

地学教育

第42巻 第6号 (通巻 第203号)

1989年11月

目 次

原著論文

- 天球の動きを理解するための紙工作……………森岡 隆・大脇直明…(231~242)
- 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……………山本 豊…(243~250)
- コンピューターシミュレーションを使った土石流・崖崩れに
関する教材の開発……………萩原 彰…(251~255)

寄 稿

- 化石と地質時代 後編……………小林貞一…(257~266)
- 第3回天文教育研究会と「天文教育普及研究会」の発足 (256)
- 天文教育普及活動における指導者講習会のお知らせ (256)
- 平成2年度全国大会案内(表2), 選挙告示(表3)
- 日本学術会議たよりNo.14 (267~268) IGCニュースNo.1 (269~270)

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

平成2年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第44回全国大会 大阪大会 第2次開催案内

上記の大会開催について、次の要項が決定いたしましたのでご案内いたします。

日本地学教育学会会長 平山勝美
全国大会実行委員長 山際延夫

大会テーマ 「地球をまもるため ——地学教育の役割——」

主催 日本地学教育学会

共催 大阪府高等学校地学教育研究会 大阪府中学校理科教育研究会 大阪府小学校理科教育研究会連絡会
大阪府立中学校教育研究会理科部 大阪市小学校教育研究会理科部 大阪府私立中学校高等学校理科教育研究会

後援 (予定) 文部省 大阪府教育委員会 大阪市教育委員会 全国高等学校長協会 全日本中学校長会 全国
連合小学校長会 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 大阪
府立高等学校長協会 大阪府公立中学校校長会 大阪府小学校長会 大阪府立高等学校長会 大阪府立中
学校長会 大阪府立小学校長会 大阪府私立中学校高等学校連合会 兵庫県地学会 京都地学教育研究会
奈良県地学教育研究会 奈良県高等学校理化学会 和歌山県高等学校教育研究会理科部会 滋賀県高等学
校理科教育研究会

期日 平成2年8月21日(火)～24日(金)

場所 大阪国際交流センター(大阪市天王寺区上本町8-2-6)

日程

第1日——受付、開会式、記念講演、総会、研究発表会(小中高合同)、シンポジウム、懇親会

第2日——研究発表(小、中、高別分科会)、全体会、閉会式

第3日、第4日——見学・研修会

見学・研修会

Aコース：関西新空港建設現場の見学、その埋め立て土砂採掘現場の和泉層群(白亜系)の見学と化石採集、23日
～24(1泊2日)定員60名

Bコース：二上山の地質見学(第三紀火山岩、二上層群の見学と、ガーネット、サマカイトの採集)23日(日帰り)

Cコース：大阪市内地学巡検(上町台地、科学館、自然史博物館など)23日(日帰り)

各コースの費用、人数などの詳細は第3次案内でお知らせいたします。

研究発表(発表の方法には次のような形式があります)

1. 口頭発表——従来の形式のものです。会場でビデオの投影も可能です。
2. 展示発表——要旨および図、写真を模造紙やポスターによって掲示します。ビデオおよびコンピュータを用いた発表もできます。

研究発表の申し込み、締め切り期日及び研究発表に使用する機器の詳細については、第3次案内でお知らせいた
します(平成2年1月の予定)。発表を予定されている方はご準備ください。

日本地学教育学会第44回全国大会実行委員会

大阪教育大学地学教室 山際研究室

〒543 大阪市天王寺区南河堀町4-88

TEL 06-771-8131

内線(252 山際, 253 横尾, 396 浅野, 柴山)

天球の動きを理解するための紙工作

森岡 隆*・大脇直明**

I 序論

1. 内外対応付け能力

地球は宇宙空間で主に自転、公転、歳差の三つの運動を行っている。これらを地球上のある地点から見上げた天球面上の星の動きとして捕える見方を、「内からの見方」とし、このような現象に対する認識を「内心象」ということにする。同じ現象を宇宙空間の一点から、三次元空間内での地球の運動として捕える見方を、「外からの見方」とし、このような現象に対する認識を「外心象」ということにする。

内心象、外心象の二つの認識は、同じ現象を別々の二つの座標から観察することにより生じる。一方の座標から観察された天体の位置や動きは、必ずもう一方の座標からも対応する天体の位置や動きとして観察される。一方で得られた内心象から他方で得られるべき外心象を演繹する能力、もしくはその逆の能力を「内外対応付け能力」(以下対応付け能力と略す)ということにする。

地球の自転と日周運動を例にして述べれば、その外心象は、三次元宇宙空間内で恒星に対して固定された方向を持つ地軸の回りに、地球が自転しているという認識である。

一方内心象は北緯35°に住む人間にとっては、高度35°、方位北にある天の北極を中心とした日周運動を天球の内側から見ているという認識である。

2. 研究目的と意義

天文学の見地から対応付け能力の育成意義を述べる。古代人は地球が自分たちを中心にした円盤であるという外心象を描いていた(高木, 1976)。ところがコロンブスの世界一周、その他多くの観察事実から、後には地球が球であるという外心象を得た。これらの事実は自分たちの持っていた内心象から、より正しい外心象を形成してきたことを物語っている。

同様に天球上での恒星、惑星の運動という内心象から地動説という外心象を得、さらに天ノ川という内心象か

らレンズ形の銀河系という外心象を得、さらに銀河群、銀河団というように次々に内心象から外心象を得てきた。

これらの事実から対応付け能力は、天文学の基本的考察手段であり、天文学史は将に内心象から外心象を形成する過程であったことになる。この考察手段は天文学がその成果と共に後世に残すべき文化遺産である。

対応付け能力すなわち観測立脚点の変換能力(視点移動能力とよばれることもある)については、主にその発達段階に関して研究が成されてきた(土田・小林, 1986)。本研究に於いては視点をいろいろな座標へ変換することよりも、視点を二つの座標に固定して、現象の対応を行うことに重きを置いたので、敢えて対応付け能力と呼ぶことにした。土田, 小林(1986)では、科学における相対的に物を見る能力、及びそれを高めることを目標としたカリキュラムの必要性を説いている。さらに天文教材を利用すれば、効果的に学習できることを指摘している。

また増田(1985)は相対運動理解に注目した惑星運動を理解させるための教材開発の中で対応付け能力の必要性を述べている。

本研究はこれらを受けて自転、公転、歳差を教材として利用し、対応付け能力を育成しようとしたものである。その方法及び実践結果を以下に示す。

II 対応付け能力育成方法

歳差の理解を通して対応付け能力を育成する。具体的には地軸の歳差により、地球から見た星空で北極星交替、分点移動、星座に対する太陽年周運動の変化、周極星、出没星、全没星の変化が生じることを理解させる。

歳差を使う理由は、歳差の理解を目的とし地球上での方向、日周、年周運動などの理解を系統的に組み合わせることができ、さらに応用の場を得られるからである。

以下に対応付け能力育成の方法を述べる。

1. 育成方法の条件

対応付け能力を育成するための障害として、以下の四つを考えた。①ある現象についての内心象及び外心象の理解が不十分であること。②内心象及び外心象の間の対比ができないこと。③自転、公転、歳差の回転の時間変

* 東京都立三宅高等学校 **元東京学芸大学

1989年3月20日受付 5月31日受理

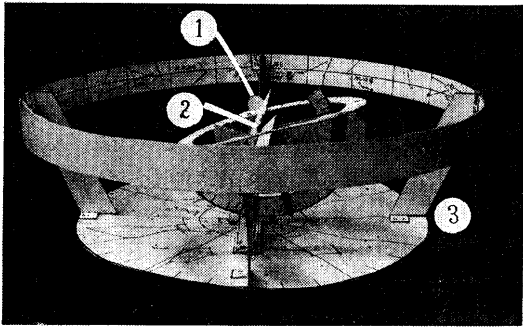


図 1

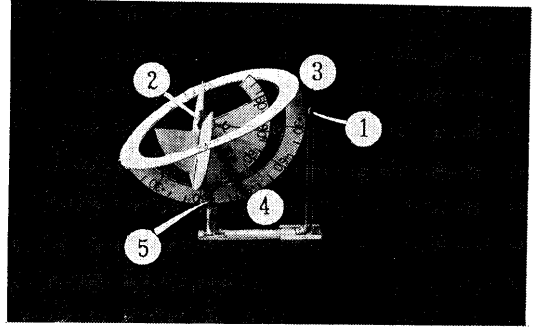


図 2

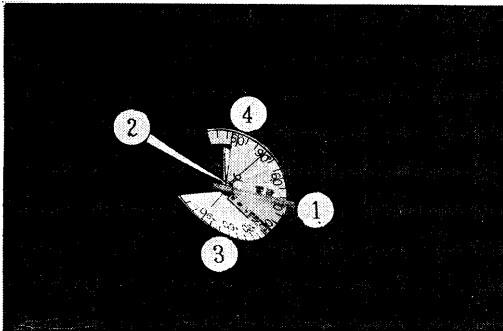


図 3

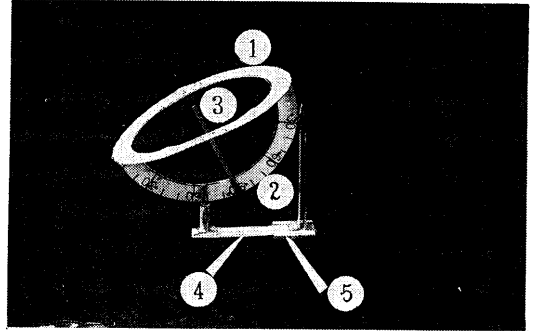


図 4

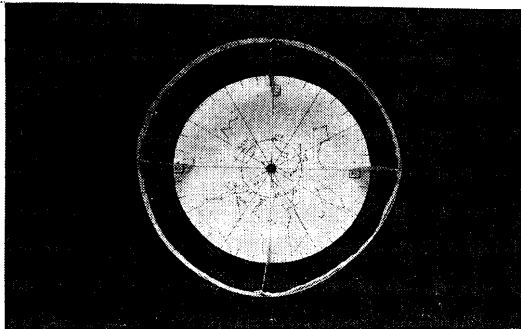


図 5 (外側の白は線は黄道帯, 白い部分は黄道北半球)

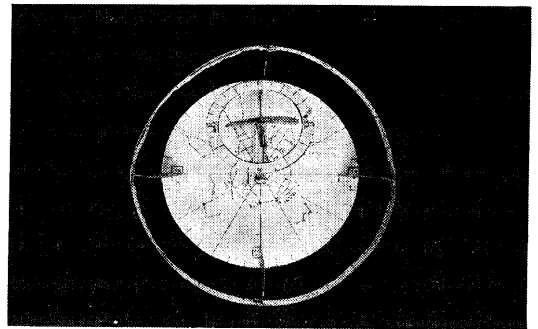


図 6 (図の中心が①)

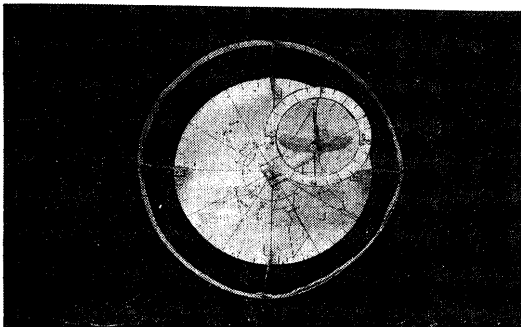


図 7

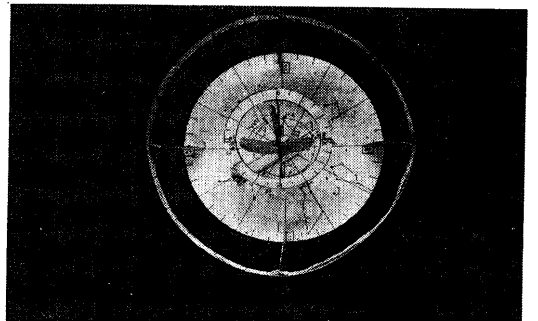


図 8

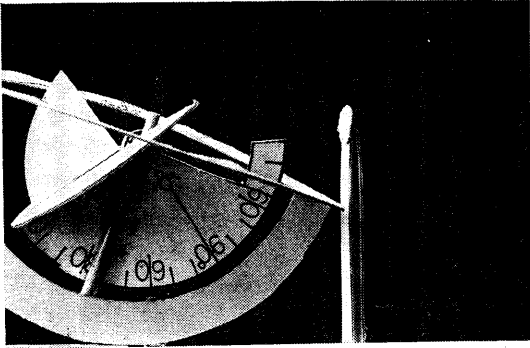


図 9

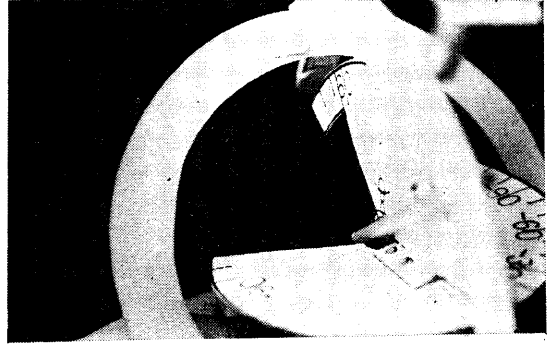


図 10

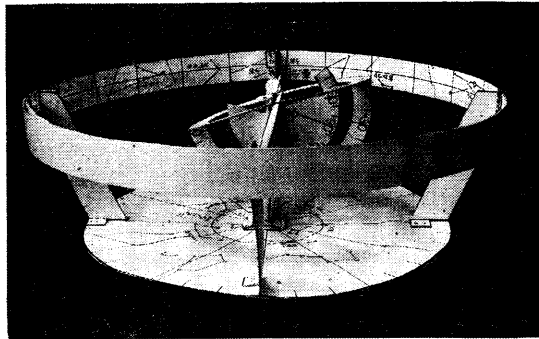


図 11

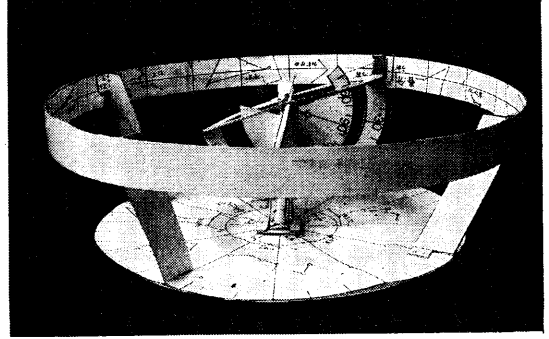


図 12

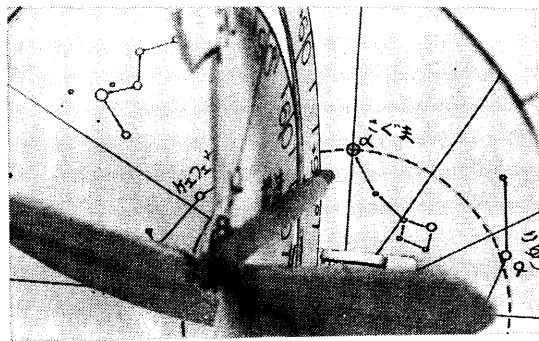


図 13

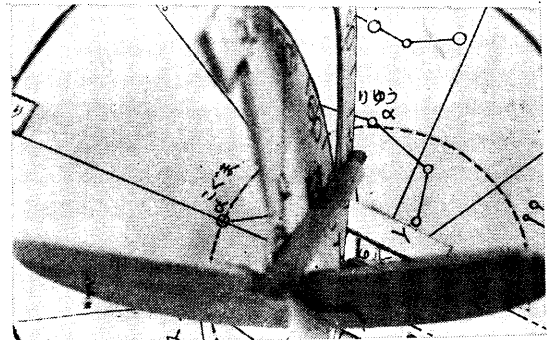


図 14

化がイメージできないこと。④内心象における極、赤道、子午線、黄道、分点などが明確に視覚化できない。

対応付け能力育成のためには、上の四つの障害を除去すればよい。すなわち以下の四つの条件を満たす方法を用いればよい。①内外心象が明確に理解できること。②内外心象を同時に比較できること。③内外心象の時間変化が視覚化できること。④内心象における極、赤道、黄道、分点を視覚化できること。

上の条件を満たす方法の一つとして、新たな教具を開

発し使用することを考えた。以下教具の開発及びそれを利用した内外対応付け能力の育成方法を具体的に述べる。

2. 教具の構造

地球の自転、公転、歳差の内外心象を同時に視覚化し対比できるように、太陽を中心とした天球内で地球が自転、公転、歳差の運動ができるように工夫した立体模型を考えた(図1)。図1①は太陽を、図1②は地球を、図1③は天球の黄道から北半分を表わしている。

①太陽地球系

図1の①、②の部分だけ天球から取り出して見たのが図2である。図2①は太陽を、図2②は地球を、図2③は赤道座標系を表わす。図2④は自転軸を、図2⑤は歳差軸を表わす。この2本の軸は自由に回転できる。よって図2全体で、太陽の回りを公転する地球を表わしている。これを太陽地球系という。

②地平座標系

図2の太陽地球系を図3、4の二つの部分に分解できる。図3①は地軸を、図3②は地球儀を、図3③は北35°緯の地平面を、図3④はその子午面を表わしている。図3全体で北緯35°の地平座標系を表わす。それぞれ高度、方位目盛りが10°ごとに付いている。

③赤道座標系

図4①は赤経環を、図4②は赤緯環を表わしている。それぞれ1°ごと、10°ごとに目盛りが付いている。図4①～③と図3全体を組み合わせると、図3①は図4③の回りで自由に回転できる。これによって赤道座標系に対して回転する地球を表わしている。図4①～③と図3全体を組み合わせたものを赤道座標系という。

④黄道座標系

図1③の部分だけを取り出し上から見たものが図5である。図5①は黄道帯を表わす。図5②は黄道の北極を中心にした黄緯約+30°までの天球面を表わす。全体で黄道から北の天球を表わす。これを黄道北半球という。

黄道北半球に太陽地球系を取り付け上から見たものが図6である。太陽地球系は図6①を中心にして自由に回転できる。図7は図6の状態から回転した様子を示す。

さらに太陽地球系の図4④の上部構造は、④の長辺方向に図4⑤上で動くようになっていて、これにより黄道北半球の中心を太陽、地球のどちらにすることもできる。図8は図7の太陽中心の状態から地球中心の状態にした様子を示す。

3. 教具の機能

この教具を操作することによって、地球の恒星天に対する自転、公転、歳差の内外心象を全て再現できる。

①地球上の観測者の位置、方向

地球上の北緯35°の地面に垂直に立っている観測者の内外心象を、地平座標系により表わしている。地球を外から眺めれば外心象、南の切れ込みから覗けば内心象を得る(21図テキスト1参照)。

②自転と日周運動

赤道座標系を用いることにより、自転の内外心象を得られる。赤経赤緯環を恒星天に見立てて外から眺めれば恒星天に対して自転する地球という外心象を、地平座標

系の南の切れ込みから覗けば日周運動を内心象として得る。

このとき地平座標系と赤経赤緯環はたがいに地軸を中心として回転できるので時間変化を得ることができる。

③二分二至に対する公転と太陽年周運動

地球の地軸(二分二至)の方向に対する太陽の公転を、太陽地球系の太陽の回りでの赤道座標系の回転により表現できる。これは公転の外心象となる。さらに地平座標系を覗けば天球面上での太陽の赤経、赤緯の変化を、必要があれば約1°及び10°の精度で得ることができる。これは公転の内心象となる(図24テキスト4参照)。

具体的な例を図9、10に示した。冬至の日の太陽南中時の外心象、内心象をそれぞれ表わしている。

④恒星に対する公転と太陽年周運動

黄道座標系を使って黄道北半球に対して太陽の回りで地球を地軸の方向を一定に保ちながら回せば、恒星に対する地球の公転の外心象を得る。いろいろな位置で地球を自転させ、地平座標系を覗けば、毎日真夜中に南中する星座の季節変化、恒星に対する太陽の動きを内心象として得ることができる(図25テキスト5参照)。

⑤歳差

黄道座標系を使って地球を公転させる前に、地軸の方向を歳差軸の回りで適当な方向に合わせることで、歳差の外心象を得ることができる。本節④と同様の作業を行うことにより歳差が起きたときの内心象を得ることができる。

具体的な例を図11～14に示す。図11、12は春分点移動の外心象を示している。図13、14は北極星の交替の内心象を示している。

歳差による変化はゆっくりで体験することは難しいがこの教具はシミュレーターとしてそれを目の前に示す機能を持っている。自転、公転についても同様である。

生徒自らが無意識のうちにパラメータを与えながら動かすことができるこの教具を、能動的な学習意欲を高めるように活用することも可能である。

4. 教具の製作及び使用法

以上に述べた教具をどのように使って対応付け能力を育成したかを述べる。教具の完成品を初めから与えられれば複雑でわかりにくい。そこでこれを生徒各自に製作させ各部を理解させ、次に操作により対応付け能力を育成することにした。

図27、28の2枚のボール紙を切り抜き、のり付けして立体に組み立てさせる。製作順序は自分たちに最も近い地平座標系から、赤道座標系、太陽地球系、黄道座標系と宇宙へ向かって行なわせた。

各系製作終了後にその系を操作し考えながら演習を行なわせる。これらの過程は全てテキストに記し、生徒各自に一冊ずつ配布した(図21~26)。

それぞれの系を製作、操作、演習することにより下のような対応付け能力がマスターされるようにした。①地球上での方向と宇宙から見たそれぞれの方向、②日周運動と自転、③二分二至に対する太陽年周運動と公転、④恒星に対する太陽年周運動と公転。さらに①~④を基礎として、⑤北極星交替、分点移動と恒星に対する地軸の歳差を理解できるようにテキストをつくった。

上の①~⑤の対応付け能力は、前節①~⑤の教具の機能とそれぞれ対応する。

III 調査及び結果

1. 調査

教具を使用した方法が、対応付け能力育成に効果的であったかどうかを調べた。

調査は1987年9月、千葉県立鎌ヶ谷高等学校、3年地学選択者を対象とし、高塚 敦教諭の指導により行った。プレテスト、製作(操作、演習も含む)、ポストテストを授業時数8時間で行った。

調査の内容はⅡ章3節で述べた①~⑤のそれぞれの対応付け能力の育成の度合いである。これを調べるためにプレテスト(図15~18)、製作中の演習問題、ポストテスト(図19~20)を行い正答率を比較した。

正答率は各項目での正答人数を全人数で割ったものである。

2. 結果

対応付け能力育成効果、思考補助効果という二つの指数により結果を表に示した。それぞれの指数は(ポストテスト正答率-プレテスト正答率)×100、(製作中の演習問題正答率-ポストテスト正答率)×100により算出した。両方とも数値が大きい程効果が大きかったことを示す。

3. 考察

表1から①、②、③については、対応付け能力育成効

表1

項目	指数	対応付け能力育成効果	思考補助効果
①地球上の方向		21	8
②自転と日周運動		37	*
③太陽年周運動		4	41
④恒星年周運動		21	24
⑤歳差		4	71

果が高かったが、③、⑤については低かったと言える。③、⑤について思考補助効果を見ると他と比べて高いことがわかった。思考補助効果が高いということは、太陽年周運動、歳差については頭の中にイメージができていないため教具がないと正答率が下がるのだと考えられる。③、④は内外心象が確立されていない現象である。

よって本教具を使った対応付け能力育成方法の効果は、内外心象が確立された現象については高かったと結論できる。

謝辞 本研究を進めるにあたり多大なる御指導を頂いた、下田 真弘教授、佐藤文男教授、水野 孝雄助教授、並びに調査に御協力頂いた高塚 敦教諭をはじめとする諸先輩方、東京学芸大学天文研究室の皆様深く感謝申し上げます。

参考文献

- 高木平八郎 1976, 科学教育大系 1巻, p. 25, 講談社.
 高城武夫 1973, 天文教具, 恒星社恒星閣.
 土田 理・小林 学 1986, 地学教育, 39巻, 5号, (通巻184), p. 167.
 増田 勲 1985, 東京学芸大学修士論文 惑星運動理解のための模型に関する研究.

