

第4章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が科学的な知識の理解に与える効果

－ 第5学年「振り子の運動」を事例として －

1. 問題の所在と目的

第3章では、第6学年「燃焼の仕組み」において、4QSを用いて仮説を設定する授業実践により、燃焼現象を科学的に説明する能力、及び燃焼の仕組みに関する科学的な知識の理解に効果があることを明らかにした。

本章は、研究課題3に位置付くものであり、第3章の結果を踏まえ、第5学年「振り子の運動」を題材として、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、科学的な知識の理解に与える効果を検証することとした。

本単元では、3つの条件（おもりの重さ、糸の長さ、振れ幅）を制御して振り子の動く様子を調べ、糸につるしたおもりが1往復する時間は、おもりの重さや振れ幅によっては変わらないが、糸の長さによって変わることを学習する¹⁾。しかしながら、振り子の概念形成の難しさを指摘する研究がいくつか報告されており^{2) 3) 4) 5)}、学習内容の定着が困難な単元の1つとして知られている。

こうした問題点に対し、振り子の概念形成に効果が認められた研究も報告されている。例えば、加藤^{6) 7) 8)}、加藤・下妻⁹⁾、高垣¹⁰⁾、高垣・田原¹¹⁾、高垣・田原・富田¹²⁾、

第4章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が科学的な知識の理解に与える効果

村山・久保田¹³⁾、植木・久保田¹⁴⁾、川崎・中山・松浦¹⁵⁾など、児童の素朴概念を科学的概念へと変換を促す研究が多く見られる。しかし、これらの先行研究を除けば、振り子の概念形成に有効な指導方法の蓄積は未だ十分とはいえない。

以上のことを踏まえ、本章においても4QSを採用し、児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、「振り子の運動」に関する科学的な知識の理解に与える効果について明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

2-1. 調査の対象

岐阜県内の公立小学校第5学年2学級計78人（実験群39人，統制群39人）に対して授業及び質問紙調査を実施した。

2-2. 授業及び質問紙調査の実施時期

図4-1に示したように，授業及び質問紙調査については，2014年11月中旬から12月中旬にかけて実施した。また，本章においても，仮説の設定については4QSを採用した。そして，第3章と同様に，両群の授業実施条件は，4QSの有無以外すべて統一した。図4-2に，実験群の児童が書いた4QSの記述例を示す。

| | 実験群 | 統制群 |
|-------|--|------------------------------|
| 事前調査 | ＜実施時期：2014年11月中旬＞ 「振り子の運動」に関する理解度の測定 | |
| 第1時 | ターザンロープを用いた体験的追究 (1往復する時間をできるだけ短くする方法) | |
| 第2～4時 | 4QSによる児童一人一人の 仮説設定と検証実験の実施 | 学級全体の話し合いによる 仮説設定と検証実験の実施 |
| 第5～8時 | 教科書に即した授業の実施 | |
| 事後調査 | ＜実施時期：2014年12月中旬＞ 「振り子の運動」に関する理解度の測定（事前調査と同じ） | |

図4-1 授業及び質問紙調査の実施時期

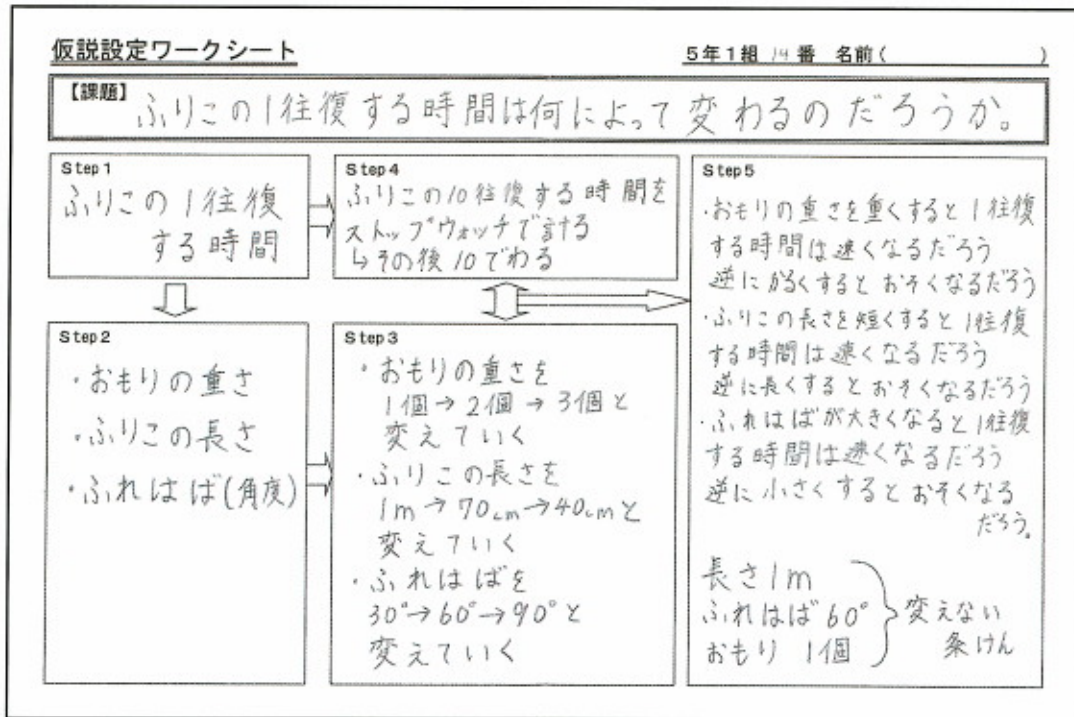


図4-2 実験群の児童が記述した4QSの例

2-3. 分析の方法

「青森県平成23年度学習状況調査問題実施報告書問題用紙等小理」¹⁶⁾を参考に、図4-3に示す評価問題を作成した。そして、両群の児童を対象に「振り子の運動」に関する科学的な知識の理解についての質問紙調査を実施した。

