

平成 20 年度（第 52 回）
岩手県教育研究発表会発表資料

理 科

理科における学習の定着を図るための 観察・実験教材の開発に関する研究

— 小・中学校の学習定着度状況調査の分析をとおして —

《研究協力員》

花巻市立花巻小学校	教諭	佐藤	由之
花巻市立桜台小学校	教諭	菊池	伸
花巻市立花巻北中学校	教諭	長谷川	涉
花巻市立矢沢中学校	教諭	吉池	真

平成 21 年 1 月 7 日
岩手県立総合教育センター
科学産業教育担当
稲森 藤 夫
茂庭 隆彦
菅原 尚志
柴田 敬教
千葉 博

目 次

I	研究目的	1
II	研究の年次計画	1
III	研究の内容と方法	1
1	研究内容と方法	1
2	研究協力員	1
IV	研究結果とその分析	1
1	学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する基本的な考え方	2
2	物理領域における観察・実験教材	3
(1)	小学校における開発教材	5
(2)	中学校における開発教材	8
3	化学領域における観察・実験教材	15
(1)	小学校における開発教材	15
(2)	中学校における開発教材	16
4	生物領域における観察・実験教材	19
(1)	小学校における開発教材	19
(2)	中学校における開発教材	23
5	地学領域における観察・実験教材	27
(1)	小学校における開発教材	27
(2)	中学校における開発教材	34
V	研究のまとめ	37
1	研究の成果	37
2	今後の課題	37
	【引用文献】	37
	【参考文献】	37

I 研究目的

本県では、基礎・基本の確実な定着の状況を把握し、その結果を基に指導の充実を図るため、平成15年度から理科においても学習定着度状況調査（以下「学調」という）を実施し、学力向上に取り組んできた。この調査結果を的確に把握し、各小・中学校では、その現状と課題を明らかにし、課題の分析を踏まえた改善のための取組を実施している。

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

この状況を改善するため、平成18・19年度の研究において、より効果的な観察・実験の備えるべき要件について明らかにし、20の観察・実験教材を開発した。その開発教材を授業で活用することにより、児童生徒の学習の定着を図ることが概ねできた。しかし、新たに二つの課題が明らかになった。一つ目は、網羅し切れていない正答率の低かった単元の新たな教材を開発すること、二つ目は、単年度研究での取組が難しかった一学期の授業単元を指導実践することである。

そこで本研究は、本県の教育課題である学力向上に資するため、観察・実験教材の開発を行い、これを用いた指導実践をとおして、理科における児童生徒の学習の定着を図る指導の充実に役立てようとするものである。

II 研究の年次計画

本研究は、平成18年度、平成19年度の2年間の同名主題研究に基づいて行われる単年度の研究である。2年間に網羅しきれなかった「学調」の正答率の低い学習内容における学習の定着を図るための観察・実験教材についての開発と検討及び、指導実践による開発教材の有効性についての検討を行う。

III 研究の内容と方法

1 研究内容と方法

- (1) 小・中学校理科の物理・化学・生物・地学の4領域において、より効果的な各単元の観察・実験の備えるべき要件を明らかにし、小・中学校それぞれの校種で1つ以上の効果的な観察・実験教材を開発する。(教材開発法)
- (2) 開発した観察・実験教材を活用した授業展開案を作成し、小学校で2領域、中学校で2領域の合計4領域で指導実践を行う。(指導実践・観察法)
- (3) 指導実践の結果と事後テストの結果の比較から、分析と考察を行い、開発した観察・実験教材の有効性を検討する。(テスト法)

2 研究協力員

花巻市立花巻小学校	教諭	佐藤	由之
花巻市立桜台小学校	教諭	菊池	伸
花巻市立花巻北中学校	教諭	長谷川	涉
花巻市立矢沢中学校	教諭	吉池	真

IV 研究結果とその分析

過去5年間本県で実施された「学調」の分析を基に、物理・化学・生物・地学の各領域(以

下4領域という)で、この2年間の研究で取組が難しかった1学期の授業単元の指導実践を中心に、網羅し切れていない正答率の低かった単元の教材開発を行う。最初に、教材開発の基本的な考え方を高橋ほか(2007)、稲森ほか(2008)に基づき確認する。次に、4領域に関して「学調」の正答率の低い学習内容における学習の定着を図るための観察・実験教材についての開発と検討及び、指導実践による開発教材の有効性についての検討を行う。

1 学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する基本的な考え方

この2年間、本県で実施された「学調」の分析を基に、児童・生徒の正答率が低かった単元に関する20の観察・実験教材を開発した(高橋ほか2007、稲森ほか2008)。物理・化学・生物・地学の各領域で、現行の教科書に記載されている観察・実験を「観察・実験の備えるべき要件」の観点で分析し、「より効果的な」観察・実験教材を開発し、提案を行ってきた。今年度は、完成年度として単年度研究での取組が難しかった1学期の授業単元の指導実践を中心に、網羅し切れていない正答率の低かった単元の教材開発を行う。以下に、高橋ほか(2007)、稲森ほか(2008)に基づき、より効果的な観察・実験の備えるべき要件、教材開発の手順、学習の定着の検証方法について再掲する。

より効果的な観察・実験の備えるべき要件としては次の3点である。

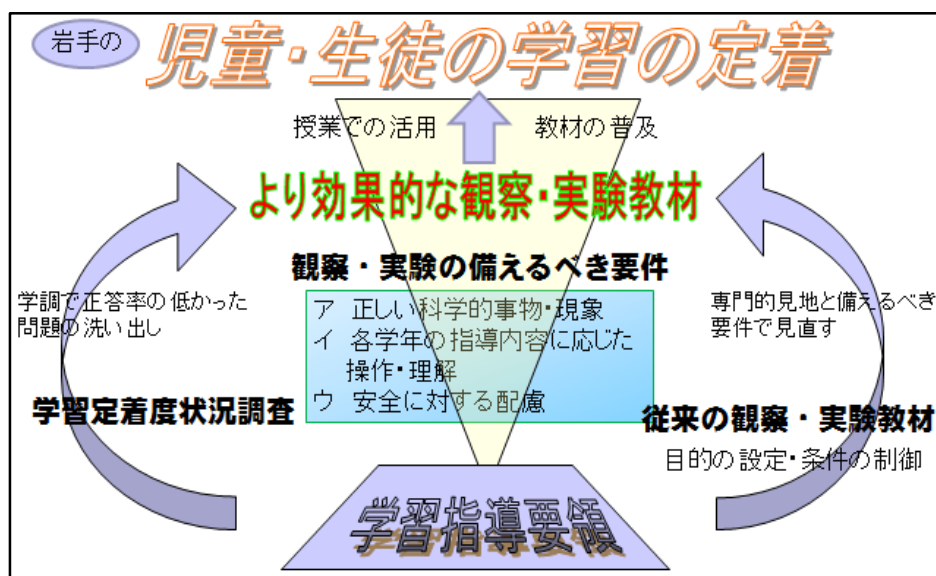
- ア 学習指導要領の指導事項に関連した科学的物事・現象を再現できること。
- イ 各学年の指導内容に応じた観察・実験の器具の操作技術を用い、容易に理解可能なものであること。
- ウ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項等が盛り込まれているもの。

教材開発の手順について以下の4段階で行う。

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

学習の定着の検証は、学習後約1箇月経過したときに、過去5年間の「学調」で出題された問題または類似の問題を出題し、その結果を「学調」の正答率と比較する。開発した観察・実験教材の有効性の検証では、被験者に対して行う有用性等のアンケート結果の分析による検証はとらず、児童・生徒の学習の定着状況から教材の有効性を検証する。

本研究の基本的な考え方を構想図に示す(【図1】)。開発した観察・実験教材は、研修講座で使うなど教材の普及に努め、授業での活用をとおして児童・生徒の学習の定着、学力向上を図る。



【図1】理科における学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する構想図

2 物理領域における観察・実験教材

平成 19～20 年度に製作した物理領域の教材を P3～P4 の【図 2-1】に示す。

学習の定着を図る観察・実験教材

開発した教材

岩手県立総合教育センター

H19 製作

H20 製作

小学校



- ・豆電球
- ・豆電球型LED
- ・電流計の操作
- ・環境学習

・3年電気の通り道 H19



- ・太陽光
- ・電球
- ・電池付きリモコン
- ・コンデンサ付きリモコン
- ・ゼネコンで動く!!

・4年電気の働き H20



- ・ストップウォッチ
- ・リードスイッチの利用

・5年振り子の運動 H19



【ちくでんくん】

・6年電気の利用 H20



- ・小学校副教材の改造
- ・電池、コンデンサ、ゼネコンで動く

・6年電気の利用 H20

中学校

注) 単年度研究ではあるが、新学習指導要領の実施に向け、H19～H20 の2年間にわたって開発・製作した物理領域における小学校全学年、中学校及び高等学校の教材例を示す。

PIC16F873活用教材_大気圧との差を測定

【中・高】 H20 製作



PIC16F873
ADコンバータ機能

LCD
液晶表示

【測定例1】圧力センサでの計測

①大気圧と逆さコップ内の圧力との差

②大気圧とストロー内の圧力との差

圧力センサ
40PC001B1A
(微圧の正圧・負圧)

・差圧計 H20



・大気圧との差を計測 H20



・圧力差による浮上 H20



・簡易真空ポンプ等 H20

手袋と容器の間の空気の圧力 (P)、大気圧 (P₀)
 差圧計で確認可能 (吸引等による大気圧との差)

$P < P_0$



手袋は容器にはりつく!!

$P = P_0$



中学校

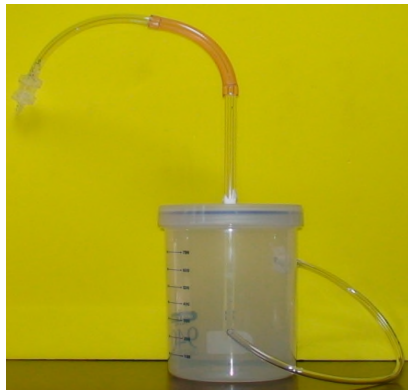
$P > P_0$



手袋は容器から飛び出す!!

・圧力差による
 変形表示器 H 20

中学校



外部の大気圧に対して
 ストロー内部の気圧を
 低くするだけの行為

簡易真空容器内の空気
 の圧力を減少させたとき、
 ストローを吸う感覚を
 生徒に体感させる

・ストローの作用原理説明実験 H 20

中学校

知識の活用
 ・オームの法則
 直列、並列接続



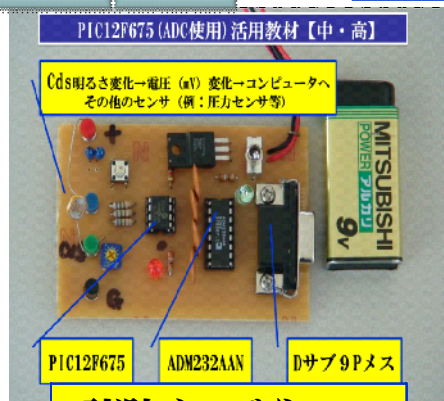
電流計の操作
 電圧計の操作
 ・目盛の読み取り

検証結果は補助資料参照

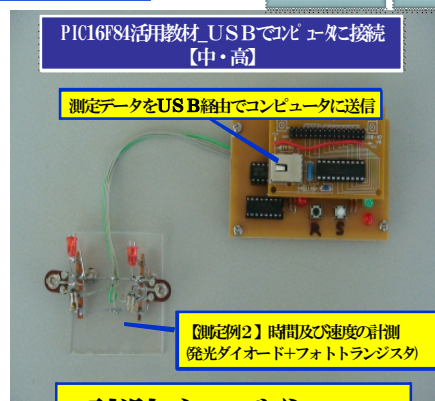
抵抗ボックス H 19

中学校 高校

中学校 高校



計測・ものづくり H 20



計測・ものづくり H 20

【図 2-1】平成 19～20 年度製作教材

(1) 小学校における開発教材例(平成 20 年度分の概要)

ア 「学調」の分析

平成 16 年度から 18 年度までの学調では、小学校第 5 学年理科の全体正答率は、69%、68%、70%と推移している。観点毎の正答率を比較してみると、「自然事象についての知識・理解」が、76%、71%、76%と全体正答率を上回っているのに対し、「科学的な思考」は、70%、61%、64%と推移しており、全体正答率や「自然事象についての知識・理解」と比較して決して高いと言える状況にはない。特にも二つの要素を関連付けて考えたり、知識を具体的な事象と関連付けたりする問題が弱い。平成 18 年度学調の物理領域でみると、「電気のはたらき」における「電流の強さや電流の向きの変化をモーターの回り方（速さと向き）と関連付けて考える問題（正答率 55%）」や、「光電池に当たる光の強さと電流の強さを関連付けて考える問題（正答率 31%）」の正答率が低い。さらに、光電池に当たる光が強くなると、発生する電流が強くなり、モーターが速く回るようになるという「科学的な思考」を論述式で問う問題の正答率は 30%台に低迷している（平成 17 年度 34%、平成 18 年度 31%）。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領では、教科における言語活動の充実が重視されており、総則には次のように記述されている。

【第 1 章 総則】

第 4 指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項

2 以上のほか、次の事項に配慮するものとする。

- (1) 各教科等の指導に当たっては、児童の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、児童の言語活動を充実すること。

また、物理領域に係る第 4 学年の目標及び「電気の働き」では、次に示すように「ものづくり」が強調されている。

【小学校学習指導要領 理科第 4 学年】

1 目標

- (1) 空気や水、物の状態の変化、電気による現象を力、熱、電気の働きと関係付けながら調べ、見いだした問題を興味・関心をもって追究したりものづくりをしたりする活動を通して、それらの性質や働きについての見方や考え方を養う。

2 内容

A 物質・エネルギー

(3) 電気の働き

乾電池や光電池に豆電球やモーターなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつことができるようにする。

ア 乾電池の数やつなぎ方を変えると、豆電球の明るさやモーターの回り方が変わること。

イ 光電池を使ってモーターを回すことなどができること。

さらに、小学校学習指導要領解説理科編第 4 学年（昭和 20 年 6 月文部科学省）に示された「内容の取扱い」には、ものづくりが重視された次のような記述がある。

【小学校学習指導要領解説理科編 第4学年】

(内容の取扱い)

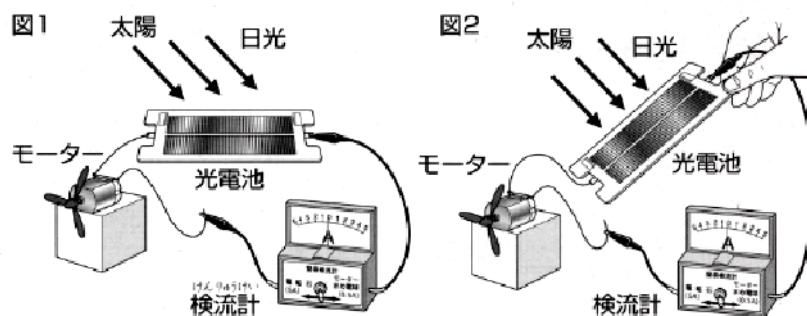
- (2) 内容の「A物質・エネルギー」の指導に当たっては、**2種類以上のものづくり**を行うものとする。