森岡 隆・大脇直明: 天球の動きを理解するための紙工作 地学教育 42巻, 6号, 231~242, 1989.

[キーワード] 天文教具製作, 惑星運動, 対応付け能力, 自転公転, 歳差。

[要旨]

地上から見た太陽, 恒星の天球上での日周運動, 年周運動を宇宙での太陽, 恒星に対する地球の空間運動と結びつけて理解するための, 教具を開発した。教具を使用した結果条件付きで有効であることがわかった。

Takashi MORIOKA and Naoaki OHWAKI: The Papercraft to Understand Motion of the Celestial sphere; *Educ. Earth Sci.*, 42(6), 231~242, 1989.

図15 プレテスト用紙1

地球の軸と天球の動き

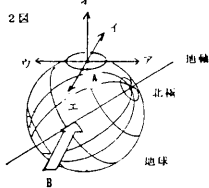
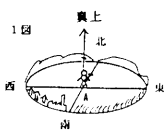
1987/9/5 Ver.6

No.1

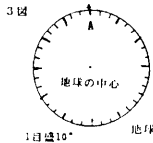
以下の問いについて、解らない場合には()内に○を書け。

I. 地球上の自分の位置について下の問いに答えよ。

- (1). 1図A地点での東、西、南、北、真上は、それぞれ2図のア～オのどの方向か。
ア()、イ()、ウ()、エ()、オ()



- (2). 3図は2図において矢印Bの方向から見た地球である。A地点は北緯25°にあるとして、3図に地軸を描け。()



- (3). 地軸を無限に長く伸ばしたとき、その先端はA地点からどの方向に見えるか。4図を参考にし、3図に矢印で描け。()

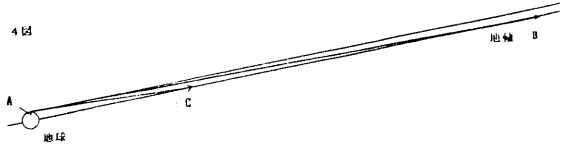


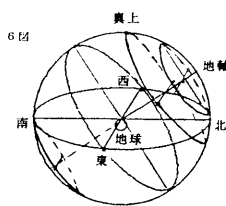
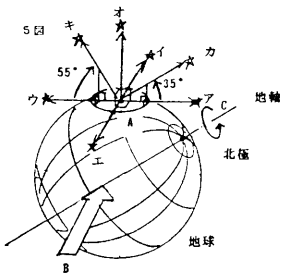
図16 プレテスト用紙2

II. 地球の自転について下の問いに答えよ。

- (1). 5図のア～キはA地点から見た星の方向を示している。

①. 6図の天球上に5図のアからキの位置を、それぞれ×7、～×1で示せ。

ア()、イ()、ウ()、エ()、オ()、カ()、キ()



- (2). 地球が矢印Cの方向に90°自転したとき下の問いに答えよ。

①. 6図の天球上に星の軌跡を描け。

ア()、イ()、ウ()、エ()、オ()、カ()、キ()

②. 7図の地上から見た北天、南天に星の軌跡を描け。

ア()、イ()、ウ()、エ()、オ()、カ()、キ()

③. 7図の地上から見た北天、南天に6図の×7、～×1の方向に見える星の位置を×7、～×1で示せ。

ア()、イ()、ウ()、エ()、オ()、カ()、キ()

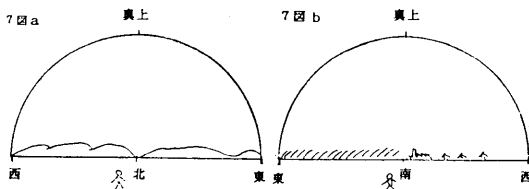
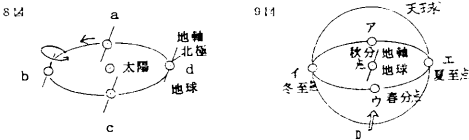
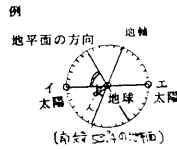
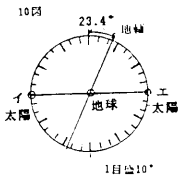


図 17 プレテスト用紙 3

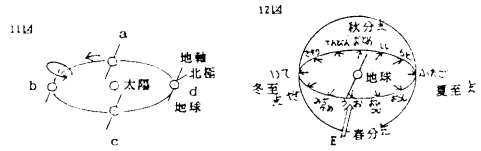
- Ⅱ. 地球の公転について下の問いに答えよ。
 (1). 8 図は地球の公転を示している。地球が a、b、c、d にいるとき、地球から見た太陽の方向は、それぞれ 9 図のア、～エのどれに当たるか。
 a (), b (), c (), d ()



- (2). 10 図は 9 図で矢印 D から見た天球である。
 ①. 冬至の日に北緯 35° の A 地点で正午に太陽が南中したときの地平面の方向を、10 図に描け。(例を見よ) ()
 ②. ①の地平面に立っている人を描け。人は でよい。()
 ③. A 地点での太陽の高度を示す角を \triangle で示せ。()
 ヒント
 北緯 35° で北極星の高度は 35° である。



- (3). 12 図は地球から見える星座の方向をそれぞれ書き入れたものである。地球が 11 図の a、b、c、d にいるとき、地球から見た太陽はそれぞれ何座をバックにして見えるか。
 a (), b (), c (), d ()



- (4). 13 図は 12 図で矢印 E から見た天球である。
 ①. 冬至の日に北緯 35° の A 地点で真夜中になった。この時 A 地点の地平面の方向を 13 図に描け。(3の例の例参照) ()
 ②. ①の地平面に立っている人を描け。人は でよい。()
 ③. この時南中している星座は何座か。()座
 ④. ③の星座の A 地点での高度を示す角度を \triangle で示せ。()
 ⑤. このとき東から出てくる星座は何座か。()座
 ⑥. このとき西へ沈んでいくのは何座か。()座

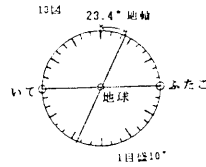
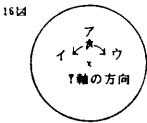
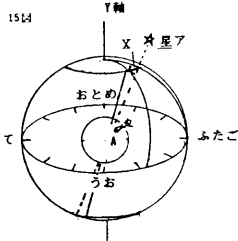
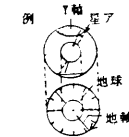
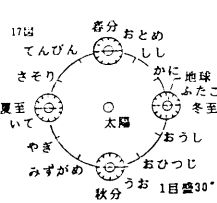


図 18 プレテスト用紙 4

- Ⅳ. 地球の首振り運動について下の問いに答えよ。
 地球は 14 図のコマの軸が Y 軸の周りを首振り運動するように、15 図の Y 軸の周りを回転するこれを歳差という。
 (1). 地球は現在、星 A を指している。地球の方向を天の北極という。今地球が 15 図矢印 X の方向へ 30° 回転すると、星 A の位置は天の北極に対して 16 図のイ、ウどちらへ移るか。
 (15 図は A 地点の人が見た Y 軸の方向の空である) ()



- (2). 17 図は地球の軌道を北から見たものである。
 ①. 例にならい地球が 50° 回転したときの北から見た地球の方向を 17 図の各地球に付け。()



15 図を Y 軸の方向から見たときの地球の方向を表した図。

- (3). このとき新たな春分、夏至、秋分、冬至は、それぞれ地球が何座にいるときに起こるか。
 春分 () 座、夏至 () 座、秋分 () 座、冬至 () 座

図 19 ポストテスト用紙 1

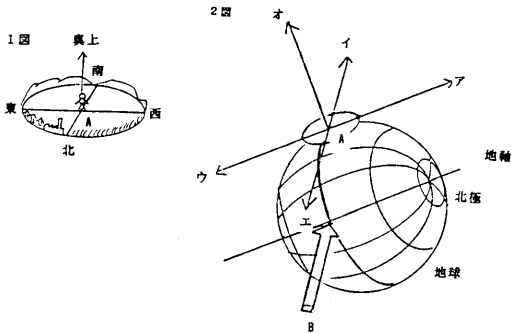
地球の動きと天球の動き (POST TEST)

1987/9/5 Ver. 6 No. 1

以下の問いについて、解らない場合には () 内に O を書け。

I. 地球上の自分の位置について下の問いに答えよ。

- ①. 1 図 A 地点での東、西、南、北、真上は、それぞれ 2 図のア～オのどの方向か。
ア ()、イ ()、ウ ()、エ ()、オ ()



- ②. 3 図は 2 図において矢印 B の方向から見た地球である。A 地点は北緯 0° にあるとして、3 図に地軸を描け。 ()



- ③. 地軸を無限に長く延ばしたとき、その先端は A 地点からどの方向に見えるか。4 図を参考にして、3 図に矢印で描け。 ()

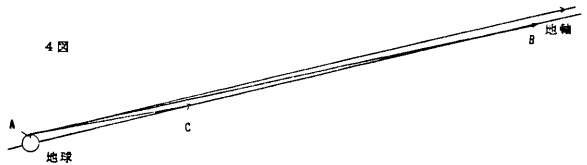
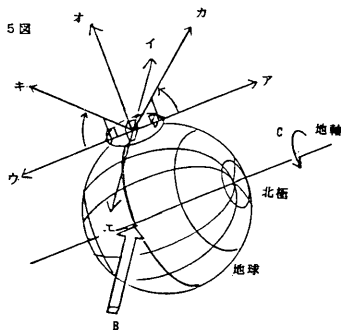


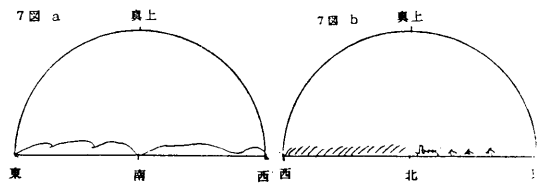
図 20 ポストテスト用紙 2

II. 地球の自転について下の問いに答えよ。(POST TEST) No. 2

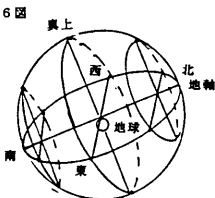
- ①. 5 図のア～キは A 地点から見た星の方向を示している。
②. 6 図の天球上に 5 図のアからキの位置を、それぞれ $\times 7$ 、 $\sim \times 7$ で示せ。
ア ()、イ ()、ウ ()、エ ()、オ ()、カ ()、キ ()



- ③. 7 図の地上から見た北天、南天に 6 図の $\times 7$ 、 $\sim \times 7$ の方向に見える星の位置を $\times 7$ 、 $\sim \times 7$ で示せ。
ア ()、イ ()、ウ ()、エ ()、オ ()、カ ()、キ ()



- ④. 地球が矢印 C の方向に 90° 自転したとき下の問いに答えよ。
①. 6 図の天球上に星の軌跡を \rightarrow で描け。
ア ()、イ ()、ウ ()、エ ()、オ ()、カ ()、キ ()
②. 7 図の地上から見た北天、南天に星の軌跡を \rightarrow で描け。
ア ()、イ ()、ウ ()、エ ()、オ ()、カ ()、キ ()



ポストテスト用紙 3 と 4 は、図 17 と 図 18 に似ているので省略した。

図 21 テキスト 1

P1

No. 1

★立体星座標の作り方

この星座標は、傾斜に対する地球の“自転”、太陽に対する地球の“公転”からそのときの地球上の北緯35°で見える星座を再現することが出来る模型です。そのときの星の位置や動きは“座標”という道具を使って、ある程度まで正確に知ることが出来ます。さらに地球のもう一つの運動である“歳差”によって、星の見え方がどのように変化することも再現出来ます。この模型を使って地球のいろいろな状態に対する星座を再現して見て下さい。

1. 製作準備

- ①ハサキ ホール紙が切れるもの
- ②カッターナイフ 細部や内側の切込みに必要です。
- ③のり 20mm 程度のもの ヒゴヤストローの長さを測る。
- ④接着剤 のりではなかなか付きにくく、またかわきにくいので、工作用ボンドをお勧めします。20ml ¥100程度

II. 材料

- ①図の印刷されたホール紙 A, B (B4版 2枚)
 - ②竹ヒゴ (長さ15cm 直径2mm 程度1本)
 - ③ヒゴヤストロー (長さ10cm ②がちょうど通おせるぐらいの太さのもの1本)
 - ④クリップ (中2個から4個)
 - ⑤別刷り予備星図集
- 目. 作る前に(ホール紙を見ながら読む)
- ⑥必ず説明の順に従って作っていく。
 - ⑦切るときは折り線——、目盛線——、のりしろ線——を誤って切ってしまうないように、よく説明を読んで行う。
 - ⑧図中の“のり”とあるのは、その裏面ののりを付けることもあるので、仮組をして、確かめからのり付けする。

III. 製作

(1)地平座標作り

地球上の北緯35°の地点から星空を見ると、どのように見えるだろうか。どのように“のり”を正確に貼るためには、見上げた空のどこに星があるのかを正確に覚えておかなければならない。そこで“座標”という位置を表わしかたを用いる。

北緯35°にいる人間は、1図の半球の全部が見えるのか、どの方向の、どのくらいの高さに見ええるのかを示せばよい。これを“方位”、“高度”という。

方位は、2図のように北から東、西へ向かってそれぞれ0°から180°、0°から-180°まで測る。

高度は、“地平面”(1図のb)から“天頂”(1図のa)に向かって0°から90°まで測る。このようなことになる。1図の半球の全部を“地平座標”という。北、天頂、南、を含む平面を“地平面”、“地平”といふ。星がこの平面上にあるときを“赤道”といふ。

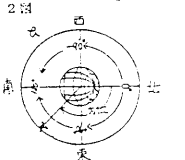
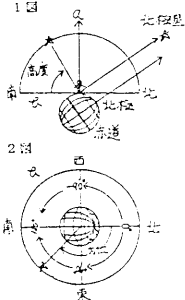


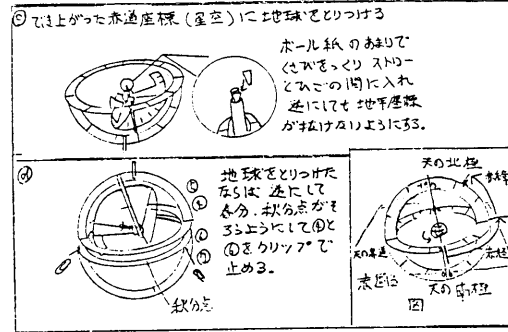
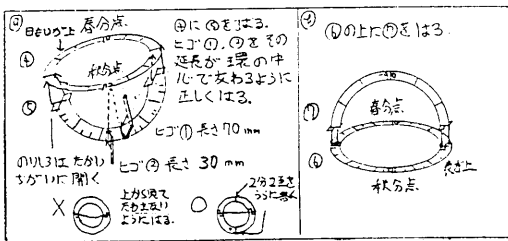
図 22 テキスト 2

P3

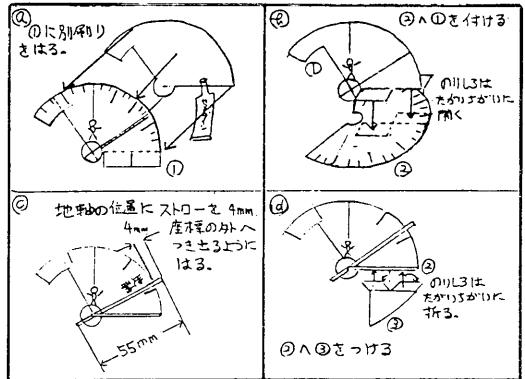
No. 2

①赤道座標作り

地平座標をのぞきながら、A着になって考えよ。天頂にある星は、どの方向へ次へていくだろうか。地球をとりまき赤道を走ってその中で地球を自転させて見よう。ここでは星のかわりに、目印となる星をとり付ける。



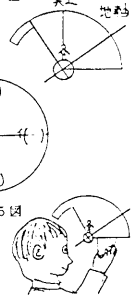
P2



問

- ①A着が立っているのは北緯何度か。赤道と、A着の真上を示す線の、傾りから読み取れ。(1°単位で読め)
- ②A着から見た地球の高度は何度か。目盛から読め。(1°単位で読め)
- ③真上から地平面を見おろした。下の図に東、西、南、北を記入せよ。東西については、地平線上へも記入せよ。
- ④A着から見た地球の方位は、高度何度、方位何度か。(1°単位で読め)

⑤地球を北極の方向から見ると、自転は反時計回りである。このときA着のいる場所は、外から見て東、西どちら回りに移動することになるか。() 回り



P4

外から見ると、図③、④、⑤(星)は止まっていて、その中で地球が自転している。図⑥は地球の赤道面が天球と交わってできた面。これを“天の赤道”という。また地球の北、南の延長が、天球と交わってできた線を“天の北極”、“天の南極”という。

地球の自転にかかわらず星の位置を変わらずには、星が天の赤道(図⑥)から天の北極または南極に向かってどのくらい離れているか(“赤緯”)と、赤道面内で“春分点”という特別な方向からどのくらい離れているか(“赤経”)を考へる。

赤緯は、天の赤道から天の北極、天の南極へそれぞれ0°から90°、0°から-90°まで測る。

赤経は、春分点から東回りに0°から360°まで測る。地球は1時間に、15°自転するので、図4の外側の線は地球にいるA着から見て、15°ずつ回へずれていく。そこで赤経には、15°を1°とする単位を用いて0時から24時まで測っている。このような星の位置の測り方を赤道座標という。

問

- ⑥外から見て、天の赤道、南、北極が、地球の赤道、南、北極の延長上にあることを確かめよ。
- *以後の問題は、南半分を外し、地球のくまびきをとり外し、6図のように見ながら(A着から見ながら)調べよ。
- ⑦外から見て地球が東回りに動いていくときに、反対に地球上のA着から星の動きを見ること。どちら回りに動くか。6図のようにのぞきながら地球を回すか回りに、逆方向に環を回して調べよ。() 回り
- ⑧7図のように見ながら、A着が南の星を見たときに赤道が天球上のどこを通過しているか調べよ。赤道は地平面と2点で、予平面と1点で交わっている。これらの交点の高度、方位はそれぞれ何度か。(10°単位で読め)

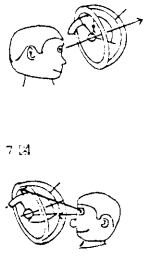


図 23 テキスト 3

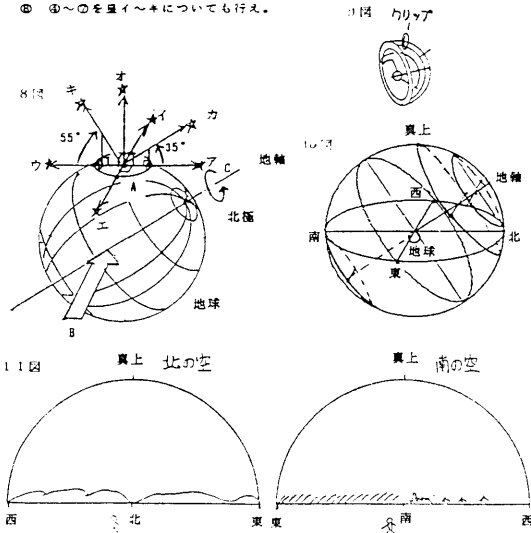
P 5

No. 3

P 6

※以下の順では、必要ならば赤道兩半球を取りつけよ。

- ⑧ 8 図アは、A 地点から見た星の方向を示している。9 図のように赤道環、赤道環の対応する位置にクリップを取りつけよ。次に 10 図の対応する位置に星を×で示せ。
- ⑨ 地球が矢印 C の方向に 90° 回転したときの軌跡を調べ 10 図に一度描け。
- ⑩ 11 図に A 着から見た星アの位置を×で示せ。
- ⑪ 地球が矢印 C の方向に 90° 回転したときに、A から見た軌跡を 11 図に一度描け。
- ⑫ ⑧～⑪の星位置～×についても行え。



④本編—地球系作り
今までは地球の自転による星の動きのみを見てきた。ところが地球は太陽の回りを1年で1周する。公転もしている。太陽の1年の動きをみるために、地球が太陽の回りを公転できるようにする。

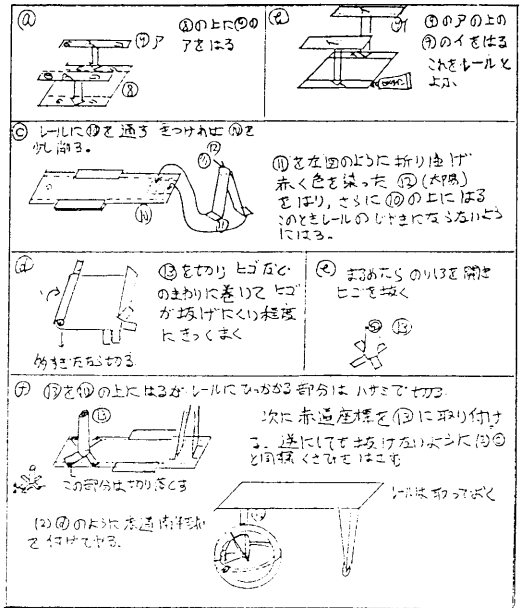


図 24 テキスト 4

P 7

No. 4

解

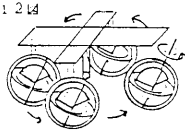
- ① 12 図のように太陽を固定して地球を太陽の回りに公転させ、春分、夏至、秋分、冬至 (以後 2 分 2 至と略) を確認せよ。(地球の傾きと太陽との位置関係を考える。)
- ② 二分二至の太陽の天球上の位置がどのように変化するかを太陽の赤道、赤道を線ごとにより、外から調べよ。(赤緯は 10°、赤経は 10° 単位でよい)

	春分	夏至	秋分	冬至
赤緯				
赤経				

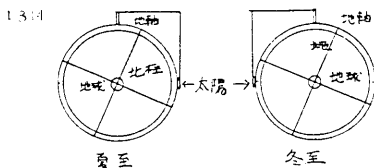
さらに A 着から見て、太陽が赤道に対してどのように動くか平面運動をさせてみよう。この軌跡を赤道環という。

- ③ 12 図のように太陽を固定して地球を公転させ 2 分 2 至の A 着が見る太陽の南中高度、日没方位をそれぞれ目盛りから読みとれ。(10° 単位でよい)

	春分	夏至	秋分	冬至
南中高度				
日没方位				
日没方位				



さらに A 着からどのように見えるかのぞいてみよう。夏至と冬至については、13 図に、その時の地平図と人間を示し、南中高度を測す角度を、△で示せ。



14図 天球 P 8

④ 赤道北半球作り
今までは公転する地球から見た太陽の赤道、赤道の季節変化のみを見てきた。ところが公転は太陽-地球系の外から見ると 14 図のように軌道をとり囲む星々の中で行われている。これらの星々は、そのときでもない距離のために立体感があらず、太陽-地球を囲む大きな球面上に貼り付けられているように見える。これを天球という。天球の赤道に対する動きを知るためには、赤道面で天球を切り、赤道北半球を作るのが便利である。これによりどんな星が、いつ見えるのかわかる。

