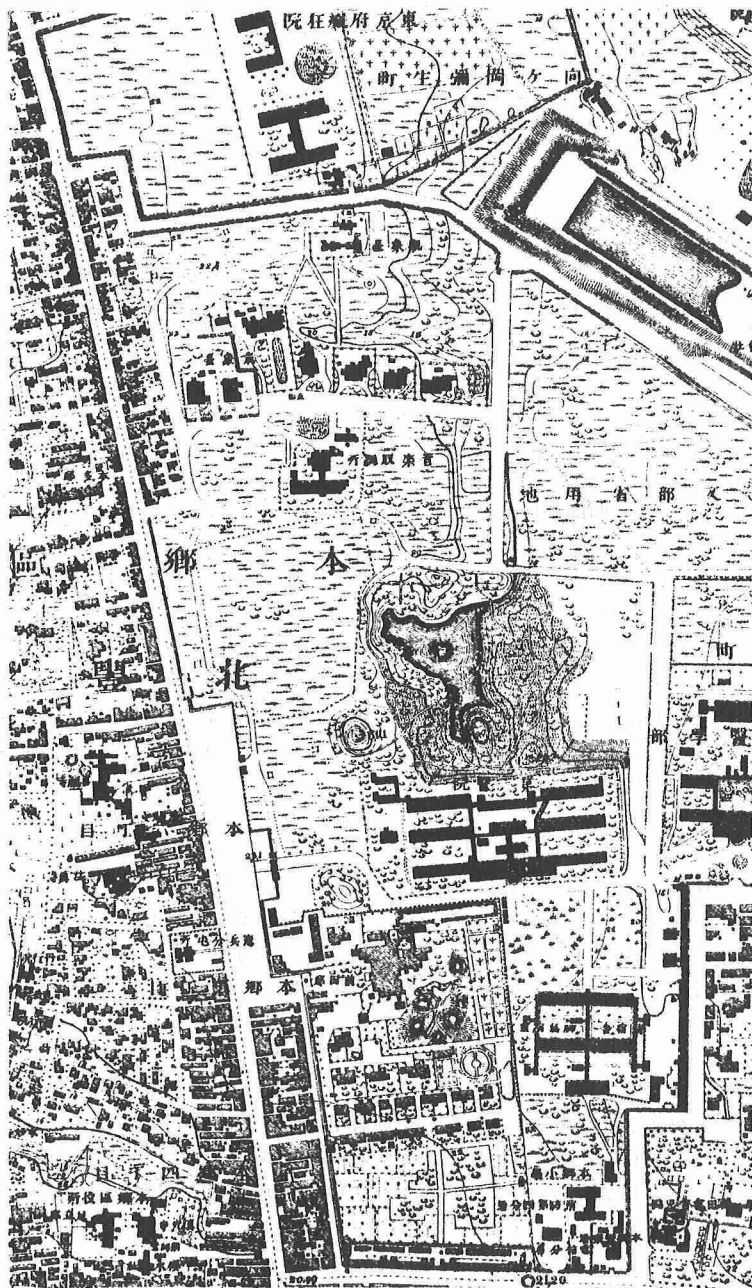


廣 報

東京大学理学部

(題字は柴田雄次名誉教授)



目 次

ある山崩しゲームの話	
米田 信夫	3
Wine and Cheese Seminar	
猪木 慶治	5
地球化学と地震予知	
協田 宏	8
岩石学から化学地質学へ	
飯山 敏道	11
<学部消息>	14~15

五千分の一東京図 明治5年
以来おこなわれてきた測量の
成果をまとめた図で、皇居を中心
として、東西・南北各7.5 km、
当時の市街化地域のほぼ全域が
カバーされている。図にみられ
るように、家屋は一戸一戸まで
示されている。芸大の前身、音
楽取調所は、現在の法文経の建
物の付近にあったようだ。

(S)

三四郎池について

表紙にたまたま三四郎池がでていいることと、またちようど浚渫が話題になっていることによって、三四郎池の存在があらためて意識にのぼった。その成因について識者の寄稿をあおごうと思ったが、どうも調査は行なわれていないらしく、正確な記事にはなりにくいということなので、電話でうかがった知識と編集委員(S)のおぼろげな記憶をつなぎ合わせて、おおよその考えを紹介しておく。

出口のない池の形からみて、人工的な池であることには、ほぼまちがいない。もっと古い地図をたどって行けばこれは確かめられよう。

したがって、水が溜れないということだけが成因上の問題で、それは、おそらく、東京層と呼ばれる難透性の粘土層が池の底にあるためと考えられる。この粘土層は、海底の堆積物で、おそらく海面が今よりも高かった10数万年前のリスーヴェルム間氷期の海に堆積したもので(確定はされていない)広く分布し、その延長がお茶の水駅のホームからみえる、今は花園になっている神田川の斜面に露出している。その粘土層の上に6万年前の堆積とされている本郷砂層があつて、

滞水層をなしているらしい。その上は、東京浮石層、武蔵野ローム、立川ロームがあり、いずれも透水性が良いので、降った雨は静かに浸透して、本郷砂層のなかに貯わえられ溜れることがない。この砂層も、神田川の斜面に露出しているはずで、そこから湧き出る泉で生活する放浪者は、戦後、「自由学校」という小説の主人公になった。

三四郎池に関する記事がもしあるとすれば、地理学教室初代主任、山崎直方先生が、「理学会誌」か、「震災予防調査会報告」のはじめの方に書いておられるのではないかと、名誉教授多田文男先生から電話で教えていただいたが、私の専門をややはずれることなので、調べてみる余裕がなく、御紹介しておくのにとどめたい。

なお、もし浚渫をしないとどうなるかという、おそらく、本郷砂層の目がつまり池の部分だけ地下水面が高くなって地層中で四方へ流れ下り、水深が減って沼となり、魚が死滅し、ポーフラがわくようになるのだろうと思う。経費はかかっても止むを得ないのだろう。(S)

ある山崩しゲームの話

米田 信夫 (情報科学)

2人で交互に着手する型のゲームで「三山崩し」というのがある。ご存知の方も多と思うが、これは(基石のような)石の山を3つ作って始めるもので、許される手は: どれか1つの山から1個以上全部まで勝手な数の石を取ること; 勝は: 最後の可能な手(つまり、場を空にする手)を打った方、というゲームである。(最後の可能な手を打たされた方を負とする「misère」版もある。)各山の石数を2進法で表わしたとき、それらの(繰上がりを止めた)2進和が0になるような場面を作る手を打って行くことが必勝法で、その手を探すことが人間には面倒だが計算機にはお茶の子、というわけで、このゲームやそれをm山崩しに拡張したものは、計算機の手軽なデモンストレーション用に使われたものである。

