

## 小学校理科における科学的な見方や考え方を養う学習のあり方に関する研究（Ⅱ）

—内容の系統性を踏まえた教材の開発—

2006. 3

大阪市教育センター

## 小学校理科における科学的な見方や考え方を養う学習のあり方に関する研究 (Ⅱ)

### —内容の系統性を踏まえた教材の開発—

小学校理科の「空気と水」と「電気の働き」において、中学校学習指導要領に示される内容につながり、科学の基本概念を育てる教材を開発した。そして、授業実践を通して、開発した教材の有効性を検証した。その結果、内容の系統性を踏まえた教材を使った学習指導によって、理科学習に対する自信などの意識を高め、科学的な見方や考え方を養うことにつながることが明らかになった。

【キーワード】 物質とエネルギー      内容の系統性      発展的な学習  
ものづくり      実験教材      理科学習に対する意識

## 目 次

はじめに .....	1
I 研究のねらいと方法 .....	1
II 内容の系統性を踏まえた教材 .....	2
1 物理的領域の内容 .....	2
2 単元「空気と水」での教材開発 .....	2
(1) 単元の内容と系統性 .....	2
(2) シミュレーション教材 .....	4
(3) 「浮沈子」の教材 .....	5
3 単元「電気の働き」での教材開発 .....	6
(1) 単元の内容と系統性 .....	6
(2) 「手作り電池」の教材 .....	7
III 単元「空気と水」の実際 .....	8
1 授業の設計 .....	8
(1) 目標と内容の確認 .....	8
(2) 単元の目標分析と構造化 .....	9
(3) 指導計画の作成 .....	9
2 授業の実際 .....	11
(1) シミュレーション教材を使った授業の様子 .....	11
(2) 「浮沈子」の教材を使った授業の様子 .....	12
3 授業の評価 .....	14
(1) 意識調査 .....	14
(2) 学習の振り返り .....	16
IV 単元「電流の働き」(手作り電池)の実際 .....	18
1 授業の構想 .....	18
2 「手作り電池」の教材を使った授業の様子 .....	19
3 授業の評価 .....	20
(1) 意識調査の測定結果 .....	20
(2) 授業参観者の意見からの考察 .....	21
V 研究のまとめ .....	22
おわりに .....	23
資料1 中学校理科第1分野で扱う内容と科学の基本概念及び関連する高等学校理科の内容 .....	24
資料2 単元「空気と水」の目標構造図 .....	25
資料3 単元「空気と水」指導案(第3・4・6時) .....	26

## はじめに

小学校学習指導要領が現行のものに改訂された際、小学校理科の標準授業時数は420単位時間から350単位時間へと短縮された。そして、他教科や中学校との重複あるいは指導が高度になりがちという意見を受けて内容の厳選が行われ、様々な内容が削除されたり、中学校へ移行統合されたりした。時間的なゆとりを児童がもつようにするために、標準授業時数の短縮以上に内容の厳選が行われたのである。小学校理科教育では、ゆとりのある学習指導を通して、児童に問題解決の能力を育てたり、学習内容を日常生活と一層関連付けて実感を伴う理解を図ったり、自然を愛する心情と科学的な見方や考え方を養ったりすることが重要視されている。

平成15年12月には、「確かな学力」を育成するねらいから、小学校学習指導要領の一部が改正され、学校において学習指導要領に示す内容に加えて指導できることが明確になった。個に応じた指導の充実を図る観点から、学習指導要領に示す内容を身に付けている子どもに対して行う発展的な学習や、子どもの理解や習熟の状況等に応じ学習内容の理解を容易にする補充的な学習が推進されている。これらの学習指導では、必要に応じて学習指導要領に示す内容に加えた内容を指導することもある。

本年度から使われている小学校理科の教科書では、「はってん」等による表現を使って学習指導要領に示さない学習内容や教材が導入されている。学校はそれらの内容の取り扱いについて任せられており、今後考慮していかなければならない課題の一つだといえる。

これらの状況から、今後の理科教育では、小学校で学ぶ内容と中学校で学ぶ内容とをつなぐ

視点が必要となってくるだろうと考えた。そこで、小学校理科で学ぶ基礎的・基本的な内容の確実な定着を図りながら、中学校で学ぶ科学の基本概念につなげることができる教材を開発することにした。このような教材開発ができれば、児童の興味や関心等に応じた学習を展開することができ、科学的な見方や考え方を養ううえで有効だと考えたからである。

## I 研究のねらいと方法

本研究では、小学校理科の「空気と水」と「電気の働き」において、中学校学習指導要領に示される内容につながり、科学の基本概念を育てる教材を開発することをねらいとした。そして、研究協力委員による授業実践を通して、開発した教材の有効性を検証することにした。研究の仮説と方法は、次のとおりである。

### 〈研究の仮説〉

小学校理科の「空気と水」と「電気の働き」において、内容の系統性を踏まえた教材を使った学習指導によって、児童の理科学習に対する自信などの意識を高めるとともに、児童に科学的な見方や考え方を養うことができる。

### 〈研究の方法〉

- ① 先行研究に関する文献研究を行った。
- ② 小・中学校学習指導要領等をもとに、内容の系統性をとらえた。
- ③ 先行研究の中から、対象の学習に適した教材を選び、学習内容を設定した。場合によっては、新たに教材を創作した。
- ④ 開発した教材の有効性を検証する授業を計画した。
- ⑤ 研究協力委員の協力を得て授業実践し、その成果と課題を明らかにした。

そして、中学校学習指導要領に示される内容や科学の基本概念につながる教材の開発にあたっては、ポイントを次のように定めた。

〈教材開発のポイント〉

- ① 自然の不思議さを感じさせる教材
- ② 児童一人一人が自分で試すことができる教材
- ③ 体感を通して理解を深めることができる教材

## II 内容の系統性を踏まえた教材

### 1 物理的領域の内容

小学校理科では、各学年の内容を、「A生物とその環境」「B物質とエネルギー」「C地球と宇宙」の三つに区分している。表1は、「B物質とエネルギー」のうち物理的領域における内容を、「電気」「ものの性質」「力と運動」の項目で整理したものである。この表をみると、小学校理科での物理的領域の内容を概観することができる。

「電気」に関する内容は、第3学年の「あかりをつける」、第4学年の「電気の働き」、第6学年の「電流の働き（電磁石）」というよ

表1 小学校理科で扱う物理的領域の内容

学年	電気	ものの性質	力と運動
3	あかりをつける	光ともの 磁石ともの 電気ともの	
4	電気の働き	空気と水 ものの温度と体積 ものの温まり方	
5		ものの溶け方	ものの重さと天秤 てこの働き 運動するものの働き／おもりの働き（選択）
6	電流の働き（電磁石）		

うに、三つの学年で系統的に学習するようになっている。そして、「ものの性質」に関する内容は、第3学年の「光ともの」「磁石ともの」「電気ともの」、第4学年の「空気と水」「ものの温度と体積」「ものの温まり方」、第5学年の「ものの溶け方」というように、三つの学年にわたって多様な観点から学習するようになっている。また、「力と運動」については、関連する全ての内容を第5学年で学習するようになっている。

本研究では、物理的領域に含まれる第4学年の「空気と水」及び「電気の働き」の学習において、中学校学習指導要領に示される内容につながり、科学の基本概念を育てる教材の開発を試みた。

### 2 単元「空気と水」での教材開発

#### (1) 単元の内容と系統性

単元「空気と水」では、物理的領域の「ものの性質」に関する内容を学習する。物質には、密度や弾性、磁性、色（光の反射）、電氣的性質、熱的性質など、様々な観点において共通点や違いがある。単元「空気と水」の内容をみると（次頁表2参照）、空気と水の性質の違いを弾性や圧縮率という観点から学ぶことが、この単元の目的であることがわかる。さらに、「空気と水」の内容について、物理的な観点から次のようにとらえ直してみた。

- 空気は気体の代表として扱い、水は液体の代表として扱う。
- 空気と水は、どちらも流体で形が容器の形状に従う。
- 空気と水では圧縮率が大きく異なる。他の性質の違いもあるが、小学校理科では気体と液体の性質の違いを圧縮率にみる。

- 気体に圧力を加えると体積が大きく変わる。  
(気体の体積を変化させると圧力が変化する)
- 物質には温度と圧力の違いにより、固体・液体・気体の三態がある。

このように学習内容を幅広くとらえると、関連する内容がとらえやすくなる。表 2 は、「空気と水」に関連する小学校理科の内容を整理したものである。第 4 学年「ものの温度と体積」及び「ものの温まり方」では、固体の金属とともに空気と水の性質の違いについて、熱を加えるとといった観点から学ぶことが目的である。これらの単元では物質の状態や熱的性質を理解

表 2 「空気と水」に関連する小学校の内容

学年	単元	内 容
第 4 学年	空気と水	◎ 閉じ込めた空気及び水に力を加え、そのかさや押し返す力の変化を調べ、空気及び水の性質についての考えをもつようにする。 ・ 閉じ込めた空気を圧すと、かさは小さくなるが、押し返す力は大きくなること。 ・ 閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと。
	ものの温度と体積	◎ 金属、水及び空気を温めたり冷やしたりして、それらの変化の様子を調べ、金属、水及び空気の性質についての考えをもつようにする。 ・ 金属、水及び空気は、温めたり冷やしたりすると、そのかさが変わること。
	ものの温まり方	◎ 金属、水及び空気を温めたり冷やしたりして、それらの変化の様子を調べ、金属、水及び空気の性質についての考えをもつようにする。 ・ 金属は熱せられた部分から順に温まるが、水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること。
第 5 学年	ものの溶け方	◎ 物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の溶け方の規則性についての考えをもつようにする。 ・ 物が水に溶ける量には限度があること。 ・ 物が水に溶ける量は水の量や温度、溶ける物によって違うこと。また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことができること。 ・ 物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。

することが学習内容であり、「空気と水」の学習内容と関連している。また、第 5 学年「ものの溶け方」では、固体と気体の物質が水に溶解する現象について学ぶ。このような現象が、物質が原子や分子から成り立つという見方や考え方につながるものだととらえると、「ものの溶け方」の学習内容も「空気と水」に関連するといえる。

表 3 のように、中学校学習指導要領に示される内容と科学の基本概念的なかで、「空気と水」に関連するものを整理した。

「空気と水」の学習内容が直接的につながる中学校理科の内容は、「身近な物理現象」の「力と圧力」と、「身の回りの物質」の「物質のすがた」だといえる。なかでも、圧力や空気の重さ、固体や液体の性質、密度、気体の性質という科学の基本概念的につながる。また、化学的領域「化学変化と原子、分子」のなかで扱う原子や分子等の基本概念にもつながる。さらに、中学校学習指導要領では示されていないが、浮力や分子運動等の科学概念にもつながるといえるだろう。

表 3 「空気と水」に関連する中学校の内容

内容		科学の基本概念的
身近な物理現象	力と圧力	物体に働く力、物体の変形 圧力、大気圧、空気の重さ
		固体や液体の性質、密度、電気の通りやすさ、加熱したときの変化、金属と非金属 物質の状態変化、融点、沸点、物質の分離、状態変化による物質の体積変化、質量保存 気体の性質、気体の種類による特性
身の回りの物質	物質のすがた	物質の均一性、分散、再結晶
	水溶液	物質の分解 原子、分子、原子記号
化学変化と原子、分子	物質の成り立ち	化学式、化学反応、原子や分子のモデル、化学反応における質量保存、反応する物質の質量の間には一定の関係があること
	化学変化と物質の質量	

## (2) シミュレーション教材

本単元では、空気鉄砲の玉を飛ばす活動を通して、空気の圧縮性や弾性について体験的に学習する。空気鉄砲の玉が飛ぶ原理を考える学習において、中学校理科の内容や科学の基本概念につながる教材として、空気鉄砲のシミュレーションを三つ作成した。この教材は、伊藤らによる「シミュレーション『空気でっぼう』における利用」<sup>1)</sup>の内容を参考に、大阪市立の各小学校で使われているコンピュータソフトを使って作成した<sup>2)</sup>。

図1aの「空気を色で表す」モデルでは、空気を煙のようなものにたとえ、圧力の変化を表現しようと考えた。そこで、空気の体積が小さくなるにつれて圧力が大きくなることを、色が段々と濃くなることで表現した。そして、玉が飛んだ後は、空気の圧力が元に戻ることを表現するために、空気の色をはじめの色に戻した。

図1bの「空気を泡で表す」モデルでは、空気を石鹸の泡のようなものにたとえ、空気の密度の変化を表現しようと考えた。そこで、筒の

中に六つの円を描き、筒の容積が小さくなるにつれて、円の混み具合が大きくなるように描いた。空気の密度が高くなることを、六つの円がぎゅうぎゅうに詰まっていくことによって表現してみた。そして、最後には元のような混み具合に戻る様子を表現した。