これからの小学校教育が特に意を用いて育成すべき学力の姿が学校教育法第30条第2項に示されている。それは、基礎的な知識及び技能の習得とその活用を図ること、そのことをとおして課題解決のための思考力、判断力、表現力をはぐくむこと、さらに、主体的に学習に取り組む態度を養うことなどである。ものづくりには、それをおとして知識を習得する側面、自分の予想を確かめ考えをまとめる側面、そして習得した知識を活用した新たなものづくりという三つの側面がある。これらと児童が感じたこと・考えたことを表現する活動を組み合わせることで、PISA 調査や全国学力・学習状況調査等でも明らかになった課題である「記述力」及び「学習意欲」等の育成を図ることが必要である。

【図2-2】は、平成18年度学調小学校第5学年理科の問題〔8〕(1)である。

〔8〕(1) 正答率31% (経年比較対象：17年度34%)

光電池にモーターをつなぎ、図1のようにして日なたに置きました。同じ場所で図2のようにして、光電池を太陽のほうに向けてとモーターは図1よりはやく回るようになりました。図1よりはやく回るようになったのは、なぜでしょうか。その理由を、「光」、「電流」ということばを2つとも使って、簡単に書きましょう。



【図2-2】平成18年度学調小学校第5学年理科の問題〔8〕(1)

この問題の正答率が低い要因として、①光電池に当たる光の強さと、発生する電流の強さの関係を理解していない。②論述問題に対する意欲が低下している。という二点が考えられる。それらの要因を踏まえた指導上の留意点は次の二点である。①解答類型をみると、全体の約3割の児童は、「光が強くと電流が速くなる」というように、「電流の速さ」に関する記述をして誤答になっている。日常の指導においては、電流の強さを、電流計あるいは検流計を用い、あくまでも量的なものとして捉えさせることが大切である。②また、全体の約1割の児童は、無答であったことを踏まえ、今後の指導においては、児童一人一人に、根拠をもって自分の考えを述べさせたり、書かせたりする機会を多く与え、たとえそれが拙い表現であっても、その意を汲み取り適切に評価しながら、論述形式の問題に対する苦手意識を払拭していくことが必要である。児童が、根拠をもって自分の考えを述べるには、観察・実験により科学用語の正しい理解が必要であるとともに、興味・関心をもって自分の予想を即座に確かめることができる教材があればより効果的である。新学習指導要領でも強調されている「ものづくり」には、児童が、獲得した知識を適用させてものを製作する過程を体験することにより、学習内容がより実感をもって理解できるという効果がある。理科における「ものづくり」の活動は、大きく分けて次の①～③のように位置付けられる。(角屋ほか、2005)

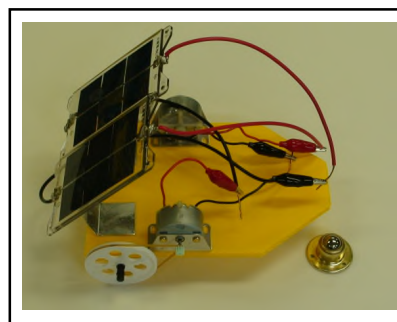
- ① 単元を通して「ものづくり」を行い，学習内容を獲得し，実感して分かっていく。
- ② 自分の仮説や予想を確かめるための観察・実験装置を製作し，その結果から考えを作っていく。
- ③ 獲得した知識を活用した「ものづくり」を行い，より実感して分かっていく。

児童がこれらの活動を実際に体験できることを目的として本教材（【図 2-3, 2-4】）を製作した。教科書には「モーターの回る向きは，なにによってかわるのだろうか」，「光の当てかたをかえて，光電池のはたらきや電流の強さを調べよう」などの記述がある。光の当てかた及びモーターにつけた鱗口クリップと光電池の配線を変えることなどにより，電球の追尾（【図 2-4】）あるいは電球から遠ざかるなどの走行が可能になる。本教材を動かしながら，基本的な知識・技能の理解をより一層深めたり，予想を確かめるために学習した知識を活用したりすることで，二つの要素を関連付けて考えたり，知識を具体的な事象と関連付けたりすることが容易になり，児童はより実感を伴った知識を獲得できる。「ものづくり」や「言語活動」とおして，児童の知識がより実感を伴ったものになるような工夫が大切である。

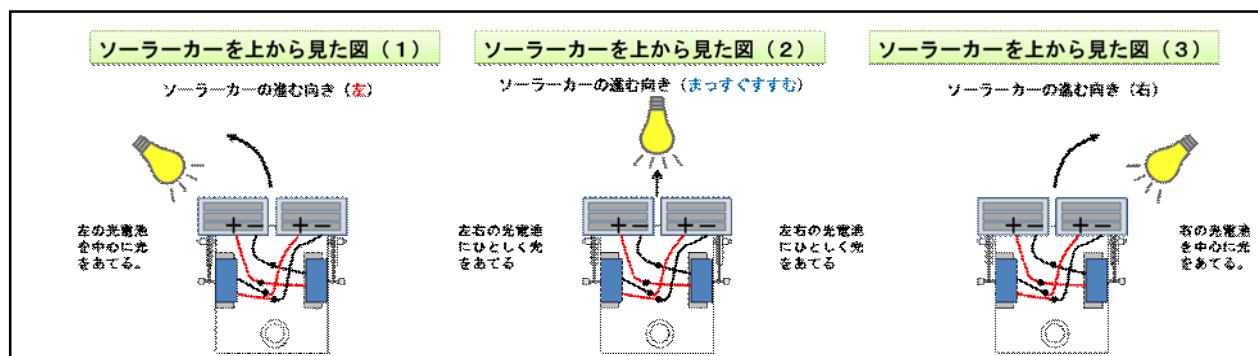
ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材（概要）

これらのことを踏まえ，「ものづくり」教材の備えるべき要件を次のように考えた。

- ① 目的意識をもった実験ができること。
- ② 1セットで複数の実験（使用）方法を有すること。
- ③ 科学的に調べる能力と態度の育成が可能であること。
- ④ 既習の知識や法則を活用できること。
- ⑤ 既習の計測機器による物理量測定が可能であること。
- ⑥ 内部構造が確認しやすいこと。
- ⑦ 楽しく繰り返すことができること。



【図 2-3】ソーラーカー



【図2-4】光の当てかたとソーラーカーの進む向きとの関係

なお，この教材の使用方法は次の5種類である。また，新たに導入された第6学年「A（4）電気の利用」にも対応している。

- ・ 太陽光での走行
- ・ 電球を使用した光追尾等の走行
- ・ 蓄電可能なエネルギー入りリモコンを使用した走行
- ・ 蓄電可能な電気二重層コンデンサ入りリモコンを使用した走行
- ・ 手回し発電機（ゼネコン）を使用した走行

エ 開発教材を用いた授業の実際

今回は中学校の指導実践を行うため，平成 21 年度以降の何らかのかたちで実施したい。今年度は各種研修講座で活用した。

(2) 中学校における開発教材

ア 「学調」の分析

中学校第1学年の理科では、新学習指導要領においても、「身近な物理現象」として、光、音、力、圧力など、感覚を通してとらえやすく日常生活や社会とかかわりの深いものを取り上げ、これらに関する観察、実験を行い、光の進み方や音の発生と伝わり方、力のはたらきや圧力など身近な現象に規則性があることを見いださせ、自然の不思議さや面白さに触れさせ、科学的な見方や考え方を養うと記されている。日常生活において、光は「見る」、音は「聞く」、力は「感じる」ことが比較的容易ではあるが、圧力、特に大気圧について、日常生活の中で「感じて意識する」ことはほとんどない。ましてや微少な圧力変化によって生じる現象は言わずもがなである。

学調において、面積や重さが具体的に示され、単位面積当たりにはたらく力の大きさとして、単純に圧力を数量的に答えさせる問題については、17年度78%、18年度87%と高い正答率を示している。しかしその一方で、簡易真空容器内の空気の圧力の増減に伴う風船あるいは注射器内の気体の体積変化等を記述させる問題については、16年度学調49%【図2-5】、20年度の岩手県立高等学校入学者選抜学力検査（以下「学検」という）38%（補助資料参照）と正答率は低い。

上述したように、大気圧の学習においては、空気の圧力や体積などの物理量がどう変化したかに着目し、その変化を引き起こす要因が何かを明らかにしたうえで、日常生活や社会と関連付けながら科学的な見方や考え方の育成を図ることが大切である。すなわち、学んだ知識を確かな理解につなげる工夫が必要である。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

現行の学習指導要領は、第1分野の目標及び内容（イ 力と圧力）について、次のように示している。

第2 各分野の目標及び内容（抜粋）

〔第1分野〕

1 目標

- (2) 物理的な事物・現象についての観察、実験を行い、観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を考察して自らの考えを導き出し表現する能力を育てるとともに、身近な物理現象、電流とその利用、運動の規則性などについて理解させ、これらの事象に対する科学的な見方や考え方を養う。

2 内容

(1) 身近な物理現象

身近な事物・現象についての観察、実験を通して、光や音の規則性、力の性質について理解させるとともに、これらの事象を日常生活と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う。

イ 力と圧力

(ア) 物体に力を働かせる実験を行い、物体に力が働くとその物体が変形したり動き始めたり、運動の様子が変わったりすることを見いだすとともに、物体に働く2力についての実験を行い、力が釣り合うときの条件を見いだすこと。

(イ) 圧力についての実験を行い、圧力は力の大きさと面積に関係があることを見いだすとともに、空気に重さがあることを調べる実験を行い、その結果を大気圧と関連付けてとらえること。（以下略）

また、同分野について、新学習指導要領には次のように記述されている。

第2 各分野の目標及び内容（抜粋）

〔第1分野〕

1 目標

(2) 物理的な事物・現象についての観察，実験を行い，観察・実験技能を習得させ，観察，実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てるとともに，身近な物理現象，電流とその利用，運動とエネルギーなどについて理解させ，これらの事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う。

2 内容

(1) 身近な物理現象

身近な事物・現象についての観察，実験を通して，光や音の規則性，力の性質について理解させるとともに，これらの事物・現象を日常生活や社会と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養う。

イ 力と圧力

(ア) 力の働き

物体に力を働かせる実験を行い，物体に力が働くとその物体が変形したり動き始めたり，運動の様子が変わったりすることを見いだすとともに，力は大きさと向きによって表されることを知ること。

(イ) 圧力

圧力についての実験を行い，圧力は力の大きさと面積に関係があることを見いだすこと。また，水圧や大気圧の実験を行い，その結果を水や空気の重さと関連付けてとらえること。(以下略)

現行及び新学習指導要領の両者において共通するのは、「表現する能力」の育成が目標に掲げられていることである。

そこで本研究は，①大気圧に関して生徒の実感を伴った理解を可能にする教材を工夫すること及び，②観察結果から，「変化の状況」，「変化の要因」，「日常生活とのかかわり」など，生徒自身が自分の考えをまとめ，記述・表現する活動を支援する指導方法を工夫することの2点を目標とした。【図2-5】は，平成16年度学調中学校第3学年理科の記述問題である。これは，ゴム風船内の空気の体積と，容器内の気圧という物理量について，「変化の状況」及び「変化の要因」を題材にした出題である。

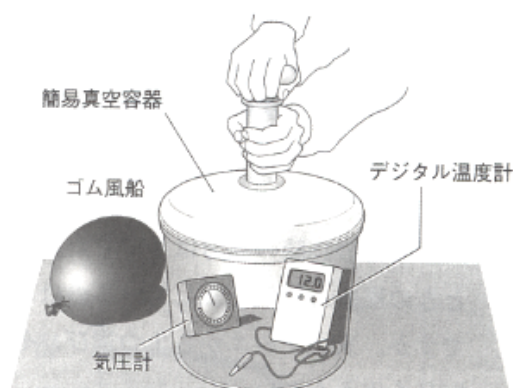
9 雲のでき方について調べるため，右の図のように簡易真空容器，デジタル温度計，気圧計，ゴム風船を準備し，少量の水と線香も使いながら，気圧と温度を測定することにしました。

はじめに，簡易真空容器にゴム風船を入れ，空気をぬくと，ゴム風船はふくらみました。

次に，容器の中を少量の水でしめらせて，線香の煙を入れ，その後，中の空気をぬいて，容器内のようすを観察すると，容器内が白くくもりました。

これについて，次の(1)～(3)の各問いに答えなさい。

(1) ゴム風船がふくらんだことから，容器内の気圧はどのように変化したと考えられますか。ことばで簡単に説明しなさい。(正答率49%) (以下略)



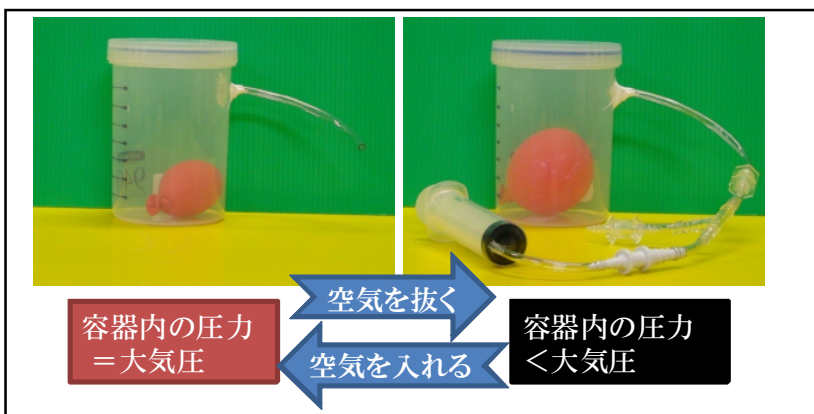
【図2-5】平成16年度学調中学校第3学年理科の記述問題

これらのことを踏まえ、観察・実験教材の備えるべき要件を次のように考えた。

- ① 生徒個々が目的意識をもった実験ができ、科学的に調べる能力と態度の育成が可能であること
- ② 既習の知識や法則を活用できること
- ③ 楽しく繰り返すことができること
- ④ 内部構造が確認しやすいこと
- ⑤ 大気圧や空気の圧力などを体感できること
- ⑥ 微少な圧力変化（圧力差）によって生じる現象も提示できること
- ⑦ 微少な圧力変化（圧力差）を測定できること（アナログとデジタル）
- ⑧ 観察・実験教材と併用するワークシートには、「変化の状況」、「変化の要因」、「日常生活とのかかわり」を記入できること（補助資料参照）
- ⑨ 生徒が観察・実験教材と併用するワークシートを利用することで、実験結果を分析して解釈し表現する能力が育成できるものであること

