

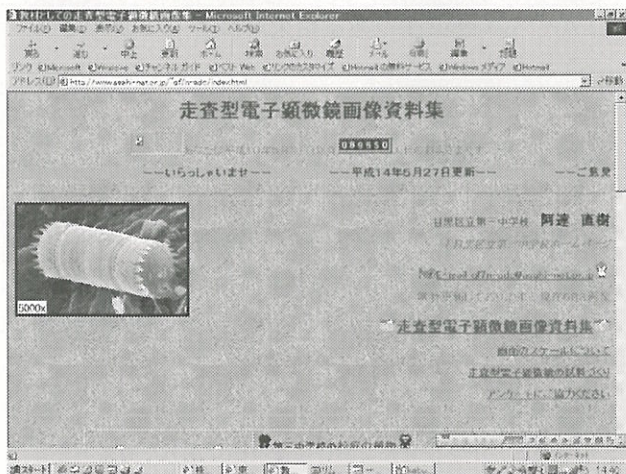
走査型電子顕微鏡画像の教材化と インターネットを通じた教材提供の実践

目黒区立第三中学校 阿 達 直 樹

インターネットの普及に伴い、今までそれぞれの教師が開発した教材をネット上にのせることで情報交換や共有が可能になると考えていた。そこで、教材という視点で動物や植物の体の表面のつくりや身の回りの物質などを撮影し、遠隔地でも授業等に活用できるHPを作成した。

1 はじめに

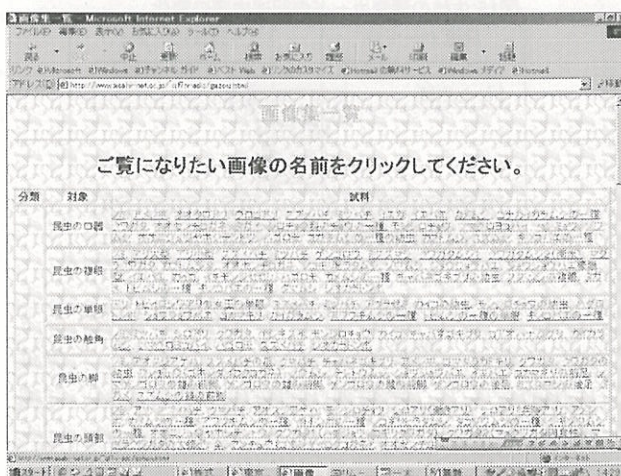
中学校の理科の授業では光学顕微鏡は、もっとも使用頻度が高く重要な観察器具である。観察対象を生きたままで観察でき、試料づくりも簡単である。問題点としては、透過光を使用するため光を通さないものは、観察できない。また、光を通すものでも表面構造を観察しにくく、深度が浅いため立体的に観察できない。したがって、昆虫の体の表面や丸みのある花粉は観察しにくい。また、400倍以上で観察が生徒にとって技術的に難しく、必ずしも全員の生徒ができるとは限らない。双眼実体顕微鏡は立体的に観察できる点では優れているが倍率に限界があり、台数も十分でない学校が多い。そこで、これらの問題点を克服するために通常の光学顕微鏡での観察に効果的に走査型電子顕微鏡（以下SEMと略す）の画像を補助教材として取り入れることを考えた。SEMの画像はデジタルなのでBMPやJPEGの形式で保存することで、Windows上で扱うことができ、保管に場所をとらず、画像が劣化することなく印刷、複製ができ、インターネットを通じて広く公開することもでき、全国各地の学校で活用できると考えた。



また、「総合的な学習の時間」の創設とインターネットの普及にともない、生徒主体の調べ学習が1つの学習形態として確立してきた。こうした現状の中で調べ学習に有効な資料を充実していく必要があると考えた。

2 研究のねらい

- (1) 資料を作るに当たって生物の体のつくりと働きに関連を重視し、その精巧さや機能性に感動できるものを追求した。
- (2) 光学顕微鏡では平面的に見えてしまうため、特に細胞のような本来立体的なものであるものに、間違った概念を植え付けないことに配慮した。
- (3) 教科書や資料集で取り上げられている気孔や花粉、ケイソウなどは単なる一例であり、それによって固定的な概念を持たないように多様性に重点を置いた。
- (4) 生徒が個の興味関心に応じて検索できるよう編集した。



- (5) HTMLで編集し、インターネットを通して広く活用できるようにした。

3 研究の方法と内容

- (1) 主に生物の試料を中心として、昆虫の体のつくりや植物の花粉、気孔、胞子、身の回りの物質など表面構造をSEMで撮影し、デジタルで保存する。
- (2) 保存したデータに簡単な解説をつけHTMLで編集し、資料集化する。
- (3) インターネットで公開する。
- (4) CD-ROMに保存し、各学校や教育諸機関に配布する。
- (5) その他、生徒の作成したホームページや校庭の植物、カブトムシの飼育、伊豆諸島のクワガタムシなどの情報源としての役割を担う。

4 実践の成果と課題

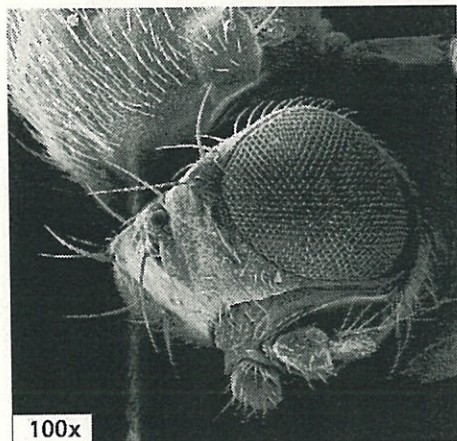
(1) 走査型電子顕微鏡画像資料集について

平成10年5月より公開を始め現在において約89000件、1日平均で約100件のアクセスがあり、実施しているアンケート調査より主に教員のワークシート作成等のための教材としての利用、予備校の授業の教材、学校での調べ学習、夏休み等の宿題などによって活用されていることがわかる。また、博物館、教育研究所などでは子供対象の科学的なイベントに活用されている。特に、近年夏休みの自由研究、学校の宿題の調べ学習に活用したというメールが増えている。

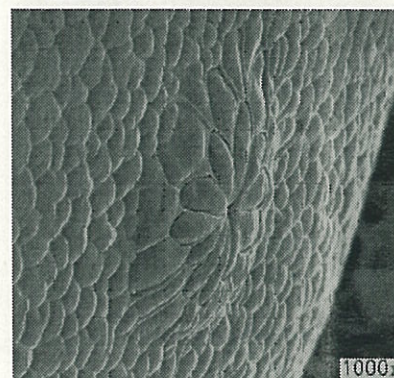
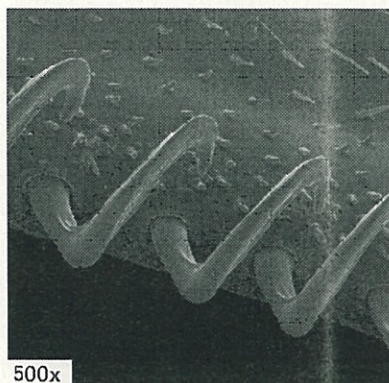
また、理科教育関係や昆虫関係など多方面のホームページにリンクされている。データベース化にあたって専門外の分野についても広く網羅するように心がけた結果、今までに全くつながりのなかった寄生虫や軟体動物、花粉、ケイソウなどの専門家の方との情報交換ができるようになった。

ア. 公開している主な画像の紹介

a 昆虫のからだのつくり



新しい学習指導要領では、詳しく扱うことはなくなったため、中学校の授業で直接扱う機会はあまりなくなっ

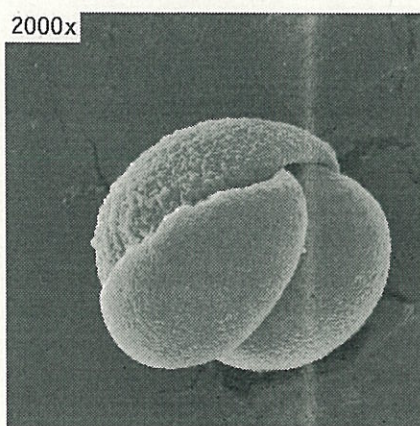


たが、小学校や一般からの活用は非常に多い。

昆虫の表面の様子を観察するには双眼実体顕微鏡やルーペが適している。しかし、そのつくりと働きの密接な関係を把握するには十分な倍率が得られないことが多い。たとえばカの口吻や気門のつくり、昆虫がガラスなどに付着するためにある足のつくり、臭いの情

報を得るための触角の穴などは20倍程度では観察することができない。そこで、こうした部分を補足し、その作りと働きをより理解しやすい教材を提供できるよう配慮した。また、それぞれの食性に応じてできている多様な昆虫の口器や1つの昆虫を取り上げその各体の部位や卵の表面構造なども取り扱った。(画像は順に、ショウジョウバエの頭部、スズメバチの羽のフック、カイコの卵の精子の進入孔)

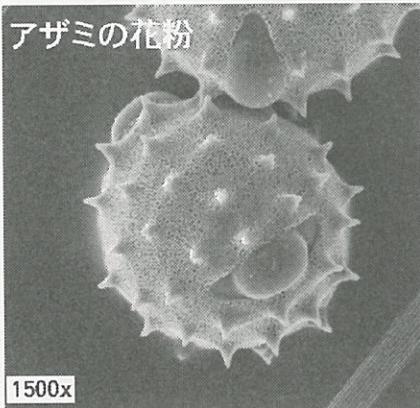
b 胞子や花粉のつくり



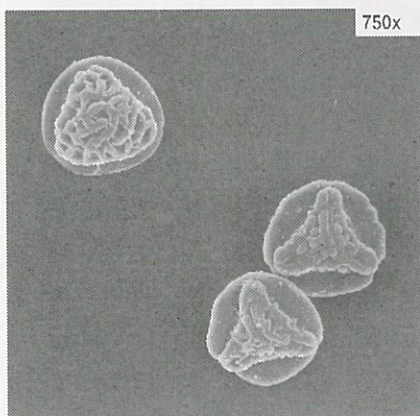
胞子は光学顕微鏡の観察では小さすぎ、花粉は光を通しにくく、球形のものが多いため、視野深度の浅い光学顕微鏡の観察では、立体的に