三山崩し中に1つの山が空になったら、あとは二山崩しとなるわけであるが、三山崩しの変形で、中国に古くからあると伝えられる「チャヌシツィ」(選石?)というゲームがある。これは一松信氏の好著「石とりゲームの数理」(森北出版)にも解説されているが、石の山を2つ作って始め; 許される手は: いずれか一方の山から1個以上(全部まで)の石を取るか、または両方の山から(1個以上勝手に)同数の石を取ること; 勝は: 最後の可能な手を打った方、というゲームである。このゲームの必勝法も前掲の書に述べられているが、ここでは少し異った方向から必勝法を紹介して見たい。

自然数のある数列 $b_n = b(n)$ ($n=1, 2, 3, \dots$) で(仮称)B数列と呼ぶものを、つぎの規則で定める:

$$b_1 = 1;$$

$$b_{n+1} = b_n + [n \text{ がすでに B 数列に登場していれば } 2, \text{ そうでなければ } 1]$$

$$(n=1, 2, 3, \dots)$$

具体的に作って見ると、つぎのような具合になる。

n	1	2	3	4	5	6	7	8	...
b_n	1	3	4	6	8	9	11	12	...

自然数の中でB数列に出て来るものをB数、そうでないものをC数と呼び、C数にも小さい方から順に c_1, c_2, \dots と番号をつけて、C数列ということにしよう。C数は、 n がB数列をたどって行くとき、 b_n と $b_{n+1} = b_n + 2$ との間の落ちこぼれの $b_n + 1$ として、1つずつ生ずるのだから、 $c_n = b(b_n) + 1$ 。また、B数列の作り方から

◎ $b(m) = m + [m \text{ より小さい B 数の個数}]$
となるが、 $[b_n \text{ より小さい B 数の個数}] = n - 1$ であるから、上の2つの式と合わせて

$$c_n = b_n + n$$

という関係が得られる。

さて、B数列とC数列の作り方から、すべての自然数は b_n あるいは c_n として一意的に表わされるので、チャヌシツィの場面は、2つの山の石の個数の組合せによって、つぎのように分類できる。

- I : 0 と 0
- II : 0 と n あるいは n と n ($n \geq 1$)
- III : b_n と c_n ($n \geq 1$)
- IV : b_m と c_n ($m \neq n$)
- V : b_m と b_n ($m < n$)
- VI : c_m と c_n ($m < n$)

ここで、Iは勝を決めた場面であり、IIからは、しかもIIからだけ、ここに1手で行ける。また、IIIの場面で、一方の山だけから石を取れば当然、IIIの外に出るが、両方の山から同数個取る手では、差が不変なため、 b_n と c_n の間の前記の関係によって、やはりIIIの外に出ることになる。そこで、IV~VIの場面からは、いつでも1手でIIIに移れることを確かめよう。それがわかれば、一般にIIIの場面を作るような手を選び、IIの場面が来たらIへ、というのが必勝法であることになる。最初がIIIの場面であれば、後手がへまをしないう限り、先手の負となる。

IV [b_m と c_n ($m \neq n$)] から: $m > n$ ならば b_m を b_n に減らして、 b_n と c_n の場面を作る。 $m < n$ ならば、 c_n の方を c_m に減らして、 b_m と

c_m にすればよい。

V [b_m と b_n ($m < n$)] から: $b_n > c_m$ ならば, b_n を c_m に減らして, b_m と c_m の場面を作る。 $b_n < c_m$ の場合には, 現在の差を r と置くと, $r = b_n - b_m < c_m - b_m = m$ なので, 両方の山から同数 ($b_m - b_r$) 個取って, b_r と $b_n - (b_m - b_r) = r + b_r = c_r$ の場面にする事ができる。

VI [c_m と c_n ($m < n$)] から: c_n を b_m に減らして, b_m と c_m の場面を作る。

以上の中で, IVで $m < n$ の場面と Vの場面からの手は, 他に選択の余地がないけれども, IVで $m > n$ の場面や VIの場面の中には, 別の手で IIIに行けるものもある。まず, VIで $b_n < c_m < c_n$ となる場合があり, そのときは c_m の方を b_m に減らしてもよい。両方の山から取る手をなるべく敬遠して, IIIの片割れになり得るものをなるべく生かす, という方針内での変化はそれだけであるが, 逆に両方の山から取る手を優先的に考慮して見ると, つぎのようなことになり, その中に IVや VIからの手の変化が含まれる。

一般に 2つの山の石数の組合せ m と n ($m \leq n$) という場面を考えよう。 $m=0$ や $m=n$ の場合の結末はついてるので $1 \leq m < n$ とし, $n-m=r$ と置く。 $m-b_r = n-c_r$ となっていることに注意しよう。 $m=b_r$ ならば, これは IIIの場面で, 必勝手はない。 $m > b_r$ の場合には, 両方の山から同数 ($m-b_r$) 個取ることにより, b_r と c_r の場面が得られる。 $m < b_r$ の場合には, 同数取って IIIに行くことは不可能であるが, ここでも m が B数であれば, それを b_s として, $b_s = m < b_r$ 。したがって $s < r$ で, $c_s < c_r < n$ となり, n を c_s に減らして, b_s と c_s の場面ができる。他方, m が C数であれば, それを c_s として, $b_s < c_s < n$ となり, n を b_s に減らすことによって IIIの場面が得られる。

最初からどの場面かできっちり分類し, なおその中で更に場合分けがある, という前記 IV~VI の方針に対比して, 後の方針は

if 条件1 then 手1
else if 条件2 then 手2

else ……

という“順応型”になっており, 具体的な手間の点では, 後者の方が合理的といえるかも知れない。

ところで, いずれの方針でやるにしても, 実際の対局において必勝法を追って行くためには, つぎのような副手順が入用になる:

RB: r から b_r を求める;

BCS: m から, それが B数か C数かを判別し, その番号 s を求める。

もちろん, B数列・C数列の立派な表を作っておいて, それを参照してもよいが, それでは扱う石の個数の上限に比例した大きさの表が要る。かといっていつでも元の定義に戻って再帰的に計算するのは手間が大変である。そこで, RB と BCS の簡便法を紹介しておこう。

整数への切捨てを $\lfloor \]$ で表わし, $x^2 = x + 1$ の正根 $(1 + \sqrt{5}) / 2 = 1.61803 \dots$ を α としたとき, RB には, つぎの公式が利用できる。

$$b_r = \lfloor r \alpha \rfloor$$

B数列は, 無理数の世界から見れば, かくも単純なものだったのである。この公式は, 逆にそれによって B数列を規定したとき, 前掲①の関係が成立することによって検証される。この公式による BCS の方は省略。なお, この方式は計算誤差に要注意。

