

平成19年度（第51回）
岩手県教育研究発表会発表資料

理 科

理科における学習の定着を図るための 観察・実験教材の開発に関する研究 —小・中学校の学習定着度状況調査の分析をとおして—

研究協力員

花巻市立湯本小学校	教諭	竹林 瑞彦
花巻市立谷内小学校	教諭	佐々木晶子
花巻市立矢沢小学校	教諭	松木田康宏
花巻市立新堀小学校	教諭	浅沼 清智
花巻市立湯口中学校	教諭	堀岡 政基
花巻市立花巻北中学校	教諭	長谷川 涉
盛岡市立城西中学校	教諭	石黒 崇敬
盛岡市立上田中学校	教諭	鎌田 崇

平成20年1月9日
岩手県立総合教育センター
科学産業教育室
稲森藤夫・茂庭隆彦・菅原尚志
佐藤 有・柴田敬教

目次

I	研究目的	1
II	研究の年次計画	1
III	研究の内容と方法	1
1	研究内容と方法	1
2	研究協力員	1
IV	研究結果とその分析	1
1	学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する考え方	1
(1)	理科における観察・実験の意義	1
(2)	より効果的な観察・実験の備えるべき要件	2
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材の開発	2
(4)	学習の定着の検証	3
2	物理領域における観察・実験教材	4
(1)	学習定着度状況調査等の分析	4
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	4
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材	5
(4)	開発教材を用いた授業の実際	6
(5)	実践結果の考察と分析	8
3	化学領域における観察・実験教材	10
(1)	学習定着度状況調査の分析	10
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	10
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材	10
(4)	開発教材を用いた指導実践	13
(5)	実践結果の考察と分析	13
4	生物領域における観察・実験教材	14
(1)	学習定着度状況調査の分析	14
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	14
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材	15
(4)	開発教材を用いた授業の展開	17
(5)	指導実践について	17
5	地学領域における観察・実験教材	18
(1)	学習定着度状況調査の分析	18
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	18
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材	20
(4)	開発教材を用いた授業の実際	22
(5)	実践結果の分析と考察	23
V	研究のまとめ	24
1	研究の成果	24
2	今後の課題	24
	【引用文献】	24
	【参考文献】	24

I 研究目的

本県では、基礎・基本の確実な定着を図るため、平成15年度から理科においても学習定着度状況調査（以下「学調」という）を実施し、学力向上に取り組んできた。この調査結果を受けて、各小・中学校では、正答率の低い問題を中心に指導法の工夫改善を図り事後指導を実施している。

しかし、平成18年度に実施された「学調」の結果を観点別にみると、「科学的な思考」「観察・実験の技能・表現」の正答率が低く、経年比較を調べてみても改善されているとはいえない状況にある。これらの原因の一つとして、正答率が低かった問題の基になる観察・実験教材は、児童・生徒にとって学習の定着を図るための機能を十分に果たしていないことが考えられる。

この状況を改善するため、平成18年度の研究において、より効果的な観察・実験の備えるべき要件について明らかにして観察・実験教材を開発した。開発教材を授業で活用することによって、児童・生徒の学習の定着を図ることがおおむねできた。しかし、開発した観察・実験教材は、理科の学習全体の中では、一部分であり、他の正答率が低かった単元の観察・実験教材についても、より効果的な観察・実験の備えるべき要件を明らかにして、新たな教材を開発することが必要である。

そこで本研究は、本県の教育課題である学力向上に資するため、理科における児童・生徒の学習の定着を図るための観察・実験教材の開発を行うものである。

II 研究の年次計画

本研究は、平成19年度の1年次研究である。

理科における学習の定着を図るための観察・実験教材についての基本的な考え方の検討、過去4ヵ年における「学調」の分析結果を基にした研究領域の選定、学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発と検討及び、指導実践による開発教材の有効性についての検討、研究のまとめ。

III 研究の内容と方法

1 研究内容と方法

- (1) 過去4か年に実施された「学調」の結果から、児童・生徒の正答率が落ち込んでいる要因と観察・実験の方法等との関連を明らかにし、先行研究等の資料収集と分析から、より効果的な観察・実験の備えるべき要件を明らかにする。(文献法)
- (2) 小・中学校理科の物理・化学・生物・地学の4領域において、小・中学校それぞれの校種で1つ以上の効果的な観察・実験教材を開発する。(教材開発法)
- (3) 開発した観察・実験教材を活用した授業展開案を作成し、指導実践を行う。(指導実践・観察法)
- (4) 指導実践の結果と事後テストの結果の比較から、分析と考察を行い、開発した観察・実験教材の妥当性を検討する。(テスト法)

2 研究協力員

花巻市立湯本小学校	竹林 瑞彦	花巻市立湯口中学校	堀岡 政基
花巻市立谷内小学校	佐々木晶子	花巻市立花巻北中学校	長谷川 渉
花巻市立矢沢小学校	松木田康宏	盛岡市立城西中学校	石黒 崇敬
花巻市立新堀小学校	浅沼 清智	盛岡市立上田中学校	鎌田 崇

IV 研究結果とその分析

1 学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する考え方

(1) 理科における観察・実験の意義

小学校学習指導要領理科の目標は、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い…（後略）」と示されており、中学校学習指導要領理科の目標でも「自然に対する

関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い…（後略）」と示され、観察・実験の重要性がうたわれていることから、観察・実験は理科の授業において必ず行わなくてはならない学習活動の一つであると言える。自然の事物・現象についての理解を図るとともに、科学的な見方や考え方を養うことを求められている理科では、児童・生徒が自然の事物・現象と出会うことによって生じた疑問や矛盾に基づいて課題設定を行い、解決を図る過程で法則性を再発見していく問題解決的な学習形態を多く取り入れている。その際の観察・実験は、児童・生徒の課題に対する予想（仮説）を検証することを目的として実施されるものなので、「観察」は単に「物事をよく注意して見極めること」ではなく、予想を検証するための「目的を設定して見ること」を意味している。また、「実験」は「条件を規制して行う観察の一つである」ととらえることもできる。

したがって、従来の観察・実験を見直す際には、観察における「目的の設定」と実験における「条件の制御」がどのように設定されているのかを明らかにしていく必要がある。

(2) より効果的な観察・実験の備えるべき要件

観察・実験の備えるべき要件とは

- ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事物・現象を再現できること。
- イ 各学年の指導内容に応じた観察・実験の器具の操作技術を用い、容易に理解可能なものであること。
- ウ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項等が盛り込まれているもの。

と考える。

観察・実験の備えるべき要件を考慮する際に最も留意しなくてはならないことは、学習指導要領で示されている指導事項と学年や発達の段階に応じた観察・実験の設定である。

教科書に記載されている観察・実験は、学習指導要領で示されている指導事項を基に観察・実験を設定しており、教科書が改訂されるたびに観察・実験の見直しを行っている。しかし、10年前から同一の観察・実験のままのものもあり、児童・生徒に自然の事物・現象に対する正しい理解を育むことにつながっていないものも含まれている可能性がある。

また、学習指導要領の指導事項に関連した科学的事物・現象を再現できる観察・実験であっても、児童生徒に無理なく理解できるものでなければ、学習の定着にはつながらない。中央教育審議会の「審議経過報告」（平成18年2月13日）では、「…その際、学問的な系統性だけでなく、発達や学年の段階に応じた反復（スパイラル）の中で確実に定着させることができるよう教育内容の工夫を行うことが必要である。」と提言しており、発達段階に応じた観察・実験の設定が重要であることがわかる。

さらに、小学校の教員の多くは専門的な理科教育を受けていないため理科に対しての苦手意識が強い（平成17年「小学校理科の指導に係る実態調査」当センター調べ）。そのため、観察・実験を安全に行う上での専門的知識が不足していることも危惧されるので、観察・実験を安全に行うための配慮事項等についても示していく必要がある。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材の開発

過去4か年に本県で実施された「学調」の結果をもとに、児童・生徒の正答率が低かった単元の観察・実験教材に着目して、物理・化学・生物・地学の各領域で、現行の教科書に記載されている観察・実験を前述の「観察・実験の備えるべき要件」の観点で分析し、従来の観察・実験教材を基盤としながら、工夫・改善することにより「より効果的な」観察・実験教材を開発し、提案を行う。

観察・実験教材の見直しに関しては、基本的には以下の手順によって行う。

- ア 学習指導要領の指導事項に関連する科学的・現象を把握する。
- イ 従来の観察・実験教材に含まれる科学的・現象とアで把握した科学的・現象を比較・検討し、観察・実験の備えるべき要件を明らかにする。
- ウ 観察・実験の備えるべき要件に沿った素材・教材を洗い出す。
- エ 観察・実験の備えるべき要件を盛り込んだ新たな観察・実験教材を開発する。

これらの手順を踏むことによって開発した新たな観察・実験教材を授業で活用することは、児童・生徒の学習の定着を図ることに有効であることが報告されている（平成18年度当センター研究）。さらに、児童・生徒の学習の定着の高まりを全体的に広めるために、開発する観察・実験教材は各学校へ容易に普及できる必要があると考える。そこで児童・生徒そして教師にとって身近な素材・材料を用いることとする。

