高等学校

平　成　6　年　度

教育研究員研究報告書

理　　科

東京都教育委員会

平成６年度

教育研究員名簿（理科）

分野	学校名	氏名
物理	都立赤坂高等学校	中川　浩
	都立北高等学校	西島宏和
	都立南多摩高等学校	楠元孝明
化学	都立新宿山吹高等学校	千葉吉裕
	都立昭和高等学校	前野貴美子
	都立神代高等学校	下田光一
生物	都立田柄高等学校	大沢啓子
	都立篠崎高等学校	萩原紀久美
	都立八王子北高等学校	川幡　理
	都立瑞穂農芸高等学校	榎　茂喜
地学	都立淵江高等学校	那賀俊明
	都立富士森高等学校	宮崎高一
	都立山崎高等学校	田村糸子

担当　教育庁指導部高等学校教育指導課　指導主事　五十嵐　靖則

興味・関心を喚起し，身近な自然の事物・現象から，意欲的に追究する過程を通して，

科学的な思考力を育てる理科の指導

目　　次

Ⅰ　主題設定の理由 …… 2

Ⅱ　興味・関心の喚起，科学的な思考力と理科の指導 …… 3

Ⅲ　研究を進める上での留意点 …… 4

Ⅳ　研究内容 …… 5

1　興味・関心を喚起し物理好きな生徒を育てる実験の工夫 …… 5

2　「燃焼と爆発」の授業展開の工夫 …… 10

3　種子の発芽を通した「生物と環境に関する探究活動」の指導例 …… 15

4　身近な風景の生い立ちを考える授業の展開 …… 20

興味・関心を喚起し，身近な自然の事物・現象から，意欲的に追究する過程を通して，科学的な思考力を育てる理科の指導

Ⅰ　課題設定の理由

平成６年度より，新しい学習指導要領が施行された。理科の目標として，「自然に対する関心を高め，観察，実験を行い，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，理解を深め，科学的な自然観を育成する。」ことが掲げられている。

平成５年度教育研究員報告では，従来の理科教育の指導方法を反省し，その上に立って，理科離れについて考察し，興味・関心を引き出すことを中心として，科学的な自然観を育てることを目標としていた。

これら先行研究では，興味・関心とは何か，生徒自らが興味・関心を持つようにするにはどうしたらよいのか，という点にふれたものは多くない。科学的な思考力を育てるには，理科としてどのように捉え，学習指導を進めればよいのだろうか。

本研究では，まず，アンケート調査を通して，理科離れといわれている現象について考察を行った。その結果，観察，実験を通して自然にふれることには意欲を示すものの，追究していく過程で操作・作業が長くなったり，目的が理解できていないなどの理由から，理科の学習に興味を失うことがわかった。また，興味・関心とは何かについて議論を重ね，生徒が本来持っている自然の事物・現象に対する興味・関心を引き出す教材の工夫を考えた。

さらに生徒が自ら問題を発見し，進んで解決していこうとする姿勢を持てるような状況や場面を作り出すことも重要であると考えた。

例えば，身近な物質，身近に起こる現象，身近すぎてあたりまえの事とれさている現象，身近な風景等を教材として取り上げ，また本質的でない過程についてはパソコンの導入を行うなどの工夫があげられる。

同様に，科学的な思考力とは，観察や実験から得られた事実に基づいて段階を踏んで考える，段階毎にチェック・判断等の確認をしながら考えていく力であると認識し，生徒に授業を通して，いかにその力を育てていけばよいのかということについて研究を行った。

以上述べたように，理科教育に求められている指導について研究を行うに当たり，我々はその主題を「興味・関心を喚起し，身近な自然の事物・現象から，意欲的に追究する過程を通して，科学的な思考力を育てる理科の指導」と設定した。

Ⅱ　興味・関心の喚起，科学的な思考力と理科の指導

理科教育においては，自然の事物・現象について，観察，実験を通して科学的な思考力を育てることが大きな特徴である。しかし，自然の姿は複雑であり難解であることが少なくない。そして，考える前から消極的な姿勢になってしまう生徒も多い。そこで，まず興味・関心を持たせられなければ，その後の過程をたどらせることができない。研究を進めるに当たり「興味・関心を喚起する」ためにはどうしたらよいか，また，「科学的な思考力」とは何か，それを育てるためにはどうしたらよいのか，ということについて議論した。

理科の学習において，「興味・関心を喚起する」とは何か。

①おもしろそうだ，　②やってみよう，　③もっと知りたい，

という３つの段階があると考えた。「おもしろそうだ」とは，教材に対する受動的な単純な興味・関心である。「やってみよう」とは，教材に働きかける能動的な意欲的な態度である。「もっと知りたい」とは，発展的な自発的な態度であると捉えた。

アンケート調査によれば，生徒は理科が好きな理由として，観察や実験があることをあげており，①おもしろそうだ　の段階では前向きな姿勢がみられる。しかしながら，②やってみよう　に進む段階で躊躇する生徒がいる。

このことについて，まず，「興味・関心を引く」導入の段階で，指導に当たり，生徒の先行経験を十分に把握，理解せずに行っているのではないか，そのために，関心を持たせられずにいるのではないか，ということが考えられた。指導計画を立てる際に，中学校理科および他教科との関連を十分に考慮する必要がある。教材の選択に当たっては生徒のレディネスを配慮し，生徒にとって身近な現象，生徒の五感に訴えるような現象，かつ意外性があり印象に残る現象を取り上げるならば，興味・関心を引きやすい。

次の「やってみよう」の段階を，「意欲的に追究する」ことと位置づけた。そこにつなげていくためには，教材の提示の仕方，授業の展開，実験およびデータ処理の方法等の工夫が必要である。また，その際の，指導面での配慮として，ただ観察や実験を行わせるだけでは不十分であり，結果を予想させたり，生徒同士で討論させることも必要である。また，結果について考察させる際にも，新たな問題意識を持たせたり，達成感を持たせるような指導を行うことによって，さらに次の段階に進むことが出来よう。「もっと知りたい」の段階では，生徒一人一人の能力・適性を重視し，生徒の個性を生かした指導をする。

「科学的な思考力を育てる」とは，理科の学習では「観察や実験から得られた事実に基づいて，合理的・客観的に推論をする力を育てる」ことと考えた。この論理的な思考，特に「もっと知りたい」に発展させるよう，知的な満足感や達成感を持たせる等の指導の工夫が必要である。

これら一連の流れを十分に考慮した教材を工夫することによって，「興味・関心を喚起する」ことが出来ると考え，理科の指導を研究することにした。

以上のことを踏まえて，本研究では，物理・化学・生物・地学の各分野で興味・関心を喚起させるような教材を取り上げ，生徒が意欲的に追究し，科学的な思考力を育てられるような指導計画を作成した。

物理では，運動の第２法則を取り上げ，データ処理にパソコンを用い，煩雑な計算に要する時間を短縮し，結果を検討する時間を充実させるよう指導計画を工夫した。

化学では，生活に密着した現象として「燃焼と爆発」を取り上げ，エタノールや都市ガスという身近な物質を用いて生徒の興味・関心を高め，科学的な思考力を育成する授業展開を工夫した。

生物では，種子の発芽を取り上げた。誰でも経験している種蒔きという身近な行為ではあるが，光の有無や波長など，高校生物の知識を動員して考えさせるテーマである。今回は，ゴボウの種子をフロッピーディスクケースの寒天培地に蒔くという実験を開発した。

地学では，ふだん見なれた風景を取り上げることにより生徒の興味・関心を喚起し，野外観察を通して確認しながら，郷土の生い立ちを考えていくという授業の展開を試みた。いろいろな風景について，さまざまな方法によるアプローチを工夫した。

Ⅲ　研究を進める上での留意点

上記の点を踏まえ，研究を進めるに当たっては，以下の点に留意した。

１．身近な自然の事物・現象を教材として取り上げる。

生徒の先行経験を十分考え，特に，中学校理科との関連を配慮したものとする。また，生徒が継続的に意欲を持てる内容とするためには，問題解決のできる内容であり，発展・応用の出来るものにする。身近な事物・現象の中に，意外性のあるものなどを扱うことによって，印象に残るものが望ましい。

２．提示の仕方，指導の方法を工夫したものとする。

教材があまりに新奇・複雑であると，生徒は，困惑にぶつかることになる。また，好奇心を通りこして，恐れが生じることになるであろう。生徒のレディネスを十分配慮した提示の仕方を工夫する。

また，生徒に予想を立てさせる，討論をさせる，などの工夫によって，観察，実験をするだけで終ることの無いように心がける。

３．生徒が自ら進んで学習に取り組めるように配慮する。

科学的な思考力を育てるという点から，段階ごとに自分で確認でき，次の段階に自ら進んで取り組んで行けるような展開を工夫する。

知的な満足感や達成感を持たせる指導の工夫をする。

Ⅳ　研究内容

1．興味・関心を喚起し物理好きな生徒を育てる実験の工夫

(1)　はじめに

昨今，「子どもたちの理科離れ」が問題となっている。特に「物理嫌い」が進んでいるといわれている。その実状を知るために研究員の協力を得て，各都立高校で，理科の教育課程及び生徒と理科担当教員へのアンケート調査を実施した。その結果を分析し，「理科嫌い」や「物理嫌い」の要因について検討を加え，理科や物理に対して生徒が興味や関心を引くようにする方法を研究した。

アンケート調査の結果によると，今年度から実施された新教育課程において，多くの高校では物理は必修科目ではなく，選択科目になっており，今年度の２，３年生においても物理の選択者数はかなり少ないことがわかった。また，図１－１，図１－２のように物理は理科の中で最も嫌われていて，その理由として「計算がある」「公式が嫌い」「難しい」があげられている。