前記の副手順としては, $a_1 = 1$, $a_2 = 2$ から始まって順次 $a_{k+1} = a_k + a_{k-1}$ ($k = 2, 3, \dots$) で定められる“フィボナッチ数列”を利用する方式もある。この数列に現れる自然数 $m = a_k$ を仮に F数と呼び, k をその F番号と名づけよう。

任意の自然数 m から始めて, m 以下の F数で最大のもを m から引き去る, という操作を続けて行くと, いつかは結果が 0 になる。それまでに登場した F数の F番号の全体を K とすれば, K に F番号が入っているような F数の合計が, 初めの m となる。すなわち, $m = \sum_{k \in K} a_k$ 。これを m の F和表現と呼ぶ。 $m=0$ に対しては, K は空と了解する。

RB: $r-1$ の F和表現を $\sum_{k \in K} a_k$ としたとき

$$b_r = 1 + \sum_{k \in K} a_{k+1}$$

BCS: $m-1$ の F和表現を $\sum_{k \in L} a_k$ としたとき,

L に 1 が入っていなければ, m は B数で,
 $s = 1 + \sum_{k \in L} a_{k-1}$; L に 1 が入っていれば

ば、 m は0数で、 L から1を除いたものを L'

として、 $s = 1 + \sum_{k \in L'} a_{k-2}$

Wine and Cheese Seminar

猪木慶治(物理)

昨年4月から8月まで米国のブルックヘブン国立研究所、そして9月から12月までフェルミ国立加速器研究所へ出張させて頂いた。出発前、木下さんから“今年は米国の建国2百年祭だから、それにちなんだ面白い報告をなるべく写真を多くいれて書いてくださいよ”と頼まれたのであるが、筆者の怠慢でついつい2百年祭が過ぎてしまい題目を変更させて頂いた。

最初に訪問したブルックヘブンの研究所はニューヨーク市のあるマンハッタン島からロングアイランドを東へ約1時間ドライブした閑静な森の中にあり縦横6kmばかりの広大な敷地の中にある。この研究所は米国の東部大学連合の研究所でもあり1974年の暮、新粒子 J/ψ 粒子の発見されたことでも知られている。夏6月から8月にかけては素粒子の理論では米国、ヨーロッパ等からのsummer visitor達で大変にぎわい毎日の自由な雰囲気の中での討論は、とても有益なものであった。この研究所ではISABELLE計画といって200 GeVと200 GeVの陽子同志を重心系で衝突させるという大プロジェクトに東部大学連合の浮沈を賭けて精力的にとり組んでいる。またエネルギー問題の研究にも重点がおかれつつある。

夏の終わりに1日半ばかりドライブして次の訪問地シカゴ郊外の大草原にあるフェルミ国立加速器研究所に到着したのは9月1日であった。この研究所は、重心系で衝突させてeffectiveに実験室系でのエネルギーを上げるタイプの加速器を除いては、世界で最高のエネルギー(500 GeV)を誇る陽子加速器をもつ。また米国の大学連合の研究所でもあり所長のウィルソンは専門の物理以外、建築と彫刻についても造詣が深く、写真1のトロイの馬の形をした主ビルディングも彼の設計によるという。また色々の点でフレッシュな研究所でもあるので、この際この

研究所の紹介をしておきたい。研究所の発足当時、正式名称はNational Accelerator Laboratory (NAL)であったが1974年、高名な物理学者エンリコ・フェルミの名を冠してFermi National Accelerator Laboratory (FNAL)通称、Fermilabと呼ばれるようになった。このFermilabはシカゴから約35マイル西に位置し、O'hareシカゴ国際空港やアルゴン国立研究所と共に正三角形の頂点にある。もともと敷地一帯はウェストンという村であったが、カントリー・スタイルの農家に手を加えたり他の地域から似たような家を運んできてVisitorの家族用の家としたり、数個の家をエレガントな形に組み合わせてゲスト・ハウスをつくったりしている。またこの一帯にプールやテニスコート、ユーザーズ・センター(社交場)があり一括してVillageと呼ばれている。

このVillageから約2マイル離れたところにトロイの馬の形をした超近代的な主ビルディングがあり、内部に入った途端、写真2のように季節によらず木々が青々としげつたり色とりどりの花が咲き乱れ、まるで外に出たような錯覚をおぼえる。この建物の中に素粒子、高エネルギー物理の理論、実験グループ、食堂、交通公社、ハウジング・オフィス、郵便局、ミニ・バンク等々が入っている。従って厳寒の冬など朝一旦建物の中へ入ってしまえば夜まで外に出なくても用が足りる。この建物の外観が超近代的であると共に、内部も伝統的な研究所とは、かなり趣を異にしている。所長ウィルソンの最大の信条は“研究者の間に精神的な壁があってはいけない”ということだそうで、建物内の物理的な意味での壁も極度に少ない。また廊下のあちこちの壁は天井から床まで黒板になっていて廊下で立ち話をしているときでも式の落書きができるようになっている。また建物の1階にある食堂の各机の上には必ずメモ用