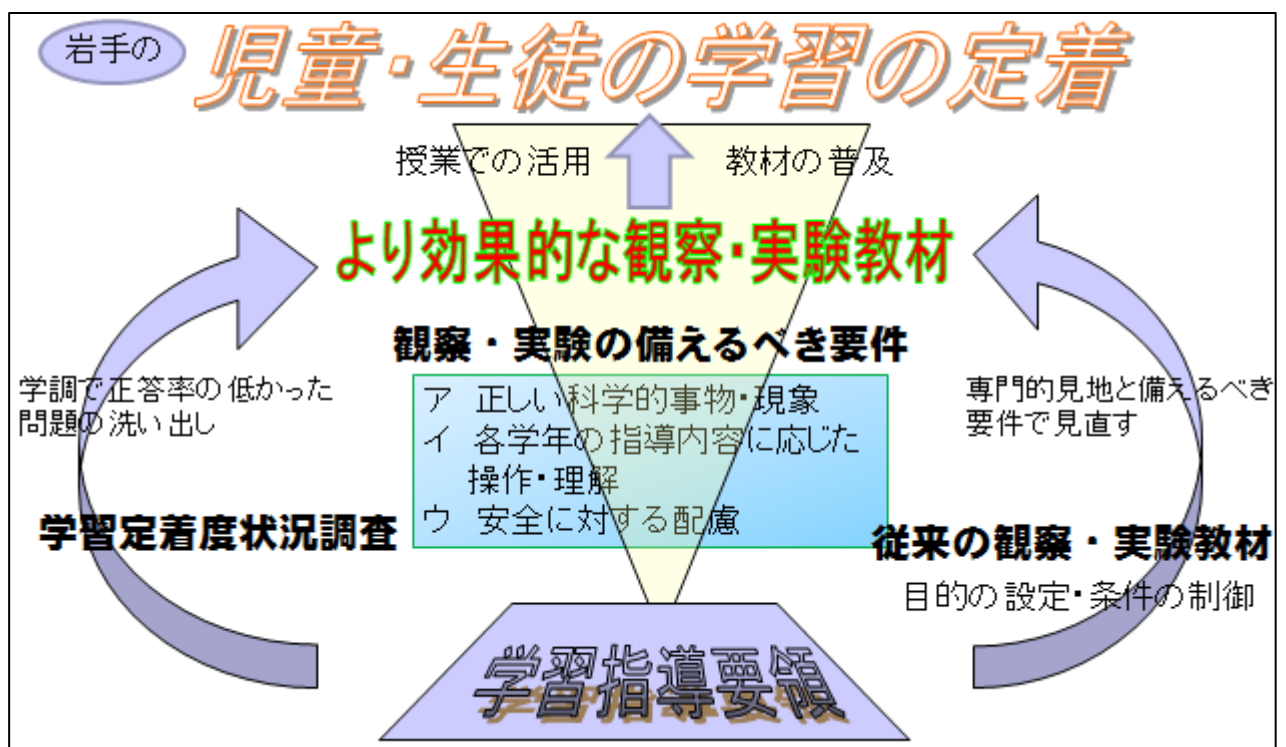
(4) 学習の定着の検証

学習の定着が図れている状況とは、児童・生徒が学習して得た内容が長期間記憶できている状況である。その検証は、ヘルマン・エビングハウスの忘却曲線を考慮して授業直後ではなく、一定期間経過した後に学習した内容についての問題を解くことによって、学習内容が児童・生徒に定着しているかどうかを明らかにする（高橋ほか 2007）。すなわち、学習後約1ヶ月経過したときに、過去4年間の「学調」で出題された問題または類似の問題を出題し、その結果を「学調」の正答率と比較する。

また、本研究の開発した観察・実験教材の有効性の検証では、被験者に対して行う有用性等のアンケート結果の分析による検証はとらず、児童・生徒の学習の定着状況から教材の有効性を検証する。

本研究の構想図を以下に示す。

開発した観察・実験教材は、研修講座で使うなど教材の普及につとめ、授業での活用をとおして児童・生徒の学習の定着、学力向上を図る。



【図1】新たな観察・実験教材開発の構想図

2 物理領域における観察・実験教材

(1) 学習定着度状況調査等の分析

平成16年度から18年度までの「学調」では、中学校第2学年理科の全体正答率は、53%、61%、55%と推移しており、決して高いと言える状況にはない。観点別では「観察・実験の技能・表現」をみる問題の正答率が、16年度54%、17年度54%、18年度53%と低迷している。また、物理の領域別でみると、過去3年とも「電流とその利用」に関する問題の正答率が最も低くなっている。その中でも、回路の各部の電圧を測定する問題の正答率は、16年度33%、17年度47%、18年度51%と改善傾向にあるとはいえ、平成18年度岩手県立高等学校入学者選抜学力検査（以下「学力検査」という）結果の分析では、オームの法則自体は知識として定着してはいるものの、電流計及び電圧計の端子のつなぎ方や目盛の読み方などが組み合わされた問題になると、正答率が37%とかなり落ち込んでしまうことが明らかになっている。

これらのことから、生徒は電気に関する知識をもってはいるが、それを活用して問題を解決したり、回路を組み立てて電流計及び電圧計などの機器を実際に操作したりすることが苦手であるといえる。

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

学習指導要領及び解説は、この領域について次のように示している。

【中学校学習指導要領 理科】

2 内容

(3) 電流とその利用

電流回路についての観察、実験を通して、電流と電圧との関係及び電流の働きについて理解させるとともに、日常生活と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。

ア 電流

(ア)(ウ)省略

(イ) 回路をつくり、回路の電流や電圧を測定する実験を行い、各点を流れる電流や回路の各部に加わる電圧についての規則性を見いだすこと。

【中学校学習指導要領解説 理科編】

(イ) について

簡単な直列回路や並列回路における電流や電圧に関する規則性を見いださせる。電流計、電圧計、電源装置及び豆電球などの抵抗を入れた簡単な回路図を基に、これら計器の操作技能を習得させながら、回路の作成に十分慣れさせる。その上で、回路の各点の電流や各部の電圧を測定していく。

ただし、ここでは電流回路の基本的な性質を理解させるのがねらいであり複雑な回路は扱わない。したがって、直列回路、並列回路のみを扱いそれぞれ二つの抵抗のつなぎ方を扱う程度とする。(以下省略)

【図 2-1】に示す平成 17 年度「学調」中学校第 2 学年理科の問題における誤答を調べると、+端子と-端子を逆に接続した生徒が 21%，部分ではなく全体（ア～ウ間）の電圧をはかるように接続した生徒が 20%であった。経年比較では改善傾向にはあるが、測定機器（電圧計，電流計）の接続の仕方についての理解はまだ不十分であり，理解を確実にするためには，習熟のための経験を繰り返すことが大切である。事後指導の手引き（中学校第 2 学年 理科）にもあるように，知識は覚えて終わるものではなく，使いこなせてこそ本当の意味での定着になる。そのためにも，限られた時間内で，考えながら実験できるような機会を数多く設定することが必要である。

7 (1) (問題番号 13) 正答率 47% (経年比較対象 : H18 年度 33%)

図の回路で，電熱線 A にかかる電圧をはかるには，電圧計の+端子，-端子を，それぞれどこに接続すればよいですか。図の中のア～ウ点から，それぞれ 1 つずつ選び，その記号を書きなさい。

【図 2-1】平成 17 年度学調中学校第 2 学年理科の問題

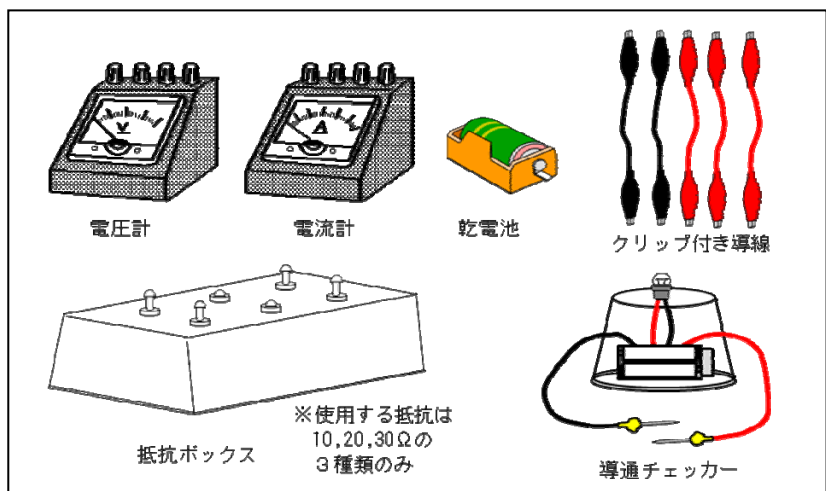
これらのことを踏まえ，観察・実験教材の備えるべき要件を次のように考えた。

- ① 生徒個々が目的意識をもった実験ができ，科学的に調べる能力と態度の育成が可能であること
- ② 既習の知識や法則を活用できること
- ③ 電圧計と電流計のはたらきや違いが区別できること
- ④ 内部構造が確認しやすいこと
- ⑤ 楽しく繰り返すことができること
- ⑥ 安価であること

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材

ア 使用機器及び開発教材

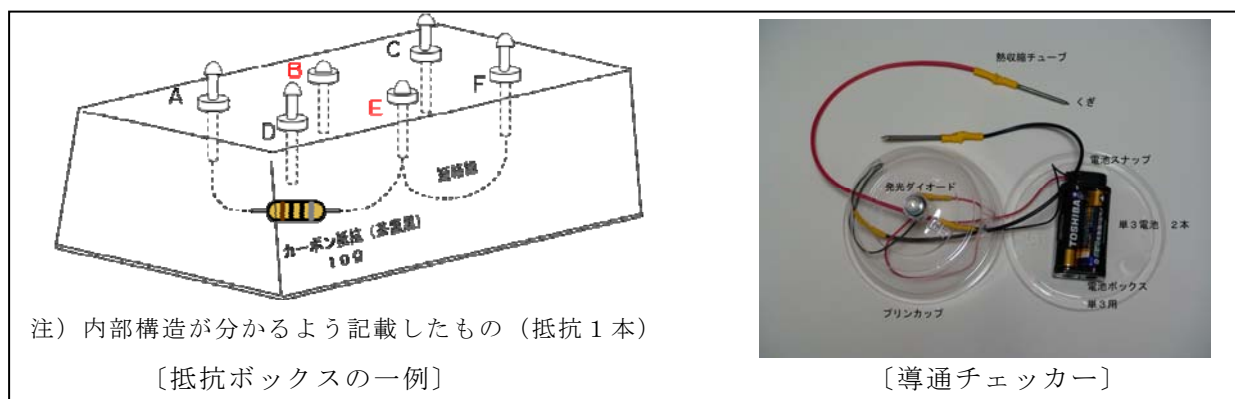
使用機器は【図 2-2】に示すように電圧計，電流計，乾電池（単 1 電池），クリップ付き導線，開発教材は，抵抗ボックス（不透明容器使用）及び豆電球と発光ダイオードが交換可能な導通チェッカーである。



【図 2-2】使用機器及び開発教材

イ 開発教材の概要

抵抗ボックスは、不透明で内部が見えない蓋付き容器を用い、抵抗1本、抵抗2本の直列接続、抵抗2本の並列接続という3種類のパターンそれぞれについて18個ずつ、計54個を作成した。【図2-3】の6端子(A~F)を利用することにより、電流計でないと調べられないこと、電圧計でないと調べられないこと、単純なもの、複雑なものといろいろな設定が可能になる。電流計による測定結果とオームの法則を組み合わせることで抵抗値を求め、電圧計を使うことにより抵抗の位置を特定する。ゲーム的な要素を取り入れることで、既習の知識を使いこなすことによる理解の深まりを図ることがねらいであり、課題解決学習が可能となる。一方、導通チェッカーは、豆電球と豆電球型発光ダイオードとの交換が可能である。発光ダイオードは、表示機器として実用化されており、省電力、長寿命、発熱が少なく省スペースで、水銀などの有害物質を含まないことから環境への貢献度が大きいことなどが特徴である。特に今後照明の分野で劇的な省電力が実現すれば、二酸化炭素削減による地球温暖化対策としても大きく貢献することが期待される素子である。ここでは、回路をつくり電流計で電流の大きさを測定し、豆電球の場合と比較することでその特徴を捉えさせるとともに、日常生活との関連付けをねらいとし生徒が容易に製作できる教材とした。



