

高等学校

平成 5 年 度

教 育 研 究 員 研 究 報 告 書

理 科

東 京 都 教 育 委 員 会

平成 5 年度

教育研究員名簿 (理科)

分 野	学 校 名	氏 名
物 理	都立世田谷工業高等学校	上 田 悦 理
	都立淵江高等学校	西 山 真 司
	都立清瀬高等学校	猪 又 英 夫
化 学	都立城南高等学校	福 嶋 一 佳
	都立光丘高等学校	早 野 亨
	都立荒川工業高等学校	大 野 哲 也
	都立墨田川高等学校	野 田 徹
生 物	都立上野高等学校	静 野 哲 也
	都立府中東高等学校	市 石 博
	都立府中西高等学校	中 村 厚 彦
地 学	都立永福高等学校	大 島 良
	都立足立新田高等学校	内 藤 千 春
	都立武蔵村山東高等学校	新 井 立 成

担当 教育庁指導部高等学校教育指導課 指導主事 佐 藤 俊 一

興味・関心を引き出し
科学的な自然観を育てる理科の指導

目 次

I 研究主題設定の理由	2
II 科学的な自然観を育てる理科の指導	3
III 研究を進める上での留意点	4
IV 研究内容	5
1 光の性質の理解とカメラの構造を通した探究活動	5
2 飲料水としての「水」の教材化	10
3 「ヒトの行動」の教材化	15
4 「東京の段丘地形・地質」の教材化	20

興味・関心を引き出し科学的な自然観を育てる理科の指導

I 研究主題設定の理由

平成6年度より施行される学習指導要領では、「自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」ことを理科の目標としている。

これは、例えて言えば、現在のわが国の科学技術の進歩や経済発展、国際化や情報化などの社会変化を背景として近年とみに関心が高まっている地球規模での自然や環境問題について、高等学校の理科教育を通じて、科学的に探究したり、科学的に視る目を養うことに通ずるものである。いわば、科学技術的な観点と人間を取り巻く自然や地球環境といった視点を融和しようとするものであると理解される。また一方では、高齢化社会の到来とともに、生徒一人一人の興味・関心に基づく主体的な学習を促し、個性を伸長させるとともに、生涯にわたって継続的に学習する意欲や態度を育成することを強く求められていると言える。

これまでの高等学校理科教育は、学問としての科学の体系を理解させることがその中心とされていたために、ややもすると理科は日常生活から遊離したものという印象を与えると同時に難しい教科とされ、生徒の理科離れという問題を引き起こしてきたと考えられている。

そして、このような問題点を解決するための研究がここ数年行われており、本研究ではそれらの先行研究を参考にしながら、自然の事物・現象に対する興味・関心を引き出し、主体的な探究活動を通して科学的な自然観を育てるための研究を行うことにした。

具体的には、身近な事物・現象の中から特に日常生活と密接に関連している題材を選ぶことにより、まず、生徒の興味・関心を引き出し、理科に対する学習意欲を高めることを目指した。次に、その題材を用いて観察および実験を行うことにより、探究活動の過程を通して、それまでの疑問を解決したり、新たな発見が生じ、理科を学ぶ楽しさが生まれてくると考えた。このような、生徒の持っている自然に対する素朴な疑問を大切に、それを主体的な探究活動の過程を通すことにより、自ら進んで自然の中にある法則性を見出していくということが、科学的な自然観を育成することに通ずると考え、本研究の主題を設定した。

Ⅱ 科学的な自然観を育てる理科の指導

研究を始めるに当たり「興味・関心を引き出す」にはどうしたらよいか、また「科学的な自然観」とは何かということについて議論した。その結果、「興味・関心を引き出すこと」においての問題点は、情緒的に「興味を引くこと」と、その事象について考えてみようという「関心を持たせること」とは段階が異なっており、興味を引くことができて、関心を持たせるにはいたらない場合が多いことについて話題に上がったのである。この点を踏まえ、本研究では身近な題材を用意し関心を高めるために生徒が自ら学習できるような教材を工夫し、生徒が主体的に取り組み満足感を得られることが大切であると考えた。

さらに「科学的な自然観」を育てるにはまず自然の事象について関心を持ち疑問を解決するという態度、及び、それを解決するために推論、実験、観察などの科学の手法を用い、探究活動を通して科学の基本的な概念、秩序、法則性などを見出していくことが大切であると考えた。これを受けて、本研究では物理・化学・生物・地学の各分野で「興味・関心を引き出す」教材を提示し、生徒一人一人が疑問を持ち、主体的に学習に取り組み疑問を解決できるように以下のような指導計画を作成した。

物理では、興味・関心を引き出すために身近なカメラを取り上げた。そこで、カメラの構造の探究活動を行わせることにより、光の基本的な性質を理解させる。

化学では、最近関心の高い飲料水について、水の味に違いがあることから生徒の興味を引き出し、実際に数種類の飲料水について実験を行い、それを分析し体系化することにより科学的な自然観を育成する。

生物では、従来取り上げられることが少なかった「ヒトの行動」を教材化することを試みた。新たに開発した視聴覚教材を用いて、動物の行動と比較検討しながらヒトの行動を分析していく方法を学ぶ。

地学では、東京の段丘地形・地質の教材化を試みた。まず、ボーリング試料をもとに身近な地形や地質を学ぶところから興味・関心を引き出し、東京の他の地域の地形などに疑問を持たせ、東京全体の地形、地質を広い視野から学習する。

Ⅲ 研究を進める上での留意点

上記の主旨を踏まえ、研究を進めるに当たっては、以下の点に留意した。

1. 身近な自然現象を題材に選ぶ。

本研究の題材として、生徒にとってより親しみやすい身近な自然現象で結果が得やすいものを選び、興味・関心を引き出し、より分かりやすい授業の展開を工夫した。

2. 探究の過程を重視する。

すでに生徒が持っている自然現象についての認識は、必ずしも科学的なものではない場合が多い。これに対し、適切な探究の方法について学習することにより、身近な自然現象を科学的に分析し考察できるよう配慮した。この探究活動を通じ、科学的な自然観を身に付けられるようにした。

3. 個々の生徒の自主性を重視する。

生徒の能力や適性、興味は多様である。このため、生徒が自ら学習できるような教材や主体的に取り組める探究活動の開発など、できる限り生徒一人一人に対応し、生徒の主体性や自主性を伸ばすように配慮した。

4. 継続的・発展的な話題を用意する。

探究の過程を通じて身に付けた科学的な見方・考え方や自然観を日常生活においても活かすよう配慮し、自発的な探究心や興味を持ち続け、発展できるような課題を用意するよう努めた。

IV 研究内容

1. 光の性質の理解とカメラの構造を通じた探究活動

(1) はじめに

ここ数年の技術革新は使い易さを重視する傾向にあり、先端技術を身近なものにしたが、同時に科学技術を理解が困難なものと思ひ込み、構造や原理についての興味を失わせる側面も持っている。このブラックボックスへ向けられた生徒の好奇心を満足させ、原理の理解へ導くことはこれからの理科教育の使命であろう。今回教材として選んだ「カメラ」もその原理があまり理解されていないものの一つである。新学習指導要領の中でも身近な光学機器を用いることが指向されており、物理ⅠAでは「光の目」、ⅠBでは「光の進み方」と「波動に関する探究活動」、物理Ⅱでは「課題研究」の中で取り扱うことができる。

授業では「凸レンズは焦点を持つ」という自然現象についての探究活動を通して、レンズの性質を理解させる。そしてそれがどのような形で実際の技術に応用されているかを確認させるために、身近で生徒が興味を持ちやすい「レンズ付きフィルム」を教材として取り上げる。生徒のみずみずしい好奇心をブラックボックスに向けさせ、科学技術と人間生活の関わりについて正しく認識しようとする態度を育成することが、この研究の目的である。

(2) 「光とレンズ」についての生徒の認識

現在、生徒の間にも「レンズ付きフィルム」は非常に普及してきている。図1-1に示したように、大半の生徒が利用した経験があり、パノラマタイプのもので半数の生徒が利用している。そのような

