
理解深化を促す教授・学習方法の開発と
教師教育への適用

研究課題番号 17500574

平成17年度～平成19年度科学研究費補助金 基盤研究(C)

研究成果報告書

平成20年3月

研究代表者 清水 誠
(埼玉大学教育学部教授)

はじめに

理科の学力低下が問題となる中、理科教育の研究者や小・中学校の教師による自然の事物・現象について理解を深めさせるための多様な取り組みが見られるようになったが、学習者が理解するということは大変難しいことである。読解するスキル、考えるスキル、まとめるスキル、考えていることを振り返るスキルなど様々なスキルを必要とするからである。1990年代後半に入り、理解という高次認知過程を教室など現実の学習場面で明らかにしようとする研究が認知科学や学習科学の分野で見られるようになった。理解という高次認知過程を、教室など現実の学習場面で明らかにしようとする認知科学や学習科学での研究には、識別としての理解を調べた Lesgold ら(1988)、手続き的理解について調べた波多野(1998)、談話の理解について調べた Kintsch(1998)等がある。また、理解深化を図る研究には、数学教育においてヴァンダービルト大学の研究者と現場の教師達との研究(1997)を見ることができる。さらには、スキル獲得を促すものについて研究した Li(2004)や理解深化過程を発話を対象とした分析方法から提案する白水(2004)の研究もみることができる。しかし、こうした研究は緒に就いたばかりで、児童・生徒が自然の事物・現象をどのように理解し深めていくのか、教師がどのように働きかければよいかについては明らかになっていない。理解にもとづく学習は、機械的学習と対比されながら、古典的には学習者本人により構成され、この過程が先行知識により制約される点が強調されてきた。しかし、今日では他者の存在やその行動によって、また利用可能な道具により影響されることも想定され、手続き的知識を超える知識の獲得や適応的熟達化とも絡んで解明すべき重要な課題となっている。本研究は、こうした研究成果を踏まえて研究を進めるが、これまで認知科学や学習科学の知見を踏まえた子どもの理解や、その指導方法についての研究は理科教育では見あたらない。この研究において、理科学習における理解深化を促す学習方法を確立することは、解けるけれど分かっていないという状態を解消し、児童・生徒が科学的な世界を解釈し構築するといった科学する人間を育成することにつながる。それは科学者共同体の学びを、児童・生徒が学んでいくことに他ならない。

そこで、本研究では、文脈に埋め込まれた学習、そして認知活動の中途結果を観察可能な形で示す外化、外化物の操作、他者との相互作用といったことをキーワードに児童生徒の理解深化を図るための教授・学習方法を確立し、次に、デザインされた教授・学習方法をもとに教師教育への適用を図ることを目標とした。研究は、理解深化を図るための教授・学習理論を構築するため、研究者である清水らが小・中学校の教師とともに、フィールドワーク、アクションリサーチという研究方法を採用しながら、児童・生徒が科学的知識を構築し理解を深めていく過程の数量的かつ質的分析を行いながら進めた。

本報告書の内容は、第1章から第3章、第4章から第8章、第9章から第11章、第12章から第14章の4つに大きく分かれている。

第1章から第3章は、学習者同士に話し合いを促すことが理解の深まりに有効であるかを調べた研究である。第1章では、生徒にグループで実験を行わせると、他者との話し合いが活発に生まれ、実験を早く終了することができる、実験結果を科学的に解釈できる生

徒が多い、実験方法を長期に記憶しているという点で効果があることを明らかにした。話し合いの生まれる授業づくりを導入することが概念の獲得に重要であることを示した。第2章では、従来から見られるクラス全体で話し合いを行いながら考察を深めていく授業と比べ、小グループで話し合いを行い考察を深めていく授業を導入することが理解を深めることに効果があることを示した。第3章では、小グループで話し合いをし、各自の考えを外化させる教授方法は概念変化を促す効果が見られることを示した。

第4章から第8章は、小グループでの話し合いに加え、考えを外化する際に外化物を用意することが理解の深まりに有効であるかを調べた研究である。第4章では、他者にやっていることがよく見え、操作できる外化物を用意すると、他者との話し合いが豊に生まれ、概念獲得を促進することを示した。第5章は、小・中学生が外化という行為と外化することの有用性をどう受け止めているか明らかにした。第6章では、予想時に自分の考え方を画用紙に書いて外化し、自分にも他者にもよく見えるように外の世界に表現し、他者と相互作用することが、概念的知識の一般化に有効であることを示した。第7章では、考察時に実験中に気付いたことや疑問をボードに外化し、自分にも他者にもよく見えるようにして議論することが概念獲得に有効であることを示した。第8章では、児童が理解を深めていくには、個々人で考察を行い、考察したことを小グループの中で他者にも見えるようにして議論しまとめていくようにする。そのうえで、教師は児童が考察したことをクラスの中で練り上げをしていく必要があることを示した。

第9章から第11章は、外化に加え、外化したものを使って内省を促すことが理解の深まりに有効であるかを調べた研究である。第9章では、観察や実験する前に、自身の考えを図に書くなどの作業を通して外化し、それを得られた結果と比較しながら内省を促すことが概念理解に有効であることを示した。第10章は、教師が評価の基準を持つだけでなく、生徒にも示し、生徒自らが自身の学習の目標を明確にしていく必要があることを示した。第11章では、児童に「自分のめあて」を話し合いを通し明確に持たせ、そのめあてをもとに学習を振り返らせることが、科学的な概念の獲得に有効であることを示した。

第12章から第14章は、理科授業に教師が介入することの効果と演繹的に学習に取り組むことが理解の深まりに有効であるかを調べた研究である。第12章では、学習中の児童に教師が適切に関わり、リヴォイスすることの重要性を示した。第13章は、「個人内（個人⇄対象）」と「他者間（学習者⇄学習者）」の相互作用に注目し、これら2つの個人内あるいは他者間の相互作用で生成される学習者のアイデアが、いかなる「教師の介入方略」によって促進され、協同構築され得るのかを示した。第14章は、生徒自身が仮説を立て、立てた仮説についての論理的な結論を説明し、観察を行い、結論を導き出すといった演繹的な学習方法を組織することが、概念を獲得していくために有効であることを示した。

本研究の成果が、小・中学校の先生方の授業づくりの一助になればこのうえない喜びである。終わりに、本研究に科学研究費の補助が与えられたことを感謝するとともに、研究に協力してくださった多くの関係者に厚く御礼申し上げます。

2008年3月

研究代表者 清水 誠

- 1 研究課題 理解深化を促す教授・学習方法の開発と教師教育への適用
- 2 研究種目 基盤研究(C)
- 3 課題番号 17500574
- 4 研究組織

研究代表者

清水 誠 埼玉大学教育学部 教授

研究分担者 (50音順)

片平 克弘 埼玉大学教育学部 教授
高垣 マユミ 鎌倉女子大学児童学部 教授

研究協力者 (50音順)

石井 都 上尾市立上尾小学校 教諭
大山 亨 栗橋町立栗橋南小学校 教諭
海津 恵子 上尾市立原市小学校 教諭
紺野 雅弘 さいたま市立与野本町小学校 教諭
佐國 勝 江南町立江南北小学校 教諭
島田 直也 埼玉大学教育学部附属中学校 教諭
田爪 宏二 鎌倉女子大学児童学部 准教授
塚本 泰平 さいたま市立浦和中学校 教諭
豊田 由香 さいたま市立大成小学校 教諭
中村 友之 さいたま市立大砂土小学校 教諭
福田 健 清泉女子大学文学部 准教授
安田 修一 蓮田市立蓮田南中学校 教諭
矢野 聖也 吉川市立関小学校 教諭
山浦 麻紀 さいたま市立木崎中学校 教諭
吉田 順一 熊谷市立荒川中学校 教諭
渡邊 文代 埼玉県教育局南部教育事務所 嘱託

5 交付決定額 (配分額)

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成17年度	1,600	0	1,600
平成18年度	1,100	0	1,100
平成19年度	800	240	1,040
総計	3,500	240	3,740

6 研究発表

(1) 学会誌等

1. 清水誠・石井都・海津恵子・島田直也：「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』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.46，No.1，2005，53-60.
2. 塚本泰平・清水誠：「ルーブリックを教師と生徒で作成する効果—体細胞分裂の観察を事例に—」『埼玉大学紀要教育学部（教育科学）』（査読なし），第55巻，第1号，2006，1-6.
3. 清水誠：「教師のリヴォイスが学びに与える影響—葉の付き方の学習を事例に—」『埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』（査読なし），第5号，2006，117-125.
4. 豊田由香・清水誠：「児童がめあてを立て，学びを振り返ることの効果」『埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』（査読なし），第5号，2006，151-158.
5. 清水誠・福田健：「外化物の違いが学習者同士の相互作用に与える影響」『科学教育研究』（日本科学教育学会・査読有り），Vol.30，No.2，2006，70-77.
6. 高垣マユミ・田爪宏二・清水誠：「理科授業の議論過程におけるトランザクティブディスカッションの生成を促す教師の介入方略」『教授学習心理学研究』（日本教授学習心理学会・査読有り），Vol.2，No.1，2006，25-36.
7. 清水誠・山浦麻紀：「考えを外化し，話し合いすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果—花の働きの学習を事例に—」『理科教育学研究』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.47，No.1，2006，35-43.
8. 清水誠・山浦麻紀：「観察時に生徒が演繹的に学習に取り組む効果—花のつくりの学習を事例に—」『理科教育学研究』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.47，No.3，2007，9-14.
9. 吉田順一・清水誠：「話し合いボードを活用し，議論することが概念獲得に及ぼす効果—水に溶ける物質の様子を事例に—」『理科の教育』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.56，No.658，2007，60-63.
10. 清水誠・矢野聖也：「考察を深めることが理解の深まりに与える効果—植物のはたらきの学習を事例に—」『理科の教育』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.56，No.664，2007，54-57.
11. 清水誠・渡邊文代・安田修一：「外化と内省が理解に与える効果—維管束の学習を事例に—」『理科教育学研究』（日本理科教育学会・査読有り），Vol.48，No.2，2007，45-51.
12. 渡邊文代・清水誠：「小・中学生が捉える外化の有用性の実態—質問紙調査の結果から—」『理科の教育』（日本理科教育学会・査読有り），2007.8.21 受理，印刷中.
13. 清水誠・大山亨・中村友之：「実験グループの人数が理科学習に与える影響」『理科教育学研究』（日本理科教育学会・査読有り），2008.1.15 受理，Vol.49，No.1，2008，印刷中.

(2) 学会発表

1. 矢野聖也・清水誠：「教師が期待する話し合い活動の効果」日本理科教育学会第 55 回全国大会，2005 年 8 月 5 日，（於：鳴門教育大学）。
2. 渡邊文代・清水誠：「外化の有用性－質問紙調査の結果から－」日本科学教育学会第 29 回年会，2005 年 9 月 11 日（於：岐阜大学）。
3. 渡邊文代・清水誠：「モデルの作成が理解に与える効果」日本理科教育学会第 44 回関東支部大会，2005 年 11 月 19 日（於：群馬大学）。
4. 矢野聖也・清水誠：「予想と結果の吟味が理解の深まりに与える影響」日本理科教育学会第 44 回関東支部大会，2005 年 11 月 19 日（於：群馬大学）。
5. 清水誠・中村友之・大山亨：「道具の数の違いが概念獲得に与える影響」日本理科教育学会第 56 回全国大会，2006 年 8 月 5 日（於：奈良教育大学）。
6. 矢野聖也・紺野雅弘・清水誠：「予想と結果の考察の吟味が理解の深まりに与える効果－植物のはたらきの学習を事例に－」日本理科教育学会第 56 回全国大会，2006 年 8 月 5 日（於：奈良教育大学）。
7. 清水誠・渡邊文代・安田修一：「外化と内省が理解に与える効果－植物の体のつくりと働きの学習を事例に－」日本科学教育学会第 30 回年会，2006 年 8 月 18 日（於：筑波学院大学）。
8. 清水誠・渡邊文代・安田修一：「モデルの作成が理解に与える効果－植物の体のつくりと働きの学習を事例に－」日本理科教育学会第 45 回関東支部大会，2006 年 11 月 26 日（於：茨城大学）。
9. 紺野雅弘・清水誠：「考察時に予想の見直しを促すことが理解に与える効果－植物のからだのはたらきの学習を事例に－」日本理科教育学会第 45 回関東支部大会，2006 年 11 月 26 日（於：茨城大学）。
10. 大山亨・清水誠：「実験グループの人数が理科学習に与える影響」日本理科教育学会第 45 回関東支部大会，2006 年 11 月 26 日（於：茨城大学）。
11. 清水誠：「理科学習における協調的な学習の効果－科学的な概念の形成を目指して－」日本理科教育学会第 57 回全国大会，2007 年 8 月 5 日（於：愛知教育大学）。
12. 清水誠・高垣マユミ・安田修一・牧野正：「相互教授を導入した授業における相互作用の効果－消化と吸収の学習を事例に－」日本理科教育学会第 57 回全国大会，2007 年 8 月 4 日（於：愛知教育大学）。
13. 紺野雅弘・清水誠・吉井規雄：「条件制御の能力を高める指導方法の研究－児童が考えた実験を取り組ませることの効果－」日本理科教育学会第 57 回全国大会，2007 年 8 月 4 日（於：愛知教育大学）。

(3) 図書

1. 清水誠：ぎょうせい，「実生活との関連を生かした理科授業をどう進めるか」『中等教育資料』（文部科学省教育課程課編集），第 841 号，2006，10-13.

目 次

はじめに

- 第1章 実験グループの人数が理科学習に与える効果
・・・・・・・・(清水誠・大山亨・中村友之)・・・1
- 第2章 理科授業におけるスモールグループでの話し合いの効果
・・・・・・・・(清水誠・佐國勝)・・・12
- 第3章 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－
・・・・・・・・(清水誠・石井都・海津恵子・島田直也)・・・23
- 第4章 外化物の違いが学習者同士の相互作用に与える影響
－葉の付き方の学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠・福田健)・・・34
- 第5章 小・中学生が捉える外化の有用性の実態
－質問紙調査の結果から－ ・・・・・・・・(渡邊文代・清水誠)・・・46
- 第6章 考えを外化し話し合いをすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果
－花の働きの学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠・山浦麻紀)・・・52
- 第7章 話し合いボードを活用し、議論することが概念獲得に及ぼす効果
－水に溶ける物質の様子を事例に－ ・・・・・・・・(吉田順一・清水誠)・・・65
- 第8章 考察を深めることが理解の深まりに与える効果
－「植物のはたらき」の学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠・矢野聖也)・・・71
- 第9章 外化し内省を促すことが理解に与える効果
－維管束の学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠・渡邊文代・安田修一)・・・77
- 第10章 ルーブリックを教師と生徒で作成する効果
－体細胞分裂の観察を事例に－ ・・・・・・・・(塚本泰平・清水誠)・・・87
- 第11章 児童がめあてを立て、学びを振り返ることの効果
・・・・・・・・(豊田由香・清水誠)・・・96
- 第12章 教師のリヴォイスが学びに与える影響
－葉の付き方の学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠)・・・104
- 第13章 理科授業の議論過程におけるトランザクティブディスカッションの
生成を促す教師の介入方略 ・・・・・・・・(高垣マユミ・田爪宏二・清水誠)・・・112
- 第14章 観察時に生徒が演繹的に学習に取り組む効果
－花のつくりの学習を事例に－ ・・・・・・・・(清水誠・山浦麻紀)・・・126

第1章 実験グループの人数が理科学習に与える効果

清水 誠・大山 亨・中村友之

I. 問題の所在

理科授業における実験の効果を取り上げたこれまでの研究を見ると、児童・生徒が実験をすることの成果を調べた研究と実験時のグループ内の児童・生徒の役割や取り組みについて調べた研究に大きく分けることができる。前者の研究には、戸北・鈴木¹⁾が実験を取り入れたクラスと実験を取り入れないクラスを比較した結果、実験を取り入れたクラスは多様な気づきが見られるとする研究がある。また、木下・松浦・角屋²⁾が観察・実験とメタ認知の関係を調査し、観察・実験の前では他者との関わりによるメタ認知の働きが高く、観察・実験中は自分自身によるメタ認知の働きが高いが、実験後はどちらも十分ではないとする研究を見ることができる。後者の研究には、相原・西川³⁾が理科の実験時のグループ内で自発的に発生した役割を分析し、通常の授業に全員参加の話し合い活動を取り入れることが協同的学習を活発化することを明らかにした研究がある。また、西川⁴⁾により、実験内容に関らずグループ内の実験役、モニター役、傍観者役が固定しており、実験役の子どもを集めてグループを編成しても3ヶ月後には実験役、モニター役、傍観者役が発生すること、グループ編成の仕方を変えても役割の比率はほぼ一致していること、傍観者は実験に関わろうとしているにも関わらず無視されることによって発生すること等を報告した研究を見ることができる。さらには、湯本・西川⁵⁾による女子児童が実験に積極的に参加しにくい実態と男子児童が女子児童の行動を阻害しているのみならず、女子児童自身が実験を放棄している実態を明らかにした研究などを見ることができる。しかし、個別に実験することとグループで実験することの効果と比較し、実験方法の定着や概念の獲得に与える影響、他者との相互作用に与える影響等について調べた研究は、清水ら⁶⁾が小学校5年生を対象に調査を行った小グループで実験を行う方が児童相互の関わりを活性化するという報告を除くと、日本理科教育学会の研究紀要「理科教育学研究」や科学教育学会の研究紀要「科学教育研究」には見られない。

グループで実験することの効果について調べたものではないが、仲間と学習することの効果調べた研究を見ると、Crook⁷⁾は仲間と協同することはアイディアの明確化、葛藤、協同による説明構築といった過程であるため、認知的な効果をもたらすとしている。理科教育の研究においても、仲間との協同が学習の効果を上げることが多くの先行研究⁸⁾で明らかにされてきた。

そこで、本研究では、生徒が理科実験を行う際に、グループで行う実験方法と個別で行う実験方法といった実験時の人数の違いが、理科学習における科学的な概念の獲得や生徒同士の相互作用に与える効果を明らかにすることを目的とした。

II. 研究の方法

1. 調査対象及び時期

埼玉県内の公立K中学校の2年生125人を対象とした。対象の被験者を、実験を行う際に2人組で実験を行う群（以下、2人組実験群と呼ぶ）と1人で実験を行う群（以下、個別実験群と呼ぶ）に分けた。2人組実験群の被験者は、2学級の合計62人（31グループ）である。また、個別実験群の被験者は、2学級の合計63人である。

2人組で実験グループをつくった理由は、Johnsonら⁹⁾が「たとえ小さなグループであっても、それを効果的に機能させるのに必要な社会的技能をもつ生徒はそれほどたくさんいるわけではなく、大きいグループほど難しくなるためまずペアではじめることである」に従ったものである。なお、両実験群ともに、実験は4人がけの実験機で行った。

調査は、2006年9月に実施した。

2. 授業の概要

調査の対象となる授業は、2人組実験群、個別実験群ともに「消化と吸収」についての学習を共同研究者の大山が50分で行った。2人組実験群の授業の概要をまとめると次のア～オのようである。

ア. 前時の学習内容「だ液がデンプンを糖に変えること」を確認した。

イ. 学習課題「なぜ、だ液はデンプンを糖に変えるのか」を提示し、課題に対する個人の予想をワークシートに記述させ、各自の予想についてグループで話し合いをさせた。その後、学級全体に学習課題に対する予想を発表させ、多くの生徒の予想である「腸で吸収しやすくするため」といった考えに注目させた。

ウ. 予想を検証するための実験方法を教師が提示し、2人で1つの実験道具と材料を使って実験を行った。実験内容は、袋状にした豚の腸にデンプンと糖の入った混合液を入れ、腸の膜を通過する物質を調べるものである。グループは、ホームルームの生活グループを理科室の実験機に機械的に着席させた男女別の2人で編成した。実験時のグループ内の役割は、特に設けずに「協力して進めるように」とだけ指示をした。

エ. 実験結果をもとに、個人で考察をさせ、考察したことをワークシートに記述させた。

オ. 各自の考察を発表させ、学級全体での話し合いを通して教師が授業のまとめを行った。

なお、2人組実験群、個別実験群の授業の違いは、個別実験群が、予想を検証するための実験を1人に1つの実験道具と材料で行ったことである。それ以外の条件は、両群ともに同じである。なお、個別実験群も3～4人の生徒が同じ実験機で実験を行った。

3. 研究の方法

(1) 実験群・統制群の等質性

両群の等質性を調べるため、実験授業を行う前に小学校での既習内容である消化の働きについての知識及び実験技能について質問紙調査を実施した。質問紙の内容は、図1のとおりである。

- ① 消化とはどのようなことですか。説明してください。
- ② 小学校で「だ液の働き」を調べる実験をしました。実験方法を書いてください。
- ③ 消化された食べ物は、どこから吸収されますか。次のア～エから選んでください。
- ア. 胃 イ. 腸 ウ. 心臓 エ. その他 ()

図1 既習内容について調べた質問紙の内容

(2) 実験にかかる時間

2人組実験群、個別実験群の実験効率を調べるため、実験にかかる時間を調べた。実験にかかる時間の記録は、5人の授業参観者により行った。記録の正確さを図るため、生徒には実験が終わったら挙手をするよう授業者が促した。

(3) 実験結果の解釈と他者との相互作用

ア. ワークシートの記述による調査

実験を行った生徒が、結果をもとに正しい解釈ができるかを調べるため、考察時の考えをワークシートに記述させた。

イ. 質問紙による調査

実験方法が定着しているかを調べるため、実験授業が終わった2ヶ月後に質問紙を使って調査した。質問の内容は、「デンプンと糖では、どちらが小腸で吸収しやすいかを調べる実験方法を記述しなさい。図を使って、記述してもかまいません。」というものである。

ウ. 他者との相互作用

実験中にグループ内に自然発生的に生じる発話をステレオマイクのついた MD レコーダーで記録した。なお、他者と会話をするを両群ともに制限をしていない。MD レコーダーは、2人組実験群、個別実験群ともに各実験机に1台設置した。なお、各実験机にいる生徒を便宜的に通常の理科授業と同じように1班から9班と呼称し、2人組実験群の生徒は2グループずつ1～8班と名前をふった各実験机に、個別実験群の生徒は3～4人ごとに1～9班と名前をふった各実験机に着席している。

記録された発話は、学習内容に関する発話と相互作用に関する発話の2つの観点から分析を行った。

学習内容に関する発話は、「次はデンプンを入れるんだよね」といった実験方法に関する発話、「緑って言うか、深緑って感じだね」といったヨウ素液や糖試験紙の色の変化など実験結果に関する発話、「変化がないってことはデンプンが通過していない」といった実験結果を考察する発話、「気持ち悪い」などといったその他の発話の4つに分類した。

相互作用についての分析は、発話を末吉(1983)の6つのコミュニケーション分析カテゴリーの一部を改変した図2に示す分析カテゴリーにより行った。なお、発話プロトコルの分析は、授業の際にグループに参加者が立ち会えた2人組実験群、個別実験群の各1クラス(2人組実験群28人、個別実験群29人)について行った。

1. 独り言, つぶやき等, 受け手のない単なる発話
2. 相手の発話を受け止めた積極的な発話
3. 相手の発話に対する簡単な応答
4. 自分の発話に何らかの関係はあるが, それをはっきりと受け止めていない発話
5. 実験の進行等を含む, 話し合いの進行を調節する発話
6. 意見を否定したり阻害する発話

図2 コミュニケーション分析カテゴリー

Ⅲ. 結果とその分析

1. 両群の等質性

質問紙の質問①の回答内容は, 次の5つに分類できた。

分類1. 小腸で物質を吸収しやすいようにすること。

食べた物質を小さな粒に分解していくこと。

分類2. だろだろにとかすこと。(曖昧な表現)

分類3. 体に必要なものと不要なものに分けること。

分類4. 消化とは小腸で吸収すること。(消化と吸収を混同した表現)

分類5. その他

分類1にあたる記述内容を正答とし, 正答と誤答(正答以外を誤答と呼ぶ)の割合を, 研究者3人の合意の上分類した結果が表1である。

表1 消化についての知識

	正答	誤答
2人組実験群 (N=62)	11	51
個別実験群 (N=63)	12	51

注. 単位は, 人数。

質問②の回答内容は, 次の4つに分類できた。

分類1. 「デンプン」「だ液」「ヨウ素液」の3つの用語を使い, 実験方法を説明している。

分類2. 「デンプン」「だ液」「ヨウ素液」の3つの用語のうちいずれかが不足し, 実験方法を説明している。

分類3. だ液の採取についてのみ記述しているもの。

分類4. その他

分類1にあたる記述内容を正答とし, 正答と誤答(正答以外を誤答と呼ぶ)の割合を, 研究者3人の合意の上分類した結果が表2である。

表 2 実験方法に関する知識

	正答	誤答
2人組実験群 (N=62)	8	54
個別実験群 (N=63)	8	55

注. 単位は, 人数。

質問③の正答は, これまでの学習からは選択肢イ. 腸である。正答と誤答の割合は, 表3のようであった。

表 3 栄養を吸収する器官

	正答	誤答
2人組実験群 (N=62)	40	22
個別実験群 (N=63)	39	24

注. 単位は, 人数。

質問①～③について, 正答である生徒と誤答である生徒数について, 直接確率計算 2×2 で比べてみると, いずれも両側検定の結果は $p=0.999$ となり, 両群の間に有意な差はない。

2. 実験にかかる時間

2人組実験群及び個別実験群の生徒が実験にかかった時間を示したものが表4である。

実験にかかった時間の平均は, 2人組実験群が478秒 (SD=96), 個別実験群が597秒 (SD=136) であった。2人組実験群では, 最も早く実験を終えたグループが339秒, 最も遅く実験を終えたグループは720秒であった。個別実験群では, 最も早く実験を終えた生徒が300秒, 最も遅く実験を終えた生徒は839秒であった。最も遅く終わった生徒は, 個別実験群が2人組実験群に比べ2分ほど多くかかっていることが分かる。2人組実験群は, 実験開始後9分には約8割の生徒が実験が終了していることが分かる。それに対し, 個別実験群では2人組実験群より3分ほどたってから約8割の生徒が実験を終了していることが分かる。2人組実験群の方が, 個別実験群より実験を早く終了する生徒が多いと言える。

表 4 実験にかかった時間

実験時間	2人組実験群 (N=31グループ)	個別実験群 (N=63人)
5分～	1	4
6分～	11	6
7分～	4	3
8分～	8	5
9分～	3	10
10分～	2	10
11分～	1	15
12分～	1	7
13分～	0	3

注. 単位は, 2人組実験群がグループ数。個別実験群は人。

3. ワークシートの記述

学習課題「なぜ, だ液はデンプンを糖に変えるのか」を解決するために行った実験結果が

正しく考察できているかを調べたワークシートの記述は、次のように分類することができた。なお、実験は豚の腸の膜の中にデンプンと糖の混合液を入れ、腸の膜を通過する物質は、「デンプン」「糖」どちらなのかを調べるものである。生徒は、糖試験紙とヨウ素液を用いて色の変化を確認している。

- 分類1. 豚の腸の膜を通過した物質と腸での吸収の関係を、「デンプン」「糖」の物質の性質を推論した記述。
- 分類2. 豚の腸を通過した物質と腸での吸収の関係を説明した記述。
- 分類3. 糖試験紙とヨウ素液の色の変化といった、実験結果のみしか書かれていない記述。
- 分類4. 「糖は腸で吸収されやすい」など具体的な理由付けがない記述。
- 分類5. その他

この分類に基づき、生徒の記述を研究者3人の合意の上分類した結果が表5である。

表5 ワークシートに見られた考察時の記述

	2人組実験群 (N=62)	個別実験群 (N=63)
分類1を記述	15(24.2)	1(1.6)
分類2を記述	11(17.7)	13(20.6)
分類3を記述	20(32.3)	20(31.7)
分類4を記述	8(12.9)	25(39.7)
分類5を記述	8(12.9)	4(6.3)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

分類1と分類2を記述した生徒が、実験結果をもとに正しい解釈ができた生徒とし、これ以外の記述をした生徒数とについて直接確率計算 2×2 で比べてみた。両側検定の結果は、 $p=0.022$ ($p<.05$) となった。2人組実験群が個別実験群に比べ、実験の結果をもとに科学的な解釈ができた生徒が有意に多いと言える。

4. 2ヶ月後の質問紙調査の結果

実験方法の定着の様子を調べるため、実験授業が終わった2ヶ月後に実施した質問紙調査の記述は、次のように3つに分類することができた。

- 分類1. 「腸」「デンプン・糖」「ヨウ素液」「糖試験紙」などの用語を用い、適切に実験方法が書かれているもの。
- 分類2. 「腸」「デンプン・糖」「ヨウ素液」「糖試験紙」などの用語の一部が書かれているが、曖昧な記述。
- 分類3. その他意味が不明な記述（未記入を含む）。

この分類に基づき、生徒の記述を研究者3人の合意の上分類した結果が表6である。

分類1を記述した生徒が実験方法を正しく記述できたとし、これ以外の記述をした生徒数とについて直接確率計算 2×2 で比べてみた。両側検定の結果は、 $p=0.074$ ($.05<p<1.0$)、片側検定で $p=0.044$ ($p<.05$) となった。2人組実験群が個別実験群に比べ、より多くの生徒が実験方法を記憶していることが分かる。

表 6 2ヶ月後の実験方法の記述

	2人組実験群 (N=62)	個別実験群 (N=63)
分類1を記述	38(61.3)	28(44.4)
分類2を記述	6(9.7)	9(14.3)
分類3を記述	18(29.0)	26(41.3)

注. 単位は, 人数。()内の数字は%。

5. 他者との相互作用

(1) 発話時間

分析の対象としたクラスの実験時間(ここでは,最後に実験を終えた生徒を教師が確認し,実験の終了を学級の生徒全員に指示するまでの時間)は,2人組実験群が767秒,個別実験群が853秒であった。実験時間の違いは,生徒全員が実験を終了したことを教師が確認した上で実験を終了したためである。なお,MDレコーダーに不具合があり,実験機8班の記録がとれなかった。2人組実験群と個別実験群の各実験時間中の生徒の発話時間は表7,表8のようであった。

2人組実験群では,生徒1人あたりの発話時間の平均は88.1秒。個別実験群では,生

表 7 2人組実験群 (N=28)の生徒の発話時間

	生徒A	生徒B	生徒C	生徒D	平均
1班	76	84	78	190	107.0
2班	88	115	73	26	76.5
3班	78	105	90	76	87.3
4班	131	93	20	6	62.5
5班	88	171	83	102	111.0
6班	110	83	105	85	95.8
7班	65	65	82	98	77.5

注. 単位は, 秒。生徒Aと生徒B, 生徒Cと生徒Dが実験グループをつくっている。

表 8 個別実験群 (N=29)の生徒の発話時間

	生徒A	生徒B	生徒C	生徒D	平均
1班	67	47	26		46.7
2班	30	74	140	46	72.5
3班	122	62	101	153	109.5
4班	83	18	129	63	73.3
5班	40	35	85		53.3
6班	91	0	14	41	36.5
7班	74	68	85	173	100.0
9班	29	3	21		17.7

注. 単位は, 秒。

徒 1 人あたりの発話時間の平均は 66.2 秒である。実験時間では個別実験群の方が 2 人組実験群に比べ 86 秒も長いにもかかわらず、発話時間では、3 班や 7 班の実験機のように多くの発話が見られる班もあるが、全体的には 2 人組実験群に比べ発話時間が短く、話し合いがなされていないことが分かる。個々人の発話時間を分析すると、2 人組実験群では、4 班の実験機の生徒 C と生徒 D の実験グループ以外は多くの発話をしていることが分かる。個別実験群では、全く発話をしない生徒が存在しているが、2 人組実験群では、存在しない。また、個別実験群の方が発話をしている生徒としていない生徒のばらつきが大きい。

(2) 発話内容

実験中の発話を、実験方法に関する発話、実験結果に関する発話、結果を考察する発話、その他の発話の 4 つの分類に基づき発話時間と発話数を分析した結果が表 9 である。なお、発話内容を分析した時間は 2 人組実験群が 767 秒、個別実験群が 853 秒である。

表 9 発話内容と発話時間・発話数

	2 人組実験群 (N=28)	個別実験群 (N=29)
実験方法	1152 (586)	962 (470)
実験結果	474 (246)	251 (133)
結果を考察	159 (68)	74 (33)
その他	681 (423)	634 (374)
合 計	2466 (1323)	1921 (1010)

注. 単位は、秒。() 内の数字は発話数。

2 人組実験群が個別実験群に比べ実験時間が短いにもかかわらず、実験に関する発話は 2 人組実験群が発話時間 1785 秒、発話数 900 個と個別実験群の発話時間 1287 秒、発話数 636 個に比べ多いことが分かる。なかでも、実験結果や結果を考察する発話に大きな差が見られることが分かる。なお、個別実験群に比べグループ実験群に実験方法や実験結果の解釈に関する発話が多く見ることができることは、清水ら¹⁰⁾の調査結果と同じであった。

(3) 相互作用

6 つのコミュニケーション分析カテゴリーに基づき発話時間と発話数を分析した結果が表 10 である。なお、発話内容を分析した時間は 2 人組実験群が 767 秒、個別実験群が 853 秒である。

相手の発話を受け止め積極的に他者に応答するカテゴリー 2 及び話し合いの進行を調節するカテゴリー 5 を相互作用の強い発話として合計した。結果は、2 人組実験群では発話時間 1913 秒、

表 10 各カテゴリーごとの発話時間・発話数

	2 人組実験群 (N=28)	個別実験群 (N=29)
カテゴリー 1	395 (226)	494 (246)
カテゴリー 2	1806 (957)	1233 (640)
カテゴリー 3	47 (45)	11 (11)
カテゴリー 4	89 (67)	96 (69)
カテゴリー 5	107 (42)	77 (35)
カテゴリー 6	26 (16)	15 (9)

注. 単位は、秒。() 内の数字は発話数。

発話数 999 個，個別実験群では発話時間 1310 秒，発話数 675 個である。2 人組実験群が個別実験群に比べ，実験時間が短いにもかかわらず発話時間，発話数ともに多いことが分かる。

IV. 考察

本研究からは，2 人組実験群の方が個別実験群に比べ，実験を早く終了することができる。結果を考察する際に科学的な解釈ができる生徒が多い。2 ヶ月後においても実験方法を記憶している生徒が多い。2 人組実験群には個別実験群に比べ，実験に関する話し合いが多く生まれていることが分かった。

実験が早く終了できたり，実験方法を記憶している生徒が多い理由は，2 人組実験群に実験方法に関する発話や相互作用の強いとした発話が発話時間，発話数ともに多く見ることができたことから説明できよう。その発話例として，2 人組実験群 2 班の生徒 A と B の話し合いの一部を取り上げると次のようであった。

-
- 50A 結構，いいんじゃない？
51B これぐらいでいいのかなあ。
52A もうちょっと。あ，それぐらい，それぐらい。
53B ふふ。
54A それで。
-

2 人組実験群には，2 班の発話例に見るような 51B「これぐらいでいいのかなあ。」，52A「もうちょっと。あ，それぐらい，それぐらい。」といったカテゴリ 2 の相手の発話を受け止め積極的に他者に応答したり，カテゴリ 5 の実験の進行を調節する発話が数多く見られたと言うことである。2 人で道具を共有して行うことで，生徒達は，互いに話し合いながら協同して実験方法を確認したり，実験方法についての知識や技能の不十分な部分を補うことができたと言える。その結果，実験時間の短縮や実験方法の記憶の差が生まれたものと考えられる。

また，考察時のワークシートの記述において，2 人組実験群が個別実験群に比べ科学的な解釈ができた生徒が多く見られた理由は，実験中の発話に実験結果や結果を考察する発話が多いということから考えることができよう。その発話例として，2 人組実験群 4 班の生徒 A と B の話し合いの一部を取り上げると次のようであった。

-
- 87B 豚の中，豚の中に全部あるってことは通過していないんじゃない。
88A いや，通過すんだよ。そそ，この実験は，するもんじゃないの？
89B そうか。
90A じゃ，ちょっと考えてその・・・
91B んじゃない通過するでいいんじゃないね。
92A ほら，こっちがわに・・・でてんじゃない。
-

Bは 87B で豚の腸膜の中にあるブドウ糖の存在のみを見て、糖が腸膜から外に出ていないのではないかと考えたが、Aは 88A で実験の予想から「通過すんだよ・・・この実験は」と述べている。Bは 91B で「んじゃ通過するでいいんじゃないね。」と受けている。このことを確認するため、Aは 92A で腸の膜の外側の液が糖試験紙に反応した結果をもとに「ほら、こっちがわに・・・でてんじゃん。」と補足していることが分かる。2人組実験群が、相互に関わりながらカテゴリー2にあたる相手の発言を受け止めた積極的な話し合いを個別実験群に比べ数多くしていることが実験結果を科学的に解釈できる生徒が多いという結果になったものと考えられる。さらに、2人組実験群の方が個別実験群に比べ実験を早く終了することができたグループが多いことも影響していると考えられる。2人組実験群では実験開始後9分に約8割の生徒が実験を終了しているが、個別実験群では約8割の生徒が実験を終了した時間は実験開始後12分であった。一方、教師が実験に確保した時間は、2人組実験群が767秒(12.8分)、個別実験群が853秒(14.2分)であった。2人組実験群の生徒の方が実験を早く終えることで、実験結果をふり返り解釈する時間が実質的に多くとれたことも原因の1つと考えることができる。

V. まとめ

本研究では、グループ実験と個別実験という実験時の人数の違いが、科学的な概念の獲得や生徒同士の相互作用に与える影響を明らかにすることを目的とした。消化と吸収の学習の結果から、本実験授業の範囲内という限定つきではあるが、生徒がグループで行う実験方法は、実験を早く終了することができる、実験結果を科学的に解釈できる生徒が多い、実験方法を長期に記憶しているという点で効果があると言える。こうした効果を生む原因の一つとして、生徒同士の話し合いがグループには多く生まれていることと考える。本研究からは、話し合いの生まれる授業づくりを導入することが概念の獲得に重要であることが示唆された。

付記

本研究を進めるにあたり、授業の実施にご快諾をいただいた栗橋町立栗橋西中学校の鈴木佐一校長先生、データの収集に協力していただいた蓮田南中学校の安田修一先生、与野本町小学校の紺野雅弘先生、さいたま市立大成小学校の豊田由香先生、上尾市立上尾小学校の石井都先生、清水研究室の学生達に心から感謝申し上げます。

註及び引用文献

- 1) 戸北凱惟・鈴木久米男：「子どもの学びの検証としての観察、実験の位置づけ」、日本理科教育学会編、『これからの理科授業実践への提案』, 128-131, 東洋館出版社, 2002.
- 2) 木下博義・松浦拓也・角屋重樹：「観察・実験活動における生徒のメタ認知の実態に関する研究－質問紙による調査を通して－」, 理科教育学研究, 46(1), 25-34, 2005.
- 3) 相原豊・西川純：「理科におけるグループ構成と協同的学習の研究－生徒の傍観者傾向に対する効果的方策－」, 日本教科教育学会誌, 23(1), 57-65, 2000.
- 4) 西川純：「協同場面における学びの人間関係－不真面目になりたい生徒はいない－」,

- 『これからの理科授業実践への提案』, 日本理科教育学会編, 78-81, 東洋館出版社, 2002.
- 5) 湯本文洋・西川純:「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, 44(2), 83-93, 2004.
- 6) 清水誠・中村友之・大山亨:「道具の数の違いが概念獲得に与える影響」, 日本理科教育学会第56回全国大会発表論文集, 94, 2006.
- 7) Crook, C.: On resourcing a concern for collaboration within peer interaction., *Cognition and Instruction*, 13(4), 541-548, 1995.
- 8) 仲間との協同が学習の効果を挙げることについて調べた研究には, 次に示す研究等多くの研究がある。
- Blumenfeld, P.C., Marx, R.W., Soloway, E. and Krajcik, J., *Learning with peers : From small group cooperation to collaborative communities*, *Educational Researcher*, 25(8), 37-40, 1996.
- Carol K.K. Chan : *Problem-centred inquiry in collaborative science learning*, *認知科学*, 3(4), 44-62, 1996.
- 山口悦司・稲垣成哲・野上智行:「理科授業におけるインタラクションに関する研究 ; コンセプトマップを表現のリソースとして使用した協同的な学習を事例にして」, 日本理科教育学会研究紀要, 37(3), 1-14, 1997.
- 清水誠・佐國勝:「理科授業におけるスモールグループでの話し合いの効果」, 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学), 52(2), 17-25, 2003.
- 高垣マユミ:「協同的な理科学習を通じた電気回路における衝突モデル克服のプロセスの事例」, *科学教育研究*, 28(3), 197-205, 2004.
- 清水誠・石井都・海津恵子・島田直也:「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*, 46(1), 53-60, 2005.
- 9) Johanson D.W., Johanson R.T., Holubec E.J. : *Circles of Learning, Cooperation in Classroom, Interaction Book Co.*, 1984 (杉江修治・石田裕久・伊藤康児・伊藤篤訳: *学習の輪—アメリカの協同学習入門—*, 60-62, 二瓶社, 1998)
- 10) 前掲書 6)

第2章 理科授業におけるスモールグループでの話し合いの効果

清水 誠・佐國 勝

I 研究の背景と目的

小・中学校の理科の教師は、必ずしもグループでの学習に効果を多く期待しているとは言えず、実験器具、施設などの不足を補うことを主たる目的としてグループを編成してきた¹⁾。しかし、認知心理学の進展は、子ども達の学びの研究の方向を大きく転換し、社会的構成主義や状況主義を踏まえた新たな教授・学習論を生み出そうとしており、グループの中での協同による学びが見直されるようになった。状況的認知の立場では学習を社会的な活動の中で考えるべきだと主張しており、社会的構成主義の立場では知識構成の契機を社会に開かれた系の中、人との相互作用の中に求めている²⁾。

一方、亀田は、グループでの問題解決は協同の効果が期待されにくいとして、グループの中のタコ壺的個人の少なくとも一人が正解を出すとグループはその解を機械的に集約してしまうというタコ壺モデルという現象、運動会の綱引きの様に人数の分だけ力が出るわけではなく息が合わないとそれ以下になってしまうという現象、リーダー的な人物に引っ張られ他はただ乗りになるという現象等を挙げている³⁾。亀田の研究が示すものは、グループは知的資源の単なる総和以上のものを新たに創発するわけではないということである。

こうした背景の中、子ども達の学びを他者との関わりの中で見直そうとする研究が数多く見られるようになってきた。話し合い活動を取り上げた理科学習での先行研究に絞ってみても、稲垣らによる言語コミュニケーションを中心とした授業の中での相互行為について事例的な分析を行った研究⁴⁾、藤田によるグループ学習における対話の発生とその要因について調べた研究⁵⁾、川合による小学校の理科授業では正答偏重文化が存在し、これを経験交換文化に変えることにより話し合いが活発になるということを明らかにした研究⁶⁾、太田・西川による話し合い活動の様子を教科比較することで子ども達が教科によってコミュニケーションスキルを変えていることや他教科での話し合いの長所が他教科に転移する等について明らかにした研究⁷⁾等、多くの研究を見ることができる。

しかし、こうした研究ではグループでの話し合いと従来から行われてきた教師を中心とした教室全員での話し合いとを比較し、子どもの学びにどのような違いが現れるかは探っていない。他者との働きかけ合う中での知識構成を探っていくには、これまで多くの学校で実践されている教師と児童との話し合いを通した授業からグループでの話し合いにより進める授業との違いを明らかにする研究が求められる。

また、子ども達の知識構成を考える際、小川が述べる学びの3つのレベル⁸⁾である認知、理解、コミットメントの中でも最後のコミットメントのレベルを考えることは重要である。森藤は、子ども達には多くの場合、複数の知がある種の生態学的地位が付与されながら立

体的に存在するとし、理科授業においては教師が意図する知へのコミットメント（本研究では、自信度として表現した）が増大することが求められるとする⁹⁾。しかしながら、グループでの話し合いの効果として自信度が増大するかを調べた研究は見られない。

そこで、本研究ではグループで話し合いを行った場合と通常の授業で実施されているクラス全員で話し合いを行った場合とで、話し合う際の人数の違いが学習者の学びにどのような違いとして表れるか調べることにした。

II 研究の方法

本研究では、実験の結果をまとめていく段階で、グループで話し合いをしながらまとめたクラス（A群）とクラス全員で話し合いをしながらまとめたクラス（B群）を意図的に設定し、話し合い方の違いにより生起する概念の変容、学習に対する自信、社会的相互作用、新たな疑問や考えの創発について分析する。

なお、話し合い時のグループの構成について清水・小峰は、中学校の理科の授業で学習課題に対する予想（考え）が異なる生徒を集めたグループを構成すると話し合いの効果が高まるとしている¹⁰⁾。そこで、A群での話し合い時のメンバーは、クラス全員で話し合いをしながらまとめをする群と合わせる意味でも、それぞれ異なる考え方で問題の解決をしてきた児童で構成することにした。また、本研究で問題解決を図るグループとは、3～6人ほどの少人数の集団で作られたものとした。