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

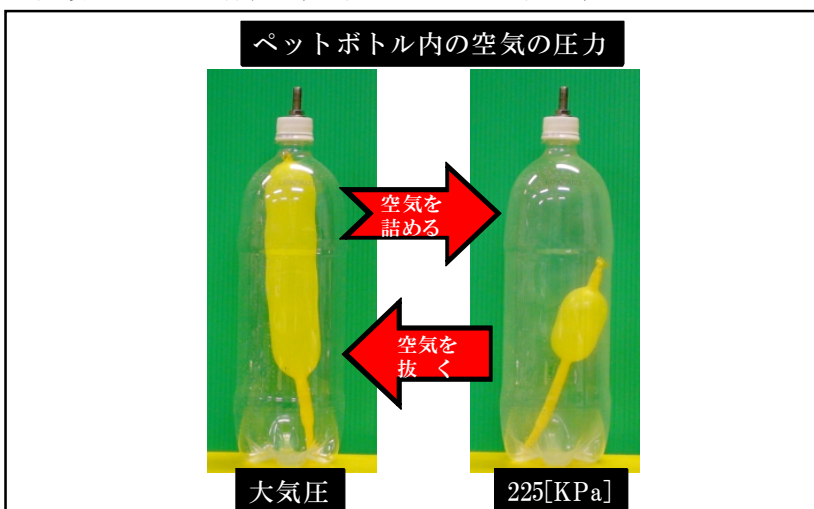
① 簡易真空ポンプと簡易真空容器



【図2-6】簡易真空ポンプと簡易真空容器

【図 2-6】では、容器内の空気を抜くと圧力が大気圧よりも小さくなり、風船はふくらむ。また、空気を入れると圧力が大気圧にもどり、風船は縮み元に戻る。

② 簡易空気注入容器（ペットボトルを使用）



【図2-7】簡易空気注入器

【図 2-7】では、空気を押し縮めていくと、ペットボトル内の空気の圧力が大気圧よりも大きくなり風船が縮む。空気を抜くと、風船内の空気の圧力がペットボトル内の空気の圧力よりも大きくなり、風船がふくらみ元にもどる。

【材料】

[簡易真空ポンプ]

- ・50ml シリンジ 1本
- ・チューブ（内径 6mm）3本
- （内径 4mm）1本
- ・チェックバルブ 2個
- ・チューブコネクタ 1個
- ・風船 1個

[簡易真空容器 940ml]

- ・容器(ポリプロピレン樹脂) 1個

【材料】

- ・炭酸飲料用
ペットボトル(1リットル) 1本
- ・バイク用バルブ 1個
- ・自転車用空気入れ 1台
- ・Oリング用ゴム板 適宜
(厚さ 3mm)
- ・風船 1個

③ デジタル差圧計〔微小圧力センサ（正圧・負圧）とPIC16F873の利用〕

簡易真空容器の中の空気の圧力を小さくする実験では、容器の中の空気の圧力よりも、風船の中の空気の圧力のほうが大きくなり、この圧力差によって風船がふくらむ。このような圧力差を利用した身近な事象には次のようなものがある。

- | | | |
|----------------|----------------|----------|
| ・ストローで飲み物を飲むこと | ・吸盤が壁などにくっつくこと | |
| ・総入れ歯が安定すること | ・布団圧縮袋 | ・風船の伸縮 等 |

この僅かな圧力差を実際に測定することにより、生徒は、大気圧の大きさをより実感をもって理解することができるとともに、日常生活と関連付けて科学的にみる見方や考え方をより一層養うことが可能になると考え、本計測装置を開発した。（【図2-8】）

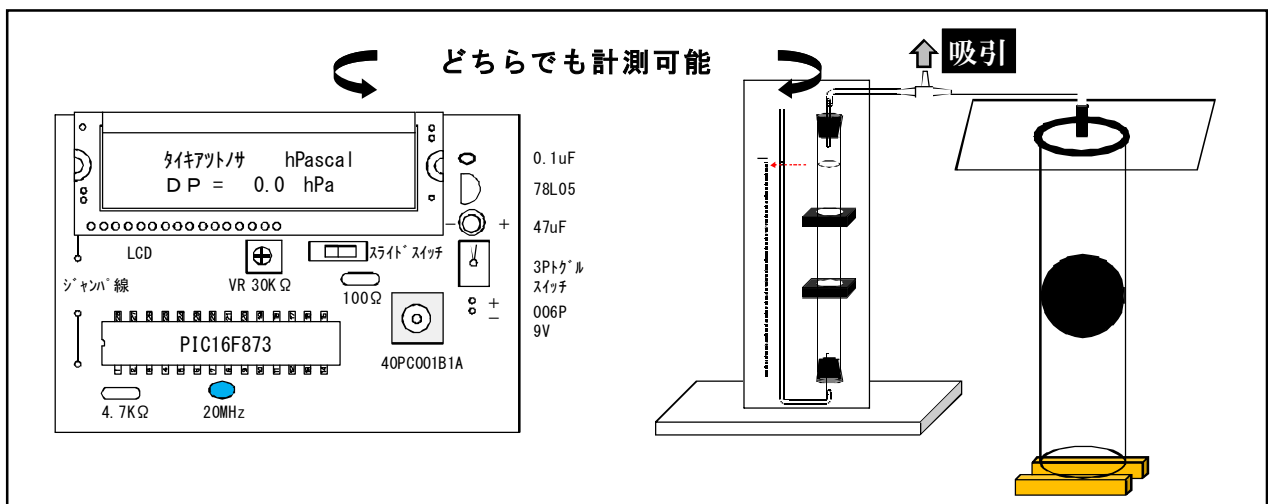
【主な部品:各1個】

- ・PIC16F873
- ・圧力センサ
40PC001B1A(差圧)
- ・LCD(液晶表示器)
- ・セラミック
20MHz
- ・可変抵抗 30KΩ
- ・抵抗 100, 4.7KΩ
- ・78L05
- ・3P トグルスイッチ
- ・積層セラミック
コンデンサ 0.1uF

【図2-8】 デジタル差圧計

④ ボウリング球浮上実験装置とアナログ差圧計

【図2-9 右端】は、大阪市立科学館などで行っている「ブロワーの吸引を利用したボウリング球浮上」を、真空ポンプ、掃除機、人間の吸引で行うことができるように製作したものである。吸引することで、ボウリング球上部の空気の圧力が、下部の大気圧よりも僅かに減少し、この圧力の差でボウリング球が浮上する。また、【図2-9 中央】は製作したアナログ差圧計で、図のように接続し、圧力の差を計測する。デジタル差圧計も同じ接続で圧力差を計測できる【図2-9 左端】。身の回りには、ストローの作用原理など、僅かな圧力差によって生じる事象があることを生徒に気付かせたい。



【図2-9】 ボウリング球浮上実験装置と圧力差の測定

エ 開発教材を用いた授業の実践

花巻市立花巻北中学校第1学年3組（男子19名，女子18名 計37名）において，12月4日（木），9日（火）に研究協力員の長谷川渉教諭が行った。

【大気圧】指導実践

- 1 使用する開発教材
 - ①アナログ差圧計 ②デジタル差圧計 ③簡易真空ポンプと簡易真空容器
 - ④簡易空気注入器 ⑤ボウリング球浮上実験装置
- 2 使用するワークシート（補助資料参照）

「簡易真空容器の中の空気の圧力を小さくする実験」用ワークシート
（補助資料中の「観察・実験ワークシート [大気圧] No 1」）

「簡易空気注入容器の中の空気の圧力を大きくする実験」用ワークシート
（補助資料中の「観察・実験ワークシート [大気圧] No 2」）
- 3 学習展開

No	学習展開及び授業の様子（概要）
1	・「ボウリング球浮上実験装置」（1-⑤）を使用
2	・「簡易真空ポンプと簡易真空容器」（1-③）を用いた実験 ・「簡易真空容器の中の空気の圧力を小さくする実験」用ワークシートを使用 ・「シェービングクリームと真空鐘を用いた実験」 ・生徒自身が自分の考えをまとめ，記述・表現する活動
3	・「簡易空気注入器」を用いた実験 ・「簡易空気注入容器の中の空気の圧力を大きくする実験」用ワークシートを使用 ・容器内の圧力を測定，容器内の風船を観察，注入した空気の重さを測定
4	・「アナログ差圧計」及び「デジタル差圧計」で吸引等による真空度を体感
5	・「ボウリング球浮上実験装置での圧力差の測定」

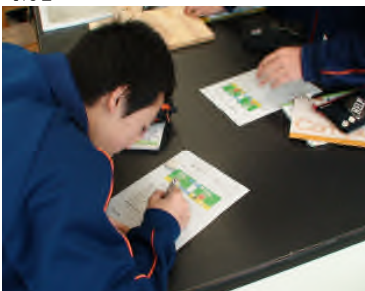
No1



No2, No3



No2



No5 「ボウリング球浮上実験装置での圧力差の測定」

<吸引前:ボウリング球静止> <吸引:ボウリング球浮上>



【デジタル差圧計】

22.1 [hPa] の減圧

【アナログ差圧計】

22.0 [cm] の水面降下

22.0 [hPa] の減圧

注) 摩擦力により圧力差は変わる。

オ 実践結果の分析と考察

実践結果の分析については、学習内容が定着したかどうかを指導実践1箇月後のテスト結果でみとることとした。それらの問題を【図2-10】に示す。

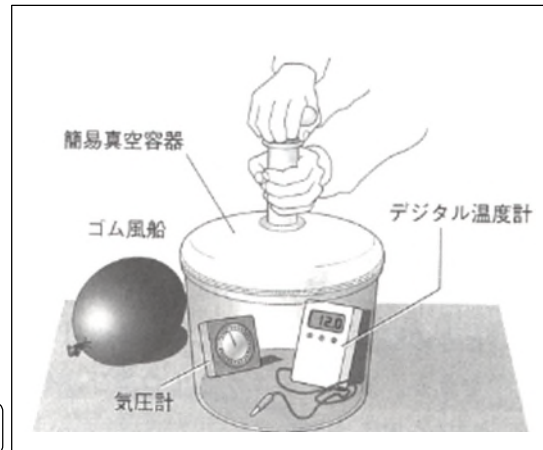
平成20年12月23日にテストによる検証を行い、問題は正答率で比較が可能な平成16年度学調（下記問題1）及び平成20年度学検の問題（下記問題2）を使用した。

問 題

1年__組__番 氏名_____

問題1) 雲のでき方について調べるため、右の図のように簡易真空容器、デジタル温度計、気圧計、ゴム風船を準備し、少量の水と線香も使いながら、気圧と温度を測定することにしました。

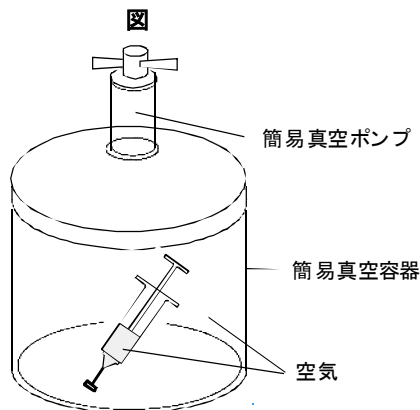
はじめに、簡易真空容器にゴム風船を入れ、空気をぬくと、ゴム風船はふくらみました。



- (1) ゴム風船がふくらんだことから、容器内の気圧はどのように変化したと考えられますか。

ことばで簡単に書きなさい。

問題2) 注射器の中に閉じこめられた物質の体積変化を調べるため、一定の大気圧のもとで、次のような実験を行いました。これについて、次の問いに答えなさい。ただし、ピストンの摩擦と重さはないものとします。



実験

- 1** 注射器の中に、空気を入れて密閉した。
2 図のように、**1**の注射器を簡易真空容器に入れ簡易真空ポンプで容器内の空気をすこしずつ抜いていった。

- (1) **2**で、注射器の中の空気の体積はどうなりますか。その理由をふくめて、簡単に説明しなさい。

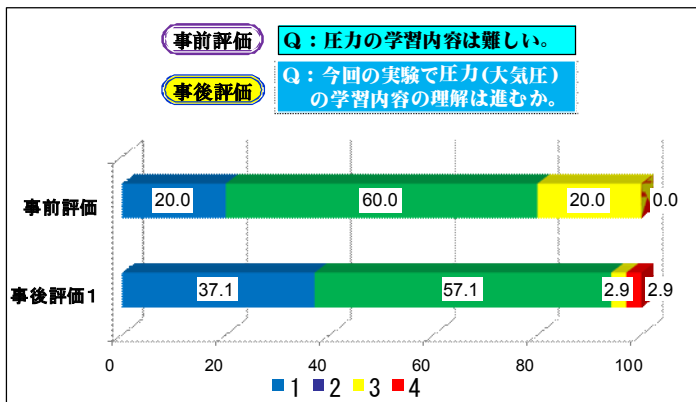
【図2-10】検証問題（平成16年度学調及び平成20年度学検の問題）

物理領域の「学調」において、面積や重さが具体的に示され、単位面積あたりにはたらく力の大きさとして、単純に圧力を数量的に答えさせる問題については、17年度78%、18年度87%と高い正答率を示している。しかしその一方で、簡易真空容器内の空気の圧力の増減に伴う風船あるいは注射器内の気体の体積変化等を記述させる問題については、16年度「学調」49%、20年度「学検」38%と正答率は低い。そこで本研究は、①大気圧に関して生徒の実感を伴った理解を可能にする教材の工夫及び開発、そして、②観察結果から、「変化の状況」、「変化の要因」、「実社会・実生活との関連」など、生徒自身が自分の考えをまとめ、記述・表現する力の育成に配慮した授業展開の2点を目標とする指導実践を、花巻市立花巻北中学校1学年3クラスを対象に行った。その結果、【表2-1】に示すように、約1箇月後に実施した「学調」及び「学検」の記述問題の正答率が70%を超え、学習内容の定着は概ね図られたと判断される。

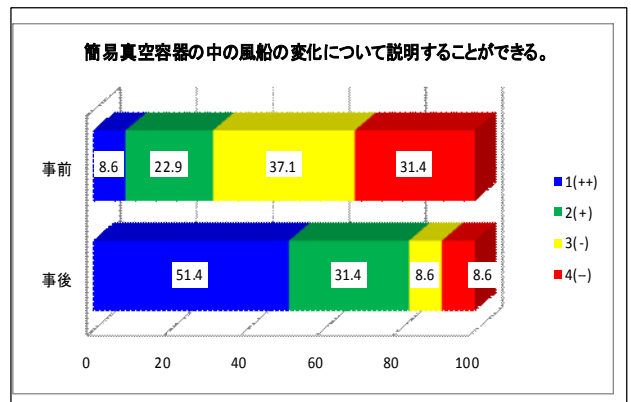
【表2-1】出題内容と正答率の比較[解答者数1学年3クラス107人(男子55人、女子52人)]

問題番号	出題内容(記述問題)	正答率(県平均)	今回
問題1	容器内の気圧変化(H16学調)	49	71
問題2	注射器内の空気の体積変化(H20学検)	38	70