図1cの「空気を動く粒で表す」モデルでは、空気を筒の中を動き回る粒のようなものにたとえ、分子の運動を表現しようと考えた。そこで、筒の中に10個の粒を描き、自由に動き回るアニメーションを設定した。そして、空気鉄砲を強く圧すにつれて、粒の動きは速くなり、前玉や後玉、筒に当たる頻度も増えるようにした。このようにして、空気の分子の運動エネルギーが大きくなり前玉を押し出すことを表現した。

これらの教材を使うことによって、児童がもつ空気の圧縮のイメージをより鮮明にすることができる。そして、先の学年や中学校において空気等の物質が原子や分子から成り立っていることを学習する際に、原子や分子の概念を受け入れやすくしておくことができると考える。

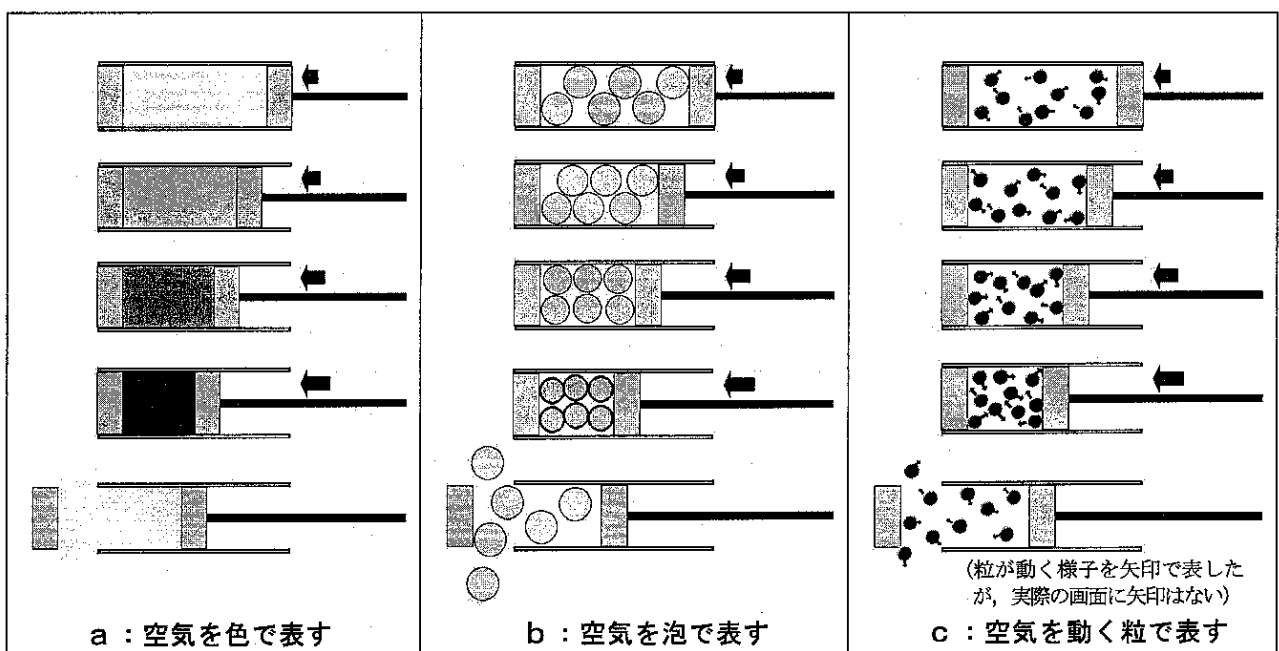


図1 空気鉄砲のイメージを表現したシミュレーション教材

### (3) 「浮沈子」の教材

単元の学習内容を生かした発展的な学習の教材として、浮沈子を取り入れた。浮沈子は不思議さを体感しながら浮力について楽しく学ぶことができ、科学ショーのような催し物等でよく扱われている教材である。図 2 のように、身近な材料を使い、複雑な操作がなく、小学生にも簡単に作ることができる。

現在の中学校理科では浮力は扱われていないが、発展的な学習として、その概念に関して体験的に学んでおくことは大切であろう。また、浮力だけでなく、中学校で学ぶ圧力や空気の重さ等の概念につながるととらえることもできる。そして、何よりこの単元でこの教材を扱うことよきは、直前に習った空気や水の性質を利用している点にあるといえる。水を満たしたペットボトルをにぎると、中の水が圧される。水は圧されても縮まらないので、手で压した力は同じ大きさで醤油差しの浮沈子に伝わる。すると、浮沈子の中の空気が圧されて縮み、そこに水が入り込む。その結果、浮沈子は、重力が浮力より大きくなり、沈む。また、力を加えるのをやめると、浮沈子の中の空気が元の体積に戻ろうとして水を押し出す。その結果、浮沈子は、重力が浮力より小さくなり、浮く。

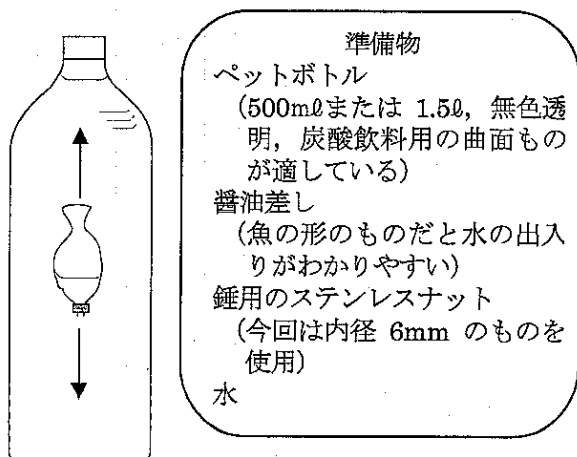


図 2 浮沈子の様子と準備物

浮沈子の教材の目的は、なぜ沈んだり浮いたりするのか考えることにあるといえる。浮力の概念がない児童でも、浮沈子に水が入ったので重くなって沈むという説明で十分納得することができる。そのように考えることができるようにするには、浮沈子が沈む際に水が醤油差しの口から中に入っていく現象を観察することが大切になる。

本研究では、外部から力を加えられた水が中にある空気を圧している様子を、視覚ではっきりととらえられるように、図 3 のような演示実験の装置を考案し作成した。

浮沈子には、機密性が高く容積を表す目盛りがついている注射器を使った。そのことによって、空気が縮む様子を定量的に観察することができるようにした。そして、外部から大きな圧力を加えるために空気入れを使うことにした。この演示実験は、児童が浮沈子の原理を考えるうえで、ヒントになるだろう。そして、空気入れという身近な道具を使用することにより、圧力の大きさや、体積と圧力の関係性などについて体験的に学べることも多いと考える。

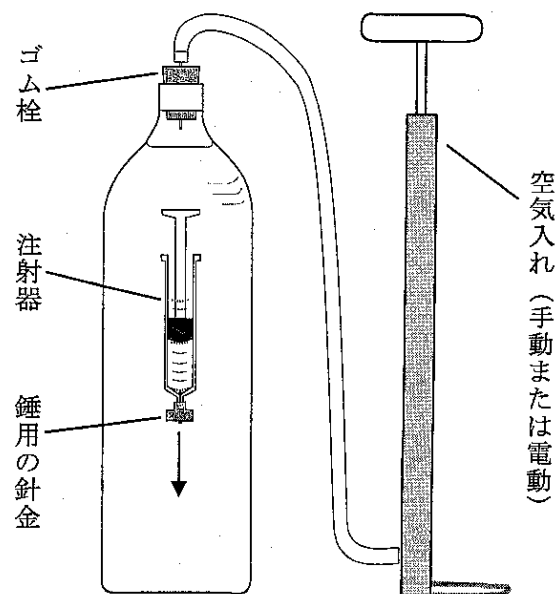


図 3 浮沈子の演示実験の様子

### 3 単元「電気の働き」での教材開発

#### (1) 単元の内容と系統性

小学校理科での電気に関する学習は、表 4 のように、系統立てられている。

児童の既習事項となる第 3 学年の内容は、豆電球が点灯するつなぎ方と点灯しないつなぎ方を比較し、回路ができると電気が通り、豆電球が点灯することをとらえることと、回路の一部に身の回りにある物を入れて、豆電球が点灯するときとしないときとを比べ、物には電気を通す物と通さない物があることをとらえることである。電気を通す物について、これまで金属以外の物を対象としていなかったが、「手作り電池」との関連を踏まえて、備長炭や果汁などが電気を通すことを第 3 学年で事前に学習す

表 4 「電気の働き」に関連する小学校の内容

学年	単元	内 容
第 3 学年	あかりをつける	◎ 乾電池に豆電球などをつなぎ、電気を通すつなぎ方を調べ、電気の回路についての考えをもつようにする。 ・ 電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があること。
	電気ともの	◎ 乾電池に豆電球などをつなぎ、電気を通す物を調べ、電気の回路についての考えをもつようにする。 ・ 電気を通す物と通さない物があること。
第 4 学年	電気の働き	◎ 乾電池や光電池に豆電球やモーターなどをつなぎ、乾電池や光電池の働きを調べ、電気の働きについての考えをもつようにする。 ・ 乾電池の数やつなぎ方を変えると、豆電球の明るさやモーターの回り方が変わること。 ・ 光電池を使ってモーターを回すことなどができること。
第 6 学年	電流の働き(電磁石)	◎ 電磁石の導線に電流を流し、電磁石の強さの変化を調べ、電流の働きについての考えをもつようにする。 ・ 電流の流れている巻き線は、鉄心を磁化する働きがあり、電流の向きが変わると、電磁石の極が変わること。 ・ 電磁石の強さは、電流の強さや導線の巻き数によって変わる。

ることができる。また、漏電や落雷といった災害と関連させて、液体(電解液)や気体(空気)についての教材を開発することも望ましいといえる。

電気に関する学習は、目に見えない物を認識するところに理解の難しさがあるので、全学年を通して、児童が楽しみながら回路をつくるように仕向けることが大切になってくる。そのためにも、児童にとって結果が意外な物を試したり、豆電球の代わりに電子メロディのような比較的新しい物を使用したりするなどの工夫によって、何度も回路をつくっては試すような活動を成り立たせるようにしたいものである。

表 5 のように、中学校学習指導要領に示される内容と科学の基本概念のなかで、「電気の働き」に関連するものを整理した。「電気の働き」の学習内容が直接的につながる中学校理科の内容は「電流とその利用」だが、化学的領域「物質と化学反応の利用」における基本概念「化学変化による熱や電気の発生」にもつながると考える。

表 5 「電気の働き」に関連する中学校の内容

内容		科学の基本概念
電流とその利用	電流	静電気、帯電した物体間に働く力、静電気と電流の関係 回路、電流、電圧、電圧の規則性、抵抗のつなぎ方 電圧と電流の関係、電気抵抗
	電流の利用	磁界、磁力線 コイルが磁界から受ける力、磁界の変化によって生じる電流 電流による熱や光などの発生
物質と化学反応	物質と化学反応の利用	酸化、還元 化学変化による熱や電気の発生、化学変化によるエネルギーの出入り
科学技術と人間	エネルギー資源	水力エネルギー、火力エネルギー、原子力エネルギー、エネルギーの有効利用
	科学技術と人間	新素材などの利用、環境との調和、科学技術の発展

## (2) 「手作り電池」の教材

単元の学習内容の確実な定着を図りながら、学習の内容を発展的に広げるねらいから、中学校理科の「化学変化による電気の発生」につながる教材として、「手作り電池」の教材を取り入れた。

「手作り電池」としては、木炭アルミニウム電池と銅亜鉛電池が有名であるが、図4のような2つの電池のうち、実験材料となる素材が各自で選ぶことのできる銅亜鉛電池を中心に教材化を考えた。

銅亜鉛電池では、電解液が含まれるものに、電極を差し込んで導線でつなぐと、亜鉛板（一極）から銅板（+極）に電子が導線を伝わって移動する。これが、化学変化（酸化還元反応）

による電気の発生である。電子が移動する導線の間、電子メロディをつなぐと音が鳴り、発光ダイオードをつなぐとあかりがつく。このようにして、電気を発生させる教材が、「手作り電池」である。

電解液が含まれるものは、食塩水や酢、野菜、果物など身近なものにも多い。そこで、様々なものを使って「手作り電池」ができるかどうか試す学習を設定することができる。実際に、児童が身近なものを使って音を鳴らしたり、あかりをつけたりする活動は、電気に対する興味や関心を高めるだろうと考える。また、化学変化による電気の発生を直に体験する学習は、科学的な見方や考え方を養うことにつながると考える。