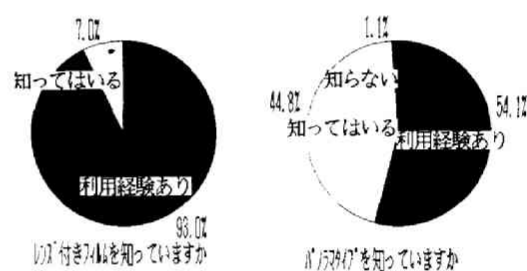


図1-1

状況の中で、「光とレンズ」の関係について、生徒の認識は次のような状況であった。

- ① 太陽光をレンズで集めて燃やした経験から、光をレンズに通すと1点に集まるという認識が強い。一方、カメラで写真を撮っているにもかかわらず、レンズを通して像ができることと、写真が写るといふことの認識が一致していない。
- ② 2つの光源からの光をピンホールを通してみると、「ピンホールで2つの光が混じってしまうから」とか、「互いにぶつかって反射するから」などの仮説を立てる生徒もいて、基本的な「光の直進性・独立性」について、正しい理解が得られていない。
- ③ 焦点距離の違いが、「広角」、「望遠」に関することをほとんどの生徒が知らない。それゆえ「標準タイプ」と「パノラマタイプ」の違いを説明できる生徒は、稀であった。

(3) 授業展開について

ア 授業を展開するに当たり、次のことに特に注意して検討した。

- できるだけ細かなステップに分け、簡単な実験を行い、そこに小さな発見が見い出せるようにした。
- 個々の実験では、いろいろな考えができるように配慮し、仮説を通して実験結果を予想させ、考える力を育成するように努めた。
- 日頃、ブラックボックス的に使用しているレンズ付きフィルムを分解させることにより、探究心を育てるように考えた。

イ 授業展開例

以上のような事項を踏まえ、像を結ぶということに着目して、学習指導案を作成した。その結果、実験を主体として合計6時間の授業展開を考えた。以下にその時間配分と概要を示す。

表 1-1 学 習 指 導 案

時間	概 要	備 考
導入 2時間	光の直進性と像のでき方	ピンホールを用いて基礎的事項を把握させる。
展開 2時間	レンズを用いた像のでき方	レンズの役割とレンズを通過した光の性質を理解する。
発展 2時間	レンズ付きフィルムの分解と ネガフィルムの現像	標準とパノラマタイプの違い等にふれて、そこに応用されている原理を探る。

ウ 具体的内容

(ア) 導入

実験に使用する機材はどこでも手に入るろうそくと画用紙を用いた。図 1-2 にその使用法の 1 例を示す。また、カメラの構造を踏まえて厚紙で箱状のカメラを作った(図 1-2)。さらに、ポラロイドフィルムを組み込んだ木箱のピンホールカメラを作成した(図 1-3)。これらの実験装置を用い、以下のような順序に従って生徒実験を構成した。

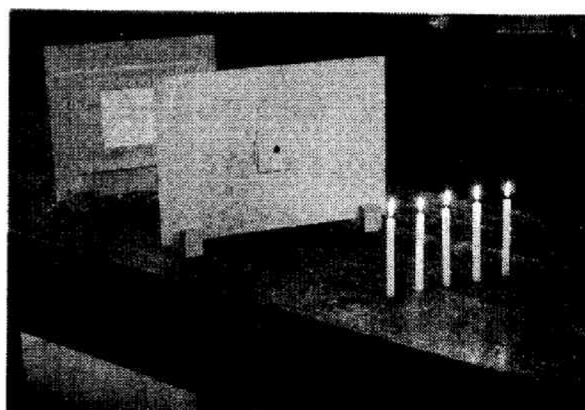


図 1-2 実験装置概要

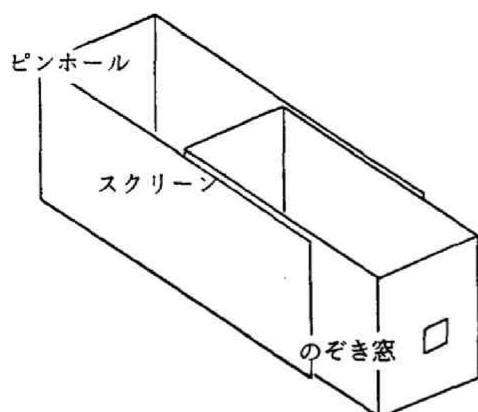


図1-3 箱カメラの構造

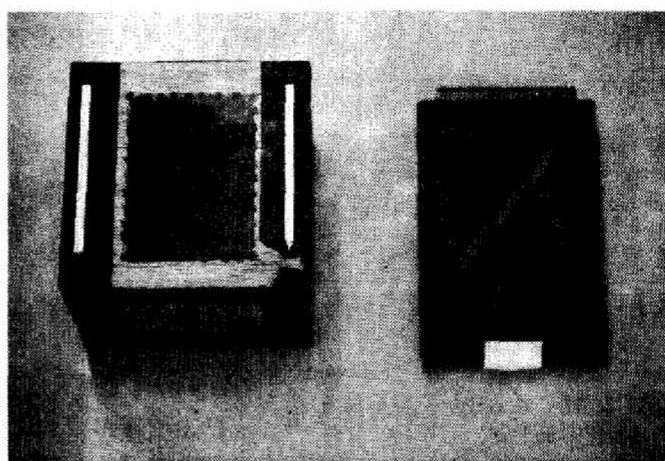


図1-4 ピンホールカメラの概要

表1-2 導入の授業内容例

内 容 項 目	概 要
①光の独立性, 直進性	ピンホールの穴径を比較的大きくとり像を結ばせずに光りの明るさだけに着目させるようにした。
②ピンホールを通したときの像の でき方	板で光を遮り、影を作ったとき、板に小さなピンホールがあいていた場合にどのような影になるかを考えさせるようにした。
③スクリーンの位置による画角の 違い	ろうそくとピンホールの位置を固定させ、スクリーンを近づけたり遠ざけたりすることにより、広角と望遠の違いが作り出せる点を理解させるようにした。
④ピンホールの形状や数	ピンホールの数を複数にしたり三角形やスリットに変えた場合どのような像になるかを考えさせるようにした。
⑤箱カメラの製作	手で持ち運び可能なサイズの紙箱の中にピンホールとスクリーンを組み込み、カメラの形状に近づいた状態でピンホールの性質を確認させる。
⑥ポラロイドフィルムを用いたピンホールカメラでの撮影	ポラロイドフィルムを用いて、木箱で作ったピンホールカメラによる風景撮影を行い、ピンホールでもカメラになることを理解させる。

(イ) 展開

レンズを用いた場合の現象を効果的に観察するために、図1-3に示した箱カメラのピンホール部分をレンズに取り替える改造を行った。図1-5にその外観を示す。主にこの箱カメラを用いて以下のような順序に従って生徒実験を構成した。

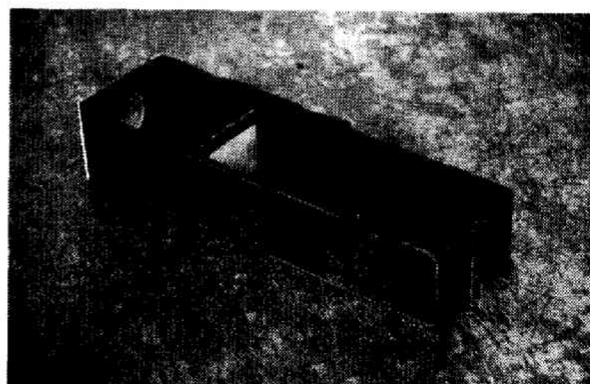


図1-5 レンズを組み込んだ状態

表 1-3 展開の授業内容例

内 容 項 目	概 要
①レンズを通したときの像のでき方について	ピンホールの代わりにレンズを用いることによって同様な現象が確認できる点を観察させる。その際スクリーンとレンズとの距離が特定の場合にのみ像がはっきりすることから、像を結ぶ点というものをとらえさせる。
②焦点距離の異なるレンズによる違い	焦点距離が異なるレンズを用いて、像を結ぶスクリーンの位置とレンズとの関係を理解させる。
③対象物との距離による像を結ぶ位置の変化	同じレンズを用いても対象物との距離が異なると像を結ぶ位置がずれてくることを理解させる。
④レンズ径の差による焦点深度の差	焦点距離の同じレンズで径の異なるレンズを利用した場合、焦点深度に違いが生じる。この点について理解させる。
⑤像を結ぶ位置から見たレンズの反対側の様子	像を結ぶ位置からレンズの反対側を観察したらどのような見えかたをするかを考えさせる。LEDを反対側が点灯させることでレンズ全体にLEDの色が広がることを確認させる。
⑥絞りの持つ意味	カメラの絞りやレンズ径や焦点深度の関係を合わせて考えさせ、実際のカメラで撮影の時に行われている操作について理解させる。
⑦箱カメラを用いた撮影	箱カメラにレンズを組み込み、青焼き用の印画紙を用いて風景撮影を行い、カメラの構造を体得させる。

