

平成18年度(第50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高めるための観察・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通して -

研究協力校

花巻市立湯本小学校・花巻市立石鳥谷小学校
盛岡市立下小路中学校・盛岡市立城西中学校

研究協力員

紫波町立日詰小学校	教諭	佐藤 均
北上市立黒沢尻西小学校	教諭	小原 大佑
二戸市立浄法寺小学校	教諭	山火 敏幸
盛岡市立北陵中学校	教諭	村田 和代
花巻市立矢沢中学校	教諭	中館 義広
宮古市立田老第一中学校	教諭	佐々木 俊

平成19年1月9日
岩手県立総合教育センター
科学産業教育室
高橋和夫・菅原尚志
佐藤 有・佐藤嘉宏

目 次

研究目的	- 1 -
研究の年次計画	- 1 -
研究の内容と方法	- 1 -
1 研究内容と方法	- 1 -
2 研究協力校および研究協力員	- 1 -
研究結果とその分析	- 1 -
1 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) 学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発	- 2 -
(4) 学習の定着の高まりの検証	- 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) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	- 5 -
(4) 開発教材を用いた授業の実際	- 6 -
(5) 実践結果の分析と考察	- 7 -
3 化学領域における観察・実験教材	- 9 -
(1) 学習定着度状況調査の分析	- 9 -
(2) 観察・実験教材の備えるべき要件	- 9 -
(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	- 10 -
(4) 開発教材を用いた授業の実際	- 12 -
(5) 実践結果の分析と考察	- 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) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	- 15 -
(4) 開発教材を用いた授業の実際	- 16 -
(5) 実践結果の分析と考察	- 17 -
5 地学領域における観察・実験教材	- 18 -
(1) 「学調」の分析	- 18 -
(2) 観察・実験教材の備えるべき要件	- 18 -
(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	- 19 -
(4) 開発教材を用いた授業の実際	- 21 -
(5) 実践結果の分析と考察	- 21 -
研究のまとめ	- 22 -
1 研究の成果	- 22 -
2 今後の課題	- 22 -
【引用文献】	- 22 -
【参考文献】	- 22 -

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」）を実施し、学力向上に取り組んできた。各小・中学校では、「学調」の結果を受けて、各校独自に正答率の低い問題を中心に事後指導を実施している。

しかし、過去3カ年に実施された「学調」の結果をみると、小学校では「科学的な思考」、中学校では「観察・実験の技能・表現」の正答率が低く、経年変化を調べるための同一問題でも、正答率が必ずしも上がっているとは言えない状況にある。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・生徒にとって学習内容の定着を高め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、過去3カ年の「学調」の分析結果を受けて、正答率が低かった単元の観察・実験教材に着目し、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を図るため、理科における児童・生徒の学習の定着を高めるための観察・実験教材を新たに開発し実践を行うものである。

研究の年次計画

本研究は、平成18年度の1年次研究である。

理科における学習の定着を高めるための観察・実験教材についての基本的な考え方の検討、過去3カ年における「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、授業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。

研究の内容と方法

1 研究内容と方法

- (1) 過去3カ年に実施された「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。（製作）
- (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、授業実践を行う。（授業実践・観察法）
- (4) 授業実践の結果と「学調」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 研究協力校および研究協力員

(1) 研究協力校

花巻市立湯本小学校（地学）、花巻市立石鳥谷小学校（生物）
盛岡市立下小路中学校（物理）、盛岡市立城西中学校（化学）

(2) 研究協力員

二戸市立浄法寺小学校	山火 敏幸	宮古市立田老第一中学校	佐々木 俊
紫波町立日詰小学校	佐藤 均	盛岡市立北陵中学校	村田 和代
北上市立黒沢尻西小学校	小原 大祐	花巻市立矢沢中学校	中舘 義広

研究結果とその分析

1 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、見通しを持って観察、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、目的意識を持って観察、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要請されている理科では、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、教科書に記載されている観察・実験を見直す際には、観察における「目的」と実験における「条件」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象・現象を正しく再現できるもの。
イ 児童・生徒の発達段階に応じた無理のない観察・実験の器具の操作技術を用いるもの。
ウ 児童・生徒の発達段階に応じ、容易に理解可能なもの。
エ 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である。各教科書会社では、その指導事項を基に効果的な観察・実験を設定しようとしており、教科書が改訂されるたびに観察・実験の見直しを行うなどの企業努力を行っている。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を孕んでいる。

また、児童・生徒の発達段階を考慮することも重要である。観察・実験の器具の操作など技能・表現的な面もさることながら、その内容が正しく科学的事象・現象を再現した観察・実験であっても、児童・生徒にとって無理なく理解できるような内容でなければ、意味を為さない。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についてもきちんと示していく必要がある。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発

児童・生徒の学習の定着の状況を把握するためには、本県で実施した過去3カ年の「学調」の分析結果を用いる。悉皆で行われている「学調」は、国立教育政策研究所の教育課程実施状況調査より本県の児童・生徒の実情に迫っていることが期待できるからである。

「学調」の分析結果をもとに正答率が低かった単元の観察・実験教材に着目し、物理・化学・生物・地学の専門的見地と、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・実験教材に工夫・改善を加え、発展させた形で開発・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従って行う。

- | |
|--|
| ア 学習指導要領の指導事項に関連する科学的事象・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事象・現象とアで把握した科学的事象・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。 |
|--|

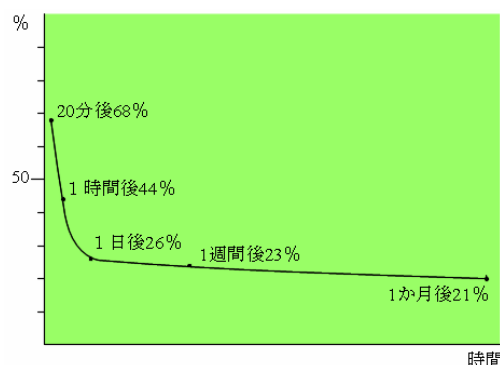
学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発に関して最も重要なのは、「学調」の正

答率が低かった問題の基になっている観察・実験教材について、包含される科学的事象・現象と学習指導要領のそれとで比較・検討を行うことである。比較・検討を行う過程で、児童・生徒の学習内容の定着を十分に高めるための機能として、どのような要件が必要なのかを明らかにし、開発する観察・実験教材の方向性を定めていくことができると思う。具体的な素材・教材を洗い出す作業に関しては、開発した観察・実験教材をできるだけ普及させるため、児童・生徒そして教師にとって身近な素材・教材の中から選ぶことが必要であると思う。

(4) 学習の定着の高まりの検証

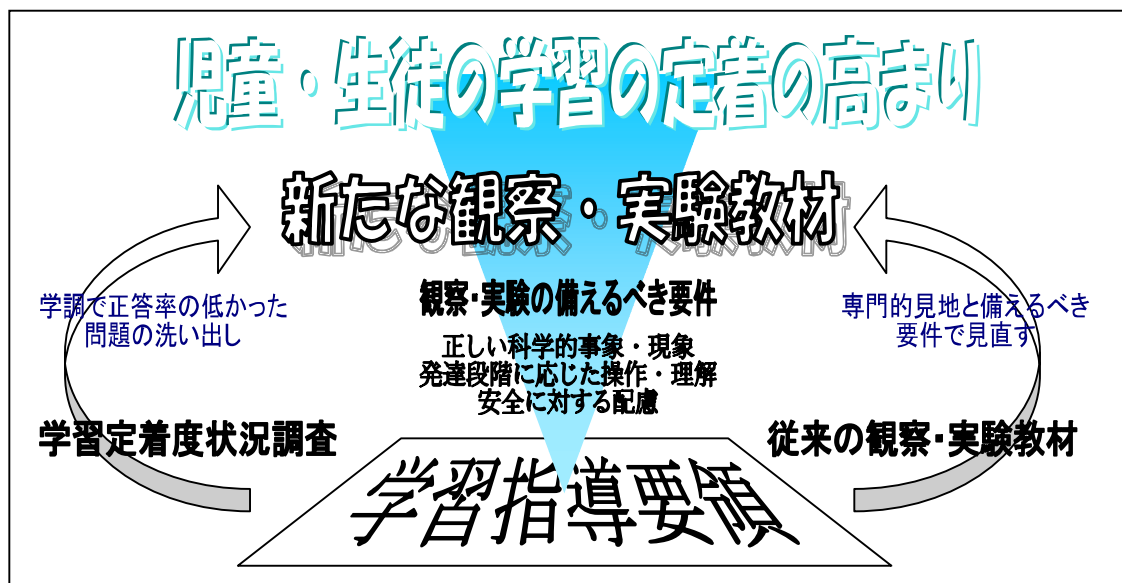
児童・生徒に学習が定着した状況とは、学習して得た内容が長期記憶（ラリー・スクワイア, 1989）として保持されている状況である。本研究では、「より効果的な」観察・実験教材を用いて学習した内容について、長期記憶として維持するための「維持リハーサル」は行わず、ヘルマン・エビングハウスの忘却曲線に基づき、授業実践より1ヶ月後以降に定着の状況を検証する。授業実践後すぐに検証を実施しないのは、短期記憶と区別するために、学習内容が児童・生徒に定着している本当の状況を明らかにするためである。本研究で実践する学習内容は、エビングハウスが実験した無意味な文字列とは違って意味をなす事象であるので、1か月後以降にはおおよそ20%程度以上の学習内容を児童・生徒が覚えているであろうと期待したい。

また、本研究の「より効果的な」観察・実験教材の有効性の検証では、従来の研究で行っていた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の方法はとらず、過去3カ年の「学調」で出題された問題または類似の問題を出題し、その結果の分析によって行い、「学調」の結果と比較することによって「より効果的な」観察・実験教材の有効性の検証としたい。



【図 1-1】ヘルマン・エビングハウスの忘却曲線

本研究の構想図を以下に示す。

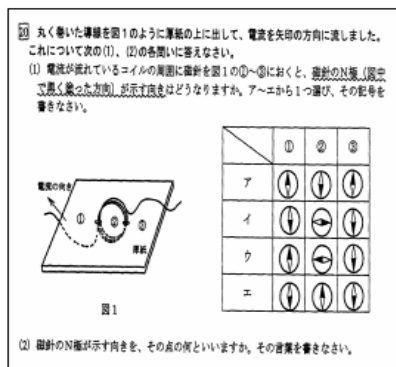


【図 1-2】新たな観察・実験教材開発の構想図

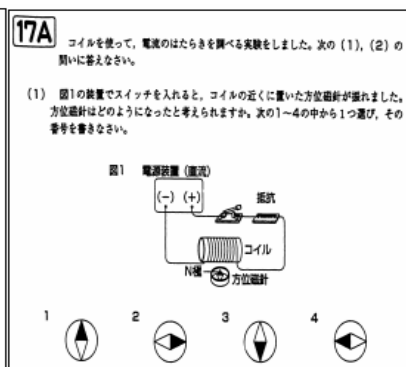
2 物理領域における観察・実験教材

(1) 学習定着度状況調査の分析

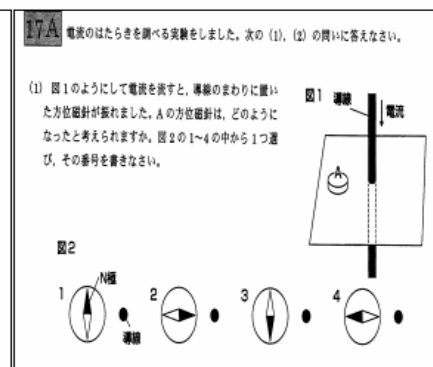
平成15年度から平成17年度まで、中学校2年理科の全体正答率は、61%、53%、61%となっており、決して高いと言える状況にはない。また、達成率（正答率が85%を上回った児童生徒の割合）を見ても、平成15年度8%、平成16年度4%で他教科、他学年理科と比べても低い状況にある。観点別では「観察・実験の技能・表現」を見る問題の正答率が他に比べ6～11%低くなっている（平成17年度）。物理の領域別で見ると、過去3年とも「電流とその利用」に関する問題の正答率が、最も低くなっている。その中でも、電流がつくる磁界の様子に関する問題の正答率が低く、平成15年度は47%、平成16年度は25%、平成17年度は36%となっている（【図2-1】～【図2-3】）。



【図2-1】平成15年度
(正答率47%)



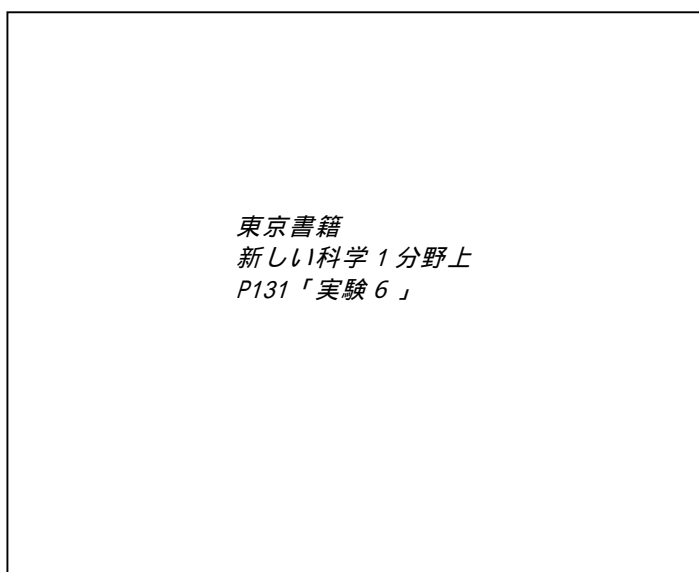
【図2-2】平成16年度
(正答率25%)



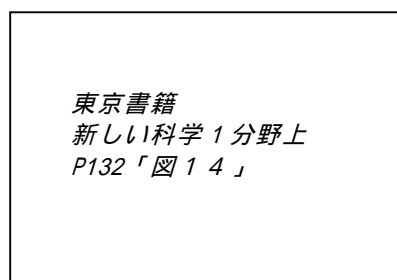
【図2-3】平成17年度
(正答率36%)

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

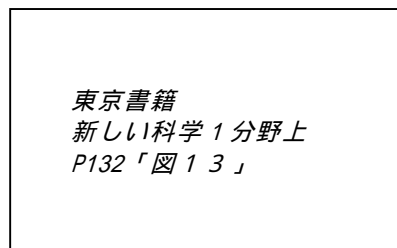
「新しい科学1分野上(東京書籍)」の「**2** 電流がつくる磁界を調べよう」では、電流がつくる磁界を調べる実験は、【図2-4】のように、コイルがつくる磁界を調べるものになっている。ところが、直線上の電流がつくる磁界や引きのばしたコイルがつくる磁界については、【図2-5】、【図2-6】のように、写真を載せているだけで、実験によって確かめるものにはなっていない。直線上の電流がつくる磁界を調べる実験は比較的簡単にできるが、引きのばしたコイルがつくる磁界を調べる実験は、装置自体がないなどの理由でほとんど行われていない現状である。(1)アで述べたように、電流がつくる磁界に関する問題の正答率が低いのは、実験を通して確実に理解する段階まで達していないためと思われる。



【図2-4】コイルの磁界を調べる実験(東京書籍)



【図2-5】直線状の電流がつくる磁界



【図2-6】引きのばしたコイルがつくる磁界

このような状況を改善するためには、一つ一つの実験を行い、その実験を通して確実に理解させる必要がある。それには、次のような要件を備えた実験教材が必要である。

ア 生徒の発達段階に応じた無理のない操作で行う実験教材

生徒の発達段階に応じ、無理のない操作でできる実験を行うことにより、物理現象に対する理解がしやすくなる。

イ 主体的な活動を伴う実験教材

生徒が装置を組み立てるといった主体的な活動を取り入れることで、より興味・関心が高まり、また、物理現象に対する理解も深まるものと思われる。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア 教材名「簡易パスカル電線」

直径1mmのビニール線(12芯)を12~13回巻きに束ねて、長さ4m程度の輪を作り、その輪の一部をプラスチックケースに通す(【図2-7】)。プラスチックケース内部で、ビニール線の両端をターミナルにハンダ付けする。ハンダ付けするとき【図2-8】のようにビニール線の端を交差させると、電源装置の正極を赤の端子に接続したとき、簡易パスカル電線の赤の端子がそのまま正極となる。



【図2-7】簡易パスカル電線



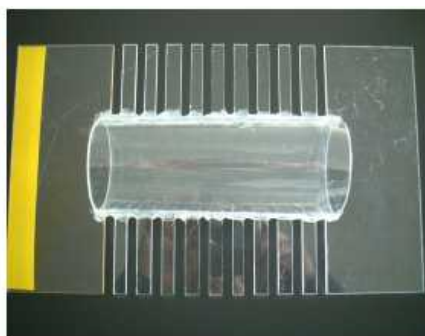
【図2-8】プラスチックケースの内部

イ 教材名「電流と磁界の関係を調べる装置」

アクリル板、アクリル管及びペットボトル(炭酸飲料用)を加工し、【図2-9】~【図2-11】のような、簡易パスカル電線を巻き付ける装置を作る。【図2-9】はコイルがつくる磁界を調べるためのもので、正方形に配置し、接着したアクリル管に簡易パスカル電線を2~3回巻き付けて実験を行う。【図2-10】は引きのばしたコイルがつくる磁界を調べるためのもので、ペットボトルを用いて作った直径7cmの筒にパスカル電線を9~10回巻き付けて実験を行う。【図2-11】は直線上の電流がつくる磁界を調べるためのもので、2枚のアクリル板の中心に通したアクリル管に簡易パスカル電線が直線上になるようにひもで結びつけて実験を行う。2枚のアクリル板を用いたのは、磁界が1つの平面上だけにできるのではなく、立体的にどのようにできるかを調べるためである。



【図2-9】コイルの磁界を調べる装置

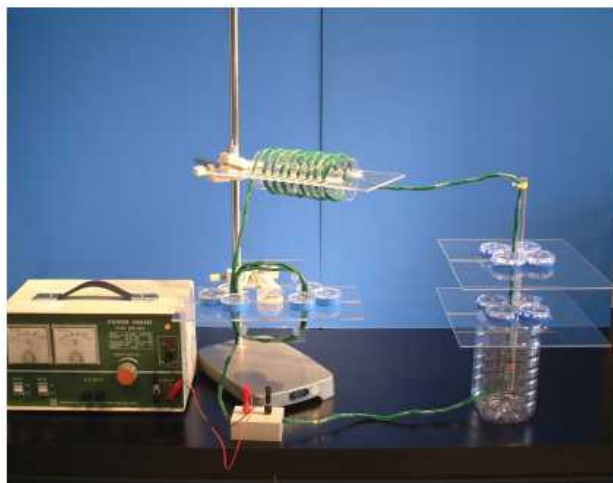


【図2-10】引きのばしたコイルがつくる磁界を調べる装置



【図2-11】直線状の電流がつくる磁界を調べる装置

「電流と磁界の関係を調べる装置」の全体図が【図2 -12】である。コイルの磁界を調べる装置と引きのばしたコイルの磁界を調べる装置は鉄製スタンドに固定し、直線電流がつくる磁界を調べる装置はペットボトルなどで作った台に固定する。実験は、一つ一つの装置で、方位磁針を用いて磁界の向きを調べる（【図2 -13】～【図2 -15】）。また、電流の向きを反対にしたときの磁界の向きも調べる。



【図2 -12】装置全体図



【図2 -13】コイルの磁界



【図2 -14】引きのばしたコイルの磁界



【図2 -15】直線状の電流がつくる磁界

(4) 開発教材を用いた授業の実際

「簡易パスカル電線」と「電流と磁界の関係を調べる装置」を用いた授業実践は、研究協力校の盛岡市立下小路中学校と研究協力員の所属する花巻市立矢沢中学校で行った。下小路中学校では2年5組で行い、矢沢中学校では2年2クラスと3年の理科選択クラスで実施した。どちらも、グループ単位で自分たちで実験装置を組み立て、電流と磁界の関係を調べる実験を行った。【図2 -16】は装置を組み立てている様子、【図2 -17】は磁界の向きを調べている様子である。



【図2 -16】装置を組み立てている様子



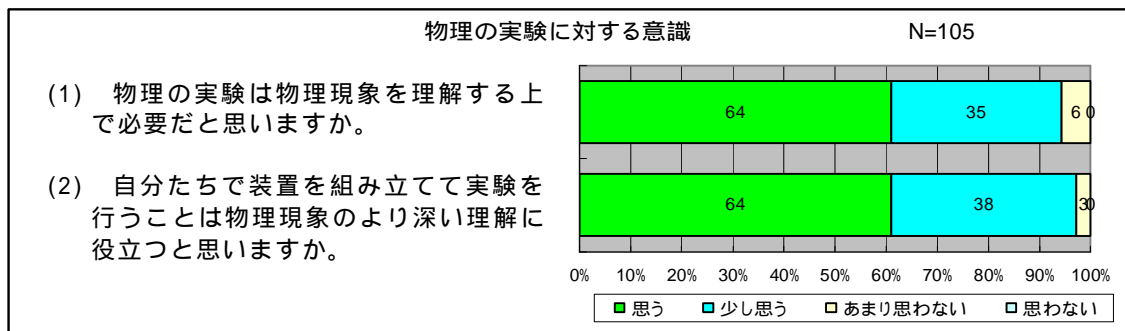
【図2 -17】磁界の向きを調べている様子

(5) 実践結果の分析と考察

ア 物理の実験に対する意識について

「物理の実験は物理現象を理解する上で必要だと思いますか。」の質問に対して、99名(94%)の生徒が「思う」「少し思う」と答えている(【図2-18】)。物理現象の理解に対する実験のもつ意義の大きさの表れと思われる。ところが、6名の生徒は「あまり思わない」と答えている。個々に6名の生徒のアンケートを見ると、今回の実験については、ほとんどの生徒が電流と磁界の関係の理解に役立ったと答えている。

「自分たちで装置を組み立てて実験を行うことは物理現象のより深い理解に役立つかと思いますか。」の質問に対しては、102名(97%)の生徒が「思う」「少し思う」と答えている(【図2-18】)。既成のものをそのまま用いて実験を行うことより、自分たちで組み立てるといふ「主体的な活動を伴う実験教材」を用いることで、より理解が深まると考えていることが分かる。

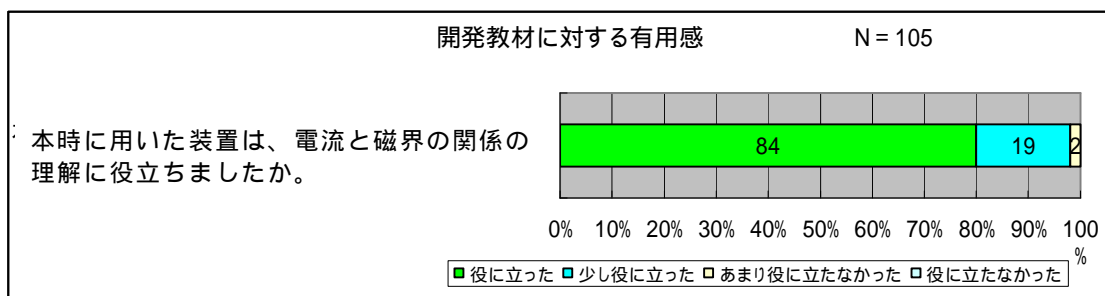


【図2-18】物理の実験に対する意識

イ 開発教材に対する有用感について

【図2-19】は開発教材に対する生徒の有用感を示したものである。「本時に用いた装置は、電流と磁界の関係の理解に役立ちましたか。」の質問に対し、103名(98%)の生徒が、「役に立った」、「少し役に立った」と肯定的に答えている。コイルの電流がつくる磁界、引きのばしたコイルの電流がつくる磁界、直線状の電流がつくる磁界を調べるため、自分たちで装置を組み立て、その巻き方と電流の向きを確認しながら磁界の様子を調べることが理解に役だったものと思われる。

「電流と磁界の関係を調べる装置」は、磁界がどのようにできるかを理解する上で有用であったと思われるが、学習の定着を高めるといふ点では、今後の追跡調査が必要である。



【図2-19】開発教材に対する有用感

ウ 生徒の感想から

自分たちで実験装置を組み立てるといふ「主体的な活動」を取り入れた今回の実験及び開発教材について、生徒たちの感想を見ると、「この実験器具を使ったら分かりやすくいいと思いました。」、「自分たちで電流の向きをたどりながら考えたりして、教科書を見るだけよりも良く理解できました。」など、ほとんどの生徒が肯定的な評価をした内容で感想を書いている。また、3年生の「この磁界のところが分からなかったの、この実験をできて良かったです。」という感想を見ると、今回の実験及び開発教材は、理解させるという点で効果があったものと思われる。ただし、「組み立てが難しい」とか、「方位磁針が置きづらい」といふ感想もあったので、さらに使いやすいものに改良する必要があると考える。

今回の授業では新しい器具を使えてよかった。一度にたくさんの所を調べることができてとても便利だったし、初めから組み立てることで、実験に対して興味がわいてよかった。

この前の授業ではわかりにくかったけど、この実験器具を使ったら分かりやすくていいと思いました。

自分たちで組み立てて実験をするので、実験の仕組みがよく分かりました。1度に3カ所見られるので便利でした。

装置を組み立てるのが楽しかったです。また、実験のときに、自分たちで電流の向きをたどりながら考えたりして、教科書を見るだけよりも良く理解できました。器具が少し大きめなのもわかりやすかったです。

私は理科の実験があまり好きではありませんでしたが、今回のように、自分たちで組み立てて使ってみるととても面白かったです。それに、今回の装置はすごく分かりやすくて、すごく役立ちました。

電流が流れたときの磁界の発生の仕方が分かりやすくてできました。コイルの巻数が多いほど磁界が強くなる理由などこの実験でかなりのことが学べたと思います。

いろいろな装置を使って実験しましたが、この実験を通して「電流と磁界の関係」について理解できました。とても役に立ったし、よい勉強になりました。『物理』が実験を通して楽しくなりました。

方位磁針をたくさん置いて、前より磁界の向きなどをはっきり分かることができ良かったです。この磁界のところが分からなかったので、この実験をできて良かったです(3年)。

装置を組み立てて調べるのが楽しかった。方位磁針が置きづらかった。

組み立てるときに少し難しいと思いました。また、時間がかかるので、もう少しやりやすいものならよいと思います。

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

中学校理科において、「化学変化と物質の質量」は定量的な実験を行う数少ない単元であり、実験結果からグラフを作成することやグラフから二つの量の関係を見出すことなどの科学的な方法を学習する重要な単元である。しかし、学習定着度状況調査の結果をみると、中学校第3学年における「金属と酸素が化合する際の質量比を算出することができる」の正答率は、平成16年度で49%、平成17年度で45%といずれも低くなっている。そこで、本研究では、「化学変化と物質の質量」における観察・実験を再検討し、この単元における学習内容の定着を高めるための実験教材を開発することとした。

(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。

化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応の前後では物質の質量の総和が等しいこと及び反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見出すこと。

これは、化学変化における「質量保存の法則」と「定比例の法則」を実験から見出させることをねらいとしている。それには、次のような要件を備えた観察・実験が必要である。

ア 化学変化における質量の変化に、生徒の興味・関心を引きつけること。

日常生活の中で、生徒は、「質量保存の法則」はもちろんのこと、開放系で化学変化が起こったときに質量が変化していることにさえ、ほとんど気づかずに過ごしているのが現状と思われる。そのような生徒に「質量保存の法則」という基礎・基本を定着させるためには、まず第一に、開放系で化学変化が起こるときには質量が変化することがあることを実感させることが必要である。

そこで、大きな天秤を用いることによって、化学変化における質量変化を視覚的に実感させるとともに、生徒の興味・関心や知的好奇心をより高めるために、ともに燃焼反応でありながら、一方では質量が減少する反応を、他方では質量が増加する反応を、同じ天秤を用いて示す教師の演示実験教材を工夫した。

イ 化学変化における物質の質量変化の規則性に、実験のデータを通して気付かせること。

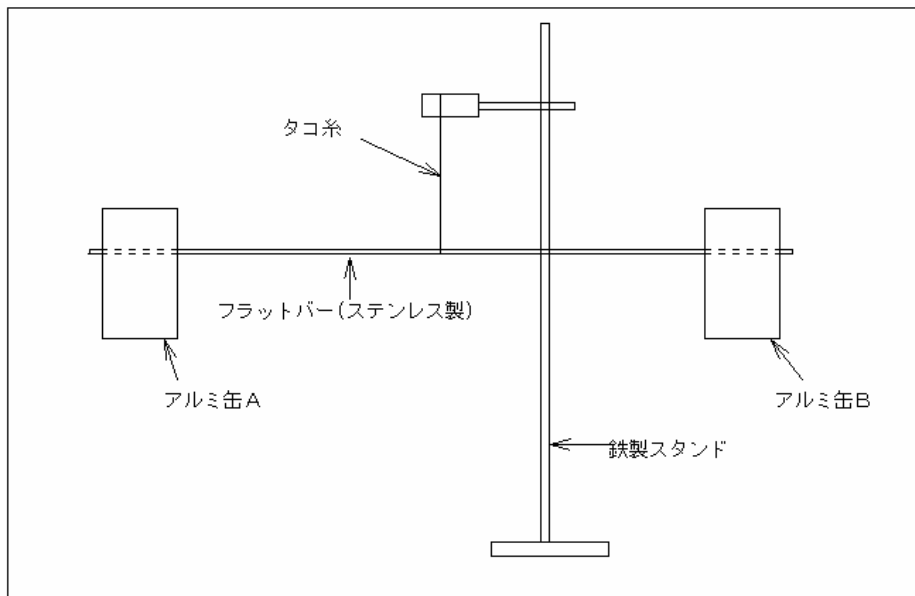
ほとんどの教科書において「定比例の法則」の生徒実験として取り扱っている銅粉やマグネシウム粉の酸化反応では、金属の酸化が不十分だったり、酸化物の微粒子が空气中に飛散したりするなどの理由から期待される実験結果が得られにくい。そのため、微細な金属粉末を用いたり、強熱する方法を工夫したり、酸化マグネシウムの白煙の飛散を防ぐなど、さまざまな工夫が行なわれているが、実験材料が高価になったり、生徒にとって実験操作がやや複雑になったりするなどの短所も持っている。「定比例の法則」という基礎・基本を定着させるためには、生徒自身が比較的簡単な方法で実験でき、期待されるデータが得られることが必要である。

そこで、教科書のような金属の酸化にとらわれず、操作や手順が簡便で、短時間ででき、物質間の質量の関係がほぼ期待されるとおりに得られる生徒実験教材を工夫した。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア 教材 「化学変化における質量変化を調べる天秤」

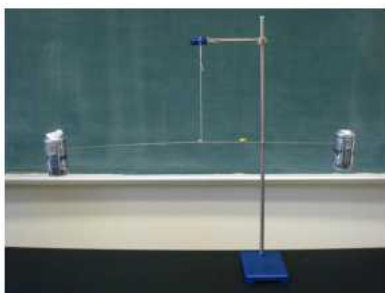
【図3-1】に教材の概要を示す。ここで用いたフラットバー（ステンレス製）は、寸法が厚さ2mm×幅10mm×長さ1000mmのもので、ホームセンターで購入可能である。また、アルミ缶は350mlの空き缶を底が上になるようにフラットバーに固定してある。



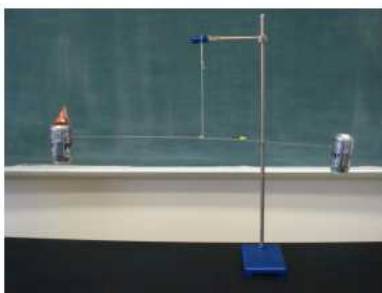
【図3-1】「化学変化における質量変化を調べる天秤」の概要

実験の方法を以下の(ア)～(オ)に、その結果を【図3-2】～【図3-7】に示す。

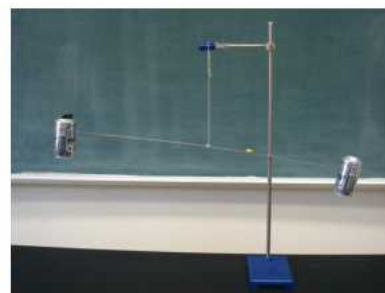
- (ア) フラットバーが水平であることを確認した後、アルミ缶Aの上に、1円玉(約1g)をのせ、フラットバーがどの程度傾くかを見せておく。
- (イ) アルミ缶Aの上に、約1gの脱脂綿をのせ、アルミ缶B側のフラットバーに小さな磁石をのせ、フラットバーが再び水平になるように磁石の位置を調整する。
- (ウ) ライターで脱脂綿に点火すると、フラットバーがどちらに傾くかを予想させる。
- (エ) ライターで脱脂綿に点火し、フラットバーが傾く様子を観察させる。
- (オ) 脱脂綿をマグネシウムリボンに変えて、(イ)～(エ)の実験を行う。