なお、質問紙は3問で構成されており、設問1は「振り子の長さが示す意味の理解」、設問2は「振り子の周期を調べるための3つの条件の制御」、設問3は「1往復する時間をさらに長くするための実験方法」について、それぞれ調査した。

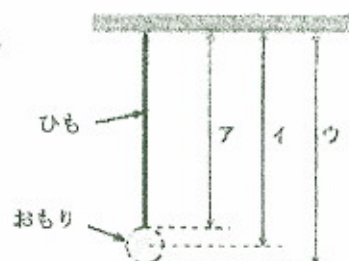
「振り子の運動」事前調査問題

振り子が1往復する時間と、「おもりの重さ」「ふれはば」「振り子の長さ」の3つの条件との関係について調べました。

1. 「振り子の長さ」とは、右の図のどの部分をさすか。

アからウまでの中から1つ選んで、その記号を書き

ましょう。 答え



2. 振り子が1往復する時間は、ふれはばに関係しているかを調べるための実験をします。

そのとき、「おもりの重さ」「ふれはば」「振り子の長さ」の3つ条件は、調べる（変える）条件とそろえる条件のどちらになりますか。下の表に3つすべて書きましょう。

【1往復する時間は、ふれはばに関係するか】

| 調べる（変える）条件 | そろえる条件 |
|------------|--------|
| | |

3. 「おもりの重さ 50g」「ふれはば 30°」「振り子の長さ 50 cm」の条件で振り子をふらせ、振り子が1往復する時間を調べたら、約 1.4 秒でした。この振り子の条件を1つだけ変えて、1往復する時間をさらに長くしたいと思います。その方法を、アからカまでの中から1つ選んで、その記号を書きましょう。 答え

- ア おもりの重さを 40gにする
- イ おもりの重さを 60gにする
- ウ ふれはばを 20° にする
- エ ふれはばを 40° にする
- オ 振り子の長さを 40 cmにする
- カ 振り子の長さを 60 cmにする

図 4 - 3 調査に用いた質問紙

3. 結果と考察

まず、事前・事後の各質問紙における個人の合計得点の平均と標準偏差をそれぞれ算出した。満点は3点である。次に、これらの得点を「設問全体の理解度」とみなし、対応のない t 検定を行った。

表4-1に示したように、事前では有意な差がみられなかったが、事後では実験群の方が統制群よりも有意に高かった。

表4-1 事前・事後の各質問紙（3点満点）の結果
（実験群：N=39，統制群：N=39）

| | 事前 | 事後 |
|-----|-------------|-------------|
| 実験群 | 0.21 (0.47) | 2.46 (0.79) |
| 統制群 | 0.10 (0.31) | 2.05 (0.94) |

注) 表内の数字は平均（標準偏差）を示す。

t 検定（両側検定）を行った結果、事前では、 $t(76) = 1.14$ 、 $p = 0.26$ であったため、両群の間には有意な差が認められなかったが、事後では、 $t(76) = 2.08$ 、 $p = 0.04$ であったため、実験群の平均点の方が統制群のそれよりも有意に高かった。

4. 本章のまとめ

本章では、第5学年「振り子の運動」において、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、科学的な知識の理解に与える効果について明らかにすることを目的とした。

この目的を達成するために、第5学年「振り子の運動」において、4QSを用いた実験群39人と、用いなかった統制群39人を対象とした授業実践及び学習前後の質問紙調査の分析を行った。

その結果、本章の指導方法は、「振り子の運動」に関する科学的な知識の理解に有効であることが示された。

「振り子の運動」では、振り子の運動の規則性について、条件を制御して調べる能力を育成することを目的としている。そのためには、日常生活の中で振り子の運動に接する体験が少ない現状を踏まえ、児童の興味・関心に基づく学習を充実させることが必要である。そこで、本単元の導入にあたる第1時に「ターザンゲームをしよう」という学習課題を提示し、体育館でターザンロープにぶらさがり、一往復する時間をできるだけ短くする方法について体験的に追究させた。ターザンロープを用いた授業の効果について、北村¹⁷⁾は課題づくりに有効であるとし、矢野・川上¹⁸⁾は児童自らがおもりとなって振り子にぶらさがり経験は、糸の長さ、振れ幅、おもりの重さといった、周期を変える3つの変数の想起、及び根拠を明確にして自分の予想を述べる能力の向上を促したとしている。このことから、自然事象に内在する原因（独立変数）と結果（従属変数）

を、児童が自らのターザンロープの体験に基づいて変数を同定したり、グループの仲間と協働して因果関係を認識し仮説を設定したりするといった効果が促進されたと考えられる。

自然体験の重要性について三石¹⁹⁾は、「自然に働きかける中で、自然の本質的な捉え方につながる個別的な事実認識を確かなものにする。」としている。さらに、西川²⁰⁾は、「実物を過去に見たことがある場合、写真から情報を構成できる。しかし、実物を過去に見たことがない場合は、写真から情報を再構成することはできない。理科教育では、生の経験が重要であるとする主張があるが、以上の結果は、そのような原体験が後の抽象的情報の受け皿となることを示す結果である。」と述べている。これらの知見は、自然体験を行うことによって、自然を認識する力が育成されるということを示唆している。

2008年告示の小学校及び中学校学習指導要領^{21) 22)}では、主体的に学習に取り組む態度を養うことが重視されている。理科授業においても、児童が見いだした問題に対して予想や仮説をもち、それらを基に観察、実験を行うといった主体的な問題解決の活動により、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ることが重視されている²³⁾。

