

# 理科授業における児童・生徒の対話過程を通した 自然認識の深化・拡大に関する研究

(課題番号:11480046)

平成11～14年度科学研究費補助金基盤研究(B) (2)研究成果報告書

横浜国立大学附属図書館



11444905

平成15年3月

研究代表者

森本信也 (横浜国立大学教育人間科学部)



## はじめに

本報告書は、平成11～14年度科学研究費補助金基盤研究(B)(2)研究成果のまとめである。全国の多くの理科の実践に学びながら、新たな授業構想の視点と課題を提起したい。それは、後述するように一つの仮定の検証とそこから生じた新たな課題について実践をベースに明確化していくことにあると考えられる。

本研究の中心となるキーワードである対話といえ、一般的には人と人が相対して互いに会話を交わす状況をイメージするのが常である。本研究で捉える対話の様相はこのイメージをさらに広げたものである。子どもが水の入ったビーカーの中で溶解していく食塩を観察している状況をイメージしてみよう。子どもは「食塩から煙がでて、氷が水に溶けるときに見た煙と同じだよ」「食塩が溶けていくとだんだんビーカーが冷たくなってくるような感じがするよ」「溶けて見えなくなっても水の中のどこかにあるはずだ」「水と食塩は合体してビーカーの底に沈んでいるのかもしれない」等々、観察事象についていろいろなイメージをするであろう。

単なる子どもの直観的な想像と片づけてしまえばそれまでの話である。子どもは観察事象を経験したこと、既習事項等と結びつけながら彼ら固有の論理を構築しているのである。最近の学習論の焦点である「構成主義的アプローチ」の具体的な現れである。対話とは子どもが自らの関心事について自らの論理を基にして、その拡大や修正を図るために、多様な情報源へ接近を図る様子を記述したことばである。理科授業において、こうした様を見ることは希有なことではない。観察・実験はもとより、ノートの記録をしているとき、レポートとしてまとめているとき、教科書を読んでいるとき、パソコンで情報検索をしているとき、物作りをしているとき等その活動は枚挙にいとまがない。

こうして、授業の多様な場面で子どもの対話を想定し、実際にこれを捉えること、これは言い換えるならば、上述の「構成主義的アプローチ」に見られるように、常に子どもにおける論理構成を捉え、指導へと反映させることである。より具体的に言うならば、子どもに「何を教えるのか」だけではなく「いかに教えるのか」を考えることなのである。「いかに教えれば」「子どもはいかにによりよく学ぶことができるのか」を授業において、具体的に実現することができるのである。

本報告書における論文は、対象とする場面に多様性はあるものの基本的にはこうしたスタンスを基本にして構想されてきたものである。「子どもはいかにによりよく学ぶことができるのか」を構想することは、子どもはいかにに情報を彼らの視点にとって意味ある形で、学ぶことができるのかと等価である。昨今話題とされる、学力問題についてもこのことは一つの提案として一石を投じるものと考えられる。学習意欲低下が指摘される子どもがいかにによりよく情報を吸収するのか、その支援の方法はいかに、がまさに対話的な理科授業が問題としてきたからである。

本報告書における論文はこうした授業を実現するための方法論的視点からなされたものが主である。この意味で、内容論的視点、言い換えれば教材論的な視点からの吟味には至っていない。教材論と子どもの学びの適時性、適切性との関連はなお検討する課題として残っている。本報告書は対話的な理科授業の実態を露わにし、その意味内容を明確化した

と同時に、こうした研究領域の必要性を新たに提案したことにその意義を見いだすことができる。子どもと教師が共に問題解決目指して対話の輪を拡大するなかで、新たな課題について実践的な検証がされなければならない。

平成 15 年 3 月 31 日

研究代表者 森本信也

## 平成11～14年度科学研究費補助金基盤研究（B）（2）研究成果報告書

1. 課題番号 11480046

2. 研究課題 理科授業における児童・生徒の対話過程を通した自然認識の深化・拡大に関する研究

3. 研究組織

研究代表 : 森本 信也 (横浜国立大学教育人間科学部・教授)  
 研究分担者 : 福岡 敏行 (横浜国立大学教育人間科学部・教授)  
                   加藤 圭司 (横浜国立大学教育人間科学部・助教授)  
 研究協力者 : 太田 礎子 (横浜国立大学大学院教育学研究科)  
                   大貫 麻美 (東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科博士課程)  
                   小野瀬倫也 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程・川崎市立日吉中学校)  
                   久保田 智 (川崎市立塚越中学校)  
                   佐藤 寛之 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程・東京学芸大学附属竹早中学校)  
                   田中 保樹 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程・横浜国立大学附属横浜中学校)  
                   橋本 理絵 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程)  
                   山谷 洋樹 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程)  
                   吉川 武志 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程)  
                   和田 智司 (横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程・大磯町立大磯中学校)

4. 研究経費

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合 計
平成11年度	4,600	0	4,600
平成12年度	3,800	0	3,800
平成13年度	2,600	0	2,600
平成14年度	2,600	0	2,600
総 計	13,600	0	13,600

5. 研究発表

（1） 学会誌等

・ 森本信也,瀧口亮子,八嶋真理子(1999)

「「対話」としての学習を志向した理科授業の事例的研究」,日本理科教育学会「理科教育学研究」Vol.40,No.1,pp.45-56

・ 森本信也(1999)



- 「理科授業におけるコミュニケーションを通した子どもの学び」,日本初等理科教育研究会編「初等理科教育」Vol.33,No.10,pp.10-13
- ・ 森本信也(1999)  
「子どもの実感的な表現の現れこそ問題解決の証左としたい」,「総合教育技術」No.12,pp.28-31
  - ・ 森本信也(2000)「構成主義的理科学習論の授業実践への寄与とその発展のための課題」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.49,No.1,pp.1-4
  - ・ 森本信也(2000)  
「自問自答する力を育てる理科授業とその視点」,初等教育研究会編「教育研究」No.1176,pp.18-21
  - ・ 森本信也(2000)「子どもの小さな協同的な学びへ」,日本初等理科教育研究会編「初等理科教育」Vol.34,No.11,pp.10-13
  - ・ 益田裕充,森本信也(2000)「子どものコミュニケーション活動に見るメタファー表現としての科学理解の深まり」,日本理科教育学会「理科教育学研究」Vol.41,No.2,pp.21-30
  - ・ 森本信也,中村愛,八嶋真理子(2001)  
「ポートフォリオを理科授業に導入するための教授・学習論的条件とその検討」,日本理科教育学会「理科教育学研究」Vol.41,No.3,pp.1-12
  - ・ 森本信也(2001)  
「子どもの学びにそくした理科教育を考える視点」,日本化学会「化学と教育」Vol.49,No.5,pp.250-252
  - ・ 森本信也(2001)  
「これからの教育評価の視点とその方法」,神奈川県教育文化研究所「所報 2001」
  - ・ 森本信也(2001)「理科授業において「指導と評価の一体化」の意味するもの」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.50,No.12,pp.4-7
  - ・ 森本信也(2002)「理科授業における協同的な学びの可能性とその成立条件」,日本初等理科教育研究会編「初等理科教育」Vol.36,No.7,pp.12-15
  - ・ 福岡敏行,井上典子(1999)  
「科学的概念の構築過程の分析～コンセプトマップの作成過程を追って～」,横浜国立大学「横浜国立大学教育実践研究指導センター」Vol.15,pp.1-18
  - ・ 福岡敏行,井上典子(2000)  
「科学的概念の構築に関する基礎的研究～認知的枠組みによる概念地図作成過程の分析～」,横浜国立大学「横浜国立大学教育実践研究指導センター」Vol.16,pp.1-18
  - ・ 福岡敏行,大貫麻美(2001)  
「メダカ教材における科学的概念構築過程の基礎的研究」,横浜国立大学「横浜国立大学教育実践研究指導センター」Vol.17,pp.33-41
  - ・ 大貫麻美,福岡敏行,井上典子(2002)  
「視点移動による概念の再構築に関する事例研究」,東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科,「学校教育学研究論集」Vol.5,pp.127-139
  - ・ 福岡敏行(1999)「子どもの学びのとらえと価値づけ」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.48,No.2,pp.4-7

- ・福岡敏行(1999)「子どものペースで共にナゾ解きを楽しむ心」,明治図書「楽しい理科授業」Vol.31,No.398,p.7
- ・福岡敏行(1999)「時数減に対応する教材観の転換点とは」,明治図書「楽しい理科授業」Vol.31,No.400,p.8-9
- ・福岡敏行(2000)「情報活用能力を育てる理科授業づくりのポイント 情報活用能力の基礎・基本」,明治図書「授業研究 21」Vol.38,No.515,p.56-58
- ・田中保樹・福岡敏行(2001)「概念地図法の導入による観察・実験レポートの目次作り」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.50,No.2,pp.30-33
- ・福岡敏行(2002)「中学校理科の新しい評価 振り返りと自己評価」,文部科学省教育課程課編「中等教育資料」No.793,pp.10-15
- ・福岡敏行(2003)「選択学習の設定をどう生かす? 論点整理と私の対応策」, 明治図書「楽しい理科授業」Vol.35,No.437,pp.32-34
- ・加藤圭司(2000)「豊かな認識を共に創り上げる理科の学習指導」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.49,No.2,pp.4-7
- ・加藤圭司(2000)「川における観察学習の指導」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.49,No.3,pp.36-37
- ・加藤圭司(2000)「理科の学習論研究と授業実践」,日本理科教育学会編「理科の教育」Vol.49,No.12,pp.8-11

## (2) 口頭発表

- ・加藤圭司,河輪達也,森本信也(1999)  
「社会的言語の発展を志向した理科授業づくりに関する事例的研究」,日本理科教育学会第49回全国大会 岐阜大会要項,1999年8月
- ・森本信也,渡辺一浩,中村愛(2000)  
「子どもと創る理科カリキュラムに関する研究(Ⅰ)」,日本理科教育学会第50回全国大会 宇都宮大会要項,2000年8月
- ・森本信也,渡辺一浩,中村愛(2000)  
「子どもと創る理科カリキュラムに関する研究(Ⅱ)」,日本理科教育学会第50回全国大会 宇都宮大会要項,2000年8月
- ・森本信也,渡辺一浩,中村愛(2000)  
「子どもと創る理科カリキュラムに関する研究(Ⅲ)」,日本理科教育学会第50回全国大会 宇都宮大会要項,2000年8月
- ・森本信也,太田礎子,八嶋真理子(2001)  
「理科授業における個人内評価にみる子どもの認識の広がり(Ⅰ)」,日本理科教育学会第51回全国大会 広島大会要項,2001年8月
- ・森本信也,富山浩子(2001)  
「理科授業における個人内評価にみる子どもの認識の広がり(Ⅱ)」,日本理科教育学会第51回全国大会 広島大会要項,2001年8月
- ・森本信也,河村卓丸(2001)  
「理科授業における個人内評価にみる子どもの認識の広がり(Ⅲ)」,日本理科教育学会

- 第51回全国大会 広島大会要項,2001年8月
- ・森本信也,河村卓丸(2001)  
「理科授業にみる子どもの学びの醸成とその社会的関わり (Ⅰ)」,日本理科教育学会第40回関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月
  - ・森本信也,富山浩子(2001)  
「理科授業にみる子どもの学びの醸成とその社会的関わり (Ⅱ)」,日本理科教育学会第40回関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月
  - ・森本信也,太田礎子,八嶋真理子(2001)  
「理科授業にみる子どもの学びの醸成とその社会的関わり (Ⅲ)」,日本理科教育学会第40回関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月
  - ・森本信也,佐藤寛之(2001)  
「子どもの思考に基づく理科学習の立ち上げとその発展に関する一考察」,日本理科教育学会第40回関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月
  - ・森本信也,太田礎子,八嶋真理子(2002)  
「子どもと教師との対話的な理科授業における評価の機能」,日本理科教育学会第52回全国大会 横浜大会要項,2002年8月
  - ・森本信也,佐藤寛之(2002)  
「子どもの思考に基づく理科学習の立ち上げとその発展に関する一考察」,日本理科教育学会第52回全国大会 横浜大会要項,2002年8月
  - ・森本信也,和田智志(2002)  
「子どもの生命尊重を育む理科教育に関する一考察」,日本理科教育学会第52回全国大会 横浜大会要項,2002年8月
  - ・福岡敏行,井上典子(1999)  
「理科学習における科学的概念の構築に関する基礎的研究～概念地図作成過程を追って～」,日本理科教育学会第49回全国大会 岐阜大会要項,1999年8月
  - ・福岡敏行,井上典子(1999)  
「科学的概念の構築に関する基礎的研究～認知的枠組みによる概念地図作成過程の分析～」,日本理科教育学会第38回関東支部大会研究発表要旨集,1999年10月
  - ・松元博志,福岡敏行(2001)  
「見つめよう、調べよう、伝えよう、身近な環境～第6学年『人と環境』; 学年協力教授による学習の総合化を目指して～」,日本理科教育学会第40回 関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月
  - ・大貫麻美,福岡敏行,井上典子(2002)  
「概念の構築過程における情意的・主観的側面の関わり～生き物が生きていく環境について～」,日本理科教育学会第52回全国大会 横浜大会要項,2001年8月
  - ・田中保樹,福岡敏行(2002)  
「中学校理科におけるポートフォリオ評価の実践～概念地図の導入による観察・実験レポートの目次作りを通して～」,日本理科教育学会第52回全国大会 横浜大会要項,2001年8月
  - ・加藤圭司,吉川武志,長瀬基,中村佳嗣(2000)

- 「対話的な理科授業の文脈と子どもの認識構成」,日本理科教育学会第50回全国大会  
宇都宮大会要項,2000年8月
- ・加藤圭司,長瀬基,吉川武志,中村佳嗣(2000)  
「対話から生まれるメタファ表現の構成・発展を志向した理科授業の事例研究(I)」,日  
本理科教育学会第50回全国大会 宇都宮大会要項,2000年8月
- ・加藤圭司,長瀬基,吉川武志,中村佳嗣(2000)  
「対話から生まれるメタファ表現の構成・発展を志向した理科授業の事例研究(II)」,日  
本理科教育学会第50回全国大会 宇都宮大会要項,2000年8月
- ・加藤圭司,福田博章(2001)  
「環境へのアクセスとして見る子どもの自然認識」,日本理科教育学会第51回全国大会  
広島大会要項,2001年8月
- ・加藤圭司,長瀬基(2001)  
「学びを媒介する道具の質的变化と子どもの環境認識」,日本理科教育学会第51回全国  
大会 広島大会要項,2001年8月
- ・加藤圭司,福田博章(2001)  
「環境へのアクセスとして見る子どもの自然認識(II)」,日本理科教育学会第40回関東  
支部大会研究発表要旨集,2001年10月
- ・加藤圭司,長瀬基(2001)  
「学びを媒介する道具の質的变化と子どもの環境認識(II)」,日本理科教育学会第40回  
関東支部大会研究発表要旨集,2001年10月

### (3) 出版物

- ・角屋重樹,森本信也(2000)  
「小学校理科教育はこう変わる」 学校図書
- ・森本信也(2000)  
「コミットメント」「発達 of 最近接領域」「社会的構成主義」武村,秋山編「理科重要用  
語 300」 明治図書
- ・角屋重樹,森本信也編(2000)  
「見通しをもって学ぶ子どもを育てる理科学習」 東洋館出版社,全4巻
- ・森本信也編(2002)  
「論理を構築する子どもと理科授業」 東洋館出版社
- ・森本信也(2002)  
「子どもの視点からの理科カリキュラム作り」 日本理科教育学会編「これからの理科授  
業実践への提案」 東洋館出版社
- ・福岡敏行(2000)  
「高等学校学習指導要領理科の目標の変遷」「高等学校学習指導要領理科の内容の変遷」  
武村,秋山編「理科重要用語 300」 明治図書
- ・福岡敏行監修(2001)  
「わくわくドキドキチャレンジ理科」 東洋館出版社,全4巻
- ・福岡敏行(2002)

「日かげでは光は見えるけど、日なたでは見えないよ」「磁石の先に釘をつけ、その先に釘がつくのは、磁石のパワーが釘に流れるからだよ」松森靖夫 編著「論破できるか！子どもの珍説・奇説」講談社

- ・福岡敏行,岩井徳二(2002)

「概念地図法による学びの評価とその実践」日本理科教育学会編「これからの理科授業実践への提案」東洋館出版社

- ・福岡敏行監修(2002)

「いきもの おりおりずかん」大泉書店

- ・福岡敏行(2002)「『学習した』と言えるのはどんなとき？」「コンセプトマッピングとはどんなものか？」「コンセプトマップはどんなときに使えるのか？」「子どもにコンセプトマッピングをどう説明するか？」福岡敏行編著「コンセプトマップ活用ガイド」東洋館出版社

- ・加藤圭司(2000)

「プロトコル」武村,秋山編「理科重要用語 300」明治図書

- ・加藤圭司(2002)

「描画法による学びの評価とその実践」日本理科教育学会編「これからの理科授業実践への提案」東洋館出版社

## 《目 次》

・理科授業において「指導と評価の一体化」の意味するもの……………	11
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
・子どもと教師との対話的な理科授業における評価の機能……………	17
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 太田礎子	
横浜市立緑園東小学校 八嶋真理子	
・子どもの論理に根ざした理科授業構成モデルに関する研究……………	31
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 小野瀬倫也	
・子どもの思考に基づく理科学習の立ち上げとその発展に関する一考察……………	51
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 佐藤寛之	
・子どもの生命尊重を育む理科教育に関する一考察……………	65
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 和田智司	
・国内外の科学や科学技術に関する市民の意識調査について……………	75
横浜国立大学教育人間科学部 森本信也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 山谷洋樹	
・子どもの対話過程における自然認識の研究……………	85
横浜国立大学教育人間科学部 福岡敏行	
東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科博士課程 大貫麻美	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 小野瀬倫也	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 田中保樹	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 橋本理絵	
横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 山谷洋樹	
・協同的な学びの場における環境問題に関する概念の再構築過程の分析……………	111
東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科博士課程 大貫麻美	
湘南白百合学園中・高等学校 高山真記子	
・理科授業における教師の授業構成プロセスに関する考察……………	125
横浜国立大学教育人間科学部 加藤圭司	

横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 吉川武志  
豊橋市立東陵中学校 中村佳嗣

- ・理科学習指導における天球概念の位置づけに関する一考察 ..... 137

横浜国立大学教育人間科学部 加藤圭司

横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 橋本理絵

横浜国立大学教育人間科学部 田村かおり

- ・3年間を見通した科学的思考力を高めるための理科授業 ..... 149

川崎市立塚越中学校 久保田智

- ・中学校理科における生徒の対話過程を通した自然認識の深化・拡大 ..... 161  
に関する研究

横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程 田中保樹

## 理科授業において「指導と評価の一体化」の意味するもの

横浜国立大学大学教育人間科学部 森本 信也

### 1. 子どもの学びを授業へ結びつける視点

子どもの学びを授業へ結びつけるための支援の視点として Nutbrown は、See-Understand-Action という一連の三つの活動を挙げている<sup>(1)</sup>。理科授業にそくして考えれば、これら個々の要素は次の流れの中でその機能を発揮しよう。

See-理科授業のはじめ、あるいは進行中における子どもの考え方や興味・関心、その具体的な反映である問いについての情報収集。

Understand-文字通りこうした情報についての解釈あるいは、子どもの学びの起源、広がり、必要な情報等についての分析。

Action-分析された情報にそくした授業プランの検討。「溶ける物-溶かす物（水）をいつも考えながら、物の水への溶解の秘密を探る」等、子どもの問いを核、あるいは視点とした授業展開を Understand した内容にそくしながら構想すること。

ここに示された See-Understand は評価と呼ばれる活動である。そして、評価は通常、指導ということばと一体化して機能してきた。すなわち、指導と評価の一体化といえ、教師の構想した指導プランにそくし、そのプランの効果を捉えること、すなわち評価することを指すのが通例である。Plan-Do-See として象徴される一連の活動である。子どもにとって学びとは、一貫して教師により構想されるものとして映っていくのである。しかしながら、子どもは周りの環境とコミュニケーションを図りながら固有の思考の世界を構成している、という最近の学習論を見るとき、指導と評価の一体化という意味についての変更が必要である。この意味を変更させた結果が、上述の三つの要素からなる活動なのである。子どもの学びにそくした（まずは、学びの状況の評価を！）指導プログラムの構想である。象徴的に示せば、See-Plan-Do である<sup>(2)</sup>。

すなわち、単元の構想を図る前に、あるいはその実践途中において一貫して、子どもの学びを捉えること、あるいは意味ある学びを「発掘する」ことにより、彼ら個々の「固有の学びに応じた指導」を構想していくのである。これが、これからの指導と評価の一体化という考え方の中心となろう。それでも、留意すべきことは、これは、学習の個別化を意味しているのではない。一つのクラスにおいて子どもたちが、固有の考え方や興味・関心を示せば、それは自然と交流し、いくつかの問いのまとまりとなっていくのが通例である。したがって、ここでいう固有性はそのクラスに固有の単元プランの構想である。

意味ある子どもの学びの「発掘」が、こうして彼らに対する支援の内容と方法を誘導するのであれば、具体的に子どものどのような活動を対象にして発掘、すなわち評価するかが明らかにされなければならない。Drummond と Nutbrown による次に示す子どもの評価についての三つの視点は、この問題解決にとって有用である<sup>(3)</sup>。それは、上述した See-Understand-Action をさらに詳しく授業実践上のレベルにおいて分析したものである。

・「なぜ評価するのか」ー子どもが既に何を学んでいるのか、あるいはいないのかを明ら



かにし、彼らの学びの見通しとして現れる問いの内容を探るのである。

・「子どもの何を観察し評価するのか」ー子どもが探索していること、発見しようとしていること、悩んでいること、夢想していること、周りの事象と格闘していること、考えていること、気にかけていること等である。

・「評価をどのように実施し、授業に位置付けていくか」ー子どもの学びについての評価情報は教師により記録され、分析され、授業を進める上での重要な知識となるものである。これら情報は一貫して教師の掌中に置かれるのではなく、子どもに対して公開されることにより、彼らは今何が問題とされ、何が必要で、そして何を目指して学習が進められていくのかを実感することができるのである。

こうした指摘から明らかなように、一貫して教師がリードする学習ではなく、教師と子ども、あるいは子ども同士の対話の中で中で彼らの考え、つまり、興味・関心、願い等を明らかにし、この解決に子どもと教師が協同的に取り組むことにより、教師が構想することもなかった「新たな指導と評価の可能性」が生まれてくるのである。子どもの学びの実態こそが授業を牽引するのである。

## 2. 子どもの考えにより見通される理科授業

子どもの考えや興味・関心を理科授業の中心に据えることにより、彼らの学びに依拠した活動が展開されることを具体的な事例により明らかにしてみよう。それは、子どもの考えの基に展開されるわけであるから、彼らにとっては一貫した見通しを実感する中でなされる活動となろう。具体的には、小学校5年「種子の発芽と成長」の学習と「メダカの発生と成長」が並行的に行われた実践である。子どもは種子の発芽に関する学習の前に、既にメダカの発生について観察し、その様子のスケッチも行っていた。子どもはメダカの発生の観察後、種についてのイメージを、水をやれば「芽が出てくるもの」「黒くて丸いもの」という素朴な内容から、次のように変えていった。また、それが子どもの学びに基づく授業を形作っていったのである<sup>(4)</sup>。

教師による「種って何？」という問いかけに対して子どもの中から出てきた考えはこうである。順を追って整理してみよう。「メダカの卵にも赤ちゃんのもとになるものが含まれていたんだから、種にも根や芽や葉のもとが入っているんじゃないかな」→「種は植物の卵だよ」→「メダカの卵には赤ちゃんが出てくるとき栄養があったからエサはいらない、種にも栄養あるのかな」→「卵からメダカが生まれてきたときと同じように、種から芽が出るには自分に合った温度とかの環境がいるのかもしれないね」→「種が子孫を残す仕組みを探してみたい」。

1時間だけの授業での記録ではあるが、ここには種子の発芽を、メダカの発生と比較する中で、種子の発芽と成長において解決すべき問題が提起され、これからの子どもの学びを見通すものとなり、彼らの中に明確に位置付けられているのが明らかである。すなわち、直観ではあるが「根、茎、葉の基になる部分と栄養からなる幼植物体としての種子」についての考え、そしてその現れである発芽の条件探し（「自分にあった環境がいるよね！」）である。これらは、当然子どもにとって、初めは、曖昧模糊としたものであるが、教師による共感、承認、了解等の価値付け、すなわち評価により、子どもには学ぶ価値あるもの

として捉えられていくのである。

そして、子どもと教師が協同的に問いを追究する中で、解答は徐々にその本体を明らかにしていくのである。ここでの活動は明らかに **Plan-Do-See** として教師が設定したメニューによりなされたものではなく、子どもの学びがあたかもブラックホールのように、自分たちにとって必要なものをその周りに引き寄せることにより、必然的に成立させてきたものである。それは、子どものオーダーメイドとしてデザインされた理科授業である。言うまでもなく、上述した **Drummond** と **Nutbrown** が指摘した評価の視点が、こうした授業をいかに牽引したかが明らかであろう。

ここでの学びが子どもの固有の学びだけではなく、小学校理科の新学習指導要領における「自然の事物・現象をそれに関わる条件に目を向けたり、量的変化や時間的变化に着目したりして調べ、問題を見だし、見いだした問題を計画的に追究する」<sup>(6)</sup>という資質の形成の基でなされることも承知している。それでも、こうした資質は子どもが提示した上述の問いの解決には、必然的に付随するものであることが明らかであろう。言い換えれば、子どもの問いがこうした学びの必要性を開発したのである。また、それを可能にしたのは子どもの表現を一貫して、科学としての学びの内容へ翻訳し、問いとして昇華させるべく支援してきた教師の姿勢にあることはいうまでもない。

この意味で、理科教師に要請される資質はある種の <sup>バイリンガル</sup> **bilingual** である。なぜならば、自然事象についての子ども固有の思考やその表現方法に耳を傾け、その発想の意味や起源を分析しつつ、その一方でこうした内容を科学と対照し、科学概念としての萌芽、芽生えを探ろうとするからである。上述したように、子どもの表現を解読しつつ、まさにこれを科学の内容へと翻訳しようとしているのである。理科授業においてこうした支援がなされるとき、初めて、子どもの視点から科学についての学びの立ち上げは可能となるのである。理

表1 学びの見通しを支援するための評価の視点

学びの流れ	子どもに学びの見通しをさせるための支援と評価
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学習課題について子どもの考え方、興味・関心等を描画、概念地図法等により表現させる。</li> <li>・表現内容から科学概念についての萌芽を見いだす。</li> <li>・いくつかの萌芽を「問い」、「追究の課題」として子どもたちに確認させる。</li> </ul>
「問い」の構成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「問い」を比喩的な表現を交えて自分のことばで表現させる。</li> <li>・「問い」を検証するための観察・実験方法を子どもに考案させる。</li> <li>・提案された方法の意味や実行可能性を子どもに検討させたり、教師が吟味する。</li> </ul>
「問い」の追究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「問い」の追究過程において、子どもの考え方や思いの表現方法を価値付け、発展させるのに必要な情報を提示する。</li> <li>・子ども間の多様な考え方を子どもたちに提示し、その積極的な結びつきを図る。</li> </ul>
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学びの流れを振り返らせる。</li> <li>・学びの振り返りから、一人ひとり次の「問い」を構成させる。</li> </ul>

科授業におけるこうした支援のあり方は、授業の流れにそくして整理するならば、表1のようにまとめることができよう<sup>(6)</sup>。

表から明らかなように、ここでの考え方の底流には、子どもの直観的な、曖昧模糊としたイメージや思考の世界を出発点とし、彼らの手で徐々に、明確な追究課題として問いを構築させ、子どもの視点から科学を構成することができるような支援の思想がある。それは、紛れもなく子どもが考えたこと、感じたこと、問うたこと、その一つひとつが文化、すなわち科学として展開されていくのだ、ということを子どもに実感させるプロセスに他ならない<sup>(7)</sup>。

### 3. 子どもの学びにそくした理科授業の実現へ向けて

表1における子どもの学びと教師の支援の関係を再度眺めてみよう。そこには、子どもと教師との間で交わされる一貫した対話にも似た関係性を見ることができる。この関係性こそが子どもの学びにそくした理科授業を可能にしている。「導入」を見てみよう。そこでは三つの活動が想定されている。「学習課題に対する子どもの考え方の表現」に始まり、これに即応した教師による「表現に対する科学概念の萌芽の見出し」、そして「萌芽（子どもの考え方）を問いとすることについての子どもへの確認、自覚化」が促されている。ここには、「子どもの思考や活動の結果としての表現」への評価、そして即応して子どもへの指導という、子どもと教師との対話的な学びが一貫してなされようとしている。

この流れは「問いの構成」においても同じように見ることができる。「子ども自らの表現からなる問いの構成とその検証方法の考案」が促され、その結果に対する「教師によるその実効可能性の吟味」という即応した指導がなされている。上述したように、子どもと教師との対話的な学びを通して、子どもの視点に基づく学びが徐々に広げられているのである。「問いの追究」においてもこうした学びは変わらない。検証実験や観察の結果得られたデータに基づく、問いとしての仮説の検証や発展を、子ども自身に促すと同時に教師自身もこれに必要な情報の提供を行い、彼らの問いの発展に寄与する活動を行っているのである。

子どもと教師が協同的に問いの追究、すなわち問題解決に関わる活動の展開を行うこと、それが、子どもの学びにそくした理科授業を実行し、また、その成立を見るための指標となることが明らかである。ここで機能しているのは評価であり、それは、まさに、眼下の子どもの意味ある活動を「発掘」することに主眼があることは言うまでもない。そして、こうした活動の成果は、当然のことながら、子どもにとって実感しうる形で現れよう。子どものイメージ画、比喩的な表現、概念地図を通したことばの広がり、あるいはこれらの集積としてのノート、レポート、発展としてポートフォリオ等々、その現れは多彩である。

ここには、子どもの視点からの知識の系統化、あるいは知識構築のストーリーが現れよう。言い換えれば、子どもの手になる科学概念についての解釈史、あるいは解釈の軌跡がそこには現れるのである。この意味で、上述の教師による子どもへの支援の視点は、子どもがいかなるストーリー作りを行おうとしているのかを見通し、これを一貫してサポートすること、というように捉えることもできよう。このとき、子どもにとって真正の学びの場は教科書や実験室ではなく、まさに自らのこうした記録の中にこそ見出されよう。なぜ

ならば、そこに学びの軌跡が明確に現れているからである。子どもの学びにそくした理科授業、それは、子どもと教師との対話的な学びと、その成果として学びの軌跡（子どもにとっての真正なカリキュラム）の具現化への志向として記述されよう。

この実現を見るとき、われわれや子どもにとって学びを巡る状況は大きく変化する。すなわち、『何を学ぶべきか』という問いからではなく、『学習者は、学習をするためにどのような種類の事物や人々に接するのを望むのか』という問いから始めなければならない。学習をしたいと思う人は、自分にとっての情報と、その情報の使い方に対する他人からの批判的な反応との両方が必要であることを知っている。情報は事物や人々の中に蓄えられる。優れた教育制度にあっては、学習者は意のままに事物を利用することができる<sup>(8)</sup>ようになるのである。

(註)

- (1) Nutbrown,C.(1994) *Thread of Thinking : Young Children Learning and the Role of Early Education*, Paul Chapman Publishing.
- (2) 森本信也(1999)『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』東洋館出版社 pp.50-53
- (3) Drummond,M.J.and Nutbrown,C.(1992) Observing and assessing young children , in G.Pugh (ed.) *Contemporary Issues in the Early Years: Working Collaboratively for Children*, Paul Chapman Publishing.pp.87-97
- (4) 横浜市立山元小学校教諭後明好美氏の2001年6月17日における授業実践記録。
- (5) 文部省(1999)『小学校学習指導要領解説・理科編』
- (6) 森本信也前掲書 p.132
- (7) 同上書 pp.131-133
- (8) イリッチ『脱学校の社会』東洋・小澤周三訳 東京創元社 p.144

(本稿は日本理科教育学会編「理科の教育」2001年10月号の論文の転載である)



## 子どもと教師との対話的な理科授業における評価の機能

横浜国立大学教育人間科学部 森本信也  
横浜国立大学大学院教育学研究科 太田礎子  
横浜市立緑園東小学校 八嶋真理子

### 1. はじめに

子どもの生き生きとした表情や発言が見られる理科授業では、子どもはどのように授業に取り組み、学習を行っているのか、教師はどのように授業を組み立て、子どもの学習を捉えているのだろうか。

本研究は、子どもの理科学習や教師による理科授業のデザインにおける評価の機能について踏まえながら考察を行った。

「評価」という言葉には、従来から訳語として用いられている *evaluation* と、近年用いられるようになってきている *assessment* がある。*assessment* とは、一般的には子どもの学びの意味ある内容の収集活動である。そして、集めた情報を融合し、価値付けすることが *evaluation* である。そこで、*assessment* と *evaluation* の内容を更に実践的に吟味する中で、評価の持つ新しい意味内容について検討した。

### 2. 授業実践概要

調査期間：平成13年9月4日～11月26日

実践：横浜市立緑園東小学校6年3組 八嶋真理子

単元：B領域「水溶液の性質」：酸性・アルカリ性

授業時間：全34時間

分析資料：授業記録VTR，子どもの記述（ポートフォリオ），  
授業・板書メモ 等

この授業は、「酸性・アルカリ性」が大きなテーマとなり、内容は大きく5つの場面に分けられ、次のような流れになった。

表1 授業の流れ

授業場面	授業時間数
①導入	1
②酸性雨のでき方	5
③酸性水溶液の性質	14
④アルカリ性水溶液の性質	8
⑤酸性とアルカリ性の比較	5
まとめ	1

導入では、「酸性・アルカリ性」について、子どもたちの持つイメージを探った。すると、クラスの大半の子どもが「酸性雨」について知っていることがわかり、「酸性雨」をキーワードに学習が始まった。そして、酸性雨の作り方について、次に酸性水溶液の性質について、アルカリ性水溶液の性質について、酸性とアルカリ性の比較、最後にまとめ、という流れになった。授業課題とは、その授業時間のテーマとして毎時間、出されていたものである。これは、各場面の中での細かな内容を示す。つまり、「酸性雨の作り方」の場面の授業では、「酸性雨ってなあに？」、「酸性雨ってどうやってできるの？」、「雲ってどうやってできるの？」ということを示す。子どもたちが学習していったことを示す。

授業においては、子どもの表現を重視し、話し合い、実験が主な活動となった。また、子どもの記録としてポートフォリオも作成させた。

### 3. 対話的な理科授業

この授業では話し合いの場面が多く見られた。子どもの学びの過程において、問いをもち、その反映として発言、あるいは演示等の積極的な情報探索活動を始めるとき、その問いは教室における大きな情報網すなわち、ネットワークの中の一つとして位置づけられていくのが明らかである。また、そういった発言などの一つひとつが子ども一人のものではなく、自然で、必然的な結びつきを求めてなされた結果であり、ネットワークの存在の証となるものである。そして、教師はこうした子どもの学びのネットワークを教室内で見いだし、それを踏まえながら授業を進めていく。<sup>1)</sup>

そこで、教師と子どもの対話的な部分を重視することにし、記録VTRから、子どもと教師の作る授業の流れをプロトコル化した。それが資料1、2である。分析に用いたこの資料は、教師と子どもの対話過程を明らかにするだけではなく、表1にあるような授業の流れが、どのように作られていったのかを分かりやすくするために、通常のプロトコルから、教師や子どもの発言の対象を明らかにできるように改良を加えたものである。矢印の先の発言に、自分の発言が向けられていることを示す。また、実線を子どもの発言、点線を教師の発言とし、特に矢印の先が集まる発言に関しては二重線で囲んだ。

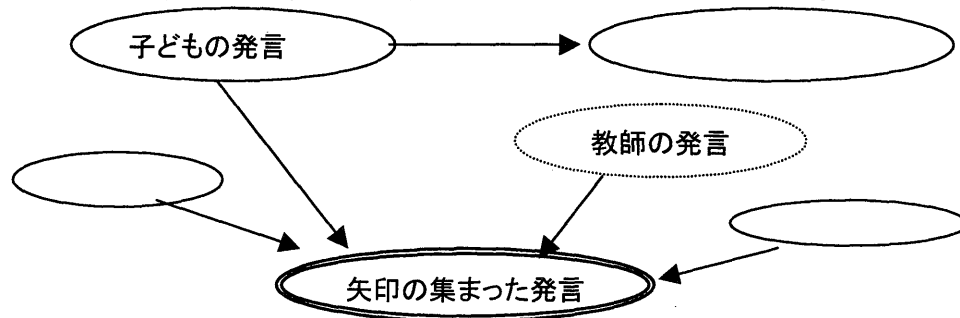


図1 対話的な理科授業

#### 4. 評価の機能

こうした分析の結果，理科授業において **assessment** は，子どもの学びの広がりと共に教師の見通しを動的に変化させ，授業全体を拡大させる機能を持つのではないかと考えた。

また，Ruth Dann は，教授 (**teaching**) と学習 (**learning**) の現在の質を捉え，次のステップへと駆動させる機能としてアセスメント (**assessment**) を捉えている。いわば，教授と学習，アセスメントを融合体として捉えているのである。<sup>2)</sup> そして，これは我々の見解と一致する。これらを踏まえて，対話的な理科授業の中での評価の機能のモデル図を考え，作成した。それが，図2である。

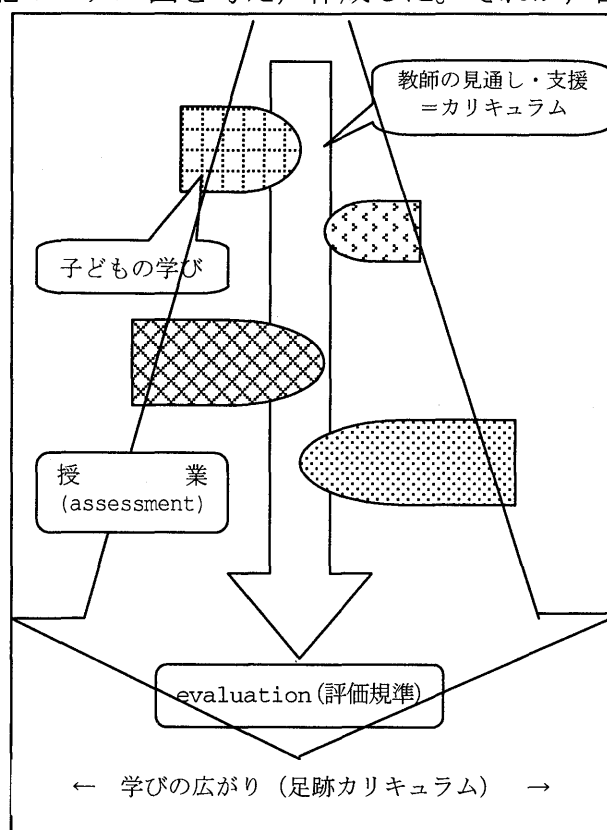


図2 対話的な理科授業の中での評価の機能<sup>3)</sup>

授業の始め，すなわち子どもの学習が始まる前の段階には，教師はその授業なり，単元なりのある程度の見通しや行うべき支援の方法を持っていると思われる。それがこの矢印である。示す方向は授業の流れを表す。また，この教師の見通しや支援は，授業前にあるものと考ええると，カリキュラムとも置き換えられるであろう。そして授業が進む中で，授業の流れを作るこの教師の見通しに，子どもの学びが関わると思われる。つまり，授業の流れは教師の見通し，及びカリキュラムだけで決まるものではなく，子どもによって決まる部分があると考えられる。その関わり方は場面ごとに様々であり，完全に子どもが関わり，流れを決定する場面もあれば，少しだけの関わりのところもある。子ども



の学びを教師がくみ取り、見通しを動的に変化させていくのである。こうした授業全体が *assessment* となり、その *assessment* の先に存在するものとして *evaluation* を捉える。そして、学びの広がりと共に、足跡カリキュラムとして残っていく。

では、この図2の様子を、具体的に実践の中で見ていくことにする。資料1は、表1の中の②酸性雨のでき方の場面での、「酸性雨ってどうやってできるの？」という学習課題の授業である。「酸性雨ってどうやってできるの？」は、酸性雨の学習が始まり、これから何をやっていくのか考えている場面である。この資料は、次の授業での課題が見つかるまでを追っていったものである。発言につけてある番号は発言の順番である。発言の方向の集中した二重線①から④がこの授業の中での話し合いの主な話題となっており、授業の流れを作っていると考えられる。

また、図2における教師の見通しに子どもの学びが関わる場面として、資料1の中では、二重線③と④の部分が当てはまると思われる。まず、③の部分は、教師が前時間に子どもが書いた記録、つまりポートフォリオをもとに、各々の子どもたちの酸性雨のでき方についての考えを提示したところである。これから授業で何をやっていくかを決めている場面で、意見がまとまらないでいるところに、教師が「カードに書いてあることを発表してみたら？」と提案した。

そして、子どもの書いた記録の様子を、大きく3つの考え方に分けて整理し、提示した。すると、その教師の提案に対して、N.Y.が「まずはみんなで発表した方が意見がいっぱいで考えられるから、それがいい」と同意し、全体も同様であった。そして、子どもはそれぞれ自分の考えとこの3つの考えを照らし合わせながら、様々な意見を出し合い、話し合いが活発になり、学習が進んでいった。この場面はこのように、子どものポートフォリオが教師の授業の見通しに関わっている。この子どもの記録は、資料3になる。

次に、④の部分は、教師TがK.R.の「雲って何でできているんですか？」を受けて、「雲って何でできてるの？」と返したところである。酸性雨のでき方についての考えを話し合っている中で、K.R.も感じて質問しているように、子どもの中で「雲って何でできてるの？」が共通の疑問となっていた。それは、教師による④の発言に対する子どもの発言が多くなっていることから明らかである。そして、この「雲って何でできてるの？」は次の授業へとつながっている。これは、まさに子どもの学びが完全に教師の見通しに関わり、授業の流れを作っていると考えられる。

また、子どもの関わりは必ずしもあるわけではなく、教師の見通しのままに授業が流れることも当然ありえる。資料2は、資料1の授業に続く、「雲って何でできてるの？」の授業のプロトコルの抜粋である。資料2の二重線①付近の部分は、教師が酸性雨から酸性の水溶液の学習へ進めようと働きかけている場面である。「お水の中に、汚い空気とか、ガスが溶けている。それで、酸性の水

になっているのが酸性雨。酸性雨って言ったら、お水に汚いガスが、すごくいろんなものが溶けてるってことだね。」や「お水にどんどん溶けるって、5年生の時にビーカーの中にお水を入れておいて、お塩をどんどん溶かしたよね？同じ状態だね？たまたまそれが食塩じゃない、ガスが溶けている。そうやってできたものが酸性のお水の固まりになる。何か溶けた、透明のものって？」、「透明で水みたいに見えるけど、何かが溶けているものを水溶液っていうね。そうすると、ここに落ちてくる酸性の雨。実は、酸性の何なのかわかるでしょ？」などの働きかけを経て、①の「じゃあ、その酸性の水溶液ってどういうものなのかなってみんなで考えてみようかな」とつながっている。そして、この働きかけ以降では、酸性の水溶液の学習が始まっているので、教師のこの働きかけが授業の流れになっているように思われる。

このような形で授業が組み立てられていき、表2のような流れになった。この表2は図2というあしあとカリキュラムであると言えることができるだろう。

## 5. まとめ

教師の見通しや支援は、子どもの学びの広がりによって動的に変化し、授業は作られていく。そして、そうしたことがすなわち **assessment** であり、そのような **assessment** の集積が **evaluation** である。図2にあるように、**evaluation** は評価規準とも捉えられる。しばしば、この評価規準だけが一人歩きしているように思われることがあるが、こうした **assessment** が存在してこそ成り立つものであるように思う。つまり、図2で示したように **assessment** の先にあるものとして **evaluation** を捉えていく。そのように考えていくと、**evaluation** の意味は、拡大・深化をもたらされているように思う。

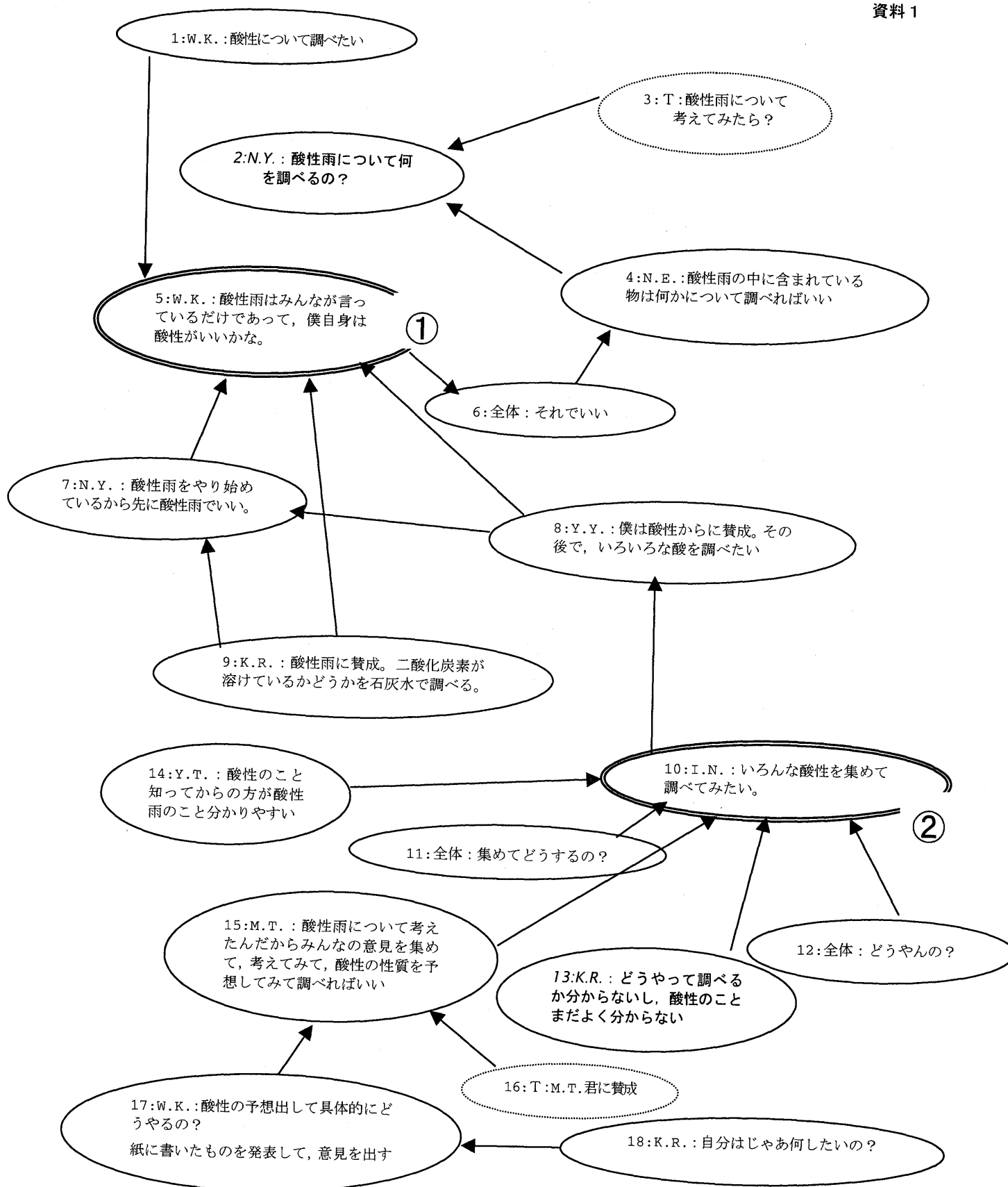
平成12年12月の教育課程審議会答申<sup>4)</sup>により、小・中学校の評定が目標に準拠した評価、いわゆる絶対評価に変わり、評価のための判断のよりどころが重視されている。そのよりどころとしては、質的なものを判断の根拠とする「規準(criterion)」と量的なものを根拠とする「基準(standard)」があげられる。<sup>5)</sup>これらを踏まえて、図2の **assessment** と **evaluation** を捉えると、**assessment** は基準をもとにした評価活動の過程、**evaluation** は規準への総括的評価に近いと考えられるだろう。

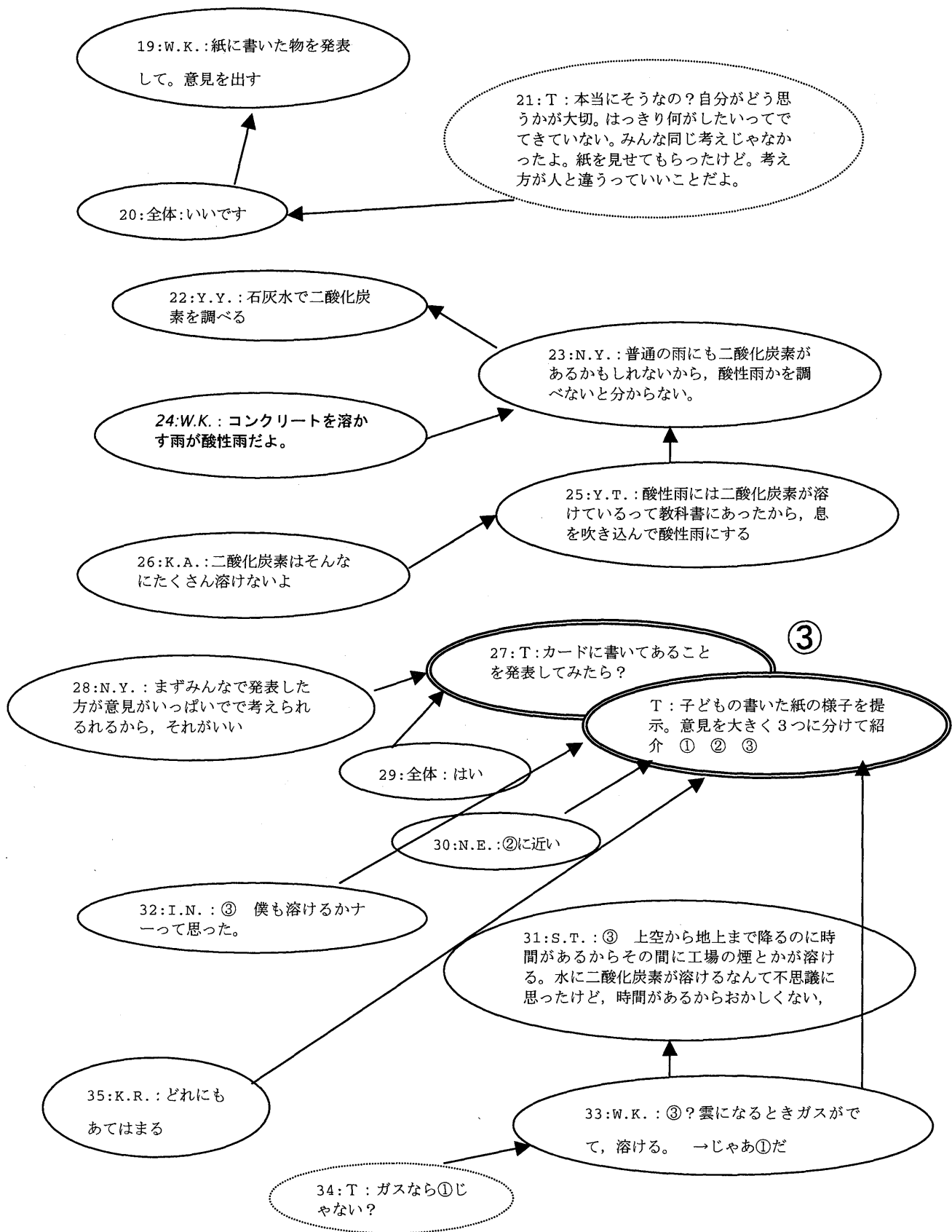
表 2

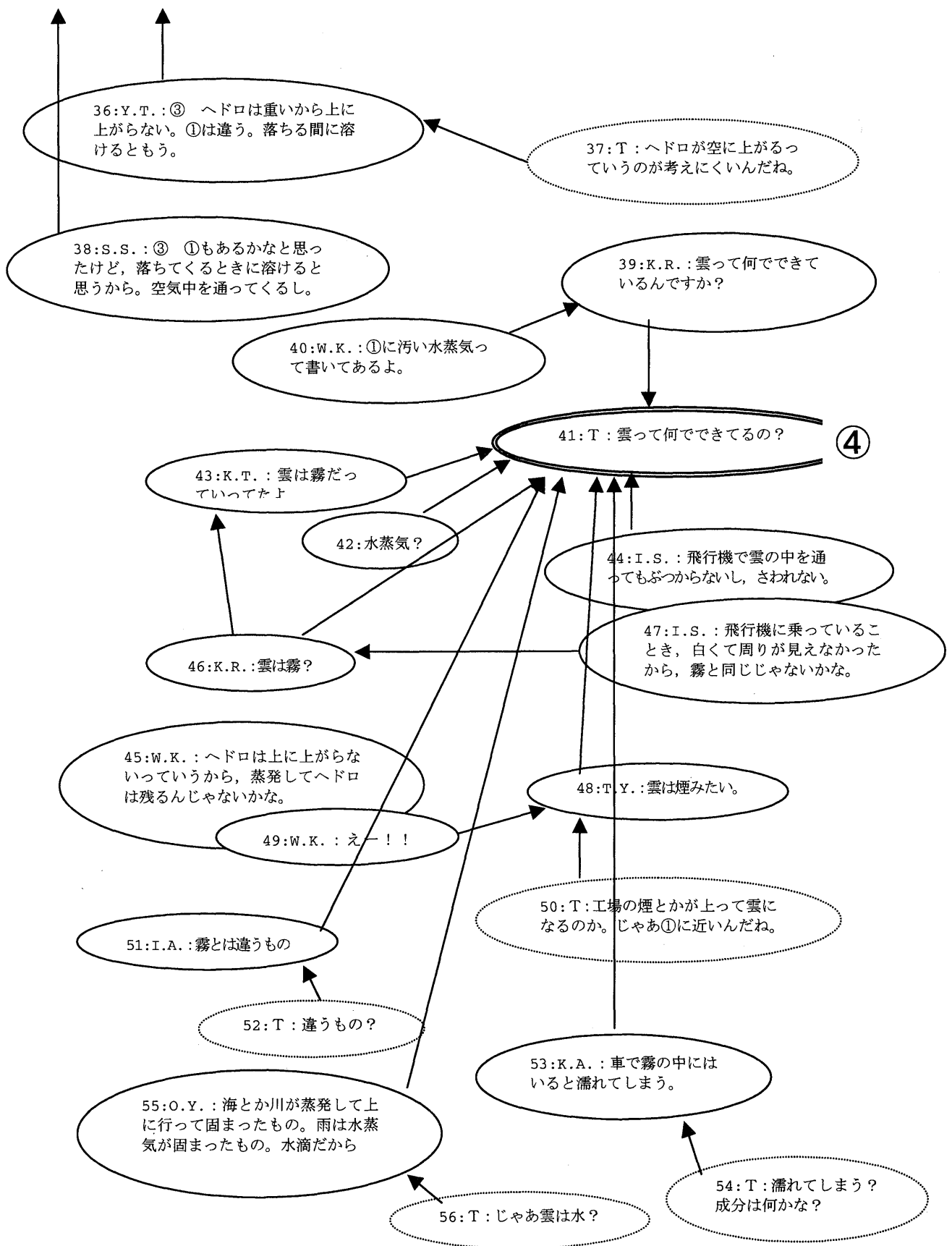
授業場面	時間数	授業課題
①導入	1	・ 酸性・アルカリ性って知ってる？
②酸性雨のでき方	5	・ 酸性雨ってなあに？ ・ 酸性雨ってどうやってできるの？ ・ 雲ってどうやってできるの？
③酸性水溶液の性質	14	・ 酸性の水溶液にはどんなものがあるのかな？ ・ 酸性の水溶液ってどんなもの？ ・ 酸性の水溶液には本当にものを溶かすパワーがあるの？ ・ 塩酸に溶けて見えなくなったアルミはどこへいったの？ ・ アルミはどこへ行った？ ・ アルミは本当に水溶液の中にあるのかな？ ・ なぞの粉はアルミ？ ・ アルミはどこに行った？
④アルカリ性水溶液の性質	8	・ アルカリ性って酸性とどうちがうの？ ・ アルカリ性の水溶液にはどんなものがあるか ・ アルカリ性ってどんなもの？ ・ 水酸化ナトリウムにも金属はとけるのかな？
⑤酸性とアルカリ性の比較	5	・ 酸性の力はアルカリ性でうすめられるのか？ ・ 酸性の力はアルカリ性でうすめられるのか？ ・ 酸性 VS アルカリ性
まとめ	1	・ カードを書こう！

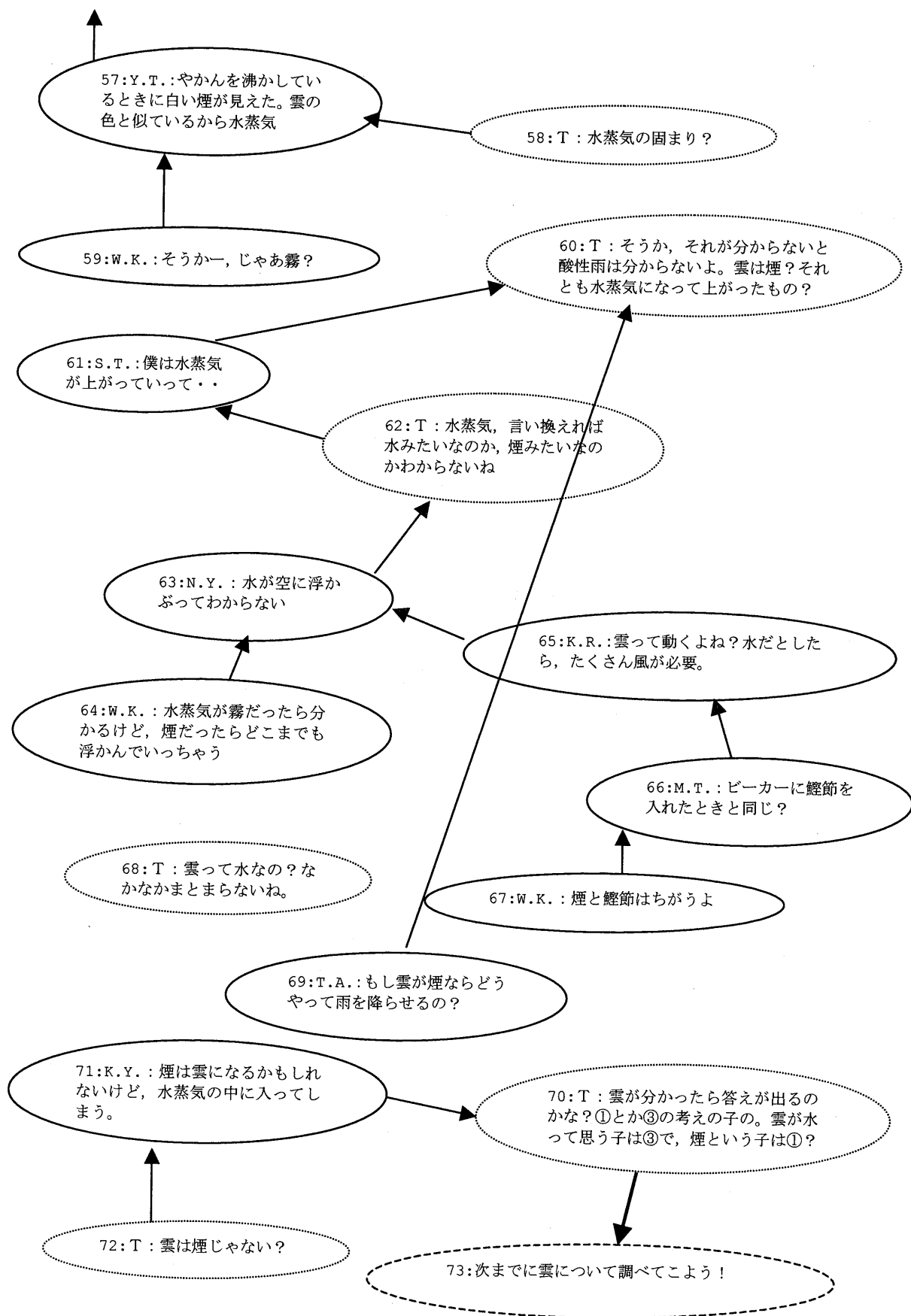
## 引用・参考文献

- 1) 森本信也, 「子どもの学びにそくした理科授業のデザイン」, pp.18-24, 1999, 東洋館出版
- 2) Ruth Dann, Formative assessment in “Promoting Assessment as Learning Improving the Learning Process”, pp.28-46, 2002, RoutledgeFalmer
- 3) 森本信也・太田礎子・八嶋真理子, 「対話的な理科授業における評価の機能」, 日本理科教育学会第52回全国大会横浜大会要項集, p.198, 2002
- 4) 文部科学省, 教育課程審議会答申, 「児童生徒の学習と教育課程の実施状況の評価の在り方について」, 2000/12
- 5) 北尾倫彦・青柳偕行編集, 「小学校理科 観点別学習状況の新評価基準表」, p8, 2002, 図書文化









1:日直:他にありませんか?じゃあ,酸性雨は降ってくる途中に汚いガスや,工場の煙,排気ガスが溶けて,酸性雨になる。いいですか?

