

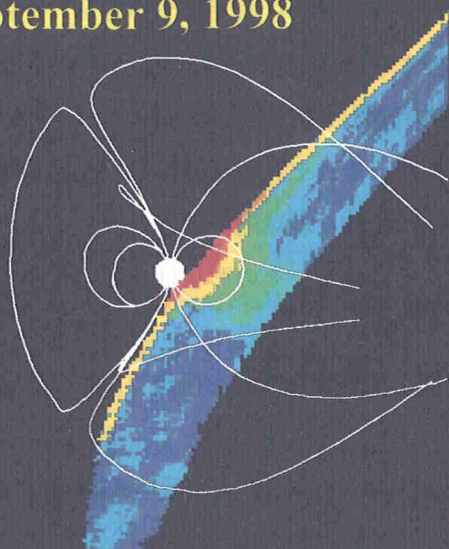
東京大学

大学院理学系研究科・理学部

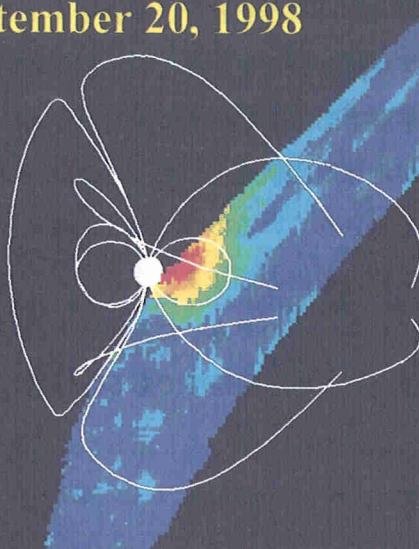
廣報

## EUV Image of the Terrestrial Plasmasphere

September 9, 1998



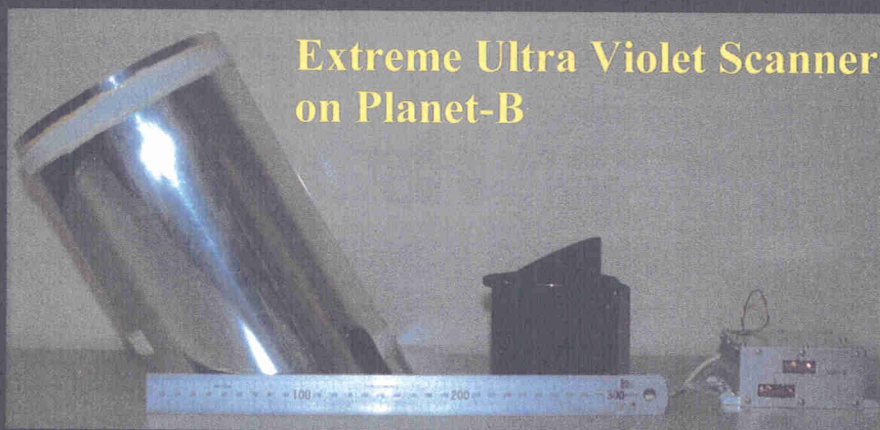
September 20, 1998



EUV (30.4nm) Intensity



Extreme Ultra Violet Scanner  
on Planet-B



## 表紙の説明

### 地球プラズマ圏の極端紫外光撮像

地球電離層を起源とする冷たいプラズマ（電離気体）は地球の磁場に拘束され、プラズマ圏と呼ばれる領域を形成している。その存在は1960年代から南北両半球間でのVLF電波伝播の様子より知られていたが、その全貌の撮像が地球磁気圏のダイナミクスを解明する上で重要と考えられるようになった。掲載した図は1998年に打ち上げられた火星探査機「のぞみ」(Planet-B)に搭載された極端紫外光スキャナーが捉えた地球プラズマ圏の像である。プラズマ圏に多く含まれるヘリウムイオンが太陽から放射される極端紫外光を散乱して光っている。衛星姿勢の制約から、観測は探査機が地球の夕方側にあるときのみ行われ、この為撮影できた領域もプラズマ圏の半分に留まっているが、世界で最初のプラズマ圏撮像である。なお、極端紫外光スキャナーは本学地球惑星物理学専攻が中心となり、名古屋大学理学部、通信総合研究所、および宇宙科学研究所の協力によって製作された。(上段)観測は探査機が地球周回軌道にあって1998年9月に2回行われた。それぞれの撮像結果を左右に示す。白い円盤で示されているのが地球、白線で示されているのは代表的な地球起源の磁力線である。地球からその半径の数倍の領域までを冷たいプラズマが取り囲んでいるが、その形状は2回の撮像で異なっている。(下段)「のぞみ」に搭載された極端紫外光スキャナー。左からフード、望遠鏡本体、プリアンプおよび高圧電源回路部である。重量は合わせて860gと小型軽量高性能を目指した。

中村正人 (地球惑星物理学専攻)  
mnakamur@geoph.s.u-tokyo.ac.jp

# 目 次

## 表紙 [地球プラズマ圏の極端紫外光撮像]

表紙の説明 .....	中村 正人	2
-------------	-------	---

### 《新任教官紹介》

着任に際して .....	川崎 雅裕	4
人類学とフィールドワーク .....	近藤 修	5

### 《研究紹介》

古くて新しい代数解析 .....	大島 利雄	6
三体力の検証 .....	酒井 英行	7
電子の海のさざ波 .....	長谷川修司	8
ボロメータによる暗黒物質の直接検出 .....	蓑輪 眞	10
有機薄膜成長の精密制御 .....	島田 敏宏・小間 篤	11
有機化学反応の解析—予測における量子力学計算の利用 .....	中村 正治・中村 栄一	12
惑星表面の高速衝突現象 .....	杉田 精司	14
原始太陽系星雲における酸素同位体異常の起源をさぐる .....	比屋根 肇	15
分裂酵母の減数分裂細胞への分化を制御するRNA結合タンパク質 Mei2 .....	渡辺 嘉典	16
マラリアと人類学：東南アジア型卵形赤血球症と遺伝的多様性について .....	石田 貴文	18
DNAレベルの遺伝的変異量の推定 .....	田嶋 文生	20
地理情報システムを用いた英国ハンバー川流域の水質分布解析 .....	小口 高	21
常緑樹の分布を決めているもの .....	館野 正樹	22
桜島火山の火山ガスプリューム組成の遠隔測定 .....	森 俊哉	23
遠赤外線サブミリ波宇宙背景放射と銀河の形成進化 .....	川良 公明	24

### 《その他》

東京大学名誉教授称号授与伝達式 .....		25
高校生インターナショナル・サイエンス・スクール .....		26
理学系研究科長（理学部長）と理学部職員組合との交渉 .....		28
人事異動報告 .....		30
博士（理学）学位授与者 .....		31

### 着任に際して



川崎 雅裕 (ビッグバン宇宙国際研究センター)  
kawasaki@resceus.u-tokyo.ac.jp

4月15日付で理学系研究科附属ビッグバン宇宙研究国際センター教授として着任しました。専門は宇宙物理学で、特に素粒子的宇宙論と呼ばれる宇宙誕生間もないごく初期に宇宙に何が起こったかを素粒子物理のアイデアを使って理論的に探るといふ研究をしています。

私が所属するビッグバン宇宙研究国際センターというのは今年の4月に発足した専任のスタッフが4人というとても小さなセンターで、まだ発足して間もないためいろいろことが整ってなく、試行錯誤しながらやっている状態です。しかし、このいろいろなことが整ってないというのは、実は楽しい状況で他のスタッフとともに新センターを立ち上げて立派なものにするという大仕事に参加できるのですから新しい物好きの私にとってはむしろ好運だと言える訳です。

これまでの人生(少し大げさですが)を振り返ってみると、いくつかの好運の巡り合っていることを感じます。東京大学理学部の学部学生だったころ、たまたまワインバーグという素粒子物理学者が書いた「宇宙創生はじめの3分間」という一般向けの解説書を読んで宇宙に興味を持って宇宙の研究をしてみたいと漠然と思い始めました。しかし、そのころ残念ながら物理教室には宇宙論を専門とする研究室が無かったので素粒子でもやろうかな(素粒子の先生方、当時は何も知らない学生だったので生意気な言い方でごめんなさい)と考えていました。と

ころが、3年生の終りごろになって京都大学から佐藤勝彦先生が助教授として着任されて物理教室に宇宙論の研究室ができることになったのです。この好運のおかげで私は大学院で佐藤研究室に入って念願の宇宙の研究ができるようになったのです。その当時宇宙論の分野ではインフレーション宇宙理論などに代表される素粒子の新しいモデル(大統一理論等)と宇宙の進化を組み合わせることが盛んに研究されていて素粒子の研究者の中にも宇宙を研究対象にする方が多数いました。私もこの素粒子と宇宙の境界領域(素粒子的宇宙論)に非常に興味を持ち、ニュートリノという素粒子と宇宙論の関わりを研究することになりました。

素粒子的宇宙論を研究していたおかげか、運命の悪戯か、学位を取得した後東北大学理学部物理教室の素粒子論研究室の助手に採用されることになりました。関係が深いとはいえ宇宙論の分野とは基礎知識や価値観が異なる素粒子物理の分野の人達に囲まれて大変戸惑った覚えがあります。これも、今から思うと大変な好運であったと言えるもので、素粒子の知識を学び、素粒子の研究者と親密な交流をする絶好の機会を得ることができ、ますます、素粒子的宇宙論の研究の深みにはまってしまうことになりました。

その後、東京大学宇宙線研究所を経て、ビッグバン宇宙研究国際センターの1員になった訳です。センターの研究目的は宇宙をその創生から現在に至る進化を統一的に理解すると言うことで、これは私自身のこれまで研究の大きな目的でもあるので、自分自身の研究を進めて行くに最適の場所だと喜んでいました。これからはセンターの発展のために物理・天文教室と協力しつつ研究・教育に専心努力して行きたいと思いますので、よろしくお願ひします。



