

自然の事物・現象について理解を深める 理科の学習展開に関する研究

— 日常生活と関連付けた教材開発を中心に —（第1報）

科学産業教育室

神 部 謙 二
高 橋 和 夫
菅 原 尚 志
関 向 正 俊

○ 研究協力校

岩手県立花巻北高等学校

○ 研究協力員

岩手県立盛岡第三高等学校

岩手県立一関第一高等学校

岩手県立不來方高等学校

城 守 寛
加 藤 忠 樹
木 戸 脇 直

研究の概要

この研究は、日常生活と関連付けた教材開発をとおして、自然の事物・現象について理解を深める理科の学習の進め方を明らかにし、理科の学習指導の改善に役立てようとするものである。

2年次計画での取り組みの第1年次に当たる本年度は、次の成果を得た。

- ① 自然の事物・現象について理解を深める理科の学習展開に関する基本的な考え方を明らかにしたこと
- ② 高等学校の物理・化学・生物の各領域と中学校理科における日常生活と関連付けた教材を開発することができたこと

キーワード：理科 物理 化学 生物 高等学校 中学校 教材開発
日常生活

I 研究の目的

学習指導要領の理科では、自然に対する関心や探究心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を育て、科学的な自然観を育成することを目標としている。そのために、自然体験や日常生活との関連を図った学習及び自然環境と人間とのかかわりなどの学習を一層重視することが求められている。

しかし、実際に授業で取り上げられる教材では、日常生活との関連を図ったものが十分ではなく、児童生徒が自然環境と人間生活とのかかわりを実感し関心や意欲を高め、自然の事物・現象についての理解が深まるまで機能していないと考える。

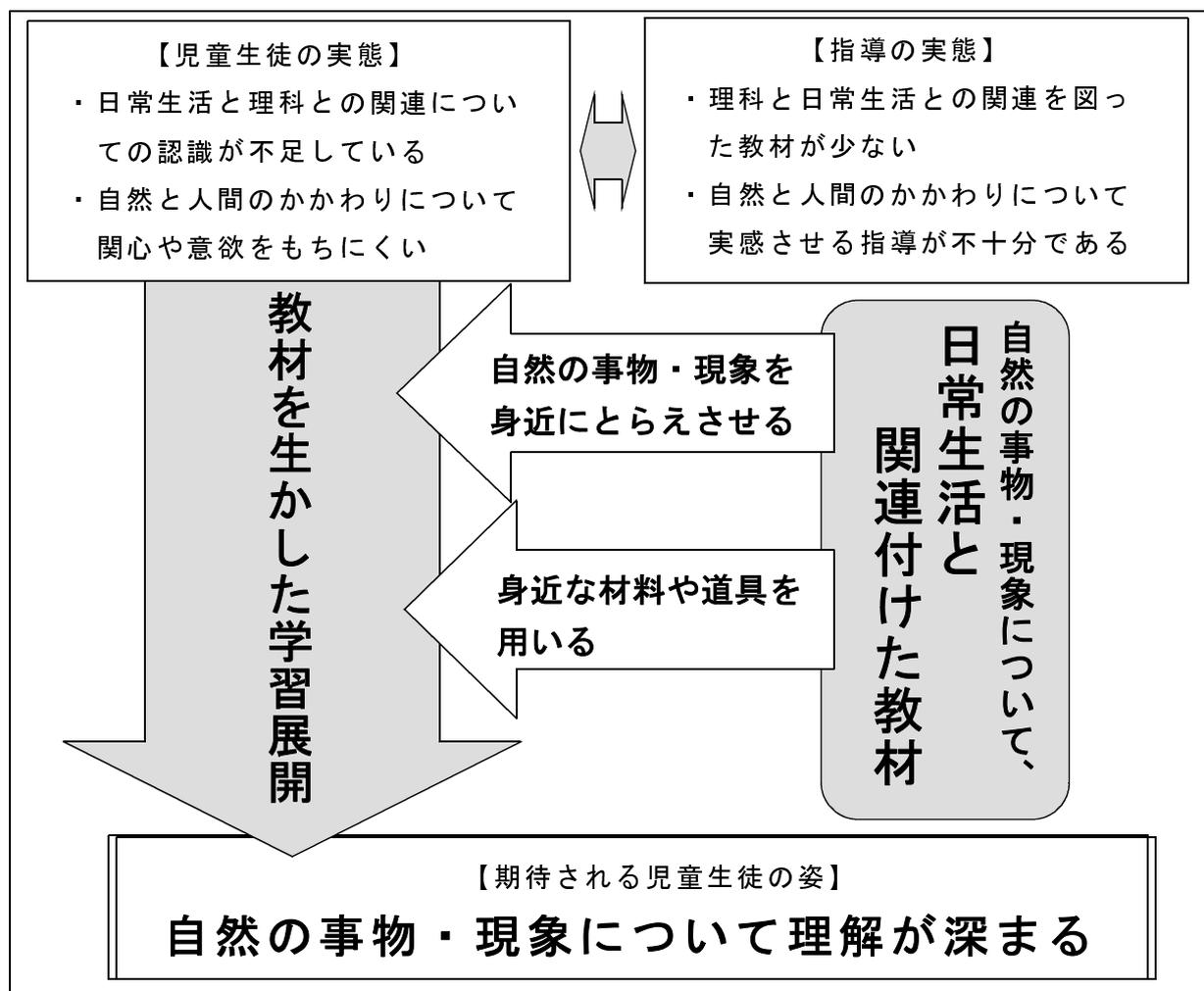
このような現状を改善するためには、日常生活の中で科学的な見方や考え方を育てる上で重要と思われる事物・現象を選び、それを教材化し、開発した教材の活用方法を明らかにする必要がある。