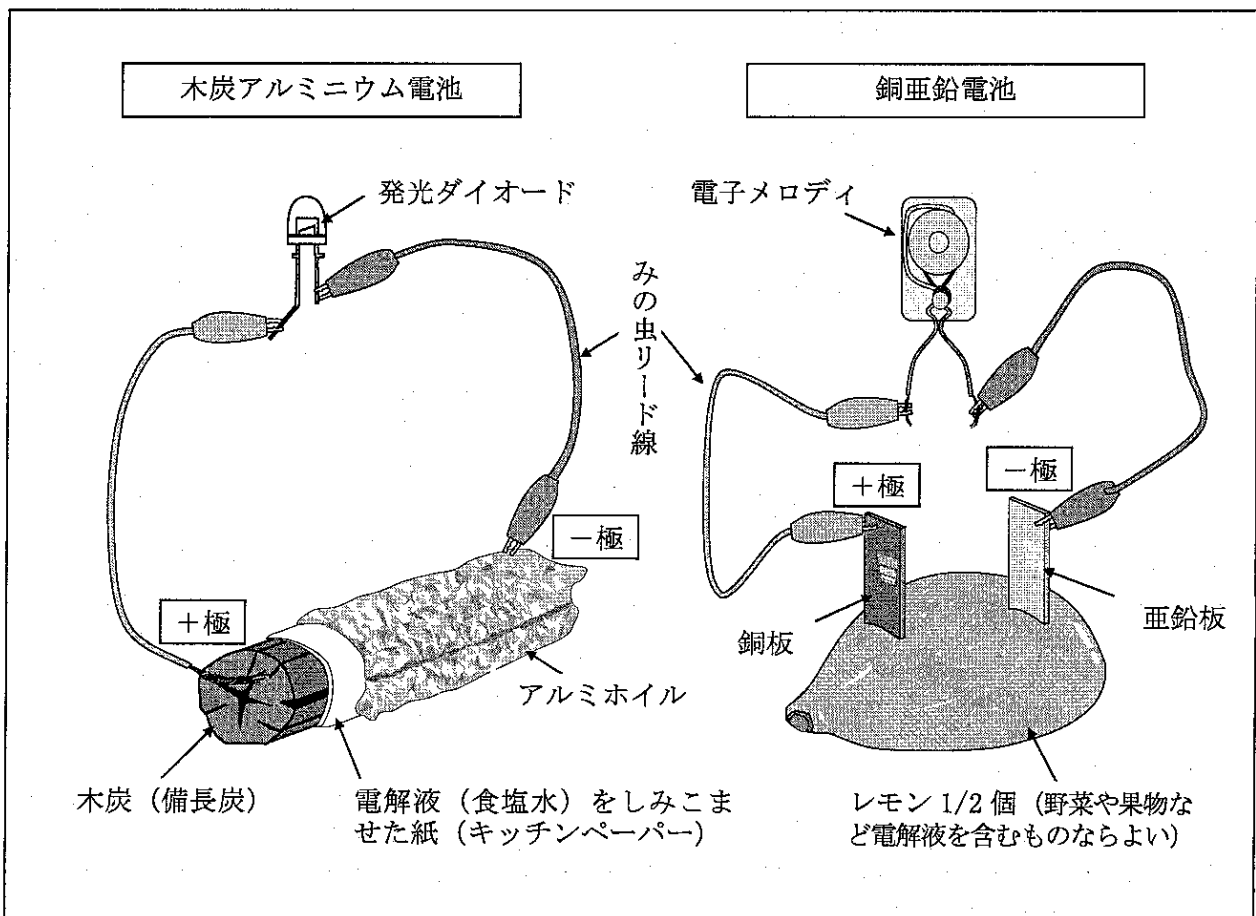


図4 「手作り電池」の実験の様子

### Ⅲ 単元「空気と水」の実際

本章では、小学校第4学年の単元「空気と水」(全6時間)の実践を通して、開発した教材を取り入れた授業の成果と課題を探る。授業実践は、研究協力員の協力のもと、平成17(2005)年10月から11月に、大阪市立茨田小学校第4学年89名の児童を対象として行ったものである。

#### 1 授業の設計

##### (1) 目標と内容の確認

学習指導要領に示されている目標と内容を確認した。小学校理科の目標は、「自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学

的な見方や考え方を養う」である。そして、単元「空気と水」における、目標と内容は、次のとおりである。

##### 〈目標〉

空気や水を力と関係付けながら調べ、見いだした問題を計画的に追究したりものづくりをしたりする活動を通して、空気や水の性質についての見方や考え方を養う。

##### 〈内容〉

閉じ込めた空気及び水に力を加え、そのかさや押し返す力の変化を調べ、空気及び水の性質についての考えをもつようにする。

- 閉じ込めた空気を圧すと、かさは小さくなるが、押し返す力は大きくなること。
- 閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと。

表6 単元「空気と水」の目標分析表

学習事項	自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験の 技能・表現	自然事象についての 知識・理解
空気の性質 (圧縮性・ 弾性)	①空気鉄砲に興味・関心をもち、閉じ込めた空気にかさを加えたときの現象を調べようとする。 (興味・関心)	①閉じ込めた空気にかさを加えたときの現象を、空気のかさや押し返す力の変化と関係付けて考えることができる。 (関係付け)	①空気鉄砲を製作することができる。 (製作) ②適切な材料等を使って、閉じ込めた空気のかさや押し返す力の変化を調べることができる。 (観察・実験)	①閉じ込めた空気を圧すとかさは小さくなるが、押し返す力は大きくなることをとらえる。 (事物・現象)
空気と水の 性質の比較 (圧縮性)	②空気の場合と同じように、閉じ込めた水に進んで働きかけることにより、問題をとらえ、解決しようとする。 (意欲・積極性)	②閉じ込めた水にかさを加えたときの様子を空気の場合と比較し、空気と水の性質の違いを考えることができる。 (比較)	③空気や水による現象の変化の様子を記録したり、結果を比べてまとめたりすることができる。 (記録・表現)	②閉じ込めた水は押し縮めることができないうことをとらえる。 (事物・現象) ③空気と水の性質が違うことを、比較して理解する。 (関係把握)
空気や水の 性質を利用 したおもちゃ づくり	③学んだ空気や水の性質を、おもちゃづくりに生かそうとする。 (生活化)	③学んだ空気と水の性質の違いを、おもちゃの現象にあてはめて考えることができる。 (応用・適用)	④空気や水の性質を利用したおもちゃについての説明ができる。 (表現)	

## (2) 単元の目標分析と構造化

授業設計にあたって、確認した目標と内容を基に、単元の目標分析とその構造化を図った。

単元の内容を、「空気の性質（圧縮性・弾性）」と「空気と水の性質の比較（圧縮性）」、「空気や水の性質を利用したおもちゃづくり」の三つの学習事項として設定した。そして、それぞれの学習事項について、四つの観点から目標を分析して作成したものが、前頁表 6 の単元「空気と水」の目標分析表である。

作成した目標分析表のなかにある目標一つ一つの指導順路を考慮し、目標の構造化を図った。さらに、児童の経験や既習事項の中で、単元の学習を進めるにあたっての土台や前提となる目標を設定したり、この単元で学習させてやりたい発展的な課題を設定したりした。このような手順で、単元「空気と水」の目標構造図を作成した（巻末資料 2 参照）。

## (3) 指導計画の作成

単元「空気と水」の学習前における、理科学習に対する意識や本単元に関わる自然認識、問題解決の方法について、児童の実態を把握し指導のポイントを明確にするため、質問紙による調査を実施した。意識調査の内容については本章 3 節で詳しく述べることにし、ここでは意識調査の結果及び、自然認識や問題解決の方法についての質問紙調査の結果から考察した指導のポイントについて述べる。

意識調査によると、理科学習に対する意識は全体的に高いものの、なかには決して高いとはいえない児童も少なからずいることがわかった。そこで、意識調査の結果から考察した指導のポイントを次のように設定した。

- 自信などの意識が低いと思われる児童には、実験の技能等に対する心理的負担を除いたり、興味や関心を高めたりする工夫を行う。
- 児童の学習意欲を持続させるために、身の回りにある物を使って実験したり、遊ぶ活動を多く取り入れたりするなどの工夫を行う。

また、自然認識と問題解決の方法についての調査内容は、次のとおりである。

- 空気について、どの程度の認識を獲得しているか。
- 空気鉄砲について、問題解決の方法をどの程度考えられるか。

これらの内容について質問紙を作成し、文章記述法による調査を実施したところ、次のような結果がみられた。

- ボールやタイヤ等に空気を入れることや呼吸に関する内容を記述する児童が多く、おおむね空気の存在を認識している。
- 空気の性質や働きに関する内容を記述する児童は少なく、ほとんどの児童はそれらの認識がない。
- 空気鉄砲の玉を飛ばす方法に関して、「空気をとじこめる」「もれないようにする」など空気に着目して記述している児童が多く、おおむね問題を見いだすことはできている。
- 空気鉄砲の玉を飛ばす方法に関して、具体的な解決方法を記述した児童は多くなく、問題解決の方法を考えることはあまりできていない。

このような結果と児童の既習経験から、指導

のポイントを考察し、次のように設定した。

- 単元を通して、空気の存在や性質について認識するための助言を行ったり、板書や掲示物の工夫、個に応じた適切な助言を行ったりすることにより、児童の自然認識を深めたり変えたりする。
- 単元を通して、問題解決の過程を重視し、予想や仮説を立てたり、見通しをもって実験を行ったりする問題解決の能力の育成を図る。

- ものづくりや実験等を中心とした単元構成で、主体的な学習態度を養う。
- 本単元に関連する既習内容があまりないので、単元を通して、一斉指導を行う。終末には学習内容を生かす「浮沈子」づくりによって、個別に基礎・基本の定着を図る。

また、単元の指導の流れを考えるにあたって、全ての現行の教科書を参考にした。単元の導入では、空気を袋や容器に閉じ込めて体で感じる

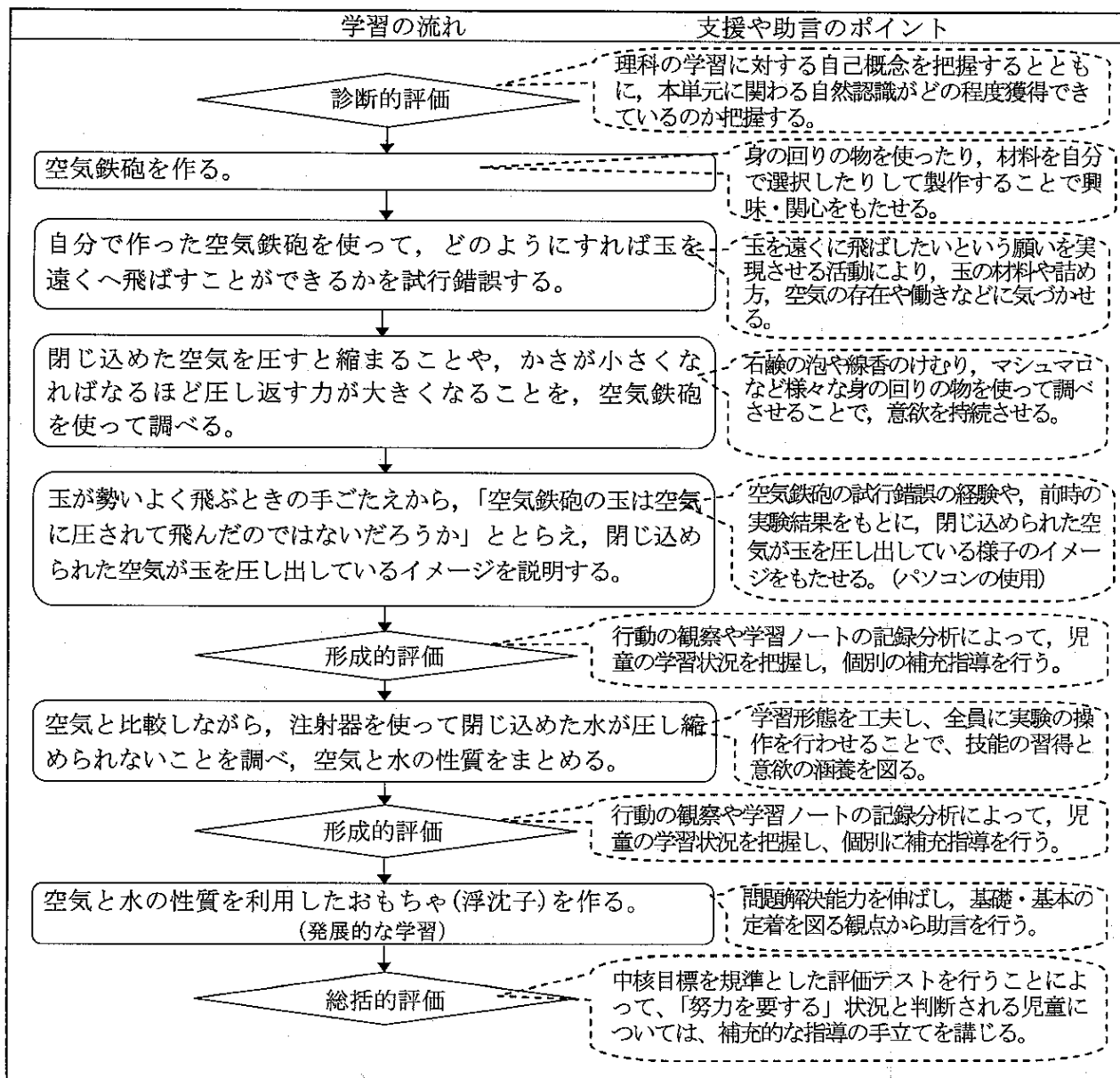


図5 「空気と水」指導と評価の計画(略案)

