

理科授業におけるコミュニケーション活動 を通じた児童・生徒の自然認識に関する研究

(研究課題番号：07458042)

平成7～9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



10518977

平成10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)

横浜国立大学附属図書館



10518977

は し が き

本収録は、平成7～9年度に渡る科学研究費補助金基盤研究(B)(2)(研究代表：森本信也)のまとめである。従来、自然認識研究と言え、それは、多くの場合、面接法や質問紙法等に代表される実験室的な場の設定によりなされてきた。こうした手法は確実にその時点での子どもの認識の一側面を記述するのには優れた機能を発揮する。しかし、それは、あくまでも一側面という限定つきであり、その全面的開花は、当然のことではあるが、何うことはできない。

一方、理科授業に現れる子どもの表現や発言にふれるとき、そこには、実験室的な方法で用いられる多様な手法を動員しなければ捉えることができない、無尽蔵とでも言うべき多様な認識が現れる。また、それは、同時に、今まさに活性化状態にあり、明確な方向性を見定めていると言える。それでも、こうした子どもの認識の捉えは、実験室的な方法に見られるような、手法の確立と得られるデータの保証性、という点に関してはいささか不安が残る。すなわち、どのようなデータが得られ、それをどのように活用するかは、ほとんど授業を行う教師の手になる評価に委ねられているからである。

コンテキスト(context)、すなわち、子どもの学習の文脈ということばがあるように、彼には彼なりに学習に対する思いや願いがある。その反映の一つの現れが自然認識と捉えることができる。したがって、科学という文化への到達ルートも当然多様なものとなる。今日、子どもはほとぼしるほどの文化のシャワーの中で生活している。したがって、価値観も多様化している。その中で、子どもへの科学文化の教授は、やはり、こうした子ども一人ひとりの学習の文脈に依存する以外その方途は見いだしにくい。そして、その運用、進行役は不安定ながら教師の子ども学習を見据える目以外にならう、と。

人工的な場面の設定ではなく、できる限り子どもの学習の文脈に沿う形で、自然認識を問うことの困難性を克服し、その実像に迫るために、本研究では、コミュニケーション活動に焦点を当て、これを指標としてこうした課題の解決を図った。その理由は以下の通りである。今日、理科授業の前提として子ども固有の認識の世界の存在が主唱される。「こうした子ども独特の理科の世界は、子ども一人ひとりが個別に情報を獲得し、各自の論理にしたがって構成されるものではない。むしろ、子ども一人ひとりは、各自が他者(人間だけではなく)との多様なネットワークを作り、その中でそれぞれの考え方を相対化しながら考え方の構成、修正、発展を図っている、というのが彼らの学習の実像に近い。そして、当然のことながら、このネットワークは、子どもにとって考え方を構成する上において、貴重な「メディア(認識を媒介するもの)」として機能している。すなわち、子どもの認識の質はそこで形作られるネットワークの質により決定される、と。教室においては、子どもの一他の子ども一教師一観察・実験器具一観察・実験事象というつながりの質が、子ども一人ひとりの認識の質を決定する。理科授業におけるこうしたネットワークの現れの総体をコミュニケーション活動」(森本編「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」東洋館、1996年)と捉えた。

コミュニケーション活動の内実をこのように規定するとき、子どもの表現活動の背景には無限連鎖とでも言うべき、彼の認識を支えるネットワークの存在を何うことができるように

なる。理科授業において、子どもの文脈に沿う形で自然認識の解明に迫るとき、それは結局、子どもの表現活動＝コミュニケーション活動－ネットワーク、というつながりの中での子どもの認識解明、という本研究の基本的図式の成立を見るようになるのである。

本収録における実践を見ると、子どもを中心とした授業におけるネットワークの広がりとその多様性に驚かされる。それは、はじめに述べたように、子どもを学年、年齢、学級というように網羅的に捉えるのではなく、個々の子どもの思いや願いに限りなく接近しようとした、こうした手法の反映であり、その適用可能性に対する紛れのない証である。

学校における様々な問題が提起される今日、その中心的存在である、子どもの学びの可能性を探り当てる手法としてのコミュニケーションへの着目は、研究の端緒を開いたばかりであるが、学校における新しい学びのありように関して意味ある提言をなし得るように思えてならない。それは、そこに、われわれが未だ伺い得ない、子どもの学びの世界の広がり予測できるからである。本収録をまとめるにあたり、われわれは間違いなくこうした世界への確実な歩みを進めたのである。

平成10年 3 月

研究代表 森本 信也（横浜国立大学）

平成7～9年度科学研究費補助金

基盤研究(B)(2)

1. 課題番号 07458042
2. 研究課題 理科授業におけるコミュニケーション活動を通じた児童・生徒の
自然認識に関する研究

3. 研究組織

研究代表者：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：上島 章弘（三重県総合教育センター）
岡田 大爾（広島大学附属三原中学校）
瀧口 亮子（横浜国立大学大学院）
宋 寧縉（横浜国立大学大学院、
中華人民共和国青海大学附属中学校）
田中 智彦（三重県上野市立西小学校）
辻 健（横浜国立大学大学院）
中田 朝夫（神奈川県大和市教育研究所）
中村 佳嗣（豊橋市立東部中学校）
野田 智子（横浜市立上寺尾小学校）
林 裕司（東京法令出版株式会社）
松元 博志（横浜市立大門小学校）
脇元 宏治（福岡県新宮市立新宮東小学校）

4. 研究経費

平成7年度	2, 800	千円
平成8年度	1, 700	千円
平成9年度	1, 100	千円
計	5, 600	千円

5. 研究発表

(1) 学会誌等

- ・森本信也，川鍋透
「子どもの科学概念の構成において知情意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.44,No.10,pp.42-47，1997年
- ・森本信也
「科学的な見方や考え方を育てる理科教育」，「学校の経営29」，pp.117-124，群馬県総合
教育センター，1997年
- ・森本信也
「理科における子どもの視点からの学びの体系化」，日本理科教育学会編「理科の教育」，

Vol.46,No.1,pp.8-11, 1997年

・森本信也

「共に考えを構築していく学習指導」,「初等教育資料」, No.669,pp.8-13, 1998年

・森本信也, 桜井理恵

「理科授業における知識の個人的並びに社会的構成過程の可能性とその融合に関する一考察」, 横浜国立大学教育紀要, 第37集, pp.235-244, 1997年

・森本信也

「新しい理科教育観への提言『子どもの科学と授業の基礎的戦略論(1)~(12)』」,「楽しい理科授業」, 明治図書, 1997~1998年

・森本信也, 斉藤響, 渡辺素乃子, 八嶋真理子, 太田川哲

「理科授業における子どもの比喩的表現とその社会的言語化の意味するもの」, 横浜国立大学教育実践研究指導センター紀要, No.14, 1998年

・森本信也

「潜在的カリキュラムが開く子どもの学び」, 日本理科教育学会編「理科の教育」, Vol.47,No.1,pp.4-7, 1998年

・福岡敏行

「理科学習における場の構成と成立条件」, 初等理科教育, 第29巻, 第11号, pp.30-33, 1995年10月, 日本初等理科教育研究会編

・福岡敏行, 松元博志, 佐藤幸正

「意志決定に関するグループ活動の役割に関する一考察~概念地図作りを通して~」, 横浜国立大学教育実践研究指導センター紀要, 第12号, pp.99-114, 1996年

・福岡敏行

「関心・意欲・態度を育てる理科の指導」, 中等教育資料, 第697号, pp.6-11, 1996年

・福岡敏行

「理科における比較」, 初等理科教育, 第31巻, 第2号, pp.28-31, 1997年2月, 日本初等理科教育研究会編

・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~共同による概念地図作りをグループ活動に導入して~」, 横浜国立大学教育実践研究指導センター紀要, 第13号, pp.129-144, 1997年3月

・福岡敏行

「“イメージ描画法”の基本と活用のポイント」, 楽しい理科授業, 第29巻, 第369号, pp.16-18, 1997年, 明治図書

・福岡敏行, 松元博志

「学習ツールとしての概念地図法の活用」, 日本理科教育学会編「理科の教育」, 第46巻, 第10号, pp.44-49, 1997年

・加藤圭司

「コンピュータリテラシー」, 日本理科教育学会編「理科の教育」 Vol.44,No.4,p.6, 1995年

・加藤圭司

「理科授業における情意的側面の動態について」, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.11, No.1, pp.13-18, 1997年

・加藤圭司

「子どもの学びを考えよう—そしてそこにコンピュータがあったら」, 大和市教育研究所研究紀要, 第44集, 「コンピュータ利用教育に関する調査研究」所収, pp.7-14, 1997年

・加藤圭司

「理科授業における情意的側面の動態から見た学習者の概念構成の実態」, 横浜国立大学教育実践研究指導センター紀要, No.14, 1998年

(2) 口頭発表

・森本信也, 菅原理恵, 甘利修

「子どもにおける科学概念の社会的構成過程についての考察」, 日本理科教育学会第45回全国大会 北海道・函館大会要領, 1995年8月

・森本信也, 渡辺素乃子, 太田川哲, 八嶋真理子

「社会文化的アプローチによる理科の教授・学習過程の考察(1)」, 日本理科教育学会第46回全国大会 兵庫大会要領, 1996年8月

・森本信也, 渡辺素乃子, 太田川哲, 八嶋真理子

「社会文化的アプローチによる理科の教授・学習過程の考察(2)」, 日本理科教育学会第46回全国大会 兵庫大会要領, 1996年8月

・森本信也, 富永淳

「高校生の自然認識における『措定』の意味するもの」, 日本理科教育学会第47回全国大会上越大会要領, 1997年8月

・森本信也, 八嶋真理子, 瀧口亮子

「教室における子どもの学びのコミュニティーから生まれる理科授業」, 日本理科教育学会第47回全国大会 上越大会要領, 1997年8月

・福岡敏行, 辻健

「グループで作成した概念地図の分析方法の開発」, 日本理科教育学会第47回全国大会, 上越大会要領, 1997年8月

・福岡敏行, 野田智子

「概念地図による子どもの考え方の分析方法について〜「メダカの成長」を通して」, 日本理科教育学会第36回関東支部大会, 1997年11月

・福岡敏行, 辻健

「概念地図による子どもの考え方の分析方法について」, 日本理科教育学会第36回関東支部大会, 1997年11月

・加藤圭司

「自然認識における知の表現方法と評価法—コミュニケーション活動における自然認識の変容について」, 日本理科教育学会第45回全国大会 北海道・函館大会要領, 1995年8月

・加藤圭司

「自然認識における知の表現方法と評価法(2)—科学概念の社会的構成過程における情

意的側面の動態」, 日本理科教育学会第46回全国大会 兵庫大会要領, 1996年 8 月

・加藤圭司

「他者とのやり取りの中で広がる子ども達の自然認識」, 日本理科教育学会第35回関東支部大会, 群馬大学, 1996年11月

・加藤圭司, 林裕司

「自己・相互評価に見る子ども達の科学概念構成の実態」, 日本理科教育学会第36回関東支部大会, 茨城大学, 1997年11月

(3) 出版物

・森本信也編著

「中学校理科教育実践指導講座第15巻」, ニチブン, 1995年

・森本信也

「問題解決能力の育成」, 福岡敏行編「中学校理科教育実践指導講座第15巻」所収, pp.53-59, ニチブン, 1995年

・森本信也編著

「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」, 東洋館, 1996年

・森本信也編著

「子どもを変える小学校理科第4巻—電気・磁石の授業」, 地人書館, 1996年

・森本信也編著

「子どもを変える小学校理科第6巻—空気と水・水溶液・燃焼の授業」, 地人書館, 1996年

・森本信也編著

「子どもを変える小学校理科第10巻—流水・地層・岩石の授業」, 地人書館, 1996年

・森本信也

「子ども固有の科学文化を発信する理科授業」, 日本教育方法学会編「新しい学校像と教育改革」所収, pp.95-105, 明治図書, 1997年

・福岡敏行

「観察・実験の技能・表現の育成」, 福岡敏行編著「中学校理科教育実践講座第1巻」所収, pp.72-77, ニチブン, 1995年

・福岡敏行

「電流による発熱」, 福岡敏行編著「中学校理科教育実践講座第4巻」所収, pp.182-189, ニチブン, 1995年

・福岡敏行

「自然認識における概念変容と問題解決」, 真野宮雄ほか編「21世紀に求められる教科教育の在り方」, pp.43-52, 東洋館, 1995年

・福岡敏行

「教員養成系大学・学部の現状と課題—教育学部の事例をもとに—」, 日学選書4「21世紀をめざす教師教育」, pp.35-46, 日本学術協力財団, 1996年

・福岡敏行

「オルタナティブ・フレームワーク」, 佐島群已ほか編『環境教育指導事典』, pp.314-315,

国土社、1996年

・福岡敏行

「尾場瀬実践を認知面から考察する」, 尾場瀬優一著・福岡敏行解説, 「生きる力を育てる理科の授業」, pp.163-173, 教育出版, 1997年

・福岡敏行

「これからの理科教育を考える」, 日学選書9「21世紀の教育内容にふさわしいカリキュラムの提案」, pp.108-113, 日本学術協力財団, 1997年10月

・福岡敏行監修

「子供の? (ギモン) に正しく答える本」, pp.1-127, P H P 研究所, 1998年

・加藤圭司

「評価情報の授業実践への活用」, 森本信也編著「中学校理科教育実践指導講座第15巻」所収, pp.232-243, ニチブン, 1995年

・加藤圭司

「コミュニケーション活動の中で拓がる個の論理を評価する視点」, 「子どもが積極的に他者の論理を価値づける「相互評価」の視点」, 森本信也編「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」所収, pp.55-73, 東洋館, 1996年

・加藤圭司

森本信也編著「子どもを変える小学校理科第10巻—流水・地層・岩石の授業」分担執筆, pp.16-19, 50-53, 86-89, 地人書館, 1996年

・加藤圭司

松森靖夫編著「子どもを変える小学校理科第9巻—天気・気象の授業」分担執筆, pp.10-17, 44-57, 86-89, 地人書館, 1996年

《 目 次 》

・ 概念生態系を基礎とした理科学習指導	10
福岡県新宮市立新宮東小学校	脇元 宏治
・ 理科授業におけるコミュニケーション活動を通した子どもの自然認識変容に関する事例的研究	18
三重県総合教育センター	上島 章弘
三重県上野市立西小学校	田中 智彦
・ コンピュータを活用したコミュニケーション活動にみる、子ども達の自然認識の深まり	32
神奈川県大和市教育研究所	中田 朝夫
・ コミュニケーション活動を通して自分たちの科学を拓く理科授業の実践	42
広島大学附属三原中学校	岡田 大爾
・ 生徒の考え方と科学的な見方を結ぶ授業を目指して	58
豊橋市立東部中学校	中村 佳嗣
・ 理科学習における他者との考えの共有・非共有の内実について	67
横浜国立大学教育人間科学部	加藤 圭司
東京法令出版株式会社	林 裕司
・ グループ活動と概念変換に関する研究	75
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	辻 健
横浜国立大学大門小学校	松元 博志
・ 子どもの概念変換とグループ活動の役割	88
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	辻 健
・ 児童の動物概念の構築に関する考察	101
横浜国立大学教育人間科学部	福岡 敏行
横浜市立上寺尾小学校	野田 智子

・ 中国と日本との理科授業実践から考えたこと	109
----------------------------------	-----

横浜国立大学大学院 宋 寧縉

(中華人民共和国青海大学附属中学校)

・ 理科授業における社会的な知識構成とコミュニケーション活動の意味するもの . . .	114
---	-----

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 瀧口 亮子

概念生態系を基礎とした理科学習指導

—小学校5年単元「振り子の動き」において—

福岡県新宮町立新宮東小学 脇元 宏治

1. はじめに

これまでの構成主義的なアプローチによる理科学習指導では、子ども達が保持する代替的概念を科学的概念に転換するために、子どもの頭の中に認知的な葛藤を意図的に作り出したり、子ども自身に考えの変容過程をモニターさせるなどの教授方策がとられてきた。しかし、これらの試みの多くは、子ども達の頭の中の様子を「代替的概念vs科学的概念」という単純な図式でしか捉えていなかったのではないだろうか。

しかし、実際に理科授業が行われている教室は、子どもと子ども、子どもと教師が言語、記号、パフォーマンス（実験や観察）など様々な表現媒体を通してコミュニケーションするダイナミックな活動の場である¹⁾。ここでは、子ども達から多様な考えが提案され、それぞれの考えが討論や実験を通して吟味されていく。また、このような場に参加している子ども達の頭の中でも、教室におけるコミュニケーションと同じようなやりとりが自己問答的に行われているはずである。すなわち、子どもの頭の中では、複数の概念があたかも生態系を形成するように共存し、それらが互いにせめぎ合っていると考えられる^{2) 3)}。

本研究では、このような概念構成の社会的な側面を重視して概念生態系を基礎とした授業実践を行った⁴⁾。この授業実践を通して得られたデータから子ども達が保持する概念の生態学的地位の変動を明らかにすることより、授業場面における社会的相互作用や知的環境の重要性について論じることとする。

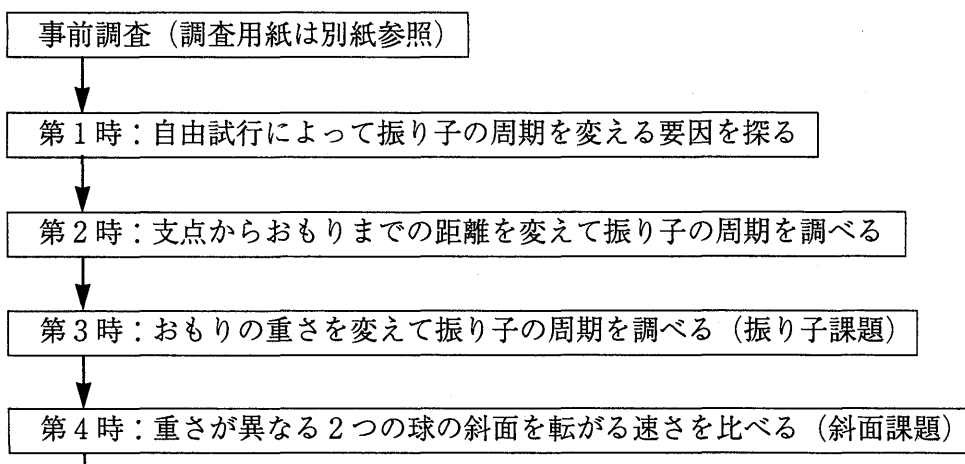
2. 指導の実践と考察

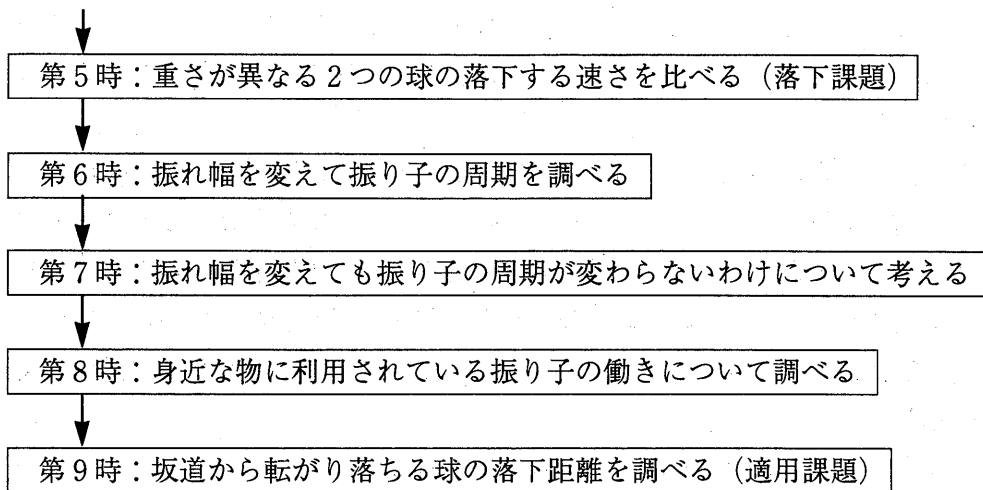
(1)指導単元名：小学校5年「ガリレオと学ぼう！ ふりこの動き」

(2)指導のねらい

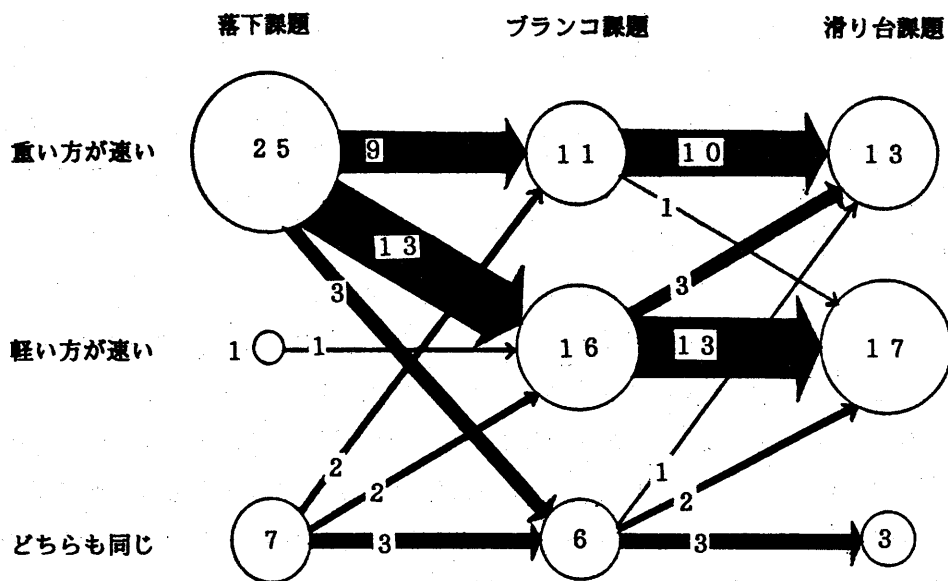
本単元の指導のねらいは、振り子の周期はおもりの重さや振れ幅よりも、主として支点からおもりまでの距離によって決まることを、実験や討論、科学史の学習を通して実感、納得させることである。

(3)学習指導の流れ





(4) 事前調査の結果と指導構想



【図1】子ども達の回答の遷移

それぞれの円内の数字はその見解を支持している子どもの数を、矢印に付けられた数字は矢印方向へ遷移した子どもの数を示している。また、円の面積と矢印の幅は、人数にほぼ比例して描かれている。

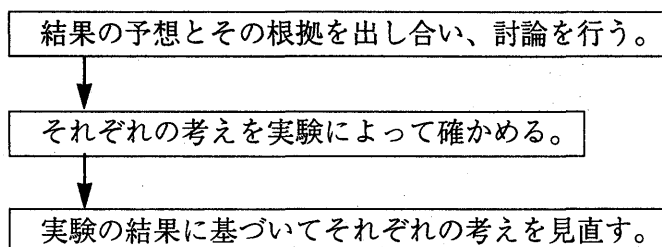
この単元の学習指導に入る前に、振り子の動きに関して質問紙による実態調査を行った。子ども達の回答を集計して遷移ダイアグラムに表したものが図1である。図1からは、次のことを読みとることができる。

- 落下課題、ブランコ課題、滑り台課題はいずれも重さが変わっても物体の運動速度は変わらないというのが正答であるが、3課題に対して一貫して「どちらも同じ」と回答した子は2名だけであった。
- 落下課題では大多数の子どもが「重い方が速く落ちる」と答えるが、ブランコ課題と滑り台課題では「軽い方が速く動く」と答える子どもが多くなる。子ども達の多くは、物体の運動についてすべてを統一して説明できるような理論を持っておらず、課題状況に応じて直観的に考えを切り替えているように見える。

○3 課題に対して一貫して「重い方が速い」と回答した子どもが8名（24%）いた。この子ども達は、「重い物体ほど運動速度が速い」というアリストテレス的な考え方を強固に保持している可能性がある。

以上の結果から「物体の運動速度は、その物体の重さに影響される」という代替的概念は、多くの子ども達に強固に保持されており⁵⁾、振り子の動きについて学習指導する際にも強く影響を与えると思われる。そこで、おもりの重さを変えて振り子の周期を調べる課題（振り子課題）の他にも、重さが異なる2つの球を斜面で転がす課題（斜面課題）高いところから落下させる課題（落下課題）を提示し、コミュニケーション活動を中心にした学習活動を展開していくことにした。

コミュニケーション活動の基本的な流れは、次の通りである。

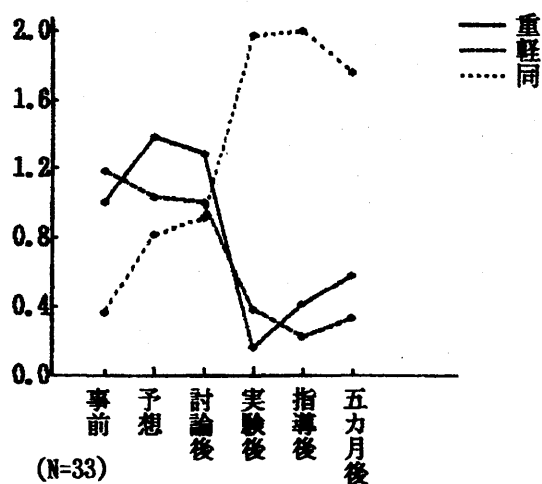


(5) 指導の結果と考察

ここでは、おもりの重さが変わっても振り子の周期は変わらないことについて学習する場面、すなわち第3時、第4時、第5時を中心に子ども達が保持する概念の生態学地位の変動を追跡することにより、授業における子ども達の学習の実態を探っていきたい。

振り子の周期や物体の落下などについての子ども達の見解は、「おもりが重い方が速い」「おもりが軽い方が速い」「どちらも同じ」の3つに分かれる。これらの見解に対する確信度^{6) 7)}を学習の節目ごとに高、中、低の3段階で子ども達に自己評定させ、各段階をそれぞれ2点、1点、0点に換算してクラスの平均を求めた。

＜振り子のおもりの重さを変えて周期を調べる活動（振り子課題）・・・第4時＞



【図2】 振り子課題における確信度の平均値の変動

本時の導入では、子ども達は、振り子のおもりの重さを変えると振り子の周期がどのように変化するか予想する活動を行った。図2のグラフで、事前調査と予想の時点における確信度の平均値を比較すると、「軽い方が速い」「どちらも同じ」という見解に対する確信度の平均値がかなり高くなっていることがわかる。このような変動が見られたのは、第1時から第3時までの学習活動において実際に振り子の動きを観察したり、他者とコミュニケーションすることによって、振り子の動きに対する子ども達の見解がかなり変化したからである。

次に、子ども達は自分の予想に基づいて討論を行った。図2のグラフを見ると、討論を通して確信度の平均値があまり変動しないことがわかる。

討論では、子ども達は予想の根拠となった生活経験を出し合い、自分の考えの正当性を主張していた。表1には、そのとき子ども達から出された生活経験をいくつか挙げている。

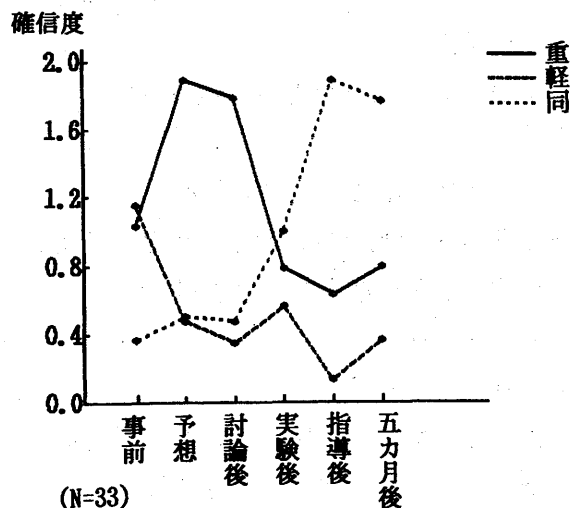
重い方が速い	<p>①ブランコをこいでいる人を観察すると体重の重い人の方が速く行ったり来たりしているように見える。</p> <p>②滑り台では体重が重い人の方が速く滑り落ちる。振り子でも同じだ。</p> <p>③スキーでも体重が重い人の方が速く滑ることができる。</p> <p>④重い物のほど速く落ちる。振り子の動きは、おもりの落ちる動きと関係するので、おもりが重い方が周期も短いはずだ。</p>
軽い方が速い	<p>⑤体重が軽い人の方が速く走れる。振り子も同じだ。</p> <p>⑥軽い靴を履いた方が速く走れる。振り子もおもりが軽い方が速い。</p> <p>⑦同じ力で投げると、軽い球の方が速く投げることができる。</p> <p>⑧おもりが重い方が勢いよく振れるので、振れ幅が大きくなる。結果的に軽い方の振れ幅が小さくなるので、軽い方が周期が短いはずだ。</p>
どちらも同じ	<p>⑨空中ブランコのショーでは、体重の重い人間と体重が軽いサルが同時に行ったり来たりしていた。ブランコを乗り移ったり、手をつないだりするタイミングも、周期が同じだからとることができるはずだ。</p> <p>⑩ブランコを観察すると、体重が重い人も軽い人も、同時に揺れているように見えた。</p>

①と⑩の子ども達の発言からは、子ども達が理論負荷的な観察を行っていることがわかる。すなわち、同じようにブランコを観察しても、ブランコに乗っている人の体重によってブランコが振れる速さが異なって見えるのである。このように子ども達が理論負荷的な観察を行っているという事実は、子ども達が物体の運動に関する代替的概念をかなり強固に保持していることを示している。この強固さのために、討論を通して子ども達の確信度は変化しなかったと考えられる。

子ども達の確信度の平均値は、実験後には大きく変動する。「どちらも同じ」という見解に対する確信度が一挙に上昇し、「重い方が速い」「軽い方が速い」という振り子の周期がおもりの重さに影響されると捉える見解に対する確信度は、かなり低下する。実験では、子ども達はグループに分かれて振り子が10往復する時間を5回ずつ測定し、その値から1往復する時間を算出した。このような活動を通して、多くの子ども達の頭の中で、「おもりの重さを変えても振り子の周期は変わらない」という見解の生態学的な地位が上昇したと考えることができる。

＜重さが異なる球を斜面で転がして、その速度を比較する活動（斜面課題）・・・第5時＞

前時の討論では、「滑り台では、体重が重い方が速く滑り落ちるので、振り子の場合も同じようにおもりが重い方が周期が短くなる」という意見や「スキーの時も体重が重い方が速く滑ることができる」という意見などが出された。そこで、実際に重さが異なる2つの鉄球を使って、それらの斜面を転がり落ちる速度を比較することにした。



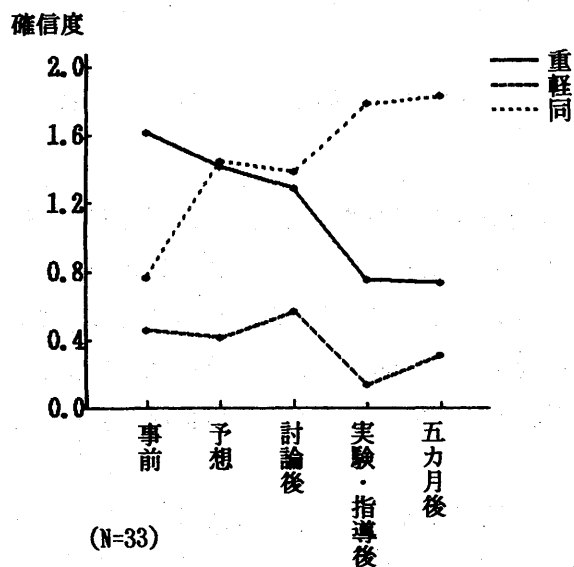
【図3】斜面課題における確信度の平均値の変動

ているようには見えないが、それかと言って同時に転げ落ちていないようだ」というように、認知的にかなり葛藤状態に陥っていると思われる。

事前調査では、「重い方が速い」という見解に対する確信度の平均値はさほど高くなかったが、本時の予想の段階では、かなり上昇している。子ども達の多くは、やはり前時における討論で出された意見にかなり影響されていると思われる。

本時でも、前時と同様に、討論を通して確信度の平均値はほとんど変動しないが、実験後は大きく変動する。ただ、前時と異なり、「どちらも同じ」という見解に対する確信度の平均値は実験後もそれほど上昇しない。実験結果が明瞭でないために、多くの子どもが「重い球の方が速く転げ落ち

＜重さが異なる球を同じ高さから落下させ、どちらが速く落下するのか調べる活動（落下課題）・・・第6時＞



【図4】落下課題における確信度の平均値の変動

レオによるピサの斜塔での落下実験の疑似体験ともいえる実験を行うとともに、ガリレオの伝記を通して科学史に学ぶ活動を設定した。

図4からは、予想の段階ですでに「どちらも同じ」という見解に対する確信度がかなり高

事前調査においても、物体を落下させる条件では、「重い方が速く落ちる」と捉える子どもが大多数であった。「紙切れよりも、消しゴムの方が速く落ちる」という子どもの応答に象徴されるように、空気抵抗のある現実の世界において生活する子ども達にとって「重い物も軽い物も同時に落ちる」という見解はどうしても受け入れがたいのかもしれない。そこで、「物体は重ければ重いほど速く落下する」というアリストテレス的な見解の生態学的な地位を低下させ、「物体の運動速度は、その物体の重さに影響されない」という科学的な見解の生態学的な地位を向上させるために、ガリ

くなっているが、前時までと同様にやはり実験と科学史の学習後にはさらに上昇していることがわかる。しかし、一方では、「重い方が速い」という見解に対する確信度はさほど下降しているわけでもなく、相変わらずこの見解が多くの子ども達に強く支持されていることもわかる。

3. 全体的考察

今回の授業実践では、子どもの学習を概念の生態学的な地位の上昇として捉え、その概念に対する子ども達の確信度によって概念の生態学地位の変動をモニターすることにした。今回の実践では、次のことが明らかになった。

- 授業場面において、子ども達は、他者とのコミュニケーションを通して複数の見解（概念）を受け入れている。そして、それぞれの見解に対する確信度はいつも微妙に揺れ動いており、実験や討論を通して大きく変動する。
- 「ある物体の運動速度は、その物体の重さに影響される」という代替的概念は、大多数の子ども達の頭の中に根強く存在し、その生態学的な地位も高い。そして、学習後もその地位が極端に下降することはない。学習後5ヶ月が経過した時点では、再びその地位が上昇しはじめている。

以上のことに基づいて考察を進めることにする。

(1) 子どもの学習を概念生態系として捉えることの意義

子どもは、学習によって科学的概念をうまく獲得したとしても、頭の中では代替的概念は排除されることなく依然として存在し続け、科学的概念と共存していると考えられる。そして、学習後もそれぞれの概念の生態学的地位は常に変動し続けるのである。

これまで、子どもの学習状況を評価する場合、科学的概念が子どもの頭の中に「あるか？ ないか？」を確認する作業が中心であったように思える。ある問題を提示して、科学的概念の適用に成功すれば○、失敗すれば×をつけ、科学的概念の獲得状況を調べていた。しかし、実際は子ども達を取り巻く学習環境や問題状況が変わったり、時間が経過したりすることによって、科学的概念の生態学的な地位は変動するのである。ある時点において特定の問題状況を与えられた場合には科学的概念の適用に成功したとしても、別の時点や状況では代替的概念を適用してしまうような事態は十分にありうる。

このように子どもの学習を概念生態系として捉えた場合、これまでの評価方法では子どもの学習状況を的確に評価することが困難であることは明らかである。今後は、子ども達がどのような状況において、どのような概念を適用しようとしているのか、そしてその際にはどの程度の確信をもっているのか、詳細に分析する必要もあるのではないだろうか。

(2) 学習場面におけるコミュニケーションの重要性

子ども達は、他者とのコミュニケーションを通してはじめて、複数の概念を受け入れようとする。言い換えれば、コミュニケーションが成立しない場合には、新しい概念の獲得は不可能なのである。

また、授業は、子ども達や教師が自分の考えを提案し合い、それぞれの考えを吟味しながら

ら、価値づけていく場ともいえる。すなわち、言葉のやりとりや実験、観察を通して合意が得られるような新しい考え方（科学的概念）を共同で作りに上げていく過程が授業なのである。この中で子ども達は、複数の概念の中から、おそらく科学的概念を選び出し、確信の度合いを深めていくことであろう。

一人一人の子どもが孤立してしまうような授業では、子ども達にとって本当に意味のある学習は成立しない。子ども達が相互に関わり合えるような授業作りをぜひめざしたいものである。

(3)「振り子」を小学校教材として取り入れる意義の再検討

これまで振り子を取り扱った授業の多くは、子ども達の既有的概念にほとんど目を向けることはなかった。すなわち、子ども達の多くが強固に保持する「物体の運動速度は、その物体の重さに影響される」という代替的概念が、授業に位置づけられることはほとんどなく、多くの場合は、振り子の周期を何度も計測することによって得られるデータから「おもりの重さが異なっても、振り子の周期は同じ」という結論を導き出し、そのことを真理として子どもに強引に押しつけていたのではないだろうか。確かに、支点からおもりまでの距離や振れ幅などの条件をコントロールする能力の育成という意味では、これまでの授業でもかなりの成果をあげることができた。しかし、得られたデータから帰納的に法則を導き出すことの困難性については、これまでの科学論研究⁸⁾の知見からも明らかである。この実践でも、データのわずかな誤差を過大評価し、自分の見解に固執し続ける子どももかなりいた。

振り子の授業が子ども達にとって本当に意味のある学習になるためには、子ども達の保持する代替的概念を授業に位置づけながら、実験、観察、討論などを通して、子どもが提案した考えを吟味しながら、「物体の運動速度は、その物体の重さに影響されない」という新たな概念を共同で作りに上げていくことが重要であろう。

しかし、一方では、空気抵抗のある現実の世界において重い物体と軽い物体の動き方の違いを繰り返し観察している子ども達にとっては、「物体の運動速度は、その物体の重さに影響されない」という科学的概念は容易に受け入れがたいという問題もある。実際に、力学を本格的に学習している中学生や高校生でも、「振り子が振れる速さは、おもりの重さに影響される」と考えている生徒がかなりの割合で存在するという調査結果もある⁹⁾。この実践でも、指導後5ヶ月を経過すると、「振り子の周期はおもりの重さに影響される」という見解に対する確信度が再び上昇し始めていることが確認された。振り子教材が小学校5年生の児童にとって、はたして学ぶに値する教材なのか、再検討する必要もあるのではないだろうか。

4. おわりに

この授業実践は、従来の学習指導研究では子どもの認知構造をあまりにも単純に捉えていたのではないかという反省にたつて、子どもの学習のダイナミックな側面を概念生態系の視点から捉え直してみようという意図に基づいて行われた。学習場面における子ども達の考え方の動態に目を向けたときに、まわりの環境と相互に作用しながら、常に自分の考えを成長させ続けている子ども達の姿が見え始めてきた。

今後も、子ども達と共に科学について語り合い、科学的な活動を楽しむことができるよう

な教室づくりをめざして、授業実践を積み重ねていきたい。

《文献》

- 1) 森本信也編著『子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業』
東洋館出版社、1996
- 2) 森藤義孝「力と運動に関する学習者の理解の実態－概念生態系を基礎として－」
日本理科教育学会研究紀要, Vol.35, No.1, pp77-88, 1994
- 3) M.G.A'B.ヒューソン「コンセプションの起源における知的環境の役割：探索的 研究」,
進藤公夫監訳『認知構造と概念転換』, 東洋館出版社, 1994
- 4) 脇元宏治「社会的構成主義アプローチによる理科学習指導－小学校5年単元『てこのはたらき』において－」, 日本科学教育学会『研究会研究報告』, Vol.11, No.1, pp.95-100,
1996
- 5) 隅田学「振り子の運動に関する学習者の発達の変容と学校理科学習の効果」,
日本理科教育学会研究紀要, Vol.36, No.1, pp.17-28, 1995
- 6) 前掲書2)
- 7) 加藤圭司「理科授業における情意的側面の動態について」, 日本科学教育学会『研究会
研究報告』, Vol.36, No.1, pp.13-18, 1996
- 8) A.F.チャルマーズ (高田, 佐野訳)「科学論の展開」, 恒星社厚生閣, 1983年
- 9) 前掲書5)

《資料》 事前調査用に作成した質問紙

<p>理科アンケート</p> <p>()</p> <p>3つのうち自分が一番正しいと思う考えをひとつ選んで、()に○をつけ てください。また、もしかしらそうかもしれないと思う考えがあれば、△をつ けてください。</p> <p><質問1> 重い物と軽い物を同じ高さから同時に落とすと、 どちらが先に地面につくだろうか。 (△) 重い物が先につく () 軽い物が先につく (○) 同時につく</p> <p><質問2> ブランコにのっているときのことを想像してく ださい。体重が重い人と軽い人では、1往復する 時間(行ってくる時間)は、どちらが短い でしょうか。 (△) 体重の重い人 () 体重の軽い人 (○) どちらも同じ</p> <p><質問3> ブランコにのっているときのことを想像してく ださい。大きくこぐ場合と小さくこぐ場合では、 1往復する時間(行ってくる時間)は、ど ちらが短いでしょうか。 () 大きくこぐ場合 (△) 小さくこぐ場合 (○) どちらも同じ</p>	<p><質問4> ブランコにのっているときのことを想像してく ださい。ブランコのロープが長い場合と短い場合 では、どちらが1往復する時間(行ってくる 時間)は、どちらが短いでしょうか。 () ロープが長い場合 (○) ロープが短い場合 (△) どちらも同じ</p> <p><質問5> ブランコにのっているときのことを想像してく ださい。ブランコのスピードが一番はやくなるの は、どこでしょうか。 (△) 地面が一番近いとき(真ん中) () 地面から一番遠いとき(一番はし) (○) どこも同じスピード</p> <p><質問6> すべり台をすべっているときのことを想 像してください。体重の重い人と軽い人では、す べりおろすスピードはどちらが速いでしょうか。 () 体重の重い人が速い (△) 体重の軽い人が速い (○) どちらも同じ速さ</p> <p><質問7> 右の図のように、糸につるした鉄の球とプラス チックの球を振り木にしようとしてさします。振り 木が動くまではじきとばされるのは、どちらの球 の方でしょうか。 (○) 鉄の球の方 () プラスチックの球の方 (△) どちらも同じ</p>
---	--

理科授業におけるコミュニケーション活動を通した 子どもの自然認識の変容に関する事例的研究

三重県総合教育センター 上島 章弘

三重県上野市立西小学校 田中 智彦

I はじめに

「知識を教えこむだけの時代は終わった」といわれてもう何年も経つ。教室における教師と子ども達の1対全体の構図から脱却し、子ども一人一人の学びを重視した授業づくりの大切さが叫ばれているが、教育の価値観に対する大きな変革に対して現場では戸惑いの表情が隠せないのが現状である。子どもの「学び」に沿った授業を展開するには、子どもがまず自分の考えに気づき、それを自ら変容させていくことが重要である。ところが現代の子どもの学びの姿をみると、概して受動的な態度が身に付いており、いわゆる「生きる力」や「新しい学力観に立った学力」が不足していると考えられる。

