

地学教育

第46巻 第6号(通巻 第227号)

1993年11月

目 次

原著論文

野外調査と空中写真判読の組み合わせによる

- 地質図作成の実習……………林 慶一…(199~215)
結晶形態をグラフ化する方法……………谷山 稷…(217~222)

平成5年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第47回全国大会 北陸大会報告(223~229)

ニュース: 日本学術会議科学教育研連の報告(227~228) 日本学術会議たより No. 30(229~230)

紹介: 池谷仙之・山口寿之著: 進化古生物学入門—甲殻類の進化を追い(矢島道子)(216)

天文教育普及研究会編: 宇宙をみせて(間々田和彦)(表3)

学会記事(234)

日本地学教育学会

184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内

気候フォーラム

「地球の未来のために 気候の変動
と予測～その現状と課題～」

日時：平成6年1月29日(土)13:30～17:00

会場：千代田区公会堂

(東京都千代田区九段南1-6-17)

主催：気象庁、日本気象協会

参加費：無料(先着900名)

問い合わせ先：気象庁総務部企画課気象変動対
策室

TEL03-3212-8341(内線2263)

第一部 基調講演

①「気候変動の実態」(仮題)

山元龍三郎 京都大学名誉教授

②「気候と二酸化炭素」(仮題)

田中正之 東北大学理学部長

③「コンピュータシミュレーションはどこまで
気候を予測できるか」(仮題)

時岡達志 気象研究所気候研究部第一研
究室長

第二部 パネルディスカッション(不確実性と今
後の課題)

コーディネーター 松野太郎 東京大学
気候システム研究センター長

パネラー 上記講演者及び二宮洸三気象
庁長官

平成6年度全国地学教育研究大会

日本地学教育学会第48回全国大会

苫小牧大会

上記の大会は、地学教育46巻5号でご案内しま
したように下記の通り開催いたします。

平成6年7月29日 プレ巡検

7月30日 研究大会

7月31日 研究大会(午前)

〃 現地研修(午後)

8月1日 現地研修(終日)

このたび、宿泊等お世話いただく担当者が決ま
りましたのでお知らせいたします。

参加申し込み・宿泊・現地研修については

名鉄観光 苫小牧支店 担当 宮田 訓

電話 0144-33-8830

FAX 0144-34-5257

詳細については、地学教育(次号)でご案内い
たしますが、宿泊等の申込みはなるべく早くお願
い申し上げます。

野外調査と空中写真判読の組み合わせに よる地質図作成の実習

林 慶 一*

1. はじめに

地質学では地質図を書いたり読むことは基本である。それは、地質図がある地域の地質を最も総括的に表すことのできる図であるからであり、それによってその地域の地質の特徴、さらには地質時代にそこで起こった出来事を読み取ることのできる図でもあるからである。したがって、大学等での専門教育では、地質学を専攻する者に対しては、地質図を書いたり読んだりする能力を養成するための科目が基礎科目として課されている。これに対して、普通教育では事情は大きく異なる。まず、中学までの理科では、地質の地域的な違いを議論することはほとんどなく、むしろどの地域でも見られる地質現象を学ぶことの方が主体となっている。したがって、地域的な地質の違いを描き出すという性格の強い地質図は必要ない。ところが、同じ普通教育でも高校の地学では、地質時代における地球表層部の変化に富んだ歴史が大きく扱われるようになる。この歴史は地域によって大きく異なっており、それは地域的な地質の違いに注目することで明らかにされるものである。そこで地質時代における出来事の地域的な違いを探るために、当然地質図が必要となってくる。このような背景があって、戦後高校地学という科目が成立して以来現在まで、地質図は一貫してその中で扱われてきた。

ところが、実際に地質図の学習が具体的にどのように扱われているかをみると、上記のような意義を感じさせるものは意外と少ない。例えば教科書では、褶曲していない単斜構造の地層が地形の凹凸でどのような線に沿って地表に分布するかを求める作図法や、この逆に地表の境界線と地形の等高線の交点から地層の走向・傾斜を求めるといった方法が詳しく述べられているだけである。これは地学ではなく、単なる三次元の幾何学の問題である。それでは地質図を正しく学ぶにはどのようにすればよいのだろうか。それには、地質図が地質という自然界の状態を記載するものであるという原点に立ち返れば、生徒に身近な地域の実際の地質を、本物の地質図を通し

て学習させるのがよい。しかし、もっと良い方法は、生徒が実際に野外で地質調査を行ってその地域の地質図を自分で作ることである。しかし、クラブ活動ならともかく、授業の一貫としてこのような大がかりなこととはできそうにない。事実、本学会誌でも米国の *Journal of Geological Education* 誌でも、中等学校レベルでのそのような報告は見当らない。中等学校レベルで地学が独立した科目として存在するのはほとんど日米両国のみであるから、おそらく、世界的にもそのような例はないのではないだろうか。

そこで筆者は、高校で実施できる程度の地質の野外実習に、空中写真を用いた地質判読を組み合わせることによって、生徒自身に地質図を作成させる方法を考案した。本稿ではその方法を示し、これを高校1年生を対象に実践し、無理なく実行できたことを報告する。また、この方法の特色である実習用の空中写真について、それが各学校でその学校独自のものが必要となるので、その作成法もあわせて紹介する。また、本実習の意義を明確にするために、地質図の学習の現状とあるべき姿についても検討することにする。

平成6年度より実施される新しい高等家校学習指導要領では、理科において「探究活動」が極めて大きく扱われることになる。具体的には単なる実験・実習ではなく、従来のものとは質的に異なる新しい実験・実習がここでは期待されている。本実習は、その極めて探究的な性格から、この「探究活動」にも適しているのではないかと考えている。

2. 高校地学における地質図学習の扱いの現状

現在、高校地学において地質図の学習がどのように位置づけられているか、また、そこにはどのような問題点があるかを最初に検討してみることにする。

まず現行の「高等学校学習指導要領」では、選択の「地学」の「(2)地球の歴史」の「ア 地層」の「地層の形成、地層の層序とその対比」という項目の中で「地質図についても触れるが、初歩的な事項ににどめること。」と明記されている。ただし、具体的にどのように扱われるかということに関しては、それ以上の記述はない。そ

* 東京学芸大学附属高等学校
1993年7月15日受付 9月18日受理

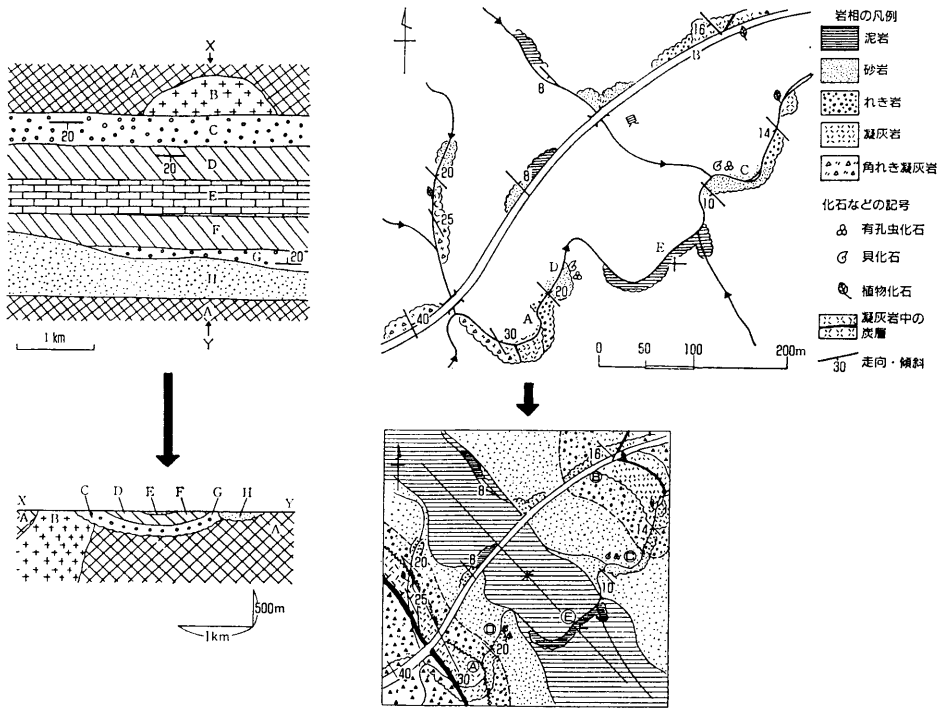


図1 大学入試における地質図に関する能力を見る問題

左図と右図はそれぞれ別の大学の問題。いずれも上が問題に出された図で、下が問題の図から作成しなければならない図である。

ここで、学習指導要領の作成協力者らによって書かれた石黒・大塚(1978)を見ると、「地質図を理解させるためには、作図や読図にある程度時間を費やさねば無理である。」という指摘があり、「地質図などの学習は困難であるが、……」と、地質図の地質学的な意義を正統に理解させるという学習は事実上放棄しているとも読み取れる表現がある。そして、その代わりとして「むしろ、立体観の育成の方法として地質図の学習があるというように考えてみてよいのではないだろうか。」と提案している。

それでは、学習指導要領にそってつくられている教科書では地質図の学習はどのように展開されているのだろうか。現行の選択「地学」は8社によって出版されており、その扱いにはかなりの違いが見られるものの、地層自体は褶曲していない平板状のものしか扱っていないという点では、すべての教科書が共通している。したがって、地質図の扱い方の中心は平板状の地層が地形の凹凸によってどのような地表分布をするかという三次元の幾何学になっている。各教科書の図を示すのはここでは控えるが、地質図の学習がこのような幾何学を中心として

いるため、いずれも掲載されている地質図は模式的なもので、実物の地質図を用いて展開されている教科書はない。もちろん初步の段階では模式的な図が有益であり、それを用いることに問題はないが、地質図の学習が最後まで模式的な図で終わってしまっているというのは、生徒に地質図をどこまで正しく理解させられるかという観点からは大きな疑問が生じる。もちろん、限られたページ数の中で地質図のために多くを取れないという現実も考慮されるべきであるが、地学教育の意味を考えたとき、この幾何学は技術的なものでしかなく、地質図の学習の本質ではない。このように見てくると、教科書でも地質図の学習が地質学的な意義を理解させるためのものとはなっていない状況であることがわかる。

ただし、現行教科書8社中の4社の教科書では、模式的な地質図ではあるが、単なる幾何学的な図ではなく、不整合や断層・岩脈などを組み込んだり、各地層の岩相や含有化石を示して、それをもとに地学的な考察ができる、本物の地質図に近いものにした努力の跡が見られる。教科書執筆に関係した地質学関係者の見識がそうさせたものとも考えられる。しかし、これについて

は別の見方をすることもできる。図1には、大学入試の二次試験の問題中に実際に出された図と、解答もしくは正解を得るために必要な図として受験者に求められたものを示したが、大学の地質学者が高校に要求している内容が、かなり複雑な地質に対応できる実際の能力であることがわかる。教科書としても大学入試の地質図関係のこのような高度な出題に対処したのではないだろうか。図1の左は、上の地質図から下のような地質断面図を描くことが求められているが、そのためには地質図から褶曲や不整合・貫入といった現象を読み取らねばならない。また、図1の右は、かなり複雑なルートマップをもとに下のような地質図が描けないと正解が得られないような問題である。しかし実際の野外ではよく見られる褶曲した地層による向斜構造であり、このようなルートマップからおおよそその地質図をつくることは、地質の研究の初歩である。これ以上簡単な模式的な構造にしてみると、地質学者には地学の出題にならないという認識があるため、大方の二次試験ではこの程度のものが出題されているのではないだろうか。ところが、石黒・大塚(1978)は地質図は「単斜構造と垂直断層の組み合わせ程度が限度であろう」としているし、教科書でも前述のように、実際の野外でよく見られる褶曲は一切扱わず、単斜構造の場合だけが前述の幾何学的作図法を中心として詳しく述べられている。このように、大学入試の問題と学習指導要領や教科書の記述内容には大きなずれがある。それでは、本来の地学教育の観点からはどちらがよいのであろうか。筆者は、地質図を、地質調査によって作られる実際の地質の様子を表す図として、また地域の地史を明らかにする手掛かりの図として、真に地学的に理解させるためには、大学入試の程度のレベルが必要なのではないかと考えている。

以上は現行の「高等学校学習指導要領」の下での状況を述べたものであるが、平成6年度からの新しい「高等学校学習指導要領」の下でも状況はあまり変わらない。新学習指導要領では、地質図は、選択「地学I B」の「(3)地球の歴史」の「ア 地質時代の編年」の「(ア)地層と化石」の中で扱われることになっており、文部省「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」によれば、「……地質図についても扱うが、初歩的な事項にとどめる。」となっている。学習指導要領の作成協力者らがこれをさらに具体的に説明した山極・江田(1990)や高橋ほか(1990)を見てみると、例えば後者では、「地層は、…地下にも、…立体的に広がっている。その概念をつかむために地質図を描いたり読み取ったりすることは大変よい学習になる」と奨励しているが、「しかし地

質図にあまり深入りすると生徒に無用の混乱を引き起こすことになりかねない。地層を立体的にとらえるという目的を達成できるような初歩的な地質図(単斜構造、垂直断層の組み合わせ程度)を教材とする必要がある。」となっている。

このような地質図への深入りに対する警告は確かに根拠のあるものである。高校レベルでは、野外での調査が地質図をつくるほどに十分できないというのが現実である。したがって、地質図をつくるといっても、架空もしくは与えられたデータをもとに作図するだけであって、作図の方法の学習にしかならず、あまり地質の学習になるとは考えにくいからである。また、地質図を詳しく扱う方法として、既成の地質図を読ませるという方法も考えられるが、地質図はもともと描いた人が調査結果に推論を交えて解釈した結果を表した図であるから、それを眺めたところで地質図の十分な知識のない高校生には地学的な学習になるはずもない。また、そのような机上の学習に生徒の興味を長時間維持することも難しいであろう。したがって、大学での専門教育の地質図学の真似ごととしての地質図の学習は高校では排除されるべきは当然である。しかし、ここで、架空もしくは与えられたデータからではなく、高校生が行える程度の野外調査に基づいて地質図が作成できるということになると話は全く違ってくる。筆者は、そのような、高校生が自らの調査と作業によって地質図を作成するという方法を考案し、授業の一貫としての比較的短時間の野外実習と室内実習のうちに完成できるよう工夫したので、次に述べる。

3. 野外調査と空中写真判読の補完的組み合わせ

地質の専門家が野外調査の過程およびその結果として描く図は、図2の上段に示したルートマップ、地質柱状図、地質断面図、そして地質図である。高校の実習でも、自らの野外調査に基づいてこれらすべてがつけると理想的なのだが、実際には不可能に近い。その理由は作業内容が難しいということももちろんあるが、最大の理由は調査時間が短すぎてとてもこれらすべてをつくるだけのデータを集められないということにある。筆者の勤務校の場合も、野外で生徒に調査させられる時間は4時間程度であるから、図2の中段に示した「一般の地質調査法」で調べたのでは、短いルートマップと、それをもとにした柱状図くらいはつけられるであろうが、それ以上すなわち地質断面図や地質図をつくるのは無理である。しかし、本校では図2の下段のように、地層の走向方向に直角な直線ルートに沿って調査させるという調査方法をとらせることにより、そのルート沿いだけではあ

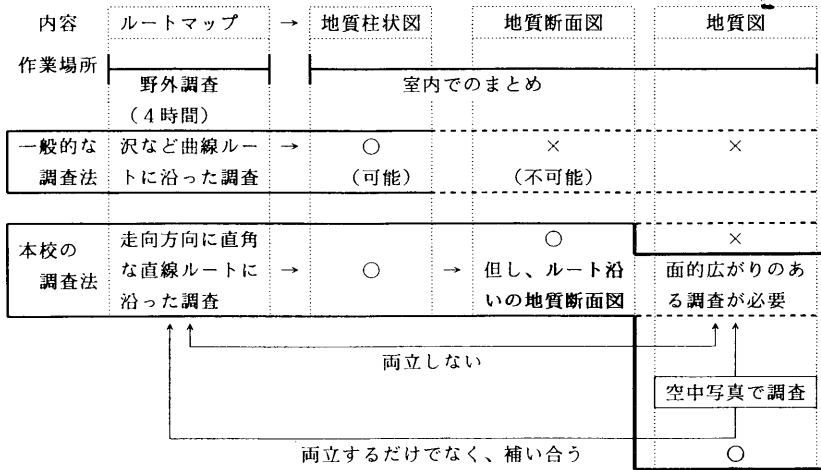


図2 地質調査の方法と作成できる図の限界

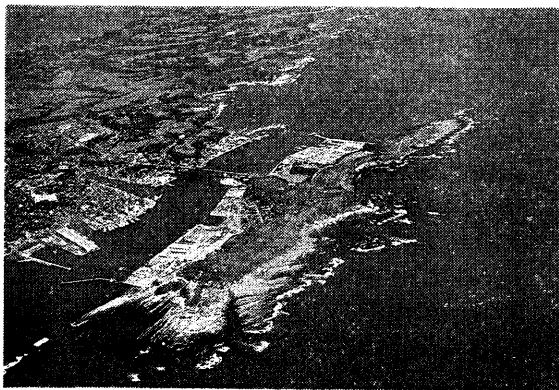


写真1 城ヶ島の空中鳥瞰写真

るが、地質断面図までつくれるようにしている。

そこで、現地での実習を簡単に先に紹介しておく必要がある。写真1は神奈川県三浦半島先端の城ヶ島であるが、本校の実習地は手前（西部にあたる）に広がるやや白い低い台地状の所である。ここは、かつて波食台として海面すれすれにつくられた平坦面が、1923年の関東大地震などで隆起して完全に陸上に出てしまったところである。このため風化していない地層が一面に露出している。この隆起波食台上に露出する地層は、今から数百万年前の大陸斜面から深海底にかけての海底に堆積した三浦層群と呼ばれるもので、初心者にも観察しやすい白色の凝灰質泥岩と黒色のスコリア質礫岩・砂岩が交互に重なっている。そしてその間には特徴ある凝灰岩層が何枚も挟まれており、有力な鍵層となっている。堆積構

