

電気炉による石灰岩の加熱変化とその教材化について

大田区立南六郷中学校 小 森 信 男

電気炉により、1000℃以上で石灰岩を加熱すると、石灰岩は、内部まで白色化する。白色化した石灰岩の主成分は、 CaO である。この石灰岩に水をかけると、岩石は急激に膨潤し発熱する。この現象に、生徒は強い興味関心を示した。この現象は、教材としての適性があると考えられる。

はじめに

現在の中高等教育において、岩石を素材にした実験は、生物を使った実験に比べても非常に少ない。そのため地球の大部分をしめる岩石について、身近な素材を用いて、興味を高め、理解を深める実験観察教材を、さらに開発する必要があると考える。小森(1987)は、自作した電気炉によって、石灰岩の加熱による変化を調べた。また小森(2002)は、石灰岩の加熱変化を教材として使用した授業を試行した。その結果、教材として有効性が認められた。ここでは、石灰岩の加熱変化の概要と、教材として用いた試行の結果について、簡単に紹介する。

この研究に関連する教材の報告として、左巻(1986)がある。これは、ガスバーナーの炎で石灰岩を30分ほど直接加熱すると、表面がわずかに白っぽくなり、この石灰岩に水とフェノールフタレイン溶液をかけると赤色に変色するという実験である。加熱前の石灰岩に水とフェノールフタレインをかけても、赤く変色しないため、石灰岩が加熱によってアルカリ性の物質に変化したことがわかる実験である。しかし石灰岩を加熱する場合、一般に理科の実験で用いられるガスバーナーやガラス細工用バーナーの炎で直接熱しても、10分程度では、ほとんど変化しない。ガスバーナーの炎では、熱容量が小さいためである。したがってガスバーナーでは、加熱時間がかかる割に石灰岩の表面がわずかにしか変化しないため、授業で使用する教材としては不向きであるといえる。それに対して電気炉は熱容量が大きく、より短時間に著しい変化を生じさせることができ、授業で用いる教材としても実用的であると考えられる。

1 加熱装置

岩石を加熱する装置として、熱容量が大きく、常に安定した熱量が得られる自作した電気炉を使用した。この電気炉は、カンタル線で作ったヒーターの中に、す焼きの炉芯管を挿入し、それらを断熱材で遮ったものである。また、カンタル線を用いたヒーターは、市販品を購入した。断熱材は、市販のカオーウルを用いた。耐熱栓は、市販の耐熱シールセメントを円筒形に整形し固めたものである。電気炉本体がかなり熱を発散すると予想されたので、鉄アングルを用いて、電気炉本体を支える骨組みを作った。炉芯管内の温度は、白金・ロジウム熱電対を用いて測定した。均熱部は炉芯管の熱電対の先端から約5cmである。[図1]

この電気炉の温度測定誤差は $\pm 20^{\circ}\text{C}$ となる。また、所定の温度までの到達時間は約4時間である。使用電源は100Vであり、6.5A程度で最高1200℃までの加熱が可能である。加熱温度を目的の温度に調節するために市販のボルトスライダを用いた。また、使用電流量と出力電圧の大きさを監視するための電流計と電圧計を接続した。

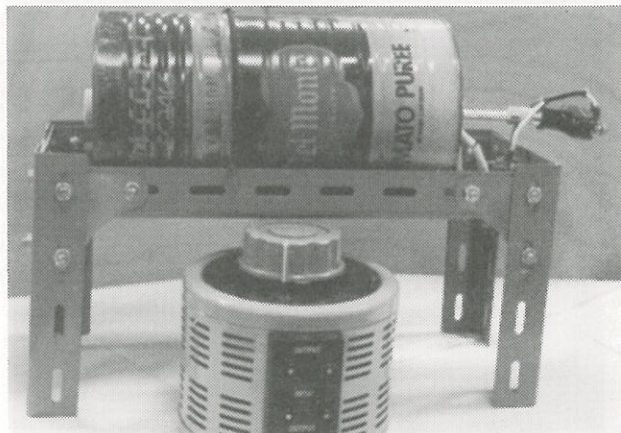


図1 自作した電気炉

2 加熱条件

縦2 cm横3 cm幅1 cm程度に、岩石カッターで切り取った石灰岩を加熱用試料とした。試料の加熱温度は、200～1200℃、である。加熱時間は、4時間・8時間・12時間・24時間・48時間・84時間・164時間である。以下では、試料の加熱条件を、例えば800℃(4 h)という表示で示す。これは800℃で、4時間加熱したということである。(電気炉が所定の温度に上昇する、およそ2時間を含めて)

3 石灰岩の加熱変化

(1) 肉眼観察

この研究で用いた岩石は、栃木県葛生町産のものと岐阜県大垣町金生山産のものである。これらの石灰岩には、フズリナの化石が多く含まれる。全体の色は葛生産のものは黒灰色、金生山のものは濃灰色である。

これらの石灰岩を加熱すると600℃(24hrs)で表面が白色に変化し始め、800℃(4 hrs)では表面から1 mm程度が白色化する。800℃(24hrs)、950℃(4 hrs)では、内部まで白色化する。そしてこの白色化した石灰岩を室内に放置すると、数時間～1日で数mm～数cmの塊状の破片に分解する。1050℃(4 hrs)、1150℃(4 hrs)では、試料は内部まで白色化し、さらにやや全体的に収縮白色化する。この試料は、室内に放置しても1週間程度では全く分解せず、数か月で数mmの破片に分解する。この白色になった石灰岩の主成分はCaO(生石灰)である。白色になる理由は、おそらく石灰岩中のCaCO₃以外の可燃性の物質がほとんど酸化し、気体として抜け、白色のCaOのみが残るためと考えられる。CaCO₃がCaOに分解する反応は、次の化学反応式で表される。



なお、この試料程度の大きさの石灰岩の場合、最初から1000℃以上に加熱してある炉に入れると、10分程度で内部まで完全に白色化する。そしてCaCO₃の多くは、CaOに分解する。

白色になった石灰岩に、スポイドで水をかけると、石灰岩は粉状になり体積が膨張する[図2]。

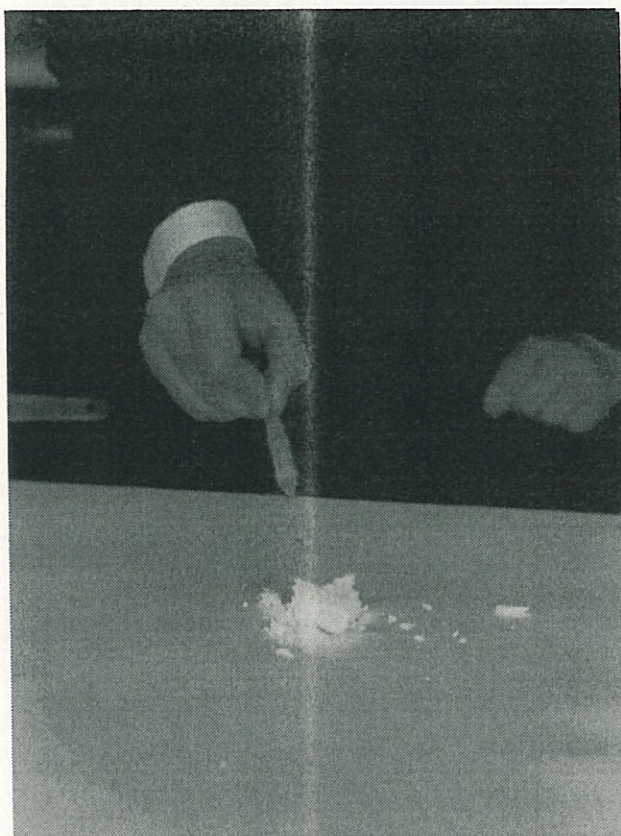
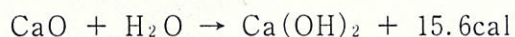


図2 スポイドで水をかけ粉状になり体積が膨張した石灰岩

このとき熱も発生する。発生した熱によって、水は蒸発し、湯気が発生する。この反応は次の化学反応式によって表される。



粉状の石灰岩の主成分は、白色のCa(OH)₂(消石灰)である。この反応は、急激に進行する反応である。そのため生じたCa(OH)₂は結晶成長することができないため、微粒子状になる。また、CaOとCa(OH)₂の結晶構造の違いから、生じたCa(OH)₂はCaOのときよりも体積が膨張する。

粉状の石灰岩に、フェノールフタレイン溶液をスポイトで数滴かけると、白色の石灰岩は鮮やかな赤色に変化する[図3]。



図3 フェノールフタレイン溶液をかけて赤色に変色した石灰岩

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液は、代表的なアルカリ性の溶液である。そして消石灰は、セメントの主な材料である。

(2) X線回折解析

葛生町産石灰岩の加熱前、及び加熱後のX線回折解析曲線を示す [図4]。

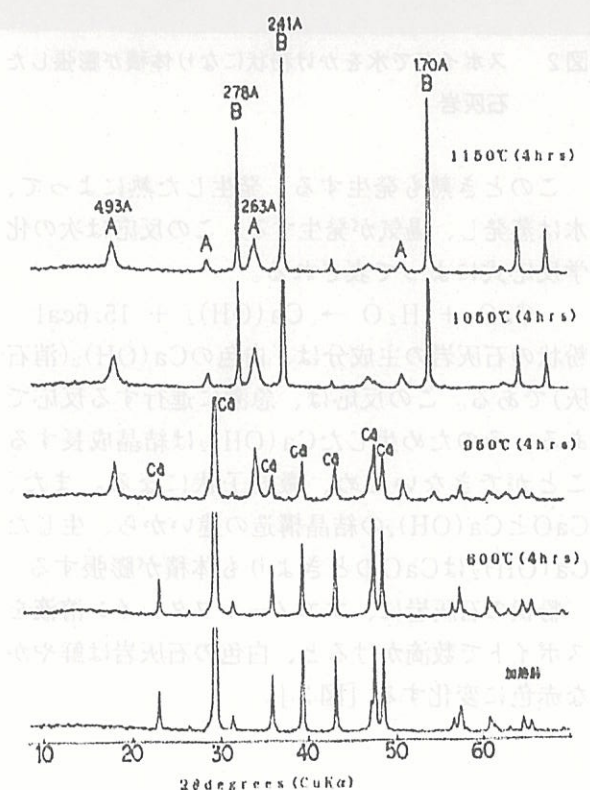


図4 栃木県葛生町産石灰岩のX線回折解析曲線 C : 方解石、A : $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、B : CaO

600°C (4 hrs) 加熱では、加熱前と比べてほとんど変化が見られない。950°C (4 hrs) では、方解石のピークの強度は小さくなり、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のピーク d (001) = 4.93 Å、d (101) = 2.63 Åが生じている。950°C (164hrs) では、方解石のピークはさらに小さくなり、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のピークが大きくなる。1050°C (4 hrs) では、方解石のピークがほとんど消滅する。そして、 CaO のピーク d (111) = 2.78 Å、d (200) = 3.27 Åが生じる。

4 石灰岩の加熱変化の授業展開例

以上の石灰岩の加熱変化は、公立中学校に標準的に設置されている陶芸用電気炉でも、もちろん生じさせることができる。陶芸用電気炉は、2に示した自作電気炉に比べて加熱部分が大きく、陶芸作品大の大きさの石灰岩も加熱できるという利点があり、生徒実験用のための大量の石灰岩を加熱する場合に有効といえる [図5]。

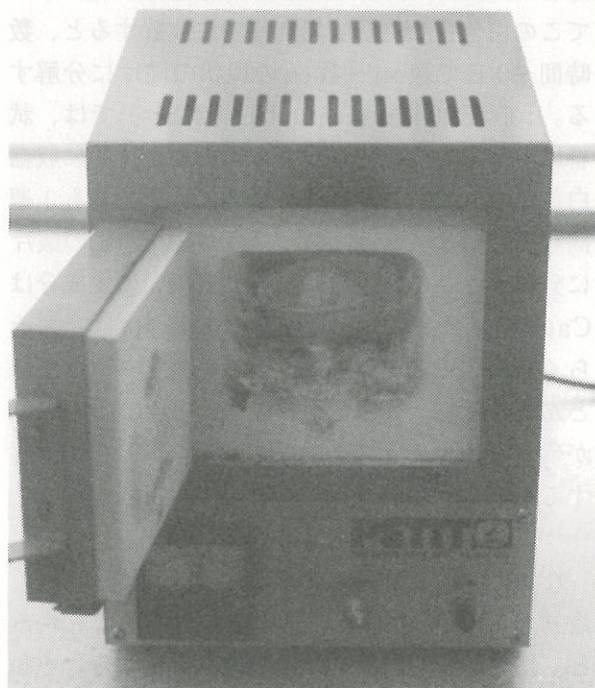


図5 この研究で使用した陶芸用電気炉

以下には、陶芸用電気炉による石灰岩の加熱変化を、中学校1年生での「堆積岩」の授業で教材として用いた試行結果を示す。

単元：堆積岩にはどんな特徴があるか。

(全6時間)

①岩石はどのようにけずられるか。

(1時間)

②地層はどのようにしてできるか(2時間)

③堆積岩にはどのような特徴があるか

a 堆積岩の肉眼観察(1時間)

b 石灰岩の加熱実験(1時間、本時)

c 教師による説明及び調べ学習(1時間)

実施クラス：品川区立八潮中学校1学年

2クラス

実施年月：2001年3月

準備

①加熱器具：電気炉1台、るつば用蒸発皿
るつばばさみ、軍手各1個

②実験試料：各班毎に直径2cm程度の塊状
の石灰岩1個、

③実験用具及び試薬：各班毎に、スポイド
2個及び蒸発皿1個、フェノール
フタレイン溶液

本時の過程

①教師が授業の10分前に電気炉のスイッチを入れ通電しておく。授業では、すぐに石灰岩を1000℃ほどに加熱できる状態になっている。

②教師が班ごとに、直径2cm程度の塊状の石灰岩を班ごとに用意する。生徒は、その石灰岩の加熱前の肉眼観察を班ごとに行う。岩石の形、表面の色や模様、肌触り等に注目する。

③その後、教師が蒸発皿に各班の石灰岩を集める。

④石灰岩の入った蒸発皿を、るつばばさみで電気炉に入れる。入れる作業は、必ず教師が行う。やけど等の危険防止のためである。

⑤石灰岩は、内部まで完全に白色になるまでに、10～15分程かかる。この時間に、教科書や資料集を使って、石灰岩や電気炉について生徒に説明する。

⑥その後、教師が白く変色した石灰岩を炉心から取り出し、一つ一つ班の蒸発皿に入れて、各班の生徒に観察させる。まだ、石灰岩は高温であるので、直接手でさわらないように、生徒に注意させる。生徒は、変化した石灰岩を数分間観察する。加熱前との形、表面の色や模様、肌触り、臭