【図2-3】開発教材

(4) 開発教材を用いた授業の実際

盛岡市立上田中学校2学年1クラス(男子22名、女子15名 計37名)において、12月18日(火)、19日(水)に指導実践を行った。

ア 指導計画

- ① 題材名：「電流」の単元における基本的な知識・操作の確認及び活用
- ② 学習目標：
 - ・本実践をとおして、測定機器の操作を身につけ、回路の規則性を説明できる。
 - ・基本的な操作及び知識を活用して抵抗ボックスを解明する課題解決を行うことにより、既習事項の理解を深めるとともに定着を図る。

③ 学習指導計画(点線の枠内は本実践前の学習内容と時間)

・電流はどんな時に流れるか	2時間
・電流は回路をどのように流れるか	2時間
・回路によって電流を流そうとするはたらきはどちらがうか	2時間
・電圧と電流にはどんな関係があるか	3時間
・回路によって抵抗はどうか	1時間

・補充学習(本実践) 2時間

イ 指導試案

補充授業は、生徒が目的意識をもって実験に取り組み、お互いに学びあうグループ交流やT.T.などを取り入れた課題解決学習とし、その指導試案を次のように考えた。
 なお、①～⑤は2時間、「ものづくり」である⑦～⑨は1時間の授業で実施する。

学 習 活 動 及 び 使 用 教 材	教 師 の 指 導 等
<p>START</p> <p>事前評価アンケート</p> <p>① 抵抗ボックスを使用した課題解決学習のねらいと進め方について説明を聴く。(T₁が指導)</p> <p>② 抵抗1本が入っている抵抗ボックスの回路を調べ予想する。(T₁が指導)</p> <p>③ 抵抗ボックスを開けて確認する。できたか?</p> <p>④ 抵抗が2本直列、2本並列に入っている抵抗ボックスの回路を調べ予想する。(T₁が指導)</p> <p>⑤ 抵抗ボックスを開けて確認する。できたか?</p> <p>⑥ 事後評価アンケート 学習の定着の検証</p>	<p>※37名を17のペアと3人一組の編成とする。</p> <p>※電圧計18台、電流計18台を準備</p> <p>① T₁が説明しT₂が補助する。その際、黒板の図や実物を使って補助する。</p> <p>② 制限時間を設け回路を解明させる。T₁、T₂で分担し、電流計及び電圧計の使い方などで困っている生徒を指導する。</p> <p>③ 予想をワークシートに記入させる。抵抗ボックスを開けて回路を確認させる。解決したら別の抵抗ボックスに取り組みさせる。ペアで相談しても解決できない場合はT₁、T₂が指導する。</p> <p>④ T₁、T₂で分担し、電流計及び電圧計の使い方などで困っている生徒を指導する。</p> <p>⑤ 予想をワークシートに記入させる。抵抗ボックスを開けて回路を確認させる。解決したら別の抵抗ボックスに取り組みさせる。ペアで相談しても解決できない場合はT₁、T₂が指導する。</p> <p>⑥ 事後評価アンケート、定着調査</p>
<p>⑦ 導通チェッカーの製作 (T₁が指導)</p> <p>⑧ 製作する。できたか?</p> <p>⑨ 回路を流れる電流を測定する。(T₁、T₂が指導)</p> <p>⑩ 事後評価アンケート 学習の定着の検証</p> <p>END</p>	<p>⑦生徒は、回路図を見て、実際に導通チェッカーの配線を行う。</p> <p>⑧ T₁、T₂で分担し、配線などで困っている生徒を指導する。</p> <p>⑨身の回りで発光ダイオードが使用されている例などを示し、日常生活と関連付けた指導を行う。</p> <p>⑩事後評価アンケート、定着調査 ※事後評価アンケート及び学習の定着の検証は、⑤あるいは⑨のどちらかが終了した後に実施する。</p>

(5) 実践結果の考察と分析

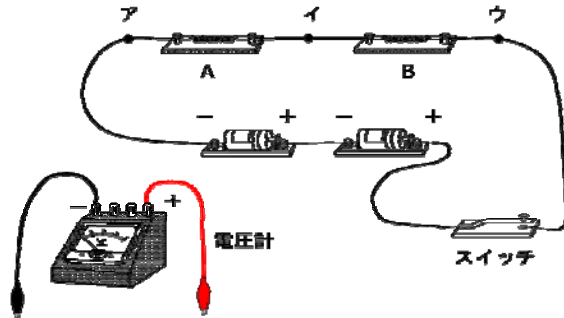
ア 検証問題及び結果

実践結果の分析については、学習内容が定着したかどうかを指導実践一ヶ月後のテスト結果でみとることとした。それらの問題を【図 2-4】に示す。

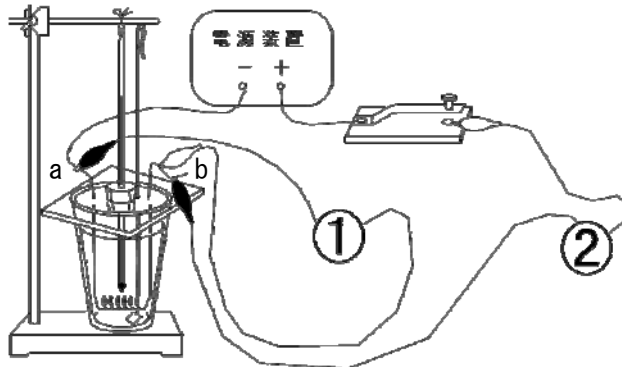
平成 20 年 1 月 21 日にテストによる検証を行い、問題は正答率で比較が可能な平成 17 年度学調（下記①）及び平成 18 年度学力検査の問題（下記②）を使用した。

① 図の回路で、電熱線 A にかかる電圧をはかるには、電圧計の+端子、-端子を、それぞれどこに接続すればよいですか。図の中のア～ウ点から、それぞれ1つずつ選び、その記号を書きなさい。

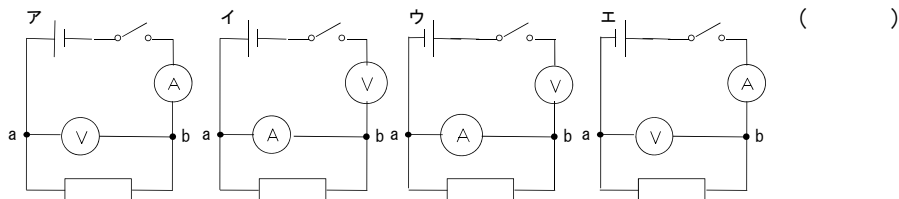
+端子 ()
-端子 ()



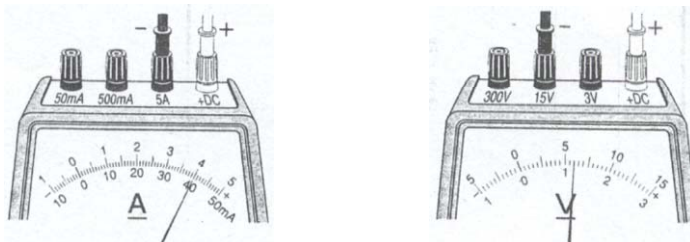
② 図のように、発泡ポリスチレンで包まれていて、熱が逃げないように工夫された容器を使って、液体を加熱する装置を作りました。①と②には、電圧計と電流計のいずれかをつなぎ、電熱線に加わる電圧と流れる電流の強さを同時に調べられるようにしました。



(1) 次のア～エのうち、上図の回路を表す正しいものはどれですか。一つ選びなさい。



(2) この実験で、接続した電流計と電圧計のふれは、次の図のようになりました。このときの電熱線の抵抗の値はいくらですか。単位をつけて数字で書きなさい。



【図 2-4】検証問題（平成 17 年度学長及び平成 18 年度学力検査の問題）

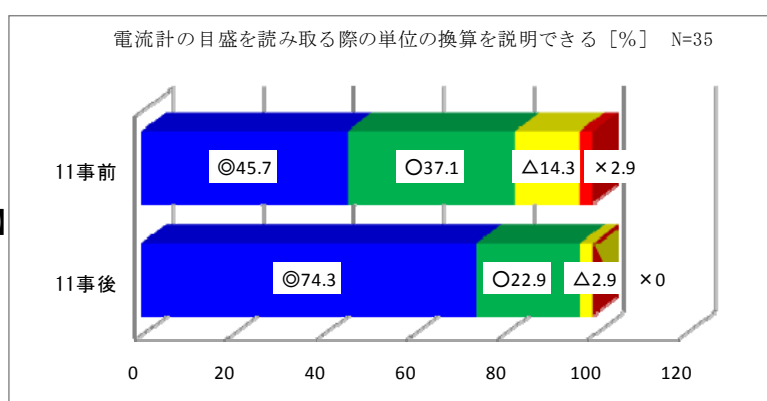
検証問題の正答率(県平均)と今回の指導実践における正答率を【表 2-1】に示す。

今回の指導実践における正答率が、100 に近づいていることから、学習の定着がより図られ、今回提案した開発教材と指導方法の有効性が明らかになったと考える。

【表 2-1】 出題内容と正答率の比較

問題番号	出題内容	正答率 (県平均)	今回
1	電圧計の接続	47.0	73.5
2- (1)	回路図 (電流計及び電圧計の接続)	70.0	94.1
2- (2)	目盛りの読み取りとオームの法則	37.0	82.4

また、上記 2- (2) の正答率が上昇した理由については、【図 2-5】に示した電流計の目盛を読み取る際の単位の換算に関する事前・事後のアンケート結果や、【表 2-2】に示した事後アンケート No5 の結果において、「できる」と回答した生徒の割合が、それぞれ 74.3%, 68.6% に増加したことから読み取ることができる。