指導実践直前に実施したアンケートでは、【図2-11】に示すように、80%の生徒が「圧力の学習は難しい」と回答しているが、今回の指導実践により、約94%の生徒が「圧力(大気圧)の学習内容の理解が進む」と回答している。また、【図2-12】に示すように、指導実践直後には、約83%の生徒が「簡易真空容器内の風船の変化について説明することができる」と回答しており、実感を伴った理解に基づく表現力の育成という今回の目標設定が効果的に機能したことがわかる。また、生徒の状況を正確に捉え、教材及び指導法に工夫を加えた「楽しくわかる」授業を実践することの大切さが【図2-13】の生徒の記述例から読み取ることができる。さらに、目的意識をもった実験への取り組みや、自分の考えを発表する場が生徒同士の考え方の交流につながり、学習内容の理解にとっても非常に効果的であることが【図2-14】からわかる。



【図2-11】事前・事後調査結果1



【図2-12】事前・事後調査結果2

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

生徒の主な記述例

事前評価

Q: 圧力(大気圧)の学習内容が難しい理由

A1: おぼえることが多いから。
A2: 意味が分からないから。

↓

事後評価

Q: 今回の実験で学習内容の理解は進むか。

A1: 内容もおもしろかったし分かりやすく説明していたから。
A2: 分かりやすく楽しく覚えやすいから。

【図2-13】生徒の事前・事後の記述例

事後評価が高い主な項目 (肯定的な回答++, +)

- 興味・関心をもって実験に取り組んだ。 94.3%
- 操作の意味が分かり、目的意識をもって取り組んだ。 91.4%
- 簡易真空容器を正しく扱い、実験できた。 97.1%
- お互いに考えを交流し、学び合うことができた。 82.1%

【図2-14】事後評価が高い項目

3 化学領域における観察・実験教材

(1) 小学校における開発教材

ア 「学調」の分析

本研究は、「学調」の正答率の分析をとおして一昨年度から継続して取り組んできた。平成18年度には、第4学年の単元「水のすがたとゆくえ」で、沸騰する水に生じる泡の正体を調べる実験教材を作製した。平成19年度には、第5学年の単元「もののとけかた」で、水の温度と物質の溶ける量の関係調べる実験教材を作製した。

第6学年の単元「水よう液の性質とはたらき」で、「水溶液の性質」に関わる「学調」の問題の正答率が、平成16年度で28～53%、平成17年度で47～57%である。やや改善が見られるものの、他の単元に比べ依然として低い正答率である。

そこで、今年度は第6学年「水よう液の性質とはたらき」の単元の「水溶液の性質」の項目において、水溶液の性質を多面的に調べる問題解決的な実験教材の開発を目指した。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領および解説は、この項目について以下のように示している。

小学校学習指導要領 理科 第6学年 内容 A 物質・エネルギー (2) 水溶液の性質

いろいろな水溶液を使い、その性質や金属を変化させる様子を調べ、水溶液の性質や働きについての考えをもつことができるようにする。

ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。

イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること。

小学校学習指導要領解説 理科編 第6学年 内容 A 物質・エネルギー (2) 水溶液の性質

ここでは、いろいろな水溶液の性質や金属を変化させる様子について興味・関心をもって追究する活動を通して、水溶液の性質について推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、水溶液の性質や働きについての見方や考え方をもつことができるようにすることがねらいである。

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

(ア) 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象を再現できる観察・実験であること

- ・問題解決的な学習活動を取り入れることをとおして、水溶液の性質を多面的に調べる実験教材にすること。
- ・学習内容が整理されるような学習シートをあわせて作成すること。

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

- ・できるだけ少人数で実験ができるようにするため、小学校の実験器具の不足を考慮し、身近な素材を用いた実験用具を用いるものであること。

(ウ) 観察・実験を安全に行う上での配慮事項が盛り込まれているもの

- ・実験の安全上、スモールスケールでの実験とすること。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

【図3-1】に、教材の概要を示す。また、準備するものは、次のとおりである。

- ・水溶液（塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水）
- ・卵バック（試験管の代用品）
- ・リトマス紙（青、赤）
- ・スライドガラス
- ・ピーカー
- ・ガラス棒、乾いた布
- ・アルコールランプ、点火器具



【図3-1】教材の概要

この実験の手順は、以下のとおりである。

- ① 学習シートを配付し、実験目的「五つの水溶液の正体を探し当てる」を明らかにする。
- ② どのように調べたらよいか（解決の見通し）を考えさせ、発表させる。
- ③ 学習シートの「調べること」の欄に、実験する内容を書かせる。
- ④ 五つの水溶液（塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水のいずれか）A～Eを、あらかじめ卵パックの10個（5個×2列）のくぼみのうちの1列に約2mlずつはかりとっておき、配付する。
- ⑤ リトマス紙で調べる方法とその結果について、既習事項を復習する。
- ⑥ 蒸発させて調べる方法について、スライドガラスを用いる簡便な方法を教える。
- ⑦ リトマス紙やアルコールランプなど、必要な器具を用意させる。
- ⑧ 水溶液A～Eについて、それぞれ調べ、その実験の結果を学習シートの表に整理してまとめさせる。
- ⑨ 実験結果を、比較させたり、要因を分析させたりして、水溶液A～Eが、それぞれどの水溶液であったかを推定させる。
この実験結果の例について、下の【表3-1】にまとめる。

【表3-1】実験結果の例

卵パック					
調べること	水溶液 A	水溶液 B	水溶液 C	水溶液 D	水溶液 E
青色のリトマス紙につける	赤く変わる	変化しない	赤く変わる	変化しない	変化しない
赤色のリトマス紙につける	変化しない	青く変わる	変化しない	変化しない	青く変わる
蒸発させる	何も残らない	白いものがでてくる	においがする何も残らない	白いものがでてくる	においがする何も残らない
水溶液の名前	炭酸水	石灰水	塩酸	食塩水	アンモニア水

実験の結果から、A～Eにあてはまる水よう液を、下から選んで書きなさい。
水よう液(塩酸、炭酸水、食塩水、石灰水、アンモニア水)

(2) 中学校における開発教材

ア 「学調」の分析

本研究は、「学調」の正答率の分析をとおして一昨年度から継続して取り組んできた。しかし、その経過の中で「学調」では、中学校第3学年後半の単元についてはその定着度を調査できないことが明らかになった。そこで、本年度は「学検」の分析を一部加え、中学校第3学年後半の学習内容の定着度を調査した。その結果、1分野下「物質と化学反応の利用」の単元のうち「電池」に関わる問題の正答率が、平成20年度の検査問題において39%の低さであることが明らかになった。

そこで、今年度は第1分野「物質と化学反応の利用」の単元の「化学変化と電池」の項目において、化学変化から電気エネルギーをとり出すことを実感できる実験教材の開発を目指した。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領および解説は、この項目について以下のように示している。

中学校学習指導要領 理科 [第1分野] 内容(6) 化学変化とイオン

化学変化についての観察、実験を通して、水溶液の伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事象・現象を関連付けてみる見方や考え方を養う。

ア(ウ) 化学変化と電池

電解質水溶液と2種類の金属などを用いた実験を行い、電流が取り出せることを見いだすとともに、化学エネルギーが電気エネルギーに変換されていることを知る。

中学校学習指導要領解説 理科編 第1分野 内容(6) 化学変化とイオン

ア(ウ) 化学変化と電池について

……。例えば、塩化ナトリウムや塩化銅などの電解質の水溶液に、亜鉛番と銅板を電極として入れると、電圧が生じ電池になることを実験で確かめさせる。次に、この実験で電極をマグネシウムリボンやアルミニウム箔にすると、電流が流れるとともに電極が溶け出す現象を容易に観察できる。これらに実験から、電池では物質がもっている化学エネルギーが化学変化によって電気エネルギーへ変換されていることを理解させる。……。

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

(ア) 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象を再現できる観察・実験であること

- ・化学変化によって電流が生じていることを明確に示すために、教師による演示実験を行うこととし、観察のポイントを明確にすること。
- ・2種類の金属を用いた電池の実験において、化学エネルギーと電気エネルギーの関係性を明確に示すため、金属の種類を様々に変化させたときの電圧の値を測定させ、規則性を見い出させること。

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

- ・生徒の実験においては、実験結果からの考察の時間を確保するためにも、実験上の操作を簡便化、単純化したものであること。

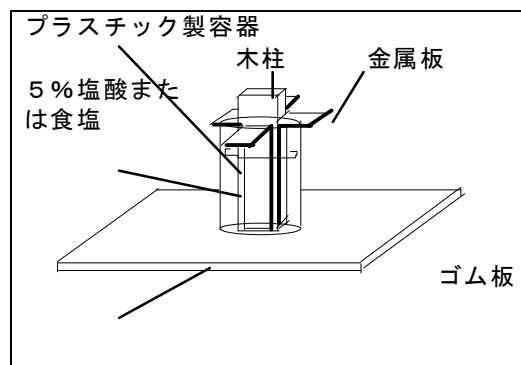
(ウ) 観察・実験を安全に行う上での配慮事項が盛り込まれているもの

- ・実験の安全上、スモールスケールでの実験とすること。
- ・用いる試薬について配慮すること。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

【図3-2】に、教材の概要を示す。また、準備するものは、次の通りである。

- ・アクリル製容器 (高さ40mm, 内径20mm)
- ・ゴム板 (転倒防止のため容器に接着)
- ・5%塩酸及び5%塩化ナトリウム
- ・表面を防水加工した木柱 (12×15×50mm)
- ・金属板 (50×12×厚さ0.5mmの市販教材, Al, Cu, Fe, Pb, Znの5種類)
- ・輪ゴム (木柱への金属板固定用)
- ・電圧測定用テスター, リード線, 等



【図3-2】教材の概要

以上の実験器具及び薬品を用いて、次の二つの実験を行う。

(ア) 教師による演示実験

次頁【図3-3】に、「教師による演示実験」の様子を示す。

この実験の手順は、以下のとおりである。

- ① マグネシウムリボンをガスバーナーの炎に入れ燃焼させる。
- ② 銅板をガスバーナーの炎に入れ表面を酸化させる。
- ③ ①と②とから、マグネシウムと銅という二つの金属の酸素との反応性違いを確認する。
- ④ 容器に5%塩酸を5ml入れ、電流計やプロペラモーターを接続した回路を作る。
- ⑤ マグネシウムリボンと銅板の二つを電極を塩酸の中に出し入れし、変化を観察する。

(イ) 生徒による実験

【図 3-4】に、「生徒による実験」の様子を示す。

この実験の手順は、以下のとおりである。

- ① 5種類の金属板から4種類を選ぶ。
 選択した4種類の金属板を、輪ゴム2本で木柱に固定する。その際、金属板どうしが接触しないように注意する。
 選択方法は5通りある。教師は、学級全体で選択する金属が偏らなように留意する。
- ② 電圧を測定するためのテスターの端子に赤と黒のリード線を接続する。テスターのレンジは[V]に固定する。

アクリル製容器に5%の塩化ナトリウム水溶液を5ml入れる。赤(+端子)と黒(-端子)につなぐ金属を次々に変えては水溶液中に離して入れ、テスターに表示される電圧の値を、正負の区別を含めて記録する。また、金属板表面の化学変化の様子を観察する。

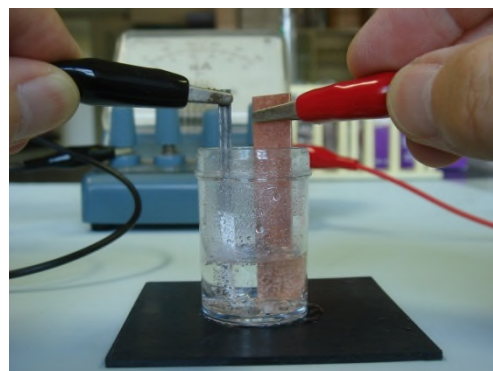
なお、つなぐ組み合わせは、 ${}_4P_2=12$ (通り)である。

- ③ 測定結果を、表などにまとめる。
- ④ 他のグループの実験結果も共有し、法則性がないか比較・検討する。

この実験は、平成20年6月24日「中学校授業実践力向上研修講座」で実施した。そのときの実験結果を例として【表 3-2】示す。

【表 3-2】実験結果の例(単位は[V])

	Cu	Pb	Al	Zn
Cu		+0.31	+0.60	+0.81
Pb	-0.30		+0.29	+0.50
Al	-0.59	-0.29		+0.21
Zn	-0.80	-0.50	-0.22	



【図 3-3】「教師による演示実験」の様子



【図 3-4】「生徒による実験」の様子

4 生物領域における観察・実験教材

(1) 小学校における開発教材

ア 「学調」の分析

過去4箇年の調査で、小学校理科生物領域において正答率が60%以下の問題を補助資料の【表 3-1】に示した。この中で、第5学年の「種子の発芽に必要な条件を調べる」と第6学年の「だ液の働きを調べる」学習については、経年変化を見ても定着が十分とはいえない。これは、5学年の条件に目を向けながら調べる力が6学年の多面的に追究する力につながっておらず、条件を制御して観察・実験を行い、その条件から実験結果を考察する科学的な思考力が育成されていないためであると考えられる。

昨年度、本研究では、第6学年の「2 動物のからだのはたらき」の単元において、デンプンがだ液のはたらきによって変化することを観察し、実験結果に影響を与える条件について考えさせる教材を報告したが、今年度は、その実践について報告する。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領および解説は、この項目について以下のように示している。

小学校学習指導要領 理科編 第6学年 内容 B生命・地球 (1)人の体のつくりと働き
人や他の動物を観察したり資料を活用したりして、呼吸、消化、排出及び循環の働きを調べ、人や他の動物の体のつくりと働きについて考えをもつようにする。

ア 省略

イ 食べ物は、口、胃、腸などを通る間に消化、吸収され、吸収されなかった物は排出されること。

ウ エ 省略

小学校学習指導要領解説 理科編 第6学年 内容 B生命・地球 (1)人の体のつくりと働き
イ 人や他の動物の消化の働きについて、食べた物はどこを通過してどのように変化し体内に取り入れられているかを調べ、食べた物は口から胃、腸へと移動する間に消化されていくことをとらえるようにする。以下省略

新学習指導要領には、第6学年の目標として、自然の事物・現象の変化や働きをその要因や規則性、関係を推論しながら調べ、問題を見いだし、見いだした問題を計画的に追究する活動を通して、物の性質や規則性についての見方や考え方、自然の事物・現象の変化や相互関係についての見方や考え方を養うことである、と示されている。

この単元では、食べ物がからだの中で変化することをとらえさせるために、ごはん粒に含まれているデンプンがだ液によって変化することを調べる実験を行い、条件制御や対照実験の意味を考えさせ、実験の結果からだ液の働きを、まとめるなどの学習活動が求められているといえる。しかし、従来の方法では実験に時間を費やしていることが、学習事項の定着が不十分な理由の一つと考えられる。