い等の違いを記載する。

⑦観察記載後、室温近くまで温度が低下した石灰岩に、生徒は、スポイドで水をかけ、変化を観察する。

⑧生徒は、水により細粒化した石灰岩に、スポイドでフェノールフタレイン溶液を加え、変化を観察する。

⑨生徒は、観察した現象を観察プリントに記録する。

⑩生徒は、どのような現象が観察できたか、それについての考えや感想を発表する。

⑪教師が、石灰岩が加熱によって白色化した理由、白色化した石灰岩に水をかけると細粒化する理由、粉々になった石灰岩にフェノールフタレイン溶液を加えると赤く変化する理由等について、説明する。

⑫後かたづけ。

5 生徒観察用プリント記入内容

生徒用観察プリントには、次の5つの項目について記録させた。

a 加熱前の石灰岩の観察

b 加熱後の石灰岩の変化の観察

c 加熱後の石灰岩に水をかけたときの変化の様子

d 水をかけて細粒化した加熱後の石灰岩にフェノールフタレイン溶液をかけたときの反応

e この実験全体の感想や考察

このうちcとeの記入内容について2クラス64名分のものから、抜粋したものを以下に示す。以下に示した以外の感想もほぼ同じような内容であった。cは、生徒の記載数が多く、最も興味をもった現象と考えられる。なお、bについては白く変色したこと、dについては赤く変色したことを、ほぼ全員が記入していた。

(1) 加熱後の石灰岩に、水をかけたときの変化の様子

・あつくはないのに、けむりがでた。くずれてぼろぼろになった。ふくらんだ。ものすごくあつくなった。

・すごくあつかった。ふにゃふにゃになっていく。石灰岩から水とけむりがでた。水が蒸発した。

- ・けむりがでて、あつくなってとけた。
- ・すごくあつかった。ふくらんだのがおもしろかった。
- ・1、2滴かけただけでは、何も起こらなかったけれど、たくさん水をかけたらけむりが出てきた。そして、ひびが入って割れてくずれていった。
- ・けむりがでた。音は、焼肉を焼いた音に似ている。
- ・けむりと「ジュウジュウ」という音が出て、形がくずれていった。
- ・水蒸気がでて熱かった。もりあがってふくらんでいった。割れた（くずれた）。けっこう細かくくずれた。
- ・水をかけると、石がとけてふくらみ、中からひび割れるように割れた。水をかけたら白いけむりがでた。
- ・水をつけたら、きゅうにとけて湯気が出た。
- ・けむりが出てきて、こなごなになり熱かった。においは花火のようなにおいがした。

(2) この実験全体の感想や考察

[実験全体への感想]

- ・予想できないことばっかだったので、地球にはすごいものがあるのだなあと感じた。ところで、何でくずれたのだ？ なんか気体が発生したのかも。色も変わって、すごい楽しかった。
- ・加熱したり、それに液体をたらしたりすると、思ってもいなかった色や変化が見れて、とても楽しかった。
- ・石灰岩を熱すると白くなって、しかも水をかけると沸騰したり、フェノールフタレインをかけるとアルカリ性ということがわかるというのが、実験をされていてすごくおどろきました。それに見ていておもしろかったです。
- ・すごく単純な実験だったけどおもしろかった。
- ・なんか、変化がいっぱいおこったからおどろいた。
- ・加熱前の石灰岩に水をかけてフェノールフタレインをかける実験をしたが、効果がなかったのに、加熱後は不思議な現象が起こってすごかった。
- ・なぜ、水を加えると急にくだけ、フェノールフタレインを加えると赤になるのかが知りたい。

[加熱後の石灰岩に水をかけたときの変化の様子についての感想]

- ・おもしろかった～とけまくり～すごかった。
- ・じゅわ～となるところがとてもよかった。水をかけたらアワっぽくなるなんておもしろい。
- ・水をかけて、くずれていったところがとてもおもしろかった。チョークになるということがびっくりだった。
- ・岩が水をかけてはがれていくのなんてはじめて見たから、ビックリしたけど楽しかった。
- ・水をかけるとふくらむのがおもしろかったです。でもなぜなるのかわかりませんでした。ふくらむことの原因が知りたいです。

[水をかけた加熱後の石灰岩にフェノールフタレイン溶液をかけたときの反応]

- ・フェノールフタレイン溶液をかけると色が変わって、すごかった。チョークと石灰で、つかっているとは思わなかった。
- ・フェノールフタレインをかけて赤色に変わったことが楽しかったです。
- ・赤くなる瞬間がすごかった。

フェノールフタレインをかけて赤むらさき色に変色したのがすごかった。

[色の変化、重さの変化についての疑問]

- ・とても楽しかった。なぜ、加熱した時に、黒が白になるのか不思議だった。
- ・重さは変わるのだろうか。黒い石が加熱すると真っ白になるなんて不思議だと思った。
- ・重さは変化するのか。

[化石]

- ・この化石に興味をもった。もっといろいろな実験をし、調べたいと思った。

6 考察

プリント記載内容から、ほぼ全ての生徒が、この実験に強く興味関心をもったと考えられる。数の上からも、生徒が、最も興味を示したといえるのは、白色の石灰岩に水をかけると細粒化する現象である。水をかけるだけで、急激な変化が生じるこの現象は、理科や地学への関心を高めるための生徒実験教材としての適性が高いと考えられる。これと並んで生徒の関心が高いのは、フェノールフタレイン溶液を消石灰にかけると赤く変色

する反応といえる。これも、急激で明瞭な変化が生じるものである。なお、教師がこの実験結果を説明する際には、次の2点を必ず言うておく必要がある。

①自然界では、この実験のように石灰岩が加熱によって、CaOに変化する現象は、生じにくいこと。

②石灰岩からセメントをつくる際に、この実験と同じようなことを行っていること。

生徒の感想の中で、1名だけ、「よくわからなかった」という記載があった。この生徒の班の石灰岩は、CaCO₃の純度が低いため、加熱によって白色化はしたが、水をかけても、細粒化しなかったものである。石灰岩は、業者から購入する場合、生徒実験用の非常に廉価なものはCaCO₃の純度が低い場合があるので注意が必要である。

また、2名の生徒が重さは変化するのだろうかという疑問をもった。この実験後の重量の減少は、明確に電子天秤等で測定することができる。そのため実験前後の観察で測定項目に加えると、より生徒の興味関心は高まり考えさせる授業が可能になるだろう。

以上の展開例は、堆積岩の単元で用いたものであるが、さらに発展させて、堆積岩が重要な資源の一つとなっていることも、体験によって学ばせることができる。筆者は、この授業の次の授業で、この授業で生成した消石灰に粘土を混ぜ、セメントをつくる実習を行った。生徒は自分たちでつくったセメントに水を加えて、簡単な立体像等を制作した。この実習も、生徒が強い興味関心を示した。

今後セメントをつくるために必要な電力量の計算等を行う授業も計画している。石灰岩の加熱変化は、堆積岩の単元だけでなく、「地球と人間」や総合的な学習等における資源エネルギー教育に有効な教材として用いることができるだろう。

おわりに

筆者は、中高一貫の私立学校に勤務した経験がある。その経験に基づき、定期試験の前には、一種のドリル学習である類題演習を必ず行ってきた。類題演習を行うと、試験の得点力が全体的にかなりアップするからである。ところが、大単元

「大地の変化と地球」では、上記の授業の他、インターネットによる調べ学習や三宅島の火山灰の観察等に力を入れたため、類題演習を行っている時間が全くなかった。けれども、定期試験の結果は、類題演習を行うよりも高い平均得点になったと思われる。最近、基礎・基本についての議論が高まっているが、生徒の学習への興味関心が高まるほど、基礎・基本の学力は定着するということを、今回改めて強く感じた。全ての生徒が、興味をもっていきいきと活動できる授業をめざして、今後も取り組んでいきたい。

謝辞

この実践を進めるための、岩石実験の基本的なデータを得る際に、早稲田大学教育学部の円城寺守先生に、常に有益な御指導を数多くいただいた。厚くお礼申し上げます。

文 献

小森信男(1987MS): 岩石の加熱による変化とその教材化についての一考察、筑波大学大学院教育研究科修士論文、4-12、47-50

小森信男(2002): 電気炉による石灰岩の加熱変化と授業への導入の試み、地学教育、55、227-233

左巻健男(1986): 中学理科の授業 生徒のわかる教え方と教材・教具の開発法、民衆社、69-70

身近な河川を利用した探究活動の工夫

—— 多摩川支流「野川」を通して ——

三鷹市立第七中学校 清水 実

本校の近くにある国分寺崖線の南側を沿って流れる「野川」とその周辺を活用して野外観察を取り入れた探究活動を展開した。本研究では生徒の自然と人間に関する認識や自然と共生する態度を身につけ、主体的に学習を行うことに有効であった。

1 はじめに

ごみ問題や生活排水の問題などに見られるように最近の環境問題では一人一人の環境に対する関心や態度が重要になってきている。

本研究では身近な自然の事物・現象を調べる探究活動を展開することにより、身近な自然を通して自然と人間の関わりを認識し、自然と共生する態度を育てることが重要と考え、研究を行った。

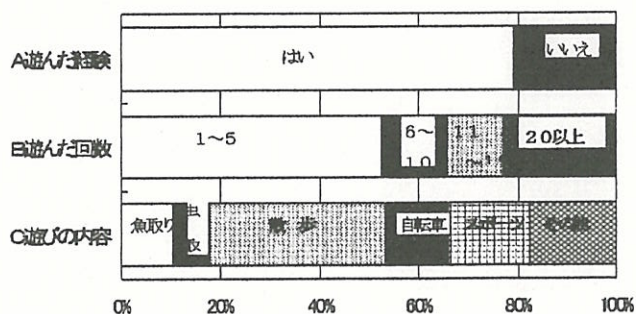
2 研究のねらい

身近な地域の河川の観察を通して探究活動を行うことによって、身近な自然に対する興味・関心を高めて主体的に学習を促し、自然と人間の関わりについて認識し、自然と共生する態度を育てることを仮説として、本研究のねらいとした。

3 研究の内容と方法

(1) 調査研究

東京都三鷹市立第七中学校の南側を流れる多摩川支流の野川を教材とした先行事例では「気象観測」「植物観察」「環境調査」などがある。また本校第1学年生徒105名に野川との関わりについての意識及び経験調査を行ったところ、図1のように自然と直接触れ合っている生徒は2割以下であった。本校周辺の季節ごとの現地調査では、川原が多様な植物で覆われており、崖線もはっきりしているので学習の場として適していることが分かった。



(2) 授業研究

仮説、調査研究を基に5時間の学習指導計画を作成し、授業で検証した(第1学年1学級38名)。

ア 学習指導計画の作成

第1時:野川での探究活動に興味・関心を高めるための動機付けとしてパソコンソフト、ビデオを活用する。

第2時:[野外観察1] 実際にフィールドを歩き、課題を発見する。その後テーマ別に班を作り、観察を企画する。また課題を発見し、解決するための支援としてのヒントカードを作成し、活用する。

第3時:[野外観察2] 各班で課題解決のための観察を行う。

第4時:各班で観察のまとめを行う。

第5時:資料提示装置等を使った効果的な発表会を行い、自然と人間の関係を認識する。

[野外観察1]

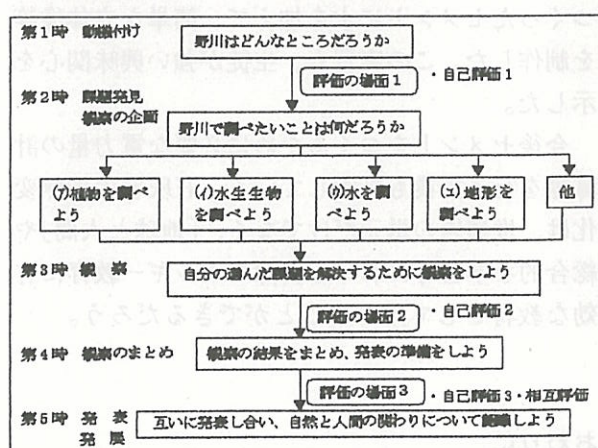


図2 学習指導計画の概要

課題発見、観察のまとめ、発表の過程では主体的な学習が重要なので、自己評価を取り入れた。また発表では他の班の学習を知ることが発展のために必要と考え、相互評価を取り入れた。

4 実践の成果と課題

(1) 活動の記録について：テーマの異なる2つの班の活動を記録し、考察してみた。

(下線：興味・関心、意欲の高まり。太字：主体的な活動。波線：自然と人間の関わりの認識。傍点：自然と共生する態度)

学習	課題	「水生生物」	「水」
「課題発見」から 「観察の企画」 		もともと生物に興味・関心をもっていたこともあり、「水生生物」(プランクトン)を選んだ。 <u>いち早く顕微鏡を用意する</u> などかなり学習への意欲が高かった。	多くの課題に興味・関心をもっていたが、課題発見の中で「水」に移った。 <u>特に湧水に触れたことで興味・関心が高まった。</u>
「観察」から 「観察のまとめ」 		アオミドロ以外ほとんど生物が発見できなかった。この時点で学習の意欲はかなり低くなった。「自分たちは失敗した。」と考えていたようだ。しかし「失敗ではない。なぜいないのか考えてみよう。」と助言を与えたところ、 <u>原因について調べだし、主体的に学習を始めた。</u>	湧水を調べていく中で色、酸性アルカリ性など違いについて意欲をもって考察を始めた。また、湧水がきれいなのになぜ飲めないかに気づき、主体的に学習を始めた
「発表」から 「発展」 		<u>プランクトンの少ない原因を環境や季節の影響にまで求めていた。また、<u>更なる原因の探究を考えていた。</u></u>	<u>都会の湧水が飲めないのは、<u>過の少ないことだと知り、水のきれいさにも考察が及んでいた。</u></u>

この結果から、次のことが言える。

ア 生徒は直接体験の中から自ら課題を発見すると主体的に学習する。

イ 学習の途上、予想と違った結果が出た場合など意欲が低下したときは、興味・関心、意欲を高めるための教師の指導、助言などが効果的である。

(2) 自己評価、相互評価について：

ア 主体的な学習を行う中で教師の適切な指導、助言を与えると興味・関心が高まることが自己評価から分かった。

イ 相互評価では互いの良さを認め合い、学習の意欲を高め、発展させる良い機会となったことが分かった。

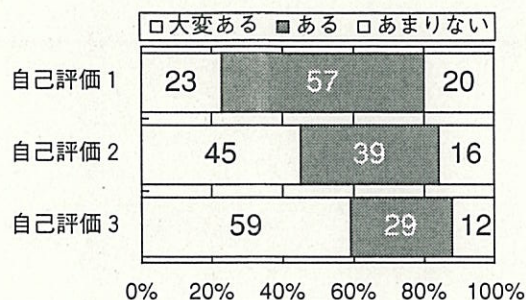


図3 興味・関心の推移

(3) 研究のまとめ：日常の授業の中で身近な自然を使い、「課題発見」と「観察」の中でそれぞれ野外観察を取り入れた探究活動を行うことは、生徒が主体的に学習する中で自然と人間に関する認識や自然と共生する態度を身につけることに有効である。