III 授業の実施

1 実験授業の概要

授業は、小学校学習指導要領の6年生の内容A生物とその環境(2)ア「植物の葉に日光が当たるとでんぷんができること」で実践した。

(1) 調査対象

埼玉県内の公立小学校6年生2クラスを対象に実施した。調査対象者数は、次の通りである。

- ・ A群：男 20 人，女 13 人，計 33 人
- ・ B群：男 21 人，女 12 人，計 33 人

(2) 調査時期と授業の流れ

授業は、2001年6月7日～7月6日の間に7時間扱いで、共同研究者である佐國の指導で実施した（図1）。また、授業には、参与観察とテープレコーダーやビデオカメラの設置のため、共同研究者である清水と埼玉大学の学生2名が両群の授業に参加した。授業の流れは、図1のようである。両群の授業の進め方で異なる部分は、第5時の話し合い（中間報告会）の部分である。他の時間は、両群ともに同じ指導方法で授業を進めた。

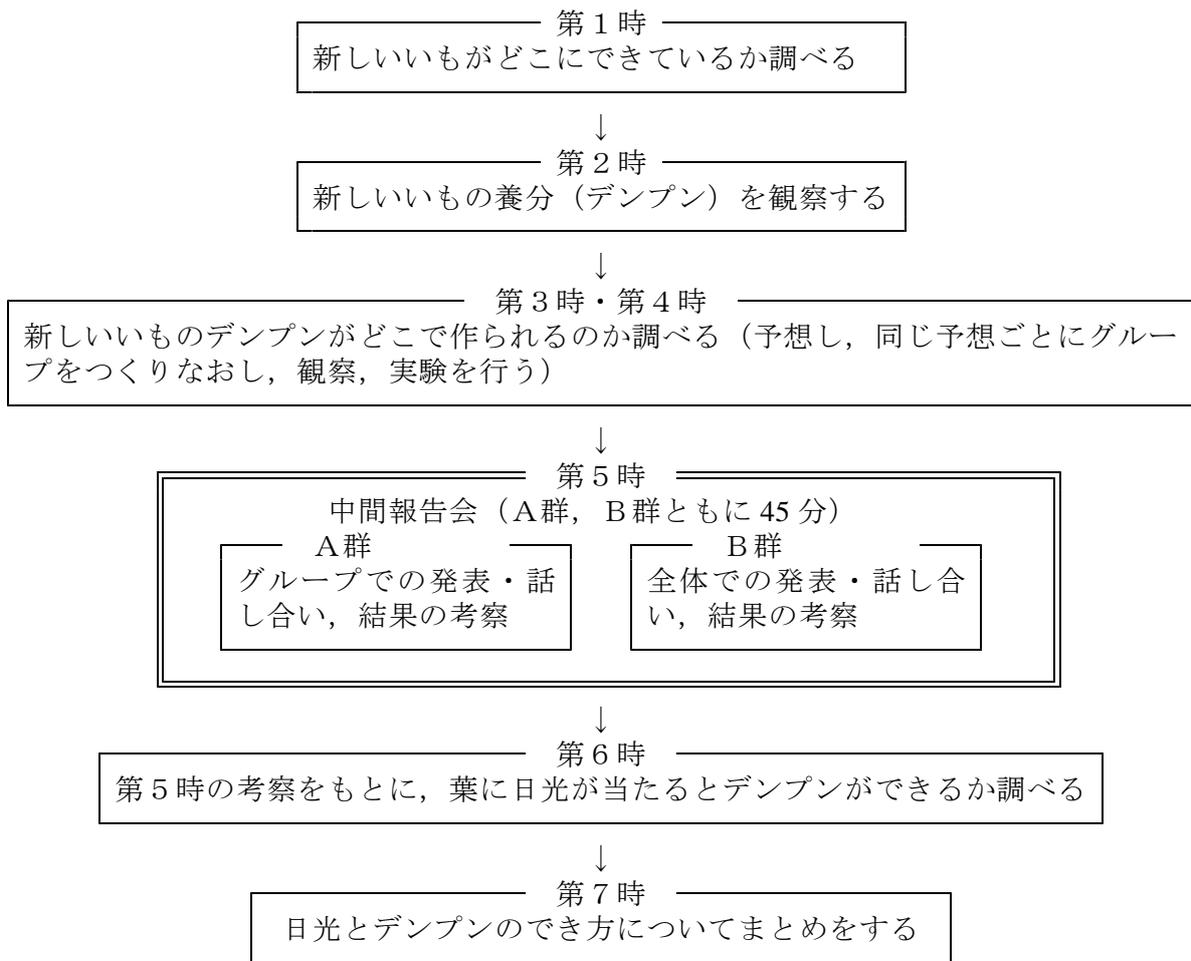


図1 授業の流れ

(3) グループ編成の詳細

第3時・第4時での実験グループの編成は、「新しいいものデンプンはどこで作られるのだろうか」という課題に対する児童の予想（葉、茎、根、種いも、花、日光の6種類）をもとに、図2で示したように同じ予想を持った児童同士でグループを編成し直した。

A群			B群		
班	予想	人数	班	予想	人数
1班	根	3	1班	根や茎	3
2班	葉	4	2班	葉	6
3班	茎	6	3班	葉	5
4班	茎	5	4班	葉	5
5班	種いも	5	5班	種いも	6
6班	種いも	5	6班	日光	3
7班	種いも	5	7班	花	5

図2 実験グループの編成

第5時の中間報告会では、A群の話し合いグループは図3のように各実験ごとのメンバーができる限り分散して各グループに入るように5～6人で編成し直した。なお、B群は実験を行ったグループを解体せずに、それぞれの実験グループが結果とまとめを全体の前で発表した。

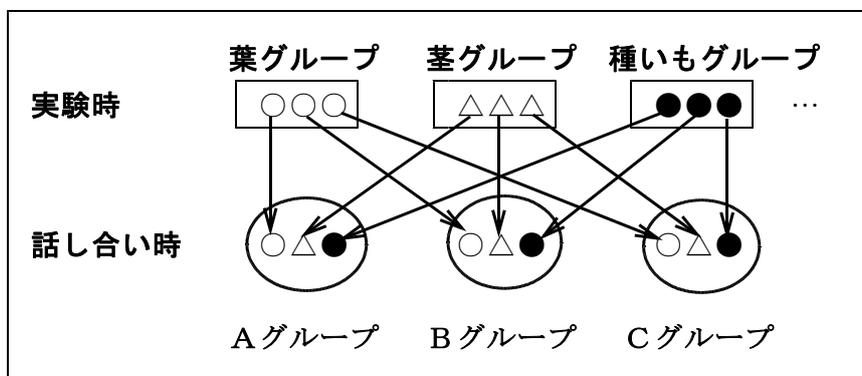


図3 話し合い時のグループ編成の方法

2 分析の方法

(1) 概念の変容及び学習に対する自信の分析

学習の過程での児童の概念の変容の様子は、A群・B群ともに図4で示したような質問紙により調査した。質問紙による調査は、学習の初め、話し合い後、学習終了後、3ヶ月後の4回実施した。また、自分の考えに対する自信の度合いも図4で示したような3段階に分けた質問紙により学習の初め、話し合い後、学習終了後、3ヶ月後の4回調査した。

6年()組 ()			
新しいいものデンプンはどこで作られているのか絵や言葉で書いてください。			
*下のいずれかに○をつけ理由も書いてください			
自信は	ある	少しある	あまりない
理由			

図4 質問紙

(2) 社会的相互作用及び新たな疑問や考えの創発の分析

社会的相互作用や新たな疑問や考えがどのように生じているかを調べるため、話し合いの様子をテープレコーダーとビデオカメラで記録し、プロトコルを分析した。

社会的相互作用の分析に当たっては、プロトコルを「提案、主張、反論、反対、質問、支持、自説精緻化、他説精緻化、追加、自説繰り返し、他説繰り返し、否定的評価、説明、理由、進行、その他」の16のカテゴリーに分類した。この分類は、佐藤公治の発話の分析カテゴリー¹¹⁾に筆者らが進行(話し合いの進行を促す発話)及びその他を加えたものである。な

お、発話によっては、発言中に2つの発話内容が続けて出されることがある。この場合には、2つのコードにカテゴリー化した。また、相手に対する簡単な応答はその他に分類した。次に、こうした分類の中の反論、自説精緻化、他説精緻化の3つを、特に児童同士の社会的相互作用の強い発話と考え、下記のようにその合計を全体の発話数で割った値を算出し、A群とB群で比較した。

$$\frac{\text{(反論+自説精緻化+他説精緻化)の発話数}}{\text{全体の発話数}}$$

IV 結果とその考察

1 概念の変容と自信度の変化について

新しいもののデンプンはどこで作られているかという質問に対する、学習の始め、話し合い後、学習終了後の児童の回答の変容を表したものが図5である。

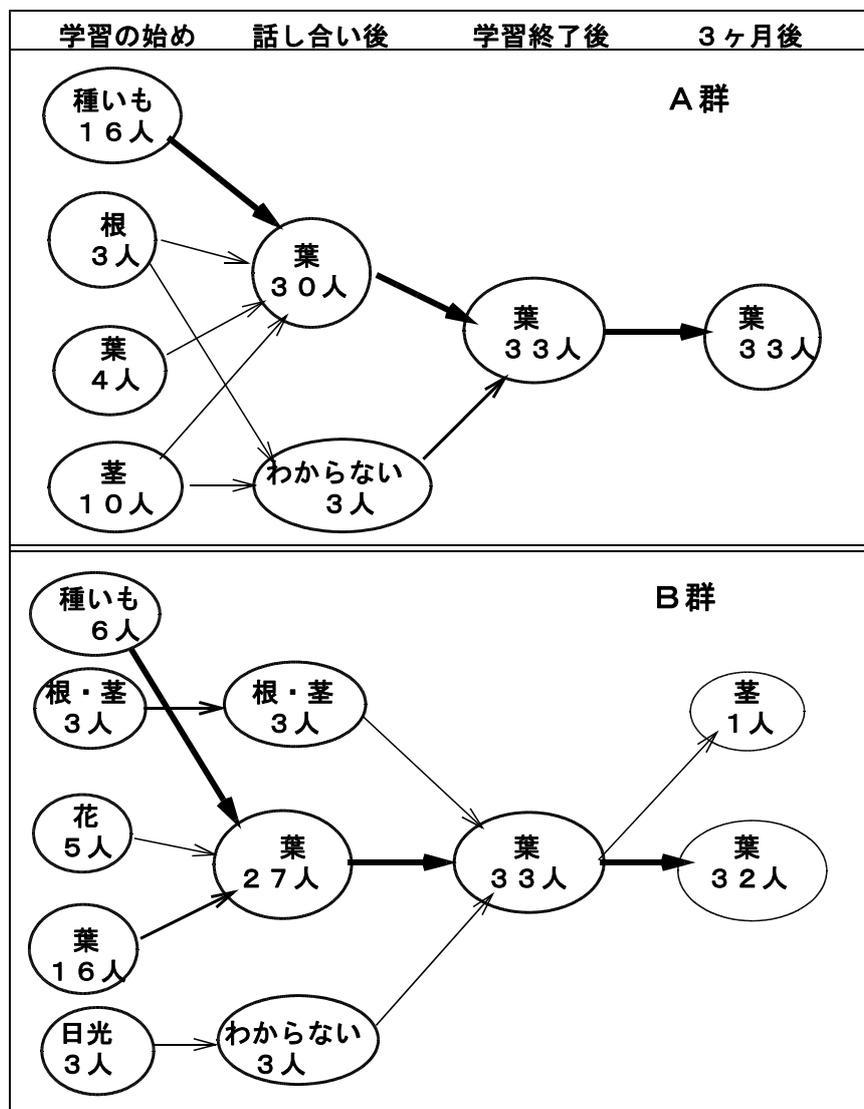


図5 概念の変容

話し合いを通して、新しいもののデンプンは葉で作られると回答した児童の数は両群でほぼ差がないことがわかる（両側検定： $p=0.4752>.10$ ）。また、第6時及び第7時の学習を通して、学習終了後にはA群、B群ともに全員が葉で作られると回答していることがわかる。さらに、学習終了後3ヶ月後においても、A群、B群ともにほぼ全員の児童が葉で作られると回答しており、学習の目標が定着していることがわかる。

一方、学習の結果をまとめた自分の考えに「自信がある」とする自信度が高い児童数は、図6のように、A群では学習が進むにつれて増加し、学習終了後や3ヶ月後ではほぼ100%であることがわかる。それに対して、B群では、全体の発表後には話し合い前より自信度が減少し、第6時と第7時の学習を通して自信があるとする児童の割合は91%と増加するものの、学習終了3ヶ月後には再び減っていることがわかる。話し合い後と3ヶ月後の有意差を調べてみると、話し合い後では結果のまとめに自信があると回答した児童がA群が29人（88%）、B群が13人（39%）と有意に差が見られ（両側検定： $p=0.0000<.01$ ）、学習終了3ヶ月後の調査でもA群が32人（97%）、B群では16人（48%）と有意に差が見られることがわかった（両側検定： $p=0.0000<.01$ ）。

こうした児童の学習に対する自信度の調査からは、学習後に目標とする概念をグループでの話し合いでもクラス全員での話し合いでも獲得はできるが、学習の結果獲得した概念に対する自信はグループで話し合いをしたほうが高いことがわかる。

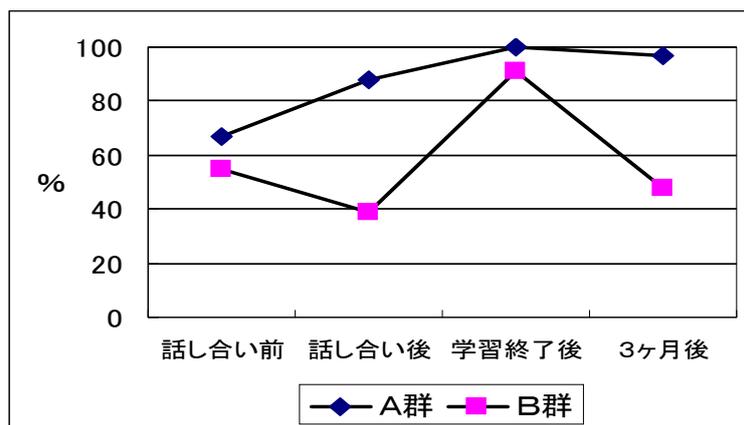


図6 考えに自信を持っている児童の割合

2 社会的相互作用

グループで話し合いをしたDグループ（6人）の Protokolの一部を見ると、図7のようであった。

Protokolの12で茎にデンプンが一粒あることを、報告した児童Hに対し、児童Tから質問が出た。この質問は、自分達の予想と違っているために聞いていると思われる。また、その実験結果に対して疑問を述べている。さらに、同じ茎について調べた他の班の児童Mからも、茎にはデンプンが見られないと反論としている。一斉授業での発表形式の授業では、この児童の発言をもとに「なるほど茎では、デンプンができないんだね」と結論付け、結果のまとめへと進めてしまう授業も多く見かけられる。しかし、このDグループでの話し合いでは、さらに、24で児童Hは、茎はただの通り道だと言っている。その意見に対して、25で児童Sは、それならば少し残っている

- 12H 茎ではデンプンが作られなかった。なぜなら顕微鏡で見ると、一粒、デンプンが一粒あった。
- 13T デンプンなの？ヨウ素液をつけて見たの？
- 14H ヨウ素液をつけて、顕微鏡でみたら一粒あった。
- 15T それってデンプンなの？
- 16H 一応、デンプンだと思う。
- 17M A B C の 3 種類の茎に分けて、Aは土の中で地上に出そうな茎で、Bは地上に出た茎で、Cは一番上の茎に分けて、ヨウ素液をたらしても、全くデンプンは出ませんでした。
- 18T A B C どれにも？
- 19M うん。
- 20S でもその先の小芋にはある。何でかな。
- 21K 茎を通して。
- 22F 茎のちょっとないの。
- 23T でも、ひろっちゃん茎に少し残っているって言ってたじゃん。
- 24H だから、流れてきて、いもに行くと、茎はただの通り道だけで。
- 25S それだったら、少し残っているはずだよ。デンプン。
- 26H ひろっちゃんがだから、少し残っているって。
- 27S だから、茎は通り道で送られてて、もっちゃんの班の茎は全部送られちゃったんだよ。

図7 A群・Dグループの話し合いの一部

はずと反論した。児童Hは、少しあったという考えを支持し児童Sの反論に答えると、児童Sはそれを受けて、すでに送られてしまったと新たな解釈をしている。

茎の中のデンプンの話題を児童同士が双方向に対話し、深めていることがわかる。自分達の結果から意見を言ったり、自分なりの考えを持って友達の意見について反論をしていたり、自分の根拠を述べながら、友達の考えを説明し直したりしている発話が見られることがわかる。話し合いを通して、他者との関わりが深まり、考え方も深まっている様子を見ることができる。このDグループでは、話し合いを通して最終的に「葉でデンプンが作られて、葉から茎の通り道を通して、それから、新しいいもに茎を通して、新しいいもにデンプンが送られる。」とまとめていた。

こうしたA群とB群の話し合いに見られるプロトコルの中から、社会的相互作用が見られるとした発話（反論＋自説精緻化＋他説精緻化）の割合を全体の発話数をもとに求めた結果は、図8のようであった。

B群の8%に対して、A群のほうが19%と多いことがわかる。グループで話し合いをしたほうが、クラス全員での話し合いに比べ児童同士で社会的相互作用のある話し合いを多くしている様子を伺うことができる。

また、A群の各グループでの話し合いのプロトコルには、亀田が指摘する「タコ壺モデル」

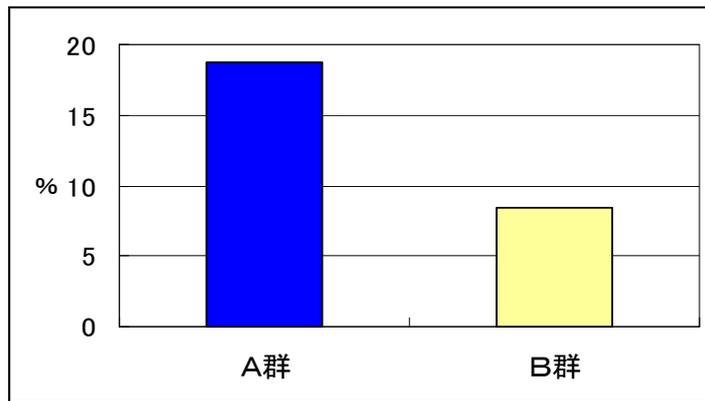


図8 社会的相互作用が見られる発話

の問題や「ただ乗り」といった現象は見られなかった。ただし、この理由として今回の学習の場に教師の他に参与観察者も学習に参加していたことが影響していた可能性も否定できない。

3 新たな疑問や考えの創発

A群のDグループの児童のプロトコルをさらに調べてみると、「葉にはデンプンがなく、茎の先にある子いもにデンプンがあって、何で、茎にはデンプンの通り道なのに、デンプンがなかったのだろう。」と疑問に思っていた児童は、「少なくなっちゃうんだ。」「ひろっちゃんなんかのは、デンプンがあった。それは、残っていて、うちのはすでに全部運ばれていた。もう行き去っちゃったんだ。」という別の児童の発言を受けて「じゃあ、葉ではデンプンが作られて、葉から茎の通り道を通って、それから、新しいいもに茎を通って、新しいいもにデンプンが送られた。」という考えを持つようになっていく。こうしたプロトコルからは、他者と関わり問題解決していく過程で生まれた疑問により、茎ではデンプンが水に溶けやすい糖に変化して運ばれているという新たな考えを児童が広げていく様子を見ることができた。

グループで話し合い活動をしたA群のプロトコルには、新たな疑問や考えといった他者との相互作用の中で知識構成の契機が出現している場面を他にも見ることができる。そうしたプロトコルの例をDグループ以外にも調べてみると図9-1、9-2のようであった。

Cグループのプロトコルからは、Dグループと同じように、グループの中での話し合いにより、児童が自らの考えを構成していることがわかる。また、Eグループのプロトコルからは、自分達の結果を報告し、結果のまとめをするだけでなく、他の班で行った実験についても話し合いをしている中で児童の中に新たな疑問、追求課題や考えが生まれていることがわかる。

45C ちょっと考えたんだけどさ。ちょっとね。考えてね。茎にはさ、他の物質に変えて、いもにいくと、また、なんかデンプンに戻るといふ。

46D ああ、そうか。だから、デンプンは・・・。

図9-1 プロトコル例1 (Cグループ)

36E 日光が当たっている時は、葉っぱにデンプンを貯えて、日が沈んでからまわりの新しい茎に送られている。今度は日の暗い時の葉っぱと茎のデンプンを調べて・
・。

37T どういう実験をすればよい？

36E 今度は、日の暗い時の葉っぱと茎のデンプンを調べて・・・

図9-2 プロトコル例2 (Eグループ)

それに対し、B群の全体の前で各班の結果を発表し、まとめをしていく授業では、児童からの発表をした班への質問は少なく、図10のように教師からの質問を除いては児童同士での

01A これから、茎・根のグループの発表を始めます。

－発表－

何か質問ありますか。(質問でない)

教師 根にはデンプンがあったのですか。首を傾けている人もいましたが…。

02B これから、花班の発表を始めます。

－発表－

これで、花班の発表を終わりにします。何か質問ありますか。(質問でない)

教師 どうして、花にデンプンがあると思ったのですか。

03C 花には花粉があるから。

教師 花にはデンプンなかったんだって。

04D これから、種いもグループの発表を始めます。

－発表－

これで、種いも班の発表を終わりにします。質問ありますか。(質問でない)

教師 では、先生から質問です。種いもで、新しいデンプンが作られたのでいいですか。

05E ううんと。

06D しおれている種いもは、色が変わらなかったもので、デンプンがないことがわかりました。しおれていない種いもは、色が変わったのでデンプンが少しあることがわかりました。

教師 どう？つまりどうなの？作られたのですか。作られていないのですか。では、みなさんはどう感じましたか？聞いてみましょう。作られたと発表したと感じた人？ (1人だけ挙手)

教師 ああ、ひとりですか。

07F ううん？

教師 新しいもののデンプンは種いもで作られるよと感じた人？ (5人挙手)

教師 では、作られていないよと感じた人？ (5人挙手)

図10 B群による全体での話し合いの様子

話し合いは深まらなかった。話し合いが生じないため、教師が質問役に回り、授業を進めている様子がわかる。話し合いの訓練が十分できていないということや参与観察者も多くいたため発言することに対し圧力が存在した可能性も否定できないが、この授業からは他者の発表を聞いて、それに対して疑問を出したり、自分の考えを述べたり、新たな考えを発表するということは少ないことがわかる。また、学級によっては一人あるいは数人の質問をするリーダー的な児童の出現により活発な話し合いが見られることがあるが、今回の学習では見ることがなかった。

三輪は、協同による創発が生じる条件は、認知空間を共有した上で、特定の仮説検証方略を採用した場合に限られるとする¹²⁾が、今回のA群のグループのプロトコルからは、共通の課題に対する各自の予想を分業し、実験結果を持ち合いグループで話し合うことで、相互作用を誘発し、新たな考えを創発していることが読み取れる。一方、B群のクラスでのプロトコルからは、異なった実験結果を持ち寄って話し合いをしても、全員での話し合いでは児童同士のやりとりがなかなか進行せず、結果として新たな考えが創発しにくいと言える。

V まとめ

小学校での授業実践結果が示唆することは、スモールグループでの話し合いはクラス全員での話し合いに比べ、以下の点で効果があると言える。

1. クラス全員での話し合いと同様に、児童が学習前に保持している概念を、科学的な概念に変容することができ、長期に保持させる。
2. 構成した新たな自分の考えに自信を持たせ、高い自信度を長期に保持させる。
3. 児童相互の関わり合いの強い会話を多く誘発し、新たな疑問や考えを創発させる。

こうした効果は、他者との深い関わり合いの中で、児童が学びを広げ、深めることにより生まれたものと考えられる。

本研究からは、従来のクラス全体で話し合いを行い考察を深めていく授業ではなく、スモールグループで話し合いを行い考察を深めていく授業を導入することが理解を深めることに効果があることが示唆された。

しかし、本研究は、1つの授業実践からの結果であり、学級担任の異なる既存の2つのクラスをそのまま使ったため、A群とB群が完全に等質とはいえない問題がある。教室の中に多くの参与観察者がいたため、スモールグループ内のタコ壺的現象やただ乗りを抑制した可能性もある。また、ジョンソンらは、子ども達は与えられた学習課題について適切に議論するといった基本となる社会的技能を持っていないとする¹³⁾。調査校の学級は、通常の学校で行われている話し合いの指導しか行われていない。話し合いの訓練を両群に十分行っていけば、話し合いが深まり、自信度や社会的な相互作用、新たな疑問や考えがさらに出現するかもしれない。児童に協同の技能を十分習得させた時、両群にどのような違いが見られるかも今後の課題である。さらに、今回の結果からは、亀田が述べるマイクロなインプットからマクロなアウトプットのプロセス¹⁴⁾についても考察することができていない。次への課題としたい。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、授業の実施をご快諾いただいた熊谷市立三尻小学校の新井民男校長先生、栗田芳則先生、山口真奈美先生に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 清水誠・吉澤勲：「コーオペレーティブ学習の導入に向けた理科グループ学習の見直し」, 埼玉大教育実践研究指導センター紀要, 第12号 p.7, 1999.
- 2) 佐藤公治：「認知心理学からみた読みの世界」, 北大路書房, p.24-35, 1996.
- 3) 亀田達也：「合議の知を求めて－グループの意志決定－」, 共立出版, pp.13-15, 1996.
- 4) 稲垣成哲・山口悦司・上辻由貴子：「教室における言語コミュニケーションと理科学習」, 日本理科教育学会研究紀要 Vol.39, pp.61-79, 1998.
- 5) 藤田剛志：「グループにおける対話の発生とその要因」, 日本科学教育学会年会論文集 22, pp.131-132, 1998.
- 6) 川合千尋：「小学生の理科学習における話し合い活動に関する研究」, 上越教育大学理科教育研究誌, 第11巻, pp.31-40, 1999.
- 7) 太田國夫・西川純：「理科学習における話し合い活動に関する研究」, 日本教科教育学会誌, 24(2), 2001.
- 8) 小川正賢：「理科の再発見－異文化としての西洋科学－」, 農文協, pp.210-211, 1998.
- 9) 森藤義孝：「理科授業における子どもの知とその変容」『湯澤正通編著：認知心理学から理科学習への提言』, 北大路書房, pp.192-196, 1998.
- 10) 清水誠・小峰香織：「グループ構成が話し合いに及ぼす効果」, 埼玉大学紀要教育学部, 51(2), pp.1-8, 2002.
- 11) 前掲書2), 165.
- 12) 三輪和久：「共有される認知空間と相互作用による出現可能性」『協同の知を探る』, 共立出版, pp.78-107, 2000.
- 13) ジョンソン, D.W.・ジョンソン, R.T.・ホルベック, E.J. (杉江修治・石田裕久・伊藤康治・伊藤篤訳)：「学習の輪－アメリカの協同学習入門－」, 二瓶社, pp.111-112, 1998.
- 14) 前掲書3), pp.25-32.

第3章 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—

清水 誠・石井 都・海津恵子・島田直也

I. はじめに

水の状態変化についての学習について、Osborne & Cosgrove は、沸騰している水の中に見られる泡が何かを8歳から17歳の生徒を対象に調べ、理科を学習している生徒であっても、水を沸騰させた時に出る泡を水蒸気とは考えておらず、空気や酸素あるいは水素といったように多様に考えていることを明らかにしている¹⁾。また、沸騰している泡の正体について、日本の子ども達を対象に調査した松浦・遠西は、学習を行う以前の小学生は圧倒的多数が泡の正体を「空気」と考えており、学習後「水蒸気」という回答が増えるが、中学生では「空気」に戻ってしまう傾向が強いとする²⁾。こうした調査結果が示唆することは、子ども達は自然を理解するために、沸騰している水の中に見られる泡を「空気」や「熱」であると考え、目の前で起きていることを彼らなりに納得いく形で説明していることが分かる。オズボーンとフライバーグは、こうした子ども達の考え方の特質をまとめ、子ども達は彼ら独自の自然観の中で独特の論理に基づき多くの科学に関する明解で一貫性のあることばの意味をつくり出しており、こうした子ども達の考え方は常に堅固であり、しばしば理科の授業の影響を受けずに残ったり、教師が予期しない方法で授業の結果を解釈していたりするとする³⁾。構成主義学習論に立つ研究者達が明らかにしてきた子ども達独自の素朴な概念を修正し、科学的な概念を形成させるための教授論を考えることは大きな課題となっている。こうした課題への示唆として、Chan は、生徒を科学的談話に参加させることが信念の修正を引き起こし得ると信じられているとし、科学学習において仲間との協同が重要であるとする⁴⁾。また、三宅は、他者との相互作用には、認知過程を観察可能な形で外界に表すことが重要であり、外化することで考えの見立て直しが可能になるとする⁵⁾。しかしながら、理科学習の中に、小グループでの話し合いに加え、認知過程がよく見えるように言語以外にも考えを外化⁶⁾させる教授方法を意図的に取り入れることが科学的な概念の形成に有効であるかを調べた研究は、ほとんど見られない⁷⁾。

そこで、本研究では、これまでの子ども達の考えを観察や実験による事実により反証するといった授業方法のみに頼るのではなく、協調的な学習環境の中で子どもの考えを小グループで話し合いをさせることが科学的な概念の形成に及ぼす効果を調べることにした。具体的には、授業デザインとして、予想や考察の場面で小グループでの話し合いをさせる。加えて、話し合いを通して考えた各自の考えをワークシートにまとめ、さらに付箋紙を使い考えを自身にも他者にもよく見えるように外化する。こうした教授方法が、子ども達の日常生活で使っている素朴な概念を科学的な概念に形成するのに有効ではないかと考え、効果を検証することを目的とする。

II. 調査の方法

1. 調査対象, 方法

(1) 調査対象

埼玉県内のA市立A小学校4年生, 2クラス 66人及び, 埼玉県内のS市立S小学校4年生, 4クラス 148人に対し調査を行った。

(2) 調査時期

1. 授業の実施 2003年12月
2. 質問紙調査 2003年12月及び2004年2月

(3) 調査方法

今回デザインされた授業は, A小学校において行った。効果を検証するための調査は, 次の3点について行った。

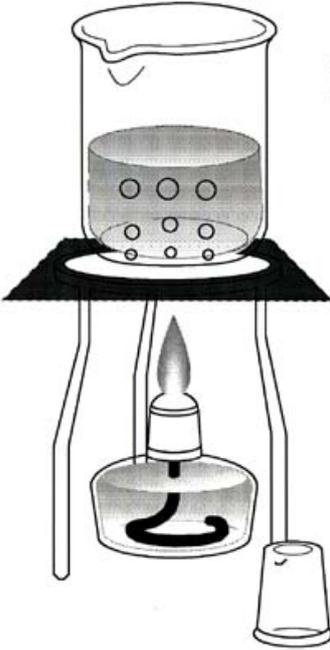
1点目は, 児童の概念の変容の様子を自身の考えとその確信度を外化させた付箋紙を使って調べた。外化の手段とした付箋紙は, 予想時, 考察後の各段階における児童の考えを, 教師が黒板にカテゴリー化して板書した考えの該当の箇所に, 自分の名前を書いて貼らせたものである。なお, 児童に配布した付箋紙には, 青, 黄, 赤の3種類がある。児童が絶対自信があるという時は, 青の付箋紙を, たぶんそうだと思う時は黄の付箋紙を, 自信がないという時は赤の付箋紙を貼らせた。この3段階による児童の自信を調べたものを, 以後, 確信度(児童のワークシートには自信度チェックとしてある。)と表記する。

2点目は, 小グループの中で生じた発話プロトコルを分析することで児童の考えの変容がどのようなきっかけで生じるかを調べることにした。予想時及び考察時の小グループの話し合いの様子を, ステレオマイクのついたMDレコーダーにより記録した。

3点目は, 通常実施されている授業との効果を比較するた

組 男・女 氏名 _____

1. 下の図をみて質問にこたえてください。



質問 1
水を熱していると、ビーカーの底のほうから、どんどんあわが出てきました。
この、あわは、なに？

↓

自分の考えをかいてください。

(自分の考え)

あわは、_____です。

(そう考えたわけを下にかいてね)

質問 2

じしん

自分の考えに自信がありますか。下のどれかあてはまるものを○でかこんでください。

とても自信がある 少し自信がある あまり自信がない まったく自信がない

図1 質問紙「水のすがた」

め、S小学校において、A小学校で授業翌日及び授業実施2ヶ月後に行った質問紙(図1)と同じ質問紙により授業2ヶ月後に児童の概念調査を行った。

2. A小学校の授業の概要

授業は、小学校学習指導要領第4学年のC区分、(2)アの「水を熱した時に水中から出てくる泡は、何だろうか。」という内容について60分で行った。

授業は、A小学校のB教諭とC教諭の2人により実施された。B教諭の授業はア～キの流れに沿って進められた。C教諭の授業は、オの小グループでの話し合いが省略され、カは、教師が各人の考察を全体に発表させ、その内容を教師がカテゴリー分けして板書した。ワークシートの考察の記述はここで行われた。授業時間、その他は、B教諭の授業と同じである。

ア. 前時の復習として、水が100℃近くで沸騰すること、沸騰する時に大きな泡が湯の中から出ることを確認した。

イ. 課題「お湯の中から出る泡は何?」を提示し、個人で自分の考えを記述させた後(以後、始めの考えと記述)、グループごとに話し合いをさせた。その後、話し合い後の自分の考え(以後、予想時と記述)をワークシートに記述させた。その際、話し合った後の自分の考えに対する確信度もワークシートに記述させた。

ウ. 子ども達の予想を教師がカテゴリー分けし、まとめたものを板書した。児童に、板書されたいくつかの予想の中で最も自分の考えに近い予想に、確信度で色の違う付箋紙を貼らせた。

エ. 実験方法について教師からの説明を聞いた後、児童は実験を行い、結果について個人で考察させた。

オ. 個人で考察したものをもとに、小グループで話し合いを行わせ、話し合いの結果、各自が考えた考察とその確信度をワークシートに記述させた(以後、考察後と記述)。また、グループごとに、クラス全体に考察した結果を発表させた。

カ. グループから発表された考察を、教師がカテゴリー分けして板書した。まとめられた内容の最も近い考えのところに、児童に確信度で色の違う付箋紙を貼らせた後、各自の考えや確信度の変化を振り返らせた。

キ. 教師により、発生した泡は水蒸気であるとまとめを行った。

なお、三宅が述べる協調過程が成り立つためには、まず参加者各自が自分の考えを最初に持っていることが不可欠とする考え⁸⁾を踏まえ、予想時には各自の考えを持たせ、明確化するため、始めにワークシートに考えを記述させた。小グループでの話し合いでは、ジョンソンらが述べる子ども達は対人技能やグループ技能が生まれつき知っているわけではないとする考え⁹⁾を踏まえ、Schultzらがタイプ分けした¹⁰⁾IVのタイプの話し合い(各自の考えが反映され、参加者関係が同時にあちこちで起きる話し合い)が生まれるよう、司会者と話し合いの仕方が書かれたカードを用意した。

また、S小学校で実施された本研究でいう通常の授業とは、教師が「沸騰している湯の中から出ている泡は、何?」と課題提示をし、教師が実験方法を説明し、反証事象として実験により三角フラスコの中で発生している泡をビニール袋に集め、ビニール袋がその後どうなるかを考察し、まとめるという授業である。A小学校の授業との違いは、予想時と

結果を考察する際に小グループでの話し合いを行っておらず、ワークシートや付箋紙により各自が自分の考えを外化するというも行われていない。

Ⅲ 結果とその分析

1. 予想、結果の各段階で話し合いをさせた児童の考えの変容

B教諭により実施された授業での児童の始めの考え、予想時、考察後、授業翌日、2ヶ月後の児童の考えの変容をまとめると、表1のようになった。

表1 B教諭のクラスの児童の考えの変容 (N=34)

	始めの考え	予想時	考察後	授業翌日	2ヶ月後
水蒸気	6	12(3,9,0)	27(25,2,0)	33(29,3,1)	30(18,11,1)
空気	13	14(1,11,2)	0(0,0,0)	0(0,0,0)	3(1,2,0)
熱・水が熱く膨れた	3	3(0,3,0)	0(0,0,0)	0(0,0,0)	0(0,0,0)
蒸発した水の粒・液体	7	5(1,3,1)	7(7,0,0)	0(0,0,0)	0(0,0,0)
蒸気	0	0(0,0,0)	0(0,0,0)	0(0,0,0)	1(1,0,0)
その他(無答を含む)	5	0(0,0,0)	0(0,0,0)	1(0,0,1)	0(0,0,0)

注. 単位は人数. ()内の数字は、確信度を示し、左から絶対自信がある、たぶんそうだと思う、自信がないの人数。なお、始めの考えでは確信度を調査していない。

予想時では、泡の正体は空気と考える児童が14人(41.2%)と最も多く、続いて水蒸気とする児童が12人(35.3%)と多い。こうした児童の予想を確信度で調べると、空気とした児童の大半がたぶんそうだと思う(11人, 78.6%)とし、残りの児童は自信がない(2人, 14.3%)としている。また、本学習で、予想時に水蒸気と答えた児童の確信度は、絶対自信がある(3人, 25.0%)、たぶんそうだと思う(9人, 75.0%)であった。水蒸気とする児童も必ずしも確信を持っているというわけではないことが分かる。

考察後では、水蒸気とする児童が27人(79.4%)と増加していることが分かる。確信度を見ても水蒸気とする児童の大半が、絶対自信がある(25人, 92.6%)としており、回答に対する自信が高いことが分かる。また、水蒸気とした児童の中で、ワークシートに袋の中に水が残ったので水蒸気と書かれていた児童は19人(70.4%)であった。

授業翌日の質問紙調査の結果は、水蒸気と回答した児童は33人(97.1%)とほとんどの児童が学習のねらいである水蒸気と回答していることが分かる。回答に対する確信度を見ると絶対自信がある(29人, 87.9%)、たぶんそうだと思う(3人, 9.1%)、自信がない(1人, 3.0%)となり、水蒸気とした児童の確信度は高いことが分かる。しかし、水蒸気であるという理由(実験結果を踏まえた記述)も正しく書けた児童は水蒸気と回答した児童の内18人(54.5%)と半数を少し上回る程度であった。

2ヶ月後の質問紙調査の結果は、授業翌日より水蒸気と回答した児童が少し減るものの、水蒸気が30人(88.2%)と多いことが分かる。しかし、水蒸気と回答した児童の確信度を調べると、絶対自信がある(18人, 60.0%)、たぶんそうだと思う(11人, 36.7%)、自信がない(1人, 3.3%)と回答に対する自信にゆらぎが出ている児童が多くなること

が分かる。授業翌日と同様に、水蒸気であるという理由も正しく書けた児童数を調べると、水蒸気と回答した児童の中の13人（43.3%）であった。

2. 考察時の話し合いの有無と児童の変容

予想時、考察時ともに話し合いをさせたB教諭のクラスの児童の考えの変容は、図2のようになった。また、考察時に小グループで話し合いをせずに学級全体から意見を述べさせ教師がまとめをしたC教諭のクラスの児童の考えの変容は図3のようになった。

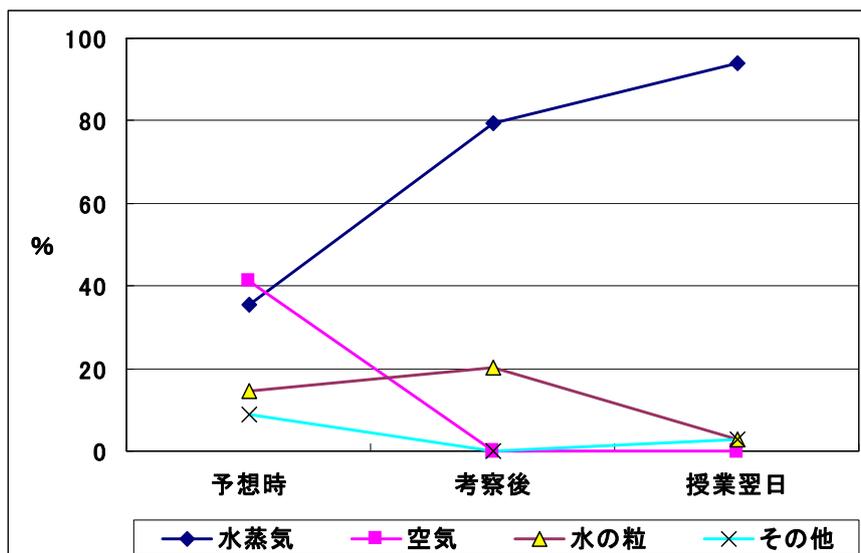


図2 B教諭のクラス (N=34)

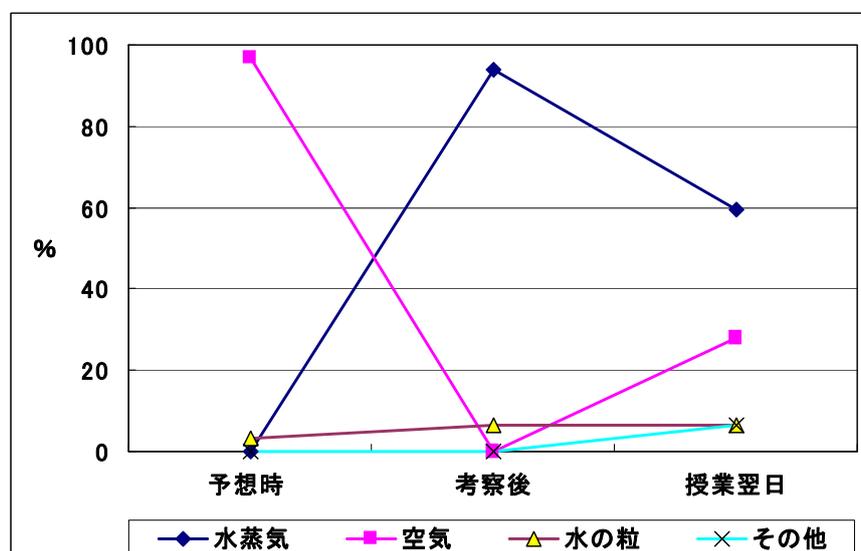


図3 C教諭のクラス (N=32)

B教諭のクラスでは、湯の中から発生した泡を水蒸気と正しく答えた児童は、考察後には27人（79.4%）おり、授業の翌日には33人（97.1%）と増加していることが分かる。しかし、C教諭のクラスでは、湯の中から発生した泡を水蒸気と正しく答えた児童は、考察後には30人（93.8%）と多かったが、授業の翌日になると19人（59.4%）と話し合い

をしたB教諭のクラスに比べ水蒸気とする回答者が大きく減っていることが分かる。授業翌日の水蒸気と回答した児童の割合を直立確率計算で調べたところB教諭のクラスの児童が有意に多いことが分かった（両側検定： $p=0.00$ ）。

2つのクラスを比較した結果からは、実験結果を考察する段階で小グループで話し合いを持つことは、教師によるクラス全体の中でまとめていくといった従来の方法に比べ、児童の科学的な概念を形成するために有効な方法であることが示唆される。

3. S小学校の授業結果との比較

授業2ヶ月後に水蒸気と回答した児童数と回答の根拠について、A小学校のB教諭のクラスとS小学校の児童に対し調査した質問紙の結果が表2である¹¹⁾。

表2 2ヶ月後の児童の回答

	水蒸気と回答した児童	科学的な根拠に基づいて水蒸気と回答した児童
A小学校 (N=34)	30 (88.2%)	13 (38.2%)
S小学校 (N=148)	91 (61.5%)	23 (15.5%)

注. 単位は人数. () 内の数字は, %を示す.