こうした近年の動向を鑑み、本章において、自然事象に内在する変数を同定させたり、グループの仲間と協働して仮説を設定させたりするような思考のトレーニングを促す授業を実践し、その効果を検証したことは意義があると考えられ、継続的に行うことが必要であろう。

第4章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が科学的な知識の理解に与える効果

課題としては、「振り子の運動」以外の、学習内容の定着が困難とされる抽象的な力学的領域において、本章で示唆された効果的な指導方法を検討していくことが望まれる。

以上のことから、本章では、4QSを用いて児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が、第5学年の児童の科学的な知識の理解に効果があることを明らかにすることができた。次章では、4QSを用いて仮説を設定させるとともに、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が、考察の記述能力の育成に与える効果を検証する。

引用文献

- 1) 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, p.46.
- 2) 隅田学(1995)「『振り子の運動』に関する学習者の認知の発達的変容と学校理科学習の効果」『日本理科教育学会研究紀要』第36巻, 第1号, pp.17-28.
- 3) 西川純(1999)「なぜ, 理科は難しいと言われるのか? - 教師が教えていると思っているものと学習者が本当に学んでいるものの認知的研究 -」東洋館出版社, p.16.
- 4) 森本弘一(2010)「教員養成系大学における小学校理科の授業」『奈良教育大学紀要人文・社会科学』第59巻, 第1号, pp.151-157.
- 5) 植木幸広・久保田善彦(2011)「5年生『振り子の運動』における仮説設定に影響された思いこみ」『日本科学教育研究会研究報告』第25巻, 第5号, pp.5-8.
- 6) 加藤尚裕(2000)「『振り子の特性』に関する概念形成の研究 - 自由試行を中心にして -」『理科教育学研究』第40巻, 第3号, pp.1-11.
- 7) 加藤尚裕(2007)「振り子の特性に関する概念獲得と観察・実験活動に見られるメタ認知 - 小学校第5学年『振り子のはたらき』を事例として -」『理科教育学研究』第48巻, 第2号, pp.13-21.
- 8) 加藤尚裕(2008)「メタ認知ツールとしてのコンフリクトシートの利用に関する試み - 小学校第5学年『おもりの働き』の授業を事例として -」『理科教育学研究』

第48巻，第3号，pp.45-56.

- 9) 加藤尚裕・下妻淳志(2011)「小学生の振り子の特性に関する概念形成を促す素朴概念シートの開発ーメタ認知的モニタリングの働きに着目してー」『国際経営・文化研究』淑徳大学国際コミュニケーション学会，第15巻，第2号，pp.49-57.
- 10) 高垣マユミ(2005)「観察・実験によって『振り子の周期』に関する概念はどのように形成されるのか」『科学教育研究』第29巻，第3号，pp.184-195.
- 11) 高垣マユミ・田原裕登志(2005)「振り子の概念形成を促す『学習者主体の思考実験シミュレータ』の開発」『理科教育学研究』第45巻，第3号，pp.79-86.
- 12) 高垣マユミ・田原裕登志・富田英司(2006)「理科授業の学習環境のデザインー観察・実験による振り子の概念学習を事例としてー」『教育心理学研究』第54巻，第4号，pp.558-571.
- 13) 村山尚士・久保田善彦(2009)「『振り子』の学習理解に関する研究ー振り子『おもりの重さ』概念と類似する自由落下学習を振り子学習前に行う影響ー」『理科の教育』58(4)，東洋館出版社，pp.286-289.
- 14) 植木幸広・久保田善彦(2012)「振り子の学習における数値の処理が，数値比較の判断に与える影響ー平均と誤差の認識に着目してー」『理科教育学研究』第53巻，第2号，pp.219-227.
- 15) 川崎弘作・中山貴司・松浦拓也(2012)「振り子の概念獲得に関する研究ー子どもの認識に基づいた学習指導法を通してー」『理科教育学研究』第53巻，第2号，

pp. 241-249.

16) 青森県教育委員会 (2011) 「青森県平成 23 年度学習状況調査問題実施報告書問題用紙等小理」 p.124.

(http://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kyoiku/e-gakyo/files/gakushu13_h23.pdf)

【最終アクセス：2014年10月20日】

17) 北村弘樹 (2002) 「おもりをふったときーターザンロープ体験からの課題づくりー」『初等理科教育』第36巻, 第2号, pp.52-53.

18) 矢野三恵・川上紳一 (2007) 「小学5年『おもりのはたらき』における興味・関心を高める教材の研究, 指導方法の工夫, および授業実践による検証」『岐阜大学大学院教育学研究科 教師教育研究』第3巻, pp.181-188.

19) 三石初雄 (1992) 「自然認識と教育ー自由で多様なモノ・人との関わりを基調とした学級づくりと確かな自然認識ー」『教育/教育科学研究会』第42巻, 第12号, pp.69-73.

20) 前掲書3), p.81.

21) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領」 pp.13-14.

22) 文部科学省 (2008) 「中学校学習指導要領」 pp.15-16.

