

# 中学校理科教育におけるグループコミュニケーション活動の改善

山下 修一  
(千葉大学教育学部)

平成 24 年 9 月提出  
(平成 25 年 7 月改訂)

## 目次

序章 問題の所在, 研究の目的・方法, 論文の構成	1
I. 問題の所在	2
II. 研究の目的	11
III. 研究の方法	11
IV. 論文の構成	14
第1章 先行研究の検討	19
I. 理科教育におけるグループコミュニケーション研究の動向	20
II. 構成されたグループコミュニケーション	21
III. 構成されたグループコミュニケーション活動の課題	23
第2章 理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題	38
第1節 研究1 等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異	40
I. 問題と目的	40
II. 方法	40
III. 結果と考察	43
IV. まとめ	52
第2節 研究2 ペアでのコミュニケーション活動の難しさ	55
I. 問題と目的	55
II. 方法	55
III. 結果と考察	57
IV. まとめ	68
第3節 研究3 中学校における Jigsaw 法を用いたコミュニケーション活動	70
I. 問題と目的	70
II. 方法	71
III. 結果と考察	74
IV. まとめ	81
第4節 グループコミュニケーション活動の現状と課題	83
第3章 理科教育におけるコミュニケーション活動開発への示唆	94
第1節 先行研究・研究1~3からの示唆	95
I. 先行研究からの示唆	95
II. 研究1からの示唆	96
III. 研究2からの示唆	96
IV. 研究3からの示唆	97
第2節 研究4 新たなグループコミュニケーション活動の開発と試行	99
I. 問題と目的	99
II. 新たなコミュニケーション活動の開発	100
III. コミュニケーション活動の試行	102
IV. 結果と考察	104
V. 開発したコミュニケーション活動の有効性	109
第4章 研究5 ワークシートと役割分担の導入による中学校での コミュニケーション活動の改善	113
I. 問題と目的	114
II. 方法	114
III. 結果と考察	117

IV. まとめ	123
第5章 コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善	133
第1節 一貫した説明を促す方法	
I. 一貫した説明について	134
II. 一貫した説明を促す方法	136
III. 生徒の一貫した説明を促す方法	139
第2節 コア知識の明確化	142
第3節 研究6 コア知識を明示して一貫説明を引き出す理科授業	148
I. 問題と目的	148
II. 授業の開発	150
III. 方法	153
IV. 結果と考察	154
V. まとめ	159
第6章 研究7 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の 開発と評価	167
第1節 一貫した説明を促す方法	169
I. 問題と目的	169
II. 方法	170
III. 結果と考察	176
IV. まとめ	186
第2節 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の有効性	189
終章 研究のまとめ、理科授業の中での位置づけ、理科教育への貢献	195
I. 研究のまとめ	196
II. 開発したコミュニケーション活動の理科授業の中での位置づけ	201
III. 理科教育への貢献	207
付記	208
原論文一覧	209

## 序章

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し、効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

## I. 問題の所在

### 1. 日本の理科授業の課題

筆者は、2005年にオーストラリアに1年間滞在し、2010年から2011年にかけてイギリス・シンガポール・韓国の理科授業を複数回参観する機会を得た。いずれもTIMSS(The Trends in International Mathematics and Science Study)やPISA(Programme for International Student Assessment)の上位国だが、授業構成・教材の工夫・観察実験指導・板書・ノート指導といったことについては、一般的な日本の理科授業の方が優れていると思われた。唯一、日本の理科授業に不足していると思われたのは、グループでのコミュニケーション活動であった。そのため、海外の理科教育研究者が日本の理科授業を見ると、授業自体は素晴らしいのだが、教員主導でStudent-centeredの授業になっていないとコメントすることが多い。

TIMSS 1999の理科授業ビデオ研究に参加した5ヶ国(チェコ共和国・アメリカ合衆国・日本・オランダ・オーストラリア:アメリカ合衆国以外はTIMSSの理科得点高水準国)の第8学年(中学校2年生)で行われた各国約100時間分の理科授業を分析した結果、国別の各活動に割り当てられた時間の割合は図1のようであった(小倉・松原, 2007 改)。

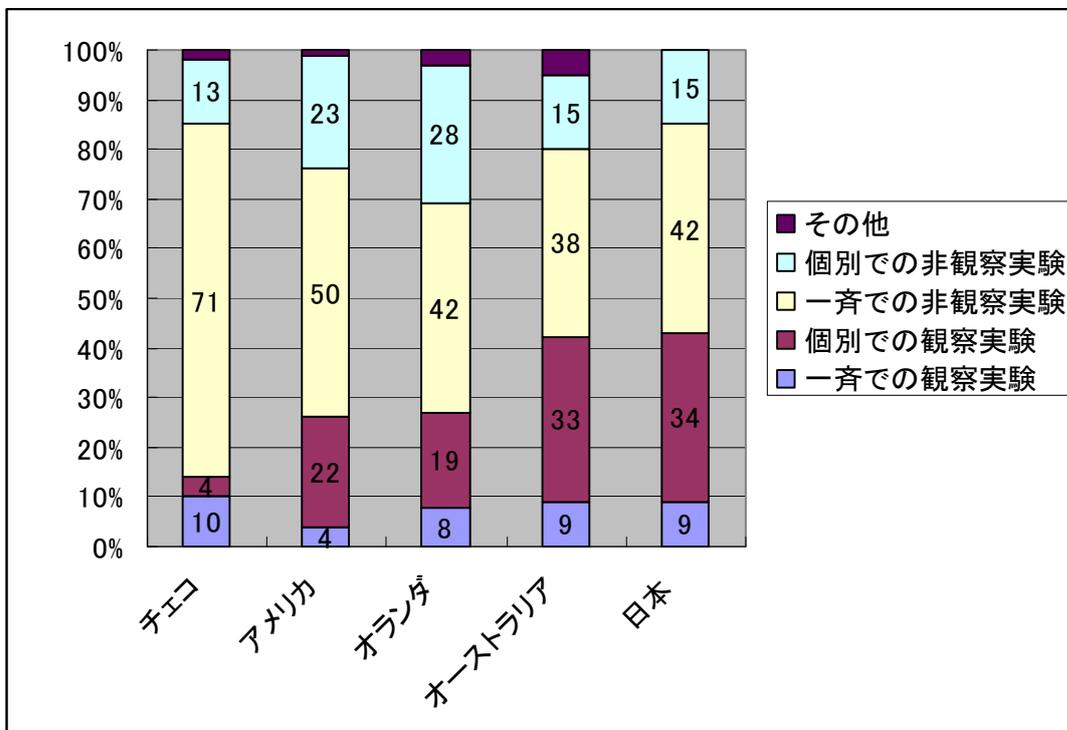


図1 第8学年の授業形態と活動内容の割合(%)

図1からは、日本とオーストラリアの授業では、一斉あるいは個別での観察実験活動の割合が多く、観察・実験が重視されていることがわかる。一方、チェコ共和国では一斉での非観察実験活動の割合が多く、一斉指導での討論に時間を割いていた。同じTIMSSの理科得点高水準国でも、理科授業の形態は異なり、他国と比べて日本の理科授業の特徴とされたのは、

- ・生徒の観察実験活動が多いこと
  - ・予測を立ててから観察・実験を行うこと
  - ・観察・実験で得られたことを用いて主要な概念の裏づけをしていること
- などであった。

また、海外の理科教員たちが、比較的評価の高かった日本の典型的な4つの理科授業のビデオを見て評価したところ、観察・実験を基本とし、教材もよく準備され、生徒の学習態度も良好であるが、教員主導の授業展開が目立ち、生徒が自分で考えたり、討論したり、結論を導くような場面に乏しく、科学的な思考力を育成するタイプの授業にはほど遠いと判断していた(小倉, 2004)。

結局、TIMSSやPISAで好成績を残している日本の理科授業の特徴は、教員主導で教材がよく準備され、観察・実験活動が多いことである。もし、優れた日本の理科授業を更に改善するとすれば、一斉指導での討論に加えて、グループでも生徒が自分で考えたり、討論したり、結論を導くような場面を設けることだろう。

国立教育政策研究所(2008)は、PISA2006で日本の子どもたちの科学への意識が低水準であったことに対して、調査対象が高校1年生であり、中学校と高等学校のいずれに起因する問題であるのか不明であったとし、PISA2006調査を用いて、中学校3年生(89校：国立2校・公立83校・私立4校、2994人)を対象にして全国調査を実施した。その結果、中学校3年生は高校1年生よりも多くの質問項目で良好な意識を示し、必ずしもPISA調査の結果すべてが中学校までの理科教育に起因するものでないことを明らかにした。それでも質問項目によっては、OECD平均と比べて良好とは言えないものも含まれ(例えば、表1のような項目)、中学校段階の理科教育には、「対話しながらの思考や、応用に関する学習を重視する必要がある」と示唆している。

表 1 問 30 対話を重視した理科授業を受けている

質問項目	中 3	高 1	OECD 平均
(1) 生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている	48%	34%	61%
(5) 授業は、課題に対する生徒の意見を取り入れて行われる	31%	17%	49%
(9) 授業ではクラス全体でディベートしたり討論したりする	10%	4%	36%
(13) 生徒は課題についての話し合いをする	21%	9%	42%

有元(2008)は、PISA 調査の結果から言語活動について、「PISA の問題は、2000 年に読解力で出題された『落書き』を始め、数学でも理科でも、このように『課題を解決するために、根拠を挙げて自分の意見を述べる』課題解決型の問題が多い。日本の生徒が最も不得手とするのは、このように自分の意見を言わせる課題解決型のオープンエンドの問題である。2000 年調査から、このような問題の無答率は OECD 平均に比べ際だって高い。PISA 調査ではこのような課題を解決させる問題が主力なのである」と述べている。

従来学校で行われていた多く試験問題は、教科書や授業で学んだ知識を再生できれば正解するものが多く、中学生たちは長い間、教科書通りの説明を丸暗記して、テストで再生するという方略をとってきた。しかし、2000 年の PISA 調査以降、状況が一変し、公立高等学校の入学試験にも、発展的課題に対して根拠を挙げて自分の意見を述べさせるような問題が出されるようになった。千葉県の場合では理科の入試の平均得点(100 点満点)は、平成 19 年度：59.0 点、平成 20 年度：51.2 点、平成 21 年度：46.5 点、平成 22 年度：38.8 点と下降しており、単なる知識の再生では正解できない問題が出題されていることがわかる。日本の理科授業も、発展的課題に対応することが求められ、有元(2008)の言う課題解決型のコミュニケーション活動を導入しようとしてきたが、コミュニケーション活動により学習内容理解が促され、発展的課題に対応できるようになったことを示すのは難しかった(Kuhn, Shaw and Felton, 1997)。

そして、有元(2008)は、日本の子どもたちに今必要な言語活動とは、課題解決型のコミュニケーション活動であるとし、課題解決型の言語活動について「PISA 調査に出題される課題解決型の言語活動の特徴を整理しよう。

- ①決すべき明確な課題がある
- ②何を答えたらよいかだれにもわかる明確な問がある

③与えられた情報を正確に理解して、適切な根拠を挙げて答えさせる

④個性的で創造的な自分の意見を述べさせる

⑤だれが聞いても納得できる論理的な根拠を挙げさせる

わが国でも、各教科等で子供たちに意見を言わせることは、よい教師は必ず心がけていることである。しかし、この5項目を徹底させることは容易なことではない。さらに、この課題解決型のコミュニケーションとは討論が行われないとできない。課題解決型の討論ができる教師は稀であろう。なぜならわが国の教育の伝統にないからである」と述べている。

折しも、平成20年3月に新しい学習指導要領が告示され、理科でも観察・実験の結果について話し合う場面やレポート作成時などに、言語活動の充実を図ることになっている。従来の理科授業でも、仮説実験授業などでは一斉指導形態で討論は行われている。例えば、一般的な仮説実験授業では、以下のようにして一斉指導の中で討論を行っている(たのしい授業編集委員会, 2010)。

① 問題を読んで予想を立てさせる

② 予想を集計して、分布表を黒板に書き出す

③ 選択肢ごとに選んだ理由を発表させる

④ 討論で仮説の正当性を主張させる

⑤ 討論後に予想の変更を認めて、分布表に反映する

⑥ 観察・実験で仮説を検証させる

⑦ 「読み物」で理解を深めさせる

⑧ 授業の感想を書かせる

しかし、グループでのコミュニケーション活動については、方法が十分に確立されておらず、生徒の意見交換にとどまっている場合が多かった。

日本の理科授業は、諸外国と比較しても優れた側面を数多くもっているが、課題をあげるとすれば、グループでのコミュニケーション活動の改善であり、新学習指導要領により一層の言語活動の充実がめざされると、一斉指導に加えてグループでも課題解決型のコミュニケーション活動に取り組ませることが必要になるだろう。

そして、コミュニケーション活動に伴う説明が、学習内容理解を促すとされている。例えば、Slavin(1996)の協同学習研究のレビューでは、お互いに説明し合うことと学業成績向上の間に一貫した正の相関関係が見られ、Webb and Mastergeorge(2003)は、学習者同士の

説明が内容の理解を促すとしている。市川(2000)は、言語的説明が学習方略としても有効であるのに、日本の教育の中では盲点になっていると指摘している。

## 2. グループでのコミュニケーション活動

グループでのコミュニケーション活動は、協同学習の中で展開されることが多かった。グループでの協同学習は、日本では 1950 年代からデューイの思想やグループ・ダイナミックスの知見を生かした自発協同学習(末吉,1959)やバズ学習(塩田・阿部,1962)といったものが提案されたが、一部で熱心に取り組みられたものの、広く普及することはなかった。

アメリカでは、1984年に *Circles of Learning : Cooperation in Classroom*(Johnson et al., 1984)が出版されて以来、特に小学校と大学の授業で協同学習が取り入れられるようになった。Johnson らが開発した *Learning Together* の場合、従来のグループ学習と異なるのは、以下の5つの条件を課していることであった。

- 1) グループのメンバー同士が協力関係にあること
- 2) 対面での活発な交流があること
- 3) 個人の責任とグループの目標が明確であること
- 4) 社会的スキルを学ぶ機会があること
- 5) グループ活動改善のための機会があること

競争では、メンバーの一人でも目標に到達すれば良いとされるが、協同では、メンバー全員が同時に目標を達成できるようにした。グループは人種・性別・学業成績の点で異質のメンバーで編成し、成績下位者への支援が重視され、仲間同士でうまくやっていくための社会的スキル獲得がめざされた。その結果、社会的スキル獲得が促されたことに加えて、学業成績向上にも貢献したと報告されるようになった。

1990年代になると、社会的環境の中での他者との相互交渉が学びをもたらすとする社会的構成主義(social constructivism)、教授・学習を共同体に参加・貢献することとして捉える状況的認知(situated cognition)論が台頭し、協同学習の隆盛が支えられた。日本でも、「学びの共同体」をめざした学校づくりの中で、男女混合4人グループによる学習が取り入れられるようになってきた(佐藤, 2006)。

グループでの協同学習の効果については、協同学習がより良い成績、肯定的態度、より高い自己効力感などを導くことが示されている(Cohen, 1994; Qin, Johnson and Johnson, 1995; Onwuegbuzie, 2001)。例えば、Johnson and Johnson(1989)は、約500件の協同学習

に関する研究をレビューしたところ、協同学習は競争や個別の場合より、学習の効果や転移の面で優れていたと報告している。また、Johnson, Johnson and Smith(1991)は、過去90年間の675研究をレビューして、個人または競争学習と比較し、協同学習の方が学力・自己効力感・生徒同士の関係を改善したと報告している。学業成績向上の原因としては、Slavin(1996)の協同学習研究のレビューで、お互いに説明し合うことと学業成績向上の間に一貫した相関関係が見られたことから、協同学習に伴う説明活動の影響だと考えられる。

しかしながら、協同学習の実践は、小学校と大学に偏り、中等学校にはあまり普及していない(Johnson et al., 1984)。Kuhn(1991)は、議論スキル獲得に影響を与えることができる特別なレンジ(Grade3から青年期中期)があるとしているが、中等学校の生徒達は、短い発話しかしないことが多い(Roth and Roychoudhury, 1992)。また、協同学習には、「一斉指導よりも時間がかかる」、「グループを扱うのが難しい」、「カリキュラムに合わせて実施しにくい」などの課題もあり、協同学習が個人学習を超えるような教育的効果を見出せなかった研究もある(例えば、Tateyama-Sniezek, 1990)。Tingle and Good(1990)は、高校生178名を対象にして化学の問題解決学習に取り組ませたが、異質グループでの協同学習と個人学習で、理由付け能力に有意な差は見られなかった。Qin, Johnson and Johnson(1995)は、一連の研究をレビューして、協同と競争の効果に関する過去の研究結果のばらつきは、「研究の質の違い」と「被験者の年齢の違い」によるものだと考察している。

近年、注目を浴び日本の授業にも取り入れられはじめた協同学習であるが、中等学校への導入は難しく、教育的効果についても条件統制が困難で知見が分かれてしまっていると言えよう。

### 3. 理科教育におけるグループコミュニケーション活動

1990年代になると、理科教育でも社会的構成主義や状況的認知論の影響を受け、科学的質問を投げかけたり、答えたりする練習を通して、共同体の中で活発な実践家になることが重要であるとされた(Newton, Driver and Osborne, 1999)。そして、科学の言葉と科学者たちが説明に用いる方法を学ぶために、コミュニケーション活動の機会が与えられるべきで(Howe, 1996)、小グループでのコミュニケーション活動に高い優先順位を与え(Driver Newton and Osborne, 2000)、定期的系統的に行うことが望まれると指摘されるようになった(Zohar and Nemet, 2002)。

一般には、以下のようなグループコミュニケーション活動により、知識構築が容易にな

るとされている(Johnston and Driver, 1990)。

- (1) グループのメンバーに説明しながら自分自身の考えを提案させる
- (2) 経験に基づいて考え話させる
- (3) 新しい考えを提案し試させる
- (4) 考えが変化してきた過程を振り返らせる
- (5) グループで交渉しながら考えを明確にさせる
- (6) 他者の考えを理解することによって自分の考えを前進させる

米国の The National Science Education Standards (National Research Council, 1996) でも、理科学習での言語や書記による議論の重要性が指摘され、教員はコミュニケーションを引き出すために、話させたり、書かせたり、描かせたりする支援やガイドを行うべきだとしている。

理科教育に用いられる協同学習は、表 2 の 4 つのものが代表的で(Lazarowitz and Hertz-Lazarowitz, 1998)、最も多く用いられているのが、The Jigsaw Method (以下「Jigsaw 法」と略記)である。

表2 理科教育に用いられる代表的な協同学習

	Learning Together	Student Team Learning	The Jigsaw Method	Group Investigation
開発者と開発意図	Johnson and Johnson(1975)の兄弟によって、「統合教育」の要請に応えるために開発	Slavin(1978)が中心となって、無気力の生徒に対応するためにSTAD(Student Teams Achievement Divisions)・TGT(Teams-Games-Tournaments)を開発	Aronsonら(1978)によって協同学習と相互教授を組み合わせる開発(STADと組み合わせたJigsaw IIも開発されている)	Sharanら(1980)によってDeweyの哲学にもとづいて開発
手順	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 指導目標を具体化する</li> <li>2) グループの大きさを決める(2-6人)</li> <li>3) 生徒をグループに割り振る</li> <li>4) 教室内の配置を工夫する</li> <li>5) 生徒の相互依存関係を促す教材を工夫する</li> <li>6) まとめ係や点検係などの役割を与えて相互依存を促す</li> <li>7) 学習課題について説明する</li> <li>8) 目標についての相互協力関係を作り出す</li> <li>9) 個人の責任を明確にさせる</li> <li>10) グループ間の協同も促す</li> <li>11) 到達度の基準について説明する</li> <li>12) 望ましい行動の具体例を示す</li> <li>13) 生徒の行動を観察・点検する</li> <li>14) 課題解決に必要な支援をする</li> <li>15) 社会的スキルについて指導する</li> <li>16) 学習を終わらせる</li> <li>17) 生徒の学習を質的・量的に評価する</li> <li>18) グループがどれほどうまく機能したかを評価し、次回のために改善点についても検討させる</li> <li>19) 意見が対立した場合には議論させる</li> </ol>	<p>&lt; STAD &gt;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 教員によるクラス全体への説明</li> <li>2) 4～5名の異質の学習チームを作って、教員が与えたワークシートをもとに、生徒同士で相互教授を行わせる</li> <li>3) 個々の生徒に質問を出させる</li> <li>4) 個別テストを実施して、個人の伸びた得点にもとづきチームの得点を集計する(TGTの場合は個別テストの代わりにゲームまたはトーナメントを実施する)</li> <li>5) 高得点を得た個人とチームを発表する</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) グループ(元のグループ)を作る</li> <li>2) 教材を分割する</li> <li>3) 分割された教材をグループのメンバー一人ひとりに分担する</li> <li>4) 教材ごとのグループ(「カウンターパート・グループ」と呼ぶ)を作って学習させる</li> <li>5) カウンターパート・グループで学んだことを元のグループに戻って互いに教えさせる</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) クラスでサブトピックを決定し、研究グループを編成させる</li> <li>2) グループで調査を計画させる</li> <li>3) グループで調査を実行させる</li> <li>4) グループで調査結果の報告・提出を計画させる</li> <li>5) グループで調査結果を発表・報告して提出させる</li> <li>6) 教員と生徒が協議して評価する</li> </ol>

Jigsaw 法は、比較的教材を分担しやすい生物分野での実践が多く、カウンターパート・グループで担当した教材のエキスパートになり、責任をもって元のグループで他の生徒に説明することから、学習態度の改善・学業成績の向上などの効果があると報告されている(例えば、筒井, 1999)。

Lazarowitz and Hertz-Lazarowitz (1998)が 1982 年～1995 年の理科に関する 36 件の協同学習研究をレビューしたところ、以下のような効果があったことを確認している。

1) 小学校レベルでは、学業成績が向上し、援助(helping)行動や相互支援(peer support)が促進された。

2) 中学校レベルでは、学業成績が向上するとともに、研究や調査を進めるためのスキルが向上し、学習態度と自尊感情(self-esteem)が肯定的になり、積極的に学習に取り組むようになった。また、グループで協力するようになり、生徒同士・生徒と教員の相互作用がより強くなった。

日本の理科教育では、実験器具を共有するために、実験室では従来からグループで実験に取り組んでいた。実験以外の授業場面では、「1970年代にはグループ学習、班学習、自主学习、バズ学習、グループメソッドなどの実践が行われてきたが、みんなでやれば一人でやるよりいいだろうという仮説にもとづいていたため定着しなかった」と指摘されている(西川ら, 1997)。最近になって、社会的構成主義や状況的認知論の台頭により、日本の理科教育でもグループでの協同学習が重視されるようになってきた(久保田・西川, 2004)。

しかしながら、Newton, Driver and Osborne(1999)によるイギリスでの調査では、中等教育ではほとんどグループワークがなされず、教室でのコミュニケーションの大部分が教員に支配されていた。教育的効果についても、従来の理科教育研究においては、コミュニケーションに関する研究は、“Blind Spot”であったと指摘されている(Kelly and Crawford, 1997)。清水(2004)は、日本の理科教育での協同学習について、「我が国のこれまでの協同的な学習は、高度に実践されたものであっても一般には普及してこなかった。その原因としては導入の手続きや方法が不明確であったり、広く教師が実践できる教授学習システムとして提供されてこなかったことも一因といえる。他者との相互作用の中で知がどのように構成されるのか、子ども達はどのように学習し、知識の再構造化を促す指導方法はどのように行ったらよいか、その理論や教授方法が十分に構築されてこなかったこともその原因としてあげられよう」と述べている。

理科教育でも、グループコミュニケーション活動の重要性が指摘されているが、特に中等学校の理科授業への導入には、発話を促進することが難しかったり、一斉指導よりも時間がかかるなどの課題もあり、その効果や方法についても十分に検証されてはいないと言えよう(Driver, Newton and Osborne, 2000)。

## II. 研究の目的

I. では、日本の理科授業にはグループコミュニケーション活動が不足していると指摘し、コミュニケーション活動の方法や効果についての知見には、ばらつきが見られると述べてきた。そのため、日本の理科授業に適したグループコミュニケーション活動を開発するためには、実践の中で試行しながら知見を積み重ねるところからはじめなければならない。

そこで本研究では、以下の5点を目的として、コミュニケーション活動に関する基礎的知見を整理しながら、導入が難しいとされている中学校理科授業における新たなグループコミュニケーション活動を開発し、その効果の実証をめざした。

(1) グループコミュニケーション活動の知見を整理する。

(2) グループ編成の違いによるコミュニケーションの差異を実験的に確かめ、実際の理科授業でのグループコミュニケーションの様子を調査し、新たなコミュニケーション活動開発への示唆を得る。

(3) 先行研究や実験・調査から明らかになった課題を克服するための新たなコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象にして試行する。

(4) 試行したコミュニケーション活動を中学生向けにアレンジし、中学校理科授業の中で試行しながら改善する。

(5) 中学校理科授業で発展的課題にも取り組めるようなグループコミュニケーション活動を展開して、その効果を実証する。

## III. 研究の方法

研究の目的を達成するために、以下の6つの方法で実施した。なお本研究では、条件統制が困難なコミュニケーション活動を扱うので、実践の中で試行しながらより良いコミュニケーション活動をめざし、改善を重ねる探索的な研究方法をとっている。

### 1. 先行研究の検討

まず、1991年から2005年までの日本国内外の代表的な理科教育研究誌5誌をレビューして、理科教育におけるグループコミュニケーション研究の動向を探った。さらに、関連領域の先行研究も含め、グループコミュニケーションの課題を整理し、新たなコミュニケーション活動開発への示唆を得た。

## 2. 理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題の明確化

現在までのところ、成績による等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異については、等質と異質のとらえ方の違いやコミュニケーション活動の内容・形態の違いのために、統一した見解は得られていない。そこで、大学生を対象にして、知識の差の少ない等質グループと知識の差の多い異質グループを編成し、グループ間にどのような差異が生じたのかを探った。また、グループサイズについては、先行研究からペアではうまくいかず、6名以上になると参加意識が問題になることから、3名から5名が適切であると示唆されていた。しかし、検証された事例に限られ、ペアではなぜうまくいかないのかについて、十分には明らかにされていなかった。そこで、4人組とペアでのコミュニケーション活動の違いを探り、ペアではどんな困難があるのかを検討した。さらに、Lazarowitz and Hertz-Lazarowitz (1998)によるレビューで、理科教育での協同学習にはJigsaw法が最も多く採用されていたので、Jigsaw法を取り入れた中学校理科授業での生徒のコミュニケーション活動の様子について調査した。

なお、メンバーが一人でも入れ替わったり欠席したりすると、メンバー間のコミュニケーション活動に影響を及ぼすので、分析にはメンバー全員がすべてのコミュニケーション活動に参加したグループのデータのみを取り上げて、信頼性を高めた。

## 3. コミュニケーション活動の開発と試行

先行研究や実験・調査から、コミュニケーション活動開発のための示唆として、(1)役割分担の導入によって生徒一人ひとりに責任をもたせて説明させること、(2)ワークシートなどによる書記的活動を導入して学習内容理解を保持させること、(3)コミュニケーション活動を通じてメタ認知的思考を育むことなどがあげられた。そこで、これらの知見を生かしながら、グループコミュニケーションを通じてメタ認知を促すことをめざしたASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>とCUPの例を参考にしながら、新たなグループコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象にして試行した。

## 4. 中学校理科授業でのワークシートと役割分担を導入したコミュニケーション活動の試行

大学生の試行で成果をあげたワークシートと役割分担が、中学校理科授業でも有効に機

能するのかを検討した。中学校1年生の『音』の授業に導入するにあたって、中学生向けにワークシートを改善し、役割を明示したカードを配布して、理科係によるデモンストレーションを行わせてから、コミュニケーション活動を展開した。標準配当時数の5時間でデザインされた『音』の授業で、2時間目のコミュニケーション活動と、ワークシートと役割分担を導入した5時間目のコミュニケーション活動を、発話内容・学習内容理解といった観点から比較・分析した。

## 5. コア知識を用いた一貫説明の有効性の検討

中学校1年生の『音』の授業での試行から、コミュニケーション活動における一貫した説明の重要性が示唆された。一貫した説明には、学習内容理解や発展的課題への既習知識の活用といった効果があり、一貫した説明を促すためには、幅広い現象に適用できる知識を獲得させる必要があると指摘されていた。従来は、説明の一貫性を肯定的にとらえて、授業で積極的に促した研究はほとんどなかった。そこで、「幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」をコア知識(Core knowledge)として、中学校2年生『電流と回路』の授業で、コア知識を用いて一貫した説明を促すことを試みた。

## 6. コア知識を用いた一貫した説明を促すコミュニケーション活動の開発と効果の実証

中学校1年生の『音』の授業での試行から、生徒同士の「その考えは筋が通っていますか」という相互確認が、説明の一貫性を保つのに役立っていた。中学校2年生『電流と回路』の授業では、コア知識を獲得させてから説明させることの重要性が指摘された。

最終段階のコミュニケーション活動として、中学校3年生の『酸化と還元』の授業で、酸素との化合のしやすさを示す「化合力」をコア知識として、生徒同士で「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うコミュニケーション活動を展開し、生徒の一貫した説明が促されたのか、発展的課題や未習の課題についても一貫した説明ができるようになっていたのかを探った。

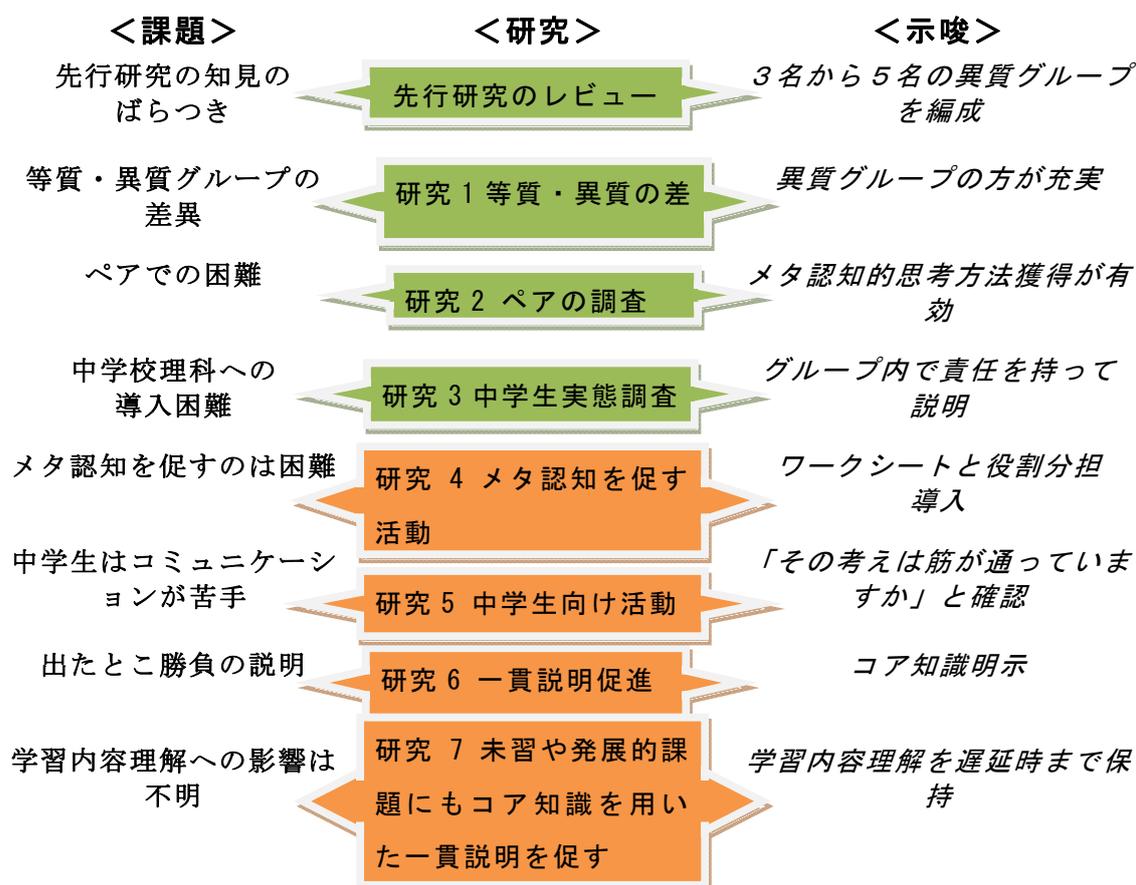
## IV. 論文の構成

論文の構成は、以下の通りである。

- 序章 問題の所在，研究の目的・方法，論文の構成
- 第1章 先行研究の検討
- 第2章 理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題
  - 第1節 研究1 等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異
  - 第2節 研究2 ペアでのコミュニケーション活動の難しさ
  - 第3節 研究3 中学校における Jigsaw 法を用いたコミュニケーション活動
  - 第4節 グループコミュニケーション活動の現状と課題
- 第3章 理科教育におけるコミュニケーション活動開発への示唆
  - 第1節 先行研究・研究1～3からのグループコミュニケーション活動開発への示唆
  - 第2節 研究4 新たなグループコミュニケーション活動の開発と試行
- 第4章 研究5 ワークシートと役割分担の導入による中学校でのコミュニケーション活動の改善
- 第5章 コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善
  - 第1節 一貫した説明を促す方法
  - 第2節 コア知識一覧表の作成
  - 第3節 研究6 コア知識を用いて一貫した説明を促す理科授業の試行
- 第6章 研究7 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価
  - 第1節 研究7 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動
  - 第2節 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の有効性
- 終章 研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献

### ＜研究全体のイメージ＞

目的：中学校理科授業向けの新たなグループコミュニケーション活動を開発し，その効果を実証することをめざした。



**結果：**研究7で開発したコミュニケーション活動では，先行研究・研究1～3で明らかになった課題を研究4でのワークシートと役割分担を導入することで克服し，研究5・6での知見を生かして，今まで焦点が当てられてこなかった一貫した説明を，コア知識を獲得させてからお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うことで促した。

その結果，生徒のコミュニケーションの質が改善され，発展的課題や未習課題にも学んだ知識を用いて説明するようになり，遅延調査の段階でも学習内容理解を保持するという効果をもたらした。

## 文献

- 有元秀文(2008)日本の高校生のPISAリーディング・リテラシーとサイエンティフィック・リテラシー, 科学教育研究, Vol. 32, No. 4, pp. 245-250.
- Aronson, E., Blaney, N., Stephin, C., Sikes, J. and Snapp, M. (1978) *The jigsaw classroom*, California: Sage Publishing Company.
- Cohen, E. (1994) *Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups*, *Review of Educational Research*, Vol. 64, pp. 1-35.
- Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000) *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*, *Science Education*, Vol. 84, No. 3, pp. 287-312.
- Howe, A.C. (1996) *Development of science concepts within a Vygotskian framework*, *Science Education*, Vol. 80, No. 1, pp. 35-51.
- 市川伸一 (2000) 概念, 図式, 手続きの言語的記述を促す学習指導—認知カウンセリングの事例を通しての提案と考察, *教育心理学研究*, Vol. 48, pp. 361-371.
- 国立教育政策研究所(2008) PISA調査のアンケート項目による中3調査.
- Johnson, D. W. and Johnson, R. T. (1975) *Learning together and alone*, New Jersey: Prentice Hall.
- Johnson, D. W. and Johnson, R. T. (1989) *Cooperation and competition: Theory and research*, Edina: Interaction Book Company.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T. and Holubec, E.J. (1984) *Circles of learning: Cooperation in classroom*, Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development. (杉江修治・石田裕久・伊藤康児・伊藤篤訳(1998) *学習の輪—アメリカの協同学習入門*, 二瓶社.)
- Johnson, D. W., Johnson, R. T. and Smith, K. A. (1991) *Cooperative learning: Increasing college faculty instructional productivity*, *ASHE-ERIC High Education Research Reports*, Vol. 20, No. 4.
- Johnston, K. and Driver, R.G. (1990) *Children's learning in science project: Interactive teaching in science-workshop for training courses*, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds, UK.
- Kelly, G.K. and Crawford, T. (1997) *An ethnographic investigation of the discourse processes of school science*, *Science Education*, Vol. 81, No. 5, pp. 533-559.

- 久保田善彦・西川純(2004) 教室全体の発話の成立に関わる子どもの相互作用 : ローカル発話との関連から, 理科教育学研究, Vol. 45, No. 2, pp. 9-18.
- Kuhn, D. (1991) *The skills of argument*, Cambridge University Press.
- Kuhn, D., Shaw, V. and Felton, M. (1997) Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning, *Cognition and Instruction*, Vol. 15, No. 3, pp. 287-315.
- Lazarowitz, R. and Hertz-Lazarowitz, R. (1998) "Cooperative learning in the science curriculum", Fraser, B.J. and Tobin, K.G.: *International handbook of science education*, Kluwer Academic, pp. 449-469.
- National Research Council (1996) *National science education standards*, Washington, DC: National Academy Press.
- Newton, P., Driver, R. and Osborne, J. (1999) The place of argument in the pedagogy of school science, *International Journal of Science Education*, Vol. 21, pp. 553-576.
- 西川純・上田穰・三崎隆(1997) 認知スタイルを利用したグループ観察による指導法の開発, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 38, No. 2, pp. 113-119.
- 小倉康(2004) わが国と諸外国における理科授業のビデオ分析とその教師教育への活用効果の研究 : IEA/TIMSS-R 授業ビデオ研究との協調, 平成 12~15 年度科学研究費補助金基盤研究 (A) (2) (課題番号 12308007) 研究成果報告書, 国立教育政策研究所.
- 小倉康・松原静郎(2007) TIMSS 1999 理科授業ビデオ研究の結果について, 国立教育政策研究所紀要, 第 136 集, pp. 219-232.
- Onwuegbuzie, A. J. (2001) Relationship between peer orientation and achievement in cooperative learning-based research methodology courses, *The Journal of Educational Research*, Vol. 94, pp. 164-171.
- Qin, Z., Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (1995) Cooperative versus competitive efforts and problem solving, *Review of Educational research*, Vol. 65, No. 2, pp. 129-143.
- Roth, W.M. and Roychoudhury, A. (1992) The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science, *Science and Education*, Vol. 76, pp. 531-557.
- 佐藤学(2006) 学校の挑戦—学びの共同体を創る, 小学館.
- Sharan, S. and Hertz-Lazarowitz, R. (1980) "A group investigation method of

cooperative learning in the classroom”, Sharan, S., Hare, P., Webb, C. and Hertz-Lazarowitz, R. (eds.) Cooperation in Education, Brigham Young University Press, pp.14-46.

清水 誠(2004)知の創造を図る協同的な教授学習システム及び教師支援プログラムの開発, 平成13年度～平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書.

塩田芳久・阿部隆編著(1962)バズ学習方式－落伍者をつくらぬ教育, 黎明書房.

Slavin, R. E. (1978) Student teams and achievement divisions, Journal of Research and Development in Education, Vol.12, pp.39-49.

Slavin, R. E. (1996) Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know, Contemporary Educational Psychology, Vol.21, pp.43-69.

末吉悌次(1959)集団学習の研究, 明治図書出版.

たのしい授業編集委員会(2010)仮説実験授業をはじめよう, 仮説社.

Tateyama-Sniezek, K.M. (1990) Cooperative learning: Does it improve the academic achievement of students with handicaps?, Except Child, Vol.56, No.5, pp.426-437.

Tingle, J.B. and Good, R. (1990) Effects of cooperative grouping on stoichiometric problem solving in high school chemistry, Journal of Research in Science Training, Vol.27, No.5, pp.671-683.

筒井昌博(1999)ジグソー学習入門－驚異の効果を授業に入れる24例, 明治図書出版.

Webb, N. and Mastergeorge, A. (2003) The Development of Student's Learning in Peer-Directed Small Groups, Cognition and Instruction, Vol.21, No.4, pp.361-428.

Zohar, A. and Nemet, F. (2002) Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics, Journal of Research in Science Teaching, Vol.39, pp.35-62.

## 第1章 先行研究の検討

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し、効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

序章では、コミュニケーション活動の方法や効果についての知見にばらつきが見られると述べてきた。そこで第1章では、新たなコミュニケーション活動開発のための知見を整理するために、まず1991年から2005年までの日本国内外の代表的な理科教育研究誌5誌をレビューして、理科教育におけるグループコミュニケーション研究の動向を探った。さらに、一般的にはグループコミュニケーションを構成した方が、コミュニケーションの質が良くなると指摘されているので、関連領域の先行研究から、構成されたグループコミュニケーションの課題を整理した。

なお、本研究でのコミュニケーションは、「意図をもった情報交換過程」とし、議論や話し合いなど、情報交換過程を含む活動をコミュニケーション活動とした(山下, 2006)。また、グループコミュニケーションの中でも、役割分担などによりコミュニケーションの方法を構成して行う活動を「構成されたコミュニケーション活動」と呼ぶこととした。

## I. 理科教育におけるグループコミュニケーション研究の動向

従来の理科教育研究では、コミュニケーションに関する研究は“Blind Spot”であったと指摘されているので(Kelly and Crawford, 1997)、まずはコミュニケーション研究の動向を探るために、理科教育研究誌に掲載された論文のタイトルを分析した。対象は、1991年から2005年までに日本国内外の代表的な理科教育研究誌5誌(Journal of Research in Science Teaching[JIRST]; Research in Science Education[RSE]; Science Education[SE]; 理科教育学研究[理科J]<sup>1)</sup>; 科学教育研究[科学J])に掲載されたものとした。分析は、度数がある程度まとまるように、過去15年間の資料を5年ごとに3つのブロックに分け、タイトル(サブタイトルを含む)についてデータベース化して比較・検討した(表1.1)。コミュニケーションに関連すると思われる7つの用語(Communication, Argument, Discussion, Discourse, Talk, Conversation, Dialog)<sup>2)</sup>がタイトルに含まれるものの件数を表1.2・表1.3に、タイトルにGroupが含まれるものの件数を表1.4に示した。

表 1.1 分析対象(件)

年	JIRST	RSE	SE	理科J	科学J
1991-1995	320	111	167	112	138
1996-2000	304	154	180	60	158
2001-2005	218	121	211	100	208

表 1.2 関連する用語がタイトルに含まれる件数 (JRST・RSE・SE 分)

年	Communication	Argument	Discussion	Discourse	Talk	Conversation	Dialog	計
1991-1995	1	2	0	4	1	0	0	8
1996-2000	3	5	5	18	5	1	4	41
2001-2005	1	6	1	7	2	4	2	23

表 1.3 関連する用語がタイトルに含まれる件数 (理科 J・科学 J 分)

年	コミュニケーション	議論	討論	発話	話し合い	会話	対話	計
1991-1995	0	0	0	0	0	0	0	0
1996-2000	2	2	0	0	1	1	1	7
2001-2005	7	1	1	3	1	1	4	18

表 1.4 タイトルに Group が含まれる件数

年	JRST・RSE・SE	理科 J・科学 J
1991-1995	7	0
1996-2000	10	2
2001-2005	9	5

タイトルの分析からは、コミュニケーションについて、JRST・RSE・SE では 1996-2000 年に 41 件、理科 J・科学 J では 1996 年以降になって関連する文献が見られるようになったことがわかる。グループについても同様の傾向であった。これらのことから、JRST・RSE・SE では 1996-2000 年にコミュニケーションやグループについて盛んに議論がなされ、理科 J・科学 J では 1996 年以降に議論されるようになった未だに新しい研究分野であると言える。

## II. 構成されたグループコミュニケーション

Kuhn(1991)は、議論スキル獲得に影響を与えることができる特別なレンジ(Grade3 から青年期中期)があるとしている。中等学校の生徒は、短い発話しかしないことが多いが、役割を与えたり、コミュニケーションを構成したりすることで発話を促すこともある。例え

ば、日本の中等教育では、道徳教育・特別活動・進路指導などの分野で構成的グループエンカウンター(Structured Group Encounter: SGE)が実施されている。そこでは、役割分担や役割交換を含むエクササイズを通して、生徒達のコミュニケーションを引き出している(國分・國分, 2004)。理科教育においても、グループやコミュニケーションを構成したグループの方が、コミュニケーションの質が良くなることが示されている(Sadler and Fawns, 1993)。

1991-2005年のJRST・RSE・SEのタイトルに“Structured Communication”, 理科J・科学Jのタイトルに「構成されたコミュニケーション」という用語は見あたらなかったが、中等学校の生徒を対象にした関連研究には、以下の3件がある。

(1) Facilitating practitioner research into strategies for improving communication in classroom groups: Action research and interaction analysis- A reconciliation?

