

地学教育

第48巻 第4号 (通巻 第237号)

1995年7月

目次

原著論文:

高等学校における酸性雨とそれに関連した現象についての学習の試み

—地学クラブの調査データを活用して—……………萩原 彰…(139~146)

コリオリ力の巨視的理解—コンピュータ

グラフィックを活用して—……………横尾武夫・柴山元彦・福江 純…(147~156)

総説

砕屑性クロムスピネルから読みとれる上部マントルかんらん岩組成の

時間的变化—北海道東部, 古第三系浦幌層群の例—……………七山 太…(157~169)

紹介 司馬江漢著: 司馬江漢全集第三巻 啓蒙, 窮理編 (170)

学会記事 (173) 日本学術会議たよりNo.37 (171~172)

役員選挙に関する公示 (表2)

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

役員選挙に関する公示

1995年10月2日

正会員各位

日本地学教育学会 選挙管理委員会

役員候補者の推薦について

「役員選挙についての細則」に基づいて、1996年度役員（会長および評議員）の選挙をいたしますので、ついでには細則により会長および評議員候補者の推薦をお願いいたします。

〔参考〕役員選挙についての細則

4. 会長候補者の推薦は、正会員5名の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が12月1日から12月25日（消印有効）までに、選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。

5. 評議員候補者の推薦は、正会員3名以上の署名捺印した推薦状に本人の承諾書を添えて、推薦者が12月1日から12月25日（消印有効）までに、選挙管理委員会（事務局）に届けるものとする。

（注）会則および細則の全文は、会員名簿1990年11月発行を参照して下さい。

現在の役員は、下記の通りです。

- 1) 1995年度で、任期の切れる会長（再選を認められています） 岡村三郎
- 2) 1995年度で、副会長（会則第11条第2項＝会長が評議員の中から指名する）の任期が切れる方（評議員として再選を認められます） 石井 醇，赤木三郎
- 3) 1995年度で、任期の切れる評議員（再選を認められています）
北海道・東北地区：照井一明，関東（東京）地区：増田和彦，蒔田眞一郎，長谷川善和，中部地区：遠西昭寿，近畿地区：小倉義雄，中国・四国地方：岡本弥彦，九州・沖縄地区：飛田眞二
会長指名：石井良治，赤塚正明，間々田和彦，栗原謙二，榊原雄太郎，水野孝雄，松川正樹
- 4) 1996年度も、評議員の任期がある方（推薦しても無効）
北海道・東北地区：中村泰久，河村 勤，関東（東京）地区：渋谷 紘，馬場勝良，小川忠彦，菅野重也，円城寺，守，山崎良雄，中部地区：藤 則雄，遠藤祐神，近畿地区：横尾武夫，小田公生，中国・四国地区：秦 明德，依藤英徳，九州・沖縄地区：阪口和則，八田明夫
会長指名：佐藤俊一，横尾浩一，下野 洋，猪郷久治，磯部秀三，平野弘道，二上政夫

第4回 地学教育セミナー

日 時 1995年10月22日（日）10：00～16：00 会 場 学習院百周年記念館

テーマ 比較惑星学と地学教育

内 容 講演 惑星研究の最前線 松井孝典氏 実践交流 総合討論 他
日本地質学会 地学団体研究会と共催

郵便振替口座番号の変更について

口座番号：00160-3-86783

加入者名：日本地学教育学会

会費納入について

本年度分の会費5,000円をご納入下さい。送金は振替口座をご利用下さい。（会計係）

お詫び

諸般の事情により「地学教育」の発行が遅れておりますことお詫びいたします。

高等学校における酸性雨とそれに関連した現象についての学習の試み

——地学クラブの調査データを活用して——

荻原 彰*

1. はじめに

近年、環境教育の必要性が注目されるのに伴い、水質汚濁、地球温暖化など環境問題が教材化されつつある。とりわけ、酸性雨は地球規模の大きな問題であるとともに、身近な問題でもあることから、多くの学校で取り上げられている。たとえば長野県教育委員会の環境教育資料集(1994)には、学区のさまざまな場所から採取した雨水を使ったpH測定を高校の理科の授業で行っている例が取り上げられている。

ところで、授業で酸性雨あるいはそれに関連した現象を扱う場合には、授業時間の制約、交通手段の不足やかなりの人数を連れてゆかなければならないことによる手不足など野外調査に伴う困難があるために、生徒の手による調査はpH測定などの限定されたものにならざるを得ない。一方、理科クラブの活動ではそうした制約は少なく、ある程度専門的な調査が可能である。またクラブ活動では、地域の自然を対象としていることが多く、同じ学校の生徒が調査していることもあり、その調査結果を授業に使用することは、教材への生徒の親近感を増すことにつながる。

そこで本研究では、須坂高校地学部気象班(以下、地学部と記す)がこれまで調査してきた酸性雨に関する調査結果を活用した教材開発を行い、それにもとづく授業実践と教材評価をおこなった。

2. 教材化の基礎となった調査結果について

(1) 酸性雨の実態

地学部では1991年及び1992年の春～夏にかけて、須坂高校での降水(初期降雨)の酸性度をpHメーターで調査した。降雨はすべて採取できたわけではなく、断続的になっているが、表1(1992年のデータ、授業

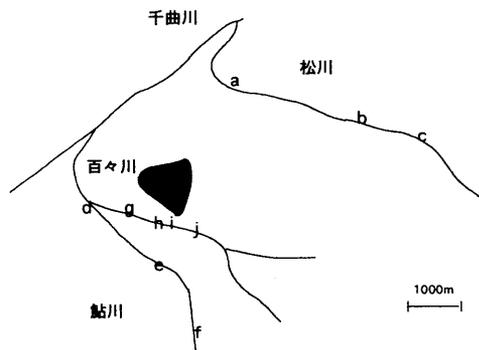
ではこのデータを使用した)のように採取した雨についてはすべて酸性雨であることがわかる。

また、山本(1989)は上越から菅平(須坂も含まれる)までの地域において雪の酸性度を調べているが、それによると須坂ではpH4.47の雪が降っている。

酸性雨は植物に被害を与えていることが多い。しかし植物の場合は台風被害、微生物との関係、土壌による中

月日	pH	月日	pH
4/24	5.0	6/6	4.4
5/1	5.4	6/13	4.9
5/2	5.3	6/14	5.1
6/2	5.0	6/27	4.0
6/3	5.4		

表1 雨水のpH(1992)



酸性つららが5個以上の橋を表示、川についてもそれらの橋に関係のある部分だけを描いてある
 a 松川橋 b 不動岩橋 c 高山大橋 d 落合橋
 e 大宮橋 f 板倉上橋 g 市川橋 h 高南橋
 i 臥電橋 j 百々川橋
 影がついているのは須坂の市街地

* 長野県須坂高等学校
 1994年10月5日受付 1995年5月6日受理

図1 橋の位置

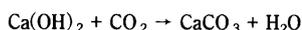
松川		鮎川		百々川	
松川橋	24	落合橋	16	新百々川橋	1
下松川橋	0	九反橋	0	百々川新橋	1
不動岩橋	9	中鮎川橋	2	市川橋	30
高山大橋	14	上鮎川橋	0	米持橋	3
		冬宮橋	0	高甫橋	11
		下八町上橋	0	臥竜橋	18
		羽子板橋	0	百々川橋	7
		午橋	0	大日向二号橋	3
		久保山橋	0	夏端橋	6
		大宮橋	5	大日向一号橋	0
		栃倉下橋	0	下河原橋	0
		栃倉上橋	19	豊里橋	0
		小峽橋	1	和合橋	0

表2 酸性ツララの数

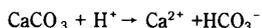
和など複雑な要素がからんでおり、酸性雨と特定地域の植物の被害との因果関係を示すのは、必ずしも容易ではない。そこで地学部では比較的調査しやすく、因果関係もわかりやすい酸性つらら（橋や建物などのコンクリートが雨水によってとけだし、再結晶して形成されたつらら状のもの）を研究テーマとして選び、須坂を流れる百々川、鮎川、中野を流れる松川の橋について酸性つららの調査を行った。その結果を表2に示す。各橋の位置については酸性つららが5個以上の橋を図1に示す。

酸性つららは、小林・宇野（1991）によると次のような過程をへてつくられると考えられる。

①コンクリートの微小な割れ目をとおって入りこんできたCO₂とコンクリート成分中のCa(OH)₂が反応



②酸性雨がコンクリートの割れ目から入り込んでくると、われめの中のpHが低下し、H⁺が増える。そのため



の反応が進み、CaCO₃が溶解してゆく。

③上記②の反応と同時に、酸性雨中の硫酸(H₂SO₄)や硝酸(HNO₃)とCaCO₃の反応が進行する。



この反応でできたCO₂はCa(OH)₂がCaCO₃に変化する①の反応をさらにすすめる。

④②の反応でできたCa²⁺とHCO₃⁻を含む溶液がコンクリート中のひびわれを通して下降し、大気に接すると②の反応の逆反応が起こり、CaCO₃が結晶し、CO₂は大気に逃げてゆく。



この反応でできたCaCO₃がつららをつくる。

表2からわかるように多くの橋で酸性つららが観察される。

なお酸性つららは必ずしも酸性雨の影響によるものではなく、中性の雨であってもつららは生成するという実験結果もあるが（渡辺ほか、1992）少なくとも酸性雨によってその成長が促進されると考えられる。

(2) 酸性雨の原因となる物質について

地学部では1987年に酸性雨をもたらす原因物質の一つである窒素酸化物について、須坂市における濃度分布を調査している。この調査は筆者が指導したものではないが、当時の資料が残っており、授業ではこの資料を利用した。その概要を述べる。

測定方法はトリエタノールアミン濾紙法を用いて、比色定量を行った。

①須坂市内におけるNO₂濃度分布の調査

須坂市街地を中心とした南北1.5km、東西2kmの範囲を500m間隔でそれぞれメッシュに区切り、その交点においてNO₂濃度の調査を行った。結果を図2に示す。このことから次のことがわかる。

(a) 須坂市内の中心部における濃度が高い。

(b) 市中心部から南東方向に濃度の高い部分が伸びている。ここは菅平へ伸びる幹線道路（国道406号線）沿いであり、しかも谷沿いに道路が走っており、排気ガスが逃げにくい地形である。

②須坂市（一部長野市も含む）における交通量とNO₂濃度の関係

この調査は交通量とNO₂濃度の関係を調べた調査である。NO₂濃度と交通量は表3のとおりである。なおNO₂を測定した日時を明記すべきであるが、資料に記載がなく、特定できない。

交通量とNO₂濃度は養堂トンネルを除くと大きな正の相関がある（相関係数は0.97）。ここから須坂におけ

	交通量	NO ₂ 濃度
18号線と406号線合流点	23829	74
村山駅前	12352	51
塩川	9378	27
養堂トンネル	933	51
ショッピングセンター前	4962	13
春木町交差点	9641	34
立町交差点	4347	12

表3 交通量とNO₂濃度（交通量は自動車の12時間あたり通行台数、NO₂濃度はμg/100cm³・day）

地点名	NO ₂ 濃度	地点名	NO ₂ 濃度	地点名	NO ₂ 濃度
A	22.4	G	35.2	M	8.0
B	17.6	H	19.2	N	24.0
C	38.4	I	9.6	O	17.6
D	32.0	J	24.0	P	14.4
E	12.8	K	27.2	Q	28.8
F	40.0	L	17.6	R	6.4

表4 NO₂の測定地点とNO₂濃度
(濃度は $\mu\text{g}/100\text{cm}^2 \cdot \text{day}$)

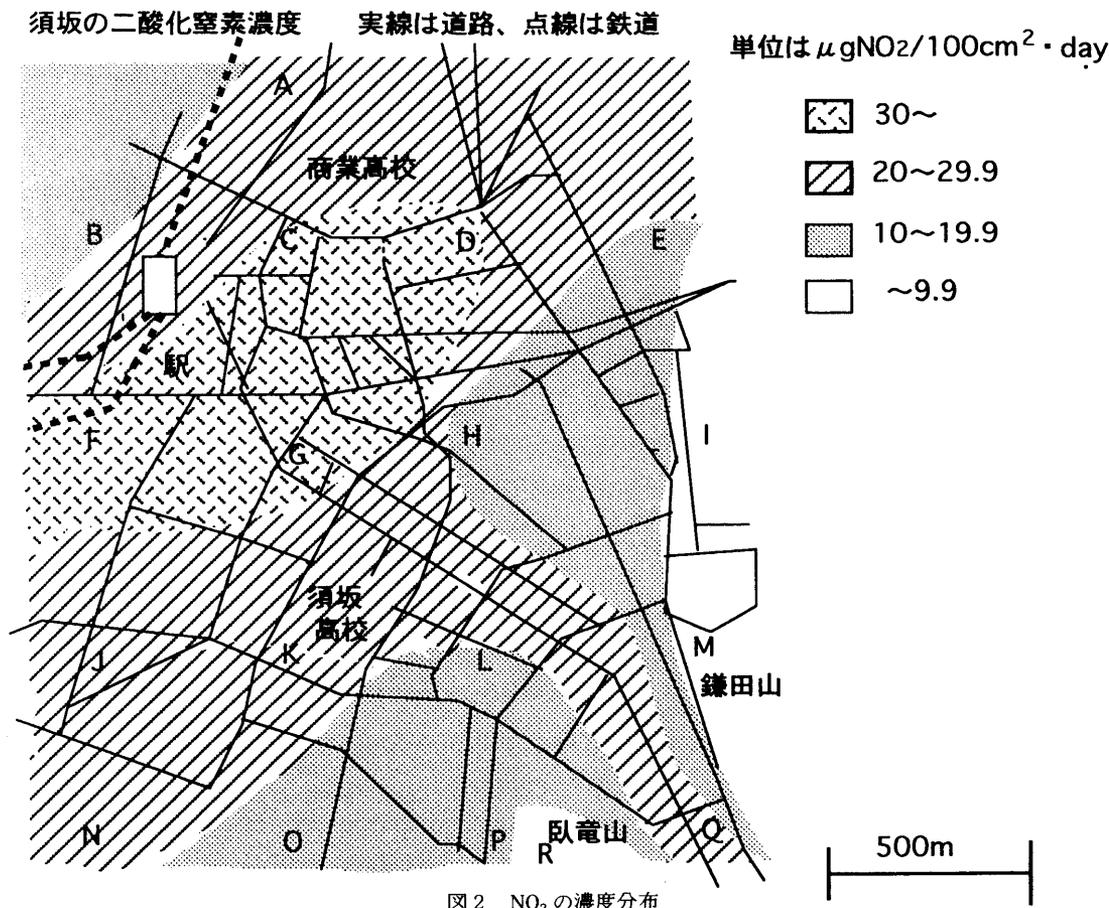


図2 NO₂の濃度分布

るNO₂の主要発生源は自動車であることが推定できる。一方トンネル内は空気の循環が滞りやすいことから、NO₂が滞留してしまい、交通量の少ないわりにはNO₂が高濃度になると考えられる。

3. 教材の内容

本教材のねらいは、生徒が地域の実態に即して酸性雨を理解し、さらに地球的規模で酸性雨対策を考えられるようになることにある。そのために次のような構成と時

間配分をとった。

第1次 酸性雨の実態とその影響

酸性雨の世界的な実態と生徒自身の住んでいる地域にもその影響が及んでいることを知る。

第2次 酸性雨の原因となる物質

イオウの燃焼実験を行い、イオウを含む化石燃料を燃やすと酸性雨の原因物質(イオウ酸化物)が生じることを知り、また各種の酸性雨がでるしくみを知る。

第3次 原因物質の発生源

学習内容	学習指導の展開
〈導入〉	・VTR「地球と環境No.2酸性雨」(日本原子力文化振興財団製作)の酸性雨の被害に関する部分を視聴する
〈講義〉	・須坂(本校のある地域)においても酸性雨が降っていることを地学部の調べたデータより知る。 ・酸性つららの産状を写真より知り、酸性つららが須坂地域でみられることを地学部調査によるデータより知る。
〈観察とスケッチ〉	・酸性つららを採取したものを2方向からみてスケッチを行い、その形、色などの特徴を観察し発表する
〈まとめ〉	・酸性つららのできるしくみを化学式により知りまたその形態の特徴よりつららの成長するしくみを知る。

表5 第1次の学習指導

酸性雨の原因物質の一つである窒素酸化物についての地域のデータから自動車汚染源になっていることを知る。

第4次 原因物質の移動と酸性雨対策

酸性雨の原因となる物質は広域を移動することから、国際的対策が必要であることを知り、そのために日本が何をできるかを考える。

以下、具体的な内容を述べる。

(1) 酸性雨の実態とその影響

ここでは酸性雨が世界各地、また自分達のすんでいる地域にも降っていること、そして酸性雨の影響の一端とも考えられる酸性つららを通して酸性雨の影響が身の回りで見られることを理解することをねらいとしている。

これらの目標を達成するため、表5のように学習指導を行う。

なお酸性つららについては、酸性雨がその成長を促進させ、コンクリートを劣化させる可能性があるという考えだけではなく、酸性つららができるのはコンクリートの中性化の過程で起きる通常の現象で、構造物の強度には影響を与えないという考えもあることも扱う。

(2) 酸性雨の原因物質

ここでは酸性雨のできるしくみを理解することをねらいとし、表6のような学習指導を行う。

(3) NO₂濃度と自動車交通量の関係

ここでは、地学部の調査したデータにもとづき、生徒自身も受益者になっている自動車が、環境汚染源になっていることを実感させることを目標とし、表7のような

学習内容	学習指導の展開
〈生徒実験〉 イオウの燃焼実験	・イオウを燃焼させ、それによって生じるSO ₂ を水に溶かすと強い酸性を示すことを理解する。 燃焼サジで燃やしたイオウを集気ビン中の水に溶かし、pHを測定して強酸性を示すことを知る
〈考察〉	・石油・石炭等の化石燃料はイオウを含むことから、このような燃料を使い、二酸化イオウの発生源となるものを考える。
〈講義〉	・酸性雨の原因物質となるイオウ酸化物、チッソ酸化物の排出源の種類と排出量の動向を知り、また乾性沈着や湿性沈着でどのような物質が降下してきているかを知る。またその排出量が日本においては特にチッソ酸化物を中心にその削減が進んできていることを理解させる。

表6 第2次の学習指導

学習内容	学習指導の展開
〈実習〉	・本校地学部の集めた須坂市の18地点のデータからNO ₂ 濃度の分布図を描く。
〈考察〉	・分布図からどんなことがいえるか考察する。 なぜ市の中心地域ではNO ₂ 濃度が高いのか。 市南東部に向かって帯状にNO ₂ 濃度の高い地域が伸びているが、なぜか。
〈実習〉	・地学部の調べたデータから交通量とNO ₂ 濃度の関係をグラフ化する。
〈考察〉	・NO ₂ 濃度と交通量の関係を考える。 また交通量が増えればNO ₂ 濃度が増えるという一般的な関係からはずれた場所(糞堂トンネル)についてその原因を考える

