

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。

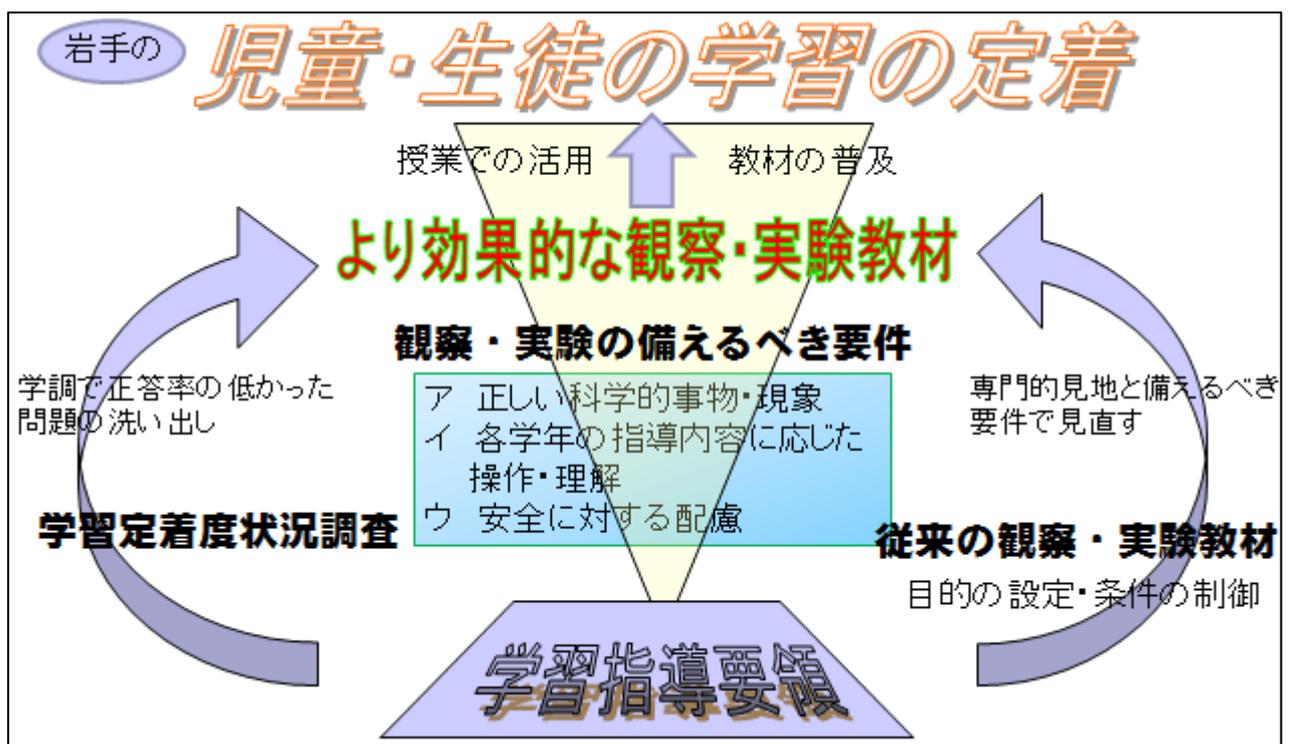
(4) 学習の定着の検証

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

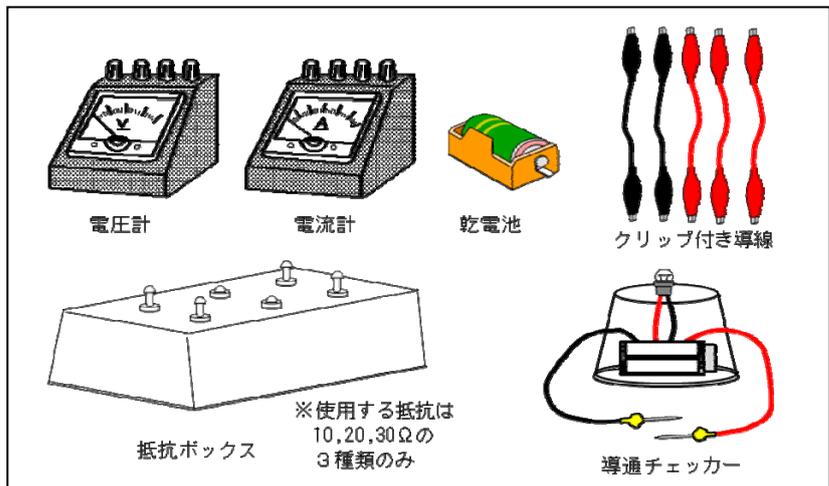
これらのことを踏まえ，観察・実験教材の備えるべき要件を次のように考えた。

- 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

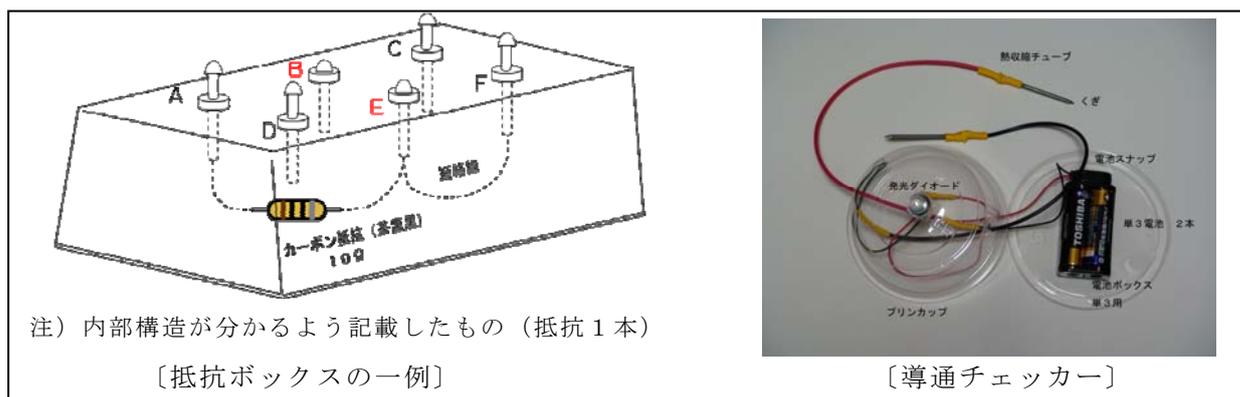
使用機器は【図 2-2】に示すように電圧計，電流計，乾電池（単 I 電池），クリップ付き導線，開発教材は，抵抗ボックス（不透明容器使用）及び豆電球と発光ダイオードが交換可能な導通チェッカーである。



【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

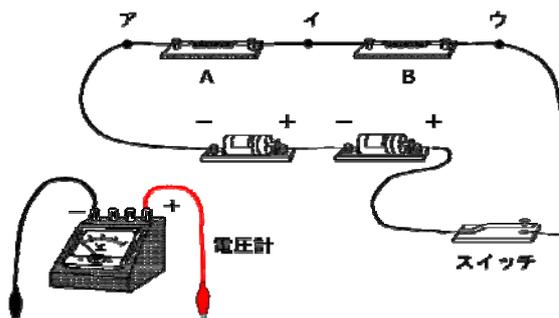
実践結果の分析については、学習内容が定着したかどうかを指導実践一ヶ月後のテスト結果でみとることとした。それらの問題を【図 2-4】に示す。

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。

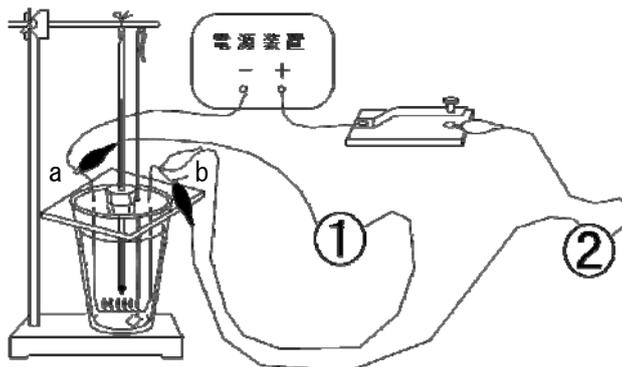
① 図の回路で、電熱線 A にかかる電圧をはかるには、電圧計の+端子、-端子を、それぞれどこに接続すればよいですか。図の中のア～ウ点から、それぞれ1つずつ選び、その記号を書きなさい。

+端子 ()

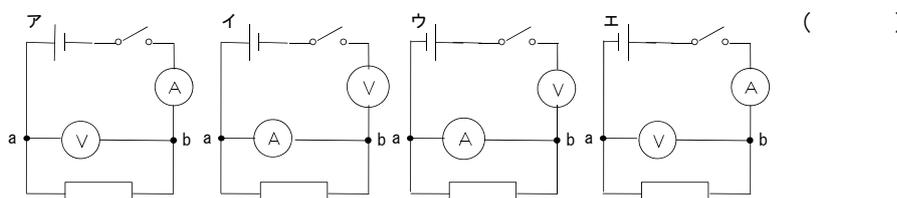
-端子 ()



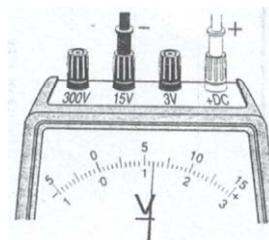
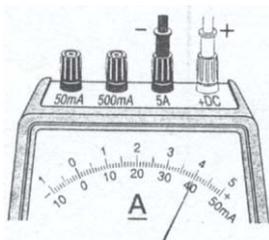
② 図のように、発泡ポリスチレンで包まれていて、熱が逃げないように工夫された容器を使って、液体を加熱する装置を作りました。①と②には、電圧計と電流計のいずれかをつなぎ、電熱線に加わる電圧と流れる電流の強さを同時に調べられるようにしました。



(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）

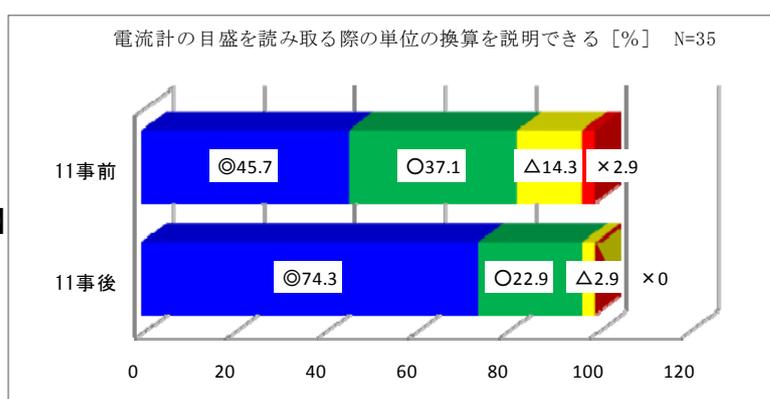
検証問題の正答率(県平均)と今回の指導実践における正答率を【表 2-1】に示す。

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, ○……どちらかといえばできる

△……どちらかといえばできない, ×……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。

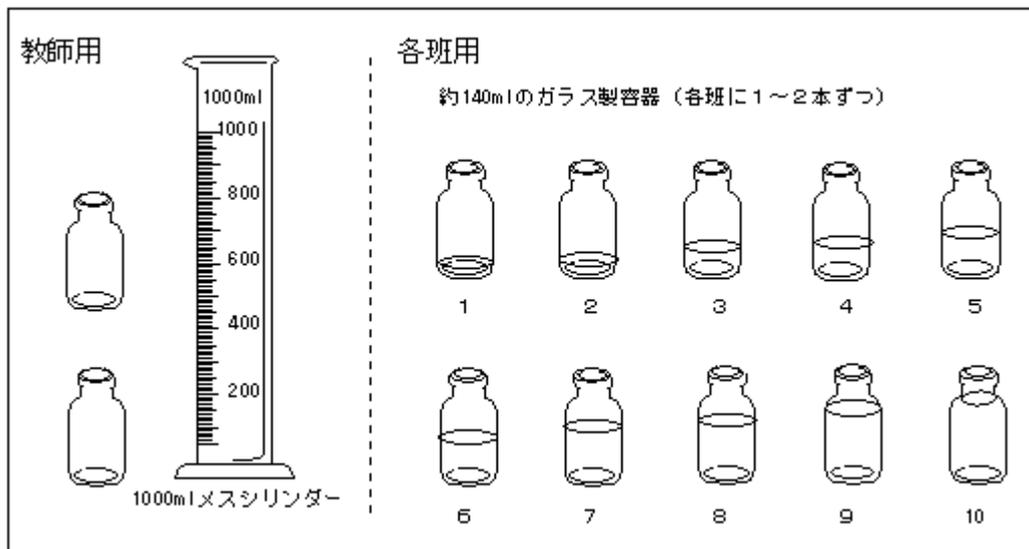
教科書において、ロウが液体から固体に変化するとき、質量の測定は行っているものの、体積の変化については見た目だけで判断をしている実態がある。しかし、上記アを踏まえれば、体積の測定も行って密度を求める指導も可能である。