2:全員:いいです。

3:T:お水のなかに,汚い空気とか,ガスとかが溶けている。それで,酸性の水になっているのが酸性雨。酸性雨って言ったら,お水に汚いガスが,すごくいろんなものが溶けてるってことだね。

4:K.R:酸性雨飲んだらどうなるんですか?

5:T:それはこれから調べてみればいい。今もっている疑問はあとで出そうね。お水にどんどん溶けるって,5年生のときにビーカーの中にお水を入れといて,お塩をどんどん溶かしたよね?同じような状態だね?たまたまそれが食塩じゃない,ガスが溶けている。そうやってできたものが酸性のお水の固まりになる。何か溶けた,透明で溶けたものって?

6:全体:水溶液

7:T:透明で水みたいに見えるけど,何かが溶けているものを水溶液っていうね。そうすると,ここに落ちてくる酸性の雨。実は,酸性のなんなのか分かるでしょ?

8:全体:水溶液

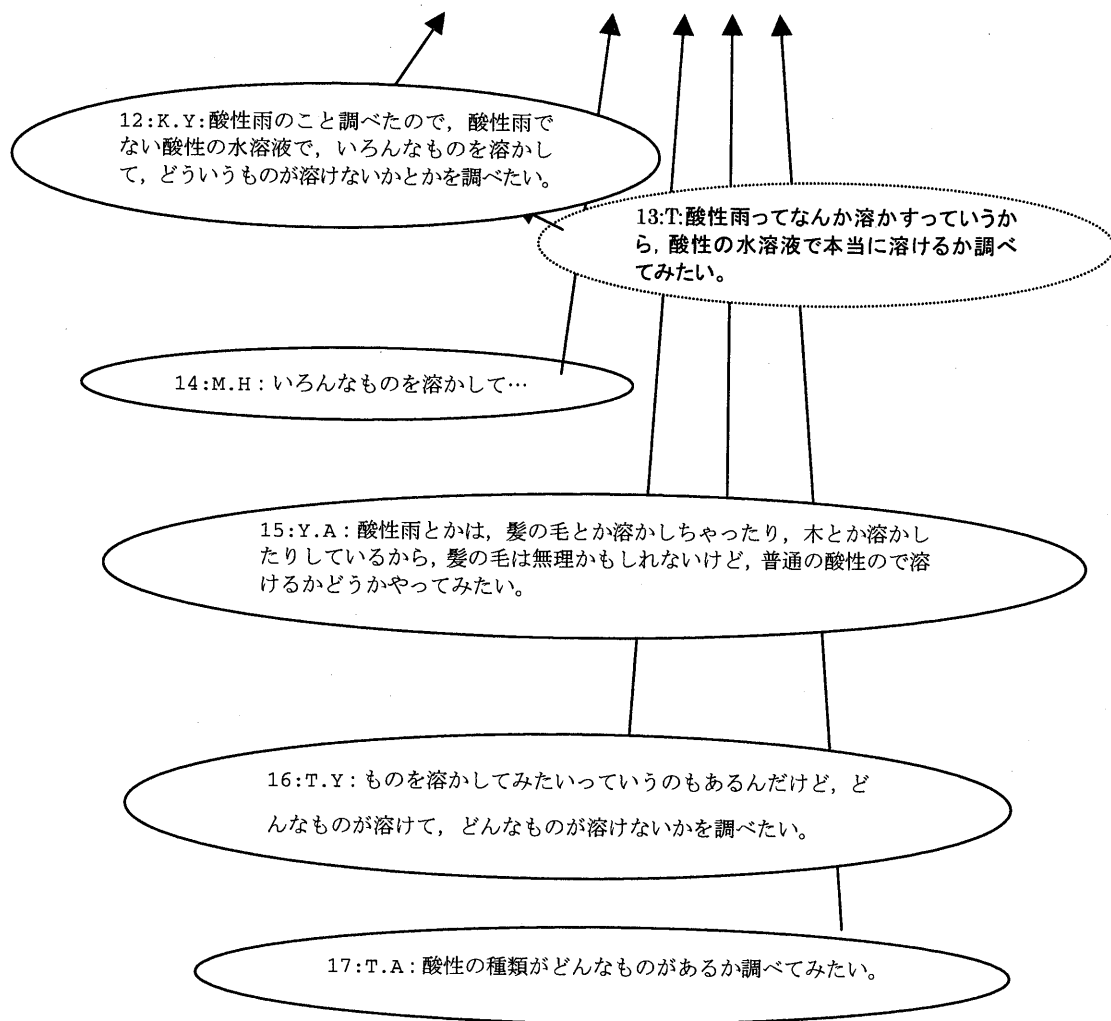
9:Y.A:雨って透明?

10:O.Y:ビーカーあれば実験できるじゃん。

11:T:頭の上に酸性の水溶液が降ってきているって考えたら怖くなるね。じゃあ,その酸性の水溶液ってどういうものかなってみんなで考えてみようかな。これからどんな風にして調べていくか,いよいよ問題作りだね。ここで,学習していきたい,調べていきたいことをあげてみよう。

①





子どもの「酸性雨ってこうやってできる」の記録（大きく3つに分けた考えの代表例）

①工場の煙や人間の吐く息(二酸化炭素)、排気ガスなどが雲に上がっていき、酸性雨が降る。

設性内、てこうや、てアさる。

[illegible]

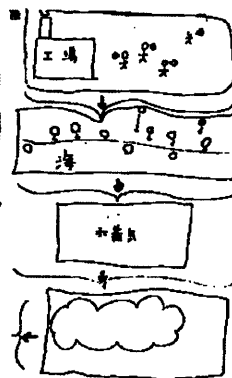
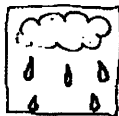
②工場の排水や煙、人間が吐く息(二酸化炭素)、排気ガスなどが海に流れ込んだり、とけ込んだりして、それが蒸発して雲になり、酸性雨を降らす。

読者角てこうして  
てはるる

○ 夢の 雲は 雨の 明かす 光を 受けて、水蒸気  
が 出て、それが 空から 降る のが 雲に なる  
雨の 所は、工場 から 出た たばこ の 煙  
りや、二酸化炭素 が 雨の 明か  
す 光を 受けて、それが 蒸発して、水蒸気  
になり、雲に なる のが 雨だ。これが  
**酸性雨** に なる んだ と 思う。

\*

$\delta$  = 酶性兩



③海の水などが蒸発して雲になり、雨になり、降っている途中で工場の煙や人間の吐く息(二酸化炭素)、排気ガスなどがとけ込んで酸性雨となる。

酸性雨ってこや、てできる



文藝性再考に於ては

① 工部局水利課

② 空頭中に空いた

③ 海の海水が

蒸発する。  
①、②と何の海水が  
蒸発する→と問われる。

↑↑

④ 空气中

⑤ 聖教の如く、

—

④水热与干热

でさる。

④



# 子どもの論理に根ざした理科授業構成モデルに関する研究

～ 子ども・教師・教材の対話過程を通して ～

横浜国立大学教育人間科学部 森本 信也  
横浜国立大学大学院・川崎市立日吉中学校 小野瀬 倫也

## 1. はじめに

これまでの理科教育研究では、描画法や概念地図法による子どもの持っている概念の把握や、子どもの素朴概念や誤概念（ミスコンセプション）から正しい概念を構築していく手だてなどを基底にした授業構築の在り方が研究、実践されてきた。これらの研究は、子どもの認知面を中心に据えた研究である。子どもの認知的な状況を教師が読みとり、認知的方略に基づく支援の結果、子どもがどう変容したのかを分析し、更なる授業方略を構築していく考え方である。

こうした授業方略の考え方は、子どもの認知的側面を重視する授業の在り方として一定の役割を果たしてきた。それは、従来の科学の系統性や科学概念を重んじ、「教える」という授業の流れの中で、子どもの思考過程、あるいは子どもの視点に立つという意味においていわゆる、構成主義に基づく授業への転換であったと考えられる。しかし、子どもの認知的側面を重んじる考えとはいえ、授業方略の考え方はいわゆる P l a n - D o - S e e（以下、P-D-S）を基調とした授業構成がなされてきたと考えられる。

ところで、学校教育においては、「生きる力」という考え方が強調されている。「生きる力」を育てる理科授業を構想するとき、従前の P-D-S を基調とした授業構成は転換を余儀なくされる。それは、生きる力を「単に過去の知識を記憶しているということではなく、初めて遭遇するような場面でも、自分で課題を見つけ、自ら考え、自ら問題を解決していく資質や能力」<sup>(1)</sup>と捉えるならば、子ども自らが問題解決をしていくプロセスが重視され、その文脈における教師の支援の在り方が問われることになるからである。そうした状況の中では、まず P l a n ありきという考え方は必然的に否定されることになる。

そこで考えられるのが、S e e - P l a n - D o（以下、S-P-D）を基調とした授業方略である<sup>(2)</sup>。教師が授業に際して子ども個々や集団の既存の知識や考えを把握し、課題や目的意識を醸成し、課題解決などの場面を通して科学概念を構築していくというプロセスである。このプロセスにおいては、子ども個々の問題意識や個々の文脈における教師の支援が重視される。このような子ども個々の考えを基底にした授業においては最早、単線型の授業構成は成立しないということである。

それでも、これまで行われてきた授業方略そのものが否定されるものではないと考えている。例えば、教師がある子どもの誤概念を把握し、それを転換させる方略が有効である場面は、子ども個々に対する関わり（支援）の中で十分予想される事だからである。大切なことは、教師は、個々の子どもの状況の把握と変化に耐えうる見通しを持つことである。

限られた時間の中で一定の知識や科学概念を修得させるというノルマが科せられている中

で、すべての授業単元を前出のS-P-Dを基調とした授業方略にもとづいて展開することは困難かも知れない。しかし、可能な限りこうした授業を多く取り入れることで教室に固有の学習文化が根づいてくると、教師が単線型の授業、「今日はここを教える」ことを意識しても、逆に子どもの疑問、質問がそれを許さない展開になる。このような状況は、教室における学習文化が高いレベルにあるといえよう。そしてこの文化的雰囲気の中で質の高い授業が展開されていく。

日々行われている授業の質を高めていくこと。それは、そこで行われている授業の質を明らかにしていく手法の確立にほかならない。仮に、ある教師が「〇〇さんと同じ授業」を目指すならば、全く同じようにできたという従前の単線型、つまり教えきった、という型を目指すのか、「〇〇さんの授業」の質を見極め、それを目指すのかで結果は自ずと見えてくる。

子ども一人一人の考えを醸成し、その発展として科学概念を獲得させようとするならば、単線型の授業にその質的高さを見いだすことはできない。授業の質の高さを求めるならば、それは、「教師の一貫した見通しの中で、子ども個々の状況に対する有効な即時的判断と実施」の中にそれを見いだすことができると考えられる。同時に我々は、授業の質を見極める目（手法）を持たなければならない。

## 2. 研究の目的

本研究では、S-P-Dを基調とした理科授業の中で次の3つの視点を軸に授業構成を全体としてとらえ、そのモデルを明らかにすることによって、授業の質的側面を捉えることが可能になると考えた。

- ① 子どもの概念形成を支援する教師の役割と授業デザインを発展させるサイクル
- ② 子どもの学びの形成過程（教師、教材との対話）
- ③ 教師が提示する教材の機能(子どもの対話、概念形成に向けた位置づけ)

「良い授業」であればこそ、追試が可能かどうか重要な意味を持つことになる。同じ学習指導案に基づいた授業を複数の教師が行えば、そこではそれぞれの授業が展開されていく。全く同じ授業などあり得ない。しかし、そこには一貫した教師の考え方とそれにもとづく支援が展開される。その状況の見極めにおいて、同じように「良い授業」が追試できたということになろう。教師の授業が単なる「HOW TO」だけでは成立しない所以がここにある。

科学的事実に基づいた理論は、万人が認めることで「科学」として成立する。万人が認める為には追試による検証が可能であることが必要条件である。同じく、教室で行われている授業についても、教師の授業構成のプロセスモデルを明らかにすることによって、質的側面での追試が可能になると考えられる。この授業のプロセスモデルを使って、教師の活動を実際の授業から読みとり、そこで培われている子どもの学びの形成過程を検証し、さらには、教材の機能を明らかにすることで、追試の可能性に迫れるものとされる。

本研究では、授業構成モデルの構想とその有効性の検証することを目的とし、さらにモデルに基づく学習指導案の作成、授業の実施を視野に入れた報告をしたいと考える。

### 3. 授業構成のプロセスモデル

#### 3. 1 教師の直感的行為

Claxton(2000)は、教師が直感的に行っている要因を6項目挙げ、その定義を試みている<sup>(3)</sup>。

- |                     |         |               |       |
|---------------------|---------|---------------|-------|
| ・ Expertise         | : 専門的知識 | ・ Sensitivity | : 感受性 |
| ・ Implicit learning | : 暗黙の学び | ・ Creativity  | : 創造力 |
| ・ Judgement         | : 判断力   | ・ Rumination  | : 反芻  |

本稿では、これら6つの視点をもとに教師の授業構成のプロセスモデルを図1のように作成した。教師は、この「授業構成のプロセスモデル」の循環に沿って授業を構成し、さらにループ構造としてその質を高めていると考えられる。

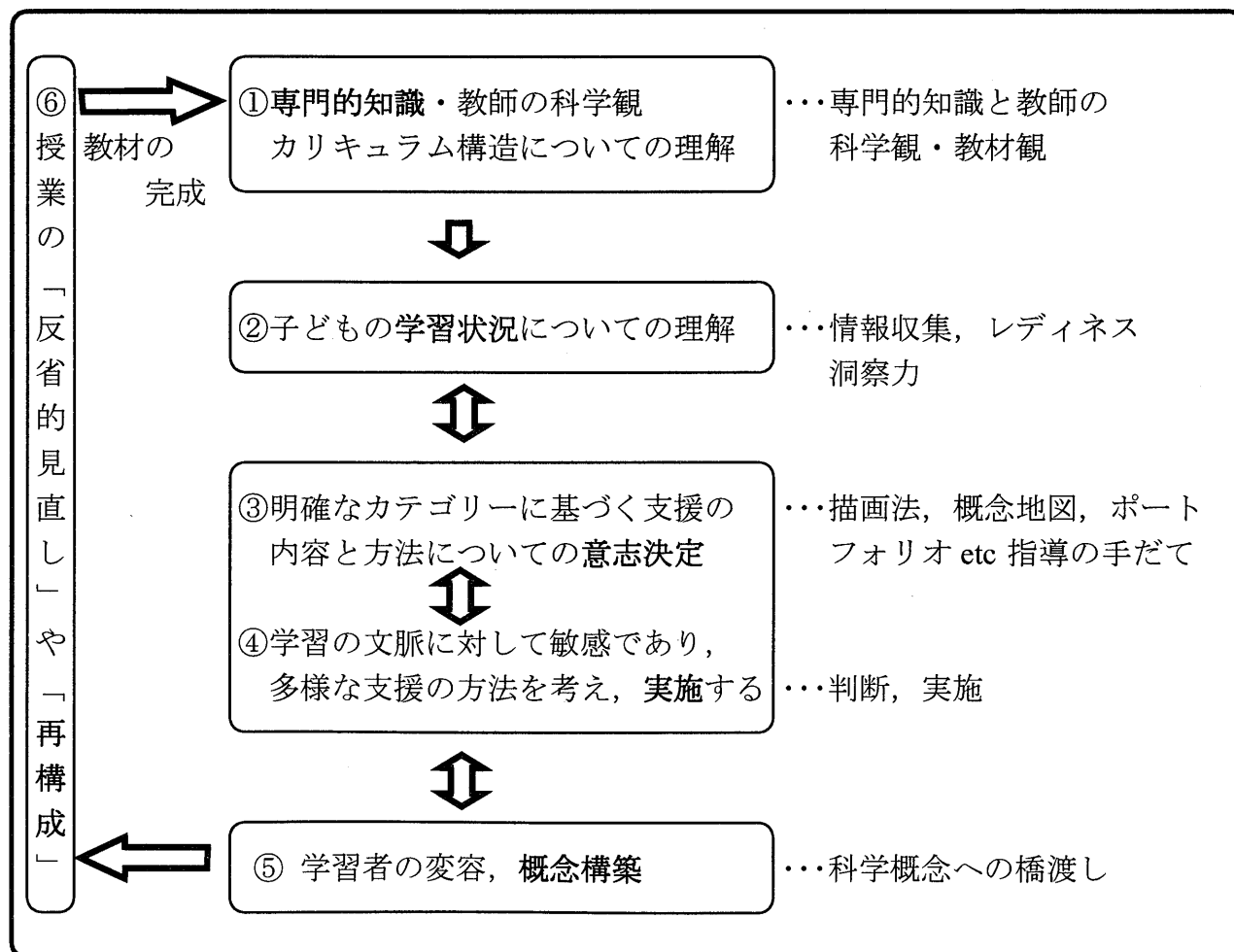


図1 授業構成のプロセスモデル

3. 2 教師の直感的行為と子どもの学び

教師の活動をこのように捉えたとき、子どもの学びの形成過程との関わりを例として図2のように示すことができる。教師は、子どもの学びの形成過程のモニタリングを通して、一貫した見通しに基づく授業構成を行っていると考えられる。また、教師は授業の「反省的見直し」を通して授業改善を行っていく。

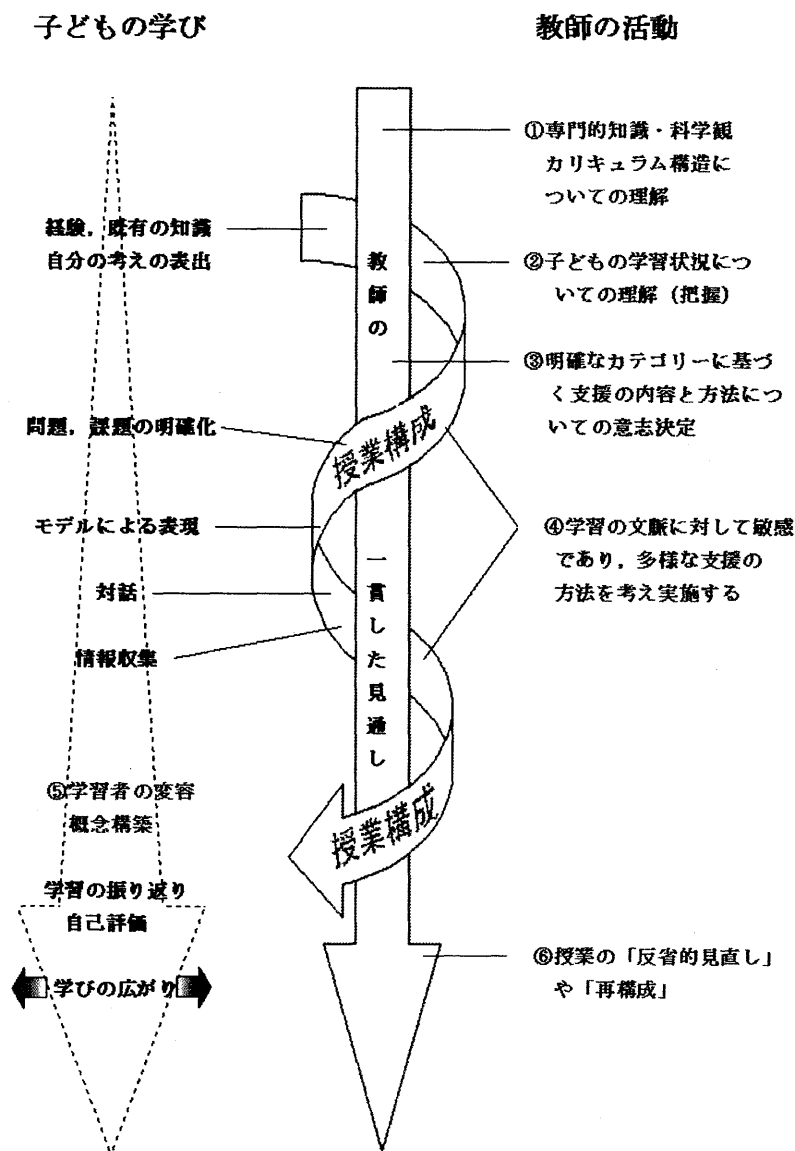


図2 教師の活動と子どもの学びの形成過程

### 3. 3 授業の成立と子ども・教師・教材

子どもと教師の対話過程に、教材の存在は欠かせない。実際の授業を想定したとき、教師の評価活動、子どもの活動、教材の機能は、子どもの学びと教師の評価のサイクルとして図3のように表すことができる。

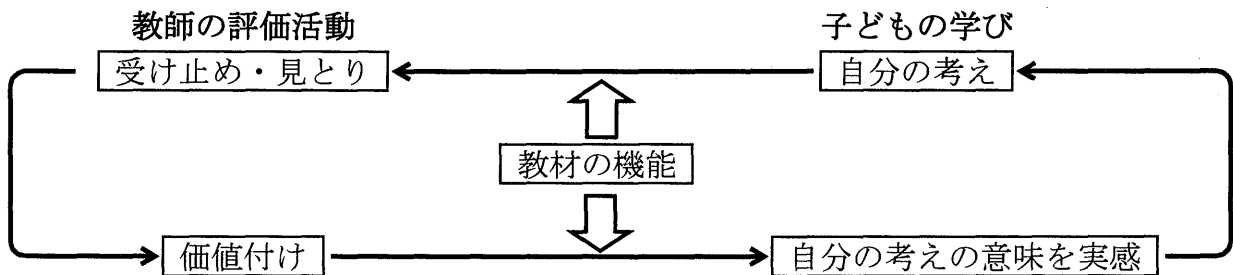


図3 子どもの学びと教師の評価のサイクル

子どもの学びの形成と教師の評価活動は、子どもと教師の直接的な対話のみで成立することはない。教師が意図的に提示する教材と子どもとの対話、教師と子どもの教材を介しての対話として成立すると考えられる。

### 3. 4 授業構成のマトリックス

これまで述べてきた授業構成の要素、子どもの学びと教師の評価活動、教材の機能をS-P-Dを基調とした授業場面を想定して実際の授業に即してマトリックスを作成した(図4)。これによって、授業構成のプロセス、教師の評価活動、子どもの学びの形成過程、教材の機能を全体として捉えたい。



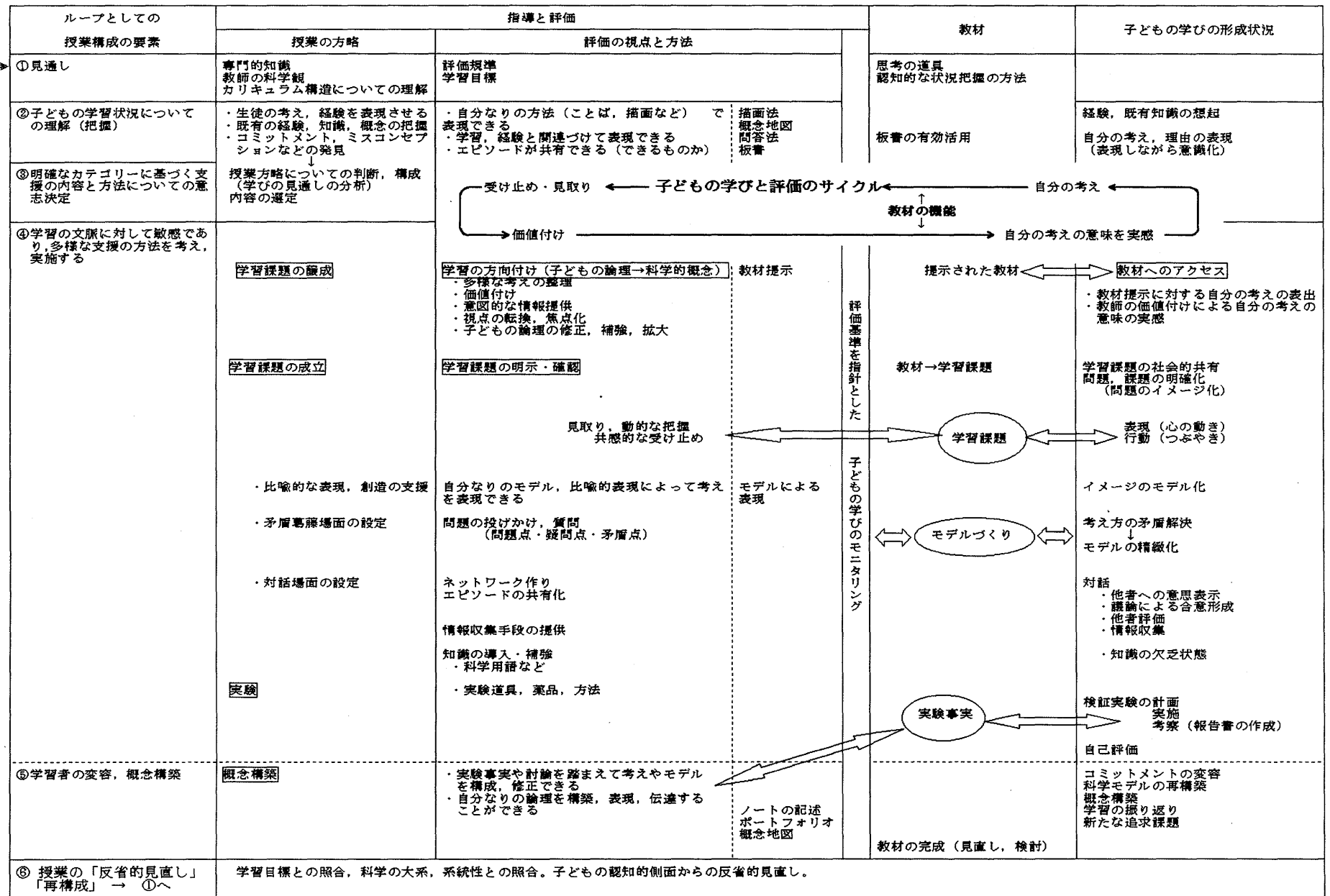


図4 授業構成マトリックス

#### 4. 授業構成マトリックスを通しての授業の見とり

子どもの学びに即した授業，S-P-Dに基づく授業として授業を参観させていただき，授業構成マトリックスを用いて授業の分析をさせていただいた。授業は，授業者である益田裕充先生独自の単元構成をされていた。

##### 4. 1 参観授業

授業者 益田 裕充先生

埼玉県 深谷市立深谷中学校 1年

授業日 平成14年11月15日（金）4，5校時

（第3次，2時間目と3時間目を参観させていただいた。）

単 元 「溶解」

第1次 「ろ過は何のためにするの」

第2次 「私のアトム（粒子模型）をつくろう」

第3次 「溶けるってどんな現象を言うの」

1時間目（本時の目標）

- ・溶けるという現象に関心を高める。
- ・溶けている状態，溶けていない状態を自分なりに見分けられる。

2時間目

- ・「水に溶ける」現象をろ過を通して説明できる。
- ・自分の考えを表現できる。

3時間目

- ・溶けるとは「固体が液体に変わる事」であると意味づけることができる。
- ・溶媒の役割を説明できる。
- ・モデルを用いて，水の均一性を説明できる。

第4次 「自然環境への配慮って本当に難しいことだよ。

ー私たちができることから始めようー」

膨大な資料をいただいたが，紙面の都合，授業の趣旨として一部を抜粋させていただく。

ー この授業での構想の出発点

「水は水（液体），砂糖は溶けたら（溶解と融解はあるが）液体」というのが子ども達のごく自然な発想である。だから，この自然の発想を実験・討論を通してより明確に持たせよう。そして，モデルはモデルとして考えさせよう。というあたりまえのものです。

そのために，溶媒と溶質をしっかりとモデルでとらえられなくては，均一性の問題は子ども達の中で実感を伴う理解につながらない。モデルも，自分たちの問題意識から出発して，モデルの有用性を理解した上でこの授業に取り組まなければならない。

## 4. 2 授業記録の方法

- ・ビデオカメラによる記録
- ・授業者にタイピン型マイクを装着してもらい、音声記録をした。

## 4. 3 対話過程の見とりとしての授業プロトコルの形式

授業構成マトリックス前提として教師・教材・子どもの活動を見とるために、図5の書式に基づき、授業のプロトコルを作成した。

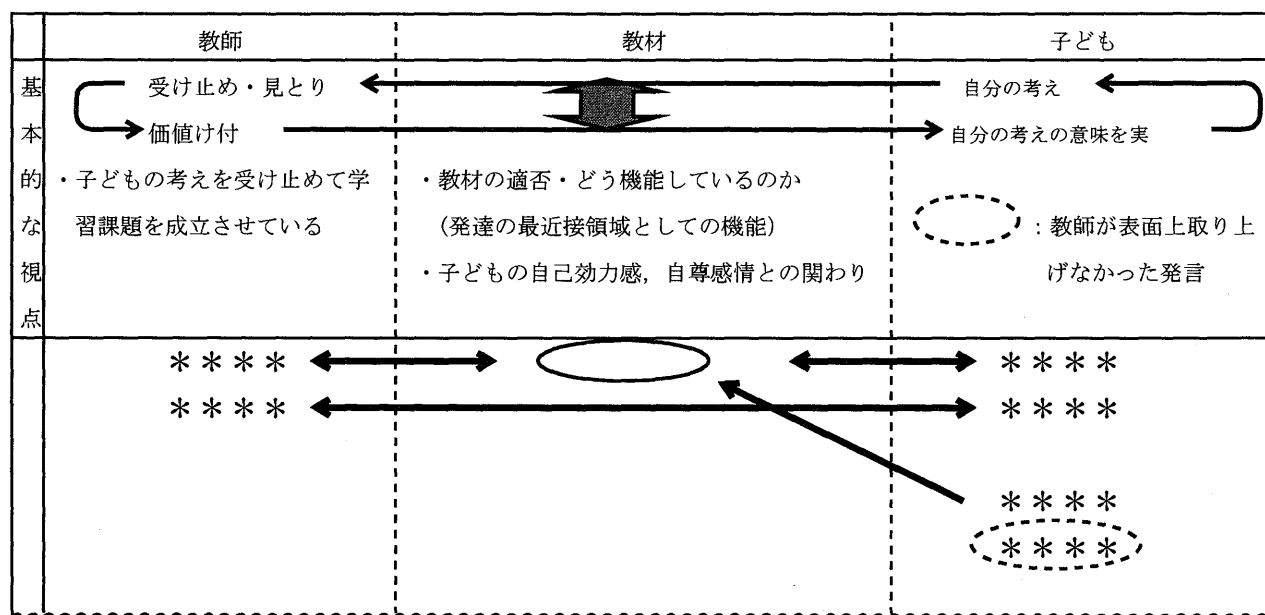


図5 授業プロトコルの形式

## 4. 4 授業プロトコル

このプロトコルは、授業開始から約13分間、本時の学習課題が成立するまでの過程をたどったものである。場面を以下の3場面に分けて分析を行った。

- 場面1：食塩の水溶液の提示  
 場面2：小麦粉の提示  
 場面3：どろ水の提示から学習課題の成立

それぞれの場面は、授業者が提示した教材の転換場面毎に区切り、各場面における教師、教材、子どもの対話過程をたどった。全体として本時の学習課題が成立するまでの過程である。

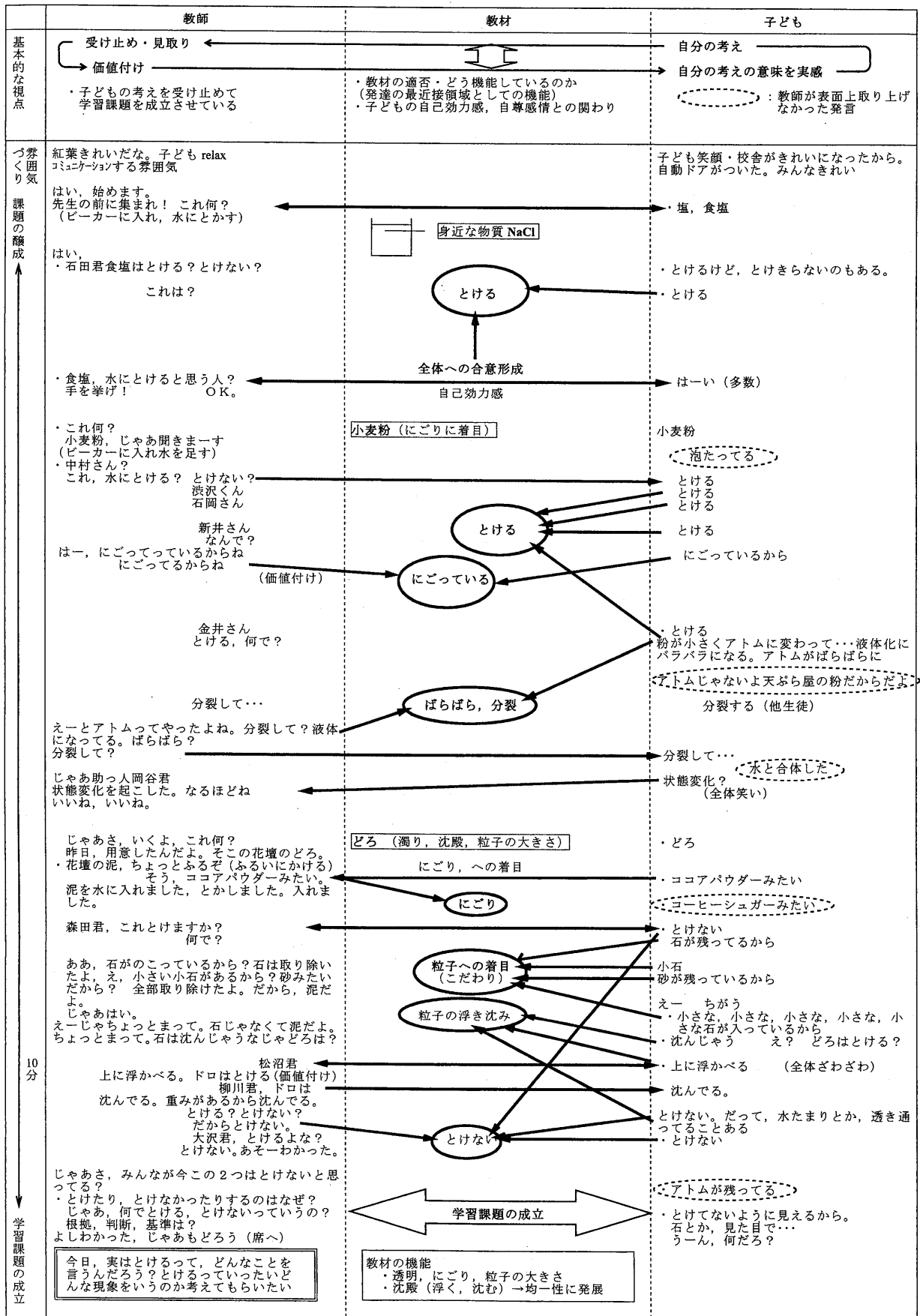


図6 授業プロトコル

#### 4. 5 プロトコルの分析

まず、授業者は授業開始前に子ども達に「外の紅葉がきれいだな」というように雰囲気づくりから授業に入った。そして、以下の各場面へと展開された。

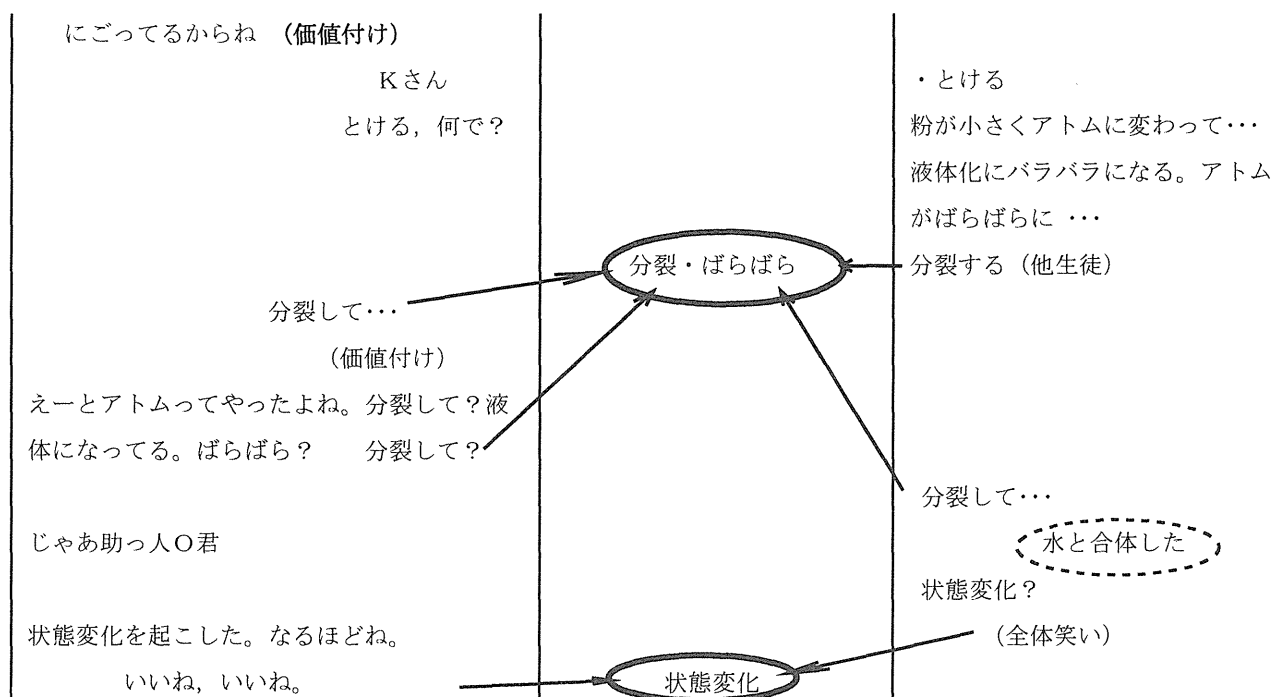
##### 場面1：食塩の水溶液の提示

教師	教材	子ども
はい、始めます。 先生の前に集まれ！ これ何？ (ビーカーに入れ、水にとかす)		塩，食塩！
はい， I 君食塩はとける？とけない？	食塩水	・とけるけど，とけきらない のものもある。
これは？	とける 合意形成	・とける
食塩，水にとけると思う人？	自己効力感	はいー！（ほぼ全員）

場面1では、食塩水が提示された。ここでは、食塩水は「とける」「とけない」の判断基準として「食塩水は水にとける」という全体の合意形成がなされ教材としての機能を果たした。また、ほぼ、全員が自信をもって食塩は水にとけると答えているところから自己効力感を高めたと言えよう。

##### 場面2：小麦粉の提示

教師	教材	子ども
これ何？ 小麦粉 じゃあ聞きまーす (ビーカーに入れ水を足す)	小麦粉	小麦粉 泡たってる
Nさん？ これ，水にとける？ とけない？	とける	とける
Sくん	とける	とける
Iさん	とける	とける
Aさん	とけない	とけない
なんで？	にごっている	にごっているから
はい，にごってっているからね		



場面2では、小麦粉が提示された。ここでの教師の意図は、「にごり」への着目である。小麦粉を水に入れたとき、子どもは「とけた」と判断した。しかし、「にごっているからとけていない」という子どもの出現から、それを価値付け、分裂、ばらばら、更に状態変化へと発展させた。

ここでの子どもは「にごり」が「溶ける」ことへの判断基準になることには気づいていない。しかし、水に入ることで粒子が分裂したり、バラバラになることを一つの判断基準として深めた。教師が取り上げなかった「水と合体した」ことについては、この後の水溶液のモデルづくりに大きく貢献する考えであった。図7は、次時の活動の場面である。中央のやや大きい粒を溶質に見立て、水溶液中で水の粒子が溶質を取り囲む状態を子どもがイメージしたものである。そして、水の粒子に包まれるように溶けているから、「濃さは何処も同じ」という考えに発展した。さらに、とけ残りは、「包み込む（または、結びつく）水の粒子が足りなくなるからとけ残るんだ」と説明していった。

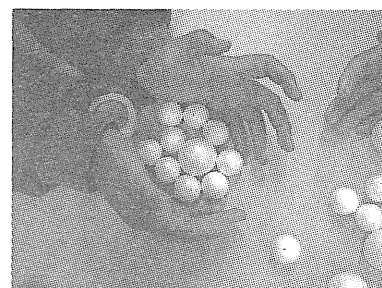
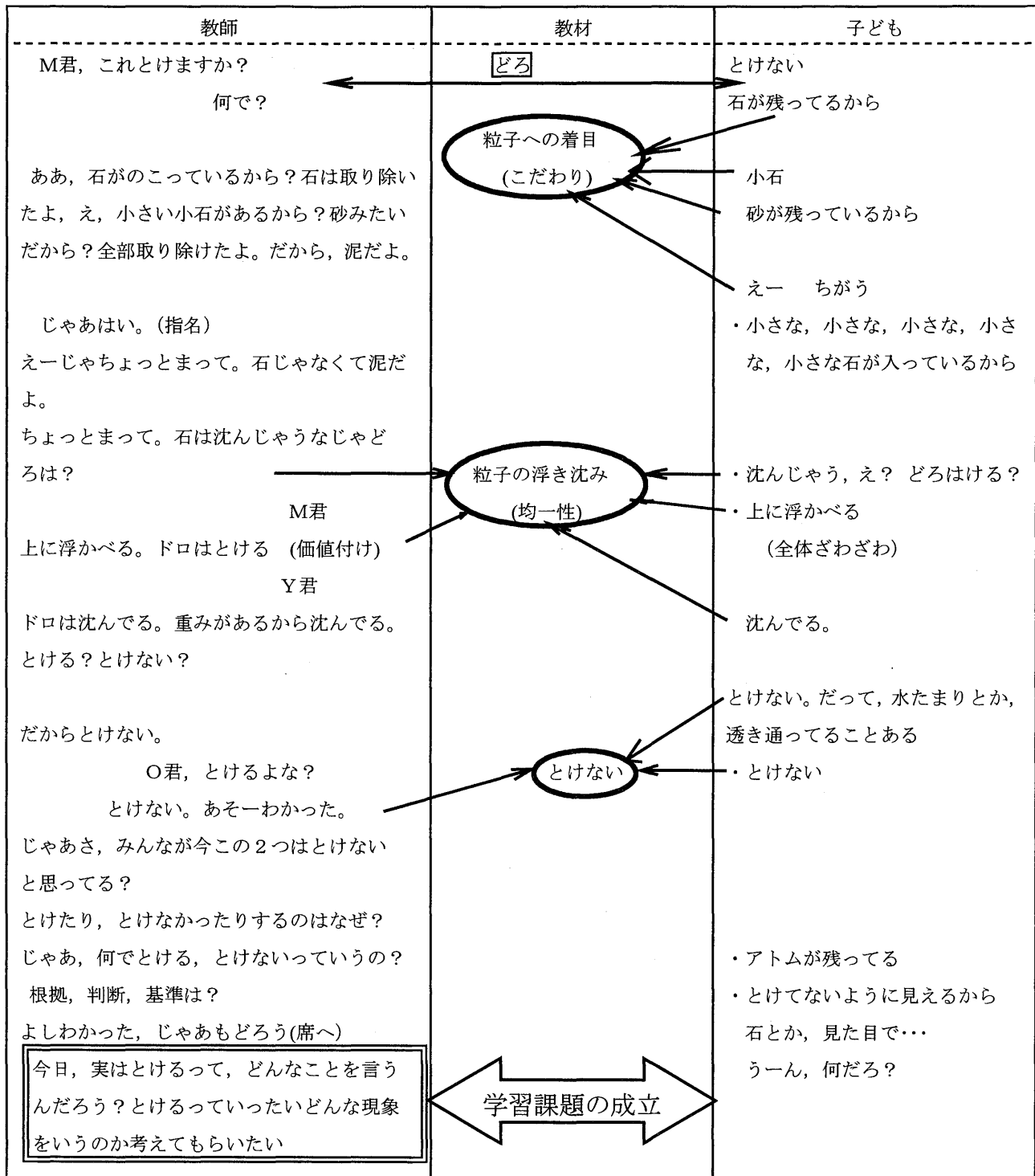


図7 水溶液モデル

### 場面3：どろ水の提示から学習課題の成立

場面3では、どろ水が提示された。ここでの教師の意図は、「にごり」「沈殿⇔均一性」への着目である。子どもは、「どろ水はとけない」と主張し、教師は一貫して石は取り除いたと主張し、なぜ「とけない」と判断するのか根拠を求めた。



子どもは、ふるいにかけた土には小石が混ざっているから「とけない」ことにこだわりを見せた。そして、小石は取り除いたという教師の一貫した主張に、時間が経てば沈んでしまうから、「とけない」と。「透明な食塩水」と「にごった小麦粉の液」の比較、そして、「時間が経てば沈むどろ水」。これらの観察を通して学習課題は成立した。そして、提示されたそれぞれの教材は、子どもに観察の視点を与える機能を果たしていた。

## 5. 授業構成プロセスモデルの有効性に関する考察

Claxton の教師が直感的に行っている 6 項目の要因をもとに授業構成プロセスモデルを作成した。これをループとしての教師の授業行為と捉えるならば、日々、教師が積み重ねる経験、授業の質を高めていく行為のプロセスをモデルとして捉えることができる。教師自身が意識、無意識にかかわらず、授業の質を高めていく状況を客観的に表すことにつながれると考えられる。教師に焦点を当てて授業行為を観察するならば、一つの視点を与えることになる。客観性の問題は、質的側面だけに立証していくことに困難な点もあるが、より実態に即した形にしていくためには、今後、より多くの授業者から意見をいただく必要があると考えている。そのことによって、教師の一貫した見通しの中で行われている評価活動の中で、即時的、直感的に行われている部分にせまりたい。

次に、実際の授業に即した形に近づけるために、授業構成マトリックスを作成した。しかし、結果として「授業の見とりとしてのプロトコル」のあり方を検討するたびに、それは書き換えられることになった。これまでの研究では、教師と子どもの対話過程に焦点が絞られていたからである。実際の授業を観察したとき、教材の位置づけと記述の方法が問題になった。教師が提示する教材、子どもが発見していく過程での教材が、発達の最近接領域に位置づき、子どもの自己効力感につながって関心・意欲を高めているかがその授業の在り方を大きく左右するからである。これを表現するために、「教材が果たす機能」を教師と子どもの間に位置づけることにした。このことによって、教師と子どもの対話過程の中における教材の機能が表現されることになった。

また、S-P-Dの授業展開を基調とするならば、今回示した授業構成マトリックスも一つの例にすぎないと考えている。なぜならば、授業は子どもの考えに対する教師の評価活動の価値付けというサイクルの積み重ねによって子どもの学びを成立させていく過程であると考えられるからである。子どもの考え、そしてその見とりを基調とした授業プランは常に変更、修正が加えられていくのである。

教師が思い描く授業構想と、子どもへの見とりのサイクル。そして、そこに位置付き、機能することで完成する教材。これらの具体化を反省的に見直し、授業を再構成していく教師の姿を授業構成プロセスモデル、マトリックスは、授業の見取りの視点を与え、プロトコルとして具体的場面を記述できるものと捉えられる。また、教師のこうした行為は、単元全体というマクロ的な面だけではなく、子ども個々、社会的集団としての子どもとの関係においても、即時的、直感的行為として記述される。こうした子どもの学びの形成過程の具体的記述がその授業の質の高さを示す。そのことで、第3者の質的側面における授業の追試の可能性、再現性へとつながるものと考えられる。

このようなプロセスを考えたとき、我々が記述すべき授業構想のあり方も再考されるべきである。モデルをもとにした授業構想とその具体化である。次章において、その一部具体化までを構想、実施したものを報告する。



## 6. 学習指導案の構想

授業構成モデルにもとずき、授業構想を作成した。今後、授業を予定していることと、実施校の事情（3クラス中1クラスのみの実施となること、また、単元途中からの引き継ぎとなること）もあり、基本的に教科書（啓林館）の内容にできる限りそった形とした。

### 6. 1 単元「化学変化と原子・分子」の目標と評価基準

（学習指導要領解説、国立教育政策研究所作成の評価基準に準じる）

#### a. 単元の目標

化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事象を原子、分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。

#### ア 物質の成りたち

- (f) 物質を分解する実験を行い、分解して生成した物質から元の物質の成分が推定できることを見いだすこと。
- (i) 物質は原子や分子からできていることを理解し、原子は記号で表されることを知ること。

#### イ 化学変化と物質の質量

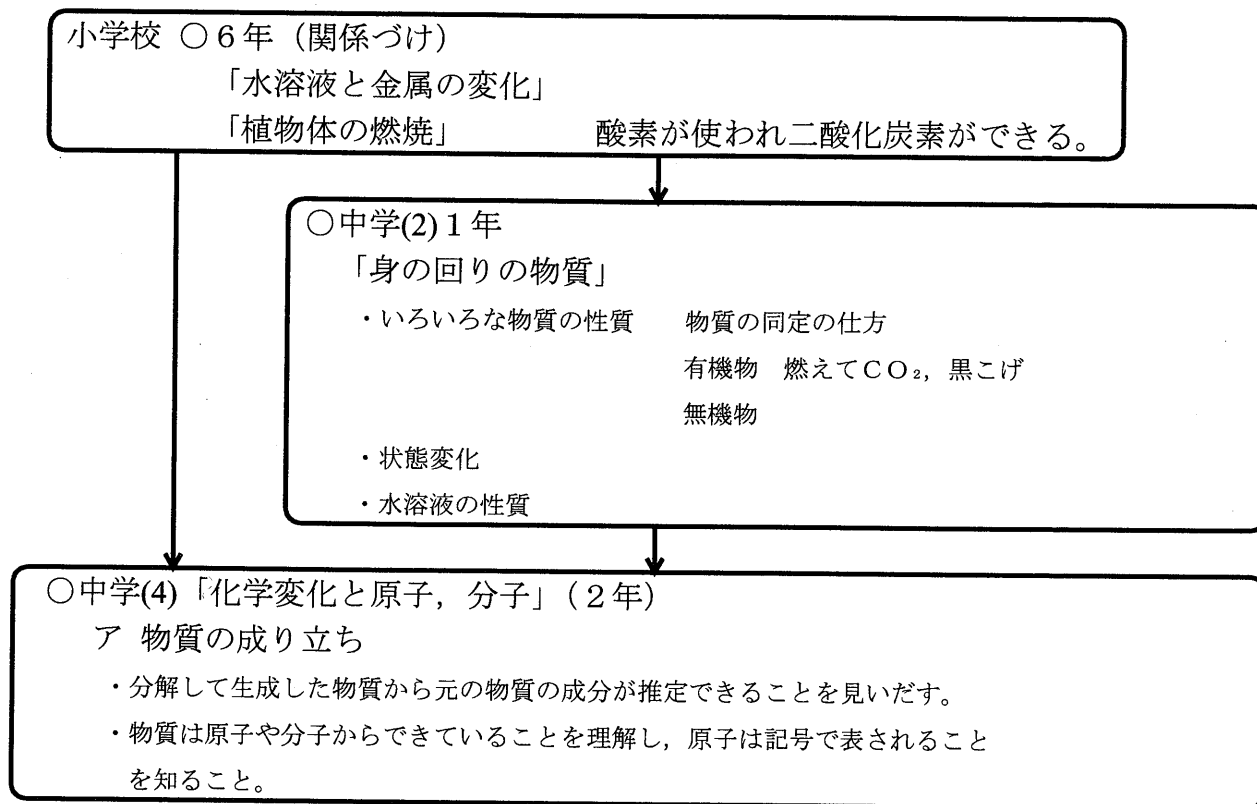
- (f) 2種類の物質を化合させる実験を行い、反応前とは異なる物質が生成することを見いだすとともに、化学変化は原子や分子のモデルで説明できること、化合物の組成は化学式で表されること及び化学反応は化学反応式で表されることを理解すること。
- (i) 化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応の前後では物質の質量の総和が等しいこと及び反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだすこと。

#### b. 評価基準

関心・意欲・態度	科学的な思考	技能・表現	知識・理解
化学変化と原子、分子に関する事物・現象に関心をもち、意欲的に観察実験を行ったり、それらの事象を日常生活と関連付けて考察したりしようとする。	化学変化と原子、分子に関する事物・現象について観察や実験などを行ったり、事象の生じる要因や仕組みを科学的に考察したりして問題を解決する。	化学変化と原子、分子に関する事物・現象について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、規則性を見いだしたり、自らの考えを導き出したりして創意ある観察・実験報告書の作成や発表を行う。	化学変化と原子、分子についての基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

## 6. 2 単元の構造の理解

### a. 過去の単元とのつながり



### b. 本校使用の教科書 (啓林館)<sup>(3)</sup> の単元「化学変化と原子・分子」の流れ。

#### 1 ー物質が分かれる変化

- 1次: 導入小単元 (決め手はBTBの色だ)
- 2次: 加熱したときの変化 (実験1: 炭酸水素ナトリウムの分解)
- 3次: 電流による物質の変化 (実験2: 水の電気分解)

#### 2 ー物質のつくり

- 1次: 物質のもとになる粒
- 2次: 原子が結びついてできる粒(実習1: 分子のモデルをつくってみよう)
- 3次: 物質を表す式
- 4次: 化学変化を表す式

#### 3 ー物質が結びつく変化

- 1次: 金属が酸素と結びつく変化
- 2次: 金属が硫黄と結びつく変化 (実験3: 鉄と硫黄の混合物の加熱)

#### 4 ー化学変化の規則性

- 1次: 化学変化の前後での物質の質量 (実験4: 質量保存)
- 2次: 化学変化における反応する物質の質量の比  
(実験5: 金属と酸素の化合における質量比)

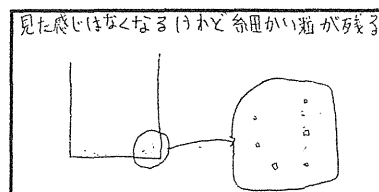
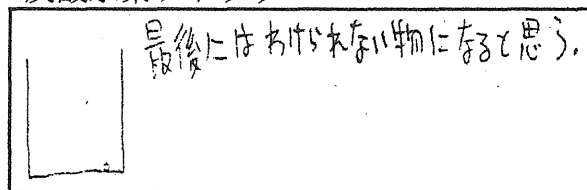
### 6. 3 単元の構想・子どもの既有概念の把握から

授業は、「炭酸水素ナトリウムの分解」と「水の電気分解」を行った後からの引き継ぎとなった。このあと、教科書では、金の走査型トンネル顕微鏡（STM）画像の紹介、ドルトンの原子についての考えを紹介し、原子の概念を導入している。授業に先立ち、事前調査を行った。調査では、下のア～ウの記述とエのモデル作成を求めた。

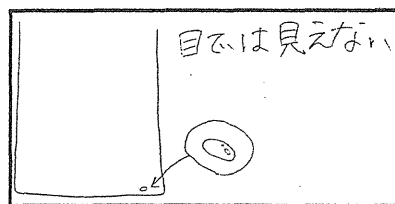
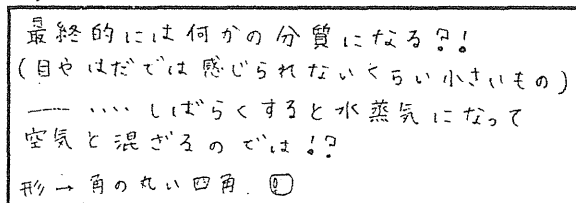
- ア. ビーカーに入った炭酸水素ナトリウムを半分、半分とわけていくと最後にはどうなるか。
- イ. ビーカーに入った水を半分、半分と分けていくと最後にはどうなるか。
- ウ. 水が電流を流したときに酸素と水素に分かれた変化のイメージ。
- エ. 分けていった水1粒のイメージを紙粘土で表現すとどうなるか。

#### 子どもの回答例

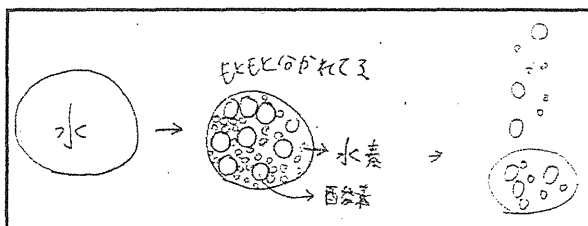
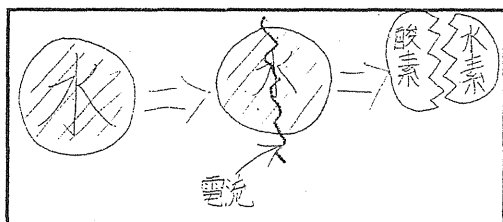
##### ア. 炭酸水素ナトリウム



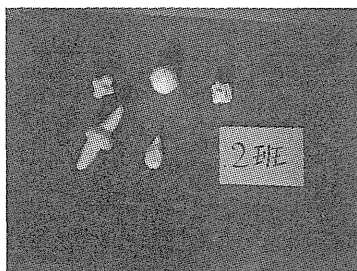
##### イ. 水



##### ウ. 水の電気分解のイメージ



##### エ. 水1粒のイメージ



子ども達は、1学年の「身の回りの物質」における状態変化、水溶液の性質などの学習を通して、物質が小さな粒からできていることに気づいている。従って子どもの粒子概念を一貫して支援していくことで、原子・分子モデルへと発展させていくことが可能であると考えた。