そこで、子どもが自然の事象や他の子ども達あるいは自分自身と対話することによって自分の持っている考えを明らかにし、それを主体的に変容させる授業の実践を行い考察を加えた。

II 主題に関する基本的な考え方

1. 子どもの知について

中村雄二郎は、その著書¹⁾の中で「臨床の知」と「科学的な知」の両面を持ち合わせることの重要性を述べている。それを私達なりに理科の授業にあてはめると以下のようなになる。

子どもの知識は頭で考えるというよりも経験や体験を通して得られたものが多く、それを表現する場合も身体的な表現を使うことが多い。つまり子どもは知識を得る場合もそれを表現する場合も身体的な活動によるところが多いと考えられる。また、子どもの考え方は一人一人が独自の世界を形成しており、一見大人がみると奇妙に思える考えであっても彼らの論理にあっては至極当然の事である場合が多い。子どもにはそれぞれの世界があり、そのきまりに従って考え行動しているため、科学的にみると一つの意味しか持たないことでも、子どもからみれば様々な意味や解釈が考えられる。

理科は客観性、普遍性、論理性を重視する教科であるが、これにあまりにも縛られすぎると味気なくなりダイナミックさを失ってしまう。したがって、授業の中で、子どもの身体的で宇宙的で多義的な考えを、そのよさを損なうことなく客観的、普遍的、論理的である科学的な知へとうまく結びつけていく必要があると考えられる。

2. コミュニケーション活動について

人はものや他人と関わりを持ち、外なる世界を創ることによって内なる世界を創り上げることができる。つまり、人は自分の外にあるものを通してによって自分自身を理解することができるのである。したがって、子どもが何か考えを持ったりそれを創り変えたりすることは、対象をみたり人と話したりして、自分を振り返ることによって初めて可能になると考えられる。

この考えを理科の授業に当てはめると、子どもは教材を媒介として、対象とのコミュ

ニケーション、他人とのコミュニケーション、自己とのコミュニケーションを図ることによって自分の考えを創り上げたり変容させたりすることができるのである。したがって、この3つのコミュニケーション活動を授業の中にどの様に位置付けるか、そして子ども達にこの活動の場をどれだけ保障できるかが授業がうまくいくかどうかのポイントになる。

3. 授業を捉える3つの側面について

佐藤学は、「授業といういとなみは、認知的・技術的な実践と対人的社会的な実践と自己内的・倫理的な実践という、3つの側面が複合的に絡み合ったいとなみである」²⁾ といっている。

「教わる」存在から「学ぶ」存在へと子ども観の転換を行うと、教室も知識伝達の間から知識創造の間へと大きくその意義の転換を迫られることとなる。今回の研究では、授業を単に知識を獲得するという＜認知的な側面＞からだけでなく、教室の中をともに学び合い高め合う場として考える＜社会的な側面＞、そしてその中で子ども一人一人がより良くなりたいという＜自己内的な側面＞から捉えている。その上で、学習場面での子どもの活動を支援したり評価したりして、その結果を学習課程の改善に活かすことにした。

Ⅲ 授業についての基本的な考え方

1. めざす子ども像

今、新しい学力観や生きる力が問題にされている。激動とまでいわれるほど変化の激しい現代において生きる力とは、社会の流れに対応して自らのものの見方・考え方をうまく変容させ対処していける力のことを指しているものと考ええる。したがって、本研究においては、自然の事物や事象に積極的に働きかけることで自らの見方・考え方をもち、さらに必要に応じてそれらをより科学的なものへと変容させ続けることができる子どもの育成を目指すものとする。

2. 子どもの自然認識

本研究において子どもの自然認識とは、子どもが生まれてから経験したり学習したことから得られた知識及び方略（以下、日常知とよぶ）から生まれる子ども固有の自然に対する見方や考え方と考える。今回の研究では特に子どもの日常知に焦点を当てて自然認識の変容を探ることとする。

3. めざす理科授業

これまでの先行研究から、「学び」について以下のようなことが分かってきている。

- ・子どもは学習前から自然事象に対する日常知を持っていて、それは容易に変容しない。
- ・新しく経験から得られた知識（以下、学習知とよぶ）が子どもによって意味があると判断されたとき、その度合いによって日常知が変容する。
- ・子どもの思考は場面や状況に依存的であるため、知識詰め込み型の教育で得られた知識は教室の中のある教科のある単元の中でしか活かされない場合が多い。

したがって、子ども自らが日常知を変容させるためには、子ども一人一人が教材を通して絶えず自分の考えと向き合い、教師や他の子どもとコミュニケーションを図ることによって自分の考えをよりよいものにしていく過程が必要となる。

そこで、授業の中に「認識」、「相対化」、「深化」の3つの活動を位置付ける。この活動の

中で、教師が子どもの日常知を探りそれに応じた支援を行えば、子どもは教師が子どもにつけさせたいと思ったものの見方・考え方（以下、学校知とよぶ）により近く日常知を変容させることができるものと考えられる。

(1)「認識」し、「相対化」し、「深化」させる活動とは

①自分の考えを「認識」する活動

自分の考えを認識するとは、対象となっている事物や事象に対して自分のイメージを持つことである。

自分の考えを自ら変容させるためには、まず自分の考えを知ることが必要である。子どもは課題に対して深く考える時もあればそうでない時もあるし、直感や想像力を使って考える場合もある。ここでいう認識とは、ただ単に対象から情報を受け取ることではなく、持っている日常知を使って対象を受け止めるという意味合いを持っている。したがってどのような方法を使って認識するかはそれぞれの子どもの個性であり、重要なことは自分が対象に対してどう考えているのかを意識し、そのイメージをしっかり持つことである。

②自分の考えを「相対化」する活動

自分の考えを「相対化」するとは、観察・実験や話し合い活動から得られた情報を基にして自分の持っているイメージを問い直すことである。

イメージは日常知を基に考え出されるが、日常知は一人一人の経験による部分が多いため生まれるイメージも主観的な傾向が大きいと考えられる。したがって、観察や実験を行ったり、クラスでの話し合いを行うことによって、自分のイメージの長所・短所を見つけたり、他のイメージとの共通点や相違点を探し、客観的な視点を盛り込む必要がある。そうすることによって、子どもは自分のイメージを評価することができ、自分のイメージがクラスのコンセンサスを得られたときはその考えがより強固になり、そうでない場合は妥当なものへの修正を迫られることになり、結果として学校知により近くなるのである。

③自分の考えを「深化」させる活動

自分の考えを「深化」させるとは、「相対化」の活動を通して自分の考えをより深めることである。それにより、自分の考えを自分のことばで説明でき、ひいてはそれを使いこなせるようになると思う。

子どもは、相対化する活動を通してより客観化された自分の考えを持つようになる。しかし、その客観化された考えが有効に機能するためには、ただ単にイメージが湧くというのではなく、自分なりの理論の裏付けがありそれを表現できることが必要となる。目の前の事象に対して人を納得させるだけの説明ができること、さらにはその理論が関連する他の事象についても適用できたり応用できたりすることによって、子どもの考えはより深くより統合的になる。

(2)「認識」し、「相対化」し、「深化」させる活動とコミュニケーション活動との関連

これまでに述べてきたように子どもの「学び」に沿った授業を展開するには「認識」「相対化」「深化」の各段階で体験的な活動を位置付ける必要がある。それを支える手段として、対象と、人と、自己とのコミュニケーション活動がある。3つのコミュニケーション活動は授業全般にわたって互いに絡み合ってはじめて効果が現れるが、「認識」する活動では対象との、「相対化」する活動では人との、「深化」させる活動では自己とのコミュニケーション

が特に重要な働きを示すと考えている。

Ⅳ 研究の実際

第5学年の「物のとけ方」の単元で授業を行ったので、1時間の授業（本文中では本時と掲載）と単元を通しての子どもの日常知の変容を探り、考察を加えた。

1. 単元名 試験管に虹を作ろう

2. 本単元を進めるにあたって

(1) 子どもの日常知をさぐる

「溶ける」という現象は子ども達の日常生活の中でよく目にすることである。それだけに子ども達はその現象を漠然と捉え、自分なりにわかっていると思っているのではないかと考え、アンケート調査により子どもの日常知を調査した。

結果、「溶ける」という現象に対して、子ども達の認識は様々であり、その中には子ども達の生活体験が含まれていることが伺えた。

それらの考えを以下の3点にまとめてみた。

① 溶質が目に見えない＝消失している

「水に溶けた溶質が存在するか」という問題を出したところ、50%の子ども達が「消失する」と答え、「見えなくなるから」等の理由をあげていた。

「存在する」と答えた50%の子ども達は、味や色が残るからという理由からであったが、溶けた溶質全てが存在すると考えている子どもは少なく、「若干残っているだけ」といった考え方が主なものであった。

② 溶けたものは味や色で分かる

溶質の析出について、「水溶液を蒸発させたとき何か残ると思いますか」の問題に対し、残っていると答えた子どもはわずか9%で、残りの子ども達は何らかの形で溶質は消失してしまっていると考えている。

③ 水溶液は底の方が濃いものである。

水溶液の濃度の均一性をたずねてみると、91%の子ども達が底の方が濃いと考えており、その考えの裏には砂糖の沈澱など日常生活の中で体験したことが大きく関連していることが伺えた。

これらのことは子ども達の日常知から生まれる子ども固有のものの見方や考え方で、これらを十分に活かした上で学習を展開していかなければ、単元の目標としている学校知へは近づけることができない。

(2) 子ども達の知識の変容の仮説

子ども達の日常知をいかに引き出し、その日常知に対して学習知（新たな情報から得られた知識）をどの様に絡められるかが学校知へ結びつなげる上で必要不可欠である。

そこで次のような仮説を立てた。

＜仮説1＞

「試験管に虹を作ろう」という大きな目標に対して子ども達の意識が向上し自分の考えを立証するために自分の日常知を存分に使おうとするだろう。

単に実験するだけでは子ども達にとって自分の日常知を活用する必然性が生まれず、それ

は同時に全体の場に自分の考えを出そうとしないことにつながると思われる。

また、子ども達の生活体験はそれぞれ異なっているので、「溶ける」という現象に対する概念が一人一人違うので、子ども達が「自分の考えは正しいんだ」と力説したいと思わせる場面が必要になる。

そこで、何か大きな目標を持たせることによって子ども達の意識が向上し、日常知も引き出しやすくなるのではないかと考えた。

＜仮説2＞

目に見えなくなった溶質をイメージ化させることにより、子どものものの見方や考え方の変容がつかみやすくなり、子ども達自身も自分の考えを伝達する手段としてイメージを活用することができるだろう。

この単元の中で、特に大切にしたいのが「溶ける」という現象のイメージ化をはかることである。それは、溶質が目に見えない「溶けている」現象は言葉では説明しにくく、また自分なりの考えに根拠を持ちにくいという理由からである。

「どうなっているんだろう」と推測していく上で、その考えを表現する手段に図を用い視覚化を図ることにより、より自分の考えを確立することができると考えた。

ここでいうイメージ化とは決して「原子・分子」を教えることを指しているわけではない。子ども達が溶質を粒子状に考えることも、見た感じをそのまま図に表しただけに過ぎず、決して特別な考えではないと思われる。

イメージをより明確に持たせるために図で表現させるだけのことはあるが、子ども達なりに理論的に考える材料になり、日常知も同時に引き出しやすくなると考えた。

＜仮説3＞

イメージ化をはかることにより、現象が起こる要因を子ども達なりに模索することができるだろう。

「溶ける」という現象から「こうなるんだ」という知識だけを鵜呑みするにしても、また、その要因を教え込まれても容易にその知識を自分の考えとして吸収することは難しい。「なぜそんな現象が起こるんだろう」といった考え方の中にこそ「わかる」への道が隠されているのではないだろうか。イメージ化をはかることは、新しい学習知を日常知に結び付けるためにはとても効果的な活動であると考えた。自然の現象や事象を単に漠然と捉えるだけでなく、自分なりの理論を持つことができ、理科授業の楽しさにもつながると思われる。

さらには、このような活動は、中学校での「原子・分子」の学習に役立つものである。

(3)仮説から考えた授業の展開

仮説1より子ども達には大きな目標を持たせるべきであると考えた。また、子ども達の理科授業に望む考えの中に、自分の考えに従って思う存分実験を継続・発展させたいという気持ちがある。そこで、「試験管の中に虹を作ろう」という活動を中心に据え、授業を展開することにした。

◎試験管の中の虹の作り方

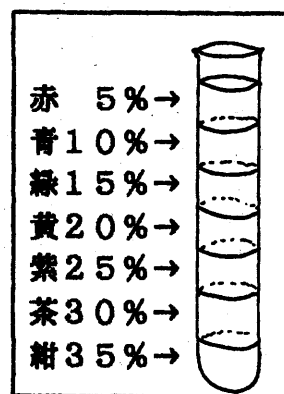
ここでは100mlの水に対して常温で36.5 g 溶ける食塩を用いる。

5%～35%まで5%間隔で7種類の食塩水を作り、万年筆用インクで7色に着色する。

水溶液の重さ（実際は比重）の違いを利用して、濃度の濃い食塩水から順にスポイトで試験管の中に入れると、虹のように7色にきれいに分かれる（図1）。

これによって、「重い物が下にいく」という子どもの日常知から、目に見えない水溶液の重さ（比重）に着目させることをねらった。この場合、水溶液の重さとは正確には比重のことであるが、現段階では子ども達に比重の概念が無いので「重さ」という言葉を使用した。

また、着色に万年筆用インクを用いることにより、シュリーレン現象も見やすく、ここからも、水溶液の重さの違いに気がつきやすいと考えた。



【図1】試験管の中の虹

3. 指導の流れ

(1)指導の概略

- | | | |
|-----|------------------------|-------------|
| 第1次 | 水に溶けるってどういうこと？ | (3時間) |
| 第2次 | まず2色の虹を作ってみよう。 | (4時間、本時3/4) |
| 第3次 | 本当に食塩ってなくなっていないの？ | (1時間) |
| 第4次 | 同じ濃さの食塩水同士でも色が分かれるのかな。 | (2時間) |
| 第5次 | 3色の虹を作ってみよう。 | (2時間) |
| 第6次 | 試験管の中に虹を作ろう。 | (2時間) |
| 第7次 | 試験管の中の虹が混ざったぞ。 | (2時間) |

(2)指導の詳細

ア) 水に溶けるってどういうこと？

まず、演示用にメスシリンダー内に作った虹を子ども達に見せる。子ども達はたいへん興味を持ち、自分たちも作ってみたいと意欲を見せたので、これが何で出来ているか考えさせた。子ども達の声を拾い上げながら、水に何かが溶けているとヒントを与えた。最終的に、食塩水で出来ていることを告げこれをモデルにして、まず「溶ける」物から考えることにした。

モデルをもとに、「透明である」「溶け残りが無い」等の条件を整備し、何が水に「溶ける」のか実験して確かめた。また、「溶けている」状態のイメージ図を描かせ、子ども達の考えをより具体化させた。

イ) まず2色の虹を作ってみよう

まず、2色に分ける実験をさせた。その際、2色の食塩水の濃度や重さは伝えず子ども達の話し合いの中で、その原因を推測させていった。

子ども達は食塩水が下に落ちていく様子やシュリーレン現象の観察から、2つの食塩水には重さに違いがあることを導きだした。

そこで子ども達が最初に着目したのが、目に見えるインクの量や色から感じる重さであ

ったが、話し合いと実験結果から、インクの量ではなく溶かした食塩の重さ(量)が関係しているのではないかと新しい考えを導きだす。そして、その考えが正しいかどうか確認するために、子ども達が食塩の重さを量るところから2色の食塩水の虹を作る過程に至った。

ウ) 本当に食塩ってなくなっていないの？

ここで、子ども達は本当に食塩が溶けて目に見えなくなっても存在しているのかということに改めて疑問を持った。話し合いの中で食塩水を蒸発させると、食塩が析出してくるはずだから確かめようということになった。析出した食塩の結晶を見て、子ども達の考えはますます深まっていった。

エ) 同じ濃さの食塩水でも色が分かれるかな

子どもの食塩水のイメージ図を見ると、溶質を粒子と捉えるものがほとんどになった。その粒子の打ち方を見ると、粒子が上に集中していたり、下に集中していたりと一人一人に違いが見られたので、同濃度の2色の食塩水で虹を作る実験を行った。粒子が場所により片寄って存在すると考える子どもは、食塩水が同濃度でも濃い部分と薄い部分を使えば2色の虹が作れると考えていた。

しかし、実験結果から、前回までのようにきれいに分けることができず(シュリーレン現象も見られず)水溶液内の溶質に片寄りがあるという考えを立証することはできなかった。その結果、子ども達は水溶液の濃度は均一になっているのではないかと考えるようになった。

オ) 3色の虹を作ってみよう

次に、3色の虹を作るという活動にうつり、3色とも溶け残りのある(飽和状態)食塩水でもできるかどうか実験した。

単純に今までの学習から多くの食塩が入っている食塩水が重くなり下に行くと考えていた子ども達だが、溶け残りのある状態ではうまく虹が作れないことが分かり、溶け残りがある水溶液の重さに違いはないことに気がついた。

同時に食塩の溶ける量の限度についても話し合った。

カ) 試験管の中に虹を作ろう

今までの活動を振り返りながら、最後に7色の虹を作った。様々な課題を克服して、やっと作ることができた子ども達は、大きな達成感を感じると同時にたいへん満足しているようであった。

キ) 試験管の中の虹が混ざったぞ

第6次で完成させた食塩水の虹を理科室に展示した。ところが1週間後には色が混ざってしまったので、その要因を考え話し合った。その中で、試験管の中の食塩水の上部と下部とでは濃度が違うか話し合い、実験した。結果、第4次と同様の実験結果が得られ、濃度差はなく均一濃度であることを確認した。

ここで、作った当初に濃度差はあってもやがて、均一濃度になるように溶質が移動していることを話し合い、第4次の実験結果を再確認するに至った。

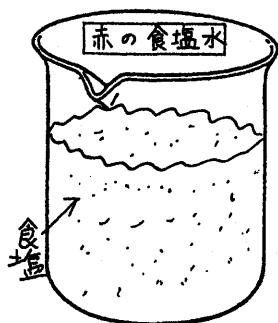
4. 子どもの考え方の変容

(1) 本時までの子どもの考え方の変容

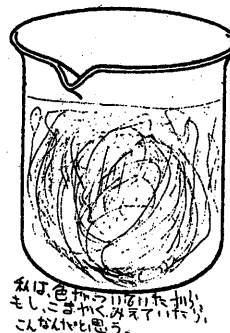
ア) 自分の考えに根拠を持たせるために 「認識」

目に見えない物に対して、子ども達は最初どの様にイメージ図を描いてよいかわからず戸惑っていたが、もともと物は溶けても無くならないと考えている子どもは比較的簡単にイメージすることができた。その主なものは「溶質を点で表す」パターン（図2）である。

物は溶けると無くなると考えている子ども達は、戸惑いながらも「色を塗ることで溶質を表す」パターン（図3）や「無い」と文章表現するものが多かった。



【図2】溶質を点で表わした図



【図3】色を塗ることで溶質を表わした図

イ) 生活体験で培った子ども達の日常知 「認識」

子ども達に食塩水の重さは溶質である食塩の量（濃さ）に関係があるということを導き出させるために食塩水の虹を作る実験に取り組んだのであったが、容易には関係を導き出せなかった。

まず、2色の食塩水（20%濃度の緑色と1%濃度の赤色）で試験管の中に虹を作る活動をした。ただし、子ども達には濃度を知らせてはいない。

最初、入れ方の工夫などに終始していた子ども達が、観察・実験している中で、どんな入れ方をしても必ず緑色が下になることに気づいた。その理由を追求すると、まず出てきた考えがインクの色や量である。インクから溶質へと子ども達の意識を変えようと、水にインクの量を変えただけでは虹ができないことを演示実験で確認したが、最初の実験結果が強烈なインパクトを与えたために容易にその意識を変容させることができなかった。

これは子ども達の目に見えなくなったものは「無くなった」と考える日常知から生じることである。新しい学習知を得たとき、子ども達なりに自分が納得のいく理論でその学習知を肯定しようとしている姿が伺えた。

子ども達の考え方の中に濃さと重さに関係がないといった考え方が前提にある。この考えを（濃さ \propto 重さ）に導き出させたいがなかなか至らない。日常知は簡単に変容しないので、様々な角度から考え方の変容を促す支援が必要となる。

(2) 本時での子どもの考え方の変容

ここでは1時間の授業の中で子ども達の考えがどのように変容していったかみていきたい。

（濃い \propto 重い）という学習知を子ども達が得るために、（辛い \propto 濃い）という生活体験から基づいた子どもの日常知がどの様に絡んでいくか明らかにする。

日常知を変容させるため、日常知では説明できない現象を活用することにした。

そこで前回と色を逆転させた2色の食塩水（20%濃度の赤色と1%濃度の緑色）で、前回同様の虹を作る実験を行った。

ア) 強烈なインパクトは生きている 「深化」

前回の実験で下になる色を先に入れた方がきれいに虹が作れることに気づいていたため子ども達は皆、緑色から先に入れた。

イ) 子ども達のものの見方の変化 「再認識」

ところが今回の実験では「緑色が絶対下にならない」という実験結果が生まれた。インクは子ども達の目の前で同量ずつ入れたので、この実験結果により2色に分かれる要因からインクは排除され、別の要因を模索しはじめた。

ウ) 日常知の大きさ 「認識」

2色に分かれる要因として、残るは溶質（食塩）しかないのではないかと話し合いの中でまとまってきた。しかし、子ども達はその考えを容易に受け入れられない。やはり「目に見えないものが存在する」といった発想は子ども達の日常知と照らし合わせても、よほどかけ離れたものの見方であることが伺えた。

エ) 新しい知識（学習知）との出会い 「相対化」

ある子どもが食塩水をなめた。このことによって本当に濃さに違いがあることがわかり、2色に分かれる要因として食塩水の濃度が関係していることが改めて子ども達の中に浸透していった。その究極の子どもの発言が「先生、私らに食塩入れているところ見せへんからずるいわ。」である。

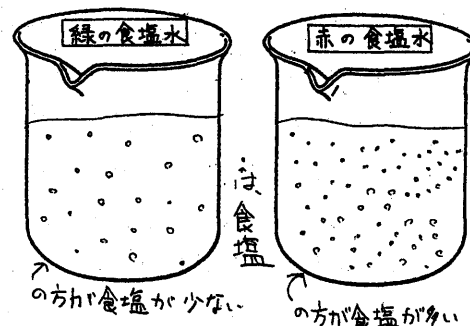
食塩を多く溶かすと辛くなる（濃さ \propto 辛さ）という日常知を子ども達は持っている。このことを自然な形で取り入れることによって、子ども達は新たな（濃さ \propto 辛さ \propto 重さ）というつながりを構築できたのであろう。2つの食塩水を最初になめ比べた子どもが辛さの違いを発見した時の様子や他の子ども達も次々となめていった時の様子を見ると、子ども達にとって新しい情報によって、今まで悩んでいたことが一気に図式化される画期的な発見であったのである。

オ) 日常知と学習知の絡み合い

「深化」

その驚きもすぐに日常知に吸収されるものではない。その現象を子ども達で話し合うことで、考えを深め、自分なりに理論立てることができるのである。また、その学習知をすぐに活用することが、日常知の変容を促すのである。

授業後、子ども達の食塩水のイメージ図を見ると、それまでイメージが曖昧であった



【図4】本時後のイメージ図

子ども達も溶質に意識が注目し、何らかの形で溶質を表すイメージ図を描いていた。そして、そのイメージの中で子ども達は水溶液の重さまで表していた（図4）。

子ども達は溶質の量が水溶液の重さを左右する考えを導き出し、その考えを自分の考として吸収し、自分なりの表現方法で表すこと（イメージ図）ができるようになったのである。

(3) 本時後の子ども達の考え方の変容

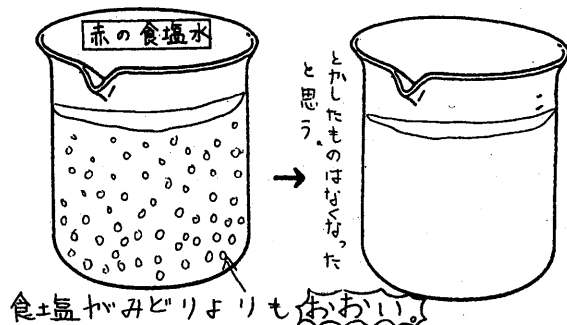
ア) 学習知の弱さ 「相対化」

学習知を自分の知識として本当に納得するまでには、様々な障害があった。

水溶液の重さに溶質の重さが関係していることから溶質は消失したのではなく存在していると導きだした子ども達だが、「目に見えなくなったものは無くなる」という考え方<日常知>とぶつかり合い、本当に溶質が存在しているのか納得しきれないようであった。そのような中で、子ども達から「なぜ溶けると透明になるのか」というつぶやきが出た。子ども達の中には「目に見えないほど小さい粒に分かれてしまったから」という意見も出たが、先の学習で得た溶質は存在するという考えを大きく覆すつぶやきであった。

A児はその話し合いの中で、前回考えていた溶質を粒子で表す考えから、溶質は無くなったという考えに変わった(図5)。周りの子ども達から前回の実験結果などから無くなることはないと言われてもその考えが覆ることはなかった。A児にとってそれほど目に見えないものが存在するという考え方が異質なものであり、今まで感じていた目に見えないものは無くなったと考える日常知の方が都合が良かったのである。

しかし、蒸発させても何も残らないと考えるA児に、食塩の析出実験をしてみた。食塩が析出した結果から、やはり溶質は存在しているのだと再び考えられるようになった(図6)。何度も、直接自分で実験すると、子ども達は自然に受けとめられるようになることが伺えた。



【図5】析出実験前のA児のイメージ図



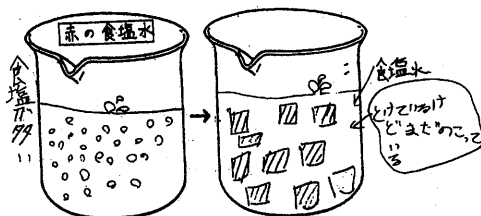
【図6】析出実験後のA児のイメージ図

イ) 体験からイメージは膨らむ

「相対化」

様々な実験や話し合いをする中で徐々に溶質について考えられるようになり、それに伴ってイメージが変容していき、その一つ一つのイメージには子ども達の考え方の根拠が見られる。

図2の様に溶質を点のように丸で表していたB児に、いつものようにイメージ図を描かせてみたところ、溶質を四角形で表していた。その理由を尋ねてみた。すると、「食塩の析出実験を行ったとき、正方形の結晶がでてきたためもっと細かくなっても四角形だと思ったから」と答えた。B児は授業で析出した食塩の結晶を見て、もともとの食塩の粒も見たいといって観察していた。顕微鏡にCCDカメラをつけて見せたところ、たいへん驚いていた。



【図7】B児の考え方

その結果が図7のようなイメージ図の変化を生みだしたものと考えられる。

その後同じグループの子ども達もB児のイメージ図に共感し、溶質を四角形で表現するようになる。四角形の結晶がどんどん細かくなって目に見えなくなっても四角形であると

いう考え方が、子ども達の中に広まっていったのである。

目に見えないものでも様々な情報からその姿を模索していくことが子ども達にはできるのである。

ウ) イメージには理由がある

「深化」

子ども達が図2の様に溶質を点で表す中でも、その意味や打ち方にはそれなりの理由がある。図8・9の点は溶質を表しているのだがその打ち方に特徴が見受けられる。



【図8】点（粒子）が底に集中した図



【図9】点（粒子）が上に集中した図

図8の様に底に固まって点を打つ子どもが数人いた。その内C児にその理由を尋ねると、「コーヒーに砂糖を入れるとよくかき混ぜても底の方が甘いから」と返答した。

また、図9を描いたD児は、「食塩水が2色に分かれるのは食塩水に膜がはるからではないか」と考え、さらに、「クリープを入れると上の方でくるくると回るから上に膜がある」と考えたのである。

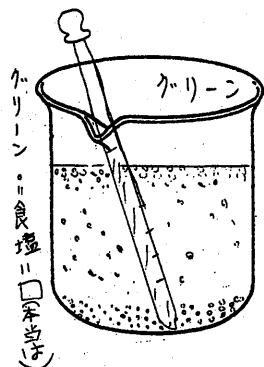
エ) 揺れ動く自らの考え

「相対化」

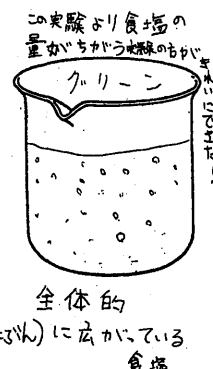
ウのC・D児の発言を受けて、E児の考えは大きく揺れ動いた。

それまでイメージ図で溶質の点を全体に均一に打っていたが、その発言を受け、図10のように水溶液の上下部に溶質の点を集中させる考えに変わった。E児は食塩水が2色に分かれるという今までに見たことのない現象に対し、自らの考えを変化させていることが伺える。

子ども達の話し合いを利用しながら、「同濃度の場合、今までと同じようにきれいに色が分かれるだろうか」と課題を出したところ、E児は「分かれる」と発言してきた。「同濃度の場合でも上下部と真ん中では濃さが違うから重さも違うので、例えば緑色の下と赤色の真ん中をとれば2色に分かれる」というのがその根拠である。C・D児も同様の考えであった。



【図10】C・D児の発言を受けてからのE児の図



【図11】実験後のE児の図

このようにイメージを持たせることによって子ども達の考え方は、より根拠をはっきり持ち、見えないものまで見ていこうとする姿勢も生まれてきた。

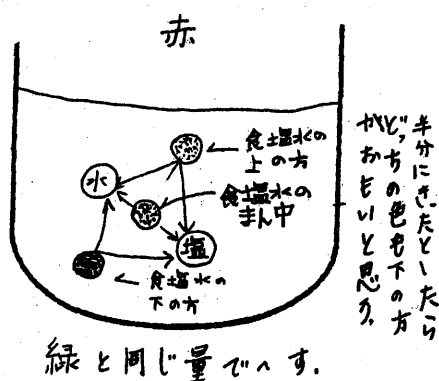
実験の結果は、前回のようにきれいに色を分けることができなかった。

実験後、イメージ図を描かせたところ、E児のイメージ図に溶質の点の位置の片寄りが見られなくなった(図11)。すなわちE児の考え方が変容したのである。同様にC・D児のイメージ図にも片寄りが見られなくなり、水溶液の濃度の均一性に気づくことができた。このことからイメージ図の点の打ち方1つとっても意味があることが容易に分かる。

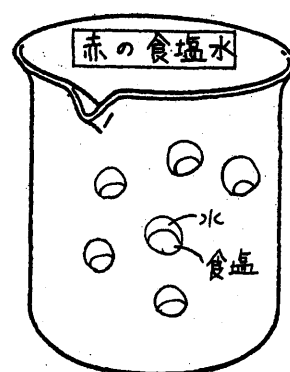
オ) 見えない物まで見えてくる 「深化」

目に見えない物でもずっとそのことを考えていると、子ども達は「きっとこうなっているのだろう」と考えはじめた。

子ども達が溶質である食塩をどの様に表現しようかと考えている内に、F・G児は水まで粒子で表現してくるようになった。(図12・図13)



【図12】 F児のイメージ図



【図13】 G児のイメージ図

これは、4年生の時の「物のかさと温度」の単元で、空気や水の体積変化を粒の表現でイメージ化していたために、水も粒子として捉えたのではないかと考えられる。この考えをF児が発表したところ、「あっ、そうか」といった声が多数上がった。

子ども達の意識の中心が溶質である食塩にあったために、そのイメージが他の子ども達に定着することは少なかったものの、ものが粒子からできているというものの見方に前年度の学習とつながっているということが見受けられた。

(4) 子どもの考え方の変容

この様に子ども達は試験管の中で食塩水が虹のように分かれるという現象に対して、様々なイメージを膨らませ、その原因を模索していた。そのイメージの膨らみ方も無軌道に広がるのではなく、子ども達なりに根拠を持ってイメージを広げていることが伺える。

すなわち子ども達はある現象や事象に対して、自分の今までの体験と照らし合わせた上で、何が自分の考え方に都合がよいかわかる模索しているのである。

子ども達の考え方は非常に流動的であり、様々な変容していくのであるが、そのイメージの変容は一様に掴みとれるものではない。何らかの手段をとって意識しなければ、その時その時の考え方の変容は掴みにくいのではないだろうか。

5. 実践のまとめと課題

(1) 仮説の検証と考察

子ども達の考え方の変容をアンケート等によりつかんだ上で、仮説について考察してみた。

<仮説1について>

- ①子ども達が自分の考えを筋道立てて考えていく上で、もともと生活体験の中で培ってきた日常知が主軸となっていた。従ってこの日常知を教師ができ得る限り認識しておくことが必要不可欠であると考ええる。
- ②「試験管の中に虹を作る」という目標に、子ども達は強い関心を示した。そのため一つの実験の克服に対して子ども達なりに意義を見出し、単元最後まで意欲を持ち続けることができた。同時に、このことが完成時に大きな達成感を子ども達に持たせることにもつながった。
- ③一つ一つの実験に子ども達なりに意義を見い出すことができたために、自分の考えが本当に正しいのか立証したいという気持ちを強く持つことができたと考ええる。このことは、子ども達が様々な例えを用いて自分なりに説明する姿に表れていた。
- ④子ども達の思いだけに流されず、どの課題から行うべきかの選択が非常に難しかった。うまく調整しないと子ども達の意欲を半減しかねないと思われる。

<仮説2について>

- ①もともと目に見えないことを見るということは不可能なことではある。しかし「こう考えれば都合良く説明できる」といった考えは必ずあり、現在の科学知識の中でもこのようなものも決して少ないものでもない。また、子ども達は興味関心があれば目に見えないものまでも見えたような気になりがちなものであり、同時に興味関心の無いものは、例えその物が目の前にあっても見えないものである。その見えないものを子ども達なりにイメージを膨らませ、考えさせることによって、漠然としていた現象に子ども達なりに筋道立てて考えられたように思う。
- ②溶質を点（粒子）で考えている子ども達の中で、その点の打つ位置は一人一人に違いがあったが、これらのことをイメージ図を使わずに教師側が把握することは極めて難しいことである。もちろん子ども達もそれほど深く考えないであろうし、この部分の日常知は表面化しない可能性が高くなると考えられる。
- ③イメージ図の作成により自分の考えをまとめることができ、同時にそれは周りの子ども達へ伝達するコミュニケーションの1つの手段として活用できた。全ての単元でこのようなイメージ図を作成するということは困難ではあるが、子ども達の考え方の表現方法にこのような方法組み入れることによって、表現の幅も、他の子ども達の考えを知る手段としてもより活用できると考えられた。

<仮説3について>

- ①目に見えないものをイメージしていくという活動から、目に見えない現象の本質を探ろうとする姿勢が生まれ、それまでかけ離れた考えであったものを子ども達は身近に感じるできるようになった。
- ②食塩水の濃さと辛さと重さは比例しているという関係を導き出した子ども達に、「100 gの水に20 gの食塩を溶かすと食塩水は何 gになりますか」と尋ねると、実験前の段階で「120 g」と答える子どもが多かった。理由は「溶けてもなくなっていないんだから、重さ

は当然ある」というものであった。アンケートでは溶質は存在すると考えていた子ども達は10%にも満たなかったのに、新しい学習知によって考えやすいモデルへと変容していったと考えられる。

- ③新しい学習知が様々な日常知と絡み合って吸収され、新しい日常知へと変容していくのであり、それを助長していく段階でイメージ化をはかるということが非常に大切なものであることが伺えた。

2. 成果と課題

今回の研究により、子ども達の自然認識がコミュニケーション活動を通すことによってより科学的なものへと変容していったと考えられる。

授業を通して、子ども達は自らの考えを創り上げるためにあらゆる情報を活用している様子が伺えた。これらの情報は、対象とのコミュニケーションやクラス内でのコミュニケーションから得られていた。

その中でも子ども達の話し合い活動の中から得られる情報量の多さには驚かされるものがあり、単に子ども個人の「学び」の形態に終始すること無く、広く子ども同士のかかわり合い、すなわち社会的な側面を重視して、さらに子どもの「学び」の場を検証していく必要があると感じた。また、対象から情報を得る場合は、ある視点を持つことが重要で、コミュニケーションの方法を知っていないと十分な情報が得られないこと、さらには目の前の情報と自分の考えとを比較し、絶えず良いものを追い求めていこうとする態度がなければ自分の考え方が変容しないことなどが分かった。

その反面、子ども達の日常知を十分に引き出し、さらにイメージ化させ、その考えを相対化し深化させるためには、十分な時間確保が不可欠である。したがって、どこを考えさせていきたいのか、どこまで考えさせたいのかといった教師の見通しがないと具体的な時間の配分が難しく、他の単元や教科への負担にもつながる危険性が十分にある。今後、子ども達の考え方に身近で、思考を練ることの出きるような教材の開発を行っていきたいと考えている。

《引用文献》

- 1) 岡本夏木 (1982), 子どもとことば, 岩波新書
- 2) 稲垣忠彦, 佐藤学 (1996), 授業研究入門, 岩波書店

《参考文献》

- ・中村雄二郎 (1992), 臨床の知とは何か, 岩波新書
- ・森本信也 (1993), 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
- ・河合隼雄 (1995), 臨床教育学入門, 岩波書店
- ・森本信也 (1996), 子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業, 東洋館出版社

コンピュータを活用したコミュニケーション活動にみる、 子ども達の自然認識の深まり

神奈川県大和市教育研究所 中田 朝夫

はじめに

授業の中で、子ども達が科学の論理とは異なった独自の論理を展開したり、教授者側が入念な準備をしたにもかかわらず、まったく子ども達が関心を示さないといったことは、理科授業の難しさとして、しばしば語られてきたことである。しかし、これらのことは、学習者としての未熟さを示しているのではなく、逆に積極的な意味構成者としての姿を映し出していることは、昨今のさまざまな分野での研究成果から指摘されている。

ここでは、特に、理科授業をコミュニケーション活動からとらえる視点を提起する。そのことにより、真の学びとは、「知識」があたかもパックされた商品のように、教師から子ども達へ手渡されるものではなく、子ども達と教師によるダイナミックなやりとりの中で、個々の子ども達が自然事象に対し、自分なりの実在感をつかむことであるということを明らかにしたい。

1. 理科学習における教材の意味

教材とは、一般的に、「教育内容を教育目標に従って選択・編成し、媒体に乗せて具体化したもの」と定義される¹⁾。そして、このことは、おうおうにして、教師が考える内容と同じものを子ども達の頭の中に再現させようということ、意図した概念を正確に伝達するための素材と解釈される。

たとえば、植物の根、茎、葉、花の構造とはたらきを子ども達に一樣に伝達したいと思っただけならば、それらの観察は、教師の意図を確認するための活動ということになる。そして、「管がある」、「穴があいている」といった観察の事実、教科書や資料集の事項と照らし合わされる。

子ども達が、概念の名辞的側面のみに関心をもち、「管＝導管」、「穴＝気孔」といった関連の記憶に腐心するといったことは、理科学習における大きな問題とされている。実験や観察で得られる豊富な意味合いが削ぎ落とされ、ひとつのラベルで代用されてしまうのである。

しかし、このような活動の中、子ども達は、自分自身や他者へ意識的にも無意識的にも問いかけや語らいの言葉を発しているのも事実である。管や穴の特徴的な形状やそれらの存在の意味について必然的に問いを発している。このことは、教材を考えるうえでの重要な二つの視点を提起する。つまり、それは、教材の価値を教師の論理のみによって決定してしまうか、それとも、子ども達のかかわりがあってはじめてその価値が決定されるかという視点である。ここでは、前者が、狭い意味での教材の解釈ということができる。

教材に関する議論の中で、「興味、関心をひく教材」という言い方がよく出てくるが、単なる事象の新奇性に対してや教師におもねた興味、関心では、教材が狭い意味の価値しかもたないことは明らかである。一方、子ども達のかかわりにより教材の価値が出てくるという視点は、まさに、教材の広い解釈であり、子ども達の学びをみつめなおすことにつながる。

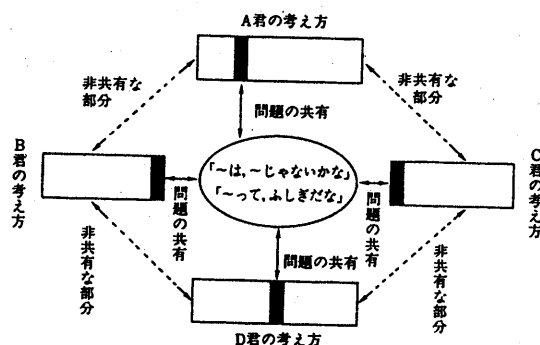
このように、広い意味から教材を解釈すると、学習の中で、さまざまな問いかけが誘発さ

れ、互いの考え方を吟味する過程自体も教材であるということになる。したがって、教材が、単なる物質的なものではなく、問いを発し合う「場」として解釈されていく。理科授業の難しさとして冒頭に述べたことを克服するための糸口はここにあると考えられる。

2. 教材の広い解釈とコミュニケーション活動

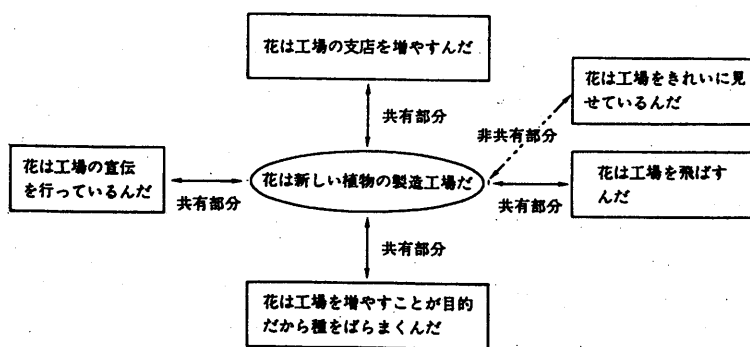
素材としての教材を起点として問いを発し合う場を作り、さらに、その場の中で繰り広げられるさまざまな問い自体も教材とすると、理科授業を構想したり、評価したりするためには、学習をコミュニケーション活動ととらえることが有益である。

図1は、それを表現したものである²⁾。この図は、教材を媒介にして子ども達に教授内容を伝達する者が教師であると位置づけるのではなく、子ども達とともに問いを発する場を構成する者として教師を位置づけている。また、この中で、「共有」、「非共有」と表現されている部分は、学習の場の発展にかかわることである。すなわち、教師による問いかけにより、共通の場面で思考できる状況にあることが、問題の「共有」である。一方、「非共有」とは、共有されている場面とは違う枠組みで思考している状況である。しかし、非共有といっても異なった次元のことではないため、問題の解決が進むにつれて、共有化する場合もあれば新たな問題の提起にもつながってくる場合もある。