(ウ) 発展

カメラの基本的な構造が理解できた段階で、身近なカメラの代表としてレンズ付きフィルムを分解させる(図1-6参照)。日頃ブラックボックス的にとらえて使っているものも、基本的な点では、箱カメラと同じである点に気付かせることが可能である。さらに、パノラマサイズと標準サイズのカメラの違いやレンズとフィ

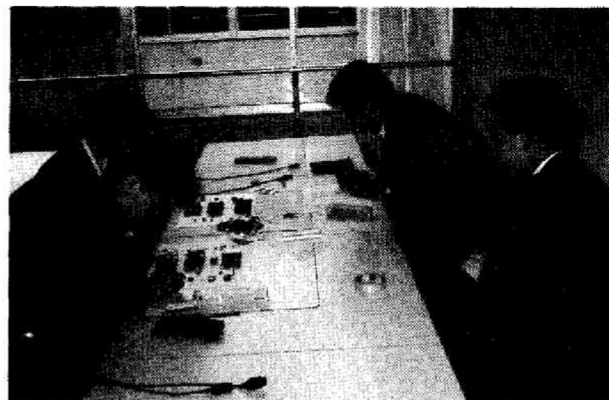


図 1-6 分解風景

ルムとの距離(焦点距離)、絞りの役割等にも触れさせることができる。また、分解前にレンズ付きフィルムを用いて自ら撮影させたフィルムを簡易現像器で現像させ、結果だけに注目するのではなく、過程の大切さについても認識させられる。加えて、フォトビクスを用いてネガの反転を行い自分の作品としての達成感を得させることも可能である。

エ 指導過程

実際に行った授業では、1つ1つの実験に対して生徒にいくつかの予想を提示し、各自がその予想に対する理由（仮説）を考えられるようにした。それぞれの予想に対して、活発な考察が行われ、光やカメラに対する生徒の関心を高めることができた。予想の段階では結果と異なるものを選択した生徒でも、実験の進行と共に解説を行うことで、正しくとらえ直せるようになってきた。小さなステップで疑問を解消していくことで、カメラに関する各部分の役割について、具体的に考えられるようになったと思われる。



図 1-7 授業風景



図 1-8 生徒撮影作品

オ おわりに

今回の研究で行った光に対する授業によって、カメラという装置が光の性質を用いた光学機器であることが確認できたようだ。生徒にとってカメラの仕組みを理解することによって、光に対してより深い興味を喚起することができたように思う。

今後は、光において、色等を取り込んでさらに発展させた教材への取り組みを行いたい。また、Ⅱで触れたような、生徒にとって「分かりそうで分からない」事象が身の回りにまだまだあるように思われるので、他の題材についても、教材化を検討していきたい。

2. 飲料水としての「水」の教材化

(1) はじめに

現在「飲料水」について社会の関心が高くなっている。水道水中のトリハロメタンやカビ臭がマスメディアをにぎわし、それに伴って、家庭用の浄水器が普及のスピードをはやめ、さらにアルカリイオン製水器がブームとなるなど「飲料水」としての「水道水」に関心が集まっている。「ミネラルウォーター」についてもコンビニエンスストアでの販売や流行を契機として、ある調査によれば首都圏におけるミネラルウォーターの購入額が前年比1.6倍に増加するなど関心や使用頻度の高まりが見られる。

ところが、「飲料水」への関心は高まりつつも、その成分や効果、影響については知られていないのが実状であり、私たちのアンケート調査においても、「ミネラルウォーター」の「ミネラル」とは何を示すのかに正確に答えられた生徒はほとんどいなかった。このことは、理科の学習が日常に反映されにくい一面を示しているとも言える。

そこで、本研究では身近に存在し、関心の高まっている「飲料水」を題材として選んだ。まず導入として「味」に注目することで、興味・関心を引き出し、次に具体的に「水」に含まれる塩素や硬度について実験した。実際の実験においては操作が極力簡単なものを工夫し、試薬についても特殊なものをさけた。これらの実験・観察を通じて考えることで、科学的な自然観を養い、さらに題材の身近さ、実験の容易さにより、主体的かつ継続的な学習効果が期待できると考えた。

本研究は、「化学ⅠA」の第1編3章「水と生活」に対応できるよう、点眼ビンによる簡易滴定法（ドロップ法）を用いた実験内容を中心に研究を進めた。「化学Ⅱ」における「課題研究」へ応用するためには、ドロップ法を定量滴定を行う方法に変更する、またカルシウム硬度を測定するなどの方法が考えられる。

(2) 高校生の水に対する意識

都内の高校生約300人にアンケート調査をした結果、水道水に対して安全性や味について不安や不満を持っている生徒が多いことが分かった。特に味に対する不満を持つ者が約8割もあり（図2-1）、何らかの形で水を買って飲む生徒は全体の半数にも及んでいる（図2-2）。現在の高校生にとって、水を購入して飲むことはそれほど特別なことではないようである。また、水を買って飲む理由としては「おいしいから」という理由とともに「何となく」という者がかなりの数を占めており、水を買う理由や、どの水を買うのかという動機はかなり曖昧なようである（図2-3）。

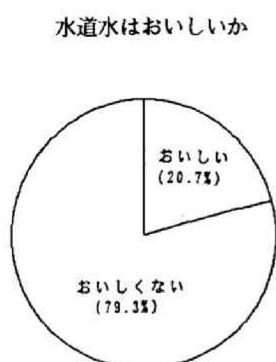


図 2-1

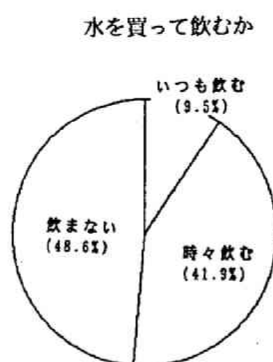


図 2-2

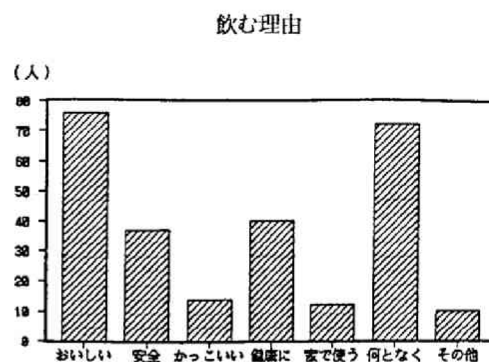


図 2-3

(3) 水の味とミネラルウォーター

日本の水道水は品質が高く、安全であるので、従来から飲料水として使われている。本来純粋な水は無味無臭であるが、水の中に微量のミネラル成分や気体の溶存があると味を感じるようになる。厚生省の研究会では「おいしい水」を表 2-1 に示すように提案した。また、市販されている水については農林水産省から表 2-2 に示すガイドラインが出されている。

表 2-1
厚生省のおいしい水研究会
による「おいしい水」

蒸発残留物	30-200mg/l
硬度	10-100mg/l
遊離炭酸	3- 30mg/l
COD	3mg/l以下
臭気度	3以下
残留塩素	0.4mg/l以下
水温	20℃以下