造としては、級化層やスランプ構造・コンボルート葉理が顕著にみられ、深海扇状地への混濁流の流れ込みや大陸斜面における乱堆積、海底地滑り、さらにはそれらの流れや滑りの方向から推定される陸と海洋の分布など、過去のできごとやようす（環境）をある程度推定できる。また、地質構造としては、北西—南東の軸をもつ緩やかな向斜構造が存在し、軸に近づくにつれて上位の地層が次々と観察できるようになっている。この向斜軸は南東にプランジしているため、各地層は放射線状に向斜軸の両側に分布している。ここを実習地として、地層に関する学習を終えた10月下旬に、1年生全員を対象に1日（実際に生徒が調査できる時間は約4時間）の地質調査の野外実習を行っている。現地では生徒達は3～4名からなる班ごとに別々の場所で、地層の走向と直角な方向に30～50mの長さの調査ルートを決め、そのルートに沿って地層の重なりとその中に見られる堆積構造などを調べる。

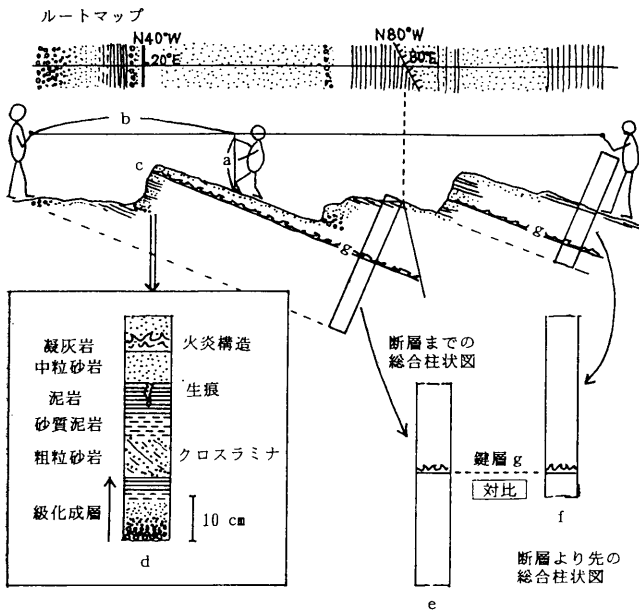
このような本校の地質調査法を、具体的に図3で説明する。

(1) 地形断面図の作成

2人の生徒が地層の走向方向に直角な水平方向に巻尺代りの目盛りの入ったロープを張り、もう1人の生徒が水平方向の距離（図3のb）とロープからの鉛直距離（図3のa）を測って地形の凹凸をグラフ用紙にプロットして地形断面図を描く。

(2) ルートマップの作成

次にこのルート沿いの地層の移り変わりを、平面図として記録したルートマップを描く（図3上段の図）。このとき、地層の傾きのようすは図に描けないので、



断層により地層が繰り返して露出する場合は、上のようにして「継ぎ足し」をすることができるが、断層により地層が欠けている場合は、次のようにする。

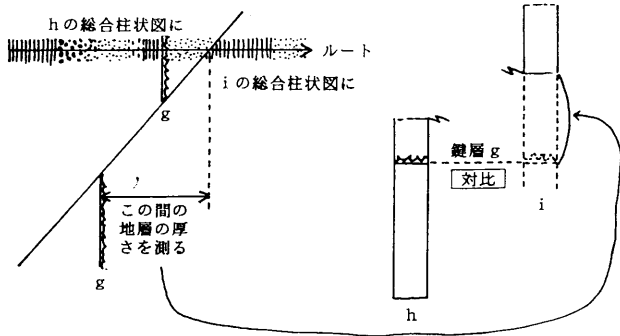


図3 走向方向に直角な直線ルートに沿った調査法

クノメーターで計測した地層の走向・傾斜を定められた記号で記入しておく。また、途中で断層があれば、断層面の走向・傾斜を測定し、正断層、逆断層などの区別をし、可能であれば断層の落差を測る。

(3) 崖の柱状図の作成

平面図であるルートマップには記録しにくい切り立った崖(例:図3のc)に見られる地層は、地形断面図に一応記録するが、細かいところは描きにくいので地質柱状図(例:図3のd)を描くという第2の方法で記録する。こうすれば地層の積み重なりがすべて記録されたことになり、それらをもとに後で地質

断面図が描ける。

(4) 調査ルートの延長

ロープを走向に直角な方向に延長するように移動し調査ルートを延ばして、(1)~(3)の作業を繰り返す。

(5) 地質断面図の作成

ルートマップと地質柱状図に記録した地層をその場所の傾斜にしたがって地形断面図の下方に延長して描いて、地質断面図をつくる。

(6) 総合柱状図の作成

調査ルート沿いの地層の重なりを1本の柱状図にまとめた総合柱状図をつくる。途中で断層のない場合は、地質断面図をもとに1本にまとめることができる(図3のe)。もし、ルートの途中で断層があった場合には、断層で接している地層同士の上下関係がわからなくなるので、そこから先は総合柱状図を改めてつくることになる(図3のf)。

しかし、ここで両方の総合柱状図に同じ時代にできたと判断できる地層(鍵層g)が見つければ、それらを横に並ぶように配置することで総合柱状図の「継ぎ足し」が可能になる。断層によって総合柱状図の一部が重複している場合は、このような「継ぎ足し」が可能であるが、逆に断層を挟んでずっと上の地層が露出している場合には、両方の総合柱状図中に同じ時代にできた地層はないので対比はできない。また、その間の欠けている地層がどれくらいの厚さかはその場所だけではわからない。この場合、断層に沿って少し歩いたところで、

地表に図3の下図のように断層の両側に同じ地層が見つければ、そのずれから欠けている地層の厚さが推定できる。

このような調査方法をとることによって、生徒たちに地層を詳しく観察させながら、ルートマップ、地質柱状図、さらに地質断面図までをつくらせることができる。しかし、この調査方法にはこのような利点がある反面、特定の1本の直線ルートに沿った地層の変化しかわからないので、図2に示したように、地表面のほかの場所へ地層がどのようにつながっているかを示す地質図をつくることはできない。もし、この方法で地質図を描こうと

月	週	時数	指 導 内 容	備 考
6	2	3	1. 火山と火成岩	【実習】妙高火山のステレオ空中写真の観察
	3	2		火成岩の組織
7	1	2	2. 地殻の構成と変化	火成岩の分類とマグマの分化の関係を明確に。
	2	1		
9	1	1	1. 地層と化石 ※次編の「地球の歴史」の一部だがここに移動。	※左の内容をここにもってきたのは、地層の形成を意識して次の2.「地表の変化」の風化・侵食・運搬・堆積作用などを考えていくことを強調するため。地表の様々な場所で、風化・侵食・運搬・堆積の作用が違うため、異なる特徴をもった堆積岩ができる。これを逆に利用して、堆積岩の特徴から古環境を推定できる。
	2	2	2. 地表の変化	教育実習期間 実習生にこの部分を研究授業で教授
10	3	2	1. 地層と化石	示準化石・示相化石
	4	3		
1	1	1	2. 地質構造	褶曲・断層
	2	2	3. 地質調査	露頭の観察、走向・傾斜の測定
3	1	1	[中間テストとその解説]	
	2	4	4. 野外実習 (授業計画は以下の通り)	三浦半島城ヶ島における野外実習…1日 隆起波食台、地震による隆起、海岸段丘、向斜構造などの教室で学習したことを野外で実際に確認する。
4	1	10分	高所(城ヶ島燈台)からの調査地域の地形・地質の概観…教師による一斉方式の解説	地形断面の測量方法および地形断面図の描き方、露頭の観察方法(層理面・単層・ラミナ・堆積構造・荷重痕など)、クリノメーターを用いた走向・傾斜の測り方、ルートマップとしての記録方法、断層に遭遇した場合の対処の仕方など基本的なことを解説する。
	2	20分	地質調査の方法の説明…室内での事前学習で学んだことではあるが、野外での実際的な手順は野外でなければ十分説明することはできないので、現地でごめて代表生徒に実演させながら解説	調査方法に関する補足説明、スランプ構造・コンポリュート葉理・火災構造・斜交層理・級化成層などの個々の事象についての考察のヒントを与える。
11	3	170分	班(3~4人で構成)ごとにルートを設定しての地質調査…教師による班の間の巡視と補足説明	調査方法に関する補足説明、スランプ構造・コンポリュート葉理・火災構造・斜交層理・級化成層などの個々の事象についての考察のヒントを与える。
	4	1	5. 地質図 (授業計画は以下の通り)	上の野外実習地について、地質図を作成する。
1	1	10分	実習地のステレオ空中写真の立体視	立体視は1学期に火山の実習で経験済み。
	2	20分	地質図とは何かを解説…実際の地質図をOHPなどで示し、上空から見た地層の分布・断層線・褶曲などの地質構造が示されたものであることを一斉授業方式で解説	教科書で扱われている地質図は、単斜構造にせいぜい垂直断層を組み合わせた程度の模式的なものなので、実際に地質図を描かせるには、さまざまな地質構造が地質図ではどの様に描かれることになるかを示す必要がある。
2	1	30分	断層線のリアメントの判読と、作業図上への記入…最初にスライドで判読の例を示す	現地で見えた地層のずれている線が断層線であることを想起させ、それが広域に渡って追跡できることを確かめさせる。
	2	30分	鍵層の追跡と、作業図上への記入…空中写真で鍵層として使える地層の特徴は、野外調査での鍵層の場合とは違うことを解説	記号を使った記入の要領も示す。各自が、鍵層としたそれぞれの地層の空中写真上での特徴とは何かを記録させることが、正確な作図につながる。
3	1	20分	地層の走向・傾斜の読み取りと記号を使っての作業図上への記入…ステレオ空中写真では、層理面が露出している場合、調べられることを解説	軟らかい凝灰岩質泥岩と堅いスコリア質砂岩・礫岩が選択的な侵食を受けて層理面が現れている所で読み取る。ただし、ステレオ空中写真では、傾斜の角度は誇張されているので、傾斜の向きのみを記入させる。
	2	10分	褶曲軸の位置の確認と記号を使っての作業図上への記入…上の走向・傾斜の変化を広域にわたって追跡することで求めることを解説	断層がないにも拘らず傾斜が逆向きに近くなるところを連ねる。褶曲にプランジがある場合、地層の分布や走向・傾斜がどうなるかは図示しなければならぬ。
4	1	30分	地層を大きな単位でまとめて色分け…単層をより大きな地層群にまとめる	単層の積み重なるのパターンが大きく変わる層準に気付かせ、そこに地層群の境界を置くことの必然性を考えさせる。

図4 本実習の授業計画と年間指導計画の関連分野

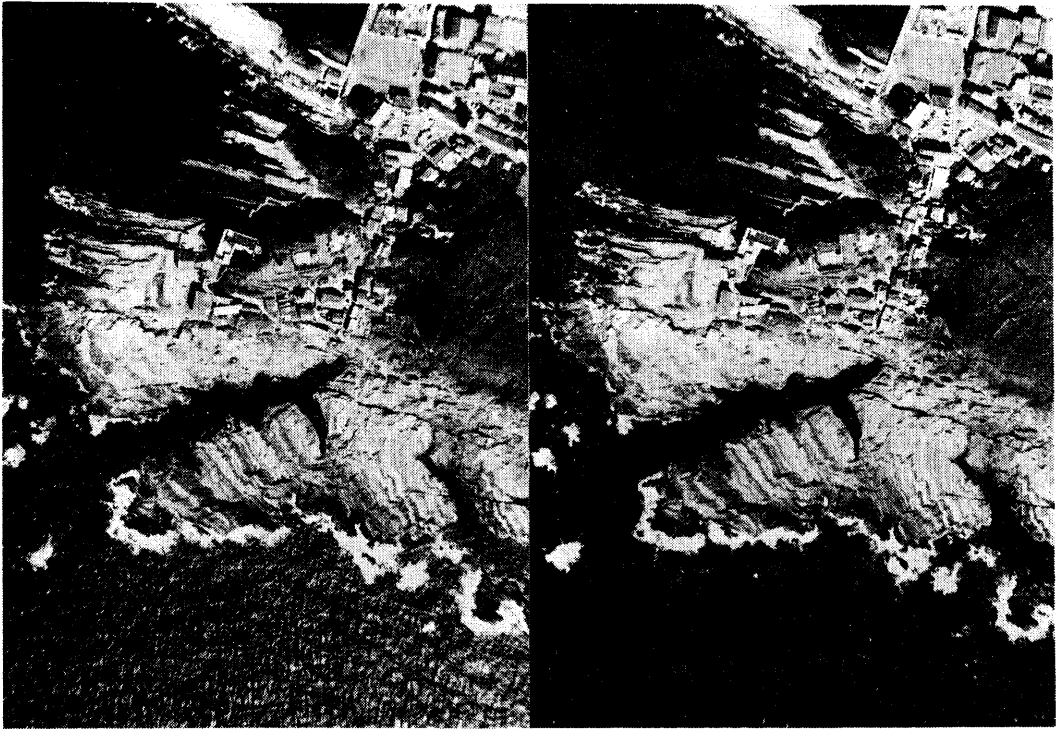


写真2 実習地のステレオ空中写真

この空中写真は、建設省国土地理院長の承認を得て、複製したものである。(承認番号)平4 関複343号

すれば、調査ルートを数多くまた様々な方向にとらねばならなくなり、大変な調査日数を要することになる。本校が野外実習を行っている神奈川県城ヶ島西部の隆起波食台について、実際に専門家がこの方法で作成した地質図がある(羽田, 1990)が、非常に精密にできてはいるが、大変な労力が費やされたことが推察できる。

高校の、しかも授業の一貫として行う野外実習では、到底このような長時間の調査は不可能である。ところが、ここで空中写真を用いるとこの問題は別の形でほとんど解決する。空中写真を見れば、地層や断層の地表面での連続の様子が、それ以上の現地調査をしなくてもかなり広範囲にわたって詳しく調べることができるからである。こうした空中写真による地質判読は、生徒が実際に調べたルート沿いの地層や断層がその周囲に向かってどのように連なっているのかを明らかにすることになり、図2に示すように、本校の調査方法と両立するだけでなく補い合って地質図を作成することまでを可能にする。もっとも、地質図は本来、野外で地質調査を行った上で作成するものである。したがって、全く野外調査を行わずに地質図らしきものを作っても、それは地質図とはい

わない。いくら空中写真から地質を読み取るといっても、一度は地質調査を行わなければ地質図にはならない。したがって以下で述べる空中写真による地質判読の作業は、野外での調査を行わずに実施した場合は、その意味は全く違ったのになるし、地学教育として意義も疑わしくなる。本稿のタイトルを野外調査と空中写真判読の組み合わせによる……とした理由はここにある。幸い、本校では長年にわたって、地層の観察や地質調査を体験的に学習させる野外実習を行なっている。そこで、図4に示したような形で本実習の授業計画を年間指導計画の中に組み込み、野外実習での実物の地層・地質の観察・調査の後に、そのときの経験を活かして、写真2のような空中写真から地質図作成に必要な情報を読み取らせて地質図をつくらせることにした。そこでその空中写真からの地質判読の作業の手順を次に示す。

- (1) 地層のずれている場所を見つけ、そのようなずれがどのような線に沿ってどこまで続いているかを辿ることにより断層線を見出し、白地図上に記入する。
- (2) 次に、それらの断層によるずれの大きさがわかるように、各鍵層の連続と切断の様子を各種の模様を使っ

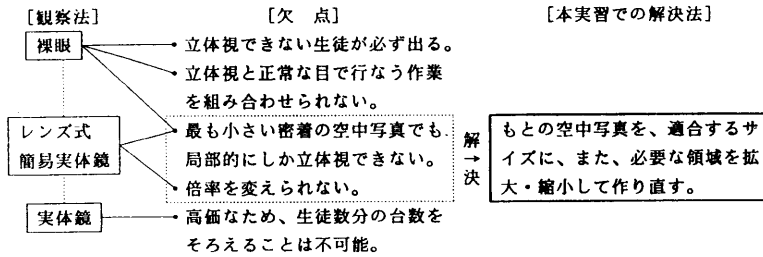


図5 空中写真の立体視の各観察法およびそれらの欠点と本実習での解決法

測定、e)岩質および地質構造の解釈などがある。本実習では、c)とe)を中心として、それにd)を定性的に行うという方法を取り入れている。d)を厳密に行わなかったのは、その方法がWallace (1950)が示すように、難しくて高校レベルでは理解させることすら困難であると判断したためである。