表7 第3次の学習指導

学習指導を行う。

(4) 酸性雨の原因物質の移動と酸性雨対策

ここでは次のことをねらいとする。

酸性雨をもたらす物質は排出源近傍だけでなく、風によって遠方へ運ばれて、そこでも酸性雨をもたらすこと

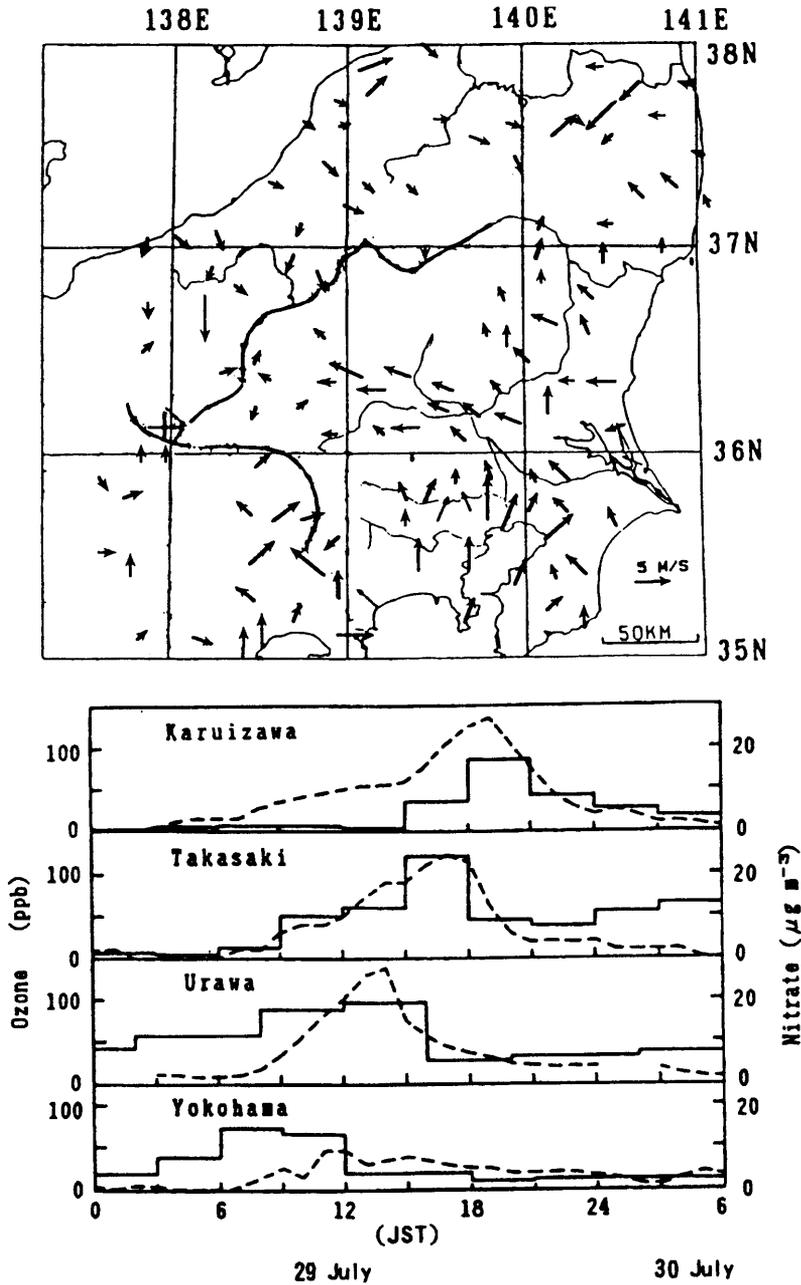


図3(上) 1983年7月29日日本標準時15:00における地上風

太い線は日本海からの風と太平洋からの風の収束する場所を表す。十字線は低気圧の中心を表す。(引用は SATSUMABAYASHI H., KURITA H., 1992 Diurnal Variation of OH Radical and Hydrocarbons in a Polluted Air Mass during Long Range Transport in central JAPAN. Atmospheric Environment, Vol. 16, No. 15 より)

図3(下) 1983年7月29日の日中におけるオゾンと硝酸の濃度の変化

オゾンは点線, 硝酸 (HNO_3 と NO_3^-) は実線で表す。(引用は SATSUMABAYASHI H., KURITA H., 1992, Diurnal Variation of OH Radical and Hydrocarbons in a Polluted Air Mass during Long-Range Transport in central JAPAN. Atmospheric Environment, Vol. 16, No.15 より)

学習内容	学習指導の展開
【講義】	1983年7月29日におけるオゾンおよび窒素酸化物濃度の横浜、高崎、浦和、軽井沢での経時的变化のグラフと当日の関東～長野県の風系から汚染物質が東京湾岸から遠く長野県まで輸送されてきていることを知る。また中国や朝鮮半島からの季節風による汚染物質輸送もあることを知る。
【討論】	酸性雨を防ぐため、我々日本人はなにをなすべきかを、班別に討論する。その際、化石燃料にかわる代替エネルギーやエネルギーの節約、脱硫・脱硝装置について記した資料(使用したのは村野健太郎「酸性雨と酸性霧」(1993)と広瀬弘忠「酸性化する地球」(1990))を参考とする

表8 第4次の学習指導

を知る。またこのような酸性雨の特性から、酸性雨対策は国際的協力が必要であることを理解し、日本の果たすべき役割を考えられるようにする。この目標実現のため次のことに配慮する。

①公害は遠くの都会のことで、本校の立地するような田園地帯には関係ないという先入観を打破するため、東京湾岸からの汚染物質の長野県内への輸送という事象を扱う。なお使った資料は Satsumabayasi & Kurita (1989) から引用する (図3)。

②季節風による大陸からの汚染物質の輸送に触れ、中国の工業化に伴う汚染は日本にとっても重大なことであり、国際協力による汚染防止が必要という観点を強調する。学習指導は表8のように行う。

4. 授業に対する生徒の反応

「3. 教材の構成」の授業計画に従って、授業を実践してみた。4時間の予定だが、交通量とNO₂の関係については一部を自習時間の課題にしたため実際にかけた時間は4時間よりやや多い。実施の対象としたのは長野県須坂高校の選択地学受講者29名で、実施時期は1993年10月上旬である。生徒はpHについては履修済みである。

生徒の反応を見たのは酸性つららの観察、NO₂濃度と交通量の関係の推測、酸性雨の対策についての3つなので、それぞれについて述べる。授業の評価としては事前・事後の知識調査などが考えられるが、教材の目的が知識を得ることだけではなく、自分自身の意見を形成するきっかけをつくることにもあるため、生徒の記述か

ら、授業の目的が達せられたかどうか判断した。

(1) 酸性つららの観察について

酸性つららの観察については

- ・中に空洞ができています
- ・もろい
- ・酢のようなにおいがある
- ・層がいくつもかさなり、形成されている
- ・穴の中に粒状の細かいものがある
- ・軽い
- ・中は真っ白で貝殻のようだが、表面は薄暗い色
- ・うずをまいているようだ
- ・うすくて硬いまくのようなものが何枚も重なっている

これらに見られるように、酸性つららの特徴である空中で結晶成長の跡が観察されている。

観察に先立ち、観察を促進するねらいからスケッチも行った。酸性つららの写真とスケッチを図4に示す。

(2) NO₂濃度と自動車交通量の関係

NO₂濃度分布図における各測定点での測定値の変化に関する考察については次のような記述が見られた。

- ・NO₂濃度の高い場所というのは、須坂市の中心地で、車の交通量も多い。そのため排出されるNO₂濃度も高くなる。
- ・道路にそって濃度の高くなっているのは自動車の排気ガスによるものだろう、市街地が特に濃度が高くなっているのは、車が通り過ぎるだけでなく、市内をめぐるからだろう

というように市街中心地での交通量の多さに原因が求められている。また

- ・須坂市はまわりが山で囲まれているため、市街地で発生したNO₂がまわりに発散されず、停滞するからと地形的要因をあげる生徒も見られた。

一方交通量とNO₂濃度との関係の考察については

- ・交通量が多くなると、それだけ排気ガスが多くなるので、それに比例してNO₂濃度も増す

に代表されるように交通量とNO₂濃度に正の相関を認めた意見がほとんどであった。しかしトンネルを例外的な場所と考えず、相関を認めなかった生徒が2人だけだったので、須坂地区ではNO₂を大量に排出するような事業所はなく、交通量の影響でほぼ濃度が決まってくることを各班による討論後、教師側で補足した。交通量とNO₂の一般的な関係からはずれた例外的な場所(養堂トンネル)が見られる理由についての考察については

- ・トンネルによって、車から放出されたNO₂が拡散されないため

・空気の循環があまりないので、NO₂がたまってしまっていると思う

のように、トンネル内外の空気の交換の悪さに注目する意見が多かったが、

・トラックなどの大型車がよく通る
という意見も見られた。

以上を総括するとNO₂濃度と自動車についての関係はほぼ理解されたといえる。

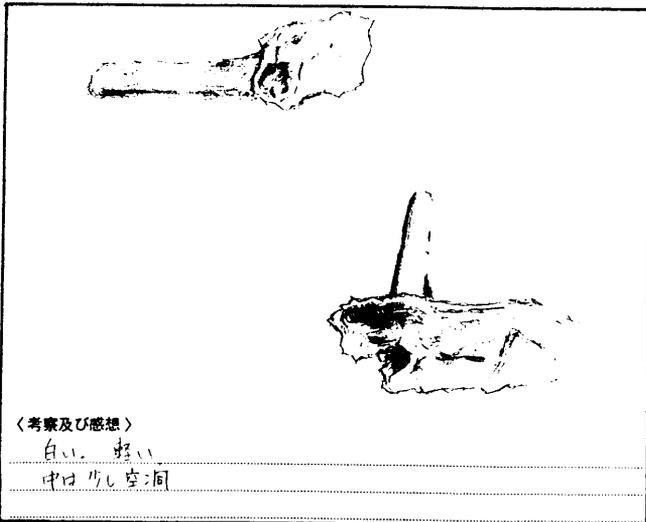


図4 酸性つららの写真とスケッチ

(3) 酸性雨をふせぐために日本人が何をすべきかについて

この部分については意見が多岐にわたり、目的の達成度について一概に言えないが、大きくわけて、具体的対策を求める意見、意識啓発を求める意見、国際協力を求める意見の3種類があった。以下それを例示する。

《具体的対策を求める意見》

- ・水素で走る車を開発すべきだ
- ・SO₂やNO₂が発生する過程において、それらを安全な気体に変えるような技術を開発すべきだ
 - ・省エネルギーに努める
 - ・電気や車の節約
 - ・バスや電車などの交通網をより発達させ、マイカーでの移動をなるべく少なくして、排気ガスをおさえ、燃料を節約する
 - ・排気ガスなどの法的規制をもっと厳しくする
 - ・火力発電を減らし、原子力や自然の力を利用した発電を進める

《意識啓発を求める意見》

- ・一人一人の酸性雨に対する認識を高める
- ・一人一人が省エネルギーに協力すれば、かなり大きな抑制体策になる
- ・日本人すべてが汚染源であることを認識し、政府を中心にもっと意識の向上をめざすべきだ
- ・環境に関する教育をもっと多くすべきだ
- ・学校で酸性雨についての勉強を必須にすべきだ

《国際協力を求める意見》

- ・(日本の)世界最高水準の技術を少しでも多く地球を守る方向へ応用し、世界各国と協力すべきだ
- ・日本はもっと発展途上国に対して技術援助をすべきだ
- ・周辺各国と協力し、有害物質の排出を少なくすべきだ
- ・日本のような先進国が環境保護のために途上国を援助するのは義務だ
- ・日本の技術は高いので、お金だけでなく、技術や技術者の援助も行えば良いと思う
- ・日本は発展途上国と同じこと(酸性雨)をくりかえさせないように技術補助だけでなく、公害についてのアドバイスをしたらよい

以上をまとめると、参考文献をうのみにしている面も見受けられるが、生徒の酸性雨防止への認識はかなり深まったと思われる。

5. おわりに

酸性雨について酸性雨の実態、原因物質、原因物質の一つであるNO₂と自動車との関係、原因物質の移動と酸性雨対策の各項目について地学部の調査結果を利用した教材を作成し、またその実線を行った。生徒の反応からこの教材は酸性雨の理解に有効であったといえる。

高等学校においては何らかの形で理科クラブが存在し、地域の自然を研究の対象としている事が多い。その貴重なデータを利用することにより、より地域の自然に密着した授業が可能であろう。本研究では酸性雨を題材としたが、その他にも川の汚染や地域の地質などいろいろな題材が考えられ、それらを教材化してゆくことを考えている。

謝 辞

本論文は原子力文化振興財団のクロスカリキュラムプロジェクトの一環として行われた実践をまとめたものであり、実践を行うにあたり、信州大学教授飯利雄一氏には終始懇切なご指導をいただいた。また信州大学教授干

川圭吾氏、元神戸大学教授恩藤知典氏、元東京大学教授綿抜邦彦氏には有益な助言をいただいた。財団職員の方々には様々な便宜をはかっていただいた。ここに記してこれらの方々に謝意を表す。

参考文献

- 小林一輔・宇野祐一, 1991, 酸性雨によるコンクリート構造物の劣化機構に関する研究. コンクリート工学年次論文報告集, 13巻, 1号, 615-620.
- SATSUMABAYASHI H., KURITA H., 1992, Diurnal Variation of OH Radical and Hydrocarbons in a Polluted Air Mass during Long-Range Transport in central JAPAN. *Atmospheric Environment*, Vol. 16, No. 15, 2835-2844.
- 長野県教育委員会, 1994, 環境教育指導資料集, 99 p
- 広瀬弘忠, 1990, 酸性化する地球. N H K ブックス, 214 p
- 村野健太郎, 1993, 酸性雨と酸性霧. 裳華堂, 179 p
- 山本豊, 1989, 降雪中に含有される化学組成の地理的分布とその教材化. 地学教育, 42巻, 6号, 243-250.
- 渡辺博志・河野広隆・堤博文, 1992, コンクリート構造物に及ぼす酸性雨の影響に関する研究. コンクリート工学年次論文報告集, 14巻, 1号, 909-914.

荻原 彰: 高等学校における酸性雨とそれに関連した現象についての試み, 地学教育, 48巻, 4号, 139~146, 1995.

キーワード: 酸性雨, 大気汚染, 高等学校地学, クラブ活動, 教材開発

要約: 高等学校の地学クラブの研究結果を使い, 酸性雨に関して地域の実態に即した形での教材開発を行った。扱っている内容は雨水の酸性度, 酸性つらら, 市街地を中心としたNO₂濃度などである。

生徒の反応からみて酸性雨の理解に有効な教材であったと思われる。

Akira OGIWARA: The trial of learning material about Acid rain and relating things in High school. Using the study of school science club. *Educat. Earth Sci.*, 48(4), 139~146, 1995.

コリオリカの巨視的理解

—コンピュータグラフィックを活用して—

横尾 武夫*, 柴山 元彦**, 福江 純*

I はじめに

高校地学の教科内容には力学に関係する教材が含まれている。基本的な項目として万有引力、重力、ケプラー運動などがあげられるが、さらに高校生にとって難解と思われるものとしてジオイド、潮汐力、歳差運動、それにコリオリの力などが加わる。これらの力学教材には、高校物理における内容よりも高度な基本原理の理解を必要とする場合がある。とはいえ、それぞれは地学現象の理解のために避けては通れない項目であるため、力学が関わる地学現象を生徒にどのようにして理解させるかは、現代地学教育における重要な課題の一つであるといえる。

その中であって、特にコリオリカは、気象現象の基本原理の重要な一つであり、難しい力学的な内容を含むにも関わらず、高校地学の教科内容には必ず含まれる項目である。コリオリカを如何に指導するかの教育研究が、これまでに多くなされ、さまざまな試みと提案がなされてきた(菊地, 1976)。

本論では、コリオリカを教えるときに必要な基本的な概念と、高校地学で従来から行われている指導方法の内容を再考して、その問題点と、理解のために必要な最小限の原理が何かを探りたい。さらに、コリオリカをどのように教えるかの課題に対して、新しい試みを提案したい。ここでの提案は、コリオリカを力学ではなく純粋な運動学として取り扱うこと、さらにそれを地球規模の運動として取り扱う方法が含まれる。そのために、教具としてのコンピュータグラフィックによる3次元シミュレーションを開発した。このソフトの概要と、実際に高校学校で新しい指導要領における地学I Bの授業においてこのソフトを活用した実践例をここに報告する。

II 「コリオリカ」とは何か

1 コリオリカの指導法

コリオリカは大気や海流などの地球規模の運動を支配する力学法則の一つである。大気の運動では、気圧傾度力などの他の力と結合した現象として現れ、高等学校地学ではそれらを総合して教えられる。ここでは、コリオリカの成分だけに注目し、考察を加えたい。

コリオリカの存在を力学の基本原則にもとづいて学習するための標準的な指導方法があるとすれば、それは次にのべるような4つの段階(ステップ)から構成されるだろう(山内, 1961)。

(1) 運動と力の関係:

ここでは、基礎となる運動の法則を正しく理解している事が前提となる。ニュートンの力学第一法則では「力が働かない物体は等速直線運動する」と宣言されている。すなわち、物体の運動の速さが変化したり、方向が変化したりする場合は、その物体には力が働いているのである。そしてその速度の変化率すなわち加速度は、第二法則「運動の加速度はその物体に働く力に比例する」に従う。

(2) 回転座標系における見かけの力:

物体の運動は時刻と座標で記述される。準拠する座標そのものが絶対空間に対して加速度運動している場合は、物体に実在の力が作用しない場合でも加速度が観測される。その加速度に対応する力が「見かけの力」である。準拠する座標が静止空間に対して回転している場合も各点で異なる加速度運動をしているから、やはり見かけの力が観測される。回転座標系において物体に働く見かけの力は、原点(回転中心)に関して動径方向に働く遠心力と、進行方向に垂直な向きに働くコリオリカとに分けられる。

(3) 地球の自転にともない地面が鉛直軸の周りに回転している:

大気や海洋の運動を考察するときの基準となる座標は地表に固定した座標である。この座標系は地球自転にと

*大阪教育大学地学教室天文学研究室

**大阪教育大学付属高校天王寺校舎

1995年2月9日受付 5月6日受理

もない極軸（地球の自転軸）の周りを回転する回転座標である。従って、この座標で観測した物体の運動には(2)で述べた見かけ力が働く。ここでは地表に沿った運動のみを考えているため、地表面の鉛直軸回りの回転に注目することになる。その角速度はその地点の緯度 ϕ に依存し、地球の自转角速度を Ω とすると $\Omega \sin \phi$ となる。

(4) 大気や海洋の運動においてコリオリ力が働く：

地球上のスケールの大きい運動を「物体の滑らかな地球表面に沿った自由運動」と考える。これを地表に固定した座標で観察すると、(2)と(3)の理由によって「見かけの力」が働いている。これをコリオリ力という。コリオリ力の向きは北半球と南半球で反対方向となり、力の大きさは緯度に依存する。大気の運動や海流などの地球規模の運動にはこのコリオリ力が重要な働きをする。

2 高校地学教科書での扱い

高等学校の地学の教室において、1で述べた指導方法の各段階を確実に踏んだ授業が行われているわけではなく、また従来の高校地学の教科書でもこのような指導方法に従った記載はなされていない。内容が力学の概念に深く関わり、高校物理での学習より一步踏み込んだ内容を含んでいる。そのため、これらの指導法に従うには教科書の紙面にも限りがあり、学習に時間がかかりすぎるのである。ここでは、それぞれの指導方法の段階が従来の高校地学の教科書でどのように扱われているかを概観しておきたい。