とらえることがむずかしい。胞子については、その形態まで観察する必要性は、花の咲く植物を扱わなくなったので、授業の中で直接取り扱うことはなくなったが、興味深い形態をしたものが多い。また、花粉は、その表面構造に昆虫に付着す

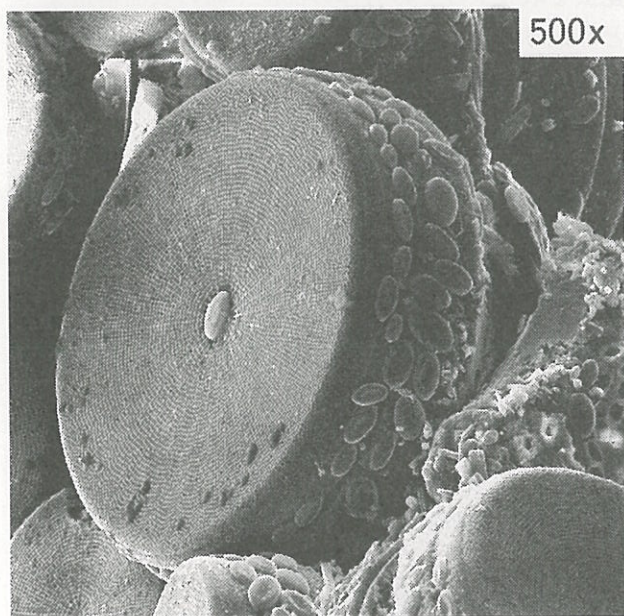
アザミの花粉



るために突起があったり、ひも状のものがついていたり、風媒花粉のマツの袋状のつくりなど深度の深いSEMを利用するとそのつくりと働きをより理解しやすい。(マツの花粉、アザミの花粉、アマクサシダの孢子)



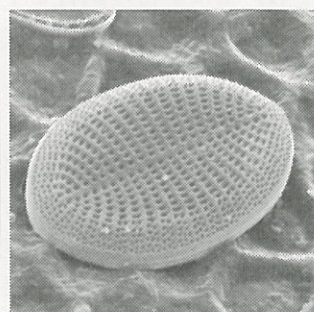
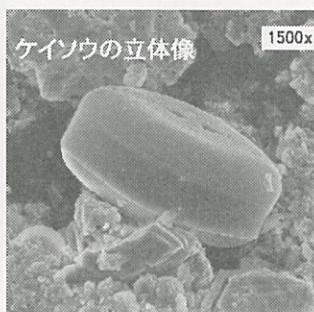
c ケイソウ



ケイソウは、身近な植物プランクトンとして、教科書にも取り上げられているが、ケイソウの多くは非常に小さく光学顕微鏡ではその外形を確認できる程度である。また、光を透過するので表面の構造の観察や立体としてとらえにくい。SEM

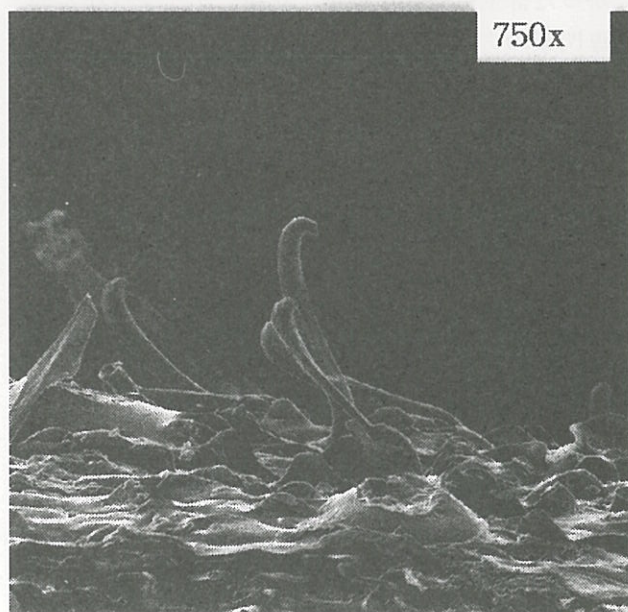
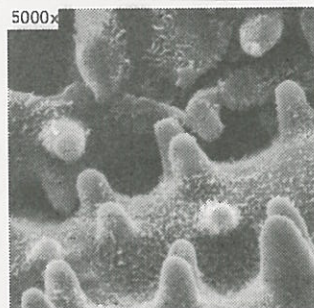
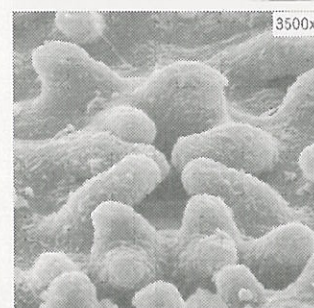
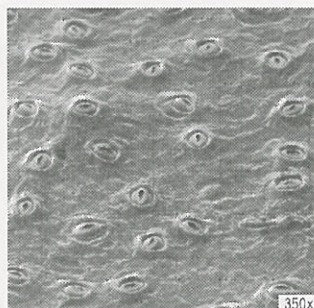
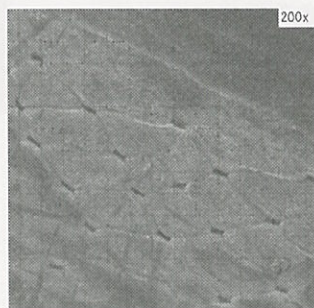
での観察では分類の決め手となる表面構造を観察

ケイソウの立体像



でき視野深度が深いので立体的に観察でき本来の形態を理解することができる。(画像は順に、真鶴の中心目の一種、五日市盆地のケイソウ化石、海産ケイソウの一種 3500 倍)

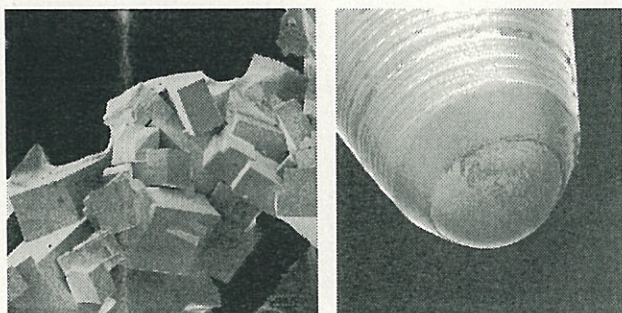
d 植物の葉の表面構造



気孔の観察は光学顕微鏡では透過光を利用するためふつう表皮細胞のはがれやすいツユクサ、タマネギなどが試料として使われている。これらは孔辺細胞の葉緑体や核を観察できる利点がある。その反面、表面構造を観察することができない。また、薄くはがれにくい試料では観察することができない。気孔は非常に小さいので双眼実体顕微鏡では大きく拡大して見ることはできない。また、気孔の構造は基本的には同じでも、単子葉類と双子葉類では並び方が異なっていたり、表面に突起のようなものが発達している種類もある。SEMでは種類を限定することなく、また気孔だけでなく、その他、腺毛細胞、星状毛などの表面構造を容易に観察することができる。(画像は順にオリヅルラン、インドゴム、ササの一種、イネ、ヌスビトハギの果実の表面)

e 身の回りの物質や生活用品

塩化ナトリウムのような身近な物質や、硫酸銅など授業で取り扱う薬品の結晶の形、マジックテープ、ボールペンなどの日用品のミクロの構造を紹介し、児童生徒がその仕組みを理解するとともに科学に興味関心を抱くことをねらいとしている。



NaCl 350倍 ボールペンの先 100倍

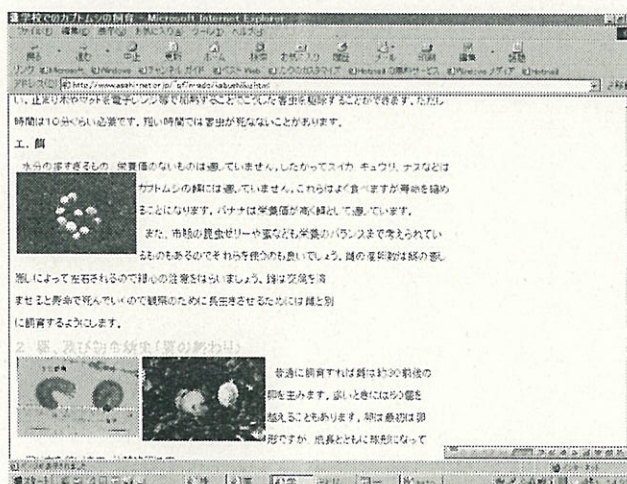
イ. 授業での活用例

作成した、HPは主に単元のまとめの時間に、生徒の個の興味関心に応じて見る機会を積極的に作っている。しかし、生徒自身では自分で関係する画像を選択するのが難しいので、以下のような画像を特に授業に取り入れている。

学習内容	活用した SEM 画像
身の回りの生物	ケイソウ
鳥類	羽の断面、卵殻膜
ほ乳類	ほ乳類の毛

節足動物	ショウジョウバエの頭部の口器、クワガタの口器
軟体動物	足の吸盤の菌、歯舌
維管束	ヒマワリの道管、師管
気孔	単子葉類と双子葉類の気孔
コケ植物	ゼニゴケの胞子と弾糸
シダ植物	シダの胞子と胞子のう、気孔
裸子植物	マツ、スギの花粉
被子植物	ユリの花粉管、ツツジの花粉
菌類細菌類	アオカビ、納豆菌、乳酸菌

(2) カブトムシの学校での飼育方法について
カブトムシの養殖を学校で行うことを前提としたHPで、学校行事等と照らし合わせて、年間を通して観察する方法や、授業への取り入れ方を初めて飼育する人にもわかりやすく説明したものでアクセスは夏に集中する。主に夏休みの自由研究や飼育の方法の情報源として活用されている。また、非常に丈夫で、カイコやモンシロチョウの幼



虫よりも幼虫でいる期間が長いことを利用した、カブトムシの幼虫を題材とした昆虫の学習の仕方を紹介している。これらの内容とはあまり関連しないがNHK教育のインターネットの活用の番組で検索方法の説明の中で取り上げられた。

(3) 伊豆諸島のクワガタムシについて

伊豆諸島は、東京都に属しており距離的にはそれほど離れていないにもかかわらず自然が大きく異なり、特に理科ではその特性を考えた授業を展開できる楽しさがある。HPの内容は、大島赴任時代に伊豆諸島をまわって調べたそれぞれの島の自然の様子や、それぞれの島に生息するクワガタ

したものを利用したが、中には、生徒が独自にデジカメで撮影したものもある。したがって、ネット上で取り入れた画像も多いものは公開の承諾を得るのに時間がかかるので、簡単には公開できないのが実情である。ただ、画像の利用に関して許可を得たりすることについてもネチケットの学習の一環として重要なので今後は検討していきたい。

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying a URL from 'http://www.eplains.com'. The main content area features a table titled '被子植物' (Angiosperms). The table has 10 columns and 10 rows of data. The columns represent various botanical characteristics, and the rows list different plant species. The text is in Japanese.