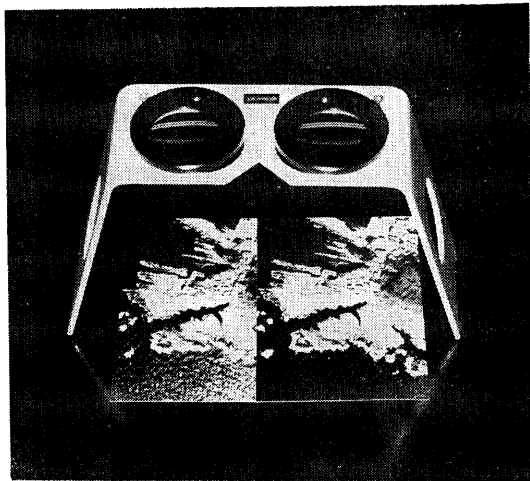


写真3 レンズ式簡易実体鏡

4. 実習用ステレオ空中写真の作成

このようにして多くの情報を空中写真から読み取るといふ実習なので、生徒は地質図を描くという作業をしながら空中写真の立体視を繰り返すということになる。したがって空中写真の立体視が生徒全員に同時に、しかも目に楽にできるという条件を整えることがこの実習の必要条件である。さらに、それが学校として負担できる費用の範囲内で準備できる器具・教材を使ってできるということも保証されていなければならない。しかし、これらのことに関しては、筆者の調べた限りでは本誌上でもその他の誌上でも十分な議論はなされたことがないようである。そこで立体視の各方法にどのような欠点があり、どのようにすればその欠点を克服でき、生徒全員が最適の状態で見られるかを、費用的な面も含めて議論する必要がある。そのために、図5には立体視するにはどのような観察法があるかを示してあり、また、それぞれの方法がもつ欠点をあげてある。

立体視は裸眼でも不可能ではないが、裸眼の場合、必ずある程度の割合で立体視できない生徒が出る上、できる生徒にとっても目を立体視したり普通に戻したりすると時間もかかるだけでなく、疲れたり気分が悪くなったりする。このようなことから、裸眼による立体視で本実習の作業を遂行することは実際には不可能である。そこで実体鏡が不可欠ということになるが、生徒全員に1台ずつとなると費用の面から、1台が10万円前後という反射式の本格的実体鏡を揃えることは普通の学校では無理である。そこで実習に使用できる実体鏡は、1台2～5千円程度のレンズ式の簡易実体鏡ということになる(例：写真3)。もっとも、実体鏡を自作するという方法もある。レンズを二つ組み合わせるのが最も簡単な自作法である。しかし、それでも1クラスの生徒数分つくとすると、適当なレンズなど材料を集めるだけでも大変である上、製作にあたる教師の負担も大きくなり現実的

て記入する。その際、各自が各鍵層の特徴をどのように補らえたかを言葉で付記する。

- (3) 立体視することによって地層の走向と傾斜の傾向を読み取り、地質図で用いる記号で白地図上の当該場所に記入する。この走向・傾斜は適当な間隔をおいて十数箇所ほどについて記入する。
- (4) (3)の走向・傾斜が全域にわたってどのような傾向をもって変化しているかを考え、向斜構造のある場所を見つけ、その軸を地質図で用いる記号で白地図上に記入する。
- (5) 鍵層以外の地層について、色や表面の凹凸の状態の同様なものを何種類かにまとめることで地層を大きな単元で分けて、地層の露出している全域を薄い色で色分けした地質図を描く。

なお、地質図作成の場合の空中写真の利用法には、松野(1965)に示されているように、一般的には、a)ルート決定や露頭の確認などの案内図、b)地質図用の基図、c)地質単元の識別、d)走向・傾斜・地層の厚さなどの

はない。また、この自作の場合、左右のレンズの間隔の調整可能なものまで作るのは難しいため、使用する生徒一人一人の両眼の間隔(眼幅)に合わせることができず、どの生徒にも使えるようなものは作れないという欠点もある。したがって、不十分なものを苦勞して自作するよりも、比較的安価な簡易型のレンズ実体鏡を購入の方が利点が多い。そこで本研究では、購入した市販の簡易型実体鏡を用いて、教師の労力が中途半端な器具の製作ではなく、教材である独自の空中写真の製作の方に向けられるようにとの方針で進めた。

しかし、簡易実体鏡の場合も欠点はある。普通の空中写真は最も小さい密着焼印画でも23cm×23cmもあり、6～8cm×10～15cm程度のステレオ写真2枚を観察するようにしかなっていない簡易実体鏡では、局部的にしか立体視できない(左右の写真の同一場所の間隔が、5～7cmになるように並べて観察するようにしか構造上作られていないため)。また本格的実体鏡のように倍率を変えて狭い範囲を詳しく観察したり、広域を一望するというようなことはできない。そこで、筆者らは元の空中写真を、カメラで接写して、必要な領域を拡大したり縮小して作り直し、簡易実体鏡に適合する大きさのE判程度でプリントする方法を工夫した(榊原・林, 1992)。この方法は費用的にもずっと安くつく。実習では生徒用の空中写真が生徒教だけ必要となるが、普通の空中写真そのものは高価(国土地理院のものの場合、モノクロの最も小さい密着焼印画で1枚1,150円、カラーの場合は同じものが1枚3,650円)であり、立体視するには少なくとも一人2枚が必要となるから、1クラス分揃えとなると、ステレオ写真1セットにつき10～40万円もかかってしまうことになる。ところが、ここで示したような複製法をとれば1組数十円なので、1クラス分揃えても2～3千円程度ですむ。原版の空中写真も1枚ずつあればよいので、総額でみても各学校で十分負担できる金額となる。いくら良い教材であっても高価すぎるものは実際の教育現場には導入することはできないので、これは重要なことである。

そこで、学校で独自の教材として利用する空中写真をこのような方法で製作するための具体的な手順を次に解説する。複製に当たっては、どこの学校にもあるような装置で、教師に負担のかからないように短時間でできるものであるように配慮した。従来、このような生徒用の空中写真の複製の詳しい手順は報告されていない。

a. 空中写真の入手

実習用の空中写真を製作するといっても、撮影から始めるなどというのは到底不可能である。ここでは、すで

に撮影されている空中写真を入手して、それを上記のような条件を満たすものに作り直して複製するという方法をとる。

空中写真はいろいろな機関や会社がそれぞれの目的で撮影しているが、一般の人が簡単に入手できるのは、建設省国土地理院が整備しているものである。これは日本地図センター空中写真部(〒153 東京都目黒区青葉台4-9-6, ☎03-3485-5415, 5416, Fax 03-3465-7689; 筑波支所 〒305 茨城県つくば市春日3-1-3, ☎0298-51-6657, 6658, Fax 0298-52-4532)で発行・販売しており、以下のような手段で入手できる。

- 1) 直接訪問して購入する場合: 該当地域の評定図(1枚1枚の空中写真の主点一写真の中心位置一の位置とそれらを飛行コースに沿って結んだ線を5万分の1の地形図上に描いたもの)を閲覧し、撮影年月日や撮影高度(これによって原版の縮尺がおおよそ決まる)を参考にして、必要とする評定図をコピーしてもらい、「空中写真購入申込書」にコース番号と写真番号を記入して申し込む。その際、コピー上に必要とする範囲を示したものを添えることが多い。2週間ほどできあがるので受取りにいくか、送付してもらう。
- 2) 郵便、ファックスなどで申し込む場合: 評定図が一般に手元にないので、5万分の1の地形図上に必要とする範囲を「赤色」示して、カラー・白黒の区分、ステレオ写真としての要・不要を記して送付する。後日、コース番号・写真番号等を調べて、確認用の評定図のコピーとともに見積書が送られてくるので、確認または訂正して同封の「空中写真購入申込書」で正式に申し込む。

b. 空中写真の複写

日本地図センターで購入した空中写真を複製しようとする場合は、測量法第29条により、建設省国土地理院長に申請し、その承認を得る必要がある。実際には同院地方測量部に申請用紙を請求し、所定の事項を記入し送り返して許可を待てばよい。この場合、学校で教育目的に利用する以下のような複製については問題なく許可されるようである。

[準備するもの] 一眼レフカメラ フィルム 接写台または三脚 接写リングまたはクローズアップレンズ(接写が可能なカメラの場合は不要) 照明装置(十分な自然光が得られる部屋であれば不要、使用する場合はタングステンライト用のフィルムを用いるか、色温度補正用のフィルターを使う)

①複写範囲の決定

一般に空中写真は、図6のような飛行コースに沿った

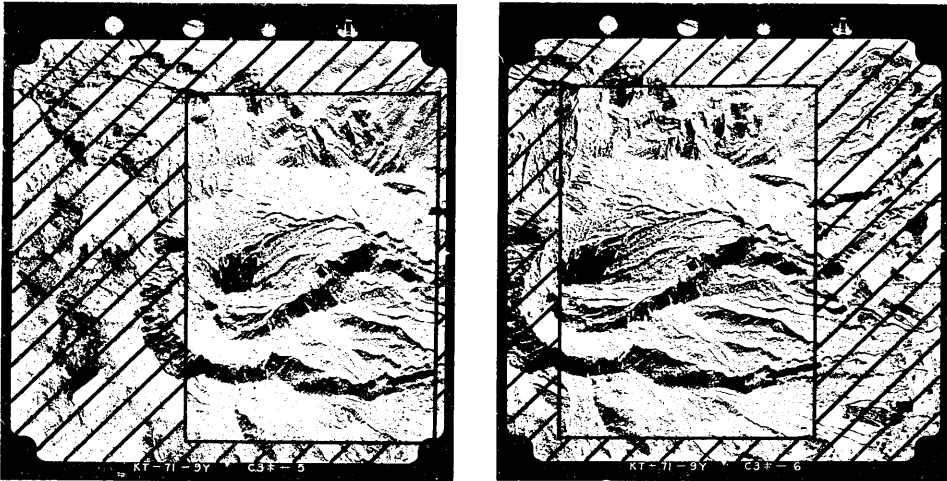


図6 接写範囲の取り方

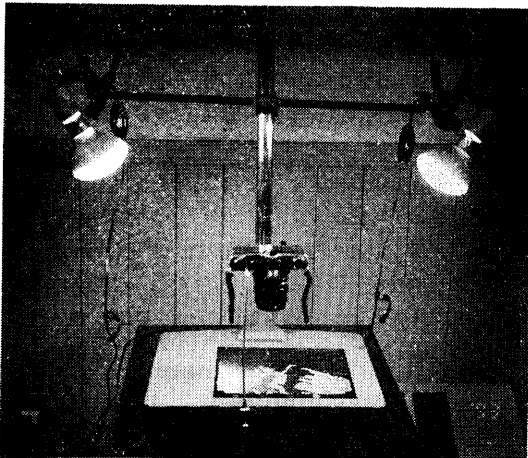


写真4 接写装置

隣り合う写真同士（一般に末尾の番号が1つ違う）が60%ほど重なるように撮影されている。その重複部分が立体視できるようになっている。しかし、生徒にこのような写真をそのまま与えると、立体視できる部分とその両側に立体視できない部分があることからかなり混乱する。したがって生徒用の空中写真は、写真のすべての領域が立体視できるように作られている必要がある。

それには、実体視させたい部分が写っている空中写真を選び、その中で観察させたい部分を含むように仮の接写範囲をまず決める。次に飛行コースに沿う隣りの写真でもまったく同じ写真範囲が入っていることを確認する。このとき、隣り合う2枚の空中写真で同じ接写範囲をとれない場合は、初めに設定した接写範囲が広すぎた

ので、隣り合う空中写真で同じ範囲がとれるように接写範囲を縮小する。接写範囲の枠は長辺が飛行コースと直交するようにとったほうが小型の簡易実体鏡では使いやすい（図6）。

なお、地層のような細かいものを詳細に観察させたい場合には、接写装置の倍率を上げてこの接写範囲を小さくしてすればよい。こうすれば同じサイズでプリントした写真でも、結果的にもとの空中写真より拡大されたものとなる。

②接写による複写

接写台（三脚）を使ってカメラで接写する（写真4）。カメラに接写リングまたはクローズアップレンズを取りつける。照明を使用する場合は、その色温度に対応したフィルターも用いる。ただし、タングステンライト用のフィルムを用いれば、このフィルターは不用である。

③プリント

撮影したフィルムをDPEに出し、E判程度の大ききでプリントしてもらえばよい。出来上がったプリントは立体視して特に色とコントラストに関して点検する。色が原版と大きく違っている場合は、別の系列のDPEに出すと相当変わったものが得られることが多い。また焼き付け時間の長短によりコントラストが変わってくるので、特に観察させたい部分のコントラストがはっきりするように焼き付け時間を変えて何種類かプリントしてもらおうとよい。こうして最適と思われるプリントが得られたところで、これを「色見本」として添付して生徒用の大量プリントを申し込みばよい。

写真2のステレオ空中写真のセットはこのようにして



写真5 野外実習の状況

複製したものである。生徒が各自でこれらの写真を実体視する場合、どれとどれが左右の組か、また写真のどちらが上かもしばしば迷うので、裏面に「①—左」、「①—右」というように組番号と左右の区別を写真の向きに注意して統一的に書いておく。これらをセットにして実体鏡の台数と同じだけ作れば準備は完了である。

なお、空中写真にはモノクロのものもある（特に高高度から撮影したものが多い）が、パンクロフィルムで接写してDPEに出すと逆に費用がかかる。照明の色温度とフィルターを規定通りに組み合わせておけば、カラーフィルムでも十分なモノクロのプリントが得られるので、現在ではこの方が安価であろう。

5. 実践結果

本校における地質の野外実習は、筆者の前任者の岡重吉氏によって20数年も前から行われてきており、現行の直線ルートに沿って地質を調べるといった方法も10数年間続けられてきた（写真5参照）。したがって、この間に事前学習、現地実習、事後指導のいずれについても改善が重ねられてきた結果、現在では、本校の1年生全員が図7のようなルートマップ、地質柱状図、地質断面図を描けるまでにいたっている。これには、現地での指導に地学以外の理科の教官の協力が得られているため、1クラスあたりの指導者が2名確保できることが多いということも大きな支えになっている。このような経緯から、野外調査に関する実践結果については、現在のところほとんど問題はなくなっている。敢えてあげるとすれば、生徒には地層を詳しく観察する態度が稀薄で、1つの地層についての観察が、砂岩であるとか泥岩であるとかの名称をつければそれで終りという傾向がある。地層内部に見られるさまざまな堆積構造や生痕などの存在に気づかせ、その成因を考えさせるような指導はいくら強調し

てもすぎということはないというのが毎年の反省であり、今回についてもその点は同じであった。

室内で行った地質図作成の実習では、まず立体視できるようにするまでの時間が通常は問題になる。しかし、本実習では全員に簡易実体鏡を与えたため、また1学期に火山の学習で立体視を行った経験があったため、あまり時間はかからなかった。次に、本実習のように何段階かの作業過程を経て完成する実習は、生徒によってかかる時間に長短があるため進度に差が生じる。したがって、各自が各作業過程を終えたところで教師の説明を待たなくても次の作業内容がわかるように、作業の手順を示したマニュアルが必要である。図8は生徒の作業の過程を示した図であるが、右側に生徒に配布したワークシート全体が示してある。ワークシートの上側にこの作業手順が示してあり、それに従って各自が調べたことを記入するための1/2500の地形図（白地図）が下に印刷してある。生徒はこれに沿って自分の進捗で進められたので、作業の早い生徒が遅い生徒を待たねばならないというような不都合はあまり生じなかった。もちろん途中で何回か作業を中断させて、OHPなどを使って作業例を示して作業内容・方法の理解の徹底を図った。図8には、また作業の途中の段階の図も示してある。左上の図は断層線の記入を終了した段階の図であり、左下の図はこれに鍵層の追跡結果を記入した段階の図であり、右図は完成した図である。これらの各作業（図4に示した「断層線のリニアメントの判読」、「鍵層の追跡」、「地層の走向・傾斜の読み取り」、「褶曲軸の位置の確認」、「地層を大きな単元でまとめた色分け」の5つの作業）については、所要時間に個人差はあったものの全員がこなせたとし、平均的にかかった時間も計画とそれほど違わなかった。ただし、授業の最初と最後に実体鏡やステレオ写真の配布や回収のための時間がかかったこともあって、実

習全体にかかった時間は計画の3時間ではなく、4時間近くかかったクラスの方が多かった。また、時間が延びたもう一つの理由は、作業段階の区切りがうまく授業時間の始まりや終りと一致しなかったために、次の時間に作業を再開するときに少々慣れるのに手間取ったということもある。このような時間的なずれは生じたが、それ以外は生徒も熱心に取り組みはほぼ計画通りの内容が行えた。

6. 考察

本実習では、生徒たちの取り組みに普段以上の積極性が見られ、結果として生徒たちの作成した地質図も、筆者が当初予想していたものよりはるかによいものとなった。生徒の中には、小さな断層まで正確に読み取りたいということで、放課後に実習の続きを自発的に行ったものも少なからずいた。このような熱心な態度は、やはり野外実習で、広い範囲をあちこちと見て回る巡検スタイルではなく、限られた範囲ではあるが実際に自分自身で地質調査をして、ルートマップや地質柱状図・地質断面図を苦労してつくったという体験に支えられていることは間違いない。また、現地での観察で、黒色の地層がスコリア質の砂岩・礫岩からできており、多くの場合級化成層を示すものであること、その上に重なる白い地層が凝灰岩質泥岩・砂岩からできており、さまざまな堆積構造をしていることなどを知っているということが、空中写真で白黒に近い縞模様しか見えない地層にも十分興味を維持させられた理由であると考えられる。

また、地質図を作成するという体験を通して、地質図に対する本質的な理解も深まったと考えられる。そのうちのいくつかについて次に示す。

第1段階の作業である断層線の確認では、地層がつくる白黒のパターンが切られてずれているので非常によくわかる。最初ちょっと読み取りのこつを教えると大部分の生徒がかなり正解な断層線を記入できた。このとき、地質構造上重要なずれの大きい断層ほど確認しやすいので、ずれが大きくなるほど確認が難しくなる野外調査の場合よりむしろ優れていた。地質図ではこのような大きく重要な構造がはっきりと描かれることになるということが理解できたようである。また、断層の両側の岩質が同じであるため、現地ですべての上に乗ってしまうと断層のずれはもちろん断層の存在すら分りにくいものが、空中写真に写った広い範囲で見るとはっきりするというようなこともあった。さらに、断層以外についてもいえることであるが、岬の先端部分のように足場が悪かったり砕け波で危険なため現地では近づけないというようなと