## 人類学とフィールドワーク



近藤 修 (生物科学専攻)

kondo-o@biol.s.u-tokyo.ac.jp

幸運なことにこのデデリエ洞窟は人骨の発見が非常に高率で望める遺跡でありまして、すでに埋葬人骨2体（幼児骨）と成人骨が発見されています。旧石器のともなう洞窟遺跡はこの地方にはかなりの数がありますが、人骨の発見される遺跡となると簡単ではありません。実際、過去に多くの人類学者がこの時代（中期旧石器）の人類化石（ネアンデルタール人類など）を目指して洞窟遺跡の発掘を行い、最終的に人骨は発見されないままであるのが実情です。私などは幸運にも最初の洞窟で人骨にめぐりあい、その形態学的研究に携わることができました。

この調査にともなう研究では人骨の形態学的研究をおこなうことになっていますが、実際の調査では人的資源に限りがあるので、私のような素人も実際にブラシと竹べらを手に持って発掘に携わります。また、調査だけでなく、毎日の生活における物資調達やシリアサイドのカウンターパート、現地調査員との交渉など、普段の大学での暮らしでは経験することのない刺激的な毎日を経験しています。調査隊は、日本、シリア、フランスからの研究者、学生による混成部隊です。現地の調査員はこのあたり一帯がクルド人居住地域であるため、ほとんどがクルド人です。したがって洞窟の中では、日本語、英語、フランス語、アラビア語、クルド語が飛び交い、時としてパニック状態になりますがこれもフィールド調査での醍醐味のひとつでしょうか？

実はこの原稿もシリアのベースキャンプで暇を見つけて書いています。毎日の作業の中で人骨が発見されることはほとんどなく、私にとっては我慢の日々が続いていますが、新しい化石を1個見つけることによって開ける新しい展開は、他の何物にも代えがたいものです。それだけに、人類学の分野では避けておれない仕事であり、今後も続けていくことが重要だと考えています。

7月1日付けにて東北大学より転任してまいりました。私は1992年に大学院理学系研究科の修士課程を終了しておりますので7年と少しの間、東大を離れていたこととなります。この間、札幌医科大学、東北大学医学部と解剖学教室にお世話になり、人体解剖の教育をするとともに自分自身の研究をしてまいりました。本郷に戻ってみると、本郷通り沿いにも新しい店舗が立ち並び、学内も大学院重点化などで名前、組織などがいくぶん変わっていましたが、理学部2号館のいささか古ぼけた、しかし赴きのあるたたずまいは依然、不変であり、懐かしい感じがいたします。

広い人類学の学問分野の中で、私は人骨の形態学的研究を専門としてきました。とくに、古人骨の形態を通じて、その人個人、あるいはその集団レベルにおける進歩史、生活史を復元することに興味を持って研究しています。日本人の歴史に関連する範囲では、頭蓋形態からどこまで集団差に関する分析が可能であるか？という命題に関連して、関東地方縄文時代人の頭蓋形態にもとづく地域差、北海道アイヌの地域差を研究してきました。視野を広げた現代人の起源に関連するレベルでは、中近東のシリアにおける中期旧石器時代遺跡・デデリエ洞窟の発掘調査に学生時代より参加してきました。この調査団は、以前、鈴木尚先生（現東大名誉教授）がはじめられた西アジア調査団の流れを受け継いで、シリア北部アフリン地方の旧石器時代遺跡の調査を継続しています。私はこの調査団に1990年より参加しているのもう10年になり、隊長の赤澤教授（国際日本文化研究センター）の次に長いメンバーになってしまいました。

## 古くて新しい代数解析

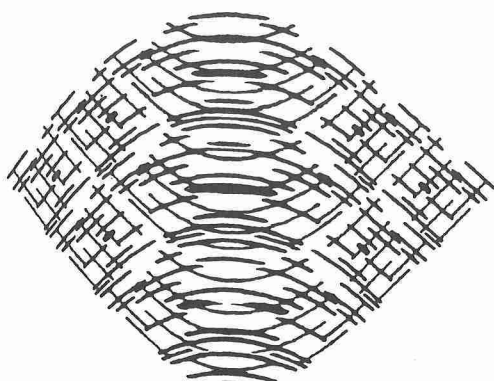
大島 利雄 (数学科)  
oshima@ms.u-tokyo.ac.jp

私の研究分野は代数解析です。今世紀の解析学では関数解析を用いた位相的手法が発達しましたが、18-19世紀の数学のように、例えば解を具体的に求めてしまうというような代数と一体になった解析が代数解析です。1970年頃から佐藤幹夫氏を中心に日本で起こり、現在は世界的にその言葉が普及しました。私自身は、大きな対称性をもつ空間（等質空間）上の解析の研究を行っています。リー群が作用する空間で、特にローレンツ空間のような正とは限らない距離の入った簡約対称空間上には不変微分作用素系が存在しますが、その点スペクトルの決定等を行いました。この空間上の解析には Legendre 関数を多変数化した球関数が重要な役割を果たしますが、その一般化として、数理物理の言葉での完全積分可能量子系の Shrödinger 作用素のポテンシャルの決定問題を研究し、自然に楕円関数や三角関数のみが現れてくるのが分かり感動しました。

最近はより特異な超幾何微分方程式系や関連する境界

値問題に興味を持っています。

$X=(x_{ij}), E=(\xi_{ij})$  を  $n$  行  $n$  列の正方行列とするとき、行列式の間恒等式  $\det({}^t X E) = \det(X) \det(E)$  が成立します。この  $\det(X)$  を行列の空間上の関数と見て量子化した式を19世紀末に Capelli が示しました。右辺の  $\xi_{ij}$  を  $\partial/\partial x_{ij}$  に、左辺の行列の  $(i, j)$  成分を  $\sum_{\nu} x_{\nu i} \partial/\partial x_{\nu j} + (n-i) \delta_{ij}$  に置き換えた等式です（行列式の各項は列の順に積を計算して和を取ります）。この  $(i, j)$  - 成分は、行列の積の作用を無限小に表現したもの（リー環）になっています。 $X, E$  を  $m$  行  $n$  列の行列の場合に拡張した公式は線型代数の本に書いてありますが、それも量子化することができ、その行列式で与えられた微分方程式系がこの特異な超幾何微分方程式にあたるのが分かりました。より一般化した「 ${}^t X E$  の行列の階数が2」というような条件は  $(X, E)$  - 空間の幾何学的集合を作りますが、その量子化（微分方程式系）やその解がどうなるか、ということは現在の私の大きな興味の一つです。



## 三体力の検証

酒井英行 (物理学専攻)

sakai@phys.s.u-tokyo.ac.jp

「力」を知ることは物理学の最も重要な研究課題の一つである。最近になり原子核での三体力の研究が大いに進んだので報告する。

原子核の研究のごく初期 (1939年) のころから三体力 (多体力) の存在は議論されてきた。湯川の中間子論では、二つの核子 (陽子と中性子の総称) 間で中間子を交換することにより核力が作られる。これは二体力である。三体力は、荒っぽい言い方をすると、三つの核子の間で二つ以上の中間子が交換され、その力 (ポテンシャル) が三つの核子の座標 (運動量) を使ってしか書き下せないもの、である。三体力の中で最も大きな寄与をするのは、1957年に提唱された「藤田・宮沢型」とよばれるものである。これは3核子の中の一つの核子が、 $\Delta$ 粒子状態に励起し、残りの二つの核子とパイ中間子交換で結ばれている形をしている。

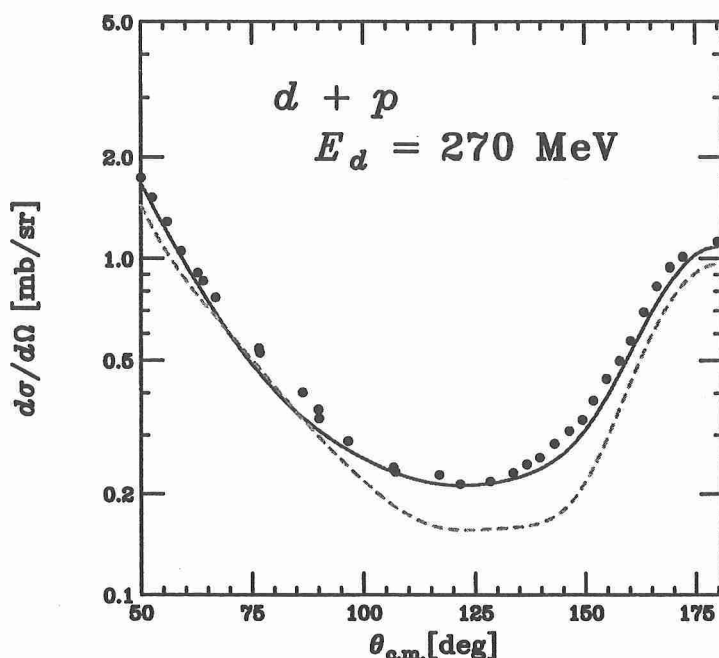
三体力の存在を明確に議論するためには、三体系 (三核子系) を厳密に取り扱うことができる理論が必要である。そのような理論が1960年に Faddeev により提唱された。この Faddeev 方程式に自由空間で得られた二体力を入力し、その計算結果と実験値を比較し、もし差があればそれは二体力以外の効果によるものと考えられる。そして理論的に予言された三体力がその差を説明できれば三体力が検証できたといえる。