ステップ(1)を地学の教科書で顕わに取り上げることはない。ニュートンの力学法則は高校物理の学習目標の一つに含まれているものであり、地学でそれを扱うことは学習内容の重複として避けられるのであろう。教室では、生徒の知識に力学法則の基本はすでにあるという前提で授業が進められるか、何らかの形で授業内容として取り上げるか、が一般的である。

ステップ(2)は(1)をさらに踏み込んだ高度な力学の内容を含んでおり、高校物理でも取り上げていない。回転座標における運動を理解させるために、従来の高校地学の教科書で多く採用されているのは、回転テーブルによる実験である。すなわち、回転するテーブル上で球を実際にころがし、外部から見た時の球の運動と、何らかの方法で記録したテーブル上の球の軌跡を比較する実験である(図1)。この実験ではコリオリ力を定量的に理解させることはできないが、その存在と原理を知らせることはできる。

ステップ(3)は、高校地学においてコリオリ力の問題だけではなく、地球の自転の証拠としてのフーコー振子の実験に関係して扱われる。ここではフーコー振子の

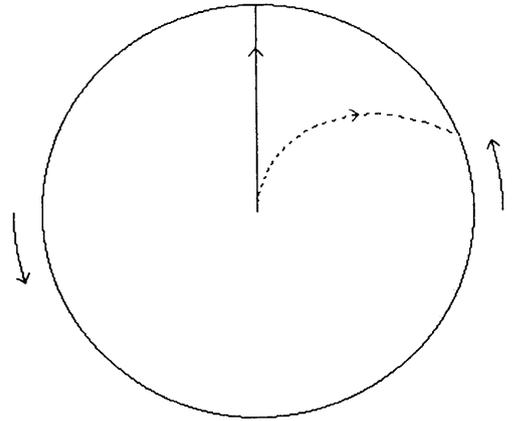


図1 回転円盤による実験

実線は空間からみた運動の軌跡、点線は回転円盤から見た軌跡

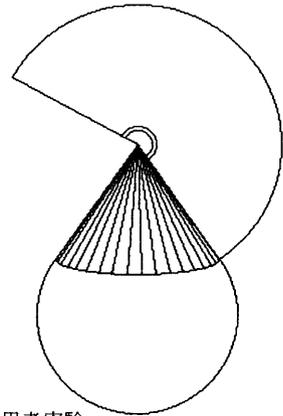


図2 三角帽子の思考実験

球に三角帽子をかぶせる。観測地点で三角錐の側面が球に接し、それを底面とする。扇形は三角帽子を展開したもの。その頂角は $360^\circ \times \sin(\text{緯度})$ に等しい。

振動面が回転すること、その角速度は緯度に依存することを学ぶ。このとき、地表の鉛直軸まわりの角速度を定量的に理解させることが難しい。力学の教科書では、剛体の運動学の中で、剛体の回転は方向を回転軸、大きさを角速度とする回転ベクトルして扱うことが出来ると教えている。しかし、高校生に回転をベクトル量として扱うことの基本原理解をさせることは困難である。これに関連して、過去の高校地学の教科書において「三角帽子の実験」を採用したものがあつた。地球に見立てた球に紙で作った空洞の円錐(三角帽子)をかぶせる(図2)。円錐軸を極軸に一致させ、観測地点は垂面と接し

ており、そこを円錐の底面とする。地球自転により観測点は底面である小円に沿って回転する。このとき円錐の頂点は不動点となる。この三角帽子に鉄みを入れて展開して扇形を作り、その頂角を計る。その角は観測地点が不動点に関して1日に回転した角度に対応するから、すなわち観測点の鉛直軸回りの回転角に対応する。この方法は、地表の鉛直軸回りの回転角と緯度の関係を定量的に与えることになる。形式的には正しいが、高校生の理解のために有効な教え方とはいえない。

ステップ(4)は基本原理を実際の物体が地球上で運動する現象へ演繹する段階である。緯度が大きくなるとコリオリ力の大きさが大きくなること、力の働く向きが北半球と南半球では逆になること等の定性的な性質が教えられる。実際の運動は地球表面という3次元的な面における運動であるが、従来の教科書では局所的な運動として扱っているのである。

3 コリオリ力を理解することの難しさ

先に見たように、従来の高校地学の教科書において、コリオリ力をその基本から応用にいたるまでを論理に整合した形で説いたものは存在しないといつてよい。指導法の各段階で、高校生の理解のためには決定的な困難を含むからである。その困難は次のように要約できるだろう。

(1) 微分法概念が必要である:

コリオリ力の理解にはII-1で見えるように力学法則と剛体の運動学の知識が前提となっている。ところが、力学と剛体の運動学は、微分法という数学的概念を基礎にして成り立っている。力と運動の関係は力学の第2法則すなわち運動方程式で表現されるが、運動方程式は微分方程式である。式そのものは簡潔で単純であっても、それから物体の実際の運動を正確に推し量るには高度な数学的な手続きが必要である。一方、地球の自転ともない地表が鉛直軸の回りに $\Omega \sin \phi$ の角速度で回転しているという事実は、剛体の運動学では微小変位の問題として扱われる。ここでも微分法が基本になっているのである。高等学校の数学では微分法の初歩は教えられているが、学習指導要領によれば物理を含めて理科では微分法は使わないことになっている。力と運動に関わる現象を教える時に、あらわな形では微分法を用いないとすれば種々のジレンマが生じるのは必然であろう。

(2) 3次元運動とを理解することの難しさ:

ここで問題にしている地学現象は大気や海洋の地球規模の運動である。地球の表面に沿う運動であるので3次元の運動として捉えなければならない。そのためには位置と運動に関する座標変換の概念が必要となる。これら

の問題を高等学校で扱う場合は1次元または2次元運動の問題に限られる。地学という教科は考える対象を3次元的に捉えるという訓練を行う場であるという考え方がある。地学の教科内容には静的な構造を3次元的に理解させる物が多い。しかし、3次元の運動を把握する事は高校生にとっては難しい。

(3) コリオリ力は小さい力である:

コリオリ力を我々が日常に経験することが出来ない極く小さな力である。今、速度 $V = 50\text{ms}^{-1}$ (新幹線の速さ)で動く物体に働くコリオリ力を計算してみよう。コリオリ力の大きさは $2\Omega V$ であり、地球の自転角速度は $\Omega \sim 7 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ であるから、その大きさは $F \sim 7 \times 10^{-3}\text{ms}^{-2}$ である。これは重力加速度の千分の1に満たない。一方、この力により運動がどれだけ偏向するかを見てみよう。直線運動する物体を回転座標から観察するとコリオリ力の他に遠心力が働きその軌跡はアルキメデス螺旋となる。コリオリ力の成分のみに注目すると、力は進行方向に直角に働くので、運動は等速円運動に比較することができる。この場合、 $V^2/R = 2\Omega V$ の関係より、回転半径は $R = V/2\Omega = 360\text{km}$ となる。このような小さな力は観察や実験で認識できるものではなく、理論上から予測される力、あるいは気象現象のような大規模な現象から帰結される力である。

4 新しい指導法の考え方

前節でみたように、高等学校の教科地学の場でコリオリ力の基本原理を定量的に教えることは不可能であるといえる。とはいえ、気象分野の講義においてコリオリ力を避けて通ることはできない。そこで何らかの形でこの問題を解決しなければならないのである。そこで観点を変えて、高校地学での指導法の組み立てにおいて次のような考え方を導入したい。

(1) 力学ではなく運動学としてとらえる:

コリオリ力は基本的には力学の問題である。それを正しく扱うには前節で見たように微分法の知識が前提となり、そのために高校地学での授業が困難になる。しかし物体には全く力が働いていない状況を考えているのであって、コリオリ力はあくまで「見かけの力」である。したがって、この問題は力学ではなく、より単純な運動学として扱うことができる。

(2) 地球規模の運動として巨視的に見る:

ここでは、地球の表面という3次元の運動として捉えたい。物体が地表に沿って運動するとき、物体に力が働かない場合は、大円を軌道として地球を周回する(いわゆる大圏コース)。その運動を地表の1点から観察しているのであるが、観察地点は地球自転に伴い小円を回転

している。物体の運動を宇宙空間の一点に視点をおいて運動を見るのと同時に、自転する地球の表面の一点に視点をおいてその運動を見た場合を比較する。

(3) 実験ではなくコンピュータシミュレーションを用いる：

物体が球の表面を自由に運動する状況をシミュレートする模型実験装置を作ることは不可能である。しかし、コンピュータグラフィックによるシミュレーションを用いると模型実験と同等な観察が可能となる。次の章で、その目的に開発したシミュレーションのソフトと、それと同等な机上演習課題を紹介する。

Ⅲ コンピュータ・シミュレーションの活用

1. 教具としてのシミュレーション・ソフトの開発

我々は前章の考え方にもとづいて、コリオリ力を学習するための教具としてパーソナルコンピュータのグラフィックを用いたシミュレーションのソフトを開発した。このシミュレーションは物体が地球の表面を自由運動する状況を、宇宙からの視点で観察した場合と、地表に固定した視点で観察した場合を同じ画面に同時に表現するものである。地球上の任意の緯度に観測点を定めて、シミュレーションを開始すると、地球の全体像と観測点近傍の部分図が同一画面に現れる。その地点から物体を適当な速度で任意の方向に打ち出すと、その軌跡がグラフィック上に表現される。この様子を宇宙からの視点の図では、物体は人工衛星のように大圏コースを描いて地球を周回する軌跡をたどる。一方、観測地点から見た図では、打ち出し方向の大圏コースからどんどん偏奇する軌跡として表現される。このような実験を、緯度、初速度、打ち出し方向を色々変えて実験し、運動の軌跡がどのようなものになるか、宇宙からの視点と地表に固定した視点の両方を比較しながら観察する。

2. アルゴリズム

物体が地表に沿って運動するとき、物体に力が働かない場合は（地球重力は地面からの抗力で打ち消されている）、大円（大圏）を軌道として地球を周回する。その運動を地表に固定したある1点から観察するのだが、その観測点は地球自転に伴い小円を回転している。このような運動は純粹に運動学的な問題として取り扱うことができ、運動の追跡と表現に必要な数学的技法は単純な座標変換である。

(1) 速度の計算

緯度 ϕ の地点で、地表に沿って初速度 v 、位置角 ρ （北から東回り）の方向に物体を打ち出したとする。これを宇宙からの視点すなわち静止座標における速度に変

換する。地球の半径 = 1 とした長さの単位を選び、地球の自転角速度を Ω とすると、静止座標での初速度は、

$$\text{東向き成分：} V_E = v \cdot \sin \rho + \Omega \cdot \cos \phi$$

$$\text{北向き成分：} V_N = v \cdot \cos \rho$$

となる。この速度ベクトルは

$$\text{速 さ：} V = \sqrt{V_E^2 + V_N^2}$$

$$\text{位置角：} P = \arctan(V_E/V_N)$$

に対応する

(2) 等速大円運動の追跡

大円上等速度で周回する物体の静止座標は次のようにして計算される。静止座標 (X, Y, Z) おいて、緯度 ϕ 、経度 0 の地点で、速さ V 、方位角 P の初速度で打ち出した物体の時刻 t における位置は、

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \phi & 0 & \cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \sin P & -\cos P & 0 \\ \cos P & \sin P & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \sin Vt \\ \cos Vt \end{pmatrix}$$

である。ここで Z 軸は極軸、 XY 平面が赤道面、打ち出し地点は XZ 平面上にあるとした。

(3) 相対位置

この運動を地表に固定した観測点からみたととき、観測座標における位置は次のように計算される。

時刻 t における観測者の静止空間座標は

$$X_0 = \cos \phi \cdot \cos \Omega t$$

$$Y_0 = \cos \phi \cdot \sin \Omega t$$

$$Z_0 = \sin \phi$$

である。そして(2)で計算された静止座標と観測座標 (x, y, z) の関係は、

$$x = Y - X_0$$

$$y = Y - Y_0$$

$$z = Z - Z_0$$

である。

(4) スクリーンへの投影

三次元の運動をコンピュータグラフィックに表現するときは平射投影法を用いた。

地球緯度 ϕ ・経度 λ の方向から見るとして、グラフィック画面上の座標を、 X_G を南北方向、 Y_G 軸を東西方向とする。空間座標とグラフィック座標の関係は

$$\begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin \phi & 0 & \cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \phi & 0 & \sin \phi \end{pmatrix}$$

$$\times \begin{pmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda & 0 \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

となる。ここで、 Z_0 は画面に垂直な方向であり、グラフィックへの表示を $Z_0 > 0$ なら行い、 $Z_0 < 0$ なら行わない。

観測者から見た座標 (x, y, z) についても同様の変換を行って表示する。この投影法を用いると、図の中心付近では大圏コースは直線で表される。

地球全体図も部分図も共に経緯度線のワイヤフレームで表わすが、これも同様の変換公式で計算できる。

打ち出し速度の大きさは赤道上の自転速度500 m/sを標準値とした。この速度は現実的とは言えないが、部分

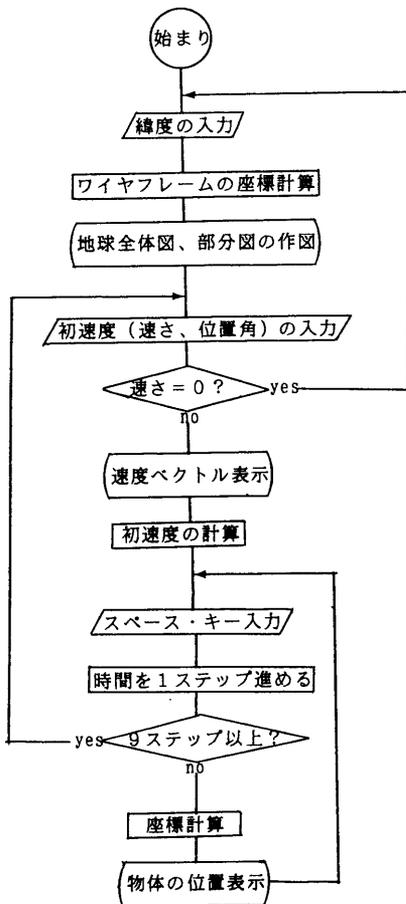


図3 プログラムのフローチャート

図を緯度で約±30°の範囲で表示したため、この程度の速度であれば軌道の偏奇が明瞭に観察することができる。もっと小さい速度の実験をするとすれば、部分地図をより小さい範囲に限り拡大図にする必要がある。

シミュレーションのプログラムの流れ図を図3に示す。我々はこのソフトをBASIC言語によって作成した。

3. シミュレーション・ソフトによる実験

このシミュレーション・ソフトは、緯度、打ち出しの初速度と方位などのパラメータを自由に選択して実験することができる。最初に緯度を指定すると、画面に宇宙から見た地球の全体像と、指定した緯度を中心とする部分図が現れる。次に初速度と打ち出しの方位を入力すると、矢印が現れて初速度のベクトルを示す。スペースキーを打つと1ステップごとの物体の動きがそれぞれマークされ、キーを幾度も押して時間を進める(図4)。このように地球表面を運動する物体を観察するとき、視点を変えた場合どのように軌道が異なるかを比較する。実際に授業でこの実験を行って指導する場合に留意すべき事項を次にあげる。

(1) 物体の地球表面における自由運動は大圏コースを描く。これは地球全体図における軌跡に注目する。このとき、この速度は打ち出し速度に地球自転の速度が加わっているため、打ち出した方向が東と西の場合で速度が大きく異なっていることに注意する。

(2) 地表に固定した地点から観察すると大圏コースから偏奇した曲線となる。これは部分地図に表現されている。この図で軌跡に偏奇がおこる現象から、仮想の力である「コリオリ力」の存在を知る(図5)。

(3) 打ち出しの方向を変えても、速度が一定であれば曲線の形はほぼ同じとなる。これは地面が鉛直軸回りに回転していることを示している。

(4) 北半球と南半球では、軌道の偏奇の向きが逆になる。北半球では軌跡の偏奇は進行方向に向かって右方向であり、南半球ではそれが左方向となる。これは、地面の鉛直軸回りの回転が逆であることを示す(図6)。

(5) 緯度を変えると軌道の曲率が異なる。すなわち赤道付近では直線に近く(図7)、緯度の増加とともに曲率が大きくなり、北極付近では螺旋状の軌道となる。すなわち高緯度になるにつれコリオリ力が大きくなる。これは地表の鉛直軸回りの回転速度が緯度によって異なることに関係する。

(6) 物体の打ち出し速度が異なると、軌道の曲率半径が異なる。

(7) このシミュレーションでは、物体に力が働かない場合の運動を表しているのであって、画面の軌跡は、気

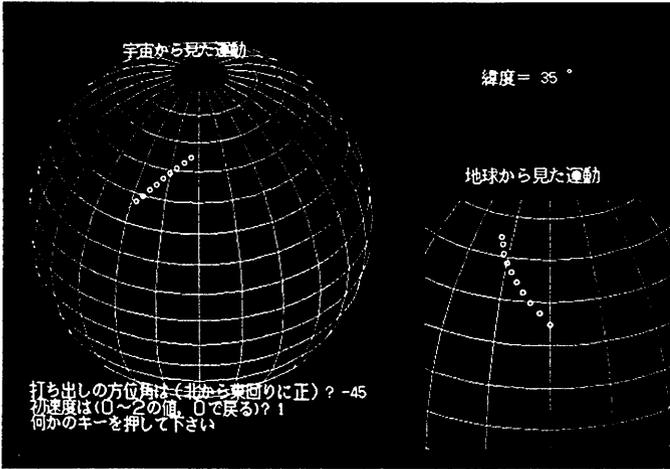


図4 グラフィック画面
 緯度35度において方位-45°(北西)に
 速度1で打ち出した場合

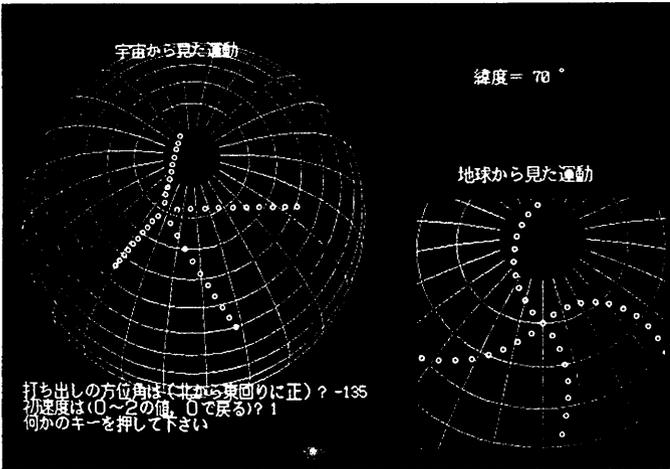


図5 グラフィック画面
 北緯60°と南緯60°において4つの方位
 に打ち出した場合を同一画面に表示。

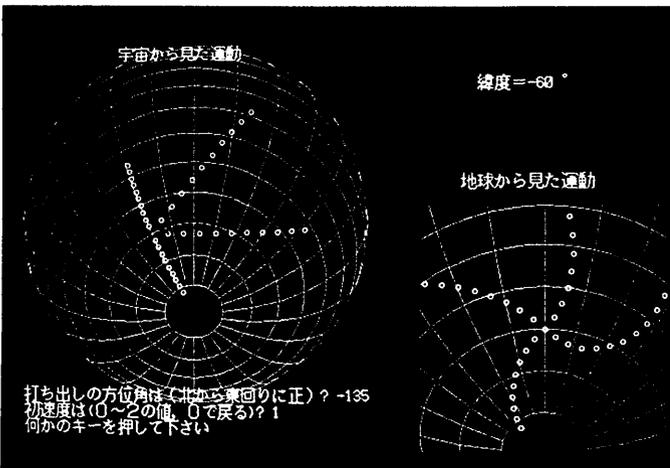


図6 グラフィック画面
 南半球(南緯60°)において打ち出した
 場合。

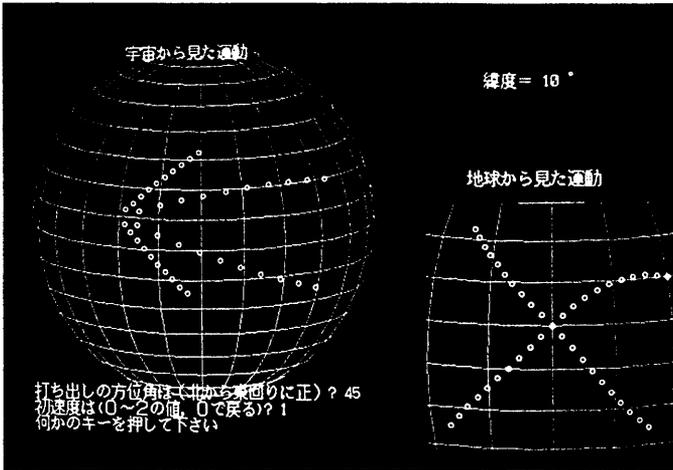


図7 グラフィック画面
赤道付近(南緯10°)において打ち出した場合。

圧傾度力が働いている大気の動きを再現しているわけではないことを、生徒に留意させることが重要である。

初期値をさまざまに変えて色々な実験をしてみると、グラフィックに現れる物体の軌道に思考実験では想像がつかなかった意外な動きがあることに気がつくだろう。ある地点から速度を固定して方向を変えた場合、軌道の形は最初は同様なものになるが、時間ステップを進めると大きく変わる場合がある。例えば北半球の中緯度である条件の実験をしてみると、軌道が大圏コースから偏奇しなかったり、北半球にもかかわらず左向きに偏奇するように見えるものもある。これは、時間が進むと緯度が変わるため力の大きさが変化するためである。地球表面における3次元の運動は、回転円盤の実験で見る2次元運動とは異なったものになることが分かる。