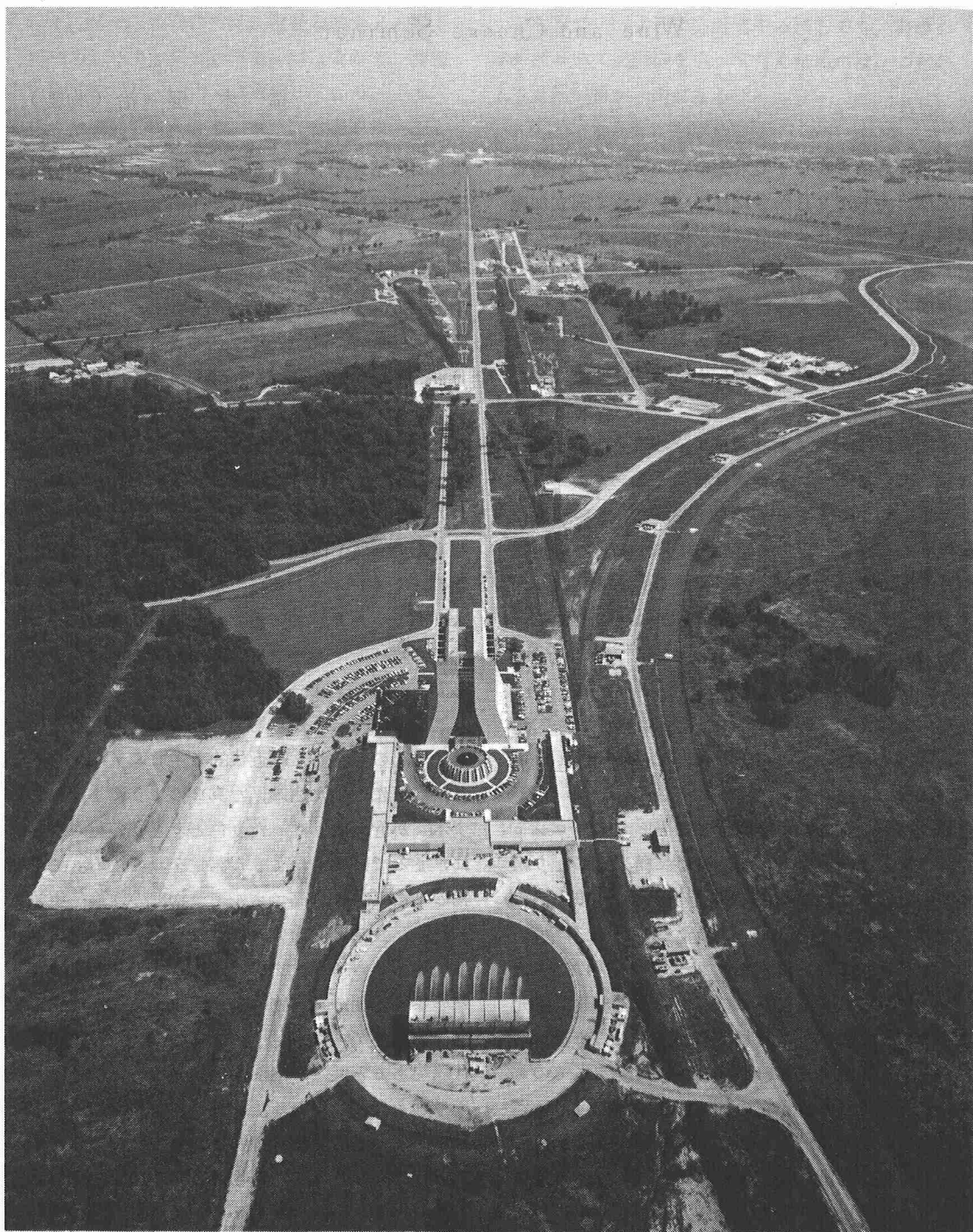


写真1. Fermilab全景。Fermilab提供による。



写真2. 主ビルディングの内側。Fermilab 提供による。

紙がのっかっている。何しろ週の半分は自分の大学で講義をし、そのあとジェット機に乗ってFermilab にきて実験をする教授連が多いので、食堂での最新データの情報の交換が盛んだし、理論屋と実験屋との意見交換も、理論屋同志の討論もここでよくなされるので、このメモ用紙の存在価値は案外大きい。

次にFermilab の加速器についても一寸ふれておこう。写真1の右側に見える円弧が円周6kmの加速器(最高エネルギー500 GeV で地下に埋まっている)の1部であり、同写真下にあるブースターとしての加速器(筑波の高エネルギー研の加速器とほぼ同じエネルギーをもつ)から陽子ビームが主リングに導かれて500 GeV まで加速される。もつとも暖房、冷房の季節に500 GeV までエネルギーをあげるとイリノイ州地方の電力システムを破壊するおそれがあるので通常は400 GeV で運転されている。

Fermilab は米国の大学連合の研究所ではあるが国際的にも門戸は開放されている。例えば日本からも現在、東北大のグループが実験をしているし、新粒子を探そうという宇宙線乾板のグループも参加している。“トロイの馬”の正面には雨でも降らない限り17ヶ国の国旗が掲げられ日の丸は中央にひるがえっている。既に数人の日本人物理学者がこの研究所でパーマネントなポジションをもって活躍している。

さて主流をなすオーソドックスな実験計画の外に最近いくつかの夢のような計画も提案されている。ペンシルバニア大学のマン教授はFermilabから北に向けてニュートリノのビームを発射し、カナダとの国境あたりで測定してエレクトロン・ニュートリノとミューオン・ニュートリノのoscillationの可能性を調べようとしている。2、3年以内には、やってみたいとのことである。ハワイに基地をおいて

大太平洋をニュートリノの吸収体としてつかってはどうかという提案も具体化しつつあるようである。また月を吸収体としてつかおうという提案もあり月の地震を心配している向きもある。最も現実的な将来計画は、いわゆるウィルソンのEnergy Doubler/Saver 計画であろう。これは現在のリングの下にもう1本新しくリングをおき6 kmの円周の加速部分には超伝導電磁石を並べてエネルギーを500 GeVの2倍の1000 GeVに加速しようという計画である。但し重要な点はSaver という言葉にあり、同じエネルギーまで加速するにも500 GeV以上にあげるには今までのスタンダードな加速器よりもエネルギーをSaveできるという。このSaverという言葉のもつ魔力はワシントンの政治家には効き目があるようである。まだ正式予算はきまっていないが既に超伝導磁石のユニットのテストをやっておりGoとなればいつでも量産にむかって動き出す態勢にある。

さて実験室の訪問者が多いのはいうまでもないが

大きな実験装置があつて様々な新しいデータができるので理論屋の来訪もまた多い。また誰かが面白そうな理論をつくと米国どこからでもセミナーにやってくる。大抵1週間単位で滞在するので研究所でも討論の時間は十分にある。セミナーは理論のセミナーが週1回か2回、理論・実験合同のオーソドックスなセミナーが1回ある。その他に理論・実験合同で未完成の進行中の仕事の紹介、討論をするセミナーが1回ある。これは毎週金曜日に行われるが、セミナーに先だつてWineとCheeseが出される。従つて話す人もスケールの大きい話ができ、聴衆の方も突飛な質問が遠慮なくでき一番にぎやかなセミナーとなり非常に評判がいい。このセミナーが私には、とても印象が強く、Fermilabの特徴を最もよく代表するものと感じたので、Wine and Cheese Seminarという題目にさせて頂いた次第である。

地球化学と地震予知

脇田 宏 (化学)

地震に対して近代科学的な研究が行われるようになってから、約100年が経過する。その間、地震学によって集積された地球に対する知識と理解は、驚異的である。しかし、地震の予知という面から考えると、研究はそれほど進んでおらず、予知を実現可能な目標として考えるようになったのも、ごく最近のことのようである。これには、プレート・テクトニクスと呼ばれる地球物理学上の卓見が大きく影響しているように思われる。この説に従うと、地球の表面は、厚さ100 km程度の大小十数個のプレートからなり、これらのプレートが様々な方向に移動しているため、方々に互にぶつかり合っている。日本のように、プレートの境界面に位置した地域では、周期的な巨大地震の発生は、避けられないこともよく理解される。この周期性は、日本列島の下にもぐり込む海洋プレートに抵抗する大陸プレートの破壊強度に依存している。従つて、このような巨大地震の

