

---

科学的な思考力の育成を図る教授・学習方法  
の開発と教師教育への適用

---

研究課題番号 23531159

平成23年度～平成26年度科学研究費補助金 基盤研究(C)

研究成果報告書

平成26年10月

研究代表者 清水 誠  
(埼玉大学教育学部教授)

## はじめに

OECD の PISA 調査などの各種の調査から、我が国の児童生徒が思考力・判断力・表現力等を問う問題に課題があることが明らかにされてきた。平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申（以下、答申とする）では、学習指導要領改訂の基本的な考え方として思考力・判断力・表現力等の育成が重要であるとされ、その育成の観点から知識技能の活用を重視し、言語活動を充実することが必要であるとされた。理科の改善の基本方針の中でも、「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、・・・観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、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、探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」と示されている。科学的な思考力の育成を図るための教授・学習方法が成功しておらず、その開発が課題になっている。しかしながら、堀(2005)が理科教育において科学的思考はたいへん魅力的な研究内容の一つであるがこの言葉ほど理科教育関係者を苦しめるものもないと述べているように、科学的な思考力の育成について理科教育関係の雑誌等で話題が取り上げられるものの研究の当初(2011)は、研究の数は少なく、開発が十分でなかった。「思考力育成」をキーワードとして理科教育学会や科学教育学会の紀要の論文のタイトルを探てみると、科学的思考力を論理的思考力・科学のプロセススキル・推理判断から論じる小倉(1998)、思考力を育成するための教授方法を検討した斉藤・徳永(2003)や臼井ら(2003)、小学生の科学的な見方の認識状況を調べた久田ら(2005)の研究がわずかに見られる程度であった。

一方で、心理学や論理学では、人間の思考に関する研究が近年急速に広がり深みを増してきている。思考について、問題解決、メンタルモデル、類推、推論等の作用として研究されている。また、ホリオーク&スペルマン(1993)は、これまでの思考心理学研究は古典的には連合説と認知説の2つの考え方によって思考の説明ができるとされたが、最近では思考を高次の情報処理過程と同義にとらえ連合説や認知説の考えを取り入れながら情報をシンボルに符号化しシンボルを解釈する一連の過程を考察する方向にあるとしている。こうした思考研究では、問題解決や推論といった領域に加え、人工知能、意思決定、メタ認知、道具・他者・文化や社会といった状況的認知などのテーマからの研究があり、多くの研究者が取り組んできた。しかしながら、こうした研究は人間の思考の内実を明らかにしつつあるが、思考力の育成という観点からは十分研究が深められていない状況にある。認知心理学や認知科学の新たな研究成果を踏まえ、教授・学習方法の具体化に向けての研究が急務であり、教員の指導力の向上を図るため、教員の免許更新制や研修会の充実が求められている中、児童・生徒の科学的思考力の育成を図るための教授・学習方法を構築し、発信し、活用できるようにしていくことが、今日ますます求められている。思考は、貯蔵した知識を課題に適用したり利用したりすることに関係し、問題解決をしていくために重要であると考えられているにも関わらず、研究者のみならず小・中・高等学校でも知識や技能の育成のための取組に比べ科学的な思考力の育成については、その能力の育成の見えにくさや評価等の難しさから十分な成功を納め、広められてきたとはいえない。答申では、科学的な思考力を育成する観点から言語活動の充実を取り上げているが、言葉さえ

しっかり分かっているならば思考できるということではないことも明らかにされてきた（例えば、早川；1985、ウオーフ；1993、サピア；1998）。理科における言語活動の充実では、実験を計画したり、結果を分析し解釈したり、科学的な概念を使用して考えたり説明したりすることなどの学習活動の充実を図るとされた。しかしながら、こうした新たに提案された課題への対応が教育行政や研究者から十分できているとは言えない。研究代表者の清水は、科学的思考とは科学的説明（村山、2005）、科学の文脈で科学のことばで自らに語る（遠西、2005）、新たな意味体系の構築（角屋、2008）ということ踏まえ、これまで研究業績に示した他者との関わりを重視した学習（例えば、理科教育学研究 50(2)、2009）、他者との関わりを深めるために互いの考えを外化すること（例えば、理科教育学研究 50(3)、2010）、教材・教具といった外的資源の持つ意味（例えば、理科教育学研究 51(1)、2010）について研究を進めてきた。そこでは、これらの教授・学習方法が科学的な概念形成に有効であるばかりでなく、児童生徒の問題解決にも有効に機能することを見出してきてきた。そこで、これまでの思考研究を整理し、研究成果を深め、発展していくことで、我が国の児童生徒に課題が見られる科学的な思考力の育成を図る新たな教授・学習方法を構築し、その効果を探ることにした。本報告書は、平成 20 年に改訂された小・中学校の学習指導要領で重視されている科学的な思考力の育成を図るため、人がどのように科学的な思考をしていくのか心理学的な研究を整理した上で、科学的な思考力を深める要件、思考のための枠組みや技能、必要な方略を明示した新たな実践的な教授・学習方法を構築し、小中学校の学習指導の改善に資することを目的として作成した。

本報告書の内容は、これまでの研究を概観した第 1 章、各事例研究からなる第 2 章から第 5 章、第 6 章から第 8 章、第 9 章から第 11 章の大きく 3 つに分けることができる。

第 1 章は、科学的な思考力を育成するための教授・学習方法を開発するに当たり、研究者がどのように科学的思考力を捉えてきたのか。また、科学的思考力をとりあげた研究がどのように行われ、どこまで明らかにされてきたのかを示した。第 2 章から第 5 章は、論理的思考力の育成のための指導方法について検討したものである。第 2 章では、批判的思考力を育成する指導方法として、小学校の理科学習において、批判的に思考する際に適用される 3 つの構成要素を小グループ内に役割として分散・外化する話し合いの方法を開発し、その効果を検証した。第 3 章及び第 4 章では、批判的思考力を育成する指導方法として、中学校の理科学習において、批判的に思考する際に適用される 4 つの構成要素を小グループ内に役割として分散・外化する話し合いの方法を開発し、その効果を検証した。第 5 章では、考察時に小グループでの話し合いを行う際に一人ずつに役割を与えることが、論理的思考力の育成に効果があるか検証した。

第 6 章から第 8 章は、予想を立てたり考察したりする力を育成するために、討論や記述指導を取り入れることの効果について調べた研究である。第 6 章は、考察する力を高めるために役割分担を取り入れ討論する指導の効果を検証した。第 7 章は、理科学習に記述指導を取り入れることが、現象を科学的に説明する能力の育成に効果が見られるかを検証した。第 8 章は、考察を記述する際に、考察文に必要な要素の入った記述の仕方を理解させながら指導することの効果を検証した。

第 9 章から第 11 章は、人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するもの

であり、頭という器の中で表象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものであるということを検討した研究である。第9章は、外的資源を使用する際に、イメージ・スキーマを持たせることが、思考を促し、科学的な概念の形成にどのような効果を与えるのかを検証した。第10章では、外的資源の持つ操作可能性に着目し、外的資源を使用することが人間の問題解決をどのような形で促すかを検証した。第11章では、学習者の思考を促すために、現象を可視化することが規則性の発見にどのように機能するかを検証した。

本研究の成果は、限定された内容での科学的思考力育成のための研究であるが、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。

2014年10月

研究代表者 清水 誠

- 1 研究課題 科学的な思考力の育成を図る教授・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 23531159  
 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        |  |               |      |
| 高垣 マユミ       |  | 津田塾大学学芸学部     | 教授   |
| 研究協力者 (50音順) |  |               |      |
| 秋元 恵美        |  | 熊谷市立石原小学校     | 教諭   |
| 浅見 浩子        |  | 川越市教育研究所      | 指導主事 |
| 牛島 健一        |  | 越谷市立光陽中学校     | 教諭   |
| 大澤 正樹        |  | 熊谷市立江南中学校     | 教諭   |
| 小川 恵里佳       |  | 伊奈町立伊奈中学校     | 教諭   |
| 柿沼 宏充        |  | 羽生市立須影小学校     | 教諭   |
| 木田 真貴子       |  | 越谷市教育委員会      | 指導主事 |
| 黒川 昇         |  | 蓮田市立黒浜南小学校    | 教諭   |
| 紺野 雅弘        |  | さいたま市立教育研究所   | 指導主事 |
| 齋藤 桃子        |  | さいたま市立栄和小学校   | 教諭   |
| 鮫島 弘樹        |  | 新座市教育委員会      | 指導主事 |
| 高信 志穂        |  | さいたま市立常盤小学校   | 教諭   |
| 鶴貝 昌弘        |  | 小山市立小山第二中学校   | 教諭   |
| 豊田 英二        |  | 加須市立三俣小学校     | 教諭   |
| 長島 雄介        |  | 美里町立東児玉小学校    | 教諭   |
| 林 和彦         |  | 横瀬町立横瀬小学校     | 教諭   |
| 肥田 幸則        |  | 埼玉大学教育学部附属小学校 | 教諭   |
| 安田 修一        |  | 埼玉県教育局義務教育指導課 | 指導主事 |
| 山崎 麻美        |  | さいたま市立岸中学校    | 教諭   |

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23年度 | 1、300 | 390   | 1、690 |
| 平成24年度 | 900   | 270   | 1、170 |
| 平成25年度 | 900   | 270   | 1、170 |
| 平成26年度 | 800   | 240   | 1、040 |
| 総計     | 3、900 | 1、170 | 5、070 |

6 研究発表

(1) 学会誌等

1. 木田真貴子・清水誠(2012)「考察する力を高める学習指導法の研究－討論の方法を指導することの効果－」, 『理科教育学研究』(日本理科教育学会) Vol.52, No. 3, 201-207
2. 清水誠・鶴貝昌弘・安田修一(2012)「外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究－イメージ・スキーマを持たせることの効果－」, 埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』, 第11号, 87-93
3. 清水誠・黒川昇・齋藤桃子(2013)「現象を科学的に説明する能力を高める学習指導法の

- 研究—定型文の活用とその効果—, 『科学教育研究』(日本科学教育学会) Vol.37, No. 1, 30-37
4. Mayumi TAKAGAKI, Makoto SHIMIZU (2013) 「Effects of Instructional Methods to Teach Quadratic Functions Using Cross-Subject and Ordinary Events」『埼玉大学紀要教育学部(教育科学)』第62巻, 第1号, 13-24
  5. Mayumi TAKAGAKI, Emi AKIMOTO, Makoto SHIMIZU (2013) 「Effects of Learning on Developed Hypotheses on Advanced Understanding」『埼玉大学紀要教育学部(教育科学)』第62巻, 第2号, 97-107
  6. Mayumi TAKAGAKI, Yoshifumi NAKANISHI, Hirotsugu TAZUME, Makoto SHIMIZU (2014) 「The Effects of Motivational Teaching Strategies on Learning Behavior among Peers during Collaborative Learning」『埼玉学紀要教育学部(教育科学)』第63巻, 第1号, 1-20
  7. 清水誠・山崎麻美(2014) 「現象を可視化することが規則性の発見に及ぼす効果—葉のつき方の学習を事例として—」, 『科学教育研究』(日本科学教育学会) Vol.38, No. 1, 20-26
  8. 清水誠, 實川和宏(2014) 「コンフリクトマップを用いた教授方法が概念変容に及ぼす効果—振り子の運動の学習を事例として—」『理科教育学研究』(日本理科教育学会) Vol.55, No. 1, 37-46
  9. 鮫島弘樹・清水誠(2015) 「考察の記述の仕方を理解させる指導方法の研究—力と圧力の学習を事例として—」『埼玉学紀要教育学部(教育科学)』第64巻, 第1号
  10. 清水誠・大澤正樹(2015) 「批判的思考力を育成する指導方法の開発—批判的思考の構成要素を役割分担して話し合いをさせることの効果—」『埼玉学紀要教育学部(教育科学)』第64巻, 第1号

## (2) 学会発表

1. 清水誠・黒川昇・斉藤桃子・浅見浩子 「定型文指導を取り入れることが科学的に説明する力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第61回全国大会、2011年8月(島根大学)
2. 清水誠・鶴貝昌弘・安田修一・秋元恵美 「外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究—イメージ・スキーマを与えることの効果—」日本理科教育学会第61回全国大会、2011年8月(島根大学)
3. 清水誠・野辺茂樹・鮫島弘樹 「小・中学校間の接続を踏まえた理科指導方法の研究」日本科学教育学会第35回年会、2011年8月(東京工業大学)
4. 秋元恵美・清水誠 「体験や知識をもとに演繹的に学習を進めることの効果—」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
5. 浅見浩子・清水誠 「科学的な思考力の育成を図る指導法の研究」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
6. 鮫島弘樹・清水誠 「記述の仕方を理解させることが考察する能力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
7. 窪田智幸・清水誠・吉井規雄 「ペアで話し合いを行うことが論理的思考力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
8. 鈴木斐洋・清水誠・木田真貴子 「分析して解釈する能力の育成を図る理科指導法の研究」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
9. 高橋佳奈枝・清水誠・黒川昇 「付箋紙を用いて討論することが論理的な思考力の育成に与える効果」日本理科教育学会第50回関東支部大会、2011年12月(横浜国立大学)
10. 清水誠・浅見浩子・牛島健一 「役割分担に基づいた話し合いを行うことが論理的思考力に及ぼす効果」日本理科教育学会第62回全国大会、2012年8月(鹿児島大学)
11. 清水誠・鮫島弘樹・牛島健一 「記述の仕方を理解させることが考察する能力の育成に及ぼす効果」日本科学教育学会第36回年会、2012年8月(東京理科大学)

12. 牛島健一・清水誠「役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第 51 回関東支部大会、2012 年 12 月（東京学芸大学）
13. 山崎麻美・木田真貴子・清水誠「現象の可視化を促すことが観察力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第 51 回関東支部大会、2012 年 12 月（東京学芸大学）
14. 實川和宏・秋元恵美・清水誠「コンフリクトマップを用いた指導法が概念変容に及ぼす効果」日本理科教育学会第 51 回関東支部大会、2012 年 12 月（東京学芸大学）
15. 清水誠・實川和宏・柿沼宏充「概念変容を促す指導法が概念獲得にもたらす効果」日本理科教育学会第 63 回全国大会、2013 年 8 月（北海道大学）
16. 清水誠・山崎麻美・大澤正樹「現象の可視化を促すことが観察力の育成に及ぼす効果－葉のつき方の学習を事例に」日本理科教育学会第 63 回全国大会、2013 年 8 月（北海道大学）
17. 清水誠・高信志穂・長島雄介「批判的思考力の育成に関する研究－役割分担を促し話し合いをさせる効果－」日本理科教育学会第 63 回全国大会、2013 年 8 月（北海道大学）
18. 清水誠・牛島健一・大澤正樹「役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果」日本科学教育学会第 37 回年会、2013 年 9 月（三重大学）
19. 大澤正樹・清水誠「役割分担をして話し合いを行うことが批判的思考力育成におよぼす効果」日本科学教育学会第 52 回関東支部大会、2013 年 11 月（筑波大学）
20. 柿沼宏充・清水誠「科学概念の再構築を促す教授モデルの開発」日本科学教育学会第 52 回関東支部大会、2013 年 11 月（筑波大学）
21. 柿沼宏充・清水誠「不十分な科学概念の再構成を促す教授学習モデルの開発」日本理科教育学会第 64 回全国大会、2014 年 8 月（愛媛大学）
22. 清水誠・秋元恵美・豊田英二「体験や知識を基にして仮説を立て学習を進めることの効果」日本理科教育学会第 64 回全国大会、2014 年 8 月（愛媛大学）
23. 清水誠・長島雄介・林和彦「結論を導き出す際に他者と議論をすることの効果－」日本理科教育学会第 64 回全国大会、2014 年 8 月（愛媛大学）
24. 清水誠・大澤正樹・小川恵里佳「役割分担をして話しあをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果」日本理科教育学会第 64 回全国大会、2014 年 8 月（愛媛大学）

### （3）図書等

1. 清水誠（2012）「外化・外的資源」『今こそ理科の学力を問う－新しい学力を育成する視点－（日本理科教育学会編著）』東洋館出版社、174-179
2. 清水誠（2012）「言語活動を重視した学習活動の充実」『平成 23 年度研究集録』（埼玉県連合教育研究会）、151-154
3. 清水誠（2012）「学習指導と学習評価の工夫改善－外化により学びの変容を捉える－」『中等教育資料』（文部科学省教育課程課編集）、No. 914、14-19
4. 清水誠（2012）「これからの理科教育と『理科の教育』」『理科の教育』（日本理科教育学会編集）Vol.61, No. 721, 15-17
5. 清水誠（2012）「理論と実践が融合する授業」『理科の教育』（日本理科教育学会編集）Vol.61, No. 725, 43-45
6. 清水誠（2013）「観察・実験の安全指導と理科室の管理」『新しい学びを拓く理科授業の理論と実践（大高泉編著）』ミネルブエ書房 171-175
7. 清水誠（2014）「子どもと理科の楽しい出会いをつくる導入」『理科の教育』（日本理科教育学会編集）Vol.63, No. 738, 5-7
8. 清水誠（2014）「批判的思考力を育成する指導方法の開発－批判的思考に適用される構成要素を分散・外化する－」『理科の教育』（日本理科教育学会編集）Vol.63, No. 743, 46-49
9. 清水誠（2014）「見る」方法」『理科の教育』（日本理科教育学会編集）Vol.63, No. 747, 12-14

# 目 次

|   |         |
|---|---------|
| はじめに  | ・ ・ ・ i |
| 第1章 科学的な思考力の育成に関する研究<br>・ ・ ・ ・ (清水誠・浅見浩子・牛島健一) ・ ・ ・                                   | 1       |
| 第2章 批判的思考力を育成する指導方法の開発<br>ー批判的思考に適用される構成要素を分散・外化するー<br>・ ・ ・ ・ (清水誠・高信志穂・黒川昇) ・ ・ ・     | 7       |
| 第3章 批判的思考力を育成する指導方法の開発<br>ー批判的思考の構成要素を役割分担して話し合いをさせることの効果ー<br>・ ・ ・ ・ (清水誠・大澤正樹) ・ ・ ・  | 13      |
| 第4章 役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果<br>・ ・ ・ ・ (牛島健一・清水誠) ・ ・ ・                       | 27      |
| 第5章 役割分担をして話し合いを行うことが論理的思考力に及ぼす効果<br>ー小学校理科「水溶液」の学習を事例にー<br>・ ・ ・ ・ (浅見浩子・清水誠) ・ ・ ・    | 33      |
| 第6章 考察する力を高める学習指導法の研究<br>ー討論の方法を指導することの効果ー<br>・ ・ ・ ・ (木田真貴子・清水誠) ・ ・ ・                 | 43      |
| 第7章 現象を科学的に説明する能力を高める学習指導法の研究<br>ー定型文の活用とその効果ー<br>・ ・ ・ ・ (清水誠・黒川昇・斉藤桃子) ・ ・ ・          | 53      |
| 第8章 考察の記述の仕方を理解させる指導方法の研究<br>ー力と圧力の学習を事例としてー<br>・ ・ ・ ・ (鮫島弘樹・清水誠) ・ ・ ・                | 65      |
| 第9章 外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究<br>ーイメージ・スキーマを持たせることの効果ー<br>・ ・ ・ (清水誠・鶴貝昌弘・安田修一) ・ ・ ・ | 75      |
| 第10章 外的資源の持つ操作可能性が科学的な概念の形成に与える効果<br>ー台風の進路の学習を事例にー<br>・ ・ ・ (清水誠・肥田幸則・紺野雅弘) ・ ・ ・      | 85      |
| 第11章 現象を可視化することが規則性の発見に及ぼす効果<br>ー葉のつき方の学習を事例としてー<br>・ ・ ・ ・ (清水誠・山崎麻美・木田真貴子) ・ ・ ・      | 95      |



# 第1章 科学的な思考力の育成に関する研究

清水 誠・浅見浩子・牛島健一

## 1. はじめに

平成20年1月の中央教育審議会「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について（答申）」では、PISA調査や全国学力状況調査の結果から、基礎的・基本的な知識・技能の習得については一定の成果が認められたが、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式の問題に課題があることが示された。思考力・判断力・表現力等の育成には、基礎的・基本的な知識・技能の習得とともに、観察・実験やレポートの作成、論述といった知識・技能を活用する学習活動を充実させる必要があり、各教科において、記録、要約、説明、論述といった言語活動を発達段階に応じて行うことが指摘された。これらを踏まえ、中学校学習指導要領解説理科編では科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達段階、指導内容に応じて、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を用いて考えたり説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善することが示されている。しかしながら、科学的な思考力とは何かについての明確な定義がなされてはいるわけではない。本稿では、我が国において、「科学的な思考力」について研究者はどのように捉えてきたのか。また、「科学的な思考力」の育成をとりあげた研究がどこまで明らかにされ、育成のための手立てがどのように図られてきたのかを概観する。

## 2. 科学的な思考力

### 2-1 思考

科学的な思考を検討する前に「思考」がどのように捉えられてきたかを概観してみる。多鹿(1994)は、思考は知識を持つことと関連が深く、過去に貯蔵した様々な知識を構成し適用することに思考の本質を認めることができる。思考を構成する概念として、概念、判断、及び推理の区分に加えて、問題解決を含むものであると述べている。市川(1996)は、思考とは複雑な内的過程を経て判断や行動が行われることを指し、推論、問題解決、理解、概念形成などの機能が含まれると述べている。類推が思考の基盤であるという立場をとる鈴木(1996)は、あることと、あることとの間の類似関係を捉える人間の能力が日常的な思考、学校教育場面での思考、科学的な思考を支えているとし、人は類推によって思考を行っているとして述べている。中島(1992)は、思考は問題解決の場面で重要な役割を持ち、思考という概念には論理的思考、アナロジー、メンタルモデルというものがあると述べている。また、思考を形式化しようとしたのが論理学に違いないが、論理的操作には、演繹、帰納、アブダクションがあると述べている。鈴木(2002)は、思考は高次認知過程のほぼすべてに関わる心の働きであり、記憶、カテゴリ化、文章理解・産出、学習・認知獲得、発見・創造的活動など、様々な認知において何らかの思考の働きがあると述べている。

こうした研究をまとめると、思考は推論、問題解決、理解、概念形成といった高次認知過程のほぼすべてに関わる心の働きであり、類推が深く関わり、過去に貯蔵した様々な知識を構成し適用したり、判断や行動が行われることであるということになる。また、思考には、論理的思考（演繹、帰納、アブダクションを含めた）、創造的思考、アナロジー、メンタルモデル等があると言えよう。

## 2-2 科学的な思考

「科学的」ということは、実証性、再現性、客観性などの条件を検討する手続きを重視するという側面から捉えることができるとされてきた（例えば、小学校学習指導要領解説理科編（2008））。一方で、科学的な思考・思考力については、理科教育の中で明確に定義されているわけではなく、認知科学や認知心理学の中でも扱われていない。しかしながら、認知科学の研究者である植田（2002）は、科学的発見について、科学上の重要な発見をもたらす認知プロセス、特に思考プロセスのことを意味し、仮説・理論形成、実験設計、仮説検証、データ解釈などが含まれると述べ、発散的な思考様式である科学的発見をもたらす重要な源泉として類推（analogy）と協同（collaboration）を同定している。科学的な発見は、科学的な思考プロセスの一つであると考えることができる。また、理科教育の研究者である小倉（2000）は、科学的思考力を論理的思考力、科学のプロセススキル、推理判断、メタ認知等から捉え直している。科学的思考について論じる庄司（1978）は、科学的な思考の定義を経験的な事実を根拠として推論する、普遍を思考する抽象能力、合理性と実証性とを特質とする思考様式に加え、気持ち的思考・比喩的思考・原理的思考を認めている。さらに、片平（2009）は、実験の結果や観察の結果を分析的、総合的に考察できる力や、既知の原理や法則をもとに新たな現象や事象を論理的に説明できる力であると述べている。加えて、藤田（2013）は、科学的思考スキルについて、観察や推論と言った基礎的思考スキルと変数の制御やデータの解釈と言った統合的思考のスキルからなる探究の過程で用いられるプロセススキルと呼ばれているものであると述べている。小学校の学習指導要領（2008）の目標にある比較したり、条件に目を向けたりするなどの「問題解決の能力の育成」や中学校の学習指導要領（2008）の目標にある観察、実験の結果を分析して解釈することにより規則性を発見したり課題を解決する「科学的に探究する能力の育成」は、科学的な思考力として捉えることができる。

思考研究や科学的な思考についての研究者たちの見解ををまとめてみると、科学的な思考とは、科学的発見をもたらす重要な源泉としての思考であり、また、分析的・総合的に考察したり現象や事象を論理的に説明できる論理的な思考であると言えよう。

## 2-3 論理的思考

論理的思考とは、どのようなものなのだろうか。道田（2003）は、論理的と言うと、形式的・非形式的論理が連想されるが、ここで言う論理的思考はそれだけに限定されるのではなく、筋道だった、理にかなった考え全般を指していると述べている。柴山（2004）は、論理的思考とは、推論によって既知の前提から新しい結論を導き出す思考であるとし、「演繹」と「帰納」や「類推」も重要な推論の一つであると述べている。推論には、演繹的推論、帰納的推論、仮説演繹的推論（アブダクション）、クリティカルな思考があるとして

いる。小倉（2006）は、論理的な思考は、数学の定理や論理、科学の原理や法則など、客観的な命題「形式的な論理」に基づいて判断したり演繹的に推理したりすることであると述べている。筋道を立てて論を組み立てる思考を論理的思考と述べる尾崎（1998）は、論理的に思考するために必要な推理には、演繹推理、仮説検証推理、帰納推理がある。演繹推理とは、一般的命題で表された理論から特定の理論を引き出す推理である。この演繹推理は、仮説から実験可能な帰結を導出するとき利用される。また、仮説の検証では、仮説検証推理が行われる。そして、事象についての新たな原因や理由、原理や仕組みなど導く際には、帰納推理が使われると述べている。

また、道田（2003）は、論理的思考は論理性という目標を持った批判的思考であると論じ、論理的思考とは批判的思考の中核であり、論理的に考えるためには批判的に考える必要があると述べている。それでは、批判的思考とはどのようなものなのだろうか。

#### 2-4 批判的思考

批判的思考は、1930年代頃からアメリカにおいて主張され始めた概念であり、日常生活に直面する場面において、直観的に考えるだけでなく、より良い結論を導くための思考であると言われている。どうすれば望ましい結果が得られるのか、本当に正しいのかも一度考えてみようなど、他者を批判するのではなく、自分自身に意識的に問いかける思考であり、客観的、合理的、多面的な見方をするために必要な思考である。楠見（2011）は、批判的思考の中核は、目標に基づいて行われる論理的思考であり、意識的な内省を伴う思考であると述べている。批判的思考における情報を鵜呑みにしないで判断する能力は日常生活の実践を支える能力であり、学習や学問を行うなう基礎となる能力であると述べている。また、楠見（1996）は、批判的思考は合理的（理性的、論理的）思考であり、人の話を聞いたり、文章を読んだりするときに働き、さらに議論をしたり、自分の考えを述べるときにも働くと述べている。これは、「相手を批判する」思考とは限らず、自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であるとし、仮説、視点、疑問、解決、プランなどの生成を含んでいるとしている。そこには、推論の適切さ、推論によって導出された言明の真偽の度合い、推論と与えられている情報などで構成された解釈の確かさを評価することを含んでいる。道田（2001）は、「批判的」という語に関して「批判的思考」（批判的に考える）と「批判」（批判する）が異なるものであることを指摘している。批判するとは、日常的には否定的なニュアンスを伴い、行為の目的は文字通り「批判」であるが、批判的に考える場合には、行為の目的はあくまでも「考える」ことである。考えることを通して、より良い結論を得ることであると述べている。「批判的」とは、自分や他人のもの見方・考え方を無反省かつ短絡的に受け入れるのではなく、自覚的に吟味することであり、「自分の思考の意識化」であると同時に、今の自分の考えに対しても、そこで考えることを終わらせるのではなく、批判という形でさらに深めることであると指摘している。

こうした批判的思考について、Glaser（1941）は、批判的に考える能力として、1. 自分の経験の範囲内に入ってきた問題やものごとをじっくり考えようとする態度。2. 論理的な探究や推論の方法に関する知識。3. これらの方法を使う技術の3つを挙げている。また、楠見（2005）は、批判的思考の構成要素を認知的側面と情意的側面に分け、認知的側面は、能力、スキル、知識であり、知識を領域普遍知識と領域固有知識に分けている。情意

的側面は、実際に使おうとする態度や傾向性のことであると述べている。さらに、楠見(2011)は、批判的思考の主なプロセスとそこで適用される構成要素(スキルと知識)を、「情報の明確化」、「情報の分析」、「推論」、「行動決定」に分類している。「情報の明確化」は、情報の構造、隠れた前提、用語などを正確に理解することであり、メタ認知によって自分自身の思考をモニターし、コントロールするプロセスであるとしている。「情報の分析」は、議論や推論を支える根拠となる主な情報源を、他者の意見、事実や調査・観察の結果、以前に行った推論によって導出した結論であるとし、特に根拠としての確かさを判断するために、情報源の信頼性を判断することや意見、事実、調査・観察やその報告の内容自体を評価することが必要であり、調査や観察、評価は科学リテラシーの重要な要素であるとしている。「推論」とは、演繹の判断(命題の解釈)、帰納の判断(根拠から結論を導き)、価値判断(背景、結果、倫理など)であるとしている。「行動決定」は、上記のプロセスに基づいて結論を導き、状況を踏まえて、発言、執筆、選択などを支える行動決定を行い、問題を解決することであると述べている。平山(2004)は、批判的思考を、論理的思考を中心とする「狭義の批判的思考」、仮説形成、評価、多面的な視点による計画や解の検討を含む「広義の批判的思考」、創造的思考や他者へのケアを含む「拡張的批判的思考」に分類している。

## 2-5 まとめ

これまでの思考研究も含め、科学的な思考とは何かをまとめてみると、その枠組みには合理的(論理的)な思考と発散的・創造的に新たな理論を想像する思考の2つに大きく分けることができる。また、理科学習に求められている論理的な思考には、批判的思考、推理、モデル思考といった思考と科学的探究のスキルが含まれると考えることができる。図式化したものが図1である。

2013.8.29 清水誠作成

<思考についての分類>

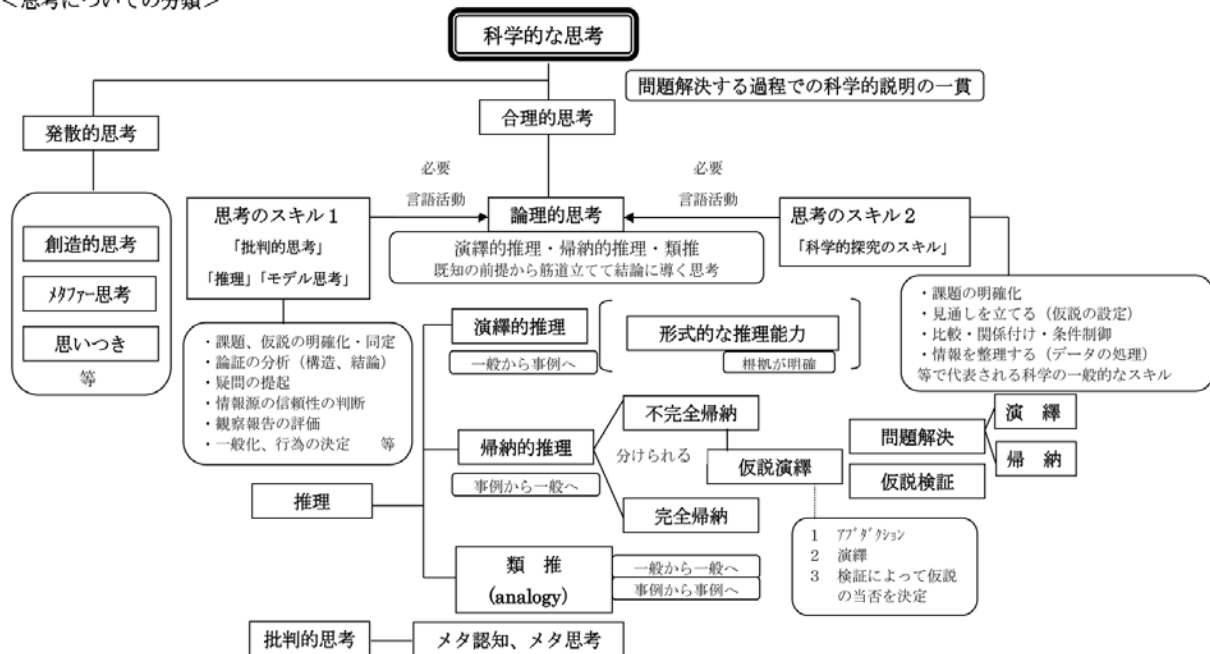


図1 科学的な思考

### 3. 科学的な思考力育成のための手立て

我が国の科学的な思考力を育成する中核は、どちらかというと言理的な思考力や批判的思考力の育成が求められている（例えば、文部科学省；2011）。論理的な思考力や批判的思考力の育成に向けて、どのような教授・学習方法が検討されてきたのだろうか。

#### 3-1 論理的思考力の育成

我が国における論理的思考力を育成するための指導方法に関する研究を外観すると、石井（1998）は、「論理的な記述力」を育成するためにグループによる協同学習を提案し、検証している。生徒たちは、グループ学習をすることで、意見交換しながら根拠となる知識を収集し実験の操作と結果について考えを深めることができたとしている。石井の研究を評した有元（1998）は、協同学習が論理的思考力を育てる上で効果があるのは、相互協力・相互批判の過程があるためであると述べている。臼井、松原、堀（2003）もまた、実験中に行うグループ討論が生徒の論理的思考の変容にどのような影響を与えるのかを調査した結果、討論前の記述に比べ討論後の記述はより論理的なものとなったと述べている。小倉（2000）らは、生徒の科学的な思考力・判断力を着実に向上させていくために、「学習者実験計画反映法」を取り入れた授業実践を行っている。「学習者実験計画反映法」とは、生徒自身が課題に対して自分の予測ないしは見通しを持って、それを確かめるような実験を計画した上で、実験を熟考しつつ確実に実行し、結果を論理的に解釈するとともに、自他の実験について批判的に捉え、それらの問題点について考察する過程を重視した教授法である。授業実践をした結果、論理的思考力を育成に効果を示したと述べている。土居・荒木（2004）は、ピアジェ理論による論理的思考力の発達と、概念に対するコミットメントの変容から科学的な知の構築について研究し、メタ認知を意識した授業方略としての意識の明確化を導入した授業は、具体的操作期の児童にとって論理的思考の発達に有効であり、科学概念により強くコミットする方略である可能性がある。具体的な問題場面に立たせて推論させることが論理的思考の発達につながり、概念変換するのに重要であると考えられると述べている。これらの先行研究からは、他者と協同して学習することや、具体的な問題場面に立たせて推論させる経験をしたり、分析した結果を解釈し批判的・批判的に検討したりすることが論理的思考力の育成には効果が見られることが示唆されてきた。こうした研究とは別に、道具、文化や社会が、思考とどのように関わっているかということに触れた研究も見られる。仮屋園（2000）は、人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するものであり、頭という器の中で表象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものであると述べている。外部情報は、我々の認知が依存し、利用する資源であると考えられるということも、論理的思考力の育成を考える際には検討する必要があると考えられる。

#### 3-2 批判的思考力の育成

批判的思考を育成する指導方法としては、木下ら（2001）の因果関係マップを用いた研究や、樋口（2004）による討論の場面で質問や意見交換を行わせることによって根拠に基づいた発言を促す研究が見られる。木下ら（2011）は、批判的思考力を育成するための指導方法

として、自分の思考過程を図式化する「因果関係マップ」を作成させ、それを吟味させるという活動を取り入れた指導方法を考案し、中学生に対して有効であるかを検証し、批判的思考の要素の一つである慎重に吟味するような活動が促されたのではないかと結論づけている。総合学習において検討した樋口(2004)は、事前の学習によって得た知識をもとに討論を行い、お互いに質問や意見交換を行いながら、自分のグループの強調点や、相手のグループの矛盾点を指摘することによって、仮説や候補となる案を提示するとともに、他者を説得させる学習を行わせた結果、いずれの授業においても児童・生徒は平常の授業以上に積極的に調べ、自分たちの考えや主張を根拠に基づいて表すことができたと述べている。しかしながら、各班の発表した結果は類似した意見が多く、班ごとの比較や検討については不十分であったとも述べている。また評価も参観者の印象をまとめたもので、授業の逐語記録を整理したり、提出物や感想の内容を分析したりはしていない。批判的思考力の育成を調べた結果は、理科学習において批判的思考力の育成を検討した研究はほとんど見ることができず、これまでの他教科の指導においても十分な成果は得られていないことが分かる。