5. 机上実験によるシミュレーション

ここで紹介したシミュレーションがコンピュータの中で行っている作業は、机上の演習課題として再現することができる。用意するものは、天気図用地図、トレーシングペーパー、物差し、色鉛筆である。作業の手順を以下に示す。

(1) 地球表面を自由に運動する物体の軌跡を地図に書き込む(図8-a)。

物体は大圏コースを描いて地球を周回する。天気図用地図の中央付近では、大圏コースは直線で表せるという特徴がある。地図上で一地点を選び、そこから任意の方向に直線を引けば、それが宇宙から見た物体の軌跡である。その直線上に打ち出し点を起点にして等間隔にマークを描き、それぞれに0, 1, 2……と数字を添える。物体の運動は等速であるからマークは一定の時間ステップごとの位置をあらわしている。宇宙から見た物体の速

度は観測地点の地球自転による速度と打ち出し速度のベクトル和である。一ケースのみを実験する場合は、方向も速度(マークの間隔)も任意でよいが、打ち出し速度を同じにして、方向のみを変えた実験をする場合は、作図によって速度のベクトル和を求めた上で、直線を書き入れ、マーク間隔を合わせる。

(2) 観測地点の軌跡を書き入れる。

観測地点は地球回転により動いている。それは等緯度線に沿って等速度で移動する。単位時間に経度5°あるいは10°と移動させてその地点にマークを描き、同様に数値を添える。

(3) トレーシングペーパーに観測地点からみた物体の動きを描き移す(図8-b)。トレーシングペーパーに直角座標を描く。立て軸が南北軸、横軸が東西軸、原点が観測地点をあらわす。このトレーシングペーパーを地図に重ねて、原点を(2)の1の点に一致させ、南北軸を地図上の経線に合わせる。そこで、(1)の1のマークを写し取る。次に、2, 3……のマークで同様の作業を行う。

(4) 地球上の自由運動の見かけの運動を読み取る。

トレーシングペーパーに描きうつされた物体の軌跡が、その地点から打ち出された物体の見かけの動きを表している。方向や速度をかえればどのような運動になるか? 異なった緯度でその軌跡がどうなるか? 南半球で実験すると軌跡はどうなるか? この場合は地図の南北を転倒するか、自転の向きを逆にすればよい。

IV コンピュータ・シミュレーションを用いた授業の実践例

我々は、大阪教育大学付属高等学校天王寺校舎において、この数年間、教科地学で、ここに述べたコンピュー

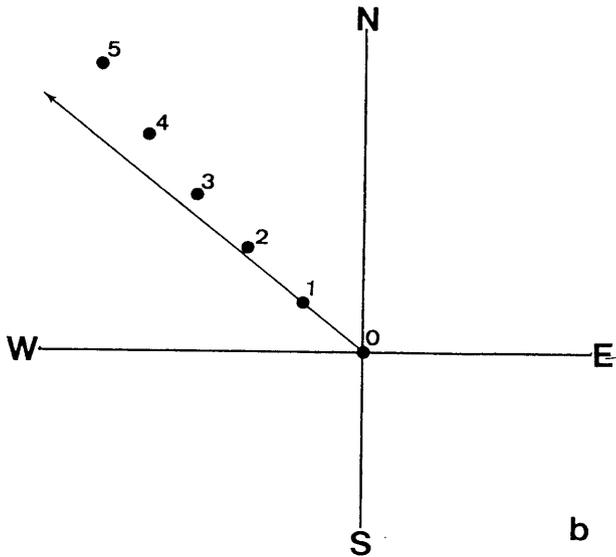
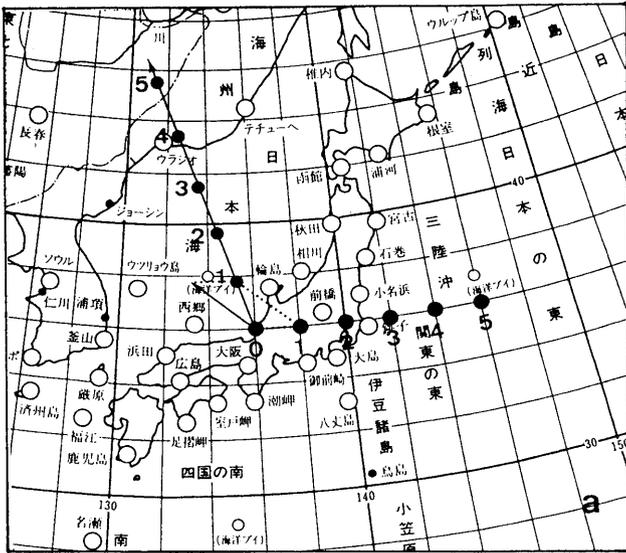


図8 天気図に用いた実習

- a. 地上から打ち出した物体の運動の軌跡を天気図に描いた。観測地点と物体の動きを数字つきのマークでそれぞれ記入する。小さい矢印は、地表に対する速度を示す。
- b. a 図にトレーシングペーパーを重ね、座標原点をそれぞれの観測位置に合わせ、物体の位置をマークする。この場合、見かけの軌跡が大円方向より右に偏奇することがわかる。

タ・シミュレーションを活用した授業を展開してきた。その中から最近の授業実践の内容をここで紹介する。

1. 授業計画

まず、1994年から始まった新しい学習指導要領による地学 I B の教科書において、コリオリ力がどのように扱われているかを見てみよう。

- A 社 第3部「大気と海洋の運動」第1章「地球の大気と水」第4節「風」
- B 社 第3編「循環する大気と風」第3章「風」
- C 社 第3編「大気と海洋」Ⅱ「地球の熱収支と大気」「自転する地球上の運動の特徴」

D 社 第Ⅲ章「大気と水の動き」第2節「大気の運動」「大気に働く力と風」

いずれの教科書でも、コリオリ力は第3部の風の項目の最初で扱われ、その後、海洋の運動の項目および第4部の天体の章で地球の運動の項目で出てくる。全ての教科書においてコリオリ力は第3部が初出であるため、この章で詳しく説明されている。その後に出てくる部分では簡単な説明を入れるか、あるいは説明を省いてそのまま使われている。このように地学 I B においてコリオリ力を扱う場合は、風の吹き方の節で取り上げることになる。

ここで、地学 I B の授業でコリオリ力を題材とした授業の実践例を述べる。その授業の指導計画は、ここに述べた考え方にもとづいたもので、V章で開発したシミュレーションのソフトを用いている。授業目標を

(1) 空気に働く力とコリオリ力を考えさせ、その結果、風がどのように吹くかを理解させる

(2) コリオリ力が地球規模の運動の中でイメージが作られるようにする

(3) 地球表面上での運動を扱うことにより、空間的な概念を培うとした。

授業に必要な準備物は、教科書、代表的な天気図、気象衛星の全球写真、コンピュータおよび本論で開発したシミュレーションソフト、などである。シミュレーションの演示においては、地学実験室で1台のコンピュータの画像をコンバータを通じて大型のビデオモニターに表示して教室の全員に見せる場合と、コンピュータ実習室で生徒達が個別のコンピュータを操作して学習できるような授業を展開する場合とがある。

2. 指導課程

(1) 導入

生徒に色々な季節の天気図を見せ、低気圧、高気圧や台風において、風向きがどのようになっているかを読み取らせる。これらは、生徒のこれまでの中学校での既習事項である。また、気象衛星「ひまわり」の全球写真を見せ、低気圧に注目して、北半球と南半球では渦の方向が逆になっていることに気づかせる。なぜ北半球と南半球でこれらの風向きが逆になるのだろうか。また、前時に気圧傾度力について学習したが、なぜその気圧傾度力の方向に空気が動かないのかの問いかけを行う。それぞれの段階で事実の確認を行いながら、その原因を考えさせる。

(2) 展開

①地球が自転していること。大気の動きは、地球の表面付近での運動であることを確認する。

②もし地球が自転していなければ、地表で運動する物体は慣性の法則によって大円にそって運動することを確認する。

③次に、本論のコンピュータ・シミュレーションを起動して、画像上で地球を回転させた状態で、物体がある方向に動くと、どのようになるかを見せる。この場合、視点を宇宙空間から見た場合と自分自身が地球表面にいて見た場合とに注目させ、それらを比較させる。

④赤道上や緯度を変えたさまざまな地点でのシミュレーションを行い、それぞれの運動がどのように見えるかを

画面上で試みる。また、生徒に実際にコンピュータを操作させて、体験させる。(コンピュータが多数ある場合はそれぞれの生徒に操作させることができる)

⑤これらのシミュレーション体験から、回転している地球の表面での運動を地表で観察すると、運動の方向が反れることを知らせ、それは物体に見かけの力が働いていることに相当することを理解させる。

⑥このような見かけの力をコリオリ力とよばれていることを説明する。

(3) まとめ

私達が住んでいる北半球の低気圧や台風の風向が、コリオリ力が関係していることを知るとともに、このほかにも私達の生活の中でコリオリ力が関係しているような現象はないかを考えさせる。次時には、地表付近の風がこのコリオリ力と気圧傾度力と摩擦力との釣合で吹くなど、実際の風の吹き方を学習することを予告する。

3. 授業の評価

実際の授業では、2クラスに対し上記のようなコンピュータ・シミュレーションを使用した授業を行い、他の2クラスに対しては、コンピュータを用いず従来から行われている教科書に従った回転円盤による説明で授業を行った。これら方法の違う2つの授業を比較すると、まず、前者の場合は後者よりも説明に要する時間が約3分の1で済んだことが特記すべきであろう。これは、指導者が生徒の反応を見て大部分の生徒が理解できたと判断した時間である。また、授業の1週間後にテストを行った結果を見ると、前者の授業を行ったクラスの方が後者のクラスよりも平均点が2~3点高かった。特に女子生徒の得点が高いという傾向が見られた。回転円盤で説明したクラスでは、特に緯度による違いに関する理解が悪かった(その後、クラスによって異なる方法で授業を行った部分については、それぞれ逆の方法で復習を兼ねて再度授業を行った)。

コンピュータを用いた授業を展開する場合、1台の大画面モニターによる演示よりも、多数のコンピュータを用意して各生徒に実際に操作させる方が、より教育効果が高いことは明らかであり、しかも生徒の理解までの時間が短かくて済んだ。実際の授業では、生徒がさまざまな場所、方向のパラメータを入力し、納得がいくまで画面上の実験を繰り返す。その時間を長く取るほうが生徒の興味がより深くなっていることがわかる。これはコンピュータ体験になれるまでの時間であると共に、画面上の出来事と実際の地球とを合わせて考えることができる時間でもある。

コンピュータ・シミュレーションは、生徒がこれまで

体験したことがない現象を演示することができる。そのため、生徒達が新しい体験をしていること、授業に参加しているという実感を持たせたことが、この授業を活性化したと考えられる。

V おわりに

本論では、高等学校地学において、コリオリ力を教える新しい指導方法を提案した。この方法における基本的な考え方は、コリオリ力を、力学ではなく運動学として扱い、定量的ではなく定性的に扱うこと。また、運動を地球規模の現象として3次元の問題として扱うことにある。その目的のために、コンピュータ・シミュレーションが教具として有効であると考えた。ここで開発したソフトを高等学校地学の授業で利用したところ、多くの成果が得られた。

コンピュータのグラフィック機能を活用したシミュレーションは、さまざまな利点を持っている。教室実験は生徒達が、ある現象を実験によって検証するために行われるのであるが、地学的な現象の多くがそうであるように、それが不可能な場合がある。コンピュータ・シミュレーションの手法は、それを実現するか、あるいは補完してくれるものである。特に、力学的な現象は、比較的簡単なアルゴリズムでによりソフトを開発することができるので、すでに多くの提案がなされている。ケプラー運動はその代表的な例といえよう。

ここで開発したシミュレーションは、物体が地球表面を自由運動するという単純な現象を表している。しかし、そのような運動が実際にどうなるか、またそれを観察する視点が地球自転とともに回転している場合、どのように見えるかを想念することは難しいだろう。しかし、コンピュータのグラフィックは、忠実にそれを再現して見せてくれる。しかも、そのアルゴリズムは簡単なものである。このようなシミュレーションの手法は、現

象の条件を自由に選べるのが大きな利点であるが、特に、現象を観察する視点を変え、しかも違った視点からの見え方を同一の画面で比較することができるのが、大きな特徴である。ここではコリオリ力を定性的に理解させるにとどめたが、生徒達に視覚を通じて力学の基本原則を理解させるのに有効であることが分かった。また将来に数理的な理解へと発展させることへの興味を引き起こし、理解を深めるために役に立つと考えられる。

今回、コンピュータ・シミュレーションを教具とした授業を行ったが、生徒自身がコンピュータを実際に操作して学習を展開することに大きな教育効果を持っていることが分かった。まず、生徒達が授業に直接に参加しているという実感が得られた。生徒の作業と思考発展が良く運動し、生徒が理解に至るまでの時間が従来の授業法に比べて短くて済んだ。この課題の場合としては、授業の効率が非常に良かったといえる。

現在すでにコンピュータが一般にかなり普及しているとはいえ、学校の授業の場で活躍されている例が多いとはいえない。そのため、このような授業法そのものが生徒に新鮮な興味を持たせたという面があるには違いない。コンピュータの利点を最大限に引き出して、教育効果を深め、教育法の効率を上げるための努力は、今後も望まれるものであると考える。

この研究は文部省科学研究費（課題番号05680156）の援助のもとに行われたものである。

尚、著者達はここで開発したシミュレーションのソフトが学校教育で広く利用されることを希望している。

引用文献

- 菊地幸雄, 1976: 「気象学 I・新地学教育講座第14巻」, 伊藤 博監修, p 42~48, 東海大学出版会
 山内恭彦, 1959: 「一般力学・増訂第3版」, p 87~96, 岩波書店

横尾武夫, 柴山元彦, 福江 純: コリオリ力の巨視的理解—コンピュータ・シミュレーションを活用して—地学教育 48巻 4号, 147~156, 1995年7月

【キーワード】 高校地学 コリオリ力 視点移動 コンピュータ・シミュレーション

【要旨】 コリオリ力はかなり難しい力学的な内容を含むにも関わらず、気象現象を理解する上で高校地学では必須の項目である。この研究では、コリオリ力の原理を理解させるために、地球規模の運動を再現するコンピュータ・シミュレーションを開発し、それを教具とした新しい授業法を提案している。このソフトは地球上を大円を運動する物体を、宇宙からの視点と、地球自転で動く観測者からの視点で見た場合を同時に表示する。この方法で授業を実践した結果、従来の方法に比べ、生徒のより深い理解を得ることができた等の成果があった。

Takeo YOKO, Motohiko SHIBAYAMA, Jun FUKUE: The Macroscopic Grasp of Coriolis' Force — Using the Computer Simulation — *Educat. Earth Sci.*, 48 (4), 147~156, 1995.

