

理 科

教科別研究主題 主体的に活動できる理科の観察・実験の指導の在り方

研究概要及び索引語

理科の授業では、問題の把握、仮説の設定、実験計画の作成、実験の操作、結果のまとめなどの一連の過程に、児童生徒が「自分から進んで行う」という意識をもって取り組めるようにすることが大切である。本研究では、児童生徒が観察・実験に主体的に取り組めることを目指し、学習指導要領改訂後の学習指導の実態について調査した。さらに、指導法の改善や教材・教具の開発について、校種ごとの授業研究を通して究明した。

索引語 : 理科, 主体的活動, 観察・実験, 教材・教具の開発, 問題解決学習

目 次

はじめに	7
1 研究のねらい	7
2 研究主題に関する基本的な考え方	7
3 理科学習指導に対する意識・実態調査	8
4 授業研究	12
【授業研究1】小学校第6学年「ものの燃え方と空気」における多様な観察・実験	13
【授業研究2】中学校第1学年「季節の変化と四季の星座」における公転モデルの開発 ...	18
【授業研究3】高等学校物理「剛体に作用する力のつり合いと重心」の指導	23
【授業研究4】高等学校化学「電池と電気分解」における燃料電池の教材開発と指導	28
【授業研究5】高等学校生物「心臓とホルモンの関係」における教材の開発	33
【授業研究6】高等学校地学「地層の構造」における学校周辺の地形・地層の教材化	38
おわりに	42

はじめに

これからの理科の授業は、児童生徒が自らのよさや可能性を生かしながら、自然の事物・現象にかかわり、問題を見つけ、解決していくように展開していくことが大切である。理科の授業における観察・実験は、問題解決の過程に位置付けられるものであり、問題に対する予想を検証する手段である。知識をただ確認したり、理解を助けたりするだけの受動的な観察・実験では、新たな対象にかかわったときに生きて働く資質や能力を育成することにはならない。本研究は、児童生徒の活動を重視し、主体的に取り組める観察・実験の指導の在り方を探るものである。

1 研究のねらい

- (1) 学習指導要領の改訂後の、児童生徒の自然への関心及び理科の学習指導の実態を調査する。
- (2) 主体的に観察・実験に取り組めるように、指導法の改善や教材・教具の開発を図る。

2 研究主題に関する基本的な考え方

主体的な活動とは、児童生徒が自分から進んでものごとに取り組む活動である。それは、現象的に積極的な活動が行われているということだけではなく、活動自体に価値を認める内発的な行動である。

理科の観察・実験で児童生徒の主体的な活動が成立するためには、問題の把握、仮説（予想）の設定、実験計画の作成、実験の操作、結果のまとめなどの一連の過程を、「自分が進んで行う」という意識をもって取り組めるように学習を展開していくことが大切である。このような取り組みは、児童生徒の積極性にまかせるだけで実現されるものではなく、教師による意図的、計画的な授業の構想と支援があってはじめて可能となるものである。

そのためには、次の(1)～(6)のような手だてが有効である。

- (1) 学習指導要領に示された目標及び内容をもとに、自然現象への関心・意欲・態度、科学的な思考、観察・実験の技能・表現、自然現象への知識・理解などの観点から、児童生徒の実態をとらえ、指導目標を設定し、指導計画を作成する。
- (2) 授業の導入場面で、身近な自然を活用したり、驚きや疑問がもてる事象提示を工夫したりして、児童生徒の先行経験を生かしながら学習問題が明確にとらえられるようにする。
- (3) 児童生徒が設定する学習問題や解決方法に応じて、学習形態を工夫する。
 - ・個別または少人数の班編成で観察・実験を行う。
 - ・同じ問題をもつ者や同じ方法で行う者で班を作るなど、協力し合えるようにする。
 - ・観察・実験を進める中で、児童生徒が相互に話し合い、考えを深められるようにする。
- (4) 児童生徒が興味・関心をもち、創造性を発揮しながら観察・実験が進められるようにする。
 - ・複数の材料や実験方法を用意して、児童生徒が選択できるようにする。
 - ・教科書や実験書の手順どおりに行って学習内容を受動的に検証させるだけではなく、児童生徒の創意や工夫が生かせるような教材・教具や観察・実験方法を開発する。
- (5) 児童生徒が観察・実験に自信をもって積極的に取り組むことができるように、器具や薬品の扱い方などの基礎的な技能を日頃から十分に習熟できるようにしておく。
- (6) 児童生徒の学習状況を的確に把握し、それを学習指導に生かすために、評価の観点、内容、時期、方法を明確にする。

3 理科学習指導に関する意識・実態調査

児童生徒の自然への関心や観察・実験の指導の実態を調べるため意識・実態調査を実施した。

(1) 調査対象

- 児童生徒…県内の小学校11校の第6学年，中学校11校の第2学年，高等学校10校の第2学年からそれぞれ1クラスを対象とした。回答者数は，小学校326人，中学校345人，高等学校424人，計1,095人である。
- 教師………無作為に抽出した県内の小学校100校，中学校100校，高等学校50校から，小学校については第6学年担当者1人，中学校については第2学年理科担当者1人，高等学校については理科担当者2人を対象とした。回答者数は，小学校97人，中学校98人，高等学校96人，計291人である。

(2) 実施時期 平成6年10月24日から10月29日まで

(3) 調査項目，調査結果及び分析

児童生徒を対象とした調査内容と結果については，表1～11に示し，教師を対象とした調査内容と結果については，表A～Kに示す。なお，表中の数値は，全て回答者数に対する各問の回答数の割合(%)である。

ア 児童生徒の意識・実態について

(ア) 自然に対する関心

「自然について不思議に思ったことがあるか。」

という問いに約80%が「ある」と答えている(表1)。表1 自然に対する関心

不思議に思うのは、「自然の様子」，「身の回りや生活」，「テレビ・新聞・本」の順に多い。それに対して、「先生の話」や「理科の観察・実験」をあげているものは少ない(表2)。これは，理科の授業が，疑問や問題を解決する形で展開されているからであろうが，疑問や探究心がでてくるように授業の展開を工夫する必要がある。

なお，小学校では，32%が「理科の観察や実験」をあげており，児童の疑問を大切に授業を展開している様子がうかがえる。

自然について不思議に思ったことがあるか。	小	中	高	全体
何度もある。	27.9	14.8	26.7	23.3
ときどきある。	61.0	56.2	52.8	56.3
あまりない。	10.1	26.1	18.2	18.3
まったくない。	0.9	2.9	2.4	2.1

表2 不思議に思うもの

どんなことから不思議に思ったか(2つまで)	小	中	高	全体
自然の様子から	52.8	30.1	44.1	42.3
身の回りや生活の中から	35.6	31.0	32.8	33.1
テレビ，新聞，本などから	30.7	24.3	28.8	27.9
先生の話から	3.7	4.3	3.8	3.9
理科の観察や実験から	32.2	9.9	8.7	16.1
その他	0.3	0.3	1.4	0.7

(イ) 観察・実験への期待

観察・実験については，全体として，楽しみにしている者が76%いる。しかし，小学校では「大変楽しみにしている」と答えている児童が35%いるのに対し，中学校，高等学校では，「あまり楽しみにしていない」「まったく楽しみにしていない」者が合わせて30%近くおり，楽しみにしている割合は減少している(表3)。

表3 観察・実験への期待

観察や実験を楽しみにしているか	小	中	高	全体
大変楽しみにしている。	35.3	22.9	18.7	24.9
少し楽しみにしている。	53.4	47.8	52.0	51.1
あまり楽しみにしていない。	9.2	22.9	24.8	19.5
まったく楽しみにしていない。	2.1	6.4	4.7	4.5

楽しみにしている理由は、「新しい発見があるから」が45%、「いろいろな器具を使うから」が32%と多い。それに対して、「自分の考えで実験するから」「図や表で示して結果をまとめるから」は少なく、児童生徒は観察・実験に興味はもっているものの、その取り組みは主体的であるとはいえない(表4)。

(ウ) 望んでいる観察・実験の進め方

児童生徒が望んでいる観察や実験は、「驚くような変化のある実験」が55%と最も多い。それに対して、「自分で考えた方法で調べる実験」などの主体的に問題解決を行う実験をあげた者は少ない(表5)。

(このことに関しては、後に、ウ(イ)で触れる。)

(エ) 成就感

全体で79%の児童生徒が、観察や実験で成就感を感じている。しかし、小学校、中学校、高等学校となつて、成就感を感じる回数は減少している(表6)。

成就感を感じるときは、「手順どおり最後まで実験ができたとき」、「実験の結果が予想どおりであったとき」「疑問が解決できたとき」など、実験に明確な成果が得られたときである(表7)。

一方、「器具がうまく使えたとき」と答えた児童生徒は少ない。表4で、器具が使えるから観察・実験を楽しみにしていると答えた生徒が多かったが、単にそれだけでは成就感に結びつかないことを示している。また、「自ら考えた方法で実験ができたとき」と答えた児童生徒も少ない。問題解決型の観察・実験も、操作が順調に進行し、きちんとした結果が得られるように、教師が十分な支援を行う必要がある。

(オ) 観察・実験への取り組みの積極性

観察・実験に積極的に取り組めないことがあると回答した児童生徒に、その理由を聞いたところ、「失敗するかもしれないから」、「手順が分からないから」が多く、特に高等学校で手順や目的が分からない者が増えている(表8)。基礎・基本となることをよく押さえておく必要がある。

表4 観察・実験を期待する理由

楽しみにしているのはどうしてか (2つまで)	小	中	高	全体
新しい発見があるから	52.8	39.7	43.2	44.9
いろいろな器具を使うから	43.9	30.4	23.1	31.6
身のまわりのことを調べるから	11.3	6.7	5.0	7.4
実験で教科書の内容が分かるから	9.5	5.5	10.1	8.5
自分の考えで実験するから	8.9	7.0	5.9	7.1
図や表で示し結果をまとめるから	6.7	2.3	2.6	3.7
その他	1.8	2.6	5.9	3.7

表5 望んでいる観察・実験の進め方

どのような観察や実験を望むか。	小	中	高	全体
授業の内容が確かめられる実験	7.1	17.1	21.0	15.6
驚くような変化のある実験	58.6	55.9	50.9	54.8
自分の疑問を解決できる実験	24.8	16.2	21.7	20.9
自分で考えた方法で調べる実験	7.4	4.9	3.1	4.9
教科書に書いてある実験	0.9	5.2	2.1	2.7
その他	1.2	0.6	1.2	1.0

表6 観察・実験での成就感

観察や実験で、「分かった!」「できた!」と感じるか。	小	中	高	全体
いつもある。	33.1	11.6	7.3	16.3
しばしばある。	56.1	63.8	66.5	62.6
あまりない。	9.5	22.0	23.8	19.0
まったくない。	1.2	2.6	2.4	2.1

表7 成就感を感じるとき

それはどんなときでしたか。 (2つまで)	小	中	高	全体
器具がうまく使えた	12.9	14.2	5.4	10.4
手順どおり最後まで実験ができた	39.3	31.0	27.4	32.1
実験の結果が予想どおりであった	18.7	20.0	26.9	22.3
失敗しても納得いく実験ができた	24.5	11.9	10.8	15.3
実験をして疑問が解決できた	42.0	29.9	28.3	32.9
自ら考えた方法で実験ができた	9.2	3.5	4.0	5.4
結果がうまくまとめられた	12.3	7.5	8.3	9.2
その他	0.6	0.6	1.2	0.8

表8 観察・実験に進んで取り組めない理由

進んで取り組めないのはどうしてか。 (2つまで)	小	中	高	全体
器具の使い方が分からないから	7.1	9.6	7.3	7.9
失敗するかもしれないから	14.1	11.3	8.5	11.1
手順が分からないから	12.0	10.1	21.0	14.9
目的が分からないから	4.3	3.8	14.6	8.1
手が汚れたり変な臭いがするから	3.1	4.9	3.8	3.9
危ないと思うから	7.1	4.1	2.6	4.4
その他	4.9	3.5	9.0	6.0

イ 観察・実験の指導の実態について

(ア) 観察・実験の回数

観察・実験の回数は、小学校が最も多く、次に、中学校、高等学校の順となっている。小学校、中学校では、観察・実験を行って理科の授業を展開するという学習指導要領の趣旨がよく踏まえられてきていると思われる(表A)。

(イ) 観察・実験の形態

観察・実験の形態としては、3～4人の班編成が多いが、高等学校では1人や2人で実施している場合もある(表B)。児童生徒が望んでいる形態は、教師の実施している形態とほぼ同じであるが、やや、より少人数の個別化した実験を望む傾向も見られる(表9)。高等学校では逆に個別化を敬遠する傾向も見られる(表9)。

表B 観察・実験の形態(教師)

観察や実験の形態としてどのようなものが多いか。	小	中	高	全体
1人で実施	3.1	0.0	4.2	2.4
2人の班で実施	2.1	0.0	17.7	6.5
3～4人の班で実施	54.6	74.6	54.6	64.6
5～8人の班で実施	35.1	21.4	7.3	21.3
演示実験	0.0	0.0	6.3	2.1
その他	5.2	4.1	0.0	3.1

表A 観察・実験の回数

半年間に、何回ぐらい観察や実験を行いましたか。	小	中	高	全体
0～2回	0.0	0.0	18.8	6.2
3～5回	1.0	5.1	47.9	17.9
6～9回	8.2	8.2	25.0	13.7
10～19回	49.5	66.3	7.3	41.2
20～39回	40.2	16.3	0.0	18.9
40回以上	1.0	4.1	1.0	2.1

表9 観察・実験の形態(児童生徒)