表 2-2
—農林水産省品質表示ガイドライン—

ナチュラルウォーター	地下水を源水とし、沈澱、ろ過、加熱殺菌以外の処理を行わない物
ナチュラルミネラルウォーター	ナチュラルウォーターのうち、地層中のミネラル分がとけ込んだ地下水
ミネラルウォーター	沈澱、ろ過、加熱殺菌以外の処理（ミネラル調整、ばっ気、オゾン殺菌など）を行ったもの
ボトルドウォーター	人工的に処理した水



図 2-4 ブラインドテスト



図 2-5 色々なミネラルウォーター

(4) 実験について

はじめに述べたように最近飲料水に対する関心が高くなっているので、まずブラインドテスト、つまり数種類の飲料水を飲み比べるという簡単な実験を行うことで生徒の興味・関心を引き出すことを考えた。

次に飲料水中に含まれている塩素についての実験を行ったが、(5)の2つの実験を併用することで、塩素の形態まで調べることが可能である。

さらにおいしい水の条件のひとつであるミネラルについては、その主要な成分であるカルシウムとマグネシウムの合計量で表される全硬度についての実験を行った。この実験は通常キレート滴定として行われているが、操作が難しく計算も煩雑である。また、簡単に測定する方法としては、全硬度測定セットが市販されているがかなり高価である。

そこで今回の実験では、入手が容易のうえ安価な点眼ビンによるドロップ法を用いた。これは(5)に示すように、非常に簡単な操作で行うことができ、かつ単純な計算により全硬度が求められるよう、我々が最も工夫した実験である。

本実験で用いた点眼ビン1滴の体積は 0.05ml 、EDTAのモル濃度は 0.1mol/l 、飲料水は 10ml であるから、EDTAを n 液加えて終点になったとき、飲料水中の金属イオンのモル濃度を $c\text{mol/l}$ とすると、 $1 \times 0.1 \times 0.05 \times n = 1 \times c \times 10$ より、 $c = 5n \times 10^{-4}$ となる。

日本の硬度基準は、水 1l に含まれるカルシウムとマグネシウムの量を炭酸カルシウムに換算して 1mg のとき、その硬度を 1ppm としているので、全硬度は次式で求められる。

$$\text{全硬度} = 5n \times 10^{-4} \times 100 \times 1000 = 50 \times n \quad (\text{ppm})$$

さらに、NN指示薬を用いたキレート滴定をすることにより、カルシウム硬度、マグネシウム硬度を求めることができ、化学Ⅱの課題研究へと進展させていくことができる。

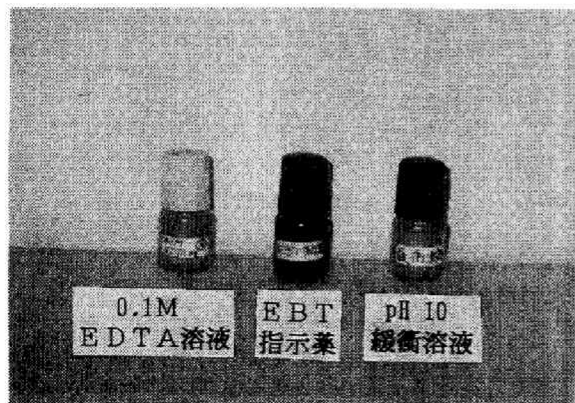


図2-6 ドロップテスト用点眼ビン



図2-7 実際のドロップ法

(5) 生徒実験の概要

1. 飲料水のブラインドテスト

【目的】

最近、「水がおいしくない」ということをしばしば耳にする。水道水にカルキ臭、カビ臭などがあり、またトリハロメタンなどの有害物質の存在も指摘されている。「おいしい水」を求め、パック入りのミネラルウォーターが売られており、また家庭用浄水器も普及してきた。そこで色々な飲料水を飲み比べて、おいしい水を選び、おいしい水の条件を考える。

【準備】

器具：ガラスのコップ

試薬：飲料水（水道水、湯冷まし、純水、ミネラルウォーター）

注1) ミネラルウォーターは硬度300ppm程度の硬水がよく、本実験ではエビアンを用いた。

注2) 飲料水は同じ容器に入れ、同じ温度に保っておいた。

【操作】

1. 4種類の飲料水をコップに半分程度持つていく。
2. それらを味わったり、臭いをかいだりしてそれぞれの飲料水が何か当ててみる。
3. 一番おいしい、まずいと感じた飲料水を選ぶ。

2. 飲料水中の残留塩素を調べる

【目的】

水道水のまずさのひとつの原因に、消毒のために加えられた塩素が残留塩素として残ることがあげられる。そこで用意された飲料水（実験1で用いたもの）に塩素が含まれているか調べてみる。

2-1. 硝酸銀溶液を用いた方法

硝酸銀は塩素と反応して塩化銀(AgCl)を生じる。この結びつきは強いので塩化物イオンや残留塩素すべてと反応する。

2-2. オルトトリジン溶液を用いた方法

オルトトリジンは塩化物イオンとは反応せず、残留塩素のみと反応し淡黄色になる。

【準備】 【操作】は省略する。

3. 飲料水の全硬度を調べる（点眼ピンを用いたドロップ法）

【目的】

「おいしい水」の条件のひとつにミネラルがあげられる。そこで、ミネラルの主要な成分であるカルシウムとマグネシウムの合計量で表される全硬度について調べる。

【準備】

器具：コニカルビーカー、マクロピペット

試薬：飲料水（水道水、湯冷まし、純水、ミネラルウォーター）[数1と数2を調べる]

0.1 M - EDTA標準溶液、pH 10 緩衝溶液、EBT (イロクロムブラックT) 指示薬

【操作】

1. 水道水10mlをマクロピペット（あるいは、ホールピペット）でコニカルビーカーにとる。
2. 緩衝溶液を2滴加え、軽く振る。
3. EBT指示薬を2滴加える。（金属イオンが含まれていると赤紫色になる）
4. EDTA溶液を1滴ずつ加え、よく振る。
5. 溶液が青色になるまで操作4を繰り返し、それまでに加えた滴下数を記録して硬度を求める。
6. 湯冷まし、純水、ミネラルウォーターについても、操作1～5を行う。

4. いろいろなミネラルウォーターの全硬度を調べる

【目的】

ミネラルウォーターにもいろいろな種類があるので、用意してあるミネラルウォーターから3種類選び、その全硬度を調べてみる。また、それがどんな味がするかも確かめる。

【準備】 【操作】は実験3と同様に行う。

(6) 指導の結果

授業後の生徒の感想は以下のようなものであった。(一部を抜粋)

- ・今まで興味・関心のなかった「水」について、実験とレポートを通して水の大切さが分かり、飲料水についてもっと調べてみたい。
- ・今まで言葉としては知っていたが、内容の分からなかった「硬度」について理解する事が出来た。
- ・硬度と味の関係についてもっと調べてみたい。
- ・今まで、同じようなものだと思っていたミネラルウォーターでも、それぞれに違いがあることが分かった。
- ・前回の滴定実験（ビュレットを用いたもの）に比べて操作が易しく良かった。素材も身近にある水についての実験だったので楽しくできた。
- ・自分の家の浄水器の水や、山の湧き水、川の水について調べてみたい。

以上のような反応が得られ、本研究が身近な題材を選択した狙いは概ね成功し、また発展的学習のきっかけとすることが出来たと考える。

実際の実験については、ブラインドテストが予想を上回る生徒の関心を集めた。また、ドロップ法を用いた操作と計算処理の容易さにより進行がスムーズで、ブラインドテストから定性、半定量への流れも自然であり、味への興味をうまく科学的な見方につなげることが出来た。さらに「ミネラルウォーター」の実験では、生徒が先を争うように参加するなど、興味・関心が探究心へと移行し発展的学習への意欲が見られた。

事後のアンケートの結果からは、事前のアンケート調査では「ミネラルウォーター」の「ミネラル」についてほとんどがその内容を正しく答えられなかったが、授業後90%以上の生徒が正確に答えられるようになった。また、飲料水について何となく飲んでいたのが、科学的なものの見方によって成分等を考えて判断、選択したいとする者が大部分となるなどの成果が得られた。