Sadler and Fawns(1993)は、4つの学校からGrade 8の3クラスずつ、合計12クラスを対象にして、「役割を課さないグループ」「メンバーの1名にReporterの役割を課して緩やかに構成したグループ」「STAD(Student Teams and Achievement Divisions)を用いてすべてのメンバーにReporter・Recorder・Manager・Technicianの役割を課してしっかり構成したグループ」でSurvival problemに取り組ませた。コミュニケーションや認知の違いについて調べた結果、構成したグループで課題に忠実で高いレベルの意味あるコミュニケーションが展開されたと報告している。

(2) Structured cognitive discussions in senior high school physics: Student and teacher perceptions

Gunstone, McKittrick and Mulhall(1999)は、Millsら(1999)によって開発された大学生向けのCUP(Conceptual Understanding Procedure)を中等学校向けにデザインして、SCUP(Schools Conceptual Understanding of Physics)を開発した。2名の教員によって、Grade 11の2クラスの力学分野で試行された。「垂直に投げ上げられたホッケーのパック」や「打ち出されたゴルフボール」などについて、生徒個人でA4のワークシートに考えを記入した後、3名のグループで考えを1つにまとめたものをA3用紙に記入して壁に貼り、クラス全体で各グループの考えについて議論させた。その結果、すべての生徒がSCUPを肯定的に受け止めたと報告している。

(3) ガスバーナーの操作技能指導における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究  
宮田(2005)は、中学校1年生2クラス58名を対象にして、1クラス28名を「循環型の

問答－批評学習」を用いた実験群・別のクラス 30 名を統制群として、3 時間のガスバーナーの操作技能の授業を比較した。ここでの「循環型の問答－批評学習」とは、生徒が操作者・批評者などの役割を順番に繰り返して体験し、批評者になると賛同・付け足し、批判・提案などをする学習である。その結果、実験群の授業で質の高い教え合いが展開されたと報告している。

### Ⅲ. 構成されたグループコミュニケーション活動の課題

構成されたグループコミュニケーション活動では、グループをどのように編成するか、どのような課題に取り組みさせるか、どのようにコミュニケーションを構成するのか、どのような効果があるのかについて検討しておく必要がある(Blumenfeld et al., 1996)。ここでは、それぞれの課題について整理する。

#### 1. グループ編成に関する課題

O' Loughlin(1992)は、グループの人数が 6 名を超えると「ただ乗り (Free-rider)」が生じると指摘している。Cohen(1994)は、複合課題に対しては 5 名より多いと参加意識が問題になり、3 名では 2 名が連合しやすいので、4 名か 5 名のグループが最適であるとしている。適切なグループサイズは、状況や課題、メンバーの背景、メンバー間の権力関係などによって異なるが、Heller and Hollabaugh(1992)は、ペアよりも 3 名か 4 名のグループの方が、問題解決には適していると結論づけ、富田ら(2010)も、多くの研究で 4 名程度が最も話し合いを進めやすいと指摘していると報告している。

Alexopoulou and Driver(1996)は、ギリシャの中等学校の生徒を対象に、4 名とペアで物理現象について説明する課題に取り組みさせた。その結果、4 名の方が説明に有意な進歩が見られたとしている。

以上のことからグループサイズは、ペアではうまくいかず、6 名以上になると参加意識が問題になることから、3 名から 5 名程度が適切であると言えよう。しかし、検証された事例に限られ、ペアではなぜうまくいかないのかについて、十分には明らかにされていなかった。

1970 年代に開発された 4 名から 6 名による協同学習は、成績・男女・人種の点で異質グループを採用している(Slavin, 1981)。Schulte(1999)も、多様な能力・スキル・個性・性・クラスによる異質グルーピングを支持している。しかし、異質グループと等質グループの

間で、成績に有意な差は生じなかったという報告もある（例えば、Hooper and Hannafin, 1988; Hooper and Hannafin, 1991）。

#### (1) 成績による等質・異質グループ

King(1993)は、小グループでのコミュニケーション活動では、下位者がリーダーになる自信がないので、上位者が話し合いを支配してしまうが、下位者は上位者から手助けしてもらえるので、上位者と学ぶのを好むこともあるとしている。上位者・下位者による異質グループでは、下位者が最大の恩恵を受けているようにも見える(Webb et al., 1998)。Gayford (1995)は、小グループで複合課題に取り組む場合には、中位者と下位者が恩恵を受けると指摘している。そして、上位者同士の等質グループには、利点がないと指摘している研究もある(例えば、Lou et al., 1996)。

Carter and Jones(1994)は、Grade5 の 83 名の実験室での様子を 3 週間観察したところ、下位 25%の者は上位 25%の者と組むと成績が向上し、よく話すようになり、注意散漫な行為が減っていた。上位者も、上位者同士よりも下位者と組んだ方がよく話すようになり、手助けするようになった。そして、上位者はパートナーのレベルによって到達度に差がなかった。これらのことから、成績による異質グルーピングが、上位者に害をもたらさず、上位者と組んだ下位者に恩恵をもたらすと示唆している。

しかし、成績による異質グルーピングには、有能な生徒が他の有能な生徒から受ける刺激を奪っているという批判がある(Carter, Jones and Rua, 2003)。Robinson(1990)は、他の生徒に教えるために聡明な生徒を使うことは、よりできる生徒からの搾取になりかねないと指摘している。そして、上位者同士の等質グループの方が、知的に成長するとしている研究もある(例えば、Fuchs et al., 1998; Webb et al., 1998)。

Watson and Marshal(1995)は、初等教育専攻の大学生 109 名を対象にして(116 名を対象にしたが、7 名は事前テストの成績が標準偏差の 2 倍以上平均を上回っていたので除外された)、General ecology に関する課題に取り組ませた。成績による 3 名か 4 名の異質グループと個人での学習を比較したところ、4 週間の授業終了 2 日後に行われた事後テストでは、有意な差が見られなかった。

#### (2)性別による等質・異質グループ

Cottle and Hart(1996)は、男女別か男女混合のどちらでグループを編成するべきかという課題があるとしている。性別に有意な差はないとする研究もあるが(Kuhn, 1993)、男女混合グルーピングを支持する研究が多い(例えば、Webb, 1991)。一般には、女子の方が話

したがっており (Cottle and Hart, 1996), 実験には遠慮しがちな女子もコミュニケーション活動には積極的に参加させることが可能だと考えられる (Gunstone, McKittrick and Mulhall, 1999)。日本では, 男子が女子の行動を阻害したり, 女子が実験を放棄したりするので (湯本・西川, 2004), 男女別グルーピングがなされることもある。

She (1999) は, 台湾の Grade7 の 36 名 9 グループの生物実験 (週 1 回 100 分) の様子を 5 ヶ月半の間観察した。その結果, 男女別グループでは, 女同士のグループの方が実験結果をよく記録し資料をよく読んでおり, 男同士のグループの方が相手のアイデアや作業を修正していた。しかし, 何人かの生徒は話し合いを支配しようとし, 性差よりも個人差があったと報告している。そして, 男女混合グループでは, 女子の方が積極的に参加して資料をよく読んでおり, 男子同様のパフォーマンスを発揮する可能性があるとして示唆している。

Tolmie and Howe (1993) は, 12 歳から 15 歳の男同士・女同士・男女のペアが, コンピュータ上で落下物体の軌道を予測する様子を観察した結果, 理解については同程度だったと報告している。しかし, 男同士では個々の考えにフィードバックしており, 女同士では葛藤や探求を避けており, 男女のペアでは非常に制約された単純な相互作用になっていた。そのため, 男同士で最もよく学んでいたと結論づけている。

以上のことから, グループ編成については, 多くの研究で成績や性による異質グルーピングが支持されているが, 成績上位者については, 異質グループが良いのか等質グループが良いのか, 男子については, 男女別が良いのか混合が良いのか, 知見が分かれていると言えよう。

## 2. 取り組ませるトピックに関する課題

Solomon (1991) は, 従来はコミュニケーション活動に用いる課題の重要性があまり指摘されなかったとしている。Cohen (1994) は, グループ学習に関する研究をレビューして, より生産的なグループ活動にするには, あいまいな解決策しかもたない非構造的な課題 (ill-structured problems)<sup>3)</sup> に取り組ませる必要があると指摘している。また, Zohar and Nemet (2002) は, 議論について教える際の重要な点の 1 つとして, 真正な課題 (authentic problems) を用いることをあげている。

一般的には決まった解決策がない真正な課題に取り組ませることが大切であるとされているが, 理科教育で扱われることが多い「正解がただ 1 つ」の課題について取り組ませる

場合には、生産的なグループ活動にはならないのかを検討する必要があると言えよう。

### 3. コミュニケーションの方法に関する課題

Bianchini(1997)は、Grade6 の生命科学のクラスで、グループでよく話す生徒ほど、よく学んでいたことを見いだした。しかし、成績上位者がグループでのコミュニケーション活動を支配した結果、上位者が利益を享受することになったと報告している。このことから、すべての生徒がコミュニケーション活動にかかわれるように配慮すべきだろう。

例えば、(1)役割分担して各メンバーの発言の機会を保障したり、(2)書記的方法により考えを練る時間を確保したり、(3)質問例を提示して発言しやすくさせたりすることなどが試みられている。

#### (1)役割分担の導入

成績上位者によってコミュニケーションが支配されてしまうことがあるので(King, 1993)、発言の機会を平等にするために、各メンバーに役割を課すことが考えられている(Berg, 1993)。例えばKagan(1992)は、Encourager・Praisers・Recorder・Materials monitorなどの役割を課している。宮田(2004a, 2004b)は、やりたくてもやらせてもらえない事態を解消するために、操作者・批評者、質問者・回答者の役割を順番に繰り返させている。

Hogan(1999a)は、Grade8 の4クラスの内8グループ24名のPhysical scienceの授業で自然現象に関するメンタルモデル構築の過程を12週間観察した。その結果、非構造的な課題に対しては、生徒に役割(例えば、Reflector・Regulator・Questioner・Explainer)を分担させることで、生産的なコミュニケーションになると示唆している。

しかし、Cohen(1994)は、グループファシリテータは相互作用を促すのには有効だが、個々のメンバーに書記・発表者などを割り振ると、役割に忠実になって相互作用が少なくなると指摘している。また、Chi(2000)は、他者に説明するように教示した場合、他者の理解状態を推論することは学習者にとって余計な負荷になると指摘している。

#### (2)書記的方法の導入

書くことなどの活動は、生徒の多様な考えを引き出すのに有効であると指摘されている(Norris and Phillips, 2003; Wellington and Osborne, 2001)。Rivard(1994)は、書く過程は充足感を生み、アイデアをはっきりさせたり、関連づけさせたりして、知識構築にとっても重要であるとしている。Mason(1998)も、書く行為は思考や考えをはっきりさせ、生

徒の反応を促進させて、自然に紙の上で考えることを助長したと報告している。また、書くことを取り入れたコミュニケーション活動は、学習内容理解の保持に貢献すると指摘されている(Rivard and Straw, 2000)。

Rivard(2004)は、Grade8の154名を対象に、生態学の課題をグループで話させたり書かせたりして取り組ませた。その結果、成績下位者が多くの問題をこなすようになり、ペアで説明するだけの場合よりも生態概念の理解が促された。また、成績上位者は、話すことよりも書くことの方から多くの利益を得ていたと報告している。

しかし、書記的方法については、事前の知識が少ない人は書くことからあまり学ばないという指摘もある(Klein, 1999)。

### (3) 質問例の提示

Zohar and Nemet(2002)は、良い議論や効果的な質問について学ぶことで、コミュニケーションの質の改善が期待できるとしている。

Herrenkohl and Guerra(1998)は、Grade 4の2クラスで、科学に関する話し合い中に他の生徒が発表している間、以下の3つの聴衆役割を課した。

#### ① 予測と理論づけ

例えば、“What is your prediction?” “What do you think is going to happen?”などと質問する

#### ②結果の要約

例えば、“What did you find out?” “What were your results?”などと質問する

#### ③理論・予測と証拠や結果との関連づけ

例えば、“Did your results support your theory?”などと質問する

その結果、クラスに反論しやすくなる雰囲気が生み出され、コミュニケーションが活性化したと報告している。

Woodruff and Meyer(1997)は、Grade7では「陰とイメージ」について、Grade5とGrade7で「浮き沈み」について、3名か4名グループでお互いに”What if...?”と尋ねさせた。その結果、生徒たちは筋の通った説明を促され、アイデアの理解が促進されたと報告している。

しかし、役割分担や質問例提示については、役割や決められた言い回しを乗り越えることが重要であるという指摘もある(Pea, 1993; Perkins, 1993)。

以上のような方法も試みられているが、役割分担や質問例提示については、役割や言い回しにとらわれてしまうこと、書記的方法には、事前の知識が少ないと効果が限られてしまうことが懸念されている。

#### 4. コミュニケーション活動の効果に関する課題

Driver, Newton and Osborne(2000)は、議論が理解につながるようにならなければならないとしている。また、Zohar and Nemet(2002)は、議論について教える際の重要な点として、「議論の構造や用語、良い議論の特徴についての知識獲得」「議論についてのメタ認知的知識の獲得」をあげている。

##### (1) 学習内容理解の促進

コミュニケーション活動により、学習内容理解が促されて成績が向上したとする研究も多く(例えば、Cottle and Hart,1996)、書くことを取り入れたコミュニケーション活動が学習内容理解の保持に貢献するという指摘もある(Rivard and Straw, 2000)。清水ら(2005)は、日本の小学校4年生34名を対象に、水の状態変化の授業に小グループでの話し合いを取り入れ、考えを外化するために、自信度に応じて青・黄・赤の付箋紙に考えを記入させて黒板に貼らせた。その結果、授業終了2ヶ月後でも科学的概念が保持されている児童の割合が、他のクラスと比べて有意に多かったと報告している。

しかし Kuhn, Shaw and Felton(1997)は、コミュニケーション活動により学習内容理解が促されたかどうかを示すのは難しく、評価方法も不足しているので、研究の関心が議論の質よりもプロセスに移ったとしている。

##### (2) 議論に関する知識・スキルの獲得

Webb and Farivar (1994)は、グループで実りある対話が成り立つには、生徒が議論スキルを身につけていなければならない、議論スキル獲得のためには練習の機会が必要であると述べている。

Zohar and Nemet(2002)は、イスラエルの2つの学校のGrade9の186名(実験群4クラス:87名, 統制群5クラス:99名)を対象に、Genetic revolutionの単元12時間で、生命倫理のジレンマ課題を用いて議論スキルを教授した。議論スキルの教授については、議論の定義と構造を説明し、良い議論と悪い議論の見分け方(例えば、良い議論は「真実・信頼できる多様な根拠を含む」「代替の議論について言及してそれらを反証している」)について話し合った。そして、いくつかの具体例で練習し、多様な文脈でも何度か議論スキルを試

させた。事前・事後テストで、生物学の理解と議論スキルについて調査した結果、議論中に正しい生物学の知識を用いた生徒の数が、議論スキル教授後には増加し(16.2%→53.2%),議論の質が劇的に改善されて、生命倫理での方略を日常生活のジレンマ課題にも適用するようになったと報告している。

しかし、議論のスキルについては、まだ十分に開発されていないという指摘もある(Means and Voss, 1996)。

### (3)メタ認知的知識獲得

モニタリングなどのメタ認知過程が、知識獲得の手助けになると指摘されている(例えば, Baird et al., 1991; White and Frederiksen, 1998; King, 2002)。Hogan(1999b)も、メタ認知トレーニングを行うことで、建設的な議論を導くようになると指摘している。Jimenez-Aleixandre (2007)は、IDEAS(Ideas, Evidence and Argument in Science)プロジェクトでの議論を取り入れた理科学習環境デザインで、6つの評価の観点を図1.1のようにまとめているが、ここでもメタ認知が重要な観点となっている。

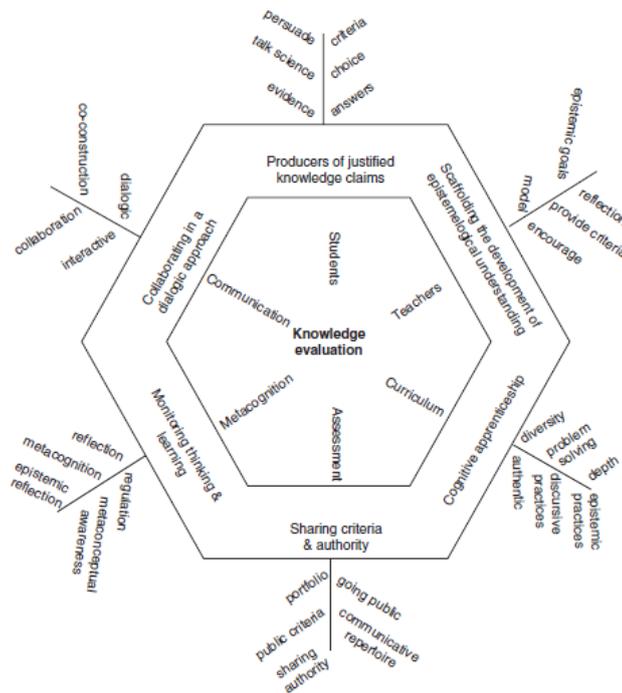


図 1.1 IDEAS プロジェクトでの6つの評価の観点

King(1997,1999)は、生徒同士の教え合いで一方の生徒が5種類の質問(Review questions・Thinking questions・Probing questions・Hint questions・Metacognitive questions)から選択して尋ね、他方の生徒が答える活動に取り組みさせた。誤った考えが表明された場合には、Hint questions(例えば、“Have you thought about…?”や“How can…help you?”)を用いて対応し、メタ認知的質問のトレーニングになるようにした。その結果、思考過程改善のための気づきを得たり、質問することによって相手の知識が統合されたりして、互いに新たな知識を構築するのに役立ったと報告している。

しかし、Hogan(1999 c)は、生徒達は思考の過程には意識を向けず、メタ認知的気づきを強調しても、転移しないことがあると指摘としている。

以上のように、コミュニケーション活動の効果に関しては、(1)学習内容理解が促されたか、(2)議論に関する知識・スキルが獲得されたか、(3)メタ認知的知識が獲得されたかについて検討することが可能だろう。しかし、コミュニケーション活動により学習内容理解やメタ認知を働かせることができるようになったことを示すのは難しい。

## 6. まとめ

タイトルのレビューからは、グループコミュニケーション活動に関する研究は、JRST・RSE・SEでは1990年代後半に多く見られ、理科J・科学Jでは1996年以降に見られるようになった未だに新しい研究分野であった。

一般に小グループでのコミュニケーション活動では、グループやコミュニケーションを構成した方がコミュニケーションの質が良くなる。しかし、構成されたグループコミュニケーション活動にも課題が残されていた。

グループ編成については、ペアではうまくいかず、6名以上になると参加意識が問題になることから、3名から5名程度が適切であるとされていたが、検証された事例に限られ、ペアではなぜうまくいかないのかについても十分に明らかにされてはいない。また、多くの研究で成績や性による異質グルーピングが支持されていたが、成績上位者については、異質グループが良いのか等質グループが良いのか、男子については、男女別が良いのか混合が良いのかについての知見が分かれていた。

取りませる課題については、決まった解決策がない真正な課題に取りませることが

大切であるとされていたが、従来は課題の重要性についてあまり指摘されてこなかった。

コミュニケーション活動の方法については、「役割分担」「書記的方法」「質問例提示」などの導入が試みられていた。書記的方法については、学習内容理解の保持に貢献すること、質問例提示については、お互いに“*What if...?*”と尋ねさせることで、生徒に筋の通った説明を促すことが可能であることなどが報告されていた。しかし、役割や決められた言い回しを乗り越えることが重要であるという指摘や事前の知識が少ない人は書くことからあまり学ばないという指摘もあった。

コミュニケーション活動の効果については、評価方法が十分に確立しておらず、「学習内容理解が促進されたか」「議論に関する知識・スキルが獲得されたか」「メタ認知的知識が獲得されたか」について検討することがあげられていた。しかし、議論のスキルは十分には開発されておらず、コミュニケーション活動により学習内容理解やメタ認知を働かせることができるようになったことを示すのは難しかった。

第2章以降では、これらの課題を克服するような日本の中学生に適したグループコミュニケーション活動を開発し、その効果を事例を積み重ねながら実証していく。

## 注

1) 理科教育学研究 は、1999 年度に『研究紀要』から『理科教育学研究』と改称された。

また、理科教育学研究のみ年度ごとの集計になっている。

2) 富田(2010)は、「議論」とは言語ジャンルの1つであり、特に「理由づけが伴う主張」や「そのような主張について検討する双方向的な言語活動」を指し、前者を *argument*、後者を *argumentation* と呼び、実践場面では「話し合い活動」と意識的には区別されていないとしている。

3) Simon(1973)が *well-structured problems* と区別して、*ill-structured problems* をあいまいな解決策しかもたない課題とした(Voss, 2005)。非構造的な課題の特徴として、解決のためにあらかじめ与えられた情報よりもさらに情報が必要になること(Gallagher, 1997)、正解がないか、複数の解・解決過程をもつこと(Jonassen, 1999)などがあげられている。

## 文献

- Alexopoulou, E. and Driver, R. (1996) Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 33, pp.1099-1114.
- Baird, J.R., Fensham, P.J., Gunstone, R.F. and White, R.T. (1991) The importance of reflection in improving science teaching and learning, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.28, pp.163-182.
- Berg, K.F. (1993) Structured cooperative learning and achievement in a high school mathematics class, ERIC Document ED364408.
- Bianchini, J.A. (1997) Where knowledge construction, equity, and context intersect: Student learning of science in small groups, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.34, No.10, pp.1039-65.
- Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Soloway, E. and Krajcik, J. (1996) Learning with peers: From small group cooperation to collaborative communities, *Educational Researcher*, Vol. 25, No.8, pp. 37-40.
- Carter, G. and Jones, M. G. (1994) The effects of ability-paired interactions by fifth graders on balance concept attainment, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No.8, pp.847-856.
- Carter, G., Jones, M. G. and Rua, M. (2003) Effects of partner's ability on the achievement and conceptual organization of high-achieving fifth-grade students, *Science Education*, Vol. 87, pp.94-111.
- Chi, M.T.H. (2000) "Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models", R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, E. (1994) Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups, *Review of Educational Research*, Vol. 64, pp.1-35.
- Cottle, P.D. and Hart, G.E. (1996) Cooperative learning in the tutorials of a large lecture physics class, *Research in Science Education*, Vol. 26, No.2, pp.219-231.
- Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000) Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, *Science Education*, Vol. 84, No.3, pp.287-312.

- Fuchs, L., Fuchs, D., Hamlett, C.L. and Karns, K. (1998) High-achieving students' interactions and performance on complex mathematical tasks as a function of homogeneous and heterogeneous pairings, *American Educational Research Journal*, Vol. 35, No.2, pp.227-267.
- Gallagher, S. A. (1997) Problem-based learning: Where did it come from, what does it do, and where is it going?, *Journal for the Education of the Gifted*, Vol.20 , No.4, pp.332-362.
- Gayford, C. (1995) Science education and sustainability: A case-study in discussion-based learning, *Research in Science and Technological Education*, Vol. 13, pp.135-145.
- Gunstone, R., McKittrick, B. and Mulhall, P. (1999) Structured cognitive discussions in senior high school physics: Student and teacher perceptions, *Research in Science Education*, Vol. 29, No.4, pp.527-546.
- Heller, P. and Hollabaugh, M. (1992) Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups, *American Journal of Physics*, Vol.60, pp.637-644.
- Herrenkohl, L. and Guerra, M. (1998) Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade, *Cognition and Instruction*, Vol.16, No.4, pp.431-473.
- Hogan, K. (1999a) Sociocognitive roles in science group discourse, *International Journal of Science Education*, Vol. 21, pp.855-82.
- Hogan, K. (1999b) Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts, *Science Education*, Vol.83, pp.1-32.
- Hogan, K. (1999c) Thinking aloud together: A test of an intervention to foster students' collaborative scientific reasoning, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, pp.1085-1109.
- Hooper, S. and Hannafin, M. J. (1988) Cooperative CBI: The effects of heterogeneous versus homogeneous grouping on the learning of progressively complex concepts, *Journal of Educational Computing Research*, Vol.4, pp.413-424.
- Hooper, S. and Hannafin, M. J. (1991) The effects of group composition on achievement,

interaction, and learning cooperative instruction, *Educational Technology Research & Development*, Vol. 39, No. 3, pp.27-40.

Jimenez-Aleixandre, M. P. (2007) *Designing Argumentation Learning Environments*. In S. Erduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (pp. 91- 115). Dordrecht, Netherlands: Springer.

Jonassen, D. (1999) "Designing constructivist learning environments", C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models* (Vol. 2), *A new paradigm of instructional theory*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp.215-240.

Kagan, S. (1992) *Cooperative learning: Resources for teachers*, San Juan Capistrano: Resources for Teachers.

Kelly, G.K. and Crawford, T. (1997) An ethnographic investigation of the discourse processes of school science, *Science Education*, Vol.81, No.5, pp.533-559.

King, A. (1997) ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex learning, *Educational Psychologist*, Vol.32, No.4, pp.221-235.

King, A. (1999) "Discourse patterns for mediating peer learning", O' Donnell A.M. and King, A., *Cognitive perspectives on peer learning*, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp.87-115.

King, A. (2002) Structuring peer interaction to promote high-level cognitive processing, *Theory Into Practice*, Vol. 41, No. 1, pp.33-39.

King, L.H. (1993) High and low achievers' perceptions and cooperative in two small groups, *Elementary School Journal*, Vol.93, pp.399-416.

Klein, P.D. (1999) Learning science through writing: The role of rhetorical structures, *The Alberta Journal of Educational Research*, Vol.45, pp.132-153.

國分康孝・國分久子 総編集(2004) *構成的グループエンカウンター事典*, 図書文化社.

Kuhn, D. (1993) Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking, *Science Education*, Vol.77, pp.319-337.

Kuhn, D., Shaw, V. and Felton, M. (1997) Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning, *Cognition and Instruction*, Vol.15, No.3, pp287-315.

- Lou, Y., Abrami, P., Spence, J., Poulsen, C., Chmabers, B. and d' Apollonia, S. (1996) Within-class ability grouping: A meta-analysis, *Review of Educational Research*, Vol. 66, No. 4, pp. 423-458.
- Mason, L. (1998) Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse, *Instructional Science*, Vol. 25, No. 5, pp. 359-389.
- Means, L. M. and Voss, J. F. (1996) Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels, *Cognition and Instruction*, Vol. 14, No. 2, pp. 139-178.
- Mills, D., McKittrick, B., Mulhall, P. and Feteris, S. (1999) CUP-cooperative learning that works, *Physics Education*, Vol. 34, No. 1, pp. 1-5.
- 宮田 斉 (2004a) 理科授業における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究－小学 6 年「電流と電磁石」の単元の授業を通して, *理科教育学研究*, Vol. 44, No. 2, pp. 47-58.
- 宮田 斉 (2004b) 理科授業における“循環型の問答－批評学習”利用効果－小学 6 年「電流と電磁石」の単元の授業を通して, *理科教育学研究*, Vol. 45, No. 2, pp. 45-52.
- 宮田 斉 (2005) ガスバーナーの操作技能指導における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究, *理科教育学研究*, Vol. 45, No. 3, pp. 61-72, 2005.
- Norris, S. P. and Phillips, L. M. (2003) How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy, *Science Education*, Vol. 87, pp. 224-240.
- O' Loughlin, M. (1992) Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, No. 8, pp. 791-820.
- Pea, R. (1993) “Practices of distributed intelligence and designs for education”, Salomon, G. (ed.), *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*, Cambridge University Press, pp. 47-87.
- Perkins, D. (1993) “Person-plus: A distributed view of thinking and learning”, Salomon, G. (ed.), *Distributed cognitions: psychological and educational considerations*, Cambridge University Press, pp. 88-110.
- Rivard, L. P. (1994) A review of writing to learn in science: Implications for practice and research, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No. 9, pp. 969-983.

- Rivard, L.P. (2004) Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers, *Science Education*, Vol. 88, No.3, pp.420-442.
- Rivard, L. P. and Straw, S. B. (2000) The effect of talk and writing on learning science: an exploratory study, *Science Education*, Vol.84, pp.566-593.
- Robinson, A. (1990) Cooperation or exploitation? The argument against cooperative learning for talented students, *Journal for the Education of the Gifted*, Vol.14, No.1, pp.9-27.
- Sadler, J. and Fawns, R. (1993) Facilitating practitioner research into strategies for improving communication in classroom groups: Action research and interaction analysis- A reconciliation? , *Research in Science Education*, Vol.23, No.1, pp.243-251.
- Schulte, P.L. (1999) Lesson in cooperative learning, *Science and Children*, April, pp.44-47.
- She, H.C. (1999) Students' knowledge construction in small groups in the seventh grade biology laboratory: Verbal communication and physical engagement, *International Journal of Science Education*, Vol.21, No.10, pp.1051- 1066.
- 清水 誠・石井 都・海津 恵子・島田 直也(2005) 小グループで話し合い, 考えを外化することが概念変化に及ぼす効果ーお湯の中から出る泡の正体の学習を事例に, *理科教育学研究*, Vol.46, No.1, pp. 53-60.
- Simon, H. A. (1973) The structure of ill-structured problems' , *Artificial Intelligence*, Vol.4, pp.181- 201.
- Slavin, R.E. (1981) Synthesis of research on cooperative learning, *Educational Leadership*, Vol. 38, pp.655-660.
- Solomon, J. (1991) Group discussions in the classroom, *School Science Review*, Vol. 72, pp.29-34.
- Tolmie, A. and Howe, C. (1993) Gender and dialogue in secondary school physics, *Gender & Education*, Vol. 5, pp.191-209.
- 富田英司(2010) “議論活動と授業”, 高垣マユミ編著, 授業デザインの最前線Ⅱ, 北大路書房, pp.152-166.
- 富田英司・水上悦雄・森本郁代・大塚裕子(2010)大学生の対話力の自発的成長を促す学習

- 環境の探索 : 話し合いに対する自己評定値からの分析, 日本教育工学会論文誌, Vol.33, No.4, pp.431-440.
- Voss, J.F. (2005) Toulmin's model and the solving of ill-structured problems, *Argumentation*, Vol.19, No.3. pp. 321-329.
- Watson, B.S. and Marshall, E.J.(1995) Effects of cooperative incentives and heterogeneous arrangement on achievement and interaction of cooperative learning groups in a college life science course, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 32, No.3 pp.291-299.
- Webb, N.M. (1991) Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups, *Journal of Research in Mathematics Education*, Vol.22, pp.366-389.
- Webb, N.M. and Farivar, S.(1994) Promoting helping behavior in cooperative small groups in middle school mathematics, *American Educational Research Journal*, Vol.31, pp.369-395.
- Webb, N., Nemer, K., Chizhik, A. and Sugrue, B.(1998) Equity issues in collaborative group assessment: Group composition and performance, *American Educational Research Journal*, Vol. 35, No.4, pp.607-651.
- Wellington, J. and Osborne, J. (Eds.)(2001) *Language and literacy in science education*, Buckingham, UK: Open University Press.
- White, B.Y. and Frederiksen, J.R. (1998) Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students, *Cognition and Instruction*, Vol.16, pp.3-118.
- Woodruff, E. and Meyer, K. (1997) Explanations from intra- and inter-group discourse: Students building knowledge in the science classroom, *Research in Science Education*, Vol.27, pp.25-39.
- 山下修一(2006) “コミュニケーション”, 岩内亮一ら, *教育学用語辞典 第4版*, 学文社, pp.99-100.
- 湯本文洋・西川純(2004) 理科実験における学習者の相互行為の実態と変容に関する研究, *理科教育学研究*, Vol.44, No.2, pp. 83-94.
- Zohar, A. and Nemet, F. (2002) Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.39, pp.35-62.

## 第2章 理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し、効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	<b>理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題</b> ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

第1章の「先行研究の検討」では、グループ編成に関する知見が分かれていた。コミュニケーション活動に関する知見にばらつきが見られる原因の一つに、メンバーが一人でも替わったり欠席したりすると、メンバー間のコミュニケーションに影響を及ぼしてしまうことがあげられる。そこで本研究での分析対象には、メンバー全員がすべてのコミュニケーション活動に参加したグループのみを取り上げた。

現在までのところ、成績による等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異については、等質と異質のとらえ方の違いやコミュニケーションの内容・形態の違いのために、統一した見解は得られていない。そこで第1節では、大学生を対象にして、知識の差の少ない等質グループと知識の差の多い異質グループを編成して、各グループでどのようなコミュニケーションが行われ、学習内容理解にどのような影響を及ぼしたのかについて検討した。

グループサイズについては、ペアではうまくいかず、6名以上になると参加意識が問題になることから、3名から5名が適切であると示唆されていた。しかし、検証された事例が限られ、ペアではなぜうまくいかないのかについても、十分には明らかにされていなかった。そこで第2節では、4人組とペアでのコミュニケーションにどんな違いがあるのか、ペアではなぜうまくいかないのか、ペアでの困難を乗り越えるにはどうしたらよいのかについて検討した。

第3節では、中学校理科授業で最も多く用いられている Jigsaw 法を取り入れたコミュニケーション活動と通常の話し合い活動について比較・検討した。

第4節では、研究1～3の結果から、グループコミュニケーション活動の現状と課題を整理した。

## 第1節 研究1 等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異

### I. 問題と目的

成績による等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異については、先行研究から異質グループの下位者や中位者が恩恵を受けるとされているが (Webb et al., 1998), 上位者同士の等質グループの方が知的に成長すると報告している研究もある (例えば, Fuchs et al., 1998)。現在までのところ, 等質と異質のとらえ方の違いやコミュニケーションの内容・形態の違いのために, メンバーの組み合わせが理解度に及ぼす影響について, 統一した見解は得られていない。したがって, 等質と異質のとらえ方やコミュニケーションの条件を明らかにしながら比較・検討して, 知見を積み重ねていく必要があるだろう。

研究1では, 知識の差の少ない等質グループと知識の差の多い異質グループの差異に着目し, 各グループでどのようなコミュニケーションが展開され, メンバーの理解度にどのような差異が生じるのかを明らかにする。

### II. 方法

グループ間の差異を調べるためには, 発言機会の平等を保証するなどしてある程度コミュニケーションを構成して比較する必要があると考え<sup>1)</sup>, 構成されたコミュニケーション中で, 理解度の推移を中心に検討した。同時に, コミュニケーション活動自体の受けとめ方の変容も調査した。

慣性に関する基礎的知識を問う事前テストを実施し, その結果から知識の多いものと少ないものを分け, 知識の差の少ない等質グループと知識の差の多い異質グループを編成した<sup>2)</sup>。そして, グループごとに観察・実験を交えたコミュニケーション活動を継続的に行い, グループ間にどのような差異が生じたのかを質問紙への回答と録音された発話内容から探った。

#### 1. 調査対象

私立理科系大学の3年生を対象にして(コミュニケーション活動への示唆を得るための実験的な取り組みなので, 大学生を被験者としても差し支えないと判断した), 事前テストの成績をもとにして, 物理学科以外の学生で, 同じ学科の3~4名の等質グループと異質

グループを編成した。分析には、1週間おきに3回繰り返されたコミュニケーション活動に参加し、事前・事後のすべての質問項目に回答した31名（9グループ：男15名・女16名）のデータを用いた。

## 2. 実施期間

- (1) 事前テスト・事前アンケート：1999年11月中旬 約20分
- (2) コミュニケーション活動：1999年11月下旬から12月中旬 約75分×3回
- (3) 事後テスト・事後アンケート：2000年1月上旬 約25分

## 3. コミュニケーション活動

### (1) グループ編成

事前テストの成績をもとに上位群(5～4点, 15名：男7名・女8名), 下位群(3～0点, 16名：男8名・女8名)に分け、等質・上位2班, 等質・下位2班, 異質5班を以下の表2.1.1のように振り分けた。

表 2.1.1 各グループの構成

グループ	班	上位群		下位群	
		男	女	男	女
等質・上位	1	2	1		
	2	1	3		
等質・下位	1			2	1
	2			1	2
異質	1	1	1	2	
	2	1	1		2
	3	2			2
	4		1	1	1
	5		1		2

表中の男女の下の数字はそれぞれの人数を示す。

### (2) 役割分担

発言機会の平等を保証して、構成されたコミュニケーション活動の中で比較・検討するために、グループごとに以下の役割を課した(山下, 2000a)。実際には、班長1名を固定し、整理・追究係, 振り返り係, レポート係を2～3名で順番に担当した。

- ①班長：発言機会の平等を保証する。
- ②整理・追究係：メンバーの認知状態を把握する。レポート審査をする。
- ③振り返り係：コミュニケーション活動を振り返る。レポート審査をする。
- ④レポート係：コミュニケーション活動の過程を記録して小レポートを作成する。

### (3) コミュニケーション活動の流れ

コミュニケーション活動の流れを以下に示す。

- ①班で「相手の考えは批判しても人格まで批判しない」などの話し合いの前提を確認する。
- ②各自で事前問題・討論課題に回答する。
- ③班で討論課題について討議する(約 8 分)。
- ④班で「討論で明らかになったこと」を話し合い、その結果を「*討論後のグループ結論*」として回答する(約 3 分)。
- ⑤班で観察・実験を行う(実験室に移動)。
- ⑥各自で解説を読む(資料 2.1)<sup>3)</sup>。
- ⑦班で「実験と解説から明らかになったこと」を話し合う(約 5 分)。
- ⑧各自で「この課題から学んだこと」を記入する。
- ⑨班で「この課題から学んだこと」を話し合う(約 5 分)。
- ⑩レポート係が小レポートを作成する。
- ⑪レポートの審査をする。
- ⑫各自で事後問題に回答する。

### (4) 討論課題

本研究では、慣性に関する以下の課題を採用した。それは、比較的学習者が保持しやすい誤概念が明らかになっており、理解の深度も検討しやすいからである。そして討論後の実験には、明確な結果が出て議論が終結してしまうのを防ぐために、決定的実験にはならないものを採用した。

①落下問題：同じくらいの大きさのピンポン玉(2g)とゴルフボール(50g)を 2 m の高さから同時に落下させる。2 つの球はどのような順序で地上に落下すると思うか。

②台車問題：質量 1 kg の台車に 50g のおもりをつるして引いた A と、50g 重(ばねばかりの目盛りは 50g だが、質量 50g の物体をつるす力を 50g 重としている)の力で引いた B とでは、どちらが早く移動するか。

③滑車問題：ばねばかりによくまわる 10g の滑車を取りつけて、ひもを通して片方に質量 20g のおもりをつるし、もう片方に質量 10g のおもりをつるしたところ動き出した。この時ばねばかりには何 g 重の力がかかるか(図 2.1.1)。

#### 4. 調査項目

まず、事前テストとして慣性の基礎的知識を問う問題(5点満点)に回答させた。そして、コミュニケーション活動ごとに、事前問題・討論課題・事後問題・1週間後問題、約1ヶ月後に事後テストとしてこれらと同一の問題(4問×3回分=12点満点)に回答させた。なお、事前問題・事後問題・1週間後問題は、いずれも討論課題の類似問題であった。さらに、事前と事後にコミュニケーション活動の効果に関するアンケートに5段階で回答させた(資料 2.2)。

### Ⅲ. 結果と考察

はじめに、事前テストと事後テストの成績の相関関係を探ったが、有意な相関は見られなかった( $r=0.10$ )。そこで、等質グループと異質グループ内で、上位群・下位群それぞれの理解度がどのように変容したのかを探り、合わせてコミュニケーション活動に対する受けとめ方について検討した。

#### 1. コミュニケーションの内容分類

コミュニケーションの内容がどのようなものだったのかを分析するために、コミュニケーション活動の「⑦実験と解説から明らかになったこと」と「⑨この課題から学んだこと」を話し合った場面の発話をカテゴリーに分類した。カテゴリーは、他者への説明を「説明」、誤った説明を「誤った説明」、説明を求められている場面で説明せずに安易に合意したものを「安易な合意」とした。そして、「説明」の中での修正や新たな気づきを「修正・気づき」、多様な条件を検討したものを「多様な条件」として、表 2.1.2 にグループごと、上位群・下位群ごとの発話数を示した。なお、カテゴリー分類にあたっては、3名が独立して分類した後、不一致だったものは協議して分類した(稲垣・山口,1997)。

表 2.1.2 カテゴリーごとの発話数

項目名	等質グループ			異質グループ		
	全体 [N=13]	上位 [N=7]	下位 [N=6]	全体 [N=18]	上位 [N=8]	下位 [N=10]
説明	69	39	30	116	63	53
修正・気づき	4(5.8)	4(10.3)	0(0)	6(5.2)	5(7.9)	1(1.9)
多様な条件	4(5.8)	4(10.3)	0(0)	23(19.8)	11(17.5)	12(22.6)
誤った説明	3	0	3	0	0	0
安易な合意	4	4	0	5	2	3

数値は発話数、( )内には「説明」の数に対する割合を%で示した。

表 2.1.2 の発話数を見ると、等質・上位グループでは「安易な合意」の発話数が 4 あり、等質・下位グループでは「修正・気づき」「多様な条件」の発話数は 0 であり、「誤った説明」の発話数が 3 あることがわかる。一方、異質グループでは「多様な条件」の発話数が 23 あり、その内 12 が下位から発せられたということがわかる。表 2.1.2 の発話数からは、これらのことがそれぞれのグループの特徴であると言えよう。

## 2. 等質・異質グループの平均得点の推移

等質グループと異質グループで理解度にどのような差異があるのかを探るために、事前問題・討論課題・事後問題・1 週間後問題（1 回につき正答を 1 点とし、3 週間分を合計して各 3 点満点とした）と 1 ヶ月後の事後テストの平均得点を比較した(表 2.1.3)。

表 2.1.3 平均得点の推移

項目名	等質グループ [N=13]		異質グループ [N=18]	
		事後テスト		事後テスト
事前問題	1.69(0.95)	2.00(0.71)	2.11(0.76)	2.06(0.73)
討論課題	1.23(0.73)	2.38(0.77)	1.00(0.77)	2.56(0.62)
グループ結論	1.69		1.17	
事後問題	1.38(0.77)	1.23(1.01)	1.44(0.62)	1.22(0.88)
一週間後問題	1.38(1.04)	1.69(0.63)	1.89(0.59)	1.78(0.88)

( )内には標準偏差を示し、参考のために討論後のグループ結論の平均得点も示した。

等質グループではグループの結論の平均得点(1.69)が、各自で回答した討論課題の平均得点(1.23)を大きく上回っている。このことから、等質グループの方が、グループの結論として妥当な結論に導かれやすいようにも思われる。では、実際にどのようなコミュニケーションが展開されたかを見てみると、例えば、等質・上位グループでは表 2.1.4 のような

やり取りが展開されていた(括弧内は「事前テストの成績(5点満点)→事後テストの成績(12点満点)」を示している)。

表 2.1.4 3回目：滑車問題 等質・上位グループ1

A女(5→8), B男(5→8), C男(5→9)

<実験と解説から明らかになったこと(一部抜粋)>

C1: 実験をやった通り軽くなりました。理由もはじめにみんなで予想した通り「上向きの慣性力の方が強いから軽くなった」って書いてありました。

A1: 私もほとんど同じで、予想通りの結果と解説だったと思います。

B1: 自分も結論と同じような感じになりましたけど、ちょっと理由が違っていたことが、少しわかったことに入るのかと思います。

<この課題から学んだこと(一部抜粋)>

A2: 式として、慣性力=質量×加速度という具体的なことが、見えてきたということです。

B2: わかったことは、慣性力は質量と加速度に比例することと、慣性力は運動している向きと逆向きに働くというのがよくわかりました。

C2: みんなと同じです。

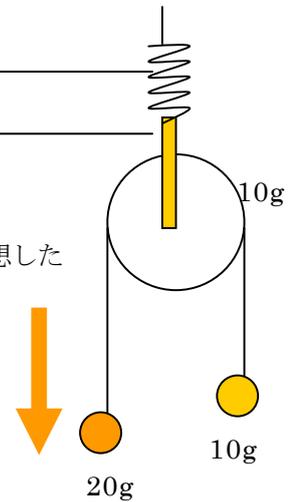


図 2.1.1 滑車問題

上記のやり取りから、等質・上位グループでは既知の知識と1・2回目での知識を利用して科学的に正しい結論に同意されている。しかしその過程を見ると、「C2: みんなと同じです」という発話に代表されるように、役割分担をして説明を促しても、上位者同士のコミュニケーション活動では、他者に自分の考えを説明したり相手を説得しようとしたりする活動が十分になされなかった。表 2.1.2 から、等質・上位グループでは「安易な合意」の発話数が4あり、比較的説明が省略されやすいことが伺える。これは上位者同士では、既にお互いにわかりきったことを改めて説明したり、確認したりする必要性が感じられにくいからだと考えられる。

その後の事後問題や1週間後問題を見てみると、異質グループの平均得点が等質グループの平均得点を上回り、事後テストでの討論課題の平均得点も上回っている。これは、異質グループでのコミュニケーションでは多様な発話が交わされ、そのためグループの結論は誤った発話や関係のない発話の影響を受けるが、観察・実験やその後のコミュニケーション

ョン活動の中で、多様な内容を検討したことが生かされ、理解が促されたと考えられる。例えば、異質グループの上位者と下位者の間では、実際に表 2.1.5 のようなやり取りがなされていた。

表 2.1.5 3 回目：滑車問題 異質グループ 4

D 女 (2→5), E 男 (1→6), F 女 (5→8)

<実験と解説から明らかになったこと (一部抜粋)>

E1: 赤ちゃんが寝ると重くなるってのは。

D1: 別に意識的問題でしょ。

F1: 運動しているから軽いんだよ、動いていると。でも寝ると全体重をかけるじゃん。関係あるの。結局留まろうとする力が働いて。

E2: 10g と 20g だから、倍だから 20g の方に落ちるじゃん。でも、その 20g の方の落ちるのと逆に働く力っていうのが重要。

<この課題から学んだこと (一部抜粋)>

F2: やってみて、学んだことは何ですか。

E3: 滑車が止まって重さが釣り合っていれば、 $10g+20g+10g$  で 40g だけど、滑車が動くとき加速度運動とか慣性の法則が関係してきて、結局、20g が下に落ちるより、残ろうとする力が関係してくるから 40g より軽くなる。

D2: 同じ意見で、加速度だけがかかるって思っていたけど、それに慣性力が加わって 20g より重さが軽くなるっていうのがわかった。

F3: 私も同じで、運動することによって、それに対して慣性力が働くんだよね。静止している時は、全部足した分だけでいい。運動する時は、おもりの 20g の方が下がるのと同時に、とどまりたいとする慣性力が、加速度に対して逆に働くから多少軽くなる。ということかな。

D3: うん。そうだね。

E4: その通り。

上記のやり取りを見ても、下位者 E の「E1: 赤ちゃんが寝ると重くなるってのは」によって、一時的に関連のない別の話に展開しそうになっても、上位者 F により「F1: 関係あるの」と指摘され、F3 では静止状態と加速度運動状態の違いが明確に区別されて、最終的にはグループのメンバーに F の考えが共有された (D3, E4)。表 2.1.2 から異質グループで

は「多様な条件」の発話数が 23 あり，多様な発話が交わされていたことがうかがえ，上位者による「修正・気づき」の発話数も 5 あり，上位者によって他者の誤った考えが修正されていたことがわかる。

### 3. 上位群・下位群の平均得点の推移

さらに分析を進めるために，等質・異質のそれぞれのグループ内で，上位群・下位群の理解度がどのように変容したかを探った。表 2.1.6 には，事前テストでそれぞれ上位群・下位群だったものが，事後テストではどのように推移したのかを示した。

表 2.1.6 上位群・下位群の平均得点の推移

事前	事後	等質グループ [N=13]		異質グループ [N=18]	
上位群 5～4 点	12～7 点	(7 名)	→ (7 名)	(8 名)	→ (5 名)
	下位 6～0 点	4.43	(0 名) 8.86	4.50	(3 名) 7.63
下位群 3～0 点	12～7 点	(6 名)	→ (2 名)	(10 名)	→ (7 名)
	下位 6～0 点	3.00	(4 名) 5.50	2.10	(3 名) 7.60
平均得点		3.77	7.31	3.17	7.61

等質グループでは上位群で下位にとどまったものが見られず，下位群ではそのまま下位にとどまったものが目立つ。これは，等質グループでは当該分野の既有知識や理解度がコミュニケーションに大きな影響を及ぼすと考えられ，下位者同士ではコミュニケーション活動を繰り返しても，理解を促すのは難しいことを示している。実際に等質・下位グループでは，表 2.1.7 のようなやり取りが展開されていた。

表 2.1.7 3 回目：滑車問題 等質・下位グループ 1

G 男 (3→3), H 女 (3→5), I 男 (3→5)

<実験と解説から明らかになったこと(一部抜粋)>

H1: えっと、実験結果は 40g 重より小さな力でした。実験で 2 番になって解説を読んで、慣性力は質量と加速度に比例していることがわかりました。

G1: 実験やった後は、なんで軽くなるのかわからなかったけど、解説を読んでなんとなく理解できました。

I1: この実験と解説からは、慣性力に加速度の考え方が加わって、40g 重より軽くなるということがわかったと思います。

<この課題から学んだこと(一部抜粋)>

H2: 今回の課題と解説を読んで、何かが動くということは常に加速度が関係しているということを出しました。加速度運動の場合の慣性力は質量×加速度で表されることがわかりました。また、静止している時の力の働きと、運動している時の力の働きが、どのように違うかはっきりわかりました。

I2: 前回までに学んだ慣性力というのは、質量×加速度で表せることができると学びました。そのため、それぞれの重荷にかかる加速度が影響し、全体の質量より小さくなるということがわかりました。

G2: この実験では慣性力っていうものが働いていて、質量のことしか考えないっていうのは、いけないっていうことがわかりました。

上記のやり取りを見ると、「H2: 何かが動くということは常に加速度が関係している」という発話から、Hには等速運動と加速度運動の違いがはっきりと区別されていないことがわかる。Hは、等速運動になった時のばねばかりにかかる力の大きさを問う事後問題と事後テストも不正解であった。また、「G2: 質量のことしか考えないっていうのは」という発話から、Gは慣性質量を認識していなかったことがわかる。その他にも、Iは2回目のコミュニケーション活動の最後の場面で、「バネで引っ張った時は理論的には加速度0なので慣性力は働かず、加速度があるおもりをつけた時よりも速く移動することがわかった」と誤った結論を導いている。表 2.1.2 からも、等質・下位グループでは「誤った説明」の発話数が3あり、解説を読んだ後でも誤った知識が修正されずにいた。これらのことから、下位者同士のコミュニケーション活動では、誤った前提のもとに議論されたり、誤った結論が導かれたりしても、それを指摘したり修正する機能が働かず、誤った知識をもったま

まコミュニケーションを終えてしまうこともあることが明らかになった。

一方で異質グループは、上位群では下位に移るものも目立ち、下位群では下位にとどまるものが少なくなっている。これは異質グループでは、下位者は上位者の発話によって理解を深めるが、上位者は下位者の多様な発話によって自分の考えが混乱させられてしまうことがあると考えられる。表 2.1.2 からも異質グループでは下位者による「多様な条件」の発話数が 12 あり、下位者によって多様な条件が提示されていた。例えば、異質グループでは、表 2.1.8 のようなやり取りがなされていた。

表 2.1.8 1 回目：落下問題 異質グループ 2

---

J 女 (3→8), K 女 (3→8), L 男 (4→12), M 女 (4→6)

---

<実験と解説から明らかになったこと(一部抜粋)>

L1:結局 25 倍早く落ちないから比例していないのは分かるじゃん。だから慣性も、空気抵抗もあるけど質量が大きいほど大きい。

K1:今回、空気抵抗が関係ないのはわかったけど、でもある時には空気抵抗を考えなきゃいけないって言っているわけでしょ。私たちは空気抵抗を問題にあげたから納得していない。

M1:それより関わってきたのは慣性の法則だったので、それは 4 人とも気づかなかった。

L2:とにかく慣性が働いているのが重要で、

J1:空気抵抗を考えないのはいけないと思う。流しちゃいけないよね。ちゃんと関係するとしておかないといけないし。

M2:実際の生活では絶対あるものだしね。

<この課題から学んだこと(一部抜粋)>

K2:重力も慣性力も質量に比例していて、重力と慣性力は互いに反対方向の力として働くとしているから、打ち消しあってほぼ同時にピンポン玉とゴルフボールが落ちることはわかったけど、2 m という高さで空気抵抗のない条件の中でしか成り立たないもので、他の場合はどうなるのかわからないと思う。

M3:加速している物体には慣性力が働き、重力と慣性力は反対に作用して、その力は質量に比例するので、結局落ちる時間は同時になる。

J2:重力と慣性力は質量に比例することと、その 2 つの力は反対向きに作用すること。

L3:物体には重力だけでなく重力と反対向きの慣性力が働いていて、それは物体の質量に比例しているので、2 つの物体は同時に落ちたけど、実際には空気抵抗もあるけど、この場

---

合はわずかだったので無視できた。

上記のやり取りを見ると、下位者 J の「J1:空気抵抗を考えないのはいけないと思う」の発話を受けて、上位者 M は「M2:実際の生活では絶対あるものだしね」として受けとめ、M はこの後も空気抵抗や日常生活場面にこだわり、2 回目の台車問題の解説を読んだ後の場面では、「なんか頭が混乱して、解説を読むとわかる気がするけど、実感はわからない。イコール納得してないのかもしれないけれど」と発話している。

一方で上位者 L は、「L3:実際には空気抵抗もあるけど、この場合はわずかだったので無視できた」と条件分けしながら処理して、その後も積極的に議論に参加し、他者に説明しながら自己の理解も深めた。異質グループの上位者では、L のように多様な考えに触れても条件や状況を区別して考えられればよいが、M のように下位者の発話をきっかけにして、本質とは関係ないことにこだわりはじめ、混乱してしまうケースもあることが確認された。

#### 4. コミュニケーション活動の受けとめ方の推移

コミュニケーション活動を評価する場合には、内容の理解度だけではなく、コミュニケーション活動の受けとめ方も重要な観点となる。

そこで、等質グループと異質グループの受けとめ方を探るために、コミュニケーション活動の効果に対する 27 の質問に回答させ(各 5 点満点として得点化した)、既に教員の回答を分析して抽出した「自己・自立」、「他者・依存」、「動機・意欲」、「判断・客観」の 4 因子(資料 2.2)を指標にして、4 項目にまとめて平均得点を比較した(山下, 2000b)。事前アンケートの段階で、等質グループと異質グループ間で 4 項目の平均得点を比較したが、有意な差は見られなかった。そこで、等質グループと異質グループに分けて、事前と事後で各項目の平均得点を比較し、対応のある t 検定で分析したところ、異質グループの「他者・依存」、「動機・意欲」、「判断・客観」の 3 項目の平均得点に有意な差が見られた(表 2.1.9, 表 2.1.10)。

表 2.1.9 受けとめ方の平均得点の推移(等質)

等質グループ(13名)		事前	事後	t 値(df=12)
「自己・自立」	Mean	3.78	3.67	0.47
	S. D.	0.51	0.68	
「他者・依存」	Mean	3.80	3.65	1.00
	S. D.	0.46	0.51	
「動機・意欲」	Mean	3.95	3.74	0.96
	S. D.	0.66	0.81	
「判断・客観」	Mean	3.65	3.40	1.40
	S. D.	0.44	0.59	

表 2.1.10 受けとめ方の平均得点の推移(異質)

異質グループ(18名)		事前	事後	t 値(df=17)
「自己・自立」	Mean	3.88	4.05	1.39
	S. D.	0.59	0.53	
「他者・依存」	Mean	3.90	4.21	2.42*
	S. D.	0.51	0.63	
「動機・意欲」	Mean	4.02	4.40	2.23*
	S. D.	0.70	0.68	
「判断・客観」	Mean	3.71	3.99	2.15*
	S. D.	0.66	0.62	

(\* p<.05)

等質グループでは、事前と事後で明らかな差は見られなかったが、異質グループではすべての項目で事後が事前の平均得点を上回っていた。特に、事前と事後で有意な差が見られた3項目:「他者との相互作用が生じること」「動機づけること」「客観的な判断ができること」については、コミュニケーション活動の効果だと言えよう。異質グループの中で上位・下位者を別々に取り出して比較しても、すべての項目で事後の平均得点が事前を上回っており、コミュニケーション活動が上位者と下位者の双方にとって充実した活動になってい

た。一方で、等質グループの上位者は、すべての項目で事後の平均得点が事前を下回っており、下位者は「動機・意欲」「判断・客観」の事後の平均得点が事前を下回っていた。したがって、異質グループでのコミュニケーションの方が、1ヶ月後でもその効果を認識できる有意義な活動になっていたと言えよう。

#### IV. まとめ

研究1のコミュニケーション活動では、課題に対する理解度では上位者は等質グループに所属した方が、下位者は異質グループに所属した方が事後の成績が上向く傾向にあった。しかし、1ヶ月後には等質と異質の平均得点の差はほとんどなく、理解度の差はなくなっていた。一方で、コミュニケーション活動の効果に対する受けとめ方は、上位者・下位者とも異質グループの方がその効果を認めるように推移し、1ヶ月後でもその効果を認識していた。

これらのことから、異質グループでは下位者の発言をきっかけにして多様で幅広い検討がなされ、上位者が一部で修正を加えながら、お互いの考えを説明し合うコミュニケーションが展開されやすかったと言えよう。一方で等質グループは、上位者からなるグループでは結論に合意されやすいが、他者に自分の考えを説明しようとする活動が十分に行われないこともあり、下位者からなるグループでは、誤った前提のもとにコミュニケーションが展開されても、修正する機能が働かないこともあって、コミュニケーション活動の有用性が認識されにくかった。

したがって、研究1からのコミュニケーション活動への示唆は、知識量の異なるグループでのコミュニケーション活動が、その効果を認識できる可能性があることである。なぜなら、コミュニケーション活動を肯定的に捉えるようになったり、直後には下位者の課題に対する理解度の向上が期待できるからである。

ただし、上位者の中には下位者の意見の影響を受けて混乱してしまうケースもあるので留意する必要がある。上位者が下位者の考えによって混乱させられないためには、Lの「L3: 実際には空気抵抗もあるけど、この場合はわずかだったので無視できた」のように、多様な考えに触れても条件や状況を区別することが重要であった。

## 注

1)単にコミュニケーション活動を取り入れても,有意な対話を生み出すことは難しい。Herrenkohl and Guerra (1998)は, Grade 4 の2クラスにおいて小グループでの科学に関する話し合いをさせた。ここでは Scriber や Reporter という係を設け,一方のクラスだけに話し合い終了後も役割を続けるように指示した。その結果, 役割を続けたクラスの方が活動的であったと報告している。研究1でも学生にコミュニケーション活動をさせる時には, 課題を出して役割を分担させて取り組ませた。

2) 事前テストの成績によって下位者となったものの中には, 慣性に関して知識をもちながらも自らの誤った考えのために下位にとどまっているものもいると考えられる。そのため, 下位者同士の等質グループといっても様々な考えをもっている異質集団であるとも捉えられる。本研究では, 慣性課題を解くための知識量の差を見るために, 事前テストとして「なめらかな(摩擦が無視できる)水平面上でのアイスホッケーパックの動きの予測」など非常に基礎的な問題に回答させたので, 事前テスト段階で誤った考えのために誤答したものについても, 課題を解くための知識量の欠如として取り扱った。

3) 物理を履修していない学生が, 紙面の説明だけで性質である「慣性」を理解するのは困難であると判断し, 解説と参考では, 見かけの力である「慣性力」を実際の力のように扱って説明した(参考1では, 「慣性力は, 加速している電車の中にいる人にしか感じられないので, 外部から働く力と区別して『見かけの力』と言われている」と補足している)。例えば, 伏見・渡辺・岩崎(1990)でも, 「慣性の法則」を「力を加えれば, 速さは変わる。力を加えなければ, 速さはかわらず」と作り変えて, 教科書どおりに教示した群と比較した結果, 作り変えて教示した群の成績が事後テストで有意に高い傾向であったと報告している。

## 文献

Fuchs, L., Fuchs, D., Hamlett, C.L. and Karns, K.(1998) High-achieving students' interactions and performance on complex mathematical tasks as a function of homogeneous and heterogeneous pairings, *American Educational Research Journal*, Vol. 35, No.2, pp.227-267.