【図1】理科授業における子ども達の考え方のかかわり方（森本・中田、1995）

図2は、図1をもとに、「花は新しい植物の製造工場だ」という状況での思考を例示したものである³⁾。同じ仲間を増やすという共有化された枠組みの中に、さまざまな考え方がでてくる。その中で、「花は工場をきれいに見せているんだ」という発言は、非共有



【図2】花について子ども達概念の生態化（森本・中田、1995）

的な内容である。しかし、「きれいなことで何かいいことがあるのかな」、「きたない花もあるぞ」というような問いから、いつでも先の共有化された状況が広がっていく可能性もある。

いずれにしても、学習の場としては、共有された状況の中で子ども達が自由に思考でき、さらに、いつでも非共有となっている考え方にも着目できることが重要である。このことは、学習の場の発展に関して必須の条件であると考えられる。

本研究では、このような条件を用意しやすいものとして、コンピュータを活用した授業実践を次に紹介したい。

3. コンピュータを利用したコミュニケーション活動

(1) 調査について

調査をおこなった授業は、学習の場における子ども達のさまざまな考え方が、コミュニケーション活動の中で活性化し、集団の中でそれぞれが価値づけられることをねらったものである。特に、授業では、コミュニケーション活動にコンピュータを取り入れ、機器としての特性を生かしながら子ども達の相互交渉が誘発されるよう工夫している。

授業における具体的なねらいは、子ども達が自分なりにだ液のはたらきのイメージを広げることにより、消化の意味を実感的にとらえることにある。実際のところ、この学習では、ヨウ素デンプン反応を扱う実験の作業が中心になり、なかなかだ液のはたらきをイメージするまでに至らないという反省がある。噛むことにより口の中で食べ物がやわらかくなることは、子ども達にとって当たり前であり、逆にきたならしいという印象をもっている子どもも多い。

この授業でコンピュータを利用する理由は、そのようなだ液のはたらきのイメージを少しでも広げられるようにという意図がある。つまり、思いのままに表現ができ、何度でもやり直しが可能であるというコンピュータの特性から、自分自身の考えを自覚化し、自由に吟味する場を用意したのである。また、授業で使用した機器は、互いにコンピュータネットワークで接続しており、子ども達各々が作成したイメージを必要なときにいつでも見合えるようになっている。このことは、学習の中でコンピュータにかかわることにより、相互交渉も誘発される素地になる。

したがって、調査では、子ども達がイメージしただ液のはたらきと同時に、教室内のコミュニケーションの展開についても着目している。

(2) 調査時期

調査は、平成9年6月から7月にかけておこなった。

(3) 調査対象

神奈川県内の公立小学校に在籍する小学校6年生の児童で、人数の内訳は、男子20名、女子15の計35名である。

(4) 単元

調査で扱った学習単元は、小学校6年生理科「だ液のはたらき」である。

(5) 使用機器等

コンピュータ21台（DOS/V機、OS：Windows95、1台は教師用）、ソフトウェア（「えほんらいたーPRO」：富士通製）

子ども達は、2人で1台、または1人で1台のコンピュータを使用した。

(6) 学習活動の流れ

単元「だ液のはたらき」に関する学習の流れの概要を示すと図3のようになる。

○第1次 だ液の食べ物に対するはたらき（イメージ化：調査1）

↓

○第2次 実験『だ液のはたらき』

↓

- 第3・4次 だ液の食べ物に対するはたらき（イメージ化：調査2）
 ↓ （振り返りカード：調査3）
 ○第5次 まとめ（感想：「だ液について」）

【図3】学習の流れと各調査

学習は、だ液が食べ物に対してどのようなはたらきをするかについてイメージすることから始まる（調査1）。ここでの調査は、子ども達がだ液についてどのようなイメージをもっているかを知ることが主になる。

次に、学習は、ご飯に対してはたらくだ液の作用を調べるための実験に進む。ここでは、子ども達一人ひとりが、自分のだ液を用いて、そのはたらき具合をヨウ素デンプン反応を用いて調べた。

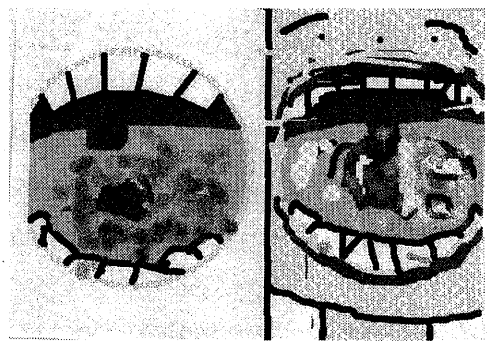
実験の後には、今回の調査でもっとも着目している学習活動に入る。それは、これまでの学習で構成しただ液のイメージや実験結果を相互にやりとりすることで、さらに食べ物に対するだ液の細かなはたらきをイメージするものである。第1次の学習と比較して、どのような認識の広がりが見られるかが調査の焦点となる（調査2）。なお、この学習で、子ども達は、「振り返りカード」というものを用いて、自分のこだわりや参考にした他の考えなどを記録している（調査3）。コミュニケーションの展開に関しての考察では、この記録を主に分析している。そして、最終次のまとめでは、子ども達に「だ液について」の感想を記述するよう求めた。

(7) 調査結果と考察

ア) 調査1

第1次の授業は、教師の「だ液が食べ物にどのようなはたらきをするかイメージしてみよう」という問いかけのもと、コンピュータを使ってそれぞれの子ども達が、だ液のイメージをつくっていく。コンピュータを操作できるということで、子ども達は夢中でイメージづくりに取り組んだが、イメージの内容としてはたいへん画一的なものになった。

一例を図4に示すが、どの内容も画面いっぱい口を描き、舌の上にさまざまな食べ物が乗っている構図である。子ども達各々の独自性といえば、唇の形に凝ったり、舌の上に置く食べ物の種類を果物にしたり寿司にしたり、その食べ物のとけ方をどのように表現するかといったことである。



【図4】第1次におけるだ液のイメージ化の例

だ液のはたらきは食べ物をとくす、やわらかくするというイメージが強く、それ以上細かな点までなかなかイメージすることができなかったようである。したがって、互いの画面を参考にしながら作業を進め、結果としてほとんどの者が、図4に示すような内容のイメージを共通して描くこととなった。なお、この時間に作成したイメージと実験後に再び作成したイメージとも教室内のサーバーのコンピュータに保存され、いつでも見合える環境がつけられた。

この授業では、文章で記述してもらった形で、子どもの達のだ液に対するイメージも調査している。その結果をまとめたものが表1である。

【表1】 第1次におけるだ液とそのはたらきに対するイメージ

だ液に対するイメージ	%	だ液のはたらきに対するイメージ	%
きたない・気味悪い	56	とかす・やわらかくする	53
はたらきはすごいけれどもきたない	20	消化・吸収	15
とても重要なもの	6	食べ物を下に送る・ぬらす	11
言葉の連想（うめぼしなど）	9	殺菌	6
無記入	9	よくわからない・無記入	15

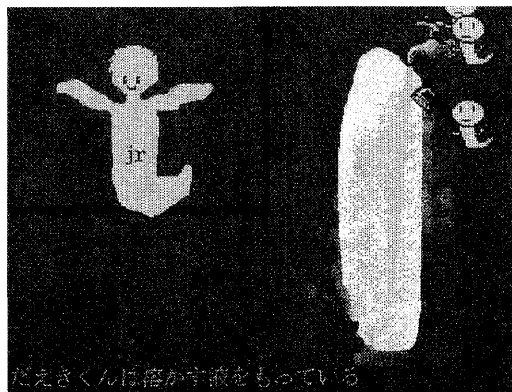
表が示すように、だ液が、「きたない」というイメージを抱いている子ども達が56%おり、「はたらきはすごいけれどもきたない」といった、はたらきに注目しているもののやはりきたないと感じている子ども達の20%と合わせると、8割弱の子ども達が、だ液について、「きたない」というイメージをもっている。また、だ液のはたらきについては、同じ表1に示すように、53%の子ども達が、「食べ物をとかす、やわらかくする」と考え、また、15%の子ども達が、「消化」や「吸収」という言葉に結びつけてとらえている。もちろんこの「消化」や「吸収」という言葉は、その本来的な定義ではなく、記述の内容から、「食べ物をとかす」といったイメージと強く結びついていた。

イ) 調査2

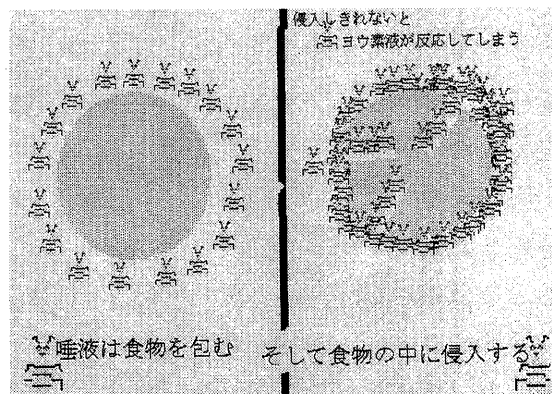
調査2は、実験「だ液のはたらき」の学習のあとにおこなわれたものである。実験で子ども達は、食べ物にだ液がはたらくことでヨウ素デンプン反応が起こらなくなることはもちろんのこと、たくさんご飯を噛むと甘くなってくること、人によってだ液のはたらきの強さが違うことなども経験している。

第3次の学習では、このような実験での経験をもとに、もう一度、だ液が食べ物にどのようなはたらきをするかについてイメージ化する。ただし、ここでは、「ご飯が甘くなった」や「青紫色にならなかった」という事実を踏まえ、食べ物に何か変化を起こしたものとして、「だ液君」というキャラクターを教師側で設定した。教師も独自のキャラクターを描き、子ども達にイメージ化の糸口を示した。そのため、子ども達は、第1次の授業で共通して描いた食べ物のどろどろした状態を互いに見合いながらも、「だ液君」というキャラクターの登場によって、逆に、食べ物がそのような状態になった原因とは何であるかについて探ろうと、かなり具体的なイメージづくりに焦点が移っていった。

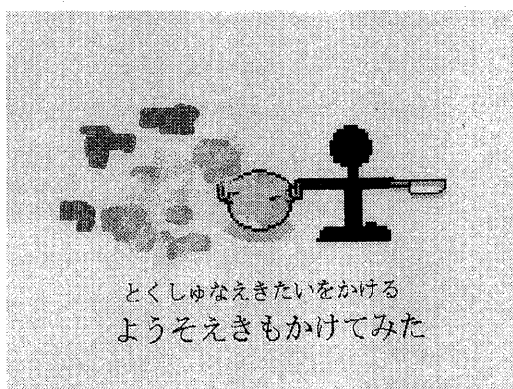
ここで子ども達がイメージ化した内容をみると、大きく4つのタイプに分類することができる。それらは、「液をかける（化学的）」（タイプA）、「壊す（物理的）」（タイプB）、「壊す+液をかける」（タイプC）、「吸いとる」（タイプD）で、その代表的なイメージを図5から図8に示す。



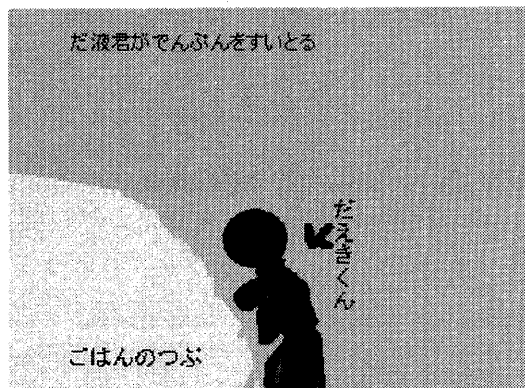
【図5】タイプA



【図6】タイプB



【図7】タイプC



【図8】タイプD

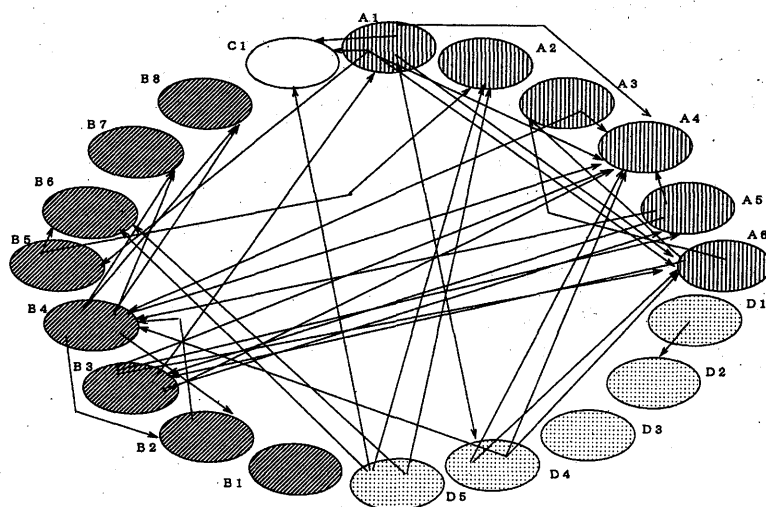
「液をかける（化学的）」のタイプは、だ液が食べ物に液をかけてまったく違う物質になってしまうというもので、化学変化のイメージである。具体的には、シャワーやバケツでかけたり、だ液君が舌でなめたりといった表現がみられる。「壊す（物理的）」のタイプに共通していることは、金槌や包丁などを使って食べ物を切り刻むということである。つまり、物理的に壊れるということが変質ととらえている。図6に示した例は、複雑なイメージを表現しているが、要するに、だ液が食べ物を包み込み、次第にその中に浸入していくというもので、浸入しきれない部分はヨウ素液が反応してしまうということも説明している。「壊す+液をかける」のタイプは、文字どおり、これまでの両者を合わせたものであり、切り刻んでから液をかけていくことを表現している。そして、「吸いとる」というタイプは、だ液君というキャラクターが食べ物を一度自分自身に取り入れ、そうすることによって食べ物に変質するというものである。したがって、すべて吸い込まれている場合は、当然のことながらヨウ素液の反応が起きないと説明する。なお、子ども達の発言から、「吸いとる」という表現は、自分達が食べ物を食べて栄養を吸収するという行為をその中に投影させていることがわかる。

ウ) 調査3

調査3は、子ども達が、調査2で扱ったイメージを作る際、どのようなコミュニケーションを展開させたのかについてみたものである。この調査では、先述した「振り返りカード」をもとに、子ども達がどのようなことにこだわったのか、また、お互いどのような点を参考にしたのかという内容に焦点をあてている。

図9は、そのときの全体のやりとりをあらわしたものである。コンピュータを利用した20グループの子ども達を先の4つのタイプごとにまとめて配置し、参考にした相手を矢印で表

現している。



【図9】だ液のイメージ化における子ども達のやりとり

そして、表2は、図9の詳細な内容を示すもので、イメージのタイプごとに、こだわった点と他の学習者を参考にしたときの観点を整理している。

【表2】イメージタイプごとのこだわりと他を参考にした際の観点

学習者のイメージタイプ	イメージの作成をする際のこだわり 〈学習者の文章から抜粋〉	他を参考にした際の観点
A (47.0%)	<ul style="list-style-type: none"> ・シャワーでものをとくさす感じ ・どう変化していくか詳しく描く ・だ液が加わると別のものになる 	1 (48.0%) 2 (15.0%) 3 (15.0%) 4 (15.0%)
B (28.0%)	<ul style="list-style-type: none"> ・だ液君をかいて、こわすものをかく ・デンプンを剣で切る ・粒を包み込み、その後、やわらかくなったらその中に侵入する 	1 (48.0%) 2 (15.0%) 3 (15.0%) 4 (15.0%)
C (2.0%)	〈記述なし〉	1 (48.0%) 2 (15.0%) 3 (15.0%) 4 (15.0%)
D (23.0%)	<ul style="list-style-type: none"> ・ごはんつぶの中のデンプンをストローで吸う ・だ液君が吸い込むところ 	1 (48.0%) 2 (15.0%) 3 (15.0%) 4 (15.0%)

A：液をかける
(科学的)

B：壊す(物理的)

C：壊す+液をかける

D：吸いとる

1：だ液と食べ物
(表面的)

2：だ液と食べ物
(かかわり)

3：表現の技法

4：全体的な印象

この観点について、番号1は、「つばと食べ物がまざっていておもしろい」というように、その表面的な様子に着目しているものである。一方、番号2は、「ごはんは、だ液だけでとけたのではないらしい」というように、だ液と食べ物のかかわりについて、もう少し深く着目しているものである。また、番号3は、イメージの表現的技法について述べているもので、「矢印を使っているところがよくできている」というような内容である。そして、番号4は、「絵がおもしろい」といったイメージの全体的印象にふれているものである。

まず、図9をみてわかることは、コンピュータに向かってイメージを作りつつも活発なや

りとりがおこなわれていることである。特に、「液をかける（化学的）」タイプと「壊す（物理的）」タイプからは、たくさんの矢印がでている。しかし、表2をみてわかるように、その内容はかなり違っている。つまり、表に示されるそれぞれのこだわりで他のイメージをみているのである。

たとえば、タイプAは、「とかすこと」、「変化」といったことにこだわっているため参考にした観点も表面的な様子をいう1番が圧倒的に多く、「すいかがとけているのがおもしろい」や「つばがうまくてものがとける感じがよくわかる」などような表現がみられる。中でも、図9の中のA4で示される学習者のイメージは、とりわけ食べ物がとける表現にリアリティがあり、同じタイプだけでなく他のタイプからもかなりの数で参考にされている。

タイプBは、表2をみても明らかなように、「こわす」、「切る」、「侵入する」といったこだわりをもっている。そのため、参考にした観点の割合は、他のタイプより、「だ液と食べ物のかかわり」を表す2番が多くなっている。このタイプの中でも特に注目されるのは、図9のB4で示される学習者である。この学習者からは、たくさんの矢印が出ているが、同じタイプBに分類される者に比べ、さらに踏み込んだ観点でイメージをみている。つまり、「ケーキなどがとけていた。でもこれはだ液よりもかんだからとけている」、「この人たちの考えはだ液を深く考えていない」といった内容で、ある意味で批判的であり、「とける」ということの詳しい説明を目指している。このB4の学習者が描いたイメージは、先述した図6である。したがって、このイメージをみた他の学習者からは、「考え方がおもしろい」や「なぜなぜ」といった、「全体的な印象」に着目した観点が寄せられた。

タイプCは、他を参考にせず黙々とイメージ作りをしたため、こだわりを表現した記述がない。しかし、他のすべての学習者が1枚のイメージであったのに対し、この学習者は、3コマの続き図で、だ液君が豆を金槌のようなもので粉々にして、それから液をかけるという過程を表現していた。つまり、こだわりとしては、2つの違うプロセスの介入を強調している。そのため、他の学習者からは、「紙芝居式になっていてわかりやすかった」などといった「表現の技法」に着目した観点が寄せられた。

タイプDの特徴は、前に述べた通り、だ液君というキャラクター自体に人間の消化、吸収のイメージを投影しているものである。そのこだわりとしては、表2にあるように、「ごはんつぶの中のでんぷんをストローで吸う」や「だ液君が吸い込むところ」といったことである。他の学習者のイメージを参考にする観点で特徴的なことは、番号3に分類される「表現の技法」である。「いろいろな色を使っているのととてもわかりやすい」や「説明しているところ」といった内容で、他のタイプと比べ、だ液と食べ物のかかわりをみるというよりもイメージとしての絵が直感的にわかるかどうかという点に興味をもっていると感じられる。

4. コミュニケーションの場における知識の実在性

理科の学習においては、当然のごとく、実験、観察が重視される。それは、自らの五感をもってさまざまな事物、現象にかかわることによって、より深い認識が得られることを強調するからであろう。このことに異論はないが、もし、先に扱っただ液の実験が、「ご飯にだ液を混ぜるとヨウ素デンプン反応が起きなくなる」という命題のみの記憶ということで完結してしまったならばどうであろう。

「ご飯＋ヨウ素液」ならば「青紫色に変化」、そして、「ご飯＋だ液＋ヨウ素液」ならば「青紫色に変化しない」ということの記憶は、ある意味で、実験という場、あるいは試験という場において有効な知識といえる。このような「有効性」のみが肥大していったとき、知識の真実性、実在性が失われていくことはすでに指摘されている⁴⁾。

理科学習において、本来的に目指すべき学習は、有効性の知識を獲得することではなく、逆に、さまざまな事象を自分なりに納得していき、実在感をもった世界観を広げていくことがそのねらいであると考えられる。そのためにも、コミュニケーションの場というものは重要である。

なぜならば、真のコミュニケーションの核になるものは「問い」であり、問うことは、さまざまな視点から事象をとらえることができるからである。つまり、学習の場を構成するメンバーによって互いの考え方が相対化され、教科書などで表現されている命題やストリングが、自分自身とのかかわりをもって感じられてくるならば、知識の真実性や実在性は確固たるものとなってくるのである。

だ液君のはたらきとして、子ども達が提起した4つのタイプを思い出してみると、タイプ1は、物質がまったく違うものに変化するという化学的変化を強調していた。タイプ2やタイプ3は、食べ物を切ることによって違うものに変化するとしていたが、これは、化学や生物学において、構造式の特定の結合を切ることによりデンプンの分解を説明することと似ている。そして、タイプ4は、すでに述べたように、「吸いとる」ということで、消化、吸収に関する本質的な部分にこだわっている。このように、子ども達一人ひとりのイメージは、どれも侮れない専門的科学に通じるものである。

実験や観察を有効性の知識の獲得に終わらせないためにも、このようなコミュニケーションを通じて、さまざまな考え方がかかわり合うことが必要である。実際に、互いの考えを相対化して学習を終えたあとの子ども達の感想をいくつか示すと表3のようになる。

【表3】子ども達の単元終了時の感想

- ・学習前は「きたない」というイメージだったが、学習後はそれほど「きたない」という感じはなくなった。
- ・だ液には、いろいろなはたらきがあってすごいと思った。
- ・だ液には、いろいろな種類があるんじゃないかと思った。
- ・自分のだ液の威力について意識し始めた。
- ・だ液の実験は、自分のだ液を入れて実験したからよくわかった。
- ・なんでこんな学習をするのか変だなと思った。ところが、学習していくうちに、ぼくの考えは少しずつ変わっていきました。
- ・みんなの意見をきいていたら、いっしょのがあった。
- ・他の人の意見をきいて、「なるほど、そういうこともあるな」と思うところがたくさんありました。
- ・他の人にきかれたときに、なんだかうれしいような気持ちになりました。
- ・ずっとかんでいると、だんだんだ液が多く口の中にたまったから、食べているうちにだんだん多くなってきて、包むのではないかと思った。
- ・色が変わりしなかったので、だ液君がデンプンを吸い込んだと考えることができた。
- ・自分は何もしていないのに、どうしてだろう？自分のことなのにわからなかったから、だ液についてもっと勉強したいと思った。

この表が示すように、子ども達にとって、だ液とは、単にヨウ素デンプン反応の色変化にかかわるだけのものではないことがわかる。自分の身体を起源とし、自分自身の生存に関係し、そして、自分ではできないことをおこなってしまう存在であることを意識している。コミュニケーションの中で出される多角的な視点が、だ液の実在感を高めていると考えられる。

おわりに

表3の感想に、「他の人にきかれたときに、なんだかうれしいような気持ちになりました」や「自分では何もしていないのにどうしてだろう?」という内容がみられる。

コミュニケーション活動の場の中で、それぞれの考え方が相対化されることの意義は、これらの感想に凝縮しているように感じられる。

自分の考え方がコミュニケーションの場に受け入れられるということは、何らかの価値付けをされることであり、異なった視点からその考え方を吟味する機会が生まれることである。また、「自分は何もしていないのに・・・」という感想は、明らかに、だ液のはたらきに関するコミュニケーションを経験した結果であろう。ひとつの事象に関しても、いろいろな考え方があることを認識することは、このように別次元の問いを生じさせることがわかる。だ液のはたらきが、なぜ自動的に進んでいくかという子どもの「問い」は、専門的科学の領域に照らしても質の高い内容である。

《謝辞》

本研究を行うにあたり、貴重な学習記録を提供して下さった、大和市立中央林間小学校の西山誠一郎先生、並びに情報教育に関する指導助言を賜った横浜国立大学教育人間科学部助教授加藤圭司先生に深く感謝申し上げます。

《引用文献》

- 1) 三宅和夫, 北尾倫彦, 小嶋秀夫編、「教育心理学小辞典」, p.79, 有斐閣, 1991
- 2) 森本信也, 中田朝夫, 「理科授業において子どもたち一人ひとりの考え方は、いかにかわり、いかに発展するか」, 『理科の教育』No.513, Vol.44, pp.46-51, 東洋館出版社, 1995
- 3) 同上書
- 4) 佐伯胖, 「イメージ化による知識と学習」, p.164-168, 東洋館出版社, 1986

コミュニケーション活動を通して自分たちの科学を拓く理科授業の実践

ータンポポ類のすみわけの原因を探る班学習を中心としてー

広島大学附属三原中学校 岡田 大爾

はじめに

いろいろな人にどの年代の理科が好きだったかを語ってもらったところ、小学生の頃は理科が好きだったが、中学生・高校生になるにつれてしだいに嫌いになっていった人が少なくなかった。小学校では、実験や観察の前後に自分の意見や考えを出し合ってみんなで考えるという授業があつておもしろかったという。それが、中学校、高校に進むにつれて、問題を与えられて、それを解くために必要な公式をさがし、あとは公式に数値をあてはめて答えを出すということばかりになり、よくわからなくなってしだいに興味を失っていったのだという。実際、公式が作られる(発見される)過程には、混沌とした現実を直視し、何度も仮説を立てたり、実験装置を工夫して作りなおしたり、試行錯誤の歴史や発想の転換等の様々なドラマがあつたと考えられる。さらに、ドラマの末に発見されたもの(公式や法則等)は、自然界を実に美しく説明したもので、大きな感動をもたらしたはずである。そのような感動をなんとか教室に取り入れたいものである。

1. 研究目的

本研究は、次の3つのことを目的としている。

- I 子どもたちが自ら問題解決の必要感をつかめるような事象の提示の在り方等子どもたちの多様な考えを活かして主体的な学び(自分たちの科学)をつくる支援策を開発し、その効果を明らかにすること。
- II 植物のすみわけとその原因に対する子どもたちの多様な考えを明らかにすること。
- III 子どもたちの主体的な学びを支援する意味でコミュニケーション活動がもたらす効果について明らかにすること。

2. 自分たちの科学を拓くとは

学校の理科の授業での実験は、科学者が科学の実践として行う実験とは根本的にことなる。科学者が実験するのは、本当に未知のことを探求し、仮説を検証するために実験する。ところが理科の授業での実験では、こうなるはずだということが、少なくとも教師にはわかっているし、そういう事態であることを生徒もわかっている。したがって、予想された結果を出すのが実験であつて、それが出ないのは失敗であり、やり方がまちがったことになる。しかも、どういう実験をするかはその道具や材料、手順の細部にいたるまで、一部は子どもに考えさせたとしても板書・プリント・教科書等を通じてほとんど教師によって示される。生徒は、まるで本を見ながら料理を作るかのようにひたすら指示どおりに従うだけである。さらに、生徒にとっては、失敗しようが成功しようが、とにかく何かやっていれば、いずれ正解を先生が教えてくれる。そんな中で生徒は本気で実験する気がなくなる。おもしろいのは、作業ができることと結果が出ることではあまりに不敏である。

実験・観察を行うということは、子どもにおいても科学者と同様に、自らの自然の世界に

についての問いかけ、すなわち「自分たちの考え方・論理・科学」を検証、修正、発展させるために行われるべきである。そして、実験観察を通してこうした考え方が検証修正されたりして、これを深め、発展させる方向が明らかになるとき、子どもにとっても科学者においても自らの存在証明とでも言うべきある種の世界が確立されるものと考えられる。子ども一人ひとりの「科学」（論理やこだわり等）がお互いの考え方に触れることにより、新たな気づき、修正、発展の可能性を拓き、さらに、みんなで「自分たちの科学」をつくりあげていくような授業を目指したいものである。

3. 自分たちの科学を拓く授業の構想

(1) 基本的な考え方

自然界には、神秘的とも言えるほど理にかなったしくみや規則性等、まだ気づかない多くの魅力的な‘秘密’が隠されており、それらを探る過程でそのしくみの素晴らしさに感得したり、科学的に究明することの面白さを味わうことができる。普段の生活の中で見過ごしがちな現象を新しい角度から再発見させると、新鮮な興味関心が大きく膨らむであろう。そこで、子どもたちが気がついたことやその原因の予想及びその根拠をあげさせ、お互いの意見を交流させることを通して、どうしても解決せずにはいられないような課題意識にまで高まったとき、はじめて子どもたちの自動的学習が始まり、教師はその支援者になれる。これらの課題は、生徒にとって答えを予め知っていることもなく、かつ身近な現象であることから自分たちの既有の知識・経験・技能等を駆使して解決するのに適している。さらに、これらの課題には様々な条件がからんでおり、多様な発想や条件統一の吟味だけでなく、複合的思考や発想の転換等柔軟な対応力が求められる。そこで、それぞれ自分なりの解決方法やこれらに対する互いの考えを出し合い、学び合う中でその過程を自己評価・他者評価し、さらにそれぞれの場面で多様に感じる自己をじっくり味わう（メタ認知）。このように、様々な価値に気づくことのよさをゆとりをもって味わうことが、自分たちが自ら科学を拓いている実感につながる。

(2) 自分たちの科学を拓く（子どもたちの多様な考えを活かして主体的な学びをつくる）すじみち

生徒が自ら課題をみつけ、その課題を解決するために仮説をたてて、それを検証する実験を考える。そして、主体的に実験を実行し、その結果を分析する姿を教師が支援していく授業の流れを表1に示す。その過程の中で課題を設定する場、仮説を設定し、仮説を検証する方法を考える場、結果を吟味する場等で意見を交流させることを通して高め合うとともに、自他のよさを感じる機会をつくる。さらに、そのように感じた自己を振り返らせることを通して今の自己に気づかせ、新たな自己を求めさせることをねらいとする。

【表1】自分たちの科学を拓く授業の流れと教師の支援

	生徒の活動	教師の指導・支援
問いの構成	○自由な観点から問いを構成する ・不思議なこと、気づいたこと、既有の経験とのずれ等を述べる・事象の原因の予想やその根拠を述べる	○問いの湧出する場を設定する ・説明を交えずに実験の演示を行ったり、事象の提示をする ・野外の特定の場所を案内する

	<ul style="list-style-type: none"> ・みんなで交流し、多様な考えにふれ、それぞれの問いを深める 	<ul style="list-style-type: none"> ・事象の体験を十分に行わせる ・表現の稚拙さ、造語、多様な解釈を承認・奨励する
方法の吟味・追求	<ul style="list-style-type: none"> ○問いの解決方法を探る ・仮説の設定 ・検証実験・観察の計画 ・仮説や検証方法をお互いに発表し合い、質疑応答やアドバイスを受けてよりよい方法を考える ・よくわからなくなったら問題を整理して、1つずつ吟味する 	<ul style="list-style-type: none"> ○課題解決の見通しや方法等を組織化できるように援助する ○仮説や検証方法を討論させる ・仮説や方法に矛盾がないか ・本当の解決になっているか ・残された問題はないか ・生徒が行き詰まっている時は問題の整理や意欲づけをする
成果の議論	<ul style="list-style-type: none"> ○検証の結果の分析を行う ・自分たちの実験結果を分析する ・結果をわかりやすく発表する ・様々な班の多様な方法や結果を総合的に分析し、討論する 	<ul style="list-style-type: none"> ○内容が矛盾しないか、適切か他にもよい方法がないか問う ・考え方が大切であると伝える ・多様な解決方法を出させる ・各自に有能感を感じさせる
今の自己	<ul style="list-style-type: none"> ○課題に取り組んだ自己を振り返る ・印象に残ったことを振り返る ・印象に残った理由を考える ・印象に残ったことを感じた自分についてどう思うかを考える 	<ul style="list-style-type: none"> ○今の自己を振り返らせる ・自分がその経験をどのようにとらえているか意識させる ・経験の意義に気づかせる ・そのように感じた自己はどのような自己なのか考えさせる
新たな自己	<ul style="list-style-type: none"> ○新たな目標を考える ・自分が何をしたいか考える ・自己を高めるためにはどうすればよいか考える ・自分に何ができるか考える 	<ul style="list-style-type: none"> ○これからどのようにしていきたいか問う ・どんな学び（内容・方法・環境）をしたい ・どんな自分になりたいか

4. 実践事例

(1) 内容

単元 第1学年「植物の秘密を探ろう」ータンポポのすみ分けの原因ー

日時 1997年4月25日～6月2日

対象 1年A組（男子22名、女子20名）、B組（男子22名、女子20名）

流れ まず、学校内に生えている野草と直接対面させる。普段見過ごしがちな野草を新しい角度から再発見させることを通して新鮮な興味関心をもたせると共に、自分たちが気づいたこと、その原因の予想をあげさせることを通して自己の課題意識を促す。さらに、自分の考えを概念地図等で整理・拡大・明確化させて仮説に高め、それを検証する方法を考えさせる。次に、仮説ごとに班を組織し、探究させる。その過程において、班内での話し合い、全体への発表討論を通して自己及び他者の立場を感じとらせる。そして、様々な対象（教材、教具、学習内容、学習方法、環境、他者、経験等）にそれぞれ感じた自己を見つめることを通して、様々な価値に気づき、感じる自己を味わう機会をもうける。

実施時間配分（15時限扱い）

第1次	野外調査と共通実験・観察	5時限扱い
第2次	仮説づくりと検証方法の検討	2時限扱い

第3次 実験・観察とまとめ

4 時限扱い

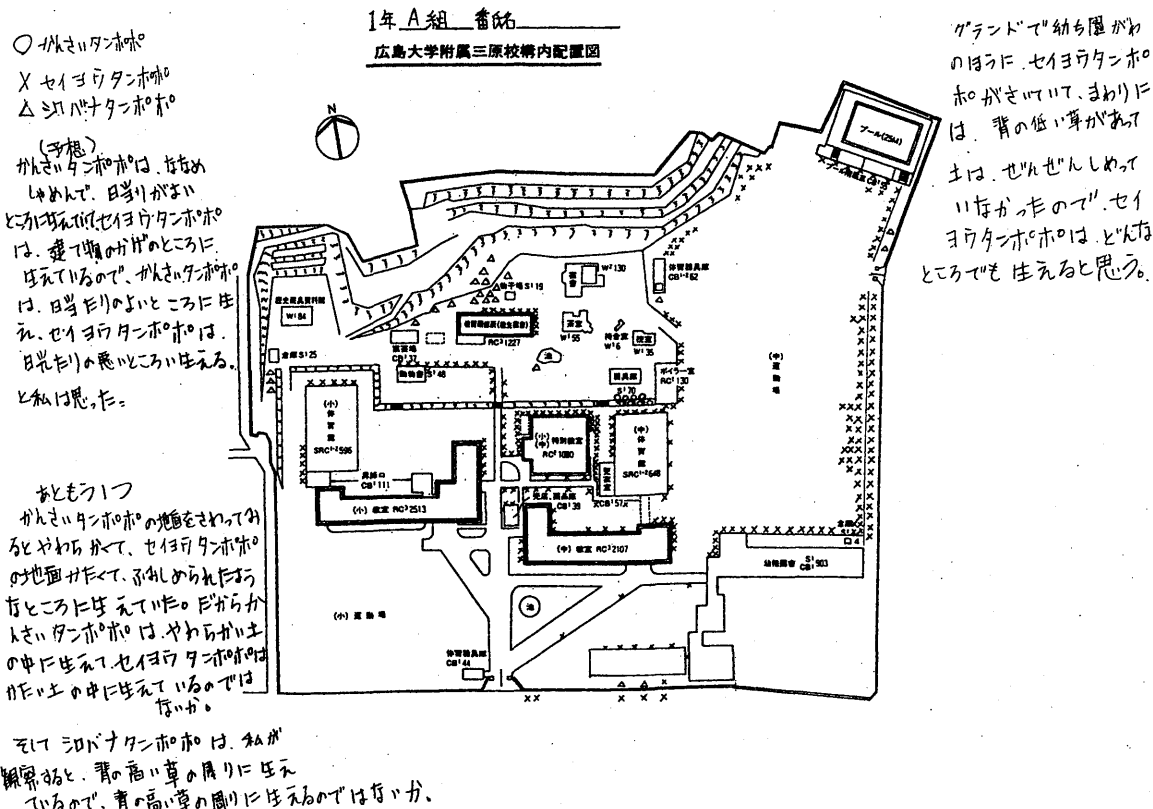
第4次 結果発表・討論とまとめ

4 時限扱い

(2) 結果と考察

① 課題設定時の事象提示の工夫とその効果

ア. 全体抽象型の事象提示と局所具体型の事象提示の生徒の気づきの比較



【図1】ある生徒の学校内のタンポポ類の分布調査

A組とB組で次のように事象提示の方法をかえて、それらの効果を調べた。

A組：全体的で抽象的な事象提示（全体の様子から傾向をつかみ、その予測が正しいか確かめる）

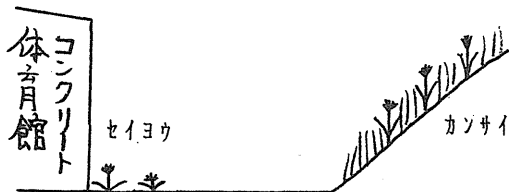
学校の校庭内全体の地図を渡して各タンポポの分布を調べ(図1)、その後、みんな
でデータを重ね合わせて気づきをあげさせた。そして、各タンポポの分布の特徴から
そのすみわけの原因を予想し、その予想が正しいか確かめるために、通学路のタンポ
ポの分布やその生育環境を調べた。

B組：局所的で具体的な事象提示（違いが最もわかりやすい所で予測し、その予測を確かめる）

図2・3のようにカンサイタンポポ、シロバナタンポポとセイヨウタンポポが3m
くらい離れて向かい合って分布している場所に案内し、そこで、気づきをあげさせ、
その原因を考え、発表させた。その後、その予想を確かめるために校庭内や通学路の
タンポポの分布や生育環境の調査を行った。

(A組(全体抽象型)の気づき)

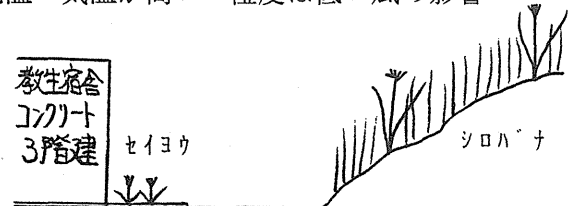
外国産タンポポの方が日本産タンポポより
日なたに強い
ふみつけに強い
土の酸性度が強い
地温・気温高い・湿度低い
排気ガスが多い



【図2】体育館と土手の間の場所

(B組(局所具体型)の気づき)

外国産タンポポの方が日本産タンポポより
日が当たる時間が長い・光が強い
ふみつけの回数が多い・強くふまれる
土の色がうすい・酸性度が強い・成分も違う
土がかたい・粒が大きい
土の水分が少ない・土の中の生物も少ない
地面の傾斜がゆるい・まわりの草の高さが低い
地温・気温が高い・湿度は低い風の影響



【図3】教生宿舎(コンクリート3F)と裏山との間の場所

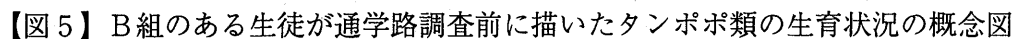
局所的で具体的な所に案内し、そこで気づきをあげさせ、その原因を考え、発表させた方が、学校内のタンポポの分布調査を行ってデータを重ね合わせてから全体的な傾向をみんなであげるよりも、すみわけの傾向や原因についてあげた数が多く、また、日なたと日陰のように2分するだけでなく、日が当たる時間の長さや光の強さで分けるなどより具体的にあげている。これは、違いが最もわかりやすい所で予測したことの他に、その場所を観察しながら考えられるのでイメージしやすく、場所を限定しているため例外も見えにくかったためと考えられる。しかし、全体的な傾向を見ることができなかったため、道路側にセイヨウタンポポが多く、カンサイタンポポやシロバナタンポポは、山側に多いことや排気ガスと関係があるのかもしれないという発想は出なかった。

これらのことから具体的な場の方が子どもたちにとって多様な意見を主体的に出しやすいことと、全体的な視点からの補足も必要であることがわかった。図5に示した生徒は、はじめに、図4(図2と同じ)や図3の場所に案内して、どうしてタンポポがすみ分けているのかきいたときには「まわりの草とタンポポの高さとの関係」や「ふみつけに対する強さ」、「土の乾燥・酸性度」「酸性雨」等かなりしっかりと原因の予想をしているが、「排気ガス」や「道」との関係は全く出ていない。



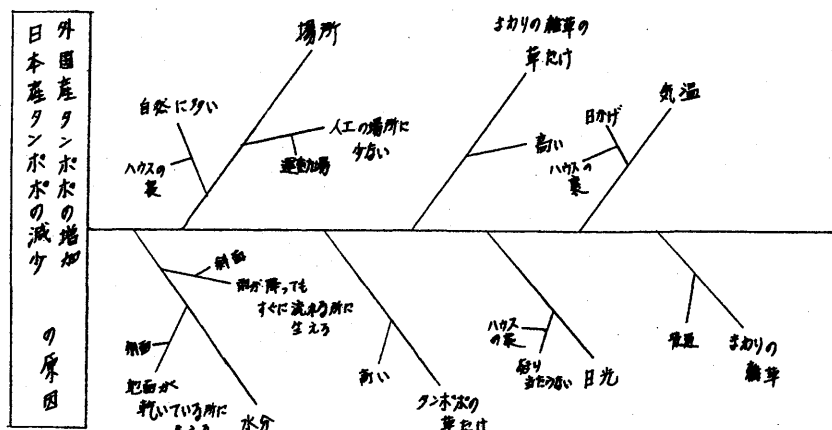
そこで、A・B組とも順番はかわるものの同じ内容を体験するように配慮した。

【図4】セイヨウタンポポとカンサイタンポポが向き合う所



先の課題を解決するための仮説づくりを行う前にまず図6のような特性要因図(1952年石川薫氏によって考案)を個人で書き、その後全体で話し合った。特性要因図とは、ある問題に対し、その原因(要因)を木の枝状に書き込んだ図として示されるもので、個々の人それぞれが知っていること、わかっていないことを明確にできる。さらに、ある目的を達成するために過去の経験や知識を利用して未知の新しい結論や手段を見つけ出させたり、個々の人それぞれが認知面の状況を気づかせることができる。つまり、このような認知活動はメタ認知に関わる自己評価を促すことができる可能性を示していると考える。今回、矢印でなく実線で結ぶこと、かつ原因の可能性を百分率で表すことでよりわかりやすく改良した。