そこで、この研究は、日常生活と関連付けた教材開発をとおして、自然の事物・現象について理解を深める理科の学習の進め方を明らかにし、理科の学習指導の改善に役立てようとするものである。

II 研究結果の分析と考察

1 自然の事物・現象について理解を深める理科の学習展開に関する基本的な考え方

基本的な考え方を、基本構想図としてまとめたものが【図1】である。



【図1】基本構想図

2 物理領域における教材開発及び学習展開

(1) 教材開発の視点

日常生活と関連付けた教材開発を二つの視点でとらえて行っている。一つは、虹のように日常の身近な自然現象をモデル的に再現することである。もう一つは、日常よく使う身近な材料を用いることである。また、教材製作においては、児童生徒が実感をもって自然現象を理解できるように、できるだけ簡易な装置にすることが重要と考える。

(2) 開発教材

ア 巨大プリズム

透明なアクリル板を用いて三角柱型の容器を作り、それに水を入れると巨大なプリズムとして用いることができる（【図2】）。その巨大プリズムにスリットを通して光を当てると【図3】のような連続スペクトルが見られる。この連続スペクトルから赤い光や青い光の屈折率の大小関係が分かる（物理Ⅰ「可視光線の色」「光の分散」などで利用）。



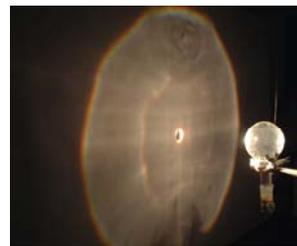
【図2】巨大プリズム



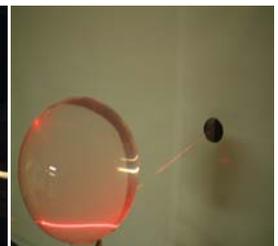
【図3】連続スペクトル

イ 丸底フラスコを用いた丸い虹

虹は多数の水滴がつくる自然現象であり、普通はアーチ状に見られる。【図4】は水を入れた丸底フラスコを用いて再現した虹である。同心円上の虹が二つ見られ、外側が主虹、内側が副虹で、色の配列は逆になっていることがわかる。丸底フラスコを用いる利点は副虹が見られることと、【図5】のように、レーザー



【図4】丸い虹



【図5】光の進み方

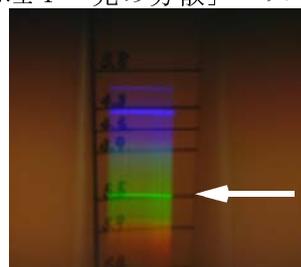
光と薄い石けん水を用いることで光の進み方、すなわち光の屈折や反射の仕方が分かることである。主虹の場合、レーザー光線はフラスコで、屈折・反射・屈折して進み、副虹の場合は、屈折・反射・反射・屈折とフラスコ内で2回反射して進む。白色光を用いた場合は、屈折の際、波長による屈折率の違いから光の分散が起こる（物理Ⅰ「光の分散」などで利用）。

ウ 回折格子レプリカを用いた簡易分光器

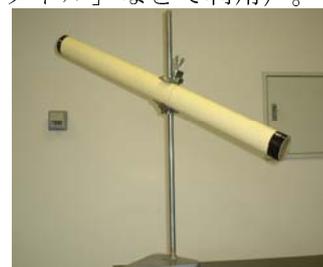
空き箱と回折格子レプリカを用いて簡単に分光器を作ることができる（【図6】）。箱型簡易分光器には、スケールを取り付け、波長を測定できるようにした。【図7】は蛍光灯のスペクトルである。連続スペクトルの中に水銀の出す線スペクトルが数本見られる。そのうちの緑の線スペクトルの波長は、約 $5.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ と読み取ることができる。また、【図9】は筒型簡易分光器（【図8】）で得られた電球の連続スペクトルである。【図7】と【図9】のスペクトルの違いから、蛍光灯と電球の発光の仕組みの違いが分かる（物理Ⅰ「光の分散」「スペクトル」などで利用）。