水蒸気と回答した児童の割合は、直接確率計算で求めるとA小学校がS小学校よりも有意に多いことが分かる（両側検定： $p=0.00$ ）。また、実験結果を踏まえ、「泡を袋の中に集めると水が残ったので、水蒸気」といったように、その理由を科学的な根拠に基づいて回答できた児童数についても、A小学校がS小学校よりも有意に多いことが分かる（両側検定： $p=0.00$ ）。

2ヶ月後の児童の回答結果からは、A小学校でデザインされたワークシートや付箋紙により自分の考えを外化し、小グループで話し合いをしていく授業を実施することが科学的な概念の長期の保持に有効であると言える。

4. 小グループの中で生じた発話プロトコルの分析

(1) B教諭のクラスの予想時の話し合い

ア. 1班の発話プロトコル

この班では、始めAとCが「水が熱くなって膨れたもの」、Bが「熱」、DとEが「空気」としており、話し合い後はA・B・Cが「熱」、DとEが「空気」としていた。確信度は、いずれもたぶんそうだと思うとしたグループである。発話プロトコルの一部を示すと、図4のようであった。

児童Aは、児童DやBから考えが変わったかという促しを受け、沈黙の後25Aで「熱、下から出てたから」と9Bの発言を受けて考えを変更している様子を見ることができる。CもAの考えの変更を受け、26Cで「変わったかも、どっちか分かんない」と言いながらワークシートの記述や付箋紙では予想を「熱」と変更している。こうし

- 9B 僕は、熱だと思います。わけは、泡は下から上がってくるから、空気じゃないと思うので熱だと思います。
- 10E 僕は、泡は空気だと思います。わけは・・・
- 11B わけ分からなければ言わなくてもいいよ。
- 12E わけは、まだ考えていません。 (沈黙)
- 13D Aさん。
- 14A 泡は、水が集まってふくれたものだと思います。空気が入ってふくれ、で、泡になります。
- 15D Cさん。
- 16C 水が沸騰して、水がぶつかり合ったり、水が熱くなって割れたりして、できたものだと思います。 (沈黙)
- 17D 泡は、空気だと思います。わけはまだ分かりません。
- 18B 僕だけだね。熱って言ったの。
- 19D 気付いたことありますか。
- 20B うーん、・・・ない。
- 21D 自分の考えが変わった人はいますか。
- 22B いません。・・・んっ、どっち。
- 23B 変わった？
- 24D 何になったの？
- 25A 熱。下から出てたから。
- 26C 変わったかも、どっちか分かんない。 (沈黙)

図4 1班の予想時の発話プロトコル (一部)

た話し合いの様子からは、児童が 他者のもっともらしい説明を受け、考えを変えていく様子を見て取ることができる。しかし、児童が変更した考えを全面的に支持しているのではないことは確信度でたぶんそうだと思うと回答していることから伺える。

イ. 3班の発話プロトコル

この班では、始め児童A・B・Eが「空気」、児童Cが「水の粒の中に空気」、児童Dは「水蒸気」、児童Fは「あぶく」と回答していた。話し合い後に「水蒸気」と予想を変更した児童CとFの話し合いに着目してみると、図5のようであった。

始めの考えを「水の粒の中に空気」とした児童Cは、児童Fからなぜ水の中に空気が入れるのかと質問を受けている。司会者でもあるCは、32で「分かりません」とし、話し合いを修了させようとするが児童Fは質問をしながら自問自答している様子を伺うことができる。こうした話し合いを通して2人は、予想として水蒸気という考えを持つようになったことが分かる。

しかし、水蒸気という予想に自信があるわけではないことは、確信度で「たぶんそうだと思う」としていることから分かる。

この2つの事例からは、予想時に話し合いをすることで児童は、他者の異なった考え

- 21C 私は、DさんとAさんと似ていて、水があたたまって粒になってそれが割れると湯気になると思います。気づいたことは特にありません。
- 22C 自分の考えが変わった人はいますか。
- 23F なんで、質問がぬけてんじやん。
- 24C 質問はありますか。
- 25F はい。
- 26C F君。
- 27F なんで泡が消えるっていうか、なくなるっていうか、破裂してなくなると、湯気になるんですか。
- 28C その粒の中に空気が入ってるから。・・・分かりましたか。
- 29F はい、他にまだあるんですけど。
- 30C F君。
- 31F どうやって空気が入ったんですか。それはちょっと無理…
- 32C それは分かりません。
- 33C 話し合いをまとめます。私達のグループでは、あぶくと、水のすきまから空気が入ってできると、水があったまったという考えが出ました。これで予想の話し合いを終わりにし、はい。
- 34F だってさ、水の中に空気が入り込むことは不可能だよ。人がいないと。ストローとかなないと不可能だよ。 (沈黙)
- 35F 入れたとしても・・・空気が・・・。 (沈黙)
- 36F あっ、新しい考えが思いついた。あんねー、ちょっと思ったんですけど、空気は水の中に入れてから・・・、入れて、その空気が泡だと思います。

図5 3班の予想時の発話プロトコル (一部)

に触れ、意見を述べたり、自問自答を通して相互作用する中で、自分の考えの見直しをしている様子を読み取ることができる。

(2) B教諭のクラスの考察時の話し合い

考察時の話し合いの発話プロトコルの一部を見ると図6のようであった。ここに示す3班は、予想時の考えが児童A・B・Eが空気であり、児童C・D・Fが水蒸気であった班である。この班の児童は、考察後、授業翌日、2ヶ月後も全員が水蒸気としている。

泡の正体を予想で空気とした児童AとBの発話プロトコルを見ると、6Aで「空気かと思ったけど・・・水がたまった。」10Bで「予想と違って・・・、袋の中には・・・水滴がつかしました。水蒸気だと分かりました。」と自分の予想と比較しながら実験結果を考察している。司会者の児童Cは、11Cでもう一度、児童Aに考察したことを促し、これらの発言を受けて15Cで「私は泡は空気だと思っていたけど、・・・水だと分かりました。」と結果と比較しながら自分の考察した結果を述べている。こうしたやりとりは、通常の授業ではクラス全体に向かって教師が児童と行っていることである。これと同じようなやりとりは、他のすべての班で行われている。例えば5班では児童Eが「結果から考えたこと

- 5C Aさん、実験の結果を発表して下さい。
- 6A 空気かと思ったけど・・・水がたまった。
- 7C Dさん、E君
- 8E まだ書き終わってません。
- 9C B君、実験の結果を発表して下さい。
- 10B 予想と違って・・・、袋の中には・・・水滴がつきました。水蒸気だと分かりました。
- 11C Aさん、もう一度発表して下さい。
- 12A 空気かと思ったけど、たくさん水が集まってくもった。
- 13C Dさん、実験の結果を発表して下さい。(沈黙)
- 14F はい、Cさん言って下さい。
- 15C 私は泡は空気だと思っていたけど、・・・水だと分かりました。

図6 3班の考察時の発話プロトコル(一部)

は、ビニール袋に水がたまったので、泡は水だと思いました。予想と違いました。」と述べると、児童Dも「ガラス管の中で水がビニール袋に流れたので、泡は水だと思いました。」と児童Eを支持する発言を述べている。このように泡の正体が水蒸気へと収束していく様子は、児童Bが「泡は水だと思う。実験中は袋がふくらんでいたけど、実験が終わったら空気が抜けたようにふくらみはなくなった。予想と同じだった。」と述べていることから伺うことができる。しかし、児童Cは「疑問は、なぜガラス管の下に水が通ったのだろうと思った。」と観察結果に対し疑問を述べ、班の中の解決されない課題として残り、クラス全体への発表となっている。

こうした考察時の話し合いの様子からは、児童同士の間で実験結果を予想と比較しながら考察し、解釈の再吟味が行われていることが分かる。

IV 考察

本研究では、概念変化が難しいとされる水の状態変化の学習内容を、考えをまとめる段階で小グループで話し合いをし、その時点での各自の考えを外化させるといった学習方法を採用することが科学的な概念の形成に有効であるかを調べた。手続きとしては、予想時と考察時に、小グループで話し合いをさせた。各自の考えはワークシートにまとめ、さらに自身にも他者にもよく見えるように付箋紙を使って黒板に外化させた。

その結果、2ヶ月後にも科学的な概念が保持されている児童の割合は、予想や考察の段階で小グループで話し合いをし、各自の考えをワークシートにまとめ、さらに付箋紙を使って考えを外化させたA小学校のB教諭のクラスが、これを行わなかったS小学校のクラスに比べて有意に多いことが分かった。泡は水蒸気であるとする児童の確信度も、予想の段階から、考察、授業翌日となるにつれ高まっていることが付箋紙の色の変化から分かり、小グループでの話し合いに加え、考えを自身にも他者にもよく見えるように外化させる教

授方法は科学的な概念の形成に有効であると言える。その原因を探った予想時の発話プロトコルの分析からは、児童が他者と相互作用する中で、意見を述べたり自問自答しながら自分の考えの見直しをしている様子を読み取ることができた。今井・野島¹²⁾は、概念変化を促すには学習者が自分の素朴理論のアノマリーに自ら気付くような状況を設定することが必要であるとするが、児童は他者の多様な解釈に触れ、個々が持つ考えの見直しや再吟味が生まれていることを伺うことができる。また、考察時の発話プロトコルの分析からは、児童同士の間で実験結果を予想と比較しながら考察し、解釈の再吟味が行われていることが分かった。予想時や考察時の発話プロトコルからは、認知過程を可視化し、他者との相互作用を学習に取り入れたことにより Posner ら¹³⁾が概念交換の条件とする学習者が保持する既存の概念に対して不満を持たせることに効果をもたらしたことを伺うことができる。

また、考察の段階で小グループで話し合いを行ったB教諭のクラスが小グループで話し合いを行わなかったC教諭のクラスに比べ、翌日に科学的な概念を保持している児童が有意に多いことが分かった。こうした結果からは、考察時に小グループで話し合いを取り入れることの有無が、科学的な概念の形成に大きな影響を与えることが示唆される。

V まとめ

本事例からは、他者との相互作用に加え、自らの認知過程がよく見えるように考えを外化することを取り入れた学習方法は、従来困難とされていた水の状態変化の学習において、児童の概念変化を促し、科学的な概念の形成に効果があると言える。予想時の発話プロトコルからは、生徒が自身の既存の概念に対し見直しや再吟味を行っている様子を伺うことができ、このことが概念変化を促した理由の一つではないかと考えることができる。

本研究からは、理科授業に小グループでの話し合いを取り入れ自らの認知過程を外化する教授方法は、科学的な概念の形成に効果があることが示唆された。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、放送大学の波多野誼余夫先生、清泉女子大学の福田健先生、静岡大学の島純先生には、貴重なご示唆をいただきました。また、授業及び質問紙調査の実施に当たって、埼玉県上尾市立上尾小学校の宮崎四郎校長先生、さいたま市立道祖土小学校の栗原巖校長先生、両校の先生方や児童諸君に多大なるご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

註・引用文献

- 1) Osborne, R.J. and Cosgrove, M.M. : 「Children's conceptions of the changes of the water」, Journal of Science Research in Science Teaching, 20(9), pp.825-838, 1983.
- 2) 松浦典文・遠西昭寿 : 「水の沸騰・蒸発・結露に関する子どもの認知」, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.27, No. 3, pp.1-10, 1987.
- 3) オズボーン, R. フライバーグ, P.著 (森本信也, 堀哲夫訳) : 「子ども達はいかに科学理論を構成するかー理科の学習論ー」, pp.14-25, 1988, 東洋館.

- 4) Carol K.K. Chan : 「Problem-centred inquiry in collaborative science learning」, 認知科学, Vol.3, No. 4, pp.44-62, 1996.
- 5) 三宅なほみ : 「学習における協調」『波多野誼余夫・永野重史・大浦容子 : 教授学習過程論－学習の総合科学をめざして－』, pp.101-122, 2002, 放送大学教育振興会.
- 6) 本研究では, 外化とは認知科学辞典 (共立出版株式会社, 2002) に記載された内部で生じる認知過程を観察可能な形で外界に表すことと定義する。外化には, 発話, メモ, 図, 文章化, モデル化など様々な手段があるとされている。本研究では, 外化の手段として言語化するだけでなく, 自身にも他者にも認知過程が可視化できる道具として付箋紙を取り上げた。
- 7) 多くの研究者や理科の授業者は, 理科授業での話し合いや外化が概念変化を促すのに有効であると考えている。しかし, 本研究を投稿する時点で, 概念変化を促す教授方法として小グループでの話し合いに加え外化 (特に, 認知過程を可視化すること) を意図的に取り上げ, その効果について研究したものは, 理科教育学研究や科学教育研究には見られない。
- 8) 前掲書 5)
- 9) ジョンソン, D.W. 他 (杉江修治・石田裕久・伊藤康児・伊藤篤訳) : 「学習の輪 ; アメリカの協同学習入門」, 二瓶社, 1998.
- 10) Schultz, J., Erickson, F., & Florio, S. (秋田喜代美訳) : 「会話フロアのタイプ ; 第 15 章 教室における談話」『稲垣佳世子・鈴木宏昭・亀田達也 : 認知過程研究－知識の獲得とその利用－』, pp.184-186, 2002, 放送大学教育振興会.
- 11) A 小学校の C 教諭のクラスでは, 授業翌日に水蒸気と回答する児童が激減したため, C 教諭がその後考察の結果について, 小グループでの話し合いと授業のまとめを再度 1 単位時間をかけて実施した。そのため, 比較する授業時間が異なるため, C 教諭のクラスの授業と S 小学校の授業の 2 ヶ月後の比較はしていない。
- 12) 今井むつみ・野島久雄 : 「人が学ぶということ」, 北樹出版, 2003.
- 13) Posner らによる CCM (Conceptual Change Movement) 理論では, 概念交換 (Conceptual Exchange) の条件の 1 つに, 学習者が保持する既存の概念に対して不満 (Dissatisfaction) を持たせる必要があるとする。
Posner, G.J. et al. : 「Accommodation of a scientific conception : Toward a theory of conceptual change」, Science Education, 66, pp.211-227, 1982.

第4章 外化物の違いが学習者同士の相互作用に与える影響

－葉の付き方の学習を事例に－

清水 誠・福田 健

I. 問題と目的

内部で生じる認知過程を発話，図，文章化，モデル化等の観察可能な形で外界に表すことを外化（三宅・白水，2002）という。外化することで内省や知識再編成という活動が生まれるため，思考や理解深化が促進される場合が多く，吟味の手続きを共同で行うことも可能になることが知られている（三宅・白水，2003；波多野・大浦・大島，2004）。また，科学的な概念を形成していくには，他者と相互に関わることが重要であることが指摘されるようになった。鈴木（1995）は，他者は認知をサポートする外的資源とみなすことができるとする。三宅（2002）は，こうした協調的な認知作業場面では，それぞれの参加者の考えを表す文章，図，モデル等の外化物¹⁾があると，いろいろな人の視点からの再解釈が導入されやすくなるとする。学校という学習の場は，意図的であれ無意図的であれ協調的な学習環境が生まれやすい環境にあり，人が理解を深めたり概念を獲得していくには協調的な学習の場での外的資源や外化物の重要性が予測される。

理科教育研究においては，これまで観察場面でメモやスケッチといった方法で観察結果を学習者に外化させることの効果を調べた多くの先行研究を見ることができる（例えば，高野，1964；田村・高野，1984；西川・川上，1996；西川・古市，1997）。また，モデルづくりとスケッチによる観察の効果の違いを調べた研究（清水，2003）も見ることができる。こうした研究では，高野（1964）が観察中にメモすることの効果を示し，西川・古市（1997）がスケッチはメモによる言語化を阻害するため小学校の観察ではメモを積極的に併用することが有効であることを示している。また，清水（2003）は，葉の付き方のきまりを調べる学習では，児童にモデルづくりを通して観察させると，スケッチを通して観察させるよりも多くの法則性を発見できることを示している。こうした研究は，観察における外化や外化物の違いによる教育効果について調べたものであることが分かる。しかしながら，これまでの研究では，観察したことを外化物として外化することや外化方法の違いがなぜ教育効果を高めたり制約するのか，その原因については十分な言及がなされていない。

そこで，本研究は，参加者の考えを表す異なる外化物を作成することの違いが教育効果に違いを生じさせる原因を探ることを目的とする。具体的には，葉の付き方を調べる学習を事例に，清水（2003）がモデルづくりを通して観察することがスケッチにより観察させるよりも多くの規則性を発見できたとする原因を，児童相互の話し合いの様子から探る。

II. 調査の方法

1. 調査

調査は、小グループの中で個々にモデルづくりやスケッチをしている児童同士の間で自然に生まれる発話の様子を記録した。

(1) 調査対象

埼玉県内の公立小学校2校の各2学級、計4学級の小学校6年生を対象とした。

各学校から1学級（2校で2学級）は、葉の付き方をモデルづくりをしながら観察する学級（以下、モデルづくり群）とし、残りの1学級（2校で2学級）を葉の付き方をスケッチをしながら観察する学級（以下、スケッチ群）とした。

(2) 調査人数

観察時の児童同士の間で自然に生まれる話し合いの様子を探る対象として、2つの小学校のモデルづくり群、スケッチ群の中から、それぞれ5グループをランダムに抽出した。なお、グループを抽出する際には、授業者や参観していた授業学級の担任の教師からのリヴォイス（質問、補足、支援の言葉かけ）が見られたグループは事前に除外した。

調査対象となった両群の人数は、A小学校はモデルづくり群16人、スケッチ群17人、B小学校はモデルづくり群19人、スケッチ群18人である。2校の合計は、各群ともに計10グループ（35人）である。

(3) 調査時期

授業は、2校とも2003年9月に実施した。授業時間は、いずれも45分間で行った。

2. 授業の概要

授業は、A小学校は研究者の清水、B小学校は、40歳前半の教師によって受け持たれた。実施された授業の主な流れは、ア～エのようである。これは、清水（2003）が実施した授業展開と同じである。

ア. 課題の確認をする。

「植物は、日光を受けやすいように、どのように葉を付けているのだろうか。」と教師から課題を提示した。

イ. 予想を自分の言葉と図でワークシートに記述する。その後、友達の代表的ないくつかの予想も聞き、自分の考えと比較した。次に、教師が児童の予想をカテゴリー分けして板書し、各児童は自分の予想が該当する板書の記述に自分の名前を書いた付箋紙を貼った。

ウ. 観察の方法について確認し、互生の草本を約20分間観察する。

観察する互生の草本（セイタカアワダチソウ、ヒメムカシヨモギ、オオイヌタデ、ヒメジョオン、シロザ）は、教師が用意した。植物を各個人が選択する場合は、各小グループでできるだけ違う種類の植物を選ぶようにさせた。なお、観察の際には、授業者である教師は児童同士の話し合いに介入しないようにした。また、小グループの編成は、通常の授業で行われている生活グループからなる。

モデルづくり群とスケッチ群の観察は、下記のように行った。

<モデルづくり群>植物を観察しながら、茎に見立てたポリエチレンフォームでできた丸棒に紙で作成した葉をさしていく。できあがったモデルから気付いたことをワークシートにメモをとる。葉の大きさは、変更可とした。

<スケッチ群>植物を観察しながら，ワークシートにスケッチし，気付いたことをメモにとる。

なお，初学者には適切なスケッチをすることがそもそも難しい。そのことが，モデルづくり群を有利にする可能性もある。そこで，スケッチをすることの負荷を軽減するため²⁾，葉を1枚書いた例をワークシートに示した（図1）。

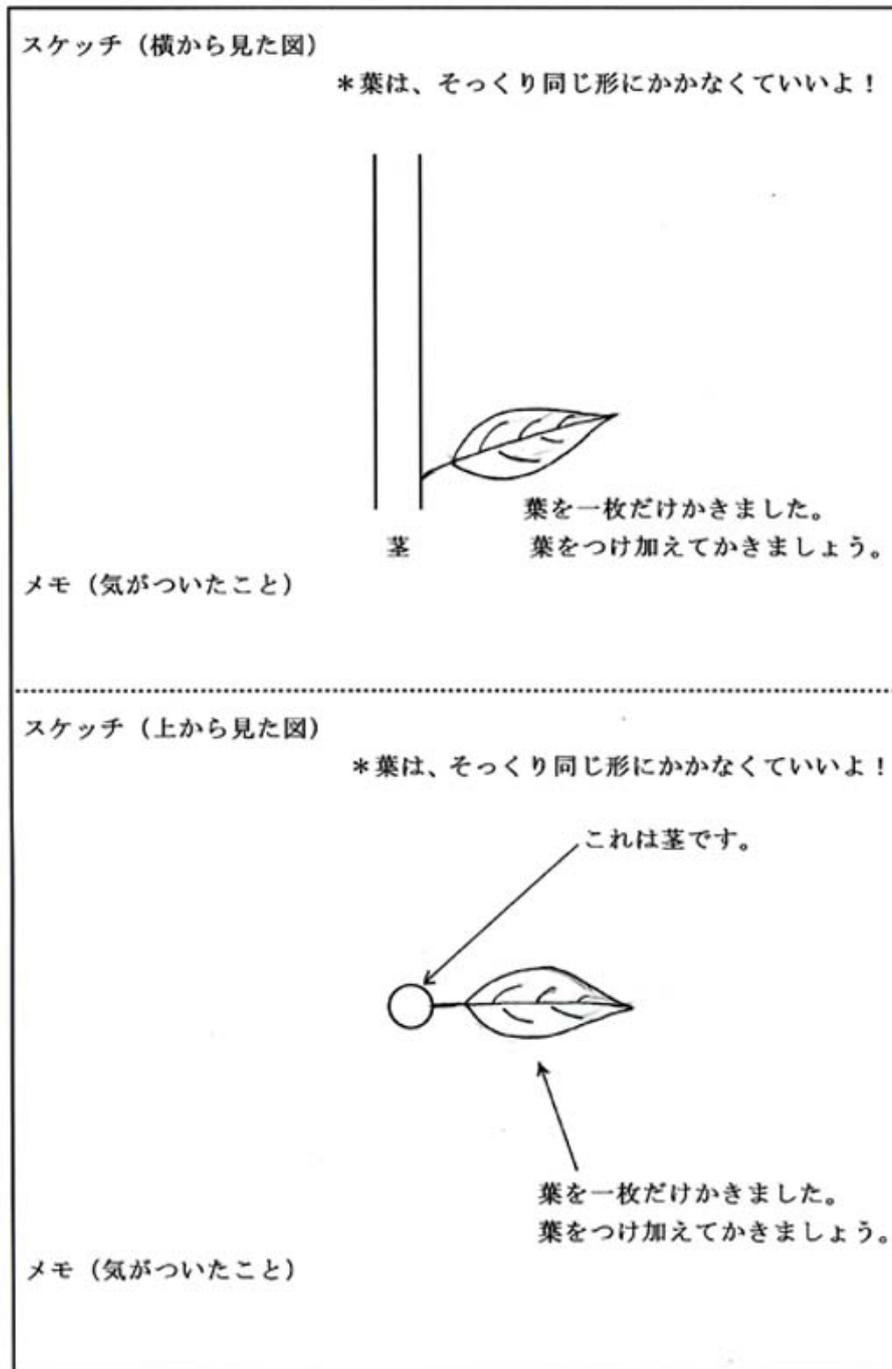


図1 葉の付き方のワークシート（スケッチ）一部

エ. 葉の付き方にどんなきまりがあるか，気付いたことをワークシートにまとめた。

3. 分析の手続き

(1) 両群の等質性

両群の等質性は、児童がワークシートの予想の欄に記述した葉の付き方についての記述数を比較した。記述は、清水（2003）が分類した葉の付き方のカテゴリーに従い分類した。

(2) 話し合いの分析

話し合いの分析は、研究の目的である外の世界を捉える手だての違い（モデルづくり、スケッチ）が、小グループで学習している仲間との相互作用にどのような影響があるのかを調べるために行われた。

話し合いの分析時間は、モデルづくり群とスケッチ群いずれも、授業概要のウで示した観察時間の中から教師が観察開始と児童に指示した時間から 1000 秒間³⁾とした。話し合いの様子は、各グループにステレオマイクのついたMDレコーダーを設置し、記録した。これをもとに、発話プロトコルを作成した。

書き起こされた発話プロトコルは、佐藤（1996）の作成した 14 個の発話カテゴリー「提案」、「主張」、「反論」、「反対」、「質問」、「支持」、「自説精緻化」、「他説精緻化」、「追加」、「自説繰り返し」、「他説繰り返し」、「否定的評価」、「説明」、「理由」に、「進行」、「内容に関するその他」、「内容に関しないその他」を付け加え 17 個の発話カテゴリーに分類した。

分類は、発話プロトコルが読み上げられ、分析協力者 4 人の合意によって決定された。その後、各カテゴリーごとの発話数、発話時間を求めた。

分類された発話カテゴリーは、さらに「内容に関しないその他」を「内容に関しない発話」、17 個にカテゴリー分けした発話の中から「内容に関しないその他」を除いた発話を「内容に関する発話」として発話数、発話時間を求めた。また、「内容に関する発話」の中から「反論」、「自説精緻化」、「他説精緻化」の 3 つをあわせた発話を特に「社会的相互作用の強い発話」として発話数、発話時間を求めた。

Ⅲ. 結果とその分析

1. 両群の等質性

葉の付き方のきまりについてワークシートに 1 つでも正しい予想を記述できた児童数と正しい予想を記述できない児童数を表 1 に示す。なお、正しい予想とは清水（2003）が児童の記述をもとに分類した葉の重なり方（位置）、葉の大きさ、葉面の向き（角度）、葉の間隔と密度、葉柄の長さといったことに着目して書かれた記述をいう。また、正しい予想を記述できない児童には、「日にあたりやすく」といった漠然とした記述や日光と葉の付き方について関連が見られない記述をした児童を含む。

予想時のワークシートに 1 つでも正しい予想が記述できた児童と記述できなかった児童

表 1 正しい予想が記述できた児童数

	モデルづくり群		スケッチ群	
	A小	B小	A小	B小
記述できた児童	12	13	15	13
記述できない児童	4	6	2	5

注. 単位は人。

について、A小学校とB小学校のモデルづくり群同士及びA小学校とB小学校のスケッチ群同士の間には有意な有意な差が見られるか直接確率計算 2×2 で調べてみた。結果は、モデルづくり群（両側検定： $p=0.72$ ）、スケッチ群（両側検定： $p=0.40$ ）ともに2つの学校の間で有意な差は見られなかった。

次に、2校のモデルづくり群とスケッチ群について正しい予想が記述できた児童と記述できなかった児童をそれぞれ合計し、両群の間には有意な差が見られるか直接確率計算 2×2 で調べてみた。結果は、モデルづくり群とスケッチ群の間に有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.58$ ）。

さらに、清水（2003）が分類した5つの葉の付き方のカテゴリー分けに基づき児童が記述したものを分類し、両校のモデルづくり群とスケッチ群の記述を集計した人数を示したものが表2である。なお、予想を複数記述している児童がいるため、各カテゴリーの計は表1の記述できた児童数とは一致していない。

表2 予想時の葉の付き方についての記述

	モデルづくり群	スケッチ群
葉の重なり方（位置）	11	15
葉の大きさ	7	5
葉面の向き（角度）	3	6
葉の間隔と密度	4	3
葉柄の長さ	2	1

注. 単位は人。両群ともに $N = 35$ 。

各カテゴリーごとに記述できた人数について直接確率計算 2×2 で調べてみた。両側検定した結果は、葉の重なり： $p=0.46$ 、葉の大きさ： $p=0.75$ 、葉面の向き： $p=0.48$ 、葉の間隔と密度： $p=0.99$ 、葉柄の長さ： $p=0.99$ であり、いずれも有意な差は見られなかった。記述内容についても両群に差は見られない。

2. 観察中に見られた発話数と発話時間

予想時の記述からは学習前の葉の付き方についての知識は、A小学校とB小学校のモデルづくり群同士及びスケッチ群同士等質であると考えられる。そこで、2校のモデルづくり群、スケッチ群それぞれのグループの1000秒間の観察中に見られた発話プロトコルを「内容に関する発話」「内容に関しない発話」の2つに分け、発話数と発話時間を求め、両群それぞれ10グループについて合計したものが表3である。

A小学校とB小学校の各群10グループの児童は、内容に関する発話をモデルづくり群では発話数で合計657個、発話時間で合計1898秒（観察時間全体の約19%）、スケッチ群では発話数で合計343個、発話時間で合計807秒（観察時間全体の約8%）行っていることが分かる。モデルづくり群とスケッチ群を比べると、発話数ではモデルづくり群が1.9倍多く、発話時間ではモデルづくり群が2.4倍長い。また、内容に関する発話と内容に関しない発話を合計すると、モデルづくり群では発話数で1908個、発話時間で4760秒（観察時間の約48%）、スケッチ群では発話数で1515個、発話時間で3404秒（観察時間の約34%）

表3 観察中に見られた発話数と発話時間

	モデルづくり群	スケッチ群
内容に関する発話数 及び発話時間	657 個 1898 秒	343 個 807 秒
内容に関しない発話数 及び発話時間	1251 個 2862 秒	1172 個 2597 秒
発話数の合計 及び発話時間の合計	1908 個 4760 秒	1515 個 3404 秒

注. 10 グループの観察時間の合計は、両群ともに 10000 秒間。

%) 行っていることが分かる。観察中に発話をしていない鼻歌等も含めた沈黙の時間を見ると、スケッチ群が 6596 秒、モデルづくり群が 5240 秒となり、スケッチ群が長いことが分かる。

モデルづくり群とスケッチ群の 10 グループの観察中（各グループ：1000 秒間）に見られた内容に関する発話数の平均 (\bar{X}) と標準偏差 (SD) を示したものが表 4 である。

表4 モデルづくり群・スケッチ群の発話数

	モデルづくり群	スケッチ群
N	10	10
\bar{X}	65.7	34.3
SD	35.8	17.7

注. 表中の数字は、個数。

分散の大きさが等質とみなせないため、ウェルチの法による t 検定を行なってみた。結果は、両条件の平均の差には有意な差が見られた（両側検定：t (13) = 2.36, .05 < p < .01)。モデルづくり群では、スケッチ群に比べ内容に関する話し合いを多く行っていることが分かる。

次に、モデルづくり群とスケッチ群の 10 グループの観察中（各グループ：1000 秒間）に見られた内容に関する発話時間の平均 (\bar{X}) と標準偏差 (SD) を示したものが表 5 である。

発話数と同様に分散の大きさが等質とみなせないため、ウェルチの法による t 検定を行なってみた。結果は、両条件の平均の差には有意な差が見られた（両側検定：t (11) = 3.01, .05 < p < .01)。モデルづくり群では、スケッチ群に比べ内容に関する話し合いを長時間行っていることが分かる。

表5 モデルづくり群・スケッチ群の発話時間

	モデルづくり群	スケッチ群
N	10	10
\bar{X}	189.8	80.7
SD	101.9	37.8

注. 表中の数字は、秒。

次に、A小学校とB小学校の各群 10 グループの観察中に見られた特に社会的相互作用の強い発話数及び発話時間をモデルづくり群，スケッチ群ごとに合計したものが表6である。

児童同士の相互作用という視点から特に社会的相互作用の強い発話が生まれているグループを探ると、モデルづくり群が6グループに生まれているのに比べ、スケッチ群は3グループと少ないことが分かる。また、発話数、発話時間もモデルづくり群が多い。しかし、モデルづくり群においても発話時間は1グループあたりにすると、1000秒間の中の8.0秒(0.8%)とごくわずかである。観察時にモデルづくりやスケッチをしている中から自然に発生する話し合いには、社会的相互作用の強い発話はあまり生まれていない。

表6 社会的相互作用の強い発話数と発話時間

モデルづくり群			スケッチ群		
班	発話数	発話時間	班	発話数	発話時間
A 2	7	25	A 1	0	0
A 3	0	0	A 2	2	8
A 4	0	0	A 3	0	0
A 5	4	14	A 5	0	0
A 6	1	1	A 6	1	3
B 1	0	0	B 1	2	6
B 2	6	16	B 2	0	0
B 3	0	0	B 3	0	0
B 4	1	2	B 4	0	0
B 6	5	22	B 6	0	0
計	24	80	計	5	17

注. 各グループの観察時間は、1000秒間。A2とは、A小学校2班を指す。

3. 観察中の話題

観察時に見られた話し合いの中で、葉の付き方のどのような内容が話題となっていたかを、葉の重なり方(位置)、葉の大きさ、葉面の向き(角度)、葉の間隔と密度、葉柄の長さの5つのカテゴリーに分け、発話プロトコルを分析したものが表7である。なお、表中の数字は観察中に一度でも小グループ内で話題になった場合は1回とし、同じ内容について再度話題になった場合でも複数のカウントはしていない。

表7からは、モデルづくり群がスケッチ群に比べ、葉の大きさ、葉面の向き、葉の間隔

表7 各10グループの中で話題となった内容

	モデルづくり群	スケッチ群
葉の重なり方(位置)	8	8
葉の大きさ	6	2
葉面の向き(角度)	6	2
葉の間隔と密度	5	1
葉柄の長さ	0	1

注. 表中の数字は、例えば葉の重なりについて10グループの中の8グループが観察中に話題にしていたことを示す。

と密度といったことについて、より多くのグループが話題にしていることが分かる。モデルづくり群で、話題となった発話プロトコルの一部を記述すると次のようである。

<事例1 葉の重なり方についてのプロトコル>

- 183A よし、できたぞ。
184D あー、少しかぶさっちゃった。
185D 上行けばここにもう1本だ。
187C あー。
188D なんかこれ階段みたいじゃない？
189B そお？
190C あー…。

事例1に見られた話し合いは、B小学校2班に見られた発話プロトコルである。児童Aは、葉が茎についている様子をモデルをつくる作業の中で188D：「なんかこれ階段みたいじゃない」と気付いたことが分かる。児童Cは、児童Dの気付きを受け190C：「あー…」と声をあげている。重なり方の違いに気付いたことは、この少しあとに「ホントに、見事に重なっていないよね」という発話が現れることから分かる。

<事例2 葉の向きや間隔についてのプロトコル>

- 12A こんな感じでいいの？ ねえ、これ、さげていいの？…ね、ね、これ、たれさげていいんでしょ？こうやって…。
13B …犬のしっぽよりも少し上向いている。こんな感じで。
14A すげえな。
(中略)
122A 比べましょう。
(A, B, お互いのモデルを見比べる。)
123B 違うね。
124A 上の方が、もっと、ぱーってついている。
125B えー。

事例2に見られた話し合いは、A小学校5班に見られた発話プロトコルである。児童Aが植物を観察しながら、その付き方を児童Bに問いかけている。児童Bが自分のモデルを見せながら葉が斜め上に向かって付いていると述べると、児童Aは14A：「すげえな」と葉の付き方に感動している様子を見ることができる。また122Aでは、児童AとBがお互いのモデルを見比べている。児童Aが、茎の上の方に葉がたくさん付いていることを指摘すると児童Bは125B：「えー」と驚いた様子を見て取ることができる。

<事例3 葉の大きさについてのプロトコル>

- 32B あの一、ここってこんな感じでいいのかな。
33A みて、これって細くない。

34B 切るの？

35A 切るんでしょ。

事例3に見られた話し合いは、A小学校の6班に見られた発話プロトコルである。児童Bは、32B：「ここって、こんな感じでいいのかな」と作成したモデルを児童Aに見せた。すると、児童Aは児童Bが作成したモデルの葉について「これって細くない」と大きさを指摘している。指摘を受けて児童Bはモデルの葉を小さく切る必要があることを確認している。モデルを見合いながらの話し合いを通して、児童Bが葉の大きさに気付いていく様子を見ることができる。

事例1～3からは、児童同士が作成しているモデルを見合う中から葉の付き方に気付いていく様子を見ることができる。こうしたことは、モデルづくり群すべての発話プロトコルの中に見ることができる。一方で、スケッチ群の発話プロトコルは次のようであった。

<事例4 スケッチ群A小1班のプロトコル>

34B うーん。長さ違うねえ。

35A しかも、太さが違う。

36A こういう、虫喰いの痕も書いた方がいいのかねえ？ 自然的でいいよね、それ。

37B いや、いらなんじゃない？

38A いや、でも、うちの的に書きたい気分なん。

39B じゃ、どうぞ…

事例4からは、実際に見ている植物から葉の規則性に気付いていく様子を見ることができるが、作成しているスケッチを見合いながら葉の付き方を話題にしてはいない。スケッチをお互いに見合いながら規則性を発見しているプロトコルは、スケッチ群の1つの班を除くと他には見ることができなかった。スケッチを見合っただけの話し合いは、ほとんど生まれていない。

IV. 考察

モデル、スケッチという異なる外化方法を採用して植物の葉の付き方を観察させた違いが、学習にどのような違いを及ぼすかを分析した結果からは、観察中の内容に関する発話時間や発話数はモデルづくり群がスケッチ群に比べ多いことが分かった。また、モデルづくり群のほうがスケッチ群に比べ、葉の付き方の規則性について作成しているモデルを見合いながらより多くのカテゴリー（内容）について話題としていることも分かった。こうした結果からは、他者にもやっていることがよく見える外化物が学習環境にあったことが相互作用を促進し、仲間からの認知をサポートし、結果として科学的な解釈を生むことができたのではないかと考えることができる。発話プロトコルの分析結果が示唆することは、考えていることや表現していることを他者によりよく見え、操作できる外化物を用意したこと（本研究では、モデルを用意したこと）が、他者との話し合いを促し、規則性の発見につながっていったのではないかとということである。三宅（2002）は、解への一次案や

特に解決プロセスそのものが外化，公開されて，相互吟味の対象となっていることが他者との共有のために望ましいとするが，葉の付き方のモデルはスケッチに比べ他者がやっていることや考えていることがよく見え，共有できたことで他者との関わりを活性化させ，規則性の発見に有効に働いているのではないかと考える。葉の付き方をモデル化する外化方法は，スケッチに比べ他者にもやっていることがよりよく見える外化物をつくり，そのことが小グループの話し合いを促し，認知をサポートする外的資源として有効に機能すると解釈することができよう。

一方，発話プロトコルの分析からは，本実験授業の中では概念形成に重要であると考えられる相手に対して反論したり，自分の考えを精緻化したり，他者の考えを精緻化したりといった社会的相互作用の強い発話が少ないということも分かった。Wertsch & Toma (1995) は，集団討議が進むと自己の意見を主張するだけのモノローグ的な会話から相手の意見と絡めながら自分の主張を述べるダイアログ的な社会的相互作用の強い会話へと変わることを指摘している。しかし，発話を分類した本研究からは，外化物が存在するだけでは社会的相互作用は多くは生まれにくいといえる。

また，西川・古市(1997)は，メモとスケッチを併用した場合，スケッチがメモによる言語化を阻害することを明らかにしているが，本研究の結果からはスケッチという外化方法を学習に取り入れることはモデルをつくるという外化方法に比べ他者との関わりが生まれにくいという問題点もあることが分かる。

V. 研究のまとめ

本研究では，学習者が認知活動を外化物を使って外の世界に表象することが学習にどのような効果を及ぼすかを調べた。その結果，考えていることや表現していることが他者によりよく見え，操作できる外化物（ここでは，モデル）があると，観察対象に対する話し合いが生まれやすいことが明らかになった。このことが，清水(2003)がすでに明らかにしているスケッチによる観察よりもモデルづくりを通しての観察のほうが，葉の付き方の法則性の発見に有効であった理由の1つとなることを示すことができた。実験授業の範囲内という制約付きではあるが，他者に認知過程がよく見え，操作できる外化物を用意することで，他者との間に学習している内容についての話し合いが生まれやすくなり，結果として概念の獲得に有効に働くと考えられる。

本研究からは，他者によりよく見え，操作できる外化物を用意することが，概念獲得を促進する授業方法となることが示唆された。

しかし，本研究からは，児童の間で自然に生まれる話し合いには社会的な相互作用はあまり生まれていないことも分かった。また，モデルづくり群の中にも内容に関する発話あまり生まれていないグループも見られた。概念獲得や理解深化を促進するには，外化物に加えコミュニケーションや協同の技能を育てること，さらには教師からの適切なリヴォイスをどうするかが今後の課題であると言える。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，2006年1月にご逝去された波多野誼余夫先生には貴重な

ご示唆をいただきました。謹んで哀悼の意を表します。また、授業の実施をご快諾いただいた上尾市立上尾小学校の宮崎四郎校長先生、さいたま市立大宮小学校の船越忠男校長先生、同校の高後仁先生に多大なるご協力をいただきました。資料の整理、発話プロトコル分析の際の妥当性の検討等では、さいたま市立大成小学校の豊田由香先生、熊谷市立荒川中学校の吉田順一先生、吉川市立関小学校の矢野聖也先生、埼玉大学大学院生の吉田恭子さん、渡邊文代さん、4年生の今田剛君、上吉原悠貴君、佐久間千絵さん、藤井宏君、島寄亜津子さん、島田直也君、中村友之君には多大な協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

注

- 1) 本研究では、外化物とは三宅（2002）を踏まえ、内部で生じる認知過程が「見える」形で外の世界に表されたものとする。文章、記号、図、モデル等が考えられ、学習者が認知課題を実行する際に利用可能な資源となる。本研究での葉の付き方のスケッチや作成したモデルは、いずれも外化物である。
- 2) 村山（1995）は、初学者はそもそも適切な図を書くこと、それらを理解すること自体に困難があるとする。また、村山は、外的資源を利用することが認知主体の認知的負荷を軽減するのに有効だとする Larkin & Simon（1987）に対し、力学の図を例に外的資源の効果はそれを利用するスキルと表裏一体であり、図を描くこと自体が困難な課題の場合は、それによって得られる外的資源が全体の課題の解決を容易にしないとする。そこで本研究では、児童の負荷を軽減するためにスケッチの仕方をワークシートに示し、モデルづくりの負荷と変わらないような手続きをとった。
- 3) 授業計画では、観察時間を 20 分としたが、児童から観察をもう少ししたい等の要望により、すべての学級を 20 分間にそろえることができなかった。しかし、本研究の目的（モデル、スケッチという異なる外化物を採用して観察させた違いが、2つの群の間で法則性を発見する違いを生んだ原因を探る）からすると 20 分間の発話プロトコルを必ずしも分析する必要はない。そこで、本研究では 1000 秒間の発話数と発話時間を比較することにした。

引用文献

- 波多野誼余夫・大浦容子・大島純：学習科学，放送大学教育振興会，107-108，2004.
- 三宅なほみ：学習における協調「波多野誼余夫・永野重史・大浦容子：教授学習過程論－学習の総合科学をめざして－」，放送大学教育振興会，2002.
- 三宅なほみ・白水始：認知科学辞典，共立出版，2002.
- 三宅なほみ・白水始：学習科学とテクノロジー，放送大学教育振興会，2003.
- 村山功：外的資源による課題と認知主体の変化，認知科学 2(4)，共立出版，28-38，1995.
- 西川純・川上洋子：イメージ記憶に対するメモ及びスケッチの教育効果の比較研究－アブラナの花の観察を事例にして－，日本理科教育学会研究紀要 36(3)，37-43，1996.
- 西川純・古市恵：イメージ記憶及び言語記憶に対するメモ及びスケッチの教育効果の比較研究，日本理科教育学会研究紀要 37(3)，15-23，1997.
- 佐藤公治：認知心理学からみた読みの世界－対話と協同的学習をめざして－，北大路書房，

165, 1996.

清水誠：モデルづくり及びスケッチによる観察の効果についての比較研究，科学教育研究 27(3)，179-185， 2003.

鈴木宏昭：特集－認知における内的，外的資源編集にあたって，認知科学 2(4)，共立出版，3-6，1995.

高野恒夫：理科教育における観察の機能に関する実験的研究（第18報），茨城大学教育学部紀要 14，79-100，1964.

田村直明・高野恒夫：理科教育における観察・記録に関する実験的研究 I－アジサイとクリの葉を用いた観察・スケッチについて－，日本理科教育学会研究 紀要 25(2)，27-33，1984.

Wertsch, J.V. & Toma, C. : Discourse and learning in the classroom ; A sociocultural approach, In L.P. Steffe & J.Gale (Eds.) Constructivism in education, Hillsdale, NJ : LEA, 1995.