Faddeev 理論計算の進展により、非束縛の三体系、

つまり散乱状態における三体力の効果を探ることが最近になり可能になった。計算によると、比較的エネルギーの高い重陽子・陽子散乱 (dp 散乱と表す) の散乱断面積の小さくなる角度領域で、三体力の効果が増幅されて現れることが示された。ところがこの Faddeev 理論計算の計算精度に見合う精度で測定された実験結果はなかった。

我々は、dp 散乱を偏極ビームの偏極度較正の目的で測定していたが、この Faddeev 理論計算の存在を知り、より詳しく高精度測定を行った。因みに散乱断面積の精度は、2%以下の誤差 (系統+統計) である。図に結果を示した (一部分のみ)。縦軸は dp 散乱の散乱断面積、横軸は散乱角度である。実験値は黒丸。実線は Faddeev 理論計算で、二体力+三体力の場合で、破線は二体力だけの時である。三体力の導入で実験値をほぼ完全に再現するようになる。この結果から、三体力の存在が定量的に確認されたと言ってもよいであろう。尚、ここで用いられている三体力は、藤田・宮沢型の発展した現代版である。

我々はさらに偏極量の測定も行った。現在解析中であるが、このデータから三体力のより詳しい情報、例えばスピン依存性、などを得ることができると期待している。今後の発展が楽しみである。



## 電子の海のさざ波

長谷川 修 司 (物理学専攻)

shuji@surface.phys.s.u-tokyo.ac.jp

1986年度ノーベル物理学賞の対象となった走査トンネル顕微鏡 (scanning tunneling microscopy, STM) は、動作原理が従来の電子顕微鏡と全く異なるものでした。鋭く尖らせた金属針 (その最先端には1個の原子がくっついていますが) を試料物質の表面に極めて接近させ、接触させることなく表面に平行に走査させることによって、原子尺度で物質表面の凸凹を観察できる顕微鏡なのです。金属針と試料の間に電圧を印可したときに流れるトンネル電流が、両者の間隙の距離がわずかに変化しただけで極めて敏感に増減することを利用したもので、物質表面上に付着している原子1個でさえ、まるでパチンコ玉のようにはっきりと映し出すのです。原子1個1個を直接見るという人類2000年来の夢を実現した実験装置で、ノーベル賞受賞者らが作った第一号機は大英博物館に保存されているということです。現在では表面科学だけでなく、広範な科学・技術の分野で利用されています。

STM では、物質表面上での原子を直視できるだけでなく、最近では、物質表面での電子の波動関数をも直接見ることがわかってきました。STM 画像の信号のもとになっているトンネル電流は、金属針内の電子の波動関数の裾野と、試料物質内の電子の波動関数の裾野の重なりによって流れるわけですから、金属針を試料表面に平行に走査させることによって、表面での電子波動関数の分布が画像化できることになるのです。

平成6年度の当理学系研究科研究基盤重点設備費によって導入された低温型 STM による観察例を紹介しましょう。

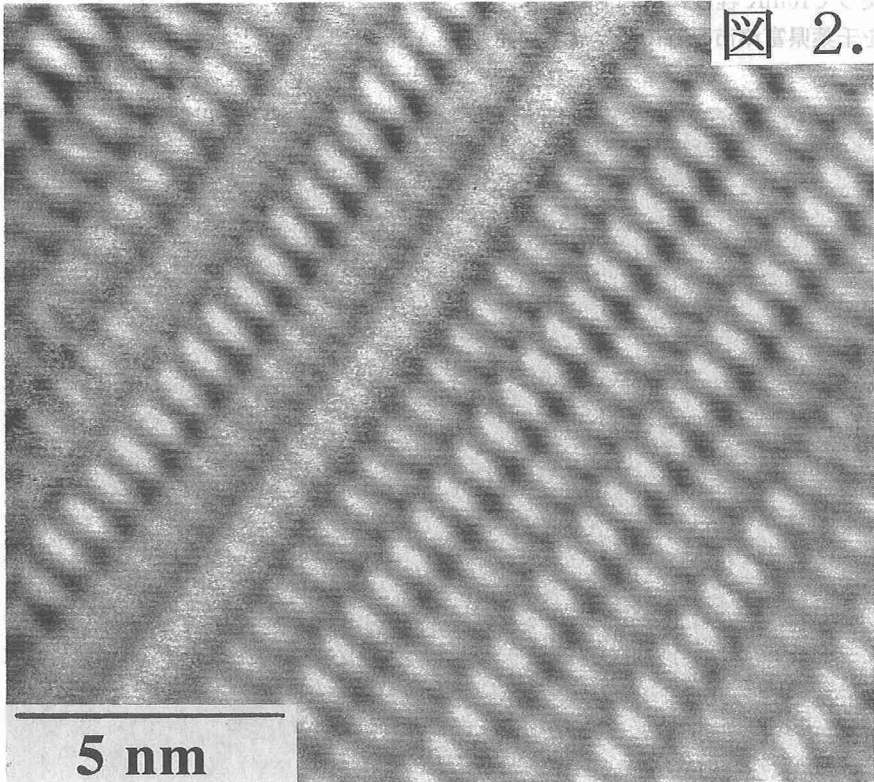
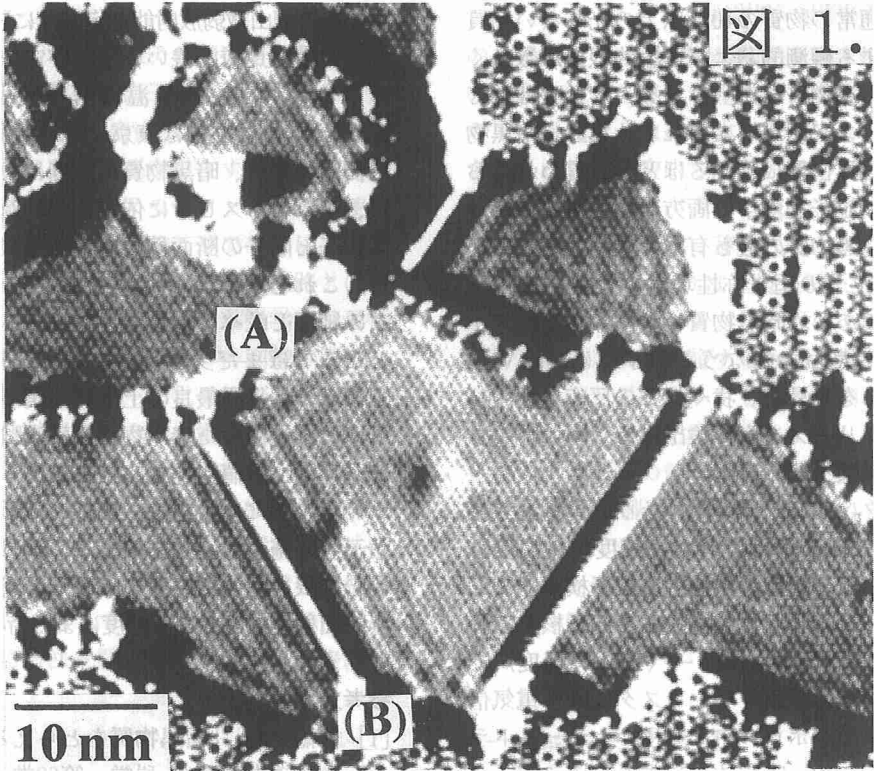
シリコン結晶の表面上に、銀原子を一原子層分だけ付着させると、銀原子がきれいに規則的に並び、その原子層内を電子が自由に動けるようになること (表面電子バンドの2次元自由電子系) が私たちの研究で明らかにされてきました。この表面を6 Kの低温に冷やしてSTMで観察すると、第1図のような画像がとれました。注意深く見ると非常に細かな規則的な点列に気がつくと思いますが、これらが規則的に並んだ銀原子に対応しています。しかし、その規則的な原子の並びを乱す境界が表面上に存在しています。(A)で示した原子ステップ端や(B)で示し

た直線的な境界です。目を細めて見ると、これらの境界付近に縞模様が見えるでしょう。これは、上で述べた自由に動ける電子の波が境界で反射されるためにできる定在波なのです。防波堤にぶつかった水が水面上にさざ波を作るように、電子の海でもさざ波ができています。物理学の基礎として習う量子力学が教えるところの電子の波動性を直接見ていることになります。画像中央やや右上の小さな領域では、さざ波が同心状にひろがっており、まるで小さな池に蛙が飛び込んだときの波紋のようです。周囲の境界がポテンシャル障壁となって電子を反射し閉じ込めているわけで、まさに量子力学の演習問題を具現していることになります。

上に示した例は、電子が2次元的に自由に右往左往できる状態で見られるさざ波でした。それでは、電子が一方方向にしか動けない場合 (1次元自由電子系) ではどうなるのでしょうか? シリコン結晶表面上に、今度はインジウム原子を一原子層分だけ付着させると、インジウム原子が一方方向にだけ鎖状に並ぶことが知られています。電子はその原子鎖に沿う方向にしか動けません。このような試料を62 Kの低温に冷やしてSTM観察した結果が第2図です。右上がりのストライプが多数走っていますが、このストライプの各々の列が上述のインジウム原子の鎖一本一本に対応します。おもしろいことに、ストライプのほとんどの列には等間隔の縞模様が見えています。なかには、縞模様がよく見えない列もありますが。この縞模様こそが、ストライプに沿って動いている電子が作る定在波であり、1次元金属系に特有な電荷密度波と呼ばれているものです。細いパイプの中の水が波立ったら、多分このような縞模様になるのではないのでしょうか。インジウム原子鎖内の電子は隣の列にとび移れず、各々の列に沿ってしか動けないので、隣の列との間であまり連絡がなく、縞模様の位相が列間でずれている箇所も見られます。縞模様がよく見えない列は、さざ波が動いて定在波がゆらいでいるためだと解釈されています。