観察や実験はどのようにして行うのがよいか。	小	中	高	全体
1人でおこなう。	8.9	3.5	5.7	5.9
2人の班で実施	22.7	7.2	9.0	12.5
3～4人の班で実施	61.7	71.6	72.4	68.9
5～8人の班で実施	4.6	9.3	4.2	5.9
先生が行う実験を見ている。	1.8	8.1	7.8	6.1
その他	0.3	0.3	0.9	0.5

(ウ) 観察・実験を行う時間

観察・実験は、1時間の授業時間を全部使って行うことが最も多い。小・中学校では、1時間の授業時間の一部分で行う場合も多い。また、小学校では2時間連続の実験もかなり行われている(表C)。児童生徒は、1時間全部あるいは2時間連続で行うなど、よりじっくり時間をかけて行うことを望んでいる(表10)。

表C 観察・実験の時間(教師)

観察や実験を行う時間はどのようにしているか。	小	中	高	全体
1時間の中の一部分で行う。	25.8	28.6	12.5	22.3
1時間の全部を使って行う。	37.1	62.2	82.3	60.5
2時間を連続して行う。	23.7	0.0	4.2	9.3
その他	13.4	9.2	1.0	7.9

表10 観察・実験の形態(児童生徒)

観察や実験の時間はどのようにするのがよいか。	小	中	高	全体
1時間の中の一部分で行う。	16.6	29.3	11.3	18.5
1時間の全部を使って行う。	27.3	55.9	57.1	47.9
2時間を連続して行う。	50.9	13.3	28.5	30.4
その他	5.2	1.4	3.1	3.2

(エ) 観察・実験の方法

小・中学校での観察・実験は、90%近くが教科書通りの方法で行われている。中学校や高等学校では、熱心に教材研究がなされ、教師が開発したり調べたりして、いろいろな方法での実験も行われている。

また、高等学校では、ビデオ教材等もよく用いられている(表D)。

表D 観察・実験の方法

観察・実験は主にどんな方法で行っているか。(複数可)	小	中	高	全体
教科書通りの方法	85.6	88.8	52.1	75.6
自分で開発した実験方法	26.8	33.7	37.5	32.6
文献を参考にしたいろいろな方法	29.9	45.9	53.1	43.0
代替としてビデオ教材等を使う。	7.2	11.2	20.8	13.1
講義中心で実験は行わない。	1.0	0.0	4.2	1.7
その他	5.2	2.0	2.1	3.1

(オ) 顕微鏡を用いる観察・実験

実験の操作を実際に自分でどの程度行っているかを、小学校、中学校、高等学校で共通に用

いられている顕微鏡について調査した(表11)。どの校種でも、自分でプレパラートを作り、自分でピントを合わせている者が多く、取り組みは積極的であるといえる。

表11 顕微鏡を用いる観察・実験

顕微鏡を用いる観察・実験は、どのようにしているか。	小	中	高	全体
自分で作ったプレパラートを用い、自分でピントを合わせる。	56.4	44.6	59.0	53.7
作ってもらったプレパラートを用い、自分でピントを合わせる。	28.5	35.9	23.6	28.9
友達や先生がピントを合わせた顕微鏡をのぞいている。	14.7	18.3	17.2	16.8
顕微鏡を使ったことがない。	0.3	1.2	0.2	0.5

ウ 主体的な観察・実験への教師の取り組みについて

(ア) 意欲をもたせるための工夫

意欲をもたせるために、小・中学校では、約90%の教師が、観察・実験を多く取り入れており、高等学校では68%の教師が身近な素材の教材化を図っている(表E)。

また、全体として約50%が導入部分での事象提示を工夫している。さらに、提示した事象を問題解決活動に発展させていく工夫も必要であると思われる。

(イ) 問題解決型の実験

小・中学校では50%以上の教員が問題解決活動による実験を行っていると答えている(表F)。問題解決活動により、学習指導要領の趣旨を踏まえた効果をねらっている者が多い(表G)。

高等学校では、83%の教師が問題解決活動による実験を行っていないと答えている(表F)。

行っていない理由としては、小学校、中学校、高等学校とも、「多くの時間を要し実施が困難である。」ことが多い(表H)。高等学校では、「適した内容がない」「目的が不明瞭になる」「方法や結果が不正確になる」「必要性を感じない」など、問題解決活動に対し否定的な理由も多い。高等学校でも、有効な問題解決活動の方法を開発していく必要がある。

一方、自分で考えた方法で調べる実験を望んでいる児童生徒は少なく(表5)、問題解決活動が児童生徒の要求と必ずしも結び付いていないとも思われる。びっくりするような実験を望む者が多いことから、事象提示とうまく組み合わせて展開するなどの工夫が必要である。

表E 意欲をもたせるための工夫

意欲をもたせるためにどのようにしているか。(複数可)	小	中	高	全体
観察・実験を多く取り入れる。	87.6	93.9	35.4	72.5
身近な素材の教材化を図る。	32.0	41.8	67.7	47.1
導入部分での事象提示を工夫する	48.5	58.2	49.0	51.9
発問の仕方を工夫する。	29.9	22.4	34.4	28.9
学習環境の整備に力をいれる。	13.4	21.4	14.6	16.5
あまり工夫していない。	2.1	1.0	6.3	3.1
その他	1.0	1.0	2.1	1.4

表F 問題解決型の実験

児童生徒が実験を考え解決する形態の実験を行っているか	小	中	高	全体
常に行っている。	5.2	6.1	0.0	3.8
ときどき行っている。	50.0	52.0	16.7	39.7
あまり行っていない。	39.6	36.7	42.7	39.7
全く行っていない。	5.2	5.1	40.6	16.8

表G 問題解決型の実験の効果

どのような効果をねらっているか(複数可)	小	中	高	全体
問題解決能力や思考力の育成	23.7	40.0	4.2	22.7
自主性や主体性の育成	14.4	13.3	4.2	10.7
興味・関心や意欲の育成	14.4	19.4	2.1	12.0
多様な考えや発想を引き出す	8.2	5.1	3.1	5.5
個に応じた学習	1.0	1.0	0.0	0.7
その他	2.1	1.0	1.0	1.4

表H 問題解決型の実験を行っていない理由

行っていないのはどうしてか。(複数可)	小	中	高	全体
多くの時間を要し実施が困難	22.7	28.6	40.6	30.6
施設、備品、器具の不足	3.1	3.1	5.2	3.8
教師の力量や研究の不足	7.2	3.1	3.1	4.5
準備の時間がとれない	5.2	4.1	6.3	5.2
生徒の能力の不足	5.2	4.1	20.8	10.0
適した内容がない	3.1	2.0	6.3	3.8
実験の目的が不明瞭になる	0.0	0.0	3.1	1.0
方法や結果が不正確になる	1.0	0.0	4.2	1.7
必要性を感じない	0.0	2.0	5.2	2.4
その他	2.1	1.0	1.0	1.4

(ウ) 材料や方法を選択させる実験

複数の材料や方法を準備しておき、児童生徒に選択させて行う形態の実験は、小学校では約25%、中学校では約50%が実施しているが、高等学校ではほとんど実施されていない（表I）。

材料や方法を選択をさせて行う実験の効果として、「興味・関心や意欲の育成」、「問題解決能力や思考力の育成」、「自主性や主体性の育成」、「多様な考えや発想を引き出す」ことをあげる者が多い（表J）。児童生徒の主体的な活動を促す上で有効な方法である。

材料や方法を選択させる形態の実験を行っていない理由としては、小学校、中学校、高等学校とも、「準備の時間がとれない」ことをあげる者が多い。高等学校では、「多くの時間を要し実施が困難である」ことも多く、また、「適した内容がない」「実験の目的が不明瞭になる」「方法やまとめが円滑に進まない」「共通の内容で実施したい」など、選択させることに否定的な理由も多い（表K）。

(4) 意識・実態調査のまとめ

ア 教師に対する意識・実態調査

- 学習指導要領の趣旨が浸透しつつあり、観察・実験を軸とした授業が積極的に行われてきている。
- 児童生徒が実験方法を考えたり、複数の材料や方法を選択したりするような主体的な活動をねらう取り組みは、小・中学校ではかなり展開されるようになってきている。

イ 児童生徒に対する意識・実態調査

- 児童生徒は理科の授業で観察・実験が行われることを大いに期待しており、観察・実験への取り組みの様子も全体として積極的である。
- 自分の考えで実験したり、自分で実験結果をまとめたりすることなどに対する意識はあまりなく、観察・実験で活動が主体的に行われているとはいえない。

教師は、児童生徒が主体的に活動できるように様々な取り組みをしているのにもかかわらず、児童生徒の活動は、主体的とはいえず、教師の実践と児童生徒の意識にずれが生じている。本研究では、児童生徒の願いを踏まえ、実現可能な問題解決活動の指導の仕方を探ることにした。

4 授業研究

研究主題に基づき、指導法の改善や教材・教具の開発等の手だてを講じ、小学校・中学校・高等学校（物理・化学・生物・地学）で六つの授業研究を行った。

表I 材料や方法を選択させる実験

材料・方法を複数準備し、選択させる形態の実験を行っているか。	小	中	高	全体
常に行っている。	1.0	4.1	0.0	2.4
ときどき行っている。	22.7	42.9	9.4	34.0
あまり行っていない。	64.9	41.8	34.4	37.8
全く行っていない。	11.3	11.2	54.2	24.7

表J 材料や方法を選択させる実験の効果

どのような効果をねらっているか（複数可）	小	中	高	全体
問題解決能力や思考力の育成	17.5	9.2	2.1	9.6
自主性や主体性の育成	12.4	8.2	0.0	6.9
興味・関心や意欲の育成	13.4	20.4	3.1	12.4
多様な考えや発想を引き出す	10.3	6.1	3.1	6.5
個に応じた学習	2.1	6.1	1.0	3.1
その他	2.1	2.0	0.0	1.4

表K 材料や方法を選択させる実験を行っていない理由

行っていないのはどうしてか。（複数可）	小	中	高	全体
多くの時間を要し実施が困難	5.2	13.3	26.0	14.8
施設、備品、器具の不足	6.2	9.2	4.2	6.5
教師の力量や研究の不足	9.3	5.1	5.2	6.5
準備の時間がとれない	19.6	18.4	16.7	18.2
生徒の能力の不足	2.1	2.0	14.6	6.2
適した内容がない	3.1	0.0	5.2	2.7
実験の目的が不明瞭になる	0.0	0.0	2.1	0.7
方法やまとめが円滑に進まない	2.1	0.0	8.3	3.4
共通の内容で実施したい	0.0	3.1	5.2	2.7
必要性を感じない	2.1	1.0	4.2	2.4
その他	2.1	4.1	0.0	2.1

【授業研究1】 小学校第6学年「ものの燃え方と空気」における多様な観察・実験

(1) 授業研究のねらい

本研究は、多様な子供の発想やイメージを、問題解決の過程に生かすことによって、主体性を高めることをねらった。手だてとしては、児童の発想を最大限に生かすために、複数の観察・実験を準備し、自己決定もしくは自己選択の機会を保障する問題解決学習を実施する。また、「自己」の認識を高めるために、自分の考えで選んだ同質の実験グループ内での個別実験や、異なる実験をした子供がグループを編成し直し、それぞれの実験結果をもちよって情報交換をする場を設定する。

(2) 主体的に活動できるようにするための手だて

ア 自己選択、自己決定を保障する複数の個別実験

子供は、自ら把握した問題に対し予想を立て、それを検証しようとするとき、多様な解決の方法を発想し、イメージ化する。このとき、子供の考えだけでは実験が不可能なものや、良い結論が得られないものが表出するであろうが、あくまでも子供の考えは生かしたい。この解決のイメージを最大限に生かそうとするとき、そこには複数の実験が必要になってくる。

これに対応するには、あらかじめ教師が、子供が考えるであろうと思われる複数の実験を予想し、問題解決の過程に位置付けなければならない。子供の考えた実験で実施可能なものは、自己決定をし、実験を進めるが、不完全な実験に対しては個別に支援したり、自分のイメージに近い実験を自己選択したりして個別に実験を行う。

イ 同質実験グループと情報交換グループの組み替え

子供の相互作用の活性化による主体性を高めるために、問題解決の過程でグループの組み替えを行う。同質実験グループは、同じ個別実験を実施する子供で編成する小集団であり、情報交換グループは、異なる実験をし、それぞれの考察をもった子供で編成する小集団である。

実験は、自らのイメージを生かして実験案を作り、同質実験グループで個別に実験を実施する。実験終了後、子供は自分の実験の過程や考察について、グループ内で相互に評価し合い、その結果をもとに自己修正を図る。この後、子供は異なる実験をしたもの同士で情報交換グループを編成し直し、自分が実施した実験の結果と考察を発表し合う。ここでは複数の実験結果や考察について比較検討し、共通点や相違点を明確にし、問題に対する結論を導き出す。この活動によって、子供は、科学的な見方や考え方を、自らの体験によって育てていくことができる。

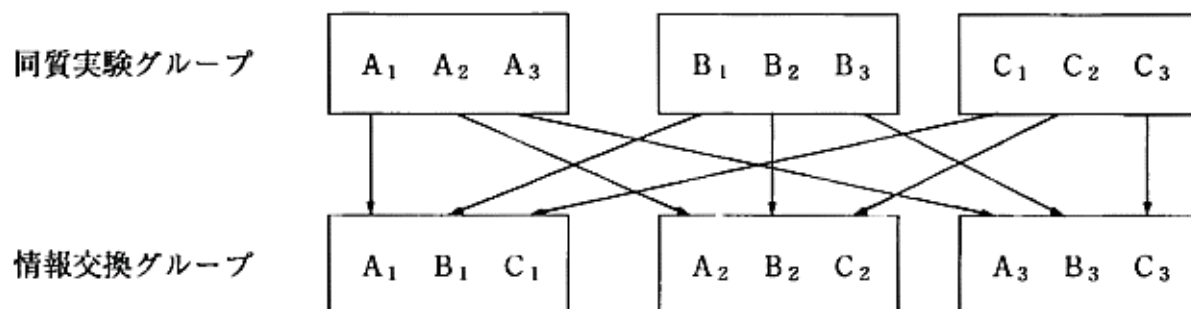


図1 同質実験グループと情報交換グループの組み替えの一例

(3) 授業の実践

ア 単元名 ものの燃え方と空気 (小学校第6学年)