第5章 小・中学生が捉える外化の有用性の実態

－ 質問紙調査の結果から －

渡邊文代・清水 誠

I. はじめに

近年、理科教育においても外化の有用性に焦点をあてた研究が数多く見られるようになった¹⁾。三宅・白水²⁾は、外化とは内部で生じる認知過程を、発話、メモ、図、文章化、モデル化といった手段を使って、観察可能な形で外界に表すこととする。また、外化のメリットとして外界に固定されることで記憶を保持すると同時にそれ自体が操作の対象となることによって情報処理の負荷を軽減したり、自身の認知活動の再吟味、他者との共有や新たな視点の獲得などが生まれることを挙げている。外化によって外界に表されたもの(以下、外化物という)を外化的資源として広く捉えるなら、村山³⁾が Larkin らの研究をレビューしているように、外化物も認知主体の認知負荷を軽減するといえる。しかしながら、小・中学生が外化をどのように行っているのか、また、認知過程を外化したり外化物があることの有用性をどのように感じ、考えているか調べた調査研究は見られない。そこで、本研究では、小・中学生が行う外化という行為の実態と外化することの有用性をどう受け止めているか明らかにすることを目的とする。

II. 調査の方法

1. 調査対象及び調査時期

埼玉県内の公立小学校2校の第3学年(計248名)及び埼玉県内の公立中学校2校の第2学年(計414名)を対象に、2005年2月に実施した。

2. 調査方法

質問紙により調査を行った。調査時間は20分である。回答は、選択肢の中から自分の意見に最も近いものを選択させるとともに、選択理由を記述させた。質問項目は、1. 外化の頻度、2. 外化の手段、3. 思考のしやすさ、4. 振り返りやすさ、5. 相互作用のしやすさの5項目である。小学生と中学生の質問紙の内容に差はない。

III. 結果とその分析

1. 外化の頻度

外化ということを小・中学生がどの程度行っているか調査した質問である。質問は、「頭の中で思いがいたり考えていることを、絵や図、文章などに書いたりしたことがありますか?」というものである。選択肢は、「とてもよくする、よくする、少しする、あまりしない、全くしない」の5つである。結果は、表1のようになった。

表 1 外化の頻度

	小学校	中学校
とてもよくする	37(14.9)	25(6.0)
よくする	53(21.4)	77(18.6)
少しする	113(45.6)	168(40.6)
あまりしない	35(14.1)	107(25.8)
全くしない	10(4.0)	35(8.5)
無記入	0(0)	2(0.5)

注. 単位は人数, () 内の数字は%。

外化ということをよく行っている小・中学生は3割前後であることがわかる。小・中学生の回答数を χ^2 検定により比較すると、「とてもよくする」を選択した小学生の方が中学生に比べ有意に多い。一方、「全くしない」「あまりしない」を選択した中学生が小学生に比べ有意に多い。 $(\chi^2_{(6)} = 30.2, p < .01)$ 。小学生の方が中学生に比べ、外化する頻度が高いことがわかる。

2. 外化の手段

どのような方法で外化をすることが多いのかを調査した質問である。質問は、「それは、どんな方法ですることが多いですか？一番多いものに○をつけてください」というものである。選択肢は、「文章に書く、口に出したりして話をする、絵などに書く、粘土などの道具を使う、その他の方法」の5つである。「1. 外化の経験」で、「全くしない」と回答した小・中学生はこの質問には回答していない。結果は、表2のようであった。

小・中学生ともに「絵などに書く」という手段を最も多く選択しており、続いて「文章に書く」、「話をする」の順であることがわかる。一方、「道具を使う」という手段は非常に少なく小学生に僅かに見られる程度である。「絵などに書く」とこれ以外の小・中学生の人数を直接確率計算 2×2 により比較すると、中学生は小学生よりも有意に少ない（両側検定： $p=0.0016, p < .01$ ）。外化の手段として小・中学生は「絵などに書く」手段を最も多く活用しているが、小学生から中学生へと学年が上がると、絵に書いて外化する生徒は

表 2 外化の手段

	小学校	中学校
文章に書く	45(18.9)	96(25.5)
話をする	35(14.7)	87(23.1)
絵などに書く	135(56.7)	172(45.6)
道具を使う	11(4.6)	0(0)
その他	12(5.0)	12(3.2)
無記入	0(0)	10(2.4)

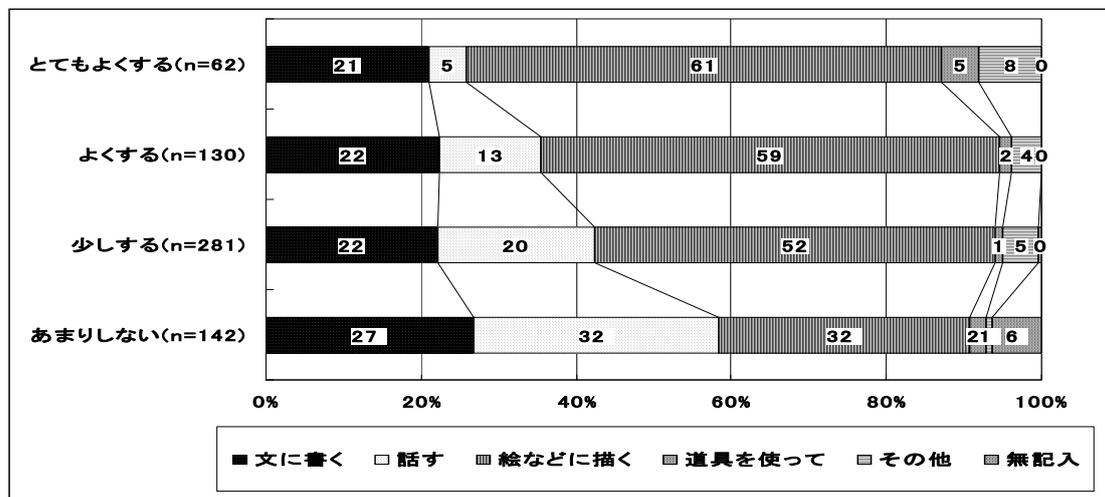
注. 単位は人数, () 内の数字は%。

減少し、文章で書いたり、話をするという手段で外化する生徒が増えてくることがわかる。

次に、外化する頻度の差によって用いる手段が異なるか調べてみた。「とてもよくする」

「よくする」「少しする」「あまりしない」の4つの各カテゴリーを選択した小・中学生がどのような外化の手段をとっているか調べたものが図1である。外化の経験の多い生徒ほど「絵などに書く」という手段を用いることが多いことがわかる。

図1 外化の経験と手段



3. 外化することと思考のしやすさ

自身の頭の中で考えていることを一度見えるものとして外化することで、考えやすくなると実感しているかどうかを調査した。

(1) 思考のしやすさ

質問は、「何かを考えるときに、絵にしたりものをつくったりすると考えやすいと感じますか？」というものである。選択肢は、「とてもよく感じる、よく感じる、少し感じる、あまり感じない、全く感じない」の5つである。結果は、表3のようであった。

全体的には、「とてもよく感じる」「よく感じる」と思考のしやすさを感じている小・中学生の方が「あまり感じない」や「全く感じない」と思考のしやすさを感じていない生

表3 思考のしやすさ

	小学校	中学校
とてもよく感じる	53(21.4)	45(10.9)
よく感じる	82(33.1)	142(34.3)
少し感じる	74(29.8)	130(31.4)
あまり感じない	30(12.1)	67(16.2)
全く感じない	9(3.6)	25(6.0)
無記入	0(0)	5(1.2)

注. 単位は人数, ()内の数字は%。

徒よりも多いことがわかる。小・中学生の回答数を χ^2 検定により比較すると、「とてもよく感じる」を選択した小学生の方が中学生に比べ有意に多い($\chi^2_{(5)} = 18.3, p < .01$)。

(2) 回答理由

「とてもよく感じる」「よく感じる」「少し感じる」と回答した生徒の理由を多かつた

順に5つ示すと表4のようであった。

表4 主な回答理由

記述内容	小学校 N=209	中学校 N=317
見えるとわかりやすくなる	33 (15.8)	81 (25.6)
書くと頭の中が整理される	20 (9.5)	65 (20.5)
書いてあると忘れずにいられる	7 (3.3)	37 (11.7)
書いたものをあらためてみるとひらめく	25 (12.0)	16 (5.0)
口では説明できなくても伝えられる	25 (12.0)	7 (2.2)
その他（無記入を含む）	99 (47.4)	111 (35.0)

注. 単位は人数, () 内の数字は%。

外化すると自身の認知活動を客観的に見ることができたり、記憶の負荷を軽減したり、他者へ伝える手段としての利便性を感じていることがわかる。特に、中学校で「見えるとわかりやすくなる」と回答している生徒が他に比べ多く、外化することで自身の認知活動が見えやすくなることに気付いている生徒が多くいることがわかる。しかしながら、小・中ともに「その他」が多く、何のために外化しているかをよくわからずにいる小・中学生も多いといえる。

一方、「あまり感じない」「全く感じない」を選択した小・中学生の理由を多かつた順に見ると「上手く表すことができない」が小学生5人(12.8%)、中学生13人(14.1%)、次に「やったことがない」小学生5人(12.8%)、中学生9人(9.8%)となっていた。思考しやすいと感じていない小・中学生の多くは、「上手く表すことができない」といったスキルの問題を挙げていた。

4. 振り返りやすさ

外化物があることで、記憶負荷の軽減をすると感じているかを調査した質問である。質問は、「自分の考えをもう一度ふりかえるとき、自分が書いたりつくったりしたものがあると振り返りやすくなりますか?」というものである。選択肢は、「とてもよくなる、よくなる、少しなる、あまりならない、全くならない」の5つである。結果は、表5のようであった。

「とてもよくなる」「よくなる」を加えると振り返りやすさを感じている小・中学生は、小・中学校ともに半数を超え、「全くならない」や「あまりならない」と有用性を感じていない小・中学生を大きく上回っていることがわかる。小・中学生は、自身の考えを表した外化物があることで振り返りやすくなると感じていることがわかる。小・中学生の回答数を χ^2 検定により比較すると、「とてもよくなる」を選択した小学生の方が中学生に比べ有意に多い($\chi^2_{(5)} = 16.8, p < .01$)。

表5 振り返りやすさ

	小学校	中学校
とてもよくなる	68(27.4)	67(16.2)
よくなる	84(33.9)	166(40.1)
少しなる	74(29.8)	120(29.0)
あまりならない	15(6.1)	38(9.2)
全くならない	7(2.8)	19(4.6)
無記入	0(0)	4(1.0)

注. 単位は人数, ()内の数字は%。

5. 相互作用のしやすさ

外化物があるとき, 自分のあるいは他者の考えをお互いに共有しやすいと感じているのかについて調査した質問である。質問は, 「話し合いをするときに, 友達の考えが絵や図, 文章で書いたものやつくったものがあるとわかりやすいと思いますか?」というものである。選択肢は, 「とてもそう思う, そう思う, どちらともいえない, あまりそう思わない, 全くそう思わない」の5つである。結果は, 表6のようであった。

「とてもそう思う」「そう思う」を合わせると7割近い小・中学生が回答しており, 「全くそう思わない」「あまりそう思わない」と感じていない生徒を大きく上回っていることがわかる。小・中学生は, 自身の考えを表した外化物があることで他者との相互作用がしやすいと感じているといえる。小・中学生の回答数を χ^2 検定により比較すると, 「とてもそう思う」を選択した小学生の方が中学生に比べ有意に多い($\chi^2_{(6)} = 26.9, p < .01$)。小学生の方が, 外化物があることでより相互作用しやすいと感じていることがわかる。

表6 相互作用のしやすさ

	小学校	中学校
とてもそう思う	93(37.5)	83(20.0)
そう思う	102(41.1)	197(47.6)
どちらともいえない	38(15.3)	89(21.5)
あまりそう思わない	9(3.6)	25(6.0)
全くそう思わない	5(2.0)	13(3.1)
無記入	1(0.4)	7(1.7)

注. 単位は人数, ()内の数字は%。

IV. 考察とまとめ

本研究では, 小・中学生が外化することを日常場面でどのように行っているのか, また, 認知過程を外化することの有用性についてどのように感じているのか調べた。限られた地域での限定された結果であるが, 次のことがいえよう。

1. 小・中学生は, アイデアを書き出して紙面上で考えてみたり, 紙に書いて計算をしたり, 思いついたことなどを忘れないために書き留めるということをそれほど頻繁に行っ

ていない。

2. 外化の経験のある小・中学生達は、外化の手段として「絵などに書く」が全体の約半数を占め多かった。中学生になると文章に書いたり、話をする手段が増加する。絵で表すことに比べ、文章化や言葉にして説明することが少ない理由は、認知的な負荷が大きいためと考える。
3. 「思考のしやすさ」、「振り返りやすさ」、「他者との相互作用のしやすさ」の3点について調べた質問紙の結果からは、いずれの項目においても外化することの有用性を感じている児童・生徒が多い。また、小学生の方が中学生に比べ、いずれの項目においても「とてもよく感じる」「とてもよくなる」「とてもそう思う」とする児童が多い。一方、「思考のしやすさ」を感じている理由を調べた結果からは、中学生の方が小学生よりも自身の認知活動を再吟味しやすいと捉えている。こうした原因の一つは、中学生では外化の有用性を感じてはいるが、内部で生じる認知過程が複雑になるために外化が上手くできずにいるためと考える。
4. 「思考のしやすさ」に有用性を感じていない小・中学生の理由を見ると、スキルの問題であったり、経験がないという理由であった。今回の質問紙調査の結果からは、認知過程をグラフや図といった形で外化するスキルやそれを解釈したり活用できるスキルを教師は学習を通して意図的に指導する必要があると考える。

註・引用文献

- 1) 例えば、竹内真希子・稲垣成哲・山口悦司・大島純・大島律子・村山功・中山迅・山本智一：科学教育研究 29(1), 25-38, 2005. や清水誠・山浦麻紀：理科教育学研究 47(1), 35-43, 2006. 等を見ることができる。
- 2) 三宅なほみ・白水始：「外化」, 認知科学辞典, 共立出版株式会社, 2002
- 3) 村山功：「外的資源による課題と認知主体の変化」, 『認知科学—特集「認知における内的・外的資源」』, 共立出版, 2(4), 28-38, 1995

第6章 考えを外化し話し合いをすることが概念的知識の 一般化に及ぼす効果 —花の働きの学習を事例に—

清水 誠・山浦麻紀

I. 問題の所在

中学校学習指導要領解説理科編では、花は種子を作る生殖器官であることを理解させるとある¹⁾。しかし、清水は、花の働きの学習した中学生や大学生であっても、シバやケヤキといった植物は花が咲いているのを見たことがないから花が咲かない植物だといった誤った知識を持っていることを指摘している²⁾。こうした学習者が、種子植物一般に当てはまるルールを過去の経験や他の知識をもとに実際より狭く捉える縮小過剰型の誤った知識を持つことは、球根やイモを植える植物には種子ができないとする大学生が多く見られることから指摘されてきた^{3) 4)}。改善のための教授方法として、麻柄は、大学生を対象にした実験から、誤った知識を修正する場合には誤りである証拠を示し正しい知識を教授するだけでは効果が少なく、誤った知識を適切に位置付ける説明が必要なことを示している⁵⁾。また、植松は、高校生を対象に、読み物教材として花が咲く植物では元の植物と同じ性質のものをつくるならば体の一部を植え、もっとすぐれた性質のものをつくるならば種をつくってまくといった範囲確定の情報をルール化して提示したところ、縮小過剰型の誤った知識の修正が促されたとする⁶⁾。

しかし、麻柄、植松の研究はすでに中学校で花の働きの学習をした大学生や高校生を対象とした研究であり、学習指導要領に内容が位置付けられている中学生を対象としたものではない。また、工藤は、麻柄の誤概念修正に関する研究⁷⁾で用いられた文章を使い、大学生に対し文の読みと課題に対する回答を行わせている。その結果、教授者側が概念学習に必要な情報を提供してもなお、学習者側がその情報を無視・脱落させ、もっぱら事例からの帰納学習に頼り、獲得した知識の一般可能性は限定されたとする⁸⁾。このことは、概念に関するルールを明示的に教授し、その説明を学習者が受容しても、事例に基づく帰納学習が生じる可能性を示唆している。

そこで、本研究では中学生を対象に、互いの考えがよく見えるように外化し、話し合いをさせ、概念の形成を図る学習方法を取り入れることが、学習者にとって個々の事例から導き出す概念を修正し、概念的知識の一般化を図る有効な方法となるのではないかと考えた。その理由を以下に述べる。

三宅は、協調的な問題解決では参加者各自が考えていることや、やろうとしていることが「見え」たほうがよく、そのうえで互いに自由に様々なやり方が試せることが大切であるとする。また、協調的な過程で理解が深化するためには、他人の視点があることに気がつくこと、互いの考え方が「見える」形で外の世界に表現されていることも相互作用が起きるためには大切な要素であるとする⁹⁾。白水は、外化によって我々が頭の中に持つイメ

ージを見直せるとし、客観的な見直しには外的な働きかけや見直しに足る情報の存在が必要だとする¹⁰⁾。こうしたことを可能にするものとして、テクノロジーを利用した教育を提案している。竹中らは、学習者の情報・アイディアの外化と他者の情報・アイディアへのアクセスを可能にするというシステム特性を有する Web-NF は、「書く」という言語化を電子掲示板を活用して公開することで解決プロセスなどを相互に吟味する学習環境が生まれ、学習者の概念変化を確実にもたらすアナロジーの方策になり得るとする¹¹⁾。しかし、これまでの理科における協調的な学習研究には、話し合いを取り入れるだけでなく、個人の考えを他者にもよく「見える」形で外化し相互作用させることが概念的知識の一般化にどのような効果を及ぼすかを調べた研究報告は、ほとんど見あたらない。

以上のことから、本研究での授業デザインでは、花の働きの学習を題材に、花の働きについて「どの植物にも種子ができるか」という点から生徒同士で議論させる。その際、予想時に単に口頭で発表しながら議論をするだけではなく、個人の考えが他者にもよりよく見えるように「書いたもの」を示しながら議論をさせる。こうした各学習者の内的な理解状態を他者に明示させながら相互作用させることの違いが、学習者にどのような変容を促し、概念的知識の一般化にどのような効果をもたらすのかを調べていくことにする。

II. 調査の方法

1. 調査対象及び時期

埼玉県内の公立中学校1年生、4クラス144人（実験群：71，統制群：73）に対し調査を行った。授業は2004年5月，質問紙調査は2004年4～7月に実施した。

2. 調査の方法

(1) 実験群と統制群の設定

研究の目的を達成するため、予想時に小グループで議論をする際、個人の考えを画用紙に記述し、それを他者によく見えるように提示しながら発表する群（以下、実験群と呼ぶ）と個人の考えを口頭のみにより発表する群（以下、統制群と呼ぶ）とを用意した。それ以外の条件は同じにした。

(2) 生徒の実態及び実験群・統制群の等質性

学習前の生徒が種子植物の花とその働きについてどのような知識を持っているか及び両群の等質性を調べるため、学習前に質問紙により各クラスの調査を行った。質問紙は、清水の調査¹²⁾を踏まえ、種子植物の中から8種類の植物名を挙げ、花が咲くかどうかを尋ねた（図1）。ターゲット項目は、シバとケヤキ及び、シバと類似し同じイネ科の植物のササとケヤキと類似し樹木であるクヌギである。それ以外の植物はダミー項目として加えられた。

なお、花が咲かない植物とは、本来、シダ植物やコケ植物のような種子をつくらない植物を指すが、すべての種子植物に花が存在すると生徒が捉えているかを調べるのがここでの調査目的であるため、種子をつくらない植物は選択肢から除外してある。また、事前調査で調べたシバやササは種名ではないが、生徒が名前から具体的に植物をイメージすることができると考えて取り上げた。

質問1. 花が咲かない植物にはどのような植物がありますか。下のア～カの中から、花が咲かないと思う植物を全て選び、○をつけてください。

ア. チューリップ イ. タンポポ ウ. アブラナ エ. エンドウ オ. ササ
カ. クヌギ (カブトムシが集まる木)

質問2. あなたは、シバ (芝生に生えている芝のこと) やケヤキ (埼玉県の木) は花が咲く、咲かないのどちらだと思いますか。それぞれの植物について、咲く・咲かないのいずれかに○をつけ、なぜそのように思うのか、その理由を書いてください。また、シバやケヤキのような植物を見せられたとき、見分けられるかどうかについても○をつけてください。

(回答欄略)

図1 事前調査用紙 (一部)

(3) 生徒の考えの変容と概念の形成

ア. ワークシートの記述及び質問紙による調査

学習を通して、概念的知識の一般化がどのように生徒に促されたかを、授業中に配布したワークシートの記述及び授業2ヶ月後に実施した質問紙 (図2) により調査した。

質問: あなたは、ササ (笹) やクヌギ (カブトムシが集まる木) は花が咲く、咲かないのどちらだと思いますか。それぞれの植物について、咲く・咲かないのいずれかに○をつけ、なぜそのように思うのか、その理由を書いてください。また、ササやクヌギのような植物を見せられたとき、見分けられるかどうかについても○をつけてください。

(回答欄略)

図2 事後調査用紙 (一部)

質問紙は、事前調査で扱ったシバやケヤキと同様に多くの生徒が花が咲かないとするササやクヌギについて質問を行い、子孫を残す (種子ができる) ためには花が咲くはずだと回答できるかを調べた。なお、授業終了後から2ヶ月後の質問紙調査の間の教師からの両群への働きかけはない。

イ. 確信度の調査

本研究では、生徒が理解を深め、概念を形成していくには、波多野が述べている¹³⁾ように新たな解釈が確信を持って採用されることが重要な要素の1つになると考えている。そこで、確信度という指標を使って予想2を記述した段階での生徒の内的な状態を探ってみた。予想2で記述したことが、「自信がある」「少し自信がある」「あまり自信がない」のどれにあたるかを生徒に選択させた。

ウ. 発話プロトコルの収集

各自の考えていることが他者にもよく見えるようにして小グループで議論させたことによる生徒の変容の様子、及び概念的知識の一般化に果たす役割を調べるために、発話プロトコルの収集を行った。方法としては、実験群の予想時の話し合いの様子を各グループに設置したステレオマイクのついたMDレコーダーにより記録し、分析のため発話プロトコルを書き起こした。

3. 授業の概要

授業は、中学校学習指導要領第1学年の第2分野(1)イ(ア)の「花の働きを理解させる」という内容について50分で行った。本授業を受けた生徒達は、種子をつくらない植物については、この学習以前にも小学校においても学校では学習していない。授業は、実験群、統制群ともに、共同研究者の山浦が行った。授業の概要をまとめると、次のア～カのようである。なお、小グループでの議論では、各自の考えが反映されるよう、司会者（輪番制で行っている）を立てた。

ア. 既習内容（小学校学習指導要領第5学年A(1)エ）である「ヘチマやアサガオの花ではめしべのもとが実になり、実の中に種子ができる」ことを確認した。

イ. 学習課題「花の働きについて考えよう；どんな植物も種子ができるのだろうか？」を提示し、まず自分の考えをワークシートに記述させた（以後、この記述を予想1とする）。これは、三宅が協調的な学習環境が満たすべき条件として一人一人が自分の考えを持っていることが必要であると述べている¹⁴⁾ ことに基づいている。実験群では、ワークシートに加え画用紙にもフェルトペンを使って記述させた。次に、個人で立てた予想1について小グループで司会を立てて議論をした。実験群では、画用紙に記述された考えが仲間に見えるようにして議論をした。統制群では、各自の予想を口頭で発表しながら議論をした。小グループでの議論の時間は、いずれの群も10分間である。その後、両群ともに話し合い後の自分の考え（以後、予想2と記述）をワークシートに記述させた。その際、自分の考えに対する確信度もワークシートに記述させた。

ウ. 予想2を発表させ、教師がカテゴリー分けし、まとめたものを板書した。

エ. 観察の目的「どんな植物も種子ができるか、いろいろな花の、めしべのものと部分を縦に切って断面を観察する」とめしべのものを切る方法を確認した。観察は、種子ができない植物があるとする反証としての観察である。観察した植物（一部、写真）は、パンジー・ウシハコベ・ジャガイモ・サクラ・エンドウ・サクラソウ・イネ・チューリップ・スイセンである。これらを班の中で分担して観察した。観察後、結果をワークシートに記述し、花の働きについて各自に考察させた。

オ. 各自が考察したことについて、クラス全体で話し合いを行い、議論の結果をまとめ、ワークシートに書かれた自分の予想と比較・確認させた。

カ. 教師が「(種子)植物は、子孫を残すために花を咲かせ種子をつくる」と花の働きのまとめを行った。

Ⅲ. 結果とその分析

1. 学習前の生徒の実態及び両群の等質性

(1) 花が咲かないとする植物

学習前の生徒が花が咲かないと回答した各植物について的人数を示したものが表1である。

表1 花が咲かないとする植物

	チューリップ	タンポポ	アブラナ	エンドウ	ササ	クヌギ	シバ	ケヤキ
実験群	0	0	1	15	68	58	64	53
統制群	0	0	3	18	71	59	65	56

注. 単位は, 人数。調査対象者数は,
実験群 : N=71, 統制群 : N=73。

イネ科の植物であるササ, シバや樹木のクヌギ, ケヤキは花が咲かないとする生徒がどちらの群にも多く見られることが分かる。また, 各植物ごとに花が咲かないとする両群の生徒数について, 直接確率計算 2×2 で比べてみると, 両側検定の結果はチューリップ : $p=1.00$, タンポポ : $p=1.00$, アブラナ : $p=0.62$, エンドウ : $p=0.69$, ササ : $p=0.68$, クヌギ : $p=1.00$, シバ : $p=1.00$, ケヤキ : $p=0.85$ であった。それぞれの植物について調べた結果は, 両側検定で有意な差は見られない。花が咲くかどうかについての理解は, 実験群と統制群の間には大きな差はないことが分かる。

(2) 花が咲く理由

シバやケヤキは花が咲かないと回答した結果は, 清水の調査結果と同じである¹⁵⁾。そこで, シバとケヤキが花が咲くと回答した生徒が, 理由も正しく記述できるかを調べた結果が表2である。

子孫を残すために花が咲くといった理由まで正しく回答できた生徒は, 両群ともにほとんどいないことが分かる。

表2 理由を正しく記述できた生徒の割合

	シバ	ケヤキ
実験群 (N=71)	1 (1.4)	1 (1.4)
統制群 (N=73)	0 (0)	0 (0)

注. 単位は, 人数。()内の数字は%。

2. 生徒の考え方の変容

(1) 予想時に種子ができるとした生徒

学習課題の「どんな植物も種子ができるのだろうか」という質問に対し, 予想1及び予想2で種子ができる理由も含めて正しくワークシートに記述した生徒の割合は, 表3のようである。

表 3 どんない植物も種子ができるとした生徒の割合

	予想 1	予想 2
実験群 (N=71)	28 (39.4)	21 (29.6)
統制群 (N=73)	37 (50.7)	46 (63.0)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

実験群と統制群で、種子ができると予想した生徒数に差が見られるかを調べるため、直接確率計算 2×2 で有意差を調べてみた。結果は、予想 1 では両群の間に差は認められないが (両側検定: $p=0.19$)、予想 2 (両側検定: $p=0.00$) では統制群のほうが種子ができるとする生徒が実験群に比べ多く見られることが分かる。

(2) 考察時に見られた生徒の考え

本時の学習の到達目標は、「花は種子をつくる生殖器官であり、花の働きは子孫を残すこと」が言えることである。そこで、ワークシートの「5. 何のために花が咲くのだろうか。学習課題をもとに考察してみよう」という欄の記述を調べてみた。「子孫を残すために花が咲く」や「種子をつくり絶滅しないため」といった回答を正答とし、それ以外を誤答として集計した結果が表 4 である。

実験群、統制群ともに約 80 % と多くの生徒が考察を記述した段階で、本学習での目標に到達していることが分かる。実験群と統制群で正答数に差があるかを直接確率計算 2×2 で調べてみると、実験群の生徒と統制群の生徒との間には差が見られないことが分かる (両側検定: $p=0.83$)。

表 4 考察の記述に見られた生徒の考え

	正答	誤答
実験群 (N=71)	58 (81.7)	13 (18.3)
統制群 (N=73)	58 (79.5)	15 (20.5)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

(3) 正答者の割合の変化

予想 1 及び予想 2 で、理由も含めて正しく種子ができるとした生徒の割合の変化及び考察後の正答者の割合を表したものが図 3 である。なお、ここでは、被験者がこれまでの学習で種子のできる植物しか学習していないことから、種子ができると回答できた場合を正答としグラフを作成した。

種子ができるとする生徒の割合は、統制群は、予想 1 の時点の 50.7 % から予想 2 の時点で 63.0 % へと上昇していることが分かる。一方、実験群では、予想 2 を記述する前に自分の考えを画用紙で示しながら他者と議論することにより、種子ができるとする生徒の割合が 39.4 % から 29.6 % へと予想 1 の時点に比べ減少していることが分かる。しかし、考察後には、花に種子ができるかをいろいろな植物で観察を行い、結果をクラス全体で議論し、まとめた結果、本時の学習の目標に到達している生徒の割合は、いずれの群も約 80 % と高い値を示し、実験群、統制群で差がない。

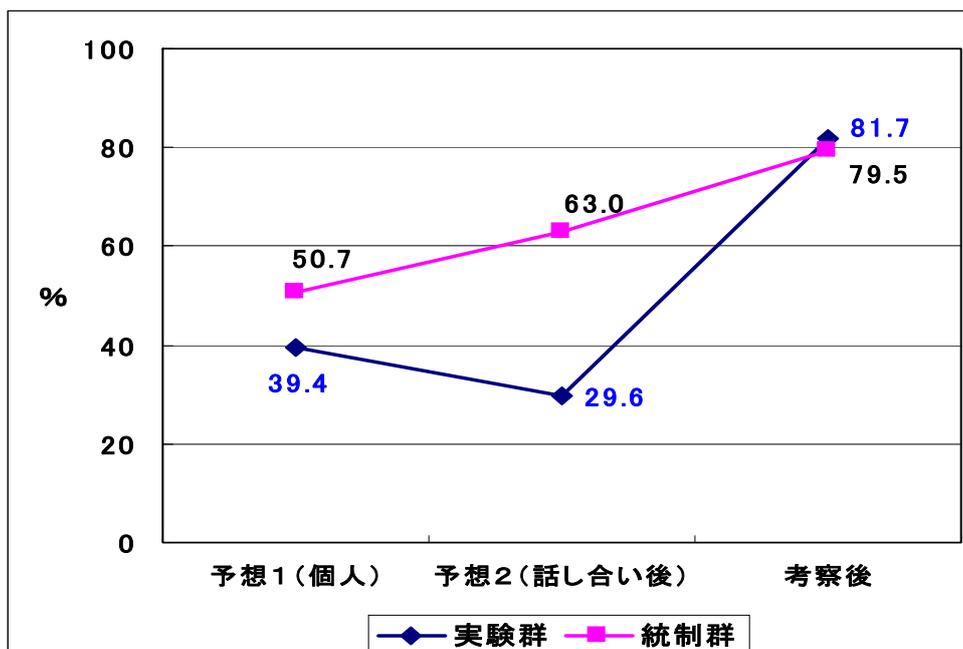


図3 花の働き（正答者の割合）

3. 確信度

予想2の回答に自信があるかないかを調べたものが表5である。なお、ここでの自信ありとは、ワークシートに絶対自信がある、少し自信があると回答した生徒の合計である。

結果は、統制群の生徒は90.4%の生徒が自信ありとしており、実験群でも77.5%の生徒が自信があるとしている。多くの生徒が自分の予想に自信を持っていることが分かる。しかし、両群の間で確信度に差があるかを直接確率計算2×2で調べてみると有意差が見られ、実験群は統制群に比べ自分の予想に対し自信のない生徒が多いことが分かる（両側検定： $p=0.04$ ）。

表5 予想2の確信度

	自信あり	自信なし
実験群 (N=71)	55 (77.5)	16 (22.5)
統制群 (N=73)	66 (90.4)	7 (9.6)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

4. 2ヶ月後の質問紙調査の結果

種子植物であれば子孫を残すために花を咲かせるという概念の一般化が、2ヶ月後においても形成されているか調べるため、ササとクヌギについて調べた結果が図4である。なお、ササとクヌギはシバやケヤキと同様に事前調査で多くの生徒が花が咲かないとする植物であり、シバとササ、ケヤキとクヌギについて花が咲かないとする生徒の割合を直接確率計算2×2で両群それぞれについて調べたところ有意な差はない。ササとクヌギについて調査することは、事前調査と等価と考えた。

結果は、ササ、クヌギともに2ヶ月後のほうが、授業前に比べ、花が咲くとする生徒が

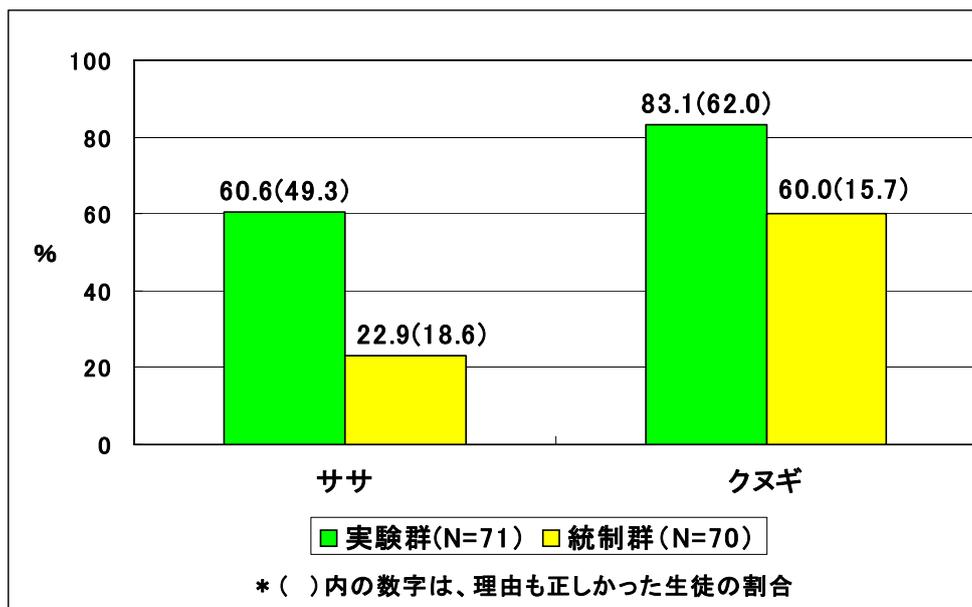


図4 2ヶ月後の結果（花が咲くとした生徒の割合）

両群ともに増加していることが分かる。しかし、花が咲くとする生徒数は直接確率計算 2×2 で調べると統制群に比べ実験群のほうがササ（両側検定： $p=0.00$ ）、クヌギ（両側検定： $p=0.00$ ）ともに多く、有意な差があることが分かる。さらに、花が咲くとした生徒の中で子孫を残すためと理由まで正しく書けた生徒数も直接確率計算 2×2 で調べると統制群に比べ実験群のほうがササ（両側検定： $p=0.00$ ）、クヌギ（両側検定： $p=0.00$ ）ともに多く、有意な差があることが分かる。実験群の生徒は、統制群の生徒に比べ学習前に花が咲かないとしていた植物に対しても、学習したことを拡張できていることが分かる。

5. 発話プロトコルの分析

生徒が予想2で種子が「できる」から「できない」へと予想1の考えをどのようにして変更していったのかを探った結果は、次のようである。分析したものは、実験群の3人の生徒が所属する小グループの発話プロトコルである。なお、3人の生徒の予想2の変更した考えに対する確信度は、いずれも「あまり自信がない」であった。

(1) 3班の生徒b

生徒bのいるこの班は、予想1でどの植物も種子ができるとは限らないとする生徒aとc、種子ができるとする生徒dから構成されるグループである。

議論することで生徒bが考えを変えたのは、発話プロトコルで見ると40bの部分である（図5）。bは、その理由を42bで「よく考えたらc君たちの意見を聞いたように、雑草ってというのはわざわざ種をまかないと思うので、全ては種はできないと思いました。」としている。bは、13cでcが画用紙を見せながら「どの植物にも雄花・雌花があるとは限らないし、雑草は花が咲かないから種子はどの植物にもあるとは限らない」と発表したことや26aでaがcの考えと似た考えだと述べたことにより考えを変えたことが分かる。生徒bは、自分にはない考えに触れたことで考えを変えていることが分かる。しかしながら、確信度でもあまり自信がないとしているように、bは議論の中で変更した考えに十分確信を持ってはいない。bは、新たな考えを受け入れるため、69b、71b、73bで雑草には種が

できないことを皆に説明することで自分の変更した考えに擁護を求め、さらに 109b, 113b でも執拗に雑草のことにこだわり同意を求める発言をしている様子が見えてくる。

- 13c んっと一私の予想はできないって思います。…そう思う理由は、いろいろな植物があるけれど、どの植物にも雄花雌花またはめしべおしべがあるとは限らないし、しかも雑草は花が咲かないから種子はどの植物にもあるとは限らないと思います。
- 14a はい。次、お願いします。
(中略)
- 26a じゃあ、僕は少し君と似た意見なんですけどできないと思います。
- 27c 見えませーん。
- 28a できないと思います。
- 29a いちぶ、まだやんない。一部で種子を…種子をつくらない植物があると書いてある…ある本を読んだ、読んだことがあったような気が…
(中略)
- 37d まだ…
- 38b 反対意見。
- 39a じゃあ反対意見を。
- 40b はい…反対意見っていうか自分の意見を変えます。
- 41a はい、どうぞ。
- 42b えと、あたしはやっぱりできないと思います。よく考えたら君たちの言うこと、意見を聞いたように、雑草っていうのはわざわざ種をまかないと思うので、っと全ては種はできないと思いました。
(中略)
- 69b やっぱりー雑草っていうのはわざわざ種は、まく必要ないと思うんですよ。例えばえっとー、一つの花を咲かせるために種を植えるじゃないですか。それ、そーするとその、植えた花だけの草が生えてくるとは限らないと思うんですよ。
- 70a あー
- 71b 余計な雑草も一緒に生えてくると思う。
- 72c なるほどね。
- 73b それは、わざわざ種まいたわ、まいていないと思うので、雑草っていうのは、よく分からないんですけど、種…種子からは生えてくるんじゃないかもしれないと…です。
(中略)
- 107d できないと思う。
- 108c あ、これはいいんだ。うん。
- 109b 雑草など…
- 110c いろいろな…雑草…
- 111T はーい、それではそこまでー。
- 112a うわあ、うわあ。
- 113b 雑草のように…

図5 3班の発話プロトコル (一部)

(2) 4班の生徒 b

生徒 b のいるこの班は、予想 1 でどの植物も種子ができるとは限らないとする生徒 a・c・d から構成されるグループである。

議論することで生徒 b が考えを変えたのは、発話プロトコルで見ると 27b の部分である(図 6)。b は、26a で a が「ちょっと待って、じゃあさ植物だから…」を受けて「うちもそう思ったの、今」としている。b が考えを変えた理由として、a が「シバなどは種ができないと思うし、種のないみかんがあるから」と議論の始めに画用紙を使って説明し、議論の中で a が 16a で無性繁殖について話題を提供したこと、a が 21a で「みんなおもて

にして見えるようにしといて」と発言したことにより、このプロトコルにはないが、dが「シバなどは、種子ができないと思う」と書いた画用紙に見えるようにしたこと等が考えられる。しかしながら、bは議論の中で変更した考えに十分確信を持ってはいない。そのことは、31aでaが「決定一。はい、理由書いてください。」と言ったことを受けて、bは55b, 57b, 59bで「どうやって理科で習ったん?」、「理科で習ったの?そうゆうふうに」等と新たな考えを受け入れるため、周りに質問することを通して自分の考えをより確かなものにしていこうとすることがうかがえる。

- 15a では、できないと思うで、理由は確か(聞き取れない)の時間にやったような気がするからです。
 16a な…苗木だけなあ。その木がずーっとそういうのつくるんじゃない?
 17a なんか聞いたことない?種のないなんか。ほら、なんかずーっと木がそのまま生えてて、そっから何回も何回もとれるってヤツ…
 (中略)
 21a みんなおもてにして見えるようにしといて。
 22a ない?
 23a うちの…ないの?質問とか、反対とか。
 24a 反対とかないと相手の…あ、違う一気に決まんないよ。
 25c んーだってどー考えても…
 26a ちっと待って、じゃあさ植物だから……
 27b うちもそう思ったの、今。
 28a じゃあ変えていい?
 29a できないと思うでいいですか?
 30b いーでーす。
 31a 決定一。はい、理由書いてください。
 32c 理由はー?
 (中略)
 55b え、どう、どうやって理科で習ったん?
 56a これはちっと理由にならないような。
 57b 理科で習ったの?そうゆうふうに。
 58a 習ってないけどーあの一教、ノートの裏の厚紙の部分に書いてあったよ。
 59b え、理科でどういうふうに習ったの?

図6 4班の発話プロトコル(一部)

(3) 9班の生徒a

生徒aのいるこの班は、予想1でどの植物も種子ができるとは限らないとする生徒cとd、種子ができるとする生徒bから構成されるグループである。

自分の予想を記述した画用紙をもとに、cが「いろいろある植物の中でも種子ができる植物と何もできなくて葉しかできない植物もあると思うから」、dが「花の咲かない草があるから」、aが「種ができないと、その花が枯れた後に子孫を残せないから」、bが「植物は種から育つものなので種子はできると思う」と発表している。生徒aは、発話プロトコルの70aで「じゃ、あたしうつっちゃう…うつっちゃう」と考えを変えている(図7)。それは、dが46dで画用紙をもとにした4人の発表内容が「2つに分かれちゃって」と述べた発言をきっかけに、発話プロトコルの55aでaに「あーどうしよ…なんかだんだん、なんか両方だって…できるのもあるけど、絶対とは言えない…」と考えが変容していることが分かる。また、bが56bで「絶対あるわけでもないんだよな…

・」と考えがゆらいでいる発言をしたことを受けて a は、60a で「あたしこっちにうつちやうかな。うーんなんか、うーん」と考えを変えていく様子を見て取ることができる。しかしながら、b は議論の中で変更しようとする考えに十分確信を持ってはいない。そのことは、62a で「チューリップって・・・チューリップとかってさ球根なんだよね」、68a で「で、切り株なんかさ、この芽が出てくるそーそーそーだからさ・・・種が・・・うーん、て感じだよ」と問いを發し、考えを擁護する發話をしながら変更していく様子を見ることが出来る。

- 46d 2つに分かれちゃってる。
 47a ま・・・とね。
 48b ふふつ。
 49a 絶対自信がない・・・
 50d ない。
 51a よね・・・ふふ。
 52a あーどうしょ・・・あーま・・・って。
 53b っていうかあまり自信がないのに意見出してる意味もないしなー。
 54c 少し自信がある。
 55a あーどうしょ・・・なんかだんだん、なんか両方だって・・・できるのもあるけど、絶対とは言えない・・・
 56b 絶対あるわけでもないんだよな・・・あまり自信がないんだと意見だしてるようじゃ・・・ない・・・
 57c でもこれできると思うんだよ。な・・・
 58b できないと思うほうの・・・
 59d めしべの中になんかこのつぶつぶが種とかなっ・・・
 60a あたしこっちにうつちやおうかな。うーんなんか、うーん。
 61d でもこのやつってさー花が、花が咲く植物？
 62a チューリップって・・・チューリップとかってさ球根なんだよね。
 63b あ、花が・・・
 64d じゃあできなーい意見でいい。
 65b 花・・・花・・・
 66a できないと思うけどさ。
 67c 花の咲かない。
 68a で、切り株なんかさ、この芽が出てくるそーそーそーだからさ・・・種が・・・うーん、て感じだよね。
 69d このまま・・・(聴取不能)・・・って、大丈夫かなあ？
 70a じゃ、あたしうつちや・・・うつちやう。

図7 9班の發話プロトコル(一部)

IV. 考察

本研究では、各学習者の内的な理解状態が他者にもよく分かるように明示させながら相互作用を促すことが、概念的知識の一般化に有効に働くのではないかと考え調査を行ってきた。授業デザインとしては、予想時に単に口頭により議論をするだけでなく、個人の考えが他者にもよく見えるように「書いたもの」を示しながら議論をさせた。そのことによって、日常的な経験をもとにイネ科の植物や樹木は花が咲かないとする生徒の概念を変容できるかを調べた。

種子植物であれば子孫を残すために花を咲かせるという概念の一般化が行われたかを調査した2ヶ月後の質問紙調査の結果は、授業前に花が咲くとする生徒が少なかったササや

クヌギも花が咲くと理由も含めて正しく回答できた生徒は実験群に多く見られた。実験群のほうが、過去の経験を基に概念縮小を起こしやすいと考えられるササやクヌギといった植物に対しても、学習した概念を適用できた生徒が多かったといえる。本事例からは、概念的知識の一般化には、単に口頭により議論をさせることより、個々の考えが見えるように可視化できる道具を用意し議論させることがより有効であることが分かる。

こうした実験群の生徒に概念的知識の一般化を促した要因は、予想2で種子が「できる」から「できない」へと考えを変更した3人の発話プロトコルから考えることができる。3班の生徒bは、自分の考えと違う他者の考えに触れることで、知識の不足に気づき、新たな自分の考えを擁護したり同意を求める説明を行っていた。4班の生徒bも、知識の不足に気づき、問いを創出していた。9班の生徒aは、2つの対立意見に葛藤し、問いと擁護する説明を行っていた。Chanは、知識の不足の認識、問いの創出、説明構築といった協同による説明構築活動に従事することが、概念変化において重要な役割を果たしているとする¹⁶⁾。Crookは、仲間との協同が認知的な効果をもたらす理由として、アイディアの明確化、葛藤、協同による説明構築といった過程があるためとする¹⁷⁾。互いの考えを可視化しながら議論させた予想時の発話には、知識の不足の認識、葛藤による問いの創出や説明構築といったことが生まれており、これまで研究が十分行われてこなかった理科の学習場面においてもChanやCrookの知見を支持する結果を認めることができる。また、考えを可視化しながら議論をしたことが自分の考えに対する疑問を生じさせ、葛藤をより強く促しているのではないかということは、予想2で「種子ができる」と記述した生徒の割合が統制群では増加しているのに対し、実験群では逆に予想1よりも減少していたこと、確信度の調査で自信のない生徒が統制群に比べ実験群に多く見られたことから推論することができる。生徒が予想を立てる段階で考えを他者に可視化して提示し議論することは、知識の不足に気付かせ、認知的な葛藤を促し、そのことで考えを仲間や自身に向かって説明することや立てた予想の再吟味がなされ、こうした活動に従事したことが概念的知識の一般化に有効に働いたのではないかと考える。

V. まとめ

本研究は中学校1年生の「花の働き」の学習のみを対象としているため、ここでの考察は実験授業の範囲内という制約付きではある。しかしながら、見方や考え方を外化し、自分にも他者にもよく見えるように外の世界に表現し、他者と相互作用することは、概念的知識の一般化に有効であることを示せたことは教授方法を改善していくために重要な示唆となると考える。

しかし、小グループで考えを可視化しながら議論したことが生徒の考えにどのような影響を与えているかを調査した発話プロトコルの分析からは、発話をしない生徒が概念を変容させていく内的過程を探ることができない。学習者が自身の考えを変容させていく内的過程の分析方法を検討し、分析を深めることは今後のさらなる課題である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、2006年1月にご逝去された波多野誼余夫先生には貴重な

ご示唆をいただきました。謹んで哀悼の意を表します。また、多くのご示唆をいただきました清泉女子大学の福田健先生、授業の実施をご快諾いただいたさいたま市立内谷中学校の佐藤久博校長先生、資料の整理をしてくれた渡邊文代さん、島寄亜津子さん、中村友之君に心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 文部省：「中学校学習指導要領解説－理科編－」，大日本図書，1999.
- 2) 清水誠：「花の概念の定着状況と理科授業の課題」，生物教育 39(2)，91，1999.
- 3) 麻柄啓一：「誤った知識の組み替えに関する一研究」，教育心理学研究 38(4)，107-113，1990.
- 4) 植松公威：「縮小過剰型の誤った知識の修正に及ぼす範囲確定型ルール提示の効果－種子植物の生殖に関する文章教材を用いて－」，科学教育研究 26(4)，300-308，2002.
- 5) 前掲書 3)
- 6) 前掲書 4)
- 7) 前掲書 3)
- 8) 工藤与志文：「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 51(3)，281-287，2003.
- 9) 三宅なほみ：「学習における協調」『波多野誼余夫・永野重史・大浦容子：教授学習過程論－学習の総合科学をめざして－』，101-122，2002，放送大学教育振興会.
- 10) 白水始：「思考における言語，イメージ，ジェスチャー」『波多野誼余夫・大浦容子・大島純：学習科学』，107-118，2004，放送大学教育振興会.
- 11) 竹中真希子・稲垣成哲・山口悦司・大島純・大島律子・村山功・中山迅・山本智一：「Web Knowledge Forum に支援されたアナロジーと概念変化：動物の発生と成長をテーマとした小学校の理科授業を事例にして」，科学教育研究 29(1)，25-38，2005.
- 12) 前掲書 2)
- 13) 波多野誼余夫：「問題解決と理解」『波多野誼余夫・永野重史・大浦容子：教授学習過程論－学習の総合科学をめざして－』，91-100，2002，放送大学教育振興会.
- 14) 前掲書 9)
- 15) 前掲書 2)
- 16) Carol K.K. Chan：Problem-centred inquiry in collaborative science learning，認知科学 3(4) 44-62，1996.
- 17) Crook, C.：On resourcing a concern for collaboration within peer interaction. Cognition and Instruction, 13 (4), 541-548, 1995.