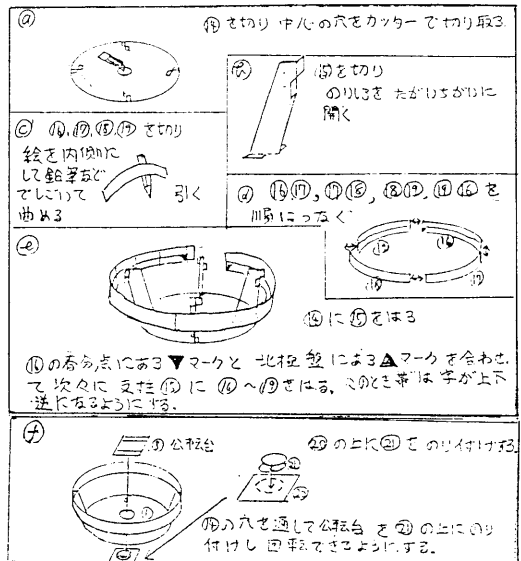
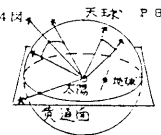
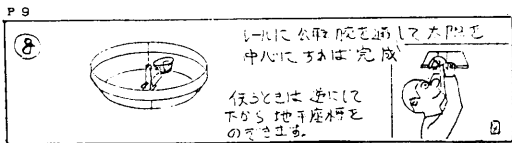


図 25 テキスト 5



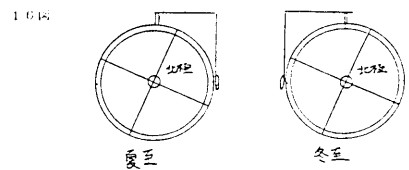
* レールの使い方
地球の公転による太陽の星に対する位置を外から見る時は、太陽を中心にする。地球から日周運動を見るときには、地球を中心にする。天球は無理に通い、太陽から見ても、地球から見ても、同じ星空に見える。(6図)ところがこの模型の天球は、半径13cmの球なので、地球を中心に動かさなければならぬ。

- セットの仕方
下の手順で、完成した模型を春分の日正午に合わせてみる。
---地球の位置---
7. 太陽を中心にかかす。春分の日太陽は、地球から見て春分点の方向に見えることを考慮して公転軌道上の地球の位置を合わせよ。
---地球の方向---
4. 春分の日太陽は、赤道0h、赤道0°の方向に見えることを利用して、地球の方向を定めよ。
---自転によるA者の手平面上の向き---
7. A者から見て太陽が手平面上にあるときが正午である。これをもとにして合わせよ。

② 2分2至の日にそれぞれ日周運動させ、夜中に兩中する黄道上の星座名と兩中高度を調べよ。(高度は、10°単位でよい)さらにそれぞれの時に東、西の地平線付近には何座が見えるか。(15、17図参照)

	春分	夏至	秋分	冬至
星座名				
兩中高度				
東				
西				

さらにA者からはどのように見えるか。のぞいてみよう。
夏至と冬至については、16図にその時の地平面と人眼を示し、兩中高度を表す角度を、△で示せ。



- ②上の2分2至日に、星は何座の何度を中心にして日周運動していたか、地球の方向をA者から見ながら、地球を自転させてみよう。
③日周運動を無視して、地球を春分の日から1公転させたときに、A者から見て太陽は何座から何座へと動いていくか。星座名を調べよ。これを黄道十二星座という。
(うお座---)
④②③において太陽が、模型の赤道を上から下へ通過する点は、地球から見て何座にあるか。またこれを方角でいうと北から南、南から北のどちらか。これを春分点という。
()座 通過方向()

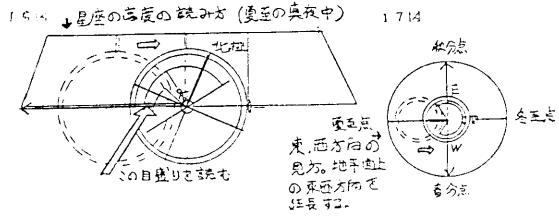
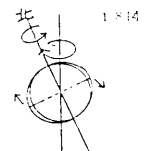


図 26 テキスト 6

P 11

N O . 6

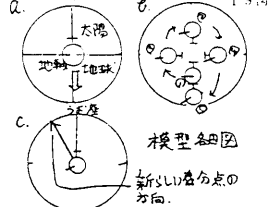
V. 歳差
(1)地球の自転
地球は赤道部がふくらんでいるために、太陽と月から赤道面に射して届いている地球を時計回りとする力が働く。このために地球は、赤道面に対する垂直回りを北極から見て反時計回りに半径23.44°の円を描いて自転する。このために地球上では、星に対してその位置を表す自差である赤道座標が変化する。これを歳差という。



②天球上での、春分点、極の移動
③歳差は26000年の周期で地球を1周させる。しかしそれでは小さすぎて現象が目に見えないので、12年の周期で地球が1周する、つまり1公転につき30°ずつ地球の向きがずれると考えて次のことを調べよ。

7. 地球が太陽の回りを春分点から出発して1公転し、再びもとの春分点に戻ってきたときに、新たな春分点は何座にあるか。

(ヒント)
①のように現在の春分の日を再現するものように、少しずつ地球の方向を変化させながら公転し、もとの位置④に戻ったと考える。このとき地球は30°回っている。地球を黄道北極星の中心へ動かして春分点を調べよ。
()座

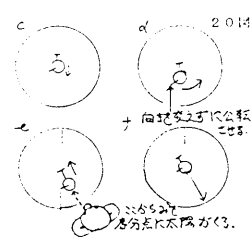


イ、これから考えて春分点は、A者から見て東、西どちらへ動いたか。
()

ウ、そのとき太陽は何座にいるか。また春分点にたいして太陽は黄道上を何度動いたか。(10°単位でよい)
()度 ()度

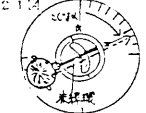
エ、地球から見て太陽がちょうど新しい春分点の方向に戻るように見える所まで、公転軌道上で地球を戻せ。(ここまで公転するのにかかる時間を1太陽年とする)このとき夜中に兩中する黄道上の星座は何座か。出発のときの星座と比べよ。

(ヒント)
②③図のcからdのように北極中心に直す。太陽が新たな春分点の方向に見える所まで、地球の方向を修正しながら地球を戻す。(c)ここで地球を赤道北極星の中心へ動かして夜中(1:30h)の方向へ、地平座標を合わせよ。
()座
オ、このとき北極にいる星は何座の何度か。
()座 ()度
(ヒント)
②③図の1の地平座標の地球を上からのぞき、地球に視線を一致させその延長上にいる星の名を調べよ。
()座 ()星



④りゅう座の星が北極星であったとき、春分点のあった星座は何座で、それは黄道上で何度、現在の春分点から離れていたか。春分点から約26000年で黄道上を1周するとして、それは今から約何年前か。(10°単位でよい)

(ヒント)
④中心に地球をもっている。地平座標の地球をのぞく。この星座の星が地球の延長上にあることを確認する。そこから歳差の回転と反対方向に地球を回転させて、りゅう座の星を戻す。りゅう座の星を地球の中心に入れたならば、赤道座標と黄道北極星を見直して、りゅう座の星とこの星座の星との黄道北極星上での角度を測る。
()度、()度、()年前



⑤現在の秋分点が春分点となったときに、冬至の日の夜中に兩中する黄道上の星座は何座で、高度は何度か。(10°単位でよい)これを現在のこの星座が夜中に兩中する季節、高度と比べよ。さらにこのときの北極星は何という星か。
()度、()度、季節()、高度()、()星

(ヒント)
地球の向きを180°回転すればよい。

<以上>

図 27 製作用ボール紙 A

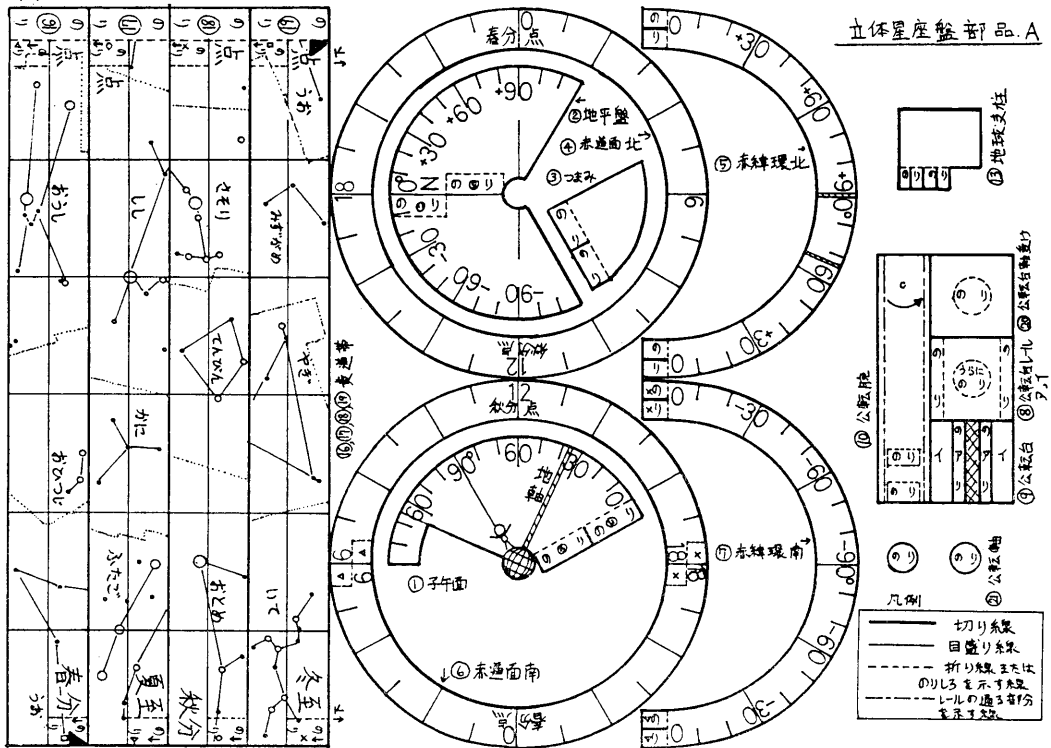
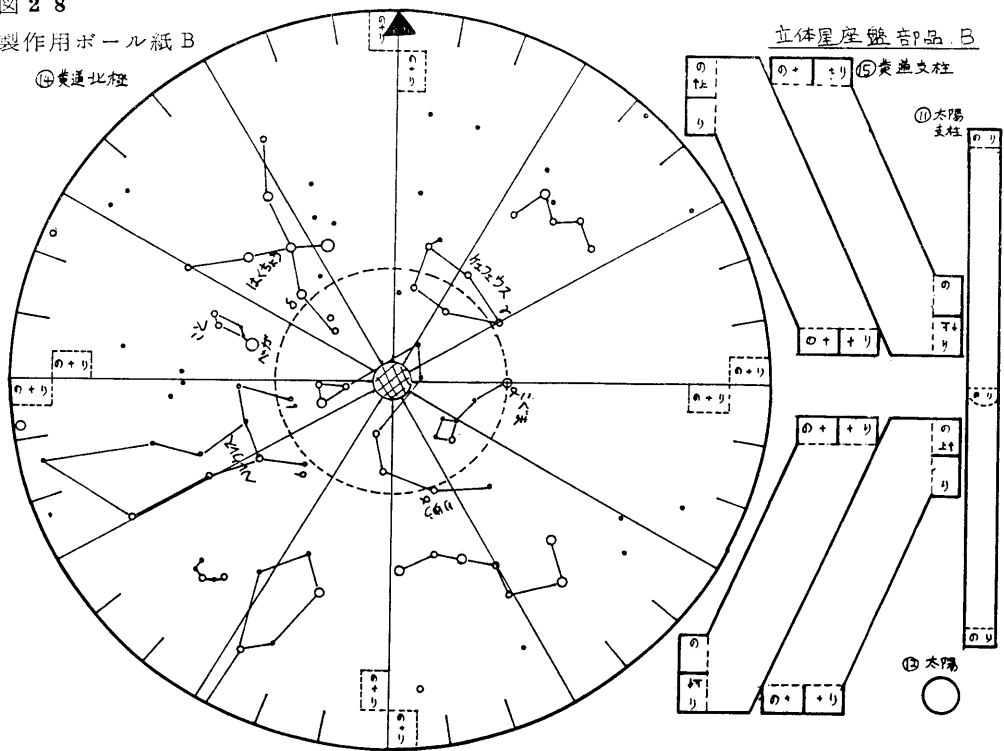


図 28

製作用ボール紙 B



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

山本 豊*

1. はじめに

降水中の化学組成は、環境を反映する指標として大変有用である。特に、降雨中の化学組成は、1960年代初期の北欧における酸性雨の現象に端を発し、研究が盛んである。都市内で酸性雨が降っている事実は、これより古く、既に1872年イギリスの化学者ロバート・スミスによって紹介され、その原因が石炭の燃焼によることも指摘されている(石, 1988)。我国でも東京、神戸、浜松での雨水の分析がなされ、酸性雨現象の研究が着手された(三宅, 1939)。近年、工業化やモータリゼーションの急速な進展により、酸性雨や大気汚染が顕在化し、その発生条件や地理的分布、移動方向等と気象との関連についても議論されるようになってきた(竹内, 1971, 1973)。現在では、住民の居住環境保全のため、自治体単位で大気中や降水中の化学組成を調査監視している(例えば、新潟県環境保健部, 1986)。

酸性雨現象は中学校、高等学校の理科、社会科の教科書にも取り上げられ生徒に学習されている。しかし、その取扱は実証的ではなく、郷土の化学的環境を把握し、酸性雨現象が身近に差し迫った問題であるという認識をさせる点では、必ずしも満足が行くものとはいえない状況にある。

この重要な現象を実証的に取り扱う場合の障害の1つに、サンプリングの困難さがある。雨は降雨後ただちに流失してしまうので、採取するためには、各自治体のモニタリングポストなどのような、大がかりな装置を必要とする。まして多地点で採取するには多大な費用が必要となり教育現場での実施は困難である。これに対して雪の場合には、雨のようにすぐに流失しないため、採取に特別な装置を必要とせず、多地点であっても比較的容易であり、中学生であれば十分対応できる利点を持っている。しかも、化学組成を保存して堆積しているため環境を反映する指標として雨と同様有用である(鈴木, 1983, 1984; Suzuki, 1982; 安部・西川, 1986)。

しかし、降雪後長時間が経過すると、著しく変態することやドライ・フォールアウトの影響を受ける欠点を持つ。これらの影響を除外して、気象などの環境条件と化学組成との対応関係を解析するためには、直前の降雪期間に対応する雪のみを対象とし、しかも降雪後速やかに採取する必要がある。

また、サンプリングの際は、特にコンタミの影響が心配されるので、充分注意を要する。すべての容器は純水でよく洗っておくことが必要である。採雪も直接手をふれず新しいポリエチレン袋に取り込み、二重、三重に密閉する。それを室温で溶解し、ポリビンにいれ冷蔵庫などの冷暗所に保管し、なるべく早い時期に分析する必要がある。

今回、1988年1月から3月にかけて新潟県上越地方を中心として、降雪中に含有されている化学組成の地理的分布を調査した。また、本研究における素材は、教育現場、特に中学校理科、高等学校における理科I、理科II、化学、地学の教材やクラブ指導におけるテーマとして適切であると考えられるので、その可能性についても併せて検討した。

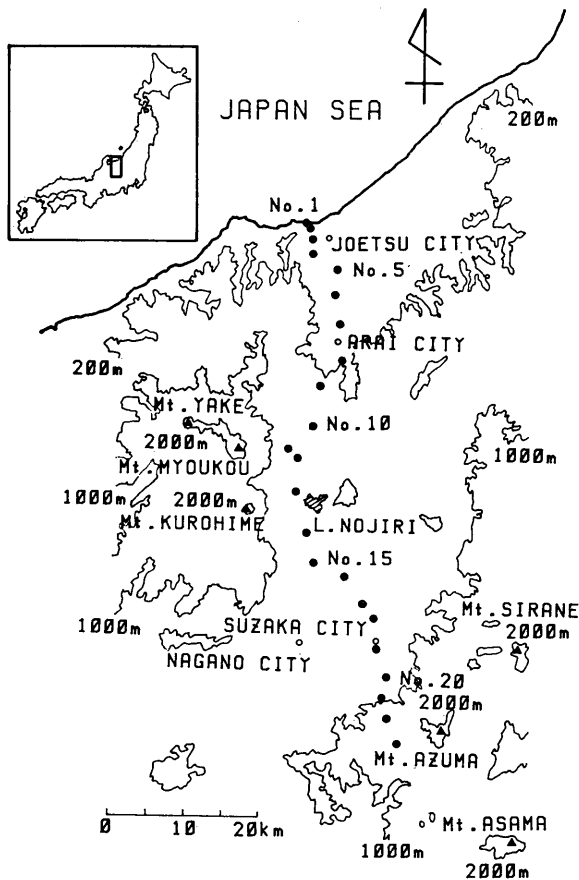
2. 研究対象地域と採雪地点

降雪現象の顕著な新潟県上越地方を中心とする地域を本研究の対象地域とする。その概観を第1図に示す。冬の北あるいは北西の季節風の方向に沿って、上越市の海岸を北限とし、日本海から内陸距離約70 kmに位置する菅平高原を南限とした。上越地方は、海岸線がSW-NE方向に走り、西方海上に能登半島が、北方海上には佐渡ヶ島が位置し、降雪をもたらす冬の北西季節風が収束しやすい地形となっている。上越市の位置する上越平野の背後には、飛騨山脈、三国山脈、越後山脈が控えており、これら山岳地帯の影響により、日本海上で発生・発達した雪雲は日本海側に顕著な降雪をもたらす。

内陸効果を検討する目的のため上越市五智海岸を始点とし、菅平高原を終点とする、海岸にはほぼ直交し内陸に向かう国道18号線沿いに23の採雪地点を展開した(第1図黒丸印)。地点間隔は約5 kmとし、海岸付近ではさらに細かくしてある。海岸から距離約28 kmの第11地

* 福井県立三国高等学校

1989年4月18日受付 5月31日受理



第1図 研究対象地域の概観および採雪地点の分布
黒丸印は採雪地点を示す

点(赤倉)までは距離と共に高度を増し、赤倉では高度約800mに達する。その後長野盆地に入り、第17地点では約340mまで高度が下がるが、菅平北西斜面で再度高度は増加に転じ、終点では約1,300mに達する。赤倉(高度約800m)や菅平高原(高度約1,300m)を採取地点に含めたのは、高度効果を検討するためである。更に、採雪地点には高田平野の上越・新井両市街地、長野盆地の長野市郊外と須坂市市街地を含んでいて、人間の生活あるいは生産活動による影響も検討できるよう考慮した。

3. 採取方法と分析方法

上越市において注意報(40 cm/day)以上の降雪があった時にサンプリングを実施した。まず、採雪地点に到着した後、そこが予め設定した地点であることを確認

した。いずれの地点においても車の排気ガスなどの影響を排除するため、道路から約100m離れた。積雪の表面と断面観察を行ない積雪層が乱れていないことを確認した後、降雪期間に対応する雪層の部分のみを採取した。採取道具の洗浄は勿論のこと、採取後も密閉し、終始コンタミなどの混入のないよう注意した。採取の際、その地点の高度、採雪層の深さ、積雪深を測定し、断面の雪質を日本雪氷学会の雪質分類に従って観測した。

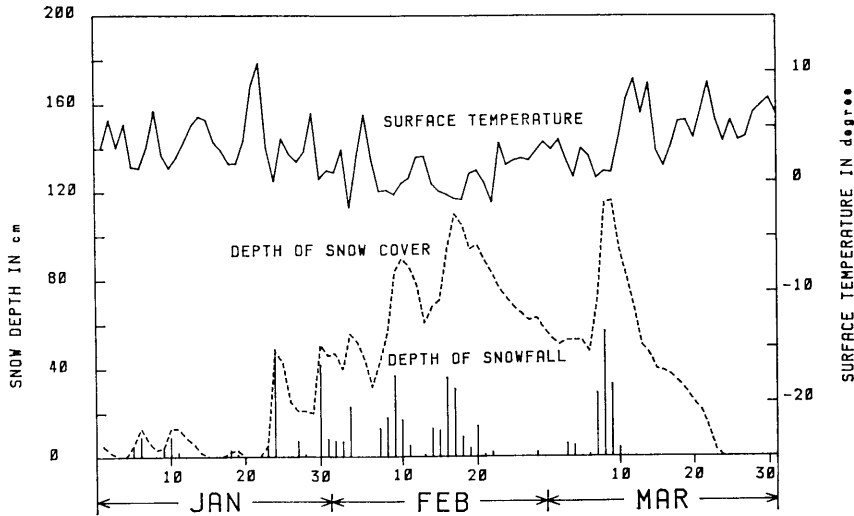
分析対象イオンは、主として海塩起源とされる Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、主として人為的起源とされる SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、および主として土壌起源とされる Al^{3+} 、 SiO_3^{2-} である。

試料は実験室に持ち帰り室温で融解した後、先ず pH を測定した。次いで $0.45 \mu\text{m}$ のメンブランフィルターにてろ過した後、高速液体イオンクロマトグラフィー法(HITACHI製、カラムは昭和電工製イオン交換樹脂 Shodex IC-524 A)を用いて陰イオンを分析した。対象イオンは Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- である。陽イオンは、ろ液を塩酸処理し 0.1 N HCl 酸性にて保存後、ICP プラズマ発光分光分析法(Jarrel-Ash 製 ICP-575 Mark II)を用いて分析した。対象各イオンは Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Al^{3+} である。また、 Pb^{2+} は原子吸光分光光度法(HITACHI 製 Z-8000)を用い、 SiO_3^{2-} は比色法(モリブデンブルー法 SHIMADU 製 UV-240)を用いて測定した。

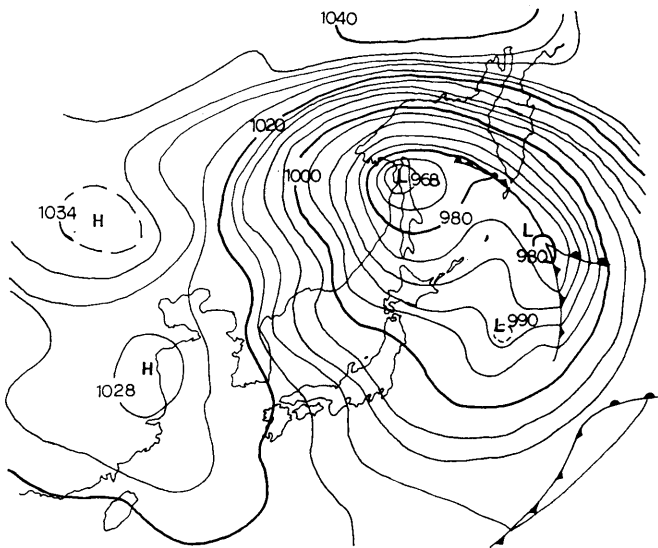
4. 結果と考察

1988年1月から3月にかけての上越市高田測候所における地上気温と降雪状況の推移を第2図に示す。同図からもわかるように、この冬は小雪暖冬の年であり、長期積雪が始まったのは1月23日からである。豪雪で名高い上越市でも日最深積雪が120 cm をこえることはなかった(平年値149 cm)。しかし、1988年1月24日、1988年1月30日から2月3日、1988年2月9日、1988年2月16日から17日、1988年3月7日から9日に、日降雪深が約40 cm に達する顕著な降雪が5回認められた。