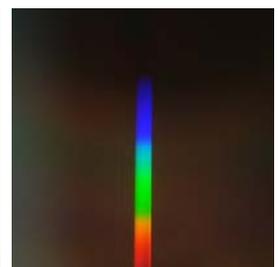
【図6】箱型簡易分光器



【図7】蛍光灯のスペクトル



【図8】筒型簡易分光器



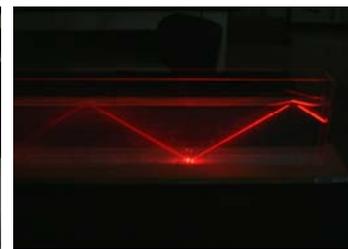
【図9】電球のスペクトル

エ 光の全反射実験装置

光ファイバーを用いた光通信や内視鏡では、光ファイバーの中を光が全反射を繰り返し伝わっていく。光が全反射を繰り返し伝わっていく様子をモデル的に見せるのがこの光の全反射実験装置（【図10】）である。透明なアクリル板を用いた長さ約1m



【図10】全反射実験装置

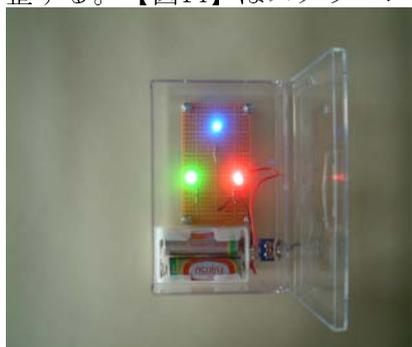


【図11】全反射

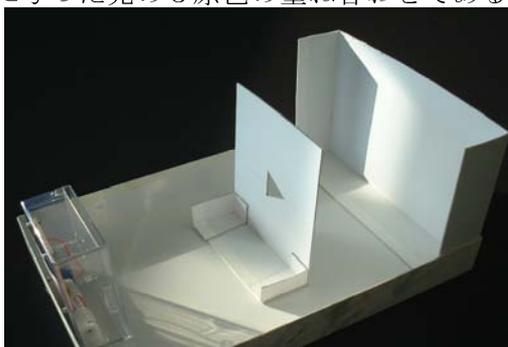
の直方体の容器に薄い石けん水を入れ、端からレーザー光線を当てると全反射の様子が【図11】のように見られる。学習展開としては、この演示実験の後に光ファイバーを用いて、光ファイバーの中を光が伝わる様子を見せたい。さらには光通信のしくみの学習へと発展させたい。

オ 発光ダイオード（LED）を用いた光の3原色の重ね合わせキット

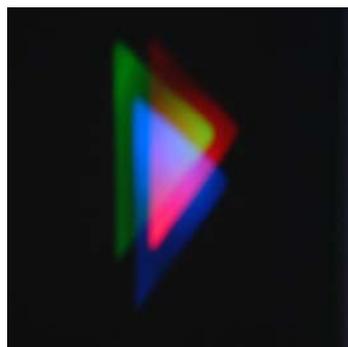
赤・緑・青を光の3原色という。この3色の組合せで様々な色を作ることができる。例えば、この3色の光が同じ強さでスクリーンに当たるとそこは白く見え、赤と緑が当たったところは黄色に見える。このような原理は、日常生活ではカラーテレビなどに応用されている。【図12】は、赤・緑・青の3色の超高輝度発光ダイオードを用いて作った光源装置である。【図13】のように、空き箱でスリットとスクリーンを作り、スリットを通った光が鮮明にスクリーンに写るようにスリットの位置を調整する。【図14】はスクリーンに写った光の3原色の重ね合わせである。



【図12】光源装置



【図13】光の3原色の重ね合わせキット



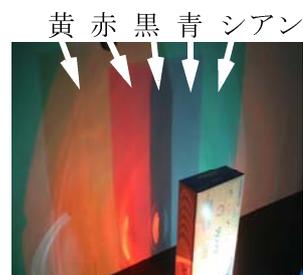
【図14】3原色の重ね合わせ

カ 光の3原色の重ね合わせ（カラーシャドウ）

光の3原色の重ね合わせは、物体の影を用いても見せることができる。光源は3個の懐中電灯にそれぞれ赤・緑・青の透明な下敷きを取り付けるだけで作ることができる（【図15】）。スクリーンの前に物体を置き、その物体に3個の懐中電灯の光を当てると【図16】のような色付いた影（カラーシャドウ）が見られる。