(4) 今後の課題

身近な自然を対象にした環境の学習では「地域性」、「健康」、「情報」などを視野に入れた学習が必要であり、「総合的な学習の時間」で活用を図ることが大切である。

五日市盆地の地形・地質の特徴を生かした指導の工夫

—中学校理科「地層と過去の様子」を通して—

武蔵村山市立第五中学校 平原 謙造

新生代及び中・古生代の地層並びに河岸段丘地形を観察することができる東京都あきる野市の五日市盆地において、野外観察を通して盆地の生い立ちを探究する学習を展開し、地層や地形を大地の変動と関連付けてみる見方や考え方を育てるための指導について研究した。

1 研究のねらい

わたしたちは大地の上に住み、大地から様々な恩恵を受けている。また、時として大地の変動によって起こる地震などの自然災害によって甚大な被害を被ることがある。

しかし、日常生活において、わたしたちが大地に目を向ける機会は少なく、大地に関する知識も多いとは言えないのではないだろうか。

大地はどのようにしてできたのだろうか。いつ頃できたのだろうか。現在の大地の姿は、恒久不変のものなのだろうか。

こんな問い掛けに、自分で探究して自分で自分の答えが導き出せたら、大地を見る目も違ってくのではないだろうか。さらには、教室内での学習だけではなく、野外へ出かけて大地に直接触れることによって探究できたら、大地に対する親しみも深まるのではないだろうか。

中学校理科「地層と過去の様子」では、地層や地形を大地の変動と関連付けてとらえさせることをねらいとしている。そのためには、野外へ出掛けて地層や地形を観察することが重要である。

本研究では東京都あきる野市の五日市盆地において、野外観察を通して盆地の生い立ちを探究する学習を展開し、身近な大地に目を向けさせると共に地層や地形を大地の変動と関連付けてみる見方や考え方を育てることを研究のねらいとした。

2 研究の方法と内容

(1) 調査研究

① 実態調査

小・中学校教員を対象に地層や地形に関する学習での野外観察実施状況を調査した。

② 文献研究

五日市盆地の地形・地質に関する文献並びに五日市盆地の地形・地質を教材化した研究や実践例

を調査した。

(2) 教材研究

① 野外観察地の調査・設定

野外観察を通して五日市盆地の生い立ちを探究するための観察地を調査・設定した。

② 野外観察の指導の工夫

指導計画を作成するにあたり、3点についての野外観察指導の工夫をした。

(3) 授業研究

授業実践を通して、設定した野外観察地、指導計画並びに指導の工夫の有効性を考察した。

(4) 研究のまとめ

授業研究の結果より、研究のまとめをした。

3 研究の結果

(1) 調査研究

① 実態調査—小・中学校教員対象—

ア 調査方法

(ア) 実施時期 平成9年7月

(イ) 調査対象 東京都内の港区、武蔵野市、あきる野市の3地区の教員・小学校理科専科又は5、6年担当教諭98名・中学校理科担当教諭28名

(ウ) 調査方法 質問紙法による。

イ 調査内容と結果

質問1 小学校「土地のつくり」、中学校「地と過去の様子」にかかわる学習で、今までに野外観察を実施したことがありますか。

	小学校	中学校
ア できる限り実施した	14%	0%
イ 何度かは実施した	55%	50%
ウ 一度も実施したことがない	31%	50%

質問2 これから、野外観察を実施する予定はありますか。

	小学校	中学校
ア 実施する予定である	7%	3%
イ できれば実施したい	38%	23%
ウ 実施する予定はない	31%	33%

質問3 野外観察は実施しにくいという考え方が

ありますが、その理由は何だと思いますか。

(複数回答)

	小学校	中学校
ア 野外観察の素材、適地がないから	65%	57%
イ 日常の教育活動が忙しくて、野外観察の準備をする時間がないから	48%	50%
ウ 指導計画の中で野外観察を行うための授業時数を確保しにくいから	59%	57%
エ 野外観察の指導の手順が分からないから	4%	4%
オ 野外へ連れていくと、児童・生徒の掌握が難しいから	6%	25%
カ 交通事情等で児童・生徒の安全確保が心配だから	10%	36%
キ 他の教員の協力を得る等の校内体制がとりにくいから	9%	21%

ウ 調査結果と考察

中学校は野外観察の実施率が低く、その理由は「ア適地」、「イ時間的余裕」、「ウ授業時数確保」の3つが多い。これは小学校とほぼ同じである。しかし、「オ生徒掌握の問題(21%)」、「カ安全面心配(36%)」「キ校内協力体制の問題(21%)」は小学校に比べ高く、中学校では生活指導や校内の協力体制の問題が野外観察の実施状況に関係していると思われる。

① 文献研究

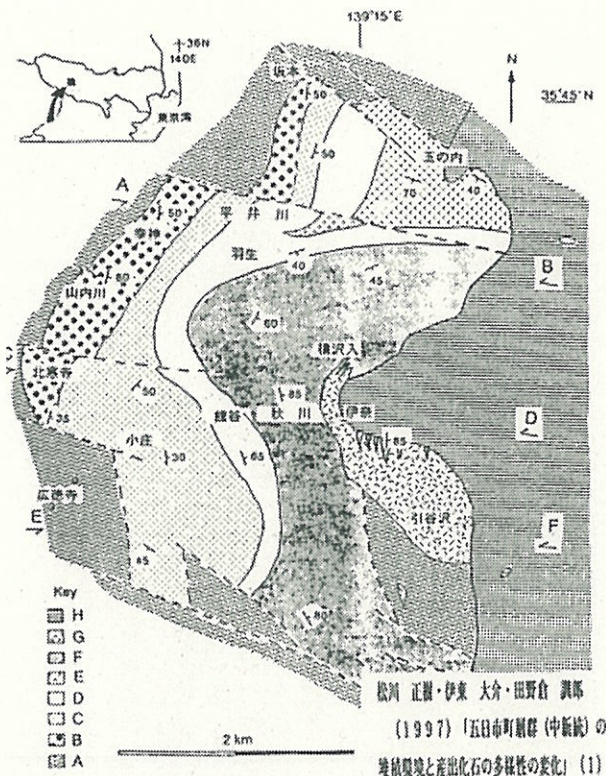
東京都の西部に位置する五日市盆地の地形・地質に関する文献調査により、五日市盆地及びその周縁では、新生代第三紀・第四紀、中・古生代の地層や地形を観察することができ、それぞれの地質時代における化石が産出することが分かった。

ア 五日市盆地の第三系(新生代第三紀)

五日市盆地は、東西・南北ともにほぼ5 Kmの広さに新生代第三紀に堆積した地層が分布する。この地層群は、菅野・新井(1964)によって「五日市町層群」と命名されており、他に藤本(1926)、五日市盆地団体研究グループ(1981)、入月・高橋・田中・尾田(1990)、松川・伊東・田野倉(1997)らによって研究されている。ここでは、松川・伊東・田野倉(1997)の研究成果に従う。

五日市町層群は、西縁では先新第三系の秩父層を不整合に覆い、北縁・南縁では秩父系と断層で接する。また、東縁では五日市砂礫層により不整合で覆われる。礫岩、砂岩泥岩互層、泥岩、凝灰岩砂岩互層、凝灰質砂岩、角礫岩からなり、下位より幸神層、小庄層、館谷層及び羽生層、横沢層、網代層に区分でき、これらは整合一連である。

【幸神層】円礫～角礫からなる淘汰の悪い礫岩層及び礫岩砂岩互層で、五日市町層群の基底をなす礫岩層である。



こしょう

【小庄層】砂岩泥岩互層を主体とする。小庄付近の秋川右岸では細礫を含む泥岩と共に、スランプ構造が見られる。二枚貝化石、ウニ化石、植物化石を産出する。

【館谷層】節理のよく発達した黒色泥岩である。二枚貝化石、ウニ化石、スナモグリ化石、植物化石を産出する。

【横沢層】凝灰質砂岩を主体とし全体に凝灰質物質を含む層である。

イ 五日市盆地の第四系(新生代第四紀)

(ア) 留原層

五日市盆地内の標高約200m付近には、新生代第四紀に堆積した地層が分布する。この地層は、鈴木(1962)によって「留原層」と命名されており足立(1988)によっても研究されている。他に研究されている例はなく、第三系に比べ第四系(留原層)の研究は進んでいない。留原層は、角礫層・粘土層などからなり、流木化石を産出することから鈴木(1962)は「留原層は、湖沼の堆積環境のもとで堆積したものであろうと考えることが、最も妥当である」とした。さらに、足立(1988)は留原層から淡水産のケイソウ化石を発見し、「留原層は、角礫層の間に炭質物をふくむシルト層が頻繁にはさまれること、流木や淡水産のケイソウ化石が多く含まれることなどから、鈴木(1962)の言うように湖や沼の堆積物と見るのが最も妥当であり、五

日市盆地には湖が存在したものと見られる」とした。湖が形成された時代については、数万年から約20万年前とされているが、まだ年代を確定できていない。

(イ) 河岸段丘

五日市盆地には、盆地内を西から東へ流れる秋川に沿って河岸段丘地形が発達する。河岸段丘については、留原層と同じく鈴木(1962)、足立(1988)によって研究されている。両者ともに段丘を5つに区分しており、第段丘面は留原層の堆積面にはほぼ相当するとしている。

(2) 教材研究

① 野外観察地の調査・設定

ア 野外観察地の調査・設定の視点

(ア) 五日市盆地が「海だったこと」や「湖だったこと」を考察することができる。

(イ) 観察結果から、大地が変動したこと考察することができる。

(ウ) 1クラス40名の生徒が野外観察を行える広さがある。又は、班行動による野外観察を安全に行うことができる。

イ 設定した野外観察地

(ア) 河岸段丘地形

① 五日市高校～檜原街道～秋川～広徳寺



写真1 河岸段丘地形

盆地内では新生代第四紀並びに第三紀の地層が秋川に侵食されてできた河岸段丘が見られる。

この地点では、段丘地形や段丘礫の観察から湖だった時代の後の五日市盆地の生い立ちを秋川による侵食や大地の変動と関連付けて考察できる。

(イ) 新生代第四紀の地層(留原層・湖底に堆積し現在も水平な地層)

新生代第四紀の角礫層と粘土層が交互に重なった地層が水平に堆積し、粘土層からは流木化石、淡水産のケイソウ化石が産出する。観察結果から

五日市盆地が湖だったことを考察できる。

① 高尾・清掃センター北



写真2 高尾・清掃センター北

② 三内・小机坂



写真3 三内・小机坂

③ 入野・樽沢

④ 五日市・開光院

①②の地点では、地質柱状図を作成したり、地層の重なり方や構成物の特徴を比べたりして地層の対比を行い、地層の広がりやを考察できる。

また、粘土層からはディプロネイス、ハネケイソウなどの淡水産ケイソウ化石が産出する。泥水をスライドガラス上にとって乾燥させたプレパラートをつくり、生徒用光学顕微鏡を使い、150～600倍程度の倍率で簡便に観察することができる。

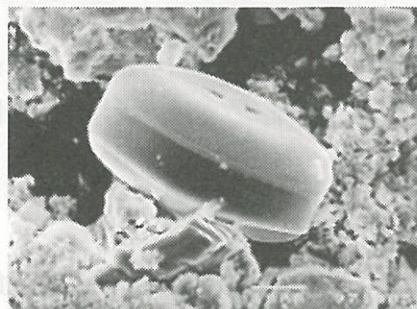


写真4 淡水産ケイソウ化石(ディプロネイス)

(ウ) 新生代第三紀の地層(五日市町層群・海底に積し、現在は傾いている地層)

新生代第四紀の地層(留原層)の下に位置する

ので、第四紀（湖の時代）以前の五日市盆地の様子を探る手掛かりとなる。

産出する化石から地層が堆積した当時の環境を考察したり、地層の傾き方から大地が変動したことを考察したりすることができる。

- ① 小和田・広徳寺参道では、握り拳大で角が円磨された礫岩の地層を観察できる。
- ② 小和田・小庄堰下では、しゅう曲した地層が観察でき、泥岩層から植物化石(メタセコイアなど)を採集できる。
- ③ 留原・第六天の崖では、河床から崖まで地層が見られ、崖ではしゅう曲した地層が観察できる。
- ④ 館谷・錦江閣下の川原では、泥岩層からウニや二枚貝などの化石を採集できる。
- ⑤ 横沢・五日市橋の下では、平行な地層がほぼ垂直に立っている様子が観察できる。



写真5 小和田・小庄堰下

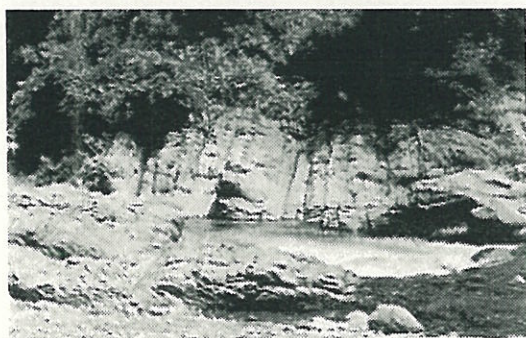


写真6 横沢・五日市橋の下

② 野外観察の指導の工夫

ア 五日市盆地の生い立ちを探究していく過程で学級ごとの野外観察、班行動による野外観察の2回を実施する。

イ 生徒自らに課題を設定させ、目的意識を持たせて野外観察を行わせる。

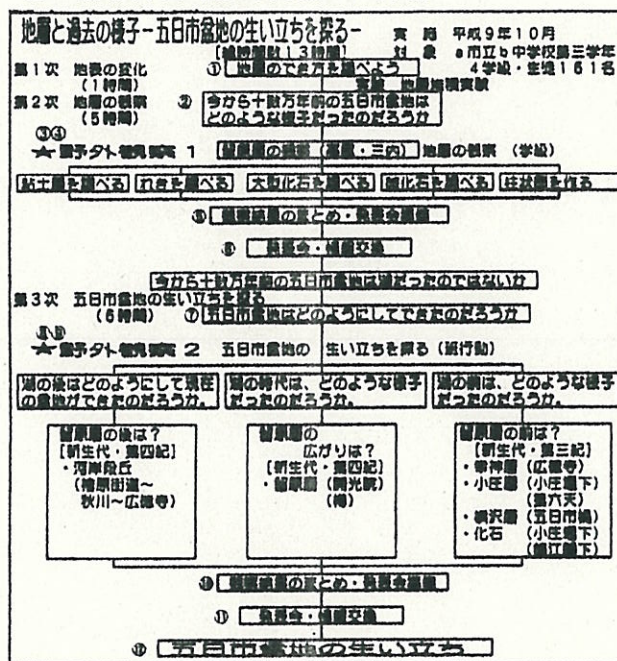
ウ 指導体制(チーム・ティーチングによる指導、地域の人材の活用)を工夫する共に、社会教育施設を活用する。