	科名	属名	種名	科名	属名	種名	科名	属名	種名
ア	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
カ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
サ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
シ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
チ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
リ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
ハ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
ニ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
ホ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
ヘ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
ニ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ
フ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ	バラ科	バラ属	バラ

身の回りの生物の学習で観察した校庭の植物をデータベース化して、ホームページ形式で保存し公開している。生徒が自ら、大きな分類から検索し選択して見ることができる。授業では校庭で植物を観察、スケッチし、その特徴を捉え、コンピュータ室でその植物の名前や、育っている場所を確認した。興味深いことに毎年、微妙に時期がず

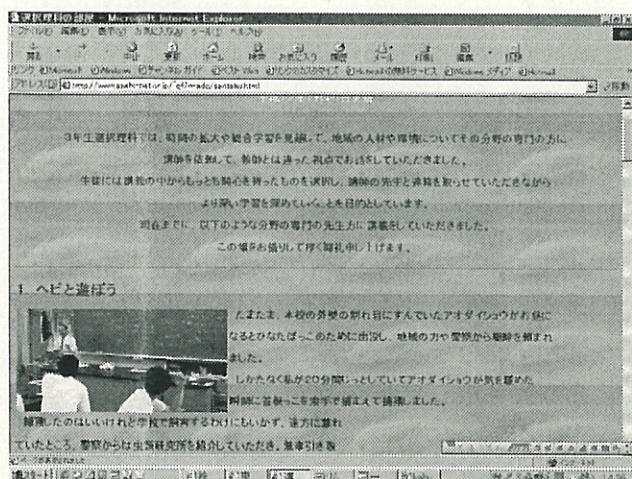


れて花が咲くものや、咲かない年があったり、今まで無かったものが増えてきたりする様子も確認できた。本校では都内の狭い敷地の中でも意外に多くの種類を見ることができ、適度な情報量があり生徒の課題としては適切であった。

現在は、単に画像と学名と簡単な分類だけであるが、今後簡単な解説も加え、その中に外来種の占める割合は非常に高いことも気づかせたい。

また、種類の同定のできない種類が多く、詳しい方にインターネットで種名を聞いたり、ゼニゴケの雌株の形態に関する疑問なども発信している。

(6) 選択理科の部屋について



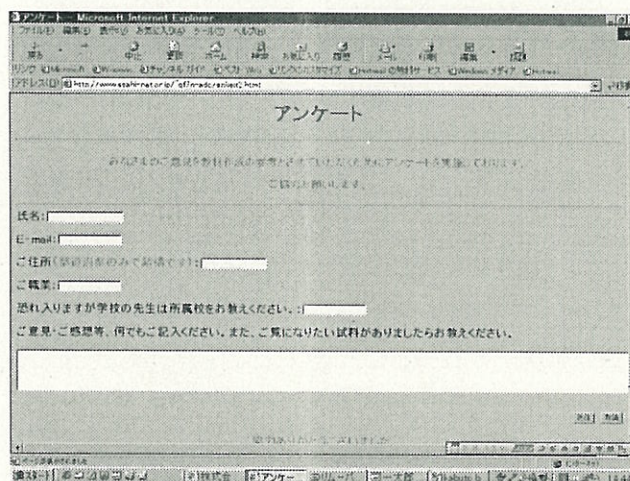
「総合的な学習の時間」の実施に備え、平成11年度の選択理科では「目黒区の環境と自分の体」というテーマを設定し、これに関する各方面の専門の講師の先生を積極的にお招きして講義をしていただいた。そして、講義の内容から特に個々に自分が興味関心を抱いたものを詳しく調べて、文化祭で発表した。この1年間の取り組みを公開している。情報的には古いが、講師の方のご紹介も含めて継続して公開している。

5 おわりに

HPの公開を初めて5年目になるが、リンクしていただけるサイトが増えるたびにアクセス数が増加した。また、学校にインターネット環境が整うに従って、公開当時1日10件ほどしかなかったが、現在は100件を超えることもあり、このHPの存在意義をそれなりに感じていただいているのではないと思う。その他、顕微鏡の使い方や

電子顕微鏡の試料作成法に関するご質問、ご感想、夏休みの自由研究や総合的な学習の調べ学習への画像の利用などのメールが月に何件か届き、答えられるものについては誠意を持ってお答えするように心がけている。

HPのアドレスは下記のとおりである。内容は、アンケートによるリクエストなどをもとに長期休業などを利用して、新たな画像を追加して、学期に1回程度の更新をしている。また、e-mailアドレスは以下のとおりである。ご覧になったご感想、ご意見を是非、お寄せください。



<http://www.asahi-net.or.jp/~qf7n-adc/index.html>
e-mail qf7n-adc@asahi-net.or.jp

物質循環に果たす菌類・細菌類のはたらきを 探究的に調べる指導の工夫

—— 第3学年 第2分野 小单元「分解者のはたらき」 ——

江東区立深川第六中学校 白 石 亨

発酵食品づくりを教材化することによって負のイメージの強い菌類・細菌類に対する興味・関心を高めると共に、課題解決学習を展開することにより生徒の主体性を促す授業の工夫を図った。また窒素の物質循環に果たす菌類・細菌類の役割に気づく教材を工夫・開発した。

1 研究の背景

科学技術の急速な発達や近代化に伴う生活様式の変化は、地球規模での自然環境の破壊を進行させている。自然環境のよりよい保全やよりよい環境の創造は、全人類が解決していかなばならない大きな課題である。

平成10年12月に改訂が行われた中学校指導要領、中学校理科、第2分野の内容(7)においては、「微生物の働きや自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつりあいについて理解し、自然と人間のかかわり方について総合的に見たり考えたりすることができるようにする。」とある。これは、微生物のはたらきを通して自然界における生物相互のつながりや物質の循環などについて理解を深め、自然と人間のかかわり方について総合的にとらえることができるようにするとともに、環境保全への関心を高めることをねらいとしている。

しかし、中学校理科第2分野の「生物領域」の学習においては、植物(生産者)・動物(消費者)・分解者(菌類・細菌類)の三者の内、分解者に関する学習は、質・量ともに極端に少ない現状にあり、生物どうしのつながりを総合的に理解させるには必ずしも十分といえる現状にはない。生物どうしのつながりをグローバルな視野で捉え、生態系を保全していく態度を育成するためには、物質循環のサイクルの中で果たしている還元者としての菌類・細菌類の役割を十分に理解させることが不可欠である。

2 研究のねらい

第3学年「分解者のはたらき」の学習は、菌類・細菌類が自然界の分解者・還元者として重要な役割を果たしていることを探究的な活動を通して調べ、物質循環と菌類・細菌類のはたらきとのかか

わりについての見方や考え方を養うことをねらいとしている。

しかし、生徒にとって菌類・細菌類は、病原菌や食物の腐敗菌を連想させ、人間にとっては有害であるとの負のイメージが強く、学習の興味や関心をもちにくくしている実情がある。また、生徒が主体的に探究していく教材や指導法の工夫が少ないことから、図や写真を用いての説明的な指導が多くなってしまっている。そこで本研究では、次の3点を研究のねらいとした。

- (1) 菌類・細菌類への負のイメージをなくすため、発酵食品づくりの中から菌類・細菌類の有用なはたらきが実感できる素材を明らかにし、その教材化を図る。
- (2) 第二分野の学習は、第一分野と比べると授業中での事象の再現が難しい場合が多く、実験を試行しながらの探究的な活動を取り入れにくい面がある。そこで、こうした第二分野の特性に応じつつ、「分解者のはたらき」において、生徒が事象との出会いの中で疑問やこだわりをもち、それを自らの課題にまで高め、自らの方法で課題を解決していくなどの探究的な活動を促す支援のあり方を明らかにする。
- (3) 物質循環と菌類・細菌類とのかかわりについては、菌類・細菌類のはたらきによってタンパク質が分解され、その窒素化合物が再び植物の生育に利用されていることを視覚的にとらえることのできる観察・実験方法の開発を試みる。

3 研究の内容

- (1) 教科書・先行研究調査

【教科書調査より】

土壌菌が分解者のはたらきを調べるための教材に用いられているが、生活との関連が薄いものが多く、生徒の興味・関心を引き出しにくい。

【先行研究調査より】

① 有機物を分解するはたらきを調べる教材は工夫されているものの、物質循環を調べる教材の工夫は少ない。

② 生徒の探究的な活動(問題解決学習)を促す支援の工夫や、学習展開の工夫は少ない。

(2) 生徒実態調査

実施時期：平成11年7月

対象：都内公立中学校3年生 128名

方法：質問紙法(選択式および自由記述)

ねらい：①学習前に抱えている菌類・細菌類に対するイメージを調査する。

②物質循環に果たす菌類・細菌類の役割についての認識を調査する。

結果：①菌類・細菌類に対する負のイメージが大変強い。

②物質循環と菌類・細菌類の関係についてはほとんど理解されていない。

(3) 教員実態調査

実施時期：平成11年6月～7月

対象：都内公立中学校32校理科教員47名

方法：質問紙法(選択式および自由記述)