イ 指導計画 (11時間扱い)

第一次 ものの燃え方と酸素・・・・・・・・・・ 4時間

第二次 ものが燃えるときに起こる変化・・・・・・・・ 4時間

・ものが燃えるとき使われた酸素はどうなってしまうのだろうか。 第1,2時

・新しい空気が入らないところでものを熱するとどうなるのだろうか。第3,4時(本時)

第三次 金属を熱する・・・・・・・・・・ 3時間

ウ 本時の学習

(ア) 目 標

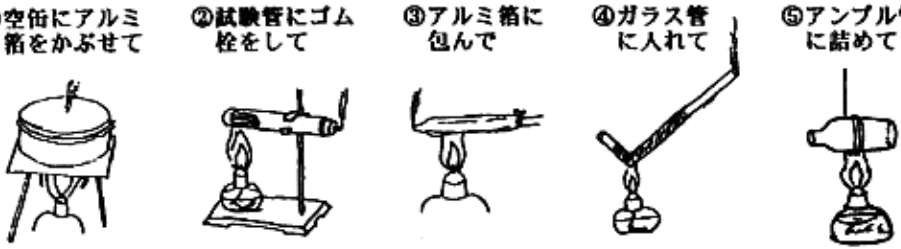
空気の入れ替わらない所で、植物体を熱し続けたときに、起こる変化についての問題意識をもち、自分のイメージを生かして実験を行う。また、新しい空気がないと植物体は燃えないが、炭や燃える気体などの別な物質に変化することを考察することができる。

(イ) 準備・資料

布, おがくず, ボール紙, 枯葉, 試験管, ガラス管, アルミ箔, 金属カップ, アンブル管

(ウ) 展 開

学習過程 (第3時)	学習活動と予想される反応	教師の支援と評価
問題把握	○ 前問題解決の結論から問題を作る。	・個別問題を学級の問題とする。
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 空気中で炎を出して燃える木や紙などを、空気の入れ替わらない所で熱し続けるとどんな変化がおこるだろうか。 </div>	
予 想	○ 予想して解決の見通しをもつ。 ・黒く焦げてしまうのではないか。 ・燃えないが、煙はでる。 ・空気がないから燃えない。など	・生活体験から考えるようにする。 ・予想を構造化し焦点をしぼる。 ・予想は理由付けをし自由に発表させる。
解決のイメージ	○ 自分の発想で多様な解決の方法をイメージし、解決の見通しをもつ。 ・缶にふたをして熱してみる。 ・試験管にゴム栓をして熱してみる。 ・アルミ箔で包んで熱する。など	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> (評価) 予想を検証するための実験方法をイメージし、解決の見通しをもつことができる。 </div>
実験案の作成	○ イメージされた多様な実験の中から自分で実施したい実験を自己選択, 自己決定し, 実験案を作る。	・イメージは簡単な図で表せるようにする。 ・子供の発想を最大限に引き出すようにする。

学習過程 (第4時)	学習活動と予想される反応	教師の支援と評価
<p>同質グループによる個別実験</p> <p>結果の記録</p> <p>考察</p> <p>交換グループによる結論の構成</p>	<p>○ 同質実験グループを編成し、個別実験を実施する。結果を考察する。</p> <p>①空缶にアルミ箱をかぶせて ②試験管にゴム栓をして ③アルミ箱に包んで ④ガラス管に入れて ⑤アンプル管に結めて</p>  <p>図2 同質実験グループによる個別実験</p> <p>・ガラスが曇った。 ・白い煙がでた。 ・白い煙に炎がついて燃えた。 ・茶色っぽい液体が出てきた。 ・黒いものに変化した。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>空気中で炎を出して燃える物は、空気の入れ替わらない所で熱すると炎を出して燃えないが、黒い物質に変化したり、燃える白い煙を出したり、茶色い液体が出てきたりする。</p> </div> <p>○ 交換グループに再編成し、結果と考察を発表しあい結論を導き出す。</p> <p>・ どの方法でも同じことが言える。 ・ 物は違って燃える気体がでる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>空気が入れ替わらない所では、物は燃えない。空気中で物が燃えるときに炎がでるのは、燃える気体がでってくるからである。</p> </div>	<p>教師の支援と評価</p> <p>※安全のため、完全密閉はしない</p> <p>・ 実験は個別に同質グループで実施し、相互交流をする中で考察をまとめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>(評価)</p> <p>空気が入れ替わらないようにして物を熱し、結果を処理し、考察がまとめられる。</p> </div> <p>・ 相互交流は発表ボードや実物で行うようにする。 ・ 白い煙が燃えているように見えるが、実際は目に見えない気体が燃えていることに気付くようにする。 ・ 別々の方法で実施したもの同士で比較検討し、話し合いを深める。 ・ 相互評価を実施し、友達の良い面も発見できるようにする。</p>

(4) 授業の分析と考察

ア 同質実験グループによる複数の個別実験

解決のイメージの活動で子供は、数通りの実験方法を考えた。多い子供は一人で4通り、少ない子供でも2通りの実験方法を考えた。これを分類すると上記図2及び下記表1中の①～⑤

の5種類になった。これに教師が提示したアンテナ管を使っての実験を含め、6種類の中から、自分が実施したい実験を1つ自己選択した。しかし、教師が提示したアンテナ管による実験を選択した子供はいなかった。子供は自分で考えた実験を行うことを望んだためであろう。

表1 同質実験グループによる活動の記録

<p>①金属カップでおがくずを熱する実験 (6人)</p> <p>金属カップは、プリン作りに使う直径4cmのものを使用した。おがくずを入れ、アルミ箔でふたをして、空気抜き穴を開けた。子供によっては小さな穴を複数開ける子や、大きめの穴を一個開ける子などさまざまであった。後に残ったものには、茶色いものや黒いものがありばらつきが見られた。</p> <p>実験後の同質実験グループ内での話し合いでは、茶色くなったのは、火が弱かったり熱したらなかったからということになった。考察には、後に残ったものは、黒い炭ということにまとめられた。</p> 	<p>②試験管で割り箸を熱する実験 (5人)</p> <p>教科書にも提示してある実験方法である。他の実験に比べ、出てくる気体に火が付きにくいようであった。また、他の実験より、液体状のタールも多く出て、試験管の先のガラス管から流れ出した。P子は、この液体に火が付いたという見方をしているようであった。しかし、情報交換グループの話し合いで、白い煙状のものに火が付くことを見方を変えたようである。後に残ったものが何であるかについては、容易に炭であると判断していた。</p> 
<p>④ガラス管でボール紙を熱する実験 (5人)</p> <p>直径1cmのガラス管を10cm程度の長さに切断して使用した。空気を入れないために、片方の切り口をアルミ箔で覆い、細い針金で固定した。</p> <p>熱してから3分程度で白い煙が出てきて、かなり大きな炎が出た。T男は、ガラス管から少し紙が出ていたため、紙に直接火が付いてしまった。</p> <p>しかし、他の友達の実験では、紙には火が付かないで、煙り状の白いものに火が付いていることを見て、実験の方法が正確でなかったことに気がついたようである。</p> <p>後に残ったものを、灰だと主張する子供もいたが、考察の吟味の際、黒く紙に字が書けることから炭としていた。</p> 	<p>③アルミ箔で枯葉を熱する実験 (5人)</p> <p>乾留後の炭が、葉の形を残すように葉肉の厚めのコブシの葉を使用した。アルミ箔で包んだ葉をアルコールランプで熱した。2~3分たつとアルミ箔の隙間からでた白い煙状のものに火が付いた現象を見て、子供達は驚いた。S男は、「アルミ箔が燃えた」と感嘆の声をあげたが、同じグループの子供に、白い煙状のものに火が付いていることを指摘され、見方を変えたようである。</p> <p>後に残ったものが、灰か炭かについては、空気中で燃やした葉と比較し、炭だと判断していた。</p> 
<p>⑤アンブル管で布を熱する実験 (6人)</p> <p>アンブルの切り口は小さいため、布を入れるのに苦労しているようであった。熱しはじめると布からは、白い煙状のものに自然に火が付いた。この実験は、組み立ても簡単であり、現象もはっきりと見え、問題を適確に解決していく素材として大変よいものであった。しかし、入れたものが布であったため、後に残ったものは形をとどめておらず、炭か灰かの区別が付きにくかったようである。中に入れる布の種類は、検討する必要がある。</p> 	

イ 情報交換グループによる抽出児の考察と結論

表2 抽出児の書いた考察と結論の記録

抽出児	アンブルで布を熱した (N子)	金属カップでおがくずを熱した (S子)
個別実験後の考察	予想と違って、布は赤くならなかった。アンブルの切り口から白い煙が出てきて自然に火が付いた。後には灰色っぽいものが残った。炭か灰か分かりにくかった。	ふたにしたアルミ箔に穴を開けたところから白い煙が出て火が付いた。ふたを開けると茶色いものや黒いものが混ざっていた。黒いものは炭だと思う。ふたには、茶色い液体が付いていたけどおがくずから出てきたのか。
情報交換後の結論	ものが空気の入替わらないところで熱せられると、白い煙や燃える気体や炭に分かれる。	空気の入替わらないところで色々なものを熱すると、ものは燃えないが、燃える気体や茶色い液体が出てきて、後に黒い炭が残る。

N子は、後に残ったものを判断できなかったようであるが、情報交換グループでの活動後、他の情報を参考にして、炭が残ると結論を出した。また、S子は自分の考察では、白い煙に火がついたとしているが、話し合いの後、燃える気体という言葉を使い結論を書いている。

このように、複数の実験から結論を導き出す活動によって、子供は自らの力で、主体的に

問題解決の過程を体験していることがわかる。

ウ 授業後の意識調査の結果から

表3 授業後の意識調査（平成7年10月実施 6年1組 27名）

A 良い（よく取り組めた） B ふつう C 良くない（取り組めなかった）

	調査項目	階	人数	理由
1	今回のように何種類もの実験で問題解決をする授業はよいか。	A	23人	自分のやりたい実験で問題解決をすることは楽しいし、ワクワクするから。自分が考えた実験だと思うと「やる気」がすごく出るから。一つよりたくさんの実験の方が、いくつもの結果を知ることができるから。
		B	3人	
		C	1人	
2	同じ実験グループで実験し、その後で違う実験をした人と情報交換をするのはよいか。	A	22人	いくつもの実験から結論を出すのは、きちんとした結論になるから。違う実験をしても結果が同じになることに感心したから。自分が迷っている時、他の実験を参考にすると自信をもって結論が書ける。
		B	3人	
		C	2人	
3	今回の問題解決の実験には、自分から進んで取り組みましたか。	A	25人	自分の予想を、自分で考えた実験で確かめることができたから。解決のイメージがたくさん書けたし、実験で驚くことがたくさんあったから。予想と違ったことが実験で起ったので、興味がすごくわいたから。一人でやる実験だったけど、同じ実験をしている人がいたので心強かった。違った実験をした人達といろいろ話し合っって結論を書いたから。
		B	2人	
		C	0人	

調査項目の1と2は、子供が実験に主体的に活動できるようにするための手だてに関する調査結果である。複数の実験で行う個別実験については、23人の子供が良いと答えている。子供は自分の考えた実験や自分のやりたい実験で問題解決をすることに、主体性をもつことが分かる。また、同質実験グループと情報交換グループの組み替えについても、22人の子供が良いと答えている。理由には、複数の実験から結論を出すことの意義や、自分の実験と他の情報を比較検討して結論を出すことに自信がもてるなど、相互作用の活性化による自己活動に価値を見出だしている。

調査項目3の問題解決を主体的に活動したかについての調査では、25人の子供が自分から進んで取り組んだとしている。その理由を考察すると、自分の予想、自分の実験というように、子供は、活動の根底に常に自己を意識している時に主体的な活動をすると考えられる。また「違った実験をした人達といろいろ話し合っって結論を書いたから。」と理由にあるように他との関わり合いの中で、活動を進めることが、主体性を高める側面として重要である。

(5) 研究の成果

ア 子供の自己選択、自己決定を保障した複数の個別実験は、問題解決の活動に自己存在感を意識させることができ、主体性を高める上で有効であった。

イ 同質実験グループや情報交換グループの組み替えは、子供相互の活性化を高め、自らの力で問題解決を行おうとする意識を育て、主体性を高める上で有効であった。

(6) 今後の課題

子供に主体性を期待するとき、評価も子供に返していくことが必要である。自己活動を自ら振り返り、確認・調整できるような自己評価の面からも主体性を追究していきたい。

【授業研究2】 中学校第1学年「季節の変化と四季の星座」における公転モデルの開発

(1) 授業研究のねらい

天体の学習では、身近な天体の観察を行い、その観察記録を基に進めていくことが大切である。地球の公転による天体の運動をOHPや模型を用いて説明する教具は、従来よく用いられてきているが、本来地球上で見ている天体の現象を宇宙から見ていることになり、その現象を実感させることが難しい。そこで、実際の天体の様子に近く、また、生徒の主体的な活動により天体の運動を実感することが出来る教具として、巨大な公転モデルを開発する。

(2) 主体的に活動するための手だて

ア 公転モデルの開発

公転モデルは、太陽、四季を代表する星座、地球によって構成されている。教室を暗くし、教室の四方の壁に豆電球で作った星座板を置き、中央に太陽に見たてた光度の大きな電球を取り付けて、公転モデル(図1)とした。そして、生徒自身が地球となり、太陽のまわりを自転したり公転したりしながら動くことによって、太陽の動きや星座の移り変わりを実際に感じることができるようにした。この公転モデルを開発するためには、次のような点に留意した。