(3) 授業研究

① 単元の目標

身近な地域に見られる地形や地層に対する関心を高め、野外観察を通して地形や地質を科学的に調べる能力と態度を育てるとともに、地表に見られる様々な事物・現象についての理解を深め、これらの事象を大地の変動と関連づけてみる見方や考え方を養う。

② 指導計画〔総時間数12時間〕

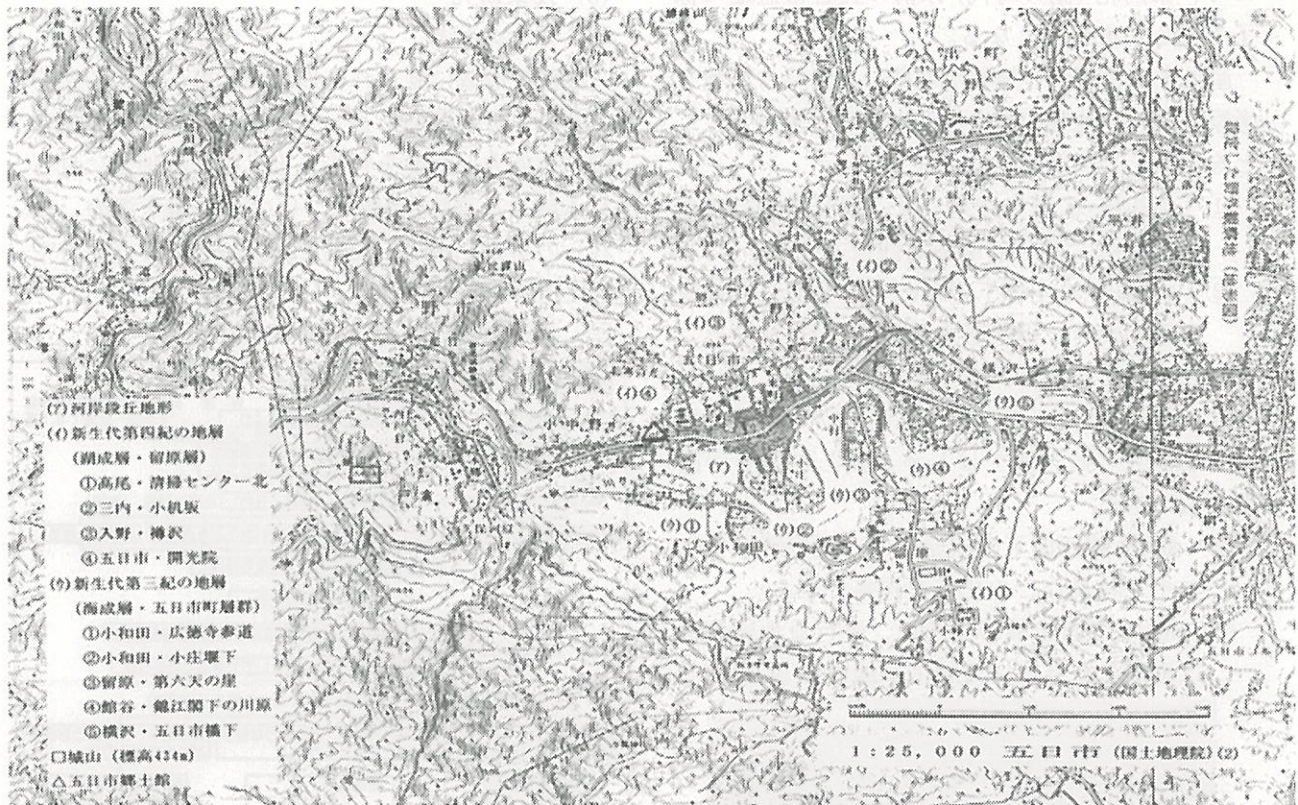


③ 授業の実践結果と考察

ア 授業実践記録

(ア) 野外観察 1:「今から十数万年前の五日市盆地 はどのような様子だったのだろうか。」という課題を提示し、観察班ごとに課題解決の方法を選択させて新生代第四紀の地層の野外観察を行った。

野外観察後は班ごとに観察結果を考察し、学級での発表会を行った。学級では、微化石を調べた班からの淡水産ケイソウ化石発見の報告が決め手となって「五日市盆地は昔、湖だったのではないか」という結論を導き出した。これは多くの生徒の「海だった」という予想に反したので、「川でウニの化石を見つけたことがあるが海ではなかったのか」などの疑問が生じ、野外観察2の問題へと発展した。生徒はこの学習を通して、地層は過去の様子を知る手掛かりであることをつかんだ。



設定した野外観察地 (地形図)

(イ) 野外観察 2: 野外観察 1 で発見した様々な問題を観察班ごとに解決するために、班行動による野外観察を行った。

「湖の前の五目市を調べる。」という問題を設定した生徒 3 名の班は新生代第三紀の地層を観察し、地層の傾きについて次のように考察した。生徒 A 「地層の傾きは 85° だったけど、何が分かるのだろう?」、生徒 B 「地層は元々は水平なんだから、何かの力が働いて立ち上がったんだと思うよ。」、生徒 C 「この時代は、湖の後かなあ?」、生徒 B 「湖の前だと思う。」、生徒 A 「それじゃ、この地層が立ち上がって湖ができたのかなあ?」このような考察を経て発表会では、「地層が立っていました。大きな地震があつて、水平だった地層が立ち上がり、秋川をせき止めて湖ができたのではないかと思います。」と報告した。さらには、他の班の報告をもとに、海だった時代と湖だった時代がある五目市盆地は大地が変動を繰り返して現在の姿がつけられたことをまとめた。

生徒は、この学習を通して、「地層や地形は大地が変動したことを知る手掛かりである。」という見方や考え方ができるようになった。



写真 7 野外観察 1 (高尾・清掃センター北)



写真 8 野外観察 2 (横沢・五目市橋下)

(ア) 野外観察 1

- 真黒の層が少なくすゝがたぐれ出た
- コ-巻、黒い層が下のうにあった、
- 下のほうが土ががたがた、
- ほとんど平行に層があった、

- 地層が新しいほうが、色がうすい。
- 赤黒い層は、木がごとく腐化して黒くなった。
- 地層が古いほうがエがかたい。

五ノ市村
 地層が立つように
 なる。

[illegible]

(ア) 感想の抜粋

○いつも素通りしていた所や、河原に地層があったり化石があったりとても驚きました。地層の傾きや向きなどで昔の五日市の大地の変動の様子が分るとか、今まで知らなかったことが分かった。

○メタセコイアの化石などが出てきて時代や環境が分かった。大地が曲がってしまうなんて信じられなかったが、いろいろ調べてよく分かった。

○この授業をやってから、登下校の時、ついつい地層などを探してしまう。

学習後の感想文 139 名分を分析した。

感想文に書かれた内容	説明した人数	人数の割合(%)
ア 五日市盆地が湖だったことを述べた	34	24.5
イ 五日市盆地が海だったことを述べた	9	6.5
ウ 大地は変動することを述べた	28	20.1
エ 地層や地形で過去の様子が分かることを述べた	46	33.1
オ 地層・地形に対する見方が変わったことを述べた	22	15.8

感想文の中で、ア～オのいずれかの内容を書いた生徒は103名であり、これは全体の74.1%である。授業後の感想文の分析から、五日市盆地の生い立ちを探る学習を通して、地層や地形を五日市盆地の過去の様子や大地の変動と関連づけてとらえるようになったり、地層や地形に積極的に目を向けるようになった生徒が多いことが分かった。

- (1) 他校における生徒が五日市盆地で野外観察を実施するための、事前・事後指導で活用できる視聴覚教材等の開発
- (2) 五日市盆地で野外観察を実施する学校のための支援体制づくり
- (3) 中学校において野外観察を実施するための校内協力体制づくりの工夫

目的意識をもった観察、実験を通して、 自然への事物・現象への理解を深める指導法の工夫

——「大地の変化」の学習における火山灰の観察指導を通して——

平成12年度 東京都教育研究員 理科 第2分科会

小金井市立小金井第一中学校 高田 重也 品川区立荏原第一中学校 坂内 温実
足立区立入谷中学校 藤島 秀樹 葛飾区立奥戸中学校 中島 成男
八王子市立南大沢中学校 細谷 敏昭 あきる野市立秋多中学校 小峰 誠
八丈町立末吉中学校 梅村 和正

目的意識をもった観察、実験を行い、その結果を考察し自らの考えをもち表現できるようにするための指導法の工夫を、火山灰の観察を通して行った。その指導法とは、新たな教材の開発、及び指導計画、評価方法の工夫である。

1 主題設定の理由

学習指導要領の改訂において、「目的意識をもって」という言葉が新たに加わり、生徒の学習活動が受動的に行われるのではなく、主体的に行うことが大切であると強調されている。しかし、現在の理科教育は問題発見から実験方法の考察、結果の処理、新たな問題発見という過程が主体的に行われていると言い難く、また、生徒においても結果を考察し根拠を考え、さらに自分で結果を見だし解決する能力が十分育成されていないと思われる。

よって、目的意識をもって観察、実験を行うには、具体的にどのようなことを観察、実験の過程に取り入れなくてはならないかを明らかにすることが必要と考え、本主題を設定した。

2 研究のねらい

「大地の変化」の学習は、地学的な事物・現象は長大な時間と広大な空間の中で互いに関連を持ちながら変化してきたことに気付かせ、大地は変化するという考え方を育成することを主なねらいとしている。このためには生徒が目的意識をもった観察、実験を行い、観察、実験の結果を考察して自らの考えを持ち、表現できるようにすることが大切である。

本研究会では、近年国内において火山活動による災害に対する生徒の関心が高まっていることに着目し、火山灰の観察指導を改善することにより目的意識をもった観察、実験を模索することとした。

火山灰の観察について、教科書に記載されてい

る方法は生徒にとって必ずしも簡便とはいえず、複数の資料の観察をもとに生徒が問題を見つけたり、結果の考察をもとに自分の考えをもつような展開は難しいものとなっている。火山灰の観察方法の工夫、生徒の問題発見や考察をもとにした考察が可能となる学習展開の構想、自己の成長過程が感じ取れる評価の工夫が重要な課題となっている。よって、本研究では

- ① 身近な素材を用いて大地の変化に対して、興味・関心を高めるための教材の開発
- ② 目的意識をもった観察、実験ができるようにするための教材の工夫
- ③ 自ら問題を発見し解決できる学習計画の工夫
- ④ 自己の成長を、自ら感じ取れる評価の工夫を中心に研究を進めた。

3 研究の方法

次のような方法で研究を進めた。

- (1) 研究のねらいの設定
- (2) 教材・教具の工夫と開発
- (3) 指導計画、及び、評価方法の工夫と実践
- (4) 授業実践と学習後の事後調査分析
- (5) 研究のまとめと今後の課題

4 研究内容

- (1) 教材・教具の工夫（ペットボトルを使用している火山灰の洗浄法）

① 工夫にあたって

火山灰を洗い出す場合、従来の蒸発皿による椀がけ法では、濁った水と一緒に鉱物も流してしまいう場合も多く、きれいな鉱物だけを残すには多くの時間を要することもあった。今回開発し

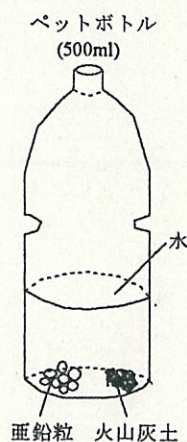
た火山灰土の洗浄方法（ペットボトルを使用）では上記の点が改善できるとともに身近なものを活用することで生徒の興味関心を高めることも期待できる。この方法を用いることで生徒は複数の試料を比較しながら観察したり、観察結果をもとにじっくり考察するなどの活動のゆとりがもてるようになり、目的意識をもった観察や実験が可能になると考えた。

② 実験方法

- 準備 ・ ペットボトル(500ml／くびれがあると鉱物が、流れ出にくくなる)
 ・ 亜鉛の粒（不規則な粒状をしたもの）
 ・ 双眼実体顕微鏡、生物顕微鏡などの観察用具
 ・ ピンセット ・ シャーレ
 ・ 学校周辺の火山灰土

方法

- ペットボトルに用意した火山灰土を葉さじ1杯ほど入れる。
- 亜鉛の粒を30粒ほど入れる。
- ペットボトルに水を4分の1ほど入れ、ふたを閉め上下に激しく振る。（20秒から30秒間）
- 亜鉛が流れないように水を捨てる。
- c dを水が濁らなくなるまで数回繰り返す。
- 水が濁らなくなったら余分な水を捨てる。
- ペットボトルの中身を残りの水とともに全部シャーレに流し出す。
- 亜鉛を拾い出し、試料が浸る程度まで水を捨てる。
- ア シャーレごと双眼実体顕微鏡で観察する。
 イ スポイトで試料をスライドガラスに移し生物顕微鏡（低倍率）で観察する。



③ ペットボトルを使用しての洗浄法の特徴

- ・ 椀がけ法による洗浄法に比較し短時間で鉱物の洗い出しが可能である。
- ・ 鉱物を流しにくい。
- ・ 亜鉛の粒が鉱物の表面の風化物を適度に落とす
- ・ 椀がけ法では火山灰中の火山ガラスなどにより指の腹を切ったり刺したりすることがあった。この方法ではそのような事故はなくなる。

④ 注意点

風化が進んでいる試料の場合、振っただけでは十分に鉱物が洗い出せない場合がある。この場合、ペットボトルから出した後、指で1、2回こねるとうまくいく場合がある。

また、試料によってはあまり激しく振ると鉱物の結晶が壊れてしまうことがある。事前に振る条件を確認しておく必要がある。

(2) 学習計画

目的意識をもった観察、実験を行うためには、グループによる観察、実験ではなく、生徒一人一人が自ら観察、実験を行うことによって、より強い目的意識をもたせられると考えられる。さらに、観察、実験の結果が得やすい方法を工夫すると共に、身近な用具を使うことにより、興味・関心も高められる。

以上のことを考慮して、大地の変化における「火山活動と火成岩」についての目標と学習展開を立てた。

<目標>

火山の噴出物の観察を通して、火山の形と活動のようすが互いに関連していることに気づくと共に、マグマの性質との関連をとらえる。また、火山岩と深成岩を観察し、その組織の違いに気づくと共に、その違いは、でき方の違いにあることを理解する。

以上の観点から下記のように学習計画を立てた。

時	学習項目	生徒の活動	指導・援助 ◇は評価
1	火山灰の観察	「発問」 「三宅島の火山灰は、どのような粒からできていますか。」 「他地域の火山からの火山灰と、何か違いがありますか。」 ・ 火山の災害にはどのようなものがあるか考える。 ・ 配られた2種類の火山灰を肉眼で観察する。 ・ 火山灰をより詳しく調べる方法を各自工夫しながら、観察する。 ・ 火山灰を比較検討し、グループで話し合い気づいたことをまとめる。	・ 火山の災害について考えさせる。 ・ 三宅島の災害のニュース等も用意しておく。 ・ 実験器具（ルーペ・顕微鏡・双眼実体顕微鏡）を用意しておく。 ・ 鉱物について説明する。 ◇ 火山災害に関心が持てたか。 ◇ 火山灰が鉱物からできていることに気づいたか。 ◇ 火山灰は地域により違うことに気づいたか。