S-P-Dの考え方にもとづく授業では、当初教師が考

えていたプランの変更がなされる。よって、時数を追った単元構想は柔軟性を欠き、結果としてP-D-Sの授業になりがちである。こうした考えから、単元全体の構造を図8のように表した。

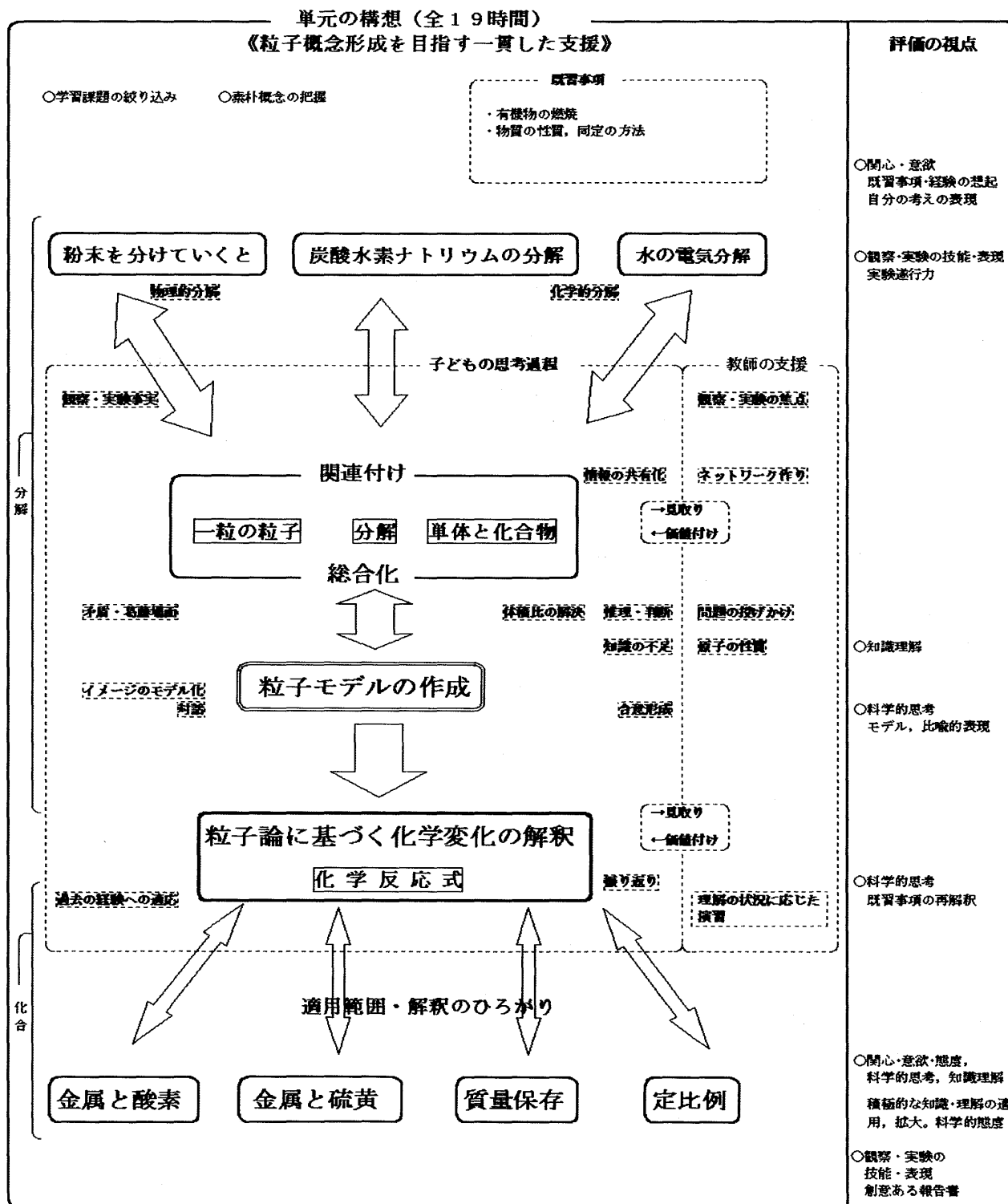


図8 単元全体の構造

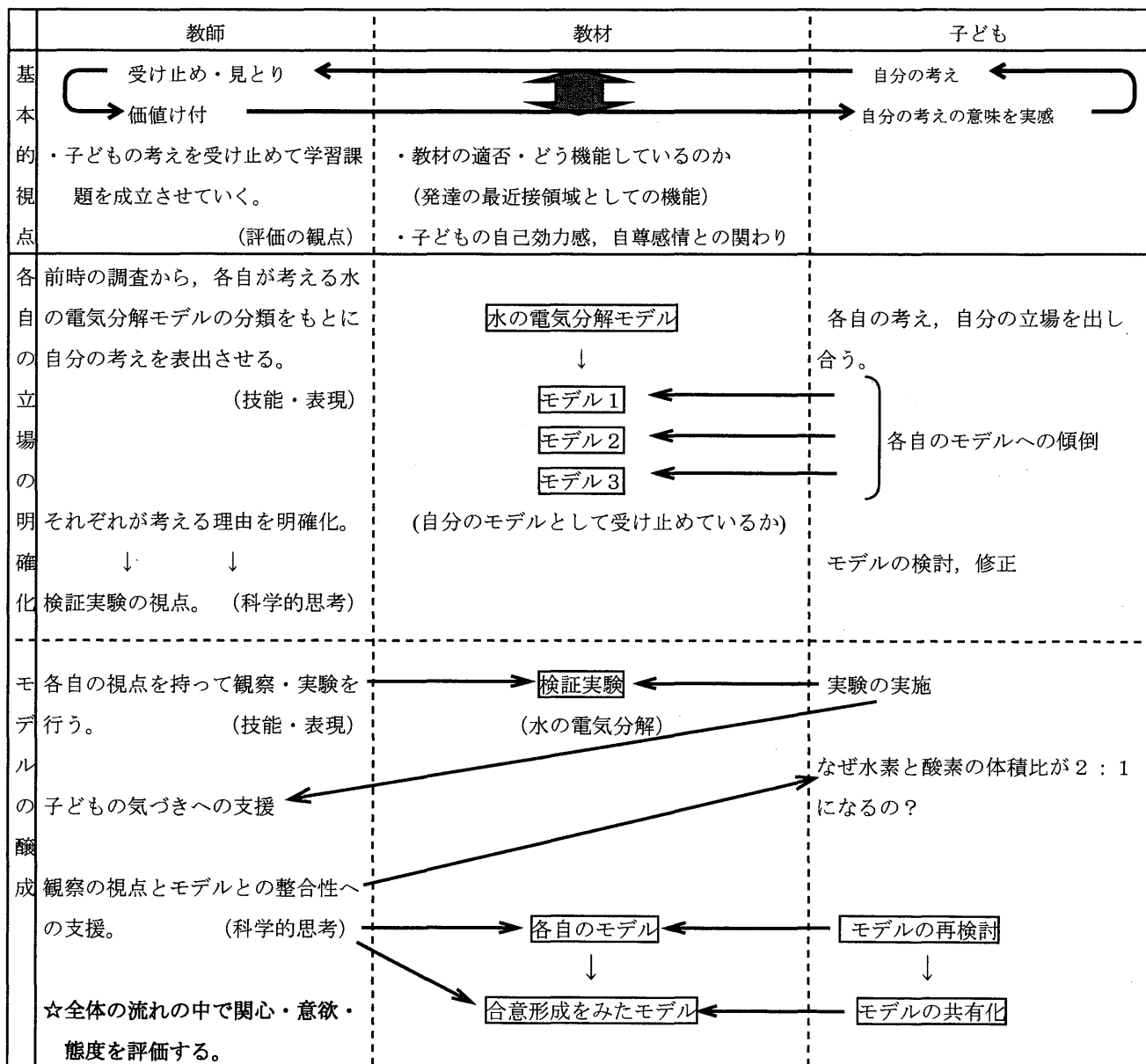
このことによって授業者も単元のどの部分で子どもの考えの「何を」醸成し、評価しているのかを把握しやすくした。なお「粉末を分けていくと」については、モデル概念構築の支援として独自に配した。

なお、単元全体を再構成する考え方もあるが、以下の理由により、基本的な構成は教科書の流れに沿う形とした。

- ・本市（川崎市）では、全市統一採択されている。（追試の可能性を広げたい）
- ・部分的に研究的授業として時間を確保していること。

#### 6. 4 学習指導案の構想

本時の流れの構想については、実際に授業を行うことを前提に構想した。



## 6. 5 子どもの学びの見とり (評価)

先に紹介した子どもが「物質を小さくしていくと最後にはどうなる」と考えているのか、また、「水が電気分解されたときのイメージ」を子ども達はどう捉えているのか。については、イメージを描画を中心に記述させる方法で見とった。この中で、「子どもは1つの水の粒が電気によって水素と酸素に引きちぎられる」「水の中に入っていた水素と酸素の粒が電気によって抽出される」などのイメージを持っていることが明らかになった。(例として図9)

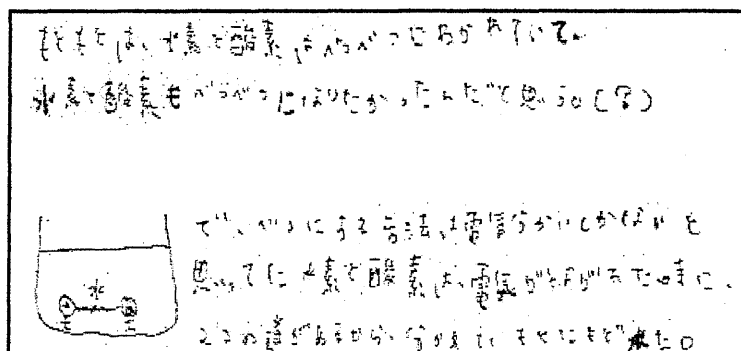


図9 水の電気分解のイメージ

個々の子どものこうしたイメージを、起点として原子、分子のモデル作りへと発展させたい。表現の中心は、描画法を中心とした記述になると考えられるが、文章、発言といった考えの表出に対しても授業者は敏感であるべきであろう。

また、子どもの話し合い活動や全体討論において、補助的にホワイトボードを各班に利用させ、その対話や考えの形成過程を見とっていきたいと考えている。

関心・意欲・態度についての評価について、現時点では個々の場面の教材や活動に対して「関心をもって取り組んだ」など、単元全体の中での瞬間的な子どもの様子の評価を積み重ねるのではなく、ノート、ワークシートの集積としてのポートフォリオの活用を中心に単元全体を通しての「関心・意欲・態度」の高まりとして評価して行きたい。

## 7. おわりに

子ども達の考えを基底にした授業構成では、子どもの考えが中心に据えられているが故に、意欲的な活動が見られる。しかし、その活動は楽しく見えても、既有概念から科学概念への発展は、子どもにとっても越えるべき大きな山である。それを支えていく教師の支援、教材の機能が明らかにされていくことが、今後の実践レベルでの大きな課題になると考えている。そのためには、教師はいったい何を見とり、何を価値付けたのか。そして、子どもの学びはどのように育まれたのか。この質的側面における関係性を明らかにしなければならない。そうした意味で今回作成した授業構成のプロセスモデル、マトリックス、授業プロトコルの構想は、教師、子ども、教材という授業の構成要素の質的側面を捉える視点を与えられるものと考えられる。また、教師が授業を再構成していく過程を意識化し授業の質的向上に貢献できるものであると考えられる。

子どもの学力低下問題が巷を賑わわせているが、学力を単なる知識の量ではなく、先に挙げた生きる力を育むために「子どもの論理の展開と発展の支援＝論理（概念）の構築過程を鍛える」という過程で、理科としての科学的思考力を高めるという考えも成り立つのではないか。そして、それを支える教師に求められるのは、子どもの論理に根ざした授業展開に耐えうる指導力である。それは、例えて言えば教師が多くの「引き出し」を持っていることが問われることでもある。また、一貫した見通しの中で、子どもの状況に対する有効な即時的判断が可能な領域に達している教師にとっては、その「引き出し」は1つであるかも知れない。

### 《引用・参考文献》

- (1) 文部省,「中学校学習指導要領解説－理科編－」pp.11, 1999
- (2) 森本 信也,「子どもの学びにそくした理科授業のデザイン」, 東洋館出版社,  
pp50-52, 1999
- (3) Claxton, G (2000), The anatomy of intuition , in Ruth Dann(eds.), *PROMOTING ASSESSENT  
AS LEARNING*, pp42-44, 2002, Primary Education
- (4) 理科1分野下, 啓林館, pp.1-36, 2002

# 子どもの思考に基づく理科学習の立ち上げとその発展に関する一考察

横浜国立大学教育人間科学部 森本信也

横浜国立大学大学院教育学研究科・東京学芸大学教育学部附属竹早中学校 佐藤寛之

## 1. はじめに

平成10年12月に改訂され、平成14年4月から実施されている新学習指導要領は子どもの実態、教育課程実施の状況、社会の変化を踏まえつつ、「ゆとり」のなかで「特色ある教育」を展開し、子どもに「生きる力」を育成することを基本的なねらいとしている。つまり、基盤である「ゆとりある教育活動を展開する中で、基礎・基本の確実な定着を図り、個性を生かす教育を充実すること」により、「自ら学び、自ら考える力を育成すること」の実現を目指しているのである。

また、新しい学力観として、従来の知識偏重の学力観から「科学リテラシー」という言葉に代表されるような、知識・技能を含めた実際に子どもの自然事象の理解に適用できる包括的な概念の発達に着目し始めている。「科学リテラシー」とは、経済協力開発機構(OECD)の学習到達度調査(PISA)が示していることを参照し、援用するならば、自然事象に対して自らの理解を「他に論証する能力」とであると考えることができる。言い換えれば、この「科学リテラシー」は自然事象に対する名称・用語のような狭義の概念を示すものではなく、その自然事象をどのように捉えるかについての過程も包括した概念を表明する能力であるといえる。「学力とは学習者固有の学びが現れるときに形成される。」と考えるとき、前述の文部科学省、つまり国が意図とする学力観ははじめて意味を成すものとなる。

上記学力観の変容を踏まえるとき、新しい理科学習の形態に変容させるための子どもの科学概念の構成を支援する理科学習論が必要とされている。この学習論のなかで学習者の認知構造と概念変換を分析する基本的視点として、スキーマ(schema)、コミットメント(commitment)、問題解決を挙げることができる。スキーマとは長期記憶を構成している2つの知識であり、表裏一体となって機能している宣言的知識と手続き的知識の知識表象のことをまとめて表したものである。コミットメントとは、子どもによる『自然界と自分自身との両者について明解で、確固とした信念の確立』であり、『ある信念へのコミットメントは、その人のアイデンティティーの明確化を促す』ものとして考えられ、コミットメントは自我同一性との関係がある。

基本的視点として取り上げた3つの要素は、「問題解決を図るために子ども達は、ある信念を背景に自然事象に関する概念に対しての自我同一性を求め、コミットメントを基に既知の宣言的知識(スキーマ)の適用を図る」という関連性として捉えることができる。こ



の関連性に立つとき、理科学習における問題解決とは、学習者個人が以前からもっていた自然事象に対する概念の変換であると考えることができる。この概念の変換を支援する学習論が構成主義学習論であり、学習者の自然認識の多様性を認めただけで、学習者自身に概念の再構成をさせることを企図することが事象に対する本質的な理解を拡大・深化させると考えることができる。

本研究では、構成主義学習論を理解するために、R. T. White の示した記憶論の要素を示し、スキーマとの関係を考えてみた。R. T. White の示した記憶論の各要素は、可逆的な連関を持ち、問題の解決に用いられるとき「認知的方略」に統合され問題の解決のためのスキーマとして機能する。子ども達の知識の多様性を示す記憶を問題の解決につなげるためには、各記憶要素に対して新たな要素間におけるリンクの再構成が求められることになる。リンクの再構成を可能とするには、「既知の知識の存在」から自然事象に対する「概念」を考える場の提供がなされなければならない。この「場」において中心的に機能する思考形態を「構成主義 (constructivism)」であると考えることができる。

「構成主義」には「個人的」と「社会的」の2つの要素があるが、現在における「構成主義」という言葉は、両方を包括して表しているのではなく、「社会的構成主義 (social constructivism)」において多くは説明される。すなわち、L. S. Vygotsky の理論の影響を受けた「社会的構成主義」とは、学習に影響を与える社会的要因に焦点をあてる、つまり、文化的環境の中に個人を位置付け、個人と文化的環境の弁証法的関係を研究対象とする人間発達論を提起する。しかし、「構成主義」を「個人的」と「社会的」の2つに分けてどちらに優劣があるのかを考えるのではなく、子どもの自然認識の多様性をとらえるうえでは、「個人内」にある認識と「環境」に起因する社会の中での情報の共有の形態を捉えるうえで2つの要素は不可分なのである。

本研究では、構成主義学習論を理科学習に適用するための視点として、①子ども達の自然認識の多様性②自然事象の理解のための問いの導出③学習を支援するカリキュラム（学習者のもつ情報の共有と教授者のもつ役割）④概念の変容を図る方略⑤学習への評価を挙げ、従前の経験主義に基づく Plan-Do-See 型の教授・学習形態から See-Plan-Do 型の教授・学習形態への変容を求めていくことの必要性を示した。

## 2. 授業実践概要

本研究では、上述の See-Plan-Do 型の教授・学習形態の視点に立ち、神奈川県内の男女別学の私立T中学校の中学1年生の男子クラスと女子クラスの2つのクラスに対して、中学理科第1分野の「光の性質」と「熱と温度」の単元の授業立案のための調査から授業のためのワークシートを作成し、授業実践をするということを平成13年9月～11月に行った。

- ①. 中学理科第1分野の「光の性質」単元の学習における「反射」の概念  
(《調査》平成13年 9月・《授業実践》平成13年10月15日～22日 )
- ②. 中学理科第1分野の「熱と温度」単元の学習における「熱」の概念  
(《調査》平成13年11月・《授業実践》平成13年11月26日～30日 )

### 3. 学習前での子ども達の事象への理解

子ども達の事象への理解の度合いを知るために、①反射については、光の進み方・物体がどのように見えるのかについて図示する、また、論述するという手法での調査を、②熱については、物体の熱の伝わり方や熱を蓄えている様子を図示するという手法での調査を行った。

#### ①光・反射に関する調査

##### 1) 光線の進み方について

「光源から出た光がどこまで進むか」や「光線は直線的に進む(直線で表現する)」などの質問について図から想像させた上で行った。(【図1】)

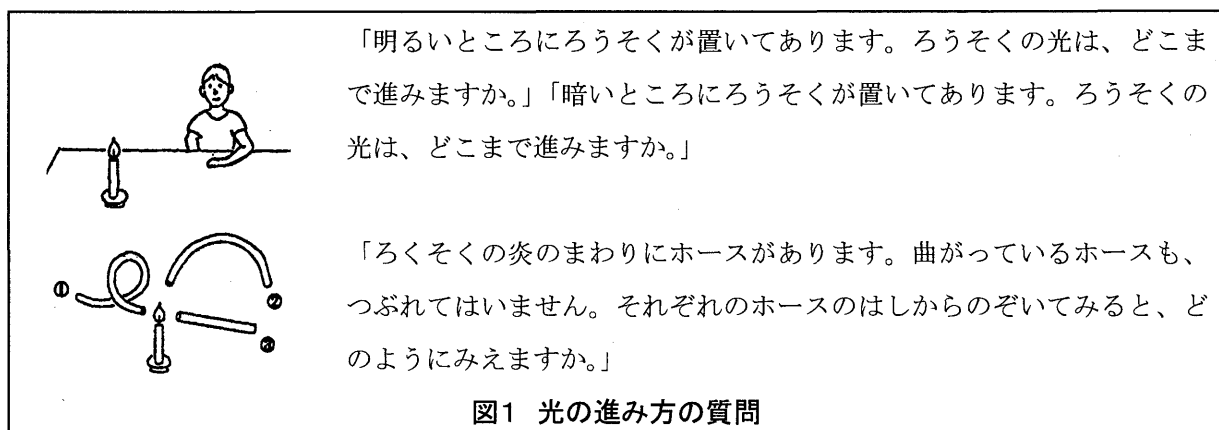


図1 光の進み方の質問

##### 2) 光線の広がりについて

「光はどの方向に広がるか」という質問を図示することで行った。(【図2】)

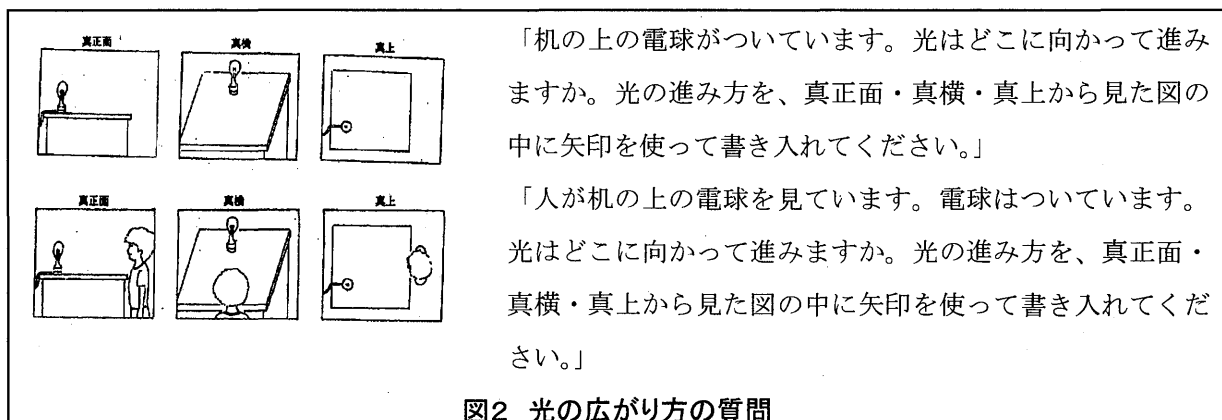
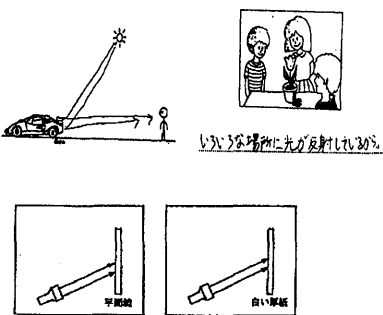


図2 光の広がり方の質問

### 3) 反射について（作図・記述）

「物体が見えるのは光がどのように進んできたからか」という質問を作図と記述（それぞれ別の事象について）で表現してもらった。また、平面鏡と白い厚紙に角度をつけた光を当てる場合についての作図の質問を行った。（【図3】）



「車が見えるときの光の進み方をかいてください」  
「どこからみても花が見えるのはなぜですか」  
(左図は男子の回答例)

「図のように、平面鏡と白い厚紙に光をあてたとき、光はそれぞれどのように進むでしょうか。その道筋を矢印で図のなかに書き入れてください。」

図3 反射についての作図と記述の質問

### 4) 光の調査のまとめ

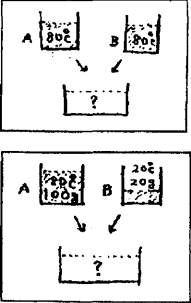
光を子ども達が考えるときは、その存在があるか否か、つまり明暗について考えることから始まり、次に光による現象の理解を左右するのはその照らされ方、光を発するものに関してはそこからの進み方が問題であり、反射という現象と「ものが見えること」との関連は別の関心を持って表現される問題であった。

中学校における学習では、光線がどのような性質を持つか、波動性をもつ光が波動の特徴である反射・屈折を行うということを理解することが重要になる。この調査結果から、「ものが見えること」という問いから反射概念を理解するために、その理解を助ける道具としての光線のもつ特徴を理解したうえで授業を展開する必要があることが明確化され、また、併せて男女各クラスでは理解に差が生じているので、授業も目標を別々に立てる必要があることも明確化された。

## ②熱の蓄え方・温度変化に関する調査

### 1) 水の温度変化について

「2つのビーカーに入った水を混ぜ合わせると温度はどうなるか」という質問を水の量と温度を変化させながら行った。（【図4】）



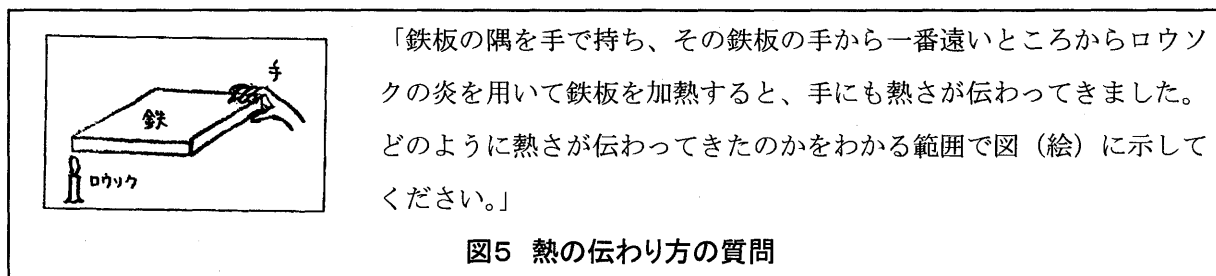
「2つのガラス製のビーカーA・Bの中に、80℃の同じ量の水が入っています。AとBの水を混ぜ合わせると、どのようになりますか。考えに近いものがない場合は、自分の考えを述べてください。」

「2つのガラス製のビーカーA・Bの中に、Aには80℃で100g、Bには20℃で20gの水が入っています。AとBの水を混ぜ合わせると、どのようになりますか。具体的な温度が求められる場合は、自分の考えを述べてください。」

図4 水の温度変化の質問

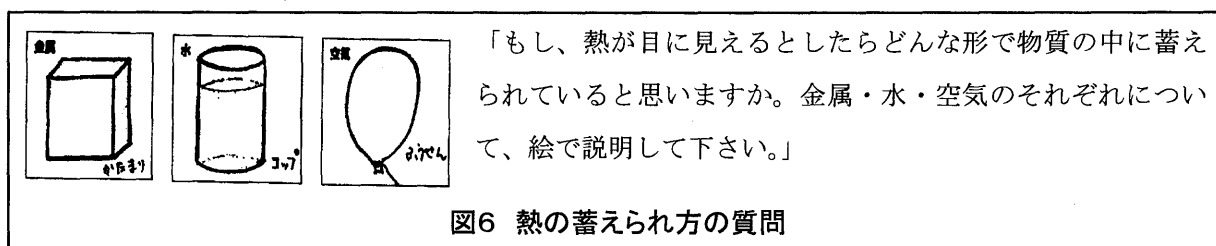
## 2) 熱の伝わり方について

「長方形の鉄板の1点だけを熱すると、熱はどのように伝わるか」という熱の伝導の仕方に関する作図の質問を行った。〔図5〕



## 3) 熱の蓄えられ方について

固体・液体・気体について、熱がどのように蓄えられているかのイメージを子ども達に図示することで表現してもらった。〔図6〕



## 4) 熱の調査のまとめ

子ども達が捉えている熱とは、その存在があるか否かから現象面が説明される。つまり、「高温のものにのみ熱がある」（「低温のものに熱はない」）という経験を基にした考えと「すべてのものに存在する」という命題からの考えでは、伝わり方や蓄え方という現象までが左右される。また、経験を基にした考えの背景には、小学校での伝わり方の学習が理論的な裏づけとなっていると考えられる。旧課程での中学校における熱の学習では、熱と温度の関係、熱量、（水における）熱量保存の法則などの定量的な学習が小単元となり、そのそれぞれを理解することも重要になる。

この調査結果から、「熱があるとはどのようなことか」という問いから熱概念について考えていき、先にある定量的な学習の理解を助ける道具として、既習分野を含めた熱について定性的な特徴を理解させるような授業展開の必要性が明らかになった。また、光の調査同様、男女各クラスでは理解に差が生じているので、授業も目標を別々に立てる必要があることも併せて明らかになった。

## 4. 授業実践のための授業の構想

調査を踏まえて、授業では各事象に関する学習論における Biased-Heuristics となる情報を用意し、反証や K. J. Holyoak らが提唱するアナロジーの導入方法など、授業の各段階

授業実践における「反証」の持つべき意味とは、反証例を比較・検討することで自らがもっている事象への概念に修正をかけることや再確認を行うということが挙げられる。また、学習者はすでに獲得している知識を基に事象について考えようとするので、アナロジーを用いると類似点から別の現象 A・B を同じように考えることができる。そして、上記認知方略を支援の方法として用いる際に必要となる方針ともいえるべき Biased-Heuristics とは、認知的負荷（バイアス）が与えられると、ある種の方略（ヒューリスティクス）により問題解決を図ることを示している。このバイアスを発達最近接領域（ZPD）から考えることで想起される授業展開を上記認知方略を用いることで立案した。

### ①光のワークシート

[illegible]

## ②熱のワークシート

[illegible]

図7 授業に用いたワークシート

## 5. 授業における子どものワークシート記述内容から知り得た子どもの思考

光と熱の学習でのワークシート記述内容からどのように事象に対する思考が変容したかについて以下に述べていく。ただし、以下に述べる男女クラスの比較などは、男女差を比較するのではなく、実際に授業を行ったクラスの動向について考えるという観点に立ち、男女を分けて検討した。

### ①光のワークシート記述内容から知り得た子どもの思考

#### 1) 「見えること」に関する自分の考えの記述 (【図8】)

「光が見える」とはどういうことだろうか？

(授業前の自分の考え)

1. 「見える」ということと、「光」の関係  
 真っ暗な部屋と電球が「見える」時、部屋の中のモノの位置関係はかわるのか。  
 ⇒   部屋の形。

と、いうことは、  
 「 」ということだろうか。

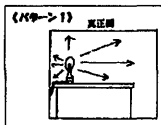
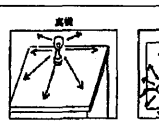
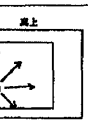
図8 見えることについての考え

男子クラスでは、約半数(49%)の子どもが「見えること」に対しを反射という言葉を用いて説明し、クラスの約1/4の子どもが「光があたる」という光の照射についての説明をした。また、女子クラスでは、反射を用いて説明した子どもよりも目の構造についての記述をする子どもが多かった。このことから学習前の段階では、調査結果のとき同様、男子クラスのほうが反射に対する命題を知っており、また、女子クラスにおいては身近なものを中心に考えを述べていることが明らかである。男女含めて無回答である割合が少ないことから、導入としては自由に記述し易い発問であったといえる。

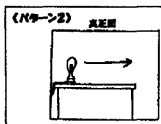
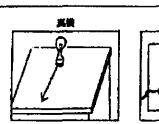
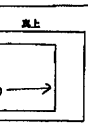
#### 2) 光の進み方に関する反証例での記述 (【図9】)

2. 「光」はどのように進むのか？  
 他にどんな方法で「光」の進み方についての実験をよると。

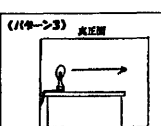
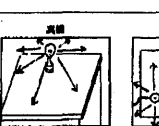
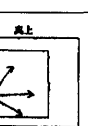
(パターン1) 真正面 真横 真上

(パターン2) 真正面 真横 真上

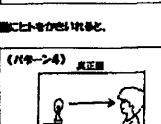
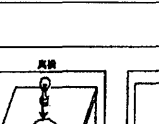
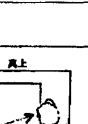




(パターン3) 真正面 真横 真上

図にトヤカ書ければと。

(パターン4) 真正面 真横 真上

と異なるようなパターンもあつた。どのパターンが実験に近いのか考えてみよう。

自分の考え :    
 (理由 :  )

他の人の考え :    
 (理由 :  )

⇒ 自分の結論…光は   に広がる。

図9 進み方の反証における考え

男女クラスとも、自分の考えの導出の時点でクラスのほとんどの子どもが正しい認識を保持していた。結論での初めから正しい認識ゆえの無回答というグループも含めると約9割の子どもが正しい認識を持つということに変化はなかった。しかし、授業のなかでは、男子での「電球＝太陽」というメタファーや経験などにより命題を補完するような議論や女子での多数の経験の導出による反証例の消去を行う議論から結論を導き出していた。

### 3) 光の伝播に関する記述 (【図10】)

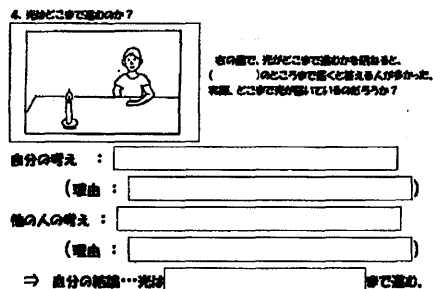


図10 光の伝播についての考え

この記述においては男子クラスよりも女子クラスのほうが当初は何か衝突するまで光が届くと考えていた。ここでの考えの導出には、経験が大きく左右し、また、参考にした他者の意見も経験によるところが大きい。ただ、男子クラスでは、衝突するものについての意見を参考にしていただのに対し、女子クラスでは光源である蠟燭の性質に関する意見を参考にするものが多くみられた。結論としては、男女で授業展開における議論の中心がずれているため、同様の記述内容ではないが、約8割の子どもたちが正しい認識をもつに到った。

### 4) 「見えること」に関する作図と記述 (【図11】)



図11 授業後の理解の確認

この作図・記述の前に衝突アナロジーを用いた反射の理解について子どもたちと考えた。衝突アナロジー導入後の反射に関する図示・記述では、男子クラスの全体で9割弱の子どもが図示・記述の少なくとも1つの項目に関して反射の様子や語句を用いて回答していた。また、記述よりも図示のほうが反射に関しての表現ができている子どもが多かった(図示8割、記述7割弱)。また、女子クラスでは、全体で7割弱の子どもが図示・記述の少なくとも1つの項目に関して反射の様子や語句を用いて回答していた。女子においては、記述において反射について説明できるが図示はできていないという子どもが見受けられた。(図示や記述により表現ができている子どもは、どの項目も5割～6割弱)

上記のような反射という言葉を用いる子どもたちだけでなく、反射という言葉を用いない子どもたちの記述においても、衝突アナロジーのぶつかるという記述をする子どもが多く見受けられた。このことから、光をぶつかり跳ね返るもの、つまり、粒子であるとは思わないまでも、粒子的に捉える子どもが多くなったと考えられる。

## ②熱のワークシート記述内容から知り得た子どもの思考

### 1) 「熱がある」ことに関する自分の考えの記述 (【図12】)

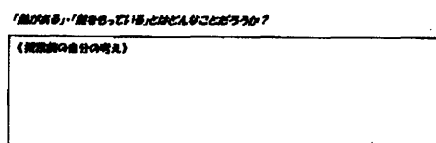


図12 熱についての自分の考え

男女各クラスとも約半数の子ども(男子:42%、女子:52%)が「あたたかいこと」「あついこと」という回答をしていた。男子クラスでは、このほか

にいろいろな観点から熱に関して考えを述べているのに対し、女子クラスでは「温度」に関する記述が多く認められた。

上記記述内容は、熱に関する基本的な態度を示している。調査結果にもあるように「あたたかいもの」、または、高温の物質にのみ熱が存在するということを多くの子どもが考えていることが明らかである。

## 2) 熱の伝導に対する記述 (【図13】)

3. 熱はどのように伝わるのか? (その1)

(パターン1)	(パターン2)	「熱の伝わり方についてどの質問」によると、調査では、みんなの意見がほぼ1つのパターンに集まりました。
(パターン3)	(パターン4)	

自分の考え: \_\_\_\_\_

(理由: \_\_\_\_\_)

他の人の考え: \_\_\_\_\_

(理由: \_\_\_\_\_)

⇒ 自分の結論…熱は \_\_\_\_\_ に伝わる。

図13 熱の伝わり方の反証と考え

図13 熱の伝わり方の反証と考え  
金属板における熱の伝導は、小学校の教科書に記載された実験内容であるので、実験を経験として、また、その結果を命題として覚えている子どもが多く、反証例を挙げることで、事前調査に比べて思考に変容が起こったといえる内容項目である。

熱の伝導に関する反証例からの記述では、導き出した理由に違いはあるが、当初から結論まで男女クラスとも約9割の子どもが伝導に関する理解を示していた。しかしながら、伝導での反証例では、ほぼ同一の内容について提示を行ったため、男子では、熱の伝導の様子を表す命題である「同心円状に広がる」という回答が結論においては減る結果となった。

金属板における熱の伝導は、小学校の教科書に記

## 3) 熱の蓄え方に関する記述 (【図14】)

4. 熱はどのように蓄えられるのか?

みんなは「熱の蓄えられ方についてどの質問」によると、次のような意見があった。どのパターンが実際に正しいか考えてみよう。

(固体)	(液体)	(気体)
ア	イ	ウ

自分の考える熱の蓄えられ方: 固体… ☐ 液体… ☐ 気体… ☐

【自分の考えの理由】

【他の人の考えの理由】

⇒ 自分の結論…熱は \_\_\_\_\_ によって \_\_\_\_\_ のように存在する。

図14 熱の蓄え方の反証と考え

アナロジー導入の前に議論に対する結論を導き出させたため、必要な情報が足りない状態で結論が出てしまう結果となった。このことは、改めて子どもの思考と概念変

この項目も事前調査からの反証例を基に議論進めたが、初めの自分の考えからは、金属では均一に、水では対流して蓄えると考える子どもが男女クラスとも多く存在した。しかし、空気では男子クラスは対流して、女子クラスは均一に蓄えると多くの子どもが考えていた。結論としては、男女クラスとも当初の考えに変容が起こらなかった。この理由は、男子クラスでは、熱の蓄え方と伝わり方、つまり、蓄え方を対流の経験・命題から議論していたので、水も空気も対流からの議論から外れられずにいたためであり、女子クラスでは経験や命題よりも「そんな気がする」というイメージや感覚から議論が開いたために違いが生じた。



容について再考機会を与える結果であった。

#### 4) 学習後の熱に関する記述 (【図 15】)

6. 「熱」とは何ですか？

(図15は、自分の考えを自由に書き出した後、先生に質問や、先生からの説明を聞いて下さい)

図15 授業後の理解の確認

上記3)の蓄え方の議論の修正を図るためにも、提案という形で熱の波動アナロジーを展開し、その結果を含めた熱に関する記述による回答を得た。男子クラスでは「最初から温度が高いものと低いものが

接すると同じ温度になるという考えだったけど、早いものと遅いものがぶつかるということでもっと分かりやすくなった。」というような具体的な考えが多く導出され、女子クラスでは「高温だとゆれ・動きが激しいのは、何か理由があるのか疑問になった」というような問いの生成などが個人内で行われていた。

記述内容を分類してみると、アナロジーを自分の問題解決の方略(ヒューリスティクス)として取り入れる子どもや新しい問いの生成に用いる子どもが男子クラスでは約7割、女子クラスでは約8割存在していることが明らかであった。

光の授業では、子ども自身が備えている知識だけではなく、経験やイメージなどの感覚が意見導出の大きな決定要因となっていた。「見えること」という問い自体が日常的な事象として捉えられていたことに他ならない。つまり、この光の反射という事象については、日常知と学校知(光に関する命題についてなど)との間の乖離は比較的少ないのではないかと考えることができた。

また、熱の授業では、前出の調査結果にあるような経験を基にした考えと命題からの考えで、伝わり方や蓄え方という現象までが左右され、議論が展開されていた。しかし、アナロジーの導入により、分子運動論の芽生えであると捉えることのできる子どもの考えが導出され、熱を「実体のないもの」ではなく、何か「想像のできるもの」として扱っている子どもが増えたと考えることができた。

## 6. 理科学習の発展を考える上で必要とされる項目

前出の子どもの思考に基づく理科学習の立ち上げから授業デザインの実践までにおいて、子どもの科学概念の構成方法の現実に基づく授業方法について考えた。この過程のなかで、重要であると考えられる項目は以下の【図16】に示す通りである。

子ども達の持っている現象に対する知識を把握することから、それに見合うレベルでの科学概念が構成される文脈への理解が深まるような授業計画が必要になると思われる。そして、「問い」を中心とした授業構成においては子ども達を発達の最近接領域に導くためにも、教室内での知識の共有と検討を重視し、その実現を図るために「反証」・「アナロジー」などの認知方略を教授者が子どもの現状から選び、実践することが重要である。また、他

者への表現方法が獲得されれば、新たな問いが生成された際に情報の1つとして提供できることとなると考えられる。

《理科学習の立ち上げから授業デザインの実践までに必要とされる項目》

1. 現象に関する理解の調査  
→ 子ども達なりの事象への理解を示しているので、現状を把握することが重要である。
2. 子どもの思考に基づく科学概念が構成される文脈にそくした理解が図れるようなストーリー作り  
→ 学びの主体化につながる。
3. 「反証」の提示と「反証」の成立条件による理解の拡大・深化  
→ 科学概念の構築がいくつかの考え方の「反証」の上に成立することを理解させると同時に、「反証」として扱った事象の成立条件を考えさせることに意味がある。
4. 発達の最近接領域へと誘うバイアスと解決の方策としての認知的方略の模索  
→ 将来の学習について考えておくことで事象に対する「問い」の生成をし、また、  
知的飛躍に答える認知方略の導入が必要である。
5. 多数の情報（経験・感覚・他者の意見など）の共有の場作り  
→ 学びのネットワーク化が構築できることにより、事象に対する情報の  
共有化が自然に出来るような場作りが大切である。
6. 現象に対する理解（表現方法の獲得）  
→ 学習によって、他人に自分の知り得た知識を表現することが出来ることが重要である。

図16 理科学習の立ち上げから授業デザインの実践までに必要とされる項目

## 7. 本研究の問題点から理科学習の発展への課題

上述の内容が発展を考えるうえで重要になると本研究の実践を通じて得られた。また、本研究のワークシートの記述内容の検討から、以下のようなことについて改善すべきであると考えられる。

### 1) 子どもの作図に対するとらえについて

反証としてワークシートに挙げた子どもの作図の細かい部分、例えば、光であれば広がる向きが同じような全方向でもヒトに向かうのか否かという部分や熱の伝わり方の同心円状か放射状かという部分については、子どもたち自身は同じものであると捉えがちなので、工夫が必要であった。

### 2) ワークシート上での発問と図の位置関係について

発問「光はどこまで広がるか」は、一緒に配置した図（ろうソク・人・壁）の関係で「モノにぶつかる」ことを容易に予想させる。実際、男子クラスでは、この発問の段階の自分の考えのなかで、反射という言葉を用いて説明を行う子どもが多い。男子クラス

の場合、授業の目的が「知り得ている内容の明確化」なので、アナロジーを用いた展開でも良いのではあろうが、一步先に進めて、物体の跳ね返りの量的な関係と光の反射について、考えさせても良かった。

(なお、定量的な「反射の法則」については、この授業実践後に実施した。)

### 3) 反証としてのイメージ図の順番と結論の位置について

熱の蓄え方のイメージ図により、自分の持つイメージと他者の意見を総合した自分なりの結論については、アナロジー導入後に結論を出させるほうが良かったと思われる。小学校時代での獲得した知識である対流の議論から発展しない形で結論を出させたため、男女問わず、その時点においては結論を誤る結果が出てしまった。

(全体の授業後の記述から、その後のアナロジーから発展させた授業において修正はされたと考えられるが、はじめから順番に気を配れば結果は変化したと考えられる。)

### 4) 「自分の考え」の曖昧さについて

自分の考えに根拠がないと他の人に対して発表し難いということもあり、自分の考えを導きだした理由に「何となく(そう思うから)」も入れて考えてよいことにしたのだが、何となく思うことにもその背景に存在することがあると考ええると、どのようにそのことを導き出すかについて考える余地があった。

本研究の実践では、上記のような問題点が存在した。これを改善するためには、更なる実践によりその有効性を検討する他に方法はないと考える。つまり、本研究のような授業実践例を積み重ね、その方法の可否を検討することが発展につながると考えられるのである。

## 8. 研究のまとめ

本研究の授業実践で用いたワークシートの評価項目である記述内容から、反証やアナロジーなどの認知的方略が子どもの個人内における科学概念の変容を図る方策として有効であることが明らかとなった。しかし、授業実践において、認知的方略の適用方法については問題点が幾つか生じているので改善の余地があり、また、すべての事象に認知的方略が理解を助ける道具として機能するということを本研究が示したわけではない。そして、本研究では、何をもって表現能力の高まりを示すかの指標について明確な考察が展開できたとはいえないが、観点別絶対評価において子どもを評価することからも、この表現方法については作図や記述などだけにとらわれず発展を考えなくてはならない項目であると実感した。

本研究を行うことで、冒頭で述べた今求められている新しい学力観を見いだす理科授業を実践を踏まえると、今後の理科授業の発展に寄与するのは、子どもの思考から授業をデザインすることであるということが、改めて理解できた。

## 【引用・参考文献】

- 文部科学省 「新学習指導要領パンフレット（教師向け）」  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/020502.htm#1](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/020502.htm#1))
- 文部科学省 「個に応じた指導に関する指導資料～発展的な学習や補充的な学習の推進～」  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/14/09/020916c.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/14/09/020916c.htm))
- 文部科学省 「確かな学力の向上のための２００２アピール「学びのすすめ」」  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/14/01/020107.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/14/01/020107.htm))
- 文部科学省 「中学校学習指導要領」 第４節 理科  
([http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/990301c/990301d.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301c/990301d.htm))
- OECD PISA HP (<http://www.pisa.oecd.org/>)
- 渡辺良 「国立教育研究所紀要」 第129集 ２０００年
- 森本信也 「子どもの学びにそくした理科授業のデザイン」 １９９９年 東洋館出版
- 森本信也 「子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件」 １９９３年 東洋館出版社
- 日本理科教育学会編 理科教育学講座４ １９９２年 東洋館出版社
- 日本理科教育学会編 理科教育学講座５ １９９２年 東洋館出版社
- L. H. T. West&A. L. Pines 進藤公夫監訳 「認知構造と概念転換」 東洋館出版社 １９９４年
- 日本理科教育学会編 「キーワードから探る これからの理科教育」 １９９８年 東洋館出版社
- 茅野幸治 「中学生における光概念形成に関する一試論」 昭和６３年 横浜国立大学卒業論文
- R. Driver, E. Guesne&A. Tiberghien 編 内田正男 監訳 貫井正納・鶴岡義彦 他訳  
「子ども達の自然理解と理科授業」 １９９３年 東洋館出版社
- K. J. Holyoak&P. Thagard 鈴木宏昭・河原哲雄 監訳  
「アナロジーの力 認知科学の新しい探求」 １９９８年 新曜社
- Vygotsky, L. S 柴田義松 訳 「思考と言語（上）」 １９７７年 明治図書



# 子どもの生命尊重を育む理科教育に関する一考察

## ～「ブタの内臓」の観察・解剖実施の有効性から探る～

横浜国立大学教育人間科学部 森本 信也

横浜国立大学大学院・大磯町立大磯中学校 和田 智司

### 1. はじめに

今日、科学技術の進歩はめざましく子どもはそのすばらしさに興味・関心を示している。反面、子どもが身のまわりの自然現象に目を向ける機会は少なくなり、体験も減ってきている。あらゆる自然に対して、生命力を感じそれを大切にしていける「生命尊重」の教育はこれからの理科教育に求められる大切な柱の1つであるといえる。「生命尊重」の教育を実現していくためには、まずは自分自身の体に目を向けること、つまり、生きている自分の体内でどれほど活発なはたらきがなされているかを感動を持って学ばせることは、生命を尊重する心を育てるための大切な萌芽になると思われる。

ところで、小学校学習指導要領<sup>1)</sup>・中学校学習指導要領<sup>2)</sup>の中には、生命尊重の大切さが示されている。しかしながら、現在教育現場で実践されている「ヒトのからだのつくりとはたらき」では、1つひとつの器官についてのつくりとはたらきに重点がおかれ、生きるためのエネルギーを得るためにそれぞれの器官が連携しながら、はたらいているという子どもの理解は実現されていない。したがって、理科教育において子どもに「生命尊重を育む」という目的を達成するためには先ず、「ヒトのからだ」に関する確かな認識、そして「ヒトのからだ」に関する確かな実感、といった2つの局面から取り組んでいくことが大切であると考えられる。そこで具体的手段として、観察・解剖実施の有効性を切り口に、子どもの「生命尊重」に関する主体的な学びの支援をいかに構築するのかを模索したい。

### 2. 「解剖実施時および解剖前・後における子どもの心情の変化」ならびに今後の解剖学習希望に関する調査

#### 2.1 目的

解剖を実施するにあたり、子どもの主体的な学びの重要なポイントになる解剖に対する子どもの心情をとらえる。

#### 2.2 調査時期

・平成14年1月22日

#### 2.3 調査対象

・大磯町立大磯中学校 2年生1クラス (N=31)

#### 2.4 調査内容と方法

ブタの眼球解剖を実施した後、子どもに①予告時、②解剖直前、③解剖中、④解剖後、⑤発見、⑥次回への学習に対する気持ちを①～⑥それぞれについて質問紙法によって調査した。さらに質問紙の最後には、『今後また「解剖をやるよ。」といわれたら・・・。』という質問について回答させた。

#### 2.5 結果

①の解剖予告時では解剖に肯定的な心情の子どもは41.9%、否定的な心情の子どもは19.4%であったが、②解剖の直前では70%近い子どもが「気持ち悪い」「解剖したくない」という否定的な心情を示した。しかし、③実際に解剖が始まると、眼球の強さ、ガラス体の透明さ、レンズの機能など、既知の学習内容の確認と自らが解剖を行って知り得た事実によって大幅に肯

定的な心情が増加した。さらに肯定的な心情は④解剖後「気持ち悪かったが目の構造がよくわかった」「眼球のしくみにおどろいた。」等のように強くなった。

また、同列には扱えないが、⑤気がついたこと、では大部分の子どもが「レンズというとコンタクトみたいに平らなのかな・・・と思っていたけど、球だった。」「筋肉がたくさんついていて、びっくりした。」など既知の学習内容からさらに踏み込んだり、実感を伴った指摘を行っていた。解剖に対して否定的な記述は全くなかった。それぞれの割合は図1のようになった。

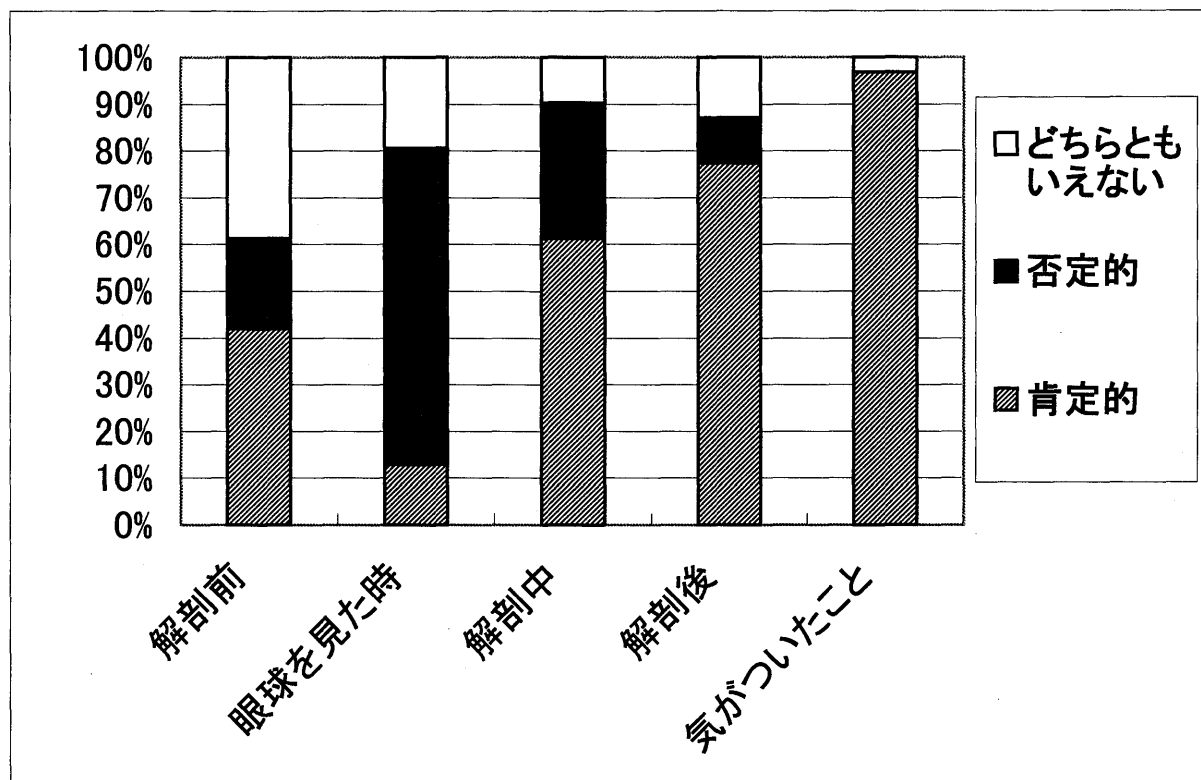


図1 解剖実施時および解剖前・後における子どもの心情の変化

『今後また「解剖をやるよ。」といわれたら・・・。』という質問に対しては下の結果になった。

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| a, ぜひやりたい。・・・7人  | d, あまりやりたくない。・・・5人 |
| b, まあやりたい。・・・12人 | e, 絶対やりたくない。・・・1人  |
| c, どちらでもよい。・・・6人 |                    |

## 2.6 考察

解剖については賛否両論さまざまな意見があるが、ブタの解剖を実際にやってみて否定的な心情から肯定的な心情へ変化していることがうかがえた。このことは頭だけの理解、知識の習得だけでは満足できない子どもたちの思いや願いが込められていると思う。

子どもは、眼球の持つ重さや手触りそして精巧さを直接感じとり、この実感と授業で習得した知識・理解を融合することによって、眼球の確かな学びができていたと考える。また、実際に眼球の解剖を行った31名のうちの2/3近い子どもは今後もやりたいという意志を持っていることが明らかになった。

### 3. 授業実践

#### 3.1 授業対象と時期

- ・大磯町立大磯中学校 2年 1クラス
- ・平成14年3月12～18日

#### 3.2 指導単元および指導計画概要

##### 3.2.1 単元名

動物の生活と種類 (動物のからだをつくっているもの)

##### 3.2.2 指導計画概要

- |                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 1. 生きているとは、どういうことだろう。           | ・・・1時間 |
| 2. 動物は、生きていくために食べる。             | ・・・2時間 |
| 3. 動物は、どうやって食べ物を探すのか。           | ・・・3時間 |
| 4. 食べ物のゆくえはどうなっているのだろうか。        | ・・・5時間 |
| 5. 分解された食べ物はどのようにからだに取り入れられるのか。 | ・・・3時間 |
| 6. 取り入れられた栄養はどこへいくのだろうか。        | ・・・3時間 |
| 7. まとめ(3/12～18)                 | ・・・6時間 |

#### 3.3 実践した「まとめ」の概要

- 1時間目・・・ねらいの確認、ブタの紹介、共通の観点の確認、班分け。
- 2時間目・・・班ごとに課題を決定し、観察の観点、解剖の手順の確認。
- 3、4時間目・・・ブタの内臓の観察・解剖。
- 5、6時間目・・・前時の観察についての意見交換。情報交換を進める中で、生命の大切さについて考える。

#### 3.4 「まとめ」の3、4時間目の授業展開概要

箱に入ったブタの内臓の重みを感じさせた。

→口から肛門までつながっている臓器を子どもの前に提示した。

→7つの班ごとにすべての臓器を順番に観察させた。

→前時に設定した課題に沿って観察・解剖を班ごとに行わせた。

→気づいたことを班ごとに意見交換し、テキストに記入させた。

→他の班の臓器も観察するように指示した。

→観察に来た子どもに自分たちの気づいたことを説明するよう指示した。

→感想を書かせ、その内容について子どもに質問した。

#### 3.5 3、4時間目の授業時における学びの様子ならびに授業後の学びの成長

##### 3.5.1 授業時における子どものことば及び活動より

図2は口から肛門までひとつながりのブタの臓器を子どもに提示し、全員で観察した際の教師と子どもたちの対話プロトコルを示したものである。実際に臓器が子どもたちの目の前に提示された瞬間「うわー、やだ」という声が多くあがった。「さわってみてどう？」という教師の呼びかけに手を伸ばした子どもから「あったかい」という答えが返ってきた。それに対し、「えー あったかいの?」、「本当?あったかいの?」という子ども同士の会話が聞かれた。このあたたかいという実感を伴った観察の価値づけは「我々人間もまったく一緒なんだ。」という認識につながったと思われる。

肺が実際にふくれる様子を見て感嘆の声が多くの子供から聞かれたが、「はれつするの?」や「どこまでふくれるの?」など新しい問いを自分たちで形成した様子もうかがえた。



・・・教師の発問、意見

・・・子どものことば、活動

・内臓の入った発泡スチロールを持  
ってみてください。

A「重い、重い、おもい」・・・腰を曲げなが  
ら耐える。

B「10 kgかな」

C「6 kg」

D「うーん・・・58 kg」

E「7 kgぐらい」

F「うわあー、重い、おもい 8 kgぐらい」

G「7～8 kgかな」

・実際にはかりで量ってみましょう。



「13.15 kgです。」

・これと同じ様なものがみんなのお  
なかの中にあるんだよ。そしてこの  
臓器を支える仕組みがあるんだね。

・静かに聞いている。

・ではいよいよみてもらいます。

・うわあー やだーという声が多くあが  
る

・さわってみてどう？

H「あったかい」

B「えー あったかいの？」

D「本当？あったかいの？」

・あたたかいんですよ・・・もらっ  
てきたばかりの時はあたたかいと  
いうよりあついと感じました。

・はい これは何ですか。  
(素手で気管をさわりながら・・・)