第7章 話し合いボードを活用し、議論することが概念獲得に及ぼす効果

—水に溶ける物質の様子 of 学習を事例に—

吉田順一・清水 誠

I. はじめに

三宅¹⁾は、協調的な学習環境で学習者の内部に生じる認知過程を観察可能な形で外界に表す外化という手段を加えることの有効性を述べている。議論をする際に考えを外化することの効果を探った研究は、理科教育学の研究では少なく、竹中ら²⁾や清水・山浦³⁾の論文にわずかにみることができる。竹中らの研究は、電子掲示板を活用し、Web上に調査結果を書いたり、書かれたノートを読んだりする授業における学習者の理解や概念変化を検討した優れた研究である。しかし、その研究目的からすれば当然であるが、電子掲示板が普及していない通常の理科授業の中での外化方法の工夫とその効果については述べていない。また、清水・山浦の研究は、予想時に生徒の考えを画用紙という道具を使って外化させ、他者にも個々の考えを見えやすくして議論することの効果を探っている。しかしながら、考察時に生徒の考えを外化させ、相互に考えを吟味させることが概念獲得にどのような効果があるかについては探っていない。

そこで、中学生であっても物質概念が十分理解されていないのではないかとされている物質が水に溶ける様子を題材に、考察時に単に口頭で発表しながら議論をするだけではなく、個人の考えが他者にもよりよく見えるように「書いたもの」を示しながら議論をさせる。こうした各学習者の内的な理解状態を他者に明示させながら相互作用させる教授・学習方法が、学習者にどのような変容を促し、科学的な概念の獲得にどのような効果をもたらすのかを調べていくことにする。

II. 調査の方法

1. 調査対象及び時期

2004年11月に、埼玉県内の公立中学校1年生、2クラス65人に対し調査を行った。

2. 調査の方法

(1) ボード群とボードなし群の設定

考察時に、実験中に気付いたことや疑問を記入した付箋紙が貼られた話し合いボード⁴⁾をもとに話し合いを行うクラス(以下ボード群:33人)、実験中に気付いたことや疑問を学習プリントにメモし、それをもとに話し合いを行うクラス(以下、ボードなし群:32人)とを設定した。

(2) 両群の等質性及び概念の形成

両群の等質性及び2ヶ月後の概念保持の状況の調査は、質問紙により行った。また、考察後に生徒が科学的な概念を形成できたかを探るため、両群の学習プリントの記述を分析した。

(3) 学習者の主体性

学習中に各自の考えたことや気付いたことを大切にして学習に取り組んでいたかを探るため、授業直後に記述させた学習プリントを分析した。

(4) 発話プロトコルの収集

考察時に、話し合いボードを使って議論していくことを通して、生徒がどのように考えを構築していくのかを探るため、発話プロトコルの収集を行った。発話プロトコルは、各グループに設置したMDレコーダーにより記録し、書き起こした。

3. 授業の概要

授業は、中学校学習指導要領（平成10年）第1学年の第1分野(2)イ(ア)の「水溶液」の内容で行った。学習目標は、「物質が水に溶けるとは溶質が均一に分散している」ことを理解させることにある。次のように吉田が2時間の授業を行った。

(1) 1時間目の授業

1時間目は、ボード群、ボードなし群ともにア～ウのような流れで授業を行った。

ア. 課題「物質が完全に水に溶けた状態とはどんな状態なのか？」を提示した。

イ. 学級全体の生徒に予想を述べさせ、教師が1. 目に見えなくなる、2. どこも同じ濃さになる、3. 小さな粒になるの3つにカテゴリー分けをした。

ウ. 実験は、共通の予想を立てた生徒同士によりグループを編成し計画と実施を行った。実験時間は、両群ともに20分である。予想1のグループは、食塩やバスクリンをストックングに入れ、溶けていく様子を観察した。予想2のグループは、前日に準備したバスクリンの水溶液の各部分の濃さを観察した。また、食塩水の色々なところ（上の方、下の方）から水溶液を取り出し皿の上で加熱し乾燥凝固させた。予想3のグループは、顕微鏡でバスクリンや食塩が溶ける様子を観察した。また、ろ紙の上に食塩をのせ、上から水を注ぎ、その後、ろ液を加熱し食塩の析出を観察した。実験の際には、気付いたことや疑問について、ボード群の生徒には付箋紙（気付いたことは黄色の付箋紙、疑問は赤の付箋紙）に書くように、ボードなし群の生徒には学習プリントにメモをとるよう指示した。

(2) 2時間目の授業

2時間目は、生徒はもとの小グループにもどり、各グループでの実験結果とその考察について発表し、話し合いを行った。話し合いの時間は両群ともに15分である。ボード群では、発表をする際に実験中に記述した付箋紙を話し合いボードに貼り、話し合いを行った。ボードなし群では、学習プリントの記録をもとに、話し合いを行った。話し合い後、両群ともに各個人が話し合いの結果をもとに考察したことを学習プリントにまとめた。その後、教師が「物質が水に溶けた状態とは、物質が目に見えない小さな粒になって、水溶液全体に均一に広がっている状態である」と授業のまとめを行った。なお、小グループでの話し合いの際には、各自の考えが反映されるよう、両群ともに司会者（輪番制で行っている）を立てた。

Ⅲ. 結果とその分析

1. 両群の等質性

質問紙調査を行った結果は、次のようである。質問の内容は、1. 食塩は水にいくらでも溶けるか、2. 食塩を水に溶かす際、溶かす前の食塩と水の重さを加えたものと、食塩が溶けた食塩水の重さを比べるとどちらが重いか、の2点である。質問1で、いくらでも溶けると回答した生徒はボード群8人、ボードなし群9人であった。いくらでも溶けると回答した生徒といいえと回答した生徒について直接確率計算 2×2 で調べてみると、両群の生徒の間には差がみられなかった（両側検定： $p=0.999$ ）。また、質問2で重さは変わらないとした生徒はボード群13人、ボードなし群14人であった。重さが変わると回答した生徒と重さが変わらないと回答した生徒について直接確率計算 2×2 で調べてみると、両群の生徒の間に差がみられなかった（両側検定： $p=0.804$ ）。

2. 生徒の考え方の変容

(1) 考察後に科学的な概念が記述できた生徒

学習プリントの考察の記述内容を分類してみると、a. 溶質が均一に分散していることが記述されているもの、b. 小さな粒になっていることが記述されているもの、c. 目には見えなくなっているといったことが記述されているもの、d. 溶け込んでいるや混ざり合っているといったことが記述されているもの、e. 液体になっているといったことが記述されているもの、f. a～e以外の記述の6つに分けることができた。そこで、ここでは学習指導要領に記述されている内容の目標が「溶質が均一に分散している」であることから、上記のaの記述がみられるものを本授業の目標に到達した回答とし、それ以外の記述がみられた回答と比較した。その結果が表1である。

「a. 溶質が均一に分散していることが記述」された回答とそれ以外が記述された回答について直接確率計算 2×2 で調べてみると、ボード群の生徒が有意に多くみられた（両側検定： $p=0.006$ ）。

表1 考察後の記述

	aの記述	a以外の記述
ボード群	21 (63.6)	12 (36.4)
ボードなし群	9 (28.1)	23 (71.9)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

また、溶質が均一に分散しているに加え、小さな粒になっているといった粒子概念も含めて記述した生徒数は、ボード群8人(24.2%)、ボードなし群3人(9.4%)であった。両者が記述された回答とそれ以外の回答を直接確率計算 2×2 で調べてみたが、両群の間には有意な差がみられなかった（両側検定： $p=0.185$ ）。溶質が均一に分散することが記述されていないが粒子概念についての記述がみられた回答も加えると、ボード群11人、ボードなし群5人であった。粒子概念が記述された回答とそれ以外の回答を直接確率計算 2×2 で調べてみると、片側検定でボード群に有意傾向がみられた ($p=0.085$)。

(2) 2ヶ月後に科学的な概念が記述できた生徒

考察後と同様に、2ヶ月後の質問紙に、記述 a の「溶質が均一に分散している」が記述されているものを本授業の目標に到達した回答とした。その結果が表 2 である。

表 2 2ヶ月後の記述

	a の記述	a 以外の記述
ボード群	22 (66.7)	11 (33.3)
ボードなし群	14 (43.8)	18 (56.2)

注. 単位は、人数。() 内の数字は%。

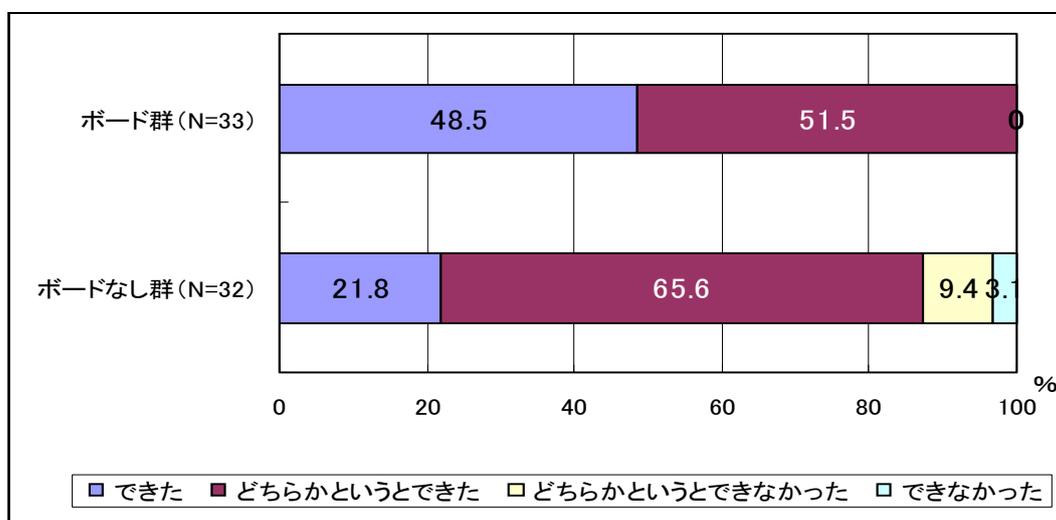
考察後の分析と同様に、「a. 溶質が均一に分散していることが記述」された回答とそれ以外が記述された回答について直接確率計算 2 × 2 で比べてみると、ボード群の生徒が有意に多い傾向がみられた (両側検定: $p=0.083$)。

また、溶質が均一に分散しているに加え、小さな粒になっているといった粒子概念も含めた記述がみられた生徒数はボード群 16 人 (48.5%)、ボードなし群 9 人 (28.1%) であった。両者が記述された回答とそれ以外の回答を直接確率計算 2 × 2 で調べてみたところ、片側検定でボード群に有意傾向がみられた ($p=0.076$)。

3. 学習に対する学習者の主体性

学習に対する学習者の主体性を調べた質問紙の結果は、図 1 のようであった。質問紙の内容は、「自分の考えたことや気づきを大切にすることができたか」という質問に対して「できた」、「どちらかというときできた」、「どちらかというときできなかった」、「できなかった」の中から選択させたものである。「できた」と回答するものがボードなし群では 7 人 (21.8%) であったのに対し、ボード群では 16 人 (48.5%) とボードなし群に比べて多かった。「できた」とする生徒とそれ以外の回答について直接確率計算 2 × 2 で調べてみると、ボード群とボードなし群の間には有意な差がみられた (両側検定: $p=0.038$)。

図 1 学習者の主体性



4. 発話プロトコルの分析

ボード群のグループの発話プロトコルには、次のような事例をみることができた。

- 309A 溶けているって、そりゃあたしの・・・ (笑)・・・あたしのよりC君のほうがひどいと思うんだけど。
- 310B 溶けて見えなくなっているんだな。
- 311A あっそおか。C君のだよ、・・・
- 312D 見えなくなっているん。
- 313A うちのより、C君のが正解だよな。

この事例からは、AやBが話し合いを通して、他者の考えを比較・吟味している様子を伺うことができた。

一方、ボードなし群のグループの発話プロトコルには、次のような事例がみられた。

- 82C Aちゃん何て言ったけ・・・
- 83B Dちゃんのしか俺わかんねえし、・・・

ボードなし群では、この発話プロトコルにみられるように、発表されたことが分からない生徒が見受けられた。

IV. 考察

本実験授業の結果からは、考察時に、実験中に気付いたことや疑問を記入した付箋紙が貼られた話し合いボードをもとに議論することが、単に実験中に気付いたことや疑問を学習プリントにメモし、それをもとに話し合いを行うことに比べ、多くの生徒に「水溶液においては溶質が均一に分散している」という概念を獲得させることができたといえる。こうした違いが生まれた要因として、ボード群の発話プロトコルに他者の考えを自分の考えと比較・吟味している事例をみることができたことやボードなし群の発話プロトコルに学習プリントに書かれたメモを読み上げられてもそれを理解できない生徒がみられたことを挙げることができよう。また、学習者の主体性を調べた質問紙からは、ボード群の生徒がボードなし群の生徒に比べ、授業で自分の考えや気付きを大切にできたと感じていることが分かった。ボードに自分の気付いたことや考えたことを付箋紙を使って外化し発表させたことで、生徒がより主体的に学習に取り組んでいたと推測できる。考察時に互いの考えがよく見えるように外化しながら話し合うことは、ボードなし群にみられたような認知的な負荷を軽減し、他者が発表したことの理解を容易にし、生徒が他者の考えを比較・吟味しながら主体的に概念獲得をしていくための有効な学習方法となっていたと考える。

なお、2ヶ月後に溶質が均一に分散していることを記述できた生徒数を考察時の生徒数と比較してみると、両群の間では有意傾向があるものの差は少なかった。これは授業のまとめで、ボードなし群に対しても教師が「物質が水に溶けた状態とは、物質が目に見えない小さな粒になって、水溶液全体に均一に広がっている状態である」と説明したことが大

大きく影響しているものと考ええる。

V. まとめ

本研究は、中学校1年生の「水溶液」の学習のみを対象としているため、ここでの考察は実験授業の範囲内という制約付きではある。しかしながら、考察時に実験中に気付いたことや疑問を外化し、自分にも他者にもよく見えるようにして議論することが概念獲得に有効であることを示せたことは教授方法を改善していくために重要な示唆となると考える。

一方で、粒子概念を使って物質が水に溶ける様子を説明できた生徒は、考察時の学習プリントや2ヶ月後の質問紙の記述結果で両群の間に大きな差がみられたとは言い難い。物質が溶けることを粒子の考え方を使って議論し、考えをまとめていくことが難しいことを示している。今後の課題としたい。

注・引用文献

- 1) 三宅なほみ：「学習における協調」『波多野誼余夫・永野重史・大浦容子：教授学習過程論－学習の総合科学をめざして－』, 101-122, 2002, 放送大学教育振興会.
- 2) 竹中真希子・稲垣成哲・山口悦司・大島純・大島律子・村山功・中山迅・山本智一：「Web Knowledge Forum に支援されたアナロジーと概念変化：動物の発生と成長をテーマとした小学校の理科授業を事例にして」, 科学教育研究 29(1), 25-38, 2005.
- 3) 清水誠・山浦麻紀：「考えを外化し、話し合いをすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果」, 理科教育学研究 47(1), 35-43, 2006.
- 4) 話し合いボードとは、付箋紙を貼った厚手の画用紙のことをいう。生徒には、画用紙に学習中に自らが気付いたことや考えたことを記入した付箋紙を貼らせ、これを使いながら他者にも見えるようにして説明したり、他者と議論する際の道具とさせた。

第8章 考察を深めることが理解の深まりに与える効果

－「植物のはたらき」の学習を事例に－

清水 誠・矢野聖也

I. はじめに

自然の事物・現象について児童・生徒が理解を深めていくには、問題解決の過程の中の考察の場面は重要である。しかし、PISA2003調査では、科学的な事柄を証拠として解釈することが必要な問題や論述形式の問題において前回に比較し低下が認められることが明らかになった¹⁾。得られた情報をもとに、考察する力や表現する力の育成が課題であることが分かる。また、中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会の審議経過報告²⁾においても、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、観察実験の結果を考察する学習活動や科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動の見直しの必要性が指摘されている。しかしながら、考察の時間を実際の授業ではあまり取れないといった教師の声や、教科書の観察・実験のページの記述を見ると「石灰水の変化はどうか」といった結果を尋ねる設問はあるが、考察を促す設問が見られないものを多く目にする。理科教育学の研究を見ても、考察の時間の確保が、児童にどのような効果を促すかを調べた研究はほとんど見られない。

そこで、本研究では、個々人に十分に結果を考察させてから学習のまとめを行うことが、理解の深まりにどのような効果を与えるのか調べることを目的とする。

なお、本研究では「理解」とは、波多野が述べているように、「首尾一貫した解釈が確信をもって採用されていること」³⁾と定義する。この定義に基づき、考察することを通して理解がどのように深まるかを探る方法として児童の概念獲得に関する調査とその概念に対する確信度を調査する。考察を深める授業の工夫としては、個々人が自分の予想に基づきながら実験結果について考察したことを記述させるという形で外化させ、それをもとに議論させることにした。また、小グループで議論する際には、個々人が記述した考察を他者にも見えるようにして説明させるようにした。その理由として、三宅が「協調的な過程で理解が深化するためには、外化と共有、見直しが必要である」⁴⁾とすることによる。

II. 研究の方法

1. 実験群と統制群の設定

考察を深めることが理解の深まりにどのような効果があるかを探るため、実験授業では実験結果を個々人でまず考察し、個々人の考察を外化させてから小グループで議論を行い、その後クラスの中で考察を練り上げる教授方法による授業を行った（以下、実験群と呼

ぶ)。これとは別に、実験群で生起する効果と比較するため、従来から多くの理科授業で行われてきたように個人では考察は行わずに、小グループで実験結果をもとに議論しながら考察を行い、その後クラスの中で考察を練り上げる教授方法による授業も行った（以下、統制群と呼ぶ）。

2. 研究対象

(1) 調査対象及び時期

調査は、埼玉県内の公立小学校6年生、3クラス68人を対象とした。実験群が2クラス45人、統制群が23人である。

(2) 調査

授業は2005年6月に実施した。授業は、共同研究者の矢野が、いずれのクラスも2単位時間（1単位時間：45分）で行った。学習内容は、小学校学習指導要領⁵⁾の中の第6学年A(2)ア「植物の葉に日光が当たるとデンプンができること」である。

(3) 両群の等質性

両群の等質性は、学習前の2005年5月に図1に示したような質問紙により調査を行った。

質問 ジャガイモは、たねいもを成長させるための養分（デンプン）をどこから得ていますか。あなたの考えに近いものをア～オの中から1つ選びなさい。

ア. 根から、デンプンを手に入れている。

イ. 茎から、デンプンを手に入れている。

ウ. 葉から、デンプンを手に入れている。

エ. 根・茎・葉のすべてから、デンプンを手に入れている。

オ. その他（あなたの考えを書いてね）

図1 事前調査用紙（一部）

3. 授業の概要

実験群の授業は、ア～カの流れに沿って進めた。

ア. 課題の確認をする。

子いもがついたジャガイモを提示し、「新しいいものデンプンはどこでつくられているのか？」と教師から課題を確認した。

イ. 自分の予想をワークシートに記述する。

－児童の主な予想－

- ・葉でデンプンがつくられる。
- ・茎でデンプンがつくられる。
- ・根からデンプンを取り入れている。
- ・その他。

ウ. 各児童の予想をグループ化し、同じ予想をたてた児童によりジグソーグループをつくる。その後、各グループで実験方法を考え、実験を行う。

エ. 個々人が得られた実験結果を予想と比べながら考察を行い，考察したことをワークシートに記述する。

オ. もとの小グループにもどり議論を行い，議論を踏まえて考察の修正を行う。

その際，各自が記述したワークシートの記述を他者にも見えるように外化しながら議論させ，その後，考察の修正がある児童には修正をさせた。また，考察したことに対する確信度も併せて記述させた。

カ. 教師が，児童が考察したことを発表させ，各児童の考察をクラスの中で練り上げながら，まとめを行う。

なお，統制群では，実験群の授業の流れで示したエの個人での考察を行っていない。実験群のオにあたる部分では，実験後もとの小グループにもどり，それぞれの実験結果がまとめられた発表用紙を見ながら小グループでの議論を行い，議論を踏まえて各自が考察したこと及び確信度を記述させた。それ以外は，同じである。

4. 調査内容

理解の深まりを探るため，科学的概念の形成とその確信度について調査を行った。

調査は，予想時と議論後，及び2ヶ月後に行った。予想時と議論後の児童が保持する概念については，ワークシートの記述を分析した。ワークシートには，「新しいいものデンプンは，どこでつくられているのでしょうか」という学習課題に対する予想とその理由及び実験結果をもとにグループでの議論後の自分なりの考察を記述するように作成されている。また，予想及び考察した記述内容には，「自信あり」，「ふつう」，「自信なし」の3段階の確信度のいずれかに○をつけさせた。

2ヶ月後調査は，図2に示すような質問紙への回答を分析した。また，選択した回答に対し，「自信あり」，「ふつう」，「自信なし」の3段階の確信度のいずれかに○をつけさせた。

質問 植物は子葉が落ちた後，大きく成長するための養分（デンプン）をどこから得ていますか。あなたの考えに近いものをア～オの中から1つ選びなさい。

* 選択肢のア～オは，事前調査の質問紙のア～オと同じである。

図2 2ヶ月後調査用紙（一部）

III. 結果とその分析

1. 両群の等質性

図1に示した質問紙により調査した結果は，表1のようであった。

正答である「ウ. 葉からデンプンを手に入れている」を選択した児童は，両群ともに2名と少なく，誤答である「ア. 根からデンプンを取り入れている」を選択した児童が両群とも最も多いことが分かる。正答である「ウ」を選択した児童数と「ウ以外」を選択した児童数について直接確率計算 2×2 で比べてみると有意な差は見られないことが分かり

(両側検定： $p=0.599$)，両群はほぼ等質である。

表 1 事前調査の結果

選択肢	実験群	統制群
ア. 根から	33 (73.4)	14 (60.9)
イ. 茎から	3 (6.7)	6 (26.1)
ウ. 葉から	2 (4.5)	2 (8.7)
エ. 根・茎・葉	3 (6.7)	1 (4.4)
オ. その他	4 (8.9)	0 (0)

注. 単位は，人数。() 内の数字は%。調査対象者数は，
実験群：N=45，統制群：N=23.

2. 概念調査の結果とその分析

児童が学習を通して，本学習での科学的な概念となる「植物は，成長するための養分を葉から手に入れていること」をどのように獲得していったかを調査した結果が，表 2 である。

表 2 科学的概念を記述した児童数

	予想時	議論後	2ヶ月後
実験群	7	39	40
統制群	3	7	21

注. 単位は，人数。調査対象者数は，実験群： N=45，統制群：N=23.

実験結果をもとに小グループで議論がなされた後に科学的な概念となる新しいものデンプンは葉でつくられたデンプンだと記述できた児童は，議論後では統制群が 7 人，実験群が 39 人，2ヶ月後では統制群が 21 人，実験群が 40 人という結果であった。予想時では，科学的な概念を記述できた児童は両群ともにわずかである。しかし，議論後は実験群では約 9 割の児童が授業のねらいとする科学的な概念を記述できていることが分かる。一方，統制群では議論後でも 3 割の児童しか記述できていない。議論後に，新しいものデンプンは葉でつくられたデンプンだと記述できた児童数と記述できなかった児童数について直接確率計算 2×2 で比べてみると，有意な差が見られた (両側検定： $p=0.000$)。しかし 2ヶ月後調査の結果は，議論後と同様に直接確率計算 2×2 で比べてみると，有意な差は見られない (両側検定： $p=0.999$)。

3. 確信度調査の結果とその分析

予想時，議論後，2ヶ月後の各段階で，本学習での科学的な概念「植物は，成長するための養分を葉から手に入れていること」を記述したり選択した児童の中で，確信度の「自信あり」に○をつけた児童数をまとめたものが表 3 である。

「自信あり」に○をつけた児童数は，予想時や議論後では両群に有意な差はない。しかし，2ヶ月後では，「自信あり」を選択した児童が実験群に多く見られた。「自信あり」

を選択した児童数とそれ以外を選択した児童数について直接確率計算 2×2 で比べてみると実験群が統制群に比べ有意な差が見られることが分かる（両側検定： $p=0.002$ ）。

表3 考えに「自信あり」とした児童

	予想時	議 論 後	2ヶ月後
実験群	1	6	20
統制群	0	1	2

注．単位は，人数。調査対象者数は，実験群：予想時 $N=7$ ，議論後 $N=39$ ，2ヶ月後 $N=40$ ，統制群：予想時 $N=3$ ，議論後 $N=7$ ，2ヶ月後 $N=21$ 。

IV. 考察

概念調査の議論後の結果からは，個々人が自分の予想に基づきながら実験結果について考察し，ワークシートに記述することが科学的な概念を獲得していくのに有効であるといえる。しかし，2ヶ月後の結果を見ると両群に差は見られず，両群ともにねらいとする概念を獲得していることが分かる。2ヶ月後の概念獲得で両群に差が生じなかった理由の1つとして，両群とも教師が考察の練り上げを行い，学習のまとめを行ったためではないかと考える。しかしながら，本研究では概念獲得に対する質問紙が単純な選択問題であったため，差がはっきりせず，概念理解の深い部分では違いがあるのかもしれない。

確信度調査の結果からは，予想時や小グループで議論した後の考察で本学習で獲得すべき概念を児童が記述できても，実験群，統制群どちらの児童も自ら記述した考えに対し確信をもった状態とはなっていないことが分かる。しかしながら2ヶ月後に確信度を調査した結果は，実験群が統制群に比べ「自信あり」と回答する児童が多かった。このことから，実験結果を個々人でまず考察し，個々人の考察を外化させながら小グループで議論を行わせることを取り入れた教授方法に加え，教師が学級全体で考察を練り上げ，まとめを行うことで，多くの児童が獲得した概念を確信をもって採用するようになることができる。

V. まとめ

本研究は，小学校6年生の「植物のはたらき」の学習のみを対象としているため，ここでの考察は実験授業の範囲内という制約つきではあるが，結果をまず個々の児童に考察させることの重要性と，教師と児童による考察の練り上げが概念理解を深めていくために重要であることを明らかにすることができた。

理解するとは「首尾一貫した解釈が確信をもって採用されていること」と定義した本研究からは，児童が理解を深めていくには個々人で考察を行い，考察したことを小グループの中で他者にも見えるようにして議論しまとめていくようにする。そのうえで，教師は児童が考察したことをクラスの中で練り上げをしていく必要があることが示唆された。

しかし，今回の2ヶ月後の質問紙では概念理解を調査するには十分とはいえない。また，確信度調査も児童の自信の度合いを質問紙調査だけで判断するには十分とはい

えない。今後、概念理解や児童の確信度を把握できる調査方法を考案していくことが課題である。加えて、PISA調査等で課題とされる科学的思考力、科学的に解釈する力、表現力等が今回提案した授業デザインでどのように育成できるようになったのか、調査方法を確立し、その効果を探ることも今後の課題としたい。

引用文献

- 1) 文部科学省/[編]:「小学校理科・中学校理科・高等学校理科指導資料 PISA2003(科学的リテラシー)及び TIMSS2003(理科)結果の分析と指導改善の方向」, 東洋館出版社, 2005.
- 2) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会:「審議経過報告」,
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/06021401/all.pdf , 2006.
- 3) 波多野誼余夫・永野重史・大浦容子:「教授学習過程論—学習の総合科学をめざして—」, 放送大学教育振興会, 2002.
- 4) 前掲書3)
- 5) 文部省:「小学校学習指導要領」, 大蔵省印刷局, 1998.

第9章 外化し内省を促すことが理解に与える効果

— 維管束の学習を事例に —

清水 誠・渡邊文代・安田修一

I. 問題の所在

小林¹⁾は、大学の入試でサクラ、ユリ、イチヨウの3種類の植物の葉脈を図示させたところ、正解が少なく、幾何学的な平行線を書いたり、途切れた葉脈を書いた受験者が多くいたとする。そこで、2005年4月に同様の質問²⁾をS大学の教育学部の学生117人(理系:69人,文系:48人)に行ってみたところ、網状脈,平行脈という言葉は69%が書けるものの、葉脈図示では小林の指摘と同様に網状脈では34%,平行脈では14%の学生しか正答が書けない,分からないという結果であった。市川³⁾は、分からないというのは、何かと何かがつながっていない状態であるとする。学生たちは、葉脈の形態と機能について知識はあるが、知識は断片的であり、つながっていないということが分かる。学習者が理解を深める教授方法を検討する必要があるといえる。

今日までの理解を深める教授方法を探る研究を分類すると、大きく4つに分けることができる。1つは、市川⁴⁾が、具体的事例から帰納的にイメージを形成するというものである。貝沼ら⁵⁾の研究に見られるように、体験学習が理解を深めることにつながるものである。2つ目は、稲垣・波多野⁶⁾が、驚き,当惑,協調欠如といった認知的不調和(cognitive incongruity)が認知されたときに理解を引き出すと述べるものである。葛藤場面の提示や葛藤教材の効果を検討した堀・林⁷⁾や中島・戸北⁸⁾の研究を見ることができる。3つ目は、稲垣・波多野⁹⁾が類推は新しい事態を理解する最も有効な方法の1つであると述べるものである。Schwartz¹⁰⁾もアナロジーにおける可視化が学習者の理解を促進していると述べている。比喩的な表現活動を支援することが科学的概念理解を促進するとして益田・森本¹¹⁾の研究を見ることができる。4つ目は、学習者が持つ認知過程を外化することが理解を深めることにつながるものである。Cosgrove & Osborne¹²⁾は、概念学習のモデルを考える前提条件として授業の初期の段階で、学習者に自分自身の考え方を明確化させることが必要であるとする。高垣・田原¹³⁾は、思考の根拠が可視化された文脈で議論が展開されていくプロセスにおいて既存概念の変容が促進されるとする。外化することの効果を探った研究は、他にも多くの研究が見られるようになった(例えば、丹治ら:1990,高垣・中島:2004,竹中ほか:2005,清水ほか:2005,高垣・田原:2006,高垣ほか:2006,清水・山浦:2006)¹⁴⁾。外化することの効果として三宅・白水¹⁵⁾は、認知プロセスが外化されていると内省の対象として比較対照,編集などの操作がしやすくなり、内省が促進されるからだとする。学習者の学習前の考えを外化し内省することの効果を探った研究としては、宮嶋ら¹⁶⁾の研究を見ることができる。宮嶋らは、アサガオの葉の観察を事例に、事前にイメージスケッチを描かせて観察の際に実物と比較しながらイメージスケッチと実

物との差異点を明確にしていく指導方法の効果を探っている。その結果、学習障害となっている、児童が過剰に持っている意識を排除し、より多くの特徴的な点に気付かせることができるとする。また、山口ら¹⁷⁾や舟生ら¹⁸⁾は、再構成型コンセプトマップ共同作成ソフトウェアを使った内省に及ぼす効果と内省への支援の有効性について研究を行っている。その結果、共同作成過程を再生することで、自分たちの考えの迷いや変化、気付きなどを内省することができるとする。しかし、外化することに加えて、内省させる時間を授業に取り入れることが学習者の理解にどのような影響を及ぼすかを調べた研究は理科の教育研究にはほとんど見られない。

そこで、本研究では、認知面でメリットがあげられている学習者の考えを外化し、自分自身の考え方ややり方について意図的に吟味するプロセスである内省する機会を理科学習に取り入れることが学習者の理解に与える効果を探ることとする。具体的には、維管束の学習をする際に、外化方法として予想時に生徒に自分なりの考えを図を使って表現させ、観察結果を予想時に書いた図と比較しながら考察させる内省の場を用意する。こうした外化と内省する機会を意図的に学習に取り入れることが、維管束についての形態と機能についての断片的な知識を結びつけ、葉脈についての理解を促すのではないかと考え、その効果を探る。

なお、White¹⁹⁾は深い理解をもたらすには「所有している知識の本質とその記憶要素間の結合のパターンが重要である」とする。また、稲垣・波多野²⁰⁾は理解が深まるとは「首尾一貫した解釈が確信をもって採用されること」とする。そこで、本研究では、White や稲垣・波多野の考えを踏まえ、理解が深まった状態を「事物や事象についての解釈がより首尾一貫したものになり、より広い範囲に適用できる包括的なものになること」と定義し、調査を行う。

II. 研究の方法

1. 調査対象及び時期

埼玉県内の公立K中学校及びH中学校2校の1年生、304人を対象とした。

対象の被験者を、課題に対する自分の予想を図に表して外化し、観察結果を書かれた図と比較して振り返らせながら考察を行う群（以下、実験群と呼ぶ）と予想を行い、観察結果について考察する群（以下、統制群と呼ぶ）に分けた。実験群の被験者は、K中学校の3学級とH中学校の2学級をあわせた5学級の合計173人である。また、統制群の被験者は、K中学校の2学級とH中学校の2学級をあわせた4学級の合計131人である。

調査は、K中学校では2005年5～7月に、H中学校は2006年5～7月に実施した。

2. 研究の方法

(1) 生徒の実態及び実験群・統制群の等質性

両群の等質性を調べるため、実験授業を行う前に、同じ生物領域の人の血管系のつながりについて理解しているか質問紙調査を実施した。質問紙の内容は、「人間の体の中では、心臓から出た血管は体の中をどのように通っているのでしょうか。下の図に続き（心臓の図のみが書かれている）を書いてください。また、そのように書いた理由を書いてください。」

というものである。

(2) 生徒の考えの変容と概念の形成

ア. ワークシートの記述による調査

学習過程での生徒の考えの変容の様子を見るため、予想時の考え、考察時の考えをワークシートに記述させた。予想時の生徒の考えは、植物体の中を維管束がどのように通っていると考えるか、3つの選択肢（①途切れていない、②途切れているものもあれば途切れていないものもある、③途切れている）から1つを選ばせた。考察時の生徒の考えは、観察から分かったことをもとに課題に対する考えを記述させた。生徒の考えを記述させた理由は、観察結果の解釈がより首尾一貫したものとなっているかを調べるためである。

イ. 質問紙による調査

学習2ヶ月後に、生徒が維管束のつながりを理解しているか質問紙により調査した。質問紙は、2問あり、1問は、植物の体の中を維管束がどのように通っているのか、予想時のワークシートにある3つの選択肢と同様に（①途切れていない、②途切れているものもあれば途切れていないものもある、③途切れている）から1つを選ばせ、さらに選択した理由も記述させた。もう1問は、網静脈と平行脈の葉の輪郭だけを示し、その中に葉脈を図示させた（図1）。この質問は、維管束について首尾一貫した解釈がなされるようになっているかを調べることに加え、より広い範囲に適用できるようになっているかを調べるためのものである。

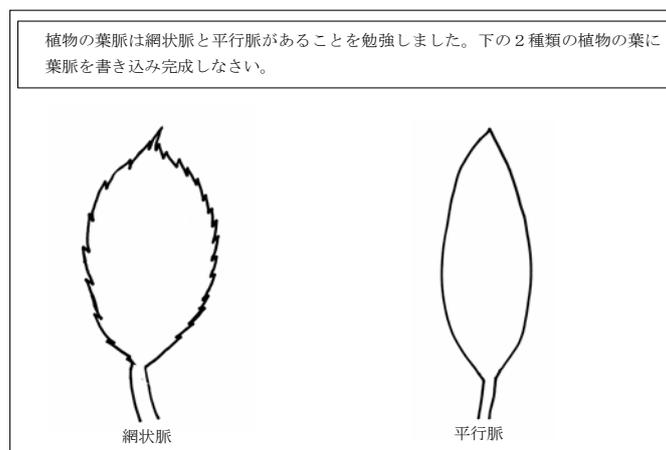


図1 葉脈の図示

2. 授業の概要

授業は、実験群、統制群ともに「維管束のつながり」についての学習を50分で行った。なお、K中学校の授業は教師経験15年の教諭がH中学校の授業は共同研究者の安田が行った。実験群の授業の概要をまとめると次のア～カのようである。

ア. 既習内容である「植物の成長には水が必要であること、葉ではデンプンができること、植物体の中には維管束があること」を確認した。

イ. 学習課題「植物の体の中で維管束はどのように通っているか？」を提示し、課題に対する予想をワークシートの3つの選択肢（途切れている、途切れているものもあれば途切れていないものもある、途切れていない）の中から選択させるとともに、植物体の中

の維管束の様子を図示させ（図2）、そのように考えた理由も記述させた。

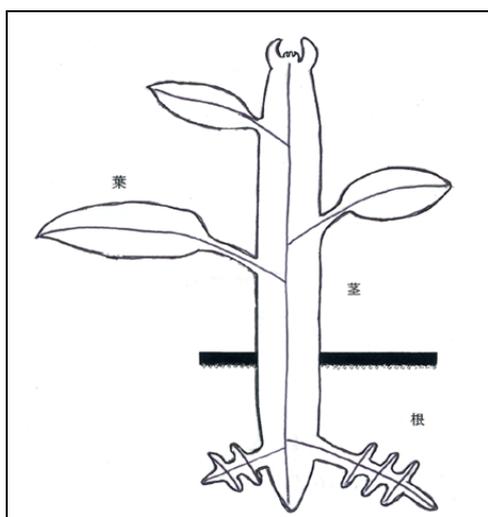


図2 生徒が書いた予想図の一例

- ウ. 一晚赤インクを吸わせたセイタカアワダチソウの切片を作成し、班単位で観察を行った。作成した切片は4カ所で、根、茎、葉柄、葉身である。観察しながら顕微鏡で見えた様子をスケッチし観察用のワークシートに貼り合わせた。一本の植物ということ意識させるため、机には切片のほかに同様の植物体を一本直立させて置いた。なお、観察前に、水の通り道が道管であるということ、赤インクを吸わせているので赤く見えたところが道管であるということをクラス全体で確認した。
- エ. 観察結果をもとに学習課題についての考察を行わせた。その際、予想時に書いた図を観察結果と照らし合わせながら赤鉛筆で加筆・修正しながら内省を促す時間を設けた。
- オ. 生徒の発表をもとに、「水や養分の通り道である維管束は、植物体の中を途切れることなく張り巡らされている」ことを教師がまとめた。

実験群と統制群の授業の違いは、統制群がイの課題に対する予想がワークシートの3つの選択肢の中から選択するのみであること（予想図及びその理由は記述しない）、エの考察場面では、観察結果から課題に対する考察を行い、特に個々人が予想したことを意図的に振り返らせることはしなかったことである。なお、実験群が図示することにかかる時間の調整は、統制群の観察時間を長くとることにした。それ以外の条件は、両群ともに同じである。なお、葉脈には網状脈と平行脈があることは、両校の生徒ともに教科書の記述からすでに学習している。

Ⅲ. 結果とその分析

1. 両群の等質性

人の血管系について回答された理由の記述に対し、次の3つの評価基準を設定し、この基準にしたがって分類した。

A基準：体の中でつながっている、張り巡らされている、一周している等、閉鎖血管系と

とれるもの。

B基準：体中を通っているといったあいまいな表現。

C基準：その他

A基準の記述ができていたものを正答とし、それ以外を誤答としてまとめた結果が表1である。

表1 両群の等質性

	正答	誤答
実験群 (N=173)	23 (13.3)	150 (86.7)
統制群 (N=131)	19 (14.5)	112 (85.5)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

正答及び誤答の両群の生徒数について、直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.867$ ($.10 < p$) であった。A基準で記述できた生徒数に関しては、両群に統計的に有意な差はないといえる。

2. 予想時のワークシートの記述

学習課題「植物の体の中で維管束はどのように通っているか？」に対する予想を、ワークシートに記述された3つの選択肢(①途切れていない、②途切れているものもあれば途切れていないものもある、③途切れている)の中から最も近い考えを選択させた結果が表2である。

正答である①を選択した両群の生徒数と①以外の生徒数について、直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.002$ ($p < .01$) であった。予想の段階でモデル図を作成し、その理由を記述させた実験群が正答である①を選択している生徒が統制群に比べ有意に多いといえる。統制群では、③を選択した生徒は実験群と大きな差はないが、②を選択した生徒が多かったためであることが分かる。

表2 予想時の生徒の考え

	実験群 (N=173)	統制群 (N=131)
①を選択	124 (71.7)	71 (54.2)
②を選択	27 (15.6)	53 (40.5)
③を選択	14 (8.1)	5 (3.8)
記入なし	8 (4.6)	2 (1.5)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

3. 考察時のワークシートの記述

考察時のワークシートの記述について解釈がより首尾一貫したものになっているか調べるため、次の評価基準を作成し分類した。植物の体の中の維管束が「途切れていない」という記述が見られたものをB基準、B基準に加えて「途切れていると養分や水分がいきわたらず枯れてしまうから」といった科学的な理由付けがなされているものをA基準。また、

B基準には満たないものの、「張り巡らされている」といった、つながっていることが想起される記述が見られるものをB'基準、それ以外をC基準とした。分類は、共同研究者の3人の合意によって行った。評価基準に基づき、考察の記述を分類した結果が表3である。

表3 考察の記述

	A	B	B'	C
実験群 (N=173)	27 (15.6)	36 (20.8)	47 (27.2)	63 (36.4)
統制群 (N=131)	0 (0)	61 (46.6)	22 (16.8)	48 (36.6)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