【図 2-5】 事前・事後アンケート結果

注) ◎……できる, ○……どちらかといえはできる

△……どちらかといえはできない, ×……できない

【表 2-2】 事後アンケートの結果【%】

N = 35

事後	設問の内容	◎	○	△	×
1	興味・関心をもって実験に取り組むことができた。	68.6	25.7	2.9	2.9
2	操作の意味がわかり、目的意識をもって実験に取り組むことができた。	62.9	31.4	2.9	2.9
3	電流計を正しく接続し、回路の各点を流れる電流を測定できた。	74.3	20.0	5.7	
4	電圧計を正しく接続し、回路の各区間に加わる電圧を測定できた。	77.1	20.0	2.9	
5	電流と電圧の測定値から、抵抗の値を求めることができた。	68.6	25.7	5.7	
6	抵抗ボックス内の抵抗の大きさと位置を正しく予想することができた。	77.1	17.1	5.7	
7	繰り返し実験することで、電流計や電圧計を正しく扱うことができた。	77.1	22.9		
8	予想した回路図を正しく書くことができた。	85.7	14.3		
9	ペアでの実験は、お互いに考えを交流し学びあうことができた。	85.7	11.4	2.9	
10	今回の実験に取り組み、回路図、電流と電圧の関係を理解することができた。	71.4	28.6		

【表 2-2】において、No1 と No2 の「できる◎」と回答した割合が 60% 台であるのは、初日の授業において、実験器具そのものが生徒にとって目新しいものであったことから、実験操作の理解に時間がかかったことによるものである。

また、オームの法則を用いた数値計算については、生徒が抵抗ボックスを解明するという具体的な目的意識をもって実験に取り組み、楽しみながら操作及び計算を繰り返すことによって、肯定的な回答率(◎と○の和)が 94.3% という高い結果になった。

授業者の鎌田崇教諭によると、男子に比べ苦手意識が強い女子において、成績の伸びが顕著であったことがこの授業の成果であると話していた。

今後の課題として 2 点挙げられる。1 つ目は、この方策をいかに県下の各中学校に広め実践で活用してもらうかである。2 つ目は、昨年度の研究である磁界(パスカル電線)と本研究を融合させ、教材としての完成度を高めることである。

3 化学領域における観察・実験教材

(1) 学習定着度状況調査の分析

「身の回りの物質」は、物質についての観察、実験を通して、固体や液体、気体の性質、物質の状態変化について理解させ、物質の性質や変化の調べ方の基礎を身に付けさせる基本的・基礎的な単元である。この単元の中で取り扱う「密度」は、物質の量を表す二つの基本的な化学量である「質量」と「体積」の関係を表す量で、融点や沸点などとともに物質に固有の化学量である。物質が状態変化するとき、物質の体積は変化するが質量は変化しないので、密度が変化することは、物質についての重要な学習内容の一つである。しかし、「学調」の結果をみると、中学校第2学年における「状態変化による物質の質量と密度の変化を考えることができる」の正答率は、平成17年度で17%、平成18年度で25%とやや向上したもののいずれも低い正答率となっている。そこで、本研究では、「状態変化に伴う物質の密度の変化」における観察・実験を再検討することとした。

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

中学校学習指導要領解説の理科編には、次のような記述がある。

物質には密度や電気の通りやすさ、加熱したときの変化など固有の性質と共通の性質があることを見いだすこと。…（後略）

状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを見いだすこと。

この学習内容を理解、定着させるためには、次のような要件を備えた観察・実験が必要である。

ア 物質が質量と体積をもつことと、その関係を示す密度を実感すること。

生徒は、すべての物質に質量があることや体積があることを、しっかりと認識していない実態があることは、さまざまな先行研究でも指摘されている。したがって、その質量と体積の関係を示す密度の理解も不十分であるのが現状であると思われる。そこで、日常生活において「密度」を最も実感しやすい「浮き沈み」を通して密度を意識し、学習意欲を喚起する教材の開発が必要である。また、「密度」が物質に固有のものであることを理解、定着させるためには、物質の質量、大きさや形状に無関係に密度が一定であることを実感できる教材も必要である。

イ 固体と液体間の状態変化において、質量と体積の変化を測定し実感すること。

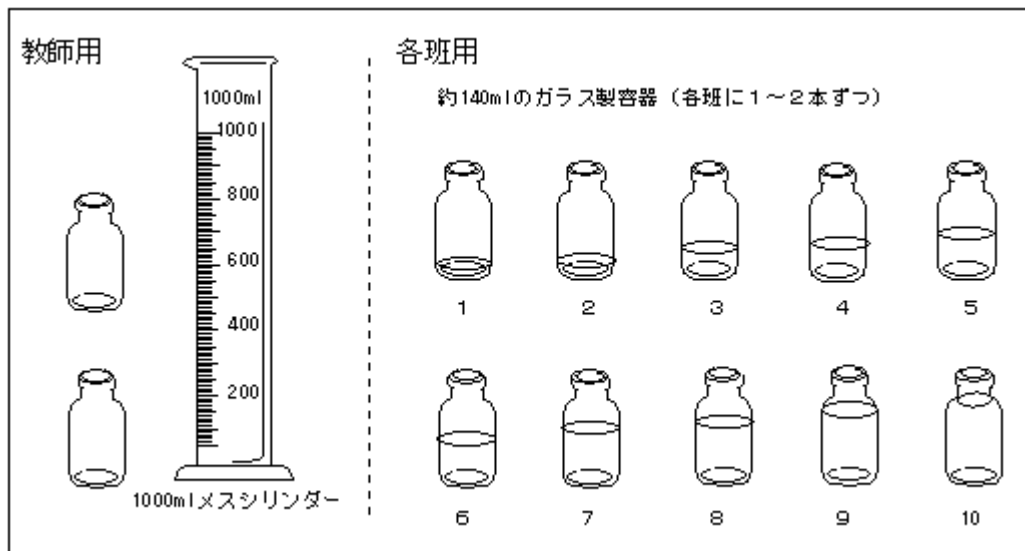
教科書において、ロウが液体から固体に変化するとき、質量の測定は行っているものの、体積の変化については見た目だけで判断をしている実態がある。しかし、上記アを踏まえれば、体積の測定も行って密度を求める指導も可能である。

そこで、ロウが液体から固体に状態変化するときの質量と体積を簡単に測定する生徒実験教材を工夫した。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材

ア 教材I「浮き沈みを通して密度を意識し、学習意欲を喚起する教材」

【図3-1】に教材の概要を示す。準備するものは、教師用としては、内容量が約140mlのドリンクのガラス製容器で、フタが金属製のねじ式で密栓できるものを2本と1000mlのメスシリンダー1本である。各班には、上記のガラス製容器を、班の数に応じて1～2本ずつ配付する。



【図 3-1】教材 I 「浮き沈みを通して密度を意識し、学習意欲を喚起する教材」の概要

実験は、以下の手順によって行う。

- ① 1000ml メスシリンダーに約 700ml の水を入れ、水面の高さにビニールテープで印を付けておく。
- ② 教師用のガラス製容器を用いて、次の 2 つの演示実験を行う。
 - (a) 水を満たし密閉したガラス製容器をメスシリンダー内の水に静かに入れ、容器が水に沈むことを確認させ、上昇した水面の高さにビニールテープで印を付けておく。
 - (b) 水をまったく入れず空気だけを密封したガラス製容器をメスシリンダー内の水に静かに入れ、容器が水に浮くことを確認させる。また、浮いた容器をガラス棒などで押し、ちょうど全体が沈んだ状態にすると、(a) で付けた印と一致することを確認させて、質量は異なっても体積は同じであることを確認させる。
- ③ 班ごとにガラス製容器に入れる水の質量を変えて、②と同様にして容器がメスシリンダー内の水に浮かぶか、沈むかを予想させる。これには、次の 2 つの方法が考えられる。いずれの場合にも、全員に予想させ、挙手によりその数を板書する。
 - (a) 容器に入れる水の質量を、各班が自由に決め、沈むか浮かぶかのちょうど境界にあたる水の量を考えさせる方法。この方法では、生徒の主体性を引き出す効果はあるが、容器内に入れる水の質量が同じような値になってしまい、違いを明確に観察できない可能性がある。
 - (b) 容器に入れる水の質量を、班毎に決め、沈むか浮かぶかのちょうど境界にあたる水の量を考えさせる方法。この方法では、ゲーム性が少し低くなるが、質量の違いによる浮き沈みの違いが明確に比較できる。【表 3-1】に各班で容器に入れる水の質量の例を示す。

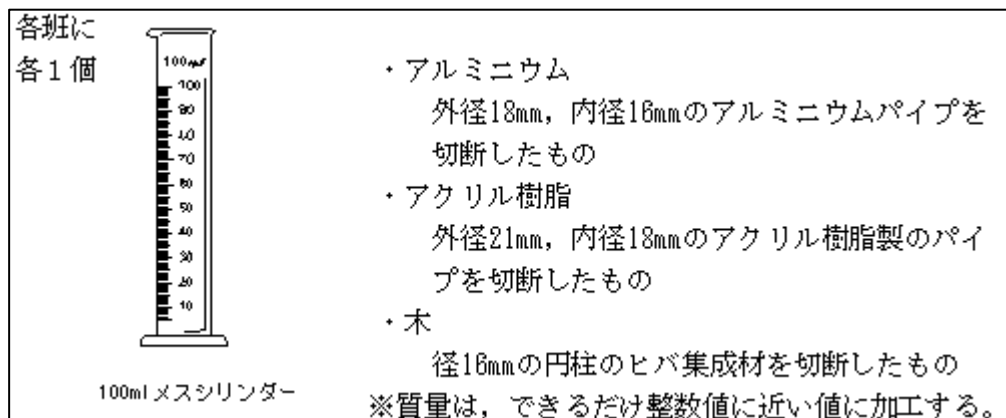
【表 3-1】 容器に入れる水の質量の例

班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
水の質量 [g]	5	20	35	50	65	80	95	110	125	140

- ④ 水の入った容器を、質量の小さい順にメスシリンダー内の水に静かに入れ、浮き沈みの様子を観察し、記録する。

イ 教材Ⅱ「質量と体積を測定し、密度が物質に固有の値であることを理解する教材」

【図 3-2】に教材の概要を示す。各班に 100ml のメスシリンダー 1 本ずつと、それぞれ質量の等しい 3 つの物質（アルミニウム、アクリル樹脂・木）を配付する。



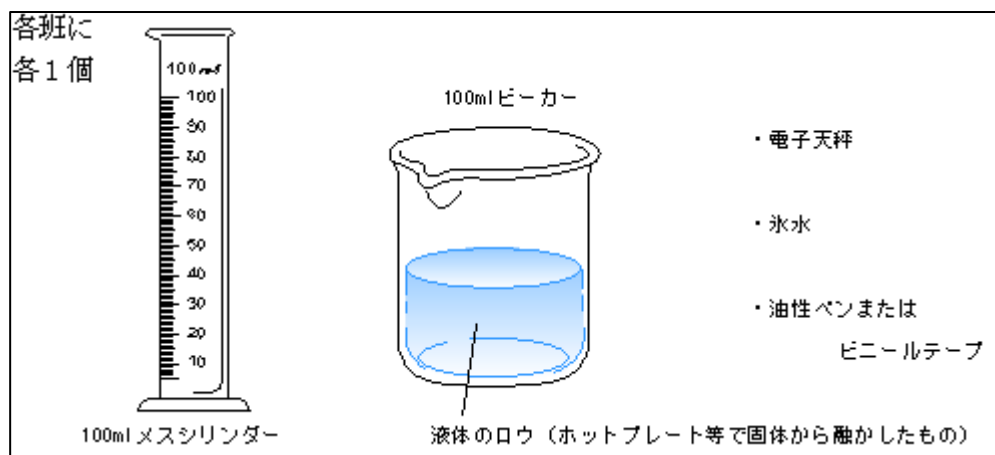
【図 3-2】教材Ⅱ「質量と体積を測定し、密度が物質に固有の値であることを理解する教材」の概要