本研究では，生徒実験において物理の煩雑な計算をパソコンで処理することによって，生徒の興味・関心が物理の内容そのものに向かうよう工夫した。「力と運動」の学習場面で，記録テープから加速度を求める作業を，パソコンに行わせて，生徒の負担を軽減させ，生徒の反応を観察することにした。

(2)　アンケート調査の結果

アンケート調査は，教育課程の調査，生徒対象のアンケート調査，理科担当教員対象のアンケート調査の３種類から成り，今年度研究員所属の都立高校で実施した。紙数の都合上，ここでは生徒対象アンケート調査の結果の一部のみを示す。

高校で理科を学習してきた２，３年生を中心にアンケート調査を実施し，975名から回答を得た。図１－１は，理科の科目の好感度を５段階（大嫌い・嫌いな方・ふつう・好きな方・大好き）に分けて質問した結果である。理科全般については，「大嫌い」と「嫌いな方」を合わせて35％程度であるが，この数字から「理科嫌い」が進んでいるかどうかは，過去のデータがないので何ともいえない。また，嫌いな理由としては，「計算が苦手」「興味がない」「難しい」といったものが多く，特に「計算」に関しては物理・化学での計算や公式がその要因と考えられる。一方で，理科が好きな理由として「実験が楽しい」が最も多くあげられている。

理科４科目での相対的な好感度の調査結果は，図１－２のように物理が最も嫌いと答えた生徒が最も多く（38.7％），物理が最も好きであると答えたのはかなり少数（9.6％）であった。

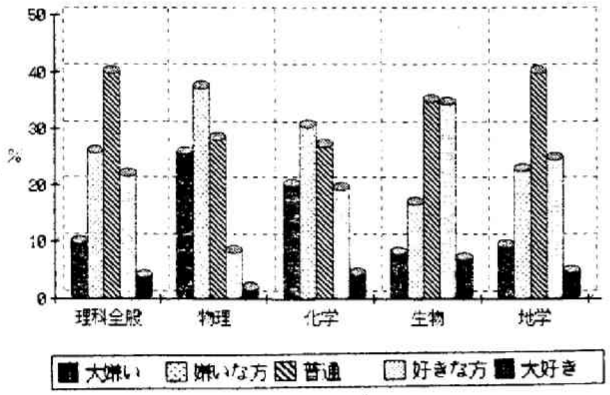


図１－１　科目ごとの好き嫌いの割合

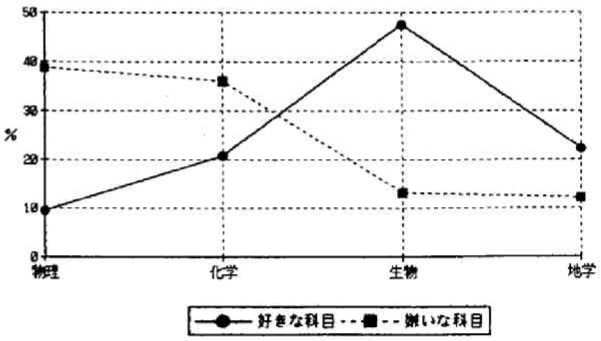


図１－２　理科の科目の好感度

更に，物理に対する好感度は，図１－１によると「大嫌い」と「嫌いな方」を合わせると60％を超えている。このように物理が嫌われる理由としては，「計算が嫌い」「わからない」「難しい」などがあげられており，「理科嫌い」の理由とほぼ一致していた。

また，実験の内容についての質問に対して，興味のあった実験として「よい結果が得られるもの」「五感に訴えるもの」「初めてのもの」があげられており，逆につまらなかった実験として「よい結果が得られないもの」「データの処理が面倒なもの」などがあげられていた。

このように生徒は実験については興味・関心があるが，面倒な計算や考えることには消極的であることがわかった。授業の中では，おもしろい実験だけを行うわけにはいかない。特に，物理実験ではデータを処理するのにかなりの計算や作業をしなければならないものもある。そこで，データの処理の際にパソコンを用いて，処理の簡素化を試みることにした。ここでは，特に生徒の興味が低い「力と運動」の分野の実験について研究をすることにした。

(3) 授業の展開

ア　単元について

前単元「運動の記述」で，運動を記述する要素が位置，時刻，速度，加速度であること，及びこれらの関係について学習した。本単元「力と運動」では，運動の３法則を中心に学習する。あわせて，自然界のいろいろな力についても３時間をかけて簡単に学習することにした。

イ　指導計画（全15時間）

身近な現象についての探究の過程にパソコンによるデータ処理を取り入れる等工夫をし，興味・関心を喚起し学習意欲を持続できるように，表１－１のような15時間の学習計画を立てた。

表１－１　「力と運動」指導計画

学　習　事　項	時間	留　意　点　等
①　力　力の三要素　力の表し方	1	力の定義，大きさ，方向，作用点，成分表示では作用点が表示できないことに注意する。
②　いろいろな力 重力　万有引力　張力　弾性力　浮力 クーロン力　ローレンツ力	3	身近な自然の現象や機器に関係する力，重力と万有引力の関係とクーロン力の大きさ，極地方でオーロラが見えるわけ，バネ秤，コピーの原理などについてもふれる。
③　力の合成・分解　力のつり合い 作用反作用（実験）	1	ニュートン秤を使って力を体感させる。ベクトル，成分で作図して確かめさせる。
④　慣性の法則　実態調査	1	慣性，運動の法則について事前調査をする。
⑤　ドライラボ　導入	1	パソコンで運動の法則のシミュレーションを行い，操作に慣れるようにする。
⑥　重力加速度を求める　（実験） パソコン活用の練習，実態調査	1	パソコンでの記録テープの自動測定がマウスできるように練習させる。
⑦　力，質量，加速度（実験）	1	２kgの力学台車に１N，２N，３N，４Nの力を加えて，記録テープを取る。加える力を２Nにして力学台車を１kg，３kg，４kgと変えて，記録テープを取り，５打点ごとに区切り番号をつけさせる。

⑧ 運動の第2法則 記録テープのデータ処理をパソコンで行い，運動の第2法則を導く	2	区間の長さをマウスで入力して加速度を求める。力と質量と加速度の表を作り，力と加速度，質量と加速度のグラフを書き，成り立つ関係を求めて1つの関係式にまとめるようにする。
⑨ 運動方程式	1	運動方程式の立て方，解き方の手順を理解させる。
⑩ 運動の第2法則の検証（実験）	1	斜面での力学台車の運動で検証させる。
⑪ 摩擦力	1	最大静止摩擦力，動摩擦力とその大小，摩擦係数，抗力などについてもふれる。
⑫ 摩擦係数を求める（実験）	1	摩擦角から静止摩擦係数μを求め，斜面を滑り落ちる物体の加速度からの動摩擦係数μ'を求めるようにする。
次時　実態調査		慣性、運動の法則、パソコン利用の調査

(4) 実験の授業展開

ア 重力加速度を求める実験

この実験は1学期に一度行い，v－tグラフを作り直線を定規で引いて，手作業で重力加速度を求めている。今回は，後の実験のためにパソコンで記録テープの自動測定をすることに習熟することを目的として実施した。生徒をパソコン利用に親しませ，生徒に興味・関心を喚起し，持続的に学習しようとする意欲を引き出すこともできた。この際，生徒のパソコン活用の経験や手作業との比較，今後の利用についての調査を行った。

イ 運動の第2法則を導く

力学台車にゴムひもで加える力と力学台車の質量を変えて行った実験の記録テープの処理をパソコンで行い，生じる加速度を求める。データの数が多いために従来手作業では加速度を求めることに多大な時間を費やすので，生徒が興味・関心を失い学習意欲をなくしやすかった。パソコンを活用して能率良くデータ処理をすることによって，力と質量と生じる加速度の関係を考察し，運動の第2法則を導く本質的な学習活動に十分な時間を取ることができた。また授業中にレポートを書き上げる生徒も見うけられるようになった。

ウ 運動の第2法則の検証実験

斜面上に力学台車を置き，力学台車に働く斜面方向の力をニュートン秤で測定し，力学台車に生じる加速度の理論値と，力学台車を転がした時の記録テープのデータ処理から求めた加速度の実験値の比較から運動の第2法則の検証を行った。パソコンを活用することによって，1時間の授業の中で実験からレポートにまとめる作業まで行うことができた。

エ 摩擦係数を求める実験

木と鉄と表面の状態を変えた斜面を使って摩擦角から静止摩擦係数を求める。動摩擦係数は，鉄のおもりを斜面上に置いて滑り落ちる時の記録テープを取り，パソコンでデータ処理して加速度を計算して，運動方程式から求めた。

(5) 授業の評価

パソコンを使った「運動の第2法則」の学習の事前および事後テストの結果は表1－2のようになった。この結果から，パソコンを活用しなかった従来の授業よりも生徒の興味・関心は高まったように思える。また，表1－3からもわかるように，パソコンを活用することによって生徒は物理の授業に積極的に取り組むようなった。

表１－２　「運動の法則」の事前・事後テストの結果

質　問　事　項	正解率［%］	
	事前	事後
コップの上にハガキを置き，その上のコップの中心にコインを置く。ハガキを急に横に引くとどうなると思いますか。	50	89
２人乗りのボートで１人が休憩しているときと２人が一緒に漕ぐときとを比べるとどうですか。	32	89

表１－３　パソコンに関するアンケート調査の結果

パソコンをはじめて使ったのはいつですか。 中学校で使った　11%　　高校で使った　45%　　使ったことがない　44%
パソコンで記録テープを間違わないで自動測定できましたか。 １回目でできた　56%　　２回目でできた　22%　　３回目でできた　11% まだできない　11%
パソコンでデータ処理をした方が手作業でやるより簡単ですか。 簡単である　68%　　同じくらい　21%　　難しい　11%
今後もパソコンを使いたいですか。 使いたい　94%　　使いたくない　6%