— 47 —



【図6】ある生徒が日本産のタンポポが減少した原因を推定して書いた特性要因図

③植物のすみわけの原因の仮説とその根拠にみられる子どもたちの多様な考え

ー各班が立てた仮説とその根拠の分析ー

各クラスでセイヨウタンポポとシロバナタンポポ・カンサイタンポポの分布の違いの原因の予想を出し合い、討論したことをもとに、調べたい内容別に各班に分かれて、その班ごとにさらに、自分たちの仮説とその根拠(表2、3)、検証方法、準備物及び計画について話し合った。A-7では、外国産の方が種子がよく飛ぶという説から、種子が多い方が有利だ、さらに、発芽率も関係するのではという新たな発想が次々とでるなど全体で話し合ったものよりかなり問題を深く掘り下げている班が多かった。また、外国産のタンポポの方が光合成量が多いと考えている場合でも、デンプンの量や酸素の量あるいは二酸化炭素の量の変化で調べようとするなど、既習の内容を活かしてさまざまな方法を探ろうとし

【表2】1年A組の各班の仮説とその根拠

	チーム	仮説(*)	仮説の根拠
1	公害	排気ガスに強い	タンポポの分布調べの時外国産は道路の近くにも生えていたから
2	気候	乾燥に強い 気温の変化に強い	外国産は空気が乾燥した運動場にも生えている 温度変化の激しいアスファルトの付近にも生えていたから
3	開発	環境の変化に強い	道路付近は外国産があるが、山の方は日本産がいっぱいあるから
4	土	乾燥した土もOK 酸性の土もOK 固い所でもOK	日本産は見た目が少し湿った土の所に生えているからから 日本産は排気ガスによる土の汚染のないような所に生えている 外国産の方が人がよく踏むようなところにも生えているから
5	根	根が長い 根の吸水量が多い 根の生命力が強い	外国産は乾燥した所にもはえているから 外国産は乾燥した所にもはえているから いろんな所に生えているから
6	ふみつけ	ふみつけに強い	外国産のタンポポはいたるところに生えているが、シロバナタンポポは一定の場所にしか生えていないから
7	繁殖力	種子が多い 種子がよく飛ぶ 発芽率が高い	外国産の方がたくさん咲いているから 外国産の方が広い範囲に咲いているから 同じ広さの中に外国産の方がたくさん咲いているから
8	周りとの競争	周りとの競争に強い	カンサイはきまった所にしか生えないけど、外国産はいろんな所にはえていたから
9	光合成	光合成量が多い	外国産は日光のよくあたる所(運動場など)に見られるけど、カンサイタンポポはそういう場所に見られないから

【表3】1年B組の各班の仮説とその根拠

* 仮説は(外国産タンポポの方が日本産タンポポより)を省略

	チーム	仮説	仮説の根拠
1	公害	酸性雨に強い	タンポポの分布調べの時外国産は道路の近くにも生えていたから
2	気候	乾燥に強い 気温の変化に強い	外国産は空気が乾燥した運動場にも生えている 温度変化の激しいアスファルトの付近にも生えていたから
3	開発	環境の変化に強い	道路付近は外国産があるが、山の方は日本産がいっぱいあるから
4	土	乾燥した土に強い 酸性の土に強い	よく乾燥した運動場には外国産しか生えていないから 酸性雨が強くなっているのに対し、外国産が増えてきているから
5	根	根が長い 根の吸水量が多い 根の生育力が強い	外国産はアスファルトやコンクリートの間の所にもはえているから と昔より外国産が増えてきているから 草をかってでもすぐ生えるから
6	踏付け	ふみつけに強い	花茎や葉が短い方が倒れても起き上がるのにかかる力が小さいから
7	繁殖力	繁殖力が強い	外国産の方がいろいろな所にはえているから
8	競争	競争に強い	外国産はさまざまな草の高さから育つ
9	光合成	光合成量が多い	外国産のタンポポは日陰にも生えているから

ていた。光合成量が多い等の予想に比べ、種子が多いや葉の面積・数が多い等は、観察による気づきから出たもので、対象と向き合う中から新たに意欲が生まれた例であろう。また、全体的に外国産のタンポポは日本産のタンポポより強いというイメージを持っているものが多いのは、明確な根拠は無いもののカンサイタンポポやシロバナタンポポの数がかなり少なくなってきたこととセイヨウタンポポが増えてきている現象からイメージしているものと考えられる。

④発表時におけるコミュニケーションの分析

各班で模造紙に仮説・仮説の根拠・検証方法・結果・まとめ等を書いて発表した時、かなり積極的な質疑討論が行われた。条件統一に関する質疑、アドバイスがもっとも多く、ついで、データの数をもっと多くしないと仮説を検証できないこと、実験方法に関すること、その実験だけでは厳密には検証になっていないこと、別の視点の研究の示唆等があり、生徒の自己評価カードにも、討論のよさの記述が大変多かった。また、アドバイスカードには、技術的なアドバイスや内容的なアドバイスだけでなく、発表時の文字・図のわかりやすさ、声の大きさ、説明の仕方、質問への答え方等についても互いに積極的に気づきをアドバイスし合っているようすがうかがわれた。次に、ある班の発表・質疑・討論のようす、これらに対する生徒の思い及びそれらの分析を例として示す。

I B組繁殖力班の発表・質疑・討論と生徒が記述した思い及びそれらの分析

ア) 1年B組の繁殖力班の発表内容

＜仮説＞ セイヨウタンポポ（外国産）の方がシロバナタンポポ（日本産）より繁殖力が強い。

＜根拠＞ セイヨウタンポポの方がいろいろな所はえているから

＜方法＞ ○種子の数＝1つの茎（花茎）にある種子の数×茎の数により
シロバナ＝150個（平均）×6本（平均）＝900個
セイヨウ＝250個（平均）×10本（平均）＝2500個
○実る率 種子をつぶして中身がある確率を調べる

シロバナ＝70%

セイヨウ＝80%

○飛行距離 種子を扇風機の風で飛ばして飛んだ距離をはかる

シロバナ＝54.8cm (平均)

セイヨウ＝69.1cm (平均)

○発芽率 シャーレに2種類の種子をまき、発芽率を調べる

シロバナ＝0% (種子10個中 0個発芽)

セイヨウ＝100% (種子10個中10個発芽)

<結果> 繁殖力のおよそのめやすを調べるため次の式を考えた

○繁殖力＝種子の数×実る率×飛行距離×発芽率

シロバナ＝ $900 \times 0.7 \times 54.8 \times 0 = 0$

セイヨウ＝ $2500 \times 0.8 \times 69.1 \times 1 = 138200$

<結論> シロバナよりセイヨウタンポポの方が繁殖力がまさっている。

イ) 質疑応答のようす

「ハーイ」10人くらい挙手

S1: 中身があったらどうなんですか

H1: 中身がなかったら中に何もないので発芽できないことになります

S2: 遠くに飛ばせば飛ぶほど繁殖力が強いことにつながるんですか

H2: いろいろな環境がありますね、その場によって。それでその環境に必ずしも合うとは限りません。だけど、セイヨウタンポポのようにいろいろな所に飛んでいろいろな場所に分布すればどれかは合って、セイヨウタンポポはそのどこかで生き延びてまた種を飛ばしますので、だから、シロバナのようにせまい所にしか繁殖しなかったら、その場所が合わなかった場合、全部シロバナは全滅するけど、セイヨウはどこかで生き残っていてまた種子を飛ばすことができるからです。

(10人くらい挙手。その中で、S3が「ハイハイハイハイ」と大きい声でアピールし、指名されると「イエーイ」と歓声をあげた。)

S3: 何で全部かけるんですか。全部かけて何がでるんですか

H1: 種子の数は多い方がはえる確率が高いですね。あと、発芽率も高い方が繁殖がしやすいですね。あと飛行距離が長い方が繁殖しやすいし、中身があるかというのも多い方が繁殖しやすいので全部かけました。

S4: シロバナタンポポの発芽率が0%って書いてあって10本調べて1本もはえなかったっていうのは、10%なかったということがわかっただけで0%とは限らないからそのところがおかしいと思いました。

H2: 0%と言っちゃあいけないのかもしれないけど、一応、これも実験結果なので勝手に5%とか決めるわけにはいけないので、一応、10個のうちの1個も発芽しないとわかったので、0%にしたけど、100個とやれば1個か2個発芽すると思うけど、この結果では5%とか、10%以下とはわからないので勝手に決めるわけにはいけないので、実験結果にそってやったのでこれは何と言われてもどうしようもないので答えにくいです。

(10数名の手が上がり、ハイ、ハイ、ハイ、関連、関連と活発に指名を要求)

S 2 : 発芽する環境や時期や温度などを発表しなかったんだけど、だから……あまり開発されていない所とかそういう所で発芽するとか、そういう発芽する環境の違いとか時期の違いとかがあるけえ、そういう環境の中でセイヨウに合った環境でシロバナには合わない環境だったから発芽しなかったかもしれないじゃないんですか。

(同じでーす)

H 1 : えーと繁殖力というのはどんな所でもはえれるという意味で、だから発芽率はシロバナは0%でも、セイヨウは100%出ているのでこうしました。

S 5 : 関連しない別のこともいいん?

H 2 : 待って、関連することで何か意見はありますか。

S 1 : えーと茎の数とかかけているんだけど、6本とか10本、ちがう数をかけているのはなぜですか。

H 1 : この茎の数というのは、シロバナタンポポがだいたい6本(花)茎があって、セイヨウタンポポだったら1つに250個種がついていてこういう茎が10本あって、1つのタンポポが全部で何個種をつくるかをあらわしています。

S 6 : 全部かけて何が出るんですか。かけた答えは何なのですか。その意味が分からないので教えてください。

(他の生徒からも「僕もわからないので教えてください。」「僕も同じです。」との声)

H 2 : その数値は何かといわれても答えられません。だけど、こういう結果がたくさんあって、それらをかけてその数値の開きによって繁殖力が強いかどうか調べてみたかっただけです。

S 7 : ここのシロバナの所に0があるんだけど、せっかくシロバナは、種子の数が900とか出ているんだけど0があつたら、どっちみち0になってしまうので、足した方が効果的だと思う。

(それに対して間髪を入れず数人が一斉に「いいでーす」、続いてつけ足そうと一斉に「はい」挙手した。
この動きと同時くらいに発表班側から、

H 1 : それについて答えるんだけど、発芽率は足すんじゃなくて、そのうちの何個が芽が出るかということなのでかけないといけないし、1個ずつ見ても全部セイヨウの方がシロバナよりも数値が高いので0のところを10にしてもセイヨウの方が数値が高くなります。

S 8 : 発芽率で、シャーレに種子をまき、発芽率を調べるって書いてあるんだけど、結果で10個はえたって書いてあるんだけど、何日して調べたんですか。

H 1 : 前の時はセイヨウが1個だったんだけど、今日見てみたら10個全部芽が出ていたので100%になったのは……、10日後です。

S 4 : 中身があるかどうか調べるということなんだけど、セイヨウは、80%中身があって、中身がなかったら発芽しないはずなのに、なんで発芽率の時は100%で中身がないのはいのですか。

H 2 : それは……、それは、あくまでもたまたまです。そりゃあ、セイヨウも何回もはかつ

H 2 : それは……、それは、あくまでもたまたまです。そりゃあ、セイヨウも何回もはかったら毎回100%になるってことはまずないと思うし、シロバナも毎回はかったらまず0%なんてことはないと思うけど、今回、植えた種には全部中身があったということです。

ウ) 自己評価カードにみられる討論に対する生徒の思い (感想)

①質問した生徒

S 1 : 実験を1回しかやっていないので確実な結果は出ないと思う。

S 2 : もっとわかりやすく質問がないように書けばいい。

S 3 : かけたらなにになるのか!!

S 4 : 表やグラフがなくて、質問が多かったのに、ちゃんと質問に答えているからすごいと思った。

S 5 : もっと質問したかった。残念!

S 6 : 全部かけたら何が出るのかわからない。

S 7 : カンサイが0%だったらカンサイが絶滅するから0%以上10%以下と書けばいいと思う。

S 8 : とってもよかった。結果の中でむじゅんしている所が見られたがたまたまであろう。それにしてもセイヨウは何をとっても強い。

②質問できなかった生徒及び質問しなかった生徒

SN 1 : いろいろな方法でやって、なおかつ、それをまとめて数字に表していることがすごい。

SN 2 : シロバナが0%ということはシロバナが生えないということなのでおかしいと思う。でも質問の答え方がよかった。

SN 3 : やっている意味は分かったが、結論として日本産のタンポポが0になるのはおかしいと思う。でも、セイヨウとシロバナでそれだけ差が大きいことはよく分かった。

SN 4 : もっと発芽率などを詳しく調べたらよい。

SN 5 : 飛行距離は、シロバナは高く、セイヨウは低いので、その高さから飛ばしたのですか。

SN 6 : とってもおもしろい考え方をしていると思う。だけれども、同じ強さの風でセイヨウの方がよく飛ぶのは分かったけど、まわりの草の高さによってセイヨウが風の強い位置、カンサイは弱い位置に生えているとするならば、実験は余り成り立たないと思う。

SN 7 : 種子の数で茎の数が、6本と10本と書いていてそれぞれかけているけど普通1つのタンポポに対して茎は1本だと思う。よく分からなかった。

SN 8 : 表がなくても、質問に対する答えで補っていて、わかりやすかった。2人しか答えていなかったのが悪い。

SN 9 : 数字をかけているのとかよく分からなかった。もぞうしにどうしてかけているのとかくわしく書いてほしかった。

SN 10 : 説明されるまで式の意味が分からなかった。質問に答えているのがよい。

SN 11 : 自分たちで計算の式を出して結果が分かるようにしていたからよかったと思います

た。H1君の答え方がわかりやすかった。

③発表班の中で質問に答えた生徒

H1：いろいろな質問が出てきたけど、とくに、「発芽率が100%なのに中身が80%」という質問は、その通りだと思った。

H2：もっと詳しく書いておくべきだった。

④発表班の中で答えられなかった生徒及び答えようとしなかった生徒

HN1：あまり意見が出せなかったのでいけないと思った。

HN2：質問に1回も答えることができなかったので悪かったと思った。

HN3：発表がかたまっていたので、もう少し他の人も発表すればよいと思う。

次に、討論で交わされたコミュニケーション及び生徒への影響を分析していく。

発表者・質問者共に見られた集中した鋭い視線や挙手、夢中になって考えている表情、考えながらも発表できるほど自由に発言できる雰囲気、挙手をして指名された時の喜びの声等、一般的に見ると大変活気に満ちた活発な授業であった。また、授業が終わった後も続いて議論したり、表情にも満足感やまだ議論したような気持ちがあふれている生徒もみられ、教師の所まで発表したかったことを伝えて来た生徒もいた。たしかに、自分たちが調べた種子の数、実る率、飛ぶ距離、発芽率をやや無理がありながら、なんとか繁殖力に結びつけようとしてあれこれ考えて教師の常識からは考えられないような式をつくったことがみんなにとって大変興味深かったこととその中に不備と思われること（討論の他にアドバイスカードの中にも飛行距離をそのままかけるのはおかしいとか、扇風機で種子を飛ばすとき本当なら1個ずつバラバラにしてして飛ばすのではなくて花茎にくっつけた状態で、かつ自然のように花茎の高さをかえてやるべき等）が何箇所かあったことも討論を盛り上げた要因と考えられる。しかし、式に意見が集中して、関連質問が続き、他の内容の質問の時間がなくなったこともあるが、他の例に比べて質問者が限られ、偏っていることが気になる。発表者側は、さらに最初の発表の際にはみんなで得意なところを分担していたが、質疑に入ると、式のことの質問が多かったこともあるが、2名が代表して答えている。かなり積極的な2人ではあるが、発表班の他のメンバーの発言も欲しかった。確かに発言しなかった者も活発な意見の応酬を真剣に聞いていたが、自己の存在意義を感じることができたとは思えなかった。しかし、自己評価カードをみると、発表できなかった生徒のほとんどが、実際に発表した生徒と同じくらいに積極的にかかわり、深く考え、また、発表したいと願っていることがわかった。ふだんなら、教師の方から短絡的に「今日は、発表できなかったけど、次は発表しようね」と言ってしまうような状況だったが、「なかなかよく考えていたね。次のチャンスには言えるといいね」とアドバイスし、その後も、計画・実験しているようすを見守ったり、励ましたりする中で、自分たちを活かすように指導してきた。その結果、次の課題では自分たちが中心となって班を編成して、主体的に活動し、質疑応答も行った。

生徒の自己教育力を引き出し、それを支援していくことの大切さを実感した。

Ⅱ A組で自然発生的に起こった全体討論と生徒の自己評価及びそれらの分析

ア) 自然発生的に起こった全体での討論のようすとその分析

発表会の中で論理的に比較的よく研究している班の発表が終わり、発表班の司会で質疑が

淡々とすすみ、質問が比較的少なく、発表班が少し拍子抜けした感じであたりを見渡し、他に質問はありませんかと問うて、しばらく時間が過ぎ、もう待っても出そうにないので、それではこれで僕たちの班の発表を終わりますと言って、みんながアドバイスカードを書き始めた時、「あのー…、ちょっといいですか。なんかおかしいと思ってたんだけど…」と一人の女の子が言い始めた。そこで、みんなが書くのをやめてその子（A子）の方を向きなおした時、「植え替えるといろんな条件は統一できるけど、環境が変わって、そのために弱ってしまうこともあるんじゃないかと思うんだけど…」と言った。これに対して発表班が「そうはいっても違う環境で比較したら意味がないんじゃないですか」と答えたとたんに15人ぐらいの生徒が一斉に反応し、そこから反論の反論やつけ足しとかなり活発に討論が交わされ、結局、植え替えるのならそのダメージがかなりなくなるまで期間をおいてから実験をおこなうてはいけないこと、それでも土や日当たりなど環境が変わるのでその変化に影響される可能性があるのもあまり変化しないようにする必要がある。さらに生えている場所に適応していること自身も意味があるのではないかということに発展した。まだ、その時点では、すべての生徒がそのことを理解しているとはいえないが、そのことにふみこむ学習のきっかけができたことは大きな意味があった。植えかえるかその場所で実験するかというみんなが高い関心（エネルギー）をもった話題であったこともあるが、そのたまったエネルギーをみんなで討論し、さらに発展させるきっかけとなったA子の発言は個人の中に蓄えられ、頭の中で思いを巡らし、吟味するだけのある種のじっと考えるゆとりとそれを可能にする周囲の雰囲気があったからではないかと思われる。日頃の実践の中でこのような場面のチャンスを数多く逃していたのではないかと考えさせられた。

イ) 自己評価カードに見られる生徒のメタ認知のようすとその分析

生徒は、メタ認知を促進するため授業の最後に自己評価カードで次の内容について記入している。以後、生徒の記述及びそれらの分析について述べる。

1. 今日の学習でどんなことが印象に残りましたか。
2. なぜそれが印象に残りましたか。
3. そのように印象に残ったことを感じた自分はどんな自分だと思いますか。
4. これからどんな自分になりたいと思いますか。

①最初に質問した生徒(A子)

1. みんなとたくさん討論し合えたこと
2. みんなで意見を言い合って深まったし、すごくおもしろかったから
3. この活発な討論の最初のきっかけは、私の発表からだったと先生からいわれてうれしかったので、今みんなの討論を盛り上がらせた、のっている自分だと思う。
4. これからもこんな気持ちいい自分を見つきたいです。

②発表した生徒

H1

1. 他の人の意見を真剣に聞いて、積極的に討論にかかわったこと
2. 自分から積極的にかかわって、新しいことがわかったから
3. 人の意見をどんどん参考にして自分の考える幅を広げようとしている
4. いろんなことに夢中になれる自分

H 2

1. みんながいろんな所を疑問として質問していたこと
2. 私が思っている以上に、思っていなかった事まで疑問に思っているから
3. 深く考えることにすごいと思っている。
4. 人の話している事をよく聞いて深く考え、また、どうしても自分が考えられなかったことは、友たちの意見とかをしっかりと聞いて、自分に取り入れていきたい。

H 3

1. プランターの土・環境について話し合ったのが印象に残っています
 2. 論理的に話し合い、深まったから
 3. なぜ、そうなるのか論理的に追究するべく
 4. 自分がはじめ興味がない所でもなぜ？と感じ、積極的になっていく自分
- ③発表できなかった生徒または発表をしなかった生徒

HN 1

1. 質問の時たくさん意見が出たこと
2. たくさん意見が出るということは、みんなが意見を言って、質問をされた人も、よく考えているから
3. よく考えているんだが、積極性がない
4. 積極的な自分

HN 2

1. 1つのことについて深く考えていること
2. いろんな条件を考えて、納得させようとしているから
3. 深くものごとを考え出した自分をいいなと感じている
4. もっといろんな考えをもつ自分

HN 3

1. みんなで意見を出し合って発表していたこと
2. みんな集中して一生懸命がんばっていたから
3. みんなの意見を聞くようになった自分、興味深くなった自分
4. もっとみんなの意見を取り入れて発表したい

HN 4

1. 人の発表を聞いていて自分から疑問が浮かんだこと
2. 今まであまりなかったから
3. 小学校のころに比べてがんばっている自分
4. 疑問が出たらすぐに聞けるような自分になりたい

前述の生徒の思いからも活発な討論の中からお互いが刺激され、積極的にかかわったり、深く考えることができたり、新たに気づけたりと、討論やみんなで学ぶよさを感じ、とてもおもしろく楽しく過ごしているようすがうかがえる。そして、「興味深くなった」、「考える幅を広げようとしている」、「論理的に追究している」、「よく考えているけど積極性がない」等、今の自己を自分なりに冷静かつ真剣に見つめ、さらに、「みんなの意見を取り入れて発表する」「いろんなことに夢中になれる」「積極的な」自分になりたいと、これか

がない所でもなぜ?と感じ、積極的になっていく自分」という新たな自己の意識は、論理的に話し合い、深まったことを自己が認識できたことで、教材がかわっても自ら面白さをみつけ、やる気をつくりだそうとしている。これは、自分自身の内なる弱さと闘って学習の方向へと自己を向けていくといった克己や自己統制を不可欠の条件とする第2種の内発的動機づけで、自己教育力の向上につながると考えられる。このように、今の自己を見つめさせ、新たな自己を意識させる方法は、メタ認知力の向上にも一定の効果がみられた。

7. 成果と課題

- (1) 第1次で、基本的な植物の観察実験方法を身につけさせるとともに、植物のつくりのすばらしさに気づかせることを通して植物に対する興味を高めることができた。さらに、第2次で、課題設定時に外国産タンポポと日本産タンポポが向かい合って分布している場所に案内し、そこで、気づきをあげさせる局所的で具体的な事象提示の方が、校庭内の分布調査を行ってデータを重ね合わせてから全体的な傾向をみんなであげる全体的で抽象的な場面提示よりも、すみわけの傾向や原因についてあげた数が多く、また、より詳しく具体的に述べている。これらのことから具体的な場の方が子どもたちにとって既存の経験等を活かして考えやすく、多様な意見を主体的に出しやすいことがわかった。ただし、局所的な場で予測した傾向が全体的に他の場所でも見られるか、校庭内及び通学路でも調査した。また、仮説づくりを行う前に、原因の可能性を百分率で表すことでよりわかりやすく改良した特性要因図を個人で書き、個々のわかっていること、わかっていないことを明確にするとともに、ある目的を達成するために過去の経験や知識を利用して未知の新しい結論や手段を見つけ出したり、個々の認知面の状況を気づかせることができ、メタ認知に関わる自己評価を促す意味で有効であった。その後全体で話し合ったことで、シロバナタンポポやカンサイタンポポがセイヨウタンポポと分布が違う原因について、日光、気温、地温、ふみつけ、土の固さ、水分、肥料、まわりの草の高さ、種子が飛ぶ距離等多くの原因の予想が共有されて可能性がひろがり、自分たちの好きなものを責任をもって分担し、その方法や結果について討論してみんなで解明しようという雰囲気が生まれた。
- (2) 中間発表の時には、班の発表に対し、かなり積極的な質疑討論が行われ、条件統一に関する質疑や様々なアドバイスや別の視点の研究の示唆等があり、生徒の自己評価カードにも討論のよさの記述が大変多かった。また、技術的なアドバイスや内容的なアドバイスだけでなく、発表の仕方や答え方等についても互いに積極的に気づきをアドバイスし合ったり、他の班のアイデアのすばらしさや取り組む姿勢に感心したり、他者のよさに自分たちも意欲づけられているようすがみられた。
- (3) 討論直後の生徒の思いをみると、活発な討論の中からお互いが刺激され、深く考えることができたり、新たに気づけたりと、討論やみんなで学ぶよさを感じ、とてもおもしろく楽しく過ごしていた。また、これからもっと前向きに取り組みたいとの意欲が感じられた。今回、コミュニケーションに注目してどのようなときに討論が深まるのか、そのとき、さまざまな立場の生徒がどのようなことを感じているのかを詳しく見ていくことでさまざまな発見があった。特に、討論やその時の自己をふりかえらせることで、ほとんどの生徒が自分の中で、発言できなかつたり、答えられなかったことが、強く意識されていて、自己

教育力や自己評価力、他者評価力は、教師がその子に対して持っている予想をはるかに越え、かなりのレベルに達しており、これを活かして自ら踏み出せるような展開をどんどん取り入れていくことの有用性と必要性を痛感した。

《引用・参考文献》

- | | | | |
|------|--------------------------------|---------------|------|
| 梶田叡一 | 『真の個性教育とは』 | 国土社 | 1987 |
| 佐伯 胖 | 『理科の「わかり方」を変える』 | 理科の教育, No.552 | 1996 |
| 細谷克也 | 『QC的ものの見方・考え方』 | 日科技連 | 1992 |
| 森本信也 | 『子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業』 | 東洋館出版社 | 1996 |

生徒の考えと科学的な見方を結ぶ授業をめざして

—ウシの目球を使った中学1年「光の性質」の授業実践を通して—

豊橋市立東部中学校 中村 佳嗣

はじめに

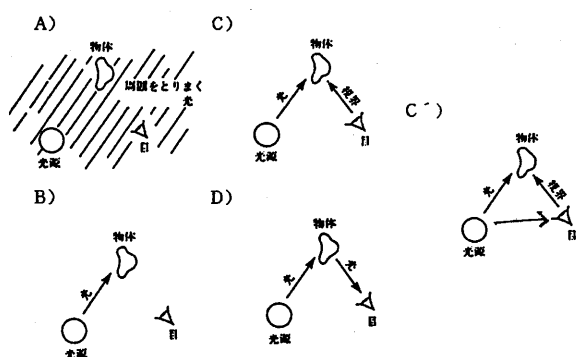
理科授業の中で、生徒の概念の転換の困難性が先行研究により示唆され、生徒たちがいかに知識を構成してしていくのかが、さまざまな研究により明確にされてきた^{1) 2)}。その中で「光」についての生徒達の考え方が明らかにされたものがある。光の進み方や物がみえるわけについて生徒達のいわば自己中心的な考えが、取り上げられ説明されている。こうした考えは、光の学習が終わったあとでも見られる考えであり、生徒達の考えと授業の内容がかけ離れていることが指摘されていた。

また、生徒達の既有的な考え方と科学概念への変遷過程が明らかにされる中で、生徒が論理的に意味をとらえるだけでなく、感情的側面を加味し、個人の価値観を付与させることも示されてきた³⁾。

こうした研究をもとに、実際の授業の中で、生徒達の既有的な考えを基盤にした話し合い活動に焦点があてられ、生徒達が考えを構成していく過程の中からもいくつかの知見が得られた。一つは、生徒達が教師や理科の教科書から得られた知識だけを学んでいるのではなく、これに生徒の日常経験から得られた情報や自らの価値観で知識を構成している⁴⁾という事例だ。もう一つは、話し合い活動において生徒の考えの変容の要因を探る中で、理科の授業をコミットメントの形成の場としてのとらえる報告⁵⁾である。

これらのいくつかの先行研究において、生徒達の既有的な考えを生かすことの必要性が示されてきた。また、話し合い活動の中で、生徒の認識が変容していくことも明らかになってきた。しかし、中学1年の「光の性質」の授業の中で、物の見え方に焦点をあて、生徒の考えや実感と光の進み方を結びつけようとした授業実践は少ない。そこで、本研究では、「光の性質」の学習を進めていく中で、生徒達の、物の見え方についての認識がどのように変わったか、変わったとしたらそれはどのようなものなのか、その原因となることがらを明らかにしたいと考える。

1. 先行研究に見る生徒達の光に関する認識の実態



【図1】「生徒達の光に関する認識の実態」

図1は、R. ドライヴァー、E. ゲスンら⁶⁾が13才から14才の生徒に「物が見える様子」についての考えを調査した結果を4種類に分類したものである。私の地元の豊橋市中学校理科研究部のこれまでの実践においても、D（目に入る）型とC（目がみる）型は比較的多く認められた。これ以外に、C型に類似したC'型（光源が目に入り、目がみている）も多く認められた考えである。特に、C（目がみる）型につ

いては、「見ようとしないと光は入らない」という理由から、すでに「目のつくり」の学習が終わった2、3年生に対する調査結果にも根強く残る考えであった。そこで本研究では、一番多く認められると思われるC（目がみる）型の考えがどこでD（目に入る）型に変容するのか、抽出生の発言やつぶやき、授業ノートを分析する中で明らかにしていきたいと考えた。

2. 研究の方法

2-1. 生徒達が実感的にとらえられる教材の工夫

「光が目に入ってくことで物が見える」という認識を構成していくための教材として、ヒトに近いウシの目球を使うことにした。ウシの目球は大きくピンポン玉ぐらいの大きさがあり、網膜の部分をメスではがすと水晶体に入る光によって実際に倒立の実像を見ることができる。目球をウシの体から取り出すとしだいに水晶体はにごってしまうが、取り出して1、2日なら充分に活用できる。ビデオや模型もあるが、実物にふれさせることで生徒たちに目のしくみをより実感的にとらえさせればと考え、用いることとした。

2-2. 単元の構成

本授業実践にあたって立案した単元構成を表1に示す。

【表1】1年「光の性質の単元構成」

(段階)	(内容)	(学 習 課 題)	(調査)
課題を把握する	光の基本的性質	1. 光が進んでくる様子を考える。	実態調査
		2. 光のプラネタリウムを作る。	授業記録
課題を追究し基本的な考えを獲得する	光の直進	3. 空気中や水中で光の進む様子を調べる。	
	光の反射	4. 鏡に当たった光の進み方を調べる	
		5. 身近な現象を反射の原理で説明する。	実態調査
	光の屈折	6. 水とレンズについて、入るときと出る時の光の進み方を調べる。 7. レンズを通る光の変化を調べる。 8. レンズを通った光が作る現象を考える。(実像) 9. レンズによって物が大きく見えるのはなぜか考える。(虚像)	
課題を応用する		10. ウシの目を使ってヒトの目のしくみを確かめる。	授業記録
課題を振り返りかえる	まとめ	11. 光の進み方で物の見え方を考える	実態調査

※授業の終わりに、課題について自分の考えをまとめる。

この表から明らかなように、本単元を4つの大きなまとまりを構成する中で実施することとした。

(1) 課題を把握する場

生徒たちに具体的なイメージを持たせる場である。物が見えている状態を示し、光源と物体と目の間にどのように光が進んでいるかを中心的な課題とした。具体的には、豆電球と紙コップを使い、プラネタリウムを作成させ自由に活動させる中で、光が広がりながら進む様子をとらえさせながら、光の進み方のイメージを全体の中で意見交換させている。

(2) 課題を追究し、基礎的な考え方を獲得する場

「光の性質」を調べる場である。「光の直進」「光の反射」「光の屈折」の順に学習を進めていき、光の進み方の規則性を確かめさせることを意図した。特に、「光の直進」、「光の反射」の授業が終わった後、反射板に凹凸のしわをつけたアルミホイルをはりつけ、いろいろな方向に光が進んでいく様子を実験によって確かめさせている。

(3) 課題を応用する場

単元の中で学んだ学習内容を使って別の事象を考えさせる場である。今回はウシの目球を使い、目のしくみを実感的にとらえさせることができるようにするとともに、光の進んでいく様子と「見える」ということを関連づけてとらえられる場とした。

(4) 課題を振り返る場

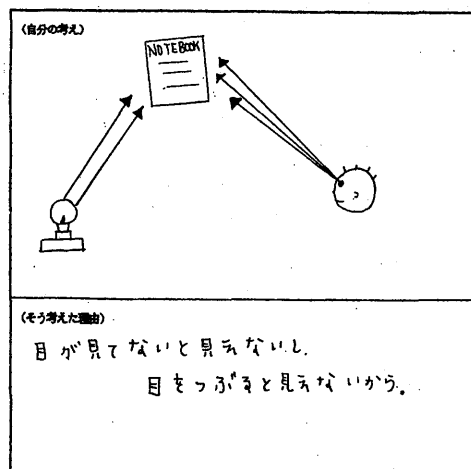
単元の最初に立ち返り、光源と物体と目の間にどのように光が進んでいるかを考えさせる場を設定した。この場面においては、本単元の学習を振り返る中で、自分はどのように考えてきたのか、自分の考えがどのように変容したかをとらえさせた。

3. 結果

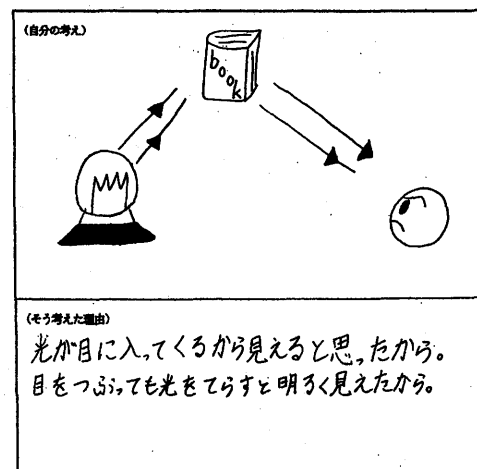
3-1. 抽出生の認識の変容に見る本授業実践の効果

(1) 単元の初めの生徒の考え (第1時)

暗くした部屋で、光源にあたる教師の顔を生徒に見せ、なぜ光をあてると顔が見えるのかを考えさせた。光源と教師の顔そして、生徒の目の間を光がどのように進んでいくかを生徒それぞれのイメージで描かせた。抽出生N子とD男の光の進み方についての考えをあげると資料1-1と資料1-2のようになる。抽出生N子は理科が好きで、自分が納得いくまで自分の考えにこだわり続ける生徒だった。また、抽出生D男は、知識は豊富だが、まわりに自分の考えを伝えるのは不得手だった。



【資料1-1】「単元の最初のN子の考え」



【資料1-2】「単元の最初のD男の考え」

資料1-1にあるようにN子は直線で光の進んでいく様子をとらえているが、図1でいうC型（目がみる）の考えに近い考えをしている。それは、「目が見ないと見えない」という理由からであった。また、D男は、資料1-2にあるように、やはり直線で光の進んでいく様子をとらえているが、図1でいうD型（目に入る）であった。その理由は、「目をつぶっていても光が入ってくる」という考えからであった。

(2) 抽出生N子の変容（第5時）


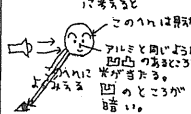
第5時のねらいは、アルミホイルの乱反射の様子から、顔も光を反射していることをとらえさせることがねらいだった。しわしわなアルミホイルに光をあてると光のすじはいくつにもなってしまう。目にはみえなくても、アルミホイルの近くに手をあててやると、いくつものすじになっている様子をたしかめることができる。

【表2】「乱反射についてのグループでの話し合いの記録」（第5時）

発言者	番号	グループでの話し合いの内容	考 察
S 1	1	光って反射するんだよね。じゃあ、しわしわアルミだとどうなる。	○考えに自信が持てない
N 子	2	手を近くに当てると光っていたから、たぶん反射していると思う。	
S 2	3	でも、鏡の時と違ってと赤い線は見えなかったよ。	
S 3	4	ほくには、しわしわな所が光っているようにみえたよ。	○反射の法則だけでなく、物がみえるということにも反射が関係していることに自信を持っている。
D 男	5	手をあてたら、光ったはずだよ。しわしわな所が光って見えたのは、たまたまそこに光があたっていたからで、反射している。見えるってことは、そこからの光が届いているということだから。星や太陽がそうのように。	
N 子	6	じゃあ、先生の顔が見えたのは、光の反射のせい。	○実験の結果とD男の考えから自分の考え変えた。（でも自信はない。）
S 1	7	そうか。顔は鏡のようにないから、しわしわアルミと同じようにはねかえってる。	
D 男	8	物が見えるっていうことは、物に反射した光が目にはいると考えることが、いろいろなことを説明するのにわかりやすい考えだと思うな。	

表2にあるようにN子はこの実験の中で乱反射していろいろな方向に進んでいる光に気づいた。また、グループでの話し合いの中で、D男の「見えるということは、そこからの光がとどいていることだ」という考えを聞いた。

そして、資料2の「N子の授業ノート」にあるように「目が見ているから物が見える」という考えから「光が目に入るから物が見える」という考えにかえた。考えをかえるもとになっ

<p>〈自分の考え〉 〈授業を始める前〉</p>  <p>アルミに当たれば、あつた光がたつて見えるから</p>	<p>〈実験の像〉</p>  <p>アルミはくと同じように考えるよ このうちは見えない アルミと同じように 凹みがあるように 凹みに入ると光が 入る。凹みのところが 暗い。</p>
<p>〈もう考えた理由〉</p> <p>D男の考え ⇒ 鏡や光っているもの以外でも反射していることが分かった。 実験 ⇒ アルミホイルの実験の時に自分の目で確かめることができた。</p>	
<p>頭に入っているか 2</p>	<p>自信があるか 2</p>
<p>〈他の人の考えで印象に残ったこと〉</p> <p>D男の考え 見えるということは光がたつて入っているということ。</p>	

〈授業前〉
光が物にあたって、
目がそれを見ている
から物が見える。

〈教材〉
N子の実験での確かめ
しわくちゃんアルミ
ホイルも反射する。

〈生徒の考え〉
D男の考え
物は反射するから見
える。

〈新たな考えの根拠〉
鏡だけでなく、物体は光を反射してい
る。

〈授業後〉
光が物にあたって、
目に光が入るから、
物が見える。

【資料2】「N子の授業ノート」

【図2】「N子の考えの変容」

たのは「鏡や光っている物以外でも反射している」ことに気づいたからである。

図2にまとめたように、実験での確かめとD男のことばから、新しい「鏡や光っている物以外でも反射している」という考えを構成しさらに、自分の考えを変容させていったと考える。

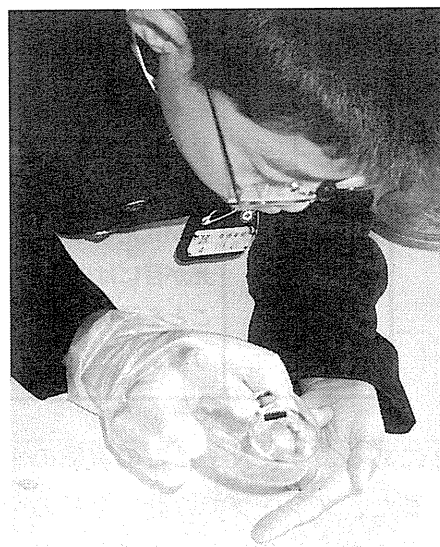
3-2. 実験を含んだコミュニケーションの広がりによる認識の変容と確立について ーウシの目球を使った授業記録から（第11時）ー

この授業では、図3のように授業を展開し、ヒトの目のつくりを学習してから、実際にウシの目球を使って像がどう見えるかを確かめさせた。網膜の部分を取りとることで、ウシの水晶体を通った光が逆さまにうつって見えるのである。

しかし、像をあまり近くに置くと大きくなった像が見えてしまった実践もあった。そこで、教師の支援として、焦点距離を意識させるために凸レンズを用意した。前時までに行った実験のように凸レンズを使うと「近くの像を見ると、大きく見えること」「遠くの像を見ると、逆さまに見えること」を再度確かめさせるようにした。

この授業の前の段階では、S1が「目で見る派」（目が見ているから物体が見える）であ

<p>1. 前時までの復習</p> <p>○ レンズを通った光の進み方を作図により復習する</p>
<p>2. 目のしくみの学習</p> <p>○ 目の模型を見て目のつくりを知り、水晶体を通ったあとの目の中の光の進み方を作図によって知る</p>
<p>3. ウシの目玉を使った実験とグループでの話し合い</p> <p>○ ウシの目玉を使い、像が逆さまになってうつることを確かめる</p> <p>○ ウシの目玉に入った光の進み方をホワイトボードを使いながら、グループで話し合う</p> <p>※ 凸レンズを用意し、像と凸レンズ、凸レンズとスクリーンの距離の違いによる像の向き方の違いを確かめさせる</p>
<p>4. ウシの目玉に像が逆さまにうつるわけを全体で話し合う</p> <p>○ グループでの話し合いの結果をもとに、全体でウシの目玉に像が逆さまにうつるわけを話し合う</p>



【写真1】ウシの目球を使った授業場面

【図3】「ウシの目球を使った授業の内容」

り、N子も第5時に考えを変えて、「光が目に入る派」になったが、まだ、自分の考えに自信を持つまでには至っていなかった。また、D男は「光りが目に入る派で、自分の考えには自信を持っていたが、その考えに確信をいできてはいなかった。

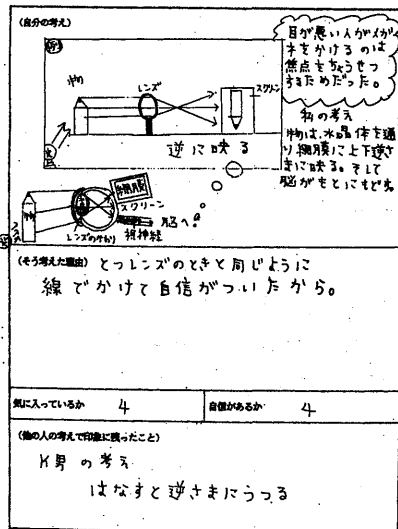
【表3】「ウシの目球を使った授業におけるグループでの話し合いの記録」(第10時)

発言者	番号	グループでの話し合いの内容	考 察
S 1	1	これがウシの目。中は、どろどろしてゼリーみたいだね。	○目が見ているから見えると考えている
N 子	2	のぞいてみるとぼやっと見えるよ、ほら。	○目に光が入ると考えている。
S 1	3	これが反対になって見えんといかんやな。近づけてみると大きく見えちゃうぞ。	
S 2	4	本当。近いと大きく見えるね。	
D 男	5	おかしいな。レンズだもんで、焦点距離が関係してくると思うけどな。	○自信を持って目に光が入ると考えている。
教 師	6	凸レンズがあるから、ウシの目と同じように確かめてみたらどう。	○活動が進んでいないので教師が支援にきた。
S 1	7	そうか。やってみよう。レンズでもやっぱり近づけると大きくなったよ。	
K 男	8	ここはどう。逆さまにうつってみえた。うちのやつは、できたぞ。	○他の班から来た。
N 子	9	どうやったらできた。	
K 男	10	少し、離してみたらできた。	
教 師	11	凸レンズがの時の実験を思い出してみたら。	
S 1	12	そうか。レンズの時と同じで、焦点距離の外に像があればいいんだやな。	
D 男	13	レンズでやってみても、ほら、やっぱり同じだよ。	
N 子	14	うん、目のレンズに入った光がここで集まりながらまた網膜のスクリーンにうつるから、反対になるんだよね。(ホワイトボードに図を書きながら)	○学習した内容をウシの目と結びつけた。
D 男	15	おもしろいね。目もレンズと同じだね。やっぱり、目に光が入るから物が見えたんだ。	○自分の考えに確信を持った。
S 1	16	そうすると、目が見とる派は違うな。	○考えを変えた