Herrenkohl,L. and Guerra,M. (1998) Participant Structures, Scientific Discourse, and Student Engagement in Fourth Grade, *Cognition and Instruction*, Vol.16, No.4, pp.431-473.

伏見陽児・渡辺美砂・岩崎哲郎(1990) ルール表現の違いが学習に及ぼす効果-慣性の法則

をとりあげて，茨城キリスト教大学紀要，第 24 号，pp.53-65.

稲垣成哲・山口悦司(1997) 理科授業のエスノグラフィー：リソースに媒介された教師—子どもとの関係性の会話分析的検討，日本理科教育学会研究紀要，第 38 巻，第 2 号，pp.135-146.

Webb, N., Nemer, K., Chizhik, A. and Sugrue, B.(1998) Equity issues in collaborative group assessment: Group composition and performance, American Educational Research Journal, Vol. 35, No.4, pp.607-651.

山下修一(2000a)理科教育におけるコミュニケーション活動での役割分担，千葉大学教育実践研究，第 7 巻，pp.139-151.

山下修一(2000b) 理科教育における協同学習での討論に期待される効果，千葉大学教育学部研究紀要(教育科学)，第 48 巻，pp.203-219.

## 第2節 研究2 ペアでのコミュニケーション活動の難しさ

### I. 問題と目的

先行研究からは、グループサイズについては、ペアではうまくいかず、6名以上になると参加意識が問題になることから、3名から5名が適切であると示唆されていた。しかし、検証された事例に限られ、ペアではなぜうまくいかないのかについても十分に明らかにされてはいなかった。コミュニケーションの目的や取り組む課題によって得られる知見が異なるのは当然だが、4人組とペアのコミュニケーション活動では、どのような点が異なるのだろうか。また、Alexopoulou and Driver (1996)が指摘するように、ペアでは正しい判断をするのが難しいのだろうか、なぜ難しいのだろうか、ペアでは困難を乗り越えられないのだろうかといった疑問が残る。

そこで研究2では、Breathing Earthの観察を通じたコミュニケーション活動で、4人組とペアでどのように異なるのかについて検討した。Breathing Earth(図 2.2.1)は、地震計のデータをもとに、インターネット上で地震波を泡に見立てて表現したサイトである(Takemura 1998)。今回は、許可を得てサイトの情報を収めたフロッピーディスクを各グループに配布し、どんなところに地震が発生しやすいか観察しながら、コミュニケーション活動を展開させた (Yamashita 2002)。

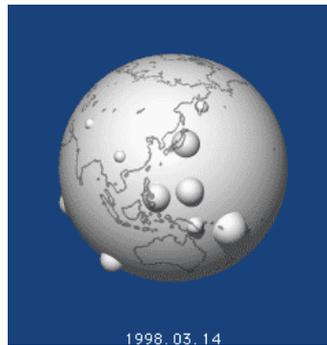


図 2.2.1 Breathing Earth <<http://www.sensorium.org/breathingearth/>>

### II. 方法

地震に関する事前調査を実施し、1週間後に4人組あるいはペアで、コンピュータを利用してBreathing Earthの観察を交えたコミュニケーション活動をさせた後、事後調査を実施した。そして、事前・事後調査の結果とコミュニケーション活動中の発話を手がかり

に、4人組とペアにはどのような差異があったのかを探った。また、研究1の「正解がただ1つ」の慣性課題でのコミュニケーション活動との違いも比較した。

## 1. 調査対象および実施時期

国立大学教育学部学生142名(男68名・女74名)を対象にして、2000年10月から12月の間に、事前調査として地震に関する基礎的知識を問う6点満点の調査を実施し、1週間後グループごとにBreathing Earthの観察を含むコミュニケーション活動に約1時間取り組ませ、その後に8点満点の事後調査を実施した。

## 2. コミュニケーション活動

### (1) グループ編成

事前テストの成績をもとに上位群(4~6点, 64名: 男31名・女33名), 下位群(0~3点, 78名: 男37名・女41名)に分けて、異質4人組(表2.2.1)と等質ペア上位・下位, 異質ペア(表2.2.2)に振り分けた。

表 2.2.1 4人異質の編成

グループ	班	上位群		下位群	
		男	女	男	女
4人異質	1	1	1	2	
	2	2		1	1
	3	2		2	
	4	1		1	2
	5	2		2	
	6	1	2		1

表中の男女の下の数字はそれぞれの人数を示す。

表 2.2.2 ペアの編成

グループ	上位群		下位群		班数
	男	女	男	女	
等質ペア 上位	2				2
	1	1			5
	2				1
等質ペア 下位			2		5
			1	1	4
			2		4
異質ペア	1		1		12
	1		1		6
	1		1		7
	1		1		13

表中の男女の下の数字はそれぞれの人数を示す。

### (2) コミュニケーション活動の流れ

「相手の意見は批判しても、人格までは否定しない」などのコミュニケーションでの約束ごとを確認させた後、各班で班長を決めさせ、班長にはメンバーの発言機会を平等にするように促した。

- ①各自で認知マップを作成する
- ②各自でBreathing Earthを観察する

- ③各自で「どんなところに地震が発生しやすいか」を記入する
- ④班で「相手の考えは批判しても人格まで批判しない」などの話し合いの前提を確認する
- ⑤班で「どんなところに地震が発生しやすいか」話し合う(司会：班長)
- ⑥班の意見をまとめて「どんなところに地震が発生しているか」を記入する
- ⑦各自で地震発生の解説を読む(資料 2.3)
- ⑧班で「解説を読んでわかったこと」, 「この学習から学んだこと」を話し合う(司会：班長)
- ⑨班の意見をまとめて「この学習から学んだこと」を記入する
- ⑩各自で再び Breathing Earth を観察する
- ⑪各自で再び「どんなところに地震が起きているか」を記入し, はじめと異なっている点の説明を加える
- ⑫各自で再び認知マップを作成し, 事前と事後で異なっている点の説明を加える
- ⑬事後調査に記入する

### 3. 調査項目

事前調査として地震発生に関する基礎的知識を問う課題 Pre-test(6点満点)に回答させた。そして, 1週間後にコミュニケーション活動を行い, 直後に事後調査として事前調査と同一の課題 Post-test1 と新たに推論課題 Post-test2(2点満点)を追加して, 8点満点の課題に回答させ, コミュニケーション活動に関する質問 8-1~5 にも5段階で回答させた(資料 2.4)。

## III. 結果と考察

### 1. 平均得点の推移

男女間で Pre-test・Post-test 1・Post-test 2・質問 8-1~5 の平均得点に差異があるかを調べた結果, 男女間には有意な差は見られなかった。そこで, グループの人数, 等質グループと異質グループ, 成績上位者と成績下位者の平均得点を比較した。表 2.2.3 には Pre-test・Post-test 1・Post-test 2 の平均得点を, 表 2.2.4 には質問 8-1~5 の平均得点を示した。Post-test 1(ANCOVA:  $F=4.44$ ;  $P<.05$ ;  $df 2, 138$ )と質問 8.1「グループでの話し合いは実りあるものだった」(ANOVA:  $F=4.83$ ;  $P<.05$ ;  $df 2, 139$ )で, 異質4人組と等質ペア・異質ペアに有意な差が見られた。これらのことから, 正解が1つには定まらな

い Breathing Earth の観察でのコミュニケーション活動でも、異質 4 人組では慣性課題を扱った研究 1 と同様に、その効果を認識できるような活動になっていたと言えよう。

表 2.2.3 調査の平均得点(SD)

グループ	異質 4 人組(N=24)	等質ペア(N=42)	異質ペア(N=76)
Pre-test	3.08(1.18)	3.17(0.76)	3.36(1.57)
Post-test1	4.75(0.90)	4.45(1.06)	4.21(0.94)
Post-test2	1.92(0.28)	1.88(0.33)	1.83(0.38)

ANCOVA: using the corresponding pre-test measure of each dependent variable as a covariant (\* p<.05)

表 2.2.4 質問の平均得点(SD)

グループ	異質 4 人組(N=24)	等質ペア(N=42)	異質ペア(N=76)
質問 8.1	4.50(0.59)	3.76(0.96)	3.82(1.14)
質問 8.2	4.38(0.65)	4.12(0.89)	4.17(0.99)
質問 8.3	4.38(0.71)	4.24(0.93)	4.37(0.86)
質問 8.4	4.21(0.78)	3.86(0.72)	4.04(0.97)
質問 8.5	4.63(0.58)	4.31(0.72)	4.28(0.84)

ANOVA (Scheffe's method) \* p<.05

図 2.2.2~4 には、それぞれのグループの上位者と下位者の Pre-test, Post-test 1, Post-test 1+2 の平均得点の推移を示した。これらの図から、研究 1 と同様に下位者がコミュニケーション活動から恩恵を受けている様子が伺える。図 2.2.4 では、異質ペアの上位者が下位者に引きずられ Post-test 1 の平均得点が pre-test を下回っていることがわかる。

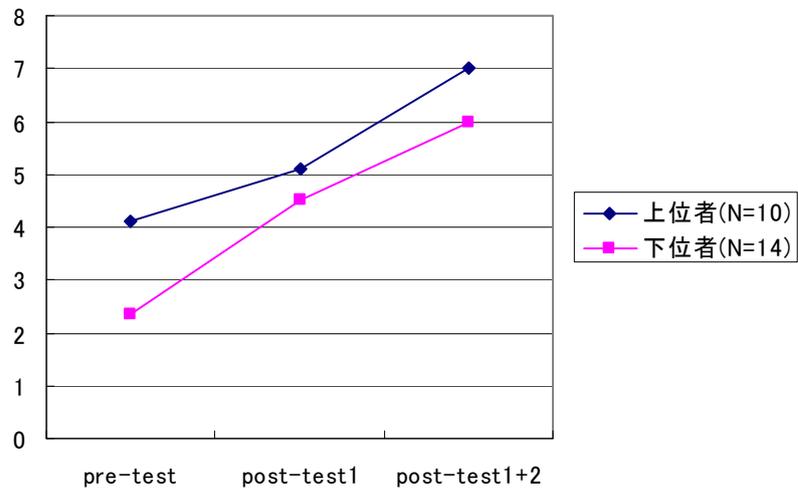


図 2.2.2 異質 4 人組の平均得点

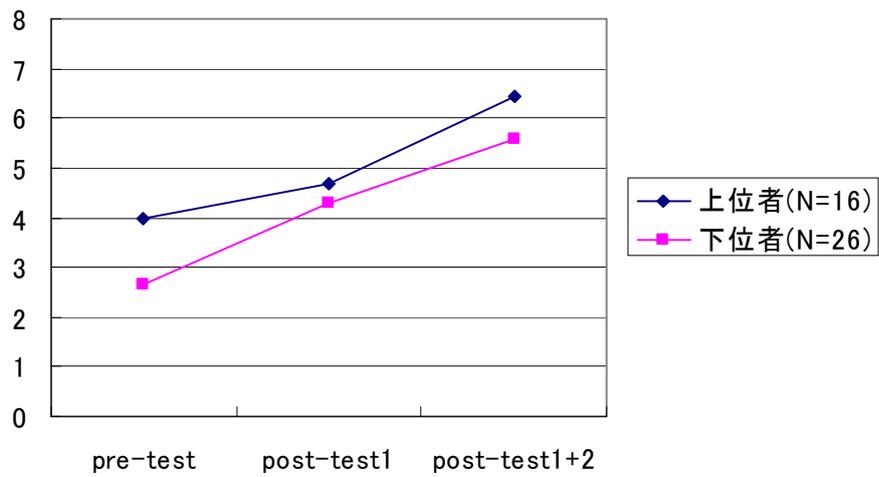


図 2.2.3 等質ペアの平均得点

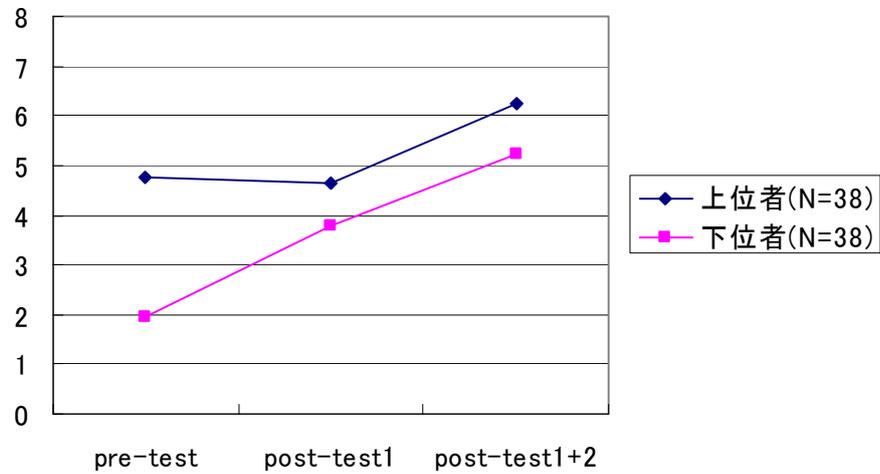


図 2.2.4 異質ペアの平均得点

## 2. 発話内容分析

コミュニケーションの内容がどのようなものだったのかを分析するために、「⑧班で『解説を読んでわかったこと』、『この学習から学んだこと』を話し合う」場面をテープレコーダーで録音し、発話内容を3人で表 2.2.5 の4つのカテゴリーに分類して比較検討した（「説明」については、「修正・気づき」「多様な条件」「誤った説明」の下位カテゴリーを設けた。また、第1節研究1の表 2.1.2 には存在しないが、研究2で特徴的に見られた「感情」「促し」をカテゴリーとして追加した）。ただし、一つの発話に対して複数のカテゴリーが重複している場合は、重複してカウントすることにした。

表 2.2.5 4つのカテゴリー（発話例）

「説明」：何かを説明しているもの（例えば、「地震が起こる原因は、多くのプレートがそこでぶつかり合っているからだと思う」）

「修正・気づき」：修正や気づきがあったと思われるもの（例えば、「ああ、この資料を読んで今気づいたんだけど」）

「多様な条件」：多様な条件を検討したもの（例えば、「そう、もし2つのプレートがぶつかり合っていたら」）

「誤った説明」：誤って説明しているもの（例えば、「津波と海溝は関係ないと思うけど」）

「安易な合意」：説明が求められている場面で安易に合意したもの（例えば、「私も同じ」）

「感情」：感情的な表現をしているもの（例えば、「こんなに多くのプレートがあるんだ」）

「促し」：発話内容を繰り返すなどして発話を促したもの（例えば、「そうそう、他には」）

Note：3人は独立して分類し、不一致だったものについては協議して分類した。

表 2.2.6 には、それぞれのグループの上位者と下位者のカテゴリーごとの発話数を示した。

表 2.2.6 カテゴリーごとの発話数（説明に占める割合）

	異質4人組			等質ペア			異質ペア		
	(N=24)	上位者 (N=10)	下位者 (N=14)	(N=42)	上位者 (N=16)	下位者 (N=26)	(N=76)	上位者 (N=38)	下位者 (N=38)
説明	42	15	27	126	52	74	180	84	96
修正・気づき	6(14.3%)	4(26.7%)	2(7.4%)	21(16.7%)	9(17.3%)	12(16.2%)	26(14.4%)	9(10.7%)	17(17.7%)
多様な条件	18(42.9%)	5(33.3%)	13(48.1%)	50(39.7%)	24(46.2%)	26(35.1%)	78(43.3%)	40(47.6%)	38(39.6%)
誤った説明	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	4(2.2%)	1(1.2%)	3(3.1%)
安易な合意	0	0	0	2	0	2	1	0	1
感情	12	4	8	33	17	16	28	11	17
促し	0	0	0	30	13	17	44	31	13

(1)異質4人組でのコミュニケーション

表 2.2.6 からは、異質4人組では下位者から「多様な条件」が出されて、上位者によって「修正・気づき」がなされており、研究1での知見と一致する。正解が1つには定まらない Breathing Earth の観察を通じたコミュニケーションでも、正解がただ1つの慣性課題でのコミュニケーションと同様の結果が得られた。実際に、異質4人組でどのようなコ

コミュニケーションが展開されたのかを表 2.2.7 に示す(括弧内は「事前テストの成績(6点満点)→事後テストの成績(8点満点)」を示している)。

表 2.2.7 異質 4 人組：下位者が上位者に説明を求めるケース

A 女(3→4), B 女(3→5), C 男(4→5), D 男(4→6)

<解説を読んでわかったこと(一部抜粋)>

A1：どっちかがはっきりするのはできないの。言うよね火山性の地震とか。

D1：フィリピンとか特に時々あるか。なんかピナツボ火山とか。

B1：有珠山も火山になるんだよね、噴火したもんね。

A2：それで起きた地震は火山性地震。

C1：ややこしくなるからいいか。

A3：いや、でも、気がついたことだから。

B2：フィリピンの方もとりあげる。

D2：要するにプレートがぶつかりゃ、そこでマグマになるから火山ができるって、あたりまえな話なんだけどね。

C2：結局、これも、火山性地震もプレート型地震の一つ。

D3：プレートが一番の原因。

A4：じゃあ、この火山性地震の書いてあるのも引用みたいな。

D4：中には火山性もあるみたいな感じで。

この場面では、慣性課題と同じように下位者 A・B の多様な条件提示に上位者 C・D が応えるパターンが見られた。「B2：フィリピンの方もとりあげる」に対して、「D2：要するにプレートがぶつかりゃ、そこでマグマになるから火山ができるって、あたりまえな話なんだけどね」と応えている。上位者同士では「C1：ややこしくなるからいいか」のように説明が省かれてしまうのを、「A3：いや、でも、気がついたことだから」のように下位者が上位者に説明を求めていた。

## (2) ペアでのコミュニケーション

表 2.2.6 からは、ペアでは上位者・下位者の双方から「多様な条件」が出され、特に異質ペアでは、下位者が解説以外の考えを用いて(16/17 が解説以外)、多くの「修正・気づき」

がなされていた。また、異質ペアでは 7/38 グループ、等質ペアでは 5/21 グループで「促し」がなされていた。表 2.2.8 には、異質ペアでの上位者が下位者の発言に引きずられるケース、表 2.2.9 には、異質ペアでの発話の途中で割り込まれるケースを示す。

表 2.2.8 異質ペア：上位者が下位者の発話に引きずられるケース

---

G 男(2→4), H 女(6→4)

---

<解説を読んでわかったこと(一部抜粋)>

H1：それと、プレートの動きがある、一定方向に決まっているっていうのも初めて知りました。

G1：あー、ですね。方向っていうものはわかっていたんですけど、どの方向かはわかってなかったんですよ。だから、プレートとプレート同士が同じ方向にぶつかり合うのなら、山ができたり、

H2：海溝ができたり

G2：んー、多分逆の方向だったら海溝ができるんじゃないですかね。

H3：逆の方向だから山。

G3：逆だと海溝ができるんじゃないですか。

H4：そうですね。

---

表 2.2.8 の場面では、上位者 H が「H3：逆の方向だから山」と疑問を残しながらも、G の発言に引きずられて「H4：そうですね」と合意してしまう。このペアは、直前にヒマラヤや日本海溝について話しており、プレート同士がぶつかり合う場合には、「G1：山ができたり」、「H2：海溝ができたり」のように必ずしも一方に決められないにもかかわらず、H は「H4：そうですね」と G の意見に合意してしまう。そして H は、G の発話に引きずられた形で事後の成績も落としている(6→4)。異質ペアの上位者の 13/38 では、このケースのように成績を落としていた。このようなケースは、等質ペアの上位者では 1/16 で、異質 4 人組の上位者には見られなかった。

表 2.2.9 異質ペア：発話の途中で割り込まれるケース

I 女(3→3), J 女(4→5)

<解説を読んでわかったこと(一部抜粋)>

I1：日本は結構何個かのプレートが合わさった地点だから，地震が起こりやすいのかなあと思います。

J1：そうですね。

I2：この図9と自分の記入した青い○を比べてみても，やっぱりプレート沿いに青い○がついているなあって感じはします。だから結局プレートの境目の部分の上で，地震が起きることが多いんじゃないかなあと思いました。

J2：今まで私が，は，火山性地震っていうのは，火山が噴火して，その震動で地震が起きてるのかなあと思ったら，

I3：違うんですか。

J3：そうだ。えっと，あっ，でもプレートが関係してたっていうのがちょっと，

I4：ああ，わからなかった。

J4：ただ勝手に火山が噴火して，それでドカンってなって地面が揺れてると思ったら，実はそこにも，

I5：プレートがマグマになって，それで爆発，

J5：そうそうそう。それが言いたかった。

I6：火山もプレートが関係して起こるから，火山性地震も結局，プレートが原因で起こる地震だっていうことになる，です。

異質ペアによく見られたのは，ペアの一方が説明の途中で割り込むことである。表 2.2.9 からも，「I4：ああ，わからなかった」「I5：プレートがマグマになって，それで爆発」のように，J が説明を完結させる機会を奪っている。「I4：ああ，わからなかった」に見られように，I は学習内容理解よりも J の気持ちを理解することに関心が向けられていた。

上述のように，いつでもペアでは正しい判断をするのが難しいのだろうか。そして，ペアではコミュニケーションの困難を乗り越えられないのだろうか。表 2.2.10 には，ペアでの困難を乗り越えたケースを示す。

表 2.2.10 等質ペア(下位者)：ペアでの困難を乗り越えたケース

K 男(3→3), M 男(3→5)

<解説を読んでわかったこと(一部抜粋)>

M1：えっと，では K 君から順番に解説を読んでわかったことを述べて下さい。

K1：話し合いであったように，その，海岸近くに地震が起こるっていうのはプレートの影響なんだなと思いました。

M2：はい，僕もそう思うんですけど結構やっぱりなんか，プレートはこんなにいっぱいあるんだな，なんか分かれているんだなあっていうのをちょっと見てびっくりしました。

K2：プレートが接している部分でも，地震が頻繁に起こる部分と起こらない部分があるんじゃないかなっていうのが感じました。

M3：僕もそう思うんですけど，特にこのインターネットの地震のあれを見ている限りでは縦に長いプレートの境目がある大西洋では地震が観測されないっていうように思われるんですけど，その点について K 君はどう思いますか？

K3：そうですね，不思議ですね，僕もちょっとわかんないですけど，太平洋沿岸側ばかり集中していて，インターネットのグラフで大西洋側の方は全然ないっていうのは，僕も申し訳ない，疑問なんですね。

M4：あ，ちょっと今解説を見て気づいたんですけど，プレートの中でもあの，やっぱりこのプレートの動く方向みたいのを書いてあるんですけど，やっぱりぶつかり合うっていうか，こう，方向がお互いがぶつかっているところでよく起きてるっていうのが気づきました。

K4：そうですね。そうするとさっきの話でもあったんですけど，アフリカの方で地震がないっていうのが納得できるかなっていう感じです。

M5：そうですね。特に，あの，プレートもそんなに通っていないし，しかもプレートがぶつかってもいないんでやっぱりあんまり起こらないんじゃないかと，あと火山性地震みたいな，そういうのもやっぱりあるんだなあって思いました。

K5：そうですね。火山があるところにはだいたいプレートも通っているんじゃないかなあなんて思うんですけど，その辺はどう思いますか？大きな山の近くには必ずプレートが通ってるなあ，例えばヒマラヤ山脈とか。

M6：ヒマラヤがどうやってできたかっというのは，プレートの動きで海底からずっと押し上げられてヒマラヤができたっていうのがヒマラヤができた理由なんで，プレートと山っ

ていうのは結構関係があるのかなと僕も思います。

K6：なるほど…

M7：あと、直下型地震っていうのは断層のずれ、あ、断層のずれもプレートの動きによって誘発されて起きるんだなあっていうのは、この解説を見てはじめてわかりました。

K7：ああ、プレートがなぜ動くかっていうのはマントルっていうのが大きな原因なわけじゃないですか、この解説を見ると。地震の原因はマントルなのかなと思いました。

M8：なるほど、マントルというのは地球の真ん中で方向性をもっているやつだよな。

---

表 2.2.10 の場面では、M の発話に注目する。M (3→5) のようにペアに引きずられない学生も存在した。M は発展問題も 2 点満点中 2 点であった。M の発話の特徴は、例えば「M4：あ、ちょっと今解説を見て気づいたんですけど」のように、自分の理解状態に常に関心を払っていることだと言えよう。換言すれば、メタ認知的思考方法<sup>1)</sup>をとっていると見ることが出来る。自分は何がわかっているかがわかっていないかを区別し、新たな事柄を理解しようとしているため、ペアを組んだ相手の発話により困惑することはなかった。そこで、この発話記録を見せながら M にインタビューすることにした。

### (3)M へのインタビュー

M のようにペアでの困難を乗り越えられた学生は、ほとんど見られなかった。そこで、M がどのようにコミュニケーション活動に取り組んでいたのか、インタビューを実施して探った(表 2.2.11)。

表 2.2.11 M へのインタビュー

---

質問 1 : M2 の時に「びっくりした」ことをどのように意識していましたか？

回答 1 : この時の「びっくり」は、予想していた数を上回るプレートの数、こんなに多く分かれていると思わなかったです。感心にも似た驚きを感じたというふうに記憶しています。

質問 2 : M4 の時に「解説を見て気づいた」「起きてるっていうのが気づきました」ということにどう気づきましたか？

回答 2 : プレートに動きがあることは以前から知っていたのですが、その動きの方向によって地震が起こりやすかったり、そうでなかったりするということに気づきました。どのように気づいたかと言われると、ちょっとよく覚えてないのですが、「ハッ」としたというふうに覚えています。

質問 3 : M5 の時に「プレート」のことを話しながら、同時に「火山性地震」に触れていますが、「プレート」のことを話している時にどのように「火山性地震」のことを意識していましたか？

回答 3 : この場合、プレートのことを考えながらも次に何について話そうかと考えていました。そして、話題を移すような感じで火山性地震について話しをしたというふうに覚えています。この場合は、2つのことを同時に意識していたというよりは、前の話から次へと速やかに話題を転換させるためにつなげて話したという感じです。でも、つなげた前後では、2つのことが同時に意識できていたのは事実だったと思います。

質問 4 : M7 の時に「解説を見てはじめてわかりました」と発言していますが、今までにわかっていたことと、新たにわかったことをどのように区別して意識していましたか？

回答 4 : 今まで意識して区別したことはないです。強いて言えば、知っていることは知っていること、知らないことは知らないこと、ある程度の予想というか、自分なりの考えはあるとして、無意識に区別されているという感じです。

---

M の回答 4 からは、今までにわかっていたことと、新たにわかったことを区別するようなメタ認知的思考方法を、無意識に使っていたと言えよう。Gunstone and Mitchell (1998)

も、優れた学習者は無自覚にメタ認知的思考方法を使用していると指摘しており、もし M ように思考できれば、他の学生もペアの負の影響から逃れられる可能性があるとし唆される。

#### IV. まとめ

研究 2 では、正解が 1 つには定まらない **Breathing Earth** の観察を扱ったが、異質 4 人組では「正解がただ 1 つ」の慣性課題を扱った研究 1 と同様に、その効果を認識できるようなコミュニケーション活動になっていた。

先行研究では、ペアでうまくいかない理由について十分に明らかにされてはいなかったが、ペアでは上位者・下位者双方から「多様な条件」が出され、特に異質ペアでは、下位者が解説以外の考えを用いて説明し、上位者が下位者の発言に引きずられてしまっていた。また、「促し」が多くなされており、説明を完結させる機会が奪われていたり、学習内容理解よりも相手の心情理解に関心が向けられていた。

ただし、ペアの中にも相手の発言に引きずられない学生も存在し、M のようにメタ認知的思考方法を獲得できれば、ペアの負の影響から逃れられる可能性もあることが示唆された。

#### 注

1) 「メタ認知」は、記憶研究を起源にして、認知過程や所産に関する知識として使用され (Flavell, 1971 Flavell, 1976), メタ認知的知識とモニタリングからなるとされた (Flavell, 1979)。Brown(1987)は、「メタ認知」には認知についての知識と制御の 2 つの側面があるとし、認知の制御として Self-regulation をあげ、認知状態のモニタリングやコントロールが含まれるとした。理科教育研究では、Baird(1990)の「自らの学習に対する知識、モニタリング、コントロール」という定義がよく用いられている。

## 文献

- Alexopoulou, E and Driver, R.(1996) Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.33, No.10, pp.1099-1114.
- Baird, J.R.(1990) “Metacognition, purposeful enquiry and conceptual change”, Hegarty-Hazel, E. (eds.), *The student laboratory and the science curriculum*, London: Routledge, pp.183-200.
- Brown, A. L.(1987) “Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms”, Weinert, F. E. and Kluwe, R. H. (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp.65-116.
- Flavell, J. H.(1971) First discussant’s comments: What is memory development the development of?, *Human Development*, Vol.14, pp.272-278.
- Flavell, J. H.(1976) “Metacognitive aspects of problem-solving”, Resnick, L. (Ed.), *The nature of intelligence*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp.231-235.
- Flavell, J. H.(1979) Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry, *American Psychologist*, Vol.34, pp.906-911.
- Gunstone, R.F. and Mitchell, I.J.(1998) “Metacognition and conceptual change”, Mintzes, J.J., Wandersee, J.H. and Novak, J.D. (eds.): *Teaching science for understanding: a human constructivist view*, San Diego, CA: Academic Press, pp.133-163.
- Takemura, S.(1998) *Sensitive network*, Iwanami Shoten.
- Yamashita, S.(2002) Development of teaching materials from the viewpoint of Breathing Earth, *Japanese Journal of Educational Media Research*, Vol.8, No.2, pp.17-28.

### 第3節 研究3 中学校におけるJigsaw法を用いたコミュニケーション活動

先行研究のレビューから、理科教育における協同学習の手法として、Jigsaw法が最も多く採用されていた。そこで、実際の理科授業においてJigsaw法を取り入れたクラスとグループ活動後に全体発表するクラスでの話し合いを比較し、生徒のコミュニケーションの質にどのような違いがあるのか、なぜそのような違いが生じるのかを検討した。

#### I. 問題と目的

近年の理科教育では、協同学習の手法が取り入れられるようになり、Lazarowitz and Hertz-Lazarowitz(1998)によるレビューでは、Jigsaw法が最も多く採用されていた。Jigsaw法はAronson et al.(1978)によって、協同学習法とPeer-teaching法を組み合わせで開発され、(1)小集団で学習する、(2)分割された教材を一人ひとりに分担する、(3)カウンターパート・グループをつくる、(4)もとの小集団で教え合うようにするといった手順で行われる。

Jigsaw法を用いた場合の効果として、学力に関しては、向上したと報告しているものが多く(例えば、Lazarowitz, Hertz-Lazarowitz and Baird, 1994)、グループ内での学習者の態度については、肯定的になったと報告しているものが多い(例えば、Desforges et al., 1991)。Jigsaw法の特徴は、カウンターパート・グループで個々のメンバーが担当分野のエキスパートになり、責任をもつてもとのグループで説明することであり、そのことが学習内容理解を深めることに貢献していると考えられる(Lonning, 1993)。また、他のメンバーと相互依存して知識を構築することから、態度にも影響を及ぼすと考えられている。

Dori and Herscovitz(1999)は、イスラエルのGrade 10で、Jigsaw法を用いて「空気の質」について学習させた結果、質問の数・志向・複雑性などの質問能力に改善が見られたと報告している。日本でも、Jigsaw法は筒井(1999)によって広く紹介され、その実践報告もなされるようになった。例えば川合・西川(2001)は、小学校6年生の「水溶液の性質」の授業で、Jigsaw法が認知面(特に記述式で解答を要求するもの)で効果があったと報告し、話し合い活動の中でお互いにわからない点を聞き合ったり、説明し合ったりすることで、自らの知識が精緻化されたと考察している。

しかし、Walker and Crogan(1998)は、なぜ学力が向上するのか、なぜ態度が肯定的になるのかについては、依然として明らかにされていないと指摘している。

そこで研究3では、実際の理科授業において Jigsaw 法を取り入れたクラスとグループ活動後に全体発表するクラスでの話し合いを比較し、生徒のコミュニケーションの質にどのような違いがあるのか、なぜそのような違いが生じるのかを検討した。

## II. 方法

### 1. 調査対象および実施時期

2001年10月中旬～11月下旬に、「火山」に関する内容を学習中の公立中学校1年生2クラスを対象にし、Jigsaw法を取り入れたクラス（Jigsaw法クラス）とグループ活動後に全体発表するクラス（グループ活動クラス）を設けて、13時間分の授業を展開した。どちらのクラスも4名で1グループを編成し、分析には4名がすべての活動に参加して、事前・事後の質問項目すべてに回答した10グループ40名（Jigsaw法クラス5グループ：男10名・女10名、グループ活動クラス5グループ：男12名・女8名）のデータを用いた。

### 2. 授業展開

実際の教育現場での比較であるため、厳密な条件統制はなされていないが、両クラスとも同一教員によって、通常の理科授業の班編成で13時間分の単元『火山』が展開された（表2.3.1）。

表 2.3.1 単元『火山』授業展開(13時間)

時	Jigsaw法クラス(20名)	グループ活動クラス(20名)
事前	<事前調査> <認知マップ作成>	
1	<ビデオを見て火山の特徴をつかむ>	
	<火山ごとにカウンターパート・グループをつくる>	<調べたい火山を決める>
	1)富士山 2)伊豆大島 3)有珠山 4)雲仙普賢岳 5)桜島 6)マウナロア	
2-3	<コンピュータや資料を使って調査する>	
4	<発表資料を作りStudy Noteで共有する・発表練習をする>	
5	<Study Noteを使って発表する>	
	<グループ内で発表する>	<全体で発表する>
	<課題1・2の話し合い・自己評価> 課題1 火山の形と溶岩の性質との関係は 課題2 溶岩の性質と噴火の様子との関係は	
6-7	<鉱物を観察し、色や特徴をつかむ>	
	<グループ再編成>	
	<岩石ごとにカウンターパート・グループを作る>	<調べたい岩石を決める>
	1)流紋岩 2)安山岩 3)玄武岩 4)花崗岩 5)閃緑岩 6)斑れい岩	
8-9	<コンピュータや資料を使って調査する>	
10	<発表資料を作りStudy Noteで共有する・発表練習をする>	
11	<Study Noteを使って発表する>	
	<グループ内で発表する>	<全体で発表する>
	<課題3~5の話し合い・自己評価> 課題3 粘り気の強いのはどの火成岩か 課題4 どのような鉱物が含まれていると粘り気が強くなるのか 課題5 同じような鉱物が含まれている火成岩はどれか	
12	<火山灰を顕微鏡で観察し、特徴をつかむ>	
	<発展課題での話し合い> 発展課題1 地元の火山灰は桜島の火山灰(シラス)に比べてどのような鉱物が多いか 発展課題2 地元の火山灰を噴出したマグマは、桜島のマグマより粘り気が強いかわるか	
13	<再び認知マップ作成>	
	<学習内容の確認> 担当教員が一覧表(資料2.5)などを用いて学習した内容を確認した	

生徒は一覧表(資料 2.5)を埋めながらグループ活動を進め、課題 1～5, 発展課題 1・2 について班ごとに話し合いがなされた。なお、話し合いの司会は各班の班長に依頼し、班のメンバーに平等に発言させるように促した。担当教員は資料を用意したり学習環境を整えたりしたが、13 時間目に学習内容を確認するまでは、班の発表に対してコメントや解説を加えなかった<sup>1)</sup>。

ただし、Jigsaw 法クラスでは、4 人のグループで 6 つの項目を調査することになったので、5 時間目と 11 時間目の発表で、担当者のいない 2 項目については、グループウェアの Study Note(余田,1998)を用いて、他のグループが作成した資料から情報を収集させた。そして、より多くの他者とコミュニケーションを図るために、5 時間目終了後にグループを再編成した。また、5 時間目の発表では Jigsaw 法クラスは各班で同時に発表が進められたが、グループ活動クラスでは班ごとにクラス全体に発表したために、授業時間を延長することとなり、課題 1・2 の話し合いが完全に録音されなかった。そのため、発話内容は課題 3 以降のものを分析対象とした。

### 3. 調査項目

#### (1) 事前調査・期末テスト

事前調査として、単元『火山』開始前に図 2.3.1 を示し、富士山、伊豆大島、有珠山、雲仙普賢岳、桜島、マウナロアの形が、A～C のどれに近いかを答えさせた(6 点満点)。

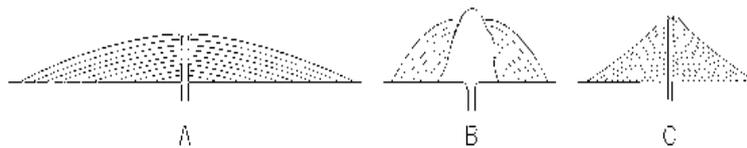


図 2.3.1 事前調査

#### (2) 認知マップのラベル数

生徒の「火山」に関するイメージの推移を見るために、事前と事後で「火山」を基点とした認知マップを描かせた。描かれたラベルに注目して、ラベルを「マグマ(マグマ, 粘り気, 溶岩など)」・「噴火(噴火, 爆発, 火山灰など)」・「岩石(岩石, 固まる, 火成岩など)」・「山形(山, 高い, 富士山など)」の 4 つのカテゴリーに分けて、ラベル数を比較した。

### (3) 発話内容

Jigsaw 法クラスとグループ活動クラスに共通して課された 11 時間目(課題 3~5) と 12 時間目(発展課題 1・2)の話し合いの様子を班ごとにテープレコーダーで録音して、発話内容を表 2.3.2 の 8 つのカテゴリーに分類してその数を比較した。ただし、1 つの発話に対してカテゴリーが重複した場合には、重複してカウントした。

表 2.3.2 発話内容のカテゴリー

「説明」	説明しているもの
「誤り」	誤った内容を含むもの
「修正」	修正しているもの
「安易な合意」	説明が求められている場面で安易に合意したもの
「気づき」	気づきがあったと思われるもの
「司会」	司会の役割を果たしたもの
「質問」	疑問や質問しているもの
「確認」	確認しているもの

### Ⅲ. 結果と考察

まず、クラス間で事前調査の結果を比較したが、有意な差は見られなかった(Jigsaw 法クラス 2.7[0.8] / グループ活動クラス 2.7[1.2],  $t[38]=0.00$ , n. s.)。

#### 1. 認知マップのラベル数の変化

「火山」を基点とした認知マップに描かれたラベルを 4 つのカテゴリーに分け、カテゴリーごとのラベル数の平均値を表 2.3.3 に、事前・事後の推移を図 2.3.2・図 2.3.3(J は Jigsaw 法, G はグループ活動)に示した。

表 2.3.3 カテゴリーごとのラベル数

	事前		事後	
	Jigsaw 法	グループ活動	Jigsaw 法	グループ活動
	[N=20]	[N=20]	[N=20]	[N=20]
マグマ	3.3(1.2)	3.5(1.3)	3.5(1.9)	3.7(1.8)
噴火	1.2(1.4)	0.6(0.6)	2.0(2.1)	1.6(1.6)
岩石	0.7(0.9)	0.3(0.6)	10.9(6.2)	7.1(5.7)
山形	1.3(1.1)	1.5(1.1)	3.0(2.9)	1.9(1.7)

( )内には S.D. を示した。

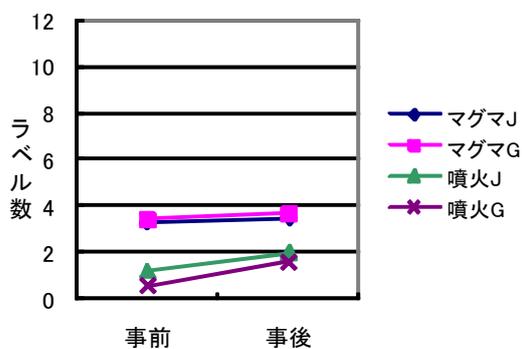


図 2.3.2 ラベル数の推移(マグマ・噴火)

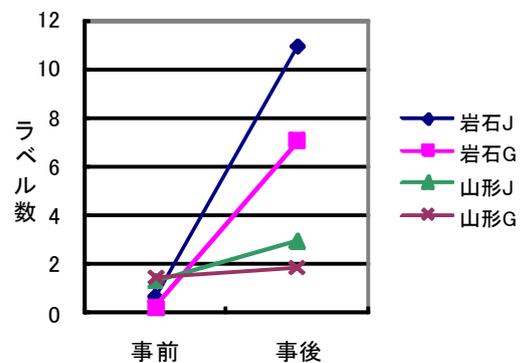


図 2.3.3 ラベル数の推移(岩石・山形)

図 2.3.2 のマグマ・噴火では、Jigsaw 法クラスもグループ活動クラスもほぼ同様の推移を示しているが、図 2.3.3 の岩石・山形では、Jigsaw 法クラスの方がラベル数の伸びが大きいように見える。これは Jigsaw 法クラスの生徒が、1 時間目～5 時間目で「火山」、6 時間目～11 時間目で「岩石」のエキスパートになり、火山の形や特徴、岩石の種類について他者に説明したり話し合ったりしたことが影響したと考えられる。

## 2. 発話内容の分析結果

課題 3～5，発展課題 1・2 の発話内容をカテゴリーに分けて、クラスごとにまとめて表 2.3.4 に示した。なお、カテゴリー分類にあたっては、2 名が独立して分類した後、不一致だったものについては協議して分類した。

表 2.3.4 カテゴリーごとの発話数

	Jigsaw 法 [N=20]		グループ活動 [N=20]	
	課題 3-5	発展課題	課題 3-5	発展課題
説明	34(38.6%)	26(44.1%)	41(37.6%)	45(46.4%)
誤り	9(10.2%)	7(11.9%)	22(20.2%)	20(20.6%)
修正	13(14.8%)	9(15.3%)	3(2.8%)	2(2.1%)
安易な合意	1(1.1%)	1(1.7%)	9(8.3%)	7(7.2%)
気づき	5(5.7%)	2(3.4%)	0(0.0%)	0(0.0%)
司会	20(22.7%)	15(25.4%)	36(33.0%)	37(38.1%)
質問	9(10.2%)	8(13.6%)	2(1.8%)	0(0.0%)
確認	15(17.0%)	10(16.9%)	8(7.3%)	4(4.1%)
発話数全体	88	59	109	97

数値は発話数、( )内には発話数全体に対する割合を%で示した。

表 2.3.4 から、課題 3~5 と発展課題 1・2 での発話数の割合が、「説明」では増加しているものの、その他では大きな変化が見られないことから、課題が変わっても同様のやり取りがなされていたと考えられる。Jigsaw 法クラスとグループ活動クラスを比較すると、Jigsaw 法クラスでは、「修正 13(14.8%),9(15.3%)」が「誤り 9(10.2%),7(11.9%)」を上回り、「質問 9(10.2%), 8(13.6%)」「確認 15(17.0%),10(16.9%)」も比較的多いことから、お互いに誤っている点を指摘し合い、相互交渉のあるやり取りになっていた。一方でグループ活動クラスでは、「誤り 22(20.2%),20(20.6%)」が多い割には、「修正 3(2.8%), 2(2.1%)」が少なく、「安易な合意 9(8.3%),7(7.2%)」も多かったことから、誤った意見が出て修正されずにそのまま合意されていた。また、「気づき 0(0.0%),0(0.0%)」「質問 2(1.8%),0(0.0%)」「確認 8(7.3%),4(4.1%)」が少なく、「司会 36(33.0%),37(38.1%)」が多かったことから、司会中心でメンバー同士のやり取りが少なくなっていたと考えられる。

これらの結果から、Jigsaw 法クラスでは、より相互交渉の多いコミュニケーションが展開されていたことが伺える。では、なぜこれらの違いが生じたのだろうか。もちろん Jigsaw 法クラスだけにグループ再編成を行ったことなどが影響したとも考えられる。しかし、認知マップのラベル数でも、生徒がエキスパートとして担当した分野の「火山」や「岩石」でクラス間に違いが見られたこと、中学生にとっては難しい「修正」や「質問」も多くな

され、「安易な合意」が比較的少なかったことから、Jigsaw 法の特徴である「生徒一人ひとりが各グループ内でエキスパートとして責任をもって他者に説明したり話し合ったりしたこと」の影響だと考えられる。

表 2.3.5・表 2.3.6 には、11 時間目に課題 4 について話し合った場面を取り上げ、具体的な発話例を見てみる。課題 4 「どのような鉱物が含まれていると粘り気が強くなるのか」では、「個別に学んだ岩石の特徴から、ガラス質の石英が多く含まれると粘り気が強くなること」を導き出せるかがポイントとなった。

表 2.3.5 課題 4 Jigsaw 法クラス(3 班)

---

A 男 富士山・斑れい岩, B 男 桜島・閃緑岩, C 女 普賢岳・安山岩, D 女 富士山・流紋岩

---

C1: どのような鉱物が含まれていると粘り気が強くなるのか(課題 4)。

D1: B 君は何かありませんか。

B1: 石英が入っているやつは粘り気が強い。

C2: あんた気づくのすごいね。

B2: だって流紋岩, 閃緑岩, 花崗岩全部石英はいつてんじゃん。

A1: ホントだ。

D2: 何が石英, 石英 1 個しかないじゃん。

C3: うん。1 個しかないよ。

A2: 3 つあるでしょ。

D3: 流紋岩しかない。

A3: 閃緑岩もあるし花崗岩もあるよ。

D4: だって閃緑岩とさ, 花崗岩とさ, 流紋岩組織が違うじゃん。

B3: 違うけど, だって組織関係ないじゃん。

D5: 粘り気が強いじゃん。わかった。石英が入っていると粘り気が強いんだ。

A4: それ言ってるじゃん。

C4: 石英は強いってことじゃん。

---

この場面では、A・B が「流紋岩, 閃緑岩, 花崗岩に石英が入っている(生徒が調べた資料ではこの 3 つの岩石に石英が含まれていた)」という意見を支持し、C・D が組織の違いから

流紋岩にしか石英は入っていないと主張している。Aは、D2・C3の「1個しかない」という指摘に対して、A2「3つあるでしょ」と述べ、Bは、D4の「だって閃緑岩とき、花崗岩とき、流紋岩、組織が違うじゃん」という指摘に対しても、B3「違うけど、だって組織関係ないじゃん」と修正している。C・Dがエキスパートとして関わった岩石は、いずれも斑状組織に含まれ、自分たちの調べた組織では流紋岩しかない指摘したが、等粒状組織の岩石のエキスパートであるA・Bが、粘り気の強い岩石には花崗岩・閃緑岩もあり、これらにも石英が含まれていることを指摘できた。ここではそのことがきっかけとなり、D5「粘り気が強いじゃん。わかった。石英が入っていると粘り気が強いんだ」C4「石英は強いってことじゃん」のように他のメンバーに気づきをもたらしていた。

表 2.3.6 課題4 グループ活動クラス(2班)

(有珠山・安山岩) (E・F:男, G・H:女)

H1: どのような鉱物が含まれていると粘りけが強くなるのかを話し合います(課題4)。

E1: 長石だと思います。

F1: 長石、石英などが含まれている火成岩が、粘りけが強いマグマでできた火成岩だと思います。

G1: 長石とカクセン石、この2つが入っていると粘りけが強くなると思います。

H2: 長石とカクセン石が入っていると粘りけが強くなるのはいいと思いますか。

E2: いいです。

この場面では、司会Hを中心として各メンバーが意見を発表する形の話し合いがなされてた。Fは「石英」という意見を出しながらも、その後に意見を追加したり、他者の意見を修正したりする機会は得られなかった。課題4の場面では、すべてのグループ活動クラスの班で司会中心になっていて、メンバーは個々の意見を発表するだけで、質問や修正がなされないまま話し合いを終えていた。このことは、中学生にとっては、グループ内の話し合いの中で質問や修正することが難しいことを示している。

次に、12時間目の火山灰のサンプルを観察した後、発展課題2について話し合う場面を取り上げる(表2.3.7・表2.3.8)。発展課題2「地元の火山灰を噴出したマグマは、桜島のマグマより粘り気が強いかわるか」(資料2.6)では、顕微鏡で観察した結果をもとに、「桜島の火山灰の方がガラス質で粘り気の強い石英が多いので、地元の火山灰は桜島の火山灰

より粘り気が弱い」ことを導き出せるかがポイントになった。

表 2.3.7 発展課題 2 Jigsaw 法クラス(5班)

---

I 男 大島・花崗岩, J 男 普賢岳・閃緑岩 K 女 桜島・玄武岩, L 女 大島・安山岩

---

J1: 地元の火山灰を噴出したマグマは、粘り気が強いか弱い(発展課題 2)。

L1: 地元って火山あるんですか。

J2: 火山から飛んできたんじゃないの。

L2: 粘り気ってさ、鐘状か盾状火山で決まるんじゃないの。桜島って何状火山。

J3: わかんない。

L3: 桜島は成層火山。

J4: 強いと思う。俺的に。

L4: 何で、わけ、理由。

J5: 黒ウンモが入っているから。あつ。粘り気の強いのは石英か。まあ、つまり粘り気は強くないのかな。

---

この場面では、L4「何で、わけ、理由」のように他者に理由を求めようとする姿勢が見られた。中学生にとっては、話し合いの中で理由を追求することは難しく、こういった発話はグループ活動クラスではほとんど見られなかった。これは、Jigsaw 法クラスの各グループでは他者と相互依存して知識を構築する必要があったために、相互に質問や確認がしやすくなっていたからだと考えられる。そして、理由を追求された方は、J5「黒ウンモが入っているから。あつ、粘り気の強いのは石英か。まあ、つまり粘り気は強くないのかな」のように、理由を説明するうちに自分の誤りに気づく機会を得ていた。

表 2.3.8 発展課題 2 グループ活動クラス(5班)

(富士山・花崗岩) (M・N:男, O・P:女)

M1:次に地元の火山灰を噴出したマグマは桜島に比べて粘り気が強い弱いかにについてどうぞ(発展課題2)。

N1:地元のマグマは、粘り気は強いと思います。

O1:N君と同じです。

P1:私もみんなと同じで粘り気が強いと思います。

M2:僕は粘り気が弱いと思います。その理由は、N君。

N2:その理由は、桜島は大きな火山だから噴火した時に一気に飛ぶくらい粘り気が弱いから一気に飛びます。

O2:N君と同じ。

P2:私もN君と同じです。

M3:僕は、桜島はあまり粘り気がないように感じます。

O3:それだったら、地元の方が粘り気が強いので私たちと同じなんじゃないですか。

M4:あっ、粘り気が強いからです。

ここでは、M一人がM2「僕は粘り気が弱いと思います」のように、他のメンバーと異なる意見を表明したにもかかわらず、結果的には多数のメンバーが支持する「粘り気が強い」という誤った結論に合意してしまった。これは、グループ活動クラスの話し合いでは、他のメンバーに質問したり修正を加えたりすることが難しく、多数のメンバーが支持する意見になびきやすいことを示している。また、理由を尋ねられている場面でも、O1「N君と同じです」O2「N君と同じ」P2「私もN君と同じです」のように安易に合意してしまい、理由を説明するうちに自らの誤りに気づく機会も失っていた。

このように、発展課題2の話し合いで誤った結論に合意してしまったのは、Jigsaw法クラスでは1班が「鉱物の大きさが小さいから粘り気が弱い」という意見の支持者が多いまま話し合いを終了したのと、グループ活動クラスでは、3班の「粒が小さいから粘り気が弱い」という結論、4班の「長石、石英が入っているので両方とも粘り気は強い」という結論、5班の「桜島は大きな火山だから噴火した時に一気に飛ぶくらい粘り気が弱い」という結論であった。

#### IV. まとめ

課題について話し合う場面の発話内容を分析したところ、Jigsaw 法クラスで、自信をもって他者の意見に修正を加えたり、理由を追求したりしていた。そしてそのことが、他のメンバーに気づきをもたらしたり、説明するうちに自らの誤りに気づいたりする機会を生み出していた。

一方のグループ活動クラスでは、司会中心で進められ、質問や修正がされにくかった。自らの意見も多数のメンバーが支持する意見に左右され、誤った意見が修正されずに全員に合意されてしまう問題も浮かび上がった。特に発展課題 2 では、5 班中 3 班で誤った意見が修正されず、そのまま誤った結論に合意していた。

これらの違いが生じた要因の 1 つとして、Jigsaw 法クラスでは、一人ひとりの生徒がグループ内でエキスパートとして、責任をもって説明したり話し合ったりしたことが影響していたと考えられる。表 2.3.5・表 2.3.7 からわかるように、「修正」や「質問」も増えて、「安易な合意」を少なくすることが可能であった。

#### 注

1) Jigsaw 法クラスでは、グループ 4 名の一人ひとりが別々の課題に取り組み、各メンバーから他の情報を得ること、グループ活動クラスでは、4 名で 1 つの課題に取り組み、全体発表会で他のグループから他の情報を得ることが、それぞれの特徴である。学習の過程は異なるが、最終的に学習する範囲は同じになっている。両クラス間で最も異なっている点として、Jigsaw 法では生徒一人ひとりがエキスパートとして責任をもって他者に説明していることがあげられる。

#### 文献

Aronson,E.,Blaney,N.,Stephan,C.,Sikes,J. and Snapp,M.(1978) The Jigsaw Classroom, Sage Publications.

