

平成17年度（第49回）  
岩手県教育研究発表会発表資料

理 科

# 知的好奇心を育成する理科の学習展開に関する研究

- 身近で発展性のある教材の開発を中心に -

研究協力校

花巻市立花巻北中学校

研究協力員

岩手県立千厩高等学校 教諭 村上 弘

岩手県立不来方高等学校 教諭 木戸脇 直

岩手県立盛岡第一高等学校 教諭 蒲生 秀磨

平成18年1月12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 有宏

佐藤 嘉宏

## 目 次

研究の目的	1
研究仮説	1
研究の内容と方法	1
1 研究の内容と方法	1
2 研究協力校	1
研究結果の分析と考察	1
1 知的好奇心を育成するための学習展開に関する基本的な考え方	1
(1) 知的好奇心が育った状態とは？	1
(2) 身近で発展性のある教材とは？	2
2 物理分野、化学分野生物分野、中学校理科における教材の開発と学習展開	4
(1) 物理分野における学習展開の実際	4
ア 慣性力実験装置（等加速度直線運動）	4
イ 慣性力実験装置（円運動）	4
ウ ベルヌーイの定理実験装置	5
エ 電子オルガン	6
(2) 化学分野における学習展開の実際	10
ア 合成の食用色素に関する実験教材	10
(3) 生物分野における学習展開の実際	14
ア ミドリゾウリムシを用いた進化・共生を考える教材	14
(4) 中学校理科における学習展開の実際	18
ア 圧力実験器「パスカルん」	18
研究のまとめ	22
1 研究の成果	22
2 今後の課題	22
おわりに	22
【引用文献】	22
【参考文献】	22

## 研究の目的

理科では、小学校、中学校、高等学校を通じて、児童生徒が知的好奇心や探究心をもって自然に親しみ、目的意識をもって観察、実験を行うことが重要である。この理科における知的好奇心は、自ら学ぶ意欲を高め、自然を主体的に学習しようとする態度の根幹をなすものであり、探究心の高まりや自然事象についての理解と知識の定着、また、科学的な見方や考え方の醸成等、児童生徒の学力向上に不可欠な要素である。

しかし、最近の国内あるいは国際的な調査の結果からは、児童生徒の理科離れや理科嫌いあるいは理科の学力低下の現状が浮き彫りになってきている。これらの原因の一つには、児童生徒の自然の事物・現象に対する知的好奇心が十分に育成されていないことが挙げられる。

このような状況を改善するためには、知的好奇心を育成する理科の学習展開について吟味する必要がある。特に、これまでの教材が児童生徒の興味・関心を高める上では有効であったものの、知的好奇心を育成するまでには十分に機能していなかったと思われることから、身近で発展性のある教材を開発することが重要であると考えられる。

そこで、この研究は、児童生徒にとって身近で、かつ、発展性のある理科の学習教材の開発を行い、その教材の活用を通して、知的好奇心を育成する理科の学習展開について明らかにし、理科の学習指導の改善に役立てることで、理科の学力向上に寄与しようとするものである。

## 研究仮説

児童生徒にとって身近で発展性のある教材を開発し、理科の学習を展開すれば、児童生徒の知的好奇心を育てることができるであろう。

## 研究の内容と方法

### 1 研究内容と方法

- (1) 知的好奇心を育成する理科の学習展開に関する基本的な考え方の検討
- (2) 物理分野、化学分野、生物分野、中学校理科における教材の開発と学習展開
  - ア 身近で発展性のある教材の開発と検討（文献法、野外調査法）
  - イ 開発した教材を用いた授業の基本構想の検討
  - ウ 授業の基本構想に基づく授業実践とその結果の検討（授業実践、質問紙法、テスト法）
- (3) 知的好奇心を育成する理科の学習展開に関する研究のまとめ

### 2 研究協力校

花巻市立花巻北中学校

## 研究結果の分析と考察

### 1 知的好奇心を育成するための学習展開に関する基本的な考え方

- (1) 知的好奇心が育った状態とは？

本研究の主題にある「知的好奇心を育成する」ことは、理科の授業を展開していく上で必要不可欠のものである。

本研究では、「知的好奇心」について二つの面からおさえている。一つは、「なぜだろう？」とか、「どうしてなのか？」など、児童生徒の疑問から生じる「疑問を解明したいという知的な欲求」であり、もう一つは、「できるようにになりたい」など、児童生徒の習熟の意欲から生じる

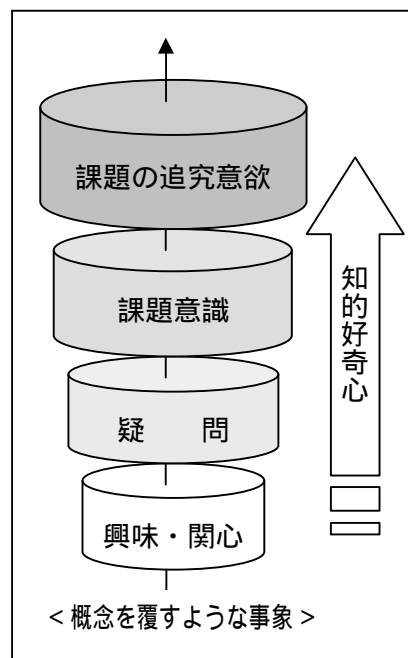
「技能・表現等を習熟したいという知的な欲求」である。

さらに、知的好奇心と興味・関心の違いを次のように規定した。興味・関心とは、児童生徒の意識に働きかけ、好悪の感情的な判断も含めて、児童生徒の意識が常態から揺さぶられた段階である。それに対し、知的好奇心は、児童生徒の意識が揺さぶられた段階から、疑問を自ら解決したいという欲求にまで引き上げられた段階である。つまり、知的好奇心のスタートは興味・関心であるが、興味・関心よりも意識レベルがより高次の段階にまで引き上げられた状態が知的好奇心であると考えられる。

知的好奇心は、例えば、単元または単位時間の授業において、それまで児童生徒の生活体験や学習の過程で獲得し、児童生徒自身が既知のものであると錯覚している概念を覆すような事象の提示によって、生じるものが多い。

既知のものであると錯覚している概念が覆されることにより、児童生徒の中には、「なぜだろう」、「どうして」などの「疑問」が生じ、それが「課題意識」に変容し、児童生徒にとっての解決すべき「課題」が生じる。さらに、「課題を解決したい」とか「できるようになりたい」などの欲求が、「課題の追究意欲」へと変容すると考えられる。

これらのことから、本研究では、知的好奇心が育った状態を、児童生徒が自ら課題意識を持ち意欲的に課題を追究する状態と同義であるにとらえる。



【図1】児童生徒の意識レベルの変化

## (2) 身近で発展性のある教材とは？

「知的好奇心を育成する」ことは、児童生徒が日常生活で遭遇する自然の事物・現象に対して科学的な見方・考え方を高めることにもつながると考える。これは、とりもなおさず、理科の目標の「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」ことにつながり、単元や、単位時間の指導を離れた場面でも、科学的に探究しようとする意欲を育むことにも通ずるものである。しかし、理科室など特定の場所でしか追究できない教材では、児童生徒にとって単なる「理科の学習」でしかなく、興味・関心が生じても知的好奇心の意識レベルまで高まらないため、自らの身のまわりの事象・現象について科学的に探究しようとする意欲は育たない。

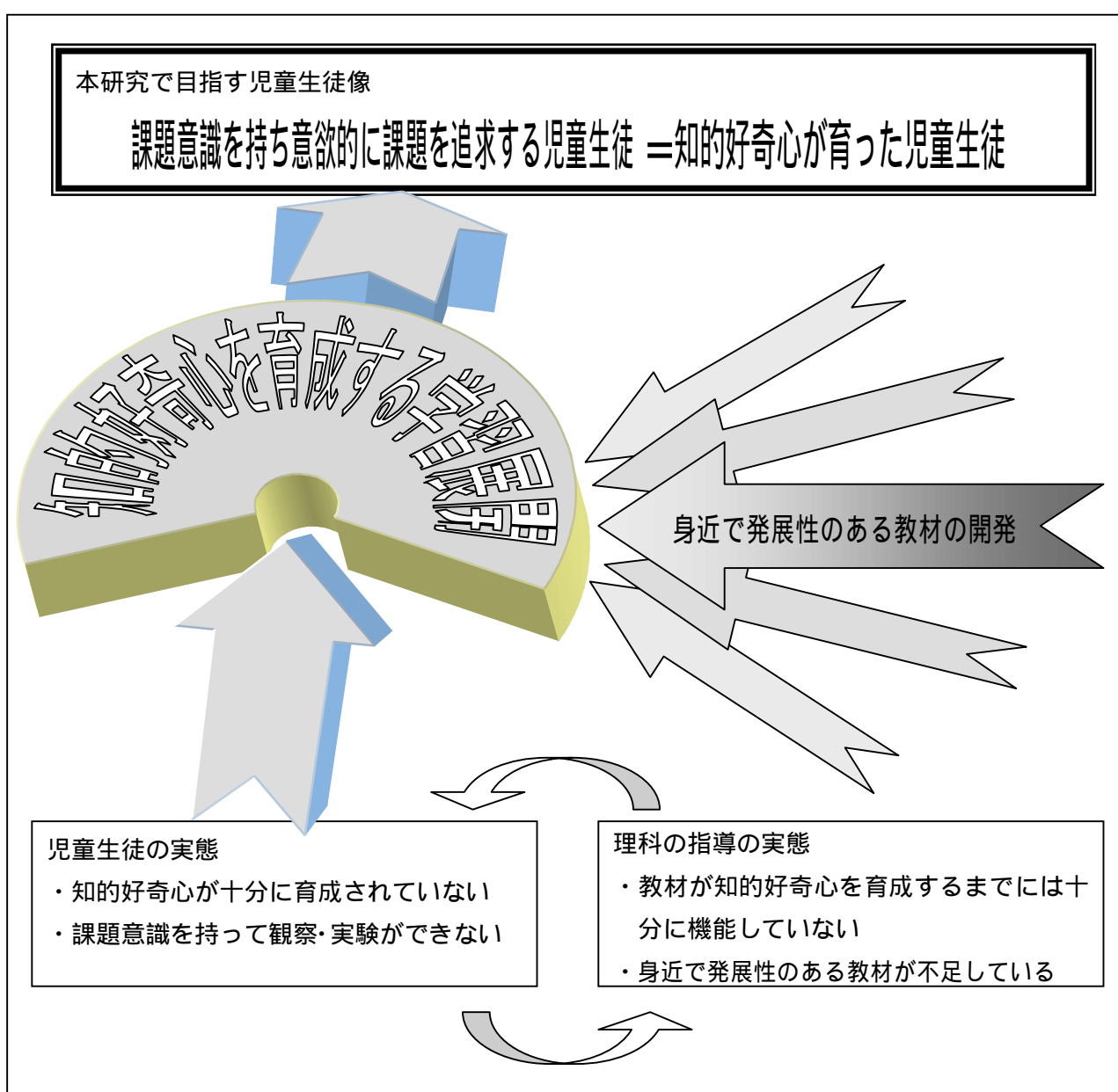
それゆえ、児童生徒の「身近な素材を用いた教材」の開発が不可欠である。児童生徒にとって日常生活で活用している事物や当たり前と思っている現象は、さして興味・関心を抱く対象とはなっていない。しかし、既知のものであると錯覚している概念が覆されるような現象が起きたとき、児童生徒の興味・関心は知的好奇心の意識レベルまで高められ、課題意識を生じさせるものとなるのではないかと考える。つまり、身近な素材(=既知のものであると錯覚している概念)を教材化し、理科の授業で活用していくことが、知的好奇心を育成することにつながるものであると考えられる。さらに、日常生活の中には知的好奇心を刺激する素材がたくさんあることを理解させることは、児童生徒自らが自然の事物・現象について科学的に追究しようとする意欲を育てることにつながるものであると確信する。