## 引用・参考文献

- 有元秀文(1998)「科学実験における「情報活用」と「協同学習」を通じた「論理的思考力」の育成」、理科の教育、Vol.47、No.557、842-843
- 藤田(2013)「問題解決の授業構成」『大高泉編著：新しい学びを拓く理科授業の理論と実践』、ミネルヴァ書房、101-102
- Glaser, E.M(1941)An experiment in the development of critical thinking. New York: Teachers College of Columbia University, Bureau of Publications
- 石井哲彰(1998)「科学実験において論理的な思考力を育てるグループ学習」、理科の教育、Vol.47、No.557、46-49
- 樋口直宏(2004)「小・中学校における批判的思考力を育成するための授業開発」『立正大学心理学部研究紀要』2、73-91
- 平山のみ(2004)「批判的思考を支える態度および能力測定に関する展望」、京都大学大学院教育学研究科紀要、第50号、290-302
- 市川伸一(1996)「心理学における思考研究」『市川伸一編：認知心理学4思考』、東京大学出版会、1-12
- 中島秀之(1992)「思考とは何か」『安西祐一郎他編：認知科学ハンドブック』共立出版株式会社、81-83
- 片平克弘(2009)「科学的な言語能力育成の意義と課題」理科の教育、Vol.158、No.685、5-8
- 木下博義・山中真悟・山下雅文・小茂田聖士・岡本英治(2001)「中学校理科における批判的思考力育成に関する事例的研究」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第二部、第60号、7-13
- 楠見孝(1996)「帰納的推論と批判的思考」、認知心理学4思考、東京大学出版会、37-61
- 楠見孝・子安増夫・道田泰司(2011)「批判的思考力を育む」、有斐閣、2-11.
- 道田泰司(2003)「論理的思考とは何か」、琉球大学教育学部紀要63、141-153.
- 小倉康(2000)「科学授業における思考力・判断力の育成に関する実践的研究」国立教育研究所研究報告書、113-121
- 尾崎広巳(1998)「理科教育における創造的思考力測定の実証的研究」科研費報告書
- 柴山盛生(2004)「問題解決の発想と表現」放送大学教育振興会
- 鈴木宏昭(2002)「思考」『日本認知科学学会編：認知科学辞典』共立出版、332-333
- 土居正人・荒木紀幸(2004)「素朴概念を手がかりとしたコミットメント活用による科学的な知の構築に関する研究」、兵庫教育大学教科教育学部紀要(17)、23-32
- 植田一博(2002)「科学的発見」『日本認知科学学会編：認知科学辞典』共立出版、120
- 臼井豊和・松原静郎・堀哲夫(2003)「思考力の育成を重視したグループ討論に関する研究」、理科教育学研究 Vol.43 No.3、21-28
- 多鹿秀継(1994)「認知と思考ー認知心理学の最前線ー」サイエンス社

## 第2章 批判的思考力を育成する指導方法の開発

－批判的思考に適用される構成要素を分散・外化する－

清水 誠・高信志穂・黒川昇

### 1. はじめに

「言語活動の充実に関する指導事例集－思考力、判断力、表現力等の育成に向けて－（中学校版）」（文部科学省、2011）では、クリティカル・シンキング（批判的思考）が取り上げられている。しかしながら、平成24年度の全国学力・学習状況調査の結果をみると、活用を問う問題の中で主な観点の一つとされた「検討・改善」の問題の正答率が極めて低いという結果であった。解説資料によると、この問題は「他者の考えを認識し、多様な観点からその妥当性や信頼性を吟味したりすることなどにより、批判的に捉え、自分の考えを改善できるかどうかを問うもの」であると述べられている。批判的思考力の考え方に近い「検討・改善」の問題に課題があるとすれば、批判的思考力の育成は急務の課題と言える。

### 2. 批判的思考とは

批判的思考について Ennis(1987)は、自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であり、何を信じ、何を行うかの決定に焦点を当てた、合理的で省察的な思考であると述べている。我が国においても、多くの研究者が批判的思考について定義をしているが（例えば、久原・井上・波多野、1983；道田、2000；福地・土井、1996；樋口、1998；宮本、2000；平山、2004等）、その一つとして楠見・子安・道田(2011)は、批判的思考とは推論の規準にしたがう論理的で偏りのない思考である。その思考は、目標指向的に働き、自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であり、何を信じ、主張し、行動するか決定に焦点を当てる合理的（論理的）思考であると定義している。こうした定義からは、批判的思考とは自分自身の推論過程が適切な根拠に基づいているか多様な観点からその妥当性や信頼性を吟味する合理的で省察的な思考と考えることができる。

また、批判的思考には、認知的側面（スキルや知識）と情意的側面（態度）があることが指摘されてきた。さらに、楠見・子安・道田(2011)は、批判的思考の主なプロセスとそこで適用される構成要素を、「情報の明確化」、「情報の分析」、「推論」、「行動決定」の4つに分類している。「情報の明確化」とは、問題や情報の構造（主張・結論、根拠・理由）、隠れた前提、用語などを明確にすることであると述べ、メタ認知によって自分自身の思考をモニターし、コントロールするプロセスであると述べている。「情報の分析」は、議論や推論を支える根拠となる主な情報源の信頼性の判断、意見、事実、観察報告の評価であると述べている。特に、根拠としての確かさを判断するために、情報源の信頼性を判断すること、意見、事実、調査・観察やその報告の内容自体を評価することは、科学リテラシーの重要な要素であると述べている。「推論」は、演繹の判断（命題の解釈）、帰納の判

断（根拠から結論を導く）、価値判断（背景、結果、倫理など）であると述べている。「行動決定」は、上記のプロセスに基づいて結論を導き、状況を踏まえて、発言、執筆、選択などを支える行動決定を行い、問題を解決することであると述べている。

### 3. 批判的思考力を育成する教授方略

我が国で検討されてきた批判的思考力を育成する教授方略の要点を挙げると次のようである。木下ら(2001)は、自分の思考過程を図式化する「因果関係マップ」を作成させ、それを吟味させるという活動を取り入れる方法を提案している。道田(2003)は、主張等に一貫性があり矛盾はないかなどの「論理性の問い」が必要であると、それには他者と対話・議論することが有効な方法だと述べている。樋口(2004)もまた、話し合いの場面で質問や意見交換を行わせることによって根拠に基づいた発言を促す指導方法を検討している。松浦・柳江(2009)は、妥当性の検討や問題の指摘などは、異なる考えの主張等が生じる協同という学習形態が有効であると述べている。こうした提案の多くからは、批判的思考力を育成するためには自らの思考過程を吟味や検討することが必要であり、そのためには他者との対話が必要であることが見えてくる。しかしながら、「批判的思考は、非常に認知的負荷が高い思考である」と田中・楠見(2007)が述べているように、その育成に成功した事例はあまりみることができない。

そこで、本稿で私たちが提案する教授方略は、本来は問題解決の際に個人内で批判的に思考するために使用される要素をグループ内に役割として分散・外化し、成員同士で話し合いを行う中でそのプロセスと要素を理解し、最終的に熟達化した個人となることを促す方略である。具体的には、楠見・子安・道田(2011)が示した批判的思考の構成要素を役割として分担し、成員同士で協調して話し合いを行わせる。その際、複数回にわたる学習の中で、各役割を交代して話し合いさせることで批判的思考のプロセスと各構成要素に必要なスキルを身に付けさせようとするものである。これまでの話し合い時に役割分担を行わせる研究を見ると、清河・犬塚(2003)は読解の指導において「課題遂行役」「モニター役」「評価役」の3つの役割を取り入れることにより読解パフォーマンスが向上することを示している。また、高垣・田原(2005)や清水・安田・高垣(2009)も、相互教授と呼ばれる対話による教授方法を理科の学習に取り入れ、役割設定を行うことで、概念変容を促進させる効果があることを明らかにしており、役割を交代して話し合いさせることの効果を予測することができる。

## 4. 小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」における実践

### 4-1 調査対象及び時期

埼玉県内の公立小学校、第4学年2クラスを対象として授業を行った。全ての授業に参加した児童数は47名であった。実施単元は、小学校学習指導要領第4学年A(2)ウの内容である。

授業は、考察時に小グループの中で役割の分担をして話し合いを行うクラス（以下、実



験群と呼ぶ。N=20) と、効果の比較のため役割の分担は行わず話し合いのみを行うクラス（以下、統制群と呼ぶ。N=23）の2クラスで行った。授業は、2012年10月上旬から11月下旬に実施した。

## 4-2 役割の分担

両クラスともに、単元の授業に入る前に、よりよい考察文を作成するには、考察文中で使用した情報が十分か明確にしたり（情報の明確化）、情報源の信頼性を判断したり（情報の分析）、情報を明確にし情報の分析をした結果に基づいて判断し結論を導く（行動決定）必要があることを説明した。加えて、実験群に対しては、話し合いの際、図1に示したような発表係、司会係、評価係、まとめ係の4つの係を一人ひとりが分担することを指導した。発表係は話し合いをする前に記述した考察について根拠を基に結論を導き説明すること、司会係は「情報の明確化」、評価係は「情報の分析」、まとめ係は「行動決定」を役割として分担することを指導した。

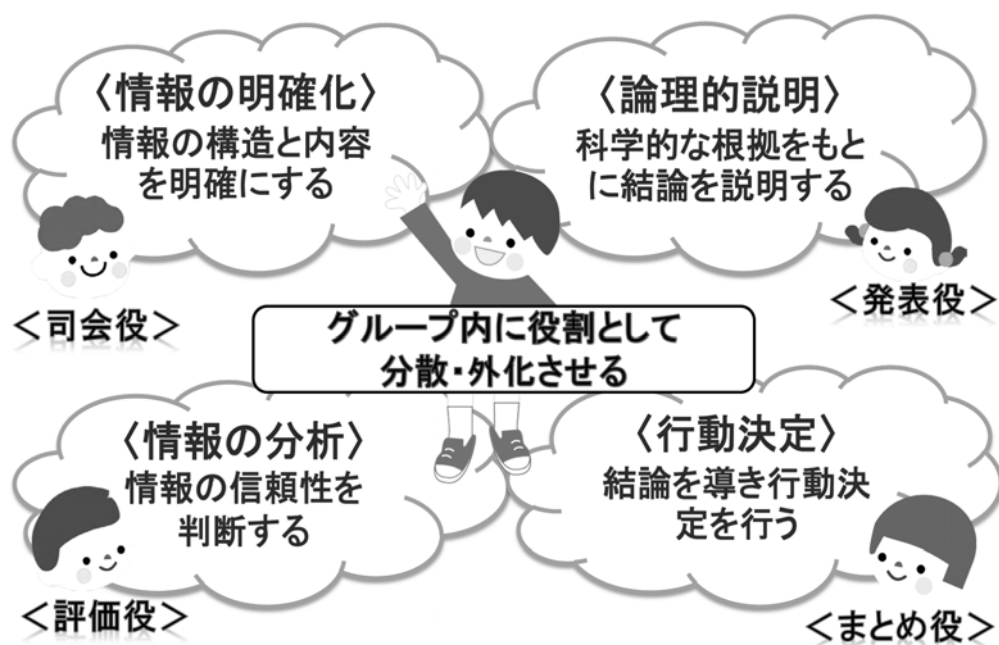


図1 グループ内での役割の分担

## 4-3 授業の概要

役割分担を担う成員同士で話し合いを行う授業は、7時間をかけて実施された単元の中で、計4回行った。4回の各授業で教師から提示された各学習課題は、次の通りである。

課題1. 水を熱したときの温度は上がり続けるのだろうか。

課題2. 水を熱したときに出てきたゆげの正体は何だろう。

課題3. 水を熱したときに出てきたあわの正体は何だろう。

課題4. 水を氷になるまで冷やすと温度は下がり続けるのだろうか。

教師から提示された学習課題を解決するための各回の授業の流れは、次のア～カのようである。

ア. 提示された学習課題に対して、クラスの中で話し合いをしながら共通の予想を立てる。

- イ. 予想を解決するための実験方法を計画・確認し、実験を行う。
- ウ. 実験結果をもとに、個人で考察し、その考察をワークシートに記述する。
- エ. 小グループで、考察の記述を検討する話し合いを行う。話し合いは、図1に示す役割分担に沿って進める。なお、机の上には図2のように、単元の始まる前に練習した役割の説明と質問例が書かれた各役割カードと話し合いの流れの見本が置かれている。
- オ. 話し合いの結果を踏まえて、各個人がワークシートの考察の記述を修正する。
- カ. 教師が授業のまとめを行う。

統制群は、上記授業の流れエでは、役割分担はせずに、小グループでよりよい考察をどう記述するか話し合いを行わせた。それ以外の授業の流れおよび条件はすべて実験群と同じである。

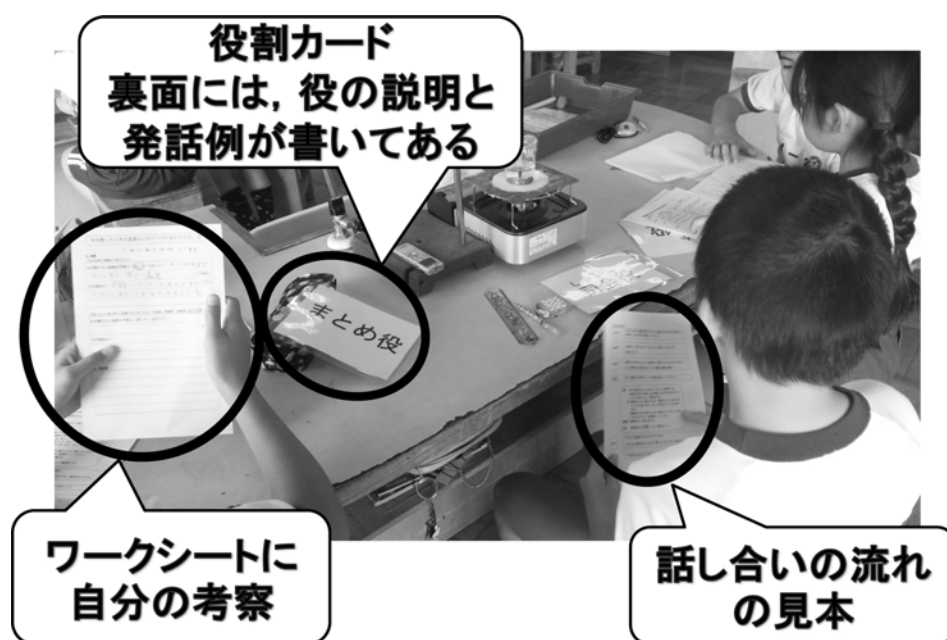


図2 話し合いの様子

#### 4-4 考察時の話し合いの様子

「課題4. 水を氷になるまで冷やすと温度は下がり続けるのだろうか」の解決に向けて行われた考察時の児童（3班）の話し合いの様子は、次のようであった。A児が司会役、B児が発表役、C児が評価役、D児がまとめ役である。

- 
- 1A 発表役さん自分の考えを発表してください。
  - 2B 予想（温度は下がり続ける）と違って水を氷になるまで冷やすと温度は途中で止まってから、また下がると考えます。その理由は、実験で4分から5分間0℃でそれからまた下がり始めたからです。
  - 3C Bさんの考えは間違っていると思います。正しい考えは、水を氷になるまで冷やすと温度は下がり続けないと考えます。その理由は、実験で水が0℃になると5分くらい止まっていたからです、だと思います。
  - 4A Bさんは、なぜ途中で温度が下がらなかったのに、下がり続けると考えたのですか。
  - 5B だから、途中で止まってから、また下がるんだよ。

6C 下がったんだけど0℃で一定。

7A ああ、そうゆうことか。

(中略)

13D 私の考えは、予想と違って水を氷になるまで冷やすと温度は下がり続けないと考えます。その理由は温度が0℃になった時に5分のままの温度だったからです。

14C なぜ、5分間もあったのに0℃のままだったと言えるのですか。

15A 温度が一度止まったからだよ。止まって、そのあと少し下がったの。

16D となるとBさんの説明が正しいのかな？

17C そうかもね。

18D みんなの意見をまとめると、予想と違って水を氷になるまで冷やすと温度は途中でとまってからまた下がると考える。その理由は実験で4分から5分間0℃でそれからまた下がり始めたからです。

19A いいと思います。

-----  
各児童の発話からは、A児が情報の明確化、C児が情報の分析、D児が行動決定といった各役割をよく果たしている様子を見ることができる。

#### 4.5 事後調査

役割を分担して話し合いを行うことの効果を調べるため、単元終了後に質問紙調査を行ってみた。問題は、平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】の大問1(3)の問題「よし子さんは、水の入ったビーカーに砂糖を入れてよくふり、すべてをとかして1日おきました。よし子さんは、砂糖はしずむと思うので、下の方が一番こく、上にいくほどだんだんうすくなると考えました」を使用し、問い「よし子さんの考えは正しいと言えますか。また、そう考えた理由をよし子さんに説明しましょう。」を作成した。この問題は、主な観点の一つ「改善」の問題である。正しくないということが選択でき、よし子さんの間違いを実験結果をふまえ根拠をもとに説明できた児童を正答とし、その数を調べた結果、表1のようになった。この問題の分析結果からは、役割を分担して話し合いを行った実験群に正答した児童が多いことがわかる。

表1 質問紙の分析結果

|            | 正 答      | 誤 答      |
|------------|----------|----------|
| 実験群 (N=20) | 17(85.0) | 3(15.0)  |
| 統制群 (N=23) | 12(52.2) | 11(47.8) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

#### 5. 成果と今後の課題

今回の実践からは、課題4の考察時の発話プロトコルに児童が各役割を実行している様子を伺うことができた。また、事後調査からは、批判的に思考するために必要な要素を役割として分担し、話し合いを行わせることを繰り返す授業を行うことで、批判的思考力を高められる可能性が示唆された。しかしながら、本実践事例では発達段階を考慮し構成要

素の一つ「推論」は導入していない。「推論」を導入した中学校での授業実践の結果については、別の機会に紹介したい。

### 引用文献

- Ennis, R.H.(1987) A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities、 In J.B. Baron & R.J. Sternberg (Eds.) Teaching thinking skills: Theory and practice、 W.H. Freeman and Company、 9-26.
- 樋口直宏(2004)「小・中学校における批判的思考力を育成するための授業開発」、立正大学心理学部研究紀要 2、73-91.
- 清河幸子・犬塚美輪(2003)「相互説明による読解の個別学習指導—対象レベル—メタレベルの分業による協同指導場面への適用—」、教育心理学研究、51、218-227
- 楠見孝・子安増夫・道田泰司(2011)「批判的思考力を育む」、有斐閣、2-11.
- 松浦拓也・柳江麻美(2009)「協同的な学習におけるメタ認知に関する事例的研究—中学校理科における話し合い場面を中心に—」、理科教育学研究、50(2)、107-119.
- 道田泰司(2003)「論理的思考とは何か」、琉球大学教育学部紀要 63、141-153.
- 高垣マユミ・田原裕登志(2005)「相互教授が小学生の電流概念の変容に及ぼす効果とそのプロセス」、教育心理学研究、53(4)、551-564.
- 田中優子・楠見孝(2007)「批判的思考の使用判断に及ぼす目標と文脈の効果」、教育心理学研究、55 (4)、.514-525.

# 第3章 批判的思考力を育成する指導方法の開発

## －批判的思考の構成要素を役割分担して話し合いをさせることの効果－

清水 誠・大澤正樹

### 1. はじめに

「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～（中学校版）」（文部科学省、2011）では、クリティカル・シンキング（批判的思考）が取り上げられている。その説明では、「他者の考えを認識しつつ自分の考えについて前提条件やその適用範囲などを振り返るとともに、他者の考えと比較、分類、関連付けを行うことで、多様な観点からその妥当性や信頼性を吟味し、考えを深めること」と述べられている。しかしながら、平成24年度全国学力・学習状況調査（文部科学省・国立教育政策研究所、2012）の結果は、大問2(2)の「他者の実験方法を検討し改善して、正しい実験方法を説明すること」の正答率が7.8%、大問3(3)の「他者の考察を検討し、根拠を示して改善した考察を説明すること」の正答率が11.3%であった。これらの問題は、科学的な思考・表現を問う「活用」であり、その評価の観点は「検討・改善」である。全国学力・学習状況調査の解説資料（文部科学省、2012）では、検討・改善について「予想や仮説の設定、観察・実験の計画、観察・実験の考察、日常生活や社会との関わりを考察するなどの各場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用し、観察・実験の結果などの根拠に基づいて、自らの考えや他者の考えに対して、多面的、総合的に思考して、検討し改善すること」と述べている。批判的思考力の考え方に近い「検討・改善」の問題に課題があるとするならば、批判的思考力の育成は中学校理科において急務の課題と言える。

批判的思考については、研究者により様々に定義されてきた（例えば、Ennis、1987；楠見、1996；樋口、1998；宮元、2000；道田、2000；平山、2004）。楠見（2011）は、様々な定義の共通点に基づいて大きく3つの観点から「批判的思考とは、論理的・合理的思考であり、規準に従う思考である」「批判的思考とは、自分の推論プロセスを意識的に吟味する内省的熟慮的思考である」「批判的思考とは、より良い思考を行うために、目標や文脈に応じて実行される目標指向的思考である」と定義している。そこで、本研究では楠見（2011）が定義した合理性、反省（内省）性、目標指向性といった3つの観点を踏まえて、批判的思考の定義を「目標に基づいて、自分自身の推論が適切な根拠に基づいているかその妥当性や信頼性を吟味する力」とすることにした。また、批判的思考には、認知的側面（スキルや知識）と情意的側面（態度）があると指摘されている。楠見・子安・道田（2011）は、批判的思考の主なプロセスとそこで適用される構成要素を「情報の明確化」「情報の分析」「推論」「行動決定」の4つに分類している。「情報の明確化」は、意思決定や問題解決に先立って、そのベースとなる情報（文章、発言など）を正確に理解するために明確化すること。「情報の分析」は、議論や推論を支える根拠となる情報源（他者の意見、事実や調査・観察の結果、以前に行った推論によって導出した結論）の信頼性を判断すること。「推論」は、演繹の判断、帰納の判断、背景事実・結果の判断を行うこと。「行動決

定」は、自分のおかれた状況を踏まえて、発言、執筆、選択などを支える行動決定を行い、問題解決することであると述べている。

我が国で検討されてきた批判的思考力を育成する教授方略を見ると、樋口(2004)は、児童・生徒の批判的思考の育成は総合学習において有効であると考え、問題発見、分析、判断・意志決定の3つに分類し、それらを技能として焦点化した指導を行っている。木下ら(2011)は、自分の思考過程を図式化する「因果関係マップ」を作成させ、それを吟味させるという活動を取り入れ、批判的思考の情意的側面(態度)の検証を行っている。しかしながら、「批判的思考は、非常に認知的負荷が高い思考である」と田中・楠見(2007)が述べているように、その育成に成功した事例はあまり見ることができない。こうした中に、清水・高信・黒川(2014)は、小学校の理科学習において批判的思考の構成要素を役割分担し、分散・外化させる教授方略は批判的思考力の育成に有効であったと述べている。しかしながら、清水らは小学生という発達段階を考慮すると構成要素の「推論」を育成することは難しいと考え、本来4つある構成要素のうち3つしか扱っていない。そこで、本研究では、批判的思考力を育成する指導方法として、中学校の理科学習において、批判的に思考する際に適用される4つの構成要素を小グループ内に役割として分散・外化する話し合いの方法を開発し、その効果を検証することにする。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

公立中学校第1学年2クラス(60名)を対象とした。批判的思考の構成要素について、仮説設定時に、実験群は役割分担に基づいて話し合いを行う群とし、統制群は話し合い時に役割分担を行わない群とした。

実験群の被験者は、31名、統制群の被験者は29名の計60名である。両群共に、4人もしくは3人からなる生活グループを1グループとし、メンバーは固定した。実験群、統制群共に9グループの編成である。調査は、2013年10月下旬から12月上旬に実施した。

### 2-2 批判的な思考力を育成する指導方法の開発と役割の分担

本研究で開発する批判的な思考力を育成する指導方法は、批判的に思考する際に適用される4つの構成要素を小グループ内に分散・外化することである。そこで、批判的思考の構成要素を分散・外化するために、小グループの成員一人一人に、各構成要素を順番に役割として分担させ、話し合いをさせることにした。この学習を繰り返すことで、最終的に個人の中に批判的思考のプロセスとそこで適用される全ての構成要素を身に付けさせるという方法である。

4人からなるグループの生徒が担う役割と活動内容は表1の通りである。4つの批判的思考の構成要素(情報の明確化・情報の分析・推論・行動決定)を役割として図1のように分担した。なお、3人からなるグループでは、評価役①及び②を一人に分担させた。

司会役は、楠見・子安・道田(2011)が批判的思考に適用した4つの構成要素にある「行動決定」の定義(自分のおかれた状況を踏まえて、発言、執筆、選択などを支える行動決定を行い、問題解決する)を踏まえ、課題に沿って話し合いを進め、班員の多様な意見か

ら話し合われたことを整理し、まとめて班の考えを決定し、発表する役割とした。評価役①は、「情報の分析」の定義（議論や推論を支える根拠となる情報源－他者の意見、事実や調査・観察の結果、以前に行った推論によって導出した結論－の信頼性を判断すること）を踏まえ、仮説設定の際、根拠になっている情報源が信頼できるかチェックする役割とした。根拠の基になっている事実について質問したり、根拠になっている情報源が信頼できるか確認する活動を行った。加えて、「情報の明確化」の定義（意思決定や問題解決に先立って、そのベースとなる情報－文章、発言など－を正確に理解するために明確化すること）を踏まえ、発表者の発言のあいまいな部分を明確化する役割及び発言者の結論や根拠を確認する役割も含めた。評価役②は、「推論」の定義（演繹の判断、帰納の判断、背景事実・結果の判断を行うこと）を踏まえ、データから結論（仮説）を導く過程が、体験した結果や科学的な知識を使って結論を導いているかチェックしたり、結論が適切に導かれているかチェックする役割とした。発表役の役割としての「論理的説明」は、批判的思考

表 1 役割の分担と活動内容

| 役 割                     | 活 動 内 容   |
|-------------------------|---|
| 司会役<br>(行動決定)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発言者の仮説の構造（結論、根拠）をチェックする。</li> <li>・ 課題に沿った話し合いを進める。</li> <li>・ 話し合われたことを整理し、発表する。</li> </ul> |
| 発表役<br>(論理的説明)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 科学的知識やこれまでの経験などを根拠にして、仮説を導き出し説明する。</li> </ul>  |
| 評価役①<br>(情報の明確化及び情報の分析) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発表者の発言のあいまいな部分をチェックし、明確化する。</li> <li>・ 根拠になっているデータ（経験したことや学習したこと）が信頼できるかチェックする。</li> </ul>   |
| 評価役②<br>(推論)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 学習したことを正しく使って結論を導いているかチェックする。</li> <li>・ 経験したことから結論が適切に導かれているかチェックする。</li> </ul>             |

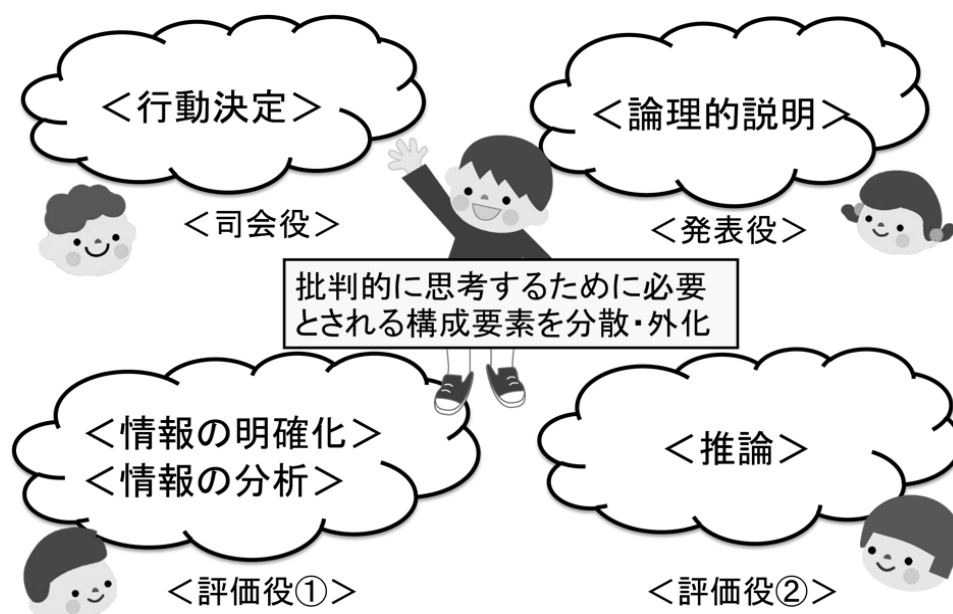


図 1 グループの生徒が担う役割

の構成要素にはないが、批判的に検討する話し合いの材料の提供するために、とりあえずの自らが考えた仮説を発表する役割とした。

## 2-3 授業

### 2-3-1 実施単元と授業計画

実施単元は、中学校第1学年の「第1分野・(1)身近な物理現象・光と音(13時間扱い)」で行った。各時間の学習課題は、表2の通りである。第7時を除く、第5時～第13時の8時間で検証授業を行った。いずれも1単位時間50分である。

表2 実施した授業の学習課題

| 時間   | 学習課題   | 授業     |
|------|--|--------|
| 第1時  | 光源のないところで白い紙は見えるか。                                 | 話し合い練習 |
| 第2時  | 白い紙にあたった光は反射するか。                                   | 〃      |
| 第3時  | 鏡で跳ね返った光が見えるのはどの位置か。                               | 〃      |
| 第4時  | おわんに水を入れたらコインが見えるようになった。なぜか。                       | 〃      |
| 第5時  | 三角形の形をしたガラスに入射した光線はどのように進むか。                       | 検証授業①  |
| 第6時  | 色分けされた蛍光灯の光を凸レンズで集めるとどんな形になるか。                     | 検証授業②  |
| 第7時  | 物体と凸レンズの位置関係によってどんな像ができるか。                         |        |
| 第8時  | 音を出しているときの音さは振動しているか。                              | 検証授業③  |
| 第9時  | 空気のないところで振動させたベルの音は聞くことができるか。                      | 検証授業④  |
| 第10時 | 水中に音源をおいても音は聞こえるか。                                 | 検証授業⑤  |
| 第11時 | 音源からの距離が20mのところと40m、60mのところ、音源からの音を聞いたとき、同時に聞こえるか。 | 検証授業⑥  |
| 第12時 | ゴムチューブの振幅を大きくすると、振動数はどうなるか。                        | 検証授業⑦  |
| 第13時 | 音源に近いところと遠いところで振動数は変わるか。                           | 検証授業⑧  |

### 2-3-2 授業の概要

最初の4時間は、実験群は表1及び図1を基に話し合いすることを練習した。統制群は、話し合いの際に批判的思考に適用される4つの構成要素をチェックする必要があることを指導した。8回の検証授業の際に実施された実験群の授業の主な流れは、次のア～オのようである。

ア. 教師が課題を提示する。

イ. 課題に対する仮説を各自記入する。

ウ. 記入した仮説を基に、批判的思考の構成要素を役割分担をした小グループ(3～4人)で話し合いを行う。なお、話し合いの際には、話し合い練習で配布した図2の話し合いの流れについてのプリントを机上に用意するとともに、各役割の意味とその具体的発話例を記入したカードを配付して支援が必要な場合は指導した。

エ. 話し合い後の各自の仮説をワークシートに記入するとともに、発表役が班の考えをま



とめ、発表をする。

オ. 実験をし、考察を行う。

なお、実験群の話し合いは、司会を中心に、発表役の意見を基に進めた。役割は毎回交代し、授業終了までに全員が全ての役を行うことにした。

統制群は、授業の流れにあるウでは、役割分担をせずに話し合いを行った。ただし司会役だけは順番で行わせた。それ以外の条件は、実験群と同じである。

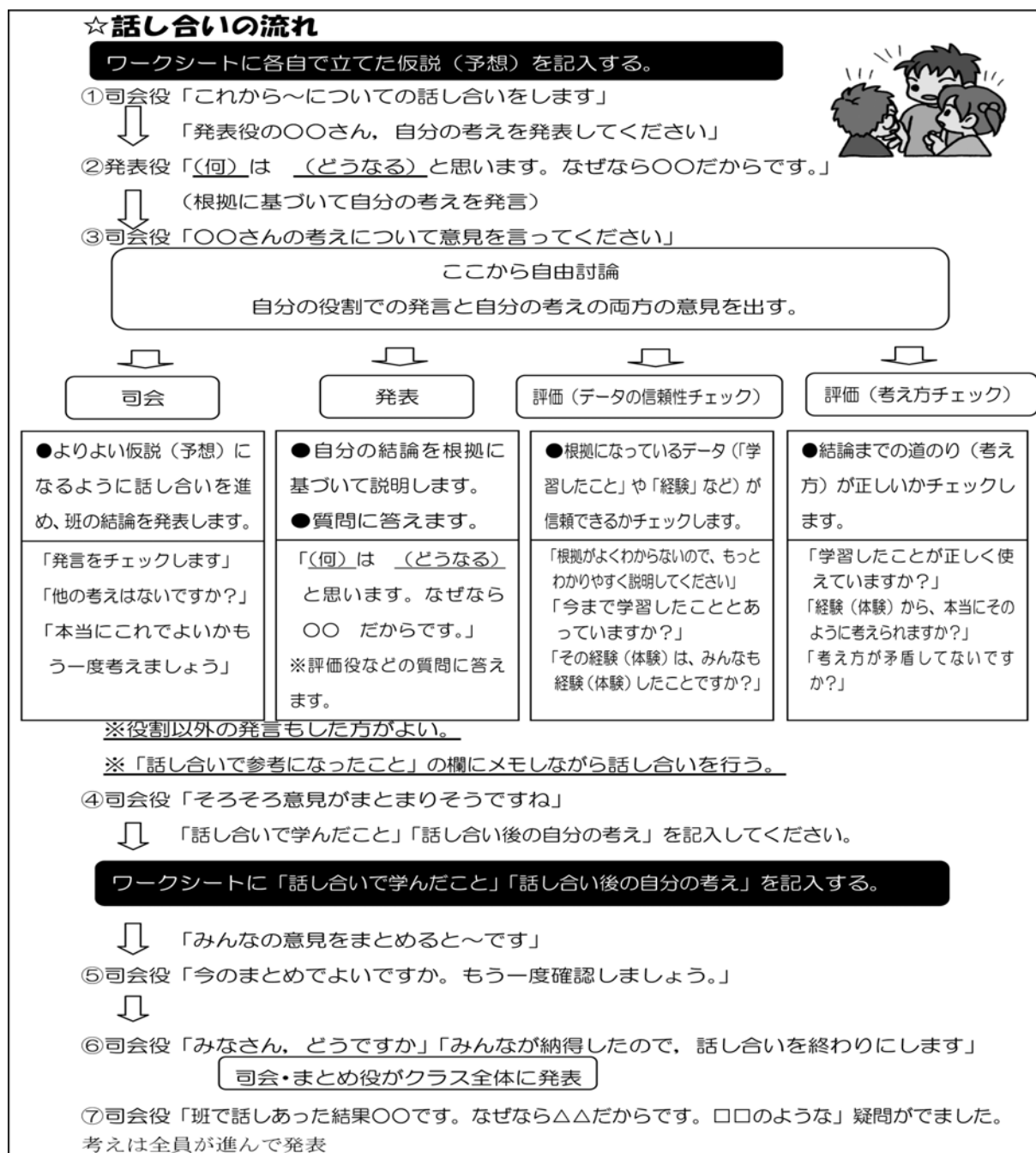


図 2 話し合いの流れ

## 2-4 調査

### 2-4-1 両群の等質性

両群の等質性を調査するため、平成 24 年度全国学力・学習状況調査小学校理科（文部

科学省・国立教育政策研究所、2012)の主として「活用」(改善)に関する問題、大問1(3)(物質に関する問題「水溶液の均一性」)を改題して図3に示す質問紙を作成した。