図１－３　パソコンを使って記録テープを測定している授業風景

(6)　実験装置について

授業で使用した記録テープの自動測定装置について説明する。この装置は，マウスの動きから記録テープ上の打点間隔を測定し，パソコンで加速度を自動的に計算するものである。パソコン（ＰＣ－9801系）とマウスだけがあればよく，大変経済的である。

マウスが実際に動いた移動距離とディスプレイの画面上を動くマウスカーソルの移動距離の間には，一定の関係がある。マウスが実際に動いた距離はミッキーという単位で表される。１ミッキーの長さは，使用するマウスの性能に依存する。ＮＥＣのマウスは100カウント・マウスと呼ばれ，高解像度画面の場合，１ミッキーが約100分の１インチ（0.25㎜）に対応

している。一般にnカウント・マウスの1ミッキーは

$$1\text{ミッキー} = \frac{1}{n}\text{インチ} = \frac{25}{n}\ [\text{mm}] \qquad ①$$

に対応している。画面上でマウスカーソルを8ドット移動させるために，実際のマウスを何ミッキー動かすかを表す比をミッキー／ドット比と言い，ソフトウェア上で設定できる。MS－DOSの初期値は，8ミッキー／8ドットで，このとき画面上のmドットは

$$m\text{ドット} = m\text{ミッキー} = \frac{25}{n} \times m\ [\text{mm}] \qquad ②$$

に対応している。

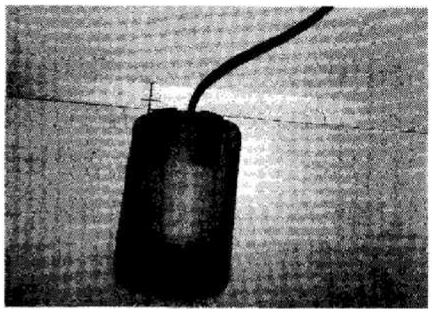


図1－4　測定用のマウス

実際にマウスで長さを測定するには，マウスの机上での位置を示す目印が必要である。我々は図1－4のような＋字の印を描いた透明なプラスチック板をつけたマウスを製作した。机上の2点A，B間の距離を測定する場合，まず，マウスの目印をA点に合わせてマウスを左クリックして，そのときのマウスカーソルの位置Pの座標（X_0，Y_0）を取得する。次に，マウスを持ち上げたり，スリップさせないように移動させて，マウスの目印をB点に合わせて左クリックして，そのときの画面上のマウスカーソルの位置Qの座標（X，Y）を取得する。画面上の2点P，Qの距離は三平方の定理より

$$\overline{PQ}\text{ドット} = \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2} \qquad ③$$

となる。したがって，実際の2点A，Bの距離は式③を式②に代入して次式を得る。

$$\overline{AB}\ [\text{mm}] = \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2} \times \frac{25}{n} \qquad ④$$

100カウント・マウスの場合，理論上の分解能は0.25mmであるが，実際にはマウスのスリップなどの理由から，その分解能はおよそ0.5mm程度と考えられる。

このプログラムでは，N打点ごとの距離を次々とマウスで測定し，その打点間隔からその打点間の平均の速さを自動的に計算し，それらのデータから最小二乗法によって，v－tグラフの直線の式を得て，加速度を求めている。

(7) おわりに

どちらかといえば論理的な思考を苦手とする生徒が多い。我々は，物理を通して，生徒が論理的な思考に興味を持てるようにするために，この研究を始めた。

アンケート調査の結果によると，生徒は煩雑な計算が嫌いなために，物理に興味がもてないでいるようである。そこで我々は，物理実験につきものの煩雑な計算をパソコンに行わせて，できるだけ生徒の関心を物理そのものに向けさせようと試みた。事前および事後テストの結果によると，生徒の興味・関心を喚起することに多少なりとも成功したようである。

我々の試みは，学校に普及しつつあるパソコンのセットだけを使った，大変に経済的な試みである。パソコンのユニークな活用例として，先生方の参考になれば幸いである。

今後は，物理好きな生徒を育てる研究を一層進め，教材の開発や指導法の研究に取り組んで行きたい。

2.「燃焼と爆発」の授業展開の工夫

(1) はじめに

生徒実験や演示実験，装置，材料，映像など生徒をひきつける教材がたくさんあるにもかかわらず生徒の理科嫌いが減少したという話は聞かれない。それどころか，理科離れが進んでいるとさえ言われている。このことは教材のみによって生徒の興味・関心を喚起することのむずかしさを物語っている。教材をおもしろいと思っても，与えられた教材以外へ学習が広がらないことが多く，意欲的な学習活動を誘導する工夫が必要とされる。そこで，化学分野においては従来の研究に多く見られた興味・関心を喚起する事象・実験を開発することにとどまらず，事象・実験の提示の仕方や，生徒による実験計画，グループ討議，全体発表，評価などを工夫することによって，「もっと知りたい」という興味・関心へ生徒を導く指導法を研究した。

「燃焼と爆発」は身近な現象であるが，その原理については十分理解していないことが生徒のアンケート調査の結果からわかった。「燃焼と爆発」は日常生活で大いに利用されており，燃料の安全な使い方について考えさせることは実益面でも優れていることから，生徒の発展的な学習を促す教材として適したものと思われる。そこで，化学ＩＡの「(1)自然界の物質とその変化　イ　空気」の中の「燃焼と爆発」の探究的な活動として研究を進めることにした。

(2) 生徒の実態

生徒は，成長の過程における経験を通して，多くの学習をしており，日常生活の場面でも非常にたくさんの科学的な概念や事象を学習してきている。教育効果を高めるためには生徒の中で概念がどのように構成されているか，知る必要がある。そこで，本研究では「爆発と燃焼」の学習に先立ち，自由連想法により「爆発」についての概念を引き出し，指導目標及び，指導方法を立てるのに参考にした。

生徒から引き出した概念を地図化したのが図２－１である。この図より，生徒は，雑誌やテレビ，映画などの情報を媒体に視覚的なイメージを中心に概念を構成していることがわかる。そのイメージの中には作りごとの現像もあり，テレビや映画の映像技術が高まったことによるフィクションが生徒の中に科学概念として取り込まれていることも考えられる。

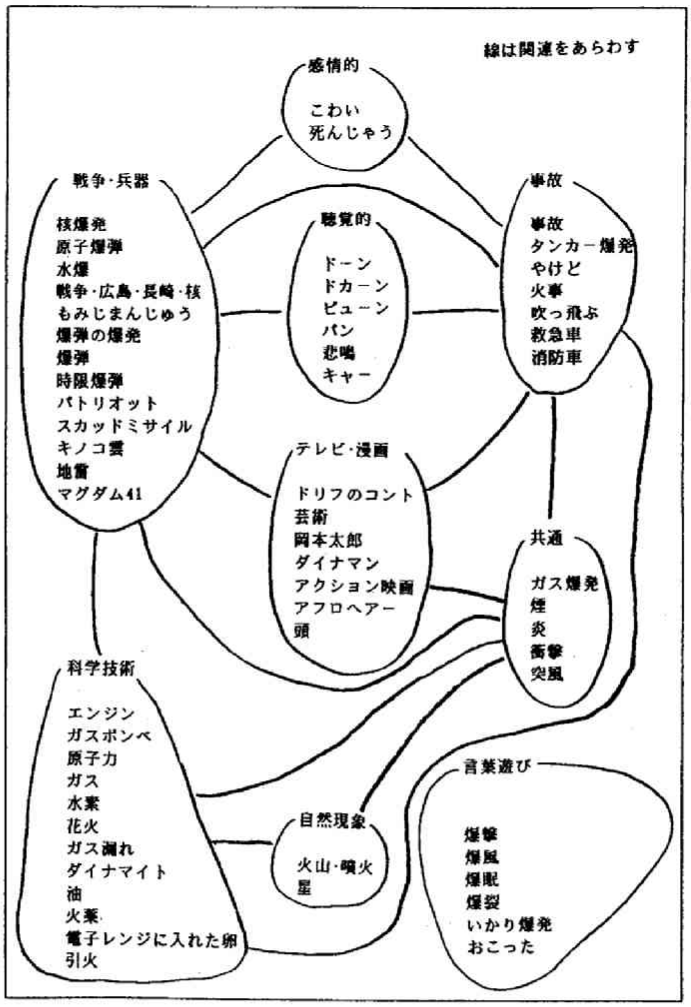


図２－１　爆発に対するイメージ

また，「爆発によって起こる現象」について，多くのイメージが浮かぶ一方，「爆発が起こる原因」，「力を生じる原因」などの科学的な原理に関連する項目や「安全対策」に関する項目が非常に少なく，「爆発」が印象深い現象である反面，現象理解がなされていないことが伺える。生徒にとって「爆発」は身近な現象である。このことを好奇心の糸口として，その現象を科学的に分析解明させる学習活動を誘発できるものと考えた。単に「楽しい」「おもしろい」と感じさせる現象の提示にとどまることなく，「より詳しく深く知りたい」という興味の段階へ生徒を導くことができるものと期待した。

科学技術の発展した現代にあって，生徒は多くの科学に関する情報を否応なしに与えられている。このような情報が氾濫する時代にあって，自らの力によってその正誤を判断し，新しい事実や法則性を見い出す意欲や態度を育てることは理科教育の使命の一つと思われる。

(3) 授業展開と工夫点

学習の目的を理解し，「やってみよう」という気持ちを引き起こすために，エタノールや都市ガスという身近な物質を用い，「燃焼や爆発」という生活に密着した現象を取り上げた。授業では，与えられた課題を解決するために生徒が実験計画を立て実験を行い，その結果をグループで討議し，グループごとの発表によりまとめた。仮説を設定し，仮説を立証するための実験を考え，実験結果を総合的，分析的に解釈して新しい事象や法則性を見つけるという課題解決の体験を通して得られる達成感や成就感によって，意欲的な学習活動を誘発し，科学的な見方・考え方を育てる授業展開を工夫した。なお，自分自身の学習態度を客観的に見つめ，次の学習に意欲的に取り組むように，それぞれの実験を行った後で，実験に臨んだ意識や姿勢，理解度などを4段階評価の自己評価表を記入させるようにした。