考察の記述をA, B, B'基準で書くことができた生徒(実験群:110人, 統制群:83人)を本時のねらいが達成されたものとし、それ以外のCの記述をした生徒数とについて直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.809$ ($.10 < p$)であった。両群の間に差はないといえる。しかし、実験群ではA基準の科学的な理由付けまでも書くことができた生徒が27人いたのにもかかわらず、統制群では0人という結果であった。A基準で書けた生徒数とそれ以外の生徒数について直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.000$ ($p < .01$)であった。観察結果を考察する段階で、科学的な理由付けまでも書くことができた生徒は、実験群が統制群に比べ有意に多いことが分かる。

4. 2ヶ月後の質問紙調査の結果

(1) 維管束のつながり

「維管束は、植物の体の中にどのように通っていますか。」という問いに対する選択肢(維管束は、①つながっている、②途切れているものもあれば、つながっているものもある、③途切れている、④その他)の回答結果は表4のとおりである。

表4 2ヶ月後の生徒の考え

	実験群(N=173)	統制群(N=131)
①を選択	144(83.2)	107(81.7)
②を選択	16(9.2)	12(9.2)
③を選択	7(4.0)	8(6.1)
④を選択	6(3.5)	4(3.1)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

正答である①を選択した両群の生徒数と①以外の生徒数について、直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.761$ ($.10 < p$)であった。両群の間に有意な差は見られない。しかし、①を選択した生徒の中で理由まで正しく記述できた生徒は、実験群では99人、統制群では53人であった。理由まで正しく記述できた生徒と正しく記述できな

かった生徒について、直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は $p=0.005$ ($p < .01$) となり、実験群が統制群に比べ理由まで正しく記述できた生徒が有意に多いことが分かった。

(2) 葉脈の図示

2ヶ月後調査の2つ目の問いである網状脈と平行脈の葉の葉脈のつくりを図示させた結果が、表5、表6である。

実験群と統制群で網状脈と平行脈の図示について正答した生徒と誤答であった生徒について、直接確率計算 2×2 で比べてみると、両側検定の結果は網状脈の図示で $p=0.014$ ($p < .05$)、平行脈の図示で $p=0.001$ ($p < .01$) であった。網状脈の図示でも平行脈の図示でも、実験群が統制群に比べ正答者が有意に多いことが分かる。

表5 網状脈を正しく図示できた生徒の割合

	正答	誤答
実験群 (N=173)	84 (48.6)	89 (51.4)
統制群 (N=131)	45 (34.4)	86 (65.6)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

表6 平行脈を正しく図示できた生徒の割合

	正答	誤答
実験群 (N=173)	58 (33.5)	115 (66.5)
統制群 (N=131)	19 (14.5)	112 (85.5)

注. 単位は、人数。()内の数字は%。

IV. 考察

本研究では、学習者の考えを外化し、自分自身の考え方を内省させる機会を理科学習に取り入れることが学習者の理解を促すかを2つの中学校で調べた。取り上げた内容は、植物体の中に維管束（葉脈）があるという知識と維管束が水や養分の通り道であるという知識を生徒が結びつけて考えるようになるかである。

維管束のつながりの学習の結果からは、科学的な理由付けまでも書くことができた生徒は統制群に比べ実験群が有意に多いということが分かった。実験群の生徒たちは、維管束についての解釈がより首尾一貫したものとなっていると考えることができる。また、葉脈図示においても網状脈、平行脈ともに、統制群に比べ実験群が正答者が有意に多かった。実験群の生徒に茎から葉への維管束のつながりを図示させ意識させたことが、葉脈という葉の形態を水分の通り道という機能と結びつけさせ、葉柄から葉脈がのびる図を書くことができる生徒が多く見られたのではないかと考える。

V. まとめ

本研究では、既有知識をもとに自身の考えを外化させ、それを観察結果と結びつけて内

省を促す学習方法が学習者の理解を深めるのではないかと考え、その効果を探った。結果は、植物の各部分を単に観察するだけでなく、予想時に自身の考えを意識できるように外化（本研究では図示）させ、外化したものを観察結果と比較しながら内省を促す学習方法は、維管束（葉脈）についての形態と機能についての知識同士を結びつける効果があることが分かった。

本研究からは、観察や実験する前に、自身の考えを図に書くなどの作業を通して外化し、それを得られた結果と比較しながら内省を促す授業方法は、概念理解に有効であることが示唆される。

しかしながら、学習者が外化した図を観察結果と比較対照しどのように内省を促進していったのか、本研究で明らかにすることができていない。今後の課題としたい。また、葉脈の図示では、統制群に比べ実験群の正答者が多いという結果がみられたものの、誤答者の割合が網状脈、平行脈ともに正答者の割合に比べ多い。稲垣・波多野²¹⁾や波多野・稲垣²²⁾は、子ども同士の社会的相互交渉や学級集団の相互交渉を活発にさせると理解が深まる傾向があるとする。今回の研究では他者との関わりは教授方法として取り上げていない。協同的な学習環境の中での外化と内省を意図的に取り入れた学習方法を取り入れることで改善されるのかもしれない。今後の課題としたい。

謝辞

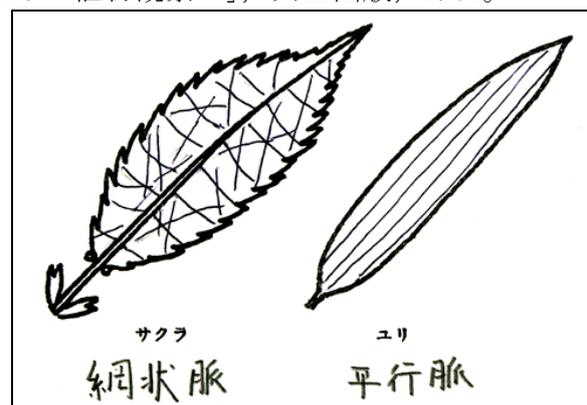
本研究を進めるにあたり、授業の実施にご快諾をいただいた蓮田市立蓮田南中学校の斉藤充正校長先生、さいたま市立木崎中学校の野本雅夫校長先生及び授業をしていただいた山浦麻紀先生に心から感謝申し上げます。

註及び引用文献

1) 小林満壽男：「植物形態学入門－教師のための植物観察－」，共立出版，1981。

2) 質問紙の内容は、小林の調査と同様に葉の輪郭のみが描かれたサクラ（網状脈）とユリ（平行脈）の図の中に葉脈を書き込み完成させるものである。学生が書いた例が右の図である。

誤答は、網状脈では側脈が途切れている者が最も多く、次に網目型のものが見られた。平行脈では、幾何学的な平行線を書く者が最も多く、次に葉脈が途切れているものであった。



3) 市川伸一：「「わからない」生徒たちへの学習相談－日常モードから学問モードにどう移行するか」，科学，77(1)，48-49，岩波書店，2007。

4) 前掲書3)

5) 貝沼喜兵・斎藤淳一・原田和雄・小林興：「中・高校生を対象とした組替え DNA 実験に対する生徒の理解度と体験学習の意義」，科学教育研究，27(3)，212-222，2003。

6) 稲垣佳世子・波多野誼余夫：「理解を求める活動，認知過程研究－知識の獲得とその

- 利用一」, 放送大学教育振興会, 152-164, 2002.
- 7) 堀哲夫・林政美:「科学的概念の形成と理解ー「浮力」の概念を事例にしてー」, 日本理科教育学会研究紀要, 33(1), 25-36, 1992.
- 8) 中島稔・戸北凱惟:「葛藤教材の同時提示による溶解時の質量保存に関する学習者の理解」, 日本理科教育学会研究紀要, 39(1), 31-39, 1998.
- 9) 前掲書6)
- 10) Schwartz, D. L. : The construction and analogical transfer of symbolic visualizations, *Jornal of Research in Science Teaching*, 30(10) 1309-1325, 1993.
- 11) 益田裕允・森本信也:「子どものコミュニケーション活動に見るメタファーとしての科学概念理解の深まりー中学生の分解概念理解を事例としてー」, 理科教育学研究, 41(2), 31-40, 2000.
- 12) Cosgrove,R., & Osborne,R:「子ども達の考え方を考えるための授業の枠組み」『オズボーン, フライバーグ (森本信也, 堀哲夫訳); 子ども達はいかに科学理論を構成するかー理科の学習論ー』, 東洋館出版社, 150-164, 1988.
- 13) 高垣マユミ・田原裕登志:「小学校 4 年理科「水の状態変化」の既有概念の変容過程における発話の解釈的分析」, 理科教育学研究, 46(2), 29-38, 2006.
- 14) 丹治一義・萱野貴広・萩原尚武:「答を吟味する授業が電気概念理解に及ぼす影響」, 日本理科教育学会研究紀要, 31(2), 51-60, 1990.
- 高垣マユミ・中島朋紀:「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」, 教育心理学研究, 52(4), 472-784, 2004.
- 竹内真希子・稲垣成哲・山口悦司・大島純・大島律子・村山功・中山迅・山本智一:「Web Knowledge Forum に支援されたアナロジーと概念変化: 動物の発生と成長をテーマとした小学校の理科授業を事例にして」, 科学教育研究, 29(1), 25-38, 2005.
- 清水誠・石井都・海津恵子・島田直也:「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ー」, 理科教育学研究, 46(1), 53-60, 2005.
- 高垣マユミ・田原裕登志:「小学校 4 年理科水の状態変化の既有概念の変容過程における発話の解釈的分析」, 理科教育学研究, 46(2), 29-38, 2006.
- 高垣マユミ・森本信也・加藤圭司・松瀬歩:「社会的な学びを構成するツールとしての「電子黒板」の活用に関する試みー小学校 5 年理科「ものの溶け方」を事例にしてー」, 理科教育学研究, 47(2), 31-40, 2006.
- 清水誠・山浦麻紀:「考えを外化し話し合いをすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果ー花の働きの学習を事例にー」, 理科教育学研究, 47(1), 35-44, 2006.
- 15) 三宅なほみ・白水始:「認知科学辞典」, 共立出版, 2002.
- 16) 宮嶋浩一・西川純・根元和成:「児童の生物認識の言語報告と自由記述による比較研究及びそれに基づく指導法の開発」, 日本理科教育学会研究紀要, 37(1), 33-41, 1996
- 17) 山口悦司・稲垣成哲・舟生日出男:「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェアに関する実験的研究: 再生・修正機能が学習者の内省や対話に及ぼす効果の分析」, 科学教育研究, 26(5), 336-349, 2002.
- 18) 舟生日出男・山口悦司・稲垣成哲:「再構成型コンセプトマップ共同作成ソフトウェアの内省と対話の支援における有効性について」, 科学教育研究, 27(5), 318-332, 2003.

- 19) White,R.T. : 「子ども達はいかに学習し教師はいかに教えるか」(堀哲夫・森本信也訳), 東洋館出版社, 1990.
- 20) 前掲書 6)
- 21) 稲垣佳世子・波多野誼余夫 : 「認知的観察における内発的動機づけ」, 教育心理学研究, 16, 191-202, 1968.
- 22) 波多野誼余夫・稲垣佳世子 : 「知力と学力ー学校で何を学ぶかー」, 岩波書店, 1984.

第10章 ルーブリックを教師と生徒で作成する効果

－ 体細胞分裂の観察を事例に－

塚本泰平・清水 誠

I. はじめに

米国では、真正の評価 (authentic assesment) という言葉にともなってルーブリック (rubric) という言葉がさかんに使われるようになり、評価の基準の設定についての研究がなされるようになってきた¹⁾。ルーブリックについて、西岡は研究者により定義の仕方が異なっているが、狭義のルーブリックは、質の善し悪しを示す数段階程度の尺度とそれぞれの点数におけるパフォーマンスを説明する記述語から成る評価基準の記述形式を指すものであるとする²⁾。我が国におけるルーブリックについて触れた先行研究を見ると、益子・森田による数学における学習者の反応を評価する活動に対するルーブリック利用の影響を調査した研究³⁾、森田・益子による米国における科学教育におけるルーブリックの実践例を調査した研究⁴⁾、梅澤らによる小学校4年生の理科学習において、ルーブリックを開発し、指導のあり方を探った研究⁵⁾ を見ることができる。しかし、こうした研究はわずかであり、研究の緒についた段階といえる。

一方、文部科学省が生徒達に確かな学力をつけるには指導と評価の一体化が必要である⁶⁾ ということが言われて久しい。加藤は、ジャスミンの研究を考察し、ルーブリックも指導と評価を結びつけるものとして位置づけているとする⁷⁾ が、生徒達が自らの評価の基準を作成し、それを理科学習に生かしていくことの効果を探る研究は見ることができない。そこで、本研究では観察時にルーブリックを教師と生徒で作成する取り組みが、生徒の学習に与える効果を調べることにする。

なお、ルーブリックについては、“The Vermont Institute for Science, Math and Technology.” が示す⁸⁾、「学習者のパフォーマンスを測定する道具であり、測定尺度、明確な基準、基準に対するパフォーマンスの記述、反応事例から構成されるもの」と定義する。

II. 研究の方法

1. 研究対象

(1) 調査対象

埼玉県内の公立中学校3年生

(2) 調査人数

- ① スケッチとメモのルーブリックを教師と生徒が話し合いを通して作成する群、3クラス (以下、実験群という：男48人、女54人、計102人)。
- ② スケッチとメモのルーブリックは生徒に示さず、教科書にあるスケッチやメモの仕

方を教師が説明した群，3クラス（以下，統制群という：男48人，女53人 計101人）。

なお，ここで示す調査人数とは，調査期間中に部活動の試合や病気等で途中で欠席した生徒を除いたすべての生徒を対象としている。

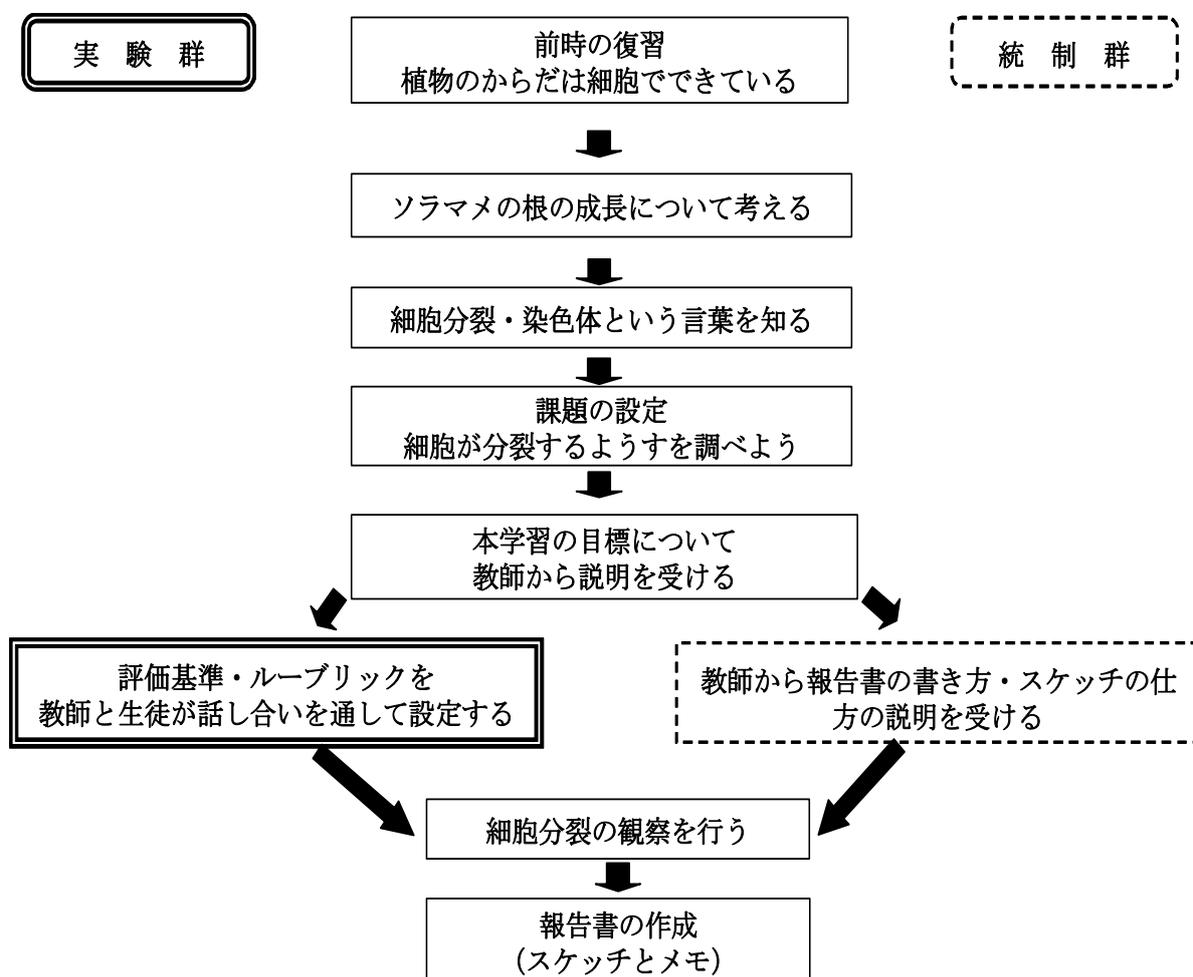
(3) 調査時期

授業は，両群ともに2002年10月に2単位時間扱いで実施した（1単位時間50分）。

2. 授業の概要と作成されたルーブリック

(1) 授業の概要

授業の概要と流れは，図1のようである。二重線で囲った部分が実験群，点線で囲った部分が統制群で行った授業内容を示している。それ以外は，共通である。塚本が授業者となり，清水は参与観察を行った。



※ 二重線で囲ってある部分が実験群，点線が統制群，実線が両群共通の学習活動等を示している

図1 授業の概要

ア. 1時限目の授業内容

はじめに，植物のからだは細胞でできていることを確認した後，1個の細胞が2つに分

かれることを細胞分裂と言うこと、細胞が分裂するときは、核の中に染色体が現れることを説明した。その後、「細胞が分裂する様子を調べよう」という課題を提示した。課題の提示後、教師から「根が成長するときの仕組みを細胞の個数と大きさの変化に着目し、新しく出てきた用語を使って正しく説明することができるようになる。」ことが授業終了後の目標であることを示した。

次に、実験群では、細胞分裂を観察し記録するために必要な、スケッチとメモのルーブリックを生徒と話し合いながら作成した。統制群では、通常の多くの授業で実施されているように、教師がスケッチやメモの仕方を1年次での学習を振り返らせながら説明していった。その際、統制群の生徒には図2のような東京書籍の教科書に掲載されているスケッチとメモの仕方⁹⁾を、印刷して配布した。

●スケッチの仕方
 細い線ではっきりとかき、輪郭の線は、1本線でかく。重ねがきやぬりつぶしをしない。対象とするものだけを、きちんと見てかくようにし、背景や周囲のものはかかない。

●メモの仕方
 簡潔な文で、わかりやすくまとめる。
 (例) がくは5枚、おしべは10本、めしべは1本あった。めしべのもとの部分の中には、小さな粒がたくさんあった。

図2 統制群に配布したスケッチとメモの仕方

イ. 2時限目の授業内容

1時限目の授業の確認をした後、両群ともに細胞分裂の観察を行った。観察では、スケッチやメモをワークシートに記述させた。

(2) スケッチとメモのルーブリック

実験群で、生徒と教師が話し合いをしながら設定したスケッチとメモのルーブリックが図3である。

ルーブリックの設定に当たっては、教師がおおむね満足の結果とする2点の基準を教師が提示し、これをもとに前後の基準を生徒に考えさせ採点指針として記述した。生徒との話し合いの結果、尺度は4段階となった。

基準	スケッチの採点指針	メモの採点指針
3点	対象とする細胞の中の様子だけをはっきりと描いている。スケッチは、細い1本の線で描かれており、重ねがき、ぬりつぶしや陰などをつけていない。	観察対象についての文章がよく整理されており、読みやすく書かれている。4個以上の観点から観察している。細胞分裂が行われていない細胞との比較も行われている。

2 点	スケッチが細い1本の線で描かれており、重ねがき、ぬりつぶしや陰などを付けていない。	観察対象についての文章が理解できる。3～4個の観点から観察している。
1 点	細い1本の線で描かれていなかったり、陰をつけたり等、スケッチのルールに従っていない。	観察対象についての文章がわかりにくい。2個以下の観点からでしか観察していない。
0 点	何を描いているかはっきりわからない。または、無記入。	無記入、または書いてある情報が少なくよくわからない。

図3 スケッチとメモのルーブリック

3. 調査の内容

(1) ルーブリックの作成がスケッチとメモに与える効果

両群のスケッチの質的な違いは、作成された図3のスケッチのルーブリックによって比較した。また、メモの質的・量的な違いは、書かれた項目数と作成された図3のメモのルーブリックによって比較した。なお、ルーブリックに基づくスケッチとメモの採点は、いずれも調査者2人の合意により行った。

(2) ルーブリックの作成の有無が情意面に与える影響

授業の中で、ルーブリックを生徒が作成することの効果を探るため、第1時終了後に質問項目1を、第2時終了後に質問項目2と3を質問紙によって調査した。質問紙の内容は、次のようである。

質問項目1は、観察に対する意欲を調査した。質問は、「今日学習した内容を観察で確かめたいと思いますか」である。選択肢は、強くそう思う、少し思う、あまり思わない、思わないの4つである。

質問項目2は、評価の観点を事前に知ることへの反応を調べた。質問は、「観察の前に評価の観点を知ることができる授業を行った方がよいと思いますか」である。選択肢は、毎行行った方がよい、時々行った方がよい、あまり行わない方がよい、行わない方がよいである。

質問項目3は、学習結果に対してどれだけ自信を持っているかを調べた。質問は、「生物の成長の仕組みを細胞レベルで自信を持って説明できますか」である。選択肢は、説明できる自信がある、たぶん説明できる、あまり自信がない、説明できないの4つである。

4. 実験群と統制群の等質性

実験群と統制群の等質性は、本学習に入る前の「細胞のつくりを調べよう」の学習時に、タマネギの鱗片葉とほおの粘膜の細胞のスケッチをさせ、生徒のスケッチの技能を基に調べた。スケッチの技能の採点指針は、3段階に設定した。3点は、輪郭の線が1本線でかかれ、重ねがきやぬりつぶしが無いこと。植物と動物の細胞の特徴を明確に捉えているも

のとした。1点は、3点の基準に合致せず、植物と動物の細胞の特徴を捉えることができないもの。2点は、3点の基準からすると十分でないところが見られるが、おおむね良好で、植物と動物の細胞の特徴を捉えることができるものとした。実験群と統制群について調べた結果は、表1のようであった。

表1にある、おおむね良好の評価がつく2点以上の生徒と1点の生徒について直接確率計算2×2で両群を比較すると有意な差は見られない(両側検定:0.99)。スケッチの技能に関しては両群は、ほぼ等質であるといえる。

表1 学習前の両群のスケッチの技能

	3点	2点	1点	合計
実験群	9	61	32	102
統制群	11	58	32	101

注. 単位は人.

Ⅲ. 結果とその分析

1. スケッチとメモの作成に与える効果

(1) スケッチの技能

生徒が描いたスケッチをスケッチの採点指針に基づいて採点した結果が表2である。

表2 スケッチの採点結果

	3点	2点	1点	0点	合計
実験群	42	40	19	1	102
統制群	13	32	54	2	101

注. 単位は人.

実験群では、統制群に比べ3点がつく生徒が多く、統制群は1点しかつけられない生徒が実験群に比べ多いことが分かる。また、スケッチの仕方としておおむね満足であるとした2点以上の生徒の人数は、実験群が82人(80.3%)と統制群の45人(44.6%)より多いことが分かる。2点以上の生徒の人数について、両群の結果を直接確率計算で比較すると有意な差が見られた(両側検定:p=0.00)。スケッチのルーブリックを作成した群は、スケッチの仕方を教師が説明しただけの群に比べ、スケッチの技能が高い生徒の割合が多いといえる。

(2) メモの作成

スケッチをした際に、生徒一人当たりが記述したメモの個数を示したものが図4である。

6個以上記述した生徒は、統制群では0人にもかかわらず、実験群では13人もいることが分かる。また、3個以上メモを記述した生徒の割合は、実験群が61人(59.8%)いたのに対し、統制群では32人(31.6%)と少ないことが分かる。さらに、記述がなかった生徒は、実験群では11人であるが、統制群では25人と多いことが分かる。

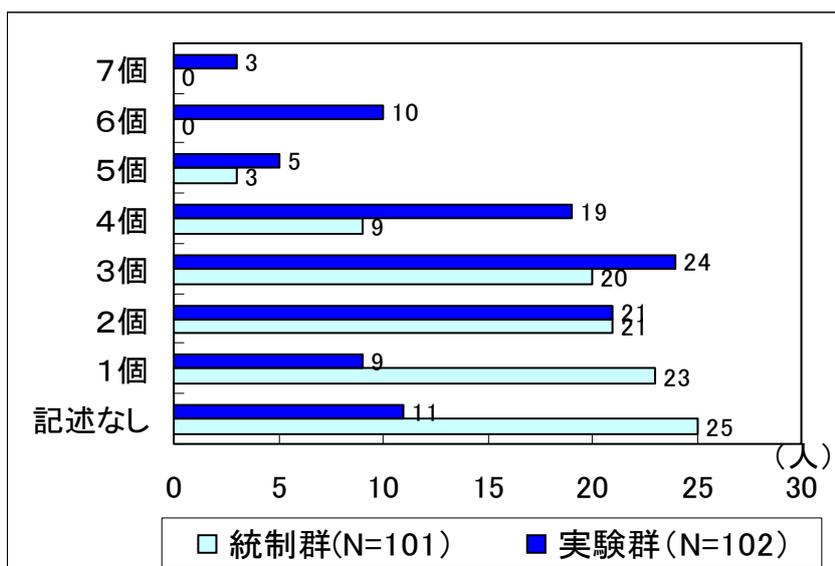


図4 一人当たりのメモの個数

次に、メモの記述（複数回答）を内容別にまとめ、それぞれの記述数を示したものが表3である。

表3 メモの記述内容

メモの記述内容	実験群	統制群
染色体の様子	94(59)	32(28)
他の細胞との大きさの比較	48(40)	3(3)
他の細胞との形の比較	10(10)	6(6)
染色体以外の細胞内部の様子	21(17)	11(8)
分裂している細胞の数や比	9(9)	3(3)
観察されたその他の記述	22(17)	19(18)
具体的でない記述	80(53)	68(49)
主観的な記述（きれい等）	21(15)	34(26)
合計	305 (102)	176 (101)

注. 単位は記述数. () 内の数字は、記述した人数.

メモの記述数は、実験群が305個と統制群の176個に比べ多かった。具体的でない記述や「気持ち悪い」、「きれい」といった主観的な記述を除いた学習のねらいに沿った記述についても、実験群では204個の記述があり、統制群の74個に比べ多くの記述がなされていた。メモのルーブリックを作成した実験群が、教師がメモの仕方を説明した統制群に比べ学習のねらいに沿ったメモが数多くとられていることが分かる。

生徒が記述したメモをメモの採点指針に基づいて調査者2人の合意に基づき採点した結果が表4である。

表4 メモの採点結果

	3点	2点	1点	0点	合計
実験群	43	18	28	13	102
統制群	10	15	42	34	101

注. 単位は人.

スケッチの技能と同様に、実験群は統制群に比べ3点がつく生徒が多く、統制群は1点しかつけられない生徒が実験群に比べ多いことが分かる。また、メモの記述としておおむね満足であるとした2点以上の生徒の人数は、実験群が61人(59.8%)と統制群の25人(24.8%)より多いことが分かる。2点以上の生徒の人数について、直接確率計算2×2で両群の結果を比較すると有意な差が見られた(両側検定:p=0.00)。メモのルーブリックを作成した群は、メモの仕方を再確認しただけの群に比べ、より高い基準のメモを多くの生徒が作成できるといえる。

2. ルーブリックの作成が情意面に与える効果

(1) 評価の基準を事前に知ることに対する意識

観察の前に評価の観点を知ることができる授業を行った方がよいと思いますかという質問に対する生徒の回答は、表5のようであった。

表5 評価の基準を知ることについて

選 択 肢	実験群 N=102	統制群 N=101
毎回行った方がよい	43	14
時々行った方がよい	50	49
あまり行わない方がよい	5	33
行わない方がよい	4	5

評価の基準を知ることができる授業を「毎回行った方がよい」と回答した生徒が統制群に比較して、実験群に多いことが分かる。直接確率計算2×2で、「毎回行った方がよい」「時々行った方がよい」と評価の基準を知ることが肯定的に回答した生徒の合計数と、「あまり行わない方がよい」「行わない方がよい」と否定的に回答した生徒の合計数について、両群の結果を直接確率計算2×2で比較すると有意な差が見られた(両側検定:p=0.00)。評価の基準を事前に知ることが肯定的に捉えている生徒が否定的に捉える生徒の数は、統制群においても多いが、実際に授業で評価基準を生徒と教師が話し合いを持って授業を行った実験群ではそのよさを知ったものと考えられることができる。

(2) 学習結果に対する自信

生物の成長の仕組みを細胞レベルで自信を持って説明できますかという質問に対する生徒の回答は、表6のようであった。

表 6 学習結果に対する自信

選 択 肢	実験群	統制群
	N=102	N=101
説明できる自信がある	7	6
たぶん説明できる	52	36
あまり自信がない	40	49
説明できない	3	10

直接確率計算 2×2 で、「説明できる自信がある」「たぶん説明できる」と肯定的に回答した生徒の合計数と、「あまり自信がない」「説明できない」と否定的に回答した生徒の合計数について直接確率計算 2×2 で比較すると有意な差が見られた（両側検定： $p=.02$ ）。スケッチやメモのルーブリックを作成したことが、学習に対する自信に結びついたと考えることができる。

IV. 考察とまとめ

本研究では、細胞分裂の観察時に、ルーブリックを教師と生徒で作成する取り組みが、生徒の学習に与える効果を調べた。

その結果、スケッチやメモのルーブリックを作成した実験群は、教科書に記述された方法を確認しただけの統制群に比べ、スケッチやメモがいずれもより高い評価基準のものを作成していることが分かった。また、評価の基準を事前を知ることにに対する意識は、実験群の生徒は肯定的であり、学習結果に対する自信も統制群に比べ高いことが分かった。ルーブリックを教師と話し合いながら作成することで、生徒一人一人がめあてを明確にし、基準を意識することで、学習の見直しを促し、より多くの生徒に教師がねらいとする高い基準のスケッチやメモが作成されたものと考えられる。

教師が評価の基準を持つだけでなく、生徒にも示し、生徒自らが自身の学習の目標を明確にしていく授業方法が、生徒の学力を高めていくために必要であることが示唆される。

附記

本研究を遂行するに当たり、授業の実施をご快諾いただいたさいたま市立大原中学校の松本博校長先生をはじめとする先生方、及び生徒の皆さんに多大なるご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 加藤幸次：「評価活動のためのルーブリック」, 指導と評価 48 (2), 21, 2002.
- 2) 西岡加名恵：「ポートフォリオ評価法におけるルーブリックの位置づけ」, 教育目標・評価学会紀要Ⅱ, 2-12, 2001.
- 3) 益子典文・森田裕介：「科学教育におけるルーブリックの開発と利用に関する基礎的

- 研究(1) ; ルーブリックの利用が教師の学習者理解に及ぼす影響」, 日本科学教育学会年会論文集 25, 425-428, 2001.
- 4) 森田裕介・益子典文 : 「科学教育におけるルーブリックの開発と利用に関する基礎的研究(2) ; 米国におけるルーブリックの実践例」, 日本科学教育学会年会論文集 25, 429-430, 2001.
- 5) 梅澤実・西岡加名恵・喜多雅一・宮本浩子・原田知光 : 「ポートフォリオ評価法を用いたルーブリックの開発 1 ; 小学校 4 年生理科『木の観察記録』(上)」, 鳴門教育大学平成 13 年度教育研究基盤校費「教育研究支援プロジェクト経費」研究報告書, 2002.
- 6) 文部科学省 : 「確かな学力を育むわかる授業の創意工夫例」, 文部科学省初等中等教育局教育課程課教育課程企画室, 2003.
- 7) 前掲書 1), 21
- 8) The Vermont Institute for Science, Math and Technology. Understanding Assessment in Vermont's Schools, 1998. http://www.vismt.org/pub/Assess_Guide_guide.pdf.
- 9) 三浦登他 : 「新しい科学」, 東京書籍, 34, 2002.

第 11 章 児童がめあてを立て、学びを振り返ることの効果

豊田由香・清水 誠

I. 問題と目的

三宅（2004）は学習評価には、教える側が学習目標がどこまで達成されたかを適宜チェックする機能と学習者自身に対してどう学習すればよいのかを考えるためのデータを提供する2つの機能があるとする。また、清水（2003a）は学習評価とは、そもそも子どもの学びを育むためのものである。教師にとっては、次への指導をするために一人一人の子どもの学びの状況を正確に診断し、指導に生かすためのものであり、学びの主体者である子どもにとっては、知を獲得し、次へのステップのために自分の達成状況を正確に見極めることができることであるとする。そのためには、教師も子どもも達成状況を正確に診断できる能力と診断のための基準を持つ必要があると述べている。こうした考えを整理すると、学習評価は、機能の面からみると、目標が達成されたかをチェックし、情報をフィードバックする機能。評価者の視点から評価をみると、学習者ではない他者（主たる評価者は教師）による評価と児童自身による評価に大きく2つに分けることができるといえる。その中で、児童自身による学習評価についての先行研究をみると、学習科学のプロジェクトでは、学習者が将来にわたって自分で学んでゆく力を身に付ける自己管理能力の育成が目標になっていることが分かる（Linn & Hsi, 2001 ; Linn Davis & Bell, 2004 ; Scardamalia & Bereiter, 1991 ; Kolodner et al., 2003 ; Kolodner, 2002 ; Miyake, 2001）。また、評価のプロセスを積極的に学習者に手渡して彼らの学習能力を高めようという意図が鮮明に見られるプロジェクトも行われつつある（Schwartz et al., 1999）。しかしながら、理科学習の中で学習者自身が適切に自己を振り返り、学びを修正し、目標の達成に向けて評価する方法とその効果についての研究は十分明らかにされてはいない。

一方、平成16年12月15日付の朝日新聞には、「実験前から児童が早く答えを教えてとせがむ」「じっくりと考えようという気持ちが薄れているような気がする。「児童にとって、理科が暗記教科になってしまっている」という現職の教師の意見が載っている。理科は結果を覚える教科である、理科は先生の指示通りに言われたことをやるだけとする児童を多く見るようになった。また、国際数学・理科教育動向調査（TIMSS2003）において、理科が「大好き」及び「好き」と答えた生徒の割合は我が国は55%で国際平均の79%よりも24ポイント下回っており、国際的に見て最低レベルであるという結果もでていいる。こうした原因の1つとして、学習活動への見通しや目的意識を持っていないこと。児童一人一人が、自分のこえるべきゴールを持って学習していないということが考えられる。

そこで、本研究では、児童に学習の「自分のめあて」を話し合いを通し明確に持たせ、そのめあてをもとに学習者が振り返らせる指導方法が、従来の指導方法に比べ、児童の科

学的な概念の獲得に有効であるかどうかを調査することを目的とする。

なお、振り返りを促す工夫について清水(2003b)は、①評価基準(ルーブリック)をはっきりさせ、児童にも予め示す。児童にも分かる明確にした基準で、児童が自ら自己評価する。評価の基準を示すことは、児童にどこまで頑張ればよいか(目標)を明確にさせる。そして、めあてをもとに自己評価を行わせる。②学習の途中で振り返りができるようにする。児童も教師も考えの変容を見ることができるようには、児童の考えを外化(学びの道具を用意・付箋紙、ポートフォリオ)する必要がある。ことを述べてきた。本研究では、目的を達成するための手続きとして上記の①・②を授業の中に組み入れることにした。具体的には、授業の最初に何を学ぶのか、学習の終わりに達成すべきことは何か、一人一人の児童が明らかにする。これを、「自分のめあて」として自分の学びカードに記入させる。そして、授業の最後に、「自分のめあて」を振り返ることによって、学習の結果、どこまでのことが理解でき、何が獲得されたのか自覚させるようにする。この学習の流れによって、学習目標に対して「何が分かったこと」なのか「何が分からなかったこと」なのかをルーブリックをもとに自分自身で評価させる学習方法を実施する。

II. 調査の方法

1. 調査

(1) 調査対象及び人数

さいたま市内の公立小学校、第6学年の児童146名(4クラス)を対象とした。

(2) 調査時期

2004年11月30日及び12月1日に実施した。授業時間は、いずれも45分間で行った。

2. 授業の概要

(1) 授業の流れ

授業は、「水溶液の性質とはたらき」の単元を共同研究者の豊田が実施した。実施された授業の主な流れは、図1のようである。

めあてあり群のクラスは、教師からの課題の提示後、課題から①「自分のめあて」を考え、「自分の学びカード」に記入をする。

実験後、②「自分のめあてに対して分かったこと。考えたこと」をカードに記入する。

その後、実験結果について話し合い、考察、まとめを行い、③最後にカードに自分の学びを振り返り記入する。

めあてなし群は、①～③を行わない従来の授業を実施した。

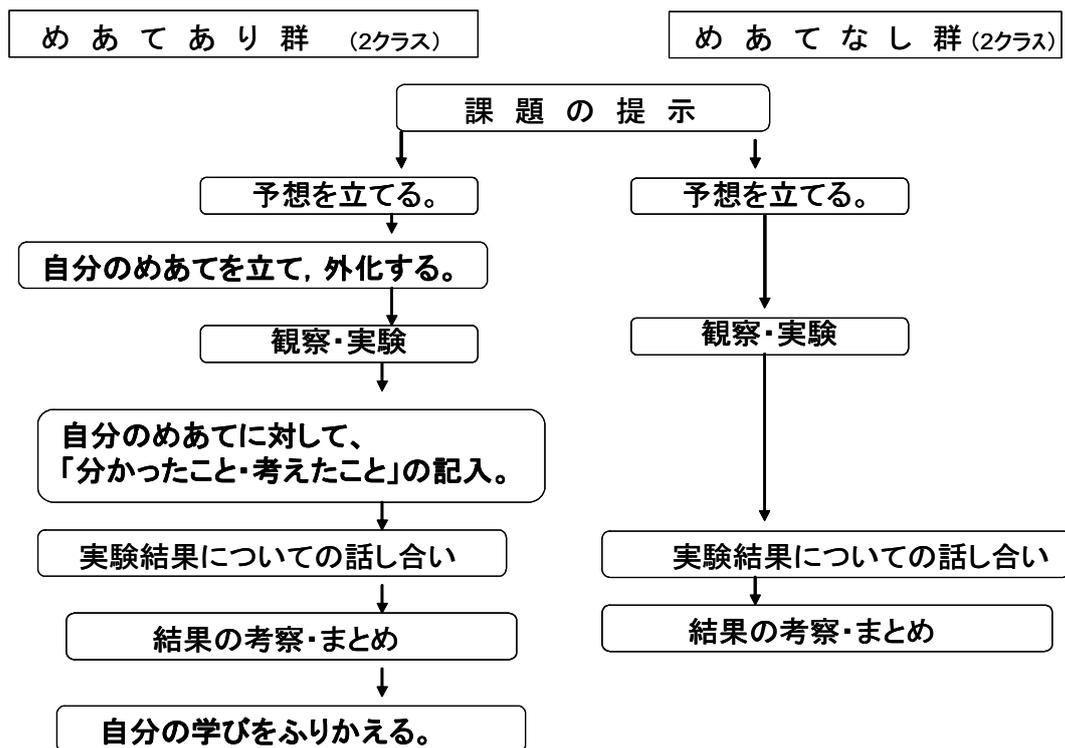


図1 授業の大まかな流れ

(2) 児童への評価基準の示し方

本研究では、「自分のめあて」として児童がどこまで頑張るか（目標）を明確にさせた。「自分のめあて」を決めるプロセスは、ルーブリックづくりの手法を取り入れた。

授業時に設定したルーブリックは、表1の通りである。授業時には、ルーブリック2を教師の具体例として提示した。教師が作成した4段階のうち2に当たる記述内容を授業の「自分のめあて」の具体例として児童に示し、それを基準として「自分のめあて」を立てるように助言した。なお、児童にはルーブリックの4段階の尺度は示していない。

表1 ルーブリックと具体的な記述

ルーブリック	具体的な記述
4	リトマス紙の色の変化をもとに水溶液を3種類に仲間分けできる。
3	水溶液には、リトマス紙の色が赤色から青色に変わるものがある。
2	水溶液には、リトマス紙の色が青色から赤色に変わるものがある。
1	水溶液の性質が分かる。など

(3) 学習途中の振り返り

児童が自分の学びを振り返るには、学びを外化することが必要であると考え。そこで、堀(2004)を参考に、「自分のめあて」(知りたいこと・調べたいこと)と振り返り(分かったこと・考えたこと)が一目で分かる図2で示す「自分の学びカード」を作成した。

月 日 自分の学びカード

<p style="text-align: center;">知りたいこと・調べたいこと (今日の自分のめあて)</p>		<p style="text-align: center;">分かったこと・考えたこと (自分のめあてをもとに)</p>
--	--	--

今日の学習をふりかえって

<p>① 自分のめあてにむかって、がんばることができましたか。</p> <p>ア がんばることができた。</p> <p>イ 少しがんばることができた</p> <p>ウ がんばることができた。</p>	<p>② 自分のめあてをたっせいできましたか。</p> <p>ア たっせいできた。</p> <p>イ まあまあたっせいできた</p> <p>ウ たっせいできなかった。</p>	<p>③ 自分のめあてを授業中にふりかえりましたか。</p> <p>ア よくふりかえった。</p> <p>イ たまにふりかえった。</p> <p>ウ あまりふりかえらなかった</p>
---	---	---

図2 自分の学びカード

Ⅲ. 結果とその考察

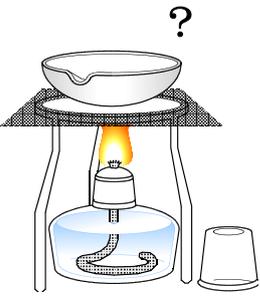
1. 両群の等質性

両群の等質性を調べるため、図3のように食塩水、炭酸水、ホウ酸水の各水溶液を蒸発させた時に何が出てくるかを理解しているか調査した（問題2では、問題1の食塩水のところに炭酸水が、問題3ではホウ酸水に置き換わっている）。正しく回答できた児童の結

これはテストではありません。あなたの思っているとおりに書きましょう。

問題1

下の図のように、食塩水を2～3てきとって熱して水を蒸発させると、出てくるものがあるでしょうか。あなたの考えに近いものの番号に○でかこみましよう。また、2番に○をつけた人は何がでてくるとおもいますか。



1 出てこない。

2 出てくる。

↓

出てくるとしたら何がでてきますか。

図3 事前質問紙の一部

果は、表2の通りである。事前調査で、食塩水、炭酸水、ホウ酸水について正しく回答できた児童とできなかった児童の人数について直接確率計算 2×2 で調べてみた。両側検定の結果、いずれも有意な差は見られなかった（食塩水： $p=0.99$ ，炭酸水： $p=0.61$ ，ホウ酸水： $p=0.83$ ）。以上のことから、めあてあり群とめあてなし群は等質の集団と考える。

表2 質問紙調査の結果

	めあてあり群	めあてなし群
食塩水	64	63
炭酸水	66	63
ホウ酸水	58	60

注. 単位は、人。両群ともに、N=73。

2. 科学的な概念の獲得

授業を通して、児童に習得させたい概念がどの程度獲得されたかを調べるため、授業の翌日・2ヶ月後に質問紙により調査を実施した。質問紙の内容は、「水溶液を調べるために、リトマス紙を使いました。どのようなことが分かりましたか。」というものであり、自由記述で記述させた。結果は、図4のようになった。

なお、児童が記述した内容がどの程度獲得されているかの基準は、検証授業時に設定した4段階のルーブリックを使用し、めあてあり群及びめあてなし群について分析した。

授業の目標を十分に達成したルーブリック4の児童の割合は、めあてなし群では、授業翌日は60%であったが、2ヶ月後は61%であり、変化はあまり見られなかった。一方、めあてあり群では、授業翌日では69%であったが、2ヶ月後では76%に増加していた。