ころについても、かなり、詳しいことがわかった。

第2段階の鍵層の追跡では、鍵層を「この範囲内に分布する黒い地層のうちで最も厚い地層」だとか、「白黒の互層状態が他に見られない特徴あるパターンになっているというような層準」として、野外調査のときは少し異なる認定の仕方をした。この定義は厳密性にはやや欠けるが、教科書で必ず出てくるにも拘らず高校レベルの短時間の野外実習で実物を扱うことが難しいこめ、頭の中の知識として教えるだけに止まっている鍵層を、経験的に学習させることができた。図8の左下の図が生徒が実際に鍵層であると認定して記入したものである。各鍵層についてその特徴をメモさせるようにしたので、特徴がないと鍵層にはならないことは体験的に理解できたようである。なお、この段階で、第一段階でその位置を確認した断層による地層のずれの大きさが明確になった。

作業の第3段階は、選択的侵食によっていたる所に露出している層理面の走向・傾斜の傾向を読み取ることである。この実習地は大きくみると水平で平坦な地形となっているから地層の伸びる方向がそのまま走向である。また、実体鏡を使って立体視すると細かな凹凸が強調されて見えるので層理面が作る1mほどの高さの斜面でもはっきり見え、傾斜の角度はともかく、傾斜の向きはわかる(写真5参照)。生徒たちには、こうして見えた結果を図8の右の図のように記号を使って記入させたが、一部の生徒に部分的に傾斜が逆になっているという誤りが見られた。しかし、これはその後に行った定期調査の際に走向・傾斜の記号の理解を確かめる問題を出したところ、記号の使用法を誤解していた生徒であることが判明した。したがって、実際には、ほぼ全員が空中写真の立体視で走向・傾斜の傾向を読み取れたと考えられる。この走向・傾斜を場所を変えて調べていくと簡単に傾斜の逆になるところが見つかり、北西—南東方向の軸をもつ向斜があることに気づくことになる。褶曲軸は、大体同じような位置に描かれていたが、定規で直線で引いた生徒やいろいろの曲線で描いた生徒が出た。これは軸部の地層がかなり破壊されていて、もともと軸の位置は一義的に定められないものであるのでやむをえない。このようにして迷いながらも、この作業で向斜の意味をかえて発見的に理解させられた。

そして最後の段階として、地質の大きい違いを色分けさせた。1枚1枚の地層の積み重なりとは別に何十何百枚もの地層の厚い積み重なりについてみるとある層準で傾斜が大きく変わるといことがあるが、野外実習ではしばしば木を見て森を見ずということになりやすく、こ

のことに気づかせるのは難しい。ところが、空中写真で広域を一望すると、この層準より下では黒色のスコリア層が頻繁に挟まれるのに、この層準より上では白色の凝灰質泥岩が卓越しているというようなことが一目瞭然となる。このようなことに気づかせて地質図で地層を表す場合の単位としては、単層ではなく部層や累層などのより大きい単位としてまとめることの必要性を理解させ、長い地史を考えた場合はむしろこちらの方が重要であることも理解させることができた。図8の右の図がこのようにして生徒が実際に自分の判断で色分けした例である。この色分けの境界線は、どの生徒でも似たような場所に引かれていたが、細かく見ると生徒によって少しずつ違っていた。作業中このことを気にした生徒がいたが、それを特に取り上げ、部層や累層へのまとめ方・区切り方はかなり人為的で、実際専門家の間でもこのような食い違いがよく起こっているという、やや高度ではあるが学問的には重要なことを紹介することもできた。

地質図というのは、野外調査の結果を単に記録したのではなく、調査をした人が調査結果に合理的な解釈をかなり加えて、その地域の地質をこのように理解したという結果を表現したものである。地質図に関するこの本質的な意味を、今回の実習では生徒に地質図を実際に作るという体験をさせることで、十分理解させることができた。

ところで、このような実習はどこでもできるというわけにはいかない。本校の実習地のように、いくつかの条件を満たしていなければならない。

その条件の第1は地形にある。写真5は実習地をほぼ水平方向から見たところであるが、大きくみると凹凸のほとんどない水平な露頭になっていることがわかる。これは地形の凹凸によって地層分布が複雑になるという厄介な現象が起こらないということの意味する。もしこれがあると、地層が地形によってどのような位置に露出することになるかという煩わしい地質図学の学習が必要になるが、その手間が省けるわけである。もっとも、前述のように、教科書などではこの地質図学の初歩を学ばせることを地質図の学習のようにとらえているものも少なくないが、これは単なる三次元の幾何学の問題であり、地学にとっては単なる技術にすぎない。しかも、現実には野外で見られる地層は褶曲していることも多いが、そのような場合の地質図学は高校の教科書では扱われていないので、ほとんど使えない技術なのである。このようなものは避けて通ることができれば、それに越したことはない。

第2の好条件は、ここが写真2のように全面露頭にな

っていることである。つまり、隠れた部分がないので、そこについて推定をする必要がないということである。もし隠れた部分に褶曲や断層があると、推定はそう簡単にはいかず、専門的な作業となり、高校のレベルを越えてしまう。

第3の好条件は、岩質の違いが空中写真で読み取りやすいということである。ここに露出する三浦層群は、白色の凝灰質泥岩と黒色のスコリア質礫岩砂岩の互層で、この色の違いのために、写真2のような空中写真でも、ある程度以上の厚さをもつ地層であれば1枚1枚が明瞭に識別できる。したがって地層が容易に追跡でき、その結果、地層を切る断層もよく追跡できる。しかも、その中のある部分については地層や断層のようすを自分で調べてレポートとしてまとめたばかりなので、そこで見た地層や断層が自分の班の調査域外にどのように続いているかを調べられるという面白みも出てくる。また、生徒は現地でのこの互層の状態を詳しく観察しているので、色だけからでも岩質をかなり正確にイメージできる状態になっている。したがって、空中写真に写った地層の色のパターンを識別するという作業が、単なる紙の上でのぬり絵でなく十分に地学的な調査になる。また、この岩質の違いのため、選択的侵食が進み、層理面が都合よく露出しているので、ステレオ空中写真を用いて立体視すれば、簡単に地層の走向と傾斜の向きが読み取り、さらに場所ごとの走向・傾斜の変化を調べれば地質構造もわかる。

これらの条件を満たす可能性の最も高いのは本実習地のような隆起波食台であるが、日本には隆起波食台は各地に見られ、この意味で本実習は城ヶ島でしかできないというものではなく日本各地で発展的に応用できるものと考えられる。

最初はこの実習がうまくいくかどうか必ずしも自信があったわけではないが、実施してみると予想外にうまくいき、地質図を作るという地質調査の最終目標にまで到達することができた。もし、同様な地質図を野外調査のみでデータを集めて作ろうとしたなら、長沼ほか(1984)の例などから推測しておそらく10日以上かかることになるであろう。それがきちんとした地質図に仕上げるまでに、野外実習分も含めてわずか7~8時間しかかからなかった。また、室内実習ではあるが、教科書などに多い架空の極度に単純化されたモデルを教材とするのではなく、実在する地質そのものを教材とすることができたために、地質調査の意義やその最終的なまとめとしての地質図の重要性を深く認識させることができた。従来はこのように実在するある地域の地質の調査から地質図を作

成するという経験をさせられなかったために、地学的には調べる意味がない幾何学的モデルや、現地へ行って調べたことがないので実際の岩質を全くイメージできない見ず知らずの地質図を、紙の上の単なる色や模様で理解するという方法しかなかった。これは地学的には面白みのほとんどない作業であり、地学の各分野の中でも大きい比重が置かれているにも拘らず、生徒の興味・関心を高めることが難しかった。それが、野外実習で実際に自分で詳しく調べた地域とその延長としての周辺部を、野外調査のときは違う視点・方法で調べるということになり、対象そのものだけでなく方法論的にも興味深いものにするのができた。

最後にこの実習の高校教育以外での応用について触れる。中学以下では地質図に関する学習がほとんどないのであまり考えられないが、大学教育では地学専攻以外の理科系の学生や教育系の理科の学生の教育に利用できる。これらの他分野専攻の学生の教育では、地学分野にはわずかな時間しかとれない。そのような中で本実習は、日帰り程度の野外実習と半日程度の室内実習で、野外調査から地質図の作成までの実際を体験させられるものであり、講義で伝えるのが難しい地質学の研究の特質を教える上で、大きな効果が期待できるのではないかと考えている。

7. まとめ

高校レベルでの地質図の学習の現状は、学習指導要領で初歩的事項にとどめることになっているのを受けて、教科書でも単斜構造の地層が、地形の凹凸によって地表にどのように分布するかという幾何学が中心になっている。この原因は、ルートマップ、地質柱状図に始まり、地質断面図そして地質図を作れるような大掛かりな野外調査は、高校では不可能であるためである。しかし、大学の地質学者が高校に要求している内容は、大学入試の問題などから、褶曲を含む実際の地質に対応できる程度のものであることがわかる。地学教育本来の立場からは、実際の地質の理解に役立つような扱い方が望まれる。そこで、従来不可能であった高校生による地質図の作成を可能にするための方法を考案した。

現在、空中写真の立体視はかなり一般的な地形観察法となってきた。しかし、教科書・副教材に印刷されたものや、教材会社によって制作された市販のものではなく、独自の空中写真を用いての実習例はほとんど報告されていない。本研究ではその原因を明らかにし、それを費用的にも技術的にも解決する方法を示した。

その上で、このいわば半自作の空中写真を有効に活用

して、従来空中写真の実習が地形中心であったのに対して、地質図作成の実習法を開発した。これを本校の1年生を対象に野外実習後に事後学習として位置づけて試行した結果、空中写真から

- ① 断層線の位置を確認すること、
- ② 鍵層を追跡し、それによって断層による地層のずれの大きさを確認すること、
- ③ 立体視することによって、選択的侵食によって露出している層理面の走向と傾斜の向きを調べること、
- ④ 走向・傾斜の場所による変化から向斜などの地質構造を読み取ること、
- ⑤ 地層を単層としてではなく、もっと厚い積み重なりとしてとらえて、部層や果層としてまとめることの意義を認識すること

などが、高校レベルでも十分可能であることが判明した。

また、このような実習を行える実習地の条件を示し、他地域の学校が同様な実習を試みる場合の、実習地探しの手助けとなるようにした。

<謝 辞>

本研究を進めるにあたり、平成2年度日本教育研究連合会教育実践研究奨励金を使用した。同連合会関係者および、同会への推薦をいただいた日本地学教育学会関係者の方々に感謝の意を表する。また、東京学芸大学附属高等学校校長である榊原雄太郎教授には、研究中ご助言を頂いただけでなく、実体鏡を生徒数揃えるためにご援助いただいた。さらに、本実習の野外実習の部分については、そのほとんどが本校元教官の岡重吉氏によって長い年月をかけて改善されてきたものである、本実習もその成果の上に可能になったものであることを明記して、感謝の意を表する。

引用文献

- 羽田 忍, 1990: 地質図の読み方・書き方. 124p. 共立出版, p.50.
- 石黒浩三・大塚誠造, 編, 1978: 改訂 高等学校指導要領の展開 理科編. 273p. 明治図書, p.224.
- 松野久也, 1965: 写真地質. 284p. 実業公報社, p.2.
- 文部省, 1978: 高等学校学習指導要領. 162p. 大蔵省印刷局, p.45-46.
- 文部省, 1989: 高等学校学習指導要領. 220p. 大蔵省印刷局, p.84.
- 文部省, 1989: 高等学校学習指導要領解説 理科編 理教編. 286p. 実教出版, p.160.

- 長沼幸男・長浜春男・斎藤洋彦, 1984: 神奈川県城ヶ島付近における地学実習コース(その2)一城ヶ島西海岸地域の地質教材一. 地学教育, 37巻, 5号, 145~154.
- 榊原雄太郎・林 慶一, 1992: 簡易実体鏡用空中写真の半自作とそれを用いた探究活動の実践. 日本教育連合会平成4年度研究紀要, 1~18.
- 高橋景一・山極 隆・江田 稔, 編, 1990改訂 高等学校指導要領の展開 理科編. 316p. 明治図書, p.262.
- Wallace, R. E., 1950: Determination of Dip and Strike by Indirect Observations in the Field and from Aerial Photograpahs. Jour. Geol., vol. 53, no. 3, p. 269~280.
- 山極 隆・江田 稔, 編著, 1990: 高等学校新学習指導要領の解説 理科の内容と指導のポイント. 295p. 学事出版.

林 慶一: 地質調査と空中写真判読の組み合わせによる地質図作成の実習 地学教育 46巻, 6号, 199~215, 1993

〔キーワード〕 高校, 地学教育, 探究活動, 実習, 空中写真, 地質図

〔要約〕 授業の一貫として高校で実施できる程度の地質の野外実習に, 室内で空中写真からの地質を判読するという実習を組合せることで, 実習地の地質図を作成させる方法を考案した。これを, 高校生を対象に神奈川県城ヶ島西部の隆起波食台で実施した結果, 適当な実習地を選べば, 広い範囲の地層の分布, 断層の位置とずれの大きさ, 向斜や背斜などの地質構造を調べ, 地質図を作成することが高校生レベルでも可能であることを示した。

Kei-ichi KAYASHI: A Practice of Geological Mapping by Combined Means of Field Surveying and Aerial Photograph Interpretation: *Educat. Earth Sci.*, 46 (6), 199~215, 1993

紹 介

池谷仙之・山口寿之著：進化古生物学入門——甲殻類の進化を追う，A5版 148ページ，UPバイオロジー93，1693年

生徒とともに野外調査にでかけて、化石を見つけるのと、生徒たちは「ここは昔海だったんですね」と目を輝かす。化石を探しにでかけたのならもちろんのこと、そんな目的がなくても、化石をみつけただけで何だかとても嬉しい。化石は昔海であったとだけ語っているのではないことはよくわかっている。でも化石を発見した喜びをどう表現したらよいかわからない。この化石からさらに、どんなことがわかってくるのであろうか。現在、化石はどんなふうに研究されているのであろうか。

化石の研究は化学とはいわない。古生物学という。過去に生きていた生物について研究するのである。進化古生物学は生物という要素をさらに強調する。進化してきた生物と見る。「古生物学は長い時間軸をもった生物学である。したがって、この2つの学問領域に境界は存在しない」とまで主張する。日本での化石の研究の流れを知っている人は、ついに、UPバイオロジーから、生物学の副読本のシリーズから、古生物学の著書が出たことに注目されるであろう。

本書は「進化古生物学入門」と銘うっているが、著者たちは大上段に「進化古生物学とは何か」をふりかざしてはいない。それぞれの著者の掌中の珠である介形虫とフジツボについて、実際行ってきた研究の成果を簡明に記している。化石と現在生きている生物との間を行きつ戻りつしながら、次第に明らかになってきた生物の進化の足跡を一つまた一つと紹介している。

全体は9章よりなる。第1章で化石の研究を概観したあと、第2章では、介形虫とフジツボの属している甲殻類の化石全体について紹介している。第3章の介形虫とフジツボの形態、生活史、分布・生態、系統進化の精査をペースに第4章から「進化古生物学」の最近の研究の紹介に入る。

「進化古生物学」という言葉を聞くと、何だかむつかしそうで、大学の研究室でしかやれない高等な学問のようだが、決してそうではない。研究の出発点は化石を観察しているとわきおこってくる喜びと素朴な疑問である。第4章の硬組織では「フジツボの殻断面に見られる

線の模様は何を語っているのだろうか」「介形虫の殻にはいろいろな小さな穴があいているが、何だろうか。どんな働きがあるのだろうかという疑問から出発している。第5章の生活様式の分化では、「介形虫の殻を前から見ると良く似ているけれど、丸おむすび型と三角おむすび型がある。なぜだろうか」等の疑問に答えようとしたものである。第6章の種分化、第7章の生物地理は、それぞれ「よく似たアカフジツボとオオアカフジツボが同じ所に棲んでいる。これは同種なのか、別種なのか」「現在日本近海にいる介形虫やフジツボはいつごろ、どこから来たのだろうか等の疑問が出発点である。そして、それぞれの素朴な疑問が、地道な研究の持続によって、高い議論に結実していく様子を見ることができる。

化石の研究者にとって、研究の醍醐味を味わうのは、やはり「生きた化石」を取り扱う時である(第8章)。古生代の介形虫にそっくりなマナワという介形虫が現在生きている。マナワを扱う介形虫研究者の様子が生き生きと伝わってくる。深海熱水噴出孔のそばに原始的なフジツボが生きている。長い地質時間をどうやって生き抜いてきたのだろうか。読者も研究の面白さにひきこまれる。

第9章では古環境の推定について述べている。「ここは昔海だった」という生徒たちの推定は、もっとも基本的であるが、現在生きている生物の情報がより詳しくわかってきて、古環境の推定のほうも精度があがっている。生物がどんなふうに生きていたか、棲んでいたかということに照準があてられつつある。

「進化古生物学入門」というこの著書は、「学の手ほどき」ではなく、「進化古生物学への誘い」であるといえよう。化石を観察していると遭遇してくる多くの不思議なことがらを、現在生きている生物にぶっつけてみる。生物を見た眼でまた化石を見てみる。この一連の作業は生物の進化という太い水脈でつながっている。本書では触れられていないが、この水脈は自然史という水脈でもある。進化古生物学の視点を、自然史の視点を持って見ていけば、どんな化石も、どんな生物も大変おもしろくなっていくに違いない。本書は化石の研究者への誘いであると同時に、生物を個体として見ていきたい生物学者たちにも、多くの示唆を与えるであろう。

(矢島道子)