・多くの子どもより・・・「気管だ。食道だ。」

・空気が通るので、つぶれたら困るでしょ。  
固くてこりこりしているのは、それに適  
した仕組みになっているんです。



これは軟骨なんです。

・5人ほど素手で手を出す・・・気管を  
さわ  
り  
ながら

A「こりこりしている」

E「かたい」

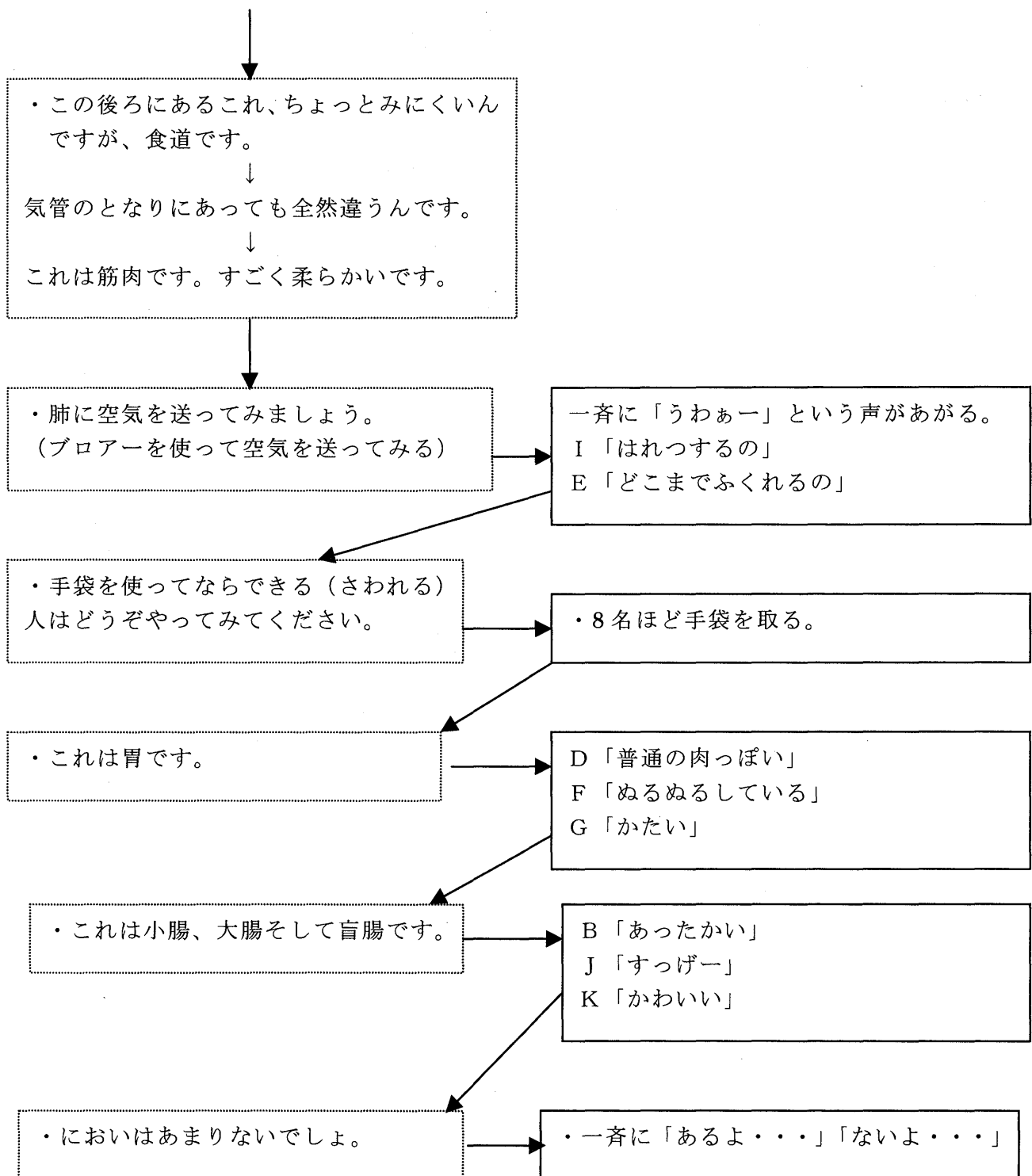


図2 プタの臓器を観察した際の教師と子どもたちの対話プロトコル

### 3.5.2 授業後の感想より

表1は各班ごとにそれぞれの臓器を観察した際の子どもの感想である。教師からは観察開始時に「できるだけ手で触れてみてください。手触り、重み、色、におい、形をみて下さい。」というアドバイスを行った。感想からは、実物に触れることで頭で理解していたことを確かな認識を伴った実感に成長させることができたこと、また、それまで学んだ知識が自分の思いこみで実際とは異なるものであることに気付き、正しく修正できたことがうかがえた。

表 1 各班ごとに臓器を観察した際の子どもの感想

i) 心臓

- ・かたい。
- ・何か変なパイプみたいのがある。
- ・重さは・・・そんなに重くない。
- ・壁が厚い。

ii) じん臓

- ・たらこみたいな形。
- ・かたい。
- ・弾力性がない。

iii) 小腸、大腸

- ・あったかい。
- ・すごくやわらかい。
- ・ガスが入っている。
- ・くさい。
- ・この中何が入っているの？

iv) 気管、肺

- ・気管はすごくかたい。
- ・肺はやわらかい。
- ・気管はつめたい。

v) 子宮

- ・ぼうこうの壁が厚い。
- ・膜が薄いけど強そうだ。
- ・卵巣が小さい。
- ・表面がつるつるしている。

vi) 胃

- ・形が丸い。
- ・(つまみながら) かたい。
- ・食べ物が入っているんじゃない？
- ・はじの部分はやわらかい。
- ・中に物が入っているべ。
- ・湯たんぽみたいだ。
- ・あったかい。
- ・あみあぶらだ。・・・すげーすげー。
- ・こんなのがおれの体にあるんだ。

vii) 肝臓

- ・すげー。あったけー、あったけー。
- ・これそんなに気持ち悪くない。
- ・かたい。
- ・何、この緑色？
- ・食ってもいいけど、このままじゃいやだ。
- ・すべすべだ。
- ・しっかりしている。あみみみたいな模様だ。

### 3.6 「まとめ」の、5,6 時間目の授業展開概要

前時に書かせた内臓の観察、解剖の感想のうち 5 名分を読み上げた。

- 班ごとに意見交換し、発表する内容を話し合わせた。
- 班ごとに教卓にて発表を行わせた。
- 班ごとの発表を聞いて分かったことをテキストにメモさせた。
- 「未知なる生命・ヒト」の VTR の一部分を視聴させた。
- 「何のために食べるのか。」を考えさせた。
- 小学校の給食の献立表からいかに多くの肉や魚が食べられているのかを考えさせた。
- 『「命」を食べた』の新聞記事<sup>3)</sup>を読み、感想を書かせた。
- 内臓をなぜ土に埋めるのか、考えさせ、質問した。
- 教師の体験を聞かせた。
- 人体のアンケート、本時の授業の感想を書かせた。

### 3.7 「アンケート」から探る生命尊重の萌芽

まとめ 3, 4 時限目終了後の感想に書かれた内容を見てみると、ブタの内臓の観察・解剖に関する 30 名のうち肯定的な記述は 23 名、どちらとも言えない記述 2 名、否定的な記述 1 名、

未記入4名であった。さらに、肯定的な内容の内訳は生命尊重に関して2名、発見や気づきは16名、体験の喜びは14名（ただし複数回答）であった。

一方、まとめの5, 6時限目終了後の『今回の一連の授業を終えて、あなたはどのような感想を持っていますか？あなたの素直な感想を聞かせてください。』という質問に対して31名の子どものうち肯定的な記述をしたものは29名、どちらとも言えない記述は1名、否定的な記述は0名、未記入は1名であった。さらに肯定的な内容の内訳は生命尊重に関して14名、発見や気づきは10名、体験の喜びは12名（ただし複数回答）であった。

つまり、観察・解剖の授業終了直後は肯定的な記述をした23名のうち生命尊重に関しては2名のものが記述しただけであったが、5, 6時限終了後のアンケートの記述では、肯定的な記述をした29名のうち14名が生命尊重に関する記述をしていたのである。

### 3.8 生命尊重の育みに関する考察

14名の生命尊重について記述されたものを見てみると、「普段から自分たちは甘い考えで命を食べているな」、「生き物の命をとって食べている」、「生き物を殺して食べて生きている」、

「食べるため」のように食べるという視点から生命尊重を育んでいった子どもが4名いた。また、「解剖だけでなく今日の授業で、ビデオや先生の話聞いて」のようにビデオの視聴や教師の体験談によって生命尊重を育んでいった子どもも見られた。さらに「今回いろいろな臓器を見たり、観察したり、解剖したりしてちょっと気持ち悪かったが、これとほとんど同じものが自分の体内にあると思うとそうは思えなくなった。生命の大切さをあらためて感じる事ができたと思う」のように観察や解剖から自分の臓器を見つめることにより、「気持ち悪い。」と感じた自分を成長させ、生命尊重を育んでいった子どもも見られた。

これらのことより子どもに生命尊重を育むには観察・解剖をただ実施すればいいのではなく、事後指導をしっかりと実施することが大切であることが明らかになった。

## 4. 「ブタの内臓」の観察・解剖の評価

授業実践において構想した評価の視点は、表2のようであった。

表2 授業実践において構想した評価の視点

関心 意欲 態度	<ul style="list-style-type: none"><li>・ブタの内臓のつくりをすすんで観察・解剖したか。</li><li>・すべての器官が連携してはたっていることを、すすんで調べようとしたか。</li><li>・「生命尊重」の精神を心掛けた態度で観察、解剖ができていたか。</li><li>・からだのつくりの確かな理解と生命の尊重に関する価値観を融合した態度が育まれたか。</li></ul>
科学的思考	<ul style="list-style-type: none"><li>・内臓のつくりを観察し、ヒトの内臓のつくりを推測できたか。</li><li>・消化、吸収、排出、血液、運動、感覚器官、神経系が相互にはたらきあって、動物の生命活動を維持していると考えられたか。</li></ul>
観察・実験の 技能・表現	<ul style="list-style-type: none"><li>・観察するポイントをしっかりとおさえ、正確に観察することができたか。</li><li>・内臓のつくり、大きさ色などの特徴を正しくとらえ記録できたか。</li></ul>
知識・理解	<ul style="list-style-type: none"><li>・内臓のつながりとはたらきがわかったか。</li><li>・生きていくのに必要なエネルギーを得るために、器官が互いに連携してはたっているかがわかったか。</li><li>・からだのつくりの確かな理解と生命の尊重に関する価値観を融合した態度が育まれたか。</li></ul>

子どもにおける「生命尊重」の育みにとって、「認知的側面」、「情意的側面」、「認知と情意の融合した側面＝態度」からどのように子どもの学びを評価し、それに基づいてどのような指導を展開したのか。具体的に考えてみたい。

「認知的側面」に関しては、何よりも、学習への意欲が喚起されること、つまり子どもの思いや願いを尊重することが大切である。そして、既知の知識が、頭に詰め込んだ単なる記憶としての知識ではなく、教材と深く関わり自分の五感を十分に活用することによって、「確かな知識」として醸成できるような支援を心掛けた。

表3 「ブタの内臓」の観察・解剖の評価

子どもの活動・表現方法 (評価基準)	事 例	観点別評価			
		関心	思考	技能	知識
・動物と植物のちがいについて、自分なりの <u>ことばを用いて説明</u> できる。さらに、それをもとに班の中で意見交換ができる。	・生きていくため。 ・成長するため。 ・動くため。 ・子孫を残すため。	○	○		○
・ <u>これまでの学習を振り返り</u> 、どの部分を観察・解剖していったらいいのかを見つけ、テキストに記述することができる。	・胃と腸の内容物を調べてみたい。 ・食道と気管を比較したい。 ・心臓の重さを量りたい。	○			○
・口から肛門までのつながった臓器の説明を聞き観察を行う。観察に対する思いや願いを明確にし、 <u>追究意欲を高められる</u> 。	・臓器があったかい。 ・気管はかたい。 ・肺はどこまでふくれるの？ ・胃の表面はヌルヌルだ。	○	○		
・班ごとに自分たちで設定した課題をもとに <u>観察・解剖を行う</u> 。気付いたことを <u>テキストに記述</u> する。(スケッチ、デジタルカメラでも記録する。)	・腎臓はたらこみたいだ。 ・胃は湯たんぽみたいだ。 ・肺はやわらかい。 ・肝臓には網模様がある。 ・こんなのがおれの体にあるんだ。	○	○	○	○
・他の班の臓器を自由に観察するとともに、他の班の人に自分たちの観察、解剖の様子、 <u>わかったことを説明</u> する。	・腎臓はアンモニアの刺激臭がすると思っていたが、そうではなかった。 ・小腸から養分が通る血管に気付いた。	○	○	○	○
・テキストの記述、VTRの視聴、新聞の記事の考察、献立表からの考察、教師の話を聞きそれらを結びつけ「生命尊重」についての自分なりの <u>論理を構築</u> する。	・命って大切だなと改めて、すごくよく感じた。 ・自分たちは甘い考えで命を食べているな。 ・人間は生き物を殺して食べ生きてい るんだ。	○	○		○

(          は「生命尊重を育む」ために、支援したい中心であり、評価の視点・基準でもある。)

「情意的側面」では観察、解剖といった学習活動の中でいろいろな事象に気づき、驚き、発見し体験することにより、最初はかわいそう、という感傷的な感情だったものが、尊い命から精一杯学ぼうという前向きな姿勢に子どもが変容できるような支援を心掛けた。

さらに、「認知と情意の融合した側面＝態度」形成を子どもに図れるよう、彼ら自身の手による主体的な問いの探究を尊重した。具体的には、多様な視点から子どもの学びの姿を見つめ、「教材としての生命」を学ぶことを通じて、「自分自身の生命」と比較・関連させ、「生きているってすばらしい、みんな生きているんだなあ」というように生命を実感できるよう支援した。

このような経過をたどって身についたものは、単に脈絡もなく記憶された「生命尊重の知識」ではなく、「確かな認識を伴った確かな実感としての知識」となるのである。そして、この知識は理科だけの教科といった枠を越え、実生活の中で生かされ、応用され、「確かな知識」としての実践力を備えたものとなるのである。表3はこのような「確かな知識」を目指そうとする、子どもなりの論理の構築に向かう支援の視点を示したものである。

## 5. 考察

観察・解剖を行うことは、1つひとつの器官がどのようなはたらきをして生命を維持しているかを知るために重要であり、実体験により実物を感じとることは、机上の学習では得られない効果があると言える。したがって、「生命尊重」を育むには、

①「動物のからだの構造と機能の概念」の確かなとらえ

②「生命に関する価値観」の確かなとらえ

といった2点だけではなく、さらにこの両者を融合させた態度つまり、

③「概念と価値観が融合した態度を育むこと。」が大切であることが明らかになった。

このことについては、ジョンストン<sup>4)</sup>の次のような考えがそのことを示唆してくれる。彼は、態度を子どもたちの知識構成すなわち認知的側面と、関心・意欲という情意的側面とが統合化されたものとしてとらえている。これと同じように考えると、「動物のからだの構造と機能の概念」の確かなとらえを育もうとする態度こそ、「生命に関する価値観」の確かなとらえにつながる。そして、子どもたちの認識が、認知面と情意面の両面が融合した状態まで醸成するよう支援することが教師に求められることなのである。

この3点を子どもの学びの視点で整理すると以下のi～iiiとして示せる。

i 「腸が長いとは聞いたけど、あんなに長いのには驚いた。」、「ビデオなどでは、結構見たことがあるが、やはり本物は、におい、手触り、などがこまかくわかってすごく勉強になった。」(認知的側面)

ii 「最初見たときは、気持ち悪いとかいやとか思ったけど『ブタの命』とか思ったらちゃんとやらなきゃと思った。」、「今まではそんなに感じなかったけど、一連の授業を終えてやっぱりいらない命なんてないんだと実感した。限りある命を大切にしようと思った。」(情意的側面)

iii 「普段、なにも感じずに食べていた内臓だったけど、でも、この授業で内臓がどういうものなのか。どんなはたらきをしているのか。これがないと生きていけない。ってあらためて実感した。」、「今回いろいろな臓器を見たり、観察したり、解剖したりしてちょっと気持ち悪かったが、これとほとんど同じものが自分の体内にあると思うとそうは思えなかった。生命の大切さをあらためて感じる事ができたと思う。」

(認知的側面と情意的側面との融合)

ブタの臓器はヒトのそれとつくりやはたらきが大変よく似ており、自分の体のつくりやはたらきと対比させやすい。解剖実施となるととかく各器官の細部やつくりの観察に目がいきがちであるが、本実践のような臓器全体の実物を五感により感じとる観察は、それぞれの器官が生きるためのエネルギーを得るために互いに連携しながらはたらいっているという理解に大変有効であることが明らかになった。幸運にも新鮮な臓器が手に入ったことにより、授業時に臓器に触れた子どもの多くは「あたたかい」等の言葉を発し、このことを実感を伴った確かな認識へと変えていくことができた。

## 6. 今後の課題

「生命尊重」の教育は言うまでもなく、理科教育だけではなく、教科・学校という壁を越え多くの教育活動で行われるべきである。とはいうものの、このことがすぐに実現されるのは至難の業である。しかし、本来、子どもの好奇心や思いや願いは教科の壁を越え広がっていくものであり、まずは、総合学習やクロスカリキュラム等によって「生命尊重の教育」を可能な限り展開していくことが必要ではないのだろうか。このような広い視野に立って、創造的に「生命尊重の教育」に取り組んでいくことが必要になってくると考える。

### (参考・引用文献)

- 1) 文部省：『小学校学習指導要領解説 理科編』，東洋館出版，1999，pp.92～101
- 2) 文部省：『中学校学習指導要領解説 理科編』，大日本図書，1999，pp.103～105
- 3) 小島明日奈：「朝の百葉箱 「命」を食べた」，『毎日新聞』，2002年1月27日朝刊  
要約すると、以下のようなものである。「水田で雑草を食べるアイガモをつぶして食べる「鴨鍋の会」に参加した著者は、最初足が竦んだが、さばきながら当たり前と思っていたこと気づき発見から実感を得る。そして、食べるとは何なのかについて自問し、だれもがイネを作り、家畜を飼うことはできない。せめて「命」をいただいて生きていることを心のどこかに留めておこう、と呼びかけている。」
- 4) Johnston,A.H. “Towards a Model for Attitude Change”, *European Journal of Science Education*, 1981, Vol.3, No.2, p.207

# 国内外の科学や科学技術に関する市民の意識調査について

## － NSF 調査結果(2000)に基づく考察－

横浜国立大学教育人間科学部 森本 信也

横浜国立大学大学院教育学研究科 山谷 洋樹

### 1. はじめに

現在の我々を取り巻く社会では、分子レベルでの生物学における進歩によって、科学、医学、農業などの産業でめざましい発展と展望が期待されている。学校教育の中でこのような内容を取り上げる際、生命の価値や生命倫理(バイオエシックス)の観点に基づいた自らの意見を持てるようにしたいものである。

生命の価値や生命倫理は、教師から教えられて身につけるものではなく、理科授業での学びを通して、自らが意味構成をする中で、自分なりの価値を見だし、かつ意思決定を下し行動することができる力を育成させることが必要である<sup>(1)</sup>。そのためにも、教師の役割は、先入観や偏見を持つことなく、子どもたちに選択のできるような授業内容を調査し、隠さず率直にさまざまな問題を調査する必要がある<sup>(2)</sup>。

一方、子どもたちは、生まれてから各々の生活を通して、様々な経験をし、その学習はそれぞれ独自の視点から保持してきた知識に強く依存しており、その知識が獲得されたときのコンテクストに依拠しているのである<sup>(3)</sup>。よって教師は、子どもの実態に合わせた授業を考える際に、子どもの学びの状況を常に把握しながらケアしていくことが、子ども固有の知識構成づくりへ寄与していくことになるのである<sup>(4)</sup>。

本稿では、国内外の科学技術についての市民の知識や関心の程度に関わる諸結果を分析した。そして、そこから得られた知見をもとに、今後の子どもの学習改善にとって示唆し得る内容の検討を行った。

### 2. NSF 調査－科学、科学技術、そして他の問題点における市民の意見と理解力－の紹介<sup>(5)</sup>と考察

#### (1) 科学、科学技術、そして他の問題点における市民の関心

アメリカ人は、科学と科学技術にかなり関心を持っている。科学や科学技術に対する市民の意見と理解力に関して、図1に示す NSF(National Science Foundation)の1999年の調査では、40%以上の者が新たな科学的発見や新たな発明・技術の利用にとっても関心を持っており、これらの話題にほどほどに関心をもっている人が40%から50%おり、また関心が無い層は僅か10%程度であった。特に調査した項目の中で、新たな医学的発見、環境汚染、地域の学校問題に関心が高かった(図1参照)。経済問題・景気への関心は1992年以降いくぶん低下してきているが、1992年時点では調査項目の中で上位3番目に位置づけられていた。関心が低下したのは、1990年代半ばと後半においてアメリカ経済が繁栄したからであろう。軍事・防衛政策、国際的政策への関心は、湾岸戦争が勃発した1990年にピークへ達している。

新たな医学的発見は、90年から唯一一定の関心の割合を保ち続けているが、環境汚染



への関心は、1990 年から徐々に低下してきている。新たな科学的発見や新たな発明・技術の利用に対する関心は 1997 年に最も関心が高かった。

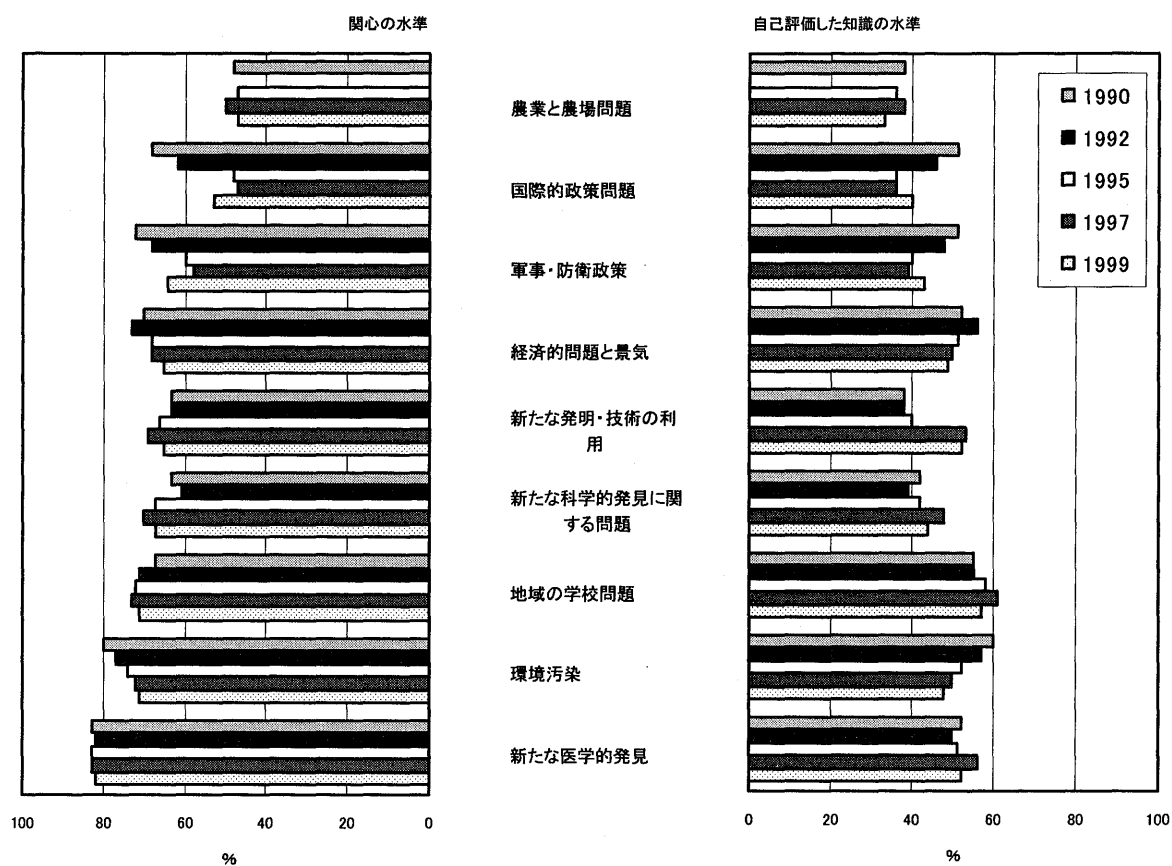


図1 科学や科学技術の問題点についての市民の関心や自己評価した知識に関する指標：1990年から1999年

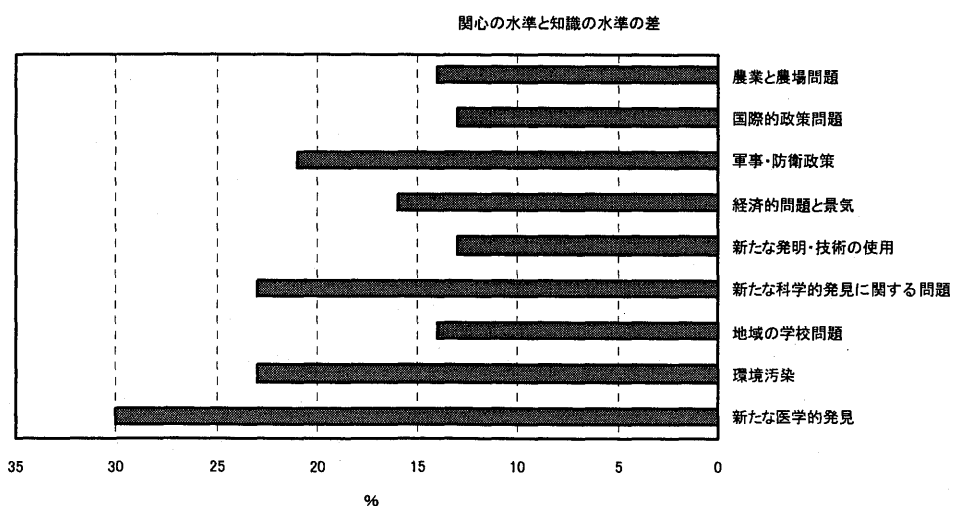


図2 関心の水準と自己評価した知識の水準の差：1999年

それぞれの問題についての関心の水準と自己評価した知識の水準の差を 1999 年で比較してみたところ、新たな医学的発見、新たな科学的発見、環境汚染でその差が大きく、関心はあるが、裏付けされた知識が伴っていないことが明らかである(図 2 参照)。

表 1 「とても関心がある」と答えた者の割合

順位	関心のある問題点	割合(%)
1	新たな医学的発見	66
2	地域の学校問題	54
3	環境問題	51
4	新たな科学的発見	45
5	軍事・防衛政策	42
5	経済問題・景気	42
7	新たな発明・技術の利用	41
8	国際的政策	30
9	農業・農場問題	22

「とても関心がある」と答えた者の割合の調査結果から、新たな医学的発見については 3 分の 2 が関心を持っていた。次いで地域の学校問題、環境問題への関心が高く、半数以上の割合を占めていた。他の政策問題について、このような高い割合は何処にも見られなかった。(表 1 参照)。

科学や科学技術への関心は、今までの中で最も高水準であるかもしれない。新たな科学的発見に対する市民の関心は、1990 年代では常に 6 割以上であった(図 1 参照)。新たな発明・技術の利用への関心は、新たな科学的発見とかなり密接な足取りを辿っており、1999 年にその 2 つの問題の関心の割合はそれぞれ 65 % と 67 % であった(図 3 参照)。図 3 の結果から、関心はあるけれども、自分の知識について自身が低いこと、高学歴になるほど関心とともに知識が高くなっていること、さらに女性より男性の方が新たな科学的発見や新たな発明・技術の利用に関心と知識がそれぞれ高いことが示されていた。

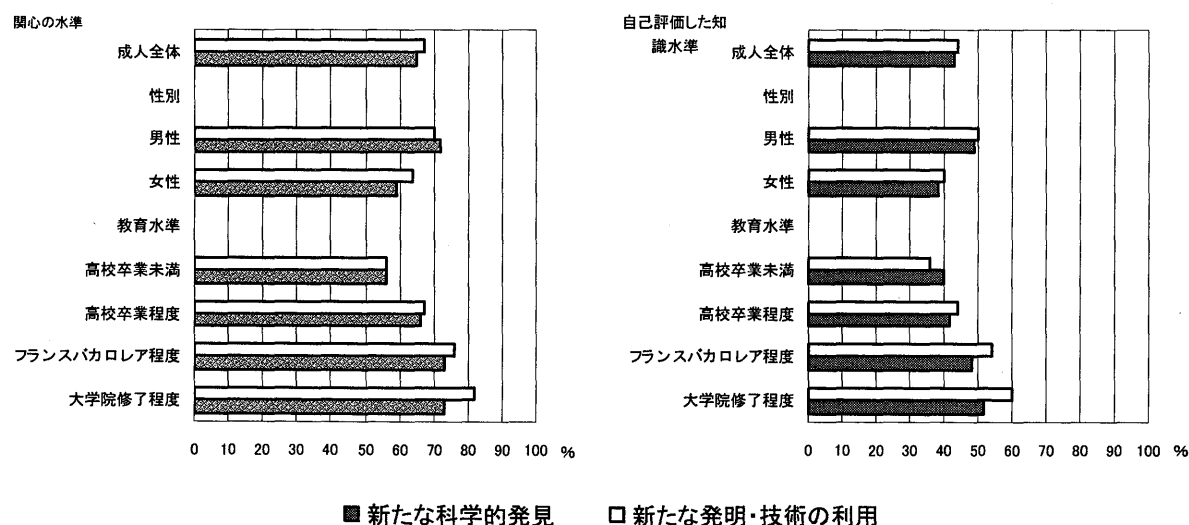


図 3 性や教育水準による科学や科学技術の問題点への関心や自己評価した知識の指数

## (2) 性と教育水準による関心の比較

男性は女性よりも新たな科学的発見や、新たな発明・技術の利用について関心があることがわかる(図 3 参照)。新たな発明・技術の利用に関してはその相違の差が特に大きい。

また、教育水準が高くなるにつれて、関心も高くなっていた。

男性は女性よりも、経済問題や景気、軍事・防衛政策、国際的政策、そして核エネルギーに関心があることを示していたが、女性では新たな医学的発見、環境汚染、そして地域の学校の問題により関心を持っていた。

### (3) 国際的な比較

アメリカ合衆国、ヨーロッパ連合、日本、そしてカナダの4つの地域における市民調査では、アメリカやカナダはヨーロッパや日本よりも、科学的、医学的問題により高い関心を保持していた(表2参照)。

表2 ヨーロッパ連合、アメリカ合衆国、日本そしてカナダでの関心指数の結果

問題点	ヨーロッパ連合 (1992)	アメリカ合衆国 (1995)	日本 (1991)	カナダ (1989)
新たな科学的発見	61	67	50	63
新たな発明・技術	59	66	53	58
新たな医学的発見	68	83	65	77
環境問題	75	74	71	74
経済的政策	-	68	65	52
教育／地域の学校	-	72	62	-
農業問題	-	47	56	-
軍事／防衛問題	-	60	56	-
対外的・国際的政策	-	48	55	-

- =その問題は調査には含まれていなかった

アメリカ人は新たな科学的発見や、新たな発明・技術についてはヨーロッパ人よりもいくぶん関心を持っているが、ヨーロッパ人は環境問題についてはアメリカ人よりもわずかに関心を持っている。

日本人は、科学や科学技術についてはヨーロッパ人や北アメリカ人ほど関心を持ってないようである。一般に日本人の大人たちは、新たな科学的発見や新たな発明・技術の利用よりも、経済的政策や国際的政策に比較的高い関心を持っていることが示されているのである。日本人は知識があるけれども、それに伴う関心はないことが伺われ、表の上から3つの科学や科学技術に関する項目については特に関心がないことがはっきりと示されている。

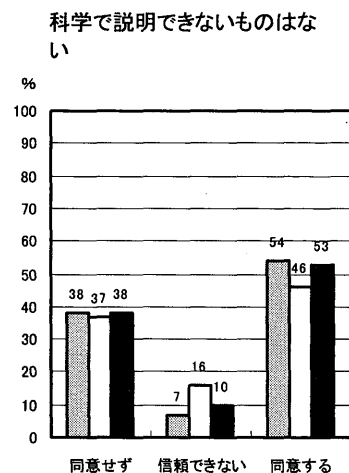
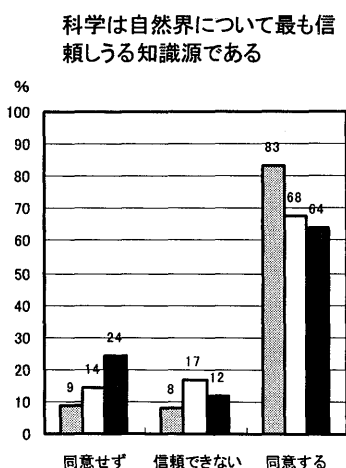
### (4) 科学や科学技術そして他の問題に関する一般の人々の知識水準の自己評価

一般にアメリカ人は科学や科学技術に付随する問題について、十分に情報を得ているとは思っていない。実際、NSF 調査で出題された全ての項目に関して自己評価した知識水準では、表示された関心の水準よりもかなり低いことがわかった。このことは特に、科学や科学技術のような複雑な項目に関しては顕著で、そこからは様々な実験や政策の過程で行われていることを理解する上で自信の欠落をも意味している。例えば 1999 年に NSF に

よる市民の意見調査では、科学や科学技術に 6 割以上が関心を持っているが、それらに付随する事項について十分に情報を得ているとは限らないことを含んでいる。また、関心と自己評価した知識の水準には密接な関係があることもわかった(図 1 参照)。

#### (5) 科学や科学技術に対する科学者、国会議員、そして一般の人々の意見

ニューメキシコ工科大学の研究者が 1998 年に行った 3 つのグループ(科学者、国会議員、そして市民)からそれぞれ無作為に抽出した調査で、科学や科学技術に対する意見を求めた(図 4 参照)。「科学は自然界について最も信頼しうる知識源である」という項目には、科学者の約 8 割が同意しており、議員や市民の約 6 割もそのことに同意していた。つまり、科学者は 2 つのグループよりも、前向きな意見を示していたことになる。しかし、科学技術に関した項目では、互いに異なる意見が出ていた。「科学技術は危険かつ扱いにくいものになってきている」ということに関しては、市民を代表する回答者の 40 %が同意していたけれども、それと比較して科学者や議員ではそれぞれ 13 %、15 %が同意しているにすぎなかった。「科学で説明できないものはない」という項目では、3 つのグループそれぞれ半数程度が同意しており、3 つのグループ間で共通したコンセンサスを示していた。また、3 つのグループの半数以上が、「科学技術は大抵の社会問題を解決しうる」ということに同意していなかったこともわかった。2 つの質問「一つの科学的な証拠でも、色々な解釈ができる」と「科学的な調査の結果は、調査した者の価値観に影響される」では、科学的探究の過程に対する大変異なった意見がグループ間で露呈し、大多数の市民や約半数の議員が同意していたが、それとは対照的に科学者では前者の項目に対して半数以上で、後者に対して約半数が同意せずという結果になった。したがって、市民と科学者との間では価値観にかなりの差が生じており、それに伴ってそれぞれの解釈の違いも出てきたことが示されたといえよう。



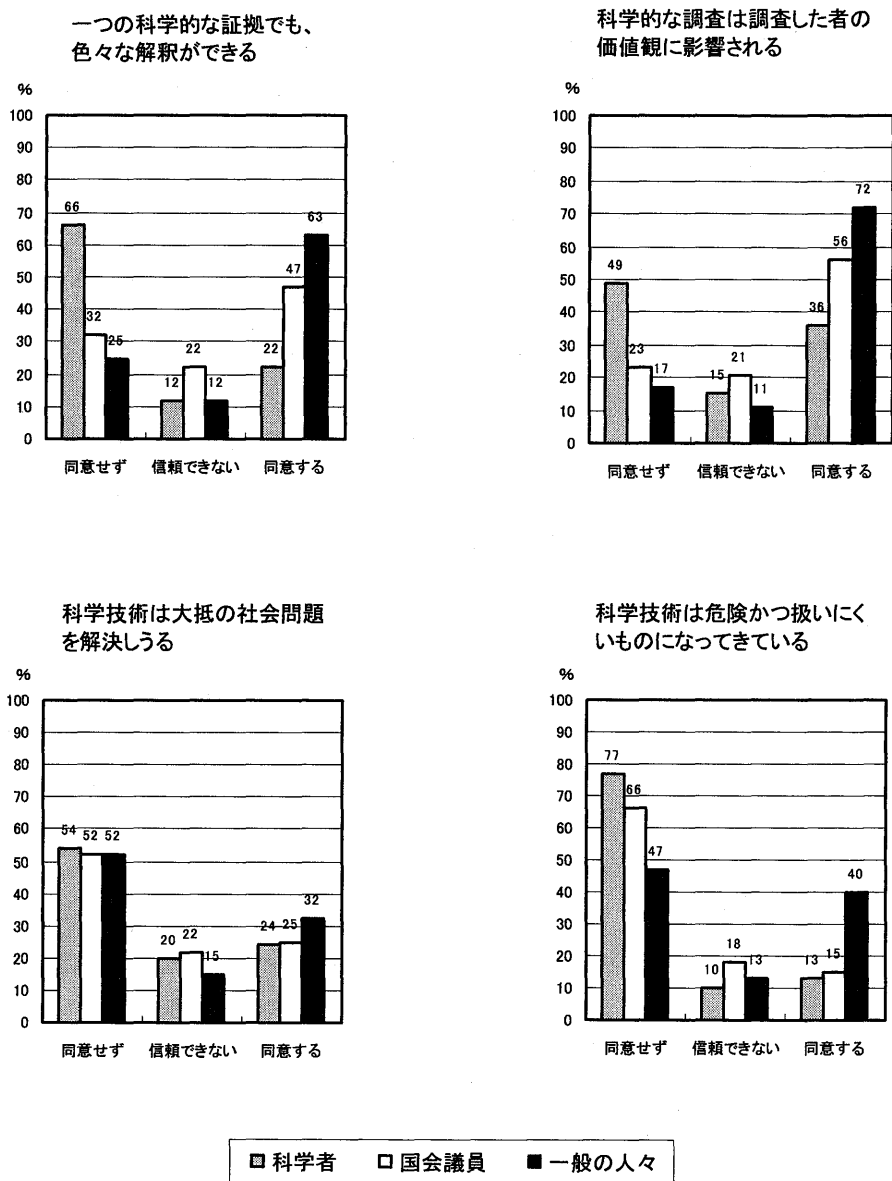


図4 科学や科学技術に対する科学者、国会議員、そして一般の人々の意見：1997年

#### (6) 遺伝子工学の理解力

スコットランドの生物学者によってクローニングされた羊ドリーに関して報道されたニュース(1997年4月)や、クローン人間の作成ため病院の開業を計画していたシカゴの科学者に関するニュース(1998年1月)によって沸き起こった論争にも関わらず、遺伝子工学に対する市民の意見を聞いた資料では、利益は有害な結果に勝ると確信している回答者の割合が、年を追ってもさほど低下していないことが示されている(図5参照)。調査をする者が、特にクローニングのことについて言及すれば、回答者からの反応は異なる結果になってしまったのかもしれないが、その調査の質問事項にその用語(クローニング)は含まれてはいなかった。

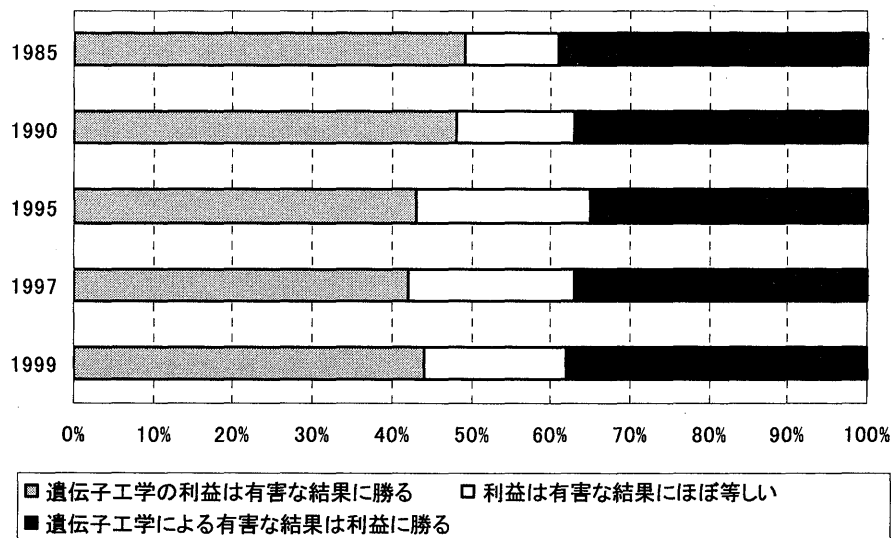


図5 遺伝子工学に対する一般の人々の評価(1985年から1999年から適宜抜粋)

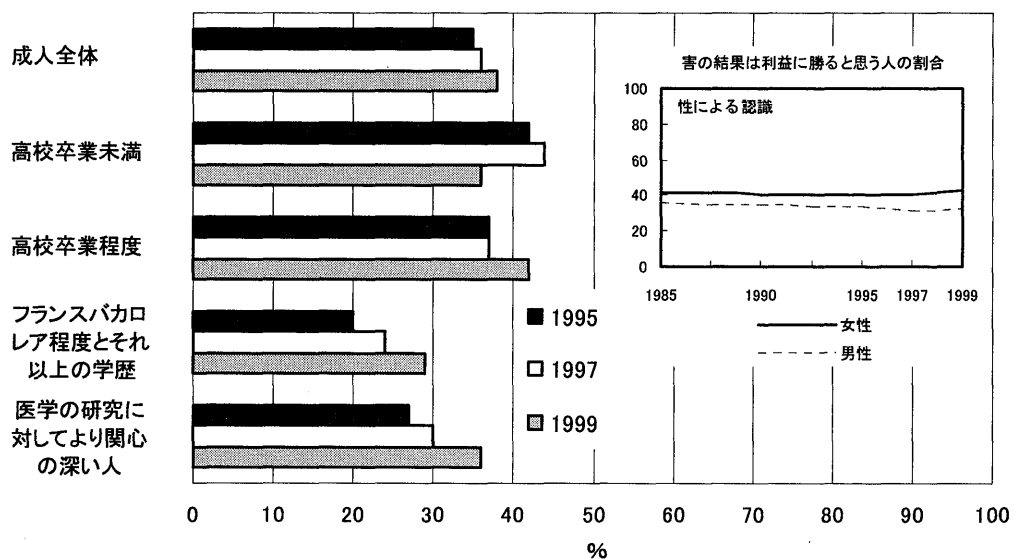


図6 遺伝子工学による有害な結果は利益に勝るとみなしているアメリカ合衆国の大人の割合(1995、1997、1999年)

教育水準と遺伝子工学の利益や害に関する彼や彼女の評価との間の関係は、いくつかの興味深い傾向を示している(図6参照)。前向きな意見は、学士程度でない人々においては、1995年と1997年に増加していたが、それとは反対に大卒程度の人々は年々増加している。また、大卒程度の人々の中で有害な結果は利益よりも勝ると述べている人々の割合は、年々徐々に増加していた。

遺伝子工学に対する意見では、性による相違が存在した(図6中枠参照)。有害な結果は利益に勝ると確信している女性が男性よりもかなりいるようである。1999年の調査で、女性と男性の間で1割程度の差がみられた。

### (7) 生物工学に対する一般の人々の意見

遺伝子学的に変更されてきた農業生産をめぐる新しい議論がイギリスやヨーロッパの国々で湧き上がる以前に、市民を対象とした生物工学に関する意見調査がヨーロッパ、カナダ、そしてアメリカ合衆国で始められた。調査では、有効性、危険性、そして生物工学の様々な応用に関する倫理上の容認度を評価してもらい、またその様々な応用を奨励するかどうかについて答えてもらった。

以下2つの質問には、生物工学の農業上の応用に付随する、遺伝子工学への使用目的が含まれていた。

- ・食糧を作出する際に、例えば、高タンパク質にさせたり、保存性を長期化させたりたり、味を変えることについて。
- ・作物を害虫に対してより抵抗性を持たせることについて。

次の3つの調査で集められたデータからは、4つの特徴に関してこれら2つの応用に関してヨーロッパ人は北アメリカ人ほど好意的な意見を持っていないことが示されていたが、その違いは大きくなかった。例えば、

- ・カナダやアメリカの回答者のおよそ3分の2と比較して、ヨーロッパの5分の3が遺伝子的に作り変えられた食糧は有用であるということに同意していた。
- ・カナダ人の4分の3とアメリカ人の3分の2と比較して、ヨーロッパ人の半数が遺伝子的に作り変えられた食糧は倫理的に一応満足できると答えていた。
- ・北アメリカ人のほぼ5分の3と比較して、遺伝学的に変更された食糧の生産を奨励するヨーロッパ人は半分もいなかった。

生物工学の応用への支持はやや少ないけれども、回答結果は遺伝子的に作り変えられた作物や他の植物に対する意見と類似していた。前頁の表題でなされた遺伝子的に構築された食糧や作物を取り巻く議論をする以前に、次の3つの調査が数年行われていたことを覚えておくことは重要である。なぜなら、その調査はかなりの範囲に及んでいたことから、その調査が行われた時、述べるよりも情報を提供してくれるし、違った意見が出てくるかもしれないのである。(アメリカの研究者は、生物工学への市民の意見調査を行う際に伴う問題の一つに、多くが自分の意見を一つも意見を持っていないということを書き留めていた。)

以下3つの調査では、生物工学による医学的応用と関係するものであった。

- ・薬あるいはワクチンを生産するために、細菌の中にヒトの遺伝子を導入すること、例えば糖尿病治療のためにインシュリンを生産すること。
- ・遺伝子的に受け継いでいる病気を発見するため、遺伝子検査を行うこと。
- ・ヒトへの移植の際、臓器を生産するために動物の中にヒトの遺伝子を導入すること、例えば、ヒトの心臓移植のために豚にヒトの遺伝子を導入すること。

上記の最初の2つには、薬の生産に対してヨーロッパ人は北アメリカ人ほど支持はしていないものの、3つの地域すべてにおいて、市民の支持が広く得られているように思われる。しかし、遺伝子検査の応用に対するヨーロッパ人の支持は、北アメリカ人とほぼ等しかった。

倫理上の容認度やその応用が奨励されるべきかどうかといったことについて、応用面に

においては、北アメリカ人よりヨーロッパ人は反対しており、臓器移植の応用に関する意見では、他の2つの医学的応用に関する意見ほど好意的ではなかった。

### 3. 全体を通しての考察(全体的考察)

アメリカ人は科学や科学技術にかなり関心を持っているが、自分の知識について自信がない。自分なりの価値を見出し適切な判断を下すことが不十分となり得ることを示唆しているのかもしれない。また、関心と知識の各項目間で密接な関係があることが伺えた。さらに女性より男性の方が新たな科学的発見や新たな発明・技術の利用について関心と知識は高いが、逆に女性は新たな医学的発見、環境汚染、地域の学校問題に関心を寄せていたことも判明した。

国際的な比較を見る限り、欧米人では科学、医学に関心を寄せているが、日本人は新たな科学的発見、新たな発明・技術の利用、新たな医学的発見に対して知識はあるが、特に他の国と比較して関心が低かった。また、アメリカと同様に日本も高学歴になるほど、科学や科学技術に強い関心を持っていることもわかった。

科学者のおよそ8割は科学技術に対して肯定的な見方をしているが、逆に市民は否定的な見方をしていた。つまり、それは科学者と一般の人々の間には価値観にかなりの差があることを示唆している。

遺伝子工学に関しては、それを巡る様々な論争があったにもかかわらず、その技術による利益は有害な結果に勝ると確信している者の割合が数年間の調査である程度一定しており、高学歴になるほど肯定的な意見も高くなっていた。しかし、その技術に対して否定的な意見を保持しているのは男性より女性の方が高いこともわかった。

生物工学に関しては、遺伝子組み換え食品についてアメリカ、カナダ、ヨーロッパの人々の半数以上がそれは有用かつ危険であるけれども、倫理的に一応満足できるものと判断していた。生物工学を利用した薬の生産については広い支持が得られているが、臓器移植については倫理面との兼ね合いがあることから、ヨーロッパ人はアメリカ人ほど好意的でないこともわかった。

### 4. おわりに

今回の調査から国際的な比較を通して一般の人々の知識や関心の程度を把握することができた。さらに日本でも同様な生命倫理問題に関する資料等から上記で紹介した資料と照らし合わせながら考察する必要がある。以上のことを考慮に入れながら子どもの状況を調査することにより、子どもの知識や関心の実態把握とそれに基づいた授業構想がより確かなものに近づいていけるであろう。

### 《引用・参考文献》

- (1) Faith, m.h., Jane, b.k.(1982) New Directions in Biology Teaching, *National association of biology teachers*, p.28
- (2) 同上書, p.15



- (3) 森本信也(1999)『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』東洋館出版社, p.56
- (4) 森本信也, 同上書, p.62, 163
- (5) National Science Foundation,National Science Board(2000) Chapter 8 Science and Technology:Public Attitudes and Public Understanding, *Science & Engineering Indicators-2000*, pp.8-4-8-7,8-14,8-19-8-21

## 子どもの対話過程における自然認識の変容に関する研究 ～グループ活動における概念地図作成を通して～

横浜国立大学教育人間科学部 福岡 敏行

東京学芸大学大学院連合学校 大貫 麻美

横浜国立大学大学院・川崎市立日吉中学校 小野瀬倫也

横浜国立大学大学院・横浜国立大学教育人間科学部附属横浜中学校 田中 保樹

横浜国立大学大学院 橋本 理絵

横浜国立大学大学院 山谷 洋樹

### 研究のねらい

グループ活動は、理科学習ではもとより、学校における学習活動で一般的に行われている形態である。学習時において子どもは、個々に自分の考えを持っているが、グループ内での対話過程を通じて互いに影響を与え合いながら、認識を深めていくと考えられる。

本研究は、概念地図法と対話ボードを用いたグループ活動における対話が、実験に関する子どもの考えに与える影響を調査したものである。子どもはまず、実験結果の予測や、実際の結果についての考察を個々に行った。この過程は子ども一人一人と事象との対話であり、そこでは実験に関する独自の概念構築がされたと考えられる。その後、実験結果の要因に関する概念地図をグループで作成する過程を通して、子どもの間に概念地図を介した対話が生じた。この対話における子ども一人一人の役割や、対話が子どもの自然認識に与える影響を、本研究では以下の観点から分析した。

概念地図法と対話ボードを活用したグループ活動における

1. 子ども一人一人の概念構築過程
2. グループ活動としての対話過程
3. 対話過程と子どもの概念構築過程とのかかわり

また、本研究では、論文執筆作業が従来の形式とは異なっていることを特徴の一つとしている。具体的には、従来の分担執筆や会議形式での執筆ではなく、調査者、分析者が個々の情報や提案をメーリングリストに発信し、協同で論文の形に構築していくという方式を取っている。この手法は、調査者や分析者が一同に介して協議するという時間や場所の制約を最小限にしながら、複数の執筆者同士が、情報交換や執筆状況の把握、推敲を容易に行えるというメリットがある。この手法に関する提言も本研究の目的の一つとする。

## 研究の方法

### 1. 調査に用いた実験

調査には、空の牛乳ビンの中に火のついた紙片を入れ、ビンの口のところに殻をむいたゆで卵を置くと、「ポン」という音と共に卵がビンの中に入るという実験を用いた。この実験は、子ども向けの科学の本、理科教育雑誌などにも見られる<sup>1)2)</sup>。

### 2. 調査対象および調査日時

調査対象 : 横浜市内の Y 中学校 生徒 44 名

調査日時 : 平成 14 年 11 月 7 日 (木) 第 4 校時

### 3. 調査の方法

グループ活動での対話による子ども一人一人の考えの変容を次の方法で見る。まず、グループ活動を行う前と、グループ活動を行った後の「自分の考え」を記述させ、それらの記録を分析する。実験の予想やプレテストとポストテストに使用した質問紙を資料 1 に示す。

実験の予想は、この演示実験を観察し、グループ活動を行うときの動機付けを意図している。

グループ活動では、教師の演示実験を話題にして、演示と同様の実験をグループで行い、ホワイトボードにグループ全員による話し合いで一つの概念地図作りを行う(図 1)。概念ラベルにはマグネットシートを利用し、「空気」、「火」、「びん」、「たまご」、「紙」の 5 個の概念ラベルと自由に追加してもよい 5 個の何も印刷していないマグネットシートを用意した。以下、概念地図作りに使用したホワイトボードを対話ボードと呼ぶことにする。

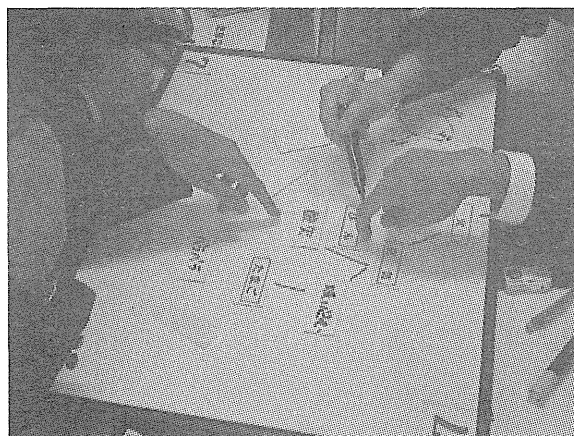
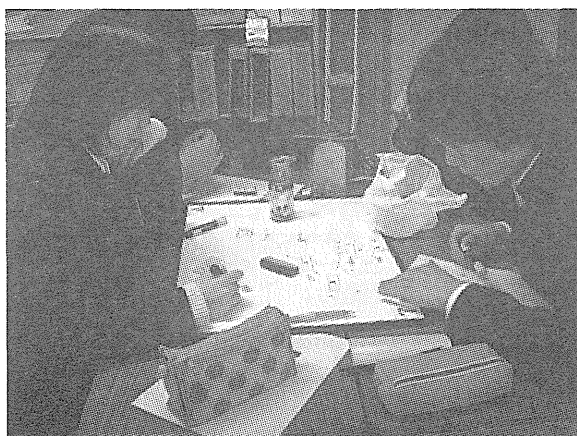


図 1 グループ活動のようす

#### 4. 授業の流れ

- |   |                               |  |
|---|-------------------------------|--|
| ① | <b>実験の説明</b><br>( 3 分)        | ・ 調査者が質問紙を配布し、実験の操作を説明する。                                  |
| ② | <b>実験の予想(質問 1)</b><br>( 2 分)  | ・ 子ども一人一人が、火のついた紙片を入れたビンの上に卵をのせるとどうなるかを予想する。               |
| ③ | <b>演 示 実 験</b><br>( 1 分)      | ・ 調査者が教卓で一度実験を演示する。  |
| ④ | <b>プレテスト(質問 2)</b><br>( 4 分)  | ・ 演示実験の結果について各自が考察する。                                      |
| ⑤ | <b>グループ活動の対話</b><br>(32 分)    | ・ グループで実験を行い、「なぜ卵がビンの中に入ったのか」について話し合いながらホワイトボードに概念地図を作成する。 |
| ⑥ | <b>ポストテスト(質問 3)</b><br>( 3 分) | ・ ⑤のあとの各自の考えを改めて記述し、自己評価する。                                |

#### 分析方法

##### 1. 質問紙における記述の分析

資料 1 にある質問紙に記述された内容(資料 2)から、それぞれの段階における個々の子どもの考え方を捉えた。実験の予想(質問 1)からは実験をする前の予想を分析した。プレテスト(質問 2)からは演示実験を観察した後の実験結果の原因、ポストテスト(質問 3)からはグループ活動後の最終的な考えを分析した。また、それぞれの段階における子どもの考え方や自然認識の変容を捉え分析した。

##### 2. 対話ボードの有効性の分析

本研究では、グループによる話し合いの過程で、ホワイトボードを対話ボードとして活用し、概念地図作りを通して実験の考察を行った(資料 3)。この対話ボードの有効性を子どもが質問紙の自己評価欄に記述した内容から検証した。

##### 3. 概念地図による対話過程と概念構築過程の分析

###### 3.1 分析対象の抽出

任意に設置したビデオカメラと MD レコーダから概念地図作成過程とそのときの会話が記録できる班を 1 班抽出した。この班の子どもを任意に A から D とし、概念地図の作成過程における会話と発言者を時間軸に沿って記録した(資料 4)。

### 3.2 分析手順

この記録を基に、概念地図が大幅に書き換えられている部分で区切り、概念地図作成過程をⅠからⅣとし、それぞれを子どもが追加した概念ラベルから特徴づけた。

それぞれの概念地図作成過程を、福岡・大貫の手順<sup>3)</sup>に従って分化・横断性と階層性の二側面から分析し、この手法では、概念地図に見られる一つの上位概念ラベルにリンクしている下位概念ラベルの数と、一つの下位概念ラベルにリンクしている上位概念ラベルの数、同位の概念ラベル間に見られるリンク数の合計を、概念の分化・横断性のレベルとする。そして、最上位の概念ラベルから最下位の概念ラベルまでのラベル数を概念の階層性のレベルとする。この手法によって、概念の構築過程は、分化・横断性のみが高まる分化・横断型、階層性のみが高まる階層型、分化・横断性も階層性も同時に高まる統合型に分類できる。これらから、概念地図に見られる概念構築過程を調べた。

また、概念地図による対話過程における子どもの活動を「概念ラベルの配置」、「概念ラベルの移動」、「概念ラベルやリンクの作成」、「概念ラベルやリンクの消去」に分け、個々の子どもがどのような役割を担っていたかについても分析した。

### 分析結果及び考察

#### 1. 質問紙における記述から見る対話過程が自然認識に与えた影響

##### 1.1 質問紙からの分析

##### 1.1.1 実験前の予想 —質問 1 から—

質問 1 (資料 1) の「ビンの上のたまごはどうなると思いますか？あなたの予想を書いてください。」という質問に対し、表現の差は見られるが、44 名中 34 名の子どもが「たまごがビンの中に入る」と予想した。逆に、3 名が「はねる」、「ボーンととぶ」、「浮く」などたまごがビンより上にはねると考えた。また、「たまごは割れる」、「変化なし」と考える子どもがそれぞれ 1 名いた。39 名の子どもが結果の予想を考え記述することができたが、5 名の子どもは何も記述が見られなかった。授業の様子やその後の質問紙から判断すると、その時間内では自分の考えを整理し表現することができなかったと考えられる。

クラス全体の 77% の子どもが「たまごはビンの中に入る」と考えたことは、これまでの学校での学習や日常生活での体験を通して、形成された知識や理解が生かされていたと考えられる。これまでに培われてきた概念に自ら働きかけ、それぞれ断片化した知識や理解をもとに、「たまごはどうなるか」という課題に対して、新たな考えを構築している姿を捉えることができる。

しかし、予想の理由を記述している子どもは 13 名と少なく、自分の予想を裏付ける考えを表現できていない子どもがクラス全体の約 65% であった。記述するのに十分な時間がなかったことが理由として考えられるが、質問文が具体的な理由まで求める表記になって

いなかったため、理由を記述しない者も多かったのではないかと推測できる。演示実験後のプレテストに対し、ほとんどの子どもが回答していることから考えると、直感的な判断で、論理的に説明することができなかった子どもが多かったと言えるかもしれない。

予想の理由を記述している13名の記述内容を分析した結果、12名の子どもはビンの中の空気を対象としていることがわかった。そのうち2名は「空気がうすくなる」、「中の空気が足りないから」のように空気までの記述にとどまっていた。「酸素がなくなる」、「酸素が減る」などのように、紙の燃焼に使われる酸素に言及している子どもは2名いた。また、ビン中の気圧の変化や低下を原因として挙げている子どもは4名いた。空気の温度や吸引力に着目している子どもも1名いた。他に対象として、煙を挙げる子どもが1名いた。

#### 1.1.2 演示実験後における子どもの自然認識の表出 ―プレテスト（質問2）から―

演示実験後、プレテストとして、その理由についての個人の考えを記述した（資料2）。この段階では、ビンの口より大きなたまごがビンの中に吸い込まれていく不思議さや、その際にポンと音を立てるというユーモラスな様から、子どもが興味、関心を持ち、その理由を追究しようと変容していたことが伺える。44名中42名の子どもがその理由を自分なりに考え、表現していた。これまでに形成された既有概念を目の前で起こった現象に照らしあわせ、その理由を解明しようとしていることがわかった。