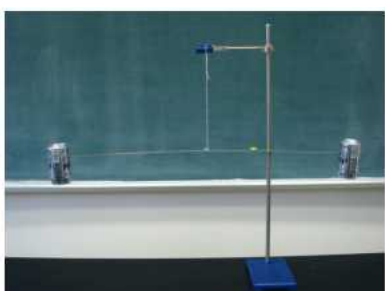
【図3-2】脱脂綿の燃焼前



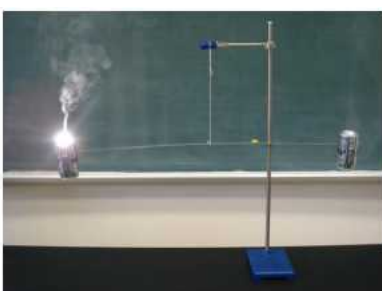
【図3-3】脱脂綿の燃焼中



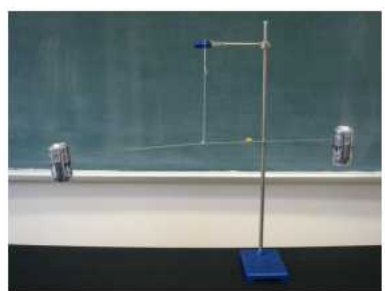
【図3-4】脱脂綿の燃焼後



【図3-5】マグネシウムの燃焼前



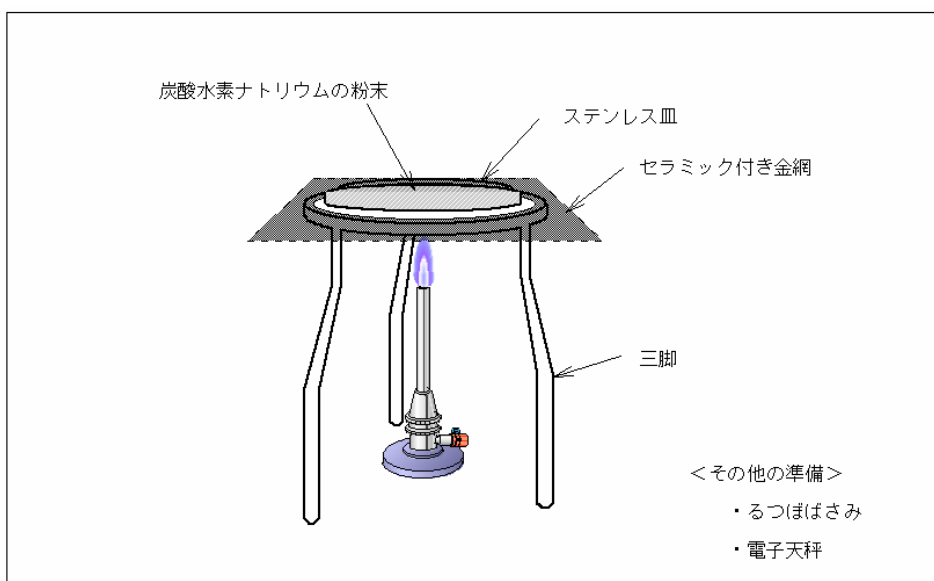
【図3-6】マグネシウムの燃焼中



【図3-7】マグネシウムの燃焼後

イ 教材 「炭酸水素ナトリウムの熱分解による定比例の法則の実験」

【図 3-8】に教材の概要を示す。ガスバーナー、三脚、セラミック付き金網を用いて、ステンレス皿に入れた炭酸水素ナトリウムを加熱する簡単な実験である。



【図 3-8】「炭酸水素ナトリウムの熱分解による定比例の法則の実験」の概要

実験の方法を以下の(ア)～(ケ)に示す。

- (ア) ステンレス皿の質量 (S) をはかる。
- (イ) 炭酸水素ナトリウムの粉末を薬包紙に取り、粉末の中の塊状の粒を薬品さじでよくつぶしておく。
- (ウ) はかり取る炭酸水素ナトリウムのおおよその質量は、班によって分担して実験してもよい。その一例を【表3-1】に示す。

【表 3-1】はかり取る炭酸水素ナトリウムの質量の例

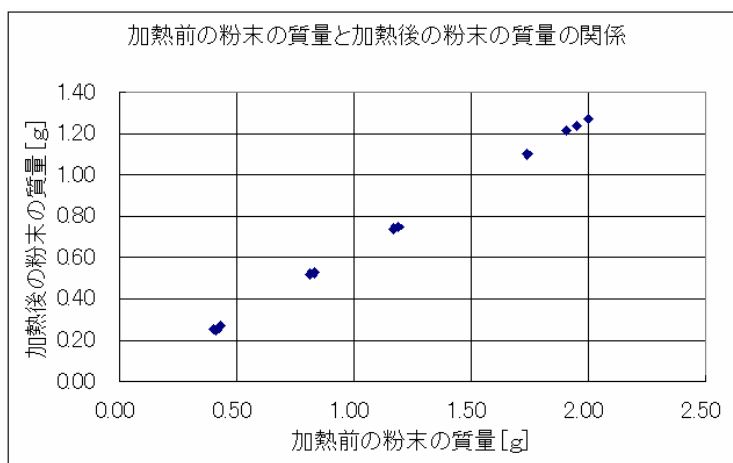
班	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10
炭酸水素ナトリウムの質量 [g]	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0

- (エ) ステンレス皿によくつぶしておいた炭酸水素ナトリウムの粉末をのせ、皿全体にうすく広げたのち、ステンレス皿と粉末を合わせた全体の質量 (M_1) をはかる。
- (オ) ガスバーナーで約 3～4 分間強熱する。
注) 反応中、炭酸水素ナトリウムの粉末中の塊状の粒がはじけることがあるので、顔を近づけすぎないようにする。
- (カ) 加熱をやめ、ステンレス皿をセラミック付き金網の上からおろし放冷する。
注) ステンレス皿が熱くなっているので、おろす時火傷に注意させる。るつばばさみを用いるが、使い慣れていない場合はあらかじめ練習させておくとよい。
- (キ) 手で触っても熱く感じなくなるまで冷えたら、再び、ステンレス皿と粉末を合わせた全体の質量 (M_2) をはかる。
- (ク) 測定結果を表に記録し、加熱前の粉末の質量 ($m_1 = M_1 - S$) と、加熱後の粉末の質量 ($m_2 = M_2 - S$) を計算によって求める。
- (ケ) 各班のデータを一覧表にまとめる。実験の結果を【表 3-2】及び次頁【図 3-9】に示す。

【表 3-2】実験結果の例 (中学校初任者研修講座での実習から、一部抜粋)

班	1	2	3	4	5	6	7
ステンレス皿の質量 S [g]	19.13	19.13	19.28	19.14	19.14	19.15	19.13
加熱前の全体の質量 M_1 [g]	19.53	19.56	20.09	19.97	20.31	20.89	21.13
加熱後の全体の質量 M_2 [g]	19.38	19.40	19.80	19.67	19.88	20.25	20.40
加熱前の粉末の質量 m_1 [g]	0.40	0.43	0.81	0.83	1.17	1.74	2.00
加熱後の粉末の質量 m_2 [g]	0.25	0.27	0.52	0.53	0.74	1.10	1.27

【表3-2】から、加熱前の粉末の質量と加熱後の粉末の質量の関係をグラフで表すと【図3-9】のように、測定値はほぼ一直線上に並び、加熱前の粉末の質量と加熱後の粉末の質量の間に明らかな規則性を実感できる。また、これらの測定点は、理論値から導かれる直線上にほぼ並んでいる。研修者からは「生徒でも容易に短時間でできる実験である」との感想が出された。



【図3-9】加熱前の粉末の質量と加熱後の粉末の質量の関係のグラフ

(4) 開発教材を用いた授業の実際

ア 授業実践の概要

平成18年12月8日(金)及び
12日(火)、盛岡市立城西中学校第2学年2クラス72名

イ 単元の指導計画と授業実践の設定

単元の指導計画を【表3-3】に示す。授業実践は、第2章第5節の第3時に学習課題「物質が分解するときの質量の変化を調べよう」として設定した。

【表3-3】単元の指導計画と授業実践の設定 ()が授業実践

章	節	学習課題及び探究課題	配当時間
第1章	物質の変化		9時間
第2章	物質どうしの化学変化		13時間
	第1節	物質どうしはどうか結びつきのだろうか	2時間
	第2節	燃えるとはどのようなことだろうか	2時間
	第3節	化学変化がおこるときに物質の質量は変化するのだろうか	3時間
	第4節	化学変化を記号で表すにはどうすればよいのだろうか	2時間
	第5節	化学変化が起こるとき、物質の質量の割合はどうなっているのだろうか	4時間
		・金属を熱したときの質量の変化を調べよう	2時間
		・物質が分解するときの質量の変化を調べよう	1時間
		・物質が化合するときの質量の関係を調べよう	1時間

ウ 授業実践の様子

【図3-10】は、実験時の生徒の様子である。1グループが3～4人の10グループに分かれ、各グループが異なる質量の炭酸水素ナトリウム粉末を加熱分解し、その質量変化を調べた。手順や操作も簡単な実験なので、時間にも余裕をもって実験に取り組んでいた。1000分の1gまで測定できる天秤に興味を示しながら、見た目にはあまり変化が見られないのに質量が変わっていることに驚き、予想と違う測定結果にもう一度測定し直す様子も見られた。



【図3-10】実験時の生徒の様子

【図3-11】は、考察時の生徒の様子である。各グループの実験結果を黒板の表に記入することでデータを共有し、それを一つのグラフに表すことにした。その結果、各グループのデータがほぼ一直線上に並ぶことが次第に明らかになってくるにつれて、生徒たちは、その結果に驚いたり、自分たちの予想が正しかったことを喜んだり、自分たちの班の結果が他の班の結果と若干ずれたことについてその理由を話し合ったりする様子が見られた。



【図3-11】考察時の生徒の様子

(5) 実践結果の分析と考察

ア 学習の定着の高まりについて

本研究における学習の定着は、3頁で前述したとおり、授業実践より少なくとも一ヶ月以降の理解の状況と捉えることとする。そのため、生徒に学習した内容が定着したかどうかの検証は、第3学期に学習定着度状況調査で出題された問題またはそれに類似する問題を出題し、学習定着度状況調査の結果との比較・分析を行う方法をとることとし、授業実践の事前テストや事後テストは実施していない。したがって、このことについての分析結果は、3月にセンターのWebページ上で報告する。

イ 開発教材に対する生徒の意識

単元終了後に、生徒に開発教材に対する意識調査を行った。

【図3-12】から、明確な目的意識を持たず実験に取り組んだ生徒が20%近くいたことがわかった。これは、今回教科書にない実験であったため、前時とのかかわりや課題の提示のしかたに工夫が必要であったと考えられる。

【図3-13】から、ほとんどの生徒は実験操作は容易であったと捉えていることがわかる。実験に用いる器具は、以前の実験で使用したもので、加熱時間も短時間であるため、生徒の発達段階に適していたと考えられる。

【図3-14】から、約4分の1の生徒が実験結果にあまり満足していないことが明らかになった。これは、生徒たちが定量的な実験に慣れていないことや、数値計算やグラフを書くことを苦手としているためであると思われる。

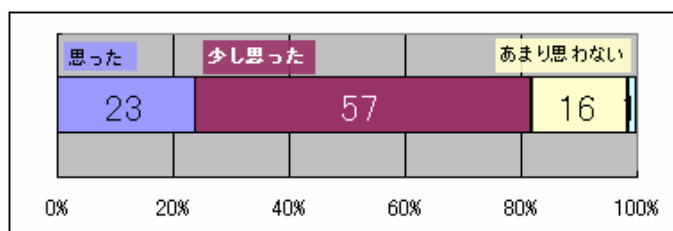
【図3-15】から、今回の実験が定比例の法則の理解につながると概ね考えている生徒が80%弱いることがわかった。この理解が、学習の定着にまでに高まるかどうか、今後の検証に期待したいところである。

ウ 生徒の感想から

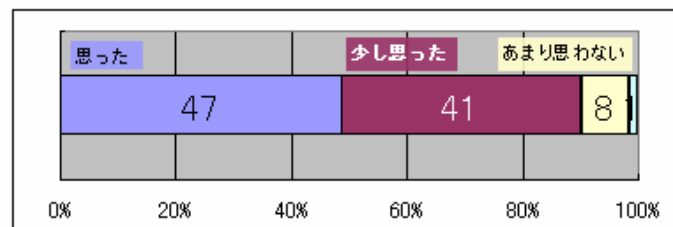
単元終了後に、今回の実験についての感想を生徒に自由記述させた一部を紹介すると、「実験のやり方は簡単だったし、自分の予想どおりの結果が出てうれしくなった。」「加熱前の炭酸水素ナトリウムと加熱後の炭酸ナトリウムの質量の比例関係がわかり、よかった。」など、本研究のねらいに沿った記述がみられた。反面、「数字がごちゃごちゃでくるので、よくわからなかった。」「グラフの書き方が難しかった。」など、実験結果の処理における指導も並行して行われなければならないという課題が浮き彫りになった。

エ 授業者の意見・感想から

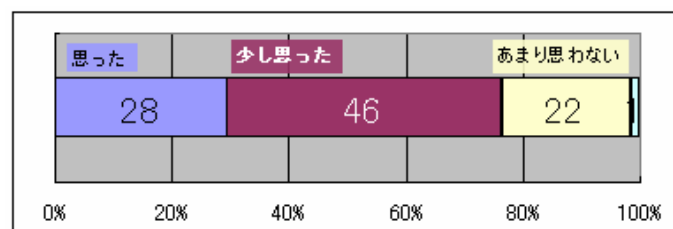
単元終了後に、今回の実験についての意見を授業者に自由記述していただいたが、「実験データが正確に出て、自分たちで結果処理できるよい実験である。」「課題設定が難しい実験だと思った。」のように、本教材の成果と課題について述べられていた。



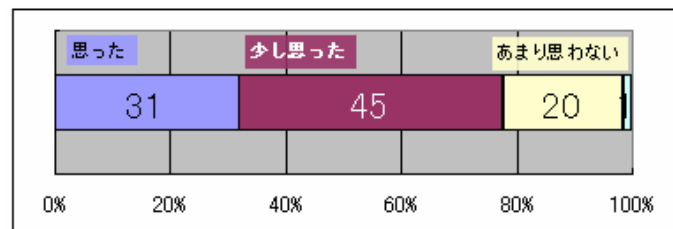
【図3-12】実験の目的に関する意識



【図3-13】実験の操作性に関する意識



【図3-14】実験結果の満足度に関する意識



【図3-15】内容理解への有用性に関する意識

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3年間の調査で、生物領域において正答率が50%以下の問題は、【表4-1】のとおりである。この中で、小学校4年生で学習する「季節によるこん虫の活動の様子を指摘する」

については、経年変化を見ても定着が十分とはいえない。これは、授業で実際にこん虫を飼育観察する体験が少ないことが原因の一つとして考

えられる。このことは、こん虫の飼育や観察を苦手として感じている小学校教員が多いという調査結果（「小学校理科の指導に係る実態調査」2005岩手県立総合教育センター）からも裏付けされる。

また、小学校5年生で学習する「顕微鏡を適切に操作できる」と小学校3学年で学習する「虫めがね（ルーペ）を適切に操作することができる」に関して正答率が低いことは、顕微鏡や虫めがね（ルーペ）を使った生物観察の経験が少なく、正しい使い方の技能が身につかないまま、学年が進行していることが考えられる。

そこで、本研究は第6学年の「4 生き物のくらしとかんきょう」の単元において、植物と動物のかかわりについて調べる活動の中で、実際にこん虫を飼育し、虫めがねを使った観察を行い、生物の活動についての理解と実験器具の使い方の技能の定着を図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

単位(%)

学習学年	出題内容	調査実施学年	主な観点	H17	H16	H15
小学校4年	季節によるこん虫の活動の様子を指摘できる	小学校5年	知識・理解	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	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	44	45	30
中学校1年 (小学校3年)	ルーペ(虫めがね)の正しい操作	中学校1年	技能・表現	59	63	-
全体正答率			小学校5年	68	69	67
			小学校6年	80	82	78
			中学校1年	66	62	57

(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 小学校 第6学年

2 内容

A 生物とその環境

- (2) 動物や植物の生活を観察し、生物の養分のとり方を調べ、生物と環境とのかかわり方についての考えをもつようにする。

アウ省略

イ 生きている植物体や枯れた植物体は動物によって食べられること。

3 内容の取り扱い

(1)(3) 省略

- (2) 内容の「A 生物とその環境」の(2)のウについては、食物連鎖などは取り扱わないものとする。

学習指導要領解説 理科編

イ 枯れた植物の行方を考えたり、動物の食べ物について調べたりしながら、地面に生えている植物が昆虫や哺乳動物のなどの餌として食べられたり、枯れた植物が動物の餌として食べられたりしていることなどを調べ、植物体は、動物の餌になっていることや、枯れた植物体も動物が生きていくための大切な栄養となっていることをとらえるようにする。

ここで扱う教材としては、イについては、例えば、身近な昆虫や牛、馬などの家畜動物が植物を食べることや、枯れた植物体を食べる動物についてはダンゴムシなどの節足動物や枯れ草を食べる草食性の哺乳動物などを扱うようにする。

学習指導要領では、枯れた植物体は動物によって食べられることをダンゴムシなどの節足動物を飼育して観察することが求められている。しかし、ダンゴムシなどの土壌中にいる動物はその姿や活動場所から児童や教員に敬遠される傾向があり、常に湿り気を与えるという管理上の問題もあり、教材として扱いにくい点があると思われる。

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は、以下のア～エのとおりである。

- ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象
 - ・ダンゴムシが何を食べて生きているか調べることができる。
 - ・ダンゴムシを飼育して、餌として与えた枯れた植物を食べることを、残った葉の大きさやふんなどの観察を通して調べることができる。
 - ・枯れた植物も動物の食べ物になっていることをとらえることができる。
 - ・人や動物の食べ物のもとには植物であり、人や動物が食べ物を通して、ほかの動物や植物とかかわり合っていることを理解することができる。
- イ 児童の発達段階に応じた無理のない観察・実験の器具の操作技術
 - ・児童一人一人がある程度の期間、自分の責任において飼育し、じっくり観察することができる。
 - ・虫めがねの正しい使い方の技能を定着できる。
- ウ 児童の発達段階に応じた容易に理解可能な観察・実験
 - ・ダンゴムシの食べるものを予想して、その食べ物を与えて飼育し、結果が比較できる。
- エ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項
 - ・安全上から、虫めがねで太陽を直接観察して目をいためることがないように配慮する。
 - ・飼育観察のあとは手を洗うなどの衛生面に配慮する。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア ダンゴムシ飼育びん

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考案したのが、児童が個別にダンゴムシを飼育し観察できる「ダンゴムシ飼育びん」である。

(ア) 教材の概要

教材の材料を【図4-1】に示す。棒びん（スチロール製押ぶた式50ml）にパーミュキュライトを葉さじ大2.5（約1.8g）と園芸用吸水性ポリマーを葉さじ小1（約0.5g）の割合で入れ、水を約10ml 加えてしばらく静置する。園芸用吸水性ポリマーは、乾燥を防止するために加える。このことにより、観察期間中の十分な湿り気が確保できる。次にパーミュキュライトの上に直径17mm に切り取ったろ紙とダンゴムシのかくれ場所として小石を入れる（【図4-2】）。ろ紙はダンゴムシやダンゴムシが排出したふんを観察しやすいようにするためである。千枚通しで空気穴を数カ所空けたふたをし、飼育中は、棒びんのまわりを工作紙で覆い暗くする（【図4-3】）。



【図4-1】飼育びん製作セット

また、児童への演示用として、透明プラスチックカップに上記と同様な方法で飼育観察容器を準備する（【図4-4】）。



【図4-2】飼育びん



【図4-3】工作紙でつくった覆い



【図4-4】演示用飼育観察容器

(イ) 観察

(ア)で準備した飼育びんに、ダンゴムシ2～3匹と餌として小さく切った枯れ葉などを入れる（【図4-5】）。観察するときは、覆いはずし、小さな虫めがねを使って、棒びんの上方や側方から観察する。授業実践では、ダンゴムシを入れて5日後に観察を行ったが（【図4-6】）、この容器で飼育すると、約1ヶ月間霧吹きなどをしなくても生育可能である。また、脱皮しているダンゴムシの観察や繁殖期にはメスの体から生まれた子ダンゴムシの観察ができる。



【図4-5】観察開始時



【図4-6】5日後



【図4-7】プラスチックレンズ

イ 観察用虫めがね

児童は小さいものを虫めがねで見るとき、自分の両目でものを見ようとするために、ものに虫めがねを近づけ、虫めがねを目から離して焦点を合わせようとする。これは、学校で使用している虫めがねが比較的大きく焦点距離が大きいため片目で見ると必然性をあまり感じないからではないかと考える。そこで、観察用虫めがねとしてレンズの直径と焦点距離が小さいプラスチックレンズ(レンズ径23mm、 $f = 50\text{mm}$ 【図4-7】)を用いる。棒びんの中のダンゴムシを観察するためには、【図4-8】のように片方の目で、虫めがねを目に近づけ、棒びんを動かさなければ焦点を合わせづらい状況を作り出し、その必要性を意識させる。



【図4-8】観察の様子

(4) 開発教材を用いた授業の実際

ア 授業の構想

学習課題に日常の体験から予想を立て、その予想に基づいて児童一人一人が個別に実験を準備し、飼育観察を行うことによって主体的に学習活動を行う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「ダンゴムシは何を食べているか調べよう」とし、次のように2時間扱いで展開する。

第1時は、ダンゴムシの食べ物を予想させ、各自が予想したえさを飼育びんに入れて飼育観察をスタートさせる。観察意欲を高めるために、飼育びんは一人に1個配布し、責任をもって飼育させる。また、ダンゴムシを飼うにはどのようなことに気をつけたらよいかをダンゴムシの生育場所から考えさせ、飼育観察を通して生命を尊重する態度が育つように配慮する。児童の飼育びんとは別に、対照実験用としてダンゴムシを入れずにえさだけのプラスチックカップの観察容器も準備しておき、演示用とする。

第2時は、およそ5日後に実施する。実験内容を確認し、実験結果を予想させる。次に、各自の飼育びんの中の様子を虫めがねで観察し記録する。最初は自由に観察させ、どのように使えばよく見えるかを考えさせたあと、虫めがねの正しい使い方を紙板書で提示する。自分と違うえさを入れた人の実験結果や教師が準備した対照実験用の観察容器の結果とを比較させ、「なぜ、食べたといえるのか」を話し合いの中で明らかにし、枯れた植物も動物が生きていくための大切な養分となっていること理解させる。

イ 授業の概要

(ア) 授業実践

平成18年8月31日(木)、9月5日(火)
花巻市立石鳥谷小学校6年

(イ) 授業実践の様子

ダンゴムシの食べ物として落ち葉や腐った葉を予想した児童が多かったが、土を食べていると予想した児童もあり、自分の予想した食べ物を本当に食べているかと興味深く観察していた。



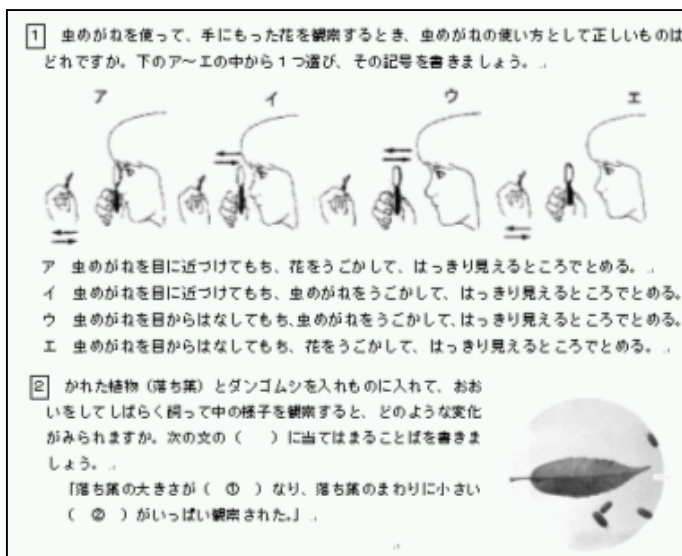
【図4-9】授業実践の様子

ほとんどの児童が飼育びんを持って、オスとメスの違いや葉が食べられている様子、ふんの形などを観察していた。虫めがねを使って観察するとき、はじめは小さいレンズに戸惑いを見せていたが、やがてよく見える位置を探し出し、適切な方法で観察していた(【図4-9】)。

(5) 実践結果の分析と考察

ア 学習の定着の高まりの検証

【図4 -10】は、学習の定着をみるために行った検証問題である。①は、虫めがねの正しい操作を確認する問題で、平成17年度の学力定着度状況調査(中学校1学年)の類似問題である。②は、授業実践での学習課題「枯れた植物は、動物の食べ物になっていることを指摘できる」の定着度を見る問題で、平成16、17年度の学力定着度状況調査(小学校5年生)に出題された「こん虫の活動の様子を指摘できる」問題をもとに作題した。これらの問題を授業実践より7週間後に児童に解かせ、正答率の分析により、学習の定着の高まりを検証した。



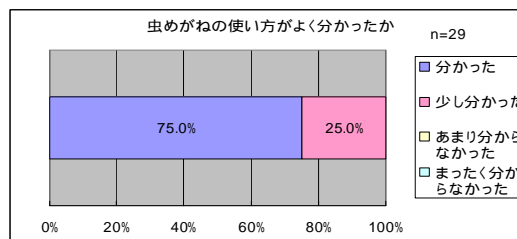
【図4 -10】定着をみる検証問題

イ 実験、観察の技能「虫めがねの正しい使い方」の定着について

【表4 -2】は①の問題の分析結果である。正答率は41.4%と低い結果となった。実施学年が異なるため単純に比較できないが、平成17年度の中学1年の正答率59%を大きく下回っており、定着を高めることはできなかった。しかし、全員の児童が「虫めがねの使い方が分かった」と回答している授業直後のアンケートの結果【図4 -11】や授業実践での操作の様子【図4 -9】を見ると、実験、観察の技能を習得する教材としては有効であると考えられる。その習得した技能が定着できなかった原因として、「虫めがねの使い方について」を学習課題として位置づけなかったため、児童が学習のポイントを絞りきれなかったことが考えられる。

【表4 -2】検証問題①の分析結果

問題	解答	人数	割合
1	ア(正解)	12	41.4
	イ	3	10.3
	ウ	6	20.7
	エ	8	27.6



【図4 -11】操作についての理解

ウ 学習課題「枯れた植物は、動物の食べ物になっていることを指摘できる」の定着について

【図4 -3】は、②の問題の分析結果である。記述の問題であるがどちらの問題も正答率が高く、学習課題については定着が高まったことを示している。このことは、児童一人一人がダンゴムシのえさを予想して飼育し、虫めがねを使って詳しく観察したことにより、科学的現象・現象の理解が深まった結果であり、飼育びんによる飼育、観察が児童の学習の定着に効果があると考えられる。

【表4 -3】検証問題②の分析結果

問題	解答	人数	割合
2 -	小さく(正解)	29	100.0
2 -	ふん(正解)	27	93.1
	かたまり	1	3.4
	葉	1	3.4

エ 児童の学習シート、事後アンケートから

学習シートに記述された感想には、キャベツを与えた実験結果を意外に感じた児童が多かった。これは、児童が予想したえさの中に新鮮なキャベツがあり、友達の実験と比較したことによるものであり、教材の備えるべき要件のウを満たしている教材であると考えられる。また、ほとんどの児童が「観察実験の方法がうまくできた」と回答している点と、えさとして与えたものの大きさやふんの形、ろ紙のかじられた様子などを詳しく観察した記述が多く見られたことは、飼育びんを使った飼育と小さい観察用虫めがねによる観察は、児童の発達段階に応じた無理のない教材であり、備えるべき要件のアとイを満たしていると思われる。しかし、虫めがねの正しい使い方の技能を定着できなかったことが課題である。

5 地学領域における観察・実験教材

(1) 「学調」の分析

本県における小学校第5学年に出題された過去3カ年の「学調」の結果をみると、経年変化を見るための問題で下の表のような結果が得られた。第4学年の「月と太陽の動きが同じであることを考えることができる」としては、

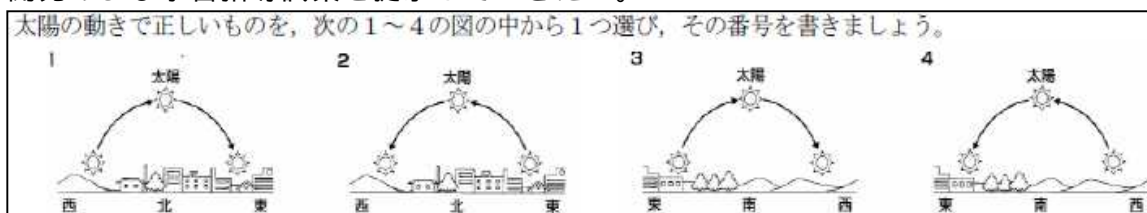
【表5-1】学調第5学年C区分経年変化の比較

出題内容	学年	H15	H16	H17
太陽の動きを指摘することができる	第3学年	-	64	58
月と太陽の動きが同じであることを考えることができる	第4学年	-	41	42
明るさや色のちがう星があることを指摘することができる	第4学年	-	92	84
図をもとに2時間後の星の位置や並び方を考えることができる	第4学年	84	87	59

正答率が約40%であり、他と比べても定着が低いことがわかる。また、「図をもとに2時間後の星の位置や並び方を考えることができる」に関しては、H17に正答率が低くなっているが、これは、星の並び方に加味して、方位について出題したためであると考えられる。

第3学年「太陽の動きを指摘することができる」に関しては、60%前後と概ね満足できる状況であるが、約4割の児童は、まさに基礎・基本とも言うべき概念を正しく理解しないまま第5学年まで進級していることになる。特に、【図5-1】を見ると、1を選んだ児童が22%、2を選んだ児童が12%となっており、全体の3分の1以上の児童が、太陽が北の空を通る選択肢を選んでいいる。このことは、この単元で学習する方位についての理解が不十分であることを意味しており、天体の運行と方位の関係を正しく理解しなければならない第4学年の「月と太陽の動きが同じ・・・」の定着が低いことの原因の一つになると考えられる。

そこで、本研究では第3学年の「太陽の動きを指摘することができる」に着目して教材の開発および学習指導試案を提示していきたい。



【図5-1】学調第5学年「太陽の動きを指摘することができる」で出題された問題

(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 小学校 第3学年

2 内容

C 地球と宇宙

(1) 日陰の位置の変化や、日向と日陰の地面の様子を調べ、太陽と地面の様子との関係についての考えをもつようにする。

ア 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わることを。

イ 省略

3 内容の取り扱い

(1)(2) 省略

(3) 内容の「C地球と宇宙」の(1)のアの「太陽の動き」については、太陽が東から西に動くことを取り扱うものとする。また、太陽の動きを調べるときの方位は東、西、南、北にとどめるものとする。

学習指導要領解説 理科編

ア 建物によってできる日陰や、物によってできる影を観察して、太陽が影の反対側にあることに気づくようにする。また、太陽の位置を影をつくっている物を目印にして調べ、地面にできる影の位置の変化と太陽の位置の変化との関係をとらえるようにする。このとき、太陽の位置を午前から午後にかけて数回調べ、太陽が東の方から西の方に動くことをとらえるようにする。