また、「発展性のある教材」についても、二つの面からおさえている。一つは、教材が児童生徒

にとって一過性のものではなく、授業後もさらに新たな課題が生じてくるような教材である。新たな課題は次時の課題へと展開し、ひいては、単元の目標を達成するためにも有効であると考え。これは、今までの教材が知的好奇心を育成するまでには十分に機能していなかったという反省を生かしたものである。もう一つは、児童生徒が日常生活で見受けられる事象について科学的な見方・考え方ができるような教材である。身近な素材を用いることにより、児童生徒に理科の授業以外の場面でも、考え方を応用し日常生活の身近な事象について知的好奇心を展開していくことが可能になると考える。

以上のことから、「身近で発展性のある教材」を開発し理科の学習を展開すれば、児童生徒の知的好奇心を育てることができるものと考え。このような教材を具体的に開発し、かつ、その開発教材を有効に活用した学習展開を提供することが本研究のねらいである。

基本的な考え方に基づく基本構想図を【図2】に示す。



【図2】基本構想図

## 2 物理分野、化学分野、生物分野、中学校理科における教材開発と学習展開

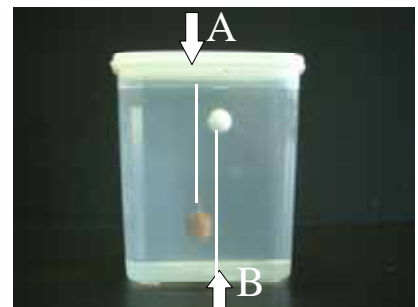
### (1) 物理分野における学習展開の実際

#### ア 慣性力実験装置（等加速度直線運動）

バスが急発進するとき、つり革が後ろの方に傾くのは、よく見かける現象である。中学校で理科を学習したものなら誰でも、慣性の法則により後ろに傾いたものと思うであろう。ところが、浮力により水中に浮いている物体（たとえば、糸で支えられ水中に浮いている軽い発泡スチロール球）の場合は、どの方向に傾くであろうか。このことは、既成の概念を覆すような現象になると思われる。

#### (ア) 教材の概要

蓋付きのプラスチック容器で【図3】のような装置を作る。A、Bの位置に千枚通しで穴を開け、それぞれに釣り糸を通す。Aの位置から通した釣り糸にはおもりを結びつけ、Bの位置から通した釣り糸には発泡スチロール球を結びつける。おもりと発泡スチロール球が、水を入れたとき図のように収まるように釣り糸の長さを調整し、プラスチック容器の釣り糸を通した部分をホットボンドでふさぐ。その後、容器に水を入れて蓋をする。



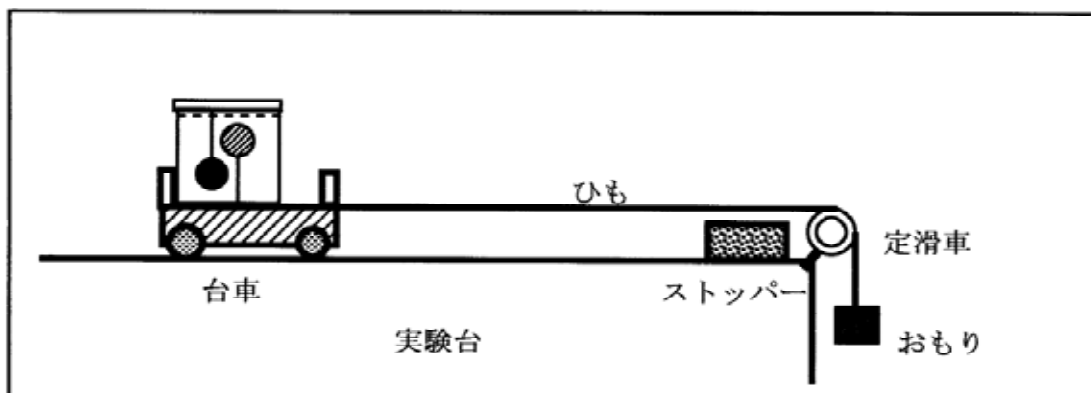
【図3】慣性力実験装置

（等加速度直線運動）

#### (イ) 実験方法及び学習展開例

【図4】のように、容器を台車に両面テープで固定し、定滑車にひもを通しておもりを取り付け、最初は手で支えておく。支えた手を離れたとき、容器内の二つの物体がそれぞれどの方向に傾くか実験する。なお、台車が定滑車に衝突する直前で台車を止める。

この装置は、高等学校物理の慣性力の導入実験として用いると効果的と思われる。



【図4】慣性力の実験

#### イ 慣性力実験装置（円運動）

円運動をする物体には、遠心力（これも慣性力の一つ）という見かけの力がはたらく。車で急カーブを曲がる時、外側に力を受けるように感じるのが遠心力である。それでは、水中に浮いている軽い発泡スチロール球の場合は、どの方向に傾くであろうか。

#### (ア) 教材の概要

シナベニヤ（厚さ9mm、コンパネでもよいがシナベニヤの方が表面が美しい）で、半径22cm程度の円板と1辺が45cm程度の正方形の板を【図5】のように作る。その2枚の板をスチール回転盤（【図6】）で固定して回転台を作る。この回転台は、手で強く回すと約1分間回転を続ける。

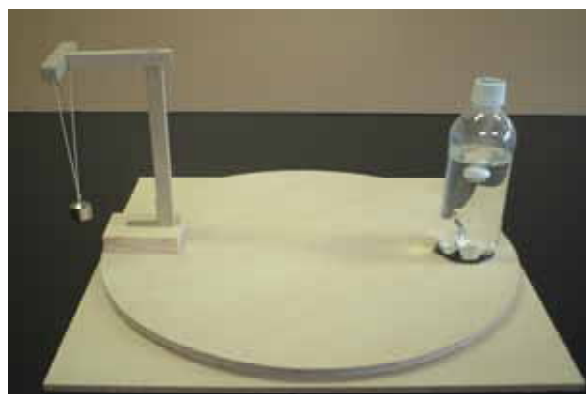


【図5】円板と正方形板 【図6】スチール回転盤

#### (1) 実験方法及び学習展開例

【図7】のように回転台に、発泡スチロール球の入ったペットボトルとおもりを吊した台を両面テープで固定し、回転台を回転させる。このとき、上から吊られたおもりと浮力により水中に浮いている物体がそれぞれどの方向に傾くか実験する。

この装置は、高等学校物理の遠心力の導入実験として用いると効果的であると思われる。また、この回転台は円運動と単振動の関係を示す実験やフーコーの振り子の実験にも用いることができる。



【図7】慣性力実験装置（円運動）

#### ウ ベルヌーイの定理実験装置

時には発展教材で生徒の知的好奇心を育成することも必要と考える。現在の高校教科書「物理」では飛行機が飛ぶ（浮く）ことさえ説明できる内容は全く載っていない。せめて、ベルヌーイの定理に係わる現象面だけでも扱うことができないものかと考えている。昨年度の研究で「翼の揚力確認模型」を製作したのは、そのような思いからである。今回、空気の流れの速さと気圧の関係を知ることができる教材を製作し、「翼の揚力確認模型」と併せて用いることで生徒の知的好奇心を育成したいと考えている。

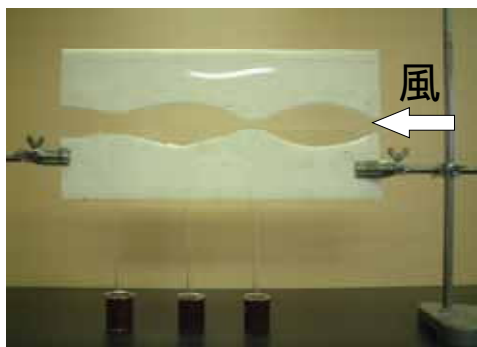
#### (ア) 教材の概要

厚さ3cmの発泡スチロール板を【図8】のように切り取り、それをアクリル板で両側から挟み、四隅をネジで固定する。また、発泡スチロールの隙間の広いところ・狭いところ・それらの中間のところに3本のアクリル管（直径10mm、長さ30～35cm）を下から通す。

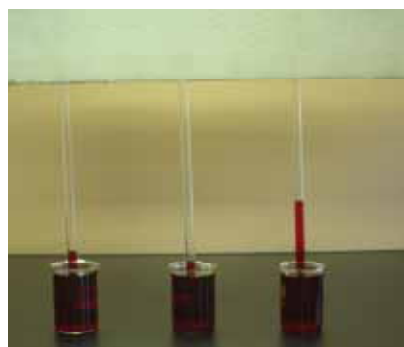
#### (1) 実験方法

着色した液体を3個のビーカーに入れ、アクリル管が2cm程度液体に入るようにスタンドで固定する。プロアで【図8】の矢印の向きに風を送ると【図9】のように着色液体が上昇する。この上昇する高さの違いから、アクリル管内の気圧の大小関係を知ることができる（さらに、空気の流れの速さと気圧の関係も知ることができる）。空気の流れが速いところ（隙間の狭いところ）では気圧が小さく、空気の流れが遅いところ（隙間の大きいところ）では気圧は大きいということが分かる。

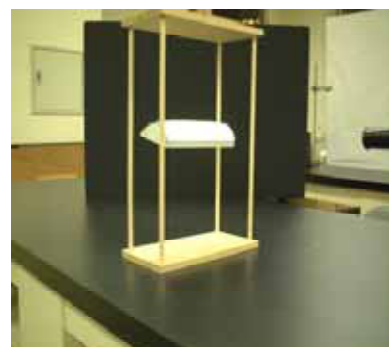
【図10】は翼の揚力確認模型（昨年度製作）であるが、プロアで風を吹き付けたとき、翼の上面（曲面）と下面（平面）で空気の流れの速さに違いが生じる。翼の上の部分では空気の流れは速く、気圧は低くなる。一方、下の部分では空気の流れは遅く、気圧は上の部分と比較して相対的に高い。したがって、翼にはたらく力は、気圧の大きい方から小さい方へはたらくので、上向きの力（揚力）が生じることになる。