総説

砕屑性クロムスピネルから読みとれる 上部マントルかんらん岩組成の時間的变化

——北海道東部、古第三系浦幌層群の例——

七山 太*

はじめに

クロムスピネルは強固な結晶構造のため砕屑粒子としても残りやすく、古来から後背地推定のための代表的な重鉱物として利用されてきた。また、これらは砂白金等のレアメタルを伴うことから、近年その経済的価値が見直されつつある。クロムスピネルはMgに富む火山岩(玄武岩~安山岩)や超苦鉄質岩類(かんらん岩, 蛇紋岩)のみに含まれ、しかも、その化学組成はマグマや上部マントルかんらん岩の形成条件に関する重要な情報をもたらすことが最近の岩石学の進展によって明らかにされてきた(荒井, 1992)。

一方、北海道中軸部の神居古潭構造帯(第1図)のような超苦鉄質岩体周辺の地層や現世の川砂中には、ほぼ普遍的にクロムスピネル粒子の存在が観察されており、逆にこれらを用いて、超苦鉄質岩類の上昇した時期や超苦鉄質岩体からの運搬距離について考察したすぐれた研究も行われている(Iijima, 1959, 1964a, b)。

北海道東部地域においても、基盤地質体である最上部白亜系~下部古第三系の根室層群(根室帯)、佐呂間層群(常呂帯)、湧別層群・中の川層群(日高帯)(第1図)、および上部始新統浦幌層群(第4図)の砂岩中にクロムスピネル粒子が観察されることが、既に報告されている(たとえば、飯島, 1959a, b; 七山, 1992)。このうち、浦幌層群のクロムスピネルについては元東京大学の飯島 東教授による一連の研究によって詳細に記載されており、さらに、その供給源となった超苦鉄岩体の所在についての推察も行われている。

本稿においては、始めに上部始新統の浦幌層群に含まれる砕屑性クロムスピネルのEPMAを用いた化学組成の検討結果を報告する。さらに、浦幌層群の基盤である最上部白亜系~下部古第三系中のクロムスピネルの化

学組成(七山ほか, 1993)との比較検討を行い、上部マントルかんらん岩の組成変化を、クロムスピネルの化学組成を用いて論証することを試みる。

砕屑性クロムスピネルは蛇紋岩等の超苦鉄質岩類の露出する河川には、普遍的にしかも多量に川砂として含まれており(たとえば、北海道の頓別川や天塩川流域)、これらクロムスピネルを含んだ川砂を地学教育用の試料として採取することも比較的容易である。

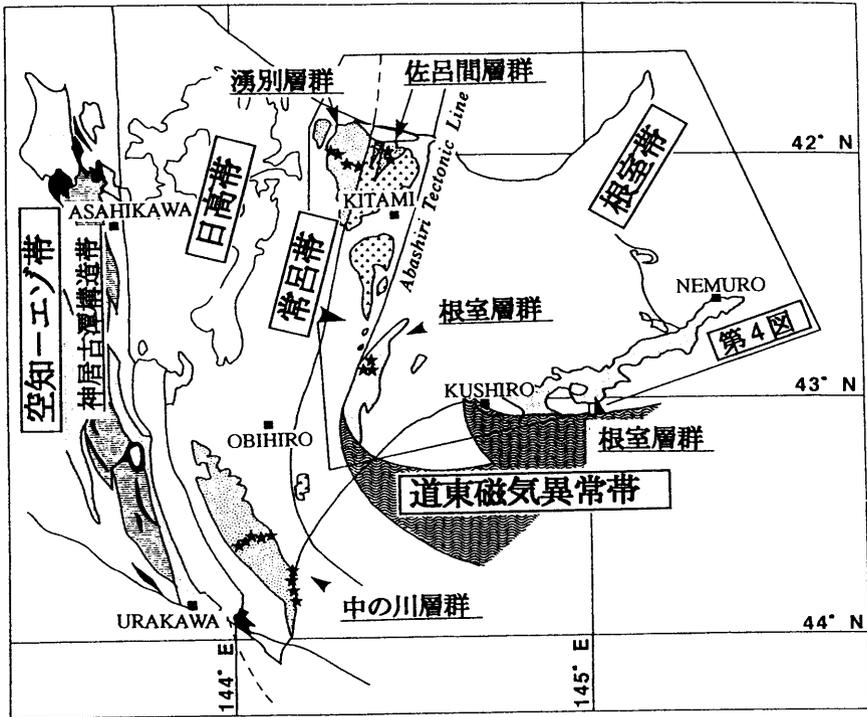
北海道東部の層序とテクトニクス

北海道中~東部地域に分布する基盤地質体は、西から日高帯、帯呂帯および根室帯に3分されている(第1図)(Nanayama *et al.*, 1993)。これら北海道中~東部地域の基盤地質体の地帯構造は、古第三紀始新世以降にアジア大陸の東縁に位置していた古東北日本弧(現在の東北日本弧の原形)とオホーツク古陸の南縁に位置していた古千島弧(現在の千島弧の原形)の2つの島弧-海溝系が接合(衝突?)することによって成立した可能性が多くの研究者によって示唆されている(第2図)(Nanayama *et al.*, 1993)。日高帯は多量のタービダイト相と少量のメランジ相から構成され、前期白亜紀~始新世にかけて古東北日本弧もしくは古千島弧側に付加したタービダイト主体の付加体と考えられている。このうち、その東縁部に分布する暁新統の湧別層群・中の川層群は、その地質構造から古千島弧側への付加体と考えられている。常呂帯は古千島弧側への海山群(もしくは海台?)の付加体(仁頃層群)とそれを覆う暁新統の斜面海盆堆積体(佐呂間層群)から構成される。根室帯は後期白亜紀~始新世中期にかけて存在した古千島弧の火山弧および前弧海盆の堆積体(根室層群)と考えられている(第3図上)。

一方、Nanayama *et al.* (1993)は、北海道東部地域の古地磁気の磁化方位の検討を行った。その結果、白糠丘陵に分布する根室帯、常呂帯および日高帯の東縁部(湧別層群・中の川層群)は、後期始新世(約3500万年前)

* 地質調査所燃料資源部(科学技術特別研究員)

1995年5月15日受付 9月2日受理



- 凡例**
- 蝦夷果層群 (空知-エゾ帯) および根室層群 (根室帯)
 - ▨ 佐呂間層群 (常呂帯)
 - ▩ 仁頃層群 (常呂帯)
 - ▧ 中の川・湧別層群 (日高帯)
 - ▦ 神居古潭変成岩類
 - ▧ 超苦鉄質岩類 (かんらん岩 + 蛇紋岩)
 - ★ 碎屑性クロムスピネルの産出地

第1図 北海道中一東部の基盤地質の分帯と道東磁気異常帯の分布状況、および碎屑性クロムスピネルの産出状況。Nanayama et al. (1993), 七山ほか (1993) および Ogawa and Suyama (1976) から編纂。

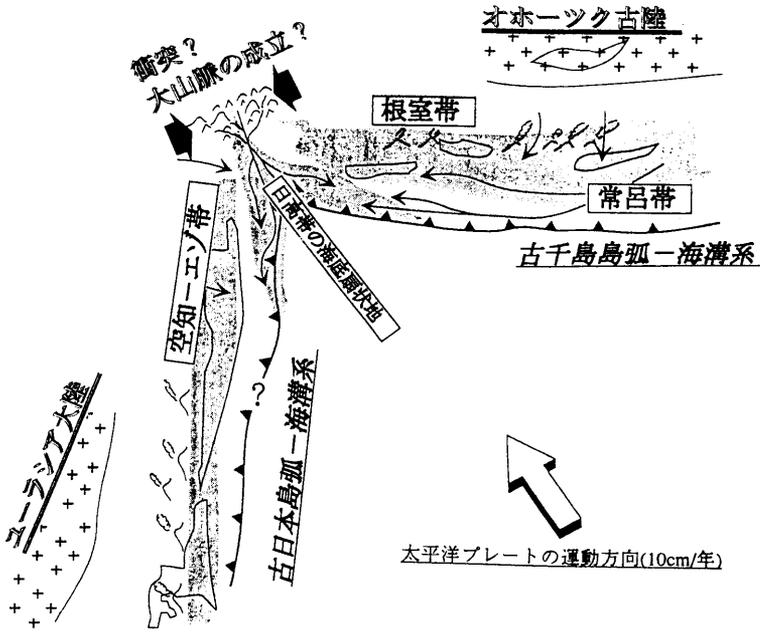
には古東北日本弧と古千鳥弧の接合(衝突?)のために、時計回りに90°近く回転したことが明らかとなった(第3図下)。さらに、この変動に伴い北海道東部地域は急激に隆起し、常呂帯と根室帯は、陸成~浅海相である浦幌層群(および、その同時異相とされる陸別層)によって広域的に不整合に覆われた(第3図下、第4図)。

浦幌層群の層序と堆積システム

上部始新統の浦幌層群は、一回の海進・海退を示す陸成~浅海相である。本層群の層厚は最大1000mに達し(Matsui, 1962), しかも、その大部分は粗粒な礫岩や砂岩によって占めている。現在の浦幌層群は、東部の釧路

海岸地域と西部の白糠丘陵地域に分かれて分布している(第4図)。

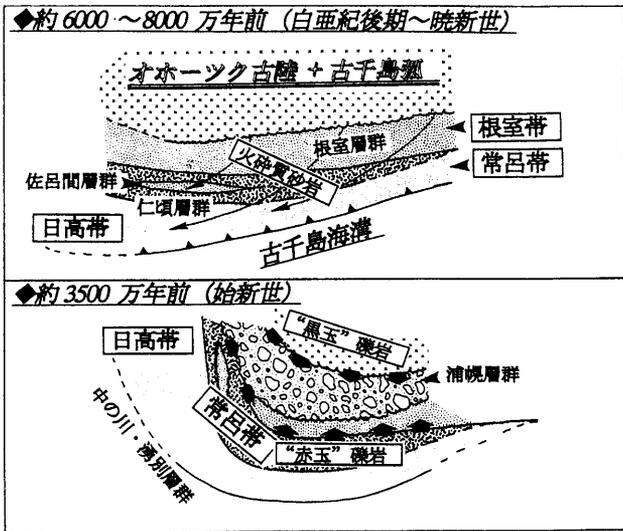
浦幌層群は基盤の根室層群(上部白亜紀~始新世中期)を不整合に覆い、下位から別保層、春採層、天寧層、雄別層、舌辛層、尺別層に区分されている(第5図)(Matsui, 1962)。釧路海岸地域においては、舌辛層中部より上位の地層は浸食され、中新統または更新統に不整合に覆われている(長浜, 1961)。白糠丘陵地域においては、下位の3累層は著しく粗粒化し、一括して留真層と呼ばれている(棚井, 1957)。また、尺別層は下部漸新統の海成相である音別層群に不整合で覆われている(第5図)。なお、音別層群下部の火山角礫岩からは、



第2図 白亜紀後期～古第三紀の北海道のテクトニックセッティングの模式図。Nanayama et al. (1993) に修正・加筆。矢印はプレートの運動方向(丸山・瀬野, 1985)を示す。

別保層および春採層

別保層は釧路海岸地域における浦幌層群の基底層であり、釧路市南方の益浦海岸においては、基盤である根室層群を明瞭な流路侵食(チャンネル)基底をもって不整合に覆っている産状が観察できる。別保層は植物化石以外の大型化石を産出しない非海成相である。流路の深さは約5mで、その中を礫岩や砂岩が充填している。また、この礫質部においては顕著な定向配列(ファブリック)がしばしば観察される。その上位には、粗粒～中粒のアレナイト質砂岩が発達し、3～5mオーダーの大規模な斜交葉理(イブシロン型斜交層理)が発達し、これに斜交する方向性をもって小～中規模の斜交葉理やカレントリップル(流れによってできる砂紋)が観察される。これらは河川堆積物の特徴である。



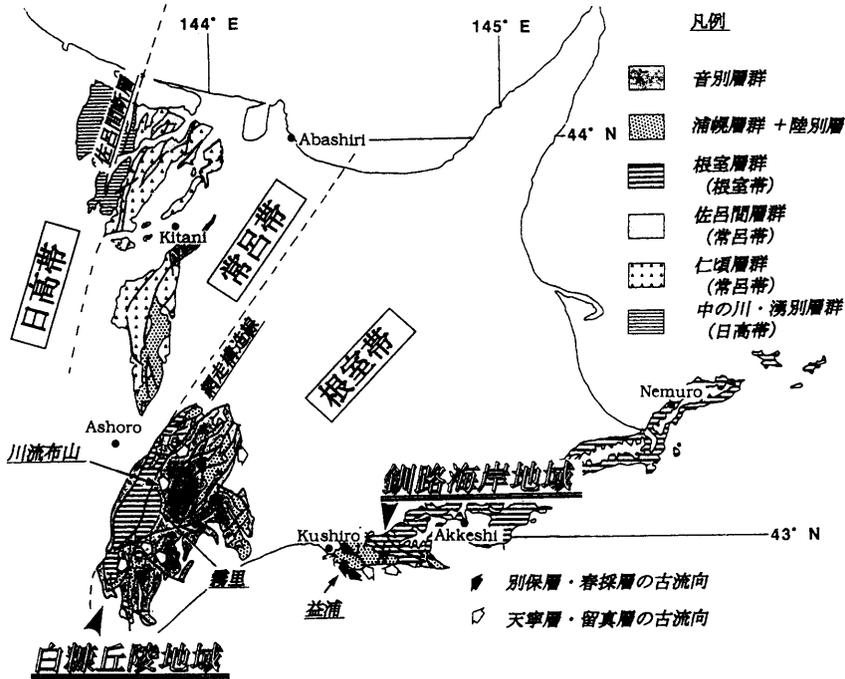
第3図 北海道中一東部の基盤地質の構造発達史。Nanayama et al. (1993) を編纂。黒い矢印は火砕質砂岩および“黒玉”礫岩・“赤玉”礫岩の供給方向を示す。

約3260万年前を示す K-Ar 年代(柴田・棚井, 1982)が報告されており、少なくともこれ以前に浦幌層群の堆積は終了していたことになる。

礫は良く円磨されている。礫種は安山岩およびひん岩(約50%)、モンゾニ岩および花こう閃緑岩(約10%)、黒色泥岩、暗灰色砂岩、ホルンフェルス、緑色～赤色の凝灰岩から構成され、外観上の色調から“黒玉”礫岩と呼ばれている(長浜, 1961)。礫径は中～巨礫で、円礫～亜円礫で、ごくまれに1m以上の花こう閃緑岩礫も存在し、堆積場から近距離にその起源となった花こう閃緑岩の露頭が存在した可能性が示唆される。挟まれる砂岩は、暗灰色で粗粒なアレナイト質砂岩であり細礫を含んでいる。

春採層は別保層と一連の非海成相であり、上方細粒化シークエンスを構成する。本層はおもに不淘汰な泥質岩から構成され、数枚の炭層、白色粘土化した凝灰岩および砂岩層を挟在する。泥質岩中には、しばしば植物の根の跡などが観察できる。砂岩層はレンズ状でしばしば明瞭な逆級化構造を示すが、これは河川の氾濫原上の洪水堆積物の特徴的とされている(増田・伊勢屋, 1985)。また、春採層は数多くの植物化石を産出することでも知られており、釧路炭田の採炭層準でもある。

以上のことから、別保層は現在の釧路川のような中規



第4図 北海道中—東部基盤地質の分帯と浦幌層群の分布状況。古流向のデータは佐藤ほか(1967)および長沼ほか(1983)を参照した。位置は第1図に示す。

模河川の流路の充填堆積物、春採層は釧路湿原のような氾濫原の堆積物と推定されよう。

佐藤ほか(1967)や長沼ほか(1983)は、斜交葉理および礫の最大粒径分布から別保層と春採層の碎屑物の供給方向(河川の流れる方向)推定し、東→西、東北東→西南西と推定している(第4, 5図)。ゆえに、その供給源は、堆積盆の北東側に存在した古島弧であったと推定される。小笠原ほか(1994)は別保層の花こう閃緑岩礫の年代を推定し、その生成年代を約6300万年前(黒雲母のK-Ar年代)と報告している。最近のNanayama *et al.* (1993)の解釈によるならば、この古島弧は古千島弧と推定されている。

天寧層

天寧層は下位の春採層を明瞭な流路侵食(チャネル)基底をもって覆う河川～扇状地相の堆積物である。本層はおもに斜交葉理に富んだ礫岩～礫質砂岩を主とし、砂岩・シルト岩および炭層を伴う。礫形は角礫～亜角礫で小～中礫が卓越し、最大粒径30cmである。西方に向かうにしたがって礫の粒度および含有率、層厚が増している。礫種は赤色チャート(約50%)、緑色岩(変質したアルカリ玄武岩およびハイアロクラスタイト; 約40%)が卓越し、黒色泥岩、脱色した緑色～白色チャートを伴

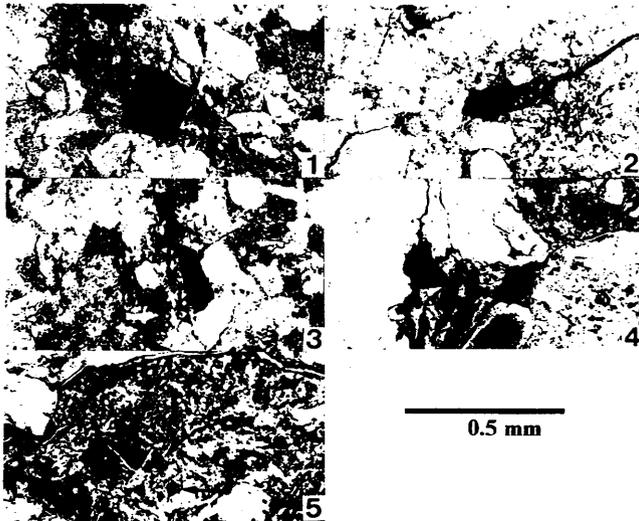
う。また、少量の安山岩や花こう閃緑岩の円礫を伴うこともある。これらは、下位の別保層の“黒玉”に対して“赤玉”礫岩と呼ばれている(長浜, 1961)。

天寧層の砂岩は、暗灰色～灰白色の基質中に赤色チャートの細礫が散在して赤味を帯びるものや、緑色岩片を多量に含んで暗緑色を呈するものもある。概して淘汰・分級は悪い。泥質岩は一般に暗灰色～灰色で、時に赤褐色の泥質岩を伴うこともある。特に後者は古土壌の可能性もある。また、泥質岩中には薄い炭層や白色粘土化した凝灰岩を挟む。

天寧層の碎屑物の供給方向は、下位の別保層・春採層と反転し、南南西→北北東、西南西→東北東が卓越している(第4, 5図)。また、“赤玉”礫岩の主な供給源は、その岩相的な類似性から常呂帯の仁頃層群と推定される。以上の事実をまとめると、天寧層の堆積直前に現在の釧路沖において仁頃層群が急激に隆起して山脈化し、その北斜面に天寧層の扇状地～河川系が形成されていた可能性が高い。

留真層

留真層は白糠丘陵地域における浦幌層群の最下部層準を占め、根室層群を不整合に覆う。本層は河川～扇状地



第6図 浦幌層群の留真層および天寧層から得られたクロムスピネルの鏡下写真一覧。1-2: 留真層から得られたP-typeのクロムスピネル, 3-4: 天寧層から得られたP-typeのクロムスピネル, 5: 留真層から得られた火山岩片中のV-typeのクロムスピネル。

尺別層

尺別層は浦幌層群の最上部をしめる夾炭層であり、白糠丘陵地帯のみに分布する。おもに灰白色～青灰色の中～粗粒で厚層なアルコース質砂岩からなり、泥質岩層、炭層および礫岩層を挟在する。礫岩は特徴的に流紋岩礫を多数含み^{はとくも}礫岩と呼ばれている(棚井, 1957)。また、本層は白色粘土化した凝灰岩を頻繁に挟む。尺別層においては非海成の河川堆積物が卓越するが、その上位の音別層群との境界層準付近においては、汽水相の存在も一部認められている。

尺別層からの古流向のデータは過去に報告されていないが、別保層と同様な古島弧起源のアルコース質砂岩が卓越することから、その供給源はおもに北側(古千島弧側)に存在したのであろう。

浦幌層群の砂岩の特徴

浦幌層群の砂岩組成の特性を検討するために、各累層ごとに薄片を作製し構成鉱物の記載およびモード比の測定をおこなった。その結果、本層群を構成する砂岩は大きく3種類に区分できることが判明した。

一つは別保層・春採層に代表され“黒玉”礫岩に伴われるものである(以下にBH-typeと呼ぶ)。このタイプは良く円磨された石英、斜長石、カリ長石から構成され、黒雲母、単斜輝石、ジルコン、ざくろ石、電気石、

緑色角閃石、燐灰石、磁鉄鉱を伴う。これらは石英および斜長石に富むアルコース質砂岩、すなわちOkada (1971)の区分による石英長石質アレナイトである。また、これらBH-typeの砂岩は、開析された火山弧起源の砂岩の特徴(公文ほか, 1992)を示す(第11図を参照のこと)。

2つめは留真層および天寧層に代表され、“赤玉”礫岩に伴われるものである。これらは、緑色岩や赤色チャート等の仁頃層群起源の岩片が卓越し、斜長石、石英および黒色泥岩の粒子も少量観察できる。これらは共通して成熟度が低い石質アレナイトである(以下にTR-typeと呼ぶ)。赤色チャートは微晶質で多数の放散虫化石を含む。