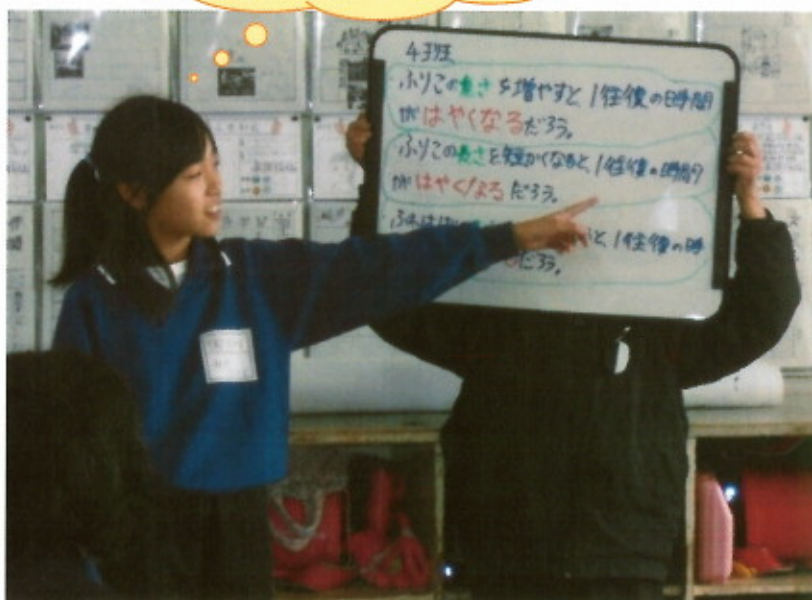
23) 前掲書1), pp.7-11.

資料 授業の様子

3つの仮説が
考えられるね



振り子の長さが
関係していると思う



第4章 児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が科学的な知識の理解に与える効果

実験結果を仮説と
関係付けると・・・



正面から見て、
正確に測定しよう



第5章 因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が考察の記述能力の育成に与える効果

－ 第6学年「てこの規則性」を事例として －

1. 問題の所在と目的

第3章及び第4章では、第6学年「燃焼の仕組み」及び第5学年「振り子の運動」において、4QSを用いて仮説を設定する授業実践により、認知的側面（現象を科学的に説明する能力、及び科学的な知識の理解）に効果があることを実証的に明らかにしてきた。

本章は、研究課題3に位置付くものであり、第3章及び第4章の結果を踏まえ、第6学年「てこの規則性」を題材として、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が、考察の記述能力の育成に与える効果を検証することとした。

2008年告示の小学校及び中学校学習指導要領解説理科編¹⁾²⁾では、観察・実験の結果を整理し考察し表現する学習活動の充実が目指されている。具体的には、小学校では観察・実験において結果を表やグラフに整理し、予想や仮説と関係付けて考察すること、中学校では観察・実験の結果を分析して解釈し表現することが重視されている。

しかしながら、小学校第6学年及び中学校第3学年を対象とした「平成27年度全国学力・学習状況調査報告書」

3) 4) において、児童・生徒は観察・実験の結果を考察して分析した内容を記述したり、数値で表した表を分析して解釈し規則性を見いだしたりすることに課題があることが示されている。これまでに、観察・実験の結果を整理し考察することについての問題点を指摘する研究は、いくつか報告されている^{5) 6) 7) 8)}。

こうした問題点について松原⁹⁾は、「aしたら、bになった。cから、dと考えた。その理由は、eだからである。」といった、実験レポートにおける結果や考察の定型文を提示して記述させる指導方法が有効であると述べている。さらに、定型文を用いることで、平賀¹⁰⁾は理由づけのレベルが向上すること、松浦¹¹⁾は結果と考察を区別して記述することができるようになったとしている。

しかしながら、松浦¹²⁾、清水・黒川・斉藤¹³⁾及び鮫島・清水¹⁴⁾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、予想や結果に基づく考察ができていなかったりするといった点については、あまり改善されないことを明らかにしている。これらの研究から、学習者に定型文を与えたとしても、考察の記述能力については、依然として課題が残されていることが分かる。

こうした課題に対応する知見を得るために、考察の指導に関する先行研究を概観する。木下・松浦・角屋¹⁵⁾は、観察・実験の活動場面においては、子どもが目的や仮説を意識したり、考察の場面においては、得られた結果を仮説に照らしながら解釈したりすることが重要であるとしている。森本¹⁶⁾は、日本の児童・生徒は諸外国と比べ

て、観察・実験における考察を十分に機能させていないことを指摘するとともに、予想と結果を照合させて思考することが重要であるとしている。小林¹⁷⁾は、観察・実験結果の感想から脱却し、的確に考察させるためには、仮説と観察・実験の結果を関係付けて検討させる指導が必要であるとしている。「小学校理科の観察、実験の手引き」¹⁸⁾では、考察の場面で予想や仮説の妥当性を検討することは、科学的な見方や考え方を構築する上で意義があり、価値があるとしている。角屋¹⁹⁾は、自らの仮説を検証するために観察・実験を行うとしたうえで、考察を仮説と実験結果が一致しているか否かを検討することであると定義している。宮本²⁰⁾は、科学的探究の文脈において、データ解釈は仮説設定との関連が密接であるとし、特に独立変数と従属変数の因果関係を踏まえた仮説設定とデータ解釈の関連は密であり、重視しなければならないと述べている。これらの研究は、結果を整理し、予想や仮説と関係付けた考察の言語化を重視するという小学校学習指導要領解説理科編²¹⁾が掲げる理科の目標と一致している。

しかしながら、木下・松浦・清水・寺本・角屋²²⁾が「観察・実験の結果を整理し考察する活動を高めるためには、そこに大きな影響を及ぼしている教師の適切な手立てが必要である。」と指摘するように、上述した先行研究では、仮説と考察を対応させることの重要性について示唆されているものの、実際の授業において教師がどのような考察の指導を行えばよいのか、考察の記述能力の育成を図る指導方法の検証に焦点を当てた実証的研究はあまり見

られなかった。

以上のことを踏まえ、本章においても4QSを採用し、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が、考察の記述能力の育成に与える効果について明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

2-1. 調査の対象

岐阜県内の公立小学校第6学年2学級計56人に対して授業及び調査を実施した。4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる1学級28人を実験群、4QSを用いた仮説設定のみを行う1学級28人を統制群とし、授業条件の異なる両群を比較検討することで、本章の指導方法に関する効果を明らかにすることとした。