時	学習項目	生徒の活動	指導・援助 ◇は評価
2 本 時	自分たちの地域の土の観察	「発問」 ・自分たちが生活している地域の土は、何からできていると思いますか。 ・用意した土（生活している地域の火山灰土）を観察する。 ・ペットボトル法についての説明を聞く。 ・自分たちの地域の土の粒を観察する。 ・観察して気づいたこと疑問に思ったことを、ワークシートに記入する。 ・火山灰と比べた特徴をグループで話し合い、気づいたことをまとめる。	・ペットボトル法の説明をする。 ・顕微鏡を人数分用意する。 ・生徒の素朴な考えや発想を大切にすること。 ・方法のわからない生徒は、机間指導で指導する。 ・鉱物はマグマから生じたことを説明する。 ◇自分たちが生活している土が火山灰からできていることに気づいたか。 ◇火山灰のつくりとの共通点に気づいたか。
3	火山の形や噴火のようすについて	「発問」 ・マグマの粘性で火山の形には、何か関係があると思いますか。 ・マグマの粘性で火山の噴火には、何か関係があると思いますか。 ・日本と世界の活動的な火山の説明を聞く。 ・火山の形と噴火活動のようすについて資料をもとに、共通点や異なる点を話し合う。 ・火山の形や噴火活動のようすが、マグマの粘性とどのような関係があるか話し合う。 ・火山の構造図をもとに火山活動のようすと噴出物について話し合う。 ・火山の形を分類する。 ・マグマの粘性で火山災害の関係について話し合う。	・日本と世界の地震発生図を準備する。 ・ビデオやスライドなどの視聴覚教材を準備する。（コンピューターシミュレーションも利用できる） ・火山の構造図を準備する。 ・火山噴出物を準備する。 ・生徒の素朴な考えや発見を大切にすること。 ◇マグマの粘性が火山の形や噴火活動及び火山災害に関係することに気づいたか。
4	火成岩の観察	「発問」 ・いろいろな岩石のつくりを調べて、その特徴をまとめてみよう。 ・安山岩とれき岩をルーベを使って観察し、つくりについて話し合う。 ・安山岩と花こう岩をルーベを使って観察する。 ・安山岩と花こう岩の特徴を話し合う。	・火成岩と堆積岩を種類ずつ準備する。 ・ルーベを人数分用意する。 ・火山岩と深成岩を種類ずつ準備する。 ・生徒の素朴な考えや発見を大切にすること。 ◇火成岩と堆積岩のつくりの違いに気づいたか。 ◇火山岩と深成岩の組織の違いに気づいたか。
5	火成岩の組織	「発問」 ・火成岩の組織の違いと、でき方の関係を考えてみよう。 ・溶岩と火成岩を観察して、相違点について話し合う。 ・火山岩と深成岩の組織が異なる理由を話し合う。 ・ミョウバンの水溶液を冷やし、結晶のできかたの違いを観察する。 ・火山岩と深成岩のプレパラート、及び、ミョウバンの実験からわかったことについて話し合う。	・溶岩・火山岩・深成岩を準備する。 ・溶岩と火成岩のつくりの違いに気付かせる。 ・ミョウバンの実験の説明をする。 ・火山岩と深成岩のプレパラートを準備する。 ◇火成岩の組織の違いは、マグマの冷え方の違いによることに気づいたか。
6	火成岩の色による分類	「発問」 ・火成岩を色の違いで分類し、色の違いができる理由を考えてみよう ・火成岩を分解（熱し、急冷する）する実験を行い、有色鉱物と無色鉱物に分類する。 ＜別法：火成岩の平滑面を利用し、有色と無色の割合を調べても可＞ ・造岩鉱物の特徴を資料から、色と形について分類する。 ・火成岩を色から分類する。 「発展」 ・溶岩の色と火山の形の関係について考える。 ・溶岩になる前のマグマの粘性で溶岩の色はどのような関係があるか考える。 ・溶岩の色と粘性をもとに、火成岩の色と火成岩のもとなるマグマの粘性の関係をまとめる。	・実験方法と火傷をしないための注意について説明する。 ・鉱物を判別するための図を用意する。 ◇色の違いは、含まれている造岩鉱物の違いであることに気づいたか。 ・2種類の溶岩を準備する。 （盾状火山の溶岩→黒・暗灰色鐘状火山の溶岩→灰・淡灰色） ・溶岩の色、火山の形、マグマの粘性の比較図を準備する。 ◇火成岩の色は、マグマの粘性と関係があることに気付いたか。

(3) 授業展開例

	学 習 活 動	指 導 ・ 援 助
第 2 時 本 時	・ 用意した火山灰土（関東ローム等）に触れ色や手触りを確認する。 ・ 実験器具を準備し、前回同様洗い出しをしないでそのまま観察する。	・ よい試料が得られないことも考慮し鹿沼土等を用意しておく。 ・ 用意した火山灰土は、すぐ顕微鏡で見られないことを確認させ、洗浄が必要なことに気付かせる。
	・ ペットボトル法による洗い出しの方法を知る。 ・ 実験器具を準備し、用意した火山灰土の洗い出しを始める。 ・ 水が澄んだらシャーレに移す。 ・ 水が入っているまま双眼実体顕微鏡で観察する。 ・ 見えた粒の様子をスケッチし、その特徴について考える。 ・ どんな粒があるか鉱物の写真と比較する。 ・ 磁鉄鉱は、柄付針の先端を磁化させて調べる。	・ プリントを用意し、必要とする生徒に与えられるようにする。 ・ 排水処理は水槽に入れ、流しに直接流さないようにする。 ・ 顕微鏡を使う場合は、低倍率にして観察するよう助言する。
	・ 洗い出した火山灰土と桜島の火山灰を比べ気付いたことをまとめる。 ・ 発表し合い、自分達の住む地域やその周辺にも火山灰が存在することに気付く。 ・ 用意した火山灰土（関東ローム等）について生い立ちを知る。 ・ 火山灰に含まれる鉱物は、地下に存在するマグマから生じたものであることを確認する。	・ 大きな火山では、たくさんの火山灰が遠方にまで降ることを、災害と結びつけて実感させる。 ・ マグマから生じる他の火山噴出物の観察や、火成岩をつくる造岩鉱物を調べる学習に発展させる。 <応用実験> ・ 三宅島の火山灰等の洗い出しを行い観察をさせる。

観察 2 自分たちの地域の土の観察

____年 ____組 ____番 氏名 _____

1. 用意した土の様子 [1] (全体の色、手ざわり、気がついたこと)
2. 用意した土の観察 [2] (形・色・その他の特徴)

[]	[]
[]	[]

3. 考察：用意した土と桜島の火山灰を観察して気がついたこと（共通点や相違点）

評価カード

____年 ____組 ____番 氏名 _____

[自分たちの地域の土の観察]

☆今日の授業の目的は何か。

()

☆自分たちの地域の土は、何からできていると思いますか。（仮説）

()

<自分の評価>

- | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| a. 自ら進んで授業（実験）に取り組めましたか。 | A | B | C |
| b. 友人と協力できましたか。（話し合いも含む） | A | B | C |
| c. スケッチがしっかりできましたか。 | A | B | C |
| d. 自分の仮説は、しっかり立てられましたか。 | A | B | C |
| e. 自分たちの地域の土は、何からできているか、理解できましたか。 | A | B | C |
| f. マグマが何であるか理解できましたか。 | A | B | C |
| g. 今日の授業（実験）の感想や疑問点などを書いてみよう。 | | | |
| () | | | |

<友人からの評価>

- | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|
| h. 自ら進んで授業（実験）に取り組めていましたか。 | A | B | C |
| i. 友人と協力して（話し合いも含む）授業（実験）に取り組めていましたか。 | A | B | C |
| j. 友人からの一言 | | | |
| () | | | |

今日の授業（実験）の自分自身による総合評価	A	B	C
-----------------------	---	---	---



(4) 生徒への事前アンケート及び事後アンケート調査による考察

この調査は、「大地の変化」の単元で、特に「火山」の項目について生徒への関心・意欲や知識についての実態を把握するために実施した。「火山」



についての学習指導は、視聴覚教材の使用が中心になりやすく、観察、実験が実施しにくい現状がある。そこで、観察、実験の実施を通して、生徒の意識がどのように変容するかをとらえる必要があると考え、事前と事後でアンケートを行った。

(対象生徒 事前 868 名 事後 277 名)

No	設 問	解 答	事前%	事後%
1	地震や火山活動が起きたとき、テレビなどの情報を進んでみますか。	よく見る 見る あまり見ない 全く見ない	22 48 26 4	28 56 15 1
2	地震や火山活動が起きたとき、その地域の災害状況が気になりますか。	とても気になる 気になる あまり気にならない 全く気にならない	16 55 24 5	19 62 18 1
3	れき、砂、粘土に興味がありますか。	とてもある ある あまりない 全くない	3 15 57 25	9 39 46 6
4	火山灰に興味がありますか。	とてもある ある あまりない 全くない	6 20 50 24	10 45 40 5
5	自分たちの住んでいる地域や、その周辺の土地に火山灰があることを知っていますか。	知っている 知らない	16 84	95 5
6	れき岩、砂岩、泥岩(たい積岩)以外にも岩石は別のでき方があることを知っていますか。	知っている 知らない	12 88	92 8
7	火山の噴火で出てくるものがあります。その中で知っているものにすべて○をつけてください。 (複数回答)	溶岩 火山ガス 火山灰 火山弾 その他	83 35 90 21 2	97 88 97 45 14

No	設 問	事前アンケートによる質問	事後アンケートによる質問
8	火山について調べてみたいこと、知りたいことがあれば書いてください。	・なぜ火山は噴火するのか。 ・火山の噴火ではどんな災害が起こるのか。 ・富士山はいつ噴火するのか。 ・噴火のしくみについて知りたい。 ・溶岩の温度はどのくらい。 ・火口を見てみたい。 ・火山と地震の関係を知りたい。 ・火山灰はどのようなものか、また有害なのか。 ・その他	・造岩鉱物をもっと調べたい。 ・いろいろな火山灰を調べてみたい。 ・マグマがどうしてできるのか興味があるのでぜひ知りたい。 ・山に登ることがあれば火山の噴出物を見てみたい。 ・地球以外の天体の火山について知りたい。

事前アンケートの結果より、次のことがわかった。

- ① 火山や地震のニュースへの関心は高く、情報もよく知っていること。
- ② れき、砂、粘土や火山灰への関心は高いとは言えず、知識も少ないこと。
- ③ 火山について調べてみたいことや、知りたいことがある生徒が約1割おり、意識の高い生徒も少なからず存在していること。

また、事後アンケートの結果より、次のことがわかった。

- ① すべての設問の項目で、興味・関心は事前に比べて高くなった。
- ② 火山については、身近なものとしてとらえられるようになり、知識とともに、学習への意欲も向上した。

アンケートの結果から、事前、事後を通して多くの生徒が火山について高い関心を示していること、さらに今回の観察、実験の工夫により、体験しにくい遠い存在と思われがちな火山灰を、身近な存在としてとらえられるようになったことがわかった。

以上のことから、今回の研究が、ねらいである「大地は変化するという考え方の育成」のために役立っていることが認められた。

また、事後アンケートには、学習前の調査で出された内容に加え、火山についてさらに深めたいという疑問も多数出され、今後そのような生徒への欲求にどう答えていくかが課題である。

5 研究のまとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、生徒が目的意識をもって主体的に観察、実験に臨むことができるようにすることをねらいとし、身近な素材を用いた観察、実験や、生徒の主体的な活動を促す学習展開の工夫を図った。

研究の成果については、観察、実験での生徒の取り組む姿勢や、事前・事後調査の結果の比較から、生徒の変容を把握することにより分析した。

① 教材・教具の工夫

ア 身近な素材であるペットボトルを使った洗浄

法の開発により、大地の学習に対する興味・関心を高め、観察、実験に対しても積極的に取り組むようになった。

イ 短時間ででき、成功率の高い実験方法を開発したことにより、生徒が探究的な学習を深めることができた。

② 学習計画と授業展開の工夫

ア 観察、実験を生徒一人一人が行うことにより、生徒が興味・関心を持って、自主的に学習を深めることができた。

イ 話し合い活動やさまざまな観察や実験の結果の発表を通して、火山灰土に含まれる鉱物についての学習が深まった。

ウ 自己評価カードの活用により、目的意識をもって学習に取り組めるようになった。

③ 観察、実験の工夫

鉱物についての生徒の自由な着眼を生かした、観察、実験によって気づいたことを発表し合うことにより、個々に応じた学習がなされた。

(2) 今後の課題

① 本研究で工夫した教材・教具について

「ペットボトル洗浄法」は従来の椀がけ法に比べて、前述のような利点があり、火山灰土の学習には有効であった。しかし、従来の洗い出し法にも優れている面があり、目的によって使い分ける必要がある。たとえば、火山灰がどの火山から噴出したものか調べるなど精密な観察を行うには、洗い出し法で時間をかけて行うほうがよいと思われる。

② 学習計画について

学習計画を作成するに当たっては、次の点を考える必要がある。

- ・ この他の単元においても仮説→観察、実験→評価を繰り返し、目的意識を持って学習に取り組むことができるようにする学習計画の工夫。
- ・ 観察、実験結果からの考察を発表し合い、話し合いを深める指導方法の工夫。

「大地の変化」の学習において問題解決的な 活動を促す学習指導の工夫

—— 火成岩組織のモデル実験を利用した問題解決的な授業 ——

平成 13 年度 東京都教育研究員 理科 第 2 分科会

中野区立第二中学校	峯 岸 貴 彦	港区立青山中学校	高 橋 美由紀
文京区立第六中学校	梅 田 保 幸	品川区立城南中学校	菊 地 伸 江
江戸川区立鹿本中学校	小 澤 静 恵	八王子市立第七中学校	伊 藤 映 二

「大地の変化」の中の「火成岩」について、身近な素材で作成した教材を利用し生徒が自分で課題を見つけ、その解決を図る授業展開の工夫をした。また、生徒のコミュニケーション活動を促し、理解を深めさせる発表活動についての研究を進めた。

1 主題設定の理由

学習指導要領では「目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てる」ということが強調されている。これを具体化するためには、知的好奇心や探究心をもって生徒が自ら問題を見つけ、試行錯誤しながら自分で考え、解決していく「問題解決的な学習」を進めていくことが重要である。しかし、アンケート調査の結果からも明らかのように「大地の変化」の単元では「問題解決的な学習」があまり行われていない。そのため、生徒は疑問を持ったり理由を考えたりしないまま、与えられた観察、実験を行う傾向にあった。そこで、私たちは問題解決的な活動を促す学習指導を工夫することで、生徒が火成岩の組織を成因と関連づけてとらえることができるのではないかと考え、本主題を設定した。