実験は、以下の手順によって行う。

- ① 100ml メスシリンダーに約 70ml の水を入れ、水面の高さの目盛りを読み、記録する。
- ② 班ごとに、アルミニウム、アクリル樹脂及び木の質量をそれぞれ測定し、同じであることを確認して記録する。
- ③ ①のメスシリンダー内の水に、静かにアルミニウム、アクリル樹脂及び木をそれぞれ入れ、浮き沈みの様子を観察する。
- ④ ③で、水に物質が沈んだ場合は、その状態で水面の高さの目盛りを読み、記録する。一方、水に物質が浮かんだ場合には、浮いた容器をガラス棒などで押し、ちょうど全体が沈んだ状態にして水面の高さの目盛りを読み、記録する。
- ⑤ ①と④の目盛りの差から、物質の体積を計算する。
- ⑥ ②の質量と、⑤の体積から、それぞれの質量／体積を計算する。

ウ 教材Ⅲ「状態変化による質量と体積の変化を容易に測定する教材」

【図 3-3】に教材の概要を示す。準備するものは、各班に 100ml のメスシリンダー 1 本ずつと、100ml のビーカー 1 個である。ホットプレートであらかじめ液体に融かしておいたロウである。



【図 3-3】教材Ⅲ「状態変化による質量と体積変化を容易に測定する教材」の概要

実験は、以下の手順によって行う。

- ① 液体のロウが入ったビーカーは、液面の高さに事前に印をつけておく。
- ② ビーカーに入った液体のロウの質量をビーカーごと電子天秤ではかる。
- ③ ビーカーを氷水等で冷やして、ロウを固体にする。
- ④ 固体のロウの質量をビーカーごと電子天秤ではかる。
- ⑤ ①の印の位置まで水を入れ、その水の体積をメスシリンダーではかる。
- ⑥ 固体のロウをビーカーから取り出し、ビーカーの質量を電子天秤ではかる。
- ⑦ ⑥の空のビーカーに①の印の位置まで水を入れ、その水の体積をメスシリンダーではかる。
- ⑧ 液体・固体のロウの質量と体積を求め、密度を計算する。

(4) 開発教材を用いた指導実践

花巻市立花巻北中学校において、平成19年10月11日(木)に教材Ⅰ及び教材Ⅱについての指導実践を行った。また、平成19年12月12日(水)に教材Ⅲによる指導実践を行った。

(5) 実践結果の考察と分析

指導実践を行った結果について、授業中の生徒の様子や学習プリントに記述された内容等をもとに、研究協力員と考察・分析を行った。その結果を次に述べる。なお、3学期に「学調」と類似の問題を出題し、その分析から学習の定着や教材の有効性について検証する。

ア 教材Ⅰ及び教材Ⅱによる指導実践

授業の導入段階に、教材Ⅰを用いて教師が演示実験を行った。結果を予想させ実験を行ったところ、生徒たちは意欲的に授業に参加し、実験の結果からさまざまな考察を行った。

次に、教材Ⅱを用いて生徒実験を行った。生徒の学習プリントには、「質量は同じなのに、浮くものと沈むものがあるって面白いと思った。」や「実験をやってみて、密度によって浮き沈みが決まることがわかった。」等、興味・関心の喚起や、実験による理解の深まりを示す記述がみられた。しかし、各物質の密度を正しく求めることができた生徒は、2割程度に留まった。その要因を学習プリントから分析し、次の3点と考えた。

- ① 計算に対する苦手意識が非常に強く、計算の技能も低い。
- ② 電子天秤やメスシリンダーの使い方に習熟していなかった。
- ③ 質量と体積の値を逆に計算していた。

これらのことから、電子天秤やメスシリンダーの使い方については事前の操作確認の時間が必要であったことや、卓上計算機の準備をするなどの工夫が必要であったと考える。

イ 教材Ⅲによる指導実践

教材Ⅲを用いて、生徒実験を行った。【図3-4】は、実験中の生徒の様子である。生徒たちは、手順をよく理解し、意欲的に実験に取り組んだ。質量と体積の測定や密度の計算は、教材Ⅱでの実験を想起しながらスムーズに行い、すべてのグループで満足いく結果が得られた。まとめとして、「固体のロウは液体のロウに浮くか沈むか。」の教師の発問にも、密度の値から自信をもって答えることができていた。



【図3-4】実験中の生徒の様子

4 生物領域における観察・実験教材

(1) 学習定着度状況調査の分析

過去4年間の調査で、小学校理科生物領域において正答率が60%以下の問題は、【表4-1】のとおりである。この中で、「季節と動物の活動の様子を指摘できる」と「顕微鏡の観察手順」については、平成18年度正答率が上昇しており、指導の改善が図られていることがわかる。しかし、第5学年の「種子の発芽に必要な条件を調べる」と第6学年の「だ液の働きを調べる」学習については、経年変化を見ても定着が十分とはいえず、第5学年の「条件に目を向けながら調べる力」が、第6学年で育成する「多面的に追及する力」につながっていないことが考えられる。これは、児童が条件を制御しながら観察・実験を行って、条件の違いから実験結果を考察する科学的な思考力が十分に育っていないことに原因があり、科学的な思考力を育成するための指導の改善が必要である。

そこで、本研究は第6学年の「2 動物のからだのはたらき」の単元において、食べ物が、口、胃、腸などを通る間に消化、吸収され、吸収されなかった物は排出されることについて調べる活動の中で、デンプンがだ液のはたらきによって変化することを観察し、実験結果に影響を与える条件について考えさせる教材の開発を目指した。

【表4-1】「学調」生物領域で正答率の低い問題の経年比較

学習学年	出題内容	調査実施学年	主な観点	正答率 (%)			
				H18	H17	H16	H15
小学校4年	季節と動物の活動の様子を指摘できる	小学校5年	知識・理解	82	50	55	—
小学校5年	種子の発芽に必要な条件を調べる	小学校5年	科学的思考	55	56	52	41
小学校5年	顕微鏡の観察手順	小学校6年	技能・表現	73	44	45	30
小学校6年	だ液の働きを調べる	小学校6年	科学的思考	60	54	—	—
		全体正答率	小学校5年	70	68	69	67
			小学校6年	81	80	82	78

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

学習指導要領および解説は、この単元について以下のように示している。

<p>学習指導要領 小学校 第6学年</p> <p>2 内容</p> <p>A 生物とその環境</p> <p>(1) 人及び他の動物を観察したり資料を活用したりして、呼吸、消化、排出及び循環の働きを調べ、人及び他の動物の体のつくりと働きについて考えをもつようにする。</p> <p>アウ省略</p> <p>イ 食べ物は、口、胃、腸などを通る間に消化、吸収され、吸収されなかった物は排出されること。</p> <p>[内容の取り扱い]</p> <p>(1) 内容の「A生物とその環境」の(1)のイについては、体内に取り込まれた物質の使われ方は扱わないこと。</p> <p>(2) 省略</p>
--

<p>学習指導要領解説 理科編</p> <p>イ 人及び他の動物の消化の働きについて、食べた物がどこを通過してどのように変化し体内に取り入れられているかを調べ、<u>食べた物は口から胃、腸へと移動する間に消化されていること</u>をとらえるようにする。以下略</p> <p>ここで扱う対象としては、人の体のつくりや働きにおいて自分の体を中心に扱うようにし映像や模型などもあわせて活用することも考えられる。以下略</p>

学習指導要領では、身近に見られる自然の事物・現象の変化や働きをその要因と関連付けながら調べ、問題を見いだし、見いだした問題を多面的に追究する活動を通して、自然

の事物・現象の相互関係や規則性についての見方や考え方を養うことに重点が置かれている。この単元では、食べ物がからだの中で変化することをとらえさせるために、ごはん粒に含まれているでんぷんがだ液によって変化することを調べる実験を行い、条件制御や対照実験の意味を考えさせ、実験結果からだ液の働きについてまとめるなどの学習活動が求められている。しかし、従来の実験方法では実験に多くの時間を費やし、実験結果を考察する時間が十分に確保できないことが、学習内容の定着が不十分な理由の一つと考えられる。

そこで、学習指導要領の内容及び解説から、本研究で開発する観察・実験の教材が備えるべき要件として考えられる事項を、以下のア～ウのとおりとした。

ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象

- ・食べ物は、口から胃、腸へと移動する間に別な物質に変化しながら消化されていくことを理解することができる。
- ・ごはん粒にはデンプンが含まれていて、デンプンが変化するためには、だ液が必要であることを、実験を通して調べることができる。
- ・比較する条件と統一する条件とを区別し、適切に条件を制御しながら実験を行い、実験結果を考察できる。

イ 各学年の指導内容に応じた観察・実験の器具の操作技術及び、容易に理解可能な観察・実験

- ・児童一人一人が実験を行い、からだの中で起こる反応であることを実感できる。
- ・主食として食べているごはん粒にはデンプンが含まれていることを理解する。
- ・デンプンが変化したことをヨウ素デンプン反応で確かめることができる。
- ・温度管理が容易にできる。

ウ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項が盛り込まれているもの。

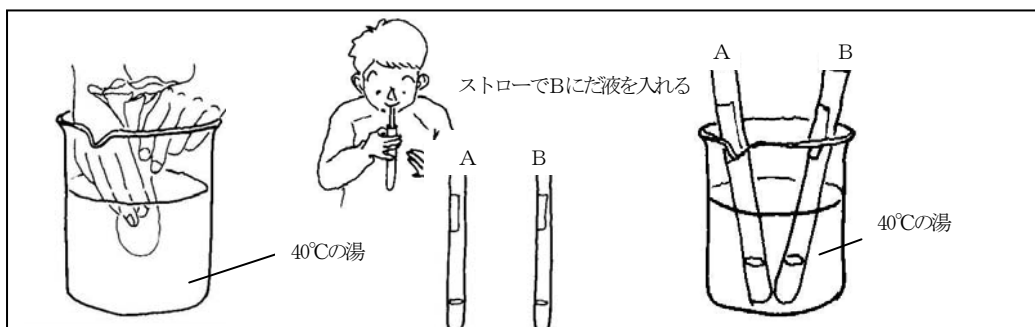
- ・使用する薬品や実験器具に配慮する。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材