2-2. 考察の定義

先述した木下・松浦・角屋²³⁾、小林²⁴⁾及び角屋²⁵⁾の研究を参考に、「因果関係を踏まえた仮説と実験結果を関係付けて仮説の真偽（仮説と結果の一致・不一致）を検討したり、実験結果を分析的・総合的に解釈したりして結論を導出すること」を、本章における考察と定義することとした。

2-3. 考察に必要な要素

有本・吉田²⁶⁾は、「目的に対応した考察がなされているか」、「考察する文が結論＋根拠の順になっているか」、「考察する文が定型文にあっているか」など、考察に関する6つのチェックポイントを示している。そこで本章では、先述した考察の定義、及び松原²⁷⁾や有本・吉田²⁸⁾の研究を参考に、「実験の結果から、①（結論）だと考えられる。」、「その理由は、②（根拠）だからだ。」、「実験の

結果は、③ 自分の仮説と（一致した・一致しなかった）。」という、3つの要素が入ったワークシートを考案した（図5-1）。そして、このワークシートを用いて考察の記述指導を行うことで、仮説の真偽を検討したり、科学的な証拠や原理に基づきながら実験結果を解釈したりして、結論を導き出すことができると考えた。

| | |
|---|--|
| 考察しよう。 | |
| ①課題に対する結論 実験の結果から， だと考えられる。 | ②結論を導き出した根拠 その理由は， だからだ。 |
| ③仮説と結果の照合 実験の結果は，自分の仮説と（一致した・一致しなかった）。 | |

図 5 - 1 3つの要素が入った考察のワークシート

2 - 4 . 本単元の概要

表5-1に示すように、本単元は全10時間で構成されている。第1次で、棒を使って重いおもりを持ち上げる活動を通して、棒を工夫して使うと重い物を楽に持ち上げられることを体感させた。

第2次で、てこをかたむけるはたらきが、力の大きさや支点からの距離によって、どのように変化するかをてこ実験器を使って調べさせた。特に、本授業実践の対象となる第5～6時では、左のうでの「おもりの位置と重さ」を固定したてこを使い、てこをかたむけるはたらきが左右で等しくなるのはどんなときか調べ、その結果を表に整理し、「てこが水平につり合うときのきまり」についてまとめさせた。第7時では、左のうでの「おもりの位置と重さ」をいろいろと変えて調べたときの結果を表に整理し、第5～6時との共通点や規則性についてまとめさせた。

第3次で、てこのきまりを利用して、物の重さを比べたりはかったりする方法を考えさせたり、てこ実験器を使って調べさせたりした。

第4次で、てこを利用した道具を調べることを通して、てこのきまりが日常生活の中でどのように使われているかを考えさせた。

表 5 - 1 本単元の指導計画（全 10 時）

| 単元の進行 | 主な学習内容 |
|--|--|
| 第1次（3時間） 棒で重い物を持ち上げよう | ① てこの支点，力点，作用点について知る。 ② おもりの位置や力を加える位置を変えると，手ごたえがどう変わるかを予想して調べる。 ③ てこを使っておもりを持ち上げる場合，小さな力で持ち上げられるのは，どのようなときかまとめる。 |
| 第2次（4時間） てこの働きには，どんなきまりがあるか | ④ てこを傾ける働きと，力を加える位置や力の大きさとの関係を考える。 ⑤ 左のうでの「おもりの位置と重さ」を固定したてこを使い，てこを傾ける働きが左右で等しくなるのはどんなときか調べ，その結果を表に整理し，てこが水平につり合うときのきまりについてまとめる。 ⑦ 左のうでの「おもりの位置と重さ」をいろいろと変えて調べたときの結果を表に整理し，前時（第5～6時）との共通点や規則性についてまとめる。 |
| 第3次（2時間） てこが水平につり合うときのきまりを利用して物の重さを調べよう | ⑧ てこのきまりを利用して，物の重さを比べたりはかったりする方法を考え，てこ実験器を使って確かめる。 ⑨ てこやてんびんを利用したはかりをつくり，物の重さをはかる。 |
| 第4次（1時間） てこを利用した道具をさがそう | ⑩ 身のまわりには，どんなてこを利用した道具があるかがし，てこの働きについて考える。さらに，てこの働きについて，学習したことをまとめる。 |

2 - 5 . 授業及び調査の実施計画

図 5 - 2 に，授業及び調査の実施計画を示す。授業については，2014年10月中旬から11月上旬にかけて実施した。考察の記述能力に関する調査については，本単元実施前に，2014年4月から5月にかけて実施した単元「燃焼の仕組み」の第5時（学習課題「ろうそくを燃やし続けるには，どうしたらよいだらうか。」）におけるノートの内容を分析することとした。さらに，本単元の第6時終了後に，ワークシートの記述内容を分析することとした。

第5章 因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が考察の記述能力の育成に与える効果

| | 実験群 | 統制群 |
|--------|--|--|
| 本単元実施前 | 「考察の記述能力」に関する調査（調査対象単元「燃焼の仕組み」） | |
| 第1～4時 | 教科書に即した授業の実施 | |
| 第5時 | 4QSによる児童一人一人の仮説設定 | |
| 第6時 | ・検証実験の実施 ・考察に必要な3つの要素が入ったワークシートへの記述 | ・検証実験の実施 ・「考察しよう。」という指示文のみのワークシートへの記述 |
| | 「考察の記述能力」に関する調査（調査対象単元「てこの規則性」） | |
| 第7～10時 | 教科書に即した授業の実施 | |