Desforges, D. M., Lord, C. G., Ramsey, S. L., Mason, J. A., Van Leeuwen, M. D., West, S. C. and Lepper, M. R.(1991) Effects of structured cooperative contact on changing negative attitudes towards stigmatized social groups, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.60, pp.531-544.

Dori, Y. J. and Herscovitz, O.(1999) Question-posing capability as an alternative evaluation method: Analysis of an environmental case study, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.36, pp.411-430.

川合千尋・西川純(2001) Jigsaw 学習法における子ども同士の相互行為の質的検討とその学習効果について, *学校教育研究*, 日本学校教育学会, 第 16 号, pp.170-185.

Lazarowitz, R. and Hertz-Lazarowitz,R.(1998) “Cooperative learning in the science curriculum”, Fraser,B.J. and Tobin,K.G.: *International handbook of science education*, Kluwer Academic, pp.449-469.

Lazarowitz, R., Hertz-Lazarowitz, R. and Baird, J. H.(1994) Learning science in a cooperative setting: Academic achievement and affective outcomes, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.31, pp.1121-1131.

Lonning, R.A.(1993) Effect of cooperative learning strategies on student verbal interaction and achievement during conceptual change instruction in tenth grade general science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.30, pp.1087-1101.

筒井昌博(1999) *ジグソー学習入門*, 明治図書出版.

Walker, I. and Crogan, M.(1998) Academic performance, prejudice, and the jigsaw classroom: New pieces to the puzzle, *Journal of community and applied social psychology*, Vol.8, pp.381-393.

余田義彦(1998) CSCL 表現・思考・対話で構成されるコンピュータ学習ーインターネット・校内 LAN をどう教育に活かすか, *科教研報*, Vol.13, No.1.

#### 第4節 グループコミュニケーション活動の現状と課題

研究1～3の結果から、グループコミュニケーション活動の現状と課題について整理する。研究1・2では大学生を被験者に行っているが、中学生にも共通する課題があるものとして検討した。

研究1では、等質グループでのコミュニケーション活動の課題が明らかになった。上位者からなる等質グループでは、役割を課して相互に説明を促しても、他者に自分の考えを説明したり、相手を説得したりする活動が十分になされなかった。これは、上位者同士では既にわかりきったことを説明したり確認したりする必要性が感じられにくかったためだと考えられる。また、下位者からなる等質グループでは、誤った前提のもとにコミュニケーションが展開されても、修正されることなく理解も深まらなかった。そのため、コミュニケーション活動の有用性も認識されにくかった。

研究2では、ペアでのコミュニケーション活動の課題が明らかになった。異質ペアでは、上位者・下位者の双方から「多様な条件」が出され、下位者が解説以外の考えを用いて修正することが多かった。そのために、誤った考えに合意してしまうこともあった。また、一方のペアが説明の途中で割り込んで、説明を完結させる機会を奪っており、学習内容よりも相手の心情理解に関心が向けられてしまう様子が伺えた。

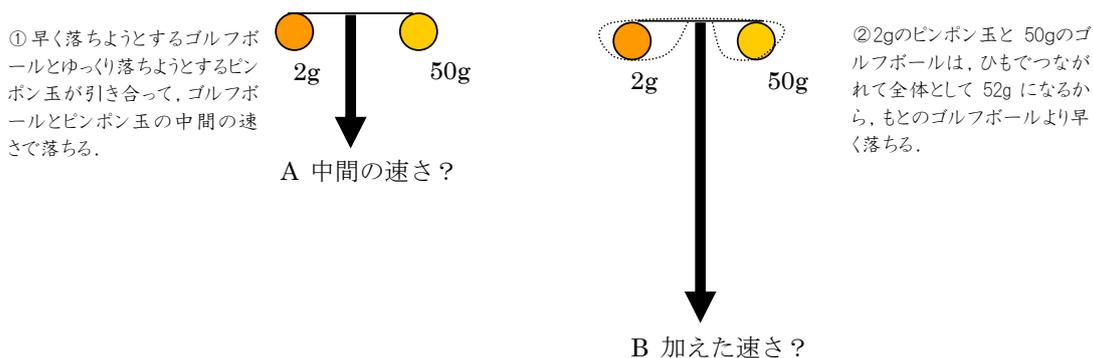
研究3では、中学生のコミュニケーション活動の課題が明らかになった。通常のグループ活動クラスでは、メンバーが個々の意見を発表するだけで、お互いに質問し合ったり、修正し合ったりすることなく話し合いを終えていた。そして、自分の考えも多数のメンバーが支持する考えに左右され、誤った考えに合意していた例も見られた。

## 資料 2.1

### < 落下問題の解説 >

単純に考えると、ゴルフボール(50g)にはピンポン玉(2g)の25倍の重力が働き、25倍早く落ちると考えられます。しかし、ゴルフボールはピンポン玉の25倍も早く落ちるのでしょうか？

ガリオは、質量の大きな物体と質量の小さな物体を結びつけて落下させたら、「①質量の大きな物体と質量の小さな物体の中間の速さになるのか」、それとも「②質量の大きな物体と質量の小さな物体の速さを足した速さになるのか」ということを考えました。

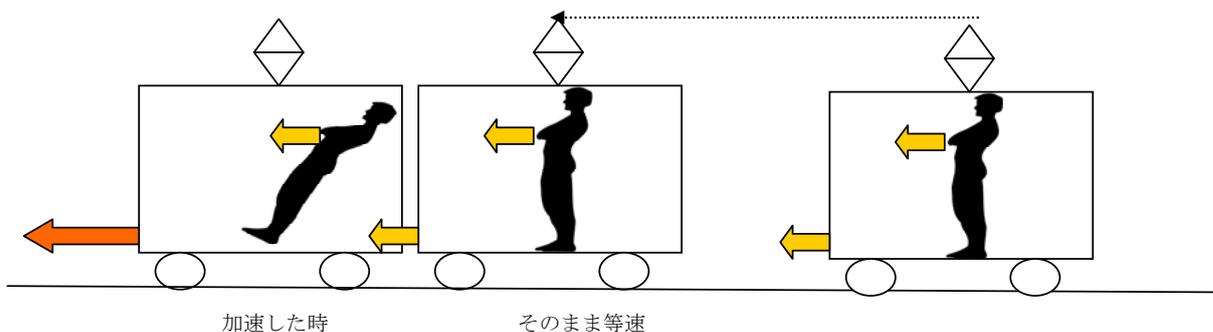


質量の大きな物体と質量の小さな物体を結びつけて落下させる場合

「質量の大きな物体ほど早く落ちる」と考えていては、①と②の2つの違った結論が出てしまいます。そこで、ピンポン玉とゴルフボールの落ちる速さには、重力以外にも何らかの性質が関わっているのではないかと疑ってみます。

だんだん速さが大きくなる(加速する)物体に、「加速を妨げる性質(慣性)」があると考えてみたらどうでしょうか。

<sup>1</sup>例えば、下図のように電車が一定の速度で走っているときは、止まっている時と同じように感じますが、加速すると中にいる人には後ろ向きのかがかかっているように感じられます(今までの運動を継続させようとする性質[慣性]が力となって現れて、加速を妨げようとする)。しかも、この後ろ向きのかは質量の大きな人ほど大きくなります<sup>2</sup>(詳しくはく参考1>を見て下さい)。



落下しながら加速する2gのピンポン玉と50gのゴルフボールも、慣性を持っていると考えられます。50gのゴルフボールには、2gのピンポン玉の25倍の重力がかかるけれども、25倍の慣性を持つため重力の効果は1/25になり、ほぼ同時に落下したと考えられます(ただし、2m程度の高さからの落下ならば空気抵抗もわずかですが、高いところからの落下させるとなると空気抵抗も考慮しなければなりません[詳しくはく参考2>を見て下さい])。

< 参考1 >

電車が加速しても、中にいる人には今までの運動を継続させようとする慣性が働いて、あたかも後ろ向きのかがかかると感じられます。この力(慣性力)は、加速している電車の中にいる人にしか感じられないので、外部から働く力と区別して「見かけの力」と言われています。また、慣性力は質量が大きいほど大きくなり、この場合の加速にくさを示す質量のことを慣性質量と呼んでいます。

< 参考2 >

落下する速さが2倍になると空気抵抗は4倍、落下する速さが3倍になると空気抵抗は9倍になり、質量の小さい物体の方が影響を受けやすくなります。そのために高いところから落下させる場合には空気抵抗を考慮する必要があります。

## 資料 2.2

討論しなかった時と比べて、討論した場合の効果として、以下の項目に対して「5. 大変効果がある 4. やや効果がある 3. どちらでもない 2. あまり効果はない 1. ほとんど効果はない」の中から1つ選択させた(本来は番号順に並んでいたが、ここでは説明の都合上、項目ごとに並べ替えている).

### 「自己・自立」

- 10) 自己理解を深める
- 11) 自己効力感を高める
- 13) 自立した学習者になることを促進する
- 9) 自分の考えをはっきり認識できる
- 12) 一人ひとりのアイデンティティの確立に役立つ
- 14) 自分の考えを説明することにより理解が深まる
- 7) 高い目標にもチャレンジしたくなる
- 15) 自分の考えを説明することにより論理的思考が身につく

### 「他者・依存」

- 26) 能力の高い児童も議論する中で多くのことを学ぶ
- 27) 学んだことを他の問題にも適用できるようになる
- 25) 能力の低い児童は能力の高い児童から多くのことを学ぶ
- 20) 他者理解を深める
- 17) 他者の視点を取り入れて自分のものにできる
- 21) グループの仲間意識を高める
- 18) 他者の考えを聞いて創造力が高まる
- 16) 自分の不足している知識を他者が補って知識が豊かになる
- 5) 苦手な教科でも取り組みやすくなる
- 8) 一人ひとりの発言の機会が増す

### 「動機・意欲」

- 2) 楽しんで取り組む
- 3) 積極的に取り組む
- 1) 学習意欲を高める
- 4) 集中して取り組む
- 6) 間違っただ意見を言っても恥ずかしくなくなる

### 「判断・客観」

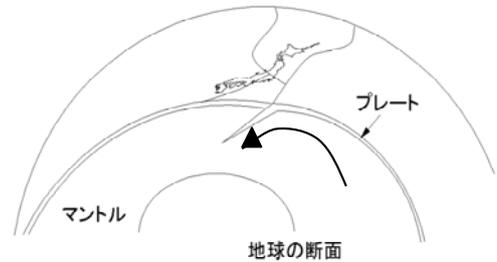
- 23) 冷静な判断ができる
- 24) 批判的思考力を高める
- 22) 客観的な判断ができる
- 19) 相互に依存する関係ができる

## 資料 2.3

### <地震発生の解説>

地球が生まれたばかりのころは、どろどろとした高温のマグマにおおわれていて、その後、表面が冷えて固まったものが、地面になったと考えられています。

ちょうど、卵と同じように中心にかたい固まりがあつて<きみ>、そのまわりにどろどろとしたマグマ(これを「マントル」とよぶ)があり<しろみ>、外側を地面(非常に大きくて硬い岩の板で「プレート」とよぶ)がおおっています<から>。卵と違うのは、図1のように外側の「プレート」が、パズルのように組み合わせられてできているところです。



地球の断面

図 1

プレートは、図2のようにどろどろとしたマントルの動きに乗って、年間数 cm～10 数 cm 移動しています。

この移動によって、図3のように他のプレートとぶつかり合って、片方のプレートが潜りこみます。

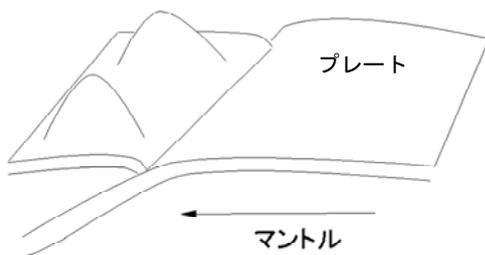


図 2



図 3

そうすると左側の陸地のプレートは押しこまれ、だんだんもととに戻ろうとする力(エネルギー)がたまってきます。このたまったエネルギーをどのように解放するかで、地震のタイプが異なります。

#### ①プレート型地震

図4のように引っぱりこまれたプレートが、図5のように急にもとに戻る時に生じるのがプレート(海洋)型地震です。大きな地震の多くは、このプレート型地震です。

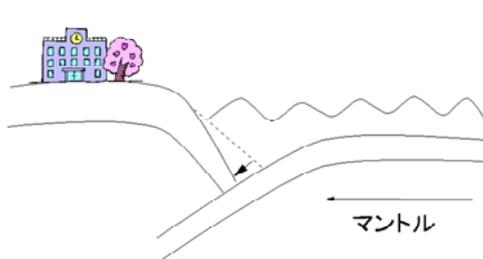


図 4

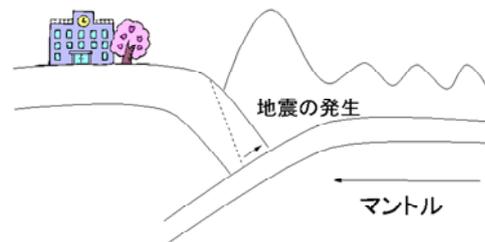


図 5

### ②直下型地震

左側の陸地のプレートが押しこまれると、図6のようにプレートの一部が破壊されてしまうことがあります(破壊されたわれめのことを断層とよぶ)。このように新たに断層が生じたり、今まであった断層が動いたりした時に生じるのが直下(内陸)型地震です。この直下型地震が都市部で発生すると、大きな災害をもたらします。

### ③火山性地震

その他にも、火山活動にともなって生じる地震もあります。プレートがぶつかり合っているところでは、図7のようにプレートが地下深くにもぐりこみ、一部が溶かされてマグマになります。そこにはマグマがたまり、「マグマだまり」からマグマが地上に吹き出してくるのが噴火です。噴火などの火山活動にともなって生じる地震が火山性地震です。



図6

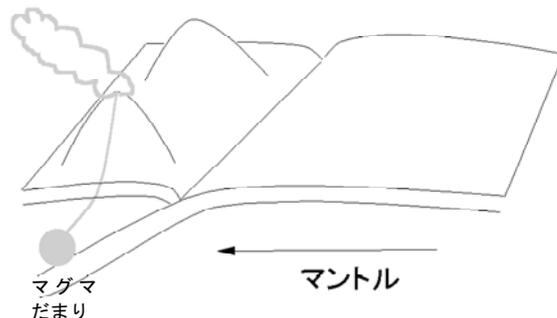


図7

図8に日本の周辺のプレートの様子、図9に世界のプレートの様子を示しました。この図を見てどんなところに地震が起きやすいか予想できますか？

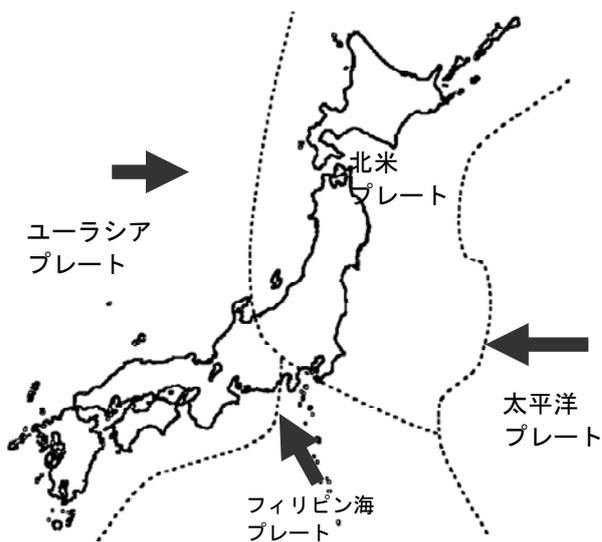


図8

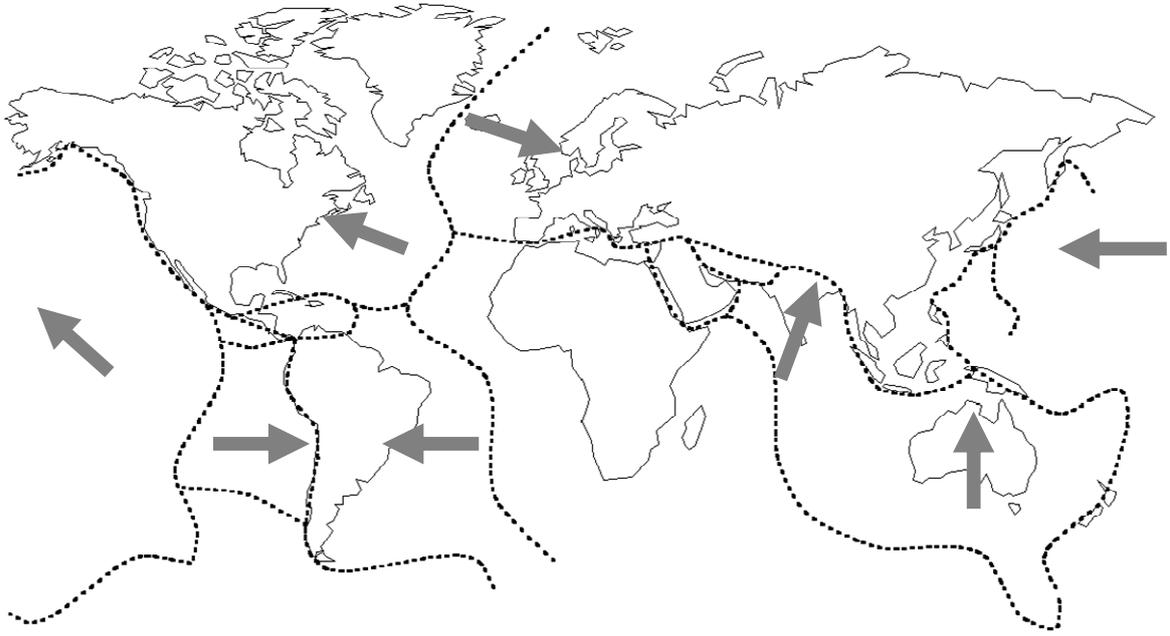


图 9

資料 2.4

「地震発生に関する調査—事後」 (Only Q1-5 were covered in the pre-test)

この調査は、地震の発生についての考え方を調べ、今後の学習支援に役立てようとするものです。結果は統計的に処理され、あなた一人の回答のみを公表することはありませんので、ご協力お願いいたします。

<質問1> 世界の中で日本は地震が多い国だと思いますか？次の1～5から選んでその番号に○をつけて下さい。

- ( 1. 非常に多い    2. 多い    3. どちらでもない    4. 少ない    5. 非常に少ない) (Answer: 1)

<質問2> 次の1～5の中から地震発生に最も関連すると思うものから順番に並べてその番号を右側の空欄に入れて下さい。

1. 火山活動 2. ナマズの動き 3. プレート(地面)同士のぶつかり合い 4. 断層(地面のわれめ)の動き 5. 異常気象	最も関連する ←————→ 関連しない				

(Answer: 最も関連 = 3)

<質問3> 以下の場所は地震が発生しやすいと思いますか？次の1～3から選んでその番号に○をつけて下さい。

- 1) 火山の近く・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 2) 山脈(高い山)のちかく・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 3) 海の近く・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 4) 海溝(深い海)のちかく・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 5) 砂漠・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 6) レンガの家が多いところ・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 7) 断層(地面のわれめ)があるところ( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 8) プレート(地面)がぶつかっているところ( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)
- 9) 原子力発電所の近く・・・( 1. 発生しやすい    2. どちらとも言えない    3. 発生しにくい)

(Answer: 1),7),8) = 1)

<質問4> 以下の日本地図と世界地図を見て、日本のア～オで最も地震が起きやすいと思われる場所を1つと最も地震が起きにくいと考えられる場所を1つ、世界のア～キで最も地震が起きやすいと思われる場所を2つ選んで空欄に入れて下さい。

日本地図		世界地図	
		最も起きやすい	最も起きにくい
		最も起きやすい	

(Answer: 最も起きやすい = ウ)

(Answer: 最も起きやすい = オ, カ)

<質問5>千葉県には、将来いつごろ大きな地震が起きると思われますか？千葉県付近から発生した大きな地震の記録を参考にして、ア～オから選んでその理由も書いて下さい。

1915年 房総南部	ア	イ	ウ	エ	オ	選択：( ) 理由：
1923年 勝浦沖	-----	-----	-----	----->		
1953年 房総半島沖	2000年	2010年	2020年	2030年		
1987年 千葉県東方沖	今すぐ			しばらく起きない		

(Answer: ウ)

<質問6>鹿児島県各地に起きている地震は何による地震ですか？

次の1～3から選んでその番号に○をつけて下さい。

- 1) 鹿児島島の沖合い(近海)・・・( 1. 火山活動    2. 断層破壊    3. プレート(地面)同士のぶつかり合い)
- 2) 内陸地のところ・・・( 1. 火山活動    2. 断層破壊    3. プレート(地面)同士のぶつかり合い)
- 3) 桜島付近・・・( 1. 火山活動    2. 断層破壊    3. プレート(地面)同士のぶつかり合い)

(Answer: 1)=3, 2)=2, 3)=1)

<質問7>1995年1月17日に神戸市付近をおそった「兵庫県南部地震」は、何による地震ですか？

次の1～3から選んでその番号に○をつけて下さい。

- ( 1. 火山活動    2. 断層破壊    3. プレート(地面)同士のぶつかり合い) (Answer: 2)

<質問8>地震に関する学習をしてみて、あなたの考えや感じにどのくらいあてはまるか、( )の中から一つ選んでその番号に○をつけて下さい。ただし、( 5. よくあてはまる    4. ややあてはまる    3. どちらでもない    2. ややあてはまらない    1. まったくあてはまらない)です。

- 1) グループでの話し合いは実りあるものだった・・・( 5.    4.    3.    2.    1.)
- 2) グループでの話し合いに積極的に参加できた・・・( 5.    4.    3.    2.    1.)
- 3) グループでの話し合いでは言いたいことが言えた・・・( 5.    4.    3.    2.    1.)
- 4) グループでの話し合いでは自分の考えが明確になった・・・( 5.    4.    3.    2.    1.)
- 5) グループでの話し合いで出た他人の意見を参考にした・・・( 5.    4.    3.    2.    1.)

資料 2.5

調査のまとめ一覧表

火山名	火山の場所	火山の形	最近の噴火	溶岩の流れ方	吹き出したもの	被害	その他
桜島							
伊豆大島							
雲仙普賢岳							
富士山							
有珠山							
マウナロア							

火成岩名	火成岩の特徴	含まれている鉱物	組織	冷える速さ	固まった場所	固まる前の粘り気	その他
玄武岩							
安山岩							
流紋岩							
斑れい岩							
せん緑岩							
花こう岩							

資料 2.6

<h2 style="margin: 0;">火山灰を観察しよう</h2>	
<p><b>目的</b>                      桜島の火山灰（シラス）と地元で地層から採集した火山灰を観察し，含まれている鉱物や特徴を比較し，地元の火山灰はどのような火山から噴出したのか考察する．</p>	
<p><b>方法</b>                      ① 火山灰を蒸発皿に取り，水を少量加えて親指の腹で軽く押しつけるようにしてつぶす．これに水を静かに注ぎ，濁りを流す．再び水を加え，濁りがなくなるまでこの作業を繰り返す．                      ② 汚れのなくなった火山灰をろ紙にのせ，水分をとる．                      ③ さらにさらになったら，スライドガラスに少量とり，顕微鏡で観察する．（50～100倍程度でよい）</p>	
<b>スケッチ(特徴のある鉱物を大きく描こう)</b>	
シラス（×            ）	地元（×            ）
<b>特徴の比較</b>	
シラス <input type="checkbox"/> 全体の色  <input type="checkbox"/> 主な鉱物と色  <input type="checkbox"/> 形の特徴	地元 <input type="checkbox"/> 全体の色  <input type="checkbox"/> 主な鉱物と色  <input type="checkbox"/> 形の特徴
<p>Q：地元の火山灰は桜島の火山灰（シラス）に比べてどのような鉱物が多いか</p> <p>Q：地元の火山灰を噴出したマグマは，桜島のマグマより粘り気が強いかわいいかその理由は，</p>	

### 第3章 理科教育におけるコミュニケーション活動開発

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し、効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

第2章では、先行研究・研究1～3の結果から、グループコミュニケーション活動の課題として、次のようなことが明らかになった。等質グループでは、説明が十分になされなかったり、誤りが修正されなかったりした。ペアでは、一方が説明の途中で割り込んで、説明が完結される機会を奪ってしまうこともあった。中学生のコミュニケーション活動では、個々のメンバーが意見を発表するだけで、質問や修正がなされず、自分の考えもグループの他のメンバーが支持する考えに左右されていた。

第3章では、先行研究・研究1～3から得られた知見を整理し、上述の課題を乗り越えるような新たなグループコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象に試行した。

## 第1節 先行研究・研究1～3からのグループコミュニケーション活動開発への示唆

### I. 先行研究からの示唆

先行研究からは、一般に小グループでのコミュニケーション活動は、グループサイズやコミュニケーションを構成した方がコミュニケーションの質が良くなると指摘されていた。グループサイズについては、ペアではうまくいかないこと、6名以上になると参加意識が問題になることが指摘されて、グループ編成については、多くの研究で能力や性による異質グルーピングが支持されており、3名から5名の異質グループを編成することが有効であると示唆されていた。

また、各メンバーに「質問者」などの役割を課して、メンバーが意見を提示するだけのコミュニケーションから脱却している例が報告されていた(例えば、Hogan, 1999a; Kagan, 1992; 宮田 2004a; 宮田, 2004b)。誤った意見が出て修正されにくい点に対しては、あらかじめ“What if…?”などの質問例を提示しておくことで、お互いの意見の検討を促す事例も報告されていた(例えば、Woodruff and Meyer, 1997)。自分の考えが他のメンバーが支持する考えに左右されやすいことに対しては、まず各自でワークシートなどに自分の考えを書き出させることが有効で、書記的方法を取り入れたコミュニケーション活動には、学習内容理解を保持するという効果も報告されていた(Rivard and Straw, 2000)。

また、コミュニケーション活動の効果については、「学習内容理解が促進されたか」「議論に関する知識・スキルが獲得されたか」「メタ認知的知識が獲得されたか」について検討することが示唆された。

## II. 研究1からの示唆

先行研究でも、多くの研究で能力や性による異質グルーピングが支持されていたが、研究1からのコミュニケーション活動開発への示唆は、知識量の異なる異質グループを編成することである。なぜなら、メンバーがコミュニケーション活動を肯定的に捉えるようになったり、直後には下位者の理解度の向上が期待できるからである。

ただし、上位者の中には下位者の考えから影響を受けて混乱してしまうケースもあり、留意が必要である。上位者が下位者の考えによって混乱させられないためには、Lの「L3: 実際には空気抵抗もあるけど、この場合はわずかだったので無視できた」のように、多様な考えに触れても条件や状況を区別することが重要であると示唆された。

## III. 研究2からの示唆

研究2では、正解が1つには定まらない **Breathing Earth** の観察を扱ったが、異質4人組では「正解がただ1つ」の慣性課題を扱った研究1と同様の結果が得られた。このことから、異質4人組では理科教育で扱われることが多い「正解がただ1つ」の課題であっても、決まった解決策がない真正な課題の場合と同様のコミュニケーション活動が展開される可能性があるとし唆された。

また、発話分析によりペアでは、上位者・下位者双方から「多様な条件」が出され、「促し」が多くなされて、上位者が下位者の発言に引きずられたり、発言の途中で割り込まれてしまう例も見られた。**Heller and Hollabaugh(1992)**は、上位者によるリーダーシップで、新たなアイデアやアプローチが生まれ、中・下位者からの根本的な指摘が、グループコミュニケーションを軌道にのせると指摘しているが、これらのことはペアではなく、異質4人組に生じていた。

ただし、ペアの中にも相手の発言に引きずられない学生も存在し、例えばMの「M4: あ、ちょっと今解説を見て気づいたんですけど」のように、メタ認知的思考で混乱するのを避けていた事例が確認された。Mは、自分は何がわかっているかがわかっていないかを区別しながら、新たな事柄を理解しようとしているため、相手の発言により困惑させられることはなかった。もし、Mのようにメタ認知的思考方法を獲得できれば、ペアの負の影響から逃れられる可能性もあることが示唆された。この示唆は、**Hogan(1999b)**の知見とも一致している。

#### IV. 研究3からの示唆

取り組ませる課題に関しては，研究2の結果と同じように，課題が変わっても同様のコミュニケーション活動が展開されていた。

また，中学生でも Jigsaw 法クラスでは，自信をもって他者の意見を修正したり，理由を追求したりしていたことが示された。これは，Jigsaw 法の特徴である「生徒一人ひとりがグループ内で責任をもって他者に説明し合ったり話し合ったりしたこと」が影響したと考えられ，中学生でも個々の生徒にグループ内で責任をもって説明させることで，他のメンバーに気づきをもたらしたり，説明するうちに自らの誤りに気づいたりするコミュニケーション活動となる可能性があるという示唆された。

先行研究・研究1～3からのグループコミュニケーション活動開発への示唆をまとめると，以下の5点になる。

##### 1. グループサイズについて

6名以上になると参加意識が希薄になり，ペアでは相手の発言に引きずられたり発言の途中で割り込まれたりするため，3～5名のグループとする。

##### 2. グループ編成について

等質グループでは，説明が十分になされなかったり，誤りが修正されなかったりするため，異質のグループとする。

##### 3. 取り組ませる課題について

取り組ませる課題は，一般的には決まった解決策がない真正な課題が適切であるとされているが，理科教育で扱われる「正解がただ1つ」の課題でも，同様のコミュニケーションを展開されていたので，理科教育の課題についてコミュニケーション活動をさせても差し支えない。

##### 4. コミュニケーション活動の構成について

通常の中学生の話し合いでは，個々のメンバーが意見を発表するだけで，質問や修正がなされず，自分の考えもグループの他のメンバーが支持する考えに左右されてしまう。そ

のため、役割を与えたり、まず自分の考えを書き出させるなどして、個々の生徒にグループ内で責任をもって説明させようコミュニケーション活動を構成する。

## 5. コミュニケーション活動の評価について

コミュニケーション活動の効果については、「学習内容理解が促進されたか」「議論に関する知識・スキルが獲得されたか」「メタ認知的知識が獲得されたか」などを中心に検討する。

## 文献

Heller, P. and Hollabaugh, M. (1992) Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups, *American Journal of Physics*, Vol.60, pp.637-644.

Hogan, K.(1999a) Sociocognitive roles in science group discourse, *International Journal of Science Education*, Vol. 21, pp.855-82.

Hogan, K. (1999b) Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts, *Science Education*, Vol.83, pp.1-32.

Kagan, S.(1992) *Cooperative learning: Resources for teachers*, San Juan Capistrano: Resources for Teachers.

宮田 斉(2004a)理科授業における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究－小学 6 年「電流と電磁石」の単元の授業を通して、*理科教育学研究*, Vol.44, No.2, pp.47-58.

宮田 斉(2004b)理科授業における“循環型の問答－批評学習”利用効果－小学 6 年「電流と電磁石」の単元の授業を通して、*理科教育学研究*, Vol.45, No.2, pp.45-52.

Rivard, L. P. and Straw, S. B.(2000) The effect of talk and writing on learning science: an exploratory study, *Science Education*, Vol.84, pp.566-593,.

Woodruff, E. and Meyer, K.(1997) Explanations from intra- and inter-group discourse: Students building knowledge in the science classroom, *Research in Science Education*, Vol.27, pp.25-39.

## 第2節 研究4 新たなグループコミュニケーション活動の開発と試行

第1節では、グループコミュニケーション活動開発への示唆として、グループは異質の3～5名で編成し、各メンバーに役割を分担させ、ワークシートなどに自分の考えを書き出させてから、コミュニケーション活動に取り組ませることなどがあげられた。コミュニケーション活動の評価については、「学習内容理解が促進されたか」「議論に関する知識・スキルが獲得されたか」「メタ認知的知識が獲得されたか」について検討することがあげられた。研究4では、これらの知見を生かしたコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象に試行した。

### I. 問題と目的

第2節では、グループは異質の3～5名で編成し、各メンバーに役割を分担させ、ワークシートなどに自分の考えを書き出させてから、コミュニケーション活動に取り組ませることが、コミュニケーション活動開発への示唆としてあげられた。これらの示唆を生かすと共に、メタ認知を促すことをめざして開発された ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>と CUP での知見を参考することにした。ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>は、King(1997,1999)によって開発された Self-regulation を育むための Peer tutoring である。Tutor は、5種類の質問 (Review questions, Thinking questions, Probing questions, Hint questions, Metacognitive questions) の中から選択して質問し、Tutee が答えるように役割分担された。Tutor と Tutee は役割を交換しながらコミュニケーション活動を進める。Tutee が誤った考えを表明した場合には、Tutor が Hint questions (例えば、“Have you thought about…?” や “How can…help you?”) で対応し、Tutor にとってもコミュニケーションのトレーニングになるようにした。その結果、思考プロセスが改善されたり、質問することによって相手の知識が統合されたりして、互いに新たな知識を構築するのに役立ったと報告している。

CUP (Conceptual Understanding Programme) は、Mills et al. (1999) が PEEL (Project for Enhancing Effective Learning) の知見を生かしてを開発し、大学生を対象にして週1コマ4週間の Introductory Mechanics クラス (16～20名) で試行した。人数の都合上4名のグループもあったが、女子が必ず1名は含まれる3名のグループを編成するようにした (Heller and Hollabaugh, 1992)。大学院生の Facilitator 1名が、例えば「同じ大きさのゴルフボールとシャボン玉を同じ高さから同時に落とすとどちらが先に地面に着くか」な

どと尋ねた。学生たちは、まず個々で A4 のワークシートに自分の考えを記入し、その後 3 人の考えを一つにまとめたものを A3 用紙に記入して、ポスター発表を行った。その結果、学生の概念変容が促され、ハイレベルの参加感と満足感も得られ、特に女子のメンバーが好意的に受けとめたと報告している。

研究 4 では、第 1 節の知見と ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>・CUP の知見を生かして新たなコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象にして試行した。

## II. 新たなコミュニケーション活動の開発

コミュニケーション活動は、図 3.2.1 のようなワークシートを用いて、各項目にチェックを入れながら、グループごとに進められるようにした。はじめに、「相手の意見は批判しても、人格までは否定しない」という項目にチェックさせ、コミュニケーション活動に対する不安を軽減させた。その後、まず自分の意見を書き出させてから、ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>を参考にして、メタ認知を促す質問例を常に参照できるようにした。

そして、女子が必ず 1 名は含まれる異質 3 人のグループを編成し、3 人で発表者・質問者・確認者の役割を順番に担当させた。その際、研究 2 の知見を生かして、質問者には説明者の発表を妨げないように説明が終わってから質問させた。確認者は、発表者の説明の要点を書き込みながら、質問者の質問内容を分析してチェックし、必要があれば追加して質問をした。その後、CUP 同様に 3 人の考えを一つにまとめ、研究 1・2 で大学生が用いていた「状況や条件を区別すること」「理解状態に関心をもつこと」に関連する項目にもチェックさせた。

話し合いの約束事の確認。確認したら□にレを入れよう。

□相手の意見は批判しても、人格までは否定しない。

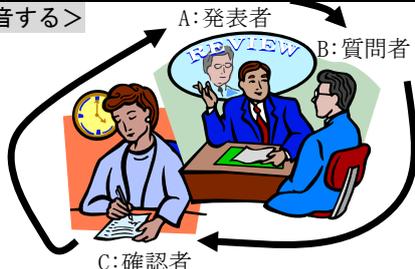
<p>1) 各自で「ペットボトル問題」の自分の考えを記入する。</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>	<p>2) 自分の考えについて、次の項目をチェックしておこう。</p> <p><input type="checkbox"/> 自分の考えは筋が通っている</p> <p><input type="checkbox"/> 自分の考えはどのような時に適用できるか検討した</p> <p><input type="checkbox"/> 他の人に自分の考えを説明できる</p> <p>チェックして不足があれば、自分の考えに書き加えておこう。</p>
<p>3) A:発表者, B:質問者, C:確認者 の役割を順番に担当する。 &lt;録音する&gt;</p> <p>A:発表者になったら、自分の意見を質問者Bに向かって説明する。</p> <p>B:質問者になったら、発表者Aの説明が終わった後質問する。</p> <p>C:確認者になったら、発表者Aの説明の要点を以下に書き込む。そして、質問者Bの質問をチェックリストの□にチェックする。質問者Bが質問しなかった項目を◇にチェックして質問する。</p>	
<p>A:発表者( )の説明</p> <div style="border: 1px solid black; height: 180px; width: 100%;"></div>	<p>B:質問者( )の質問</p> <p><input type="checkbox"/> ◇「要約すると○○ということですか？」</p> <p><input type="checkbox"/> ◇「わかりにくい言葉があれば、「○○はどのような意味ですか？」</p> <p><input type="checkbox"/> ◇「わかりにくい説明箇所があれば、「○○について詳しく説明してくれませんか？」</p> <p><input type="checkbox"/> ◇「その考えはどのような条件で成り立ちますか？」</p> <p><input type="checkbox"/> ◇「他の可能性はありませんか？」</p> <p>質問者が質問しなかった項目をチェックして質問する</p>
<p>4) グループで考えを一つにまとめる。 &lt;録音する&gt;</p> <div style="border: 1px solid black; height: 120px; width: 100%;"></div>	<p>5) 次の項目をチェックしておこう。</p> <p><input type="checkbox"/> 考えられる可能性を検討した</p> <p><input type="checkbox"/> グループの考えは筋が通っている</p> <p><input type="checkbox"/> グループの考えはどのような時に適用できるか検討した</p> <p><input type="checkbox"/> グループ全員が考えに合意している</p> <p>チェックして不十分だと思ったら、グループの考えを再検討しよう。</p>

図 3.2.1 「ペットボトル問題」のワークシートの例

### Ⅲ. コミュニケーション活動の試行

#### 1. 調査対象および実施時期

2003年6月中旬～7月中旬に、国立大学理学部3年生を対象にして、事前コミュニケーション活動(問題1)、開発したコミュニケーション活動①(問題2)・②(問題3)、事後コミュニケーション活動(問題4)の順序で行った。グループは、物理学科以外の学生で3名を1グループとし、分析には3名がすべての活動に参加して、事前・事後の質問項目すべてに回答した6グループ18名(男11名・女7名)のデータを用いた。

#### 2. コミュニケーション活動

表3.2.1のように、慣性に関する課題についてのコミュニケーション活動が展開された。開発したコミュニケーション活動では、チェックリストに従って観察・実験を交えながらA:発表者、B:質問者、C:確認者を順番に担当した。

表 3.2.1 コミュニケーション活動の内容

日時	活動内容(3名×6グループ)
6月中旬	事前アンケートに回答(約10分)
6月下旬 (1週間後)	<p>&lt;事前コミュニケーション活動(約20分)&gt;</p> <p>1) 問題1「質量1kgの台車に滑車を通して50gのおもりをつるして引いたAと、50g重(ばねばかりの目盛りは50gだが、質量50gの物体をつるす力を50g重としている)の力で引いたBとでは、どちらが早く移動するか」を各自で解く。</p> <p>2) グループで話し合って考えを一つにまとめる(録音)。</p> <p>3) 解説を読んで、グループで「この問題から学んだこと」について話し合う(録音)。</p>
	<p>&lt;開発したコミュニケーション活動①(約30分)&gt;</p> <p>1) 問題2「同じくらいの大さきのピンポン玉(2g)とゴルフボール(50g)を2mの高さから同時に落下させる。2つの球はどのような順序で地上に落下すると思うか」を各自で解く。</p> <p>2) A:発表者, B:質問者, C:確認者 を順番に担当する(録音)。</p> <p>3) グループで話し合って考えを一つにまとめる(録音)。</p> <p>4) 実験を行い解説を読んで、グループで「この問題から学んだこと」について話し合う(録音)。</p>
7月初旬 (2週間後)	<p>&lt;開発したコミュニケーション活動②(約30分)&gt;</p> <p>1) 問題3「水を満たしたペットボトルの中に発泡スチロールの球(浮かぶ)と、ビー玉(沈む)を入れる。そして、矢印の方向に急に動かす。この時、発泡スチロールの球とビー玉は、水中でどう動くように見えるか」を各自で解く。</p> <p>2) A:発表者, B:質問者, C:確認者 を順番に担当する(録音)。</p> <p>3) グループで話し合って考えを一つにまとめる(録音)。</p> <p>4) 実験を行い解説を読んで、グループで「この問題から学んだこと」について話し合う(録音)。</p>
	<p>&lt;事後コミュニケーション活動(約20分)&gt;</p> <p>1) 問題4「ばねばかりによくまわる10gの滑車を取りつけて、ひもを通して片方に質量20gのおもりをつるし、もう片方に質量10gのおもりをつるしたところ動き出した。この時ばねばかりには何g重の力がかかるか」を各自で解く。</p> <p>2) グループで話し合って考えを一つにまとめる(録音)。</p> <p>3) 解説を読んで、グループで「この問題から学んだこと」について話し合う(録音)。</p> <p>4) コミュニケーション活動の感想を述べ合う(録音)。</p>
7月上旬	事後アンケートに回答(約10分)
7月中旬	事後調査に回答(約10分)

### 3. 調査項目

事後調査として、コミュニケーション活動で検討した問題1～4を再び解かせ、合わせて何に関する問題だったかを選択させた(資料3)。何に関する問題かについては、高次の思考を働かせて、表面上は異なった問題でもその本質は同じだということを見抜けるかを調べるために取り上げた。

また、事前・事後アンケートとして、コミュニケーション活動の効果に関する27項目(資料2.2参照)、理科の問題を解く時に検討すること13項目に5段階で回答させた。コミュニケーション活動の効果に関しては、研究1と比較するために取り上げた。検討する項目については、コミュニケーション活動を通じてメタ認知が開発されれば、「問題の設定条件」や「自己の理解状態把握」の重要性を認識し、関連する項目の得点も上昇するだろうという仮説を検証するために用いた。

さらに、メタ認知的発話が増加しているかどうかを調べるために、発話内容をカテゴリ

一に分けて、事前のコミュニケーション(問題1)・開発したコミュニケーション(問題2・3)・事後のコミュニケーション(問題4)の変化を探った。その際に、発話内容が「単なる受け答え」中心から、メタ認知を促したことにより、条件検討を含んだ「積極的な検討」や自己の理解状態把握が前提になる「気づき・改善」が増加するのかを検討した。

#### IV. 結果と考察

##### 1. 事後調査の結果

表 3.2.2 には、問題 1~4 (1 題 1 点として 4 点満点にした) のコミュニケーション活動時と事後調査時の平均得点を示し、参考のためにグループの結論を各自の得点とした場合の平均得点も示した。また、事後調査時にそれぞれの問題が「何の問題」であったのかにも回答させ、その平均得点を表示した(課題は Chi et al., [1981]を参考にして作成し、いずれも「3. 慣性の問題」を正解として 4 点満点とした)。表 3.2.3 には個人の得点の推移も示した。

表 3.2.2 平均得点の推移(各 4 点満点 18 名)

	コミュニケーション時	事後調査	t 値(df=17)
4つの問題	1.44(0.78)	3.39(0.70)	7.43*
グループの結論	1.67		
何の問題		3.89(0.47)	

( )内には標準偏差を示した。(\* p<.05)

表 3.2.3 個人の平均得点の推移(各 4 点満点 18 名)

1 班	A 女 (0→3) 4	B 男 (1→4) 4	C 女 (0→4) 4
2 班	D 男 (1→4) 4	E 女 (2→4) 4	F 男 (2→4) 4
3 班	G 男 (1→4) 2	H 女 (2→3) 4	I 男 (1→4) 4
4 班	J 男 (3→3) 4	K 女 (2→3) 4	L 男 (2→3) 4
5 班	M 男 (2→4) 4	N 女 (2→2) 4	O 男 (1→3) 4
6 班	P 男 (1→2) 4	Q 女 (2→4) 4	R 男 (1→3) 4

(事前→事後)「何の問題かの得点」

表 3.2.2 からは、平均得点が事後で有意に高くなっていることがわかるが、コミュニケーション時のグループの結論は、個人の平均をわずかに上回っている程度で、コミュニケーションによって正しい結論に導かれたとは言えない。この結果は、研究 1 の結果とも一致している。表 3.2.3 の課題が「何の問題」であるかについては、G 男が問題 1・4 を「加速度運動の問題」として捉えた以外、他の学生は「慣性の問題」とであると認識できており、問題の本質を見抜くことはできていた。

## 2. 発話内容の分析

問題 1～4 について録音された発話内容を表 3.2.4 のカテゴリーに分けて、表 3.2.5 に問題ごとに該当数を示した。なお、カテゴリー分類にあたっては、2 人の評定者で独立して分類した後(一致率 85.2%)、不一致だったものについては協議して分類した。

表 3.2.4 発話内容のカテゴリー

①	【誤り】 明らかに誤りを含んでいるもの
②	【司会】 司会の役割を果たしているもの
③	【回答】 質問などに回答しているもの
④	【説明】 理由などを説明しているもの
⑤	【質問】 疑問や質問を投げかけているもの
⑥	【確認】 確認しているもの
⑦	【要約】 他者の発言を要約しているもの
⑧	【条件・可能性】 条件や可能性を検討しているもの
⑨	【修正】 意見などを修正しているもの
⑩	【気づき】 気づきがあったと思われるもの
⑪	【改善】 活動の改善に関わるもの
⑫	【わからない】 わからないと主張しているもの
⑬	【慣性】 慣性に触れているもの