活動から入り空気鉄砲を作る活動へとつなげる教科書と、単元の初めから空気鉄砲を作って玉を飛ばす活動から入る教科書があった。今回の実践では、身の回りにある物を使って体験したり、実験したりする活動の時間を確保する考えから、後者の流れ、単元の初めから空気鉄砲を作って玉を飛ばす活動から入る流れにした。

まず、空気鉄砲を自分で作る活動に十分な時間を配分する。思うようにうまく玉が飛ばないことと、それでも何とか飛ばす方法を考え工夫することを経験させたいと考えたからである。そして、空気鉄砲の体験を通して、目に見えない空気をイメージ化し、空気の性質についての考えをもつことができるようにしたいと考えた。

次に、体験によって得たイメージを用いて、空気鉄砲の玉が飛ぶ原理を考えさせる。その際、本研究で開発したシミュレーション教材を使用する。その後、空気と水の性質の違いについて、比較実験を通して学習する。単元の終末には、それまでに学習した内容を生かし、「浮沈子」の教材を使った発展的な学習を行う。

以上のように考えた学習指導の流れと、本単元のポイントをまとめたものが、前頁図 5「空気と水」指導と評価の計画である。

## 2 授業の実際

本研究で開発した教材を取り入れ、単元「空気と水」の授業を実践した。本節では、シミュレーション教材を使った第 4 時の授業と、「浮沈子」の教材を使った第 6 時の授業の様子について述べる。

### (1) シミュレーション教材を使った授業の様子

単元の第 4 時には、空気鉄砲の玉が飛ぶ原理を考えさせる学習をパソコン室で行った。

まず、空気鉄砲の玉が飛ぶ様子を 5 コマの

画像で表した空気鉄砲のシミュレーションを見させた。ほとんどの児童にとって初めて扱うソフトウェアだったが、指導者の説明を受け、児童はすぐに操作方法を理解していった。マウスをクリックするにつれ押し棒が後玉を前に動かし、最後に前玉が飛び出す様子を、児童全員が確認することができた。

次に、空気鉄砲の筒の中に閉じ込めた空気の様子について、次頁図 6 のようなモデル図を描かせた。指導者は、空気鉄砲の玉が飛ぶときの音を思い出させたり、空気鉄砲の筒の中に石鹼の泡や線香の煙などを入れた前時の実験を振り返らせたりする助言を行った。児童は、これまでの学習でとらえた空気の圧縮のイメージをもとに、自分なりの表現方法でモデル図を描き、その説明を文で書くことができた。

その後、数名の児童に自分のモデル図について発表させ、そのよさについて学級全体で話し合わせた。指導者は、発表する児童のモデル図を全員のパソコンのモニターに映るようにした。友達の発表を聞き、そのモデルのよいところを見つけ、「…のところが、空気の縮んでいる様子がよくわかる」などと発言する児童もいた。友達のモデル図のよさについて認め合う児童の様子を伺うことができた。

この授業の最後に、本研究で作成した空気鉄砲のイメージを表現したシミュレーション教材 (p.4 図 1) を、研究担当者のモデル例として児童に提示した。児童はうれしそうにパソコンを操作し、三つのシミュレーションを繰り返し見ていた。特に、図 1c (p.4) の「空気を動く粒で表す」モデルでは、筒の中を粒が自由に動き回るアニメーションに興味をもち、何度も見たがる児童が多かった。

本時の授業で使ったノートの「わかったこ

と」の欄に、次のような記述がみられた。

- 空気がおさされる様子は、色やつぶやあわなどであらわせる。
- 空気はさいしよつつの中にあるけど、おされればおされるほど小さくなる。
- 空気がちぢんでいくところを見たので、よくわかった。
- あわであらわすと、とてもわかりやすかった。

児童は、自分のもつイメージと少し違ったモデル図を見ることで、空気の性質についての理解を深めることができたようである。

## (2) 「浮沈子」の教材を使った授業の様子

単元「空気と水」の最終時には、浮沈子の教材を使った発展的な学習を行った。

授業の初めに、指導者の演示によって、浮沈子が沈んだり浮いたりする現象を児童に提示した。指導者は、「ハンドパワー」などと言ってマジックショーのような雰囲気で行った。大半の児童が不思議そうな目で実験の様子を眺めていたが、数名の児童が「手で圧している」や「握るから沈むのだろう」などつぶやいていた。この導入によって、児童に興

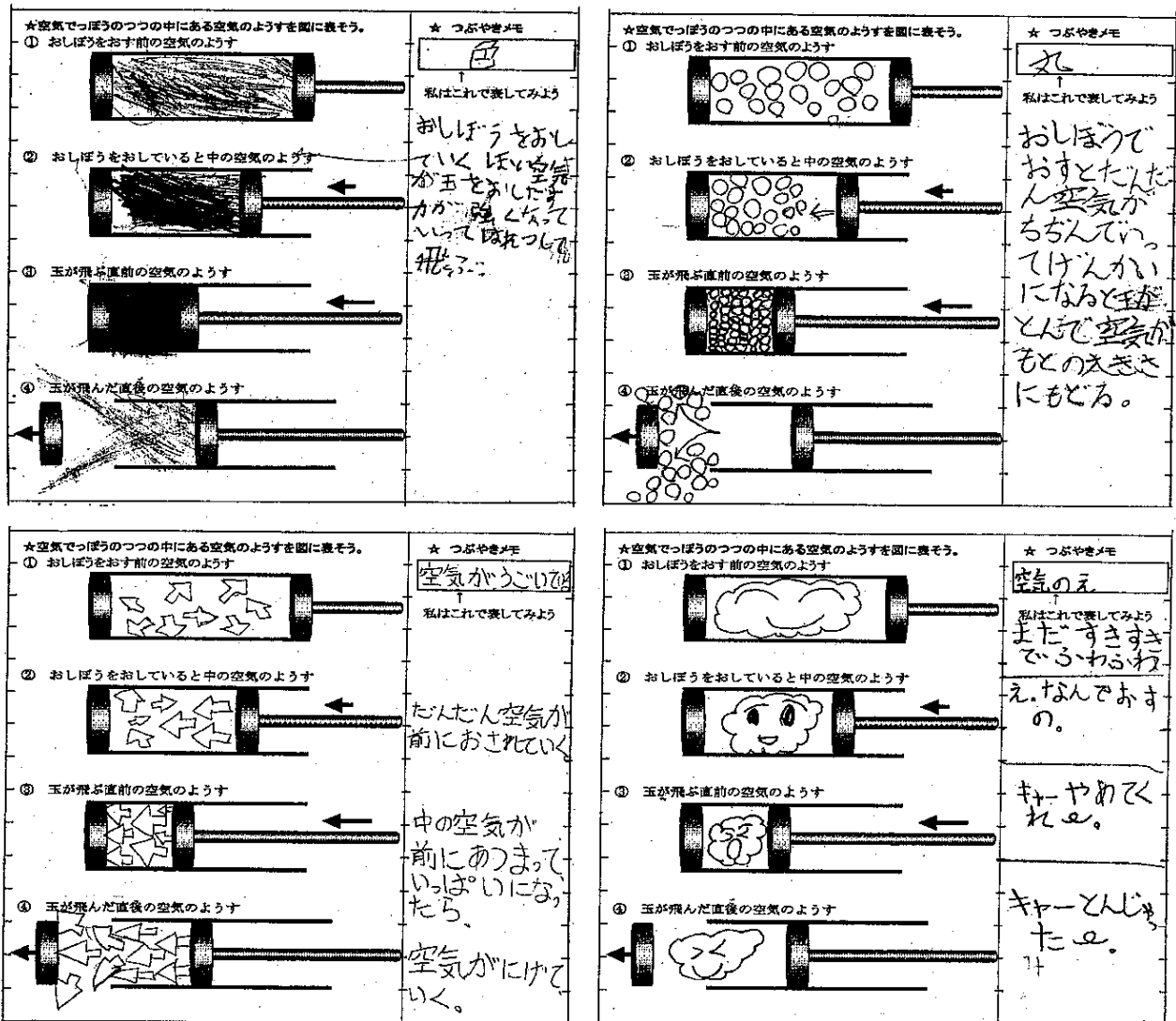


図6 児童が考えた空気鉄砲のモデル図の例

味・関心をもたせたり、浮沈子のつくりについての見通しをもたせたりすることができたようだった。そこで、ペットボトルを手で压すと浮沈子が沈んだり浮いたりするのかどうか、実際に一人一人が作って確かめる活動へと移っていった。

児童は、すぐに浮沈子が作れると思っていたようだったが、ペットボトルを手で压しても浮沈子が沈まないで困っていた。そこで、指導者は、演示に使った浮沈子の教材を児童に見に行かせ、どのように作られているのか探らせた。すると、演示で使われた浮沈子の醤油差しの中に水が少し入っていることに気づく児童が現れた。このことをヒントに、その児童は自分の醤油差しにも少し水を入れ、うまく沈んだり浮いたりする浮沈子を作ることができた。その後は、次々と浮沈子を仕上げる児童が出てきて、短時間のうちに学級の児童全員が浮沈子を作り上げることができた。児童は喜びながら、自分が作った浮沈子を何度も試していた。

次に、本研究で開発した浮沈子の教材を使って演示実験を行った。まず、指導者は、この実験装置は注射器と空気入れ（電動式）を使うが、児童の作った浮沈子と同じしくみであることを説明した。児童は、注射器を使うと目盛りがあってわかりやすいことに気づき、実験を早く見たがっていた。実験中には、「オー」という歓声や、「空気が2（の目盛り）まで縮んだ」などという驚いたような声がたくさんあった。

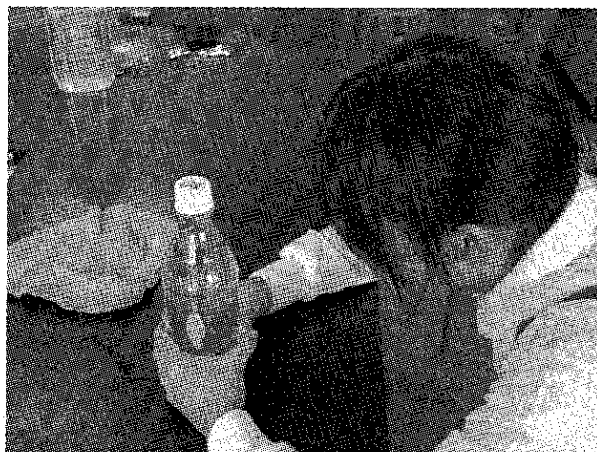
授業の最後には、浮沈子の原理について考えさせ、それを発表させた。児童は、注射器の中の空気が縮んだり元に戻ったりする演示実験の様子を手がかりにして、自分なりのこ

とばで考えを発表していた。この授業で使ったノートには、次のような児童の考えが記述された。

- ペットボトルと魚(いれもの)で実験をして、魚に水を入れなかったら動きませんでした。いれたら、しずんだりういたりしました。注射器でやってみると、しずんだ時、めもりがちぢみました。空気がいっぱい入っているという、ちぢんでいたらしずみしました。
- ペットボトルをおすと、中のしょうゆさしの中の空気がちぢんで、手をはなすと、空気がもとにもどった。わたしは、注射器の時と同じだと思った。
- おして下にいくと、魚の中の水のりょうがふえて、はなして上に上るときは、魚の中の水がもとにもどっていた。注射器でしたとき、下に行ったときは空気がちぢんでいって、上に行くと魚とおなじで、もとにもどっていたことがわかった。
- ペットボトルをおすと、金魚に入っている空気がちぢんでいった。そしてはなすと空気のもとにもどす力で上にもどる。水はちぢまない。

(下線は筆者)

下線部のように、自作の浮沈子を試したり、注射器を使った浮沈子の演示実験を見たりすることで、児童は空気や水の性質についての理解を深めることができたようである。



### 3 授業の評価

ここでは、事前と事後に行った意識調査の測定結果の分析と、授業後の学習の振り返りでの記述内容から本単元の授業実践の成果を探る。

#### (1) 意識調査

##### ① 測定内容と質問紙の作成

本研究では、理科学習に対する自信などの意識を調査するため、「理科の学力の領域におけるセルフ・エスティーム測定テスト」を作成し使用した。この意識調査の内容を考えるうえで、井上の「3種類の尺度の因子分析」<sup>3)</sup>及び白井の自己効力感についての記述<sup>4)</sup>を参考にし、測定内容を次の5つの観点とした。