予知には、歴史上の地震発生時期を調査して、再来時期を予測することも考えられるが、記録に残されているだけでは、回数が少ないため、統計処理に限界がある。そこで、観測によつて、前兆現象を積極的に検知することが必須となってくる。

過去の地震の例から、前兆として、確実であるかどうかは別として、地殻変動(土地の隆起、沈降、傾斜)、重力、地磁気、地電流、微小地震の発生頻度、地震波速度、地下水、……など、かなり多種類のものが知られている。これらの中には、時として、顕著な変化がみられる前兆もあるが、大部分のものは、概して、シグナルとノイズの判別が困難である。また、一つの地震に対して、これらの現象が全部観測されることは、ほとんどなく、地震の予知研究には、あらゆる分野の研究、観測を地道に行い、それらの結果を総合的に判断することが必要となる。

上にあげた前兆現象のうち、大部分のものは、す

でに学問的基盤を確立して、大学での研究と併行して科学的な観測が行われている。しかし、地下水や地球化学の分野の地震に関連した研究は非常に遅れている。というよりは、むしろ、これまでほとんど行われなかったというべきかもしれない。昔から、地震前に、地下水位が変化したとか、温泉の湧出量、温度、色、成分が変化したという数多くの報告があるにもかかわらず、積極的、組織的な研究が行われなかったということは不思議なことである。

大体同じ場所に、一定の周期で大地震が発生していると考えると、地殻には、応力の蓄積と解放という周期的な変化が起っていると解釈することができる。従って、その過程で地表近くでおこる地球化学的变化を観測することによって、前兆現象の定量的把握が可能ではないかというのが、私たちの研究目標である。

このような研究では、ある程度、長期に亘る観測が必須なことは言うまでもないが、観測で得られた値を、室内実験においても再現し、理論的基盤を確立することも、同時に重要なことである。ここでは、私たちが行っている地震予知研究のうち、地殻の歪に対応した地球内部からの脱ガス量の変化についての研究を紹介する。

地震の前に、深層地下水に含まれているラドン含有量が、2～3倍も増加するということが知られたのは、今から約10年前のことである。1966年ソ連邦ウズベク共和国の首都タシケントに発生した地震の前兆についての研究結果が発表されたのは、さらに5年ほどたってからである。1973年初夏、施風のような勢で日本の地震学界を襲った「ショルツ理論」あるいは、「ダイラタンシー・ディフュージョン・モデル」と呼ばれる論文がある。この論文は、一つの発震理論に基づき、あらゆる前兆現象を統一的に解釈し、地震予知の可能性を論じたものである。その中で、ラドン放出量変化に関しても、理論的解釈が試みられているので、この理論を簡単に説明する。

地震という岩盤の破壊に先行して、震央域に無数のクラック・空孔が発生し、岩盤のダイラタンシー（膨張）が起る。それによって、この領域は、相対的に水に対して不飽和となり、周辺の飽和した領域

から、地下水が移動して、徐々に、新しく形成された空孔を埋めはじめる。応力の蓄積は継続し、水の流入による空孔圧の増大により、滑り易くなった岩盤は、断層面を形成して、地震が発生するというのである。ダイラタンシーを考えると土地の隆起や傾斜などの現象は、都合よく説明づけられるし、地下深部の水の移動を考えると、重力、地下水、地電流、地磁気その他の異常が起ることについても矛盾はない。

ラドンについて考えると、ラドンは、ウラン系列の天然放射性核種で、短半減期の不活性気体で、直接の親はラジウムである。ウランは、地殻の岩石中にごく普遍的に存在するため、岩石の表面から、絶えずラドンが外部に放出されている。地下水中のラジウム含有量は非常に低いため、地下水に含まれるラドンの大部分は、岩石の表面から直接供給されたものであると考えられる。そこで、地震の前に、クラックの形成によって岩石の表面積が増加する、あるいは、これまで閉されていた岩石内部に新しい通路ができたり、水の移動が起るとすれば、地下水中のラドン濃度が増加することは十分に考えられる。また、地震前に報告されているラドン濃度の変化のパターンは地殻変動のパターンと非常によく類似している。これらのパターンが室内での岩石変形実験の結果とも定性的には一致するということが信憑性を深めることになる。しかし、ラドンについての実験的検討はなされておらず、私たちは、目下、室内実験を計画中である。

ラドン以外にも、地下水中の成分、たとえば、アルゴン、ヘリウム、窒素、炭酸ガス、ヨウ素、水銀などの揮発性物質の他、通常の化学成分に加えて、ウランの同位体比 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ などとも変化するとされている。さらに、水温、水位、pHなども同様である。

このようなことを列挙すると、非常に説得力があつて、地下水についてこれらの測定を行えば、すぐにでも地震の予知ができそうに思われてくる。また、地震予知への重要性以外にも、この研究それ自体が、地球内部からの脱ガス機構、地殻の温度・圧力条件下での地下水-岩石間の相互作用、深層地下水のダイナミクスなど、地球化学のテーマとして、非常

に魅力的である。といっても、これまでの仕事からはなれて、新しい領域に入るといことが、それほどスムーズなものでないことも確かである。

1973年の秋頃から研究をはじめたのであるが、最初は、何を、どこで、どのようにしてという具合に、疑問符だらけの中で、文字通り、暗中模索の状態であった。今日、東海地震発生が問題となっている御前崎周辺をテストフィールドと決め、井戸探しから着手した。この研究の目的には、とにかく深い井戸が必要で、それも、人里離れた場所にあるものが望ましいだろうということは、誰も考えるところである。しかし、現実には、井戸というもの、水を汲むためのものであって、日本では、すぐ良質の水が得られるため、必要以上に深い井戸はないのである。また、ほとんどの井戸は、大きな川の伏流水を利用してあり、同一の帯水層に、大小の工場、村落の揚水井がひしめき合っている状態である。適当と思われる井戸もないまま、一番深い井戸として、深さ150mの水位観測井を静岡県から借用することにした。

観測研究を行ったこともない私たちは、まず、観測の習慣をつけることと、濃度変動の基礎データをとる目的で、月に1回はフィールドに出ることにした。地下百数十米のストレーナー（地下水のとり入れ口）まで、採水器を下ろすなど、当初は3～4人で2～3日を要したので、毎月のボランティアを確保するのも一苦勞であった。その間、地下水中のラドン濃度を連続的に測定、記録する装置を作成し、現在では、東海・伊豆地方など5ヶ所の地点で自動観測を行っている。

これまでの観測の結果、地下水中のラドン濃度は、年間を通してそれほど変化するものでないことがわかった。これならば、2～3倍の変化を地震と結びつけて考えることができるのではないかと思っているうちに、突然、半分以下の濃度になつたりして、何が地下水中のラドン濃度変化を支配しているかなど不明の点が多い。天竜川沿いの竜洋という町の観測井では、ラドン濃度は夜間に高く、昼間に低く、日曜から月曜にかけて、高くなるという規則的な変化がみられている。この変化は、地下水位の変化とも良い相関があり、周辺井戸の揚水量の変化に影響