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。

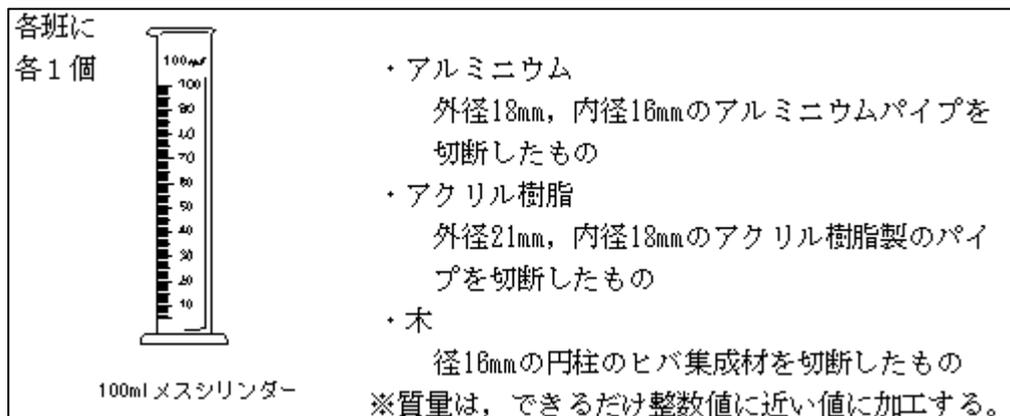
【表 3-1】 容器に入れる水の質量の例

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。



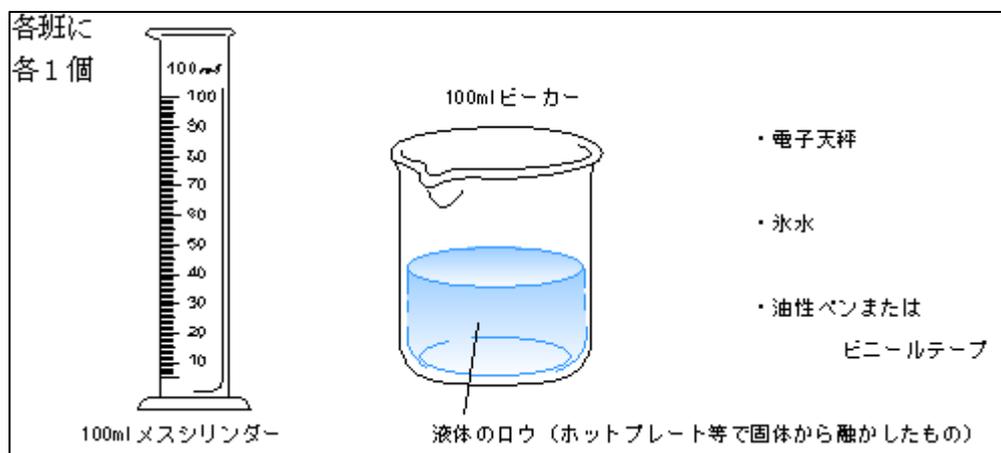
【図 3-2】教材Ⅱ「質量と体積を測定し、密度が物質に固有の値であることを理解する教材」の概要

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。

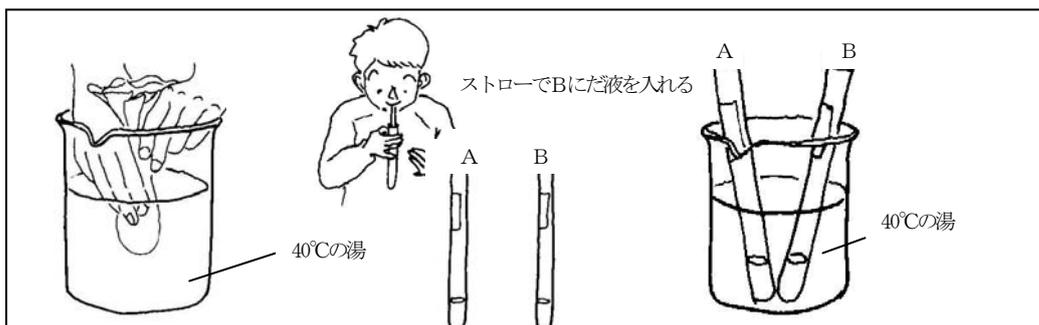
- ・使用する薬品や実験器具に配慮する。

(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。

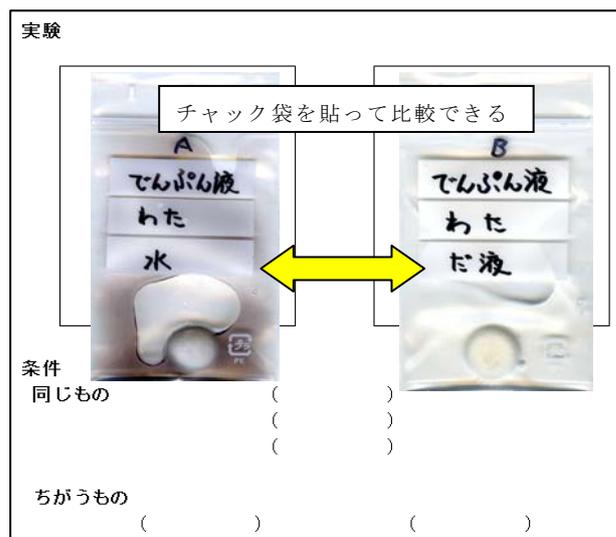
本教材を用いる授業の学習課題を「食べ物にふくまれる養分は、どのようになって体内にとり入れられるのだろうか。」とし、【表 4-2】のように1時間扱いで展開する。

【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。

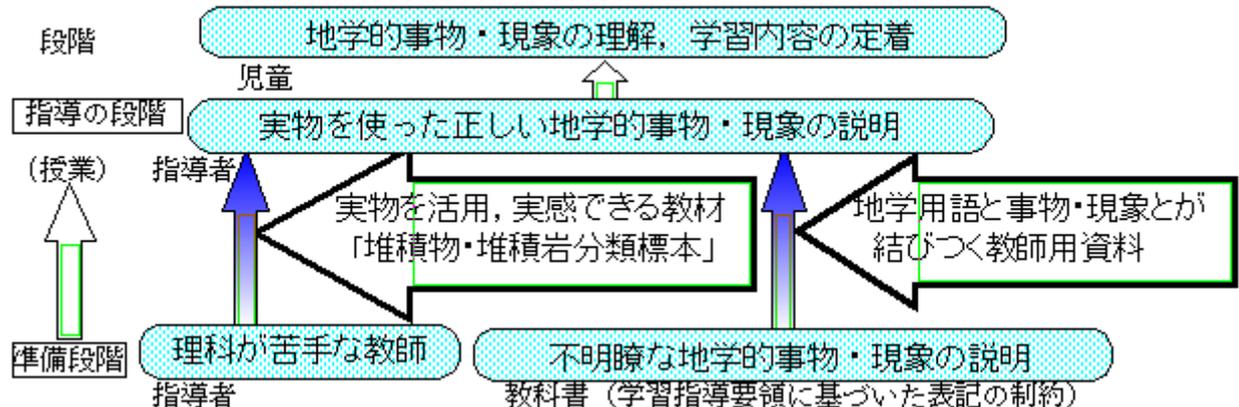
小学校の学習指導要領の範囲を超える表現になるための制約はあろうが、岩石名や堆積物の名称を一切使わずに表現するのでは本物（自然の生の姿）を伝えられない。これらをつなぐのが教師の役割である。そこで、理科が苦手な教師にとっても、教科書の不明瞭な地学的物事・現象の説明を、実物の観察を基に最小限の地学用語を用いて正しい地学的物事・現象として説明できるような補助資料を作製する。

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で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

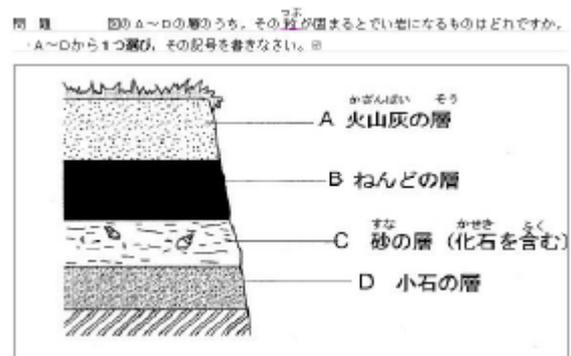
授業のまとめで児童から「教科書の泥岩の色とは全く違うのに同じ泥岩だと驚いた。」「教科書の写真ではわからない手触りや色など実物で確かめられてよかった。海や川の砂や火山灰など普段見られないものの特徴を比較することができてよかった。」「小石や砂、泥の違いが分かった。砂の中にきらきらしたものが含まれていてびっくりした。」という発表があった。教科書の写真・図では理解できない実物【図 5-5, 5-6】のもつ教育力を感じた。



【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

平成19年度（第51回） 岩手県教育研究発表会

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—

補 充 資 料

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	物理領域における補充資料	1
1	電流単元における開発教材	1
(1)	学習シート	1
(2)	自己評価シート	5
(3)	確認テスト	7
(4)	抵抗ボックス配線一覧	12
2	電気を通すもの発見器	15
(1)	「電気を通すもの発見器」の材料	15
(2)	「電気を通すもの発見器」の製作の工程	15
(3)	「電気を通すもの発見器」を用いた東北理科研北上大会研究授業	18
3	安価なストップウォッチを利用した振り子の周期測定器	20
II	化学領域における補充資料	21
1	小学校における開発教材	21
(1)	「学調」の分析	21
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	21
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材	21
2	中学校における開発教材	23
(1)	学習指導案	23
(2)	学習プリント	26
III	生物領域における補充資料	28
1	小学校における開発教材	28
(1)	「学調」の問題	28
(2)	「学調」事後指導の手引き	28
(3)	学習指導略案	29
(4)	実験シート	30
2	中学校における開発教材	31
(1)	「学調」の分析	31
(2)	観察・実験教材の備えるべき要件	32
(3)	学習の定着を図るための観察・実験教材の概要	33
(4)	ファストプランツの栽培	33
(5)	今後の課題	35

物理領域における補充資料

1 電流単元における開発教材

(1) 学習シート

抵抗ボックスの中身を推理するためには？

【補充学習】

H19.12.18

1 推理するためには、何をすればよいのだろうか？

2 電流の学習で確認したいことは？

3 抵抗ボックス【基礎編・応用編】(基礎編あるいは応用編のどちらかに) 予想した抵抗の場所と抵抗の値を、それぞれ図に書き入れなさい。

練習1

A B C
D E F

練習2

A B C
D E F

電流計の操作

電流の流れている端子2つをチェックしよう。
2つの端子間には、抵抗と導線があるはずです。
測定した電流を図の中にメモしよう。 単位の換算！

電圧計の操作

電圧計で、抵抗のある場所を探そう！
推理した抵抗の場所を図に書き入れよう。
測定した電圧を図の中にメモしよう。

練習1

A B C
D E F

練習2

A B C
D E F

さあ、計算！

抵抗の値を求め、その値を図に書き入れよう。

【練習1】

R 1 = =

【練習2】

R 2 = =

4 抵抗ボックス【基礎編・応用編の問題にチャレンジ】No. 1

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

2年 組 番 氏名

点

5 抵抗ボックス【基礎編・応用編の問題にチャレンジ】No. 2

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

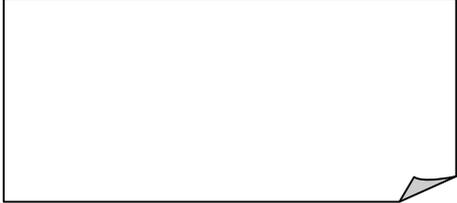
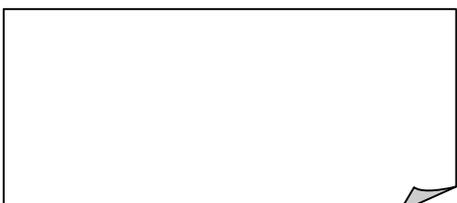
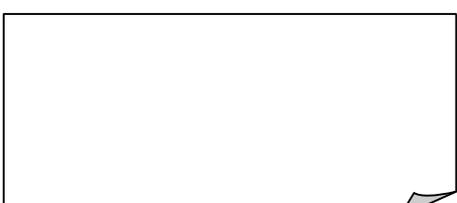
A	B	C
D	E	F

A	B	C
D	E	F

2年 組 番 氏名

点

6 抵抗ボックス【基礎編・応用編の問題にチャレンジ】No. 3

<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						
<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						
<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						
<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						
<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						
<input type="checkbox"/>	<table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr><tr><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr></table>	A	B	C	D	E	F	
A	B	C						
D	E	F						

2年 組 番 氏名

点

(2) 自己評価シート

【補充学習】 電流について〔自己評価〕 実践予定日 2007.12.12 19

2年 _____ 組 _____ 番 氏 名 _____

今週と来週の2時間の補充学習の時間に、電流に関する問題解決的な学習の実験を行い、電流のまとめをします。
 次の電流に関する文章をよく読んで、あてはまる記号に _____ をつけてください。

記号の意味について

できる	どちらかといえばできる
どちらかといえばできない	できない

事前評価

事後評価

- 1 電流の流れる向きについて、説明できる。
- 2 スイッチの電気用図記号を書くことができる。
- 3 乾電池の電気用図記号を書くことができる。
- 4 乾電池の電気用図記号の+極を指摘できる。
- 5 抵抗器または電熱線の電気用図記号を書くことができる。
- 6 電流計と電圧計の電気用図記号を書くことができる。
- 7 電流・電圧・抵抗それぞれの単位とその読み方を答えることができる。
- 8 電流計と電圧計それぞれのつなぎ方を説明できる。
- 9 電流計と電圧計の針が合っていないとき、0点調節ねじで調節できる。
- 10 電流計の-端子の適切なつなぎ方について、説明できる。
- 11 電流計の目盛りを読み取る場合の単位の換算について、説明できる。
- 12 電圧計の-端子の適切なつなぎ方について、説明できる。
- 13 電気用図記号を用いて、回路図を正しく書くことができる。
- 14 回路図を見て、実際に配線をし、正しくつなぐことができる。
- 15 直列回路での各点を流れる電流の強さについて、説明できる。
- 16 直列回路での各区間に加わる電圧の大きさについて、説明できる。
- 17 並列回路での各点を流れる電流の強さについて、説明できる。
- 18 並列回路での各区間に加わる電圧の大きさについて、説明できる。
- 19 抵抗2本を直列につないだときの全体の抵抗について、説明できる。
- 20 オームの法則を使って、電流・電圧・抵抗の数式を説明できる。