実験1「爆発するアルコール」は，空かんの中に入れたエタノールを爆発させ紙コップを飛ばす実験である。紙コップを勢いよく飛ばすにはどうすればよいかという課題を与え，グループごとに実験計画を立て，爆発する条件を調べた。実験計画を立てる上で，次の点に留意して指導した。

ア　一部の生徒の考えで計画することがないように，グループで活発な意見交換ができるように，机間巡視をしながら助言した。

イ　一つの条件を調べるときには他の条件は同一にして実験を行い，また，なるべく定量的な実験になるように指導した。

ウ　紙コップを勢いよく飛ばす実験を演示して到達目標を示すことにより，生徒の活動意欲を高めた。

エ　爆発の条件とは直接関係ないような実験でも，危険でない限りはそのまま実験を進め，自らの考えで課題を解決できたときの充実感を体験できるように配慮した。

実験1から，爆発の激しさは気体の濃度に関係することがわかる。そこで，実験2「都市ガスの爆発」では，気体の濃度によって燃焼と爆発の違いが生じることを調べ，爆発範囲の存在を確認するのが目的である。グループごとに実験計画書を作成し，実験日までに提出させた。その際，次の点に留意して指導した。

オ　実験計画書を読めば誰でも実験できるような具体的な計画書ができるまで書き直す指導をした。

カ　実験の安全性が十分に確保されるように操作上の注意を徹底した。

授業の最後に，爆発事故のビデオを見て事故を防ぐにはどうすればよいかを考え，化学の知識が日常生活に生かされていることを認識させた。

(4) 実験の概要

実験１　「爆発するアルコール」

〔目　的〕アルコールは，燃焼するだけでなく爆発することがあります。激しく爆発するための条件を，実験計画を立てて調べてみよう。

〔準　備〕(1) 器　具　駒込ピペット（１㎖）ガスマッチ　空かん　紙コップ

(2) 薬　品　エタノール（C_2H_5OH）

〔実験計画〕空かんの作り方……上ぶたをかん切りで切取り，本体の下部に直径５～６㎜の穴を開けて，点火口にします。穴が大きすぎると紙コップは飛びません。

紙コップの飛ばし方…空かんにエタノールを入れて，紙コップでふたをします。かんを机の上に置き，ガスマッチで点火口から点火すると紙コップはロケットのように飛びます。

（具体的な実験手順は生徒が考え記入する）

実験２　「都市ガスの爆発」

〔目　的〕気体は濃度によって，燃焼したり爆発したりします。都市ガスが酸素中で爆発する濃度を，実験計画を立てて調べてみましょう。

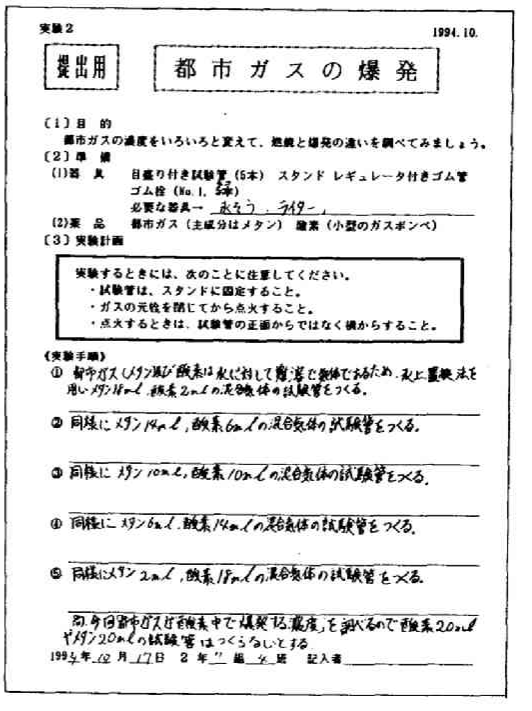
〔準　備〕

(1) 器　具　目盛り付き試験管（５本）スタンド　レギュレータ付きゴム管　ゴム栓（№１，５本）

必要な器具→＿＿＿＿＿＿＿＿

(2) 薬　品　都市ガス（主成分はメタン）酸素（小型のガスボンベ）

〔実験計画〕都市ガスの濃度をいろいろと変えて，燃焼と爆発の違いを調べてみましょう。実験計画を立ててから実験をし，結果はわかりやすいように表にまとめてください。(図２－２に実験計画書を示した)


実験２　1994.10.

提出用　都市ガスの爆発

〔1〕目　的

都市ガスの濃度をいろいろと変えて，燃焼と爆発の違いを調べてみましょう。

〔2〕準　備

(1)器　具　目盛り付き試験管（5本）　スタンド　レギュレータ付きゴム管　ゴム栓（No.1，5本）

必要な器具→ 点火ライター

(2)薬　品　都市ガス（主成分はメタン）　酸素（小型のガスボンベ）

〔3〕実験計画

実験するときには、次のことに注意してください。
・試験管は、スタンドに固定すること。
・ガスの元栓を閉じてから点火すること。
・点火するときは、試験管の正面からではなく横からすること。

〔実験手順〕

① 都市ガス（メタン）及び酸素は水に対して難溶で気体であるため，水上置換法を用いメタン14mℓ，酸素2mℓの混合気体の試験管をつくる。

② 同様にメタン14mℓ，酸素6mℓの混合気体の試験管をつくる。

③ 同様にメタン10mℓ，酸素10mℓの混合気体の試験管をつくる。

④ 同様にメタン6mℓ，酸素14mℓの混合気体の試験管をつくる。

⑤ 同様にメタン2mℓ，酸素18mℓの混合気体の試験管をつくる。

※今回都市ガスは酸素中で爆発する濃度を調べるので酸素20mℓやメタン20mℓの試験管はつくらないとする

1994年12月17日　2年1組4班　記入者＿＿＿＿

図２－２　実験計画書（実験２）

図２－３　生徒の実験風景（実験１）

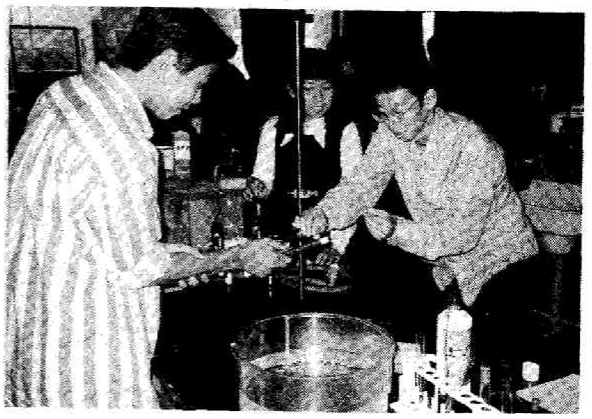


図２－４　生徒の実験風景（実験２）

(5) 指導結果と今後の課題

我々が提唱する3段階の興味・関心「教材に対する単純な興味・関心」「教材へ働きかける興味・関心」「教材以外の発展的な知的興味・関心」のどの段階まで生徒を喚起することができたかを調べるためにアンケート調査を行った。その結果が図2－5である。教材に対し，「おもしろかった」というポジティブな回答が約85%，「他の『爆発』の実験をやってみたい」という回答が約80%，「『爆発』についてもっと知りたい」という回答が約75%を占めており，生徒の興味・関心が極めて高いことがわかった。興味・関心の段階が高くなるにしたがって，ポジティブな回答が減少しており，知的な興味・関心を持たせることの難しさがわかる。しかし，4分の3の生徒が「知りたい」という自発的な興味・関心を抱いており，発展的な学習を促すことができたと考えられる。

2回の実験を含む授業を終了した後，生徒の感想には以下のようなものがあった。

- 実験の手順を自分たちで考えることによって，実験に意欲的に取り組めたと思う。
- ガスの濃度が高ければ高いほど爆発しやすいかと思っていたが，そうでないことがわかった。
- ガス漏れになっても点火源と濃度を低くすれば恐くないとわかって安心した。今回はなんだか考えさせられたというか，けっこう簡単に爆発って起こるんだなぁと思いました。
- 爆発というと恐ろしいとか危険だということばかり想像するけれど，安全な使い方をすれば，役に立つんだなと思った。

爆発という現象を科学的にとらえ，自分の計画した実験から爆発の条件や爆発範囲が確認できたという満足感を得ていることが感想から伺える。爆発を身近に起こりうる現象ととらえており，興味を持つようになったこともわかる。生徒が創意工夫をしながら主体的に活動できるように考える過程を重視した指導によって，学習活動に対する高い興味・関心を持ったと思われる。

また，夜中，ガス漏れに気がついたという設定で，7つの行動を提示し，どんな行動を優先するか，逆に絶対やってはいけない行動は何かを順位づけするゲーム的な評価を授業前後で実施し授業を通しての生徒の変容を調べた。提示した7つの行動は「ガスコン