【図15】3色の光源装置



【図16】カラーシャドウ

【図16】では、左から黄（赤と緑の組み合わせ）、赤、黒（どの光も当たらないところ）、青、シアン（緑と青の組み合わせ）となっている。学習展開としては、上記オの「発光ダイオード（LED）を用いた光の3原色の重ね合わせキット」を用いて実験した後で、影の色を予想させながら実験を行いたい。

3 化学領域における教材開発及び学習展開

(1) 教材開発の視点

平成15年度から施行されている高等学校学習指導要領の化学では、日常生活とのかかわりがより一層重視されている。特に、科目「化学」の、内容「(2) 生活と物質」では「食品、衣料、プラスチック、金属、セラミックスを観察、実験などをとおして探究し、それらの性質や反応を理解させ、身の回りの物質について科学的な見方ができるようにする」とある。また、内容「(3) 生命と物質」では「生命体を構成する物質、生命現象と関係する化学反応、医薬品や肥料を観察、実験などをとおして探究し、それらの性質や利用について理解させ、化学の成果が日常生活に役立っていることを認識させる」とあり、いずれも日常生活との関連を重視した内容となっている。

そこで、これらの内容が教科書の中でどのように扱われているかを調査し、その結果から日常生活とのかかわりにおいて教材が不十分である学習項目を取り上げ、その教材の開発と活用法について模索することとした。

(2) 化学「金属」の学習内容における教材開発

化学の内容「(2) 生活と物質」及び「(3) 生命と物質」について、5社の教科書の学習内容を比較、検討した。また、教科書の観察、実験について追試を行い、その観察、実験の長所と短所について検討を加えた。それらの結果のうち「金属」分野について【表1】と次頁の【図17】～【図22】に示す。以上の検討結果から、

この分野では、次に示すような日常生活との関連を重視した教材の開発とその有効な活用法が必要であると考える。

ア 金属の性質

金属光沢、展性・延性、電気・熱の良導体という金属に共通する基本的な性質を実験をとおして理解させる教材の開発とその活用法。

イ 金属の製錬

身近な金属の製錬について実験をとおして、製錬の原理を理解し、資源やエネルギーについて考察できる教材の開発とその活用法。

ウ 金属のさびと防さび

金属がさびるといふ化学変化について実験をとおして理解し、防さびについて日常生活との関連から考察できる教

【表1】5社の教科書における化学「金属」の学習内容の比較

No	学習項目	A社	B社	C社	D社	E社
1	金属の分類		×	×	×	×
2	金属の性質					
3	地殻中の金属資源		×		×	×
4	鉄の製錬					
5	銅の電解精錬					
6	アルミニウムの製錬					
7	鉄の利用					
8	銅の利用					
9	アルミニウムの利用					
10	その他の金属の利用		×			×
11	金属のさびとその防止					
12	合金					
13	形状記憶合金		×		×	
14	金属のリサイクル	×	×		×	×

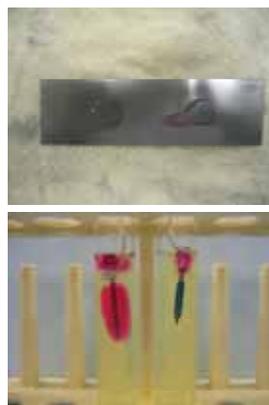
<表の記号の見方>

- : 観察、実験を含む
 - : 写真や図での説明を含む
 - △ : 文章または表で文字のみの説明
 - ×
- × : その内容は扱っていない
実験の様子の写真参照(次頁)

材の開発とその活用法。



【図17】アルミニウムの利用



【図18】金属のさびの生成



【図19】合金（青銅）をつくる

(3) 化学 「金属」の学習内容における学習展開

化学 「金属」の学習内容における教材の開発とともに、その教材を活用する学習の進め方について検討を行った。その結果、次に示すような学習の進め方が有効であると考えられる。

ア 物質の性質と利用

化学では、物質の性質を学習する。日常生活などにおける物質の利用は、まさにこの物質の性質に依存する。例えば、電線は金属の電気伝導性と延性、鏡は金属光沢を利用したものである。物質の性質の学習は羅列的になりやすいが、日常生活における物質の利用と関連付けて学習を展開すれば、その問題を解決できる。