3つめは雄別層、舌辛層および尺別層を構成する砂岩(以下にYS-typeと呼ぶ)で、BH-typeに酷似した石英長石質アレナイトを主体とするが、TR-typeの緑色岩や赤色チャート等の粒子も少量含んでいる。

これらの砂岩のうち、特にTR-type砂岩の碎屑粒子の円磨度は総じて低く、淘汰度・分級度も著しく低い。また、砂岩中に占める重鉱物含有量が非常に多く、その構成は緑糜石、磁鉄鉱が卓越し、クロムスピネルを少量伴っている。碎屑性クロムスピネルはTR-type砂岩(天寧および留真層)のみならず、その上位のYS-type砂岩(雄別、舌辛および尺別層)にもその存在が記載されているが(Iijima, 1959)(第5図)、これらは、YS-type砂岩の性格上、天寧および留真層からの洗い出しに伴う再堆積粒子の可能性も考えられる。

光学顕微鏡観察によれば、クロムスピネル粒子は径0.05～0.25mmであり、晶癖に沿って割れた結晶が直接基質中に含まれている(第6図)。各粒子で産することが多いが、希に蛇紋岩に含有されてる産状も観察できる。

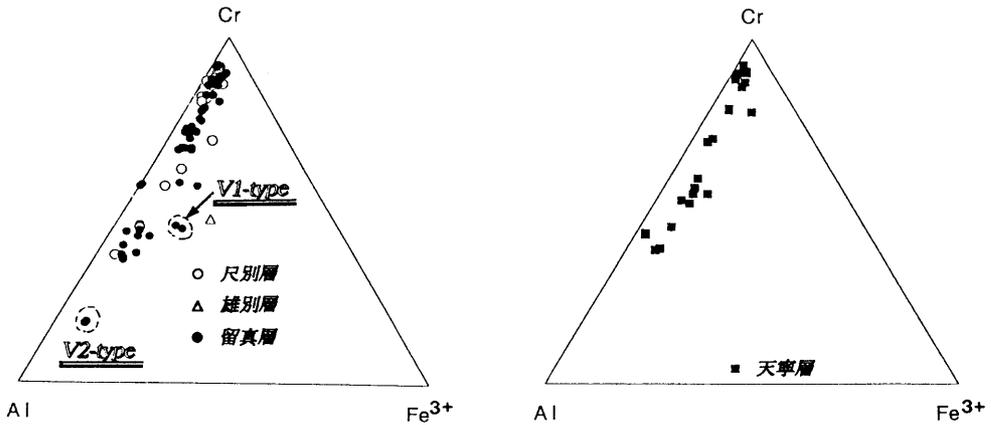
クロムスピネル粒子は光学的に均質であり、累帯構造は認められない。その色調は、1つの薄片中においても黒色～暗赤褐色から淡黄色のものまで多様である(第6図)。これはクロムスピネルの化学組成、特にCr/(Cr+Al)原子比(以下にCr#)に由来するものと思われる。また、留真層においては、緑色岩片中の微小自形斑晶としてもクロムスピネルの存在を観察することができる(第6-5図)。

クロムスピネルのEPMA分析用の研磨薄片は、以下の手順で作成した。

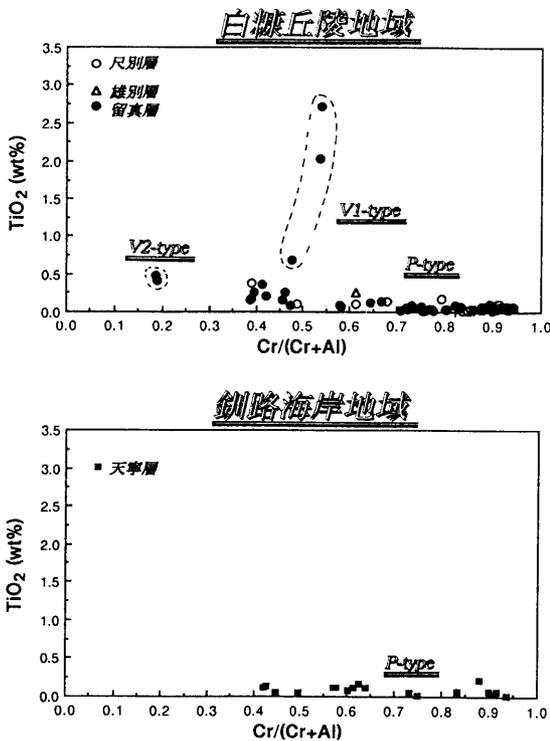
(1) 中粒・均質な砂岩を露頭において採取し、室内においてタングステン乳鉢を用いて任意の粒度に粉碎す

白糠丘陵地域

釧路海岸地域



第7図 Cr, Al および Fe^{3+} 原子比三角図上にプロットした浦幌層群のクロムスピネルの組成。波線は V-type の領域を占める。



第8図 TiO_2 wt% vs. $Cr/(Cr+Al)$ 原子比図上にプロットした浦幌層群のクロムスピネルの組成。P-type, V1-type と V2-type に明確に区分できる。波線は V-type の領域を示す。

る。

(2) 60メッシュ以下に粒度を揃え、泥質分を除去する。さらに10%の希塩酸で10分間煮沸し、碎屑粒子に付着した石灰質皮膜を除去する。

(3) 水洗、乾燥後、アイソダイナミックセパレーターを用いて磁鉄鉱を除去する。

(4) プロモフォルム重液(比重2.85)を用いて重鉱物を分離する。さらに重鉱物試料を20g 定量し、樹脂中に封入し研磨薄片を作成する。

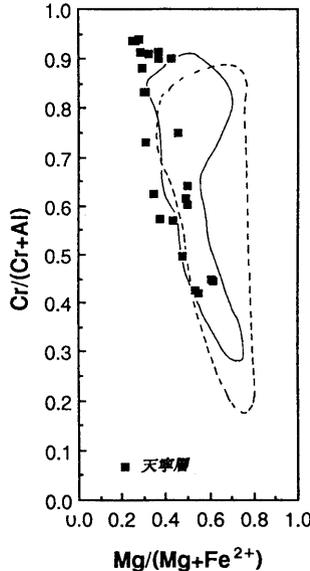
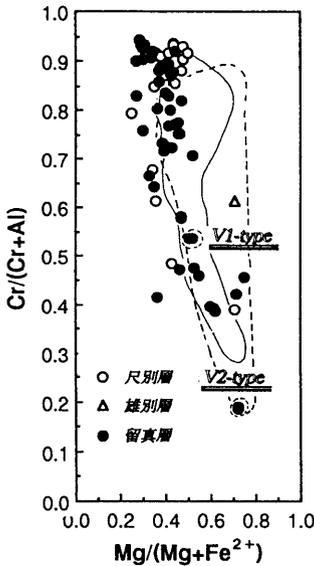
今回の検討においては、釧路海岸地域において20試料、白糠丘陵地域において20試料、計40試料のサンプリングを行った。このうち、白糠丘陵地域の留真層からは5試料、雄別層からは1試料、尺別層からは1試料、釧路海岸地域の天寧層から3試料、総計10試料において碎屑性クロムスピネル粒子の存在を確認できた。

浦幌層群の碎屑性クロムスピネルの化学組成

浦幌層群のクロムスピネルの定量化学分析を地質調査所北海道支所の島津製作所製8705型 EPMA を用いて行った。クロムスピネルの分析にあたっては、粒子のコアの分析値を代表値として取り扱った。原子比の計算は、最初に Ti はすべてウルボスピネル成分(Fe_2TiO_4)をなすとして引き去り、残りの Mg, Fe^* (全鉄) からクロムスピネルのストイキオメトリーを仮定して Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} および Fe^{3+} の比を算出した。この結果、上記の採集試料のうち白糠丘陵地域の留真層からは5試料(52粒子)、雄別層から

白糠丘陵地域

釧路海岸地域



第9図 Mg/(Mg+Fe²⁺) vs. Cr/(Cr+Al) 原子比図上にプロットした浦幌層群のクロムスピネルの組成。波線はオフィオライトのかんらん岩のおよその組成範囲 (Irvine, 1967), 実線は最末期白亜系~暁新統の組成範囲 (七山ほか, 1993) を示す。

は1試料 (1粒子), 尺別層からは1試料 (21粒子), 釧路海岸地域の天寧層から5試料 (25粒子), 総計12試料において99粒子の分析値を得た。さらに, 超苦鉄質岩類の岩石学的研究に用いる Cr - Al - Fe³⁺ 三角図 (第7図), Cr/(Cr + Al) vs. TiO₂ wt% 図 (第8図) および Mg/(Mg + Fe²⁺) vs. Cr/(Cr + Al) 図 (第9図) 上に, 釧路海岸地域と白糠丘陵地域に区分して組成をプロットした。浦幌層群に含まれるクロムスピネルは, 大きくP, Vの

2つのタイプに区別される(第8図;表1)。

V-type は白糠丘陵地域の留真層においてのみ観察され, さらに大きく2つのサブタイプに区分される (表1)。V1-type のCr#は0.5前後であるが, TiO₂wt %は0.69%を越える (第8図)。V2-type のMg/(Mg + Fe²⁺) 原子比 (以下にMg#) は0.72で, Cr#は0.1と非常に低い (第8図)。これらV-type は, 前述の緑色岩片中の微小自形斑晶としてのみ観察される (第6-5図)。

P-type のクロムスピネルのCr#は0.386~0.942と比較的大きな変化を示すが, おしなべてFe³⁺に乏しく, Fe³⁺/(Cr + Al + Fe³⁺) 原子比 (以下にFe#) は0.1以下である (第7図)。これらは全体としてTiに乏しく, TiO₂含有量は0.38 wt %以下である。また, Mg# とCr#の間には明らかに負の相関がある (第9図) が, これは過去に報告されているオフィオライトのかんらん岩のクロムスピネルの領域 (たとえばIrvine, 1967) よりもやや高Cr#, 低Mg#側にシフトした分布を示している(第9図)。しかもそのデータは, Cr#が0.8を越える高Cr#側に著しく集中している。

考 察

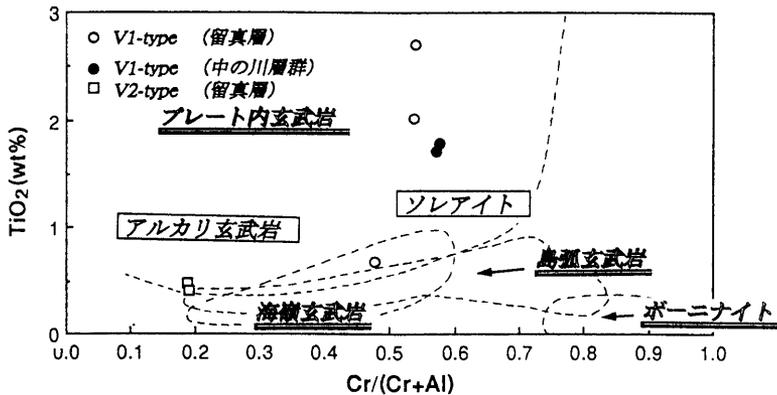
1. 碎屑性クロムスピネルの岩石学的起源

浦幌層群において今回確認されたクロムスピネルは, 大きく2つのタイプに識別された。

V-type は顕微鏡下において火山岩片中の斑晶として観察されるものと同等のものであり, さらに2つのサブ

タイプ	Mg#	Cr#	TiO ₂ wt%	鏡下における特徴	その起源
<u>P-type</u>	0.253-0.751	0.386-0.942	0-0.38	緑泥石・蛇紋岩を伴う	上部マントル かんらん岩 (古千島前弧オフィオライト?)
<u>V1-type</u>	0.510-0.529	0.476-0.538	0.69-2.71	火山岩片の斑晶	プレート内 ソレライト (常呂帯の緑色岩?)
<u>V2-type</u>	0.724-0.725	0.186-0.189	0.41-0.48	火山岩片の斑晶	アルカリ玄武岩 (常呂帯の緑色岩?) もしくは 島弧玄武岩 (根室帯の火山岩?)

表1 浦幌層群の3つのタイプのクロムスピネルの組成的特徴一覧。



第10図 Arai (1992) の示した火山岩起源のクロムスピネルの組成判別図上にプロットした V-type のクロムスピネル。

タイプに区分される。

Arai (1992) によれば、V1-type のクロムスピネルは TiO_2 含有量が 1.6 wt% 以上の火山岩起源のスピネルの特徴を示す (表 1)。しかし、 $\text{Cr}\#$ は 0.5, $\text{Fe}\#$ が 0.14 ~ 0.16 とさほど高くはない。V2-type も TiO_2 含有量が 0.4 wt% と幾分低いが、V1-type と同様に火山岩片中の斑晶として観察される (表 1)。しかし、 $\text{Cr}\#$ は 0.18 と著しく低く、 $\text{Fe}^{3+}\#$ も 0.07 とあまり高くはない。荒井 (1990) および Arai (1992) は、 $\text{Fe}^{3+}\# < 0.2$ の条件を満たすクロムスピネルの $\text{Cr}\#$ と TiO_2 含有量からマグマの種類を推定することがある程度可能であるとしている。荒井 (1990) の示した $\text{Cr}\#$ vs. TiO_2 図 (第 10 図) および $\text{Fe}^{3+}\#$ vs. TiO_2 図 (荒井, 1992; Arai, 1992) 上において、V1-type のクロムスピネルは、プレート内玄武岩のソレライト質マグマのフィールド内の比較的未分化な部分にプロットされる。一方、V2-type のクロムスピネルは、プレート内玄武岩のアルカリ玄武岩質マグマと島弧玄武岩の境界フィールドにプロットされるが、比較的未分化なためこの図からの判別は難しい (第 10 図)。

P-type の $\text{Cr}\#$ は 0.386 ~ 0.942 と比較的大きな組成変化を示すが、総じて Fe^{3+} に乏しく、 $\text{Fe}^{3+}\#$ は 0.1 以下である (表 1)。これらは Ti に乏しく、 TiO_2 含有量は 0.38 wt% 以下であり、超苦鉄質岩に由来するもの (荒井, 1992) と考えられる。また、 $\text{Mg}\#$ と $\text{Cr}\#$ の間には明瞭な負の相関がある (第 9 図)。源岩と考えられるかんらん岩類は、そのクロムスピネルの $\text{Cr}\#$ の変化幅が 0.3 ~ 0.9 と大きく、 TiO_2 量の低いことが特徴である。このようなクロムスピネルを含むかんらん岩は、島弧から前弧の上部マントルを特徴づけるものとされている (荒井, 1989; Arai, 1990)。特に、0.7 以上の高 $\text{Cr}\#$ で低 Ti のクロムスピネルを有するかんらん岩は、ボニナイト

(無人岩) や高 Mg 安山岩 ~ ソレライトマグマからの集積岩であると推察されている (荒井, 1989; Arai, 1990)。

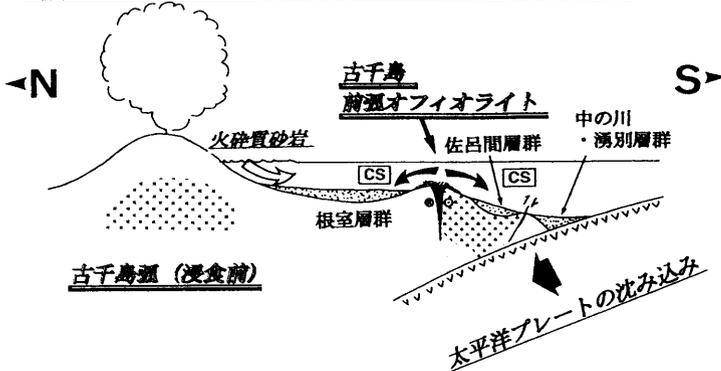
2. V-type のクロムスピネルの起源

V-type のクロムスピネルを包有する玄武岩の起源について、さらに考察を進めよう。前述したように、V-type の碎屑性クロムスピネルは、白糠丘陵地域の留真層のみにおいて観察されている。留真層の大部分は“赤玉”礫岩によって特徴づけられ、その起源は仁頃層群に求められている (第 11 図)。一方、この仁頃層群の緑色岩についての詳細な岩石学的検討は既に行われており、現在のハワイ島のようなホットスポットタイプのアルカリ玄武岩から構成されることが知られている (常呂帯研究グループ, 1984)。また、その一部にはソレライト質玄武岩が伴われる (Bamba, 1984)。一方、留真層の基盤となっている根室層群のうち根室半島地域 (第 4 図) には、アルカリドレライトおよび島弧玄武岩 ~ 安山岩の貫入および噴出も良く知られており (Kiminami, 1983)、これらがその直接の供給源となっていた可能性も否定できない。以上の限られたデータとの比較においては、V1-type のクロムスピネルは仁頃層群のソレライト玄武岩、V2-type 仁頃層群中のアルカリ玄武岩もしくは根室層群の島弧玄武岩 ~ 安山岩起源の可能性が指摘されよう。

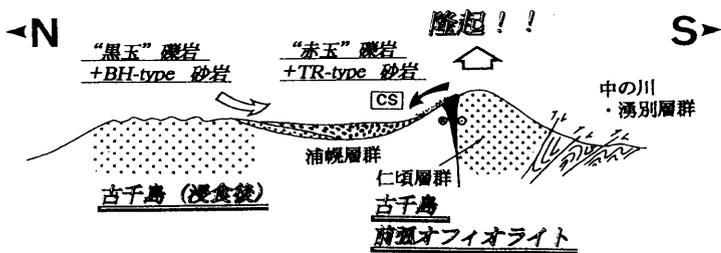
3. P-type のクロムスピネルの起源としての古千島前弧オフィオライトの復元

浦幌層群中の碎屑性クロムスピネルの起源については、飯島による先駆的な研究がある。特に Iijima (1964 a, b) は、現在の豊頃一陸別地域および釧路沖 30km の地点に蛇紋岩体が潜伏している可能性を 1960 年代に既に指摘していた。一方、1970 年代以降、日本周辺海域の空中地磁気調査の検討が進み、北海道南東部の釧路沖において本邦最大級の正の磁気異常帯の存在が認識された

◆約 6000 ～ 8000 万年前 (白亜紀後期～暁新世)



◆約 3500 万年前 (始新世)



第11図 8000～3500万年にかけての古千島弧のテクトニックセッティングと P-type のクロムスピネルの起源としての古千島前弧オフィオライトの復元。CS: P-type のクロムスピネル。

(Segawa and Oshima, 1975; Ogawa and Suyama, 1976; Segawa and Furuta, 1978) (第 1 図)。Ogawa and Suyama (1976) は、これを道東磁気異常帯と呼んだ。また、この種の正の磁気異常帯が超苦鉄質岩の分布状況と明確に対応することは、地球物理学的には良く知られている。道東磁気異常帯は釧路沖30km地点に位置し、さらにその西方延長は、十勝川河口域に上陸し白糠丘陵西縁に連続する。ところで、Ogawa and Suyama (1976) および Segawa and Oshima (1975) は、この磁気異常帯の地下に“オフィオライト (超苦鉄質岩)”が潜伏している可能性も指摘している。

近年、Nanayama *et al.* (1993) は北海道東部地域における古地磁気データを総合して、根室層群堆積時(白亜紀～始新世中期)から浦幌層群堆積時(始新世後期)にかけて(約8000～3500万年前)、北海道東部地域に分布するこれらの地質体は、ほぼ東西性のトレンドを持った古千島島弧—海溝系の前弧域を構成していたと論じた(第 2, 3 図)。すなわち、根室層群(根室帯)を前弧海盆の堆積体、常呂帯の仁頃層群を付加した海山群(もしくは海台?)、それを覆う佐呂間層群を海溝内側斜面