表 3.2.5 問題ごとの各カテゴリー該当数

	問題 1 (163)	問題 2 (298)	問題 3 (324)	問題 4 (342)
① 【誤り】	12 (7.4%)	13 (4.4%)	15 (4.6%)	12 (3.5%)
② 【司会】	21 (12.9%)	27 (9.1%)	29 (9.0%)	25 (7.3%)
③ 【回答】	39 (23.9%)	51 (17.1%)	56 (17.3%)	52 (15.2%)
④ 【説明】	35 (21.5%)	72 (24.2%)	83 (25.6%)	92 (26.9%)
⑤ 【質問】	13 (8.0%)	46 (15.4%)	45 (13.9%)	34 (9.9%)
⑥ 【確認】	13 (8.0%)	20 (6.7%)	29 (9.0%)	46 (13.5%)
⑦ 【要約】	2 (1.2%)	20 (6.7%)	17 (5.2%)	7 (2.0%)
⑧ 【条件・可能性】	27 (16.6%)	96 (32.2%)	93 (28.7%)	44 (12.9%)
⑨ 【修正】	4 (2.5%)	8 (2.7%)	7 (2.2%)	22 (6.4%)
⑩ 【気づき】	25 (15.3%)	39 (13.1%)	40 (12.3%)	43 (12.6%)
⑪ 【改善】	3 (1.8%)	20 (6.7%)	14 (4.3%)	7 (2.0%)
⑫ 【わからない】	8 (4.9%)	2 (0.7%)	6 (1.9%)	7 (2.0%)
⑬ 【慣性】	15 (9.2%)	35 (11.7%)	93 (28.7%)	53 (15.5%)

数値は発話数、( )内には発話数全体に対する割合を%で示した。

開発したコミュニケーション活動(問題2・3)を見てみると、特に問題2では、「要約」「条件」「改善」が多くなっていました。これは導入したワークシートや役割分担によって、『積極的な検討』や『気づき・改善』が促されたことを示している。また、事前の問題1と事後の問題4を比較すると、問題1では『誤り』『単なる受け答え』『わからないと主張』が多かったが、問題4では「説明」「確認」「修正」が多くなっており、問題2・3の活動を通してメタ認知が開発されて、認知的に高次のコミュニケーションが展開されるようになった。

さらに、コミュニケーション活動終了後の学生の感想を検討することにする。表3.2.6は3班H, I, Gが感想を述べ合う場面であり、H「こうやって物理をやれば結構面白いなあって」、I「結構面白かったようなんですけど」、G「この2日間ほうん、楽しかったです」の発話に代表されるように、活動を肯定的に受けとめていたことがわかる。また、コミュニケーション活動の意義に対しても、H「人に説明するとか、人に質問して意見を聞くことで、なんか余計にすごい考えて、なんかすごい試行錯誤をしたので、なんか、すごいそれがよかったですね」、I「間違っても、こう自分の意見を言うことで、自分の考えのどこが足りないのかとか、どこが間違っているのかとか、そういうことがよくわかって」、G「コミュニケーション活動をやらないと、自分の思っている考えとかが、あの、間違えたとかってというのがわからないし」に代表されるように、その価値も認めていたことが伺えた。

### 表 3.2.6 コミュニケーション活動の感想(3班)

---

H: 私は普通に、純粹に、ああ、こうやって物理をやれば結構面白いなあって、思いました。で、やっぱりその慣性の大切さとかもわかったし、何かいろんな事象のつながりっていうのもわかったし、なんか、自分、人に説明するとか、人に質問して意見を聞くことで、なんか余計にすごい考えて、なんかすごい試行錯誤をしたので、なんか、すごいそれがよかったですね。はい。

I: 僕は普段授業とかうけてると、こういう間違っただ意見を恥ずかしがらずに言う機会って、ほとんどないので、間違っても、こう自分の意見を言うことで、自分の考えのどこが足りないのかとか、どこが間違っているのかとか、そういうことがよくわかって、結構面白かったようなんですけど、G君は、

G: えっと、僕もそう思います。えっと、こういうこと、コミュニケーション活動をやらないと、自分の思っている考えとかが、あの、間違えたとかってというのがわからないし、また、新しいこととかも学べてよかったです。うんと、この2日間はほうん、楽しかったです。

---

### 3. 受けとめ方の平均得点の推移

コミュニケーション活動の効果に対する 27 の質問に回答させ(各 5 点満点として得点化した),既に教員の回答を分析して抽出した「自己・自立」,「他者・依存」,「動機・意欲」,「判断・客観」の 4 因子を指標にして, 4 項目にまとめて平均得点を比較した。事前と事後で項目ごとの平均得点を対応のある t 検定で分析したところ,「動機・意欲」,「判断・客観」の 2 項目の平均得点に有意な差が見られた(表 3.2.7)。

表 3.2.7 受けとめ方の平均得点の推移(18 名)

		事前	事後	t 値(df=17)
「自己・自立」	Mean	3.99	4.13	1.37
	S. D.	0.62	0.48	
「他者・依存」	Mean	3.88	4.04	1.81
	S. D.	0.63	0.69	
「動機・意欲」	Mean	3.94	4.24	2.21*
	S. D.	0.54	0.59	
「判断・客観」	Mean	3.77	3.46	2.12*
	S. D.	0.84	0.77	

(\* p<.05)

「動機・意欲」は,「楽しんで取り組む」などからなり,事後で有意に高くなっていることから,コミュニケーション活動が動機や意欲を高めることに貢献したことが伺える。しかし,「判断・客観」は,「冷静な判断ができる」などからなり,有意に低くなっていたことから,コミュニケーション活動によって冷静な判断や客観性が損なわれてしまったと言えよう。このことは,研究 1 では「動機・意欲」・「判断・客観」の平均得点がともに上昇していたことを踏まえると,新たに導入したワークシートや役割分担が影響したと考えられる。他のメンバーに同調しないように,役割分担をして各自の意見を明確に述べさせたが,表明された意見には多くの誤った考えが含まれ(誤った説明の数 問題 1:12, 問題 2:13, 問題 3:15, 問題 4:12),冷静な判断や客観性が損なわれたと感じさせたためだと思われる。

#### 4. 検討する項目の平均得点の推移

理科の問題を解く時に検討する項目について、どのくらい検討しているかを、「5.ほとんど毎回している」から「1.ほとんどしていない」の5段階で尋ねたところ、平均得点は表3.2.8のように推移した。事前・事後で有意な差が見られたのは、2)3)11)12)13)であり、2)3)は状況・条件に関するもので、11)12)13)は自己の理解状態や振り返りに関するものであった。これらのことから、コミュニケーション活動を通じて、状況や条件を区別することや自己の理解状態を把握し振り返ることの重要性を認識させることができ、学生のメタ認知を促すことに貢献したと言えよう。

表 3.2.8 検討する項目の平均得点の推移(18名)

	事前	事後	t 値(df=17)
1) 何に関する問題	4.89(0.32)	4.67(0.59)	1.72
2) 出題者の意図	3.28(1.18)	3.94(1.16)	2.38*
3) 問題の設定条件	4.00(1.03)	4.61(0.61)	2.83*
4) 何がわかっているか	4.72(0.46)	4.44(0.86)	1.43
5) どの公式を適用すべきか	4.17(0.99)	4.11(0.96)	0.57
6) 公式を適用する条件	4.00(0.77)	4.06(0.87)	0.33
7) 様々な可能性	3.72(0.90)	4.06(0.94)	1.46
8) 図やメモを書き込んで	4.33(1.09)	4.56(0.78)	0.94
9) 自分の考えに矛盾がないか	3.56(0.92)	3.83(0.99)	1.16
10) 他の人にもわかってもらえるか	3.17(1.04)	3.56(1.20)	1.33
11) 自分の考えの限界	3.00(1.29)	3.72(0.90)	3.01*
12) 何が不足していたのか	3.78(1.40)	4.56(0.78)	3.11*
13) 次回のための教訓	3.67(1.41)	4.22(0.88)	2.15*

( \* p<.05)

## V. 開発したコミュニケーション活動の有効性

コミュニケーション活動の結果、グループでのコミュニケーションが正解を導くわけではなかったが、表面上は異なるように見える課題（「2台の台車の移動」「2球の同時落下」「ペットボトル中の2球の動き」「滑車を通した2つのおもりの動き」）が、一貫して「慣性」で説明できる課題だと認識できるようになった。さらに、発話内容を分析してみると、役割分担したコミュニケーション活動では、「要約」「条件」「改善」といった認知的に高次の発話が多くなっており、その後のコミュニケーションでも「説明」「確認」「修正」が多くなっていた。

そして、活動を通して状況や条件を区別することや自己の理解状態を把握して振り返ることの重要性も認識されていた。これらのことから、開発したコミュニケーション活動は、発話をより高次のものにして、メタ認知を促すことに貢献したと言えよう。また、動機や意欲を高め、コミュニケーション活動そのものも肯定的に受けとめられた。しかし、研究1で見られた冷静な判断や客観性の向上は見られなかった。これは、新たに導入したワークシートや役割分担によって各自の考えが明確に述べられ、その中に多くの誤りが含まれていたためだと考えられる。この点については、冷静な判断や客観性を損なわせないために、課題に対する十分な知識を獲得させる (Rivard, 2004) などの更なる改善が必要である。

## 文献

- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. and Glaser, R.(1981) Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Science*, 5, pp.121-152.
- Heller, P. and Hollabaugh, M.(1992) Teaching problem solving through cooperative grouping, Part 2: Designing problems and structuring groups, *American Journal of Physics*, Vol.60, No.7, pp.637-644.
- King, A.(1997) ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher level complex learning, *Educational Psychologist*, Vol. 32, Issue 4, pp.221-235.
- King, A.(1999) “Discourse patterns for mediating peer learning”, In O’Donnell A.M. and King, A., *Cognitive perspectives on peer learning*, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, pp.87-115.
- Mills, D., McKittrick, B., Mulhall, P., and Feteris, S.(1999) CUP: cooperative learning that works,

Physics Education, Vol.34, No.1, pp.11-16.

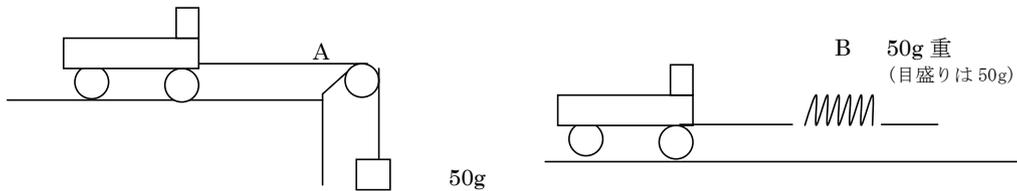
Rivard, L.P.(2004) Are language-based activities in science effective for all students, including low achievers, Science Education, Vol. 88, No.3, pp.420-442.

資料 3

<事後調査>

これは理科の学習について調べ、理科の指導に役立てようとするものです。テストではないので成績には一切関係なく、プライバシーは守られますので安心して記入して下さい。

<問題1>質量1kgの台車に、滑車を通して50gのおもりをつるして引いたAと、50g重(ばねばかりの目盛りは50gだが、質量50gの物体をつるす力を50g重としている)の力で引いたBとでは、どちらが早く移動するか、下の1~3の中から一つ選んでその番号を空欄に入れて下さい。また、この問題は何に関する問題ですか。1~5の中から最もふさわしいと思うものの番号を空欄に入れて下さい。

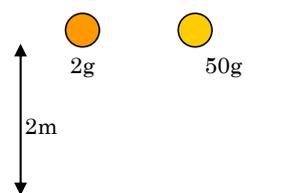


- 1) Aの方がはやい.
- 2) Bの方がはやい.
- 3) ほぼ同じ.

この問題は  に関する問題

- 1.台車の問題
- 2.加速度運動の問題
- 3.慣性の問題
- 4.重力の問題
- 5.おもりとばねの問題

<問題2>同じくらいの高さのピンポン玉(2g)とゴルフボール(50g)を2mの高さから同時に落下させる。2つの球はどのような順序で地上に落下すると思うか、下の1~3の中から一つ選んでその番号を空欄に入れて下さい。また、この問題は何に関する問題ですか。1~5の中から最もふさわしいと思うものの番号を空欄に入れて下さい。

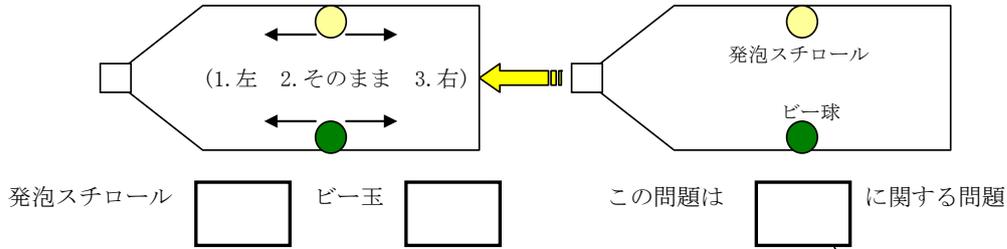


- 1) ピンポン玉の方が早く落下する.
- 2) ゴルフボールの方が早く落下する.
- 3) ほぼ同時に落下する.

この問題は  に関する問題

- 1.ピンポン玉とゴルフボールの問題
- 2.加速度運動の問題
- 3.慣性の問題
- 4.重力の問題
- 5.空気抵抗の問題

<問題 3> 下図のように水を満たしたペットボトルの中に発泡スチロールの球(浮かぶ)と、ビー玉(沈む)を入れる。そして下図のように横にして、矢印の方向に急に動かす。この時、発泡スチロールの球とビー玉は、水中でどう動くように見えるか、下図の(1.左 2.そのまま 3.右)の中からそれぞれ一つ選んで、その番号を空欄に入れて下さい。また、この問題は何に関する問題ですか。1~5の中から最もふさわしいと思うものの番号を空欄に入れて下さい。



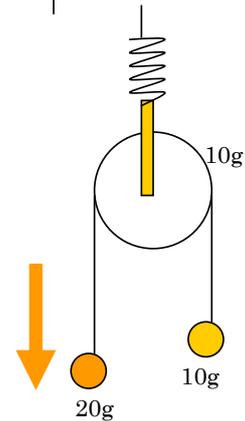
- 1. ペットボトルの問題
- 2. 加速度運動の問題
- 3. 慣性の問題
- 4. 重力の問題
- 5. 水圧の問題

<問題 4> ばねばかりによくまわる 10g の滑車を取りつけて、ひもを通して片方に質量 20g のおもりをつるし、もう片方に質量 10g のおもりをつるしたところ動き出した。この時ばねばかりには何 g 重の力がかかるか、下の 1 ~ 3 の中から一つ選んでその番号を空欄に入れて下さい。ただし、ひもの質量は無視します。また、この問題は何に関する問題ですか。1 ~ 5 の中から最もふさわしいと思うものの番号を空欄に入れて下さい。

- 1) 40g 重より大きい力。
- 2) 40g 重より小さい力。
- 3) 40g 重の力。

この問題は [ ] に関する問題

- 1. 滑車の問題
- 2. 加速度運動の問題
- 3. 慣性の問題
- 4. 重力の問題
- 5. おもりとばねの問題



## 第4章 研究5 ワークシートと役割分担の導入による中学校での コミュニケーション活動の改善

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し、効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ、役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ、理科授業の中での位置づけ、理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

研究 5 では、第 3 章研究 4 で成果をあげたワークシートと役割分担を導入したコミュニケーション活動が、中学生にも有効に機能するのか検討した。

## I. 問題と目的

研究 4 では、ワークシートと役割分担の導入によって、「慣性」課題に取り組んでいた大学生のコミュニケーションの質が改善され、表面上は異なるように見える課題が、一貫して「慣性」で説明できる課題だと認識できるようになった。ただし、冷静な判断や客観性を損なわないために、課題に対する十分な知識を獲得させることの重要性が示唆された。

研究 5 では、研究 4 で成果をあげたワークシートと役割分担が、中学生にも有効に機能するのかを検討した。中学校理科授業に導入するにあたって、中学生向けにワークシートを改善し、役割を明示したカードを配布して、理科係によるデモンストレーションを行わせてから、コミュニケーション活動を展開させた。また、研究 4 での示唆を生かして、課題に対する十分な知識を獲得させるために、豊富な観察・実験とデジタル教材(独立行政法人科学技術振興機構 理科ねっとわーく <http://www.rikanet.jst.go.jp>)による説明を用いた。

## II. 方法

### 1. 調査対象および実施時期

公立中学校 1 年生 5 クラスを対象にして、2004 年 6 月中旬(4 ヶ月前)に事前調査、2004 年 10 月中旬～下旬に 5 時間の『音』の授業、授業直後に事後調査、2005 年 2 月下旬(4 ヶ月後)に事前予告なしで遅延調査を実施した。5 クラスのうち 1 クラスは男女別に班を編成していたので除外し、分析には残り 4 クラスのうち男女 2 名ずつの 4 名で編成され、4 名がすべての活動に参加し、事前・事後・遅延の質問項目すべてに回答した 16 グループ 64 名(男 32 名・女 32 名)のデータを用いた。男女 2 名ずつの 4 名のグループのみを取り上げたのは、比較する際に人数・性別による影響を少なくするためである。

### 2. 授業展開

『音』の授業は、表 4.1 のように標準配当時数の 5 時間で実施した(授業の詳細については資料 4.1 参照)。コミュニケーション活動は、中学生向けにワークシートを改善し、役割を明示したカードを配布して、理科係によるデモンストレーションを行わせてから展開

させた。また、課題に対する十分な知識を獲得させるために、豊富な観察・実験と図 4.1・図 4.2 のようなデジタル教材による説明を用いた。

発話は、2 時間目に「A 子さんと B 子さんとどちらがよく聞こえるか」という課題(以下「聞こえ方」と略記)で約 10 分間、ワークシート(資料 4.1)と役割分担を導入した 5 時間目に「どうして雷の光と音はずれるのか」という課題(以下「雷の光と音」と略記)で約 10 分間行われたコミュニケーション活動を班ごとにテープレコーダーで録音した。

表 4.1 『音』の指導計画(5 時間扱い)

---

1 時間目：音源の振動と媒質

小学校での学習経験がないので、音源や媒質について観察・実験やデジタル教材を用いて説明した。

2 時間目：音の伝わり方

見えない音をイメージできるように、様々な観察・実験を繰り返した後、「聞こえ方」(資料 4.2 問題 6 参照)についてコミュニケーション活動をさせた(堀・市川, 1997)。

3 時間目：音の大きさと高さ

音が伝わる様子をどのように表現するのか考えさせ、同心円状に伝わる様子を説明した。さらに、デジタル教材「簡易オシロスコープ」を使用して、振幅・振動数について説明した。

4 時間目：音速の測定

デジタル教材で実験の目的や方法を説明した後、個々の生徒がストップウォッチでスターターピストルの号砲が 170m 離れた地点で聞こえるまでの時間を数回測定し、音速を求めさせた。

5 時間目：音速の発展問題

音速測定実験を振り返り、デジタル教材で確認した後、ワークシートと役割分担を導入して「雷の光と音」(資料 4.2 問題 2 参照)についてコミュニケーション活動をさせた。

---

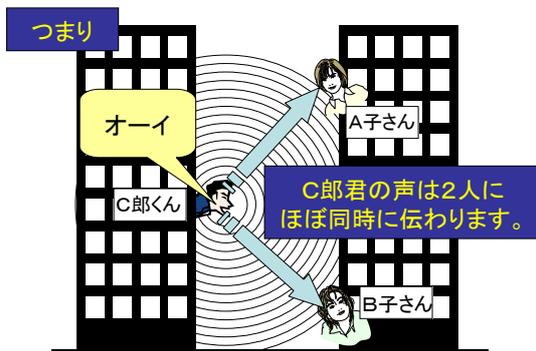


図 4.1 教員の説明(A と B ではどちらがよく聞こえるか?)

先生のまとめ

音が遠いほど  
光と音の差は大きい。  
10秒差なら  
 $340\text{m} \times 10\text{秒} =$   
 $3400\text{m}(3.4\text{Km})$ 先

音の速さについて

稲光が見えて  
しばらくしてから  
音が聞こえることがあります。

図 4.2 教員の説明(どうしてピッカとゴロゴロが一緒じゃないの?)

### 3. 調査項目

#### (1) 事前・事後・遅延調査

事前・事後・遅延調査として、資料 4.2 と同一の課題を解かせ、配点を以下のようにして 12 点満点で採点した。

問題 1 : 音の表現(大小, 高低) 各 1 点, 計 3 点満点

問題 2 : 「雷の光と音」の説明 3 点満点

問題 3-5 : 音の伝わり方(媒質[水中・真空], 速度) 各 1 点, 計 3 点満点

問題 6 : 「聞こえ方」の説明 選択 1 点, 説明 2 点, 計 3 点満点

## (2) 発話内容

それぞれの場面で録音された発話内容を分析するために、表 4.2 の 10 のカテゴリーに分類して、あてはまる発話数を比較した(カテゴリーの①から⑩は研究 4 と共通にしたが、⑪以降は該当数が少ないので除外した)。ただし、1 つの発話に対してカテゴリーが重複した場合には、重複してカウントした(【要約】での他者の意見に含まれる誤りや条件はカウントしていない)。

表 4.2 発話内容のカテゴリー

- ①【誤り】明らかに誤りを含んでいるもの  
-----単なる受け答え
- ②【司会】司会の役割を果たしているもの
- ③【回答】質問などに回答しているもの
- ④【説明】理由などを説明しているもの  
-----積極的な検討
- ⑤【質問】疑問や質問を投げかけているもの
- ⑥【確認】確認しているもの
- ⑦【要約】他者の発言を要約しているもの
- ⑧【条件・可能性】条件や可能性を検討しているもの  
-----気づき・改善
- ⑨【修正】意見などを修正しているもの
- ⑩【気づき】気づきがあったと思われるもの

## Ⅲ. 結果と考察

### 1. 事前・事後・遅延調査の結果

表 4.3 には、事前・事後・遅延調査の全体(12 点満点)、問題 1, 2, 3-5, 6 (各 3 点満点)の平均得点を示し、図 4.3 には平均得点の推移を示した。

表 4.3 事前・事後・遅延調査結果(N=64)

	事前	事後	遅延
全体 (12 点満点)	3.84 (2.80)	10.11 (1.69)	9.59 (2.20)
問題 1 (3 点満点)	0.47 (0.93)	2.75 (0.62)	2.63 (0.77)
問題 2 (3 点満点)	1.53 (1.48)	2.75 (0.69)	2.80 (0.74)
問題 3-5 (3 点満点)	1.11 (0.82)	2.11 (0.67)	2.00 (0.73)
問題 6 (3 点満点)	0.73 (1.25)	2.50 (0.87)	2.17 (1.03)

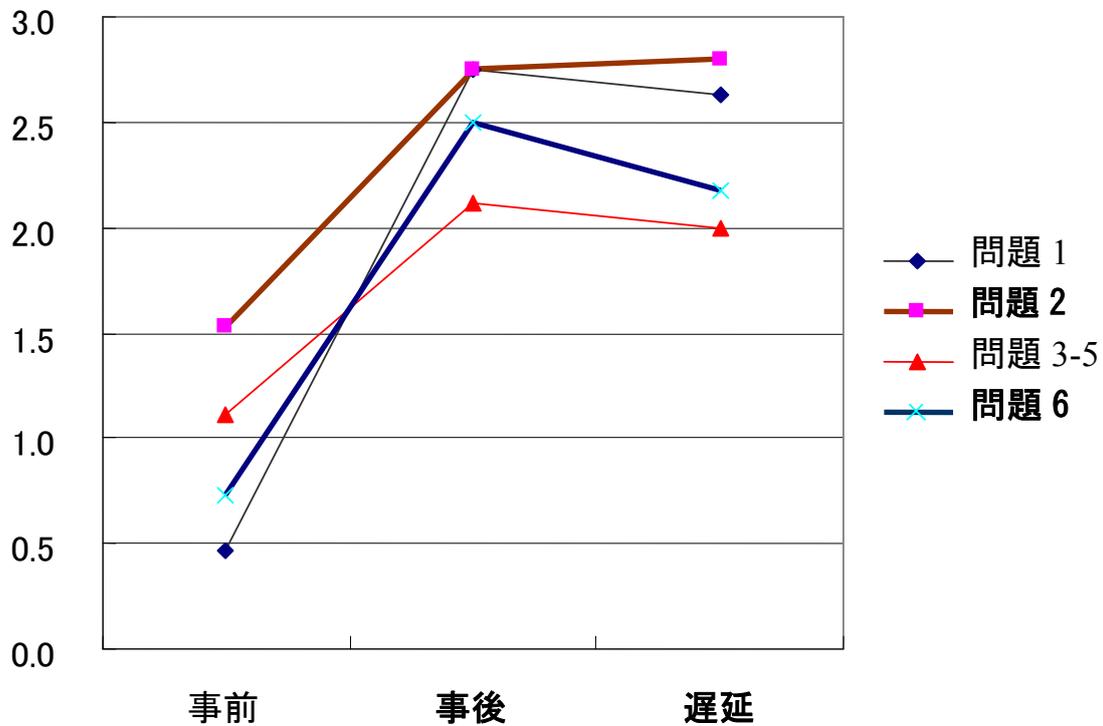


図 4.2.3 事前・事後・遅延調査結果の推移 (N=64)

ここでは、ワークシートと役割分担が導入される前のコミュニケーション活動で扱われた問題 6 と、導入後に扱われた問題 2 にどのような差異があるのかを探った。事前調査の段階では、問題 6 と問題 2 の回答に有意な相関があった (Pearson Correlation;  $r=0.258$ ,  $p<.01$ )。問題 6 と問題 2 の事前・事後・遅延調査の平均値について、反復測定 2 要因分散分析を行ったところ、問題 6 と問題 2 ( $F[1, 63]=21.84$ ,  $P<.01$ )、事前・事後・遅延 ( $F[1.26, 79.12]=103.73$ ,  $P<.01$ ) に有意な主効果が見られたが、有意な交互作用が見られたので (Mauchly  $W[2]=0.60$ ,  $p<.05$ ; Greenhouse-Geisser:  $F[1.43, 90.24]=3.86$ ,  $p<.05$ )、単純主効果検定を行った (Bonferroni 法, 5%水準)。その結果、事後・遅延調査において問題 6 <問題 2、問題 6 において事前 <事後・事前 <遅延・事後 >遅延、問題 2 において事前 <事後・事前 <遅延であった。これらのことから、問題 6 では遅延の平均得点が事後より下がり、問題 2 では事後の平均得点を 4 ヶ月後の遅延の段階でも保持していたことがわかる。

表4.4には、ワークシートと役割分担が導入される前のコミュニケーション活動で扱われた「聞こえ方」についての説明が、事前・事後・遅延調査でどのように変化したのか、代表的な回答例と64名中の該当する生徒数を示した。表4.5には、「雷の光と音」の説明について同様に示した。

表 4.4 「聞こえ方」の説明例(3点満点)

	事前調査(4ヶ月前)	事後調査(授業直後)	遅延調査(4ヶ月後)
A(男)：一貫して正解 13/64(20.3%)	音が広がっていく範囲は自分が高かろうが低かろうが同じだと思ったからです	音の伝わり方は上下関係ない	音は高い所も低い所も同じように伝わるから
B(男)：事前・事後は正解 2/64(3.1%)	音は広がっていくものだと思うから(図の説明あり)	波紋のように伝わる	音は空気を伝わる。下の方が空気が多いから
C(女)：授業後変化 30/64(46.9%)	声も重力で下に行くから	波紋のように伝わる	音の伝わり方は同じだから
D(女)：授業後変化、遅延は1点以下 9/64(14.1%)	上から下にかけては流れるように声が落ちるが、下から上にかけては空気のことがある、いまいち聞こえが悪いと思った	上も下も結局は同じだから	音は落ちたりしない
E(男)：一貫して1点以下 10/64(15.6%)	例えば、下からボールを投げても届かないけれど、上から下にボールを投げ落としても、下に行くから声とボールは同じだと思った	A子さんの方は、一番上の階だから空気が薄いから聞こえにくいと思う	上の方は空気が濃いから

表 4.5 「雷の光と音」の説明例(3点満点)

	事前調査(4ヶ月前)	事後調査(授業直後)	遅延調査(4ヶ月後)
F(女): 一貫して正解 31/64 (48.4%)	光と音は速さが違って、光のほうが速いから、光った後にゴロゴロと音がなります	光と音は速さが違って、光の方が速いから、光った後にゴロゴロと音が鳴ります	光と音は速さが違って、光の方が速いから
G(男): 授業後変化 30/64 (46.9%)	ピカッと光るのは、かみなりが落ちてきたということで、ゴロゴロは落ちた音。	雷が落ちた時は光と音が同時に出る。でも、光の方が速いから光ってから音が聞こえる	一緒に発生するけど光の方が速いから、ピカッとゴロゴロは一緒じゃない
H(男): 一貫して1点以下 3/64 (4.7%)	光と音は順番になっているから	光は音より遅いから	光と音の順番になっているから

表4.4からは、事前調査では「聞こえ方」を科学的に説明した生徒が15人(23.4%)であったが、事後調査では54人(84.4%)になったことがわかる。しかし、4ヵ月後の遅延調査では、43名(67.2%)になっている。これは、授業で「音は落ちない」ということが強く印象づけられ、D(女)のように遅延調査で「音は落ちたりしない」と感覚的な説明した生徒が9名いたためである。

表4.5からは、事前調査では科学的に説明した生徒が31人(48.4%)であったが、事後・遅延調査では61人(95.3%)となったことがわかる。また、12月上旬に行われた2学期期末テストで発展問題として「花火の光と音がずれる理由」を説明させたところ、58人(90.6%)が科学的に説明できていた。これらのことから、誤った考えをもち続けた3名の生徒以外は、「雷の光と音」について理解していたと言えよう。

## 2. 発話内容の分析

「聞こえ方」と「雷の光と音」の発話内容を分析するために、表4.6に各カテゴリーに該当した数を示した。なお、カテゴリー分類にあたっては、3人の評定者が独立して分類した後(一致率 91.4%)、不一致だったものについては協議して分類した。また、表4.7には同じグループの「聞こえ方」と「雷の光と音」の発話例を示した。

表 4.6 各カテゴリー該当数

	聞こえ方(全 94)	雷の光と音(全 840)
①【誤り】	23 (24.5%)	7 (0.8%)
②【司会】	10 (10.6%)	157 (18.7%)
③【回答】	25 (26.6%)	258 (30.7%)
④【説明】	47 (50.0%)	130 (15.5%)
⑤【質問】	8 (8.5%)	127 (15.1%)
⑥【確認】	0 (0.0%)	98 (11.7%)
⑦【要約】	0 (0.0%)	61 (7.3%)
⑧【条件・可能性】	2 (2.1%)	12 (1.4%)
⑨【修正】	2 (2.1%)	4 (0.5%)
⑩【気づき】	1 (1.1%)	1 (0.1%)

数値は発話数，( )内には発話数全体に対する割合を%で示した。

表 4.7 「聞こえ方」と「雷の光と音」の発話例の比較

「聞こえ方」(2時間目)	「雷の光と音」(5時間目)
J (男):物が落ちるのと同じで、声も落ちると思うから【説明】【誤り】。	M (女):Lさんは、今日の課題、かみなりについて自分の考えを説明して下さい【司会】。
K (男):俺も落ちると思って、訳は、あの、落ちないのなら、声はずっとまっすぐ飛んで行くから、そんなことはありえないから、俺もB子さんの方が良く聞こえると思う【説明】【誤り】。	L (女):えっと、光と音の速さは、光の方が速くって、音の方が遅いから、光ると鳴る、音が鳴るのがずれると思います【説明】。
L (女):うんと、B子さんが良く聞こえる理由は、よく歌とか歌っている時に前で音を落とすなどか、声を落とすなって言われてたから、前にいて、まず上に、物も上に上がらないのと一緒に、下に行くから、まず上にはないと思う【説明】【誤り】。	M (女):J君とK君は、あ、J君とK君は、Lさんに質問をして下さい【司会】。
M (女):えっと、私は、ベランダでよく叫ぶ時は、下の方が聞きやすいから。2番のB子さんが、良く聞こえるんだと思いました【説明】【誤り】。	J (男):もう少し詳しく説明して下さい【質問】。
L (女):○班の意見は、これで終わりです【司会】。	L (女):だから、うんと、この前の実験の時に、先生が言っていたように、光の方が音より何、どれくらい速いかわかんないけど、速くて、音が来るより早いから、みんなそれと、雷の光った位置は遠いから、音のほうが遅くなると思います【説明】【条件・可能性】。
	M (女):まとめると、光と音の速さは光の方が速くて、音の方が遅いから、光って、鳴るといいますか【要約】。
	L (女):はい【回答】。
	M (女):その考えは筋が通っていますか【確認】。
	L (女):たぶん通っていると思います【回答】。
	M (女):まだわからなかったり、疑問に感じていることはありますか【確認】。
	L (女):なし【回答】。
	L (女):J君は、今日の課題、かみなりについて自分の考えを説明して下さい【司会】。
	J (男):えっと、光るのは雷が落ちたっていうことで、遠くにいればいるほど、光ってからの音が聞こえるのが遅いわけ【説明】【条件・可能性】。
	L (女):K君とMさんは、J君に質問をして下さい【司会】。
	...

表 4.6 からは、「聞こえ方」では誤りを含んだ説明が多くなされていたが、「雷の光と音」では誤りが少なくなり、新たに「確認」(0[0.0%]→98[11.7%])と「要約」(0[0.0%]→61[7.3%])が発話されるようになって、「質問」(8[8.5%]→127[15.1%])も増加していたことがわかる。

表 4.7 からは、ワークシートと役割分担が導入されたことによって、各生徒が説明者・質問者・確認者として、自分の考えを説明したり、質問を投げかけたりするようになっていたことが伺える。5時間目の「雷の光と音」では、J(男)「もう少し詳しく説明して下さい」と質問したことが、L(女)「...雷の光った位置は遠いから、音の方が遅くなると思います」と詳しい説明を引き出している。そして、M(女)「その考えは筋が通っていま

すか」という確認が、説明の一貫性を保たせるのに役立っていたと言えよう。こういったことは、2時間目の「聞こえ方」では決して生じなかったことである。もちろん、2時間目と5時間目を比較するにあたって、後に行われた5時間目ではコミュニケーション自体の学習効果も考えられ、学習内容の難易度などを考慮する必要があるが、それらを考慮に入れても、中学生向けに改良したワークシートと役割分担が、コミュニケーション活動の改善に貢献したと言えよう。

#### IV. まとめ

研究4での示唆を生かして、課題に対する十分な知識を獲得させるために、豊富な観察・実験とデジタル教材による説明を導入し、5時間の『音』の授業で、2時間目での「聞こえ方」についてと、ワークシートと役割分担を導入した5時間目での「雷の光と音」についてのコミュニケーション活動を、発話内容・学習内容理解といった観点から分析した。

その結果、5時間目の「雷の光と音」では、「確認」「要約」といった発言がなされるようになり、「雷の光と音」に関する遅延調査の平均得点が、事後調査の平均得点を上回っており、4ヶ月後の遅延の段階でも理解が保持されていた。そして、コミュニケーション活動のM(女)の「その考えは筋が通っていますか」という質問が、グループメンバーの説明の一貫性を保たせることに貢献していたことが明らかになった。

#### 文献

堀哲夫・市川英貴(1997) 認知的方略の実態とその育成に関する研究, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 37, No. 3, pp. 25-34.

資料 4.1

「5時間の授業の詳細」

<<単元目標>>

●音についての実験を行い、音はものが振動することによって生じ、空気中などを伝えることを知る。

●音についての実験を行い、音の大きさや高さは発音体の振動のしかたに関係することを知る。

1時間目 / 5時間

<<目標>>

- ・音を出している物体の振動の様子を意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度)
- ・音源が震えていることで音を発生していることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・4ゾーンを巡り、正しい手順で調べて、結果をまとめられる。(技能・表現)
- ・音は物体の振動によって生じることを知る。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
導入 (10)	<p>○音を出すにはどうしたらよいか発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・声を出す</li> <li>・楽器を弾く、たたく、吹くなど</li> </ul> <p><b>観察</b> 音が出ている物を調べよう</p> <p>○音が出ている楽器の様子を観察する。</p> <p>○打楽器、弦楽器に触れたり、たたいたりする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・震えている</li> <li>・動いている</li> </ul> <p>○音源は振動していることを知る。</p> <p>○「音源」の説明を聞く。</p>	<p>一斉</p> <p>個人グループ</p> <p>一斉</p>	<p>・プレゼンテーションソフトとプロジェクターを使用して、授業を進める。</p> <p>・太鼓、スピーカー、ギター、音叉を提示し、音が出ている状態を実際に体験させる。☆音源が震えていることで音を発生していることを見いだせる。(科学的な思考)</p> <p>・振動部が拡大された映像を見せることにより確認する。</p>	<p>・太鼓(ティンパニー)</p> <p>・スピーカー</p> <p>・ギター</p> <p>・音叉</p>
課題把握 (5)	<p>学習課題 音を伝えるものは何だろうか</p>			
実験 (25)	<p><b>実験</b> 音が伝わる様子を調べよう</p> <p>○実験の手順や注意事項などの説明を聞く。</p> <p>①4ゾーンで音の伝わり</p>	<p>個人グループ</p>	<p>・ワークシートにメモできるようにしておく。</p>	<p>・音叉</p>

<p>まとめ (10)</p>	<p>方を調べる。 A→音叉の共鳴 B→真空中の音 C→水中の音 D→糸電話, エナメル線電話</p> <p>②音が聞こえるか。聞こえ方の特徴 (大きさや高さ)はどうか。</p> <p>③ワークシートにまとめる。</p> <p>○実験でわかったこと気づいたことを発表する。</p> <p>○音を伝えるものは何かについて教員のまとめを聞く。</p> <p>・音源の振動は外の物に伝わっていく。</p> <p>・耳まで伝わると鼓膜を震わせて音として聞こえる。</p> <p>・空気がなくなると聞こえない。</p> <p>・液体や固体でも伝わる。</p>	<p>一斉</p>	<p>・真空ポンプには教員が付く。</p> <p>☆4ゾーンを巡り, 正しい手順で調べている。(技能・表現)</p> <p>☆音を出している物体の振動の様子を意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度)</p> <p>☆実験の結果を適切にワークシートにまとめられたか。(技能・表現)</p> <p>・デジタルコンテンツを使ってまとめる。</p> <p>☆音は物体の振動によって生じることを知る。(知識・理解)</p>	<p>・仕切りの板</p> <p>・真空ポンプ</p> <p>・ブザー</p> <p>・水槽</p> <p>・水中マイク</p> <p>・糸電話</p> <p>・エナメル線</p>
---------------------	--	-----------	--	--

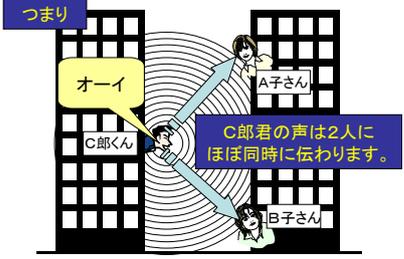
2 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・音の伝わり方について意欲的に探究しようとする。(関心・意欲・態度)
- ・音は物ではなく, 空気の振動であることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・音は音源から同心円状に伝わることを理解する。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
課題把握 (5)	○前時(音源と媒質)を振り返る。	一斉	○前時で使用したコンテンツで復習する。	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">           学習課題 音はどのようにして伝わるのだろうか         </div>				
観察 (10)	<p><b>観察</b> 音が伝わる様子を見る</p> <p>○音響装置の音で風船が動く様子を観察する。</p> <p>●空気が揺れている</p>		<p>☆音の伝わり方について意欲的に探究しようとする。(関心・意欲・態度)</p> <p>○風船の動く向きに注目させる。</p> <p>○動きは微かなので, 小型ビデオカメラでモニターし, スクリーンに拡大して見せる。</p>	<p>スピーカー</p> <p>・風船</p> <p>・スタンド</p>
考察 (10)	○音は縮められた空気が波			

<p>話し合い (15)</p> <p>まとめ (10)</p>	<p>として順番に押されて伝わっていくことを理解する。</p> <p>○音は落ちるのだろうか。 <b>コミュニケーション活動(役割分担なし)</b> <u>A子さんとB子さんとどちらがよく聞こえるか</u></p> <p>○班ごとに話し合う。 ○全体に発表する。</p> <p>○教員の演示実験を見て、説明を聞く。 →音はどの方向にも同心円状に伝わる。</p> <p><b>音叉の演示実験</b></p> 	<p>グループ</p> <p>一斉</p>	<p>○デジタルコンテンツで説明する。 ・音叉の振動 ・縦波と横波の動画</p> <p>○事前アンケートを提示し、「下の方がよく聞こえる」「声が落ちるから」と答えた生徒が多かったことを伝える。 ○他人の意見を尊重するように伝える。</p> <p>○演示実験を2つ行い、理解を促す。 ○自作アニメーションで説明する。 ☆音は物ではなく、空気の振動であることを見いだせる。(科学的な思考) ☆音は音源から同心円状に伝わることを理解する。(知識・理解)</p> 	<p>演示1 ・発音器 ・受音器</p> <p>演示2 ・音叉 (3個)</p>
--	--	-----------------------	--	--

3 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・音の大小・高低について意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度)
- ・音の大小・高低が発音体の振動のしかたに関連していることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・音源の振動の様子と音の大小・高低との関係を調べて、結果をまとめられる。(技能・表現)
- ・音の大小・高低が発音体の振動のしかたに関連していること理解する。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
導入 (15)	<p>○音をどのようにして表現するのかワークシートに書いてみる。</p> <p>○音の表現について教員の説明を聞く →音は同心円状に伝わるが、表現しにくいので、便宜上、横波で表すこともある。 ○琴やギターから、様々な音が出ることを知る。</p>	一斉	<p>○事前アンケートを例に出し、音を文字で表現する生徒が多かったことを伝える。 ・数人の生徒に自分の考えを黒板に書かせる。</p> <p>○音は縦波だが表現しにくいので、便宜上、横波で表現することを伝える。</p> <p>○弦楽器を準備し、様々な音を体験できるようにする。</p>	・マグネット式スクリーン
課題把握 (15)	学習課題 音の大きさや高さはどのようにして決まるのだろうか			
発表 (10)	<p><u>実験</u>音の大きさや高さを調べよう</p> <p>○簡易モノコードで音の大きさや高さについて調べる。 ・大きな音が出るのはどういう時か。 ・高い音が出るのはどういう時か。 ワークシートにまとめる。</p> <p>○全体に発表する。 ・強くはじくと大きくなる ・たくさん引くと大きくなる ・弦が細いと高い ・強く張ると高くなる</p>	個人  一斉	<p>☆音の大小・高低について意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度) ○結果を記録するワークシートを準備する。 ☆音源の振動の様子と音の大小・高低との関係を調べて、結果をまとめられる。(技能・表現) ☆音の大小・高低が発音体の振動のしかたに関連していることを見いだせる。(科学的な思考)</p> <p>○デジタルコンテンツを使ってまとめる。 ○シミュレーションは自由に見られるように複数設置しておく。 ○簡易オシロスコープを使用して、マイクから入力した音の波形を観察させ、音の要素と波形の関係を確認させる。</p>	簡易オシロス
まとめ (10)	<p>○教員の説明を聞く。 ・物が振動して音を出す時、振動の幅や速さで音の大きさや高さが異なる。 ・振動の幅を「振幅」 ・1秒間に振動する回数を「振動数」とする ○いろいろな音の波形を見</p>			

	る。		☆音の大小・高低が発音体の振動のしかたに関連していること理解する。(知識・理解)	コープ
--	----	--	--	-----

4 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・音の速さに関心を持ち、意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度)
- ・光速と音速の差を利用して音の速さが測定できることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・実験結果から音速を算出できる。(技能・表現)
- ・光速と音速の違いを理解できる。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等	
課題把握 (5)	○陸上競技のスターターの後ろに黒い板をもつ人がいるのはなぜだろう。 ・見やすくするため ・煙を見るため ・音では遅れてしまう  ○音は光に比べて、速度が遅いことに気づく。	一斉	○場面を思い出させる。 ☆音の速さに関心を持ち、意欲的に調べようとする。(関心・意欲・態度)	100 円 ショップで購入した ストップウォッチ 20 個	
学習課題 音はどのくらいの速さで伝わるのだろうか					
実験 (30)	<u>実験</u> 音の速さを測定しよう ○実験の手順や注意事項を聞く。 ①測定の順番を確認する ②教室でデモンストレーションを行う ③ベランダとグラウンドで測定する ④教室に戻って音速を算出する 音の速さ=2点間距離(m)÷時間(秒)	個人 グル プ	○実験前にデジタルコンテンツで原理や実験方法の確認をする。 ☆光速と音速の差を利用して音の速さが測定できることを見いだせる。(科学的な思考) ○計算機(10個)を用意し、データ算出の助けとする。		
まとめ (15)	○各班のデータを黒板に書き出させて比較する。 ○教員の説明を聞く。 ○理想の値 340m/秒にならなかった理由を考える。	一斉	☆実験結果から音速を算出できる。(技能・表現)。 ☆光速と音速の違いを理解できる。(知識・理解)		

5 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・ 雷の光と音がずれる理由を探究しようとする。(関心・意欲・態度)
- ・ 光速と音速の違いから、音がずれる理由を見いだせる(科学的な思考)
- ・ 相手が納得するように筋道立てて説明できる。(技能・表現)
- ・ 空気中を伝わる音のおよその速さを理解している。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
復習 (10)	○音速が理想の値340m/秒にならなかった理由について振り返る。 ・反応が鈍い ・近すぎる ・音も速い ○数人の生徒が音速測定シミュレーションを全体の前で体験して音速について確認する。 ○雷のビデオ映像を見る。 ○事前調査での「雷の説明」を思い出す。	一斉	○誤差の理由を考えられたか。 ・媒質や温度によって音速が変化することにもふれる。 ○シミュレーションは、目視できないほど遠くなくても計測できる。  ○事前に撮影した映像を見せる。 ○事前調査では、様々な回答があったことを紹介する。	
課題把握 (5)	学習課題 雷でピカッ(光)とゴロゴロ(音)がずれるわけを説明			
説明 (5)	<u>コミュニケーション活動(役割分担あり)</u> どうして雷の光と音はずれるのか ○説明の手順や注意事項などを聞く。		☆雷の光と音がずれる理由を探究しようとする。(関心・意欲・態度)	コミュニケーションカード
話し合い (15)	①班ごとに役割を決める A 説明者 B 質問者 C 確認者 ②1 サイクル3 分間とする。 ○グループの考えを1 つにまとめ、発表する。	グループ	○理科系の生徒によるコミュニケーション活動のデモンストレーションを行う。  ☆光速と音速の違いから、音がずれる理由を見いだせる(科学的な思考) ☆相手が納得するように筋道立てて説明できる。(技能・表現)	
まとめ (15)	○教員の説明を聞く。 「雷の説明」のデジタルコン	一斉	○音速は光速よりも遅く、	

	<p>テントでまとめる。</p> <p>先生のまとめ</p>  <p>雷が遠いほど 光と音の差は大きい。 10秒差なら 340m × 10秒 = 3400m(3.4Km)先</p>	<p>遠い場所で発生した雷の音は遅れて到着することを確認する。 ☆ 空气中を伝わる音のおよその速さを理解している。(知識・理解)</p>	
--	---	--	--

### 学習課題 雷のピカッとゴロゴロがずれる理由を説明しよう

①【アンケートの問題】あなたに小学校3年生くらいの友達がいたとして、次のように質問されたら、どのように答えますか。小学3年生に教えるつもりで答えて下さい。  
「どうしてかみなりはピカッと光るとゴロゴロって音がするのがいっしょじゃないの」

②自分の考えを記入する

### ③話し合い活動 【相手の意見を大切にしよう】

方法 A:説明者 B:質問者 C:確認者を順番に担当する(4人班はBを2人にする)

A:説明者になったら、自分の考えを質問者Bに向かって説明する

B:質問者になったら、発表者Aの説明が終わった後で質問する

C:確認者になったら、発表者Aの説明の要点を下に書き込む

そして、「質問の例」の中で質問者Bが質問しなかったことを質問する



発表者( )の説明

自分がC:確認者の時に記録します

#### 「質問の例」

- 「まとめると〇〇ということですか」
- 「〇〇についてもう少し詳しく説明してくださいませんか」
- 「その考えはスジが通っていますか」
- 「まだわからなかったり、疑問に感じていることはありませんか」

④グループで考えを1つにまとめて、その考えを書き込む

グループの考えに納得した

資料 4.2

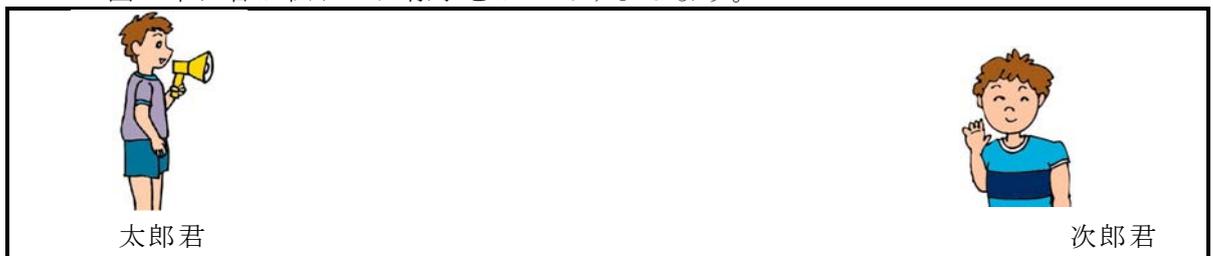
<事前・事後・遅延調査>

- 1 下の図を見て下さい。太郎君がマイクで次郎君に「オーイ」と声をかけています。次郎君もその声が聞こえました。太郎君のマイクから、次郎君の耳まで音が伝わったようです。

- 1-1 太郎君の声(音)は2人の間をどのように伝わったのでしょうか。  
図の中に音が伝わった様子をかいてみましょう。



- 1-2 太郎君は、さっきよりも大きな声でしゃべりました。音も大きく伝わりました。  
図の中に音が伝わった様子をかいてみましょう。



- 1-3 太郎君は、さっきよりも高い声でしゃべりました。音も高く伝わりました。  
図の中に音が伝わった様子をかいてみましょう。



- 2 あなたに小学校3年生くらいの友達がいたとして、次のように質問されたら、どのように答えてあげますか。小学3年生に教えるつもりで答えて下さい。

質問「**どうして、かみなりはピカッと光るとゴロゴロって音がするのが一緒じゃないの**」 あなたの答え

3 音は水中でも聞こえますか。下の1~3から1つ選び、番号に○をつけましょう。

( 1 聞こえる 2 少し聞こえる 3 聞こえない )

4 音は宇宙(真空中)でも聞こえますか。下の1~3から1つ選び、番号に○をつけましょう。

( 1 聞こえる 2 少し聞こえる 3 聞こえない )

5 音が伝わる速さはどれくらいでしょうか。下の絵の中で、何に最も近いと思いますか。下の1~6から1つ選び、番号に○をつけましょう。

( 1 人が歩く 2 人が走る 3 車が走る 4 新幹線 5 旅客機 6 ロケット )