44名中35名が最終的には、ビン内の気圧が低くなり、たまごが吸い込まれると考えていた。ただ、その気圧の低下の原因については、様々であった。その35名中25名の子どもがビン内の空気や酸素が紙の燃焼に使われるために、ビン内の気圧が減少したと述べていた。物が燃えるには空気や酸素が必要だという認識が定着しているということが言えるが、紙などの有機物が燃えると二酸化炭素が生じることを指摘している子どもは1名しかいなかった。現行の教育課程では、有機物の燃焼によって二酸化炭素が生じることは、この後学習する単元「物質と化学変化の利用」中の「酸化・還元」のところで扱うことになっている。ただし、今年度は新しい教育課程の1年目であり、調査対象は、移行期だった1年生の時の「身の回りの物質」で、簡単な扱いではあるが有機物を燃やすと二酸化炭素が生じることを学習しているはずである。しかしながら、二酸化炭素を対象としている子どもは1名しかいなかったことがわかった。

ビン内の気圧低下の原因として、ビン内の空気の温度を対象としている子どもが5名いた。紙の燃焼でビン内の温度が上昇したためとしているが、記述はそこまでとどまっておらず、空気中の分子の運動まで考えた子どもはいなかった。

紙の燃焼によって生じる水や水蒸気を対象としている子どもが5名いた。紙の燃焼によって生じる水蒸気が冷やされて水となることに着目していたが、水蒸気が水になるときの体積変化からビン内の気圧が低下すると考えた子どもは見られなかった。ビンについて水滴のため、たまごが滑りやすくなったと考えていた。

また、たまごを対象としている子どもが2名いた。彼らは、紙の燃焼による熱で、たまごが加熱され柔らかくなりビンに入りやすくなったと指摘していた。

### 1.1.3 自然認識への対話過程の影響 ―ポストテスト（質問3）から―

演示実験後のプレテストに回答することにより自分の考えを明らかにした後、実際にグループごとに実験を行い、グループ内の話し合いを通してグループの概念地図を作成した。その後、ポストテストが実施され、各個人の考えがまとめられた（資料2）。どのグループも話し合いの結果、実験結果の原因としてビン内の気圧の低下に言及しており、どの子どもの記述にもそのことが見られた。また、ビン内の気圧が低くなった理由が、どのグループとも話し合いの論点になったようであった。プレテストからわかるように、多くの子どもは紙の燃焼に使われる酸素の分、ビン内の空気が減少し、そのことがビン内の気圧の低下を招いたと考えており、どのグループもその考え方に収斂する傾向にあった。その原因として、空気減少説を主張する子どもは、自分の考えに誤りはないという自信があり、実験のようすや他者の考えなど外部の情報を取り入れたとしても、自分の既存の概念を保持しようとすることが挙げられる。どの子どももビン内の気圧が低下することに異存はなく、空気減少説から新たな考え方が生成されることはなかった。一方、プレテストの段階で、「生じた水でたまごが滑りやすくなった。」「熱でたまごが柔らかくなった。」と考えていた子どもは、このグループ活動を通して、自分の考え方を修正したり、拡張したりしていた。

## 1.2 対話ボードの有効性

話し合いを基に対話ボードにグループの概念地図を作成するという活動によって、それぞれの子どもの考え方が視覚化されており、お互いの考え方を理解し、話し合いを活発に行っている様子が観察できた。

質問紙における自己評価の中で、「班での話し合いにボードは役に立ちましたか？」という質問に対して、44名中、41名が「書き換えができる」、「ラベルが自由に動かせる」、「意見が見えやすかった」、「自分の考えをうまく表現し、形で残せたので役立った」などという肯定的な評価をしている。「役に立たなかった」という否定的な評価をしている子どもは、1名は班内のまとまりが無いことへの指摘であった。あとの3名は同じ班に集中していた。この班の子どもは、「自分なりの考えはもてたけど、これだというように1つの考えにはならなかった」という自己評価をしている。1つの意見に集約しなければならないという考えが先行したものと考えられる。「最後に2つの考えが残ったけど、どちらも実験結果とあう」という自己評価もあり、班内での見解が平行線をたどったことが伺える。しかし、考えは必ずしも1つにまとまる必要は無く、観察事実をもとにお互いが意見を出し合えたという点、また、教材の特性から観察事実が決定的な1つの考えに結び付かない

ことを考えると対話ボードはその機能を十分果たし、子どもからの高い評価が得られたと判断できる。

子どもの対話過程は、一人一人の意見を表出しあいながら概念地図を作成していくという協同作業の中で進められた。概念地図という思考の道具を共有し、表出の方法を対話ボードに統一してグループとしての考えを作り上げていった。これはすなわち、対話ボードを使用した概念地図作成によって、子どもの概念構築や対話が促進し得たことを示していると考えられる。

## 2. 概念地図による対話過程と概念構築過程の分析

さらに詳細に分析するため、任意に設置した VTR から分析が可能な一班を抽出して、その班の子どもを A から D の任意の記号で示し、概念地図作成過程と班内での会話過程を記録した(資料 4)。概念地図の作成過程で子どもは、大幅な書き換えを数回行っていた(資料 4: 絵 21, 29, 32 の後)。概念地図の作成過程を、大幅な書き換えを行ったところで区切り、作成過程Ⅰ(会話番号 1-21)、作成過程Ⅱ(会話番号 22-29)、作成過程Ⅲ(会話番号 30-32)、作成過程Ⅳ(会話番号 33-40)とした。

概念地図作成過程で子どもにより追加された概念ラベルは、その作成過程における概念地図による対話の特徴づけるものであるといえる。そのため、それぞれの作成過程で子どもにより生成された追加ラベルを、その概念地図作成過程における特徴とみなした。それぞれの特徴は、作成過程Ⅰが「変化」、作成過程Ⅱが「圧力」、作成過程Ⅲが「圧力変化」、作成過程Ⅳが「押す・引く」であることが分かった。これは、実験結果の原因として状況に何かしらの変化が起きたことがまず班内で共有された認識となったことを示している。そして、その変化の要因について、さらに考えが深まっていく過程を示していると考えられる。

概念地図の作成過程におけるグループ全体での概念構築過程を、概念地図に見られるリンクから、分化・横断性と階層性の二側面に分けて分析した(資料 5, 図 2)。また、個々の子どもが行った活動を概念地図作成過程全体について調べ、表にまとめた(表 1)。

概念地図作成過程全体における概念構築過程は統合型であった。概念地図作成過程Ⅰ～Ⅳについて、それぞれの概念構築過程を調べたところ、いずれの概念地図作成過程でも概念構築過程は統合型を示していた。概念地図作成過程ⅡとⅣでは、先に階層性が高まってから分化・横断性が高まるようすが見られた。

概念地図による対話過程における作成者の活動を以下の 4 つに分類した。予め記入されている概念ラベルを概念地図上に置く「概念ラベルの配置」、配置されていた概念ラベルを別の場所に移す「概念ラベルの移動」、新しい概念ラベルやリンクを作成し概念地図に取り入れる「概念ラベルやリンクの作成」、作成されていた概念地図の一部や全体を消す「概念ラベルやリンクの消去」である。これらに従って子どもが行った活動を分類し、表



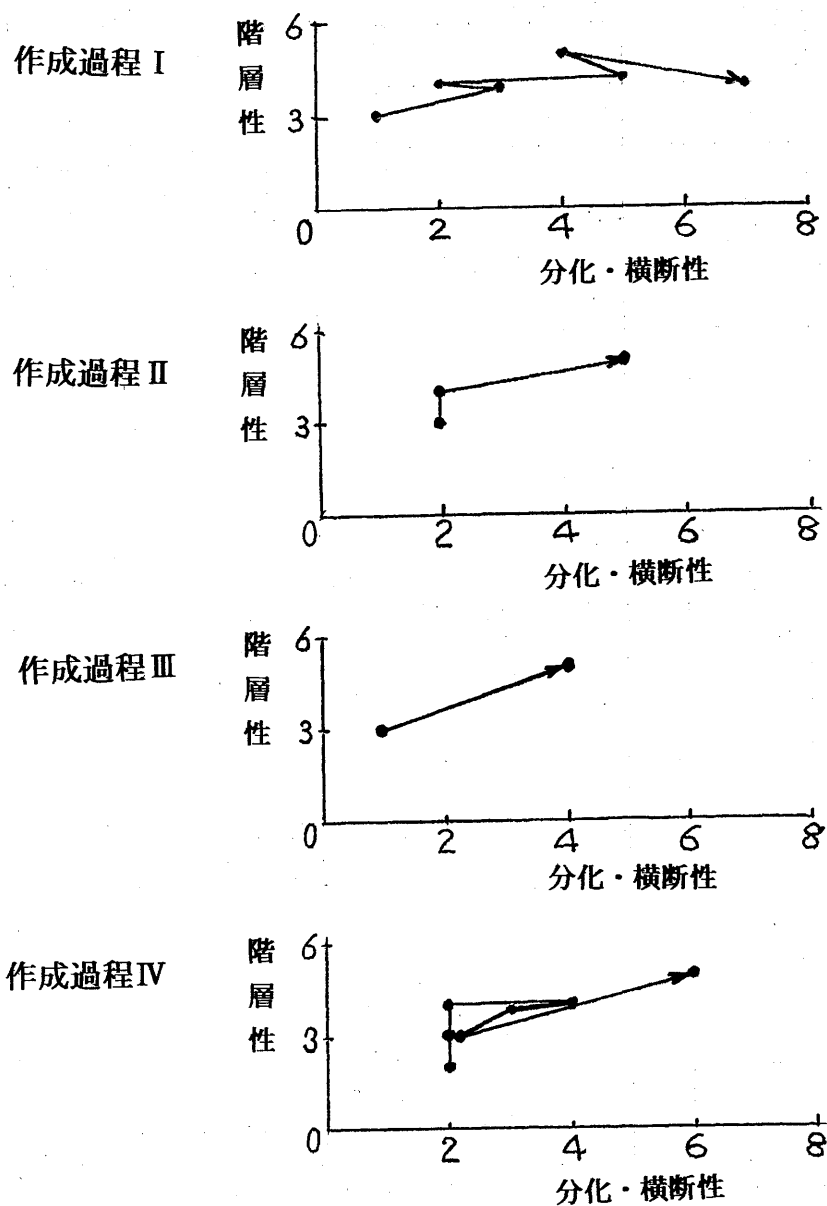


図 2 概念地図作成過程に見られる概念構築過程

表 1. 概念地図作成過程における作成者の活動内容とその回数

活動内容	子ども A	子ども B	子ども C	子ども D
概念ラベルの配置	0	4 (+1)	5	3 (+1)
概念ラベルの移動	0	2	3 (+1)	11 (+1)
概念ラベルやリンクの作成	0 (+1)	13 (+1)	13 (+2)	0
概念ラベルやリンクの消去	3	7	3	2 (+2)
計	3 (+1)	26 (+2)	24 (+3)	16 (+4)

( )内の数値は 実際には行っていないが、行おうとした回数を示す。

1の活動内容に示した。この結果から、概念地図の作成過程には4人全員が関わっていたことが確認できた。

作成者の活動のうち、「概念ラベルの配置」と「概念ラベルやリンクの作成」は、共有している概念の深化・拡大に直接影響を与える活動である。「概念ラベルの移動」は、その過程で概念の再構築を図っている活動である。その再構築の結果、構築されている概念の深化・拡大が起きる可能性がある。「概念ラベルやリンクの消去」は、概念の再構築を行う前に起きる概念の一時的な縮小であると考えられる。これは、個々の子どもが構築している概念の内容そのものが消去されたり、減少したりすることを意味しているのではなく、協同で概念を構築する中で、そのままでは共有されにくい部分が、一度共有の場からはずされたことを意味していると考えられる。

個々の子どもが行った活動を調べた結果、Aは概念地図の作成過程において、概念地図19でリンクを一度示唆したほかは、消去の活動にのみ携わっていた。概念ラベルやリンクの生成を積極的に行っているのは、BとCであった。BとCは、概念ラベルの配置も積極的に行っていた。概念地図作成過程の区切りとなる、大幅な書き換えを誘発しているのは概ねDの活動や示唆であった（資料5）。しかしながらDは、表1に示したように、概念ラベルの作成は一度も行わず、他者が配置したり作成したりした概念ラベルを移動することが多いことがわかった。

### 3. 概念地図作成過程のグループにおける対話構造の分析

抽出したグループの概念地図作成過程では、大幅な書き換えが数回行われ、最終的に作成過程IVにおいてグループの意見として結論づけられた。この作成過程IVの記録をもとに、グループにおける対話構造を分析した。

グループにおける対話構造は、佐藤の「Discourse Map」<sup>4)</sup>を参考にしながら作成した（資料6）。さらに、子どもの発言内容を、「提案」、「疑問」、「賛成」、「否定」、「強化」という5つの特徴で分け、それぞれの特徴の発言回数を分析した（表2）。

表2. 概念地図作成過程IVにおける子どもの発言内容

	提案	疑問	賛成	否定	強化
子どもA	0	2	0	0	0
子どもB	1	6	2	1	0
子どもC	9	3	0	1	4
子どもD	3	2	1	4	3

提案: 自分の考えや意見を主張する

疑問: 相手の意見に対して分からない部分を質問する

賛成: 相手の提案や意見に賛成する

否定: 相手の提案や意見に反対する

強化: 自分の意見を繰り返したり、強調したりする

それぞれの子どもの発言内容を比較してみると、発言回数が最も多い C は特に「提案」の発言が多い。C の「提案」に対して他の子どもが発言をし、その発言に対して C がさらに「提案」したり「強化」したりするという形で議論が展開している。C の次に発言回数の多い D の発言内容を見てみると、「否定」の発言が最も多く主に C が提案した概念ラベルやリンクに対しての「否定」が多い。さらに D は「提案」の発言においても、概念そのものよりも、概念地図を作ることに對する「提案」をしていることがわかった。B を見てみると、概念地図の作り始めでは D と同様に概念地図作りに對しての「提案」や「疑問」の発言が多いが、C が「空気が圧力。圧力が減るとか。」という具体的に概念についての「提案」をした後は、C の「提案」に對しての「疑問」の発言が中心となっている。また A も発言回数は少ないが C が「圧力」という概念についての発言をしたことで自分なりに考え「疑問」の発言をしている。このことから、概念地図の作成に對ける対話は C の発言を中心に 4 人がそれぞれ自分の役割をもちながら、活発に行われていたことがわかった。

さらに、この対話構造の特徴をふまえて対話に對應する概念地図作成過程を見てみると、C の概念についての「提案」を中心としてそれぞれの考えを、対話ボードを利用しながら表現し、グループとしての考えを、概念地図を使って構築していったということがわかった。

## 研究のまとめ

本研究では、グループ活動の中で子どもが考えを出し合いながらグループとして一つの考えを構築していく過程の分析を試みた。

まず、対話ボードを用いた協同での概念地図作成により、子ども同士の対話が促進され、グループとしての考えが明確化されることがわかった。次に、協同での概念地図作成過程では、子ども一人一人が概念地図を介した対話や会話による対話において様々な役割を担いながら、共有しうる概念の構築や、自然認識の深化・拡大に寄与していることがわかった。

以上の分析から、対話ボードを用いた協同での概念地図作成が、子どもの自然認識の深化・拡大に影響を与える有効な手法であることを提言する。

なお、本研究は 6 名の研究者によって分析、執筆されている。前述したように、本論文の作成ではメーリングリストと web 上の共有フォルダを活用するという新しい方式を取っている。これには、yahoo e グループ<sup>5)</sup>を活用した。最後に、この手法を用いる際の利点と留意点について箇条書きに示す。

- 利点
  - ・共有しなければならない時間や場所に関する制約の軽減
  - ・双方向での情報交換にかかる時間や費用の削減
  - ・資料、データを共有することの簡便化
- 留意点・ファイルの保存形式や使用するソフトのバージョンの統一

## 謝辞

横浜国立大学教育人間科学部 4 年生の今村梓さん、田村かおりさん、広野正樹さんには、授業の記録においてビデオ撮りや録音に協力していただきました。ここに感謝の意を表します。

## 参考・引用メディア

- 1) 阿部徳昭：「卵スッポンの謎」，楽しい授業, No. 136, 1994, pp. 58-70, 仮説社.
- 2) 福岡敏行・辻健・松元博志：「グループ活動と概念変換に関する研究 ー共同による概念地図作りをグループ活動に導入してー」，横浜国立大学教育学部教育実践研究指導センター紀要, No. 13, 1997, pp. 129-144.
- 3) 福岡敏行・大貫麻美：「メダカ教材における科学的概念構築過程の基礎的研究」，横浜国立大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター紀要, No. 17, 2001, pp. 33-41.
- 4) 佐藤公治：「認知心理学からみた読みの世界 ー対話と協同的学習をめざしてー」，1996, 北大路書房.
- 5) <http://www.egroups.co.jp/>

<次ページより資料を添付>

資料 1 調査に用いた質問紙

資料 2 質問紙における記述

資料 3 各班で対話ボードを用いて作成した概念地図

資料 4 第 9 班の概念地図作成過程における対話過程

資料 5 概念地図における概念の分化・横断性と階層性および子どもの活動内容

資料 6 概念地図作成過程Ⅳにおける対話構造

# たまごの実験

## 〈質問1：実験前〉

ビンの中に火のついた紙を入れてたまごでふたを  
すると、ビンの上のたまごはどうなると思いますか？  
あなたの予想を書いてください。

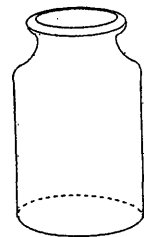
〔説明のために右の図中にその様子を加えても良いです。〕



## 〈質問2：演示実験後〉

ビンにふたをしたたまごは、どうして実験のよう  
になったと考えますか、あなたの考えを書いてくだ  
さい。

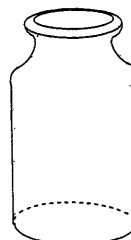
〔説明のために右の図中にその様子を加えてもよいです。〕



## 〈質問3：班実験、話し合い後〉

自分たちで実験をし、話し合った後の  
あなたの考え（説明）を書いてください。  
考えが変わらなくても、ますます自信を  
持った部分などについて書いてください。

〔説明のために右の図中にその様子を加えてもよいです。〕



## 〈自己評価〉

・自分なりの考えを持つことができましたか？

・実験や観察したことがらと自分の考えは結びついていましたか？

・班での話し合いにボードは役立ちましたか？

〈残された疑問点・感想など〉 ありましたら、書いてく  
ださい。

## 資料 2 質問における記述

	質問1	質問2	質問3	自己評価			
生徒 番号	予想	理由		自分なりの考えを持つことができましたか	実験や観察したことがらと自分の考えは結びついていましたか？	班での話し合いにボードは役に立ちましたか？	残された疑問点・感想など
1 2 4	変化なし		酸素を使って燃えるので、気圧が下がる。ゆで卵はある程度重さがあり、変形するので下に落ちた。	ビンの中の空気がうすくなる。外側のビンの内側に対する力が強くなり落ちる。(卵は空気に浮く)	考えを持つことができたが、化学的な根拠を得られなかった。	や	特にある程度のやっぱり知識は必要か
1 2 7	ビンの中の水が上がる		火のついた紙を入れることにより、中の空気がうすくなった。ビンの外側に押しつぶされていく。押す力がつねに同じ大きさでいっていく。減った分だけ空気が入るとする。しかし、穴がたまごでふさがっているため、たまごが変形されて中に入った！！	空気(びんの中の)が少なくなったのは自明である！ 考えは変わらない！！	はい！	はい！	みんな理解できた。 たまごが中に入ったのはわかったけど、なぜたまごの形が変型されたのかなぞです！
1 3 7	生まれる		ビンの中の酸素がなくなり、卵とビンの口のすきまから外の空気を吸おうとしたため。	酸素をほしがり、穴をさがす。だが、ないようなので、1番もういぶん空気がしんにゆく。	できた。	おしい感じ。	図に書いて話しかえたので、役だった。
1 4 4	中に入る	酸素・・	中に入っていた酸素がなくなると、たまごが空気を取り入れるようにする力と一緒に入っていく。それに、たまご以外のものは、案外いかに入らない。	考えは全然変わらなず、空気：少なくービン：空気が欲しいー→たまごが邪魔だ→たまごの中にいる	できた。	班での実験でもっと自分の考えをまとめられることができた。	ボードがあつたことによって、みんなの意見を少しづつ取り入れることができた。
2 1 1	火が燃える、ビンの中の酸素がなくなるービンの中の水が上がる	火が燃え、ビンの中の酸素がなくなるービンの中の水が上がる	火がビンの中で燃えているので、ビンの中の酸素がなくなる。一ビンの中には真空状態になり、ビンの中の気圧が下がる。その結果、空気が押される力が加わりビンの中に入る。真空状態：実際に火が消えたら……	質問1、2より同じ。また、火を続けて燃やしてしまつたことから、酸素が使われることがわかる。	はい	はい。結果的には僕の考えでこれを終わらせたいと思つた。書けなかったと思う。	班内でのケンカがあり、多少ぐちゃぐちゃになる部分もあった。
2 8	中に入る		ビンの中の水が上がる。火が入ると中に入りやすくなる。	たまごの中に水が入ると中に入りやすくなる。	ちょっと難しかった。少しはもてた。	あまり結びついていなかった。	ハヤ、役立しまった。
2 1	中に入る		水蒸気？卵とビンの間で密閉されて、水蒸気ができやすいからなる。	×自分で考えることが少なかった。	実験は難しい。元の状態であったとき、自分の考えが結びつかない。	○いろいろな人の考え(自分の考え)で分けてみる。ボードにまとめる。	あまりハッキリとした理由がわからなかった。もっとよく知りたかった。
2 2	中にスルッ落ちる		火を燃やしたことによりビンの中の酸素がなくなる。これによって、外側の空気が押しつぶされてくるように感じる。	できました。でも知識としてあることを自分の考えとして書いた。	結果としては結びついていない。ただ、実験をするという過程は大それたものだと思う。実験はおもしろい！	あり……みんな同じ意見(考え)だった。一人一人違えばぜったいに役に立たない。	知識を証明するために、やっぱり実験は大切。もう少し「考える」。本当に自分なりの考えを述べたい。
3 2	タマゴが中に落ちる。	中の空気が足りないから、吸い込まれる。	空気の密度がうすくなる。二酸化炭素。中の空気が足りなくなる。空気をほしがるので吸い込まれる。	YES!	YES!	とても、お互いの考えを書いたことで便利だった。	どうして空気が下がったのか？(液体が液体にならなかったら?)どのくらい下の空気が下がるとたまごが落ちるか?感想：たまごが落ちるのは知らなかった。ポンプという事で落とせばいいかなって思いました。
3 1 2	ビンの中に落ちる。	気圧の変化	紙が燃えて中の空気が減った。外から酸素がこぼれ込んでくる。紙が燃えて中の空気が減った。外から酸素がこぼれ込んでくる。紙が燃えて中の空気が減った。外から酸素がこぼれ込んでくる。	班で実験をして燃えてしまった紙に水がついていて、酸素と紙の中の水分が化合したのかと思った。そのせいで、中の気圧に変化が……	はい。このプリンにまとめでから班の時はいやすかつた。	はい。水が見つけられて、考えに狂ってしまった。	あまり……。少しまとまりがない。でも……

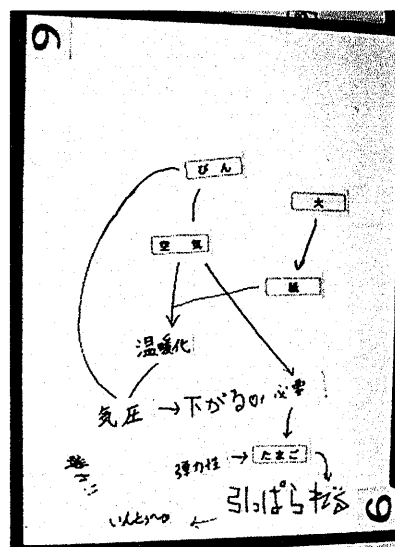
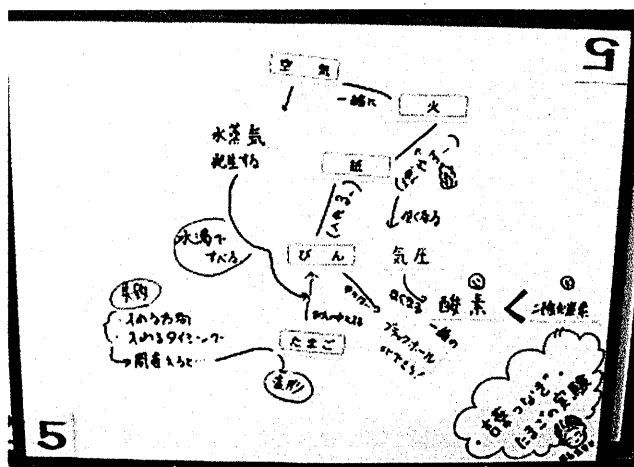
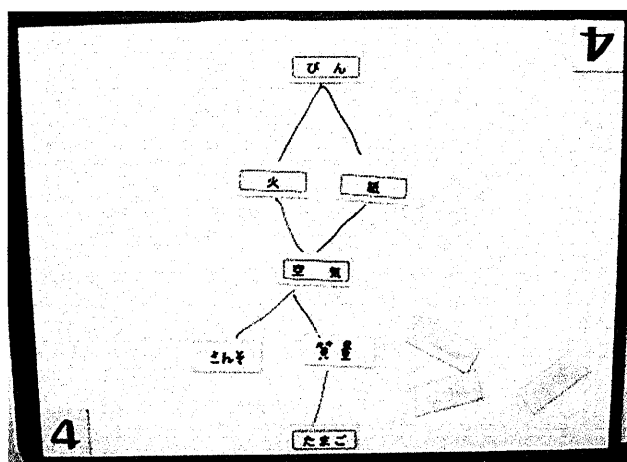
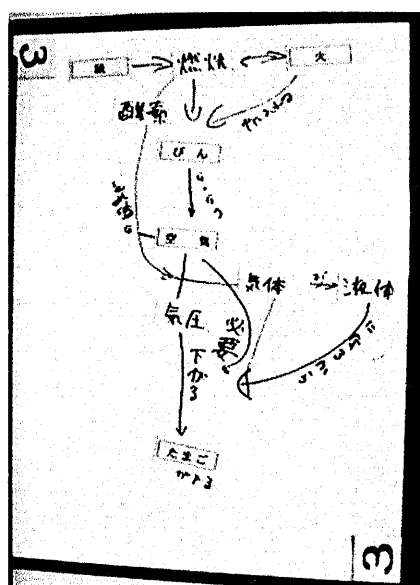
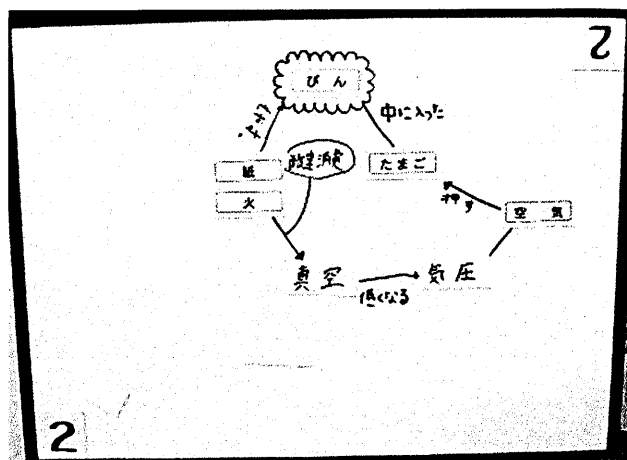
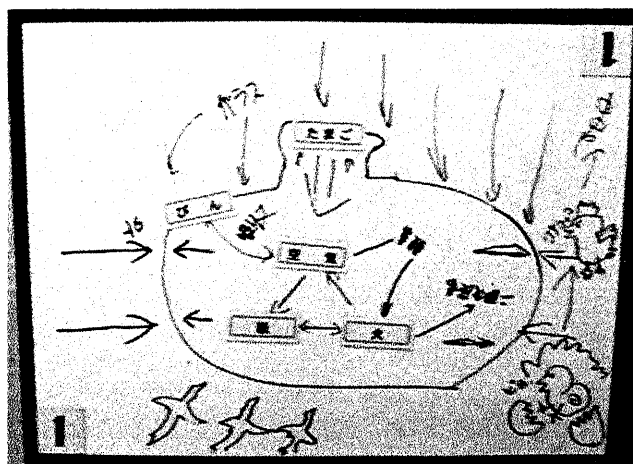
	質問1	質問2	質問3	自己評価		
生徒 No.	予想 理由			自分なりの考えを述べたか？	実験や観察したことがらと自分の考えは結びついていましたか？	班での話し合いにボードは役に立ちましたか？
3・2・6	タマゴが吸い込まれ、ビンの中に落ちると思います。	ビンの中の酸素が二酸化炭素に変わってビンの中の質量が減ったから。ビンの中の空気があったため、圧力が変わったから。	燃焼したことによって、ビンの中の空気が減り、新しい空気を求める力が生まれ、空気を吸い込むように一掃に吸い込まれた。	持つことは持ったけど、漠然とした意見でなぜそうなるのかというのが全然持てなかった。	実験の様子から、吸い込まれる＝求めているというのが結びついた。	だんだん混乱して、でも考えにくいうちにどんどんまとまっていた。
3・3・0	卵が中に吸い込まれる。	煙が中に入ってビンの中の酸素が減少し、外からとりこむようとしたが、卵があったので卵も吸いこんで、酸素を取りこんだ。	ビン内部の酸素が、燃焼によって減少し、気圧が減り、酸素を必要とし卵を吸いこんだ。	できました。	結びついていました。	ボードを使用することにより事柄に関連性も出てきた。
4・6	すば一人の中に落ちる。	中の火が燃えよとして外の酸素を取りこもうとしていて中に入った。	ビン内部の酸素が、燃焼によって減少し、気圧が減り、酸素を必要とし卵を吸いこんだ。	できました。どうかのテレビで見たことあつたけど、どうなるのか自分で考えたことなかったのだ。	たぶん、でもいろいろなんことがまじって最後には難しかった。	たまたまと思うんだけど、キナクになってしまいました。ごめんなさい。
4・1・8	たまごが入る。	煙がしたることによって、中の空気が奪われ、その分の質量が少なくなり、中に入ろうとする。	前と変わりました。紙を燃やすことによって酸素が奪われ、その分、ビンの中の質量が減ったので、タマゴがおちてきたという考え方です。	今までの知識を利用して持つことができました。	たぶんつながっているんじゃないかと思っています。	書いても消さないので役立ちました。
4・2・1	なんでビンの中に落ちたか？たまごがあつたかなくて、染らなくなったから。	なんでもビンの中に落ちた。予想2：中の空気がなくなると、卵がすいせられた。	自分の考え、ビンの中に落ちた理由として、一番大切なことは、紙が燃えて、ビンの中の空気（O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> ）などが、質量が変わったんだと思う。で、外から酸素を入れようとして、中に入る力があるんだと思った。	最初は、実験を見ただけで、良くわからなかったけど話したいと思って、みんな分かった。	あまり……でもないけど……でも、紙が燃えたこと注目しました！！	消せるから書きたいといっぱい書いた。
4・3・6			ビンの中の紙が燃えて二酸化炭素になる。質量が減ったたまごが落ちる。	あまりもでなかった。	少し結びついた。	とても役立つ。
5・3		予想1: 燃えて水蒸気が出てすべりやすくなり、重みで落ちた。 予想2: 中の空気がなくなると、卵がすいせられた。	ビンの中の酸素がなくなり、気圧が低くなった。中が一種のブラックホールのような状態になった。	あまり、独自の発想というのはいなかった。	びんのふちに水滴がついていたので、多少は結びついていました。	書き直ししたり、付け加えたりする作業がやりやすかった。有益なものだったと思う。
5・2・0	ビンの中に入る。	ビンの中の酸素が減った。=気圧が低くなる。 気圧が低くなると、たまごはビンの中に吸いこまれた。	ビンの中の気圧が低くなって一種の「ブラックホール」みたいなものになり、ビンの中にたまごが吸いこまれた。吸いこまれた後のたまごの形が線長になっていた。吸い込んだ力がものすごいとわかった。	できました。みんなで考えてより自分の考えもそこおき、ビンの中にたまごが吸いこまれた。吸いこまれた後のたまごの形が線長になっていた。吸い込んだ力がものすごいとわかった。	結びついていた(たぶん)。実験の真相は分からなかったけど、みんなほとんど同じことを書いているのと結びついていて思っています。	とても役立った。なかったら、うまくまとめられなかった。
5・2・0						結局なんでもたまごが吸いこまれたのが本当のことかわからなかった。でも、おもしろい実験だった。

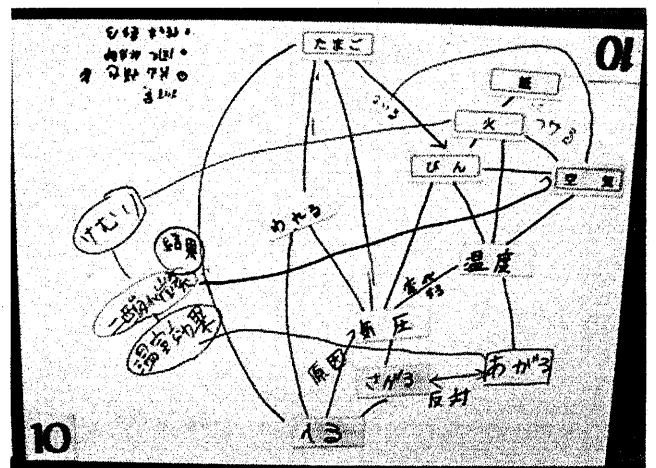
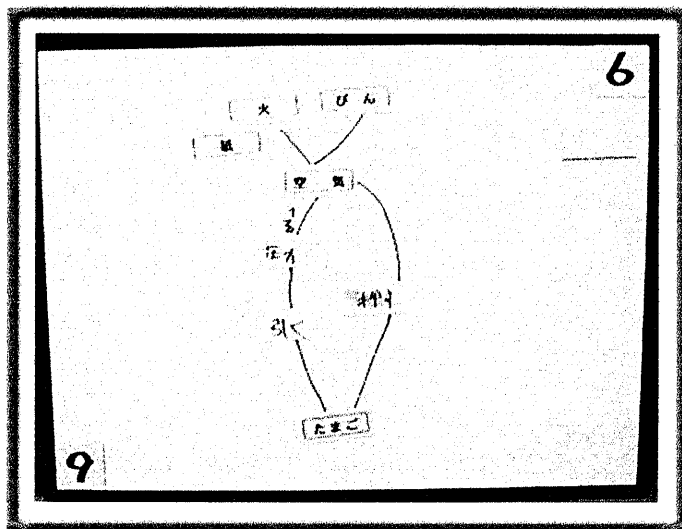
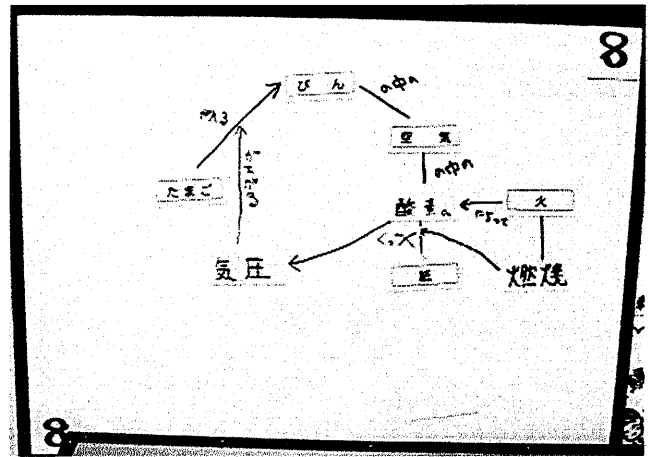
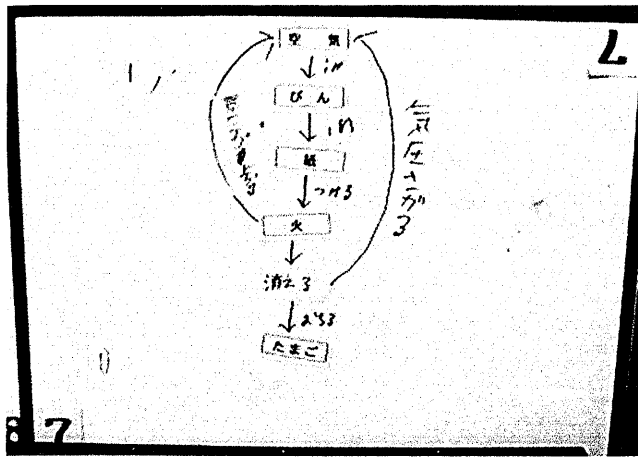


生徒 No.	質問1		質問2	質問3	自己評価			
	予想	理由			自分なりの考え を持つことが できましたか	実験や観察し たことがらと自 分の考えは結 びついていま したか？	班での話し合 いにボードは 役に立ちまし たか？	残された疑問 点・感想など
8 ・ 3 5		火が燃えることによつてビンの中の空気(酸素)が減るので真空ができ、その真空をうめるために卵はすいこまれる。	ビンの中で火が燃えていたために、ビンの中の空気の密度が低くなり、卵はすいこまれた。	密閉したビンの中で火がもえていたことによって、酸素が減り、気圧が下がったので卵がビンの中にすいこまれた。	できました。自分なりに、その事について考え、まとめることができました。	たぶん結びついていてと思う。	ボードに書きこむことによって意見の交換が進んだ。	燃やすことにより発生した二酸化炭素は？
1 0 ・ 8	けむりの出ることで気圧が変わり、スポッと入ってしまう。	燃やすことで、ビンの中と外での気圧が変わり、中にたまごがひかれていった。	火をつけることで、ビン内の温度が上がり外との温度差により、気圧の違いが生じて中にすいこまれた。	出来た	結びついた	役立った		最初たまごが中に入っていた時、本当にびっくりした。何故、入っていたのか？という疑問はまだ解決していないので、今度調べてみたいと思う。
1 0 ・ 9	中に入ると思う。	びんの中の酸素が減ったため外から酸素を取り込もうとした。その時の力で卵がびんの中に入った。	紙→火をつける→温度up→気圧Down→卵をおす力が弱まる→たまごに入る	できた	結びついた	役立った		自分たちの考えと本当の結果が合っているのかという事。
1 0 ・ 1 4	ゆでたまごはビンの中に入る。	燃焼で空気がなくなり真空状態になる。空気の出入口はたまごがふさいでいるので、空気を入れようとしてたまごが中へ入っていった。	燃やした紙を入れる→温度が上昇する(ビンの中の)空気が減る→気圧がビン中で下がる→たまごがビンへ入っていく(図で補足)	はい	少し違った	役に立った		
1 0 ・ 4 0	中にすべるように入っていく	おみそ汁にフタをしたとき、フタがあかなくなるのと同じで、中の空気が小さくなったかなんかしたんだと思う。フタとちがうのはやわらかさで、中にははいってしまうということ	これは人の意見だったけど外と中で気圧の差がおこり、たまごが中に入ったらしい…。	いろいろあって「どれ」とまとめられなかった	けっこうきわどいところでもう少し時間をかけて考えたかったです。	口で言うよりもずっとまとまるし、意外な接点とかもできた。 Ex) 温度→上がる→反対→下がる→気圧	冷やすと、たまごはでてるのかな…と思いました。	
1 ・ 4	①はね ②の中に入る	①中の気体が減つてたまごが吸いこまれた。②たまごが縮んだ。中の気圧が下がる？	たまごが吸いこまれるのはたしか。中の量が減って吸いこまれたのか気圧が下がって吸いこまれたのかがよくわからない。	自分なりの考えはけっこうもてたけど、どちらの考えに1つの考えにはならなかった。	最後に2つの考えがのこったけど、どちらも実験結果とあう。	あまり書けなかったし、役にも立たなかった。うまく使えず残念。	温度が上がるのと気圧が下がるのか上がるのかがわからない。あまり、ボードに書けなかった。言葉つなぎはけっこう難しい。	
1 ・ 6	たまごが落ちる。	温度が一瞬上がつて、再び下がる時に、吸いこむ力がはたらくので、落ちる。(例)石灰水の実験(図で説明)逆流の例	科学の実験のとき、熱するのをやめたときに石灰水をからガラス管を出す理由は、石灰水が逆流するから。つまり、吸引力が働くためと考えられるので、それと同じ現象がこの実験におけるタマゴにも起こったのではないかと予想できる。(図で補助)	暖かい空気は上にいくことから、冷たい空気より気圧が低いんだと思う。そのせいで、ビン内の気圧が下がって外の空気の方が大きくなって、タマゴを押し込もうとする力が働くんだと思う。	はい。	はい。	特に役立たず	僕の考えは、暖かい空気＝気圧は低いという考え方なので、もしこれが違えば、自分の考えはすべて覆ってしまう。あっていいかと思った。断熱膨張の時は、気圧が低くても温度が下がるので、そこでちょっとひっかかった(気圧が低いのに暖かいのか？と思ったから)
1 ・ 1 9	下に落ちるのと落ちる	蒸気であまり清やすくなって、落ちた。	酸化銅と炭素の実験のとき、石灰水からガラス管をぬくのは石灰水が逆流するのを防ぐためその原理と同じだと思う。気圧が変化し、外の気圧が強くなるか弱くなるかによって、おしこまれた。	できた。でも、違った。	結びついてなかったけど、それなりに考えられた。	役に立った。		気圧があがるとか、さがるとかがよくわからない。実験は楽しかった。びっくりした。
1 ・ 4 3	ビンの中に落ちる？	蒸気される？	熱を加えたことにより、卵の中身が圧縮されたから。卵を吸いこむから	燃焼する際に、酸素(空気)を使い、その為、ビンの中の気圧が下がる。これにより、外の高い気圧で押され、たまごが中に入った。	恐らく。	微妙。少しは結びついてはいたかもしれないが、予想外の結果で驚いた。	あまり…。話し合いにも、実験が主だった。でも、思った以上に言葉つなぎは難しかった。	最初に見た時驚いた。何でなんにすんなり入ってしまうの？初め見た実験だったので凄く驚いた。本当は何でなんだろう？しつかりとした理由がしたい。

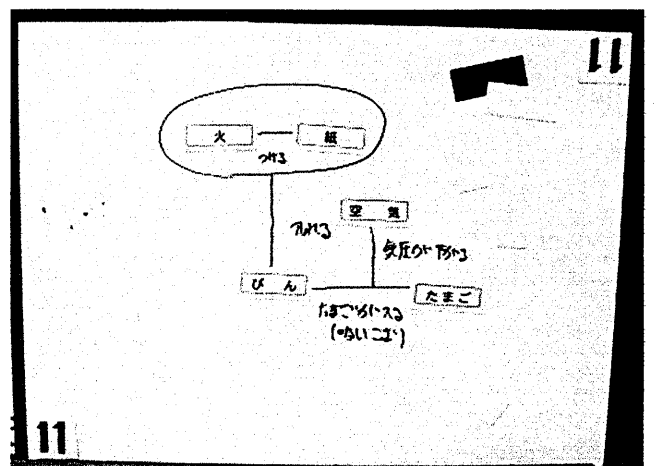
注：太枠の子どもは抽出班の子どもを示す。







抽出班が作成した概念地図



資料4 第9班の概念地図作成過程における対話過程

番号	生徒の発言・反応	A	B	C	D	概念地図	時間
1	はじめのいつぱ		○			1 たまご	26分
2	どこから？ピンから？				○	2 たまご びん	26分
3	ピンから	○					
4	どこから？				○		
5	ピンからじゃない				○		
6	ピンから	○					
7	何から				○		
8	卵とピン同じ位置じゃない		○				
9	どんなふうに着葉つなぎしていくのこれ？				○	3 たまご びん 紙 火 空気	27分
10	仕組みでしょ、はいる仕組みが着葉つなぎじゃない？				○		
11	たまごがあって、道具だから		○				
12	紙が燃える	○				4 たまご 空気 紙 びん 火	27分
13	紙が燃えるよね				○		
14	空気ももえるよね				○		
15	空気が下なんだよ	○					
16	これさピンの中の空気が				○		
17	ちがうなよつと				○	5 たまご 出発点 空気 紙 びん 火	28分
18	白があるんだよ(ラベル)				○		
19	まっつ、卵があれなんだわかった、卵が受動態、やられる…なんかやられる意味わかんない				○		
20	やられるから、あーどうなんだろ				○		
21	ばっかー				○		
22	何言ってるんだろうねおれ				○		
23	森さん何反応してる				○		
24	してないよ				○		
25	紙、紙	○					
26	たまごから、普通すぎる				○		
27	まあね				○		
28	卵がじゃあ出発点				○		
29	出発点は、				○	6 たまご 出発点 紙 火 空気 びん	28分
30	出発点が				○		
31	何でもできるんじゃないの				○		
32	紙と火が共同してこいつを				○		
33	紙に火がつくことによって、空気がどう				○		
34	このようになってピンの中に入った卵が落ちる				○		
35	ピンの中にたまごが落ちる				○	7 出発点 紙 火 空気 びん たまご	29分
36	絵書いちゃうおれ				○		
37	卵一番下にくるか				○		
38	ピンの絵書いちゃうこうやって				○		
39	空気が…	○					
40	卵出発点にしようか				○		
41	や、卵出発点だとやりにくい？				○		
42	他のなんか作っちゃうとか				○		
43	他の作っちゃう？				○	8 出発点 空気 紙 火 びん	29分
44	えーと運動がはたらいている、運動じゃないや原理				○		
45	えー空気				○		
46	ひっぱて、ひっぱて、…無いからひっぱて				○		
47	やっぱこいつはやられた。やられるから、空気がたまごをやって				○		
48	やっててよくいみわかんない				○	9 出発点 空気 紙 火 びん	30分
49	うーん、とにかく…				○		
50	空気のせいで卵が落ちるんだ				○		
51	空気のせいで卵が落ちる				○		
52	空気が変化するんだ、変身するんだ、変身した！空気は変身しないか？こいつが空気を変身させて				○		
53	空気をなくすのか。あれ、空気は減るんだよね。空気減。空気はダイエットして卵はスリムに				○		
54	かなりバニック、一人でわかっててしゃべってるんだもん				○		
55	わかった、びんというある装置門があつて卵が通っているから入れないんだ				○		
56	わかった、わかった、わかった、もうだま				○	10 出発点 紙 火 びん 空気	30分
57	わかって、わかった、わかった、もうだま				○		
58	じゃあ入学試験で行こう。ピンが閉成でこれが俺らだとするとで…				○		
59	紙に火をつけて始めるんだから、紙と火が必要				○	11 出発点 紙 火 たまご びん 空気	31分
60	紙と火				○		
61	規準どおりにやればいい				○	12 出発点 紙 火 空気 たまご びん	
62	紙と火って言うのはわかった。紙と火が接続定理になって				○		
63	なに接続定理って？				○		
64	いや、知ってるけどさ、数学じゃないんだぞ				○		31分
65	規準どおりにやればいい				○		
66	だめか				○		
67	普通すぎ				○		
68	ユーモラスに				○		
69	そしたら、たまごが、ピンの中に落ちる。				○	13 出発点 びん 空気 火 紙 変化 最終	
70	教科書、教科書				○		
71	そしたらこの5枚の使い道がない				○		
72	5枚使おうか。				○		
73	他にキーワードないの				○		
74	一人1枚(まーい)				○		
75	何を置くの？				○		
76	やられる、やられるから				○		
77	書いて消えなかったらおこるぞ				○		
78	書いて消えない？消える消える、微妙だな				○		
79	ウー、ちよつと、やっちゃったよ				○		
80	まー、いいことよ				○		
81	どうしよーか、えーと				○		
82	あと5分くらいで				○		
83	まーいって、まっつそうとそうすると				○		
84	実験で手こずったからね。				○		
85	わかってないよ。				○		
86	なかなか開成中学校には入れないってこと				○		
87	意味わかんないな				○		
88	温度、温度、				○		
89	温度は、関係ないよ				○		
90	何でもいから書いちゃお、自分の思ったこと				○		
91	温度関係ない。				○		
92	そー、温度関係ないよ				○		
93	だって、酸素でしよ。				○		
94	酸素				○		
95	減る、減る、減る これ動詞なんかもいいの				○		
96	空気が減るだとか、そのままじゃん。				○		

番号	生徒の発言・反応	A	B	C	D	概念地図	時間
96	変化						
97	気圧変化にしよう						
98	変化でいいよ						
99	俺、変化書くよ。書くよ。						
100	ジャー、空気の変化した後ののはなんて書くの						
101	変化もいらないか。						
102	だってサー、普通サー、ここに線を引いて						
103	変化ってねー						
104	空気と紙とちよつとやばいんじやね。ピンいらねーか。ピンいるか。ピンは大事だ。						32分
105	最後にピン						
106	たまごが						
107	ピンから始める						
108	ピンから始めて、ピンの中には、空気と紙と火が、空気があって、ここはこーなんのかな？火が火と紙のセットで、こーくると変化して、たまごがきて。						33分
109	塾の先生そうやるの						
110	そう、きざったらしい先生いるよ						
111	こーやって、変化いらないよ						
112	ピンの中に水と入って、で、これとこれが変化して、これじゃー普通すぎるよ						
113	普通だね。言葉つなぎみたいのって、絵にしちゃっていいの？						
114	何書いてるの？						
115	これ書いてるし、書いてるよ						33分
116	普通だー普通だー普通すぎるよ						34分
117	今のが足りないんじゃない						
118	俺書いたもん						
119	紙と火とさあ…紙があるから火が燃える…						
120	紙があるから火が燃えるから…						
121	問題はそこじゃないよ。						
122	じゃないよ、だから紙が燃えて火がなって…わざとくっつけて間隔を出す。いやきれいに付けるよりもこうやったほうが…消せるんだよね、これ。						35分
123	こーやって言葉つなぎしたほうがよくない？						
124	どうせ消せるんだよね。						
125	だからこーやってさあ。それもちがうんだよ。						
126	ちがうか…						
127	もう2、3分で…						
128	やばいやばいやばい。						35分
129	こことさあ、このつながりって…あるんじゃない？						
130	ああ…ここ？こー？						
131	これするために空気がこっちにくるでしょ？						
132	矢印か。						36分

番号	生徒の発言・反応	A	B	C	D	概念地図	時間
133	あ、じゃあさ、お前位置がちげーよ、したら。これこー来てこー…						36分
134	変化？						
135	これとこれが関係ないんだったらさ、こーじゃん。						
136	あ、そうだね…。ここは？						
137	ないんじやない。						38分
138	空気と紙が、火が燃える。空気は空気が…あちよつとこの辺に、あ、そうそう…変化が変化がおきて…えーつと、おかしいなあこれな。						
139	えーそろそろ切りますね。						
140	なんで変化がここの？						
141	消したら？						
142	ちゃんと並べないと。						
143	全部消す？						38分
144	火に変化はないから、このまま真下にいいでしょ。						
145	空気と卵がそこに入るの？						
146	卵が…						38分
147	空気がここにきて…変化して…こーとか。入んないなあ。卵がピンに入る。卵がピンに入るって説明は…卵の入れどころに困る。						
148	えー済んだ卵はちよつと手を上げてください。						
149	あ、えーこの全体が全体のことがあったからこーこー来てこー来るとか。						39分
150							
151	そしたらそのまま下に待ってぐりゃいんじやない？						39分
152	そうかな。						
153	卵どうすんの？						
154	もっといばいいキーワード書く？						
155	こーいうのが足りねえんだ絶対。						
156	どういうキーワードがある？これ何かすげーシンブルじゃねえ？						
157	キーワード少ないよ、絶対。						
158	キーワード少ない。						
159	あと4つもある。						
160	なんだろう？						
161	キーワード何だろうね？						
162	はい、これ終わったら机を全部元に戻して…						
163	キーワード何だろうねえ。あれ、もしかして実験道具全部とられた？						
164	火。						
165	えー、火。						
166	摩擦とか。						
167	摩擦？						
168	は、ないか。						



番号	生徒の発言・反応	A	B	C	D	概念地図	時間
256	押すって何？押すって。		○			<div>39</div>	45分
257	卵が押すの。			○			
258	何を？		○				
259	自分を。			○			
260	自分を押してビンの中に？		○				
261	空気が押すの。				○		
262	空気が卵、あ、空気？				○		
263	空気が卵を押す。				○		
264	外の？外の、外の？			○		<div>40</div>	46分
265	そんな感じじゃない？		○				
266	そしたらそこは場所がおかしい。			○			

時間は、演示実験終了からの時刻を示す。

資料5 概念地図における概念の分化・横断性と階層性および子どもの活動内容

	地図 番号	会話番号	分化・横断性 — 階層性	子ども A	子ども B	子ども C	子ども D
作成過程 I	1~14	1-108	不明		配置		
							移動
					作成		
						(移動)	
					移動		
							移動
						移動	
					移動		移動
							移動
					作成		
						配置	
							配置 移動
	15	109-115	1 — 3		作成		
	16	116	3 — 4		作成		
	17	117-122	2 — 4			移動	
	18	123-128	2 — 4			作成	
	19	129-132	5 — 4	(作成)			
						(作成)	
					作成		
	20	133	4 — 5				移動
					作成		
						(作成)	
	21	134-137	7 — 4		作成		
						作成	
					消去		
				消去			
作成過程 II	22	138-143	2 — 3	消去			消去
					消去		
	23	144-145	2 — 3				配置
						作成	
					消去		
	24	147-150	2 — 3			作成	
	25	151	2 — 4				(移動)
					作成		
						移動	

	地図 番号	会話番号	分化・横断性 — 階層性	子ども A	子ども B	子ども C	子ども D
作成過程 II	26	152-169	5 — 5			作成	
					配置		
					作成		
						作成	
	27	170-185	5 — 5		作成		
						作成	
					作成		
	28	186-198	5 — 5				移動
	29	199-201	5 — 5				(消去)
					消去		
							移動
作成過程 III	30	202-206	1 — 3				移動
	31	207	不明				移動
	32	208	4 — 5		配置		
					作成		
							(消去)
作成過程 IV	33	209-229	不明	消去	消去	消去	消去
							(配置)
	34	230-233	2 — 2				配置
						作成	
	35	234-236	2 — 3			配置	
						作成	
						配置	
					配置		
						作成	
						消去	
	36	237-249	2 — 4			作成	
						配置	
						作成	
	37	250	4 — 4		(配置)		
						配置	
						作成	
	38	251-255	3 — 4		消去		
					作成		
	39	256-263	2 — 3		消去		
							移動
	40	264-266	6 — 5			消去	
					作成		

概念地図と会話の番号は資料 4 を参照。

時間軸を縦に取り、個々の子どもの概念地図作成における活動を以下に大別した。

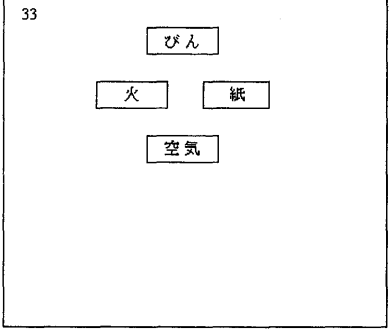
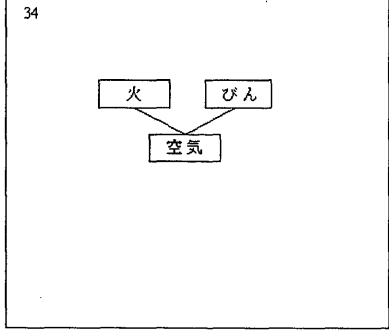
配置: 概念ラベルの配置 移動: 概念ラベルの移動 作成: 概念ラベルやリンクの作成

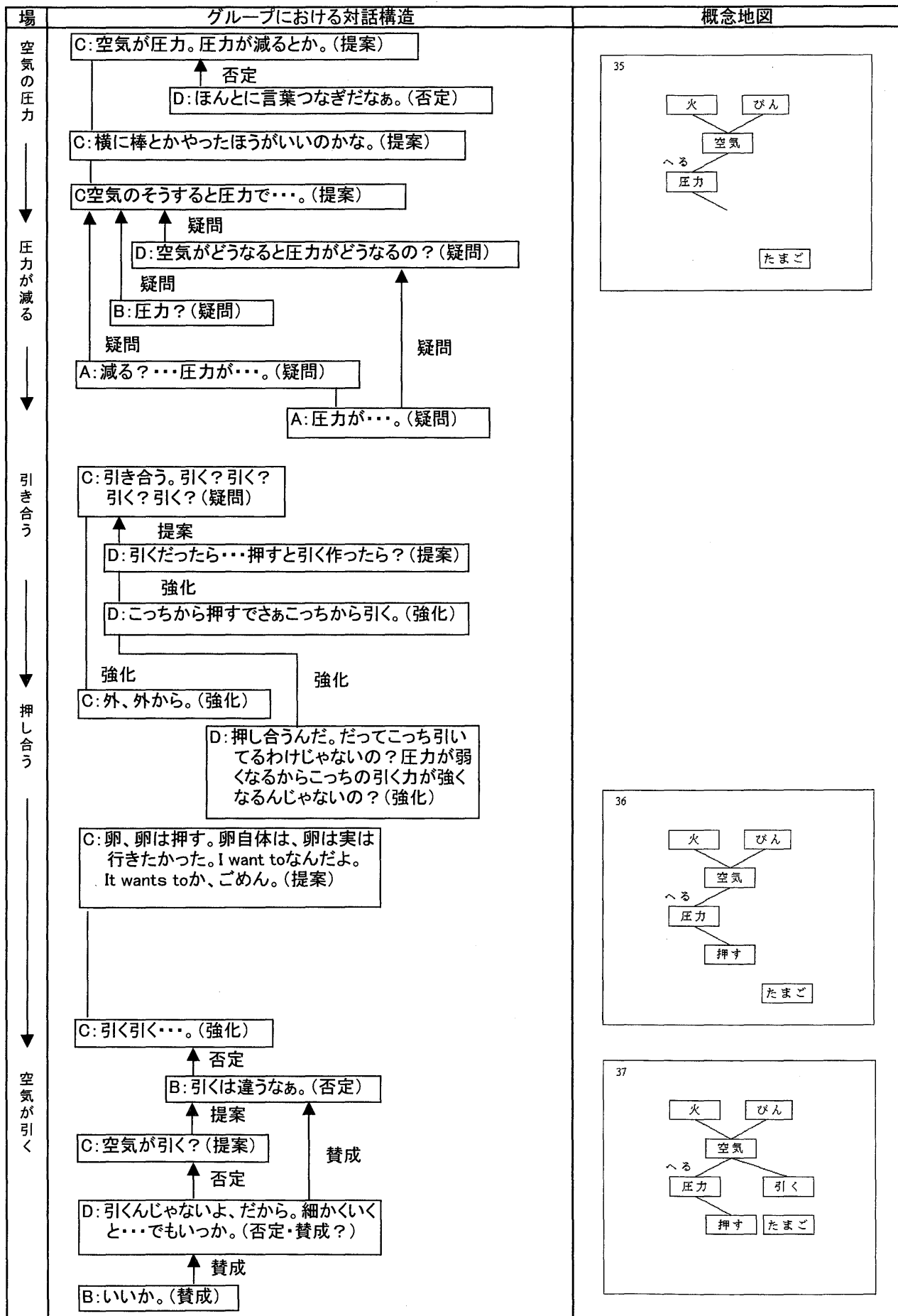
消去: 概念ラベルやリンクの消去

( )内は、実際には行っていないが、行おうとしたことを示す。

分化・横断性と階層性の分析は福岡・大貫<sup>3)</sup>に従った。リンクがなく分析できない部分には不明と記した。



場	グループにおける対話構造	概念地図
真っ白にしよう	<p>C: えーっとそうだな。(提案)</p> <p>↑ 否定</p> <p>D: これ違うだろ、さっきより悪くなってる。(否定)</p> <p>← 否定</p> <p>C: 言葉つなぎだから別に…。(否定)</p> <p>B: これ全部真っ白にしようか。(提案)</p> <p>↑ 賛成</p> <p>D: 真っ白にして一回並べ直すか。(賛成)</p> <p>↑ 賛成</p> <p>B: 真っ白、真っ白。(賛成)</p>	
修正版作り始め	<p>D: ピンからでいいんだっけ？紙から？(疑問)</p> <p>↑ 否定</p> <p>C: 紙から？紙からは無理だろ。(否定)</p> <p>B: この変化っていうのさー、これも消しちゃう？(疑問)</p> <p>C: 火があって空気があって…。(提案)</p> <p>D: ピンと火一緒にしちゃって…。(提案)</p> <p>↑ 疑問</p> <p>B: こう？(疑問)</p> <p>↑ 否定</p> <p>D: 余計違うなあ。(否定)</p> <p>↑ 否定</p> <p>C: ピンと火で空気？(疑問)</p> <p>↑ 疑問</p> <p>D: ピンと火一緒にしちゃって…。(提案)</p>	<p>33</p>  <p>34</p> 