よし子さんは水に砂糖を入れてよく振り、全てとかししました。そして、それを1日おいておきました。よし子さんはとけている砂糖の様子について、下のように入念しました。

よし子さんの考えを表した図

とけている水砂糖は、下にしずむと思うので、下の方が一番こく、上にいくほどだんだんうすくなると考えます。

よし子さん

そこで、よし子さんは自分の考えを確かめるため、下のような実験を行いました。

実験方法

|   |                                |                                  |
|---|--------------------------------|----------------------------------|
| <p>1 スポイトで上の方、中の方、下の方のちがう高さから、混ぜないようにゆっくりと同じ量の砂糖水をとる。</p> | <p>2 同じ量の砂糖水を、スライドガラスにのせる。</p> | <p>3 水を自然に蒸発させ、出てきた砂糖の量を比べる。</p> |
|---|--------------------------------|----------------------------------|

実験結果

水を蒸発させると、どれからも同じ量の砂糖が出てきました。

問題1 よし子さんの考えは正しいと言えるでしょうか。正しいか、正しくないかに丸をつけましょう。

1. よし子さんの考えは正しい      2. よし子さんの考えは正しくない

問題2 問題1でそう考えた理由をよし子さんに説明しましょう。

図3 等質性調査に使用した問題

### 2-4-2 批判的思考力が育成されたかを調べる調査

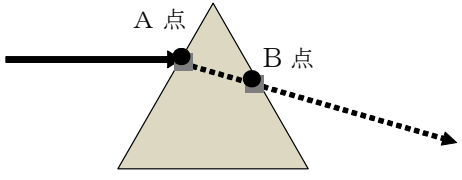
役割分担して話し合いをすることで、批判的思考力が育成されたか調べるために、質問紙調査及びワークシートの記述の分析を行った。

#### (1) 質問紙調査

質問紙は、批判的思考力と深く関係すると考えられる平成24年度全国学力・学習状況調査中学校理科(文部科学省・国立教育政策研究所、2012)の「検討・改善」の観点を

問う問題を参考に作成し、全ての検証授業が終了した直後に実施した。作成した問題は、「光」「音」に関する問題を1問ずつ、計2問出題した(図4)。

問題1 理科の授業で、光の屈折の学習をしました。屈折率の異なる物質の境界線で光が屈折することを学習しました。それをもとに三角形のプリズム(ガラス)に図のように(→)光線を入れたとき、どのように進むか、仮説を立てました。賢さんは、下図を使って以下のように仮説を立てました

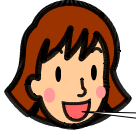


賢さん

私は、A点で光が屈折して、図のように(----→)光が進むと思います。

(1) 賢さんの考えは、① 正しい ② 正しくない ③ どちらとも言えない  
(2) (1)でそう考えた理由を賢さんに分かりやすく説明してください。

問題2 彩さんとあなたは、理科の授業で実験をしようとしています。「音源から離れると音の振動数が変化するか」について仮説を立てています。以下はそのときの話し合いの様子です。彩さんの意見について、①~③の適切な番号に○をつけて、その理由を答えなさい。



彩さん

私は、振動数は変わると 생각합니다。なぜなら、近くで聞くのと遠くで聞くのを比べると、音の大きさが変わって聞えるからです。

(1) 彩さんの考えは、①正しい ②正しくない ③どちらとも言えない  
(2) (1)で答えた理由を彩さんに分かりやすく説明してください。

図4 事後調査に使用した質問紙

## (2) ワークシートの記述

ワークシートの記述からは、実施されている授業により生徒の批判的思考力が育成されているかを評価することは困難である。そこで、批判的に思考していれば論理的な説明ができるだろうと考えワークシートの記述分析を行った。

### 2-4-3 批判的思考に適用される構成要素が育成されたかを調べる調査

批判的思考に適用される4つの構成要素が身に付いているか調べるために、話し合いの発話分析及び質問紙調査を行った。

#### (1) 話し合いの発話分析

話し合いの中で、批判的思考の構成要素に関する発話が生成されているか調べるために、各班の発話をICレコーダーに録音して分析を行った。分析は、検証授業の第1時、第4

時、第8時の3回の授業について分析を行った。

(2) 批判的思考に適用される構成要素が育成されたかを調べる質問紙調査

批判的思考に適用される4つの構成要素が身に付いたかを調べるための質問紙は、イギリスのナショナルカリキュラム (QCA) のキーステージ3 (11歳～14歳レベル) にある問題を参考に作成し、全ての学習終了2ヶ月後に実施した。このカリキュラムは、批判的思考を評価するものではないが、「investigated skills」の中に「Evaluating」という項目がある。「情報の分析」は、「Evaluating」の中の「n 実験・観察における変則性、矛盾点を考察し、それを説明する、p 状況に適するように、使用されている方法の改善点を見いだす」に近い内容である。また、「推論」は、「Evaluating」の中の「o 証拠から導かれている結論が適切か、解釈は適切か考察すること」に近い内容である。また、「情報の明確化」は、「科学技術をよく考えるクリティカルシンキング練習帳」名古屋大学出版会 (2013) の文章を参考に問題を作成した。作成した問題は、「情報の明確化」に関わる問題を6題、「情報の分析」に関わる問題を8題、「推論」に関わる問題を8題の計22題である (図5)。

**【問題1】**  
科学者たちは、「受動喫煙」について調査しています。「受動喫煙」とは、タバコを吸っていない人の煙を吸って受動喫煙にさらされることです。科学者たちは、3つのグループの健康状態を調査しました。

| グループA    | グループB    | グループC    |
|----------|----------|----------|
| 喫煙者      | 喫煙者      | 喫煙者      |
| 煙のある場所です | 煙のある場所です | 煙のある場所です |

問1) どのグループの人が、タバコの煙を吸い込みますか? (複数あれば複数書くこと)

問2) 3つのうち、どの2つのグループを比較すると、「受動喫煙」の影響の調査に役立ちますか?

問3) グループBの人は、グループCの人と似ている健康問題を抱えています。なぜか説明しなさい。

問4) 4人の科学者が「受動喫煙」について調査を行いました。下の表は、それぞれの科学者が調査を行った各グループの人数です。

| 科学者  | Aグループ | Bグループ | Cグループ |
|------|-------|-------|-------|
| ゴシップ | 289   | 3     | 18    |
| オムガ  | 8     | 6     | 11    |
| ピーター | 402   | 399   | 403   |
| マラー  | 15    | 210   | 511   |

どの科学者の調査が最も信頼できると考えますか?

**【問題2】**  
よし子さんは、4種類の異なるチップ状の物質を燃やしました。よし子さんは、大きい方が、長い時間燃えていると予想しました。

問1) グラフより、Cは、完全に燃えるまでに何秒かかりましたか?

よし子さんは、それぞれの異なるチップ状の物質が完全に燃えるまでの時間を測定しました。下のグラフは、その結果です。

問2) よし子さんは、大きい方が長い時間燃えていると予想しました。実験結果はよし子さんの予想を証明していると思いますか。正しいと思う方に○をつけてください。

問3) よし子さんは、正しい条件で実験をしていますが、なぜか説明してください。

問4) よし子さんは、実験から得られる結論を書きました (①～③)。それぞれの結論が、正しい、正しくない、どちらとも言えない、のどれかに当てはまる欄に丸をつけてください。

| 結論                         | 正しい | 正しくない | どちらとも |
|----------------------------|-----|-------|-------|
| ① 3つのチップは、燃えるまでに同じ時間がかかった。 |     |       |       |
| ② 最も小さいチップは、最も長い時間で燃えきった。  |     |       |       |
| ③ 3つのチップは同じ大きさの袋で燃えた。      |     |       |       |

**【問題3】**  
たけしは、歯で巻く目を集めました。そして、その巻く目の大きさを測定しました。

問1) 下の図の巻く目の大きさは何mmですか?

たけしは、見つけたすべての巻く目の大きさを測り、表にまとめました。

| 巻く目の長さ (mm) | 0-5 | 6-10 | 11-15 | 16-20 | 21-25 | 26-30 |
|-------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| 目の数         | 7   | 8    | 9     | 10    | 11    | 9     |

問2) 最も数が多い最大の目の範囲はどれですか?

問3) たけしの結果から以下にある結論が正しいか、正しくないか、どちらとも言えないか、当てはまる欄に○をつけてください。

| 結論                               | 正しい | 正しくない | どちらとも |
|----------------------------------|-----|-------|-------|
| ① 歯をとった目は2通りの色をもっている。            |     |       |       |
| ② たけしは、30mmより大きな目は見つけることができなかった。 |     |       |       |
| ③ たけしは、合計8匹の目を見つけた。              |     |       |       |
| ④ たけしが見つけた目は全て同じ種類だった。           |     |       |       |

**【問題4】**  
以下は、あるテーマに対する議論の一部です。A, Bの文章を読んで下の問いに答えなさい。遺伝子組み換え作物・・・農作物に他の遺伝子を組み込んで特性を持たせた人工の作物。害虫に強い性質や除草剤に強い性質などを持っている。

**A**  
私が遺伝子組み換えを推進すべきでないとする理由はいろいろあるが、本質はひとことにつき。それは、不必要な利便性のために、賢くなくてもよきリスクを冒している、ということである。遺伝子組み換え作物について基本的な考え方としておさえておくべきことは、遺伝子組み換え作物は必要だということである。除草剤に強い性質や害虫に強い性質は作物生産の際の手間を省くための技術で、なくとも困ることはない。最近、より消費者の利便性としてビタミンAを含むように遺伝子組み換えした「ゴールデンライス」や「花粉症の症状を軽くする米」などが研究されているが、これも本当に必要な技術なのか疑問がある。ビタミンをとり入れれば、ビタミン豊富な食品を食べればよい。ある物質を体に取り入れることで花粉症が緩和されるなら、その物質を薬として摂取すればよい。わざわざどんな副次的効果があるかもよくわからない遺伝子組み換えという技術を使ってそれらの物質を体に取り入れる必要はない。

**B**  
遺伝子組み換え技術を使った農業は疑いの目で見られがちであるが、私はそうした技術をどんどん推進していくべきであるとする。害虫に強い性質をもつ遺伝子組み換え作物を導入すべき種々の理由としては食料問題がある。食料問題は人口の増加が続く現代世界における大問題であり、食料の安定供給は緊急に考えるべき問題である。伝統的にはこの問題に対しては農薬や肥料を大量に投入するという形で作物の増産がなされてきたが、こうしたやり方は環境に負荷をかける。遺伝子組み換え作物は注意して利用すれば、すばらしいものとなる可能性がある。害虫に強い性質をもつ遺伝子組み換え作物は、その中でも、農薬を大量に減らしながら作物の増産を見込むことができる。うまく利用すれば、食料問題と環境問題の両方に解決をもたらすことができるような優れた技術なのである。

問1) Aの文章は、何を主張していますが、簡潔に書きなさい。

問2) Bの文章の主要な根拠 (理由) を簡潔に書きなさい。

問3) Bの文章は、何を主張していますが、簡潔に書きなさい。

問4) Bの文章の主要な根拠を簡潔に書きなさい。

問5) Aの文章とBの文章は、何について議論されていますか?

図5 批判的思考に適用される構成要素が育成されたかを調べる質問紙

### 3. 結果とその分析

#### 3-1 両群の等質性

等質性調査の結果は表3のようになった。

**表3 等質性調査の結果**

|            | 正答 | 誤答 |
|------------|----|----|
| 実験群 (N=31) | 16 | 15 |
| 統制群 (N=29) | 12 | 17 |

両群の正答者数と誤答者数について2×2のクロス集計を行い、フィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、両群に有意な差は見られなかった（両側検定：p=0.45、p>0.1）。

#### 3-2 批判的思考力が育成されたか調べる調査

##### 3-2-1 批判的思考力が育成されたかを調べる質問紙調査

質問紙の各問題の回答に対する評価基準を、表4及び表5のように定めた。批判的思考の定義に基づいた3つの側面（反省的側面：妥当性や信頼性を吟味しているか、合理的側

**表4 問題1の回答に対する評価基準**

| 評価  | 評価基準  |
|-----|---|
| 正答  | ①「正しくない」を選択している。【妥当性や信頼を吟味しているか】                  |
| ①②③ | ②「図のようにB点で光が直進する」という賢さんの考えの間違えを、根拠ををすべて満たしているもの   |
|     | ③問いに対して正対している。【目標に基づいているか】                        |
|     | 例：賢さんの考えは間違っている。なぜなら、ガラスと空気は屈折率が違うのでB点でも光は屈折するから。 |
| 誤答  | 上記以外  |

**表5 問題2の回答に対する評価基準**

| 評価  | 評価基準   |
|-----|--|
| 正答  | ①「正しくない」を選択している。【妥当性や信頼を吟味しているか】   |
| ①②③ | ②「音の大きさが変わって聞こえるから、振動数は変わる。」という彩さんの考えの間違えを、根拠を基に指摘している。【推論が適切な根拠に基づいているか】    |
|     | ③問いに対して正対している。【目標に基づいているか】   |
|     | 例：彩さんの考えは間違っている。なぜなら、音の大きさは振幅と関係していて振動数とは関係ないので、音の大きさが変わったから振動数が変わるとは言えないから。 |
| 誤答  | 上記以外   |

面：推論が適切な根拠に基づいているか、目標指向的側面：目標に基づいているか)の記述が十分であったとき正答とし、批判的思考力が育成されたと解釈した。

表4及び表5の評価基準に基づき、批判的思考力が育成されたかを調べた質問紙調査の結果は、表6のようであった。

**表6 批判的思考力が育成されたかを調べた質問紙調査の結果**

|            | 問題1の結果 |    | 問題2の結果 |    |
|------------|--------|----|--------|----|
|            | 正答     | 誤答 | 正答     | 誤答 |
| 実験群 (N=31) | 23     | 8  | 19     | 12 |
| 統制群 (N=29) | 13     | 16 | 9      | 20 |

両群の正答者数と誤答者数について2×2のクロス集計を行い、フィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、問題1(両側検定：p=0.03、p < 0.05)、問題2(両側検定：p=0.02、p < 0.05)ともに有意な差が見られた。

### 3-2-2 ワークシートの記述分析

ワークシート記述分析の評価基準は、表7のようである。検証授業ごとに、表7を基に具体的な評価基準を作成し、分析を行った。

**表7 ワークシートの記述分析の評価基準**

| 評価基準 |   |
|------|---|
| 十分   | 課題に沿って、科学的な知識や事実を根拠にして、正しく推論を行って仮説を導いている。 |
| 不十分  | 上記以外                                      |

各検証授業において記述が十分論理的であった生徒の人数は、表8のようである。

**表8 ワークシートに論理的に記述ができた生徒の人数**

|     | 学習内容        | 実験群 (N=31) | 統制群 (N=29) | p 値 |
|-----|-------------|------------|------------|-----|
| 第1時 | 光の屈折        | 18         | 9          | .04 |
| 第2時 | 凸レンズ        | 6          | 3          | .47 |
| 第3時 | 音と振動        | 29         | 23         | .14 |
| 第4時 | 音の伝わり方(真空中) | 13         | 14         | .80 |
| 第5時 | 音の伝わり方(水中)  | 21         | 14         | .19 |
| 第6時 | 音の伝わる速さ     | 25         | 14         | .01 |
| 第7時 | 振幅と振動数①     | 25         | 14         | .01 |
| 第8時 | 振幅と振動数②     | 20         | 6          | .00 |

実験群と統制群において、論理的に記述できた生徒とそうでない生徒の人数で、2×2のクロス集計を行い、フィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、第1時、

第6時、第7時、第8時で有意な差が見られた ( $p < 0.05$ )。検証授業の後半で、実験群の方が論理的に記述ができる生徒が多い。

### 3-3 批判的思考の構成要素が育成されたかを調べる調査

#### 3-3-1 発話分析

発話について表9に示した分析カテゴリーを作成し、検証授業①、検証授業④、検証授業⑧について、批判的思考の各構成要素にあたる各班の発話数を調べた結果が表10である。

実験群の方が統制群に比べて批判的思考の構成要素に関する発話数が多い。また、統制群では批判的思考の構成要素に関する発話数がほとんど変化していないのに対して、実験群は、検証授業①、④、⑧と増加傾向にあることが分かる。

表9 発話の分析カテゴリー

| 構成要素   | 発話の分類  | 例  |
|--------|--|--|
| 情報の明確化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 明確化のための質問</li> <li>・ 明確化のための質問に対して回答する発話</li> </ul>                                     | 結論は何？ 根拠は何？<br>その言葉の意味は？<br>それは〇〇だからです。  |
| 情報の分析  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ データの信頼性や結果に対する質問</li> <li>・ データの信頼性や結果に対する質問へ回答する発話</li> </ul>                          | 結果や結果の分析は、それでよいですか。<br>〇〇という理由からも△△と<br>言うことが言えると思います。<br>以前授業で行った実験で確認<br>しています。  |
| 推論     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 推論に対する疑問や質問</li> <li>・ 推論に対する質問へ回答する発話</li> <li>・ 反論（相手の意見に対して理由を述べながら反対する。）</li> </ul> | 結果（現象）からなぜそのようなことが言えるのですか？<br>今まで学習したことが正しく使えていますか？<br>〇〇ということは、△△ということだからです。<br>〇〇ということを経験したので、正しく使えていると思います。<br>〇〇だから、この結論は言えないのではないですか。 |
| 行動決定   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 行動決定に関する発話</li> </ul>   | 意見はこれでよいですか？<br>班の考えをまとめると〇〇です。  |

**表10 発話プロトコル分析の結果**

| 実験群（役割分担あり） |        |       |     |      |     |
|-------------|--------|-------|-----|------|-----|
|             | 情報の明確化 | 情報の分析 | 推 論 | 行動決定 | 合 計 |
| 検証授業①       | 28     | 7     | 6   | 35   | 76  |
| 検証授業④       | 25     | 23    | 11  | 35   | 94  |
| 検証授業⑧       | 34     | 20    | 14  | 61   | 129 |
| 統制群（役割分担なし） |        |       |     |      |     |
|             | 情報の明確化 | 情報の分析 | 推 論 | 行動決定 | 合 計 |
| 検証授業①       | 6      | 0     | 1   | 15   | 22  |
| 検証授業④       | 6      | 5     | 2   | 16   | 29  |
| 検証授業⑧       | 0      | 3     | 6   | 24   | 33  |

### 3-3-2 批判的思考の構成要素が育成されたかを調べる質問紙調査

検証授業が終了してからおよそ2ヶ月後に実施した質問紙調査の結果は表 11 のようになった。なお、各問題とも完全正答を1点としている。

**表 11 質問紙調査の結果**

|            | 情報の分析(8点満点) | 推論(8点満点) | 情報の明確化(5点満点) |
|------------|-------------|----------|--------------|
| 実験群 (N=31) | 6.4         | 6.3      | 3.3          |
| 統制群 (N=29) | 4.9         | 5.1      | 2.6          |

情報の分析についての問題について、F 検定で等分散であることを確認した後、*t* 検定を行ったところ、両条件の平均点には有意な差が見られた(両側検定： $t(58)=4.27, p < .05$ )。また、推論についての問題について、F 検定で等分散であることを確認した後、*t* 検定を行ったところ、両条件の平均点には有意な差が見られた(両側検定： $t(58)=2.16, p < .05$ )。さらに、情報の明確化の問題について F 検定で等分散であることを確認した後、*t* 検定を行ったところ、両群の平均点の差に有意差は見られなかった(両側検定： $t(58)=2.62, p > .05$ )。今回の検証授業の結果からは、批判的思考の構成要素「情報の分析」「推論」の平均点の差において、実験群の方が統制群よりも有意に高いことが分かった。

## 4. 考察とまとめ

本研究は、批判的に思考する力を育成する指導方法を開発し、中学校の理科学習に適用することで、その効果を検証することであった。開発した指導方法は、批判的に思考する際に適用される4つの構成要素を小グループ内に分散・外化することであった。具体的には、小グループの成員一人一人に、各構成要素を順番に役割として分担させ、話し合いをさせるものである。

開発した授業方法により、批判的思考力が育成されたかを調べた質問紙調査の結果からは、実験群は統制群に比べて質問紙の正答率が高いことが分かった。批判的に思考できて



いれば論理的に説明できるだろうと考え調査したワークシートの記述分析では、論理的に記述できている人数が実験群は統制群よりも、8回の検証授業のうち5回と多かった。また、発話プロトコルを見ると、実験群は統制群に比べて批判的思考の構成要素に関する発話が多く、回数を重ねるごとにその数は増加していた。実験群は回数を重ねる中で、批判的思考の構成要素が身に付いていったのではないかと考えられる。さらに、2ヶ月後に実施した批判的思考の構成要素が身に付いたかを調べる質問紙調査の結果からは、実験群が統制群に比べ、批判的思考の構成要素「情報の分析」「推論」に関する質問紙の平均正答率が高いことが分かった。

こうした結果から、批判的思考の構成要素を小グループの中に役割として分散・外化させる方法は、生徒に批判的思考の構成要素が身に付くようになり、批判的思考力を育成することに効果があることが示唆された。

### 引用文献

- Ennis, R.H.(1987) A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities、 In J.B. Baron & R.J. Sternberg (Eds.) Teaching thinking skills: Theory and practice、 W.H. Freeman and Company 、 pp.9-26
- 樋口直弘(1998)「アメリカにおける児童の批判的思考を育成するための教材構成－6 学年用 critical thinking kits の分析－」大正大学文学部研究紀要、第 14 号、pp.21-50
- 樋口直宏(2004)「小・中学校における批判的思考力を育成するための授業開発」『立正大学心理学部研究紀要』2、pp.73-91
- 平山るみ(2004)「批判的思考を支える態度および能力測定に関する展望」、京都大学大学院教育学研究科紀要、第 50 号、pp.290-302
- 伊勢田哲治・戸田山和久・調麻佐志・村上祐子(2013)「科学技術をよく考えるクリティカルシンキング練習帳」名古屋大学出版会
- 木下博義・山中真悟・山下雅文・小茂田聖士・岡本英治(2001)「中学校理科における批判的思考力育成に関する事例的研究」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第二部、第 60 号、pp.7-13
- 楠見孝(1996)「帰納的推論と批判的思考」、認知心理学 4 思考、東京大学出版会、pp.37-61
- 楠見孝・子安増生・道田泰司(2011)「批判的思考力を育む－学士力と社会人基礎力の基盤形成」有斐閣
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター(2012)「平成 24 年度全国学力・学習状況調査 解説資料中学校理科」
- 宮元博章(2000)「批判的思考を中核においた心理学教育のあり方について」『伝統と創造』人文書院、pp.95-106
- 道田(2000)「批判的思考研究からメディア・リテラシーへの提言 コンピュータ&エデュケーション」9、pp.18-23
- 文部科学省(2011)「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～(中学校版)」
- 文部科学省(2012)「平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果について(概要)」
- 文部科学省(2012)「平成 24 年度全国学力・学習状況調査 調査結果のポイント」

- 文部科学省・国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査 [小学校] 報告書」
- 文部科学省・国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査 [中学校] 報告書」
- QCA (1999) 「The National Curriculum for England- Science、83-84. Retrieved from <https://www.education.gov.uk/publications/>
- 清水誠・高信志穂・黒川昇(2014)「批判的思考力を育成する指導方法の開発－批判的思考に適用される構成要素を分散・外化する－」『理科の教育』Vol.63、No.743、pp.46-49

## 第4章 役割分担をして話し合いをさせることが 批判的思考力の育成に及ぼす効果

牛島健一・清水 誠

### 1. はじめに

中学校第3学年を対象に4月に実施した、平成24年度全国学力・学習状況調査の結果が示された。中学校理科では観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈し、説明することなどに課題が見られた。具体的には、大問2(2)の「他者の実験方法を検討し改善して、正しい実験方法を説明すること」の正答率が7.8%、また大問3(3)の「他者の考察を検討し、根拠を示して改善した考察を説明すること」の正答率が11.3%と低かった。両問とも枠組みは科学的な思考・表現を評価する「活用」であり、主な視点は「検討・改善」であった。検討・改善とは、予想や仮説の設定、観察・実験の計画、観察・実験の考察、日常生活や社会との関わりを考察するなどの各場面において、基礎的・基本的な知識・技能を活用し、観察・実験の結果などの根拠に基づいて、自らの考えや他者の考えに対して、多面的、総合的に思考して、検討し改善することである。一方、文部科学省が平成23年5月に示した「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～(中学校版)」では「クリティカル・シンキング(批判的思考)」が取り上げられ、その説明として「多様な観点から考察する能力」「多様な観点からその妥当性や信頼性を吟味し、考えを深めること」と述べられている。これは「検討・改善」する力を育てることを意味し、批判的思考力を育成することが必要であると考えられる。

批判的思考について Ennis(1987)は「自分の推論過程を意識的に吟味する反省的な思考であり、何を信じ、何をを行うかの決定に焦点を当てた、合理的で省察的な思考である」と定義し、楠見(2005)は「自分の推論過程を意識的に吟味するリフレクティブな思考、つまり批判の目は自分自身の推論過程に向ける、反省的な思考」と定義している。本研究では「自分自身の推論過程が適切な根拠に基づいているか吟味する合理的で省察的な思考」と定義した。こうした批判的思考力を育成していくためには、自分の推論過程が正しいのか振り返らせたり、考えの矛盾に気づかせたりすることが重要である。そのためには、他者への説明や、他者からの指摘が得られる協同的な学習が有効ではないかと考える。高垣・田爪・松瀬(2007)は、協同的な学習の中で概念獲得を促すために「リーダー役」「聞き役」「評価役」等の役割を交替で経験させることの有効性について報告している。さらに清水・安田・高垣(2009)は中学校の理科学習に導入し、生徒の科学的な概念の形成に有効であることを確認している。そこで、批判的思考力の育成においても役割を分担し、思考のスキルを育成することが必要であると考えた。

本研究では、話し合いの中で各学習者に役割を分担させることで生徒は批判的思考のスキルを身につけ、批判的思考力を育成することができるだろうという仮説を立て、副題を「役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果」とした。具体的な方策として、仮説設定時や考察時に批判的に思考していくために必要なスキルを役

割として小グループの各自に割り振り、話し合いを行うことにした。

## 2. 研究の方法

### 2-1 研究の目的

本研究は、科学的な思考力の中の批判的思考力の育成を図る指導法を提案し、その効果を調べることを目的とする。具体的には、仮説設定時や考察時の話し合い活動において、役割分担をして話し合いをさせることが批判的思考力の育成に及ぼす効果を検証する。

### 2-2 検証授業

#### 2-2-1 調査対象

被験者は埼玉県公立中学校第1学年5クラス(110名)である。実験群は、役割分担に基づいて話し合いを行う群(3クラス、74名)とし、統制群は、話し合い時に役割分担を行わない群(36名)とした。被験者110名は、事前調査から2ヶ月後調査までの全ての授業及び調査に参加した生徒である。

#### 2-2-2 調査時期

- ・事前調査 2012年10月10日(水)～12日(金)
- ・事前指導及び検証授業 2012年10月12日(金)～11月21日(水)
- ・事後調査 2012年11月16日(金)～22日(木)
- ・2ヶ月後調査 2013年1月18日(金)

#### 2-2-3 実施単元

実施単元は中学校第1学年の「第1分野・(1)身近な物理現象・力と圧力」(11時間扱い)である。授業の流れは表1に示す。第4時、第7時、第9時、第10時、第11時の計5回について検証を行った。いずれも、1単位時間50分である。

表1 実施した授業の流れ

| 時間  | 学習課題                                 | 役割による話し合い  |
|-----|--------------------------------------|------------|
| 第1時 | 「力」がはたらくと物体はどうなるだろうか                 | 話し合い練習(仮説) |
| 第2時 | 地球から物体が落ちないのはなぜだろうか                  | 話し合い練習(仮説) |
| 第3時 | 見えない「力」を表すにはどうすればよいだろうか              | 話し合い練習(仮説) |
| 第4時 | ばねに加える力の大きさとばねの伸びの間には、何か規則性はあるだろうか   | 検証授業①(仮説)  |
| 第5時 | 実験結果から、ばねに加える力の大きさとばねの伸びの関係はどうなるだろうか | 話し合い練習(考察) |
| 第6時 | 「重さ」と「質量」の違いは何だろうか                   | 話し合い練習(考察) |
| 第7時 | レンガの置き方の違いによってスponジのへこみ方はどうなるだろうか    | 検証授業②(仮説)  |
| 第8時 | ふれ合う面積と圧力には、どのような関係があるだろう            | 話し合い練習(考察) |

|        |                     |           |
|--------|---------------------|-----------|
|        | うか                  |           |
| 第 9 時  | 水圧にはどのような決まりがあるだろうか | 検証授業③（仮説） |
| 第 10 時 | なぜ水中で浮力がはたらくのだろうか   | 検証授業④（考察） |
| 第 11 時 | さまざまな現象を気圧で説明できるか   | 検証授業⑤（仮説） |

## 2-3 授業の概要

検証のための授業は、次のア～カの手順で行った。

ア．身近な問題から教師が課題を提示する。

イ．その課題に対する仮説を各自で記入させる。

ウ．役割を与えた小グループ(3、4人)での話し合いによって、根拠に基づいた発言や意図的に吟味する機会を設ける。

エ．話し合い後に、自分の仮説に加筆・修正がある場合には赤ペンで記入させる。

オ．課題を検証するための観察・実験を行わせた後、考察を各自で記入させる。

カ．考察についても役割に基づいた話し合いをさせ、話し合い後に加筆・修正がある場合には赤ペンで記入させる。

なお、話し合いの際には、批判的思考を促していくために必要なスキルとして、表2のような役割をつくり各自に分担させる。なお、役割は毎回交替させ、全ての役割を経験させる。

**表 2 役割の分担**

| 役割            | 思考のスキル   |
|---------------|--|
| 司会・まとめ役       | 課題を明確にし、課題に沿った話し合いを進める。話し合われたことを整理し、発表する。(論理的説明)   |
| 発表役           | 科学的知識やこれまでの経験、観察・実験の結果などを根拠にして、推論を導き出し説明する。(論理的説明) |
| 評価役<br>(1・2名) | 発表役が適切な根拠に基づいて推論を導き出しているか吟味する。(批判的思考)              |

## 2-4 効果の検証

### 2-4-1 ワークシートの記述分析

批判的思考ができるようになるためには、論理的思考ができるかが重要である。そこで、論理的に思考ができたかをみるため、表3に示す分析基準をもとに、生徒が仮説設定時や考察時に記入したワークシートの記述を分析する。

**表 3 ワークシートの分析基準**

| 基準   | 分析基準                           |
|------|--------------------------------|
| A 基準 | 課題に沿って、科学的な知識や根拠に基づいて記述している。   |
| B 基準 | 既存の知識や適切な根拠に基づいた記述が十分に示されていない。 |
| C 基準 | 根拠が記述されていない。もしくは未記入である。        |

## 2-4-2 発話プロトコルの分析

批判的思考をしているかをみるために、各班の話し合いを IC レコーダーに録音して発話プロトコルを作成する。Ennis(1987)の批判的思考の 12 の能力（表 4）を用いて批判的思考に関わる発話数を調べ、分析する。

表 4 Ennis の批判的思考の 12 の能力

1. 問題に焦点を当てる。
2. 議論を分析する。
3. 明らかにするための、または挑戦するための質問をし、答える。
4. 情報源の信頼性を評価する。
5. 観察し、その結果を判断する。
6. 演繹的推論を行い、判断する。
7. 帰納的推論を行い、判断する。
8. 価値判断を行い、判断する。
9. 用語を定義し、定義を判断する。
10. 仮定を明らかにする。
11. 行動を決める。
12. 他人と相互作用する。

## 2-4-3 質問紙調査による分析

批判的思考力が身についたか調べるために、検証授業直後及び 2 ヶ月後に質問紙調査を行う。問題は検討・改善の能力を問う形式で作成し、分析を行う。

## 3. 結果とその分析

### 3-1 両群の等質性

検証授業前に実施した全国学力・学習状況調査小学校理科の「活用」（改善）に関する問題（2 点満点）の結果は表 5 のようになった。なお、記述の評価基準は全国学力・学習状況調査に準じた。F 検定により両群が等分散であることを確認後、t 検定を行った結果、両群に有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.3059$ ）。

表 5 等質性調査の結果

|               | 実験群  | 統制群  |
|---------------|------|------|
| N (人)         | 74   | 36   |
| $\bar{x}$ (点) | 1.23 | 1.06 |
| SD            | 0.81 | 0.85 |

### 3-2 批判的思考力の育成

#### 3-2-1 ワークシートの記述分析

表3の分析基準をもとに5回の検証授業のワークシートを分析した。A基準とそれ以外の生徒で直接確率計算2×2を行った結果は、表6のようになった。検証授業③においてのみ、5%水準で有意な差が見られた（両側検定：p=0.0257）。

**表6 A基準で記述できた人数の割合**

|       | 学習内容   | 実験群 (N=74) | 統制群 (N=36) | 有意差        |
|-------|--------|------------|------------|------------|
| 検証授業① | 力のはたらき | 39(53)     | 21(58)     | 両群に有意な差はない |
| 検証授業② | 圧力     | 42(57)     | 14(39)     | 両群に有意な差はない |
| 検証授業③ | 水圧     | 20(27)     | 3(8)       | 有意な差がみられた  |
| 検証授業④ | 浮力     | 20(27)     | 4(11)      | 両群に有意な差はない |
| 検証授業⑤ | 大気圧    | 5(7)       | 1(3)       | 両群に有意な差はない |

### 3-2-2 発話プロトコルの分析

検証授業④について実験群は25班分、統制群は18班分の発話数、批判的思考の12の能力に関する発話数、発話平均時間を調べ結果は、表7のようであった。

批判的思考の12の能力に関する発話数は、1班あたり実験群が6.8回に対して、統制群は2.2回であった。

**表7 検証授業④の発話プロトコル**

|            | 総発話数      | 批判的思考の12の能力に関する発話数 | 発話平均時間 |
|------------|-----------|--------------------|--------|
| 実験群 (N=25) | 907(36.3) | 170(6.8)           | 6分19秒  |
| 統制群 (N=18) | 417(23.2) | 40(2.3)            | 7分41秒  |

注. 単位は、回数。( )内の数字は平均。

### 3-3 質問紙調査による分析

#### 3-3-1 検証授業終了直後の質問紙調査

検証授業③で有意な差が見られた「水圧」に関する問題を、検討・改善の能力を問う形式で検証授業終了直後に出题した（2点満点）。結果は、表8のようであった。F検定により両群が等分散であることを確認後、t検定を行った結果、両群に有意な差は見られなかった（両側検定：p=0.8319）。

**表8 水圧に関する問題の結果**

|               | 実験群  | 統制群  |
|---------------|------|------|
| N(人)          | 74   | 36   |
| $\bar{x}$ (点) | 0.65 | 0.61 |
| SD            | 0.89 | 0.79 |

#### 3-3-2 2ヶ月後の質問紙調査

検証授業②、④、⑤に関わる問題を、検討・改善の能力を問う形式で出题した（各2点満点）。ワークシートの記述分析で有意な差が見られなかった。検証授業②、⑤は、質問

紙調査でも有意な差が見られなかった。一方、発話プロトコルにおいて有意な差が見られた検証授業④は表9のようになった。F検定により両群が非等分散であることを確認後、t検定を行った結果、5%水準で有意な差が見られた（両側検定： $p=0.0281$ ）。

**表9 浮力に関する問題の結果**

|               | 実験群  | 統制群  |
|---------------|------|------|
| N (人)         | 74   | 36   |
| $\bar{x}$ (点) | 0.38 | 0.11 |
| SD            | 0.78 | 0.46 |

#### 4. 考察とまとめ

本研究では、科学的な思考力の一つである批判的思考力の育成を目指し、仮説設定時や考察時に役割分担をして話し合いをさせる指導法を用いてその効果を調べた。ワークシートによる論理的な記述の分析、発話プロトコルによる批判的思考の能力に関する発話の分析、質問紙調査の結果から以下のことが言える。

- ア. 役割分担をして話し合いをさせることにより、論理的な記述をする生徒が多くなる。
- イ. 役割分担をして話し合いをさせることにより、批判的思考の能力に関する発話が増加する。
- ウ. 役割分担をした話し合いは回数を重ねることにより効果がみられる。
- エ. 検証授業⑤のように、班の中で結論が一致した場合、班内での葛藤が起こらず、両群に有意な差は見られない。

検証授業の結果からは、これからの我が国の学校の教育において、重要であると言われている批判的思考力が、役割分担をして話し合いをさせる指導方法によって育成できる可能性があることが示唆された。