- 地球の自転や公転によって、太陽の動きや星座の移り変わりが説明できる。
- 太陽の光がまぶしかったり、星座が輝いていたりするなど、実際の自然現象に近い。
- 生徒自身が地球となり、自由に活動できるように教室全体を広く使う。

また、この公転モデルの製作にあたっては表1のように工夫する。

表1 公転モデルの製作の工夫

	製作の工夫
太陽	・白熱球(500W-110V)を天井からつるし、明るさによって昼夜を意識させることができるようにする。
星座	・おとめ座、さそり座、みずがめ座、オリオン座を四季を代表する星座とし、星座はベニヤ板に作成する。 ・星座を構成する恒星は、豆電球(2.5V-0.3A)に自ら光を出せるようにする。 ・豆電球以外は全て黒色になるようにし、夜空に星座が浮きでるようにする。 ・豆電球2個と電池(単三)1個を直列につなぐ。豆電球の明るさは、昼間太陽の反対側の星座が輝いて見えない程度にする。
その他	・太陽、地球、星座の高さをほぼ等しくし、夜空の星座を浮き出したり、太陽の反対側の星座を見えなくする。

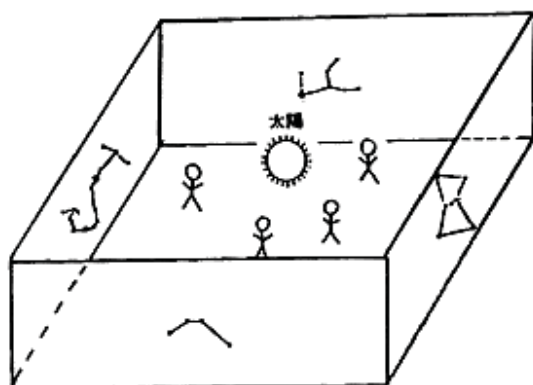


図1 公転モデル

イ 公転モデルの活用

公転モデルを活用するにあたっては、学習のねらいを分析し、そのねらいに即して、公転モデルの活用を工夫し、生徒の活動を通して天体の現象をとらえさせることが大切である。そこで、表2のように、具体的なねらい、公転モデルの活用法、生徒の活動及びとらえられる現象の関係を考えた。

ウ OHP用公転モデル

公転モデルの活動でとらえた現象をより理解しやすくするために、太陽、地球、星座で構成されているOHP用公転モデル(図2)も開発した。このOHP用公転モデルは、特に日の出や日の入りの時に見える星座の範囲をとらえさせるための演示用とした。

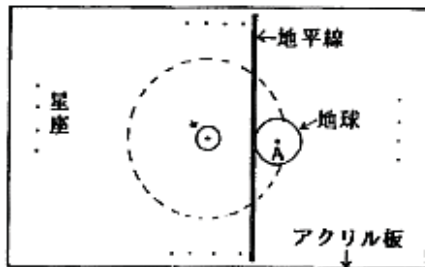
エ 方位についての指導

生徒自身が地球となり活動し、天体の動きを説明するためには、方位の考え方について指導する必要がある。

そこで、図3のように地球儀を活用し、日本列島の位置で方位板上に人間に見たてた人形を取り付けた。太陽に見たてた懐中電灯等の光をこの方位モデルに当てることにより、日の出、南中、日の入り、真夜中を演出し、それぞれの時刻での太陽の位置を方位でとらえることができる。

表2 公転モデルの活用

具体的なねらい	活用法	生徒の活動	とらえられる現象
地球の公転の仕方と1年間の星座の移り変わりが分かる。	モデルのみ	自転しながら公転する	・地球は北極星側から見て、太陽のまわりを反時計まわりに回り、1年間で星座がおとめ座、さそり座、みずがめ座、オリオン座の順に変わる。 ・星座は天球上を東から西に移動する。
地球の自転の仕方と星座の日周運動が分かる。	モデルのみ	自転する	・地球は西から東に回り、太陽や星座は東からのぼり西にしずむ。 ・日の出、日の入りのときに見える星座を指摘する。
太陽の1年間の動きが分かる。	モデルと懐中電灯	地球から懐中電灯で太陽を照らす	・太陽は天球上を西から東に移動する。



- ・地球はA点を中心に回転
- ・地球は点線上を動く
- ・地平線は地球に固定

図2 OHP用公転モデル

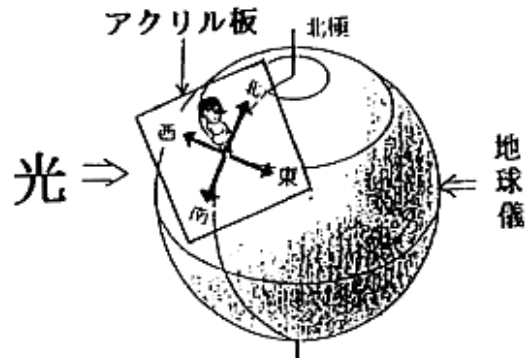


図3 方位モデル

(3) 授業の実践

ア 単元 季節の変化と四季の星座

イ 指導計画 (5時間扱い)

- | | | |
|-----|----------------|---------|
| 第一次 | 四季の星座と太陽の一年の動き | 2時間 |
| 第二次 | 地球の公転 | 1時間(本時) |
| 第三次 | 季節の変化と気温 | 1時間 |
| 第四次 | 地軸の傾きと太陽の南中高度 | 1時間 |

ウ 本時の指導

(ア) 目標

太陽の天球上の動きや季節によって見える星座が移り変わることを、地球が太陽のまわりを回る公転モデルによって説明することができる。

(イ) 準備・資料

光源(500w) 季節の星座 記録用紙 懐中電灯 OHP用公転モデル 方位モデル

(ウ) 展 開

学 習 活 動	形態	教 師 の 支 援 ・ 評 価
<p>1 地球、太陽、星座の位置関係からどんな星座が見られるか話し合う。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>太陽の動きや四季の星座が 移り変わるわけを地球の動きから説明しよう。</p> </div> <p>2 地球が太陽のまわりを回る公転モデルで試行活動をする。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ・地球が自転する。 ・地球が公転する。 ・星座が動いている。 ・太陽が動いている。 ・星座が正面にくる。 ・朝に〇〇座、夕方に〇〇座が見える。 </div> <p>3 地球の動きによる、星座の移り変わりや太陽の動きを記録する。</p> <p>4 実験結果について話し合い本時のまとめをする。</p> <p>5 本時の学習を振り返り、次時の活動を確認する。</p>	<p>一斉</p> <p>グループ</p> <p>個別</p> <p>個別</p> <p>一斉</p> <p>一斉 個別</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地球が太陽のまわりを回っていると考えている生徒の発表を聞く。 ・本時は、生徒自身が地球となって活動し、太陽を中心とした天体モデルで、太陽の動きや星座の移り変わりをとらえられるようにする。 ・ある季節で地球から見える星座を予想することにより、地球の動きと星座の関係に視点をあて、学習問題を把握できるようにする。 ・昼夜の違いが分かるように、太陽のまわりに生徒を立たせ、地球の昼夜と太陽の位置関係をおさえる。 ・生徒が常に方位を意識できるように、方位カードを作成しておく。 ・生徒が地球の動きを何度か試行しながら、星座の移り変わりや太陽の動きなどを自由に発想できるように教師から活動を方向づけるようなことは極力避ける。 ・記録用紙の上を北の方向だと考えている場合には、方位モデルを使って、記録用紙全体が宇宙空間であり観測者の位置から方位を考えるように指示する。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>-----評価（技能・表現）-----</p> <p>地球の自転や公転によって、星座の移り変わりや太陽の動きを表現する。（行動観察・記録用紙）</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・OHPや公転モデル、実演などによって、結果を発表できるようにする。 ・太陽の動きは、懐中電灯による太陽（電球）の影の動きからとらえられるように実演する。また、日の出や日の入りの時に見られる星座をOHP用公転モデルで示す。

(4) 授業の分析と考察

ア 試行活動の様子から

公転モデルの試行活動の様子をとらえるために、無作為に男女各1グループを抽出し、その活動の様子をまとめると、表3のようになる。

表3 抽出グループの活動記録

男子の班 (A男, B男, C男)	女子の班 (D子, E子)
<ul style="list-style-type: none"> ・ 3人とも地球が太陽のまわりを回るという考えで、活動をはじめた。 ・ 3人は自転による太陽の動きと方位の関係について話し合った。 ・ C男は体を動かしながら自転の向きをB男に説明した後、3人で西から東に自転していた。 ・ A男は手を広げながら自転し、そして、太陽を中心に反時計まわりに公転した。B男C男も同じように公転した。 ・ 3人はそれぞれの星座の季節を確認した。 ・ 3人は活動して分かったことをA男を中心に記録用紙に記録した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2人とも地球が太陽のまわりを回るという考えで、すぐに活動した。 ・ 2人とも手に方位カードを持ち、手を広げながら太陽のまわりを反時計まわりに回りはじめた。 ・ 2人は太陽のまわりを回りながら、それぞれの星座の季節を確認した。 ・ D子は「地球は太陽のまわりを西から東に動きながら、自転している」とE子に言い、E子もその考えにうなづき、自転と公転を理解し、記録用紙に分かったことをまとめた。 ・ 太陽の見かけの動きを確認するために、再度太陽のまわりを回った。また、星座の見かけの動きにも気づいた。

男子の班は、自転の仕方や公転の仕方についてA男を中心に手際よく話し合い、活発に自転しながら公転した。生徒が記入した記録用紙(図4)では、表4の1, 2, 3, 4, 5の現象を図解を工夫して記録し、天体の運動を多面的にとらえていた。

女子の班では、2人でよく話し合い、試行活動を通して地球の自転、公転による太陽や星座の見かけの動きについて理解することができた。生徒が記入した記録用紙(図4)では、表4の1, 2, 3, 4, 5, 7の現象をとらえていた。

このことから5人は、問題を解決しようとする意欲をもち、主体的に活動していたことが分かる。

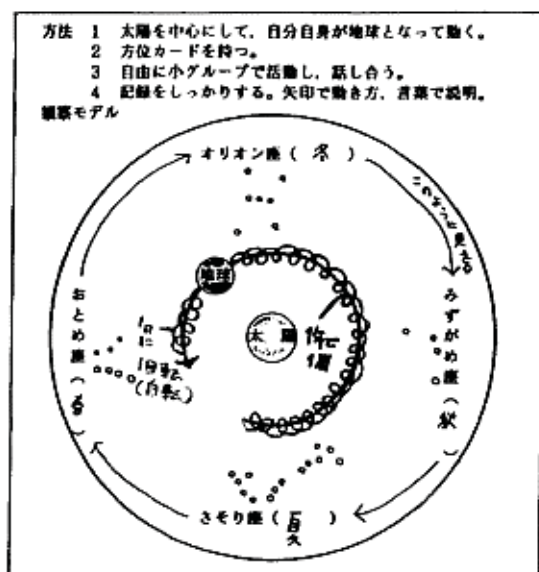


図4 生徒が記入した記録用紙

表4 生徒がとらえた現象

(平成7年10月実施 対象1年4組37人) (人)

公 転	1.地球は太陽のまわりを反時計まわりに回る。	32
	2.1年間で星座がおとめ座、さそり座、みずがめ座、オリオン座の順で変わる。	28
	3.星座は天球上を東から西に移動する。	31
	4.太陽は天球上を西から東に移動する。	22
自 転	5.地球は1日で西から東へ1回転する。	30
	6.昼と夜の違い。	16
	7.星座や太陽は、毎日東から出て西に沈む。	11

イ 学習の取り組みの調査から授業後、生徒に学習の取り組みについての調査を実施した結果が表5である。

この結果から、自分から問題を解決しようとしていた生徒は36人、調べる方法を自分で考え活動した生徒は26人であった。また、何をするのか考えながら活動した生徒は31人であった。

このことから、ほとんどの生徒は、問題意識をもち、意欲的に地球の自転や公転に相当する動きを自由に試行し、問題解決に向かって主体的に取り組んでいたことが分かる。

また、自由形式で書かせた感想文では、「活動が多くて楽しかった、おもしろかった」とか、「今まで分からなかったことがたくさん分かってよかった」という感想が多く聞かれた。

表5 学習の取り組みの調査結果

(平成7年10月実施 対象1年4組37人)

(人)

内 容	a	b	c
課題を自分から見つけようと思いましたか。	17	20	0
課題をぜひ解決しようと思いましたか。	36	1	0
調べる方法を自分で考え活動しましたか。	26	9	2
何をするのか考えながら活動しましたか。	31	6	0
活動していくつか分かったことがありますか。	31	6	0
自分から進んで結果をまとめることができましたか。	34	3	0

※ aは「はい」、bは「どちらとも」、cは「いいえ」を示す。



図5 授業の様子

(5) 授業研究の成果

ア 今回開発した地球の公転モデルは、実際の天体の様子に近いものであり、身近な天体を観察することのモデル実験とすることができた。

イ 生徒は、太陽に見たてた光度の大きな電球のまわりで地球の公転や自転に相当する動きを自由に試行しながら、地球の公転や自転による星座の移り変わりや太陽の動きを記録することができた。

(6) 今後の課題

公転モデルで活動した後、OHP用公転モデルを使って、日の出、日の入りの時に見える星座の範囲をとらえられるようにした。しかし、生徒にとって、見える星座の位置を方位で説明することは難しい。そこで今後は、OHP用公転モデルと方位モデルを組み合わせ、見える星座の位置を方位で説明しやすいように工夫していきたい。