(7) おわりに

本研究では、身近に存在する「水」を用いて実験・観察し、考えることで、科学的な自然観を養う一つの方法とすることが出来たと考える。今後も身近な素材を用いて、理科の学習内容を身近な事象にフィードバックすることにより、日常的に科学的な自然観を育て、それをさらに主体的かつ継続的な学習へとつなげていけるような授業の研究を進めて行きたい。

(1) はじめに

従来、ヒトの行動はあまり取り上げられなかったが、我々自身を取り扱うことになるため、授業運営の工夫次第で生徒の興味・関心を引き出しやすい教材である。

①動物の行動と比較しつつ、手軽にできる実験や、視聴覚教材等を用いての観察を通じ、ヒトの行動を科学的に分析していく方法を学ばせること。

②この授業を通じ、日常的なヒトの行動を科学的な目で見られるようにすること。

③適切な課題を設け、授業内容を発展させ、生徒に科学的な自然観を養うこと。

ある高校の第一学年生徒を対象に行なったアンケート調査の結果、次のような傾向が判明した。「縄張りという用語を聞いたことがあるか」という問いには99%の生徒が「ある」と答え、縄張りという用語が第一学年では未学習であるにもかかわらず、日常生活の中で用いられていることが判明した。従って、ヒトの持つ“携帯式縄張り”であるパーソナルスペースについて比較的受け入れ易いものと判断された。しかし、その内容についての理解がきわめて形式的で、縄張りの存在理由については説明が必要だと考えられる。

生徒はヒトの発するサインの例について多く回答していたので、ヒトが集団の中でサインを発する意味を探究させる動機付けを行なうことができた。一方、動物の発するサインについては、ヒトと比べ回答例が少なく、生徒にとってあまりなじみがないということが判明した。

知らない 22.0% 無回答 3.9% 74.1% 知っている

図 3-1
なわばりを作る動物

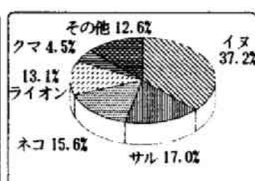


図 3-2
なわばりをもつ動物

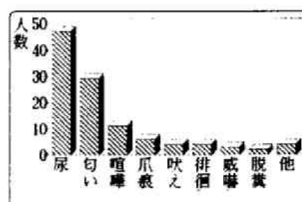


図 3-3
なわばりを示す行動の例

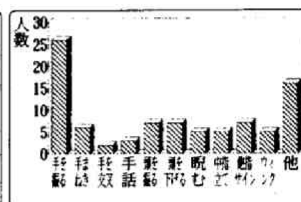


図3-4
ヒトの示すサインの例

アイブル＝アイベスフェルトはその著書「愛と憎しみ」(1974)の中で攻撃衝動(憎しみ)

と表裏一体をなし、それを相殺しあう資質としての結合衝動（愛）が人間をも含む高等脊椎動物に生れつきプログラムされていることを示している。今回は攻撃と結合を二個体間の距離に注目して研究を行い右図のようにまとめた。一般に攻撃的な行動が誘発されたり結合的な行動が産出される場合、二個体間の距離は減少している。また逆に、減少していることが原因となってそのような行動が誘発される場合もある。攻撃が実際に誘発されてしまった例が一番下の馬である。このような状況になる前に、攻撃が相手に向かわずに全く闘争とは関係の無い行動にでる場合がある（向い合ったニワトリが餌をついばみ始める＝転移性行動）。また全く関係のない物や他の固体に攻撃を行ったり（クロウタドリが木の葉に怒りをぶつけている＝八つ当たり「異指向性行動」）、攻撃を始めずに体を大きく見せるなど相手を威嚇するような行動（ハイエナが毛を逆立てている＝はったり「威嚇のディスプレイ」）が見られることもある。

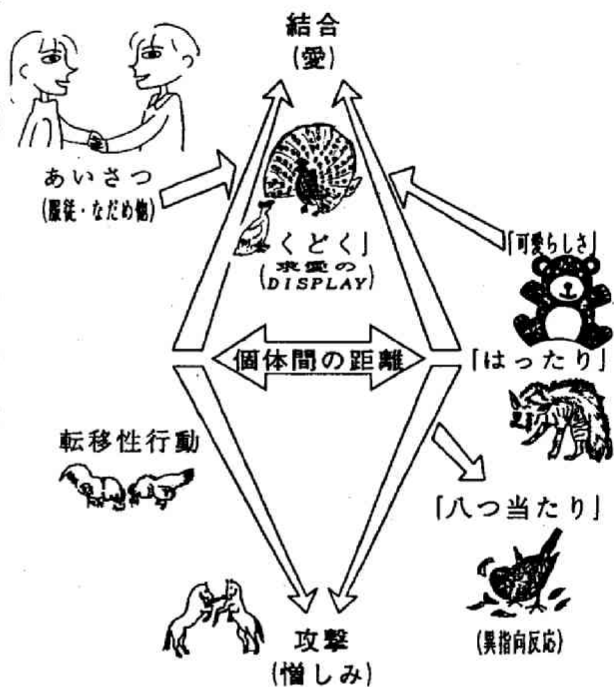


図3-5 二個体間の距離と行動の関係

一方、結合の方向に向かう身近な例としてはあいさつがあげられる。握手や女王の前でひざまづく女性のように服従の姿勢をとることで相手の攻撃衝動を和らげることができる。子供達に人気のキャラクターのように丸い頬や胴体に比べ大きい頭、丸味を帯びた体型、運動の不器用さが「可愛らしさ」を産み、相手の攻撃衝動を抑える場合もある。攻撃に対しては弱い多くの動物の子は一般的に可愛い。雄と雌が出会い、生殖により子供を残して行くためには、相手を選び、固体間の距離を縮小していかなければならない。そのための方法として、求愛のためのディスプレイを発達させている動物も多い(クジャク)。

上のような事例を参考にし、二固体間の距離という点に着目し、ヒトにおける携帯用縄張りとも言われる「パーソナルスペース」を授業の中で取り上げ、実験、観察を行ってみた。

① 視聴覚教材

授業展開を効果的に進めるために、次の3種類の教材を編集作成した。

ア. 動物の出すサイン

動物の行動の中に見られ、様々な動作で何かを伝えるものをビデオ教材とした。

(ア)ピグミーチンパンジーの枝引きずり。(イ)マントヒヒの威嚇と服従の動作。

(ウ)ニホンザルの和解の動作。(エ)ムフロンの威嚇と闘争の様子。

イ. パーソナルスペース

(ア)駅のベンチや電車での座席の取り方。(イ)第三者による接近に対する反応。

(ウ)混雑した電車に見られるヒトの行動。

ウ. 動物たちの生活単位

(ア)オランウータン(単独生活者) (イ)コアホウドリ(つがい) (ウ)アフリカゾウ(雌中心の家族群) (エ)ゴリラ(雄中心の家族群) (オ)チンパンジー、アリ(群れ)

② 探究活動・実験等

ア. ヒトのパーソナルスペースを調べる実験

ヒトのパーソナルスペースの概念についての理解を深める探究活動として、身近な材料である電車・バスの座席を模した実験を考案した。

この結果から、ヒトにも他人と一定の距離を保とうとする傾向が存在すること(自分自身がなわばりを持ち歩くこと)が生徒にも理解できるようになった。

表 3-1 パーソナルスペース実験結果

	A	B	C	D	E	F	G
実験①	96	2	3	9	4	3	67
実験②		7	6	5	7	4	141
実験③	123	5	4	4		1	41
実験④		15	25	102	20	7	

(単位:人)

イ. 目線の役割を示す実験

互いに目線を合わせることにより得られる感情を分析することにより目線の持つ役割、サインの役割の理解を深

次の図は電車の座席を想定したものです。
もし自分が座るとしたらどの位置に座りますか。
①誰も座席に座っていないとき。
(全部の座席が空いているとき。)

←進行方向

ドア ABCDEFG ドア

自分の座る座席は()