表3の「ウシの目球の授業記録」にあるように、最初、ウシの目球を使うと大きく見えていたが、K男たちの班の例を参考にし、教師の支援した凸レンズを使いながら、ウシの目球を使って逆さまにうつる像を見ることができた。

S1はこの授業で表3の発言16にあるように「光が目に入る派」に考えを変えた。グループでの話し合いはもとより、実際にウシの目球に像がうつったことが理由だと考えられる。自分の今までの考えでは説明がつかなくなったからだと考えられる。

また、すでに考え「光が目に入る派」N子は、資料3-1にあるように作図を使って目の



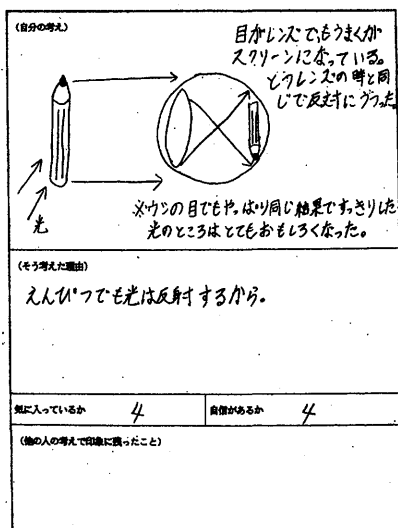
【資料3-1】「ウシの目球を使った授業の後のN子のノート」

【図4-1】N子の考えの深まり

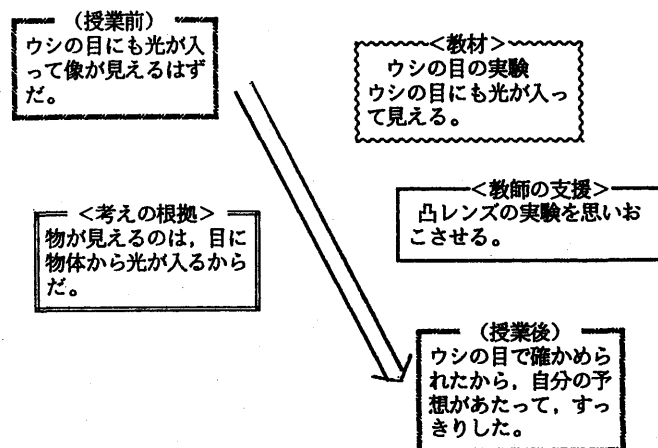
中の像をかいて自分の考えを整理した。資料3にあるように「やっと目から光が入る考えに自信が持てた」とあるように、この授業の中で授業で学習した作図で説明することで、自分の考えに自信を深めていったと考えられる。

N子が自分の考えに自信を持つまでに至った過程をまとめると図4-1のようになる。K男の助けにより、実際にウシの目球で逆さまにうつる実像が見えたことはもちろん、教師の支援で凸レンズの実験のときと関係づけて考えたことが有効だったと考える。そのため、凸レンズの実験のときのように作図を使って説明を始めたのだと思う。

D男は、単元の初めから「光が目に入る派」であった。また、教科書に書いてある内容と自分の考えと同じであることから、自分の考えには自信があった。しかし、実際に目に光が入ってくる様子を観察したわけではないので、確信が持てなかった。D男はウシの目球に光が入って、逆向きの像ができたのを見たことで、資料3-2の自分の考えに確信を持ち、納得できたようだ。D男が自分の考えに確信をもつまでの過程をまとめると図4-2のように



【資料3-2】「ウシの目球を使った授業の後のD男のノート」



【図4-2】D男の考えの深まり

なる。D男は、「目に光りが入るはすだ」という表2にあるようにこの授業の前から強い思いがあった。それが、ウシの目球の実験で実際に確かめられたことが資料3-2にもあるように確信を持つことにつながったのだと考えられる。

4. 考察

4-1. 生徒達の考えと科学的な解釈を結ぶには

生徒達の考えと科学的な解釈が結びつくという事態には、二つの要素があると考えられる。まず、一つ目は、表3のS1のようにこれまでの生徒の考えでは説明できない事象を提示することである。そして、二つ目はその事象を説明できる新たな有用な考えと出会いである。N子の場合は、図2の「N子の変容」にあるように、実験で確かめた新しい事実が話し合い活動の中で、友人の考えにふれ、その考えの方が事象を説明するのに都合がよいと考えたため、新たな考えを構成することにつながっていった。だからこそ、N子は自分の考えを変えることができたのだと思う。

しかし、単に事象の提示だけでは不十分である。それは、実際の授業の中で、同じ事象を見せてもN子のように考えを変えない生徒が見られたからだ。そのグループでの話し合いの記録を分析してみると、D男のような自信を持った考えを持つ生徒がいなかったために、単に乱反射するという事実だけをとらえただけに終わってしまっていた。これらのことから、いかに、話し合いの中でその事象についての新しい解釈にふれさせ、そして納得のいくような説明や話し合いが行われるかが大きな要素だといえるのではないだろうか。いいかえるなら、ただ事象にふれさせるだけでは生徒達の考えと科学的な解釈を結ぶことは難しいといえよう。

4-2. 生徒の考えに自信や確信を持たせるには

まず、生徒の考えに自信を持たせるには、考えに裏づけを持たせることが肝要だと考える。例えば、資料3-2のD男の感想にあるように「教科書にかいてあった」ということが考えの裏づけになり、生徒の考えに自信をもたせることにつながったと思われる。

また、以前学習した内容を使って、新しい事象を説明できるようになると、生徒は自分の考えに自信をもてるようになった。例えば、図4-1のN子の考えの深まりにあるように、N子はウシの目球の中の光りの進み方を作図で表した。新しく学習した内容が自分の今まで考えとは違っていても、実際に使えることがわかると、その考えに自信が持てるようになる。特に、このときは、教師の適切な助言や以前に使用した教材を再度用意するなど、教師の支援が必要となる。

次に、生徒の考えに確信を持たせるには、生徒の予想と結果が一致するような事象を提示することが大切だと考える。例えば、図4-2のD男の考えの深まりにあるように、D男は自分の考えがウシの目球と事象が同じになると自分の考えに確信が持てるようになるようになった。ことばをかえるなら、生徒の実感と結びつくような事象に触れさせることが有効だと考える。今回はウシの目球を活用したが、この実験が生徒の実感として感じている見えることと、光が目に入ってくることを結び付ける一つの手だてになったのではないかと考える。

また、資料3-2にあるように、生徒が確信を持つようになるとこだわって探究することの楽しさがわかり、理科がおもしろいと考えたのではないだろうか。

4-3. 生徒達が認識を深め確かなものにしていく理科授業とは

この実践から生徒が考えを深めていく過程をまとめると次の3つのようにになると考えられる。

1. 「とりあえずこう思う。」

課題を与えられたとき、まず、自分の考えを持とうとする時である。まだその考えの根拠もなく、他者の意見に左右されやすい時である。

2. 「たぶんこうなるはずだ。」

根拠を持って自分の考えを持った時である。教科書に書いてあったり、教師や友人がいていたということも理由になっている。しかし、この時点でも、正しいはずだとは思っているが、その考えを気に入っているとは限らず確信を持つまでには至っていない。

3. 「やっぱりこうなった。」

確信が持てるところまで深まっている時である。裏づけのある2の考えが、さらに生徒の実感や経験と一致することから到達する。この時点になると、自信を持って自分のことばで語れるようになる。生徒達の自信を持って自分のことばで語れる内容を増やし、そして、話し合い活動の中でそれを広げてやることが、生徒達が認識を深め確かなものにしていく理科授業につながっていくものと考ええる。

おわりに

今後の課題としては、「網膜にうつった逆さまな像がなぜ普通に見えるのか」という疑問がたくさんの生徒からよせられた。こうした生徒の興味関心に少しでも答えてやるようにしていきたいと考える。

《文献》

- 1) オズボーン (森本, 堀訳) 「子ども達はいかに科学理論を構成するか」 東洋館出版社, 1998
- 2) ホワイト (堀, 森本訳) 「子ども達はいかに学習し、教師はいかに教えるか」 東洋館出版社, 1990
- 3) 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」 東洋館出版社, 1993
- 4) 森本信也 「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」, 東洋館出版社, 1996
- 5) 加藤圭司 「理科授業における情意的側面の動態について」 日本科学教育学会研究会研究報告Vol.11, No.1, 1996
- 6) ホワイト・ガンストン (中山・稲垣訳) 「子どもの学びを探る」 東洋館出版社, 1995

理科学習における他者との考えの共有・非共有の内実について

横浜国立大学教育人間科学部 加藤 圭司
東京法令出版株式会社 林 裕司

はじめに

近年の自然認識の研究の流れは、認識の主体である個人に着目した個人内構成論¹⁾から、「多様な意味の世界やその価値観との出会い、その社会や文化体系へのより十全的な参加による認識の構成」といったいわゆる認識の社会的構成論²⁾による解釈へと移行しつつある。

ところで、認識の社会的構成論は、精神・認識の発達の源泉として社会や環境を、またその条件として他者との社会的な相互交渉過程を位置づけている。このような視点から教授学習過程を見ると、理科授業とは、教室という社会における、実験や観察を含んだ社会的相互交渉過程、いわゆるコミュニケーションの活動を含んだ学習過程の構成と捉えることができよう。すなわちそれは、授業における様々な場面において、自分の考えあるいは他者の考えが表現され、それぞれが吟味され、個々の考えの共有・非共有という事態を通してコンセンサスを形成していくというプロセスを辿ると考えられるのである。

理科授業においては、このようなプロセスにおいて子ども達の自然認識の構成、拡充が図られると推測されるが、このコミュニケーションにおける核とも言える他者との考えの共有・非共有という事態の内実については、十分に明らかになっているとは言い難い。

本研究では、この考えの共有・非共有という事態について、「他者の考えがわかる」とか「受け入れることができる」、「納得がいく」とはどういうことなのか、そして共有の契機となるものがあるとすればそれは何なのかについてその解明を試み、子ども達の科学概念構成を目指す理科授業におけるコミュニケーションの活動の組織化に関して有益な示唆を得ることを目的とするものである。

1. 他者との考えの共有とは

これまでわれわれは、他者との考えの共有・非共有という事態について、その他者の考えを自分の知識や考えと照合する中で、それが理解できるかどうかを判断するという心的操作によって概ね決まるものととらえてきている。しかし、このようないわゆる認知的な部分での心的操作によってのみ共有がなされると規定してよいのであろうか。他者の考えに対する何らかの価値の意識や、「それがよいと思う」といった情意的な側面、また、「そういうものとして受け入れよう」といった模倣にも似た共有等を含んだ、きわめて複雑かつ高次の判断プロセスを含む事が予測される。

本研究では、先に述べたような従来の共有・非共有に対する考え方に再考を迫りながら、それらを理科授業という固有の文脈や状況に即して、より多面的に明らかにしていく中で、ブラックボックスとしてとらえられがちなコミュニケーションの活動を可能な部分から少しでも明確にできればと考える。

2. 方法

2-1. 調査対象及び時期

調査対象は、愛知県内公立中学校3年生2クラス68名であり、調査時期は平成8年10月末である。

2-2. 調査内容

本研究では、中学校理科第一分野下「運動とエネルギー」の単元を取り上げ、その中の「仕事概念」の構成を目指す授業を分析対象とした。

2-3. 分析対象とした授業の概要

資料1に示すように、本研究では、理科授業の中に、概ね4つの場面を設定するかたちで授業展開を構想し実践することとした。それらは、代表者による演示実験を含んだ課題把握、ならびに、実験観察を含んだ具体的事象とのコミュニケーションをもとに自分達の考えを構成する場面、それらの考えをグループ毎に発表する場面、全体の場での教師を含む他者の考え、ならびに若干の具体的実験操作を含んだ事象とのコミュニケーションの場面、学級内でのコンセンサスとして得られた考えや論理の全体の場での確認（各個人における自覚化）の場面である。

3番目のクラス全体でのコミュニケーションの活動の場面では、単なることばでの意見交換にとどまらないよう自由に実験操作を繰り返すことを十分に保証する等の配慮を加えている。

2-4. 調査手続き

他者との考えの共有・非共有の内実という複雑な心的操作に対してより十全的にアプローチするためには、本来、面接による聞き取り調査やエスノグラフィカルな手法などが検討されなければならないであろう。これに対して本研究では、先の内実に関する側面の多様性を解明することに重きを置いたことから、比較的多くの生徒に対して調査が可能となる質問紙法を用いることとした。このため、本調査結果は、この内実の一端をとらえるに過ぎないのかもしれない。したがって、本研究では、調査方法に依存した結果という条件の中で検討を加えていくこととする。

本調査で用いた学習シートの一部を資料2に示す。このシートの内容は、事象に対する考え（選択式）とその根拠、その自分の考えに対するコミットメント、また、コミュニケーションの活動後では、他者の考えとそれに対するコミットメントを記載する部分で構成した。

特にこの内実については、授業の終了時において、他者のいかなる考えを受け入れることができたのか、あるいは受け入れることができなかったのか、その理由は何かについて自由に記述させるというかたちで実

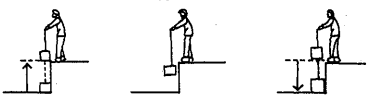
【資料1】 本時の学習の流れ

0. 導入：日常的な意味で用いる「仕事」ということばにどんな使い方があるか、またそのイメージなどの起想
・花を売る仕事、物をつくる仕事、力仕事
・「力を入れること」と「仕事をする事」の違いについての若干の意見交換
1. 教師と代表生徒による演示実験と課題確認
各グループでの実験（演示実験と同様の実験）
【学習シート記入】…事象に対する考え、その理由、コミットメント
2. いくつかの代表的な考え、及びその根拠を発表する場面
※ 生徒の考えの記載用のホワイトボード使用
3. 意見交換や若干の実験を加えながら、クラスとしてのコンセンサスに向けて意見を整理し集約する場面
4. クラスのコンセンサスとなった考えを教師が整理して確認する場面
【学習シート記入】…事象に対する考え、その理由、コミットメント

【資料2】 本研究で用いた調査用紙（第1ページ目）

【質問】
次の①～③のうち、「仕事」をしたと答えるものはどれでしょう。あてはまると思うものを選び、その番号を書いてみよう。（複数回答可）

- ① 1kgの重物をロープで持ち上げる。 ② 1kgの重物をずっと同じ高さにつり下げておく。 ③ 1kgの重物をロープでゆっくり下におろす。



「仕事」をしたもの →

○ 上のよう考えた理由を書いてください。

○ 上に書いた自分の考えについて、あなたの気持ちはどうですか？ 自分の気持ちに一番近いと思う欄に、●を書いてください。

まったく 気に入らない	少し気 に入っている	けっこう気 に入っている	絶対に 入っている

施した。また、情意的側面を併せてみていくという観点から、自分の考えあるいは他者の考えに対するコミットメントを、先行研究^{3) 4)}にしたがって4段階の評定尺度法によって記載するように求めている。

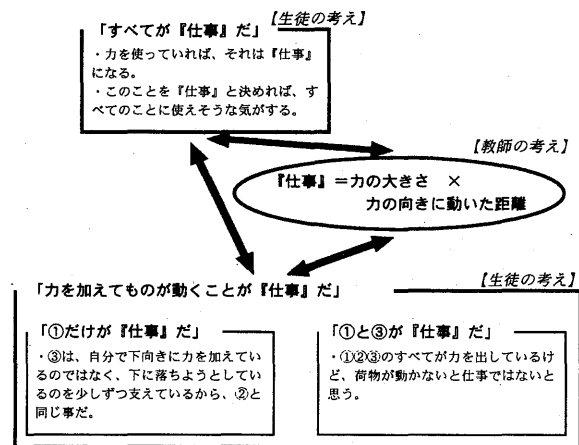
このコミットメントについては、それを確信の度合いと規定し、「自信があるかどうか」という観点からその結果が報告されているが、本研究では、先の研究の知見⁵⁾に基づき、その考えに対する「気に入る」度合いとして評価することとした。

3. 結果

3-1. 本時の学習で実験した事象に対する生徒達の考え

本研究における授業実践において、資料1に示す1の場面の学習シートに記載された事象に対する考えや論理から、図1に示す3つの考え方が明らかになった。これらは、その後の局面である個々の考えならびにその根拠を全体場で発表する場面で出されたものである。

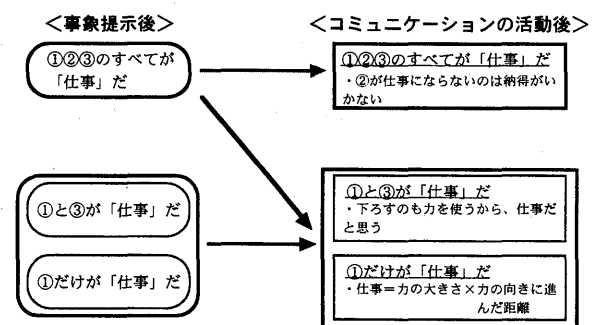
この図から明らかなように、力を使うこと自体がエネルギーの消費であり、それはまさに「仕事」であると考ええる生徒達と、単に力を加えるだけではなく、それをその力によって「変える」とか「動かす」といったことが「仕事」であると考ええる生徒達の2つの考えが存在する。この2つは、この後のコミュニケーションの活動場面において吟味・検討される基本的な考え方となって学習が展開していった。



【図1】本授業実践の中で出された生徒達の考えと、教師—生徒間、生徒間コミュニケーションの概念図

3-2. コミュニケーションの活動前後における考えの変容

コミュニケーションの活動の前後における実験事象についての考えや論理の変容を図2に示す。この授業は、「仕事」に関する科学的な定義である「仕事=加えた力の大きさ×移動した距離」という関係を、学級内でのコンセンサスとしたいという教師の意図が比較的強くはたらく中で進化したといえるものである。そのため生徒達の認識の変容の傾向も、学習シートへの記載結果から見る限り概ねそれに沿ったものとなっている。



【図2】本授業実践における生徒達の考の変容

※ 分析する上での観点として、仕事概念に相当する解釈に変容した者とそうでない者を、矢印の線種で区別している。

生徒達の認識を結果のままにとらえるならば、まさに、概念変換⁶⁾という枠組みでとらえることが可能な変化を生じさせた授業ということができであろう。

3-3. 本授業における考えの共有・非共有の結果

多くの生徒達が、当初の考えをより科学的な解釈へと変えているが、すべての生徒達がそ

れらを受け入れることができたわけではない。よって、ここでは、科学的な考えを共有できた生徒と共有できなかった生徒という2つの視点から、先の学習シートの記載を分析する。

ア. 科学的な考えを共有できた生徒の内実

分析対象とした授業において、より科学的な解釈へと自分の考えを変えた生徒は全体の3分の2程度存在した。このタイプの中で特徴的な記述が見られた6名の結果を表1に示す。この中で、事例1から4までは、クラス内でコンセンサスが得られた解釈へと自分の考えを変えることで、その新たな解釈に当初よりもより強くコミットしている事例である。そして、事例5と6は、コンセンサスが得られた解釈に自分の考えを変えつつも、何らかの不満や解消されない部分があるために、受け入れた考えに対するコミットメントが低下している事例である。

事例1は、その特徴を例示的にあらわせば「自分はそのように思っていなかったが、言われてみればそれもそうだと納得できる」といったもので、他者の考えが自分のそれとは異なっているものではあったが、自分なりに再解釈を加える中で納得し、受け入れることができたと言えるものである。この結果は、この表の中ではわずかに一例にとどまるが、同様の回答している生徒は、他に6名ほど認められた。

これらの共有に関する内実であるが、それは、他者の考えを既有経験、既有知識をもとにした自分なりの論理と照合する中で、自らの考えを一部変えたり改め

たりしながら納得し受け入れるといったものと思われるものである。この結果は、内実の側面として当初から概ね予測されたものである。

事例2は、同じように自分の既有知識との照合を行ってはいいるが、先の事例1とは次の点で異なると言えるものである。すなわち、このことに関連する知識や経験などは一部持ち合わせていても、それまでほとんど構成していないような考えに出会う中で、一種驚きにも似た感覚の中からその考えに強く共感し受け入れることができたというケースである。本事例の場合は、「重力」ということばを用いたことが説明のわかりやすさ、すばらしさを強く印象づける結果となり、思いもよらない知識の広がりやその意外性に共感し納得できた⁸⁾ ために受け入れることができたという点で、先の例とは異なる共有の内実の側面といえるものであろう。

これに対して、事例3と4は、共有の内実という点で先の2つの例とは大きく異なる特徴を持つ。

事例3は、コミュニケーションの活動によってコンセンサスが得られた考えが「正しい答

【表1】科学的な考えを共有できた生徒の内実に関する6つの事例

	コミュニケーション前	コミュニケーション後	事後の考えに対する理由	コミットメントの度合い	
				＜前＞	＜後＞
事例1 (M18)	仕事＝①③ ・物体に動きを与えるから	仕事＝① ・①は人が荷物と同じ向きに力を入れているから	・始めに自分の書いていたことと少し違ったけど、意見を聞いたら納得できてスッキリしたから	0.5	1.0
事例2 (F12)	仕事＝①③ ・①と③は力を使って物を動かしている。②は力だけ	仕事＝① ・①は力の向きに物体も動く。③は逆だから・・・	・友達の見解を聞いて自分では考えつかなかった「重力」を使って説明してくれて正しいと思ったから	1.5	2.5
事例3 (F01)	仕事＝①②③ ・①は力を掛けて上げる仕事。②は保つ仕事。③は下ろす仕事	仕事＝① ・②は止まったままだから仕事ではなく、③は力と反対向きに進むから	・正しい答えがそうだから	0.2	0.8
事例4 (M12)	仕事＝①②③ ・全部疲れるから	仕事＝① ・重力と反対向きに力を入れているから	・みんなや先生から聞いたから	0.5	2.0
事例5 (F15)	仕事＝①③ ・荷物を動かしている	仕事＝① ・人が荷物に対して力をはたらかせているから	・話し合いで①（持ち上げるもの）が仕事だという結論になってしまったから	2.0	0.8
事例6 (M02)	仕事＝①②③ ・①③は動き②は止まっているけど下ろす力がかかっているから	仕事＝① ・力の向きに荷物が動いているから	・自分は①②③と思ったけど、結果は①だけだったから	1.8	1.3

えであるから」という理由であるが、これは「正解である考えだから受け入れよう」という思いがはたらいていると考えられるもので、いわゆる科学的知識の権威性を理由に共有を図ろうとするものである。また事例4では、「クラスメイトや教師が言う考えであるから」といったもので、科学的知識を代弁する教師の発言を受け入れようとする知識の権威性による共有に加え、さらに「クラス全体の中でその結論になった」とか「クラスメイトの意見を聞いているうちにそれでもいいと思うようになった」といった、社会的なコンセンサスだから共有したと考えられるものである。これらも共有の内実という点では、決して見逃すことのできない側面である。

この事例3、4の共有の実態は、昨今、理科の学習の悪しき特徴とも言われている科学的知識の命題的・機械的記憶という側面の問題とともに、従来から指摘されている傾向性を端的にあらわす結果と言えるものであろう。しかし、ここで注目したいのはこれらの生徒のコミットメントの動態である。コミュニケーションの活動後においては、受け入れた考えに対して当初の考えよりもより強くコミットしており、受け入れた考えに自分なりの価値づけが為されているという実態である。これらの生徒は、たとえ科学的知識の権威性やクラス内の社会的コンセンサスを背景とした共有であったとしても、それを一時的に認めようとか借りて考えよう、あるいはその解釈や論理に倣って考えていこうという能動的な側面を垣間みることができるという点で極めて興味深い結果と言えるのではないだろうか。

これに対して事例5と6は、先の事例3、4と同様クラス内でコンセンサスを得た考えを知識の権威性や集団での合意という点から受け入れている実態ではあるが、その記述表現やコミットメントの動態からやむなく受け入れていると解釈できるものである。このような結果は、まさに、先の問題点を端的に表す結果であり、これまでの自然認識研究⁹⁾によって明らかにされてきた既存の考えへの固執という状態と見ることもできる。



先の事例3、4が、この後に続く更なる学習において認識の構成や拡充が期待できるのに対し、このような生徒の場合は、表面的な態度のすり替えとか「理科という教科ではこう考えることが必要なんだ」、「こういうこととして覚えておこう」というわかりを形成する可能性を含んでいる点で、学習指導上見過ごすことはできない。

イ. 科学的な考えを共有できなかった生徒の内実

クラス内のコンセンサスとなった「仕事は、加えた力の大きさに移動した距離をかけたもの」という考えを受け入れることができなかった生徒は、全体の2割程度存在した。このタイプに区分される生徒の記述例を表2に示す。

この事例7と8は、コンセンサスが得られた考えをおそらく自己の既有知識等と照合したと推測されるが、どうにも解決されず受け入れることができなかったというものである。調査用紙への記述という手続き上の制約があり推測や解釈を伴うものであるが、事例8の結果からは、自分の感覚を踏まえた論理が強く存在し、このことに関す

【表2】科学的な考えを共有できなかった生徒の内実に関する2つの事例

	コミュニケーション前	コミュニケーション後	事後の考えに対する理由	コミットメントの度合い ＜前＞ ＜後＞
事例7 (M01)	仕事＝①②③ ・どれもある行動 (仕事)をしているから	仕事＝①②③ ・①②③どれも行動という仕事をしたから	・①だけという考えはよくわからない	0.8 0.2 
事例8 (M10)	仕事＝①②③ ・同じ状態にずっとキープしている方が重くて、実際やったときも力が一番使ったような感じがしたから②が一番力を使うだろう。あと、①も力を使った感じがした。	仕事＝①③ ・③はゆっくりするためには、下向きの力よりは弱いのが、上向きの力がわずかに必要なのではないか。	・②が仕事をしていないのがどうにも納得できない。	3.0 0.0 

る未解決部分が存在しているため、受け入れることができなかった実態が明確になろう。このような自分の内面での未解決部分や反証事例といったものが存在することが、非共有の内実の1つのそして主要な側面と言えるものである。

もう一つ、事例8のコミットメントの結果に注目したい。この生徒は、本時の始めの段階である課題確認及びグループ実験終了後の学習シート記載において、自分の考えに対するコミットメントを「絶対に気に入っている」という最大値で回答している。すなわち、最初に持った、あるいは当初から保持していた考えに強くコミットしていたために、受け入れることができなかったとも言える結果である。

この生徒の場合は、このコミットメントと先の未解決部分等の問題が一体となる中で共有できなかったと言える結果であるが、非共有の内実としては、この自己の認識への強いコミットも1つの側面と言えるものではないだろうか。

4. 考察

4-1. 他者との考えの共有・非共有の内実について

本調査の結果から明らかになった他者との考えの共有・非共有に関するそれぞれの内実とは、その要因をおよそ2つの観点から規定することができると考えられる。その一つは、相対する考えや論理そのものに対する何らかの価値づけや了解といった、いわゆる「気づき」や「わかり」に関連した「認知的な要因」である。そしてもう一つは、「学級内での大勢の考えだから」とか「どうやらその考えがよさそう、正しそうだから」といったものに代表されるような、いわゆる社会的な価値づけである「社会的（情意的）な要因」である。本稿においては、この共有における認知的な要因の存在もさることながら、社会的（情意的）な要因の存在に注目したい。

従来、この社会的な要因による共有といった内実の側面は、他者の知識や論理の一時的な受け売りの獲得とか単なる機械的記憶と見なされ、認知発達や学習の成立に関する議論の中では、否定的にとらえられてきたものである。確かに、これが一時的な借用や模倣にとどまるのであれば、個々の学習者における科学概念の成立といったことは望むべくもない。しかし、本調査における事例3や4の結果から明らかのように、社会的（情意的）な要因を主として他者の意見を共有しながらも徐々にその考えにコミットし、新たな認識の世界を自ら開こうとする実態は、これまで十分に光を当てることができなかった認識構成の姿ではないのか。

近年、人間の精神発達を社会的なものととらえ、文化獲得として学習をとらえる認識の社会的構成論の視点から、ヴィゴツキー⁹⁾やバフチン¹⁰⁾らの研究が再評価されてきているが、彼らが主張するように、教師を含んだ他者との相互交渉による多様な論理との出会いと、それを個人的なものとして取り込む内化というプロセスに学びの基本的な部分を位置づけるのであれば、この社会的な要因の存在は、認識構成における1つのそして重要な側面を担っていると言えよう。

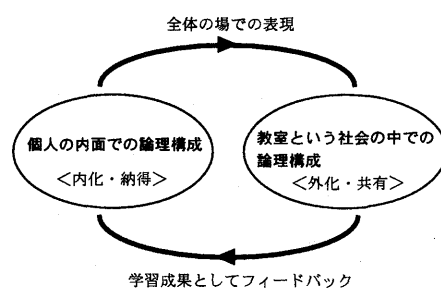
コミュニケーションの活動におけるこれらの要因の存在に注目しつつ、それらがより適切に位置づけられた理科授業のあり方が、今後十分に検討されなければならない。

もう一つ、この認知的な要因と社会的（情意的）要因が作用するプロセスやそのメカニズ

ムといったものについて若干の検討を加えておきたい。表1、2の結果からは、個々の生徒において、この認知的な要因と社会的な要因のどちらかが共有・非共有の内実となっている実態が見て取れる。しかし、実際にはこの二つの要因が相互に関連しあいながら、時には渾然一体となって作用していると考えの方がより実態に近いのではないだろうか。すなわち、共有にあたって認知的要因と社会的（情意的）要因の両者が複雑に作用しつつも、どちらかがやや優勢となりながら共有という事態が想定されるのである。このような実態が明らかになるとき、昨今、学習者の認識評価に関する議論の中でクローズアップされてきている「認知と情意の一体化」という視点は、ますますその重要性を帯びてくると言えるであろう。コミュニケーションの活動における認識評価についても、今後具体的実践レベルで十分に検討されなければならない。

4-2. 循環系としての学習の成立

コミュニケーションの活動における他者との考えの共有・非共有の内実に関する2つの要因の存在を前提とすると、理科学習における学習の成立とは、個人の内面での「知識構成と納得」、教室という社会における「自己表現と共有」という2つの事態が相互に繰り返して起こる、一種の循環系のプロセス（図3）の中に見出すことができる。それはすなわち、個と教師を含んだクラス全体との間を、実験観察を含んで往復する認識構成と言えるものであろう。



【図3】循環系としての学習モデル
※森本他¹¹⁾をもとに一部修正の上作成

学習の成立をこのように規定するとき、学習の始動はどこに位置付くのであろうか。必ず個の認識構成に求めなければならないのであろうか。

先の事例3、4に見られる共有の実態ならびにコミットメントの変化は、「他者の考えに乗ってみよう、それに倣って考えてみよう」という社会的な要因による共有を契機としながら、その考えに徐々に確信の度合いを高めつつある能動的な姿である。このような実態を見ると、先の学習の始動とは、必ずしも個の中に限定されたり、押し込められたりするものではないのではないか。先の図3に示したモデルは、社会的な共有を学びの始点とするという学習のスタイルをも保証するということを含意しているのである。

自らの既有知識や論理との葛藤が学びを推進することもあるであろう。時には、クラスメイトの意見が自分の学び開いたり、それを強力に推進したりする事もあるであろう。

重要なことは、こういった学びの多様性の保証に、このコミュニケーションの活動が直接的に関わっている、あるいはそれを含みながら実現しているということに十分に留意するとともに、子ども達の学習の成立にいかに関わっていくかを問い直すことではないだろうか。

おわりに

本研究においては、コミュニケーションの活動における他者との考えの共有・非共有という事態に着目する中で、その内実を2つの要因として明確化するとともに、共有・非共有という事態が生じるそのメカニズムとも言えるような様態について言及してきた。

近年、認識の社会的構成の重要性の指摘と呼応しつつ、理科授業の中に話し合い等を含ん

だコミュニケーションの活動を組織化するという取り組みが広がりを見せてきている。しかし、コミュニケーションの活動が認識の構成に有効であるというような一義的なとらえ方から、そこでいかなる活動や認識構成が為されているかということが十分に吟味されないまま、結論として科学的な見解に到達すればよいといったブラックボックス的な場として構想される傾向が少なからず見受けられる。

本研究の結果から明らかなように、このコミュニケーションの活動の中ではいくつかの要因が複雑に作用しながら進行する、まさに子ども達の学びの中核を為す場であり、それはすなわち彼らの学びそのものでもあるのである。この事に十分留意しつつ、具体的な学習内容や単元レベルで授業構築を進めることが、われわれのこれからの課題ではないだろうか。

《文献》

- 1) 理科教育分野における代表例として、以下の研究を挙げることができる。
オズボーン&フライバーグ、森本信也、堀哲夫訳「子どもたちはいかに科学理論を構成するか」東洋館出版社、1988
- 2) 例えば以下の文献を挙げることができる。
Wertsch,J."Vygotsky and the social formation of mind",Harvard Univ.Press,1985
- 3) 森藤義孝「力と運動に関する学習者の理解の実態」、日本理科教育学会研究紀要、Vol.35, No.1. pp.77-88, 1994
- 4) 加藤圭司「理科授業における情意的側面の動態から見た学習者の概念構成の実態」、横浜国立大学教育人間科学部附属教育実践指導センター紀要、第14集、1998（印刷中）
- 5) 同上書（印刷中）
- 6) 例えば以下の文献を挙げることができる。
ウエスト&パインズ編著、進藤公夫監訳「認知構造と概念転換」、東洋館出版社、1994
- 7) 久保ゆかり「気持ちの理解」、別冊発達、15, pp.193-204, 1993
- 8) 前掲書、1)
- 9) ヴィゴツキー「思考と言語」、明治図書、1962
- 10) バフチン、伊東一郎訳、ミハイルバフチン著作集5「小説の言葉」、新時代社、1979、復刻版「小説の言葉」平凡社、1996
- 11) 森本信也、渡辺素乃子、太田川哲、八嶋真理子、「協同的な理科の教授・学習過程を通じた子どもの認識の変容に関する考察」横浜国立大学教育人間科学部紀要、第38集、1998（印刷中）

グループ活動と概念変換に関する研究

—共同研究による概念地図作りをグループ活動に導入して—

横浜国立大学教育部 福岡 敏行

横浜国立大学大学院 辻 健

横浜市立大門小学校 松元 博志

I 研究のねらい

グループ学習は、理科の授業の中でよく使われている手段の一つである。グループ学習が取り入れられる場面は、実験室での実験をする場面、野外で観察をする場面、実験・観察結果をまとめる場面など種々である。

グループ学習は大小さまざまな規模があるが、一般に何人かの子どもが学習に参加する。その学習は、それぞれの子どもの中にある考えをもとに進む。最初からグループの中の子どもたち全員が同じ考えであることは考えにくい。そのため、はじめはいくつかの考えがグループの中に混在する。混在した状態から、話し合いやグループの活動を続けていくことで、グループの結論という形の考えが出される。

グループ活動は、参加しているそれぞれの子どもにどのような影響を与えているのだろうか。また、グループ活動により子ども既存の考えに変換がみられるのだろうか。もしみられるのなら、子どもの考えの変換は、グループの考えからどのような影響を受けているのだろうか。以上の疑問点をもとに、グループ活動の学習効果を調査研究していく。

II 研究の方法

1. 調査に用いた実験

調査には、空の牛乳瓶の中に火のついた紙片を入れ、瓶の口のところに穀をむいたゆで卵を置くと、「ポン」という音と共に卵が牛乳瓶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、資料集などにもみられる実験である。

2. 調査対象及び調査時期

調査対象 : 横浜市の公立の小学校5年生児童 26名 (男子13名、女子13名)

概念地図作りの練習 : 平成7年7月15日 (土) 第4校時

本調査日時 : 平成7年10月27日 (金) 第2校時

3. 調査の方法

グループ活動による子ども一人一人の概念変換を次の方法でみる。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。プレテストとポストテストに使用した質問用紙を資料1に示す。

グループ活動では、一つの演示実験を話題にして、演示と同様の実験とグループ全員による話し合いで一枚の概念地図作りを行う。概念地図作りには、「空気」「火」「びん」「たまご」「紙」の5つの概念ラベルを印刷したシールと自由に追加してもよい5つの何も印刷していないシールを用いた。

また、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とするために、演示実験の前にその実験結果を予想させておく。予想させる質問は、プレテストの質問用紙に

載せている。

4. 調査の手順

- | | | |
|---|--------|---|
| ① | 実験の説明 | ・試験者がこれから行う実験の操作を説明する。 |
| ② | 実験の予想 | ・子ども一人一人が火のついた紙片を入れた瓶の上に卵をのせるとどうなるかを予想する。 |
| ③ | 演示実験 | ・試験者が教卓で一度実験を演示する。 |
| ④ | プレテスト | ・子ども一人一人が演示をみて、「なぜ卵が瓶の中に入ったのか」にいて記述する。 |
| ⑤ | グループ活動 | ・「なぜ卵が瓶の中に入ったのか」について話し合いながら概念地図を作成し、グループで実験を行う。 |
| ⑥ | ポストテスト | ・グループ活動後に「なぜ卵が瓶の中に入ったのか」について各自の考えを記述する。 |

Ⅲ. 分析方法

1. 分析の観点

子どもの考えは、グループ活動によってどのように変換されるのであろうか。本調査で実施するプロセスを図1に示す。それぞれの子どもが有する考えは、グループ活動によって情報交換される。それによって、それぞれの子どもは、独自の認知的操作を個々の頭の中で展開して、グループ活動以前の考えが変換されるであろう。われわれは、プレテストとポストテストによってそれらを知ることができるのである。

次に、子どもの考えの変換を同定するために、子どもの考えの記述内容を、以下に説明する「対象」と「フレームワーク」の二つの観点の組み合わせとして表し分析する。

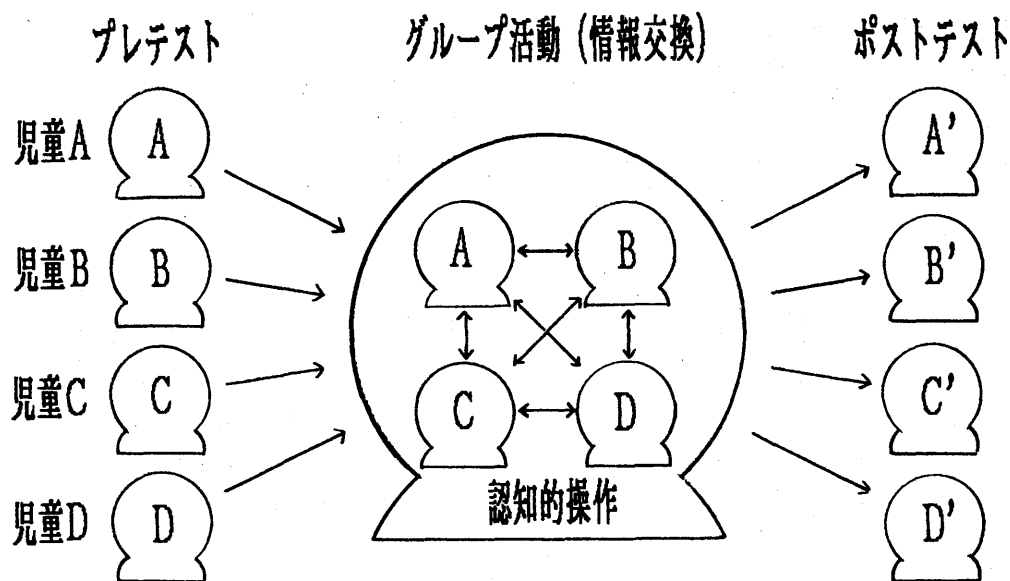


図1 グループ活動による子どもの考えの変換時のプロセス

1) 対 象

子どもたちが実験を見たり、グループ活動をしたりした後に、子どもたちの記述の中で何に目を向けて理由付けしているかをみる。つまり、子どもの記述の中で、子どもの考えの「対象」となる部分である。子どもたちの記述から、「対象」となる部分を調べると、大きく分けて以下の7通りの「対象」がみられた。それぞれの「対象」の説明と子どもの記述例を表1に示す。

表1 「対象」の説明と子どもの記述例

対 象	記 号	説 明	子 ども の 記 述 例
空 気	a	ビンの内外にある空気 酸素・二酸化炭素とは区別した。	「ビンの中の空気が増え…」 「空気が押し出されて…」 「空気が多いから」
た ま ご	e	たまご、ここでの卵は、ゆで卵である。	「卵が柔らかくなって…」 「卵が細くなる」
煙	s	煙、この実験では、紙を燃やす際に発生する。	「煙で滑った」 「煙が人だとしたら…」
火	f	火、マッチでつけられビンの中で燃える。	「火がついてるとだんだん空気がなくなって…」
熱	h	熱、火を燃やすときに発生	「空気が、熱に触れてそうだった」
水 蒸 気 (水)	w	水より水蒸気という子が多い この実験では、ビン内に発生	「水蒸気が出てそれで落ちた」
容 器	b	容器、ここでは牛乳瓶	「ビンの体積が膨らむ」

2) フレームワーク

子どもたちが見た現象は、それぞれの子どもたちの目には、どのような変化に見えたのだろうか。子どもたちの捉えた変化や動き、原因を「物理的要因」のなかの（体積変化）（動的变化）（温度変化）と、「化学的要因」の中の（化学的变化）、および、全域にわたる（属性）と（擬人化）を加えた6つの「フレームワーク」を分類の観点とした。各フレームワークの説明と子どもの記述例を表2に示す。

表2 「フレームワーク」の説明と子どもの記述例

フレームワーク	記 号	説 明	子 ども の 記 述 例
体 積 変 化	V	物質の量についての記述をまとめて体積変化とした。この中には、減少も増加も同じフレームとして扱う。	「中の空気がなくなって卵が中に吸い込まれる」 「卵が火の熱で小さくなる」
温 度 変 化	T	物質の暖まり、冷えについての記述をまとめて温度変化とした。	「卵が温められて、割れたと思う」 「卵がどんどんあったまって下に下がってくる」
動 的 変 化	M	物質の動きにあたる記述をまとめて動的变化とした。この中には移動、回転、対流、吸引などが含まれている。	「ふたをされたため空気が行き来できなくなり…」 「煙で滑って入った」
属 性	P	物の性質にあたるものは全て属性とした。物の性質を原因としたり、性質の変化としたりしたものも含む。	「空気は火で温められると増えるから」 「卵が柔らかくなって落ちた」
擬 人 化	A	物質を人として捉え、現象を説明しようと試みたものは擬人化とした。	「火が酸素を吸い込もうとしてむりやり卵を割った」
化学的变化	C	物質の発生、化学反応などの記述を総まとめて化学的变化とした。	「火をつけることにより水蒸気ができそれで落ちた」