4 km



10 km



60~80 km



300 km



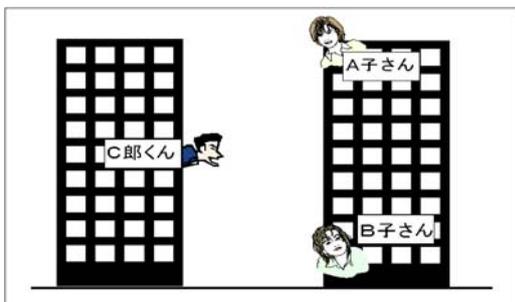
900 km



40000 km

時速 (1 時間に進む距離)

6 下の図を見て下さい。左のビルのC郎くんが右のビルのA子さんとB子さんに同時に声をかけました。C郎くんからA子さんまでとB子さんまでの距離は同じです。



上にいるA子さんと下にいるB子さんとは、どちらがよく聞こえますか。  
下の1~3から1つ選び、番号に○をつけましょう。

- 1 A子さんの方がよく聞こえる
- 2 B子さんの方がよく聞こえる
- 3 聞こえかたは同じ

答えを選んだ理由を書いて下さい。

## 第5章 コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し，効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

第4章研究5の中学生での試行授業では、M(女)「その考えは筋が通っていますか」という発言が、メンバーの説明の一貫性を保たせるのに貢献していたことが示された。一貫した説明が重要なことは、例えばPISA 2006での科学的リテラシーの最上位者の回答の特徴が、「複雑な生活の問題場面において、科学の知識と科学についての知識を一貫して認識したり、説明したり、応用したりする」ことであったことから伺える(国立教育政策研究所編,2007)。ところが今までは、カリキュラムの一貫性を扱った論文は多く見られても、説明の一貫性を肯定的にとらえて、授業で促すことを試みた研究はほとんどなかった。日本の理科教育では、村山(2005)が「科学的思考力を育成する授業づくり」の中で、「意地でも燃焼の三条件(燃えるもの・酸素・燃え続けるための温度)で考えさせる」活動を通して、説明の一貫性を促した例を紹介したのがはじめてだろう。状況に左右されずに一貫した説明を促すことは容易ではないが、一貫した説明は成績上位者の特徴でもあり、理科授業の中でも取り上げられるべきであろう。

研究6では、一貫した説明を促すための知見を整理して、中学校2年生『電流と回路』の授業で、一貫した説明を促すことを試みた。

## 第1節 一貫した説明を促す方法

### I. 一貫した説明について

坂本ら(2007)は、第3回国際数学理科学力調査(TIMSS)で、日本の中学生がふたをしたロウソクの火が消える理由を正しく答えることができるにもかかわらず、「二酸化炭素には火を消す性質がある」と考えているものが少なくないことに対して、「燃焼の3要素による説明とは相容れない『二酸化炭素の火を消す性質』なるものの存在を肯定するのは、明らかに一貫性を欠いている」と指摘している。そして、「現時点ではよくわかっていない現象に対して、原理・法則が成立することを前提として探究を行うことができる。これも科学的思考の一つとして重要であると考えられる。しかしながら、従来の研究では、このような科学的思考は取り上げられてこなかった」としている。

従来は、生徒が教室にもち込む様々な考え<sup>1)</sup>は、生徒なりに一貫しており、理科授業を受けても容易には変容しない、科学概念獲得の妨げになる厄介なものとして扱われてきた。例えば、佐藤・荒井(2009)は、生徒の様々な考えについて、「経験をもとに本人の帰納的または演繹的推論が活発になされた結果として形成されたものであるために、誤ってはいる

けれども概念体系として高い一貫性をもち、かつその修正を目的とした外からの働きかけに対して強固な頑健性を示す知識として特徴づけられている」としている。

一方で、「素朴概念とされるものは、子どもたちが自力で編み出したものなどではない。生活経験や学校での指導を前提条件に、調査用の質問によって誘導・強要されたものであって、それを素朴概念とする見解は素朴に過ぎる（山岡，2003）」といった指摘もある。また、課題場面の微小な違いで誤ルールとルールの適用が同一個人内で容易に左右されてしまう現象も観察されており（例えば、佐藤，2002）、必ずしも強固で一貫した誤ルールが常に内在しているとは限らない。佐藤・荒井(2009)は、大学生の植物概念課題に対する判断基準を調査し、「動物の定義が示された後の外延判断において、大学生は、縮小過剰型の誤概念を適用しがちな小学生とは異なり、むしろ固定した判断基準をもたずに個々の動物ごとに判断を左右するという誤りの傾向が強いことがわかった」と報告している。

仮に誤っていても一貫した考えをもっていただけの方が、科学概念に転換されやすいという指摘もある。例えば、西川・冬野（1996）は、中学校2年生667名を対象にして、電気についての考えの一貫性の強さと電気概念の獲得・定着の関係について調査した。その結果、たとえ誤った考えであっても一貫性が強い生徒ほど授業効果が高く、葛藤教材が提示されると科学概念を受け入れやすいことを明らかにした。そして、考えが文脈に依存して一貫性が弱い生徒ほど、電気概念の獲得率・定着率が低くなり、個別面接調査を通じて考えが文脈に依存してしまう生徒は、強固なプレコンセプションやオルタナティブフレームワークをもっているというよりも、概念が無い(ノンコンセプション)と解釈できるとしている。また、呉（2005）は、韓国の小・中・高校生110名を対象に乾電池に関する実施し、「寿命になると乾電池は軽くなる」など乾電池に関する誤概念が一貫性をもっている場合と一貫性をもっていない場合で比較した結果、誤概念が一貫している場合には63%が修正され、一貫していない場合には23.5%が修正されたに過ぎなかったと報告している。

上述のように、生徒が教室にもち込む様々な考えの中には、調査で尋ねられて帰納的・演繹的に推論したために形成されてしまったものや、状況に応じて変化しやすいものもあることがわかる。そして、たとえ誤った考えだったとしても、一貫している場合には科学的概念に転換されやすいとも示唆されている。従来は、一貫した説明を促すことには焦点が当てられなかったが、一貫した説明をすることは優れた学習者の特徴でもあり、一貫した説明を促すことで科学的概念獲得に導く可能性もある。

ただし、表面上の状況に左右されずに本質を見抜いて一貫して説明するのは、容易では

ないことも報告されている。例えば、吉國・生田(2007)は、小学4年生32名を対象に、「物質が三態変化する(個体⇔液体⇔気体)」というルール of 学習場面を取り上げ、事前調査・教授活動・事後調査を実施した。その結果、ルール「物は三態変化する」を一貫して適用できるようになったものは、半数程度にとどまっていた。また、荒井・白井(2008)は、大学生を対象にして、ジャガイモとピーマンの各器官の光合成の有無を尋ねた上で、「あなたが答えた通りだとすると、次の決まりは正しいだろうか?」と質問したところ、「光合成は葉のみで行う」という「機能分化説」で答えたものが50%で、「緑の部分は全て光合成する」と一貫して回答できたものは5%にとどまっていた。

## II. 一貫した説明を促す方法

I. では、一貫した説明を促すことで科学的概念獲得に導ける可能性がある一方で、一貫した説明を促すことは容易ではないと述べてきた。佐藤(2008a)は、「近年、学校の授業で教えられる一般性、抽象性の高い知識が、必ずしも日常場面における具体的な問題解決に十分に利用されないことが指摘され、この両者を繋ぐ推論を促進する方略の開発が教育実践現場から求められる状況にあるといえる」と述べており、学んだ知識を問題解決に適用できるようにさせる具体的な指導方略の開発が望まれている。

以下では、一貫した説明を促すことで科学的知識を獲得させ、問題解決場面に科学的知識を適用できるようになるコミュニケーション活動を開発するために、(1)「知識不足を補う」(2)「例外懸念を払拭する」(3)「論理操作不足を解消する」の3つの観点から、先行研究を検討する。

### (1) 知識不足を補う

荒井(1998)は、大学生を対象にして3題の直流回路課題に続いて、2題の交流回路課題について、「正しいのは(どれか)」と発問した群と「都合の良いのは(どれか)」と発問した群の交流回路課題への反応の一貫性を比較した。その結果、前提知識がある場合には、交流回路課題に対して「そこまで理解が(まだ)及んでいない」と考えることができ、一貫した回答となったが、前提知識が不足する場合には、不確定な前提知識による説明を試みて回答が一貫しない者が多くなったと報告している。

藤田(2005a)は、大学生66名を対象にして、気圧の力学的な性質について説明する実験授業を行った後、提示された実験事例とどの程度類似する般化問題であれば、学習した概念を適用するのかを調べた結果、提示する事例数が少ない場合には、表面的な特徴が類

似する問題には学習した知識を適用でき、提示事例数が増えると、表面的には異なるが構造的には類似している問題にも、適用範囲が広がることを確認した。

工藤(2003)は、大学生を対象にして「花が咲けば種子ができる」という種子植物のルールを教示した後、その教示をどのように解釈したのかを調べた。その結果、約半数は種子植物の一般的なルールが教示されたとは解釈せずに、チューリップ事例からの帰納学習のために、一般化が制限されていたと報告している。そして、従来、知識の一般化可能性を制限する要因として、誤概念が取り上げられてきたが、知識の一般化可能性を制限するのは学習時点での解釈であり、体験から生み出される誤概念の影響は二義的であるとしている。

これらの例から、前提知識や前提知識の解釈が十分でないで一貫した説明が難しくなり、表面的には異なるが構造的には類似した課題にも一貫した説明をさせるには、「しっかりと前提知識について理解させること」「提示事例数を増やすこと」が大切になる。

## (2) 例外懸念を払拭する

佐藤(2008b)は、「授業で得た知識も正しいのかもしれないが、世の中にはそれがあてはまらない場合だってきっと沢山あるだろう」という「判断の不確定性」は、授業で教えられたルールの演繹的適用を阻害する要因の一つになっていると示唆している。そして佐藤・荒井(2009)は、大学生の「動物」の外延判断を調査したところ、誤答した大学生は、定義を否定したり、定義以外の基準をもっているために定義を適用しなかったのではなく、むしろ漠然と例外を期待したり、個別の動物ごとに個別的な判断を行ったために定義を使わなかったと示唆している。

麻柄(2006)は、約100名の大学生を対象にして、「花が咲けば種子ができる」という種子植物に関するルールの適用について調査した。その結果、チューリップ事例・アブテナ事例とも約70%の者が「花が咲けば種子ができる」というルールには例外があると考えて、他の事例にルールを適用できなかった。

伏見・麻柄(2009)は、大学生等の大人414名を対象にして、個別事例にもとづく「例外への懸念」以外にも、個別事例にもとづかない一般的なルールの誤解釈がルールの適用を阻んでいる可能性について検討した。「(すべての)金属は非金属より熱伝導率が高い」「(すべての)金属は電気を通す」という理科のルール、「(すべての)XはQである」という論理ルールについて調べた結果、論理ルールにおいても事例範囲を「すべて」ではなく自動的に割り引く傾向が認められ、その傾向は理科のルールの方が顕著で、ルールを割り引

く者は、ルールを事例に適用する傾向が弱いと報告している。

例外懸念は過度の一般化を避けるという肯定的な側面をもっているが、理科授業の中でも教員の方で「例外のないルールはない」「イノベーションも例外から生まれる」ことなどを強調して、ルールの適用に制限をかけているのではないだろうか(麻柄, 2006)。麻柄(2006)は、例外への懸念に打ち勝ってルールを適用できるようにするために、20人の参加者が100円ずつ出し合って、正答すれば2,000円を山分けできるといった「かけ事態」を設定して、教示されたルールでの判断を求めると、通常のテスト形式で質問するよりも多くの学習者がルールにもとづいて解答し、その後通常テスト形式で質問しても、別の事例にもルールを適用して解答することができたと報告している。

どちらの方が当たる確率が高いかで判断させる「かけ事態」を設定することは、ルールを適用した一貫説明を導くための重要な示唆であるが、中学校の理科授業でそのまま使うことは教育的でないため、理科授業向けの方法を開発する必要がある。

### (3) 論理操作不足を解消する

工藤(2010)は、操作的思考の生起がルール学習においてきわめて重要であることが明らかになって、「近年、学習者によるルール命題の心的操作がルール学習に影響するという研究報告が増加している」と指摘している。

藤田(2005b)は、大学生206名を対象にして、気圧について一般的な「気圧の異なる複数の空間が存在するとき、高压の空間から低压の空間に向かって作用する力が生じる」「その気圧の高低は空気分子の運動差によって生じる」という情報に加えて、属性(気圧)や属性間の関係を操作する事例を教示情報に追加することで、類似性が低い般化事例に対しても気圧概念を適用できるのかを調査した。その結果、概念情報を教示するだけでなく、概念構造を操作する事例の教示を追加し、概念操作に関する知識を補うことで、科学的概念の般化可能性を高める効果があるとしている。

立木・伏見(2008)は、大学生153名を対象にして、「金属ならば電気を通す」というルールについて、テスト得点の伸びを抑制するのは、誤概念へのこだわりだけではなく、学習者の論理変換操作の不十分さにも原因があるのか検討した。その結果、教材文の記述内容(ルール)からの論理変換操作が適切にできない大学生が少なからず存在し、事後テスト得点には、誤概念に対するこだわりよりも、読み物内容からの論理変換操作の不十分さが強くかかわっていたと報告している。そして、「授業実践に関しても、誤概念の修正のみに着目して教授方略をたてるのではなく、操作的思考の活性化をも考慮した教授方略をたて

る必要がある」と指摘している。

これらのことから、学習者に概念情報を教示するだけでなく、概念の操作や論理変換操作を取り入れることで、ルールを適用した一貫説明を促すことも考えられる。

### III. 生徒の一貫した説明を促す方法

II. では、一貫した説明を促す方法について、(1)「知識不足を補う」(2)「例外懸念を払拭する」(3)「論理操作不足を解消する」の3つの観点から検討した。

(1)からは、前提知識や前提知識の不足を補うために、「しっかりと前提となる知識について理解させること」「提示事例数を増やすこと」が有効であること

(2)からは、例外懸念の払拭のために、当たる確率が高いものを選ばせるなどの状況設定が有効であること

(3)からは、概念の操作や論理変換操作を取り入れることが有効であること

といった一貫説明を促すための示唆が得られた。

上述の示唆は有効だが、ほとんどの知見は大学生対象にした読み物教材を通した調査の結果から得られたもので、そのままでは中学校の理科授業には適用できない。

例えば、以下のようにして中学生にも一貫した説明を促せると示唆できる。

- ・知識不足を補うために、幅広い現象に適用できる確固とした知識を獲得させること
- ・例外懸念を払拭させるために、「かけ事態」を設定することは教育的ではないので、研究5で示唆された生徒同士でお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うこと
- ・大学生の場合には、自力で教科書の説明を適用しやすい形に変換することは可能だが、はじめてその知識を学ぶ中学生には困難なので<sup>2)</sup>、教科書の知識を適用しやすい形に変換するための援助をすること

#### 注

1) 生徒が教室にもち込む考えについては、素朴理論、素朴概念、前概念、誤概念、ル・バーなど様々な呼称がある。

2) 例えば、山下(2011)は、理科系大学生・文科系大学生・中学校1年生を対象にして、凸レンズが作る実像・虚像に関する作図能力と理解状況について読み物教材を用いて調査した。大学生は、読み物教材を読み進めながら解説に納得して新たな知識を獲得できたが、

中学生の場合には読み物教材を読むだけでは新たな知識が十分に獲得されず，発展的課題にはうまく回答できなかつた。このことから，大学生の調査から得られた知見は，そのままでは理科授業に適用できず，小・中学生の理科授業向けにアレンジして，実際の理科授業の中で実証する必要があるだろう。

## 文献

荒井龍弥(1998)大学生における土着の「電気回路」概念の適用範囲，仙台大学紀要，Vol. 29，No. 2，pp. 100-109.

荒井龍弥・白井秀明(2008)大学生の光合成課題に対する回答一貫性，日本教育心理学会総会発表論文集，Vol. 50，p. 569.

藤田敦(2005a)複数事例の提示が概念の般化可能性に及ぼす影響：気圧の力学的性質に関する概念受容学習過程，教育心理学研究，Vol. 53，No. 1，pp. 122-132.

藤田敦(2005b)属性操作に関する事例の教示が概念の般化可能性に及ぼす効果：気圧の力学的性質の概念受容学習，教育心理学研究，Vol. 53，No. 3，pp. 393-404.

伏見陽児・麻柄啓一(2009)ルール適用を妨げる要因としての事例範囲の誤った解釈，教育心理学研究，Vol. 57，No. 3，pp. 284-29.

国立教育政策研究所編(2007)生きるための知識と技能3 OECD生徒の学習到達度調査(PISA) 2006年調査国際結果報告書，ぎょうせい，p. 38.

工藤与志文(2003)概念受容学習における知識の一般化可能性に及ぼす教示情報解釈の影響：「事例にもとづく帰納学習」の可能性の検討，教育心理学研究，Vol. 51，No. 3，pp. 281-287.

工藤与志文(2010)ルール学習と操作的思考-概観と展望，教授学習心理学研究，Vol. 6，No. 1，pp. 29-41.

麻柄啓一(2006)例外への懸念がルール学習に及ぼす影響-ルールの適用をいかに促進するか，教育心理学研究，Vol. 54，No. 2，pp. 151-161.

村山功(2005)科学的思考力を育成する授業づくり，理科の教育，Vol. 54，No. 7，pp. 12-15.

西川純・冬野英二郎(1996)科学概念の獲得／定着と文脈依存性に関する研究-中学生の電気概念の実態をもとに，科学教育研究，Vol. 20，No. 2，pp. 98-112.

呉世現(2005)乾電池に関する誤概念体系とその修正のストラテジーについて，教授学習心理学研究，Vol. 1，No. 2，pp. 59-75.

坂本美紀・村山功・山口悦司・稲垣成哲・大島純・大島律子・中山迅・竹中真希子・山本智一・藤本雅司・竹下裕子・橘早苗（2007）科学的思考としての原理・法則のメタ理解：小学校第6学年「燃焼」を事例として．科学教育研究，Vol. 31，No. 4，pp. 220-227.

佐藤淳（2002）経済的事象についての学習者の素朴な判断と課題要因との交互作用，北海学園大学経済論集，Vol. 49，No. 4，pp. 205-214.

佐藤淳（2008a）「擬似例外」が想起された場合のマトリックス法の効果，教授学習心理学研究，Vol. 4，No. 1，pp. 1-9.

佐藤淳（2008b）マトリックス法を用いた「擬似例外」の正事例化が ルールの適用範囲の拡大に及ぼす効果，教授学習心理学研究，Vol. 4，No. 2，pp. 71-84.

佐藤淳・荒井龍弥（2009）「動物」の外延判断における大学生の個別的課題解決傾向とその修正方略の探索，北海学園大学学園論集，Vol. 140，pp. 1-17.

田中俊也（2008）概念獲得と概念変化 児童心理学の進歩，Vol. 47 [2008年版]，金子書房.

立木徹・伏見陽児（2008）例外への懸念がルール学習に及ぼす影響：ルールの適用をいかに促進するか，教授学習心理学研究，Vol. 4，No. 1，pp. 10-16.

山岡剛（2003）素朴概念という用語とその内容について，理科教室1月号，p. 1.

吉國秀人・生田国一（2007）小学生の「三態変化」に関する認識変容の様相－水以外の物質を含めた教授活動前後の比較を通して，教授学習心理学研究，Vol. 3，No. 1，pp. 1-12.

山下修一（2011）凸レンズが作る実像・虚像に関する作図能力と理解状況，理科教育学研究，Vol. 51，No. 3，pp. 145-157.

## 第2節 コア知識の明確化

第1節では、幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたものを引き出して、その知識を生徒に獲得させたり、知識どうしのつながりを把握させてから、コミュニケーション活動に取り組みさせる必要があることが示唆された。そこで、「幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」をコア知識 (Core knowledge)<sup>1)</sup>として、理科の各単元でのコア知識を一覧表にしたコア知識一覧表を作成した。

2008年4月から2009年3月にかけて、単元ごとに小・中学校理科の教科書・参考書・問題集に示されている知識を一覧表に書き出し、現職教員や教育実習を終えた大学生らと検討を重ねて、幅広い現象について一貫した説明ができるものをコア知識として精選した。コア知識の表現については、例えば小学校3年では「ものの出入りがなければ、形が変わっても重さは変わらない」「電気はぐるっとひと回りできる回路(わ)を通る」など、説明に使いやすい表現にした(図5.2.1)。小・中学生でも説明しやすい表現にしたために、教科書の表現とは異なる場合があるが、ここでは説明のしやすさを優先し、高校・大学入試などで科学的表現が求められる段階になれば、科学的表現に置き換えて回答できるものと考えた。また、例えば小学校3年の「磁石につくものは鉄(鉄族のコバルト・ニッケルも)」の( )内のように学習指導要領の範囲を超えるものでも、中学校や高等学校での学習につながり、知っておいた方がよいと判断したものは掲載することにした(図5.2.2)。

＜小学校3年 『電気の通り道』の教科書・参考書のまとめ＞

- ・わ になっている電気の通り道を「回路」
- ・乾電池の＋極，豆電球，乾電池の－極を導線でわのようにつなぐと豆電球に明かりがつく
- ・ショート回路
- ・物には電気を通す物と通さない物がある
- ・鉄，銅，アルミニウムなどの金属は電気を通す
- ・ガラス，紙，プラスチックなどは電気を通さない

次の学習につながる確固とした知識を精選

- ・わ になっている電気の通り道を「回路」
- ・鉄，銅，アルミニウムなどの金属は電気を通す

一貫した説明がしやすいような表現に変更

コア知識

＜電気はぐるっとひと回りできる回路（わ）を通る＞

＜金属は電気を通す＞

図 5.2.1 コア知識の例(小学校3年『電気の通り道』)

＜小学校3年 『磁石の性質』の教科書・参考書のまとめ＞

- ・物には磁石に引き付けられる物と引き付けられない物がある
- ・磁石に引き付けられる物には、磁石に付けると磁石になる物がある
- ・磁石の異極は引き合い、同極は退け合う
- ・N極とS極がある
- ・鉄は磁石に引き付けられる
- ・地球も磁石

次の学習につながる確固とした知識を精選

・鉄は磁石に引き付けられる

例外懸念への対応

ニッケル・コバルトも磁石に引き付けられる？

一貫した説明がしやすいような表現に変更

コア知識

＜鉄（鉄の仲間のニッケル・コバルトも）は磁石につく＞

図 5.2.2 コア知識の例（小学校3年『磁石の性質』）

その際、コア知識間のつながりがより明確になるように、学習指導要領で示されている小・中学校理科の内容構成の柱を表 5.2.1 のように変更した。

表 5.2.1 一覧表の柱の変更

	変更前	変更後
A 区分・第 1 分野 (物理領域)	「エネルギー」 エネルギーの見方 エネルギーの変換と保存 エネルギー資源の有効利用	「エネルギー」 力 波 電磁気
A 区分・第 1 分野 (化学領域)	「粒子」 粒子の存在 粒子の結合 粒子の保存性 粒子のもつエネルギー	「粒子」 原子・分子 イオン 化学変化
B 区分・第 2 分野 (生物領域)	「生命」 生物の構造と機能 生物の多様性と共通性 生命の連続性 生物と環境のかかわり	「生命」 生殖・進化 植物 動物 環境
B 区分・第 2 分野 (地学領域)	「地球」 地球の内部 地球の表面 地球の周辺	「地球」 地層・岩石 天気 天体

そして、物理・化学・生物・地学の領域ごとにまとめて、一覧表示できるようにした(図 5.2.3: 山下ら, 2011)。コア知識一覧表は、現在も小・中学校の理科授業で使用しながら表現などを修正しているが、2010年7月現在のコア知識一覧表の一部を資料 5.1 に示した。



図 5.2.3 コア知識一覧表

## 注

1) ここでの Core Knowledge とは発想が異なるが、アメリカでは自治体によってカリキュラムが異なり、自治体間の移動の際に未習の問題が生じるので、Core Knowledge として各学年で学ばれる知識を示したテキスト：Core Knowledge Series が出版されて (Hirsch, 1993), 一部で利用されている (Datnow ら, 2000)。

また、Target を理解するための橋渡し方略 (The Bridging Analogies Strategy) における Anchor が、Target と表層的には類似していなくても構造的な一貫性を有しているという点で、発展的課題に対するコア知識と類似している (Clement, 1993; 高垣, 2005)。例えば図 5.2.4 では、車同士の衝突 (Target) を理解するためのバネを押し縮めた経験 (Anchor) は、「力は相互作用である」という点では構造的な一貫性を有しており、中学校 3 年『物体の運動』のコア知識のひとつが、「押したら押し返されるように、力は相互にはたらく (相互作用)」である。

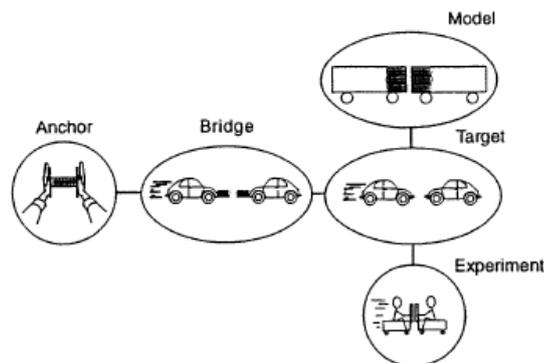


図 5.2.4 Target を理解するために「力は相互作用である」ことを示す Anchor (Clement, 1993)

他にも、極地方式で扱われるルール (例えば、「金属ならば電気を通す」など) などもコア知識と類似しているが (高橋・細谷, 1990), 本研究では「幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」をコア知識として、学習指導要領にそって小・中学校すべての単元のコア知識を一覧表にして明示している (資料 5.1)。仮説実験授業や極地方式では、すべての単元の授業書やテキストが揃えられていない。

## 文献

Clement, J. (1993) Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, No. 10, pp.1241-1257.

Datnow, A., Borman, G. and Stringfield, S. (2000) School Reform through a Highly Specified Curriculum: A study of the Implementation and Effects of the Core Knowledge Sequence, *Elementary School Journal*, Vol.101 Issue2, pp.167-192.

Hirsch, E. D., Jr. (Ed.) (1993) *What Your First Grader Needs to Know: Fundamentals of a Good First-Grade Education*, New York: Delta.

高垣マユミ編著(2005)授業デザインの最前線—理論と実践をつなぐ知のコラボレーション, 北大路書房.

高橋金三郎・細谷純編(1990)極地方式入門-現代の科学教育, 国土社.

山下修一(2011)小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響, *理科教育学研究*, Vol. 52, No. 2, pp.143-153.

### 第3節 研究6 コア知識を明示して一貫説明を引き出す理科授業

一貫した説明には、学習内容理解を促したり、発展的課題への既習知識の活用を促したりする効果があり、第1節では、一貫した説明を促すため幅広い現象に適用できる知識を獲得させる必要があると示唆された。説明の一貫性を肯定的にとらえて、授業で促した研究はほとんど見られなかったので、研究6では、中学校2年生『電流と回路』の授業で、第2節でのコア知識一覧表の当該単元のコア知識を明示して一貫した説明を促すことを試みた。

#### I. 問題と目的

平成20年告示の学習指導要領(理科)では、小学校6年で電流による発熱が扱われ、電熱線の太さを変えると発熱する程度が変わることを学ぶようになった。電熱線による発熱については、「太い電熱線の方が、電流がたくさん流れて多く発熱する」と学習する。しかし、実際に直径0.2[mm]と0.4[mm]の電熱線の発熱量を比較しても、その差がわかりにくく、電源が電池だったり、使用する電源装置が異なったりすると統一した結果が得られない(鎌田・隈元, 2010)。

中学入試には、太い電熱線と細い電熱線が並列・直列につながれた場合の発熱量を比較する問題が出題され、多くの受験生はうまく説明できずに困っている。並列つなぎならば、電流が多く流れる抵抗の小さな電熱線の発熱量が多くなると考えればよいが、直列つなぎの場合には、抵抗の大きな電熱線の発熱量の方が多くなることについて説明できない。そのため、受験生たちは訳もわからずに、並列つなぎと直列つなぎでは、結果が逆になると丸暗記して、試験に対応している。

中学生になり、2年生で電気抵抗による発熱量が電力( $VI = I^2R$ )に比例することを学び、発熱量が電流だけでは決まらないことに気づくと、小学校での学習との矛盾を感じてしまう。重松(2011)も、電流による発熱について、「中学校での切り口が小学校での切り口と異なっているが、結果として断片的な知識を与えるにすぎず、きちんとした理解にまでたどり着いていない」と指摘している。それでも、後に合成抵抗の公式を学ぶと、並列・直列につながれた電気抵抗の合成抵抗が求められるようになり、オームの法則で電流や電圧の値を算出して、発熱量の公式で各電気抵抗の発熱量を計算できるようになる。福山・西(1990)は、『電流と回路』の学習について、「学校での授業ではオームの法則を中心にした

実験をおこない、その後はこの実験結果の関係式を公式と見なして計算問題を解くことに専心させられる。そのため、多くの生徒たちは、電流、電圧、抵抗やオームの法則の物理的な意味をよく理解しておらず、抵抗の直列または並列接続による合成抵抗、電池の直列または並列による結合について、正しい結果を導き出すことができない」と指摘している。

結局、中学校2年『電流と回路』でオームの法則や合成抵抗の公式を学ぶことで、電気抵抗が並列・直列につながれた場合の各電気抵抗の発熱量は求められても、なぜ並列つなぎと直列つなぎの結果が異なるのかについては、説明できないでいると言えよう。こういった事態を解消するための教育研究については、日本でも(例えば、金子, 2009)、海外でも(例えば、Viard and Khantine-Langlois, 2001 や Liégeois and Mullet, 2002 など)、回路に流れる電流についての研究は多いが、電気抵抗による発熱を扱ったものは少ないと指摘されている。

また、中学校2年『電流と回路』で扱われる合成抵抗の意味もよく理解されず、Viard and Khantine-Langlois (2001)は、ほとんどの学生が電気抵抗を並列につなぐと電流が流れやすくなることを理解していないと指摘している。古屋・戸北(2000)も、電気回路の学習を終えた中学生でも、電気抵抗を並列につなぐと電流が流れやすくなることを理解できずに交通流モデルを採用してしまうことを見出している。古屋・戸北(2000)は、『電流と回路』の学習を終えた公立中学校3校の3年生9クラス282名を対象に、単純回路から豆電球を並列につないで2個にした場合の電流について尋ねた。その結果、図5.3.1のように分岐前0.6 [A] 分岐後0.3 [A]とする交通流モデルで回答した生徒が約48%と最も多く、正答である分岐前1.2 [A] 分岐後0.6 [A]としたのは4人のみであったと報告している。

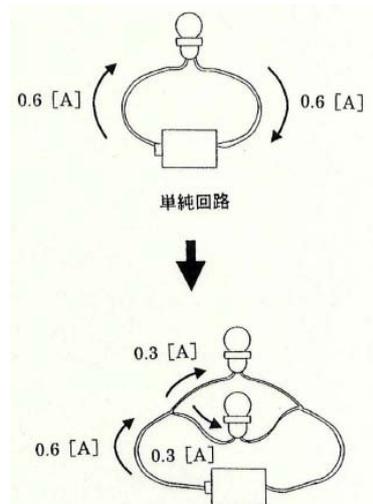


図 5.3.1 交通流モデルでの回答(古屋・戸北, 2000)

そこで本研究では、中学校2年『電流と回路』の単元で、2つの電気抵抗の並列・直列つなぎの場合の発熱量について、公式で導かれた値だけで判断するのではなく、各回路の特徴を踏まえた説明ができるようにさせたいと考えた。また、合成抵抗の意味を理解させ、交通流モデルを乗り越えて、電気抵抗を並列につなぐと電流が流れやすくなることを理解させたいと考えた。

## II. 授業の開発

まず、電気抵抗による発熱の仕組みを理解させるために、電気抵抗による発熱をモデルで示し、観察させることにした。電流のモデルについては、今まで「水流モデル」「パチンコモデル」などが用いられてきた(石井・本田, 2009)。市川ら(1995)は、中学校2年生を対象にして、電気抵抗が2個存在する回路での電流・電圧の推論に、「水流モデル」「列車のモデル」「自由電子のモデル」を利用した場合を比較した。その結果、水の流れをよく知っていてイメージが容易な「水流モデル」が有効であったと報告している。しかし金子(2009)は、電流・電圧・抵抗などを説明するには水流モデルが有効であっても、発熱を説明するためにはパチンコモデルを用いた方が有効であると指摘している。また、古屋・戸北(2000)は、既に『電流と回路』を学習済みの公立中学校3年生1クラス(36人)に対して、パチンコモデルを用いて、特別な8.5単位時間(1単位時間50分)の授業を展開し、根強い交通流モデルを乗り越えさせることを試みた。その結果、約半数の生徒(18人)が交通流モデルを乗り越えて正答したと報告している。

そこで本研究では、電流・電圧・抵抗などを説明させる際には水流モデルの水池を利用し、発熱を説明するためにパチンコバネモデルを開発して、モデルを操作させながら、電気抵抗の発熱量について考えさせることにした。ただし、Stephensら(1999)は、高校生(Year10)でも、モデルを用いるだけでは有効にモデルを使った説明ができなかったと報告している。そこで、それぞれの回路の特徴、電流・電圧・抵抗の関係、合成抵抗の意味についてのコア知識(Core knowledge: 幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの)を引き出し(山下, 2011)、コア知識を用いることで並列・直列つなぎの特徴を踏まえた説明がしやすくなるように支援した。

### (1)水流モデル(水池)の利用

水池は、板倉(1976)によって開発された閉管の水流モデルで、「回路になって水が満たされてはじめて流れ出す」「閉管なので分岐するまでは水流が一定」などの特徴を持っている(仮説実験授業研究会編, 1994)。水池を用いることで、電流が分岐するまで一定であることや電圧が水位差に相当することをイメージさせやすいと考えた(図5.3.2)。

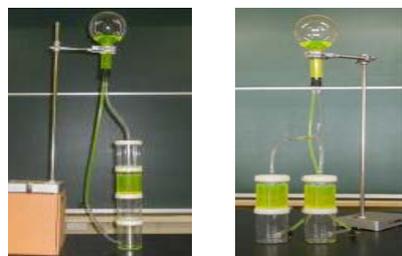


図 5.3.2 水池の様子(左: 電池直列, 右: 電池並列)

## (2)パチンコバネモデルの開発

パチンコバネモデルは、ビー玉の流れを電流、缶の高さを電圧、ビー玉の流れを妨げる障害物（バネつきビー玉）を抵抗に見立てた(図 5.3.3)。従来のパチンコモデルでは、発熱の様子がよくわからなかったが、パチンコバネモデルでは、バネが振動している状態を発熱や発光としたので、発熱量が多い場合と少ない場合の差が明らかになった<sup>1)</sup>。ただし、電流の正体が-の電気を持った電子であることは、次の単元『静電気と電子』で学ぶので、既習事項とのつながりを考慮して、便宜上+極側から-極側に転がるビー玉を電流として説明した。そして、各班でも生徒にモデルを操作させ、電流に見立てたビー玉とバネの振動の様子を観察させた(図 5.3.4)<sup>2)</sup>。

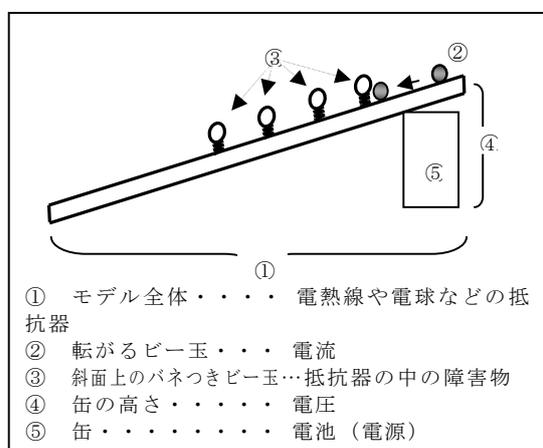


図 5.3.3 パチンコバネモデルの説明

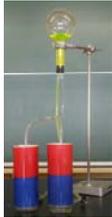


図 5.3.4 パチンコバネモデルの様子

## (3)コア知識を引き出す

単にモデルを見せたり、操作させたりするだけでなく、表 5.3.1 のように水流モデルの観察からコア知識①②並列・直列つなぎの特徴、パチンコバネモデルの観察・操作からコア知識③電流・電圧・抵抗の関係・④合成抵抗の意味についての4つのコア知識を引き出し、小学校での学習とも整合するような表現にして、説明する際の手助けとした。コア知識③④は、交通流モデルを乗り越えて、電源が同じ乾電池1個の時でも、電気抵抗を並列につなぐと太くした場合と同じで合成抵抗が小さくなり、流れ出る電流が多くなることを理解させるために導入した。

表 5.3.1 コア知識とモデルの対応

	水流モデル(水池)の観察から		パチンコバネモデルの観察・操作から	
モデル	<p>水池：閉管なので分岐するまでは水流が一定</p> 	<p>水池：電池2つを並列つなぎにすると、水位差(電圧)は1個の時と同じで、1個の時と同じくらいの豆噴水が噴出して、両方のタンクから水が同量ずつ減っていく。</p> 	<p>パチンコバネモデル：電圧や抵抗を変えると、ビー玉の流れ(電流)も変わる。</p> 	<p>パチンコバネモデル：電気抵抗を直列につなぐことは、長くした場合は、長くした場合同じで、ビー玉が流れにくくなる。</p>  <p>パチンコバネモデル：電気抵抗を並列につなぐことは、太くした場合同じで、ビー玉が流れやすくなる。</p> 
コア知識	①電流は分岐するまで一定	②電圧は並列回路内では一定	③電流・電圧・抵抗は相互にはたらく	④合成抵抗 $R [\Omega]$ : 直列の場合の合成抵抗 $R = R_1 + R_2$ (長くした時と同じ) 並列の場合の合成抵抗 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ (太くした時と同じ)

(4) 授業展開

2011年9月～11月の間に標準配当時数の16時間で『電流と回路』の授業を展開した(資料5.2)。

1時間目から8時間目では、電流や電圧の測定実験を行うとともに、水池を活用して電流・電圧のイメージを持たせ、直列・並列つなぎについてのコア知識①「電流は分岐するまで一定」②「電圧は並列回路内では一定」を引き出した。

9時間目から12時間目では、班ごとに電源装置と3種類(標準・太い・長い)の電気抵抗を用いて、直列・並列つなぎにした回路を組み、実際に各電気抵抗の発熱量を確認させた。その後、班ごとにパチンコバネモデル(図5.3.5)を操作させながら、電気抵抗の発熱の理由について考えさせた。生徒たちはパチンコバネモデルを操作しながら、標準の電気抵抗と太い電気抵抗を並列につないだ時には、電圧が一定であることから図5.3.6左のようになり、太い電気抵抗の方の電流が多く流れて標準の電気抵抗よりも多く発熱すること。直列につないだ時には、電流が一定になるようにするにはどうしたらよいかを考え、いくつかの班で図5.3.6右のように太い電気抵抗の傾斜を緩やかにして、標準の電気抵抗の傾斜を急にすれば、電流の量が一定になるのではないかと考えつき、その考えがクラス全体に共有された(図5.3.7)。

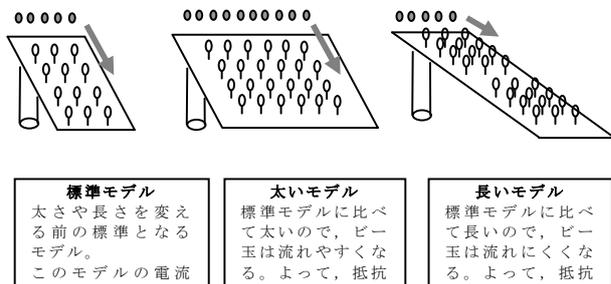


図 5.3.5 3種類の電気抵抗モデル

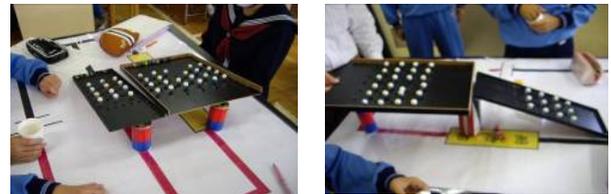


図 5.3.6 パチンコバネモデル操作の様子

(左：抵抗並列，右：抵抗直列)

**並列**  
電熱線が太いと、流れる電流が多くなる。

並列回路内で電圧は一定なので、太い電熱線も標準の電熱線も同じだけの差が生まれる。なので流れる電流が多いたい電熱線の方が発熱が大きくなる。

**直列**  
太い電熱線も標準と同じ量の電流が流れるから、標準の方が落差(電圧)が大きくなる。すると、強くあつて、たくさん振動するから、発熱も大きくなる。



図 5.3.7 生徒のノートの記述例 図 5.3.8 モデル操作の様子(左：標準モデル，右：太いモデル)

13 時間目から 16 時間目では、電源装置を用いて電気抵抗に流れる電流・かかる電圧を測定し、実験の結果からオームの法則を導かせ、パチンコバネモデルで合成抵抗や電力について考えさせた。例えば、電圧が一定でも、標準モデル 2 個を並列につなぐと太くした場合と同じで合成抵抗が小さくなり、単純回路の場合に標準モデルに 5 個流していたビーズを太いモデルには何個流さなければならないかを考えさせ、流れ出る電流が多くなることから 10 個流すことに気づかせた(図 5.3.8)。

電流・電圧・抵抗の関係については、コア知識③電流・電圧・抵抗は相互にはたらくこと、合成抵抗については、コア知識④直列の場合は長くした時と同様、並列の場合は太くした時と同様であることを引き出してまとめた。

### III. 方法

開発した授業を受けた A 中学校 2 年生と、同校の 3 年生・他校の 2 年生を対象にして、

資料 5.3 の事後調査に回答させた。事後調査の回答状況から、開発した授業を受けた A 中学校 2 年生が、各回路の特徴を踏まえた説明ができるようになったのか、交通流モデルを乗り越えて回答できるようになったのかを検討した。

#### (1)調査対象および実施時期

1) モデルとコア知識を用いた授業を受けた公立 A 中学校 2 年生 3 クラス (95 人) を対象に、2011 年 11 月に事後調査に回答させた。

2) 昨年度教科書通りの『電流と回路』の授業(資料 5.2)を受けた公立 A 中学校 3 年生 4 クラス (120 人) を対象に、2011 年 7 月中旬に事後調査を実施した。

3) 2011 年 7 月初旬に教科書通りの『電流と回路』の授業(資料 5.2)を終えた同一市内で常に理科学力試験のトップ校の公立 B 中学校 2 年生 3 クラス (95 人) を対象に、2011 年 7 月中旬に事後調査を実施した。

#### (2)事後調査項目

古屋・戸北 (2000) や堀・進藤 (2006) の調査を参考にして資料 5.3 のように、2 つの電気抵抗を並列・直列につないだ時の発熱課題、同じ 2 つの豆電球を並列・直列につないだ時の明るさ課題に回答させた。明るさ課題については、開発した授業では直接扱っていないが、発展的課題として古屋・戸北 (2000) とほぼ同一のものをを用いて、結果を比較した。古屋・戸北 (2000) は、『電流と回路』の学習を終えた公立中学校 3 校の 3 年生 9 クラス 282 名を対象に調査を実施したところ、明るさ課題の正答率は 22.7% であった。そして、既に『電流と回路』を学習済みの中学校 3 年生 1 クラス 36 名を対象にして、特別に 8.5 単位時間の授業を実施したところ、約半数の生徒 (18 人) が交通流モデルを乗り越えて、明るさ課題④に正答したと報告している。

### IV. 結果と考察

#### 1. 3 群の発熱課題・明るさ課題の回答の比較

##### (1) 3 群の発熱課題・明るさ課題の平均得点

発熱課題については、以下のようにして①並列つなぎ・②直列つなぎを以下のように各 2 点満点として採点した。

##### ①並列つなぎ (2 点満点)

答え: ( $R_2$ ) を選択したものに 1 点,

理由: 「電圧が一定なので、抵抗が少ない  $R_2$  の方に電流が多く流れるので」など、「電圧一定」「抵抗 ( $R$ )」が含まれて正しく回答したものに 1 点

②直列つなぎ(2点満点)

答え：(R<sub>1</sub>)を選択したものに1点，

理由：「直列では電流が一定になるので，抵抗が大きい方が発熱するから」「モデルで考えると，電流を一定にするには，R<sub>2</sub>をゆるやかに，R<sub>1</sub>を急にしていってつなぐので」など，「電流一定」「抵抗(R)」が含まれて正しく回答したものに1点

明るさ課題については，以下の回答を正答とし，①～④それぞれに1点を与えて合計4点満点として採点した。

① a：ア b：ア，②c：ア d：ア，③e：ウ f：ウ，④X点1.0 [A] Y点0.5 [A] Z点0.5 [A]

表 5.3.2 には，3群(A校2年・A校3年・B校2年)の発熱課題・明るさ課題の平均得点を示した。A校2年・A校3年・B校2年の平均得点・標準偏差(SD)を示した。

表 5.3.2 ①並列つなぎ・②直列つなぎの平均得点

	発熱課題				明るさ課題	
	①並列つなぎ		②直列つなぎ		①～④の合計	
	平均得点	SD	平均得点	SD	平均得点	SD
A校2年(N=95)	1.52	0.77	1.11	0.83	2.55	1.24
A校3年(N=120)	0.74	0.75	0.36	0.55	0.62	0.74
B校2年(N=95)	0.83	0.83	0.36	0.58	0.64	0.78

発熱課題について，A校2年・A校3年・B校2年の平均得点に差があるのかを分散分析で分析したところ，

①並列つなぎについては，有意な主効果が見られ(F[2, 307]= 29.36 P<.05)，Tukey HSD法で多重比較を行ったところ，平均得点はA校2年生>A校3年生，A校2年生>B校2年生であった。

②直列つなぎについては，有意な主効果が見られたが(F[2, 307]= 42.65 P<.05)，等分散性が棄却されたため(Levene, P<.05)，Games-Howell法で多重比較を行ったところ，平均得点はA校2年生>A校3年生，A校2年生>B校2年生であった。

これらのことから，教科書通りの授業を受けたA校3年生・B校2年生は，2つの電気抵抗を①並列つなぎ・②直列つなぎにした場合の発熱量について，十分に説明をすることができず，特に②直列つなぎの場合には，ほとんど説明できなかつたことがわかる。一方で，新たに開発した授業を受けたA校2年生は，①並列つなぎ・②直列つなぎの場合とも，

A校3年生・B校2年生の平均得点を有意に上回り、各回路の特徴を踏まえて回答していたと言えよう。

明るさ課題について、3群の平均得点に差があるのかを分散分析で分析したところ、有意な主効果が見られたが( $F[2, 307] = 140.24$   $P < .05$ )、等分散性が棄却されたため(Levene,  $P < .05$ )、Games-Howell法で多重比較を行ったところ、両課題とも平均得点はA校2年生 > A校3年生, A校2年生 > B校2年生であった。発展的課題の明るさ課題についても、A校3年生・B校2年生の正答率は低く(A校3年生: 15.5%・B校2年生: 16.0%)、A校2年生の平均得点は2.55(正答率63.8%)となり、古屋・戸北(2000)の調査での正答率22.7%と比較しても、十分に高い得点を獲得したと言えよう。

### (2) 3群の発熱課題の理由の分類

発熱課題に対して各群の生徒が、主にどういった理由を述べていたかを表5.3.3の例に従って分類したところ、①並列つなぎは図5.3.9、②直列つなぎは図5.3.10のような割合となった。

表 5.3.3 発熱課題の理由の分類例

-----<①並列つなぎ>-----  
 電圧一定：電圧が一定なので、  
 モデル：モデルで考えると、  
 抵抗：抵抗が小さい(大きい)ので、  
 公式：オームの法則(合成抵抗の公式)にあてはめて、

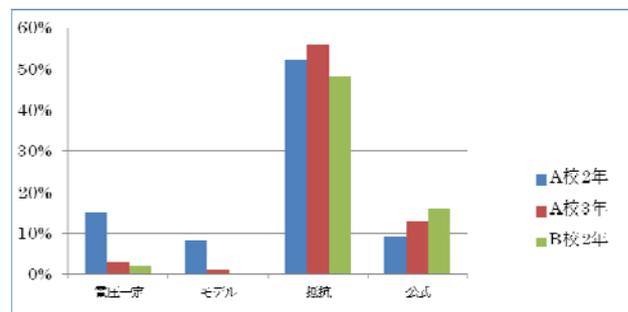


図 5.3.9 ①並列つなぎの理由の分類

-----<②直列つなぎ>-----  
 電流一定：電流が一定なので、  
 モデル：モデルで考えると、  
 実験：実験したら、  
 抵抗：抵抗が小さい(大きい)ので、  
 電圧：電圧で考えると、  
 順番最初：はじめに  $R_2$  を通るから、  
 公式：オームの法則(合成抵抗の公式)にあてはめて、

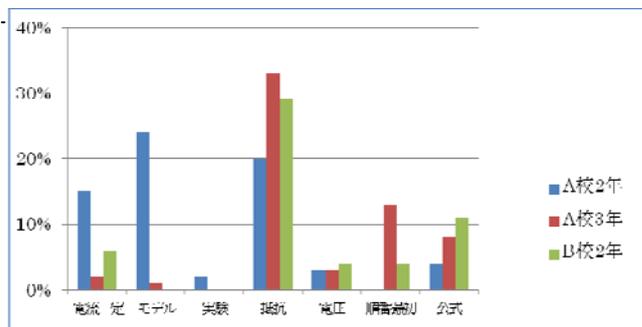


図 5.3.10 ②直列つなぎの理由の分類

A校3年生・B校2年生では、電気抵抗の大小だけから発熱量を説明しようとする割合が多く、①並列つなぎの場合には有効な説明でも、②直列つなぎの場合には説明がつかなかった。また、具体的な電圧・抵抗の数値が示されていたので、合成抵抗を求め、オームの法則で電流の値を求めて回答していた割合も多くなっていた。これらのことから、教科書通りの授業を受けただけでは、電気抵抗の大小だけから説明しようとしたり、公式に頼った説明となったりして、並列・直列つなぎの特徴を踏まえた説明にはなっていなかったと言えよう。そして、A校3年生の13%には、直列つなぎで電流が最初に通る $R_2$ の方が発熱量が多いとする回答も見られた<sup>3)</sup>。

一方のA校2年生では、具体的な電圧・抵抗の数値が示されていたので、合成抵抗を求め、オームの法則で電流の値を求めて回答していた生徒もいたが、その割合はA校3年生・B校2年生よりは少なかった。直列つなぎの場合の説明についても、電気抵抗の大小だけから判断していた割合は、A校3年生・B校2年生より少なくなっていた。そして、コア知識②：並列回路内では電圧が一定であること、コア知識①：電流は分岐するまで一定であること、あるいはモデルを操作した経験を生かし、並列・直列つなぎの特徴を踏まえた回答となっている割合が多かった。

これらのことから、新たに開発した授業を受けたA校2年生は、2つの電気抵抗の並列・直列つなぎの場合の発熱量について、公式から導かれた数値だけではなく、電気抵抗の大小だけからでもなく、モデルを操作した経験やコア知識を生かして、各回路の特徴を踏まえた説明ができるようになっていたと言えよう。