2 研究のねらい

本研究を行うにあたり、観察したことをもとに生徒が問題を見つけ、解決する意欲を高めること。生徒自身が解決方法を考え、試行錯誤する中で結果を導き出し表現することで互いにコミュニケーションできるような、学習活動を工夫することが必要であると考えた。また、生徒が様々な方法で試行錯誤でき、実験結果から事象の起こる要因を類推することができる教材や、身近な素材を利用した複数の単元で利用できる観察器具の工夫を行う必要もあると考えた。そこで、次の三点を中心に研究を進めた。

- ① 生徒が自分で課題を見つけ、その解決を図る授業展開の工夫
- ② 身近な素材を利用した教材の工夫

- ③ 発表を通してコミュニケーションを促し理解を深めさせる工夫

3 研究の方法

次のような方法で研究を進めた。

- ① 「大地の変化」を指導する上での課題の把握（教員アンケートの実施）
- ② 学習指導計画の作成
- ③ 学習展開の工夫と教材・教具の開発
- ④ 検証授業の実施と学習後の事後調査
- ⑤ 研究のまとめと今後の課題の検討

4 研究の内容

- (1) 学習指導の実態に関する教員対象のアンケート調査の結果と考察

「大地の変化」の学習に関する学習指導の状況について平成 13 年 7 月に研究員の所属する地域の中学校理科担当教諭 83 名を対象に、アンケート調査を行った。

- ① アンケートの内容
 - ア 新学習指導要領において「大地の変化」が 3 学年から 1 学年へと移行したことについてどう感じているか
 - イ 「大地の変化」の単元において問題解決的な指導を行っているか
 - ウ 「大地の変化」の単元において実物観察を行っているか
 - エ 「火成岩の成因」をどのように指導しているか
 - オ 火成岩の組織に違いが生じる原因についてどのように指導しているか
 - カ 鉱物顕微鏡の保有台数
 - キ 「大地の変動」の指導でどのような工夫を

しているか

② 結果

ア 移行について

「大地の変化」が3学年から1学年へと移行したことにより結晶や組織名・鉱物等の指導に困難を感じた教員は29%、困難を感じない教員は71%であった。

イ 問題解決的な指導を行っているか

実施している 18% 実施していない 82%

ウ 実物観察の実態

実物観察を行っている教員の割合は、岩石標本92%、岩石プレパラート46%、自分で採取した岩石30%、石材16%、(重複回答あり)という結果で、実物を観察させる指導は多くの教員が行っていた。

エ 火成岩の成因の指導について

教科書のみ 42% ビデオ 39%

実験を行っている 10%

コンピュータソフト 7%

オ 火成岩の組織の違いが生じる原因について

黒板による説明のみ 80%

実験を行っている 18%

実験の具体的な例としてミョウバンの結晶のでき方や氷のでき方が挙げられていた。

カ 鉱物顕微鏡の保有台数について

鉱物顕微鏡 45% 鉱物偏光装置 17%

ない 35%

保有していない学校が3分の1強ある実態がわかった。

③ 考察

「大地の変化」の指導のうち火成岩についてはほとんどの教員が火成岩の実物観察を行い、火成岩のでき方についても半数近くの教員はビデオやPCソフトなどの視聴覚教材を利用している。しかし、火成岩の組織の違いについては黒板のみによる説明がほとんどで問題解決的な学習はあまりなされていない。この背景には組織の違いの学習に取り組みやすい生徒実験がないと感じている教員が多いことが挙げられる

(2) 学習指導計画(全7時間)

教師からすべての実験方法を提示するのではなく、学習内容によって、生徒自身が観察の観点や実験方法を考え、結果や考察を自分たちでまとめるようにして問題解決的な活動を促し、理解を深

めるとともに、生徒が主体的に学習に取り組む姿勢を養うことを目標とした。

第1時 火山の形や噴火の様子について

①日本と世界の活動的な火山や過去の火山災害について話し合い、発表する。

②火山の構造、噴火の原因について確認する。

③火山の形や噴火活動の違いについて確認する。

④火山の形や噴火活動の違いが起こる原因について話し合う。

⑤火山の形や噴火活動の違いとマグマの粘性についてまとめる。

第2時 自分達の地域の土(鉱物)の観察

①火山灰土を洗浄、鉱物を観察する。

②鉱物をスケッチする。

③観察された鉱物の鉱物名を調べ、班ごとに発表する。

第3時 火成岩の観察

①火山岩、深成岩を観察し、つくりの違いをワークシートにまとめる。

②火山岩、深成岩のつくりの違いを班ごとに発表する。

第4時 実験計画の立案

①結晶をつくる実験を行う・大きい結晶と小さい結晶をつくるにはどうすればよいかを話し合う

②実験方法、必要なものをワークシートにまとめる。

第5時 粒の大きさが異なる結晶をつくる実験

①実験計画を確認する。

②薄片を再度観察、つくりの違いを確認する。

③実験計画により実験を行う。

④できた結晶のようす、作り方をワークシートにまとめる。

⑤実験のねらいに基づいて完成した作品を提出する。

第6時 実験結果のまとめ発表

①実験結果を班でまとめる。

②他の班の実験結果を、ワークシートに記録しながら見学する。

③結晶の大小は何によるものかをまとめる。

第7時 火成岩の組織の違いについて

④火山岩、深成岩の組織、でき方の違いについて、ワークシートにまとめる。

⑤でき方の違いから、火山岩、深成岩ができる場所を考える。

(3) 簡易偏光ルーペの製作

学習指導計画の第3時では火成岩のつくりを調べ特徴をまとめることになっている。火成岩の組織の違いを観察で明確にとらえるためには偏光顕微鏡を利用すると効果的であるが、保有している学校は少ない。そこで、身近な材料や安価に手に入る素材を利用し、簡単に組み立てられる簡易偏光ルーペの製作を試みた。今回製作したものは、カッターナイフ、セロハンテープだけで1年生が50分程度で作れるように考えた。1年生では、凸レンズのはたらきについて学習をするので、原理の説明も理解させやすく、複数の単元にわたり使用できる教材となる。

① 準備するもの

- ・偏光フィルム (125mm角×0.2mm厚から20mm角2枚を切る)
- ・弁当用ケチャップ容器2個、ふた1枚
- ・シートレンズ (80区画のうち1区画)
- ・輪ゴム (太) 1本
- ・工作用具 (カッターナイフ、セロテープなど)

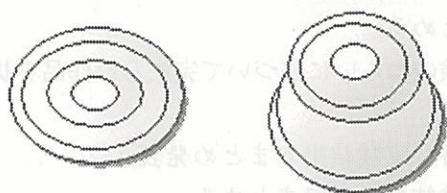
※ケチャップ容器は複数メーカーの製品があるが、シートレンズの焦点距離 (約35mm) に近い高さで、ふたと本体の部分が無理なく回転できるカップを選ぶようにする。

② 製作方法

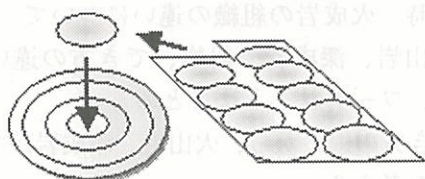
ア ケチャップ容器2個をそれぞれ容器A、B、とし、Aのふたの部分にはカッターで直径約15mmの穴をあける。さらにAとB容器の底部にも直径約15mmの穴をあける。容器Bのふたは使用しない。

ふたA

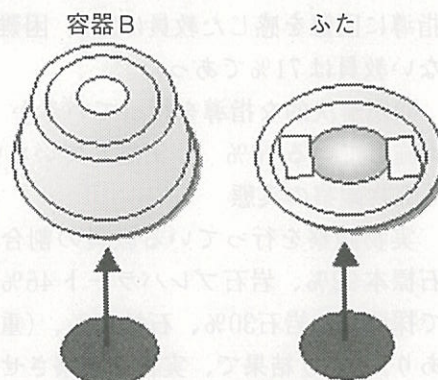
容器A、B



イ シートレンズを1区画のレンズの大きさにあわせて切り取り、容器Aのふたの上部にテープではる。

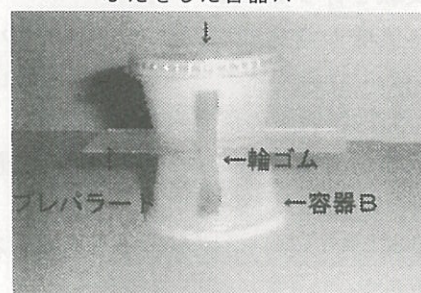


ウ 偏光シートを容器Aのふたと容器Bの底部の穴よりやや大きめに切り取り、表裏の保護シートをはがしてからテープではる。ふたは容器Aにはめこみ接眼部とする。容器Bはステージとなる。



エ 容器A、Bの底部を向かい合わせにし、写真のように輪ゴムを短く切ってテープではり、連結する。岩石薄片プレパラートをAとBの間にはさむと完成する。容器Aのふたを回転させると偏光させられる。容器Bの下に照明用としてスライド用ライトビューをセットすると明るく見やすくなる。

ふたをした容器A



(4) 大きい結晶、小さい結晶を作る実験

前述のアンケート結果によって、火成岩の組織の違いの学習については、取り入れやすい生徒実験がないと感じている教員が多い事がわかった。そこで、マグマが冷えてできる時の結晶の大きさと冷却時間との関係を実感するのに適したモデル実験の方法 (教材) の開発を行うことにした。まず、以下の点に注目しながら適切な試料探しを始める。

- ・安全な試料であること
 - ・短時間で大きい結晶と小さい結晶の違いがでるもの。
 - ・溶解でなく融解するもの。
 - ・自作の簡易偏光ルーペによって偏光するもの。
- ミョウバン、食塩、砂糖、硫酸第一鉄、硫黄、

硫酸マグネシウム、サリチル酸フェニル、チオ硫酸ナトリウム（ハイポ）などを試料として選び、単独もしくは何種類かを組み合わせながら、溶解や融解の状態とできた結晶の様子を観察し検討を行った。また、冷却時間を短くしたり長くしたりするために保冷剤、氷、冷蔵庫、かいろう、ホットプレート、ドライヤーなども利用した。検討の結果、比較的融点の低いサリチル酸フェニルとチオ硫酸ナトリウムを3:2の割合で混合させたものが適切であることが分かった。

① 実験方法

ア 準備するもの

- ・サリチル酸フェニル ・試験管 ・湯
- ・ビーカー（200cm³） ・ガラス棒
- ・チオ硫酸ナトリウム（無水）
- ・スライドガラス ・駒込ピペット
- ・スチロール製点眼びん

イ 操作

（ア）試験管にサリチル酸フェニルとチオ硫酸ナトリウムを3:2の割合で測りとり、スチロール製点眼びんに入れる。

（イ）ビーカーに入れた60～75℃の湯で、点眼びんに入れた薬品を融解させる。

（ウ）融解した混合物をスライドガラスに手早く広げる。

（エ）冷却の条件をさまざまに工夫し、大きい結晶、小さい結晶を作る。

② 実験のポイント

- ・融解させるための湯の温度は60～75℃くらいがよい。
- ・2種の混合物が2層に分離するので十分に混合する。
- ・広げた混合物をこすらない。
- ・保存する低温で乾燥した場所がよい。
- ・2種の混合物を直火で熱しないこと。（化学反応をおこすため）



簡易偏向ルーペで見た結晶

(5) 生徒の自己評価の結果とまとめ

問題解決的な活動を通しての学習効果を調るため、ワークシートに自己評価の欄を設けた。その分析結果を以下のグラフに示す。

① 花こう岩と安山岩のつくりの違いがなぜおこるのか興味がありますか

とてもある (32.0%)	少しある (63.0%)	あまりない (5.0%)
------------------	-----------------	-----------------

② 実験で自分の考えを確かめてみたいと思いますか。

ぜひやりたい (46.0%)	まあやりたい (54.0%)
-------------------	-------------------

③ 2種類の粒をつくることができましたか。

2つともできた (73.0%)	1つできた (22.0%)	できなかった (5.0%)
--------------------	------------------	------------------

④ 他の班の考えをきくことができましたか。

よくできた (45.0%)	だいたいできた (52.0%)	できなかった (3.0%)
------------------	--------------------	------------------

⑤ 岩石のできかたの違いがわかりましたか。

よくわかった (45.0%)	だいたいわかった (52.0%)	あまりわからなかった (3.0%)
-------------------	---------------------	----------------------

⑥ 岩石のできかたに興味をもてましたか。

とてももてた (30.0%)	もてた (58.0%)	あまりもてなかった (12.0%)
-------------------	----------------	----------------------

9割の生徒が火成岩の観察後、そのつくりの違いについて興味を持っており、その成因について仮説を立てながら自分で考えようとしていた。また、全生徒が仮説について実験で確かめたいという意欲を持てたこともわかった。7割の生徒は2種類の結晶をうまく作ることができており、ほとんどの生徒がもっと実験をしてみたいという気持ちになっていた。8割の生徒が自分の考えを説明することができたと感じており、9割の生徒が火成岩のでき方の違いについて理解できたと感じていた。

(6) 学習展開例

① 単元名 「火山と地震」

② 本時の目標 安山岩と花こう岩のつくりの違いができる要因を実験を通して考える。

③ 展開例 (5 / 7 時)

	生徒の活動	指導・援助	評価
導入	・前時に考えた仮説を確認する。 ・実験計画にそって実験を行う。	・前時の実験計画を返却する。 ・実験計画に基づき必要なものをあらかじめ準備しておく。	○見通しをもって火成岩のつくりを実験で確かめようとしているか。 【意欲・関心】
展開	予想される生徒の実験計画 1 カイロを使いゆっくり固める氷で急激に固める。 2 冷やすときにCO₂などの気体を加える。 3 スライドガラスを重ね上から力を加える。	・混合物は分離しているので、よくかき混ぜてからピペットでとるようにする。 ・スライドガラスはビーカーの下に置き、温めておくと、きれいにできる。 ・必ずスライドガラスにモデルを残すよう指示する。 ・ドライヤーやホットプレートなどは同時に多数を使わないように注意する。	○基本的な実験操作ができるか。 【技能・表現】 ○仮説を検証しながら実験を行っているか。 【技能・表現】
まとめ	・実験の方法、結晶の様子、気づいたことなどを記録する。 ・各自の結果を記録した上で、班としての結果を整理して提出する。 ・よくできた作品を提出する。	・実験結果からどのようなことが考えられるのか机間指導しながらアドバイスする。	○結晶の作り方とできた結晶の関係を見いだせたか。 【思考】

① 単元名 「火山と地震」

② 本時の目標 実験結果に基づき結晶の大きさのちがいがどうしてできたか考える。

③ 展開例 (6 / 7 時)