- 理科についての自信・満足
- 信頼・仲間関係
- 学習集団での自信・不安

表7 質問項目の参考にした既存の尺度

尺度・項目番号	質問項目
クーパーズミス 2	私はかなり自信がある。
ローゼンバーグ 7	私は少なくとも自分が他人と同じレベルに立っただけの価値ある人だと思う。
クーパーズミス 50	私は信頼されそうにもない。
クーパーズミス 41	私の同僚・仲間は、私の能力が十分でないと思っている。
ジャニスとフィールド 13	あなたは、クラスや自分と同等の人々の前でしゃべらなければならない時、心配したり不安に思ったりしますか。
ジャニスとフィールド 11	あなたは、他の人々がすでに集まって話し合っている部屋に、自分一人で入っていくような場合、気兼ねや不安をおぼえますか。
ジャニスとフィールド 5	あなたは、自分について落胆するあまり、何が一体価値あるものだろうと疑いをおぼえることがありますか。
ジャニスとフィールド 8	あなたは、自分にはうまくやれることなど全然ないといった気持ちになることがどのくらいありますか。
ローゼンバーグ 4	私はたいいていの人ができる程度には物事ができる。
クーパーズミス 31	私は自分で決心することができ、そしてがんばることができる。

- 劣等感
- 自己効力感

質問項目の設定にあたっては、表7のようにクーパーズミス、ローゼンバーグ、ジャニスとフィールドの3種類の尺度<sup>5)</sup>を参考にした。そして、児童が回答しやすいように理科の学習場面を想定した質問項目になるよう表現の工夫を加えた。さらに、本研究の実践で測定する前には、大阪市立A小学校の第6学年の協力を得て試行実施し、質問項目の検討と改善を施した。このような過程で、表8の意識調査の質問項目を設定した。そして、それぞれの項目に対して、自分の気持ちを表す程度を、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」「どちらかといえばそう思わない」「そう思わない」の四つの選択肢で回答する質問紙を作成した。

測定結果は、「そう思う」または「どちらかといえばそう思う」の肯定的な回答につき得点を1点とし（逆転項目の場合は「どちらかといえばそう思わない」または「そう思わない」が1点）、計10点満点で集計する。

表8 意識調査の質問項目

(\*)は逆転項目

測定内容	質問項目
理科についての自信・満足	1 理科の勉強に自信がある。
	2 ときどき、自分の理科の成績はだめだと思う。(*)
信頼性・仲間関係	3 わたしは、先生から理科の勉強が得意だと思われている。
	4 グループで実験するとき、わたしは、グループの人から頼りないと思われている。(*)
学習集団での自信・不安	5 クラスのみんなに実験の結果を発表するとき、心配な気持ちになる。(*)
	6 グループで、予想や実験について話し合うとき、自分の言いたいことをありのままに話すことができる。
劣等感	7 理科の勉強がわからなくなり、なんのために理科の勉強をするのだろうと思う。(*)
	8 だいたいの人ができる理科の勉強のことなら、わたしは何をやってもうまくできる。
自己効力感	9 わたしは、理科の勉強を一生けん命にがんばっても、むだだと思う。(*)
	10 自分で決めた理科の勉強のことなら、最後まであきらめないで、がんばることができる。

## ② 意識調査の測定結果

本実践では、意識調査を事前 2005 年 10 月 4 日、事後 11 月 15 日～22 日に行った。調査対象は本単元の授業を受けた第 4 学年の児童 89 名で、そのうち事前と事後の 2 回の調査を受け、全ての質問項目に回答した 73 名を、測定結果の分析の対象とした。

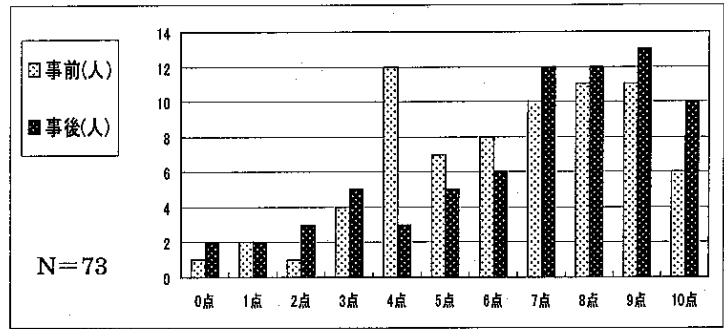
分析対象の児童 73 名における、事前と事後の測定結果を比較した。

まず、意識調査の得点の平均は、事前 6.36 から事後 6.75 に 0.39 ポイント上昇した。得点の平均を男女別でみると、男子では事前 6.50 から事後 7.15 に 0.65 ポイント上昇し、女子では事前 6.18 から事後 6.27 に 0.09 ポイント上昇した。

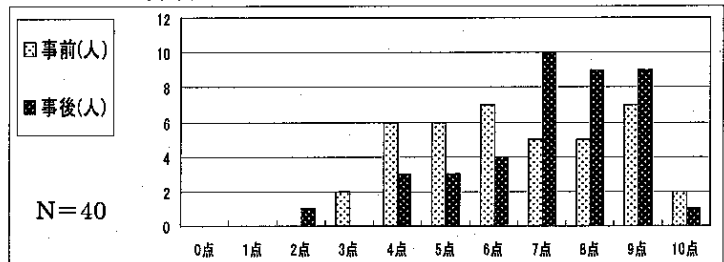
次に、図 7 の得点別人数分布から事前と事後で次のような変化がみられた。

- 得点 7 以上の高い得点では、それぞれの児童の人数が増え、合計は事前 38 名から事後 47 名へと 9 名増えた。
- 得点 4 から 6 の中程度の得点では、それぞれの児童の人数が減り、合計は事前 27 名から事後 14 名へと大きく減った。
- 得点 3 以下の低い得点では、それぞれの児童の人数は変わらないかやや増え、合計は事前 8 名から事後 12 名へと 4 名増えた。
- 男子児童では、得点 7 以上が 10 名増え、得点 3 以下が 1 名減った。
- 女子児童では、得点 7 以上が 1 名減り、得点 3 以下が 5 名増えた。
- 満点である得点 10 の女子児童が 5

a : 分析対象者 73 名の測定結果



b : 分析対象者のうち男子児童 40 名の測定結果



c : 分析対象者のうち女子児童 33 名の測定結果

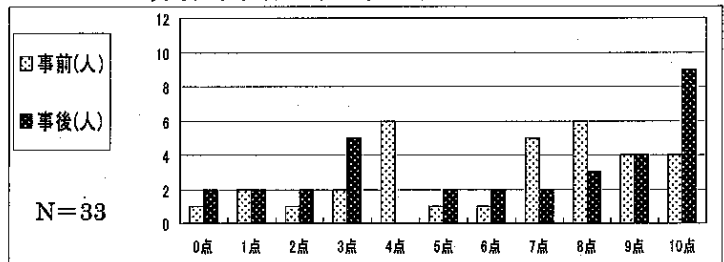


図 7 測定結果の得点別人数分布

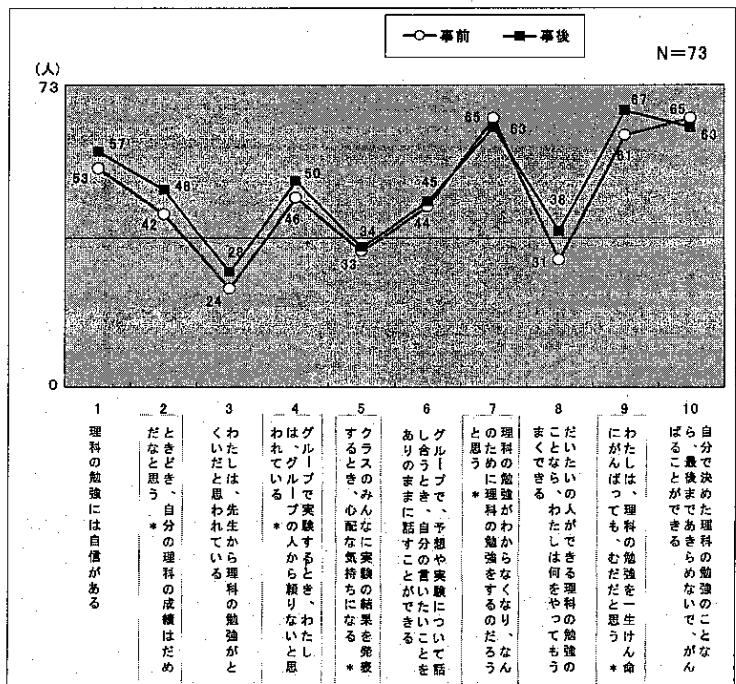


図 8 肯定的な回答をした\*)人数の項目別比較

(※ 逆転項目(\*)では「そう思わない」または「どちらかといえばそう思わない」と回答した人数である)



【閉じ込めた空気を圧すと、かさは小さくなるが、押し返す力は大きくなること】

- とじこめた空気のせいしつの勉強では、空気のおしかえす力が強くなって前の玉が飛ぶなんて知りませんでした。
- 初めは、空気が空気でっぼうになるとは思っていませんでした。空気をとじこめて、あわもいっしょに入れたら、ちぢんだり、もとにもどったりしたからびっくりしました。やっぱり空気は見えないけど、いろんな動きをしていることがよくわかりました。しかも空気はとじこめるともとにもどろうとする力があるんだなと思いました。

【閉じ込めた空気は押し縮められるが、水は押し縮められないこと】

- 空気がちぢむとは知らなかったからびっくりした。空気はちぢむけど、水はちぢまないからふしぎです。どうしてちぢまないのか。
- 空気と水のちがいの勉強では、空気はおせるけどバネみたいではねかえってきました。水はぜんぜん動かなかったです。最初いっしょと思っていたけど、実験したらぜんぜんいっしょじゃないのがわかりました。
- 空気でっぼうで玉を飛ばすのが、最初はむずかしいと思ったけど、工夫をすると自分になじんだように、かんたんになりました。「空気はちぢむけど、水はちぢまない」とだれかが発表したとき、(なるほど…)と思った。
- 空気は、うくという力があり、水はしずむという力がある。空気でっぼうを水でやっても、水は飛ばないまま下に流れる。空気はちぢんだりもとにもどったりするけど、水はちぢんだりもしないし、もどる力もなかった。

【感想等】

- 空気でっぼうは、水のなかに入ると、「ボン」と音になってすごかった。空気はおすとちぢんで、もとにもどるといことが、空気でっぼうの勉強で、一番びっくりした。
- おもちゃ作りで空気や、水のことがよくわかった。空気でっぼうは、少しむずかしかったなあと考えたけど、楽しく勉強できてよかった。

(下線は筆者)

められないこと」について、多くの児童が記述していた。本単元の学習を通して、児童は内容を習得したといえる。空気の圧縮性や弾性については、今回開発した空気鉄砲のシミュレーション教材を使った授業によって、より確実に理解させることができたのではないかと考える。

一部の児童には、「空気のおしかえす力」「もとにもどろうとする力」「うくという力」「しずむという力」といったことばを使って、圧力や浮力、重力の概念に関係するようなとらえ方をした記述があった(下線部)。児童は、浮沈子を使った授業によって、このような科学の基本概念を体験的にとらえたと考える。

全体的な児童の記述の特徴としては、「びっくりした」「ふしぎ」「思わなかった」「すごい」「楽しい」などの言葉を使って表現したものが多かった。児童は、本単元の内容を意外な気持ちで受け止めたり、驚いたりするとともに、身近にある空気や水を新たな見方や考え方でとらえるようになったことに満足しているようである。

以上のことから、新たに開発した教材や多様な実験教材を使った単元「空気と水」の学習を通して、児童は実感の伴った理解をし、空気と水の性質についての科学的な見方や考え方を習得したと考える。

しかし、「少しむずかしかった」と記述する児童がいたことにも注目する必要があるといえる。少数ではあるが、理科学習に対する自信などの意識が低くなった児童や低いままの児童がいたことと合わせ、今後の実践や研究において改善すべき課題であると考えられる。

#### IV 単元「電流の働き」(手作り電池) の実際

本章では、小学校第4学年の単元「電流の働き」の発展的な学習として行った授業実践(全2時間)を通して、開発した教材を取り入れた授業の成果と課題を探る。実践の対象は前章と同様で、平成17(2005)年7月に行ったものである。

##### 1 授業の構想

本実践は、単元「電気の働き」の最後に行う発展的な学習を2時間計画し、学習内容や教材について新しい提案ができる授業づくりを考えた(表9参照)。

単元の最後に行う発展的な学習としては、通常ものづくりが挙げられる。単元「電気の働き」においても、学習で使用した光電池や乾電池、モーターを使っておもちゃを作る活動を行っている。このおもちゃ作りの活動は、学習した電気の働きを生かして自分の作りたいものを