ねらい：①菌類・細菌類に関する学習の現状を把握する。

②教員が抱えている菌類・細菌類の指導上の課題を明らかにする。

結果：①手の込んだ特別な装置を使わず、理科室に常備されている備品を用いた観察・実験が多く行われている。

②分解の結果を得るまでに時間がかかることが大きな課題である。

(4) 教材・教具の工夫と開発

前記の「文献・先行研究調査」「生徒実態調査」「教員実態調査」を踏まえた上、分解者の単に関わる教材・教具の工夫や開発を図った。

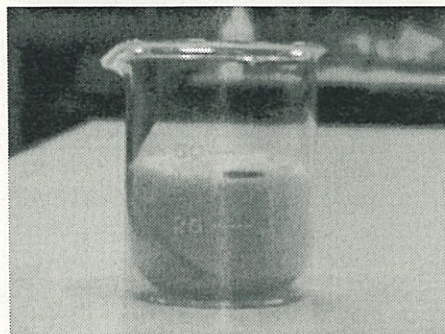
【パン生地づくりを通して酵母菌のはたらきを調べる】

観察・実験のねらい…酵母菌のはたらきをパン生地の体積の増加から視覚的に捉える。日常生活と関連付けて菌類の有用性を知る。また、活動そのものの楽しさを実感する。

① 材料 強力粉 100 g・酵母菌(ドライイースト) 4 g・砂糖 8 g・水 300cc



② 上記の材料をよく練り、ビーカーに入れる。



③ ヒーターで約35℃に暖めた水に、ビーカーを入れる

④ 20分後の様子。体積が増加したことが確認できる。体積が2倍以上になる。パンに気泡ができていることも確認できる。



※ 長所…酵母菌(ドライイースト)を用いた発行の実験は、1時間内での実験が可能である。菌類のはたらきを短時間で確認できる。

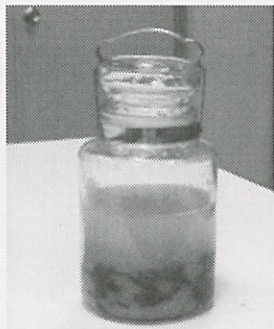
【ブドウの皮に付着する野生の酵母菌を用いてパン生地をつくる】

観察・実験のねらい…スーパー等で市販されているブドウの皮には酵母菌が付着している。ブドウの皮を用いてパン生地を膨らませ、その意外性から、菌類・細菌類に対する疑問やこだわりを引き出す。

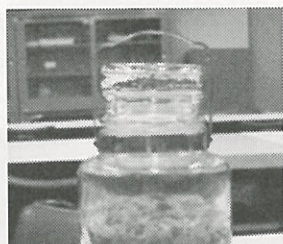
- ① 箸さじでブドウをつぶす。



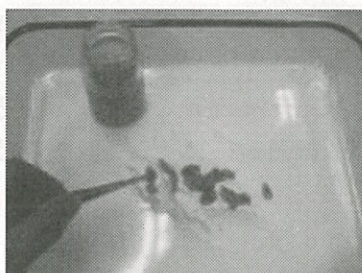
- ② つぶしたブドウに水を加え、ビンに入れる。



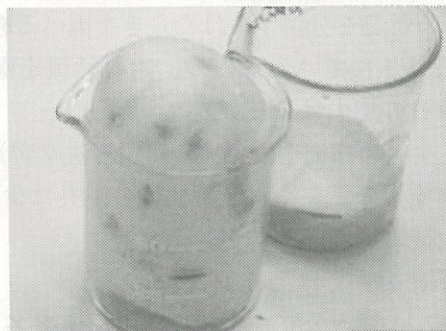
- ③ 3日後の様子。ブドウの皮が上に浮く。ブドウの皮の部分から盛んに気体が発生しているのが肉眼でもわかる。



- ④ 発酵したブドウの皮を混ぜてパンの生地をつくる。



- ⑤ 12時間後のパン生地の様子



※ 左のビーカーのパン生地は、発酵したブドウの皮を入れたものであるが（右は入れない生地）、体積が2倍以上にふくらむ。

【納豆を用いた板状ゼラチンの分解】

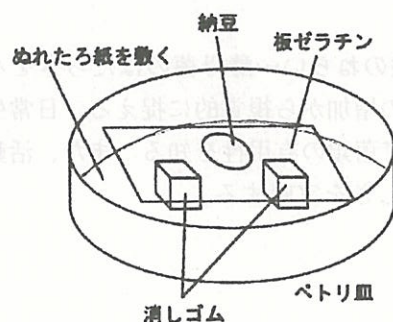
観察・実験のねらい…納豆菌（バチルス・ナットウ, *B. natto*）は、枯草菌（バチルス・サブチルス, *B. subtilis*）の一種であり、タンパク質分解酵素（プロテアーゼ）を分泌し、大豆のタンパク質を分解してうまみ成分のグルタミン酸を生成している。そこで、大豆以外のタンパク質も分解するものと予想し、板状ゼラチンに対する納豆菌のはたらきを調べた。

- ① スーパー等で市販されている板状ゼラチン

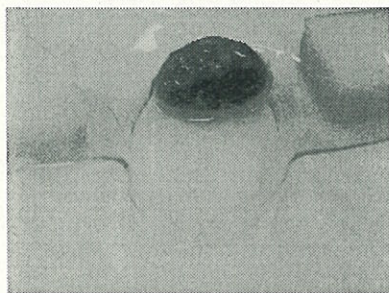


- ② 板状ゼラチンは薄いフィルム状であり、本来は加熱して水に溶かして使用する。

- ③ ペトリ皿にろ紙を敷き、湿り気を与え、そこに板状ゼラチンを約1/4の大きさに切って入れる。



- ④ 約8時間後の様子。納豆菌の分泌する酵素（プロテアーゼ）によって板状ゼラチンが分解されたことが確認できる。



【納豆を用いたフィルム受光層の分解】

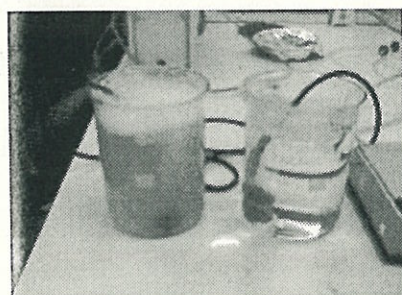
カラスライド用リバーサルフィルムを未感光で現像処理したものの表層部分を、タンパク質分解菌が腐食させ、その作用を用いて分解者のはたらきを調べる方法が紹介されている（東京都生物教育研究会所属、小林秀明 氏 1989）。カラーフィルムの表層は、光を受光し、化学変化をおこすゼラチン層（タンパク質層）があり、これがタンパク質分解菌により腐食をおこす。この腐食作用に着目し、ナットウ菌のタンパク質を分解するはたらきを調べたり、フィルムの腐食の度合いから土壌中や水中の細菌類・バクテリアの総量を推測する観察・実験方法を紹介している。

リバーサルフィルムはやや高価なため、普通フィルムでも同様な効果が得られるか追試実験を行った。

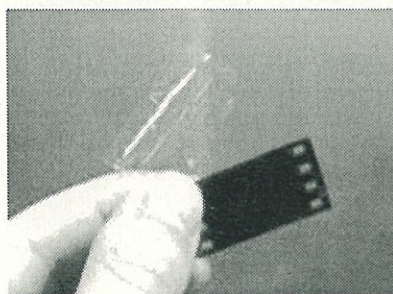
- ① 1000ccのビーカーの水にフィルムをいれ、ポンプでエアを送る。



- ② 24時間後の水の様子。左側が納豆を5粒入れたビーカー。

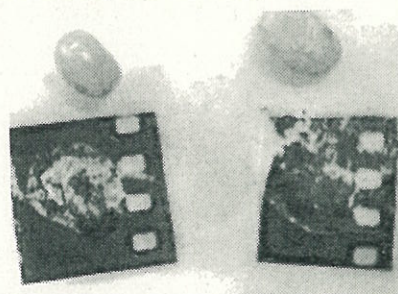


- ③ フィルムの様子。納豆を入れたビーカーのフィルムは完全に透明になってしまった。



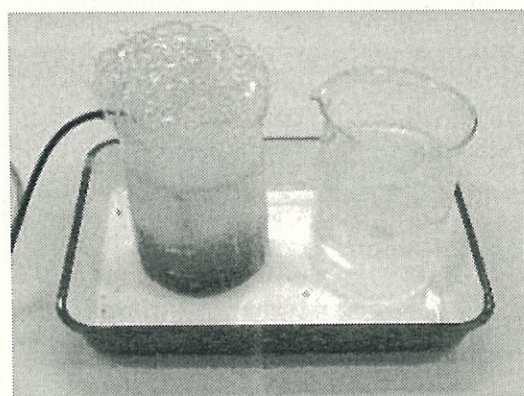
- ④ またフィルムに直接納豆を載せた場合でも、納豆を乗せた部分だけが腐食を受ける。（24時間後の様子）

※ 普通フィルムを用いても、十分に同様な効果が得られることがわかった。



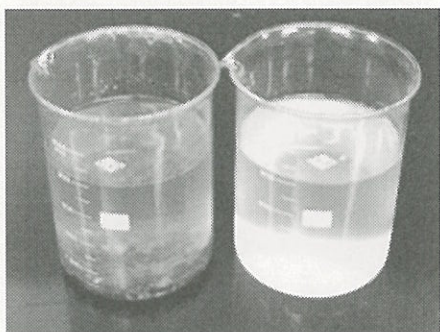
【植物の生育を通して、細菌類の還元者としてのはたらきを調べる】

- ① 有機物の溶け込んでいる水溶液（ゼラチン2g・スキムミルク0.2g・黒砂糖0.2g／水800ml）をビーカーに入れ、そこに金魚を飼育している水槽の敷き砂利加え、エアーを送りこむ。



左：砂利入りのビーカー
右：砂利なしのビーカー

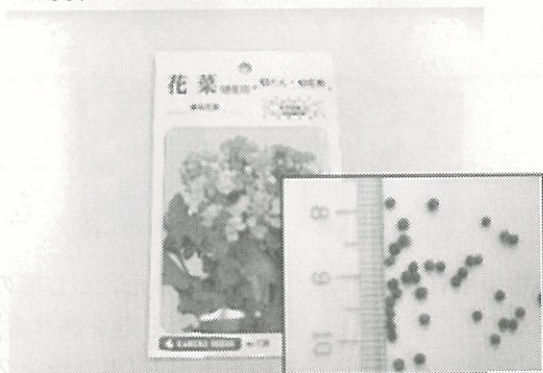
- ② エアーを送ってから2日目ようす。砂利入りのビーカーは、水溶液が透明になる。