### (3) 3群の交通流モデルでの回答状況

交通流モデル使用の有無を見る明るさ課題④の回答について、古屋・戸北(2000)と同様に、正答・交通流モデル・XYZ点全て0.5[A]・その他・無回答に分類した(図5.3.11)。

A校3年生・B校2年生は、交通流モデルで回答している割合が60%を超え、正答できた生徒はほとんどいなかった。

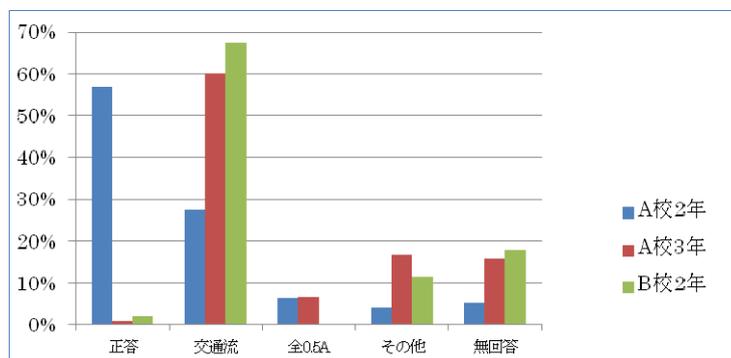


図 5.3.11 明るさ課題④の理由の割合

一方 A 校 2 年生は、コア知識③④やパチンコバネモデルの操作の経験から、全体の電気抵抗が小さくなると流れ出す電流の量が増えることまで認識し、57%が正答していた。古屋・戸北(2000)の特別に 8.5 単位時間の授業を受けた中学校 3 年生の結果(正答率約 50%)を鑑みても、本研究で開発した授業は、合成抵抗の意味を理解させ、交通流モデルを乗り越えて、電気抵抗を並列につなぐと電流が流れやすくなることを理解させるのに有効であったと言えよう。

## 2. コア知識やモデルで一貫して説明しようとした生徒の特徴

発熱課題に一貫してコア知識やモデルを使って説明しようとした生徒は、明るさ課題でもコア知識やモデルを用いていると考えられる。そこで、A 校 2 年生 95 人のうち、発熱課題にコア知識やモデルを使って説明しようとした生徒 34 人を一貫群、その他の生徒 61 人を非一貫群として分析し、その特徴を探った。

### (1) 一貫群・非一貫群の平均得点

一貫群・非一貫群の発熱課題・明るさ課題の平均得点を表 5.3.4 に示した。

表 5.3.4 3 群の発熱課題・明るさ課題の平均得点

	発熱課題		明るさ課題	
	平均得点	SD	平均得点	SD
一貫群 (N=34)	4.00	0.00	2.97	1.00
非一貫群 (N=61)	1.85	1.20	2.31	1.30

一貫群と非一貫群の平均得点に差があるかを分析したところ、等分散性が棄却されたため(Levene,  $P < .05$ )、ウェルチの検定を実施し、両課題とも有意な差が見られた(発熱課題:  $t[60.00]=14.04, P < .05$ , 明るさ課題:  $t[83.58]=2.76, P < .05$ )。発熱課題に一貫してコア知識やモデルで説明しようとした一貫群は、明るさ課題でも非一貫群の平均得点を上回っていた。

### (2) 一貫群・非一貫群の交通流モデルでの回答状況

一貫群・非一貫群の明るさ課題④の回答を 1.(3)同様に分類したものを図 5.3.12 に示した。

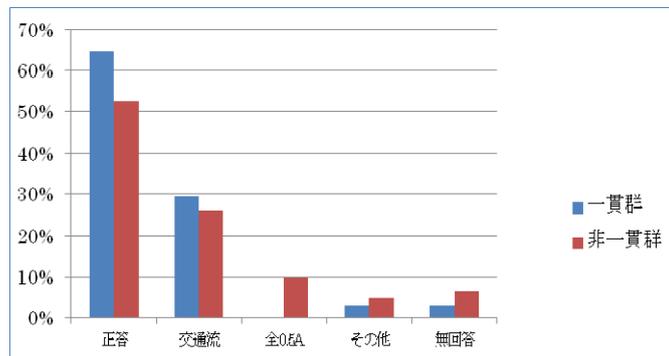


図 5.3.12 一貫群・非一貫群の明るさ課題④の回答の分類

一貫群では，コア知識③④から全体の抵抗が小さくなると流れ出す電流が増えると捉えることができ，65%が正答していた。

一方の非一貫群では，52%の正答にとどまり，10%の生徒はY点・Z点の電流の値が0.5 [A]となって，各豆電球の明るさが単純回路と同じになるところまでは思いついたが，X点での電流の値を1.0 [A]にして辻褄を合わせるまでには至らなかった。

#### IV. まとめ

本研究では，2つの電気抵抗を並列・直列につないだ場合の発熱量について，モデルやコア知識を用いて，説明できるようにさせ，交通流モデルも乗り越えさせたいと考えた。

事後調査の結果から，教科書通りに『電流と回路』を学んだA校3年生・B校2年生は，公式から導かれた数値だけの説明や，電気抵抗の大小だけから判断した説明の割合が多く，平均得点も低かった。また，A校3年生の一部には，電流の減衰モデルや消費モデルを使用した回答も見られた。そして，発展的課題の明るさ課題では，交通流モデルで回答している割合が最も多く，正答できた生徒はほとんどおらず，電気抵抗を並列につなぐと電流が流れやすくなることは理解されていなかった。

一方で，新たに開発した授業を受けたA校2年生は，モデルを操作した経験やコア知識を生かして回答し，平均得点はA校3年生・B校2年生を有意に上回っていた。発熱量の説明も，合成抵抗の公式やオームの法則だけに頼らず，電気抵抗の大小だけで判断することもなく，モデルを操作した経験やコア知識を生かして，各回路の特徴を踏まえた回答になっていた。そして，発展的課題の明るさ課題では，全体の電気抵抗が小さくなると流れ出す電流の量が増えることまで認識して，57%の生徒が正答していた。さらに，発熱課題に一貫してコア知識やモデルを使って説明しようとした一貫群34人は，発展的課題の明る

さ課題でも非一貫群の平均得点を上回っていた。

これらのことから、本研究で開発した授業は、電気抵抗による発熱の理解を促し、2つの電気抵抗を並列・直列につないだ場合について、並列・直列回路の特徴を踏まえた説明をさせたり、根強い交通流モデルを乗り越えて、豆電球を並列つなぎにすると全体の電気抵抗が小さくなり、流れ出す電流の量が増えることを認識させたりするのに有効であったと言えよう。

ただし、『電流と回路』の単元全体で標準配當時数の16時間しか割くことができなかつたので、班内での十分な説明活動が展開できず、一貫群のようにコア知識やモデルを使いこなして説明できた生徒は限られた。

## 注

1) 愛知・岐阜物理サークル (2002) いきいき物理わくわく実験〈1〉日本評論社, pp. 96-98. では、パチンコ台モデルの利点として、

・「障害物が多いほど電子は小刻みな衝突をくり返し、流れが悪くなるので抵抗の大小がよく説明できます」

・「衝突で失われた運動エネルギーが発熱の原因になるという説明もわかりやすい」

といったことを挙げ、電子の移動速度や熱運動の点で矛盾を抱えているものの、

「初歩的には物質の中に何らかの障害物がある、ということでパチンコ台モデルを使うようにし、障害物がなにであるかについては深入りしないほうがとよいと思います」と指摘している。

本研究では、中学生を対象にした初歩段階の電気抵抗の授業なので、パチンコ台モデルを改良したモデルを使用しても差し支えないと判断した。

2) コンピュータ上では、「理想電圧源(電池)モデル(3DCG 教材)」(高垣・田原, 2004)なども考案されているが、実際にモデルを操作しながら思考させることが大切だと考え、パチンコバネモデルを班ごとに配布して、自由に操作させた。

3) 金子(2009)も、電気抵抗が2個存在する直列回路に関する問題で、中学生たちは電流の値は正しく計算できても、発熱を伴う問題で電気抵抗の順番を入れ替えると、「プラスに近いから」などといった理由から誤答してしまうことを見出している。

## 文献

愛知・岐阜物理サークル(2002)いきいき物理わくわく実験〈1〉, 日本評論社, pp. 96-98.

堀哲夫・進藤聡彦(2006)一枚ポートフォリオ評価 中学校編, 日本標準.

福山豊・西和幸(1990)電気回路学習のための水流モデルの製作と検討, 物理教育, Vol. 38, No. 2, pp. 88-91.

古屋光一・戸北凱惟(2000)電磁気学の概念形成を支援するための指導方略に関する実践的研究 : 子どもの知識の豊富化と再構造化を通して, 科学教育研究, Vol. 24, No. 4, pp. 202-216.

市川英貴・戸北凱惟・堀哲夫(1995)電流回路のモデルによる中学生の認知的方略の育成, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 36, No. 2, pp. 21-31.

石井健作・本間均(2009)小学校における電流の概念獲得のための「粒子傾斜モデル」の有効性, 理科教育学研究, Vol. 49, No. 3, pp. 23-32.

板倉聖宣(1976)電池そっくりの性質—〔水池〕の発明, のびのび7月号, 朝日新聞社.

鎌田正裕・隈元就仁(2010)小学校第6学年における電熱線の発熱実験についての考察, 東京学芸大学紀要, 自然科学系, No. 62, pp. 9-13.

金子健治(2009)中学生の電流保存概念についての研究 : 抵抗が2個存在する直列回路を例として, 理科教育学研究, Vol. 50, No. 1, pp. 13-19.

仮説実験授業研究会編集(1994)仮説実験授業研究 第Ⅲ期 5 授業書〈電流〉, 仮説社.

Liégeois, L. and Mullet, E. (2002) High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits, International Journal of Science Education, Vol. 24, No. 6, pp. 551-564.

重松宏武(2011)小中学校理科「電気による発熱」に関する基礎研究 : 定量的理解度向上のための数式の活用, 山口大学教育学部研究論叢 (第3部), Vol. 61, pp. 181-194.

Stephens S., McRobbie C. J. and Lucas K. B. (1999) Model-based reasoning in a year 10 classroom, Research in Science Education, Vol. 29, No. 2, pp. 189-208.

高垣マユミ・田原裕登志(2004)理想電圧源(電池)モデル(3DCG教材)を導入した「電流」と

「電圧」概念の統合, 理科教育学研究, Vol.45, No. 1, pp. 21-30.

Viard, J. and Khantine-Langlois, F. (2001) The concept of electrical resistance: How Cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding of students' learning difficulties, Science & Education, Vol.10, No. 3, pp.267-286.

山下修一(2011)小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響, 理科教育学研究, Vol. 52, No. 2, pp. 143-153.





資料 5.2 開発した中学校 2 年『電流と回路』の 16 時間(標準配当時数)の授業

項目	時数	ねらい	学習の流れ	新たな支援
1 電流はどのように流れるのだろうか	1	○電流・電圧のイメージ化 電流・電圧を測定する実験を通して回路を流れる電流や電圧の特徴を確かめさせる。 水池を導入することで電流・電圧のイメージ化を図り、コア知識を意識づける。	展開① 電気についての関心を高め、 <b>電流の正体を知る。</b> 展開② 電流計の操作方法を習得する。 展開③ 豆電球を通過する前後で電流の大きさは変わらないことを確認し、 <b>豆電球を通過する電流のイメージを持つ。</b> 展開④ 各点を流れる電流の規則性を見出し、直列回路・並列回路を流れる電流の特徴を確かめる。	＜水池の導入＞ コア知識①「電流は分岐するまで一定」を引き出す コア知識②「電圧は並列回路内では一定」を引き出す
	1			
2 回路を流れる電流を調べよう	2	○電流・電圧・抵抗の関係についてのイメージ化 電流・電圧・抵抗が相互に関係し合っていて発熱していることをパチンコバネモデルでイメージさせる。 ○モデル・コア知識を活用した電気抵抗の発熱の理解 パチンコバネモデルとコア知識を活用して電気抵抗の発熱の理由を説明する活動を通して、発熱のしくみを理解させる。	展開⑤ 電圧について理解し、電圧計の操作方法を習得する。 展開⑥ 各点にかかる電圧の規則性を見出し、直列回路・並列回路の特徴を確かめる。 展開⑦ <b>電気抵抗が発熱するしくみを知る。</b> 展開⑧ 電気抵抗の太さや長さを変えると、発熱量が変わることを知り、その理由を考える。電気抵抗の意味を知る。 展開⑨ 太さの異なる 2 本の電気抵抗のつなぎ方を変えると、発熱の様子が変わることを知り、その理由を考える。	＜パチンコバネモデルの導入＞ コア知識③「電流・電圧・抵抗は相互にはたらく」を引き出す
	1			
3 回路のいろいろな区間の電圧を調べよう	2	○オームの法則の理解 電気抵抗の電流測定実験とパチンコバネモデルとコア知識を活用した説明を通してオームの法則を理解させる。	展開⑩ オームの法則を知り、回路の電圧・電流・抵抗は計算によって求めることができることを知る。	コア知識④「直列の場合の合成抵抗 $R = R_1 + R_2$ (長くした時と同じ)」 「並列の場合の合成抵抗 $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ (太くした時と同じ)」を引き出す
	1			
4 電流と電圧の関係を調べよう	2	○合成抵抗の理解 合成抵抗は、小学校とのつながりを意識して電気抵抗を長くしたり太くしたりすることと同じであることを、パチンコバネモデルとコア知識を用いて理解させる。	展開⑪ 合成抵抗の意味と求め方を知る。	
	1			
5 電力について知ろう	1	○電力の理解 電力の意味を知り、電力は電流と電圧の積であることを、パチンコバネモデルを通してイメージさせる。	展開⑫ 電力の意味と求め方を知る。	

「学習の流れ 展開①～⑫」で、太字部分は本研究で開発したもので A 中学校 2 年生のみ実施、その他は教科書通りの流れで、A 中学校 3 年生・B 中学校 2 年生(水流モデルについては、教科書に掲載されているモデルを確認する程度であった)と共通である。

資料 5.3 : 事後調査問題

<発熱課題>

電気抵抗が  $10[\Omega]$  の  $R_1$  と  $5[\Omega]$  の  $R_2$  を使って回路をつくりました。これに関して質問をします。

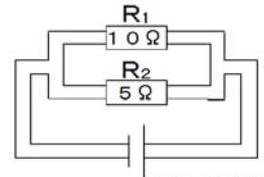


図1 並列回路

- ① 図1のように、 $R_1$  と  $R_2$  を並列につなぎ、 $30[V]$  の電圧をかけました。このとき、 $R_1$  と  $R_2$  ではどちらの電気抵抗の方が多く発熱しますか。教えてください。またそう考える理由を言葉または図で説明してください。

答え ( ) そう考える理由 (図1に絵を書きこむなどして説明してもよいです)

図2のように、 $R_1$  と  $R_2$  を直列につなぎ、 $3[V]$  の電圧をかけました。

このとき、 $R_1$  と  $R_2$  ではどちらの電気抵抗の方が多く発熱しますか。教えてください。

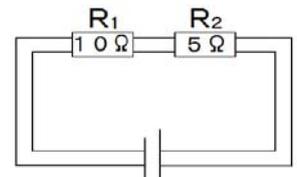


図2 直列回路

またそう考える理由を言葉または図で説明してください。

答え ( ) そう考える理由 (図2に絵を書きこむなどして説明してもよいです)

<明るさ課題>

豆電球1個と電源装置から図3のような回路をつくりました。

A点の電流の大きさをはかったところ、 $0.5[A]$ でした。次に同じ豆電球をいくつか用意して図4、図5、図6のような回路をつくりました。

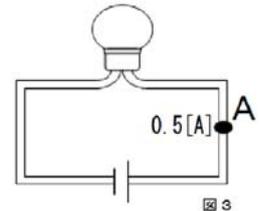


図3

- ① 図4の2つの豆電球 a, bの明るさは、図3の ② 図5の2つの豆電球 c, dの明るさは、図3 豆電球の明るさと比べてどうか。それぞれについて の豆電球の明るさと比べてどうか。それぞれについて次のア～エの中から選んで記号を書きなさい。 いて次のア～エの中から選んで記号を書きなさい。

- ア 同じ明るさ a( )  
イ さらに明るい b( )  
ウ 暗い  
エ つかない

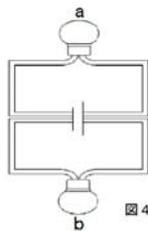


図4

- ア 同じ明るさ c( )  
イ さらに明るい d( )  
ウ 暗い  
エ つかない

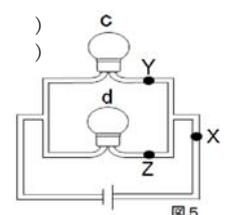


図5

- ③ 図6の2つの豆電球 e, fの明るさは、図3の ④ 図5の X, Y, Zの電流の大きさはそれぞれ 豆電球の明るさと比べてどうか。それぞれについて 次のア～エの中から選んで記号を書きなさい。 何 [A] でしょうか。

- ア 同じ明るさ e( )  
イ さらに明るい f( )  
ウ 暗い  
エ つかない

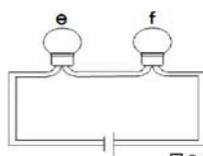


図6

- X ( [A] )  
Y ( [A] )  
Z ( [A] )

## 第6章 研究7 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し，効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

第5章研究6では、コア知識を明示した『電流と回路』の授業を受けたA中学校校2年生は、コア知識やモデルを操作した経験を生かして、並列・直列回路の特徴を踏まえた説明をするようになり、交通流モデルに惑わされることなく発展的課題にも回答するようになった。ただし、限られた時間でグループでの十分なコミュニケーション活動が展開できず、一貫群のようにコア知識やモデルを使いこなして説明できた生徒は限られ、コア知識を明示するだけでなく、グループ内で十分なコミュニケーション活動を展開する必要があることが示唆された。

研究7では、試行と改善を繰り返して開発してきた最終段階として、以下の示唆を統合して一貫した説明を促すコミュニケーション活動を開発し、中学校3年生の理科授業で展開して評価した。

1. 先行研究や研究1～4からのコミュニケーション活動に対する基本的示唆

- (1) 男女混合の4名程度の異質グループを編成する
- (2) 役割分担によって生徒一人ひとりに責任をもたせる
- (3) ワークシートにより書記的活動を導入して学習内容理解の保持を促す
- (4) 具体的な質問例などのコミュニケーションモデルを提示する

2. 研究5～6からの一貫した説明を促すコミュニケーション活動への示唆

- (1) 中学生向けにワークシートを改善する
- (2) 役割を明示したカードを配布する
- (3) 議論のデモンストレーションを見せる
- (4) 生徒同士で「その考えは筋が通っていますか」と確認させる
- (5) 幅広い現象について説明できるコア知識を獲得させる

中学校3年生の『酸化と還元』の授業で、研究6での知見を生かして中学生でも一貫した説明がしやすいように、酸化還元の説明に広く適用できる酸素との化合のしやすさを示す「化合力」をコア知識として引き出し、研究5での知見を生かしてお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うコミュニケーション活動を展開し、どの程度一貫した説明を促すことができたのか、発展的課題や未習の課題についても一貫した説明ができるようになったのかについて検討した。

## 第1節 研究7 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動

### I. 問題と目的

理科教育においては、生徒はある文脈の中で自分が納得できれば、一貫性や妥当性の検討なしに知識を獲得しようとするのが指摘されている。例えば、学校で光合成を学ぶ際に、生徒は葉で光合成を確認する実験ばかりに注目して、茎などの他の部位では葉緑素があっても光合成はしないと考えるてしまうと報告されている(工藤, 2001)。研究5でも、授業で「音は落ちない」ということが強く印象づけられ、遅延調査で「音は落ちたりしない」と説明した生徒が数名いた。そのため近年では、コミュニケーション活動を導入して、適用範囲をわきまえながら自分の考えを説明し、他者の質問に答えることで、自分の知識の妥当性を検討させることが試みられている(本研究に関連する文献として例えば、宮田, 2004; 益田, 2005; 臼井ら, 2003; 清水ら, 2005などがあげられる)。そして、コミュニケーション活動の際には、状況に惑わされることなく、原理・法則を一貫して適用することの重要性が示唆されはじめている(村山, 2005)。

研究5では、研究4で成果をあげたワークシートと役割分担を中学生向けに改良し、実際の理科授業で試行したところ、「その考えは筋が通っていますか」という質問が、一貫した説明を引き出すのに有効であった。もし、仮に誤った考えで一貫した説明をしていても、考えが一貫していない場合よりも正しい考えへの転換が容易であることが示されているので(例えば、西川・冬野, 1996; 呉, 2005)、研究7でも積極的に一貫した説明を促すことにした。また、研究6では、中学校2年生『電流と回路』の授業で、「幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」をコア知識として明示したところ、一貫した説明を促すことができた。

研究7では、研究5でのコミュニケーション活動に加えて、研究6での知見を生かし、中学生でも一貫した説明がしやすいように、酸化還元の説明に広く適用できる酸素との化合のしやすさを示す「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」をコア知識として引き出し、お互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うコミュニケーション活動を展開した。酸化銅の還元については、教科書では「炭素は酸素と化合しやすいので」と説明されていたが、毎年のように授業を受けた中学生から「なぜ炭素が酸素を奪うのか」という質問が出され、満足できる回答ができなかった。そこで、酸素濃度を変えたMg・C・Fe・Cu・Agの燃焼実験の結果から、酸素との化合のしやすさの順番を導くことは十分可能であると判断し、科

学教育映画<sup>1)</sup>でも使われていた酸素との化合のしやすさを「化合力」として、酸化還元について説明させることにした。「化合力」を用いることで、中学生でも「炭素は銅よりも『化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)』が強いから、銅から酸素を奪い取って二酸化炭素となり、銅が残る」<sup>2)</sup>と説明できるようになると考えた。そして、5時間の授業を通して生徒の一貫した説明を促し、発展的課題や未習の課題にも「化合力」を用いた一貫説明ができるようになったのかを探った。

## II. 方法

### 1. 調査対象および実施時期

公立中学校3年生3クラスを対象にして、2005年7月中旬に事前調査、2005年10月上旬～下旬に5時間の『酸化と還元』の授業(標準配当時数5時間)、授業終了後に事後調査、2005年12月下旬には事前予告なしに遅延調査を実施した。分析には、3クラスのうち男女2名ずつの4名のグループが編成され、4名がすべての活動に参加し、事前・事後・遅延調査に回答した12グループ48名(男24名・女24名)のデータを用いた。

### 2. 調査項目および調査実施時期

調査項目は以下の5項目であり、表6.1には調査実施時期を示した。また、コミュニケーション活動①～④(表6.4)の発話を記録し、発話内容を分析した。

(1)一貫した説明をしていたかを見るために、「ものが燃えることに関する学習では『自分の考えにスジを通すようにしている』と思う」という質問に5段階(5:よくあてはまる 4:ややあてはまる 3:どちらでもない 2:あまりあてはまらない 1:ほとんどあてはまらない)で回答させた。

(2)酸化銅の還元実験における炭素の役割をどの程度理解しているかを見るために、「酸化銅の還元実験における炭素の役割」について記述させた。

(3)教科書では扱われていないが授業中に取り上げた二酸化炭素の中のマグネシウムの燃焼について、どの程度理解しているかを見るために、「二酸化炭素を満たした集気瓶中でのマグネシウムリボンの燃焼」について記述させた。

(4)未習の課題についても「化合力」を用いて説明できるのかを見るために、教科書には扱われていない「砂鉄(酸化鉄)に炭を混ぜて高温に加熱して鉄を取り出す『たたら製鉄』において、なぜ鉄が取り出せるのか」について記述させた。

(5) コミュニケーション活動によって理解が深まったと認識しているかを見るために、  
 ①「グループの話し合いでは『自分は何がわかっていないか、はっきりした』と思う」  
 ②「グループの話し合いでは『自分の考えを説明することで理解が深まった』と思う」  
 ③「グループの話し合いでは『他の人の考えを聞いて自分の理解が深まった』と思う」  
 という質問に5段階(5:よくあてはまる 4:ややあてはまる 3:どちらでもない 2:あまりあてはまらない 1:ほとんどあてはまらない)で回答させた。

表 6.1 調査実施時期

	事前 (授業開始3ヶ月前)	授業	事後 (授業終了後)	遅延 (授業終了2ヶ月後)
(1)一貫した説明	事前		事後	遅延
(2)炭素の役割		WSに記述*	事後	
(3)マグネシウムの燃焼		WSに記述*	事後	
(4)たたら製鉄			事後	遅延
(5)理解深化			事後	遅延

\*ワークシートに「自分の考え」「グループの考え」を記述させた。

### 3. 授業内容

授業は、前年度理科授業を担当した教員が、特別に5時間の『酸化と還元』の授業を担当した<sup>3)</sup>。1時間目に、小学校で学習した燃焼について振り返り、2時間目には、コミュニケーション活動を通じてコア知識：酸素との化合のしやすさを示す「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」を見出させて、3～4時間目に、酸化銅が還元実験についてコミュニケーション活動を通して考察させ、5時間目には、発展的課題：二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼についてコミュニケーション活動を通じて考えさせた(表 6.2, 授業の詳細については資料6参照)。

表 6.2 5時間の学習内容と生徒の活動

時	学習内容	生徒の活動
1	燃焼の復習 燃焼の条件確認する スチールウールの燃焼について考察する <コミュニケーション活動①>	燃焼のための条件(酸素・燃えるもの・温度)を確認し, スチールウールなどの無機物では, 燃焼時に二酸化炭素を発生しないことをホワイトボード上で分子模型を操作しながら学んだ。
2	「化合力」の導入 酸素濃度を変えた Mg・C・Fe・Cu・Ag の燃焼実験の結果から, 酸素との化合のしやすさの順番を判断する <コミュニケーション活動②>	実際に異なる酸素濃度中の燃焼の様子を観察したり, 「化合力」を紹介している科学教育映画を見たりして, マグネシウム・炭素・鉄・銅・銀の5つの元素の燃え方を観察し, 化合のしやすさについて検討した。
3	酸化銅の還元実験 酸化銅と炭素を混ぜて加熱した時の変化の観察する	グループごとに酸化銅が還元されて銅になる様子を炭素の働きに注目して観察・実験した。
4	酸化銅の還元実験の考察 還元の仕事と炭素の役割についての考察する <コミュニケーション活動③>	炭素の働きを他者に説明し, 「化合力」から還元の仕事が理解できることを学んだ。
5	二酸化炭素中でマグネシウムの燃焼実験 二酸化炭素中でのマグネシウムの燃焼の様子を観察し, 考察する <コミュニケーション活動④>	グループごとに二酸化炭素中でマグネシウムが激しく燃焼する様子を実験し, 「化合力」から二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼も理解できることを学んだ。

2時間目では, 実際の酸素濃度を変えた燃焼実験と異なる酸素濃度中の燃焼の様子が紹介された科学教育映画を見ながら(表 6.3), 図 6.1 のワークシートに記入させた。その後, 輪番で役割(発表者・質問者・司会者)を担当しながらグループで「化合力」について検討し, クラス全体でも確認した。48名すべてのワークシートのCには, 5つの物質が正しい順番で記入されていた。

表 6.3 異なる酸素濃度中の燃焼の様子

	酸素 20%中 (空気中)	酸素 50%中	酸素 100%中
マグネシウム	激しく燃える		
炭素	穏やかに燃える		
鉄	燃えない	激しく燃える	
銅	燃えない	燃えない	穏やかに燃える
銀	燃えない	燃えない	燃えない

**A. 映画を見てどのような燃え方になるか書いてみよう**

- 炭 (C) を燃やす・・空气中 (酸素 20%) で (赤く静かに燃える)
- 鉄 (Fe) を燃やす・・空气中 (酸素 20%) で (すぐ消えてしまう) )  
酸素 50% で (音や光などを出しながら激しく燃える)
- 銅 (Cu) を燃やす・・酸素 50% で (すぐ消えてしまう) )  
酸素 100% で (光を出しながら燃える)
- 銀 (Ag) を燃やす・・炎の中で (赤くならず燃えない) )  
酸素 100% で ( 上と同じ )
- マグネシウム (Mg) を燃やす・・空气中で (光やけむりを出して燃える)

**B. 「燃えやすさ」を比較しよう**

ヒント 一番燃えやすいのは? 一番燃えにくいのは?  
 ○○と△△では ( ) の方が燃えやすい。  
 Mg が一番燃えやすく、Ag が一番燃えにくかった。  
 Fe と Cu では、Fe の方が燃えやすい。

**C. 5つの物質を「燃えやすさ」の順にならべると**

よく燃える 燃えにくい

Mg · C · Fe · Cu · Ag

「燃えやすさ」とは  
 酸素と化合しやすさ  
 かさうよく  
 化合力

授業の感想 役割りを決めてはなしをしたので、  
 昨日よりもきちんと話を話し合いました。

図 6.1 コミュニケーション活動②のワークシートの記述例

コミュニケーション活動については4名1グループで行わせ、発表者は図 6.2 のようにホワイトボード上でモデル(磁石付き)を操作しながら自分の考えを他者に説明した。コミュニケーション活動②～④では、輪番で役割(発表者・質問者・司会者)を担当しながら進められた。コミュニケーション活動②～③では、発言例が記載されたカード(図 6.3)を配布して発言しやすくさせ、コミュニケーション活動③～④では、図 6.4 のようなワークシートに従って、まず自分の考えをしっかりと記述させ、□「自分の考えはスジが通ってい

る」ことを確認させてから取り組ませた。コミュニケーション活動②で見出された酸素との化合のしやすさを示す「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」は、コミュニケーション活動③～④の中でコア知識として生かされた(表 6. 4)。



図 6. 2 ホワイトボード上でのモデル操作例

B・C: 質問者カード

発表者の説明が終わった後、下の「質問の例」を参考にしながら(自分でも質問を作って下さい)質問する

- 「まとめると〇〇ということですか？」
- 「〇〇についてももう少し詳しく説明していただけますか？」
- 「その考えはどのような条件で成り立ちますか？」
- 「その考えはスジが通っていますか？」

図 6. 3 質問者のカード例

話し合いワークシート No.	
<確認したら口にレを入れよう>	
0) 話し合いの約束： <input type="checkbox"/> 他の方の考えに疑問を持って、話し合いが終わった後までひきずらない	
<b>【課題】</b>	<b>酸化銅の実験で、なぜ炭素が必要なのだろう</b> <b>炭素のはたらき</b>
1) 自分の考え： ただ単に加熱するだけでは、化合するものがないため炭素が必要であり、金銅よりも炭素のほうが化合力が強いので、酸素が炭素の方にひかれ、酸化銅は金銅になった。 <input checked="" type="checkbox"/> 自分の考えはスジが通っている <input checked="" type="checkbox"/> 他の方に自分の考えを説明できる	
2) 役割分担(録音) 【相手の意見を大切にしよう】 A:発表者 B・C:質問者(3人班は1人) D:司会者を順番に担当する A:発表者は、自分の考えを質問者Bに説明する B・C:質問者は、発表者Aの説明が終わった後でカードの「質問の例」を参考にしながら質問する D:司会者は、話し合いが録音されているか確認しながら司会をする	
3) グループで話し合って考えを1つにまとめ(録音)、その考えを書き込む 酸化銅を還元するのに、金銅よりも化合力の強い炭素と一緒に加熱することで、金銅は還元し、炭素は酸化し、酸化銅は金銅になり、石灰水には、CO <sub>2</sub> があった。 <input checked="" type="checkbox"/> グループの考えはスジが通っている <input checked="" type="checkbox"/> グループの考えに合意している	

図 6.4 ワークシートの記述例(酸化銅の還元)

表 6.4 コミュニケーション活動①～④

	WS	役割分担	コア知識	発展的課題
コミュニケーション活動①				
コミュニケーション活動②	△*	○		
コミュニケーション活動③	○	○	○	
コミュニケーション活動④	○	△**	○	○

△\*：図 6.1 のような通常のワークシート。

△\*\*：コミュニケーション活動④では、役割分担に慣れたので図 6.3 のカードは使用しなかった。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 全体の傾向

5時間の授業で生徒の一貫した説明を促し、未習課題に対しても「化合力」を用いた説明ができるようになったのかを12グループ48名のデータから探った。

##### (1) 一貫した説明 (全体)

質問項目(1)「ものが燃えることに関する学習では『自分の考えにスジを通すようにしている』と思う」に対する回答を5点満点として得点化し、事前・事後・遅延調査で比較した。表6.5に調査ごとの平均値・標準偏差(SD)と分散分析の結果を示した。

事前・事後・遅延調査で平均値に差があるかを分散分析で検討したところ、有意な主効果が見られたので( $F[1.75, 82.25]=10.82, P<.01$ )、多重比較(Bonferroni法, 5%水準)を行ったところ、事前<事後, 事前<遅延であった。このことから、事前の段階よりも一貫した説明をするようになり、2ヶ月後でも一貫した説明をしようとする姿勢が継続していたと言えよう。

表 6.5 一貫した説明の平均値・SDと分散分析結果(N=48)

	平均値	SD	F 値
事前	3.06	0.84	10.82
事後	3.67	0.88	P<.01
遅延	3.69	0.99	

##### (2) 酸化銅の還元実験における炭素の役割の理解(全体)

質問項目(2)「酸化銅の還元実験における炭素の役割」についてワークシートに記述されたものと事後調査で記述させたものを比較した。表6.6には、正答率と説明の中に「化合力」が含まれた割合を示した。正答率は高いが、「化合力」を用いての説明(例えば、「銅よりも炭素の方が『化合力』が強いので、炭素が酸化銅から酸素を奪って二酸化炭素が発生する」)の割合は、ワークシートと事後で20%台にとどまっていた。これは、酸化銅の還元実験に関する教科書通りの説明:「酸化銅は銅と酸素の化合した物質で、炭素は酸素と化合しやすい物質である」とした記述が多くを占め、「化合力」を使うまでもなく回答できたためである。

表 6.6 炭素の役割の説明の正答率と「化合力」を用いた割合 (N=48)

	正答率	化合力の割合
WS	85%	25%
事後	92%	23%

(3) 二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼の理解(全体)

質問項目(3)「二酸化炭素を満たした集気瓶中でのマグネシウムリボンの燃焼」について(2)同様に分析した。表 6.7 からは、正答率が 31%から事後では 79%まで増加し、「化合力」を用いての説明(例えば、「炭素よりもマグネシウムの方が化合力が強いので、酸素を炭素から奪って激しく燃える」)の割合も、19%から 54%まで増加していた。これは、マグネシウムリボンの二酸化炭素中の燃焼に関する説明が教科書に掲載されておらず、「二酸化炭素には火を消す性質がある」と思い込んでいる生徒が多いためであった。グループでのコミュニケーション活動により、ワークシートに書かれたグループの結論の正答率は 71%、化合力の割合は 58%に増加し、燃焼後の集気瓶に付着した黒い物質が炭素であることの説明に「化合力」が適用できることを学んだ。そのため、事後で正答率が 79%、化合力の割合が 54%となった。

表 6.7 マグネシウム燃焼の説明の正答率と「化合力」を用いた割合 (N=48)

	正答率	化合力の割合
WS	31%	19%
事後	79%	54%

(4) 未習課題への「化合力」の適用(全体)

質問項目(4)「砂鉄(酸化鉄)に炭を混ぜて高温に加熱して鉄を取り出す『たたら製鉄』において、なぜ鉄が取り出せるのか」について、(2)同様に事後・遅延調査を分析した。表 6.8 からは、「たたら製鉄」の説明の正答率は事後・遅延ともに 80%を超え、「化合力」を使つての説明(例えば、「酸化銅の還元実験と同じように、鉄より『化合力』の強い炭素が強引に酸素と結びつき、あまった鉄が取り出せる」)の割合は、事後よりも遅延調査の段階で増加していた。このことから、未習課題の「たたら製鉄」の説明にも、「化合力」を用いてうまく説明できるようになり、2ヶ月後の遅延調査の段階まで理解を保持していたと言えよう。

表 6.8 「たたら製鉄」の説明の正答率と「化合力」を用いた割合 (N=48)

	正答率	化合力の割合
事後	85%	44%
遅延	81%	60%

(5) コミュニケーション活動による理解深化の認識(全体)

調査項目(5) ①『自分は何がわかっていないか、はっきりした』, ②『自分の考えを説明することで理解が深まった』, ③『他の人の考えを聞いて自分の理解が深まった』の質問に対する回答を5点満点として得点化して、事後・遅延調査で比較した。表 6.9 に質問ごとの事後・遅延の平均値・標準偏差(SD)を示した。

事後・遅延調査で平均値に差があるかを反復測定 2 要因分散分析で確かめたところ、事後・遅延と質問に有意な交互作用は見られず( $F[1.52, 71.24]=0.23, n.s.$ )、事後・遅延の主効果は有意でなく( $F[1, 47]=2.56, n.s.$ )、質問の主効果が有意であったので( $F[1.70, 80.03]=4.88, P<.05$ )、質問について多重比較(Bonferroni 法, 5%水準)した結果、②<③であった。このことから、コミュニケーション活動によって理解が深まったという認識は、2ヶ月後でも保持されており、「自分の考えを説明すること」よりも「他の人の考えを聞いて」自分の理解が深まったという認識の方が高かったと言えよう。

表 6.9 コミュニケーション活動による理解深化の認識の平均値・SD (N=48)

	① 何がわかっていないか		② 自分が説明して		③ 考えを聞いて	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
事後	4.15	0.92	3.90	1.04	4.25	0.98
遅延	3.92	1.13	3.79	1.15	4.08	1.01

(6) コミュニケーション活動時の発話分析(全体)

コミュニケーション活動①~④で録音された発話内容を分析するために、研究5の表 4.2 同様に10のカテゴリーに分類して、あてはまる発話数を比較した(表 6.10)。なお、カテゴリー分類にあたっては、2人の評定者が独立して分類した後、不一致だったものについては協議して分類した。また、表 6.11 には同じグループのコミュニケーション活動①~④の発話例を示した。

表 6.10 各カテゴリー該当数

	活動①(全 77)	活動②(全 437)	活動③(全 399)	活動④(全 328)
①【誤り】	3(3.9%)	5(1.1%)	1(0.3%)	2(0.6%)
②【司会】	3(3.9%)	80(18.3%)	93(23.3%)	83(25.1%)
③【回答】	16(20.8%)	86(19.7%)	84(21.1%)	78(23.6%)
④【説明】	31(40.3%)	110(25.2%)	89(22.3%)	75(22.3%)
⑤【質問】	18(23.4%)	92(21.1%)	92(23.1%)	66(19.9%)
⑥【確認】	6(7.8%)	32(7.3%)	23(5.8%)	21(6.3%)
⑦【要約】	1(1.3%)	33(7.6%)	14(3.5%)	6(1.8%)
⑧【条件・可能性】	0(0.0%)	25(5.7%)	4(1.0%)	20(6.0%)
⑨【修正】	1(1.3%)	4(0.9%)	3(0.8%)	4(1.2%)
⑩【気づき】	1(1.3%)	2(0.5%)	6(1.5%)	6(1.8%)

数値は発話数，( )内には発話数全体に対する割合を%で示した。

表 6.11 同一グループのコミュニケーション活動①～④の発話例

コミュニケーション活動①(全部)	コミュニケーション活動②(一部)	コミュニケーション活動③(一部)	コミュニケーション活動④(一部)
<p>A(女):なんで二酸化炭素ができるか、なんでこっちはできないのでしょうか。燃えると酸素と化合するじゃん、炭素と化合するとこっちは二酸化炭素ができるけど、こっちは鉄と化合する、鉄と酸素が化合したら、二酸化炭素はできない【説明】。</p> <p>B(男):みんなしゃべらないの【司会】。</p>	<p>B(男):発表者のAさん、考えを説明してください【司会】。</p> <p>A(女):一番燃える順、あ、よく燃える順から、マグネシウム、炭素、鉄、銅、銀だと思いました【説明】。</p> <p>B(男):質問者のCさんとDさんは、Aさんに質問してください【司会】。</p> <p>C(男):えっと、なぜ、鉄は燃えにくく、マグネシウムが一番燃えやすいと思いましたか【質問】。</p> <p>A(女):え、銀じゃなくて【確認】。</p> <p>C(男):あ、銀、なんで銀が一番燃えにくい【修正】【質問】。</p> <p>A(女):マグネシウムは、空気中でも、青い炎を出して、激しく燃えていて、うんと、炭素が2番目なんですけど、それは空気中でも燃えたので、炭素が2番目だと思いました。で、鉄と銅に関しては、かなりの酸素がないと燃えないので、3番目と4番目で、銀は酸素があっても全く変化がなかったから、一番燃えにくいと思いました【説明】【条件・可能性】。</p> <p>D(女):えっと、その考えは、筋が通っていますか【確認】。</p> <p>A(女):酸素の量を、酸素の量をもとにして、考えているので、筋が通っていると思います【説明】。</p> <p>...</p>	<p>C(男):発表者のAさん、考えを説明してください【司会】。</p> <p>A(女):酸化銅を熱すると、石灰水、ええ、酸化銅と炭素を入れて、熱したら、石灰水は白く濁ったことから、これが、あって、二酸化炭素ができたことがわかった。ということは、炭素がなくて、こっちは銅だけになって、二酸化炭素になったってことは、炭素に酸素が結びたってことだから、何、なぜ炭素が必要なのだろう。ああ、わかった、わかった。わかった。えっと、酸素は銅よりも炭素の方が結びつきやすいから。終わり【説明】【条件・可能性】【気づき】。</p> <p>C(男):質問者のB君とDさんは、質問してください【司会】。</p> <p>B(男):その考えは、どういう条件で成り立ちますか【質問】。</p> <p>A(女):え、条件なんかなくない。どういう条件、え、だってさあ、炭素とそうね。酸素と銅と比べたときに、結びつきやすいのはさ、炭素ってわかったけどさあ、何でそうなるかがわか、わかってくれない。からよくわかんない。が答えです【説明】【条件・可能性】。</p> <p>C(男):はい、発表者のAさん、質問者とのやりとり、やりとりを通して、何か気づいたことはありませんか【質問】。</p> <p>A(女):えっと、なんで、酸素は炭素と銅で、結びつきやすさがちがうのかっていうことです【説明】。</p> <p>...</p>	<p>A(女):発表者のB君、考えを説明してください【司会】。</p> <p>B(男):火のついたマグネシウムを二酸化炭素の中に入れると消えます。えっと、酸素がないと燃えない＝酸化できないから消えます【説明】。</p> <p>A(女):質問者のC君とDさんは、B君に説明してください【司会】。</p> <p>C(男):えっと、なんで酸素あんに燃えないんですか【質問】。</p> <p>B(男):え【質問】。</p> <p>C(男):酸素はあるじゃん【確認】。</p> <p>B(男):ないよ【回答】。</p> <p>C(男):あるじゃん、あるじゃん【回答】【修正】。</p> <p>B(男):どこ【質問】。</p> <p>C(男):二酸化炭素の中にある。酸素はあるじゃん。なんで燃えないんですか【説明】【修正】【質問】。</p> <p>B(男):これにいれるんじゃない。燃える熱がいるんでしょ【確認】。</p> <p>A(女):燃えるね【回答】。</p> <p>C(男):だから、言ってんじゃない【確認】。</p> <p>B(男):燃えるね【回答】。</p> <p>A(女):燃えるんだよ。そうだよ【回答】【気づき】。</p> <p>C(男):意見かわってじゃん【確認】。</p> <p>D(女):何で燃えるの【質問】。</p> <p>C(男):酸素があるのに何で燃えないのって、俺は質問したの【説明】。</p> <p>A(女):炭素より、だってマグネシウムの方がここがつよい【説明】。</p> <p>C(男)と俺は思う【回答】。</p> <p>A(女)炭素と比べたら、だからこれがこう化合するじゃないの【説明】【条件・可能性】。</p> <p>D(女)なるほどね【回答】【気づき】。</p> <p>...</p>

表 6.10 からわかるように、ホワイトボード上でモデルを操作するだけのコミュニケーション活動①では、総発話数(77)も少なく、「誤り」を含んだ説明も多くなっていた。モデル操作に加えて、ワークシートと役割分担を導入したコミュニケーション活動②～④では、総発話数(②437③399④328)が多くなり、「要約」や「条件・可能性」も増加した。コア知識として「化合力」が明示された後のコミュニケーション活動③④では、「誤り」が少なくなり、「気づき」も見られるようになった。

表 6.11 から、ワークシートと役割分担を導入したコミュニケーション活動②～④では、各生徒が発表者・質問者・司会者として、自分の考えを説明したり、質問を投げかけたりするようになっていたことが伺える(図 6.1 の記述からも伺える)。コミュニケーション活動④では、役割分担に慣れたと思われたので図 6.4 のカードは使用しなかったため、総発話数は減少したが、発話例のように「条件・可能性」「修正」「気づき」が見られるようになった。

(1)から(6)を通して、生徒は「化合力」を用いて一貫して説明するようになり、2ヶ月後の遅延調査の段階でもコミュニケーション活動によって理解が深まったという認識を保っていたと言えよう。

## 2. 一貫群と非一貫群の差異

筋を通して説明するようになった生徒は、酸化還元現象を「化合力」を用いて一貫して説明し、遅延調査の段階でも理解が保持されやすいと考えられる。そこで、遅延調査の質問項目「(1)一貫した説明」に、5(よくあてはまる)または4(ややあてはまる)と回答した29名(男13名・女16名:表6.11のグループではA[女]B[男]C[男])を一貫群、それ以外の19名(男11名・女8名:表6.11のグループではD[女])を非一貫群に分けて分析することで、その差異を探った。

### (1) 一貫した説明(群別)

群別に1.(1)同様に分析した。表6.12に調査ごとの平均値・標準偏差(SD)、図6.5に平均値の推移を示した。事前・事後・遅延調査で平均値に差があるかを反復測定2要因分散分析で検討したところ、事前・事後・遅延( $F[1.69, 77.79]=9.05, P<.01$ )と群( $F[1, 46]=40.45, P<.01$ )に有意な主効果が見られたが、事前・事後・遅延と群に有意な交互作用が見られたので( $F[1.69, 77.79]=12.31, P<.01$ )、単純主効果検定を行った(Bonferroni法, 5%

水準)。その結果、一貫群において事前<事後<遅延、非一貫群において事後>遅延、事後調査において一貫群>非一貫群、遅延調査において一貫群>非一貫群であった。

これらのことから、一貫群・非一貫群は事前調査の段階で差があったわけではなく、一貫群では、事前・事後・遅延と平均値が次第に高くなり、事後・遅延で非一貫群よりも高くなる傾向にあった。一方の非一貫群では、遅延の段階では事後よりも低くなる傾向にあったことがわかる。

表 6.12 群別の一貫した説明の平均値・SD

	一貫群 (N=29)		非一貫群 (N=19)	
	平均値	SD	平均値	SD
事前	3.17	0.89	2.89	0.74
事後	4.00	0.85	3.16	0.69
遅延	4.34	0.48	2.68	0.67

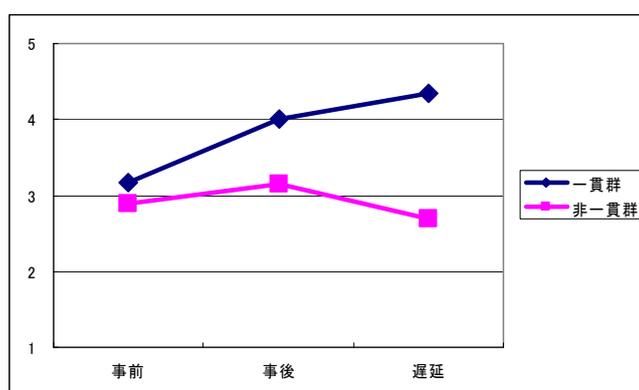


図 6.5 一貫した説明の平均値の推移(群別)

(2) 酸化銅の還元実験における炭素の役割の理解(群別)

表 6.13 には、群別の炭素の役割の説明の正答率と「化合力」が含まれる説明の割合を示した。表 6.13 からは、一貫群では事後で正答率が増加していたが、非一貫群の事後では「化合力」を使つての説明が全くなされていないことがわかる。両群ともにワークシートの時点で既に 80%以上の正答率があったが、非一貫群の事後では、炭素の役割について「炭素は酸素と結びつきやすい」という教科書通りの説明がなされ、「化合力」を使つての説明が

全くなされなくなった。「化合力」を用いて一貫して説明しようとするよりも、教科書の記述に沿って説明をしている様子が伺えた。

表 6.13 炭素の役割の説明の正答率と「化合力」を用いた割合(群別)

	一貫群 (N=29)		非一貫群 (N=19)	
	正答率	化合力の割合	正答率	化合力の割合
WS	86%	38%	84%	5%
事後	97%	38%	84%	0%

### (3) 二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼の理解(群別)

表 6.14 には群別のマグネシウム燃焼の説明の正答率と「化合力」が含まれる説明の割合を示した。表 6.14 からは、一貫群・非一貫群ともに正答率と「化合力」が含まれる説明の割合が増加していることがわかる。事後では、「炭素は酸素と結びつきやすい」という教科書通りの説明では対応できないため、両群とも「化合力」を用いての説明が増加していた。

表 6.14 マグネシウム燃焼の説明の正答率と「化合力」を用いた割合(群別)

	一貫群 (N=29)		非一貫群 (N=19)	
	正答率	化合力の割合	正答率	化合力の割合
WS	34%	24%	26%	11%
事後	83%	59%	74%	47%

### (4) 未習課題への「化合力」の適用(群別)

表 6.15 には群別、図 6.6 には一貫群、図 6.7 には非一貫群の「たたら製鉄」の説明の正答率と「化合力」が含まれる説明の割合を示した。図 6.6 では、一貫群の正答率が遅延でも 80%を超え、「化合力」を使つての説明の割合は事後よりも増加していた。これらのことから、一貫群は遅延調査でも正答率を保ち、「化合力」を用いての説明を増加させていることがわかる。これは、授業終了後も筋を通すような説明を心掛けていたために、2ヶ月後に「たたら製鉄」の説明を要求されても、一貫して「化合力」を用いた説明をしようとしていたと考えられる。一方の図 6.7 では、非一貫群の正答率が減少し、説明に「化合力」が含まれる割合には変化がなかった。

表 6.15 「たたら製鉄」の説明の正答率と「化合力」を用いた割合(群別)

	一貫群 (N=29)		非一貫群 (N=19)	
	正答率	化合力の割合	正答率	化合力の割合
事後	86%	41%	84%	47%
遅延	86%	69%	74%	47%

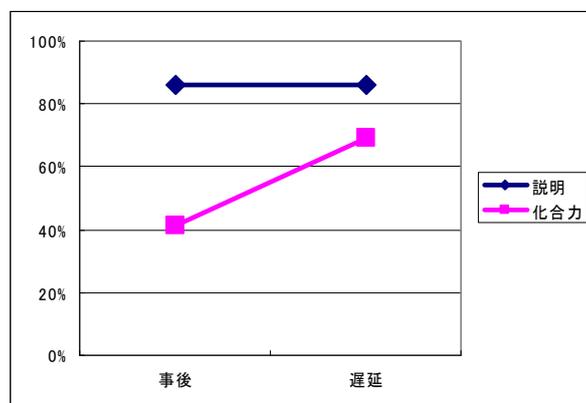


図 6.6 「たたら製鉄」の説明の正答率と「化合力」を用いた割合の推移(一貫群)