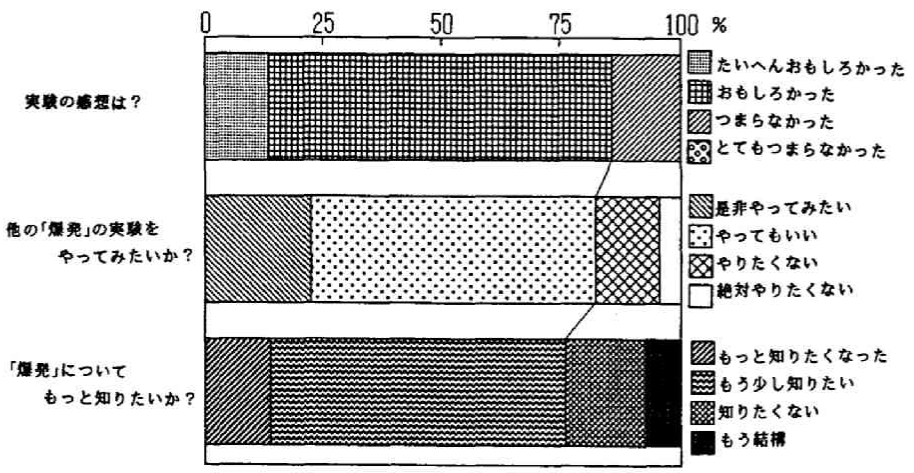


図2－5　学習活動に対する興味関心の3段階（N＝162）

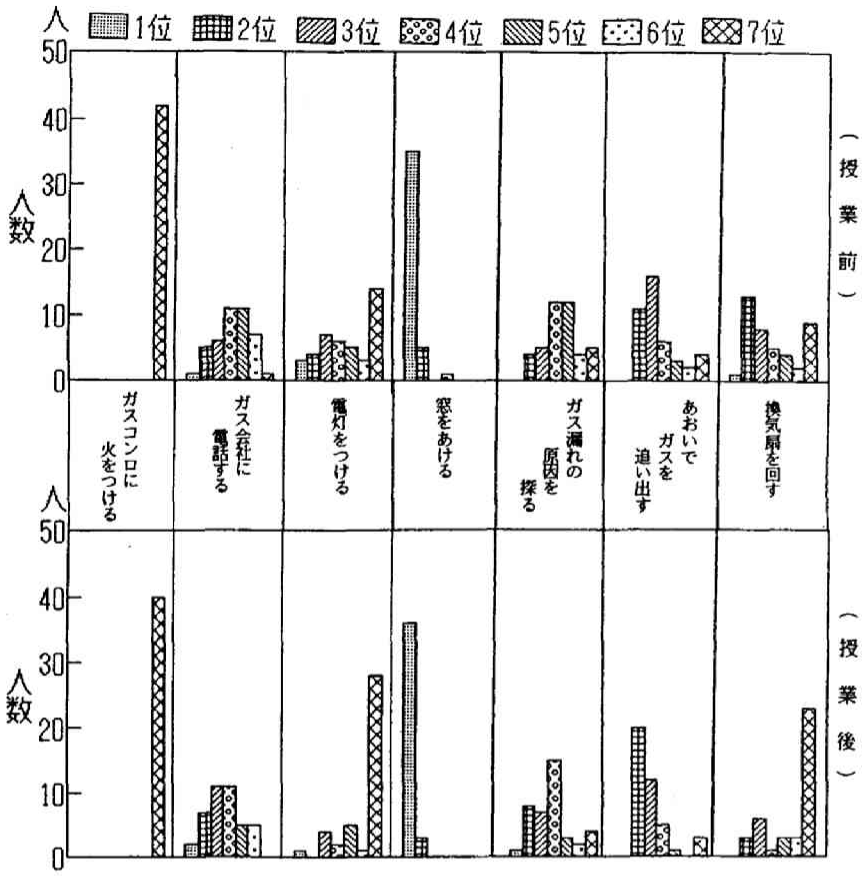


図２－６　夜中にガス漏れ発見！あなたなら，どうする？（N＝41）

ロに火をつける」「ガス会社に連絡する」「電灯をつける」「窓をあける」「ガス漏れの原因を探る」「あおいでガスを追い出す」「換気扇を回す」である。なお，絶対やってはいけない行動は７位とし，複数つけてもよいことにした。その結果が図２－６である。授業前後ともに，ほぼ全員が「ガスコンロに火をつける」に７位をつけているが，授業前，「ガスコンロに火をつける」以外の行動を絶対やってはいけない危険な行動として７位をつけた生徒は多くない。しかし，授業後，「電灯をつける」「換気扇を回す」の２つの行動で７位の人数が著しく増加している。これは，授業を通して電気による点火源の存在でガス爆発が起こりうることを知り，ガスが充満していても点火源がなければ安全と判断したものと考えられる。日常生活の場面で，実験を通して体得した知識を日常生活の場面に利用しようとする姿勢が育てられた。

また，各実験終了後，生徒に記入させた自己評価で「協力して実験をすすめられたか」という問に対して，多くの生徒が協力して行うことができたと応えている。本研究は，のぞましい集団活動を通して，生徒が主体的に判断し行動することによって，問題を適切に解決していくという特別活動に見られる指導を多く取り入れた。この指導法は，単に教材の指導にとどまることなく，のぞましい集団活動の育成にもつながるものと思われる。

一方，実験２は実験１で調べた爆発の条件をより定量的に確認する目的で行う内容であるが，実験１と２の学習内容の関連を十分に理解していない生徒も見られた。授業を１回完結のドラマのようにとらえ，学習に継続性が持てないのである。これは，生徒が学習の目的や実験で何を調べるのかという目標を十分に把握していないのが原因の１つと考えられる。教材の配列や提示方法，実験の内容などについて検討を加える必要がある。

(6)　おわりに

本研究は，化学ＩＡ「自然界の物質の変化」の一分野で，実験を通して興味・関心を喚起し，科学的な思考力を育成する授業展開の工夫を試み，一応の成果を得た。今後は本研究で得られた成果を応用し，他の分野でもこのような授業展開例を開発するとともに，興味・関心の継続を図ることにより，主体的な学習につながる指導法の研究を続けたい。

3．種子の発芽を通した「生物と環境に関する探究活動」の指導例

(1) はじめに

生物ＩＢでは「生物体の構造と機能」,「生命の連続性」,「生物と環境」の３つの大項目を学習する。しかし,「生物と環境」の項目では室内実験がしにくく，野外観察も身近に観察に適した自然がないと実施しづらいことから，羅列的な扱いをしがちである。そこで，生徒の興味・関心を引き，生徒の自主的な学習活動を導くために，身近な現象である種子の発芽に注目した。

種子は植物がその分布を広げるためのものであると同時に，寒い冬や乾期を休眠して乗り越えるためにも役に立っている。ツタンカーメンのエンドウや大賀ハスの例に見られるように，保存状態がよければ何千年も発芽能力を失わないまま休眠することもでき，生命の保存カプセルとして働いている。特に遷移の先駆種である一年生草本にとって，乾燥や寒さにさらされる危険も多く，またどこにできるかわからない群落のギャップにすぐ芽を出して分布を広げて行くためには，埋蔵種子をたくさんそなえておくことが必要であり，発芽時期の調整は種の保存からみて非常に重要である。

種子の発芽はその植物だけでなく，他の植物とのかかわりが大きい。多種の発芽により，植物群落は徐々に変化していく。発芽は植物の遷移にとって重要な一歩である。そこで，種子の発芽を通した「生物と環境に関する探究活動」の指導例について検討を行った。また本研究では，あわせて種子の発芽実験の新しい方法についても述べる。

(2) 生徒の予備知識

種子の発芽はまず小学校３年生で扱われている。オシロイバナやホウセンカなどの種子を蒔き，植物の成長過程を観察したり，植物は根・茎・葉からできていることを調べている。さらに，小学校５年生ではインゲンマメやトウモロコシの種子を蒔き，発芽に必要な条件を考えるようになっている。種子は水を与えると発芽し，種子の中には発芽に必要な養分がたくわえられていること，発芽後の成長には日光や肥料が必要であることなどを実験によって調べている。

中学校では発芽については特に扱われていないが,「生物界のつながり」の単元で生態系の学習をする。なお遷移については扱われていない。

(3) 生物ＩＢの教科書での扱い

発芽と光の関係は，発行されている生物ＩＢの教科書９社13種中のほとんどの教科書（８社10種）で記述が見られた。しかし，大多数は「植物の反応と調節」の単元で扱われ,「生物の集団とその変動」の単元では２社２種しか扱われていなかった。また，探究活動や実験として扱われていたのは４社４種であった。そのうち３社３種はレタスの光発芽を扱っているが，１社１種のみホソアオゲイトウの発芽を「生物の集団」の章の探究活動で扱い，一年生草本の生活と絡めておいている。

(4) 実験方法

本研究では実験材料としてゴボウの種子を取り上げた。ゴボウは作物として身近な植物であること，レタスの種子と比べはるかに種子が大きくて（長径約８㎜）扱いやすいこと，花屋など種子を扱っているところでは簡単に，安く（１袋約300粒入り200円程度）入手できる

などの利点がある。そして，光発芽種子としての特徴がよく出てくることや，５日程度で発芽するので授業で使いやすい，などの理由からゴボウの種子を選んだ。このゴボウの種子を用いた発芽実験は以下の方法で行った。

① 図３－１のように，0.5％寒天水溶液を3.5インチフレキシブルディスクケース（以下ＦＤケースと表す）に流し込む（１枚あたり約15mℓ)。ケース内の寒天が冷却・固化した（約５分）後，種子を30個ずつ蒔きＦＤケースのふたをする。

② このＦＤケースに以下の処理を行う。

(a) そのまま

(b) アルミホイルでＦＤケースの全体を包む

(c) 緑色セロハンでＦＤケースの全体を包む

(d) 赤色セロハンでＦＤケースの全体を包む

(e) 青色セロハンでＦＤケースの全体を包む

(f) 緑色と赤色のセロハンを重ねてＦＤケースの全体を包む

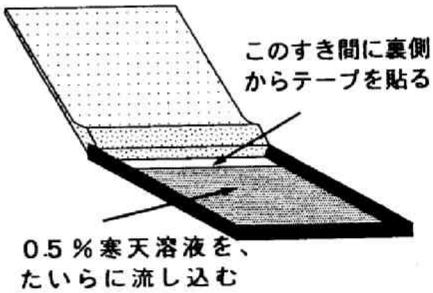


図３－１　ＦＤケースを用いた実験装置

③ 各処理を行ったＦＤケースに連続光照射を行う。

予備実験の結果，20℃で一週間後の発芽率は(a)97％，(b)83％，(c)20％，(d)97％，(e)10％，(f)０％であった。セロハンは近赤外光を透過するので(c)の場合は緑色光と近赤外光が照射され，(f)の場合は近赤外光のみが照射されていることと同じである。