左：有機物が分解される

右：有機物は分解されないまま

- ③ ②の2つの水溶液を用いて「花菜」を栽培する。花菜を栽培種に用いた理由は、種子が小さく、発芽後は自分自身で養分を合成し、生育初期においても種子に含まれている養分に依存する度合いが小さいため。



- ④ 発芽後35日目。砂入り水溶液で栽培した花菜（左）と、砂利無し水溶液で栽培した花菜（右）の生育のようす。砂利入りの水溶液を与えつけて栽培した花菜の方（左）が、大変生育がよいことが確認できる。



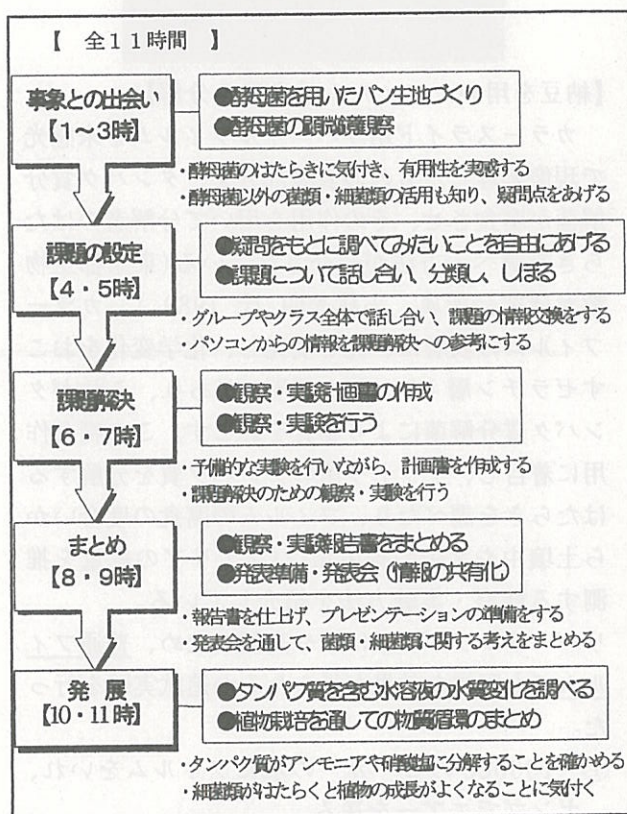
※ 砂利入りの水溶液は、砂利に付着している菌類・細菌類によってタンパク質などの有機物が無機物に分解され、硝酸塩などの窒素化合物を多く含む水溶液となる。植物はこの硝酸塩を根

より吸収し、体を構成するタンパク質を合成して成長する。還元者としての菌類・細菌類のはたらきを視覚的に捉えることができる。

(5) 検証授業

① 学習指導計画

生徒自らが課題を発見し、解決方法を考えながら探究していく過程を重視した学習指導計画を作成した。

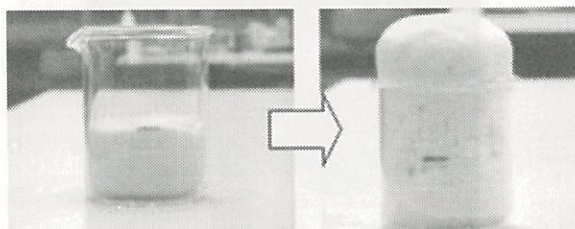


学習指導計画（全11時間）

② 検証授業の記録

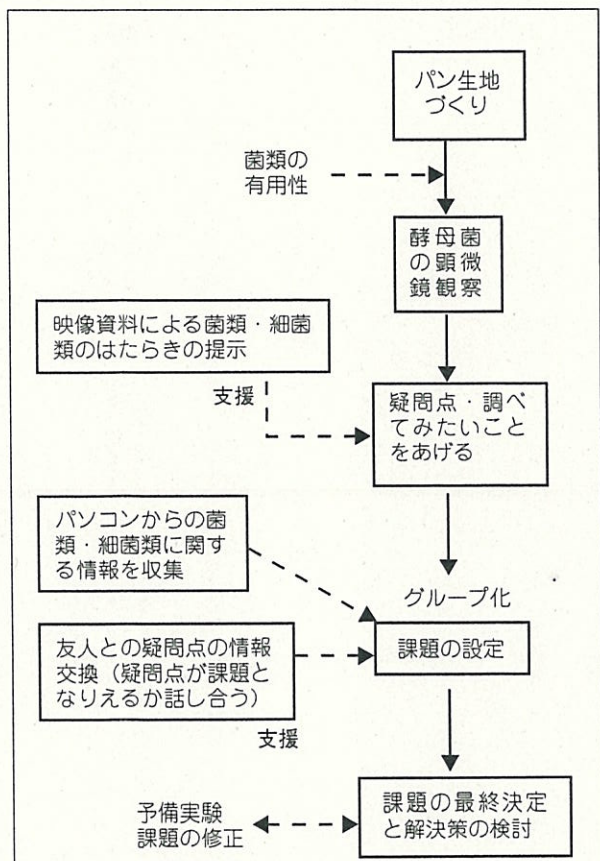
【事象との出会い …第1時～第3時】

日常生活との関連を重視し、発酵食品の中からパンづくりを教材化した。発酵したブドウの皮を混ぜると、パン生地は5時間程度（約20℃の場合）で2倍に膨らむ。「なぜ、パンはふくらむのか」「ブドウの皮には何か秘密があるのでは」などの疑問やこだわりを多くの生徒から引き出すことができた。

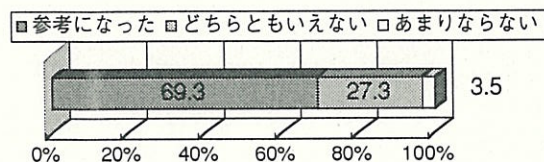


【課題設定 …第4時・第5時】

生徒自らが課題を設定し、自らの方法で課題を解決する問題解決学習を展開した。特に生徒の抱いた疑問やこだわりを課題にまで高める場面が重要と考え、次のような学習展開を図った。

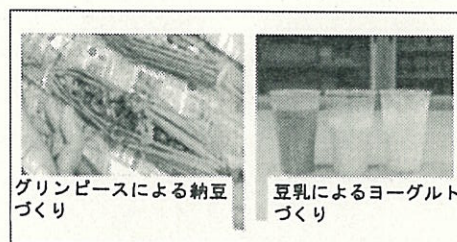


下図は課題設定に関する自己評価の一部であるが、約7割の生徒が友人との情報交換が参考になったと感じ、友人との相互評価が友好であることがわかった。



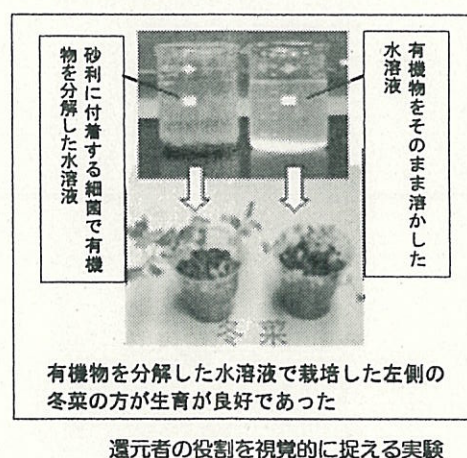
【課題解決 …第6時・第7時】

自ら課題を設定し、自ら解決方法を考えることで、生徒は意欲的に観察・実験を行った。次図は生徒が考え出した2つの例であるが、発酵食品づくりの場合では、用いる素材を工夫することで、観察・実験に広がりをもてることがわかった。



【発展 …第10時・第11時】

砂利に付着する細菌類と、植物の成長との関わり合いについて気付かせる実験を行った。植物の生長のちがいを通し、還元者としての役割に気付かせる点で有効であることがわかった。



4 研究のまとめ

- (1) 発酵食品の教材化は、目に見えない菌類・細菌類のはたらきを具体的な事象として提示するとともに、活動そのものの楽しさも加わることで、菌類・細菌類の有益なはたらきを認識させる上で十分に効果があることがわかった。
- (2) 疑問を課題へと高める段階では、友人どうしで情報を交換させ、広い角度から課題を見つめ直す活動は少なからず効果があることがわかった。
- (3) 菌類・細菌類が有機物を分解し、その結果できた無機物（窒素化合物）を植物体が吸収していることを視覚的に確かめる教材として、砂利に付着する細菌類を用いた水溶液での植物栽培は効果的であった。

5 今後の課題

開発した教材の活用を図るとともに、生徒が課題をつくる課程においてのさらなる支援や教材についての改善を図る。

生物の野外観察を通して 問題解決の能力を調べる学習指導の工夫

渋谷区立代々木中学校 上 村 雅 彦

野外観察において、生物の体のつくり、行動、生息する環境の関連をとらえやすい教材を用意し、生徒の主体的な追究を促す指導・援助を工夫して、問題解決の能力を育てる学習指導を展開した。

1 研究のねらい

自然の美しさにふれながら生物とその生息する環境に出会い、生物の体のつくりや行動の素晴らしさを発見する喜びを体験させるには野外観察が効果的である。その素晴らしさを発見する喜びが生徒の関心を高め、学習活動への意欲を促す。更に、抱いた疑問を自ら追究する問題に高める指導・援助を行うことにより、生徒は主体的に問題解決に取り組み、問題解決の能力を身に付けることができる考える。

ここで、本研究では問題解決の能力を「生徒が自然の事象に対する関心を高めてその中に問題を見付け、見付けた問題を主体的に追究し、その問題を解決して結論を見いだす能力」と定義する。