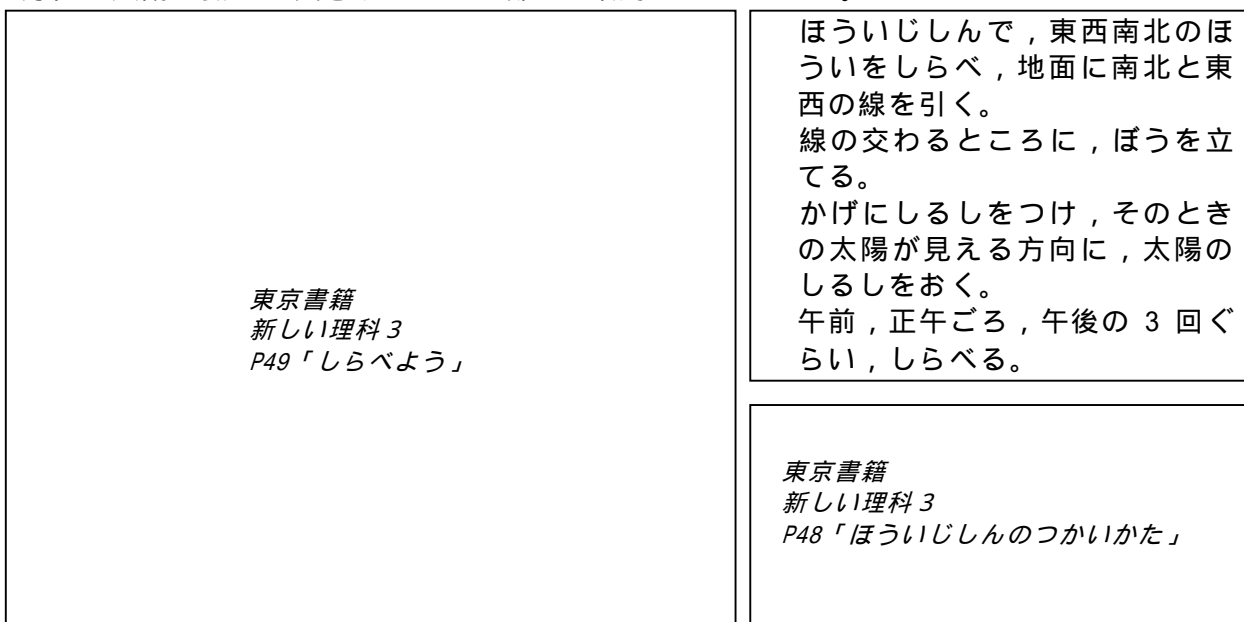
学習指導要領では、太陽の位置の変化を影の位置の変化によって間接的にとらえさせることが求められている。これは、小学校3年生の児童にとって太陽を直接観察することが難しいことと、安全上の配慮等から設定されたことではないかと思われる。

学習指導要領の内容及び解説から、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は、以下のア～エのとおりである。

- ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象
 - ・ 影は太陽の反対にできること。
 - ・ 地面にできる影の位置の変化と太陽の位置の変化との関係をとらえさせること。
 - ・ 太陽の位置を午前から午後にかけて数回調べること。
 - ・ 太陽が東の方から西の方に動くことをとらえさせること。
- イ 児童・生徒の発達段階に応じた無理のない観察・実験の器具の操作技術
第3学年という児童の発達段階を考慮し、観察・実験教材の操作が比較的簡単であり、容易に記録できるものであること。
- ウ 児童・生徒の発達段階に応じた容易に理解可能な観察・実験
第3学年の児童に方位と太陽の動きという3次元的な空間把握が理解できるような教材であること。
- エ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項
安全上から、太陽を直接観察して目をいためることのないように配慮していくこと。

本県の小学校理科の教科書は、東京書籍株式会社のものを採用している。この太陽の動きを学習する観察・実験をどのように設定しているかを見ると、学習指導要領に示されたとおり、太陽の動きを直接観察し、影の動きを記録する方法をとっている。

しかし、この観察方法では、観察の結果をまとめる段階で、教室で太陽の動きを再現することができず、教科書に掲載されている写真で確認するにとどまってしまうという欠点がある。また、下図のように「太陽のしるし」が平面に記録されるので、児童にとって立体的な方位と太陽の動きを実感することが難しい観察となっている。



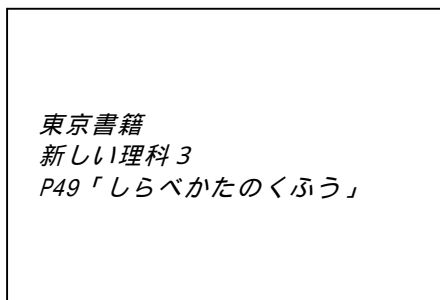
【図5-2】東京書籍株式会社「新編新しい理科3」P49の内容

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア 教材名「ぼうのかげ調べ」

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考案したのが、「ぼうのかげ調べ」である。この教材は、日時計をもとにしており、東京書籍等の教科書でも取り上げられている教材である。

東京書籍の観察では、グループごとに棒を立てて影を記録する観察方法が示されているが、学習のまとめをする時に、教室で観察結果を再現することが難しい。本教材「ぼうのかげ調べ」の一番の特徴は、太陽の動きを教室で再現できるようにした点にある。また、観



【図5-3】東京書籍「新編新しい理科3」P49に紹介されている教材

察する際に一人一人に教材が行き渡るように配慮した点についても工夫したことの一つである。

「ぼうのかげ調べ」で使用した棒の長さは、50mm（板から出ている長さ）に設定した。岩手県花巻市の緯度はおよそ $N39.5^\circ$ なので、冬至の日の南中高度は 27.1° である。仮に正午以外の太陽高度が 20° とした場合、影の長さは、 $50 \times \cot \theta$ より 137mm となる。A4 の用紙の横の長さは 297mm なので、大体おさまる長さである。

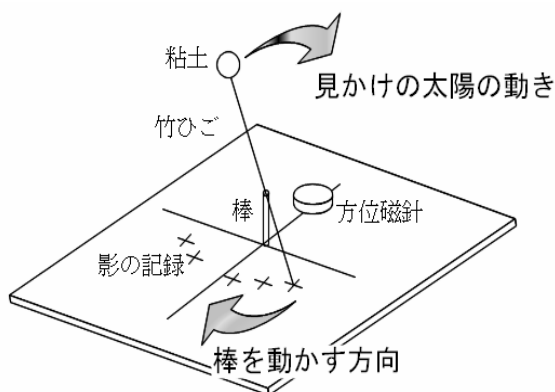
実際の観察では、影の記録をする回数を、3回から5回に増やした。これは、太陽の動きを再現する際に、できるだけ滑らかに見せるためである。太陽の動きの再現は、太陽の光が直線的に進むことと、陰は太陽の反対にできることを、3年生の児童に直感的に理解させることをねらっている。300mmの竹ひごの先に、太陽に見立てた粘土を刺し、棒と影を記録した点で竹ひごを支持しながら、時間の経過に合わせて影を記録した点を移動させる方法をとる。このことによって、影の位置をトレースすると見かけの太陽が東から南を通過して西に動くことを視覚的に理解させることができる。



【図5-4】「ぼうのかげ調べ」

【表5-2】「ぼうのかげ調べ」製作材料

シナ合板	9×300×300	ホームセンター で購入
棒	5×55	
竹ひご	3×300	
針金(2本)	2×150	
記録用紙	A4	

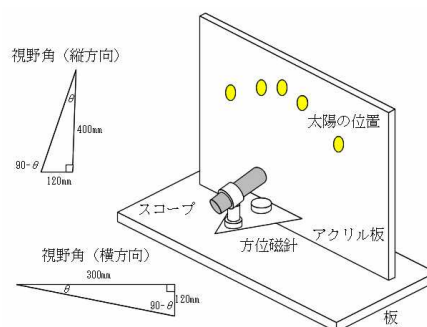
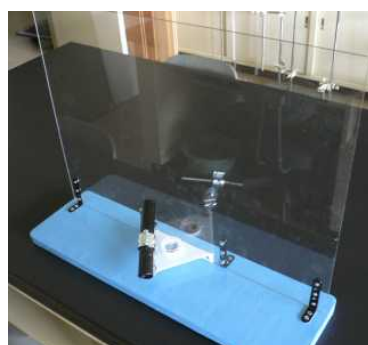


【図5-5】「ぼうのかげ調べ」太陽の動きの再現

イ 教材名「太陽の動き記録装置」

中学校第2分野では、透明半球を使って太陽の動きの観測をする。1時間ごとの太陽の位置を記録し、角速度が一定であることから、太陽の動きが地球の自転に起因していること確かめるものである。そのため、天球に相似である透明半球での記録が必要不可欠である。しかし、小学校第3学年では、角速度が一定であることよりも、天球上を太陽が東から西に動くことをおさえなくてはならないと考え、透明半球より透明なアクリル板に直接太陽の位置を記録する方法をもとに考案したのが、「太陽の動き記録装置」である。

太陽でも月・星でも、天体を観測するうえで最も大切になってくるのは、方位と観測者の位置である。観測者の位置が変わってしまえば、天体が動いていることを確認することができない。そこで、「太陽の動き記録装置」では、スコープからのぞくことによって、常に観測者が同じ位置から観察できるようにした。また、スコープは偏光板とカラーの下敷きを組み合わせ作成しており、接眼部分を回すことで視野の明るさが変化し、児童の目を保護するように配慮した。さらに、アクリル板への記録はできるだけ簡単にして、円形の黄色のシールを太陽の光が遮られる位置に貼らせるように工夫した。



【図5-6】「太陽の動き記録装置」【図5-7】「太陽の動き記録装置」概念図

「太陽の動き記録装置」は、第3学年の児童にとって操作が難しいので、基本的には教師用として考えたい。また、第3学年の太陽の動きの観察だけでなく、第4学年で学習する「月の動き」の単元でも使用できるようにスコープに工夫を施してある。

(4) 開発教材を用いた授業の実際

授業は平成18年9月22日に花巻市立湯本小学校3年1組で実践を行った。1/2時におけるポイントは、学習課題の「プランターにたくさん日光を当てるためには、どこにおけばよいだろうか」に対してのどのような予想を児童が考えるかであった。ほとんどの児童は、南側の花壇と考えていたが、午後には日かげの東側の花壇や教室で窓と考える児童もいた。

【表5-3】「太陽の動き記録装置」製作材料

亚克力板	3×450×600	ホームセンターで購入
亚克力板白	2×180×320	
取付金具6		
ナベ小ネジ3	M5	
ナベ小ネジ10	M4	
皿タッピング8	M4	
板	25×200×650	
吊り下げ金具	配管用	
色付下敷き		
菓子箱		
偏光板2		教材店より購入



【図5-7】実践中の観察の様子

【図5-8】実践中の授業の様子

2/2時では、観察結果をもとに学習のまとめを行った。指導教諭のアイデアで実物投影機を使って記録用紙を発表しあった。「ぼうのかげ調べ」を使っての見かけの太陽の動きのシミュレーションによって、ほとんどの児童は太陽が東 南 西と動くことをとらえたようであった。

(5) 実践結果の分析と考察

ア 検証結果

平成18年12月1日に検証を行った。対象児童27名に対し検証を行った結果、正答率は89%であった(【図5-9】)。

誤答であった児童は3名で、2の選択肢を選んだ児童が2名、4が1名という結果であった。

イ 分析と考察

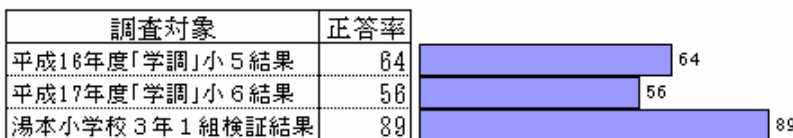
「学調」が小5に行われていることを考慮すると、検証を行う時期は2年後が望ましいものと考えられる。しかし、今回の結果をもとに、研究の検証を行うならば、平成16年度結果に比べても正答率が25ポイント向上していることから、学習の定着を高めるための開発教材が有効であったと判断できる。

誤答を示した児童については、方位についての定着が不十分であったものと考えられるので、事後の指導が必要である。

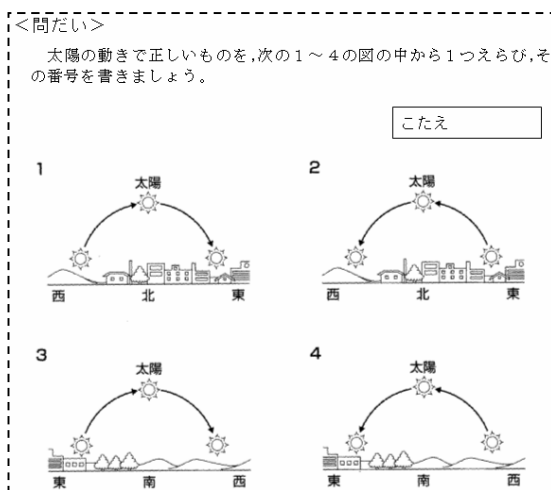
ウ 今後の課題

研究協力いただいた指導教諭から、「ぼうのかげ調べ」については、記録用紙が飛ばないようにすること。「太陽の動き記録装置」については、台数を増やしグループごとに児童が扱えるようにすること。などの貴重な改善のアドバイスをいただいた。

今後は、それらのアドバイスをもとにさらに改善を図っていきたいと考えている。



【図5-9】検証結果「学調」との比較



【図5-10】検証で用いた問題

研究のまとめ

1 研究の成果

本研究では、「研究内容与方法」でも示したとおり、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・実験教材の開発を行った。しかし、研究協力校や研究協力員の負担軽減を考慮して、授業実践を行ったのは、小学校教材として生物・地学、中学校教材として物理・化学であり、授業実践を行わない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高め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高め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、現在進行中である科学産業教育室研修員の研究「小学校理科における観察・実験の進め方に関する研究 - 観察・実験の指導マニュアルの作成と活用を通して - 」にも掲載し、普及していくことが必要であると考えている。

終わりに、本研究を進めるにあたりご協力いただいた6名の研究協力員の方々、研究の実践にご協力いただいた4校の研究協力校の学校長・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】

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
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，大日本出版中央教育審議会「審議経過報告」（平成18年2月13日）
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

【参考文献】

スクワイアー(1989)，「記憶と脳 心理学と神経科学の統合」，医学書院
今掘宏三・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
今森光彦(2002)，「やあ！出会えたねダンゴムシ」，アリス館
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
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18年度（第50回） 岩手県教育研究発表会

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

- 小・中学校の学習定着度状況調査の分析を通して -

補 充 資 料

平成19年1月9日
岩手県立総合教育センター
科学産業教育室
高橋和夫・菅原尚志
佐藤 有・佐藤嘉宏

目次

物理領域における補充資料	1
1 中学校における開発教材	1
(1) 学習指導案	1
(2) 学習シート	2
(3) 「電流と磁界の関係を調べる装置」の製作	4
(4) 引き延ばしたコイルの電流がつくる磁界用	5
(5) 直線状の電流がつくる磁界用	6
(6) 簡易パスカル電線のその他の使い方	7
2 発光ダイオード（LED）を用いた小学校理科教材	8
(1) 学習定着度状況調査の分析	8
(2) 観察・実験教材の備えるべき要件	9
(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	9
化学領域における補充資料	13
1 小学校における開発教材	13
(1) 学習定着度状況調査の分析	13
(2) 観察・実験の備えるべき要件	13
(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材	14
2 中学校における開発教材	16
(1) 学習指導案	16
(2) 学習プリント	19
(3) 実験についての意識調査	20
生物領域における補充資料	22
1 生物領域小学校における開発教材	22
(1) 平成17年度学力定着度状況調査問題	22
(2) 教科書に掲載されている実験・観察内容	22
(3) 開発教材について	23
(4) 学習指導案	24
(5) 理科学習シート	31
(6) 事後アンケートと分析結果	33
(7) 定着をみる検証問題	34
2 中学校における開発教材	35
(1) 学習定着度状況調査の分析	35
(2) 顕微鏡を用いた観察・実験教材の備えるべき要件	36
(3) 観察・実験の技能を高め、学習の定着を高めるための教材	36
地学領域における補充資料	39
1 小学校における開発教材	39
(1) 教材名「ぼうのかげ調べ」	39
(2) 教材名「太陽の動き記録装置」	42
(3) 学習指導案	44
(4) 研究協力に係る教師用アンケートの結果	47
2 中学校における開発教材	48
(1) 「学調」の分析	48
(2) 観察・実験の備えるべき要件	48
(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材「前線面観察セット」	50

物理領域における補充資料

1 中学校における開発教材

(1) 学習指導案

中学校理科学習指導案

- 1 指導単元 1分野上 3 電流 2章 電流のはたらき「電流がつくる磁界」
 2 指導目標 電流による磁界の観察を行い、コイルの回りに磁界ができることを理解する。
 3 本時展開案

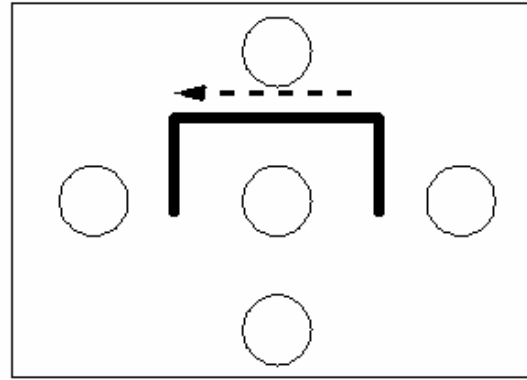
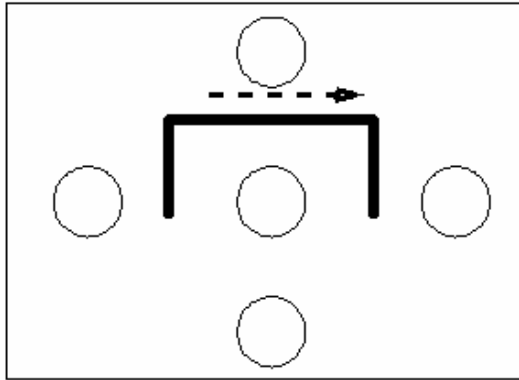
	学 習 内 容	生 徒 の 活 動	指 導 上 の 留 意 点
導入 10分	1. 前時の復習 (演 示 実 験) 2. 1本の導線ではどのような磁界ができるか調べる方法を考える 3. 学習課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> ・実験5のコイルに流れる電流がつくる磁界についての演示実験を観察し、磁界の向きと磁界の強さを確認する。 「導線のまわりに同心円状の磁界が発生」 「コイルの中がいちばん磁界が強い」 「電流の向きによって、磁界の向きが変わる」 ・コイルでは、磁界が発生することがわかった。1本では磁界が発生するか予想し、調べる方法を考える。 「磁界は発生するが、弱くなると思う。」 「磁界はほとんど発生しなくなる。」 「コイルをほぐして電流を流せばよい。」 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> コイルをほぐし、導線にはどのような磁界が発生しているか検証しよう！ </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験5の演示実験をする。電流の向きに気をつけ、電流の強さを変えながら行う。 ・生徒から出た意見をまとめる。 ・学習シート配布
展開 30分	4. 実験方法の確認 (演 示 説 明) 5. 実験	<ul style="list-style-type: none"> ・実験器具、回路の作成、磁界の調べ方、留意点について説明を聞く。 ・学習シートのように回路を作成し、電流を流す。(2Aになるように) ・コイルの磁界について調べ、学習シートに記入する。 ・引き延ばしたコイルの磁界について調べ、学習シートに記入する。 ・1本の導線の磁界について調べ、学習シートに記入する。 ・黒板に実験結果を記入する。 ・電流の向きを変えて、同様の作業をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験器具の準備 ・全員に目的や方法が伝わるように説明する(全体共有) ・コイル、引き延ばしたコイル、1本の導線の順に1つずつ確認しながらやるように指示。 ・積極的に実験に取り組むように促す。 ・実験結果の記入により、間違いなどに気付けさせる(実験結果の共有)
終末 10分	6. 考察 7. 本時のまとめ 8. 次時予告 9. 後片づけ	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果より気付いたことをまとめる。 ・考察の発表をする。 ・1本の導線にも電流が流れると磁界が発生することを確認する。 ・導線の磁界の向きは、電流が流れる向きに対して、右回りであることを確認する。 ・コイルの磁界は、導線のまわりの磁界が重なり合うことで生じることを確認する ・後片づけをする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・考察に手間取っている生徒への声がけ。 ・磁界と磁界の向き、電流の向きの関係を説明する。 ・右ねじの法則や右手の法則を用いて、電流と磁界の関係を身に付けさせる。 ・整理整頓を促す。

(2) 学習シート

理科学習シート

年 組 番 氏名 _____

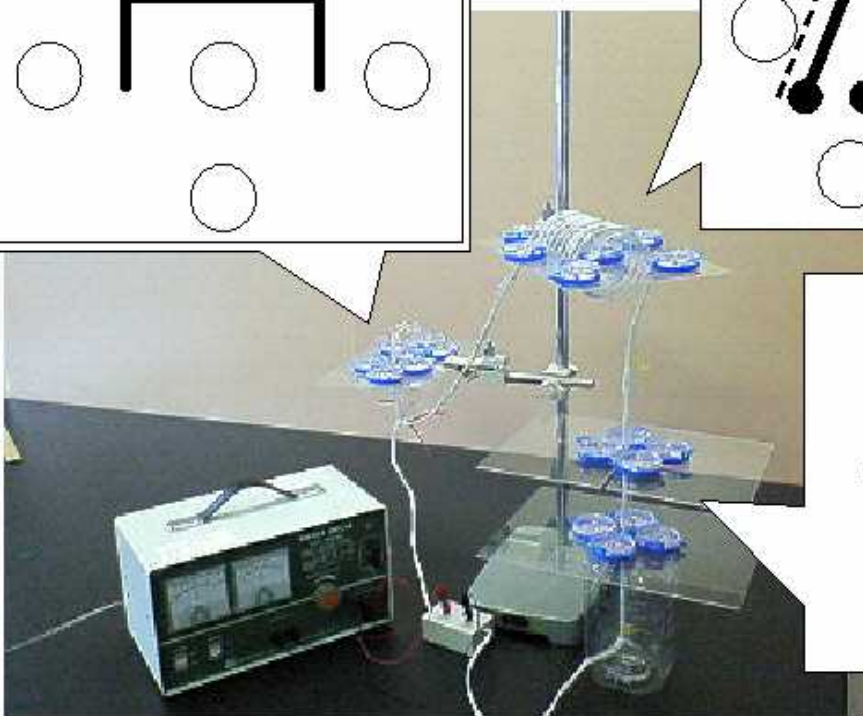
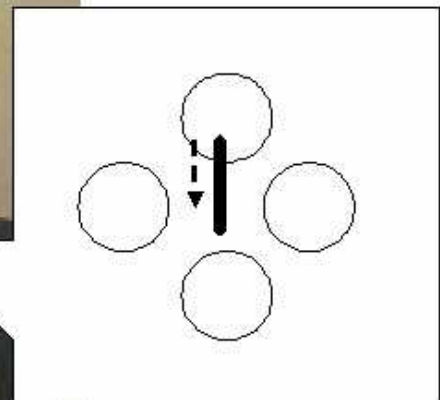
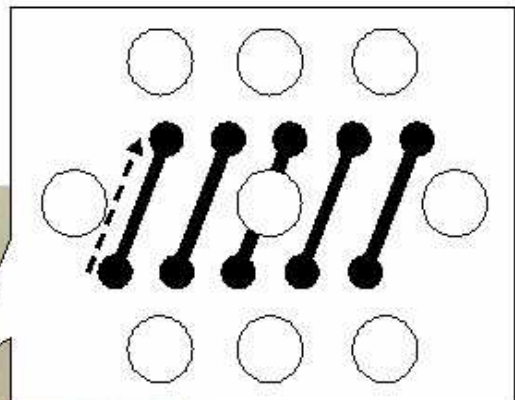
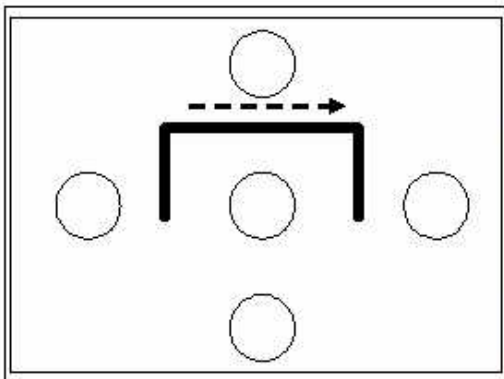
前時の復習



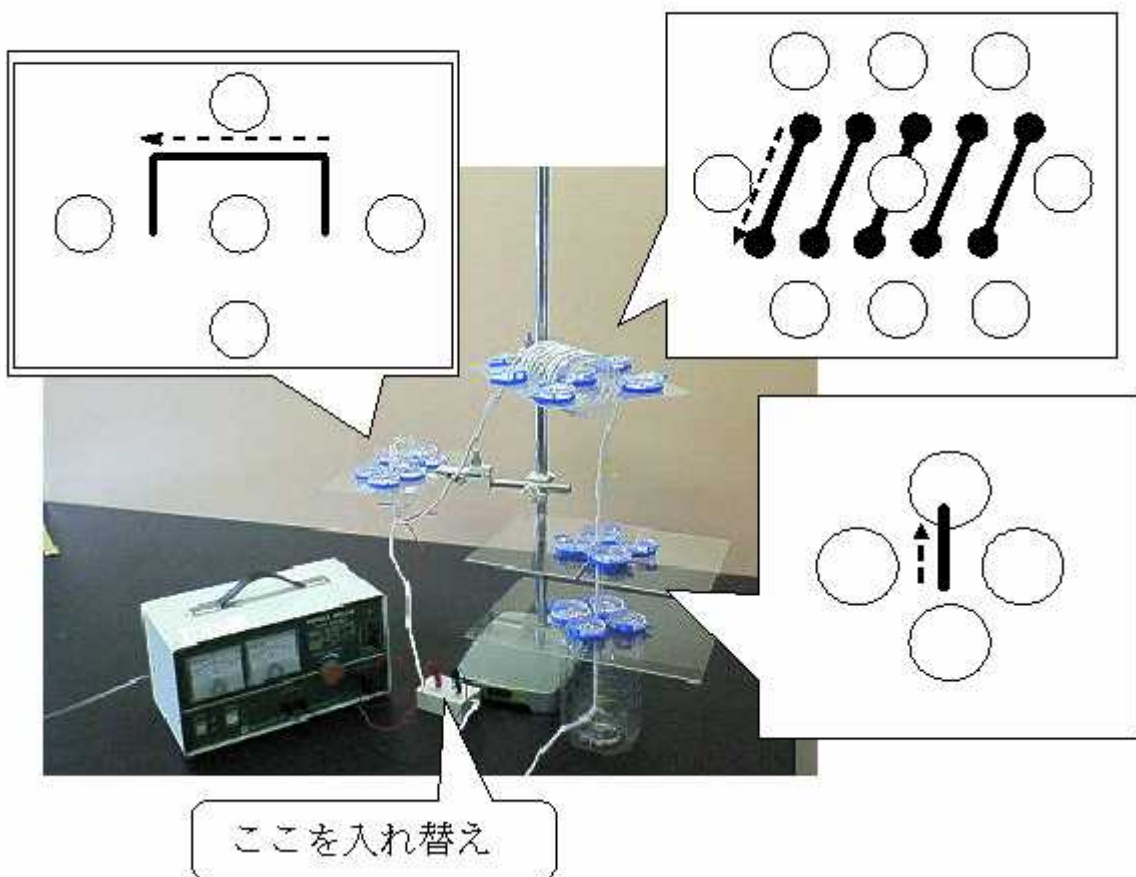
(-----➡ はそれぞれの電流の向き)

今日の課題

実験その1



実験その2 (+、-を入れ替えて!)



考察 (実験結果から、気付いたことを自分の言葉でまとめよう!)

今日のまとめ

実験の自己評価	できた		できなかった				
1) 実験に意欲的に取り組めたか	4	・	3	・	2	・	1
2) 実験器具の操作を正しく行えたか	4	・	3	・	2	・	1
3) 実験結果から考察を行うことができたか	4	・	3	・	2	・	1

(3) 「電流と磁界の関係を調べる装置」の製作

ア コイルの電流がつくる磁界用

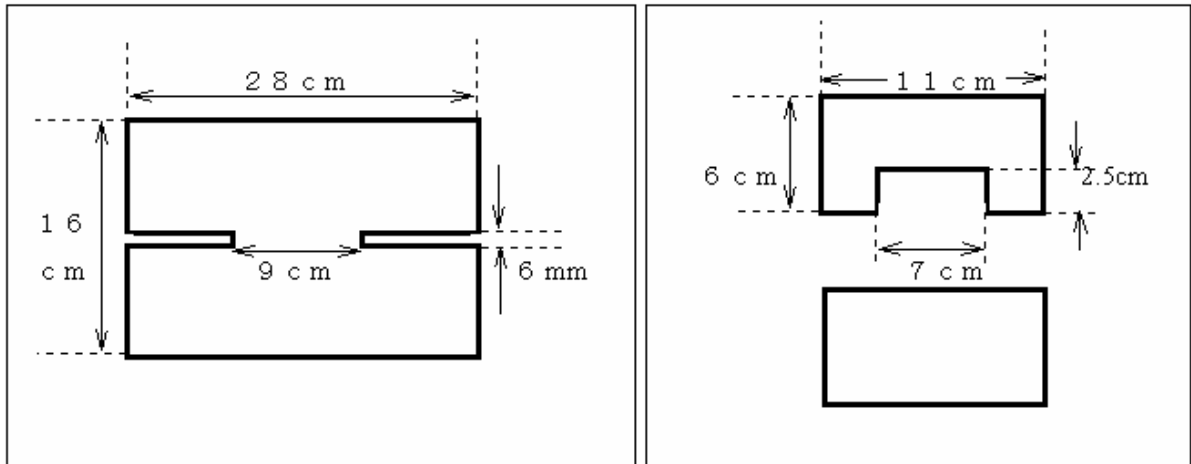
(ア) 準備

アクリル板 (16×28cm、厚さ3mm) 1枚、アクリル板 (6×11cm、厚さ3mm) 2枚

アクリル管 (外径10mm、長さ2cm) 4本、アクリル用接着剤

(イ) 製作

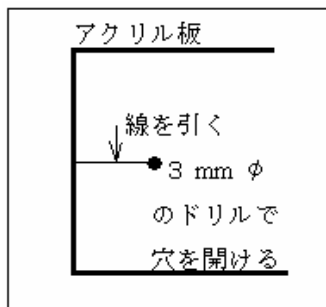
【図 1】【図 2】のように、丸鋸盤等を用いてアクリル板を加工する。



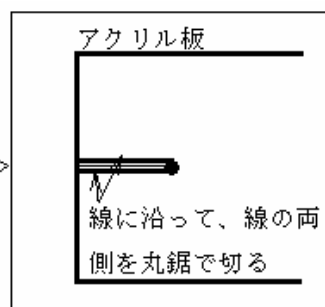
【図 1】方位磁針を置くアクリル板の製作

【図 2】導線を巻き付ける部分の製作

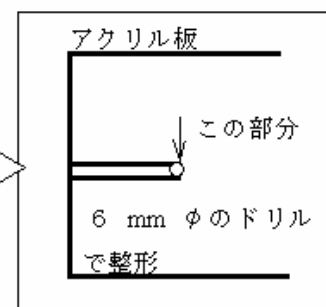
切れ込みの作り方



【図 3】穴開け

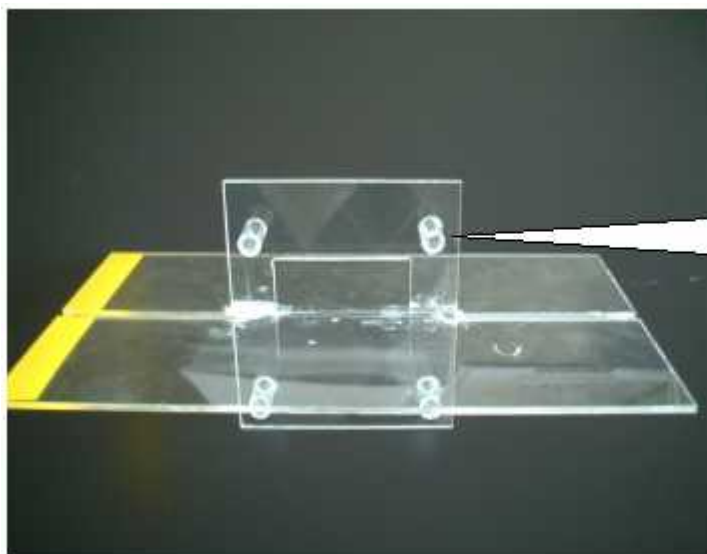


【図 4】丸鋸でカット



【図 5】切れ込みの整形

で製作した3枚のアクリル板を【図 6】のとおり、アクリル用接着剤で接着する。



これらのアクリル管は、9×9cmの正方形になるように接着する

【図 6】完成図

(4) 引き延ばしたコイルの電流がつくる磁界用

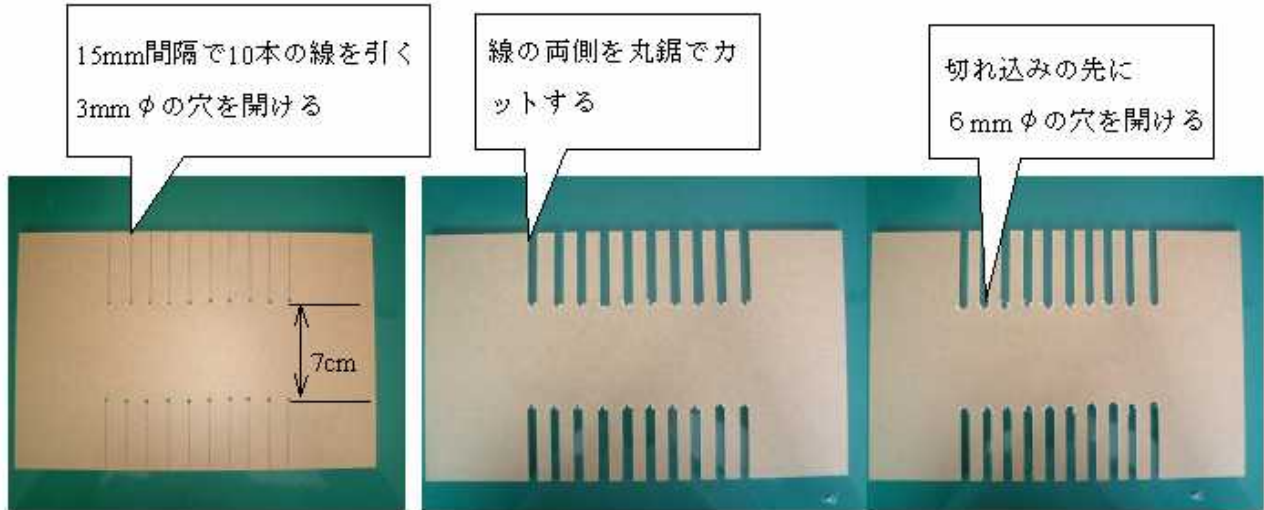
ア 準備

アクリル板 (16×28cm、厚さ3mm) 1枚

1リットルペットボトル (炭酸飲料用の円筒形のもの) 1本、ホットボンド

イ 製作

(ア) 【図 7】～【図 9】の手順で、丸鋸盤等を用いてアクリルを加工する。



【図 7】穴開け

【図 8】丸鋸でカット

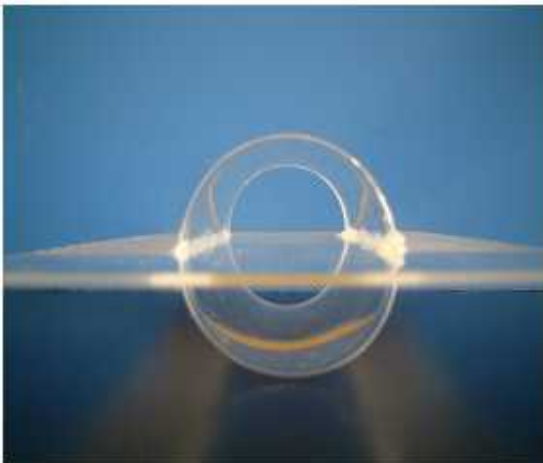
【図 9】切れ込みの整形

(イ) ペットボトルの加工

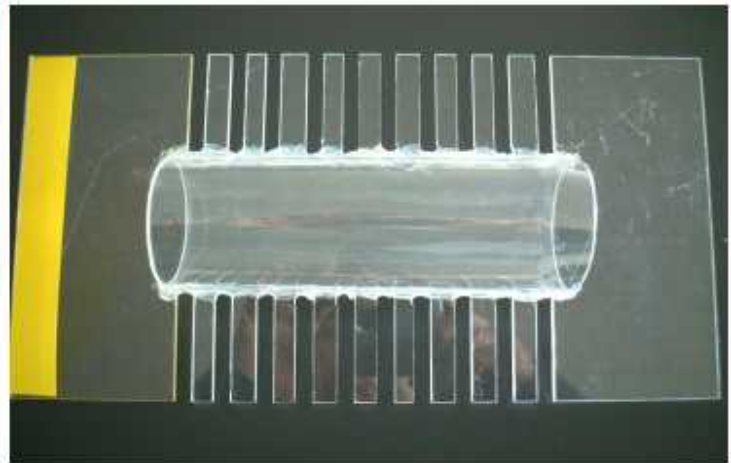
炭酸飲料の入った1リットルのペットボトルを長さ16cmの筒状にカットする。次に、【図 10】のようにアクリル板の上下に貼り付けたとき、直径が7cmの円筒形になるように、そのカットしたペットボトルを用いて16cm×11cmの大きさのものを2枚つくる。