場	グループにおける対話構造	概念地図
卵が自分を押す	<p>グループにおける対話構造</p> <pre>       graph TD         B1[B:自分を押してピンの中に？(疑問)] -- 疑問 --&gt; C1[C:自分を。(強化)]         C1 -- 疑問 --&gt; B2[B:何を？(疑問)]         B2 -- 疑問 --&gt; C2[C:卵が押すの。(強化)]         C2 -- 疑問 --&gt; B3[B:押すって何？押すって。(疑問)]         B3 -- 疑問 --&gt; C3[C:空気が減って圧力が引くんで、それを卵が押す。(提案)]       </pre>	<p>38</p>
空気が卵を押す	<p>グループにおける対話構造</p> <pre>       graph TD         B4[B:そんな感じじゃない？(賛成)] -- 賛成 --&gt; C4[C:外の？外の、外の？(疑問)]         C4 -- 疑問 --&gt; D1[D:空気が卵を押す。(強化)]         D1 -- 同意 --&gt; B5[B:空気が押すの。(提案)]         B5 -- 疑問 --&gt; C5[C:空気が卵、あ、空気？(疑問)]         C5 -- 疑問 --&gt; D2[D:空気が押すの。(強化)]       </pre>	<p>39</p> <p>40</p>

## 協同的な学びの場における環境問題に関する概念の再構築過程の分析

東京学芸大学大学院連合学校 教育学研究科 大貫 麻美  
湘南白百合学園中学・高等学校 高山真記子

### はじめに

理科教育に深く関連し、総合的な学習の場でも多く取り上げられる題材のひとつに環境問題があることは周知のとおりである。環境教育は「知識のみならず、行動・態度・価値の形成に関連し、また利害や立場・価値等に関連していることによる教授・学習上の難しさ」<sup>1)</sup>を抱え、依然として課題や展望についての論議が絶えない。山極は環境教育で育てるべき能力として「環境に関する事象に関心を持ち、意欲的に問題解決する能力」、「環境に関する事象を総合的、相互関連的にとらえる能力」、「環境に関する事象の因果関係を把握する能力」などをあげている<sup>2)</sup>。学校教育の場では、これらの能力の育成を目標として、具体的な課題についての学習が行われる。この学習では、子どもが研究課題を設定し、その分析、解決の方略の調査などに取り組む学習が行われると考えられる。こうした一連の学習過程では、時折、それまでの学習を整理し、以降の学習の方向づけを行うことが重要である。この学習過程における状況把握は、教師により子どもの学習状況を読み取るために行われるだけでなく、子ども自身が行うことにより、その後の学習の指針として、一層有意義なものとなる。

本研究では、環境問題に関する学習過程での概念地図作成により、学習の整理と学習の状況把握の双方を行うことを試みた結果を報告する。環境教育への取り組みは、上述したようにさまざまな課題を抱えている。これらの課題を解決する有効な一手法として視点移動の誘発がある<sup>3)</sup>。本研究では自分の取り組む課題に関する認識の深化・拡大が図られるよう、概念ラベルは子ども自身が選ぶ手法をとった。また、その際に、子ども同士の対話過程における視点移動が盛んになるよう、教師と調査者から、大きな概念系の提示を行った。

概念地図法は、学習者が構築している認知構造を表出するものである。それゆえ、子どもにとって曖昧な概念や、不鮮明な部分はそこに示されない可能性が高いと考えられる。そのため、学習過程をとらえる試みとして、概念地図作成時に、曖昧な部分のリンクには疑問符をつけるという新たな手法を導入して調査を行った。また、今までの学習の整理をより一層深めるため、概念地図作成の終了時に、作成者自身によって概念系を記入する手法も同時に導入した。これらの手法は、「学習ツール」として使用する概念地図に「表現ツール」としての特徴を強化することをも意図している<sup>4)</sup>。このことにより、概念地図を介した対話過程において、概念構築の様子が、作成者だけでなく、他の学習者や教師にも読み取りやすくなると考えられる。この利点は、教師や学習者自身が学習状況を評価する「評価ツール」として使用する際にも影響するであろう。

こうした手法を用い、任意に抽出した子どもについて、概念地図を作成する過程における他者との対話や個人内対話と、個の子どもの概念構築との関連を調べた。また、概念地図作成後に個々の子どもが記述した感想から、子どもの学習過程に今回の概念地図作成が与えた影響を調べた結果を報告する。

## 調査

1. 調査対象：神奈川県内の私立 S 中学校第 3 学年 36 名
2. 調査日：平成 14 年 6 月 19 日（水）
3. 調査方法：ビデオカメラによる学習過程の記録と概念地図及び感想文の作成
4. 調査内容に関する授業の年間の流れと調査の位置づけ

調査は、毎週 1 時間行われている環境に関する総合的な学習の 1 時間を使用して行われた。本調査が行われる前の授業の概要を説明する。まず、各専門の教師による環境問題に関する講義の受講と、東京電力の火力発電所及び東京ガスの環境エネルギー館の見学があった。これらの学習に続いて班ごとに、環境問題の中から取り組むテーマを決めた。本調査は、これから各班での研究活動が始める段階で行われた。本調査後には、班ごとに研究を行い、データを検証し、まとめて発表することが予定されている。

本調査を行うことにより、班で取り組むテーマに対し、個々の子どもが自分自身の概念を再構築することとなる。このことにより、取り組む課題に関する概念の深化・拡大が予想される。

### 5. 概念地図の作成

「自分が取り組む環境問題」という課題で概念地図の作成を行った。調査時に調査者が予め提示し、使用を促した概念ラベルは「自分」ラベルのみである。テーマが各班により異なるため、その他に使用する概念ラベルは各自が自由に作成することとした。その際の支援として、概念ラベルの選択時に多様な視点を取れるよう、調査者から予め大きな概念系の提示を行った。提示した概念系は「環境」、「環境問題」、「原因」、「解決策」と「その他」の 5 つであるが、すべてに関する概念ラベルを作成する必要はなく、作成する枚数も自由であるとした。作成過程での周囲との対話は制限せず、概念地図の作成はそれぞれが行うよう指示をした。

## 記録・分析方法

### 1. 調査対象の抽出と記録

任意に設置したビデオカメラにより撮影された映像から、周囲の子どもや教師と行った対話過程や、概念地図作成時のつぶやき（自己との対話過程）の記録が可能であった子ども C01 を分析対象として抽出した。その記録の一部を資料 1 に示す。また、概念地図を作成する過程での修正、変更などを経時的に記録した（資料 2）。これらの記録を基に、概念地図の作成過程における概念構築の様子と、そこに対話が及ぼす影響を調べた。

## 2. 分析

### 2.1 本研究に見られる対話

本研究では、学習過程における対話について以下のように分類した。

他者との対話…学習者が他者で行う対話。これには以下の2つの対話がある。

- ・ 会話による対話…会話によって、他者がもつ概念や情報に触れることで、概念の再構築と、それに伴う認識の深化・拡大が生じる。本調査では子ども同士の話し合い、子どもと教師との会話があった。
- ・ 概念地図による対話…他者が作成している概念地図を通して他者の考えにふれることで、概念の再構築と、それに伴う認識の深化・拡大が生じる。ここでは、表現ツールとしての概念地図法の使用がされている。本調査では子ども同士が作成過程で他者が作成した概念地図を参考にしている場面があった。

個人内対話…学習者が自分自身の概念や学習内容で行う対話

- ・ 概念地図による対話…学習ツールとしての概念地図作成である。個人内対話は、自己の中で行われるものであり、すべてを表出させることは難しい。しかしながら、本研究では子ども C01 の概念地図作成過程をビデオで撮影し、作成や修正の過程などから、C01 の個人内対話を探ることを試みた。

### 2.2 概念ラベルの作成過程における対話の影響

C01 の概念ラベルの作成を、他者との対話との関連から以下のように分類した。

「課題」…C01 が属する班の研究課題

(「紫外線の増加」「オゾン層の破壊」ラベル)

「生成」…C01 自身が生成した概念ラベル

「導入」…他者との対話過程において他者から示されたものを、そのまま C01 が導入した概念ラベル

「包摂」…他者との対話過程で他者から示された内容を C01 が自分の概念に包摂し、生成した概念ラベル

また、作成された概念ラベルが、調査者によって用意された大きな概念系のいずれに当てはまるかを調べることによって、概念ラベルを作成する際に見られる C01 の視点移動を探った。そして、その視点移動に教師との対話過程が与える影響を調べた。

### 2.3 概念地図作成過程における対話の影響

C01 の概念地図作成過程における個人内対話の影響を分析した。

### 2.4 学習終了時の感想にみる認識の深化・拡大

個々の子どもが概念地図作成終了時に記述した感想文から、本時の学習が各自の概念構築に与えた認識の深化・拡大の様子を分析した。

## 分析結果・考察

### 1. 概念ラベルの作成過程における他者との対話の影響

C01 による概念ラベルの作成を対話過程との関連から、表 1 のように「課題」、

表 1. C01 によって作成された概念ラベルの分類と、教師が提示した概念系に見られる視点移動

ラベルが作成された順にその作成の分類と概念系を示した。

二重線は教師との対話があった時間の存在を示す

長鎖線は他の子どもとの概念地図による対話があった時間の存在を示す

分類 課題: 班の研究課題 生成: C01 が生成したもの 導入: 対話過程において他から示されたもの

包摂: 対話過程で示された内容から生成されたもの

分類	概念系				
	環境	環境問題	原因	解決策	影響
課題		オゾン層の破壊			
生成			フロンガス		
生成					日焼け
包摂					皮フがん
包摂					シミ・ソバカス
包摂				クーラーを 使わない	
包摂				発泡スチロール	
生成				冷蔵庫	
(移動)			冷蔵庫		
(移動)			発泡スチロール		
包摂			クーラー		
課題		紫外線の増加			
包摂				魚のトレイは 回収へまわす	
導入		白内障			
(移動)					白内障
包摂				フロンガスを 減らす	
生成	太陽が照ってる				
包摂	オゾン層				
包摂	オゾンホール				

「生成」、「導入」、「包摂」に分類した。

概念地図を作る過程で C01 が作成した概念ラベルには、C01 自身で生成したもののみならず、会話による対話過程を通して導入したものや包摂したものがあることがわかった。会話による対話過程では、C01 が示した内容に他の子どもの意見が加わることにより、C01 の概念構築に深化が見られた。資料 1 の「皮フがん」、「シミ・ソバカス」ラベルの作成過程がその例である。こうして生じたラベルは、C01 にとって他者との対話過程で得られた情報を自分の概念に包摂したものと考えられる。また、C01 は「フロンガス」ラベルを生成した後に、解決策として「フロンガスを使うのをやめる」という発言をした。しかし、この発言内容は他の子どもによって「そうしたら自分の生活が成り立たない？成り立った上で考える。」と深化を迫られるものであった。それにより、クーラーなどフロンガスの放出につながる可能性のある製品の使用へと対話が拡大した。

その後 C01 らは、この会話による対話過程に参加していなかった子どもの概念地図を見て、「白内障」ラベルを導入した。そして、その子どもが「フロンガスの減少」概念を構築していることについて班内での会話による対話が行われた。その対話過程で、自分たちの作成した「クーラーを使わない」ラベルなどは「フロンガスの減少」概念系の具体的な内容を示しているという指摘を他の子どもが行った。これを受け、C01 は「一応じゃあ何か大きいこれでフロンガスを減らすと

か書いておこうか」と提案し、「フロンガスを減らす」ラベルを作成した。

これらの様子から、概念地図による対話過程が概念の拡大を促し、さらに会話による対話過程がそれを深化させることが示された。

次に C01 が、個々の概念ラベルをどの概念系に位置づけたかによって視点移動の様子と、対話過程の関連を追った。調査者が予め提示した概念系は「環境」、「環境問題」、「原因」、「解決策」、「その他」である。時間軸に沿った概念ラベルの作成を概念系と関連させたものを表 1 にまとめた。ここから、概念ラベルの作成時に起きた視点移動と、教師の支援の関連を調べた。

C01 は「オゾン層の破壊」「フロンガス」ラベルを作成した後、しばらく子ども同士での会話による対話を続けていた。この対話は、先に示された「フロンガス」ラベルに関連した内容であるが、新たな概念ラベルの作成はされなかった。そこで C01 らは教師に支援を求め、教師はそれまでの学習過程を確認した後、新たな概念系として「影響」概念系を例示した。その支援によって C01 らは、「影響」概念系に関係する対話を行うようになり、そこから「影響」概念系に含まれる概念ラベルを作成した。また C01 は「シミ・ソバカス」ラベルを作成後、教師に、概念地図に示す内容は自分の考えでよい事を確認している。確認が取れた後には、視点移動が活発に行われるようになった。これは、教師との対話が、子どもに新しい概念系への視点移動を誘発したことによる概念の深化であると言えよう。

## 2. 概念地図作成過程における個人内対話の影響

C01 の概念地図作成過程を記録した（資料 2）。この記録から、C01 の個人内対話を分析した。

まず、C01 は概念ラベルを作成しながら大まかに配置した（26 分 24 秒まで）。その後、全体を貼付してリンクを書いた。

教師の支援で、曖昧な部分には疑問符をつけること、概念地図の中でまとまりになっていると考えられる部分を囲むことがあらかじめ手順に加えられていた。このまとまりは、作成者が意識している概念系を示している。

C01 は、概念地図の作成過程で、曖昧な部分には疑問符をつけていた。概念地図の作成を終えた後に、C01 は概念系を示す囲みを入れて（43 分）、感想を書いた（43 分-49 分）。感想を書き終えてからしばらく考えた後に、C01 は「自分」ラベルからのリンクを 3 つ付け加えた。

C01 が意識している概念系を作成順に「日焼け」概念系（「日焼け」、「シミ・ソバカス」、「皮フがん」ラベル）、「紫外線の増加」概念系（「紫外線の増加」、「白内障」ラベル、「日焼け」概念系）、「フロンガス」概念系（「フロンガス」、「発泡スチロール」、「クーラー」、「冷蔵庫」ラベル）、「フロンガスを減らす」概念系（「フロンガスを減らす」、「クーラーを使わない」、「魚のトレイは回収へ」ラベル）とした。「日焼け」概念系には、資料 1 の「日焼け」ラベル生成以降の会話による対話過程を通して構築された概念が示されていた。そして、そこに、概念地図による対話過程を通して導入された「白内障」ラベルが加えられ「紫外線の増加」概



念系が作成された。この「紫外線の増加」概念系の概念構築過程を福岡・大貫の手法<sup>5)</sup>によって詳細に分析すると、概念の分化・横断性も階層性も増加する統合型の概念構築が行われていた（図1）。そして、この概念構築過程は、会話による対話過程における概念の深化・拡大と同じ流れに沿っていたことがわかった。

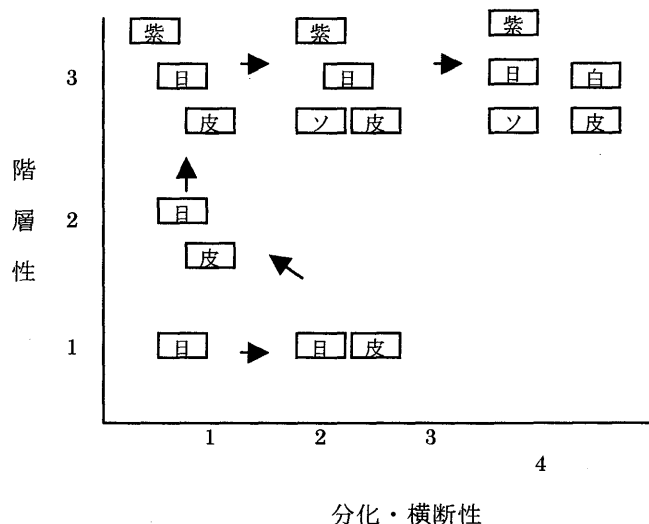


図1. 「紫外線の増加」概念系の作成過程に見られる概念構築の分析

概念ラベル 日: 日焼け 皮: 皮フがん 紫: 紫外線 ソ: ソバカス・シミ 白: 白内障  
分化・横断性と階層性の数値は福岡・大貫<sup>5)</sup>の手法による分析値を示す

「日焼け」、「紫外線の増加」、「フロンガス」概念系はいずれも疑問符のあるリンクを含んでいた。疑問符は、個人内対話で概念の構築に曖昧な点や、今後の研究課題とする部分を認めたときに用いられると考えられる。そのため、これらの概念系は、C01にとってまだ曖昧な概念構築がある概念系だといえる。

「フロンガスを減らす」概念系は、解決策に関する概念系である。この概念系を作成する際にC01は、特に多くの個人内対話を行っていた。それらは、概念ラベルの配置換えや、「オゾン層の破壊」ラベルと「フロンガスを減らす」ラベルのリンクを書く前の発言「これ、ここに貼らなきゃよかったと今思った。」などの行動や発言から読み取られた。また、この概念系を「オゾン層の破壊」ラベルと結ぶリンクには疑問符が含まれており、現状では、他の概念系との関連が不確かであることを示していた。

C01が概念地図作成過程で示した「自分」ラベルの配置とそのリンクの様子から、C01が「自分」概念を構築する過程と対話の関連を探った。概念地図の作成過程でC01は最初に「自分」ラベルを作成し、最上位の概念ラベルとして配置していた。しかし、概念ラベルの配置を終えたところで他の子どもから「自分」ラベルの配置を問われ「一番上に自分がいるけど、でも一番上に自分があるのは何かおかしいなって今思った。」と答えた。そして、一度「自分」ラベルをはずしている。その後、個人内対話を通して、この概念地図の内容を自分自身にとっての環境とすることで、再度「自分」ラベルを最上位に位置づけた。その個人内対話

は、「自分」ラベルの移動と、その過程での発言「自分がいるところは、あ、いいや、自分がいるところは、にして…」に見られた。そのため、C01にとってこの概念地図全体は、この学習に取り組む「自分」概念を俯瞰して構築しているものであるとも言える。

C01は概念地図作成を終えて感想を書いた後、作成した概念地図を、時間をかけて読み直していた。この過程は、概念地図を介した作成中の自分との個人内対話であると考えられる。その結果、C01は「自分」ラベルからのリンクを3つ作成した。これは、学習内容を自分に引き寄せて考え、「…は自分にもできます」や、「自分は…嫌です」という情意をも含んだメタ認知的要素の深化・拡大を行ったことを示している。

先行研究で、学習内容に関する概念地図を作成する際に「自分」ラベルを使用することによって、学習内容と自分自身の関連づけが明確になり、学習の価値づけが促進されることを報告している<sup>6)7)</sup>。本研究でも、同様のことが示される結果を得たといえよう。

### 3. 学習終了時の感想にみる認識の深化・拡大

表2は学習終了時にクラスの子ども36名が個々に記述した感想である。その多くは今までの学習の整理ができたことを述べていた。概念構築過程の分析を行ったC01の感想には「とてもむずかしいです。自分の頭がゴチャゴチャしているので。」と記されていた。これは、自分自身の現在の学習状況が、まだ精緻化される必要があることを認知している様子を示していると考えられる。

その他の子どもで、現在の学習状況における不明点や、今後の学習の展望について記述していたのは14名だった(表2; C02-C15)。特記すべきは「キーワード1つ1つの意味が良く分かっていないこと(C10)」、「知っているつもりで分かっていないことがたくさんあるということ(C12)」など、学習内容に関する自身の認識を改めている感想が複数見られたことである。また、「意外」、「案外」、「思いのほか」、「びっくり」、「驚いた」など、予想を越えた学習成果が生じたことを示す言葉が、複数の子どもに使用されていた。これは、今回の概念地図作成が、学習者自身の予想よりも強く、あるいは予想していなかった部分での認識の深化・拡大を促したことを示している。

さらに、学習内容の整理や自分自身との関連づけが行われたことで、改めて、取り組む課題に価値づけをしている記述が、複数の子どもの感想に見られた。「私は自然破壊に関わっていて、改善するための具体的な事がらが思いのほかありました。実際どの程度水質汚染が進んでいるのかを調べ、環境を改善するためにできることを考え直したいです。(C15)」、「→今必要とされているのが新しいエネルギーの作り方とその原料であると感じた。(C24)」などがその例である。概念地図法の作成過程における他者との対話や自己内対話が子どもの認識の深化・拡大に与えた影響を、子ども自身が認知していたことを示していると言えよう。

表2. 自分が取り組む環境問題についての概念地図作成後の感想

番号	感想
C01	とてもむずかしいです。自分の頭がゴチャゴチャしているの。
C02	こうして見てみると色々なキーワードがでてきた。これから夏の研究のために調べていこうかなと思います。
C03	すごくむずかしかった。テーマについてもっと知ろうとすることができた。
C04	まとめてみると関係が良く分かって楽しかったデス。酸性雨の原因が良く分らなかったです。
C05	最初は目的がわからなかったけど、やってみたら意外な発見もあって、また案外わかってないものも発見して良かったです。そのわかってない所を今後調べていこうと思います。
C06	大気汚染は怖いことが改めて実感できました。これを機にたくさん大気汚染を調べ大気汚染撲滅を目指してがんばろうとおもいます。
C07	難しかったが、大気が汚染される原因などをもう一度くわしく調べられることができた。すべての環境問題の関連性が知れ、自分と関わることで、これから、何を気をつけていくべきかなど、生活に取り込んでいくことができそうです。
C08	まだまだ広がりそうなのでがんばりたいです。
C09	作るのが大変だった。あまりよくわからなかったのであっていないと思う。
C10	こうした作業をしてみると、キーワード1つ1つの意味がよく分かっていないことや、それぞれの意外な接点に気付かされたりする・・・ということに驚いた。
C11	だいたいみんな同じ名前を付けているのに作り方は全然違ってたのが意外でした。いろんな考え方があるんだなあと思いました。作っている時案外おもしろかったです。細かいことはまだぼんやりとしかわかりませんが知っていけたらいいな、と思います。
C12	こうやって色々書き出してみると、知っているつもりで分かっていないことがたくさんあるということがわかりました。
C13	思い付いた言葉を考えながら分類するのはとてもおもしろい事だなあと思いました。これを見て、どの過程で問題が発生しているのか考えてみたいです。
C14	何が何だか自分でもやってもあまりよく分からなくて、とても難しかった。でも、自分達のテーマで、これだけのことが関係していることはわかった。
C15	すごく難しい作業でした。こうして地図を作ってみると、私は自然破壊に関わっていて、改善するための具体的な事がらぎのほかにありました。実際のどの程度水質汚染が進んでいるのかを調べ、環境を改善するためにできることを考え直したいです。
C16	環境問題は自分にもいろいろなつながりがあると思った。
C17	この作業をやって環境破壊の原因や対策を考えることができました。作業はとても難しかったです。
C18	いろんな所で環境破壊はつながっていたことにおどろいた。
C19	テレビなどでよく見る自然破壊も、続けてみると、自分にも関係している事がわかりました。シーンをばる時は快感でした。いろいろな関係がわかっておもしろかったです。
C20	大気汚染のことを考えるとごみ問題に達してびっくりしました。いろいろなことが関連しているのだなとあらためて感じました。
C21	思ったよりキーワードが多くみつかってまとめるのが大変だった。
C22	思ったより難しかった。キーワードがなかなかみつからなかった。
C23	概念地図を初めてやったが意外におもしろかった。発電はムズカシイ・・・。
C24	1つ1つのキーワードがこんなにつながりを持っていることにすごくおどろいた。もっともっと大きくしたかった。→今必要とされているのが新しいエネルギーの作り方とその原料であると感じた。
C25	私たちの周りの物はよく考えると色々なことにつながっていることがわかりました。地球温暖化など、とても大きな問題だけど、わたしたちの日々の小さな行いが原因の一つにはっていることにも気がつかされました。
C26	燃料不足や環境問題を解決する為に求められているのは地球に優しい新エネルギーの開発だとわかった！！
C27	少し大変だったけれど、こうしてみるとつながりがあることに気付いた。
C28	概念地図を作るのは楽しかったけど大変だった。こうしてみると、ごみ問題が身近に感じられてちょっと恐しくなった。
C29	作るのが難しかった。自分でつくってみて、自分とリサイクルの関係がよくわかった気がします。
C30	頭の中でわかっていることでも、紙にかいてみると、いがいと難しく色々考えることができた。
C31	自分がゴミをきちんと分別などしないですと、こんなに色々なことがおきるということが分かりました。
C32	「ゴミ問題」というテーマの中でたくさんのキーワードが見つかったけれど、その関係を書くのは大変だった。
C33	あらためて自分のあたまを整理して自分に出きる事を実感しました。
C34	概念地図を作ったことで調べることがより明確になったと思う。
C35	おもしろいけど時間がなかった。
C36	おもしろかったです。

## おわりに

本研究は子どもが作った概念地図を、学習過程における学習の整理（学習ツール）、対話の媒介（表現ツール）、学習の状況把握（評価ツール）として用いた。その作成過程を追うことで、子どもが概念の再構築を図る様子、そこに見られる対話の影響を分析することができた。また、作成された概念地図を見ることで、教師が子どもの学習状況を把握するだけではなく、子ども自身が現在の学習状況についての自己評価を行っている様子が見られた。

協同的な学びの場におけるこうした概念地図法の利点は、今後さらに活用されていくべきであると考えている。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力いただきました湘南白百合学園中学・高等学校の深堀シヅ子校長先生をはじめとする諸先生方に御礼申し上げます。また、調査や分析に関して、終始ご支援を賜りました横浜国立大学の福岡敏行教授に深く感謝申し上げます。

## 引用・参考文献 / 資料

- 1) 大高泉：「環境教育」，日本理科教育学会（編）：『キーワードから探るこれからの理科教育』，東洋館出版社，1998，pp. 20-25.
- 2) 山極隆：「環境教育」，学校教育研究所（編）：『新・現代教育の基礎知識』，学校図書，1998，pp. 98-99.
- 3) 大貫麻美・福岡敏行・井上典子：「視点移動による概念の再構築に関する事例研究」，学校教育学研究論集，No. 5，2002，pp. 127-139.
- 4) 大貫麻美：「日本の理科教育における概念地図法の使用意図・目的並びにその機能に関する分析と考察」，学校教育学研究論集，No. 6，2002，pp. 105-116.
- 5) 福岡敏行・大貫麻美：「メダカ教材における科学的概念構築過程の基礎的研究」，横浜国立大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター紀要，No. 17，2001，pp. 33-41.
- 6) 大貫麻美：「科学的概念の構築に関する基礎的研究 ～『自分』ラベルの提示による概念地図の分析～」，日本理科教育学会第40回関東支部大会研究発表要旨集，2001，p. 62.
- 7) 大貫麻美・福岡敏行・井上典子：「概念の構築過程における情意的・主観的側面の関わり ―生き物が生きていく環境について―」，日本理科教育学会第52回全国大会学会創立50周年記念大会横浜大会要項，2002，p.185.

資料1. C01の概念地図作成過程における会話による対話過程(一部抜粋)

時間: 要旨が配布されてからの経過時間(分:秒)

人: 1: 子どもC01, 2: C01以外の子ども(複数), T: 教師

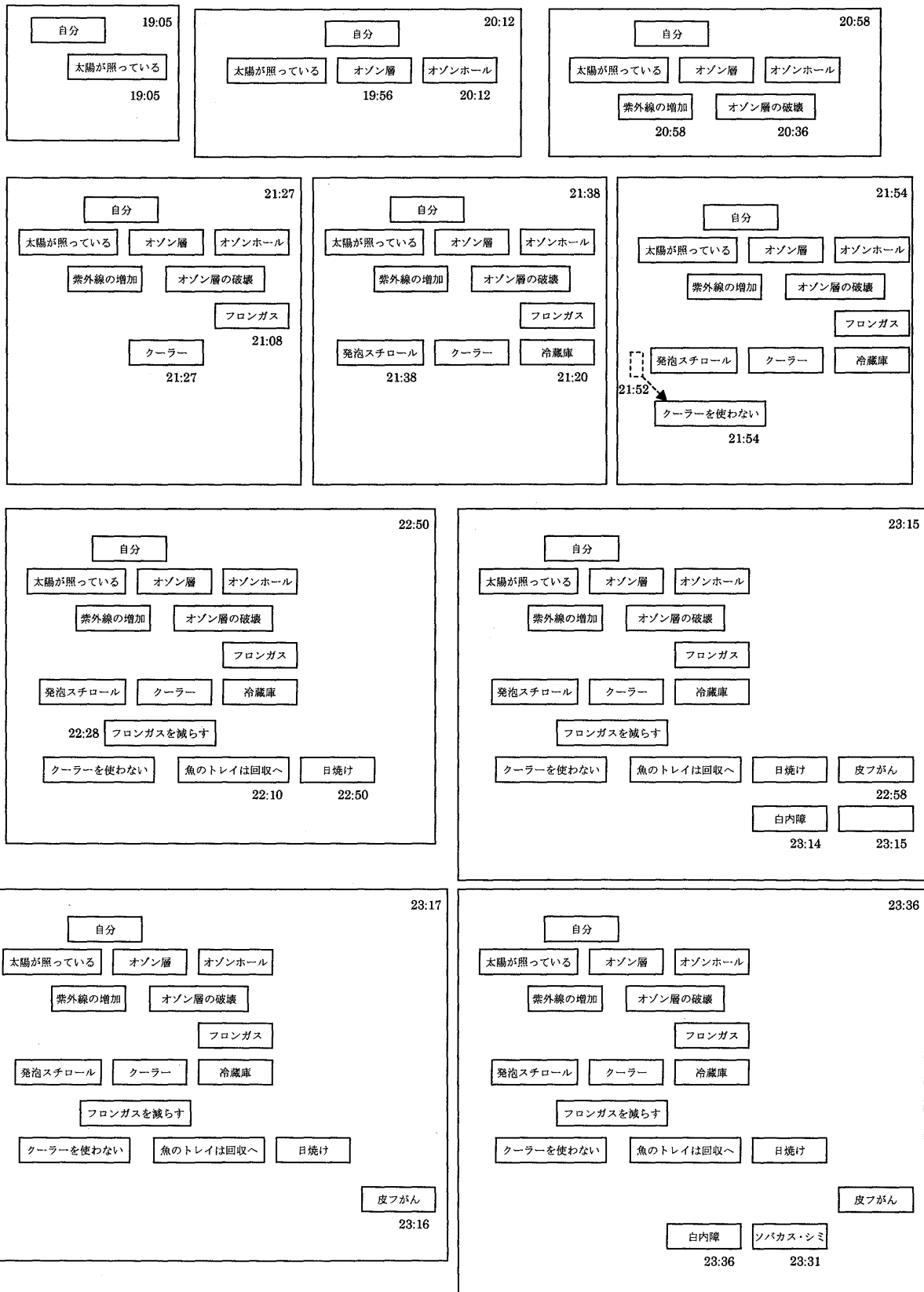
概念ラベル: C01が作成した概念ラベル

時間	人	発言	概念ラベル
0:00		(教師が概念地図法や本時の流れについての説明を行い、用紙を配布した。)	
7:25	2	環境問題って、オゾン層の破壊でしょ?	
27	2	オゾン層	
30			オゾン層の破壊
42	2	あと	
44	1	原因ってフロンガスだけ?	フロンガス
45	2	うん	
50	2	あとは...	
51	2	あと。穴開いちゃったやつ。	
53	1	穴開いたやつ、って	
56	2	ぽっかり穴が開いたじゃないか。	
58	1	オゾンホールか。それは環境問題?	
8:01	2	そうか	
02	2	うん	
04	2	でもそれはオゾン層の破壊に入ってるんじゃないの	
06	1	紫外線でオゾンホール?	
08	2	いやいやいやいや	
12	2	原因紫外線もある?	
14	1	原因ってオゾンホールじゃないの?そこが原因には入らないのかな。	
19	2	紫外線が強くなっているのはオゾンホールでしょ?	
23	1	あーむずかしい。	
27	2	ね、一個聞きたいんだけどさ、解決策ってさ、解決策が分からないから研究するんじゃないの?	
32	1	知らない	
49	1	解決策	
52	2	大体解決策がわかんないから調べるんじゃないね	
54	2	そうそう	
56	1	フロンガスを使うのをやめる	
58	2	そうしたら自分の生活が成り立たない?成り立った上で解決できる	
9:04	1	別にそんなねえ...難しい	
07	2	クーラーのつけっぱなしとか	
10	1	クーラーのつけっぱなしをやめる?	
13	2	そうするとフロンガスの発生がへる?	
15	1	えっていうか、クーラーっていまだにフロンガスなの?	
18	2	が多い	
19	1	冷蔵庫とかは?	
20	2	多分。あ、あれじゃない?魚とかのトレイじゃなくて、あれもフロン...ガス	
29	2	フロンガスってだれだよ、それ。ほんとわかんない。	
30	2	だれっていうか。	
55	1	先生、ちょっと	
10:10	1	このテーマに沿って書こうとすると出てこない。	
13	T	たとえば、うーんとそうだな...オゾン層が破壊されてしまう原因はフロンガスだよ	
20	1	うん	
22	T	じゃあフロンガスって言うのは、うーん	
24	2	車!のガスとか	
26	1	それは違うと思う	
27	T	どこから出てくるのかとか	
28	1	冷蔵庫	
29	T	うん、とか、それを解決するにはどんな策が今考えられているのか、自分は何をしりたいのか、いろいろあるよね?それから環境自体がどういう風に破壊されているのか	
42	1	環境自体がどういう風に破壊されているのか	
48	1	環境はだから...	
52	T	それからあとはオゾン層が破壊されたらどんな影響が出てくるかな、とか、その他に影響と考えるもいいし	
58	1	その他...ああ	
11:15	1	解決策...	
18	1	フロン...	
20	2	出ないのはどうしよう	
30	1	フロンガス...	
30	T	出ないって言うのはそれば難しいテーマなのかもしれないし	
32	1	あなるほど	
35	2	テーマ変える?	
36	1	いまさら?	
40	1	なんか、影響っていうところに皮膚ガンって書くとかそういうのもOKなの?	
45	2	え?	
46	2	影響?	
47	1	影響 日焼け	
48	2	何、影響って	
49	2	その他に影響?	
50	1	その他に影響の 影響で	
52	2	皮膚ガン	
54	1	とか、日焼けとか	
55	2	日焼け	
56	2	しみそばかす?	
58	2	あ、っていうか	
59	1	よし	書きかける
12:01	2	日焼けが皮膚ガンにつながる	
02	1	Ah Ha-ha むずかしい。じゃあ日焼けって書いた下に皮膚ガンって書いてこうか	日焼け
05			皮膚ガン

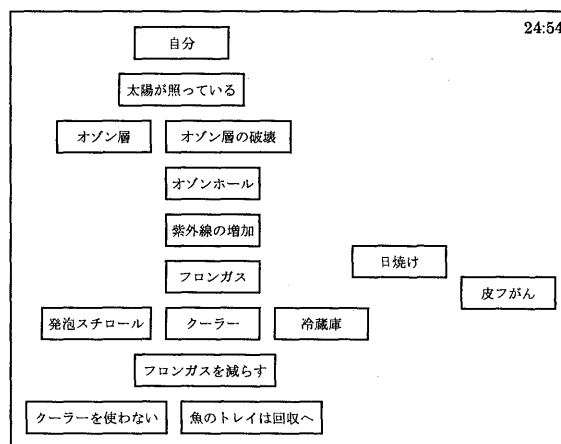
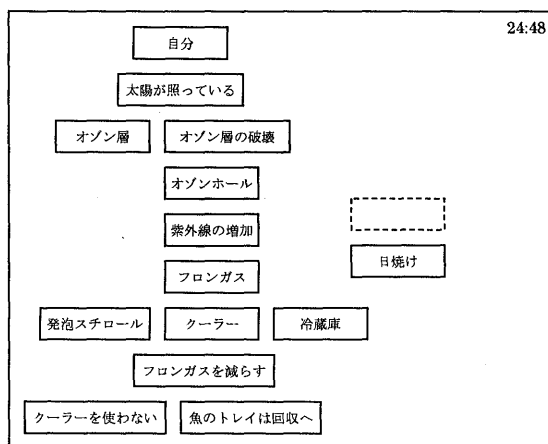
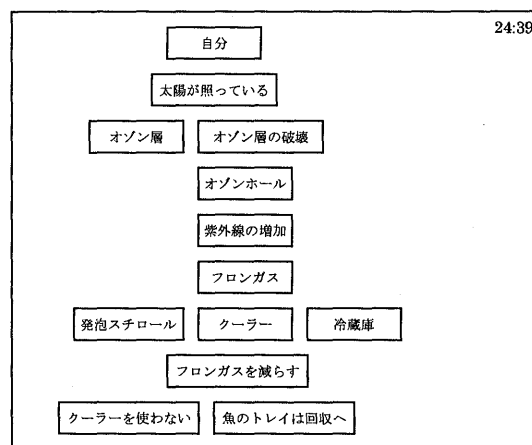
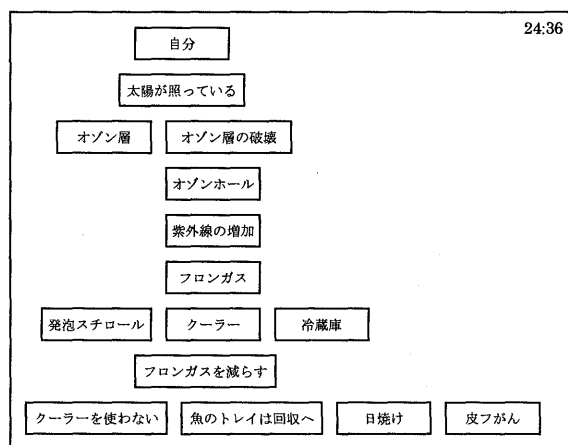
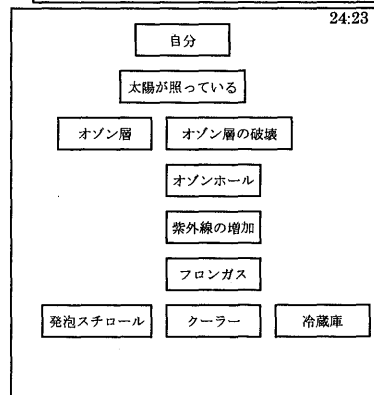
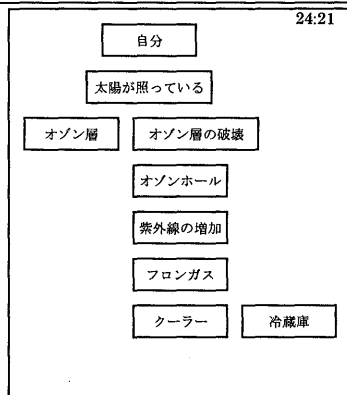
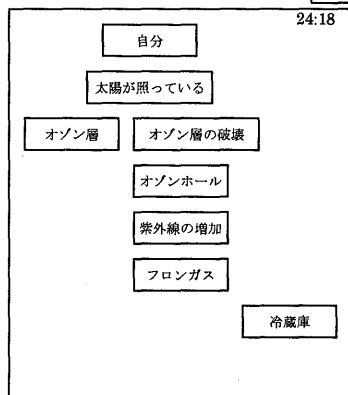
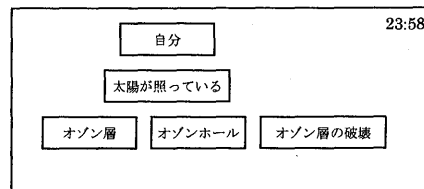
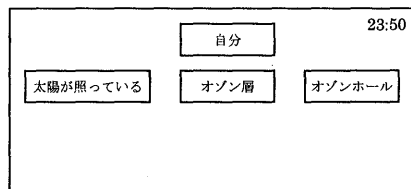
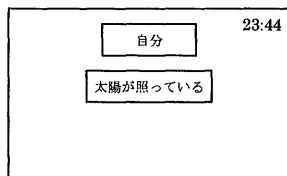
資料2. C01の概念地図作成過程の記録

図中の数値は授業における経過時間（分:秒）を示す。その時間のC01の概念地図をビデオから活字化した。矢印はラベルの移動を示し、点線は移動されたラベルを示す。

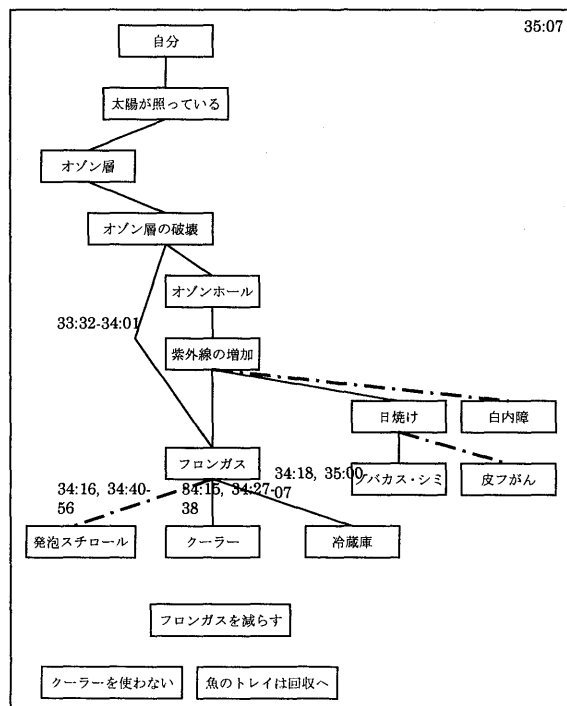
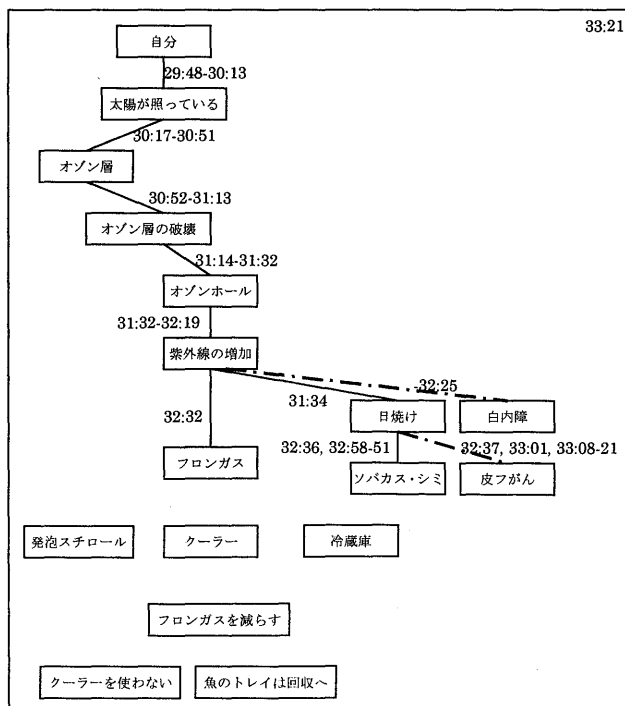
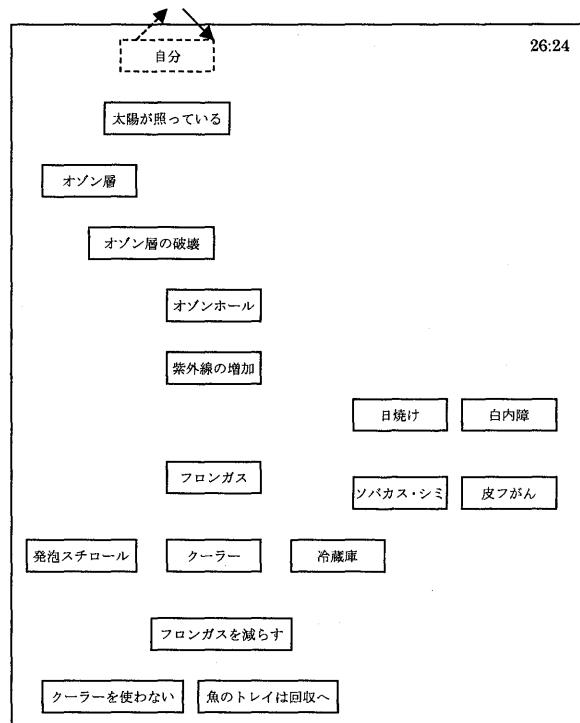
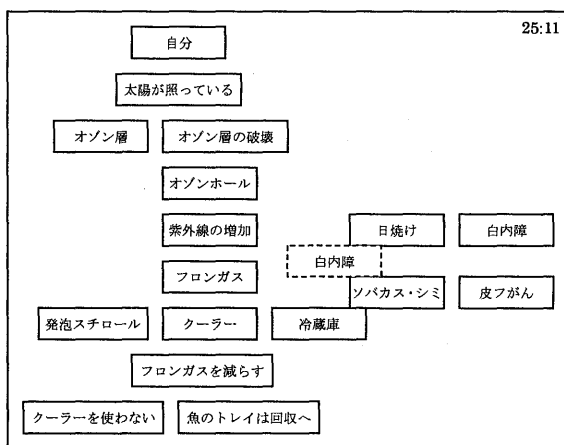
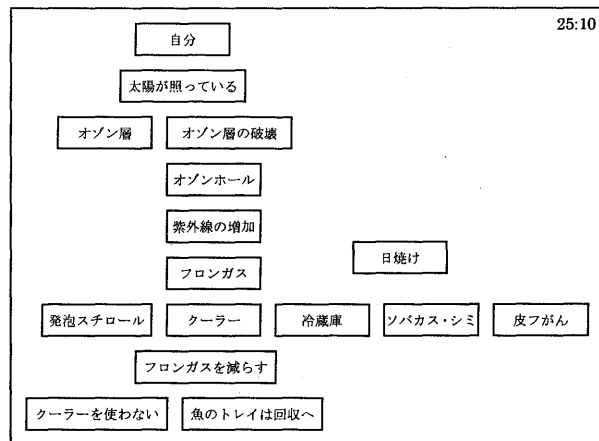
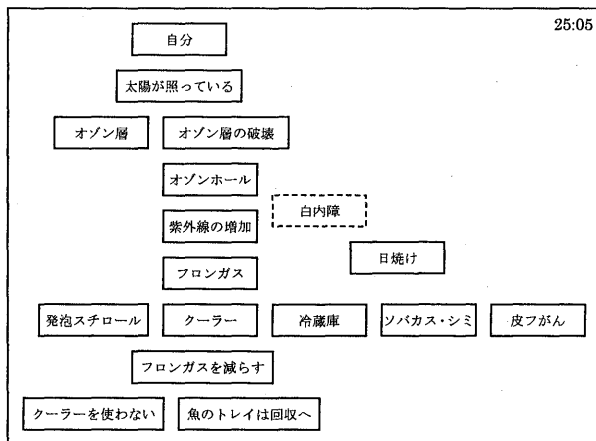
リンクワードは省略したが、疑問符（?）がつけられていたリンクのみ長鎖線で示した。



(次ページへつづく)

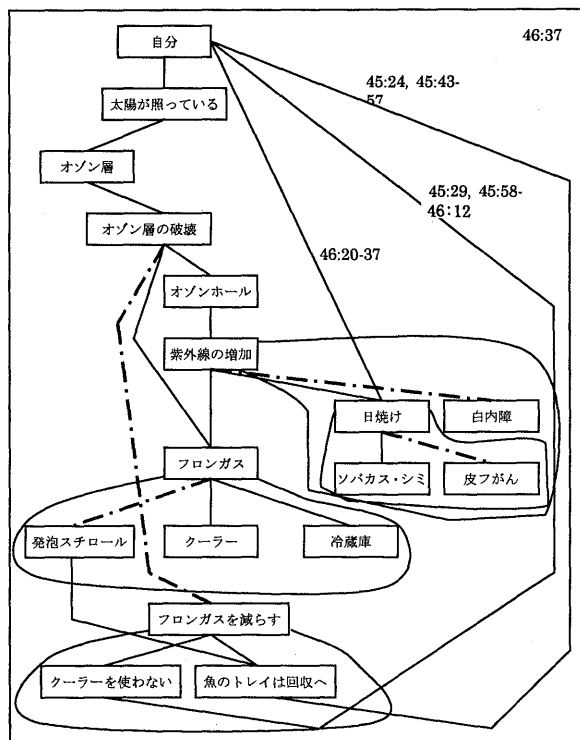
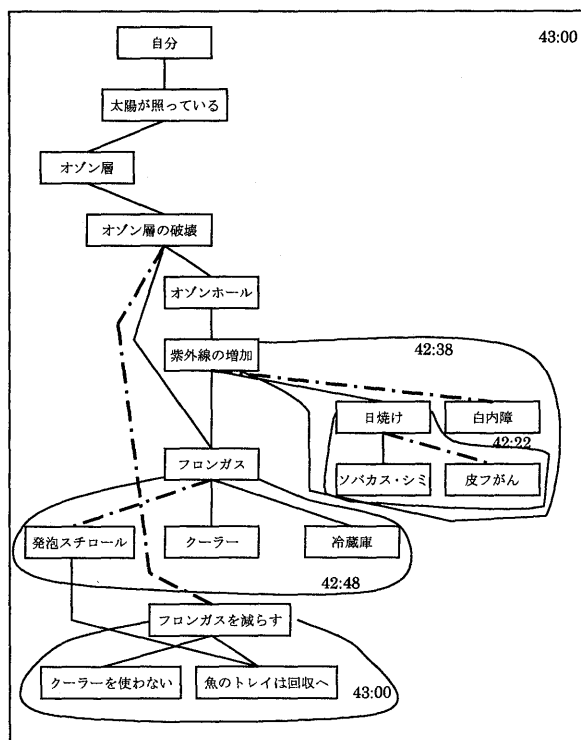
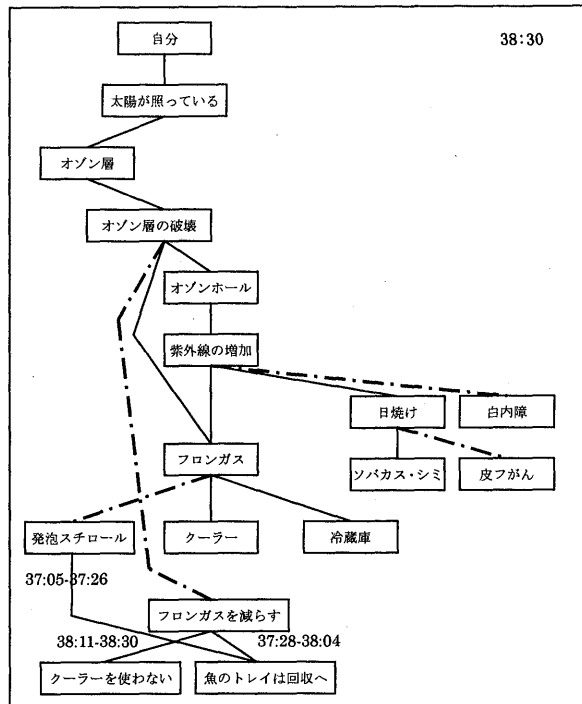
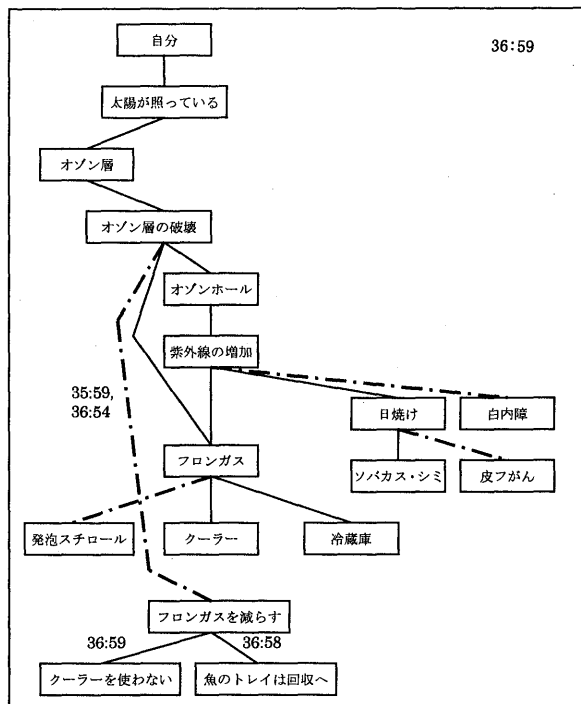


(次ページへつづく)



(次ページへつづく)





# 理科授業における教師の授業構成プロセスに関する考察

横浜国立大学教育人間科学部 加藤圭司

横浜国立大学大学院教育学研究科 吉川武志

豊橋市立東陵中学校 中村佳嗣

## 1. はじめに

学習指導要領の前回の改訂以来、『生まれて以来、自然の事象についていろいろ働きかけ、その結果を自分なりにまとめ、整理し、すでに種々の概念やイメージ、フレームワークなど、自然事象についての見方や考え方を既有的している』<sup>(1)</sup>という子ども観を前提とした授業が展開されることとなった。また、授業観の転換により、教師の子どもへのかかわり方も指導から支援へと転換された。

平成14年を迎え、全面実施となった新学習指導要領においては、前回にも増して、子どもを主体とした授業を行うことが期待されている<sup>(2)</sup>。しかしながら、「子ども主体」や「支援」という観点から授業を展開することによって「這い回り」や「学力低下」といった結果につながることへの不安の声が高まっているのも事実である。このような現状に対して、支援観の問い直しをしていくことはこれからの理科授業を考えていくにあたって意義のあることと思われる。

近年の理科教育においては子どもを主体とした授業構成について、「授業デザイン」という観点からSPDという新たな組合せによる授業構成の必要性が提案されている<sup>(3)(4)</sup>。この授業の特徴は、子どもの実態把握としてのSeeに従い、Planが立案され、Doとして実行されることにある<sup>(5)</sup>。この考え方を基本とするとき、子どもを主体とする授業とは言っても、授業の内容や進み方については、子どもではなく、子どもの現状をとらえた教師が最終的な決定権をもつことになると考えられるため、子どもが興味・関心を示すことにのみ手を貸すといった、子どもの気もち待ちのような支援観にはもはや共感できなくなる。一方、従来のPDSという固定的で限定的な授業展開についても、教師主導の「教え込み」となりうるため、支持し得ないのである。

本研究では、子どもに対して積極的にその学びの深化・拡充を目指して介入し、『子どもの発達を支える授業主体として、子どもの学習の動機と必然性を尊重しつつ自らの専門性をかけて授業に取り組む』<sup>(6)</sup>教師にこそ支援の姿をもとめていきたいと考える。

## 2. 実態調査

1. 対象：愛知県内公立中学校 3年生 1クラス
2. 時期：2001年11月中旬
3. 学習内容：単元「力のはたらき」全9時の第5時，テーマ：「斜面上の物体にはたらく力」  
このテーマは，第2時の「つりあわないもの探し」の中で子どもにより発表された考えである。本時ではその解決が目指された。
4. 手続き：授業の過程を2台のVTRを用いて録画した。1台は教室後方から授業全体の様子を撮影した。もう1台は教師により抽出されたグループの様子を撮影した。また，授業後，授業の様子を撮影したVTRを見ながらリフレクションを行った。リフレクションの過程は，1台のVTRと1台のMDを用いて録画・録音した。
5. 分析：授業とリフレクションの記録からトランスクリプトとリフレクションシートを作成した。リフレクションシートは江原ら<sup>(7)</sup>の提案しているものに記述配列など一部変更を加えた（図1）。それらのデータを，子どもの考えや疑問等の把握〈評価①〉，それらの発展や衰退の可能性の見極め〈評価②〉，発展のために必要となる有意義な情報（考え方）や体験の構想〈構想①〉という3つの視点で分析した。

①本時の目標・願い （ 目標や願いを記入する ）			
②当初Plan	③See	④修正Plan	⑤Do
授業前に考えていたPlanを記入する	授業の中で見取ったことを記入する	見取りから，当初Planを修正したことを記入する	授業で行ったことを記入する



本時の目標・願い			
当初Plan	Do	See	修正Plan
授業前に考えていたPlanを記入する	授業で行ったことと子どもの様子を記入する	授業の中で見取ったことを記入する	見取りから，当初Planを修正したことを記入する

図1 リフレクションシートの修正

上記が江原らのリフレクションシート，下記が本研究で用いたものである。

本研究での変更点：①評価対象を明確にする目的から子どもの様子（考えや疑問）の記入を行った。②当初Planと実際の活動の比較を容易にするため記入欄の配置を変更した。

### 3. 結果

「力のはたらき」第5時における学習指導案 (Plan), その Plan を構想するにあたって考慮された子どもの実態把握 (See) と実際の授業展開 (Do) について図2にまとめた。第5時では Plan とは異なる展開となった場面が2場面みられた。また, 分析の視点として挙げた3点の実施状況について表1にまとめた。教師による子どもの考えや疑問の把握・その発展や衰退の可能性の見極め・発展のために必要となる有意味な情報や体験の構想の各視点が行われた場合は○, 行われなかった場合は×, 授業前に把握・構想していたものとは違う考えや疑問の把握や展開の構想が行われた場合は◎で示した。リフレクションシートやインタビューからは確認できなかったが, 授業VTRでの教師の様子から行われたと判断できるものは△で示した。

子どもの実態	指導案	実際の展開
See	Plan	Do
<div>前時までの子どもの考え</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○力の種類と定義 <ul style="list-style-type: none"> <li>・重力: 地球が物体を地球の中心に引く力</li> <li>・摩擦力: 物体が動こうとする時に, 逆向きにはたらく力</li> <li>・抗力: 物体に上向きにはたらく力で, 重力とつりあう力</li> </ul> </li> <li>○2力がつりあう条件 <ul style="list-style-type: none"> <li>・一直線上にある, 同じ強さ, 向きが反対</li> </ul> </li> <li>○力の合成と分解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○復習 <ul style="list-style-type: none"> <li>・2力がつりあう条件</li> <li>・力の合成と分解</li> </ul> </li> <li>○斜面上の物体にはたらく力 <ul style="list-style-type: none"> <li>・はたらく力の作図</li> </ul> </li> <li>○抗力のはたらく向き <ul style="list-style-type: none"> <li>・二方向の抗力への着目</li> </ul> </li> <li>○抗力がはたらく理由 <ul style="list-style-type: none"> <li>・押す力と押し返す力</li> <li>・スポンジでイメージ化</li> </ul> </li> <li>○抗力について</li> <li>○斜面上の物体にはたらく力について</li> </ul>	<div>復習</div> <div>斜面上の物体にはたらく力</div> <div>抗力のはたらく向き</div> <div>《Plan とは違う展開》</div> <div>重力の分解</div> <div>定義の整理</div> <div>摩擦力と重力の分力のつりあい</div>