STM は、原子の世界を手にとるように見せてくれるだけでなく、原子の世界を自由に動き回っている電子の姿もまざまざと見せてくれます。





## ボロメータによる暗黒物質の直接検出

蓑輪 眞(物理学専攻・COE 研究拠点 初期宇宙研究センター)  
minowa@phys.s.u-tokyo.ac.jp

我々の宇宙には通常の物質の10倍以上の光らない物質があることを示唆する観測的および理論的根拠が数多くある。この物質は暗黒物質(ダークマター)と呼ばれており、その正体はいまだ明らかにされていない。暗黒物質の総量は宇宙の臨界密度に達するほどとも言われており、宇宙物理学と素粒子物理学の両方にまたがる重要な問題である。現在暗黒物質の最も有力な候補として考えられているのが素粒子の超対称性理論の予言する粒子ニュートラリーノである。暗黒物質ニュートラリーノが通常の原子核と弾性散乱を行なうと原子核は10keV程度の反跳エネルギーを受ける。我々はこの反応を利用し暗黒物質ニュートラリーノを直接検出するために、ボロメータを開発し、実験を開始した。

我々のボロメータは20gのフッ化リチウム単結晶8個の吸収体とそれらに取り付けられた高感度抵抗温度計(サーミスタ)からなる極低温熱量計型粒子検出器である。ニュートラリーノと吸収体を構成する原子核との弾性散乱により付与されたエネルギー(10keV程度)で吸収体の温度が上昇し、それをサーミスタにより電気信号に変換するというのがボロメータを用いたニュートラリーノ検出の原理である。吸収体の比熱を小さくするために希釈冷凍機を使って10mK程度に冷却する。

このボロメータを千葉県富津市金谷の防空壕トンネル

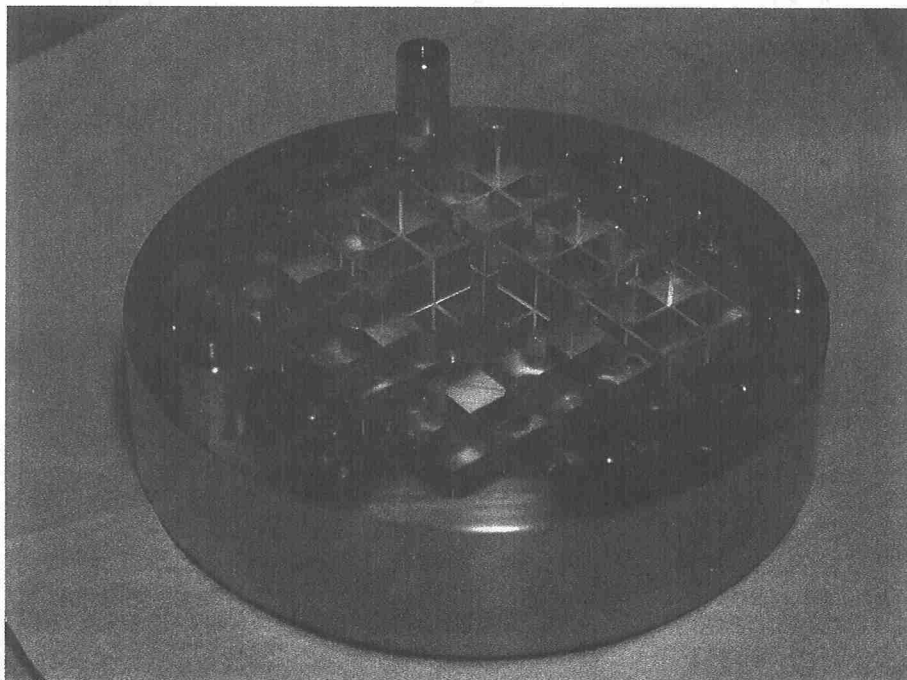
にある鋸山微弱放射能測定施設に設置して測定を行なった。ここは比較的浅い場所で宇宙線の影響は完全には除き切れないが、極低温機器を使った新しい検出器のpilot runのためには東京に近く便利である。

測定の結果、暗黒物質の証拠はまだ見つかっていないが、それでもスピンに依存した相互作用をする暗黒物質素粒子と陽子の断面積に対する上限値を出すことができた。これをこれまでに発表されている世界の他のグループの結果と比較してみると、ニュートラリーノ質量の重いところではまだ少し及ばないが、5 GeV以下の軽い質量領域では世界最良の上限値を実現している。また、ボロメータを使った暗黒物質探索実験としては世界で初めて既存の上限値を越える結果を出している。

今年の秋には宇宙線の影響の極めて少ない神岡宇宙素粒子研究施設に装置を移設し、質量の大きい領域でも既存の制限を超える感度を実現し、超対称性理論の予言する断面積を検証できる感度にまで持っていく予定である。

### 参考文献

- [1] 蓑輪 眞、「暗黒物質をとらえる — すぐそばにある未知の素粒子」、科学 第69巻(1999) 472-478、岩波書店。



### 写真の説明

20gのフッ化リチウム単結晶8個の吸収体とそれらに取り付けられた高感度抵抗温度計(サーミスタ)からなる極低温熱量計型検出器。この全体が希釈冷凍機に入れられ絶対温度10mKに冷却される。

## 有機薄膜成長の精密制御

島田 敏 宏 (化学専攻)  
shimada@chem.s.u-tokyo.ac.jp

小 間 篤 (化学専攻)  
koma@chem.s.u-tokyo.ac.jp

有機色素の nm レベルの薄膜ヘテロ構造を作製することにより作られる有機電界発光素子 (発光ダイオード) は可塑性、大面積、発光波長の自由度などの特徴を有し、すでに実用化が始まっている。現在存在する素子には発光によるダメージを避けるためアモルファス薄膜が使われているが、構造を単結晶化することができれば、損失を減少させることによりレーザー発振や光導波路との結合が期待できる。また、有機物質は大きな光学非線形性を持つため光周波数変換や光集積回路への期待が高い。有機単結晶を微細な構造にパターン化することができれば導波路構造や光結晶効果による光・電子集積回路の作製に役立つはずである。しかし、有機物は化学的に脆弱なため GaAs や Si で行われているような単結晶の微細加工は困難であるとされてきた。例えば、写真蝕刻法は用いるフォトリソ樹脂よりも弱い物質に対しては適用することができない。そこで我々は、結晶成長過程の強い非線形性を用いる方法を開発した。図 1 は、表面で

の分子濃度と成長速度の関係を表す模式図である。物質の組み合わせと温度で定まるある臨界濃度が存在し、そこで成長速度が急速に立ち上がることが熱力学的考察から導かれる。真空中で同じ分子のビームを同条件で照射しても、基板物質が違くと成長速度が異なり、条件を選べば片方の基板だけに薄膜成長が起こさせることができる (図の矢印)。これは基板表面と有機分子の間の広義のファンデアワールス力が基板によって異なることが原因である。これを実証するため、格子定数の異なるアルカリハロイドのパターンを写真蝕刻法により作製し (図 2)、格子整合性の違いからもたらされる分子・基板安定化エネルギーの差を利用して、機能性有機色素結晶の微細構造を作製することができた (Appl.Phys.Lett.74, 941(1999))。現在、パルス分子線を用いて kinetics を制御することにより原理的には粒界をなくした単結晶微細構造を作製できるようになっている。

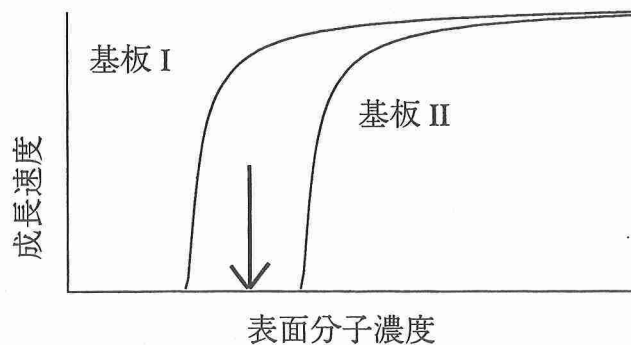


図 1

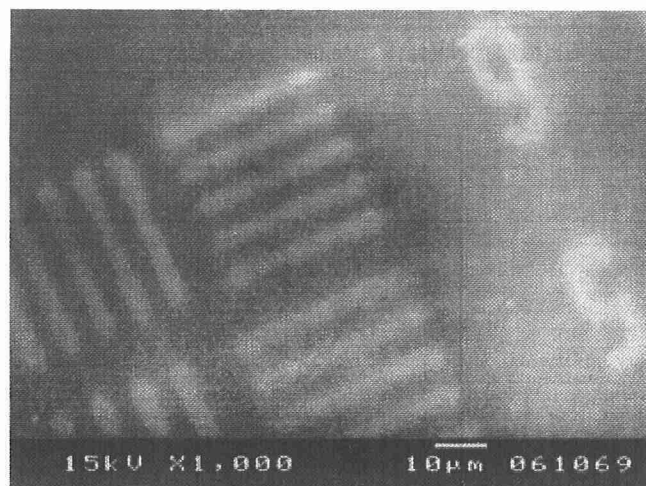


図 2

# 有機化学反応の解析—予測における量子力学計算の利用

中村 正治 (化学専攻)  
masaharu@chem.s.u-tokyo.ac.jp

中村 栄一 (化学専攻)  
nakamura@chem.s.u-tokyo.ac.jp

研究対象の化合物に対して種々の化学計算を行ない、分子構造や電子状態に関する情報を得ることが、多くの実験化学系研究室では行なわれている。これら化学計算手法の中で量子力学計算は、遷移金属原子を含む殆どすべての原子について安定構造や不安定構造、励起状態の計算が可能であること、また遷移構造などポテンシャルエネルギー表面上の安定構造ではない重要な定常点を求めた場合にも相当に高い信頼性が期待できる等の利点を有する。一方、大規模かつ高精度な量子力学計算の実行にはかなり大きな計算機資源が必要であることも事実で、このため実験化学者にとって取りつきにくいものとなってきた。近年のコンピューター科学の進展に伴い実験室でも重原子20個程度の系に対し、信頼性の高い量子力学計算が行えるようになり、複雑な溶液系を取り扱う有機合成の局面でも大規模な量子力学計算が活躍可能となりつつある。