(ロ) 接着

【図 10】【図 11】のように、アクリル板にカットしたペットボトルをホットボンドで接着する。



【図 10】ペットボトルのつけ方



【図 11】完成図

(5) 直線状の電流がつくる磁界用

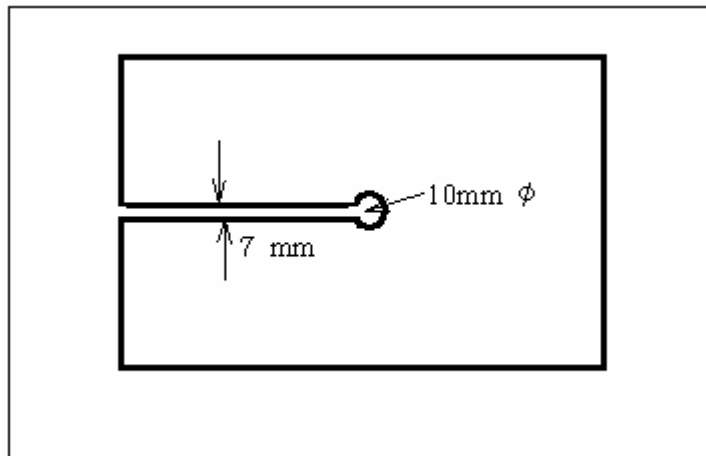
ア 準備

アクリル板 (21×28cm、厚さ3mm) 2枚、アクリル管 (外径10mm、長さ30cm) 1本
アクリル用接着剤、台用のペットボトル

イ 製作

(ア) アクリル板の加工

【図 -12】のように、アクリル板に【図 -3】～【図 -5】の要領で切れ込みを入れる。それを2枚作る。

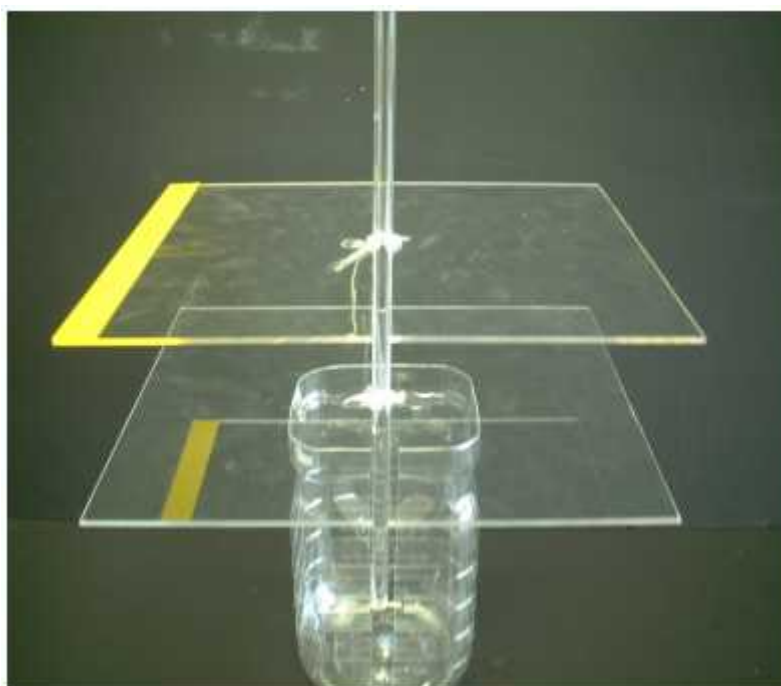


【図 -12】アクリル板の加工

(イ) 全体の製作

【図 -13】のように、2枚のアクリル板の中心にアクリル管を通し、アクリル用接着剤で接着する。なお、接着部分をホットボンドで補強すると強度は高くなる。

実験のときは、下図のようにペットボトルを台として用いる。



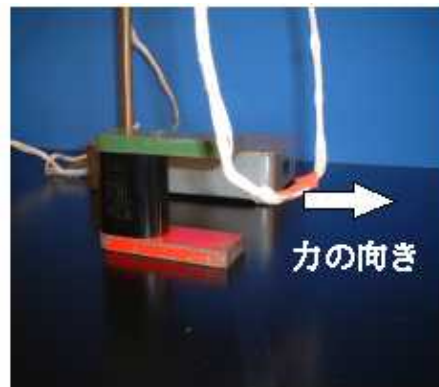
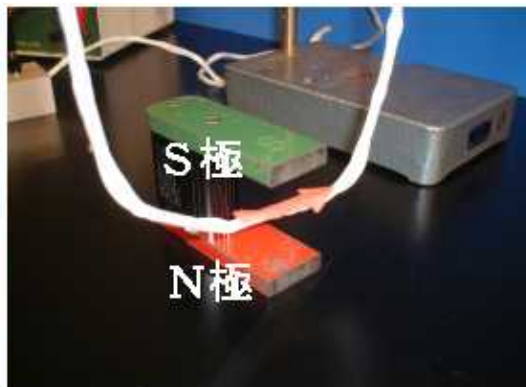
【図 -13】完成図

(6) 簡易パスカル電線のその他の使い方

「簡易パスカル電線」は、導線に電流を流したとき、どのように磁界ができるかを調べるために製作したものであるが、それ以外に次のような使い方がある。

ア 電気ブランコ

「磁界の中で電流を流してみよう」の章には、コイルを用いて流れる電流の向きと力の向きを調べる実験がある。この実験を簡易パスカル電線を用いて行うことができる。簡易パスカル電線の一部で【図 -14】のようにブランコのような形を作り、その最も低い部分をU字型磁石（あるいはアルニコ磁石）のN極とS極の間に位置するように設置する。簡易パスカル電線に電流を流したとき、U字型磁石の間の導線がどの向きに力を受けるか確かめる。



【図 -14】設置の仕方 【図 -15】磁界中の導線(電流を流さないとき) 【図 -16】磁界中の導線(電流を流したとき)

イ 電磁誘導

「コイルと磁石で電流がつかれるか」の章には、コイルに磁石を出し入れして電流が流れるか調べる実験がある。いわゆる電磁誘導の実験であるが、コイルを貫く磁界が変化することによりコイルに誘導起電力が生じ、電流が流れることを確かめる実験である。「導線に流れる電流はその回りに同心円状の磁界をつくる」ことと、「電磁誘導によりコイルに電流が流れること」を応用し、「簡易パスカル電線」を用いて非常に興味深い実験を行うことができる。

(ア) 準備

2、3本の釘にエナメル線を2～3層巻いたコイル、イヤホン、ラジオ、簡易パスカル電線

(イ) サーチコイルの製作

イヤホンを2つに切って、それぞれの切り口部分のビニールを約1cm切り取る。

釘に巻いたエナメル線の両端にイヤホン（耳に当てる方）をハンダ付けする。

(ウ) 実験方法

ラジオをかけた状態で、イヤホンのジャックをラジオと簡易パスカル電線の端子につなぐ。イヤホンを耳にあて、サーチコイルを導線のそばに近づける。

(I) 原理

ラジオから音声電流、いわゆる変化する電流が簡易パスカル電線に流れ、簡易パスカル電線の回りには変化する磁界が生じる。その変化する磁界がサーチコイルを貫くことにより電磁誘導という現象が起こり、コイルに電流が流れ、イヤホンを通じて「音」として聞くことができる。



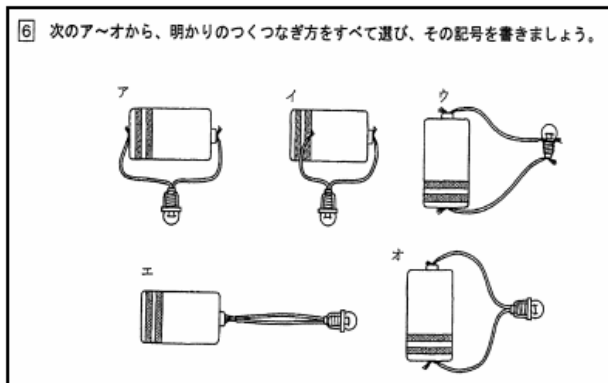
サーチコイル

2 発光ダイオード（LED）を用いた小学校理科教材

(1) 学習定着度状況調査の分析

平成15年度から平成17年度まで、小学校5年理科の全体正答率は、67%、69%、68%で、期待正答率をやや下回る結果となっている。

平成15年度の結果を見ると、B区分「物質とエネルギー」の正答率は45%と、他の区分に比べ30ポイントほど低く、基礎・基本は十分に身に付いているとは言えない状況にある。特に正答率の低い問題を【図 -17】に示す。「電気を通すつなぎ方を理解しているか」を問う問題であるが、正答率は、24%と非常に低い。「事後指導の手引」を見ると、電流や原子・分子などのように直接目で見ることのできない内容の正答率が低いと分析されており、学習内容を日常生活と関連付けて扱ったり、モデル実験を行ったりするなど、教材教具や実験方法を工夫することが大切であるとしている。



【図 -17】平成15年度小学校5年理科（正答率24%）

平成16年度と平成17年度の小学校5年理科の結果を見ると、正答率が期待正答率を上回るまたは同程度と考えられるものの問題数の合計は、全体の問題数の半数以上を占め、概ね良好とされている。しかし、正答率が50%に満たなかった問題が、平成16年度は8問、平成17年度は9問あり、基本事項の一部で理解が不十分であり、身近な現象や体験、観察と理科の学習が結びついていないと分析されている。【図 -18】は平成16年度「乾電池のはたらき」に関する問題であるが、(2)、(3)、(4)の正答率は、63%、36%、51%と低く、乾電池のつなぎ方や電流のはたらきについての理解が不十分である。平成17年度の乾電池のはたらきについての問題(【図 -19】)においても、正答率が期待正答率に達しているのは(2)だけで、(1)と(3)の正答率は、期待正答率より7~10ポイント低くなっている。依然として、乾電池のつなぎ方や電流のはたらきについての理解が不十分な状況にある。

8 モーターとかん電池をつないでせん風機をつくりました。次の(1)~(4)の問題に答えましょう。

(1) 回路に流れる電流の強さを調べるには、検流計をどのようにつなげばよいでしょうか。どう線をかいて、検流計、モーター、かん電池をつないだ図にしましょう。(答えは解答用紙にかきましょう。)

(2) かん電池1こよりもはやく回るせん風機をつくるには、かん電池2こをどのようにつなげばよいでしょうか。正しいものを次の1~4の中から1つ選び、その番号を書きましょう。

(3) (2)でかん電池2こを使うと、せん風機をはやく回すことができるのはどうしてですか。「回路に流れる電流」ということばを使って、あなたの考えをかんとんに書きましょう。

(4) (2)の2のようなかん電池のつなぎ方を何といいますか。

【図 -18】平成16年度小学校5年理科（一部）

7 かん電池のはたらきについて、次の(1)~(4)の問題に答えましょう。

(1) 豆電球の明るさが、右の図のようなかん電池1このときよりも明るくなるようにするには、下の図の回路で、かん電池2こをどのようにつなげばよいでしょうか。正しいものを次の1~4の中から1つ選び、その番号を書きましょう。

(2) (1)の1のようなかん電池のつなぎ方を何といいますか。

(3) (1)で、豆電球の明るさが、かん電池1このときとほとんど同じになる回路はどれですか。正しいものを、(1)の1~4の中から1つ選び、その番号を書きましょう。

【図 -19】平成17年度小学校5年理科（一部）

(2) 観察・実験教材の備えるべき要件

3年生の[8]明かりをつけようや4年生の[2]電気のはたらきの章では、豆電球を用いた実験を扱っているが、それだけでは、児童の興味・関心を高める実験という点で物足りなさを感じる。また、4年生の[2]電気のはたらきの章では、電流の流れる向きについて、「乾電池の向きを変えるとモーターの回転の向きが変わる」との記述だけで、電流は乾電池の正極から負極に向かって流れることを実験によって確かめる内容にはなっていない。また、乾電池2個の直列接続と並列接続で電流の強さの違いを調べる実験は、「乾電池2個をいろいろなつなぎ方でモーターにつないで、自動車の走り方を比べよう」というもので、児童が行う実験としては学習段階に照らし合わせると尚早に思われる。

以上のことから、児童が興味・関心を持ち、目的意識を持って、実験に取り組むには、次のような要件を備えた観察・実験教材が必要と考える。

ア 児童の発達段階に応じた無理のない操作で行う観察・実験教材

児童の発達段階に応じ、無理のない操作でできる観察・実験を行うことにより、物理現象に対する興味・関心を高め、理解もしやすくなる。

イ 児童に新しい発見や驚きを感じさせる観察・実験教材

新しい発見や驚き、感動があれば、児童はより主体的に取り組み、探究心を高め、物理現象に対する理解も深まるものと思われる。

ウ 身近にあるものを用いた観察・実験教材

身近にある素材や材料（部品なども含む）を用いることで、実生活と理科の学習の関係を結びつけることができると考える。

以上の要件を満たすものとして、児童にとっても身近なものになりつつある発光ダイオード（LED）を用いた実験教材をいくつか紹介したい。発光ダイオードは、いろいろな色のものがあり、その光は美しく、驚きや新しい発見があり、興味・関心を高め、ひいては学習の定着を高めることにつながると考える。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア 導通チェッカー1

3年生[8]明かりをつけようの「電気を通すものをさがそう」では、豆電球を用いているいろいろなものの中から電気を通すものを探す実験がある。この豆電球の代わりに、赤・緑・青色などの発光ダイオードを用いて行うことができる。

(ア) 準備

発光ダイオード1個、100Ω抵抗1本、みの虫クリップ付き導線2本、プラスチックのコップ1個、1.5V乾電池2本

(イ) 製作

【図 20】のように発光ダイオードの1本の足を半分ほど切り、それに100Ωの抵抗をハンダ付けする。両方の足が同じ長さになるように、抵抗の足を切り、赤黒のビニールテープで覆う（【図 21】）。

【図 22】のように、みの虫クリップ付き導線を半分に切り、みの虫クリップ部分をコップにホットボンドで固定する。

で作ったものに乾電池をつなげば完成である（【図 23】）。



【図 20】ハンダ付け



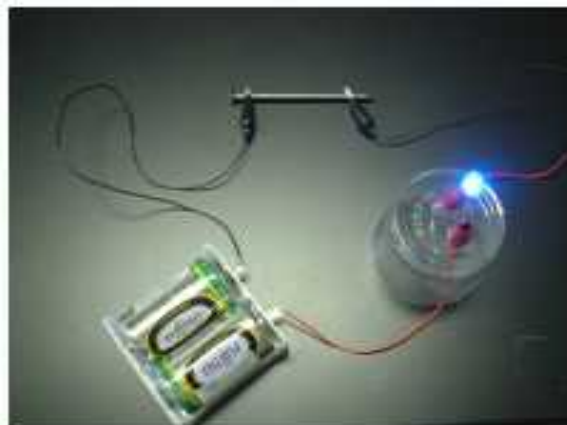
【図 21】完成品

(ウ) 実験

【図 22】の黒のみの虫クリップに、いろいろなものを接続し、電気を通すか確かめる。



【図 22】LED固定用



【図 23】全体図

(I) 電流の流れる向きを調べる実験

導通チェッカー1を用いて、電流の向きを確かめることができる(4年生²電気のはたらき)。

最初に、【図 21】の発光ダイオードの足の色に注目させ、発光ダイオードは赤い方の足から黒い方の足に電流が流れるときだけ点灯し、その逆の流れのときは点灯しないことを確認する。次に、【図 23】のように、点灯した状態で発光ダイオードを取り外し、赤黒の足を逆にクリップで挟み点灯するか確かめる。この実験により、乾電池の+極から発光ダイオードを通して、-極に電気が流れることを確認することができる。

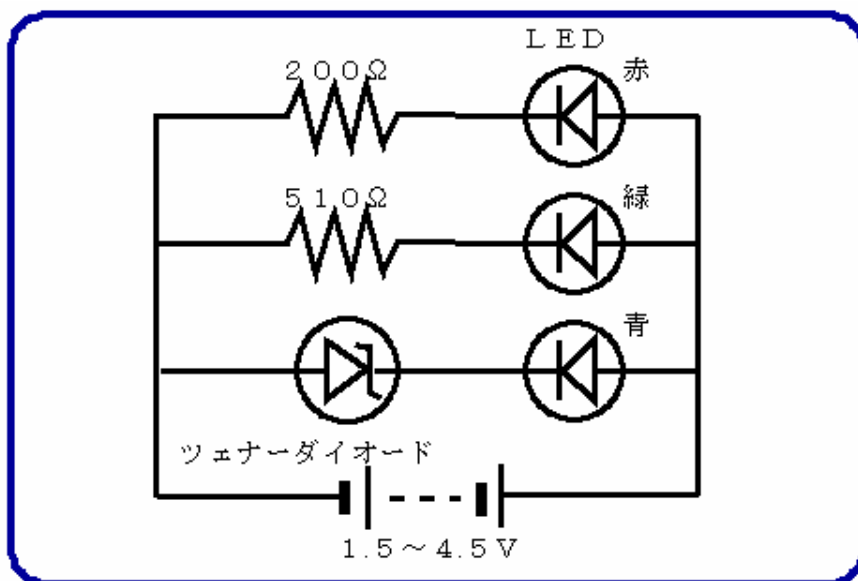
イ 電流の強さを調べる実験

4年生²電気のはたらきに、乾電池の直列接続と並列接続によって、電流の強さがどのように違うかを調べる実験がある。ここではモーターの回る速さから電流の強さの違いを説明し、実験では豆電球の明るさの違いから電流の強さを調べるものになっているが、モーターの回る速さの違いや豆電球の明るさの違いを明確に区別できるか疑問が生じる。そこで、3個の発光ダイオードを用いて、次のような、電流の強さを調べる教材を製作したので紹介したい。

(ア) 準備

発光ダイオード(8mm)赤・緑・青各1個、抵抗(200、510)各1個
ツェナーダイオード(4V)1個、電極用アルミ板、ビニール線

(1) 回路図



【図 24】回路図

(ウ) 製作

フィルムケースの蓋に、3個の発光ダイオードの足を入れるために、【図 25】のように、ドリルで穴を開ける（計6カ所）。

発光ダイオードのアノード側（プラス側）が内側の穴にはいるように3個の発光ダイオードを差し込む。

赤・緑・青の発光ダイオードのカソード側（マイナス側）の足を少し切り、【図 24】の回路図の通り、それぞれの発光ダイオードに抵抗及びツェナーダイオードをハンダ付けする。

3個の発光ダイオードのアノード側の足を束ね、その部分にビニール線をハンダ付けする。

同様に、カソード側につなげた抵抗とツェナーダイオードを束ね、その部分にビニール線をハンダ付けする。

フィルムケースの横に、穴を2カ所開けビニール線を通す（【図 26】）。

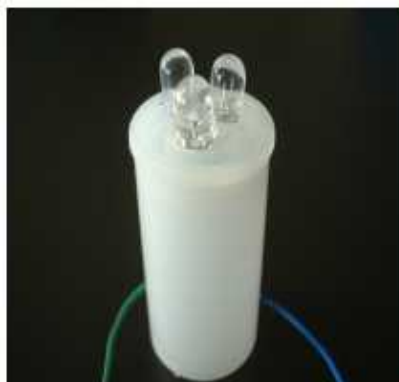
【図 27】のように、フィルムケースから出したビニール線に、電極用の細く切ったアルミ板を取り付ける。



【図 25】穴のあけ方

(I) 実験

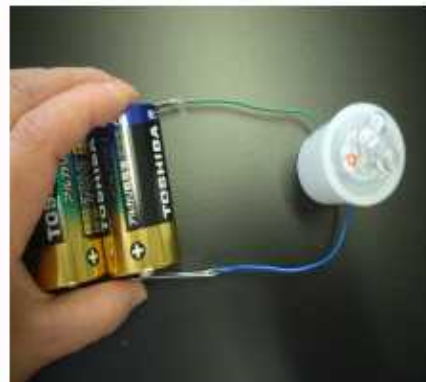
【図 28】のように、アルミニウム板の電極で乾電池をはさみ、発光ダイオードの点灯の仕方を確かめる。



【図 26】3個のLED



【図 27】全体図



【図 28】実験の様子(並列接続)

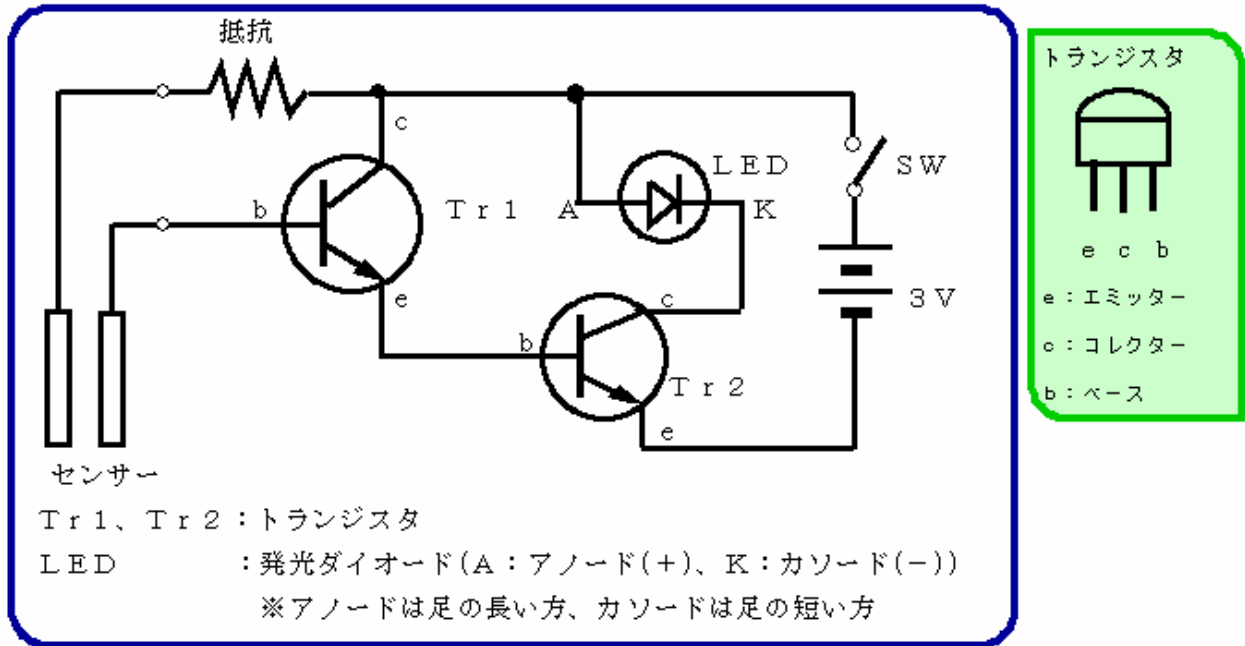
ウ 導通チェッカー 2

人の身体は導体で、電気を通す。導通チェッカー 1 は、金属については電気を通すことを確かめることができるが、人の身体が電気を通すことは確かめることはできない。そこで、トランジスタ 2 個を用いて、導通チェッカー 2 を製作した。これを用いると、児童が 10 名ぐらい手をつないでも電気が通ることを確かめることができる。児童にとっては驚きであり、電気に対して興味・関心が高まることが期待される。

(ア) 準備

ラグ板 4 P（またはユニバーサル基板：ユニバーサル基板は電池ボックスの大きさに合わせてニッパー等で切る）、抵抗 1.0 k、単三 2 本用電池ボックス、単三乾電池 2 本、トランジスタ 2 SC1815 2 本、発光ダイオード 1 個、センサー用ジャンプ線 1 本（またはアルミ板）、スイッチ（省略可）

(1) 回路図

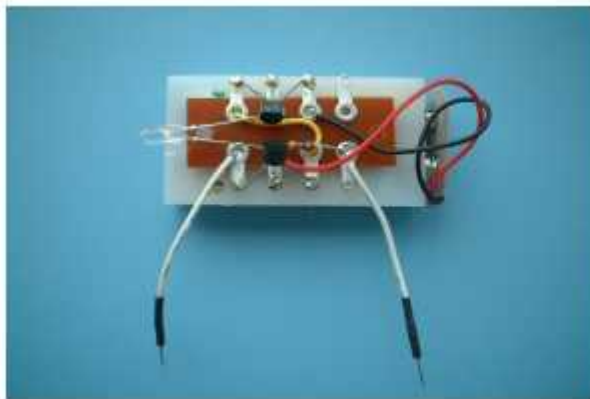


【図 29】回路図とトランジスタの説明

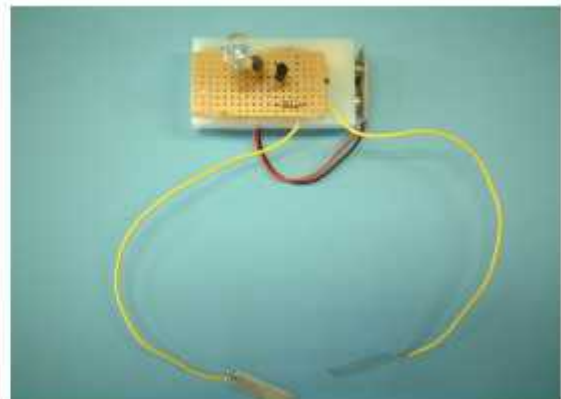
(ウ) 製作

ラグ板またはユニバーサル基板に、回路図の通りハンダ付けして製作する。全てハンダ付けが終わったならば、【図 30】【図 31】のように、ラグ板またはユニバーサル基板を、電池ボックスにホットボンドで固定する。

なお、トランジスタをハンダ付けするとき、熱し過ぎて壊す場合があるので注意を要する。



【図 30】ラグ板を用いた場合



【図 31】ユニバーサル基板を用いた場合

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) 学習定着度状況調査の分析

小学校の化学領域における学習定着度状況調査を分析すると、小学校第5学年で調査を実施した小学校第4学年の内容である「水のすがたとゆくえ」に関する問題の定着が、過去2ヶ年非常に低いことが明らかになった。具体的な正答率で見ると、平成16年度の「コップのまわりに水がついたわけを、空気中にある水蒸気の変化から考える」が34%、平成17年度の「あわが水蒸気、ゆげが水の粒の集まりであることを指摘する」が22%であった。誤答分析によると、沸騰する水に生じている気泡の正体を空気であると答える児童が多いことが分かっている。そこで、本研究では、小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」における観察・実験を再検討することとした。

(2) 観察・実験の備えるべき要件

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。

水が水蒸気や氷になる様子を観察し、温度と水の変化との関係などを調べ、水の状態変化についての考えをもつようにする。

これは、「物質の三態変化」の基礎的な考え方を、水という身近な物質における観察・実験から学ばせることをねらいとしている。それには、次のような要件を備えた観察・実験が必要である。

ア 沸騰する水に生じる気泡が空気ではないことに気付かせること。

沸騰する水に生じる気泡が水蒸気であることを確かめる前に、まず、空気ではないことに確実に気付かせる必要があると考える。なぜなら、小学校第4学年のこの時点で「気体」として認識している物質は「空気」だけである児童がほとんどだからである。

小学校第4学年では、「水のすがたとゆくえ」の単元の2つ前の単元「もののかさと力」において、水の中で空気でっぽうを行うと空気の泡が生じることや、注射器に水と空気の両方を入れ押しちぢめてから、押している手を離すと空気の量は変わっていないことなどを学習している。また、「水のすがたとゆくえ」の単元の1つ前の単元「もののかさと温度」においては、あたためられた空気の体積(かさ)は大きくなることを学習している。これらのことを踏まえると、児童から「沸騰する水に生じる気泡が空気であるならば、水の中で集められる。」という仮説が出されることも予想できる。

そこで、児童から出された仮説を検証する実験を教材を工夫した。

イ 沸騰する水に生じる気泡が空気と同じように気体であることを実感させること。

児童が、沸騰する水に生じる気泡が空気ではないと理解しても、それが水が気体になったものというとならえはすぐにはできないものと思われる。なぜなら、水が気体でいられるのは常圧の状態では100近い高温になっているときだけであり、冷えるとすぐに液体の水に戻ってしまうため、空気と同じような「気体」であるという実感を持たせることが困難である。