図2 「力のはたらき」第5時における指導案と実際の授業の比較

表1 教師の子どもの評価と授業構想

単元名	時	場面	評価		構想
			①	②	①
力のはたらき	第5時	授業前	○	○	○
		「復習」→「斜面上の物体にはたらく力」	○	×	×
		「斜面上の物体にはたらく力」 →「抗力のはたらく向き」	○	○	○
		「抗力のはたらく向き」→「重力の分解」	◎	◎	◎
		「重力の分解」→「定義の整理」	◎	△	△
		「定義の整理」 →「摩擦力と重力の分力のつりあい」	○	◎	◎
		「摩擦力と重力の分力のつりあい」	◎	◎	×
		授業後（第6時の授業前）	○	○	○

○：行われた，×：行われなかった，◎：当初 Plan とは異なる評価と構想が行われた，△：行われた（推察）

本研究では、「抗力のはたらく向き」から「重力の分解」へ展開された場面と、「定義の整理」から「摩擦力と重力の分力のつりあい」の場面での様子を取り上げる。

#### （1）「抗力のはたらく向き」から「重力の分解」へ

この場面では、斜面上の物体にはたらく力として、重力・摩擦力・抗力（垂直抗力については（緑）、摩擦力と垂直抗力の合力としての抗力については（赤）と示す）が発表された（図3）。その後、抗力のはたらく向きについて話し合いが行われた。話し合いの様子を表2に示す。

また、この場面では評価①②と構想①が行われ、Plan が修正された。

まず、抗力（緑）を支持する理由として、【物体に上向きにはたらく力で重力とつりあうから】という考えが発表され、これに対して、【重力とつりあうなら抗力（赤）、抗力（緑）だとつりあっていない】という考えが発表された。次に、【重力が二つに分かれて抗力（緑）とつりあう】という考えが発表され、これに対して【どういうこと、それ？】という疑問が発表された。

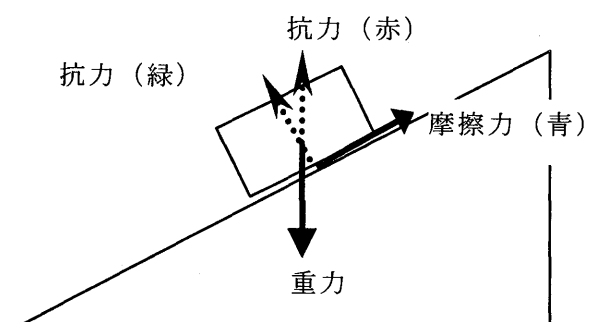


図3 斜面上の物体にはたらく力 I

（ ）内は板書時に記された色を示す

表 2 抗力の向きを決定する考えの発表と疑問の発表

教師：はい，じゃあ聞いてくぞ。どれが正しいですか？

S 29：緑色で，物体に上向きにはたらく力で重力とつりあう。

教師：物体に上向きにはたらく力で重力とつりあう。はい，意見のある人，これでいいの？

S：(いいです。)

教師：いいの？

S：(いかなの？なんでいかなの？)

教師：これすんなりオッケーするの？

S 28：重力とつりあうとるなら，赤だけど，

教師：そうだねえ。

S 28：緑なもんで，つりあうとらんもんで，動くと思う。

S 23：動く？

S 28：物体が

S 23：だって動かんってさっき言ったじゃん。動いてない。

教師：動いてないんだから，

S 23：重力が二つに分かれてつりあう，抗力とつりあう。

S 1：どういうことそれ？

教師：S 1，S 1，聞け。

S 1：どういうことですか？

S 23：はあ？

S：(爆笑)

教師：だから，まとめるぞ。物体に上向きで重力とつりあうって言ったら，さっきでたけど，重力とつりあうなら赤になると，そしたら S 23 さんが，つりあってるはずだと，だけど，重力が二つに分かれた力とつりあうと言ったんだよね。そしたら，S 1 くんがその意味がわからんって言ったのよ。じゃあこれどうやるのよ？

SO：子ども，S：複数の子ども，緑(色)：垂直抗力，赤(色)：摩擦力と垂直抗力の合力としての抗力

では，なぜ P l a n の修正(変更)が起こったのかについて，この場面のリフレクションシートの結果(表 3)から見ていく。P l a n においては，二方向の抗力への着目→抗力がはたらく理由→抗力についてのまとめ，という流れで『抗力のはたらきと向きについての疑問の解決』が構想されていた。しかし，実際の展開(D o)においては，「重力が二つに分かれて抗力とつりあう」，「どういうことそれ？」という発言を受けて，教師は《抗力への関心が抗力そのものではなく，重力の分力とのつりあいに向いている。》また，《重力を分力することへの疑問がある。この疑問を消したくない》という評価を行い，重力の分解→斜面上の物体にはたらく力のつりあい，という流れを構想し，『重力の分力と抗力とのつりあいの解決』に展開を変更したのであった。

また、この場面での修正 P l a n は、抗力のはたらきが解決された後、主に次時で扱うことを予定していたものであった（図 4）。

表 3 「力のはたらき」第 5 時におけるリフレクションシート I（抜粋）

指導案（P l a n）	授業の展開（D o）	評価（S e e）	修正 P l a n
○抗力のはたらく向き ・二方向の抗力に着目	○抗力の向きとその理由の発表 ・抗力（緑）がいい上向きで重力とつりあうから ・重力とつりあうなら抗力（赤） ・重力の分力とつりあう ・重力の分力？	・二方向への着目はできた ・抗力と重力の分力のつりあいに目が向いている ・分力することへの疑問もある ・この疑問を消したくない	・まずは重力の分解から解決しよう ・分力ができたら抗力と重力の分力のつりあいを解決しよう

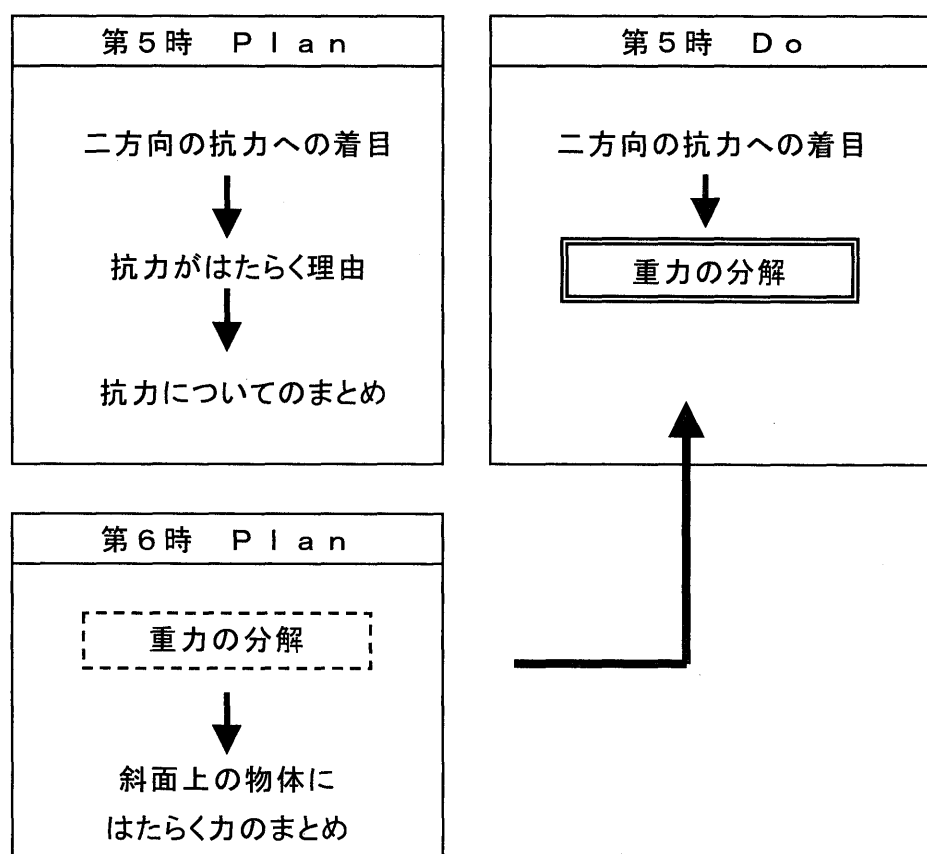


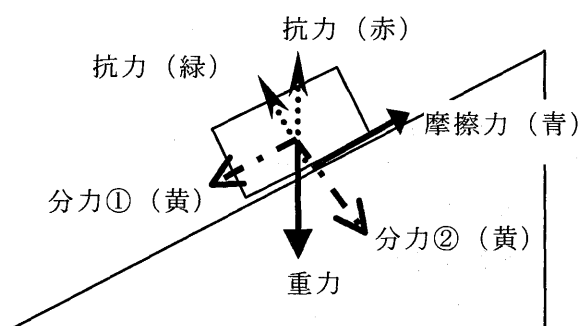
図 4 「力のはたらき」第 5 時における授業 P l a n 修正の実態 I

(2)「定義の整理」から「摩擦力と重力の分力のつりあい」へ

この場面では、重力・摩擦力・抗力の定義とはたらく場所についての整理が行われた(図5)。また、評価①②と構想①が行われ、P l a nが修正された。

では、なぜP l a nの修正(変更)が起こったのかについて、この場面のプロトコル(表4)とリフレクションシートの結果(表5)から見ていく。力のつりあいが解決されれば当初のP l a nにもどることも構想されていたが、実際の展開(D o)においては、【摩擦力と分力の斜面のぶんが、何でつりあうかわかりません】という発言を受けて、教師は《前の時間の実験結果(一直線上にないと、廻ってしまう)ということにこだわったんだな》という評価を行い、『重力の分力と摩擦力とのつりあいの解決』という流れを構想し、こだわりの解決に向けて展開の変更をしたのであった。

また、この場面での修正P l a nは、第3時で解決された[間を縮める]という考えの応用的転用を模索するものであった(図6)。



重力：地球が物体を地球の中心に引く力  
摩擦力：物体が動こうとする時に、逆向きにはたらく力  
抗力：物体に上向きにはたらく力で、重力とつりあう力

図5 斜面上の物体にはたらく力Ⅱとそれぞれの力の定義

表4 摩擦力と重力の分力とのつりあいへの疑問

教師：みんなの中で、抗力が緑って言ったけど、ひょっとかするとまだ赤と思っとる人おらん？
S13：摩擦力と分力の斜面のぶんが、何でつりあうのかわかりません。
教師：聞こえた？重力を分けたんだけど、この黄色の力と青の力が何でつりあうかわからんて。なんで？
S13：一直線上にない。
教師：一直線上にないんで、
S13：それがわからん。
教師：一直線上にないのに、なんでこれがつりあうんだろう。



表5 「力のはたらき」第5時におけるリフレクションシートⅡ（抜粋）

指導案（Plan）	授業の展開（Do）	評価（See）	修正Plan
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 抗力はなぜはたらくの？</li> <li>・ 押し返す（反抗する）力への着目</li> <li>● 実験</li> <li>・ 押し返す（反抗する）力の確認</li> <li>● 抗力はどんな力</li> <li>・ はたらく理由と向き</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 重力を分解する                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 斜面に平行と垂直に書けば、それぞれつりあう</li> <li>・ S26の疑問発表</li> <li>・ S13の疑問発表</li> </ul> </li> <li>○ 摩擦力と重力の分力のつりあい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重力を分力することはできた。でもまだ納得はしていないようだ。</li> <li>・ 抗力の向きについてまだまよっているのかな</li> <li>・ 前の時間の活動（つりあわないもの探し）もあって、一直線上にないことに、こだわっているな。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ なぜ重力を分力するのかをつりあいの観点から説明する</li> <li>・ 間を縮めてたす考えが転用できないかな</li> </ul>

●：行われなかった活動

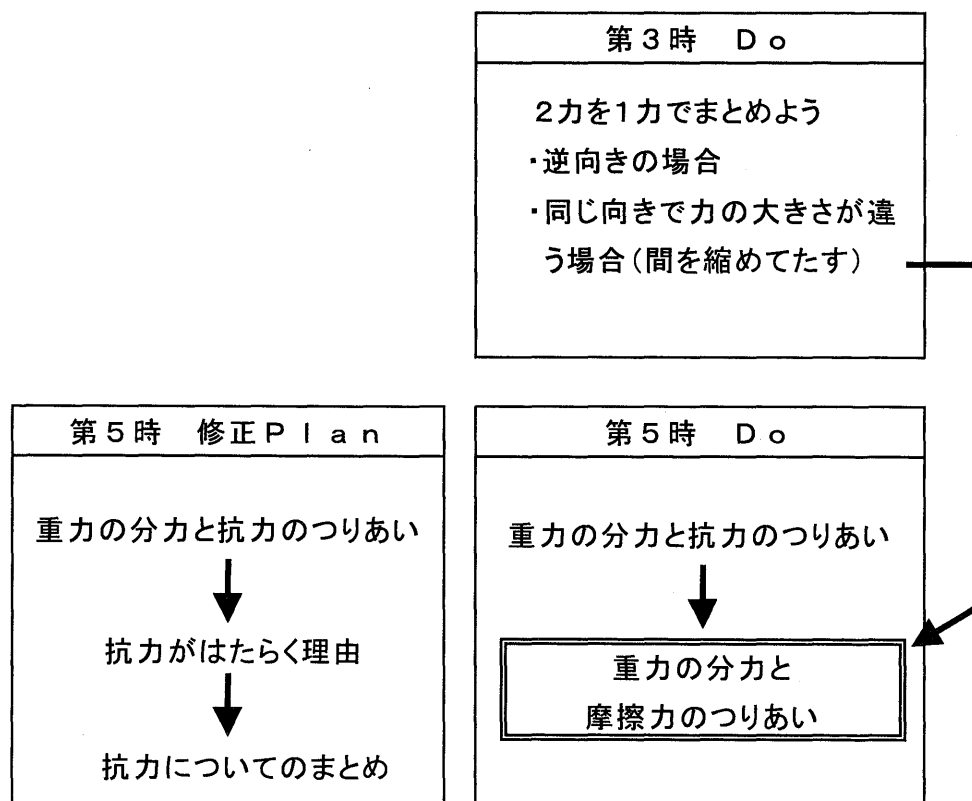


図6 「力のはたらき」第5時における授業Plan修正の実態Ⅱ

## 4. 考察

### (1) SPDの連鎖としての授業構成

「力のはたらき」第5時の授業で教師が行っていた子どもの評価と授業の構想の結果をまとめた表1を見ると、教師による子どもの考えや疑問の把握は、全場面において行われていた。次に、把握された考えや疑問についての発展や衰退の可能性の見極めは、復習の場面を除いて行われていた。復習の場面で行われなかった理由は、授業を進めていくにあたって、新たな考えや疑問ではなく、既習事項を発表することを教師が求めていたためである。

子どもの考えや疑問が発展や衰退をするために有意味な考えや体験の構想は、復習や授業の終わりの場面を除いて行われていた。復習の場面で行われなかった理由は、前述と同様に既習事項の発表が求められていたためである。また、授業の終わりの場面で行われなかった理由は、残り時間が少なくなってきたことが考慮されたためである。構想される内容については、教師が一方的に教科書的な考えを教えようとするためでも、子どもに対して単純に迎合するものでもなかった。把握した子どもの考えや疑問の発展や衰退について、教師が構想していた活動が妥当かどうか、またその活動により子どもが満足や納得を得られるかどうかという判断が常に行われていたのである。妥当と判断された場合は予定通りの展開で進められ、そぐわないと判断された場合は展開が変更されるのである。つまり、今の子どもの考えや疑問にとって、最適なものは何であるかが検討されていたといえる。

このことから、子どもにとって必然性を感じられる授業展開を構想していくにあたっては、常に子どもの考えや疑問を把握し、その発展や衰退の可能性を見極め、可能性を実現できる内容を実施することが求められる。それには、図7のようなSPD型の授業構成が行われる必要があると考えられる。

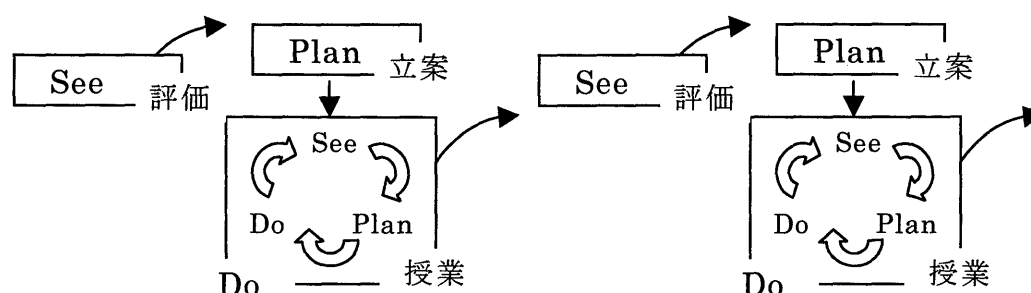


図7 SPD型の授業展開<sup>(8)</sup>

山中はPDS型を基本型としているが、本研究ではSPD型に変更した

### (2) 潜在的カリキュラムの発掘としてみる授業構成

図7に示したSPD型の授業で教師が行っていたことを端的に表現すると、『潜在的カリキュラムの発掘』<sup>(9)</sup>といえよう。潜在的カリキュラムとは、『教師の主観的意図とは別に、生徒が無自覚にあるいは自覚的に学びとってしま

う知識（メタ認知的知識も含む）や解釈性向，規範・価値・行動様式』<sup>(10)</sup>と説明されるものであるが，言い換えると、『授業という具体的状況の中で，生徒が自らの既有経験や日常的知識から構成した素朴概念との相互作用を媒介として教材（学習材）を解釈し，そこに自ら納得する意味を構成しようとする』<sup>(11)</sup>学習内容ということになる。授業において教師が子どもの考えを把握し，発展や衰退の可能性の見極めを行っていたのは，まさに潜在的カリキュラムの発掘を目的としていたといえるのである。

また，ヴィゴツキーは次のように述べている。『教育の過程というものがここにある。それは，自分自身の内部構造，順次性，展開の論理をもつ。その教育を受ける一人一人の生徒の内部，その頭の中には，学校教育の過程でよび起こされ，動きだす，しかし自分自身の発達過程の論理をもった過程の内部的地下網のようなものがある。学校教育の心理学の基本的課題の一つは，あれこれの教育の過程でよび起こされる発達過程のこのような内部的論理，内部的進行を明らかにすることにある。』<sup>(12)</sup>このことはまさに潜在的カリキュラムへの着目を謳っているのであり，子どもにとって必然性を感じられる授業を展開していくためには，重要な視点であるといえる。

### （３）発達の最近接領域を意識した授業構成

潜在的カリキュラムの顕在化を目指すことは，これまでの子どもを主体とする授業においても行われてきたように思われる。しかしながらその実態は子どもを前面に押し出すことを強調するあまり，這い回る結果となり，最終的に子どもの考えは棚上げされ，教師が正しい考え方を説明するということが多かったように思われる。そのような結果を回避し，教師と子どもの両者にとって有用な潜在的カリキュラムの顕在化をはかるには，発達の最近接領域を意識することが重要になってくると考えられる。

発達の最近接領域とは，前出のヴィゴツキーによって提出された考え方で，自らが問題解決したことによって達成している実際の発達水準と，大人の指導や有能な仲間と共同で行う問題解決によって達成し得る潜在的な発達水準の間に存在する領域のことである。<sup>(13)(14)</sup>この考え方について森本は次のように説明している。『子どもは現在の思考内容と照らし合わせて，他者により提示された情報を自分にとって多少でも意味のあると思われるとき，積極的に受容していくという考え方である。』<sup>(15)</sup>つまり教師は，潜在的カリキュラムのなかでも子どもが成熟しつつある領域へのはたらきかけをしていかなければならないのである。

これは授業において教師が行っていた構想①の視点と考えることができる。このことも子どもを主体とする授業構成にとって鍵となる重要な視点と考えられる。

## 5. おわりに

本研究の結論は次のようにまとめることができる。子どもにとって学習の必然性を保つことができる授業構成の条件として以下の2点が示唆される。1点は、子どもの真なる学びのプロセスとしての潜在的カリキュラムの発掘という教師の構えであり、もう1点は、子どもの「今、ここ」の姿をみとる中で次のはたらきかけを決める発達の最近接領域への着目である。この2点を一連の授業構成過程の中に取り込んでいくことが、子どもの実感的理解をつくる理科授業の1つの鍵であるといえよう。

## 参考・引用文献

- (1) 角屋重樹 (1999) 角屋重樹 森本信也 村山哲哉 編著『見通しをもって学ぶ子どもを育てる理科学習』東洋館出版社, p. 1
- (2) 文部科学省 (1998)『小学校学習指導要領解説 総則編』東京書籍
- (3) 森本信也 (1999)『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』東洋館出版社
- (4) 藤岡完治 (1998)「授業をデザインする」浅田匡 生田孝至 藤岡完治 編『成長する教師－教師学への誘い』金子書房
- (5) 森本信也 (2000)「理科教育の新しいパラダイムの提案」角屋重樹 森本信也編『小学校理科教育はこう変わる－ニューサイエンスを求めて－』東洋館出版社, p. 39
- (6) 澤本和子 (1998)「教材を研究する力」浅田匡 生田孝至 藤岡完治 編『成長する教師－教師学への誘い－』金子書房, p. 31
- (7) 江原 敬 (1998)「評価観の転換－リフレクションシートがもたらす意味－」『教育メディア研究 情報教育実践ガイドⅡ 授業デザインと評価』藤沢市教育文化センター, pp. 128－130
- (8) 山中伸一 (2001)「リフレクションとしての評価を基盤に据えたカリキュラム創造 (図3)」『教育メディア研究 情報教育実践ガイドⅤ 見えることからの授業の再構築』藤沢市教育文化センター, p. 109
- (9) 森本信也 (1993) 森本信也 著『子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件』東洋館出版社, p. 201
- (10) 藤田静作 (1998)「潜在的カリキュラムと顕在的カリキュラム」日本理科教育学会 編『キーワードから探るこれからの理科授業』東洋館出版社, pp. 108－113
- (11) 藤田静作 同上書, p. 112
- (12) ヴィゴツキー (1975) 柴田義松 訳『思考と言語 (下)』明治図書, p. 87

- (13) ヴィゴツキー 同上書, p. 88 - 94
- (14) 日置光久・三田幸司 (1998) 「発達の最近接領域」日本理科教育学会 編  
『キーワードから探るこれからの理科授業』東洋館出版社, p. 258
- (15) 森本信也 前掲書 (3), p. 76

# 理科学習指導における天球概念の位置づけに関する一考察

—学習者の主体的な対話活動がもたらす新たな学習プロセスとは—

横浜国立大学教育人間科学部 加藤圭司  
横浜国立大学大学院教育学研究科 橋本理絵  
横浜国立大学教育人間科学部 田村かおり

## はじめに

理科授業を実践するにあたって、教師は、単元の学習内容の把握につとめるとともに授業展開の構想、教材の準備、学習者の実態把握という作業に可能な限りの時間を費やす。しかし、実際の授業においては、学習者が十分な興味・関心を示さないとか現象に対する十分な理解が得られないという事態がしばしば生じる。そして、その度毎に教師は、原因が何であるのかを探ろうとしてきた。教材に対する学習者の興味・関心の問題であったのか、あるいは、これまでの自然認識研究において指摘されてきたような、学習者なりの論理構成との間にズレが生じていたのか等の視点は、授業改善に有益な示唆を与えてきたと言えるであろう。しかし、このようなアプローチも単元や内容レベルで十分に明らかになっているとは言い難い状況であるし、何よりも、授業で取り上げられる教材の位置づけやその取り扱いに踏み込んで言及されているものは、事例的な扱いとなる点でまだまだ十分ではないように思われる。

本研究は、従前から空間概念の理解の困難性という点で指摘されてきた地学領域天文分野を事例的に取り上げる中で、その単元構成や学習展開を再考する中で天球概念の導入の在り方について具体的な授業レベルで検討しようとするものである。特に、学習者の主体的な対話活動がもたらす意味構成の実態に着目しながら、天球概念導入の必然性に対して有益な知見を得ようとするものである。

## 1. 現行教科書における天体の日周運動ならびに地球の運動の取り扱いについて

本研究において取り上げるのは、中学校理科第2分野「地球と宇宙」の単元内容である。この中で特に注目したいのは、地球の運動としての「自転」についての理解に至るプロセスと、そこで導入される「天球概念」である。

この単元の学習内容の構成について新指導要領下における教科書会社各社の展開内容を整理したものを表1に示した。表から明らかなように、各社には、内容配列に少なからず差異が認められるものの、概ね次のような流れが見出されるように思われる。それは、「星（星座）や太陽の日周運動の観察」→「天球概念の導入による日周運動の説明」→「地平線と空というややミクロな視点から、地球と宇宙というよりマクロな視点への移動」→「天球の回転から地球の自転への見方の変換」というものである。これは、理科学習における伝統的な考え方である「学習者の直接経験による実験・観察の重視と、経験的事実から見出された（発見と言っても過言ではない）きまりや特徴をもとにした科学的な解釈への集約」という理念に支えられたものと言えるであろう。観察事実として得られた「一体となって動く星や星座」が、地球を取り巻く仮想球体、すなわち「天球」に張り付いていると

表1 中学校理科教科書<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>に掲載されている「星の日周運動と地球の運動」の内容構成

	A社	B社	C社	D社
単 元 の 構 成 と 使 用 さ れ る 器 具	・星の日周運動の観察(記録用紙への記入を例示)	・地軸、地球の自転と公転についての説明	・天球の説明	・地球の自転、公転についての簡潔な紹介と、時差についての紹介
	・星の日周運動と天球の提示 ・天球の回転による星の動きの説明	・地球の自転を前提とした上での星と太陽の日周運動についての観察(星は記録用紙、太陽は透明半球を例示)	・太陽の日周運動の観察(観測機具として透明半球を例示)	・星の日周運動の観察(記録用紙への記入を例示)
	・実際の星までの距離の提示 ・天球の回転から地球の自転への見方の変換 (天球と地球の二重球体モデルの提示)	・天体の日周運動のまとめ(天球と地球の二重球体モデルの提示)	・南中と南中高度についてのまとめ ・地軸、地球の自転、日周運動についてのまとめ	・星の日周運動のまとめ ・天球の説明 ・星の日周運動のまとめ(地平線と半球の天球の図による説明)
	・太陽の日周運動の観察(器具として透明半球を例示)	・地球儀での太陽の見かけの動きの確かめ	・星の日周運動の観察(記録用紙への記入を例示)	・太陽の日周運動の観察(器具として透明半球を提示)
	・南中と南中高度についてのまとめ		・星の日周運動のまとめ ・天球と地球の二重球体モデルの提示による日周運動のまとめ	・太陽の日周運動のまとめ ・南中、南中高度、南中時刻の説明
	・星も太陽も地球の自転による見かけの運動であることの確認			・地球の自転と太陽や星の見かけの運動の説明(地球を中心とした平面のモデル図の提示)

いう仮定のもとに天体の動きを総括し、「天球の回転」を「地球の自転」へと見方を変えながら現象の理解に至るのである。そして、その学習の中で「天球」は重要な説明のための橋渡しの概念として導入されるのである。

このようなアプローチは、学習者の実感的な理解、さらには天文学における伝統的な手法との符合という点において一定の評価がなされるものである。しかし、一方で、学習者という視点から見ると、このようなプロセスを辿る論理構成が内容の理解を十分なものになっているかという点については、今日的な視座からの再検討が必要であるように思われる。それは、時に断片的であったり十分な理解に至ってはいないにせよ、多くの学習者が発する「地球は丸い」とか「地球は自転している」、「〇〇星まで△△光年」等の言葉やその背後にある認識の実態への着目を意味する。

先に述べたような学習の展開は、このような認識をおよそ前提としているとはいえないのではないか。天球を介在させる学習プロセスは、学習者にとって本当に分かりやすいものなのだろうか。そこで想定される論理構築プロセスは最良の理解の姿を創り出すのであろうか。学習者固有の認識等を前提とすれば、天球が回るという考え方をあえて介在させることについては、その有意味性に疑問を感じざるを得ないのである。このような観点から、再度、この学習プロセスで扱われる「天球概念」の導入のあり方や位置づけについて検討する意義は大きいのではないかと考える。

## 2. 「天球概念」の位置づけに関する事例研究

### 2-1. 授業構成に対する基本的な考え方

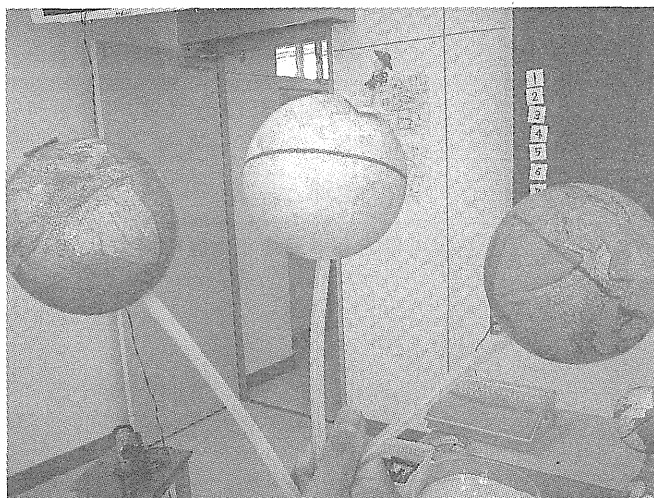
前述した問題意識のもとに、本研究では、いわゆる従前からの学習プロセスとは異なる授業展開を構想し実践することとした。基本となるスタンスは、天球概念を現象理解のた

めの橋渡しの概念としては導入しない授業の構想、そして学習者の実感的な理解の確立である。しかしそれは、単に天球概念の指導のみを取り除く事を意味するものではない。学習者固有の論理の十分な検証と新たな解釈のあり方の模索・創出の場が重要であるという視点から、教科書に掲載されているような2次元的な図にそくして思考するのではなく、3次元的な空間配置の中で実際に立体モデル等を用いながら十分な試行錯誤を含んで理解を創り上げる場を保証することである。このことから、本実践では、ものづくりを取り入れた対話活動の導入を試行した。具体的には、以下の諸点を構想上の留意点として掲げている。

ア．天球については積極的に授業の中では取り扱わない。質問への対応程度にとどめる。

イ．学習者固有の認識を授業の中で具体的に検討するために、地球、太陽、星（恒星）等の自作モデルを導入すること。本研究では、小林ら 5)によって開発された地球モデルを導入した。なお、製作の容易さと理解のしやすさを考え、地軸の傾きは設定しないこととした。自作した地球モデルを写真1に示す。

ウ．自作モデルを介しながら展開される学習者間の対話活動の場を保証する。



## 2-2. 調査対象及び時期

愛知県内公立中学校3年生1クラスであり、調査時期は、平成14年11月上旬から中旬である。

## 2-3. 学習内容

単元「地球と宇宙」における「天体の動きと地球の動き」全7時間である。教科書は、大日本図書株式会社平成13年度版6)が用いられた。

## 2-4. 分析対象とした授業の流れ

先に述べたように、日常経験やマスメディア等からの情報を根拠とした、「地球や星・太陽の動き」についての学習者固有の認識を前提とすること、教師の論理構成の流れに沿った天球概念の提示を避けることの2点が授業構成の基本である。

分析対象とした授業の流れを表2に示す。授業実践にあたっては、はじめに単元のほぼ全体を貫く問いとして「星や太陽が動く（天動説）？、それとも地球が動く（地動説）？」が掲げられた。その後、太陽ならびに星の日周運動の観察活動が組織化された。続く授業では、観察結果を踏まえて当初の問いである「天動説？、地動説？」をものづくりと対話活動を取り入れた学習活動が組織化された。しかし、その授業だけでは課題の解決まで進まなかったため、季節と星座の関係に及んで検討する、公転もあわせて扱うこととなった。最終的には、これらの活動から地球の自転と公転を整理して学習が完結している。



表 2 単元全体の学習の流れ

時数	授業のテーマ	授業内容
第 1 時	天動説・地動説、君はどっち？	天動説と地動説についての既有知識の発表と定義付けが行われ、これからの授業においてどちらの立場を支持するかが決定された。
第 2 時	太陽と地球（１）	小学校での学習などをふまえながら太陽と地球についての調べ学習が行われた。また、太陽や星座の日周運動の観察が行われた。
第 3 時	太陽と地球（２）	
第 4 時	それでも地球はまわる（１） —天体の運動から地球の自転へ—	太陽や星座の日周運動の観察結果をもとに、地球や太陽のモデルを用い、天動説と地動説の立場からの説明と話し合いが行われた。
第 5 時	それでも地球はまわる（２） —地球は自転するのか？—	自転する地球を共通点とする中で、天動説と地動説の都合の良い点と悪い点について、発表と話し合いが行われた。
第 6 時	それでも地球はまわる（３） —地球の公転について—	前時の続きに加え、黄道 12 星座をもとにした地球の公転についての話し合いが行われた。
第 7 時	地球と宇宙	これまでの学習をもとに、地動説の立場から天体の動きについてのまとめが行われた。

※ 上記の第 4 時と第 5 時を主な分析対象としている。

## 2－5．授業記録の収集とその分析の視点

学習者の認識変容であるとか授業内でのダイナミックな知識構成の姿について、その実態を記録として収集するために、以下に示す 3 つの手法を導入することとした。

### ア．今の自分の考えを記入する「コメントカード」

単語帳程度の大きさの白紙のカードで、毎時間授業終了時に、現時点で「天動説」あるいは「地動説」のどちらの考え方であるのかを記入するものである。このカードの利用に対する教師の本来の意図は、結果を座席表形式に整理して学習者の実態の資料とし、学習者の認識の変容を追跡すること、ならびにその結果を次時の授業づくりに生かすことであった。認識変容の調査という点においては、学習の初期的な段階で立てられた「天動説？、地動説？」というクラスの問いに対する毎時間の評価になることから、学習者一人ひとりの考え方や立場の移り変わりを分析することとした。

### イ．授業内における学習者の対話過程の記録

学習者の主体的な問題解決活動の実態をより詳細に把握する意図から、授業全体を V T R で記録すること、グループ内対話の詳細を MD レコーダーによって記録することとした。これにより、対話的になされる学習者の知識構築の実態を明らかにしようとした。

### ウ．ノートの代わりとして教師が製作した授業プリント

授業内容のまとめや自分の考え、疑問点や感想などが記入できる欄が設けられた A 4 版大の学習シートである。これは、学習者が描画等を含んで自由に記述することができるので、内容に関する認識や理解の仕方のより詳細な部分を評価することが可能である。また、本研究では、天球概念の導入に関して実験的な手法を用いていることから、特に授業のわかりやすさや楽しさ等についての意見や感想に注目することとした。

### 3. 結果

#### 3-1. 学習者一人ひとりの考えの変容の実態

各時間の終了時に配布・記入がなされた「コメントカード」の結果を、考えの移り変わりという視点が明確になるよう遷移ダイアグラムのかたちで表現した。その結果を図1に示す。実験授業クラスでは、学習が進むにつれて少しずつ天動説の考えから地動説の考え

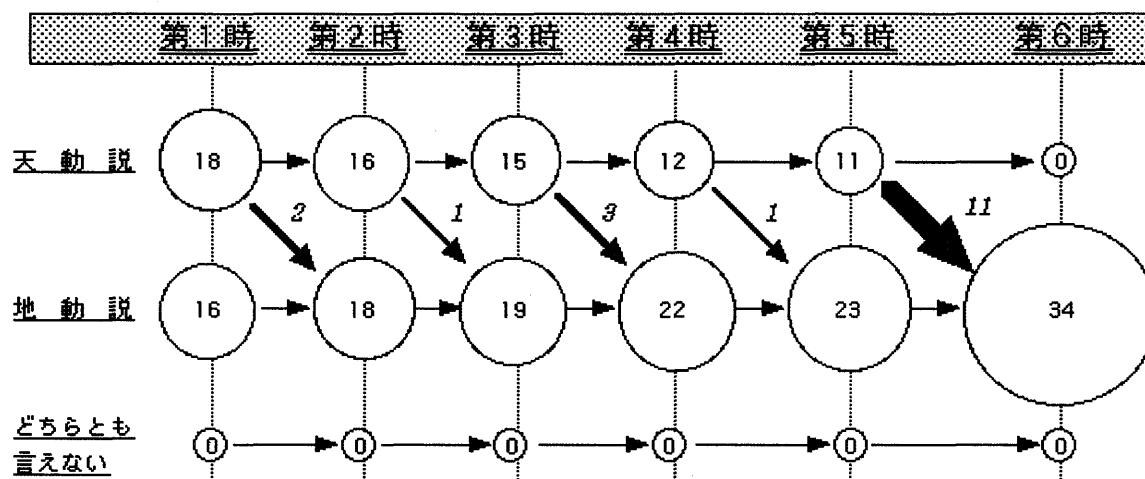


図1 各授業時間における学習者の考え方とその人数の移り変わりの比較図

※ 第7時間目の終了後にはデータ収集が為されなかったため、6時間分の変容結果のみとなっている

に移り変わっている様子が見出される。主たる分析の対象とした第4時と第5時においても、考え方の変容に顕著な特徴は見出されない。最終的には、第7時のまとめの授業において学習者の考えが地動説に収束するという結果であった。これは、この時間まで地球の自転と公転についてモデルで説明することを試み、最終的に「天動説」では説明に無理が生じるということが明らかになったことを受けて、教師が科学史的な視点も含んで天動説と天球を紹介し、この学習をまとめたことによるものと考えられる。

もし、従来のように、この第4時あたりで天球概念を導入して「天動説」から「地動説」への変換を目指す授業を行っていたら、多くの学習者がこの時点で「地動説」の考え方に修正をしていたであろう。この点で、ものづくりを取り入れた対話的な活動による一貫した問題解決の授業は、効率的とも言えるような概念の修正はなされず、適切とは言い難い結果なのかもしれない。学習者の実態としては、当初の「問い」に一貫してこだわり続ける姿が見出されたと言えるだろう。

#### 3-2. 授業プロトコルに見る学習者の対話的な認識構築の実態

第4時のものづくり活動後における対話活動を通した問題解決場面のプロトコルを資料1、2に示す。資料1は、3名の学習者（全員男子、通常は4名だが欠席1名）で構成されたグループであり、前時までの段階で全員が「地動説」の立場で考えていることをコメントカードに記入していた。

## 資料 1 B 班の意見交換の様子（男子グループ：全員が地動説）

- S-B1: とするよ。だもんで、太陽の周りを、この軌跡で回ってて、東から西にここでは見えて、これは？星は、星も止まってるだら。ええ？今の星って止まってるで、じゃあ
- S-B2: 止まっとる。
- S-B1: ええ？
- S-B2: 星がうごいとるように見えるんだ
- S-B1: だってあの先生さ、地球が動いとるつつてこれ止まっとるって
- S-B3: 止まっとるんじゃないの？
- S-B1: 月も一緒に、これも動いとるんじゃないの？先生？うそ。あんね、星って動いとるじゃん。ええ？地動説ってなんで、…。地球だけしかまわっちゃかん？え？太陽、えええ？
- S-B2: 太陽は動いとってもまわらんじゃん。中心だもん
- S-B1: 太陽はそうだ。太陽が中心でこれが動いとるだら？あれ？これは？ああそうだ。これも動いとるだら。ほいじゃあ。太陽が中心だら。こうやって。
- S-B2: 違う、その見とる星座が悪い。金星だら？
- S-B1: ああそうそう。
- S-B2: 太陽系の惑星じゃないよ。他の。
- S-B1: 他のところも動いとるじゃないん？動いてないん？
- S-B2: 動いとるように太陽が見える。
- S-B1: なんで？動いてないの？
- S-B2: 見えん。遠すぎるもん
- S-B1: なるほど。ああそうか！ゆっくりこうやってず一とまわっとるんか
- S-B2: 早くても、光が届くのが遅いで遅いように見える
- S-B1: 見えるのか。じゃあこっちが一回転しとる間に、ここちよとしか回ってないのか。分かった。そういうことか。
- S-B2: はるか遠くの、1キロくらい先にお前は…
- S-B1: ああ分かった。回転してるけど遅いってことか。だもんで動いてないように見えるのか。すいません。分かりました
- S-B2: で、星はここにあるもんで
- S-B1: 星も微妙にこんくらいずつ動いとるのね。チキチキチキチキ。
- S-B2: 星もこうこう、こうやって見えるだろ？
- S-B1: ああ、俺謎が解決した、1人で。
- S-B1: これってさ、これで朝が来る
- S-B2: そうすると季節がなくなる
- S-B1: 季節がなくなるというのは、同じ方向に両方とも回ってること自体がおかしい。
- S-B3: 何？同じ方向にまわることになるの？そうすると
- S-B1: そうだよ。こうまわっとるもん。それがまずきもい。その状態が。一日に何回転することになるの？時間帯がばらばらになる。
- S-B3: 太陽が動いてるとすると、
- S-B1: 夜が短くなる。
- S-B3: 違うわ。
- S-B1: なるじゃん。
- S-B3: 太陽があとからついてくるんだわ。
- S-B1: 夜が長くなる。なんで？
- S-B3: 太陽が頭の上をついてくる。速度が一緒だったら。
- S-B1: ずっとこれが一緒だったら？たらたらたらららー。
- S-B3: だって違つとつてもさ、あんまり先いって、…。短くなるだろ周期が。
- S-B1: あれ？これ夜が長い？夜が長い？もしかして。朝こんだけでこうやってず一と夜で。あさーよるー。
- S-B3: 夜が長くなる？
- 〈中略〉
- S-B1: ええ？太陽のほうまわるの速かったらどうなる？てっててててて。
- S-B2: 天動説？
- S-B1: うん。朝が長くなる？ん？関係ないじゃん。
- S-B2: 短いじゃん。
- S-B1: どっちにしろ短くなるだけじゃん。よかった。
- S-B2: そんな風にまわってないもん
- S-B1: 地動説だと、こういって、だー、だーとまわっとるもんで、どうなるだ？朝が、夜が、時間のずれが少なくていい。
- S-B1: B班の子ども1、S-B2: B班の子ども2、S-B3: B班の子ども3

この記録から明らかなおり、自作した地球モデルを介してグループ内でのやりとりが始まるが、地球の自転か天体の回転かの検討であったはずのことが、早い段階で地球の公転の話題に及んでいる。その過程では、動かないものとして星（恒星）という情報が表現されたり月や金星などの動きも検討されている。後半では、太陽と星の見えの問題を精力的に検討しているが、その中で、およそ非科学的な考えと推測されるものではあるが、星（恒星）の運動が提案されグループ内の了解を得るところまで話は進展している。また、この記録には含まれていないが、地球モデルを見ながら地球の重力について意見交換を行う場面が見出されている。

この結果から明らかなことは、このグループのメンバーは、地動説とか地球が回るということに対して、地球の自転と公転を明確に区別しないままに、見方を変えれば自転だけにこだわらず公転をも視野に入れながら、考えを相互に披瀝し検討しつつ解決しようとしているということである。また、特徴的であることは、このグループが地動説を考えている学習者のみであったにもかかわらず、「地動説ってなんで？」というように、自分が考えていることをもう一度この場でしっかりと確認し納得したいという思いが見出されることである。自分の考えを地動説であると表現している学習者でも、その考えには確信がもてないようで、理解の形態としては言葉のみの断片的なものであることが推測される。そして、そのような学習者固有の理解をこの場で表現するとともに多様な側面に思いを巡らし、その情報を解釈のための根拠として引き込みながら、対話的に納得と理解を創り上げようとしている実態が見出される。この場面における認識の拡張的構築の実態は、図2として表現することができる。

もう一つの事例として、グループ全員が天動説の考え方を支持している女子5名のグループの結果を見てみたい。

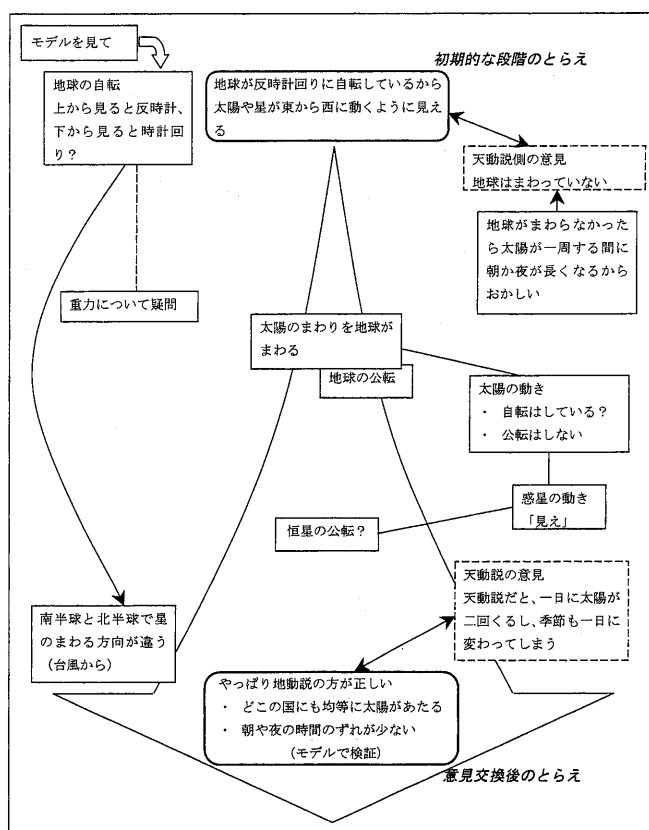


図2 B班の意見交換に見られる認識の拡張の実態

## 資料2 C班の意見交換の様子（女子グループ：全員天動説）

S-C1:じゃあ私が回しとるわ

T-1 :これってさ、これこう[地球を反時計まわりにまわした子どもを見て]動いたらどっち側に見える？

S-C1:こう・・・[地球の周りで星を動かす]

T-1 :だから、止まったら、これどう動いとるように見える？

S-C2:止まったらこう[地球の周りで星をまわす]動く

T-1 :こう動いたらどう動いとる？そう(星の左から右への動き)動いたら、西から東だ。

S-C1:あー。頭痛い

T-1 :見え方が分からんか見え方。よし。ちょっとこれいい？見え方分からん言うで。これ使ってやって。これ使って見た

ら？カメラ

S-C2: どういうこと？

T-1 : だから、見え方これで見えるじゃん。

S-C1: あー！ はいはいはい。

<中略>

S-C1: さやかちょっとさ、星持って。星

S-C2: 星？

S-C1: うんこれ。これ。回ればいいんでしょ私が。

S-C2: どうやってやるん？

S-C1: そんなで、私(地球役の子ども)がこう[反時計回りに]回るのか。そうだよな。こう回るんだ。で、さやかがこう[地球の周りを時計回りに]回るじゃん。...

S-C2: 地球もたんといかんだろ？だもんで...

S-C1: さやか来て。回って

S-C3: まいが回ってあげる。

S-C2: これ回す。回して。

S-C3: ま、いいや。映す。

S-C1: じゃあまいちゃん(地球役の子ども)はこう回って。

S-C3: どう回る？

S-C1: こう[反時計回り]

S-C3: 分かった

S-C1: 違う。まいちゃんはふつうに持って...

S-C2: 地球さんは？地球さん

S-C1: 地球さんになるの

S-C2: 地球さんこれだよ。地球さんの目線になるんでしょ？こう[モデルを反時計回りに回す]だ。地球さんこうだ。こうやって回るの。

S-C2: こうだろ？[地球を反時計回りに回し、そのまわりを星が時計回りに回る]

S-C2: どうすんの？

S-C3: だって紐が邪魔なんだもん。

S-C1: だから、目線を見たいの。分かる？地球の目線で見て、うちらも動くんでしょ？

S-C2: 地球さんが、こう(上から下に)動く。わかんなくなっちゃった。まいちゃんこっち向きにまわらんといかんのじゃないの？だからまいちゃんはこう(反時計回り)向きに回って。そうそうそう。そいで、でうちらが逆向きに動くんだ。もう、まいちゃーん！！

S-C3: 待って。違うって、聞いてくれる？こうやってきたらさー、こここれ以上行けないから。

S-C1: がんばりなさい

S-C2: うまく...だもんで、麻衣ちゃんが動かずこれ(カメラ)が動けばいいんだよ。

S-C1: そうだよまいちゃん動かんくていいんだよ。

S-C3: 分かった。

S-C1: どっちに回るか分かる？

S-C1: うちら逆に回ればいいんだよ。

S-C3: こっち(反時計回り)だろ？

S-C1: そうだよ。せーのはい。回って。まいちゃん回って。

<中略>

S-C1: 私とさやかはいつまでたっても逆の位置におらんといかんだら？朝がきましたよ。

S-A2: えーでもそれだとね、途中で重なるよ太陽と

S-C1: なんで？重ならんらー

S-C3: もう一回！

S-C1: そっかー

S-C2: そうだよー。重ならんと光って見えんらー。

S-C1: そうだー。だもんで、一緒に動いとるってこと？いつまでも一緒に。先生、星っていうのは、太陽が光ってるから見えるんですか？

S-C2: くつついて動いてたら

S-C1: 違うじゃん。全部が全部じゃないじゃん。全部が全部じゃないもんで...

T-1 : もうこれ(カメラ)いい？とりあえずいい？

S-C1: はい。ありがとうございました。

T-1: 教師1、S-C1: C班の子ども1、S-C2: C班の子ども2、S-C3: C班の子ども3、S-A2: A班の子ども2、[]: 非言語行為、(): 指示語の説明

このグループは、地球からの見え方に疑問を抱いたことから、教師の助言によりビデオカメラを大きな地球儀に乗せた上でその地球儀を回転させ、周りの様子がどのように見えるのかを検討するという活動が取り入れられた。この際に、自作した太陽のモデル（発泡スチロール球）と白紙の紙に自分達で描いた星座の絵を持ち出して、ビデオカメラ（地球）、太陽、星座の3つの位置関係とその見えを捉えようとしている。

見え方を考え始めた初期の段階では、現象の把握にかなり困惑している様子が見出されるが、自分が星を持つ（星になる）という活動を始める中で、精力的に現象の解釈が検討されている。そして、星の見え方やすべての星が一体となって回ることへの疑問などが表現される中で、天動説での説明に無理があることに気づき始めている様子が見出される。

この例も、先の資料1と同様に、このグループの学習者固有の理解を積極的に表現する中で、いくつかの考え方の吟味や実験的な検証を通して、対話的に理解を創り上げようとしている実態が見出される。

この場面における認識の拡張的構築の実態は、図3として表現することができるだろう。対話的な認識構成の姿は、多様な情報の引き込みや吟味といった拡張的再編成と見ることができるが、結果としての理解の姿は、当初とは異なるものに変わろうとしているという実態である。

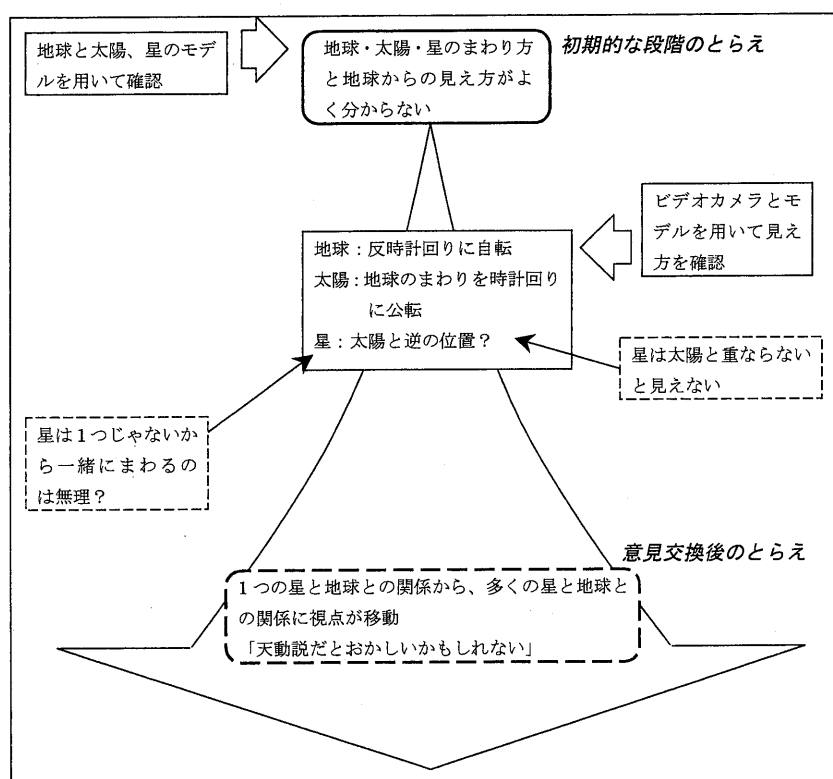


図3 C班の意見交換に見られる認識の拡張の実態

### 3-3. 授業プリントに記載された感想欄の記述内容

ものづくりとそれをもとにした対話活動が組織された第4時の終了時に、授業プリントを用いて本時の授業の感想を記述させている。その内容をとりまとめたものが表3である。

理科におけるものづくり活動にあまり馴染みがないためか、ものづくり自体の楽しさに対する感想も数多く記述されていた。類型化した記述内容として最も多かった項目が「分かりやすさ、理解のしやすさ」という視点からの記述である。自分で実際に地球のモデルを動かしてみたり、太陽や星との位置関係について対話的に確かめていくという活動が、多くの学習者に好意的な印象を持って受け止められたことが見て取れるであろう。問題点と思われるのは、わずかではあるが指摘された「大変だ」とか「面倒だった」という具体的な活動に対する否定的な意見である。

表3 授業プリントに記述された学習者の授業に対する感想（第4時終了時に記述）

感想の種類（人数）	自分の考え	感想欄の具体的記述
分かりやすかった・よく理解できた（15）	地動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・頭で考えているとよく分からなくなってきたり、うまく言葉にまとめたりすることができなくなってしまうので、模型を使って動きを説明すると自分も分かりやすいし、相手も分かりやすいと思うから、やりやすくて良かった。</li> <li>・小さい地球儀を作って太陽と星と地球の動きを表してみると、地動説の正しさがよく分かりました。</li> </ul>
	天動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・つくったので、分かりやすかったです。太陽と星があったので、もっと良かったです。少し面倒だったけど・・・。</li> <li>・地球儀のモデルを作って説明すると、なかなか分かりやすい。まだまだ、疑問や天動説だと説明しにくいことがたくさんある。</li> </ul>
楽しかった・おもしろかった（10）	地動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初めて作ってみて楽しかった。模型？がある方が回してみたりできるから、作って良かったと思う。頭だけで考えたりしていてもわかりにくいと思う。</li> </ul>
	天動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・これを作ってすごく楽しかったと思う。なんか、それを作っている授業ができたと思います。</li> </ul>
	未決定(両方)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球のモデルを作ってみて、それを使って説明するのが楽しかった。</li> </ul>
大変だった（2）	地動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・とても大変だった。</li> </ul>
その他（2）	地動説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天動説の話を聞いて、天動説になってしまいそうなくらいうまくかったです。</li> </ul>

#### 4. 考察

##### 4-1. 学習者の主体的な問題解決と対話活動が創る実感的な理解の姿

先の結果から、学習者の知識構成の姿を検討してみたい。学習者個人の認識の変容である上記3-1.の結果を見ると、授業が進行していても初期的な考えにこだわりを持ったままの学習者が多数であるという実態であって、当初の考えは多様な活動を経ても容易に変容しないという実態が見出される。この点からみると、本研究で試行した授業展開は、学習者の既存の考えへの固執という事態を生み出していると考えられ、授業構成自体に疑問が残ることになる。単元の学習を通じて効率的に考え方を変換させるということを主たる目的ととらえる場合、確かにこの授業は問題であろう。しかし、もう少し詳細にわたってこの授業実践における学習者の理解の実態を見てみる必要があるように思う。なぜなら、中学校3年という年齢段階においては、多くの学習者が生活経験的な知識としての「地球は回っている」ということを知っているはずであって、純粋に天動説の考えにこだわったとは言い難いと考えられるからである。このことは、3-2.に示した授業プロトコルにその実態の一部を見出すことができる。

3-2.の結果からは、学習者は、実際に「コメントカード」に記入した自分の考えをもとに思考しているのだが、その考えは十分に確立されたものではなく、どちらかといえ、授業における十分な対話活動の中で、自分の考えを確かめ合意や理解を取り付けながら徐々に創り上げている。授業者の視点から述べると、一貫して自分の考えや問いを検証するという視点で授業を展開していったことから、学習者は、結果としての科学的知識はおおよそ承知し了解した上で、自分の素朴な考えや気持ちを検証し納得したいという思いが随所にはたらいたと考えることができるのである。この事は、「天球を介在させる中での説明やそこからの地動説概念の構築」といういわゆる路線化された形態とは異なり、具体物

を介在させながら比較的自由なかたちで進行する試行錯誤の場が保証された形態に負う部分が大きいのではないのか。このような場があったからこそ実感的な理解を創ろう、納得できるまで試して考えようという、いわゆる本音の部分が表出したものと考えられる。この事は、3-3. で述べた事後の感想欄の結果からも明らかである。この授業は、学習者にとって非常に印象深く、また現象の理解という点で有意義なものと判断されていたのは、何よりも学習者の実感的な理解に寄与した事のあらわれであろう。

もし、従来どおり教科書等に掲載されている天球概念や天球と地球の二重球体モデルを導入していくと、学習者の内面にどのような理解の姿を創りあげるのであるだろうか。あくまで推測の域ではあるが、天球という1つの思考の枠組みを導入することになることや、観察結果の論理的な摺り合わせがなされることから、表面的には比較的容易に「天動説」から「地動説」へと考えを変容させることが期待できる。言い換えれば、これらの概念や道具が認識変容の契機となるということである。また、その理解の実態もおおよそ整然としたものになることが期待できる。おそらく学習者は、授業の流れの中で「こう考えることが正しいのだ」、あるいは「地球は回っているのだからこの結論でよいのだ」という判断とともに理解しようとするのではないか。

学習者の実感的な理解を創り出す学習プロセスや天球概念の導入の影響について、さらに言及していくためには、比較可能なデータを収集することが必要であろう。しかし、少なくとも、この内容の理解に向けた論理構築において、一度は実在しない仮想球体を考えた上で、実はそのようなものはないのだと修正をかけられるような思考の流れは、現象に対する学習者の実感的な理解において唯一無二の道筋ではないということが、本実践の結果から結論づけられるように思われる。

誤解をなくすためにあえて付言するが、従来の授業における論理構築や思考のプロセスが全面的に間違っていると主張するものではない。日常生活経験のみから導出することが困難な多くの科学的知識に対しては、天球のような橋渡しとなる概念を一時的に借り受けながら内的な実感を創り出すという理解のプロセスも大いにあり得ることである。しかし、本研究で注目している内容は天文学への扉を開く基本概念であり、この内容の理解が後続の内容の理解や当該分野への興味という点に大きな影響を及ぼす可能性を否定できない。この点からも、学習者が実感できる学習過程の構築は重要なのであり、本事例にそくして指摘するならば、学習過程への天球概念の安易な導入は避けなければならないということである。