2. マトリックスの作成

子どもたちの個々の考えの変容を読み取るために、子どもたちが記述したプレテストとポストテストからや、グループ活動の中で作成した概念地図から、「対象」と「フレームワーク」について表現している部分を抽出して分類し、その組み合わせによってマトリックスを作成する。

本研究の実態調査から抽出された「対象」には、空気 (a)、たまご (e)、煙 (s)、火 (f)、熱 (h)、水 (w)、容器 (b) があり、「フレームワーク」には、体積変化 (V)、温度変化 (T)、動的变化 (M)、属性 (P)、擬人化 (A)、化学的变化 (C) があった。また、マトリックスの行 (縦軸) には「フレームワーク」を、列 (横軸) には「対象」をそれぞれ頻度順に並記する。「対象」については、記述した人数の多かったものを左から右へ順に並べ、「フレームワーク」については、記述した人数の多かったものを下から上へ順に並べた。

マトリックスとその中に位置する子どもの事例を図2に示す。ただし、マトリックスの行と列にある記号は、上記に述べたものである。

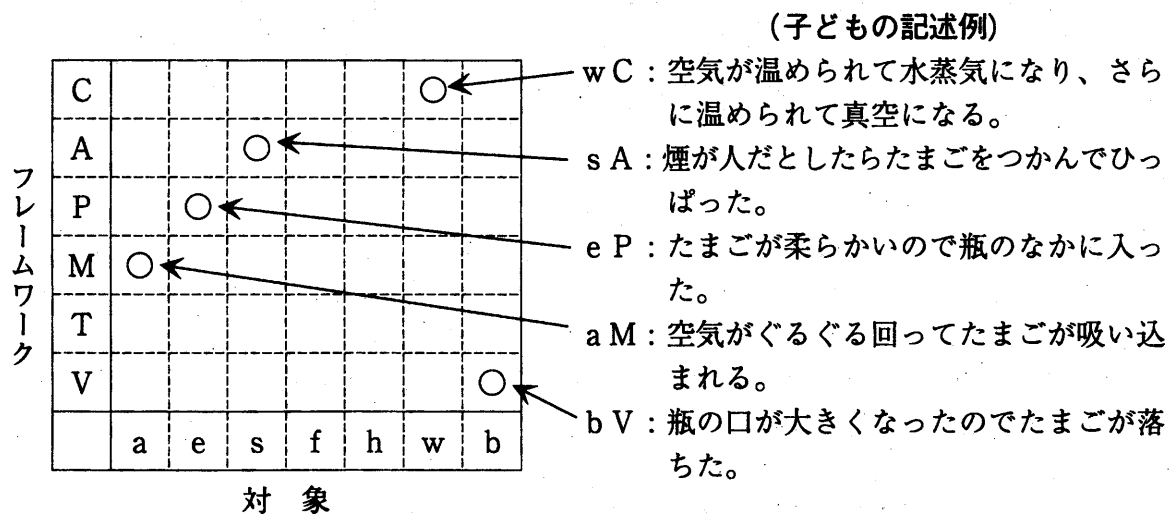


図2 マトリックスとその中に位置する子どもの事例

概念地図から読みとるグループの考えと、そのグループを構成する子どもたちのプレテストやポストテストでの考えを、マトリックス上に表記する。マトリックス上での位置の移動から、子どもの考えがどのように変換したか、また、その変換はグループの考えとどのように関連しているかを読みとることができる。

3. 子どもの概念変換の型

マトリックス上のプレテストとポストテストでの位置の移動の様子によって、変換の型を同定する。変換の型は、福岡・鈴木³⁾の研究を参考に、「生成」「置換」「拡張」「修正」「縮小」「固執」の6つに分類した。表3は、変換の型の説明とその子どもの概念変換の事例である。

表3 変換の型の説明と子どもの事例

変換	説 明	プ レ テ ス ト	ポ ス ト テ ス ト	変換の内容
生成	考えが、はっきりしなかったが、新しい考えが生まれた。	記述なし	ビンの中が真空になって空気を取り込もうとするからたまごが吸い込まれた。	無し → a V
置換	既存の考えから対象もフレームも違った考えに置き換える。	卵には殻がついていない柔らかいから落ちた。	煙が人だとしたらその人がつかんで落ちた。	e P → s A
拡張	既存の考えに加えて新しい考えを取り入れる。	卵がつるつるしているから。	卵がつるつるしているから。空気がふさがれたから。	e P $\begin{cases} \nearrow e P \\ \searrow a A \end{cases}$
修正	既存の考えをもとに一部修正し新しい考え方になる。	空気は温めると膨らみ、冷やされると縮むから。	(ビンの) 体積が膨らむ。	a V → b V
縮小	既存の考えをせばめ縮小する。	ガスが空気と混ざり合っ て卵が引っ張られた。	ガスが卵を引っ張った。	a A $\begin{cases} \nearrow a A \\ \searrow a M \end{cases}$
固執	既存の考えを保持し考えを変えない。	熱せられ卵がやわらかくなった。	熱せられ卵がやわらかくなったから。	e P → e P

Ⅳ. 分析結果及び考察

1. 「対象」に関して

対象に関する分析結果を表4に示す。表4より「空気」としたものの延べ人数はクラスの人数に対してプレテストで69%、ポストテストで77%と最も多く、次いで「たまご」がプレテスト19%、ポストテスト12%となり、上位2つが多かった。

プレテストとポストテストを比較すると、「空気」を対象とした子どもは、ポストテストで増加し、「たまご」を対象とした子どもは減少している。これは、この実験の特徴の一つである「たまご」に最初に視点が向いたが、グループ活動などにより「空気」の存在(第4学年での既習事項)に気づいたからであろう。

表4 子どもの記述に見る「対象」(延べ人数)

名 称	記号	プ レ テ ス ト	ポ ス ト テ ス ト
空 気	a	18名 (69%)	20名 (77%)
た ま ご	e	5名 (19%)	3名 (12%)
煙	s	1名 (4%)	2名 (8%)
火	f	1名 (4%)	2名 (8%)
熱	h	2名 (8%)	1名 (4%)
水	w	1名 (4%)	2名 (8%)
容 器	b	2名 (8%)	1名 (4%)

2. 「フレームワーク」に関して

フレームワークに関する分析結果を表5に示す。プレテストとポストテストにおける各フレームワークごとの延べ人数を示してある。%は、クラスの人数に対する割合を示す。子どもたちの捉えた「フレームワーク」は、「体積変化」についての記述に集中しているのがわかる。プレテストとポストテストを比較すると、子どもたちの変換にはほとんど大きな変化は見受けられない。わずかではあるが、やや「属性」が減り、「体積変化」が増えた程度である。これは、グループ活動での実験や話し合いの中で、たまご・空気・瓶の

材質などの属性よりも、何らかの変化に原因があると考えたからであろう。

表5 子どもの記述に見る「フレームワーク」(延べ人数)

名 称	記号	プ レ テ ス ト	ポ ス ト テ ス ト
体 積 変 化	V	14 名 (54%)	18 名 (69%)
温 度 変 化	T	6 名 (23%)	5 名 (19%)
動 的 変 化	M	5 名 (19%)	7 名 (27%)
属 性	P	6 名 (23%)	3 名 (12%)
擬 人 化	A	1 名 (4%)	2 名 (8%)
化 学 的 変 化	C	0 名 (0%)	1 名 (4%)

3. 子どもの概念変換の型について

子どもの考えの変換の型それぞれについて、延べ人数とクラス全体に対する割合を以下の表6に示す。「固執」や「修正」が合わせて71%にも達し多いのがわかる。全般的に、自分の意見を変えない「固執」や自分の意見を持ちつつ他の意見を取り込む「修正」では、自分の考えを大なり小なり保持している傾向にあることがわかる。

表6 変換の型の人数とクラスに対する割合

変換	外 なる 変 換				内なる変換	
	生 成	置 換	拡 張	修 正	固 執	縮 小
人 数	3 人	4 人	2 人	11 人	15 人	2 人
割 合	8 %	11 %	5 %	30 %	41 %	5 %
人 数	20 人				17 人	
割 合	54 %				46 %	

子どもの持つ概念は、何らかの大きなきっかけや気づきを基に変えられる。それはそこに、子どもが考えを変えようとする必要性があったからであろう。グループ活動の中で他の子どもの意見が心を強くたたき意見であったり、グループで実験を見て自分の考えを揺るがせるものであったりしたとき、子どもは概念を変換するのである。今回の活動では、「固執」の子どもは自分の考えに確信を持ち、既存の概念を一層強化して変換させるような機会にならなかったかもしれないが、他の子どもにとっては、グループ活動を通して概念を変換する機会となったのではないだろうか。

子どもの概念変換の型を見ると、「生成」「置換」「拡張」「修正」の4つは、グループ活動を通して自ら他の子どもの意見を取り入れたり、自分の考えを基に概念を変換したりして、子どもが自分の持つ概念に対して積極的に変換しようとしているのがわかる。この4つの概念変換の型を「外なる概念変換」、または「プラスの概念変換」⁴⁾とした。これに対して「固執」「縮小」を「内なる概念変換」としたが、必ずしも負のイメージを持つものではない。

表6を見ると、グループ活動の中で「外なる概念変換」をしたのは全体の54%と、約半数であった。「内なる概念変換」の内訳を見るとそのほとんどが「固執」であった。「固執」は全体の中でも41%と子どもの自分の考えに対するこだわりの強さがわかる。

4. 「マトリックス」による子ども個人とグループとの関係

グループごとにマトリックスを作成した。マトリックスの一事例を資料2に示す。作成したマトリックスから、グループと子ども個人の関係がよみとれる。グループの考えと同一の子ども、グループの考えと違う子ども、グループから影響を受けた子ども、グループ

から影響を受けなかった子どもなど、グループ活動での子ども一人一人の実態をつかむことができる。

さらに、グループの中の子ども一人一人が、グループ活動で考え方をどのように変換させたかをグループの考えと対比していくことで調べていくために、そのマトリックスをグループの考えを中心に焦点化させたミニマトリックスを作った。この方法は、より簡便にグループとの関係をみいだすことができる。ミニマトリックスは、図2で示したマトリックスと同様に、列（横軸）が「対象」、行（縦軸）が「フレームワーク」となる。図3は「対象」と「フレームワーク」の内容が異なる2つのミニマトリックスの事例を示す。左下のセル（二重線で囲まれた部分）は、そのグループが示す「対象」と「フレームワーク」とで区切られている。そのために、各グループごとに「対象」と「フレームワーク」が異なるので、そのセルの示す内容や範囲は変わってくる。1班の「対象」には、煙や火があり、「フレームワーク」には、動的变化や属性がある。2班の「対象」には、空気があり、「フレームワーク」には、温度変化、動的变化、化学的变化が含まれている。

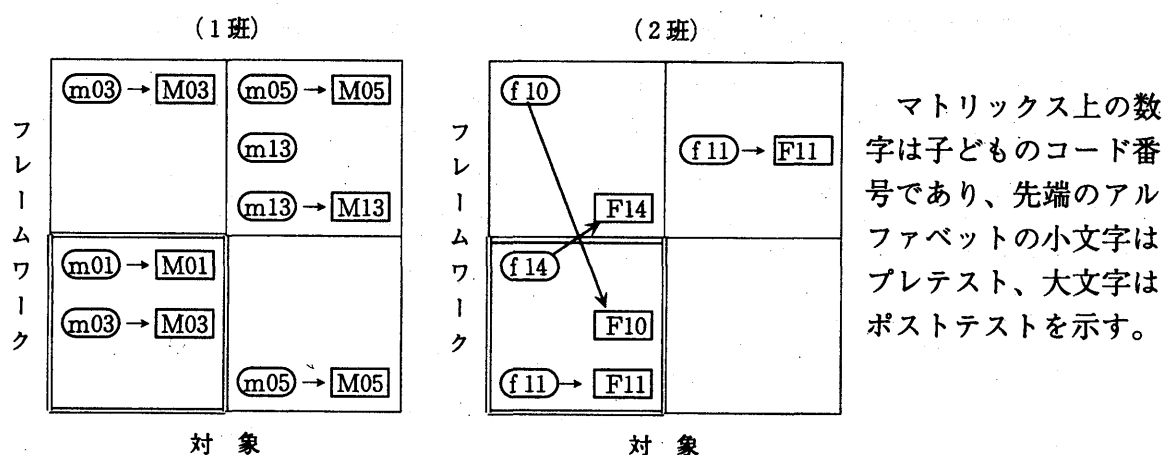


図3 「対象」と「フレームワーク」が異なるミニマトリックスの2事例

グループと子ども個人との関係を明確にするために、その関係を「包含」「同化」「異化」「別個」の4つに分類した。表7と図4は、子ども個人の考えとグループの考えとの関係、およびその説明を示したものである。

また、子どもの記述とグループで作成した概念地図をもとに、子どもの考えの変換や、子ども個人とグループとの関係を、表8に2班を事例として示す。表8より、実際の記述からグループの考えをもとにした子ども個人の考えの変換やグループとの関係を見ることができる。

表7 ミニマトリックス上での子ども個人とグループとの関係

関係	説明
包含	プレテスト、ポストテストを通じてグループの考えと同じである。
同化	プレテストではグループとは違う考えを持っていたが、グループ活動後のポストテストでは、グループの考えと同じになる。
異化	プレテストではグループと同じ考えを持っていたが、グループ活動後のポストテストでは、グループと違う考えになる。
別個	プレテスト、ポストテストを通じてグループと違う考えである。

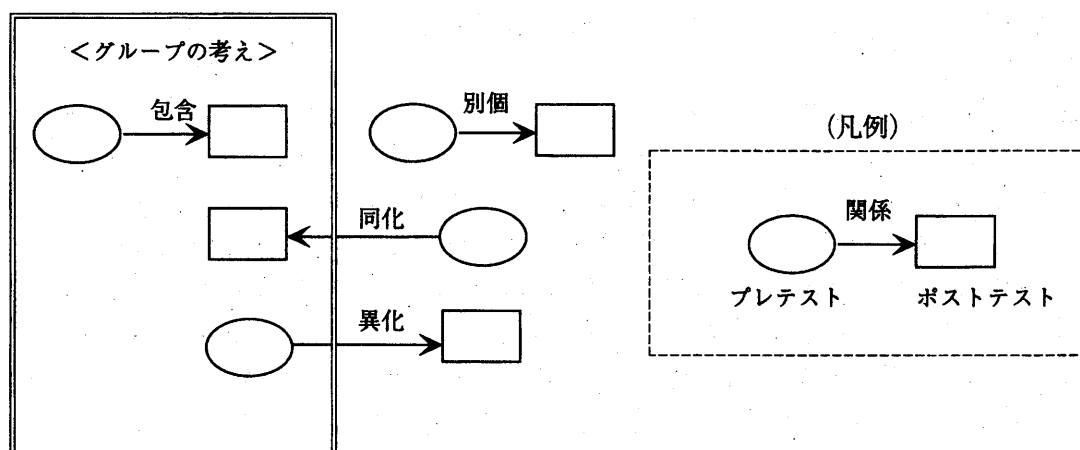


図4 子ども個人の考えとグループの考えとの関係

表8 個人の変換の内容と、個人の考えとグループの考えとの関係の事例（2班）

児童	プレテスト	グループ活動	ポストテスト	変換の内容	関係
F11	空気と熱が卵をすいつけたと思う (a M、h M)	空気が火に温められる (a T)	空気、熱に吸い込まれてしまった (a M、h M)	a M → a M h M → h M 固執	包含・別個
F10	瓶の中の空気が多いから (a V)	空気が煙となり出てくる (a C、a M)	空気とかに吸い込まれた (a M)	a V → a M 修正	同化
F14	空気がマッチの火で蒸発して卵が吸い込まれた (a M)		火に吸い付けられた中の空気がなくなって空気を必要とした (a V)	a M → a V 修正	異化

子ども一人一人の記述と各グループで作成した概念地図により、クラス全体の子ども個人の考えとグループの考えを「対象」と「フレームワーク」に分けたもの、それら进行分析して得られた各子どもの変換の類型、子どもとグループの関係を資料3に示す。

V. 研究のまとめ

子どもは、実験を中心にグループ活動を行う中で、事前に持っていた考えを出し合って話し合い、情報交換が行われる。グループ活動の結果は、グループ活動ごとに作成した概念地図を見ることにより分析した。話し合いの中には、概念地図には表現されていないものもあるが、今回はグループ活動を記録したものと同時に学習ツールとして、概念地図进行分析してグループの考えを読みとることにした。

子どもの考えの変換は、グループ活動の前後で事象の因果関係の説明の記述进行分析した。分析の観点として、子どもの考えを「対象」と「フレームワーク」の組み合わせを採用した。「対象」と「フレームワーク」によるマトリックス上に、子どもの考えやグループでの考えを配置することにより、子どもの概念変換の様子やグループ活動が子どもに与える影響などをとらえることができた。

本調査で得られた多様な子どもの考えから、変換のプロセスをモデル化したものを図5に示す。グループ活動において、子どもが認知的操作をすることによって概念変換したと考えられる。これまではプレテストで表出された子ども自身の概念が如何に構築されるかを中心に考察してきたが、実際には単純なものではない。グループ活動によって情報交換することにより、他の子どもの概念が概念変換の構成要素ともなっている。例えば、他の

子どもの考えと自分の考えを比べ、認知的葛藤を生じるなどの活性化状態になって概念変換したと考えられる。また、グループ活動などで何らかの刺激により自分の中で気づかなかったり、意識化されていなかったりしたものが想起されて変換に関わったりすると考えられる事例もみいだした。中には、他の子どもの意見を取り入れられなかったり、他の子どもの意見が自分にとってなんの影響も与えなかったりしたものの、他の子どもの意見をそのまま取り入れたものなどもみられた。このようなそれぞれの認知的操作がこの調査研究によって明らかにされた。この認知的操作の違いが、それぞれの子どもの考えの変換の型に大きく影響している。今回の研究により、グループ活動中での他の子どもとの関わり合いと、子どもの認知的操作や概念変換の型を調査のプロセスを通してモデル化することができた。図6は、グループの一例として4班のグループ活動における子どもの認知的操作の様子を示したモデル図である。

今後の研究課題として、上記の子どもの認知的操作のプロセスをより明確にすると同時に、認知的操作を促進する学習指導のあり方を追求していかなければならない。

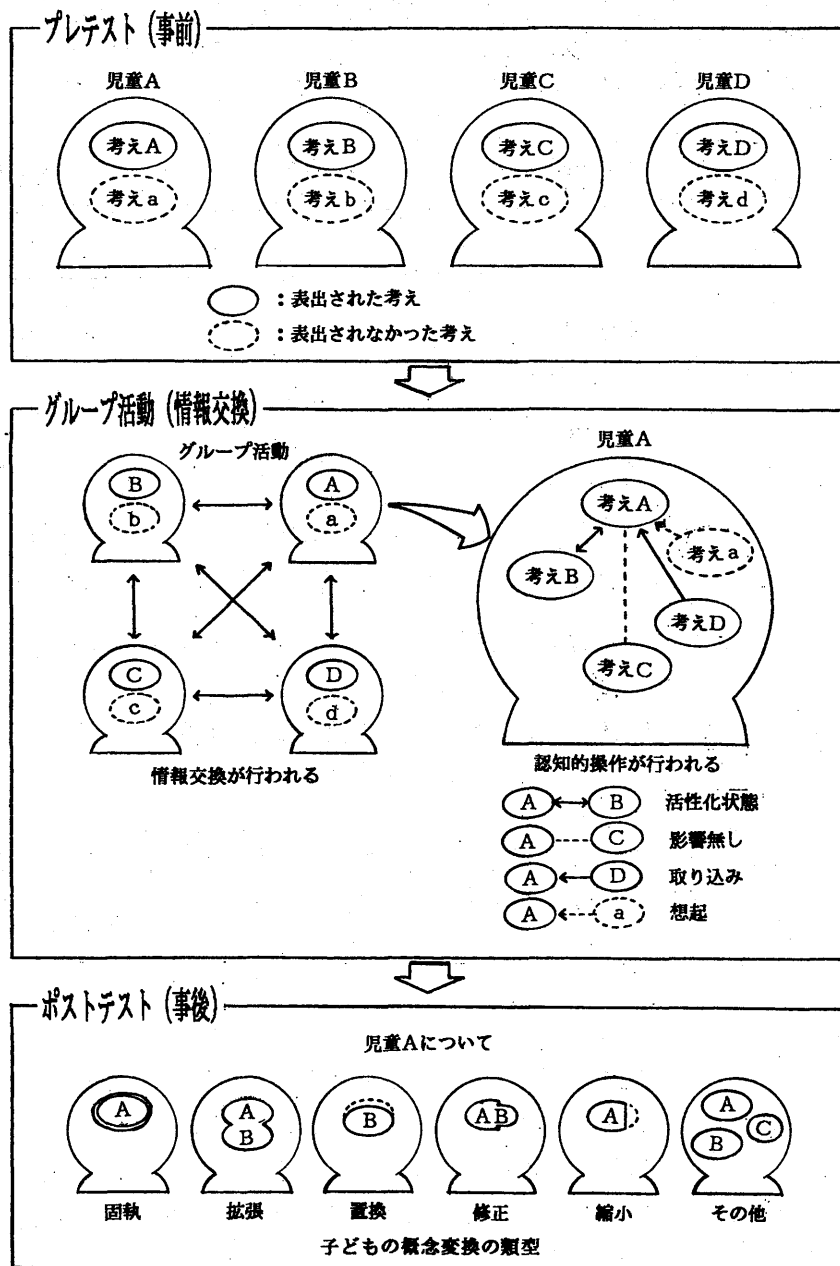


図5 グループ活動における考えの変換のプロセス

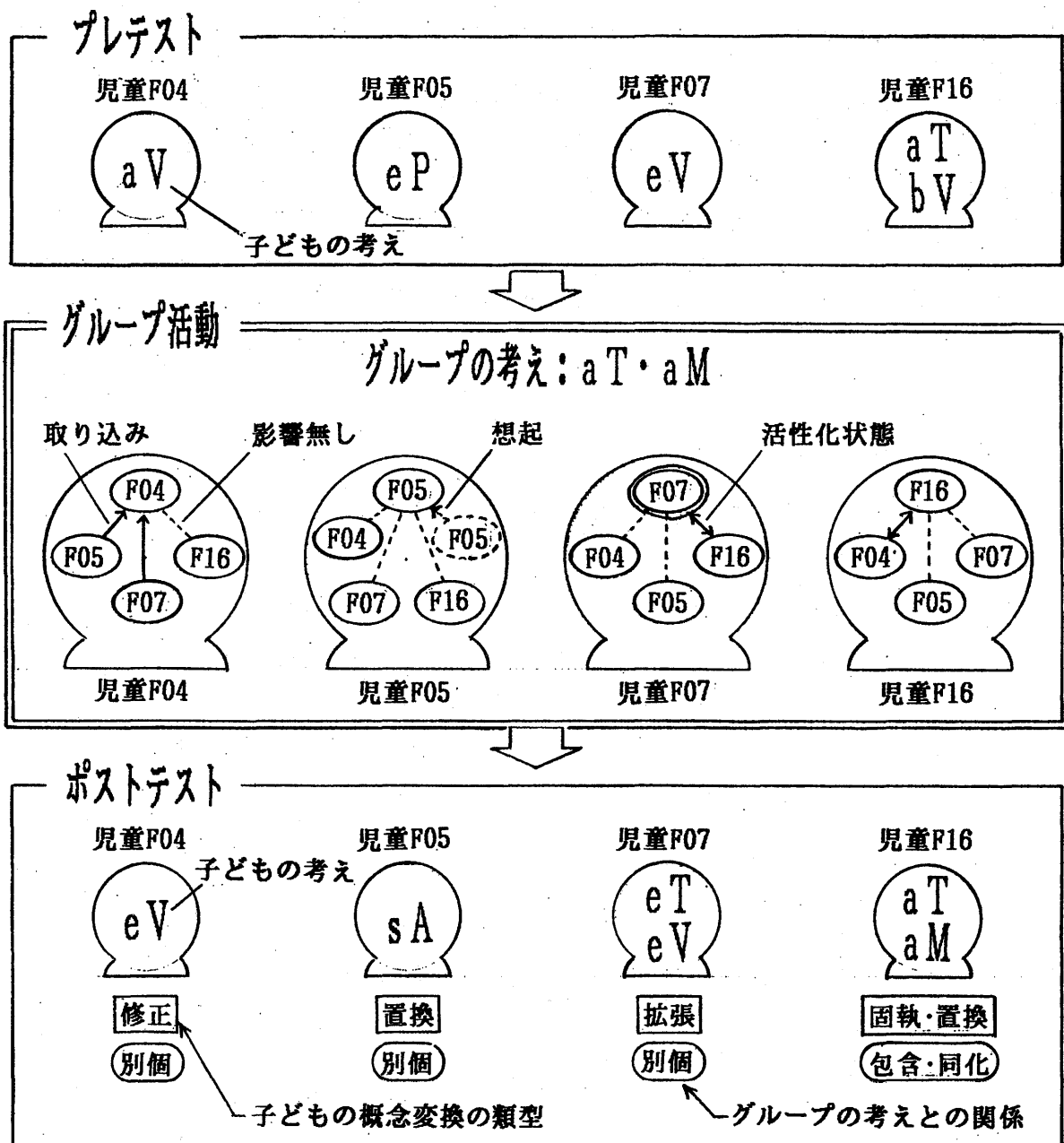


図6 グループ活動における子どもの認知的操作例（4班）

謝 辞

本研究のための調査に当たり、横浜市立大門小学校の永田基浩校長先生をはじめ清国美貴子先生、神田きぬ子先生ほか同校の諸先生方の協力を得ましたので、ここに感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) 阿部徳昭；「卵スッポンの謎」、楽しい授業、No.136、pp.58-70、仮説社、1994
- 2) 福岡敏行・増田衛；「運動要因に対する子どもの視点と力概念のフレームワークの発達に関する研究」、日本理科教育学会研究紀要、Vol.33、No.3、pp.1-9、1993
- 3) 福岡敏行・鈴木克彦；「事例提示における児童の概念変換に関する一考察」、日本理科教育学会研究紀要、Vol.34、No.3、p.20、1994
- 4) 上掲書³⁾、p.20

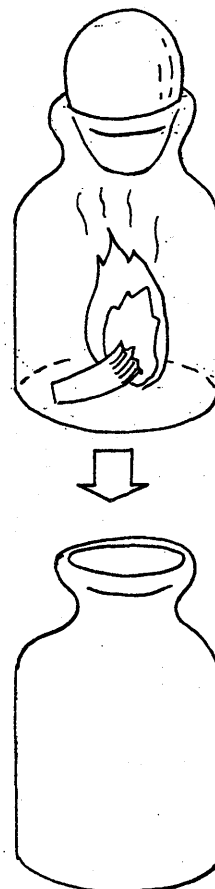
<資料1> 質問用紙

1. プレテスト

予想： ビンの中に火のついた紙を入れて卵でふたを
すると、ビンの上の卵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。

質問： 実験を観察したように、ビンの上においた卵
はどうしてそ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。

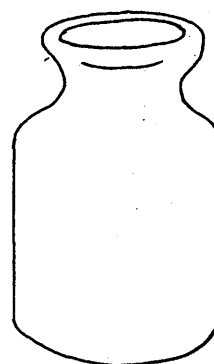
説明のために右のビンにその様子を書き加え
てもよいです。



2. ポストテスト

質問： ビンの上においた卵がビンの中に入ったのは
どうしてだと考えますか。あなたの考えを書い
てください。説明のために右の絵を使ってもよ
いです。

説明のために右のビンにその様子を書き加え
てもよいです。



＜資料２＞ グループごとのマトリックスの事例（２班、４班）

マトリックスの中の二重線で囲まれた所は、グループの考えを示す部分である。

マトリックスの中の数字は子どものコード番号を示している。

先端のアルファベットの小文字はプレテスト、大文字はポストテストを表す。

１．２班：F10、F11、F14

フレームワーク	C							
	A							
	P							
	M	<div><div>f11</div>→<div>F11</div></div>			<div><div>f11</div>→<div>F11</div></div>			
	T	<div><div>f14</div>→<div>F10</div></div>						
	V	<div><div>f10</div>→<div>F14</div></div>						
		a	e	s	f	h	w	b

対象

２．４班：F04、F05、F07、F16

フレームワーク	C							
	A			F05				
	P		f05					
	M	F16						
	T	f16 → F16	F07					
	V	f04 → F04	f07 → F07					f16
		a	e	s	f	h	w	b

対象

<資料3>

子どもの記述とグループの概念地図からみた子ども個人の変換とグループとの関係

(アルファベットは「対象」と「フレームワーク」の類型を表す)

班	児童	プレテスト		グループ活動		ポストテスト		変換	関係
		対象	フレームワーク	対象	フレームワーク	対象	フレームワーク		
1	M01	s	M	s	M	s	M	固執	包含
	M03	f	A	s	P	f	A	固執	別個
		f	P	f	P	f	P	固執	包含
	M05	a	V			a	V	固執	別個
		a	M			a	M	固執	別個
2	M13	a	V			b	V	縮小	別個
		b	V						
	F10	a	V	a	T	a	M	修正	同化
	F11	a	M	a	M	a	M	固執	包含
		h	M	a	C	h	M	固執	別個
3	F14	a	M			a	V	修正	異化
	F08	a	T	a	V	a	M	修正	包含
	F12	a	V	a	T	e	T	修正	同化
		e	P	a	M	a	T	修正	同化
4	F13	e	T	e	T	a	T	修正	同化
		e	V			a	V	修正	同化
	F04	a	V	a	T	e	V	修正	別個
	F05	e	P	a	M	s	A	置換	別個
5	F07	e	V			e	V	拡張	別個
						e	T		別個
	F16	a	T			a	T	固執	包含
		b	V			a	M	置換	同化
6	M02	a	V	a	V	a	V	拡張	包含
	M06	a	V			a	M		異化
		f	P			a	V	固執	包含
	M09	a	V			f	P	固執	別個
		a	P			a	V	固執	包含
7	M11	a	V			a	P	固執	別個
						a	V	固執	包含
	F01	a	T	a	V	a	V	修正	包含
	F02	h	M	a	T	w	V	置換	包含
		a	M	a	C	a	V	置換	同化
8	F17	a	T	w	V	a	V		
		a	V			a	T	固執	包含
		a	T			a	C	修正	包含
		w	V			w	V	固執	包含
9	M04	a	P	a	T	a	V	修正	同化
	M07	a	V	a	V	a	V	縮小	包含
		e	T						
	M08					a	V	生成	同化
10	M10					a	V	生成	同化
	M12					a	V	生成	同化

子どもの概念変換とグループ活動の役割

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教育学研究科

辻 健

1. グループ活動という学習形態が生むコミュニケーション

理科授業をはじめとした多くの授業の中で、学習形態の一つとしてグループ活動が取り入れられている。グループ活動が取り入れられる理由としては様々なものが挙げられる。

実験器具の数の問題、実験や観察の安全を配慮して、また、グループごとにリーダーを置いて学習を円滑に進めるためなどの、教師側の都合で用いられるといった教授的な側面、子どもの表現する機会を増やす、子どもどうしの話し合いによってグループごとに考えをまとめる、子どもの学びの多様化に対し授業の複線化を行う、といったような学習的な側面などのように、グループ活動は様々な側面をもち得ている。この中で、着目したいのがコミュニケーションを行う機会としてのグループ活動の役割である。

2. コミュニケーションの重要性

子どもを含めた学習者は、学習前に既存の経験や知識を持っている。よって授業者にとって、学習者が事前に何を知っているのかが、授業の重要な鍵を握っているのは周知の事実である。

授業を含めた学びは、学習者の必要観をもとに進められるべきものである。学習者が必要としているものと、授業者が学んで欲しいことの間に学びが存在するのである。学習者と授業者の相互の必然性があるからこそ学習は成立する。

上で述べたような学習を成立させるためには、学習者と教師との相互交渉の過程が不可欠である。相互交渉が行われていく中で、学習は必要観をもとに進んでいくのである。一方的な教示では、子どもの欲するものや子どもの固持しているものと教示されるものがつながりをもたないために、無意味な学習となってしまう。また、公式や定理の暗記などの無意味な教示に代表されるように理科が暗記教科というレッテルを貼られる要因は、この必然感であると思われる。

相互交渉の過程は、教師と子どもだけではない。子どもどうしの相互交渉を含めたコミュニケーションは、意見の表出による自己の相対化や他者の意見との比較による自己の考えの見直し、他者との考えの共有によるコミットメントの上昇、他の価値観に触れることは、意識の共有による考えの深まりや他の考えに触れることで葛藤を起こすといった広がりを保証してくれる。

3. グループ活動の捉え直し

グループ活動をコミュニケーションを保証するものであると捉えたとき、グループ活動に対する考え方の捉えなおしを行う必要がある。グループ活動では学習のまとめを行ったりする機会が多く見受けられる。グループで活動を行ったり、話し合いを行ったりしたあと、グループの代表者がそのグループでの意見を述べる、といった場面などがそうである。全てのグループ活動を否定するわけではないが、グループで話し合いなどを行った際に残るものは

グループで話し合いを行った経過であり、結果ではない。それぞれの子どもは、グループでの話し合いの経過により概念変換を行う。しかし、その変換はグループでの考えと同じになるのではなく、影響を受けて考えを変換する契機となるだけである。グループで表れた結果は一つの通過点である。よって、グループでの活動を発表させることはあまり意味を持たず、その代表者の意見となっていることが多い。

グループ活動の場は、考えをまとめるという場ではなく、考えをお互いに深めていくという場である。この捉えなおしが、グループ活動をコミュニケーションを行うものに変えるのである。

4. グループ活動としての概念地図づくりの利点

グループに残るものが、グループ活動の結果でなく経過であるとき、教師はグループで行われた活動をどのように捉えたらよいのであろうか。もちろん、そのグループを構成するそれぞれの子どもの記述や考えを見るという手もあるが、グループが残した記録を見ることの方が確実である。

しかし、グループが残した記録は、記録係の手によって書かれていることが多く記録を行う子どもの意見が多く表れている。そこで、グループで作成する概念地図が有効にはたらくのである。概念地図づくりは論文体のものに比べて、記録係が記述することなく、共同で作成するという感覚が強い。そのため、教師はグループで話し合いをしながら概念地図を作成する課題を与え、作成された概念地図を見ることで、グループでどのような活動が行われたのかを伺い知ることができる。

グループを構成するそれぞれの子どもは、グループ活動後に自分の考えをまとめることができる。そこで、子どもは概念地図の中から、グループ活動の中のどこから影響を受け、考えを深めるのである。

(1) 視覚化することで出てくる意味

概念地図は、学習者のもつ考え方や概念を視覚的に捉えることのできるものである。概念地図は、個々の物事や現象に対する知識を明確に表すものではない。むしろ、そういった知識を見ることには適していない。学習者のもつ「考え」と「考え」、「概念」と「概念」の結びつきや学習者のもっている知識の背景に存在するものを表すのに適しているのである。

教師の見たい事項に関しての学習者のもつ概念のつながりが視覚的に表れる。教師は、ラベルを学習者を見る視点として与えるのである。記述式のテストと違い、子どもの作成する概念地図は、彼らのもつ考え方を教師にまたは他の学習者に視覚的に示してくれる。

この視覚化は、グループ活動の際に非常に有効である。子どもどうしの話し合いによって共有されている部分はどこにあたるのか、共有されていない部分はどこなのかを視覚的に表すことができるのである。つまり、グループで、概念地図を作成する際、一つ一つのラベルの位置やリンク、命題について、確認しあう作業がともなう。「このラベルはこの位置でいいのか。」「このラベルとラベルはリンクするのだろうか。」などの会話が繰り返される。お互いの頭の中で、話し合いが行われる従来型の話し合いでは、意見のなかに食い違っているのかわからない。話し合いは進んでいても、各自の解釈の中で進んでいるので、お互いの

考えが影響しあっているのかどうかというのは、疑わしい。活動中に何のことについて話しているのか焦点の絞れない活動に比べて、概念地図づくりをふまえた活動は視点をはっきり示すことで話し合いを活性化することができるのである。グループで調べものをしたり、一つの新聞を作るという作業はよく行われて互いの書いたものを視覚化できるという意味では、同じであるが、この場合各個人で手分けをして書くという手法か、お互いの発言力の違いの中で誰かが主導権を握ってしまう。グループで作成する概念地図が、お互いの考えをラベルやリンクという形で表出させ、視点を定めお互いの意見交換を促進させるのである。

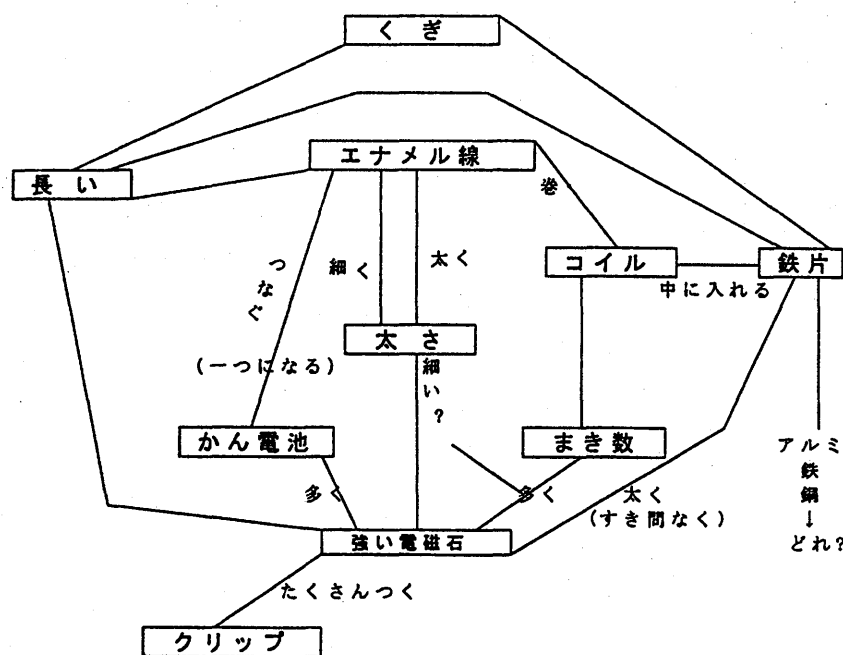
ちなみに、実際に調査を行った際も実験の方法や因果関係の推測について、子どもたちのかなり活発な話し合いを見ることができた。

(2) 多様な意見の受け入れが可能な概念地図の性質

概念地図は、記述式のものとは異なり、補足的に加えられたような意見や課題とは、あまり関連性のない意見も取り入れることができる。課題とは関連性の低いといっても学習者にとっては考えの背景となるもので、既存の知識や経験がそれにあたる。このように多様な要素の意見が受け入れられるのは、概念地図がラベルとラベルをリンクで結びそこに命題を書くだけという、手続きの簡単さに要因があると思われる。

グループで行う概念地図づくりでは、多様な意見を受け入れることのできる性質がグループ活動を活性化している。調査の中で、対立した二つの意見を一枚の概念地図に表すというグループも存在した。彼らは、リンクを二本結んでそこに相對する命題を書くことで、表現を行った。これは、概念地図だからこそなせる業であろう。

概念地図の受け皿の広さが、たくさんの子どもの意見を反映させるのである。これは、効力感という情意的側面からの効果も充分考えられる上に、子どもたちの中に存在する課題に対するイメージや日常場面としての関連をも含んだ、子どもの文化さえも受けとめるという点で、評価の視点から見ても大きな利点である。



【図1】グループで作成した概念地図（Bグループ）

(3) 授業者がグループで作られる文脈を捉えることが可能

グループ活動が続けられていくうちに、グループはそれぞれに文化を確立させていく。グループ活動前は、どのグループも同じクラスの系でまとまっていたが、グループ活動が始まると、それぞれのグループが独自の文脈を持っていく。このことは決して悪いことではない。むしろ、グループ毎に活動が行われるわけであるから、グループ毎に文脈があって当然であり、同じ課題が与えられてもそれぞれのグループは、独自の考え方を生む。

例えば、調査の中で「電磁石を強くするためには何をどのように変えたらよいのか？」という課題がそれぞれのグループに与えられたが、電池の数についての意見が交換され、電池のつなぎ方やその数に焦点が向くグループもあれば、全く電池の数には関与せずに、エナメル線の長さについて話し合うグループもある。グループの話し合いが、全てを網羅する必要があるかどうかは別にして、グループはそれぞれの子どもどうしの必要観を元に話し合いが進む。そこで話し合われる内容は、そのグループのこだわりである。

授業者は、グループごとに作られる文脈を把握すべきであり、グループ毎に作られた文脈をどのように使うか、どのように生かしながらクラスとしての文脈をデザインしていくかが課題である。グループで作られた文脈をそのままにしては、クラスの中に多数の文脈が乱立している状態になり、クラスとしての文脈を作るのには障害になってしまう。調査の例を使えば、エナメル線についての話し合いが盛り上がったグループにいきなり電池の授業をしてもうまくはいかないだろう。そこで、電池についての話し合いが盛り上がったグループにスポットを当てながら、その疑問点や考えを共有化していく過程が必要となるのである。そのためには、各グループの文脈を教師は把握しておく必要がある。そこで使われるのが、グループで作成した概念地図である。概念地図は上で述べたように、受け皿の広い性格から、幅広い子どもの意見を反映しており、何かがその話し合いで焦点となったのかをつかむことができる。また、概念地図は結果だけでなく話し合いの経過をも示すことができるためにグループの文脈を受けとめることが可能になる。

5. グループ活動を捉えるツール「マトリックス」

(1) グループで作成した概念地図が示すもの

グループで作成した概念地図は、話し合いのまとめではなく、グループの話し合いの経過が表れていると捉えるのが妥当である。グループでの概念地図づくりは、グループで何をトピックとして話し合いを行ったのか、何に固執していたのかが表れる。グループ独自のこだわりが概念地図に表れるのである。よって、それぞれのグループが違った概念地図を作成する。