教科書等では容器としてシャーレが用いられる場合が多いが，今回は新たにＦＤケースを用いて実験を行った。ＦＤケースは安価（１枚30円）であり，また学校内のパソコン・ワープロなどの普及により，現場で容易に入手できる。そして，場所をとらず熱に強く，壊れにくいので生徒実験としては扱いやすい。

また発芽に必要な水分は，シャーレ中の脱脂綿に水を含ませる方法が一般的であるが，水分の蒸発が速く途中で水を補給しなければならない。光照射実験では次の実験の授業は１週間後であることが多い。その間ふたを開けて水の補給すると実験結果に誤差が生じる恐れがある。そこで，寒天水溶液を用いて水の供給源とした。この場合水の補給は不要であり，ＦＤケースの密封性も高いため，実験途中でふたを開けなくてもよい。そして，寒天水溶液では実験の際，多少乱暴に扱っても蒔いた種子が動かず，結果の集計がしやすい。

ここではセロハンで包む方法を述べたが，チェックシート赤・緑（ゼブラから発売）を用いてＦＤケース上部を覆う方法でも簡便であり，セロハンと同様の良い結果が得られた。

(5) 授業展開の例

授業展開として表３－１に示すように，合計５単位時間の授業を考えた。２回の実験は，各々１単位時間50分で展開が可能である。

〔１時間目〕…導入

小学校の復習をかねて種子を発芽させる条件を挙げさせる。Ａ高校の授業では，表３－２のようなものが挙がった。これらを検証するためにはどのような実験を行ったらよいかを検討させる。今回は光の有無と波長について実験を行うこととし，仮説をたてさせる。このとき，直視分光器を利用して，太陽光のスペクトルを観察させておくとよい。

表3-1 学習指導案

時　間	目　　的	学　習　内　容
導入 1時間	種子の発芽条件の検討。 仮説の設定。	発芽条件についての復習と，発芽条件としての光についての学習。
展開 2時間	実験とそこから得られるデータの収集と整理。	ゴボウの種子の発芽実験を行い，発芽と光の関係を調べ，データの収集整理を行う。
まとめ 2時間	仮説の検証。 発芽と光の関係との考察。	実験結果より生態系・植物の遷移とのかかわりを学習する。
発　展	次の探究の過程の学習。	他の発芽条件や光の波長についての考察や新たな実験計画を立てる。

〔2時間目〕…ゴボウの種子の発芽実験

ゴボウの種を30個ずつ植え付け，実験方法で述べた(a)，(b)，(c)の3つの処理を4人程度の班ごとに行った。自然界でのどのような条件を想定しているのかを考えさせ，また1週間後にどれが芽を出すのか予想させておく。

〔3時間目〕…データの収集と整理

1週間後の授業時に，それぞれの班ごとに発芽した種子の数を調べ，更にクラス全体で集計する（図3－3）。参考としてB高校で11月初め（気温20℃前後）に行った2つのクラスの結果を表3－3に挙げる。

表3-2 A高校での発芽条件の回答

回　答
水
日光（光合成の関与）
養分
肥料
気温
湿度
土
細菌
酸素
二酸化炭素
空気
根をはるのに適当な広さ

表3-3 B高校での実験結果

処　理	発芽数（個）	発芽率（%）
(a)：そのまま	520	87
(b)：アルミホイル	445	74
(c)：緑色セロハン	152	25

各処理とも総数は600個である。

〔4時間目〕…発芽条件の考察

実験結果から，発芽するために光は必要であったかを聞く。アルミホイルでFDケースを包み暗黒とすると発芽率が10%程度下がるが，しかし70%以上は発芽している。一方，緑の光を当てると発芽率は一挙に20%台まで低下する（図3－2）。近赤外光について詳しくは扱わないため，緑の光は発芽を抑制するとして説明を行う。暗黒下では抑制効果を持つ光も照射されないために，発芽が引き起こされると説明する。さらに，各々の光の条件が自然界ではどのような状況であるのかを考察させる。特に緑色セロハンを通した光は，他の植物の葉を透過・反射した状態を表していることを理解させる。

〔5時間目〕…植物の遷移との関係

一年生草本の生活を説明する。植物遷移の先駆種として，空き地ができたらすぐ発芽するために大量の種子をつくり休眠させておく必要があるということ，これらの植物の埋蔵種子は既にその土地に植物群落があるときには無駄に発芽せず，葉を通してくる緑色の光によって発芽が抑制されていること，この植物群落が何らかの原因で破壊されることによっ

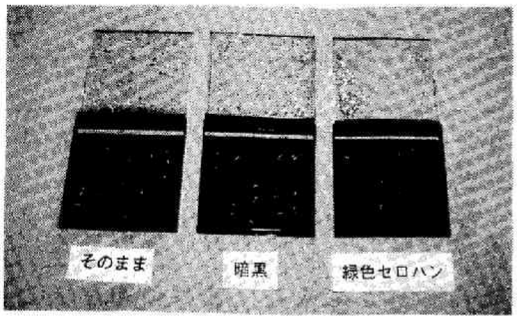


図３－２　ゴボウ種子の発芽実験

図３－３　授業風景

て，この抑制効果がなくなり一斉に発芽してくること，などを実験データに基づき生徒から引き出していく。

〔発展〕…光の波長や温度などの他の発芽条件の検討

この研究を更に進めて行くためにはどうしたらよいかを生徒に考察させる。緑色セロハンを通した光とはどのような波長なのかを調べたり，光の強さはセロハンを通すとどうなるかを調べてみる。緑色以外のセロハンを用いて実験してみる。赤色光は発芽を促進させることが知られているので，赤色と緑色両方のセロハンで包んだらどうなるかを検討することもできる。今回用いたＦＤケースは可視領域と近赤外領域を均一に透過し，その透過率は400nmから900nmまでの波長域でおよそ90％である。また，赤色セロハンは赤色光と近赤外光を，緑色セロハンは緑色光と近赤外光のみを透過する。赤色と緑色のセロハンを重ねた場合にはほぼ近赤外光のみが透過し，その透過率は770nmから900nmまでの近赤外領域でおよそ80％である。

カボチャなどの暗発芽種子でも同じように実験してみることによって，より一層植物の生活と結び付けることができるものと思われる。

温度については，今回は取り上げなかったが，実際には種子の発芽は温度によって大きな影響を受け，ここにあげたような光の有無や波長による差は暑すぎても寒すぎてもきれいに出てこない。ゴボウの種子の場合，15℃では(a)の条件の場合10日後でもおよそ２／３しか発芽しない。25℃では５日後にはどの条件でもすべて発芽してしまう（表３－４）。このことについての発展実験も考えることができる。

表3-4　温度による発芽率（％）の変化

処　理	15℃	20℃	25℃
(a)：そのまま	50	97	97
(b)：ｱﾙﾐﾎｲﾙ	7	83	100
(c)：緑色ｾﾛﾊﾝ	0	20	97

各処理ともに種子を蒔いて７日目の値である。

図３－４　実験風景

(6)　生徒の反応

実験を終えてみて，改めて生徒に種子が発芽する条件を問いかけてみた。その結果Ａ高校では，「水分」，「太陽光線」，「緑色以外の太陽光線」などの意見が多く聞かれた。

またＢ高校で書かせた感想文では「予想では，そのままのフロッピーケースでは芽はでな

いと思っていたのですが，はずれてしまいました。ゴボウは土の中で育つから光はいらないとばかり思っていたけど，ある程度光がないと発芽はしないということが，この実験でよくわかりました。セロハンで緑色にすると発芽の状態がまったく違うことにも驚きました。」との意見も見られた。普通は種子を土に蒔くことから，単純に考えると暗い方が発芽しやすいように思える。その予想が裏切られ，なぜだろうと考えることができれば，今後の発展学習に向けての手がかりとなるものと思われる。

また，この実験を行って生じた疑問を質問したところ，「発芽直後に呼吸などはしているのだろうか。」，「なぜ土を使わないのか。」などの疑問が生徒から出された。さらにどのような実験をしてみたいですか，という質問に対しては，「蛍光灯やランプなど人工的に作られた光源を使う。」，「暗い部屋で全部栽培してみる。」，「冷蔵庫とあったかいところの違い。」などが挙げられた。

(7) 指導内容の検討と評価

小学校での先行経験は大きいようで，生徒は我々が考えていた以上に発芽に関して興味を抱いていた。種子の発芽と光の関係を扱うことで，生徒に「おもしろそうだ」と思わせることには成功したと思われる。しかし，「やってみよう」という段階で発芽実験を行ったが，その条件の設定は主に教師が行ったものであり，光の色（波長）に関してのみの設定であった。今後光発芽種子であるゴボウだけを扱うのではなく，暗発芽種子であるカボチャなどを同時に使用したり，他の条件についても様々な条件を設定できるようにすることにより，より意欲的に現象を追究できるようになると考える。

また，今回の実験を通して「科学的な思考力」を育てていく過程で，一つの大きな問題点があった。それは，近赤外光が目に見えないということである。見えない近赤外光は，生徒の感覚の中に全くなく，測定も難しいため，なぜだろうという疑問に完全な形で答えることができなかった。しかし，発芽現象のカギを握るものであり，今後何らかの形で取り扱わなければならないだろう。以上の点での工夫ができれば，より深い探究活動への手がかりとなるものと思われる。

(8) おわりに

ほとんどの教科書で発芽は「植物の反応と調節」の単元で扱われており，レタスなどの植物は赤色光を当てると発芽するが，近赤外光を当てると発芽しなくなることが記載されている。そして植物の種子には光の種類によって変化する物質（フィトクローム）があることが述べられている。しかし，それが植物にとってどのような意味を持つのか述べられていないために，単なる事実の羅列になってしまっているように見受けられる。