このうち、1988年2月16日から17日の降雪を除く4回の降雪の直後に採雪を実施し、延べ70個の試料を得た。本研究では1988年1月24日の直後のサンプリングを RUN 1 と呼び、1988年1月30日から2月3日、1988年2月9日、1988年3月7日から9日の直後のサンプリング



第2図 1988年1月から3月の高田測候所における地上気温と降積雪状況の推移
 横軸は月日, 棒グラフは降雪の深さ (cm), 破線は日最深積雪 (cm),
 実線は地上気温 (°C) を示す

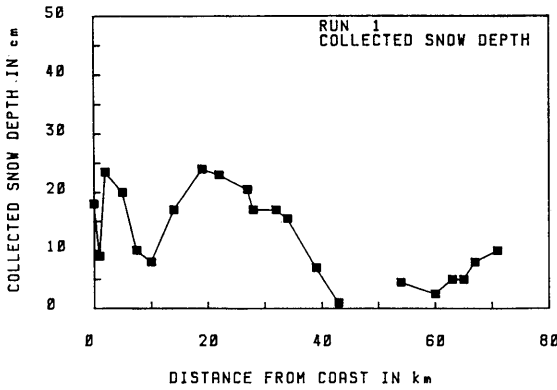


第3図 1988年1月24日09時の地上天気図

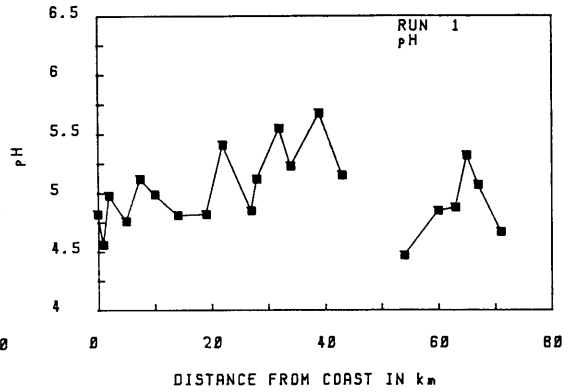
グを, それぞれ, RUN 2, RUN 3, RUN 4 と呼ぶ。
 最も特徴的と思われる RUN 1 の結果を記載する。
 RUN 1 の降雪をもたらしたときの地上天気図 (1988年
 1月24日09時) を第3図に示す。東経 110 度, 北緯42度
 のパオトウ付近に 1034 mb, 東経 120 度, 北緯 34 度の
 チンタオ付近に 1028 mb の高気圧がある。東経140度,

北緯53度のアムール川上流域付近と, 東
 経160度, 北緯45度, 東経150度, 北緯40
 度の北海道東方海上には, それぞれ,
 968 mb, 980 mb, 990 mb の低気圧があ
 る。全体として西高東低の冬型気圧配置
 をしている。等圧線の間隔は狭いものの
 走向は南北方向からややずれており, そ
 れほど強い山雪型ではないことを示して
 いる。しかも, 気圧配置の移動は早く,
 この気圧配置は長くは続かず, 第2図か
 らもわかるように降雪は1日で終わった。

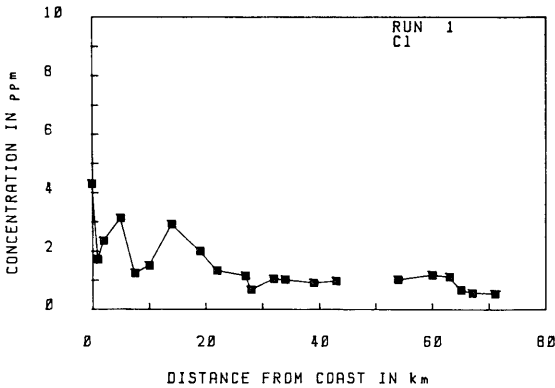
第4図は縦軸に採取した採雪深を目盛
 り, 横軸に海岸からの直線距離を目盛
 ってプロットしたものである。海岸から約
 2~5 km の上越市内と, 海岸から約20
 km の新井市郊外の2ヶ所に降雪量のピー
 クが出現しており, これらの地域で顕
 著な降雪があったことを示している。こ
 のうち海岸付近のピークは, 気象庁新潟地方気象台弥彦
 山レーダーのデジタルエコー強度の積算値とよい対応を
 示したが, もう一つの新井市郊外のピークに対応するエ
 コーは認められなかった。内陸 50 km 付近の長野盆地
 の北部に2ヶ所採雪深の欠測があるが, これは積雪が認
 められなかったためである。



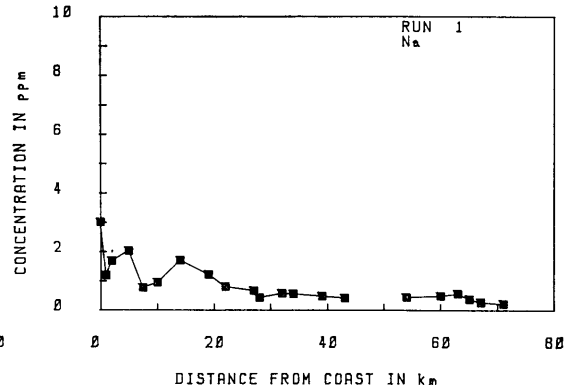
第4図 採雪層の深さの分布
横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は採雪層の深さ (cm) を示す



第5図 pH 値の分布
横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は pH 値を示す



第6図 Cl⁻ 濃度の分布
横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は Cl⁻ 濃度 (ppm) を示す

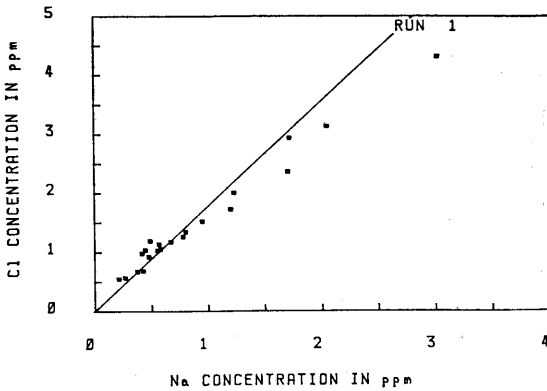


第7図 Na⁺ 濃度の分布
横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は Na⁺ 濃度 (ppm) を示す

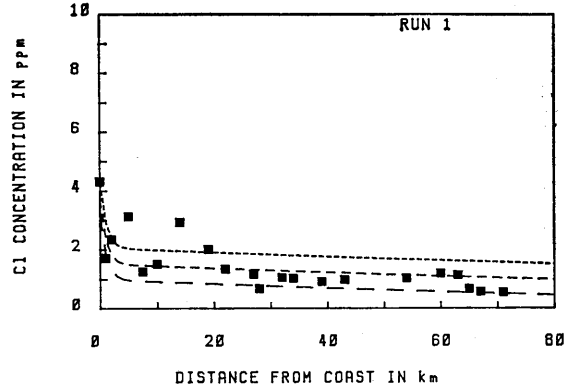
第5図に pH 値の分布を示す。全ての pH が 5.7 以下であり、いわゆる酸性雪と呼ぶべき状態を示している。特に、上越・新井両市街地や長野盆地内においては、バラツキを伴っているものの 5.0 以下のかなり強い酸性を示していることがわかる。最小値は長野盆地北東部須坂市内に出現し、pH 4.47 であった。これは人間活動に伴う影響と判断される。最近では脱硫装置の開発により SO₄²⁻ よりも NO₃⁻ や NO₂⁻ の方が pH 値への影響が大きくなりつつあるとの指摘もあるが (中谷他, 1982; 内嶋, 1988), 本研究の結果では SO₄²⁻ の寄与の方が大きかった。特に RUN 4 においては、pH と SO₄²⁻ の相関係数は 0.78 と高い値を示した。

第6図と第7図に採取された雪中の Cl⁻ と Na⁺ の濃

度分布を示す。Cl⁻ と Na⁺ 濃度は海岸部から内陸に向かって振動しながら減少している。しかも、Cl⁻ と Na⁺ の濃度には大きさの差はあるが、空間分布のパターンは全く同一である。この特徴は、他の RUN の場合も同様であった。RUN 1 における Cl⁻ と Na⁺ の濃度の関係を第8図に示す。図中の実線は海水中の濃度比を示す。同図から明らかなように、採取された雪中の Cl⁻ と Na⁺ の濃度比は北野 (1984) が示す海水中の濃度比 (1 : 0.561) とほぼ同じであり、海水を起源としていることを示している。またその直線性から雪中の Cl⁻ と Na⁺ に海水以外の起源による寄与がないことを示している。Mg²⁺ や K⁺ の濃度分布もほぼ同様な振舞いを示しており、これらのイオンも海塩起源であることが明かとなった。



第8図 Na⁺濃度とCl⁻濃度の関係
 横軸はNa⁺濃度 (ppm), 縦軸はCl⁻濃度 (ppm), 図中の実線は文献 (北野, 1984) による海水中の濃度比を示す



第9図 Cl⁻濃度の分布と回帰曲線
 横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸はCl⁻濃度 (ppm), 図中の細破線, 破線および粗破線はそれぞれ標高を0 m, 500m, 1,000mと仮定した場合の回帰曲線を示す

従来, 降水中の Cl⁻ 濃度は海岸からの距離と共に指数関数的に減少すると報告されているが(角皆・乗木, 1983), 本研究の結果では, 採雪層中の Cl⁻ 濃度分布には海岸付近に指数関数よりもさらに急激な減少が存在し, 2種の指数関数と標高の項の和で表わされることがわかった。

すなわち, RUN 1 の Cl⁻ 濃度分布は

$$Y = 2.18 \exp(-0.930 X) + 2.06 \exp(-0.00381 X) - 0.00107 Z$$

と表現される。ここで, YはCl⁻濃度 (ppm), Xは海岸からの距離 (km), Zは標高 (m)を示す。第9図にCl⁻濃度分布と回帰曲線を示す。図中の細破線, 破線および粗破線は, それぞれ標高を0 m, 500 m, 1,000 mと仮定した場合の回帰曲線である。

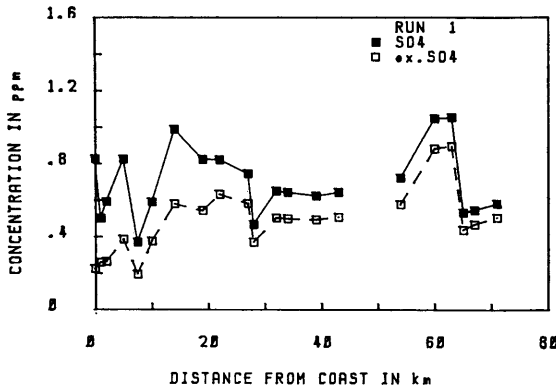
赤倉や菅平高原付近では高度の増加に対する明瞭な減少傾向, いわゆる高度効果を示している。さらに, 20 km 以内の沿岸平野部では Cl⁻ 濃度が回帰曲線からはずれて大きく変動していることが判明した。このうちの海岸から5 km 付近に出現するピークは, 採雪層の深さや弥彦山レーダーのデジタルエコー強度の積算値のピークと一致した。これは, 降雪のメカニズムに関連した極めて興味ある現象と考えられる。

第10図に示した RUN 1 の場合の SO₄²⁻ 濃度分布には, 特に傾向というべきものは見いだせないが, これは, 海水起源の SO₄²⁻ と, 人為的起源の SO₄²⁻ とが重なりあった結果と考えられる。海水中の Cl⁻ と SO₄²⁻

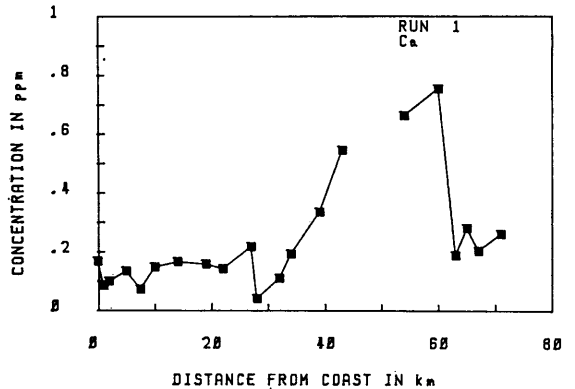
の比率は1:0.14である(北野, 1984)。従って, 全 SO₄²⁻ 濃度から Cl⁻ 濃度に見合う量を海水を起源とする SO₄²⁻ 濃度として差し引いてやれば, 人為的起源の量を求めることができる。第10図には人為的起源の量を ex. SO₄²⁻ として示してある。その量は距離とともに増加し, 最高濃度は長野盆地の東端の須坂市仁礼の谷間に出現した。しかし, 他の RUN の場合には, 同様な分布とはならなかった。これは, 風向などの気象条件の影響と考えられる。全体を通じた SO₄²⁻ の最大値は RUN 2 における新井市姫川原の 2.84 ppm であった。これは新潟県環境保健部(1986)に比べて低い値であるが, 安部・西川(1986)とはほぼ同じ水準である。もちろん, 東京などの大都市に比べればかなり低い値である。

第11図に, NO₃⁻ 濃度分布を示す。明らかに内陸に行くに従って増加する傾向が認められる。日本およびヨーロッパでは自動車の増加につれて NO₃⁻ が増大していることが指摘されている(内嶋, 1988)。もちろん自動車だけでなく, 冬季の化石燃料の使用による増加も考えられるが, いずれにしてもこの原因は人為的活動によるものと考えられる。全ての RUN で第11図と同様の結果が得られ, この見解を裏付けている。

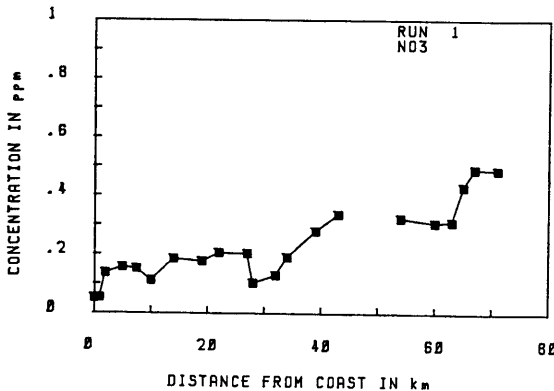
Ca²⁺ 濃度分布を第12図に示す。海岸から 40 km~60 km に高濃度が出現しているが, この位置は積雪が認められなかった長野盆地北部である。付近の無積雪地域からの土壌等による寄与とも考えられるが, 同じく土壌起源とされる Al³⁺ や SiO₃²⁻ 濃度分布とは全く対応関係



第10図 SO_4^{2-} 濃度の分布
 横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸の■印は SO_4^{2-} 濃度 (ppm), □印は ex. SO_4^{2-} 濃度 (ppm) を示す



第11図 NO_3^- 濃度の分布
 横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は NO_3^- 濃度 (ppm) を示す



第12図 Ca^{2+} 濃度の分布
 横軸は海岸からの直線距離 (km), 縦軸は Ca^{2+} 濃度 (ppm) を示す

がみられない。このため Al^{3+} , SiO_3^{2-} とは起源を異にする, 例えば鈴木 (1984) が指摘しているようなセメント工場等の Ca^{2+} の人為的排出が示唆される。RUN 2, 3, 4 についても長野盆地内で高濃度となる同様な傾向がみられた。

Zn^{2+} と Fe^{3+} 濃度の分布は, ほぼ同様で一定と見なせるが, 海岸から小さな振動を伴いながら内陸に行くに従って若干減少する傾向を示した。この拡散の状態から考えて, これらの起源がかなり遠方に存在することが示唆される。アジア大陸からの影響を考慮せざるを得ない。 Zn^{2+} や Fe^{3+} 濃度の報告例は非常に少なく比較しにくい現状にあるが, やはり降積雪中の成分を分析した

安部・西川 (1986) のデータに比べて, 約 1 桁大きい値を示している。

Cu^{2+} と Pb^{2+} 濃度は全ての RUN を通じてほとんど一定で変化がなかった。しかも, その濃度は低く検出限界付近であった。この事実からは, 自動車の排気ガスやスパイクタイヤの粉塵など局所的な人為的汚染の影響は全く考えられず, 全球的規模のバックグラウンドに近いものと考えられる。

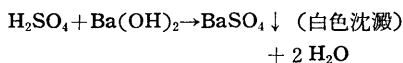
また, 土壌起源とされる Al^{3+} と SiO_3^{2-} 濃度の分布も, 検出限界付近の低い値ではほぼ一定であったが, RUN 1 の菅平高原と, RUN 2 の長野県古間で両イオンとも同時に突然高い値を示し, 両者が関連して振舞っていることを示した。また, 採雪層に含有されていた $0.45 \mu\text{m}$ 以上の固体粒子の X 線回折を行った結果, クォーツ (SiO_2) とアルバイト ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) が特定された。突然高い値を示した理由は明らかでないが, Al^{3+} と SiO_3^{2-} が一連の動きを示すことから, これらの土壌粒子から供給されたものと考えられる。

5. 教材化について

酸性雪の現象を生徒に検証させる場合のもう一つの障害は, 分析対象イオンの選定の根拠と, 分析方法の原理の学習およびその定量法の技術の修得にある。現行の中学校理科, 高等学校理科 I においては定量分析は学習せず, 定性分析のみである。従って, 雪の化学組成を教材として適用する場合には, 十分定性的分析を学習した上で定量化に進むべきである。そのためには, 中学校段階で学習・理解するイオンを素材として選択すべきであ

る。

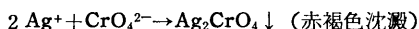
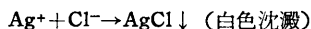
現行の中学校理科教科書5種では、沈澱は第1分野下、物質とイオンの項で取り扱われており、



の反応式により硫酸バリウムの沈澱が生成されることが4種の記載されている。ほかの1種では反応式は記載されていないが、硫酸バリウムを含む数種の塩を学習することになっている。塩化銀の沈澱についての記載は中学校理科教科書にはない。しかし、 Cl^- 、 Ba^{2+} 、 SO_4^{2-} などの主な分析対象イオンの名称や化学の基礎的性質については学習している。高等学校では、理科Iの物質の構成とその変化の項で、各沈澱について学習している。従って、学習状況や気象との関連から考慮すると、教材として扱うイオンとしては、 Cl^- と SO_4^{2-} が適切である。

Cl^- は他のイオンより濃度が大きく、特に海岸付近では大きい。このため分析が容易である。また、気象現象と対応づけ得るような地理的分布を示すことから、生徒の興味をそそる効果も期待できる。但し、中学生に実施させる場合には塩化銀の沈澱生成の反応式などの指導を事前にしておく必要がある。

Cl^- の定量分析には沈澱滴定法、いわゆるモール法がある(日本分析化学会北海道支部, 1966; 日本規格協会, 1987)。これは、試料水を硝酸銀溶液と反応させ、塩化銀の白色沈澱を生じさせ、その終点の判定にクロム酸カリウムを添加することにより、過剰の銀が赤褐色クロム酸銀の沈澱を生成することを利用した方法である。



ただし、モール法は、 Br^- 、 I^- 、 CN^- 、 SCN^- 、 S^{2-} が混在している場合には、これらを分離できない欠点がある。しかし、本研究の分析結果によると Br^- 等はほとんど無視できる量であった。従って、大部分は Cl^- と考えて差し支えない。

SO_4^{2-} は、人為的起源のイオンの中でも最も濃度が高い。一部海塩起源のものも混入するが、その影響は前述の方法で除外することが可能である。このため人為的影響を示すには最適である。また、中学校段階で既に学習している利点もある。

SO_4^{2-} の定量分析法にはいわゆる重量法がある(日本分析化学会北海道支部, 1966; 日本規格協会, 1987)。これは、塩化バリウムを用いて硫酸バリウムとして沈澱させ、その重量を測定して定量する方法である。用いる溶液に水酸化バリウムと塩化バリウムの違いはあるものの、中学校の理科教科書には硫酸バリウムの白色沈澱と

して説明されている反応と同様の反応である。

現在、中学校理科第2分野下には人間と自然の章があり、環境汚染の問題が大きく取り上げられている。また、高等学校の理科Iの中にも環境と自然の問題が扱われている。しかし、いずれもお話程度で、酸性雨の被害などの写真が示されているに過ぎない。上記の現象は教材として取り入れるには最適の部分である。生徒自身が居住している生活環境そのものを見つめ直す題材となり得る。高等学校理科IIにおいては自由研究的な取扱が可能であり、理科Iで修得した知識を応用できる素材があれば更に学習効果を向上させられる。その意味からも、降雪中に含有される化学組成の分析は適切な教材といえる。中学校や高等学校の生徒の通学範囲は広く、かなりの地域をカバーできると思われる。特に海岸沿いの降雪地域に立地する学校にとっては、採雪から分析まで体験でき、化学の応用を含み、気象との対応、地域環境を把握する格好の教材となり得ると考える。

6. おわりに

1987/88年の冬季、上越市から菅平高原にかけての南北約70kmの直線状の地域の降雪中に含有されている化学組成の地理的分布を調査し、この地域の化学的環境を明らかにした。 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 K^+ の供給源は、ほとんどが海水と考えられ、それらの濃度は内陸に向かって急激に減少する。海岸付近の平野部では大きな変動を示し、それは新雪の深さやレーダーエコーとよく対応していることがわかった。

SO_4^{2-} は、海岸付近では海水からの供給が多いが、市街地や内陸では人為的起源と考えられる寄与が顕著となる。

NO_3^- や Ca^{2+} は、内陸に行くにしたがって次第に増加することから、人為的に供給されているものと考えられる。特に、長野盆地内に Ca^{2+} を排出する人為的供給源が存在することが示唆される。

Zn^{2+} と Fe^{3+} の分布は、内陸に向かうに従って若干減少する傾向がみられ、供給源として大陸が想定される。

Cu^{2+} と Pb^{2+} は低濃度である上に、ほぼ一定の値を示し、特に傾向というべきものは存在しない。

Al^{3+} と SiO_3^{2-} は同じ挙動をすることから、土壌起源であると判断される。

pHは、ほとんどの地域でpH5.7以下であった。特に、市街地ではpHが低く、いわゆる酸性雪と呼ぶべき状態であり、環境への影響が懸念される状況にある。

現在、北欧においては、酸性雨の問題が生活環境汚染

の深刻な問題として把握されている。我国でも、この現象は今や一般的、かつ深刻な状態にあり、中学校や高等学校で十分学習されるべき項目である。また、気象学的には、降雪量や化学組成との対応関係は、降雪のメカニズム解明に迫る有用な情報であり (Tunogai *et al.*, 1975; 井上ほか, 1985), 更につけ加えるならば化学物質の循環においても有用である (鈴木, 1985; 角皆・品川, 1977)。

本研究で提示した方法は、簡便で十分中学生でも対応できる。地域の化学的環境の把握のみならず、サンプリングの方法、化学の応用である分析、その地理的分布、解釈、気象学的アプローチと科学の手法をそのまま体験できる格好の教材と考えられる。

7. 謝辞

本研究を行なうに当たって終始ご指導をいただいた上越教育大学自然系地学の渡辺 隆教授および中川清隆助教授に深く感謝致します。また化学分析に際しては同学自然系化学の林 康久教授から全面的にご指導とご協力を賜った。試料の採取および分析の際には同学大学院の鈴木正尚、佐藤美華両氏に手伝っていただいた。これらの方々にも感謝致します。さらに本研究の機会を与えていただいた福井県教育委員会に対して深甚なる感謝の意を表します。

本研究は昭和63年度地学教育学会全国大会で発表したものに補筆修正を加えたものである。

参考文献

- 安部喜也・西川雅高, 1986: 上越地方及び最上川流域における降雪中の化学成分の分布. *ハイドロロジー*, 16, 1, 9~17.
- 石 弘之, 1988: 欧州の緑を死滅させる酸性雨. *現代化学*, 9, 33~38.
- 井上治郎・奥山和彦・渡辺典亜・伏見硯二, 1985: 中国

地方, 山岳地域の降雪特性. *雪氷*, 47, 3, 97~104.