	生徒の活動	指導・援助	評価
導入	・前時に作成した結晶プレパラートを再度観察し、それぞれの違いを確認する。	・前時の実験計画を返却する。 ・プレパラート、双眼実体顕微鏡等を準備しておく。	○作り方と結晶の大きさの違いを見いだそうとしているか。 【意欲・関心】
展開	結晶の大きさの違いがどうしてできたのか実験結果にもとづいて考えてみよう ・大きい結晶と小さい結晶が一番うまくできた組み合わせをプリントにまとめる。(ワークシート4) 自分の班の考えと、他の班の考えを比べてみよう ・発表班と聞く班に分かれる。 ・発表する班員はテーブルの片側で説明。発表を聞く生徒はその反対側で双眼実体顕微鏡を見ながら説明を受け記録する。	・組織の作り方と結晶の大きさの違いについてわかりやすく説明させるよう助言する。 ・途中で発表と聞く役割を入れ替える。	○他の班の考えを理解することができたか。 【知識・理解】 ○自分の班の考えをわかりやすく説明することができたか。 【技能・表現】
まとめ	・結晶のでき方の違いをまとめる。 ・ワークシートを提出する。	・実験で作った結晶モデルをもとに、実際の火成岩のでき方を類推するようアドバイスする。	○結晶の大小は冷える速さの違いであることが考察できたか。 【思考】

5 研究のまとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、「大地の変化」の単位において、「問題解決的な活動」があまり実施されていないというアンケートの結果を受け、生徒がより主体的に学習活動を行えるような授業展開と、そのための教材・教具の工夫について研究を進めてきた。そして、それらの工夫によってどのような効果があったかを、ワークシート内の自己評価及び観察・実験に取り組む姿勢の変化により分析した。

① 授業展開の工夫について

ア 観察の観点を考えるところから始めさせた。火成岩の観察では、今後の学習活動に対する興味や意欲が強くなったと言える。

イ 主体的に実験方法を立案し、試行錯誤する中で実験を進めていくことで、多くの生徒が問題解決の糸口を自らつかむことができ、さらなる探究心が生まれたと言える。

ウ 最後の自己評価で、「よくわかった」生徒の割合が、最初の観察時での3倍ほどになっていることから、問題解決的な学習を進めたことにより、知識・理解がより確実に定着したと言える。

② 教材・教具の工夫について（観察・実験に取り組む姿勢の変化より）

ア 一人一人が自らの手で作成した簡易偏光ルーペの使用は、観察に取り組む姿勢が普段より意欲的であったことから、次の学習への意欲を高めることにつながるとともに、主体的な学習へのよい導入ともなったと言える。

イ 湯煎により簡単に融解する結晶を使ったことは、生徒の実験に取り組む様子や実験計画書の内容から、実験しやすく生徒の様々な発想が引き出しやすいもので、無理なく主体的に問題を解決していく学習に取り組むことにつながったと言える。

(2) 今後の課題

① 授業展開の工夫に関して

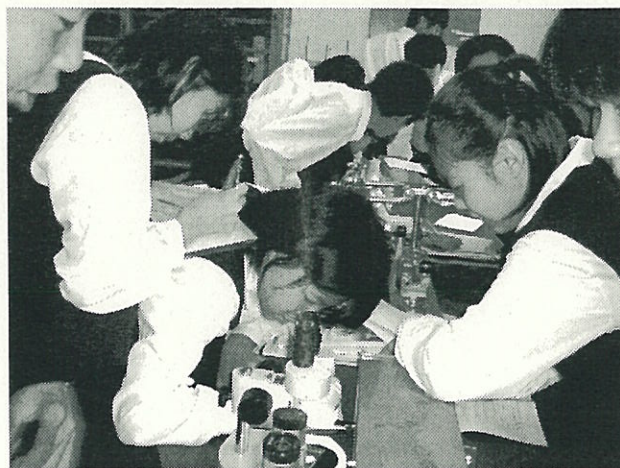
本研究の学習指導計画全体を終えて、生徒の主体的な取り組みや学習意欲、探究心の高まりをある程度伸ばすことができたと言える。しかし、そ

の程度を一時間ごとに比較してみると、最終的なまとめの段階で落ち込みがみられた。原因のひとつとして、実際に検証授業を進める中で、生徒の要望により実験時数を予定より増やしたことが、かえって少しずつ興味を薄れさせる結果となってしまったことが考えられる。今後は、より効果的な授業計画時数をつかんでいきたい。

② 教材・教具の工夫に関して

ア 結晶づくりのモデル実験は、当初、薬品を試験管で混合しピペットでスライドガラスに広げていた。しかし、使用した2種類の薬品は、融解すると比重の差が大きいので二層に分離しやすく失敗が多かった。この点をスチロール製点眼びんを利用することで混合しやすくし、後片付けも楽にできるよう後に改善した。

イ 簡易偏光ルーペは、当初、接眼部のカップを二重にすることにより偏光角の調節とピント調節ができるように考えた。しかし、ルーペ本体を持ち上げて使用すると、接眼部が脱落することが多かった。その後、ケチャップカップの種類によってはカップを二重にすることなくレンズのピントが合い、ふたもスムーズに回転するものがあることがわかった。これにより工作はさらに楽になり、接眼部脱落の問題も解決した。



〈双眼実体顕微鏡を見ながら説明を受け記録する〉

第2学年「動物の生活と種類」における課題解決学習

—— 直接体験を重視し、主体的に探究する指導法の工夫 ——

品川区立城南中学校 菊 地 信 江
品川区立日野中学校 能 崎 理 恵

「ブタの内臓の解剖」という直接体験を導入に用い、マルチメディアCD-ROM教材やインターネット等の新しいメディアを調べ学習で活用した。報告書の作成、発表の手順をマニュアル化した。これらにより、学習方法の幅を広げ、生徒の興味・関心を高め、無理なく学習が進められるように配慮した。

1 はじめに

授業者の教え込みを中心とする一斉・画一的な授業においては、教科書記述の内容にしたがって論理的に順を追って授業を進める方法がとられるのが普通である。そのため生徒は受動的であり、授業者が与える知識を吸収することに専念し、生徒自身の考えを生かす場は限られる。

しかし、今や我が国は、より情報化、国際化の進展した変化の大きい時代を迎えるにあたり、国民の資質として創造性や表現力の育成が強く求められている。このような状況をふまえ、生徒が自ら課題を設定し、その解決に向けて様々な方法で各種メディアを活用しながら主体的に学習活動を進めることができるような学習方法を工夫したので報告する。

特に、「人体」という最も身近な教材について、以下の点に配慮した。

- ・「ブタの内臓の解剖」という直接体験を導入に用いた。
- ・マルチメディアCD-ROM教材やインターネット等の新しいメディアを調べ学習で活用した。
- ・技術科担当教諭及び養護教諭とのチームティーチングを行い連携を図った。
- ・報告書の作成、発表の手順をマニュアル化した。

これらにより、学習方法の幅を広げ、生徒の興味・関心を高め、無理なく学習が進められるように配慮した。

2 実践の方法と内容

(1) 単元の学習計画

① 単元の目標（観点）

- ・人体を中心に、動物のからだのつくりとしくみを学び、関心を深め、日常生活の中に問題を見だし、学習を自ら展開し、推進できる。（関

心・意欲・態度）

- ・動物の体のつくりの特徴や生活のしかたについて、観察や実験及び自ら調べて得た知識を通して、科学的な見方や考え方ができる。（科学的な思考）
- ・身の回りの動物や人体について、観察し、調べ、さらにその内容をまとめて発表することができる。（観察・実験の技能・表現）
- ・動物の種類やそれぞれの生活、体の特徴、人体を中心とした動物の体のつくりやはたらきについて、知識を広げ、理解を深める。（知識・理解）

② 単元の学習計画

単元の学習計画を、3つの部分で構成し、次頁の表に示した。

③ 評価（評価の方法）

- ・人体を中心に、動物のからだのつくりとしくみを学び、関心を深め、日常生活の中に問題を見だし、学習を自ら展開し、推進できたか。（自己評価表、発表評価表、授業者の観察）
- ・動物の体のつくりの特徴や生活のしかたについて、観察や実験及び自ら調べて得た知識を通して、科学的な見方や考え方ができたか。（自己評価表、授業者の観察）
- ・身の回りの動物や人体について、観察し、調べ、さらにその内容をまとめて発表することができたか。（自己評価表、発表評価表、発表資料、授業者の観察）
- ・動物の種類やそれぞれの生活、体の特徴、人体を中心とした動物の体のつくりやはたらきについて、知識を広げ、理解を深めたか。（自己評価表、発表評価表、発表資料、定期考査、授業者の観察）

(2) 導入ーブタの内臓の解剖について

① 教材について

ブタは、臓器の大きさや形がヒトのそれとほぼ同じサイズであり、生徒の「自分のからだ」のつくりと対比させやすい。また、生徒の生活に身近な食肉用の内臓を教材として取り扱うことで、実物の観察でも抵抗が少ない。

② 配慮した事項

授業では次のようなことに配慮した。

- ・単元の導入として位置づけ、次時以降の調べ学習の課題を見つけることに留意させた。

- ・1学級につき1頭ずつブタの内臓を用意した。

- ・2時間連続の授業で取り扱った。前半は1つ1つの器官の説明、後半は生徒の興味・関心に応じて、

自由に観察・記録を行った。

解剖の授業で取り扱う主な器官

- ①舌
- ②いん頭：食道の入口と区別する。
- ③気管：軟骨でできている。曲げてもつぶれることのないしくみになっている。
- ④食道：筋肉質で、伸び縮みする。
- ⑤肺：肺胞の集まりであることを確認する。肺を膨らます。
- ⑥心臓：大きさ、色、固さ、重さ、色、筋肉壁の厚さ、房室弁、動脈弁
- ⑦肝臓：大きさ、重さ、断面の様子、硬さ、肝臓片をしぼると血液がでてくることを確認する。
- ⑧胆のう：大きさや色を確認する。
- ⑨胃：大きさ、形、色、内側
- ⑩小腸：太さ、長さ、色、内側のようす、腸管膜と血管の確認。
- ⑪大腸：太さ、長さ、色、内側のようす
- ⑫すい臓：形状
- ⑬腎臓：一対、大きさ、断面のようす
- ⑭ひ臓

③ 生徒の自己評価から

- ・自分のからだの中もこうなっているかと思った。

表：単元の学習計画

(1)動物のつくりと働き 27時間の取り扱い（うち技術科として2時間）

学習の流れ	教師の支援活動	評価・留意点
導入 単元の導入 (1時間)	・植物と対比させながら動物の特徴を明らかにする。 ・次時以降の学習活動の説明。	・学習に対する生徒の興味・関心を高める。
ブタの内臓の解剖 (2時間)	・説明の中に、各器官の観察の観点を織り込んでおく	・2時間連続で授業を行う。 ・説明は必要十分なものだけにし、観察する時間を長くとする。
調べ学習 課題の設定 情報の収集 課題の設定 (2時間)	・前時のブタの内臓の解剖の授業について触れる。 ・調べ方を指導する中で、CD-ROM「人体」とインターネット「理科のリンク集」の紹介・使い方及び外部の方へのインタビューの方法等の説明をする。	・教科書や資料集などの印刷物のメディアも参考にさせる。 ・課題の設定では、まず1人1人の考えを明らかにさせる。その後、グループの編成を考えさせる。 ・同じ課題の生徒がグループを組むのは3人までとする。
課題の解決 情報の整理 情報の加工 (4時間)	・調べ報告書作成計画書を通して、報告書の手順を整理するように促す。 ・学年全員の生徒の課題一覧表を作成し、同じ課題の生徒同士の情報交換を促す。 ・報告書の作成手順を指導する。	・発表の方法を明らかにしておく。 ・連休の間にコンピュータールームの開放及びCD-ROMの貸し出しを行う。 ・情報の引用・加工について著作権があることに触れる。
まとめ 情報の発表 相互評価 (6時間)	・クイズや動画を取り入れた発表形式を演示し、情報の加工について示唆を与える。 ・教材CD-ROM、インターネット、教材提示装置が自由に使えるようにする。	・発表の練習をする時間を確保する。 ・他の生徒の発表を聞く態度についても自己評価させる。 ・自己評価表 ・発表評価表
補充的なまとめ (5時間)	・調べ学習は網羅的にはならないことが予想される。発表全体を通して触れられなかった内容のうち基本的な内容について、補充する。	・器官の種類 ・からだのつくりと働き ・刺激と反応 ・消化、呼吸、循環

(2)動物の仲間 (7時間)

- ・楽しく授業できた。また違う動物を解剖したい。

- ・最初は気持ち悪くなりそうだなとか、思っていたけど、結構真剣に楽しくできた。目にレンズとゼリーが見られてよかった。他の人たちがやっていた小腸を伸ばすのがすごく長かった。



- ・内臓はもっと汚く気持ち悪いものだと思っていたけど、あまり汚くなかった。
- ・舌が大きいと思った。
- ・これが自分のからだの中にあり、大事な役割があると思い、とても不思議に思った。
- ・内臓とかはなかなか切れないんだなーと思いました。

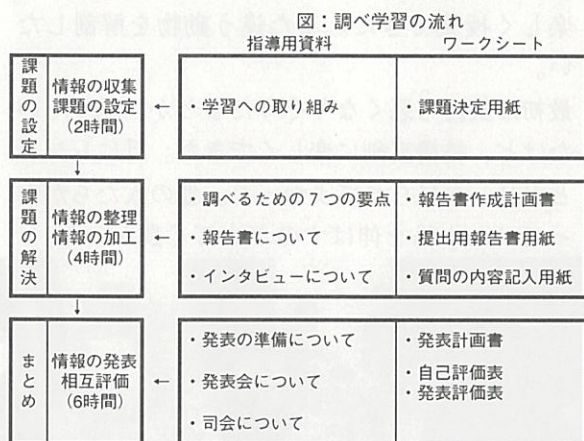
(3) 調べ学習

① 調べ学習の流れ

次の図に示すように、まず課題を設定し、次に報告書の作成を行い、最後に報告書の発表会をするという流れで調べ学習を行った。

まず「課題の設定」では2時間授業を行った。単元の導入で取り扱ったブタの内臓の解剖の学習だけでなく、生徒の日常の生活体験も意識するように指導した。

次の「課題の解決」では4時間かけて報告書を作成した。報告書は「報告書作成計画書」に基づき、体系的な項目を立てて書けるように指導した。課題を明らかにするには、教科書や資料集と



ともに図書室や図書館で閲覧できる図書、教材CD-ROMやインターネット、学校の外部の方への取材、観察・実験等様々な方法があることを指導した。知識・理解を深めるとともに、学習に対する生徒の興味・関心を高めることをねらった。さらに、技術科担当教諭とのチームティーチングによりコンピュータの一般的な操作法やソフトウェアの使い方、印刷の方法等を指導したり、養護教諭とのチームティーチングにより、生徒の調べがさらに深まったりするように工夫した。