#### 4-2. 天球概念の導入に対する示唆

天球概念は、1. で述べたように、現行指導要領下の教科書においては、取り扱いに多少の違いはあるにせよ、地球の自転の理解を創る過程で登場している。そこでは、観察経験のみから論理構築をしなければならないという考え方に縛られるあまり、天球概念の扱いが一義的になりがちな傾向を見出すことができた。これに対して、本研究では、多くの学習者にとって既知の内容と判断される「地球は自転している」という考えの検証という立場で学習を始動すること、十分な試行錯誤やものづくりなども含んだ対話活動を取り入れる中で天球概念を介さない学習展開を実践することを検討し、一定の成果を得ている。このような結果を前提とすれば、天球概念については、自転の理解構築という位置づけのみとすべきではないように思われる。むしろ、その理解に困難性が認められる場合には、



積極的に扱い方を変えることも検討する必要があるのではないか。1つの例としては、科学的あるいは読み物的な位置づけで扱うというスタンスが可能であるように思われる。このような扱いとなれば、学習者の理解の仕方という点のみならず科学的な理解や天文学への興味の喚起にも繋がることを期待できると考えるからである。

天球概念は、古くは紀元前から提唱され、その後も多くの哲学者や科学者によって提唱されてきた人間の知的産物の1つである。また、今日の天文学においても星や星座の位置を定める座標型として用いられるなど主要な概念のひとつでもある。このように、天球そのものに触れることはとても興味深いことであるし、十分に学ぶ価値のあるものである。このような視点から扱っていくことも今後の検討材料としつつ、本單元における天球概念の導入に対しては、より柔軟な発想と対応が必要であることを再度指摘しておきたい。

## おわりに

本研究においては、学習展開の中にもものづくり等を含んだ多様な対話活動を取り入れていく中で、より実感的な理解を獲得することが可能であること、地球の自転の理解のためには、必ずしも天球概念が必要ではない事を実験的に見出す事ができた。しかし、これは、ものづくりを取り入れるなどいくつかの前提や条件の下で指摘できる事であるのかもしれない。この問題の解決に向けては、本研究と同様に天球概念を導入しないという立場から、異なる授業の展開においても実証されるか検討すべきであろう。この知見をより一般化していくためには、いくつかの授業実践からデータを収集する事が必要であるように思われる。しかし、それらを勘案したとしても、予定調和的に構成される知識への信奉とそれに対する安心感に対して、われわれ教師は気づくとともに検討の目を向けなければならないように思われる。

## 文献

- 1) 戸田盛和 他(2002), 「中学校理科 2分野下」, 大日本図書
- 2) 三浦登 他(2002), 「新しい科学 2分野下」, 東京書籍
- 3) 竹内敬人 他(2002) 「理科 2分野下」, 新興出版社啓林館
- 4) 霜田光一 他(2002), 「中学校理科 2分野下」, 学校図書
- 5) 小林学・土田理・金子文夫・永原恭子・後菱直樹・佐川君子(1996), 「中学校理科天体教材の開発とその試行に関する実践的研究」, 地学教育, 第49巻, 第2号, pp.49-60
- 6) 戸田盛和 他(2000), 「中学校理科 2分野上」, 大日本図書

## 3年間を見通した科学的思考力を高めるための理科授業

「わからないこと」に立ち向かえる子供をつくるために

川崎市立塚越中学校 久保田 智

### はじめに

おそらく、どの理科教師も授業の中で実験観察を行い、そして、多くの教師がその結果をレポートやワークシート、ノートを使い、生徒にまとめさせているはずである。しかし、今までの教科書は1年次の実験と、3年次の実験では内容と難易度に多少の変化があるだけで、実験観察を通して科学的思考力を付けるべく、目標と意図を持ち、構成されていたであろうか。

ここでは、特に1年次から3年次までの各発達段階において、実験観察をしていく上でどんな力をつけていくのかということを目標において、科学的思考力を高めるために行ってきた実践を3年間のレポート活動に着目して明らかにしたい。

### 実践の概要

#### 1. レポート用紙について

生徒が行う実験結果の記録については、ワークシートは使わず、罫線のみが印刷されたレポート用紙を使用した。ワークシートの利点として、生徒のスムーズな思考のコントロールが期待できることがあげられる。必要な項目の見出しを印刷しておけば、生徒は迷わずその項目について調べ、実験するのである。また、迷いそうなところは、あらかじめ生徒が思考しやすいように教師が文書や図を提示しておけば、さらにスムーズに実験観察が行われることが期待できる。

しかし、ワークシートだと、一定レベルの内容は書けるが、それ以上の発展は望めず、それ以上の内容をつくることができる生徒の可能性も狭めてしまうことになる。生徒によっては実験後に考えた考察を教師がつくった枠以上に書きたい思っても、ワークシートのスペースがそれを妨げてしまうかもしれない。そして何より実際に科学的思考力が試される実生活の中では、問題を解決するために用意されたワークシートなど存在しないのである。まっさらな罫線だけの紙に、問題を解決するための思考の流れを当たり前のように書いていくことができるようになったら、その方が科学的思考力がずっと高まっていると私は考える。

#### 2. 3年間の流れ

##### (1) 1年次 レポート活動

入学してからしばらくの間は、教科書にある実験のページを写していくような作業になる。その時点で大事なことは、レポートに盛り込む内容には、題、課題、準備、方法、予想、結果、考察、感想、反省等があり、それぞれどのようなことを書いていくのか、それぞれの意味をはっきり教えていくことである。「課題というのは実験をやる意味や目的ということ」で題名は課題を一言で表したものであるとか、「方法ではただ文を写すのではなく自分なりにわかりやすいように文章をまとめたり、図を使ったりして自分のレポートを見た他の人がわかりやすいように書きなさい」というように説明しながら書かせていく。

この時点では、レポートを書くスピードがかなり遅いが、焦って書かせるといいかげんに

書く癖がついてしまうので、十分に時間を確保してやることがポイントである。このような書き方は初めのうちは時間がかかるが、慣れてくると時間もそれほどかからなくなり、その上内容はワークシートのように限定されず、生徒たちは自分の時間が許す限りできるだけ内容の濃いレポートを仕上げようとするようになる。

このようなレポート活動を続けていくと、レポートを書くことが当たり前になり生徒たちはそれほど苦とは感じられなくなる。そして何より、書き上げたときの達成感を強く感じるようになり、次はもっといいレポートにしようとするようになるのである。

## (2) 2年次 発表活動

第2段階として、1年次に培った基礎の上にさらに発表活動を加える。実験前の発表（課題や方法、注意点の確認）と実験後の発表（結果、考察、感想、反省など）を行っていく。この活動を通して、自分の考えを伝えることと他者の考えを聞くことで、より積極的に実験の内容について深められると考えた。これに当たることは、1年次では教師側が実験前にやり方を確認したり、実験後に結果について説明したりしていたものである。当然、1年次でも発表活動を全くしないわけではない。しかし1年次では目標をレポート活動の基礎力を付けることに重点を置いているので、この活動はレポート活動が定着してから次の段階として行うことが望ましいと考えた。実際、1年次ではレポートを書くことで時間をかなり使うが、慣れるにしたがって時間に余裕が生まれ、その時間を使って発表活動が行えるようになる。実験について発表することは、その実験について今まで以上の深い理解が必要になる。そうになると生徒たちは自分がうまく発表するために、その実験についてより主体的に学習していくことになる。

この活動での注意点としては、発表活動になれていない初めのうちは、何を言っているかわからないとか、意見がなかなか出ないというようなことが必ず起こる。しかしそこでこちら側がやめてしまうと、永遠に発表活動はできなくなってしまふ。1年次にやったレポート活動も一つの技術であり、この発表活動も鍛えれば必ずできるようになる、生徒に付けさせるべき技術の一つであると考えた。3～4回やって、できなくて諦めてしまうのではなく、1学期間かけて習得させるぐらいの長い意識で取り組めば、必ず生徒たちはこの活動にも慣れ、当たり前のように実験のポイントや注意点を確認しあい、実験後は結果や考察について意見を交換しあえるようになる。そしてそうすると、教員が説明するよりもずっと生徒たちは積極的に自分の頭脳を使い、答えを主体的に求めるようになる。

## (3) 3年次 オリジナル実験

第3段階として、1，2年次に積み上げられたことをさらに発展させる意味で、それぞれの実験に自分独自のオリジナル実験を考案させ、より主体的に物事を考えることを目標に指導する。初めのうちは、実験中に生まれた疑問点などレポートに書かせ、その疑問点を解決するためには、どのような実験をすればいいのか考えさせる。そして時間があれば、実験をさせていく。もちろん教科書にない実験になるが、それについてもきちんと自分なりに考察をしレポートを仕上げさせる。このような活動を何回か繰り返し、自分が疑問に思ったことに対してどうアプローチすれば解決するか、解決までのプロセスを練習させる。

それができるようになったところで、オリジナル実験を考える土台ができたと判断し、本

格的なオリジナル実験活動に入る。オリジナル実験活動とは、教科書にある実験の課題のみを生徒に与え、その課題を解決するためには、どのような実験を行えばいいのか自分で実験を作っていく活動のことである。この時点まで、かなり考えることに慣れた生徒でも、課題からそれにあった実験を自分で考えることは、容易にはできない。しかし、できなくても何とか計画させることがこの活動でのポイントである。実際にはできない実験であったり、課題とはずれている実験等、はじめのうちは多くの計画は使えないものが多い。しかし、それでも生徒たちが自分の能力を振り絞って考えた計画である。計画を立てたものを大いに誉め讃えてあげることが大事である。オリジナル実験計画を立てた後、教科書の実験もいつもと同じようにレポートさせる。こうすることでいかに教科書の実験が無駄がなく、課題にあったものであるか、オリジナル実験を考えた生徒ほど痛感できるのである。こうすると自分の実験の不備などを自分で納得して理解することができる。

このような見通しをもって、3年間の授業を組み立てた。もちろん各学年で中心となる目標があるが、それぞれの学年で弾力的に組み直し、3年でレポートの力が落ちてきたとしたらレポートを中心に据える時期があっても構わないし、1年次に教材によっては、オリジナル実験のようなことを入れる単元があってもいいと考える。

### 3. レポートから見る指導の変容

次に、3年間関わった一人の生徒のレポートを例に指導の変容について述べていきたい。

#### (1) 1年次 はじめてのレポートから（資料1）

資料1は、この生徒が初めて書いたレポートである。初めてレポートを書いてからしばらくの間で、レポートを書く上で注意したことは、それぞれの項目（題や課題、方法、考察等）には、どんなことを書いていけばいいのかについてと、詰めて書きすぎないことなど、あまり難しいことを要求しないことに気を付けた。書き始めると多くの生徒は初めてレポートに集中して作業に没頭してくる。そんなときにあれこれとこちらの過大な要求をするとせっかく集中して活動しているのをかえって妨げてしまうことになる。この資料からもわかるとおり、この生徒は課題を書き忘れて途中で課題を書いている。本人がやり直したいと言わない限りこれまで活動を評価して、次から気を付けることを促すことをこの生徒には指導している。

#### (2) 1年次 5回目のレポートから（資料2）

レポートも5回目になると、書き方や内容のまとめ方などが慣れてくる。個人差があるので机間指導をしながら、集中して活動している生徒の妨げにならないような支援が望ましいと考える。レポートになれてきた生徒には、この実験で大事なところや注意すべき所にアンダーラインを引いたり囲ったりして、目立つような工夫をしようと促していく。こうすることでその実験のポイントや注意点を自分で発見し、より主体的な活動につながる基礎になっていく。

#### (3) 2年次のレポートから（資料3-1, 3-2）

レポート活動をするようになって2年目になると、資料3-1にもあるように、自分でそ

の実験でのポイントや注意点について、ごく当たり前にとらえることができるようになってくる。また、そのこれらのポイントなどがレポートの中で目立つように工夫されるようになり、主体的な探究活動にさらに進展すると考えられる。

次に、資料3-2にある感想などにある、実験での失敗なども意識してレポートに書かせる指導がポイントになってくる。レポートになれてくると生徒たちは実験の成功にこだわるようになってくる。ともすると、自分たちの結果ではなく、「先生、本当はどうなるの？」と答えばかり追うようになる。そのようなときは、まず自分たちの結果から考察することを促し、教科書や予備知識からその結果がおかしいと感じたり、失敗したとわかったら、そのことについてレポートに書くことが大事だということを強調する。そうすることでレポートが単に教科書の写しではない、自分たちの思考の結晶に変わっていくのである。

また、2年次の活動の中心となる発表活動については、発表者の内容を積極的にレポートに盛り込むことを促していく。初めのうちは、「何を書いていいかわからない」という生徒には「できるだけたくさん、発表内容を書くようにがんばろう」と促し、内容に関わらずやったことを評価する。この活動を繰り返し、書けるようになってきたら、「大事だと思うことを書いていこう」と促す。そうすると自分にとって必要な情報を自分で判断し、記録が取れるようになる。これにより生徒たちはこの資料にもあるとおり、たくさんある発表者の情報の中から自分の足りなかったことを見つけだしたり、時には自分の間違いに気づいたりすることを主体的に発見していくのである。

#### (4) 3年次のレポートから（資料4-1, 4-2）

教科書などから実験のポイントなどを自分で発見する力を得て、さらにそれを発表し、また、発表者から自分の足りないことや気づけなかったことを吸収するような力が備わってきた3年次に、さらに主体的な探究活動を行う最終目標として、オリジナル実験活動を設定した。資料4-1は、教科書にある実験だが、このレポートを作る前に同じ課題を与えて、その課題をクリアーするために自分で考えた実験が資料4-2である。これを見てもわかるとおり、この実験では、十分な結果が得られない可能性が高い。しかし、ここでは課題＝「わからないこと」を明らかにするために、「どのような方法でどのような道具を使って明らかにしていくのか」という研究のプロセスが大事なのである。1年からレポート活動をしている生徒は3年次になると、かなりの生徒がこの研究のプロセスを自然に身につける結果となり、初めは戸惑っていた生徒も「レポートに書く項目を思い出して、それを当てはめてみよう。」と促すと自分に染みついた研究のプロセスが自然と出て、「わからないこと」にどう向き合っていたよいかかわるのである。

#### おわりに

「生きる力」について叫ばれている昨今、自分にとって生きる力になった学習活動とは何だったのか？それがこの実践をはじめのきっかけである。私事であるが、小学校から始まり中学、高校、大学といろいろな学習をしてきた。しかし、あれほどがんばった微分・積分や英語、その他様々な学習のほとんどを忘れてしまった。では、今自分の中に残っているものは何か、生きる力として鍛えてもらった力とは何かといえ、それは「考えること」であり

「わからないことに対してどう向き合うか」ということである。すなわち、大げさな言い方をすれば研究のプロセスが、今の自分の最大の財産の一つである。だからこの力を、私のかかわる生徒たちに持ってほしいと考えた。

当たり前のことだが、未だにどうしたら科学的な思考力が高まるのかわからない。この問題をクリアーするために、さらに研究を続けていきたい。

No. 1

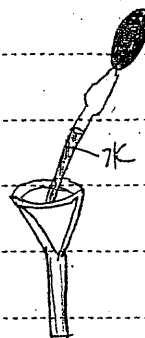
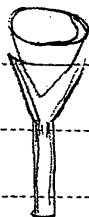
ト3(13)

## ろ過をして水にとけない物質を分ける

準備、赤色チョークの粉を入れた水・ビーカー(50cm<sup>3</sup>)2個  
・ガラス棒・ろ過とろ紙・ろ過台

方法、

ろ過のしかた



1.ろ過台にビーカーとろ紙を入れたろ過を置き、ろ過台の高さを調節する。

2.ろ過のあしは、切り口の長い方をビーカーの内側のガラス壁につける

3.ろ過する液をガラス棒に伝わりせろ紙に注ぐ

## 実験のしかた

1.ガラス棒をかき混ぜた後、静かに放置し、水にとけない物質が底に沈むのを待つ。

2.上澄み液を少しずつ注いでろ過する。

液の色や濁りはどうなったか。

課題、色チョークの粉を入れてかき混ぜた水をろ過し、どのような物質をとり除くことができたかを言明しよう。



NO.5

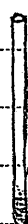
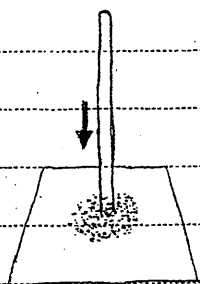
1-3(13)

## 純粋な物質がとけるときの温度

**課題** 純粋な物質を加熱して、とけるときの温度をはかってみよう。

**準備** 試料 A~C (パラジクロロベンゼン、ナフタレン、パルミチン酸を細かい粉末にしたもの)、一端を閉じた細いガラス管(3)、ビーカー(100 cm<sup>3</sup>)、温度計、薬包紙(3)、輪ゴム、スタンド、ガスバーナー、金網、マッチ

- 方法**
1. 3種類の試料を、細いガラス管につめる。
  2. 試料 A を入れたガラス管を、温度計にとりつけて、ビーカーの水の中につける。
  3. 弱火でゆっくりとビーカーを加熱する。
  4. 試料がとける瞬間の温度を読みとる。



試料、5 mm 絶対 5 mm にする、こまがでるから。

結果	A	55 °C
	B	72 °C
	C	62 °C

**考察** A が一番とけるのが早かった。B はなかなかとけなかった。なぜとけるときはいまにとけぬか。それとなぜ B はなかなかとけなかったのか理由を調べたい。それと、ナフタレンが、おて本の温度と 10 °C 近くちがってしまつたのはなぜか。





No.3

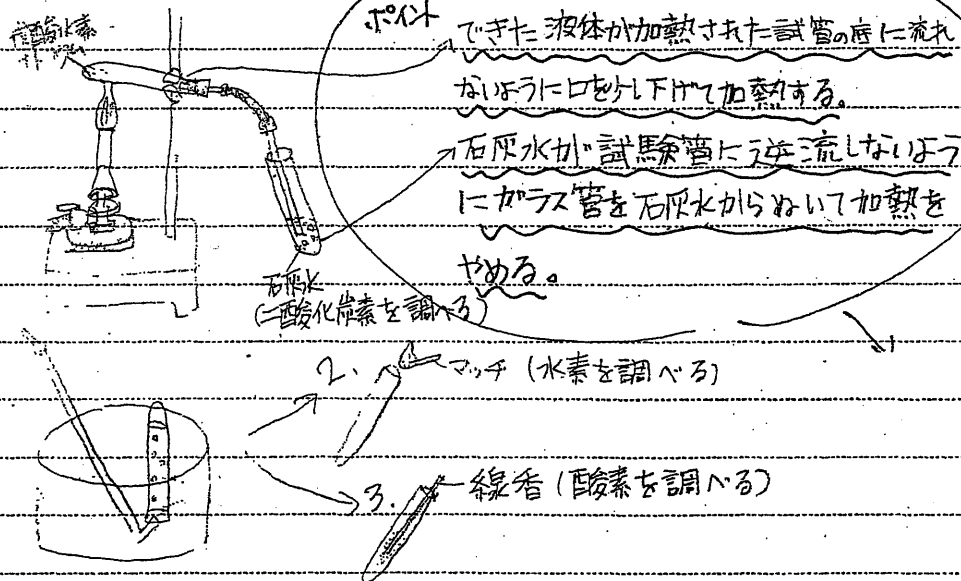
2-5 (K)

「炭酸水素ナトリウムを加熱してできる物質」

課題 炭酸水素ナトリウムを加熱したときに発生する気体は何か。またこのとき炭酸水素ナトリウムは別の物質に変わるのかどうか。

準備 炭酸水素ナトリウム・石灰水・線香・塩化コバルト紙・フェノールフタレイン液・試験管(5)・ゴム栓つきガラス管・ゴム管・ガラス管・ガラス曲管・水槽・ピンセット・スポイト・スタンド・ガスバーナー・マッチ

方法 1. 図のような装置で炭酸水素ナトリウムを加熱し、ガラス管の先から気体が出てきたら石灰水などでその気体を調べる。



4. 加熱した試験管の口についた液体に、青色の塩化コバルト紙をつけてみる。(水かどうか調べる)

5. 加熱前と加熱後の物質を水によくかき、フェノールフタレイン液をつけてみる。

結果 石灰水 → 白なカ 線香 → 消えた マッチ → 変化なし  
塩化コバルト紙 → 青 → うすい赤

### フェノールフタレイン液

加熱しない → うすい赤 加熱した → 赤むらさき色になった

考察 石灰水が白くにごって、ほかのものは変化がなかったから発生した  
気体は二酸化炭素だ、ということにわかった。マッチは近づけて  
なにもおきないし、線香を入れてもすぐ消えてしまった。フェノールフタレイン液  
はたくさん加熱した方が結果がわかりやすいということにわかった。  
加熱してできた物質は炭酸水素ナトリウムではない別の物質に  
なったことがわかった。なぜ炭酸水素ナトリウムを加熱すると二酸化  
炭素ができたのか？

感想 今回の実験で多く終わったのはいいけれど、フェノールフタレイン液のとき  
あまりたくさん加熱しなかったのでは、きつした結果が出なかった。  
でも、はっきりとはしていないけれど、一応結果がわかったのよかった。  
たぶんこの実験は成功したと思う。

### 発表について

今日の○○さんの発表のうたまれからは予想もしてそれで結果を見るよう  
にしたいです。

No. 1

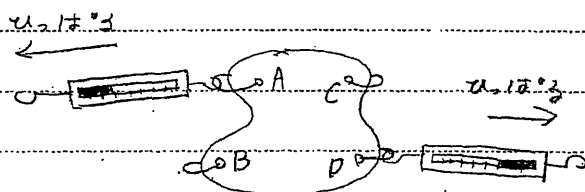
3-1(13)

## 2力のつりあいの条件

**課題** 物体にはたらく2つの力は、どのような条件のときに  
つりあうのだろうか。厚紙のいくつかの点に2つの力  
をはたらかせて調べてみよう。

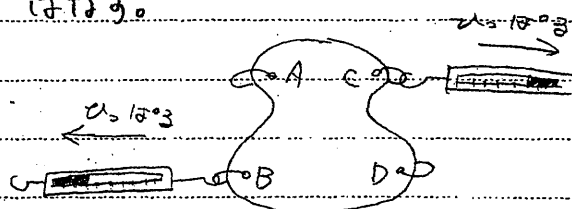
**準備** ・ばねはかり (2) ・いろいろな形に切った厚紙 (4つの  
穴をあけておく) ・糸 (4)

**方法**



① 厚紙の4つの穴に、図のようにそれぞれ糸 A ~ D をとり  
ける。

② 4本の糸から A, D の2本を選び、それぞれの糸にはば  
ねはかりをつけて左右に引き、厚紙を押さえていた指を  
はなす。



厚紙が静かにつりあ  
たとき、2力の大きさや向き  
はどのようなになっている  
か。

③ 他の糸の組み合わせ B, C についても ② と同じようにし  
て調べる。

**注意・ポイント**

- ・ ひっぱりすぎて厚紙がやぶれないようにする
- ・ しっかり、厚紙を静止させる
- ・ ばねはかりを、らんぼうに振動めない

No. 2 オリジナル

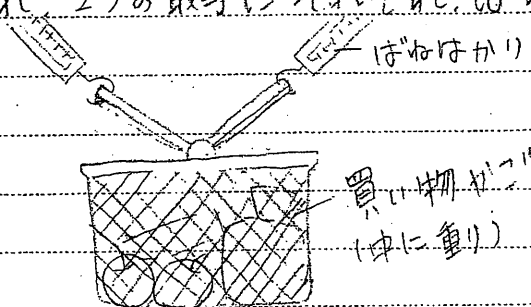
3-1 (13)

# 買い物カゴが静止したとき

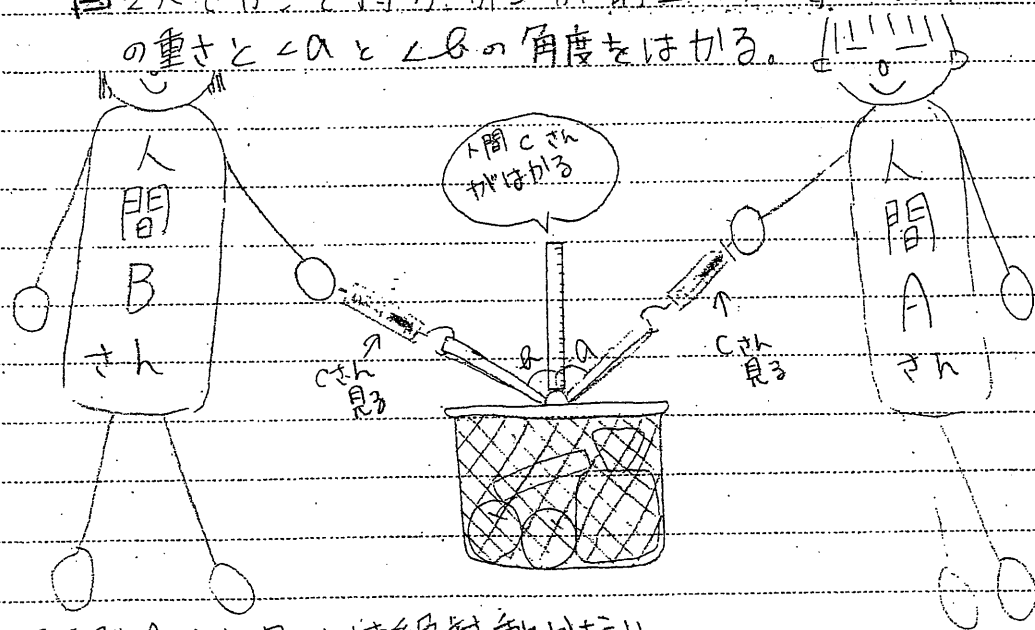
課題 一直線上にない2つの力とその合力との間には、どのような規則性があるのだろうか。

準備 ・ 買い物カゴ ・ はねばかり (2) ・ 大きめの分度器  
・ 三角定規 ・ 重り ・ 白紙 ・ 長めの定規

方法 ① 買い物カゴと重りの合計の重さを測る。買い物カゴにその重りを入れ、2つの取手にそれぞれ、はねばかりをひっかける。



② 2人でカゴを持ち、カゴが静止した時の、はねばかりの重さと  $\angle A$  と  $\angle B$  の角度を測る。



ここで、AさんとBさんは絶対動かない！



中学校理科における生徒の対話過程を通した自然認識の深化・拡大に関する研究  
－これからの評価の在り方を通して－

横浜国立大学教育人間科学部 福岡 敏行  
横浜国立大学大学院・横浜国立大学教育人間科学部附属横浜中学校 田中 保樹

## はじめに

今回の学習指導要領の改訂では、基礎・基本の徹底と自ら学び自ら考える力などの「生きる力」を育む教育の実践が求められている。また、観点別評価だけでなく評定も、目標に準拠した評価、いわゆる絶対評価になった。熊野はオーセンティックアセスメント（authentic assessment）が、『『生きる力』を問われる新しい学習指導要領を具現化する一つの道具となりえるのである。絶対評価に移行するための道具である。』と述べている<sup>(1)</sup>。これからの中学校理科における評価の在り方として、オーセンティックアセスメントを生かした評価の実践が望まれる。

## 1. オーセンティックアセスメントとは

オーセンティックアセスメントは、「真正のアセスメント」<sup>(2)</sup>や「本物の評価」<sup>(3)</sup>と表される。いずれにしても生徒の本当の姿を捉え、指導や学習活動に生かすような評価の在り方が問われている。

日本理科教育学会編「理科の教育」2000年12月号では、「オーセンティック・アセスメントの視点から見た理科の評価」という特集が組まれ、その冒頭で次のように述べられている<sup>(4)</sup>。

「これまでの評価観では、学習者が知識や技能を獲得したかどうかという学習の結果を問題とし、教師が教え、生徒がそれらを受容するという関係を位置づけてきました。また、教師は児童生徒たちの最終作品や学習物、テストなどを評価対象としてその結果を評定してきました。

しかし、最近の新しい評価観では、児童生徒の情報を様々な観点から集め吟味し、総合的に価値づけようとしています。子どもがどう学び、どのような進歩をしたかを、子ども自身が自分の学習物や自己評価を交えて、教師とともに検討し、今後の学習の方向性を探るという考えが取り入れられてきているのです。

…中略…

評価の方策としては、パフォーマンス評価、ポートフォリオ評価、観察、面接、創作劇、日常の記録、概念地図法などいろいろな方法があります。これらは児童生徒の一面を捉えることができますが、それをもって児童生徒の全てを表しているわけではありません。それぞれの方策を用いて児童生徒の全体像をとらえていこうとするものなのです。」

このように様々な評価方法で得られた生徒の情報をもとに、より生徒に即した指導が行われ、生徒の学びが成立することが求められる。この過程では、オーセ

ンティックアセスメントや授業デザイン<sup>(5)</sup>という考え方が重要となる。

## 2. 目標に準拠した評価を生かすには

今回の改訂では、評定も目標に準拠した評価になった。それは画期的なことであり、相対評価に比べ、生徒一人一人の成長を支援する上では歓迎すべきことである。田中は「相対評価」の問題点を次のように指摘している<sup>(6)</sup>。

- ①非教育的な評価論である
- ②排他的な競争を常態化させる
- ③学力の実態を反映しない
- ④教育活動の評価できない

目標に準拠した評価を実施する上で、上記の相対評価の問題点は解決しなければならない。

### (1) 目標に準拠した評価と個人内評価

目標に準拠した評価にも問題はある。目標に準拠した評価は、教師の主観によって判断される危険性がある。また、信頼性や客観性を追求しすぎるあまり、目標に達したかどうかだけにとらわれる場合もある。そこで、今回の改訂では、目標に準拠した評価とともに個人内評価を重視することが提案されている。

田中は『『真正の評価 (authentic assessment)』論とは、まさに『目標に準拠した評価』と『個人内評価』の二つの評価の考え方を結合する立場に示唆的である。』と指摘し、「『個人内評価』とはいわば子どもたちの目線に合わせた評価行為であって、何よりも子どもたちの自己評価を大切にする。」と述べている<sup>(6)</sup>。

### (2) 自己評価の活用

これからの理科の評価において、学習の主体である生徒が評価の情報をもち、その情報を活用した自己評価を実践することが望まれる。

評価の情報とは、評価規準や基準、評価場面、評価方法、分割点などの中で公開した方がより良い効果が期待できるものを意味する。

自己評価とは、自分の学習を自分で評価し自分で修正したり、自分の学習成果の実現状況を知り、次の学習に役立てたりすることである。自己評価を、評価だけでなく学習法の一つとして位置づけたい。つまり、評価対象と評価主体が一つとなるような「学びと評価の一体化」の具現化を目指すのである。

このような生徒の自己評価の実践は、自己評価力や自己教育力を高め、生きる力を育むことが目的である。

## 3. オーセンティックアセスメントの考え方を生かした評価を行うには

オーセンティックアセスメントを具現化する上で、田中は次のような指標を挙げている<sup>(6)</sup>。

- ①評価の文脈が「真正性」を持っていること
- ②「構成主義」の学習観を前提としていること

- ③評価は学習の結果だけでなくプロセスを重視する
- ④学習した成果を表現する方法を子どもたちも選択できること
- ⑤評価は自己評価を促すものではなくてはならない
- ⑥評価は教師と子どもとの、さらには保護者や地域住民も含む参加と共同作業であること

上述の指標を配慮した中学校理科におけるオーセンティックアセスメントを生かした評価を実現するには、学習歴を一元化したポートフォリオが有効な手だてとなる。これからの評価の中心として、テストではなくポートフォリオを位置づけることが考えられる<sup>(7)</sup>。次に、ポートフォリオを評価の中心に据え、上記の①から⑥の指標を踏まえた実践を紹介する。なお、実践は2001年度までのものである。

#### 4. 中学校理科におけるポートフォリオの導入

一概念地図法によるポートフォリオの目次作りを通して、概念を再構築する—本校では、観察・実験レポートや様々な資料を綴じ込んだポートフォリオ（図1）をもとに、概念地図法を活用したポートフォリオ評価の実践を行ってきた<sup>(8)</sup>。図2は、そのポートフォリオの作成過程と評価の手順を表したものである。

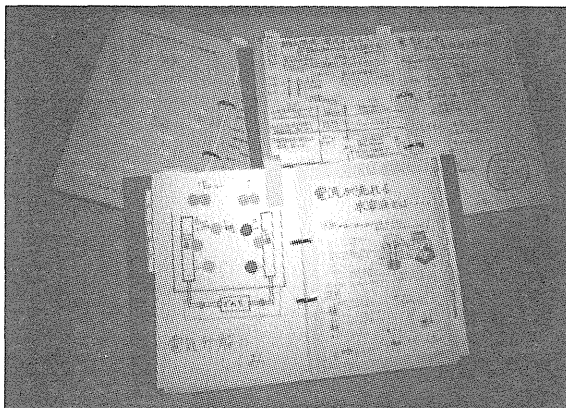


図1 理科ポートフォリオ

単元が終了した時点で、生徒はポートフォリオを自分で考えた文脈で並べ替え、再構成する。この文脈は、実際に行ってきた順番や教科書にとらわれるものでない。その文脈をもとに、それぞれの学習場面で考えたキーワード（図3）を概念ラベルとし、単元全体を表した概念地図を作成する。図4は、生徒が作成した概念地図の例である<sup>(9)</sup>。

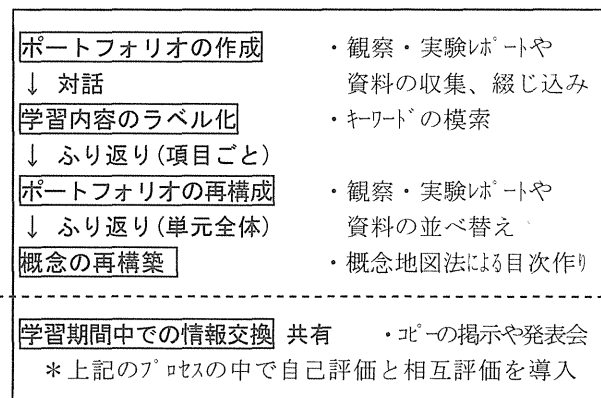


図2 ポートフォリオの作成過程と評価

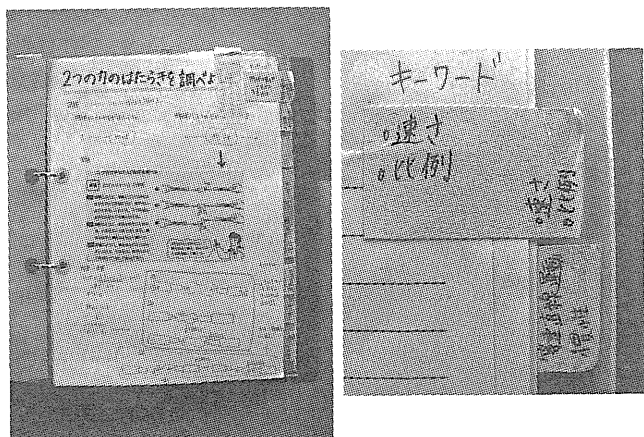


図3 自分で考えたキーワードをインデックスとしている例



このように、生徒は再構成したポートフォリオを通して単元全体をふり回り、単元全体の概念を構築する。この概念地図やポートフォリオから、それぞれの単元に対する理解や考え方を知ることができ、相互評価や教師の評価をもとにさらに概念の再構築を図ることができる（図 5-1，図 5-2）。この概念地図は、目次としての機能ももち、各概念ラベルの横にページ数を併記しておけば、必要な資料を簡単に検索しふり返ることができる。

## 5. ポートフォリオを中心とした評価の具現化

### （1）評価情報の共有

図 6-1 は、理科の評価・評定の例（1年間の総括）である。これは生徒にとっては学習成績についての情報であり、理科のポートフォリオの表紙の裏面に掲載してきたものである（図 6-2）。それぞれの単元のはじめには、教師は指導計画や評価規準などの内容を学習計画表として公開し、生徒が学習内容を俯瞰し、見通しを立てられるようにする。このように公開してより良い効果が期待できる評価の情報（評価規準・基準、評価場面、評価方法、分割点など）は生徒とともに共有する事が大切である。それにより、生徒も教師も評価・評定について責任を持つことになる。このような評価情報をもとに、教師だけでなく、生徒も同じように自分で自分の学習の実現状況を知り、学びを進められるようにしていきたい。

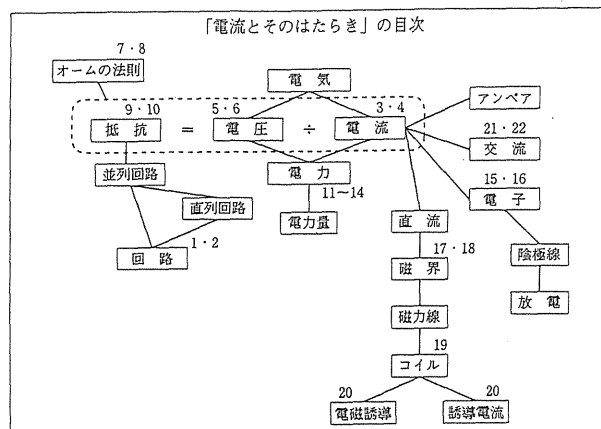


図4 生徒が作成した概念地図（目次）の例<sup>(9)</sup>  
（リンクワードは省略、数字はページ数を示す。）

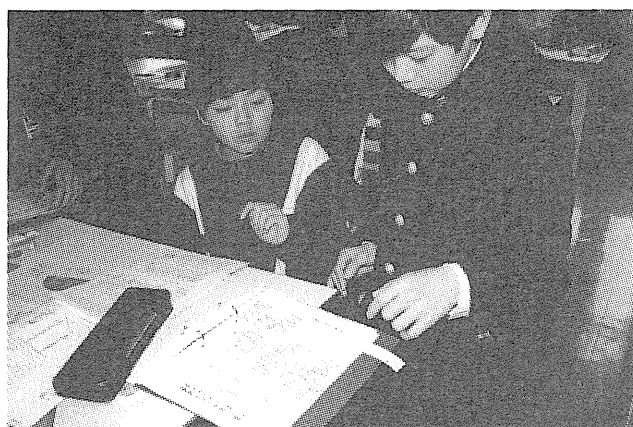


図5-1 概念地図は、お互いの考えを視覚的に捉えることができ、共有や情報交換が容易に行える。

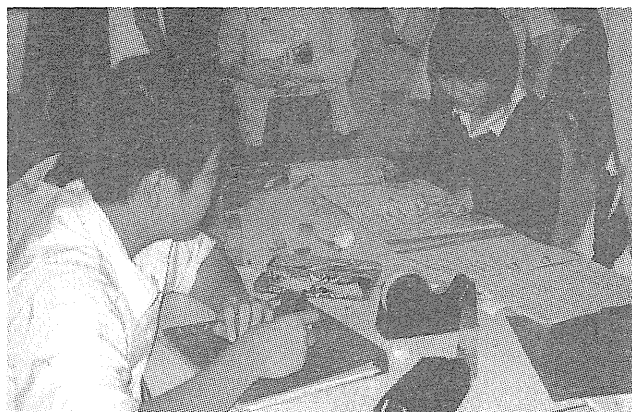


図5-2 ポートフォリオをもとに相互評価

理科「観点別評価・評定」の例

評価方法・場面	観点別評価	関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験・表現・技能	知識・理解	合計
観察・実験レポート(理科ポートフォリオ)	10	10	10			30
筆記テスト・実技テスト			20	15	20	55
テストのふり回り	5					5
理科学習への取り組み	10					10
合計	25	30	25	20	評定	100

	観点別評価	関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験・表現・技能	知識・理解	評定
十分満足できると判断されるもの	A	約80%以上	約80%以上	約80%以上	約80%以上	5 約90%以上
ほぼ満足できると判断されるもの	B	約60%以上	約60%以上	約60%以上	約60%以上	4 約80%以上
努力を要すると判断されるもの	C	約60%未満	約60%未満	約60%未満	約60%未満	3 約60%以上
						2 約30%以上
						1 約30%未満

図6-1 理科の評価・評定の例

## (2) 不断の評価と指導

本校の理科の授業は全て理科室で行われ、観察・実験をもとにした展開を行っている。生徒は単元の最後に単元全体の概念地図を作成することを常に念頭において、それぞれの授業に臨んでいる。生徒がキーワードを抽出することは、ふり返りを誘

発し、それぞれの授業における自分の課題を明確にしておかなければならない。つまり、生徒は評価規準を内面化し、自分にとっての評価基準をもつことが求められる。さらに下位になる自分の評価規準をもつ場合もある。生徒はその達成のために授業だけでなく家庭での学習も含めた学びを進めることになる。図7は、各観察・実験レポートとともに提出する課題確認表である。生徒はこの表と観察・実験レポートとともに、自己評価に活用している。教師は、この表と観察・実験レポートからそれぞれの生徒の学習状況を把握し、指導に生かすことができる。

また、必要に応じて、つまづいている生徒への対応をとることもできる。また、他の生徒に紹介したい観察・実験レポートはパソコンでカラーコピーし掲示する。それぞれの良いところを認めあい、さらに自己評価を促すのである(図8)。コピーしたレポートは、教師のポートフォリオの資料となる。

## (3) ポートフォリオを評価する

再構成したポートフォリオの最初に概念地図による目次をつけ、ポートフォリオを単元全体の観察・実験レポートとする。その際、最終ページには、理科のポートフォリオとしての評価カード(図9)を添付する。観点別に評価規準を明確にし、生徒の自己評価と教師の評価に利用する。生徒はこの規準をもとに自分のポートフォリオをふり返り、観点別に該当する箇所(ベスト3程度)に付箋紙をつけ、選んだ理由を明記する(図10)。自分で成長した点を見とるのである。教師

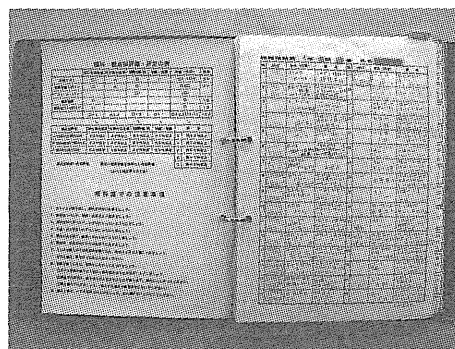


図6-2 ポートフォリオに掲載されている評価・評定の例

1年 組			
No.	スタンプ	課題(内容)	コメント
1	理科 11.4 11.4	オリエン テーション	これから理科を 元々張るOK
2	理科 11.4 11.4	身近な生物の 観察 -テマメメ-	テマメメは、 あまりくやし い物だ。でも きょうは、き ょうきょうと きょうきょう
3	理科 11.4 11.4	タンポポの 1つの花の観察	うわー、こ んなに きれいな花 が、あ んなに きれい
4	理科 11.4 11.4	花のつくりを 調べる。	ちがうと 思 った のは、 発見OK
5	理科 11.4 11.4	顕微鏡の 使い方	顕微鏡を 使 って、 これ から 観察 する
6	理科 11.4 11.4	水中の 微小な生物の 観察	今回は、 山 の 水 に あ る 微 小 な 生 物 が あ る の を 観 察 し た

図7 課題確認表の記入例

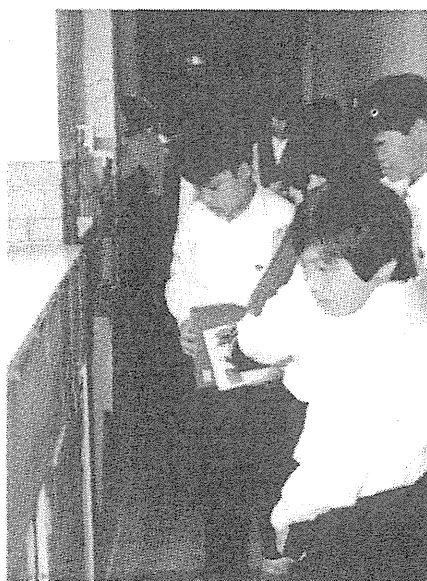


図8 掲示されたレポートを見合う生徒達

は付箋紙がついたところを中心に評価する。この評価規準は、生徒の考えと授業参観の際の保護者の意見をもとにしながら観点別に策定したものである。このように評価規準を生徒、保護者、教師でつくりあげ共有することは、生徒、保護者、教師ともに評価観の変容を促し、評価に対する責任を持つことになる。このような取り組みの結果、生徒の自己評価と教師の評価の差が少なくなった。また、その差が大きい場合は、ポートフォリオをもとに生徒と話し合いをもち、今後の方向性や評価基準についても検討する必要がある。

生徒と共有してきたのは評価規準であり、それをB段階（おおむね満足）としてきた。自己評価力やメタ認知能力の高い生徒ほど判断基準が厳しくなる傾向はあるが、全体的には自分をより客観的に見つめ、より高いものを目指そうという意識を高めていた。今後は、自己評価を重視した個人内評価を鑑みながら、評価規準に対応した評価基準表のあり方と活用の仕方を検討していく必要があるだろう。

次の図 11 は、上記の展開例である。

## 「運動とエネルギー」観察・実験レポート評価カード

1 観点別評価（実現状況 A：十分満足できる B：おおむね満足できる C：努力を要する）

観点・意欲・態度	教師の評価	生徒の評価
実現状況            実現率(%) 0 20 40 60 80 100	<input type="checkbox"/> 自ら実験に取り組み、課題を解決しようとしたか。 <input type="checkbox"/> 自分の言葉で表現できているか。 <input type="checkbox"/> 言葉つなぎによる目次ができているか。 <input type="checkbox"/> ふり返りを適切に行い、表現できているか。 <input type="checkbox"/> それぞれの課題を解決したか。（スタンプの蓋） <input type="checkbox"/> 期限内に提出したか。	<input type="checkbox"/> 課題を把握し、その解決ができているか。 <input type="checkbox"/> 実験結果から考察を適切に行い、表現されているか。 <input type="checkbox"/> 自分の考えが述べられているか。 <input type="checkbox"/> キーワードが抜き出されているか。 <input type="checkbox"/> 言葉つなぎによる目次は適切に表現されているか。 <input type="checkbox"/> 自分なりの再構成、再構築がなされているか。
実現状況            実現率(%) 0 20 40 60 80 100	<input type="checkbox"/> 予想や仮説を設定しているか。 <input type="checkbox"/> 分かりやすく表現されているか。 <input type="checkbox"/> 観察実験レポートとして適切か。 <input type="checkbox"/> 結果の処理を適切に行い、表現が工夫されているか。 <input type="checkbox"/> 図やオプションシートを効果的に活用しているか。 <input type="checkbox"/> 言葉つなぎの方法が適切か。	<input type="checkbox"/> 予想や仮説を設定しているか。 <input type="checkbox"/> 分かりやすく表現されているか。 <input type="checkbox"/> 観察実験レポートとして適切か。 <input type="checkbox"/> 結果の処理を適切に行い、表現が工夫されているか。 <input type="checkbox"/> 図やオプションシートを効果的に活用しているか。 <input type="checkbox"/> 言葉つなぎの方法が適切か。

### 2 工夫や改善した点

- ・どのレポートも予想までを表のページに書き、結果や考察を裏のページに書きました。それは、レポートを見ているときに「結果をきちんと予想してから見る」ことを習慣づけたかったからです。ただ、見ているレポートではなく、考えながら見るレポートを作りました。
- ・自分でわかりやすいように再構成してみました。自分で納得のいく順番になりました。
- ・レポートは色使いを統一したり、書き方を工夫して、第三者に見やすくわかりやすいレポートにしました。

### 3 感想反省・これからの理科の学習の取り組み

今回は、この3年間で一番自分で納得のいくレポートになりました。今まで、やろうと思ってもできなかった再構成を初めてやりました。すごくスッキリしている感じになりました。自分流のポートフォリオがきれいにできあがりました。これからは、もう少し自分の考えを表現できるようにしたいです。

3年 組 番 氏名

図9 理科のポートフォリオとしての評価カードの記入例（言葉つなぎとは概念地図法のこと。）

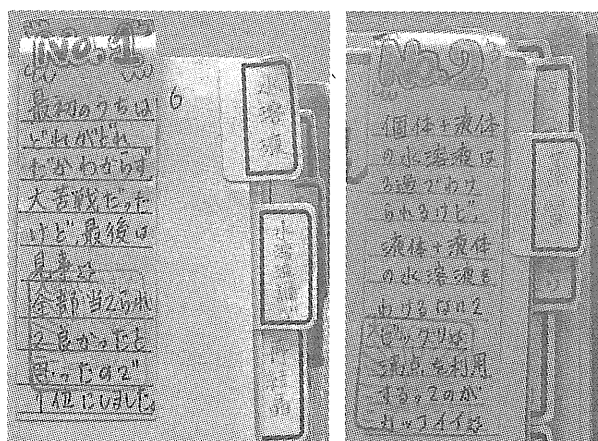


図10 学習の成果を自分で選ぶ

時間	学習活動・学習内容	指導・支援・留意点	評価
2	<p>○ポートフォリオの再構成</p> <p>○概念地図法による目次作り</p> <p>○観察・実験レポートの自己評価</p>	<p>○他者に頼ることなく、自らの力で再構成・再構築をするよう促す。</p> <p>○ポートフォリオに、評価規準に該当する箇所(観点別にベスト3程度)に付箋紙をつけ、選んだ理由を明記し、自分で学習の成果を見とるように促す。</p>	<p>○自らの力で、ポートフォリオを再構成し、学習内容を再構築することができたか。</p> <p>○観察・実験レポートとして、評価規準に照らし合わせて適切に自己評価することができたか。</p>
1	<p>○班ごとに、観察・実験レポートの目次や工夫した点についてそれぞれ発表し、相互評価する。</p> <p>○集まった評価票をもとに、もう一度単元全体をふり返り、概念地図法による目次作りを通して、自ら概念の再構築を図る。</p> <p>○集まった評価票をもとに、もう一度自分の観察・実験レポートをふり返り、観察・実験レポートの評価カードを通して、今後の改善すべき点を明確にする。</p>	<p>○それぞれの考え方やまとめ方などを尊重し、良い点を自分のものにするように促す。</p> <p>○改善点を指摘する場合は、必ず具体的な手だてを助言するように促す。</p> <p>○今後の改善すべき点として、レポートのことだけでなく観察・実験や授業の取り組みなどについても考えさせる。</p>	<p>○お互いに、それぞれの良い点や工夫した点を認め合うことができたか。</p> <p>○他者評価をもとに、自らの力でポートフォリオを再構成し、学習内容を再構築することができたか。</p> <p>○観察・実験レポートとして、評価規準にそって適切に自己評価することができたか。</p>

図11 展開例

#### (4) テストの在り方

目標に準拠した評価では、知識や技能における基礎的・基本的な内容をはかる筆記テストやパフォーマンステストは、授業や放課後を活用し、達成するまで行うことが大切である。生徒も教師も忙しい現実の中、実施するには工夫が必要だが、そのテストで得られた情報をもとに、必要に応じてそれぞれの生徒に対し適切な対応をとりたい。

定期テスト（図 12）では、獲得した知識をもとにした理解や科学的な思考、そして、表現力を問うような出題をする。観点別で採点し、それぞれの観点における実現状況を明らかにする。生徒はテストのふり返り（図 13）を通して、自分を分析し、今後の学習活動の取り組みを考える。提出されたテストのふり返りから、必要に応じてそれぞれの生徒とともに学習の在り方を考えたい。

このような定期テストは、ポートフォリオを持ち込んで実施することができる。それは、生徒の評価観や学力観を転換させるものである。

### (5) 情意面の評価

情意面の評価においても、積極的に自己評価を活用し、自ら学習態度を形成させたい。そのためには、情意面を評価するそれぞれの場面において評価規準を明確にすることが大切である。

理科のポートフォリオの関心・意欲・態度の評価は、生徒も教師も図9

図13 テストのふり返りの記入例  
(下線は、筆者による。)

の評価カードにある評価規準に照らし合わせて行う。ここで気をつけなければならないことは、はじめに実現状況を見極めることであり、点数化することではない。後に、質的な評価から量的な判定へ変換する。生徒は自らの評価と教師の評価をもとに、その後の学習態度や学習の進め方を考える。このようなことを単元

3 年 理科 1 分野 1 学期 期末テスト 解答用紙 2001. 7. 2

科学的な思考

観察・実験の技能・表現

自然現象についての知識・理解

1

問題

7 7種類の水溶液や液体（塩酸、コーラ（飲料水）、アモニア水、水酸化ナトリウム水溶液、塩化銅水溶液、ゴキオール、しょう油）があります。水溶液や液体を特定するための方法（数値などの数値な方法ではなく）とその簡便さの次のような（図の内容には考え方の前で、なおを確認のものを最初に行うことを示しているわけではありません。）を用いて説明しなさい。

簡 答 案 の 例

解答例

思考

2

技能・表現

2

知識・理解

2

4

問題

「中和」をテーマに、下記のキーワードを使って言葉をつなぐ（概念地図法）で度しなさい。ただし、自分で考えたキーワードを使ってもよいです。また、言葉をつなぐ説明しなくてもよいです。

酸、水素イオン、酸イオン、アルカリ、水酸化ナトリウム、陽イオン、中和、水、塩、中性、酸性、アルカリ性

解答例

思考

2

技能・表現

2

知識・理解

2

図12 テストの例

**3年 理科1分野 2学期 中間テストのふり返り**

1. 質問票の得点差を比較してみよう。

C                  B                  A

科学的な概念      0                  7

調査・実験の  
技能・表現      0                  11

知識・理解      0                  7

合計      0                  25

60% 80%

左の表から、自分と差を算してみよう！

技能表現は、1番できていないの？  
自分ではうまくできないけれど、レポートや  
発表ではよくなっているという人はこ  
れが分かった。あとは、科学的な思考が  
自分からレポート(実験)の内容から  
自分でしっかり把握していないことが  
分かる。

2. これほどでの授業の取り組みやテスト勉強の自己評価をしてみよう。

	大	やや	普通	やや	大
	良かった	やや	普通	やや	悪かった
①授業(調査・実験)への取り組みは？	良かった	-	○	-	悪かった
②お勉強の取り組みは？	良かった	-	○	-	悪かった
③お友達とは？	良かった	-	-	○	悪かった

これらの授業(調査・実験)や学び触れへの取り組みは？

**科学的な思考** ... しっかりレポートや発表をして書いていないので、それはダメ  
... ちゃんとできている  
... 発表から学ぶ、かきといてみる(科学的にも!!)

**調査・実験の  
技能・表現** ... 今回の実験が一つはうまくできたけど、やはりないで、教科書の内容でし  
て、変えるだけでなく、しっかりとその内容を理解したうえで、自分の言葉で表現し  
て、自分が見て、一目で分かるようにしたい

**知識・理解** ... 一回レポートをすれば、もうレポートを見直して、また教科書をみて、読  
み直して理解を深めよう

**3年 組 番 氏 名**

※採点紙等の訂正は、授業中です。

※裏の書き用紙に、すべての問題について自分でベストだと考える解答例を記入しなさい。  
また、赤いペンで問題番号に○×等をつけないで。(できれば解答を記入しなさい。)

図13 テストのふり返りの記入例  
(下線は、筆者による。)

ごとに繰り返すことにより、理科学習における自分なりの指針を自分で明らかにし、より良いものにしていこうとする姿勢が身についていった。

図 13 のテストのふり返りを、情意面の評価の資料としている。このテストのふり返りは、生徒が自分で観点別における実現状況を見とり、理科のポートフォリオを通して自分の学習をふり返り、今後の学習活動の取り組みを考えるための資料である。つまり、この評価規準は、「観点別における実現状況を見とり、これまでの学習をふり返り、今後の学習活動の取り組みを考ええたか」ということになる。さらに、深く自分のことを分析し、その後の学習活動の在り方を具体的に示すことができれば、A段階（十分満足）と判断することができる。この評価規準をもとに、教師は評価する。

自己評価力やメタ認知能力の高い生徒ほど、より自分を客観的に見つめ、学習の方向性を見いだすことができる傾向はあるが、それぞれのテストのふり返りから得た情報をもとに、教師は必要に応じてそれぞれの生徒へ対処することができた。また、このテストのふり返りは、生徒の理科学習に対する態度を考えさせる一つの契機とすることができた。

#### （6）わかりやすい評価を目指して

このような理科のポートフォリオや他の評価資料をもとにした学期ごとの評価票（図 14）を作成し、学期末の面談や通知表に生かしたい。その評価票も、教師が記入するのではなく、理科のポートフォリオや他の評価資料をもとに生徒が記入するのである。自分で自分の学習の実現状況を見とり、今後の学習活動の在り方を考えるのである。自分の学習をふり返るとき、ポジティブな面を積極的に評価できるようにしたい。ただ、自分にとっての今後の学習上の課題を明らかにすることも必要である。

また、学期末の面談は学級担任だけでなく、理科のポートフォリオや評価票を活用した教科担任面談の実施が望まれる。そこでは、生徒一人

一人の良さや可能性、進歩の状況などを評価し、生徒とともに今後の学習活動の在り方を考えたい。また、評価票は通知表とともにファイルに綴じ込み保管するとよい。その生徒の評価情報を一元化したポートフォリオを作るのである。それは、指導要録や調査書にとっても有効な資料となる。

\_\_\_\_年 理科 \_\_\_\_学期 評価票 \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_組 \_\_\_\_番 氏名 \_\_\_\_\_

1. 課題確認表と理科ポートフォリオから、今学期の理科学習を通して学んだことや進歩した点を挙げよう。そして、観点別評価における該当する欄に概ね満足できると判断されるものにはBを、十分満足できると判断できるものにはAをつけよう。また、理科ポートフォリオの中で関連するところに付箋紙をつけ、その理由を記入しよう。

No.	学んだことや進歩した点	関	思	技	知
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

2. 今後の理科学習に期待することや在り方を記入しよう。また、今学期の理科学習の中で、努力を要すると判断されるものがあれば明らかにし、その手だてを考えよう。

理科担任より \_\_\_\_\_

図 14 評価票の例

## おわりに

より良い評価を目指すならば、果てしない作業となる。評価のための評価に陥る危険もある。忙しい現実の中で、生徒、保護者、教師が納得できる、よりベターな評価のあり方を考えることも必要である。つまり、限られた時間や環境の中で、実施可能なベストな評価の実現が望まれる。そのような点で、ポートフォリオは有効な手だてとなる。

## 【参考・引用文献】

- (1)熊野善介：「理科学習におけるオーセンティック（真正）アセスメントの役割」，日本理科教育学会編，理科の教育，Vol. 50, No. 12, pp.12-15, 東洋館出版社, 2001.12
- (2)森本信也：『子どもの学びにそくした理科授業のデザイン』， pp.134-149, 東洋館出版社, 1999.6
- (3)安藤輝次：『ポートフォリオで総合的な学習を創る－学習ファイルからポートフォリオへー』， p.10, 図書文化社, 2001.3
- (4)「理科の教育」編集委員会：「特集にあたって」，日本理科教育学会編，理科の教育，Vol. 50, No. 12, p.1, 東洋館出版社, 2001.12
- (5)前掲書(2)
- (6)田中耕治：「授業に生かす評価のあり方」，教育展望, Vol. 48, No. 3, pp.30-37, 教育調査研究所, 2002.4
- (7)高浦勝義：『問題解決評価－テスト中心からポートフォリオ活用へー』， p.159, 明治図書, 2002.7
- (8)田中保樹・福岡敏行：「概念地図法の導入による観察・実験レポートの目次作り」，日本理科教育学会編，理科の教育，Vol. 50, No. 2, pp.30-33, 東洋館出版社, 2001.2
- (9)福岡敏行：「中学校理科の新しい評価『振り返りと自己評価』」，文部科学省教育課程課編，中等教育資料, Vol. 51, No. 7, pp.10-15, 大日本図書, 2002.6