内嶋善兵衛, 1988: 酸性雨と日本. *科学*, 58, 7, 444~448.

北野 康, 1984: 『地環環境の化学』. 裳華房, 237pp.

鈴木啓助, 1983: 札幌における降雪の化学的性質. *地理学評論*, 56, 3, 171~184.

鈴木啓助, 1984: 札幌における積雪中の化学物質濃度の空間分布. *地理学評論*, 57, 5, 349~361.

鈴木啓助, 1985: 積雪寒冷地域における Cl 循環. *ハイドロロジー*, 15, 1, 12~20.

Suzuki, K., 1982: Chemical changes of snow cover by melting. *Jap. J. Limnol.*, 43, 2, 102~112.

竹内丑雄, 1971: 降水中の SO_4^{2-} について. *天気*, 18, 8, 19~22.

竹内丑雄, 1973: 連続降雨中の Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 濃度の変動とその原因について. *天気*, 20, 2, 87~92.

中谷 周・山口 猛・田中 玲・北村雅洋, 1982: 弘前市における降水の化学成分. *天気*, 29, 773~780.

角皆静男・品川高儀, 1977: 冬季モンスーンによって輸送される化学成分. *地球化学*, 11, 1~8.

角皆静男・乗木新一郎, 1983: 『海洋化学』. 産業図書, 282 pp.

Tsunogai, S., Fukuda, k. and S, Nakaya., 1975: A chemical study of snow formation in the winter-monsoon season: *Jour. Met. Soc. Jap.*, 53, 3, 203~213.

新潟県環境保健部, 1986: 『新潟県湿性大気汚染調査報告書』. 新潟県環境保健部, 118 pp.

日本規格協会編, 1987: 『JIS K 0101 工業用水試験方法』. 日本規格協会, 262 pp.

日本分析化学会北海道支部編, 1966: 『水の分析 (第3版)』. 化学同人, 504pp.

三宅泰雄, 1939: 雨水の化学. *気象集誌*, 17, i, 20~37.

山本 豊: 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, 1989.

〔キーワード〕 環境教材, 酸性雨, 降雪中, 化学組成, 海塩起源, 人為的起源

〔要旨〕 近年, 酸性雨等の環境汚染の問題が重要視されてきている。筆者はサンプリングの比較的容易な降雪中に含有されている化学組成の地理的分布を, 1988年1月から3月にかけて新潟県上越地方を中心として調査し, これを基に教材化を試みた。その結果, 海塩起源や人為的起源のイオン濃度に極めて特徴的な分布が認められ, また環境教材として適切であることが明らかとなった。

Yutaka YAMAMOTO: Geographical distribution of chemical composition of falling snow and Its use as teaching materials. *Educat. Earth Sci.*, 42 (6), 243~250, 1989.

コンピューターシミュレーションを使った 土石流・崖崩れに関する教材の開発

萩原 彰*

はじめに

土石流・崖崩れなどのいわゆる斜面崩壊は、ほぼ毎年と言っても良いほど、日本各地で大きな人的・物的損害を出しており、洪水などと並んで代表的な災害の一つと考えることができる。

一方、新学習指導要領では地学で応用科学的な内容を大幅に導入することが予定されており、その中で災害教育が大きなウエートを占めてくることが予想され、その意味では斜面崩壊に関する教材の開発が必要となってくるといえよう。

ところで斜面崩壊はどこでもいつでも起こるというわけではなく、その起こる場所・時間は限定されている。そのため、現地見学は時間的・地理的制約などから困難な場合が多い。また現実の斜面崩壊は各種の条件が複雑に絡み合い、巨大なスケールで起こる現象であるため、直感的・全体的な把握が困難であると考えられる。

そこで、実験とコンピューターシミュレーションを併用した教材を開発し、斜面崩壊は各種条件(斜面の角度、地質、植生の有無)に規制されるということを実感的に実感させ、理解させることを目指して試行を行って見た。

なお、試行した対象は地学を選択した3年生18人である。

1. 教材の概要と目的

まずコンピューターシミュレーションに必要な基礎的データを得るために、実験を行う。これは凝灰岩(裾花凝灰岩)起源の砂れきが同体積入った箱を4つ用意し、これを15度、30度、45度、60度にそれぞれ傾け、各箱に散水するという簡単なものである。水により砂れきどうしの内部摩擦は減少し、斜面は崩壊する。そのときまでに使用した水の量を計量することにより、何lの水により各斜面が崩壊するかを知ることができる。その値より

補間法で何度の斜面はどのくらいの水量で崩壊するかをデータ化する。このデータは箱のサイズ等の箱の条件に規制されているので、実際の裾花凝灰岩の崩壊のデータに基づき、コンピューター上の地形に雨を降らせ、どの程度崩壊が起こるか、シミュレーションを行う。また条件をいろいろに設定し、条件の違いによって、変化が起こるかどうかにシミュレーションを行う。

2. 実験

(1) 材料と器具

材料としては裾花凝灰岩が風化してできた砂れきを使用した。これは4年前に大きな地滑り(地附山地滑り)とそれに伴う土石流を起こしたために、崩壊が起こる前の降水量、地形などのデータがあること、また分布地域が本校にも比較的近く、採取が容易であることによる。

縦63cm、横38cmの箱に、上述の砂れきを12cmの深さで敷き詰めた。各箱の砂れきの条件を等しくするために、採取した砂れきを1.0mm以下、1.0mm~2.0mm、2.0mm~4.0mm、4.0mm~6.73mm、6.73mm以上の径を持つ砂れきにふるい分け、各砂れきを5等分して、各箱に分配した。

斜面崩壊がいつ起こるかを判別するために10cmの棒(使いかたは後述)を各箱につき6本用意し、水をまく道具としてはジョウロ、水を計量するものとして3lのビーカーを使用した。

(2) 方法

土を敷き詰めた箱を、それぞれ15度、30度、45度、60度の傾斜に傾ける。

次いで、箱の上端から21cm(箱の長さの1/3)離れた部分に、棒を3本、等間隔に3cmの深さで打ち込む。同様に上端から42cm(箱の長さの2/3)離れた部分に棒を打ち込む。

ビーカーで水を3l計りとり、ジョウロに入れ、斜面全体にかかるようにジョウロの位置を変えながら散水する。水は表面を流下して土壌を侵食したり、土の内部に浸透して土壌粒子の内部摩擦を減少させ、斜面を崩壊させる。

* 長野県須坂高等学校

6本の棒のうちどれか3本が倒れたら、崩壊が起こったとみなし、それが起こった時点で、ジョウロからピーカーに水を戻すと、何lの水で崩壊が起こったかが分かるので、それを記録する。水が少なすぎて崩壊が起こらない場合には更にこれを繰り返す。なお棒は斜面上の固定された構造物を意味しており、それが倒れることは斜面を構成する土が下方へ移動すること、すなわち斜面崩壊を意味すると考えた。目で見ていただけでは、どの時点で崩壊が起こったかという判定が実験者によって異なってくる可能性があるため、統一的な基準を設定したわけである。また角度を上述のように設定したのは、シミュレーションで仮想的に地滑りを起こさせる高社山の斜面が3度～60度であり、一方、崖崩れは30度以上、土石流は15度以上でそのほとんどが発生するので、崩壊の発生する下限を15度、上限を60度と考えることができるからである。(地滑りも斜面崩壊の一種であるが、この実験はわずかの時間に大量に降水させるものであり、地滑り性の崩壊を考えるには適さない実験であるため、地滑りは対象外とした)

(3) 実験の結果と補正

15度、30度、45度、60度の各角度の斜面における崩壊に必要な水の量はそれぞれ40.1l、25.3l、9.1l、2.7lであった。これを降水量(mm)になおすと137.9mm、91.3mm、32.8mm、9.7mmとなる。

これらの角度以外の角度の斜面の崩壊に関しては、測定した各降水量を直線で結んだグラフに従うものと考えている(補間法)。なお15度未満では崖壊れ・土石流は起こらないと仮定している。

ところでこれは室内実験の結果であり、実際の斜面崩壊とは斜面の規模も違い、また崩壊の時間的スケールも大きく異なり、補正を要する。実験で使用した裾花凝灰岩の場合、地附山地滑りの際に起こった土石流は24度の角度の斜面で、449.5mmの降水量(梅雨期)があった後に起こっている。グラフ上でこの角度の斜面を崩壊させる雨量は109.4mmであり、4.1倍に当たる。そこで実験斜面における崩壊角度と雨量の関係が実際の斜面でも成り立つと仮定して、実験で算出した崩壊に要する雨量を全体的に4.1倍し、実際の斜面での崩壊に要する雨量とする。

3. シミュレーション

このシミュレーションは個人ごとに行うこともできるが、実際の授業では、班ごとにわかれ、班内で互いにシミュレーションの結果を見合うことが容易なようにディスプレイを横一列に並べ、班内で雨量、地質などの選択

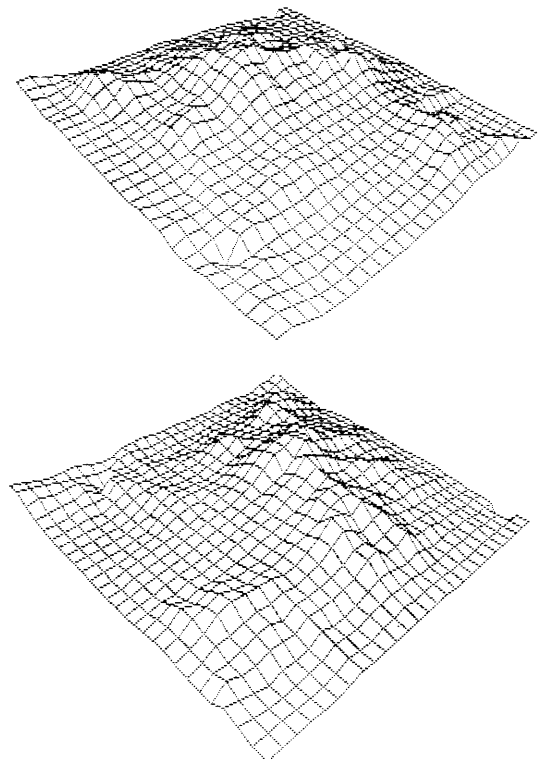


図1 飯山から見た高社山(上)と木島から見た高社山(下)

の際、誰が何mmの雨を降らせるか、誰がどの地質を選ぶかについて話し合うこととしておこなった。

シミュレーションの内容は以下の通りである。

(1) 立体地図の提示

本校近くには高社山という山がある。このシミュレーションでは生徒の興味を喚起するため、身近な山である高社山を斜面崩壊を起こさせる対象として想定している。

まず高社山の地形データにより作られたワイヤーフレーム型立体地図(フレームの一片は120m)を4つの方向(木島平側、飯山側、中野側、山ノ内側)のどれから見るとするかを選択させる(図1に例として木島平側と飯山側から見た場合を上げる)。この際、見る方向は、班内で統一する。

(2) 雨を降らせる

雨量(累積雨量)として適当に値を入力し、地図の各フレームが斜面崩壊をおこすかどうかシミュレートしてみる。崩壊を起こしたフレームは赤く塗られるので明瞭にそれと分かる。この時には班内で、100mm降らせる者、200mm降らせる者というようにできるだけ雨量の

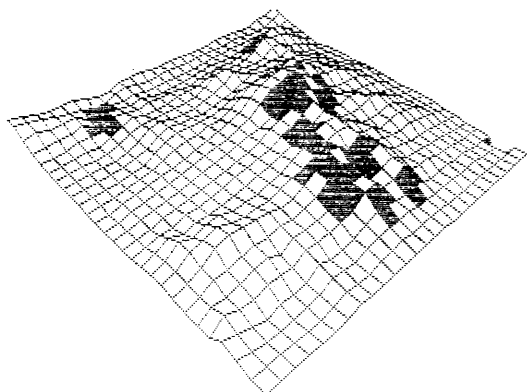


図2 雨量170mm, 地質が凝灰岩で植生が無い場合の崩壊シミュレーション結果

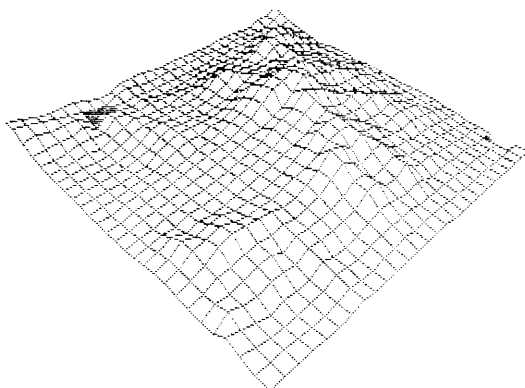


図3 雨量170mm, 地質が凝灰岩で植生がある場合の崩壊シミュレーション結果

範囲を広く取って、雨量により斜面崩壊がどう異なるか、互いの画面を見せ合って観察する。

そして崩壊した斜面の数(シミュレーションが終了すると表示される)を記録する。(以下(3), (4)も同じ。)

図2にシミュレーション結果を例示する。(雨量170mmの場合)

(3) 植生の影響のシミュレーション

(2)までは地質が凝灰岩、植生はなしという前提でシミュレーションを行ったが、(3)では前2者はそのまま、生植生が存在する場合に崩壊の様子がどう変化するかを見てみる。そのため、雨量は(2)の雨量と同量とする。図3に例示する。

(4) 地質の影響のシミュレーション

地質を花崗岩、安山岩、玄武岩、石英安山岩、石灰岩、チャート、れき岩というように、岩種をいろいろ変化させて、崩壊の様子がどう変化するかを見てみる。また斜面が破碎帯に属する場合の崩壊の様子も見る。ここでは降らせる雨量は一つに統一し、同じ雨量で岩種により崩壊の様子がどう異なるか見てみる。図4にその一部を例示する。(雨量170mmで安山岩とチャートの場合)

(5) シミュレーションのまとめ

特にまとめる必要はないと思われるが、授業では植生の有無・地質の違いにより、なぜ崩壊箇所の多少が生じるのかを風化への抵抗の相違、浸透雨量の多少、根茎による土壌の保持により説明した。

4. 本シミュレーションのポイント

(1) 88シリーズの制約への対処

本校はPC8801MK IIを備えている。立体地図を描くにはMAPSを使用した。88の演算速度の制限のため

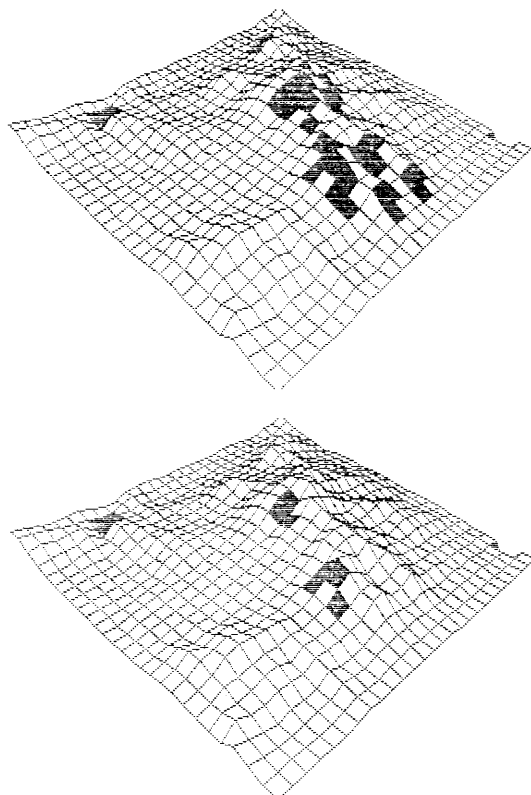


図4 雨量が170mmで植生が無く、地質が安山岩の場合(上)と地質がチャートの場合(下)のシミュレーション結果

めに1つの地図を描くのに時間を要し、授業で実用的に使うことは難しい。そこで高社山を見る視点を、4つの

方向（北東—飯山側，北西—木島平側，南東—山ノ内側，南西—中野側），に固定し，各地点から見た地図の座標をあらかじめ記憶させて，必要に応じ，それを呼び出すように設定した。

(2) 斜面崩壊の計算

立体地図はワイアフレームモデルで描いてあるが，各フレームには斜面傾斜角から実験に基づいて算出した限界雨量（この雨量を越えると斜面崩壊が起こる）が格納してある。この雨量からシミュレーションの時に入力する雨量を差し引き，その値がマイナスとなった場合には，そのフレームは斜面崩壊が起こったとみなした。

(3) 隣接するフレームへの影響

斜面崩壊によって流出する土砂は通常，崩壊の発生した場所の最大傾斜にそって他の地域へ移動する。そこで斜面の最大傾斜角とその傾斜がどのフレームに向いているかを判別する変数とが各フレームに格納してあり，崩壊が起こったフレームから土石流が移動するように設定してある。また土石流の堆積状況の調査によると，傾斜10度以下では堆積区間となっているので，10度以下になると，土石流が停止するようになっている。

(4) 条件を変えることによる斜面崩壊への影響

植生，地質の変化による影響は，既に砂防工学などで得られている地質別崩壊率のデータに基づき，実験から得られた限界降水量（地質が凝灰岩で植生がない場合）に一定の係数を掛けることにより得られるようになっている。植生がある場合には係数2，玄武岩は2.09，花こう岩は0.56，石英安山岩は0.43，チャートは1.44というように係数を設定する。すなわち，例えば花こう岩の場合をとってみれば，限界降水量は凝灰岩の0.56倍であり，それだけ崩れやすいことになる。

5. 教材の評価

シミュレーションの感想を自由記述で生徒に書いてもらった。その結果を記す。なおシミュレーション実施時にはインフルエンザの最盛期であり，この感想を書かせた時も13人の出席者であった。従って感想も13人分しかない。

この中ではまず「植物を植えた場合や地質を変えた場合など，いろいろな状況の崩れた数により，どの岩が崩れやすいのかよく分かった」のように，崩れかたの違いが分かったとする者が9人，「各方向から見た地形が実物のように地図になって表れた点は見やすく良かった。」のように，具体的・立体的で良かったとする者が11人，コンピューター・グラフィクスを操作すること自体に興味を覚えたとする者が3人，処理スピードが遅か

ったとする者12人，航空写真のように地形がもっと分かるようにしてほしいとする者1人，崩れの部分の拡大図を出してもらいたいとするもの1人，「もっと考える感じのがよかった」とする者1人である。以上のことから考えると，シミュレーションは速度が遅いということを除けば，概ね肯定的に受け入れられたと考える事ができる。しかし，「もっと考える感じのがよかった」の感想が示すように，このシミュレーションには，生徒が考えて結論を出すという所がなく，この点を改善せねばならないと考えている。

6. 終わりに

地学で教材として取り上げる事象の中には，現象自体がまだよく分かっていなかったり，現象が複雑すぎて，教材としてのシミュレーションに適用しにくい部分も多い（斜面崩壊や大気のみなど）。

今回試行してみた教材の場合は，まだ未知の部分が多い斜面崩壊に対して，ミニ・スケールの実験を現実の斜面に対応するものとして定量的に扱ってシミュレーションを行っており，そのような乱暴なことをしていいものかどうかについて，当然批判はあるものと思われる。しかし，シミュレーションを使えば理解しやすくなったり，イメージが把握しやすくなるようなものについては，シミュレーションが必ずしも現実を性格に模写するとは限らないということを生徒に伝えておくという条件付きならば，敢えて教材としてシミュレーションを導入しても良いのではないかと考え，本教材を試行した。

今後，実験の方法，シミュレーションに要する時間の改善などを更に進めてゆく予定である。

なお，本研究は文部省科学研究費補助金（奨励研究B，課題番号62916017）を受けている。

研究を進めるにあたり，多大なる助言を頂いた飯山南高等学校の中村公一教諭に厚く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 井上公夫・中筋章人・松村和樹（1988）：土砂災害調査マニュアル，p.106，鹿島出版会。
- (2) 大久保駿・安江朝光（1974）：急傾斜地崩壊における災害の実態，地滑り10，3，42—47。
- (3) 長野市地附山地滑り災害記録刊行会（1986）：長野市地附山地滑り災害報告，p.78，グラビア信州。
- (4) 矢野義男他（1983）：砂防・地滑り防止・急傾斜地崩壊防止工事ポケットブック，p.41，p.49，p.51，山海堂。

荻原 彰：コンピューターシミュレーションを使った地滑り・崖崩れに関する教材の開発 地学教育 42巻, 6号, 251~255, 1989.

〔キーワード〕 地滑り, 崖崩れ, 地学教育, コンピューターシミュレーション, 災害教育

〔要旨〕 コンピューターシミュレーションを使用して, 地滑り・崖崩れに関する教材の開発を行った。まず 15° , 30° , 45° , 60° の各角度の斜面を設定し, 降水による斜面崩壊の生徒実験を行い, 各斜面の崩壊に要する雨量を決定した。そして補間法により前述の角度以外の斜面についても崩壊雨量を算出した。更に実際の斜面崩壊のデータにより, 崩壊雨量に補正を加えた。

一方, 学校近くの山についてワイヤーフレーム型の立体地図をコンピューター上に作成しておき, 上述の手順で作成したデータに基づいて, 地図の各フレームに角度・岩質・崩壊雨量を格納した。

次いで立体地図上に雨を降らせて, 崩壊を起こしてみるシミュレーションを行わせ, 降水量・植生の有無・岩質の変化により, 崩壊の様子がどう変化するか班ごとに観察させた。

教材を試行してみた結果, 生徒からは肯定的評価を得ることができた。

Akira OGIWARA: Development of Teaching Material Concerning Landslides with Computer Simulation. *Educ. Earth Sci.*, 42(6), 251~255, 1989.