結晶形態をグラフ化する方法

谷 山 稜*

1. はじめに

鉱物の学習では、鉱物の分類や個々の鉱物の特徴などの観察だけにとどまることなく、鉱物に観察できる現象の原因を探求することによって、より深い興味が生まれてくる。中でも直接観察することができる鉱物の結晶形態は、その整った形に生徒が関心をもちやすく、また形の観察記録だけでなく、形態の成立ち、結晶の成長、鉱物の生成時の環境等に学習内容を拡げていくこともできる教材でもある。

鉱物や実験室で作成した結晶をよく観察すると、結晶の形が変化するようにしたが、結晶面の形やその広さも変化していることがわかる。結晶構造や化学組成が同じでも、結晶の外形に違いができるのは、結晶が成長する過程の環境の条件に応じて各結晶面の成長速度に差が生じるためである。その結果、他の結晶面と比較して成長速度の速い面の広さは小さく、遅い面では大きくなり、外形の違いとして現れる。

このような結晶形態の違いの表現法は、従来から、平面上に立体的に投影される結晶図を描く方法が用いられてきた(高田 1991)。この方法は、出現している結晶面やその発達の違いを実際の現象に即して視覚的に表すことができるので、個々の形態の結晶面の出現状況などを知る上ですぐれた方法であるが、変化する結晶の形態間の関係を定量的に表現することはできない。

近年、ジルコン結晶についてその母岩との関係を明らかにするため結晶形態を数値化、グラフ化する方法が研究されてきた(Matsuura et al., 1989, 林, 1989, 1990)。この方法は鉱物の面の幅、伸長、稜の長さ等を測定して、ジルコンの結晶形態の特徴を数値化する方法である。形態が理想形でなくても扱える利点があるが、他の鉱物へ一般的に適用したり、またある程度結晶に関する知識がなければ扱うことは難しいと思われる。

最近では、パーソナルコンピュータ(パソコン)によって、結晶図を描く方法もいくつか発表されており(稲森他, 1986, 黒河他, 1990)、結晶図が簡単に描けるよ

うになってきた。そのため、実際の結晶形態に近い結晶図を描き、そのデータを用いて結晶形態を定量的に表す方法も考えられる。

本研究ではこの方法を基に、結晶が理想形で、三種類の面で結晶面が構成されている場合(三種類の単形とその集形)を扱うにいう制限はあるが、結晶図とその形を決定する数値の関係をグラフ上で明かにして、結晶形態を数値化、グラフ化する方法を述べてみたい。

一つの鉱物の結晶形態について、この関係が明らかになれば、目的の形に結晶図が描き易くなるとともに、また実際の変化する結晶形態間の関係も容易にグラフ化できるようにする。

2. 結晶図の描画

パソコンで目的の形に結晶図を描画させる場合には、それに近い形にまず結晶図を描き、試行錯誤によって目的の形に近づけていく方法がある。この方法では、結晶図の原点(理想形では中心)から結晶面までの垂線距離を変更する手段をとると、操作が簡単で、また作図の方法も理解し易い。また、この垂線距離を結晶面の成長速度に比例するとした場合、結晶面の垂線方向の成長速度の速い面は小さくなるか、または消えてしまい、遅い面は結晶面が大きくなるという現象と関係づけることもできる。

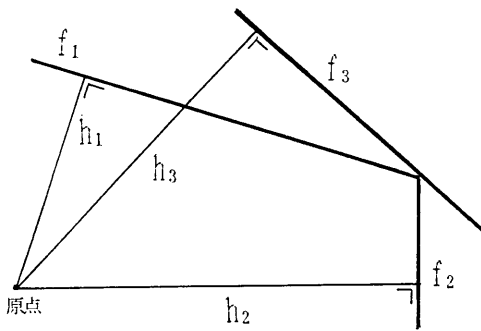
ここで用いたプログラムは、金沢(1978)の方法と同じく、結晶図の原点から結晶面までの垂線距離を最初に与え、対称操作で作られる面が交わる隅の座標を求め、最後に最小の立体を形成する面の交点を線で結ぶ方法を用いている。また、最小の立体の形は、視線を固定して立体を回転する正視投影法でディスプレイに結晶図として描かれる。

この方法で描画するために必要な鉱物の晶族、格子定数、主要な出現面の面指数等は、鉱物名が定まると殆ど変更することはないので、鉱物名とともに最初から別にデータとして与えてある。

プログラムには、次の様な機能もある(谷山他, 1991)。鉱物名を決定して選択できる結晶図には、主要な面がすべて出現するように原点から面までの距離が等しくして

* 香川大学教育学部

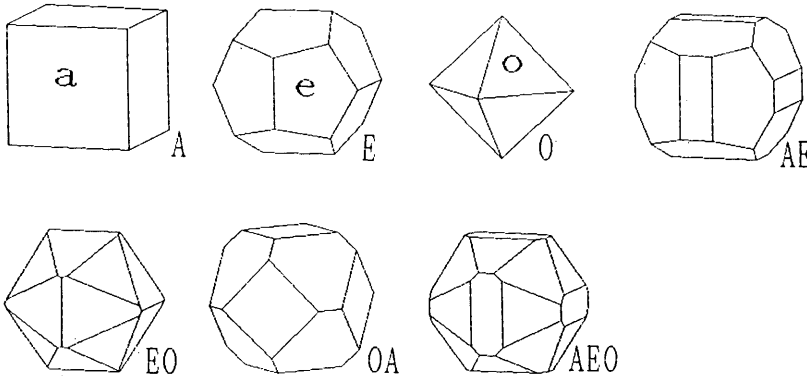
1993年7月15日受付 10月5日受理



第1図 結晶形態の断面模式図

結晶面 f1, f2 により作られる結晶の稜に、結晶面 f3 が接する場合を示す。

h1, h2, h3 は原点から結晶面までの垂線距離。



第2図 黄鉄鉱の a {100}, e {210}, o {111} 面およびそれらの同価の面により作られる単形と集形の結晶図。図の A・AEO は結晶図の型を示す。結晶図に現れる各面の垂線距離はすべて等しい値で描かれている。

ある結晶図や、作成保存した結晶図がある。また、試行錯誤で垂線距離を変更する時、同じ数字を何回も入力する煩わしさを回避するために、変化させる数値の中の1つの桁だけの数値を変更する毎に描画ができるようにしてある。結晶面の出現範囲を決定するためには、結晶面の稜または隅の部分に、他の結晶面が接するときの面の垂線距離を正確に求める必要があるので、結晶図の三軸の回転、平行移動、拡大ができるようにしてある。

3. 結晶面の出現範囲

3.1 垂線距離と出現する面の模式図上の関係

結晶面の出現、消滅と結晶図の原点から面までの垂線距離との関係は、模式図上では、第1図に示すように簡明である。原点から結晶面 f3 までの垂線距離 h3 が変化した場合、f1, f2 のつの面の交点を境に、f3 が外側

にあるときには f3 は現れず、内側にあるときには f3 は出現する。しかし、h3 が h1, h2 に対して極端に小さくなると、f1 または f2 が消滅してしまう。このように、ある面の消滅、出現は他の面の消滅、出現に関係することになる。

結晶図では前述のごとく、各面の垂線距離が変化すれば図の形も変化する。しかし、その場合でも、各面の垂線距離の比率が変化しなければ、結晶図の大きさのみが変化し形は変化しない。

ここでは結晶図の大きさの違いは無視して、形の変化のみ取り上げて面の垂線距離を取り扱おうと、

$$1/h_1 + 1/h_2 + 1/h_3 = 1$$

が成り立つように各面の垂線距離 h1, h2, h3 を決めることができる。

ここで h3 が極端に他の垂線距離より大きい値であると、 $1/h_3 = 0$ となり、 $1/h_1 + 1/h_2 = 1$ と考えてよく、結晶面 f3 は無視でき、f1, f2 の2面で作られる結晶図になる。逆に h3 が極端に他より小さい場合は、 $h_3 = 1$ となり、f3 の結晶面のみで作られた結晶図となる。しかし、ある結晶面を除外したために、結晶面で閉鎖した立体を作ることができなければ、その結晶面を無視することはできないが、その場

合には極端に針状、または板状の結晶図となり、結晶図としての意味をなさなくなる。

面の垂線距離と出現面の模式図上での関係は上記のごとくであるが、次に各面の垂線距離の値の相互の関係を考えるために、黄鉄鉱の例を挙げて説明したい。

3.2 黄鉄鉱の結晶面

面の垂線距離と出現面の関係については、鉱物の晶族を問わず三斜晶系でも等軸晶系でも同様な方法で扱える。黄鉄鉱は、等軸晶系であるので空間図形を想像し易く、また詳細に形態の研究(砂川, 1967森本他, 1975)がされている鉱物である。

黄鉄鉱にはここに挙げる面以外に出現する面は多いが

- a {100} 面および同価の面
- e {210} 面および同価の面
- o {111} 面および同価の面

の三種類の面出が現する場合を例にとる。

この三種類の面をそれぞれ, a, e, o面とすると, 単形は第2図のa面のみが現れる正六面体, e面のみが現れる偏五角十二面体, o面のみが現れる正八面体がある。また集形は各面の組み合わせによって, a, e面, e, o面, o, a面, a, e, o面が現れる四種類の結晶図があり, a, e, o各面の垂線距離の比率が変化することによって, 形の変化が生ずる。

a, e, o面の一種類の面が現れる単形の型を便宜的にそれぞれ, A, E, O型として, 二または三種類の面の出現する集形の型を, それぞれ出現する面の種類に応じて, AE, EO, OA, AEO型の結晶図とする。

a, e, oの各方面の垂線距離を, ha, he, hoとして,
 $1/ha + 1/he + 1/ho = 1$ (1)

の関係が成り立つように, ha, he, hoを決める。

3.3 二種類の面で作られる結晶図と面の垂線距離の関係

(i) a面とe面で作られる結晶図。

o面について考慮しないので, 二面の垂線距離の関係は, (1)式より,

$$1/ha + 1/he = 1 \text{ となる。}$$

結晶図にはA, AE, Eの型がある。

第2図のAE型の結晶図は, a, e面の集形であり, $1/ha = 0.500$, $1/he = 0.500$ として描かれている。この図において, a面の垂線距離 ha の値が増加する ($1/ha$ の値は減少する)と, a面で作られる面(第2図では, AE型の六個の長方形の面)は次第に細長い形になり, 最後にE型の二つのe面で作られる稜の部分にa面は接して消滅する。a面がe面の稜の部分に接する場合は模式図は, 第1図で, f1, f2面をe面, f3面をa面とし, $h1 = h2$ としたときに相当する。

a面がe面の稜に接するときの垂線距離 ha, heの値は, パソコンの画面上で次のような方法で求めることができる。最初にa面とe面の出現している結晶図をディスプレイに描き, 次に, heの値は固定して, haの値をa面がe面の稜の部分で微小になるまで漸次増加させながら結晶図を描いていく。もしa面が消滅した場合には haの値を減少させて, a面を再び出現させて, また haの变化量を小さくして結晶図を描いていく。基本的には, このように図形を描くことによって ha と heの値を求め, 式(1)の条件で値を決める方法を用いている。値の精度を上げるために, 画面を拡大して上記の操作を繰り返している。

このようにして, a面がe面の稜に接するときの垂線距離の逆数の値を求めると, $1/ha = 0.472$, $1/he = 1 - 1/ha = 0.528$ となる。a面の垂線距離 haがこのときの値

以上増加するとa面は出現せずe面のみ現れることとなる。即ち, a面の現れる範囲は, $0.472 < 1/ha$ または $1/he < 0.538$ の条件がなければならない。

同様に, 第2図のAE型の結晶図において, e面の垂線距離 heの値を増加させていくと, 長方形のa面は次第に正方形になり, 形はAの型に近づき, e面はa面の稜の部分に帯状に現れる。e面が消滅する限界の垂線距離の逆数の値は, $1/ha = 0.573$, $1/he = 0.427$ となり, e面の現れる範囲の条件は, $0.427 < 1/he$ または $1/ha < 0.573$ となる。

以上の結果から,

$$\text{a面の出現範囲: } 0.472 < 1/ha \leq 1.000$$

$$\text{e面の出現範囲: } 0.000 < 1/ha < 0.573$$

となり, これを面の種類による結晶形の型で表すと,

a面のみが現れるA型の単形となる範囲は,

$$0.573 \leq 1/ha \leq 1.000$$

a面, e面共に現れるAE型の集形となる範囲は,

$$0.472 < 1/ha < 0.573$$

e面のみが現れるE型の単形となる範囲は,

$$0.000 < 1/ha \leq 0.472$$

また, これらの関係を二面の垂線距離の比で表すと,

a面の現れる条件は

$$(0.472/0.528) < (he/ha) \quad (2)$$

e面の現れる条件は

$$(he/ha) < (0.573/0.427) \quad (3)$$

となる。

(ii) e面とo面で作られる結晶図。

二面の垂線距離の関係は,

$$1/he + 1/ho = 1 \text{ である。}$$

上記と同様にして,

e面の出現範囲: $0.392 < 1/he \leq 1.000$

o面の出現範囲: $0.000 < 1/he < 0.563$

となり,

e面のみが現れるE型の単形となる範囲は,

$$0.563 < 1/he \leq 1.000$$

e面, o面共に現れるEO型の集形となる範囲は,

$$0.392 < 1/he < 0.563$$

o面のみが現れるO型の単形となる範囲は,

$$0.000 < 1/he \leq 0.392$$

また, 面の垂線距離の比で表すと,

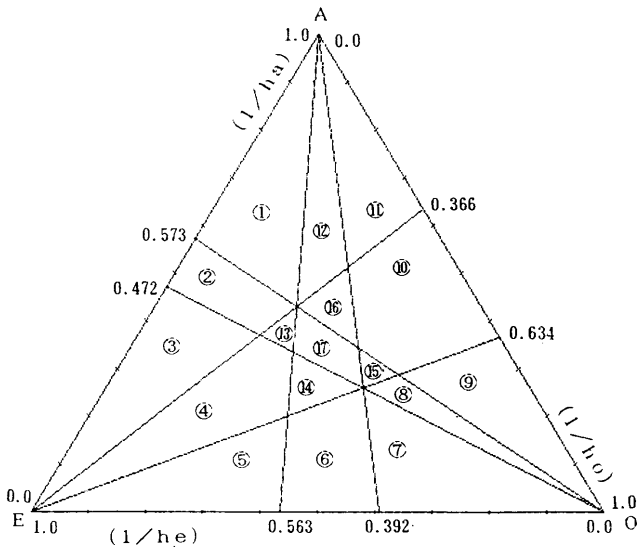
e面の現れる条件は

$$(0.392/0.608) < (ho/he) \quad (4)$$

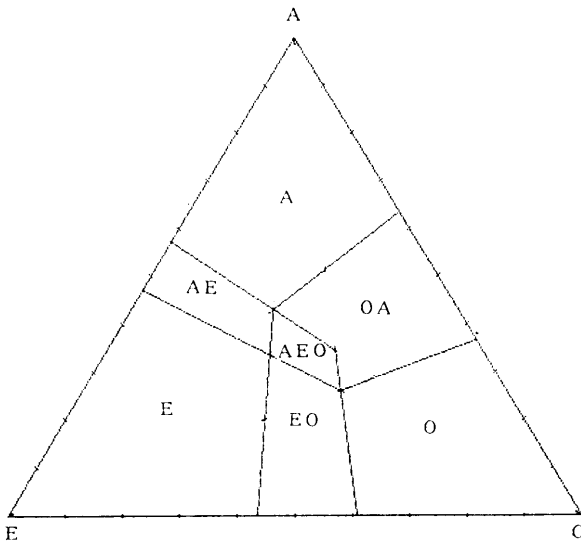
o面の現れる条件は

$$(ho/he) < (0.563/0.437) \quad (5)$$

となる。



第3図 結晶面の出現の境界線で区分される各区域
頂点のA, E, Oは, それぞれ, a, e, o面の一種類の
面が現れる点を示す。



第4図 面の垂直距離の逆晶図の型の出現範囲
A~AEOは出現する面の種類による結晶図の型を示す。

(iii) o面とa面で作られる結晶図。

二面の垂直距離の関係は,
 $1/ho + 1/ha = 1$ である。

o面の出現範囲: $0.366 < 1/ho \leq 1.000$

a面の出現範囲: $0.000 < 1/ho < 0.634$

となり

o面のみが現れるO型の単形の範囲は,

$$0.634 \leq 1/ho \leq 1.000$$

o面, a面共に現れるOA型の集形の範囲は,

$$0.366 < 1/ho < 0.634$$

a面のみが現れるA型の単形となる範囲は,

$$0.000 < 1/ho \leq 0.366$$

また, 面の垂直距離の比で表すと,

m面の現れる条件は

$$(0.366/0.634) < (ha/ho) \tag{6}$$

a面の現れる条件は

$$(ha/ho) < (0.634/0.366) \tag{7}$$

となる。

3.4 三種類の面で作られる結晶図の各面の出現範囲

二種類の面で作られる場合, 面の垂直距離に対する面の出現範囲は, 第3図の三角ダイアグラム上のAとE, EとO, OとAを結ぶ直線上に示される。この直線上の出現境界値の座標点から, 対する頂点に直線を描くと, この直線上では, この二種類の面の垂直距離

の比は一定である。そのため, 他の面が新たに加わっても, この直線は面の出現の境界線となり, (2)~(7)式が適用できる。この境界線で第3図は, ①~⑰の区域に分けられる。