表9 単元の指導計画

次	主題	内容	時数
1	光電池の働き	光電池とモーターを使ってプロペラを回そう。	2
		プロペラを速く回すにはどのようにすればいいか考えよう。	2
2	乾電池の働き	乾電池とモーターを使ってプロペラを回そう。	1
		プロペラを速く回すにはどのようにすればいいか考えよう。	2
		乾電池のつなぎ方と電流の強さの関係を考えよう。	1
3	おもちゃ作り	光電池や乾電池を使ってモーターカーを作ろう。	2
4	手作り電池	作りたい電池を考えよう。	1
		電池を作って、パワーを調べよう。	1

作るといった内容になる。しかしながら、実際に学校でよく行われている活動には、単元の学習用に購入した実験キットのモーターカー等を作る場合がある。このような場合、全員が同じものを一斉に製作することになり、個人差による優劣の意識が生じやすく、製作活動に不慣れだったり、電気に対する苦手意識をもったりする児童に対して、十分な効果を期待することはできないといえる。

そこで、児童全員に主体的な活動を実現させ、だれもが成功経験をもつことができる活動として、表10のような「手作り電池」の教材を取り入れた授業を考えた。

表10 「手作り電池」の授業計画案

時	活動内容	教師の支援
1	1. 木炭アルミニウム電池を知り、そのしくみを調べる。	資料とともに実物を提示する。
	2. 銅亜鉛電池(レモン使用)を知り、そのしくみを調べる。	同上
	3. 提示された電池と同じしくみで、電池になりそうなもの考える。	レモン以外の果物や野菜など、試してみたいものを挙げさせる。
	4. 次時に行う手作り電池の実験の計画を立てる。	児童にとって立てやすい計画書を用意する。
2	1. 実験の計画を確認し、見通しをもつ。	各自が用意した実験材料・予想を発表させる。
	2. 児童が考えた材料・電子メロディの接続は電流の方法で電池を作る。	電流の向きに気をつける。
	3. 作った電池のパワーを調べる。	様々な試行を助言・援助する。
	4. 実験結果をまとめ発表する。	実験結果だけでなく様々な気づきを記録させる。実験結果から考察できることを話し合う。
	5. 学習の振り返りをする。	各自の学習を認め合わせ、達成感をもたせる。

## 2 「手作り電池」の教材を使った授業の様子

ここでは、児童が「手作り電池」を実際に作成した第2時の授業の様子を中心に述べる。

前時に児童は、身近にあるものを使って作ることでできる、木炭アルミニウム電池と銅亜鉛電池があることを知った。そして、教師の演示実験によって、それらの電池から電流が流れ電子メロディの音を鳴らしたり、発光ダイオードを光らせたりすることを確認した。児童は、日常生活に使うものから簡単に電池を作ることができることに驚き、自分でも電池を作ってみたい、調べてみたいという気持ちを強くした。そして、「手作り電池」の実験の計画を立て、本時までに表11のようなものを用意した。

本時では、まず、各自が用意した実験材料を発表させ、それぞれの実験について電池になるかどうかの予想を尋ねた。児童は、自分の実験だけでなく友達の実験についても、前時の演示

実験をもとに自分なりに判断していた。このことで、児童は実験への関心をより高め、実際に「手作り電池」を作成して確かめたいという気持ちをもたせることができた。

次に、指導者は、実験での注意事項を確認した後、各自が立てた計画にもとづいて「手作り電池」を作る時間を与えた。児童は、自分で持ってきた果物や野菜等を使って銅亜鉛電池を作り、電子メロディを導線でつないで回路を作っていた。電気に対して苦手意識を強くもつ児童も喜んで活動しており、児童全員が主体的に活動を行っていた。児童が実験している間、指導者は、支援が必要な児童を重点的に指導し、全員に成功経験をもたせる活動となるようにした。その結果、ほとんどの児童が自分なりの実験結果を出すことができた。児童は、自分自身が決めた実験材料を使って電池を作ることができたり、電子メロディの音の強さで電流の強さを調べることができたりした。中には、同じ班の友達と協力して、直列つなぎで二つ以上の「手作り電池」をつなぎ、電子メロディの音をはっきり大きくしたり、発光ダイオードを光らせたりするなどの工夫をした児童もいた。

授業の終末には、各自の実験結果を発表し、わかったことや気づいたことを話し合った。指導者は、児童の発言やがんばり等について随時認めることばを児童に与えていった。そして、電池になったかどうか、電流の強さはどうだったか児童に発表させることで、学級の児童が用意した物のうちほとんどの物が「手作り電池」になったという結果を導いた。さらに、実験の結果からわかったことを話し合わせ、「わかった、水分の多いものが電池になっている」という児童なりのことばで表現したまとめの意見を導くこともできた。

表11 授業「手作り電池」での主な準備物

児童が用意した 実験材料	果物類（リンゴ、ミカン、モモ、サクランボ等） 野菜類（トマト、ダイコン、キャベツ、ピーマン、キュウリ、ナス、ニンジン等） 加工品（ゼリー、豆腐、こんにゃく、缶詰ミカン、パン等） その他（おしぼり、備長炭、スチール缶、食塩等）
指導者が用意した 実験器具・材料等	電極用の金属板（銅、亜鉛）、検流計、 みの虫リード線、電子メロディ、発光ダイオード 備長炭、アルミホイル、ティッシュペーパー、食塩水 予備用の果物、野菜、まな板、包丁等

### 3 授業の評価

ここでは、意識調査の測定結果の分析と、授業参観者の意見から、「手作り電池」の授業実践の成果を探る。

#### (1) 意識調査の測定結果

授業「手作り電池」の事前と事後に、意識調査を実施した。

時期は2005年7月4日～11日で、調査内容は前章のもの(p.14)と同様である。

調査結果の分析にあたっては、第4学年の児童89名のうち、2回の授業両方に出席し、事前と事後の2回の調査を受け、全ての質問項目に回答した児童49名を対象とした。なお、分析の対象者が89名中49名と少なくなったのは、3学級のうち1学級は授業を先行的に行ったため事前調査の実施ができなかったことが大きな要因である。

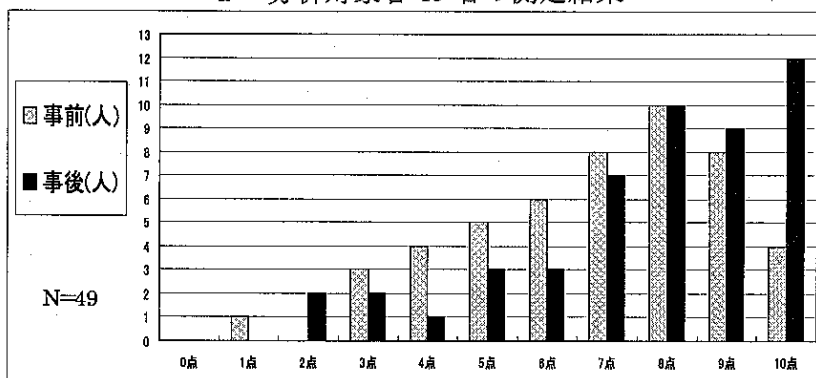
分析対象者49名における事前と事後の測定結果を比較した。

まず、意識調査の得点の平均は、事前6.84から事後7.69に0.85ポイント上昇した。男女別にみると、男子では事前7.23から事後7.92に0.69ポイント上昇し、女子では事前6.39から事後7.34に0.95ポイント上昇した。

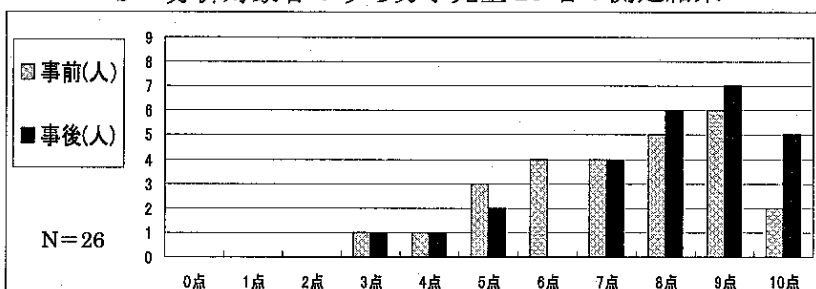
次に、図10の得点別人数分布から、全体では事前と事後で次のような変化がみられた。

- 得点8以上の高い得点では、それぞれの児童の人数は増えるか変わらないで、合計は事前22名から事後31名へと大きく増えた。

a : 分析対象者 49 名の測定結果



b : 分析対象者のうち男子児童 26 名の測定結果



c : 分析対象者のうち女子児童 23 名の測定結果

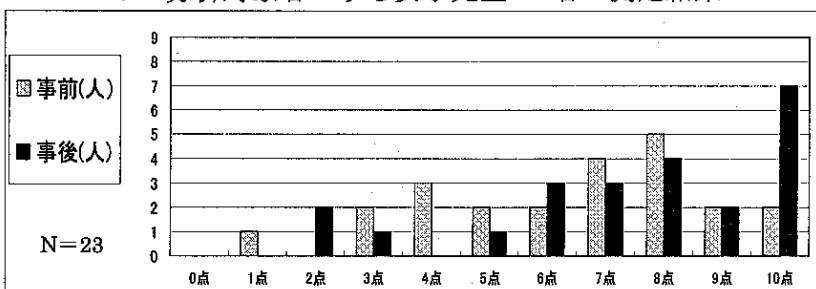


図10 測定結果の得点別人数分布

- 得点4から7の得点では、それぞれの児童の人数が減り、合計は事前23名から事後14名へと大きく減った。
- 得点3以下の低い得点では、合計の人数は事前の4名のまま変わらなかった。
- 満点である得点10の児童が大きく増え、男子児童で3名、女子児童で5名増えた。

これらのことから、意識の低い児童については大きな変化はなく、意識が中程度から高いものへと変化した児童が増えたと考えられる。

さらに、図 11 で分析対象者における肯定的な回答をした人数を項目別に比較してみた。人数が変わらなかった項目 4 を除き、9 項目で肯定的な回答をした人数が増えた。変化の大きい項目から順に挙げると、まず 12 名増えた項目 2、次に 10 名増えた項目 6、6 名の項目 3、4 名の項目 8、…と続く。肯定的な回答をした人数の変化を測定内容の観点別にみると、項目 1 と 2 の「理科についての自信・満足」で 13 名増、項目 3 と 4 の「信頼性・仲間関係」で 6 名増、項目 5 と 6 の「学習集団での自信・不安」で 13 名増、項目 7 と 8 の「劣等感」で 5 名増、項目 9 と 10 の「自己効力感」で 5 名増となった。「理科についての自信・満足」と「学習集団での自信・不安」への効果が比較的大きく、肯定的な回答をした人数が事前で一番少ない「信頼性・仲間関係」では大きな効果がみられなかった。

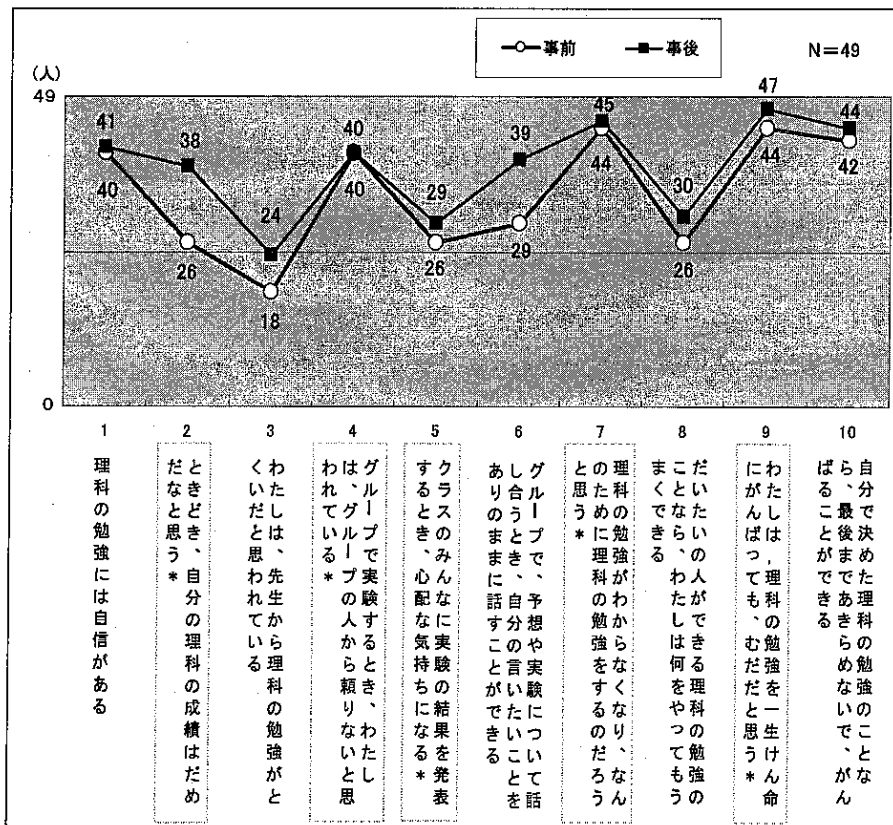


図 11 肯定的な回答をした人数の項目別比較

## (2) 授業参観者の意見からの考察

「手作り電池」の授業では、事前の意識調査を実施した 2 学級のうちの 1 学級において、授業研究会が行われた。ここでは、その討議会において授業参観者から出された主な意見から、授業の成果を探った。