イ 物質の変化とエネルギー観

化学では、物質の変化を学習する。物質の変化はエネルギーの出入りを必ず伴う。灯油やプロパンなどの燃焼は発熱反応で、日常生活ではこのとき発生する多量の熱エネルギーを利用している。このような、熱を発生する反応は実感しやすいが、熱を必要とする反応は見落とされがちである。熱エネルギーを必要とする反応として、金属の製錬を取り上げて学習を展開すれば、エネルギーについての理解を深めることにつながる。

ウ 物質の変化と物質観

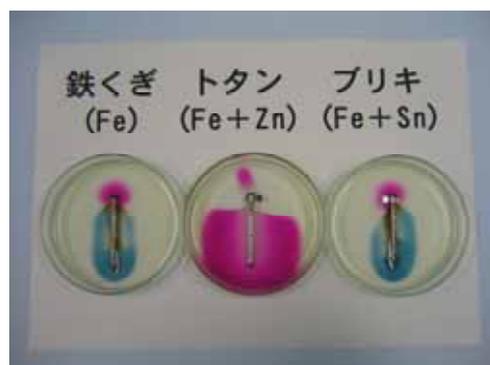
化学では、物質の変化を原子の組み合わせの変化ととらえる。すなわち、物質は変化しても、成分元素は保存される。金属は、日常生活とのかかわりにおいて、化合物から単体へ変化し、再び単体から化合物へ変化している物質であることを取り上げて学習を展開すれば、物質についての理解を深めることにつながる。



【図20】青銅鏡の製作



【図21】テルミット反応



【図22】さびの生成と防止

4 生物領域における教材開発及び学習展開

(1) 炭素繊維人工藻のメダカ水槽への導入

ア メダカの教材としての重要性

メダカは小・中・高等学校理科の重要な実験材料である。また、その飼育体験をとおして生命の尊厳を身をもって学習できる最適な教材の一つでもある。

イ 人工藻の特性

小島(2003)によると、炭素繊維のもつ光音響効果(光を音に変換する)により、光が当たったときに発生する音波に、魚類や微生物(細菌類、菌類)が集まる性質があるとされる。

ウ メダカ水槽への導入のねらい

(ア) 水質浄化作用

人工藻に微生物(分解者)が固着し、水中の有機物を分解することによる。

(イ) 確実に容易なメダカ増殖法の確立

人工藻に魚類が産卵し、採卵が確実になる。

エ 衣装ケースを用いた確認実験

水槽に比べて安価な25/衣装ケース8個に、ヒメダカをそれぞれ2対、合計32個体を飼育中である。

オ 実験結果(中間報告: 8月1日~3月14日)

(ア) 水質浄化作用について

もとの水が清冽であったため、3月14日現在確認できていない。長期間の観察が必要であると思われる。

(イ) 確実に容易なメダカ増殖法の確立について

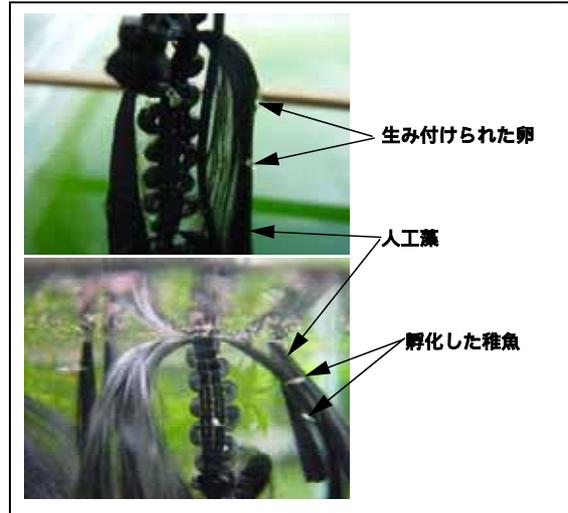
8月中旬より多くの産卵が認められ、500個体を超える孵化に成功、現在飼育中である。

(2) 定型文指導による論理思考力の育成

ア 論理思考力育成の方策としての定型文指導

「文章力の低下」、「語彙の不足」、「筋道たてた説明力の不足」が叫ばれて久しい。米国の大学では理系・文系・体育系・芸術系を問わず、多くの大学で「イングリッシュ・コンポジション」や「オーラル・プレゼンテーション」が初年度から必修科目として課せられている。前者はよい文章を書く訓練で、後者は人前で口頭発表、討論する訓練と聞く。いずれの場合も、論理的に話を進めるための決まり事(定型文)をしっかりと教え込むことを目的としている。

松原(1999)は「中等学校教育における生徒の思考力育成に関する研究報告」の中で、定型文指導の有効性を述べている。この研究は、全国の高等学校で行われた化学分野でのものである。