【図8】ベルヌーイの定理実験装置



【図9】液体が上昇している様子



【図10】翼の揚力確認模型

## エ 電子オルガン

### (ア) 教材開発のねらい

高度に科学技術が進歩した現代社会において、子供たちは自在に携帯電話やゲーム機を操っている。それにもかかわらず理科離れや理科嫌いが増えていると言われて久しい。これは科学技術が高度になり複雑化するにつれてブラックボックス化し理解しにくくなっていることが原因の一つに挙げられる。身の回りの電子機器は、どのような自然科学の現象を基にし、どのような仕組みで作られているのか、自らの体験によって調べることは科学を学習する上でも大事なことと思われる。

そこで、わずかな電子部品を用い、電子工作で自ら装置を組み立て、それを用いて実験することにより、電子部品・電子回路及び物理現象の深い理解につながると考え、ブレッドボードを用いた電子オルガンの製作を授業に取り入れることにした。電子オルガンは抵抗、コンデンサー、トランジスタなどわずかな部品で製作することができ、しかもブレッドボードは部品を差し込むだけで簡単に製作できる利点がある。生徒一人一人が製作することにより、電子部品や電子回路のはたらきが分かるだけでなく、「ものづくり」への興味・関心を高めることができると考える。さらに、もっといろいろなものを作りたいという知的好奇心を育成することができると考える。

### (イ) 教材の概要

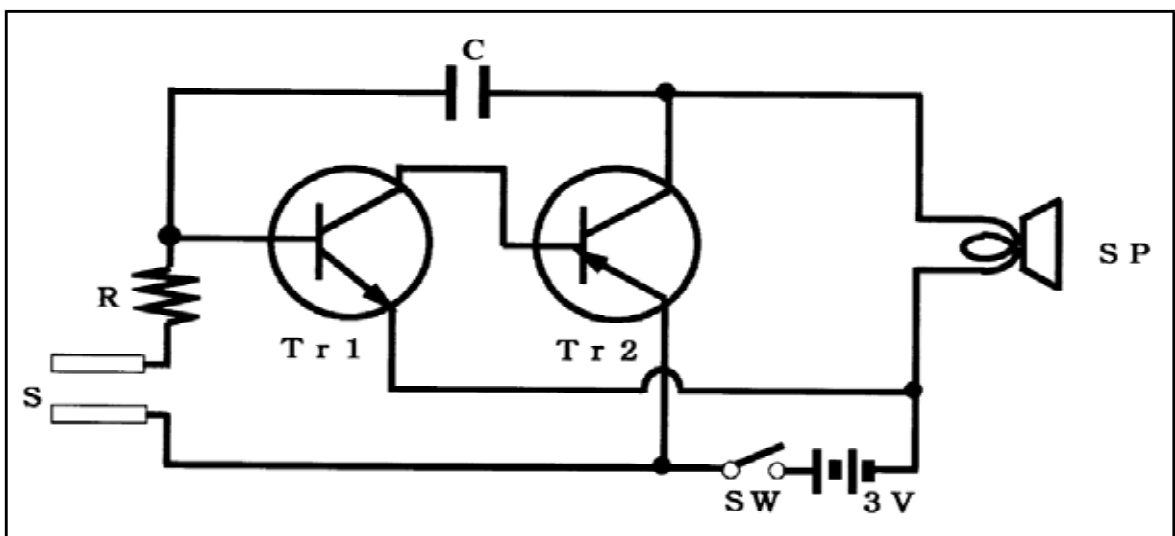
電子オルガンは基本的にはPNP型トランジスタとNPN型トランジスタを組み合わせた「弛張発振器」である。

#### 準備

・ トランジスタ	Tr 1	2SC945C	1個
	Tr 2	2SA733C	1個
・ コンデンサー	C	0.001 $\mu$ F 50V	1個
・ 抵抗	R	1M 0.5W	1個
・ スピーカー	SP	8 0.2W	1個
・ ブレッドボード		EIC-301	1個
・ センサー	S	ジャンプ線	2本
・ 乾電池		単3 1.5V	2本
・ 乾電池ホルダー		単3 2本用	1個
・ スイッチ	SW	小型トグルスイッチ	1個
・ その他		ジャンプ線	1本

#### 回路図

【図11】に電子オルガンの回路図を示す。



【図11】電子オルガン回路図



### 動作原理

- ) スイッチ S W を閉じた状態でセンサー S が導体に接触すると抵抗 R を通ってコンデンサー C が充電される ( C の左側に正電荷、右側に負電荷が与えられる )。
- ) コンデンサー C が充電されるとトランジスタ T r 1 が動作状態となり、続けてトランジスタ T r 2 も動作する。
- ) トランジスタ T r 2 が動作するとスピーカー S P に電流が流れる。このとき、コンデンサー C の負極 ( 図では右側 ) にも正電荷が与えられるので、コンデンサー C は放電状態になる。
- ) コンデンサー C が放電するとトランジスタ T r 1 及び T r 2 は不動作状態となり、スピーカーには電流は流れず、はじめの状態 ) に戻る。
- ) このように、 ) から ) が繰り返し行われ発振状態となる。

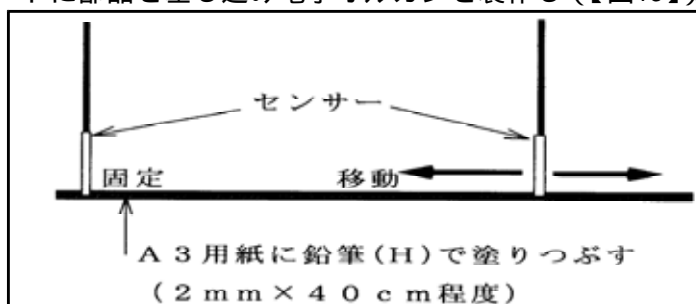
### (り) 製作及び実験方法

【図11】の回路図の通り、ブレッドボードに部品を差し込み電子オルガンを製作し(【図13】)、次の手順で実験を行う。

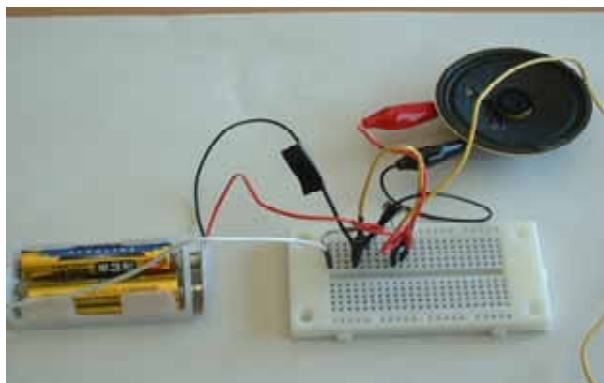
電子オルガンのセンサーを【図12】のようにずらして音の高さを変える。

最も低い音となる位置を「ド」とし、センサーを動かし「レ」、「ミ」、「ファ」等の位置を求め、その位置に印を付ける。

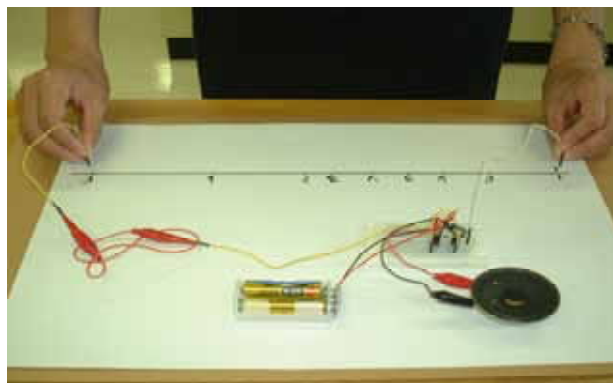
簡単な曲を演奏する。



【図12】実験方法



【図13】電子オルガン



【図14】実験の様子

### (I) 授業実践の概要 (岩手県立千厩高等学校 3 学年 2 クラス 物理選択生 9 名)

#### 開発教材を生かした学習展開

平成15年度岩手県教育研究発表会の研究授業において、電子工作による光通信装置の製作を取り入れた授業を提案した。その授業により電子工作に対する興味・関心の高まりや物理現象の理解の深まりを確認することができた。

今回は生徒一人一人が電子オルガンを製作し実験することでトランジスタなどの電子部品のはたらきや電子回路の理解が得られるものと考えた。また、実験装置を自作することにより物理現象についても理解が深まるものと思われる。さらに、いろいろな装置を作りたいという次の段階へ知的好奇心が高まることが期待される。

授業実践は教科書の進度の関係でトランジスタのはたらきを学習する前に行うことになった。また電子工作は初めてということで、第一時に比較的簡単に作ることができる光通信装置の製作と実験を行い、ブレッドボードによる電子工作に慣れてから第二時において電子オルガンの製作と実験を行うことにした。

## 実践計画

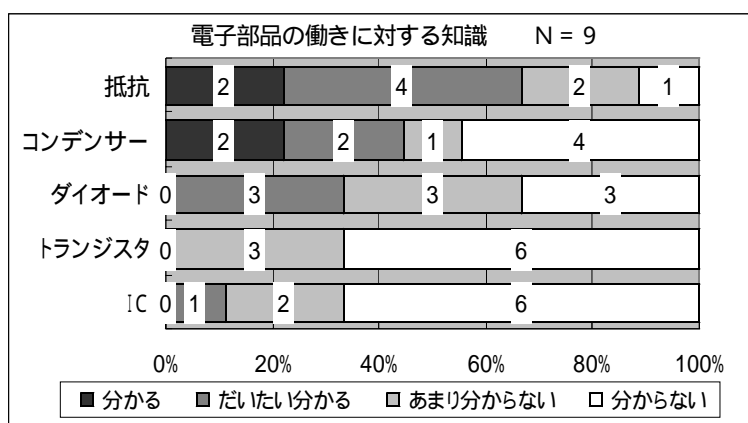
授業の実践計画を【表1】に示す。

【表1】授業実践計画

	指導過程	指導上の留意点
第一時 (50分)	光通信装置の製作と実験 ・送信機の製作 ・受信機の製作(光電池、クリスタルイヤホン) ・受信機の製作(光電池、モノラルアンプ、スピーカー) ・光通信の実験	・ブレッドボードの使い方のルールを確認する ・なぜ光電池とクリスタルイヤホンで音を聞くことができるか考えさせる ・モノラルアンプの製作は個々の進捗を確認しながら適切なアドバイスをする
第二時 (50分)	電子オルガンの製作と実験 ・コンデンサー、トランジスタのはたらきの確認 ・電子オルガンの製作 ・電子オルガンを用いた実験	・電子回路の動作原理は定性的な説明にとどめる ・鍵盤の形は各自に工夫させる ・なぜ音の高さが変わるか考えさせる