第3回天文教育研究会と 「天文教育普及研究会」の発足

今年も北軽井沢の駿台学園高校一心荘において第3回天文教育研究会が8月4日から7日まで開催された。第1回と第2回は、昨年開かれた国際天文学連合(IAU)コロキウム No.105の準備と報告を1つの目的として開催されたものであったが、今回は始めて独自の目標を持った会として行われた。そして、多くの方々の努力によって150名にも達する出席者があり、3泊4日の合宿で密度の高い議論がなされ、大成功であった。

第2回研究会の議論に基づき、天文教育・普及の継続的な活動を可能とするための組織化の準備が進められ、今回の研究会で審議され、最終日に「天文教育普及研究会」の設立が承認された。この会の目的は学校教育関係者だけではなく、社会教育関係者やアマチュア天文家等の相互協力のもとに天文学の教育・普及活動を有効に行うことである。このような目的のために、より多くの方

々が賛同し、入会することを望みます。

天文教育普及研究会の会則・入会申込書を入用の方は返信用封筒(定型)に自分の住所・氏名を書き、72円切手を貼って、

〒181 東京都三鷹市大沢2-21-1

国立天文台 天文情報普及室内;天文教育普及研究会
あてに申し込み下さい。また、第3回天文教育研究会集録ができましたので、入用の方は(天文教育普及研究会会員には無料で送ります)申し込みのハガキを上記住所に送り、実費1000円を郵便振替(口座番号 東京4-59002 天文教育普及研究会:払込み手数料は払込人払い)で送って下さい。

天文教育普及研究会 世話人代表
磯部瑠三(国立天文台)

天文教育普及活動における 指導者講習会のお知らせ

近年、星空や天体に関心を持つ人の数が増えており、それらの人々への適切な指導の必要性が高くなってきている。人々の関心のレベルは多様で、天文学自体に興味のある人から、きれいな天体写真を撮ることを目標とする人、きらめく星空をながめて楽しむだけで満足な人などがある。一方、天文学自体も、星空の観望方法も急速な変化を示しており、それらの変化に常に対応することは難かしくなっている。また、マスコミなどでは最先端のテーマが取り上げられることが多く、天文教育普及活動の現場にいる人々にとっては困難な状況が生じて

きている。

国立天文台では天文情報普及室を発足させ、それらの問題を少しずつ解決する努力をしているが、その一環としてタイトルのような指導者講習会を1990年3月に開催することにした。

この講習会の詳しい資料入用の方は返信用封筒に自分の住所・氏名を書き、〒181 東京都三鷹市大沢2-21-1;国立天文台天文情報普及室あてに申し込み下さい。

国立天文台天文情報普及室

寄稿

化石と地質時代 後篇

小林 貞一

つなぎ

前篇では地質時代の出来事に就いて解説して来たので後篇では郷土地質を理解し、また「地球の生い立ち」を知るために地層と化石がどのような意味を持っているかに就いて述べる。

化石と地史の研究

地史学と地質学

地球は赤道半径 6378 km 余、極半径 6356 km 余の大きな回転楕円体で、其の上を厚い気圏が被っている。地球の平均密度は 5.5 であるが、地表付近の岩石の平均密度は 2.7 で、地球の中心では 10 に近い値であると推察される。地震波の伝播速度から見て、地球の内部には 1200 km 及び 2900 km の辺に不連続面があるので之等の不連続面に依って、地球の内部が 3 層に大別された。また隕石や隕鉄に比較・判断して地球核は主に鉄・ニッケルからなると考えられ NiFe とも呼び、其の上に銅・硫黄などからなる中間層があり、更に上に珪酸塩を主とする外被層があるのである。

混沌としていた原始地球は重力的平衡を保つ為に、諸元素が順次に分離・成層して、親鉄元素は中核に親銅元素は其の上に、親石元素は更に其の上に集まり、親気元素が其の上に残留した。そして温度の低下に伴って親石元素が結晶して原始地殻が出来たと V. M. Goldschmidt は説いていた。之より先、I. Kant や P. S. Laplace が地球星雲説 (Nebular Hypothesis) を建てて以来、Chamberlin と Moulton の微惑星説 (Planitesimal Hypothesis), James Jeans と Harlold Jeffreys の瓦斯潮汐説 (Gas Tidal Hypothesis) などの地球の起源に対する諸説が唱られた。I. D. Dana は地球の原始時代を岩石の溶融していた星雲時代と無生物時代に、そして無生物時代を無水 (anhydric) 時代と海洋 (oceanic) 時代に分ち、其後に地質時代第一の始生代を置いた。

原始大気や原始海洋がどのような成分を持っていたかは明らかでない。嘗ては原始地殻が現在地球上に残っていると考えられた。然し最古の岩石と雖も既に原始大気の水蒸気が凝結して原始海洋を生じ、既に地表に風化、浸

蝕と堆積の行われていた時代のもので、最古の岩類でも水成岩を混えた混成岩漿 (migma) に由来し、大理石を伴っている。そして始生界上部に置かれている Bothnian の千枚岩中に Sederholm が発見した *Corycium enigmaticum* は Rankama の研究結果有機源である事が確かめられた。少なく共始生代の後期には生物は生存していた。A. I. Oparin の生命の起源説では原始水圏中に原始的な蛋白質の出来る時代が一度はあった。それから原始的な嫌気性生物が現れ、炭酸ガスを蓄積し、色素が出来て炭酸ガスを還元し酸素を遊離し、好気的生物が発展して来たと言った。

地球の起源・地殻の起源・生命の起源等は何れも理論仮説の時代に生起した事件で合理的な解釈が妥当と見做されている。地質時代になってからも隠生代は顕生累代に比べると三倍もの長い期間で、此間の水陸や大気中に起った変化は詳でない。現在の地球上の最高峰は Everest 山の 8,882m で、最深海底のフィリピン海溝は -10,793m で、其間約 20 km の起伏は地球の半径の約 30 分の 1 に当たっている。その突出部が陸地で、窪みを海水が満している。海の面積は 36.128 万 km²、陸の面積は 148.72 km² で、海陸の面積の比は大約 7 : 3 であるが、千 m 以下の海面の近くと海面下 4000~5000m の処が最も広い面積を占めていて地殻の起伏の頻度は二頂曲線を描いている。陸の平均高度は 975m、海の平均深度は 4100 m である。北極は海盆をなして北氷洋に被われ、其囲りに北方の三大陸があり、南極には大陸があり、其周囲に三大洋があり、大略大陸と大洋は背合せの位置にあり、大陸は北半球に広い面積を占めていて、大体三角形をなして南半球に突出している。スカンディナヴィア・カナダ・満洲及び南極を四角頂とする四面体 (Tetrahedron) 的の形をしている。

E. Suess は地質学的立場から地殻をシアルとシマに分けた。前者は珪素とアルミナを主とし、花崗岩が其代表者で、後者は珪素とマグネシウムを主とし、玄武岩が代表者である。玄武岩型の下盤の上に花崗岩型の大層が浮かんでいると言う考えは岩漿分化説や地球物理学的事実とよく合致し、花崗岩型のシアルは厚い処で約 60 km と推定された。此様な地殻の組成から見ると、大陸の沿海は大陸に属し、之を陸棚と称し約 200 米の陸棚縁から

陸坂を降り、其先に海盆がある。然し水陸の分布には地質時代を通じて著しい変遷があった。今日の地殻表面の起伏は原始地殻の生成以来の地殻進化の一瞬間的断面である。

先づ地殻を形成している岩石から述べると、其の表面には種々の地層や岩体が露出し、夫等は何れも岩石からなり、岩石は鉱物から、鉱物は元素からなっている。岩石は其成因に依って火成岩・水成岩・変成岩に三大別されている。火成岩は岩漿の固結した岩石であるが、其内には純粹の原岩漿の分化したシアル岩漿 (**hypogenic sial magma**) の産物に劣らずシアルの岩漿溜りの周壁の地層や岩類を溶解し、原岩漿の分化物と合した混成シアル岩漿 (**lithogenic sial magma**) に由来する火成岩が少なくない。溶融した岩漿が地下の深所で徐々に冷却すると種々の鉱物が順次に晶出して結晶のみからなる深成岩 (**plutonic rock**) が出来るのに反して岩漿が噴出して急に冷却すると、既に晶出した鉱物の斑晶 (**phenocryst**) が細密な石基 (**groundmass**) 中に散点した岩石、或いは非結晶質の岩石である火山岩 (**volcanic rock**) が出来る。岩石の生成過程が其中間である場合には比較的細粒の鉱物の集合体からなり、斑晶と石基の区別される場合でも石基は火山岩程細粒ではなく、ガラス質の部分を欠いている。之を半深成岩 (**hypabyssal rock**) と言うが、其の火山岩と深成岩との間の生成過程には中間型があり、組織 (**texture**) にも完晶質 (**holocrystalline**) から斑状 (**porphyritic**) を経て非晶質 (**amorphous**) まで有らゆる段階がある。

岩石を構成する主な造岩鉱物としては、

- (1) 石英
- (2) 長石類
- (3) 橄欖石・輝石・角閃石・雲母類

があり、玄武岩漿から (1, 2) 無色や (3) 有色の之等の鉱物が結晶して酸性から超塩基性までの種々の火成岩が出来るので、造岩鉱物や化学成分と組織や産状との組合せで岩石を分類しているが、其間にはあらゆる中間のものがある。

岩漿が冷却するには熔融点の高いものから先に晶出する。斜長石 (**plagioclase**) では塩基性斜長石を灰長石 (**anorthothite, An**) と、そして酸性斜長石を曹長石 (**albite**) と言い、斜長石では **An** 分の多いものが、そして有色鉱物では橄欖石が先づ晶出する。結晶作用が進むに従って斜長石では **An** 分の多いものの上に少ないものが重なって帯状構造 (**zonal structure**) を生ずる。有色鉱物では橄欖石の成分が変化するが、更に冷却すると橄欖石は溶けて輝石が晶出し、其成分は変化して遂には

輝石も溶けて角閃石が晶出する。角閃石も亦変化し溶けて最後には黒雲母が晶出する。此様な有色・無色の鉱物の晶出過程は平行に進み、或る時期に正長石 (**orthoclase**) も石英も晶出する。そして揮発性成分と **SiO₂** に富み粘性の低い残液が火成岩中或いは其周囲に放散して結晶の集合体からなる **pegmatite** や細粒の半花崗岩 (**aplite**) の岩脈を生成する。

岩漿は初めを岩漿期と言い揮発分の濃度は小さいが、ペグマタイト期には大きくなって濃化した揮発成分は気体となって岩石の割目を通して残液から脱出する。之を気成期と言う。其後には高温の温水溶液が残る。之を熱水期と言い岩漿分化の最後の段階で、火成源の鉱床には岩漿分化の初期に生成されたものもあるが、気成期や熱水期に生じたものが更に多い。岩漿の結晶分化 (**crystalization differentiation**) は結晶した鉱物の比重の重いものの沈降する重力分化 (**gravitational differentiation**) のみならず、岩漿の岩片を残液が機械的に絞り出されて周囲の岩片を捕獲し、或いは周壁を溶解して同化作用 (**assimilation**) を行って混成岩漿 (**hybrid magma**) を生ずる。それ故、地殻変動期の岩漿分化は複雑化している。花崗岩体の熱変成帯では変成作用を受けない部分から再結晶作用を行って粒状構造を生ずるホルンフェルスを経て鉱物組成や化学成分も変化した花崗岩体に移る。此の花崗岩化 (**granitization**) には花崗岩漿からアルカリアルミナの拡散 (**emanation**) に依って原岩が交代と花崗岩漿自体の浸透による部分があると考えられている。

岩漿の移動は地下の貫入 (**intrusion**) と地上への噴出 (**extrusion**) に大別される。貫入に依る地下の火山 (**pluton**) の岩体は其形と規模に依って底盤・岩株・岩枝 (**batholith, stock, apophyse**) 或いは餅盤・岩床・岩脈 (**laccolith, sheet, dyke**) などに区分される。火成岩が貫入すると周壁に接触変質を興えるが、接触変質は塩基性岩よりも酸性岩の方が大で、大きな酸性岩体の周囲には幅広い接触変質帯 (**contact aureole**) を生ずる。小さな岩脈では屢々急に冷却した周縁 (**chilled margin**) が認められる。底盤は一般に花崗質岩からなり、浸触されて広く岩体の露出している場合でも其の上にかつて位していた地層が垂降り (**roof pendant**) として屢々残存しているが、底盤の下面の認められる事はほとんどない。岩漿が大規模に侵入する時揮発分に富んだ岩漿が層理に沿って密に注入されて層間侵入 (**lit-par-lit injection**) をしている事がある、此様にして出来た変成岩を迸入片麻岩 (**injection gneiss**) と言う。

地表の火山は水蒸気其他のガスを噴出し、火山灰を

降らし或いは溶岩を流出したり火山弾を抛出たりする。一般に SiO₂ の少ない玄武岩質溶岩は粘性が小さくて流動し易く, SiO₂ の多い流紋岩質の溶岩は粘性が大で流動し難い。またガスを多く含むものは多孔質となり, 然らざるものは緻密質である。多孔質で大小の角張った岩塊の集まっている塊状溶岩 (block lava) は緻密であり, 流動して波紋状の褶をなすと縄状溶岩 (pillow lava) と言う。其の水中で水成破屑物と共に堆積した岩石を層灰岩 (tuffite) と言う。凝灰角礫岩 (tuff breccia) は大小の火山礫や岩塊等の火山灰で固められた岩石で, 凝灰集塊岩 (tuff-agglomerate) は粗大な溶岩塊・火山弾・火山礫・軽石等が火山灰で固まった岩石である。古い多少変質した塩基性凝灰岩を輝緑凝灰岩 (schalstein) と言う。

流動し易い熔岩は熔岩台地を作り, 熔岩流 (lava flow) が谷間を埋め, 或いは楯状火山 (aspite) を作り, 然らざるものは錐状火山 (konide) や鐘状火山 (tholoide) を形成する。火山の爆裂によって山体が破壊されて生じた孔を爆裂火口 (explosion crater) と, 山麓の平坦地に生じた円形爆裂火口に周囲の岩屑の堆積して円錐形をなす時は之を marr とする。Caldera は爆裂によって陥没したもので, 両者の備った複成カルデラもある。

水成岩の大部分は既存岩石の破碎部の堆積した破碎岩 (clastic rock) であるが, 日本の様な火山の多い国では火山性破碎物 (pyroclastic material) が少なくない。其の他に化学的沈澱物 (chemical deposit) や有機的堆積物 (organic deposit) 及び宇宙塵 (cosmic dust) がある。火山性破碎岩を除く水成岩は砂岩・頁岩・石灰岩を代表とし, 砂質・粘土質・石灰質 (arenaceous, argillaceous, calcareous) の岩石に分かれる。又, 破碎岩類は粒度 (grain size) と固化 (consolidation) で頁岩・砂岩・礫岩等に分類される。主に礫の角礫からなる礫石を角礫岩と言う。

礫径 (mm)

64 <	巨礫	} …………… (巨礫岩) 礫……………礫岩
4—64	中礫	
2—4	小礫	
$\frac{1}{2}$ —2	粗砂	} 砂……………砂岩
$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$	砂 sand	
$\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{4}$	細砂	

$\frac{1}{256}$ — $\frac{1}{16}$	游泥 silt	} ……………頁岩
< $\frac{1}{256}$	粘土 clay	

主に石灰岩塊の集りからなるものは石灰岩礫岩と言う。長石に富んだ砂岩をアルコース (arkose) と呼び, 雲母質 (micaceous) の頁岩と共に其の物質を花崗質岩に仰いでいる。砂岩乃至珪質岩が多少変質して石英粒の集合体をなす岩石を珪岩 (quartzite) と言う。隠微晶質 (cryptocrystalline) の珪質岩をチャート (chert) と呼び, 其内には屢々放散虫を含んでいて, 放散虫を多量に含む岩石を放散虫岩 (radiolarite), 少ない場合には含放散虫岩と言う。チャートや石灰岩は水中の堆積物で, 石灰岩が苦土質に交代された岩石を白雲岩 (dolomite) と言う。特に石灰岩中に紡錘虫・海百合其他の化石を多量に含んでいる場合には主な化石に因んで之を紡錘虫石灰岩・海百合石灰岩などと言う。岩片や小化石を中核として同心的に石灰薄層が重なった小球体を鰐石 (oolite), 中形のを豆石 (pisolite), 大なるものを球顆 (sphaerolite) と言ひ, 其形成には屢々石灰藻の *Girvanella* が関与している。鰐石を含む石灰岩を鰐状石灰岩と言う。

地史上では個々の岩石としてよりも岩体として深い意味がある。水成岩でも其集まりからなる地層として意味が深い。地層の研究では先づ現在の堆積物を知らなければならぬ。然し水底の堆積物は主に各地点から採集された底質に依っているのであって, 其地点の水況はよく判っているが, 深海底に到っては Piggot の大砲を打込んでも其表面数米の底質の柱が採集し得るに過ぎない。之に反して地層の場合には水平・垂直の変化が判る。それ故に堆積論と層位学は両々相俟って研究されねばならない。そして地層や堆積物の研究上では恰も主要造岩鉱物が岩石学上で重要な如く, 生物や化石が重要な位置を占めている。

堆積物には堆積した現地で生成されたもの (authigenic) もあるが, 外から供給されたもの (allogenic) が更に多い。従って之等の物質と其組成からなる様相, 即ち層相 (facies) は其堆積環境のみならず其背後地の状況をも記録している。その複雑な記録を読破するには現在の風化・浸蝕・運搬・堆積等の全過程を知らねばならない。

地表に露出する岩石は日光其他の加熱冷却に対する表面と内部の膨脹や収縮程度の相異乃至其内の鉱物相互間の膨脹率の相異で, 岩石の表面が剝離 (exfoliation) する。其上に堆積物中の水が水になって膨脹し溶けて収

縮し、或いは岩石の割目に植物が根を張って隙間を大にし、動物が軟弱な土を掘り、人間が土地を耕作する等地表は絶えず機械的風化 (disintegration) を受けている。そのみならず化学的にもガスや有機物を溶融した水が、oxidation, carbonation, hydration を起し乍ら地表を分解し、可溶性物質を流し去り、また新たに物質を沈澱せしめる。かくして本来存在したものの残留物と二次的に沈澱した無機物或いは生物殊に植物の遺体の細菌や糸状菌などに分解された腐植 (humus) からなる風化の産物即ち土壌が出来る。そして其の内に石英や長石は多く残り、有色の主要造岩鉱物も稀ではないが、水成岩では母岩に比べると従属鉱物が多く、鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱、チタン鉄鉱 (ilmenite)、クローム鉄鉱 (chromite)、金紅石 (rutile)、風信子鉱 (zircon) などは普通で、榴柘石・十字石・電気石・珪線石・藍晶石 (kyanite) 等も屢々含まれている。特に可溶性の石灰岩は其表面に溝を生ずる。そして所謂墓場地形 (Karrenfeld, Lapié) をなす。石灰岩が風化溶蝕 (korrision) すると CaCO_3 は溶け去り、赤色の礬土や鉄分が残滓土となる。之を terra rosa と言う。熱帯や亜熱帯の高温で雨季と乾季の交互する処では風化が迅速で珪酸は少なく、主に水酸化礬土と水酸化鉄からなる紅土 (laterite) からなる風化層を生ずる。礬土頁岩や木節粘土なども風化の残留物である。鉱石や脈石は地表に露出し酸化して褐色・暗褐色などの焼けを生じ、また鉱体が富化することもある。

風化残留物が現地に堆積して残積層 (eluvium) をなし、岩石の凝集力が弱くなり、地層が脆き、岩石が斜面を匍行し、解雪期や大雨後に地下帯水層が迂り面となって地すべりや山崩を生ずることもある。然らざる場合でも岩屑が重力で断崖を転落して麓に重積 (colluvium) する。有稜の岩片が無層理に累積した崖錐がそれである。然し風化して残積又は重積した物質は風・水・雪・氷などに依って大規模に運搬されて其の営力の衰えた処で堆積する。そして其間にも地表を破壊し、其為の高所が削剝される。之を浸蝕 (erosion) と言い此破壊作用で低所を埋めて新しい土地を建設する堆積作用と相俟って地殻の表面はたえず平坦化されている。此平坦化作用 (degradation) の内で流水は最大の営力で、谷を穿ち谷幅を拡げ、やがて山稜も削られ、山地は丘陵地となり、遂には浸蝕に抵抗した残丘ともなり、平坦化された準平原が出来る。之等一連の過程を浸蝕輪廻 (cycle of erosion) と言い、高位準平原が平坦化される地形発展の段階を、幼・壮・老年期に分けている。然し日本の様に地殻の不安定な所では、外因的な減起伏作用 (degradation) と拮抗する内因的な増起伏作用 (aggradation)

の為に輪廻の完了を俟ずして地形の起伏が變形し、山地周辺の準平原が隆起して浸蝕が回春し、河川はその山地中にはめ込み蛇行し、段丘を生じ、或いは山間が沈降して堆積盆地ができています。

流水は溶蝕すると同時に運搬物質相互の衝突や運搬物の河壁への衝突に依って削剝作用 (korrasion) が起こり、其結果岩礫は水磨・円琢される (rounding)。河水の運搬力は河底の傾斜、水量其他の条件に依って異なり、砂礫は運搬中に粒度淘汰を受ける。急流は巨礫を運搬し重い金属鉱物も運搬し得るので、砂金・白金・錫石・磁鉄鉱・宝石等の漂砂鉱床を生成する。日本には各地に段丘が発達し、現在の水力では到底運搬し得ないような巨礫を含み、中部日本以西には山砂利層が広く分布している。また大氷河時代の気候変化に伴い、多雨期 (pluvial period) のあった事を想わせる。山地から河川が平原に出ると傾斜が急に変わるので、過重となる砂礫は其処に堆積して沖積扇状地 (alluvial fan) を作る。流水が停水中に注ぐ時も過重となった土砂は其処に堆積して三角州 (delta) を形成する。之等の堆積物の断面は崖錐に似ているが、扇状地では錐の高さが崖錐よりも遙かに低く、三角州では上頂層・前面層・底面層 (top-set, off-set, bottom-set) に分かれ、前面層は堆積当初から傾いている (original dip) が、底面は基盤と上頂層は水面とはほぼ平行している。

堆積物は其の堆積環境に依ってそれぞれの特徴があり、堆積物は環境に従って次の如く分類される。

1. 陸成 (terrestrial, subaerial)
 - 砂漠 (desert)
 - 氷河 (glacier)
 - 洞窟 (spelian)
2. 水成 (subaqueous)
 - 2 a. 陸水成 (non-marine)
 - 河成 (fluvial)
 - 沼成 (paludal, swamp)
 - 湖成 (lacustrine)
 - 2 b. 半海成 (paralic)
 - 三角州成 (delta)
 - 河口成 (estuarine)
 - 潟湖成 (lagoon)

陸上では極地から赤道に向って気温と湿度を異にし氷河帯 (glacial belt)、凍土帯 (tundra)、草地帯 (steppe)、温帯森林帯 (temperate forest) 亜熱帯性砂漠帯 (subtropical desert) 及び熱帯性森林帯 (tropical forest) があり、夫々特有の生物景観がある。雪線は極地から赤道に向って高くなり、熱帯でも雪線上には万年雪 (Né-

vé, Firn)があり, 雪蝕 (nivation)が行われ, 積雪が氷河となると氷蝕 (glaciation)が行われる。雪と氷による浸蝕や堆積の様式は似ているが, 其の規模を異にする。山頂の氷河は馬蹄形にえぐられた圏谷 (Kar1, Cirque)を作り, U字谷を作り, 先端に漂石が堆積して岡をなす (end moraine)。又氷塊は岩塊を平滑に磨き羊背岩 (Roche moutonné, Rundhöcher)を生ずる。Fiordは沈水したU字谷である。湖に臨む氷河が後退する時には結氷期の暗色微粒粘土と解氷期の明色細粒粘土が年輪の様に交互する氷縞粘土を湖底に残す。洪積期の大氷河時代に大陸では氷河期の氷成層 (till)と間氷期の草炭を含む粘土層 (gumbotil)とが交互に重なり, 氷河の一進一退を記録している。Newfoundlandに近い海底谷には氷山のもたらした擦痕のある漂石があり, 此様な巨礫から流水の到来が推測される。

大陸で河が海に注ぐ区域を exoreism, 然らざる区域を endoreism と言い, 此様な内陸は一般に乾燥し塩湖を生ずる。砂漠では風と砂粒に依る風蝕が著しく, 堆積物を頂かないで岩石の露出する所を rock desert と言う。雨季の降雨 (torrential rainfall)で高地の角張った岩片が急に運搬され山麓に堆積する。風で砂が運ばれ残った gravel desert の礫は風蝕で磨かれて三稜石 (Dreikanter)を生ずる。砂は風で運ばれる間に風蝕を受けて丸くなると同時に粒度淘汰を受けて均等な砂が堆積して sand desert となる。砂漠は乾燥しているので石英も長石も有色鉱物も新鮮である。loam-desertは playa や湖などの時々水底に没した処で砂丘の様に偽層せず, 砂塵が成層し其の内に種々の塩類を含んでいる。playa の干上がった表面では雨痕や漣痕や塩の仮像が認められる。欧州の中東部や東亜細亞に広く分布する黄土は洪積期の草地に積った風成層で沃地をなしているが, 特にロシアの黒土は chernosem と言い腐植が10%に及び肥沃な大平野をなしている。