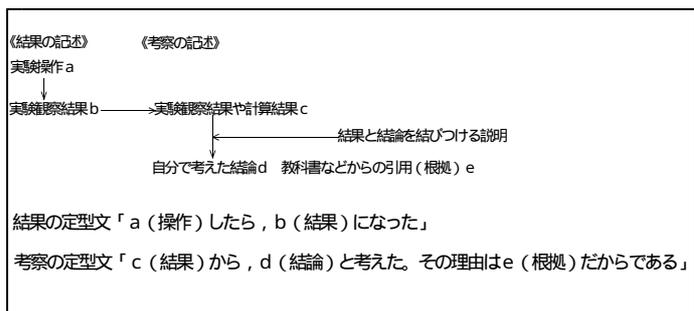


【図23】炭素繊維人工藻とメダカ

<2003年8月1日>

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
循環	×		×		×		×	
人工藻	×	×	1	1	×	×	2	2
材が	×	×	×	×			×	×

【図24】衣装ケースを用いたねらいを確認する実験
図中の は有り、×は無し、数字は数を示す



【図25】実験レポートにおける定型文の構成

イ 何を指導するのか

前頁【図25】の「実験レポートにおける定型文の構成内容」の指導とともに、実験レポートの「目的欄」・「操作欄」・「結果欄」・「考察欄」に記入すべき定型文を提示、指導する。

ウ 生物領域での三つの授業実践候補

(ア) いろいろな検出反応を利用して基質を推定する酵素実験。

(イ) いろいろな茎の維管束の様子からどの植物のものかを推定する観察実験。

(ウ) 数種類の浸透圧のショ糖水溶液を用意して、原形質の様子から植物細胞の浸透圧を推定する実験。

(3) いわてEDネット電子地図学習システムを用いた環境マップ

ア 電子地図学習システム

現在は、岩手県立学校のイントラネットとして運用を開始した。岩手全県をカバーしており、縮尺も1/500,000～1/250まで12段階ある。

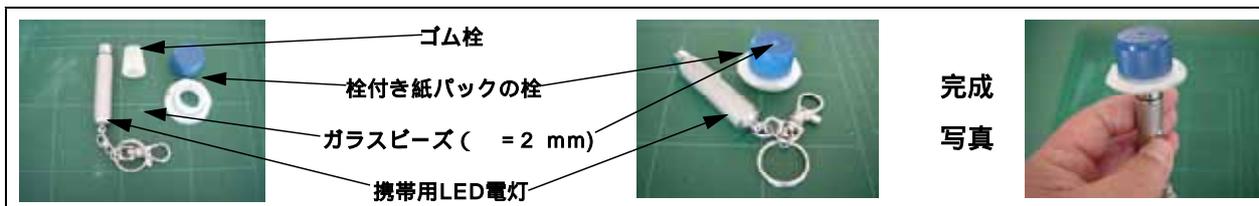


【図26】いわてEDネット電子地図学習システムを用いた環境マップ

(4) 簡単にできる携帯レーウェンフック型顕微鏡

ア 携帯型顕微鏡の作成

ガラスビーズ（レンズ）、栓付き紙パックの栓（調節ねじ）、エッペンドルフチューブの蓋（載物台）、ゴム栓、携帯用LED電灯（光源）を利用した顕微鏡を作成した。



【図27】携帯レーウェンフック型顕微鏡の材料及び完成品

(5) 体細胞分裂顕微鏡標本の作成の工夫

ア 容易に、確実に、1年中できる体細胞分裂標本作成方法の開発

(ア) 材料は食用タマネギ

水栽培前に、茶色の皮をむき、根の基部を2mm程度切り取ることで、1年中発根させることができる。

(イ) 標本作成シリーズの構築

固定、水洗、解離、染色の一連の処理が視覚的に一目でわかる。

(ウ) 「茶こしカプセル」の開発

同時大量処理を目的に、「茶こし」2個を組み合わせで作成した。

(エ) 湯煎鍋をホットプレートで代用

市販の安価なものでも、ダイヤルで適正な温度設定（60 固定）ができ、十分使用に耐え得る。



【図28】茶こしカプセル



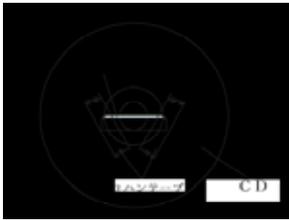
【図29】標本作成シリーズ全景

5 中学校理科における教材開発及び学習展開

(1) 「植物の生活と種類」における教材（CDを用いた簡易マイクロトーム）

一般に維管束の観察には、徒手による茎の切片作成法が用いられている。しかしこの方法は熟練を要すとともに、カミソリの刃を使用したことのない生徒にとっては非常に難しいものとなっている。