堆積体、さらに、中の川層群・湧別層群(日高帯)を海溝扇状地堆積体に対比した(第 2, 3 図)。七山ほか(1993)は、これら古千島弧周縁堆積体中には普遍的にクロムスピネル粒子の存在することを明らかにした。これら古千島弧周縁堆積体はともに古千島弧からもたらされた火砕質砂岩から構成されており(七山, 1992), その堆積場は、その当時すでに付加体を構成していた仁頃層群の直上およびその直下の海溝域に位置していたと考えられている(榑原ほか, 1986; 第 3 図上, 第 11 図)。

一方、Kimura and Tamaki (1985) は、丸山・瀬野(1985)の示した日本周辺のプレート相対運動モデルに基づいて、後期始新世においては古千島弧のほぼ東西の伸長方向に対して太平洋プレートの運動方向は西ないしは北西で低角に斜交しており、その前弧域において右ずれの断裂が生じた可能性を既に指摘し、それに伴って同地域に蛇紋岩が貫入した可能性も論じた。七山ほか(1993)は、古千島前弧域において右横ずれの断裂が生じていた時代は、さらに最末期白亜紀～暁新世まで遡る可能性があるとして推定した(第 11 図)。

現世において、これに類似したテクトニックセッティングの例としては、伊豆・小笠原—マリアナ前弧域が挙げられる。伊豆・小笠原—マリアナ前弧域においては、国際深海掘削計画の第125次航海によって、その海溝内側斜面に3000km以上にわたって蛇紋岩海山が露出している状況が明らかとなっている。これらの前弧域は太平洋プレートの斜め沈み込みのために著しい剪断変形を受け、断層や破砕帯が数多く発達している(Fryer *et al.*, 1985)。また、この地域の前弧オフィオライト(Ishii, 1985)を構成する蛇紋岩海山列は、明らかに断層や破砕帯に沿って配列しており、ここから供給された水によって上部マントルかんらん岩が蛇紋岩化して上昇したものと考えられる。すなわち、伊豆・小笠原—マリアナ前弧域の蛇紋岩の上昇は蛇紋岩化作用に伴う単純な浮力によって生じたのではなく、横ずれ断裂に伴う展張型の応力の影響もある程度関与していたのであろう。

以上の話をまとめると、最末期白亜紀～始新世の古千

島弧の前弧域において横ずれ断裂が生じ、それにとまって上部マントル起源の蛇紋岩海山が露出していた可能性が指摘される(第11図)。これを古千島前弧オフィオライトと呼ぶことにする。

4. P-type のクロムスピネルの組成の時間的変化の意味

上述したP-typeの碎屑性クロムスピネルは、七山ほか(1993)において記載された最上部白亜系～暁新統の組成と、今回既述した上部始新統の組成では明らかに異なっている。特にMg# vs. Cr#図においては著しい違いを示している(第9図)。七山ほか(1993)において記載された最上部白亜系～暁新統のクロムスピネルは、過去に報告されているオフィオライトのかんらん岩のクロムスピネルの領域とはほぼ近似でき得るが、今回検討した浦幌層群のものは、これよりもより高Cr#, 低Mg#側にシフトしたトレンドを示している(第9図)。しかも、そのデータはCr#が0.8を越える高Cr#側に著しく集中している。

最後に話をまとめると、古千島弧の前弧域における上部マントルかんらん岩の組成は、最末期白亜紀～暁新世から後期始新世にかけて“より枯渇したマントル組成に変化した”, すなわち、約4000万年間の古千島弧の火山活動に伴うマグマの放出により上部マントルかんらん岩が“枯渇した”可能性が類推される。このことは、過去の地層中のクロムスピネル粒子を分析することによって、通常では計り知れない上部マントルかんらん岩組成の時間的変化をトレースできることを意味している。

おわりに

碎屑性クロムスピネルから読みとれる地質学的情報を、筆者が北海道大学在籍時以来研究を行ってきた、北海道東部の古第三系を例として簡潔に論じた。なお、本稿は既に公表されている七山ほか(1993, 1994)ならびにNanayama *et al.* (1993)の論旨を総括したものであることを予め申し添えておく。筆者は若輩であり、拙文も未だ十分な内容とは言いがたいが、少しでも日本の地学教育界に貢献できればと思いたち謹んで総説として投稿させていただいた。折にふれ、多数のご批判を賜れば幸いである。

本稿をまとめるにあたり、徳橋秀一博士には粗稿についてのご教示・ご批判を頂いた。岡田博有教授(九州大学理学部)には、北海道の地質についての多数のご教示を賜っている。川辺孝幸博士(山形大学教育学部)には、拙文の本誌への投稿を勧めていただいた。本誌の匿名の査読者ならびに編集委員の方々には、多数のご助言

を賜った。以上の方々に厚く御礼申し上げ本稿のむすびとしたい。

文 献

- 荒井章司, 1989: オフィオライトかんらん岩の成因。地学雑, 98, 685-695。
- 荒井章司, 1990: マグマ組成の指示者としてのクロムスピネル。日本地質学会第97年学術大会講演要旨, p. 285。
- 荒井章司, 1992, 碎屑性クロムスピネルおよび碎屑性蛇紋岩の重要性。地質学論集, No. 38, 329-341。
- Arai, S., 1990: What kind of magmas could be equilibrated with ophiolitic peridotites? In Malpas, J. et al., eds. *Ophiolites, Oceanic Crustal Analogues*. Proceed. Symp. "TROODOS 1987". Geol. Surv. Dept., Min. Agr. Nat. Res., 557-565, Nicosia, Cyprus.
- Arai, S., 1992: Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks as a potential guide to magma chemistry. *Min. Mag.*, 56, 173-184.
- Bamba, T., 1984: The Tokoro Belt, a tectonic unit of the central axial zone of Hokkaido. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. IV*, 21, 21-75.
- Fryer, P., Ambros, E. L. and Hussong, D. M., 1985: origins of emplacement of Mariana forearc seamounts. *Geology*, 13, 774-777.
- 飯島 東, 1959 a : 重鉱物組成から見た白亜系と古第三系の差異について。有孔虫, 10, 73-80。
- 飯島 東, 1959 b : 堆積岩岩石学の炭田調査への応用。日本鉱業会誌, 75, 754。
- Iijima, A., 1959: On the relationship between the provenances and the depositional basins, considered from the heavy mineral associations of the upper Cretaceous and Tertiary formations in the central and southern Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Ser., II*, 11, 279-285.
- Iijima, A., 1964a: The chromian distribution in the Paleogene deposits of Hokkaido and its bearing on ultrabasic rock belts, Japan. *Jour. Geol. Geography Trns.*, 35, 17-42.
- Iijima, A., 1964b: The chromium distribution in the Quaternary deposits of Hokkaido and its application to paleogeologic study. *Sedimentology*, 3, 114-134.
- Irvine, T. N., 1967: Chromian spinel as a petrogenetic indicator, part II: petrologic applications. *Canadian Jour. Earth Sci.*, 4, 71-103.

- Ishii, T., 1985: Dredge samples from the Ogasawara fore-arc seamount or "Ogasawara paleoland"—"forearc ophiolite". In Nasu, N. et al. eds.: *Formation of Active Ocean Margins*. Terra Pub. Co., 307-342.
- Kaiho, K., 1984a: Paleogene Foraminifera from Hokkaido, Japan. Part 1. Lithostratigraphy and Biostratigraphy including Description of New Species. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, 54, 95-139.
- Kaiho, K., 1984b: Paleogene Foraminifera from Hokkaido, Japan. Part 2. Correlation of the Paleogene System in Hokkaido and Systematic Paleontology. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, 55, 1-74.
- 亀村貴子・岡村 眞, 1994: 北海道東部古第三系礫岩に含まれる含放射虫礫の年代とその起源。日本地質学会第101年学術大会講演要旨, 143。
- Kiminami, K., 1983: Sedimentary history of the Late Cretaceous-Paleocene Nemuro Group, Hokkaido, Japan: A forearc basin of the Paleo-Kuril arc-trench system. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 89, 607-624.
- Kimura, G. and Tamaki, K., 1985: Tectonic framework of the Kuril Arc since its initiation. In *Proceedings of Oji Seminar on Formation of the Active Margin*, Tokyo, 1983: Tokyo, Terra Pub., 1-35.
- 木村勝弘・辻 喜弘, 1990: 堆積盆の生成発展過程の研究。石油開発技術センター年報, 10-14。
- 公文富士夫・君波和雄・足立 守・別所孝範・川端清司・楠 利夫・西村年晴・岡田博有・大上和良・鈴木茂之・寺岡易司, 1992: 日本列島の代表的砂岩のモード組成と造構場。地質学論集, No. 38, 385-401。
- 丸山茂徳・瀬野徹三, 1985, 日本海周辺のプレート相対運動と造山運動。科学, 55, 32-41。
- 増田富士雄・伊勢屋ふじこ, 1985: "逆グレーディング構造": 自然堤防帯における氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造。堆積学研究会報, 22/23, 108-116。
- Matsui, M., 1962: Sedimentological study of the Paleogene basin of Kushiro in Hokkaido, Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser IV*, 11, 431-480.
- 長浜春夫, 1961: 5万分の1地質図幅「釧路」および同説明書。北海道開発庁, 53p.
- 長沼幸男・照井一明・長浜春夫, 1983: 堆積盆内における碎屑物の移動と堆積—釧路炭田地域の礫岩層を例として—。地学教育, 36, 123-131。
- 七山 太, 1992: 北海道中軸部, 日高帯・中の川層群において認められる3帯の petroprovince とその意義。地質学論集, No. 38, 27-42。
- 七山 太・中川 充・加藤孝幸, 1993: 北海道東部, 最上部白亜系~古第三系暁新統の碎屑性クロムスピネル。地質雑, 99, 629-642。
- 七山 太・中川 充・岡田博有, 1994: 北海道東部, 上部始新統浦幌層群の碎屑性クロムスピネルとその起源。地質雑, 100, 383-398。
- Nanayama, F. and Kanamatsu, T. and Fujiwara, Y., 1993: Sedimentary petrology and paleotectonic analysis of the arc-arc junction: the Paleogene Nakanogawa Group in the Hidaka Belt, central Hokkaido, Japan. *Paleo. Paleo. Paleo.*, 105, 53-69.
- 小笠原正継・柴田 賢・内海 茂, 1994: 北海道釧路地域の古第三系浦幌層群別保層中の花崗岩質礫の K-Ar 年代と岩石学的特徴。日本地学会第101年学術大会講演要旨, 230。
- Ogawa, K. and Suyama, J., 1976: Distribution of Aeromagnetic Anomalies, Hokkaido, Japan and its Geological Implication. In Aoki, H. and Iizuka, S., eds., *Volcanoes and Tectonosphere*. Tokai Univ. Press, 207-215.
- Okada, H., 1971: Classification of sandstone: analysis and proposal. *Jour. Geol.*, 79, 509-525.
- 榑原正幸・新井田清信・戸田英明・紀藤典夫・木村学・田近 淳・加藤孝幸・吉田昭彦・常呂帯研究グループ, 1986: 常呂帯の性格と形成史。地団研専報, No. 31, 173-187。
- 佐藤 滋・佐々保雄・広川 治・岡崎由夫・長浜春夫, 1967: 釧路市東部付近にみとめられる古第三系の古流系。地質雑, 73, 563-572。
- Segawa, J. and Oshima, S., 1975: Buried Mesozoic volcanic-plutonic fronts of the north-western Pacific island arcs and their tectonic implications. *Nature*, 256, 15-19.
- Segawa, J. and Furuta, T., 1978: Geophysical study of the mafic belts along the margins of the Japanese islands. *Tectonophysics*, 44, 1-26.
- 柴田 賢・榑井敏雄, 1982, 北海道第三紀火山岩類の K-Ar 年代。総研成果報告書「北海道新第三系生層序の諸問題」, 北海道大学, 75-79。
- 榑井敏雅, 1957, 5万分の1地質図幅「音別」および同説明書。北海道開発庁, 52p.
- 常呂帯研究グループ, 1984: 常呂帯仁頃層群の岩石構成と佐呂間層群基底の不整合。地球科学, 38, 408-419。

七山 太：碎屑性クロムスピネルから読みとれる上部マントルかんらん岩組成の時間的变化—北海道東部，古第三系浦幌層群の例一。地学教育48巻，4号，157～169，1995。

〈キーワード〉 碎屑性クロムスピネル，北海道東部，浦幌層群，古第三紀，古千島弧，上部マントルかんらん岩
〈要旨〉 碎屑性クロムスピネルから読みとれる地質学的情報を，北海道東部地域の古第三紀浦幌層群を例として論じた。すなわち，浦幌層群の碎屑性クロムスピネルは，その化学組成および産状から大きく V-type（火山岩起源），P-type（超苦鉄質岩起源）の2つに区分される。V-type は，さらにソレアイト質マグマ起源の玄武岩とアルカリ玄武岩もしくは島弧玄武岩起源のものに細分できる。一方，P-type は，超苦鉄質岩に由来し，島弧から前弧の上部マントルかんらん岩からもたらされたものであり，これらが仁頃層群起源の“赤玉”礫岩に伴われる事実から判断すると，現在の浦幌層群分布域西方および南方に潜伏している超苦鉄質岩体起源の可能性が高い。これを“古千島前弧オフィオライト”と命名する。今回得られた上部始新統の P-type のクロムスピネルのデータと最上部白亜系～暁新統のデータとの比較から，古千島前弧オフィオライトの起源であった上部マントルかんらん岩の組成は，最末期白亜紀～暁新世から後期始新世にかけて“より枯渇した”可能性が示唆される。

Futoshi NANAYAMA : Petrological informations of the upper mantle peridotites from detrital chromian spinels : a case study of the Paleogene Urahoro Group, eastern Hokkaido, northeast Japan ; *Educat. Earth Sci.*, 48(4), 157~169, 1995.

紹 介

司馬江漢著 司馬江漢全集第三卷 啓蒙・窮理編 A 5
358ページ 八坂書房 1994年2月初版 12,000円

司馬江漢は、東京堂出版の世界人名辞典東洋篇により、私が要約すると「1738年生～1818年没、江戸の人、洋画に興味をもち、日本銅版画の創製に成功した」ぐらいのことしか書いてない。これでは、司馬が当時の日本の天文学的思想に、大きな影響を与えた人物であることが全く理解できない。彼の全集は四巻からなり、第一巻は紀行篇、第二巻は随想・書簡篇、第三巻は啓蒙・窮理篇、第四巻は作品篇となっており、ここでは、当然、窮理篇の内容を紹介することになる。窮理とは広辞苑によれば、「物事の道理・法則をきわめること」が主な意味であると示されており、江戸後期には「窮理学は物理学の呼称」ともある。この第三巻の内容は、ほとんど天文と地球に関することである。したがって、どちらの意味にとっても、これから書くことに矛盾はないであろう。

ところで、最近の高校地学の教科書には、科学史的記述が非常に少ない。とくに日本の明治前の科学者といわれる人の多くは、多分に思弁的であったから、教科書にとりあげることはない、と言っても過言ではない。また、科学史的に授業をしたいと思っても、瞬間的制約もあり、その教材準備も困難であるため、そうした授業は面倒くさくなり実施しない人が多いだろう。私もその中の一人であった。自然科学は多くの研究者等の研究の積み重ねであるから、地学の授業の各項目で科学史的話題を少しの時間でもよいから、取り上げたいものである。

本書の主な題目を、次にあげてみる。

輿地略説、地球全図略説、和蘭天説、天球図・天球全図、屋耳列礼図解、刻白爾天文図解、地転儀略図解、地転儀地転儀示蒙、天地理譚などである。

上記のなかでも興味深いのは、刻白爾（本書にコッペルとふりがながあるのはコペルニクスのこと）天文図解であり、司馬が翻訳したのは1808年である。1543年、コペルニクスが死の直前に「天体軌道の回転について」いわゆる地動説を公刊してから、265年後のことである。

司馬はこの論文の凡例の中で、次の主旨のことを述べている。『この説は西洋の書で、以前にオランダ語訳司の本木良永氏が、1793年に「天地二球用法」（この訳本を私は見ていない）の訳本で、地動説を紹介しているが、翻訳のしかたが下手であるから、甚だ理解しがたか

った。最近、原本を入手することができ、それを読んでコッペルの説をよく理解できた。自分は、コッペルの説をより多くの人に理解してもらいたいから、コッペルの説を翻訳する』と述べている。

中野好夫は、「司馬江漢考」で「江漢自身は日本ではじめて地転の説を開く、などと悪い癖の大ホラを吹いている。ときに地動説の創唱者のような評価を受けていることもあるが、これは明瞭な誤り。ある意味で地動説の普及宣布者であったかもしれないが、創唱者などでは断じてない。長崎通詞出身の本木良永、志筑忠雄などがはるかに早くこれを認識していたはずであり、」と述べている。

いずれにしろ、司馬は、「刻白爾天文図解」に、29図も描き、それらを解説している。現代天文学からみれば誤りも少なくないが、江戸時代にこれだけの内容を述べているのであるから、地動説の普及に大きな影響があったことは評価してよいのではないかと、私は思う。

次に主な内容を書いてみる。説明は現代術語を用いる。

第1図は彗星の軌道および黄道面と地軸との傾斜、第2図・3図・4図は水星・金星・地球・火星・木星・土星の軌道、第5図は近日点、遠日点、夏至、冬至の関係、第6図は金星の内合・外合、外惑星の合・衝、第10・11図は春分・夏至・秋分・冬至および春分点・夏至点・秋分点・冬至点、それらのときの太陽と地球の天球上の位置関係図、第15・16図は惑星の順行・逆行の説明図、第17・18・19図は、月の満ち欠けの起こる説明図、第20・21図は木星と土星の衛星の軌道図、第22・23図は、太陽と月が地平線の近くで大きく見え、天頂の近くでは前者より小さく見える説明図、第24図は、月食・日食が起こる説明図、第28図は木星全図と土星の図、第29図は、太陽の黒点およびその移動図、太陽を望遠鏡で見たときの説明、地球の半径を利用して太陽・月までの距離を測定する方法・磁石・象限儀・六分儀などの図、以上である。

繰り返しになるが、自然科学史的な話題や思考法を少しでよいから、授業に取り入れたいということが、私の持論である。その観点から本書を紹介してみた。本全集は全四巻が各学校図書館にあれば、なによりである。それが予算の関係などで無理であるならば、せめて、第三巻だけでも書架に置きたい書籍である。（貫井 茂）

日本学術会議だより №.37

戦略研究と高度研究体制の構築を

平成7年5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、4月に開催された第121回日本学術会議総会の概要と総会第二日に行われた会長基調報告の内容に自由討議の議論を踏まえて修文した「我が国の学術体制を巡って」の一部を紹介します。

日本学術会議第121回総会報告

日本学術会議第121回総会は、平成7年4月19日から3日間にわたって開催されました。

総会初日の午前中は、①「阪神・淡路大震災調査特別委員会の設置」、②「国際農業工学会（Commission Internationale de Genie Rural : CIGR）への加入」の2件が提案され、いずれも賛成多数で可決されました。