### (オ) 授業実践の様子

3年生2クラス(進学クラス1、就職クラス1)で授業実践を行った。物理選択生は併せて9名である。2クラスとも物理の半導体分野はまだ習っていない。電子部品のはたらきに対する知識は【図15】のとおりで、製作で用いる主な部品についてそのはたらきはほとんど分からないと言ってよい。電子工作という初めて行う作業は、最初難しく感じた生徒もいたが、ハンダ付けをしなくても部品をブレッドボードに差し込むだけで製作できるので楽しんで取り組んでいた。製作を進める段階で新しい驚きや発見があり、さらに発展的なものも作ってみたいと思う生徒もいて、授業に電子工作というものづくりを取り入れる成果はあったと思われる。【図16】は授業実践の様子である。



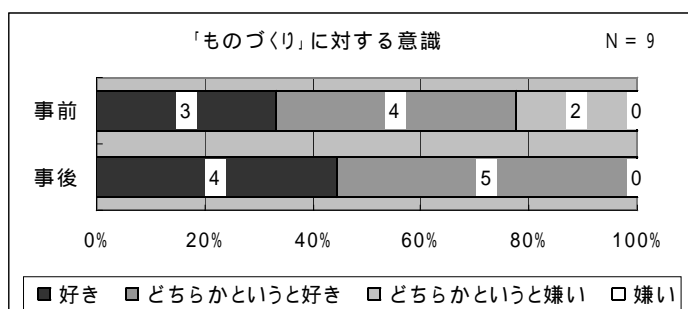
【図15】電子部品のはたらきに関する知識



【図16】授業実践の様子

### (カ) 実践結果の分析と考察

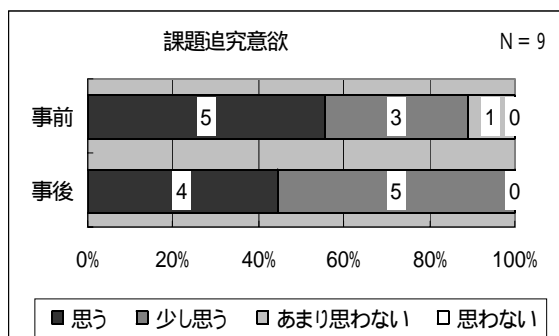
【図17】は生徒の「ものづくり」に対する意識の変容を示したものである。事前においては2名が「どちらかという嫌い」と答えていたが、事後は9名全員が肯定的に答えている。電子工作の面白さを知ったためと思われる。



【図17】ものづくりに対する意識

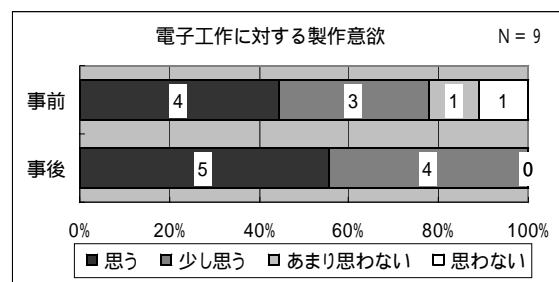
### 課題追究意欲の変容について

「なぜ」「どうして」と疑問に感じたことに対して、それを解決したいという課題追究意欲は、事後においては全員が肯定的に答えているが(【図18】)、個々のアンケートでは2名が「思う」から「少し思う」に変容し、その逆の変容は1名見られた。これはトランジスタなど電子部品そのものがブラックボックスになり、その中身まで調べたいと思うレベルには達しなかったからと思われる。



【図18】課題追究意欲

「トランジスタやIC等の電子部品を用い、電子工作でいろいろな装置を作りたいと思いますか。」との質問に対し、事後は全員が肯定的に答えている。「ものづくり」に対して「どちらかという嫌い」と答えた生徒2名も「思う」「少し思う」と答えている。電子工作によるものづくりを取り入れた学習展開は【図19】を見る限りでは成果はあったものと思われる。

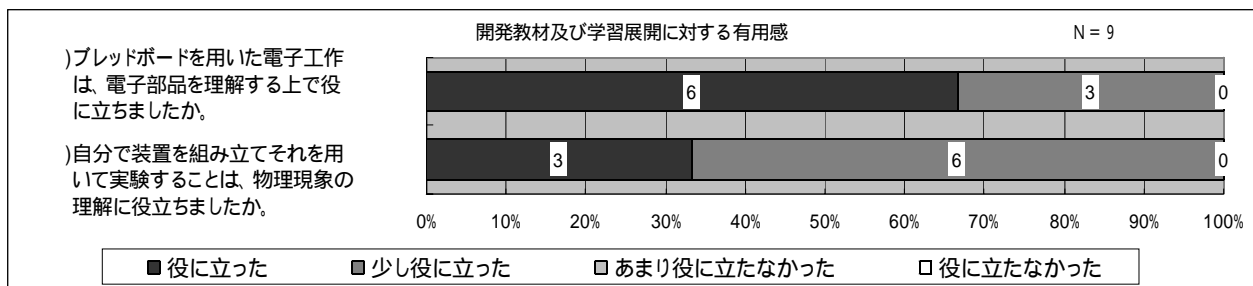


【図19】電子工作に対する製作意欲

### 開発教材及び学習展開に対する有用感について

自分でブレッドボードを用いた電子工作により実験装置を作ることは、電子部品のはたらきや物理現象の理解に役立ったと全員が肯定的に答えている(【図20】)。ただし、( )の物理現象の理解について、「役に立った」という割合が少なかったのは、電子オルガンの実験で、音の高さが変わるとい現象の理解が難しかったからと思われる。アンケートに「もっといろいろなものを作りたい」等の記述があり、知的好奇心の育成に役立ったのではないからと思われる。

【図20】開発教材及び学習展開に対する有用感



### 生徒の感想から

- ・初めて作ったので、新しい驚きや発見がたくさんありました。もっといろいろなものを作りたいと思いました。電子オルガンの音階が探せなくて残念だったけど楽しかったです。
- ・難しいと思ったけど何とかやり方が分かったので良かった。
- ・これからもやりたいと思います。自分たちでオリジナルマシンを作りたいと思います。とても楽しかったです。
- ・回路の仕組みがよく分かって良かった。教科書では分からなかったけど立体的に見れて良かった
- ・よく分からなかったが、配線を正しく行うことで音が流れたりすることがすごく面白かった。
- ・面白さがあった。また、他の使い方にも応用できそうな部分があったと思う。こういう授業をもっとしたいと思う。

(2) 化学分野における学習展開の実際

ア 合成の食用色素に関する実験教材

(ア) 教材開発のねらい

合成の食用色素は食品添加物の一つであり、日常生活に密接に関係している身近な物質である。現在、厚生労働大臣によってその使用が許可されている合成の食用色素のうち、いわゆるタール系色素と呼ばれる一群は12種類あり、そのうち5種類は高校化学で学習するアゾ化合物である。そこで、食品に含まれているアゾ化合物を用いて、発展的な実験教材を開発すれば、化学と人間生活の関わりについての関心や意欲が高まり、知的好奇心が育成されるものと期待できる。

(イ) 教材の概要

【図21】に開発した実験教材の概要を示す。

食用色素を「とりだす」

食品に含まれている食用色素を抽出する。

食用色素で「そめる」

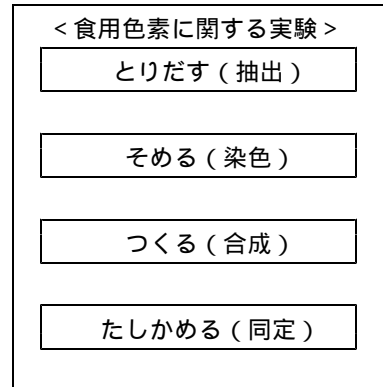
で抽出した色素で繊維を染色する。

食用色素を「つくる」

食用色素「黄色5号」を合成する。

食用色素を「たしかめる」

で抽出した色素と で合成した色素を、ペーパークロマトグラフィーによって同定する。



【図21】 開発実験教材の概要

(ウ) 実験の方法と結果

食用色素の抽出

) 試料として、【図22】のような成分表示のある市販のゼリーを用いた。ゼリー1個(約16g)をビーカーに入れ、ガラス棒で細かくつぶした。

) さらに、1%アンモニア水を5ml加え、よくかき混ぜ、試料をアルカリ性にした。

) 色素の抽出溶媒として、エタノールを10ml加え、約10分間抽出を行った後、ろ過した。

) 【図23】に示すように、ゼリーの味の種類によってA~Eの色鮮やかな色素溶液が得られた。A~Eは、順番に、イチゴ、オレンジ、パイナップル、青リンゴ、グレープで、赤色、橙色、黄色、黄緑色、赤紫色の溶液がいずれも約20mlずつ得られた。

抽出した食用色素による毛糸の染色

) 染色する白色の毛糸は、約0.25gを束ねておいた。染色の前に脱脂をするために、少量のジエチルエーテルに約10分間浸した後、よく乾燥させておいた。

) で抽出した溶液(約20ml)を酸性にするために、食酢5mlを加えた。

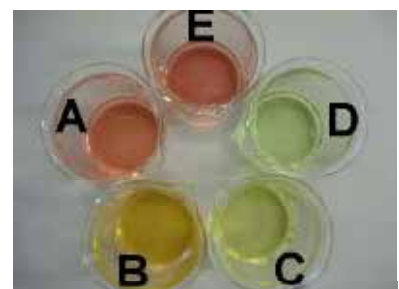
) 上記)の毛糸を水で濡らして、上記)の溶液に入れ、約85℃で、20分ほど湯煎加熱した。

) 毛糸を取り出して水洗いした後、乾燥した。

) 【図24】に示すように、のA~Eの各色素溶液によってそれぞれ毛糸が染色された。

名称	生菓子(ゼリー)
原材料名	果糖ぶどう糖液糖、ガラクトオリゴ糖、りんご果汁、酸味料、ゲル化剤(増粘多糖類)、香料、着色料(カラメル、赤102、黄5、黄4、青1)
内容量	384g(16g×24個)
賞味期限	枠外右下部に記載
保存方法	直射日光を避け、常温で保存してください。