【授業研究3】 高等学校物理「剛体に作用する力のつり合いと重心」の指導

(1) 授業研究のねらい

「物理ⅠB」における「剛体に作用する力のつり合い」は、今回の改訂で新しく取り上げられた内容である。「剛体」とは質量と大きさを持った変形しない物体のことであり、従来から取り扱われてきている大きさのない「質点」とは大きく異なる概念である。身の回りにある大きさがあって容易に変形しない物体は、この剛体に近いものとして考えることができる。

従来の学習指導要領では、物体の運動や力のつり合いを考えるに当たって、質量を持ち大きさが無限に小さく、それ自体回転しない「質点」という概念で近似してしまい、机上の物体にはたらいっている力を考えるときも、実際には大きさをまったく無視して扱ってきた。このことのために、力と運動の学習が現実から遊離した現象を取り扱っているように受け取られがちであった。

元来、物理学は自然界に生起する現象をいくつかの原理・法則で解釈しようとする学問である。そのために、ときには大胆な簡略化や思い切った省略が行われる。自然界の奥底に潜む秩序を見いだそうとすると、こうした抽象的な取扱いはどうしても避けられないものとなる。

これまでの物理教育では、理論体系の学習に重点が置かれ、現実にかかる現象を物理学的にとらえていこうとする学習形態があまり取られなかった。このことは、先に述べた物理学の特性に由来するものと考えられる。しかし、生徒が科学的に探究する能力を育成したり、科学的な自然観を培うことを目標とする高等学校段階の物理では、むしろ自然界のさまざまな現象の面白さに気付かせ、現象のしくみを自分なりに解釈しようとする態度を養うことが大切であると考えられる。

今度の改訂で取り上げられた「剛体に作用する力のつり合い」は、現実に存在するいろいろな物体（シーソー、やじろべい、てこなど）をつり合いの対象としてとらえることによって、これまで抽象的な取扱いに終始しがちであった物理の学習を現実的なものとし、主体的に活動できる場面を作りやすいという特徴も持っている。また、どうすればつり合いが取れるかを試行錯誤しながら、現実の世界に問題を見付け解決する学習活動が促されるという特徴も持っている。

このように、身近な物体を理想化した剛体についてそのつり合いを考察させることは、日常生活の中の物理現象に興味・関心をもたせ、自主的に問題を解決しようとする態度を養うのに適していると考えられる。そこで、剛体の重心とそのつり合いにおいて、生徒が主体的に取り組める観察・実験の指導の在り方について究明することにした。

(2) 主体的に活動できるようにするための手だて

生徒の多くは、力学分野が難しいという先入観を持っている。したがって、生徒一人一人が力学分野に面白さを感じ、力のつり合いの大切さを体感できるようにすることが必要であると考えた。そこで、実験の準備段階に生徒を参加させて興味・関心を喚起するとともに、実験そのものに生徒各自の選択の余地を残すようにした。授業研究を進めるに当たっては、次の点に留意した。

ア 動機付けのための工夫

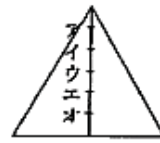
剛体のつり合いの学習に入る前に、シーソーのつり合い、三角形の重心、床にある物体の一部を持って引き上げるために必要な力など、生徒が既にある程度の子備知識もっていて、興味を引くような事象についての問題を作成し、動機付けを兼ねて実態調査を行った。調査問題は次のとおりである。

調 査 用 紙

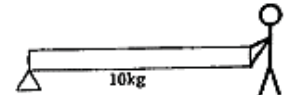
問1 図のアからオのうち、つり合うための支点はどれか。



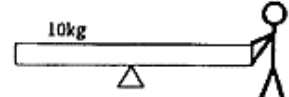
問2 図の三角形の重心は、アからオのうちのどれか。



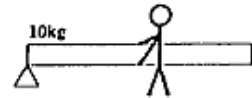
問3 図の人は、上向きに何kgwの力を働かせているか。



問4 図の人は、上向きに何kgwの力を働かせているか。



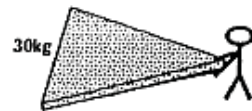
問5 図の人は、上向きに何kgwの力を働かせているか。



問6 図の物体の右端を浮かせるためには、上向きに最低何kgwの力が必要か。



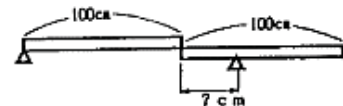
問7 重さ30kgwの三角形の板を床に置き、頂点の方を浮かせるためには、上向きに最低何kgwの力が必要か。



問8 重さ30kgwの三角形の板を床に置き、頂点を支点にして浮かせるためには、上向きに最低何kgwの力が必要か。



問9 100cmの2本の定規が図のように水平に支え合うとき、支点までの長さは何cmか。
(平成7年度のみ実施)



イ 興味・関心を持続させる工夫

調査問題を実施した後、正答は示さずに、これからの学習活動の中で正しい考え方を模索していくことを知らせ、生徒の興味・関心が持続するように心掛けた。

ウ 興味・関心を増大させ、探究心を起こさせる概念の導入の工夫

机の端においた本が机との接触面積の大小で落ちる場合があること、壁に立てかけた傘が倒れる場合があることなど身近に起こる現象を想起させ、重心という考え方に気付くようにした。

エ 実験の準備段階における工夫

生徒自身が実験用具を自作し、実験そのものへの期待感がもてるようにした。具体的には、厚紙で三角形、円、正方形を切り抜き、さらにそれらから4分の1の部分を取り切った図形を各自が作るようにした。

オ 実験に用いる教材の工夫

身近で手に入りやすい材料や用具を使用することによって、実験への興味・関心を高めるようにした。具体的には、段ボール箱や野球のバットなどを用意した。

カ 個を生かす工夫

自立的、主体的に取り組むための有効な手段として、生徒一人一人が独自に観察・実験に取

り組める形態を取った。バネばかりやデジタル天秤以外は、実験用具を全員分用意し、実験を各自が個々に行えるようにした。

キ 実験方法の自由度を高める工夫

各自が実験方法を考え選択することも、主体的な活動を盛り上げるのに有効な方法である。そこで、重心の位置を見つけるための次に示す五つの方法を教師側から提案し、生徒が各自選択できるようにした。

- (ア) 物体をつり下げ、つり合う位置を見つける。
- (イ) くぎの頭を支点とした重心発見器具(図1)を作り、つり合う位置を見つけやすくする。
- (ウ) 物体の両端を持って引き上げる力を求め、モーメントの考え方から重心を見つける。
- (エ) 机上の物体を机の端にゆっくり移動させ、落ちる瞬間の位置から重心を見つける。
- (オ) 手で物体に自転を与えて空中に投げ、回転の中心から重心を見つける。

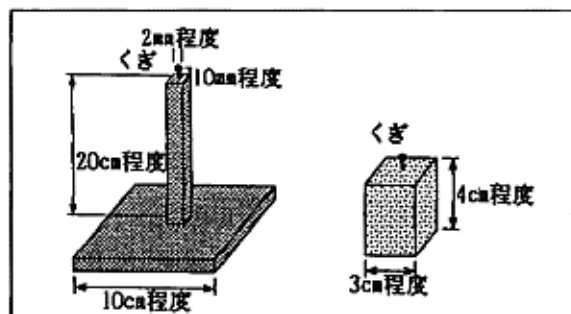


図1 2種類の重心発見器具

(3) 授業の実践

ア 単元名 「剛体に作用する力のつり合い」

イ 指導計画 (4時間扱い)

- 第一次 力のモーメント…………… 1時間
- 第二次 大きさのある固体のつり合い…………… 1時間
- 第三次 物体の重心…………… 2時間 (本時は第2時)

ウ 本時の学習

- (ア) 目標 身近にある物体の重心の位置を予想して、実験方法を工夫し検証することを通して、剛体に作用する力とそのつり合いについて理解する。
- (イ) 準備 実験プリント、デジタル天秤、ばねばかり、定規、バット、木板、ケント紙、おもり、重心発見器具(生徒実験用)、セロハンテープ
- (ウ) 展 開



図2 授業の様子

学習過程	学習活動	指導上の留意点
学習課題の把握	<ul style="list-style-type: none"> ○ 前時までに学習した力のモーメントや重心について復習する。 ○ 実験の目的を把握する。 ○ 実験の手順と方法を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・重心の定義を再確認させる。 ・事前に実施した調査問題を検証することを指摘する。 ・ばねばかりとデジタル天秤の使い方を確認させる。
実験結果の予想 検証実験 まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験プリントの課題1～7の重心の位置を予想する。 ○ 重心を見つける方法を考え、各自が選択し、実験を行う。 ○ 実験結果をまとめ、考察を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各自が測定できるように援助する。 ・重心を求める方法と力のモーメントの関連に触れる。

(エ) 実験プリント

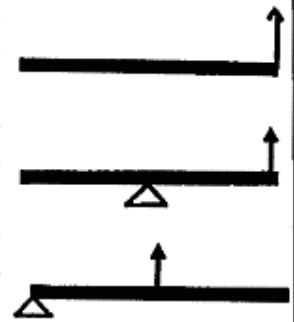
1 定規の重心

定規の長さ () cm 定規の重量 () g w

(1) 右端を浮かせるのに必要な力 予測 () g w
測定値 () g w

(2) 中央に支点を置き右端を支える力 予測 () g w
測定値 () g w

(3) 左端に支点を置き中央を支える力 予測 () g w
測定値 () g w



2 三角形の重心

重量 () g w

(1) 頂点を浮かせるのに必要な力 予測 () g w
測定値 () g w

(2) 底辺を浮かせるのに必要な力 予測 () g w
測定値 () g w

3 バットの重心

長さ () cm 重量 () g w

(1) グリップ側を浮かせるのに必要な力 () g w

(2) グリップの反対側を浮かせるのに必要な力 () g w
重心の予想位置 () cm
測定値 () cm

4 片隅に重りをつけた段ボール箱または板の重心

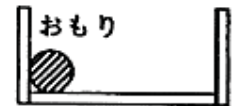
段ボール箱 (板) の横の長さ () cm 段ボール箱 (板) の重量 () g w

隅につけるおもりの重量 () g w

(1) おもりを置いた隅を浮かせるのに必要な力 () g w

(2) 反対側の隅を浮かせるのに必要な力 () g w

重心の予想位置 おもり側から () cm
測定値 () cm

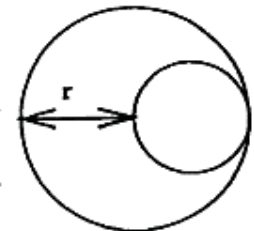


5 半径 () cmの円の端から半径 () cmの円をくりぬいた図形の重心

予測 中心から () r の点

結果 中心から () cm

つまり () r の点

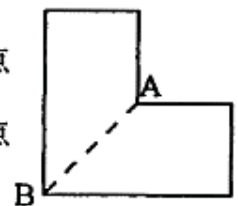


6 正方形の板から1/4のサイズの正方形を切り取った図形の重心

予測 中心の点Aから () ABの長さの点

結果 点Aから () cm

つまり () ABの長さの点



7 定規2本を図のように支えるための支点Bの左端からの位置

使用した定規 L = () cm

予測 () Lの点

結果 () cm

つまり () Lの点



(4) 授業の分析と考察

調査問題を実施した結果は、表1ののとおりである。

表1 調査問題の正答率（平成6年度は対象者43人，平成7年度は対象者74人）（％）

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8	問9
6年度調査	93	95	42	40	40	42	49	44	—
7年度調査	92	99	45	51	47	42	58	46	3

調査年度によって大きな違いは見られず，基礎学力については同じ傾向にあると考えられる。

授業では，実験室の後方に用意された材料や用具の中から各自の課題に合わせて選択し，実験を行った。時間内に課題の全てを終了させることができなかつた生徒もいたが，ほぼ全ての生徒が実験プリントに沿って重心を求めることができた。実験中は，お互いの実験方法を比較し合ったり，一人ではできにくい課題については協力し合ったりして，活発な取り組みが見られた。

表2は，平成7年度の授業実施後に行ったアンケートの結果である。

表2 授業後のアンケート結果（対象者76人）（％）

質 問 事 項	はい	どちらとも いえない	いいえ
1 実験の目的を理解して実験を行いましたか。	78	17	5
2 実験の手順を自分で理解できましたか。	67	32	1
3 測定する前に予想値が立てられましたか。	41	36	23
4 実験への参加状況はよかったですか。	88	12	0
5 つり合いや重心の学習の参考になりましたか。	78	21	1
6 重心を見つける方法がわかりましたか。	75	24	1
7 力のモーメントが理解できましたか。	25	67	8

このアンケート結果で注目されることは，実験の目的と手順についてはほとんどの生徒が理解した点，そして実験への参加状況がよかったと自己評価している点である。その理由としては，生徒が自分で実験用具を作ったことをあげている生徒が多かった。また実験後の感想として，事前に調査問題を実施した時点から関心をもち続けていたと述べる生徒もいた。さらに，以前に実施した加速度の測定実験や自由落下の加速度の測定実験よりも楽しく取り組めた，自分の発想をいろいろ試すことができ熱心に取り組めた，自分たちに実験を任されているので責任感を感じたなど，実験への取り組みを積極的に評価する生徒が多く見られた。

(5) 授業研究の成果

- ア 事前に調査問題を実施することで，実験に対する動機付けを十分に行うことができた。
- イ 身近な材料を用いたり，実験用具を自作することによって，実験に対する興味・関心を高め，主体的な活動を呼び起こすことができた。
- ウ 実験方法に選択の機会があったため，実験活動に主体的に取り組むことができた。
- エ 生徒が各自で活動できるようにしたため，実験への主体的な参加を促すことができた。