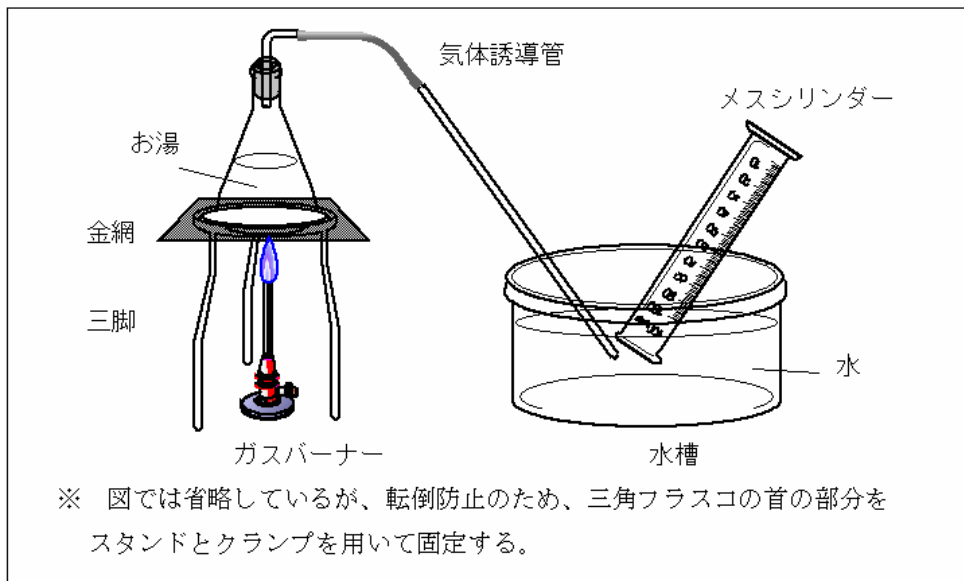
多くの教科書では、沸騰する水に生じる気泡をろうとうなどを用いて集め、ビニール袋などに誘導し、ビニール袋に水がたまることから、「気泡は水がすがたを変えたもの」と捉えさせる実験を取り上げているが、ビニール袋がさほどふくらまないために、「気体」であることが実感できないのであると考えられる。

そこで、沸騰する水に生じる気泡が、「気体」であることが実感できるとともに、すぐに液体の水に戻ってしまうことが視覚的によく観察できる観察・実験教材を工夫した。

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材

ア 教材 「水蒸気の上置換実験」

【図 -1】に実験教材の概要を示す。三角フラスコ中の水（お湯）を加熱し、気体誘導管を用いて水槽内の水に発生する気体を導く装置である。



【図 -1】「水蒸気の上置換実験」の概要

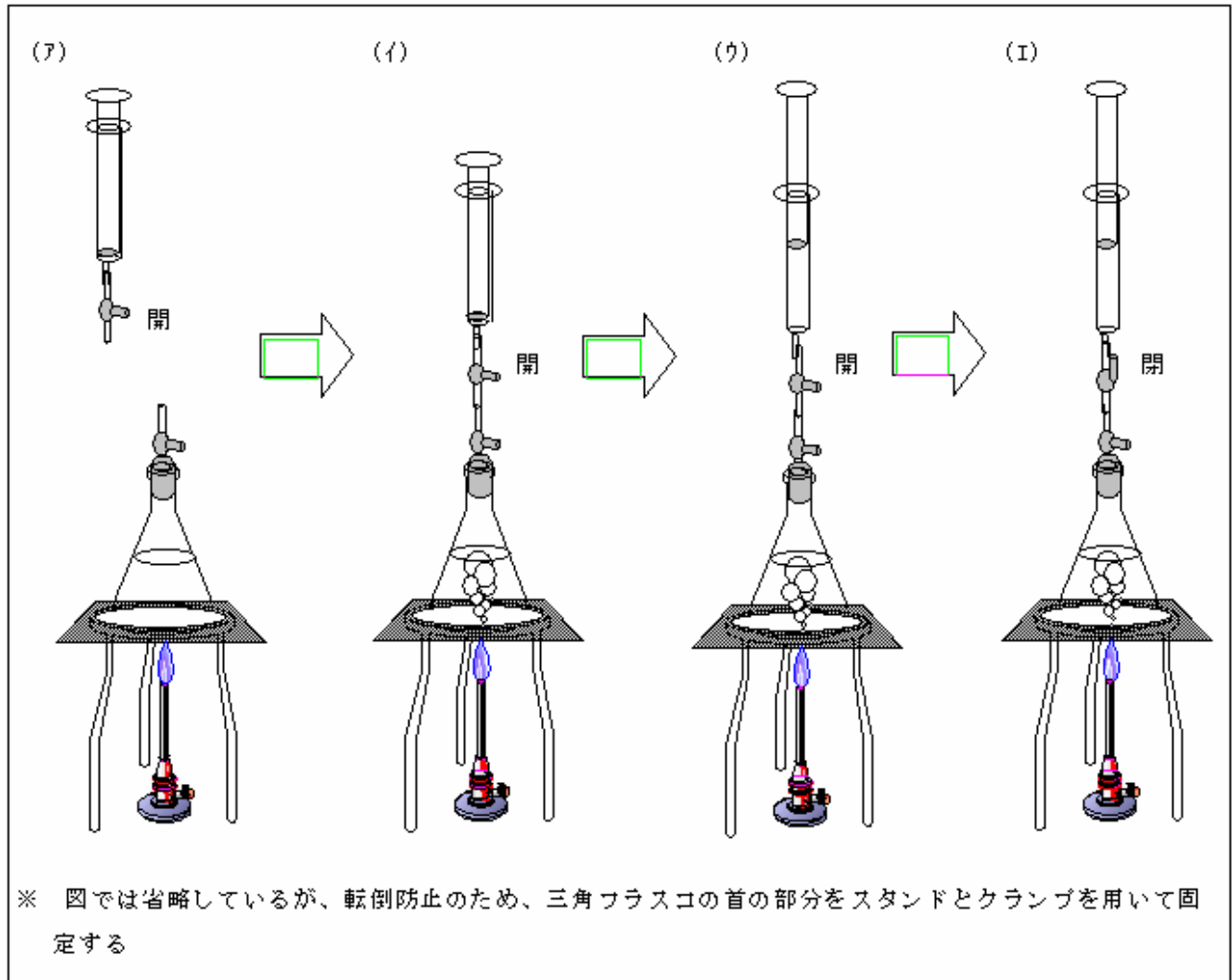
実験の方法と結果を以下の(ア)～(オ)に示す。

- (ア) 200mlの三角フラスコに、ポットのお湯約100mlを入れ、三脚、金網の上のせ、ガスバーナーで加熱する。また、メスシリンダーに水を満たし、逆さまにして水槽に立てる。
- (イ) 三角フラスコ内の水が沸騰する前に、気体誘導管の先から気体が発生し、気泡（あわ）となってメスシリンダー内にたまる。この気体は、三角フラスコ内の水の上部や気体誘導管の中にあった空気が加熱され膨張して出てきたものである。あらかじめ、自転車の空気入れなどを用いて、メスシリンダー内に空気がたまる様子を観察させておくと、水を満たした入れ物にたまることを理解させやすい。
- (ウ) やがて、水は沸騰し、三角フラスコの底の方からも気泡が発生する。すると、気体誘導管の先までは気体がくるものの、その先からは気泡がでなくなる。三角フラスコの中ではさかんに気泡が発生し続けているにもかかわらず、メスシリンダーにはもはや気体がたまらない。このことを、児童にしっかりと観察させ、児童自身に「沸騰する水に生じる気泡が空気ではない」ことに気が付かせるようにする。
- (エ) 気体誘導管を水槽の水から抜いて観察すると、盛んに湯気が発生する様子を確認させることができ、再び水槽に入れ観察させるとよい。
- (オ) この実験については、次に示す二つの点に留意して実験する必要がある。
 - ・ この実験で、水から加熱するのではなくお湯から加熱する理由と、アルコールランプでなくガスバーナーを用いて加熱する理由は、どちらも沸騰するまでの時間短縮を図るためである。したがって、この実験は、水から熱する観察・実験のあとに行うべきであると同時に、ガスバーナーの使い方を学習したあとで行わなければならない。
 - ・ この実験は、児童の実験として行うよりも、教師の演示実験として行う方が安全かつ効果的であると考えられる。安全面では、気体誘導管から出る水蒸気はかなりの高温になることや、気体誘導管を水から出す前に火を止めると水槽内の水が三角フラスコ内に勢いよく逆流して危険だからである。また、教師の演示実験とすれば、観察のポイントを児童に明確に示すことができる。

イ 教材 「水蒸気の凝縮観察実験器」

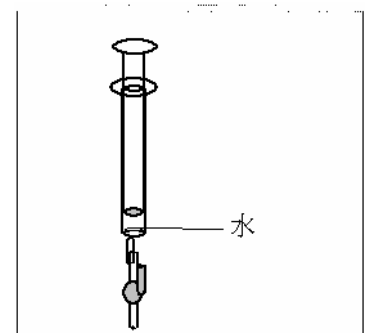
【図 2】に実験教材による実験の概要を示す。三角フラスコのコックに、プラスチックシリンジ（30ml）を連結できるコックをつけたものと、プラスチックシリンジにコックを接着したものを用いる。今回用いたプラスチックシリンジとコックは、ともにテルモ社製の医療用器具であるが、ディスプレイ製品なので比較的安価に、教材販売店を通じても入手できる。

実験の方法と結果を以下の(ア)～(カ)に示す。



【図 2】「水蒸気の凝縮観察実験器」による実験の概要

- (ア) 200ml の三角フラスコに、ポットのお湯約 100ml を入れ、三脚、金網の上へのせ、ガスバーナーで加熱する。
- (イ) 三角フラスコ内の水が沸騰したら、コックを開いた状態のシリンジを三角フラスコのコックに差し込む。
- (ウ) シリンジ内に水蒸気が入ってきて、ピストンが押し上げられる。
- (エ) 気体の体積が 20ml になったら、コックを閉じ、すばやくはずす。
- (オ) (エ)でコックを閉じた直後から、ピストンはかなりの速さで下がってきて、気体の体積は数 ml まで減少して、シリンジ内には水のような液体がたまっていることが観察できる。
- (カ) (オ)では水蒸気の凝縮の速さに驚かされるが、比較のために、水の入っていないフラスコで同様の実験をすれば、空気と水蒸気の違いを明確に示すことができる。



【図 3】凝縮後の様子

2 中学校における開発教材

(1) 学習指導案

理科学習指導案

1 単元名「化学変化と原子・分子」

2 教材について（炭酸水素ナトリウムの熱分解について）

この単元は、目に見える化学変化をもとに、目に見えない原子の振る舞いを明らかにしていくことが学習のねらいである。そのため、化学変化の様子、結果について、感覚的にしっかりとらえる実験をすることが大切となる。第2章の第5節では、定比例の法則（「反応する物質の質量の間には、一定の関係があることを見いだすこと。『一定の関係』とは、一方の質量に比例することである。（学習指導要領より一部抜粋）」）を実験結果から導き出していく学習である。

しかし、実験では、銅やマグネシウムと化合する酸素の質量は、誤差も多く、さらに理論値からかけ離れた測定結果になってしまう。その点、炭酸水素ナトリウムの熱分解では、測定値は理論値通りで、しかも、小数第3位まで測定しても誤差が見られず、グラフにすると、見事に一直線上並ぶ。そのことにも感動させたい。この実験を行うことで、定比例の法則を理論学習で終わることなく、生徒自らが行う実験結果をもとに導き出させ、単元のねらいに迫りたい。

3 生徒の実態

4 単元の指導計画

第1章 物質の変化…………… 9時間

第2章 物質どうしの化学変化…………… 13時間

第1節 物質どうしはどう結びつくのだろうか…………… 2時間

第2節 燃えるとはどのようなことだろうか…………… 2時間

第3節 化学変化がおこるときに物質の質量は変化するのだろうか…………… 3時間

第4節 化学変化を記号で表すにはどうすればよいのだろうか…………… 2時間

第5節 化学変化が起こるとき、物質の質量の割合はどうなっているのだろうか…………… 4時間

・ 金属を熱したときの質量の変化を調べよう…………… 2時間

・ 物質を分解したときに発生する質量の関係を調べよう…………… 1時間（本時）

・ 物質が化合するときの質量の関係を調べよう…………… 1時間

5 本時の指導計画

(1) 本時の目標

- 1 炭酸水素ナトリウムを加熱して、反応後の物質の質量を正しく測定し、その結果を表やグラフに表すことができる。（実験の技能・表現）
- 2 実験結果から、炭酸水素ナトリウムの分解によって生じた、炭酸ナトリウムと二酸化炭素と水の質量の合計の比が一定であることを考察することができる。（科学的な思考）

(2) 本時の指導構想

本単元の第5節は、「反応に関係する各物質の質量は一定であること」、つまり「化合物をつくる成分の質量比は一定であること」を実験結果をもとに導き出していく学習である。

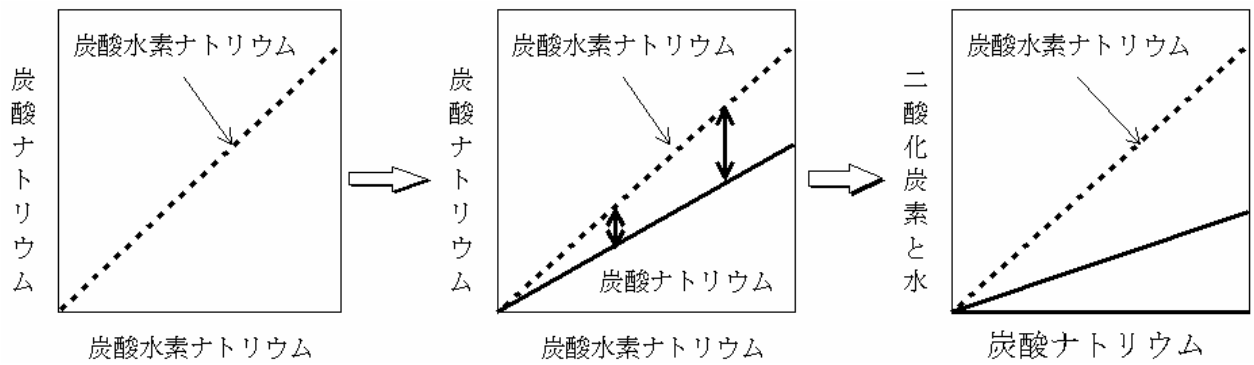
前時の学習内容である「銅が酸素と化合するときの質量の割合は決まっている」ことと、炭酸水素ナトリウムの熱分解を想起させ、本時の学習課題である、炭酸水素ナトリウムを分解したときでは、生じる物質の質量にはどのような関係があるかを予想させる。

実験方法は、各班で決まった質量の炭酸水素ナトリウムを熱分解させ、班ごとのデータをもとに一つのグラフを作成していく。自分たちの班の測定結果はどうだろうか、うまくいったのだろうか、と生徒に期待を抱かせながらグラフ化させる。グラフ用紙には方眼紙を用い、あらかじめ、軸、目盛り等の記入したものを準備し、グラフ作成にあまり時間をかけないようにしたい。

このグラフから、炭酸水素ナトリウムを分解してできた炭酸ナトリウムと、二酸化炭素と水の質量は一定の割合で結びついていることを、「比例関係」であることから導き出していく。

学習のまとめでは、「わかったこと」として、まず、自分の言葉で書かせ、必要な場合は補足や修正をさせる。

次時は、金属が酸素と化合するときの関係を教科書のグラフを用いて学習していくことを予告し、終わりとする。質量比については、その時に扱う。



・ このようなグラフを用意しておく。
(目盛りも入れて)

・ 各班で測定した炭酸ナトリウムの質量をグラフにする。
 ・ このグラフは、実物投影機などによって、全員に確認させる。
 ・ 見事に一直線上にのったことを全員で喜び合いたい。
 ・ 太い矢印()で示した質量は何か、炭酸水素ナトリウムの質量と何か関係はあるのかを考えさせ、関係を確認するためにグラフに表してみる。

・ 炭酸ナトリウムと二酸化炭素と水の質量をグラフにする。
 ・ これも全員で確認する。

6 展開案

段階	学習内容	生徒の活動	・指導 ・留意点	評価
導入 5分	1 既習内容の想起	1 銅を加熱したときの質量の変化と炭酸水素ナトリウムを加熱したときの化学変化について確認する。	1 物質どうしが結びつく時は、その質量には限度があること、炭酸水素ナトリウムを分解すると3つの物質に分かれることを確認する。	
	2 課題把握	2 課題を確認する		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> 炭酸水素ナトリウムを分解してできた、炭酸ナトリウム、二酸化炭素・水の質量には、どのような関係があるのだろうか。 </div>				
展開 42分	3 予想 (1) 結果予想 (2) 実験方法	3 炭酸水素ナトリウムの質量が多くなると、分解して生じる炭酸ナトリウムの質量はどうなるか、二酸化炭素と水の質量はどうなっていくか、予想し発表する。 ・炭酸ナトリウムや水・二酸化炭素の質量を調べるにはどのようにすればよいか確認する。	3 予想した理由も言わせ、加熱すればするほど質量は減り続ける、という予想が出た場合は、長い時間(4分)加熱して結果を比べてみることにする。 ・炭酸ナトリウムの質量がわかればよいことに気付かせ開放系(皿)で行うという程度でよい。	

	4 実験方法の確認	4 測定の仕方，結果の処理の仕方を確認する。	4 電子てんびんで，小数第2位まで測定させる。次のことを指示する。 <ul style="list-style-type: none"> 各班の測定値をもとに結果をとめるので，責任をもって実験すること。 あまり頻繁にかき混ぜなくてよい。 時間は2分間とし，一斉に行う。 	炭酸水素ナトリウムを加熱して，反応後の物質の質量を正しく測定し，その結果を表やグラフに表すことができたか。 (実験の技能・表現)
	5 実験	5 10の班でそれぞれ違う質量の炭酸水素ナトリウムを加熱する。	5 やけどに十分に注意させる。 <ul style="list-style-type: none"> 机間指導して，実験操作が正しく行われるように支援する。 	
	6 実験のまとめ	6 各班のデータから，各自で炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムの質量の関係をグラフに表す。	6 各班の実験結果を黒板に書かせ，データを共有する。その後，グラフを書かせる。 <ul style="list-style-type: none"> グラフの書き方を確認しながら，全員で結果を確認する。 炭酸水素ナトリウムの質量と炭酸ナトリウムの質量を比較させる。 次に減少した部分(矢印で示す)は何か，発表させる。 	実験結果から，炭酸水素ナトリウムの分解によって生じた，炭酸ナトリウム，二酸化炭素・水の質量の比が一定であることを考察することができたか。 (科学的な思考)
	7 考察	7 グラフからわかる関係を自分の言葉でまとめ，発表する。 <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素・水の質量の関係をそれぞれグラフに表す。 	7 「比例関係」であることから，炭酸ナトリウム，二酸化炭素・水の質量は，「決まった割合」であることを補足説明する。	
終末 3分	8 自己評価	8 感想を書く	8 時間があったら何人かに発表させる。	
	9 次時の確認	9 今度は化合の場合の質量の関係を学ぶことを確認する。	9 教師評価を行い，次時の予告をする。	

(2) 学習プリント

炭酸水素ナトリウムを熱したときの質量の変化を調べよう

課題

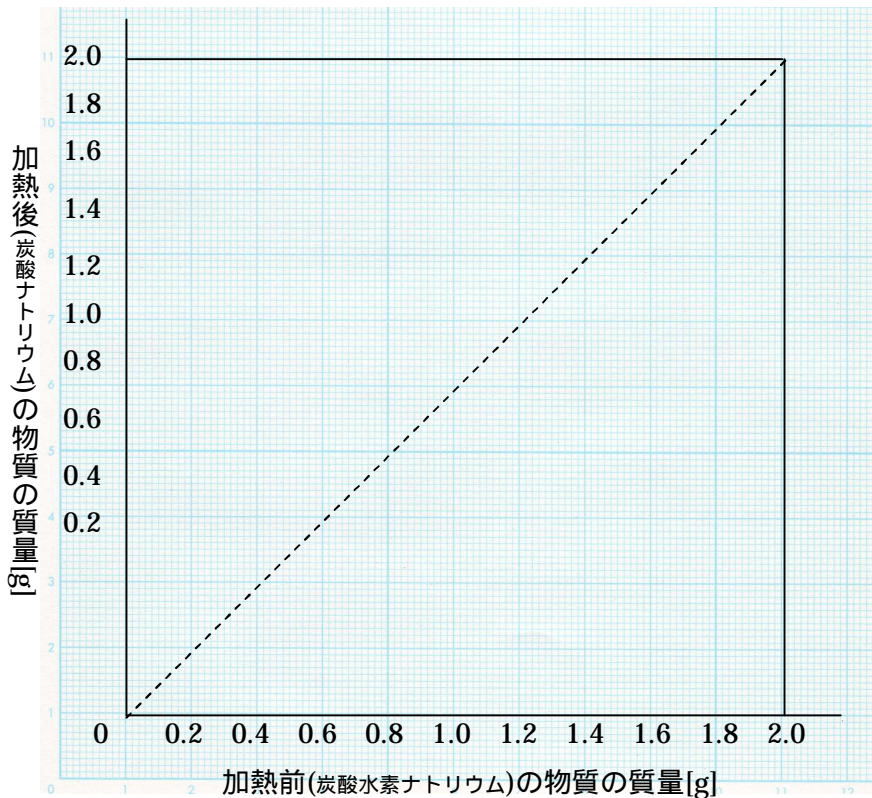
1 予想とその理由

2 実験結果

燃焼皿の質量は g だから、加熱後の物質の質量の求め方はわかるよな～～

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
炭酸水素ナトリウムの質量 [g]	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
炭酸ナトリウムの質量 [g]										
水と二酸化炭素の合計質量 [g]										

3 グラフから規則性を見破ろう



メモ♥

自分が大切だと思うことを、どんどん書き込もう！これが真の力だ。

結論

(3) 実験についての意識調査

ア 生徒用

実験についてのアンケート（生徒用）

年 組 番 氏名

12月8日(金)2校時に行った理科の授業で行った実験について、みなさんのご意見やご感想をお聞かせ下さい。

1 この日の授業で行った実験は、目的意識をもって行えたと思いましたが。次のア～エのうちからあなたの考えに最も近いものを一つ選び、その記号を で囲んで下さい。

ア 思った イ 少し思った ウ あまり思わなかった エ 思わなかった

2 この日の授業で行った実験は、操作が難しくなく、やさしいと思いましたが。次のア～エのうちから、あなたの考えに最も近いものを一つ選び、その記号を で囲んで下さい。

ア 思った イ 少し思った ウ あまり思わなかった エ 思わなかった

3 この日の授業で行った実験は、期待した結果が得られたと思いましたが。次のア～エのうちからあなたの考えに最も近いものを一つ選び、その記号を で囲んで下さい。

ア 思った イ 少し思った ウ あまり思わなかった エ 思わなかった

4 この日の授業で行った実験は、学習する内容の理解に役立つと思いましたが。次のア～エのうちから、あなたの考えに最も近いものを一つ選び、その記号を で囲んで下さい。

ア 思った イ 少し思った ウ あまり思わなかった エ 思わなかった

5 この日の授業で行った実験について、あなたの感想を自由に書いてください。

ご協力ありがとうございました。

実験教材についてのアンケート（教師用）

今年度、研究協力校として授業実践にご協力いただきありがとうございました。今回の授業実践の結果を踏まえ、1月の岩手県教育研究発表会での発表に向けて、研究のまとめをしていきたいと思っております。つきましては、今回の授業実践で行った実験教材に対して、忌憚のないご意見をお願いいたします。

- 1 生徒に目的意識を持たせやすい実験教材であったか。

- 2 生徒に操作させることが容易な実験教材であったか。

- 3 生徒（教師）にとって期待する実験結果が得られる実験教材であったか。

- 4 生徒にとって学習内容の理解につながる実験教材であったか。

- 5 今回の実験教材の長所、短所（改善すべき点）、ご感想などを自由にお書きください。

ご協力ありがとうございました。

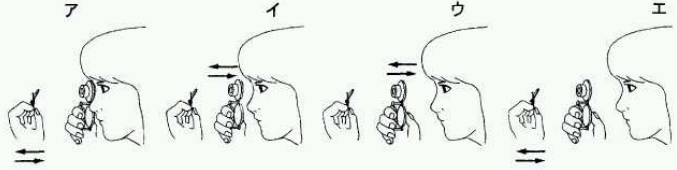
生物領域における補充資料

1 生物領域小学校における開発教材

(1) 平成17年度学力定着度状況調査問題

ア 「ルーペ（虫めがね）の正しい操作」の定着を見る問題（中学校1学年）

(1) ルーペを使って花のつくりを観察するとき、ルーペの使い方としてもっとも適切なものはどれですか。下のア～エの中から1つ選び、その記号を書きなさい。



ア ルーペを目に近づけて持ち、花を前後させてピントを合わせる。
イ ルーペを目に近づけて持ち、ルーペを前後させてピントを合わせる。
ウ ルーペを目から離して持ち、ルーペを前後させてピントを合わせる。
エ ルーペを目から離して持ち、花を前後させてピントを合わせる。

イ 「季節によるこん虫の活動の様子を指摘できるか」を理解しているかを見る問題（小学校5年）

(3) 動物の活動のようすが、夏とくらべて、冬になると変わってくるのはなぜでしょうか。その理由を説明した、次の文の()の中にあてはまることばを書きましょう。(答えは解答用紙に書きましょう。)

動物の活動のようすが冬になると変わるのは、
()が低くなるからです。

(2) 教科書に掲載されている実験・観察内容

東京書籍
新しい理科6下
P51「実験2」

東京書籍株式会社「新編新しい理科6上」p51の内容

教材開発の視点

- ・きりふきで、ときどき、中を湿らせなければならない。
- ・飼育容器の外側からの観察が中心で、虫めがねを使って中の様子を詳しく観察することが難しい。
- ・個別実験に必要な数の飼育容器の確保が難しい。

(3) 開発教材について

ア ダンゴムシ飼育びん

(ア) 準備

- ・ 棒びん（スチロール製、押しふた式、50ml） NaRiKa（S75-2090-07）110円/個
- ・ パーミュキュライト（園芸用） ホームセンターで購入
- ・ 高吸水性ポリマー（園芸用土の保水材） 100円均一店で購入
- ・ ろ紙（直径17mmの円に切ったもの）
- ・ 小石（棒びんに入る大きさ）ダンゴムシのかくれ場
- ・ 工作紙（6×15cm）

(イ) 製作【図 -1】

棒びんのふたに、千枚通しで空気穴を4～5カ所あける。

棒びんにパーミュキュライト約1.8g（薬さじ大2.5）と吸水性ポリマー約0.5g（薬さじ小1）の割合で入れてよく混ぜた後、10mlの水を加えてしばらく静置させる。（このとき、土の上面ができるだけ平らになるようにする）

ろ紙をパーミュキュライトの上に置き、その上に小石を置く。

工作紙をまるめてセロハンテープでとめ、その中に棒びんを入れる。



【図 -1】ダンゴムシ飼育びんの製作

イ 演示実験用飼育容器【図 -2】

(ア) 製作

フタ付きプラスチックカップ（容量200ml）のふたに千枚通しで、空気穴を数箇所あける。

パーミュキュライト薬さじ大12と吸水性ポリマー薬さじ小3の割合で入れてよく混ぜた後、40mlの水を加えてしばらく静置させる。（このとき、土の上面ができるだけ平らになるようにする）ろ紙（直径42mm）をパーミュキュライトの上に置く。



【図 -2】演示実験用飼育容器

ウ 観察用虫めがね

- ・ プラスチックレンズ（レンズ径23mm、5倍、f=5mm）NaRiKa（G40-1473-01）100円/個

エ ダンゴムシのエサについて

ダンゴムシは、雑食性で何でも食べる。予備実験でエサの好物を調べた結果を下の表に示す。

【表 -1】ダンゴムシのエサ試験

	結果	備考
落ち葉（サクラ）		霧吹きで湿り気を与えたもの
腐葉土（園芸用市販）		葉の形の残っているもの
乾燥葉（柿の葉）	×	
キャベツ（生）		採りたての新鮮なもの
リンゴの皮	×	
削り節	×	
甲虫用シロップ	×	

：よく食べる ：食べる ×：ほとんど食べない

(4) 学習指導案

第6学年 理科学習指導案

日 時 _____
 場 所 _____
 対 象 _____
 指導者 _____

1 単元名 4 生き物のくらしとかんきょう [生き物とかんきょう4]
 (東京書籍 新編 新しい理科 6年 p44 ~ p57)

2 単元について

(1) これまでに児童は、生き物のくらしと環境について「2 動物のからだのはたらき」では、人及び動物の体のつくりとはたらき、「3 植物のからだのはたらき」では植物が自分で養分をつくることを学習してきた。

本単元では、これらの学習をふまえて、生き物どうしのかかわりや、生き物と環境とのかかわりを総合的にとらえさせ、生き物と環境との視点を意識付け、「8 人とかんきょう」、中学校2分野「(7) 自然と人間」の学習へと発展する。

(2) 本単元のねらいは、生き物と環境のかかわりについて調べていく活動をとおして生き物は、空気、食べ物、水を通してたがいにかかわり合っているという見方や考え方ができるとともに、自然界のつながりについて総合的にとらえることができるようにすることである。

3 指導改善の視点

(1) 本授業は、総合教育センター科学産業教室の研究協力依頼を受け、「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 - 小・中学校の学習定着度状況調査の分析をとおして - 」の授業実践（生物領域）として行うものである。

平成17年度学習定着度状況調査では、生物領域において、昆虫の活動、顕微鏡や虫めがね、ルーペなどの実験器具の使い方についての正答率が低かった。

「平成17年度学習定着度状況調査結果（岩手県教育委員会）」（理科小問正答率より抜粋）

調査実施学年	学習学年	調査問題のねらい	学習指導要領との関連	主な観点	県正答率
小学校5年	小学校4年	ナナホシテントウの冬越しの様子を指摘することができる。	A(1)ア	知識・理解	50%
小学校6年	小学校5年	顕微鏡を適切に操作することができる。	A(1)エ	技能・表現	44%
中学校1年	中学校1年 (小学校3年)	ルーペ（虫めがね）を適切に操作することができる。	2分野(1)ア(ア)	技能・表現	59%

全体正答率 小学校5年：68% 小学校6年：80% 中学校1年：66%

この結果を踏まえ、第6学年「4 生き物もくらしとかんきょう」の第2次「人や動物の食べ物のもととはなにか」において、植物と動物のかかわりについて調べる活動の中で、動物（ダンゴムシ、ミミズ、ヤスデ、カブトムシの幼虫など）の飼育観察により、生物の活動についての理解、定着と観察意欲の向上を図る。また、観察のために使用する虫めがね（ルーペ）の使い方について技能の定着を図ることをねらいとして授業実践を行う。

(2) 本単元の第2次「人や動物の食べ物のもととはなにか」では、ダンゴムシに枯れ葉を与え短期間飼育観察し、植物は水が無いと枯れてしまうが、枯れて死んでしまった植物は、他の生物が生きていく大切な養分となっていることをとらえるようにする。

ダンゴムシやミミズは、その姿や活動場所から児童に敬遠される傾向があるが、ある程度の期間自分の責任においてじっくり観察することで、観察の意欲が高まり生命を尊重する態度が育つと考える。特に、ダンゴムシは刺激を受けると丸くなるというおもしろさも魅力となると予想される。そこで、ダンゴムシをプラスチック棒びんに入れて児童ひとりひとりに用意し、個々に飼育観察させることによって、小動物の活動に対する観察意欲を高めるようにする。

その際、ひとりに1つずつ虫めがねを持たせ、その正しい使い方の定着を図るようにする。

虫めがねの使い方について、小学校第3学年、中学校第2分野で次のように学習する。

小学校第3学年（東京書籍「新編新しい理科」）
 虫めがねの使い方
 [手でもてるもの]
 虫めがねを目に近づける。
 見るものをうごかして、はっきり見えるところでとめる。
 [手でもてないもの]
 ・ものがうごかせないときは、虫めがねをうごかして、はっきり見えるところでとめる。
 注意 目をいためるので、せつたいに、虫めがねで太陽を見てはいけません。
 中学校第2分野（東京書籍「新編新しい科学」）
 ルーペの使い方
 レンズと目が平行になるようにして、ルーペをできるだけ目に近づける。
 観察するものを動かしながら、よく見える位置をさがす。
 注意 ルーペで太陽を見てはいけない。