#### 引用・参考文献

- 有元秀文(1998)「科学実験における情報活用と協同学習を通じた論理的思考の育成」、理科の教育 12
- Ennis, R.H.(1987) A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities, In J.B. Baron & R.J. Sternberg (Eds.) Teaching thinking skills: Theory and practice, pp.9-26, W.H. Freeman and Company
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター(2012)「平成 24 年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科」
- 楠見孝(1996)「帰納的推論と批判的思考」、認知心理学 4 思考、東京大学出版会
- 高垣マユミ・田爪宏二・松瀬歩(2007)「相互教授と概念変容教授を関連付けた学習環境の設定による概念変化の促進」、教育心理学研究、Vol.55
- 清水誠・安田修一・高垣マユミ(2009)「相互教授を導入した授業における相互作用の効果」、理科教育学研究、Vol.50、No2



# 第5章 役割分担をして話し合いを行うことが 論理的思考力に及ぼす効果 —小学校理科「水溶液」の学習を事例に—

浅見浩子・清水 誠

## 1. はじめに

平成20年1月の中央教育審議会の答申において、教育課程の基本的な考え方、今回の改訂で充実すべき重要事項が示された。理科では、科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、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、探究的な学習活動を充実する方向で改善すると示された。

科学的な思考には、論理的思考を含む合理的思考や発散的思考がある。小倉(2000)は、理科の授業では生徒に学習した科学の原理や法則を真として演繹的に問題に適用させて問題を解く場面がよく見られるが、たとえ生徒の思考が論理的思考の形態をとっていたとしても実質的には理解していないことが多いことを指摘し、観察実験結果から論理的に何が言えるのかを考えさせることが重要だと述べている。論理的思考力の育成について調べた研究を見ると、臼井(2003)は、高校においてグループ討論により根拠を述べて説明できる生徒が増加し、グループ討論前の記述に比べグループ討論後の記述はより論理的なものになったと報告している。有元(1998)は、論理的思考を育てるためには、情報活用と協同学習が重要であると述べている。また、一人で出した結論は誤解や独断の可能性を常に伴うため、協同学習による相互協力と相互批判の過程がどうしても必要になるとしている。協同学習の一つとして、相互教授の方法を中学の理科学習に導入した清水・安田・高垣(2009)は、相互教授を導入した授業は生徒の科学的な概念の形成に有効であることを示している。

そこで、本研究では、科学的な思考力の中の論理的思考力の育成に焦点を絞り、考察時において小グループでの話し合いを行う際に一人ずつに役割を与えることが、論理的思考力を高める効果があるか検証することを目的とした。なお、役割分担をさせる理由は、本来個人内で行われる思考の構成要素(スキル)を役割を分担することを通して育て、最終的に自立した学習者としようとするものである。また、本研究では、論理的思考力とは、「既知の前提から、筋道立てて新しい結論を導き出す力」と定義している。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

埼玉県内の公立小学校第6学年3クラス(計114名)を対象とした。考察の場面で役割分担に基づいて話し合いを進めるクラス(74名)を実験群、考察の場面で話し合いはするが役割分担をしないクラス(40名)を統制群とした。検証授業は、5名の児童を1グループとして学習させた。なお、このグループは、通常の授業の班編成のままである。

調査は、2011年9月から2011年11月にかけて実施した。

## 2-2 授業

### 2-2-1 実施単元と計画

実施単元は、小学校第6学年の「(2)水溶液の性質」で行った。単元の指導計画は、表1に示した通りである。14時間の学習の中で、役割分担での話し合いを7回行った。1次は、役割を分担しての話し合い練習を2回行った。2次以降、役割を分担しての話し合いを5回行った。①～⑭の時間は、いずれも1単位時間45分である。

表1 単元の計画

|                     | 時間 | 学習問題 (内容)           | 役割による話し合い      |
|---------------------|----|---------------------|----------------|
| 1次<br>「水溶液の仲間分け」    | ①  | ハーブティの色が変わる秘密をさぐろう  | 話し合い練習1        |
|                     | ②  | リトマス紙による仲間分けをしよう    | 話し合い練習2        |
|                     | ③  |                     |                |
| 2次<br>「水溶液に溶けているもの」 | ④  | 酸性雨 排気ガスは水に溶けるのだろうか | 話し合い1          |
|                     | ⑤  | 二酸化炭素は水に溶けるのだろうか    | 話し合い2          |
|                     | ⑥  | 炭酸水には何が溶けているのだろうか   | 話し合い3          |
|                     | ⑦  |                     |                |
| 3次<br>「水溶液と金属」      | ⑧  | 塩酸は金属を溶かすだろうか       | 話し合い4<br>話し合い5 |
|                     | ⑨  | 塩酸に溶けた鉄はどこにいったのだろうか |                |
|                     | ⑩  | 蒸発してでてきたものは鉄だろうか    |                |
|                     | ⑪  | 他の水溶液も金属を溶かすのだろうか   |                |
|                     | ⑫  |                     |                |
| 4次<br>「単元のまとめ」      | ⑬  | 単元のまとめ              |                |
|                     | ⑭  | 無色透明の水溶液が何であるか調べよう  |                |

### 2-2-2 授業の概要

授業は、両群共に、身近な生活の中から問題を見出し、各自で予想・仮説を立てる。その後、実験方法を考え、実験を行う。各自で考察した後、グループで考察を話し合い、最後に全体でまとめるという方法で進めた。

グループでの話し合いは、実験群では表2に示す役割の分担をして話し合いを行い、統制群では話し合いはするが役割の分担は行わなかった。話し合い時の役割分担は、思考に必要な要素を育成するために役割にあてることとした。司会役は「予想に基づいた考え方の整理」、発表役は「個人での論理的説明」、まとめ役は「グループの考えをまとめた論理的説明」、評価役は「批判的思考」、比較役は「情報源の信頼性の判断」を行う。発表役は実験・観察をもとに自分の考えで結論を導く役とし、まとめ役は話し合いの結果からグループとしての結論を導く役として、二つの役に分けることとした。役割は毎回交代し、全員が全ての役割を分担することとした。なお、検証授業に入る前に、実験群には役割分担の話し合いの意義と仕方を指導した。統制群にも、話し合いの際、思考に必要な要素を使って考えをまとめる必要があることを指導した。

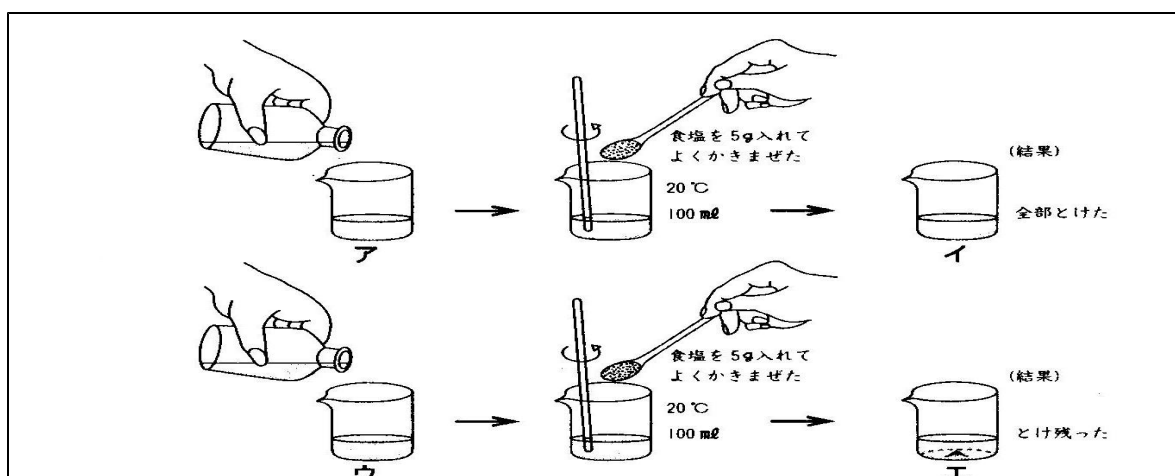
表2 本研究の役割分担

| 役割   | 役割の内容                              | 思考に必要な要素        |
|------|------------------------------------|-----------------|
| 司会役  | 司会進行を通しながら、班員の意見や考えを整理する           | 予想に基づいた考え方の整理   |
| 発表役  | 自分の考えを論理的に説明する<br>発表役の考えを基に話し合いをする | 個人の考えに基づいた論理的説明 |
| まとめ役 | 話し合いの内容を基に、グループとしての考えをまとめる         | 他者の考えを踏まえた論理的説明 |
| 評価役  | 考えが正しいか吟味する                        | 批判的思考           |
| 比較役  | 結果の妥当性を検討をする                       | 情報源の信頼性の判断      |

## 2-3 調査

### 2-3-1 両群の等質性

両群の等質性を調べるため、質問紙調査を行った。質問紙は、図1に示す平成15年度教育課程実施状況調査第5学年「もののとけかた」A(2)の科学的な思考をみる問題を使用した。



- 正子さんは、イとエの結果のちがいをみて、食塩を入れる前のアとウの液について考えました。正子さんが考えたことについて、次の①から④までの中から、あなたの考えに近いものを一つ選んで、その番号を書きましょう。
  - ① アは水で、ウは食塩水である
  - ② アは水で、ウも水である
  - ③ アは食塩水で、ウは水である
  - ④ アもウも同じこさの食塩水である
- 1のことを調べるために、正子さんは食塩を入れる前のアとウの液をそれぞれ蒸発皿に入れて加熱してみました。正子さんの考えが正しいとすれば、実験の結果は

どのようになるでしょうか。次の①から④までの中から、あなたの考えに近いものを1つ選んで、その番号を書きましょう。

- ① アは食塩が出てくるが、ウは何も出てこない。
- ② アもウも食塩が出てくる。
- ③ アは何も出てこないが、ウは食塩が出てくる。
- ④ アもウも何も出てこない。



図1 等質性調査に使用した問題

### 2-3-2 論理的思考力が育成されたかを調べる調査

役割分担して話し合いをすることで、論理的思考力が育成されたか調べるために、質問紙調査、ワークシートの記述の分析、発話プロトコルの分析を行った。

#### (1) 質問紙

検証授業の前後で行った質問紙の問題は、2問である。問題は、同じものを使用し、1問目は、「未知の水溶液が3種類（食塩水と炭酸水と石灰水）あります。何の水溶液か調べるには、どのようにしたらよいですか。思いつく方法とその理由を書きましょう。」という問題である。食塩水、炭酸水、石灰水の同定を論理的に説明できるかを調べる問題である。2問目は、両群の等質性を調べた問題を事後調査でも使用した。

#### (2) ワークシートの記述

本研究では、論理的の定義を「既知の前提から、筋道立てて新しい結論を導き出すこと」としている。そこで、考察時における論理的な記述を、「既知の前提」は「実験結果」とし、「筋道立てて」は「因果関係を順序立てる」とした。「新しい結論」は、考察段階では「結果から分かったこと」と対応させた。論理的な思考ができている記述とは、「結果から結論を述べる際に因果関係を順序立てて記述できている」とし評価基準を作成し実験群のワークシートの記述を分類することにした。

#### (3) 発話プロトコルの分析

役割分担の機能をみるため、両群共に8つの班の発話プロトコルを分析をした。分析は、10時間目（話し合い4回目）の授業の話し合いを分析した。分析した話し合いの時間は、両群共に6分30秒で行った。

分析の際には、発話を主張（自分の意見や考えを提示している発話）、比較（他者の主張の矛盾点を指摘する発話）、吟味（他者の主張が正しいか吟味している発話）、統合（自己の主張や他者の主張を理解し、共通基盤の観点から説明する発話）、進行（話し合いの進行を行う発話）の5つのカテゴリーに分けた。各カテゴリーは、「主張」は「発表役」、「比較」は「比較役」、「吟味」は「評価役」、「統合」は「まとめ役」、「進行」は「司会役」の役割と対応している。

## 3. 結果とその分析

### 3-1 両群の等質性

等質性調査の結果は表3のようになった。

**表 3 等質性調査の結果**

|            | 正答 | 誤答 |
|------------|----|----|
| 実験群 (N=74) | 27 | 47 |
| 統制群 (N=40) | 15 | 25 |

両群の正答者数と誤答者数について2×2のクロス集計を行い、フィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、両群に有意な差は見られなかった（両側検定：p=1.00、p>.01）。

### 3-2 論理的思考力の形成

#### 3-2-1 質問紙調査の結果と分析

##### (1) 問題1の結果と分析（3種類の水溶液の同定問題）

質問紙の問題の回答に対する評価基準と記述例は、表4の通りである。

**表 4 評価基準と記述例**

|                 |  |
|-----------------|--|
| 論理的記述が<br>できている | 書いてある方法で識別できる。（結論）<br>根拠も正しく順序性がある。<br>・リトマス紙を使った時、酸性のものは炭酸水、アルカリ性のものは石灰水、中性のものは食塩水となると考えることができる。<br>・全ての水溶液を蒸発させた時、何か出てきたら食塩水か石灰水、何も出<br>こなかったら炭酸水と考えられる。何か出てきた水溶液に二酸化炭素を入れてふった時、白くにごった方が石灰水といえる。にごらないものは食塩水といえる。 |
| 不十分             | 書いてある方法で識別できる（結論）が、理由が書けない。または、不十分な根拠をもとに結論を導き出している。<br>根拠が書けないか根拠は書いてあるが、不十分。<br>・蒸発させて固体がでるか確認する。<br>・リトマス紙を使って、仲間分けをする。<br>・石灰水か調べるために、二酸化炭素を入れてふる。<br>・蒸発させる。<br>・炭酸水か調べるために、石灰水を入れる。                          |
| できていない          | 識別する方法が正しく書けない。<br>・金属を入れる。 ・冷やす ・無回答  |

3種類の水溶液の同定を問う事前調査の結果は、表5のようであった。

実験群と統制群の論理的記述ができた児童と記述が不十分な児童の人数で直接確率計算2×2で検定したところ、両群に有意な差は見られなかった（両側検定 p = 0.7842、p<.01）。

**表 5 事前調査の結果**

|            | 論理的な記述ができた | 論理的記述が不十分 |
|------------|------------|-----------|
| 実験群 (N=74) | 12 (16.2)  | 62 (83.8) |
| 統制群 (N=40) | 5 (12.5)   | 35 (87.5) |

注 単位：人数、( ) 内の数字は%

一方、3種類の水溶液の同定を問う事後調査の結果は、表6のようであった。

実験群と統制群において論理的に記述できた児童と記述が不十分な児童の人数で直接確率計算  $2 \times 2$  で検定したところ、両群に有意な差を見ることができた（両側検定  $p = 0.0008$ 、 $p < .01$ ）。

**表 6 事後調査の結果**

|            | 論理的な記述ができた | 論理的記述が不十分 |
|------------|------------|-----------|
| 実験群 (N=74) | 33 (44.6)  | 41 (55.4) |
| 統制群 (N=40) | 5 (12.5)   | 35 (87.5) |

注 単位：人数、( ) 内の数字は%

## (2) 問題 2 の結果と分析（等質性調査で使用した問題）

両群の科学的な思考の等質性を調査した際と同一の問題を用いて、検証授業後の科学的な思考の伸びをみた結果は、表7、表8の通りである。

**表 7 実験群の検証授業前後の変化**

|            | 正答        | 誤答        |
|------------|-----------|-----------|
| 授業前 (N=74) | 27 (36.5) | 47 (63.5) |
| 授業後 (N=74) | 44 (59.5) | 30 (40.5) |

注 単位：人数、( ) 内の数字は%

**表 8 統制群の検証授業前後の変化**

|            | 正答        | 誤答        |
|------------|-----------|-----------|
| 授業前 (N=40) | 15 (37.5) | 25 (62.5) |
| 授業後 (N=40) | 20 (50.0) | 20 (50.0) |

注 単位：人数、( ) 内の数字は%

実験群において授業前と授業後の正答と誤答を  $2 \times 2$  の直接確率計算によって検定したところ、1%水準で有意差が見られた（両側検定  $p=0.0083$ 、 $p < .01$ ）。科学的な思考の伸びがみられる。統制群においては、有意差は見られなかった（両側検定  $p=0.3675$ 、 $p > .10$ ）。

### 3-2-2 ワークシートの記述の分析

1回目から5回目のワークシートの記述について、本研究で論理的に説明できたとする記述と児童の記述例を表9に示すように設定した。この基準をもとに実験群のワークシートを分析した結果が表10である。回数を重ねることに論理的な記述ができる児童が増加している様子を見ることが出来る。また、1回目と5回目の論理的記述ができた児童数と論理的記述が不十分な児童数で  $2 \times 2$  の直接確率計算によって検定したところ、1%水準で有意な差が見られた（両側検定  $p=0.0002$ 、 $p < .01$ ）。

表9 ワークシートの評価基準と記述例

|     |  |
|-----|--|
| 1回目 | ○BTBの色の変化を述べ、そのことから液性の変化を順序立てて説明している。<br>・排気ガスをまぜた水は、BTBを入ると黄色になった。BTBの色が変化したのは中性の水が酸性になったということなので、気体は水に溶けると考えることができる。       |
| 2回目 | ○体積変化を根拠としている。<br>・ペットボトルがへこんだのは、中の二酸化炭素が水に溶けて体積がへったからと考える。だから、二酸化炭素は水に溶けると考えることができる。  |
| 3回目 | ○線香の火が消えるということは、酸素ではないことを示した後、石灰水の反応から溶けている気体が二酸化炭素であることを述べている。<br>・線香の火が消えたから、酸素ではない。石灰水が白くにごったことから溶けている気体は二酸化炭素と考えることができる。 |
| 4回目 | ○鉄を溶かした塩酸を蒸発させると固体が出てきたことを根拠としている。<br>・蒸発させると粉のようなものが出てきたことから、鉄は水溶液の中に溶けていると考えることができる。                                       |
| 5回目 | ○出てきた固体が鉄ではないことを、磁石につかないことと塩酸に溶かしても泡を出さないことの2つを根拠としている。<br>・鉄は塩酸につけると泡が出るが、泡はでなかった。磁石とつけるとくっつかないことから、鉄ではないと考えることができる。        |

注. 上段：論理的に説明できたとする記述、下段：児童の具体的な記述例

表10 実験群の考察の記述の分析結果

|     | 論理的記述ができた | 論理的記述が不十分 |
|-----|-----------|-----------|
| 1回目 | 54 (73.0) | 20 (27.0) |
| 2回目 | 64 (85.1) | 11 (14.9) |
| 3回目 | 68 (91.9) | 6 (8.1)   |
| 4回目 | 67 (90.5) | 7 (9.5)   |
| 5回目 | 71 (95.9) | 3 (4.1)   |

注. 単位：人数、( )内の数字は%

### 3-2-3 発話の結果とその分析

役割分担の機能をみるため、児童の発話に基づいたプロトコル分析を行った。実験群、統制群共に対象の班の数をそろえ、1クラス8班ずつの分析を行った。話合いの時間は、両群共に6分30秒で行った。

#### (1) 発話のカテゴリー分析

各カテゴリーごとに、両群8班の発話を分析した結果は、表11のようになった。全てのカテゴリーにおいて、実験群の発話数の方が多いたことが分かる。また、実験群は、比較、吟味といった発話が統制群に比べ特に多いことが分かる。

表11 カテゴリー分析の結果

|            | 主張 | 比較 | 吟味 | 統合 | 進行  | 合計  |
|------------|----|----|----|----|-----|-----|
| 実験群 8 班の合計 | 64 | 47 | 30 | 28 | 173 | 352 |
| 統制群 8 班の合計 | 55 | 2  | 2  | 24 | 74  | 157 |

(2) 発話プロトコルの例

実験群の発話プロトコルの例を示すと図2のようであった。比較役のH児は、3Hで発表役の意見に対して、出てきたものが鉄かどうかはわからないと考えを述べたうえで、発表役の意見は合わないことを指摘している。(情報源の信頼性の判断にあたる)他の4名は、出てきたものが鉄と判断していることから、司会のG児は、11Gで一度全員に意見を求めている(予想に基づいた考え方の整理にあたる)。評価役Iは、15Iで考えや理由が合っているか確認した発言をしている(批判的思考にあたる)。また、G児は、17Gで全体を整理し、蒸発して出てきたものが鉄かどうかには焦点を絞り、話し合いを進め始めている(予想に基づいた考え方の整理にあたる)。このグループは、3Hの発言により、全員が考えを吟味するようになり、司会は話を整理しながら、最後まで活発に意見を交換し、考えを深めることができた。

図2 実験群4班のプロトコルの一部

|     |   |
|-----|---|
| 1F  | これから鉄はどこにいったのかについて話し合います。まず、発表さんから順番に自分の考えを言っていってください             |
| 2G  | 私の考えは、予想と同じで鉄は水溶液の中に溶けていると思いました。それは、実験をして鉄は塩酸の中に溶けていることがわかったからです。 |
| 3H  | 何で？これは鉄とは限らないよ。今の考えは、結果とは合わないかなあ。                                 |
| 4J  | 何で？   |
| 5F  | 何で。これ鉄でしょ。先生が言ったじゃん。  |
| 6I  | 鉄？  |
| 7J  | 塩酸の中に、これしか入れてないんだから。  |
| 8F  | そうだよね。  |
| 9F  | じゃあ、鉄じゃないとしたらHさんの考えは、何ですか。  |
| 10H | じゃあ、鉄でいいよ。でも、ほんとに鉄かはわかんないよ。それは、自分の考えだもん。                          |
| 11F | 発表さんの意見に質問や意見はありますか？  |
| 12H | 自分の考え。  |
| 13I | 違うよ。これを言うんだよ。   |
| 14H | 予想を使っているか、結果を使っているか確認して発言してみよう                                    |
| 15I | 次、評価。あ、おれか。考えや理由が正しいか。うん。合っていると思うよ。合っていると思う。                      |
| 16F | 比較さんや評価さんの人が言っていることを確認しますが、えー。します。                                |
| 17F | 評価さん、評価さんの言っていることは、発表さんの言っていることと一緒に、でも、比較さんは何をいっているかわからないんですけど。   |
| 18I | だから、もうこの人、英語だよ。   |



- 19F もうちょっと、発表さんの意見のことを言ってください。
- 20F じゃあ、比較さんや評価さんの意見についてもっと意見がある人言ってください。
- 21G じゃ、Hさんはこれは鉄なのに？何で鉄じゃないと言ったの？
- 22H 鉄じゃないって言った？
- 23G 鉄じゃないって言った。
- 24F 言ったじゃん。
- 25H おれは、鉄だと思うけど、そう考えたわけが違うような気がするんだ。

それに対し統制群は、最初に全員が自分の考えを述べ、理解度の高い児童がすぐにまとめてしまう班が多く、考えを吟味する発言は見られなかった。図3に統制群の発話プロトコル例を示す。

図3 統制群1班の発話プロトコルの一部

- 1 F 自分の考えを言っていけばいい？
- 2 F おれからでいい？
- 3 G いいよ。
- 4F 自分の考え。かっこ。図や言葉で書きましょう。かっことじ。塩酸にとけた鉄は、塩酸の中にあり、とけていた。そう考えたわけは、実験からわかったから。OK？
- 5H 誰？
- 6I 次J君。  
\* Jの発言を待つ。かすかに小さな声が聞こえるが意見として聞き取れない
- 7G なんか言って。大きな声で
- 8F 貸して。読んであげる。
- 9F 自分の考え。鉄は、塩酸？塩酸に・・・
- 10I ...に溶けている。
- 11G 塩酸に溶けている。
- 12F 塩酸に溶けていた。実験？ 実験えじ？ 実験えじって、意味わかんない。
- 13H 私は、塩酸の中に入っていると思う。鉄は、中に入っていた。前の実験では灰色だったけど、二日目には白くなっていた。
- 14I 塩酸にとけた鉄は。あれ、いいのか。塩酸の中にいる。そう考えたわけは、蒸発させると粉がいたから。
- 15G 鉄は塩酸にとけている。蒸発させると粉っぽく固まったから。
- 16F 全員発表しました。
- 17I まとめる？
- T 全員発表したら、これを1つにまとめていかないといけないよ。発表してからがスタートだから。みんなの考えが同じだったのか、司会さん進めていきましょう。
- 18I えっと、まとまったのは。
- 19I 皆、入っているよね。
- 20G 塩酸に溶けているっていうのは、みんな同じ考え。

この事例からは、F児、H児、I児、G児は初めに全員が意見を述べた後、I児がすぐに結論を導こうとしていることが分かる。教師のアドバイスにより、G児が、20Gで共通点から結論を導こうとする発言が見られた。しかし、20G以降は、すぐに結論をワークシートを書き始めてしまっていた。J児にいたっては、自分の考えを述べることもできず、友達を書いたものを読むことで終わってしまった。役割がないため、考えを吟味する話合いとはならなかったことが伺える。

#### 4. 考察とまとめ

質問紙調査からは、実験群の方が統制群よりも論理的に記述できた児童が増加していることが分かった。また、科学的な思考を問う問題においても実験群のほうが統制群より正答を回答できた人数が増加していることが分かった。発話プロトコルの分析からは、実験群では役割を与えることで一人一人の発話数や考えを吟味する発話が増加しており、役割分担の機能を確認することができた。こうした結果からは、役割を分担して話合いを行う指導方法は、論理的に説明できる児童を増加させるとともに、論理的な思考力の育成に有効であることが示唆された。

しかしながら、今回の実践は7回の話し合いの結果である。論理的思考力を高めるためには、継続した学習の取り組みが必要なことはいうまでもない。

#### 引用・参考文献

- 有元秀文(1998)「科学実験における「情報活用」と「協同学習」を通じた「論理的思考力」の育成」、理科の教育、pp.842-843
- 石井哲彰(1998)「科学実験において論理的な思考力を育てるグループ学習」、理科の教育、pp.46-49
- 小倉康(2000)「科学授業における思考力・判断力の育成に関する実践的研究」、国立政策研究所、pp.118-120
- 臼井豊和・松原静郎・堀哲夫(2003)「思考力の育成を重視したグループ討論に関する研究」、理科教育学研究 Vol.43 No.3、pp21-28
- 清水誠・安田修一・高垣マユミ(2009)「相互教授を導入した授業における相互作用の効果」、理科教育学研究、Vol.50、No2
- 古田淳(2009)「中学生の論理的思考と理科授業のとらえ方などの相関関係」、日本理科教育学会第55回東海支部大会、p26
- 市川伸一(1996)「認知心理学4思考」、東京大学出版会、p.126、pp.50-56
- 文部科学省(2008)「小学校学習指導要領解説理科編」
- 文部科学省(2011)「言語活動の充実に関する指導事例集(小学校版)」
- 猿田祐嗣(2012)「論理的思考に基づいた科学的表現力に関する研究」、東洋館出版
- 鹿毛雅治・岩男卓実(2006)「朝倉心理学講座8教育心理学」朝倉書店
- 湯澤正通(1998)「認知心理学からの理科学習への提言」、北大路書房

## 第6章 考察する力を高める学習指導法の研究

### － 討論の方法を指導することの効果 －

木田真貴子・清水 誠

#### 1. 問題の所在

「特定の課題に関する調査」<sup>1)</sup>の結果を見ると、中学生は観察、実験の結果やデータを読みとることはできるが、結果やデータをもとに考察し、結論を導き出すことに課題があることが示された。また、PISA2006 調査<sup>2)</sup>では、「科学的な疑問を認識すること」や「科学的証拠を用いること」に比べ「現象を科学的に説明すること」に課題が見られることが明らかにされている。こうした結果を踏まえ、中学校学習指導要領解説理科編では科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、観察、実験の結果を整理し考察する学習活動の充実が挙げられている<sup>3)</sup>。

児童生徒の考察する力について調べた研究を見ると、日本の中学生の授業で用いられたワークシートの考察の記述内容について分析を行った隈元、小石ら<sup>4)</sup>は、実験結果の表面的な変化のみを記述したもの、実験結果から導かれる事項ではない記述や感想を含んだ記述が多く見られ、考察の指導に問題があるとしている。また、松原<sup>5)</sup>は、結果や考察を具体的に記述する段となると高校生でも主語や述語が抜けていたり、単語の羅列で文章となっていない例や、結果と考察が混じったり、事実と意見の区別ができなかったり、表現の仕方、考え方が分かっていないと思われる例が見られることを明らかにしている。こうした結果を改善するために、松原は、考察では事実（結果）から導いた自分の意見（結論）を示し、その説明（根拠）を記すといった定型文指導を行う必要があることを提案し、その有効性を明らかにしている。平賀<sup>6)</sup>も、定型文指導は、表現力・思考力の不足を克服するのに有効であったとしている。しかし、松原や平賀は、定型文指導をしても生徒の考察の記述内容の中には適切であるとはいえないものも見られたと述べている。松原<sup>7)</sup>が述べるように、定型文指導は考察の記述の仕方を整理して思考のしやすさへとつなげていく第一段階として評価できると考えることができる。一方、生徒の論理的思考を育てるために討論が必要であると考えられる臼井ら<sup>8)</sup>は、討論前後の記述の変化を調査したところ、討論後に記述の向上した者が増えてはいるが、討論後も適切な根拠を導けないグループもあったとしている。また、論理的思考と表現との関連を、グループ内討論を取り入れた定型文の利用の可能性から調べた後藤ら<sup>9)</sup>は、あるグループの生徒たちには考察時に活発な会話を進め理解を深めていこうとする様子が見えたとし、どのようにすれば討論がうまく作用するのか検討していきたいとしている。こうしたこれまでの研究成果からは、考察する力を高めるためには、定型文による指導以外にも討論がうまく作用する方法を検討することも必要であると考えられる。討論の方法として、グループコミュニケーション活動を研究した山下<sup>10)</sup>は、すべての生徒が積極的にコミュニケーション活動にかかわれるようにする方法として役割分担、書記的方法、質問例の提示が試みられているとする。しかしながら、理科教育学研究には、考察する力を高めるために役割分担を取り入れ討論

する指導の効果を探る研究をみることができない。

そこで、本研究では、考察の場面で討論の方法として役割分担とその役割を指導することが考察する力を高めることに効果があるか検証することを目的とした。なお、本研究では、考察する力とは「科学的な根拠を用いて、現象を分析・解釈し説明すること」とした。また、検証のための授業は、消化の仕組みを理解させることを目的とする学習内容で実施した。この学習内容は、平成 15 年度に実施された教育課程実施状況調査において、途中経過を考察する問題で設定通過率を下回っており、課題があることが指摘されている<sup>11)</sup>。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

授業は、公立中学校 2 年生を対象とした。対象の被験者は、小グループで討論の方法を指導された群（以下、実験群と呼ぶ）と討論の方法を指導されていない群（以下、統制群と呼ぶ）に分けた。実験群の被験者は 2 クラス 45 名（12 グループ）、統制群の被験者は 2 クラス 45 名（12 グループ）である。両群ともに、理科室の実験台に 1 グループ 3 ～ 4 名で出席番号順に着席している。調査は 2008 年 7 ～ 9 月に実施した。

### 2-2 授業の概要

#### 2-2-1 事前指導

検証授業前に、実験群の被験者全員に対して図 1 のように討論時の小グループの役割分担として司会者を決めることとその役割を指導した。司会者の役割として行った指導は、自分の考えとそう考えた根拠を必ず述べてグループ員に発表させ、質問や意見を述べさせた後、出した結論に誤りや独断がないか協同して考察を練り直させるということである。なお、司会者を討論ごとに交代させるのは、役割を割り振ると役割に忠実になって相互作用が少なくなる<sup>12)</sup>ということを回避するためと全員に討論の方法を学ばせるためである。

- |  |
|--|
| <p>1. 討論時は、司会を決める。なお、司会は討論ごとに交代して行う。</p> <p>2. 討論の際は、司会者は以下のように進める。</p> <p>司会：「発言の際は、考察に書いた分かったことと、その根拠を発表してください。」</p> <p>A：「私は〇〇だと思います。なぜなら・・・」</p> <p>B：「私は〇〇だと思います。なぜなら・・・」</p> <p>司会：「質問や意見を言ってください。」</p> <p>司会：「では、考察をもう一度練り直しましょう」</p> |
|--|

図 1 実験群に行った考察時の討論の方法の指導

また、検証授業を行った共同研究者の木田は、日々の授業の中で継続して図 2 のような考察の書き方の指導を両群に行っている。

考察には、自分の考えとそう考えた根拠を書く。

- ① 結果から、考えたことを書く（実験の目的にそって考えると良い。分からなくなったら、実験テーマと目的をもう一度見直そう）。
- ② 自分がそう考えた理由（根拠）を必ず説明する。
- ③ 身近な現象や自分のこれまでの経験、これまで学習してきた内容と結びつけて説明すると良い。

図2 両群に行っている考察の書き方の指導

### 2-2-2 検証授業の概要

実験群で実施した授業の主な流れは、次のア～カのようである。授業は、1 単位時間 50 分で行った。なお、この学習は、だ液の働きを調べた後、デンプンと糖の粒の大きさを比較して考える学習である。

<第1時>

ア。「デンプンとブドウ糖の粒の大きさは、違うのだろうか」という課題提示を教師が行った。

イ. ワークシートに、各個人の予想を記入させた。

ウ. 小グループで討論、予想を発表させた。

エ. 下記のような実験を行った。

- ・片側をしばった羊の小腸に、デンプンとブドウ糖の混合液を入れ、水を入れたビーカーにつける。
- ・小腸の中の混合液とビーカーの水をそれぞれとり、ヨウ素液とベネジクト液を用いて、デンプンや糖があるかを調べる。

オ. 実験結果について個人で考察をさせた。

カ. 小グループごとに、個人で考察した内容を 10 分間討論させた。その後、考察を個人でまとめさせた。

<第2時>

考察を発表させた。その後、教師が「ビーカーの中の液体から糖しか検出されなかったことから、デンプンに比べて、ブドウ糖の粒の方が小さい」ことをまとめた。

なお、統制群は授業の概要ウやカにおいて討論の方法を指導されて討論を行っていない。それ以外の授業の流れ及び条件は、全て実験群と同じである。

## 2-3 調査

### 2-3-1 両群の等質性

検証授業の2ヶ月前に質問紙を利用して、小学校での既習事項であるデンプンの消化について図3に示した内容の調査をした。

時間は、5分間で行った。

質問 だ液の働きによってデンプンはどのようになりますか。下のア～エの中から一つ選んで○をつけてください。エを選んだ人は、自分の考えを記入してください。

ア. デンプンは、なにも変化しない。

イ. デンプンは、なくなり他のものに変化する。

ウ. デンプンは、なくなり消えてしまう。

エ. その他

図3 等質性調査に使用した質問紙

### 2-3-2 考察する力の分析

授業中に生徒が記述したワークシートの考察を分析した。なお、この授業の到達目標は「腸の中の液体に含まれる物質と外側の液体に含まれる物質を比較しながら調べ、デンプンとブドウ糖の粒の大きさの違いを見いだす」ことができることである。そこで、本研究で考察する力を「科学的な根拠を用いて、現象を分析・解釈し説明すること」としたことを踏まえ、考察の記述を表1のような評価基準を設定し分類した。

表1 考察の記述の分析基準

|     |  |
|-----|--|
| A基準 | 実験結果を分析して解釈した内容について、その根拠を腸の中と外の液体を比べて説明している。       |
| B基準 | 実験結果を分析して解釈しているが、その根拠を腸の中と外の液体を比べたりしながら十分説明されていない。 |
| C基準 | その他の記述   |

B基準の生徒の記述例を挙げると「糖よりデンプンの方が大きいと分かった。なぜなら、ビーカーの中にヨウ素溶液を加えても変化がなくてデンプンがないことが分かった。また、ベネディクト液を加えたら少し変化があったから糖があることが分かった。よってデンプンの方が大きいことが分かった。」といった記述である。この記述は、腸の外側のビーカーの水についてのみ記述しており、腸の中に存在する物質と腸の外に出た物質を比較せず、腸の中の水にデンプンが残っていることにも触れていないため根拠が十分でない記述と判断し、A基準ではなくB基準とした。

### 2-3-3 討論が考察する力の育成に及ぼす効果

生徒同士の討論が生徒の考察にどのような効果を及ぼしているか調べるため、実験群、統制群ともに検証授業の概要の力の考察の場面で行われた会話をステレオマイク付きのMDレコーダーで録音を行い、発話プロトコルを分析した。その際、発話カテゴリーを表2

のような基準を設け分類した。分析に使用した発話単位は、生徒が言葉を止めたらそこで区切り1発話とした。また、1発話の中に分析と根拠といった2つ以上の分類基準が入っている場合は、分析1個、根拠1個と数えた。

**表2 発話カテゴリーの分類基準**

| 分類基準 | 発話カテゴリー          |
|------|------------------|
| 根拠   | 自分の考えの根拠を特定する発話  |
| 催促   | 根拠を特定するよう促す発話    |
| 結果   | 実験結果を確認する発話      |
| 分析   | 実験結果を分析している発話    |
| その他  | 上記以外の考察の内容に関する発話 |