本研究では，発芽と光の関係を「生物と環境に関する探究活動」として扱った。この学習を進める事により，植物が環境へどのようにして適応しているか理解を深める足ががりとなるようにしたい。生徒の一人は感想で，「ゴボウの分際で光と光の色まで見分けているなんて…と感心しました。あらかじめそういう光を感知するシステムが種には備わっているんでしょうが，真っ黒い殻の中で光を見分けるのはすごいと思いました。」と書いている。実験を通しての疑問や驚きは，生徒の学習意欲を高めると考えられる。今後この研究をさらに発展させていくことにより，科学的に思考力を育てる教材としていきたい。

4．身近な風景の生い立ちを考える授業の展開

(1) はじめに

美しい渓谷や河岸段丘，断崖絶壁の海食崖，カルスト地形等，さまざまな自然の風景は，種々の自然現象により長い年月をかけて創造された産物である。一つ一つの風景が，それぞれの場所の過去の歴史を示している。ビルの建ち並ぶ都市部でさえ，地学的な見方をすれば自然の風景であり，その生い立ちの一端を我々に示しているのである。このような風景についてさまざまな方法により調査・観察をし，どうしてか，なぜか，もしかしたら，こうなった後にこんなことがあって……等々，その生い立ちを考えることは，論理的な思考力や判断力を高めることにつながると思われる。

中学校理科においても，さまざまな風景は「大地の変化と地球」のなかで取り扱われている。しかし，扱う内容が広範囲にわたり，一つ一つについて，深く掘り下げられてはいない。そして，それらの風景は，これは高等学校の教科書でもそうだが，例えば海岸段丘で室戸市，河岸段丘では沼田市，Ｖ字谷では黒部川というように有名な，典型的な場所の写真である。多くの生徒にとっては，教科書に出てくるさまざまな景観は，特別の場所であり遠い存在といえる。実物を実際に観察，調査するのではなく，写真を観察するのである。いまひとつ興味・関心がわかない所以である。

以上のことを踏まえ，本研究では，自分が生活している風景，すなわち，日常さりげなく見ている教室の窓からの景色，登下校で利用する電車からの風景，毎日通り過ぎる道……等の身近な風景を取り上げることにより生徒の興味・関心を喚起し，さらに野外で実物に触れ，実際に観察・確認しながら，自分が暮らしている場所の生い立ちを考えていくという授業の展開を試みた。どうして坂があるのか，山があるのか，地面の下はどうなっているのか，どうしてできたのか，何があったのか，そして，何がおきているのか，将来はどうなるのだろうか……。さまざまな方法によりアプローチしながら自然について見方や考え方を学び，自ら発見し，意欲的に郷土の生い立ちの歴史を探究していく過程で，科学的な思考力，判断力を育むことが本研究の目的である。

本研究は，地学ＩＡの「自然の風景」や地学ＩＢの「地球の歴史をさぐる」，地学Ⅱの「自然環境についての調査」の指導に用いることができる。また，各学校の立地条件は，都心，郊外，さらに低地，台地，丘陵，山間部等，さまざまである。よって，どのような環境にある学校でも応用できるような方法を，という意図のもとに研究を行なった。

(2) 方法・手段

① 屋上から地形をながめる

学校の屋上からながめると，山地や丘陵，河岸段丘，坂など，日常の生活や通学等のなかで何気なくながめている身近な風景・地形をより広い範囲にわたって観察できる。また，屋上から地形が観察できない場合には日常の生活のなかから思い起こさせることか重要である。これにより，これからの授業の内容をより身近なものとして理解させることができる。

② 地形図の利用

現在の風景，地形を把握するには，建設省国土地理院発行の２万５千分の１地形図を使用するのが一般的である。しかし，地形の細かいところが表現されないため，実際の感覚とは

異なる。むしろこれには，１万分の１地形図や各地方自治体等で発行している2500分の１地形図などの大縮尺の地形図を使用する方が適している。

また，現在と過去との地形の移り変わりを把握するには，過去に測量され発行された旧版地形図と現在の地形図を比較検討してみるという方法がある。現在は都市化・市街化でわからなくなっている地形，改変されてしまった地形を簡単に把握することができる。また，他に古い地名なども改変される以前の地形を推測するのに役立つ。低地では，等高線に表現されない砂州・自然堤防などの微地形を確認できる。旧版地形図は，建設省国土地理院や各地方測量部にてそのコピーを入手可能である。

③　空中写真の実体視

等高線などを読まずに感覚的に地形を把握するには，空中写真（航空写真）が有効である。空中写真は，連続した２枚の写真を左右の目で別々にみることにより立体的に観察（実体視という）できる。実際に飛行機や高い山の上などからみるよりも（実際の高低差よりも）増長されてみえるため，歩いていてもわからないほどの細かい地形も理解しやすい。市街化や土地改変が進み地形の判読が困難な場合には，できれば撮影年度の古いものが望ましい。平野部の空中写真（航空写真）は日本地図センターで入手することができる。

また，航空写真ではないが，立体風景写真を観察したり，自ら撮影することは，立体写真の原理の理解に役立つ。最近では，立体写真は３Ｄのおかげで広まり，レンズ付きフィルムに装着して撮影する専用アダプターも販売されているので，これを利用すれば生徒でも簡単に立体写真を撮影することができ，これを簡易実体鏡でみることができる。

④　地下のようす知る

地下のようすを知るには，野外で露頭の地層を観察するのが一般的である。しかし，それが困難な場合には，他にボーリングデータやそれより作成された断面図を利用，提示するという方法がある。（図４－３）。

⑤　野外実習で理解を深める。（市街地での野外巡検）

以上のように導入・展開部分で身近な風景，地形等を把握した上で，現地での野外実習にて理解をさらに深め，再確認・再認識することが重要である。野外実習では，現物に触れるという目的のほかに，ただ漫然とながめるだけの対象であった身近な風景を，その成因，生い立ちにまで考察を深めることも目的とする。

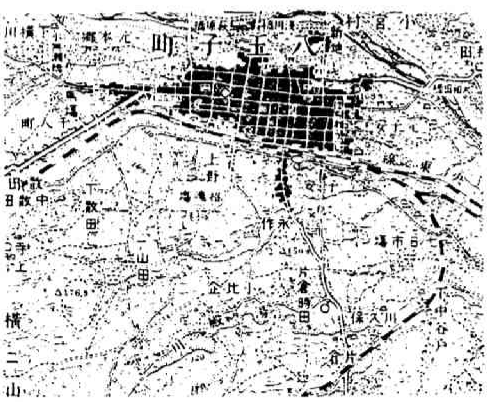


図４－１　新旧地形図　　左　平成２年　　右　明治40年頃
（建設省国土地理院発行５万分の１地形図　「八王子」より引用）

(3) 授業展開の例

学校周辺や生活している地域で生徒が普段何気なく目にしている風景を題材として，地域の特色を生かし，野外巡検を取り入れて，以下のような授業展開例を考え，行なった。

ア）東京低地での展開例

本展開例では，ガケや露頭のない東京東部地域において，生徒の誰でもが日常目にしている身近な風景をもとに自分たちの住んでいる地域の生い立ちを考えることを主題とした。

東京低地は約２万年前の氷河時代に形成された「古東京川」と呼ばれる巨大な谷がのちに埋積されてできた幅10km以上に及ぶ広大な低地である。台地の中に刻まれる小さな谷底とは異なり，日常生活の中でその広大な谷地形の全貌を理解するのは困難である。生徒は，自分の住んでいる地域の風景の中では坂や崖を見ることができない。しかし，その平らな広大な土地の地下には，かつての谷地形が埋没しており，段丘面や段丘崖，波食台などの地形や地表には存在しない関東ローム層が存在していることを知るのである。

このような視点に立ち，本展開例では，ただの地層としてのボーリングデータを例示するだけではなく，また台地と低地の境界としてのただの「崖」としてではなく，低地の地下にありながら従来見過ごされてきた，氷河時代の「埋没地形」の全貌に注目した。

また，いままで見慣れている風景を，授業の内容をもとに再認識するために野外巡検を取り入れた。野外巡検では，東京低地が谷底であること，この土地が縄文時代には「奥東京湾」という浅い入り江であったことを確認し，また，その波打ち際に立ってみること，を目的に上野や松戸に行ってみることにした。また，普通に歩いていてもよくわかりにくい低地上の砂州などの微地形をハンドレベルで測ってみることを取り入れた。

また，現在の地形図では市街化のためわかりにくくなっている微地形を旧版地形図（例えば，明治13年発行の２万分の１迅速図）に表現されていることを示し，理解させた。

表　4－1　「東京低地のおいたち」の学習指導案

	項　目	学　習　内　容
導入	上野と松戸の地形	自分たちの生活している東京低地が東西の台地の崖にはさまれた大きな谷底であることを知る。
展開	A高校の地下をさぐる	学校のボーリングデータを使用し、学校の地下にどのような地層があるかを知る。
	東京低地の地下をさぐる	東京低地の模式横断面図をもとに、沖積層の広がり方を理解する。
	東京低地の地下の埋没地形	低地の地下には氷河時代の谷や段丘面などの埋没地形があることを知る。また、その谷地形が東京湾の海図にも見られることを知る。
	氷河性海面変動	低地の地下に谷地形ができた理由を考え、これが過去の気候変化と関連のあることを知る。
まとめ	関東平野のおいたち	台地も含めた関東平野全体の生い立ちを氷河時代の移り変わりとともに考える。
発展	低地の災害	地盤沈下、液状化現象、水害など、自分たちの生活する地域に特徴的な災害について、実例をもとに考える。
	空中写真の実体視	①航空写真の実体視の方法を修得する。 ②２枚一組の立体写真を実体視することにより、身近な地形についての理解を深める。 ③立体写真の撮影法を知り、原理について理解を深める。
野外巡検	市街地での野外実習	日常の生活の中で何気なくながめている風景にも成因と生い立ちがあることを学習し、再認識する。