(2)~(7)式で面の出現する条件に合う区域は, (2), (7)式より,

a面の出現する区域は, ①②⑩⑪⑫⑬⑮⑯⑰

(3), (4)式より,

e面の出現する区域は, ②③④⑤⑥⑬⑭⑰

(5), (6)式より,

o面の出現する区域は, ⑥⑦⑧⑨⑩⑭⑮⑯⑰

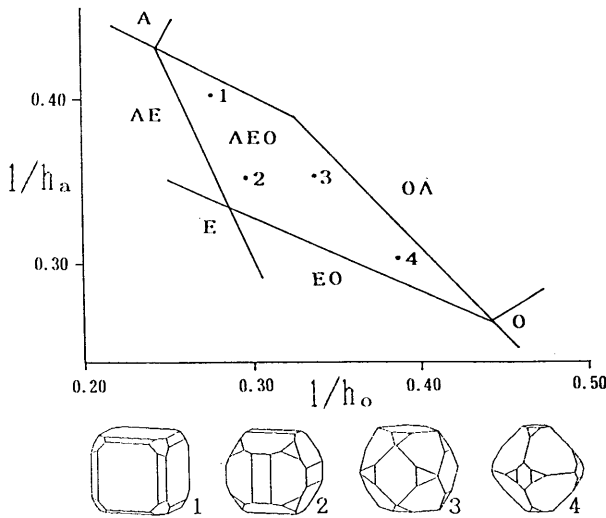
となり, 出現する面の種類を区域別に表すと, 次のようになる。

- ①: a ②: a, e ③: e ④: e
- ⑤: e ⑥: e, o ⑦: o ⑧: o
- ⑨: o ⑩: o, a ⑪: a ⑫: a
- ⑬: a, e ⑭: e, o ⑮: o, a ⑯: o, a
- ⑰: a, e, o

以上の結果をa面, e面, o面の出現する結晶図の型で表すと, 第4図の7個の区域に分けられる。

4. 結晶形態のデータ

結晶形態をグラフ化するためには, 結晶の中心から面の垂直距離の値を得なければならない。一般的な方法は, 直接または写真や顕微鏡下で稜の長さや面の幅等を



第5図 三面の現れる区域付近の結晶形態の区域図と黄鉄鉱の a, e, o 面で作られる結晶図。A~AEOは結晶図の型をしめす。

各結晶図の (1/ha, 1/he, 1/h_o) の値は,

- 1 : (0.40, 0.32, 0.28). 2 : (0.35, 0.35, 0.30),
- 3 : (0.35, 0.31, 0.34), 4 : (0.30, 0.31, 0.39)

測定して、計算により値を得る方法である。しかし、この方法は手数のかかる方法であり、結晶が理想形をしていても精度のいい値を得ることは困難であることが多い。特に小さな面角で交差する稜の部分にできる面などの場合は、得られたデータで結晶図を描いたとき、その垂線距離の僅かな誤差のため面の広さが大きく変わり、全く別の形に見えることもある。

一方、実際の結晶形態とパソコンで描いた結晶図を比較して形態のデータを得る方法は、実際の長さを測定する操作ほど難かしくはない。この方法は、パソコンの画面を見ながら、結晶図の面の垂線距離を試行錯誤的に変化させて、実際の結晶形態と近い形に結晶図を描き、結晶形態の値を見だしていく方法である。結晶図と実際の結晶形態が似ているほどデータの精度もよくなる。しかし、ここで得られる値は結晶図というモデルの値であり、実際の結晶形態を測定して、ある定められた計算式で得た値ではない。それ故、特に理想形から大きく外れた形態を扱う場合に、図形の比較の段階で図形決定の任意性、データの曖昧さが生じる難点もあるが、この方法には、図形の比較だけで結晶形態を定量的に記載するデータが得られる簡便さがある。

5. 結晶形態のグラフ化

立体の結晶形態を平面の点で表現するためには、次の制限を加えなければならない。

- 1) 結晶の大きさは表現しない。
- 2) 結晶面の種類は三種類以下とする。
- 3) 晶癖のある同価の結晶面で大きさの異なる結晶形態は、それに近い理想形として表現する。

以上の条件の下で、理想形の結晶図の中心から面の垂線距離の値を用いて黄鉄鉱の結晶形態をグラフ化してみたい。

結晶形態が a, e, o 面など一種類の面で形成される単形の結晶形をしていたとすると、その形態は第4図の図表にはある単形の範囲としてしか表現できない。また二種類の面の集形であると、その形態は線として表現される。三種類の面の集形であると、それは一点で表現できることになる。

このようにこのグラフは三面の現れているとき、形態の関係をよく表現することができる。そのため、グラフに表すとき必要になる範囲は、第4図の三種類の面の現れる区域と、それに接する一または二種類の面の現れる付近である。

第5図のグラフは、1/h_o と 1/ha を軸とする平面直交座標で表したものである。三角ダイアグラムと比べると、多少区域の形は変形するが、形態の位置は簡単に決めることができる。また、点の位置が変化するときには、(1)式の条件で、ここに表されていない 1/he も変化する。

このグラフに1~4の結晶図の値を書き入れると、これらの結晶形態のグラフ上の位置的な関係が明らかとなる。

6. おわりに

本論は、三種類の面で作られる結晶形態について、面の垂線距離と結晶図の関係をグラフ上に明らかにしたものである。

鉱物の形は、主として鉱物の内部構造と化学組成によって定まってくるが、鉱物が生成する時の環境とその変化もまた形に影響してくる。自然の中で生成した鉱物の形は、鉱物生成時の環境の痕跡と言えるものである。そのため、結晶形態を定量的に記載することは、同一鉱物の形態間の差異を明確に捉えることを可能にするばかりではなく、その差異を生じさせた環境の違いを考察する資料としたり、また、結晶形態の差異と何らかの関係のある現象を分析したり、理解するための手段として用い

ることができる。と考える。

参考文献

- 1) 高田雅介, 1991: 結晶図作図法の概観と結晶図の描き方: 鉱物学雑, 20, 43-54
- 2) Matsuura, A., Aoki, Y.: 1989, A new method for quantitative representation of zircon morphology: N. Jb. Miner. Mh., H. 7, 309-319
- 3) 林正雄, 1989: ジルコン結晶形の定量的記載: 岩鉱, 84, 152-158
- 4) 林正雄, 1990: ジルコンの結晶形態と地球科学への応用: 地質学雑, 96, 117-123
- 5) 稲森潤・岡村三郎・榊原雄太郎・本間久英, 1986: マイコンによる結晶作図法について: 地学教育, 39, 127-131
- 6) 黒河清・中牟田義博・青木義和, 1990: 対象を考慮した結晶形態図の描画: 九大理研報, 16, 87-97
- 7) 金沢康夫, 1978: 鉱物の結晶図の作図: 地質ニュース, 248, 127-131
- 8) 谷山穰・近藤浩二・香西弘志, 1991: 結晶形態図の描画のためのコンピュータプログラム: 香川大学教育実践研究, 15, 55-58
- 9) Sunagawa, I., 1967: Variation in Crystal Habit of Pyrite: Geol. Survey of Japan, 175, 1-4
- 10) 森本信男・砂川一郎・都城秋穂, 1975: 「鉱物学」, 岩波書店, 東京, 640, 267

谷山 穰: 結晶形態をグラフ化する方法; 地学教育 46 (6), 217~222, 1993.

〔キーワード〕 結晶図, グラフ, 鉱物, パソコン

〔要 旨〕 理想形の結晶形態において, 3種類の面で作られる単形および集形の現れる範囲が, 形態の中心から面までの垂線距離と関係づけられて, グラフ上で明らかにされた。

実際の結晶の形のデータは, パーソナルコンピュータで描いた結晶図と比較することによって得ることができる。

結晶形態の定量的な変化は, 形のデータをグラフに描くことによって容易に捉えることが出来る。

TANIYAMA, Jou: A Method for Graphic Description of Crystal Forms; *Educat. Earth Sci.*, 46 (6), 217~222, 1993.

ABSTRACT: The graphic areas in which three ideal crystal forms and these combination forms appear are related to the relative distances from the center of the crystal to each of crystal faces. The relative distances can be found out by comparing the form of mineral and the picture drawn by a computer.

We can easily understand the qualitative changes of morphology by drawing the points in the graph that the data of mineral morphology show.

平成5年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第47回全国大会

北陸大会 報告

北陸大会実行委員会

1. 大会概要

大会テーマ 「自然から学ぶ地学教育」

主催 日本地学教育学会

後援 文部省・石川県教育委員会・福井県教育委員会・富山県教育委員会・金沢市教育委員会・全国連合小学校長会・全国中学校長会・全国高等学校長会・日本私立中学高等学校連合会・財団法人日本教育研究連合会・日本理科教育協会・石川県小中学校長会・石川県高等学校長会・金沢市小中学校長会

期日 平成5年8月18日(水)~21日(土)

会場 金沢大学教育学部(角間キャンパス)

日程 (8月17日)

プレ研修見学「大桑層の見学と化石採集」

第1日(8月18日)

研究大会

9:30~16:00 受付
10:00~10:30 開会式
10:45~10:55 学会奨励賞授賞式
11:00~12:00 記念講演1
13:00~14:00 記念講演2
14:00~16:00 シンポジウム
18:00~20:00 懇親会

第2日(8月19日)

研究大会

8:30~16:00 受付
9:00~12:15 分科会
13:00~16:00 分科会
16:00~16:30 全体会
16:30~17:00 閉会式

研修見学「手取勝山コース」第1日目

第3日(8月20日)

研修見学「手取・勝山コース」第2日目

参加者延総数 544名(学会会員及びこれに準ずる参加者,他に学生・会社員等約60名)

2. プレ研修見学「大桑層見学と化石採集」報告

この研修見学会は、本大会の開会前日の午後に21名の参加者を得て行われた。案内は松浦(白峰村恐竜館)、山本(金沢市・小将町中)が担当した。

その日は前夜からの激しい雨が午前中まで続き、金沢で記録的な降水量があった。プレ研修見学の有無についていくつかの問い合わせが大会本部にかけられたが、天候は次第に回復し予定通り行われることになった。14時30分に犀川右岸の大桑簡易野球場の駐車場に案内者から大桑層の概要、大桑河原の大桑層と化石の産状、教材利用等について説明がなされた。当初の予定では、その後大桑河原において地層見学や化石採集をすることになっていたが、豪雨による増水のためその場所での活動は断念せざるを得なかった。

対岸の一部にわずかに見学・採集の可能な場所があったので全員車を乗り合わせてそこへ移動した。そこでは、キララガイやサイシュウキリガイダマンなどの貝化石が露出しており、参加者は足元に注意しながらそれらを採集した。途中、オンマイシカゲガイやサイシュウキリガイダマンの殻の配列が古流向と関連することやポットホールに関する説明があった。化石採集の途中にも小雨が降ってきたので約30分ほどで研修見学を切り上げて記念撮影をして解散した。

3. 第1日研究大会報告

①記念講演1

「人類紀における気候変遷」

金沢大学教授 藤 則雄先生

講演の主な内容は次の通りであった。

我々をとりまく環境の中でも特に気候環境ほど我々の生活に密接に関係している環境要因は少ない。そのことは決して現在だけのことではなくて、人類のこれまでの進化の過程に特に関連してきた過去の気候環境や、これからの未来の気候環境も大いに密接に関連している。このような重要な環境要因である気候環境について、特に我々人類がこの地球上に誕生して以来の約200万年間と未来の気候環境についてそれらの概要を説明する。

過去の気候変化の調べ方には、気象観測の資料を調べる、古記録を調べる、示相化石を調べる、土壌・岩石の

色彩・成分を調べる、有機炭素量を調べる、雪線の高度を調べる、酸素・炭素同位体の比を調べる、海岸段丘を調査する、天文学的な法則を用いて調べる、地磁気の強度を調べる、などがある。演者はこのうち、地層中に残された花粉化石の分析及び地磁気強度の測定を琵琶湖・スウェーデン・河北潟（石川県）で行い、過去の気候変化の実態を研究した。その結果は、ミランコビッチによる天文学的な変動による気候変化の推定、エミリアーニのカリブ海からの気候変化、クラーのレス層のデータとたいへん良く合致し、全地球的な気候変化をとらえることができた。

このような気候変化の原因としては、地球と太陽の相対的な位置関係の変化、太陽の放射エネルギーの変化、火山活動による火山灰の遮蔽効果、地磁気の強度の変化などが考えられる。未来の気候変化の推定は、過去の長期的気候資料の多変量解析と天文学的法を用いて行うことができる。それによると、現在から約3万年後までは現在よりも低温になる傾向が認められた。

講演は、その内容もさることながら、多彩な資料のスライドとともに氷河地形を表すヨーロッパの美しい風景のスライドも織りまぜ、聴者の目を離させないものであった。

演者は最後に近未来の環境変化についてふれ、自然営力による環境の変化は人類や地球を滅亡に追いやるものではないが、人間の活動による環境変化は地球環境の絶対的損失を伴う可能性があるものだとして警告した。特にフロンガスの増加によるオゾン層の破壊は、生態系の混乱に止まらず、全生物の死滅をまねき、人類のみならず多くの生物を絶滅の危機にさらすものであることを強調し、「他の生物や地球そのものを滅亡させる権限は人間にはない」と強い口調で講演を締めた。

②記念講演 2

「自然から学ぶ地域教材『石川の化石』」

白峰村恐竜館館長 松浦信臣先生

講演の主な内容は次の通りであった。

学校教育では自然体験の大切さが強調され、自然の事象・現象に直接ふれる学習が重視されている。この場合、身近な自然の中に教材を見つけることが大切である。それぞれの地域から産出する化石は、児童・生徒はもちろん誰もが身近に自然に親しめるものなので、その教材化が多様に行われている。ここでは、石川県産の中・大型化石の教材利用例として化石の種類、化石化の条件、化石の示相化石的役割・示準化石的役割、化石と水害の痕跡について述べられた。

石川県から産出する化石は地質時代からみて大きく2つに区分される。一つは後期中生代の地層（主に手取層群）から産出するもので、手取川上流地域などに分布する。他の一つは新第三紀・第四紀の地層から産出するもので、県内の広範囲に分布する。

手取層群から産出するシダ・ソテツ・イチョウの仲間やシジミ・インガイ・タニシの仲間から当時の手取湖地域の自然を復元し、歯や足跡の化石からそこに生息していた恐竜の世界を考察したい。手取地域は地史教材としての意義はたいへん大きいと思われる。また、石川・福井県境に分布する白亜紀後期の足羽層群大道谷層の昆虫化石は、生物が化石として残るための条件を考察させる良い教材となる。

中新世前期の狼煙・中島等の植物化石群はタイワンスギ・セコイヤスギなどの亜熱帯性の植物化石からなり、示相化石として利用できる。また中新世末期の東印内互層や河南互層から産するビカリアは、示準化石として教材化できる。

犀川流域にみられる大桑層では、層状に密集した異地性貝化石の様子の観察、オンマイシカゲガイの配列に基づく古流向の推定、オニガイの巣穴の生痕化石による当時の海進状況の考察ができる。また、同地層は、海牛ヒドロダマリスの肋骨やアケボノゾウの指骨の化石が発見されるなどニュース性を持っており、化石への関心を引く上で重要な価値を持っている。

更新世後期の宇治貝層では、分離されていないクルミの堅果が外洋浅海群衆であるタマキガイ・シラスナガイ・イタヤガイなどと混在している地層の観察から、当時の台風来襲を考察することができる、と述べた。

演者は、多くの珍しいスライドを用いてこれらのことを解説した。講演の最後には、市街地の建材として用いられている岩石の中の化石を紹介し、新たな地学学習の可能性を提示した。

③シンポジウム

「自然から学ぶ地学教育」

吉田貞介先生（金沢大学教授）は、まず“新学力観”について、それは「教える学力」から「育つ学力」への教育観の大きな転換であり、教師も従来の指導する立場から学習の援助・疑問の喚起を促す立場に授業観を転換させる必要があることを指摘した。また、学習システムにおいては、学習環境と学習方略の再検討が望まれ、児童・生徒の「意識」「必要観」「挑戦」「満足感」を組み込んだ学習活動を行うことが重要であるとした。そしてこれらの学習効果を一層高めるためには体験学習が不可



プレ野外見学会 「金沢・大桑層の見学と化石採集」 8月17日

欠であることを強調させた。

下野洋先生（国立教育研究所員）は、大学生の理科に対する意識調査の結果から、リテラシー（読み書きの能力, Literacy）が初等中等教育の各分野において少しずつ積み重ねていくことが大切であるとした。地学のリテラシーとしては、実物の認識、自然環境の変化の認識、人間と自然との関わり方の認識が挙げられ、いずれも自然から直接学ぶ学習が基本であることをいくつかの事例を紹介しながら説明された。

邑本順亮先生（高岡市・高陵中学校校長）は、主に中学校における地域性を生かした地学教育の現状と問題点について述べられた。過去に科学クラブの指導において立山と平地の同時気象観測や雪露頭の教材化を進めた話題をもとに、地域素材の教材化が持つ学習効果を強調されたあと、日々の授業では野外に生徒を連れて出ることが困難であることにふれた。それを踏まえた上で、地学教育の充実のためには、教師の研究への条件整備や地学教師グループの育成などが必要であることを提言した。

市川政枝先生（石川県教育委員会指導主事）は、小学校低学年の生活科の授業実践をもとに、「地学学習への芽」を育てる指導について述べられた。生活科は理科とは違い、日本文化の持つ情緒的なものや豊かな心情を味わうなどの側面を持つが、それが故に意欲的な活動を引き出して自然の不思議さや神秘に目を見張り、興味を持たせることができると説明し、低学年における自然（地学）学習の目的と方法について具体的に解説された。

これらの提言に対し、会場からは次のような意見が出され、活発な討論がなされた。「聖学校での教育活動を通して自然観察は見るだけでなく、それを概念化することが重要であることがわかる。故に教師は何を学ば

せるかを考えて露頭に向かわせる姿勢が必要である。」「生徒の天文に関する興味は、地球の形成・宇宙の構造から星占いに至るまで幅が広いが、小・中・高での天文に関する体験が非常に少ないのは残念である。」