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9 - -
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9 - -
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

- 21 興味・関心をもって、実験に取り組むことができた。
- 22 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。
- 23 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。
- 24 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。
- 25 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。
- 26 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。
- 27 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。
- 28 予想した回路図を正しく書くことができた。
- 29 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。
- 30 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。

21 から 30 については、事前評価の必要はありません。

実験を終了した後に右の欄の事後評価は回答してください。

- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

事前評価

電流の学習内容は難しいと思いますか？ あてはまるものを _____ で囲みなさい。

1 思わない 2 どちらかといえば思わない 3 どちらかといえば思う 4 思う

また、その理由について書いてください。

事後評価 1

今回のような実験をすることで、電流の学習内容の理解が進むと思いますか？あてはまるものを _____ で囲みなさい。

1 思う 2 どちらかといえば思う 3 どちらかといえば思わない 4 思わない

また、その理由について書いてください。

事後評価 2

今回の実験に取り組むことによって、確認できたことや理解できたことについて書いてください。

事後感想 1

今回、使用した実験教材『抵抗ボックス』について、感想を書いてください。

事後感想 2

ペアで実験を行いました。その感想を書いてください。

複数の教師と学習した“チーム・ティーチング学習”についての感想を書いてください。

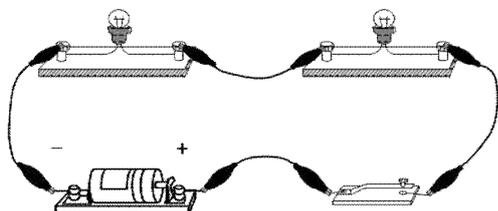
(3) 確認テスト

理解確認テスト (No1)

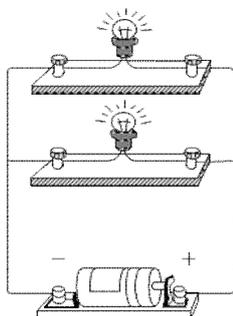
____年 ____組 ____番 氏名 _____

1 電池、スイッチ、豆電球を次のA、Bのようにつないだときの回路図を書きなさい。

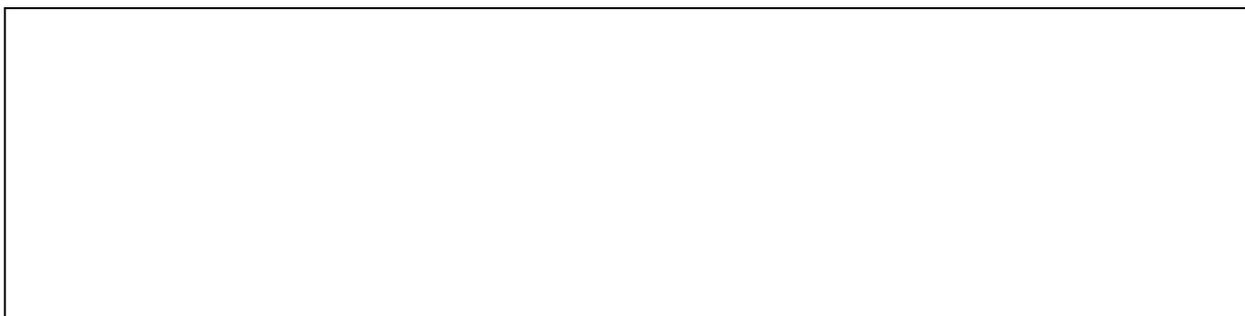
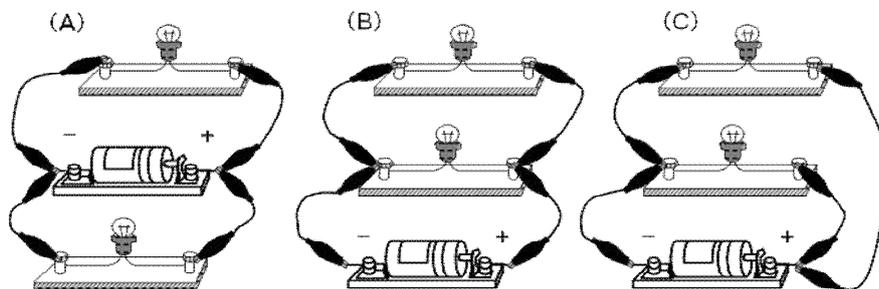
A



B



2 次の(A)(B)(C)は同じ回路といえますか。回路図を書いて説明しなさい。

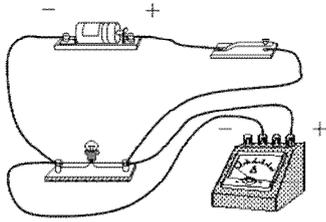


理解確認テスト (No2)

____年 ____組 ____番 氏名 _____

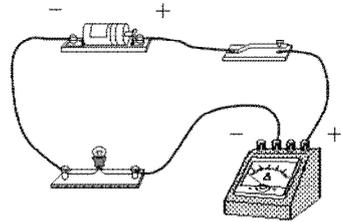
- 3 電流計、電圧計のつなぎ方で誤っているものはどれですか。すべて選び、選択した記号とその理由を書きなさい。

ア



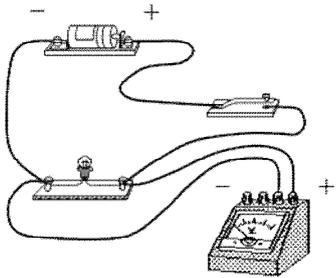
電流計

イ



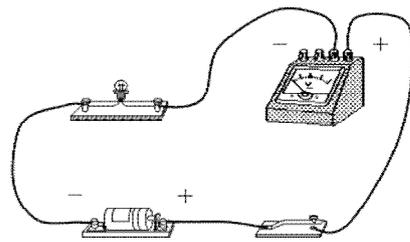
電流計

ウ



電圧計

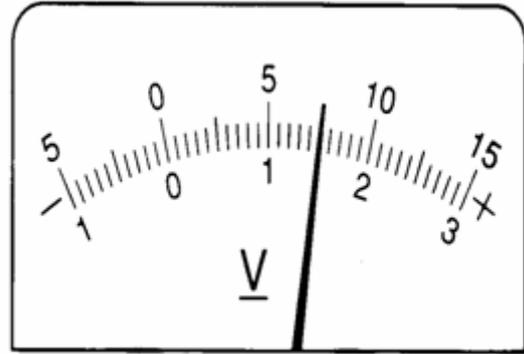
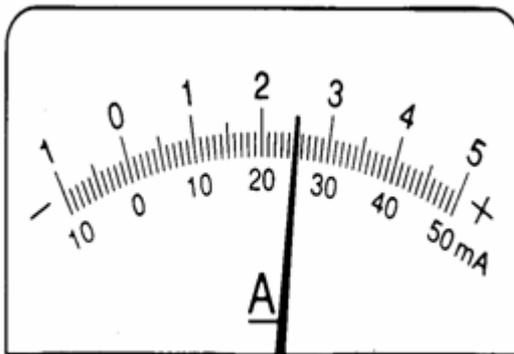
エ



電圧計

記号	理由

- 4 以下に示す左の図は 500mA の端子を使ったときの電流計の針のふれを、右の図は 15V の端子を使ったときの電圧計の針のふれを示しています。それぞれの針が示す値はいくらですか。単位をつけて数字で書きなさい。

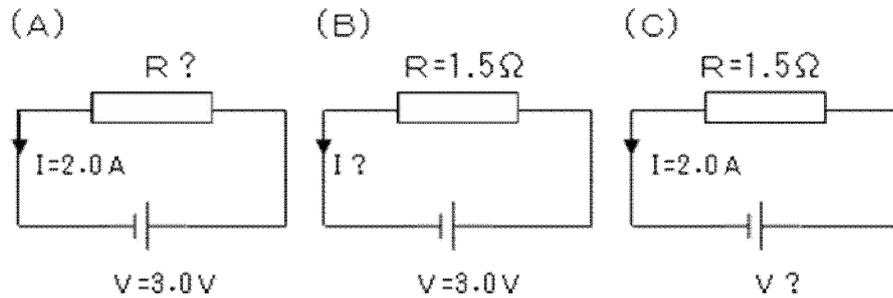


電 流 計 [単 位]	電 圧 計 [単 位]

理解確認テスト (No3)

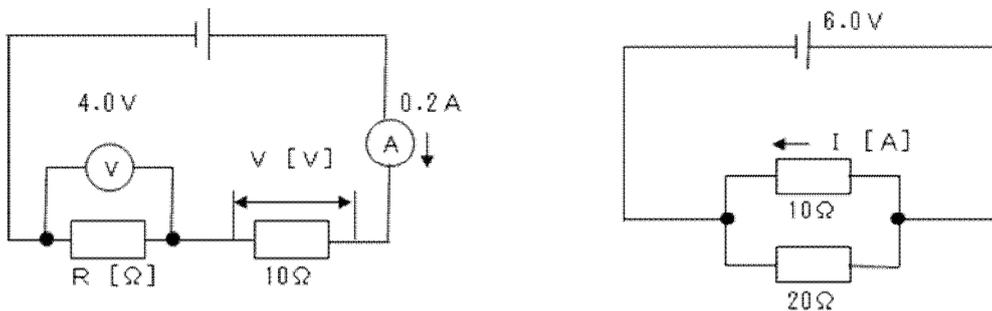
____年 ____組 ____番 氏名 _____

- 5 次の (A) (B) (C) の各図において ? で示された R 、 I 、 V それぞれについてその名称、計算式、及びその値を単位をつけて数字で書きなさい。



	名称	計算式及び値 [単位]
(A)	R	
(B)	I	
(C)	V	

- 6 次の回路の V [V]、 R [Ω]、 I [A] について、計算式及び値には単位をつけて数字で書きなさい。

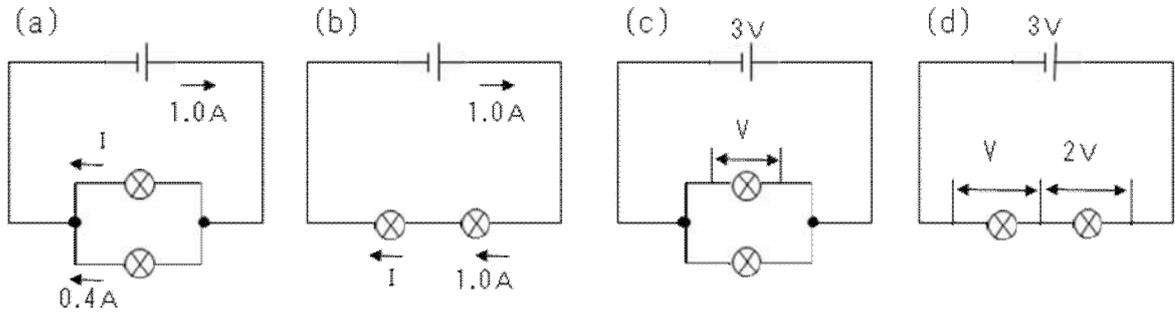


	計算式と値 [単位]
V	
R	
I	

理解確認テスト (No4)

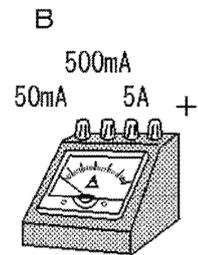
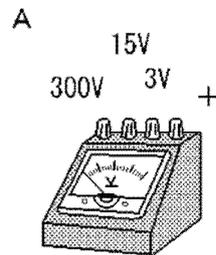
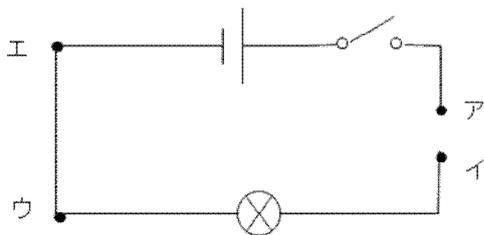
____年 ____組 ____番 氏名 _____

- 7 次の (a) (b) (c) (d) の各図において、(a) と (b) については電流を、(c) と (d) については電圧の値を、それぞれ単位をつけて数字で書きなさい。



		値 [単位]
(a)	I	
(b)	I	
(c)	V	
(d)	V	

- 8 次の図に示す回路において、電流の強さと豆電球にかかる電圧を測定すると、それぞれ 245mA と 2.9V でした。



- (1) 電流の強さを測定する際、アとイをそれぞれ電流計のどの端子とつなぎますか。最も適切なものを書きなさい。

ア ()

イ ()