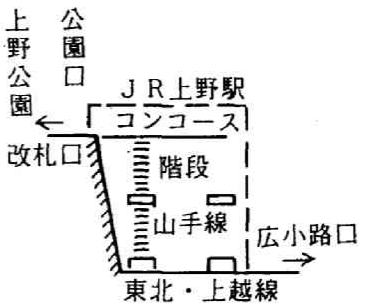


図 4-2　ＪＲ上野駅の断面図

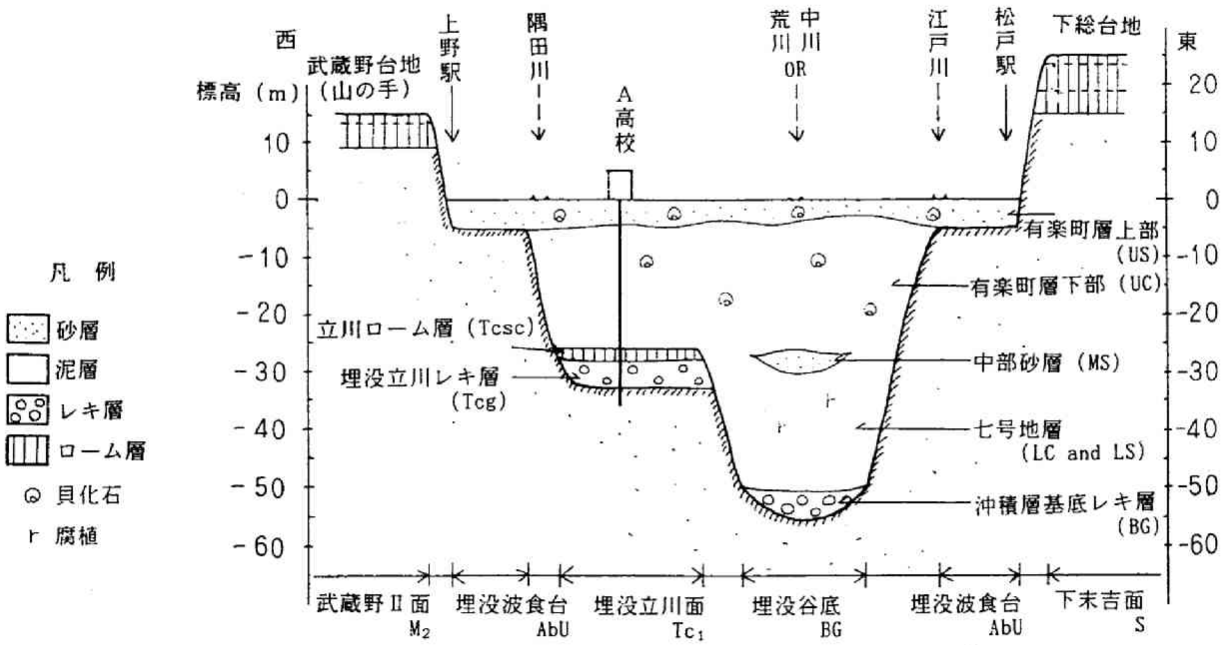


図 4-3　東京低地の模式断面図（上野～松戸）

イ）丘陵地での展開例

本展開例では，近年，宅地開発で環境破壊されつつも，まだ，自然林や露頭の残っている東京西部地域において，野外での授業を多く取り入れながら，その生い立ちを考えることを主題とした。

時間割は野外観察が十分できるように2時間連続授業として計画した。雨天の場合も考え，野外巡検と教室での講義の2本立ての授業案を用意し，その日の天候に応じて選択した。

最初の授業では，生徒一人に1枚，市の全域地図を配った。縮尺は2万分の1で，市役所で購入したものである。学校や自宅の位置，駅や鉄道，おもな建物，自分の通学路など身近なことから始め，方位や等高線，縮尺などの話をしながら地図に親しみ，その見方を学んでいった。また，地図を持って学校の屋上に上がり，実際の風景と地図とを見比べたり，目立つ建物や山までの水平距離を確かめたり等，風景観察を行なった。学校のすぐ北側に高層マンションが建設中であり，地域の開発で山の緑が少なくなっていく様子を見て，環境について考えた生徒もいた。

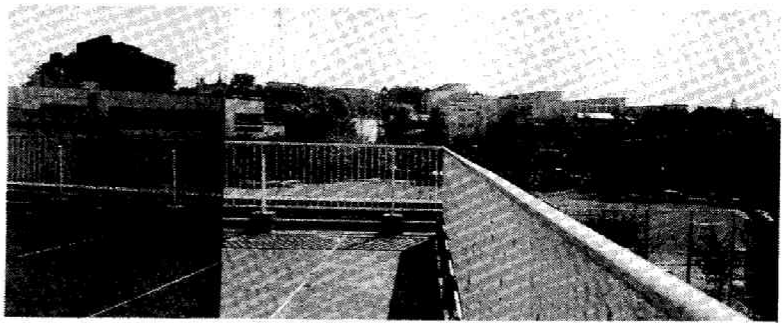
次に，地図でルートを確かめながら学校周辺の自然観察を行った。自分の足で歩いて，とにかく坂が多いこと，学校の校門側とグラウンド側とでは高低差が著しいことを実感する。また，露頭では，地層の観察を行ない，毎日通い慣れている道で富士山の火山灰が見られることに驚く。さらに色の異なる地層ごとに少量サンプリングをして，実験室で顕微鏡観察を行なった。普段見ている土が，実は美しい鉱物でできていることに感動する。さらに，学校からは少し離れているが同じ市内の，地域の生い立ちをはっきりと示している露頭での野外観察を行なった。ここでは，さらに下部の地層を観察することができ，昔の河床レキも露出している。生徒は，自分たちの住んでいるところが，かつて河原だったことに気がつく。

この過程で，生徒は見慣れた風景の中に秘められた生い立ちを少しずつ組み立てていった。

生徒のレポートには（図４－５）さまざまなデータから生い立ちを考えているものが多くみられた。また，授業の感想としては，「今までだと全然気にもしなかったことが，地学の勉強をしてから，道を歩くにも周りの自然を見ながら歩くようになりました。町田にも，まだまだすばらしい自然が残っているんだなあと思い，自然を通じて勉強する楽しさを知りました。教科書とかみてるより，実物を見れたのがよかったです。」等，野外観察の良さをあげたものが多かった。

表４－２

	項　目	学習内容
導　入	屋上からの風景観察 町田の地形図	町田市の全域図を配布、地形図の基礎知識を学ぶ 実際に見える風景と地形図との対比 風景の特徴をつかむ
展　開	学校周辺の自然観察 地面の内部・地層の見方 芹が谷公園の野外観察 ローム層の鑑定実習 火山活動と火山灰	地図でルートを確認しながら、学校周辺を歩き、地形の特徴を観察する。露頭では、地層の観察（関東ローム層）、サンプリングを行なう 地域の生い立ちをはっきり示している場所で観察、サンプリングを行なう 河床レキの地層から過去の歴史を推定する 鉱物の話 富士山と箱根火山
まとめ	町田の生い立ち 野外観察の結果と地形図の作業からまとめる	野外観察での資料の分析を行なう 地形図の等高線を２０ｍ毎に色鉛筆でなぞり、地形の特徴をとらえる。宅地開発でわかりにくい部分は航空写真により、確認する
発　展	宅地開発による環境の変化 将来の予測	開発により、風景の変貌が著しいことを航空写真や地形図との比較で理解する 地域のお年よりから話を聞く



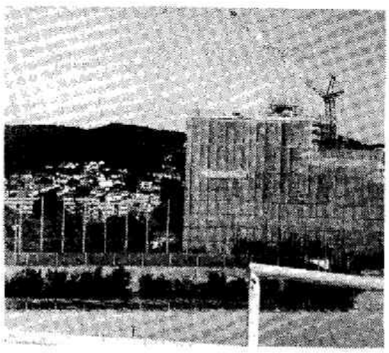


図４－４　屋上からの風景，野外観察授業

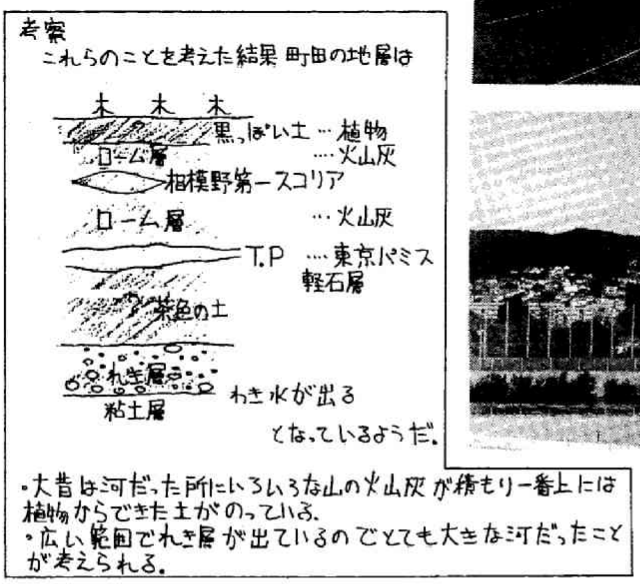


図４－５　生徒のレポート

(4)　おわりに

今回の研究で行なった授業展開例のように，身近な風景の観察は，生徒の興味・関心を喚起するのに効果的であった。また，種々のデータから郷土の生い立ちを組み立てる過程で自然の見方を学ぶことは，自然を身近なものとしてとらえ自然環境問題を考えるきっかけともなり，この学習には大きな発展性を含んでいると思われる。