(6) 今後の課題

- ア 壁に取り付けた物体に働く力など応用的な問題を考える際に，今回の実験で身に付けた問題解決能力をどう関連付けていくのが効果的であるかについて究明する。
- イ 今回は「剛体に作用する力のつり合い」というテーマで，主体的に取り組める観察・実験の指導の在り方について究明したが，熱や波動など他の分野においても，身近な材料を生かしたり，生徒が手作りしたりする場面を取り入れた主体的に活動できる観察・実験の開発を行う。

【授業研究4】 高等学校化学「電池と電気分解」における燃料電池の教材開発と指導

(1) 授業研究のねらい

平成6年度から導入された学習指導要領では、「化学ⅠB」において「探究活動」，「化学Ⅱ」において「課題研究」を設けていて、これらは探究の過程を通して科学の方法を習得させ、化学的に探究する能力や態度を育てようとするものである。このような観点から、本研究では「電池と電気分解」の単元において、ボルタ電池やダニエル電池等を通して電池の原理を理解した後に、実用的でクリーンエネルギーとして注目されている（水素-酸素）燃料電池を取り上げる。燃料電池は、乾電池や鉛蓄電池などに対して新しい電池の仲間に入り、一部実用化されている。また、燃料電池は将来有望視されている未来型電池の一つであり、原理そのものは簡単である。そこで、生徒が燃料電池を実際に製作することを通して、そのしくみを理解し、最先端技術の一端に触れることにより、興味・関心がもてるような授業の工夫を試みる。

3種類の身近な実験材料から一つを使い、生徒自らの手で電極を作り、さらに3種類の電源のうちの一つを使用することにより、一人一人や班ごとの独自性を強く意識することを通して、生徒が観察・実験に主体的に活動できるようにする。

(2) 主体的に活動できるようにするための手だて

ア 実験装置の教材化の工夫

身近な素材を活用して、生徒自らの活動により、簡単に作れる実験装置を開発し、教材化した。教材化するにあたり、特に注目した点は、以下の3点である。

- (ア) 原理のわかりやすさ・・・馴染みの少ない未来型の燃料電池を、身近な素材から作り上げられるようにすること。
- (イ) 簡便さ・・・・・・・・生徒一人一人が、身近な材料から簡単に短時間で作り上げられるようにすること。
- (ウ) 実験の安全性・・・・・・・・生徒が一人一人ずつ自由に活動するのであるから、誤って電解液をこぼしたり、万一目に入れてしまう事も配慮すること。

イ 興味・関心を喚起する工夫

電池の基本的な仕組みを酸化還元反応を通して十分に理解させた上で、身の回りの電池の種類と用途について調べさせる。特に、使われている試薬に注目させ、使用前と使用後でどのように変化しているかを考えさせるようにする。燃料電池は、使用後に水が生成するだけのクリーンなエネルギーであることに注目させる。さらにスペースシャトルのような宇宙開発などの最先端技術に使われていて、無公害の電池である燃料電池の利用例を紹介する。

ウ 個を生かす工夫

生徒一人一人が電極を作り、二人一組で自分達の燃料電池を組み立て、そして、自分の実験装置で自らが積極的に実験に取り組むことで、充実感を味わうことができるようにする。また、各班ごとに違った材料で電池を作るため、「自分のもの」、「自分たちのもの」ということを強く意識させる。また電源も3種類用意し、各班ごとに違った電源を利用することにより、独自性、主体性をもたせるようにする。

電極のまわり
 ・ナイロン網の袋
 ・セルロースチューブ
 ・穴をあけたフィルムケース

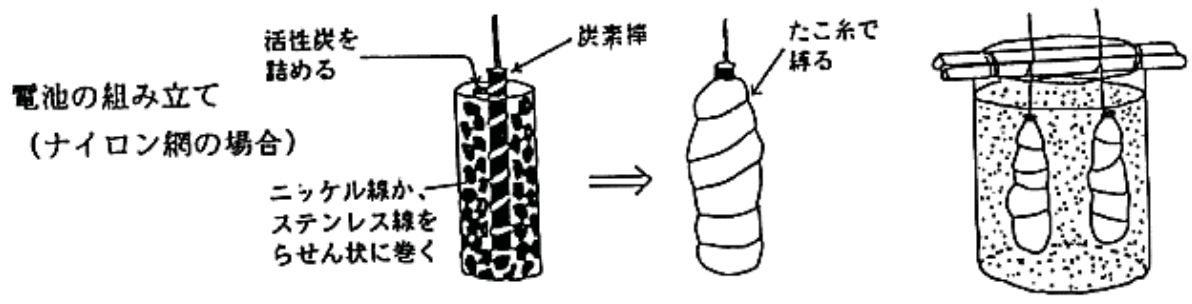
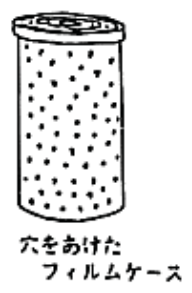
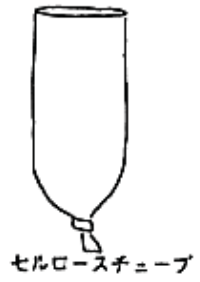
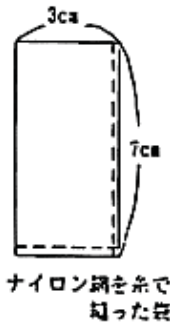


図1 燃料電池の電極製作

(3) 授業の実践

ア 単元名 「電池と電気分解」

イ 指導計画 (10時間扱い)

電池

- ・ボルタ電池, ダニエル電池 2時間
- ・乾電池, 鉛蓄電池 2時間
- ・燃料電池 1時間 (本時)

電気分解

- ・水溶液の電気分解 2時間
- ・電気分解の応用 1時間
- ・電気分解における量的関係 2時間

ウ 本時の指導

(ア) 目標

未来型の電池として注目されている(水素-酸素)燃料電池を身近な物質からつくり、その仕組みと原理を理解する。

(イ) 準備

[試薬] 活性炭, 10% Na_2SO_4 水溶液, フェノールフタレイン溶液

[器具] ビーカー (300ml), 炭素棒 (単一乾電池), ナイロン網袋, セルロースチューブ, フィルムケース, ニッケル線, たこ糸, 割り箸, 輪ゴム, 単一乾電池, 電池ボックス, パワーハウス, 手回し発電機, ワニローワニロリード線, 電子メロディー, 太陽電池用モーター, ダブルクリップ, 電圧計, 大型検流計

(ウ) 展 開

学習過程	学 習 活 動	指 導 上 の 留 意 点
本時の学習課題の把握	○ 前時の復習と本時の学習課題を確認する。	・実験の目的を把握させる。
実験の内容と原理の理解 実験操作	○ 実験プリントにより、実験内容・原理及び手順を理解する。 ○ (水素-酸素)燃料電池の電極を製作する。 ○ 二人一組で電池を組み立て、5分間電気分解する。 ・ その際、3種類の電源のうちの一つを用意する。 (乾電池、パワーハウス、手回し発電機) ○ 電圧計で電圧を計る。 ○ 電子メロディー(又はモーター)を作動させる。 ○ 演示用の装置に水素、酸素を捕集し、大型検流計を使用して正負極を再確認する。	・(水素-酸素)燃料電池の原理を理解させる。 ・各班を巡視しアドバイスする。 ・陰極付近のフェノールフタレインの色の変化に注目させる。 ・各班ごとに独自性をもたせるようにする。 ・電圧を文献値と比較させる。 ・(水素-酸素)燃料電池が構成されたことを確認する。 ・電池の正負極を確認させる。
結果のまとめ	○ 各班の結果を発表する。 ○ 本時の実験について、まとめる。	・(水素-酸素)燃料電池の原理としくみをまとめさせる。正負極の変化を酸化還元反応から理解させる。

(4) 授業の分析と考察

本実験を実施した県立A高校の生徒41名(男38名、女3名)について事後調査を行った結果を表1、表2及び表3に示す。

調査はすべて平成7年9月に実施し、対象は3年1組41名である。

表1 実験に関する調査1

(%)

内 容	a	b	c
ア 実験に積極的に取り組めたと思いますか。	56	39	5
イ 電極を一人1個ずつ作ったことは良かったですか。	54	46	0
ウ 実験を手際よくできましたか。	49	44	7
エ 電源や電極をそれぞれ3種類ずつ用意して実験を行ったことは良かったですか。	51	39	10
オ 燃料電池がうまくできて満足ですか。	66	24	10
カ 実験にもっと時間が欲しかったですか。	43	55	2
キ 燃料電池を作ることに興味をもてましたか。	66	32	2

※ aは「はい」、bは「どちらでもない」、cは「いいえ」を示す。

表2 実験に関する調査2

電極や電源を班ごとに決めましたが、どう思いますか。	%
自由に選びたかった。	56
全員同じでよかった。	10
自由にされると迷うので、2つでよい。	15
一番良い結果がでるものだけでよい。	12
その他	7

表3 実験に関する調査3

他の電極でまた実験をしてみたいと思いますか。	%
とても思う。	20
少し思う。	54
思わない。	22
その他	4

ア 実験装置の教材化の工夫から

(ア) 原理のわかりやすさ

身近な実験材料として、単一乾電池の炭素棒と活性炭で電極を作り、電極のまわりの材料もナイロン網の袋、セルロースチューブ、フィルムケースと生徒が簡単に作れる実験材料を利用した。炭素棒のまわりをらせん状に巻き付ける金属線は起電力が大きいニッケル線を使用した。表1のエの「電源や電極をそれぞれ3種類ずつ用意して実験を行ったことは良かったですか。」の問いに51%の生徒が「はい。」と答えている。しかし表2の「自分で自由に選びたかった。」と答えた生徒が56%もいたことから、事前に3種類の電源と3種類の電極の組合せを自由に選択させた授業展開の方がより主体的に活動できる実験になったと考えられる。また表3の「他の電極でまた実験をしてみたいと思いますか。」の問いに「とても思う。」が20%、「少し思う。」が54%と答えていることから、違った種類の装置や方法について、生徒は強い興味・関心を示していることがわかった。

(イ) 簡便さ

表1のオで、「燃料電池がうまくできて満足ですか。」という問いに、「はい。」と答えた生徒が66%もいた。また表1のウの「実験を手際よくできましたか。」の問いに、49%が「はい」と答えている。実験装置を自分の手で簡単に作れ、しかも好結果が出たのだから生徒にとっては満足度の高い実験だったと思われる。また、表1のカの「実験にもっと時間が欲しかったですか。」の問いには、43%が「はい。」と答えている。手間はかかっても、実際に器具の一部を生徒に作らせる実験の方が主体的に活動するには効果的であるといえる。

(ウ) 実験の安全性

電解液は通常強塩基性の水酸化カリウム水溶液を用いるが、誤って生徒の目に入った時の事を考慮し、中性の硫酸ナトリウム水溶液を用いた。また、電気分解が進むにつれ、陰極付近のフェノールフタレインの色が無色から赤色に変化することが観察できるため、視覚に訴えながら実験することができ、生徒は「電気分解」という現象にも興味を示すことができたと思われる。



図2 生徒の授業の様子

イ 興味・関心を喚起する工夫から

水素と酸素を供給して電池を作ると、水が生成するだけなので公害のない電池であることを理解させた。さらに地球を回るスペースシャトルを例に、その電源として太陽の光が当たって

いるときは太陽電池を使い、当たっていないときは燃料電池を使っていることを紹介した。ここで、表1のキの「燃料電池を作ることに興味をもてましたか。」の質問には、66%の生徒「はい。」と答えており、最先端技術である燃料電池に興味・関心が喚起されたようである。

ウ 個を生かす工夫から

通常は四人一組で行う実験がほとんどであり、どうしても積極的に取り組む生徒と消極的な生徒の差がはっきり表れてしまう場合が多い。しかし、本実験では一人一人が電極を作り二人一組で実験を行ったということもあり、生徒自らが積極的に実験に参加したという充実感を味わうことができたと考えられる。実際、表1のアの「実験に積極的に取り組みましたか。」の問いに、56%の生徒が「はい。」と答えている。また、表1のイの「電極を一人1個ずつ作ったことは良かったですか。」の問いに「はい。」と答えた生徒が54%いた。そして、隣の班とは違う形で実験しているという面白味があったものと思われる。

エ 生徒の実験レポートから

(資料) 一部抜粋

◇この実験によって燃料電池が理解できました。実験に積極的に参加できたことが楽しかったので、ぜひまた計画してもらいたい。
◇自分で電極を作成し実験をただけあって、燃料電池のことが少し分かり、ためになった。

資料は生徒の実験報告書の中の感想に書かれてあったものの一部であるが、「実験に積極的に参加した・・・」、「自分で電極を作成し・・・」など、生徒が主体的に実験に取り組んでいる様子がうかがえる。

(5) 授業研究の成果

今回、「主体的に活動できる理科の観察・実験の指導の在り方」について研究を進めてきたが、次のことが分かった。

ア 最先端技術を教材化することにより、生徒は興味・関心を喚起し、主体的に実験に取り組んだ。

イ 一人一人がいくつかの実験材料、器具及びいろいろな方法で実験に取り組むことで、主体的に活動することができた。

ウ 身近な素材を活用し、日常生活との関連を図りながら、実験での充実感を味わえるように工夫したので、主体的に活動することができた。

(6) 今後の課題

ア 燃料電池の構造としては、さらに改良を加えていきたい。例えば、別の系で発生させた水素と酸素を送り込むような形の装置を工夫したい。

イ 3種類の電源と3通りの電極の製作を班ごとに違えて、装置や操作の独自性を意識させたが、電源や実験方法を自由に選択させることにより、さらに主体的な活動ができるものと考えられる。今後、生徒の自己選択という形の授業を考えていきたい。

【授業研究5】 高等学校生物「心臓とホルモンの関係」における教材の開発

(1) 授業研究のねらい

平成6年度から導入された学習指導要領では、観察・実験を行い、科学的に探究する能力と態度を育てることが重視されている。本研究では、「生物ⅠB」において「内部環境とその恒常性」で扱われるホルモンによる心臓の拍動の調節についての探究活動を取り上げる。