ア 従来の観察・実験教材

県内の小学校では、【図 4-1】のように、約 40℃のお湯の中でごはん粒をもみ出し、2本の試験管を使って実験を行っている。操作自体は容易であるが、この方法では、温度、デンプンの濃度、だ液の量の3点で条件の制御が難しく、期待通りの結果が得られないことがある。さらに、次の点についても改善が求められている。

- ・人前でだ液を出すという操作が児童にとって抵抗感があり、じゅうぶん量のだ液が試験管に加えられていないことがある。
- ・実験時間が10分と長い。
- ・班毎の実験が基本で、実験器具等の制約があり、一人一人の実験には対応が難しい。



【図 4-1】従来の実験方法

イ 教材の概要

アで示した問題点を改善するために、試験管の代わりにチャック式ポリ袋を用い、お湯を使わないでだ液のはたらきを調べる教材を開発した。チャック式ポリ袋を用いて個別実験ができるようにした研究が安齋（2007）によって報告されているが、本研究では、小学生の発達段階に応じた実験方法とデンプン溶液の濃度やだ液の量などの実験条件の検討を行った。

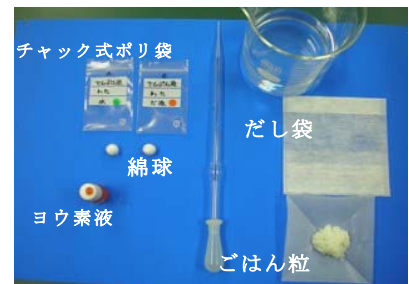
(ア) 実験条件の検討

だ液のはたらきを調べる実験では、可溶性デンプンをお湯に溶かして使用する 경우가多いが、小学生には主食として普段食べているごはん粒を用いたほうが理解しやすいと考え、ごはん粒をもみだした溶液を使用することにした。そこで、もみだす温度と回数、水の量の検討を行った。40℃のお湯と水の中でもみ出した溶液にヨウ素液を加えた結果同様な反応が見られ、水でごはん粒をもみだした溶液を実験に使用できることが分かった。また、水の量ともみだす回数を変えて実験した結果、200mlの水の中で10回もみ出した溶液の濃度が実験に適することが分かった。次に、だ液の量の検討を行ったが、綿球を用いた場合は、しばらく口の中にふくませておくことで十分なだ液が得られることが分かった。反応時間を調べてみると、3分後にデンプンの分解が進み、5分後にはほとんど分解されることが分かった。

(イ) 教材「お湯を使わないでだ液のはたらきを調べる教材」

使用する実験器具は【図 4-2】のとおりである。

- ・チャック式ポリ袋（以下チャック袋）（50mm×70mm）
- ・綿球（綿）またはろ紙
- ・ごはん粒
- ・だしパック
- ・ヨウ素液（市販のヨウ素水溶液を10倍に希釈）
- ・ピペット、ビーカー、水、マジック



【図 4-2】使用する実験器具

実験は、以下の手順で行う。

- ① 約 10g（大さじ1）のごはん粒をだしパックの中に入れ、ビーカーの中で約 200ml の水に 10 回もみだす。【図 4-3】
- ② ①の液 2ml をスポイトで、A、Bのチャック袋に入れる。
- ③ Aには、水で湿らせた綿球を、Bにはだ液で湿らせた綿球をそれぞれ入れ、チャックを閉める。
- ④ 【図 4-4】のようにチャック袋A、Bを手の中で3～5分くらいあたためる。
- ⑤ ヨウ素液を2滴入れて、色の変化を見る。



【図 4-3】ごはん粒をもみだす



【図 4-4】実験のようす

実験の結果は、【図 4-5】のようにAだけが青紫色に変化した。Aは、青紫色に変化したのでデンプンがあることが分かり、Bは、ヨウ素溶液に反応しないので袋内のデンプンが分解したことが分かる。AとBでの条件は、だ液か水の違いだけで、他の条件は同じなので、デンプンを変化させたものは、だ液であることが考察できる。



【4-5】実験の結果

(4) 開発教材を用いた授業の展開

ア 授業の構想

日常の経験から学習課題に対して予想を立て、その予想に基づいて児童一人一人が個別に実験を行い、実験結果を対照実験と比較することによって学習の定着が図れると考えた。

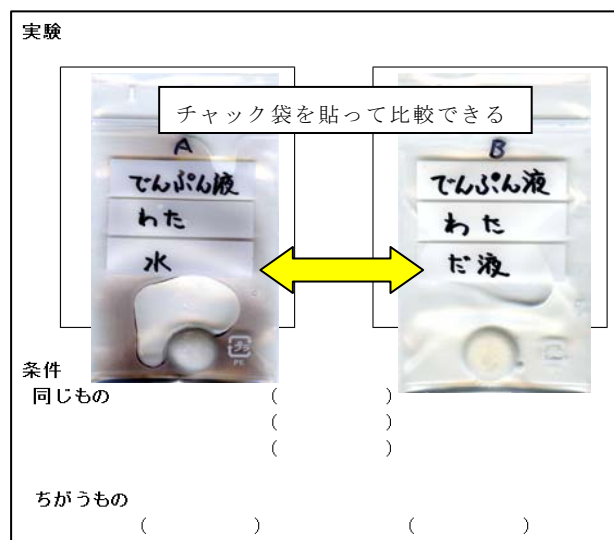
本教材を用いる授業の学習課題を「食べ物にふくまれる養分は、どのようになって体内にとり入れられるのだろうか。」とし、【表 4-2】のように1時間扱いで展開する。

【表 4-2】指導試案

段階	学習活動	教師の指導
つかむ	<ul style="list-style-type: none"> 食べ物の通り道について話し合う 課題を把握する 	<ul style="list-style-type: none"> 食べ物はどのような道すじをたどって運ばれ、養分はどこからとり入れられるかを話し合わせる 食べ物の通り道を消化管ということをとらえさせる ごはん粒をかんでいると甘くなることを想起させ、口の中のだ液によって変化することを予想させる
しらべる	<ul style="list-style-type: none"> ごはん粒に含まれているデンプンが、だ液によって変化するかを調べる 調べる方法を考える 	<ul style="list-style-type: none"> ヨウ素液を加えることで何が分かるか確認させる ごはん粒にヨウ素液をたらして、デンプンが含まれていることを確認させる 2つのチャック袋に何を入れて実験すればよいか考えさせる ごはん粒をだし袋の中でもむことやチャック袋を手の中であたためることで、体の中で起きている変化であることを実感させる 2つのチャック袋の条件について記録させる
まとめる	<ul style="list-style-type: none"> デンプンがだ液によって変化したことをまとめる 	<ul style="list-style-type: none"> 実験の結果、デンプンが違うものに変化したことをまとめさせる 2つのチャック袋を提示しながら、実験を繰り返させる 結果の違いは、何に原因があるかを条件の違いと対応させて考えさせる

イ 実験結果をまとめるワークシート

チャック袋は、密閉性に優れているので、実験に用いた2つのチャック袋を直接ワークシートに貼って実験結果を比較することが可能である。【図 4-6】のようなワークシート上で、2つのチャック袋の中の条件の違いと実験結果を対応させて、比較する条件と統一する条件とを整理しながら実験結果が考察できる。また、同じシートを黒板に貼り、チャック袋をマグネットにくっつけて提示することもできる。



【図 4-6】ワークシート一部

(5) 指導実践について

本研究で開発した実験教材を活用した指導実践は平成 20 年に実施し、その結果の分析と考察については Web ページで報告する。

5 地学領域における観察・実験教材

地学領域における観察・実験教材開発のため、本県の過去4年間の「学調」における小学校地学領域の正答率の分析を行った。その結果、正答率が低い出題内容が数年間同じ内容でいくつかに絞られることが明らかになった。その出題内容は、正答率が3割台から4割を示す第4学年の「太陽や月の動き」、第6学年の「堆積岩ができる地層」である。

本章では、「学調」の地学領域における正答率の低い「堆積岩ができる地層」の学習内容の定着を図るために開発した観察・実験教材と指導実践について述べる。観察・実験教材「堆積物・堆積岩分類標本」を用いた指導実践の結果、泥岩ができる地層の内容の定着を図ることができたので報告する。

(1) 学習定着度状況調査の分析

「学調」の分析は地学領域における観察・実験教材の開発が必要な学習内容について提供してくれる。その学習内容は、第6学年「堆積岩ができる地層」である。

平成15年度から18年度の4年間に出题された「学調」の小学校地学領域の全問題数19の正答率を分析した。「学調」の分析から明らかになった正答率の低い地学領域の内容は毎年ほぼ同じ出題内容であり、特定の学習内容に偏っている。正答率3割台から4割と定着が図られていない学習内容は、第4学年の「太陽や月の動き」、第6学年の「堆積岩ができる地層」である。このうち、

「太陽や月の動き」については前年度の本センター研究（高橋ほか、2007）で佐藤が「学調」の分析に基づき「ぼうのかげ調べ」と「太陽の動き記録装置」を開発して授業実践を経てその効果を確認している。

【表5-1】「学調」中学校第1学年（小学校第6学年C区分）出題内容と正答率（数値は%を示す）の経年比較

出題内容	H15	H16	H17	H18
水のはたらきによってできる岩石を把握している	37			
泥岩ができる地層を指摘できる		35		
砂岩ができる地層を指摘できる			59	
地層のつながりを指摘できる				89
地層に含まれる化石について理解している				97

第6学年の「堆積岩ができる地層」について、【表5-1】に出題内容と正答率（数値は%を示す）の経年変化の比較を示した。地層のつながりや含まれる化石については正答率が高い。これに対し水のはたらきによってできる岩石については低い正答率である。堆積岩の中でも特に正答率の低いのが「泥岩」である。これは、粘土が続成作用で泥岩に変わるという指導が不十分であり、児童に認識されていないためだと考えられる。

なお、毎年9割前後の正答率と定着が図られている学習内容は第5学年の流水のはたらき、天気の変化である。正確には、この中には正答率が7割台であるものの平均正答率より低いものも3項目含まれる。3項目とは、川底が深くなっているところ（流水のはたらき）、川の流れの最も速い場所（流水のはたらき）、台風が発生する季節（天気の変化）である。