- (2) 電圧計をウとエにつなぐと何 V を示しますか。数字で書きなさい。

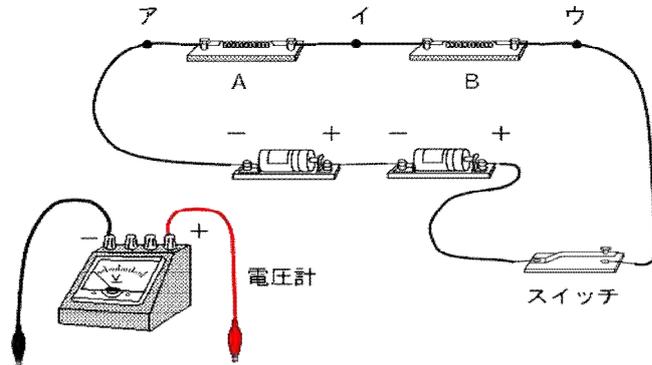
() V

理解確認テスト (No5)

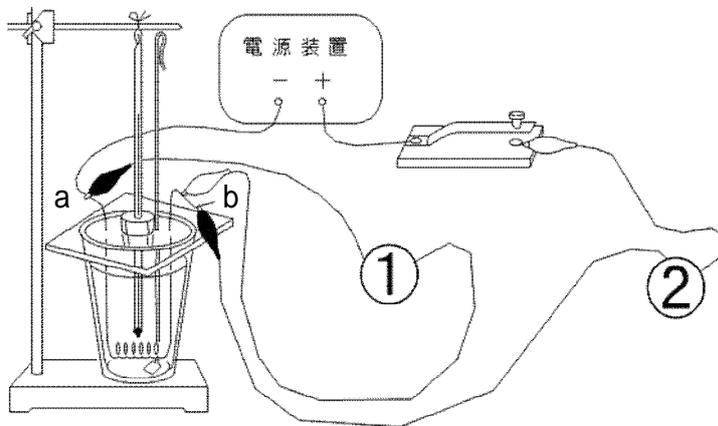
____年 ____組 ____番 氏名 _____

- 9 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。

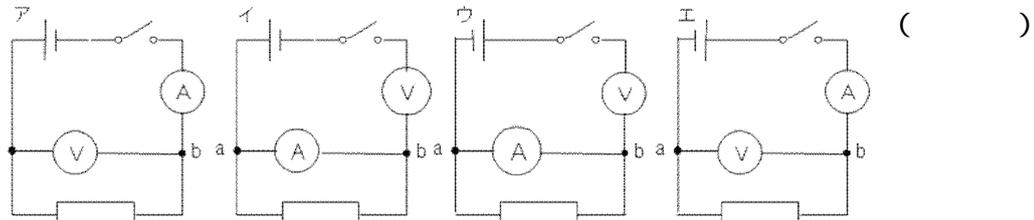
+ 端子 ()
- 端子 ()



- 10 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。 と 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。



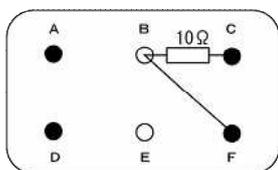
- (1) 次のア～エのうち、上図の回路を表す正しいものはどれですか。一つ選びなさい。



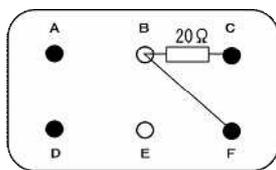
- (2) この実験で、接続した電流計と電圧計のふれは、次の図のようになりました。このときの電熱線の抵抗の値はいくらですか。単位をつけて数字で書きなさい。

(4) 抵抗ボックス配線一覧
ア 抵抗1本(直列)

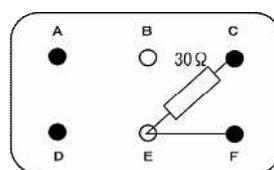
[1] C - F 10



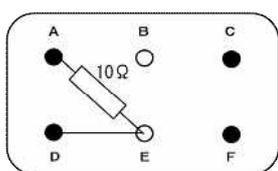
[2] C - F 20



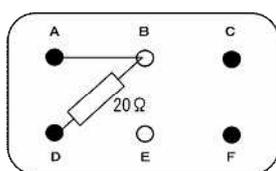
[3] C - F 30



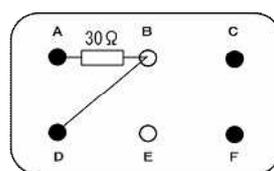
[4] A - D 10



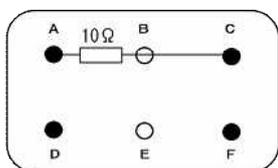
[5] A - D 20



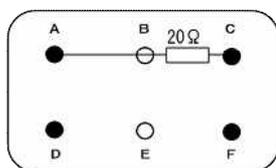
[6] A - D 30



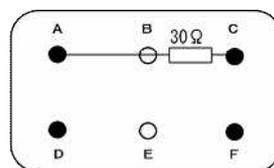
[7] A - C 10



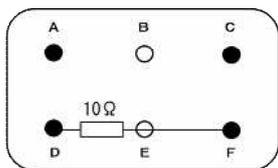
[8] A - C 20



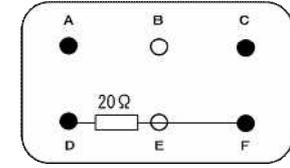
[9] A - C 30



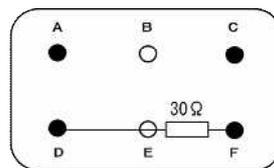
[10] D - F 10



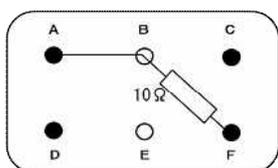
[11] D - F 20



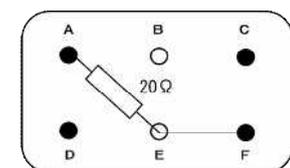
[12] D - F 30



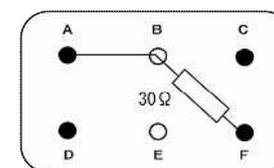
[13] A - F 10



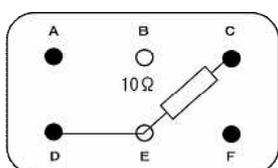
[14] A - F 20



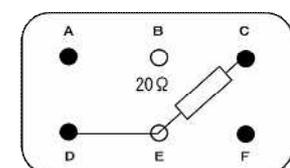
[15] A - F 30



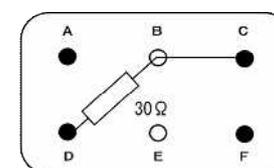
[16] C - D 10



[17] C - D 20

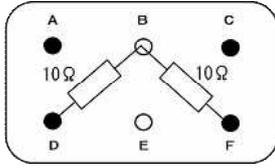


[18] C - D 30

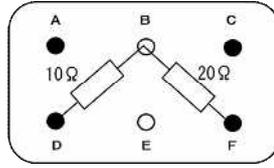


イ 抵抗 2 本 (直列)

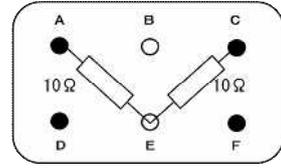
[1] D - F 20



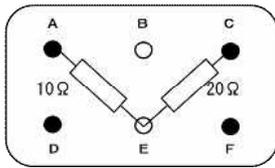
[2] D - F 30



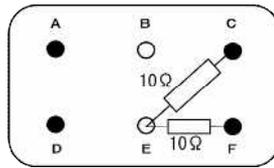
[3] A - C 20



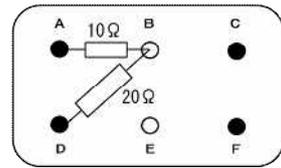
[4] A - C 30



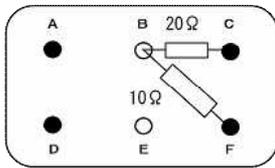
[5] C - F 20



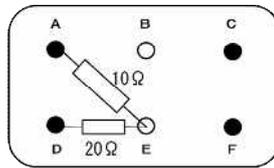
[6] A - F 30



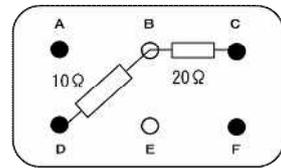
[7] C - F 30



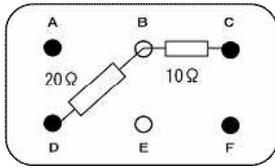
[8] A - D 30



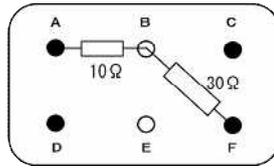
[9] C - D 30



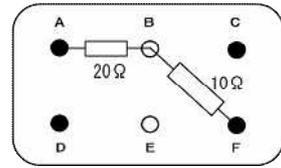
[10] C - D 30



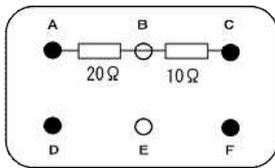
[11] A - F 40



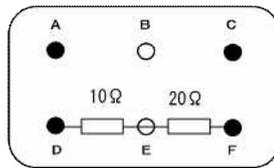
[12] A - F 30



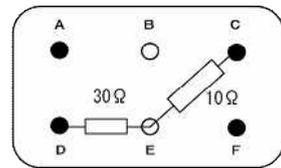
[13] A - C 30



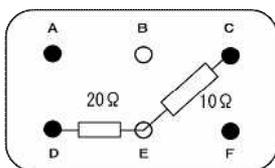
[14] D - F 30



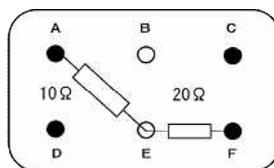
[15] C - D 40



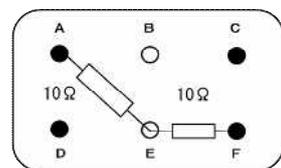
[16] C - D 30



[17] A - F 30

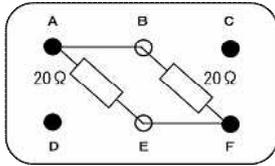


[18] A - F 20

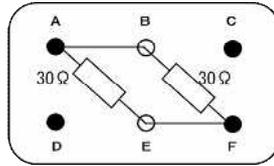


ウ 抵抗2本(並列)