【図22】 試料の成分表示



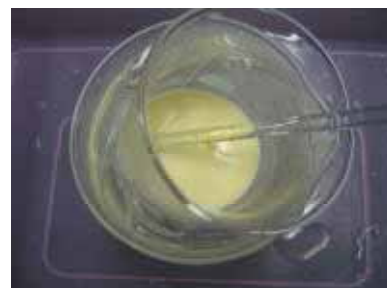
【図23】 抽出された色素溶液



【図24】 食品から取り出された色素で染色された毛糸

食用色素「黄色5号」の合成と毛糸の染色

- ) スルファニル酸0.35gと炭酸ナトリウム0.11gの混合物に、水10mlを加えてかき混ぜながら加熱溶解した。
- ) 放冷後、亜硝酸ナトリウム0.15gを加えて溶かし、さらに、5以下に氷冷しながら3mol/l塩酸を少しずつ合計2ml加えてよくかき混ぜると、【図25】に示すように、ジアゾニウム塩が白色沈殿として生成した。
- ) 別のビーカーに、2-ナフトール-6-スルホン酸ナトリウム0.50gをはかり取り、水25mlを加え、よくかき混ぜ溶かした。さらに2mol/l水酸化ナトリウム4mlを加え、溶液をアルカリ性にした後、上記)の懸濁液を加えてかき混ぜると、【図26】に示すように、アゾ色素が赤褐色溶液として生成した。



【図25】ジアゾニウム塩の生成



【図26】アゾ色素の生成

- ) このアゾ色素を含む溶液に、食酢5mlを加え酸性とした後、)と同様に脱脂、乾燥した毛糸を水でぬらしてから浸し、10分間煮沸した。
- ) 毛糸を取り出し水洗いした後、乾燥した。【図27】に示すように、毛糸は濃い橙色に染色された。



【図27】合成した「黄色5号」で染色された毛糸

食用色素のペーパークロマトグラフィによる同定

- ) や で染色した毛糸をそれぞれビーカーに取り、水約10mlと1%アンモニア水5mlを加え、煮沸した。
- ) 色素が溶け出したら毛糸を取り出し、蒸発濃縮した。
- ) 試験管に展開溶媒(1-ブタノール：エタノール：1%アンモニア水 = 6:2:3)を1ml入れた。ゴム栓をして密閉し、溶媒蒸気を試験管内に飽和させておいた。
- ) 短冊形(1cm x 13cm)に切ったペーパークロマト用紙の下端から2cmの所に鉛筆で線を引き、その中央に、色素溶液を数回に分けて乾かしながらつけた。



【図28】ゼリー中の色素のペーパークロマトグラム

- ) 上記)のろ紙を上記)の試験管に静かに入れ、静置して展開すると、【図28】のようなクロマトグラムが得られ、A~Eはそれぞれ単一または2種の色素を含んでいることがわかった。これらの色素の文献によるRf値と、得られたクロマトグラムから測定したRf値を【表2】に示す。黄色4号で実測値が少し大きい値を示しているが、ほぼ文献値に等しい値が得られた。試薬「黄色5号」と合成「黄色5号」のペーパークロマトグラムを【図29】に示す。試薬色素のクロマトグラムが単一であるのに対して、合成された色素では、複数のクロマトグラムが見られる。これは、ナフタレン環の位置異性体の存在によると考えられる。



【図29】試薬と合成「黄色5号」のペーパークロマトグラム

【表2】Rf値の文献値と実測値

色素	文献値	実測値
赤色102号	0.22	0.22~0.23
黄色5号	0.41	0.41
黄色4号	0.11	0.16~0.17
青色1号	0.44	0.42~0.45

(I) 授業実践の概要（岩手県立不来方高等学校2学年2クラス82名、平成17年11月28日～12月2日実施）

開発教材を生かした学習展開

開発教材を生かした学習展開として、次の二つがあると考えます。

- ・化学の単元「アゾ化合物」を学習した後に、発展的な内容として扱う。高校での学習と日常生活を結びつけることにより、知的好奇心を高めることをねらいとする。
- ・化学の学習の導入として扱う。日常生活を化学の視点でとらえ、化学の方法を学ぶ最初の実験とすることにより、早い段階で知的好奇心を育てることをねらいとする。

実践計画

授業実践の実践計画を【図30】に示す。図中の網掛けは、開発教材の使用場面を示す。

	指導過程	指導上の留意点
第一時 (50分)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">事象提示・学習目標</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">生徒実験1・2(抽出・染色)</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">結果と考察・まとめ</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼリーを示し、ゼリーに含まれる「合成の食用色素」について学習することに見通しをもたせる</li> <li>・「ゼリーの食用色素を抽出し、その色素で毛糸を染める」を実験を行わせる</li> <li>・ゼリーから色素溶液を抽出することができ、毛糸を染めることができることを理解させる</li> </ul>
第二時 (50分)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">事象提示・学習目標</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">生徒実験3(合成・染色)</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">結果と考察・まとめ</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼリーに含まれる色素の構造式から、合成できるという見通しをもたせる</li> <li>・「ゼリー中の食用色素を合成し、その色素で毛糸を染める」実験を行わせる</li> <li>・「黄色5号」を合成することができ、その色素で毛糸を染めることができることを理解させる</li> </ul>
第三時 (50分)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">事象提示・学習目標</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">生徒実験4(同定)</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">結果と考察・まとめ</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゼリーの色(5色)と食用色素の種類(4種)の関係を考えさせる</li> <li>・「抽出した色素と合成した色素のペーパークロマトグラフィを行う」実験を行わせる</li> <li>・抽出した色素と合成した色素のペーパークロマトグラフィができることを理解させる</li> </ul>
第四時 (50分)	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">事象提示・学習目標</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">実験のまとめ・考察</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">学習のまとめ</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各班のペーパークロマトグラフィの結果の比較から、何がわかるかを考えさせる</li> <li>・食用色素に関する実験(実験1～実験4)の結果について考察させる</li> <li>・合成の食用色素について、化学的な見方や考え方をもちかえらせる</li> </ul>

【図30】実践計画

(オ) 授業実践の様子

【図31】は、第一時でゼリーから食用色素を抽出する実験を行っている様子である。生徒たちは、普段何気なく食べているゼリーから色素を取り出すことや、ゼリーから取り出した色素で毛糸を染めることに興味をもって取り組んでいた。

第二時の食用色素の合成・染色の実験では、無色の溶液が濃い赤褐色の溶液に変わるのを観察して、予想とは異なる色の変化に驚きや感嘆の声をあげていた。

【図32】は、第三時で色素のペーパークロマトグラフィの実験を行っている様子である。生徒たちは、第一時でゼリーから抽出した色素と、第二時で試薬から合成した色素のそれぞれについて、結果に期待を寄せながら実験に取り組んでいた。

第四時では、第三時の実験結果から、ゼリーに含まれる食用色素について考察する学習を行った。自分の班の結果と他の班の結果を比較しながら真剣に考えていた。



【図31】抽出の実験の様子



【図32】クロマトの実験の様子

(か) 実践結果の分析と考察

知的好奇心の育成状況と教材及び学習展開に対する有用感について、事前・事後アンケートの結果と学習プリントの記述から分析した。分析の結果、実験教材及び学習展開は生徒にとって取り組みやすく、化学への興味・関心を大きく高めたと考える。しかし、知的好奇心の育成状況については有意に変容したという客観性は認められなかった。これについては、継続的な指導の必要性和、検証方法の再検討が課題であると考ええる。詳細を以下に述べる。

知的好奇心の育成状況について

【図33】は、「化学の学習を『面白い』と思うか」の問いに対する事前・事後アンケートの結果である。身近で発展性のある教材と、教材を生かした学習展開によって、化学への興味・関心を高めたことが窺われる。【図34】は、「化学の学習で『興味や関心をもったこと』について、『自分で調べたり、自分で実験したりして、さらに詳しく知りたい』と思うか」の問いに対する事前・事後アンケートの結果である。事後で肯定的な回答が若干増加しているものの、統計的な有意差はない。身近で発展性のある教材による継続的な指導が必要であるとともに、知的好奇心の育成状況を検証する方法の再検討が必要である。

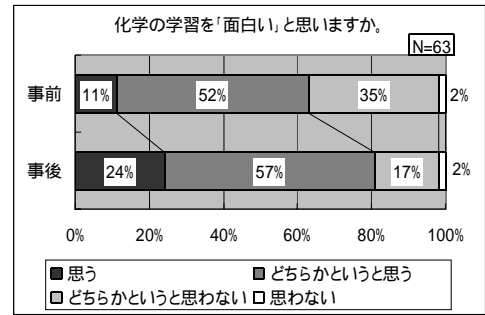
教材及び学習展開に対する有用感

【図35】は、「今回の『食用色素に関する実験の授業』はどうでしたか」の5項目の問いに対する事後アンケートの結果である。授業内容と実験操作の易しさや学習内容の面白さには肯定的な回答が多く、取り組みやすさや学習意欲という点では有用であったといえる。しかし、化学的な見方・考え方の深まりや追究意欲の高まりといった知的好奇心の育成につながる側面での有用性については、検証が不十分であると言わざるを得ない。

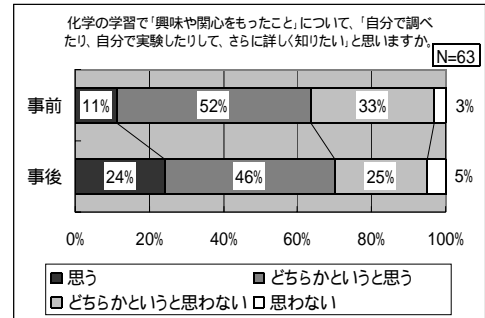
生徒の感想から

事後アンケートの授業についての感想には、総じて「楽しかった」「面白かった」「ためになった」という記述が多かった。以下に、その記述の一部を示す。

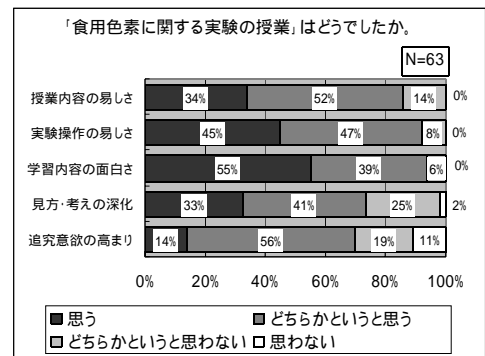
- ・身近なもので実験をすることが楽しかった。
- ・身近なことで実験できたので、改めて、身近にも化学が関係しているんだと再認識できた。
- ・今まで何気なく食べていたゼリーから色素を抽出することは新鮮な体験だった。
- ・普段何気なく食べている食品もたくさんの化学的なものが使われているすごいと思った。
- ・普段何気なく見ているものでも化学のかたまりなんだと実感しました。
- ・着色料が使われていることはわかってはいたが、化学的に見てみると、それぞれがどのような構造でできているかがわかって面白かった。
- ・ゼリーから色素を取り出せるなんてびっくりした。他にも、いろいろ実験してみたいと思った。
- ・違うゼリーでもやってみたら面白そうだ。
- ・化学的な見方などをすると、すごく奥が深いんだなあと思いました。
- ・自分達の身の周りにあるものに化学的な疑問を持つことの面白さ、素晴らしさを学ぶことができた。
- ・この実験を通して、色素を見る目が変わったような気がする。身近にあるもので他にどんなものがあるのだろうかという疑問をもつことができた。
- ・ゼリーでもこんなに考えることがあることに気付き、これからは些細なことも考えるようにしていきたいと思うようになった。
- ・ゼリーから色を取り出せたので、他のものでもやってみたいと思った。
- ・ゼリー以外の色素もどのようなものがあるか今度調べてみたいです。
- ・この実験によって化学に対する関心が高まったので、また興味やわくものがあたら自分で調べてみたい。
- ・着色料は食品に味・質の点で影響を与えないか調べてみたい。