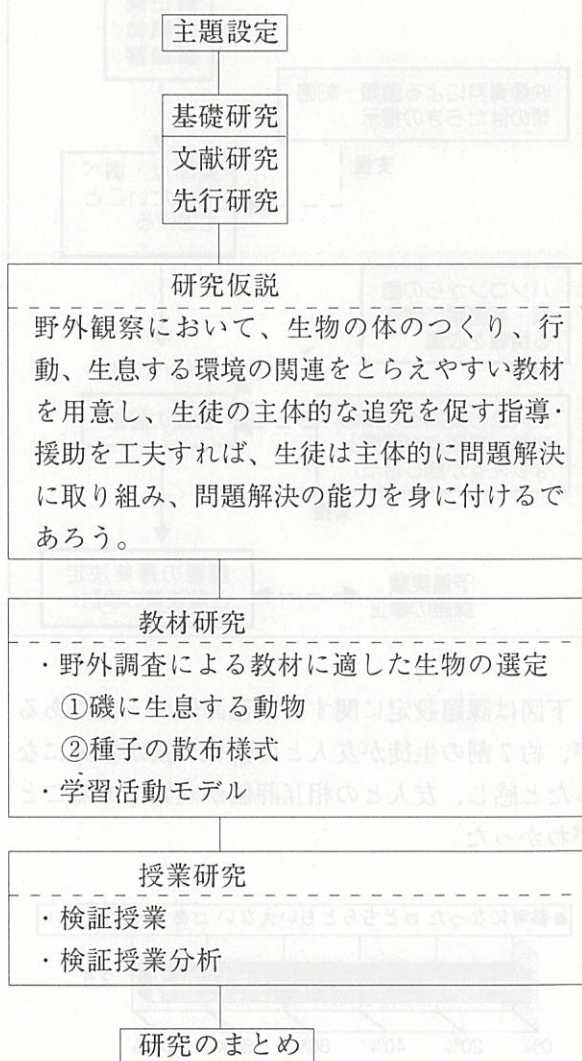
さて、平成10年7月の教育課程審議会答申では、中学校理科の改善の具体的事項として※1「生徒の興味・関心に基づき、問題解決能力を育成するため、野外観察を一層充実するとともに生徒自ら観察や実験の方法を工夫したりして課題解決のために探究する活動を行うこととする。」と述べている。これは、野外観察を通して問題解決の能力を育てる学習指導の重要性を指摘したものといえる。

しかし、中学校理科では、生物の野外観察において問題解決の能力を育てる指導に焦点を当てた研究は少ないのが現状である。

そこで本研究では、野外観察において、生物の体のつくり、行動、生息する環境の関連をとらえやすい教材を開発して、生徒の主体的な追究を促す指導・援助を工夫することをねらいとする。

2 研究の内容及び方法

研究のねらいを達成するため、次のような手順で研究を行った。



3 研究の結果と考察

(1) 基礎研究

文献研究により、野外観察を問題解決的に進めるためには、生徒が意識していない自然の素晴らしさに気付かせたり、発見した事象と環境との関連に注目させたりする等の指導が効果的なことが分かった。また、先行研究には、中学校理科では、

生物の野外観察において問題解決の能力を育てる指導に焦点を当てたものは少ないことが分かった。

(2) 教材研究

① 教材に適した生物の選定

体のつくり、行動、生息する環境の関連をとらえやすいと考えられる生物を、下記のアからオのようにまとめた。

ア 磯に生息する動物

動物の体のつくりや行動が、激しい波によって体が流されるのを防いだり、潮の干満に伴う生息する環境の変化に対応するのに適している。

イ 広く散布される種子

種子や果実のつくりが、風や動物等に運ばれて仲間を増やすのに適している。

ウ 海岸沿いに生育する植物

植物の体のつくりが、強い日差しや乾燥、潮風から体を守るのに適している。

エ 溪流に生息する動物

動物の体のつくりや行動が急流に体を流されるのを防ぐのに適している。

オ 標高の高い山に生育する植物

植物の体のつくりが強い風や寒気、乾燥から体を守るのに適している。

これらの生物のうち、ア磯に生息する動物及びイ 種子の散布様式について野外調査を行い、その結果を次の(ア)、(イ)のようにまとめた。

(ア) 磯に生息する動物について、逗子市の海岸において磯の動物約50種を調査し、そのうちイシダミなどの巻き貝類、イソギンチャク類、ウニ類、カニ類、カメノテ、タマキビ類、ヒザラガイ類、フジツボ類、マツバガイ・ヨメガガサなどのかさ貝類の10種が体のつくり、行動、生息する環境の関連が顕著で理解しやすく、教材として適切であることが分かった。

例1；ヒザラガイ

平べったい体の形や岩に強く貼りつく行動は、体が波に流されるのを防ぐのに適している。



例2；フジツボ

海水のしずくがかかると蔓脚を殻から出す行動と、潮の干満に伴う生息する環境の変化との



関連をとらえやすい。

(イ) 植物の種子の散布様式

○教材として適している校地内でよく見られる植物

植物の種子の散布様式について、三宅島に自生する草本のうち108種類を調査した。その結果をもとに、アザミ、イノコヅチ、ススキなど25種を種子のつくりと散布様式との関連が顕著で理解しやすく、教材として適切である植物として選んだ。25種は以下のとおりに分類した。

A 風散布

・冠毛や羽毛のつくりが、風に運ばれるのに適しているもの

ノゲシ、ウスベニガナ、タンポポ、アザミ、ジシバリ、ススキ

・翼のつくりが風に運ばれるのに適しているもの
イロハモミジ、マツ、イタドリ、ヤマノイモ

・葉が種子について風に運ばれやすいもの
ケヤキ



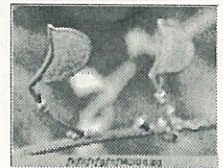
B 水散布 無し

C 付着動物散布

・カギヤトゲ(小苞)のつくりが動物の体につくのに適しているもの

イノコヅチ、ヌスビトハギ

・粘液で動物の体につくもの
トベラ、チヂミザサ、オオバコ



D 被食動物散布

ヌスビトハギ

カキ、ピラカンサ、ネズミモチ、アオキなど多くの樹木、ヘクソカズラ

E 機械的散布

カタバミ、スマレ、カラスノエンドウ



F 重力散布

ツバキ

アオキ

G 栄養繁殖のみ 特になし



例1；アザミの種子

冠毛のつくりが風に運ばれるのに適している。

例2；イノコヅチの種子

トゲ(小苞)のつくりが体につくのに適している。



○校地内に生育する草本の植物における散布様式の割合

校地内に生育する草本の植物はどの散布様式の

割合が高いのか調べた。その際、※₂ 石川県の34の小学校の校地内で実施した調査結果も比較のために文献より転載した。その結果、種子の散布様式のA～Gのグループの割合を求めると次のようであった。

	M 村立 T 中 (H.11.4～12.3 月)	石川県内の 34 の小学校
A. 風	25 種 (23 %)	(25 %)
B. 水	1 種 (1 %)	
C. 付着	6 種 (6 %)	(15 %)
D. 被食	7 種 (6 %)	
E. 機械	9 種 (8 %)	(6 %)
F. 重力	59 種 (55 %)	(50 %)
G. 栄養	1 種 (1 %)	(4 %)

この調査の結果から、校地内ではCやDの動物散布をする植物は15%程度であることがわかる。反対にAの風散布をする植物が25%程、Fの重力散布が50%程など、動物とは関係なく散布する方法をする植物が約85%である。

一方、中西弘樹氏の著作「種子はひろがる」によると、森林では※₃「散布様式の割合は照葉樹林では被食動物散布型が73～85%、風散布型が4～11%、夏緑樹林では被食動物散布型が47～57%、風散布型が23～30%、針葉樹林では、被食動物散布型が41～46%、風散布型が30～46%」である。この森林の結果と先程の校地内の結果を比較すると、いずれの森林も被食動物散布型の割合が校地内よりも多い。この結果は散布に関わる動物の種類や数が、校地内と森林とでは森林の方が豊富であることと関連がある。このことから種子の散布様式の割合を、校庭と森林とで比較する学習を通して、種子の散布様式とその植物が生育している環境との関連に気付かせる展開も考えられる。また、高校における遷移の学習の基礎ともなりうる。

○ アルソミトラ・マクロカルパの種子の教材化
アルソミトラ・マクロカルパは熱帯アジア地方に生育するウリ科のつる性の木である。種子は平べったくて、直径3cm程の楕円形をしており、薄く少し湾曲した長さ14～16cmの翼がついている。この種子をもち、手を伸ばして放つと、ふわりと飛行しながら少しずつ落下する。

この飛行の様子を生徒に見せることで、「こん

なに飛ぶ種子があるのか」という驚きとともに「なぜこんなに飛ぶのだろう」という疑問を引き出せる。なお、この種子は国立科学博物館付属自然教育園で2個500円で頒布されている。



② 学習活動モデルの構想

①で選定した生物を教材として用いて、生徒が主体的に、問題解決に取り組む学習活動モデルを表1のように構想した。

表1 主体的な問題解決を促す指導・援助を示した学習活動モデル

時	過程	学習活動	問題解決の能力との関連	指導・援助
1	問題	導入	・体のつくり、行動、環境の関連への関心をもつ。	・生物の体のつくり、行動、環境の関連に関わる意外な事象の提示。
2	発見	野外観察における問題発見	・関心を高め、疑問をもつ。	・前時での学習を基に観察の観点の提示。
3		疑問や調べたい問題の整理	・問題をとらえ見通しをもつ。	・生徒同士の話しあいの時間の確保。
		観察計画作成	・目的や方法を考え計画を立てる。	・予想を立て観察方法を考えるよう助言。
4	追究	問題追究のための野外観察	・情報の収集をする。	・気付いたことも記録するよう助言する。
		問題解決	・情報を整理して結論を見いだす。	・結果が予想と違う理由を考えるよう助言。
5	評価・応用	発表	・見いだした結論を評価する。	・各研究の結果や結論の共通点を見付けよう促す。
		まとめ	・見いだした結論を応用する。	・見いだした結論が他にあってはまるか尋ねる。

(3) 授業研究

① 検証授業

構想した学習活動モデルについて表2のような学習指導計画を作成し、授業を行い、その有効性を検証した。

表2 学習指導計画

時	内 容	指導・援助
1	種子のつくりと運ばれる仕組みとの関連を模型づくりを通して考える。	アルソミトラの飛ぶ様子を見せることで、意外な事象を提示する。
2	運ばれるのに都合良くできた種子を見つけて特徴を観察する。 (野外観察)	前時での学習を基に、種子のつくりに注目するなど観察の観点を提示する。
3	発見した特徴や疑問点を発表しあう。さらに調べたいことを話し合い、その計画を立てる。	発見した特徴や疑問、調べたいことを生徒同士で話し合う時間を確保する。 予想を立て方法を考えたり、記録用紙を考えるよう助言する。
4	計画を基に種子について野外観察や実験を行い、まとめや考察を行う。	気付いたことを記録したり、表にまとめるよう助言する。 結果が予想と違う理由を考えるよう助言する。
5	グループ毎に発表し、質問や意見を交換する。まとめを行う。	植物が仲間を増やすためにさまざまな工夫をしていることに注目させる。