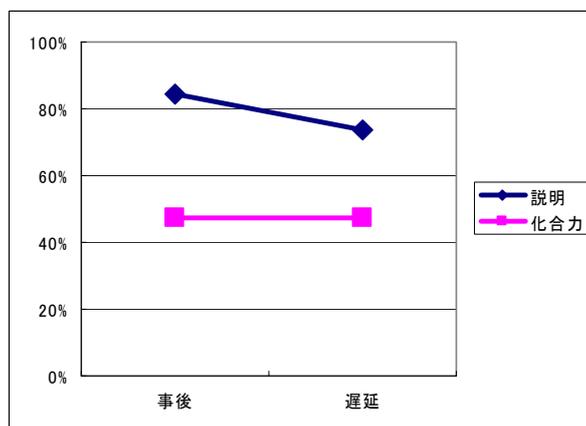


図 6.7 「たたら製鉄」の説明の正答率と「化合力」を用いた割合の推移(非一貫群)

(5) コミュニケーション活動による理解深化の認識(群別)

1. (5)同様に群別に分析した。表 6.16 に質問ごとの事後・遅延の平均値・標準偏差(SD),

図 6.8 には一貫群，図 6.9 には非一貫群の平均値の推移を示した。一貫群・非一貫群それぞれについて，事後・遅延調査での平均値に差があるのか反復測定 2 要因分散分析を行った。一貫群については，事後・遅延と質問に有意な交互作用は見られず ( $F[2, 56]= 1.17$ , n. s.)，事後・遅延 ( $F[1, 28]= 0.04$ , n. s.)，質問 ( $F[1.63, 45.76]= 2.22$ , n. s.)とも主効果は有意でなかった。非一貫群については，事後・遅延と質問に有意な交互作用は見られず ( $F[1.26, 22.61]= 0.85$ , n. s.)，質問の主効果は有意でなく ( $F[2, 36]= 2.62$ , n. s.)，事後・遅延の主効果が有意であったので ( $F[1, 18]= 6.25$ ,  $P<.05$ )，事後・遅延について多重比較 (Bonferroni 法, 5%水準) を行った結果, 事後 > 遅延であった。これらのことから，一貫群はコミュニケーション活動によって理解が深まったという認識を 2 ヶ月後まで保ち続けていたと言えよう。

表 6.16 コミュニケーション活動による理解深化の認識の平均値・SD (群別)

	一貫群 (N=29)						非一貫群 (N=19)					
	①何がわかっていないか		②自分が説明して		③考えを聞いて		①何がわかっていないか		②自分が説明して		③考えを聞いて	
	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
事後	4.41	0.73	4.14	0.95	4.48	0.83	3.74	1.05	3.53	1.07	3.89	1.10
遅延	4.34	0.72	4.31	0.76	4.45	0.69	3.26	1.33	3.00	1.20	3.53	1.17

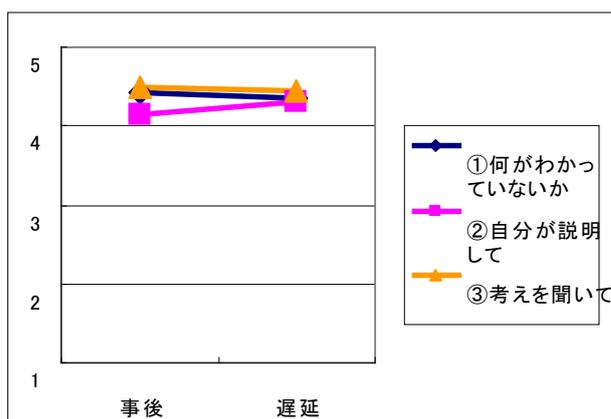


図 6.8 コミュニケーション活動による理解深化認識の平均値の推移 (一貫群)

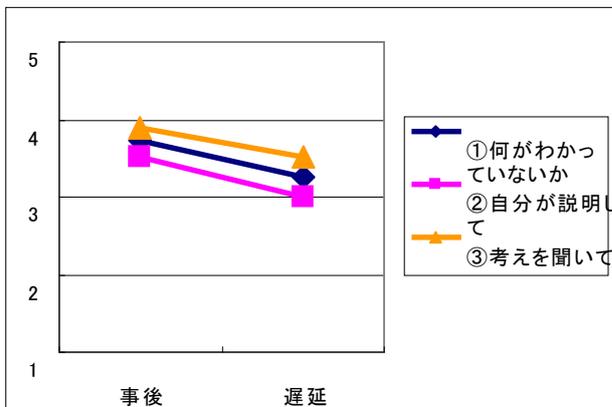


図 6.9 コミュニケーション活動による理解深化認識の平均値の推移（非一貫群）

(1)から(5)を通して、すべての生徒に筋を通して説明させるようにするのは困難で、教科書通りの説明で済む課題については効果が現れなかったが、一貫群のように表面上は異なる事象に一貫して「化合力」を用いて説明するようになると、「発展的課題に対する説明の正答率」や「理解が深化したという認識」が遅延調査の段階まで保持されやすいと言えよう。

#### IV. まとめ

研究7では、標準配当時数の5時間の授業を通して、生徒の一貫した説明を促すことができたのか、発展的課題や未習の課題にも「化合力」を用いた説明ができるようになったのかを探究した。その結果、事前の段階よりも一貫した説明がなされるようになり、2ヶ月後の遅延調査でも「コミュニケーション活動によって理解が深まった」という認識が保たれていた。そして、未習課題の「たたら製鉄」の説明にも、「化合力」を用いた説明をするようになり、遅延調査では「化合力」を用いた説明の割合が増加していた(事後 44%→遅延 60%)。また、発話内容を見てもワークシートと役割分担を導入することで総発話数が増加し、コア知識として「化合力」を明示することで「誤り」が少なくなり、「条件・可能性」「気づき」も見られるようになっていた。

一貫群と非一貫群の比較からは、一貫群では事前・事後・遅延と進むにしたがって一貫して説明するようになり、表面上は異なる事象の説明に一貫して「化合力」を適用するようになった。遅延調査での未習課題「たたら製鉄」の説明にも、一貫群は「化合力」を用いた説明の割合を増加させて(事後 41%→遅延 69%)正答率を保持しており(事後 86%→遅延

86%),「コミュニケーション活動によって理解が深まった」という認識も保持していた。一方の非一貫群では、「化合力」を用いた説明の割合は変わらず(事後 47%→遅延 47%),正答率は減少し(事後 84%→遅延 74%),「コミュニケーション活動によって理解が深まった」という認識も低下していた(事後>遅延)。

これらのことから、すべての生徒に筋を通して説明させるようにするのは困難で、教科書通りの説明で済む課題については効果が現れなかったが、一貫群のように表面上は異なる事象に一貫して「化合力」を用いて説明するようになると、「発展的課題に対する説明の正答率」や「理解が深化したという認識」が遅延調査の段階まで保持されやすかった。

## 注

1) 科学教育映画：岩波映画製作所が 1960-70 年代に製作した科学教育映画は、世界的にも評価され、作品の中から特に優れたもの 50 本が DVD 化されて、「たのしい科学教育映画シリーズ全 8 巻」(製作：岩波映像(株))となった。今回の授業では、「Vol. 2 化学編(2) 4) 化合力」を用いた。「化合力」という言葉は、現在の教科書では扱われていないが、酸素濃度を変えた燃焼実験の結果から、「化合力」の順番(Mg>C>Fe>Cu>Ag)を導くことは十分可能で、「化合力」という言葉を用いることで酸化還元の説明がしやすくなった。

2) 活性化エネルギーを与えられた時に、炭素の酸化物の生成自由エネルギーが、金属酸化物の生成自由エネルギーより遙かに小さければ、炭素は金属酸化物から酸素を奪うことができる。

3) 授業終了後 1 ヶ月目に「後期中間テスト(たたら製鉄については出題されなかった)」が行われたが、遅延調査までの 2 ヶ月間は、本年度の理科授業担当教員が通常どおりの授業を行った。

## 文献

荒井龍弥(2008)大学生の植物概念課題に対する判断基準, 仙台大学紀要, Vol. 40, No. 1, pp. 1-10.

工藤与志文(2001)学校教育によって形成された縮小過剰型誤概念の一例-「ピーマンの実 は光合成するか?」という問題について, 教授学習心理学研究会研究報告, Vol. 1, pp. 2-9.

益田裕充(2005)協同的な学びの成立に寄与する発展的な学習内容が子どもの科学的概念

の形成に及ぼす影響－中学生の水溶液概念の理解を事例として, 理科教育学研究, Vol. 46, No. 1, pp. 91-100.

宮田 齊 (2004) 理科授業における“循環型の問答－批評学習”利用の事例的研究－小学6年「電流と電磁石」の単元の授業を通して, 理科教育学研究, Vol. 44, No. 2, pp. 47-58.

村山 功 (2005) 科学的思考力を育成する授業づくり, 理科の教育, Vol. 54, 7月号, pp. 12-15.

西川 純・冬野 英二郎 (1996) 科学概念の獲得／定着と文脈依存性に関する研究－中学生の電気概念の実態をもとに, 科学教育研究, Vol. 20, No. 2, pp. 98-112.

呉 世現 (2005) 乾電池に関する誤概念体系とその修正のストラテジーについて, 教授学習心理学研究, Vol. 1, No. 2, pp. 59-75, 2005.

清水 誠・石井 都・海津 恵子・島田 直也 (2005) 小グループで話し合い, 考えを外化することが概念変化に及ぼす効果－お湯の中から出る泡の正体の学習を事例に, 理科教育学研究, Vol. 46, No. 1, pp. 53-60.

白井 豊和・松原 静郎・堀 哲夫 (2003) 思考力の育成を重視したグループ討論に関する研究－高等学校化学「沸騰と蒸気」の実験を事例にして, 理科教育学研究, Vol. 43, No. 3, pp. 21-28.

## 第2節 コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の有効性

試行と改善を繰り返して開発してきた最終段階として、研究7では研究6での知見を踏まえて、中学生でも一貫した説明がしやすいようにコア知識として「化合力」を導入し、研究5で説明の一貫性を保つのに貢献したお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うことを促した。その結果、「化合力」を用いた一貫説明が促され、一貫して説明するようになると、「発展的課題に対する説明の正答率」や「理解が深化したという認識」が遅延調査の段階まで保持されていた。

これらのことから、研究7で開発したコア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動は、先行研究・研究1～3で明らかになった課題を研究4でのワークシートと役割分担を導入することで克服し、研究5・6での知見を生かして、今まで焦点が当てられてこなかった一貫した説明を、コア知識を獲得させてからお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うことで促した結果、特に状況が異なるように見える二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼やたたら製鉄の説明といった発展的課題においても、学んだ知識を用いた一貫した説明を促し、遅延調査の段階まで学習内容理解が保持されるという効果を実証できたと言えよう。

資料 6

「5時間の授業の詳細」

<<単元目標>>

- 酸化が酸素の関係する反応であることを見いだす。
- 酸化反応の進む速度には、物質によって違いがあることを見いだす。
- 還元の実験を行い、還元が酸素の関係する反応であることを見いだす。

1時間目 / 5時間

<<目標>>

- ・物質が燃える時の条件について興味をもち、調べようとする。(関心・意欲・態度)
- ・鉄が燃えても二酸化炭素が発生しない理由を見いだせる。(科学的な思考)
- ・分子模型で炭素が燃える場合と鉄が燃える場合の違いを表せる。(技能・表現)
- ・鉄が燃えても二酸化炭素が発生しないことを理解できる。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
復習 (5)	○「物が燃える」とはどんな化学変化か、2年生の時の学習を思い出す。 ○木炭と鉄の燃え方の違いを観察する。	一斉	○燃焼の三条件「酸素」「燃える物」「温度」を確認する。 ☆物質が燃える時の条件について興味をもち、調べようとする。(関心・意欲・態度) ○演示実験により、有機物と無機物の燃焼の違いに気づかせる。 空気中ではどうか 集気びん内ではどうか 二酸化炭素は発生したか	集気びん 木炭 スチールウール 石灰水 ガスバーナー 酸素ボンベ
課題把握 (10) 話し合い (20)	鉄が燃えても、二酸化炭素が発生しないのはなぜだろう ○4人グループで考えを発表し合う(コミュニケーション活動①)。 ○グループの代表が全体に発表する。	グループ	○集気瓶には酸素濃度が50%程度になるようにしておく。 ○鉄を燃焼させた方は白濁しないことに注意を向けさせる。 ☆鉄が燃えても二酸化炭素が発生しない理由を見いだせ	録音機 ホワイトボード 分子模型

<p>まとめ (10)</p>	<p>○まとめる。 予想される発表例：「鉄は無機物だから燃えても二酸化炭素は発生しない。有機物が燃えると二酸化炭素が発生する」</p>	<p>一斉</p>	<p>る。(科学的な思考) ☆分子模型で炭素が燃える場合と鉄が燃える場合の違いを表せる。(技能・表現)  ○鉄が燃えても二酸化炭素が発生しない理由(鉄には炭素原子が含まれていない)に気づかせる。 ☆鉄が燃えても二酸化炭素が発生しないことを理解できる。(知識・理解)</p>	
---------------------	---	-----------	--	--

2 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度)
- ・酸素との化合のしやすさに違いがあることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・実験結果を適切にワークシートに記録できる。(技能・表現)
- ・化合力について知る。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
前時復習 (5)	○有機物の燃焼では二酸化炭素が発生するが、無機物では二酸化炭素は発生しないことを確認する。	一斉		
課題把握 (10)	<p>5種類の物質の「燃えやすさ」を比較しよう</p> <p>○岩波映画「化合力」を見る。 ・炭を燃やす。 ・鉄を燃やす。 ・銅を燃やす。 ・銀を燃やす。 ・マグネシウムを燃やす。</p>		○実験ごとに映像を一時停止して、結果をワークシートに書き込ませる。 ☆実験結果を適切にワークシートに記録できる。(技能・表現)	岩波映画 プロジェクター ワークシート  掲示物
話し合い (20)	<p>5つの物質の化合力の違いを説明してみよう(コミュニケーション活動②)*</p> <p>○コミュニケーション活動:グループごとに役</p>	グループ	○理科係にデモンストレーションをさせる。	役割別のマニュアル 録音機  物質カード ホワイトボード

<p>まとめ (10)</p>	<p>割を決める。 A 発表者 B 質問者 C 質問者 D 司会者(録音担当)</p> <p>○グループの代表が全体に発表する。</p> <p>予想される発表例：「酸素の濃度と燃え方の関係から、化合力の強さは、<math>Mg &gt; C &gt; Fe &gt; Cu &gt; Ag</math>の順番です」</p> <p>○「化合力(<math>Mg &gt; C &gt; Fe &gt; Cu &gt; Ag</math>)」についてまとめる。</p>	<p>一斉</p>	<p>○グループが3人の場合は質問者を1人にさせる。 ○物質カードとホワイトボードを使って説明させる。 ○司会者に録音を担当させる。</p> <p>☆積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度) ☆酸素との化合のしやすさに違いがあることを見いだせる。(科学的な思考)</p> <p>○次回の酸化銅還元実験の予告をする。 ☆化合力について知る。(知識・理解)</p>	<p>配付資料 自己評価</p>
---------------------	--	-----------	--	----------------------

3 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・グループで協力して実験に取り組んでいる。(関心・意欲・態度)
- ・ワークシートに実験結果を適切に記録できる。(技能・表現)
- ・酸化銅の酸素は炭素によって奪われたこと、酸化銅は還元され、炭素は酸化されたことを理解する。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
<p>前時復習 (5)</p> <p>課題把握 (10)</p> <p>実験 (20)</p>	<p>○「化合力」の復習</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 5px 0;">酸化銅から酸素を引き離すことができるか</div> <p>○酸化銅の還元実験 ○実験の手順や注意事項を確認する。</p> <p>○酸化銅から銅を取り出す。</p>	<p>一斉</p> <p>グループ</p>	<p>○手順を説明するために演示を行う。 ○火を消す手順・試験管の傾きに留意させる。 ○ピンチコックで空気の流入を防ぐ目的を確認する。 ☆グループで協力して実験に取り組んでいる。(関心・意欲・態度)</p>	<p>岩波映画</p> <p>ワークシート</p> <p>自己評価</p>

まとめ (10)		一斉	☆ワークシートに実験結果を適切に記録できる。(技能・表現) ☆酸化銅の酸素は炭素によって奪われたこと、酸化銅は還元され、炭素は酸化されたことを理解する。(知識・理解)	
-------------	--	----	--	--

4 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度)
- ・化合力の関係から、炭素が酸化銅から酸素を奪い取ることを見いだせる。(科学的な思考)
- ・化合力を用いて筋の通った説明ができる。(技能・表現)
- ・炭素は銅よりも化合力が強いので、酸化銅から酸素を奪い取って二酸化炭素となり、銅が残ることを理解できる。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
前時復習 (5)	○酸化銅の還元実験の復習	一斉		
課題把握 (10)	酸化銅の還元実験で、なぜ炭素が必要なのだろうか(コミュニケーション活動③)*			
考察・発表 (20)	○グループの代表が全体に発表する。 ○まとめる。 予想される発表例：「炭素は銅よりも化合力が強いから、酸化銅から酸素を奪い取って二酸化炭素となり、銅が残る」	グループ	○ホワイトボード上で分子模型を使って説明させる。 ○司会者に録音を担当させる。 ☆積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度) ☆化合力の関係から、炭素が酸化銅から酸素を奪い取ることを見いだせる。(科学的な思考)	ホワイトボード 分子模型 録音機
まとめ (10)	○酸化銅から酸素を引き離すために炭素が使われる理由を確認する。 ○還元(炭素は酸化銅から酸素を奪い取った)について理解する。	一斉	☆化合力を用いて筋の通った説明ができる。(技能・表現) ☆炭素は銅よりも化合力が強いので、酸化銅から酸素を奪い取って二酸化炭素となり、銅が残ることを理解できる。(知識・理解)	

5 時間目 / 5 時間

<<目標>>

- ・積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度)
- ・二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼について、化合力を用いて考えられる。(科学的な思考)
- ・化合力を用いて筋の通った説明ができる。(技能・表現)
- ・二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼について理解できる。(知識・理解)

<<展開>>

学習過程 (時配)	学習内容と活動	形態	指導・支援と評価☆	資料等
前時復習 (5)	○酸化・還元の前復習	一斉	岩波映画を見せて復習する。	岩波映画
課題把握 (5)	火をつけたマグネシウムを二酸化炭素中に入れるとどうなるか(コミュニケーション活動④)*			
話し合い (15)	<p>予想 ア) 激しく燃える イ) 穏やかに燃える ウ) 火が消える</p> <p>○グループの代表が全体に発表する。</p> <p>予想される発表例:「マグネシウムは二酸化炭素の酸素を奪って激しく燃える」</p>	グループ	<p>○ホワイトボード上で分子模型を使って説明させる。 ○司会者に録音を担当させる。</p> <p>☆積極的に話し合いに参加している。(関心・意欲・態度) ☆二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼について、化合力を用いて考えられる。(科学的な思考) ☆化合力を用いて筋の通った説明ができる。(技能・表現)</p>	ホワイトボード 分子模型 録音機
実験 (15)	<p>○実験の手順や注意事項を確認する。 ○まず、ろうそくとスチールウールで試してみる。 ○実際に火をつけたマグネシウムを二酸化炭素の中へ入れて観察する。</p>		<p>○水を入れた集気びんに二酸化炭素を放出する入浴剤を投入して、しばらく放置する。 ○ろうそくとスチールウールでは、火が消えることを確認させる。 ○マグネシウムの燃焼の場合には、サングラスをかけて観察させる。 ☆二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼について理解できる。(知識・理解)</p>	
まとめ (5)	○化合力を用いて様々な酸化・還元現象を説明できることを確認する。	一斉		

\* コミュニケーション活動②～④でワークシートと役割分担を導入した。

## 終章

序章	問題の所在：日本の理科授業を改善するためのグループコミュニケーション活動の開発 研究目的：新たなグループコミュニケーション活動を開発し，効果を実証 研究方法：先行研究の検討・実験・調査・コミュニケーション活動の試行と評価
第1章	先行研究の検討 ：異質4名グループ，役割分担・書記的方法・質問例提示
第2章	理科教育におけるコミュニケーション活動の現状と課題 ：グループ編成・人数・活動の構成
第3章	理科教育におけるコミュニケーション活動開発 ：異質グループ・4名程度・責任をもって説明させる
第4章	ワークシートと役割分担導入によるコミュニケーション活動の改善 ：ワークシートと役割分担を導入した改善
第5章	コア知識導入によるコミュニケーション活動の改善 ：コア知識一覧表の作成・コア知識を導入して一貫した説明を促す
第6章	コア知識を用いた一貫説明を促すコミュニケーション活動の開発と評価 ：コア知識の導入・「その考えは筋が通っていますか」という質問
終章	研究のまとめ，理科授業の中での位置づけ，理科教育への貢献 ：「発展的課題に対する説明の正答率」「理解が深化したという認識」が遅延時まで保持

## I. 研究のまとめ

本研究では、以下のようにグループコミュニケーション活動に関する知見を整理して、一貫した説明を促すコミュニケーション活動を開発し、実際の中学校理科授業でその効果を実証した。

第1章では、グループコミュニケーション活動の課題について先行研究の知見を整理した。タイトルのレビューから、グループコミュニケーション活動に関する研究は、Journal of Research in Science Teaching, Research in Science Education, Science Educationでは、1990年代後半に多く見られ、理科教育学研究・科学教育研究では、1996年以降に見られるようになった未だに新しい研究分野であった。小グループでのコミュニケーション活動については、一般にグループやコミュニケーションを構成した方がコミュニケーションの質が良くなると示唆されていたが、構成されたグループコミュニケーション活動にも、以下のような課題が残されていた。

(1)グループ編成については、ペアではうまくいかず、6名以上になると参加意識が問題になることから、3名から5名が適切であると示唆されていた。しかし、検証された事例が限られ、ペアではなぜうまくいかないのか、十分には明らかにされていなかった。

(2)コミュニケーション活動の方法については、「役割分担」「書記的方法」「質問例提示」などの導入が試みられていたが、「役割や決められた言い回しを乗り越えることが重要である」という指摘や「事前の知識が少ない人は書くことからあまり学ばない」という指摘も見られた。

(3)コミュニケーション活動の効果については、「学習内容理解が促進されたか」「議論に関する知識・スキルが獲得されたか」「メタ認知的知識が獲得されたか」といった観点から評価することが示唆されていた。しかし、議論のスキルは十分に開発されておらず、コミュニケーション活動により学習内容理解が促されたことを示すのは、困難となっている。

第2章では、グループ編成の違いによるコミュニケーション活動の差異を実験的に確かめ、実際の中学校理科授業の様子を調査することで、新たなコミュニケーション活動開発への示唆を得た。なお、メンバーが一人でも替わったり欠席したりすると、メンバー間のコミュニケーションに影響を及ぼすので、分析にはメンバー全員がすべてのコミュニケー

ション活動に参加したグループのデータのみを取り上げて、信頼性を高めた。

現在までのところ、成績による等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異については、等質と異質のとらえ方の違いやコミュニケーションの内容・形態の違いのために、学習内容理解に及ぼす影響について、統一した知見は得られていない。そこで、大学生を対象に知識の差の少ない等質グループと知識の差の多い異質グループを編成して、グループ間のコミュニケーション活動にどのような差異があるのかを探った(研究1)。その結果、課題に対する理解度では、上位者は等質グループに所属した方が、下位者は異質グループに所属した方が事後の成績が上向く傾向にあった。しかし、1ヶ月後には等質と異質の平均得点の差はなくなっていた。一方で、コミュニケーション活動に対する受けとめ方は、上位者・下位者とも異質グループの方がその効果を認めるように推移し、1ヶ月後でもその効果を認識していた。上位者からなる等質グループでは、結論に合意しやすいが他者への説明が十分に行われないうこと、下位者からなる等質グループでは、誤った前提のもとにコミュニケーションが展開されても修正されないことなど、等質グループの問題点が明らかになった。

また、4人組とペアの違いについても、十分に明らかにされていなかった。そこで、4人組とペアでのコミュニケーション活動の違いを探った(研究2)。異質4人組では、下位者から「多様な条件」が出されて、上位者によって「修正・気づき」がもたらされていた。ペアでは、上位者・下位者の双方から「多様な条件」が出され、下位者は恩恵を受けるが、上位者は下位者が持ち込んだ誤った考えに引きずられてしまうことがあり、正しい判断をするのが難しくなっていた。そして、ペアの相手が説明の途中で割り込んで説明の機会が奪われ、学習内容よりも相手の心情理解に関心が向けられるケースも見られた。ただし、異質ペアでも自分は何がわかっているか、何がわかっていないかを区別するようなメタ認知的思考ができるものの中には、ペアの相手から負の影響を受けないケースも確認された。

さらに、実際の中学校理科授業において Jigsaw 法を取り入れたクラスとグループで話し合いをしたクラスのコミュニケーション活動を比較した(研究3)。その結果、Jigsaw 法クラスでは、他者の意見を修正したり、理由を追求したりすることで、他のメンバーに気づきをもたらしたり、説明するうちに自らの誤りに気づく機会が得られていた。一方のグループ活動クラスでは、司会中心の展開で質問や修正がされにくく、自分の考えも多数のメンバーが支持する考えに左右されて、誤ったまま合意してしまうケースも見られた。特に発展課題については、5班中3班で誤ったままの結論に合意していた。

第3章では、先行研究や実験・調査から明らかになった課題を克服するために、新たなコミュニケーション活動を開発し、大学生を対象にして試行した(研究4)。グループ編成については、研究1・2の結果から異質4人組にした。コミュニケーション活動の構成については、先行研究や研究3から、(1)役割分担によって生徒一人ひとりに責任を持って説明させること、(2)ワークシートにより書記的活動を導入して学習内容理解の保持を促すこと、(3)具体的な質問例などのコミュニケーションモデルを提示することなどが示唆された。これらの示唆を生かして、ASK to THINK-TEL WHY<sup>®</sup>とCUPを参考にしながら新たなコミュニケーション活動を開発し、試行した。

その結果、発話内容の分析から、役割分担を課したコミュニケーション活動では、「要約」「条件」「改善」といった認知的に高次の発話が多くなり、その後のコミュニケーションでも「確認」「修正」が多くなっていた。学習内容理解については、グループでのコミュニケーションが正解を導くわけではなかったが、表面上は異なるように見える課題（「2台の台車の移動」「2球の同時落下」「ペットボトル中の2球の動き」「滑車を通した2つのおもりの動き」）が、一貫して「慣性」で説明できる課題だと見抜けるようになっていた。そして、コミュニケーション活動を通して状況や条件を区別することや自己の理解状態を把握することの重要性も認識された。

第4章では、研究4の試行で成果をあげたワークシートと役割分担が、中学校理科授業でも有効に機能するのかを検討した。中学校1年生の『音』の授業に導入するにあたって、中学生向けにワークシートを改善し、役割を明示したカードを配布して、理科係によるデモンストレーションを行わせてから、コミュニケーション活動に取り組みさせた(研究5)。標準配当時数の5時間でデザインした『音』の授業で、2時間目での「聞こえ方」と、ワークシートと役割分担を導入した5時間目での「雷の光と音」のコミュニケーション活動を、発話内容・学習内容理解といった観点から比較・分析した。その結果、5時間目の「雷の光と音」では、「確認」「要約」といった発言がなされるようになり、「雷の光と音」に関する遅延調査の平均得点が、事後調査の平均得点を上回っていた。そして、コミュニケーション活動中のM(女)の「その考えは筋が通っていますか」という質問が、他のメンバーの一貫した説明を促していたことが示された。

第5章では、研究5での「その考えは筋が通っていますか」という相互確認が、一貫した説明を促したことに着目した。一貫した説明は、学習内容理解や発展的課題への既習事項の適用といった効果があり、科学的リテラシー最上位者の特徴でもある。しかし、従来の理科教育では、説明の一貫性を肯定的にとらえて授業で促すことはほとんどなかった。そこでまず、一貫した説明を促す方法についての知見を整理した。先行研究からは、(1)知識不足を補うこと、(2)例外懸念を払拭すること、(3)論理操作不足を解消することなどが提案されていた。ただし、これらの知見は大学生を対象にした読み物教材を通じた調査から得られたもので、そのままでは中学校理科授業に用いることができない。

研究6では、中学校2年生『電流と回路』の授業で、「幅広い現象に適用できる確固とした知識で、一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」をコア知識として引き出し、一貫した説明を促すことを試みた。授業を受けた中学生は、「電流は分岐するまで一定」「並列の場合の合成抵抗は太くした時と同じ」といったコア知識を用いて、発展的課題にも並列・直列回路の特徴を踏まえた説明ができるようになった。ただし、限られた時間内でしかコミュニケーション活動が展開できず、一貫群のようにコア知識やモデルを使いこなして説明できた生徒は限られた。

第6章では、試行と改善を繰り返して開発してきた最終段階として、以下の示唆を統合して一貫した説明を促すコミュニケーション活動を開発し、中学校3年『酸化と還元』の授業で展開した(研究7)。

1. 先行研究や研究1～4からのコミュニケーション活動に対する基本的示唆
  - (1) 男女混合の4名程度の異質グループを編成する
  - (2) 役割分担によって生徒一人ひとりに責任を持たせる
  - (3) ワークシートにより書記的活動を導入して学習内容理解の保持を促す
  - (4) 具体的な質問例などのコミュニケーションモデルを提示する
2. 研究5～6からの一貫した説明を促すコミュニケーション活動への示唆
  - (1) 中学生向けにワークシートを改善する
  - (2) 役割を明示したカードを配布する
  - (3) コミュニケーション活動のデモンストレーションを見せる
  - (4) 生徒同士で「その考えは筋が通っていますか」と確認させる
  - (5) コア知識を獲得させてからコミュニケーション活動に取り組みさせる

研究6の知見を生かして、中学生でも一貫した説明がしやすいように、酸化還元の説明に広く適用できる「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」をコア知識として引き出し、研究5での知見を生かして、お互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うコミュニケーション活動を展開した。そして、どの程度一貫した説明を促すことができたのか、発展的課題や未習の課題にも「化合力」を用いて一貫した説明ができるようになったのかについて検討した。

その結果、事前の段階よりも一貫した説明をするようになり、未習課題「たたら製鉄」の説明にも「化合力」を用いて一貫した説明をするようになり、2ヶ月後の遅延調査の段階では、「化合力」を用いた説明の割合がさらに増加した。また、発話内容を見てもワークシートと役割分担を導入することで総発話数が増加し、コア知識として「化合力」を引き出したことで「誤り」が減少し、「条件・可能性」「気づき」も見られるようになった。

一貫群(29名)と非一貫群(19名)の比較からは、一貫群では事前・事後・遅延と進むにしたがって一貫して説明するようになり、未習課題「たたら製鉄」の説明にも「化合力」を用いた説明を増加させて、遅延調査の段階でも、正答率やコミュニケーション活動によって理解が深まったという認識を保持していた。

すべての生徒に筋を通して説明させるのは困難であったが、一貫群のように一貫した説明をするようになると、「発展的課題に対する説明の正答率」や「理解が深化したという認識」が遅延調査の段階まで保持されることが示された。

本研究では、導入が難しいとされる中学校理科授業で、従来はあまり取り上げられなかった一貫した説明の重要性に目を向け、コア知識を用いて一貫した説明を促すコミュニケーション活動を開発し、実際の理科授業で展開した。最終段階の研究7でのコミュニケーション活動は、先行研究・研究1～3で明らかとなった課題を研究4でのワークシートと役割分担を導入することで克服し、研究5・6の知見を生かしてコア知識を獲得させてからお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認させることで、一貫した説明を促した。その結果、生徒のコミュニケーションの質が改善され、発展的課題や未習課題にも学んだ知識を用いた一貫した説明をするようになり、遅延調査の段階でも学習内容理解を保持するという効果もたらされた。

## II. 理科授業の中での開発したコミュニケーション活動の位置づけ

本研究の目的は、中学校理科授業で発展的課題にも取り組めるようなグループコミュニケーション活動を展開して、その効果を実証することであった。研究7の『酸化と還元』の授業では、標準配当時数の5時間で4回のコミュニケーション活動を展開して、コア知識を見出させながら、酸化銅の還元や発展的課題について考えさせた。その結果、特に状況が異なるように見える二酸化炭素中のマグネシウムの燃焼やたたら製鉄の説明といった発展的課題においても、学んだ知識を用いた一貫した説明を促し、遅延調査の段階まで学習内容理解が保持されるという効果を実証した。

従来の理科授業でも、酸化銅の還元実験について考察させることは行っているが、酸化銅と炭素を混ぜて加熱すると、酸化銅から酸素が奪われ、銅と二酸化炭素ができることを確かめて終わってしまうことが多く、公立高等学校の入学試験にも出題されるようになった発展的課題には対応できなかった。平成20年に新しい学習指導要領が告示されてからは、中学校理科の教科書ページ数が前回検定版と比べて45%程度増加し、教科書をこなすだけで精一杯となり、研究7のように毎時間コミュニケーション活動を展開する余裕はなくなっている。

研究7では、コミュニケーション活動の中でコア知識を見出させたが、研究6のように従来通りの授業を展開しながらコア知識を引き出し、各単元の最後でコア知識を生かして発展的課題に取り組ませるコミュニケーション活動なら、負担なくコミュニケーション活動を理科授業の中に位置づけられる(図7.1)。コミュニケーション活動に慣れてくれば、研究7のコミュニケーション活動④のように、発言例が記載されたカードに頼らなくてもコミュニケーション活動を展開できるようになる。

また、仮説実験授業や極地方式では、すべての単元の授業書やテキストが揃っていないが、学習指導要領にそって小・中学校全単元のコア知識を一覧表にまとめたので(資料5.1参照)、中学校全単元を通してコミュニケーション活動を展開できる。具体的な授業事例と小・中学校全単元での発展的課題の例については、山下修一(2012)「一貫した説明を引き出す理科のコミュニケーション活動」東洋館出版社 にまとめて掲載した。

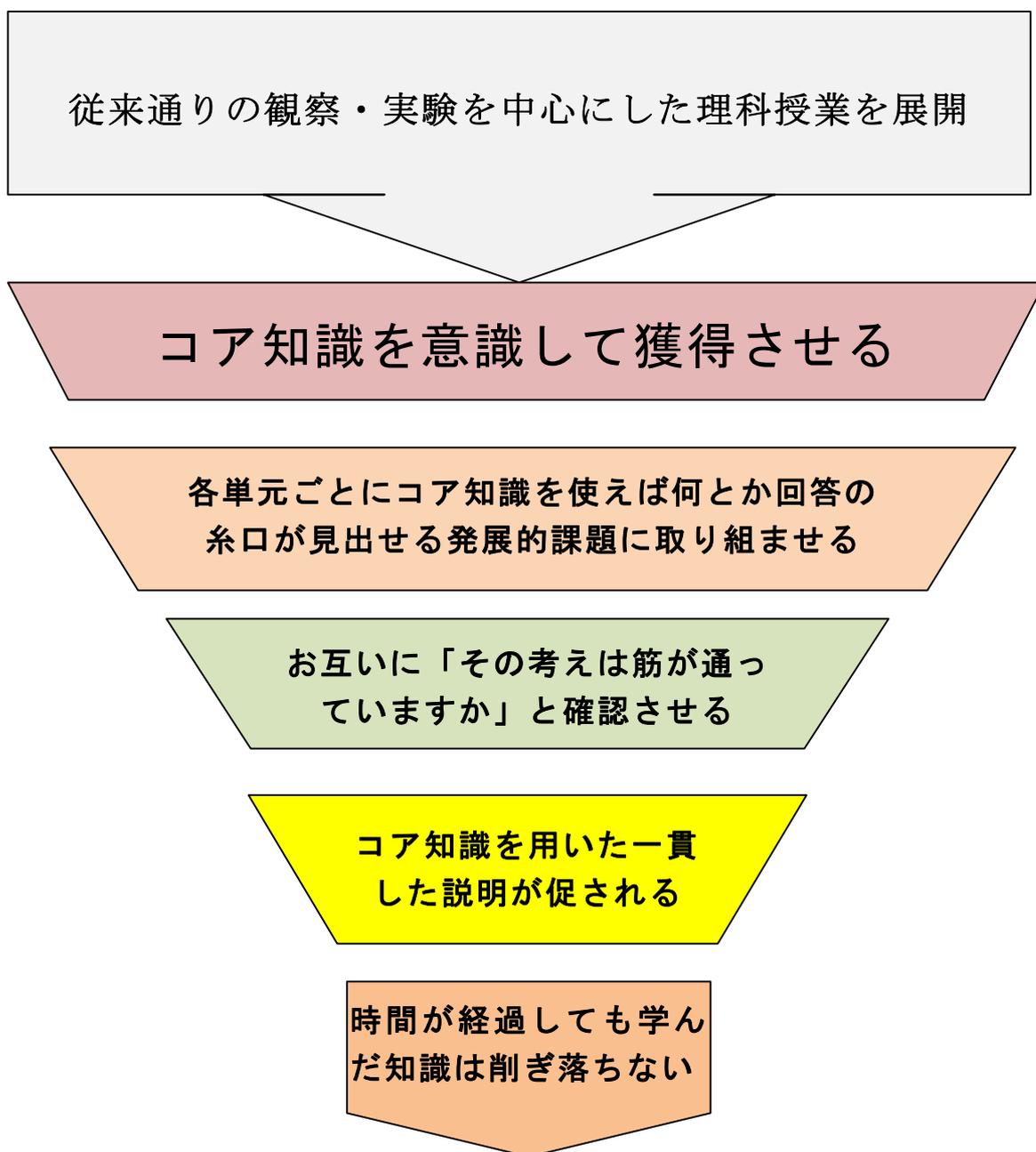


図 7.1 通常の理科授業でコミュニケーション活動を展開する場合のイメージ

筆者が著者の一人である平成 24 年度版中学校理科の教科書「理科の世界」(大日本図書)には、各単元のはじめに図 7.2 のように既習事項を振り返らせるページが設けられ、各単元のおわりには図 7.3 のようにコミュニケーション活動を促すページが設けられて、本研究の知見が生かされている。実際の授業にも、各単元のはじめに既習事項を把握させ、各単元のおわりにコミュニケーション活動を展開することが位置づいている。

この図は、教科書の「化学変化と原子・分子」単元のはじめのページを示しています。ページの上部には「単元 1」とあり、中央には大きなタイトル「化学変化と原子・分子」が掲げられています。その下には「物質の成り立ちや化学変化について学習していこう。」という副題があります。

ページの中心には「これまでに学習したこと」という見出しがあり、以下に既習事項がリストアップされています。各項目には「?」や「\$」のアイコンが付けられています。

- 植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われて二酸化炭素ができる。(小学校 6 年)
- 物質はその性質を示す小さな粒子からなっている。(1 年)
- 物質を加熱したときの変化には固有の性質と共通の性質がある。(1 年)
- 水溶液や状態変化は、粒子を使ったモデルで表すことができる。(1 年)
- 金属には、以下の共通の性質がある。
  - ① 特有の光沢がある。
  - ② たたくと広がり、引っ張るとのびる。
  - ③ 電気や熱をよく通す。(1 年)

また、このページには、実験の様子や粒子モデルの図、そして生徒たちが実験を行っている写真が挿入されています。左下には「8 ■ 単元 1 化学変化と原子・分子」というページ番号と単元名が記載されています。

図 7.2 各単元のはじめで既習事項を振り返らせるページ

## 終章 学んだことを活かそう

# 原子をもとに説明しよう

マグネシウムは、空気中で激しく燃えた。これを二酸化炭素中に入れても、火は消えずに燃え続けた。それを見たクラスメートからこんな疑問が出た。

「酸素がないのにどうして燃えるんだろう」

小学校では、ものを燃やすには酸素が必要と学習した。では、マグネシウムが二酸化炭素中でも燃えるのは、なぜだろうか。



## 4 化学変化を説明する

マグネシウムが二酸化炭素中で燃えるしくみについて、クラスメートが納得できるように説明しよう。

説明を聞く人は、わからないことなどを質問してみよう。

他の人のやりとりをもとに、自分の考えを見直そう。

マグネシウムは燃えたのに、ろうそくは燃えなかったのは、なぜですか。



黒い粉末が炭素であることを確かめるには、どうしたらいいですか。



二酸化炭素中では燃えましたが、水の中では燃えませんか。



図 7.3 各単元のおわりでコミュニケーション活動を促すページ

本研究では、コミュニケーション活動に関する基礎的知見を整理しながら、中学校理科授業で発展的課題にも取り組めるような新たなコミュニケーション活動を開発をめざしたが、改善を重ねて開発したコミュニケーション活動が結果的に先行学習と似たようなものになっているという指摘を受けることがある。

先行学習とは(鏑木, 2012), 「答えも与える予習, あるいは授業前半の教師からの説明等を通して, 授業後半の『知識活用』場面で深い理解と思考を保証されるような予備知識を獲得する学習」とされている。認知心理学等の知見を取り入れ, 学んだ知識を活用して思考させようとする点は, 本研究で開発したコミュニケーション活動と一致している。

先行学習では, 予習によって予備知識を獲得させ, 予習の内容を共書き(教師の板書に合わせて生徒もノートに書き写す)によって定着させ, 理解状態を自己評価させることでメタ認知能力を育み, 教員主導で知識を習得させる。鶴岡ら(2013)も, 先行学習について分析し, 「『習得, 活用, 探究』のうち, 習得に力点を置いた提案であった。知識の活用も, 習得を確かなものにするという角度から論じていた」と指摘している。

一方で, 開発したコミュニケーション活動は, 通常の授業の中でコア知識: 「幅広い現象に適用できる確固とした知識で, 一貫した説明がしやすいように操作を加えたもの」を引き出して獲得させ, その単元の最後に発展的課題に対してお互いに「その考えは筋が通っていますか」と確認し合うコミュニケーション活動を展開させて, 一貫した説明を促す。

具体的に『酸化と還元』の指導を研究7と先行学習の場合で比較すると, 表7.1のようになる。先行学習では, 予習によって「酸化銅は銅と酸素が化合した物質で, 炭素は酸素と化合しやすい物質であること」という予備知識を獲得させて, 理解状態を自己評価させながら, 教員主導で「酸化物が酸素を失う化学変化のことを還元という」「還元が起こるときには, 酸化も同時に起こっている」という知識を習得させるが, 開発したコミュニケーション活動では, 授業の中でコア知識: 「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」を獲得させ, 生徒同士のコミュニケーション活動の中で一貫した説明を促し, 発展的課題にも対応できるようにさせることをめざしている点が異なる。

表 7.1 研究 7 と先行学習での『酸化と還元』の指導の比較

	研究 7 の『酸化と還元』	先行学習の『酸化と還元』
目的・目標	コア知識を用いて発展的課題に対しても一貫した説明ができるようになること。	「酸化物が酸素を失う化学変化のことを還元という」「還元が起こるときには、酸化も同時に起こっている」という知識を習得させる。
取り組ませる課題	火をつけたマグネシウムを二酸化炭素中に入れるとどうなるのか。	炭素の代わりに砂糖を使っても還元は起こるのか。
課題に取り組む前に習得させること	授業の中でコミュニケーション活動を重ねながらコア知識：酸素との化合のしやすさを示す「化合力(Mg>C>Fe>Cu>Ag)」を見出させて獲得させる。	予習などで「酸化銅は銅と酸素が化合した物質で、炭素は酸素と化合しやすい物質であること」という予備知識を獲得させる。
予習		教科書などで「酸化銅は銅と酸素が化合した物質で、炭素は酸素と化合しやすい物質であること」を予習させる。
導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>既習のコア知識について復習する。</li> <li>ワークシートに従って、各自で課題に対する自分の考えを記述し、□「自分の考えはスジが通っている」ことを確認させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予習の内容を共書きさせる。</li> <li>予備知識の理解度を自己評価させる。</li> </ul>
展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>輪番で役割(発表者・質問者・司会者)を担当させながらグループコミュニケーション活動を展開する。</li> <li>グループの代表がグループの考えをクラス全体に発表する。</li> <li>各班ごとに火をつけたマグネシウムを二酸化炭素中に入れる実験に取り組ませ、結果を確認させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>教員が演示実験を見せながら説明する。</li> <li>予想の確からしさを自己評価させる。</li> <li>各班ごとに砂糖での酸化銅の還元実験に取り組ませる。</li> </ul>
まとめ	コア知識を用いて様々な酸化・還元について説明できることを確認させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>「還元とは」と言う書き出しで、還元についてノートに記述させる。</li> <li>理解度を自己評価させる。</li> </ul>
評価	未習の課題「砂鉄(酸化鉄)に炭を混ぜて高温に加熱して鉄を取り出す『たたら製鉄』において、なぜ鉄が取り出せるのか」についても説明できるか評価する。	自己評価の変容を確認する。

### Ⅲ. 理科教育への貢献

日本の理科授業は、大変優れた側面を数多く持っているが、課題をあげるとすれば、グループでのコミュニケーション活動の改善であった。しかし、グループコミュニケーション活動の方法や効果に関する知見は一致しておらず、試行しながら知見を積み重ねるところからはじめなければならなかった。コミュニケーション分析も、条件統制が困難で、信頼性を高めるために被験者数を減らしても、メンバー全員がすべてのコミュニケーション活動に参加したグループのみを扱うことにした。

コミュニケーション活動の学習内容理解への影響を示すことも困難であったが、実践の中で改善を重ねて開発したコミュニケーション活動により、中学生のコミュニケーションの質が改善され、発展的課題や未習課題にも学んだ知識を用いて説明するようになり、遅延調査の段階でも学習内容理解が保持されていることを実証することができた。

本研究は、今まであまり注目されなかった一貫した説明の重要性に目を向け、新たなコミュニケーション活動を開発し、学習内容理解を促すことを示した点で、理科教育の進展に大きな貢献をしたものと言えよう。そして、その知見が教科書にも生かされ、実際の授業にも、各単元のはじめに既習事項を把握させ、各単元のおわりにコミュニケーション活動を展開することが位置づいている。

### 文献

鏑木良夫(2012)わかる授業の指導案 55, 芸術新聞社.

鶴岡義彦・井野真奈美・佐藤将大(2013)理科教育における帰納的・発見的アプローチに  
対立する諸見解について, 千葉大学教育学部研究紀要, 第 61 巻, pp. 271-282.

## 付記

本研究の一部は、以下の科学研究費補助金を受けて実施した。

(1) 平成 12～13 年度科学研究費補助金（奨励研究(A)代表者:山下修一 課題番号 12780111 : 研究課題「理科教育におけるコミュニケーション活動の実態・意義・改善に関する実証的研究」)

(2) 平成 15～17 年度科学研究費補助金（若手研究(B)代表者:山下修一 課題番号 15700493 : 研究課題「メタ認知開発に焦点を当てたコミュニケーション活動の改善に関する実証的研究」)

(3) 平成 18～20 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)代表者:山下修一 課題番号 18500653 : 研究課題「中学校におけるコミュニケーション活動を中心にした科学教育に関する実証的研究」)

(4) 平成 21～23 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)代表者:山下修一 課題番号 21500827 : 研究課題「新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識関連図の開発と評価」)

(5) 平成 24～26 年度科学研究費補助金（基盤研究(C)代表者:山下修一 課題番号 24501039 : 研究課題「優れた理科授業を次世代に継承するためのデータベース構築と授業づくり支援」)

平成 14 年度には、文部省在外研究員として Monash University(Australia)にて、Prof. Gunstone の研究グループとコミュニケーション活動開発について検討する機会を与えていただいた。また、Breathing Earth 利用については、元東北芸術工科大学・現京都造形芸術大学 竹村真一教授より配慮いただいた。

以下の先生方には、共同研究者として授業を展開していただいた。

研究 3 : 茂原市立茂原中学校	川野治一教諭
研究 5 : 船橋市立法田中学校	日根野達也教諭
研究 6 : 浦安市立入船中学校	勝田紀仁教諭
研究 7 : 袖ヶ浦市立長浦中学校	西山宜孝教諭

また、南房総市立丸山中学校 鈴木康代教諭、千葉大学教育学部・附属学校理科連携研究会の方々には、試行授業やコア知識一覧表作成などに協力していただいた。

そして、千葉大学教育学部 鶴岡義彦教授・伏見陽児教授・山田哲弘教授、筑波大学人間総合科学研究科学校教育学専攻 大高泉教授、横浜国立大学教育人間科学部 森本信也教授、東京学芸大学自然系教育講座 鎌田正裕教授には、本研究を進める上で貴重なアドバイスをいただいた。記して感謝の意を示す。

## 原論文一覧

- 第1章 先行研究の検討 山下修一(2007)中等学校理科教育における構成されたグループコミュニケーション活動の課題, 理科教育学研究, Vol. 48, No. 2, pp. 1-11.
- 第2章 第1節 研究1 山下修一(2002)等質グループと異質グループのコミュニケーションの差異, 科学教育研究, Vol. 26, No. 1, pp. 3-11.
- 第2節 研究2 Yamashita, S. (2003)Difficulties in Students' Judgments When Working in Pairs, Journal of Science Education in Japan, Vol.27, No.4, pp.292-307.
- 第3節 研究3 山下修一・川野治一(2003)エキスパートの経験がその後のコミュニケーションに及ぼす影響, 科学教育研究, Vol. 27, No. 2, pp. 101-110.
- 第3章 第3節 研究4 山下修一(2005)メタ認知開発に焦点を当てたコミュニケーション活動の改善, 科学教育研究, Vol. 29, No. 1, pp. 66-77.
- 第4章 研究5 Yamashita, S. and Hineno, T. (2006) Improvement of Students' Communication in Secondary Level Science by means of Worksheets and Role Exchanges, Journal of Science Education in Japan, Vol.30, No.4, pp.229-240.
- 第5章 第1節 一貫した説明を促す方法 山下修一(2011)凸レンズが作る実像・虚像に関する作図能力と理解状況, 理科教育学研究, Vol. 51, No. 3, pp. 145-157.
- 第2節 コア知識一覧表の作成 山下修一(2011)小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響, 理科教育学研究, Vol. 52, No. 2, pp. 143-153.
- 第3節 研究6 山下修一・勝田紀仁(2014)モデルとコア知識を用いて2つの電気抵抗の発熱量の説明を促す授業の開発と効果, 日本教育大学協会研究年報, 第32集, pp. 27-41.
- 第6章 研究7 山下修一・西山宜孝(2006)化合力を導入して一貫した説明を促すコミュニケーション活動の効果, 理科教育学研究, Vol. 47, No. 2, pp. 65-74.
- 終章 コミュニケーション活動の評価 山下修一(2007)科学教育におけるグループコミュニケーションの評価, 科学教育研究, Vol. 31, No. 1, pp. 56-57.