【図33】化学への興味・関心の変容状況



【図34】知的好奇心の変容状況



【図35】教材及び学習展開に対する有用感

### (3) 生物分野における学習展開の実際

#### ア ミドリゾウリムシを用いた進化・共生を考える教材

##### (ア) 教材開発のねらい

高等学校生物「生物の分類と進化」では、生物の分類と系統及び進化の過程とその仕組みを観察、実験を通して探究し、生物界の多様性と歴史的変遷を理解させることをねらっている。生命は無機物から誕生し、原核生物から細胞の進化を経て真核生物が進化し、今日のように多様で複雑な生物が出現してきた。細胞の進化は、始原真核細胞に好気性細菌が共生してミトコンドリアができたという共生説が有力であるが、その根拠の一つとして現生の生物のからだの中で細胞（細菌）が共生している生物の存在がある。2つの生物が共生していくためには、共生相手の認識すなわち自己と非自己の認識や安定した関係を維持するしくみを獲得し、それぞれの生物が利益を共有する必要がある。そこで、構造が単純で飼育培養が比較的容易な共生原生動物を用いて、細胞進化説を理解させるとともに共生成立機構に関わる、免疫機構、行動、生存戦略などいろいろな生命現象について考えさせることで、課題の追究意欲が生まれ、生徒の知的好奇心が育成できるものと考えた。

##### (イ) 教材の概要

教材として、学校の周辺の池などにも生息しているミドリゾウリムシ (*Paramecium bursaria*)【図 36】を用いた。ミドリゾウリムシは細胞内に多数のクロレラ (*Chlorella*) を有している。この共生体はミドリゾウリムシとクロレラとを分離して培養することができ、それらを再感染させることも可能である。



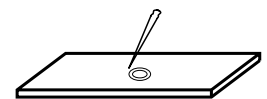
【図 36】ミドリゾウリムシ

##### ミドリゾウリムシの培養について

各学校の実験室で簡単に培養できる方法で培養した。再沸騰水を管びんに入れ、ドライイーストを水 50ml に 30 粒の割合で入れて 1 日放置したものを培養液とする。培養液にミドリゾウリムシ入れ、アルミ箔でふたをして直射日光が当たらない明るいところに置く。3 週間ほどで増殖しはじめる。生徒の観察用は、サンプル管を用いて培養し、増殖して個体密度が高くなったものを各班に配布して使う。

##### 観察方法

ミドリゾウリムシの動きを弱めて観察しやすくするために、【図 37】のように、スライドガラス上に爪楊枝を使って 3%メチルセルロース(400cps)の土手(直径約5mm)をつくり、土手の中にパストゥールピペットで培養液を 1 滴滴下してカバーガラスをかけて顕微鏡で観察する。



【図 37】プレパラートの作成

##### ミドリゾウリムシからクロレラの除去

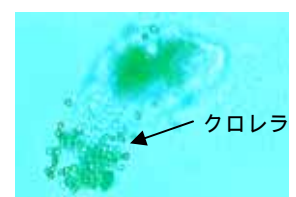
ミドリゾウリムシ細胞内に共生しているクロレラはパラコート存在下で培養すると、数日で完全に除去できる(細谷 1995)。毒性の強いパラコートを授業で用いるのは安全上好ましくないため、暗黒下で分裂を繰り返す方法でクロレラを除去した。3 週間ほどで、クロレラの数を減少させた白化ミドリゾウリムシが得られたが、完全にクロレラを除去することはできなかった【図 38】。



【図 38】白化ミドリゾウリムシ

##### ミドリゾウリムシ細胞内のクロレラの観察

合成界面活性剤はミドリゾウリムシの細胞膜を崩壊させる性質があり、毒性の検証実験に用いられている。培養液 1 滴に家庭用中性洗剤を 0.005% に薄めた溶液 1 滴を加えて観察すると、細胞膜が壊れ、体内に共生しているクロレラが外へ流れ出す【図 39】。外へ出たクロレラを観察することで、ミドリゾウリムシが細胞内にクロレ



【図 39】クロレラの放出



ラを共生させていることを確認できる。

#### 異物の排出の観察

体内に取り込まれた異物は、消化できなければ細胞口から排出されることを、食胞形成過程と排出過程を観察して確認する。培養液中に墨汁を与えると30分ほどで細胞内に黒い食胞が観察され、さらに時間が経過すれば、細胞内を循環したあと細胞肛門から墨汁が【図40】のように排出される様子を観察できる。



【図40】異物の排出

(ウ) 授業実践の概要(岩手県立盛岡第一高等学校3学年生物選択2クラス66名、平成17年11月9日、10日実施)

#### ミドリゾウリムシを使った学習展開

ミドリゾウリムシは、細胞共生説の根拠の一つである現生の生物のなかで細胞を共生させている動物の一例である。種の異なる生物が同じ体内で共生することは、さまざまな生命現象が絡んでいるため、進化、分類の単元のまとめの教材として取り上げた。

そこで本実践では、まずミドリゾウリムシとクロレラを観察して、実際にミドリゾウリムシ体内にクロレラが共生していることを確認させ、体内に取り込んだ異物は消化されなければ排出されるという現象を観察し、両者が共生関係を持つようになったメカニズムについて考えさせた。さらに、共生することが簡単ではなく、多くの性質を獲得する必要があるということに気づかせて、生物の生存戦略や進化のしくみについて追究できるような学習展開を行った。

#### 実践計画

授業実践の実践計画を【表3】に示す。

【表3】実践計画

	指導過程	指導上の留意点
第1時	<p>説明(細胞進化説)</p> <p>観察1 ミドリゾウリムシとクロレラ</p> <p>観察2 ミドリゾウリムシに共生しているクロレラ</p> <p>考察</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>細胞共生進化説の根拠の一つと考えられている、共生関係がみられる原生生物が現存することを説明する。</li> <li>ミドリゾウリムシの特徴について説明する。</li> <li>「ミドリゾウリムシの細胞内の色や原形質流動」と「クロレラの色や形、大きさ」に注目して観察させる。</li> <li>ミドリゾウリムシの細胞膜を崩壊させて中からクロレラを取り出し、観察1で観察したクロレラと比較させる。</li> </ul> <p>既習の学習事項と本時で観察したことをもとに考えさせる。</p> <p>暗所でミドリゾウリムシを培養した場合どうなるか。</p> <p>明所で有機物質の全くない蒸留水で培養するとどうなるか。</p> <p>共生関係を築いたことで両者は生存戦略上どんな利益を得たか。</p>
第2時	<p>考察の発表</p> <p>観察3 白化したミドリゾウリムシ</p> <p>考察</p> <p>観察4 食胞と異物の排出</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>前時の考察について各自が考えてきたことを発表させる。</li> <li>暗所で培養したミドリゾウリムシの「細胞内の色や形態」に注目して観察させる。</li> <li>クロレラはどのようにしてゾウリムシ(共生する以前のミドリゾウリムシ)内へ入っていったのかを考えさせる。</li> <li>捕食した食物(体内に入った異物)はどうなるか。</li> <li>墨汁を取り込んだミドリゾウリムシの食胞形成と排出過程を観察させる。</li> </ul>



問が生じ、その疑問に対して追究意欲が生まれたものとする。

【表5】は、「原生動物を使ってやってみよう実験について」のアンケート記述である。事前では、生殖、走性、収縮胞の観察など既習の内容が主なものであったが、事後アンケートでは、共生クロレラと非共生クロレラの膜性質の違いや共生クロレラの分裂、寿命に関する実験など、共生メカニズムを調べるような実験が記述されている。このことは、ミドリゾウリムシというからだの構造が簡単な生物でも、いろいろな生命現象を調べることができる発展性のある実験材料であることが理解され、共生についてもっと調べてみたいという意欲が増したものとする。

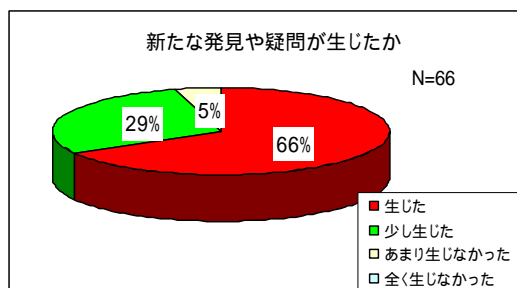
【表5】原生動物を使ってやってみよう実験

事前	事後
接合や分裂などの生殖の観察*	白化しミドリゾウリムシの光走性
培養液の浸透圧を変えて収縮胞を観察する*	共生クロレラと非共生クロレラの性質
走性の観察*	ゾウリムシとクロレラの細胞膜を比べる
光合成能力の測定	ミドリゾウリムシの培養条件とクロレラの放出
暗所と明所で培養して、違いを観察する	ミドリゾウリムシ体内のクロレラの数と寿命
体の構造観察と大きさの測定*	ゾウリムシとミドリゾウリムシの混合培養
核、葉緑体の移植実験	ミドリゾウリムシの分裂とクロレラの分裂周期
捕食の様子を観察*	暗所と明所で培養して、違いを観察する
原形質流動*	接合や分裂などの生殖の観察*
その他	ゾウリムシがクロレラを捕食する様子の観察
	クロレラの移植
	ミドリゾウリムシを光の強さを変えて培養する
	その他

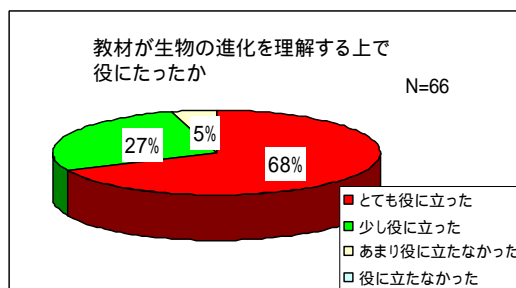
\*は、既習の学習内容に基づいた実験

教材及び学習展開に対する有用感

【図44】は、「授業をとおして新たな発見や疑問が生じたか」、【図45】は、「教材が、生物の進化を理解する上で役立ったか」の問いに対するアンケート結果である。教材を使った実験や観察によって新たな発見や疑問が生じて、生物の進化を理解するのに役立ったと回答している生徒が95%に達しており、多くの生徒が有用感を抱いたことがわかる。