② 検証授業の分析

(第1時) 授業後のアンケートで、71%の生徒から「種子を見ながらどうやれば飛ぶかいろいろと考えて工夫ができた」「アルソミトラの種子はどうしてあんなに飛べるのか考えることができた」などの記述が見られた。このことから、生徒は種子のつくりと運ばれる仕組みとの関連について関心をもったと考えられる。

(第2時) 生徒の野外観察の記録を基に分析した結果、82%の生徒は種子のつくりと運ばれる仕組みとの関連を考えて観察していた。また、以下の

活動が計95%の生徒から見られた。ア 様々なつくりの種子を見付け、「もっと不思議な種を探したい。」と更に種子を探す。イ イロハモミジの種子が回転しながら落ちることに気付き、そこから「バランスをとっている」と考えるなど種子のつくりと運ばれ方について追究する。ウ「どうして種子の形がそれぞれ違うのか」「遠くに飛べるように工夫されている種子の羽や毛の性質を細かく調べてみたい。」など疑問や調べたいことを見付ける。これらの活動は生徒の関心の高まりを示すと考えられる。

このように興味・関心、疑問をもち追究する意欲が見られたことから、問題解決の能力を育てる上で、問題発見場面において、教材と学習活動モデルの有効性を確認できたと考えられる。

(第3, 4, 5時)

第3, 4, 5時は1年選択理科の生徒5名を対象に実施したのみであるので、ここでは、生徒が取り組んだ課題の紹介にとどめておく。

ア 植物が生えている環境と種子の散布の方法との関係を調べる。

イ ススキ1本の種子の数を調べる。

ウ 種子を蒔くと発芽するか調べる。

エ 種子の重さを調べる(散布器官の有無で比較)

オ 種子の落ちる速さを調べる。(散布器官の有無で比較)

なお、第5時の発表会は東京都中学校理科教育研究会・生徒研究発表会での発表という形で実施した。

4 今後の課題

今回の検証授業で確認できなかった磯に生息する動物の教材としての有効性を検証するとともに、教材や学習活動モデルについて改善を行う。

引用文献

- ※1 文部省；中学校学習指導要領解説
(平成10年12月)～理科編 p.9 (1998)
- ※2 中西弘樹；種子は広がる～種子散布の生態学 p.52, 218、平凡社 (1994)
- ※3 石川県教育センター；石川の自然に学ぼう自然と遊ぼう、紀要第62号 p.60 (1999)

生命を尊重する態度を育てる指導の工夫

—— 第2学年「動物の生活と体のつくり」の学習を通して ——

東京都台東区立柏葉中学校 富山 雅之

本研究は、平成8年度東京都教員研究生として東京都立教育研究所科学研究部生物研究室に所属して行ったものである。淡水ガレイ、プラスティネーション標本、血管標本を教材として、躍動感や精巧さを実感できる授業を展開し、生徒の変容を考察した。

1 研究のねらい

「生命の尊重」は、豊かな心をもち、たくましく生きる人間の育成を図る上で大切である。

しかし、最近の子どもたちは、生活環境の変化により、生命について深く考える機会がなかったり、生命を軽視する傾向が見られ、生命を尊重する態度が十分に育っていないと思われる。

そこで、本研究では、第2学年の「動物の生活と体のつくり」において、刻々と変化する生命の躍動感や、つくりやはたらきの精巧さを実感できる教材や指導を工夫し、生徒の心情に配慮した問題解決の過程を通して、生命を尊重する態度を育てることをねらいとした。

2 研究仮説

刻々と変化する動物の躍動感や、つくりやはたらきの精巧さを実感できる教材に接し、問題解決活動や観察・実験などの直接経験による活動を行えば、自分自身の生命と重ね合わせて、自他の生命を尊重する態度が育つであろう。

3 研究の方法

保護者対象と児童生徒対象の調査研究と、3種類の教材開発、授業研究を行い、得られたデータを分析し考察した。

4 研究の内容

(1) 調査研究

① 保護者対象の調査

生命の尊重には、それぞれの家庭での考え方が大きく関わっていると考え、「子どもに身につけてほしいこと」を6つのうちから2つ選択する形で尋ねたところ、「生命の尊重」を含めて答えた保護者は、70%に上った。子どもの人格形成の根

幹に関わることであり、多くの保護者が望んでいることがわかった。

この調査は、平成8年7月上旬、質問紙により、都内公立小学校6年生から中学校3年生までの子どもをもつ保護者対象に行い、810名から回答を得られたものである。「生命の尊重」「責任感」「基本的生活習慣」「協調性」「創造性」「公共心」の6つから子どもに身につけてほしいことを2つまで選んでもらい、上記のような結果が得られた。

② 児童生徒対象の調査

自分の体をどのように理解しているかを聞いたところ、「自分の体が良くてきている」と感じたことのある子どもは41%であり、自分自身の生活経験から、ケガや病気の自然治癒や免疫、トレーニングによる機能の強化、深い思考と複雑な行動ができることなどを、具体的に挙げている。

ところが、その他の子どもは、自分の体のすばらしさについて、まだ気付いたり、考えたりしていない。生命を尊重する態度は、この認識が変容することによって育つと考えた。

この調査は、平成8年7月上旬、質問紙により、都内公立小学校6年生から中学校3年生までの児童生徒を対象に行い、1336名から回答を得られたものである。

(2) 教材開発

① 淡水ガレイ

生命の躍動感を実感できる教材として開発した。

背骨のつくりや変形、透けて見える内臓、体を固定しなくても見られる尾びれの血流、捕食のしかた、体色変化、砂にもぐる性質など観察の視点が豊富である。

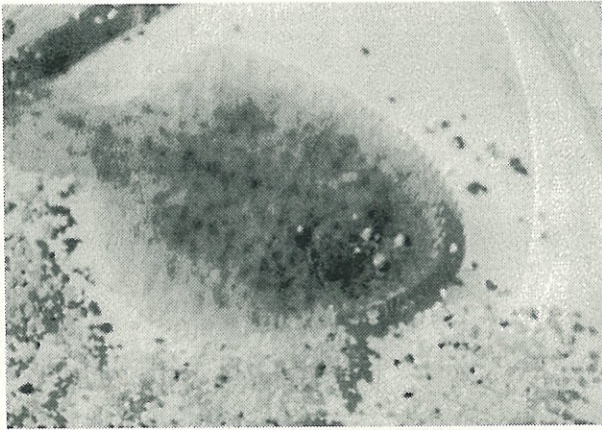


写真1 淡水ガレイ (アキレス)

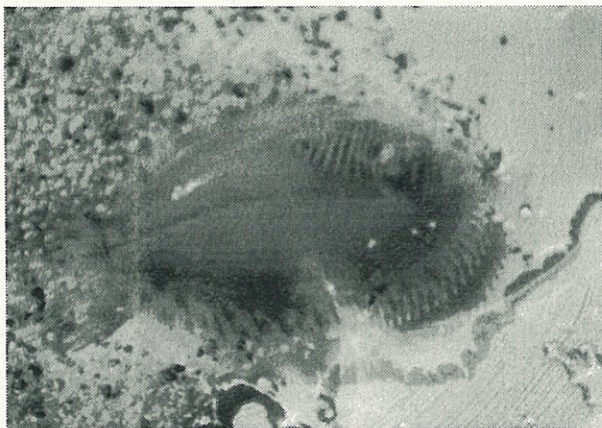


写真2 裏から内臓が透けて見える



写真3 砂の色に合わせて体色が変化する

授業で使用した淡水ガレイは、アキレスという種類で、熱帯魚専門店で 400円(税別)で購入した。

生き餌(イトミミズ等)を好んで食べ、エアレーションなしでも飼育できる。水温は 25℃程度を好むが、15℃～30℃であれば、生活できる。

② プラスティネーション標本

ドイツのハイデルベルク大学のグンター・フォン・ハーゲンス博士によって、1977年に開発された。ホルマリン固定した標本から水と脂質を抜

き、その代わりに樹脂を浸透させて作製する。1995年秋、東京の国立科学博物館で催された特別展「人体の世界」で大きな反響を呼んだ。

本研究を進めるにあたり、東京大学医学部標本室のご厚意により、3ヶ月にわたる標本作製過程に概ね関わることができた。

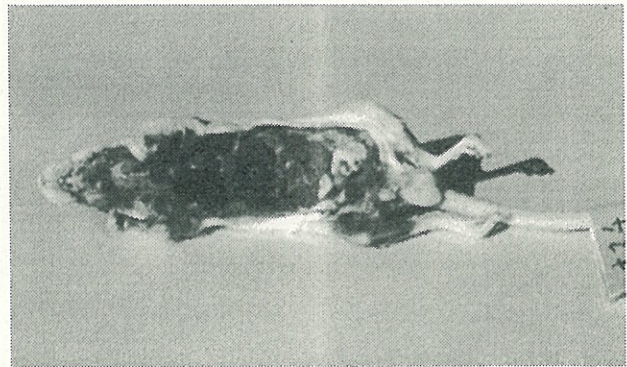


写真4 プラスティネーション標本
作製手順は、次の通りである。

解剖→ホルマリン固定→+5℃で予備冷却→-25℃でアセトン脱水→-25℃、6hPaでシリコン浸透→+5℃、常圧でシリコン拭き取り→常温常圧でガス硬化。完成まで約3ヶ月かかる。