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

(ア) 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象を再現できる観察・実験であること

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

(イ) 各学年の指導内容に応じた観察・実験器具の操作技術及び、容易に理解可能な観察・実験であること

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

(ウ) 観察・実験を安全に行う上での配慮事項が盛り込まれているもの

- ・使用する薬品や実験器具に配慮すること。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

教材「お湯を使わないでだ液のはたらきを調べる教材」

【図 4-1】に、教材の概要を示す。また、使用する実験器具は、次のとおりである。



【図 4-1】使用する実験器具

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

実験の手順は、以下のとおりである。

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



【図 4-2】ごはん粒をもみだす



【図 4-3】実験のようす

実験の結果を【図 4-4】に示した。A は青紫色に変化したのでデンプンのあることが分かり、B はヨウ素溶液に反応しないのでデンプンが分解したことが分かる。A と B の条件の違いは、だ液か水の違いだけで、他の条件は同じであることから、デンプンを変化させたものは、だ液であることが考察できる。【図 4-5】に、児童の学習シートへの記入例を示した。



【図 4-4】実験の結果

実験の条件		A	B
		デンプン液 ろ紙 水	デンプン液 ろ紙 だ液
ちがうもの	(水)	(だ液)	
実験結果		A (水)	B (だ液)
結果 (色)		青むらさき色	どうめい

【図 4-5】学習プリントへの記入例

エ 開発教材を用いた授業の実践

開発教材を用いた授業（実践指導）は、平成20年7月22日（火）3校時に花巻市立桜台小学校で、6学年2組（男子20名、女子17名、計37名）を対象に研究協力員の菊池伸教諭が行った。実践指導に先立って、学習の展開について打合せを行った。

(7) 指導計画

- ① 題材名 「だ液のはたらきを調べる実験」
- ② 学習目標
 - ・試験管の代わりにチャック袋を用いた実験で、だ液のはたらきを説明できる。
 - ・本実践をとおして、既習事項の理解を深めるとともに定着を図る。
- ③ 学習指導計画（点線の枠内は本実践前の学習内容と時間）

・動物のからだのはたらき	1時間
・ア 呼吸をして空気中のなにをとり入れているのか	2時間
・イ 食べ物の養分をどのようにしてとり入れるのか	2時間
・酸素や養分はどのように全身に運ばれるのか	4時間

・補充学習（本実践）	1時間
------------	-----

(イ) 指導試案

指導試案は、補助資料に示した。実践指導では、「だ液のはたらきを調べる実験」を児童一人一人が行い、教材の有効性と既習事項の理解を深めることを目的とした。

【図4-6】と【図4-7】に、指導実践の際の児童の様子を示した。



【図4-6】 授業実践の様子



【図4-7】 ヨウ素デンプン反応の観察

オ 実践結果の分析と考察

【表4-1】に、授業実践時の学習シートのまとめの問題の正答率を示した。

【表4-1】 まとめの問題の正答率(%)

問題番号	設問	6月実施 (実践前)	7月実施 (実践時)
①	アの湯は、何より少し高い温度にしますか。	64.8	100
②	デンプンがあるかどうかを調べるイの液は何ですか。	91.9	100
③	イを入れると、液の色はそれぞれどうなりますか（だ液入り）。	67.6	86.1
	イを入れると、液の色はそれぞれどうなりますか（だ液なし）。	70.3	83.3
④	この実験からわかる、だ液の働きは何ですか。	40.5	86.1

実践指導で使用した学習シートは、補助資料に示した。学習シートのまとめの問題は、6月に実施した評価テストの問題と同じものである。授業実践直後の児童の解答の結果を、6月の結果と比較する形で【表4-1】に示した。

実験の操作に関係する①と②の問題に関しては、児童全員が正解していた。

③の試験管の色の変化に関する問題の正答率は、だ液入りが86.1%（36名中31名）、だ液なしが83.3%（同じく30名）であった。不正解の児童は、デンプンの有無とヨウ素デンプン反応の色の関係が把握できていない可能性がある。なお、本実践以前にこの関係を理解

していた児童は、6月の結果から、7割前後であったと考えられる。

④の正答率は86.1%（同じく31名）であった。解答例は、以下はとおりである。

解答例（解答数 34）

- ・デンプンを変化させるはたらき。(31名)
- ・デンプンには消化するはたらきはない。(1名)
- ・だ液を別の物に変えるはたらき。(1名)
- ・物を変化させるはたらき。(1名)

小学校では酵素と基質という用語は使われていないが、だ液中に含まれる酵素であるアミラーゼが、基質であるデンプンに作用して分解して、体内に吸収するはたらきが消化であることを理解させることが大切で、誤答例にはこの関係が理解できていないものが含まれている。

本教材の検証は、補助資料【図Ⅲ-2】に示した平成18年度学調の問題11を用いて、平成20年12月11日（木）に実施した。検証の結果は、正答率（県平均）と合わせて【表4-2】に示した。

【表4-2】出題内容と正答率の比較

問題番号	出題内容	正答率 (県平均)	指導実践 結果
11-(1)	実験条件の設定	78.0	89.2
11-(2)	デンプンの有無とヨウ素液との反応	59.0	73.0
11-(3)	だ液のはたらきを指摘する	61.0	56.8

検証の結果、11-(1)と11-(2)の正答率は、それぞれ89.2%（37名中33名）、73.0%（同じく27名）で県平均を上回った。これは、これらの問題が実験の操作に関するもので、本教材では児童が個別に実験をしたことにより、学習の定着が図られたと考えられる。11-(3)の正答率は56.8%（同じく21名）で、県平均を下回った。しかし、類似の問題である6月の評価問題の正答率に比較すると、検証の正答率が上回ることから定着の状況は改善されているといえよう。検証で正答率が県平均を下回ったことには、実践から検証までの期間の長さが影響していると思われるが、実験の結果から考察する、あるいは、考察した内容を文章で表現することに課題があることを表している可能性がある。また、11-(2)の問題は、11-(3)を解答する上で必要となる知識を含んでいるが、これらの知識が考察の過程で十分に活用されていなかったとも考えられる。

指導実践時の児童の感想を見ると、「はっきり色が変わって、結果がすぐにわかってやりやすかった」など、本教材に対して好意的な記述が多かった。また、「試験管の代わりにチャック袋を使って手軽にできた」、あるいは「チャック袋を、直接、手で暖めていた」などの記述が見られたが、これらの点は教材の開発にあたって配慮した事項であり、児童に評価されていたことが伺える。さらに、この実験では、一般的に、児童はだ液を採取することに抵抗感があるといわれているが、「だ液を入れるのに綿（綿球）を使っていて、やりやすかった」と回答している児童もいて、綿球を使ったことでだ液の採取に対する抵抗感が軽減されていたことも伺える。しかし、一方で「手順が多く、難しかった」と記入している児童もわずかながら見られた。本実験では2つのチャック袋を扱うことから、その扱いや実験の手順が煩雑であると感じた児童もいたようである。

今後の課題は、本教材を県内の各小学校に普及し、実践で活用してもらおうかということと、教員研修などで受けた指摘を検討して、いかに本教材に活かしていくか、ということである。

(2) 中学校における開発教材

ア 「学調」の分析

過去4箇年の調査で、中学校理科生物領域において正答率が60%以下の問題を補助資料の【表3-2】に示した。この中で、「葉と茎と根のつくり」は、経年変化を見ても定着が十分とはいえない。また、「花のつくり」と「植物のなかま分け」の問題で、中学1年は正答率が6割を超えているが、中学2年の調査では、同一問題ではないが正答率が大きく下回っていて、中学1年で学習した内容が十分に定着していないことがわかる。

これらは、野外観察、あるいは身近な植物の観察など実物にふれることで、学習事項の定着につながると考えられる。そこで、本研究は「花のつくり」や「植物のなかま分け」を、実感できる教材の開発を目指した。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領および解説は、この項目について以下のように示している。

中学校学習指導要領 理科 [第2分野] 内容 植物の生活と種類 身近な植物などについての観察、実験を通して、生物の調べ方の基礎を身に付けさせるとともに、植物の体のつくりと働きを理解させ、植物の生活と種類についての認識を深める。 ア 生物の観察 (ア) 生物の観察 校庭や学校周辺の生物の観察を行い、いろいろな生物が様々な場所で生活していることを見いだすとともに、観察器具の操作、観察記録の仕方などの技能を身に付け、生物の調べ方の基礎を習得すること。 イ 植物の体のつくりと働き (ア) 花のつくりと働き いろいろな植物の花のつくりの観察を行い、その観察記録に基づいて、花のつくりの基本的な特徴を見いだすとともに、それらを花の働きと関連付けてとらえること。 (イ) 省略 ウ 植物の仲間 (ア) 種子植物の仲間 花や葉、茎、根の観察記録に基づいて、それらを相互に関連付けて考察し、植物が体のつくりの特徴に基づいて分類できることを見いだすとともに、植物の種類を知る方法を身に付けること。 (イ) 省略
学習指導要領解説 理科編 内容の取扱い ア アの(ア)の「生物」については、植物を中心に上げ、以下省略。 イ イの(ア)については、被子植物を中心に上げること。「花の働き」については、受粉後に胚珠が種子になることを中心に扱うこと。 ウ エ 省略

新学習指導要領には、第2分野のねらいとして、生物の生物現象についての観察、実験などを行うことを通して、基礎的な観察・実験技能を習得させ、結果を分析して解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力を育てるとともに、生物や生物現象に対する基礎的な知識を身に付け、これらを基に科学的な見方や考え方を養うことが示されている。また、生物は共通する特徴に基づいて分類できることも示している。

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

- (ア) 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象を再現できる観察・実験であること
- ・継続的に観察することで花の形態の変化に気がつき、植物への興味・関心を高めることができること。
 - ・被子植物の花や果実の構造を理解することができること。
 - ・花が種子をつくる生殖器官であることが理解できること。
- (イ) 各学年の指導内容に応じた観察・実験の器具の操作技術及び、容易に理解可能な観察・実験であること
- ・教科書の図に記載されている植物の花や果実などの器官の構造を実感できること。

- ・必要に応じてルーペや顕微鏡などの観察器具を用いて観察を行うこと。

(ウ) 観察・実験を安全に行う上での配慮事項が盛り込まれているもの

- ・観察の対象を学校周辺の身近な自然環境に生育する植物とし、必要に応じて、野外での観察を行うこと。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

(ア) 校舎周辺の身近な植物の観察

校舎周辺のサクラを教材として、花の形態、花から果実へ形態を変える様子を観察する。サクラは、校庭や校舎周辺によく植栽されている身近な植物である。観察は、野外でも、室内に花、及び果実を持ち込んでも可能である。

・生態について

サクラは被子植物離弁花類バラ科サクラ属に分類される植物で、日本の野生植物木本 I (佐竹ほか, 1989) には、野生種 15 種、園芸種 10 種が記載されている。岩手県では、野生種 13 種の自生が報告されている (岩手県生活環境部自然保護課, 2001)。

サクラ属には園芸品種も多いことから、正確な同定は難しい。しかし、花と葉が開く時期や生育地の標高に注目すると、大まかな見当をつけることができる。たとえば、エドヒガン【図 4-8】やソメイヨシノは花が葉よりも早い時期に開き、ソメイヨシノは植栽によく用いられているので、よく目にする樹種である。オオヤマザクラ【図 4-9】とカスミサクラ【図 4-10】は、花と葉がほぼ同時に開き、オオヤマザクラはカスミサクラよりも標高の高い地域に生育している。また、オオヤマザクラは、花が淡い紅色で美しいことから、植栽されることも多い。



【図 4-8】 エドヒガン



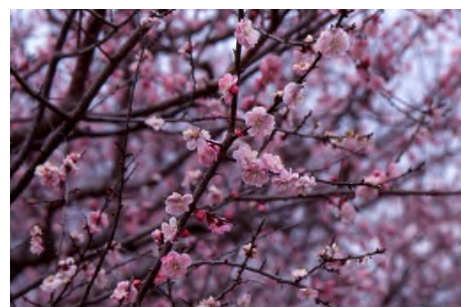
【図 4-9】 オオヤマザクラ

・花について

サクラ属の花は、花弁、がく片、雄しべ、雌しべが揃っている完全花である。花が大きいので観察に適している。サクラ属は、花のつくりが典型的な離弁花類の特徴を持っていることから、多くの教科書にも取り上げられている。岩手県内における開花時期は地域によって異なるが、概ね4月中旬～5月上旬で教科書の進度にあっていて、教材としての可能性を持っているといえる。また、ウメ【図 4-11】やモモなどでも、サクラとほぼ同様な花のつくりが観察できる。



【図 4-10】 カスミサクラ



【図 4-11】 ウメ

- ・ 果実について

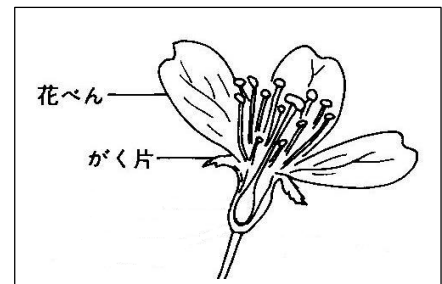
この観察で生徒に定着させたい事項は、胚珠は種子になり、胚珠を包む子房壁は果皮になるという点である。花から果実に形態を変える様子を継続して観察することで、その変化に気がつくであろう。

被子植物は、胚珠が子房によって保護されているという特徴でまとめられるが、花、果実の形態は多様である。しかし、形態の観察を通して、その共通する特徴に基づいて分類がなされているということに気がつくであろう。このようにサクラ属の植物を用いた一連の観察でも、被子植物の花のつくりを理解することは可能である。

観察は、①花の外形、②花の内部のつくり、③花後、形成されつつある果実の継続した観察、である。これらの観察項目で生徒に理解させたい事項と観察のポイントは、以下のとおりである。

- ① 花の外形について

花を分解し、花弁、がく片、雄しべ、雌しべの数を確認する。サクラの花弁とがく片の数は、それぞれ5枚である。雄しべは数が多く、雌しべの周りに環状に配列している。なお、八重咲きはがく片の上部に配列した雄しべが、花弁に変化したものである。



【図 4-12】 サクラの花の縦断面図

- ② 花の内部のつくりについて

花をカミソリの刃などで縦断して、花の縦断面の雄しべ・雌しべ・がく片の位置を確認する。【図 4-12】は、サクラの花の縦断面を模式的に示したものである。雌しべの先端は花粉が付着する柱頭で、下部の膨らんだ部分が子房である。雄しべは基部で合着している。子房とがく片の位置に注目すると、サクラの花は子房の位置ががく片の下部に位置している。

- ③ 花後、形成されつつある果実の継続した観察

果実は、花から形成されるので、継続した観察によって、花が変化して果実が形成されていく様子を観察することが可能である。なお、サクラの果実は中央の核と呼ばれる堅い殻の周囲に果汁を含んだ多肉質が覆う核果である。

(イ) 身近な果実の観察

花後、花が果実に変化していく様子を観察することは重要であるが、果実の観察に限れば、市販されているものを利用することで観察はより容易になる。

教科書には、エンドウ（マメ科、離弁花類）を用いた観察が、取り上げられている。さらに、図版には、アブラナ（アブラナ科、離弁花類）、サクラ（バラ科、離弁花類）、ツツジ（ツツジ科、合弁花類）などが掲載されているが、果実の形態は多様である。