図5-2 授業及び調査の実施計画

図5-2に示したように、第5時では、両群の児童に対して、まず、「左のうでの3の位置におもりを20g、右のうでの1の位置におもりを60gつるし、水平につり合ったてこ」を提示した。次に、「左のうでのおもりの位置と重さはこのまま固定させておきます。右のうでのおもりの位置を変えていっても、てこが水平につり合ったままの状態にするには、おもりの重さをどのように変えていけばいいでしょうか。」と発問した。その後、本時の学習課題（てこをかたむけるはたらきは、おもりの位置や重さと、どのような関係があるのだろうか。）を板書した。

学習課題の提示後、表5-2に示したように、4QSを用いて児童自らがStep1からStep4までの変数の同定と、Step5の仮説設定を行った。そして、グループや学級全体で、互いの仮説について検証可能であるのか否かを検討した後、実験を行った。

4QS の記述内容については、本単元実施前に共同研究者によって検討がなされており、児童の思考の自由度を保障しつつ、検証可能な「問題」にするための適切な指導助言が想定されている。なお、本授業実践では、制御する2変数（おもりの位置と重さ）の特性上、「Step 2 → Step 1 → Step 3 → Step 4 → Step 5」の順に4QSへの記述を促した。

以上のことから、第5時における両群の授業条件の差異は皆無である。

表5-2 変数の同定と仮説設定の指導過程

| 指導過程 | 教員の発問と児童の記述例 |
|--------|--|
| Step 2 | ◎Step 2に、実験によって変えていく条件を書いてください。 ・右のうでのおもりの位置と重さ |
| Step 1 | ◎Step 1には、Step 2のおもりの位置と重さを変えていくことで影響を受ける条件を書いてください。 ・てこをかたむけるはたらき |
| Step 3 | ◎Step 3には、Step 2のおもりの位置と重さをどのように変化させていくか考えてください。 ・おもりの位置と重さの積を左右で等しくする |
| Step 4 | ◎Step 4には、Step 1のてこをかたむけるはたらきは、どのようにすれば表すことができるか考えてください。 ・てこが水平につき合うかどうか |
| Step 5 | ◎Step 5には、Step 3とStep 4を関連付けて、「…すれば、…は…になるだろうか。」という仮説を書いてください。 ・おもりの位置と重さの積を左右で等しくすれば、てこは水平につき合うのだろうか |

注) ◎は教員の発問、・は児童の記述例を示す。

第6時では、両群ともに、4QSを用いて児童自らが設定した仮説に基づいて実験を行わせた。具体的には、てこ実験器を使って、左のうでにつるすおもりの位置を3、おもりの重さを20gに固定し、左のうでのてこをかたむけるはたらきがかわらないようにした後、右のうでにおもりをつるして、てこが水平につり合うときのおもりの位置と重さを調べさせた。なお、図5-3に示す実験の結果を整理するための表については、授業開始前に配付しておいた。さらに実験中には、「てこが水平につり合うときのきまりを詳しく調べましょう。」といった机間指導を行い、実験の目的の再認識を促した。

実験後、実験群の児童には、図5-1に示した考察のワークシートを配付するとともに、実験の結果を整理した表（図5-3）に基づく考察を促した。一方、統制群の児童には、「考察しよう。」という指示文のみが記述されたワークシートを配付するとともに、口頭で「考察では、まず、課題に対する結論を書きましょう。次に、結論を導き出した理由を書きましょう。最後に、自分の仮説と実験の結果が一致したのか、それとも一致しなかったのかを書きましょう。」と指導した。

| | 左のうで | 右のうで | | | | | |
|------------|------|------|--|--|--|--|--|
| おもりの位置 | | | | | | | |
| おもりの重さ (g) | | | | | | | |

図5-3 実験の結果を整理するための表

2-6. 考察の記述能力に関する調査方法

2-6-1. 評価基準の作成

清水・黒川・斉藤²⁹⁾、鮫島・清水³⁰⁾の研究を参考に、考察に必要な3つの要素に基づく評価基準を作成した(表5-3)。なお、統制群の児童においては、3つの要素の記述位置(順番)が入れ替わっていても文意が整っていれば正答とした。

また、A基準に分類された児童を、本章が目指す考察の記述能力が育成された児童と判断することとした。

2-6-2. 考察の記述能力に関する分析方法

まず、考察に必要な3つの要素について、児童が記述したワークシートの正誤を分析した。次に、表5-3に示す評価基準に従って、ワークシートの記述内容を、A基準とそれ以外のB、C基準とに分類した。最後に、直接確率計算 2×2 (両側検定)で有意差の有無を検証した。

表 5 - 3 考察の記述能力に関する評価基準

| 基準 | 記述内容 |
|----|---|
| A | ・ ① 結論， ② 根拠， ③ 仮説の 3 つの要素全てについて十分な説明が認められる記述 |
| B | ・ ① 結論， ② 根拠， ③ 仮説のうち， 1 つの要素でも未記入や不十分な説明が認められる記述 |
| C | ・ ① 結論， ② 根拠， ③ 仮説のうち， 2 つ以上の要素について未記入や不十分な説明が認められる記述 |

注) 本単元実施前の両群，及び本授業実践における統制群の児童においては，3つの要素の記述位置（順番）が入れ替わっていても文意が整っていれば正答とする。

3. 結果と考察

3-1. 本単元実施前における考察の記述能力（等質性）

表5-4に、2014年4月から5月にかけて実施した単元「燃焼の仕組み」の第5時における両群の児童の記述を分類した結果を示す。まず、両群においてA基準とそれ以外のB、C基準に分類した。次に、2×2のクロス集計について直接確率計算を用いて検定したところ、両群の間に有意な差は認められなかった（両側検定： $p=1.0000$, *n. s.*）。

このことから、本単元実施前においては、考察の記述能力に関して、両群の間に差はないと判断した。

表5-4 本単元実施前の考察の記述能力の結果

| | A基準 | B基準 | C基準 |
|-----------|---------|----------|----------|
| 実験群（N=28） | 4（14.3） | 13（46.4） | 11（39.3） |
| 統制群（N=28） | 3（10.7） | 16（57.1） | 9（32.2） |