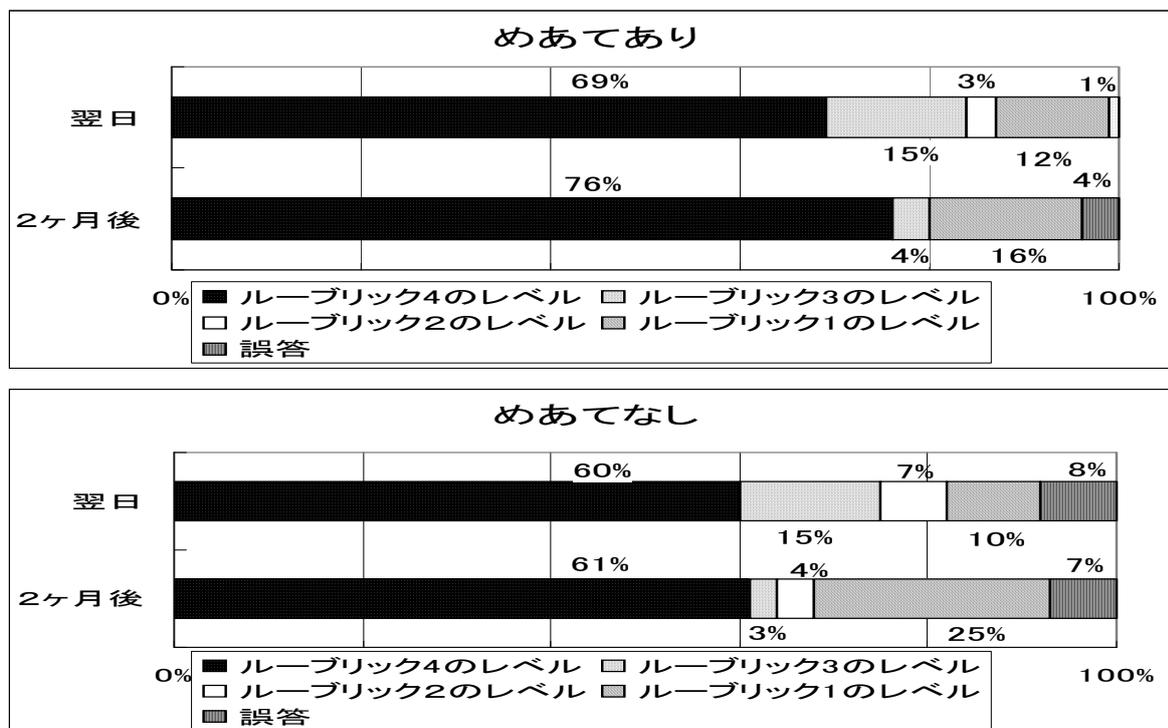


図4 児童の概念調査（自由記述）

また、授業の目標を達成できないルーブリック 1 の児童の割合は、めあてあり群では、授業翌日では 12 %であったが、2ヶ月後では 16 %であった。一方、めあてなし群は、授業翌日では 10 %であったが、2ヶ月後では 25 %となり、授業翌日の 2.5 倍の割合で増加していることが分かる。2ヶ月後のめあてあり群とめあてなし群のそれぞれの人数について χ^2 検定を行ったところ、5 %水準で有意な差が見られた ($\chi^2(12)=24.820, p<.05$)。

次に、めあてあり群・めあてなし群の概念の獲得のレベルを見るために、ルーブリックの平均値を算出したところ、表 3 のようになった。

表 3 ルーブリックから見た概念獲得の様子

	めあてあり群	めあてなし群
授業翌日	3. 3 7	3. 0 9
2ヶ月後	3. 3 7	2. 8 9

めあてあり群では授業翌日と2ヶ月後では差がないが、めあてなし群では2ヶ月後の結果を見るとルーブリックの平均値が 2.89 に下がっていることが分かる。

以上の結果からは、「自分のめあて」を明確に持ち、そのめあてをもとに学習を振り返っていく学習方法は、こうしたことを行わない従来の教授方法に比べ、児童の科学的な概念の獲得に有効であると考えられることができる。

3. めあての達成

めあてあり群の児童が、検証授業時に立てた「自分のめあて」が達成できたかを、授業後、授業翌日、2ヶ月後について調べてみた結果が表 4 である。なお、授業後は児童が授業の振り返り時にめあてを解決できているかを分析した。授業翌日調査及び2ヶ月後は、質問紙調査の児童の記述内容をもとに分析した。

表 4 めあての達成

	設定しためあて	授業後	授業翌日	2ヶ月後
ルーブリック 1	3	3	2	3
ルーブリック 2	3 4	3 2	2 6	2 2
ルーブリック 3	2 3	2 2	2 2	2 1
ルーブリック 4	7	6	7	7

注. 単位は、人。

表 4 からは、ルーブリック 1, 3, 4 のめあてを授業中に立てた児童は、授業後、授業翌日、2ヶ月後で、ほとんどの児童が「自分のめあて」を達成している内容を記述していることが分かる。一方、ルーブリック 2 のグループでは、授業翌日、2ヶ月後と達成した児童数が減少していることが分かる。こうした原因として、授業時に教師が「自分のめあて」を考える時に具体例としてルーブリック 2 を提示したことが原因しているのではないかと考える。ルーブリック 2 を立てた児童のうち、何人かが「自分のめあて」として立てたものが「自分で考えためあて」ではなく、「教師から与えられためあて」になってしま

ったのではないだろうか。

4. 児童のこだわり

めあてを持って授業に望むことが、学習へのこだわりを生むかを調べてみた。調べた方法は、実験の時間（両群ともに 15 分間）の中で、どの程度意欲的に活動を行っているかを調査した。具体的には、教師が実験で用意した 8 種類の水溶液を何人の児童が実際に調べているかを調査した。その結果が表 5 である。

結果は、めあてあり群がめあてなし群に比べ、教師が用意した水溶液を自分で調べている人数が総数で多い。これを χ^2 検定を行ったところ、めあてあり群がめあてなし群に比べ有意に多いことが分かった ($\chi^2(1) = 21.65, p < .01$)。めあてを持つことで、児童は自分で実験を行いその結果をもとに調べていこうとしている様子を伺うことができる。

表 5 児童が実験中に調べた水溶液の総数

	調べた人数の総数	調べなかった人数の総数
めあてあり群 (N=71)	440	128
めあてなし群 (N=71)	369	199

注. 単位は、人。

IV. まとめ

本研究の結果からは、めあてあり群はめあてなし群に比べ、科学的な概念の獲得に有効であることが分かった。また、多くの児童が自分が立てためあてを達成していること、めあてを持つことは、めあてを持たない児童達に比べ実験を自分で行う児童が多く見られることも分かった。実験授業の範囲内という条件付きではあるが、児童に「自分のめあて」を話し合いを通し明確に持たせ、そのめあてをもとに学習を振り返らせる教授方法は、従来の教授方法に比べ、児童の科学的な概念の獲得に有効であるといえる。

検証授業終了後、「自分のめあて」を立てた多くの児童は、以下のような感想を述べている。

- ・実験の前にめあてを立てると、実験中に自分の立てためあてを振り返りながらできた。友達とめあてが違うことが多いから、実験中に違う考えを持って実験をし合うのが楽しかった。
- ・めあてを立てることで、自分が何を知らうとしているか分かり、実験についてよく理解できた。いままでは、指示にしたがっていただけだったけど、自分から進んで実験ができた。

これらの感想からも分かるように、児童は「自分のめあて」を持つことにより、「ここまで頑張ろう。」「このことを知りたい。」という見通しや目的意識を持って、学習に取り組むことができ、そのめあてを振り返りながら学習を進めることができたと考えられる。しかし、児童の感想の中には以下のようなものもある。

- ・めあてを立てることはとてもいいことだと思います。頑張ろうとかめあてを達成しようという気持ちになるので大切です。でも、正直言って、いきなり書いて下さいと言

われても、あやふやなめあてになってしまうし、あまり自信が持てませんでした。もう少しみんなで考えたいなという気持ちもありました。

こうした児童の感想を踏まえると、授業中の「自分のめあて」を立てる時に、一人一人の児童がより明確なめあてを立てることができる手立てとして次の点を考慮する必要があると考える。

- ①「自分のめあて」を立てる時に、考える時間をじっくりとる。
- ②「自分のめあて」をルーブリックのカテゴリー別に付箋を貼り、外化させる。
- ③「自分のめあて」に対して分かったこと、考えたことを記入した「自分の学びカード」をグループで見せ合いながら話し合う。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、さいたま市立道祖土小学校の栗原巖校長先生、同校の教職員、第6学年の児童の皆様に多大なるご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

引用文献

堀哲夫：子どもの学びを育む一枚ポートフォリオ評価理科，日本標準，2004.

Kolodner：Learning by Design；Iterations of design challenges for better learning of science skills., Cognitive Studies, 9(3), 338-350, 2002.

Kolodner,J.L., Camp, P.J., Crismond, D., Fasse. B., Gray. J., Holbrook. J., Puntambekar. S. & Ryan. M.：Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom；Putting Learning By Design1 into practice, The Journal of the Learning Sciences, 12(4), 495-547, 2003.

Linn. Davis, B.A. & Bell, P (Eds.)：Internet environments for science education. Mahwah. NJ.; Erlbaum, 2004.

Scardamalia, M. & Bereiter, C.：Higher Levels of Agency for Children in Knowledge Building；A Challenge for the Design of New Knowledge Media, The Journal of the Learning Science, 1(1), 37-68, 1991.

清水誠：評価方法の開発，楽しい理科授業7月号，明示図書，No.443，12，2003a.

清水誠：学びを育む学習指導と評価，理科の教育，52(611)，52-53，2003b.

Linn & Hsi.：Computers, teachers, peers；Science learning partners. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000.

Miyake, N.：Collaboration, technology, and the science of learning: teaching cognitive science to undergraduates. The Annual Report of Educational Psychology in Japan, 40, 218-228, 2001.

三宅なほみ：新しい学びにおける評価のあり方（学習科学），放送大学教育振興会，2004.

Schwartz, D.L., Brophy, S., Lin. X. D. & Bransford, J. D.：Software for managing complex learning；An example from an educational psychology course., Educational Technology Research and Development, 47, 39- 59, 1999. .

第12章 教師のリヴォイスが学びに与える影響

－葉の付き方の学習を事例に－

清水 誠

I. はじめに

ヴィゴツキー（1970）は、子どもが自分一人のできるレベルと教師や仲間の援助によってできるレベルとの間を発達最近接領域と名付け、子どもの精神発達を他者との関わりの中で言語が内化していく過程として捉えている。また、鈴木（1995）は他者とは認知をサポートする外的資源とみなすことができるとし、三宅（2002）はほとんどの学びは、教えてくれる人と教わる人また教わるもの同士の共同作業だと考えることができるとする。佐藤（1996）は、社会構成主義の学習論では人は他者とはたらしかけ合う中で自らの考え・知識を構成していくとし、人との相互作用の中に知識構成の契機を求めているとする。認識の成立を個人の頭の中という閉じた系の中でのできごとと考えるのではなく、他者と相互作用し合い、協働活動する経験と過程の中で可能になると考えている。今日では、多くの研究者が人の認知過程には他者との関わりが重要であると考えようになった。特に、協調学習の中で子ども同士が言語化することの効果を探る研究は、理科教育に関する研究に限っても多くの研究が見られるようになった（例えば、太田・西川，2001；臼井ら，2003；山下・川野，2003；久保田・西川，2004；清水ら，2005）。一方で、白水（2004）は、こうした言語化を教師がどう誘導するかを実践場面で観察する研究も増えてきているとする。そうした事例の一つに Storom et al.（2001）は、縦横長さの違う3つの四角形（ 1×12 ， 2×6 ， 3×4 ）の面積は同じかという課題に取り組む小学2年生の50授業の分析した結果、「どの四角形が太い／細い」といった生徒の日常的な表現が「単位四角形をいくつ含んでいるか」といった数学的表現へと発展する過程に、教師の「リヴォイス」¹⁾が役立つことを明らかにしていると述べる。こうした教師の児童・生徒への支援の重要性は、誰もが認めるところである。しかしながら、理科教育におけるこれまでの研究を俯瞰してみると教師のリヴォイスの効果を実証した研究は理科教育学研究や科学教育研究には見ることができない。

そこで、本研究では、教師のリヴォイスが児童の気付きをどのように促していくのかを、葉の付き方のきまりを調べる学習で、小グループで葉の付き方を観察している中での教師と児童の発話プロトコルから探ることを目的とする。なお、本研究で扱う葉の付き方を調べる学習は清水（2003）が、スケッチによる学習方法はモデルづくりを通して学習するよりも児童が規則性を発見しにくいことを示している。また、清水・豊田（2004）はスケッチによる観察では観察中の内容に関する児童同士の話し合いが少ないことを示している内容である。さらに、西川・古市（1997）は、スケッチが言語化を阻害するためメモを積極的に併用することが有効であることを示している。

II. 調査の方法

1. 調査

(1) 調査対象及び人数

埼玉県内の公立小学校の小学校6年生3グループ、10人を対象とした。

(2) 調査時期

授業は、2003年9月に実施した。授業時間は45分間で行った。

2. 授業の概要

授業は、研究者の清水によって受け持たれた。実施された授業の主な流れは、ア～エのようである。

ア. 課題の確認をする。

「植物は、日光を受けやすいように、どのように葉をつけているのだろうか。」と教師から課題を提示し、「日光」と「葉の付き方」との関係を学習することを明確にした。

イ. 予想を自分の言葉と図でワークシートに記述する。その後、友達の代表的ないくつかの予想も聞き、自分の考えと比較した。次に、教師が児童の予想をカテゴリー分けして板書し、各児童は自分の予想が該当する板書の記述に自分の名前を書いた付箋紙を貼った。

ウ. 観察の方法について確認し、互生の草本を約20分間観察する。

観察する互生の草本（セイタカアワダチソウ、ヒメムカシヨモギ、オオイヌタデ、ヒメジョオン、シロザ）は、教師が用意した。植物を各個人が選択する場合は、各小グループでできるだけ違う種類の植物を選ぶようにさせた。観察は、スケッチとモデルづくりのいずれかの方法で行わせた。

スケッチによる方法は、ワークシートにスケッチし、気付いたことをメモにとるようにさせた。また、村山（1995）が初学者は適切なスケッチをすることがそもそも難しいとする。そこで、スケッチをすることの負荷が軽減されるよう、葉を1枚書いた例をワークシートに示した。

モデルづくりによる観察は、茎に見立てたポリエチレンフォームでできた丸棒に紙で作成した葉をさしていくようにさせた。できあがったモデルから気付いたことは、ワークシートにメモをとらせるようにさせた。その際、葉の大きさは、変更可とした。

エ. 葉の付き方にどんなきまりがあるか、気付いたことをワークシートにまとめた。

3. 話し合いの分析

研究の目的である、教師のリヴォイスが児童の気付きをどのように促していくのかを探るため、観察時の児童同士、教師の間で自然に生まれる話し合いの様子を分析した。なお、ここでいう教師とは、研究者の清水ではなく清水の授業を参観していた学級の担任教師を指す。また、この担任教師には授業中の児童との関わりについては特に指示をしていない。

分析のために調査した話し合いは、授業概要のウで示した約20分間の観察時に発生した話し合いの様子である。話し合いの様子は、各グループにステレオマイクのついたMDレコーダーを設置し、記録した。これをもとに、発話プロトコルを作成した。

Ⅲ. 教師のリヴォイスが見られたグループの発話とその分析

1. 4班の発話プロトコル

4班の発話プロトコルは、図1のようである。このグループは、女兒2名からなり、スケッチによる観察を行っている。このグループでは、No. 24～No. 40の児童の発話に見られるように、観察開始時から含めて、葉の付き方を話題とした話し合いは行われていない。しかし、発話プロトコルのNo. 43及び44で児童A及びBが担任教師に何かを尋ねている（声は小さく聞き取れない）。No. 45で担任教師から何らかのリヴォイスがあったと見られる（声は小さく聞き取れない）。No. 44で児童Aが「螺旋階段って何」と聞き返し、AがNo. 50で「螺旋階段のように続いているって先生が」と述べたことを受け、BはNo. 51「あれ」と葉の付き方の規則性に気がついていく。AもNo. 52で「ずれてる」、No. 53「これ、しかも分かりやすい。こうやって、こうやってやって」と葉の付き方の規則性の発見に結びついていく様子が伺える。これを受け、児童BもNo. 53で「見て、手裏剣みたい。（笑う）」、No. 60では児童Aが「これってさ、螺旋階段？だよね。」とし、児童A、BがNo. 61とNo. 62で「たぶん。たぶん。」と螺旋階段のようになっていることに確信を深めていく様子を見ることができる。

図1 教師のリヴォイスが見られたグループの発話プロトコル

24A	曲がって見にくいなあ。
25B	（息を吸う）
26A	悲しい。
27B	ふう。
28B	よいしょ。
29A	鉛筆が一、こっちいったあ。（たたく音）
30A	（くしゃみ）
31B	（笑う）
32A	やべー。（笑う）え、どう書いてるの？
33B	（不明）
34A	こうゆう・・・（不明）
35B	書きにくーい。
36A	ふう。
37B	1, 2・・・（不明）
38A	虫。
39A	はあ。つまらない・・・（不明）
40A	あつーい。
41T	しっかりしたの書くね。
42B	なるほど、これを・・・（不明）
43A	（不明）
44B	（不明）
45T	（不明）
46A	螺旋階段って何。
47B	え？
48A	螺旋階段。ら、らせん。
49B	何、それ。
50A	螺旋階段のように続いているって先生が。聞いたことある。
51B	あれ。

- 52A ずれてる。
- 53A これ、しかも分かりやすい。こうやって、こうやって、やって。
- 54B 見て、手裏剣みたい。(笑う)
- 55A (笑う)
- 56A これきれいにわかれてる。
- 57A 分かりやすい。Bちゃんの分かりやすい。
- 58B え?(笑う)
- 59B はあ。
- 60A これってさ、螺旋階段? だよね。
- 61B たぶん。
- 62A たぶん。
- 63A ふう。(笑う)

2. 7班の発話プロトコル

7班の発話プロトコルは、図2のようである。このグループは、男児2名、女児2名の計4名からなり、4班と同様にスケッチによる観察を行っている。このグループでは、No. 44～No. 52の児童の発話に見られるように、観察開始時から、葉の付き方を話題とした話し合いがおこっていない。参観していた担任教師は、これを見ていて発話プロトコルのNo. 54で「きまりない?」と尋ねている。児童CがNo. 55C「きまり特になさそうだよなー」と発言すると、担任教師はNo. 56T「じゃあ上から見たらどう?」と観察の視点を示し、再度観察を促している。その結果、児童AがNo. 60A「あ、ホントだ。下から見た方が葉が大きくない?」と発話すると、児童CやDも葉の大きさを測る行動をとり、児童達はNo. 68C「上の方が葉がでけー」と葉の付き方の規則性に気付いていく様子を見ることができる。

図2 教師のリヴォイスが見られたグループの発話プロトコル

- 44A ほら見てこれ、見るならこれ見て見て見て見て・・・。
- 45B 毛が生えてる。
- 46C ぼしゃぼしゃ。
- 47B こっちあんま毛が生えてない。
- 48A 気持ちわりい。
- 49C 悪かったな・・・。
- 50A 悪いよ。
- 51C 何?
(沈黙 41 秒)
- 52C 茎が折れて全部かけなかった。
- 53T これたぶん水から抜いちゃったからだね。
(沈黙 4 秒)
- 54T **きまりない?**
- 55C きまり特になさそうだよなー。
(沈黙 3 秒)
- 56T **じゃあ上から見たらどう?**
- 57C 上から見たら・・・。
- 58T もっと近くで。
- 59C 十字とかでもないしね。
- 60A あ、ホントだ。下から見た方が葉が大きくない?
- 61C もう一回サイズ測ってみよ。あつ、これ9センチ。

- 62D 一番小さいの測ってみよう。
- 63D 1. 5。1. 5だとして一番下が・・・
- 64C ここが9.9でしょ。
- 65D 一番下が6。
- 66C 1. 5と6って書いておこう。
- 67A これ長くない。
- 68C 下の方が葉がでけー。

3. 5班の発話プロトコル

5班の発話プロトコルは、図3のようである。このグループは、男児2名、女児2名の計4名の児童からなり、スケッチではなくモデルづくりによる観察を行っている。このグループでは、No. 167A「どっか一カ所を忠実に再現しよう」や168Cの発話「なんかちょっと違うな」に見られるように、モデルをつくることで実際の葉とは違ったものができていることには気がついている。しかし、葉の付き方の規則性には192Dの発話「この虫食い再現しておけ」に見られるように193Aの発話まで気がついた児童はほとんど見られない。参観していた担任教師は、これを見ていて194Tで「あの、みんなつくるのに夢中になってるけどつくりながら気がついたことどんどんメモして行ってね」と授業者が示した観察方法をこのグループの児童に確認をしている。さらに、担任教師は197Tで「すべてをつくる必要はないから、これをつくりながらどのように葉をつけているのかっていうのが見つければ・・・」とつけ加えている。児童Dは、教師のこの発話にオーバーラップしながら198D「大切？」と確認をし、児童Cは199C「分かりました」と述べている。この後、児童Cは200C「じゃっこの辺、この辺、上のほうやろう」と観察を再開し、直後に児童Dが201D「上の方が小さい、いろんな向きになっている」と葉の付き方の規則性に気付いていく様子を見ることができる。

図3 教師のリヴォイスが見られたグループの発話プロトコル

- 167A どっか一カ所を忠実に再現しよう。
(沈黙3秒)
- 168C なんかちょっと違うな。
- 169A ゆり、1枚使う、切っちゃけど。
- 170B うん？
- 171A 切っちゃたけど、1枚使う。
- 172B うん。
- 173A はい。
- 174B いいの？
- 175A 大丈夫そのへんは・・・。
(沈黙2秒)
- 176A ああん、どうしよ、ああ～やべ、さわちゃったきたね・・・。
- 177C 俺なんかもうさわっているよ。
- 178B ねえ、どの辺忠実に再現したらよろしいと思います？
- 179D 全部。
- 180B いやだってさあ、ここにさあ、よくよく見たらさあ、次に、茎に見立ててた発泡スチロールの棒に紙で作成した葉を6枚。
- 181D いち、に、さん、よん、ご、ろく、・・・。

- 182C なな。
 183D いち、に、さん、よん、ご、ろく、なな。
 184B 各自が選んだ植物を横から見たり上から見たりしながらさしていきます。
 185A 横から見たり・・・横ってどこだよこれ。
 186C こう？
 187B ねえ、どの辺再現しよう。
 188A 横から見たり、上から見たり、・・・。
 189B いいや下の方は。
 190D モウリ、これってさあ一個二個？せえの・・・。
 191C いち、に、・・・。
 192D この虫食い再現しておけ。
 193A はあい。
 194T **あの、みんなつくるのに夢中になってるけど、つくりながら気がついたことどんどんメモして行ってね。**
 (沈黙4秒)
 195T 何。
 196C 葉が足りないんですけど。
 197T **すべてをつくる必要はないから、これをつくりながらどのように葉をつけているのかっていうのが見つければ・・・。**
 198D 大切？(197とオーバーラップ)
 199C 分かりました。
 200C じゃっこの辺この辺、上の方やろう。
 201D 上の方が小さい、いろんな向きになっている。

IV. 考察とまとめ

本研究では、教師のリヴォイス（質問や補足）が児童の気付きをどのように促していくのかを、葉の付き方のきまりを調べる学習で、小グループで葉の付き方を観察している中での教師と児童の発話プロトコルから探ってみた。発話プロトコルの分析からは、スケッチをしながら観察していた4班の児童では、教師のリヴォイスにより葉の付き方が螺旋階段のようになっていることに気がついていく様子を見ることができた。また、スケッチをしながら観察していた7班の児童でも、教師から観察の視点を示されることにより、葉の大きさが下と上では異なることに気がついていく様子を見ることができた。さらに、5班の児童も教師からモデルをつくることではなく、つくりながら気がついたことを見つけることが大事なのだということをリヴォイスされることで、葉の大きさの違いや向きといったことに気がついていく様子を見ることができた。3つのグループの発話プロトコルからは、参観教師のリヴォイスが見られた場合、そこでは児童同士の豊かな話し合いも生まれ、葉の付き方の規則性を発見していく様子を見ることができた。

清水・豊田（2004）は、モデル、スケッチという異なる外化方法を採用して植物の葉の付き方を観察させた違いが学習にどのような違いを及ぼすかを分析している。教師が関わることを排除した小グループで学習している児童同士の間で自然に生まれる生まれる発話の様子を分析した結果からは、観察中の内容に関する発話時間や発話数はモデルづくり群がスケッチ群に比べ多いことが分かったとする。また、モデルづくり群の方がスケッチ群に比べ、葉の付き方の規則性について作成しているモデルを見合いながらより多くのカテ

ゴリー（内容）について話題としていることも分かったとする。しかし、今回の調査からは、モデルづくりをしながら観察するグループもスケッチをしながら観察するグループも教師が関わることで、グループの中に豊かな話し合いが生まれ、葉の規則性に気がついていくことが分かった。本研究からは、学習中の児童に教師が適切に関わり、リヴォイスすることの重要性を見ることができ、学びの中での教師の役割を明らかにすることができたといえる。

しかしながら、今回の分析した児童数は3グループ、10人と少ない。本研究で言えることは、あくまでもデザインされた授業の範囲内ということである。また、児童の概念の変容もおいにかけていない。今後さらに、データを増やしながら教師のリヴォイスが児童の学びに与える影響を探っていきたい。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、授業の実施をご快諾いただいた上尾市立上尾小学校の宮崎四郎校長先生、及び同校の先生方に多大なるご協力をいただきました。また、資料の収集・整理では清水研究室の大学院生・学生に協力していただきました。心より感謝申し上げます。

注

1) リヴォイス (revoice) とは、質問や補足、一生徒の発言のクラスへの報告をいう。

引用文献

久保田義彦・西川純：「小集団学習に於ける科学的意味の構築—小集団に見られるオーバーラップ発話から」, 理科教育学研究, 44(3), 1-12, 2004.

三宅なほみ：「学習における協調（波多野誼余夫・永野重史・大浦容子：教授学習過程論—学習の総合科学をめざして）」, 日本放送出版協会, 101, 2002.

村山功：「外的資源による課題と認知主体の変化」, 認知科学 2(4), 共立出版, 28-38, 1995.

西川純・古市恵：「イメージ記憶及び言語記憶に対するメモ及びスケッチの教育効果の比較研究」, 日本理科教育学会研究紀要 37(3), 15-23, 1997.

太田國夫・西川純：「理科学習における話し合い活動に関する研究」, 日本教科教育学会誌, 24(2), 45-54, 2001.

佐藤公治：「認知心理学からみた読みの世界」, 北大路書房, 30-31, 1996

Shirouzu, H.& Miyake,N. : Guided verbalization for conceptual understanding ; A scaffold for making sence of multiple traces of cognition. Paper presented at 2002 Annual Meeting of American Educational Research Association. New Orleans, La. U.S.A, 2002.

清水誠：「モデルづくり及びスケッチによる観察の効果についての比較研究」, 科学教育研究 27(3), 179-185, 2003.

清水誠・豊田由香：「外化物の違いが相互作用に与える影響」, 日本科学教育学会年会論文集, 28, 411-412, 2004.

清水誠・石井都・海津恵子・島田直也：「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,

46(1), 2005.

Strom,D., Kemeny,V., Lehrer,R. & Forman,E. : Visualizing the emergent structure of children's mathematical argument. *Cognitive Science*, 25, 733-773, 2001.

鈴木宏昭：「特集－認知における内的，外的資源編集にあたって」，*認知科学* 2(4)，共立出版，3-6，1995.

白水始：「言語化の効果（波多野誼余夫・大浦容子・大島純：学習科学）」，日本放送出版協会，113-116，2005.

臼井豊和・松原静郎・堀哲夫：「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*，43(3)，21-28，2003.

Vygotsky, L.S. : 「精神発達の理論（柴田義松訳）」，*明示図書*，88-94，1970.

山下修一・川野治一：「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効果」，*科学教育研究*，27(2)，101-110，2003.

第13章 理科授業の議論過程におけるトランザクティブ ディスカッションの生成を促す教師の介入方略

高垣マユミ・田爪宏二・清水誠

1. 問題と目的

従来、典型的な教室の学習において、教師－生徒間にしばしば見られる談話の構造は、I-R-E シークエンス (Mehan,1979) として構造化されてきた。これは、答えを知っている教師が生徒に発問や質問をし (initiation)、それに生徒が返答し (response)、教師がその返答を評価する (evaluation) というものであり、教師から生徒への知識伝達型の授業に特有の談話構造といえる。ただし、この I-R-E シークエンスの談話構造においては、生徒の発話 (response) に対して、他の生徒が質問したり、評価したり、自らの考えを提示したりするという、生徒どうしの話し合いの可能性が閉ざされてしまう。また、教室における問題解決の目的は、教師の求める答えは何かを考え、その答えに近づくことになるため、生徒どうしが協同的に答えを発見したり、創造したりする可能性も閉ざされてしまう。

しかし、実際の教室の学習場面を考えてみると、教師の話聞くだけでなく、生徒どうしが互いの話を聞き合うことも必要である。そこで、近年、教室の談話構造を見直し、生徒どうしの話し合いを促す新たな談話構造へ移行するためには、IRE シークエンス (Mehan,1979) の E を F (follow-up) に変えるべきであるという見方が示されている。この視点に立てば、教師は、生徒の話す権利と聞く権利を保証し、生徒の発話 (response) を、より大きな声として位置づけ、発言をつなぐ、という介入方略を取る (Wells,1993)。こうした介入方略の典型にリヴォイシング (revoicing) がある。リヴォイシングは、教師のコメント的発話であり、リヴォイシングを用いることで、教師と生徒、生徒どうしが、知識を協同的に構築していく「対話的な議論」が目指される。具体的には、リヴォイシングは、生徒のアイデアを明確化 (clarifying) したり、再定式化 (reformulating) したりする等の役割を果たす。これまでの研究では、リヴォイシングは生徒どうしの話し合いを促進させ、生徒のアイデアを深める有効な介入方略であることが示されている (O' Connor & Michaels,1993 ; Hicks,1995)。

しかしながら、教師は、生徒の発話の「何を明確化し、何を再定式化すればよいのか」ということに対しては、これまでほとんど焦点が当てられてこなかった。実際の教室の学習場面において、この問題を明確化することは、教育実践上きわめて重要であると考えられる。そこで、本研究ではこの問題を明らかにするために、小学校の理科の教科内容に踏み込んで、理科授業の協同学習に即して実証的に検討することを目的とする。

教室の学習場面における話し合いを対象とした先行研究においては、一つの対象 (学習課題や問題状況等) に焦点を向けた話し合い活動の過程において、「個人内葛藤」と「他者間葛藤」の発話が引き起こされることが鍵となって、知識が協同構築されていくことが

実証的に明らかにされている (Perret-Clermont, 1980; Azmitia & Montgomery,1993; Howe, Tolmie, Greer & Mackenzie,1995)。

「個人内葛藤(cognitive conflict)」とは、子ども自身が持っている考え方と対象との間に生じる葛藤であり、双方の間にズレや矛盾点が発見されたときに引き起こされるものである。小学校理科授業の話し合いの場面を考えてみると、小グループで観察・実験を行い、「予測を立てる→データを収集・分析する→理論を構築する」という一連のプロセスを経ながら、自然現象を認識していく。ところが、子どもは大人に比べて、観察・実験を行う前に予測を生成したがることや、生成したとしても、予測を後に得られるデータやデータから導かれる理論と結びつけたり、相互の矛盾点を発見したりはしない、といった特徴をもつため、「個人内葛藤」は容易には引き起こされない(Kuhn, Garcia-Mila, Zohar, & Andersen,1995)。したがって、特に現実を扱う小学校の理科授業においては、対象（現実世界の自然現象）に対する「予測」、観察・実験から得られる「データ」、さらに、データから導かれる「理論」とを結びつけ、相互のズレや矛盾点を明確化し「個人内葛藤」の生成を促したり、さらには「個人内葛藤」を解消するために、新たな理論の再構築に向けて相互の関係性を再定式化したりする教師のリヴォイシングは、重要な役割を果たす可能性が考えられる。

一方、「他者間葛藤(socio-cognitive conflict)」とは、一つの対象を介して、自分の持っている知識や課題解決方略と、他者のそれとの間に生じる葛藤であり、双方のズレや矛盾点が発見されたときに引き起こされる。ところが、子どもは大人に比べて、議論過程において浮き彫りにされた矛盾点をあっさり見過ごしてしまったり、矛盾点を発見したとしても自らの理論の修正に有効に取り入れようとはしない、という傾向を示すため、「他者間葛藤」は容易には引き起こされない(Karmiloff-Smith,1988)。したがって、議論過程において、子どもどうしの持っているアイデアのズレや矛盾点を明確化し「他者間葛藤」の生成を促したり、さらには「他者間葛藤」を解消するために、理論の再構築に向けて複数の視点からのアイデアを再定式化したりする教師のリヴォイシングは、重要な役割を果たす可能性が考えられる。

そこで、本研究では、教師のリヴォイシングが、いかに話し合いを促進させ、子どもたちのアイデアを深めるために有効な介入方略であるかどうかを検討するために、「トランザクティブディスカッション(Transactive Discussion)」の質的分析を取り入れる。トランザクティブディスカッションとは、自分自身の考えをより明確にしたり、相手の考え方や推論の仕方に働きかけ相手の思考を深めるような「相互作用のある対話」を示す(Berkowitz & Gibbs,1983)。近年の心理学の実証的研究においては、トランザクティブディスカッションに焦点を定めた発話内容の質的分析は、知識の協同構成場面における相互作用の状況を解明する、重要な手掛かりになることが示唆されている(Berkowitz & Gibbs,1983; Azmitia & Montgomery, 1993)。これらの研究では、議論過程におけるトランザクティブディスカッションの質的分析を行うことで、知識が協同的に作り上げられていく議論の方向性や、学習者間における認知的変化などの相互作用状況が浮き彫りにされることが実証的に明らかにされている。ゆえに本研究では、議論過程において、他者の考えの矛盾点を明らかにしたり修正したりする発話や、他者の考えを取り込みつつ自分なりに新しい考えを創り出そうとしたりする発話、といった認知的変化の相互作用状況を浮き彫りにするトランザク

ティブディスカッションが促されたかどうかを分析することで、教師のリヴォイシングの有効性を検討したいと考える。

ところで、本研究では、対象授業として小学5年理科の「ものの溶け方」の単元を取り上げるが、「小学校新学習指導要領（文部省,1999）」の小学5年生B(1)における当該単元のねらいは、「物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつようにする」と記述されている。物を水に溶かすとその形は見えなくなるが、目に見えない物の溶け方の規則性についての思考活動を理科授業で追求していくことが、小学5年生の児童にとって重要な課題となっていることが分かる。

しかしながら、従来から当該単元で学習する「目に見えない物の溶け方の規則性」すなわち「溶解時の質量保存」については、子どもたちにとって理解することが困難であり、「溶質(砂糖)を溶媒(水)に溶かしたとき、溶質(砂糖)の重さは軽くなる」と考えている者は、当該単元の授業を未習の5年生では約6割(宗近,2000)、既習の6年生では約2割(平田・井筒・降旗,1985)も存在することが報告されている。こうした現状を鑑み、これまでに「溶解時の質量保存」の理解を促す方法が、「学習教材」や「学習課題」の観点から検討されてきた。例えば、中島・戸北(1998)は、食塩と並列して、水に浮く木片や、水に沈む砂等の学習教材を提示し、「水の中に物を入れたとき、それが浮いていても(浮遊時)、沈んでいても(沈降時)、溶けて見えなくなっても(溶解時)、全体の重さは変わらない」ことを認識させていく過程で、「溶解時の質量保存」の理解がより深められていくことを実証的に示した。また、遠西・横山(1993)は、学習課題の配列に注目し、検討を行っている。現行の教科書に即した学習課題の配列(保存課題→析出課題)に従えば、まず食塩水を作って天秤等で重さが保存されていることを確かめてから、食塩水の一部を蒸発凝固して食塩を取り出し、食塩水中には食塩が保存されていることを理解させている。しかし見えなくなって消滅したと思っていた食塩が忽然と表れるのは不自然であるため、逆の学習課題の配列(析出課題→保存課題)にすれば、「食塩水中には目に見えなくても食塩は存在している」という信念を持った上で、質量保存の法則へと導くことが可能になると提案している。このように、これまでに検討されてきた方法は、「学習教材」や「学習課題」に焦点が当てられている。しかし、とりわけ理科という教科においては、観察・実験を通じた協同学習の話し合い活動が重要であることから、子どもたちの話し合い場面で、教師がどのように介入すれば「溶解時の質量保存」の理解を促すことができるのか、という側面に焦点を当てて検討を行うことは、教育実践を支援する上で、大きな価値を持つと考えられる。

以上の議論を踏まえて、本研究の目的を述べる。本研究の目的は、小学5年理科「ものの溶け方」の単元を取り上げ、溶解時の質量保存に関して子どもたちが保持する素朴な理論を、科学的な理論へと促進する教師の介入方略を考案し、その効果を実証的に検証することである。具体的には、小学校理科の協同学習の話し合い場面における「個人内(個人⇄対象)」と「他者間(学習者⇄学習者)」の相互作用に注目し、これら2つの個人内あるいは他者間の相互作用で生成される学習者のアイデアを、明確化したり再定式化したりする教師の介入方略(リヴォイシング)が、学習者どうしの話し合い活動にどのような影響を及ぼすのかを、探索的に検討する。手続きとしては、クラス全体の討論過程の個々の場面において、学習者間にいかなるトランザクティブディスカッションが生成されたかを、

TABLE 1 ものの溶け方の単元指導計画

時 間	指 導 の ね ら い	学 習 内 容
第1・2時	<p>【事前テスト】 食塩を水の中に入れた時の溶ける様子を興味を持って観察することができる。</p>	<p>【教師の発問】 食塩が水に溶けるときの様子を観察しましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○食塩が溶ける様子を観察し、食塩が水の中でどのような状態にいるのかを、今までの生活体験をもとにして考える。 ○疑問に思ったこと、調べてみたいことなどを整理し、追求したい課題を考える。</p>
第3・4時	<p>食塩水やホウ酸を、溶けなくなるまで溶かし、一定量の水に溶ける食塩やホウ酸の量には、限りがあることを理解することができる。</p>	<p>【教師の発問】 食塩やホウ酸は、水にどれくらい溶けるのかを調べましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○食塩が水に溶ける量には限界があることを定量的に調べる。 ○食塩が水溶液中に存在している証拠や、溶ける限界量があるのはどうしてかを考える。 ○ホウ酸は食塩と違って溶けにくいことを知る。</p>
第5・6時	<p>食塩が水に溶けた後も、食塩の重さは保存され、食塩がなくなっただけではないことを理解することができる。</p>	<p>【教師の発問】 水に食塩を溶かすと、その前後で重さはどうなるのか調べましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○食塩の重さは水に溶けると経るとか、それとも変わらないのか、予測する。 ○予測が正しいか、食塩水の重さを定量的に調べ、検証する。</p>
第7・8時	<p>水の温度を変えると、食塩やホウ酸はどれくらい溶けるようになるかを調べ、結果を表やグラフに表すことができる。</p>	<p>【教師の発問】 水の温度を変えると、食塩やホウ酸の溶け方はどうなるのか調べましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○水の温度を変えながら、食塩やホウ酸の溶け方を定量的に調べる。 ○ホウ酸は食塩に比べて、温度を上げると溶ける量が急激に増えることを知る。 ○温度を変えると、たくさん溶ける理由を考える。</p>
第9・10時	<p>食塩水を少量とって加熱すると、水が蒸発して、その後に食塩の粒が出てくることを理解することができる。</p>	<p>【教師の発問】 水を蒸発させると、食塩は取り出せるのかを調べましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○蒸発させたあとに、何が残るのかを観察する。 ○水溶液を蒸発させると、なぜ溶けた食塩が取り出せるのかを考える。</p>
第11・12時	<p>今までの学習を振り返り、ものを水に溶かした時のものの溶け方の規則性について、理解することができる。</p> <p>【事後テスト】</p>	<p>【教師の発問】 食塩やホウ酸は水の中で、どのように溶けているのかをまとめてみましょう。</p> <p>【児童の活動】 ○食塩やホウ酸は水の中で、どのように溶けているのか、各自の考えをまとめる。</p>

(4) リヴォイシングの枠組み

これまでの教師の介入方略に関する研究の中から、本研究では、先行研究(Wells,1993; O'Connor & Michaels,1996; Hicks,1995)で提示されている「明確化」「再解釈化」「再定式化」という、リヴォイシングの3つのカテゴリーを参考にした。このリヴォイシングの枠組みに依拠し、これを小学校の理科授業に適用した場合の教師の発話、予想される児童の発話等について、授業者と著者が協議しながら、授業を組み立てていった(TABLE 2)。授業者は、授業の準備段階において、著者と共に文献の解釈を行うことから始め、この枠組みを踏まえつつ、授業に際しては学習者の思考の流れにダイナミックに応じながら授業を進めることを試みた。

TABLE 2 理科授業におけるリヴォイシングの枠組み

カテゴリ	定義	発話例
明確化 (clarifying)	<p><個人内の相互作用を促す> 対象に対する「予測」、観察・実験から得られる「データ」、データから導かれる「理論」を結びつけ、相互のズレや矛盾点を明確化する。</p> <p><他者間の相互作用を促す> 子どもどうしの持っているアイデアのズレや矛盾点を明確化する。</p>	<p>T12 : (J に向かって) J の予想と、この実験結果を結びつけながら、なにが納得いかないのか、答えてくれる？</p> <p>T10 : [J と目を合わせて] J が、納得いかないって言うてるよ。確かに、みんなは予想を確かめるために実験したんだよね？</p>
再解釈 (reinterpreting)	<p><個人内の相互作用を促す> 子どもの提案した「予測」、「データ」、「理論」について、他の視点からの解釈の可能性を示す。</p> <p><他者間の相互作用を促す> 子どもどうしが議論しているアイデアについて、他の視点からの解釈の可能性を示す。</p>	<p>T8 : そーゆー一話になってくるか…。うん。なにか、聞いてるとき。分銅とか、計り方のせいにして、(溶けた後に)軽くなると決めつけて、[実験結果を]見ようとしてるんじゃない？</p> <p>T14 : (再解釈化+議論の方向性を提案) ちよっとまって。みんなの考え、どんどん変わっていくから、この辺で整理したいんだけど。いい？(板書しながら)「食塩は見えないけど、食塩水の中にある」っていうのは、クラスの共通の考えで、いいね？で、「食塩の形が変わると重さが変わるのかどうか」の意見が分かれるんだよね。だから、これ[新しい考え方]についても[目を向けて]、話し合ったらいいんじゃない？</p>
再定式化 (reformulating)	<p><個人内の相互作用を促す> 新たな理論の再構築に向けて、「予測」、「データ」、「理論」を無視日付け、相互の関係を再定式化する。</p> <p><他者間の相互作用を促す> 理論の再構築に向けて、子どもたちの複数の視点から見出されたアイデアを再定式化する。</p>	<p>T11 : こういうときは、実験結果を結びつけながら、なぜ予想とちがったか[予想と違う実験結果が出たか]を考えることが、大切！</p> <p>T15 : じゃあ、この辺でみんなの意見をまとめるよ。(板書しながら「食塩水 110g = 水 100g + 食塩 10g」) みんなで、実験結果のわけを考えた。それでなぜそうなるかを考えた。予想では、軽くなるって予想したけども…。食塩は蒸発しないし、[食塩水から]</p>

		何も出ていかないんだから、重さは変わらない。それに、食塩の形が変わっても、どんなに小さく、見えなくらい小さくなくても、そこにあるんだから、重さは変わらない、ってことを「この実験結果は」意味してる。
--	--	--

3. 結果

(1) 事前・事後テストの結果

事前・事後テストで記述させた「食塩の溶解時の質量保存」に対する選択肢と記述内容を分析した結果、個人内にどのような変化が生じたのかを TABLE 3 に示した。

TABLE 3 溶解時の質量保存概念の個人内変化の人数分布

		事後			合計
		軽くなる	変化なし	重くなる	
事前	軽くなる	2(5.7)	24(68.6)	0(0.0)	26(74.3)
	変化なし	0(0.0)	5(14.3)	0(0.0)	5(14.3)
	重くなる	0(0.0)	4(11.4)	0(0.0)	4(11.4)
合計		2(5.7)	33(94.3)	0(0.0)	35(100)

注) 数値は頻度、() 内は総頻度に対する割合を表す。

「食塩の溶解時の質量保存」に対する理由づけは、以下の通りであった。①軽くなる：食塩が溶けて見えなくなるから。食塩が細かくくだけるから。食塩が少しは蒸発すると思うから、等。②変化なし：食塩は溶けて見えなくなっても水中にあるから。食塩は消えるんじゃないで水中で小さな粒になっているから。食塩は細かくなっても重さは変わらないから、等。食塩は水中にあってどこにもいかないから。③重くなる：食塩が水を吸って重くなるから、等。

事前テストでは食塩を水に溶かしたとき、食塩の重さは「軽くなる」と考える者(74.3%)が「変化しない(14.3%)」および「重くなる(11.4%)」と考える者よりも有意に多かった($\chi^2(2) = 26.45, p < .01$; 下位検定は有意水準 5%のライアンの名義水準を用いた多重比較による、以降の χ^2 検定についても同様の手法を用いた)。さらに、事後テストにおける人数を観測度数、事前テストにおける人数を期待度数として χ^2 検定を行った結果、事後テストでは「変化しない」と考える者(94.3%)が事前テストよりも増加し、反対に「軽くなる(5.7%)」および「重くなる(0%)」と考える者は事前テストよりも減少した($\chi^2(2) = 182.95, p < .001$)。

事前テストと事後テストとの間の質量保存の移行について、本研究では「軽くなる→軽くなる」、「軽くなる→変化なし」、「変化なし→変化なし」、「重くなる→変化なし」という4つのタイプがみられた。各タイプ的人数について χ^2 検定を行った結果、「軽くなる→変化なし」という移行タイプの人数が他のタイプのそれよりも有意に多かった($\chi^2(3)$)

=102.91, $p < .01$)。従って、本研究で実践した授業は、子どもたちが授業前に保持していた溶解時の質量保存に対する素朴な理論(「食塩水(食塩+水)の重さは、食塩を溶かした後に軽くなる(あるいは重くなる)」を、科学的な理論(「食塩水(食塩+水)の重さは、食塩を溶かした前後で変わらない」)に変容させる上で有効であることが示されたと言える。

(2) 議論過程における発話事例の解釈的分析

上述したように教授効果が確かめられたが、以下では、クラス全体の議論における学習者間の発話分析を通して、「個人内(個人⇄対象)」と「他者間(学習者⇄学習者)」との相互作用に注目し、これら2つの個人内あるいは他者間の相互作用で生成される学習者のアイデアを、明確化したり再定式化したりする教師の介入方略(リヴォイシング)が、学習者どうしの話し合い活動にどのような影響を及ぼすしたのかを、詳細に解釈していく。事例の選択にあたっては、今回の授業の全発話データの中から、「溶解時の質量保存」に対する理解のプロセス(文脈、経緯等)を、よりの確かかつ端的に読み解くことができる第5時の質量保存の実験を踏まえた、第6時のクラス全体の議論を抽出した。

TABLE 4に示されたように、第5・6時では、子どもたちは「食塩が水に溶けると重さがどうなるかを定量的に調べる」という課題に取り組んでいる。なお、TABLE 4における発話者は、O(発話:O1),L(発話:L1~4),M(発話:M1)の3名のみが、事前テストで「(食塩の溶解時の質量は)変化しない」と解答していた。それ以外の発話者は、全て「(食塩の溶解時の質量は)軽くなる」と解答しており、「溶解時の質量保存」の実験を取り挙げる第5時の時点では、その考えを保持したままであることが推測される。

TABLE 4 クラス全体の議論のプロセス(第5・6時)

-
- T1: (黒板の前に立ち、児童全員を注目させるように大きな声で)(黒板に板書しながら)では、食塩が水に溶けると、食塩水の重さはどうなるかと予想するか?みんなの予想をノートにまとめてください。
- 中略—
- T2: じゃあ、みんなの予想を細かせてくれる?(クラス全体の議論では、教師の指名を受けずに、児童は順次発表していく。)
- A1: たぶん、[食塩水の重さは]軽くなる。
- B1: 私も、((なんとなく))[食塩水の重さは]少し軽くなる気がする。
- T3: なぜ[食塩水の重さは]軽くなると思うの?理由を聞かせて。
- A2: それは、食塩は水に溶けちゃって、重さがなくなるから。
- T4: なぜ、溶けると重さがなくなると思うの?
- A3: あっと、食塩が細かく溶けて…。見えなくなっちゃうから。
- C1: なんか、水と混ぜると、((薄らいでいって))その[食塩の]重さがなくなっちゃうから。
- B2: 水と同じで[空気中に]蒸発するから、重さが軽くなると思う。
- 中略—
- T5: じゃあ、みんなが立てた予想を確かめるために、実験をしましょう。
[各班で実験に取り組んでいる。100gの水に、10gの食塩を溶かし、前後の重さが変わるかどうかを、上皿てんびんで計って調べている。]
- T6: (実験を終えるように、大きな声で指示を出す)はい、実験やめて。黒板に注目。では、今から、実験結果はどうなったか、発表してくれる?
- D1: ぼくたち1班の予想は、全員軽くなるだったけど、[食塩水の重さは]分銅110gとつりあいました。((それで))、もう一回計ったら110gで、同じ結果でした。3回目も110gとつりあいました。
- T7: じゃあ、[食塩水の重さは溶ける前後で]変わらないっていう結果でいい?