### 3. 結果とその分析

#### 3-1 両群の等質性

小学校で、だ液によってデンプンが変化することを学習しているが、糖に変化することは学習していない。そこで、正答をイとし、それ以外を誤答とした。その結果が表3である。

**表3 等質性調査の結果**

|            | 正答        | 誤答        |
|------------|-----------|-----------|
| 実験群 (N=45) | 33 (73.3) | 12 (26.7) |
| 統制群 (N=45) | 30 (66.7) | 15 (33.3) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

2つの群の正答数と誤答数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、有意差は見られなかった (両側検定:  $p=0.6459$ )。

#### 3-2 考察する力の分析

生徒がワークシートに記述した結果を分類したものが表4である。

表4からは、A基準の記述ができた生徒が実験群に多いことが分かる。A基準の記述ができた生徒とそれ以外の記述をした生徒で  $2 \times 2$  の直接確率計算で検定を行ったところ、有意差が見られた (両側検定:  $p=0.0205$ )。

**表 4 考察の記述結果**

|            | A 基準      | B 基準      | C 基準      |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| 実験群 (N=45) | 19 (42.2) | 19 (42.2) | 7 (15.6)  |
| 統制群 (N=45) | 8 (17.8)  | 17 (37.8) | 20 (44.5) |

注. 単位は、人数。( ) 内の数字は%。

### 3-3 討論の仕方を指導することの効果

#### 3-3-1 発話時間と発話カテゴリーによる分類の結果

実験群及び統制群の考察時（10 分間）の内容に関する発話、内容に関しない発話の各グループの合計時間を調べた。その結果が表 5 である。なお、考察時の内容に関する発話とは、表 2 の分類基準に当てはまる実験結果をもとに科学的な根拠を用いて、現象を分析・解釈し説明する発話である。具体的には、考察すべき内容として到達目標である腸の中の液体に含まれる物質と外側の液体に含まれる物質を比較しながら討論し、デンプンとブドウ糖の粒の大きさの違いを見いだしていく発話である。

実験群は、統制群に比べ考察すべき内容に関係した発話が多く、考察すべき内容に関係のない発話が少ないことが分かる。

**表 5 総発話時間**

|     | 内容に関する発話    | 内容に関しない発話   |
|-----|-------------|-------------|
| 実験群 | 3856 (53.5) | 815 (11.3)  |
| 統制群 | 2487 (34.5) | 1226 (17.0) |

注. 単位は、秒。( ) 内の数字は討論時間に対する%。

次に、考察場面の発話プロトコルを表 2 に示す発話カテゴリーの分類基準で分類した結果が表 6 である。どの分類基準に当てはまる発話も実験群が多いことが分かる。しかし、いずれかのカテゴリーが他に比べて特に多いということはいえず、どれも満遍なく行っていた。

**表 6 発話カテゴリーによる分類結果**

|     | 根拠 | 催促 | 結果  | 分析  | その他 |
|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 実験群 | 46 | 18 | 194 | 103 | 20  |
| 統制群 | 19 | 6  | 90  | 50  | 9   |

注. 数字は、発話数。単位は、個。

#### 3-3-2 発話プロトコルの分析結果

実験群の 2 班の発話を示すと図 4 のようであった。

821 んーっと、デンプンより糖の方が大きいと分かって、その理由は…なんだろう…、ビーカーの中の水が…水に糖があるから…？ ちょっと分かんなくなっちゃった。待って（笑い）。



- 83A どっちが小さいかっていうのは、結論の欄で言うことであって。だからこれは  
 84I 分かんなくなっちゃった。  
 85A だから、これは実験で何が中であって、何が外であってを言えばいいんでしょ  
 う？  
 86I 分かんなくなっちゃった  
 87F 分かった！そういうことだ。うんうん。  
 88I 納得はできるんだけど。分か・・・  
 89F だから、糖は両方だけけどデンプンは一つだけ  
 90A そう、そういうことを言えばいいの。  
 91I うーん。どうすればいいの？  
 92A デンプンは、腸の中にしかないが、糖は腸にも水にも両方にあることが分かる。  
 93F なぜなら・・・。

#### 図4 実験群2班の発話プロトコル

この班は、Iが司会者である。しかし、Iは82Iで自分の考えを発表しているが、根拠を説明できていない。そこで、すでに司会の役割を学んでいたAが司会者Iの役割を補完する形で、83Aや85Aで結果、考察、結論の区別をし、根拠には何を述べると良いかを発言している。Iと一緒に考察のまとめ方が分からないと言っていたFも、Aの説明を聞き87Fで「分かった。そういうことだ」と発言し考察には何を書くべきかを理解したことが分かる。89Fでは、Aに変わってFが具体的な物質名を用いて自分の言葉でIに説明を始めている。92Aでは、AがIに変わって考察を発表している。Aが結果を分析している発話で一度区切ると、93FでFが「なぜなら…」と根拠を述べるように催促している。この班の生徒たちそれぞれがこれまでの授業の中で司会者の役割を学んできたことで、考察では自分の考えに加えて、そう考えた根拠を書かなければならないと意識している様子が見えがえた。

また、実験群の5班では図5のような発話が見られた。

- 13R 腸の中に、結局残っていたのがデンプン…だよね。デンプンは腸の中に残って糖は出ちゃ…って…出てないよね。糖、残ってるもんねえ。出た水の中には…変化なかったんだから。だからあ、糖もデンプンも出て行ってないんじゃない？これ、(不明)になって  
 14N いいよ。こっち先に考えようね。こっちは反応しなかったんだよ。  
 15R だから  
 16H こっちも？  
 17N こっちは反応してんじゃん。  
 18R 出た水が反応しなかったんだから、デンプンはなかったけど糖が出た。  
 19N だから、糖の方が粒が小さいんだよ。  
 20R 糖が出たの？  
 21H デンプンの方がでかいの？bは反応ないの？ Aが腸の中でしょ。

22N 色とか  
23R (出た) 糖が少ないのかなあ。  
24N そうだ、そうだ！そういうこと！

### 図5 実験群5班の発話プロトコル

この班は、Nが司会役である。Rは13Rで、腸の中の液にベネジクト液が反応したことから腸の中には糖が存在することを指摘している。しかし、糖は腸の外へ全く出ていないと思いきみ、腸の外側の水の結果を無視している。そこで、Nは14Nで、腸の外側の水の結果に目を向けるよう促している。17Nで結果を示し、自分からではなくRに解釈を述べさせている。つまり、Nは司会者として教師の役割を小グループ内で行っていたことが分かる。一方、Rが20RでNに質問をし、さらに23Rで「(出た) 糖が少ないのかなあ」と発言したことで司会役だったNの疑問も解決されている。自分の考えを明らかにしたり、他者からの質問に答えることを通して考察が深まっていくことが見て取れる。

一方、統制群3班の発話を見ると図6のようであった。FやNが、87Fや88Nで糖の検出について話題にしているが、89MでMはデンプンについて話題にしている。このように、班員が思いついたままの発話がなされ、話題が共有されない様子が統制群にはうかがえた。また、Nは92Nや96Nで結果の解釈の仕方を繰り返し質問しているが話題が整理されないため理解することをあきらめ、99Nで「知らない」と発言してしまっている。このような考察が深まっていかない様子が全てのグループで見られた。

87F だから、何かねえ。糖って両方出たんだよね。  
88N 糖は両方出た。  
89M なんだっけ？デンプンは？  
90N デンプンは・・・  
91F これ(中の液)、でたんしょ？  
92N これは出て、これ(外の液)は黄色だから分かんない。  
93F 出てないんじゃない？  
94M うん。ということは大きいんじゃない？  
95F え？ちっちゃいんじゃないの？  
96N 何でちっちゃいの？分かんない、それが・・・  
97F え？ちっちゃいんじゃないの？出たんでしょう？だって・・・  
98M え？出たから大きいんでしょう？  
99N ・・・知らない。

### 図6 統制群3班の発話プロトコル

#### 4. 考察

ワークシートの記述結果からは、グループ討論時に役割を分担し、司会の進め方を指導した実験群は、討論の方法の指導を行わなかった統制群に比べA基準の記述ができた生徒が多いことが分かった。この結果からは、ただ討論させるのではなく、司会者を決め、その役割を指導すると言った討論の方法を指導することが考察する力を高めるために有効であると考えることができる。

実験群に、科学的な根拠を用いて現象を分析・解釈し説明する記述を書くことができた生徒が多く現れた理由を探った発話プロトコルからは、次のようなことが考えられる。その一つとして、実験群の生徒たちが司会者やすでに司会を経験した生徒のリードのもとで、考察では自分の考えに加えて、そう考えた根拠を述べなければならないと意識していたことが関係しているのではないかと考える。また、実験群の生徒たちが司会者等に促され、自分の考えとその根拠を繰り返し説明していく中で、考察が共有・整理されたり、他者に質問したり、他者からの質問に答えることを通して考察を深めていったのではないかと考える。そのため、討論時の考察すべき内容に関する発話時間も実験群が統制群に比べ多くなり、こうしたことが考察の記述に影響を与えたのではないかと考える。

#### 5. 研究のまとめ

本研究では、考察する力を高めるためには、考察の場面で討論の方法として役割の分担と討論の進め方を指導することが有効であるかを考察時の生徒の記述から調べた。検証授業の範囲内という限定付きではあるが、考察する力を高めるには、ただ生徒同士で討論させるのではなく、司会者を立て、司会者の役割を指導したうえで討論させていくことが有効であるという示唆を得ることができた。しかしながら、役割分担をした討論が日常の授業で指導している考察の書き方の指導とどのように関連して効果を示しているかは分析していない。今後の課題としたい。

#### 引用文献

- 1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：「平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要及び教科別分析」、264-269、2005
- 2) 国立教育政策研究所：「PISA2006 年度調査評価の枠組み－ OECD 生徒の学習到達度調査」、ぎょうせい、16-22、2007
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編、大日本図書、16-22、2008
- 4) 隈本修一・福松東位置・中山迅・猿田祐嗣：「中学生の科学的記述学力の評価に関する研究(9)」日本科学教育学会研究会研究報告、21(2)、47-50、2006
- 5) 松原静郎：「表現力育成の意義とその効果」『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究』、平成 7 年度～ 8 年度科学研究費補助金（基盤研究 B）研究成果報告書、1997
- 6) 平賀伸夫：「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」、愛知教育大学研究報告 53（教育科学編）、115-122、2004
- 7) 前掲書 5)
- 8) 臼井豊和・松原静郎・清田三郎・堀哲夫：「実験中のグループ討論の有用性」、日本理

科教育学会第 37 回関東支部大会、42、1998

- 9) 後藤顕一・堀哲夫・遠藤英夫・松原静郎：「グループ内討論を踏まえた定型文の利用の可能性」、日本理科教育学会第 37 回関東支部大会、44、1998
- 10) 山下修一：「中学校理科教育における構成されたグループコミュニケーション活動の課題」、理科教育学研究 48(2)、1-11、2007
- 11) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：「平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要及び教科別分析」、264-280、2005
- 12) Cohen, E. 「Restructuring the classroom ; Conditions for productive small groups」 Review of Educational Research、 Vol. 64、 pp.1-35、 1994

# 第7章 現象を科学的に説明する能力を高める 学習指導法の研究

## －定型文の活用とその効果－

清水 誠・黒川 昇・斉藤桃子

### 1. はじめに

PISA（OECD 生徒の学習到達度調査）2006年調査では、「科学的な疑問を認識すること」「現象を科学的に説明すること」「科学的証拠を用いること」の3つの科学的能力を調べている。結果は、日本の生徒は科学的リテラシー全体の得点では上位グループに位置していることが分かった。しかしながら、「現象を科学的に説明すること」は参加国中12番目と3領域中では最も低く、課題があることが明らかになった。加えて、論述形式の問題に対する無答率がOECDの平均よりも高い傾向にあることも明らかとなった。我が国の生徒が現象を科学的に説明したり論述することを苦手としている状況は、国立教育政策研究所（2005）が行った平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査の結果を見ても、小学校で記述式の問題や意味付けや関係付けを伴う説明活動を必要とするもので通過率が低いことや中学校で実験の途中結果を考察させる問題等に課題が見られることから伺うことができる。また、「現象を科学的に説明すること」を直接調べたものではないが、隈元ら（2008）は、中学生の授業で用いられたワークシートの考察の記述内容について分析を行っている。その結果、実験結果の表面的な変化のみを記述したもの、実験結果から導かれる事項ではない記述や感想を含んだ記述が多く見られ、課題があるとしている。松原（1997）も、中学生や高校生の実験レポートの記述を見ると、実験結果の記述に自分の意見が混ざったり、結論の記述で主語を入れなかったり、単語しか書かなかったりといった表現における問題点が多いことを指摘している。こうした問題点を改善するための指導方法として、松原は、結果では「a（操作）したら、b（結果）になった。」、考察では「c（結果）から、d（結論）と考えた。その理由は、e（根拠）だからである。」といった結果や考察を定型文で書く指導をすることが有効であるとしている。レポートの作成時に定型文を示しながら書き方の指導をした平賀（2004）や松浦（2008）の研究では、定型文を取り入れることで結果の欄に考察を記述するといった事例が減少したと報告している。さらに、理由の記述が増加するのみでなく、そのレベルを高めることができたとしている。しかしながら、これらの研究は、その目的がいずれも実験レポートの作成に関しての研究である。我が国の理科教育の研究において「現象を科学的に説明する」能力を高めることを目的として、指導方法の有効性を検証した研究は見られない。

そこで本研究では、先行研究で検討された結果や考察を定型文で書かせる指導方法を踏まえながら、理科学習に記述指導を取り入れることが、「現象を科学的に説明する」能力の育成に効果が見られるかを調べることを目的とする。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

被験者は、公立小学校第5学年A組 28名とB組 29名の計 57名である。両組共に、6つの生活班に分かれて学習している。被験者 57名は、事前調査から事後調査までの全ての調査に参加した児童である。

調査は、2010年4月から12月の間で実施した。

### 2-2 授業の概要

本研究では、記述指導を取り入れた授業（以下、「記述指導を行った授業」と呼ぶ）と記述指導の効果を調べるために行った2つの授業（以下、「検証授業1」、「検証授業2」と呼ぶ）を実施した。

#### 2-2-1 記述指導を行った授業

記述指導を行った授業とは、探究的に進める授業の予想と考察の場面で、図1に示す定型文を被験者に与え、教師がその記述の仕方を指導した授業である。検証授業1の前、検証授業1と検証授業2の間、の2回行った。検証授業1の前に行った授業では、記述指導を行った授業はA組にのみ行い、B組には行わなかった。検証授業1と検証授業2の間で行った授業では、A組に加えてB組にも記述指導を行った授業を行った。

|   |
|---|
| <p>【予想】の書き方</p> <p>_____ ① _____ は、_____ ② _____ になると思います。理由は、_____ ③ _____ からです。</p>           |
| <p>【考察】の書き方</p> <p>_____ ④ _____ は、予想と（同じで／違って） _____ ⑤ _____ と考えます。理由は、_____ ⑥ _____ からです。</p> |

図1 記述指導の内容

検証授業1の前に行ったA組の授業は、「植物の発芽・成長・結実（17時間扱い）」の中にある1. 種子の発芽する条件、2. 発芽の前後での種子の中身、3. 植物が成長する条件、4. 受粉の有無と実のできかたの4回の学習（いずれも、1単位時間）で行った。B組でも同じ学習が行われたが、記述指導を行わなかった。検証授業1と検証授業2の間に行われたA組とB組の授業は、「天気と気温の変化（9時間扱い）」の中の「天気と1日の気温の変化」の学習（1単位時間）で行った。

記述の仕方の指導は、PISA2006年調査において「現象を科学的に説明する」能力とは「与えられた状況において適切な科学の知識を適用すること、現象を科学的に記述したり解釈したりして変化を予測したりすること、適切な記述・説明・予測を認識すること」と示されていることに対応するよう行った。具体的には、予想の書き方②では、これまでの

知識や経験をもとに結果を予測して記述すること。③は、これまでに学習した知識や経験を使って②についての理由を適切に記述・説明するよう指導した。考察の書き方⑤では、結論を導くために、観察・実験の結果を用いるよう指導した。⑥では、⑤の結論を導くために、適切な科学の知識を使って解釈し、変化を予測したりして、理由を適切に記述・説明するよう指導した。なお、図1に示した①や④の部分は、観察や実験内容に基づき教師が書き込みを行った。検証授業1及び検証授業2でも、①や④の部分は教師が書き込みを行った。

### 2-2-2 検証授業1

検証授業1は、「台風と天気の変化」の学習内容において実施した。記述指導を行ったA組の授業の主な流れは、次のア～オのようである。

ア. 「台風は、どのように進み、それに伴って天気はどのように変化するのだろうか。」

という課題提示を教師が行った。

イ. 図2に示したワークシートに、各個人の予想を記述させた後、記述をもとに班で話し合いをさせた。

|  |
|--|
| <p><b>【予想】</b></p> <p>◎ 台風は、日本に向かってどのように進むと思いますか。<br/>台風は、_____に進むと思います。<br/>理由は、_____からです。</p> <p>◎ 台風が近づくと天気はどのように変化すると思いますか。<br/>台風が近づくと天気は、_____と変化すると思います。<br/>理由は、_____からです。</p> |
|--|

図2 実験群の予想の部分のワークシート

|  |
|--|
| <p><b>【考察】</b></p> <p>◎ 台風の進み方や天気の変化で調べた結果から分かったことを書きましょう。<br/>台風は、予想と（同じで・違って）_____に進むと思います。理由は、<br/>_____からです。<br/>台風が近づくと天気は、予想と（同じで・違って）_____に進むと思います。理由は、_____からです。</p> |
|--|

図3 実験群の考察部分のワークシート

ウ. 教科書にある気象衛星の雲写真とアメダスの雨量情報をもとに台風の進み方と天気の変化のきまりについて調べた。

エ. 図3に示したワークシートに、各個人の考察を記述させた後、記述をもとに班で話し合いをさせた。

オ. 教師が児童の発表をもとに、まとめを行った。

なお、記述指導を行わなかったB組の授業の流れはA組と同じであるが、イ及びエの場面で使用したワークシートには図2及び図3の◎で示した指示文のみが書かれている。記述指導をしたA組と同じように、予想の場面では、これまでの知識や経験をもとに結果を予測して記述すること、その理由をこれまでに学習した知識や経験を使って説明するよう口頭で指導した。また、考察の場面では、結論を導くために、観察・実験の結果を用いるよう指導した。加えて、結論を導くために、適切な科学の知識を使って解釈し、変化を予測したりして、理由を説明するよう口頭で指導した。それ以外の授業の条件は、全て実験群と同じである。

### 2-2-3 検証授業2

「天気と気温の変化」の学習後に行われた検証授業2は、「川の流れと土地の変化」の学習内容で行われた。A組及びB組共に同じ授業の流れで行った。その授業の主な流れは、次のア～オのようである。

ア. 「流れる水は、どのような時地面の様子を大きく変えるだろうか」という課題提示を教師が行った。

イ. ワークシートに、各個人の予想を記入させた。予想の記述の仕方は、図4に示したとおりである。その後、記述をもとに班で話し合いをさせた。

ウ. 写真資料をもとに、流れる水はどのような時に地面の様子を大きく変えるのか調べた。

エ. 調べて気づいたことをもとに、流れる水の働きについて考察させ、考察したことをワークシートに記述させた。考察の記述の仕方は、図4に示したとおりである。記述後、班で話し合いをさせた。

オ. 教師が児童の発表をもとに、まとめを行った。

|  |
|--|
| <p><b>【予想】</b><br/>流れる水は、_____になると思います。理由は、_____からです。</p>          |
| <p><b>【考察】</b><br/>流れる水は、予想と（同じで/違って）_____と考えます。理由は、_____からです。</p> |

図4 予想及び考察部分のワークシート

### 2-3 調査

調査は、等質性の調査、ワークシートの記述の調査、授業実施後の質問紙調査からなる。

被験者に「現象を科学的に説明する」能力が育成されたかは、ワークシートの記述の調査及び質問紙調査により調べた。



### 2-3-1 両群の等質性の調査

記述指導を開始する前の4月に、A組とB組に質問紙調査を行った。質問紙は、PISA2006年調査の「科学的に説明すること」の公開問題を参考に、図5に示す問題を作成した。この問題は、知識を単に思い出すことによって解答するといった点から、この能力は低いレベルにある。時間は、15分間で実施した。

プール開きの前にプールの掃除をすると、水の中にたくさんのヤゴがいます。なぜ、ヤゴがいるのか、理由を説明しましょう。

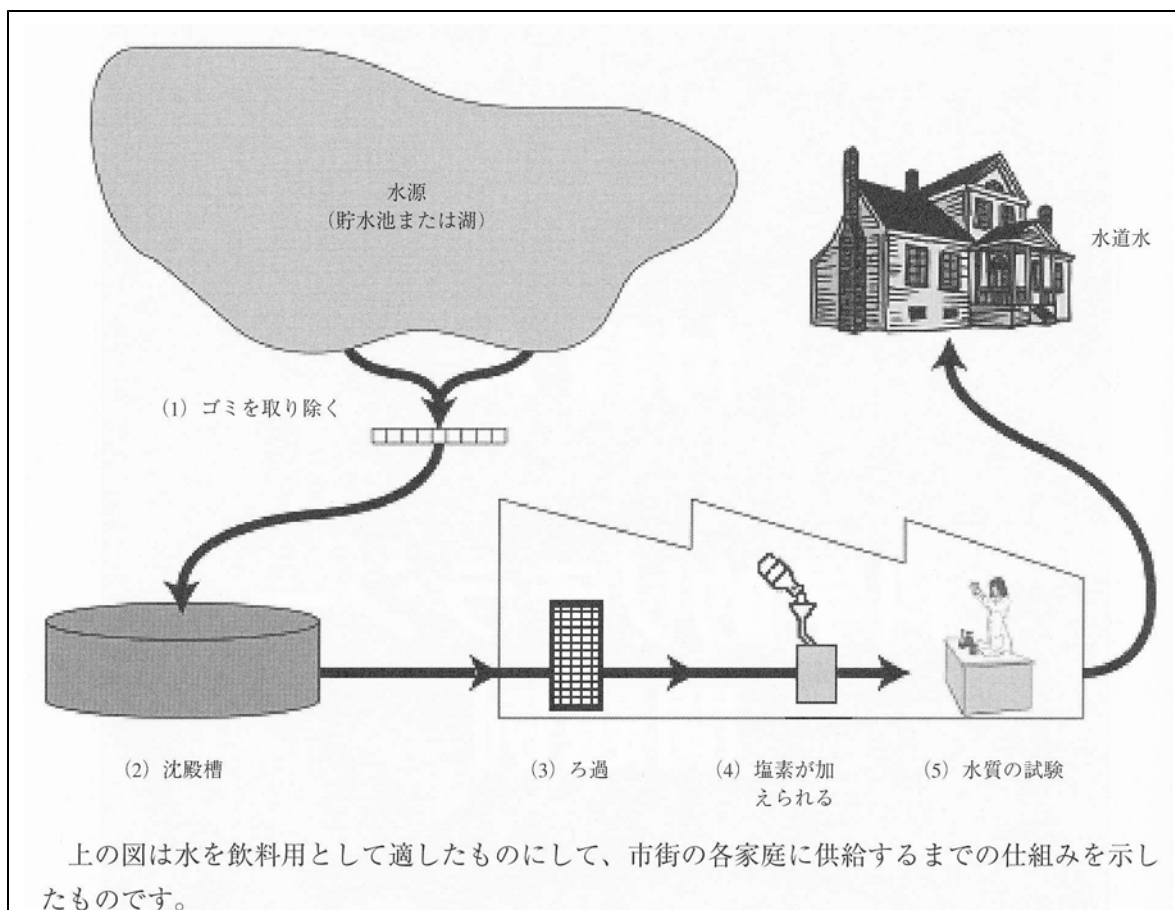
図5 等質性調査に使用した質問紙

### 2-3-2 ワークシートの記述の調査

ワークシートは、被験者が検証授業1及び検証授業2の予想時及び考察時に記述した内容について調査・分析した。なお、記述指導を行った授業のワークシートの記述は、教師から「現象を科学的に説明する」記述となるよう指導されているためデータ化していない。

### 2-3-3 授業実施後の質問紙調査

検証授業1を実施した2日後と検証授業2を実施した2ヶ月後に、対象となるそれぞれのクラスに図6に示した同じ質問紙による調査を実施した。なお、検証授業1の実施後、この問題についての正答とする基準の説明は児童に行っていない。



問 飲料水に適した水源があることが重要です。地面の下にある水は地下水と呼ばれます。湖や川のように地表にある水よりも地下水の方が細菌や粒子による汚染が少ないですが、それはなぜでしょうか。

図6 授業後に使用した質問紙

この質問紙にある問題は、PISA2006年調査の公開問題の中の科学的に説明する能力を調べたものである。この公開問題には、本研究で定型文を使用して記述指導をした予想や考察の場面が含まれていないが、調査の時点で他に公開されている科学的に説明する能力を調べる問題がなく、結果の妥当性や客観性を担保し、比較するため、この問題を使用することにした。なお、飲料水に関する小問は他に3問あるが、これらの小問は小学校5年生が保持する知識からは回答が困難であると考えられることから、十分とは言えないがこの1問のみとした。

### 3. 結果とその分析

#### 3-1 両群の等質性

児童の回答を、トンボが卵を産んだことに触れて説明している記述を正答とし、それ以外を誤答とした。その結果が、表1である。

2つのクラスの正答数と誤答数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、この問題に関しては有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.2743$ ）。

表1 等質性調査の結果

|                    | 正答        | 誤答        |
|--------------------|-----------|-----------|
| 記述指導を行うA組 (N=28)   | 8 (28.6)  | 20 (71.4) |
| 記述指導を行わないB組 (N=29) | 13 (44.8) | 16 (55.2) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

#### 3-2 ワークシートの記述の結果とその分析

##### 3-2-1 検証授業1実施時のワークシート

小学校学習指導要領解説理科編（2008）では、「台風の進路については西から東へ変化していくという規則性が当てはまらないことや、台風がもたらす降雨は短時間に多量になることなどをとらえるようにする」と記述されている。そこで、予想時の台風の進路の記述では、「台風は北へ進むと思います。理由は、台風はよく沖縄に直撃して、しだいに北の方に動いている様子をテレビのニュースで見たことがあるからです。」といった、結果を予測し、その説明をこれまでの知識や経験を適用して具体的に記述されているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準の記述とした。それに対して、「台風は西から東へ進むと思います。理由は、ニュースなどでよく見るからです。」といった、予測は書かれているが、予測した理由の記述がA基準ほど具体的に説明することができていないものをB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。

予想時の天気の変化を予測した記述も、台風の進路の記述と同様に天気が台風に伴ってどのように変わるかを自分なりに予測した上で、理由の記述を、「天気は暴風雨になると思います。理由は、台風が近づいた時大雨が降ったり、風がふいたりしたからです。」というように、これまでの知識や経験を適用して適切な予測・説明をしているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準とした。それに対して、「風が強くなり、雨が降り始めると思います。理由は、台風の時のニュースで見たからです。」といった、予測は書かれているが、予測した理由の記述がA基準ほど具体的に説明することができていないものをB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。

台風の進路についての記述を分類した結果は、表2のようであった。また、天気の変化についての記述を分類した結果は表3のようであった。記述指導を行わなかったB組の児童は、C基準が多いことが分かる。記述指導を行ったA組と行わなかったB組について、A基準の記述ができた人数とそれ以外を記述した人数を直接確率計算 $2 \times 2$ で検定してみると「台風の進路」（両側検定： $p=0.0070$ ）と「天気の変化」（両側検定： $p=0.0046$ ）といずれも有意差が見られた。記述指導を行ったA組の方が、現象を科学的に説明する記述ができた児童が多いと言える。

**表2 予想時の記述（台風の進路）**

|                     | A基準      | B基準      | C基準      |
|---------------------|----------|----------|----------|
| 記述指導を行ったA組（N=28）    | 12(42.9) | 11(39.3) | 5(17.9)  |
| 記述指導を行わなかったB組（N=29） | 3(10.3)  | 5(17.3)  | 21(72.4) |

注．単位は、人数。（ ）内の数字は％。

**表3 予想時の記述（天気の変化）**

|                     | A基準      | B基準      | C基準      |
|---------------------|----------|----------|----------|
| 記述指導を行ったA組（N=28）    | 11(39.3) | 10(35.7) | 7(25.0)  |
| 記述指導を行わなかったB組（N=29） | 2(6.9)   | 4(13.8)  | 23(79.3) |

注．単位は、人数。（ ）内の数字は％。

考察時の台風の進路の記述では、現象を解釈し、変化を予測して「東から西、そして北へ」というように結論が導かれており、結論を導くために、観察の結果を用いて「台風の雲写真を見ると、これまで勉強した雲の動きと違って始めは西の方へ動き、やがて北の方へ台風が進んでいたからです。」というように、資料写真を比較し、既習の知識を適用して分析し、解釈したりしたことを適切に記述できているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準とした。それに対して、結論が導かれているが、結論を導くために「台風の雲の動きの写真からです。」といった証拠となるデータを用い説明してはいるが、記述が不十分なものはB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。

考察時の天気の変化の記述も、台風の進路の記述と同様に「風や雨がすごく強くなる」というように結論が導かれており、結論を導くために、観察の結果を用いて「アメダス（雨量情報）と雲の写真を見ると、台風が近づいているところはたくさん雨が降っていたから

です。」というように、資料写真を比較し、既存の知識を適用して分析し、解釈したりして雲の動きに伴って天気に変化していたことを適切に記述できているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準とした。それに対して、「アメダスと雲の写真を見たからです。」といった、証拠となるデータを用い説明してはいるが記述が不十分なものはB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。

台風の進路についての記述を分類した結果は、表4のようであった。また、天気の変化についての記述を分類した結果は、表5のようであった。記述指導を行わなかったB組の児童は、予想時の記述と同様にC基準が多いことが分かる。A基準の記述ができた人数とそれ以外を記述した人数を直接確率計算2×2で検定してみると、「台風の進路」（両側検定： $p=0.7057$ ）と「天気の変化」（両側検定： $p=0.7297$ ）のいずれも有意な差は見ることができなかった。

**表4 考察時の記述（台風の進路）**

|                     | A基準     | B基準      | C基準      |
|---------------------|---------|----------|----------|
| 記述指導を行ったA組（N=28）    | 4(14.3) | 16(57.1) | 8(28.6)  |
| 記述指導を行わなかったB組（N=29） | 3(10.3) | 5(17.2)  | 21(72.4) |

注．単位は、人数。（ ）内の数字は％。

**表5 考察時の記述（天気の変化）**

|                     | A基準     | B基準      | C基準      |
|---------------------|---------|----------|----------|
| 記述指導を行ったA組（N=28）    | 5(17.9) | 14(50.0) | 9(32.1)  |
| 記述指導を行わなかったB組（N=29） | 4(13.8) | 2(6.9)   | 23(79.3) |

注．単位は、人数。（ ）内の数字は％。

### 3-2-2 検証授業2実施時のワークシート

ここでの学習は、小学校学習指導要領解説理科編<sup>1</sup>で「流水の働きと土地の変化の関係についての見方や考え方をもちことができるようにする」ことがねらいであると記述されている。そこで、予想時の記述では、「流れる水は、大雨で川の水が増した時地面の様子を変えらると思います。理由は、砂山をつくって水を流した時に、水の量を増やすと砂が多く削られて運ばていたからです。」というように、これまでの知識や経験を適用して適切な予測・説明をしているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準の記述とした。それに対して、「流れる水は、大雨で川の水が増した時地面の様子を変えらると思います。理由は、ニュースで見たことやそんなことがあったからです。」といった、これまでの知識や経験をもとに結果を予測してはいるが、A基準ほど具体的でない記述はB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。表6は、その結果である。

始めから記述指導を行っていたA組と記述指導を新たに行ったB組について、A基準の人数とそれ以外の人数について直接確率計算2×2で検定してみたところ有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.5854$ ）。

**表 6 予想時の記述**

|                           | A 基準      | B 基準     | C 基準     |
|---------------------------|-----------|----------|----------|
| 始めから記述指導を行っていた A 組 (N=28) | 17 (60.7) | 6 (21.4) | 5 (17.9) |
| 記述指導を新たに行った B 組 (N=29)    | 20 (69.0) | 7 (24.1) | 2 ( 6.9) |

注. 単位は、人数。( ) 内の数字は%。

考察時の記述では、現象を解釈し、変化を予測して「水の量が増えたり、水の流れが速くなったりした時、地面の様子を変えると考えます。」というように結論が導かれており、結論を導くために、観察の結果を用いて「2枚目の写真の川の色を比較して見ると、普通の時よりも茶色くなっていて、地面が削られていました。プリントの上の写真と真ん中の写真の川の右らへんが削られていて、川はばも広がっていたからです。」というように、流れる水の変化の様子に触れた上で、資料写真を比較し、既習の知識を適用して分析し、解釈したりして適切に記述できているものを現象を科学的に説明できた記述、A基準とした。それに対して、「流れる水が地面の様子を大きく変えるのは、台風や大雨の時と考えます。」というように結論が導かれているが、結論を導くために「台風がくる前の写真にあった川原が台風が来た時に沈んでしまい、台風がすぎたら形が変わっていたからです。」といった証拠となるデータを用い説明してはいるが、分析の記述が不十分なものはB基準とした。C基準は、無記述であったり、B基準の基準をも満たさない記述である。表7は、その結果である。

始めから記述指導を行っていたA組と記述指導を新たに行ったB組について、A基準の人数とそれ以外の人数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみたところ有意な差は見られなかった(両側検定:  $p=0.5301$ )。

**表 7 考察時の記述**

|                           | A 基準     | B 基準      | C 基準      |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|
| 始めから記述指導を行っていた A 組 (N=28) | 7 (25.0) | 9 (32.1)  | 12 (42.9) |
| 記述指導を新たに行った B 組 (N=29)    | 5 (17.2) | 11 (37.9) | 13 (44.8) |

注. 単位は、人数。( ) 内の数字は%。

### 3-3 授業実施後の質問紙調査の結果とその分析

PISA2006年調査におけるこの問の採点基準は、図7のように示されている(解答例は、省略)。そこで、児童の解答に対する採点基準もこれに従い分析した。

<完全正答>

コード 11: 地下水は地面を通過してろ過されたことに触れた解答

コード 12: 地下水が密封状態にあるため汚染の可能性から守られていること、あるいは地表水の方が汚染されやすいことに触れた解答

コード 13: その他の解答

<誤答>

コード 01: 地下水が非常にきれいであることに触れた解答(すでに与えられている)

|                                     |
|-------------------------------------|
| 情報)                                 |
| コード 02：刺激（問題文）に示された図にある浄化過程に触れている解答 |
| コード 03：その他の解答                       |
| コード 99：無答                           |

図 7 採点基準

### 3-3-1 検証授業 1 の実施後

記述指導を行った A 組と行わなかった B 組の正答者数と誤答者数（無答も含む）は、表 8 のようになった。

記述指導を行った A 組は正答者数が誤答者数より多く、記述指導を行った B 組は誤答者数が正答者数より多いことが分かる。正答の記述をした児童数と誤答の記述をした児童数について、直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみると有意差が見られた（両側検定： $p=0.0348$ ）。

表 8 検証授業 1 の実施後の結果

|                        | 正答        | 誤答        |
|------------------------|-----------|-----------|
| 記述指導を行った A 組 (N=28)    | 18 (64.3) | 10 (35.7) |
| 記述指導を行わなかった B 組 (N=29) | 10 (34.5) | 19 (65.5) |

注. 単位は、人数。( ) 内の数字は%。

### 3-3-2 検証授業 2 の実施後

研究計画の当初から記述指導を行っていた A 組と検証授業 1 終了後に新たに記述指導を行った B 組の正答者数と誤答者数（無答も含む）は、表 9 のようになった。

表 9 検証授業 2 の実施後の結果

|                           | 正答        | 誤答        |
|---------------------------|-----------|-----------|
| 当初から記述指導を行っていた A 組 (N=28) | 16 (57.1) | 12 (42.9) |
| 新たに記述指導を行った B 組 (N=29)    | 17 (58.6) | 12 (41.4) |

注. 単位は、人数。( ) 内の数字は%。

正答である記述をした児童数と誤答の記述をした児童数について、直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみたところ 2 つのクラスの間には有意な差は見られないことが分かった（両側検定： $p=1.0000$ ）。現象を科学的に説明する記述を書けた児童の数に差がないと言える。