購入できる果実は季節によって異なるが、キヌサヤ（マメ科）、イチゴ（バラ科）、リンゴ（バラ科）、ピーマン（ナス科）、オクラ（アオイ科）などは入手が容易である。これらを用いて、果実の基本的なつくりを観察する。

方法は、果実の外形の観察、その後、果実を切断して、子房の内部の様子を観察する。観察の項目は、①基本的な果実のつくり、②いろいろな果実のつくり、③子房内部のつくりである。それぞれの観察項目で生徒に確実に理解させたい事項と観察のポイントは、以下のとおりである。

① 基本的な果実のつくりについて

基本的な果実のつくりの観察には、やはり、マメ科の植物が適している。マメ科植物の果実の図は、多くの教科書に記載されている。そして、何より、柱頭やおしべ、そして、がく片の跡が残っているのです。花と果実との関係をイメージしやすいという特徴がある【図 4-13】。この観察で、生徒に理解させたい事項は、胚珠が種子になり、子房壁が果皮になるという事実である。被子植物の果実は、種子が果皮によって保護されていることに注目させたい。



【図 4-13】 マメ科植物の果実（豆果）

② いろいろな果実のつくりについて

植物の果実の形態は実に多様である。これは花（果実）が生殖器官で、種によって繁殖の形態が異なる結果である。

果実は、子房が発達してできている場合は真果、子房以外の部分が発達している場合は偽果と呼ばれる。サクラ属の果実は、子房が発達してできた真果である。これに対して、イチゴなどの果実は偽果であり、花の下部の花床（花托）と呼ばれる部分が発達して膨らんだ構造の表面に、真の果実が多数付着している。

子房とがく片の位置に注目すると、リンゴの果実は、果実の柄の反対側に雌しべの跡が残っている。これは、これらの花の子房ががく片よりも下に位置する子房下位であることを示している。このように植物の種類によって、がく片と子房の位置が異なることにも注意させたい。

③ 子房内部のつくりについて

子房内部の観察には、ピーマン（ナス科）、オクラ（アオイ科）などが適している。エンドウには子房内部の空間は1つしかないのです。これと比較して見ると良い。

ピーマンの横断面を観察すると、部屋が3つに分かれている。縦断面には、子房の中心の軸に多数の種子がついている様子を観察することができる。また、オクラ（アオイ科）の場合には、子房内部が5つに分かれているのが観察できる。

今後の課題としては、学校周辺に生育する植物（雑草）の教材化である。これらの植物は、教材としての可能性を秘めているものがある。たとえば、カラスノエンドウなどのマメ科の植物である。マメ科の植物は、花が5枚の形や大きさが異なる花弁からなる蝶形で、果実は豆果、葉は小葉からなるなど、一目でマメ科と分かる特徴を有している。しかも、この植物は多くの花をつけることから、花と果実の両方、あるいは果実を形成しつつあるものを一度に観察でき、一つの個体で多くの生徒が観察できるなどの利点がある。ナズナなどのアブラナ科の植物も一目でアブラナ科と分かる特徴を有していて、多くの花をつけることから同様の観察が可能である。また、帰化植物であるハルザキヤマガラシ（アブラナ科）は開花時期も早く、教科書の進度にもあっている。今後、これらの植物について生育状況や開花時期などを確認し、教材としての可能性を検討していきたい。

5 地学領域における観察・実験教材

(1) 小学校における開発教材

今年度開発した小学校地学領域における観察・実験教材は、第4学年の星座の位置と星の並びに関する教材である。この項目は「学調」の正答率が低いのみならず、小学校教師がその指導を最も苦手としている。したがって、苦手な教師にとっても指導できる教材の開発が求められる。開発した教材は、①書き込み式星座早見版、②手でもってかざす星座シート、③夏の大三角観察記録シートである。この教材を用いて、花巻小学校4年生を対象に指導実践を行った。その実践の1箇月後に定着を見取るための調査を行った。「学調」問題の正答率が38%の問題と同等の類似問題を用いた調査で、正答率が61%となり、星座の位置と星の並び（正確には星の動き）の内容の定着が概ね図られたと考えられる。学習展開例を参考にこれらの教材を授業で活用すれば、指導改善が期待できる。

本県の平成15年度から18年度の4年間の「学調」における小学校地学領域の全問題の正答率の分析の結果、正答率の低い内容は特定の項目に限られる（稲森ほか、2007）。正答率3割台から4割と定着が図られていない学習内容は、第3・4学年の太陽や月・星の動き、第6学年の堆積岩ができる地層である。このうち、過去2年間に太陽の動きと堆積岩の教材を開発し授業実践を経てその効果を検証した。

この分析結果は、教師が抱いている苦手意識の項目と強い相関がある。小学校理科の指導にかかる実態調査（岩手県立総合教育センター、2006）の結果、小学校理科の中で最も苦手意識が高い項目は、夏の星座の観察、冬の星座の観察、月の観察と天体観察が独占している。いずれも教員の半数近く（45%）が苦手としている。次に苦手な項目は星座の位置と星の並びが37%、地層の観察が36%であり、地学領域が続く。

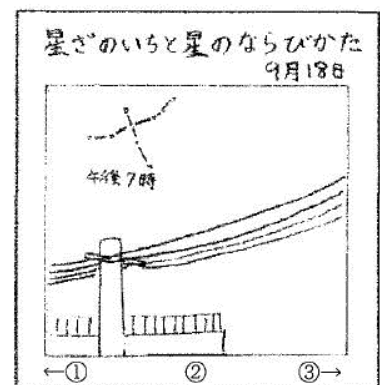
本章では、最初に星座の位置と星の並びの「学調」の分析を、次に、観察・実験教材の備えるべき要件を、それらに基づき開発した教材と指導実践を紹介する。最後に実践結果の分析と考察を行う。

ア 「学調」の分析

「学調」における小学校地学領域の正答率の低い3割台から4割と定着が図られていない学習内容は、第3・4学年の太陽や月・星の動き、第6学年の堆積岩ができる地層である。このうち、教材の開発をまだ行っていない第4学年の星座の位置と星の並びに関する内容について今年度の研究対象とした。

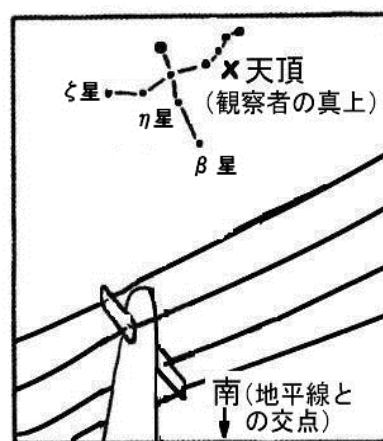
星座の位置と星の並びの内容では、平成15年度「学調」において、天球ではくちょう座の位置から地平線各地点の方位を問う問題が出題された。この正答率は38%とかなり低い。しかし、この問題自体には、二つの不適切な点がある。第一は、出題の図に見られるはくちょう座の位置である。この日時に日本では、はくちょう座は天頂付近にある。出題の図（【図5-1】）は、はくちょう座を日本ではなく北極に近い地点から観察したものである（もっとも北極なら全ての方位が南になる）。第二は、はくちょう座のくちばしの向きから南の方位を問う点である。日周運動に伴いはくちょう座のくちばしの向きは変化する。ある時刻におけるはくちょう座の位置と方位の関係を問う問題は児童にとっては極めて難解な問題になる。

第一の出題の図に見られるはくちょう座の位置が不適切な点について述べる。9月18日午後7時のはくちょう座は天頂付近にある。岩手県で観察するとくちばし付近（ β 星



【図5-1】平成15年度「学調」問題

アルビレオと^{イータ} η 星)と右の翼の先端(^{ジータ} ζ 星)を除き、半分以上が北に位置する(【図 5-2】)。「学調」の図は建物と電信柱の見え方との位置関係から南の高度45度付近にはくちょう座が位置しているように描かれている(【図 5-1】)。



【図5-2】はくちょう座の正しいスケッチ

第二のはくちょう座のくちばしの向きから南の方位を問う問題が不適切な点について述べる。天頂付近の星座(しかも半分以上が北天を通るはくちょう座)に対して、さらに、はくちょう座のくちばしの向きはその日の時刻により変化するので、南の方位は決定しにくいからである。方位は頭の真上(天頂)から地平線へ下ろした鉛直な面との交点の位置で決定される。北極星の近くにある天の北極と天頂を通る天球上の大円(天の子午線)が、地平線と交わる2点のうち、天の北極に近い方を北(北天)、遠い方を南(南天)という。天頂付近を通過する星座の場合、方位を決定するには天頂の位置の把握が必須となる。さらに、方位を決定するはくちょう座のくちばしの向きはその日の時刻により変化する。その向きは、昇ってくるときが東を、天頂では南を、沈むときは西を向く。このように、日時を指定したはくちょう座の図から、南の方位を決定させるにはかなりの観察経験が必要になる。

【図 5-1】の日付とその時刻は、東京書籍の教科書に掲載された図と同じであることから出題者はそれを参考にして作問した。特定の時刻のはくちょう座と方位の関係が重要なのではない。星の観察のねらいは、はくちょう座(星)も、太陽や月と同じく東から西へ日周運動をしていることを児童に理解させることである。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

観察・実験教材の備えるべき要件は大きく三つである。①星の動きを教室でも再現できること、②児童にとって星の動きをできるだけ正確に、かつ、容易に操作でき、星の動きを実感できる観察教材(夏の大三角の観察教材の備えるべき要件として、観察時の視点の移動が最小限であること、西への日周運動が確認できること)、③自宅で安全に観察できる配慮事項が盛り込まれていることである。①はIV 1の「ア 学習指導要領に関連した科学的・現象を再現できる観察・実験」に、②は「イ 指導内容に応じた操作技術、容易に理解可能な観察」に、③は「ウ 観察・実験を安全に行う上での配慮事項」に対応する。

備えるべき要件①星の動きを教室でも再現できることは、下に示す学習指導要領及び解説

小学校学習指導要領 理科編 第4学年 内容 C地球と宇宙

(1) 月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えをもつようにする。

ア 月は絶えず動いていること。

イ 空には、明るさや色の違う星があること。

ウ 星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること。

小学校学習指導要領解説 理科編 第4学年 内容の取扱い C地球と宇宙

明るく輝く星をいくつか結んで何かの形に表すと、星の集まりをつくることができる。それらの星の集まりを数時間後に観察すると、位置を変えていることに気付く。ここでは、星の集まりを観察し、地上の木や建物を目印にして調べたり、方位で表したりする活動を行い、時間の経過に伴って並び方は変わらないが位置が変化していることをとらえるようにする。(中略)

この学習では、実際に月や星を観察する機会を多くもつようにし、天体の美しさを感じるとる体験を重視する。夜間の観察の際には、安全を第一に考え事故防止に配慮する。(以下略)

に基づいている。この項目のねらいは「星の集まりは、1日のうちでも時刻によって、並び方は変わらないが、位置が変わること」の理解である。このねらいに沿って、昼間に教室で

星の動きを体感できる教材が必要になる。

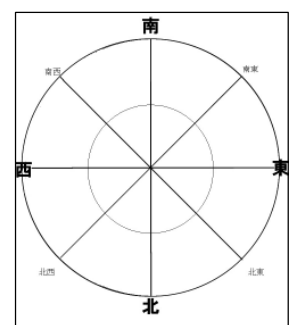
備えるべき要件②児童にとって星の動きをできるだけ正確に、かつ、容易に操作でき、星の動きを実感できる観察教材の開発に当たっては、「星の集まり」として、「学調」にも出題されているはくちょう座や夏の大三角の観察に関して現状を分析した。その結果、夏の大三角の観察教材の備えるべき要件として、観察時の視点の移動が最小限であること、西への日周運動が確認できることが必要となった。

はくちょう座や夏の大三角は天頂付近を通過する。確かに夏の大三角形は天頂付近を通るので、空の明るい都会でも、緯度の異なる沖縄や北海道でも観察できる利点はある。しかし、天頂付近の正確なスケッチは、児童にとってはかなり難解である。【図 5-2】は筆者が9月18日午後7時のはくちょう座をスケッチした図である。この図を作製するには、目印の乏しい天頂付近のはくちょう座を自宅付近で観察し、上から下へ視点を移行させつつも正確にスケッチし、そのときに方位とも関係付ける必要がある。このように三つの困難な操作がほぼ同時に伴う。この観察、スケッチ、方位との関係付けという三つの困難な操作が児童にとっては問題となる。

①指導者がいない自宅での観察で、天頂付近の目印（電線など）がある観察地点を決め、観察位置を固定して真上の天空を見るという設定が困難である。観察者の視点がほんの少し動いただけで目印と星座との位置が変化する。顔を固定したまま、同時に紙にスケッチできればよいが不可能である。②視点を上（天空）から下（紙）に移動させてのスケッチが困難である。視点を移動させた際、方位も逆になる。さらに、対象を見ながら描き写すのと比べ、一度位置を記憶してから描くので位置のずれが大きくなる。③天頂では方位との関係付けが困難である。

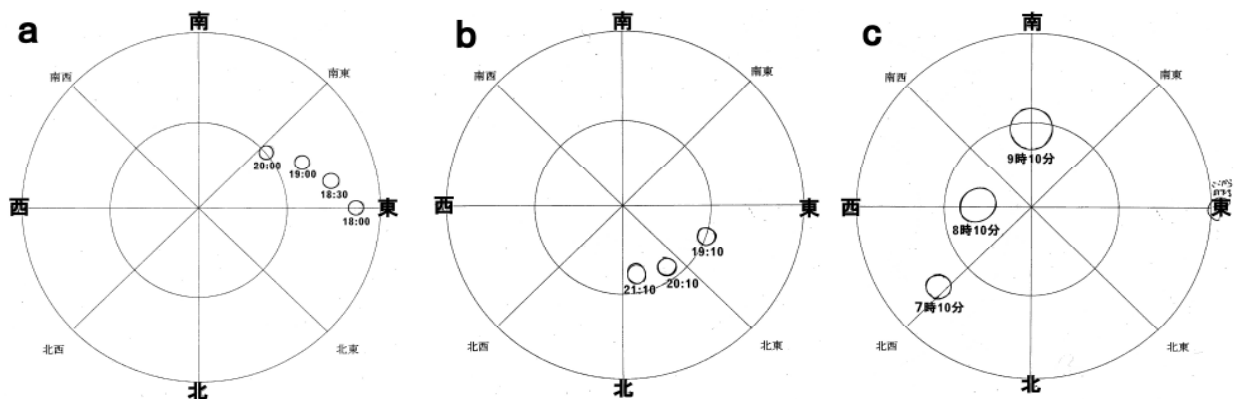
【図 5-2】には天頂の位置を示してある。天頂と東西を結ぶ大円を挟み天球の南側か北側かが決まる。方位も含めた空間的な位置関係が認識されていないと、天頂付近のスケッチで東西南北を決定するのはかなり難しい。高校生に自宅で天頂付近の夏の星の大三角の1時間ごとの動きをスケッチさせたことがある。その結果、天球上の位置を正確に描けた生徒はほとんどいなかった。まして、4年児童ができるとは考えられない。そこで、②児童にとって星の動きをできるだけ正確に、かつ、容易に操作でき、星の動きを実感できる観察教材の詳細な要件を明らかにするために、月の観察をとおして調査を行った。