阪神・淡路大震災調査特別委員会は、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災が、日本学術会議として緊急に対応すべき課題であるとの結論に達したので、3月27日の第843回運営審議会において新たな臨時（特別）委員会として設置され、総会で承認することとしたものです。審議事項は、阪神・淡路大震災が提起した問題点について、地震学、災害工学等自然科学分野のみならず、人文・社会科学分野を含め総合的に検討することとしています。

また、国際農業工学会への加入は、従来、日本学術会議が日本の科学者の代表機関として、国際学術連合ICSUを始めとする46の国際学術団体に分担金を支払って加入していますが、今回の新規加入の承認によ

り、その数が47となり、国際農業工学会に対応する国内委員会は、農業土木学研究連絡委員会となります。

総会2日目は、伊藤正男日本学術会議会長から、「日本学術会議の課題～高度研究体制を目指して～」と題した基調報告が行われ、会長が提起したさまざまな課題について、会員間の自由討議が繰り広げられました。

この報告は、昨年の第120回総会において第16期活動計画を定めてから既に半年を経過しており、この間の多彩な活動を通じて伊藤会長が考えてきた問題、特に、我が国の学術体制の問題を中心に適宜取捨選択したいいくつかの課題について、伊藤会長自身の見解を述べ、人文・社会科学分野から自然科学分野わたる幅広い会員各位の意見を聞き、会員に共通の基本認識を深めることを目的として行われたものです。

なお、伊藤会長が、基調報告の内容に、自由討議の議論を踏まえて修文した「我が国の学術体制を巡って」は、序文の他7項目から構成されていますが、そのうち2項目について紹介します。

我が国の学術体制を巡って（抄）

—戦略研究と高度研究体制—

日本学術会議会長 伊藤 正男

〈「戦略研究」とその意義〉

大学では知的興味に基づく基礎研究を、企業では実用上の重要性を持つ応用研究を、という古典的な役割分担はもはや成り立たなくなっている。最近英米両国で基礎研究と応用研究の間に設けられた「戦略研究」のカテゴリーは、工学、農学、医歯薬学系の研究室では意識しないまま基礎研究として行われてきたものを多く含み、また企業において「目的基礎研究」と呼ばれるカテゴリーとほぼ対応している。研究者の知的興味と実用価値とは一般的にあって相反するが、そのいづれかに限定せず、両方の要素を両立させるカテゴリーである。研究費を受ける側にとっても、出す側にとっても受容しやすい論理を提供し、科学政策上甚だ有効

な整理概念である。（中略）

我が国においては、応用研究に優れる一方、基礎研究は一般に貧弱であり、我が国の応用研究はむしろ国外の基礎研究を基盤とすることが少なくなかった。この点は英国とはちょうど事情が逆であるが、解離した基礎研究と応用研究の間を埋める必要があるのは同様である。この解離の社会的背景にはやはり我が国独自のものがある。我が国の大学においては、研究の自由の主張と産学協同の弊害に対する危惧が強かった一方、企業の方では、我が国の大学の基礎研究にあまり大きな利用価値を見い出さなかったといっは言い過ぎであろうか。率直に言って、今日でも多くの企業家は、大学等で行われる基礎研究に利用価値を認めるのでは

なくて、基礎研究に対する精神的な共感ないし慈善（チャリティ）の気持ちから、人材供給のパイプをつなぐ目的のため、あるいは基礎研究只乗りの非難をかわすために、これを支援する必要があると考えておられるように見受けられるといえは誤解であろうか。企業等から大学への奨学金寄付金が平成4年度501億円に及んだのはまことに喜ばしいことであるが、受託研究費が53億円に止まっているのは、依然として企業にそのような潜在意識のあることを示唆するように思えてならない。「戦略研究」の概念は、大学等でこれまで基礎研究として一括されてきたカテゴリーの中で、近い将来に応用される可能性を持つものに特別の照明を当て、その企業との近縁性を意識させる効果がある。また、会社等で使われる基礎研究費は、年間6千500億円にのぼるが、これは実際には大部分が「戦略研究」に向けられていると推測され、ここに大学等の研究者との協力の大きな素地が十分にあり示唆される。（中略）

「脳の科学と心の問題」特別委員会が4月18日の連合部会で中間報告された問題を例にとると、脳がいかにか働いて心を生み出すのかの謎を解くことは、基礎科学の最終問題といってよいほど根源的な人間の知的興味の的である。140億といわれる膨大な数の神経細胞の動きがいかにして一つの意識というまとまった動きに統合されるのかは、それ自体極めて深遠な基礎科学の問題である。しかし、脳の研究はその物質的なメカニズムの解明により、脳神経系の病気を根絶し、脳の老化を防ぐといった医療上の大きな「戦略性」を孕んでいる。また、将来脳の情報処理の仕組みが解明されれば、ニューロコンピュータのような新たな原理を持つ情報機械を生み出す工学上の「戦略性」も極めて大きい。さらに、心のレベルについても、育児や教育の参考になり、産業心理学を助け、災害時の特異な心理状態への適切な対処を示唆するなど、人文・社会科学の広い分野での「戦略性」がある。米国の研究者がいち早く議会で働きかけ、1990年に始まる脳の10年Decade of the Brainが決議され、ブッシュ大統領が行政機関に対して脳の研究への支援を要請したのも、これらの戦略性に着目してのことに他ならない。

このように、「戦略性」に注目して強力な研究支援を行うことは、基礎科学としての脳研究にとっても、助けになりこそすれ妨げになるとは思われない。一般的にも「戦略研究」への支援からその基盤である純粋基礎研究への波及効果が期待できるが、ただ、必ずしもそれが望めない分野も少なくない点は注意を要する。研究者の中には、「戦略研究」を重視すると純粋基礎研究が圧迫され、置き去りにされる恐れがあるとして警戒する向きも少なくない。基礎科学の源は人間本来の知的興味にあり、応用とは無縁のところから始まることは確かな事実である。このような知的興味に基づく基礎研究を重視し、支援することが知的な文化的社会にとって有意義であることはもちろんである。あるいは、レーザーの発見のように純粋基礎研究の成果が長い時間の間に周辺技術の進歩により大きな戦略価値を持つようになった事例は数多くあり、基礎研究に潜在

する戦略性を予見することの困難さも指摘される。最近漸く基礎研究への理解を深めてきた我が国の社会に「戦略研究」の概念を持ち込んで、逆効果を招くことは私の本意ではない。私が強調したいのは、我が国においては本来基礎研究が弱体であったのに加えて、「戦略研究」もまた明確に意識されず、大学と企業の間が空白のままに置かれてきたことである。この空白を埋めるために、基本的なコンセプトにまで遡って大学と企業の間を再構築することの必要性である。

〈我が国に「高度研究体制」を〉

歴史的な変化の時に当たり、学術の格段の推進が待望される今日、世界と我が国の学術体制にまつわる多くの問題を指摘した。我々は、多くの現実的な制約の下、先行きの不透明さに悩みながらも、次の世紀に向けての見通しを明らかにしようと努力しているが、ここにおいて、特に研究者の立場からの発想を基に「高度研究体制」とも呼ぶべき我が国の将来の学術体制を構想することが重要と考える。

この体制を実施するためには、まずともかく大きな研究資金が必要である。ゆっくりながら堅実に改善を図っていく我が国得意のグレードアップ方式では、この競争的な世界の中で生き残ることは難しい。すでにすっかり体制を整え直し、急速に進みだした世界の進度に遅れないようにするだけでも容易ではない。激しい先取権争いから脱落すれば、すぐ速く置き去りにされてしまう。これまでのように、他国が多額の犠牲を払って開拓した路を安全に辿っていくことはもはやできない。誰にとっても始めてのフロンティアで、世界と互角に公正に競争していかなければならない。これまでのように、最小の投資で最大の効果を挙げることは望むべくもない。最大の効果は最大の投資をするものにしか保証されない。（中略）

このような「高度研究体制」は、前期において日本学術会議が提案した国際貢献のための新システムの構想を包含し、昨年9月我々が採択した第16期活動計画の精神を凝縮して現するものである。恐らくは我が国の研究者の多くが抱えている強い願望の表現であるが、ただの願望ではなく、このようなものがなければ、我々研究者の未来はありえないという厳しく強い要請を含んだものである。研究者本来の自由で創造的な学問的興味を追求しながら、国や社会の強力な要請に応え、深刻な地球規模問題の解決に尽力することを可能にするためには、なくてはならない体制である。

戦後50年間、嘗々として築いてきた我が国の学術の現状が、このような要請にどのようにに接近し、あるいはどのようににまだ遠いのか、今こそ冷静に分析すべき時である。日本学術会議の審議の中から、この「高度研究体制」のあるべき姿をより具体的に現せば、それは今日我が国の学術体制の現状を映し出し、それがいかに高度とはいいがたい状態にあり、むしろ至る所に危機的な状況が伏在していることを示すだろう。そして今後、我々が努力を結集すべき明確な目標を与えてくれるであろう。

（全文は、日本学術会議月報平成7年5月号参照）

学 会 記 事

第1回常務委員会

日 時 平成7年6月5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 岡村三郎会長, 石井醇副会長, 赤木三郎副会長,
小川忠彦常務委員長, 浅井嘉平, 石井良治, 磯
部瑠三, 渋谷紘, 下野洋, 馬場勝良, 林慶一,
平野弘道, 松川正樹, 横尾浩一, 水野孝雄の各
常務委員

議 題

1. 副会長(岐阜大会担当)の委嘱について
平成8年度大会実行委員長となる副会長に岐阜県高等学校教育研究会地学部会長山田三郎氏を委嘱する。
2. 常務委員の委嘱について
学術会議の研究団体の要件を備えるために, 常務委員2名は評議員を兼ねないこととする。
3. 鳥取大会の準備状況について
赤木副会長から別紙により説明があった。
今回は研究発表の分科会を分野・領域で分ける。
4. 平成7年度科研費補助金「研究成果公開発表(B)」について
行事委員長磯部氏から別紙により説明があった。9時に開催し, その終了後に大会開会式を行う。
5. 自然科学教育関連学会間連絡協議会(仮称)設立について
仮称の名称は, 「教科理科連絡協議会」とする。
同時に, 地学に関連する研究の学会間の協議会設立の呼びかけもする。その名称は, 「学校科目「地学」関連学会間連絡協議会」とする。
趣意書の発送先として追加すべきところをさらに検討する。
6. 入会・退会者の承認について
平成7年度入会者としてつぎの6名を承認した。
羽瀬 廣 今市市立東原中学校
岩崎 啓 新潟県立小千谷高校
山崎良雄 千葉大学教育学部
七山 太 工業技術院, 地質調査所, 燃料資源部
牟田和則 福岡市立福岡西陵高校
大橋裕二 東京学芸大学(大学院生)
平成7年度退会者としてつぎの2名を了承した。
山岸猪久馬 長野
古谷 泉 北海道

7. その他

- (1) 日本教育研究連合会表彰者の推薦について
推薦委員会(委員長下野洋)を設立し, 7月7日までに決定する。
- (2) コロラド州地学巡検(静岡大学・熊野氏)の後援について「地学教育」に載せられなくなり, 中止となった。

報 告

1. 日本学術会議科学教育研連シンポジウム
研連委員の石井副会長から, 7月1日に国立教育研究所で, 「総合的新養育過程の編成」というテーマで開催されることの報告があった。また, 関連の小委員会委員に磯部・遠西・松川の各氏になった。
2. 日本教育研究連合会理事会
天文教育普及研究会と漢文教育学会が新規加盟した。
モンテッソーリ教育実践研究連盟が退会した。
3. 日本理科教育協会副会長
役員の名称変更および改選があった。構成団体会長はこの会の副会長であったのが, 顧問・理事に変更。会長は理事長に変更。新しく本会から小川常務委員長, 横尾浩一・馬場勝良の各常務委員が理事となった。
4. 「地学教育」編集委員会
鳥取大会案内を掲載した3号を6月中に発行する。
5. 理科活性化検討委員会
第1回は4月16日に, 第2回は6月10日に開かれた。第3回は7月11日に開かれる。
6. 行事委員会
・今年3月に行った巡検が好評であったので, 11月25, 26日に再び行う予定である。
・3学会共催のセミナーを10月22日に行う。内容は, 比較惑星学と天文教育の予定である。
7. 寄贈および交換図書について
以下の図書があった。
新地理 1995-3 日本地理教育学会
地質ニュース 1995-2 地質調査所
神戸大学発達科学部研究紀要2-2
神戸大学発達科学部
東京大学教育学部紀要 第34巻
東京大学教育学部図書室

理科の教育	1995-5月号	日本理科教育学会	回 覧
熊本地学会誌	No. 108	熊本地学会	「下中教育映像助成金」募集 下中記念財団事務局
地学雑誌	104-2	東京地学協会	「科学技術基本法の議員立法について」 日本工学会
科学技術教育研究紀要	第5号		「平成7年度における学術研究団体の学術研究集会等 開催予定一覧」 日本学術会議事務局
探究心	第4集	三重県総合教育センター	「日本学術会議月報 1995年3月号, 4月号」
新潟大学理学部研究報告	E類第10号	新潟大学理学部	「第2回アジア学術会議—科学者フォーラム—」 日本学術会議
熊本大学理学部紀要(地球科学)	14-1	熊本大学理学部	「TEPCOレポート1995-1, 4」 東京電力
研究紀要	35-3	日本理科教育学会	「高レベル放射性廃棄物の安全な輸送と貯蔵方法のお 知らせ」 電気事業連合会・日本原燃・原燃輸送
理科の教育	1995-6月号	日本理科教育学会	「海外から返還されるガラス固化体の受入れ概要」 電気事業連合会・日本原燃・原燃輸送
地質ニュース	1995-3	地質調査所	

日本地学教育学会 会長・副会長・評議員・常務委員・幹事名簿

(平成7年6月)

会 長	岡村 三郎 (東京・平成7年度)		
副 会 長	石井 醇 (東京・平成7年度)		
同	(全国大会担当) 赤木 三郎 (鳥取・平成7年) 山田 三郎 (岐阜・平成7・8年度)		
評 議 員 (*印は, 会則第11条3項の会長指名行儀員)			
任 期	平成7・8・9年度	平成7・8年度	平成7年度
地 区 (定員)			
北海道・東北 (3)	河村 勁 (北海道)	中村 泰久 (福島)	照井 一明 (岩手)
関 東(東京) (9)	菅野 重也 (群馬)	増田 和彦 (東京)	
	円城寺 守 (茨城)	馬場 勝良 (東京)	蒔田眞一郎 (東京)
	山崎 良雄 (千葉)	小川 忠彦 (東京)	長谷川善和 (神奈川)
中 部 (3)	遠藤 祐神 (岐阜)	藤 則雄 (石川)	遠西 昭樹 (愛知)
近 畿 (3)	小田 公生 (京都)	横尾 武夫 (大坂)	小倉 義雄 (三重)
中国・四国 (3)	依藤 英徳 (鳥取)	秦 明德 (島根)	岡本 弥彦 (岡山)
九州・沖縄 (3)	八田 明夫 (鹿児島)	阪口 和則 (長崎)	飛田 眞二 (熊本)
評議員 兼 常務委員長	小川 忠彦 (東京)		
評議員 兼 常務委員	*磯部 秀三 (東京)	馬場 勝良 (東京)	*石井 良治 (東京)
	*平野 弘道 (東京)	渋谷 紘 (埼玉)	*赤塚 正明 (東京)
	*二上 政夫 (千葉)	*猪郷 久治 (東京)	*間々田和彦 (東京)
		*佐藤 俊一 (東京)	*栗原 謙二 (東京)
		*横尾 浩一 (東京)	*榊原雄太郎 (東京)
		*下野 洋 (東京)	*水野 孝雄 (東京)
		*松川 正樹 (東京)	
常 務 委 員 (**印は, 会則第11条5項の常務委員)			
	**浅井 嘉平 (東京)		
	**林 慶一 (東京)		
幹 事	尾又 利一 (東京・平成7・8年度)	高瀬 一男 (茨城・平成7年度)	

第10回「大学と科学」公開シンポジウムについて

1. 趣 旨

科学研究費等による独創的・先駆的な研究成果を、社会各方面に公開し、我が国全体の創造的な科学技術の振興に資するため、文部省では昭和61年度から科学研究費補助金「研究成果公開促進費」に新たな種目として「研究成果公開発表」（平成6年度から「研究成果公開発表(A)」となる。）を設け、大学等の研究者グループによる研究成果の公開発表に要する経費を助成している。

本年度は、第10回「大学と科学」公開シンポジウムとして社会各方面でも関心の高い7つの研究領域を取り上げ、実施される。

2. 日時・会場等

セッション名	代 表 者	開 催 日	会 場
北方文化と日本列島	大 林 太 良 (東京女子大学現代文化学部教授)	平成7年9月30日(土) (第7回全国生涯学習フェスティバル参加事業)	北海道自治労会館 札幌市北区北6条西7丁目 電話 011-747-1457
都市震災と防災システム ——阪神・淡路大震災から得た教訓——	土 岐 憲 三 (京都大学工学部教授)	平成7年10月21日(土) ～ 22日(日)	有楽町朝日ホール 千代田区有楽町2-5-1 電話 03-3284-0131
銀河系と生命 ——進化する宇宙物質——	海 部 宣 男 (国立天文台教授)	平成7年11月30日(木) ～ 12月1日(金)	名古屋国際会議場 名古屋市熱田区熱田西町1-1 電話 052-683-7711
情報スーパー・ハイウェイ ——加速する研究・教育・医療——	井 上 如 (学術情報センター教授)	平成7年12月5日(火) ～ 6日(水)	日経ホール 千代田区大手町1-9-5 電話 03-3270-0251
遺伝子治療 ——新しい治療への期待——	浅 野 茂 隆 (東京大学医科学研究所教授)	平成7年12月11日(月) ～ 12日(火)	千里ライフサイエンスホール 豊中市新千里東町1-4-2 電話 06-873-2301
アジア・知の再発見 ——文化財保存修復と国際協力——	石 澤 良 昭 (上智大学外国語学部教授)	平成8年1月27日(土) ～ 28日(日)	有楽町朝日ホール 千代田区有楽町2-5-1 電話 03-3284-0131
脳研究の最前線 ——遺伝子から知能へ——	外 山 敬 介 (京都府立医科大学教授)	平成8年2月1日(木) ～ 2日(金)	有楽町朝日ホール 千代田区有楽町2-5-1 電話 03-3284-0131

3. 参加料 無料

本件についての問い合わせ先

文部省学術国際局学術情報課

TEL 03-3581-4211 (内線2591)

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 48, NO.4.

JULY, 1995

Articles:

The trial of learning material about Acid rain and relating things in High school.

Using the study of school science club. Akira OGIWARA ...139~146

The Macroscopic grasp of Coriolis force. Using the Computer simulation.

..... Takeo YOKOO, Motohiko SHIBAYAMA and Jun FUKUE ...147~156

Petrological informations of the Upper mantle peridotites from detrital

chromian spinels: a case study of the Paleogene Uraho group,

eastern Hokkaido, Northeast Japan. Futoshi NANAYAMA ...157~169

Proceedings of the Society (173)

Review (170) News (171~172)

All Communications relating this Journal should be addressed to the

JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION

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

平成7年7月25日 印刷 平成7年7月30日 発行 編集兼発行者 日本地学教育学会 代表 岡村三郎
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 00160-3-86783