なお、この質問紙調査では検証授業 1 と検証授業 2 の実施後に同一の問題を使用している。そこで、同一問題を使用したことが児童の解答に影響を与えているか調べるため、記述指導を始めから行っていた A 組の検証授業 1 と検証授業 2 の実施後の児童の正答と誤答の記述数を直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみたところ有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.7848$ ）。

## 4. 考察

予想と考察の場面で定型文を被験者に与え、記述指導を行うことが現象を科学的に説明する能力の育成に効果が見られるかを調べた検証授業1のワークシートの分析からは、予想時の記述では記述指導を行ったA組が、B組に比べ現象を科学的に説明できる児童が多いことが分かった。しかしながら、考察時の記述では、記述指導を行わなかったB組の児童が予想時の記述と同様にC基準の児童が多いものの、どちらのクラスも現象を科学的に説明する記述ができたA基準の児童は少ない。検証授業2の予想時のワークシートの記述では、両クラス共にA基準の記述をした児童が多く見られた。B組は、検証授業も含めてわずか2回の記述指導であったが記述指導の効果が見られたと考えることができる。しかしながら考察時の記述では、A基準の記述ができた児童はどちらのクラスも少ない。児童は、考察については定型文による記述指導をしても、科学的に説明できないと言える。

検証授業1の実施後の質問紙調査の結果からは、記述指導を行ったA組の正答者数が誤答者数に比べ多く見られること、記述指導を行わなかったB組に比べ現象を科学的に説明できる児童がA組に多いことが分かった。さらに、検証授業2の実施後に実施した質問紙調査の結果からは、記述指導を行っていなかったB組に記述指導をすることで、始めから記述指導をしていたA組と現象を科学的に説明する記述ができた児童の数の差が見られなくなることが分かった。こうした結果からは、検証授業の考察時の記述では科学的に説明できる児童を育成するまでには至らなかったものの、定型文を使い、記述指導を行うことは、PISA2006年調査で示された問題にある科学的に説明する能力の育成に効果があると考える。

## 5. 研究のまとめ

本研究の範囲内という限定付きではあるが、定型文を被験者に与え、教師がその記述の仕方の指導を行うことが、児童の現象を科学的に説明する能力を高めるための有効な方法の1つとなり得るということを示すことができた。

しかしながら、記述指導を行っても考察時のワークシートに、A基準とした現象を科学的に説明できる記述までできた児童は少ない。考察時に適切な科学知識を適用したりして解釈し、変化を予測したりして、理由を適切に記述・説明できる児童をいかに増やすか、今後の検討課題としたい。

### 引用・参考文献

- 国立教育政策研究所(2005)「平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査結果の概要及び教科別分析」
- 国立教育政策研究所(2007)「PISA2006年調査評価の枠組み－OECD生徒の学習到達度調査」、ぎょうせい
- 隈元修一・小石紀博・兼重幸弘・火宮一巧・中山迅(2008)「児童・生徒の科学的記述を育成するための学習指導法開発(2)、宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要16、1-10

- 平賀伸夫(2004)「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」、  
愛知教育大学研究報告 53 (教育科学編)、115-122
- 松原静郎(1997)「表現力育成の意義とその効果」『中等化学教育における個人実験を通し  
ての科学的表現力育成に関する調査研究』、平成 7 年度～ 8 年度科学研究費補助金 (基  
盤研究 B) 研究成果報告書
- 松浦拓也(2008)「理科におけるレポート指導に関する基礎的研究(Ⅱ)」広島大学大学院教  
育学研究科紀要、57(2)、1-5
- 文部科学省(2008)小学校学習指導要領解説理科編、大日本図書



# 第 8 章 考察の記述の仕方を理解させる指導方法の研究

## －力と圧力の学習を事例として－

鮫島弘樹・清水 誠

### 1. 問題の所在

平成 20 年 1 月の中央教育審議会の答申の中で、理科の改善の基本方針について「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、(中略) 観察・実験の結果を整理し考察する学習活動(中略)を充実する方向で改善する。」と記述されている。また、平成 20 年に改訂された学習指導要領を受けて作成された中学校学習指導要領解説理科編(文部科学省、2008)では、「観察、実験などに際しては、(中略) それらを分析して解釈し表現することが必要である。」と記述されている。しかしながら、小学校第 5 学年及び中学校第 2 学年を対象とした「特定の課題に関する調査(理科)調査結果」(国立教育政策研究所教育課程研究センター、2007)の中で、児童生徒は観察・実験の結果やデータを読み取ることはできるが、観察・実験の結果やデータを基にして考察し、結論を導き出すことに課題があると指摘されている。他にも、小学校 3・4 年生を対象に自分の考えに対する根拠をどう表現するかについて調査を行った松原(1997)は、約 40%の児童が基となる事実しか書けていないと述べている。授業で用いられたワークシートの考察の記述内容について分析を行った隈元・小石・兼重・火宮・中山(2008)も、児童生徒の記述には実験結果の表面的な変化のみを記述したものや、実験結果から導かれる事項ではない記述や感想を含んだ記述が多く見られ、課題があるとしている。これまでの我が国の児童生徒を対象とした調査研究からは、観察・実験の結果を基に考察し結論をまとめるといった能力が十分に育成されていないことが分かる。

こうした問題点を改善するため、松原(1997)は、考察を「c(結果)から、d(結論)と考えた。その理由は、e(根拠)だからである。」といった定型文で書く指導を試みている。その結果、単語での回答がなくなり文章として書けるようになったこと、各要素を抽出することに慣れ自分の考えがより簡単に整理できるようになった、などの効果を明らかにしている。また、レポート作成の指導について、5つの項目(目的、実験計画、実験方法、結果、考察)の中で定型文の効果について分析した平賀(2001、2004)も、生徒に記述の仕方を説明するだけでは不十分で、定型文を提示し指導することで事実と考えを分けて記述することや理由を明らかにして記述することができるようになったと述べている。一方で、レポートの作成時に定型文を示しながら記述の仕方の指導をした二宮・松浦(2005)や松浦・二宮・伊藤(2007)は、予想や方法の欄の記述については1回の指導でもある程度改善できるが、結果の記述が不十分であったり、考察が感想文になっているなどの課題については、指導を行っても容易には改善しないことを明らかにしている。これらの研究からは、記述の仕方を定式化する定型文を用いての記述の仕方の指導は、記述量や文章構成についての向上が見られるが、考察を記述することについては依然として課題があると考えることができる。こうした課題に対応するため、理科のレポート指導につい

て指導実態を調査した松浦（2007）は、理科のレポートの考察が感想文になっている事例が多いのは、国語のレポートのような資料調べなどに基づくレポートと観察や実験に基づくレポートとの違いを生徒が理解していないことが一因ではないかと述べている。この結果からは、理科の考察を記述する際に、観察や実験の考察文に必要な要素の入った記述の仕方を生徒に理解させる必要があると考える。

しかしながら、考察を記述する際に、考察文に必要な要素の入った記述の仕方を理解させながら指導することの効果を調べた研究は「理科教育学研究」や「科学教育研究」には見られない。そこで、考察を記述する際、生徒に記述の仕方を理解させながら指導することが、考察文に必要な要素の入った考察文を記述することができる生徒を育成する有効な指導方法ではないかと考え、検証することにした。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

公立中学校の第1学年5クラス98名に対し、2011年10月から12月にかけて調査を行った。調査にあたっては、例文の中からよい考察文を自ら見出し、考察の記述の仕方を理解させる指導方法を実施する群（以下、実験群とする）と定型文指導のみを実施する群（以下、統制群とする）の2群に分けた。実験群の被験者は3クラス59名、統制群の被験者は2クラス39名である。なお、被験者は、6時間の授業と2ヶ月後の調査のすべてに出席していた生徒を対象とした。

### 2-2 考察文に必要な要素

理科学習における考察について、森本（2011）は学習プロセスにおける「結果について予想や仮説の照合」すること、小田切（2007）は「解決のために得た結果を編集して結論を導き出す思考活動」と述べているが、我が国の理科教育において考察とは何かについて明確な定義はされていない。しかしながら、英国のナショナルカリキュラム（QCA、1999）のKey Stage 3（11～14歳を対象）の「科学的探究」中の「証拠を考察すること」の到達目標では、「データのパターンや関連性を見つける」、「データを用いて結論を導く」、「予測したことと結論の関係を判断する」、「科学的な知識・理解を用いて結論を説明したり解釈したりする」ことが挙げられている。また、松原（2001）や有本・吉田（1997）は、考察文に必要な要素として、結果（実験事実）、結論（自分の意見）、根拠（導き出した説明）を挙げ、さらに、考察の記述のチェックポイントとして3つの要素の他に「目的に対応した考察がなされているか。」を挙げている。考察についての確立された定義は、我が国の理科教育の中でなされていないが、考察を記述する際に必要な要素は、こうした研究から伺うことができる。

そこで、本研究では、生徒に身に付けさせたい考察文を記述する際に必要な要素を、松原（2001）が示した「結果」、「結論」、「根拠」に「課題」を加えた4つとすることにした。

「課題」を加えたのは、レポートを記述する際にはすでに記述してあるものであるから考察文中に記述する必要はないとする考え方もあるが、中学生の考察文を見ると国立教育政策研究所教育課程研究センター（2007）の報告で指摘されたように、目的と正対しない結

論を導き出しているものも多く目にするからである。「目的」ではなく「課題」としたのは、多くの中学校で行われている授業で、課題と目的を区別せずに課題と呼んでいることが多いためである。なお、「結果」とは、観察や実験から得られた事実・データとした。

「根拠」については、QCA（1999）の Key Stage 3 の「証拠を考察すること」の到達目標や松原（2001）が根拠を「導き出した説明」と述べていることを踏まえ、「分析した結果を用いての説明」、あるいは「分析した結果に加えて科学的な知識を用いての説明」とした。「分析した結果を用いての説明」のみでも「根拠」とした理由は、中学生段階では背景となる科学的な知識が不足していることにより、科学的な知識を用いて結論を説明することが困難なことが多いためである。

### 2-3 授業の概要

効果を検証するため、中学校学習指導要領理科の(1)イ「力と圧力」の内容を表1のように6時間（1単位時間 50分）かけて実施した。表中に書かれた実験1～3は、生徒に提示した学習課題である。なお、この学習では学習課題と実験の目的は同じである。

表1 授業の概要

| 授業   | 学習内容と生徒の活動・指導  |
|------|--|
| 1時間目 | 「実験1 ばねにはたらく力の大きさと、ばねの伸びの関係を調べよう」<br>* 考察文作成：等質性調査                 |
| 2時間目 | ・ 実験群は、「考察」に必要な要素の理解と記述指導の1回目を実施。<br>・ 統制群は、定型文の記述指導。<br>・ 実験1のまとめ |
| 3時間目 | 「実験2 2つの力のつりあいを調べよう」<br>* 考察文作成                                    |
| 4時間目 | ・ 実験群は、2回目の「考察」の記述指導を実施。<br>・ 統制群は、2回目の定型文の記述指導を実施。<br>・ 実験2のまとめ   |
| 5時間目 | 「実験3 力のはたらきとふれあう面積との関係を調べよう」<br>* 考察文作成：考察の記述内容調査                  |
| 6時間目 | ・ 実験群は、3回目の「考察」の記述指導を実施。<br>・ 統制群は、3回目の定型文の記述指導を実施。<br>・ 実験3のまとめ   |

1・3・5時間目は、両群共に教師から表1中の実験1～3に書かれた課題を生徒に提示し、板書した。生徒は、課題をワークシートに記述後、結果を予想しワークシートに記述した。その後、教師が示した実験方法を確認後、班ごとに生徒実験を行い、実験結果をクラス全員でまとめ、各自ワークシートに考察を記述させた。

2時間目に行った実験群の考察に必要な要素を理解させる指導は、教師が表2に示した

例文を生徒に示し、どの例文がよいかを評価させた。その上でよい例文は、なぜよいと評価できるのかを議論させた。その後、教師がよい考察文に必要な要素として、「課題」、「結果」、「結論」、「根拠」が含まれることをまとめた。次に、記述指導では、生徒が記述したワークシートの「考察」文の、「課題」には緑、「結果」には青、「結論」には赤、「根拠」には黒のサインペンで線を引かせ、各要素が含まれているかを確認させた。こうした、生徒に考察の記述に必要な要素を考えさせ、必要と考える要素が自身のワークシートの考察の記述にあるかをサインペンなどを使い確認させる指導方法が、「記述の仕方を理解させる」と本研究で述べる実験群の指導方法である。4・6時間目の実験群の授業も、2時間目の授業と指導方法は同じである。記述指導は各自が記述した考察文を使用して行った。生徒が記述した考察文のよい例文を取り上げて板書し、なぜよいと評価できるのか、2時間目に学んだ考察文に必要な要素が含まれているかを線を引きながら確認し、理解を深めた。その後、各自の考察文に必要な要素が含まれているかそれぞれの色の線を引かせて指導をした。

表2 教師が示した例文

|  |
|--|
| <p><b>【よい例文】</b></p> <p><u>ばねの伸びとばねにはたらく力の大きさは、</u><br/>         (課題は、緑の線で引く)</p> <p><u>ばねにはたらく力の大きさが2倍、3倍になると、ばねの伸びも2倍、3倍になる</u><br/>         (結果を青の線で引く)</p> <p>このことから、<u>比例すると考えた</u>。その理由は、<u>グラフが原点を通る直線になった</u><br/>         (結論は、赤の線で引く) (根拠は、黒の線で引く)</p> <p><u>から。</u></p> <p><b>【よくない例文】</b></p> <p>1. 「ばねにはたらく力の大きさを2倍、3倍にすると、ばねの伸びも2倍、3倍になった。」</p> <p>2. 「ばねの伸びは、ばねにはたらく力の大きさが2倍、3倍になると、ばねの伸びも2倍、3倍になったことから、ばねにはたらく力の大きさに比例すると考えた。」</p> <p>3. 「ばねにはたらく力の大きさが2倍、3倍になると、ばねの伸びも2倍、3倍になり、グラフが原点を通る直線になったことから、比例すると考えた。」</p> |
|--|

一方、2時間目に行った統制群の「考察」の記述指導では、松原(1997)が提案する定型文に、本研究で考える考察文の要素とした「課題」を加えて作成した表3に示す考察の記述の仕方を定式化した定型文を教師が示した。次に、これに従って記述することがよい考察文であることを説明し、1時間目に記述した生徒の考察文を書き直すよう指導がなされた。

4・6時間目の統制群の授業も、2時間目の授業と指導方法は同じである。表3で示し

た定型文（4時間目の例：課題；2つの力がつりあうには、結果；2力がつりあう条件を調べた実験結果から、結論；2力が一直線上にあり、力の大きさが等しく、向きが反対である時につりあうと考えた。根拠；その理由は、綱引きの実験でつりあうには互いの力が100Nで反対向きに一直線上の時だったから）を教師が示し、例として示したような考察が各自記述できているか指導した。

**表3 考察の定型文**

（課題）については、（結果）から（結論）であると考えた。その理由は（根拠）である。

## 2-4 調査

### (1) 評価基準の作成

実験群、統制群共に5時間目の時間に、2回の記述指導により考察文に必要な要素の入った十分な考察を記述することができるようになったかを調べるため、本研究で考える考察文に必要な4つの要素を基に、表4に示す考察の記述の評価基準を作成した。

なお、考察文に必要な要素の記述の位置は、意味が通れば、順番が入れ違ってもよいとした。このA基準に到達している生徒を、本研究が目指す十分な考察を記述する能力が育成された生徒とする。

**表4 考察の記述内容の評価基準**

|     |   |
|-----|---|
| A基準 | 課題について、観察や実験から得られた結果を用い、分析した結果や科学的な知識から導かれた根拠を理由に結論をまとめている。           |
| B基準 | 考察文に必要な要素とした課題、結果、結論、根拠の一部が不足していたり、考察文の要素は満たしていてもそれを使った説明に不十分な点が見られる。 |
| C基準 | A、B基準に達しない記述。<br>判読不能の記述。記述がされていないもの。                                 |

### (2) 両群の等質性

1時間目の「実験1 ばねにはたらく力の大きさと、ばねの伸びの関係を調べよう」で生徒が記述した考察の記述内容を調査した。なお、この授業では、両群共に考察の記述の仕方について特別な指導を行っていない。

評価基準として、表4を基に、表5に示す考察の記述の基準を作成した。

表5 等質性調査時の考察の記述内容の評価基準

|     |   |
|-----|---|
| A基準 | ばねの伸びとばねにはたらく力の大きさの関係（課題）は、 <u>ばねにはたらく力の大きさが2倍、3倍になった時、ばねの伸びも2倍、3倍になった</u> （結果）ことから、 <u>比例である</u> （結論）といえる。その理由は、これを <u>グラフにすると、原点を通る直線になったから</u> （根拠）である。<br>といった記述。 |
| B基準 | おもりの数とばねの伸びる長さは、ばねにつるすおもりを1個、2個、3個・・・と増やしていくと、ばねの伸びる長さもそれに合わせて2倍、3倍と伸びていった。このことから、比例しているといえる。 といった記述。   |
| C基準 | ただ比例しているなどのみがかかれた記述や判読不能の記述。<br>あるいは、記述がされていないもの。   |

(3) 考察を記述する能力を調べる調査

a. 指導の途中時の調査

指導の途中経過を見るため、5時間目に生徒が記述した考察の記述内容を調査、分析した。考察の記述内容の評価基準は表4を基に、表6の評価基準を作成した。

表6 5時間目（実験3）の考察の記述内容の評価基準

|     |   |
|-----|---|
| A基準 | <u>力の働く面積と力のはたらき方の関係</u> （課題）は、 <u>フラスコを逆さにした時、スポンジが大きくへこんだ</u> （結果）ことから、 <u>加える力の大きさが同じでも、ふれあう面積が小さいほど力のはたらきが大きくなる</u> （結論）と考える。その理由は、 <u>同じ大きさの力でも、力がはたらく面積が小さいほど、スポンジのへこみが大きくなるから</u> （根拠）である。 といった記述。 |
| B基準 | フラスコの底をスポンジにのせるとスポンジが小さくへこみ、逆さまにのせるとスポンジが大きくへこんだ。このことから、へこみ方は、面積が小さいほど大きくへこみ、面積が大きいと小さくへこむといえる。<br>といった一部不十分な記述。  |
| C基準 | フラスコの底のほうへへこみにくいなど、観察事実のみがかかれた記述や判読不能の記述。<br>あるいは、記述がされていないもの。  |

b. 2ヶ月後の調査

考察の記述の仕方の指導の効果が指導後においても定着しているか見るため、「力と圧

力」の学習終了2ヶ月後に、中学校学習指導要領理科(2)イ(イ)「溶解度と再結晶」の学習内容の場面で、実験（ミョウバンや食塩の水溶液から溶質を取り出す方法）を行い、生徒が記述した考察の記述内容を調査、分析した。考察の記述内容の評価基準は表4を基に、表7の評価基準を作成した。なお、この実験を行った時点では溶解度と溶解度曲線については未学習であるため、考察中の「根拠」は、分析した結果をもとに記述がなされていれば可とした。

**表7 2ヶ月後の考察の記述内容の評価基準**

|     |   |
|-----|---|
| A基準 | <p>水溶液から溶質を取り出す方法には（課題）、<u>ミョウバンの水溶液は温度を下げる</u>ことにより、<u>食塩の水溶液は蒸発させることで溶けていたものが出てきた</u>（結果）ことから、<u>蒸発させる方法と温度を下げる方法がある</u>。しかし、<u>温度を下げる方法では取り出せないものがある</u>（結論）と考える。その理由は、<u>蒸発させる方法ではどれも出てきたが、物質によっては温度を下げた場合は取り出すことができなかつたから</u>（根拠）である。                    といった記述。</p> |
| B基準 | <p>ミョウバンの水溶液は温度を下げるとミョウバンが出てきたが、食塩の水溶液は温度を下げて食塩は取り出せなかつた。水を蒸発させると、ミョウバンの水溶液も食塩の水溶液も溶けているものを取り出すことができた。このことから、水溶液から溶けているものを取り出すには、水を蒸発させるとよい。                    といった記述。</p>   |
| C基準 | <p>ミョウバンの水溶液は、水を蒸発させても、温度を下げてミョウバンを取り出すことができた。食塩の水溶液は水を蒸発させると食塩を取り出すことができた。等                    実験結果のみしか書かれていない記述や判読不能の記述。あるいは、記述がされていないもの。</p>   |

### 3. 結果とその分析

#### 3-1 両群の等質性

1時間目に実験群、統制群の生徒の考察の記述内容を、2人の研究者の合意により分類した結果が表8である。

両群共に、本研究が目指すA基準に到達している生徒はほとんどいないことがわかる。

**表8 等質性調査の結果**

|            | A基準     | B基準     | C基準       |
|------------|---------|---------|-----------|
| 実験群 (N=59) | 1 (1.7) | 2 (3.4) | 56 (94.9) |
| 統制群 (N=39) | 0 (0.0) | 1 (2.6) | 38 (97.4) |

注. 単位は人数. ( ) 内の数字は%

また、C基準の生徒が両群共に大多数をしめ、B基準の生徒もほとんどいないことがわかる。1時間目に行った実験の考察の記述内容に関しては、両群の間で大きな差はないといえる。

なお、大多数をしめるC基準の記述を調べると、両群共に結論のみしか書けていない生徒が多く（実験群 56 人中 23 人：41.0 %、統制群 38 人中 19 人：50.0 %）、続いて結果のみしか書けていない生徒であった（実験群 56 人中 20 人：35.7 %、統制群 38 人中 8 人：21.1 %）。

### 3-2 考察を記述する能力

#### (1) 指導の途中

5時間目に実験群、統制群の生徒の考察の記述内容を、3人の研究者と実践者の合意により分類した結果が表9である。

**表9 第5時の考察の記述結果**

|           | A基準      | B基準      | C基準     |
|-----------|----------|----------|---------|
| 実験群(N=59) | 13(22.0) | 38(64.4) | 8(13.6) |
| 統制群(N=39) | 2(5.1)   | 31(79.5) | 6(15.4) |

注. 単位は人数. ( )内の数字は%

考察の記述がA基準に到達している生徒の比率に差があるか否か統計的に検討するために、まず、両群においてA基準とそれ以外という2つの区分に整理した。そして、この2×2のクロス集計についてフィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、実験群と統制群の間に有意な差が見られた（両側検定： $p=0.02<.05$ ）。統制群に比べ、実験群がA基準の生徒が多いといえる。

また、統制群ではB基準の記述をした生徒の割合が最も多い（79.5 %）。両群のB基準とされた生徒の記述内容を分析すると、考察文の各要素は記述しているが結論についての記述が不十分であるものが最も多かった（実験群 38 人中 23 人：60.5 %、統制群 31 人中 17 人：54.8 %）。続いて結果と根拠の明確な区別がつかない記述であった（実験群 38 人中 13 人：34.2 %、統制群 31 人中 11 人：35.5 %）。

#### (2) 2ヶ月後

記述指導が終了した2ヶ月後に行った授業において実験群、統制群の生徒の考察の記述内容を、3人の研究者の合意により分類した結果が表10である。

考察の記述がA基準に到達している生徒の比率に差があるか否か統計的に検討するために、まず、両群においてA基準とそれ以外という2つの区分に整理した。そして、この2

**表10 2ヶ月後の考察の記述結果**

|           | A基準      | B基準      | C基準      |
|-----------|----------|----------|----------|
| 実験群(N=59) | 17(28.8) | 33(55.9) | 9(15.3)  |
| 統制群(N=39) | 2(5.1)   | 18(46.2) | 19(48.7) |

注. 単位は人数. ( )内の数字は%



×2のクロス集計についてフィッシャーの直接確率計算を用いて検定したところ、実験群と統制群の間に有意な差が見られた（両側検定： $p=0.00<.01$ ）。統制群に比べ、実験群がA基準の生徒が多いといえる。

なお、B基準とされた生徒の記述内容を分析すると、考察文の各要素は記述しているが結論についての記述が不十分である生徒が最も多かった（実験群33人中24人：72.7%、統制群18人中13人：72.2%）。続いて、考察文の各要素のうち、結果と根拠が明確に区別できない記述（実験群33人中9人：27.2%、統制群18人中5人：27.8%）であった。

また、統制群では第5時に比べ、C基準とした記述の生徒の割合が大きく増加している。記述内容を分析すると、19人中16人（84.2%）が考察文に必要な要素の一部のみしか記述できていない生徒であり、残り3人は意味がとれない記述であった。考察文に必要な要素の一部のみしか記述できていない16人をさらに分析すると、結果しか記述できていない生徒が12人（75.0%）と最も多かった。

#### 4. 考察

第5時や2ヶ月後の生徒の考察の記述内容を各評価基準により分類した結果からは、いずれの調査でも実験群のほうが統制群に比べ、本研究で十分な考察を記述することができたと考えるA基準の生徒を多く見ることができた。また、2ヶ月後調査では、第5時に比べ、考察文に必要な要素の一部しか記述できていないC基準の記述をした生徒の割合が、実験群ではほとんど変わっていないのに比べ、統制群では大きく増加していた。加えて、実験群では統制群以上に、等質性調査でC基準が多く見られた状況を大幅に改善することができた。考察を記述する能力の育成には、記述の仕方を定式化する定型文を用いての記述の仕方の指導よりも、生徒に考察の記述に必要な要素を考えさせ、必要と考える要素が自身の記述にあるかをサインペンなどを使い確認し理解させていく指導は、考察文に必要な要素の入った十分な考察を記述することができる生徒を育成する有効な指導方法であると考えられる。

一方、第5時の記述からは、統制群の場合は考察文の各要素を記述しているが結論についての記述内容が不十分なB基準の記述をした生徒が最も多いことが分かった。「定型文」によって要素は書けるようになるが、考察文に必要な記述内容について十分検討せず、各要素のみを定型どおりに当てはめた生徒が多かったのではないかと示唆される。松浦・二宮・伊藤（2007）らが指摘するように、定型文による記述の仕方の指導では指導を行っても記述が不十分であるといった課題を改善できなかったのではないかと考えられる。

また、2ヶ月後の調査では、実験群は統制群と有意差はあるものの、A基準の記述をできた生徒は約3割であった。考察の各要素の記述内容が十分なものとなるためには、統制群だけでなく実験群においても、さらなる指導の改善が必要であるといえる。

#### 5. 研究のまとめ

本研究は、考察文に必要な要素の入った考察を記述することができる生徒を育成するた

めの指導方法を検討することであった。検証授業の結果からは、定型文を用いて記述の仕方を指導する方法に比べ、考察文に必要な要素を生徒に考えさせ、確認し、理解させる指導方法が有効であるという結果を示すことができた。検証授業の範囲内ではあるが、考察を記述する能力を高めるためには、「記述の仕方を理解させる」と本研究で述べる指導方法が有効であることが示唆された。

一方で、各要素についての記述内容が十分なものとなるためには、本研究で開発した「記述の仕方を理解させる」指導方法であっても、改善の余地があることが示唆された。

## 引用文献

- 有本秀文・吉田繁(1997)「科学の学習における論理的表現力の評価方法に関する研究」『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力の育成に関する調査研究』科学研究費研究成果報告書(代表:松原静郎, 課題番号 07458027), pp.16-35.
- 平賀伸夫(2001)「レポート作成についての指導法の検討ーレポート評価を通してー」『理科の教育』50(2)、pp.26-29
- 平賀伸夫(2004)「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」『愛知教育大学研究報告』53(教育科学編)、pp.115-122
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター(2007)「特定の課題に関する調査(理科)調査結果(小学校・中学校)」
- 隈本修一・小石紀博・兼重幸弘・火宮一巧・中山迅(2008)「児童・生徒の科学的記述を育成するための学習指導法(2)」『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』16、pp.1-10
- 松原静郎(1997)「表現力育成の意義とその効果」『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究』、科学研究費研究成果報告書(代表:松原静郎、課題番号 07458027)、pp.2-14
- 松原静郎(2001)「『観察・実験の技能・表現』の評価」『理科の教育』50(8)、pp.524-527
- 松浦拓也・二宮力・伊藤博之(2007)「実験レポートを用いた評価に関する一考察」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』、p.205
- 松浦拓也(2007)「理科におけるレポート指導に関する基礎的研究」『広島大学大学院教育学研究科紀要、第二部、文化教育開発関連領域』56、pp.11-15
- 文部科学省(2008)「中学校学習指導要領解説理科編」、大日本図書
- 森本信也(2011)「新学習指導要領とこれからの理科教育」『教科研究理科(学校教育図書)』187、pp.1-3
- 二宮力・松浦拓也(2005)「科学的思考力を育てるレポート指導に関する実践的研究」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』、p.130
- 小田切真(2007)「『考察』を大切にす教員を育てる」『理科の教育』56(11)、pp.732-735
- QCA(1999)「The National Curriculum for England- Science、83-84. Retrieved from <https://www.education.gov.uk/publications/>

## 第9章 外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究

### —イメージ・スキーマを持たせることの効果—

清水 誠・鶴貝昌弘・安田修一

#### 1. 問題の所在

近年の認知科学研究では、思考活動を進める際に外的資源 (external resource) があることで、頭の中だけで考えるよりも、効率的な学習活動が進められることが期待できると考えられるようになった。それ自体は意味をもたない外的資源であっても、解決者が問題に対してなんらかの解釈や意味をつくりあげ、問題構造、内容に関する表象を構築するとき、外的資源は問題解決を促進すると考えることができる。外的資源の問題を取り上げた Wainer<sup>1)</sup> や Larkin & Simon<sup>2)</sup> は、外的資源としての図の持つ性質が探索、再認、推論のプロセスでどのように働くかを調べる中で、認知主体の計算負荷を軽減することを明らかにしてきた。計算負荷の軽減とは、目的とする情報を得るまでに必要な計算量を減らすことであり、図やグラフなどは主としてこの機能をもっていると考えられている。Wainer<sup>3)</sup> は、19世紀にロンドンでコレラが流行したときに、地図上に死者の位置をプロットしていくことによって汚染源となっていた井戸を特定していった。これは、コレラによる死者の住所一覧を見て分布の中心を見出すよりも、地図上にプロットして作成した分布図を見た方がコレラの中心を特定しやすく、計算負荷を軽減していることを示している。Larkin & Simon<sup>4)</sup> は、外的資源による計算負荷の軽減とは、情報の頭在性によるものと考え、図では関連情報が局在化しているために情報検索のための注意制御が容易であるが、文章では分散しているため情報の検索が困難なのであるとしている。一方、多様な図的表現の中に具体性 (specificity) よりも抽象性 (abstractness) が存在するものがあるとしている植田<sup>5)</sup> は、抽象的なイメージを従来の図的推論で対象とされてきた具体的な図と区別するために Lakoff<sup>6)</sup> や Johnson<sup>7)</sup> にならって、イメージ・スキーマと呼んでいる。植田は、このイメージ・スキーマの可塑性が類推的問題解決を促進し得ることを見だし、ターゲット問題と視覚的に類似したイメージ・スキーマは、かりにターゲット問題がイメージとしてではなく、文章で表現されている場合でも、ターゲット問題の解を生成する手がかりを付与する場合があるとしている。特定の意味をもたない、あるいはベース問題で別の意味づけがなされたイメージ・スキーマが解決者の頭の中に存在すると考える仮屋園<sup>8)</sup> は、ベース問題解決時に適切な外的資源を提示し、それを被験者が適切に操作した経験があれば、外的資源によって可視化されたイメージ・スキーマは、ターゲット問題に有効に機能し得るとしている。イメージ・スキーマを作成するという作業は、問題解決を促進するための命題の可視化であり、命題の可視化に手がかりを与えられると考えることができる。しかし、これまでの外的資源の効果を調べた理科教育学研究<sup>9)</sup> には、イメージ・スキーマが問題解決を促進し、科学的な概念形成に有効であるかを調べた研究は見られない。

そこで、本研究では、平成20年の改訂により中学校3年で新しく学習することになった「月の見え方」の学習を事例に、外的資源を使用する際に、イメージ・スキーマ<sup>10)</sup> を

持たせることが、問題解決の促進と科学的な概念の形成にどのような効果を与えるのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

授業は、埼玉県内の公立中学校の3年生、3クラス102名を対象とした。対象の被験者は、イメージ・スキーマを持たせるための授業を行った群（以下、実験群と呼ぶ）とイメージ・スキーマを持たせるような授業をしなかった群（以下、統制群と呼ぶ）に分けた。実験群の被験者は2クラス70名、統制群の被験者は1クラス32名である。調査は、2010年11月に実施した。

### 2-2 授業の概要

検証のための授業は、中学校学習指導要領第2分野(6)イ(イ)の「月の運動と見え方」の内容について実施した。この授業は、月の公転と見え方を関連付けてとらえることがねらいである。そこで、このねらいを生徒が達成できるようにするため、「月の運動と見え方」の授業前に実験群にイメージ・スキーマを持たせる授業（以下、授業1と呼ぶ）を20分間行った。「月の運動と見え方」についての概念が形成できたかを検証するための授業（以下、授業2と呼ぶ）では、外的資源として竹串に刺した発泡スチロール球（月モデル）を使用した。実験群で実施した授業の主な流れは、次のようである。授業は、共同研究者の安田が行った。

#### <授業1の概要>

ア。「どうして同じ雲の中にも白色や灰色に見える部分があるのだろうか」という課題提示を教師が行った。

イ. ワークシートに個人の予想を記入させた。

ウ. 図1のようなデル図を提示し、そのときに見える雲の様子をワークシートに記入させた。

エ. 雲模型を使い、白くなっている部分、灰色になっている部分を確認した。

オ. ウと同様にモデル図を提示し、ウとは見る位置を変えて、そのときに見える雲の様子をワークシートに記入させた。

カ. エと同様に雲模型を使い、白くなっている部分、灰色になっている部分を確認した。

キ. 教師が次のようなまとめをした。

- ・光が当たっている部分は白色に、当たっていない部分は灰色になっている。
- ・太陽と雲と自分の位置によって、雲の見える様子が変わる

#### <授業2の概要>

ア。「月はどのように満ち欠けをするのだろうか」と課題提示を教師が行った。

イ. 生徒に予想をさせた後、教師が実習の方法について次のような説明と指示をした。

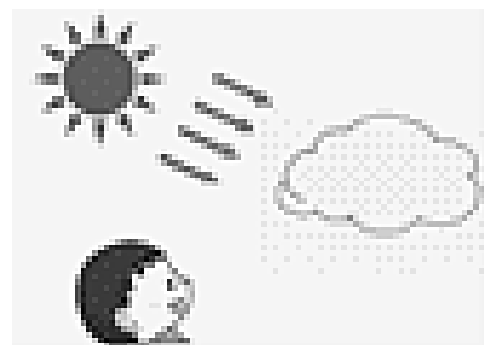


図1 モデル図

- ・この発泡スチロールの球を月と見立てます。一億分の一です。これを使って実験をしていきます。なお、電球が太陽となります。
- ・今回の実習では、3種類の形の月が見えます。どんな形に見えるかやってみてください。
- ・実際に見えた形を、ワークシートの丸の中に、書いてください。光が当たり、明るくなっている部分を黄色で塗ってください。

ウ. 図2のように一人一人が実習を行い、実習中に見えた月の形をワークシートに記入させた。

エ. 実習の結果をもとに、ワークシートにある太陽、月、地球がどのような位置関係の時に、月はどのような形に見えるかをまとめさせた。

オ. 教師が次のようなまとめをした。

- ・月の満ち欠けは、太陽・月・地球の位置関係によって生じる。
- ・三日月は夕方、南西の空に見える。
- ・半月は夕方、南の空に見える。
- ・満月は夕方、東の空または朝方、西の空に見える。

なお、統制群は、授業1を行っていない。授業2の条件は、全て実験群と同じである。



図2 月の見え方の実習

## 2-3 調査

### 2-3-1 両群の等質性

授業2を実施する1週間前に質問紙を利用して、知識およびイメージ・スキーマの使用の状況を調べた。知識に関する問題は、既習事項である検証授業と同じ領域の図3に示す内容について調査した。

また、イメージ・スキーマを使用して問題解決ができるかどうかについて、図4に示すBeveridge & Parkins<sup>11)</sup>が使用した放射線問題をもとに、ヒントとして仮屋園<sup>12)</sup>が行った消火問題を組み合わせて実施した。

1. あなたは今、南の方角を向いています。このときあなたの左側の方向はどの方角になりますか、下のア～エから1つ選びなさい。

ア. 東    イ. 南    ウ. 西    エ. 北

2. 図1の左側の大きな円は地球です。×印は北極を表しており、この図は地球を北極の真上から見たものです。右にあるのは、太陽です。地球上にいるA君は、地球が自転するとともに①→②→③→④の場所へと移動します。