我々の研究室では有機金属試薬の不飽和化合物に対する付加反応について実験研究を行い、高反応性、高選択性を示す有機金属試薬の開発を行っている。この開発過程で大規模量子力学計算による遷移構造、および反応経

路の検討を行った数例を下図に示す。いずれの検討例も、これまで反応機構的な理解が十分でないために官能基、位置、立体選択性発現の要因を明確にすることのできないまま研究を進めていたものである。実際に自分達の手でこれらの反応に対して大規模分子軌道計算を用い、遷移構造の最適化を始めとする反応経路に関する検討を行なったところ、いくつかの重要な知見を得ることができ、今後の反応開発の指針が明確なものとなった。

問題点の本質を抽出した適当なモデル化により理論的に信頼性の高い計算手法が、実験研究の研究対象としていられる反応の理解、予測に役立つことは、今や明らかである。計算機の能力は現在でも日々向上し続けており、かつその上で走る化学計算ソフトもますます洗練されて来ている。このような現状を踏まえると、今回紹介したような大規模な量子力学計算が、近い将来反応機構の解明および種々の選択性の予測のために各実験者によって日常的に用いられるであろうことも想像に難くない。

以上の成果の一部は、本学のインテリジェント・モデリング・ラボラトリーのプロジェクトの一部として得られたものである。

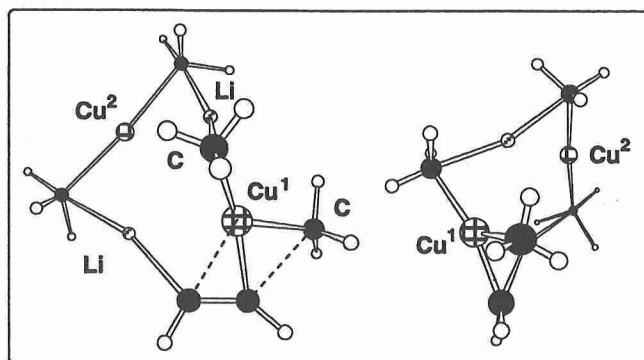


図1：密度汎関数法による有機銅アート錯体  $(Me_2CuLi)_2$  のアセチレンに対する付加反応の遷移構造

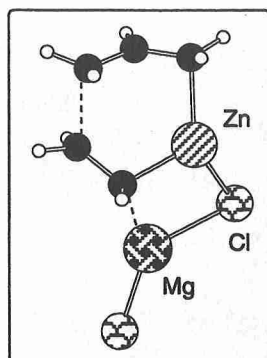


図2：密度汎関数法によるビニルマグネシウム試薬に対するアリル亜鉛試薬の付加反応の遷移構造



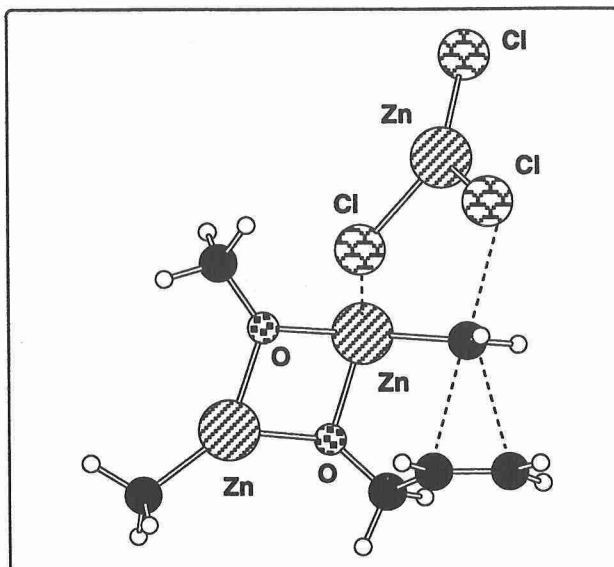


図 3 : 密度汎関数法による亜鉛カルベノイドのアリルアルコールへの付加反応 (Simons-Smith 反応) の遷移構造 (ルイス酸による活性化)

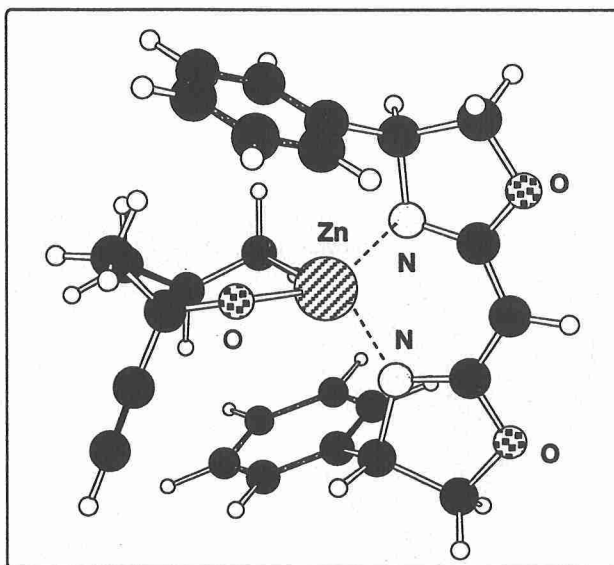


図 4 : ab initio 計算による光学活性アリル亜鉛試薬のアセチレンケトンに対する付加反応の遷移構造

## 惑星表面の高速衝突現象

杉田 精 司 (地球惑星物理学専攻)

sugita@geoph.s.u-tokyo.ac.jp

筆者は惑星表面での衝突現象、その中でも特に衝突蒸発現象を中心テーマにして研究を行っている。衝突蒸発現象は、惑星大気の起源や惑星表層環境の進化を理解する上で非常に重要な物理現象である。また、現在計画進行中である日本の月・惑星探査によって得られるデータの解釈にも非常に重要な役割を果たすことが期待されている。しかし技術的困難さから、衝突蒸発現象の実験的研究はこれまであまりなされてこなかった。高速衝突による蒸発現象の観測の困難さは、現象が非常に短時間で終了してしまうことと多くの物理過程が複雑に絡み合っ

て解析を難しくしていることによる。そのため多くの物理量を短時間に正確に観測する方法が必要となる。そこで導入したのが高速発光分光光学である。高速衝突の際に発生する衝突蒸気は、非常に高温になるため強い熱放射を発生する。ただし、熱放射と言っても気相放射なので黒体放射にはならず、原子の輝線や分子の発光バンドが光ることになる。これらの発光スペクトルは黒体放射に比べると解析もずっと複雑であるが、逆に非常に多くの情報を与えてくれる。一つの観測スペクトルから、発光している衝突蒸気の温度、化学組成、光学的厚さなどが一気に分かる。

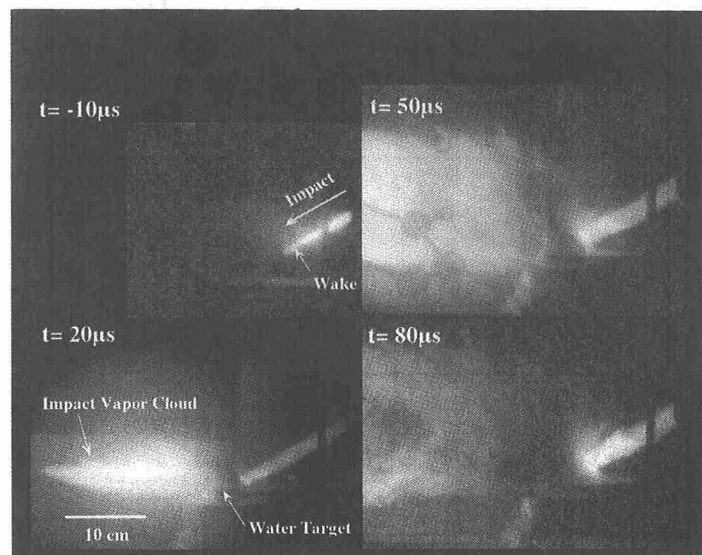
現在のところ、発光分光光学の手法を使って衝突蒸気が定量解析できることの実証が終わり、2、3の応用を試みたという段階である。その応用例の一つは、ジェット現象という物理現象であった。この現象はこれまでに多くの研究がなされ、比較的良好に理解されていると考えら

れてきた。しかし、分光観測の結果は従来の理論的枠組みでほぼ完全に無視されてきた粘性加熱過程が重要であることを強く示唆していた。また、別の実験例では、高速微小破片の大気による摩擦加熱というやはり従来の理論的研究ではほとんど注目されてこなかった物理過程が、大気を持つ惑星での衝突蒸気雲の形成に重要な役割を果たした可能性が高いことが明らかになった。これらの実験例は、発光分光光学の手法が衝突現象の物理的理解を飛躍的に高める潜在力を持っていることを示唆している。

目下行っている実験では、炭素質隕石が窒素に富む地球型惑星大気に高速突入したとき、衝突蒸気中にどんな有機分子が形成されるかを調べている。衝突蒸気は非常に高温になるため、複雑な有機分子の生成は期待されない。しかし、瞬間的にいろいろな酸化還元状態を取り得る上、速やかに冷却するので、単純で活性度の高い有機分子を大量に生成する可能性がある。このような反応は、生命誕生に必要な有機分子の供給プロセスとして非常に大きな役割を果たした可能性がある。

## 参考文献：

- [1]杉田精司、衝突閃光の高度分光光学、*日本惑星科学会誌*、*遊星人*、9、77-88、1999.
- [2]Sugita, S. *et. al.*, Spectroscopic Measurements of Vapor Clouds due to Oblique Impacts. *J. Geophys. Res.*, 103, 19, 427-19, 441, 1998.