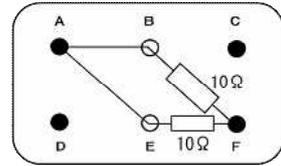
[1] A - F 10



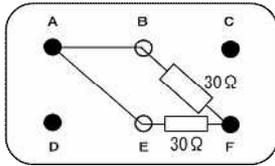
[2] A - F 15



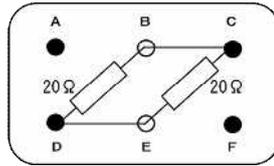
[3] A - F 5



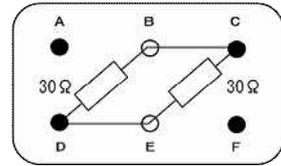
[4] A - F 15



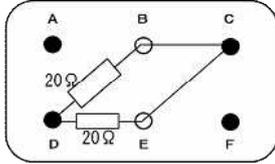
[5] C - D 10



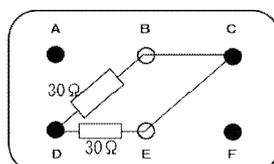
[6] C - D 15



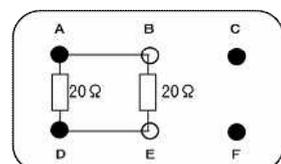
[7] C - D 10



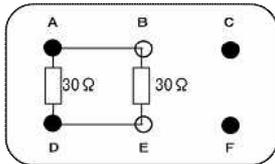
[8] C - D 15



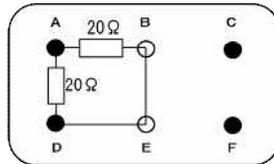
[9] A - D 10



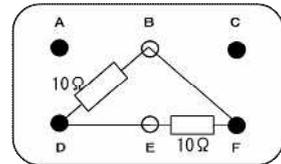
[10] A - D 15



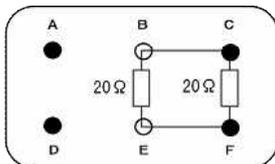
[11] A - D 10



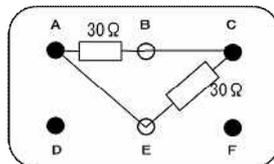
[12] D - F 5



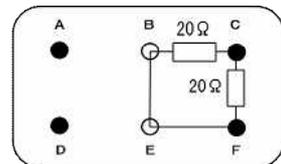
[13] C - F 10



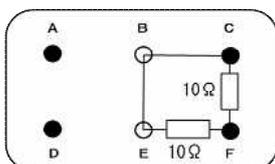
[14] A - C 15



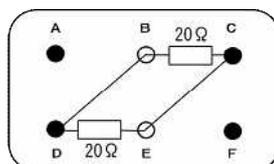
[15] C - F 10



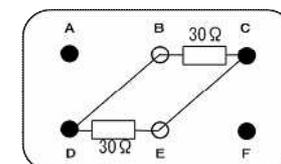
[16] C - F 5



[17] C - D 10



[18] C - D 15



2 電気を通すもの発見器

(1) 「電気を通すもの発見器」の材料

材料を【表 - 1】に示す。

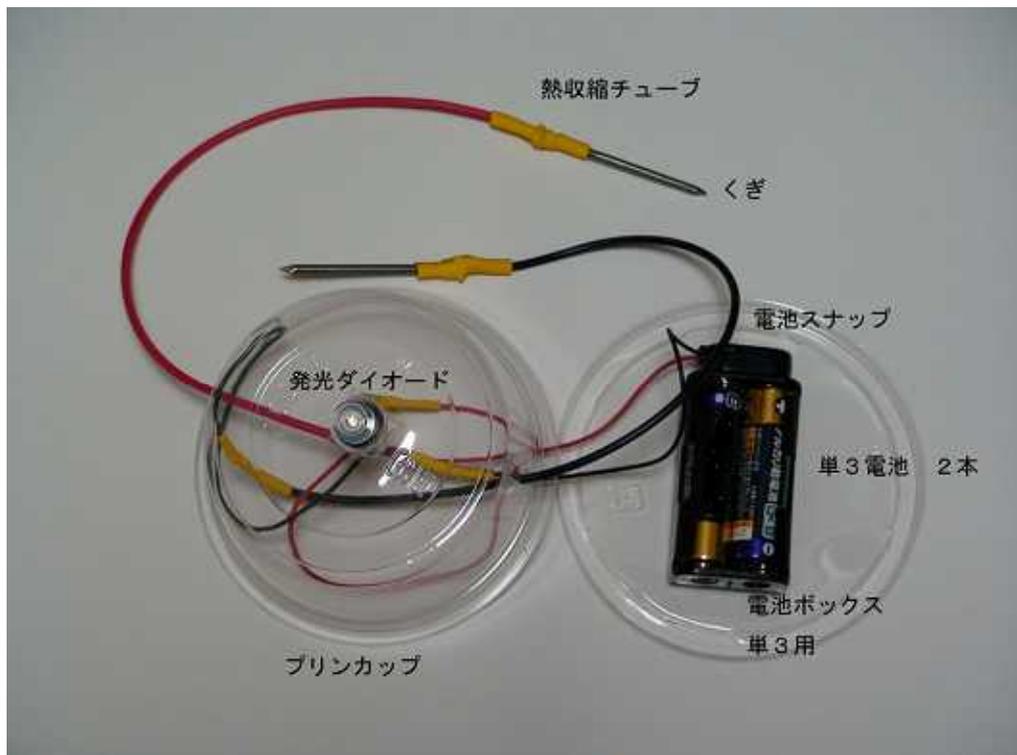
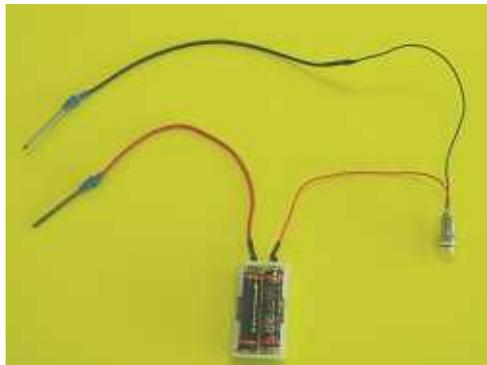
【表 - 1】材料一覧

No	材 料	No	材 料
1	発光ダイオード	7	プリンカップ
2	豆電球	8	釘 (2本)
3	バッテリースナップ	9	電池 (単3 1.5V、2本)
4	電池ボックス	10	熱収縮チューブ (直径6mm2本, 3mm3本)
5	赤・黒色コード (各30cm)	11	カッター
6	豆電球ソケット	12	両面テープ

(2) 「電気を通すもの発見器」の製作の工程

製作の工程は、～ のとおりである。

全体の回路の様子を把握



プリンカップの底にカッターで+字に切込みを入れ、内側の方へ折り返す。



(横から見た様子)

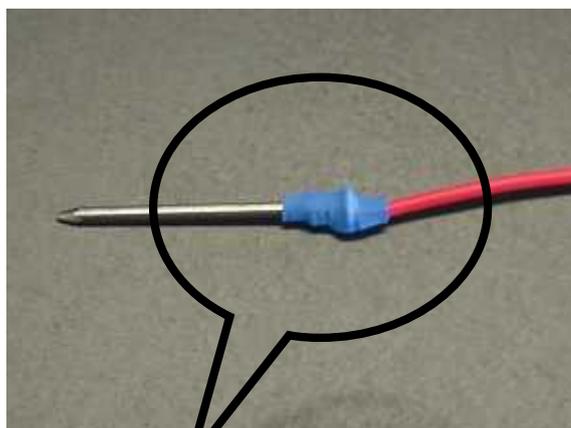
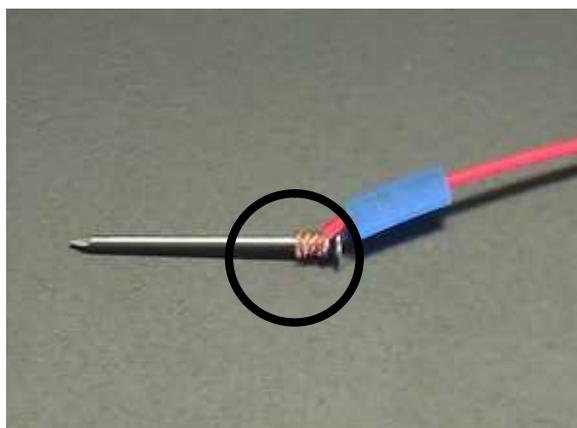
プリンカップの切込みに、下側から豆電球ソケットを押し込み固定する。
(下から見た様子)



プリンカップの横にコードを通すための穴を釘であける。(カッターで+字に切込みを入れても可)

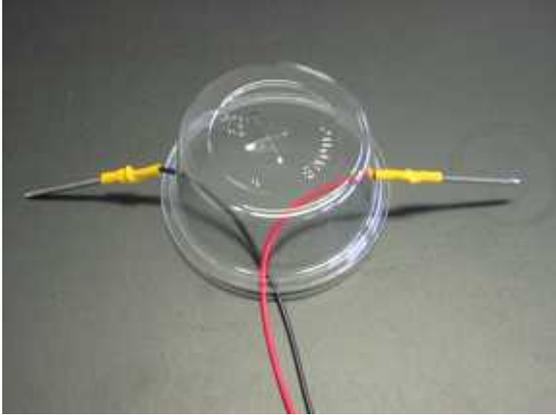


テスター(釘)に赤のコードをねじってつなぎ、ドライアの熱により熱収縮チューブで固定。同様に黒のコードとテスター(釘)を固定する。



熱収縮チューブをかぶせてから加熱

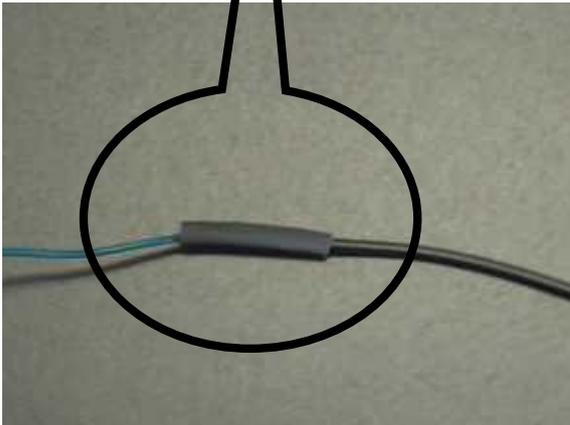
2本のテスター（釘）付きコードを
であけた穴に通す。



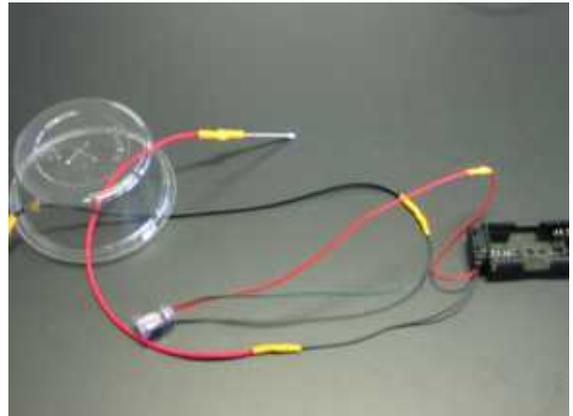
豆電球ソケットの-のコードと黒色の
コードをねじってつなぎ、ドライアの熱に
より、熱収縮チューブで固定する。（前もっ
て熱収縮チューブはコードに通しておく）



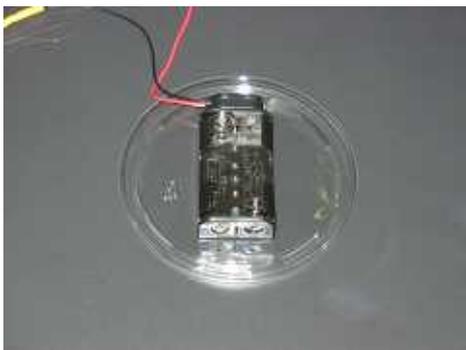
熱収縮チューブをかぶせてから加熱



豆電球ソケットの+のコードと電池ス
ナップの+の極をねじってつなく。
同時に赤色のコードと電池スナップの
-の極をねじってつなく。
そして、ドライアの熱により熱収縮チ
ューブで固定する。



電池ボックスをプリンカップの
ふたに両面テープで接着する。



全体図（ふたをして完成）



(3) 「電気を通す物発見器」を用いた東北理科研北上大会研究授業

授業会場	第3学年理科学習指導案
3年2組	
児童 北上市立和賀東小学校 3年2組 指導者 北上市立和賀東小学校 教諭 中軽米 利夫	

1 単元名「明かりをつけよう」

乾電池をどのようにつなぐと明かりをつけることができるのかを自由に試行させ、いろいろなつなぎ方をしながら、電気が通るためには、回路ができるということをとらえるようにする。また、回路に釘をつないでも豆電球が点灯することから釘以外にも電気を通すものがあるかどうかを問題にし、電気を通すもの、通さないものを探しながら追求する能力を育てる。

2 単元の目標

乾電池と豆電球などをつなぎ、電気を通すつなぎ方や電気を通すものを比較しながら調べ、見いだした問題を興味・関心をもって追求したり、ものづくりをしたりする活動を通して、電気の性質についての見方や考え方をもちよようにする。

さらに、学習したことを生かし、電気を通すもの、通さないものを利用したものづくりをしながら、見方や考え方を深められるようにする。

3 指導にあたって

(1) 単元について

本単元では、豆電球が点灯する基本的な回路や、ものには電気を通すものと通さないものがあるという電気の性質についての見方や考え方ができることがねらいである。

ねらいにせまるために、乾電池と豆電と銅線を使い、豆電球が点灯するつなぎ方と点灯しないつなぎ方とを比較し、回路ができると電気が通り、豆電球が点灯することをとらえることができるようにする。また、回路の一部に身の回りにあるいろいろなものを入れて、豆電球が点灯するときとしないときとを比較しながら調べ、ものには、電気を通すものと通さないものがあることをとらえるようにする。

乾電池や豆電球は、児童にとって身近で扱いやすいものであり、電気を通すものと通さないものを簡単に比較しながら調べることができ、ものづくりにも興味をもって行うものと考えられる。

(2) 児童について

初めて理科を学習する3年生の児童は、いろいろなことに興味をもって取り組んでいる。理科の学習については、ほとんどの児童が好き、あるいは普通と答えており、その理由として「いろいろな実験や観察ができて楽しい」本単元に関しては、ゲームで遊んだり、懐中電灯などを使ったりした経験から、乾電池や豆電球のことを知っている児童や電池の交換をしたことのある児童は多い。しかし、乾電池+や-があることやどんなものが電気を通すかを具体的に知っている児童は少ない。

(3) 指導について

本単元を指導するにあたっては、豆電球と

4 指導計画

第1次 豆電球に明かりをつけよう……2時間

- ・豆電球に明かりをつけよう(1)
- ・ソケットなしで明かりをつけよう(1)

第2次 電気を通すものをさがそう……3時間

- ・電気を通すもの発見器をつくろう(1)
- ・身の回りにあるものが電気を通すものか通さないものかを調べよう(1) 本時
- ・同じものでも条件が違えば電気を通すか調べてみよう(1)

第3次 スイッチをつくろう……2時間

- ・乾電池や豆電球を使ったものづくりをしよう(2)

5 本時の指導

(1) 本時の目標

- ・身の回りにあるものが、電気を通すものか通さないものかを進んで調べ、結果をカードに記録することができる。

(2) 展開 (本時4 / 7)

段階	学習活動	教師の支援「・」と評価「 」, 留意点
	<p>1 学習課題をつかむ。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>身の回りのものが電気を通すかどうか調べよう</p> </div> <p>2 電気が通るものと通らないものを予想する。 ・班毎に予想し書き込む。 ・予想を発表する。</p> <p>3 見通しをもつ ・電気を通すもの、通さないものをどのようにして調べる(見分ける)のかを確認する。</p> <p>4 実験する。 班毎に調べる。 ・班で調べるものを順番に回しながら、 調べた結果を班毎に予想と比べながら発表する。 各自で調べる。 ・自分で調べるものを決め、それが電気を通すものか、通さないものかを予想した後に実際に調べてみる。</p> <p>5 学習を振り返る。 ・今日の実験で気がついたことや疑問に思ったことをワークシートにまとめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>・ものには、電気を通すものと通さないものがある。</p> </div> <p>・次時の学習について知る。</p>	<p>・前時を想起させ、電気を通すものは釘の他にどんなものがあるかについて調べを確認する。</p> <p>・実物を見ながら、電気が通るかどうかを予想してワークシートに記入させる。</p> <p>・電気を通すもの発見器を使うことで見分けることができることを確認する。 (電池の消耗軽減と電気が通ったかどうかを分かりやすくするために、発光ダイオードを使用させる。)</p> <p>・実験の仕方や記録の仕方が分からない班や児童へ支援する。 身の回りにあるものが、電気を通すものか通さないものかを進んで調べようとしたか。 【観察】 調べた結果をワークシートに記録することができたか。 【ワークシート】</p> <p>・各自で調べるものの選び方に気をつけさせる。 ・児童の発表をもとに、電気を通すものと通さないものに分けて、カードで黒板に貼る。</p> <p>・実験の結果をもとに、自分の考えをワークシートにまとめさせる。</p> <p>・演示実験をし、次時への動機付けを図る。</p>