このテーマに関しては、従来、ヒトの心臓を中心として扱うために、模式図や模型を中心とした授業の展開になりがちであり、心臓の拍動を直接に観察する場面に乏しいという問題が指摘されていた。

そこで、食卓にも上り、身近でなじみの深い生物を実験材料に用いることで、前述の問題点を克服し、生徒がホルモンの影響による心臓の拍動の変化を直接観察することにより、ヒトの心臓の特性について理解できるようにすることをねらいとする。

その際、生徒が興味・関心をもって、主体的に取り組めるように、材料の選定や実験方法について工夫改善を試みる。

(2) 主体的に活動できるようにするための手だて

ア 材料の選定

今回は、入手が容易で日常生活においてもなじみの深いカキ（マガキ）を実験材料として選定した。食用として店頭で売られているものは殻から剥したものであるが、今回用いたものは殻がついたままの新鮮な生きたカキである。実験材料としての利点は次のとおりである。

(ア) 入手が容易であり、安価で多数準備することができるので、2人1組の班構成等の個別化した実験が可能である。また、再度生徒が個人的に研究するときの実験しやすい。

(イ) 日常生活でよくなじんでいるので、生徒が関心をもって取り組みやすい。

(ウ) 近縁他種であるハマグリ、ホタテガイ、イガイなどに比べて、心臓が大きく肉厚で、心臓の位置の確認が容易であり、また、実験にあたって心臓に損傷を与えることが少ない。そのため、カキの取り扱いが初めての生徒でも容易に扱うことができる。

(エ) 脊椎動物のカエルなどを用いる場合に比べて、解剖が簡単であり、また、解剖にあたって過度の抵抗感を感じることはない。

(オ) 専用の生理的塩類溶液を用いなくても、人工海水で代用できる。

イ 実験方法の工夫

操作方法をより簡便に行うことができ、生徒自身が主体的に探究活動に取り組んで、結果が得られやすくなるように、実験方法を次のように工夫した。

(ア) 解剖方法の工夫

カキの解剖で最も困難なことは、殻をスムーズに開けることである。生徒にも簡単にできるものとして、ペンチを使って殻の縁辺部を破壊し、貝柱をハサミやメスで切断する方法を考えた。

なお、殻を開くと、貝柱の隣に囲心囊が見える。囲心囊の膜を先尖ピンセットで注意深く除去すると、囲心腔内で拍動している心臓が確認できる。心臓は、2心房1心室である。心房は褐色で管状構造であり、心室は乳白色で筋肉質である。

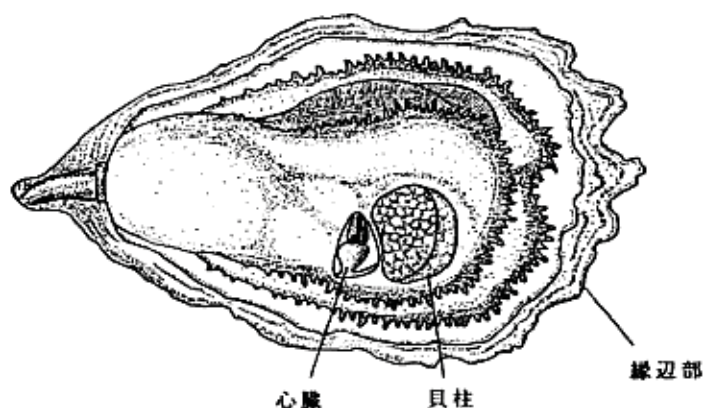


図1 カキの心臓と解剖図

(イ) 心拍数の測定方法の工夫

一般に用いられている心電図の記録によらず、視覚的に心臓の拍動の様子を観察し、心拍に要した時間を測定するという単純な方法を用いた。この方法を用いると、心臓の実際の動き方も同時に観察でき、生徒実験には適していると思われる。

(ウ) 心臓の拍動に与えるホルモンの影響

カキの心臓も、ヒトと同様に、拍動の仕方はホルモンによる調節を受けている。本研究では、神経伝達物質であるセロトニンとアセチルコリンを用いて、心拍数や拍動の様子の変化について調べるようにした。

また、その際、ウナギの心臓に対するホルモン（アセチルコリン、アドレナリン）の作用について演示し、実験結果の予想をたてる一助とした。

(3) 授業の実践

ア 単元名 ホルモンと自律神経による調節

イ 指導計画（3時間扱い）

- ・ホルモン分泌の調節・・・1時間
- ・血糖量の調節・・・・・・・・1時間
- ・自律神経とその働き・・・1時間（本時）

ウ 本時の指導

(ア) 目標

食卓に上るカキにも大きな心臓が存在することを知り、さらにその心臓の拍動がホルモンによって調節されていることを理解する。

(イ) 準備

〔器具・試薬〕 実験プリント、バット、ベンチ、シャーレ、駒込ピペット、解剖バサミ、メス、先尖ピンセット、軍手、海水、試薬A (10^{-4} Mセロトニン海水溶液)、試薬B (10^{-4} Mアセチルコリン海水溶液)、理科実験用インターフェイスラボサンプラー-MIOS-Lab、コンピュータ（PC-9801型）

〔材 料〕 カキ（マガキ）



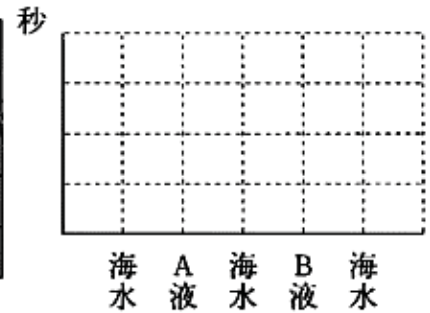
図2 心拍動数を測定している様子

(ウ) 展 開

学習過程	学 習 活 動	指導上の留意点
問題把握と予想	<ul style="list-style-type: none"> ○ ヒトの心拍動を調節しているホルモンは、他の動物（カキなど）に対してどのように作用するだろうか。ウナギの心拍動に対する影響を参考に、各自が予想を立てる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒトの心拍動を調節しているホルモンについて発問し、確認させる。 ・コンピュータに直結した理科実験用インターフェースラボサンプラー-MIOS-Labを用い、心電図の波形変化から、ウナギの心拍動に対するA、B両液の影響を確認させる。これをもとに、カキの心拍動に及ぼす類似のホルモンの影響について予想を立てさせる。
解剖と心臓の位置の確認	<ul style="list-style-type: none"> ○ カキの殻の縁辺部をペンチで破壊し、見えた貝柱をメスで切断し殻を開く。 ○ ピンセットで囲心囊の膜を除去し心臓を露出させる。 ○ 心臓の位置と拍動の様子を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・殻の開け方について、初めに教師が演示する。 ・カキの殻で怪我をしやすいため、軍手を着用させる。
セロトニンによる心臓の拍動の変化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海水シャーレに入れ、5回の拍動に要した時間を測定する。次に、A液を囲心腔の中に2～3滴入れ、同様に時間を測定する。そして囲心腔の液を捨て、海水に入れ、同様に時間を測定する。この時収縮の様子も観察し、記録する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・隣の班同士で別々の個体を用いてA液とB液を滴下する順序を逆にして行う。 ・滴下後、約30秒経過してから測定を開始するよう指示する。 ・先に作用させた液の影響を残さないため、海水による洗浄は十分に行わせる。
アセチルコリンによる心臓の拍動の変化	<ul style="list-style-type: none"> ○ A液の代わりにB液を用いて上と同様の実験を行う。 ○ 各試薬における心拍動時間を3回測定し、表に記録する。 また、その時の収縮の様子も記録する。 	
結果の処理とまとめ	<ul style="list-style-type: none"> ○ 結果をグラフ化する。 ○ アセチルコリンとセロトニンのカキの心臓に対する作用について判定する。 ○ 各自が立てた予想と判定結果を比較しカキの心拍動の調節のしくみ、ヒトやウナギとの相違点、ホルモンによる調節の特性について確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホルモンの心臓への作用は心拍動に要する時間と拍動の大きさでまとめさせる。

資料 記録用紙の一部

A液→B液	海水	A液	海水	B液	海水
1回目					
2回目					
3回目					
平均					



(4) 授業の分析と考察

ア 授業後のレポートから

セロトニンやアセチルコリンを与えたことにより、心拍動時間の変化や心臓の収縮の違いが確認できた生徒の割合(%)は、表1のようであった。また、それを確認する際に作成されたグラフの記入例を図2に示す。

表1 ホルモンの効果を確認できた生徒の割合(%)

	セロトニン	アセチルコリン
心拍動時間	92	90
収縮の違い	77	82

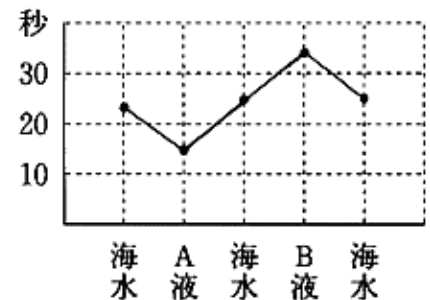


図3 心拍数の変化の記入例

この結果を見ると、心拍動時間がセロトニンやアセチルコリンによって変化することは、ほとんどの生徒が確認できたようである。しかし、セロトニンによって心臓が強く収縮して小さくなることや、アセチルコリンにより大きく拡張する特徴については、観察できなかった生徒がややみられた。この原因としては、カキの大きさの個体差や、殻開けの際の損傷の違い、鮮度などが考えられる。

また、セロトニンに比較して、アセチルコリンの効果を確認するには時間がかかる傾向があったが、滴下後30秒程度放置した後に測定を行うことで若干改善された。しかし、依然として、アセチルコリンの効果の判定を誤認した例も少数ながらみうけられることから、今後、本実験の測定に用いる両液の適切な濃度を、さらに精密に追求する必要がある。

イ 授業後のアンケートから

実験方法や内容の理解、興味について、実験実施後に調査した結果を表2、表3に示す。

対象 2年6, 7組 男子63名, 女子23名

実施日 9月27日(水)

表2 実験方法について

全体%(男子%・女子%)

	難しい	普通	やさしい
① カキの殻の開け方	22 (10・57)	56 (62・39)	22 (29・4)
② 囲心囊の膜の除去	34 (25・56)	37 (40・31)	29 (35・13)
③ 心拍動時間の測定	10 (13・4)	31 (27・43)	58 (60・52)

表3 実験内容の理解, 興味について

全体% (男子%・女子%)

①この実験以前にカキの心臓を観察したことがあるか。	はい 0 (0・0)			いいえ 100 (100・100)		
②この実験でカキに心臓が存在することを初めて知ったか	はい 48 (43・61)			いいえ 52 (57・39)		
③この実験にどの程度興味をもったか。	非常にもった 34 (21・70)	ややもった 52 (65・17)	普通 12 (11・13)	あまりもたなかった 3 (3・0)	全くもたなかった 0 (0・0)	
④心臓の生理に以前より興味をもったか。	はい 78 (71・96)			いいえ 22 (29・4)		
⑤実験内容をどの程度理解できたか。	よく理解できた 15 (16・13)	かなり理解できた 42 (41・43)	普通 34 (35・30)	よく理解できなかった 7 (5・13)	全く理解できなかった 2 (3・0)	

実験方法については、殻の開け方や囲心囊の膜の除去が難しいと感じている生徒が特に女子に多くみられた。しかし、殻の開け方については、縁辺部をペンチで破壊してできた隙間からメスを挿入して貝柱を少しずつ切断する方法を指示することにより、大部分の生徒が心臓を傷つけることなく解剖できたようである。囲心囊の膜については、心臓そのものを傷つける可能性が高いことから、拍動が見づらい場合のみ除去すればよいように思われる。また、心拍動時間の測定については、方法が平易で、大半の生徒が測定できていることから、5回の拍動に要する時間を用いることが適当であるといえる。

実験に対する興味については、大部分の生徒が興味をもったと回答している。また、一般に生物の解剖を伴う実験に抵抗を感じずる傾向がある女子生徒がむしろ高い興味をもって実験に臨んでいることから、実験材料としてカキが適しているといえる。さらに、この実験を通して、多くの生徒が心臓の生理活動にも興味をもった。内容の理解度に関しては、9割近くの生徒が理解できたと回答している。このように、生徒は興味をもって実験に取り組み、主体的に活動していたといえる。

(5) 授業研究の成果

ア 心臓の拍動についての実験の教材としてカキを用いたことにより、生徒の主体的な活動を促し、単元内容の理解へと導くことができた。

イ 探究活動として、ホルモンによる心臓の拍動の変化を調べる実験の展開例を開発することができた。

(6) 今後の課題

仮説の設定、実験の計画、実験の実施、結果のまとめ、報告書の作成などの一連の過程を全て生徒が主体となって行う探究活動の展開の仕方についてさらに研究を深める。

[謝 辞] 最後に、本研究を進めるにあたって数多くの貴重なご助言をいただいた、筑波大学 生物科学系 山岸宏先生に厚く御礼申し上げます。

[参考文献] Robert B.Hill and K.Kuwasawa.(1990): Neuromuscular Transmission in Molluscan Hearts. Zoological science 7 : p.p.999-1011
白土綾子他 (1992) マガキの心拍数に対するアセチルコリンの影響, 遺伝46巻9号

【授業研究6】 高等学校地学「地層の構造」における学校周辺の地形・地層の教材化

(1) 授業研究のねらい

今回実施した「理科学習に関する意識・実態調査」によると、自然について不思議に思ったことがある生徒は約8割と多く、その中でも身の回りや生活の中から不思議さを感じる生徒が多いという結果が出た。一方、高等学校の地学選択者に、どの分野に興味があるかを問うたところ、宇宙とか恐竜のようにテレビ等でよく取り扱われているものや、気象のような身近で変化が大きいものが主で、地層の構造や岩石は身近にあるにもかかわらず、あまり興味をもたれていない分野であることがわかった。