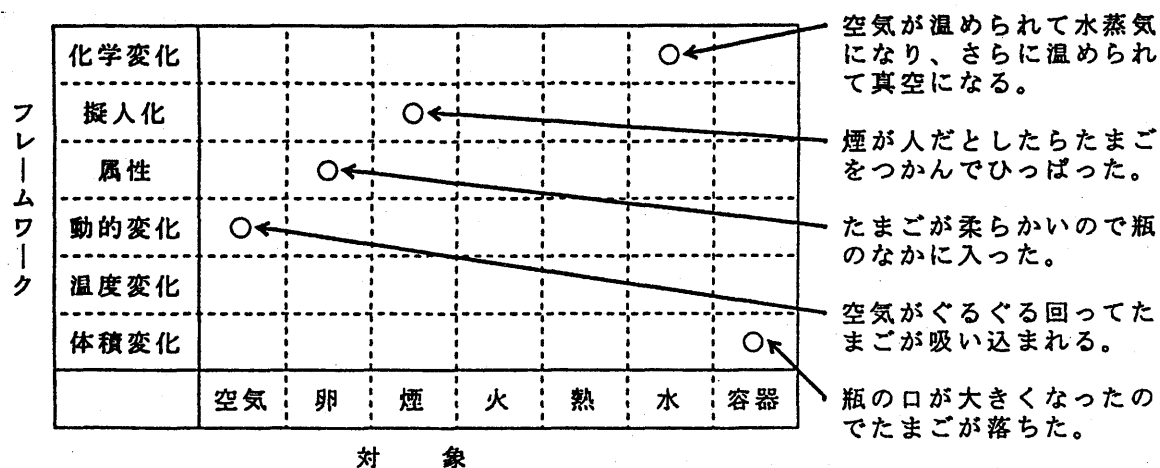
しかし、そのグループの子どもが概念地図が示すとおりの考えをもつことはない。グループの概念地図は、あくまでグループのものであり、個人と同一になることはない。それぞれの子どもの考えは、グループで作られた文脈を通して様々な形に変換されるのである。コミュニケーションを伴ったグループ活動は、概念変換の契機となる。グループで作成した概念地図により、子どもの概念変換の契機を探ることはできるが、概念変換そのものや子どもの概念そのものを見ることはできないのである。

グループで作成した概念地図は、それぞれのグループが作った文脈の一部を示しているの

である。その一部を見ることで、グループ活動の主題やグループが必要観を感じたもの、子どもたちが共有したものをうかがい知ることができる。

(2) 「対象」と「フレームワーク」

グループで行った概念地図づくりを含めた活動と、グループを構成する子どもたちがどのように相互に関係し合っているのか、またグループ活動によりどのような影響を受けたのかを視覚的に表して分析するために、マトリックスを作成した。



【図2】マトリックスとそこに位置する子どもの事例

マトリックスは、横軸に「対象」を縦軸に「フレームワーク」をとる。「対象」とは、現象の主体となるもので、学習者がその現象の何に視点を置いたのか、その視点にあたるものである。

「フレームワーク」は、学習者が対象がどのように振る舞ったと考えたのか、また対象のどのような内容に要因があると考えたのか、などの対象の捉え方、課題に対する捉え方を示す。この「対象」と「フレームワーク」の組み合わせによりその現象や課題を学習者がどのように考えているのか、どのような背景をもって考えているのかを知ることができる。グループで作成した概念地図とそれぞれの学習者が残した記述や概念地図をマトリックスに入れることでグループと子どもの関係を見ることができる。

(3) グループで作成した概念地図の評価ツールとしての可能性

上記に紹介したマトリックスにより、グループでどのような考えが出されたのか、何がグループの話し合いで焦点となったのかを知ることができる。グループ活動が、たくさんの意見を広く取り入れたものであったのか、何かに的を絞って話し合いを行ったのか、トピックはなんだったのかを知ることができる。

グループで作成した概念地図とそれぞれの子どもの考えを比較することによって、子どもがグループとどのように関わることができたのか、グループ活動のどのような内容がその子どもの概念変換の契機となっているのかを知ることができる。これらから、子どものグループ活動への関わり方や、何に対して興味を示したのか、なにに固執しているのかを知ることができ、学習者の概念変換や固執などの学びを評価することができる。

また、グループでの話し合いの内容、それぞれのグループで作られた文脈やこだわりを知ること、次時の授業への指針となったり、継続的な学び、必要観を伴った連続的な学びの場を保证することができるという意味では授業に対する評価ツールとなり、また教授ツールとしての可能性をも秘めている。

もともと、概念地図は一回の使用につき一つのツールとして機能するものではなく、捉え方や用いる場面を変えることで多面的に使うことができる。

6. グループ活動を授業の中に取り入れた調査研究

(1) 調査概要

小学校6年生の単元である「電流のはたらき」についての調査を行った。調査は電磁石の授業で行った。導入時に子どもたちに100回巻きのコイルを作らせ、磁力ができることを示した。その後、授業者がコイルを多く巻いたものと乾電池を増やし（乾電池やコイルは見せずに）、磁力が違っていることを演示した。そうして、子どもたちに「強い電磁石を作るには何をどのようにするとよいか？」ということ聞いた。その課題をそれぞれの子どもに与えた後、グループで同じ課題について概念地図を作成しながら話し合いを行った。グループでは、実際にどのような電磁石を作りたいかという話し合いが行われるようにする。話し合いの後、実際に話し合った方法で、新たに電磁石を製作する。

調査の手順は以下に示すとおりである。

- ①各自で電磁石を作成する
- ②強弱の違いのある電磁石を演示
- ③電磁石を強くするにはどうすればよいか、たずねる（個人）
- ④グループで電磁石を強くする手法について話し合う。
（概念地図づくりを行いながら）
- ⑤グループで話し合った手法をもとに検証を行う。
- ⑥電磁石を強くするにはどうすればよいか、再びたずねる（個人）

(2) 分析方法及び結果

ア) マトリックス上に表れる子どもとグループ

上に記したように、マトリックスを使って子どもとグループ活動との相互関係をみる。一枚のマトリックスが一つのグループを表す。一枚のマトリックスにグループで作成した概念地図から抽出する「対象」と「フレームワーク」をおく。また、グループ活動の前後に子どもが記述したものからも「対象」と「フレームワーク」を抽出し、同じマトリックス上におく。マトリックス上のグループとそれぞれの子どもの記述との位置関係から子どもとグループの相互関係を捉える。

	エナメル線・巻き数	乾電池	鉄片・くぎ	チューブ	
細くする					細くする
かえる			F11		かえる
太くする			m06		太くする
長くする	m06 F11 M06				長くする
数を増やす	f07 M06 F07 f11 F10	m06 F07 f11 F11 f10			数を増やす
	エナメル線・巻き数	乾電池	鉄片・くぎ	チューブ	

【図3】 Bグループのマトリックス

これによると、全ての子どもがグループの中に含まれている例はほとんど見られなかった。グループで話し合った考えとそれ以外の考えを保持している子どもが多く見受けられた。

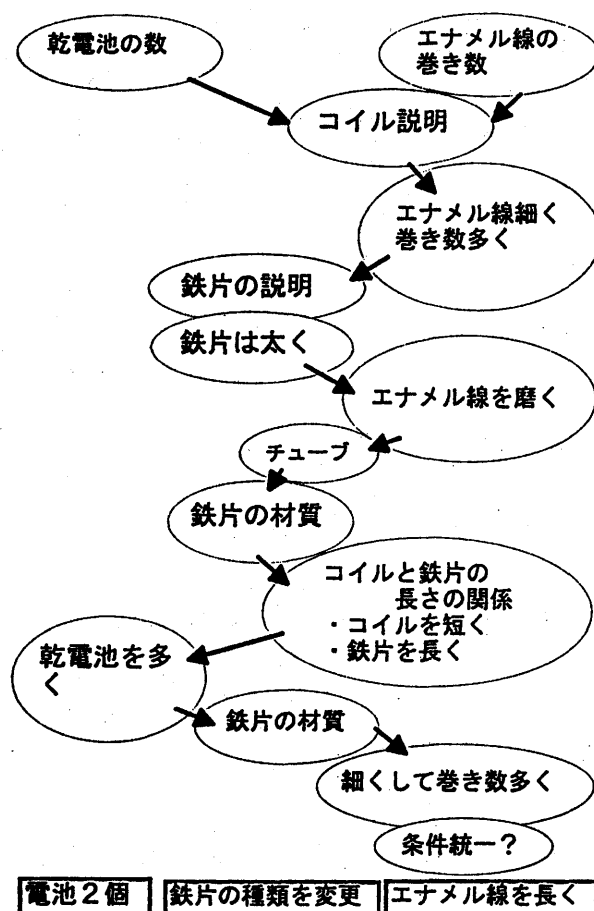
グループ活動後のポストテストで、グループで話し合われた考えと同じ考えを示したのは、延べ回答数66中の45であった。これは、全体の7割弱である。3割以上の回答は、グループでの考え以外の回答を示した。

また、子どもの考えは一つでなく、複数の考え方を同時に保持していることが多い。このことは、子どもはグループ活動で他の考えに触れ、刺激を受けるが自分が保持しているものと融合するのではなく、もう一つの別の考えとして複数の考え方をもつものと思われる。

イ) 会話記録の分析によるもの

今回の調査は、グループ活動中の記録を行った。よって、グループ活動がどのような話題で行われたのか、グループで行う活動の経緯を知ることができる。グループ活動の細かい経緯を知ること、グループとグループを構成する子どもの関係を細かく見ることができた。

会話の記録では、概念地図がどのように作られたのか、そのグループでの文脈がどのように形成されていったのかを見ることができる。会話の記録からみた文脈の形成される過程は、グループを構成するそれぞれの子どもが、グループ活動のどの場面に影響を受けたのかを見ることができる。それぞれの子どもはグループで作成した概念地図とは違った考えを保持している。しかし、彼らの考えはグループ活動に何らかの影響を受けており、グループ活動を契機に概念の変換が行われている。図4に示したものはグループ活動でどのように話し合いが進んだのかを表す図である。図4を見るとグループはどのように文脈を作っていたのか、それぞれの子どもはどこに影響を受けたのかを見ることができる。



【図4】Bグループのグループ活動の経過

ウ) グループの作成した概念地図から見る文脈のばらつき

それぞれのグループに「電磁石を強くするには何をどのように変えるか」という同じ課題を与えて、ラベルも同じものを与えても、一つとして同じ概念地図はできない。一つのグループのなかの子どもたちがそれぞれ違った既有知や経験をもっているために、一つのグループの中の子ども一人一人が違った必要観をもっており、グループの話し合いに望むものも変わってくる。

そのため、それぞれのグループがもっている必要観やグループ活動の内容も違ったものになる。まさに、グループ一つ一つが独自の文脈を作成していくのである。

図5は、全グループの概念地図から抽出した「対象」と「フレームワーク」を一枚のマトリックス上にのせたものである。この図を見ると、それぞれのグループが独自の文脈を持っていることがわかる。

この結果から、教師はグループ活動を交えた授業を行う際に、グループごとに持っている文脈や子どもの持つ必要観は違っているという認識を持つ必要がある。教師は、グループごとの文脈をしっかりと捉えた上で授業を作っていく必要がある。一方的な教示では、あるグループの必要観には当てはまるのかもしれないが、あてはまらない多くのグループが存在するのである。

	電池	エナメル板	巻き数	鉄片・くぎ	チューブ	コイル	
細くする		B					細くする
けずる・みがく		DE		E			けずる・みがく
つなぎ方	FG						つなぎ方
かえる				B			かえる
長くする		ADG		B			長くする
太くする		AG		ABEFG			太くする
増やす	ABCDEG		ABCEFG				増やす
	電池	エナメル板	巻き数	鉄片・くぎ	チューブ	コイル	

【図5】グループによって違った文脈をもつ（マトリックス）

7. グループで作られる文脈と個人の関係を表す調査研究

(1) 調査概要

教育学部の2年生82名に、グループによる概念地図づくりとグループ活動前後の個人の考えについての概念地図づくりを行った。また、調査終了後にグループ活動について、自分の概念変換についてのアンケートを行った。

調査は以下の手順で行われた。

- ①「卵スッポン」の事象を演示する。
- ②卵がビンの中に入った要因について、何がどのようになって、その現象が起こったのかを概念地図づくりを行いながら記述させる。
(与えたラベルはタマゴ、ビン、それに加えて自由に加えられるラベルである)
- ③グループで概念地図づくりを行いながら、卵がビンに入った要因について話し合いを行う。
この時、各グループに演示したものと同様の実験を行わせる。
- ④グループ活動後、再度卵がビンの中に入った要因について、グループを離れた自分の考えを概念地図づくりを行いながら記述させる。
- ⑤後日、自分のグループ活動前後の概念地図、及び記述を参考にグループ活動に対する自分の概念変換についての考え、感想を記述させた。

(2) 分析方法及び結果

グループを構成する個人の記述や概念地図、グループで作成した概念地図から「対象」と「フレームワーク」を抽出し、グループで一枚のマトリックスを作成する。マトリックス上のグループと個人の位置関係やマトリックス上の位置の移動などを見ながら、グループと個人の関係、グループ活動によりどのような影響を受けたのかを知ることができる。

楕円で囲まれた数字がプレテスト、四角で囲まれた数字がポストテストである。

大学生Dグループ

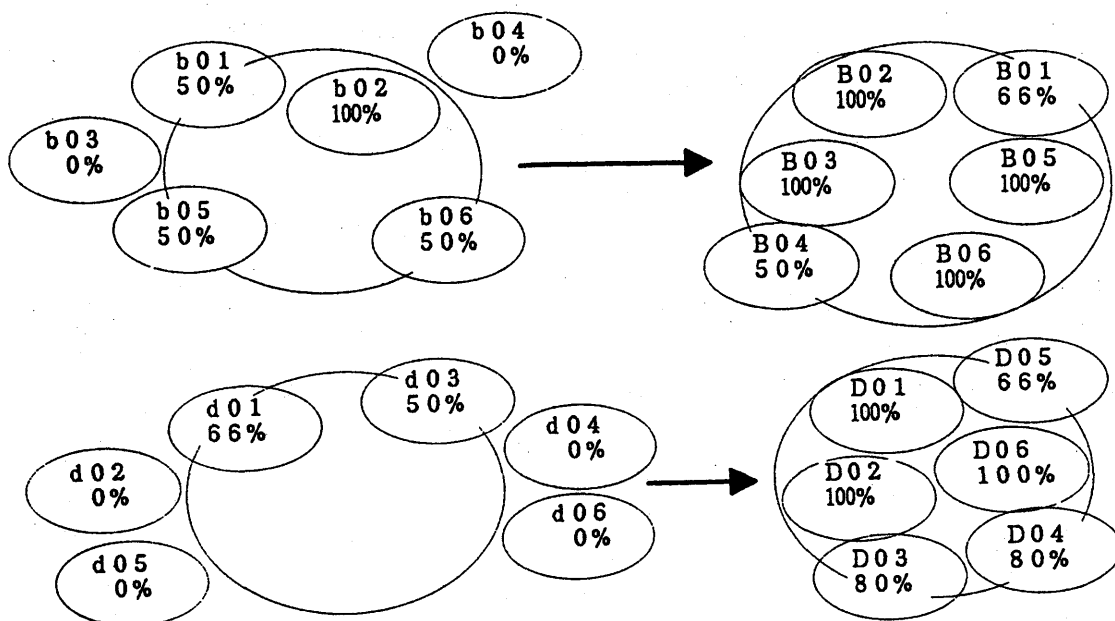
	空気	ビンの中	酸素	
			06	
量の減少(消費)	06 05			量の減少(消費)
圧力変化(圧縮)	03	01 03		圧力変化(圧縮)
圧力変化(低下)	05	04 04		圧力変化(低下)
体積変化(膨張)	01 01 04 02 05 03 06			体積変化(膨張)
体積変化(収縮)	01 04 02 06 03			体積変化(収縮)
温度変化(上昇)	01 01 03 06 03 02 05 04	04		温度変化(上昇)
温度変化(下降)	01 04 02 06 03			温度変化(下降)
	空気	ビンの中	酸素	

【図6】マトリックスの一例(大学生)

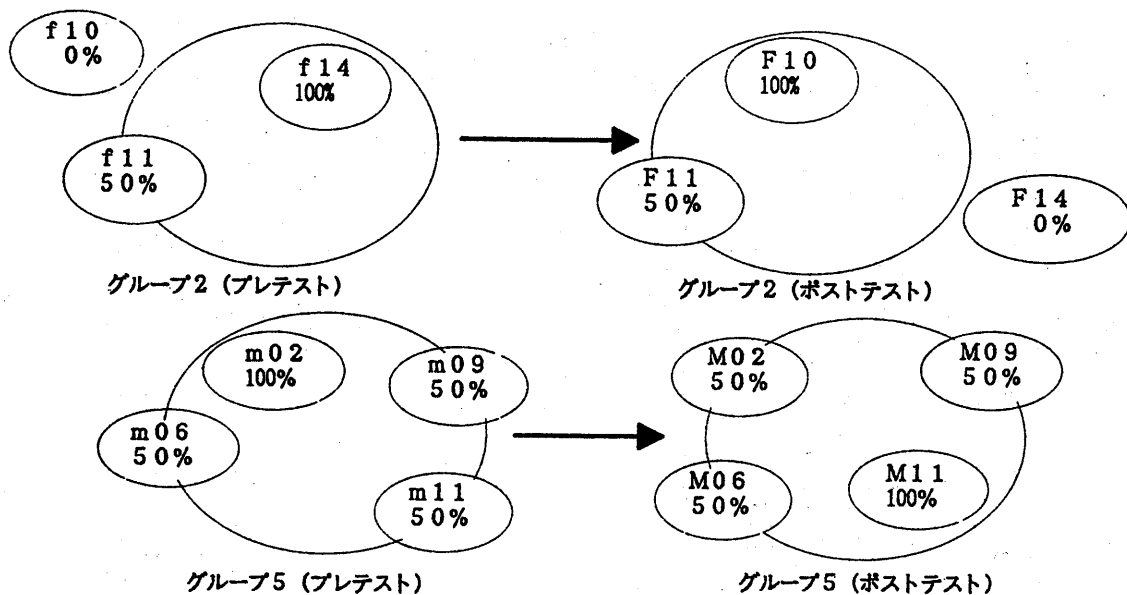
グループによって作られた概念地図が示す文脈とグループを構成する個人の概念がどのように関わり合っているかを見る。そのために、グループの文脈とそれぞれの個人の重なり合いを図にしめした。重なる度合いが高いほど個人はグループの文脈と合致していることとなり、重なる度合いが低いほど個人はグループの文脈とは違った概念を保持していることになる。

分析方法は、グループでの概念地図が示すマトリックスを円にとり、個人の概念をその円に重ね合わせるように置く。

図7は、一つのグループのグループと個人の関わりを表している。また、大学生と同様に小学5年生でも同じ内容の調査を行った。図8は、小学生の調査からえられた結果である。



【図7】グループと個人の関わり(大学生)



【図8】グループと個人の関係（小学生）

図7、図8に示されている大きな楕円は、グループ活動の際に作成された概念地図から捉えたグループでの考えである。その周りの数字の書いてある円はプレテスト、ポストテストでの個人の考えである。楕円と円の重なりが大きいほどグループでの考えに近いことを示している。図中にある数字は、自分の考えのなかに占めるグループの考えの割合を示している。よって、数字が大きいほどグループと考えが近いことになる。

図7、図8を比較すると、小学生よりも大学生の方がグループによる影響が大きいのがわかる。グループでの話し合い活動の後、一部を除いたほとんどの大学生がグループが作った文脈に吸収されているのに対し、小学生は半数以上の子どもがグループ活動後も独自の意見を記述している。

このデータから、年齢差によるグループ活動の捉え方の違いを述べるのはやや乱暴である。なぜなら、大学生しかも教育学部生は、ある程度の特殊な集団であるために比較が意味を持たないからである。

そこで、ここからある視点を取り入れる。大学生しかも教育学部生は将来、教師となる身である。この大学生の記録を、教師の記録として捉えた場合、小学生との比較は、教師と子どもとのグループ活動に対する考え方の相違として捉えることができる。

(3) 考察

グループ活動を捉えるとき、教師と子どもとは差を生じていると考えられる。グループ活動が情報交換を行う場であるという考えは、子どもと教師ともに同じである。しかし、教師は、グループ活動を考えのまとめを行う場面として捉えていることが多いと思われる。そのために、実験や観察、学習の終わりの場面でグループ活動の機会を与えるのである。筆者らも当初はグループ活動が、学習のまとめの役割を持つと考えていた。しかし、上記の調査から、グループ活動は子どもたちにとって学習のまとめを行うのではなく、他者との情報交換を行うことにより、自分の考えの相対化、他者の考えとの比較、他者の考えの吸収などの様々な活動を行い自分の考えや学習の可能性を広げたり、より強固なものにしたりするのである。

この考え方でいけば、グループ活動は学習のまとめであると考えがちである教師に対して、グループ活動に対する考えの捉えなおしを行わなくてはならない。グループ活動は、学習のまとめではなく、学習を広げる契機として用いられるべきである。

8. グループ活動を取り入れた授業の可能性について

(1) グループ活動の経過と転換

グループ活動は、個別学習の限界から導入されはじめた学習形態である。明治初期から、理科の学習に限らず全ての教科で教師が子どもに向かって教授する一斉学習の方式がとられていた。実験の内容や観察も教師が示していく形態である。

昭和50年代に入り、学習の個性化、学習の個別化が重要視されはじめ、一人一実験という形態も導入されはじめた。しかし、子ども40人に対し教師一人では無理があった。欧米は、教師の数を増やすティームティーチングを採用したが日本は、予算的にも教育体制にも無理があった。

そこで、4人～5人一組のグループという形態を導入し、グループの有効性を利用した。この時点でグループ活動は、学習を円滑に運ぶため、観察・実験を通した学習のまとめを行うため、実験器具の不足を補い学習機会を保证するため、安全面での配慮といった役割を持っている。

しかし、グループ活動は決して、授業を円滑に運ぶものではない。グループ活動は、それぞれのグループの必要観や必然性をもとに行われる。そのために、グループはそれぞれの文脈を形成していくのである。一貫した流れの中にあつた授業が、グループ活動後にはそれぞれのグループがそれぞれの方向性を持つのである。また、グループ活動は学習のまとめではなく、学習者に広がりや可能性を与える契機となるものである。このことは前項に述べた。しばしば、自由と考えられがちなグループ活動であるが、ここにも大きな見落としがある。グループ活動は、子どもどうしという自由さの反面、グループの枠から抜け出せないという制約があるのである。これらの問題点から、グループ活動を捉えなおしていきたい。

(2) 連続した流れのなかで

グループ活動を行うと、グループはそれぞれの文脈を形成していく。グループ活動を行う前は、クラスという一つの文脈にいた子どもたちもグループが独自の文脈を作っていくうちに、一つのクラスの中に多種多様な文脈ができてしまう。そこで教師が、グループのうち一つの文脈を取りあげて授業を行うのでは、他のグループは、必然性のないものとなってしまう。そうならないためにも、グループ活動前とグループ活動後の授業が、どのグループの必要観をも満たすような、必然性のある授業をデザインしなければならない。グループ活動前、グループ活動、グループ活動後の連続した流れの中で、授業を行うべきである。

そのために、グループを作成する際、班分けを行う際にも、分け方の必然性や、なぜここでグループ活動を行うのか、グループ活動の必要さを子どもと教師で確認するべきである。

(3) グループ活動を行う意味とは

グループ活動は、子どもの学習にとってどのような意味を持つのであろうか、また授業に

とってどのような役割を持っているのであろうか。

グループ活動の役割の一つに学習機会の保証が挙げられる。また、授業の複線化もグループ活動の役割の一つである。教師の評価や指示を気にすることなく活動できるというのもグループ活動の利点である。上記したグループ活動の利点は、否定することができない。しかし、これらの利点は実際には生かされていないことが多い。上に記したように、グループがそれぞれの文脈を持つ点、グループ活動が自由であるようで実際にはグループの枠という制約がある点、水平的相互作用であるかのようで、子どもどうしの発言力のちがいが存在する点、などがグループ活動での留意点として挙げられる。

これらに留意しつつ、グループ活動の利点を生かすにはグループ活動に対して考え方を改める必要がある。

(4) グループ活動の考え方

グループ間の垣根を低くして活動を行うこと、これがグループ活動の利点を生かす手段である。学習の複線化を保証するために、実験別、または目的別のグループづくりを行う。子どもたちは、一つのグループに固執する必要はなく、自由にグループ間を移動することができる。グループ活動後も各目的ごとに実験ごとに報告を行ったり、検討を加えたりしながら授業づくりを行っていく。この方法をとることにより、授業の複線化を行いながら、子どもに枠を作らず、学習機会の保証を行うことができると考える。

実際に授業例がないのでここに示すことはできないが、この授業を実践し、また新たな留意点を見つけながら、コミュニケーションを保証するグループ活動の役割について考察していくことが今後の課題である。

《謝辞》

この調査を行うにあたって、横浜市立大門小学校の松元博志先生には多大なる御協力と御指導をいただき、ここに感謝の意を表します。

《文献》

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～共同による概念地図作りをグループ活動に導入して～」，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

児童の動物概念の構築に関する考察

—「メダカの成長」の学習を通して—

横浜国立大学教育人間科学部 福岡 敏行

横浜市立上寺尾小学校 野田 智子

はじめに

子供の思考の発展を促すためには、教師は子供が明確には意識していない、潜在にある考え方を引き出し、これを意識の上に登場させ吟味することによる、といわれる。¹⁾ どのように子供の意識していない考えを引き出すのかは、教師にとって大きな課題である。

子供の考えやその変化を教師が知る方法の一つとして、概念地図法がある。分析が難しいとされてきたが、概念系という観点をを用いることで、子供の考えをとらえやすくなった。

この方法を用い、動物概念は理科学習を通してどのように構築されていくのかを考察すると共に、教師がいかに子供の考えに迫れるかを考えたい。

1. 研究テーマについて

今までの理科教育は、難しい「科学」をなにも知らない子供に、分かりやすい形にして教えることだとされてきた。科学はいつまでも変わらない絶対的なもので、順序立てて教えるべきものだとされてきた。しかし、子供には経験に由来する既存の知識があり、科学も人の考え方の枠組みによるものだという考え方がされるようになってきた。

構成主義に根ざす理科学習論では、「一人一人の子供は、異なる既存の知識があり、その文脈の中で理解はなされる」としている。つまり、いくら命の大切さを教師主導で教え込んだとしても、子供にとって意味のないことであれば子供の知識として構築されることはないという意味である。子供にとって有意義な学習が成立するためには、子供の必要感がなくてはならない。一人一人の子供がなにを考えているのかを教師が把握し、子供の必要感を掘り起こすことによって、初めて子供にとって有意義な学習が成立する。

大人が当たり前だと考えていることが、子供にとっては理解されていないことが多い。特に、近年子供を取り巻く自然環境が乏しくなり、また、子供自身も時間に追われ自然にふれる機会が少なくなった。子供は、生物と機械で動く無生物との境の認識が曖昧であり、カブトムシが動かなくなったら電池を交換すればよいと思っている子供もいるという。さらに、筆者の体験から、子供達が生き物に示す関心が偏ってきていることを感じる。例えば、昆虫類を極端に毛嫌いし、ハエが教室の中に入り込んだだけで大騒ぎをする。その反面犬やネコなどペットには愛情深く接する。このような子供達が育ってきている背景には、家庭環境や社会環境、意識の変化など一言ではくくれない複雑な要因があろう。

動物概念とは、動物とそうでないものとを区別する考えのまとまりである。動物を正しく認識することは、生命認識の誤りや関心の偏りをただすことになろう。動物概念の形成は、日常生活を通して行われているとともに、自然事象を学習の対象としている理科を通してなされている。

それでは、動物概念は、どのように子供に獲得されていくのだろうか。教師が与えたと思っているものは、子供にどのように受け取られているのだろうか。この点を「メダカの成長」

の学習を通し、概念地図を概念系で分析するという手法を用いて明らかにしていく。

2. 研究の方法

本研究は、学習の前後での子供の考えの変化を概念地図を用いて調べる。

横浜市立小学校5年生114名（3学級）を対象に平成9年5月26日から6月16日まで「メダカの成長」（全10時間）の学習指導を行った。その第1時と第10時に概念地図作りを導入した。

(1) 概念地図の有効性について

子供の考えのすべてを知ることができたら、一人一人に合った学習はたやすいものとなるだろうが、残念ながらそのような方法はない。しかし子供の既存の考えや経験といった学習に必要な部分を見せてくれるものが概念地図だと考える。

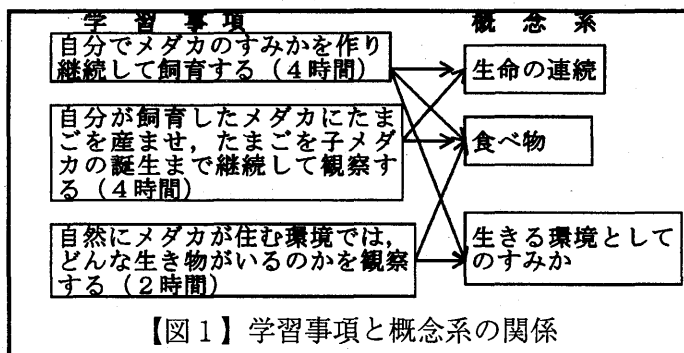
概念地図に表されるものは、子供が言葉によって想起したものである。誰からの示唆や強制もなく、一つだけの正解もない。そのため、子供は自分自身と向き合ってそのときに頭に浮かんだものだけを表すことができる。この点で、作文と同じようなものだということができる。一般に行われるペーパーテストなど、問題に答える方法では、その問題に答えるために答えを作り出したり、正解を出すために出題の傾向から方法を見いだしたりする。概念地図にはそのようなことはない。また、作文のように多くの語彙を必要としないので、語彙力に左右されないものでもある。子供の考えのすべてが表されるものではないが、調査のときに子供のもつ考えをラベルを手がかりに知ることができる。

有効だとされながらも広まらなかったのは、子供が作った概念地図をどのように評価・分析していくのが難しかったためである。そこで、本研究では、概念地図を概念系という切り口で評価する方法を考案した。概念系とは、あることに関することのまとまりである。ここでは、「生命の連続」「食べ物」「生きる環境としてのすみか」という3つの考え方を取り出して分析をする。

(2) 学習に当たって

学習事項と3つの概念系の関係は、図1のようになる。

自然に近い状態で子供がメダカの生きる様子を見られるように、観察池を整備した。水深60cm程度の観察池にプランターを使って水生植物を植え付け、メダカなど



【図1】学習事項と概念系の関係

小動物が住みやすい場を設けた。また、学習の中でメダカにふれる機会をできるだけ多くもたせたいと考え、一人が2匹ずつ飼育できるように、たくさんのメダカを用意した。飼育容器は、ペットボトルやプラスチックの飼育ケースを利用した。

3. 概念地図の分析方法について

(1) 今までの分析法

今までに紹介されてきた概念地図の分析方法では、概念地図の全体を比較する方法が多い。

使用したラベルやつながりを示す短い文（命題）がどれだけ増えたか、あるいはラベルの階層がどれだけできたかなど、いかに客観的にみていくかに力点が置かれていた。それは、例えば作文を得点化して評価することと同義といってもよいだろう。そしてその方法は、全体の傾向はある程度つかめるものの、一人一人の子供の考えをとらえた分析と言うには困難さがある。概念地図は子供が自分の考えを表したもののなのに、その一人一人の考えをとらえられていないのである。学習は、教師一人一人によって、また子供一人一人によって異なるものである。その中でつくり出された考えを捉える方法は、固定的で画一的なものであってはならないのではないだろうか。そこで、この研究では、教師が、子供の考えをいかに柔軟に捉えるかに焦点を当てて、概念系を用いた分析方法を考案した。

概念系とは、ある観点を持って2つ以上の概念ラベルを結合させている構造のことである。従って、概念系は概念地図そのものとも考えられる。が、ここで言う概念系は、概念地図の一部のことである。²⁾

概念地図を作るとき、子供はラベルからラベルへと関係を見つけている。また、一つ一つのラベルを見ていくのではなく、いくつかのラベルをまとめてとらえ、関係を見つける子供もいる。どのような方法を採用しても、結果的にある観点で結びついた構造が出来上がる。それが概念系である。

概念系は、様々な概念が集まった構造である。様々な概念をまとめることで、概念地図を読みとることがわかりやすくなり、今までに見取ることができなかった、子供の考えの変化を追跡することができる。

概念系は、子供の考えを表している構造だと言い換えることもできる。子供が概念地図に書いた命題は、子供の観点からも、また教師の観点からも様々な概念に分類できる。子供の観点は、教師の観点と一致するとは限らないが、教師は、学習のねらいに則し、子供自身気付かなかった考えを命題から引き出すことができよう。また、一つの命題が必ずしも一つの概念を表しているとは限らないということにも留意しなくてはならないであろう。

「メダカの成長」の学習を通して子供が獲得できると考えた概念系は、生命の連続を表す「生命概念系」、自己保存や成長、生態系を含めた「食べ物概念系」、自己保を表す子供が書いた命題の具体例を示す。存の場としての「すみか概念系」の3つである。表1にそれぞれの概念系を構成する概念とそれぞれの例を挙げる。

【表1】それぞれの概念系を構成する概念

	構成する概念	子供が書いた命題の例
生命概念系	めすの存在	メダカにめすがいる・メダカのめす
	おすの存在	メダカはおすもいる・メダカのおすめす
	産卵の主体	めすが卵を産む・メダカが卵を産む
	産卵の場所	メダカは水草に卵を産み付ける
	交尾	めすおすは交尾して卵を産む・めすはおすと卵を産む
	卵の様子	メダカの卵は小さい
	発生	卵から子メダカが誕生する・卵から子メダカが生まれる
	拡張されためすおすの存在	自分は男です・人間には女がいます
	拡張された繁殖	女は子供を産みます・虫は卵を産みます
食べ物	メダカにとっての必要性	メダカは食べ物を食べないと生きていけない
	メダカにとっての食べ物	メダカは食べ物を食べる
	自分にとっての必要性	自分は食べ物を食べないと生きていけない

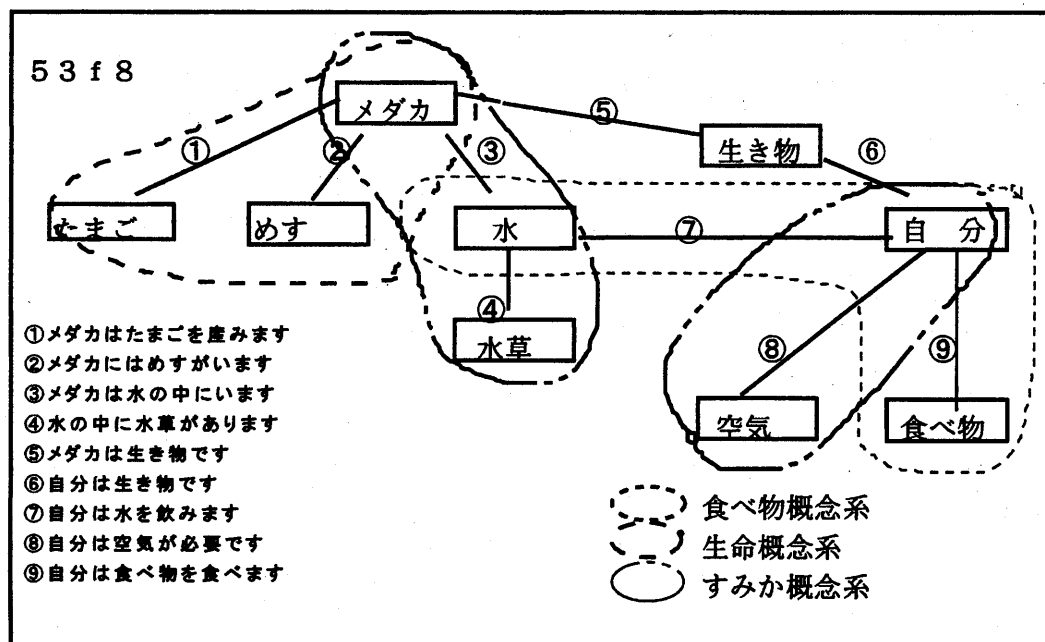
概念系	自分にとっての食べ物 生き物にとっての必要性 生き物にとっての食べ物 〇〇にとっての食べ物 食物連鎖	大根は食べ物・自分は水を飲む・卵は食べ物 生き物は食べ物を食べ物がないと死ぬ 生き物は食べ物を食べています 鳥の食べ物肉魚・犬は水を飲む 微生物を食べるメダカ・ヤゴはメダカを食べる
すみか概念系	自然の構成物 メダカのすみかと生存条件 水草の存在 他の生き物の存在 自分の生存条件	自然の空気・自然にも水はある・生き物は自然 メダカは水の中にいる・水草はメダカの必要なもの 水の中に水草がある・水草は池にある 池の中にも生き物はいる・池の中にヤゴがいる 自分は空気を吸う・人間は食べ物が必要

(3) 概念系での比較

「生命の連続」「食べ物」「生きる環境としてのすみか」という3つの考え方をそれぞれ生命概念系、食べ物概念系、すみか概念系として抽出した。生命概念系に含まれる生命概念は5年生の子供にとってまだなじみの薄い概念であるが、食べ物概念系、すみか概念系に含まれる食べ物概念やすみか概念は、すでに日常の中で子供にとって慣れ親しんだ概念ともいえる。

概念地図の中で、概念系がどのように表されているのか、子供が作成したものに例示した。この例のように、概念系は、離れた場所に現れることもある。また、この事例では表されていないが、一つの命題が2つ以上の概念系に重複して含まれる場合もある。

系を決めるときには、子供の表現を機械的にそのまま受け取るのではなく、子供が言いたいことに着目し、教師が寄り添うように心がけた。



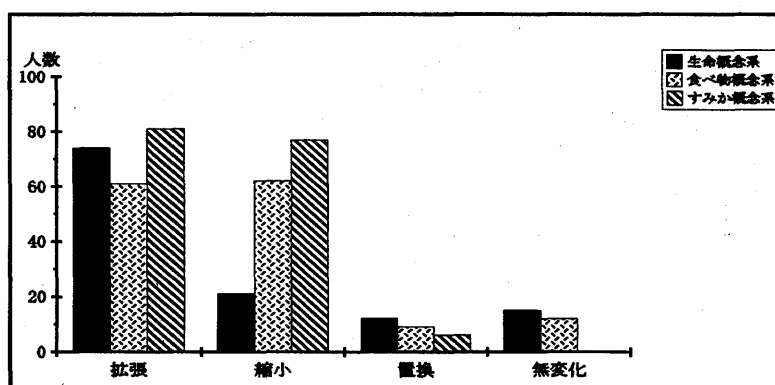
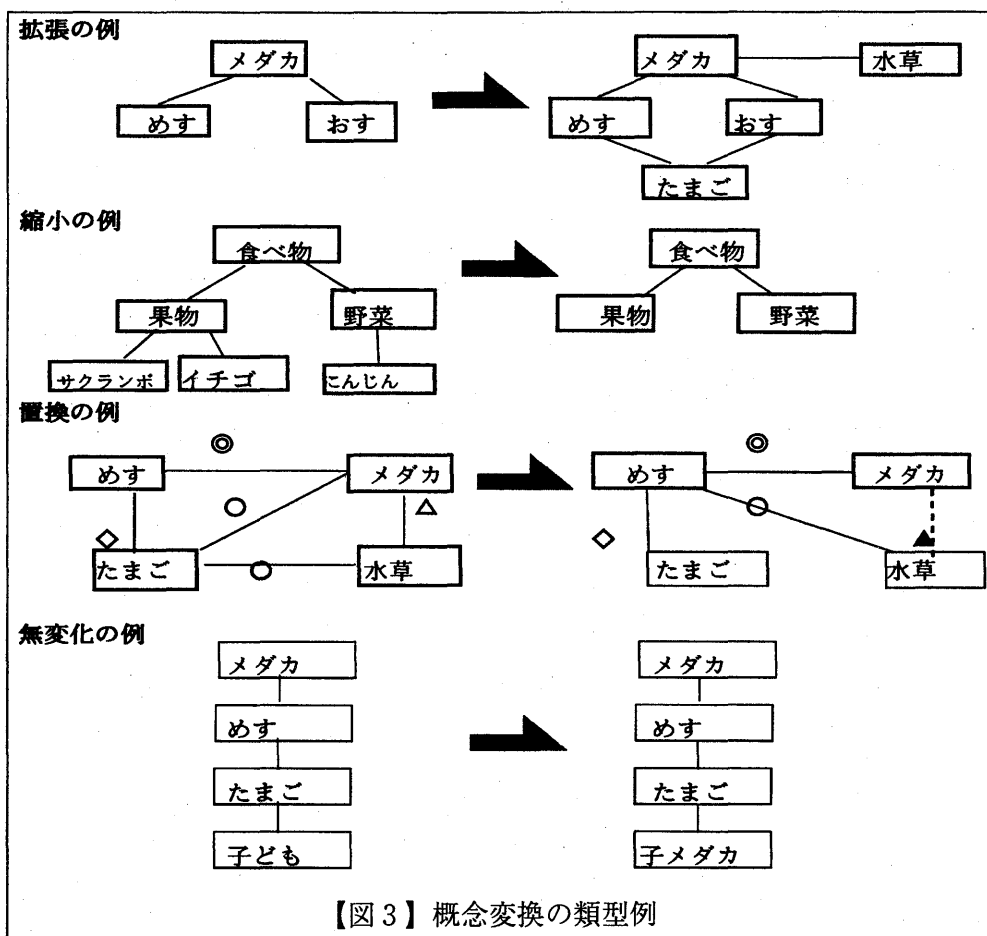
【図2】概念系を判断する具体例

4. 分析の結果について

分析の結果、概念変換として以下のような類型に分類できた。これらの類型は、単独表されることもあれば、2つ以上が重なって表されることもある。表2と図3に類型をし、概念系ごとの分析の結果を図4に示す。

【表 2】概念変換を判断する具体例

類型	説 明
拡張	これまでの概念系に新たなラベルやリンク、命題が加わったもの
縮小	前に使われていたラベルやリンク、命題が使われなくなったもの
置換	今まで使用されていたものが別のものに置き換えられているもの
無変化	比較しても変化の見られないもの



【図 4】概念変換の延べ人数

5. 分析の結果からの考察

(1) 概念変換の類型

概念変換の4つのパターンには、次のような意味があると考えられる。

ア) 拡張

新たに増えたラベル、リンク、命題が概念地図に表されている。学習したことを獲得したときに概念地図に表されるものが拡張と考える。概念地図法は子供の考えを誘導するものではないので、この獲得は、子供自身がはっきりと「分かった」と思えたことだけが表されている。

イ) 縮小

ラベル、リンク、命題がなくなっている。このことは、学習の効果がなかったということではない。縮小の個々の事例を見ると、次のようなことが分かった。

- ① 他の変換（例えば拡張）とセットになっている場合。同じ概念系の中で表したいことが変化したと考えられる。
- ② 他の概念系が大きくなって当該の概念系が小さくなっている場合。概念地図全体の中で、表したいことが変化したと考えられる。
- ③ 考えが整理され無駄が省かれた場合。同じようなことを繰り返し述べていたことが一つになるなど、表現の方法がより精緻化したと考えられる。