その理由は:

②Aの位置に人が座っていた場合。

←進行方向

ドア ABCDEFG ドア

自分の座る座席は()

その理由は:

③Eの位置に人が座っていた場合。

←進行方向

ドア ABCDEFG ドア

自分の座る座席は()

その理由は:

④AとGに人が座っていた場合。

←進行方向

ドア ABCDEFG ドア

自分の座る座席は()

その理由は:

図 3-6 パーソナルスペースを調べる実験例

①同性間で互いに2m離れて椅子に座る。

②一方が他方の手を5秒間じっと見る。

③見つめられた人はその感じを記録する。

例 怖い・恥ずかしい・嬉しい・楽しい・悲しい・愛しい・寂しい・心細い・その他の感情

④その感じの強さを3段階であらわす。

弱い・普通・強い 表現例 怖い(強い)

⑤見る場所を胸、眼と変えて同様に行う。

図 3-7 目線の役割を調べる実験例

める実験を考案した。

ウ. 戦いに関するゲーム

ある資源を二固体間で争い、取ろうとした時、戦うことが常に有利に働かない事を示すような実験を考案した。

なお、最初の持ち点を各100点とし、ハト戦略4名、タカ戦略3名、日和見戦略4名の計11名で実施した結果を次表に示した。

表 3-2 たたかいに関するゲーム結果

	ハト戦略	タカ戦略	日和見戦略
最高	130点	160点	160点
平均	128点	53点	145点
最低	120点	-20点	130点

- ①いま、ある資源を二人で取ろうとしている。
- ②参加者は、次の3パターンの戦略をとる。
 - ①タカ戦略：勝負がつくまで、じゃんけんを続ける。あいこがあった場合、繰り返す。
 - ②ハト戦略：じゃんけんを挑まれば逃げる。相手がハト戦略の場合、資源を分け合う。
 - ③日和見戦略：タカ戦略に対しタカ戦略を、ハト戦略に対しハト戦略をとる。日和見戦略とおしの対決は、じゃんけんに勝った方をタカ戦略、負けた方をハト戦略として対戦する。
- ③それぞれの対戦とおしの状態を次に示す。
 - ①タカ戦略対ハト戦略
じゃんけんをしない。タカ20点、ハト0点
 - ②タカ戦略対タカ戦略
勝負がつくまでじゃんけんする。
勝ち：20点、負け：0点とする。
但し、あいこ1回につき、双方が傷ついたものとするので、-20点とする。
 - ③ハト戦略対ハト戦略
じゃんけんしない。10点ずつ二人で分ける。
- ④各戦略と必ず1回対戦し、計4名まで対戦。

図 3-8 たたかいに関するゲームの例

(4) 授業展開の例

新しく開発・工夫した事項をもとにして、次に示すような、新たな授業展開を考えた。新学習指導要領では生物ⅠA「生物としての人間」の「ヒトの行動」として新たに設けられたものである。生徒にとって、動物の行動の一つである「縄張り」についての認識はあるものの、ヒトの行動の中での「縄張り」について認識のあまりなかった生徒にとっては新たな興味の対象となったようである。これまでの学習では、生物の集団の中で「縄張り」、「順位制」、「社会構造」といった動物の行動についてのものだけであったところに、「ヒトの行動」と「動物の行動」には共通点が多いということを実験・検証を通じて学習できたことは大きな驚きであったようである。

表 3-3 授業の展開

さらに、生徒の中には、ヒトの行動により興味・関心を持ち、自主的な探究活動・学習を通じ科学的な自然観を育成することが確認できた。

① 学習事項と時間配当

次のように、各単元を1時間ずつ全体として5時間を想定している。

ア. 動物の生活単位

学習事項	学 習 内 容	教 材
ヒトの出すサイン	①生徒にサインとは何かを説明し、具体例をあげさせる。 ②サインの例を用意しておく。	OHP
動物のサイン	視聴覚教材を利用し、動物の出すサインについて実例をあげ検証する。 具体例：威嚇、攻撃、服従、友好	VTR
サインが存在する理由	視聴覚教材を利用しサインの持つ意味を予想、検証する。 具体例：ウグイスのさえずり。	VTR
なわばり	サインが存在する理由を踏まえ、縄張りについて考える。また、縄張りの必要性について考える。 具体例：トラのなわばり。	OHP
パーソナルスペース	①探究活動・検証 他人に接近するとどのような現象が起きるか。	

イ. ヒトのサインとパーソナルスペース

ウ. 動物とヒトの縄張り

エ. オスとメスの存在理由

オ. つがいの形成方法, 生殖方法

② 具体的な授業展開の例

ここでは, イ.「ヒトのサインとパーソナルスペース」とウ.「動物とヒトの縄張り」についての授業展開例を示した。

ア. 前後から, 生徒に接近したときの反応を例にとり, その反応プリントの理由を考えさせる。
イ. 実験として, 他の生徒間でもプリント行なわせ, 理由を考えさせる。
ウ. 電車での座り方を考え, その VTR 傾向と理由を考える。
③ 視聴覚資料からの検証
ア. 公衆電話の使用等を例にとり検証する。
イ. 視聴覚教材を利用しパーソナルスペースがあることを認識させる。
① ヒトはパーソナルスペースというヒトとともに移動する縄張りを持つことを理解させる。
② 具体例をあげ, 動物と比較したりサイン・個体群との関係を明らかにする。
まとめ ヒトも動物も縄張りがありサインを出し個体群内の相互関係を保つ。

(5) 他の分野とのつながり

この研究は平成6年度より新たに実施される学習指導要領の生物ⅠAの項目「(2)生物としての人間 イ. ヒトの行動」の授業例として開発されたものであるが, 次のように他の単位においても教材として利用することができる。

① 生物ⅠBの項目「(3)生物と環境 ア. 生物の反応と刺激 (ア) 刺激の受容と動物の行動」

動物は形態, 臭い, 鳴き声等の様々なサインを出し, それが各器官の適刺激となり受容され, それに反応して行動が起きることを今回の視聴覚教材等を用い, より深く理解させることができる。

② 生物ⅠBの項目「(3)生物と環境 イ. 生物の集団 (ア) 生物の集団とその変動」

多くの生物は集合して生活することを学習し, その固体群の中で各固体間のコミュニケーションをとるための手段として様々なサインが存在することを学ぶ。これらを通し生物が集合して生活するメリットについてより深く学習することができる。

(6) おわりに

新しい学習指導要領にあるヒトの行動を教材化することに取り組んできたが, 範囲の非常に広い「行動」という分野を二固体間の距離を中心に分析する方法を開発した。ヒトの行動についての興味・関心は広く, これを単なる好奇心に終らせず, ヒトの行動について科学的に探究する態度を育成することの大切さを痛感した。今後もこの分野の研究を進め, よりよい教材の開発に取り組みたい。

4. 東京の段丘地形・地質の教材化

(1) はじめに

地学分野は、「東京の段丘地形・地質」を教材に用いて「科学的な自然観を育てる指導法」を開発した。この指導法の特徴は、以下の3点である。①東京の地形は（下町の低地を除けば）ほとんどが段丘面であり、私たちにっては身近な地形であるばかりでなく、段丘地形・地質について理解を深めることは、東京全体の地形・地質について理解することにつながる。②生徒一人一人が疑問を持ち主体的に探究し、疑問を解決できるように、作業を中心とした指導を展開した。③新学習指導要領の「地学ⅠA」の「身の回りの地学」や「地学ⅠB」の「地球の歴史」、さらに「地学Ⅱ」の「課題研究」の指導として用いることができる。

(2) 東京の段丘地形・地質についての生徒の認識

都内の3つの高校での東京の段丘地形や地質に関するアンケート調査を行い114名の生徒から回答を得た。その集計とアンケートを図4-1に示す。これから分かるように半数の生徒が段丘を知っており、都内に段丘面があると答えた者は6割以上と多い。しかし、実物を見た、またはその成因まで知っている生徒はとて少なく2割に満たない。また、関東ローム層を知っていると回答した生徒は全体の8割以上と最も多かったが、その下位にある段丘レキ層については9割以上の生徒が知らず、丘陵地と低地の地盤の違いを知っているものはわずか5%にも満たない。以上から、多くの生徒が自分達の生活する身近な地域についていかに無関心であるかがはっきりとした。