岩質上で石灰岩は溶蝕を受けて特殊の Karst 地形を呈する。石灰岩の平坦面には Doline と言う落込み穴を生じ, ドリネが2以上結合して Uvale をなし, 特に縦にドリネが連なって生じた長い窪みを Polje と言う。更に浸蝕が進んだ石灰岩丘陵地を Cockpit と言い, 殆んど平坦化されて其の上に残る石灰岩残丘を Hum と言う。此様なカルスト輪廻 (Karst cycle)の間で石灰岩台地上に出来た残留土はテラロザで, 台地の崖に懸かる崖錐は石灰岩の溶けた石灰分で凝結した石灰角礫岩が出来る。又石灰洞では鐘乳石 (stalactite) や石筍 (stalagmite) が出来る。洞窟の堆積物中には落込んだ生物の遺骸もあり, 動物や人類が居住し北京人を始め新しい地質

時代の貴重な地史解明の資料を蔵している。

風蝕・氷蝕・カルスト等の特殊地形や堆積物の中で著しい風蝕の題材は日本には殆んどなく, 氷蝕乃至雪蝕も高山に僅かに存在するに過ぎない。之に反してカルスト地形は秋吉・帝釈其の他の石灰岩台地に可なりよく発達し, 石灰岩洞窟堆積物 (spelean deposit) は少なくなく就中秋吉や葛生では化石を豊富に産出した。河流は日本の地形を支配する主な外因的営力で, 内因的営力に基づく最近の地殻運動や火山活動と相俟って古い地質構造に岩質に基づく差別浸蝕が合して複雑な地形を作り地形変化に富んだ風光の美を添えている。地形は平坦面と斜面からなり, 過去の高位平坦面を出発点として低位平坦面の形成迄の地形発達史が迎られる。然し日本では準平原化の完成を俟たずして浸蝕が回春し, 其間に多数の平坦面が形成されている。しかし一般に高位平坦面は浸蝕面で, 低位の平坦面は堆積面で, 最低位の堆積面が沖積地をなしている。それよりも高い比高を有する砂礫段丘の広く発達しているのが日本の地形的特色である。其の為に斜面を見ると山形或いは谷形は腰を折っている。流路を見ると瀑布や急流が多く, 其の一部は浸蝕が回春した傾斜の変換点で, 他は地質の複雑さに基く傾斜の変換点である。火山を除く山地の斜面の大部分は浸蝕面であるが, 扇状地乃至隆起三角洲の緩斜面も亦少なくない。第四紀層の少ない朝鮮半島と日本では第四紀層と新期火成岩の面積は全体の約1/3であるが, そのうちで日本の占める割合は大である。また陸上の堆積物は海の堆積物に比べると一般に小規模で浸蝕され易い。小規模の段丘や扇状地の堆積物は就中寿命が短かく, 洪積期以前に遡る事は稀である。之に反して大湖や大きな三角洲の堆積物は古い地質時代から知られている。湖沼では波浪や流の少い事, 無機的化学変化も少く, 有機物の影響は大きく, 潮汐の水位変化の代りに雨後の水位変化が著しい。湖の水況はOと營養 (nutrient) で分類され, 底水に營養が多く酸素の少ない場合に之を富栄養湖 (eutrophic), 底水に營養が少なくOが多い貧栄養湖 (oligotrophic), 營養もOも少い悪營養湖 (dystrophic) に分けられる。湖の沿岸浅所には二枚貝, 巻貝, 甲殻類が多く, 沖には魚, 珪藻, 藻類等があり, 光の多い所には植物が栄えているが, 大略25呎以下の波や流水による攪乱のない底水には生物は少ない。湖底の堆積物には葉理 (lamina) が発達し, 暗黒色のものが多く, 藍鉄鉱 (vivianite) は陸水成相に特徴的な鉱物で, 赤鉄鉱も多く, 珪藻土や泥炭も堆積している。破屑物質の少ない湖心では有機物に富んだ黒泥が堆積し, 有機物は腐泥 (sapropel) で其の内に有機物の認められる場合には此の黒泥を gyttia,

コロイド状で黒泥中にもたらされた場合には之を *dy* と言ひ、*gyittia* は富營養湖及び貧營養湖の湖底に、*dy* は悪營養湖の湖底に多い。氷河の湖に臨む処では氷縞粘土を生じ、乾燥地の湖には蒸発殘留岩 (*evaporite*) が出来る。腕足貝・頭足類・珊瑚・棘皮動物・翼足類等は陸水中には棲息しない。

海岸地域には海岸平野・河口三角州・砂浜 (*tidal flat*)・砂丘・砂嘴・潟湖・沿岸沼沢地 (*marine swamp*) 半島、陸繋島、海湾などがあり、また海岸には隆起性と沈降性の処があり、其の中間の平衡海岸もある。

風で起る波浪は沖合では水の分子が円形の軌道運動 (*orbital motion*) をするので揺れ波 (*wave of oscillation*) で分子は前進しないが、海岸では海底の斜面に軌道が遮られて移動波 (*wave of translation*) となる。之が磯浪 (*breaker, surf*) で、海岸の崖に衝突・破壊し、洞穴・潮吹き穴 (*blowing hole*)、海岸洞門 (*coastal arch*)、煙突台 (*chimney rock*) を作る。磯浪は海岸で底流 (*undertow*) と沿岸流 (*long shore current*) となり、磯に打ち上げた砂礫の一部を引き降し、他を横に移動する。其の為に磯と少し下に礫が集まっている。そして其間では礫は衝突して円琢される。海蝕 (*abrasion*) の激しい断崖下の浅海底には波蝕台 (*wave-cut terrace*) を生じ、底流で運ばれた砂泥も其沖に波成台 (*wave-cut terrace*) を生ずることがある。之等の隆起した台地は海蝕台地 (*abrasion platform*) 或いは海岸段丘 (*coastal terrace*) と呼ばれる。これに反して沈降性海岸は *Rias* 型や *Fjord* 型をなし海底には溺れ谷 (*drowned valley*) が出来る。

海は陸棚と陸坂と海盆に大別され、其上の水況は浅海・半深海・深海 (*neritic, bathyal, abyssal*) に分かれ、海陸の境には汀線 (*strand line*) の往来する潮干帯 (*intertidal or littoral zone*) がある。海底の堆積物は陸源 (*terrigenous*) 堆積物と遠洋 (*pelagic*) 堆積物に大別され、其境を泥線と呼び大きく見れば海岸線に順ずるが、泥線は幅広い遷移帯である。他の分類として陸源堆積物の占める処を不定帯 (*belt of variables*) と泥帯 (*mud belt*) に分つて其外に有機帯を置き、泥帯の内外側に内外泥線を引く分け方もある。

不定帯は主に陸棚上の堆積物で、海流は 200 米以下である。其の影響は陸棚上の浅海や沿海では海岸地形に従つて海流が逆の方向に流れ、口の狭い湾入では強い潮汐流が起り易い。又卓越風は波浪を起して海蝕を生じ、沿岸線では砂礫が横に運ばれて海岸砂丘を作る。

川では陸源物質が多量に運搬され河口に堆積し、また物質は海流の篩分け (*sieving*) を受ける。海流、特に

潮汐流の強い処では海底の岩盤が浸蝕される。此様に不定帯は水況の変化に富み、そのため堆積物は相の変化に富んでいる。中流の短かい日本では河口に到つても淘汰が不十分で、又屢々火山性の物質に含み、海底にも礁や堆が多く出来て堆積相の変化が特に著しい。

漣痕や偽層は海流の働く不定帯に限られ、波浪で出来た漣痕の断面は対称的であるが、流水や気流の場合には非対称的である。海成の砂岩では砂漠の砂の様に砂粒が丸くはない。しかし泥が塩水中で垂角の砂粒の固まりに凝着するから丸味を帯びてくる。海緑石 (*glauconite*) は有機物の多い浅い海底で化学作用で生ずる特徴的な鉱物で粒状を呈し、篩分けられて特定の地層に多く、或いは結核状をして集まっている。海緑石砂岩は暗緑色を呈する。しかし、緑色の陸源物質や火山性物質が緑色砂岩を着色している事もある。ブラジルの東海岸ではアマゾン流域の紅土からもたらされた酸化鉄で着色された赤色砂が堆積しているが、その赤色鉱物は陸地の火成岩や変成岩に由来している。有機的堆積物は陸源物質の少ない処に生ずる。其の内には珪質の海綿や珪藻や放散虫もあれば石灰質の珊瑚や石灰藻や有孔虫や棘皮動物・軟体動物などが主体で大部分は底棲生物の遺骸で掃き寄せられて堆をなす。裾礁 (*fringing reef*)、環礁 (*atoll*)、堡礁 (*barrier reef*) などの珊瑚礁は陸棚上でも海洋中でも浅海生成物で出来、主に有機物で、ドイツの *Solenhofen* 石版石の如く化石環礁中の泥灰岩中に保存のよい化石を含んでいることがある。石灰岩は暖海海水下で化学作用で沈澱するが、屢多量の化石を蔵し、紡錘虫石灰岩や貨幣石石灰岩は暖海浅水下の堆積物であつて、有孔虫の多い点では *Globigerina* 軟泥と似ている。しかし、浅海成石灰岩中には底棲動物の化石が多く、浮泳動物の化石は少ない。Florida の Bahama 沖合には海面下に礁があつて、其の内側では高温下で蒸発が盛んで炭酸石灰が沈澱している。此処では脱窒素性バクテリアが活動して霰石の鯛石が出来ている。

不定帯から泥帯への変化は多様性から一様性への変化に伴ひ細粗の雑然とした迅速な堆積物から緩漫な泥への変化である。勿論其間には截然たる境はないが、陸側では砂と泥とが交互に堆積し頻互層 (*epicyclic alternation*) を形成する。粗粒岩の互層は不定帯でも出来るが此処では互層が細粒岩からなり、細粒層と微粒層の境は割合に急で、浮力に従つて先に沈積した細粒と初めは懸濁し除々に沈澱した層とからなっている。微粒層と細粒層との間には軽微な浸蝕面のある事もある。微粒岩には葉理があり、葉理が偽層している事もある。

泥は 0.02mm 以下の微粒物と其の膠着物からなり、

それより大きいのは燐鉍団塊や海緑石粒・生物遺骸である。石灰分は主に生物の遺骸によって異り、石灰質泥岩ともなれば、泥灰岩や石灰岩ともなる。放散虫岩には泥帯で出来たものが少なくない。有孔虫・放散虫・海綿の骨針などが其の内に含まれる主な生物である。有機物を含む泥は青色を呈し、之を欠く時は緑色を呈し緑泥石を含む時も緑色を呈するが、鉄分で赤色を呈する事もある。

湧入の泥底には環虫の糞が多い。フィヨルドや黒海の深所では黒泥が堆積し底棲動物は殆どない。黒海の最深部は1,727米で口が狭く水はけが悪く、沈積した浮游生物の遺骸はバクテリアに分解され、底水に硫化水素を含み底棲生物がない。ウェールズ南部の石炭紀 *Posidonomya* 頁岩や *British Columbia* の *Burgess* 頁岩、奥陶・志留紀の純筆石頁岩・独逸二疊紀の銅板岩 (*Kupferschiefer*) などは皆此種の黒泥岩相で保存のよい浮游生物の化石を含んでいる。登米粘板岩も類似の岩相を呈する。

外泥線は幅広く凹凸の少ない漸移帯で、其外に有機帯があり、放散虫・珪藻・翼足類、*Globigerina* などや宇宙塵・火山灰等の軟泥が堆積している。太平洋の深海底の広い部分は主に珪酸からなり、塩分で着色された赤色粘土が被っている。有機帯は陸源物質の来ない所で、公海でなくとも大きな内海で、テチスに累積した二疊紀や中生代の頭足類石灰岩は陸源物質を含まぬ厚層で、有機帯の堆積物と考えられるが深海堆積物ではない。

西印度諸島の *Barbados* には陸源物質を含まぬ放散虫角岩層があって、放散虫軟泥に比べられたが他の化石から見ると真の深海成とは考えられない。*Timor* の白亜紀後期の赤色粘土質頁岩はサメ類 (*Lamnidae*) の歯を多く含み、時にはマンガンが団塊が中核をなし、又頁岩や團塊中に放散虫を含み深海堆積物に似ている。然し深海成層は非常に稀で、海洋恒久説の論拠となったが、深海は中生代以前にはなかったとも解釈される。

地層は過去の堆積物で、地層の累積する順序が層序 (*sequence*) で、絶え間なく堆積して地層が累積した場合には、地層相互間の関係を整合、浸蝕の間隙のある時は之を不整合と言ひ、此期間に下盤の削剝されない場合には *non-sequence*、削剝された場合は非整合 (*disconformity*)、下盤の変形した場合には傾斜不整合 (*clino-unconformity*) で、変形されない場合の平行状不整合 (*para-unconformity*) から区別する。地層にはそれぞれの様相があり、同一の層相は同一の堆積環境を意味するものと解釈している。層相 (*facies*) は其岩相 (*rock-facies*) と其化石相 (*fossil-facies*) とか

らなる。化石相に就いては地史学と古生物学の章で既に解説した。岩相には其地層を構成する岩石や鉱物の組成のみでなく、其構造や地層の組合せに特色がある。例えばアルコースや雲母質頁岩は花崗質岩が分解して粒度と浮力によって分離されて多くの長石を含む砂岩と雲母を含む頁岩が出来ているので、其供給源は花崗質岩に求められる。乾燥地では鉱物は新鮮であるが、長石は高麗土化している事が多い。火成岩の従属的の重鉱物は一般に化学変化に安定で火成岩の成固論では看却され易いが、水成岩の組成上では顕著な特徴がある。英国中部の磨石硬砂岩統 (*Millstone Grit*) 中には石榴石・金紅石 (*rutile*)、風信子鉍 (*zirkon*)、電気石、チタン鉄鉍、*monazite* などの重鉱物が多いが、之等は何れも北方のカレドニア造山帯が供給源地である。海緑石は海成相、藍鉄鉍は湖成相の特徴であるが、之等の鉱物を含まない場合でも化石から容易且つ詳しく地層の堆積環境が判明するので、化石は重要な指相者である。

地震に際しては地盤が急に隆起・沈降する。地震断層を生じて其両側の地塊が変位した実例を我々はよく知っている。水準測量の結果中国地方の地盤が数年間に緩慢な隆起をしている事も判っている。南海道では地震の時に半島部が急に隆起し、其背後が沈降し、其変動の中間期には逆の方向の沈降・隆起があり、緩急なシーソー運動を繰返している事が、水準測量や文献から明らかにされた。米山其他の羽越油田地方では水準測量の正の変位が背斜部で大きい事も判っている。北欧では氷河期後にボトニア海のあたりではその中心で地盤が円頂の隆起をした。

ナポリ近くの *Puzzoli* でセラビス殿堂に高さ12.3mの大理石柱が三本あって、下から3.5mと6.5mの間が著しく腐蝕され、穿孔貝の穴が開いていて地盤の昇降の有名な実例として屢々引用されている。日本では魚津海岸の化石森、神通川河口の溺谷、関東地方の貝塚、沼の隆起珊瑚礁其他地盤の隆起や沈降を示す顕著な実例が多々ある。馬來地方の *Sunda* 陸棚では南北に流れる過去の水系が溺谷に認められ、*Timor-Ceram* 弧上の *Tenimber* では約1,300mの高位に隆起珊瑚礁がある。之等の事実に基いて地盤の昇降がどの位の平均速度で行われるのかは興味ある問題である。

北米東部や北欧のように地盤の安定な処では海岸地形の変化や氷河期後の陸地の隆起と結氷・解氷に依る海面の昇降 (*eustatic change*) とを分析するのは甚だ難しい。地盤の動揺している処では一増困難で、地質時代では海面を固定して緩慢な地盤の昇降 (*secular upheaval and subsidence*) で之を解釈しているが、北米中部の

上部石炭系には広く小堆積輪廻 (cyclothem) が認められ、Wanless は当時の氷河の伸縮との相関で之を解釈しようと試みた。

地盤が沈降すると海岸線が陸地に侵入するので海浜相 (near-shore) の上に沖合相 (off-shore facies) が重なり、更に沈降が続くと其上に更に沖合の泥相が重なる。逆に地盤が隆起すると泥相の上には不定帯の沖合相が重なり、沖合相の上には海浜相が重なる。此様にして地盤の沈降に伴い海水は陸地を浸蝕し乍ら侵入するので、基盤上を基底礫岩 (basal conglomerate) 又は基底砂岩が被い、海岸の崖が急に沈降すると基底礫岩がつぎたし (abut), 荒磯であると丈夫な貝殻でも破壊されて貝殻砂が出来る。地盤が隆起して海岸線が退く時にもそれに伴って近海堆積物が出来るので海退と相俟って陸に向かう楔状の堆積物の上下に海侵礫 (gravier d'émersion) と海退礫 (gravier d'émerision) を生ずる。海侵から海退に至る一連の堆積を堆積輪廻 (cycle of sedimentation) と言ひ海水氾濫の高潮期を氾濫期 (inundation phase, thalassic period) と言う。デルタの断面は楔の形でその尖端は当時の沖合層である。楔の反対側では粗粒岩相から細粒岩相を経て再度細粒岩に反っていて、下位の粗粒岩相は海侵期 (transgressive phase) を、上位の粗粒岩相は海退期 (retrogressive phase) を表わしている。

此様に粗粒岩相に包まれた細粒岩相の楔が出来るので、粗粒岩相には海侵期のものも氾濫期のものも海退期のものもある。従って岩相上の同相 (isopic) の部分を同時 (synchronous) の堆積物と見違えてはならない。其内の化石も見なければならぬが、生物の変異を生じない小輪廻では特に進化速度の早い化石のみが参考になる。火山性の碎屑物は異相間に広く拡がるので、凝灰岩層は同時性を知る可く大助となる。しかし適当な指準化石も指準層 (key bed) もない場合には楔の全貌から同時異相関係を判断する外はない。

徐々に海退すると海成相の上に偽層した砂や亜炭を含む粘土や礫などからなる河口成や浮湖成の堆積物、或いは陸成堆積物が重なる。然しその軟弱な地層は浸蝕され易く隆起が続くと海退期には楔の陸地側程よく浸蝕される。従って再度地盤が沈降すると其浸蝕面を海侵相が被い、其間の不整合の間隙には陸化していた期間の地層のみならず其間に浸蝕された前輪廻の層序の一部の欠除していることも判る。此様な地層の欠除はデルタの陸地側で大である。かくして古海岸線の研究 (Palaeaktologie) では当時の沖合相や其前後の海岸相からその間の地史を推定し得るのである。

隆起と沈降が反覆すると陸に向かう細粒岩相の楔と海に向かう粗粒岩相とがデルタ中で交互し、陸の方では粗粒岩相から不整合面となり侵蝕された事が判る。或いはまた其間に非海成相が狭まれる。河成の堆積物は急激な傾斜の変換線がなければ陸上では河口から離れる程粗になり堆積速度も早い、河口から海に這入ると三角州の前面で大部分の物質が堆積するので其処で一番厚くなり、その横の両側で薄くなる。海成と非海成の地層が互いに差違えている場合には両者を一括して半海成相 (paralic) と呼び、地質時代を通して見ると海岸線の彷徨帯に当り海陸両相の対比上特に重要である。

地盤が一樣に沈降せず陸棚の陸側が静止し海洋側が沈降すると其処で地層が厚く堆積する。逆に陸地が沈降する場合も亦に其処に厚い地層が堆積し、堆積期間中に胚芽的な陸側の向斜と洋側の背斜が出来る。沿海から陸側が沈降して沿岸と沖合との間が隆起すると堆積物は陸の方へ拡がって海侵したように見えるが、新たな盆地が隆起帯に依って遮断されて浮湖又は湖沼となるので層相が海成から非海成に変わることもある。既存の盆地内に此様な隆起軸をこえて海水が内侵 (ingression) する時には海成相が盆地の非海成相中に楔入する。前後の両海侵の間で造山運動が起ると前の海侵層が変形されるので、後の海侵層は其上を傾斜不整合を以って被うことになる。地殻変形の強弱に依って造山帯は内部と周辺と外部 (intra-, peri-, extra- orogenic zone) に分かたれる。従って、内部の傾斜不整合は周辺の非整合を経て外部の整合に続くことになる。

地史的研究の結果、地殻運動には広大な地域が徐々に昇降する造陸運動 (epirogenesis) と狭大な地帯が急激に変形する造山運動 (orogenesis) とある事が判明した。前者は褶曲し難い剛塊 (Kraton) が徐々に昇降し或いは傾動する所謂造陸運動で、華北・満洲・朝鮮半島を含む広大な面積は寒武紀と奥陶紀に造陸的昇降をしたが、奥陶後期以降石炭紀前中期までの長期間に亘って殆んど全域が陸化していた。然し其間には殆んど全く浸蝕されず其上に二疊石炭紀層が平行状不整合を持って被っている。そして其基底に浸蝕残留土 (regolith) が残っている所もある。剛塊が昇降 (Kraton-Hebung, Kraton-Senkung) を行う場合にはこの様な典型的な堆積輪廻を生成する。

造山運動は地向斜に起る現象で其結果造山帯が出来る。地向斜は狭い沈降帯で此帯に沿う地背斜から絶えず物質の供給を受け、堆積物が累積する程地向斜は沈降し、地背斜は削剝される程隆起する。かくして徐々に一方では沈降し他方では隆起が続けられているので正負の

両区間の傾斜は余り変らない。従って地向斜には緩斜面を運ばれた多量の物質からなる細粒岩の厚層が出来る。此様な造山運動前 (pre-orogenic) の地向斜内の厚層をアルプスの此種の地層名に因んで **Flysch** 型と呼んでいるが、アルプスの **Flysch** は海湾や浮湖で堆積した化石の少ない厚層である。此種の地層の層相の特徴は厚い細粒岩の頻互層にある。

アルプスでは造山運動中乃至直後に起伏が大変化して、そのために高山から急に淘汰の悪い砂礫が運搬されて新山地南北両側の山麓に累積した。南側に堆積した地層を **Lombardy** の **Molasse**、北側のものをスイスのモラッセと呼んでいる。スイス盆地を埋めているモラッセの下部は東アルプス衝上体の物質に富んでいる。此衝上体が削剝されて其下の西アルプス衝上体が露れて来たので、モラッセの上部には西アルプス衝上の物質を含んでいる。モラッセは **Nagelflur** と呼ぶ巨大な角張った岩塊を含み造山運動に伴う山麓堆積物の典型で、此種の堆積相をモラッセ型と呼んでいるが、造山期乃至其の直前・直後の造山帯内部乃至周辺の地層は厚い点ではフリッシュに似ているが、之は遙かに短期間に生じたもので、円礫も粒度淘汰も悪い砂礫が雑然と累積しているのが其特徴である。