「まとめ」では、発表会を行った。準備に3時間、発表会に3時間、合わせて6時間分を設定した。発表会の準備では、模造紙、OHP、コンピ

ュータプレゼンテーション、プリント等を作成させ、写真の提示やクイズ等と組み合わせ、様々な方法で発表ができるように指導した。発表会では、自己評価、相互評価を行った。講評は理科担当教諭と養護教諭と相談しながらチームティーチングで行った。

② 課題の設定

右の表は生徒が設定した課題の器官別の一覧表である。また、次頁の表は研究サブテーマの一覧表である。

表：課題の一覧

器官	グループ数
目	13
脳	12
心臓	7
肺	7
筋肉	5
腸	5
病気	4
ツメ	3
血液	3
耳	3
胃	2
肝臓	2
皮膚	2
じん臓	1
寄生虫	1
消化液	1
心臓・呼吸	1
神経	1
舌	1
脳、心臓	1
髪の毛	1
鼻	1

「目」「脳」を選んだ生徒が多かったことが分かった。授業の流れでは前時が「ブタの内臓の解剖」であり、解剖の1つのねらいが課題を見つけるということであったが、「筋肉」「病気」「ツメ」等、解剖の授業では取り上げない器官を選択した生徒がいた。自分自身が近視なので「目」を選んだり、喘息なので「肺」を選んだりというように、ふだんの生活の中で自分なりの思いがあったり、疑問に感じていたりしたことをそのまま課題にした生徒が多かった。

分類	研究サブテーマ
じん臓	なぜ移植して一つしかなくなっても大丈夫なのか？
ツメ	ツメはどうやって生えるのか？
胃	胃の形は人によって違うのか？
胃	胃の中のしくみはどうなっているのか？
肝臓	肝臓ってなあに？
肝臓	肝臓はどうして大きいのか？
寄生虫	体内に住む寄生虫はどのようにして一生を終えるのか？
筋肉	どうしたら筋肉痛が治るのか？どうして野球肘になるのか？
筋肉	なぜ筋肉ははたく、太くなるのか？
筋肉	筋肉を増やすためにはどうすればいいのか？
血液	なぜ血は赤いのか？
血液	血液はなぜ逆流したりとまったりしないのか？
血液	血液型があるのはどうしてか？
耳	どうして耳から音が聞こえるのか？
消化液	なぜ消化液に違いが必要なのか？
心臓	なぜ心臓が動くのか？
心臓	心臓にはどうして部屋みたいなものがあるのか？
心臓	心臓のしくみはどうなっているのか？
心臓	心臓は何年もの動きつづけているのに疲れないのはなぜか？
神経	どうして脳からの情報を正確に一瞬で送れるのか？
舌	舌はどうして味を感じるのか？
腸	どうして、腸はあんなにくねくね長いのか？
脳	どうしたら頭はよくなるのか？
脳	どうして使えば使うほどしわができるのか？
脳	脳はどうやってからだを動かすのか？
脳	脳はどのような働きをしているのか？
肺	肺はどこまでふくらみ、左右どう違うのか？
肺	肺はなぜ2つあるのか？
髪の毛	なぜ髪の毛は伸びるのか？
皮膚	健康で美しい肌の秘密
鼻	においはなぜ空気中にただようのか？
病気	ぜんそくはなぜ起こるのか？
病気	どうしてガンになるのか？
目	「目が悪くなる」とはどういうことか？
目	どうしたら視力が良くなるのか？
目	目の中身は果たして視力を回復させたり、目が見えるのとういうつながりがあるのか？

「課題の設定」の授業では「課題設定用紙」というワークシートにもとづいて指導した。「課題設定用紙」に生徒の思いを文章で書かせて考えを明らかにさせた後、一人一人個別に相談しながら納得して課題を設定できるようにした。

報告書で何を明らかにしたいか分かるものとさせるため、次の3点に留意して指導した。

- ・導入で取り扱ったブタの内臓の解剖の学習だけでなく、生徒の日常の生活体験も意識すること。
- ・研究テーマは「…の秘密」または「…のなぞ」にすること。
- ・研究サブテーマは「…か?」という疑問形で終わるようにすること。

2時間の授業時間内で、ほとんどの生徒が課題を設定できた。

③ 報告書の作成

報告書を作成するにあたり、まず報告書作成計画書を作成させ、その作業を通して、計画的に調べ学習が進むように指導した。

報告書の提出は一人一人で行わせたが、調べ学習そのものは同じ課題を持つ3人までの生徒同士でグループを組むことを認め、グループの編成は右の表のようになった。

表：グループの編成

編成	グループ数	人数
1人	33	33
2人	30	60
3人	13	39

今回の授業では、報告書の書き方を「報告書について」という手順を示した資料を通して行った。提出用紙も報告書用紙を別に作成して印刷し、それに記入させるようにした。マニュアル化されており、資料の手順にしたがって記入をしていけば、報告書の形式が整うことになる。市販のレポート用紙に自由な形式でまとめる方法も考えられるが、報告書の形式を指導するねらいであえてこの方法をとった。

この間の授業はコンピュータールームで行った。コンピュータールームで生徒は一人に1台ずつコンピューターが使用でき、教材CD-ROMを使ったり、インターネットで検索したりすることが自由にできた。

調べる方法は、「教科書(2分野上)」「資料集(サイエンススコープ)」「教材CD-ROMダヴィンチの書」「教材CD-ROMエンカルタ2000」「書籍」「科学館・博物館等の社会教育機関の利用」「学校内の先生への質問(インタビュー)」「学校外の専門家の方への質問(インタビュー)」「イン

ターネット上の検索エンジンを用いた検索」「マルチメディア人体リンク集を用いたホームページの閲覧」「観察・実験」等が考えられる。内容はできるだけしぼって1つにしたほうがよいが、方法はいろいろな方法で進めた方が、報告書に幅と深みが出ると指導した。

生徒が使った方法の割合を右の表に示す。インターネットや教材CD-ROMは数字上ではほぼ全員の生徒が調べ学習に

表：調べ学習に使った方法

インターネット(検索)	100%
教科書	98%
CD-ROM「ダヴィンチの書」	98%
インターネット(リンク集)	90%
資料集	67%
図書	66%
CD-ROM「エンカルタ2000」	55%
インタビュー	24%
観察・実験	14%
科学館、博物館	4%

使ったことが分かった。ただし、試してみただけで報告書に直接反映されていない場合も含まれている。科学館や博物館に行ったり、インタビューや観察・実験を行ったりという方法はあまり使っていないことも分かった。なお、教材CD-ROMは、連休期間中等に希望する生徒十数名に貸し出して、家庭学習がしやすいように配慮した。

提出締め切りの直前になると、宿題として家でやったり、放課後学校に残って作業を進めたりした生徒もあったが、長期欠席気味の1人を除いて全員が提出することができた。



④ 発表会の実施

まず、発表会の準備では、「発表の準備について」という資料にもとづいて、「発表計画書」を作成させ、その作業を通して、計画的に学習が進むよう指導した。

発表でのグループ編成は、報告書のときと同様に3人までのグループを認めた。

報告書をそのまま発表するのではなく、「聞いてもらうにはどうするか」に留意して発表計画をするように指導した。具体的には次の2点である。

- ・発表の中で質問をして、応答ができるようにする。
- ・発表の練習をし、声の大きさやしゃべる速さ、話し言葉としての表現の分かりやすさを点検する。

発表の方法は、以下の方法の中から選択させた。

- ・模造紙
- ・OHP
- ・コンピュータプレゼンテーション
- ・プリント

生徒が使った方法の割合を右の表に示す。プリントを用いた生徒が最も多いということが分かった。

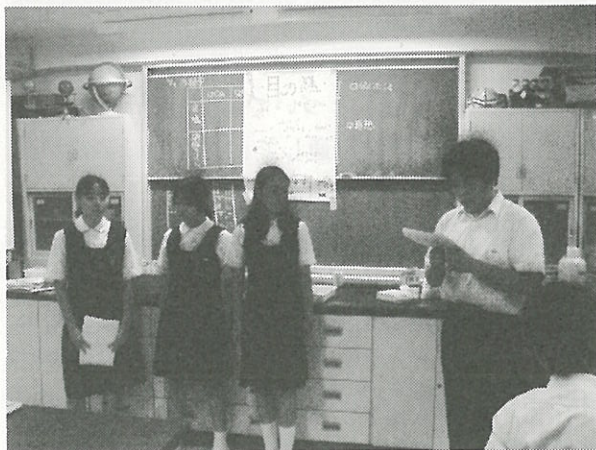
表：発表に使った方法	
プリント	75%
OHP	29%
コンピュータプレゼンテーション	22%
模造紙	12%

た。なお、コンピュータプレゼンテーションは、プレゼンテーション専用のソフトウェア「マイクロソフトパワーポイント」を使う生徒がほとんどであった。操作法は文字を打ち込んだり写真や図を取り込んだりを一度示すと、後は生徒どうして工夫して、次々に画面を作成した。

次に、発表会では、発表する側だけでなく発表を聞く側の指導も「発表について」という資料にもとづいて、発表会が盛り上がるように指導した。具体的には次の4点である。

- ・発表を良く聞いて、質問やクイズには積極的に参加する。
- ・3時間の授業の中で一人1回以上は質問、意見を言う。
- ・発表のはじめと終わりには拍手をする。
- ・「自己評価表」を用いて自己評価するだけでなく、「発表評価表」を用いて生徒どうしで互いに評価し合う。

また、進行は理科係または学級委員に司会を依頼し、「司会について」という資料にもとづいて



行った。

最後に、講評は理科担当教諭と養護教諭と相談しながらチームティーチングで行った。原則として、発表でよく調べていること、発表の方法が工夫されているところを取り上げて大いにほめ、その後で1つだけ今後の課題を付け加えた。

3 実践の成果と課題

(1) 実践の成果

手探りで進めた授業であったが、今回の実践を通して、すでにいくつか成果があがっている。以下に述べる。

- ・課題の設定の段階でとまどっている生徒が多かった。ワークシートを通して、これまでの生活体験やブタの内臓の解剖を行った経験を取り上げ、それを生かすように指導すると、比較的スムーズに課題を見出すことができることが分かった。
- ・課題解決学習の授業で用いる一連の指導用資料やワークシートができた。
- ・報告書、発表会、いずれも熱心に取り組む生徒が多く見受けられた。生徒が自分で納得して決めた課題を最後まで主体的に追究することが分かった。
- ・細かく段階を分けて指導すると、ふだん理科や学習一般に対する意欲が低い生徒でも、報告書が完成でき、発表ができることが分かった。
- ・発表を通して、生徒に表現をする方法や楽しさを味わわせることができた。
- ・今回の授業では、教材CD-ROMの操作からインターネット検索やコンピュータプレゼンテーションの作成まで様々な場面でコンピュータを活用した。生徒のコンピュータの活用能力は個人差が著しいことが分かった。また、自由にコンピュータを活用する場面の間は、授業者による個別指導がしやすく、生徒同士の教え合いが期待できるということが分かった。
- ・実践をした学年は、1学年時、移動教室や進路学習でグループごとの課題解決学習を行っている。教科としてあるいは個人単位で行うのは今回が初めてであった。実践を通して課題解決学習に対する共通理解が教員間に自然に生まれた。特にチームティーチングを行った技術科担当教諭及び養護教諭とは、共通理解が深まった。

同じことが、生徒どうし及び生徒と授業者との間に芽生えた。

(2) 今後の課題

今後の課題としては以下のことがあげられる。

- ・形式的には項目が整っているが、内容が乏しい報告書が見受けられた。調べ学習を段階ごとに細分化して指導したことで、全生徒に同じ指導が徹底できたが、一方で内容が不十分なまま形式だけの報告書もあった。今後継続して指導する必要がある。
- ・見通しを持った課題を設定できる生徒は、学習が着実に進むが、1つのことにこだわりを持ったり、調べても課題解決できずに行き詰まってしまった生徒は、学習が停滞してしまい、調べることにに対する意欲が低下する。その差はかなり大きい。生徒の能力に応じた個別指導の必要性を感じた。
- ・コンピュータの操作そのものの習得はスムーズであったが、複数のソフトウェアにまたがる画像を複写の操作や印刷を行った生徒の中には授業時間が足りなくなることがあった。コンピュータの動作待ち時間が長いことが原因であった。
- ・教材CD-ROMやインターネットを活用する場面では、生徒は膨大な情報量に圧倒され、美しい画像、写真、動画に見入っていた。生徒は、文字情報よりも、画像情報に目を奪われがちであった。ある程度情報を精選して提示するように指導したい。
- ・課題解決学習を理科の教科で行う場合、その解決の場面が観察・実験によって実証的になされるべきであるという考え方があつた。今回は、観察、実験を行う生徒は少なかった。これは、次の3点のような理由が考えられる。①ブタの内臓の観察から授業に入ったため、生徒はその観察では分からないことを課題に選んだため。②教材CD-ROMやインターネットの検索で授業時間が費やされてしまい、観察・実験をする時間的余裕が生徒になかったため。③課題を解決する場面では、授業をコンピュータルームで行ったため。
- ・この調べ学習の実践は、理科の他の単元で応用できるだけでなく、学校行事などの特別活動や総合的な学習の時間でも活用ができる可能性がある。

4 おわりに

本研究はグループで進めたものです。以下に「共同研究者」として、本研究に関わった方をまとめさせていただきました。

共同研究者

中村日出夫（台東区立浅草中学校校長）
榊原 博子（世田谷区立深沢中学校校長）
山川 康夫（渋谷区立外苑原中学校校長）
大越 治（世田谷区立梅丘中学校教頭）
江崎 士郎（世田谷区立梅丘中学校教諭）
二宮 淳（品川区立東海中学校教諭）
荒川 昭（私立慶應義塾普通部教諭）
山口 晃弘（品川区立日野中学校教諭）
臼田 治夫（品川区立日野中学校教諭）
須貝奈津代（品川区立日野中学校養護教諭）

今回の学習指導要領から「総合的な学習の時間」の学習が始まりました。本実践は教科の領域の中で行われたものですが、課題の設定や発表会の手順が「総合的な学習の時間」の中で生かされることになりました。一方で、理科の教科時数が減っており、この研究の手法をそのまま必修理科の中で取り上げるのは難しくなってきました。そこで、その後、選択教科の理科で生かされることになりました。

お世話になった全ての皆様に感謝申し上げます。ありがとうございました。

最後に、この報告は平成11年の第47回全国中学校理科教育研究会茨城大会の教育課程の分野の発表に加筆・修正してまとめたものです。

○参考文献

- ・文部省学習指導要領（平成10年）
- ・江田稔、三輪洋次「改訂中学校学習指導要領の展開・理科編」明治図書（平成11年）
- ・後田博（稲城市立第五中学校）、中学校「社会科」における問題解決学習の工夫—地理的分野「身近な地域」の学習を通して—、東京都教員研究生報告書（平成11年）
- ・山口晃弘（品川区立日野中学校）、中学校理科における微視的な見方や考え方を育てる実践的研究—第1学年溶解と物質の状態変化を通して—、東京都教員研究生報告書（平成7年）