されていると考えられる。

発生地震との相関については、昨年8月に2回発生した伊豆河津地震が、震源から約20kmと一番近く、地震の規模もマグニチュード5.5と4.5とかなり大きいものであったので、すぐに、2個所の連続観測点に駆けつけたのであるが、全く変化は記録されていなかった。

次に、話題は変わるのであるが、この機会には是非私たちが行っているもう一つの研究も紹介したい。

地震が活断層で起ることから、今や、地震と活断層とは切っては切れない関係にあることが知られている。このため、活断層地形の判別ということは、地震予知上重要な位置を占め、構造地質学者の活躍によって、日本のおもな活断層は、ほとんど明らかとなっている。断層が記入された地図を見ると、日本列島はズタズタといっても良い程、大小の断層によってぎざまれている。そうになると、これらの断層のうち、ほんとうに危い、すなわち、近い将来動いて、地震が起る活断層はどれなのかを限定することが必要となってくる。この問題の解決は容易ではなく多くの分野からのアプローチが必要とされている。私たちは、地球内部からの脱ガス量の変化に基づいて、活断層の活動度を定量化する目的で、地中空气中のヘリウム測定を計画した。

10年程前、群発した松代地震の原因は、地下深部の水と密接な関係があるといわれている。地震の発生とともに炭酸ガスを含む多量の地下水が湧出し、この水の湧出量が減少するのとほぼ同時に、地震活動も急激に減衰に向つたのである。私たちは、最初のフィールドを、この松代地震断層に決めた。ヘリウムの測定には、リーク・ディテクターに用いられている質量分析器を可搬型に改造して、現地に向つた。地震断層は、地震研中村氏らの記載通り、田圃のコンクリートの畔の部分に数mのくいちがいを残し、10年を経過した現在も、断層上のいくつかの地点で、炭酸ガスを含む地下水の湧出がつついていた。断層と交叉する測線を通り、地中空气中に含まれるヘリウムの測定を行った。どのようにして測定すればよいかの確たる理由はなかったが、収穫を終えた田圃にお盆を伏せたり、径5cm、深さ1.5mぐらいの

孔をあけ、蓋をするなどしてしばらく放置し、その間に蓄積したヘリウムの測定を行った。ほとんどの地点でのヘリウムの濃度は、大気と同程度であったが、断層上の何点かで、驚くべき高濃度のヘリウム（定量は困難であるが ≥ 300 ppm）を測定した。最も著るしい個所では、地表に、蓋をした断面積 3 cm^2 程度の塩ビ管を立てておくだけで、十数秒後には、大気との間に有意の相違を、そして、40分間も放置すると、内容積約 130 cc の管中のヘリウム濃度は 300 ppm にまで達した。

大気中のヘリウム含有量は、世界中どこでも一定で、 5.25 ppm といわれている。これらのヘリウムは、地殻に含まれるウラン、トリウムなどの壊変によって生成され、脱ガス作用によって大気中に供給されたものである。ウランおよび、トリウム 1 g づつから、1年間に生成されるヘリウムは、それぞれ 3.2×10^{12} 個、 7.2×10^{11} 個と計算されるので、平均的な組成の地殻の岩石 100 m^3 中には、1年間で約 2.4 ml のヘリウムが生成されることになる。従って、地下でヘリウムが選択的に集められたり、長時間閉じ込められている場所では、ヘリウムの濃度は、

かなり高いものとなる。実際、北アメリカ、カナダの天然ガス田の中には 10% 以上のヘリウム井があり、ほとんど全世界の需要に対して生産が行われている。ちなみに日本での最高濃度は、常盤炭田の 0.59% が報告されている。

私たちは、断層のように破碎された地層とそうでない地層とでは、地層の緊密度が異っており、グズグズの地層からは、ヘリウムのような気体がスースー出ているのではないかというイメージを抱いている。今、松代の地下に、 4 ppm のウランと 12 ppm のトリウムを含む、地殻の平均的岩石が存在すると考える。そして、松代地震の発生によって、たとえば、 10^4 年間蓄積されていたヘリウムが、岩石中に 0.01% 含まれていたその他の気体と共に地表に脱ガスされたとすると、松代で測定したヘリウム濃度については一応説明することができる。ヘリウムの絶対量を推定するためにはフラックスの測定を行う必要がある。

日本では 1000 ppm 以上の濃度があれば企業化されうるとのことであるので、私たちは大きな風呂敷を広げておこうかと考えている。

岩石学から化学地質学へ

飯山敏道（地質）

高温、高圧に於ける $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系の相平衡の論文が教室の談話会で紹介されたのは、私が後期生の時であった。この話をされた坪井誠太郎先生の嬉しそうな姿が目につく。

その時まで、岩石学に出て来る、実験研究といえ、 1 気圧 における無水の複雑な系の高温実験が主であった。従って天然では、極めて普通に見られる、雲母を始めとする数多の(OH)基を含む鉱物は、実験的研究の対象になって居なかった。我々は、実験結果を解釈するために用いられた理論や考え方を、天然の岩石の成因解明に応用する事で満足していた。花崗岩のような殆どすべての人が知っている岩石でも、それが一体何度位の温度で、どれ位の圧力で出来たものか、知る由もなかったし、知ろうとも思わ

なかった。

このような疑問が少しづつ解けるようになる兆しを示すこの論文は、たしかに戦後第1の朗報であった。

坪井、久野、都城の諸先生によって築かれた造岩鉱物学を基調とする岩石学、渡辺先生が開かれた、鉱物の鉱物学的研究を基調とする鉱床学を持つ地質学教室は、世界でも数少ないユニークな存在になろうとしていた。私達は、不識の内にその恩恵に浴していたといえる。

しかし、天然の鉱物の観察だけから種々推察することは如何にも受動的で味気ない。もともと、記憶する事が苦手で、手を動かして物を作り、変化させて考えることの方が好きな私は、何時しか実験岩石

学を希望していた。

とはいえ、実験の伝統が皆無の地質学教室では、当時若い者が、地質図もろくに作らず、海のものとも、山のものとも解らぬ仕事に手を出すには相当の勇気がある。初志を貫き通せる自信のない私の心は、海外へと向いて行く。

同じ合成研究でも、種々な酸化物を、目的とする鉱物と同じ組成に混ぜ、水と一緒に圧力鍋に入れて処理し、鉱物が出来た出来ないといっているのでは、あまりにも錬金術すぎる。