造山期には地殻が動揺しているので、汀線が彷徨し小輪廻が繰返される。沖合でも堆積区の一部が隆起して浸蝕され部分的不整合を生ずる。従って層相の垂直、水平の変化が著しい。陸上では動揺が一層激しく水系が変化し流路の争奪が行われるから供給される物質も亦変化に富んでいる。造山運動で陸地が拡大する時には小輪廻を繰返し乍ら海退するが、此間に堆積した地層はよく固化する暇もなく陸化して浸蝕されるので、多量の再蝕礫 (**reworked pebble**) が堆積する。造山帯には一般に背後盆地を生じ此処にも類似の岩相が堆積する。然し造山運動が或期間中に高潮に達する処を移動した場合には、造山帯内部に於いてさえも層序の間隙のない堆積盆地もあり得るので、之を造山性の整合関係 (**orogenic concordance**) と言い、造山期の動静を層序と層相の変化から判断するのに特に重要である。造山運動に依る地殻の変形は基盤と被覆層との間の不整合関係に依って定められる。即ち此処に造山運動の直前と中頃と直後の3層群があると、直前の地層と中頃の地層との間の不整合面に認められる角度 α は中頃の地層の堆積前に於ける其他の点で直前の地層の受けた変形であり、中頃の地層と直後の地層との間の不整合の角 β は両層堆積期間に生じた変形である。此様にして各層間に生じた変形解析 (**Deformation analysis**) が行われる。然し層序に間隙のあ

る処では其期間の地殻の動静は解明し得ない。地殻の動静論は造山性の層序の層相解析 (**facies analysis**) に依らねばならない。

フリッシュやモラッセなどの造山性堆積 (**orogenic sedimentation**) には造陸性堆積 (**epirogenic sedimentation**) と異なり、堆積輪廻を示さない。遠洋性の堆積 (**thalatogenic sedimentation**) でも著しい輪廻を示さないで極めて徐々に細粒岩が堆積しているのだから、厚さの割合には非常に長い時間を要している。

前世界の地理を再現する学問を古地理論 (**Palaeogeography**) と呼び、1875年に **Boué** が、そして1881年に **R. Etheridge** が此語を使用しているが、それより先き **Marcou** は1860年に侏羅紀世界の海陸分布図を公にした。古地理論は地史の断面を与える学問であるが、現在では陸上が明らかなのと比べると水面下は不明である。之に反して古地理論に於いては地層から先づ堆積区を知り、層相に反映している浸蝕区を想定するのである。此の現在と地質時代との間にある洪積期では、水陸の地形と地層を共に見る事が出来る。然し、地形発達史の出発点となる最古の平坦面と雖も第三紀以前に遡る事は殆んどない。従ってそれ以前の古地理は層位学のみ認識し得るのである。

過去の気候を研究する学問を古気候論 (**Palaeoclimatology**) と言う。生物は環境に適応するので、気候の指示者としては化石相よりもむしろ岩相の方が重要であるとも言えるが、然し又古生物の適応性を検討すれば其環境が判るとも言える。現在植物が気候の支配を強く受けている様に植物は気候論上極めて重要な資料で、現在に近い時代では現生種の分布や森林構成を知る事に依って過去の気候が推察される。現在種属の出現前の更に、古い時代には植物の組織や森林構成等が重視される。海洋では珊瑚礁や造礁珊瑚の生長率などが暖海を見出す重要な手掛かりとなっている。

岩相上では紅土は高温の乾湿両季の交代する所に生じ黄土は半乾燥地の草原の風成土である。砂漠の砂や塩湖で沈澱した石膏・岩塩其他の塩類・雨痕・乾裂などは乾燥気候の指示者である。種々の水成堆積物から地質時代に原生代と二疊石炭紀と洪積期の三大氷河期のあった事が判っている。其内でも洪積期の大氷河は地形地質のみならず化石・人類の遺跡、遺物などを共に研究して詳しく判っている。氷河期の原因として大陸の隆起、極の移動、火山灰に依る日光の遮断、石灰岩や石炭を生じた為の空中の炭酸ガスの減少、太陽黒点の多少に依る輻射の変化等が挙げられているが、未だ各時代の寒冷気候を円満に解釈するに至らない。

後篇に於いて私は地球(257)頁, 地殻(258), 水成岩(259)と堆積物(259), 堆積環境(260), 不定帯(262), 層序と層相(263), 堆積輪廻(264), 造山性堆積および古地理論(265)等に就いて述べて来たが, 之を要するに地層とそのうちの化石から過去の古地理がと解明されてきた。そして夫々の時代の古地理を層序に従って重ねる事によって地球の歴史が明かにされて来た。それが地史学であり, 地方の地史は郷土自然の生い立の記である。しかし全世界の地史についての知識は地球の誕生以来の地史の約4分の1に当る顕生時代の地史である。

む す び

層位学は地球の歴史を解明するための最も重要な地質学の分野である。その地史40数億年来のうちで, 地史学書の9割以上は化石の世界がよく判っている顕生の時代である。化石の殆んど産しない隠生の長い時代がその先きにあったのである。寒武利亜紀に始まる顕生の時代は古生代・中生代・新生代に分かたれ, 夫々がその時代の生物界によって識別されている。代はまた紀に区別され, 紀も亦世に, 世は亦期に分けられ, 更に地層が精密に分帯されている。その最後の時代が新生代の第四紀であり, 第四紀は継続中の未完結の時代ではあるが, 第三

紀から第四紀にかけては地層が最も多く残存している。そして特に氷河期と間氷河期が交互している。そして現在に至っているが, その間に人類の文化が発達して, 考古学そして歴史学へと時代が推移して, 時の刻みが次第に精密且正確になって来るのである。夫れはまた地質区の分化を省して, 地質誌の地方化を伴い複雑化する。之を郷土誌の立場から見ると, 狭いそれぞれの地方の自然にその特色があることになって, この狭い国土に多数の国民が安住する為には夫々の地方でその郷土の自然を周知して適合した生活をしなければならぬ。そのような母なる大地を知るために之を観察して, 現状に至る経過を知ることは, 之即ち郷土地史の研究まであって, 観察した事実がどのような意味を持っているか, この地史解読上で地層と化石がどのような意味を持っているのであろうか。夫れが後篇の主題であった。

この問題に就いて私は最近日本古生物学会の邦文誌「化石」中に「地史と古生物」と題して本論文とはやや異なる見地から(1)地史学とは何ぞや, (2)地質時代と生物界の変遷, (3)地史学の目的と研究方法等の諸項に就いて述べているので, 参照して足らざるところを補われたい。

日本学術会議だより

№.14

人間の科学特別委員会設置される

平成元年 8月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る4月に開催した第107回総会において、人間の科学特別委員会を追加設置しましたが、今回の日本学術会議だよりでは、この特別委員会に加えて、最近発表された「委員会報告」等について、お知らせいたします。

人間の科学特別委員会の設置

本会議は、本年4月に開催した第107回総会において、それまでにすでに設置していた7特別委員会のほかに、「人間の科学特別委員会」の追加設置を決定した。

この人間の科学特別委員会は、同総会中に、委員会の構成(各部2人ずつ計14人)を済ませるとともに、第1回目の委員会を開催する等、直ちに、その活動を開始した。委員長には、中山和久第2部会員が就任した。

今回、本会議が、この特別委員会を設置した理由は次のとおりである。

<人間の科学特別委員会の設置理由>

ヨーロッパの産業革命に端を発した科学技術の進歩は急速にその度を加え、かつて人類が予想もしなかった程度に物質文明を開花させたが、一方、それによって人類は、過去に見られなかった重大な危機に立たされている。科学技術の進歩は一面において物質偏重の価値観を強め、生命に対する技術介入に係る不安や、地球生態系の激しい変化を招き、社会経済環境にも様々な問題を醸し出している。

人間が創り、人間が発展させてきた科学は、本来、真理を追求し、人間の幸福に貢献すべきものであるにもかかわらず、人間の生活や自然・社会環境に混乱を招いている側面もあるのではないかとこの矛盾も感ぜられ、ここに科学者の苦悩がある。我々は今や、科学の在り方を再考し、早急に人間と科学技術との不調和を克服する視点を明らかにしなければならない。

このためには、「人間とは何か」を問い直し、「人間存在の理法」ともいうべき概念を改めて考え、そこに立脚して、科学技術と自然との調和を求め、人類進歩への展望を模索するところから始めなければならない。

人間の人間たる特質はその精神であることを思えば、人間を知性、感性の面から広く捉え、人間そのものについてのもっと深い知識と理解が強く望まれる。この立場から、人間を個体としてばかりでなく、生物学的並びに社会的集団として把握し、人間の総合理解に努める必要がある。

この特別委員会は、このように人間を学際的、総合的に把握し、人類の危機に対処することを目指すものである。

「委員会報告」2件を発表

このたび、本会議の「生命科学と生命工学特別委員会」と「化学研究連絡委員会」は、それぞれ、当面の重要問題に関する審議結果を取りまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、「委員会報告」として発表した。各「報告」の要旨は次のとおりである。

ヒト・ゲノム・プロジェクトの推進 について—生命科学と生命工学特別 委員会報告— [要旨]

ヒト・ゲノムの全DNA配列決定を主たる目標とするヒト・ゲノム・プロジェクトは、極めて大きなインパクトを学術研究に与えると期待され、我が国として早急かつ重点的に推進すべきである。そのためには推進組織を設け、基本計画の立案、実施計画の策定、省庁間などの協議、国際協力、データ・ベースとレポジトリ整備などを総合的に行うべきである。一方この推進組織と並んでこれと密接に連携し、研究計画の実施に伴う社会的・法律的・倫理的諸問題を客観的・公正に判断することを目的とするチェック機構を設立し、調和のとれた施策を進める必要がある。

大学等における化学の研究環境の整備 について—化学研究連絡委員会報 告— [要旨]

化学研究連絡委員会は、昭和63年に発表された日本化学会報告書を参考資料として、大学等における化学分野の研究環境の現状について検討を行った。その結果、「全国的視野に立つ化学の新しい研究体制」の実現に向けての努力を傾注するとともに、現行の研究環境を抜本的に改善するために、関係方面に強く訴えるべきであるとの結論に達した。日本化学会報告書に盛り込まれている数項目の重点施策のうちでも、特に、①先端研究設備の購入・維持予算の大幅増額、②研究基盤整備のための大学院関連予算の充実、③化学の特殊性を配慮した研究室面積の拡充、は緊急に実施すべきものと考えられる。

平成2年度共同主催国際会議

本会議は、昭和28年以降おおむね4件の学術関係国際会議を関係学術研究団体と共同主催してきたが、平成2年度には、2件増えて、次の6国際会議を開催することが、6月20日の閣議で了解された。(カッコ内は、各国際会議の開催期間と開催地)。

◆第14回国際土壌科学会議

(平成2年8月12日～18日、京都市)

共催団体：(社)日本土壌肥料学会

◆第22回国際応用心理学会議

(平成2年7月22日～27日、京都市)

共催団体：日本心理学会

◆第15回国際微生物学会議

(平成2年9月13日～22日、大阪市)

共催団体：日本微生物学会

◆第11回国際数学連合総会及び第21回国際数学者会議

(平成2年8月18日～29日、神戸市他)

共催団体：(社)日本数学会他6学会

◆第11回国際神経病理学会議

(平成2年9月2日～8日、京都市)

共催団体：日本神経病理学会

◆第5回国際生態学会議

(平成2年8月23日～30日、横浜市)

共催団体：日本生態学会

国際社会科学団体連盟(IFSSO)第9回大会・総会の日本開催

国際社会科学団体連盟(IFSSO)の第9回大会及び総会が、本年10月2日(日)～7日(土)、東京六本木の国際文化会館と日本学術会議で開催される。

国際社会科学団体連盟(International Federation of Social Science Organizations, 略称IFSSO)は、世界の社会科学の発展に貢献することを目的とする、世界各国の学士院や学術会議で構成されている、社会科学分野を代表する国際学術団体である。現在、35か国の国家会員等で構成されており、我が国では、日本学術会議が、我が国を代表して加入している。また、現在、日本からは本会議の藤井隆第3部会員がIFSSOの事務総長を務めている。

なお、IFSSOは、社会科学分野の国際学術団体の連合体(総括機関)である国際社会科学協議会(International Social Science Council, 略称ISSC)に加入しており、ISSCの中では、国及び地域を代表する機関という位置付けもっている。

今回の会議には、IFSSOに加入している各国の学士院や学術会議の代表、並びに関係する国際機関、国際学術団体の代表など、50を超える国々から約300名(うち、外国人は約150名)の科学者等が参加する。

この会議では、メインテーマ「変容する世界の学術政策」の下に、「研究・訓練体制の改革」、「既存領域を超える新分野」、「社会と科学・技術のインターフェイス」及び「国際協力のアカデミック・インフラストラクチャー」の4つのサブテーマが設けられ、多方面から世界の学術政策の変化が論じられる。

また、この会議では、特に、3つの日本セッションが設けられ、「急激な科学技術の進歩」について、①人間に与えるインパクト、②法律や政治に与えるインパクト、③社会経済システムに与えるインパクト、という3つの視点から

論じられ、日本の先端研究が広く紹介されることになっている。

■本件問い合わせ先：〒102 東京都千代田区紀尾井町7-1、上智大学心理学研究室内、国際社会科学団体連盟第9回大会日本組織委員会事務局、電話 03-238-3811

日本学術会議主催公開講演会開催のお知らせ

本会議では、毎年、学術の成果を広く国民に還元するという日本学術会議法の主旨に沿うための活動の一環として、公開講演会を開催しています。

このたび、下記の2つの公開講演会を開催することにしました。多数の方々のお来場をお願いします。

I 公開講演会「人間は地球とともに生きられるか」

●日 時：平成元年10月27日(日)13時30分～17時

●演題と講演者(カッコ内は所属部)

- ①「地球の温暖化とその影響」：吉野正敏(第4部)
- ②「地球環境と農業のかかわり」：久馬一剛(第6部)
- ③「地球環境の経営と人間社会の発展」：藤井 隆(第3部)

II 公開講演会「“人権の歩み”から何を学ぶか—フランス人権宣言100年を記念して—」

●日 時：平成元年11月18日(日)13時30分～17時

●演題と講演者(カッコ内は所属部)

- ①「“人権” 以前の世界」：弓削 達(第1部)
- ②「近代日本の人権思想—自由民権運動の人権論を中心に—」：大石嘉一郎(第3部)
- ③「科学技術と人権」：杉本大一郎(第4部)
- ④「人権の進化と創造」：南 博方(第2部)

●会 場：日本学術会議講堂(両講演会とも)

(東京都港区六本木7-22-34)

(地下鉄千代田線、乃木坂駅下車1分)

◆申込方法：往復はがき(住所、氏名、郵便番号を明記)

◆申込締切：各開催日の1週間前まで(先着順、無料)

◆申 込 先：〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議事務局庶務課講演会係

■ なお、本会議では、本年度には、上記の他に、「日本の学術動向」に関する公開講演会の開催を計画しています。開催日、会場、講演者などの詳細については、決定次第、新聞広告等でお知らせする予定です。

日学双書の刊行案内

本会議の第102回総会と第103回総会で行われた、本会議会員による各自自由討議の記録を中心に編集された次の日学双書がそれぞれ刊行されました。

・日学双書 No.4 「21世紀へ向けてのエネルギー問題」

・日学双書 No.5 「食糧生産と環境」

[定価] No.4：1,500円、No.5：1,000円

(両書とも、消費税込み、送料260円)

※問い合わせ先：(財)日本学術協力財団(〒106 東京都港区西麻布3-24-20、交通安全教育センター内)

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(403)6291

IGC ニュース No. 1

第29回万国地質学会議の概要

1989年9月

第29回万国地質学会議事務局

まえがき

今年7月の第28回IGC(ワシントン)において第29回の日本開催が正式に決まりました。これを受けまして私達は1992年IGC(京都)に向けて準備を開始いたしました。その概要を本欄をお借りしてお知らせし、合せて皆様方の御意見を伺いたいと思います。よろしくお願いたします。

会議の名称 第29回万国地質学会議(29th International Geological Congress, 略称 29th IGC).

会期・会場 1992年8月24日(月)から9月3日(木), 国立京都国際会館。

会議の内容 万国地質学会議は、第1回が1878年にパリで開催されて以来、本年1989年の第28回(アメリカ合衆国ワシントンD.C.)まで続いている地質科学最大の国際学会で、地質学のみならず関連する地球科学の諸分野を網羅する。取り扱うテーマは純学術的なものから、資源・海洋・土木・建設・環境などの応用分野まで、広範囲にわたっている。日本で開催される次回第29回会議は、初めて弧状列島という地球科学的環境で行われるため、活動的プレート境界域の現象に討議の焦点を合わせると同時に、先端的な地球科学関連の応用面でのテーマをも積極的に取り上げることとしている。

また会期の前後に、それぞれ1週間程度の地質巡検を行うように定められており、開催国および周辺諸国で数10コース程度の現地見学旅行を行うことになっている。

会議の主催団体 この会議は会議開催ごとに開催地に設置される組織委員会が主催団体となって組織運営にあたることとなっている。したがって第29回万国地質学会議組織委員会が主催団体である。しかし、IGCは、地質科学関連の国際組織である常設の国際地学連合(International Union of Geological Sciences, IUGS)との密接な関係の下に開催されることになっており、これが一種の母体機関の役割を果たしている。このIUGSは日本学術会議が正式に分担金を負担して加入している国際学術団体のひとつで、分担金は米ソ仏に次ぐ第2ランクの7単位である。

日本学術会議には、この会議の共催を正式に本年末に申し込む予定である。共催が認められる可能性は高く、

そうなれば政府の公的な支援が得られることになる。

会議の規模 会議の規模は年代によって異なるが、1800年代には20~30ヶ国、数百人の規模であったが、1980年代からは参加国は100ヶ国を越し、参加者も5000人を超える規模となった。本年の第28回(1989年7月ワシントンD.C.)では6000人以上の参加者があった。第29回会議の参加者数は予測が難しいが、同伴者を含めておよそ5000人程度を見込んでいる。

日本国内における準備態勢 日本学術会議地質学研究連絡委員会(前記IUGSに対するわが国の正式窓口)はIGCの日本開催について検討を重ねた後、招致を決定して1984年にモスクワで開かれた第27回会議で招請の意志を表明し、IGC役員会で承認された。これに対応して1985年に準備委員会が組織され、会議開催のための準備を始めた。1988年3月にアメリカ合衆国で行われたICGの執行委員会で日本開催が再確認されたのを受けて、1988年12月に新たに組織委員会を設置した。

1989年7月の第28回IGCにおける、第29回の日本開催正式決定を受けて、組織委員会傘下の会場、学術プログラム、巡検などの小委員会においても、本格的な準備活動を開始している。

会議の費用概算 地質巡検参加費、学術論文集の出版費などを除き、会議開催のための直接的な費用はおよそ3.5億円程度と見込まれる。登録料を差引いて、2億円ないし2.5億円の費用を募金する必要がある。

主なプログラム シンポジウムを主体とする。シンポジウムは地質科学全体をカバーするようおよそ20テーマ以上に区分して行う計画である。現在までにプログラム小委員会で考慮されているテーマは後記の通りである。なお、このプログラムは概括的なもので、詳細なテーマはこれから国内外からの申込によって編成されることになっている。

巡検 会期の前後に巡検(現地見学・討論会)をそれぞれ1週間程度行う。巡検は準備委員会段階で巡検小委員会を設け、地域別とテーマ別に立案中である。

展示会 会場に接して、企業・政府機関・大学などの広報・機材の展示のための展示場を設ける予定である。

これまでの万国地質学会議

開催年	場所	参加国数	参加者数	
21	1960	コペンハーゲン	101	2386
22	1964	ニューデリー	109	1516
23	1968	プラハ	103	2911
24	1972	モントリオール	110	3896
25	1976	シドニー	85	2953
26	1980	パリ	116	4541
27	1984	モスクワ	110	5704
28	1989	ワシントン	110	6000
29	1992	京都	110?	5000?
30	1996	? (中国)		

第29回 I G C の運営機構

和達 清夫 会長
 佐藤 正 組織委員会委員長
 本座 栄一 事務局長(事務局:地質調査所)
 連絡先:〒305 筑波学園郷便局
 私書箱65

科学プログラム

1989年7月現在で考えられている科学プログラムの大要は次の通りである。なおこの案は状況に応じて変更・追加が行われることになっている。

- 1 メインテーマを「弧状列島および活動的大陸縁の地球科学」とする。
- 2 口頭発表はすべてシンポジウムとし、それ以外はポスター発表とする。

3 日本の地質に関する特別シンポジウムを行う。

4 シンポジウムには次のような区分を考える。

レギュラーセッション

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1 層位 | 13 粘土地球科学 |
| 2 堆積および堆積岩 | 14 鉱物資源 |
| 3 地質構造およびテクトニクス | 15 燃料鉱床 |
| 4 古生物 | 16 地熱 |
| 5 地球編年 | 17 地質工学および水文学 |
| 6 海洋地質 | 18 球境地質 |
| 7 第四紀 | 19 自然災害 |
| 8 火山 | 20 数理および情報地球科学 |
| 9 火成岩 | 21 リモートセンシング |
| 10 変成作用および変成岩 | 22 地球科学史 |
| 11 惑星科学 | 23 地学教育 |
| 12 鉱物 | 24 その他 |

スペシャルシンポジウム(案) 現在検討中

深海掘削計画(ODP)

国際リソスフェア探査開発計画(ILP/DEL P)

日仏海溝計画(KAIKO)

深層ボーリング

国際地圏生物圏研究計画(IGBP)

日本の地質と島弧の発達

マントルダイナミクス

日本における大型土木地質計画

地球球境とエネルギーの将来

役員選挙に関する告示

平成元年9月30日

正会員各位

日本地学教育学会 選挙管理委員会

評議員候補者の推薦について(依頼)

「役員選挙についての細則」に基づいて、平成2年度～4年度3年任期の評議員の選挙をいたしますので、細則により、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

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、「地学教育」第41巻 第4号(1988年7月)を参照して下さい。なお、会則の一部は、平成元年の臨時総会で変更になりました。(平成元年6月26日付けで、会員各位に配布した原案通り)現在の役員数は、新会則に準拠するように移行措置をとっています。従って、評議員の地区別定数と異なる地区が出ていますが、逐次改めますのでご了承下さい。

現在の評議員は、下記の通りです。

- 1) 平成元年度で、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：藤田郁男、武山宣崇、吉田三郎 関東(東京)地区：新井房夫、高瀬一男、矢島敏彦、平野弘道 中部地区：高島好雄 近畿地区：小倉義雄 中国・四国地区：吉村典久 九州・沖縄地区：田村 実、古家 修

会長指名：大沢啓治、増田和彦、木下邦太郎、新城 昇、買手屋 仁、茂木秀二、栗原謙二、島貫 陸、岡村三郎、石井 醇、榊原雄太郎、本間久英、須藤和人、長谷川善和、仲井 豊、遠西昭寿

- 2) 平成元年度で、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)

小林 学、木村一朗

- 3) 平成2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：古谷 泉 関東(東京)地区：鈴木将之、天野 宏、円城寺 守、菅野重也、石川秀雄 中部地区：西宮克彦、水野関映 近畿地区：小林英輔、柴山元彦、留岡 昇 中国・四国地区：赤木三郎 九州・沖縄地区：上竹利彦

会長指名：熊谷勝仁、横尾浩一、佐藤文男、下野 洋、渡嘉敷 哲

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 42. NO. 6.

NOV., 1989

CONTENTS

Original articles :

- The Papercraft to Understand motion of the Celestial sphere.....
.....Takashi MORIOKA and Naoaki OHWAKI...231~242
- Geographical distribution of Chemical composition of falling snow and
Its use as Teaching materials..... Yutaka YAMAMOTO...243~250
- Development of Teaching material concerning Landslides with
Computer simulation.....Akira OGIWARA...251~255
- Essay
- Fossils and the Geological Age.....Teiichi KOBAYASHI...257~266
- News (256, 269~270)

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

平成元年11月25日 印刷 平成元年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