(3) 評価

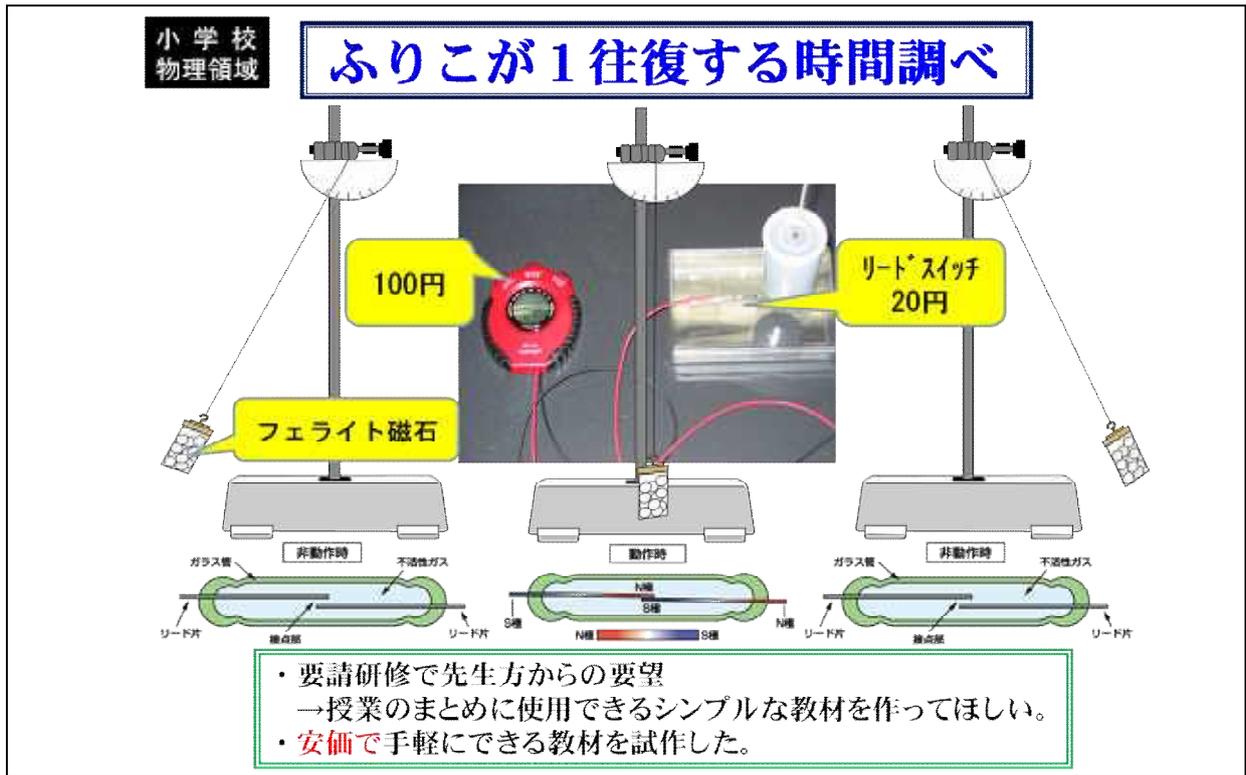
- ・身の回りにあるものが、電気を通すものか通さないものかを進んで調べ、結果をカードに記録することができたか。

【観察・実験の技能・表現】

3 安価なストップウォッチとリードスイッチを利用した振り子の周期測定装置

(1) 装置の仕組み

安価なストップウォッチとリードスイッチを用いた装置の仕組みを【図 - 1】に示す。



【図 - 1】周期測定装置の仕組み

(2) 装置の製作及び測定の概要

ア 本体の製作工程

【図 - 2】のように、ストップウォッチを分解し、基板の[START・STOP] ボタンの2枚の金属板それぞれに、赤、黒のリード線をハンダ付けする。

【図 - 3】のように、3個の押しボタンを元の位置に戻し、2本のリード線は吊しヒモ用の穴から出し、裏蓋をネジで固定する。

【図 - 4】のように、赤、黒のリード線の他端は、リードスイッチの両端にそれぞれハンダ付けし、プラスチックケースなどの台座にセロテープで固定する。

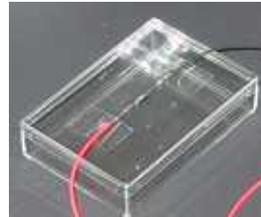
時間測定部とセンサー部から構成される【図 - 4】のような装置が簡単に製作できる。



【図 - 2】ハンダ付け



【図 - 3】復元



【図 - 3】リードスイッチのハンダ付け



【図 - 4】配置

イ 単振り子の製作工程及び周期の測定

フィルムケースにフェライト磁石を数個入れる。

フィルムケースのキャップにネジをつけ、紐（たこ糸等）を通し固定する。

【図 - 5】のように、他端は角度測定用に分度器をコピーした用紙を貼りつけたスタンドに割り箸等で固定する。

おもりが最下点になるところにリードスイッチを固定する。 【図 - 5】配置

おもりがリードスイッチの真上を通過するよう、まっすぐ振動させる。

磁石入りのおもりがリードスイッチを横切るたびに、START, STOP を繰り返し、測定装置は半周期の時間を加算していく。



II 化学領域における補充資料

1 小学校における開発教材

(1) 「学調」の分析

「物の溶け方」は、溶かす水の量や温度、あるいは物質の違いによって物のとける量に違いがあるかどうかを調べ、物の溶け方の規則性についての見方や考え方を養う単元であり、条件を制御して追究するという重要な化学的学習内容を含んでいる。しかし、学習定着度状況調査の結果をみると、小学校第6学年において、「物が溶ける量と水の温度との関係付けることができる」の正答率は平成17年度で80%、平成18年度で64%であり、「物が水に溶ける前後の重さを関係付けることができる」の正答率は平成17年度で77%、平成18年度で71%と、いずれも少しではあるが正答率が下降している状況にある。そこで、本研究では、「物の溶け方」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

小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。

物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつようにする。

ア 物が水に溶ける量には限度があること。

イ 物が水に溶ける量は水や温度、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること。

ウ 物が水に溶けても、水と物を合わせた重さは変わらないこと。

この学習内容を理解させ、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 水溶液の存在を意識させ、学習意欲を喚起すること。

児童のほとんどは、日常生活において液体にものを溶かす経験が少なく、水溶液の存在を意識することもない。そこで、水溶液の存在を意識させ、こらからの「物の溶け方」についての学習意欲を喚起させる教材が必要である。

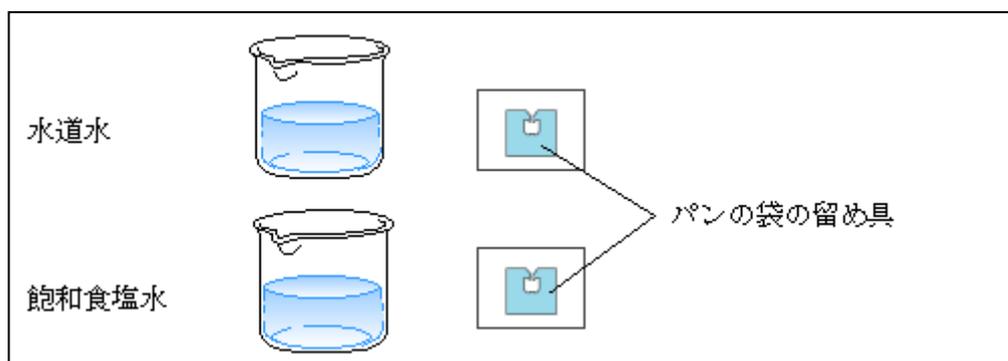
イ 条件による違いを調べる場合には、条件の制御が大切であることに気づかせること。

学習内容の一つに、温度による物の溶ける量の変化がある。これを確かめる実験は、温度を一定に保つことや、一度に溶かす食塩やホウ酸の量を一定にすることが求められる。この条件の制御を意識して行い、満足する実験結果が得られなければ、条件を制御することの大切さや、学習内容の理解・定着は図られない。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材

ア 教材Ⅰ「水溶液の存在を意識し、学習意欲を喚起する教材」

【図Ⅱ-1】に教材の概要を示す。準備するものは、各班に無色の液体の入ったビーカー2個、パンの袋の留め具2個である。無色の液体は、それぞれ水道水と飽和食塩水である。



【図Ⅱ-1】教材Ⅰ「水溶液の存在を意識し、学習意欲を喚起する教材」

実験は、以下の手順によって行う。

- ① 2つの水溶液はどちらも無色透明で、見た目では区別できないことを確認する。
- ② この2つの水溶液に、パンの袋の留め具をそれぞれ入れて、観察する。

イ 教材Ⅱ「温度と物の溶け方の関係の理解・定着を図る実験教材」

【図 3-2】に教材の概要を示す。準備するものは、各班に、100ml ビーカー、100ml メスシリンダー、温度計、ガラス棒、発泡スチロール容器、黒ゴム板である。試薬として、塩化アンモニウム、また、湯煎するためのお湯（約 70℃）を用意する。



【図Ⅱ-2】教材Ⅱ「ものを溶かす実験をより短時間に、より定量的にする教材

実験は、以下の手順によって行う。

- ① 班ごとに、水に溶かす塩化アンモニウムの質量を決め、はかり取っておく。
- ② メスシリンダーで水 50ml をはかり、ビーカーに入れる。
- ③ ビーカーの水に、①の塩化アンモニウムをすべて入れる。
- ④ 発泡スチロール容器にお湯を入れ湯浴とする。その中でビーカーを温めながら、ガラス棒でかき混ぜて、塩化アンモニウムをすべて溶かす。
- ⑤ 塩化アンモニウムが完全に溶けたら、湯浴からビーカーを取り出し、室温で法令視ながら温度計で溶液の温度をはかる。
- ⑥ 溶液中に塩化アンモニウムの白い結晶が生じ始めたら、そのときの液温を記録する。
- ⑦ ④～⑥の操作を3回繰り返し、平均をとる。

この教材は、単元の学習がすべて終了したあとの、発展的な指導として位置づけた。

この教材を用いることで、次の3つの効果が期待できる。

- ① 塩化アンモニウムという新たな物質の導入により、児童の学習意欲を喚起するとともに、物質の違いによらない規則性を理解させることができる。
- ② 温度を一定に保つという条件制御が不要であることと、完全に溶かしきる時間を節約できることから、実験操作が簡便になる。
- ③ 制御する条件を変えて実験することにより、条件制御についての意識をより高めることができる。

塩化アンモニウムは、食品添加物としても用いられている物質で児童への安全性には問題がない。温度による溶解度の差が大きく、冷却によって析出する結晶の形が星砂のようにきれいな形をしている物質なので、この単元の教材として優れている。

2 中学校における開発教材

(1) 学習指導案

中学校理科 第1学年 学習指導案

1 単元名 2 身近な物質 3章 物質の姿と状態変化

2 単元について

(1) 教材について

私たちは水に浮く氷を何気なく見ている。液体の密度より固体の密度が小さい例はとても珍しいものであるが、状態変化の例として、真っ先に思いつのが水の状態変化であり、そのため多くの物質の状態変化について誤解する場合がある。また、沸点や融点を日常生活で使う場面も、水の場合が多い。そこで、この章では水の状態変化の学習を進めるとともに、水以外のロウやエタノールなども実験に使いながら、物質の状態変化について知識を広めていく。

また、状態変化では、質量が変化しないこと、体積が変化すること、密度が変化すること、また、物質によって沸点や融点異なることなどを学習することで、科学的なものの見方・考え方や、自然についての基礎的な知識を得るとともに、実験器具の操作や記録の技能を習得し、物質に対する興味・関心を高めることを単元の目標としている。

(2) 生徒について

授業中の発言は率直で、実験への意欲もあり、おおむね理科に関心をもって活動することができる生徒が多い。しかし、一部には、どの教科に対しても興味・関心を示さない生徒もいる。期末テストで、ミスシリンダーの目盛りの読みかたの問題を出したところ、1問目では全員正解であったが、2問目の 50.2 cm^3 とよむ問題では、正答率が23.5%であった。簡単な問題であれば解くことができるが、まだまだ技能が不足していることもあり、難しい問題は間違えたものと考えられる。

密度の求め方については発展内容として学習したが、今回ロウの密度を求めることで、密度に対しての知識も深め、水とロウの状態変化による体積や密度の変化について学習を深めたい。

3 単元の目標

- ・ 状態変化に関する事物・事象に関心を持ち、進んで観察・実験を行う。(自然現象への関心・意欲・態度)
- ・ 状態変化に関する事物・事象に問題を見いだし、観察・実験を通して、科学的に考察することができる。(科学的な思考)
- ・ 実験の基本操作や観察の記録の仕方を習得するとともに、結果を発表できる。(観察・実験の技能・表現)
- ・ 状態変化に関する事物・事象について理解し、知識を身につける。(自然現象についての知識・理解)

4 単元指導計画と評価規準

3章物質の姿と状態変化 (7時間)