【図44】教材及び学習展開に対する有用感 その1



【図45】教材及び学習展開に対する有用感 その2

生徒の感想から

- ・今までクロレラでなく葉緑体だと思っていたので消化されずにクロレラがゾウリムシの体内に存在することに驚いた。
- ・一つの細胞なのに進化のさまざまな過程が詰まっていることに感動した。
- ・自己と非自己の認識がこんなに小さな生物にもあることが興味深かった。クロレラを排除しない仕組みについて詳しく知りたい。
- ・クロレラの増殖とゾウリムシの分裂のバランスや走光性とすみわけという話にはっとした。ばらばらに見えていた現象も利益があってやっていることで連続性があるという新発見をした。
- ・ミドリゾウリムシは小さい生物なので、あまり研究しても意味がないと思っていたが、いろいろな生命現象の解明に貢献できるとわかった。
- ・1つの生物の実験からでも様々な思考を拡大することができ、生物の世界は、どのようなことへでも発展できると感じた。
- ・からだの構造は簡単なのに共生に至るまでの過程がわかっていないなどまだまだ未知のことが多くて興味深かった。
- ・共生することでどんなメリットがあるかなど考察するのが楽しかった。
- ・考察で生じた疑問もあったのでさらに調べられる機会があったらいいと思った。

(4) 中学校理科における学習展開の実際

ア 圧力実験器「パスカルん」

(ア) 教材開発のねらい

中学校理科1分野の「身のまわりの現象」における「3章いろいろな力の世界」「面にはたらく力」は、圧力について学習する単元である。圧力については、「面を垂直に押す力」と「力がはたらく面積」の関係をできるだけわかりやすく生徒に提示し、理解させる必要がある。教科書（東京書籍「新しい理科1分野上」）における実験では、【図46】のように、水の入ったペットボトルを面積の違う3種類の板にのせ、それぞれのスポンジのへこみ方により圧力の大きさが変わることを調べるといった内容である。この実験は、「操作的な実験ですぐに終わってしまうため、生徒の圧力の本質的な理解につながらない。」「スポンジのへこみ具合がわかりにくい。」などの問題点があった。

そこで、新たに生徒が「力がはたらく面積」によって圧力の大きさを実感できる教材を開発することが必要であると考えた。あわせて、研究の目的でも述べたように、生徒の知的好奇心を育成するような理科の学習展開が不足していることから、生活体験や学習の過程で獲得してきた生徒自身が既知のものであると錯覚している概念を覆すような事象を提示し、「疑問を解明したい」という知的な欲求を生じさせ、知的好奇心を育成するような学習展開の在り方を示す必要があると考えた。

(イ) 教材の概要

圧力を定量的に示すことができる教材は過去にもいくつか発表されている。パスカルの原理を応用した断面積の違う注射器と水の柱による実験器やバネの変形により圧力の大きさを提示するものがある。本教材は、構造的には前者の原理を用いたものである。

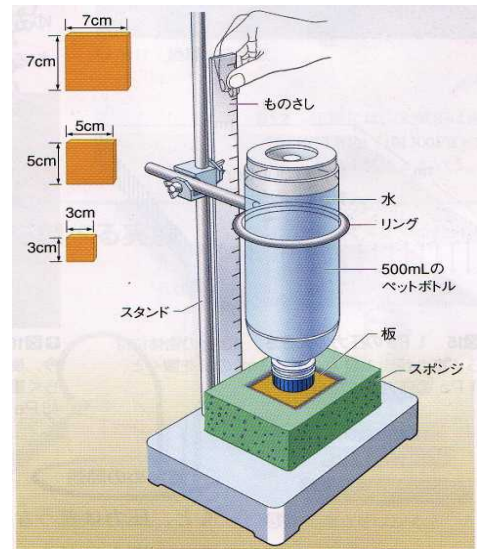
本教材は、織原勝次郎（千葉県総合教育センター1988）の「圧力を説明する装置とパスカルの原理を示す装置」をもとに開発したものである。織原の教材は、【図47】のように内径107、83、56mmの塩ビ管の筒を用いて3種類の面積による圧力を水の柱の高さによって示そうとしたものである。しかし、装置が大掛かりになりすぎることや、面積の違う塩ビ管に付け替える作業が煩雑である点など、必ずしも授業で簡単に活用できる環境が整っているとは言えない状況であった。

そこで、本教材では、次の点に留意して装置の改良を行った。

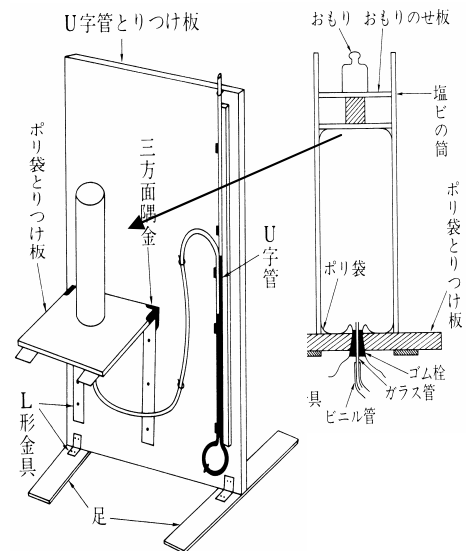
- ・ 生徒にとって身近な素材を用いた教材であること
- ・ 比較的製作が容易であり、12グループに1つの実験装置がいきわたるようにすること
- ・ 操作が簡単であり、機能性に優れていること

生徒にとって身近な素材として本教材に用いたのは、比較的加工のしやすいペットボトルとフィルムケース、アクリルパイプである。その他の素材も100円ショップや量販店で手に入りやすいものを用いている。これは、生徒に身近な素材を用いた実験装置が入手可能な素材を用いて作られていることに気づかせ、家庭でも工夫次第では科学的な実験が可能であることを示唆しようとしたものである。

また、研究協力校では、12グループによる観察・実験を行っており、織原が考案した「圧力を説明する装置とパスカルの原理を示す装置」では、それだけの個数の教材をそろえることが難しいため、「教師にとっても比較的製作が簡単な教材である」とも教材開発のポイント



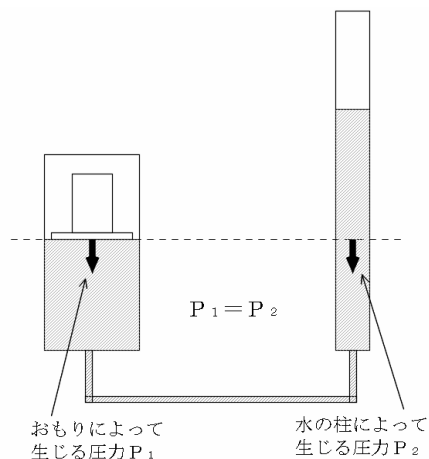
【図46】教科書による実験の様子  
(東京書籍1分野上P31)



【図47】織原による「圧力説明装置」

トであった。

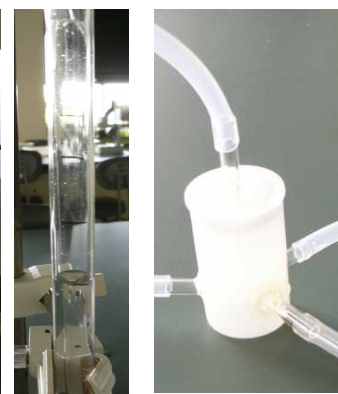
本教材は、断面積の異なる3つのペットボトルを“感圧部”とし、アクリルパイプを“計測部”（【図49】）そして、シリコンチューブとフィルムケースからなる“接続部”（【図50】）で構成している。閉じられた流体中の圧力はどの部分でも同じになるというパスカルの原理（【図48】）を用いて“感圧部”で生じた圧力の大きさを、“計測部”の水の柱の高さによって示そうとするものである。



【図48】パスカルの原理概念図



【図49】“感圧部”（左）と“計測部”（右）



【図50】“接続部”

#### (ウ) 教材の特徴

本教材の一番の特徴は、3つの断面積のペットボトルの圧力の違いを1つの計測装置で示そうとしたところにある。【図5-6】のように面積の違うペットボトルによる圧力を計測するためには、他のペットボトルの影響を受けないようにすることが必要条件であった。そこで、他の2つのペットボトルにつながっているシリコン製のチューブをクリップでとめ、遮断することにより目的とするペットボトルの圧力だけを計測できるように工夫した。

“感圧部”そのものは、ビニールの袋をペットボトルの中に押し込み、その中に水を満たしたただけのものである。このままでは、正しく圧力が伝わらないため、ペットボトルの断面積とほぼ同じ面積の発泡スチロールの板を準備し、おもりの重さがペットボトルの断面積に均等にかかるように工夫してある。

“計測部”は市販のアクリルパイプを半分(50cm)に切断しただけのものである。実験で計測する際には、アクリルパイプの表面にセロハンテープを張り、直接水面の高さを油性ペン等でマークできるようにしてある。この方法だと実験終了後にセロハンテープを机に貼り付け水面の高さを計測するのも便利である。

さらに装置全体を100円ショップで購入したかごの中に入れておくことで、持ち運びが簡単にできるように配慮した。

#### (I) 実験の方法

それぞれのペットボトルのビニール袋に水を満たし、ゴム栓を接続し逆さまに設置する。  
ビニール袋に空気が入っている場合は、空気を追い出す。

圧力を伝える発泡スチロール板をビニール袋の上に設置する。

計測部にセロハンテープを貼り、基準となる水面を記録する。

測定するペットボトルを決め、それ以外の2つのペットボトルにつながるシリコンチューブを折り曲げ、クリップでとめる。

おもり（缶コーヒーの空き缶に砂を詰めたもの約3N）をのせ計測部で上昇した液面の高さをマークする。

おもりははずしたあと水面が基準の水面に戻ったことを確認した後、別のペットボトルで同様の実験を繰り返す。



【図51】他の2つのペットボトルには影響していない様子

(オ) 授業の実際

授業の構想

知的な好奇心を育成するためには、生徒自身が既知のものであると錯覚している概念を覆すような事象を授業の導入部分で提示し、「なぜだろう」、「どうして」などの「疑問」を生じさせ、それが生徒にとっての解決すべき「学習課題」となるように指導していく必要があると考えた。