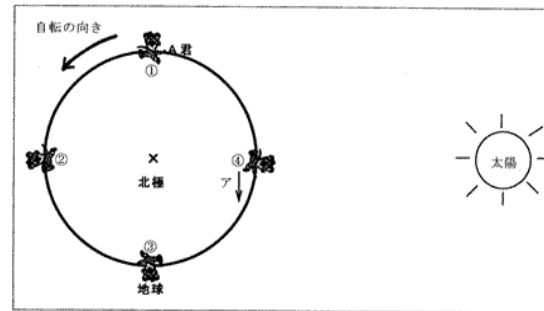


図1

(1) 図1のように太陽が地球を照らしているとすれば、日の入り(夕方)を迎えているのはどの位置になりますか。図1の①から④から一つ選び、その番号を書きなさい。

(2) A君が図1の④の位置にいる時、矢印のアの方向は東・西・南・北のどの方角になりますか。東・西・南・北から一つ選び、書きなさい。

図3 知識に関する質問紙

あなたは、胃に悪性のガンがある患者を受け持つ医者です。患者に手術をすることはできません。けれども、何らかの手段でガンを取り除かなくてはその患者は死んでしまいます。その手段の 1 つとして、放射線治療が考えられます。一度に強い放射線を照射すれば、悪性のガンを死滅させることができますが、同時に周りの健康な細胞も破壊してしまいます。弱い放射線を照射すると、健康な細胞に危険はありませんが悪性のガンには効果がありません。悪性のガンを死滅させ、なおかつ健康な細胞を破壊しないためには、どのような方法で放射線治療を行えばよいでしょうか。

回答は文章と図の両方で書いてください（どちらかしかかけない場合は、どちらか一方でもかまいません）。あなたが、こんなふうにしたら良いと思う方法を自由に書いてください。

※ ヒントをみてから付け加える場合には、赤色のペンで記入をしてください。

《ヒント》

ある日、ビルが火災に見舞われ、大火事となりました。かけつけた消防士は、一度に大量の水を火元へ放水すれば火が消えることを知っていました。実際、現場ではたくさんのポンプが使えたのですが、多くのポンプから出る大量の水を一度に放水できるほど十分に太いホースが現場にはありませんでした。そこで、消防士がとった方法は、細いホースを使って、いろいろなところから水を放水し、火元に水を集結させるという方法でした。

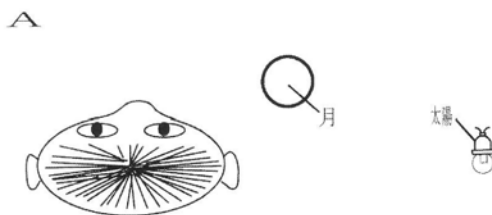
図4 イメージ・スキーマの使用に関する質問紙

### 2-3-2 科学的な概念の形成

イメージ・スキーマの提示の有無が、科学的な概念の形成に与える効果を探るために、授業2の月の満ち欠けについての授業概要のエで、生徒がワークシートに記述した質問内容を分析した。ワークシートにある質問内容は、図5に示したように質問1から質問3の3つからなり、地球と月と太陽の位置関係からどのような月が見えるかを書かせるものである。なお、ワークシート中の質問の中にある図は、授業の中で学習した様子を図示化したもので生徒の頭の図が地球、○が月、電球が太陽にあたる。

質問1

太陽、地球、月が下のような位置関係のとき、月はどのように見えますか。



質問2

太陽、地球、月が下のような位置関係のとき、月はどのように見えますか。

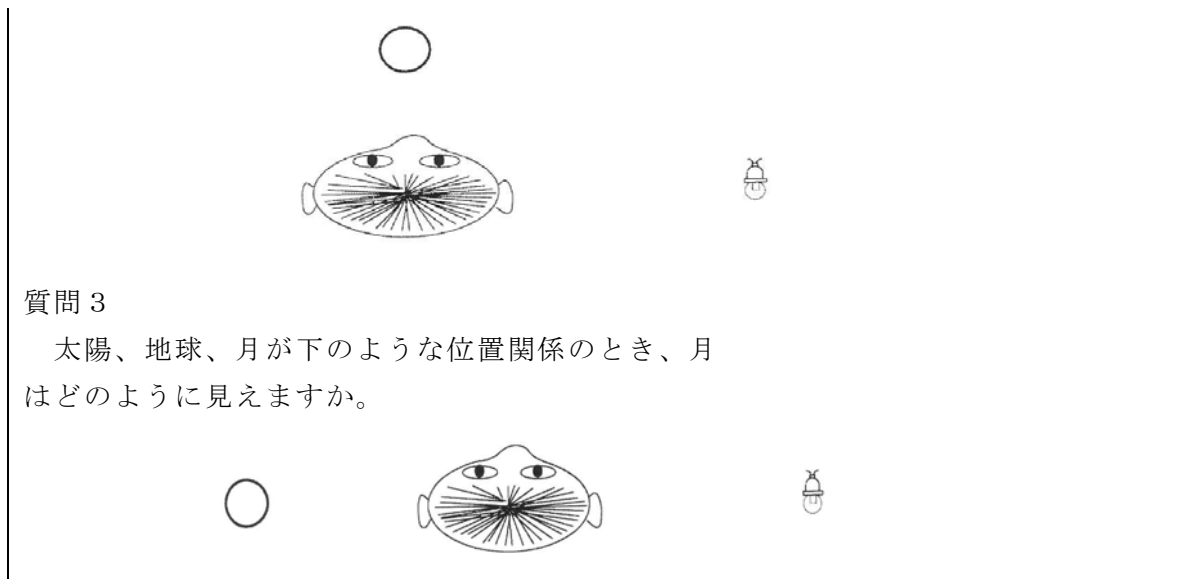


図5 ワークシートに指示された質問

### 2-3-3 イメージ・スキーマが科学的な概念の形成に及ぼす影響

授業2で生徒が月の見え方を考える際に、授業1で行ったイメージ・スキーマを活用しているかを探るため、授業2の概要ウの実習中に生徒の間で自然発生的に生まれている発話の分析を行った。加えて、授業2の授業後に面接調査を行った。方法は、以下の通りである。

#### ア. 発話の分析

実験群、統制群共に、生徒が学習している理科室の各実験台に IC レコーダーを置き、発話を記録し、分析した。発話を記録したグループ数は、実験群が 16 グループ、統制群が 8 グループであった。

#### イ. 面接調査による分析

実験群 8 名、統制群 4 名を無作為に抽出し、以下の 2 つの質問を行い、回答を分析した。

##### 質問 1

「今日の授業を考えると、以前に似たような経験をしたことがありましたか。」

##### 質問 2

「どのようなところが似ていましたか。」

\*この質問は、質問 1 で「ある」と回答した生徒に対してのみ行った。

## 3. 結果とその分析

### 3-1 両群の等質性

#### 3-1-1 知識に関する質問の結果

生徒の回答を、質問 1 については選択肢アを正答とし、それ以外を誤答とした。質問 2 については、選択肢①を正答とし、それ以外を誤答とした。質問 3 については、選択肢の「西」を正答とし、それ以外を誤答とした。結果は、表 1 のようであった。

**表1 知識に関する等質性調査の結果**

|        |    | 実験群 (N=70) | 統制群 (N=32) |
|--------|----|------------|------------|
| 問1     | 正答 | 57 (81.4)  | 26 (81.3)  |
|        | 誤答 | 13 (18.6)  | 6 (18.7)   |
| 問2 (1) | 正答 | 41 (58.6)  | 19 (59.3)  |
|        | 誤答 | 29 (41.4)  | 13 (40.7)  |
| 問2 (2) | 正答 | 35 (50.0)  | 14 (43.8)  |
|        | 誤答 | 35 (50.0)  | 18 (56.2)  |

注. 単位は人数。( )内の数字は%

両群の正答数と誤答数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、質問1 (両側検定:  $p=0.9999$ )、質問2 (1) (両側検定:  $p=0.9999$ )、質問2 (2) (両側検定:  $p=0.5277$ ) のいずれにおいても有意な差は見られなかった。

### 3-1-2 イメージ・スキーマの使用と問題解決に関する質問の結果

イメージ・スキーマを使用して問題解決ができるかどうかを調べる問題では、表2に示す評価基準を作成した。

**表2 評価基準**

|      | 内 容   | 回 答 例  |
|------|---|--|
| A 基準 | 1. 「弱い」あるいは「何回かに分けて」という内容が含まれている。<br>2. 「いろいろなところから一点に集める」。<br>という、1及び2の内容の両方が含まれている。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・弱い放射線をいろいろな場所から照射させてガンを死滅させる。</li> <li>・強い放射線ではなく、弱い放射線で、いろいろな角度で、ガンにあてていく。</li> </ul> |
| B 基準 | 上記1、2のどちらか一方の内容が含まれている。   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・何回かに分けて放射線を照射する。</li> </ul>  |
| C 基準 | A、B基準以外のもの。   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・薬等で散らしてしまうのではなく、少し軽めの薬がポンプに詰まっていたとして、それを吸って軽くした方がよいと思います。</li> </ul>                   |

次に、この分析基準をもとに生徒の回答を分類した。その結果が、表3である。

**表3 イメージ・スキーマの使用と問題解決に関する等質性調査の結果**

|            | A基準          | B基準          | C基準          |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 実験群 (N=70) | 34<br>(48.5) | 19<br>(27.1) | 17<br>(24.4) |
| 統制群 (N=32) | 15<br>(46.9) | 9<br>(28.1)  | 8<br>(25.0)  |

注. 単位は人数。( )内の数字は%



2つの群の A、B、C 基準の生徒数について、カイ二乗検定を行ったところ、有意な差は見られなかった ( $p = 0.3669$ )。

これらの結果から、この問題に関しては、両群等質であると言える。

### 3-2 科学的な概念の形成

授業2の実施時のワークシートの中で生徒に質問した内容を分析した結果が表4である。質問1では三日月を正答、質問2では半月を正答、質問3では満月を正答とした。各質問ともそれ以外は、誤答とした。

表4 ワークシートへの記述

|    |    | 実験群 (N=70) | 統制群 (N=32) |
|----|----|------------|------------|
| 問1 | 正答 | 62 (88.6)  | 21 (65.6)  |
|    | 誤答 | 8 (11.4)   | 11 (34.4)  |
| 問2 | 正答 | 59 (84.3)  | 23 (71.9)  |
|    | 誤答 | 11 (15.7)  | 9 (28.1)   |
| 問3 | 正答 | 67 (95.7)  | 26 (81.3)  |
|    | 誤答 | 3 (4.3)    | 6 (18.8)   |

注. 単位は人数。( )内の数字は%。

2つの群の正答数と誤答数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、質問1 (両側検定:  $p=0.0120$ ) 及び質問3 (両側検定:  $p=0.0255$ ) は5%水準で有意な差が見られ、質問2 (両側検定:  $p=0.183$ ) は有意傾向が見られた。実験群の方が科学的な概念の形成がなされていると言える。

### 3-3 イメージ・スキーマが科学的な概念の形成に与える効果

#### 3-3-1 発話の分析

授業2の概要ウで実習中の生徒の発話プロトコルを分析した。実験群第2班を例に、発話プロトコルを見ると図4のようである。

|                      |
|----------------------|
| 3a : 太陽が右にあるんでしょ。    |
| 4b : うん。             |
| 5a : 右にあるんでしょ。       |
| 6a : こうだよ。           |
| 7b : これが？            |
| 8c : どうすればいいの？あ、こうか。 |
| 9d : できてるよね。         |
| 10b : うん。            |
| 11d : 普通に、ここでしょ？     |
| 12c : え、どこ？          |
| 13d : ここ。            |
| 14d : 太陽が西に見えてて。     |

15c : あー。  
 16d : あ、そこだね。  
 17c : これは、三日月だね。  
 18d : そうみたいだ。  
 19c : こんな形。  
 20d : そうだね。  
 21c : これってこの間の雲と同じってことでしょ？  
 22d : うん。  
 23c : 細くて。  
 24a : どんな感じ？  
 25c : 細くて、こんな感じ。  
 26a : あーそういう感じね。

図 4 実験群第 2 班の発話プロトコル

生徒 d は、9d で「できてるよね」と発言している。このことから、月モデルを用いて満ち欠けを再現する中で、どのような月が見えているのか気付いた様子が分かる。また、生徒 b も 10b で「うん」と生徒 d に同調しており、どのような月が見えているのか気づいたことが分かる。このことは、14d や 16d で生徒 c に説明している様子からもうかがえる。一方で、生徒 c は 12c で「え？どこ？」と聞き返していることから、どこに見えているのかが分かっていない様子がうかがえる。しかし、その後の、生徒 d とのやりとりを通し、17c の「これは三日月だね」や 19c の「こんな形」と発言をしていることから、三日月であることを確認したことが分かる。また、生徒 c は 21c で「これってこの間の雲と同じってことでしょ？」と発言していることから、事前に生成したイメージ・スキーマを想起している様子が伺える。こうした様子は、実験群のすべての班で見ることができた。

### 3-3-2 面接内容の分析

質問 1 及び質問 2 に対する両群の 12 名の回答をまとめたところ、表 5 のようになった。

表 5 面接内容

|             | 生徒 | 質問 1 の回答 | 質問 2 の回答  |
|-------------|----|----------|---|
| 統<br>制<br>群 | A  | いいえ      | 美術の時間に、描いていたバレーボールに太陽の光が当たり、後ろに影ができたこと。           |
|             | B  | いいえ      |   |
|             | C  | いいえ      |   |
|             | D  | はい       |   |
| 実<br>験      | E  | はい       | 理科の授業で、太陽に当たっている部分は、月でも雲でも白くなったこと。                |
|             | F  | はい       | 理科の授業で、光の当たり方によって、見え方が変わったこと。                     |
|             | G  | いいえ      | 理科の授業で、雲と同じように光が当たっている部分は明るく、当たっていない部分は影になっていたこと。 |
|             | H  | はい       |   |
|             | I  | はい       |   |

|   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 群 | J | はい | 理科の授業でみた、雲に対する光の当たり方。                         |
|   | K | はい | 理科の授業で、太陽の光の当たり方によって、明るくなるところと暗くなるところが変わったこと。 |
|   | L | はい | 理科の授業で、光があたった部分は明るく、当たっていない部分は影になったこと。        |

統制群では、質問1に対し、生徒Dのみが「はい」と回答し、生徒Dは質問2に対し「バレーボールに太陽の光が当たり、後ろに影ができたことが似ていた」と回答している。一方、実験群では、質問1に対し、8名中7名が「はい」と回答している。質問2に対し、「はい」と回答した回答者は、「イメージ・スキーマ生成をねらった雲の授業」を挙げ、「光の当たり方によって、見え方が変わること」や「光が当たっている部分は明るく、当たっていない部分は影になっていること」等の回答をしている。実験群の生徒は、授業前に獲得したイメージ・スキーマを使用して月の見え方について考えていたと考えることができる。

#### 4. 考察

授業2の授業後に科学的な概念が形成されたかを調べたワークシートの記述結果からは、イメージ・スキーマを与えた実験群が統制群に比べ科学的な概念が形成された生徒が多いことが分かった。両群においてイメージ・スキーマを生成させる授業を行ったか否かという条件以外は同一の内容であるため、差が生じた要因として、イメージ・スキーマが影響を与えたと考えることができる。このことは、発話プロトコルの分析から、イメージ・スキーマを想起している発話や、授業直後の面接調査において、「似たような経験をしたことがありますか」という質問に対し、実験群8人中7人がイメージ・スキーマに関する事柄を挙げていたことから何うことができる。授業2の学習前に具体的に可視化された雲模型から、光を発する物体と光が当たる対象の位置関係により、明るく見える部分が変わるといふ抽象的なイメージ・スキーマを生成することが、問題解決を促進したと考えることができる。授業2の授業前に提示されたイメージ・スキーマは、ターゲット問題（本研究においてはワークシートの問題）の解を生成する手がかりとなっていたと考えられる。

以上のことから、理科における問題解決においても、仮屋園<sup>19)</sup>が述べるようにベース問題解決時に適切な外的資源を提示し、それを被験者が適切に操作した経験があれば、外的資源によって可視化されたイメージ・スキーマは、ターゲット問題の問題解決を促し、科学的な概念の形成に有効に機能すると考えることができる。

#### 5 研究のまとめ

本研究からは、イメージ・スキーマを持たせた上で外的資源を使用することは、外的資源に対する見方や考え方を所持させることにつながり、結果として科学的な概念の形成に有効に働くことが示唆された。検証授業の範囲内という限定付きではあるが、授業で身につ

けさせたい科学的な概念と共通するイメージ・スキーマを持たせることは、理科学習において生徒の思考を促し、科学的な概念の形成に有効に働くことが示唆された。

#### 註・引用文献

- 1) Wainer, H. : Understanding graphs and tables, *Educational Researcher* 21(1)、14-23
- 2) Larkin, J.H.& Simon, H.A (1987) Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99
- 3) 前掲書 1)
- 4) 前掲書 2)
- 5) 植田一博 (1995)「イメージ・スキーマによる問題解決とその支援の可能性」、*認知科学*, 2(4)、76-92
- 6) Lakoff, G. (1987) *Women, Fire, and Dangerous Things.*, University of Chicago Press (池上嘉彦監訳：認知意味論言語からみた人間の心)、紀伊國屋書店
- 7) Johnson, M. (1987) *The Body in the Mind, The bodily basis of meaning, reason and imagination*, University of Chicago Press (菅野盾樹監訳：「心の中の身体想像力へのパラダイム転換」、紀伊國屋書店、1991)
- 8) 仮屋園昭彦 (2000) 「問題構造を表す外的資源が問題解決を促進する条件」、*鹿児島大学教育学部研究紀要人文・社会科学編*、51、131-149
- 9) 理科教育学研究の中で外的資源に触れた研究には、清水・牧野が外的資源の持つ顕在性が科学的な概念の形成に有効に働いていることを明らかにした研究や清水・肥田による外的資源の持つ操作可能性が科学的な概念の形成に有効に働いていることを明らかにした研究を見ることができる。しかし、これらの研究ではイメージ・スキーマに触れていない。
  - ・清水誠、牧野正 (2010) 「外的資源が科学的な概念の形成に与える効果についての研究－慣性の法則の学習を事例に－」、*理科教育学研究*、51(1)、75-81
  - ・清水誠・肥田幸則・紺野雅弘 (2011) 「外的資源の持つ操作可能性が科学的な概念の形成に与える効果－台風の進路の学習を事例に－」、*理科教育学研究*、51(3)、209-215
- 10) イメージ・スキーマとは、Johnson (1987) によれば、「人間が身体的、知覚的に、経験を通じて、構造化された抽象的な枠組み」と定義されている。本研究においても、この定義を採用している。
- 11) Beveridge, M & Parkins, E (1987) *Visual representation in analogical problem solving*, *Memory & Cognition*, 15(3), 230-237
- 12) 前掲書 8)
- 13) 前掲書 8)

# 第10章 外的資源の持つ操作可能性が科学的な 概念の形成に与える効果 — 台風の進路の学習を事例に —

清水 誠・肥田 幸則・紺野 雅弘

## 1. 問題の所在

仮屋園(2000)は、人間の思考活動は、外の事物との相互作用として成立するものであり、頭という器の中で表象し、操作するだけのものではなく、外の事物を必要に応じて利用しながら行われるものであると述べている。外部情報は、我々の認知が依存し、利用する資源であると考えられることができる。Larkin & Simon<sup>1)</sup>は、力のつり合いの学習の事例を挙げ、図があると文章のみの場合に比べ情報が分かりやすいとし、解決ルールとして内的に処理すべき情報が図という外的資源 (external resource)<sup>2)</sup>として外在化することによって、内的処理の負担が減り、問題の解決が容易になることを指摘している。また、Beach<sup>3)</sup>は、外的資源が認知主体の記憶負荷を軽減するとしている。こうした外的資源に関する研究には、Norman<sup>4)</sup>による外的資源を道具としてとらえ、道具は人間の能力を強化・拡大するとした研究、Beveridge & Parkins<sup>5)</sup>や荷方・海保らによる外的資源が問題解決に促進的な影響を与えることを調べた研究、Zhang & Norman<sup>6)</sup>や村山<sup>7)</sup>らによる外的資源の効果を課題や認知主体の変化から検討した研究等、多くの研究を見ることができ、理科の教授学習においても外的資源を活用することは学習者の思考や問題解決を支援し科学的な概念の形成を促進する上で重要であることを伺うことができる。

外的資源が問題解決に促進的な影響を与えるかを調べた Beveridge & Parkins<sup>8)</sup>は、Color Strip (Strip: 細長い小片) という道具を用いて放射線問題の解決活動に与える効果を検証し、外在化された道具の有効性を実証している。この研究で Color Strip を用いることがなぜ問題解決に有効であったのかを検討した荷方・海保<sup>9)</sup>は、外的資源には問題表象を構築する際に必要な知識や問題構造、ルールといった内的制約を外に顕在化する顕在性の機能や、問題内の対象の物理的な操作、特性、効果の理解を容易にさせる操作可能性の機能があるためであるとしている。仮屋園<sup>10)</sup>は、Beveridge & Parkins の研究で使用された Color Strip を改良した半透明の Strip を使用して放射線問題の解決活動に与える効果を再検証し、半透明 Strip・操作可能群の問題解決の得点が高かったとしている。その理由として、半透明 Strip は被験者に重ねるという行為を誘発する特徴を持っていること、被験者に操作する自由が与えられていたためであるとしている。

しかしながら、我が国の理科教育学の研究において外的資源という視点からその有効性を検証した研究は見られない。本研究では、小学校5年で学習する「台風の進路」の学習を事例に、荷方・海保<sup>11)</sup>や仮屋園<sup>12)</sup>が検討してきた外的資源の持つ操作可能性に着目し、外的資源を使用することが問題解決を促し、科学的な概念の形成に与える効果を調べることを目的とする。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

検証授業は、第5学年学習指導要領(4)天気の変化イの「台風の進路」の内容において実施した。被験者は、埼玉県内の公立小学校の5年生90名である。外的資源として気象衛星画像の他にクリアシートとカラーシールを用意した。台風の進路を学習する際に、被験者を、外的資源として気象衛星画像及びクリアシートとカラーシールを使用する群（以下、実験群と呼ぶ）と気象衛星画像のみを使用する群（以下、統制群と呼ぶ）に分けた。なお、本研究で特に効果を検討する外的資源はクリアシートである。実験群の被験者は公立小学校の児童2クラス61名、統制群の被験者は公立小学校の児童1クラス29名である。調査は、2009年10月～12月に実施した。

### 2-2 授業の概要

実験群で実施した授業の主な流れは、次のア～カのようである。授業は、共同研究者の紺野が行った。

ア. 「台風は、日本付近をどのように動いていくのだろうか。」という課題提示を教師が行った。

イ. ワークシートに、各個人の予想を記入させた。

ウ. 7枚の気象衛星画像（図1）を比較しながら台風の動きを読み取る作業を行った。その際、日本列島のみを記載した7枚のクリアシートをそれぞれの気象衛星画像に重ね合わせ、台風の目の位置に日付の早い順に番号を書いたカラーシールを貼った（図2）。クリアシートは、仮屋園<sup>11)</sup>の研究成果に基づき被験者に操作する自由が与えられている。

エ. 気象衛星画像やクリアシートを見て分かったことを、ワークシートに記述させた。

オ. ワークシートに各個人のまとめを記述させた。

カ. 教師が「台風は日本の南の方で発生し、始めは西の方へ動き、やがて北や東の方へ動くことが多い。」とまとめを行った。

なお、統制群では、授業の概要ウは気象衛星画像のみから台風の動きを読み取る活動を行った。それ以外の授業の概要ウは気象衛星画像のみから台風の動きを読み取る活動を行った。それ以外の授業の流れ及び条件は、全て実験群と同じである。

エ. 気象衛星画像やクリアシートを見て分かったことを、ワークシートに記述させた。

オ. ワークシートに各個人のまとめを記述させた。

カ. 教師が「台風は日本の南の方で発生し、始めは西の方へ動き、やがて北や東の方へ動くことが多い。」とまとめを行った。

なお、統制群では、授業の概要ウは気象衛星画像のみから台風の動きを読み取る活動を行った。それ以外の授業の流れ及び条件は、全て実験群と同じである。

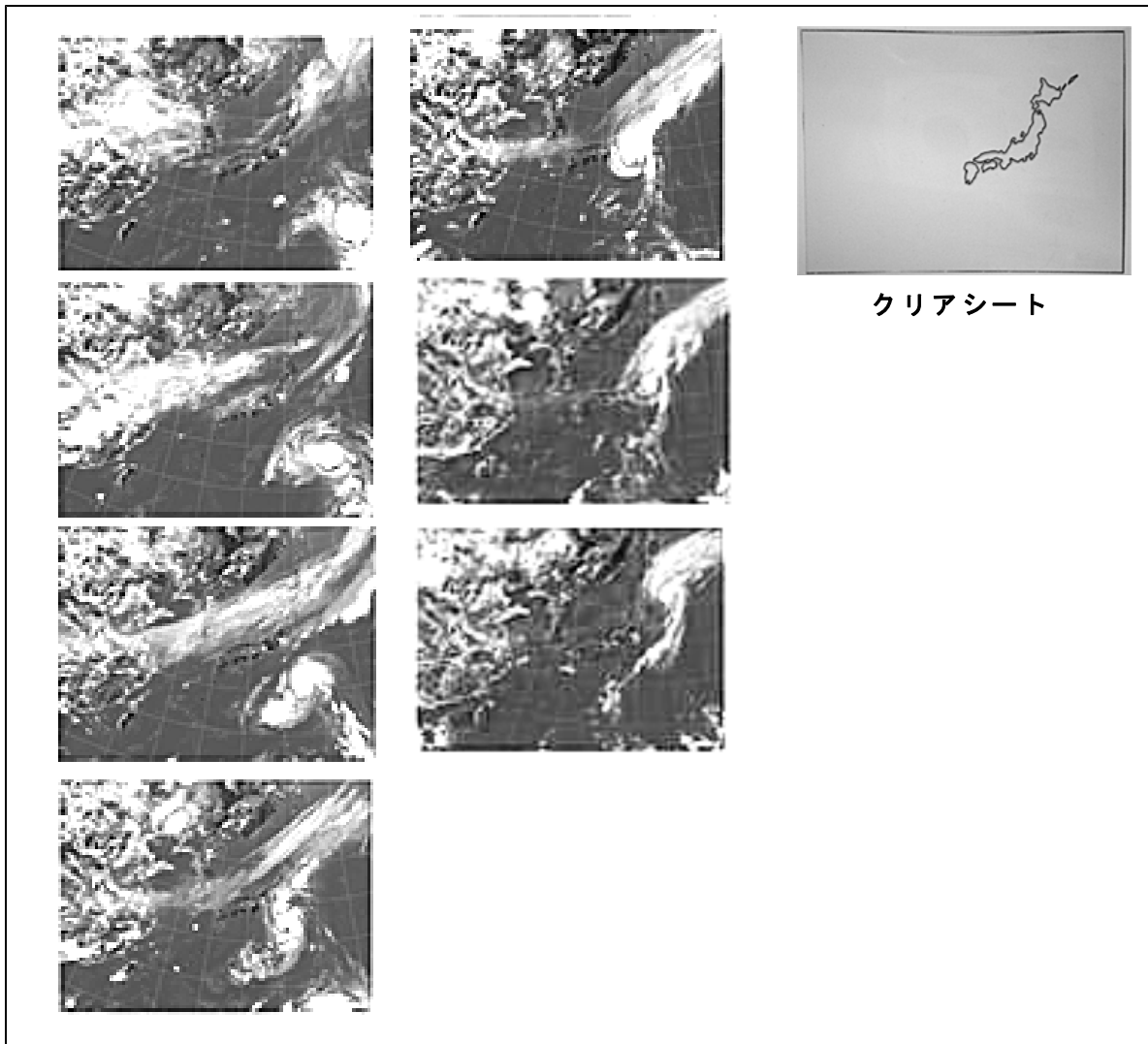


図1 気象衛星画像とクリアシート

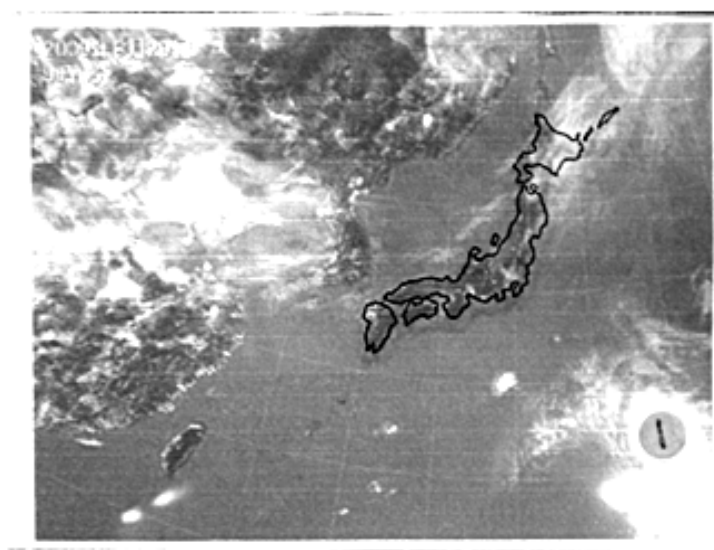


図2 クリアシートを重ねシールを貼ったもの

## 2-3 調査

### 2-3-1 両群の等質性

検証授業の2日前に質問紙を利用して、小学校での既習事項である検証授業と同じ領域の図3に示す内容について調査した。時間は、10分間である。

下のグラフは、10月10日と20日の気温の変化を表したものです。

| 時刻  | 気温 (°C) |
|-----|---------|
| 9時  | 15      |
| 10時 | 15      |
| 11時 | 15      |
| 12時 | 15      |
| 1時  | 14      |
| 2時  | 13      |
| 3時  | 12      |

| 時刻  | 気温 (°C) |
|-----|---------|
| 9時  | 15      |
| 10時 | 18      |
| 11時 | 22      |
| 12時 | 24      |
| 1時  | 23      |
| 2時  | 22      |
| 3時  | 21      |

10月10日の気温の変化10月20日の気温の変化

質問1. この2つのグラフを見て、正子さんと太郎さんは次のように話し合いました。

正子：「この（ア）と（イ）のグラフの形は、ちがっているね。」

太郎：「うん、10月10日と10月20日では、天気がちがうんだよ。」

正子：「そうね、一日中同じような天気だったけれど、それぞれの天気は・・・。」

正子さんが続けて言った言葉は、次のア～エまでのうちどれでしょうか。あなたの考えに近いものを1つ選びなさい。

- ア. 10月10日はくもりで、10月20日もくもりだと思う。
- イ. 10月10日は晴れで、10月20日はくもりだと思う。
- ウ. 10月10日はくもりで、10月20日は晴れだと思う。
- エ. 10月10日は晴れで、10月20日も晴れだと思う。

質問2. 質問1で選んだ理由について、あなたの考えに近いものを下記の中から1つ選びなさい。

- ア. 晴れの日、気温の変化のグラフが大きな山型になるから。
- イ. くもりの日は、気温が高いから。
- ウ. 晴れの日、気温の変化があまりないから。
- エ. 気温と天気は関係がないから。

図3 等質性調査に使用した質問紙

### 2-3-2 科学的な概念の形成

#### (1) 授業実施時

外的資源の有無が、科学的な概念の形成に与える効果を見るため、授業の概要エで生徒がワークシートに記述した考察の内容を分析した。

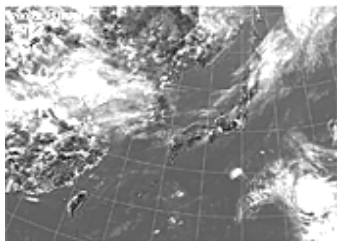
#### (2) 授業実施2ヶ月後

授業実施2ヶ月後に、図4に示した質問紙を使用して、児童に台風の動きについての概念が形成されているかを調査した。



太郎さんは、10月の天気記録の中から、台風が日本に接近している時の、気象衛星が写した雲の写真を3日分用意しました。しかし、2日目の雲の写真をなくしてしまいました。

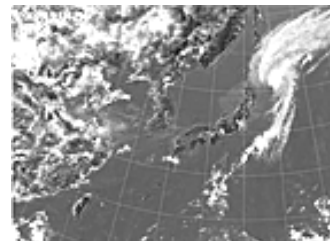
1日目



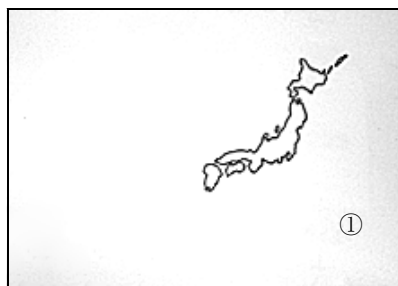
2日目



3日目



質問. 1日目の雲の写真で見られる台風は、日本付近をどのように動いていったと考えられますか。その台風の動きを下の図に書いて下さい。また、台風の動きを言葉でも説明して下さい。なお、図中の①は、1日目に台風があった場所です。



<言葉での説明>

図4 2ヶ月後調査に使用した質問紙

### 2-3-3 外的資源が科学的な概念形成に及ぼす影響

授業の概要ウ及びエで示した時間（20分間）に児童が外的資源をどのように活用しているかを探るため、児童の行動の分析と自然発生的に生まれている発話の分析を行った。その方法は以下の通りである。

#### ① 行動の分析

各グループごとに観察者を1人配置し、児童が資料写真やクリアシートをどのように活用しているのか観察結果を記録し、分析した。

#### ② 発話の分析

実験群、統制群共に、児童が学習している理科室の8台のそれぞれの実験台にステレオマイク付きのMDレコーダーを置き、発話を記録し、分析した。なお、各実験台には両群共、教室での生活班で着席している。発話を記録したグループ数は、実験群が16グループ、統制群が8グループであった。

## 3. 結果とその分析

### 3-1 両群の等質性

児童の回答を、質問1については、選択肢ウを正答とし、それ以外を誤答とした。質問2については、選択肢アを正答とし、それ以外を誤答とした。その結果が、表1である。

**表 1 等質性調査の結果**

|               | 質問(1)      |          | 質問(2)      |           |
|---------------|------------|----------|------------|-----------|
|               | 正答         | 誤答       | 正答         | 誤答        |
| 実験群<br>(N=61) | 58<br>(95) | 3<br>(5) | 58<br>(95) | 3<br>(5)  |
| 統制群<br>(N=29) | 27<br>(93) | 2<br>(7) | 25<br>(86) | 4<br>(14) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

2つの群の正答数と誤答数について直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、質問1 (両側検定:  $p=0.9999$ )、質問2 (両側検定:  $p=0.2059$ ) ともに有意差は見られなかった。この問題に関しては、両群等質であると言える。

### 3-2 科学的な概念の形成

#### 3-2-1 授業実施時の結果

小学校学習指導要領解説理科編<sup>13)</sup>では、「台風の進路については西から東へ変化していくという規則性が当てはまらないことをとらえるようにする」と記述されている。そこで、考察時のワークシートに書かれた児童の記述についての評価基準を、台風が南から北へ動くことのみについて記述したものをB基準とした。また、B基準の台風の動きについての記述に加え、「台風は、始めは西の方へ動き、やがて北や東の方へ動く」といった台風が南から西に動いた後、北や東に動くことについて記述したものをA基準とした。A基準、B基準以外の記述については、C基準として分類した。その結果が、表2である。

**表 2 考察時の記述**

|           | A基準    | B基準    | C基準   |
|-----------|--------|--------|-------|
| 実験群(N=61) | 41(67) | 13(21) | 7(12) |
| 統制群(N=29) | 11(38) | 12(41) | 6(21) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

実験群と統制群について、A基準まで記述できた人数とそれ以外を記述した人数を直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみると有意差があることが分かる (両側検定:  $p=0.0119$ )。実験群の方が、A基準で記述できた児童が多いと言える。

#### 3-2-2 授業実施2ヶ月後調査の結果

質問2は、これまでの学習をもとに台風の動きを予想し答える問題である。図示及び言葉での説明の評価基準は、考察時のワークシートの記述で使用した分析基準と同様の基準で分類することにした。図示及び言葉での説明による回答結果をクロス集計した実験群の結果が表3、統制群の結果が表4である。