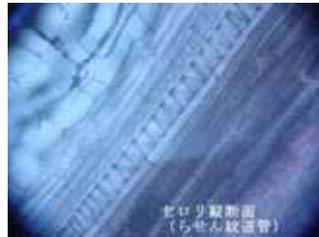
そこで、安全かつ容易に切片を作成できるCDとカミソリの刃を用いた簡易マイクロトームを開発した。（【図30】、【図31】は開発した簡易マイクロトーム。【図32】、【図33】は作成した切片）



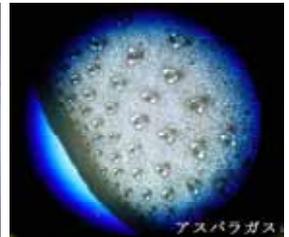
【図30】簡易マイクロトーム概要



【図31】切片作成の様子



【図32】セロリの茎



【図33】アスパラガスの茎

(2) 「生物の細胞と生殖」における教材

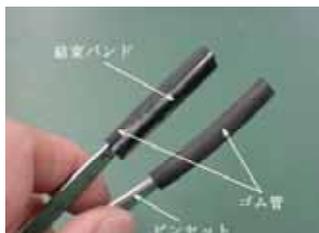
ア 「根の成長点」を確認するためのマーキング方法

「根の成長点」を確認するには、少し伸びた豆の根に等間隔で印を付け、どの部分がよく伸びるかを観察し確認する方法がとられている。しかし、一つ一つ手で根に等間隔で印を付ける作業は難しい。等間隔に印を付ける方法としては、定規に糸を等間隔に巻き付け墨汁を塗り、根に押しつけた後、垂直な板に標本針で止めて観察する方法が紹介されているが、装置の準備に手間がかかるとともに、墨汁がとれてしまうため、水中での観察ができないなどの問題点があり、実際の観察はほとんどされていないのが現状と分析している。

そこで、水中でもとれることのない「建築用墨汁」（【図34】）と、「結束バンド」（【図35】参照）を用いたマーキング方法を開発した。（【図36】は墨汁を塗る場面、【図37】はマーキングする場面を示す）



【図34】建築用墨汁



【図35】マーキング装置



【図36】墨汁を塗る



【図37】マーキングをする

イ USBカメラによる微速度撮影を用いた「根の成長」の観察法

USBカメラはUSBケーブルを通じて容易にパソコンに画像を取り込むことのできるものである。このカメラも最近では30万画素で3000円程度で安く手に入るようになってきた。このUSBカメラとカメラ制御用ソフト



【図38】撮影の様子



【図39】伸長前



【図40】伸長後

ト（フリーソフト）を組み合わせることにより、容易に微速度撮影を行うことができる。

そこで、上記アのマーキング方法により、等間隔で印を付けた根が伸びる様子を微速度撮影し、教材化した。（【図38】は撮影の様子、【図39】、【図40】は根の伸びる前と後）

(3) 「大地の変化」における教材

ア 「初期微動継続時間と震源距離との関係」を理解するための地震モデル実験教材（改良版）

(ア) はじめに

地震は誰もが体験する現象である。そして、時には地震災害という形で日常生活に直接影響を及ぼすこともある非常に身近な現象の一つといえる。しかし、突発的な現象であるがゆえに、この現象を学校の授業の中で直接観察、観測し、観測したデータを基に地震のしくみについて推測することは難しいのが現状である。これらの状況を改善するための一方法として、コンピュータやセンサ等を組み合わせ、擬似的観測を行う地震モデル実験教材をすでに提案しているところである（関向，2002）。ただ、装置が大きいことや測定データ処理に時間がかかるなどの課題があり、普段の授業で使用するには十分でなかった。そこで、これらの点を改良し「初期微動継続時間と震源距離との関係（最初の小さなゆれの時間が長ければ長いほど震源からの距離が大きくなる）」に気付かせることのできる地震モデル実験教材の開発に取り組んだ。これにより、地震に関する知識を深めるとともに日常生活での災害への意識を高めることができると考える。

(イ) 教材の概要

約180cm×90cmのパネルの下に衝撃（地震）を加え、その衝撃により発生する速さの異なる2種類の波をセンサとコンピュータにより観測する。その波の到達時間の差が衝撃発生地点（震源）からの距離に比例することから、地震波にも同様の規則性（初期微動継続時間は震源からの距離に比例すること）があることに気付かせる。