何故水が存在すると、石英や長石のような(OH)基を含まぬ鉱物も、水がない場合より低温で迅速に結晶するようになるのだろうか。水と合成試料と一緒にされれば、その水はもはや純水ではない筈。ではこの水の組成は、この固相とどのような関係を持っているだろうか。種々な疑問が単純な私の頭に浮ぶ。外国に留学するなら、単に合成ではなくこういった類の問題を研究している所に行きたいと考えるようになった。

下手の横好きで、手ほどき程度のフランス語を知

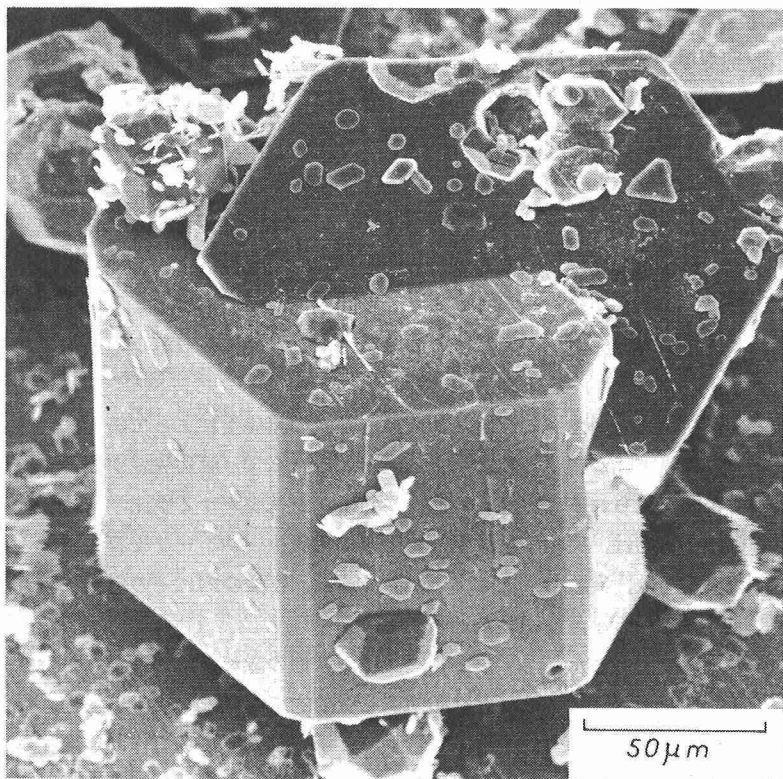
っていた事が幸して、パリのソルボンヌにこういった傾向の研究をしている人が居ることをやがて知る。

語学力の不足に基く、種々の紆余曲折を経て、フランス政府給費留学生として、横浜の埠頭に立ったのは1957年の9月、学部を卒えてから6年後のことである。

今は、超近代的で奇妙な建物に移っているが、パリ大学理学部は、当時ソルボンヌの中にあつた。鉱物結晶学教室は、東大のシステムと異り、数物化系、博物系の学生達の内学部の鉱物の講義を聞いて興味を持った者が学部終了後、大学院生として入って来るようになって居る。総勢30人のこの教室には、人間的にも、学問的にも種々な傾向の人が居る。

ここで、私は先ず、日本に居た時行っていた、堇青石に関する研究の内、日本では行い得なかつたこの鉱物に含まれる水の問題を手がける。

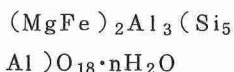
何事でも同じと思うが、荒削りな、絵でいえば、下がきに相当するようなことは、非常に早く出来、見ばえもよい。しかし、仕上げとなると時間がかかり、下絵の時の生彩がうすれるものである。最初の



図の説明

合成堇青石結晶の走査電子顕微鏡写真

中央に大きく見える六角柱状の結晶(双晶している)が堇青石



左上隅に見える多面体結晶はガーネット(Mg, Fe, Mn)₃Al₂Si₃O₁₂

青石、ガーネットの結晶表面に着いている板状結晶は雲母K(Mg, Fe, Mn)₃(Si₃Al)O₁₀(OH)₂

合成条件:

P_{H₂O} = 8000 気圧
温度 800 °C にて酸化物の混合物を8日間処理

数ヶ月で、目鼻がついた堇青石の水に関する研究も、仕上げるまでに2年余りかかってしまった。

あまりにも古いことで、その詳細を述べる気は起らないが、この研究と、日本で都城さんと一緒に行った研究を合せて学位論文にまとめるのに更に半年かかってしまう。

“あれこれ実験の詳細を書いても意味がない。読者が納得するのに必要かつ充分な程度に切りつめよ”と前後数回書き直しをさせられる。指導に当たったサバティエ博士からは論理の筋道の詳細な検討をうける。さすがは、文学偏重の国ともいわれるフランスだなあと痛感した次第である。

フランス国家理学博士の称号を頂き、おとなしく帰国の途につけば、事は簡単だったのだろうが、折角ヨーロッパまで来たのだから、帰りにもう一つ、米国に行ってやろうと考えたのが運のつき。滞外生活を長びかせることとなる。

ペンシルヴァニア州立大学から、地球化学教室の Research Associate として採用する旨の手紙をもらい、恐る恐る、当時籍をおいて居た、東京医科歯科大学に伺いを立てる。当然乍ら、依願免職。覚悟の上であるから深刻には思わなかった。ソルボンヌの教室主任ヴィアール教授に話す。『ここへ戻って来ればいいじゃないか。席はとっておくよ』との返事。翌年1月から1年、米国行きと決める。

真想的で、地味な、ソルボンヌと異り、米国は、活動的で、派手であり、日本と似ている。いや日本が米国に影響されたのかも知れぬ。

とに角ここで、私は、粘土鉱物の内、それまで合成に成功していなかった長周期構造を持つものの、熱水合成をまかせられる。合成原料の組成及び実験の圧力条件を既成概念にとらわれず、一寸結晶化学的に系統化したら、すぐ目的の相が出来てしまう。まだ下絵の段階と思うのに、論文をかけ、かけとしくつくいわれる。結局、刷り上り20頁程の論文を2つ書き、新世界をあちこち見物して、旧世界にもどる。「何故、米国に止まらぬか」とよくいわれ、又米国の活気に魅力もあったが、3年間のフランス生活は、私を“考える葦”の頼りない一本に変えて居たのである。

パリに戻ってからの15年間は、サバティエ博士と

一緒に、高温、高圧下における、鉱物と水の平衡という問題を研究することに集中したといつてよい。

カリに富む長石は、ナトリウムに富む熱水溶液と共存するが、ナトリウムに富む長石はカリの多い熱水溶液にふれるとすぐカリ長石に変化する。この問題の熱化学的説明、又この反応の反応速度論的な問題等々、簡単に見えるこの関係も、定量的に眺めると解らない事が多い。解らないことを煎じつめてみたら、私達が取扱う珪酸塩鉱物は、その組成や構造が複雑すぎ、化学や物理の方から敬遠され、基本的なデータが一つも得られていないことに気附く。又高温高圧の水溶液がどんなものであるかも解っていない。そのくせ、地質屋、岩石屋は、物解りよさそうな顔して大きなことを云っている。少しずつ、こういった問題を解いて理屈を規制して行こうというのが、化学出身のサバティエさんの構想であった。