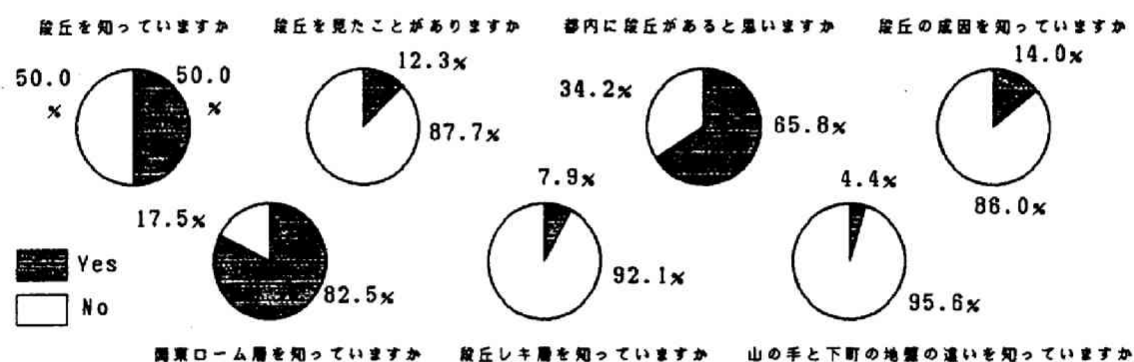


図4-1 アンケート調査

(3) 東京の段丘地形の概略

日本最大の関東平野を構成する武蔵野台地は、等高線に直交する方向の段丘崖を境とする新旧の段丘面の集合体である。これらの段丘面は多摩面、下末吉面、武蔵野面、立川面等に区分されており、古くから多くの研究がなされてきた。

これらの段丘面を多摩川沿いでみると、武蔵野面は現在の多摩川の縦断面形とよく似た勾

配を示している。しかし、立川面（青柳面、拝島面）は武蔵野面より急な勾配であり、下末吉面は武蔵野面よりゆるい勾配である。このことは、下末吉面、武蔵野面、立川面がそれぞれ異なる時期に、異なる作用のもとに形成されたことを意味しており、従って、それぞれの段丘の地下構造も異なっている。

(4) 新しく工夫した事項

ア 生徒の興味・関心を引き出すために、まず生徒が日常生活を送っている自分の学校に地下構造を、ボーリング柱状図を用いて探究する教材を工夫した。なお各学校のボーリング柱状図は、校舎建設時に作成、保存されており容易に手に入るはずである。

イ 特別な設備や高価な器材などを用いることなく、比較的簡単に手に入る資料を元に教材を作成する工夫をした。今回用いた資料は以下の通りである。①「東京都総合地盤図Ⅰ」技報堂出版 ②「東京都総合地盤図Ⅱ」東京都 ③「1:2,500東京都地形図」東京都

ウ 東京の代表的な段丘面である、「武蔵野面」と「立川面」の勾配に違いの生じた原因を、簡単な概念図を作成する作業を通して、理解できる教材を開発した（図4-2）。

(5) 授業展開の例

以下に東京の段丘地形や地質を理解させる授業展開の例を示す。

表4-1 学習指導案

時間	テーマ	内 容
導入 1	学校周辺の地下構造	学校にあるボーリング資料を用いて地下構造図を作成する 作業①
展開 4	(1)多摩川沿いの段丘面の 変化と河川の横断面図 (2)多摩川上流部の地質断面 図の作成 A (3)多摩川下流部の地質断面 図の作成 B	時間の流れを追って、多摩川沿いの段丘面の形成史を学ぶ 作業② 多摩川上流・下流の地質断面図をボーリング資料をもとに作成する 作業③④
まとめ 1	多摩川上流・下流・下町低 地の地下構造の変化	作成した断面図A・Bから、東京の段丘地形の特徴を学習し、下町との比較をする
発展	下町低地の地形と地質断面図	作業⑤

ア 導入

学校周辺の地下の地質構造……作業①

各学校にあるボーリング柱状図を用いて、自分達の学校の地下の地質断面図を生徒一人一人に書かせることにより、自分達の学校の地下の地質構造に興味を持たせ、あわせて東京全体の地質構造にも関心を持たせる。

作業①に必要な図表と留意点

- ・学校の平面図（平面図中にボーリング位置記入）と、ボーリング位置の地質柱状図。
- ・地質断面図の縮尺は水平より垂直を高倍率にして、地形の起伏をはっきりさせる。

イ 展開（その1）

多摩川沿いの段丘面の変化と、河川の横断面図……作業②

多摩川沿いの段丘面である武蔵野面と立川面の勾配は、それぞれ違っており、立川面の勾配は海水面が低下した時期にできたことから、武蔵野面の勾配より急であり、両者は多摩川の中流域で交差している。このことから、多摩川の上流部・中流部・下流部の段丘地形の形成のし方に明らかな違いがあり、その形成のし方の違いを作業②を通して気付かせる。

作業②に用いる図表

青梅から羽田までの多摩川流域の段丘面の縦断面図（ここでは、武蔵野面・立川面・現河床面の変化のみに重点を置き、あまり複雑にしない）

作業②の留意点

- ・立川面ができた時は氷河期であり、侵食基準面が低下していたことを確認する。
- ・立川面ができた時、上流部では砂礫の堆積がおき、下流部では侵食がおきていたことを確認する。

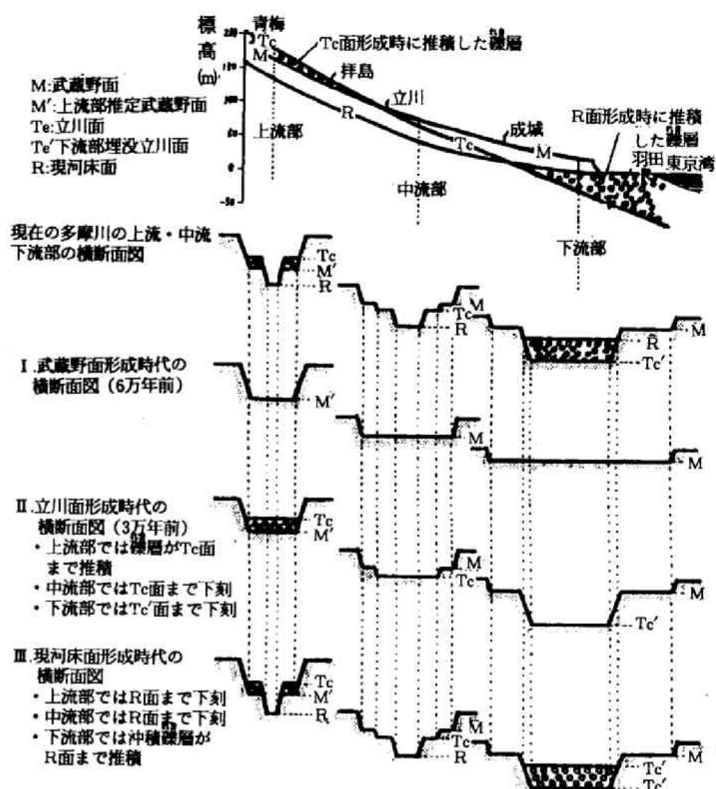


図4-2 多摩川沿いの段丘面の縦断面と横断面

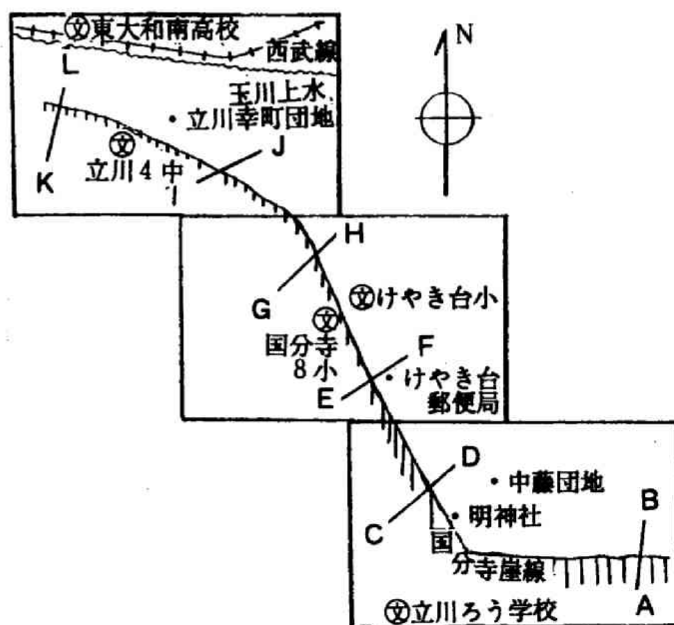


図4-3 国立から玉川上水間の地形図

ウ 展開(その2)