【図52】は、本教材を用いた授業の学習指導案例の一部である。

本時では、演示実験として2パックの卵の上に生徒を立たせる実験を行った。容易に割れることができる卵が体重を支えることができるという“驚き”を基に、『人がのっても卵が割れないのはなぜだろうか。』という学習課題を設定する。卵が割れないのは、卵1個あたりにかかる重さが体重よりずっと小さくなるためであるが、「卵1個あたりの力」と「単位面積あたりの力」の共通点から、圧力の概念の理解につなげようとするものである。

本時の指導			
(1) 本時の目標 面を垂直に押す力が同じでも、力がはたらく面積が大きくなると、単位面積あたりにはたらく力である圧力は小さくなることを理解する。			
(2) 本時の展開			
段階	学習内容	学習活動	指導上の留意点および評価・支援
導入 5分	1 事象の提示	・卵は、容易に割れることを想起する。	・卵を割った経験を想起させた後卵の上に生徒を立たせても卵が割れない演示実験を行う。
	2 課題設定	・演示実験より生じた疑問を発表する。	・疑問や驚きをもとに、学習課題を設定する。
学習課題：人がのっても卵が割れないのはなぜだろうか。			
展開	3 予想	・なぜ卵が割れないかについて予想を考え発表する。 〔ふれ合う面積が大きいと押す力が小さくなるのではないか？〕	・一人ひとりに予想を考えさせ、同じ予想を持つ生徒で実験グループを編成する。
	4 実験	・実験の準備をする。 ・実験方法を確認する。 ・面積の違うペットボトルにおもり(3N)のをせ、水柱の高さを調べる。	・実験装置と課題の関係を明らかにし、実験の目的を明確にする。 人の体重⇒“おもり”、板⇒ペットボトルの面積、水柱の高さ⇒生じる力(単位面積あたりにはたらく力)
閉	実験の目的:面積が変わると水柱の高さがどのように変わるかを調べる。		・学習課題・予想はノートに記述させる。 ・机間指導により支援を行う。 ・学習シート

【図52】学習指導案例

概念を覆すような事象の提示

また、断面積が大きくなれば圧力は小さくなり、断面積が小さくなれば圧力が大きくなることを「水の柱の高さ」によって定量的に実感させるとともに、反比例のグラフを描くことによって定性的にも理解させるように意図している。

さらに、圧力の概念を用いた暮らしに役立つ道具にも目を向けさせることで、学習した内容を生徒の生活体験と結びつけるための指導を行い、授業の場から日常生活の場へと発展性を持たせるように配慮した。このことは、学習した内容や考え方を応用し日常生活の身近な事象について知的な好奇心を展開していくためにぜひとも必要なことであると考えられる。

授業の概要

1) 授業実践

平成17年10月13日(木) 5校時

花巻市立花巻北中学校 1年1組34名(男子18名、女子16名)

2) 授業実践の様子

導入では、朝食に卵焼きを食べた人を挙手させ卵は割れやすいことを想起させたあと、演示実験を行った(【図53】)。クラスの小柄な男子が恐る恐る卵の上に立っても卵が割れていなかったことは、生徒たちに大きな感銘を与えたようであった。実験では、一部のグループに水漏れがあったことが残念であった。結果を記録しグラフを描くときには、数学で反比例を学習していないこともあり、かなり苦戦している様子が見られた。



【図53】演示実験の様子



【図54】授業の様子

(カ) 実践結果の分析と考察

観察・実験に対する興味・関心

【図55】は、観察・実験に対する生徒の興味・関心について事前と事後で比較したものである。生徒は事前から観察・実験に対する興味・関心が高かったが、事後は、「面白い」と答えた生徒が17ポイント増加しており、導入における既知の概念を覆す演示実験や開発教材を使ったことにより、観察・実験に対する興味・関心が向上したものと考えられる。

教材及び学習展開に対する有用感

【図56】は、実践で使用した本教材についての、有用感についての結果を示したものであるが、すべての生徒が「役に立った」「どちらかという役に立った」と回答している。また、【図57】の圧力についての理解の状況を見ると、90%の生徒が概ね「理解できた」と答えている。これらのことから、本教材を用いた学習展開は、生徒の学習の理解に有用であったと考えることができる。

日常生活との関連

【図58】は「圧力が小さくなることを利用しているもの」と「圧力が大きくなることを利用しているもの」について事前・事後で回答を比較したものである。事前の「圧力が大きくなること・・・」の回答は、「圧力釜」のように圧力という言葉についての回答であった。事後では、圧力の概念を理解した回答(【表6】)に変容している。このことからも生徒の意識が理科室の学習から日常生活へと発展していると考えられる。

授業後の生徒の感想

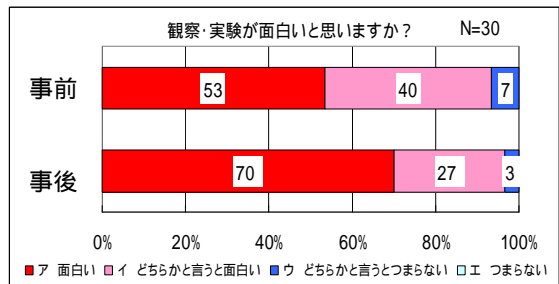
圧力はなんとなくわかっていただけ実験を通して圧力がよくわかった。  
 圧力のことがわかった。  
 圧力を小さくしたり大きくしたりすることはいろいろなことに利用されていると思った。  
 面積が小さいほど圧力が大きいことをはじめて知った。  
 Paを求める計算が難しかった。  
 計算がよくわからなかった。今日の実験は楽しかった。

開発教材についての教師アンケート

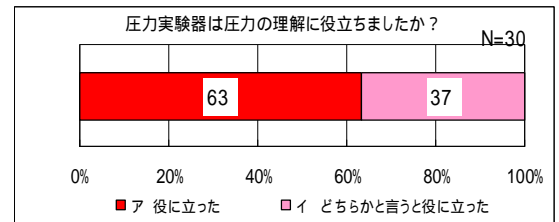
実践を行った教師に感想を求めたところ、教材を改良する上での貴重な指摘をいただいた。今後はこれらの点に留意して改良を試みていきたいと考えている。

- ・ペットボトルの中に入れるビニールの袋の強度や形状を再度検討したい。
- ・底の深いカゴにするとチューブの折れも少なく結果に影響が少ないと思う。
- ・クリップを目玉クリップにすると結果がよく出た。

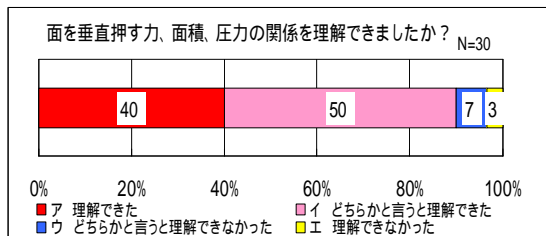
注) 事前・事後のアンケート調査で4名の生徒がいずれかのアンケートを提出していなかったため除外して集計を実施したものである。



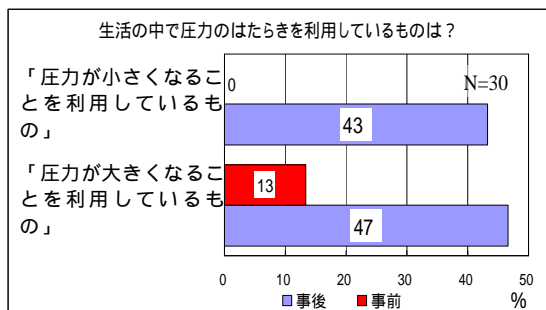
【図55】観察・実験に対する興味・関心の変容



【図56】教材に対する有用感



【図57】圧力についての理解



【図58】日常生活との関連

【表6】圧力を利用したものについての回答の状況

調査項目	事前	事後
圧力が小さくなることを利用しているもの	解答なし	クロスカントリー(1)、スキー(7)、ボールペンのキャップ(1)、象の足(1)
圧力が大きくなることを利用しているもの	圧力釜(3)、体重計(1)	スコップ(4)、フォーク(3)、針(1)、包丁(2)、ナイフ(2)、ボールペンの芯(1)

注) 一部重複解答あり

## 研究のまとめ

### 1 研究の成果

本研究では、中学校および高等学校において研究仮説に基づいて研究の実践を行った。その結果、研究の成果として以下の3点が挙げられる。

- (1) 知的好奇心を育成する理科の学習展開の基本的な考え方を示すことができたこと。
- (2) 児童生徒にとって身近で発展性のある教材を開発することができたこと。
- (3) 身近で発展性のある教材を用いた学習展開案を作成し、実践を行うことができたこと。

以上のことより、中学校・高等学校の理科の授業において身近で発展性のある教材を提示することは、児童生徒の興味・関心を高め学習内容を理解させるうえでは効果的であったことがそれぞれの実践結果から確かめられた。

しかし、1ないし4時間の授業実践のデータからだけでは、知的好奇心の変容が分かるほどの有意差を認めることができず、知的好奇心を“測る”ための手立てと検証の工夫が必要であることを再認識した。

### 2 今後の課題

今後、新たな「身近で発展性のある教材」を開発し、単元や学期など長期的に指導を継続するようにすること。また、知的好奇心が育った児童生徒像を明確にしていくことを更に検討していきたいと考える。

## おわりに

この研究を進めるにあたり、ご協力いただいた研究協力校の先生方、及び生徒の皆さんに心から感謝申し上げます。また、研究協力員としてご協力いただきました先生方に感謝申し上げます。

## 【引用文献】

- 三浦登ほか44名(2001),「新しい科学 1分野上」,東京書籍株式会社,p.31  
全国理科教育センター協議会(1988),「身近な素材を生かした物理教材の研究」,東洋館出版社,p.16

## 【参考文献】

- キリヤ化学(2005),合成色素一覧,<http://www.kiriya-chem.co.jp/gosei.html>  
少年写真新聞社編:食品着色料検出実験(1990),「新・科学の実験」,少年写真新聞社  
西田和明(2001),「たのしくできるやさしいエレクトロニクス工作」,東京電機大学出版局  
日本放送協会・日本放送出版協会(2005),「NHK高校講座 物理」,日本放送出版協会  
波多野誼余夫・稲垣佳世子(1973),「知的好奇心」,中公新書  
重中義信監修,「原生動物の観察と実験法」,共立出版(1988)  
Hiroshi Hosoya(1995) Symbiotic Algae-free Strain of The Green Paramecium *Paramecium bursaria*  
Produced by Herbicide Paraquat, ZOOLOGICAL SCIENCE Vol. No.6  
増尾清(1991),「消費者にできる食品簡易テスト」,誠堂新光社  
八島洋一(2003)「ミドリゾウリムシ由来クロレラのアメーバ細胞質への感染とその宿主細胞の増殖に及ぼす影響」,岩手医科大学教養部研究年報38  
文部省(1999),「高等学校用食品化学」,東京電機大学出版局