注）単位は人、（ ）内の数字は%を示す。

さらに、表5-3の評価基準を踏まえて分類した児童の記述例を以下に示す。

図5-4に示したA基準の記述例は、「ろうそくが燃え続ける」という従属変数と、「空気」という独立変数の因果関係を踏まえながら結果を解釈し、結論を導き出していることが分かる。また、実験の結果に基づいた根拠を

示したり，自らの予想や仮説と実験の結果を関係付けて仮説の真偽を検討したりしていることが分かる。

図5-5，5-6に示した記述例は，いずれも先述したA基準の結論に関する記述と同様，従属変数と独立変数の因果関係を踏まえながら結果を解釈し，結論を導き出していることが分かる。しかしながら，図5-5については，根拠に関する記述が不足していることから，B基準の考察であると判断した。図5-6については，根拠及び仮説の真偽に関する記述が認められないことから，C基準の考察であると判断した。

③ ぼくの予想（仮説）通りで， ② 集気びんの下から線香のけむりが吸い込まれ，上から出ていきました。
① このことから，ろうそくが燃え続けるには，たえず空気が入れ替わる必要があることがわかりました。

注) 丸数字と下線は筆者が加筆した。③は仮説，②は根拠，①は結論に関する記述をそれぞれ示す。

図5-4 実験群の児童の記述例（A基準）

③ 結果は仮説通りだった。① このことから、ろうそくが燃え続けるには、新しい空気が常に入れかわらなければならないといえる。

注) 丸数字と下線は筆者が加筆した。③は仮説，①は結論に関する記述をそれぞれ示す。

図 5 - 5 統制群の児童の記述例 (B 基準)

① この実験で、ろうそくが燃え続けるには、新しい空気が必要だし、空気が入れ替わらないと燃え続けることができないことが分かった。

注) 丸数字と下線は筆者が加筆した。①は結論に関する記述を示す。

図 5 - 6 実験群の児童の記述例 (C 基準)

3 - 2 . 本授業実践における考察の記述能力

表 5 - 5 に、本授業実践 (第 5 ~ 6 時) における両群の児童の記述を分類した結果を示す。まず、両群において A 基準とそれ以外の B, C 基準に分類した。次に、2 × 2 のクロス集計について直接確率計算を用いて検定したところ、両群の間に有意な差が認められた (両側検定: $p = 0.0186^*$)。

このことから、実験群の方が統制群よりも、A 基準の考察を記述できる児童が有意に多いことが認められた。

表 5 - 5 本授業実践の考察の記述能力の結果

| | A 基準 | B 基準 | C 基準 |
|------------|----------|----------|--------|
| 実験群 (N=28) | 24(85.7) | 4(14.3) | 0(0.0) |
| 統制群 (N=28) | 15(53.6) | 11(39.3) | 2(7.1) |

注) 単位は人, () 内の数字は%を示す。

さらに,表 5 - 3 の評価基準を踏まえて分類した児童の記述例を以下に示す。

図 5 - 7, 5 - 8 に示した A 基準の記述例は, 結論に関する記述について, 両群ともに「てこが水平につき合う」という従属変数と, 「おもりの位置と重さの積」という独立変数の因果関係を踏まえながら結果を解釈し, 結論を導き出していることが分かる。また, 「その理由は, どの組み合わせでも, おもりの位置×重さ=60 になっているからだ。」といった, 実験の結果に基づく根拠を記述したり, 自らの仮説と実験の結果とを関係付けて仮説の真偽を検討したりしていることが分かる。

誤答の原因を探るために, ワークシートの記述内容について分析を加えたところ, 実験群について, B 基準に分類された 4 人は, いずれも結論に関する記述が不十分であった。一方, 統制群については, B 基準に分類された 11 人中 5 人は結論に関する記述が不十分であり, 残りの 6 人は仮説の真偽に関する記述が見られなかった。C 基準に分類された 2 人は, 仮説の真偽に関する記述が未記入で, 結論に関する記述が不十分であった。結論に関

する記述が不十分であったためにB基準に分類された児童の多く（実験群：4人，統制群：11人中5人）が、「おもりの位置と重さの積が左右で等しくなるとき，てこが水平につり合うと考えられる。」といった正答に対し，「積（おもりの位置×重さ）」，「左右が等しい」及び「水平につり合う」などの科学的な言葉を適切に使用して説明することができていなかった。

実験の結果から，① おもりの位置×重さの値が左右で等しいとき，てこが水平につり合うと考えられる。また，② これらには反比例の関係がある。その理由は，③ どの組み合わせでも，おもりの位置×重さ=60 になっているからだ。実験の結果は，④ 自分の仮説と一致した。

注）丸数字と下線は筆者が加筆した。①は結論，②は根拠，③は仮説に関する記述をそれぞれ示す。

図5-7 実験群の児童の記述例（A基準）

② おもりの位置と重さをかけると，どれでも60になることから，① 左右を同じ数値にすると，てこが水平につりあうと考えられる。③ 実験の結果は仮説通りだった。

注）丸数字と下線は筆者が加筆した。②は根拠，①は結論，③は仮説に関する記述をそれぞれ示す。

図5-8 統制群の児童の記述例（A基準）

4. 本章のまとめ

本章では、第6学年「てこの規則性」において、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる指導が、考察の記述能力の育成に与える効果について明らかにすることを目的とした。

この目的を達成するために、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させる1学級28人を実験群、4QSを用いた仮説設定のみを行った1学級28人を統制群とし、授業及びワークシートの記述内容の分析を行った。