実験群及び統制群で図示及び言葉での説明がともにA基準である人数 (実験群: 36、統制群: 9) とそれ以外の人数 (実験群: 25、統制群: 20) について、直接確率計算  $2 \times 2$  で検定してみると有意差があることが分かる (両側検定:  $p=0.0232$ )。実験群の方が、図示及び言葉での説明がともにA基準である児童が多いと言える。

**表3 実験群：図示及び説明による回答のクロス集計**

| 実験群<br>(N=61) |     | 言葉での説明 |        |      |
|---------------|-----|--------|--------|------|
|               |     | A基準    | B基準    | C基準  |
| 図示            | A基準 | 36(59) | 10(16) | 5(8) |
|               | B基準 | 0(0)   | 3(5)   | 3(5) |
|               | C基準 | 0(0)   | 0(0)   | 4(7) |

注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

**表4 統制群：図示及び説明による回答のクロス集計**

| 実験群<br>(N=29) |     | 言葉での説明 |       |      |
|---------------|-----|--------|-------|------|
|               |     | A基準    | B基準   | C基準  |
| 図示            | A基準 | 9(31)  | 8(28) | 2(7) |
|               | B基準 | 1(4)   | 4(14) | 0(0) |
|               | C基準 | 0(0)   | 3(10) | 2(7) |

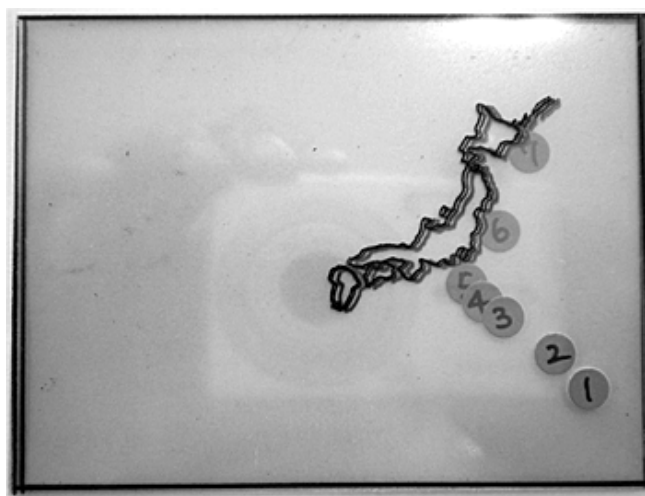
注. 単位は、人数。( )内の数字は%。

### 3-3 外的資源が科学的な概念形成に及ぼす影響

#### 3-3-1 行動の分析

7枚の気象衛星画像の台風の目の位置にカラーシールを貼った児童は、できあがった7枚のクリアシートを重ねる様子を見ることができた(図5)。

実験群の児童(N=61)が、クリアシートを全て重ねるまでの活動開始時刻からの時間と人数を記録した結果が表5である。教師からクリアシートを重ねるといふ操作を指示していないにも関わらず、活動開始3分後にはクリアシートを7枚全部重ねる児童が表れ、14分後には実験群の児童全員がクリアシートを重ねて使用していたことが分かる。



**図5 クリアシートを全て重ねた様子**

**表5 クリアシートを全て重ねるまでの時間と人数**

| 時間   | 人数(累計) | 割合   |
|------|--------|------|
| 3分後  | 1(1)   | 2%   |
| 4分後  | 7(8)   | 13%  |
| 5分後  | 7(15)  | 25%  |
| 6分後  | 6(21)  | 34%  |
| 7分後  | 6(27)  | 44%  |
| 8分後  | 14(41) | 67%  |
| 9分後  | 6(47)  | 77%  |
| 10分後 | 5(52)  | 85%  |
| 11分後 | 2(54)  | 89%  |
| 12分後 | 1(55)  | 90%  |
| 13分後 | 3(58)  | 95%  |
| 14分後 | 3(61)  | 100% |

注. 割合は、累計を実験群の人数(61人)で割ったもの。

### 3-3-2 発話の分析

作業中（20 分間）の児童の発話を学習内容に関する発話と、学習内容に関しない発話に分類し、それぞれの発話数を分析した結果が、表 6 である。

表 6 作業中の発話数

|            | 実験群     | 統制群     |
|------------|---------|---------|
| 総発話数       | 190.5 個 | 156.8 個 |
| 内容に関する発話数  | 125.8 個 | 103.3 個 |
| 内容に関しない発話数 | 64.7 個  | 53.5 個  |

注．表中の発話数は、各グループの平均。

気象衛星画像に加えクリアシートとカラーシールを使用する実験群の方が、クリアシートとカラーシールを使用しない統制群に比べ、内容に関する発話数が多く、話し合いが多く生まれていたことが分かる。内容に関する発話例を、実験群 7 班の発話プロトコルを見ると図 6 のようである。

|      |                          |
|------|--------------------------|
| 22A  | あれ、3 がずれてる               |
| 23D  | 何でもない、シールなくしたかなって        |
| 24A  | えっ何で？                    |
| 25C  | 4 がずれてる                  |
| 26A  | いいのか、うあーお                |
| 27B  | こんな感じに動いた？               |
| 28A  | ななめったかな                  |
| 29C  | こんな感じだよね？ く の字になっている     |
| 30D  | こんなふうに                   |
| 31A  | こんな感じ、こんな感じ              |
| 32B  | エビ反り<br>(中略)             |
| 48B  | こうやったら、分かりやすいな。重ねてやったら。  |
| 49C  | ね。<br>(中略)               |
| 95B  | 6 から 7 の時に急激に動いている       |
| 96C  | なんじゃいそれ                  |
| 97A  | ほら、6 から 7 のところ形くずれてるじゃん  |
| 98B  | 確かに<br>(中略)              |
| 106D | 最後の方にいたるにつれてスピードが速くなっている |

図 6 実験群 7 班の発話プロトコル

実験群 7 班の発話プロトコルからは、48B で児童 B が「こうやったら、分かりやすいな、重ねてやったら」と述べ、49C で児童 C が「ね」と児童 B の発話を受けているように、児童たちがクリアシートを重ねて使用している様子が分かる。児童がクリアシートを重ねている様子は、他にも 6 班の「117D：すごい！！これ重ねたの、118A：そうだよ、119C：こんなふうになってるんだあ、うちも重ねてみよう」といった発話プロトコル等からも見ることができた。こうした重ねると分かりやすいといったクリアシートを重ねる操作をすることで台風の動きが顕在化することに気付いた発話が、実験群では 16 班中 9 班（56%）で見ることができた。「重ねる」といった言葉は見られないが、27B「こんな感じに動いた？」や 30D「こんなふうに」の発話に見られるような台風の目の位置にシールを貼ったクリアシートを児童たちが他者のものと比較・検討している様子が見られる発話は 16 班全ての班で見ることができた。

また、実験群 7 班の発話プロトコルからは、22A で児童 A が「あれ、3 がずれてる」、25C で児童 C が「4 がずれてる」と述べているように、台風の進路について動きに変化があったことに気付いた様子が分かる。30C や 33B の発話からは、児童 C が「くの字になっている」、児童 B が「エビ反り」というように、台風の進路がカーブを描いていることに気付いた様子も確認できる。ワークシートの考察の記述で A 基準としたものに該当する発話は、実験群では 16 班中 10 班（63%）に見られたが、統制群では 8 班中 3 班（38%）でしか見られなかった。

さらに、95B に見られる発話からは児童 B が「6 から 7 の時に急激に動いている」と台風の速さが急激に変化したことに気付いた様子が分かり、106D に見られる発話からは児童 D が「最後の方にいたるにつれてスピードが速くなっている」と台風の速さが日本列島を進むにつれて段々と速くなっていることに気付いた様子が分かる。このような台風の速さに着目した発話は、実験群では 16 班中 10 班（63%）で見られたが、統制群では見られなかった。

#### 4. 考察

科学的な概念が児童に形成されているかを調べた授業実施時のワークシートの記述や授業実施 2 ヶ月後の台風の動きの定着を調べた質問紙調査の結果からは、気象衛星画像に加えクリアシートとカラーシールを使用する実験群が気象衛星画像のみを使用しクリアシートやカラーシールを使用しない統制群に比べ科学的な概念の形成に有効であることが分かった。その理由としては、外的資源として用意したクリアシートは学習者に重ねるという行為を誘発する特徴を持っており、重ねることで台風の動きが顕在化されたこと。また、台風の動きが顕在化され問題の解が可視化可能となったことで、他者と情報を共有できるようになり、自身の認知活動の再吟味や議論が促され、概念形成に有効に機能したと考えることができる。

クリアシートが学習者に重ねるという行為を誘発する特徴を持っていることは、実験群の児童が教師からクリアシートを重ねるという操作を指示されていないにも関わらず全員がクリアシートを自発的に重ねて使用していたことから推察できる。また、クリアシートを重ねることで台風の動きが顕在化され問題の解が可視化可能になったことに気付いてい

る様子や重ねたクリアシートをもとに他者と情報を共有している様子は、統制群に比べ実験群の児童に内容に関する発話が多いこと、ワークシートの記述の分析をする際にA基準としたものに該当する発話が統制群に比べ実験群に多いことから推察できる。

## 5. 研究のまとめ

本研究からは、外的資源の持つ操作可能性の機能は、学習者に操作を促し、操作することにより問題の解が可視化可能となることで学習者の問題解決を促し、科学的な概念の形成に有効に働くということが示唆された。検証授業の範囲内という限定付きではあるが、解決者に操作を誘発する機能を有する外的資源を用意することは、理科学習において学習者の思考を促し、科学的な概念の形成に有効であるという結果を示すことができた。

### 註・引用文献

- 1) Larkin, J.H.& Simon, H.A. : Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99, 1987
- 2) 外的資源については、植田が認知科学辞典（共立出版、2002）の中で、「人間から見て外界に存在し人間の問題解決や推論などの認知課題を実行する際に利用しうる資源」と定義しており、本研究もこの定義に準拠している。
- 3) Beach, K, D. : The role of external mnemonic symbols in acquiring an occupation. In M.M.Gruneberg, P.E.Morris, & R.N.Sykes (Eds.) *Practical aspects of memory : Current research and issues, Vol.1 Memory in everyday life*, Chichester, NY : John Wiley & Sons, 1988
- 4) D.A. Norman、野島久男訳：「誰のためのデザイン？－認知科学者のデザイン原論－」新曜社、88-90、1990
- 5) Beveridge, M & Parkins, E : Visual representation in analogical problem solving, *Memory & Cognition*, 15(3), 230-237, 1987
- 6) 荷方邦夫・海保博之：「問題解決支援における制約がもたらす知識の道具性」、筑波大学心理学研究 20、69-75、1998
- 7) 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
- 8) 前掲書 5)
- 9) 前掲書 6)
- 10) 仮屋園昭彦：「問題構造を表す外的資源が問題解決を促進する条件」、*鹿児島大学教育学部研究紀要人文・社会科学編*、51、131-149、2000
- 11) 前掲書 6)
- 12) 前掲書 10)
- 13) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編」、大日本図書、2008

# 第 11 章 現象を可視化することが規則性の発見に及ぼす効果

## —葉のつき方の学習を事例として—

清水 誠・山崎麻美・木田真貴子

### 1. 問題の所在

人は、見えないもの、見えにくい事物や現象等を見えるようにするため、可視化を行う。観察時に行われるスケッチ、メモ、モデルなどは、対象を可視化することといえる。三宅・白水（2002）は、一般には可視化によって関係把握や意味の了解度が上がると述べている。可視化は、理科学習においても、関係把握や意味の了解度を上げることに加えて、思考を促し、原理や法則の発見や理解のために重要な学習活動と考える。

スケッチ、メモ、モデルを検討したこれまでの研究の中に可視化という言葉は見られないが、スケッチについて調べた田村・高野（1984）は、スケッチは観察の視点を選択的にし、阻害する面もあることや意識化されないスケッチが存在すると述べている。スケッチによる可視化には、課題があることを示した研究といえる。スケッチとメモの効果調べた西川・川上（1996）は、観察に、低学年ではスケッチを併用すること、高学年ではメモを併用することが再生に有効であると述べている。また、西川・古市（1997）は、小学校での観察では、スケッチする際にメモを積極的に併用することが有効であることを再生時の得点結果から明らかにしている。2つの研究は、可視化方法の違いにより再生率の違いが見られることを調べた研究といえる。モデルを取り上げた研究には、モデルにより既知の原理や法則を説明・理解させることができるかを調べたものが多い（例えば、市川・戸北・堀、1995；野口・鎌田、2012）。一方、清水（2003）の研究では、スケッチを通して観察させるよりもモデルづくりを通して観察させた方が、被験者がより多くの規則性を指摘できることを明らかにしている。可視化方法の違いにより、規則性の発見に違いが見られることを調べた研究といえる。しかしながら、この研究の中でモデルで観察すると葉がかさならないようにしていることをより多くの被験者が発見できたとしているが、発見はそこまで、葉が螺旋状に数学的な一定の規則性をもって配列していることまでは被験者が発見できていない。可視化することが学習者の思考を促し原理や法則の発見につながるか、可視化する際に考慮する点はあるのか、さらなる検討が必要であると考え。科学教育研究や理科教育学研究の中で、唯一可視化に触れている鎌田・佐藤（2002）の研究も、自然対流伝熱と熱伝導の違いを感温液晶を利用して視覚化することで、伝熱プロセスが異なることを児童に認識させることができたと述べているが、原理や法則の発見に寄与したかは示されていない。

そこで本研究では、観察時に現象を可視化することは、学習者の思考を促し規則性の発見<sup>1)</sup>に機能するか検証する。具体的には、葉序の学習において、現象を可視化する方法としてモデルの葉に番号を書き入れさせる。このことが、清水（2003）の研究でも学習者が発見できなかった葉の付着点を順々に結んでいくと茎に対して螺旋状に数学的な一定の規則性をもって配列しているといった、葉のつき方の規則性の発見に機能するか検証する。

なお、検証授業で扱う葉序の学習のねらいは、平成 20 年 3 月に公示された中学校学習指導要領第 2 章第 4 節理科(1)イ(イ)の中で、葉の観察を行い、その観察記録に基づいて、葉の基本的な特徴を見いだすと記述されている内容の発展<sup>2)</sup>である。

## 2. 研究の方法

### 2-1 調査対象及び時期

公立中学校の 1 年生（4 クラス）を対象とした。

4 クラスのうち 2 クラスは、葉に番号を書き入れた可視化を行った群（以下、実験群）、残りの 2 クラスは、清水（2003）が行ったモデル群の観察方法に準じる方法で観察をする群（以下、統制群）とした。

実験群の被験者は 66 人、統制群の被験者は 65 人の計 131 人である。被験者は、各クラスとも 9 つの班に分かれ理科室の実験台に座っている。調査は、2012 年 7 月に実施した。授業時間は 50 分間で行った。

### 2-2 授業の概要

実施された授業の主な流れは、ア～エのようである。なお、実験群、統制群共に、ウで記述した以外の授業の流れ、学習課題、被験者への言葉かけ、条件等、全て同じにした。また、観察対象となる植物は、互生の植物が葉のつき方のもっとも原始的なもので葉のつき方の基礎と考えられている（小林、1975）ことから、セイタカアワダチソウ（5/13 葉序）を使用した。

ア. 課題の確認をした。

セイタカアワダチソウを示しながら、教師から「セイタカアワダチソウは、日光を受けやすいように、どのように葉がついているのだろうか。」と本時の課題提示を行った。イ. 予想を自分の言葉と図でワークシートに記述し、発表させた。記述は、修正しないよう指示した。

ウ. 観察の方法を確認し、観察を行った。実験群及び統制群の観察方法は、下記の通りである。

エ. 観察の結果を発表し、まとめを行った。

<実験群の観察方法>

- (1) セイタカアワダチソウを横から見たり、上から見たりしながら、茎にどのように葉がついているかを観察した。
- (2) セイタカアワダチソウの葉を茎の下にあるものから順に取りはずし、茎に残った葉柄がついていた付着点へ、番号が記された葉の模型を図 1 のように下から順に刺した（葉の模型には、楊枝がついている）。観察中には、模型の葉の大きさは、はさみを使って変えてもよいという指示をだした。
- (3) 観察から気づいたことやわかったことを、ワークシートの考察の欄に記入した。



図 1 観察の方法



＜統制群の観察方法＞

- (1) セイタカアワダチソウを横から見たり、上から見たりしながら、茎にどのように葉がついているかを観察した。
- (2) セイタカアワダチソウの葉を茎の下にあるものから順に取りはずし、茎に残った葉柄がついていた付着点へ、実験群と同じように葉の模型（画用紙に描かれた葉に楊枝をつけたもの）を下から順に刺した。なお、葉の模型には、番号はついていない。実験群と同様に、模型の葉の大きさは、はさみを使って変えてもよいと指示をだした。
- (3) 観察から気づいたことやわかったことを、ワークシートの考察の欄に記入した。

2-3 調査

2-3-1 両群の等質性

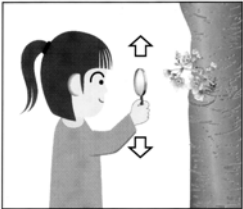
(1) 質問紙による調査

両群の等質性を調べるため、国立教育政策研究所が実施した平成 24 年度全国学力学習状況調査の理科の問題の中の、小学校第 3 学年で扱う「虫眼鏡の操作」に関する問題（問題 2 の(1)）と、中学校第 1 学年で扱う植物単元の「花のつくりと働き」の内容に関する問題（問題 1 の(3)及び(4)）をコピーし、図 2 のように作成したものを、被験者に回答させた。

**問題 1** 花子さんは、虫めがねでサクラの花を観察しています。

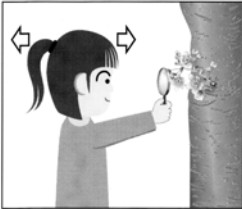
動かせないものを、正しく観察しているのはどれですか。下の 1 から 4 までの中から 1 つ選んで、その番号を書きましょう。

**1**



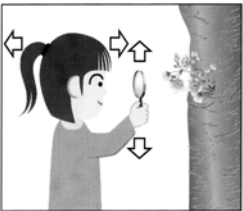
虫めがねを上下に動かす。

**2**



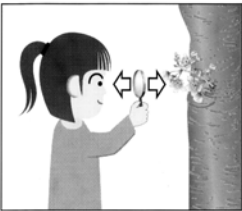
虫めがねを観察するものにつけ、頭を前後に動かす。

**3**



虫めがねを上下に、頭を前後に、同時に動かす。

**4**



虫めがねを前後に動かす。

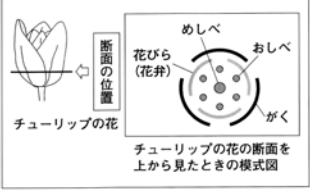
**問題 2** 真菜さんは、自由研究でチューリップについてのポスターを作りました。

**チューリップに種子はできるのだろうか**

チューリップは、球根から育てるので種子ができないと思っていた。でも、品種を改良する際は、人の手で受粉させて種子をつくっている。チューリップのように花を咲かせる植物は、 が成長して種子になる。

**チューリップの花にがくはあるのだろうか**

チューリップの花は、花びら（花弁）が 6 枚で、がくはないように見える。しかし、外側の 3 枚はがくだったものが花びらのような形と色に変化したものだと考えられている。チューリップの花のつくりを表す模式図が、インターネットで紹介されていた（図 3）。このように模式図で表すと、花の基本的なつくりがよくわかる。



チューリップの花の断面を上から見たときの模式図

図 3

(1) 上のポスターの  に入る正しいものを、下のアからエまでの中から 1 つ選びなさい。

ア 柱頭    イ 子房    ウ 胚珠    エ やく

(2) 次の図 4 は、アブラナの花を分解し順に並べたものです。アブラナの花のつくりを、図 3 にならって表すと、どのような模式図になりますか。正しい模式図を、下のアからエまでの中から 1 つ選びなさい。






図 4


ア



イ



ウ



エ




図 2 等質性調査に使用した問題

## (2) 予想時のワークシートの分析

学習前の葉のつき方についての被験者の知識を調べるため、予想時の被験者が記述したワークシートを調査した。ワークシートの記述の分析にあたっては、清水（2003）が分類した9個の分類カテゴリー（葉の重なり方、葉の大きさ、葉面の向き、葉の間隔と密度、葉柄の長さ、日の当たりやすさ、規則性なし、関係のない記述、記述なし）に基づき分類した。

加えて、分類カテゴリーの1つである葉の重なり方について記述できた被験者が、どの程度深く気づいているかを調べるため、葉の重なり方の記述を表1のような分類基準を設けて分析した。なお、本研究では、最初の葉から次の上の葉の出る角度（開度）に決まりがあるといった法則性に気づくことは中学1年生が持っているスキルからは困難であると考え、単に葉が重ならないようにしているといったB基準の記述より、葉が茎のまわりに螺旋状に配列していることにまで気づいたA基準の記述ができた被験者を葉の重なり方について深く気づいているとした。

表1 分類基準

|     |  |
|-----|--|
| A基準 | 葉が重ならないようにしているだけでなく、螺旋階段のようになっているといった、螺旋状に配列していることに気づいている記述。     |
| B基準 | 葉が重ならないようにしているといった葉が重なっていないことには気づいているが、螺旋状に配列していることまでは気づいていない記述。 |

## 2-3-2 現象を可視化して観察することの効果

### (1) 考察時のワークシートの分析

観察を通して、葉の重なり方（茎への葉のつき方）についての規則性に気づけたかどうかは、ワークシートの考察の欄の記述内容を調査した。なお、ワークシートの分析方法は、予想時と同じ方法で行った。

### (2) 発話プロトコルの分析

現象を可視化させる方法として模型の葉に番号をつけて観察させる指導方法を取り入れることが、被験者の観察にどのような影響を与えているかを調べるため、セイタカアワダチソウの葉のつき方の観察時の15分間に、共に活動している班の中で自然発生的に生じる被験者の発話内容をICレコーダーで録音し、発話の分析を行った。

## 3. 結果とその分析

### 3-1 両群の等質性

#### 3-1-1 質問紙による調査

虫眼鏡の技能を問う問題1、植物の体のつくりを問う問題2(1)及び(2)の回答結果は、表2の通りである。

それぞれの問題に対し、実験群と統制群の正答した被験者と誤答した被験者の人数を直接確率計算 $2 \times 2$ で検定を行ったところ、どの問題においても両群に有意な差は見られなかった（両側検定：問題1.  $p=0.8603$ 、問題2(1).  $p=0.7785$ 、問題2(2).  $p=0.2366$ ）。

**表2 両群の正答数と誤答数**

| 問 題 | 実験群 (N=66) |      |      | 統制群 (N=65) |      |      |
|-----|------------|------|------|------------|------|------|
|     | 1          | 2(1) | 2(2) | 1          | 2(1) | 2(2) |
| 正答数 | 29         | 58   | 45   | 27         | 59   | 51   |
| 誤答数 | 37         | 8    | 21   | 38         | 6    | 14   |

注. 正答、誤答の単位は、人。

### 3-1-2 予想時のワークシートの分析

ワークシートに書かれた記述（複数回答）を分類した結果が表3である。

**表3 予想の欄の記述数**

|          | 実験群<br>(N=66) | 統制群<br>(N=65) |
|----------|---------------|---------------|
| 葉の重なり方   | 45(68.2)      | 50(76.9)      |
| 葉の大きさ    | 46(69.7)      | 33(50.8)      |
| 葉面の向き    | 4( 6.1)       | 2( 3.1)       |
| 葉の間隔と密度  | 7(10.6)       | 2( 3.1)       |
| 葉柄の長さ    | 9(13.6)       | 0( 0)         |
| 小 計      | 111           | 87            |
| 日の当たりやすさ | 18(27.3)      | 17(26.2)      |
| 規則性なし    | 0( 0)         | 0( 0)         |
| 関係のない記述  | 0( 0)         | 3( 4.6)       |
| 記述なし     | 2( 3.0)       | 0( 0)         |
| 小 計      | 20            | 20            |
| 合 計      | 131           | 107           |

注. 単位は個。( )内の数字は、各群の調査対象者の総数に対する比率%を示す。

実験群では合計 131 個、統制群では合計 107 個の記述が見られた。葉の重なり方、葉の大きさ、葉面の向き、葉の間隔と密度、葉柄の長さといった日光と葉のつき方について具体的に記述された回答の合計は実験群が 111 個と統制群の 87 個に比べ多く見られた。しかしながら、本研究の目的である葉の重なり方について、実験群と統制群の記述できた被験者と記述できない被験者の人数を直接確率計算 2×2 で検定を行ったところ、有意な差は見られなかった（両側検定：p=0.3286）。

さらに、葉の重なり方について記述できた被験者がどの程度深く気づいているかを調べた結果が表4である。A基準の記述をした人数とB基準を記述した人数について、直接確率計算 2×2 で検定を行ったところ有意な差は見られなかった（両側検定：p=0.4704）。また、「日の当たりやすさ」や「規則性なし」などといった葉のつき方についての関連が明確でない記述数と記述が見られなかった数の合計は両群共に 20 個であり差が見られなかった。

**表 4 予想時の葉の重なり方の記述**

|            | A 基準     | B 基準      |
|------------|----------|-----------|
| 実験群 (N=45) | 5 (11.1) | 40 (88.9) |
| 統制群 (N=50) | 3 ( 6.0) | 47 (94.0) |

注. 単位は人。( ) 内の数字は%。

### 3-2 現象を可視化して観察することの効果

#### 3-2-1 考察時のワークシートの分析

考察時のワークシートに書かれた記述（複数回答）を清水(2003)が分類したカテゴリーに基づき分類した結果が、表 5 である。

**表 5 考察の欄の記述数**

|          | 実験群<br>(N=66) | 統制群<br>(N=65) |
|----------|---------------|---------------|
| 葉の重なり方   | 59 (89.4)     | 60 (92.3)     |
| 葉の大きさ    | 20 (30.3)     | 33 (50.8)     |
| 葉面の向き    | 11 (16.7)     | 5 ( 7.7)      |
| 葉の間隔と密度  | 4 ( 6.1)      | 9 (13.8)      |
| 葉柄の長さ    | 10 (15.2)     | 0 ( 0)        |
| 小 計      | 104           | 107           |
| 日の当たりやすさ | 2 ( 3.0)      | 7 (10.8)      |
| 規則性なし    | 0 ( 0)        | 1 ( 1.5)      |
| 関係のない記述  | 0 ( 0)        | 17 (26.2)     |
| 記述なし     | 1 ( 1.5)      | 1 ( 1.5)      |
| 小 計      | 3             | 26            |
| 合 計      | 107           | 133           |

注. 単位は個。( ) 内の数字は、各群の調査対象者の総数に対する比率%を示す。

実験群では合計 107 個、統制群では合計 133 個の記述が見られた。葉の重なり方、葉の大きさ、葉面の向き、葉の間隔と密度、葉柄の長さといった日光と葉のつき方について具体的に記述された回答の合計は、実験群が 104 個、統制群が 107 個であり記述数に大きな差は見られなかった。また、葉の重なり方の規則性については、実験群と統制群のどちらの群も約 9 割の被験者が気づくことができていた。実験群と統制群の葉の重なり方について記述できた被験者と記述できない被験者の人数を直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ、有意な差は見られなかった（両側検定： $p=0.7634$ ）。さらに、葉の重なり方について記述できた被験者がどの程度深く気づいているかを調べた結果が表 6 である。

A 基準の記述ができた被験者は、実験群では葉の重なり方を記述した被験者の 73 %（実験群の被験者の 65 %）いるが、統制群では葉の重なり方を記述した被験者の 28 %（統制群の被験者の 26 %）の被験者しか見られないことが分かる。実験群と統制群で、A 基準の記述が

**表 6 考察時の葉の重なり方の記述**

|            | A 基準      | B 基準      |
|------------|-----------|-----------|
| 実験群 (N=59) | 43 (72.9) | 16 (27.1) |
| 統制群 (N=60) | 17 (28.3) | 43 (71.7) |

注. 単位は人。( ) 内の数字は%。

できた人数と B 基準までしか記述ができなかった人数について、直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ有意な差が見られた (両側検定:  $p=0.0000$ )。

また、葉の大きさに着目した実験群の被験者の記述数は、予想時の 46 人 (69.7 %) から考察時には 20 人 (30.3 %) へと、統制群では差がないのに比べて大きく減少していた。実験群と統制群で、葉の大きさの記述ができた人数と記述ができなかった人数について、直接確率計算  $2 \times 2$  で検定を行ったところ有意な差が見られた (両側検定:  $p=0.0210$ )。

「日の当たりやすさ」や「規則性なし」などといった葉のつき方についての関連が明確でない記述数と記述が見られなかった数の合計は、実験群が 3 個、統制群が 26 個であり、実験群ではこうした記述をした被験者が予想時の記述数に比べ減少していた。

### 3-2-2 発話プロトコルの分析

観察時の各班の発話内容の中に、葉の重なり方の記述を検討する際に分類した A 基準の発話が見られる、B 基準の発話は見られるに加え、葉の重なりについての発話が見られないの 3 つの基準にあてはまる発話が見られるかを調べたものが表 7 である。

A 基準に該当する発話が、実験群では 83.3 % にあたる 18 班中 15 班、統制群では 38.9 % にあたる 18 班中 7 班に見られた。一方、葉の重なりを話題にしていない班は、実験群では見られなかったが、統制群では 2 つの班に見られた。

**表 7 観察時の各班の発話内容**

|                             | 実験群       | 統制群      |
|-----------------------------|-----------|----------|
| A 基準の発話が見られる                | 15 (83.3) | 7 (38.9) |
| A 基準の発話は見られないが B 基準の発話は見られる | 3 (16.7)  | 9 (50.0) |
| 葉の重なりについての発話が見られない          | 0 ( 0 )   | 2 (11.1) |
| 計                           | 18        | 18       |

注. 単位は、班の個数。( ) 内の数字は%。

実験群の中で、A 基準の発話が見られた班の発話プロトコルの一部を記述すると次のようである。

-----  
 <実験群 2 班>

18B おれ、一瞬で規則性見つけた

19A 螺旋階段じゃん

20B めっちゃ螺旋状

21C うわ、すげ、きれい

(中略)

- 46B 重なってるか、重なっていないか分かるか？  
47C まー大体は重なっていない  
48A 1と6…と4…プラス5するやつ重なっていない？若干  
49B 2と7重なってる  
50A 1、6…4、9…2、7. 6と1重なるよ  
51B 逆の法則がある。たぶん。4と何が重なってる？  
52A 4と9  
53B 5の倍数順にして重なるようになってるんだよ
- 

18B や 19A で、被験者AやBが葉のつき方が螺旋状についていることに気づいていることが分かる。また、被験者Aや被験者Bの発話からは、セイタカアワダチソウの2枚の葉の間の角度（開度 5/13）を正確に見いだしてはいないが、基準となる葉から何枚目の葉で基準の葉と同じ位置にくるかといった、葉のつき方が茎に対して一定の規則性をもって配列していることにまで言及していることを見ることができる。こうした話し合いはここに示した2班だけでなく、A基準の話し合いが見られた15の班の中の10の班に見ることができた。

一方、統制群の中で、A基準の発話が見られた班の発話プロトコルの一部を記述すると次のようである。

---

<統制群1班>

- 122D 大きさそんな変わってないよね？  
123C でもつき方…  
124B そんなに変わらなかった  
125D え、まって。1、2…あー、くるっとまわって螺旋階段みたい  
126C じゃあ渦を巻くように…、じゃあ手を挙げてね。うちこっち（重なっていないこと）発表するから  
127D ほかに何かあるかな？網状脈  
128C はは。でもこれ葉のつき方だよ。…A君たちの曲がってる  
129D 本当だ。キモ  
130C なんかないかなー。もう1つみつからないね
- 

125D で被験者Dは、葉のつき方が螺旋階段のようになっていることに気づいている。しかし、葉序の配列に触れた発話は単発で、班の中で、話し合いの深まりは見られなかった。統制群では、A基準の発話が見られた班であっても、1班と同様に、葉が螺旋状についていることについて議論している様子は見られなかった。

#### 4. 考察

本研究の目的は、葉序の学習を事例に、観察時に事物や現象を可視化することは、学習

者の思考を促し、規則性を発見することに機能するか検証することであった。

考察時のワークシートに記述された葉の重なり方の分析結果は、葉が茎に螺旋状についていることにまで気づいている記述が、実験群の被験者のほうが統制群の被験者に比べ多いことが分かった。また、観察中に自然発生的に生じた話し合いでも、葉が螺旋状に配列していることに触れた発話が見られた班が、統制群に比べ実験群に多く見られた。加えて、実験群の多くの班の話し合いには、統制群に見られない、葉のつき方が螺旋状に数学的な一定の規則性をもって配列していることを班員同士で議論している様子を見ることができた。こうした結果からは、葉の模型に番号をつけて観察させる可視化は、モデルを使って観察させた清水(2003)の研究の被験者や本研究の統制群の被験者が発見できなかった茎のまわりに葉が螺旋状に数学的な一定の規則性をもって配列していることを発見することに有効に機能したと考えることができる。東・大橋・戸田ら(1991)は、観察は一定の視点を定めて事象をみることであり、意図的・選択的な活動であると述べている。検証事例の範囲内という限定つきではあるが、「葉が重ならないようにしている」といった規則性の発見から、「葉が螺旋状に数学的な一定の規則性をもって配列している」といったより高次の規則性の発見を学習者に促すには、モデルづくりにより観察するといった、視点が多岐にわたる可視化の方法ではなく、視点を学習者に明確に示す可視化の方法を教師は工夫する必要があると考える。

一方で、検証事例において、葉の大きさに着目して記述した被験者の数が、予想時に比べ考察時には、統制群では変化がなかったにもかかわらず実験群では減少しているという結果が見られた。三宅・白水(2002)は、可視化は解釈が固定するマイナス面も併せもつと述べている。このことは、田村・高野(1984)が、スケッチを取ることは、観察の視点を選択的にし、観察を促進するだけでなく阻害する面もあると述べていることから伺うことができる。検証授業の実験群で行った可視化の方法は、葉の重なり方に注目させ、葉序の配列の規則性の発見を促したが、被験者の多様な規則性の発見を阻害したのではないかと推測される。観察時に事物や現象を可視化する際には、可視化を通して何を学習させるのか教師は明確にして指導する必要があると考える。

## 註

- 1) 本研究では、中学生の学習ということを考慮し、葉が螺旋状に配列していることを発見できることとし、フィボナッチ数列で表せる法則性を持つことを発見することまでは求めている。そこで、検証のための授業では、「原理や法則」の発見ではなく中学校学習指導要領解説理科編(2008)の第2章第2節の中で使用されている「規則性」の発見という言葉を用いた。
- 2) 互生は、葉のつき方のもっとも原始的なもので葉序の基礎と考えられている。教科書(例えば、東京書籍:2012)の扱いをみても、互生の植物を使って「真上から見ると葉が重ならないようにしている。」といった記述がなされている。検証授業は、中学校での学習の発展として、互生の植物を観察して葉の配列を見いだす学習である。高校の生物や数学の学習へとつながる。

## 引用文献

- 東洋・大橋秀夫・戸田盛和編著(1991)「理科教育事典」、大日本図書、151-153
- 市川英樹・戸北凱惟・堀哲夫(1995)「電流回路のモデルによる中学生の認知的方略の育成」  
日本理科教育学会研究紀要 36(2)、21-31
- 鎌田正裕・佐藤時子(2002)「小学校4年理科もののあたため方(自然対流伝熱)に関する2、3の考察と可視化実験法の開発」科学教育研究 26(4)、309-314
- 小林萬壽男(1975)「植物形態学入門－教師のための植物観察」、共立出版株式会社
- 三宅なほみ・白水始(2002)「認知科学事典」、共立出版株式会社
- 文部科学省(2008)「中学校学習指導要領解説理科編」、大日本図書
- 西川純・川上洋子(1996)「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
- 西川純・古市恵(1997)「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
- 野口卓也・鎌田正裕(2012)「原子の「重さ」や「大きさ」を表現したモデル教材－開発と中学校理科授業での試用－」科学教育研究 36(1)、38-43
- 清水誠(2003)「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
- 田村直明・高野恒夫(1984)「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
- 東京書籍(2012)「新しい科学1年」、32



---

研究課題番号 23531159  
平成 23 年度～ 26 年度科学研究費補助金（基盤研究（C））  
研究成果報告書

科学的な思考力の育成を図る教授・学習方法の開発と教師教育への適用

平成 26 年（2014 年）10 月

発行者 埼玉大学教育学部教授  
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 0 4 8 - 8 5 8 - 3 2 2 4  
e-mail [shimizum@mail.saitama-u.ac.jp](mailto:shimizum@mail.saitama-u.ac.jp)

印刷 株式会社雄文社

---