学習項目	時数	学習活動	自然現象への関心・意欲・態度	科学的な思考	実験・観察の技能・表現	自然現象についての知識・理解
第1節(2時間) 物質はどのように姿を変えるのか	1	・空き缶の水蒸気の性質を利用してつぶすことから、状態変化について興味・関心を持ち、水の状態変化について確認をする。	・空き缶つぶしに興味・関心を持ち、状態変化についてすすんで調べようとする。	・空き缶が水蒸気によってつぶれることについて、自ら考え発表できる。		
	1	・身近な物質の状態変化について、説明できる。		身のまわりの物質が、固体、液体、気体に区別できることを指摘できる。		・状態変化は、温度によって物質の姿が変化する現象であることを説明できる。

第2節(2時間) 状態変化する ときに体積や 質量はどうか	1 本 時	・液体のロウを、固体のロウに するとき、体積は変化するが、 質量は変わらないことを見出せ る。		・ロウの状態変化で は、体積は変化する が、質量は変わらな いことを見出せる。	・電子てんびんで、質量 を調べることができ、ス シリンダーで体積を調べ ることがでる。	
	1	・水やエタノールの状態変化に ついて調べ、状態変化では体積 は変化するが、質量は変わらな いこと、密度も変化するこ とを理解する。		・状態変化では、体 積は変化するが、質 量は変わらないこ とを見出せる。		・液体のロウと固体の ロウ、水と氷の密度の ちがいについて、浮き 沈みと結びつけて説明 できる。
第3節(3時間) 物質が状態変 化する温度は 決まっている か	1	・水や水以外の物質について、 状態変化と温度の関係について 興味・関心を持てる。	・水や水以外の物質につ いて、状態変化と温度の 関係について興味・関心 を持ち、説明しようとする。			・一気圧で水の沸点が 100℃、融点が0℃ であることを日常生活 の現象と結びつけて説 明できる。
	1	・エタノールの沸点を測定する 実験を行い、沸騰しているとき の温度が一定であることを指摘 できる。			・エタノールの沸点が一 定であることを指摘でき る。	・物質によって、沸点 や融点異なることを 説明できる。
	1	・ワインの蒸留の実験から、沸 点の違いを利用して物質を分離 することができることを理解で きる。	・		・ワインの蒸留によっ てできた、エタノールの多 い液体と水の多い液体を 区別できる。	・蒸留について、例を あげて説明できる。

5 本時の指導

(1) 本時の目標

- ・ロウの状態変化では、体積は変化するが、質量は変わらないことを見出せる。(科学的な思考)
- ・電子てんびんやメスシリンダーを正しく使うことができる。(観察・実験の技能・表現)

(2) 指導構想

本時は、状態変化によって質量は変化しないが、体積は変化するこ
とを、実感する場である。また、密度についても学習を進めること
で、知識を深めたい。また、実験では、電子てんびんやメスシ
リンダーを正しく使えるように、丁寧な技能の指導を行いたい。

(3) 評価

観点	評価規準	具体的評価規準		支援を要する生徒への 手だて
		A：十分満足できる	B：おおむね満足できる	
科学的な思 考	・ロウの状態変化では、 体積は変化するが、質 量は変わらないことを見 出せる。	・実験結果をもとに、体 積は変化するが、質量は 変わらないことを見出 せ、密度も変化するこ とが指摘できる。	・実験結果をもとに、 体積は変化するが、 質量は変わらないこ とを見出せる。	・ロウの表面の様子か ら、体積が変化したこ とを説明する。
実験・観察の 技能・表現	・電子てんびんやメス シリンダーを正しく使 うことができる。	・電子てんびんやメスシ リンダーを一人で正し く使うことができる。	・電子てんびんやメ スシリンダーを仲間 の支援を受けながら 安全に正しく使うこ とができる。	・実験器具の扱いをプ リントで説明をする。 ・机間巡視をし、細か な指導を行う。

(4) 本時の展開案

段階	学習内容	学習活動	指導上の留意点・援助・評価(☆)
導入 5分	1 演示実験でロウの固体と液体を確認する。 2 学習課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> 液体のロウを水にたらし、冷却によって、液体から固体に戻ることを確認する。 ロウが状態変化するときの体積や質量についてどのように変化するか予想する。 	
ロウが液体から固体になったときの、体積や質量の変化を調べよう			
展 開 3 5 分	3 結果の予想 4 実験方法の確認	<ul style="list-style-type: none"> 体積や質量について予想させる。 ア 体積は大きくなる。理由は、水も大きくなるから。 イ 体積は変化しない。理由は、同じ物質だから。 エ 体積は小さくなる。理由は、固体は重いから。 オ 質量は大きくなる。理由は、固体は重いから。 カ 質量は変化しない。理由は、同じ物質だから。 キ 質量は小さくなる。理由は、固体は軽いから。 <ul style="list-style-type: none"> 質量を調べるために電子てんびん、体積を調べるためにメスシリンダーを使うことを確認する。 ① 液体のロウの液面を観察する。 ② 70mlの液体のロウの質量を電子てんびんで調べる。 ③ 氷水で冷却する。 ④ 固体のロウの質量を調べる。 ⑤ 固体のロウの表面を観察する。 ⑥ 固体のロウの体積を調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> 数名に代表的な予想と理由を発表させ、全員に実験結果のイメージを持たせる。 ③の冷却中では、正しい結果を求めることができなくなるため、絶対に手で触ってはいけないことを確認する。 ⑥については、方法を詳しく説明すると結果が予想できるため、後で説明を行う。
	4 実験	<ul style="list-style-type: none"> 班ごとに①から③の順番どおりに実験を行う。 	
	5 液体のロウの密度を求める	<ul style="list-style-type: none"> 密度について確認し、液体のロウの密度を求める。 	☆電子てんびんを正しく使うことができる。(観察・実験の技能・表現)
	6 実験方法の確認	<ul style="list-style-type: none"> 実験④から⑥の方法について確認する。⑥については紙板書を見ながら、実験方法を詳しく確認する。 ⑥固体のロウに水を入れ、その水をメスシリンダーで調べることで体積を求める。 	<ul style="list-style-type: none"> プリントを活用して求める。 電卓を用意する。
	7 実験	<ul style="list-style-type: none"> 実験④から⑥を行う。 	
	8 固体のロウの密度を求め、実験結果をまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> 記録係の結果をうつしながら、結果とまとめる。 	☆電子てんびんやメスシリンダーを正しく使うことができる。(観察・実験の技能・表現)
ま と め 10分	9 本時のまとめ 10 ロウの固体が液体の中で沈む演示実験	<ul style="list-style-type: none"> ロウが液体から固体になると、質量は変化せず、体積は小さくなることを理解する。 ロウの密度も固体のほうが大きいことに気づく。 <ul style="list-style-type: none"> 演示実験により、水と氷では氷が浮くが、液体のロウと固体のロウでは固体のロウが沈むことを観察して、ロウでは液体よりも固体の密度が大きいことを確認する。 	☆ロウの状態変化では、体積は変化するが、質量は変わらないことを見出せる。(科学的な思考)

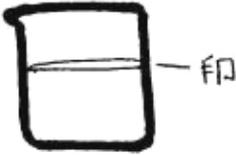
(2) 学習プリント

／ () h ○ 理科室

○

(1) 実験の手順

①液体のろうの液面を確認する。



④固体のろうの質量を調べる。

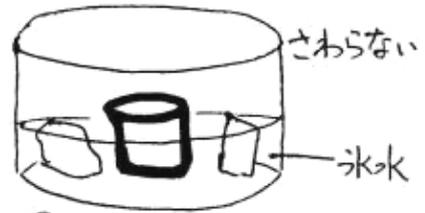


②液体のろうの質量を電子てんびんで調べる。



⑤固体のろうの表面を観察する。

③氷水で冷却する。



⑥

(2) 予想と結果

①液体のろう	②予想 (固体のろうになると) 予想したものに○をつけよう	③結果 固体のろう
質量 全部 -ピーカー () -61 g	質量 大きくなる 変化しない 小さくなる	質量 全部-ピーカー () -61 g
体積 70 cm ³	体積 大きくなる 変化しない 小さくなる	体積 cm ³
密度 質量÷体積 g/cm ³	密度 大きくなる 変化しない 小さくなる	密度 質量÷体積 g/cm ³
図	図	図

(3) 考察 実験から何がわかるか。

(4) まとめ

(5) 自己評価

○をつけましょう。

- ・ 積極的に実験に参加できましたか。
良い やや良い やや悪い 悪い

- ・ 電子てんびんやメスシリンダーを正しく使えましたか。
できた ほぼできた あまりできない できない

- ・ ロウの状態変化の体積や質量の関係を理解しましたか。
理解した ほぼ理解した あまり理解できない 理解できない

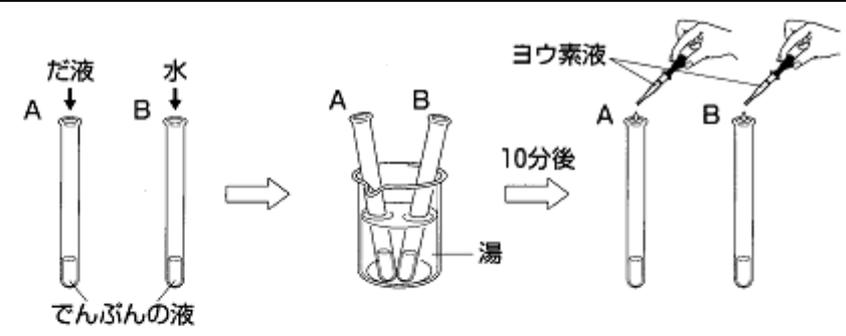
Ⅲ 生物領域における補充資料

1 生物領域小学校における開発教材

(1) 「学調」の問題

【図Ⅲ-1】は、平成18年度に実施された「学調」の小学校第6学年理科の問題で、だ液のはたらきを調べる実験に関して出題された部分である。

からだの中のだ液のはたらきを調べるために、次のように、デンプンの液が入った試験管A、Bを用意し、試験管Aには少量のだ液、試験管Bには少量の水を加え、湯に入れてあたためました。10分後、試験管A、Bにヨウ素液を入れて、それぞれの色の変化を調べました。これについて、下の(1)～(3)の問いに答えましょう。



(1) 下線部aで、あたためた湯の温度はどのくらいですか。次の文の()にあてはまることばを書きましょう。
※正答率(県平均) 78%

()より少し高い温度。

(2) 試験管A、Bの液の色は、それぞれどのように変化しましたか。次のア～エから1つ選び、その記号を書きましょう。
※正答率(県平均) 59%

ア 試験管Aの液の色と試験管Bの色は両方とも、青むらさき色に変化した。
イ 試験管Aの液の色は青むらさき色に変化し、試験管Bの液の色は変化しなかった。
ウ 試験管Aの液の色は変化せず、試験管Bの液の色は青むらさき色に変化した。
エ 試験管Aの液の色と試験管Bの液の色は両方とも変化しなかった。

(3) この実験から、だ液には、どのようなはたらきがあると考えられますか。ことばで書きましょう。
※正答率(県平均) 61%

【図Ⅲ-1】「学調」で出題された問題

(2) 「学調」事後指導の手引き

【図Ⅲ-2】は、「学調」の指導資料として岩手県教育委員会が発行した事後指導の手引きに掲載されている指導のポイントの一部である。

(4) 見通しをもって実験に取り組みせ、自分の言葉で自分の考えをまとめさせる指導をしましょう。

イ 正答率が低い要因
各学校から報告された調査問題分析の報告書では、誤答全体の8割が「イ」という解答になっていました。正答率が低い要因として次のことが考えられます。

(ア) 実験のねらいを十分理解しないまま実験を行ったため、実験結果の定着が不十分であると考えられます。
(イ) 実験結果を考察し、だ液のはたらきについてまとめさせる時間等を十分に確保できていないと考えられます。

ウ 要因を踏まえた指導上の留意点

(ア) 見通しをもって実験ができるように、「予想を立てて観察、実験をする」、「条件制御や対照実験の意味を考えて実験をする」等の学習活動が大切です。例えば、ご飯を用意し、児童全員に口の中で十数回噛ませ、甘い味が確認できた段階で、口の中で甘くなった理由を考えさせます。次に、できるだけ口の中と同じ条件を考えた上、実験結果に影響すると考えられる条件をあげたりした上で、実験に取り組みせましょう。
(イ) 実験結果を整理し、実験結果からいえること、あるいは、いえないことを話し合いなどによって検討し、丁寧に考察する時間を確保するとともに、自分の言葉で自分の考えをまとめさせる等の学習活動を位置付け、学習したことを定着させる指導が大切です。
(ウ) この実験は、第5学年の条件に目を向けながら調べる力を基に、第6学年の多面的に追究する力を養うことをねらいにしています。それぞれの発達段階に応じて、問題解決の能力を育てていきましょう。