授業研究討議会では、次頁表 6 のような意見が交わされた。意見のなかには、下線部のように、中学校の学習に関わる意見がみられる。一つは、回路のつなぎ方への抵抗感の問題だといえる。「中学校では、電気は嫌という女子生徒が多く、回路をつなぐことができない生徒がいるが、…」 「児童は導線のつなぎ方をよく理解していた」といった意見があった。小学校で電気の配線が苦手になると、中学校ではますますその意識が強まってしまうことになるのだろう。今回の実践では、全ての児童が目的意識を

もって楽しく回路を接続していたことが、成果の一つだといえよう。

もう一つは、イオンの概念とのつながりである。

「イオンの概念をもたないなかで、…」 「…そのとき児童は、今回習ったことを思い出すことになるだろう」という意見があった。児童が経験した「手作り電池」による電流の発生は、イオンや化学変化、エネルギー変換などの概念につながる現象といえる。このような学習を小学校で体験的に学習しておくことは、見

表6 授業研究討議会で出た主な意見

児童の学習に対する意見	<p>【自然事象への関心・意欲・態度】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・児童が生き生きしていた。自分が持ってきたものを大事にしていた。喜びもあった。</li> <li>・学習内容への関心や課題追究の姿勢がよかった。</li> <li>・自分がしてみたいと思うことをしているのが成果につながっている。</li> <li>・誰一人遊んでいなかった。児童は伸びようとしている。</li> <li>・進んで学習していた。隣の子と協力して直列つなぎをする児童がいた。</li> <li>・児童はよく意見を言っていた。</li> </ul> <p>【科学的な思考】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・児童の反応がよく、自分でよく考えていた。</li> <li>・なぜキュウリを持ってきたのか理由を説明するのは難しいと思ったが、児童なりの考えをしっかりと発表していた。</li> <li>・実験の結果が予想通りにいかなかった児童も発表していて、よかった。</li> </ul> <p>【観察・実験の技能・表現】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・素材を一人一人が用意し、全員が行っていたのがよかった。</li> <li>・基本的なことがよくできていた。</li> </ul> <p>【自然事象についての知識・理解】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>児童は導線のつなぎ方をよく理解していた。</u></li> <li>・電流についてもよく知っている。</li> </ul>
教師の指導等に対する意見	<p>【中学校の学習との関連】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>中学校では、電気は嫌という女子生徒が多く、回路をつなぐことができない生徒がいるが、子どもに線をつないでみたいという気持ちをもたせることは大切だと思った。</u></li> <li>・<u>中学校でイオンの学習が復活した。そのとき児童は、今回習ったことを思い出すことになるだろう。</u></li> <li>・同じようなことを夜間中学校で実践したことがあるが、高齢の方も喜んでいて、素材が魅力的である。</li> </ul> <p>【指導上のよかった点や課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発問のタイミング、答えの出し方がよかった。</li> <li>・児童の気づきをよく待っていた。</li> <li>・<u>イオンの概念をもたないなかで、あのまとめ方はよかった。</u>(水分の多いものが電池になった)</li> <li>・班で気づきを集めるなど協同学習があればよかったのではないかと。</li> <li>・食べ物を扱うので、フォローが必要だ。</li> </ul>

(下線は筆者)

児童が中学校や高等学校での理科の学習において役立つことになるかと考える。

研究授業の学級の児童は、授業者や学級担任から肯定的な評価を受けた。そして、授業参観者の肯定的な意見の一部は、授業者を通じて間接的にその学級の児童に伝えられた。この学級に意識調査の得点が上昇した児童が多かったことは、このような他者から受ける肯定的な評価によって、自信などの意識を高める児童がいたのではないかと推察する。

## V 研究のまとめ

本研究は、小学校理科の「空気と水」と「電気の働き」において、中学校学習指導要領に示される内容や、科学の基本概念につながる教材を開発したものである。

まず、小学校理科や科学の教材に関する先行研究の文献研究を行った。次に、小学校と中学校の学習指導要領に示される理科の内容について、物理的領域を中心に整理した。それをもとに、「空気と水」と「電気の働き」の単元において、中学校学習指導要領で示される内容との系統性をとらえ、つながりを考えた教材を3点開発した。そして、研究協力委員の協力を得て、それらの教材を使った授業を実践し、児童を対象とした意識調査や学習ノートなどの記録等により授業実践の成果と課題を把握し、検討した。

その結果、次の点が明らかになった。

- ・ 小学校理科の内容の物理的領域において、学習効果をあげる教材を開発するうえで、中学校学習指導要領に示す内容との系統性をとらえることは有効である。
- ・ 空気鉄砲のシミュレーション教材や「浮沈

子」の教材を使った「空気と水」の単元の学習を通して、児童は理科学習に対する自信を高め、空気や水の性質についての科学的な見方や考え方を習得した。

- 「手作り電池」の教材を使った「電気の働き」の発展的な学習を通して、児童は理科学習に対する自信を高め、化学変化による電気の発生やイオン概念の学習につながる体験ができた。
- 二つの実践を通して、多くの児童に対して理科学習への意識を高める効果はみられたが、逆に意識が低くなった児童や低いままの児童が少数いたことが課題として残った。

今後、科学的な見方や考え方を養うための研究を進めるにあたっては、物理的領域のなかで教材開発の対象を広げるとともに、他の領域との関連性についても研究を深める必要があると考えている。

## おわりに

昨今の「理科離れ」「科学離れ」の言説の影響か、最近では科学教育ブームのような現象が起きているように思えてならない。最先端の科学に関する報道が多くなったり、科学や医学に関する知識を扱った雑誌やテレビ番組を見かけることが多くなったりしている。楽しみながら科学の知識を得ることは、理科や科学に対する興味や関心を高めるのに大いに役立つことだと思える。科学館などの施設では、子どもを対象にした科学ショーのような催しものを開き、理科好き科学好きの子どもを育てている。

しかしながら、小学校の理科教育では、楽しみながら知識を得ることをねらって、何でもかんでもおもしろいネタを扱ってよいわけではな

い。小学校で学習して身に付けた力が、先の中学校、高等学校、大学などでの学習に、生きて働くようにする必要がある。今回の研究では、小学校の内容は中学校だけでなく高等学校、大学で学ぶ内容にもつながり、物理学や化学等の各系統の基礎となっていることに、改めて気づかされた。今後も本研究を継続し、対象を広げた教材開発を行っていきたいと考えている。そして、全ての児童に効果がある教材を開発することができればと願う。

本研究を実施するにあたり、研究協力員の先生とその学校の児童には、授業実践を通して多くの資料を提供していただいた。心より感謝申しあげる。また、研究顧問である赤塚康雄先生（元天理大学教授）には、懇切な指導を賜った。厚くお礼申しあげる。本稿が、大阪市の小・中学校理科教育の振興と児童・生徒の成長に、少しでも役立つことになれば幸いである。

## 【研究協力委員】

西田 淑子（大阪市立茨田小学校）

敬称略

## 注)

- 1) 伊藤康明, 渡辺祐治, 白井靖敏「シミュレーション『空気でつぼう』における利用」日本理科教育学会『理科教育学講座第6巻 理科教材論(上)』東洋館出版社, 平成4年10月, pp.157-159
- 2) 本実践では、研究協力委員の在籍する学校にあるコンピュータソフト「ハイパーキューブネット・ジュニア 2」(スズキ教育ソフト株式会社)を使って作成した。
- 3) 井上祥治「セルフ・エスティームの測定法とその応用」遠藤辰雄他『セルフ・エスティームの心理学 自己価値の探求』ナカニシヤ出版, 1992, pp.26-36
- 4) 白井利明『生活指導の心理学』勁草書房, 1999
- 5) 遠藤辰雄他『前掲書3』