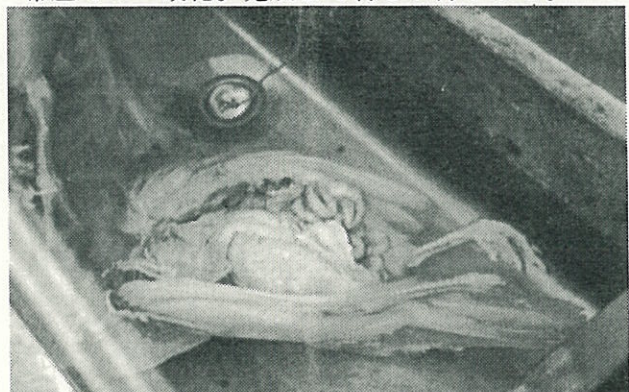


写真5 ホルマリン固定した標本

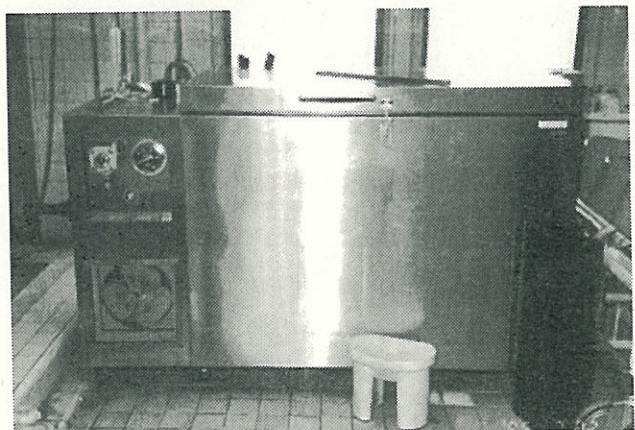


写真6 低温低圧が実現できる冷凍庫(外観)

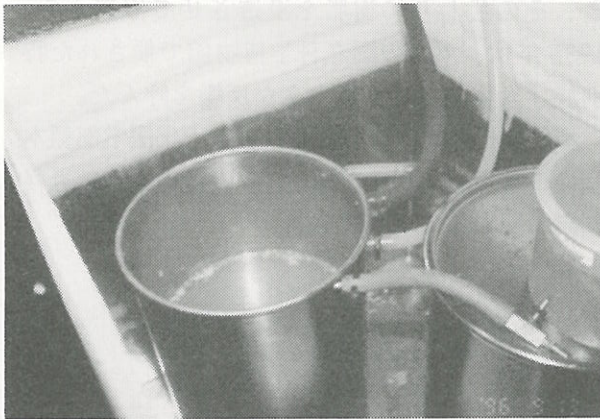


写真7 写真6の冷凍庫（内観）

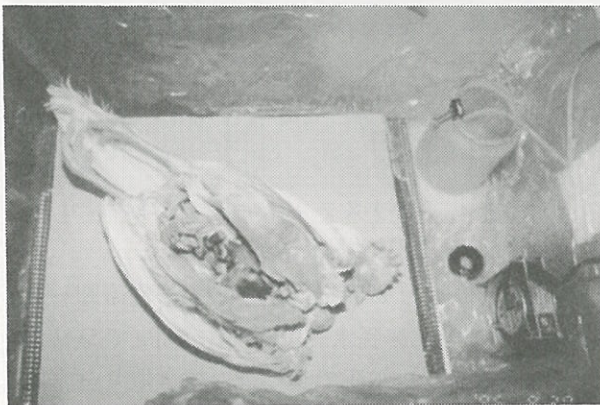


写真8 専用のガスをあてて硬化させる

アセトン脱水までと、拭き取りとガス硬化は、公立中学校の設備で何とかできるが、低温低圧を同時に実現して、シリコン浸透を行うのは、大学の研究室などの専用の施設でなければかなり難しいと思われる。

③ 血管標本

解剖しても分からない血管系の精巧さを実感することができる。動脈に特殊な樹脂を注入し、濃塩酸で骨や筋肉を溶かして作る。

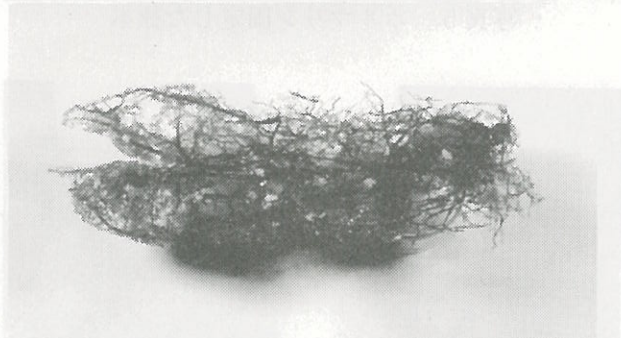


写真9 ブタの足の血管標本

材料は、血管に傷のない末端の部位、血管の太さが人間に近い動物、安価で入手が容易などの条件から、豚足を選んだ。食肉市場で、1本 100円程度で販売されている。

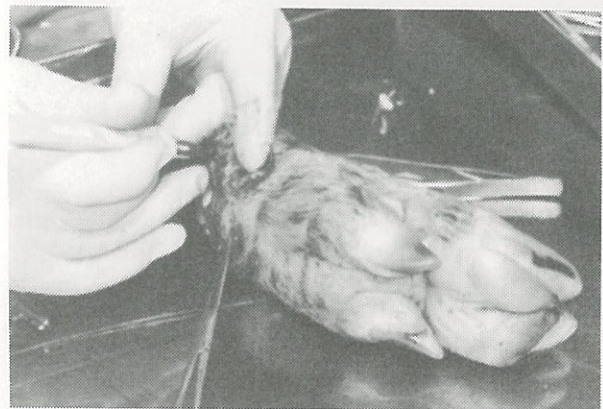


写真10 豚足の動脈の確認

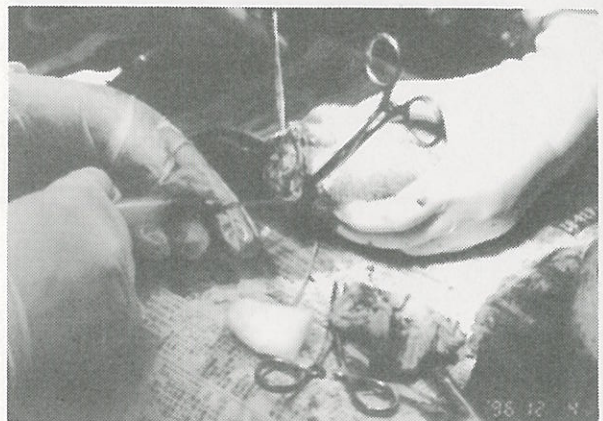


写真11 専用の樹脂の注入

本研究を進めるにあたり、東京慈恵会医科大学解剖学講座第1のご厚意により、情報提供と技術指導を受けることができた。

まず、豚足の切断面を良く洗い、動脈に生理食塩水を注入して、血管の洗浄をする。血液が固まる前の新鮮な材料が必要である。

次に、テクノビートという樹脂(豚足4本分で6,000円)を針先を丸めた注射器を使って2本の動脈に注入する。

2日ほど静かに置いてから、豚足が十分浸かる量の濃塩酸に浸ける。1週間ほど経ったら、真っ黒になった濃塩酸をサイフォンで抜き、標本に余分な力がかからないように、注意深く水洗いして完成する。

5 検証授業と研究の成果

仮説を検証するために、2時間ずつ2回に分けて4時間の授業を行った。

前半の授業は、動物の躍動感をテーマとし、筆者に飼育経験があり、安全で扱いやすい動物を5種類(スナネズミ、クサガメ、アフリカツメガエ

ル、アホロートル、淡水ガレイ)提示し、その中から生徒が興味をもった1種類を詳しく観察させた。

興味をもった動物を観察するとき、生徒の意欲や集中力が増し、新しい疑問や興味が湧き、生命について深く考察していく過程が、授業中のつぶやきやワークシートの記述から読みとれた。

また、淡水ガレイには、外部形態、行動など多くの観察の視点があることが確かめられた。



写真12 相互に設けた発表と質疑の場

次に、観察した動物ごとのグループで相互に発表や質疑をする場を設けたところ、直接経験の共有や広がり、新しい疑問の発掘、解決に向けた学習意欲の喚起、表現の工夫など、生徒の問題意識を高めることができた。

後半の授業は、動物の体の精巧さをテーマとして行った。食肉市場で売られているウシの目と麻酔をかけたマウスのどちらかを選んで解剖させた。それぞれの希望は、約半数ずつになり、いずれの場合も、選んだ理由を自分の言葉で表現できていた。

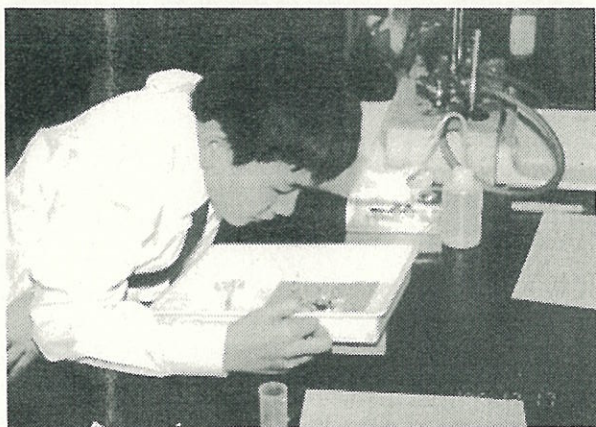


写真13 自分自身の生命と重ね合わせて思考している

解剖に対する生徒の心情は、問題解決への課題

をつかみ、動物の種類や部位等を自ら選択することによって、かなり抵抗感が減少することが分かった。

プラスティネーション標本の観察では、体のつくりはもとより、「生命の神秘」「命のありがたさ」なども伝わってくると53%の生徒が答えている。

加えて、血管標本や内臓の実物などに接したとき、生徒は自分自身の生命と重ね合わせて考え、改めて「自分の体は良くできているなあ」と感じるなど、自他の生命について認識を深めていることが明らかになった。



写真14 プラスティネーション標本と血管標本の教材としての有効性を検証

こうした変容が、他の単元、他の教科・領域の学習と相互に影響し合って、生命を尊重する態度が育っていくものと考えられる。

6 今後の課題

平成14年度から学校週5日制が完全実施され、新しい教育課程で授業が行われ、評価方法も変わった。そうした中でも、生命尊重は「時代を超えて変わらない価値あるもの」「基礎・基本の確実な習得」としてとらえ、さらに指導の工夫を重ね、研究を深めていく必要があると考えられる。

また、発展的な学習にふさわしい内容も含んでいるので、今後も多くの方々にご意見をいただいで検討を重ねていきたい。

7 補足

本研究は、筆者が平成8年度に東京都台東区立浅草中学校に勤務していた時のものである。生徒の写真は、研究に関する紙上発表に限定して掲載の了解を得ている。