しかし、児童は小さいものを虫めがねで見るとき、自分の両目でものを見ようとするために、ものに虫めがねを近づけ、虫めがねを目から離して焦点を合わせようとする。これは学校にある虫めがねの直径が比較的大きく、焦点距離が大きいために片方の目で見るとの必要性をあまり感じないのではないかと考える。そこで、本授業では、レンズの直径23mm、焦点距離50mmのものを、観察容器としてプラスチック棒びんにダンゴムシを入れることにより、片方の目で、虫めがねを目に近づけ、ものを動かさなければ焦点を合わせにくいという状況をつくりだし、その必要性を意識させるようにする。

また、ダンゴムシを飼育するためには、土の湿度を保つ必要がある。しかし、教室で水槽や飼育箱を使って飼育する場合、まめに霧吹きなどをすることを忘れて土や落ち葉を乾燥させてしまい、期待する実験結果が得られない場合が多い。そこで、本授業では、観察容器に園芸用吸水性ポリマーを混ぜたバーミキュライトを入れ、その上に腐葉土や落ち葉を入れ、枯れ葉やダンゴムシの乾燥を防ぐようにする。

4 単元目標 [学習指導要領の項目：第6学年A(2)イ・ウ]

(1) 総括目標

生き物の活動と環境とを関係付けながら調べ、見出した問題を多面的に追究する活動をおし、生命を尊重する態度を育てるとともに、生き物と空気、水、食べ物（生物どうし）のかかわりについての見方や考え方を養う。

(2) 具体目標

自然事象への関心・意欲・態度

- ・ 人や動物や植物と空気，食べ物，水とのかかわりに興味をもち，進んでそれらの関係について考えようとする。

科学的な思考

- ・ 人や動物の食べ物のもとは植物であると考えることができる。
- ・ 調べたことを整理し，生き物と空気，食べ物，水とのかかわりについてまとめ，自然界のつながりを総合的に考えることができる。

観察・実験の技能・表現

- ・ 植物を袋に密閉して日光に当て，中の酸素と二酸化炭素の体積の割合の変化を気体検知管を用いて調べ，結果をまとめることができる。
- ・ 枯れた植物が動物の食べ物になっているか，虫めがねを正しく使って観察したり資料を調べたりして，結果をまとめることができる。
- ・ 生き物と水とのかかわりについて資料などをもとに調べ，結果をまとめることができる。

自然事象についての知識・理解

- ・ 生き物は酸素を体内にとり入れて二酸化炭素を体外に出しているが，植物は，日光に当たると二酸化炭素をとり入れて酸素を出すことを理解している。
- ・ 人や動物の食べ物のもとは植物であり，人や動物が食べ物を通して，ほかの動物や植物とのかかわり合っていることを理解している。
- ・ 生き物は，体内に水をとり入れて生きていることを理解している。

5 指導計画と単元の構想（9時間扱い： ～ は時間）

次	時間	学習活動	単元の構想（子どもの理解・思考）
	前時まで		<p>植物体が燃えるときには、空気中の酸素が使われ二酸化炭素ができること。 体内に酸素が取り入れられ、体外に二酸化炭素などが出されていること。 食べ物は、口、胃、腸などを通る間に消化、吸収され、吸収されなかったものは排出されること。 血液は、心臓のはたらきで体内をめぐり、養分、酸素および二酸化炭素を運んでいること。 植物の葉に日光が当たるとでんぷんができること。</p>
生き物のくらしとかんきょう（課題）	1	1 これまでの学習をもとに、生き物と空気、食べ物、水とのかかわりについて話し合う。 - 2 課題を整理し、学習計画を立てる。	<p>空気中に酸素を出しているものはなにか。</p> <p>人や動物の食べ物のもととはなにか。</p> <p>水は生き物にとってどのようなものか。</p>
第1次 ア 空気中に酸素を出しているものはなにか	2	気体検知管を用いて、植物は二酸化炭素を取り入れ酸素を出しているかを調べる。 生き物にとって空気はどのようなものをまとめる。	<p>植物が酸素をとりいれて酸素を出しているのだろうか。</p> <p>植物は、日光が当たると、酸素をとりいれて酸素を出している。</p>
第2次 イ 人や動物の食べ物のもととはなにか	1	- 1 人の食べ物のもととは何かを、その材料をたどって調べる。 - 2 いろいろな動物の食べ物は何かを調べてまとめる。	<p>人や動物の食べ物のもとをたどっていくと何になるのだろうか。</p> <p>人や動物は、養分をつくることができないので、植物や他の動物を食べて、その中にふくまれる養分をとり入れる。</p>
	2	- 1 枯れた植物が動物の食べ物になっているかを調べる。 - 2 ダンゴムシを飼い、枯れた植物を食べるかどうかを調べる実験の準備をする。 - 1 虫めがねを使って、ダンゴムシが枯れた植物を食べたか調べる。 - 2 枯れた植物が動物の養分となっていることをまとめる。	<p>生きている植物は、さまざまな動物の食べ物となっている。</p> <p>かれた植物も、動物の食べ物になっているのだろうか。</p> <p>かれた植物も動物が生きていくための大切な栄養となっている。 （動物のふんは、植物の成長に必要な養分となっている。）</p>
第3次 ウ 水は生き物にとってどのようなものか	1	- 1 生き物と水のかかわりについて今までの学習したことや経験、資料をつかって調べる。 - 2 生き物にとって水はどのようなものをまとめる。	<p>もしも水がなかったら、人や動物や植物は、どうなるのだろうか。</p> <p>人や動物や植物のからだには、多くの水がふくまれていて、水によってからだのはたらきを保ち、生きている。</p>
生き物のくらしとかんきょう（まとめ）	2	- 1 生き物と空気、食べ物、水とのかかわりについて、調べたことを整理して発表する。 - 2 「たしかめよう」を行い、生き物と空気、食べ物、水とのかかわりについてまとめる。	<p>人や動物や植物は、空気をとおして、かかわっている。 （植物も、人や動物と同じように、一日中呼吸をして、酸素をとり入れて二酸化炭素を出している。） 生き物は、食べ物をとおして、かかわりあって生きている。 すべての生き物は、水を取り入れないと、生きていくことができない。</p>

6 評価規準と指導の手立て（ ～ は時間）

観点	評価規準	具体的評価規準 (B: おおむね満足できる)	努力を要すると判断される状況の 児童への指導の手立て
関心・意欲・態度 自然事象への	<ul style="list-style-type: none"> ・人や動物や植物と空気、食べ物、水とのかかわりに興味をもち、進んでそれらの関係について考えようとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生き物と空気、食べ物、水とのかかわりに興味をもち、進んでそれらの関係について考えている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水にもぐったとき、空腹のとき、のどが渴いたとき、植物に水をあげた経験、植物の発芽や成長の学習などを想起させ、生き物が空気、食べ物、水がない場合を考えさせ、それらとのかかわりに興味をもたせる。
科学的な思考	<ul style="list-style-type: none"> ・人や動物の食べ物のもとは植物であると考えることができる。 ・調べたことを整理し、生き物と空気、食べ物、水とのかかわりについてまとめ、自然界のつながりを総合的に考えることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・人や動物の食べ物のもとは植物であると考えることができる。 ・調べた結果から、生き物と、空気、食べ物、水などをおとした環境とのかかわりを説明することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自分が好きな料理の材料について、そのえさになるものまで考えさせ、図に表現させ、すべての食べ物が植物に行き着くことに気づかせる。 ・調べたことを、図にまとめる活動を通して、生き物と、空気、食べ物、水とのかかわりに気づかせる。その際、植物がなくなったらどうなるかを考えさせ、動物と植物のかかわりについても気づかせる。
観察・実験の技能・表現	<ul style="list-style-type: none"> ・植物を袋に密閉して日光に当て、酸素と二酸化炭素の体積の割合の変化を、気体検知管を用いて調べ、結果をまとめることができる。 ・枯れた植物が動物の食べ物になっているか、実際に観察したり資料を調べたりして、結果をまとめることができる。(本時) 	<ul style="list-style-type: none"> ・気体検知管を使って、日光に当たった植物が出す酸素と二酸化炭素の体積の割合を調べ、結果を記録することができる。 ・枯れた植物が動物(ダンゴムシ)の食べ物になっているか、虫めがねを正しく使って調べ、その結果をまとめることができる。(本時) 	<ul style="list-style-type: none"> ・気体検知管の使い方、読み取り方、植物に日光をあてる理由、袋をかぶせる理由を詳しく説明し、助言を与えながら再度実験させる。 ・対照実験として、ダンゴムシを入れない飼育容器(カップケース)を用意して比較させる。また、友達の実験結果を提示し、理解を図るとともに、水分管理に注意させながら再実験、記録をさせる。
自然事象についての知識・理解	<ul style="list-style-type: none"> ・生き物は酸素を体内にとり入れて二酸化炭素を体外に出しているが、植物は日光に当たると、二酸化炭素をとり入れて酸素を出すことを理解している。 ・人や動物の食べ物のもとは植物であり、人が食べ物を通してほかの動物や植物とのかかわり合っていることを理解している。 ・生き物は、体内に水をとり入れて生きていることを理解している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生き物は酸素を体内にとり入れて二酸化炭素を体外に出しているが、植物は日光に当たると、二酸化炭素をとり入れて酸素を出すことを、実験結果をもとに説明できる。 ・人や動物の食べ物のもとは植物であり、人が食べ物を通してほかの動物や植物とのかかわり合っていることを、話し合いや実験の結果をもとに説明できる。 ・生き物と水とのかかわりについて調べ、生き物が生きていくためには水が必要であることを、具体例をあげて説明することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の目的や方法を再度詳しく説明し、実験結果を表や図に表して再確認させ、呼吸の場合の実験結果との違いをおさえる。そして、日光に当たったことによって、植物は二酸化炭素をとり入れて酸素を出したことを確認させる。 ・自分が好きな料理の材料について、そのえさになるものまで考えさせ、図に表現させ、すべての食べ物が植物に行き着くことに気づかせる。 ・自分が毎日飲む水の量や植物に水を与えた経験を想起させ、それはなぜかその理由を考えさせる。

7 本時の指導 (6 / 9 時間)

(1) 本時の目標

[観察・実験の技能・表現]

枯れた植物が動物の食べ物になっているか、虫めがねを正しく使って観察したり資料を調べたりして、結果をまとめることができる。【評価：行動観察、記録、発言】

(2) 展 開

ア 前時 (5 / 9 時間) の展開

学習活動	予想される児童の反応	主な活動支援と評価 ()
<p>1 前時の学習を想起する。</p> <p>2 事象(枯れた草や落ち葉)から、課題を立てる。</p> <p>3 予想する。</p> <p>4 実験の準備をする。</p> <p>5 次時の活動を確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・人や動物は、自分で養分をつくるができない。 ・人や動物は、植物や他の動物を食べて、その中にふくまれる養分をとり入れる。 人 豚肉(ブタ) トウモロコシ、大豆、麦 人 米(イネ) 牛 草(牧草)、デントコーン(茎、葉、実) ニワトリ トウモロコシ、草、ミミズ ? モンシロチョウ(幼虫) キャベツ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>枯れた植物は、動物の食べ物(栄養)になっているのだろうか。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・牛や馬は、干草を食べる。 ・カブトムシの幼虫は、おがくずの中で大きくなる。 ・落ち葉の下や土の中には、たくさんの生き物がいる。それらが、食べていると思う。 ・ミミズは土を食べていると聞いたことがある。 <p><u>ダンゴムシは、何を食べているのだろうか。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・土のあるところにいるから、土を食べていると思う。土には、養分があるのかな。 ・動物だから、植物(生きた草)を食べていると思う。 ・虫の死骸を食べると思う。 ・枯れた(くさった)葉を食べると思う。 <p>ダンゴムシを飼うには、どうしたらよいのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石の下や土の中にいるから、暗くした方がいいのではないか。 ・じめじめした場所にいたから、湿気があったほうがいいのではないか。 ・オスとメスを一緒にすれば、たまごを産むかもしれない。 	<p>主な活動支援と評価 ()</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人(自分)が食べているものもとが、植物であること。動物は、自分で養分を作ることができないこと。植物は日光が当たると、自分で養分を作ることを確認し、植物の存在の重要性を意識させる。 ・ニワトリがミミズを食べることを伝え、ミミズなど土の中にくらす動物の存在とその食べ物に目を向けさせる。 <ul style="list-style-type: none"> ・枯れた草(干草や藁) 落ち葉を提示し、枯れた(死んだ)植物は、動物の養分になるか課題意識をもたせる。 ・教科書の写真から、牛や馬は干し草を食べることを確認し、まとめる。 枯れた植物は動物(牛や馬)の食べ物になっていることが分かる。 ・カブトムシを育てた経験者から、幼虫の飼い方を聞き出し、おがくずの他に特別な食べ物を与えていないことに気がつかせ、おがくず(枯れ木)や落ち葉の存在に気づかせる。 ・ミミズとダンゴムシを提示し、動物の中には枯れた植物を食べているものがあるのではないかという疑問を導き出す。 <ul style="list-style-type: none"> ・ダンゴムシの食べ物として、新鮮な葉、落ち葉(枯れ葉)、腐った葉(腐葉土)、土(赤玉土)を用意し、実験の準備をする。 ・飼育容器として、棒びんとプラスチックカップを準備し、湿度を保つために、中に園芸用吸水ポリマーとパーミキュライトを混ぜたものを入れる。その上、ろ紙を敷き、えさになると予想されるものを置き、ダンゴムシをオス、メス各1匹入れる。 ・観察の方法を話し合わせ、カードへの観察記録の仕方、対照実験との比較などについて説明し、観察の意欲をもたせる。 えさを変えて比較する(入れたえさを区別するため、飼育容器にシールをはる) ・暗くしたものと暗くないものを比較する。 ・観察の意欲を高めるために、飼育容器と虫めがねは、一人に1セット準備する。また、飼育観察を通して生命を尊重する態度を育てたい。(飼育容器に名前シールを貼る) ・対照実験用として、プラスチックカップにダンゴムシを入れたものと、入れないものを準備する。 <ul style="list-style-type: none"> ・5日後に、詳しく観察すること、それまでは各自で観察し、気がついたことがあれば記録しておくことを確認する。

イ 本時 (6 / 9 時間) の展開

前時 (5 / 6 時間) のおよそ 5 日後に実施する。

学習活動	予想される児童の反応	主な活動支援と評価 ()
1 課題と実験内容を確認する。	<p>課題</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>かれた植物は、動物の食べ物(養分)になっているのだろうか。</p> </div> <p>実験内容</p> <p>・ダンゴムシは、何を食べているのだろうか。 かれた植物を食べるか調べよう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・人や動物の食べ物をたどっていくと植物になること。動物は自分で養分を作ることができないが、植物は自分で養分を作ることができることを確認する。 ・生きている植物は、人や動物、モンシロチョウの幼虫などの食べ物となっているが、枯れた植物(落ち葉)は、動物の食べ物(養分)になるのかを確かめることを目的とした観察・実験であることを確認する。(実験の意味、根拠)
2 実験結果を予想する。	<ul style="list-style-type: none"> ・植物は、自分で養分を作ることができるのだから、枯れて落ち葉になっても葉の中には、養分が残っていると思う。だから、ダンゴムシは枯れた葉を食べていると思う。 ・前に、飼育容器(棒びん)を見たら、葉がバラバラに小さくなっていた。ダンゴムシが葉を食べたから小さくなったのだと思う。 ・新鮮な葉は、食べないと思う。ダンゴムシは、地面にいて、木の幹や葉や茎についているのを見たことがない。 ・土のダンゴムシは、食べ物がないと死んでいるかもしれない。 ・ふんがあれば、ダンゴムシが落ち葉を食べたと考えていいと思う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・植物が自分で養分を作ることなど、学習したことを根拠に自分の考えを説明できるよう助言する。 ・実験の準備をしたとき様子(さまざまな条件や対照実験)を振り返る資料を用意し、5日後の時間の経過を意識して考えることができるようにする。 ・落ち葉を食べたということを、葉の大きさが変わったこと、ふんがあることの2点を根拠に観察するとよいことに気づかせる。
<p>3 観察し記録する。</p> <p>(1) 虫めがねの使い方を確認する。</p> <p>(2) 観察・記録の仕方を確認する。</p>	<p>虫めがねの使い方</p> <ul style="list-style-type: none"> ・[手でもてるもの] 虫めがねを目に近づける。 見えるものを動かして、はっきり見えるところで止める。 ・[手でもてないもの] 虫めがねを動かして、はっきり見えるところで止める。 ・[注意]目をいためるので、虫めがねで太陽を見てはいけない。 <p>観察・記録の仕方</p> <ul style="list-style-type: none"> ・虫めがねを使って詳しく観察する。 ・5日前の様子と比較して観察・記録する。 ・変化があった場合、その変化の原因を考える。変化が無い場合も、その原因を考える。 ・自分のダンゴムシだけでなく、友達のだんごむしや教室で飼っているダンゴムシ(対照実験)も観察し、比較して考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・最初は虫めがねを使って自由に観察させる。どのように使えば、よく観察できるか考えさせる。 ・虫めがねの使い方を確認する際、[手でもてるもの]について、見えるものを動かす方法と虫めがねを動かす方法の両方を体験させ、見えるものを動かす方法のよさを体感させる。(紙板書で説明する) ・5日前の実験準備の際、記録したカードとの比較がしやすいように、同様の記録カードを用意する。 ・カードには、気づいたことを書く欄を設け、そこには、観察(記述)の視点となるような項目を明記しておく。
4 観察結果を発表し話し合う。	<p>ダンゴムシが、落ち葉を食べたことが分かる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1週間前と比べると、落ち葉(枯れ葉)が食べられて小さくなっている。 ・落ち葉の下に、小さなふんがいっぱいある。 ・新鮮な葉にも食べている。 ・土(赤玉土)のダンゴムシはふんがない。 ・腐った葉(腐葉土)のダンゴムシは生きているが、土を食べたのだろうか。ふんがあるから、やはり腐った葉(腐葉土)を食べたのだろう。 ・ダンゴムシのふんはこの後、どうなるのだろう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・なぜ、食べたと言えるのか(葉の大きさやふんの跡)、どうして落ち葉は食べ物になるのか(植物は自分で養分を作りたくわえている)を話し合いの中で明らかにして、枯れた植物も動物が生きていくための大切な養分となっていることを理解させる。 ・発展として、考えることができる児童には、生き物(野生の動物、ダンゴムシなど)のふんはその後、植物の養分になっていることにも気づかせたい。 枯れた植物が動物の食べ物になっているか、虫めがねを正しく使って観察したり資料を調べたりして、結果をまとめることができる。【評価: 行動観察、記録、発言】
5 まとめる。	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p>かれた植物も動物が生きていくための大切な養分となっている。 (動物のふんは、植物の成長に必要な養分となっている。)</p> </div>	
6 次の活動を予告する。	<p>・次は、水は人や動物にとってどのようなものを調べます。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・植物は、枯れても動物の養分として役立つことのすばらしさを確認したい。また、ダンゴムシやミズミズなどの小さな動物たちも、一生懸命生きていること(できれば自然界の中で大切な役割をはたしていること)にも触れ、生命を尊重する態度を育てたい。

(3) 板書計画

<p>前時 課題</p>	<p>かれた植物は、動物の食べ物（養分） になっているのだろうか。</p>	<p>実験準備</p>	<p>ダンゴムシを飼うには、どうしたらよいだろうか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・じめじめさせる ・暗くする ・えさを変えて実験する <ul style="list-style-type: none"> 落ち葉（赤いシール） くさった葉（緑のシール） 新鮮な葉（ピンクのシール） 土（青いシール）
<p>予想</p>	<p>ダンゴムシは、何を食べているのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・土を食べている ・草を食べている ・動物の死骸を食べている 		

<p>本時 課題</p>	<p>かれた植物は、動物の食べ物（養分） になっているのだろうか。</p>	<p>観察 (結果)</p>	<p>記録カードや写真</p>
<p>予想</p>	<p>ダンゴムシは、何を食べているのだろうか。 かれた植物を食べるか調べよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・食べている・・・植物は自分で養分を作る (葉の大きさ、ふん) ・食べない・・・かれているから食べない くさったものは食べない 	<p>まとめ</p>	<p>ダンゴムシが、落ち葉を食べたことが分かる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・落ち葉（枯れ葉）が食べられて小さくなっている。 ・小さなふんがいっぱいある。 ・新鮮な葉も食べられている。 ・ダンゴムシのふんはこの後どうなるのだろう。
	<p>虫めがねの使い方</p> <ul style="list-style-type: none"> ・[手でもてるもの] 虫めがねを目に近づける。 見えるものを動かして、はっきり見えるところで止める。 ・[手でもてないもの] 虫めがねを動かして、はっきり見えるところで止める。 		<p>かれた植物も動物が生きていくための大切な養分となっている。 (動物のふんは、植物の成長に必要な養分となっている。)</p>

課題

かれた植物は、動物の食べ物(養分)になっているのだろうか。

予想・方法

Blank box for prediction and method.

まとめ

Blank box for summary.

感想

Blank box for reflection.

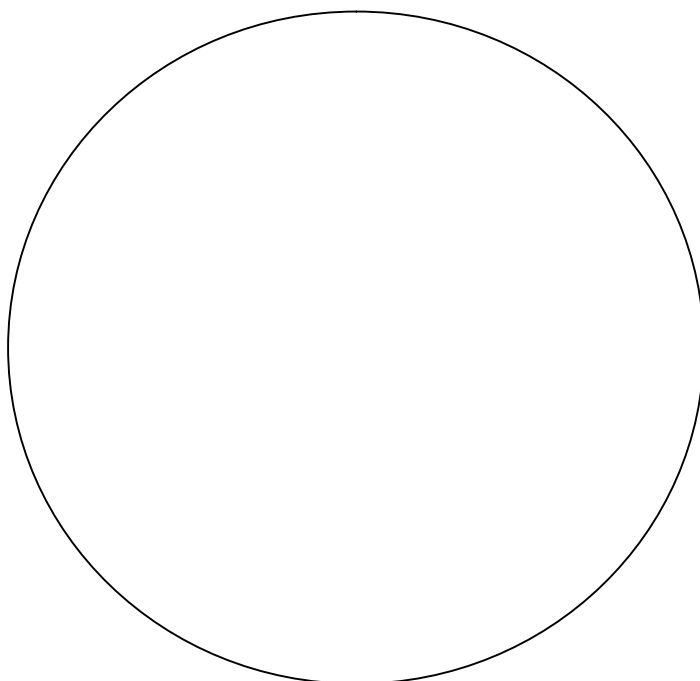
観察・実験

日時 ____月 ____日 () ____時間目

場所 _____ 天気 _____ 気温 _____

実験結果の予想

実験結果



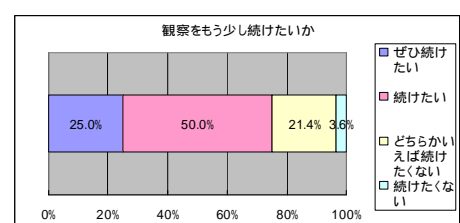
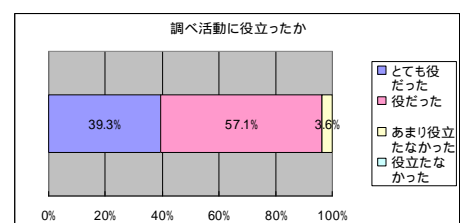
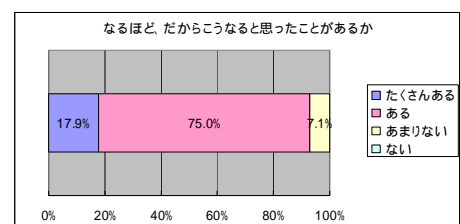
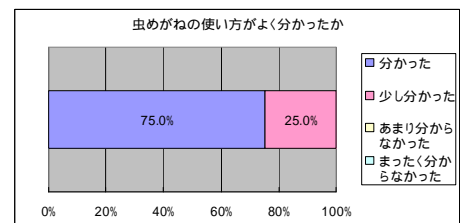
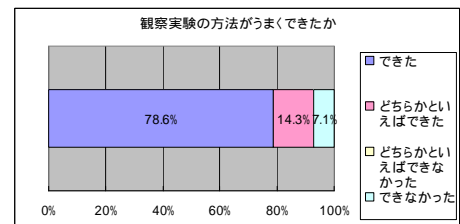
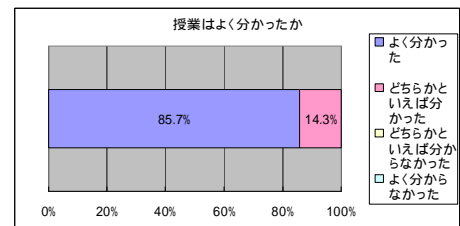
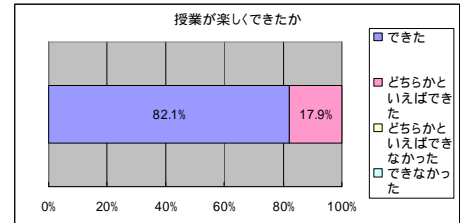
(6) 事後アンケートと分析結果

「ダンゴムシの観察」事後アンケート

6年 名前

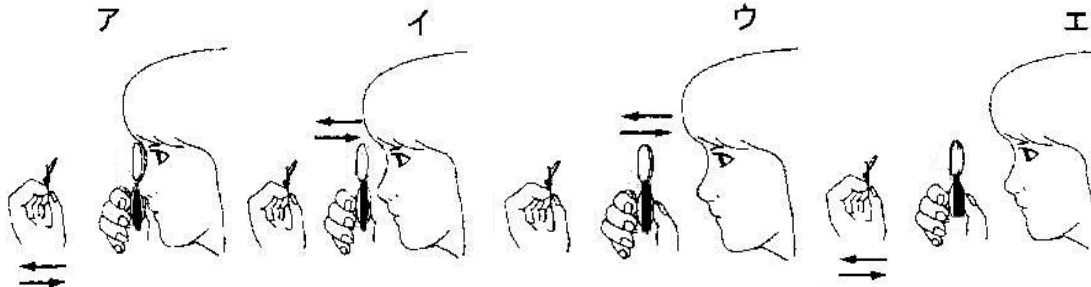
これは、テストではありません。考えたことを自由に書きましょう。

- 1 楽しく学習ができましたか。
 ア できた
 イ どちらかといえばできた
 ウ どちらかといえばできなかった
 エ できなかった
- 2 授業は、よく分かりましたか。
 ア よく分かった
 イ どちらかといえば分かった
 ウ どちらかといえば分からなかった
 エ よく分からなかった
- 3 今日、おこなった観察や実験の方法はうまくできましたか。
 ア できた
 イ どちらかといえばできた
 ウ どちらかといえばできなかった
 エ できなかった
- 4 虫めがねの使い方がよく分かりましたか。
 ア 分かった
 イ 少し分かった
 ウ あまり分からなかった
 エ まったく分からなかった
- 5 今日の学習の中で「なるほどそうか」「だからこうなるんだ」と思ったことがありますか。
 ア たくさんある
 イ ある
 ウ あまりない
 エ ない
- 6 今日行った観察や実験は、動物の食べ物のもとを調べる活動に役立ちましたか。
 ア とても役に立った
 イ 役に立った
 ウ あまり役に立たなかった
 エ 役に立たなかった
- 7 授業で使った飼育容器を使ってダンゴムシの飼育観察をもう少し続けてたいですか。
 ア ぜひ続けてみたい
 イ どちらかといえば続けてみたい
 ウ どちらかといえば続けたくない
 エ 続けたくない



(7) 定着をみる検証問題

1 虫めがねを使って、手にもった花を観察するとき、虫めがねの使い方として正しいものはどれですか。下のア～エの中から1つ選び、その記号を書きましょう。

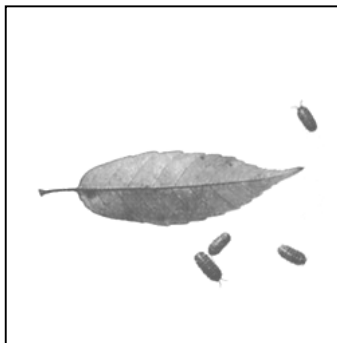


- ア 虫めがねを目に近づけてもち、花をうごかして、はっきり見えるところでとめる。
- イ 虫めがねを目に近づけてもち、虫めがねをうごかして、はっきり見えるところでとめる。
- ウ 虫めがねを目からはなしてもち、虫めがねをうごかして、はっきり見えるところでとめる。
- エ 虫めがねを目からはなしてもち、花をうごかして、はっきり見えるところでとめる。

答え

2 かれた植物（落ち葉）とダンゴムシを入れものに入れて、おいをしてしばらく飼って中の様子を観察すると、どのような変化がみられますか。次の文の（ ）に当てはまることばを書きましょう。

「落ち葉の大きさが（ ）なり、落ち葉のまわりに小さい（ ）がいっぱい観察された。」



答え

6年 名前 _____

2 中学校における開発教材

(1) 学習定着度状況調査の分析

過去3年間の調査で、生物領域において正答率が50%以下の問題は、【表 2】の通りである。この中で、観点別で観察・実験の技能で定着が低い問題は、中学校1年で学習する顕微鏡の操作の問題（【図 3】）と、中学校3年生で学習する細胞分裂に関する問題である。特に、顕微鏡の操作については、小学校5年生で学習しているが、小学校6年生で行った調査でも正答率が低い。このことは、顕微鏡の台数が少ないために実際の操作の経験が少ないことと操作の意味をよく理解しないまま観察していることが考えられる。そして、正しい操作の技能が身に付かないまま、中学、高校へと進んでいる現状もうかがわれる。そこで、本研究では、短時間で顕微鏡の正しい操作手順が習得でき、さらにその操作の意味や理由をつかめるような教材の開発を目指した。

【表 2】 学調生物領域で正答率の低い問題の経年比較

単位 (%)

学習学年	出題内容	調査学年	主な観点	H17	H16	H15
中学校1年	裸子植物の特徴を理解できる	中学校1年	知識	52	35	27
		中学校2年	知識		36	
	顕微鏡の正しい操作ができる	中学校2年	技能	66	46	
		中学校3年	技能			48
		小学校6年	技能	44	45	30
	子房の中にあり、やがて種子になる胚珠を指摘できる	中学校1年	知識	77	75	46
		中学校2年	知識	61	40	
	茎の維管束を指摘できる	中学校1年	知識	67	50	59
		中学校2年	知識		38	
	植物の体のつくりの特徴から被子植物を分類できる	中学校2年	知識	57	43	
葉と蒸散の関係を調べる実験方法を指摘できる	中学校1年	思考			47	
実験の結果から葉のどの部分で光合成が行われるか指摘できる	中学校1年	知・思考	63	66	55	
	中学校2年	知・思考	49	77		
中学校2年	小腸の絨毛で吸収される養分を指摘できる	中学校2年	知識			44
	養分の多く含む血管を指摘できる	中学校2年	思考			49
	骨格と筋肉の仕組みを理解している	中学校2年	知識			47
中学校3年	細胞分裂による細胞の数と大きさの変化を理解している	中学校3年	知識		26	
	細胞分裂と根の成長の関係を理解している	中学校3年	思考		37	
	細胞分裂を観察するときの方法を理解している	中学校3年	技能	44	47	
	卵が発生の起こらない理由を推論できる	中学校3年	思考			47
	胚の発生の意味を理解している	中学校3年	知識	49		
全体正答率		中学校1年		66	62	57
		中学校2年		61	53	61
		中学校3年		66	64	68

2 次の①～④は、けんび鏡の使い方を表しています。けんび鏡でアサガオの花弁を観察するとき、①～④を正しい順番にならべたものはどれですか。下のア～エの中から1つ選び、その記号を書きましょう。

① のせ合にプレパラートを置き、とめ金でとめる。

② 接眼レンズをのぞきながら鏡を動かして、明るくする。

③ 調節ねじを少しずつ回して、はっきり見えるところまでとめる。

④ 真横から見ながら調節ねじを回して、対物レンズとプレパラートをできるだけ近づける。

ア ① → ② → ③ → ④
 イ ① → ② → ④ → ③
 ウ ② → ① → ③ → ④
 エ ② → ① → ④ → ③

(2) 次のA～Dはそれぞれ、図のような顕微鏡を操作する方法を表しています。これらを正しい順番にならべたものはどれですか。あとの1～4の中から1つ選び、その番号を書きなさい。

A 顕微鏡を真横から見ながら、プレパラートと対物レンズを近づける
 B 目射線の角度としぼりを調節して、全体が一様に明るく見えるようにする
 C 対物レンズを低倍率のものにする
 D 接眼レンズをのぞきながら、プレパラートと対物レンズが遠ざかる方向に動くように調節ねじを回し、ピントを合わせる