多摩川中流部の段丘面区分と地質断面図……作業③

国立付近から西武線玉川上水駅までの段丘面区分と、地質断面図を書くことにより、この付近で武蔵野面と立川面が交差し、立川面が武蔵野面を被覆してしまうことに気付かせる。つまり、立川面の勾配が武蔵野面の勾配より急であるため、国立から北に向かって段丘崖の比高が小さくなり、やがて武蔵野面が立川面に被覆されてしまうことを理解させる。

作業③に必要な図表

- ・市販の1/2500の地図を1/3000に縮小した地図(国分寺崖線に沿った地図を何枚か貼り合わせる)
- ・地図の中に切断線を何本か入れておく。また切断線にボーリング位置を記入しておく。

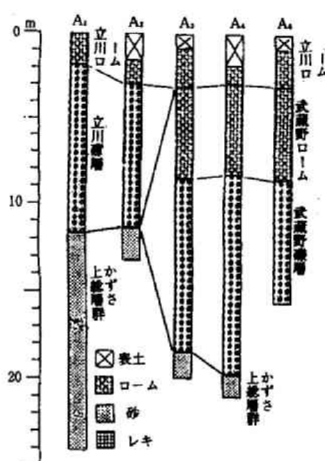


図 4-4 地質柱状図

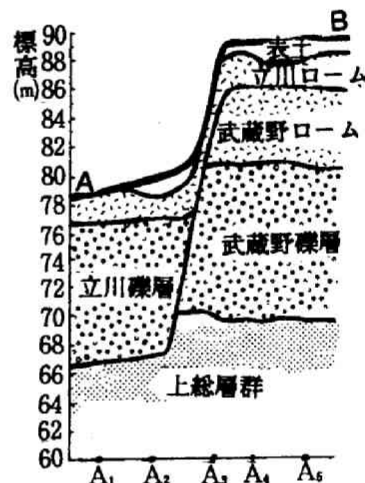


図 4-5 地質断面図

- ・ボーリング位置の地質柱状図は、図 4-4の

ようにあらかじめプリントにまとめておく。

作業③の留意点

- ・地図に、武蔵野面・立川面・段丘崖を色分けすることにより段丘面の区分を理解させる。
- ・段丘崖の比高が、国立から北へ行くほど小さくなる(図 4-6)ことを理解させる。
- ・地質断面図(図 4-5)を書くことにより、各段丘面ごとに地質構造が違ってくることを理解させる。

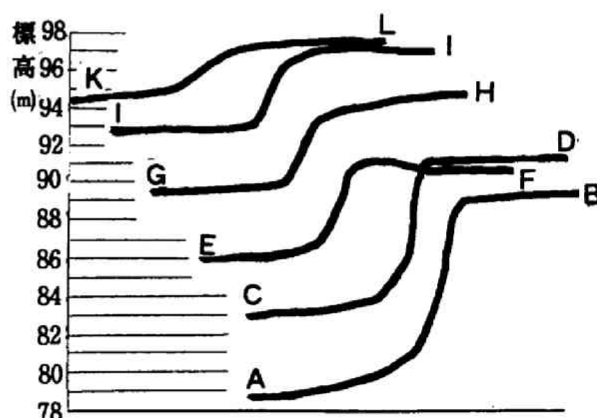


図 4-6 武蔵野面と立川面の比高の違い

エ 展開（その3）

多摩川下流部の段丘面区分と地質断面図……作業④

多摩川下流部の東急線鶴の木駅付近の段丘面区分と地質断面図を書くことにより，立川面は多摩川下流部で沖積面に被覆され，現河床面の下に埋没してしまうことを理解させる。

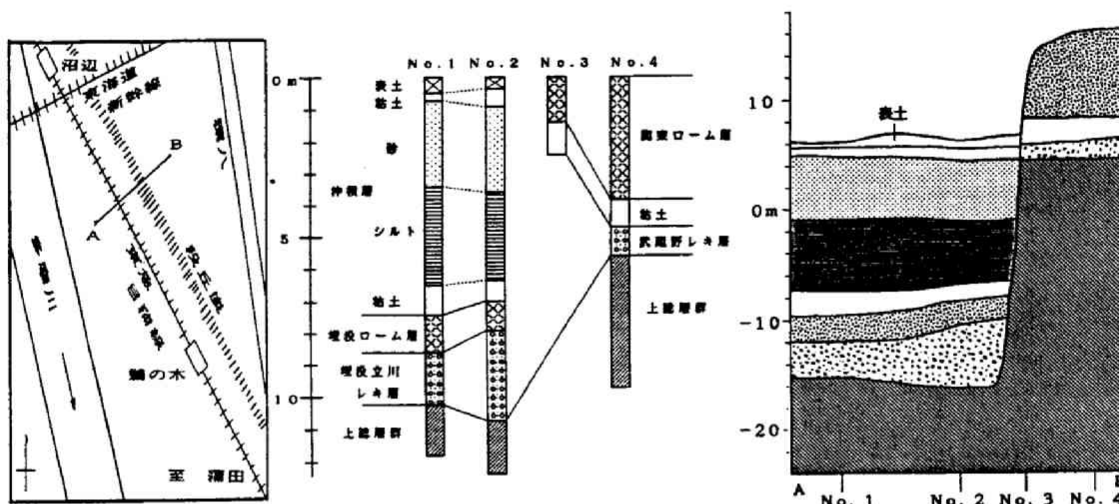


図 4-7 鶴の木駅付近

図 4-8 地質柱状図

図 4-9 地質断面図

オ 発展

下町低地の段丘面区分と地質断面図……作業⑤

北区王子付近の段丘面区分と地質断面図を書くことにより，下町低地をつくっている有楽町層の存在と，立川面が沖積面に被覆され立川面が有楽町層の下位に埋没していることを理解させる。

(6) おわりに

今回の研究で行った断面図を書くなどの作業を通して，多摩川の中流部と下流部と下町低地では，武蔵野面・立川面・沖積面の形成のし方が違っており，その違いは氷期と間氷期における多摩川の河床面の高度変化に基づいていることが理解できた。

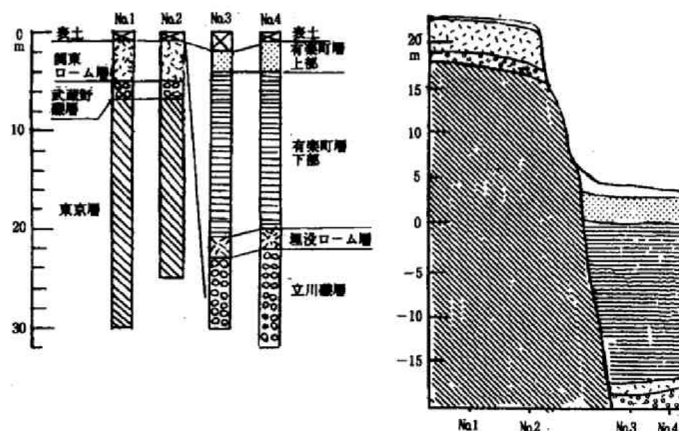


図 4-10 地質柱状図

図 4-11 地質断面図