実験室内での高速衝突現象の高速写真。衝突後、衝突蒸気雲が激しい発光を伴って膨張しつつ飛び去っていくのが見える。この例では、直径7.7mmのポリカーボネートの弾丸を速度6.1km/sで101torrのアルゴン大気の中に置いた液体の水の標的に衝突させている。衝突の瞬間を基点とした時間  $t$  が図中に表示している。

# 原始太陽系星雲における酸素同位体異常の起源をさぐる

比屋根 肇 (地球惑星物理学専攻)

hiyagon@geoph.s.u-tokyo.ac.jp

コンドライトと呼ばれる始源的隕石は、たとえてみれば原始太陽系の「化石」のようなもので、それを詳細に調べることにより太陽系形成初期に起こったさまざまなプロセスについて知ることができる。特に隕石母天体上での熱変成の影響が少ない非平衡コンドライトと呼ばれる隕石では、隕石を構成している物質が母天体に集積する以前の、それらがまだ原始太陽系星雲内に存在した時期に起こったプロセスの痕跡が残されている。私は、二次イオン質量分析計を用いて隕石中の酸素同位体の局所分析をおこない、そこに見られる特異な酸素同位体異常の分布とその起源について研究を進めている。

二次イオン質量分析計は、EPMA が試料に電子線を当てて出てくる特性 X 線を分析するのに対し、イオン ( $\text{Cs}^+$  や  $\text{O}^-$  など) を加速して試料に当て、試料表面から飛び出してきた二次イオンを質量分析するものである。(したがってイオンプローブともいう。) 試料表面そのものがイオン源となるため感度が高く、また本質的に質量分析計であるため同位体分析ができることが特徴である。たとえば、イオンプローブを用いると直径約  $10\ \mu\text{m}$  のスポットで酸素同位体分析ができる。分析後にできるクレーターの深さは  $1\ \mu\text{m}$  程度なので、分析により消費された試料の量は約  $10^{-7}\ \text{mg}$  である。気体用質量分析計を用いた従来の酸素同位体分析では約  $1\ \text{mg}$  の試料が必要であったから、7桁も少ない量の試料で分析が可能になったわけである。(ただし分析精度は従来の方法よ

り1桁は悪い。)

隕石中の CAI と呼ばれる高温鉱物の塊 (難揮発性包有物) に大きな酸素同位体異常が見られることは、1973年にシカゴ大学の Clayton 教授らによって発見された。酸素は大部分が質量数16のもの ( $^{16}\text{O}$ ; 約99.76%) であるが、ごく微量ながら質量数17 ( $^{17}\text{O}$ ; 約0.04%) と18 ( $^{18}\text{O}$ ; 約0.20%) の同位体が存在する。CAI は  $^{17}\text{O}/^{18}\text{O}$  比が地球や大部分の隕石とほぼ同じなのに  $^{16}\text{O}$  だけが4-5%も多い組成を持つ。それが原始太陽系の酸素同位体の不均一性の反映なのか、ある種の化学反応によりつくられた同位体異常であるのか、その起源については未だに決着がついていない。CAI が高温鉱物の塊であることから、この酸素同位体異常は太陽系形成初期に起きた何らかの高温イベントと関連しているとも考えられる。最近、我々はイオンプローブによる酸素同位体分析技術を駆使して、CAI と同様の酸素同位体異常がオリビン包有物にも見られることを発見した (図1)。オリビン (かんらん石) は隕石中に非常に多く見られる鉱物であるから、この酸素同位体異常は原始太陽系において想像以上に広範に存在した可能性がある。

現在、我々のグループを含め、世界の数カ所の大学・研究機関で精力的にイオンプローブによる酸素同位体分析がおこなわれつつある。ここ数年の間に酸素同位体異常の謎が解き明かされる可能性があるのではないかと期待している。

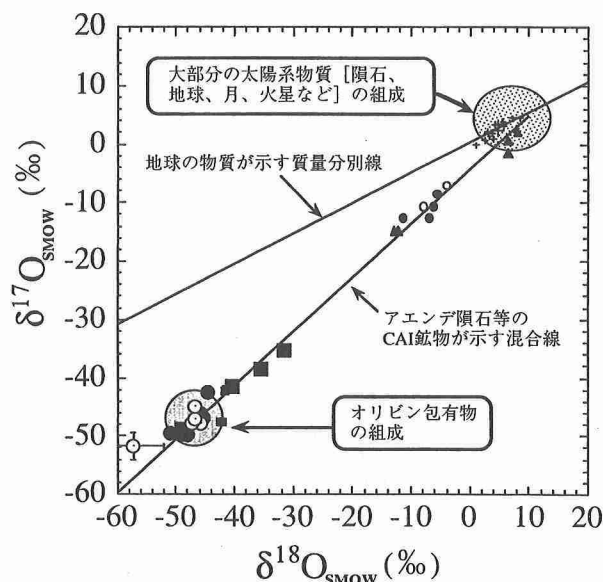


図1 イオンプローブを用いて分析した、Murchison (CM2) および Y-86009 (CV3) 隕石中のオリビン包有物等の酸素同位体組成。これらの包有物中のオリビンは、大部分の太陽系物質と比較して約5%も  $^{16}\text{O}$  が多い組成を持っている。縦軸、横軸は標準海水 (SMOW) との酸素同位体比 ( $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$  および  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) の差を千分率 (‰) で表したものの。(Hiyagon H. and Hashimoto A., Science 283, 828-831, 1999 より)

## 分裂酵母の減数分裂細胞への分化を制御する RNA 結合タンパク質 Mei2

渡 辺 嘉 典 (生物化学専攻)

ywatanab@ims.u-tokyo.ac.jp

体細胞分裂周期にある細胞がどのような分子機構によって減数分裂様の細胞周期にスイッチされるのだろうか。分裂酵母の RNA 結合タンパク質 Mei2 は、増殖している細胞ではリン酸化によりその活性が抑制されているが、減数分裂過程に入るときには脱リン酸化され機能を発揮する。リン酸化を受けない活性型 Mei2 を発現させるとそれだけで細胞は増殖過程から減数分裂過程への切り替えを行ってしまう。Mei2 は、いわば分裂酵母の減数分裂開始のマスター・レギュレーターである。

Mei2 と遺伝的に相互作用する因子を検索した結果得られた *sme2* 遺伝子は、構造解析の結果 RNA 遺伝子であることが判明した。遺伝子破壊実験によりこの RNA のコード領域の一部をゲノム上から欠失させると、細胞は減数分裂を完全に停止した。そこで、この減数分裂過程 (meiosis) に必須な 500nt ほどの新規の RNA 分子を *meiRNA* と命名した。Mei2 を特異的に認識する抗体を用いて、減数分裂を誘導した細胞の抽出液を免疫沈降すると、Mei2 タンパク質とともに *meiRNA* も共沈してくる。減数分裂過程で Mei2 と *meiRNA* が複合体を形成して機能していることが分かる。

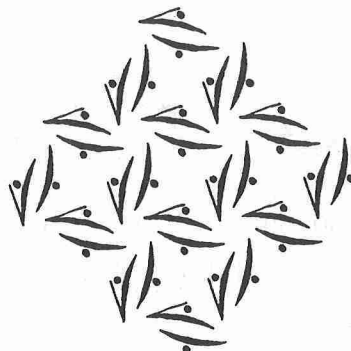
Mei2 の温度感受性変異株の解析から、Mei2 は減数分裂過程で減数分裂前 DNA 合成の開始とその後の減数第一分裂の開始の、少なくとも二つのポイントで必須の機能を果たしていることが分かった。*meiRNA* の遺伝子破壊株は、減数分裂前 DNA 合成にはなんら支障はなく、減数第一分裂がブロックされていた。以上の生化学的および遺伝学的解析から、Mei2-*meiRNA* 複合体は、減数第一分裂の開始に必須の機能を果たしていると考えられる。一方、Mei2 の RNA 結合活性は、減数第一分

裂の開始のみならず減数分裂前 DNA 合成の開始にも必須であり、この時期には Mei2 は *meiRNA* 以外の別の RNA 分子と相互作用しながら機能していることも分かった。

GFP 標識ペプチドを融合させた Mei2 タンパク質の細胞内の局在を調べた結果、体細胞分裂期には Mei2 はおもに細胞質に存在し、減数分裂前期 (Mei2-*meiRNA* コンプレックスの作用時期) に入ると核内の明確な一点に局在した。また、*meiRNA* をもたない細胞では Mei2 タンパク質の核内の局在が見られず、減数分裂は誘導されない。一方、SV40 の核移行シグナルを付加した Mei2 タンパク質は、*meiRNA* をもたない細胞においても、核に移行して減数分裂を誘導することが分かった。これらの事実は、減数分裂に必須な *meiRNA* の分子機能が、減数分裂開始のマスター・レギュレーター Mei2 の核内輸送に限定されることを意味する。現在は、RNA 結合タンパク質 Mei2 の具体的な分子機能および標的因子の解明に取り組んでいる。