月の観察をとおして児童における天球上の天体位置の認識と、視点を上から下に変化させスケッチができるかどうかの調査を行った。スケッチの記録用紙は、星野（1977）が提案した円が地平線でその中心が天頂に当たるものを使用した（【図 5-3】）。8方位を中心から線分で、高度45°を天頂と地平線の間で小円で示した。調査は、月の動きをとらえさせるため、月の1時間ごとの位置を3回、円内の天球上にスケッチさせた。通常使用する、ある方位の地平線から天頂近くまでの短冊型の記録用紙では、児童は地平線から空に向かって位置を確認して用紙に書き込む。これに対し、この記録用紙では、地平線からの月の位置を確認後、児童



【図5-3】月の動き観察記録用紙

は、天を仰いだ状態で、天球の大きさを記録用紙の小さな円に縮小させて月の位置を書き入れることになる。天球という空間にどの程度正確に月の位置を記せるかという空間の認識を調査する。月を扱ったのは、観察高度が適しているからである。天体と方位の関係を理解させるのならば地平線から高度45度付近の天体が適切である。なぜなら、学習指導要領解説に記載しているように天体（星座）と風景とが同時にスケッチできるため、風景を指標にして天体（星座）の動きを確かめられ、かつ、視点の移動がないので方位をとらえやすいからである。位置や方位を確認しやすい月の位置を天球に書き込ませることで、それが難しいはくちょう座の観察方法を探るのが目的である。花巻小学校の児童に晴れた10月14日～15日（15日が満月）

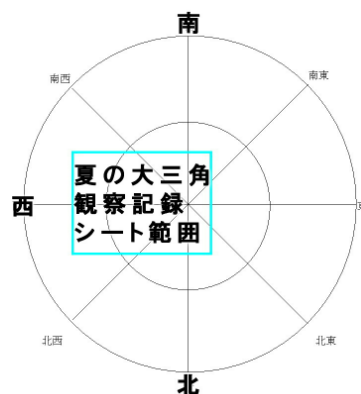


【図5-4】月の動き観察記録用紙 a：正確な経路，b：北側通過，c：北西から南東へ移動，西で最大高度(月も徐々に巨大化)

にかけて月の動きを観察させた。

月の南中高度や月の出入りの地点は季節によって大きく変化する。10月中旬の月の出から月の入りまでの経路は概ね東北東の地平線から、南の小円内(15日南中高度 63°)を経て、西北西の地平線までの弧状になる。なお、記入用紙上での満月の直径は、地平線を示す円の直径が17cmなので0.47mmに相当する。

観察させた結果、正確な経路を描けた児童は31名中2名(6%)である(【図5-4】のa)。観察用紙の分析は、次の三つが正しいものを正解とした。①経路(東から西)，②1時間当たりの移動角度(15°)，③南通過である。月の大きさに関しては、評価しなかった。内訳は経路6名(19%，このうち4名は移動角度が大きかったため不正解と判定)，移動角度8名(26%)，南通過12名(39%)であった。北通過が5名(16%)(【図5-4】のb)，その他の経路が14名(45%)である。その他の経路では、東から南に動くに従い高度が低下したり、逆向きやそれ以外の向きに動いていた(【図5-4】のc)した。なお、月の大きさは、1～2cmのものがほとんどで、最大4.7cmであった。2.0cmの直径だと実際の42倍の月を、4.7cmだと実際の100倍の月を描いたことになる。月の動きのスケッチの分析結果から、視点を移動させてのスケッチという操作を経て天球上の天体位置を児童に認識させるのは極めて困難なことが明らかになった。同じ方法で夏の大三角の動きをスケッチさせるのはより困難である。そこで、夏の大三角の観察教材の備えるべき要件として、観察時の視点の移動が最小限であること、西への日周運動が確認できること結論付けられる。この要件を満たした、観察範囲を天頂付近から西の夜空まで限定(【図5-5】)した透明シートを新たな教材として開発した。



【図5-5】観察記録用紙と夏の大三角観察記録シートの位置関係

③自宅で安全に観察できる配慮事項が盛り込まれていることに関しては、児童への指示事項を作成した。これにより、児童の観察の視点や教師の安全への指示がより明確となる。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

地学領域において学習の定着を図るための観察・実験教材を、「星座の位置と星の並び(第4学年)」を例に紹介する。観察・実験教材の備えるべき要件の3つに基づき、夏の大三角観察記録シートを中心に、定着を図る学習展開上必要な三つの教材を開発した。それは、①星の動きを教室でも再現できる要件に基づき、書き込み式星座早見版(学習展開例のA教材)、手でもってかざす星座シート(B教材)を、②児童にとって星の動きをできるだけ正確に、かつ、容易に操作でき、星の動きを実感できる観察教材に基づき夏の大三角観察記録シート(C

教材)を開発した(【図 5-6~8】)。さらに, ③自宅で安全に観察できる配慮事項が盛り込まれている要件として, 児童への指示事項を作成した。以下に開発教材について解説する。

書き込み式星座早見版は, 星座名が書かれていないケント紙の星図と指定した日時の夜空が楕円に現れるトラペンシートとを足割ピンでとめたものである。この教材のねらいは星座名が書かれていないので夏の大三角などを探させたり, 星座名を記入させたりと授業展開に応じて活用できる。この教材の最大の特徴は, 製作時間の短さである。はさみがあれば多くの児童が4分以内で製作できる。

手でもってかざす星座シートは, 実際見える星座の大きさを児童が手を伸ばして持った星座の写真で表したものである。山田(1995)の実視角星座カード星写真に当たる。この教材のねらいは観察が困難な星座を昼間の教室内で児童にイメージさせ, 夜の観察の支援ができることである。書き込み式星座早見盤で夜空での星座の位置を確認させた後, 実際見える星座の大きさをこの教材で確認させる活用方法が有効である。

夏の大三角観察記録シートは, 透明なシートを天頂にかざし児童が上を向いたまま記入できるものである。この教材のねらいは, 第一に星座の位置のできるだけ正確な記入, 第二に夏の大三角が東から西へ動く観察事実の確認である。この教材の最大の特徴は, スケッチによる観察時期を8月から11月まで対応させ, どの時期でも西への動きを確認できることである。

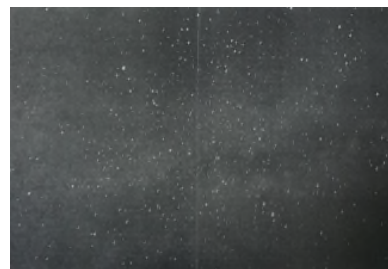
次の四つの改善点により, この教材は, 星の動きも, 太陽・月の動きと同様の日周運動をすることをとらえさせる上で効果的である。西を向いて観察させる点(方位は西のみを意識させる), そのため観察範囲を天頂付近から西空までの領域に限定した点(一方向の観察), 天頂を夜光塗料で示し暗闇でも真上を確認できる点(目印が天頂), 周囲を厚紙枠で補強した透明なシートなので児童は上を向いたままマジックで記入できる点(視点の移動がない)である。

天体の観察経験の少ない教師にとっても, 学習指導要領解説記載されている「目印」として天頂, 「方位」として西に焦点化したので指導の改善に有効となる。夏の星座の観察, 冬の星座の観察, 月の観察は教員の半数近く(45%)が苦手としている項目である(岩手県立総合教育センター, 2006)。しかし, 太陽の観察(影の動き)を苦手としている割合は2%と極端に低い。実は, 太陽も月も星も, 1日の動きは全く同じ原理である。この結果から, 日周運動の原理について観察事実から実感を伴って教師が理解していないと推測される。これらの教材は, 星空観察の経験不足や, 児童への自宅で観察させる際の指示の不安を解消して, 教師が把握しておく地球の自転による日周運動の原理の理解を促進できる。

夏の大三角観察記録シートを安全にかつ観察をできるだけ正確に行わせるため次ページ上に枠で囲って示した児童への指示事項を作成した。指示事項は, 観察の事前準備と観察する際の二つに分け, それぞれ手順, 留意事項について箇条書きで示した。この中には, 夏の大



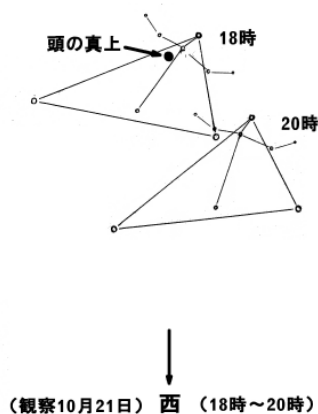
【図5-6】書き込み式星座早見版



【図5-7】手でもってかざす星座シート



【図5-8】夏の大三角観察記録シート



【図5-9】夏の大三角観察記録例

夏の夏の大三角観察記録シートを活用して星の動きをスケッチするときの児童への指示事項

1 暗くなる前に

- ①磁石で方位を確かめ、自宅近くで、真上の空、北の空、西の空が見える場所を探す。
- ②頭の真上に電線や、目印がある場所がよい。
- ③場所が決まったら、西を向いて座れるようにイスをセットする。

2 暗くなったら

- ①イスの前に立ち、正面を向いたまま両手を両脇に挙げ、首だけ右に回し北極星を見つける。北極星を右手で指す。右手が北、真正面が西、左手が南となる。イスが西を向いていることを確認して座る。ずれている場合はイスを西に向けて座る。
- ②夏の夏の大三角観察記録シートを頭上に掲げ、シートの真上の点(予め塗ってある蛍光塗料に光を当てておくと暗闇でも光る)を頭の真上に持ってきて合わせる。
- ③夏の夏の大三角がシートの中に収まるように手を縮める。その状態で2度目も観察するので手を縮めたその状態を記憶しておく。
- ④夏の夏の大三角の位置をマジックで記す。電線などの目印がある場合は、いっしょに記す。
- ⑤1時間後、または、2時間後に繰り返す。

三角観察記録シートの正しい使い方のみならず、体を使った操作で正しい方位を容易に知ることができる方法を示してある。西の方位の確認は方位磁針で昼間にできる。夜の観察時には北極星の位置と児童の体の向きとの関係から再度西の方位を確認させる方法を開発した。なぜなら、偏角(岩手県では方位磁針のさす北が真の北より西に8度ほどずれている)のため方位磁針で必ずずれる北の方位(つまり、全ての方位)を偏角という概念を知らなくても児童が修正できるからである。

エ 開発教材を用いた授業の実際

開発教材を用いた授業(指導実践)は、平成20年11月11日(火)4校時に花巻小学校4

「星の動き」学習展開例

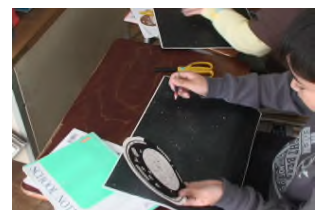
三つの開発教材

- A 書き込み式星座早見版(星図、天球透明シート、足割りピン:はさみ、千枚通し、発泡スチロール)
- B 手でもってかざす星座シート
- C 夏の夏の大三角観察記録シート(既に配布済み)

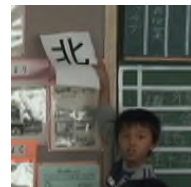
- ①Aの製作。最初に千枚通しの安全な使い方を説明する。
発問:「この星座早見盤には市販のものに書いてある何かを書いていません。それは何ですか?」→星座名なし
- ②Aから「夏の夏の大三角」を探させ、線で結ばせる。三つの星座名を書かせる。
- ③Bから夏の夏の大三角をみつけさせる。
- ④教室で夜見える夏の夏の大三角の位置をイメージさせ、Bを天井にかざす。「これから教室で夏の夏の大三角の位置を確かめます。そのために、東西南北を確認します。」(磁針で確認させ、教室に東西南北の紙を貼り付ける)
- ⑤Aで本日の18時の星空に合わせさせる。児童に西を向かせ、夏の夏の大三角の位置を確認させる。
- ⑥西を向いたまま、Aで確かめた位置に(頭の上に)Bをかざさせる。
- ⑦Cの観察結果の発表。
「実際にみんなが観察した結果を発表してもらいます。1(2)時間後の動きはどうなっていますか?」西に動いているのを確認。
- ⑧Bを頭上にかざし、1時間後、2時間後の動きを実際に行わせる。
- ⑨「どのように動いていましたか。太陽や月の動きと比べるとどんなことに気がつきましたか?
太陽、月、星も東から西に動いていることを確認。
※なお、この時間は、星も太陽・月と同じ日周運動をしていることをとらえさせるのみにする。北天の動きから天球全体の動きをとらえさせるのは次時以降に取り扱う。



【図5-10】星座早見盤の製作



【図5-11】夏の夏の大三角の位置確認



【図5-12】方位の確認



【図5-13】星座シートで動きを確認

年1組31名（男19名，女12名）を対象に研究協力員の佐藤由之教諭が行った。その際、前ページ下に示した枠内の学習展開例を検討し、予め開発教材を用いた授業の流れについて確認した。

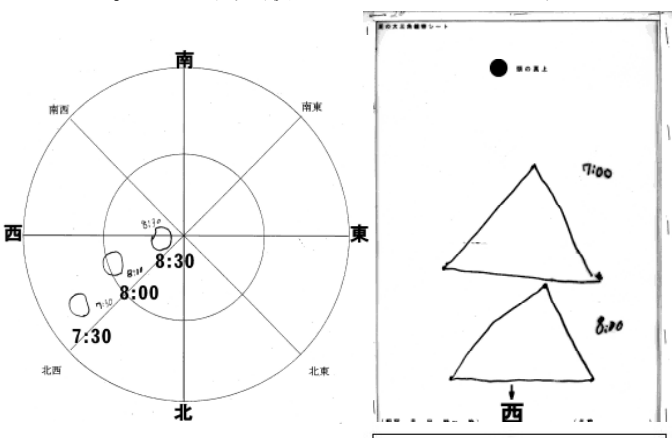
夏の大きな三角観察記録シートを自宅に持ち帰らせ、観察結果を記入させたシートを活用した。観察日は11月4日から7日までの晴れた日である。星座早見版と手でもってかざす星座シートは当日配布した。指導実践は、概ね学習展開例のとおり実施された。その授業の様子の一部を【図5-10～13】に掲載した。

オ 実践結果の分析と考察

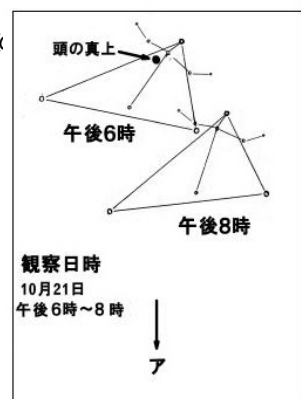
花巻小学校4年生を対象にした指導実践の1箇月後に定着を見取るための調査を行った。学調問題の正答率が38%の問題と同等の類似問題を用いた調査で、正答率が61%となり、星座の位置と星の並び（正確には星の動き）の学習内容の定着が概ね図られたと考えられる。ここでは次の2点、