1 B → A → D → C
 2 B → D → A → C
 3 C → B → A → D
 4 C → B → D → A

【図 3】平成17年度学力定着度状況調査問題（小学6年生と中学2年生）

(2) 顕微鏡を用いた観察・実験教材の備えるべき要件

生物の学習において、顕微鏡観察の技能は微視的な観察の基本となるものである。学習指導要領の内容及び解説から、顕微鏡を用いた観察・実験の教材が備えるべき要件として考えられる事項は、以下のア～エの通りである。

ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象

- ・ 水中の微生物を観察することによって、いろいろな生物が様々な場所で生活していることを認識させること。
- ・ 身近な生物の観察、実験を通して、生物の体のつくりや生殖について細胞レベルで理解させること。

イ 生徒の発達段階に応じた無理のない観察・実験器具の操作技術

- ・ 顕微鏡の正しい使い方を身につけ、定着させる教材であること。

ウ 生徒の発達段階に応じて容易に理解可能な観察・実験

- ・ 顕微鏡の視野と実物の見え方の違いが理解できるような教材であること。
- ・ 顕微鏡操作の意味が理解できるような教材であること。

エ 観察・実験を安全に行う上での配慮

- ・ 直射日光の当たる場所で観察をしないように配慮すること。
- ・ 染色液など薬品の取り扱いに配慮すること。

中学校では、5～6人に顕微鏡が1台というところが多く、実際に操作をする時間が限られている。教科書では、水中の微生物を観察するとき、顕微鏡の使い方を学習するようになっているが、プレパラート作成に時間がかかったり、見たいものが見つけられなかったりして、基本操作の習得が不十分のまま授業が終わってしまう可能性がある。そこで、短時間で確実に見える材料を使って、顕微鏡観察の技能の定着を図れる教材が必要となる。

(3) 観察・実験の技能を高め、学習の定着を高めるための教材

ア けんびきょうマスタープレパラート

顕微鏡操作の導入で活用し、短時間で顕微鏡の扱い方に慣れることができ、操作の意味が理解できる教材として考案したのが4種類の「けんびきょうマスタープレパラート～」である。これは、スライドガラスに、【図 4】のように印刷したシートをセロハンテープで貼って作成したプレパラートである。



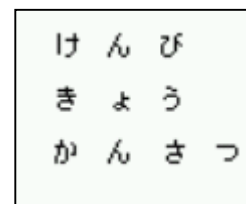
【図 4】けんびきょうマスタープレパラート

イ 教材の概要

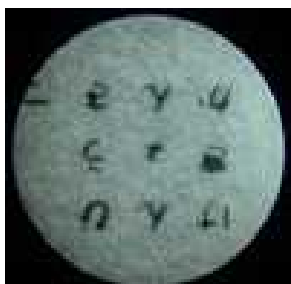
(ア) 「けんびきょうマスタープレパラート」

顕微鏡で検鏡するとき、顕微鏡の視野と実物の見え方の違いを確認するプレパラートである。【図 5】のようなシートをスライドガラスに貼ったプレパラートをステージにセットして、低倍率から検鏡させ、正しく読むためのプレパラートの向きや動かし方を確かめさせる。

7×4倍で検鏡すると、【図 6左】のように見えるが、プレパラートを180度回転させると【図 6右】のように見える。7×10倍で検鏡すると【図 7】のように文字の一部しか見えないので、別な文字を読むためにプレパラートの動かして読む。



【図 5】プレパラートのシート



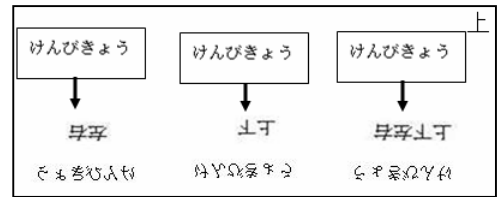
【図 6】7×4倍で検鏡した顕微鏡の視野



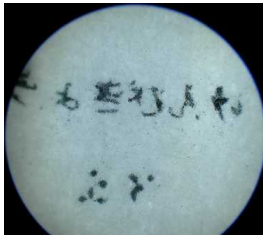
【図 7】7×10倍で検鏡した顕微鏡の視野

(イ) 「けんびきょうマスタープレパラート」

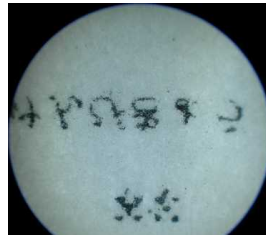
「けんびきょう」の文字を左右・上下・上下左右を逆にしたらどう見えるか予想し、顕微鏡の視野の中では上下左右が逆にできていることを確認するプレパラートである。【図 8】のような左右を逆にした文字、上下を逆にした文字、上下左右を逆にした文字の書かれているシートを使って検鏡し、正しく「けんびきょう」読めるものを探す(【図 9】)。



【図 8】プレパラートのシート



上下逆にした文字



左右逆にした文字

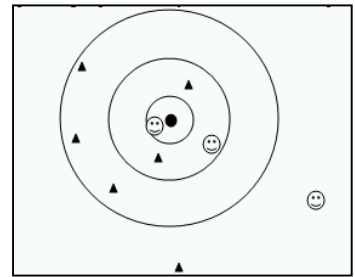


上下左右逆にした文字

【図 9】プレパラートの検鏡の結果

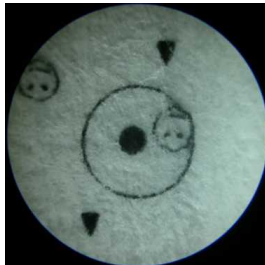
(ウ) 「けんびきょうマスタープレパラート」

顕微鏡で見た視野の大きさと実物の視野の大きさを実感させるプレパラートである。【図 10】のシートを貼ったプレパラートを肉眼で見て、各倍率で検鏡したときの視野の大きさを予想し(外側、真ん中、内側の円のどれか)実際に検鏡して顕微鏡での視野を確認する(【図 11】)。これは、プレパラートを作成するときの試料の大きさのめどにもなる。また、低倍率と高倍率で見える ☺ やの数を数えることにより、見たいものを見つけやすい倍率と、最初に低倍率で観察する理由を考えさせる。

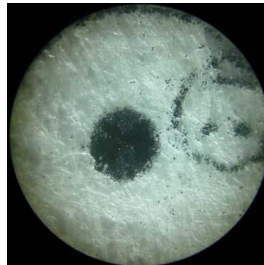


【図 10】プレパラートのシート

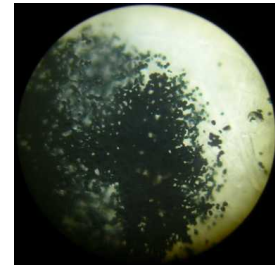
7 × 4 倍



7 × 10 倍



7 × 40 倍

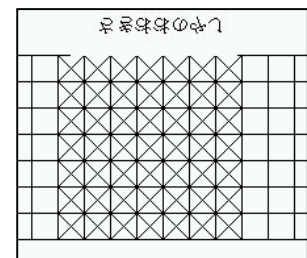


【図 11】各倍率で検鏡したときの視野

(I) 「顕微鏡マスタープレパラート」

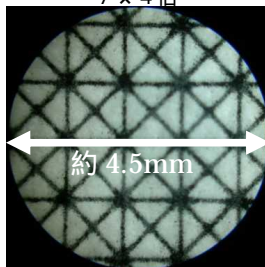
顕微鏡の視野の直径を測定するプレパラートである。マイクロメーターのかわりに、【図 12】のような 1mm 方眼を印刷したシートを貼ったプレパラートで測定する。高倍率では視野の直径が 1mm 以下なので、対角線をうまく使って 0.5mm まで測定する。各倍率の視野の直径を求め(【図 13】)、対物レンズの倍率と視野の直径の関係を考えさせる。

対物レンズを 4 10 倍・・・視野の直径 2 / 5 倍
10 40 倍・・・視野の直径 1 / 4 倍



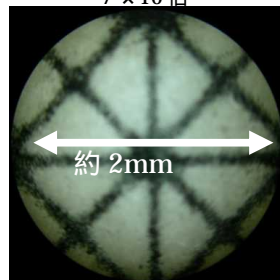
【図 12】プレパラートのシート

7 × 4 倍

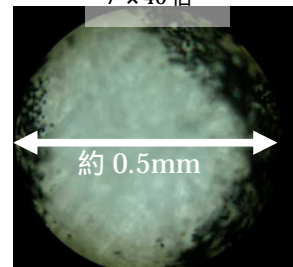


【図 13】各倍率の視野の直径

7 × 10 倍

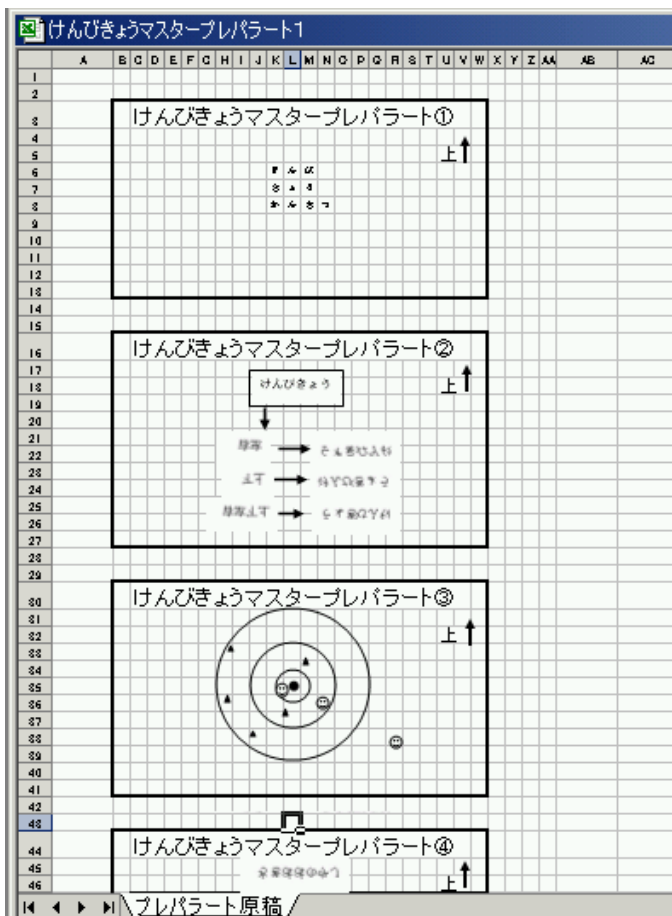


7 × 40 倍

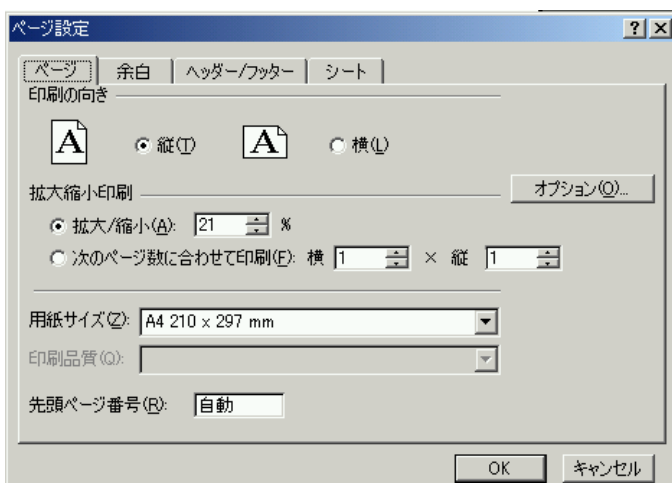


ウ 教材の作成

スライドガラスに貼るシートは、【図 -14】のように Excel で作成する。セルの列幅、行幅を 20 ピクセルにして罫線を引き、1 mm 方眼で印刷できるようにページ設定【図 -15】の縮小率を調節する。回転させた文字は、画像化した文字を画像処理ソフト（花子フォトタッチなど）でミラーさせて作成する。



【図 -14】プレパラート作成シート



【図 -15】ページ設定

【参考文献】

長谷川政興(1999),「京都の生物教育」京都府生物教育会
北海道立理科センター(2001)「北海道立理科センター指導資料第 33 集

地学領域における補充資料

1 小学校における開発教材

(1) 教材名「ぼうのかげ調べ」

ア 材料の準備

【表 1】は「ぼうのかげ調べ」で使用した製作材料である。ほとんどがホームセンターで比較的安価に手に入る。方位磁針のみ教材取扱店より1個50円で購入した。シナ合板は、300mm×300mmの大きさをカットしたものが売られている。厚さについては、9mmにこだわる必要はないが、5mm以上の厚みは欲しいところである。

【表 1】「ぼうのかげ調べ」製作材料

シナ合板	9×300×300	ホームセンター で購入
棒	5×55	
竹ひご	3×300	
針金(2本)	2×150	
記録用紙	A 4	

イ 製作手順

(ア) 木工用ドリルで、シナ合板に棒を立てるための穴(直径:5mm、深さ:5mm)をあける。記録用紙(【図 3】)の東西南北の中心にあわせ、やや中心から離れたところ(上側から12.25mm、下側から17.75mm)になる。

(イ) 「ぼうのかげ調べ」を地面に固定するための穴をあける。太さ2mmの針金を使って「ペグ」状のもの(【図 1】)をつくり地面に刺して固定するようにする。木工用ドリルでシナ合板の端2箇所穴をあけた。



【図 1】「ペグ」

(ウ) 影を観察するための「ぼう」は、直径5mmの丸棒を55mmに切断して使った。そのうち5mm部分はシナ合板の穴にはめ込むので、実質「ぼう」の長さは50mmということになる。

木工用ドリルで穴をあけたり「ぼう」を切断したりするのが難しいなと感じる場合は、割り箸を切って画鋏とセロハンテープまたはホットボンドを使って「ぼう」を作成してもよい(【図 2】)。



【図 2】画鋏と割り箸を使って作成した「ぼう」

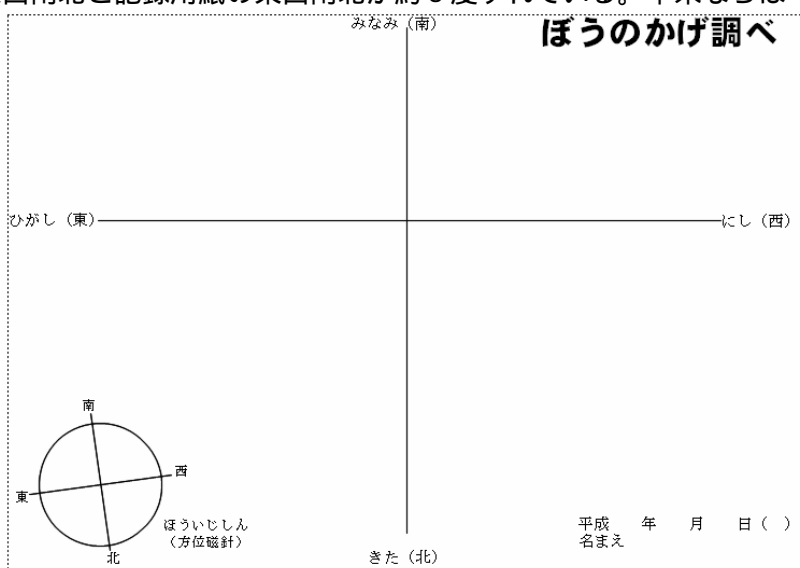
(エ) 【図 3】は「ぼうのかげ調べ」で用いる記録用紙である。実際はA4版の用紙に印刷したもので、東西南北の方位と方位磁針を置く場所を指定するように配慮した。東西南北の交点に直径6mmの穴をあけ、「ぼう」にかぶせるようにして設置する。風などでずれないように端をセロハンテープで押さえておくと良い。

よく見ると方位磁針の東西南北と記録用紙の東西南北が約8度ずれている。本来ならば正午頃(花巻市では11:45分頃)太陽は真南にさしかかるので、「ぼう」の影は真北になるはずだが、実際には真北からずれてしまう。これは、地球の北極と方位磁針が指し示す北(磁北)が一致していないためで、正午に「かげ」が真北になるように調整したものがこの記録用紙である。

総合教育センター

N 39° 27' 54"

E141° 5' 15"



【図 3】「ぼうのかげ調べ」記録用紙

ウ 方位の指導

東京書籍3年P48(【図 4】)にある「ほういじしんのつかいかた」による方位の指導は、次のような観点で3年生の児童には難しすぎると考えた。

東京書籍
新しい理科3
P48「ほういじしんのつかいかた」

【図 4】東京書籍3年P48「ほういじしんのつかいかた」

(ア)この使い方は、児童が真南を向いていることを前提としていること。(イ)児童が任意の方向を向いている場合、小学校3年生で学習する4方位(東西南北)以外の方角を指し示す可能性があること。

そこで、小学校3年生にわかりやすい方位の調べ方として、「南」や「東」など調べたい方位を正面にして手に持って、方位磁針の「色のついた針」が「北」に重なるように身体を回転させるという方法(【図 -5】)を示した。この方法であれば、4方位以外の方角を示すことはない。

実際、実践では慣れるまで多少時間がかかったものの、すぐに方位磁針の使い方を理解してくれた。

ほういじしんの使い方

「ほうがく」を表すことばを「ほうい」といいます。
「ほうい」は、「東」「西」「南」「北」の4つです。

ほういじしん

「ほういじしん」のほりは、北と南をさしてとめます。
ほりの色のついたほうが「北」をさします。

ほういのしらべかた

- ① ほういじしんを手のひらに持ちます。
- ② 「調べたいほうい」が正面に向くように、ほういじしんをまわします。
- ③ 色がついたほりが、北をさすように、からだの向きをうごかします。
- ④ 色がついたほりが、北をさしたとき、正面が「調べたいほうい」になります。

教室の中で、ほういを調べてみましょう。

南・・・
北・・・
東・・・
西・・・

【図 -5】実践で使った「ほういじしんの使い方」

エ 観察の方法

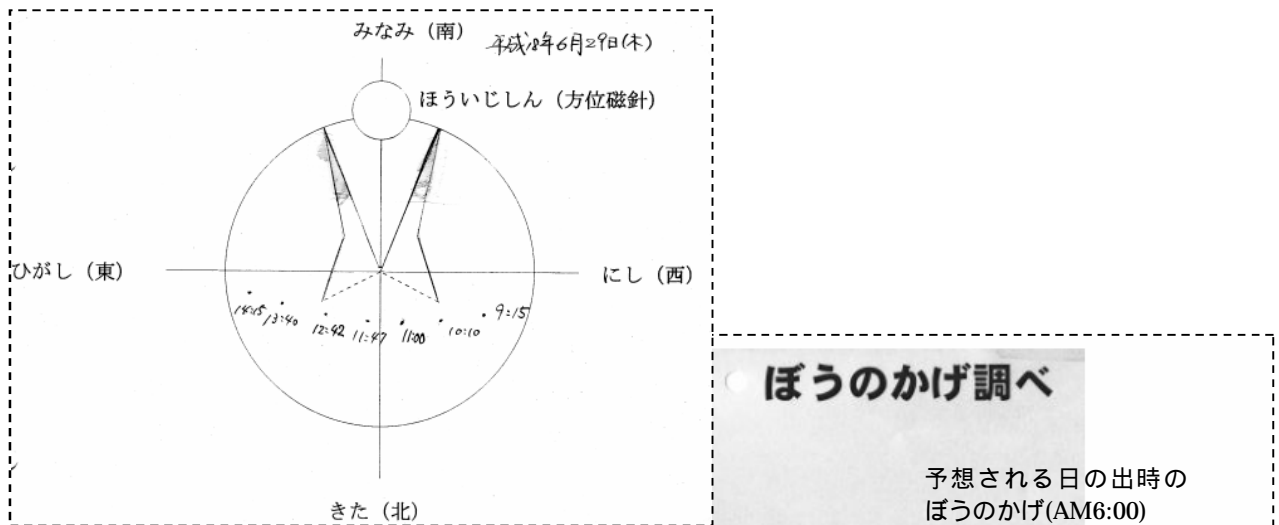
- (ア) 児童の予想に沿う形で観察場所を決めさせ、南の方角を調べさせる。
- (イ) 最初に「ぼうのかげ調べ」に記録用紙をセロハンテープで固定する。次に、方位磁針を記録用紙にセロハンテープで固定する。その際、方位磁針の文字盤の方位と記録用紙に印刷した方位磁針の図の方位が一致するようにさせる。
- (ウ) 天気予報等から観察する日を決め、朝のうちに「ぼうのかげ調べ」をあらかじめ決めておいた観察場所に設置する。方位磁針の磁針が南北を示すようにしてから地面に置かせると良い。地面に置かせた後は、針金のペグで固定し「ぼうのかげ調べ」が動かないようにする。
このとき、晴れた日が続いて地面が固くなっていたり、下がアスファルトであったりした場合は、危険防止のためペグを無理に刺そうとせず、釘と金槌等で教師が固定してあげる必要がある。
- (エ) 観察時間は、授業と授業の行間の時間等を使い1日のうちで5回程度記録させる。これは、太陽の動きを再現する際にできるだけ滑らかにするためである。

「ぼうのかげ」の先端に×印を記入させるとともに、観察した時間を合わせて記入するように指導する。観察時間が雲などの影響で「かげ」が判断できない時は保留させ、明らかに「かげ」の形がわかる時間帯を確保することが大切であり、10:00、11:00などの決まった時刻にこだわる必要はない。

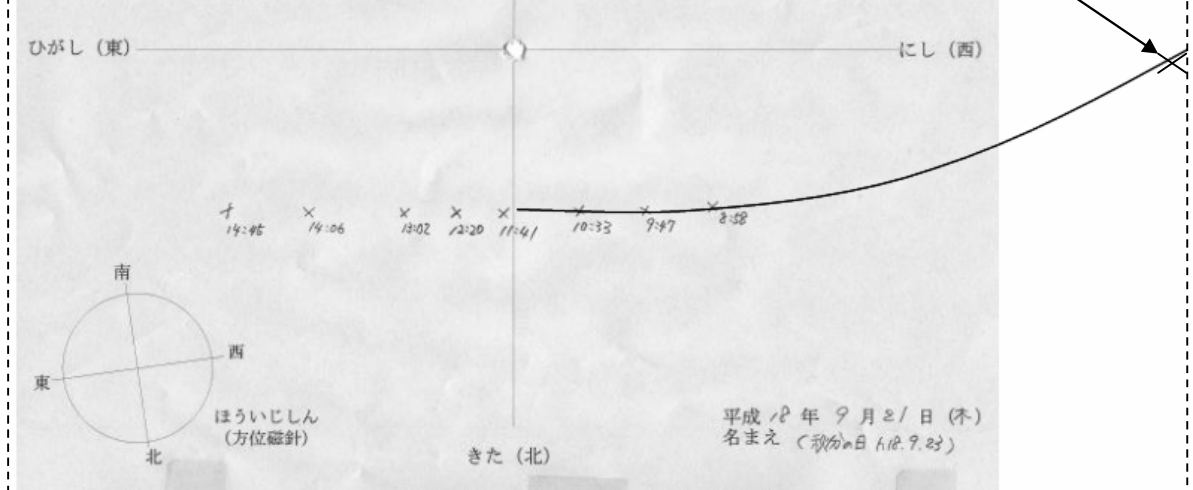
オ 観察の結果

【図 6】は、予備実験における観察の結果である。研究実践授業を行ったのはh18.9.25であるが、秋分の日に近いのでほぼ【図 7】と同じような結果になった。

春分・秋分の日、太陽が真東から昇り真西に沈む日なので、昼頃はほぼ東西と平行な位置に「ぼうのかげ」ができるという特徴がある。ちなみに【図 6】は夏至のころの記録である。(研究途上の記録であるので、記録用紙の様式が違っていることはご理解願いたい。)



【図 6】「ぼうのかげ調べ」夏至 (h18.6.20) ころ



【図 7】「ぼうのかげ調べ」予備実験の結果

(2) 教材名「太陽の動き記録装置」

ア 材料の準備

【表 2】に示したのが、「太陽の動き記録装置」を製作する際にそろえた材料である。偏光板は30mm×30mm10枚セット教材取扱店より購入している。

【表 2】「太陽の動き記録装置」製作材料

亚克力板	3×450×600	ホームセンターで購入
亚克力板白	2×180×320	
取付金具 6		
ナベ小ネジ 3	M 5	
ナベ小ネジ 10	M 4	
皿タビソク 8	M 4	
板	25×200×650	
吊り下げ金具	配管用	
色付下敷き		
菓子箱		チョコレートのもの
偏光板 2		教材取扱店より購入

イ 製作手順

(ア) アクリル板はやや高価であるが、ホームセンターで3,230円で購入した。スクリーンとして使用するため450mm×600mmの大きさのまま使用する。

取付金具用の穴(直径5mm)を木工用ドリルであける。この際、1つの取

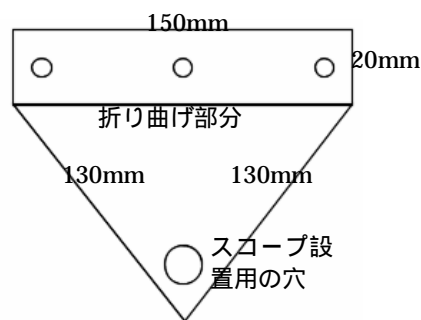
付金具に対して3つの穴をあける。取付金具は強度の関係上、4つ取り付けることにした。さらに支持台を取り付けるための穴(直径5mm)を3つあける。

(イ) アクリル板白は、スコープの支持台として使用した。【図 8】のように切断し、取付用の穴直径5mmを3ヶ所、スコープ設置用の穴12mmをあける。スコープ設置用の穴をあける場合は、亚克力板が割れてしまう可能性があるため、小さ目の穴をあけてから、リーマーで徐々に穴を広げるようにすると良い。

穴をあけ終わったら取付部分20mmのところを折り曲げ機を使って折り曲げる。

(ウ) スコープの支持台に方位磁針を固定する。ホットボンドまたは接着剤を用いる。(【図 9】)

(エ) スクリーン用の亚克力板に取付金具を固定する。使用するネジはナベ小ネジM 4。「M 4」は直径4mmを示している。(【図 10】)



【図 8】「スコープの支持台」



【図 9】支持台に取付けた方位磁針



【図 10】取付金具の固定



【図 11】スコープの支持台の固定

(オ) スコープの支持台をスクリーン用の亚克力板に取付ける。この部分は強度が必要となるので、M 5のナベ小ネジを使用する。(【図 11】)

(カ) スコープはチョコレート菓子の筒を利用したものである。筒の上下のふたの部分はずし、スコープ用の穴をカッターであける。今回作成した教材では、そのあと黒のスプレーで着色した。接眼部分(【図 12】)の穴は直径10mm、対物部分(【図 13】)の穴は直径15mmである。それぞれ偏光板を内側に糊付けし、さらに接眼部分には緑色の透明な下敷きを貼り付けてある。



【図 12】接眼部分



【図 13】対物部分



【図 14】スコープの全景

- (キ) スコープの取り付けに用いたのが、「吊り下げ金具」(【図 -15】)で、吊り下げ金具は、天井に塩化ビニル製のパイプ等を固定する時に用いる金具である。スコープを作成する上で、上下と左右に自在に動くような支持金具を準備することが必須であったが、この吊り下げ金具はその条件を満たしており、さらにホームセンターで安価で手に入るというメリットも兼ね備えている。

スコープを支持する際にスコープが動かないようにするためにゴム板を支持部分の内側に貼り付けて補強する(【図 -16】)。



【図 -15】「吊り下げ金具」



【図 -16】支持部分の補強



【図 -16】スコープ全景

- (ク) スコープをスコープの支持台に取付ける。吊り下げ金具に付属のボルトで、支持台に固定し、その後スコープの本体をネジ止める。このとき、強く締めすぎると自由に動かなくなるのでしめすぎに注意する。

また、上下の回転部分のナットをチョウナットに交換することで操作性を向上させるように配慮した。

- (ケ) 台座に「記録装置」を固定する。台座として用いたのは、30mm×200mm×700mmの板である。M4の皿タッピング(木ネジ)で取付金具を台座に固定する。

台座の裏側には、滑り止めを用い、記録装置全体が簡単に動かないようにする。



【図 -17】吊り下げ金具
付属のボルト



【図 -18】固定されたスコープ

ウ 観察の方法

スコープは、偏光板を2枚用いているので、

接眼部分を回転させることで視野を明るく(【図 -19】)したり、暗く(【図 -20】)したりすることができる。太陽を直接観察しても目をいためないように配慮する必要がある。

観察する際には、やや背の高い机等を利用し、観察者が立った状態で無理なくスコープをのぞけるような状態にすることが必要である。

- (ア) スコープを動かしながら太陽をスコープの視野の真中に捉えるようにする。そこでチョウネジ等をしめ、スコープが動かないようにする。
- (イ) 太陽の位置として、黄色の円形のシールをスクリーンに貼る。このとき、観察した時間等を記入すると良い。
- (ウ) 児童の観察時間に合わせて「太陽の動き記録装置」でも観察を行う。



【図 -19】視野を明るく
した状態



【図 -20】視野を暗くし
た状態

「太陽の動き記録装置」は、小学校3年生の児童には、操作が難しいと思われるので、基本的には補助教材として、教師が操作するようにすることが望ましい。

(3) 学習指導案

この学習指導案は、釜石市立白山小学校高木先生が作成した学習指導案をベースに作成したものである。

第3学年 理科学習指導案

日 時	平成18年9月	日()	校時
場 所	教室		
児 童	男 名	女 名	計 名
指導者			

1 単元名 日なたと日かげをくらべよう

2 単元について

(1) 教材観

本単元では、日なたと日かげの地面のようすを比較しながら調べ、日なたの地面が日光にあたためられること、かげは日光をさえぎるものがあると太陽のあるほうの反対側にできること、また、かげの位置の変化と太陽の動きとの関係調べ、かげの位置は太陽の動きによって変化することをとらえることがねらいである。

(2) 児童観

3年生の児童は、自然に触れることが好きな子が多い。理科にも興味を持って取り組んでいる。これまでの理科では1・2年生での生活科の経験を生かし、モンシロチョウやその他の昆虫、ホウセンカやヒヤクニチソウなどの植物に興味を持ち、育て、観察してきた。本単元では、初めて使用する器具も多々あるため、正しい使い方、用法もきちんと身に付けさせるようにしたい。

(3) 指導観

単元の展開に当たっては、導入で、これまでの生活経験を想起させたあとで、日なたと日かげをさがして地面に手を当て、あたたかさやしめり気を手のひらでくらべ、日なたや日かげのようすの違いを、体感を通してとらえることができるようにしていく。そのあとで、温度計で地面の温度をはかり、日なたと日かげの温度の違いを定量的にくらべるようにして、日なたの地面の温度が高いのは、日光によってあたためられるからだという見方や考え方をとらえさせる。

また、単元の後半では、導入で観察したかげの位置が変わっていることから、かげのできる向きが、時間がたつと変わることや、かげの動きを調べる中でかげの動きと太陽の動きの関係をとらえさせる。さらに、かげは、日光をさえぎるものがあると太陽の反対側にでき、かげのできる向きは、太陽の動きによって変わるという見方・考え方を育てる。その際、遮光プレートや方位磁針などその観察器具を正しく使って調べる観察・実験の技能・表現についても、十分に配慮して指導にあたる。

3 単元の目標

日なたと日かげの地面のようすに興味をもち、太陽が当たっている地面と当たっていない地面のようすを比較しながら調べ、日なたと日かげの地面のようすには違いがあることをとらえることができるようにする。また、かげの位置の変化と太陽の動きとの関係調べ、かげの位置は、太陽の動きによって変化することをとらえることができるようにする。

4 単元的主要評価規準

観点	評価規準
自然事象への関心・意欲・態度	<ul style="list-style-type: none"> 日陰の位置の変化や日なたと日陰の地面の様子の違いに興味・関心をもち、進んで太陽と地面の様子を体感したり温度計で測定したりして調べようとする。 見いだした太陽と地面との関係で、日常の現象を見直そうとする。
科学的な思考	<ul style="list-style-type: none"> 日なたと日陰の地面の様子を比較して、それらの違いを考察することができる。 日陰の位置の変化と太陽の動きを調べ、それらを関係付けて考察することができる。
観察・実験の技能・表現	<ul style="list-style-type: none"> 温度計を適切に使って日なたと日陰の地面の様子を調べ、記録することができる。 遮光板を適切に使って、安全に太陽の動きを観察し、記録することができる。
自然事象についての知識・理解	<ul style="list-style-type: none"> 日陰は太陽の光を遮るとでき、日陰の位置は太陽の動きによって変わることを理解している。 地面は太陽によって暖められ、日なたと日陰では地面の暖かさや湿り気の違いがあることを理解している。