### 参考文献

- Watanabe Y. and Yamamoto M. *Cell* 78:487-498, (1994)
- Watanabe Y. et. al. *Nature* 386:187-190, (1997)
- Yamashita A. et. al. *Cell* 95:115-123, (1998)
- 渡辺嘉典、山本正幸 蛋白質核酸酵素 42, 2581-2589 (1998)
- 山下朗、山本正幸 蛋白質核酸酵素 44, 1732-1740 (1999)





減数分裂過程におけるMei2-GFPタンパク質の局在

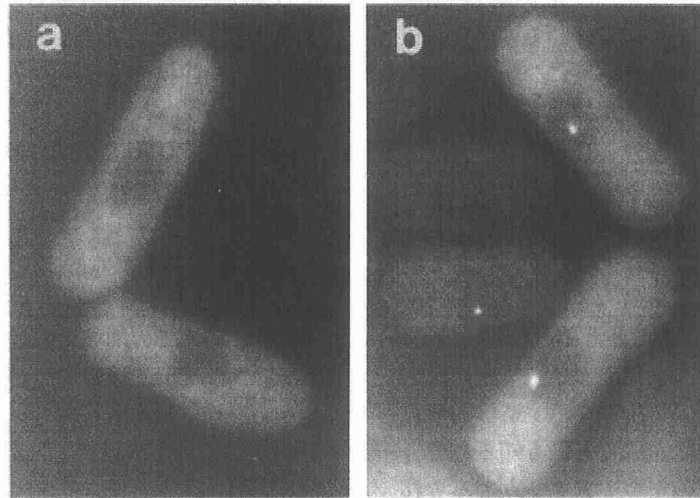


図1 減数分裂開始の前(a)と後(b)の Mei2-GFP タンパク質の局在

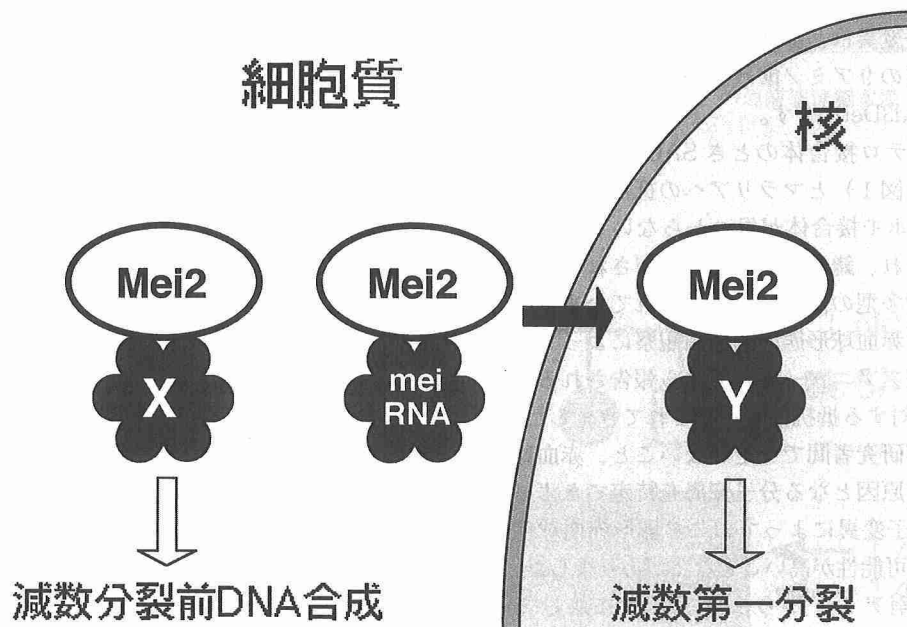


図2 Mei2 は減数分裂過程で細胞質と核内で機能し、meiRNA は Mei2 の核内輸送に機能する。

# マラリアと人類学：東南アジア型卵形赤血球症と遺伝的多様性について

石田 貴文 (生物科学専攻)

tishida@biol.s.u-tokyo.ac.jp

人類学教室と言っていた頃、我々の研究室は人類遺伝学を研究対象としていました。現在では、その研究対象範囲は広がり人類生物学一般を扱うようになってきました。今回の研究紹介は、大学院博士課程の木村正子が主におこなっている研究テーマを紹介しましょう。

マラリアは、世界中で毎年3-5億人もの感染者を出し、現在なお人類にとって深刻な脅威となっています。人類の移住拡散の歴史においても、マラリアは大きな制限要因として存在し、人類集団の生活・行動様式・遺伝子プールに対して影響を与えてきたと考えられています。事実、マラリア流行地に住む人類集団では、本来は疾病として扱われるもののマラリア抵抗性を示す遺伝的形質が高い頻度で報告されています。中でも最も知られているのは、ヘモグロビン異常症の1つでアフリカで見られる鎌型赤血球症でしょう。

我々の住むアジアにおいてはどうか？鎌型赤血球症は見つかりませんが、東南アジア型卵形赤血球症 (Southeast Asian ovalocytosis:SAO) という異型赤血球症の1種が見いだされています。SAOは、東南アジアからメラネシアにかけての限られた地域に見られます。その原因となる分子変異は、赤血球膜タンパク質であるバンド3タンパク質の9アミノ酸残基の欠失、すなわち27塩基対欠失 (Band3Del) です。

Band3Delは、ヘテロ接合体のときSAOの表現型である卵形の赤血球 (図1) とマラリアへの抵抗性を示します。Band3Delのホモ接合体が見つからないことから劣性致死であるとされ、鎌型赤血球症に比肩されるマラリア淘汰圧下の平衡多型の例として考えられています。

卵形赤血球症は、赤血球形態の顕微鏡観察によっておもにマレーシアとパプアニューギニアから報告されるとともに、マラリアに対する抵抗性も示唆されてきました。しかし、判定基準が研究者間で一定しないこと、赤血球形態の観察のみでは原因となる分子変異を特定できずBand3Del以外の分子変異によっておこる卵形赤血球症の影響も含んでいる可能性が高いことなどがありました。そこで、我々は東南アジアからオセアニアにかけてBand3DelによるSAOの分布を明らかにするために、タイ・マレーシア・インドネシア・フィリピン・台湾・パプアニューギニアといった各地域で、遺伝子上のBand3Delのスクリーニングをおこないました。その結果、Band3DelによっておこるSAOは、タイ南部以南、フィリピン以南の東南アジアからオセアニアにかけての地域で、顕微鏡観察により報告されていたよりも低い頻度で分布していることがわかりました。これまでの研究で明らかになったSAOの分布は、オーストロネシア語

族の集団にほぼ限られており、Band3Delが単一起源に由来するものとする、SAOはオーストロネシア語族の集団の移住拡散にともなってその分布を広げてきたと考えられます。

このように、ある集団におけるSAOの有無は、民族の移住・拡散についての手がかりを提供するものであり、東南アジアからオセアニアにおける人類の歴史について考察する際に重要な指標となります。我々は、このSAOを指標とすることによって、東南アジアからオセアニアにかけての地域における人類の拡散の歴史や、マラリアへの遺伝的適応について理解を深めることができると期待しています。

## 参考文献

Kimura, M. et al. *Twenty-seven base pair deletion in erythrocyte band 3 protein gene responsible for Southeast Asian ovalocytosis is not common among Southeast Asians.* Hum. Biol. 70: 993-1000 (1998)