その結果、本章の指導方法は、結論、根拠、仮説という3つの要素に基づいた考察の記述能力の育成に効果があることが明らかとなった。

課題としては、以下の3点について検討を加えることが望まれる。

第1に、考察の記述能力は、理科教育において主要な能力の1つであるが、その習得は児童にとって容易なことではない。今後は、本章で得られた示唆に基づく指導方法を複数の単元を通して継続的に行い、その効果を検証する必要がある。

第2に、本授業実践において、統制群でも半数以上の児童がA基準の考察を記述できたことから、4QSを用いた仮説設定が考察の記述能力に影響を及ぼしたのではないかと推察される。しかし、本章では、これを検証する調査を行っていないため、対応関係の究明については今後の課題である。

第3に、4QSを用いて因果関係を踏まえた仮説を設定させたにもかかわらず、統制群においてB基準に分類された11人中6人、及びC基準に分類された2人には、いずれも仮説の真偽に関する記述が見られなかった。これらについての主たる原因は、「分かっていたけれど書けなかった」という単純な「記述忘れ」や、実験の結果と関係付けて仮説の真偽を検討することの意識が低く習慣化されていないなどの可能性が考えられるが、記述するという作業に伴う認知的負荷の影響（例えば、「書くことが面倒だ」、「楽をしたい」）も否定できない。先述した宮本³¹⁾の研究においても、理科における仮説設定とデータ解釈との関連について調査した結果、「結果の予想とデータ解釈とを関連させて記述できる割合は大変低い」といった問題点を指摘しているが、その要因については明らかにされていない。このような認知過程の把握に関する問題に対して、児童のノートやワークシートの記述内容の分析だけでは限界があると考えられる。そこで、授業や質問紙調査の後にインタビュー調査を実施したり、授業中の発話を収集・分析したりすることも視野に入れて、よりの確で詳細な個々の質的データを収集するための調査・分析方法を考案する必要がある。さらに、認知的負荷に基づく記述の省略を回避し、科学的な言葉を用いたり、科学的な根拠を示したりしながら自分の考えを論理的に説明するとともに、適切な文章で記述できる児童をどのように育成していくかを検討することも課題として残されている。

以上のことから、本章では、4QSを用いた仮説設定と、因果関係を踏まえた仮説に照合して実験結果を解釈させ

る指導が、考察の記述能力の育成に効果があることを明らかにすることができた。併せて、実験の結果を整理し考察する学習活動の充実を図るためには、教師が考察の構成要素を明示し、それを用いて具体的な記述の仕方を教授するとともに、児童自身に因果関係を踏まえた仮説を設定させる指導が必要である、という指導方法の改善に向けた示唆を得ることができた。

引用文献

- 1) 文部科学省 (2008a) 「小学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp. 1 - 6 .
- 2) 文部科学省 (2008b) 「中学校学習指導要領解説理科編」大日本図書, pp. 1 -10.
- 3) 国立教育政策研究所 (2015) 「平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書 (小学校理科)」 p. 8 .
(http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/psci_02.pdf)
【最終アクセス : 2015 年 10 月 19 日】
- 4) 国立教育政策研究所 (2015) 「平成 27 年度全国学力・学習状況調査報告書 (中学校理科)」 p. 8 .
(http://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/data/msci_02.pdf)
【最終アクセス : 2015 年 10 月 19 日】
- 5) 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の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 (代表 : 松原静郎, 課題番号 07458027), pp. 2 -14.
- 6) 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.
- 7) 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』第 57 巻, 第 2 号, pp. 1 - 5 .

- 8) 木下博義・福本伊都子・白神聖也(2012)「理科学習における観察・実験結果の考察に関する研究－小学生・中学生・高校生の比較を通して－」『広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部』第61号, pp. 9-15.
- 9) 前掲書5)
- 10) 前掲書6)
- 11) 前掲書7)
- 12) 同書
- 13) 清水誠・黒川昇・斉藤桃子(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』第37巻, 第1号, pp. 30-37.
- 14) 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に－」『埼玉大学紀要, 教育学部』第64巻, 第1号, pp. 93-102.
- 15) 木下博義・松浦拓也・角屋重樹(2007)「観察・実験活動における小学生のメタ認知育成に関する実践的研究－第5学年『もののとけ方』を例に－」『理科教育学研究』第48巻, 第1号, pp. 21-33.
- 16) 森本信也(2010)「『考える』ことを大切にした理科授業と学習活動」『理科の教育』59(4), 東洋館出版社, pp. 223-226.
- 17) 小林辰至(2010)「思考力・判断力・表現力等をはぐくむ理科の学習指導」『中等教育資料』ぎょうせい, pp. 10-15.
- 18) 文部科学省(2011)「小学校理科の観察, 実験の手引き」 pp. 8-16.

- 19) 角屋重樹 (2013) 「なぜ，理科を教えるのか－理科教育がわかる教科書－」文溪堂，pp. 30-34.
- 20) 宮本直樹 (2014) 「中学校理科における仮説設定とデータ解釈との関連－因果関係を踏まえた仮説の共有化，洗練化に着目して－」『理科教育学研究』第55巻，第3号，pp. 341-349.
- 21) 前掲書 1)
- 22) 木下博義・松浦拓也・清水欽也・寺本貴啓・角屋重樹 (2012) 「理科学習における観察・実験結果の考察に関する調査研究－中学生を対象とした質問紙調査をもとに－」『日本教科教育学会誌』第35巻，第1号，pp. 1-9.
- 23) 前掲書 15)
- 24) 前掲書 17)
- 25) 前掲書 19)
- 26) 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.
- 27) 前掲書 5)
- 28) 前掲書 26)
- 29) 前掲書 13)
- 30) 前掲書 14)
- 31) 前掲書 20)