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

観察・実験教材の備えるべき要件は大きく3つである。①堆積物・堆積岩の実物を活用、②理科が苦手な教師こそ活用でき、児童にとっては実感できる教材、③教師が理解できる堆積物・堆積岩に関する資料を補足である。①はIV 1 (2)の「ア 科学的物事・現象の再現」、②は「イ 指導内容に応じた操作技術、容易に理解可能」に、③は「ウ 観察・実験を行

う上での配慮事項」に対応する。

①堆積物・堆積岩の実物を活用とは、理科の学習は本物の自然観察に基づいて成立するからである。自然の事物・現象を対象とする理科の中でも、地域性と歴史性に立脚した地学領域の学習においては野外科学が基盤となっており、児童にとっても実物の観察が出発点となる。指導に当たっては、児童に地学的事物・現象に触れさせ、実感を伴った理解を図る必要がある。学習指導要領では、次に示すように、土地の観察という実体験を通してその構成物である堆積物や堆積岩を理解させることが求められている。さらに、学習指導要領解説の第4章「各学年にわたる内容の取扱いの(2)」では土地の指導について「各地域での自然の事物・現象を教材化し、積極的な活用を図ることが必要である」と指摘している。

小学校学習指導要領〔第6学年〕 2 内容

C 地球と宇宙

(1) 土地やその中に含まれる物を観察し、土地のつくりや土地のでき方を調べ、土地のつくりと変化についての考えをもつようにする。

ア 土地は、礫、砂、粘土、火山灰及び岩石からできており、層をつくって広がっている物があること。

イ 地層は流れる水の働きや火山の噴火によってでき、化石が含まれているものがあること。

〔内容の取扱い〕

(1) ア アで扱う岩石は、礫岩、砂岩及び泥岩のみとすること。

小学校学習指導要領解説理科編

ここでは、身の回りの土地やその中に含まれる物を調べ、土地の構成物や地層の広がりやでき方をとらえるようにする。(略)

これらの活動を通して、土地のつくりと変化の決まりについての考えをもつようにするとともに(略)。

ア 崖や切り通しなどで土地の構成物を調べ、土地は、礫、砂、粘土、火山灰、岩石からできており、幾重にも層状に重なって地層をつくっているものがあることをとらえるようにする。(略)

イ 構成物に目を向けながら地層を観察すると、角がとれ丸みを帯びた礫や砂などが含まれていることに気付く。(中略)地層が流れる水の働きによってつくられたものであることをとらえるようにする。一方、火山灰や多くの穴をもつ石が地層の中に含まれていることもある。このことから、火山の噴火によってつくられた地層もあることをとらえるようにする。(下線は筆者、要件③で記述)

①の要件を構成する3つの条件を以下に整理する。

- ・身の回りの土地の構成物である礫、砂、粘土、岩石（礫岩、砂岩、泥岩）の実物の観察
- ・礫、砂、粘土は構成物のつぶの大きさによって分類
- ・礫、砂、粘土（正確には泥）が固化して岩石になったものが順に礫岩、砂岩、泥岩

②には2つの要件が含まれる。1つ目は、理科の苦手な教師においてもすぐに活用できる教材である。理科の苦手な教師は、理科の専門的な用語で解説された資料、既製品で完成度は高いが使用方法や使用意義が分からない教材、開発・作製に労力がかかる教材、準備に時間がかかる教材は利用しない。すぐに活用できる教材の条件とは、その教材を使う際、地学的事物・現象を説明するために重要だと教師自身が意義を理解した上で、教師の準備も、作製も短時間でできるものである。堆積物・堆積岩の実物の教材はこれらを備える。

2つ目は、その教材は児童にとって観察・実験に基づいた実感を伴った理解を促す条件を備える。実感には、茂庭・照井（2004）の3つの類型をすべて含む。特にも、小学生の場合、構成物を指で触って粗さを確かめるなど五感を使う「体験的な実感」は極めて重要である。そこで、実物で標本作製する際、ルーペで観察したり、指で触ったりするなど、容易な操作で体感できる作業を組み入れる。

③教師が理解しやすい堆積物・堆積岩に関する資料を補足とは、堆積物・堆積岩の背景にある地学的自然の原理を理解させ、実物を正確に説明するための教師用資料の準備である。地学領域の学習の定着を図るためには、正しい地学的物事・現象について、実物を基に説明できる教師の指導力が必要である。簡単に言うと、教科書に記載された用語や解説と、実際の地学的物事・現象とを結びつける資料である。

教科書には学習内容（岩石など）の説明が記されていて問題がないのではないかという意見もあろう。しかし、教科書には地学的物事・現象に対する不明瞭な説明が多い。それは、学習指導要領に制約された教科書の記述の曖昧さが原因である。なぜなら、学習指導要領は、小学生にとっては難解だと思われる地学用語をできるだけ使わないで学習内容を表現している。火山の働きでできた地層の特徴を例に紹介する。

東京書籍の第6学年教科書では、火山の働きでできた地層の特徴の1つ目として、「ごつごつとした角ばった石や小さな穴がたくさんあいた石が混じった地層」と記述している。学習指導要領解説（前掲）では、穴のあいた石とは火山の噴火によって作られた地層の根拠として挙げられている火山灰や「多くの穴をもつ石」と表現されているものに当たる。その岩石名の特定はされていないものの、教科書の掲載写真からは軽石と解釈される。

しかし、「角ばった石や穴のあいた石が混じる地層」は礫岩として観察されることがある。礫岩は多くは水の働きでできた地層である。さらに、露頭の観察経験のある者にとっては、軽石は火山によって降り積もるほか、二次的に水に流されあるいは水中での海底火山により水のはたらきによってできた地層の中に多数見られることはよく知られている。

同様に火山の働きでできた特徴の2つ目として「やわらかい土と角ばった岩石が、積み重なった層」と記述している。「角ばった岩石」とは高等学校地学の履修者にとっては、角礫を示し、礫岩を意味する。礫岩は多くは水のはたらきでできた地層である。掲載された写真から解釈すると、「やわらかい土」とは火山灰、「角ばった岩石」とは主に凝灰角礫岩や火山角礫岩を示し、軽石なども含めている。写真があつてこそその説明（表現）であり、説明だけでは何を指しているのか見当が付かない。

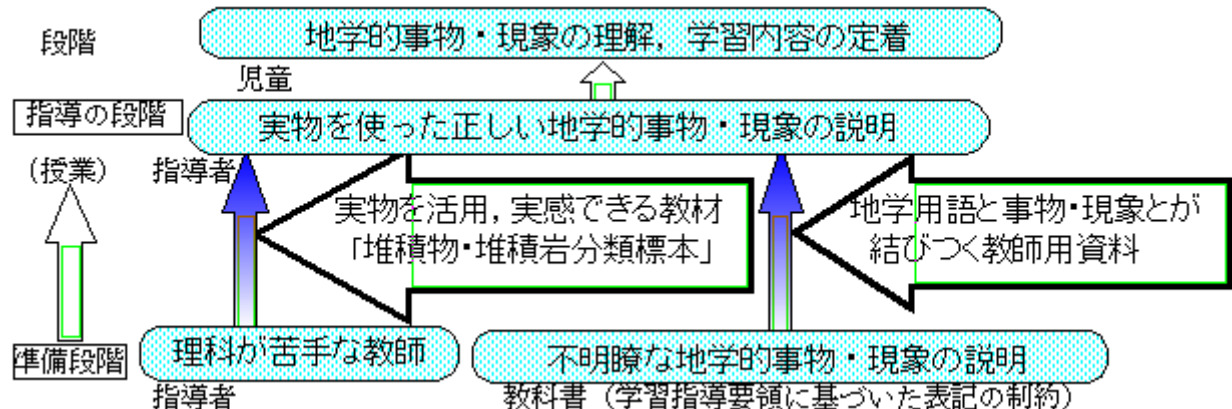
小学校の学習指導要領の範囲を超える表現になるための制約はあろうが、岩石名や堆積物の名称を一切使わずに表現するのでは本物（自然の生の姿）を伝えられない。これらをつなぐのが教師の役割である。そこで、理科が苦手な教師にとっても、教科書の不明瞭な地学的物事・現象の説明を、実物の観察を基に最小限の地学用語を用いて正しい地学的物事・現象として説明できるような補助資料を作製する。

堆積物と堆積岩の関係においても教科書の記述には問題点がある。その問題点については、次の章で「堆積物・堆積岩分類標本」を活用する際の具体的な指導ポイントとして述べる。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材

地学領域において学習の定着を図るための観察・実験教材を、「堆積岩ができる地層（第6学年）」を例に紹介する。「学調」の分析の結果、「堆積岩ができる地層」は定着が図られていない内容の一つである。堆積岩の中でも正答率の低い順に、泥岩ができる地層（35%）、水のはたらきによってできる岩石（37%）、砂岩ができる地層（59%）である【表 5-1】。この結果は、泥より砂という物事の方が実感を伴って理解されているのではない。砂と砂岩は堆積物の名称と堆積岩が一致している。この場合は漢字の連想で答えられる。しかし、

粘土と泥岩は、堆積物の名称と堆積岩が一致しない。泥岩の構成物をさわらせるなど、茂庭・照井（2004）の指摘する自然の事物・現象を正しくイメージできる認識の前段階となる体験的な実感を伴わせていないので、両者が結びついていない。



【図 5-1】 地学領域の学習の定着を図るための観察・実験教材の開発を示す構想図（太字矢印内が開発教材）

そこで、前述した要件に沿って観察・実験教材を開発した。具体的には、教師用資料と「堆積物・堆積岩分類標本」である。【図 5-1】にはその全体の構想を示す。教師用資料として堆積岩に関する大きく3つのポイントを示した資料を作製した。「堆積物・堆積岩分類標本」は堆積物・堆積岩の実物を使い、理科が苦手な教師にとってはすぐ活用でき、児童にとっては実感できる教材である。

教師用資料として、堆積岩に関する3つのポイントを示した。そのポイントとは、第5学年「流水のはたらき」の学習内容と系統性をもたせる点、堆積物から堆積岩に変化するしくみと時間的な意味合い（続成作用）、堆積岩の分類は碎屑物の構成粒子の大きさが基準になる点である。

1つ目のポイントの「流水のはたらき」の学習内容との系統性とは、流水の3作用（侵食、運搬、堆積）のうち堆積作用により地層が形成される点である。しかも、その作用は川が増水した極めて短時間に起こる作用であり、長い年月を掛けてゆっくりと堆積岩に変化していくことを捉えさせる。

2つ目のポイントの堆積物から堆積岩に変化とは、礫岩・砂岩・泥岩は、侵食されて運ばれた碎屑物（通常の堆積物のこと）が長年（およそ1千万年以上）の間に続成作用（圧力により水が抜け粒子間が狭まり、粒子間を結びつける化学作用がはたらくこと）を受け固化した碎屑岩という堆積岩である点を捉えさせる。なお、堆積岩には、石灰岩やチャートなど、生物の遺骸や化学的沈殿により生成するものもあることにも触れる。