長石に次いで、雲母を手がけた後、私は、鉱物と熱水溶液の間で、種々な微量元素が、どのように分配され、その分配律は鉱物のどのような特性に支配されるのかについての研究に従事した。

ゴールドシュミットによって、半ば経験的にいわれている事を、実験によって、定量的に眺め、やたらに実験の数をふやさなくても、予測が可能なようにしたいと思ったのである。成功すれば、我々は、予測をチェックするために少しの実験をすればすべてが解るし、予測が失敗すれば、又新しい知見も生れよう。

言うは簡単だが、道は遠く、やっと若干の見通しがついて来たにすぎない。

この間に、私と一緒に、働いてくれた修士、博士課程のフランスの青年達の1人1人が思い出される。高圧装置につきものの、高圧もれの問題、部品の疲れの問題等々、種々我々の元気をくじかせる出来事に、彼等は匙をなげず、よくついて来てくれた。お陰で私達のノーハウは充分といえるまでになった。サバティエさんの他3人だった我々のグループも、段々人がふえ、1969年に、パリ南方100 kmのオルレアンに新しいC.N.R.S.の研究所が出来、そこに移った。

何処も同じで、小世帯で居る内はよいが、総勢20人、建面積2000 m²の独立した小研究所となると雑

用は多く、所長のサバティエさんと、バリ時代の研究生活をよくなつかしんだものである。

ホルレアンに移って6年、ようやく我々の研究所も形が整い、基礎的な研究の他に、これを応用した、地球化学的貧鉍処理法というべきものの1、2も研究所から出るようになり、所長も私もほっとした。と思つたのも束の間、地質の木村先生、次いで鉍物の定永先生から、“久城先生をはじめ諸先生は君が東京に戻ることを希んでいる。今迄行って居た研究を続けて結構だから、帰ってくれないか”とのお話。全く寝耳に水の事で当惑する。

フランスに対する義理もあるし、渡辺、立見両先生と異り、鉍床学を今迄やった事のない私が立見先生御退官のあとを引受ける事に対するためらいもあ

る。あれこれ迷つたが、結局、このお話をおうけすることにした。

帰国して半年、鉍床学や岩石学以外に大して関係がないと思つていた、水と鉍物の問題にも、思いがけない専門の方が関心を持って居られることを知る。何ともうれしい話なのだが、実験の蓄積のない当教室。理論の上でも、実験設備、技術の面でも、若い皆さんと、一歩一歩実験部門を築き上げ、他学科の方々にお答え出来、又御協力出来るような態勢に早くなりたいと思つている。

帰京、就任のあいさつが、私の身の上話になつたようで恐縮である。諸先生、諸学兄が、これによつて、気楽な気持ちで、種々お話し下さるきっかけが出来れば幸である。

<学部消息>

教授会メモ

3月理学会合日誌

3月16日(水) 定例教授会

3月7日(月)	主任会議	12.00~13.00
8日(火)	会計委員会	13.30~16.00
14日(月)	企画委員会	10.30~12.00
14日(月)	理系委員会	14.00~16.30
16日(水)	人事委員会	13.00~13.30
16日(水)	教授会	13.30~17.00
17日(木)	教務委員会	13.30~17.00
24日(木)	理職定例交渉	12.30~14.00

1. 前回議事録の承認
2. 人事異動等報告
3. 昭和51年度卒業生成績決定
4. 昭和52年度研究生の入学、奨励研究員および受託研究員の受入れについて報告
5. 高エネルギー物理学実験施設長に小柴教授を選出
6. 分光化学センター長に藤原教授を選出
7. 人事委員会報告
8. 会計委員会報告

今年度で御退官になられる齋藤信房(化学)、島内武彦(化学)、下郡山正巳(植物)の三教授に対して田丸学部長からごあいさつがあり、三教授からもそれぞれお話があった。

3月海外渡航者

所属	官職	氏名	渡航先国	渡航期間	渡航目的
情報	教授	後藤英一	連合王国	3.7~3.13	IFIP(国際情報処理学連合)理事会出席
動物	教授	高橋景一	アメリカ合衆国	3.10~4.3	日米科学協力事業による科学教育分野の協力活動に関し、米国側関係者との打合せ

所属	官職	氏名	渡航先国	渡航期間	渡航目的
地球	教授	竹内 均	アメリカ合衆国	3.25～4.1	火山に関する研究調査
物理	教授	霜田 光一	ドイツ民主共和国	3.26～4.3	「レーザーとその応用に関する第3回国際会議—ILA3—」出席
臨海	教授	小林 英司	アメリカ合衆国	3.28～4.28	魚類尾部神経内分泌系及び魚類下垂体の研究
数学	教授	小松彦三郎	ドイツ連邦共和国	3.30～10.2	数学、特に超函数論および偏微分方程式論に関する研究
物理	助教授	上村 洗	アメリカ合衆国	3.8～3.26	グラファイトの電子的物性に関する共同研究実施のため
鉱物	助教授	武田 弘	アメリカ合衆国	3.11～3.23	第8回月科学会議出席及び月試料に関する研究連絡
動物	助教授	代谷 次夫	アメリカ合衆国 カナダ	3.18～4.3	低レベル放射線の魚類その他水産生物に対する影響に関する研究調査及び情報交換
人類	助教授	尾本 恵市	フランス ドイツ連邦共和国 連合王国	3.20～4.5	人類遺伝学に関する研究連絡
地理	助手	米倉 伸之	アメリカ合衆国 フランス	3.1～53.2.28	変動地形学の研究
物理	助手	東島 清	アメリカ合衆国	3.1～53.2.28	素粒子論の研究
地質	助手	小沢 智生	台湾	3.3～3.28	台湾産現生ならびに化石キサゴ類(軟体動物・腹足類)の採集

編集後記

地理学教室には伊能図をはじめとする数万点の地図類がありますが、そのなかからいくつかをひろって、本年度の表紙にいたしました。いずれも、一目瞭然のもののみを選びましたから、あまり説明は加えません。現物を御覧になりたい方があれば3288へ御連絡下さい。なお、体裁上、ほとんど縮めてありますので、説明中の縮尺とはかならずしも一致しません。

(S)

編集：

木下 清一郎(動物)	内線 3361
鈴木 秀夫(地理)	内線 3288
田 隅 三生(化学)	内線 3148