【図Ⅲ-2】指導のポイント

(3) 学習指導略案

第6学年 理科学習指導略案

1 単元名 動物の体のつくりとはたらき

2 本時の指導

(1) 人や動物は、食べ物の養分をどのようにしてとり入れているかに興味をもち、ごはん粒とだ液を使って、消化のようすを調べることができる。

(2) 展開

段階	学 習 活 動	指導上の留意点	評価の観点
導入 5分	<p>1 食べ物の通り道は、どのようになっているのか話し合う。</p> <p>2 課題を把握する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>食べ物にふくまれている養分は、どのようになって体内にとり入れられるのだろうか。</p> </div>	<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。 • 人では、食べたものは、口→食道→胃→小腸→大腸を通過して、肛門からふんとなって出されること、その食べ物の通り道を消化管ということをとらえさせる。 • 養分は、小腸を通過している血管の血液に取り入れられることをとらえさせる。 • 食べたものは、消化管を通る間にどのように変化していくのかを想像して話し合わせる。 • ごはん粒をかんでみると、甘く感じる可能性があることを想起させ、ごはん粒にふくまれているでんぷんが、だ液によって変化するのではないかと予想させる。 	<p>◇食べ物にふくまれている養分はどのようになって体内にとり入れられるかに興味をもち、進んで食べ物の変化について考えているか。(関意態)</p>
展開 30分	<p>3 実験をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> • ごはん粒にふくまれているでんぷんが、だ液によって変化するか調べよう。 <p>4 実験したことを記録する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ヨウ素液は、でんぷんを青紫色に変えることを確認し、ヨウ素液を入れたときの色の変化によって、何がわかるかを明確にさせる。 • はじめに、ごはん粒にヨウ素液をたらして、青紫色に変わることを確認させる。 • ごはん粒をもみ出したり、手で温めたりすることは、口の中の状態を再現していることに気づかせる。 	<p>◇ごはん粒を用いて、だ液がでんぷんを消化するはたらきを調べ、結果をまとめることができるか。</p>
まとめ	<p>5 でんぷんがだ液によって変化することをまとめさせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 実験の結果、でんぷんが違うものに変化したことをまとめる。 	

(3) 評価

ごはん粒を用いて、だ液がでんぷんを消化するはたらきを調べ、結果をまとめることができる。

(4) 実験シート

だ液のはたらきを調べる実験

6年 名前 ()

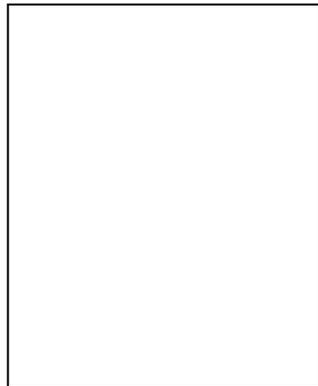
課題

食べ物にふくまれている養分は、どのようになって体内にとり入れられるのだろうか。

実験の予想

もし、ヨウ素液の色が変わったら、変わった方の実験に、() を変化させるはたらきが () 。

実験



条件

同じもの ()
()
()

ちがうもの () ()

わかったこと・気づいたこと・思ったこと

実験結果

条件	だ液	水
結果 (色)		

実験のまとめ

() には、() を変化させるはたらきがある。

2 生物領域中学校における開発教材

(1) 「学調」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Ⅲ-1】のとおりである。ただし、調査学年が中学3年は、平成18年度から実施していないので除外している。この中で、「葉と茎と根のつくり」は、経年変化を見ても定着が十分とはいえない。また、「花のつくり」と「植物のなかま分け」の問題（【図Ⅲ-3】）では、中学1年の調査では6割を超える正答率であるのに対して、中学2年の調査では、同一問題ではないが正答率が大きく下回っており、中学1年での学習した内容が十分に定着していないことを示している。このことは、「植物の生活とからだのつくり」の単元の学習において、構造や働きを理解するために実際に植物に触れて観察する機会が少ないことが考えられる。

そこで、本研究では、第2分野生物に関する学習の導入として「1 植物の世界 第1章 花のつくりとはたらき」の単元において、実際に植物の種を植え、発芽、成長、開花するようすを観察して、花、葉、茎、根のつくりについて理解を深める教材の開発を目指した。

【表Ⅲ-1】「学調」生物領域で正答率の低い問題の経年比較

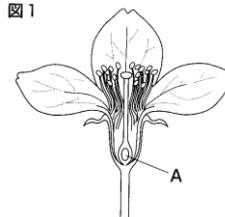
学習学年	出題内容	調査学年	主な観点	正答率 (%)				
				H18	H17	H16	H15	
中学1年 (小学5年)	顕微鏡の観察方法	中学1年	技能・表現	42	-	57	-	
		中学2年	技能・表現	75	66	46	-	
中学1年	花のつくり(胚珠)	中学1年	知識・理解	65	71	71	46	
		中学2年	知識・理解	51	61	40	-	
中学1年	花のつくり(裸子植物)	中学1年	知識・理解	-	52	35	27	
中学1年	葉と茎と根のつくり	中学1年	知識・理解	48	68	63	-	
		中学2年	知識・理解	45	56	38	-	
中学1年	茎の断面(維管束)	中学1年	知識・理解	77	67	50	-	
中学1年	植物のなかまわけ	中学1年	知識・理解	73	-	-	63	
		中学2年	知識・理解	37	57	43	-	
中学1年	光合成の行われる部分(葉緑体)	中学2年	知識・理解	58	49	-	55	
中学1年	植物の呼吸によって発生した気体の性質	中学1年	科学的思考	60	56	57	-	
中学2年	刺激の反応の経路を指摘できる	中学2年	科学的思考	51	-	-	63	
				中学校1年	66	66	62	57
				中学校2年	55	61	53	61
				中学校3年		66	64	68

10

- (1) 右の図は、サクラの花の断面図を模式的に示したものです。
やがて種子になるAの部分の名前を書きなさい。

※正答率(県平均)51% (昨年度 61%)

図1



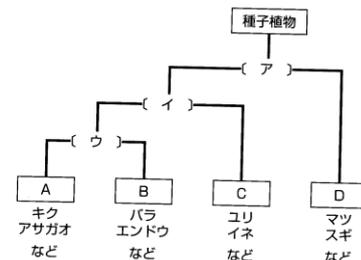
12

- (1) 図のイでは、どのような特徴のちがいによってなかま分けしていますか。次の1～4の中から1つ選び、その番号を書きなさい。※正答率 45%

- 1 種子になる部分が子房に包まれているなかまと、子房に包まれておらず、むき出しになっているなかま。
- 2 花びらが1枚1枚離れているなかまと、花びらがももどで合わさっているなかま。
- 3 種子をつくるなかまと、種子をつくらぬなかま。
- 4 子葉が1枚のなかまと、子葉が2枚のなかま。

- (2) いろいろな特徴によって、種子植物を右の図のようになかま分けをしました。

アブラナは どのなかまに入りますか。



※正答率 (県平均) 29%

(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。

学習指導要領 中学校 第2分野

2 第2分野の内容

(1) 植物の生活と種類

身近な植物についての観察、実験を通して、生物の調べ方の基礎を身に付けさせるとともに、植物の体のつくりと働きを理解させ、植物の種類やその生活についての認識を深める。

ア 省略

イ 植物の体のつくりと働き

(ア) いろいろな植物の花の観察を行い、その観察記録に基づいて、花の基本的なつくりの特徴を見いだすとともに、それらを花の働きと関連付けてとらえること。

(イ) いろいろな植物の葉、茎、根の観察を行い、その観察記録に基づいて、葉、茎、根の基本的なつくりの特徴を見いだすとともに、それらを光合成、呼吸、蒸散に関する実験結果と関連付けてとらえること。

(内容の取扱い)

ア、ウ省略

イ イの(ア)については、被子植物を中心に上げ、裸子植物は簡単に扱うこと。「花の働き」については、受粉などによって胚珠が種子になることを扱う程度とし、受精などは、内容の(5)で扱うこと。

学習指導要領解説・理科編

(ア)について

花にはおしべやめしべがあり、花粉がめしべの先に付くと果実ができることは既に小学校で学習している。ここでは、いろいろな花を観察し、その結果に基づいて、花がその中心からめしべ、おしべ、花びら、がく、という順に構成されていて、種子を作る生殖器官であることを理解させる。

花のつくりについては、花の形が似ていて、花びらなどの数が等しいものがあることに気付かせるとともに、めしべが柱頭、花柱、子房の3部分から成り立っていて子房の中に胚珠があること、おしべの中には花粉が入っていることを扱う。以下 略

学習指導要領では、植物の体のつくりと働きを身近な植物の観察・実験を通して理解させることを主なねらいとしている。身近な植物の例として岩手県内の中学校が使用している東京書籍の教科書では、被子植物はアブラナを取り上げて説明している。しかし、この単元を学習する4月は、県内ではまだアブラナ科の花が咲いていないことが多く、実物に触れる機会が少ない。このことが、観察・実験を通して理解を深めて学習事項を定着させることが不十分になる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・実験教材の備えるべき要件として考えられる事項を次のア～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

- ・ 植物の発芽、成長、開花、結実の成長過程の観察を通して、植物に対する関心を高めることができる。
- ・ 被子植物の花のつくりを理解することができる。
- ・ 子房と胚珠の違いが理解できる。
- ・ 花が種子をつくる生殖器官であることが理解できる。

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

- ・ 栽培方法が簡単で、成長のようすを生徒一人一人が実感できる。
- ・ 短期間で開花、結実まで観察できる。
- ・ 教科書の説明に使われている写真が実感でき、内容が理解できる。
- ・ 必要に応じてルーペなどの観察器具を用いて観察する。

ウ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項

- ・ 使用する実験器具や栽培容器等に配慮する。

(3) 学習の定着を図るための観察・実験教材の概要

観察・実験の教材が備えるべき要件を満たした教材として、「ファストプランツを材料とした花の観察」の検討を行った。アメリカの Paul H Willams が開発したファストプランツ（学名 *Brassica rape*）は、成育が早く直ぐに種をつけるアブラナ科の植物で、いつでも観察できる植物観察教材として実用化が図られた（横尾 2007）。ファストプランツは生活環が 45 日と短く、草丈も 20cm と室内で簡単に栽培できる植物である。この性質を利用して、生徒一人一人が発芽から開花、結実までの一連の成長過程と花や種子を観察することによって学習の定着を図ることを目指した【図Ⅲ-4】～【図Ⅲ-6】。そこで本研究においてはこの植物の教材化に向けて次の 2 点についての検討を図った。



【図Ⅲ-4】ファストプランツの花

- ① 生徒一人一人が教室で個別に栽培するための方法
- ② 発芽、開花、結実させるための栽培条件について



【図Ⅲ-5】ファストプランツの芽生え



【図Ⅲ-6】ファストプランツの結実

(4) ファストプランツの栽培について

栽培キットも販売されているが、量販店で販売されている器材や実験室にある器材で栽培する方法を検討した。更に改善の余地はあるが、今回行った方法を紹介する。

ア ファストプランツの種子の入手方法

種子は、日本総代理店である「インザスウッズ インドアガーデニング」から購入する。

イ 栽培器材

- ・ 土ポット（ジフィーセブン 30mm48 個で約 800 円）
- ・ セルトレー
- ・ 底面給水トレー（シャーレに水を張ってもよい）
- ・ 液体肥料（液体ハイポネックスを 500 倍に希釈したもの）
- ・ 照明付き栽培箱（【図Ⅲ-7】）
- ・ 竹串
- ・ ビニ帯



【図Ⅲ-7】水槽を利用した飼育箱

ウ 栽培方法

- ① セルトレーの中に土ポット入れて十分に給水させる。
(土ポットの下に吸水布を敷き、セルトレーの穴から出す。)
- ② 中央部に 2～3 個の種をまき、周辺の土を軽くかける。
- ③ 底面吸水トレーの上に置く。吸水は 1 日 1 回、液体肥料を与える。
- ④ 栽培箱の中に入れて、蛍光灯の強い光を 24 時間連続照射する。
- ⑤ 播種後 5～7 日：土ポット 1 個あたり 1 植物を残して、他の植物は根元からはさみで刈り取る。
- ⑥ 播種後 7～14 日：成長した植物が倒れないように竹串の支柱を立てる。糸または、ビニ帯で植物を竹串に固定する。

エ 成長のようす

播種から開花までのようすを【図Ⅲ-8】～【図Ⅲ-17】に示す。播種から19日目で開花した。



【図Ⅲ-8】9月20日（播種）



【図Ⅲ-9】9月22日（3日目）



【図Ⅲ-10】9月25日（5日目）



【図Ⅲ-11】9月28日（8日目）



【図Ⅲ-12】10月2日（11日目）



【図Ⅲ-13】10月5日（14日目）



【図Ⅲ-14】10月9日（17日目）



【図Ⅲ-15】10月11日（19日目）



【図Ⅲ-16】10月20日（30日目）



【図Ⅲ-17】10月22日（31日目）

オ 花の観察

【図Ⅲ-18】～【図Ⅲ-21】は、ファストプランツの花を観察して撮影した写真である。花が小さいので細かい操作が必要であるが、花のつくりを調べる教材として適する植物である。



【図Ⅲ-18】花の全形



【図Ⅲ-18】花を分解して観察した結果



【図Ⅲ-18】実体顕微鏡で観察した結果



【図Ⅲ-18】雌しべと子房

(5) 今後の課題

本研究では、ファストプランツの栽培方法と生育条件及び「花のつくりとはたらき」の単元においてより効果的な観察・実験教材となるかどうかについて検討してきた。ファストプランツの教材化には、容易な栽培方法の確立が重要であり、次の6点についてさらに検討する必要がある。

- ① 水の管理
- ② 温度の影響
- ③ 液体肥料の濃度
- ④ 照明方法
- ⑤ 飼育箱の工夫
- ⑥ 受粉の方法

今後、ファストプランツの栽培方法を確立して指導実践を経てその効果を確かめる予定である。

【参考文献】

- 佐藤茂他訳(2006);「ファストプランツで学ぶ植物の世界 日本語版 テキスト」, In the woods. Books
横尾恵理他(2007); 小・中学校における植物教材としての Fast Plants, 生物教育 47 巻 1・2 号