3つ目のポイントは、碎屑物の構成粒子の大きさである。碎屑物の構成粒子の大きさが2mm以上のものを礫（教科書の「小石」）、2mm～1/16mm（0.0625mm）のものを砂、1/16mm未満のものを泥という。泥はさらに1/256mm（0.00391mm）以上のシルト、1/256mm未満の粘土に分けられる。学習指導要領や教科書では、粘土のみを扱っているが、粘土は泥に含まれる地学事



【図 5-2】 堆積物・堆積岩分類標本

物である。ただし、児童には礫は肉眼で、砂と泥は手触りで判断させる。このとき、砂はざらつきがあるが、泥はパウダー状でざらつきがない。この感触が判断の視点になり、体感を伴った理解は定着を図る上で重要である。

「堆積物・堆積岩分類標本」は、教師が教師用資料の内容を捉えた解説に基づき児童に作製させる。用意する試料は、川原から採集した堆積物、近くから採取した(あるいは標本として購入した)礫岩・砂岩・泥岩である。川原から採集した堆積物は、2mm・1/16mmのふるいにかけて正確に礫・砂・泥に分別する。これを、堆積物と堆積岩の関係を図示した台紙に木工用ボンドで貼り付ければ完成である。ただし、堆積物からどのような堆積物ができるのかについては探究的に調べさせ、その結果を矢印で分類標本に書き込ませるようにした。さらに、発展的な取り扱いが可能な場合も考慮し、堆積岩のほかの種類石灰岩やチャートも貼り付けられるようにした【図5-2】。

(4) 開発教材を用いた授業の実際

開発教材を用いた授業は、平成19年11月12日(月)2校時に花巻市湯本小学校6年2組28名(男19名、女9名)対象に指導実践を行った。授業者は研究協力員の竹林教諭にお願いした。授業は「大地のつくりと変化」の全指導時数13時間のうちの13時間目に当たる。すでに、一通りの内容は学習済みである。本単元の目標は「堆積物・堆積岩を分類して標本作製させ、理解を確かなものにする」である。授業者は、筆者が話した堆積岩に関する3つのポイントについて授業の中で児童に対し正確に説明していた。

「堆積物・堆積岩分類標本」の試料として、堆積物は海岸(陸前高田市高田松原)と川(花巻市大迫町稗貫川)の砂を中心とした2箇所から採取したものを準備した。これは、ふるいにかけて礫・砂・泥に予め分けておいた。それ以外に、火山灰(金ヶ崎町から採取した前沢火山灰萩森第2軽石)を洗って中に含まれる粒子を観察しやすくした試料を準備した。堆積岩は稗貫川の川原から採取した礫岩・泥岩(黒色頁岩)と、奥州市衣川区の砂岩と、業者から購入した埼玉県東松山市高本産の泥岩である。

分けていない堆積物3種類と泥岩2種類を準備したのは、探究活動において比較して観察でき特徴を捉えさせるためと、堆積物と堆積岩の関係の正しい理解をねらい児童の認識に揺さぶりをかけるためである。予め2mm・1/16mmのふるいにかけて、正確に礫・砂・泥に分別しておいた。ただし、分別方法を知らせるために授業では実際の方法で実習させた【図5-3】。なぜなら、含まれる粒の大きさに堆積物の名称が決まることを強調したかったからである。

堆積物の中に含まれる粒子(主に鉱物)は水のはたらきでできたものと火山のはたらきでできたものでその形が違う。砂の中に含まれる粒子を拡大して観察すると、海の砂の粒子は角がとれて丸みを帯びているのがわかる。火山灰は、角張っていて鉱物の結晶面が観察できる。しかしながら、比較的上流の砂の粒子はやや角ばっていることがあり、これら3つの場所を比較して観察することは、成因との関係を捉えさせるのに有効である。ただし、授業時間との関係で混乱が生じないように今回は海の砂と火山灰との比較のみにした。



【図5-3】ふるいで堆積物を礫・砂・泥に分類



【5-4】手触りで泥岩の構成粒子(つぶ)を確認

泥岩を2種類準備したのは、泥岩を見分ける根拠である碎屑物の構成粒子の大きさを理解しているかどうか確かめるためである。最初に児童に提示したのは稗貫川の泥岩(黒色頁岩)である。この岩石は早池峰構造帯の古生層堆積物でおよそ3億年前の地層が侵食され運ばれたものである。

この岩石を泥岩と判断した児童は3割ぐらいであった。その後、こすると粉末になる程度のやわらかい東松山市産の泥岩を提示した【図5-4】。この泥岩の地層名等は記載されていないが、岩相とやわらかさから新第三紀(およそ1千万年前)の地層と思われる。多くの教科書に掲載されている写真の泥岩に近い。岩石を構成している粒子の大きさに着目させどちらも泥岩であることを確認した。



【図5-5】 実体顕微鏡で火山灰と砂の粒子を観察

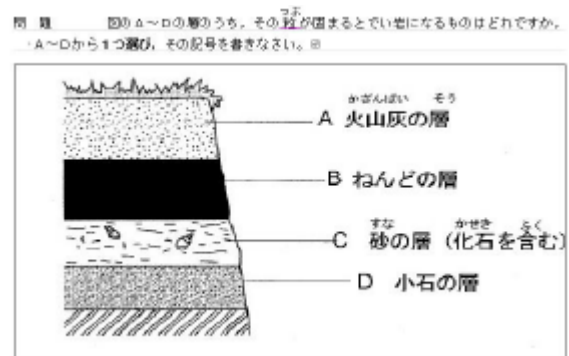
授業のまとめで児童から「教科書の泥岩の色とは全く違うのに同じ泥岩だと驚いた。」「教科書の写真ではわからない手触りや色など実物で確かめられてよかった。海や川の砂や火山灰など普段見られないものの特徴を比較することができてよかった。」「小石や砂、泥の違いが分かった。砂の中にきらきらしたものが含まれていてびっくりした。」という発表があった。教科書の写真・図では理解できない実物【図5-5, 5-6】のもつ教育力を感じた。



【図5-6】 堆積物・堆積岩分類標本を作成

(5) 実践結果の分析と考察

実践結果の分析を学習内容が定着したかどうかを指導実践3.5週間後のテスト結果でみとる。12月6日にテストによる検証を行った。テスト問題は正答率で比較が可能な平成16年度学調問題を使用した。検証で用いた問題を【図5-7】に示す。この問題では泥岩になる堆積物(ねんど)の層を図から選択させる。平成16年度調査のときの正答率は35%であった。それに対し今回の正答率は68%である【表5-2】。



【図5-7】 検証で用いた問題(泥岩になる層)

なお、テストは予告なしに行われ、指導実践後は一度も復習等の今回のテスト内容に関わる指導は行われていなかった。その条件の下、ほぼ2倍の正答率となり学習内容の定着は図られたと判断される。

【表5-2】「学調」中学校第1学年(小学校第6学年C区分) 出題内容と正答率(数値は%を示す)の比較

出題内容	H16	今回
泥岩ができる地層を指摘できる	35	68

開発教材を含め提案した方策の有効性が明らかとなった。

授業者の竹林教諭によると指導実践の次の時間に「大地の変化とはたらき」の章末問題を実施したという。検証で用いた問題とは同一ではないが「砂が固まってできた岩石」の名前を答えさせる問題では全員が砂岩と解答し正答率100%だった。粘土が固まってできる岩石名を授業後に答えさせる問題の正答率の資料はないものの、開発教材を活用した授業において学習内容の理解を図ることができたと考えてよい。

今後の課題として2点挙げられる。1つ目は、この方策をいかに県下の各小学校に広め実

践で活用してもらうかである。2つ目は、「学調」の分析から明らかになった天文領域についても、定着を図るための教材を開発して指導実践を経て確かめることである。

V 研究のまとめ

1 研究の成果

本研究では、小・中学校理科の物理・化学・生物・地学の4領域において、小・中学校それぞれの校種で効果的な観察・実験教材の開発を行った。指導実践は、小学校教材として地学、中学校教材として物理・化学で行った。本文で紹介できなかった開発教材については、「補充資料」に掲載してある。

本研究の成果として次の3点が挙げられる。

- (1) 観察・実験教材についてのより効果的な観察・実験の備えるべき要件についての考え方を示すことができたこと。
- (2) 小学校及び中学校における学習の定着を図るための新たな観察・実験教材を開発することができたこと。
- (3) 「学調」の正答率の低い問題において、開発教材を用いることで児童・生徒の学習の定着を図ることができたこと。

2 今後の課題

本研究で取り上げることのできた観察・実験教材は、理科学習全体の中では、ほんのわずかでしかない。今後さらに本研究を継続させることで、より多くの観察・実験教材を開発していく必要がある。

また、研究成果をどのように普及していくのかについても大きな課題である。次年度の研修講座で今回開発した教材を使って研修を行うことはもちろんのこと、Webページに実験マニュアルとして掲載し、普及していくことが必要であると考えられる。

終わりに、本研究を進めるにあたりご協力いただいた8名の研究協力員の方々、研究の実践にご協力いただいた学校長・指導教諭の方々に感謝を申し上げ、結びとしたい。

【引用文献】

- 安斎美智男(2007),「チャック付ポリ袋と紙コップを用いた液のはたらきを調べる実験,『生物教育 47巻1号』, 日本生物教育学会
- 小学校学習指導要領解説, 理科編, 文部科学省, 東洋館出版社
- 高橋和夫・菅原尚志・佐藤有・佐藤嘉宏, 2007; 理科における学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発に関する研究, 岩手県立総合教育センター教育研究162 (CD版)
- 中学校学習指導要領 (平成10年12月), 解説—理科編—, 文部科学省, 大日本出版
- 茂庭隆彦・照井一明, 2004; 地殻変動を実感させる学習展開と地質教材の開発, 日本地学教育学会岡山大会講演予稿集, 52-53.

【参考文献】

- 今堀宏三・山極隆・山田卓三編(1985), 「生物観察実験ハンドブック」, 朝倉書店
- 武村重和・秋山幹雄編(2000), 「理科 重要用語300の基礎知識」, 明治図書
- 三浦登・奥井智久・毛利守ほか32名, 新編新しい理科3・4上下・6上, 東京書籍
- 三浦登・岡村定矩ほか44名, 新編新しい科学1分野上下・2分野上下, 東京書籍
- 宮内卓也 (2004), 「定比例の法則」, 『化学と教育 52巻1号』, 日本化学会