④懇親会

懇親会は金沢駅付近の「ホテル六華苑」でほぼ定刻に開宴した。参加人数は54名であり、和気あいあいとした零囲気の中様々な話題で話が弾んだ。また、アトラクションとして加賀宝生会による能舞や太鼓演技「あて」が演じられ宴を盛り上げた。最後に次年度開

催地の北海道代表藤田郁男氏の挨拶をいただき、万歳に唱して散会した。

4. 第2日研究大会報告

①小・中学校部会

小・中学校部会では、合計29件（小学校14件、中学校13件、特殊学校2件）の発表があった。そのうち、天文に関するものは4件、気象に関するものは4件、地質に関するものは14件、地球物理に関するものは1件、その他授業のあり方に重きをおいたものが6件であった。

野外実習の授業実践を報告したものが多くあった。いずれも実際の調査に基づく知識や実践力の育成をめざした発表であった。コンピューターを活用した実践報告に基づき、地域性を加味したソフトに関する質疑などがなされた。幅広い発表がなされたが、授業実践の前後での子供の変容（評価）に関する発表は少なかった。

②高校・大学部会

高校・大学部会では、合計19件（高等学校12件、大学7件）の発表があった。そのうち、天文に関するものは1件、気象に関するものは3件、地質に関するものは7件、地球物理に関するものは1件、その他が7件であった。

自然から学ぶ地学教育を実践した研究が多く、課題学習、探求学習、コンピューターを活用した学習など幅広い発表がなされた。また、今後の地学教育に対する提言や、環境教育としての地学教育のあり方に関する研究などが発表された。どの発表にも質疑応答、意見発表の時間がほとんどとれなかったのが残念であった。

③全体会、閉会式

小・中学校部会、高校・大学部会それぞれの総括のあ



野外見学会 「手取・勝山コース」
(手取層群・恐竜、植物化石等)

と、本大会の大会宣言文を採択して閉会した。大会宣言文の要旨は次の通りである。

「人類にとって地球環境の保全は最大の課題である。それに対してこれまでに多くの取り組みがなされてきたが現実的な成果は顕著に表れていない。それはわが国内でも同様であり、環境保全の基礎となる理科教育にも多くの問題が認められる。我々地学教育関係者は、その問題の克服に最大の努力を払うものである。地球環境の保全のために、今こそ地学教育の充実と拡充が必須であることを宣言する。」

5. 研修見学「手取・勝山コース」報告

この研修見学会は、全国の小・中・高・大学の先生方57名の参加のもと「手取川上流～勝山の手取層群からの恐竜化石と福井県立博物館の見学」をテーマに2日間にわたり行われた。案内は、荒木(福井市・森田小)・小島(福井県教育研究所)・安野(福井県・高志高)が担当した。

第1日目は、大会会場・金沢大学から宿泊所への移動と夜の懇親会・情報交換会などが主な内容であった。大会終了後直ちにバスで白峰村桑島の宿泊所に向かった。バスの中では日程等の説明のあとに恐竜化石発掘などに関するビデオを鑑賞し、バスは定刻に到着した。

懇親会で参加者の会話が弾んでいるときに、突然の激しい雷光とともに強い雨が降り始めた。明日の天気を気にしながらも、桑島の化石壁から採取されたシダ、ソテツ、イチョウなどの植物化石や、シジミ、タニシなどの貝化石の標本を前に、手取層群や産出化石、地学教育やそれぞれの地域の学校教育のことなど、深夜にいたるま

で熱心に情報交換がなされた。

第2日目は、まず白峰村経営の「桑島の里」を見学した。そこには地元の古い民家を移築した建物の中に手取層群から採取されたアンモナイト、貝類、植物などの貴重な化石が多く展示されていた。もちろん、化石壁などから採取された恐竜の歯や足跡化石なども展示されていた。参加者は説明に耳を傾け、質問をしたり、ケースの中の標本に見入り、写真を取ったりしていた。その後、手取ダム湖の対岸の国道に移動して化石壁全体の様子を撮影した。ここでは、その崖の転石から恐竜の歯の化石が発見され、それが今日の手取層の恐竜化石研究の発端になったとの説明があり、地学の研究においても細かい観察力が大切であることを改めて確認した。

その後、峠を越えて福井県に入り勝山市北谷の恐竜発掘現場に向かったが、途中横殴りの強い雨に見舞われ重苦しい気持ちで車窓の景色を眺めるほかなかった。北谷入口でマイクロバスに乗り換え、さらに徒歩30分ほどで発掘現場に到着した。そのころには好運にも雨はやみ、気持ち良く地層の観察や化石採集に専念できる状況になった。現場では、地元勝山市の教育委員会や理科の先生方が我々を出迎え、研修見学会に協力してくださった。

そこには県立博物館の発掘作業によって谷川の対岸に巨大な露頭がむき出しにされており、黒色がかかった砂岩頁岩互層が大きく横たわっていた。昨年発掘された恐竜足跡は、増水で対岸にわたれなかったうえ、その上を土砂で埋め戻していたため残念ながら観察することはできなかった。案内者によるこれまでの発掘の経過や成果の説明に対して、いくつかの質問・応答がなされたあと、化石の採集が行われた。化石採集は、対岸の露頭の岩石を崩して運び込んだ岩石片を対象に行われ、参加者は時間のたつのも忘れて採集に夢中になった様子である。シダ植物やドブガイなどの化石が多く採取され、それぞれ参加者のおみやげとなった。また、案内者によって恐竜の歯1個体と小型恐竜の足跡化石が好運にも採取された(この恐竜化石は新標本として県立博物館に収蔵される)。計画より大幅に増やした作業時間は瞬く間にすぎ、現場を離れて昼食を取った。

昼食後、恐竜発掘等に関するビデオを鑑賞しながら、福井県立博物館へ向かった。博物館の入口・ロビーには、恐竜の足跡化石やアロサウルスなどのレプリカが展示されており、2階展示室にはこの見学会のために特別に恐竜の末節骨などの標本が新たに展示されていた。こ



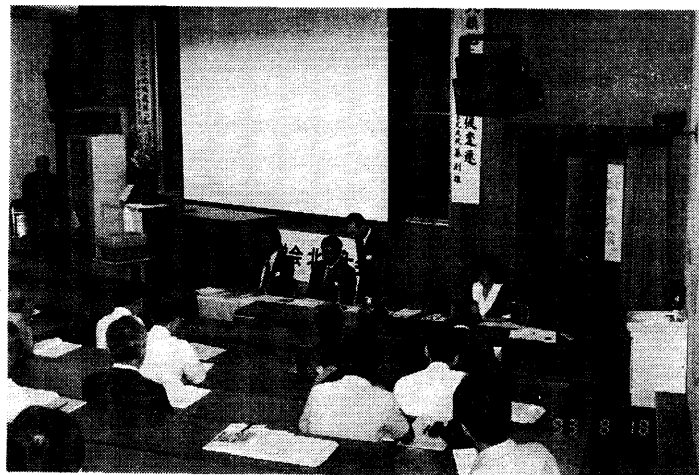
平山勝美日本地理教育学会会長挨拶



来賓(右から肥田石川県教育長・野村金沢市教育委員会次長・清水金沢大学教育学部長)



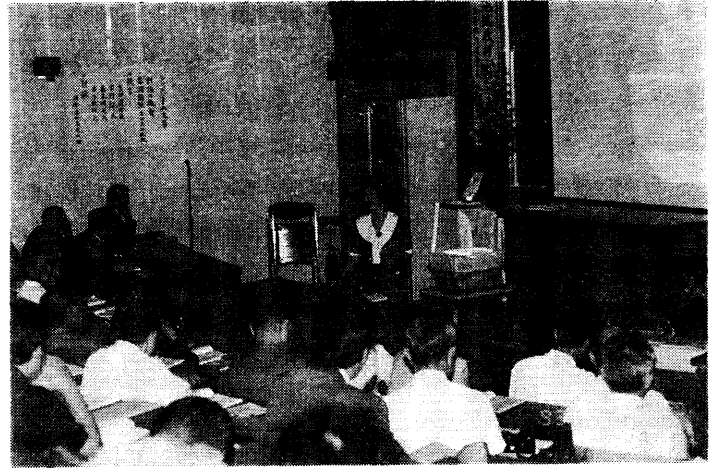
藤 則雄地理教育学会北陸大会実行委員長挨拶



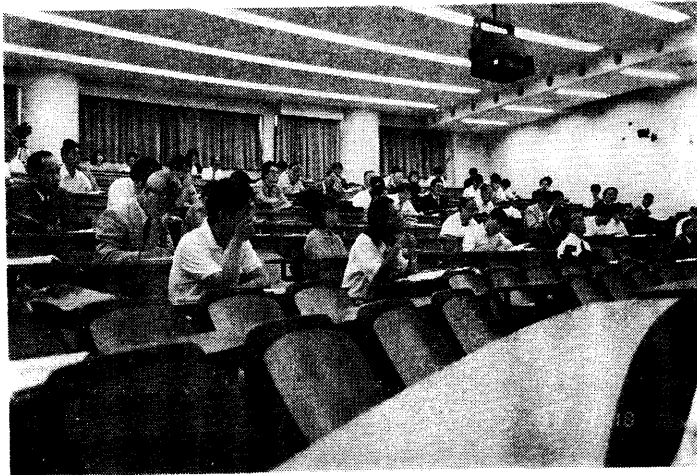
シンポジウム 「自然から学ぶ地理教育」 パネルディスカッション



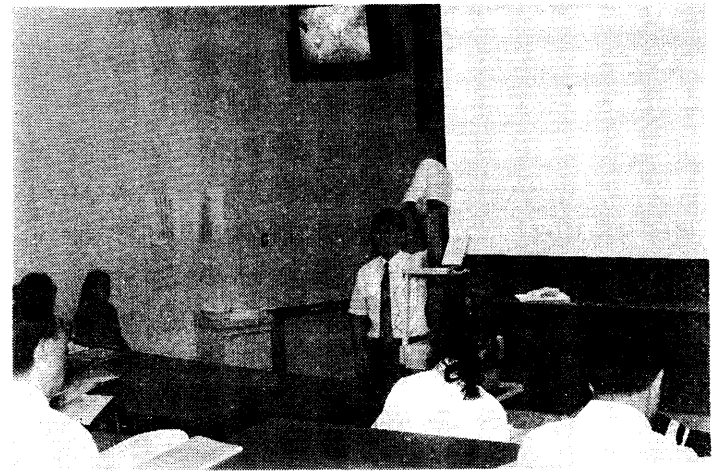
記念講演「人類紀における気候変化」
(藤 則雄・金沢大学教授)



シンポジウム 提言 (パネラ：市川政枝石川県
教育委員会指導主事)



研究発表会 分科会：小・中学校部会会場



研究発表会 分科会：高校・大学部会会場

これらの標本を前に学芸員の方より標本等について詳しい説明を受け、活発な質問・応答がなされた。民族、考古のコーナーなど館内を自由に見学したあと定刻通りにJ R福井駅で解散し、全日程を終えた。

天候不順の中、化石採集がわずかにみられた晴れ間に行えたことを好運に思っている。なお、今回の見学会にあたり、白峰村教育委員会、勝山市教育委員会、福井県立博物館にはたいへんお世話になった。ここに厚くお礼

申し上げる次第である。

※このほか予定されていた研修見学「立山コース」と「能登半島コース」は参加希望者少数のため中止させていただいた。

参加者各位のご協力により、本大会を無事成功のうちに終えることができました。末尾ながら実行委員一同感謝申し上げます。

(文章とりまとめ：編集・記録係 山口達弘)

本夏、金沢大学教育学部を会場として開催した平成5年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第47回全国大会において、時代の要請である「環境教育」と「地学教育」の一層の充実、発展の必要性を広く訴えるため下記の大会宣言を決議いたしました。

大会宣言

人類にとって、このかけがえのない緑の地球環境を未来にわたって長く保全することは現在の地球上に生きるわれわれの最大の課題である。熱帯雨林の急激な消滅、天然資源の大量消費、オゾンホールの発生、地球の温暖化、人口爆発など枚挙にいとまのない多くの難問が地球環境の問題として提起されている。

1973年ストックホルムで、「国連人間環境会議」が開かれ、以来20年、1992年には、リオ・デ・ジャネイロの「環境と開発に関する国連会議」まで多くの取り組みがなされており、地球環境保全のための地球倫理さえ説かれているが、それらの現実的な成果は必ずしも顕著であるとは言いがたい。

今や環境問題は、ある一部の指導者や政策決定者だけでなく、地球上のすべての人々が環境保全についての意識を高め、それに取り組むために実行力を持つ必要がある。

わが国は、狭い国土に多くの人口を抱えているものの、多くの人の努力によって環境保全については、かなりの成果を挙げているといえよう。しかしその現状は十分に満足するものとは言いがたく、今後、大きな努力を払わなくてはならない。

環境に関する教育は、わが国においては、国を挙げて取り組んでいるものの、それらの基礎的な理解を得させるために必須である理科教育の現状には、多くの問題がある。

それらの一つに、児童・生徒の自然離れ、理科離れの問題がある。守り、育てられなければならない自然は、現実の生活の場から遠く離れたものとなり、こうした自然離れは、都会だけでなく、全国的な問題となっている。また、学校教育の中で、自然の理解と認識を得させる理科に、興味と関心を示す子供達が急速に減少している。

さらに、理科教育の中でも環境教育を主として担ってきた地学担当教員の不足と減少は極めて深刻な問題である。

われわれ地学教育関係者は、地学に関する学習が興味を持てるものであり、楽しく学習できるものにするため、体系の確立、地球環境保全にかかわる基本的な理念、もしくは概念のあり方、観察、実験、観測等の開発に今後も最大の努力を払うものである。

環境保全は、最終的には、一人一人が自然環境に関する深い認識とそれに基づいた行動力、実践力にあるとすれば、地学に関する教育は、まさに最適な教材であると考えている。

わが国およびこの地球環境の保全のために、今こそ地学担当教員の確保を含む地学教育の充実と拡充が必須であることを声を大にして宣言する次第である。

ニュース

一科学技術系人材の確保と 科学・技術教育の充実について—

平成5年7月26日

日本学術会議 科学教育研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議科学教育研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

委員長 高橋景一（第4部会員・国際基督教大学教養学部教授）

幹事 梅埜國夫（国立教育研究所生物教育研究室長）
永野三郎（東京大学教養学部教授）

委員 丸山工作（第4部会員・千葉大学理学部教授）
板倉安正（滋賀大学教育学部教授）

今堀宏三（大阪大学名誉教授）

大木道則（岡山理科大学理学部教授）

坂本 昂（大学入試センター副所長）

道家達将（電気通信大学教授）

長野 東（東京理科大学理学部講師）

平田邦男（山梨大学教育学部教授）

平山勝美（立教大学教育学部教授）

科学技術系人材の確保と科学・技術 教育の充実について

内閣総理大臣は、平成4年12月2日付をもって、科学技術会議に「科学技術系人材の確保に関する基本方針について」第20号諮問を行った。科学技術系人材の育成に深くかかわる科学教育の研究連絡を任務とする本委員会として、この際その見解を明らかにしておくことは、研究者の立場からも重要なことと考え、ここにこの問題についての審議結果を取りまとめて公表する。

21世紀において、ますます需要が高まると予想される優秀な科学技術系人材を確保するために、世界各国は初等中等教育段階からの科学・技術教育の振興に力を注いでいる。幸にして、わが国においては科学技術を立国の理念とし、初等中等教育の段階から一貫して科学技術教育に力を注いできた。その結果、科学・技術に関心を持つ多くの優秀な若者が理工系の高等教育機関を志望し、これらの教育機関は彼らを受け入れ教育することによって今日のわが国の繁栄に貢献してきた。

しかし、近年、この点に関して憂慮すべき現象が顕在化してきた。それは、上記の諮問にも言及されている青

少年の「理工系離れ」である。その背景には社会的要因が存在するが、この傾向に歯止めを掛け、将来の科学技術系人材を確保するためには、初等中等教育段階からの科学・技術教育の抜本的な充実が急務であるとわれわれは考える。

この充実のために、本委員会はつぎの2項目を最重要事項と考え提案する。

- (1) 初等中等教育における科学・技術教育の一層の充実をはかり、理工系教科に対する児童・生徒の興味を喚起するために、必要な方策を緊急に講ずること。
- (2) 科学・技術教育に携わる教員に優秀な人材を確保するための方策を講ずること。

今後不足が深刻化すると予想される科学者・技術者を確保するため、行政当局が適切な対応をされることを期待するものである。

〔説明〕 上記の提案を行う理由について以下に補足説明を行う。

(1) 科学・技術教育の充実について

科学技術系の人材は、直接的には大学・大学院等において行う専門教育によって養成されるものであるが、その前提として、多くの青少年が科学技術に興味をもち、科学者・技術者になることを目指してこれらの理工系を志望するようになることが重要であることは多くの言を要しないところである。しかし、近年、高等学校において物理を履修する生徒の割合が約10年前に比べ半減している事実に端的に表れているように、青少年の「理工系離れ」が進行している。物理学は自然科学の基礎として重要であり、「物理」を履修する生徒の割合が減少することは、単に物理学だけの問題ではなく、自然科学全般、ひいては自然科学を基礎とする科学技術の衰退をも招く結果となる恐れが大である。さらに、物理を含め、理科の学習レベルの低下も指摘されている。

ところで、科学技術に対する関心は、適切な指導の下に、実験室や野外において時間をかけた実験や観察を行うことによって、さらに自ら物をつくることによって培われるものである。そして、このような体験を通して自然科学の法則に対する理解が増すとともに、自ら発見する喜びが得られ、さらに応用も可能となって、興味が増すと同時に論理的思考や創造性が育成される。このような直接体験を伴う授業が行われなければ、自然科学は暗記の学問と化し、興味の対象から遠ざかってしまう。