いずれの場合も、子供が獲得したものによって表現したいことが変化したために、概念地図の上からなくなったものである。

ウ) 置換

考えが置き換わったものを置換とした。ここでは、つながり方は変わっていないのに、命題の意味が置き換わっているという観点で見た。そのため、表された数は少ない。

エ) 無変化

同じ内容が表されているので、学習の効果はないように見えるが、3週間後に表されたものなので、元から子供のもつものが学習によって強化されたのではないかと考えられる。

(2) 概念系による獲得され方の違い

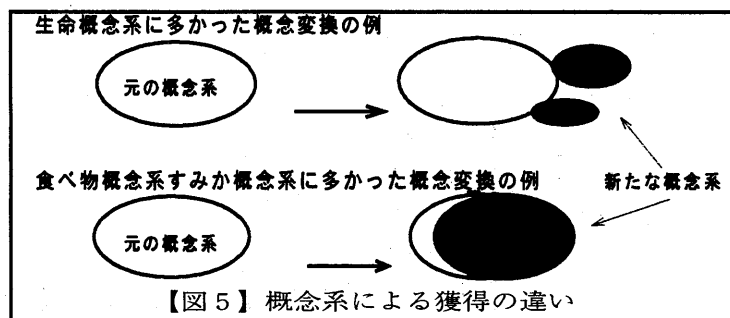
それぞれの概念系では、変換の形が異なっていた。生命概念系では、図5にあるように、プレテストにあった概念系がほぼそっくり残っていて、そこに新たなものが付加したような変換をしている（全体のおよそ40%）。一方、食べ物概念系やすみか概念系では、自分にとっての食べ物の列挙や漠然とした自然の構成が減り、そのかわり上書きされたように、メダカにとっての食べ物や食物連鎖概念、すみかの条件が増えている。（全体のおよそ30%）

この違いは、取り上げた概念系

が子供にとってどれだけ身近だったか、またそうでなかったかによるのではないかと考える。まだ自分のこととして十分にとらえることができない生命概念と、自分自身の経験に基づいて自由に考えることができる食べ物概念やすみか概念とでは、その獲得の仕方にこのような差が見られると考える。

(3) 動物概念はどのように構築されるのか

子供がメダカを飼育し観察することを通して獲得される動物概念は、自分にとって身近なことから獲得されていくのではないかと考える。食べることやいる場所（すみか）を通し、

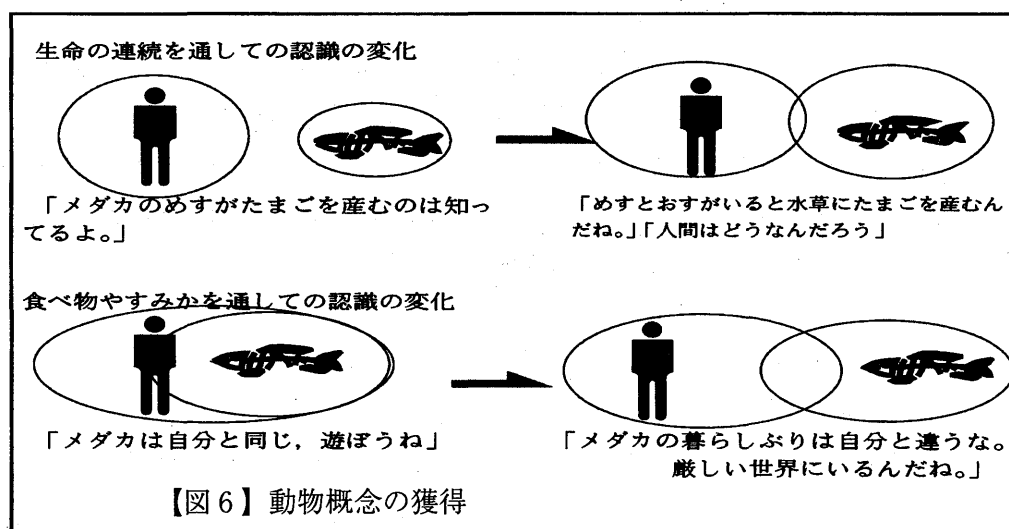


自分と同じことをするものとして認識することから始まるのではないだろうか。授業の中でも、「メダカのすみかを作ろう」という場面で、子供たちは「メダカが遊ぶものを入れてあげよう」とビー玉や空き缶など様々なものを入れており、メダカと自分を非常に近づけて考えている様子が伺えた。このことから自分とメダカを同一視するところから動物概念の獲得が始まると考えられる。

自分とメダカを同一視しながらも、違いに気付いていくことで学習が進むと考えられる。観察をすることで、自分とは違うメダカの実性、例えばどんな餌が好きか、とか水そうのどこを好むか、何をしているかといったようなことに気付いていくのである。こうして食べ物、住む場所を通じてメダカという動物を認識していく。それが、上書きをされたような概念変換に表されていると考える。

では、生命概念という自分の経験とはかけ離れたものはどのように獲得されるのだろうか。生命概念の中でも、めすとおすが存在することは自分に引き寄せて考えている。また、自分の誕生に両親の存在が必要だということも何となく分かっている。しかし、そのこととメダカとを結び付けて考えてはいない。実際にメダカがたまごを産み子メダカが生まれる場面を目の当たりにしたときに、めすとおすがいて生命が連続していくという考えを明確にもつことができるのであろう。それは、子供にとっては全く新しい考えであり、今までもっていた何かに置き換えられるものではない。

子供にとって未知の経験を獲得する過程に、教師からの教示がなくては、おそらく考えをことばで表すことができないであろう。初めて獲得したものが付け足しのような形の概念変換に表されているのである。それに対し、子供が自分の知っている言葉で考えを自由に表せるものは、表現の仕方はたやすく変化する。その様な場合、教師からの教示は、子供の必要感のあるものだけが取り入れられているのではないかと思う。



6. まとめ

この研究を通して、動物概念の獲得と子供の無意識の考えにどこまで迫れるのかという2点を考えた。

子供が動物概念を獲得するとき、今までに経験や知識のある食べ物概念やすみか概念については、自分に引き寄せて考えそこから違いを見つけながら上書きするように知識を獲得す

る。一方、自分に経験のない生命概念については、事実を目の当たりにし、そのことを表すことばを獲得し、今までの経験や知識を塗り替えることなく、付加するように知識は獲得されると考えられる。

知識の獲得に子供の今までの経験や知識が大きく関わっている、ということが概念地図からも見取ることができた。

次に、子供の無意識の考えにどこまで迫れるのかに関しては、概念地図の分析法から考えてみたい。

本研究で提案した分析方法は、概念系に分け、概念系ごとに学習の前後で比較をする方法である。子供が概念地図に書いた命題は、どの概念を表しているのか、どの概念系に入れるのか分類し判定するとき、教師は子供の気持ちになって考える。何を言いたいのが一度では分からないこともあったが、他の子供が書いたこと、授業での様子を手がかりに分類した。また、再三繰り返し見るうちにどの概念を表しているのか、初めの分類と違ってくこともあった。そこにはいない子供の考えをじっくり見ることができた。

子供が作製した地図が何を表すのかを作成した子供に尋ねたら、違う結果になるかもしれない。しかし、教師は、学習のねらいに則し、子供自身気付かなかった考えを命題から引き出すことができるのである。子供が何を見たか、どんなことを考えるのか、子供がその場になくても、気持ちを寄り添わせることで子供のもっているものに光を当てることができる。と考える。

学習におけるコミュニケーションは、子供同士だけで成り立てばよいものではない。教師と子供においても一層深まる必要を感じる。子供にだけ要求することなく、教師からのコミュニケーションの一つとしても、この分析法をあげることができるのではないだろうか。

おわりに

教師が寄り添うことで、子供自身が意識していない考えを引き出したら、それをどのように子供へ返すのが大切である。例えば、生命の連続のような子供が今までに経験したことのない新しい考えをもつ必要があるとき、そこではことばを教えることが大事であろう。子供固有の知識は、今までの経験の積み重ねからできたものである。これからの実践の中で、今まで以上に子供がなにを考えているのかを理解し、一人一人を大切にしたい授業をしていきたいと思う。

《主な引用文献・参考文献》

- 1) 森本信也, 1996「子供のコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」, 第1版 p.19
- 2) 福岡敏行・笠井恵「理科学習における概念地図作りの有効性に関する一考察」, 日本理科教育学会紀要Vol.32, 1991

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, 1993
J.D.ノバック & D.B.ゴーウィン著「子どもが学ぶ新しい学習法」東洋館出版社, 1992

中国と日本との理科実践授業から考えたこと

横浜国立大学大学院 宋 寧縉

はじめに

学校教育では子どもたちに科学的なものの考え方や見方を身につけさせることが大切である。私は中国で理科教師として子どもに化学を教えた経験がある。授業をする時に、いかにして、子どもに科学的なものの考え方や見方を養うか、具体的に言えば、如何にして教室で子どもたちに問題解決の能力を育てるかをいろいろ試してきた。以前自分の経験したことと今見ている日本の授業から、子どもたちの知識を作る過程においては、コミュニケーションの活動の役割が明らかになってきた。ここでは、中国と日本の理科授業を比較してみたいと思う。まず、中国における中等化学授業を簡単に紹介する。

1. 中国の九年義務教育三年制中等学校の化学教育の実態

(1) 中等化学の教育の目的：

中等学校では、三年目の時だけに化学の授業がある。教育の目的として、主に以下の内容がある。

ある程度化学の基本概念と原理を子どもに勉強させる。よく見られる元素と重要な化合物の基礎知識を学習させ、ある程度の化学実験と化学計算の基本技能を身につけ、化学知識を用いて実際の応用について理解させる。

教師は、子どもを化学に興味を持つように励まし、化学に対する態度と科学的な学習方法を身につけさせる。子どもの科学的な考え方と問題の発現能力を育てる。子どもが初級的な化学知識を使って日常生活の中のある化学問題を説明し、解決できるようにする。

子どもに弁証唯物主義と愛国主義教育をする。

(2) 現在使われている中等化学教育の教科書には、次のような内容がある

第一章 空気 酸素	第五章 炭と炭素化合物
第二章 分子 原子	第六章 鉄
第三章 水 水素	第七章 溶液
第四章 化学方程式	第八章 酸、アルカリと塩

以上の内容から見ると、一年間の授業の内容はかなりの量がある。この問題に対して、私は、中等化学の特徴によって、子どもの実態に合わせて、計画的に組織的に子どもの学習活動を指導し、教育方法として、多様な方法で彼らの能動的な学習意欲を開発し、彼らの観察能力、実験能力、思考能力と自分で学習する能力を育てようと努力した。具体的に言えば、中等化学の授業をする時に、以下の面に重点を置いた。

(3) 授業における指導方法

- ①子どもたちの化学に対する基本概念の形成を重視する。子どもたちに授業から化学に興味を持たせるために、化学の基本概念をきちんと教えるのは大切である。授業をする時に、できるだけ、日常生活の中の現象と実験の現象を通して分析し、比較し、抽象し、まとめて子どもに概念を納得して理解させる。
- ②子どもたちに化学の専門用語を覚えさせる。元素、符号、化学式と化学方程式等は物質の

構成と変化を表わす化学用語である。これらは、化学の知識を学ぶための道具である。授業をする時に実物の提示と実験の化学反応によって子どもにそれらに対応する化学用語を使わせるように指導する。同時に化学用語で実物と化学反応を想起させるように指導する。

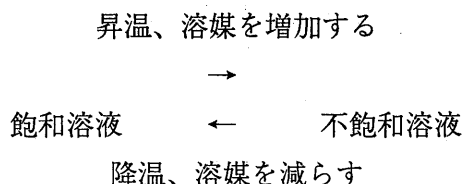
- ③子どもたちに元素、化合物の知識を勉強させるのは重要である。授業をする時に、主に直観教育法、実験教育法、ビデオでの教育法で行う。子どもたちが実物に触ったり、実験したりすることによって、感性知識を増やす。いろいろな方法で子どもにそれらを理解させた上で重要な元素、化合物の知識を覚えさせる。子どもたちがある程度元素と化合物の知識を身に付けたら、子どもたちに元素と化合物の知識の間の関連性を理解させる。それから、元素と化合物の性質、製法と応用の間の関連を理解させ、化学の基本的な概念と原理を用いて元素と化合物に関する知識の学習を指導する。
- ④実験——主な授業方法である。化学という学問は実験を元にする科学である。実験を通して子どもたちが化学に関して興味を持ち、概念を形成し、知識と技能を獲得することができる。そして、子どもたちの実験の観察能力と操作能力を育てることができる。したがって、授業をする時に、できるだけ、デモンストレーション実験を子どもに見せながら、授業をする。子どもたちの生の直観的な知識を抽象的思考へ発展させる。一章ごとに指導案の指示した通りに学生に一つの実験をさせる。子どもたちに、実験する前に、実験の内容を予習させる。実験をする時に、勉強してきた知識を用いて、現象をよく観察し、それについて分析し、判断させる。よく忠実に記録して、実験後実験報告を出してもらう。
- ⑤授業以外の時間に化学活動を行う。化学活動の内容と形は多様である。社会と生活に関わる内容を、科学技術と科学史とを結んで学校内での勉強した内容を広げる。活動の形は化学実験と興味実験、知識の講座、化学のコンテストと問題討論会などである。そのような活動を通して、学生の特徴を発揮することができる。また、彼らの創造能力を育てることができる。

(4) 考察

中国社会の現状では、人口が多く、高校の数が少ないため、地域の統一試験を受からないと進学することができない。同様に、大学に入るには、全国の統一試験を受かなければならない。したがって、小学校から高校までの教科書は全国で統一されている。学校教育において、子どもたちは、主に教科書から知識を勉強する。教科書の知識は主に授業を受ける時に教師から教えてもらう。子どもたちの成績は点数によって判断される。教師と学校の成績は子どもたちの進学率によって判断される。結局、教科書の内容が多過ぎて、教師が教え込む傾向がある。

例えば、①—⑤の方法にしたがって、私は、第七章溶液の部分では飽和溶液と不飽和溶液における授業をする時に、日常生活の経験から問題を導入し、溶質が溶媒の中で溶解実験の「実験7-2」^{註1}、「実験7-3」^{註2}、と「実験7-4」^{註3}を通して、子どもたちに見せながら、注意すべきところを助言した。「実験7-2」の時に、「二本の10mlの水が入った試験管にそれぞれに固体の塩化ナトリウムと硝酸カリウムを入れます。」「試験管の底に何か見えますか。」とか、何回も繰り返して強調する。子どもたちが底に溶けないものに気がついて、「もう溶けないね」、「溶けないで固体が残った」というような言葉が出たら、教師は、そのチャンスを手握んで、「今の状態は飽和溶液といいます」そして、結論を出す。すなわち、一定の

条件において、溶質は溶媒に無限に溶けられないのである。それを根拠として、さらに、子どもに「飽和溶液」の概念を理解させる。マクロの現象観察から飽和溶液を判断する。次に、ミクロ概念の理解へ発展させる。飽和溶液を考える前提は、「一定の温度」と「一定の量の溶媒」である。デモンストレーション実験の「実験7-3」と「実験7-4」から、多くの溶液対して、以下の関係があるということを子どもたちに理解させた。



溶液の濃度と溶液の飽和・不飽和との関係を明らかにするために、「実験7-5」^{注4}をしながら、試験管に入れる前の量が違うことを注意させる。入れたら、「試験管の底を比較してください」と注意する。それから、子どもたちにグループごとで議論して自分の結論を出してもらう。この時に、教師は、皆の意見をまとめて、概念化する。溶質が違うものに対して、こい溶液は必ずしも飽和溶液ではない。同様に、うすい溶液は必ずしも不飽和溶液ではない。もし、溶質が同じ条件の時に、どうなるか。子どもたちに自分で推理してもらう。最後に、教師は明確にさせたいことは、次の二点である。①溶液の濃いか、うすいかということは、一定の量の溶媒における状態のもとで、溶質の相対的な含む量が多いか少ないかのことである。温度の変化と関係がない。②溶液の飽和か、不飽和かというのは、溶質が最大限度に溶けているかどうか次第である。温度と溶媒の量という二つの条件に制限されている。教科書の内容においての科学概念は正確に定義された形で表現している。しかし、実際の授業においてはある科学概念の意味を捉えるのは、学習者の思考の枠組みの中でである。上の例の飽和溶液概念について一定量の溶液に溶質を溶かした時に溶け残る溶質が出てくることによって、溶質が溶けているのに限界があることを45分間という限られた時間内に理解させるのは難しいと思った。

注1 [実験7-2] 2本の試験管の中にそれぞれ10mlの水を入れて、それぞれにゆっくり固体の塩化ナトリウムと硝酸カリウムをいれる。入れながら、振る。試験管の底に固体が残って溶けないまで続ける。(試験管の中の溶液はそのままにしておいて、次の実験のために使う。) この実験を通して何が明らかになったろう？

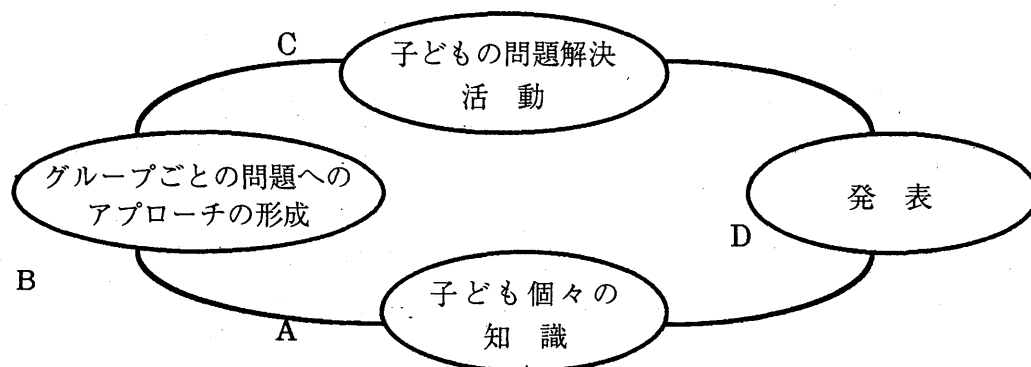
注2 [実験7-3] [実験7-2] の最後の硝酸カリウムの固体が残っていた溶液の試験管をゆっくりと加熱する。加熱しながら、試験管を振る。試験管の底に残っていた硝酸カリウムがどう変化するかをよく観察する。

注3 [実験7-4] [実験7-2] の塩化ナトリウムの固体が残っていた。塩化ナトリウムの溶液の試験管にゆっくり水を入れながら振る。底に残っていた固体の変化を観察する。また水を入れて、振って、塩化ナトリウム固体が全部溶けるまで続ける。

注4 [実験7-5] それぞれ10mlの水を入れてある二本の試験管の中にそれぞれに2グラムの食塩と0.1グラムの水酸化カルシウムを入れて、試験管を振りながら現象を観察する。その後試験管をしばらく置いて観察する。

2. 日本における小学校の理科授業から考えること

以上の問題を踏まえ、中国の国情にふさわしい理科授業方法を探究していきたい。今の日本の小学校の理科授業の方法は主にコミュニケーション活動の中で子どもたちの理解の実態を踏まえた授業を作り出す方法である。例えば、4年生の「流れる水のはたらき」の単元の学習過程において、子どもの論理で明確にさせたい内容は①流水の3作用に関して、浸食、運搬、堆積である。②雨水の流れやモデル実験の水の流れと、川の水の流れの同一性である。ここでの子どもの問題解決のプロセスは図1に示すようにA→B→C→D→Aの順で行なわれた。そして、4つのプロセスのそれぞれは、図1に示すように子どものコミュニケーションの輪の中に位置づけられた。各プロセスの内容を以下に示す。



【図1】

Aでは、子どもたちが問題解決をするため現在持っている知識が披瀝される。この時のコミュニケーションの特徴は、対人間だけに限定されない活動である。それは子どもの内面への働きかけを前提にしているのである。「子どもたちの保持する個々の事象についての「個別的な知識」の存在こそが問題解決の内容を決定する」⁽³⁾のである。ここでの学習に則して言えば、小学校4年生の「流れる水のはたらき」の単元の学習における授業はまず、子どもたちを連れて、川に入って体験して、潜在的な知識を引き出す。それにつれて、新しい発見が生まれるかもしれない。この場のコミュニケーションは、まさに、「子どもの論理と物あるいは現象という、対人間だけに限定されない新しいコミュニケーション活動」⁽⁴⁾である。

Bの場面においては、グループごとに問題へのアプローチがなされる。子どもたちの固有の知識に基づいて、個人の問題をグループ内の問題へ変換すること、あるいは、子ども個人個人の内面問題から外面へ出すこと、すなわち、子どもの内言を意図的に引き出すことである。ほかの子どもの考えとぶつかり合って、実感的にアイデアを捉えることである。そして、子どもたちの発想を生かした学習計画を話し合わせながら、次の問題が生まれる。

Cの場面は、問題解決活動である。子どもたちは、自分たちの発想を生かすために、いろいろと試すことである。上の例で言えば、子どもたちは、川について体験したあと、協同的な問題へのアプローチを持って、川のモデルを実験する。子どもたちは、砂場で山を作り、山の頂上から水を流してその様子を観察する。「ここが削られている。」「邪魔ものにぶつかって流れが変わった。」「これは川の流れと同じだ」というような談話をしながら、自分の体験に結びつけていく。

子どもは多様な条件の中で現象を捉え、意味を広げる。このようなコミュニケーション活動の中で、子どもたちは、直接な意味を欠いた任意の抽象的な知識の前に置かれる代わりに既知の实在の中にそれらの要素を自分自身で見つけ出し、实在の再構成のために役立てることに面白味を感じる。教師はこの時の子どもたちの考え方を位置付けて、子どもの「自己効力感」⁽⁶⁾を保証するために助言するのである。実験を通して、いろいろな結論が出てくる。知識の共有化を促進するために次のクラス全体でのコミュニケーションが行なわれる。

Dは意見交換の場面である。子どもたちの間あるいは教師との間で言葉を使って、話し合う過程である。すなわち、情報交換である。この過程では子どもたちの外的な考えの間に(外言)から内言への知識を定着するために、教師の適切な助言が必要である。つまり、個体としての子どもたちは、外言を内言へと変換して、彼らのもとへ彼らが必要とする科学を呼び寄せるのである。以上の授業を通して、教師が予想した目的を達成することが可能である。子どもたちが自分なりの知識を得られると言えるだろう。

終わりに

以上の実践授業から、両者を比較するのは難しいが、やはりそれぞれ以下のような特徴があると思う。中国のほうが、教師の指導の下で組織的にコミュニケーション活動を行って知識を作っていくのである。日本では、子どもたちの論理に基づいてのコミュニケーション活動の中で、子どもたちは、自分で体験し、発見して、知識を作っていくのである。その過程において、教師は、知識を作る視点を子どもたちに与える。つまり、援助するのである。個人の考え方として、中国の理科教育と日本の理科教育方法の特徴を見つけ出し、新しい授業方法を作っていきたい。これから、私は、コミュニケーション活動において教師が如何にして、子どもたちの「談話」によって彼らの概念を構成するチャンスを与えるかを研究し、子どもにふさわしい問題解決のプロセスについて詳しく研究していきたい。

《参考文献》

- (1) 陳 桂生 (1997), 「"教育学視界" 辨析」 華東師範大学出版社
- (2) 森本信也 (1993), 「子どもの論理と科学の論理を結ぶ理科授業の条件」 p.1 東洋館
- (3) 森本信也 (1997・5), 「子どもの問題解決活動と理科授業」・「楽しい理科授業」所収 p.58
- (4) 森本信也 (1996), 「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」 p.18, 東洋館
- (5) I,EシーゲルR,Rコッキング著 子安増生訳 (1977), 「認知の発達」
- (6) 青柳 (1991), 「不安・恐怖、学習性無力感、セルフ・エフェカシー」・「新児童心理学講座7」所収、金子書房
- (7) 森本信也 (1997・9), 「子どもの知的飛躍を促す理科授業」・「楽しい理科授業」所収, p.58
- (8) 孫培青・李国鈞 (1995), 「中国教育思想史」第三卷 華東師範大学出版
- (9) 人民教育出版社化学室編著, (1995) 九年義務教育三年制初級中等学校教科書「化学」全一冊
- (10) 曲徳林の講演 (1997) 「中国の教育制度」・1998, 2・3 「Kurame Journal」

理科授業における社会的な知識構成と コミュニケーション活動の意味するもの

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 滝口 亮子

序

近年の理科教育における構成主義の動向は、子どもの位置づけを精神白紙説に代表されるような受動的な存在から、知識を構成する主体としての能動的な存在へと移行させてきた。子ども達はいかに科学理論を構成するか（オズボーン、フライバーグ、1988）、子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか（ホワイト、1990）の両著が与えた衝撃は記憶に新しい。以来、子どもの自然認識をめぐる研究が認知論的アプローチを中心として進められてきた。そこでは、認識の多元的な広がりや露にされ、学習論の新たな一步を踏み出したと認識している。

このような議論に至ったのには、理科教育における従前の教授論が知識の系統性に対し、子どもの個性及び主体性を相対的に軽視してきたことがあげられる。知識の系統性を子どものそれに置き換える傾向は、子どもに一定の認識変容や発達を要求し、それを想定する教授と実在する学習との間に埋められない溝を生じさせた。理科学習におけるリアリティーの欠如との指摘は、既に枚挙にいとまがない。教授と学習の乖離は、その背景にある学歴志向社会によるところ大きく、問題の所在が多岐に渡ることは否めない。しかし、社会風潮への責任転嫁だけでは何も生み出さないこともまた自明であり、子どもの認識に踏み込んだ先行研究を、理科授業に反映させることで、そこに一石を投じたいと考える。

したがって、子ども固有の認識を現前とする理科授業あるいは教授論がいかようにして存在できるかという問題のために、〈知識〉〈理解〉〈発達〉の再考を要すものとする。

そのために、本稿は知識の社会的な側面に着目する。子どもが構成する認識世界は、社会／精神間との密接な関わりのもとに存在し、決して個人／精神内のみに還元されるものではない。理科授業が社会的な場であるならば、この視点は有効な示唆を与えるものとする。勿論、社会か個人かという二元論的問題に終始することは、本稿の主旨ではない。眼前に存在する問題、理科授業の在り方を見定めるための視点として、知識の社会性に注目するのである。またこの前提には、かつてのような普遍性や絶対性に縛られた科学観から、社会的、相対的な局面を備えた科学観への移行がしかれている。科学観の要請と相まって、知識の社会性を理科授業捉え直しの視点としたい。

以下ではまず、学校という特殊性が子どもの学習に及ぼしている問題とそれに対する知識理解や発達に言及する（第1節）。次に、知識及び、個々様々な認識が発達する過程としての理科授業を考える（第2節）。最後に、今後の課題として、理科授業研究への視点を用意する（第3節）。

第1節 知識を問う

(1) 学校における特殊性の問題

学校における特有の機能や価値が与えられる「知識」を、学校を経験した誰もが実感して

いるのではないだろうか。「日常知」でも「科学知」でもない、「学校知」としての特殊性である。例えば、駒林（1995）は次のような一面を指摘し、その問題性を論じている。

「学校知学力とは、学校で教えられたこと、つまり学校知をどれだけ、どれほど正確に学んだか--その質、量の多少と正確さのうち、教えの観点から評価され、評価や学力偏差、「甲乙丙丁」「優良可不可」などの様々の標語によって表される知識、能力である。」（駒林、同上、p129）

確かに社会に広く普及している「学力」とは、狭く限定された知識の一つを指しているように見受けられる。さらに「ヴァナキュラー」な学びを、「《日常の必要を満足させる》学び・《固有の能力・欲望・関心にかかわる》学び・《自立的で非市場的な、交換という考えに動機づけられていない》学び」とする時、学校知学力の特性は「非・ヴァナキュラー性」によって、見い出されている。この「非・ヴァナキュラー性」とは①受験手段性（交換性）、②依存性・〈学校課題〉性を指している。

学校知の受験手段性（交換性）とは、学校知が「知る」ことそのもの、新たな事象や世界観そのものを対象としてではなく、受験における交換性に価値がおかれていることを示す。子どもにとって、学校知とは、「それを使って現実世界を知るうえでは回り道なのではあったけれども、受験のためには最短距離である（駒林、同上、p131）」様相を有している。さらに、学校知は、子ども自身の自立的な動機や関心に任されるというよりは、教える側から下される評価や評定という強制により狭く限定される。結果、知識そのものの学びとは別に、「学習履歴」から「学校課題」に応える技術を習得していくことが、合理的な法となる。

このようにして学校知の特殊性を語られたという事実からは、知識として一般化されるものと学校知とが齟齬をきたしていることが確認される。つまり、理科教育や理科授業において目標、目的とされる知識を自明のものとしてではなく、問い直すところから始めたいと思う。そのために、ここでは、知識の理解と発達を考えてみたい。

（2）知識の理解と発達

まず知識の二つの位相を、考えてみる。近接的と遠隔的との相違、言い替えるならば、暗黙的あるいは明示的であるかの区別である。このとき、知識は近接から遠隔へ、そしてさらなる遠隔へと拡大されるものとして解釈される。「理論に依拠するとは、理論を内面化することである。なぜなら、我々は理論から、理論の光によって照らされる事物へと、注目を移しているからである（ボラニー、1980）」。

例えば、ヴィゴツキーは、認識と対象のあいだに媒介をおいている。ここでは、より具体的な媒介概念が、より抽象的な対象と主体を結ぶために機能する。ある理論が内化されることにより、縦横無尽に操ることができるようになると、それを媒介として、次の理論へと及ぶことができる。このとき、どこまでが主体となる自己で、どこからが媒介となっているのかに区別をたてられるであろうか。自己が近接から遠隔に位置する知識へと移動・拡大していく同化、あるいは内化の過程が、すなわち知識の理解であると考ええる。

知識が内化されるということは、同時に発達の起源を社会に求めることを意味している。

ヴィゴツキー（1962）は「個人の高次精神機能は社会生活に起源がある」、あるいは「...子どもの文化的発達におけるすべての機能は、二度、二つの水準にあらわれる。最初は、社会的水準であり、後に心理的水準に、すなわち、最初は精神間カテゴリーとして人々の間に後に精神内カテゴリーとして子どもの内部にあらわれる」と著している。つまり、自然認識の発達は、知識が社会的水準から心理的水準へと内化されるという側面を有している。

また、発達と教育の関係において、「発達の最近接領域」を示している。「発達の最近接領域」とは、「大人の指導のもとで、援助のもとで可能な問題解決の水準と、自主的活動において可能な問題解決の水準とのくい違い（ヴィゴツキー、同上、p268）」として定義される。ここに評価される点は、教育において、発達を潜在的な能力、すなわち知識にまで言及している点である。しかし、発達と教育との結びつきを考えるために、さらに二つの問題を解決しなければならない。

一つには、知識の暗黙的な次元は、大人あるいは熟達者との関係のみならず、ヴィゴツキー自身が「社会的水準」と表現するように、社会的状況すべてにその起源を見出すものである。つまり、個人間という制約に議論をとどめずに、知識のおかれた社会的な状況にまで拡大する必要がある。二つ目には、発達の方向性である。「発達の最近接領域」では、教育という名の下に発達の正の向きが用意されている。しかし、教育そのものを問い直す時、それを暗黙裡に用いることはできない。これら二つの点を踏まえ、社会を起源とする発達のありようを検討するための視点を用意する。

二つの問題に対し、社会において個人の知識がいかに〈発達〉するのかを捉えることが課題となる。知識に関して、自己を中心とした遠近性を仮定した。内化がなぜ発達の条件として不十分か、それは、端的に〈わたし〉〈あなた〉という主体と対象の関係しか残らないからである。〈わたし〉〈あなた〉の関係とは別の次元、仮に〈かれら〉ともいうべき外延としての社会的な次元を考慮する必要を意味する。

対象としての知識とその内化の様相のみならず、さらに外延に敷かれている社会的な状況に及ぶ知識の交通として、バフチンは「発話」を分析単位としている。「発話はコミュニケーションの一環であって、これを先行する諸々の輪からも切り離すことは出来ない」。一つひとつの発話は、〈わたし〉と〈あなた〉のみならず、〈かれら〉へとつながる連続体のうちにある。この基底には、〈ことば〉の「原初的対話性」がしかれている。〈ことば〉及び〈知識〉とは、原理的に〈対話性〉を有していることによって、社会へと連続していくのである。

ちなみに、バフチン理論の系譜において〈ことば〉の問題は表現としての捉えではない。表現されたものは、そこに表現しきれなかったもの、そこからこぼれ落ちるものが一方で意味される。つまり、表現というとき、それは、明示化された次元であって、暗黙的な次元は考慮されない。〈ことば〉を知識の表現の一つという狭義に限定されないものとして確認しておきたい。ヴィゴツキーの「思想はコトバで表現されるのではなく、コトバでおこなわれる」との言葉も、まさにその立場を表しているものと考ええる。またワーチ（1991）が、単独の行為ではなく、「媒介された行為」を分析の単位とすることを主張したことも参照していただきたい。

そして、この〈対話性〉は、知識の発達に方向性を与える。なぜなら、コミュニケーション

ンとは、共同的な注意により、差異性から共通性を生成する過程といえるものである。つまり、コミュニケーションを通じ、共同主観に耐える知識が生成されることによって、発達は成立するのである。ここに発達の方向性を、社会におけるコミュニケーションを経て定められるものとして考える。また、共同的な注意をもって〈対話〉が行われるのであれば、話者の間に共通の意味を付与された言語、すなわち社会的言語の生成が起きる。媒介である〈ことば〉を介して、個人と社会とが螺旋を描くかのごとく発達する姿がここにある。つまり、社会を起源として、社会へと還る知識の発達である。

第2節 理科授業へのまなざし

前節では、まず学校における知識の特殊性をあげ、「知識」をあたりまえのものとして自明視できないことを確認した。次に知識理解を内化過程として捉え、自己に近接な知識、すなわち認識や思考をもとに遠方の知識が獲得されたとした。さらに発達に必要なより拡大された社会との連続性を知識の対話性に求めた。したがって、ここでは、知識と理解・発達の関係より、理科授業にみられる様相を考え、コミュニケーション活動に代表される社会的な交渉の重要性を取り上げたいと思う。

まず、理科授業に参加する各人が〈わたし〉という立場から明示化する「知識」や「認識」、すなわち〈わたし〉的世界の出現が考えられる。「子ども固有の論理」や教師の教材や子どもの実態に対する認識が含まれる。ここでは特に、「個人」への着目、〈わたし〉それぞれが構成している認識を指している。

次に、〈わたし〉に対し、〈あなた〉に括られる位相がおかれる。これは、理科授業において、〈わたし〉的世界が〈あなた〉的世界との接面を必要とすることを意味する。理科授業の構成員同士が互いの意見を交すのは勿論、教科書やメディアといったありとあらゆる他者の「知識」が対象となりうる。これはあくまでも、物理的な対象としての〈あなた〉ではなく、思考、知識における距離的な近さから認識される対象世界である。〈わたし〉的世界は、〈あなた〉的世界に対峙し、理解や発達の契機を得る。

最後に、〈わたし〉は〈かれら〉に括られる位相に接近、対峙する。この位相、あるいは接面では〈わたし〉的世界が〈あなた〉的世界を介して、さらに外側におかれてある〈かれら〉的世界に出会うということを意味している。それはもはや、拡大した〈わたし〉と、その結果現われる新たな〈あなた〉との対峙にほかならない。繰り返しとなるが、これらが意図する距離とは、物理的なものではなく、精神的なものである。したがって、科学知識も当然〈わたし〉〈あなた〉〈かれら〉のすべてに布置される可能性がある。しかし、理科授業の目的上、科学知識を遠隔である〈かれら〉との接面に置くことが、適当であると考えられる。

たとえば、知的好奇心をこれらの位相から考えてみると、「知」というものに対する生得的な欲求という解釈に新たな考察が得られる。「知識」が人間の産物、文化であることを考慮すると、それは〈かれら〉のように周延を囲んでいることになる。自分にはわからないけれど、そこで何かが起こっているという直感が、暗黙的に自己の世界で働く。自分のすぐ近くにある〈あなた〉的世界を介して〈わたし〉的世界は、「知識」というものへの関心を抱くのではないだろうか。

自己と「知識」とを結びつけていくコミュニケーションが保障されないとき、学校の強制力が、リアリティなき、言葉遊びのような学習を誘発するのではないかと考える。ここに、改めてコミュニケーションの重要性を認識する。

第3節 今後の課題

前節では、理科授業における子どもの学習とは、個別に成立しているというよりもむしろ、周囲との協同、対立、対話といったコミュニケーションを通じて発達していくと考えられた。この点をさらに明らかにするためにも、理科授業の実践場面からさらなる詳細を読み取ることは今後の課題である。理科授業におけるコミュニケーション活動の重用性は、実践に携わる教師によっても一定の了承が得られているものの、理解を深めるためのコミュニケーション場面を設定するには、いまだ難しさを残している。その「難しさ」が何であるかを丁寧に吟味し、解決の策を図ることが理科授業研究に要されているのだと考える。そのために、これまでの認知研究に指摘される問題点を確認し、次に具体的な研究への視点を挙げてみたい。

(1) 認知論的アプローチを受けて

理科教育における認知論的研究は、子どもの認知を様々な角度から扱ってきた。1960年代から1970年代前半のカリキュラム改革時代を経て、1980年代にはACM (Alternative Conception Movement) として認められているように、認知研究は増加の岐路をたどってきた(中山、1996)。この研究動向は、知識を伝達されるものというよりは、学習者自身が構成するものとしてとらえ、研究の対象を子どもの認知に据えるという意味において共通していた。しかし、その背景にある理科教育観は決して一様ではなく、認知研究の対象や方法に暗黙的な制約を与えてきたのも事実である。その中には、子どもの認知過程を明らかにし、いかに効率的な教授が可能かという「注入主義」と変わらぬものさえもあった。森本(1993)が指摘する問題は、今なお現状に対して提起されているように思う。

「ACMにおける諸思潮は、misconception, preconception, alternative framework 等、様々な用語の使用に込められているにもかかわらず、この種の運動体が、単なる伝統への回帰を目指すのか、あるいは、子どもの素朴概念に対して教育文化としての新しい価値を見い出すのか、理論的にも、実践的にも明らかにされていないのである。」(森本、同上、p47)

つまり、「伝統への回帰」と「教育文化としての新しい価値」発見とが混在しているのが現状なのだと考えられる。かつての教育理論を否定しているのではない。伝統に加えられる新たな視点や論点を、議論していく必要がある。したがって、理科授業研究において、その枠組みを従来のものにとどめず可能性を模索していくために、「理科授業への視点」を次に記す。

(2) 理科授業研究における分析対象

コミュニケーションを分析するための視点として、以下に三点を例示してみたい。

- 1) 子どもの知識表現
- 2) 共同注意あるいは共通理解
- 3) 実験観察の位置づけ

まず、始めに「子どもの知識表現」とある。これまでの認知研究では、子どもたちが自らの経験や日常の実感から、自然事象を説明する姿が捉えられている。しかし、これら理科教育が「子ども固有の論理」を認める流れは、彼らの論理あるいは知識を積極的に認めようという動きであり、自然発生的な知識そのものの発見ではなかった。つまり、子どもの知識とは、他者から発せられた問いかけへの応答として見い出されたはずである。したがって、理科授業という現実場面において、教師や他の子どもとのやりとりの中でいかにして知識があらわれているかをとらえなおすことは、今後も課題となるものである。

次に、「共同注意あるいは共通理解」への着目とは、コミュニケーション場面において、いかに共同注意が成立しているか、あるいはしていないかを問うものである。理科授業では、学習の焦点化や、共同注意を促す役目は教師によるところが大きいものと考えられる。それだけに分析や考察を重ねることで新たな可能性や方略も見い出されるのではないかと期待される。子ども一人ひとりの考えの表現化を考える上でも、共通理解を形成する過程はより細かな分析を必要とする。

特に、「共同注意あるいは共通理解」を分析するための手掛かりとして、教室における社会的言語の生成と変換に着目できる。これは、学習課題が共有されたり、議論が焦点化されて行われたときに成立する、互いのニュアンスや意味をのせたことばである。その社会的コンセンサスの現れは、理科授業がどのような学習過程をたどっているかが如実に現われる言語システムとも言える。

次に、「実験観察の位置づけ」とある。「子どもの知識表現」「共同注意あるいは共通理解」が、対人的なコミュニケーションに関する要素であるのにたいして、ここであげる視点は対物的なコミュニケーションへの視点である。事物事象に対する五感を通じての経験は、確かに子どもにとって新鮮な感動や発見を与えられる。しかし、従前の経験主義的な学習観への反論は検討されなければならない。理論負荷性を考慮するならば、発見や驚きを生かすためにも、実験観察は子どもの文脈とともに考える必要がある。

以上、今後の授業研究へ向けて、ごく簡単ながら、先行する認知研究からの示唆と研究課題となる視点を考えてみた。

子どもは限られた語彙に、思いや感覚とともに自らの見解を託して表現できる。しかし、それが教室において生かされ教師に伝わるといった楽観視はできない。特に理科授業においては、科学的な定義が、使用できる範囲をきわめて限定しているために、子どもが日常の経験から読み取った意味に依拠してつくる表現も、科学的定義に基づいて解釈されれば「誤り」として指摘されかねない。しかし、思考の上でも、コミュニケーションの上でも、ことばとは明確な定義に限定されて用いられるものではない。理科授業におけるコミュニケーションを通じて、子どもが意味する世界やイメージと、科学知識や諸々の用語から構成される世界とがいかにして結びついていくのかを見届ける必要がある。

《引用・参考文献》

- L.S. ヴィゴツキー, 柴田義松訳, 「思考と言語〈上〉」, 明治図書, 1962
- L.S. ヴィゴツキー, 柴田義松訳, 「思考と言語〈下〉」, 明治図書, 1966
- R. オズボーン, P. フライバーグ, 森本信也・堀哲夫訳, 「子ども達はいかに科学理論を構成するか」 東洋館出版社, 1988
- 駒林邦男, 「現代社会の学力」, 放送大学教育振興会, 1995
- 佐伯胖, 三宅なほみ, 「状況論的教育とはなにか」, 現代思想, 19 (6), 1991, pp.40-56
- 中山迅「理科教育における認知論的研究の動向についての一考察」, 科学教育研究, 19 (4), 1996, pp.202-211
- M. バフチン, 新谷敬三郎他訳, 「ことば 対話 テキスト」, 新時代社, 1988
- M. バフチン, 北岡誠司訳, 「言語と文化の記号論」, 新時代社, 1988
- M. ポラニー, 佐藤敬三訳, 「暗黙知の次元」, 紀伊国屋書店, 1980
- R.T. ホワイト, 森本信也・堀哲夫訳, 「子ども達は理科をいかに学習し教師はいかに教えるか」, 1990
- 森本信也 (編著), 「子どものコミュニケーション活動から生まれる新しい理科授業」, 東洋館出版社, 1996
- 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」, 東洋館出版社, 1993
- 森本信也, 神沢恒治「構成主義的理科学習論の問題点とその発展可能性ーホーキンスの共通感覚論を基礎としてー」 日本理科教育学会研究紀要, 34 (1), 1993, pp.47-55
- J.V. ワーチ, 田島信元他訳, 「心の声」, 福村出版, 1991

研究課題番号 07458042
平成7～9年度文部省科学研究費補助金
基盤研究(B)(2)研究成果報告書

「理科授業におけるコミュニケーション活動を通じた
児童・生徒の自然認識に関する研究」

平成10年3月発行

研究代表者 森 本 信 也
横浜国立大学教育人間科学部
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-2
印刷所 昭英印刷株式会社
電話 0462-61-0844