拠に基づく推論力と判断力を育成する教育課程の実証的分析と展望の明確化」(平成20～24年度、課題番号:20300260、研究代表者:中山 迅)、および、科学研究費補助金基盤研究(B)「科学的・論理的思考に基づいた表現力に関する経年変化研究」(平成21～24年度、課題番号:21300298、研究代表者:猿田祐嗣)の支援を受けた。

本論文は、日本教科教育学会第35回全国大会における発表内容に(米村ら, 2009)に加筆・修正したものである。

## 引用文献

- 国立教育政策研究所(編):「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, pp.34-80, 2007
- 米村 彰・横山あゆみ・中山 迅・猿田祐嗣:「理科教科書の記述における問題解決の流れの分析(4) - 小学校5年生「生物とその環境」を事例として - 日本教科教育学会全国大会論文集, 35, pp. 81-84, 2009
- 奥井智久・三浦 登・毛利 衛ほか:「新編 新しい理科 5上」東京書籍, pp. 14-25, 2004
- 戸田盛和・有馬朗人ほか:「新版 たのしい理科 5上」大日本図書, pp.4-37, 2004
- 大隅良典・石浦章一・鎌田正裕ほか:「わくわく理科 5上」啓林館, pp. 4-19, 2004
- 角屋重樹・養老孟司監修:「小学理科 5上」教育出版, pp. 2-21, 2004
- 日高敏隆ほか:「みんなと学ぶ 小学校理科 5年」学校図書, pp. 14-29, 2004