平成5年度および6年度からそれぞれ実施されている中学校と高等学校の学習指導要領は、従来よりも理科の実験観察を重視した内容となり、また、高等学校理科で

は多くの科目を設けて生徒の多様な要求に応じた学習が可能となるよう配慮されていることは評価される。しかし、このような意図が効果をあげるためには、カリキュラム上の工夫はもちろんのこと、授業時間、教員、設備、さらに大学入試のありかたを含めて、さまざまな面から科学技術教育の環境を一層改善する努力が必要である。アメリカ合衆国が、わが国の科学技術の発展の速度がめざましいことに注目し、その原因を分析した結果、科学技術教育に割く時間と、科学・技術教育に対する投資が日米の間で大きな差があるとして、科学・技術教育の抜本的強化策を打ち出したことはよく知られているところである。わが国においても、次世代の科学技術の担い手の育成が持続的繁栄の基盤であることを再認識すべき時期にきていると思われる。

なお、科学・技術教育の一層の充実には、指導要領の変遷に伴うその科学技術教育への効果を、正および負の効果まで含めて、客観的に評価・検討することが必要であることはいうまでもないが、特に新指導要領の効果については可及的速やかにその評価を行うことが望ましい。

(2) 教員の確保について

学校教育において、教師の果たす役割が大であることはいうまでもない。特に科学・技術教育に携わる教師には、実験・観察の指導能力と、急速に発展しつつある科学技術に対する理解力とを兼ね備えた人材が要求される。しかるに、各都道府県においては、大学新規卒業生

の教員採用教が激減しており、この傾向が続けば、科学・技術系教科を担当できる若手教員が不足する事態を生ずると懸念される。日進月歩の科学技術に対応できる若手の理工系教員の補充が行われなければ、近い将来、科学・技術教育に深刻な影響を及ぼすことは必至である。従って、大学新規卒業生の教員採用数を確保する措置を強力に推進すべきであると考えられる。

実際に、実験・観察等を中心にして、児童生徒の関心を高め能力を育てる授業を行うためには、器具・設備などの物理的側面の充実も不可欠であるが、それにもまして、人的側面を充実しなければならない。このような授業を実施するには、小グループごとの指導が望ましく、児童・生徒数に対する教員の比率を高めることが必要である。このためには、目下導入がはかられている、複数の教員の協力による指導（チームティーチング）などを普及するための人的措置を推進することも有効であろう。また、実験助手の配置を推進する方策の検討も必要であろう。

〔付記〕 わが国の科学教育研究は長い歴史を持ち、関連する学会も多く、これらを通じて多くの重要な研究成果の発表、研究の交流が行われている。科学技術系人材の確保に関わる科学・技術教育の充実を図るためにはこれらの学会等の意見も十分に聴取することによって、その研究成果を汲み上げ、施策に反映させることが有効であると考えられることを付言したい。

日本学術会議だより

No.30

アジア学術会議 11月に開催

平成5年10月 日本学術会議広報委員会

今回の日本学術会議だよりでは、アジア学術会議、本年6月に閣議了解を得ました平成6年度日本学術会議共同主催国際会議の概要及び日本学術会議が本年度において実施する地域活性化施策推進事業等についてお知らせします。

アジア学術会議について

- 1 日本学術会議は、アジア地域の各国を代表する科学者を東京に招き、本年11月15日(月)から18日(木)までの4日間、アジア学術会議を開催します。
- 2 アジア地域との学術分野における交流の重要性については、「学術分野における国際貢献についての基本的提言」(平成5年4月、日本学術会議第116回総会採択)においても指摘されたところですが(「日本学術会議だより」(No.29)参照)、地理的、歴史的、文化的に多くの共通点を持つ近隣諸国間の交流は、それぞれの国の学術の発展、ひいてはその地域全体の学術の発展にとって極めて重要なことであります。

このことから、日本学術会議は、アジア地域の各国における学術研究の現状について情報交換を行うとともに、アジア地域における学術研究分野での連携・協力の在り方などについて討議し、併せてアジア地域の学術研究者間の相互理解と信頼を深めることを目的として、本年度からアジア学術会議を開催することとしました。

- 3 このアジア学術会議は、特定分野に限らない全学問領域にわたるアジア地域の科学者による連携・協力のための初の国際会議であり、その意義は極めて大きく、日本学術会議では、会議の成果をあげるため、既に本年4月、アジア学術会議実行委員会(委員長:渡邊格・日本学術会議副会長、副委員長:川田侃・同副会長)を設置し、関係学協会の御協力の下、開催に向け、鋭意、準備を進めているところです。

会議の概要は以下のとおりです。

- (1) 主 催
日本学術会議
- (2) 日 程
11月15日(月) 開会式(基調講演、特別講演等)
歓迎レセプション
16日(火) 会議(自由討議)
17日(水) 視察(筑波研究学園都市)
18日(木) 会議(自由討議)、閉会式
- (3) 会 場
三田共用会議所
〔東京都港区三田2-1-8〕
〔電話 03-3455-7591〕
- (4) 参加者
インド、インドネシア、シンガポール、タイ、大韓民国、中華人民共和国、日本、フィリピン、マレーシアの各国の学術推進機関(アカデミー等)から推薦された人文・社会科学系及び自然科学系の科学者21名

(日本からは、近藤次郎日本学術会議会長及び川田侃同副会長が出席の予定)

(5) 議 題

「アジア地域における学術の発展とそのための連携・協力について」

平成5年度地域活性化施策推進事業の実施について

—地域の過去、現在、未来を探る—

東京一極集中を是正し、国土の均衡ある発展を図るため、地域を活性化することの必要性が叫ばれています。この中で、地域において、情報発信能力を高め、産業技術の進歩、暮らしの質的向上を促す総合的な学術研究の力の向上は、「豊かな国民生活」を実現するために不可欠のことであり、また、国際的に開かれた地域を形成するためにも有効なことと考えられます。このため、日本学術会議では、本年度において、国土庁の地域活性化施策推進費を活用して、全国3か所での地域における産学官の協力による公開フォーラムの実施とその報告書作成を柱とする“ふるさと学会”開催事業を実施することとしました。

本事業は、地域を対象とする学術研究の成果を人文、社会、自然科学を網羅して総合的に取りまとめ、その地域の過去の歴史、現在の状態、将来の予想を明らかにし、地域のアイデンティティと将来像を考える一助とすることともに、この過程において、地域の産学官の連携や学術研究者と地域住民の交流をも促進することを狙いとするモデル事業と位置付けています。

平成6年度に開催する日本学術会議共同主催国際会議

日本学術会議は、昭和28年9月の国際理論物理学会議の開催以来、平成5年度までに135件の国際会議を関係の学術研究団体と共同して開催し、我が国のみならず世界の学術水準の向上に努めてきたところです。

平成6年度においても、次表の6会議を共同主催することとし、本年6月25日、これらの国際会議の開催とこれについて所要の措置を講ずる旨の閣議了解を得ました。

また、本年は、平成8年(1996年)度開催分の国際会議について共同主催の申請を受け付けており、締切りは12月10日です。

詳しくは、下記までお問い合わせください。

【問い合わせ先】

日本学術会議事務局学術部情報国際課国際会議係
電話03-3403-6291(内)254, 255

平成6年(1994年)度日本学術会議・国内学術研究団体共同主催国際会議概要

会議名	第8回国際神経・筋学会	第24回国際園芸学会議	第30回錯体化学国際会議
母体機関	世界神経連合	国際園芸学会	国際純正・応用化学連合
共催団体	日本神経学会	園芸学会	(社)日本化学会 錯体化学研究会
参加予定人数 参加予定国数	国外 1,100人 国内 800人 計 1,900人 [41か国・2地域]	国外 1,000人 国内 750人 計 1,750人 [88か国・2地域]	国外 300人 国内 700人 計 1,000人 [46か国・2地域]
開催時期	7月10日～15日(6日間)	8月21日～27日(7日間)	7月24日～29日(6日間)
開催場所	京都市(国立京都国際会館)	京都市(国立京都国際会館)	京都市(国立京都国際会館)
開催間隔	4年ごと	4年ごと	1ないし2年ごと
組織委員会 委員長	国立精神・神経センター 名誉総長 里吉栄二郎	東京農業大学農学部 教授 岩田正利	(準備委員会代表者)立命館大学理工学部 教授 大瀧仁志

会議名	第21回世界心電学会	第47回国際情報ドキュメンテーション連盟総会	第2回国際病態生理学会総会
母体機関	世界心電学会	国際情報ドキュメンテーション連盟	国際病態生理学会
共催団体	日本心電学会 (財)日本心臓財団	(社)情報処理学会 (社)情報科学技術協会 情報知識学会	日本病態生理学会
参加予定人数 参加予定国数	国外 500人 国内 1,000人 計 1,500人 [30か国]	国外 400人 国内 800人 計 1,200人 [55か国・1地域]	国外 500人 国内 800人 計 1,300人 [62か国・2地域]
開催時期	7月3日～7日(5日間)	10月2日～9日(8日間)	11月19日～24日(6日間)
開催場所	横浜市(横浜国際平和会議場)	大宮市(大宮ソニックシティ)	京都市(国立京都国際会館)
開催間隔	毎年	2年ごと	4年ごと
組織委員会 委員長	国立療養所中野病院 病院長 春見建一	国文学研究資料館 客員教授 藤原鎮男	日本臓器製薬株式会社生物活性科学研究 所 所長 大村裕

日本学術会議主催公開講演会
—— 女性科学研究者に期待する ——

日本学術会議は、学術の成果を国民に直接還元するための活動として、日本学術会議会員が講師となつて、市民を対象に年3回公開講演会を開催しています。

この度、次の公開講演会を開催しますので、お知らせします。多数の方々の御来場をお待ちしています。

- (1) 日時 平成5年11月26日(金) 13:00～16:30
- (2) 会場 日本学術会議講堂
(地下鉄千代田線「乃木坂駅」下車徒歩1分)
- (3) テーマ 「女性科学研究者に期待する」

(4) 演題及び演者

- ・女性科学研究者問題に関する日本学術会議の取組
須藤 一(第5部会員, 東北学院大学工学部教授)
- ・女性学ジェンダー論の発展と役割
加藤春恵子(第1部会員, 東京女子大学現代文化学部教授)
- ・自然科学分野に見られる女性進出とこれに伴う諸問題
本間 愼(第6部会員, 東京農工大学農学部教授)

・女性科学研究者の地位向上と基盤整備(スウェーデンを例として)

一 番ヶ瀬康子(第1部会員, 日本女子大学人間社会学部長)

(申込方法)

聴講(入場無料)を希望される方は、はがきに、郵便番号、住所、氏名を明記し、11月12日までに下記までお申し込みください(複数人の連記可、FAX送付可)。締切り後も、席に余裕があれば、受け付けますので、下記までお問い合わせください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34
日本学術会議事務局「公開講演会係」
TEL 03-3403-6291(代) 内線228
FAX 03-3403-6224

「日本学術会議だより」について御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34
日本学術会議広報委員会 電話03(3403)6291

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

第2回常務委員会

日 時 平成5年7月12日(月), 午後6時~8時

場 所 日本教育研究連合会 小会議室

出席者 平山勝美会長, 小林学副会長, 岡村三郎常務委員長, 石井醇, 大沢啓治, 榊原雄太郎, 渋谷紘, 馬場勝良, 間々田和彦, 水野孝雄の各常務委員

議 題

1. 平成5年度全国大会(北陸大会)準備状況について
文部省からも後援承諾が得られ, 7団体すべて揃った。

2. 北陸大会大会宣言について

小林委員が作成してきた宣言文の文案を検討した。検討されたことをもとに最終文を作成する。大会で採択された宣言文は関連学会機関等に送付予定。

3. 平成7年度以降の全国大会開催候補地について

6年度については北海道の苫小牧が予定されているが, 7年度以降はまだ未定であり候補地が検討された。

4. 平成5年度日本地学教育学会学術奨励賞審査委員会報告の取扱いについて

小川忠彦審査委員長から候補者(根岸潔氏)が本委員会に答申され, 承認された。

5. 平成9年度からの大学入試センター試験の出題教科と科目等について

平成6年度からの新学習指導要領に対応して, 出題教科・科目等をどのようにするかについて10月末までにセンターに回答する必要がある。9月末までに事務局にご意見を寄せてほしい。10月4日の常務委員会で検討する。

6. 日本教育研究連合会教育研究表彰候補者の推薦について

各学会・研究団体で1~2名以内の候補者を7月7日までに提出ということであったので, 日本地学教育学会からは会長推薦で石井醇・下野洋両氏を推薦したことが報告され, 了承された。

7. 入会者, 退会者について

平成5年度入会者としてつぎの3名を承認した。

秋吉博之 兵庫教育大学附属中学校

宍戸 勉 宮城教育大学附属中学校

白土 豊 岩手県大船渡市立博物館

平成5年度よりの退会者として下記3名を了承した。

塚野 勤 広島

本田 裕 三重

大久保真 青森

8. 「地学教育」の刊行状況について

46巻4号が印刷中である。

現在, 掲載待ちの論文がゼロとなった。査読結果で, 修正通知の際には, もっと修正内容を具体的にする。全国大会で論文になりそうな発表をした人に示唆してみる。等々の検討をする。

9. その他

1) 第3回地学教育シンポジウムについて

11月28日に, 学習院において, 「こうすれば生き生きしてくる地学教育」というテーマで行う。

2) 情報地質学会との共催シンポジウムについて

準備委員として2名推薦する。

3) 日本理科教育協会の副会長であった平山会長が, 協会の会長になったことに伴い, 小林副会長が協会の副会長になることを要請し, 承諾された。

報 告

1. 日本教育研究連合会理事会について

6月2日に行われた理事会の報告が常務委員長からあった。

2. 寄贈および交換図書について

以下の図書があった。

地質ニュース	1993-4	地質調査所
地学研究	42-1	日本地学研究会
理科教育研究	32-2	千葉県総合教育センター
研究報告	148号, 149号	新潟県立教育センター
地学雑誌	Vol.102 No.3	東京地学協会
静岡地学	67号	静岡県地学会
理科の教育	7	日本理科教育学会
山口博物館研究報告19号		山口県立山口博物館
山口県の自然	53号	山口県立山口博物館

・寄贈および交換図書の保管場所について, 学芸大学も飽和状態となってきたので, 検討が必要である。

3. その他

1) 「理科教育振興法制定40年を顧みる」が本会に30部寄贈された。(回覧資料参照)

2) 夏の特別展「青少年のための科学の祭典」が7月24日から科学技術館で開催される。よい企画のようである。関連教育学会が後援している。

回覧資料

- ・「理科教育振興法制定40年を顧みる」奥出政清著, 第一学習社, 1993年発行
- ・「第3回“基礎研究の新興と工学教育”シンポジウム」の案内の本会機関紙への掲載依頼
- ・夏の特別展「青少年のための科学の祭典」のパンフレット

紹介

天文教育普及研究会編 「宇宙をみせて」 1993年8月 恒星社刊 定価2678円（消費税込）

前書きにもあるように、本書を書店で手に取る人は、実際に星の美しさや不思議さに驚いたことのある人たちであろう。美しいものを見たり、不思議な体験をすると、人は子どものように、その体験を人に話したくなるものである。

星を見ることは難しいことではないが、星を語ることはなかなか大変なことである。本書は、「こうすれば、星を簡単に語ることができますよ」と、示しているように思われる。

本書は、まず星を見るために、「1章 天体観望会」「2章 観望を始めるにあたって」と、使用する機材や道具を含めて解説している。次に、学校・社会教育施設・宿泊別に、どのような形態で、どのように星を見せたらよいか、を「3章 はじめて観望会を開く人のために」「4章 いろいろな観望会」と紹介している。本書の中心である「5章 観望天体ごとのすすめ方」では、星座・月・惑星・太陽など14項目にわたって、各天体ごとにその内容を2～4頁にコンパクトにまとめている。この中では、視覚障害者や下肢障害者の天体観望についてふれている項目もある。この5章の索引にはちょっとした工夫があり、一目で時間・場所・使用器具・人数まで分かるようになっている。また、天体観望会の天敵である、曇天や雨天への対処まで丁寧に書かれているのはうれしい。「6章 資料」では、参考文献のほか、観望会を開催できる施設が一目でわかる一覧表から、いざ書くとしたら、なかなか難しい関係各機関や父兄あての提出書類の雛形が、掲載されている。さらに、かゆいところに手が届くような「天体観望会 Q&A（困ったときに見るページ）」は、大変便利である。B5版で、やや重量感があるが、いろいろな状況に対処しなければならぬ天体観望会を考えると、やむを得ないだろう。

最後に、本書の執筆者を見ると、各教育現場などで中堅として現在活躍している人たちであった。本書の紹介にはそぐわないが、1989年に発足した天文教育普及研究会が発足間もないのに、これほどの本が出版できた原動力をかいま見ることができたことを記しておきたい。

（間々田）

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 46, NO. 6.

DEC., 1993

CONTENTS

- A Practice of Geological Mapping by Combined means of
Field surveying and Aerial photograph Interpretation.....
.....Keiichi HAYASHI...199~215
- A Method for Graphic description of Crystal Forms.....Jou TANIYAMA...217~222
- Proceedings of the 47th Annual Meeting of the Society (223~229)
News (227~230) Review (216)
Proceedings of the Society (234)

All Communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

c/o Tokyo Gakuji University; Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan

平成5年11月25日 印刷 平成5年11月30日 発行 編集兼発行者 日本地学教育学会 代表 平山勝美
184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内 電話0423-25-2111 振替口座 東京6-86783