【資料1】

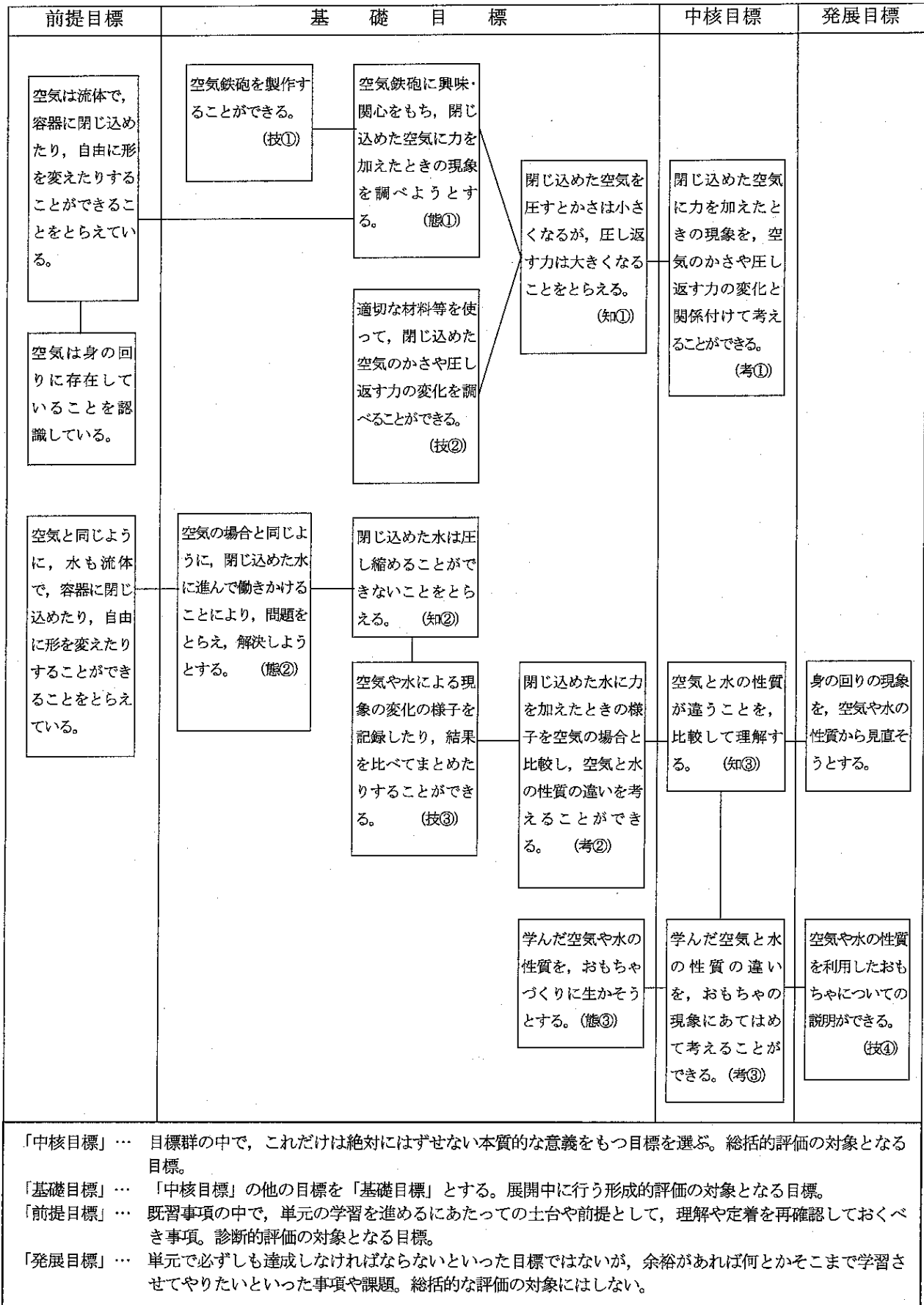
中学校理科第1分野で扱う内容と科学の基本概念及び関連する高等学校理科の内容

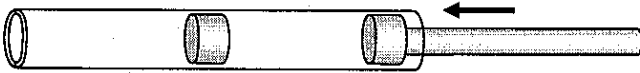

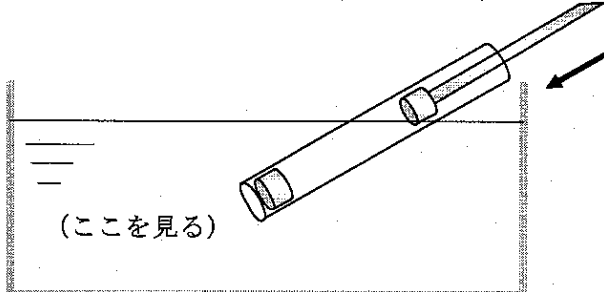

内容		科学の基本概念（中学校第1分野）	高等学校理科の内容
身近な物理現象	光と音	光の反射，光の屈折，全反射，凸レンズの働き，実像と虚像 音（発音体の振動），空気中などを伝えること，音の高さや大きさ，音の伝わる速さ	【物理Ⅰ】 ・いろいろな波（波動現象） ・音と光（音の伝わり方，音の干渉と共鳴，光の伝わり方，光の回折と干渉） ・物体の運動（日常に起こる物体の運動，運動の表し方）
	力と圧力	物体に働く力，物体の変形，物体の速度の変化，力の単位「ニュートン」，2力のつり合い 圧力，大気圧，空気の重さ	
身の回りの物質	物質のすがた	固体や液体の性質，密度，電気の通りやすさ，加熱したときの変化，有機物と無機物，金属と非金属 物質の状態変化，融点，沸点，物質の分離，状態変化による物質の体積変化，質量保存 気体の性質，気体の種類による特性	【物理Ⅱ】 ・原子，分子の運動（物質の三態，分子の運動と圧力） ・原子，電子と物質の性質（原子と電子，固体の性質と電子） 【化学Ⅱ】 ・物質の構造（化学結合，気体の法則，液体と固体）
	水溶液	溶質の均一性，分散，再結晶 酸，アルカリの性質，中和，塩	
電流とその利用	電流	静電気，帯電した物体間に働く力，静電気と電流の関係 回路，電流，電圧，電圧の規則性，抵抗 電圧と電流の関係，電気抵抗	【物理Ⅰ】 ・生活の中の電気（電気と生活，モーターと発電機，交流と電波） 【物理Ⅱ】 ・電界と磁界（電荷と電界，電流による磁界） ・電磁誘導と電磁波（電磁誘導，電磁波）
	電流の利用	磁界，磁力線，コイルが磁界から受ける力，磁界の変化によって生じる電流 電流による熱や光などの発生	
化学変化と原子，分子	物質の成り立ち	物質の分解 原子，分子，原子記号	【理科基礎】 ・物質の成り立ち（原子・分子の探究，物質の合成への道） 【理科総合A】 ・物質の構成と変化（物質の構成単位，物質の変化） 【物理Ⅱ】 ・原子の構造（粒子性と波動性，量子論と原子の構造） ・原子核と素粒子（原子核，素粒子と宇宙）
	化学変化と物質の質量	化学変化，化合，化合物，化学式，化学反応，化学反応式，原子や分子のモデル，化学反応における質量保存，反応する物質の質量の間には一定の関係があること	【化学Ⅰ】 ・物質の構成粒子（原子・分子・イオン，物質質量） ・無機物質（単体，化合物） ・有機化合物（炭化水素，官能基を含む化合物） ・化学反応（反応熱，酸・塩基，中和，酸化と還元） 【化学Ⅱ】 ・化学平衡（反応速度，化学平衡）
運動の規則性	運動の規則性	運動の速さと向き，力の働き，作用と反作用，物体の速さなどの変化，落下運動（斜面），摩擦，等速直線運動	【物理Ⅰ】 ・物体の運動（運動の法則） 【物理Ⅱ】 ・物体の運動（平面上の運動，運動量と力積） ・円運動と万有引力（円運動と単振動，万有引力による運動）
		運動エネルギー，位置エネルギー，電気エネルギー，熱エネルギー，光エネルギー，エネルギーの変換，エネルギーの保存	【理科基礎】 ・エネルギーの考え方（エネルギーの考え方，電気エネルギーの利用） 【理科総合A】 ・いろいろなエネルギー（仕事と熱，エネルギーの変換と保存） 【物理Ⅰ】 ・エネルギー（エネルギーの測り方，運動エネルギーと位置エネルギー，熱と温度，電気とエネルギー，エネルギーの変換と保存）
物質と化学反応	物質と化学反応の利用	酸化，還元，化学変化による熱や電気の発生，化学変化によるエネルギーの出入り	【理科総合A】 ・物質の利用（日常生活と物質） 【化学Ⅰ】 ・物質と人間生活（化学とその役割，物質の探究）
科学技術と人間	エネルギー資源	水力エネルギー，火力エネルギー，原子力エネルギー，エネルギーの有効利用	【理科総合A】 ・資源の開発と利用（エネルギー資源の利用，その他の資源の開発と利用）
	科学技術と人間	新素材などの利用，環境との調和，科学技術の発展	【理科総合A】 ・生物のつくる物質（生物がつくる有用な物質，生物体内の化学反応） 【化学Ⅱ】 ・食品と衣料の化学（食品，衣料） ・材料の化学（プラスチック，金属） ・生命の化学（生命体を構成する物質，生命を維持する化学反応） ・薬品の化学（医薬品，肥料）


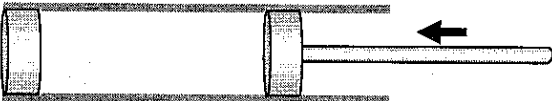
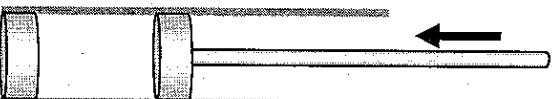
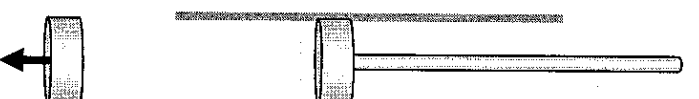
（この表は，中学校学習指導要領の理科及び高等学校学習指導要領の理科を参考に作成した）

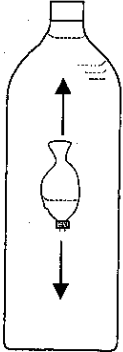
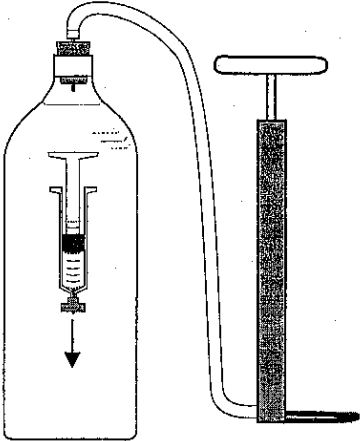
[資料 2]

単元「空気と水」の目標構造図



次時	児童の主な学習活動	評価と支援
第 2 次	<p>○学びのノート・ステップ1をふりかえり、話し合う。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>空気鉄砲の玉は、何におされて飛んだのだろうか？</p> </div> <p>○空気鉄砲の玉が飛ぶ様子をくわしく調べ、記録する。</p> <p><b>A</b> ゆっくりおして、前玉とあと玉の動きをよく見る</p>  <p>(はじめ, 前玉を真ん中にする) (前玉の位置にするしをしておく)</p> <p>(あと玉の位置にするしをしておく)</p> <p><b>B</b> 前玉が飛んだ時点のあと玉の位置を調べる</p>  <p>(前玉の位置にするし)</p> <p>(飛んだ時点で, シールを貼る)</p> <p>(あと玉の位置にするし)</p> <p><b>C</b> 水の中で玉を飛ばしたときの様子をよく見る</p>  <p>(ここを見る)</p> <p><b>D</b> 筒の中に( )を入れて、押し棒をおした時の様子を調べる</p>  <p>①石鹸の泡 ②線香の煙 ③ふわふわの柔らかいもの (マシュマロ, スチロール, プチプチ, その他)</p> <p>前玉を指でおさえる または、ふたをする</p> <p>○調べた結果や気づいたことを発表し合う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・押し棒をゆっくりおしたとき…</li> <li>・前玉が飛び出したときのあと玉の位置は…</li> <li>・水の中で玉を飛ばしたとき…など</li> </ul>	<p>○児童の素朴な疑問をひろいあげる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「空気が玉を飛ばしているのかな」「大きな音がするのが不思議だ」等、本時のめあてに添った意見を紹介する</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>技能・表現② 適切な材料等を使って、閉じ込めた空気のかさや押し返す力の変化を調べることができる。 (行動観察)</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Dの実験については時間の都合及び自己決定の機会を与える主旨で、児童に一つの方法を選択させる</li> </ul> <p>○次時に意欲がつながるような言葉がけをする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・次時は、空気鉄砲の玉が飛ぶとき、筒の中の空気はどのような様子になっているか考えてみよう</li> <li>・パソコン室で学習します</li> </ul>

次時	児童の主な学習活動	評価と支援
第 2 4 次	<p>○前時の実験の結果を振り返り、思い出す。 ・実験結果の記録を見直す</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">                     空気鉄砲が飛ぶときの筒の中の様子を説明しよう。                 </div> <p>○パソコンの空気鉄砲シミュレーションを見て、考える。</p> <p>○空気鉄砲の中にある空気の様子をモデル図に表す。 ・空気を色の濃さで表す ・空気を泡で表す ・空気を粒で表す、など</p> <p>① 押し棒をおす前の空気の様子</p>  <p>② 押し棒をおしている途中の空気の様子</p>  <p>③ 玉が飛ぶ直前の空気の様子</p>  <p>④ 玉が飛んだ直後の空気の様子</p>  <p>○表したモデル図について説明し合う。 ・押し棒でおすと、中の空気が縮んで濃くなる(圧縮性) ・押し棒でおすと、中の空気が縮んで小さくなる(圧縮性) ・空気が縮むと玉を押し返そうとする(弾性) ・中の空気は、ゴムやばねみたいだ(弾性)</p> <p>○パソコンの空気鉄砲シミュレーションを見て、話し合う。 ・空気が縮む様子(圧縮性)、元に戻る様子(弾性) ①色の濃さで表したイメージ ②中空の大きなあわで表したイメージ ③動く粒(分子運動)で表したイメージ</p> <p>○学びのノート・ステップ2に、わかったことや気づいたことなどを書く。</p>	<p>○前時の実験からわかったことと疑問に残ったことを、明確にする。 ・空気鉄砲の玉は、あと玉や押し棒におされて飛ぶのではない ・空気が玉を押し出している ・空気は縮む(圧縮性) ・縮んだ空気は元に戻ろうとする力がある(弾性) ・押し棒をおしているときの、空気鉄砲の中の空気はどのようなになっているのな?(などの疑問)</p> <p>○児童一人一人の説明の仕方を認める。 ・OHC等の視覚機器を有効に使用する</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>知識・理解① 閉じ込めた空気を圧すとかさは小さくなるが、押し返す力は大きくなることをとらえる。 (発言、記録分析)</p> </div> <p>○形成的評価を行う。 ・各自のよいところを認め、朱で書き込む</p>

次時	児童の主な学習活動	評価と支援
発 展 6	<p>○浮沈子を使ったマジックを見て、不思議に思う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・プラスチックの魚が沈んだり浮いたりしているのは、どうしてだろう</li> <li>・何か仕掛け(タネ)があるはずだよ</li> </ul> <div data-bbox="347 539 724 701" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     準備物 500mlのペットボトル、 水、魚の形の醤油さし、 ナット（おもり用）                 </div> 	<p>○マジックショーのような雰囲気作りを行う。</p>
	<div data-bbox="288 824 1029 864" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">                     沈んだり浮いたりする魚のマジックのタネを見つけよう。                 </div> <p>○浮沈子を実際につくってみる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・わかった、ペットボトルを握ると魚が沈むんだ</li> <li>・どうしてなのかな？</li> </ul> <p>○演示実験をヒントにして、浮沈子の原理を考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・注射器で作った浮沈子では、中の空気が少ないと沈む</li> <li>・注射器で作った浮沈子では、中の空気が多いと浮く</li> <li>・空気入れてペットボトルに空気を送り込むと、注射器の空気の部分が縮んで小さくなって…あっ、注射器が沈んでいく</li> </ul>  <p>○学びのノート・ステップ4に、わかったこと（魚のマジックのタネ）を書く。</p> <p>○魚のマジックのタネを説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自分なりの言葉で説明する</li> </ul> <p>○学びのノート・【学習全体をふりかえって…】に、感想などを書く。</p>	<div data-bbox="1054 1059 1437 1267" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>科学的思考③ 学んだ空気と水の性質の違いを、おもちゃの現象にあてはめて考えることができる。 (行動観察、発言、記録分析)</p> </div> <div data-bbox="1054 1693 1437 1861" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>発展目標（技能・表現） 空気と水の性質を利用したおもちゃについての説明ができる。 (発言、記録分析)</p> </div> <p>○形成的評価を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各自のよいところを認め、朱で書き込む</li> </ul>

---

## 研究報告 17

---

平成18(2006)年3月31日 印刷

平成18(2006)年3月31日 発行

発行所 大阪市教育センター

552-0007 大阪市港区弁天1-1-6

電話 06 (6572) 0603

発行者 四 宮 良 三

---