「地層の構造」は、高等学校地学の大きな柱の一つであり、地層についての題材を適切に選ぶことによって、この分野でも十分に生徒に興味・関心をもたせて行きたい。この分野は、自然を通して学ぶことができる理科の学習の大切な単元でもあるが、現状では主体的に学ぶには難しい面もある。そこで、題材として学校周辺の地形・地史を取り上げ、教材に空中写真、露頭写真、付近の砂や土を用いるなど、題材や教材を工夫することにした。又、常に自然現象に目を向け、生徒に興味・関心を抱かせ、自然現象に疑問を感じることにより、主体的に授業に参加し、自ら解決するような態度を育てることに授業研究のねらいをおいた。

(2) 主体的に活動できるようにするための手だて

ア 導入部分の工夫

毎日の通学で学校周辺の地形はある程度見ているはずだが、大部分の生徒はただ漠然と見ているだけであり、改めて問うと何もわかっていない。そこで、表に示す基本的な質問を導入部分とし、問題意識を持って実験・実習に取り組めるようにした。

資料1 学校周辺の地形環境に関する導入質問

①本校の標高は海拔何mくらいか。 ア 5m イ 20m ウ 50m エ 200m
②本校は次の地形区分のどこにあるか。 ア 低地 イ 台地 ウ 丘陵 エ 山地
③本校付近の土地では、表土のすぐ下に何が見られるか。 ア 火山灰風化層 イ 河川堆積物 ウ 浅海堆積物 エ 深海堆積物

イ 学校周辺の地形図・空中写真・スライドの活用

これまでの授業では、一般的な教材の方が理解が早いと考え、教科書や地学図表に掲載されている図や写真を使用してきた。今回は、生徒の興味・関心を前面に打ち出すため、学校周辺を題材とし、指導案に示したように、地形図・空中写真の読図、露頭のスライドの検討をすることからこの地域の地史を組み立てる、という手順を考えた。ここで、地形図

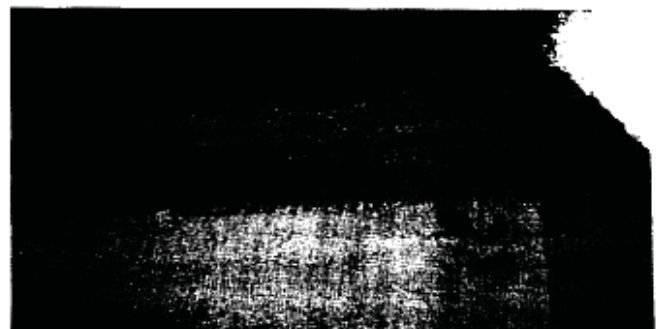


図1 美浦村古屋の露頭

と空中写真については市販のものを利用できるが、スライドは自作のものを用意した。その際、学校周辺では良い露頭が見つからなかったので、学校近辺の植生におおわれた崖から始まり、良い露頭を探しながら学校から離れていく、というストーリー性を持たせた。

ウ 堆積実験の材料および実験方法の工夫

地層中には様々な構造が見られ、それぞれが堆積環境と深く結びついている。その中で斜交葉理やれんこん、級化層理はよく見られるものであり、堆積環境も比較的わかりやすく、室内実験も可能なものである。実験材料には、身近で生徒が触れたことのある、海岸の砂や校庭の土などを使用した。

粒径のそろっていない碎屑物を流れのない水中で同時に堆積させると、下から上へ粒径の大きい順に堆積するということは、小学校3年で学習する内容である。材料、用具、さらに実験方法まで指示された通りに実施することは主体的に実験する方法としては意味がないが、いくつかの材料、用具から必要なものを選択し、手順を探りながら実験するのは、比較的難しい。課題は与えるものの、実験方法を自ら考えたり、試行錯誤を繰り返しながら実験をすることによって、主体的に授業に参加できるようにした。

エ 次の授業へのつながりを考える工夫

授業や実験が終わればそれで終わり、ではなく、常に問題意識をもって自然を見る態度を養うことも重要である。その導入として、前半部分の終了時にいくつかの課題例をあげ、授業からの発展学習への取り組み方を紹介した。また、堆積実験終了後に「今回の実験はまだ十分なものではなく、さらに発展的な学習・実験が考えられる。どのようなものがあるか話し合ってみよう。」という課題を設け、さらに進んだ内容への学習活動を討議させ、自らの学習意欲を高めさせようと試みた。

(3) 授業の実践

ア 単元名 地球の歴史

イ 指導計画（8時間扱い）

第1次	地表の変化……………	3時間
第2次	地層の形成……………	4時間
	・地層の構造……………	1時間（本時）
	・地層の新旧……………	3時間
第3次	堆積岩と地殻の物質の循環……	1時間

ウ 本時の指導

(ア) 目標

- ・身近な学校周辺を教材に選ぶことで、主体的に実験・実習に参加する。
- ・これまでの学習や生活体験の中で獲得してきた知識や能力を用い、地形図や空中写真の読図、写真による地層の観察によって、地層の成因を考察する。
- ・野外で地層を観察したときに見られる堆積構造を、実験室内で再現する。

(イ) 準備・資料

学校周辺の空中写真及び地形図、色鉛筆、実体鏡
メスシリンダー、ピーカー、砂、泥、土、

(ウ) 展 開

学習過程	学 習 活 動	指 導 上 の 留 意 点
導入 実習 討議 まとめ	<ul style="list-style-type: none"> ○ 本校の地形環境について考える。 ○ 地形図を利用し、本校の位置を見つけ、海拔高度を求める。 ○ 5 m および10 m 等高線を色鉛筆でなぞる。 ○ 空中写真の実体視により、台地と低地の境界を中心に観察する。 ○ 地形図と空中写真を参考に地形断面図の略図を書く。 ○ 台地と低地のでき方について仮説をたてる。 ○ 仮説の確認方法を討議する。 ○ 地層はどこで観察できるか考える。 ○ 露頭スライドの観察により地層の構造及び堆積環境を考える。 ○ 台地と低地のでき方をまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生活体験とこれまでの知識から検討させる。 ・地形図の見方に慣れさせる。 ・地図の縮尺により等高線の種類が異なることに注意させる。 ・等高線間隔によって地表の傾きに差があることを理解させる。 ・実体鏡の取り扱い方を修得させる。 ・台地と低地の境界に注目させる。 ・授業の目的から略図でよいことを知らせる。 ・地形勾配に注意し書かせる。 ・河川の3作用を参考にさせる。 ・いくつかの方法の中で地層観察の重要性を知らせる。 ・身近なところにも存在することに留意させる。 ・撮影場所に触れる。 ・深入りしすぎないようにする。 ・斜交葉理、化石の存在から堆積環境や時代がわかることに注目させる。 ・海進・海退に触れる。
実験方法の検討 実験 まとめ 発展学習の検討	<ul style="list-style-type: none"> ○ 級化層理のでき方を確認し、実験室内で級化層理をつくる方法を検討する。 ○ 検討の結果を用い実際に級化層理をつくってみる。 ○ 実験の結果をまとめる。 ○ 実験・実習の過程・結果から疑問や新たな課題を見つける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・与えられた実験材料を上手に用いる。 ・教師側では事前に教えない。 ・試行錯誤を繰り返してもよい。 ・水中を降下する速さと粒子の大きさとの関係に留意させる。 ・どの方法がよくできたかと、できなかった場合の原因を検討させる。 ・級化層理以外の堆積構造をつくる実験等が考えられる。

エ 授業の分析と考察

(ア) 地形図・空中写真の読図について

本校の位置については、大体正解できたが、本校周辺に小中学校が計3校あり、そこ間違えた生徒が2割ほどいた。ふだんから地図を見慣れていないためと考えられる。海拔高度は、本校のすぐわきに示されているので、読み間違いはなかった。等高線の読みとりは、平野ではかなり見にくく手間取ることが予想されたが、5mと15mの見間違いや、崖の所でつながらない、といった生徒が少なからずいた。空中写真については、一度こつを覚えてしまえば、見方は難しくないが、実体視ができたことに注目がいきまじ、目的に応じた読図が不十分であった。このことは、書かれた断面図に、台地が山のようにってしまった例(図2参照)や、地形図からきちんと断面図を書こうとした生徒がともに少なくないことから示される。

(イ) 台地と低地のでき方について

断面図から考えさせた仮説には、資料2に示したようなものがあり、ほとんどが①に近いものであった。この段階で、海進については言及されなかった。

地層はどこで観察できるかという質問に対しては、ほとんどが、資料3の①②に示したような教科書的な答えであった。実際には、身近なところでは建設現場等で良い露頭が多く見られ、それが出てこないのは残念である。

露頭スライドを見た後は、海進・海退に触れるよう指示したため、海進→海退→海進の過程を答えられた生徒も多く出てきた。

各班とも意見を出し合い、活発に話し合いをしていた。しかし、議論に奥行きがなく、表面的な結果しか出てこなかった班もあった。

(ウ) 堆積実験について

級化層理をつくる実験方法について生徒が考えた例を資料4に示す。

資料4 級化層理の作り方の例

- ①メスシリンダーに水と砂を入れて混ぜる。
- ②メスシリンダー3本に砂・泥・土をそれぞれ入れて水を加えかき混ぜる。
- ③メスシリンダーに水を入れ、そこに土を入れる。
- ④1本の水の入ったメスシリンダーに、あらかじめよく水で混ぜ合わせておいた砂・土・泥を入れる。

実験方法の話し合いを早めに切り上げ、試行錯誤で実験に入ってしまった班もあり、実際に様々な実験方法で級化層理がつくられた。①は、これだけでは級化層理はできないが、砂でだ

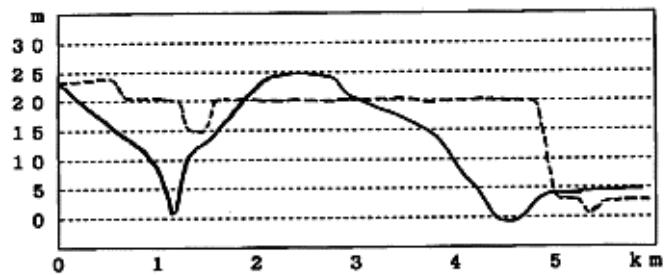


図2 生徒が書いた断面図の例(実線)
破線は実際の断面図(略図)

資料2 台地と低地のでき方についての仮説の例

- ①台地が先にでき、低地は川が削ってできた。
- ②海底が隆起し、その上に火山灰が堆積、河川の浸食によって低地が形成。
- ③台地が沈降して低地になった。

資料3 地層はどこで観察できるか、の解答例

- ①台地と低地の境目
- ②川に削られて、崖になっている所
- ③土地が隆起したところ



図3 空中写真の読図

めなら次は泥，という具合にして最後には級化層理をつくった。②では，対照実験も含めはじめから3種類ともやってしまったものである。④は今回用意した土の意味がわかっていないのだが，級化層理だけでなく，砂層や泥層が観察され，これもひとつの成果であった。泥をかたまりのまま入れてしまうなど，細かい失敗もあったが，実験の目的の一つである「級化層理をつくる」「砂・泥・土の沈降・堆積の様子の違いを知る」ということに関して良い結果が得られたことで，生徒の成就感もある程度あったと言える。

授業中の生徒の様子，実験終了後に提出されたプリント及びアンケートの検討の結果からも考察してみる。導入質問に関しては，本校の海拔高度が選択肢から見当がつかない（69%），台地・低地の概念はあるが，学校が台地上にあることを知らない（90%），という結果が出たが，1カ月後に再び問うたところ，90%の生徒が答えられた。これについては，身近な教材で興味がもてた（53%），授業にスライドを取り入れたのは良かった（59%）などとあわせ，今回の教材が，生徒の興味・関心にあったものであることを示すとともに，自然に対する理解が深まったことも示している。また，発展学習についても，進んでやってみたいと答えた生徒が60%に達するとともに，「密度の違う粒子を用いて実験する」など，教師が予想しなかったものが出ており，生徒が主体的に授業に参加したことを示している。

(4) 研究の成果

- ア 導入部分の工夫をすることにより問題意識を持って実験・実習に取り組むことができた。
- イ 身の回りの中から教材を選んだため，主体的に実験・実習に取り組むことができた。

(5) 今後の課題

- ア 今回のような学校周辺を題材にした教材は，教師にとって負担が大きいですが，生徒の主体性を十分引き出すことができる。学校周辺から離れ，問題を一般化したときに十分生徒を引きつけられる授業ができるか，が一つの課題となる。
- イ 現行の学習指導要領では実験・実習が重視され，「地学Ⅱ」のようなⅡを付した科目では，課題研究が項目としてあげられている。その結果，十分時間をかけて実験・実習ができるカリキュラムとなっている。地質分野だけでなく，他の領域についても生徒の主体性を全面に打ち出した教材開発が求められる。

おわりに

「主体的に活動できる理科の観察・実験の指導の在り方」という研究主題のもとに研究を進めてきた。観察・実験への主体的な取り組みについては，意識・実態調査から，教師の実践と児童生徒の意識との間にずれがあることが分かった。そこで，授業研究では，児童生徒の関心や願いを踏まえて，心底から「自分で進んでやってみたい」と感じて主体的な活動がなされるような授業の展開を目指し，指導法の改善と教材・教具の開発を行った。特に，教材・教具の開発については重点をおいた。児童生徒の主体性が発揮されるためには，そのための条件が作られていることが大切であり，適切な教材・教具が準備されていることは最も有効な支援になると考えたからである。

これからも，「主体的な活動」がかけ声だけにならないよう，実質的で，実現可能な指導法を究明していきたい。