5 指導計画（7時間）

時	主な学習活動	
第1次	地面のあたたかさをくらべよう	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日なたと日かげをさがし、地面に手を当てて、あたたかさをくらべる。 ・ 温度計の使い方を知り、日なたと日かげの地面の温度をはかって、記録する。 ・ ひなたとひかげの地面の温度の違いをまとめる。 	
第2次	かげのできかたをしらべよう	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時刻によるかげの向きの変化について話し合う。棒のかげの向きの変化を観察し、太陽が動いているか、遮光プレートで調べる。 ・ かげの向きと太陽の動きとの関係をまとめる。 	
第3次	太陽のうごきをしらべよう	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1日の間の太陽の動きについて話し合い、方位磁針の使い方を知る。 ・ 「太陽のかけ調べ」を使って、棒のかけと時刻を午前から午後にかけて数回記録する。 ・ 1日の太陽の動きをまとめる。 	研究実践

6 「第3次 太陽のうごきをしらべよう」の指導

(1) 目標

方位磁針の使い方について習熟するとともに、太陽が東の方から西の方に動くことをとらえることができる。

(2) 指導にあたって

「第3次 太陽のうごきをしらべよう」の指導においては、(3)展開のア～ウの3つの段階で指導を行う。アでは学習の動機付けを行うとともに、方位磁針の使い方について習熟を図る。イにおいては、理科の時間以外の、業間や昼休み、放課後を使って観察を行うようにする。ウにおいては、観察結果をもとに学習課題の答えについて考えさせることによって、科学的思考を育てる。さらにその過程で、太陽のうごきについて正しい知識と見方を育てていく。

(3) 展開

ア 学習の動機付け（1/2時）

段階	学習活動	指導上の留意点
つかむ	1 学習課題を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ あまり成長のよくないプランターを提示し児童に問題意識を持たせる。ただし、日光と植物の成長の関係については、成長するためのご飯程度でおさえ、ここでは深く触れないようにする。
	プランターにたくさん日光の光を当てるためには、校舎のどこに置けばよいでしょうか。	
見通す	2 課題について予想を立てる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 児童の生活経験から、南側に置くという考えが多くなると思われるので、東や西、北側でも観察するように教師から提案する。（方角については、未習なので校舎の具体的な名称を用いる）
	3 観察する場所を決め、「ぼうのかげ調べ」の使い方を知る。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前時の学習内容の、かげが動くのは太陽が動くからだということを想起させ、太陽の動きを知るためにかげの動きを調べることを確認する。 ・ 記録用紙、方位磁針の固定や、記録のとり方（棒のかげの先端に×、時刻の記入）について指導する。（日陰になってかげができない場合の対処の仕方等） ・ グループ編成と観察場所（基本的には予想に基づいて決める）を決定する。その際、北側を観察するグループは、「太陽の動き記録装置」での観察も行わせる。
	4 方位磁針の使い方を知り、実際に教室の中の方位を調べる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 方位磁針の使い方を詳しく説明する。ここでは、4方位に限定して扱い、任意の場所でも方位を調べられるように指導する。（評価1）

イ 実験・観察

段階	学習活動	指導上の留意点
調べる	5 観察の準備をし、グループごとに観察をし、記録をとる。 ・ 午前2回、正午頃、午後2回の5回記録する。	・ 朝のうちに記録用紙等の「ぼうのかげ調べ」をグループに渡し、決められた観察場所に据え付けさせる。その際、方位が正しいかどうかを意識させる。 ・ ちょうど観察時間の業間等が、雲で日が翳っている場合は、その時間を省く。また、日陰になっている場合は、記録用紙の左下に時間と日陰になっている旨を記録させる。

ウ 学習のまとめ (2/2時)

段階	学習活動	指導上の留意点
まとめる	6 観察結果を発表し、学習課題について考察する。 ・ 観察場所のグループごとに観察結果を発表する。 ・ 観察結果をもとに学習課題の答えについて考察する。 ・ それぞれの考察を発表し、答えについてまとめる。	・ 時間の経過とともにかげがどのように動いたかを確認させる。 ・ 東西南北の観察場所で、かげを記録することができた時間に着目させる。 ・ かげの動きから太陽の動きへと児童の意識が変わるように、かげは、太陽の反対側にできることを想起させ、学習課題の答えについて考察させる。その際、どうしてそのように考えたか理由についても考えさせる。(評価2)
	7 学習のまとめをする。	・ 「太陽の動き記録装置」や「ぼうのかげ調べ」を使って太陽の動きについて再確認させる。
	プランターは、校舎の南側に置くとよく日があたる。 太陽は1日の中で、東、南、西と動く。 かげは、太陽の反対にできるから、西、北、東と動く。	
8	身のまわりにも太陽のうごきや日光を利用したのものがあることを知る。	・ 教科書の理科のひろばを読み、生活の中で太陽の動きや日光を利用したのものがあることを紹介し、「ぼうのかげ調べ」と日時計、太陽光発電とプランターの相関関係についてもふれる。
9	次時の確認をする。	

(4) 評価

	評価規準(観点)	具体的評価規準		
		十分満足	概ね満足	努力を要する児童への支援
評価1	方位磁針を正しく使い、教室の東西南北を示すことができる。 (観察・実験の技能・表現)	方位磁針を使い一つの方向がわかれば、他の方角もわかることを理解している。	方位磁針を使って東西南北の4方位を指し示すことができる。	方位磁針の使い方について再度指導し、東西南北の4方位を指し示すことができるようにさせる。
評価2	棒のかげの動きから、1日の太陽の動きについて理解し、日当たりと関係付けて考えることができる。 (科学的思考)	日照時間の長さや太陽が東、南、西と動くことと関係付けて考えることができる。	太陽が東、南、西と動くことと関係付けて考えることができる。	「ぼうのかげ調べ」を使って、太陽の動きをシュミレートし、太陽の動き方を理解させる。

(4) 研究協力に係る教師用アンケートの結果

教材名		ぼうのかげ調べ	太陽の動き記録装置
児童（教師）にとって無理のない教材であったか （操作性）		<ul style="list-style-type: none"> 記録用紙と方位磁針がコンパクトにまとめられていて、持ち運びや観測場所にセッティングするときに、3年生の児童には扱いやすかった。 	<ul style="list-style-type: none"> 筒から覗いて、容易に太陽の位置を確認することができた。 筒を覗きながら、透明のボードに太陽の位置を示すシールを貼ることはやや難しかった。
児童にとって理解可能な教材であったか （内容理解）		<ul style="list-style-type: none"> 棒の影の先端に印（点）をつけていき、点の移動を観測したが、影の長さの方に関心を寄せる子が多く、点の移動と太陽の動きが結びつかなかった子がいた。 	<ul style="list-style-type: none"> 透明ボードに太陽と同じ形のシールが張られたことで、太陽の動きの全体像（弧を描くこと）は一目で分かったが、南を通ることの理解には結びつかなかった。
実践を振り返って	教材の長所	<ul style="list-style-type: none"> 課題に対して、自分たちが予想して考えた観測場所に、自分たちの力で設置できる。 竹ひごと粘土を使い、太陽の動きと高さを確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 入手しやすい安価な材料でできており、作製しやすい。 ボードが透明なので、背景を通して、実際の景色に合わせてリアルに太陽の動きを表現できる。
	教材の改善点	<ul style="list-style-type: none"> 地面に固定するための金具が弱く、固定のしかたを工夫する。記録用紙が風等で動きやすいので、書きやすく、動かないような固定のしかたを工夫する。 	<ul style="list-style-type: none"> 装置を固定して置いておく、ある程度高さのある台（三脚等）を準備する。 台座を少し広くし、透明ボードと筒の間の距離を少し長くする。
その他 （自由記述）		<ul style="list-style-type: none"> 台座から棒がはずせるので、保管するのにとても便利である。 台座の板は四角形だったが、台形の方が扱いやすかったのではないかなと思う。また、角は落として丸みがあったほうが設置しやすいように思う。 	<ul style="list-style-type: none"> 今回は装置が1台だけだったので、教師が観測を行ったが、操作しやすい教材なので、児童が観測できるように、4～5人のグループで1台ずつ準備して使わせたい。

2 中学校における開発教材

(1) 「学調」の分析

昨年度の中学校3年生理科における「学調」の結果(【表 3】)を見ると、「気団の接触部の境目の名前を理解している」が他の問題に比して極端に落ち込んでいることがわかる。また、過去3カ年の類似問題における経年変化(【表 4】)を見ても、寒冷前線と天気の変化を関係付けて考える問題の正答率が低いことがわかる。

【表 3】H17 学調中3理科 2年生の学習内容の分析

小問番号	出題内容	正答率
21	天気図記号の風向と天気を理解している	65
22	乾湿球を用いた観測に適した場所を指摘することができる	89
23	乾湿計の示度の差から湿度表を使って湿度を求めることができる	66
24	空気の膨張と温度を関係付けることができる	46
25	実験結果から露点を求めることができる	35
26	上昇気流と雲の発生の関係を理解している	59
27	気温による空気の流れを説明することができる	47
28	気団の接触部の境目の名まえを理解している	20
29	寒冷前線の特徴を理解している	68
30	日本付近の前線や低気圧の移動を順序付けることができる	63

【表 4】H15 から 17 学調類似問題における経年変化

年度	出題内容	正答率
平成17年度	気団の接触部の境目の名まえを理解している	20
平成16年度	日本付近での前線の移動と前線による天気の変化を理解している	32
平成15年度	寒冷前線の周辺における天気の特徴を理解している	41

【図 21】は平成17年度に出題された問題であるが、寒気と暖気の2つの気団の境界面についての模式図から出題されており、生徒にとって出題の意図は十分に伝わっていたと考えられる。

それにもかかわらず正答率が低かったのは、「前線面」という用語の定着が十分でないことを意味しており、授業で実感を伴った学習が不十分であったことを物語っている。

(2) 観察・実験の備えるべき要件

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 内容

(4) 天気とその変化

イ 天気の変化

- (1) 前線の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて、その変化を暖気、寒気と関連付けてとらえること。

中学校学習指導要領解説 理科編

(1) - 前略 -

前線の構造については、気温差のある気団同士のぶつかり合いを表すモデル実験などの方法を工夫して前線の様子を理解させることなどが考えられるが、前線通過の際の気温、湿度、気圧、風向、風力、天候の変化などの観測結果や体験と関連付けて理解させるようにし、前線の構造の説明だけに終始することのないように留意する。

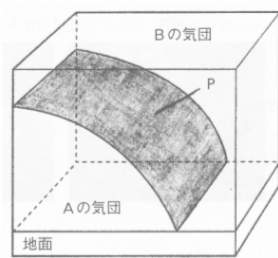
- 中略 -

主な前線として温暖前線、寒冷前線、停滞前線があるが、前線は暖気団と寒気団の境界面と地表との交線であることを理解させる。これらの前線のうち、寒気団側の天候が悪くなることを感覚的に認識させやすいのは寒冷前線である。また、寒冷前線の通過する際の特徴として、短時間の比較的強い降雨、雷、通過後の気温の低下などの現象が観測できることから、暖気の後方に寒気があることや、天気急変などの観測結果や大気不安定な状態の体験と併せて、寒冷前線に伴う暖気、寒気の入替わり様子を考察させるとともに、低気圧の通過による変化についても併せて考察させる。

- 後略 -

学習指導要領では、気温差のある気団どうしのぶつかり合いを表すモデル実験などの方法を工夫することや、前線は暖気団と寒気団の境界面と地表との交線であることについて求めている。また、単なる前線の構造の説明で終始せず、実際に観測を通して学習していく必要があることを示唆している。

(2) (1) のような現象は、地球表面近くの大気中でも見られます。右の図の A の気団と B の気団の接触部に、境目ができます。この境目の P の部分を何といいますか。その名まえを書きなさい。



【図 21】H17 学調で出題された問題

学習指導要領の内容及び解説から、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は、以下のア～エのとおりである。

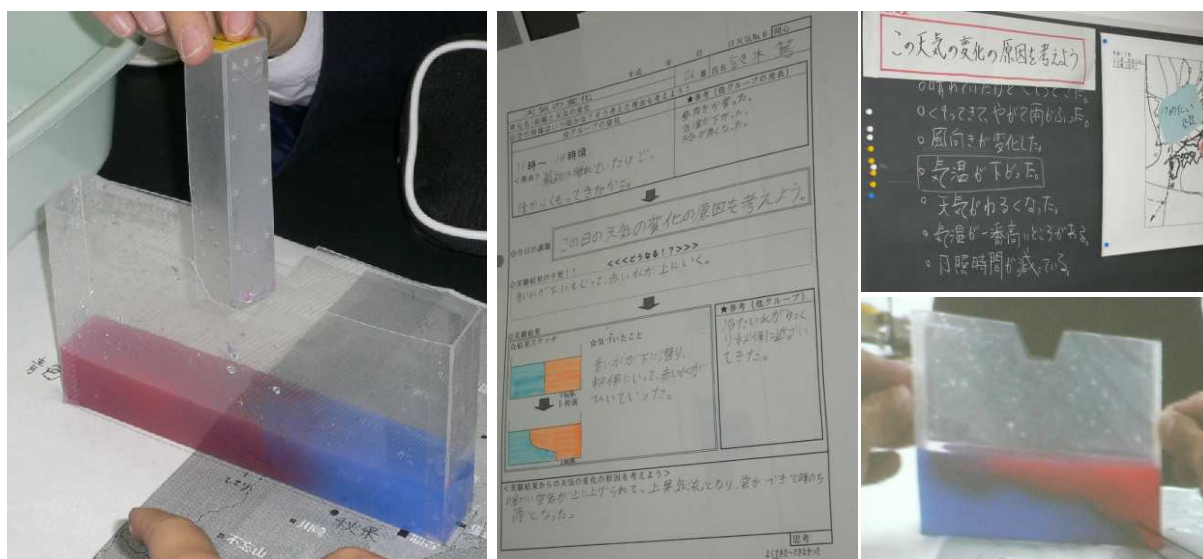
- ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象
 - ・ 前線は暖気団と寒気団の境界面と地表との交線であることをとらえさせること。
 - ・ 寒冷前線の通過する際の特徴として、短時間の比較的強い降雨、雷、通過後の気温の低下などの現象が観測できること。
 - ・ 暖気の後方に寒気があること。
- イ 児童・生徒の発達段階に応じた無理のない観察・実験の器具の操作技術
生徒にとって、観察・実験教材の操作が比較的簡単であり、容易に記録できるものであること
- ウ 児童・生徒の発達段階に応じた容易に理解可能な観察・実験
生徒にとって前線の3次元的な空間把握が理解できるような教材であること。
- エ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項
安全上から、やけど等には十分に注意するよう配慮していくこと。

東京書籍の「新編新しい科学2分野下」P17では、写真と解説によってこの現象を生徒に捉えさせようとしているが、寒気と暖気を混ぜる観察を理科室で実際に行おうとすれば、実験装置が大掛かりになるので教師の負担感が大きくなり、実際には、VTRなどの視聴覚教材や教科書、黒板を使っての説明で終始してしまうことが予想される。

この現象を生徒実験として授業に取り入れたのは、平成17年の第38回東北理科教育研究大会宮城大会で公開授業を行った仙台市立秋保中学校の大枝豊教諭である。大枝教諭はVHSのカセットケースと温度差を与えた2種類の色水によって寒気と暖気が接触した状況を再現しようとした。VHSのカセットケースは簡単に手に入るもので、2～4人に1つの実験装置が行き渡り十分に生徒に実感を伴う授業が展開できていた（【図 23】）。

東京書籍
新しい科学2分野下
P17「図4」

【図 22】東京書籍「新編新しい科学2分野下」P17



【図 23】第38回東北理科教育研究大会宮城大会で使用された教材等

(3) 学習の定着を高めるための観察・実験教材「前線面観察セット」

前項で述べた東京書籍による寒気と暖気がぶつかり合う現象の実験と、仙台市立秋保中学校大枝教諭が行った実験を検討したものが【表 5】である。

【表 5】東京書籍と大枝教諭の教材の検討

	東京書籍における実験	大枝教諭が行った実験
前線面の様子	冷やされた煙によってはっきりとその様子がわかる。	色がついているため良くわからない。
前線の様子		寒気に押され前線が進行する様子がわかる。
実験の長所	寒気が暖気の下にもぐりこむ様子が良くわかる。	実験の準備が簡単であり、生徒にとっての観察時・実験の個別化ができています。また、前線の断面という意味ではよく理解できる。
実験の短所	装置が大掛かりで、準備するのが大変である。	透明ではないので2次元的な観察となり、“面”という意味ではとらえにくい。
	どちらも、すぐに反応が進むので、十分な観察時間を取ることができない。	

これらのことを受けて、観察・実験の備えるべき要件から、前線面についての定着を高めるための観察・実験教材として必要なことは、

- ・ 気温差のある気団同士のぶつかり合いを表す効果的なモデル実験であること。
- ・ 暖気団と寒気団の境界面と地表との交線がわかるものであること。
- ・ 生徒にとって十分な観察時間を取ることができる教材であること。
- ・ 教師にとっても準備が簡単で、可能な限り生徒一人一人に観察・実験装置がいきわたる(個別化できる)教材であること。

と、考えた。具体的な名教材の概要については以下に示す。

ア 教材名「前線面観察セット」

この教材は、気温差のある気団として、安価で手に入る洗濯のりを用いるところに特徴がある。洗濯のりは水に比べて粘性があり、寒気と暖気に見立てた洗濯のりが混ざり合うまでかなりの時間がかかる。そのため、生徒にとっての観察時間を十分に確保することができる。同時に、寒気に相当する洗濯のりだけを着色するため、前線面及び前線の様子を観察することに適している。

【表 - 6】は、前線面観察セットを作成するための製作材料である。実験に用

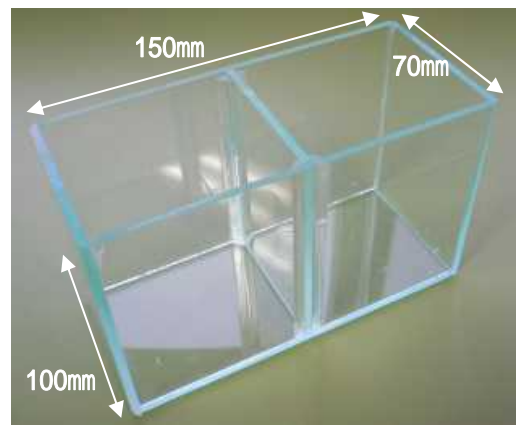
いたアクリル水槽は、【図 - 24】に示したもので、容積はおよそ1,000mlである。【表 - 6】には示していないが、水密性を高めるための「仕切り板」の「おさえ」を作るために、断面が半分にカットして売られている5mmのアクリルの角材2本ずつを用いている。

洗濯のりの着色については、青色のポスターカラーを少量とり、よく混ぜただけである。

青色の洗濯のりと無色の洗濯のりに温度差をどのようにして与えるかという点がこの実験のポイントであった。いろいろと試行錯誤を重ねた結果、一方の洗濯のりのビーカーに保存用ラップをかけて電子レンジで加熱すればよいことがわかった。その電子レンジと加熱時間については、次に述べる。

【表 6】「前線面観察セット」の製作材料

アクリル板	3×450×600	ホームセンターで購入
アクリル用接着剤	1	
洗濯のり(750ml)	1	
ポスターカラー(青)	1	
保存用ラップ	1	
500ml ビーカー	2	備品(教材取扱店より購入)
電子レンジ	1	



【図 24】実験に用いたアクリル水槽



【図 25】前線面観察セット

イ 電子レンジによる加熱時間と水の温度

【表 7】は、電子レンジによる加熱時間と水の温度を調べたものである。使用した電子レンジは、National NE-S300Fである。また、ビーカーはIWAKI製のTE-32 500mlビーカーである。実験では、300mlの水を一定時間加熱した時の温度の上昇を調べた。この結果をグラフ化してみたところ、次の【図 26】のようになった。グラフを見ると、加熱時間が60秒あたりまでは水の温度変化は加熱時間に比例するものの、それ以降はだんだん下がっていることがわかる。これは、温度変化が大きくなればなるほど、熱量が水蒸気への気化熱として使われてしまうためではないかと推測される。

今回の教材では、あまり温度差がありすぎると、気団に見立てた2つの洗濯のりが早く混ざってしまうので、40以上の温度差は必要としない。この教材の開発のポイントでもある生徒の観察時間を十分に確保するためには、比例の関係が成立している加熱時間だけを対象とする。

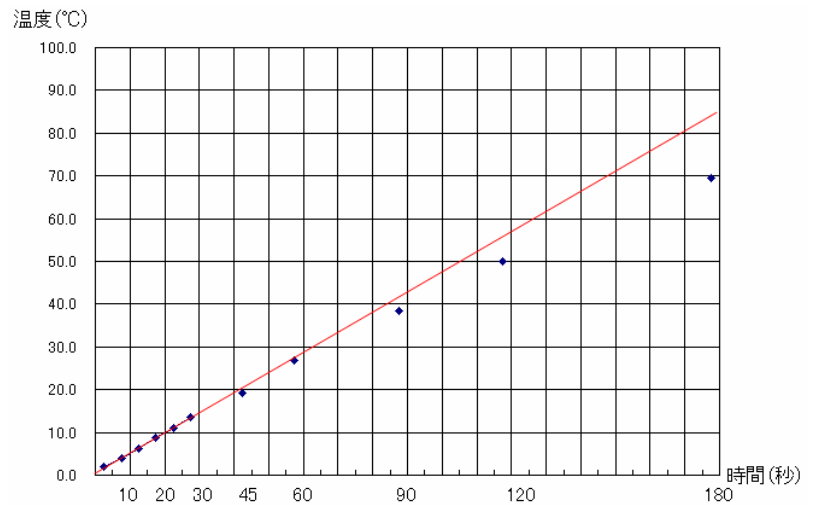
ウ 観察に適正な時間と温度差
観察に適正な時間は、生徒にとって十分に観察時間を確保することができる時間でなければならない。1～2分程度が望ましいのではないかと考える。

しかし、東京書籍の実験も大枝教諭の実験も生徒の観察時間は、わずか数秒程度である。その点を明らかにするために行った実験が【表 8】に示したものである。「赤・青の色水」、「透明・青の色水」、「透明・青の洗濯のり」を、温度差がだいたい5、10、15、20となるように電子レンジの加熱時間を設定して実験を行った。水を使った実験では、仕切りをとってから観察が終了するまでおよそ5秒程度であり、生徒にとっての観察時間を十分に確保できているとは考えにくい。

【図 27】は、赤色の水に温度差を10（電子レンジによる加熱時間25秒）与えて実験したものであるが、「しきり」をはずしてから、青色の水が赤色の水の下にもぐりこむまで、わずか6秒であった。しかも、前述のとおり、「赤・青の色水」を使った場合は横方向からの観察しかできず、前線面を認識することはできなかった。そのため、前線面を観察するためには、東京書籍の実験のように暖気に見立てた水が透明でなくてはならないと考えた。

【表 7】電子レンジによる加熱時間と水の温度（300mlの水）

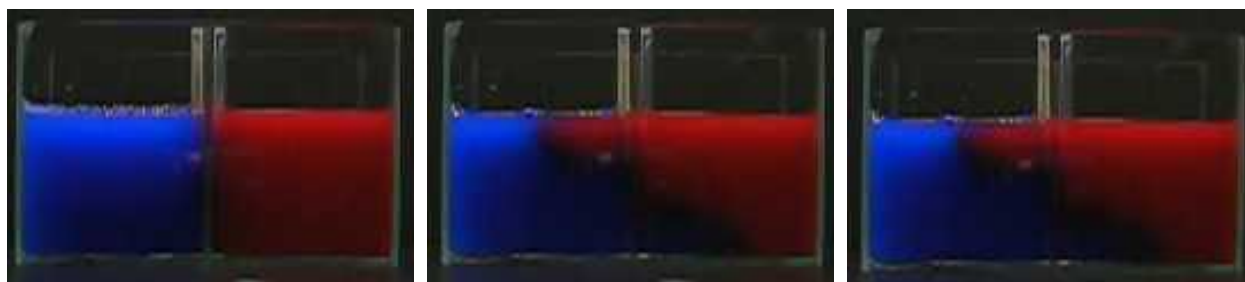
時間（秒）	温度変化（℃）					
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
5	2	1.7	1.9	1.8	1.9	1.9
10	4	4	4	4.2	4.1	4.1
15	6	6.2	6.1	6.5	6.3	6.2
20	8.6	8.7	8.5	9	8.7	8.7
25	10.9	11.1	10.9	10.8	11.2	11.0
30	13.6	13.4	13.3	13.5	13.6	13.5
45	19.3	19.7	19.1	19	19.4	19.3
60	27	26.1	28.5	26.4	26.5	26.9
90	37.2	38.5	39.8	37.8	38.1	38.3
120	52	48.4	49	50.9	49	49.9
180	69.7	69.9	69.9	69.7	68.4	69.5



【図 26】電子レンジによる加熱時間と水の温度のグラフ

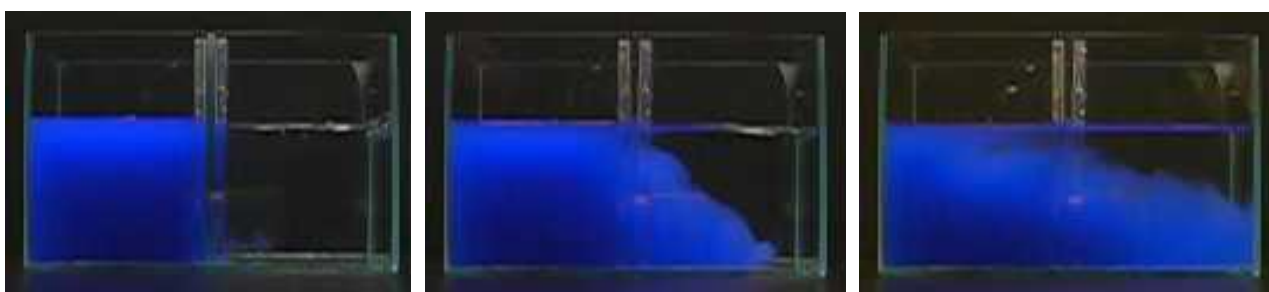
【表 8】電子レンジによる加熱時間と反応が終了するまでの時間

実験の対象	電子レンジでの加熱時間（秒）	寒気モデルが反対側の壁にぶつかるまでの時間（秒）	
		温度差（℃）	
赤・青の色水	15	6.2	7
	25	11.0	6
	35	16.6	4
	45	19.3	3
透明・青の色水	15	6.2	5
	25	11.0	4
	35	16.6	3
	45	19.3	2
透明・青の洗濯のり	15	6.2	160 (25)
	25	11.0	120 (15)
	35	16.6	90 (10)
	45	19.3	60 (8)



【図 27】温度差 10 で実験したときの様子

【図 28】は、透明な水に温度差を10（電子レンジによる加熱時間25秒）与え、寒気に見立てた水だけ青色に着色して実験をしたものである。「しきり」をはずしてから、青色の水が透明な水の下にもぐりこむまでにかかった時間は、4秒であった。赤と青色に着色した場合より時間が早まったのは、片方が透明であったためと考えられる。これは、赤と青に着色した場合であっても同じく4秒程度であったと思われるが、着色されていたためはっきりと観察者に見えなかったためと推測される。また、「透明・青色の水」では、境界面は一応観察できたものの、ほとんどはすぐに透明な水と青色の水が混ざり合っしい境界面がはっきりしないという欠点が見られた。

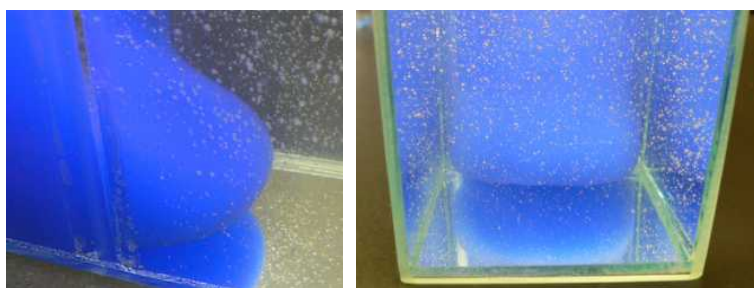


【図 28】水：片方だけ着色：温度差 10 で実験したときの様子



【図 29】洗濯のり：片方だけ着色：温度差 10 で実験したときの様子

【図 29】は、透明な洗濯のりに温度差を10（電子レンジによる加熱時間25秒）与えて実験したときの様子である。写真からだけでは、【図 28】と大差ないように見えるが、「しきり」をはずしてから、青色の洗濯のりが透明な洗濯のりの下にもぐりこむまでにかかった時間は、およそ120秒であった。他の加熱時間の場合でも、水を使った場合に比べて極端に観察時間が増えていることがわかる（【表 8】）。【表 8】中の（ ）で示した数字は、【図 29】の真中の写真のように、青色の洗濯のりが透明な洗濯のり側の中間に達した時の時間を示している。



【図 30】斜め上、正面から見た様子

このように、洗濯のりを使った実験では、明らかに生徒にとっての観察時間が増えており、尚且つ、水を使った時よりも境界が明確であり、十分に前線面を認識するこ

とができる。【図 30】は、このときの実験を別な角度から見たときの様子である。前線面だけでなく、前線についても十分に確認することができる。【表 8】

洗濯のりに5 の温度差を与えた場合は、10 のときより観察時間がさらに長くなり、より生徒にとっての観察時間が確保できることがわかる（【表 8】）。

以上より、前線面および前線を観察するには、

- (ア) 観察に適正な時間は、1～2分程度であること。
- (イ) 洗濯のりを用いて実験することが望ましいこと。
- (ウ) 洗濯のりに与える温度差は、約5～10（電子レンジでの加熱時間は15～25秒）が望ましいこと。

という3点がわかった。

エ 「前線面観察セット」の個別化

アクリル水槽を作るためには、費用面からも製作にかかる時間からも教師にとって大きな負担である。そこで、安価で手に入り、数をそろえることができるようなアクリル水槽の代わりになるものが必要である。

アクリル水槽の変わりとして工夫したのが、1000mlのペットボトルである。このペットボトルは最近発売されたものであるが、上方からの俯瞰はよいものの、横方向から見ると蛇腹の部分が視界を妨げるという欠点があることがわかった。

その他の素材として試したのが、100円均一ショップで販売されている模型用の展示用ケース（【図 32】）である。展示用ケースは無色透明で、何種類かの大きさのものが販売されている。「しきり」については、洗濯のりを使う場合はさほど水密性を必要としないので、工作用の厚紙等で作ったものを使用する。厚紙では、何回も使い回しすることは難しいが、一度、型紙を作って印刷しておく、切るだけで使用できるようになるので便利である。

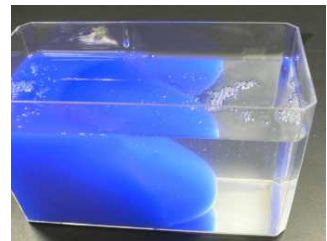
この実験で注意する点は、洗濯のりを展示ケースに注ぐ際の「しきり」の扱いについてである。「しきり」が固定されていないので注いでいる間に簡単に動いてしまう。それを防ぐために補助者が必要となる。

オ 観察・実験の手順

- (ア) 500mlビーカーを2個、洗濯のり2本（750ml）、展示ケース（アクリル水槽）、しきり、保存用ラップ、着色用のポスターカラー、電子レンジ、葉さじ等を用意する。
- (イ) 500mlビーカーに洗濯のりを300ml程度注ぐ。このとき、できるだけ気泡が入らないようにビーカーを傾けて壁面を伝わらせるようにすると良い（【図 33】）。
- (ウ) 片方の洗濯のりに葉さじ等で着色用のポスターカラー少量を良く混ぜる。
- (エ) 着色していない洗濯のりに保存用ラップをかけ、電子レンジで時間を測りながら加熱する。
- (オ) 展示用ケースに「しきり」をセットし、補助者に保持してもらいながら、着色・無色の洗濯のりを一気に注ぎ込む。
- (カ) 「しきり」をすばやく抜き取り、観察する。【図 33】洗濯のりを注ぐ時の様子
- (キ) 観察する際に、どのような目的で観察するかを明確にしてから生徒に観察させるように心がけ、単に現象の“傍観者”にさせないように配慮することが必要である。



【図 31】ペットボトルを使った実験の様子



【図 32】展示用ケース（上）展示用ケースを使った実験の様子（下）