①児童のスケッチから明らかになった夏の大きな三角観察記録シートの星の動き観察に関する評価、②内容の定着が図られたかどうかを見取る調査結果の分析について述べる。

夏の大きな三角観察記録シートを使った夏の大きな三角の動きの観察において、東から西への動きとして正確にスケッチできた児童は提出17名中11名である。正解率は65%であり、夏の大きな三角の星の動きの観察に有効であることが確かめられた。提出率が55%で、更に観察操作も異なるので単純に比較できないものの、月の経路観察における正解率6%と比べると大幅に改善された。【図5-14】には観察結果を比較するため、同一児童の二つのシートのスケッチを示した。この児童は月の動きを逆



【図5-14】同一児童による月の動きと夏



【図5-15】定着の検証問題A（アの方位を問う）

に（図では北西から南東へ）描いている。しかし、夏の大きな三角では西へ移動している様子が正確にスケッチできるようになった。

誤ったスケッチを提出した児童は6名である。その内訳は、逆向きに動いているものが2名、北へ動いているものが2名、星座が小さくなり南へ移動しているものが1名、同じ位置で大きな三角が逆向きに交差しているものが1名である。

内容の定着が図られたかどうかを見取る調査を、指導実践の

1箇月後に行った。実施期日は、12月12日（金）の第1校時である。問題は2種類使用した。一つは、開発教材「夏の大きな三角観察記録シート」のスケッチに基づき星座の動く向き

問題 右の図は、星ぎの位置と星のならびかたが時ごとともにどうかわるか、9月18日の午後7時と午後9時に家の近くで調べ、カードに記録したものです。

これについて、下の(1)～(3)の各問いに答えなさい。

(1) 観察した星ぎは何ですか。その名前を書きなさい。

(2) 図の①、②、③に当てはまる方位は何ですか。次のア～エから1つ選び、その記号を書きましょう。

ア ①が東、②が南、③が西
 イ ①が南、②が西、③が北
 ウ ①が西、②が北、③が東
 エ ①が北、②が東、③が南

(3) 午後11時に観察すると、星ぎの位置や星のならびかたはどうなりますか。次のア～エから1つ選び、その記号を書きましょう。

ア 星ぎの位置も星のならびかたもかわらない
 イ 星ぎの位置はかわるが、星のならびかたはかわらない
 ウ 星ぎの位置はかわらないが、星のならびかたがかわる
 エ 星ぎの位置も星のならびかたもかわる

【図5-16】定着の検証問題B（図5-1を改善した「学調」同等類似問題）

(方位)を問う問題A(【図5-15】)、もう一つが学調の問題を改善した同等レベルの類似問題Bである(【図5-16】)。東から西への星の動き(日周運動)を、問題Aでは観察体験を基に直接「西へ」と答えさせるのに対し、問題B(2)では2時間の星座の動きから更に見えない地平線までの空間の広がり进行思考させ「東と西、そして南」の方位を答えさせる。問題Aは茂庭・照井(2004)の体験的な実感を、問題B(2)は思考的な実感について探る問題である。調査の結果、問題

Aでは、正答率が87%(31名中27名正解)、問題B(2)では、正答率が61%(同じく19名)であった(【表5-1】)。このことから学習内容の定着は図られたとみてよい。ただし、体験的な実感をさらに思考的な実感まで高めるための方策については課題が残る。

【表5-1】「星の動き」学習内容の定着に関する検証問題の正答率比較

出題元	平成15年度「学調」	本研究
問題の種類と番号		
問題A 東から西への日周運動		87%
問題B(2) 星座と方位(日周運動)	38%	61%
問題B(1) 星座の名称	75%	97%
問題B(3) 星座の並びと動き	84%	90%

より詳細に分析すると、問題A正解者27名のうち、問題B(2)の正解者は17名(63%)である。これは、今回の開発教材による「星の動き」に関する思考的な実感の有効性がおよそ6割であることを意味する。なお、問題B(2)の正解者19名の中で、問題Aが不正解のものは2名であった。逆に、問題B(2)の不正解者12名のうち、問題Aが正解のものは10名であった。

(2) 中学校における開発教材

ア 「学調」の分析

今年度開発した中学校地学領域における観察・実験教材は、第1学年の大地の変化の火成岩のつくりに関する教材である。この項目は「学調」の正答率が低いのみならず、中学校教師が標本を提示することにより、観察することが多く、その主体的な活動にはなりにくい学習内容である。したがって、個別の学習教材の開発が求められる。

開発した教材は、簡易偏光観察器である。研究協力員と指導内容の年間指導計画の関係から、指導実践は行わなかったが、平成21年度以降の要請研修、各種研修講座で活用していきたい。

本県の平成15年度から19年度の5年間の「学調」における中学校地学領域の全問題の正答率の分析の結果、正答率の低い内容は特定の項目に限られる(稲森ほか, 2007)。正答率3割台から4割と定着が図られていない学習内容は、第1学年の火山岩の組織の特徴、深成岩・火成岩のでき方に関する記述問題である。

イ 観察・実験教材の備えるべき要件

新学習指導要領および解説は、この項目について以下のように示している。

中学校学習指導要領 理科 [第2分野] 2 内容 (2) 大地の成り立ちと変化

大地の活動の様子や身近な岩石、地層、地形などの観察を通して、地表に見られる様々な事物・現象を大地の変化と関連付けて理解させ、大地の変化についての認識を深める。

ア 火山と地震

(ア) 火山活動と火成岩

火山の形、活動の様子及びその噴出物を調べ、それらを地下のマグマの性質と関連付けてとらえるとともに、火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを成因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 [第2分野] 2 内容 (2) 大地の成り立ちと変化

ア 火山と地震

(ア) 火山活動と火成岩について

また、身近な建物などの石材を観察したり、標本サイズの岩石を割ったり、磨いたり、プレパラ

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

(ア) 学習指導要領の指導事項に関連した科学的事象・現象を再現できる観察・実験であること

- ・標本を観察するのではなく、岩石を割ったり、磨いたり、プレパラートを作製することをおし、岩石への興味・関心を高めることができること。
- ・観察する教材を自作でき、目的意識を高めることができること。
- ・火山岩と深成岩の観察を行い、組織の違い理解することができること。
- ・造岩鉱物は岩石を見分けるために扱い、その特徴である、色や形の違いについて理解できること。

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

- ・教科書の図に記載されている火山岩と深成岩の観察を行い、それらの組織の違いを実感できること。
- ・個別の簡易偏光観察器を用いて観察を行うことにより、火成岩のつくりの違いについて理解できること。

(ウ) 簡易偏光観察器の作成は、比較的簡単にでき、時間と費用が抑えられること。

- ・2単位時間を連続して確保し、学習時間を充実させ、岩石薄片の作成と観察をすることにより、火成岩のつくりの違いについて理解できること。
- ・身の回りのものを活用したものづくりにより実感を伴った理解ができること。

ウ 学習の定着を図るための観察・実験教材

実験教材「簡易偏光観察器」

【図5-17】に、教材の概要を示す。また、準備するものは、次のとおりである。

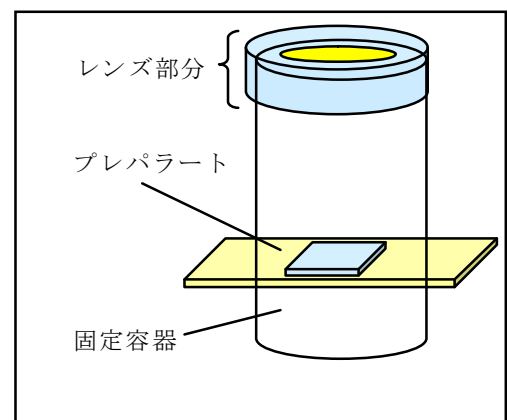
- ・プラスチックルーペ(φ23mm)
- ・実験用偏光板
- ・固定する容器(棒ビン, アクリルパイプ ペットボトル350mlなど※ペットボトルは、溝が入ったものが加工しやすい)

以上の実験教材を用いて、観察を行う。

(ア) 実験教材の作成

① レンズ部分について

- ・プラスチックルーペの持ち手の部分を切断する。
- ・フタやキャップに円形の穴をあけ、プラスチックルーペを固定する。
- ・フタの大きさに適宜合わせ、偏光フィ



【図5-17】簡易偏光観察器



ルムを固定する。

② 固定容器について

- ・卓上丸鋸盤で、底面を切断する。
- ・容器の側面にプレパラートを入れるための溝をつける。
- ※焦点距離を合わせるようにする。
- ・さまざまな固定容器で作成した簡易偏光観察器を【図 5-18】に示す。

(イ) 岩石標本の作成

① 電着ダイヤモンド砥石について

【図 5-19】に電着ダイヤモンド砥石を示す。

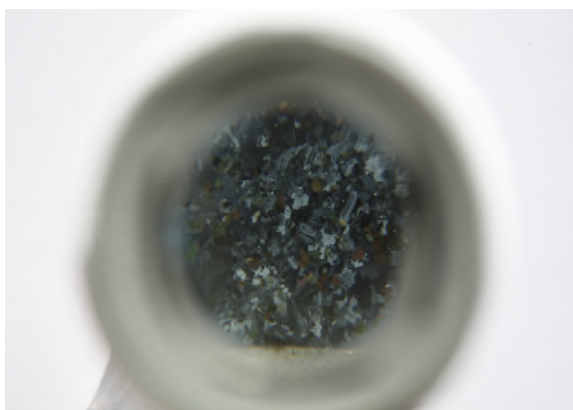
- ・岩石切断研磨機がない場合は、電着ダイヤモンド砥石を使用し、岩石薄片を製作するとよい。
- ・ダイヤモンドは地球上で一番硬い材質である。
- ・砥石の面の減りが少ないため、平面精度を長く保てる。
- ・高いものもあるが、安価で比較的粗いもの(#150, #300, #400, #800)で、十分である。

② 岩石を割り、粗い電着ダイヤモンド砥石で磨く。
次第に細かい電着ダイヤモンド砥石に変えて磨く。

③ バルサムやレークサイドセメントにより、研磨した岩石を固定し、反対の面を②にあるような方法で磨いて、岩石標本を作成する。

(ウ) 観察の実際

【図 5-20】(その 1 とその 2) に、簡易偏光観察器により見える岩石標本の様子を示す。



【図 5-20】花こう岩の観察例(その 1)

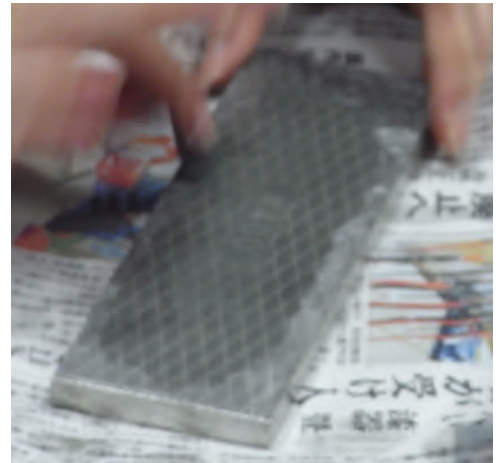


【図 5-20】花こう岩の観察例(その 2)

観察する岩石薄片のプレパラートのカバーガラスの反対側には、予め偏光フィルムをつけてから、観察する。同じ岩石薄片のプレパラートであっても、レンズ部分を回転させることにより、色がちがって見える。簡易偏光観察器を使うことにより、一人一人が、斑状組織や等粒状組織の特徴をとらえ、その違いを実感できる。また、個別にスケッチできるので、観察に十分時間をかけることが可能な実験教材である。

V 研究のまとめ

【図 5-18】簡易偏光観察器



【図 5-19】電着ダイヤモンド砥石

1 研究の成果

過去3年間、小・中学校理科における「学調」の正答率の低い単元を中心に学習内容の定着を図るための観察・実験教材を30以上開発した。今年度の開発教材は大気圧デジタル差圧計、化学変化から電気エネルギーをとり出すことを実感できる教材、お湯を使わないで液のはたらきを調べる教材(昨年度開発教材を使い指導実践)、夏の大三角観察記録シートなど小・中学校理科4領域合わせて13になる。指導実践は、1学期授業単元を中心に小学校教材として生物、地学で、中学校教材として物理、化学で行った。指導実践の約1箇月後に理科における学習内容の定着状況を見取るため「学調」の出題問題、あるいは、類似問題で事後テストを行った。その結果、「学調」の正答率の低い問題において、開発教材を授業で活用すれば児童・生徒の学習の定着を図ることが概ねできた。今年度研究の成果として、次の3点が挙げられる。

- (1) 小学校及び中学校理科における学習の定着を図るため、過去3年間の研究では網羅できなかった正答率の低かった単元に対する新たな観察・実験教材を開発することができたこと。
- (2) 「学調」の正答率の低い問題において、開発教材を用いることで児童・生徒の学習の定着を図ることができたこと。
- (3) 単年度研究での取組が難しかった1学期の授業単元の指導実践ができたこと。

2 今後の課題

過去3年間における研究で、小学校及び中学校における学習の定着を図るため、新たな観察・実験教材を開発してきた。しかし、学習指導要領の改訂に伴い、さらに開発教材を追加、改良する必要がある。

おわりに

本研究を進めるにあたりご協力いただきました4名の研究協力員の方々、研究の実践にご協力いただきました学校の先生方、児童・生徒の皆さんに心から感謝申し上げます。

【引用文献】

- 稲森藤夫・茂庭隆彦・菅原尚志・佐藤有・柴田敬教(2008),「理科における学習の定着を図るための観察・実験教材の開発に関する研究」,『岩手県立総合教育センター教育研究 163 (CD版)』
- 岩手県生活環境部自然保護課(2001),『岩手県野生生物目録』,pp. 23-25
- 岩手県立総合教育センター科学産業教育室(2006),『小学校理科の指導にかかる実態調査集計結果』,pp. 1-23
- 角屋重樹・林四郎・石井雅幸(2005),『小学校理科の学ばせ方・教え方事典』教育出版,p. 135
- 佐竹義輔・原 寛・亙理俊次・富成忠夫(1989),『日本の野生植物木本 I』,平凡社,pp. 186-187
- 高橋和夫・菅原尚志・佐藤有・佐藤嘉宏(2007),「理科における学習の定着を高めるための観察・実験教材の開発に関する研究」,『岩手県立総合教育センター教育研究 162 (CD版)』
- 星野 仁(1977),「星の明るさと色〈小〉ーその指導の一例ー」,『新地学教材の研究』,コロナ社,pp. 10-11
- 茂庭隆彦・照井一明(2004),「地殻変動を実感させる学習展開と地質教材の開発」,『日本地学教育学会岡山大会講演予稿集』,pp. 52-53.
- 山田幹夫(1995),「実視角星座カード星写真を活用する『星とその動き』の教室実習」,『理科の教育』,vol. 44, No. 12, pp. 4-5

【参考文献】

- 石原勝敏・山上健次郎(1983),『図説教材生物 上』,共立出版
- 菅原亀悦編著(1994),『岩手の樹木百科』,岩手日報社