- D2: いや。あつと、それは確信できない。分銅さびてたし。
- E1: あの…、上皿でんびんの〔皿の〕上に、分銅のせる位置を変えたら、微妙に〔重さが〕変わったから。
- F1: そう。だから、.本当にそうか〔正確な結果か否か〕分からない。
- G1: それに、ちょっと、葉包紙から〔水に〕入れるとき〔食塩が〕こぼれちゃったから、〔食塩を〕拾って入れたし、((その時))ゴミが入ってる可能性があるから、ゴミの重さがあるかも。
- T8: そーゆー話になってくるか…。うん。なにか、聞いてるとさ。分銅とか、計り方のせいにして、(溶けた後に)軽くなると決めつけて、〔実験結果を〕見ようとしてるんじゃない？
- T9: 実験結果はどうだったか、じっくりと考えてみようよ。1回目も、2回目も、3回目も 110g できりあったんだよね。ここから何か気がついたことはない？
- H1: 何回測っても同じ、ってことは、〔食塩水の重さは〕変わらないって可能性が高いかもしれない…。
- A4: あつと、食塩を入れた分だけ、〔食塩水全体の重さは〕ちょうど増えるんじゃない？〔食塩を〕10g 入れたから、全体は 10g 増える。
- B3: そうか。水の量、((あ、重さと))、食塩の重さを、ただ足せばいいと思う。
- I1: (B の顔を見ながら)そう。だから、水 100g + 食塩 10g = 110g になる。
- J1: でも、なんか納得行かないんだよなー。100 [g] + 10 [g] = 110 [g] って計算でぴったりだからって。それで納得しちゃったら。それって、予想を立てた意味ないじゃん？
- 中略—
- T10: 〔J と目を合わせて〕J が、納得行かないって言うてるよ。確かに、みんなは予想を確かめるために実験したんだよね？
- T11: こういうときは、実験結果を結びつけながら、なぜ予想とちがったか〔予想とちがう実験結果が出たか〕を考えることが、大切！
- T12: (J に向かって)J の予想と、この実験結果を結びつけながら、なにが納得いかないのか、答えてくれる？
- J2: さつきも言った通り、食塩の重さは軽くなる、と予想したんだけど、結果は変わらなかったから…〔納得いかない〕。
- K1: 食塩の重さが、軽くなるっていうけど、((だいたい))その重さはどこに行くんですか？
- J3: それは、本当にそうかわからないけど、水とか、常に蒸発するじゃん。だから、食塩も蒸発すると思う。
- Cn: えー？〔食塩が〕蒸発する！
- T13: みんな、分かる？こういう意見が出ましたよ。
- L1: どこに蒸発するんですか？
- J4: 空気中。
- L2: じゃあ、この空気の中には、塩があるってことですか？
- J5: それは…、なんて言ったらいいかなあ。
- M1: B に反対意見！〔食塩を〕入れて何秒かしないうちに蒸発して、水蒸気みたいに空気に入る、なんてことあり得ないと思います。
- L3: 賛成。冬だし、100℃以上じゃないし、そんな一瞬で蒸発するわけないと思います。
- J6: あー、やっぱ、ちがうな…。
- N1: あつと、私も J とはちがって、〔食塩は〕蒸発はしないと思うけど、食塩の粒が小さくなって、溶けて消えたから、重さは((少しは))軽くなる気がする…。
- O1: でもさー、たしかに食塩は水に溶けると、どんどん形が変わって見えなくなるけど、そこにはあるわけじゃん。
- L4: そう。食塩は、どっかに消えちゃうわけじゃないんだよ。水の中にあるんだよー。
- P1: なんか、話がまとまらないね。
- J7: こんがらがってきた。
- 中略—
- T14: ちょっとまって。みんなの考え、どんどん変わっていくから、この辺で整理したいんだけど。いい？(板書しながら)「食塩は見えないけど、食塩水の中にある」っていうのは、クラスの共通の考えで、いいね？ で、「食塩の形が変わると重さが変わるのかどうか」の意見が分かれてるんだよね。だから、これ〔新しい考え方〕についても〔目を向けて〕、話し合ったらいいんじゃない？

K2: 私は、形が変わっても、重さは変わらないと思う。だってねえ、おせんべいで考えたんだけど、おせんべいこなごなにすると形は変わるけど、あわせれば重さは変わらないでしょ。

A5: そっか。食塩くだけでも、重さは変わらないし。鼻息では飛ぶけど。

Cn: あははは…。

J8: 全然、思いつかなかった。

Q1: 形が変わっても、重さは変わらないってこと？

B4: そっか。[食塩は] 見えないくらい、こまかくしても、つぶしても、すごく小さくなくても((そこに))あるわけだし。重さは変わらない。

J9: ああ…、考え変わった。どっかに重さがなくなるなんて、あり得ないし。

R1: つまり、どんなに形が変わっても、そこにある限り、重さは変わらない…。

T15: じゃあ、この辺でみんなの意見をまとめるよ。(板書しながら「食塩水 110g = 水 100g + 食塩 10g」) みんなで、実験結果のわけを考えた。それでなぜそうなるかを考えた。予想では、軽くなるって予想したけども…。食塩は蒸発しないし、[食塩水から] 何も出ていかないんだから、重さは変わらない。それに、食塩の形が変わっても、どんなに小さく、見えないくらい小さくなくても、そこにあるんだから、重さは変わらない、ってことを [この実験結果は] 意味してる。

注) 数字は発話番号、T は教師の発話、A ~ R は児童の発話を示す。なお、.()内は発話者の行為、[] は分析者による補足、(())内はよく聞き取れない発話、一は母音の引き延ばし、…は短い沈黙、?は上昇音調、!は語尾の強調、Cn は複数の児童を示す。なお、概念変化のプロセスを示し得る発話に、アンダーラインを引いた。

① まず、個人内(intramental)の相互作用におけるリヴォイシングの効果に注目して分析を行う。事前テストの結果から明らかにされたように、子どもたちの多くは、「食塩水(食塩+水)の重さは、食塩を溶かした後に軽くなる」と予測している(A1 ~ C1)。自分たちの予測と実験データ(「食塩水(食塩+水)の重さは、食塩を溶かした前後で変わらない」とが噛み合わなかったため、子どもたちは何回も秤量実験を繰り返し、予測を検証する作業を行った(D1)。そして、予測と実験データの不一致の問題の整合性を図るために、実験者の実験技術の未熟さや(F1,G1)、実験器具の精度の低さ(D2,E1)に原因を見出していった。

一連の議論をじっと聴いていた教師は、このとき、得られた実験結果を「明確化」しつつ(T7)、反証事例(予測に反する事例)のデータに対しては、否定的な視点からのみ判断するのではなくデータの妥当性を探究する視点にも目を向けるようにと、「再解釈化」するリヴォイシングを行った(T8,T9)。その結果、視点の転換が図られ(予測の側からデータの側へ)、これまでの自分の「経験」を踏まえた「直観」に基づく判断から(A1 ~ C1)、秤量実験から算出された「定量的」な数値に裏付けられた「実証的」な根拠に基づく判断(A4,I1)、何度も秤量実験を繰り返した結果、同じデータが得られたという「反復性」に基づく判断へと(H1)、判断の基準が質的に変化していった。

さらに、教師は、自らの理解状態を模索しながら困惑してしまっている状態の「個人内葛藤(cognitive conflict)」の発話を拾い上げ、学習者の葛藤を理解し易い形に「再定式化」したり(T11)、予想とデータを結びつけ両者の関係性を「明確化」するリヴォイシングを行った(T12)。

② 次に、他者間(intermental)の相互作用におけるリヴォイシングの効果に注目して分析を行う。第6時の後半の局面では、各個人が支持する理論がバラバラに主張されている(J2 ~ J7)。そもそもクラス全体の議論では、異なるさまざまな意見が同時に出されるため、

無前提・無条件には協同的な議論は成立しない。

そこで教師は、この文脈において、生成された複数の理論を整理することで、議論の方向性を制御した。具体的には、生成された理論間において「共通理解できていること（溶質（食塩）は見えなくなっても存在する）」を整理し、「共通理解できていないこと（溶質（食塩）は形が変わると重さが変わるのか否か）」の視点からの「再解釈」の可能性を示唆し、新たな議論の方向性を提案した(T14)。その結果、対峙している理論間の矛盾点を省察の対象として、相手に疑問をぶついたり(Q1)、納得を表明したりする発話(A5,J8)や、自分の理論と照らし合わせながら、他者の示した新しい理論の納得できる根拠を受け入れようとする発話(B4,J9)や、さらには、いくつかの理論を統合して、新たな視点からの提案を示す発話(R1)等が生成された。

これらの「他者間葛藤(socio-cognitive conflict)」の発話が促され、ダイナミックに変化する議論の流れの中で、教師は、「重さの保存＝水溶液の質量は、溶質と溶液の質量の和になる」から「物質の保存＝(溶質の形態の変化に関わらず)水溶液中に物の出入りがなければ、質量は自然には増減しない」へと理論を「再定式化」するリヴォイシングを行った(T15)。

4. 考 察

これまでに、理科授業においては、単に観察・実験の活動を行わせるよりも、子どもどうしの話し合い活動を取り入れることによって、観察された事実がより深く理解されることが示されている。ただし、子どもどうしの話し合いに、「正答を知っている」大人が介入した場合、子どもは大人の気に入る正答を早く見つけようとしてしまい、相互交渉が深まらないことが指摘されている(波多野・稲垣,1984)。

しかし、先述したように、「正答を知っている」大人（教師）であっても、「リヴォイシング」という介入方略を行うことによって、相互交渉が促進され得ることが示されている(O' Connor & Michaels,1993 ; Hicks,1995)。しかしながら、これらの研究では、実際の教室の話し合いの場面において、教師は子どもの発話の「何を明確化し、何を再定式化すればよいのか」ということに対しては十分に明らかに示されてこなかった。この問題を実証的に検討するために、本研究では、現行の小学校理科の「ものの溶け方」の教科内容に踏み込んで、観察・実験を通じた協同学習の話し合い場面において「個人内（個人⇄対象）」と「他者間（学習者⇄学習者）」の2つの相互作用で生成される児童のアイデアを、教師のリヴォイシングによって明確化したり再定式化する介入を試みた。その結果、本研究によって、以下に示す新たな知見が見出された。

(1) 個人内(intramental)の相互作用におけるリヴォイシングの効果

小学校理科教育における観察・実験の場面では、「予測を立てる→データを収集・分析する→理論を構築する」という一連のプロセスを経ながら、自然現象が認識されていく。このとき、「予測」とは、これからどのような現象が起こるかを考えることであり、これに対し「理論」とは、予測と一致するあるいは一致しない現象に直面した時に、なぜそのような現象が起こったのかを検証するために、観察・実験を繰り返して、蓄積した「データ」を根拠にしながら考えていくことである(Herrenkohl, Palincsar, DeWater, &

Kawasaki,1999)。

しかし、先行研究(Kuhn et al.,1995)において示されてきたように、本研究で行った理科授業においても、子どもたちは「予測」「データ」「理論」の関係を積極的に探索しようとはしなかった。具体的に見出された行為として、自らが生成した予測と、観察・実験によって得られたデータとが一致しなかった場合には、データよりも予測を優先しようとする理由づけが生成された(D2,E1,F1,G1)。そこで、教師はこうした学習者の状況に応じて、個人内の相互作用を促す「明確化」「再解釈化」「再定式化」のリヴォイシング(TABLE 2)を行った。

その結果、議論過程における瞬時瞬時の発話の中に、それまで固執していた素朴な理論(「予測」と反証事例(「データ」とを結びつけて考えようとする発話(H1,J2)や、定量的な測定を繰り返し得られた「データ」を根拠に、自分なりに新しい考え(科学的な「理論」)を創り出そうとする発話(K2,R1)等が生成され、判断の基準が質的に変化していった。これらの発話は、それまで固執していた素朴な理論に疑問を抱き、反証を試みようとする「個人内葛藤」を表しており、「自己を変化させる(self-transform)方向性」(Brion-Meisels & Selman,1985)を持つトランザクティブディスカッション(TD: Transactive Discussion)が見出されたと言える。

(2) 他者間(intermental)の相互作用に対するリヴォイシングの効果

科学の領域において、科学的思考に熟達した科学者たちは、考案した理論を意図的に複数の視点にさらし、幾度も議論を繰り返すプロセスを通して、理論をより精緻化させていく。こうした科学者の理論構築のプロセスは、教室の文脈においても同様に重要であろう。しかし、教室の議論の場において、子どもたちは、自分が真実であると信じている過去の経験や観察に固執し、矛盾点を指摘されても自らの理論を容易には修正しなかったり(J3,J5)、他者によって提示された実験データに基づく数値に裏付けられた理論に対して、それとは異なる自らの既存の理論と対峙させることなく受け入れてしまったりする、という傾向を示した(A4,B3,I1)。そこで、教師はこうした学習者の状況に応じて、他者間の相互作用を促す「明確化」「再解釈化」「再定式化」のリヴォイシング(TABLE 2)を行った。

その結果、ダイナミックに変化する議論の流れの中で、対峙している理論間に矛盾点を見出した場合、その矛盾点を明らかにしたり修正したりする発話(M1, L3)や、自分の理論と照らし合わせながら、他者の示した新しい理論の納得できる場合にはそれを部分的に受け入れようとする発話(B4,J9)等が生成された。これらの発話は、学習者間に生じる「他者間葛藤」を表しており、「他者を変化させる(other-transform)方向性」(Brion-Meisels & Selman,1985)を持つトランザクティブディスカッションが見出されたと言える。これらのトランザクティブディスカッションの発話の生成により、より精度の高い科学的理論が協同構築されていく議論が成立したと考えられる。

(3) 本研究の限界と今後の課題

最後に、本研究の方法上の限界を述べる。

本研究の授業者は、これまで、授業において子どもたちの発話の「何を明確化し、何を再定式化すればよいのか」ということに対しては、ふだんは明確な介入方略を意識してこなかった。しかし、今回の授業では、事前の準備段階を経験したことで、例えば、子どもたちが予想と反する反証事例に対して否定的な解釈をし始めた場面では、「再解釈化」の

介入方略を採用する文脈であると意識化することができたため、T8,T9 のリヴォイシングを行った結果、子どもたちに実験データの妥当性を探究する視点に目を向けさせることができたと評価している。また、子どもたちが多様に発想した考えを統合する場面では、「再定式化」の介入方略を採用する文脈であると意識化することができたため、T15 のリヴォイシングを行った結果、子どもたちの多様な考えを引き合いに出して共通理解を得ながら、質量保存の概念を理解させることができたと評価している。

しかしながら、一方で、T8,T9 のリヴォイシングを授業者以外の他者の立場から見た場合、この文脈では、児童なりに反証事例に関する否定的な視点に基づく解釈を出し始めたのだからこうした発言を見守る方が望ましいのではないか、授業者は児童に視点の転換(予測の側からデータの側へ)を誘導したのではないか、という見方も成り立つかもしれない。また、T15 のリヴォイシングを授業者以外の他者の立場から見た場合、児童が多様に発想した考えを教師の視点から一方的に統合してしまっているのではないか、換言すれば、授業者は児童に知識を伝達してしまっているのではないか、という見方も成り立つかもしれない。こうした事態は、授業者と授業者以外の者との授業に対するスタンスの違いから生じるものであり、そもそも、実践の現場において現象を捉えることの、無条件の一般化はなしがたい(本山,2004)。

しかしながら、こうした方法上の問題点を差し引いても、本研究では、小学校理科の協同学習の話し合い場面における「個人内(個人⇄対象)」と「他者間(学習者⇄学習者)」の相互作用に注目し、これら2つの個人内あるいは他者間の相互作用で生成される学習者のアイデアが、いかなる「教師の介入方略(リヴォイシング)」によって促進され、協同構築され得るのかを具体的に提示した点で、教育実践の支援に寄与するものと考えられる。

今後は、小学校5年理科「ものの溶け方」の授業という限定された一事例を通して得られた知見を足がかりに、授業者の介入方略のスキルの向上が求められることも視野に入れながら、さらなる検討を積み重ねていくことで、教師のリヴォイシングの効果をより明瞭に示すことができると考える。

引用文献

- Azmitia, M., & Montgomery, R. 1993 Friendship, transactive dialogues, and the development of scientific reasoning. *Social Development*, 2, 202-221.
- Berkowitz, MW., & Gibbs, JC. 1983 Measuring the developmental features of moral discussion. *Merrill-Palmer Quarterly*, 29, 399-410.
- Brion-Meisels, S., & Selman, R.L. 1985 The adolescent as interpersonal negotiator: Three portraits of social development. In M.W. Berkowitz & F. Oser (Eds.), *Moral Education: Theory and application*, Hillsdale, NJ: L. Erlbaum, Pp. 369-383.
- 波多野 誼余夫, 稲垣 佳世子 1984 知力と学力—学校で何を学ぶか— 岩波新書
- Herrenkohl, L.R., Palincsar, A.S., DeWater, L.S., & Kawasaki, K. 1999 Developing scientific communities in classrooms: A sociocognitive approach. *The Journal of the Learning Sciences*, 8, 451-493.
- Hicks, D. 1995 Discourse, learning and teaching. *Review of Research in Education*, 21, 49-95.

- 平田昭雄・井筒みほ・降旗勝信 1985 小学生における重さの保存概念形成の学年推移に関する調査研究 東京学芸大学紀要, 37, 93-104.
- Howe,C.J., Tolmie, A., Greer, K., & Mackenzie, M. 1995 Peer collaboration and conceptual growth in physics: task influences on children's understanding of heating and cooling. *Cognition and Instruction*, 13, 483-503.
- Karmiloff-Smith 1988 The child as a theorician not an inductivist. *Mind and Language*, 3, 195-212.
- Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., & Andersen, C. 1995 Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Societies for research in child development*, 60, 1-128.
- Mehan, H. 1979 *Learning lessons: Social organisation in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- 文部省 1999 小学校学習指導要領解説理科編.
- 本山方子 2004 小学3年生の発表活動における発表者の自立過程－「声が小さい」ことの問題化と「その子らしさ」の発見を中心に－ 質的心理学研究,3,49-75.
- 宗近秀夫 2002 小学生の溶解認識における概念変容の研究 理科教育学研究, 43, 1-13.
- O'Connor,M.K., & Michaels,S. 1993 Aligning academic task and participation status through voicing :Analysis of classroom discourse strategy. *Anthropology and Education Quarterly*, 24, 318-335.
- 中島稔・戸北凱惟 1998 葛藤教材の同時提示による溶解時の質量保存に関する学習者の理解 理科教育学会研究, 39, 31-39.
- Perret-Clermont,A.N. 1980 *Social Interaction and Cognitive Development in Children*. Academic Press. London.
- 遠西昭寿・横山治郎 1993 水溶液における重さの保存に対する子どもの考え 理科教育学会研究 33, 91-99.
- Wells, G. 1993 Reevaluating the IRF Sequence: A proposal for the articulation of theories of activity and discourse for the analysis of teaching and learning in the classroom. *Linguistics and Education*, 5, 1-38.

第 14 章 観察時に生徒が演繹的に学習に取り組む効果

－花のつくりの学習を事例に－

清水 誠・山浦麻紀

I. 問題の所在

スケッチされたタンポポの花のたりない部分を書き加えて、つくりを完成させる問題(花卉のみが描かれており、そこに、おしべ、めしべ、がくを書き込む問題)を出題した埼玉県公立高等学校入学者選抜学力検査(1996)では、正答率が3.4%と低い。また、2004年4月に国立大学法人S大学教育学部の2年生(幼児教育専修及び国語、社会科専修の122人)に対して同問題の問い方の一部を変え、「図は、タンポポの1つの花を途中までスケッチしたものです(花卉のみが描かれている)。何をつけたす必要がありますか。つけたす必要があるものを言葉で書きなさい。また、たりない部分を書き加えて図を完成させなさい。」と設問した調査の結果は、言葉で書きなさいという質問に対する完全な正答者は7.4%、図の正答率に至っては0%であった。学習したにもかかわらず、科学的な概念の形成が図られていない生徒や大学生が多くいることが分かる。

こうした問題に対し、川上・杉浦¹⁾、川上・多鹿²⁾、多鹿・川上³⁾は、小学校の第3学年、第5学年、中学校第1学年の児童・生徒を対象にした花のつくりの学習について一連の研究を行っている。その中で、「花の形態に関する進化の法則を与えることで、被験者は未学習の花について高い理解を示した」⁴⁾とし、先行オーガナイザが有効に働くことを見いだしている。先行オーガナイザを与えることの効果については、Ausubelら⁵⁾やLewton⁶⁾らによっても報告されてきた。一方、小林・秋吉・山田は、花のつくりの観察を通してその一般化を行い、「花のつくりの規則性に気づかせることにより他の花の観察に応用できるようになる」⁷⁾とし、演繹的な指導の必要性を述べている。また、小林・山田は、「花のつくりの学習では、どのような共通点と規則性があるのかといった枠組みを生徒に与えることが必要である」⁸⁾とする。しかしながら、先行オーガナイザを使った有意味受容学習や演繹的な学習方法は、今日の理科授業の中ではほとんど実施されていないのが現状である。2002年発行の中学校理科教科書、東京書籍⁹⁾、大日本図書¹⁰⁾、学校図書¹¹⁾、教育出版¹²⁾、啓林館¹³⁾に記載された「花のつくり」の学習の観察の課題提示をみると、表現の違いはあるがいずれも「いろいろな花のつくりを調べよう」とあり、花の各部分を外側にあるものから順にとり、セロハンテープに貼ってから台紙にはりつけ、共通するつくりについて考えるというものである。そこには、川上らが提案する花のつくりを学習するために有効とする先行オーガナイザを与える記述はみられない。また、教科書が採用する観察方法は、帰納的に観察する方法であることが分かる。

川上らや小林らの研究の成果からは、花のつくりについての概念形成が図られにくい原因として、従来から学校の理科学習で行われてきた帰納的に学習する方法に問題があるの

ではないかと考えることができる。しかしながら、川上らや小林らの研究に共通する授業方法は、教師が学習する内容について必要な基本的な法則や規則性を事前に与え、あるいは指導した後に観察するといったものであった。吉本は、「授業は一方からみれば、徹底的に教師の指導活動であり、他方からみれば、徹底的に子どもの能動的な学習活動である過程として組織されねばならない」¹⁴⁾とする。また、近年の教授学習研究に大きな影響を与えている状況的認知において、稲垣は基本的な考え方の1つを「知的な行為は、主体による状況的な行為の中に埋め込まれたプロセスである」¹⁵⁾とする。このような学習の主体は生徒であるとする考えが学校教育の中では根強いことが、有意味受容学習や小林らが有効であるとする演繹的な指導方法が教科書等に取り上げられてこなかった一因であると考えられる。そこで、本研究では、先行の研究成果と学習者が主体とする考えを踏まえ、学習の主体である生徒自身が仮説を立て、立てた仮説についての論理的な結論を説明し、観察を行い、結論を導き出すといった演繹的な学習方法を組織し、授業を実施することの有効性を検討する。

なお、本研究では、演繹的に学習するとは学習対象に関する背景知識を用い、学習課題に対して検討すべき仮説を立て、この仮説から論理的な結論を導き、観察や実験により、真となる結論を導き出す方法。帰納的に学習するとは、いくつかの観察事例から一般的帰結を導き、帰納的一般化を図る方法と定義した。

II. 研究の方法

1. 演繹的に学習する群と帰納的に学習する群の設定

学習の主体者である生徒が演繹的に学習する方法を取り入れた授業を行うことの有効性を調べるため、演繹的に学習する群と帰納的に学習する群を設定した。演繹的に学習する群（以下、演繹群と呼ぶ）とは、学習課題に対し自分なりの仮説を立て、立てた仮説についての理由を説明をさせたうえで、いろいろな花を観察し、結論を導き出す授業を行ったクラスである。帰納的に学習する群（以下、帰納群と呼ぶ）とは、「いろいろな花のつくりを調べてみよう」という学習課題に対し、花を観察し、観察を通してつくりの共通性を発見させる授業を行ったクラスである。

2. 研究対象

(1) 調査対象

調査は、埼玉県内の公立中学校1年生を対象とした。対象者数は、179人（演繹群3クラス：108人、帰納群2クラス：71人）である。

(2) 調査

授業は、2004年4月28日に実施した。対象となる授業は、いずれも共同研究者の山浦が50分で行い、清水は参与観察をした。

(3) 両群の等質性

両群の等質性は、学習前の2004年4月に質問紙により調査を行った。質問紙は、「花のつくり」について直接質問することによる学習への影響を考え、指導計画で次の時間の学習に位置づけられている「花の働き」の学習に関わる問いを用意した。質問内容は、本

授業観察で扱うツツジ・オオアラセイトウ・フジと同じグループに分類されるツツジ、アブラナ、エンドウに加え中学校では扱わないイネ科のムギを挙げ、この4つの植物について花が咲くか、咲かないかを尋ねたものである。結果は、表1のようであった。それぞれの植物について、花が咲かないと判断した生徒の数を2×2の直接確率計算で調べるとツツジ(両側検定：p=0.99)、アブラナ(両側検定：p=0.38)、エンドウ(両側検定：p=0.46)、ムギ(両側検定：p=0.54)となり、いずれの植物についても両群で有意な差は見られなかった。このことから本研究で取り上げた演繹群と帰納群は、花についての知識については、ほぼ等質な集団と考えた。

表1 両群の等質性(花が咲かないとする生徒の数)

	ツツジ	アブラナ	エンドウ	ムギ
演繹群 (N=108)	14	2	26	62
帰納群 (N=71)	9	3	13	37

注. 演繹群, 帰納群の単位は, 人数。

3. 授業の概要

(1) 演繹群の授業

学習を進めるにあたっては、図1に示すワークシートを生徒に配布し、これに基づいて学習を行わせた。授業は、教師が始めに、小学校で学習したアブラナの花のつくりについて生徒に発表させ、めしべ、おしべ、はなびら、がくからできていたことを確認した。その後、教師から「他の花もアブラナと同じような花のつくりをしているのだろうか」と課題を提示し、他の花でもつくりは同じようになっているのか自分の仮説を立てさせ、その理由も考えさせた。本研究で仮説の設定に配慮した点は、生徒が持っている背景知識をもとに仮説を立てさせたことにある。なお、生徒のワークシートには仮説とは記述せず、それまでの授業で使用していた予想という言葉で記述してある。

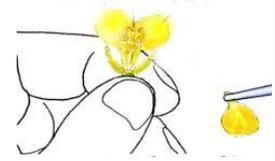
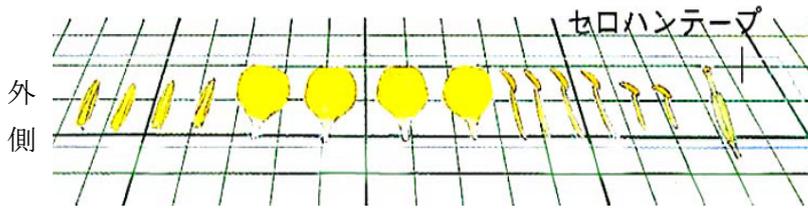
次に、立てた仮説と理由についてグループで話し合いをさせることで、他者の考えに触れさせ、論理的な結論の吟味を行い、結論をだした。その後、生徒はワークシートにある観察方法に従い花を観察し、結果をもとに考察を行い、それをワークシートに記述した。

最後に、授業者が花の構成と順序についてのまとめを行った。

花の観察は、4人1グループで、ツツジ・オオアラセイトウ・フジ・トルコキキョウの4種類の花を観察した。

1. 課題 「他の花もアブラナと同じような花のつくりをしているのだろうか。」
2. 予想
なぜ、そのように思ったかという・・・
<グループでの話し合いの結果をまとめておこう>
3. 方法
 - ① 用意された4種類の花の中から、1人1種類を選ぶ。
 - ② 外側から花を順番に分解する。

- ③ 下の図を参考にして、分解したものを外側から順番に、セロハンテープで厚紙に貼る。



4. 結果

(班の仲間の結果も聞きながら、花を分解して気付いたことをまとめよう。)

5. 考察

(観察の結果をもとに、4つの花に共通していることを班の仲間と話し合ってみよう。)

図1 演繹群のワークシート

(2) 帰納群の授業

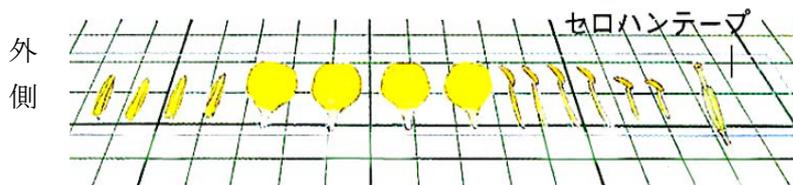
学習を進めるにあたっては、図2に示すワークシートを生徒に配布し、これに基づいて学習を行わせた。

授業は、演繹群と同じように、教師が始めに、小学校で学習したアブラナの花のつくりについて生徒に発表させ、めしべ、おしべ、はなびら、がくからできていたことを確認し

1. 課題 「花は、どのようなつくりをしているのだろうか。いろいろな花を観察しよう。」

2. 方法

- ① 用意された4種類の花の中から、1人1種類を選ぶ。
- ② 外側から花を順番に分解する。
- ③ 下の図を参考にして、分解したものを外側から順番に、セロハンテープで厚紙に貼る。



4. 結果

(班の仲間の結果も聞きながら、花を分解して気付いたことをまとめよう。)

5. 考察

(観察の結果をもとに、4つの花に共通していることを班の仲間と話し合ってみよう。)

図2 帰納群のワークシート

た。その後、教師から「花は、どのようなつくりをしているのだろうか。いろいろな花を観察しよう。」と本時の課題を提示し、ワークシートにある観察方法をもとに、花を分解させた。演繹群との大きな違いは、花のつくりについて予想させ自分の考えや他者の考えをもとに自らの考えをワークシートに外化させていないことである。観察した花は、演繹群と同じ4種類の花である。生徒はワークシートにある観察方法に従い花を観察し、結果をもとに考察を行い、それをワークシートに記述した。

最後に、演繹群と同じように、授業者が花の構成と順序についてのまとめを行った。

4. 調査内容

平成10年改訂の中学校学習指導要領¹⁶⁾にある花の学習で学ぶ内容は、基本的なつくりの特徴を見いだすことである。さらに、中学校学習指導要領(平成10年12月)解説—理科編—では、「花がその中心から、めしべ、おしべ、はなびら、がくの順に構成されていることを理解させる」¹⁷⁾とある。そこで、演繹的に学習する方法を取り入れた授業を行うことの有効性については、花はめしべ、おしべ、はなびら、がくの4つの部分からなるといった構成とその順序について概念獲得をした生徒数を基準に調査することにした。調査は、学習中及び学習2ヶ月後に行った。

学習中の調査は、授業で配布した図1、2のワークシートの考察の記述により行った。

2ヶ月後の調査は、図3で示したような質問紙により行った。質問紙は、埼玉県公立高等学校入学者選抜学力検査(1996)を改変し作成したものである。なお、演繹群、帰納群ともに本授業以前にはタンポポの花のつくりの観察は行っていない。質問紙を配布する際に、共同研究者の山浦がタンポポの花はたくさんの花の集まりであり、図3に示す花がタンポポの1つの花であることを説明した。

タンポポの花は、たくさんの花が集まってできています。右の図は、タンポポの1つの花をとりだして、途中までスケッチしたものです。

- (1) あと、何をつけたすと完成しますか。つけたすものを言葉で書きなさい(言葉で記述)。
- (2) 足りない部分を加えて、右の図のタンポポの花を完成させなさい(図で記述)。

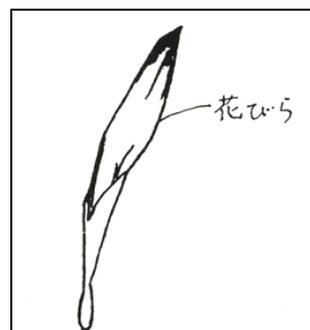


図3 質問紙

Ⅲ. 結果とその分析

1. 演繹群の生徒の予想の欄の記述

演繹群の生徒が、「他の花もアブラナと同じような花のつくりをしているのだろうか」という課題提示に対し、ワークシートの予想の欄に記述した内容をみると、花のつくりは同じであるとする生徒は76人(70.4%)、同じではない(同じものも違うものもあるを含む)とする生徒は32人(29.6%)であった。7割の生徒が、花のつくりは同じであると

考えたことが分かる。

同じであると考え理由として最も多かったのは、「めしべ、おしべがないと種子ができない（受精できない）」で 21 人（19.4 %），続いて「花は、つくりはすべて同じであると思う」が 19 人（17.6 %），「同じ花だから」が 11 人（10.1 %），その他となっていた。予想に対する理由は、花の働きと結びつけて説明している生徒が最も多いことが分かる。一方で、花のつくりと働きとの関係までを関連させて記述することができた生徒は、生徒同士のみでの話し合いでは約 2 割と少ないということも分かる。その他の記述には、花の進化の過程に関係する記述は見られなかった。

また、同じではないとする生徒は、「いろいろな植物があるから」といった理由が 14 人（13.0 %）と最も多く、小学校で学習したヘチマにはお花とめ花からできていたことを理由に挙げる生徒も 4 人いた。

2. 生徒の考察の欄の記述

生徒が 4 つの花に共通していることをワークシートに考察した記述をまとめたものが表 2 である。

なお、表中に示した「構成」の正答とは、「花は、めしべ、おしべ、はなびら、がく」からできていると記述されたものである。また、「順序」の正答とは、「花は、その中心からめしべ、おしべ、はなびら、がく」からできていると記述されたものである。「構成」の誤答には、記述はあるが、めしべ、おしべ、はなびら、がくのいずれか一部しか記述されていないものも含まれる。不十分な記述を誤答とした理由は、中学校学習指導要領（平成 10 年 12 月）解説—理科編—¹⁸⁾ や教科書¹⁹⁾ の記述で、花の構成は 4 つの部分からなるとしているためである。また、「順序」の誤答には、構成の誤答と同じように、おしべがめしべを囲んでいるやおしべのまん中にめしべがあるといった不十分な記述が含まれる。

表 2 花のつくりについての気づき

	演繹群 N=108		帰納群 N=71	
	構成	順序	構成	順序
正答	64	29	13	10
誤答	33	20	52	31
無答	11	59	6	30

注. 単位は、人数.

花の構成について、演繹群と帰納群の正答者数と誤答及び無答を合計した生徒数について、 2×2 の直接確率計算で比較してみると、有意な差が見られることが分かる（両側検定： $p=0.00$ ）。また、順序についても演繹群と帰納群の正答者数と誤答及び無答を合計した生徒数について、 2×2 の直接確率計算で比較してみたところ両側検定では有意な傾向（ $p=0.06$ ）が見られ、片側検定（ $p=0.03$ ）で有意な差が見られた。花のつくりの概念を獲得するには、学習課題に対し自分なりの仮説を立て、仮説について説明をさせた演繹的な学習方法のほうが帰納的な学習方法に比べ有効であるといえる。

なお、順序については帰納群の無答者（42.3 %）に比べ演繹群の無答者（54.6 %）が多

いが，無答者と無答者以外について， 2×2 の直接確率計算で比較してみたところ有意な差 ($p=0.13$) は見られない。

3. 2ヶ月後の質問紙の記述

タンポポの花を図示し，「あと何をつけたすと完成しますか」という質問に対する正答者数（完全正答）を示したものが表3である。

表3 2ヶ月後の質問紙の正答者数

	言葉で記述	図で記述
演繹群 N=108	46	39
帰納群 N= 71	14	6
大学生 N= 74	9	0

注. 単位は，人数.

なお，「言葉で記述」では，表2と同様に，めしべ，おしべ，はなびら，がくからできていると完全正答されたもののみを正答としている。また，「図で記述」では，実際のタンポポのめしべ，おしべ，がくと同じ形でなくても，生徒がめしべ，おしべ，がくを意識して図示している場合には正答としてある。表中の大学生とは，問題の所在で示したS大学の2年生に対し，中学生と同じ質問紙により調査した結果である(学習2ヶ月後の結果ではない)。

演繹群と帰納群の正答者数とそれ以外について 2×2 の直接確率計算で比較してみたところ，言葉による記述（両側検定： $p=0.00$ ）も図での記述（両側検定： $p=0.00$ ）も演繹群が帰納群に比べ有意に多いことが分かる。この結果からは，演繹的な学習方法で学習したほうが，花のつくりについての概念を長期にわたり獲得しており，観察したことがないタンポポに対しても花の観察で見いだした花の基本的なつくりの特徴を適用することが分かる。

IV. 考察とまとめ

生徒が学習中にワークシートに記述した考察や2ヶ月後の質問紙の結果からは，本実験授業でデザインした演繹的な学習方法は，帰納的な学習方法に比べ，花のつくりについての概念をより多くの生徒に形成できるということが分かった。本事例からは，学習の主体である生徒自身が仮説を立て，立てた仮説についての論理的な結論を説明し，観察を行い，結論を導き出すといった演繹的な学習方法を組織することが，花のつくりについての概念を獲得していくための有効な指導方法の1つになり得るといえる。

しかし，花がその中心からめしべ，おしべ，はなびら，がくといった順に構成されていることについては，無答者が演繹群であっても半数近くと多い。たとえ，本学習にあるように教師が暗に「外側から花を順番に分解する」とワークシートの観察方法で示したとしても，構成に比べ順序に気づく生徒は少ない。こうした理由として，生徒は学習課題に対し，小学校5年生で学習した背景知識を使って花の構成について仮説を立てられたが，背

景知識にはない順序までは仮説を立てることができなかった。予想の欄の記述に見られるように、学習課題を花の働きと結びつけた生徒はいたが、花の順序が決まっているはずだといった見方や考え方を持てた生徒は少なかったためではないかと考える。演繹的に学習する場合の背景知識の重要性と仮説設定のための課題提示の工夫の必要性が示唆される。

また、予想の欄の記述からは、演繹群の多くの生徒が花のつくりは同じであるとする考えを持って花の観察をしたことは推測できるが、仮説についての妥当な論理的結論までも説明できた生徒はその理由が書かれた記述をみると少ない。仮説についての論理的結論を多くの生徒が導き出せるようになるため、教師が生徒にどのように関わればよいかを明らかにすることは今後の課題としたい。

引用文献

- 1) 川上昭吾・杉浦義徳：「3年花のつくり」における先行オーガナイザの効果に関する実証的研究，日本理科教育学会研究紀要 25, 15-25, 1985.
- 2) 川上昭吾・多鹿秀継：「理科教授における先行オーガナイザの効果 第1報—中学校第1学年，花のつくりの学習において—」，日本教科教育学会誌 12, 75-80, 1987.
- 3) 多鹿秀継・川上昭吾：「理科教授における先行オーガナイザの効果 第2報—小学校第5学年，花のつくりの学習において—」，日本理科教育学会研究紀要 29(1), 29-37, 1988.
- 4) 前掲書 3)
- 5) Ausubel, D.P., Novak.J.D. & Hanesian, H. : Educational Psychology, A CognitiveView. 2nd edition, New York : Holt, Rinehart & Winston, 1978.
- 6) Lewton, J. T. : Effects of advance organizer lessons on children's use and understanding of the causal and logical "because"., Journal of Experimental Education 46, 41-46, 1977 .
- 7) 小林辰至・秋吉博之・山田卓三：「中学校における植物形態観察用ワークシートの開発について—生物の学習における演繹的な指導の必要性について—」，生物教育 33(2), 130-137, 1993.
- 8) 小林辰至・山田卓三：「観察実験・教材研究における領域特異性」，日本科学教育学会 20周年記念論文集, 433-437, 1996.
- 9) 三浦登他：「新しい科学」，東京書籍，2002.
- 10) 戸田盛和他：「中学校理科」，大日本図書，2002.
- 11) 霜田光一他：「中学校理科」，学校図書，2002.
- 12) 細谷治夫他：「中学理科」，教育出版，2002.
- 13) 竹内敬人他：「理科」，啓林館，2002.
- 14) 吉本均：「現代授業集団の構造」，明治図書出版，1970.
- 15) 稲垣成哲：「状況的認知」『理科重要用語300の基礎知識』，明治図書出版，181, 2000.
- 16) 文部省：「中学校学習指導要領」，大蔵省印刷局，51, 1998.
- 17) 文部省：「中学校学習指導要領（平成10年12月）解説—理科編—」，大日本図書，61, 1999.
- 18) 前掲書 17)
- 19) 前掲書 9), 10), 11), 12), 13)

研究課題番号 17500574
平成 17 年度～ 19 年度科学研究費補助金（基盤研究（C））
研究成果報告書

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 20 年（2008 年）3 月

発行者 埼玉大学教育学部
清水 誠

連絡先 〒 338-8570 さいたま市桜区下大久保 2 5 5
埼玉大学教育学部理科教育講座 電話・FAX 048-858-3224

印刷 信陽堂