【図41】実験パネル全景

(ウ) 教材の特徴及び改良点

簡易振動センサ・・・セラミックイヤホンと釘、木片を用いて製作している。パネル内部を伝わってきた振動を電気信号としてコンピュータに取り込むもの（【図42】）。

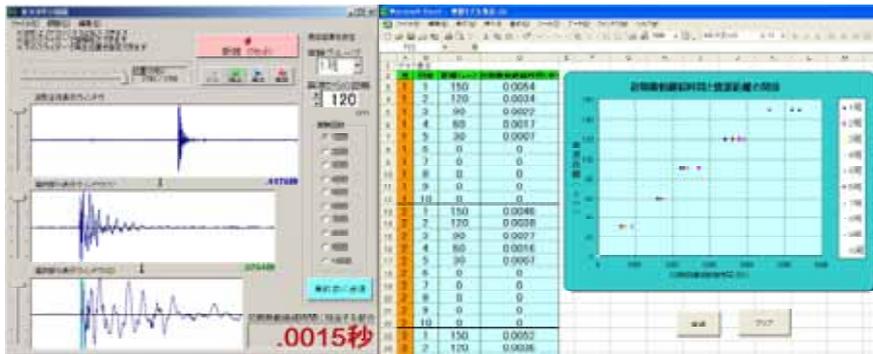


【図42】簡易振動センサ

振動分析ソフト（改良版）・・・とらえた波形の一部分の時間を1/10000秒まで測定するための振動分析ソフト「音波見聞録」。測定したデータを表計算ソフトであるMicrosoft Excelのファイルに送り込み、即、グラフ化できるように改良した（【図43】、【図44】）。

地震モデル実験パネル（改良版）・・・振動を伝える媒体として軽くて見やすい7mm厚の発泡ポリスチレンを採用し、授業で進めやすいように距離表示を書き加えた（【図41】）。

鉄球射出装置（振動発生手段として）・・・新たに塩ビパイプとバネを用いた鉄球射出装置を考案、製作し、鉄球（パチンコ玉）をパネル下部から強弱をつけた2段階の強さでぶつけられるよう工夫した。鉄球回収用フードも付け加えた（【図45】）。



【図43】「音波見聞録」（改良版）

【図44】測定したデータのグラフ化



【図45】鉄球射出装置

研究のまとめ

1 研究の成果

この研究は、日常生活と関連付けた教材開発をとおして、自然の事物・現象について理解を深める理科の学習の進め方を明らかにし、理科の学習指導の改善に役立てようとするものである。

そのために、2年次計画での取り組みの第1年次に当たる本年度は、自然の事物・現象について理解を深める理科の学習展開に関する基本的な考え方の検討を行うとともに、日常生活と関連付けた教材の開発と検討を行った。

その結果、自然の事物・現象について理解を深める理科の学習展開に関する基本的な考え方を明らかにすることができ、また、物理・化学・生物の各領域と中学校理科における日常生活と関連付けた教材を開発することができた。

2 今後の課題

今後は、新たな教材の開発を行うとともに、これまで開発した教材に改良を加えるなどして、教材の一層の充実に努めていきたいと考えている。また、開発教材を活用した学習展開の在り方について検討を加え、開発した教材を用いた授業の基本構想と手だての試案を作成し、授業実践によってその有効性について検討を加える予定である。

【主な参考文献】

文部省、「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」，大日本図書，1999

文部省、「中学校学習指導要領解説 理科編」，大日本図書，1999

愛知・岐阜・三重物理サークル，「いきいき物理わくわく実験 改訂版1」，日本評論社，2002

愛知・岐阜・三重物理サークル，「いきいき物理わくわく実験 改訂版2」，日本評論社，2002

「青少年のための科学の祭典」東京大会実行委員会，

「'93 青少年のための科学の祭典ガイドブック」，1993

小島昭，「炭素繊維による水質浄化と藻場形成の最近の進歩」，

『繊維と工業 Vol.59, No.6』，2003

松原静郎，「中等科学教育における生徒の思考力育成に関する研究報告」，国立教育研究所，1999

畑正好・稲森藤夫・金子康宣・関向正俊，

「理科におけるマルチメディアとネットワークを活用した教材の開発に関する研究(第2報)」

『平成12年度 教育研究156』，岩手県立総合教育センター，2001

関向正俊，「理科におけるマルチメディアとネットワークを活用した教材の開発に関する研究」

『平成13年度 教育研究157』，岩手県立総合教育センター，2002

互野恭治，「VisualBasicでエンジョイプログラミング」，CQ出版，1998

川口輝久，「かんたんプログラミングVisualBasic6 基礎編」，技術評論社，1999

松田猛，「VisualBasic6.0 300の技」，技術評論社，2000

河西朝雄，「VisualBasic6.0 上級編」，技術評論社，1999

安藤雅孝・角田史雄・早川由紀夫・平原和朗・藤田至則，

「地学団体研究会編 新版地学教育講座 地震と火山」，東海大学出版会，1996