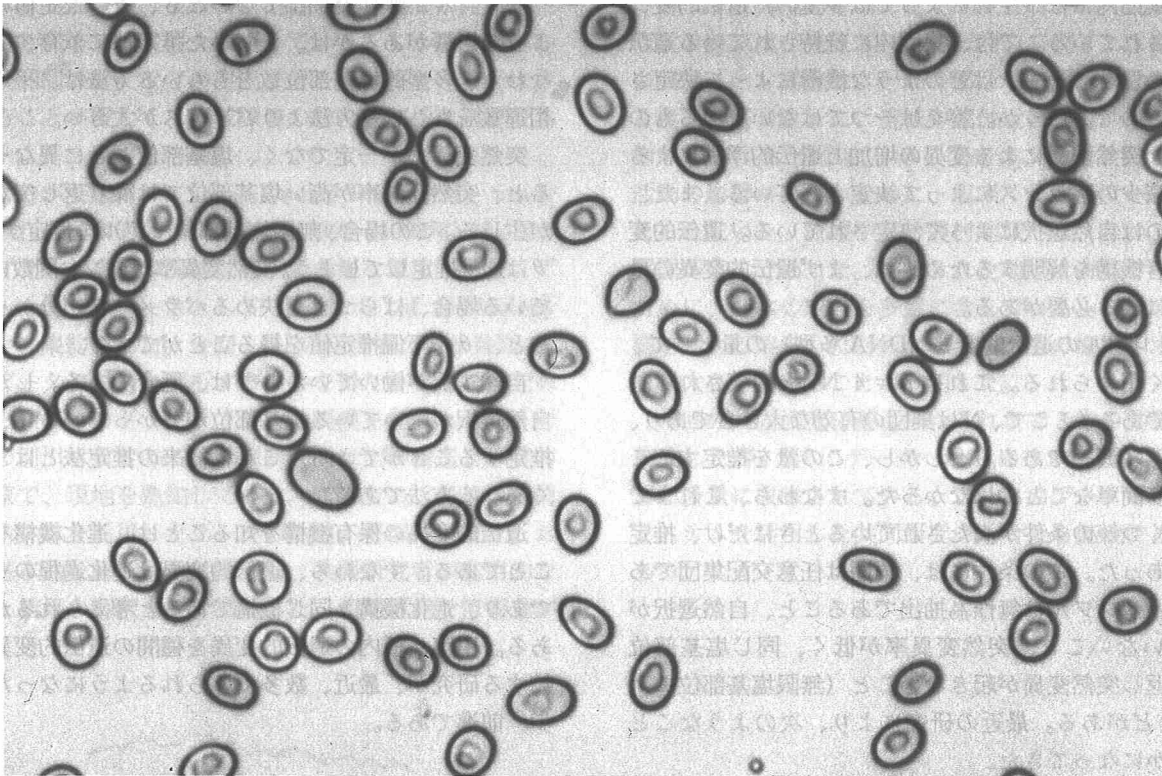


図1 東南アジア型卵形赤血球症 (Southeast Asian ovalocytosis:SAO) の血液塗沫標本像。

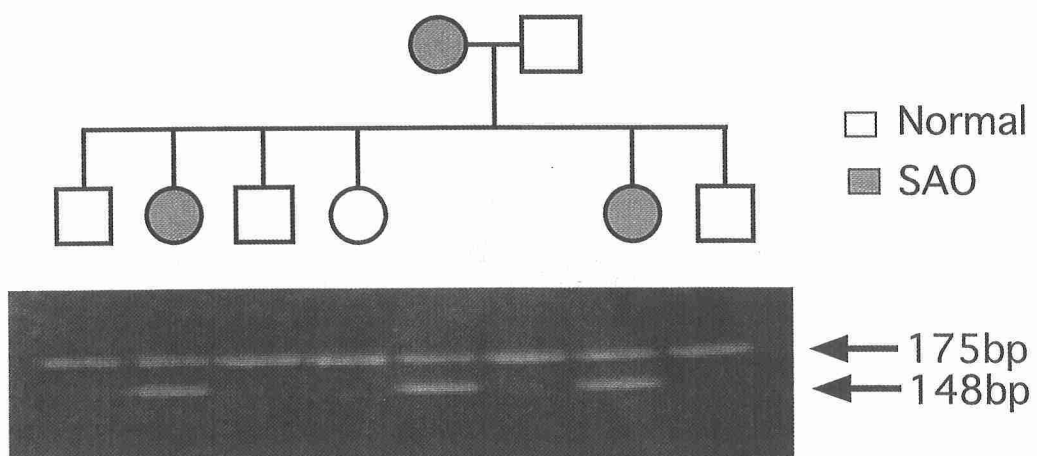


図2 SAOの原因となるバンド3タンパク質遺伝子上の27塩基対欠失 (Band3Del) をはさむ DNA 領域を、PCR 法により増幅すると、通常では一本のバンドが観察されるが、Band3Del を持つ個体は、通常のバンドに加え、それより27塩基対短いバンドが観察される。

## DNAレベルの遺伝的変異量の推定

田嶋文生 (生物科学専攻)

ftajima@biol.s.u-tokyo.ac.jp

生物集団内には（生物によっては多量の）遺伝的変異が維持されている。では、集団内に維持されている遺伝的変異の量とパターンはどのような機構によって決定されているのだろうか。答えは一つではない。あるものは中立な突然変異による変異の増加と遺伝的浮動による変異の減少のバランスによって決定されている。また、あるものは自然選択によって決定されている。遺伝的変異の保有機構を解明するためには、まず遺伝的変異の量を正確に知る必要がある。

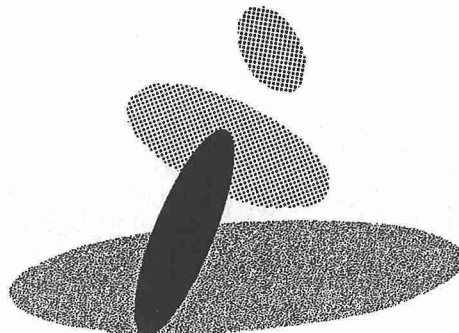
DNAレベルの遺伝的変異（DNA多型）の量として、 $\theta$ がよく用いられる。これは $\theta = 4Nv$ と定義される基本的量である（ここで、 $N$ は集団の有効な大きさであり、 $v$ は突然変異率である）。しかし、この量を推定することはそう簡単なことではなかった。すなわち、これまででは、いくつかの条件が満たされているときにだけ、推定可能であった。この条件には、集団は任意交配集団であること、サンプルは無作為抽出であること、自然選択が働いていないこと、突然変異率が低く、同じ塩基部位に繰り返し突然変異が起きないこと（無限塩基部位モデル）、などがある。最近の研究により、次のようなことが明らかになってきた。

サンプルが無作為抽出でないとき、 $\theta$ の推定値にどのような影響があるかは、もちいた推定法に依存する。すなわち、多型的塩基部位数をもちいる方法は、平均塩基相違数をもちいる方法よりバイアスが大きい。

突然変異率が一定でなく、塩基部位ごとに異なっていると、突然変異率が高い塩基部位では繰り返し突然変異が生じる。この場合、無限塩基部位モデルを仮定すると、 $\theta$ は過小推定してしまう。突然変異率がガンマ関数に従っている場合、ばらつきを決めるパラメータが分かっていると、 $\theta$ の不偏推定値を得ることができる。

自然選択が働いているときは、厄介である。しかし、自然選択が働いている塩基部位が分かっていると、 $\theta$ を推定することができる。これは従来の推定法とはまったく異なる方法である。

遺伝的変異の保有機構を知ることは、進化機構を知ることである。すなわち、遺伝的変異は進化過程の一断面であり、進化機構と同じ機構であると考えられるからである。事実、種内の遺伝的変異を種間の遺伝的変異と比較する研究が、最近、数多くみられるようになった。一步、前進である。





## 地理情報システムを用いた英国ハンバー川流域の水質分布解析

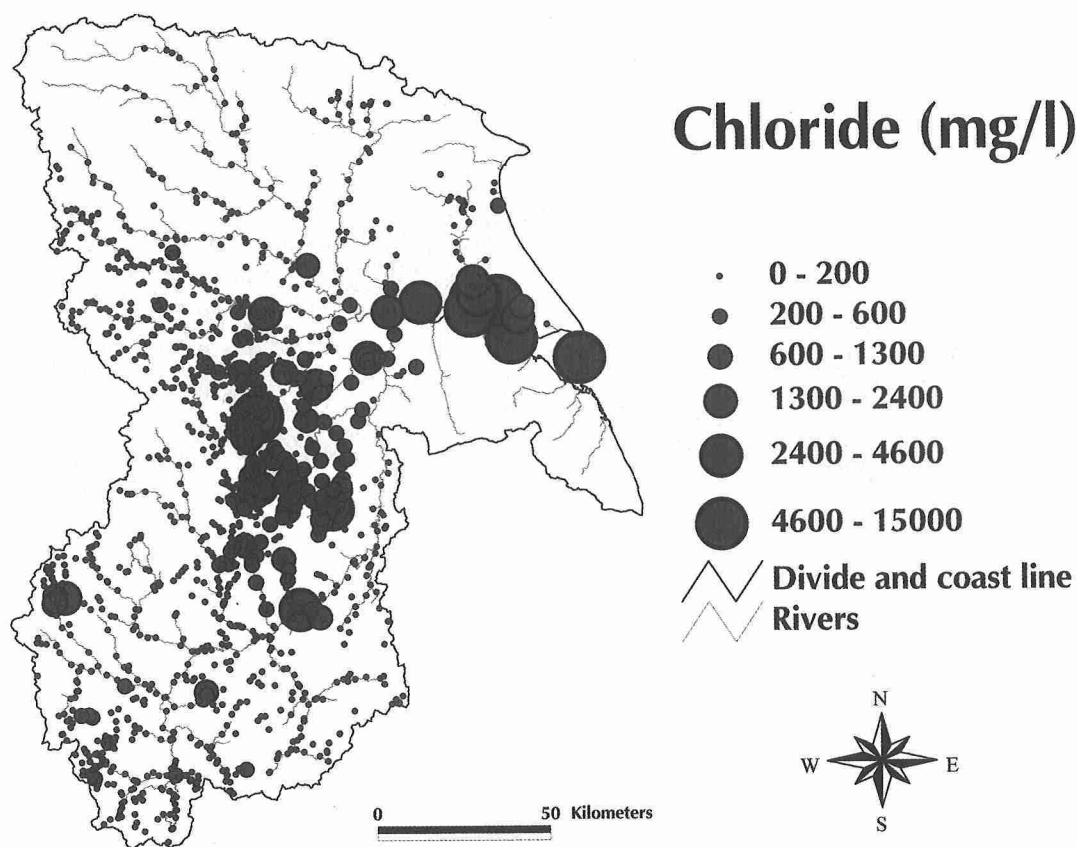
小 口 高 (地理学専攻：空間情報科学研究センター)  
oguchi@csis.u-tokyo.ac.jp

日本や英国では、複数の自治体や研究機関が河川流域の環境に関する諸情報を収集している。しかし、いわゆる「機関間の壁」などの要因により、情報を一ヶ所に集約することが難しく、流域環境の総合的解析は困難であった。

ところが英国では、Land Ocean Interaction Study と呼ばれる国家的プロジェクト (1993～1998年) により、イングランド東部の流域に関する多様な環境情報が、デジタル・データベースとして Institute of Hydrology (IH) に集約された。今回、IH の研究者 2 名と共同で、このデータベースを解析する機会を得た。主要な研究対象は、東部イングランドで最大の規模を持つハンバー川流域の河川水質である。共同研究者は土砂輸送と水質の専門家で、現地を熟知している。このため、私は地理情報システムを活用したデータの抽出、整理、可視化、および基本的な解析を主に担当し、共同研究者が応用的な解析と結果の解釈を主に担当した。利用可能な情報量が

従来よりも飛躍的に増えたために、研究の初期段階から複数の新事実が発見された。一例をあげると、河川水中の塩素イオン濃度は、一部の都市域や潮汐の効果を受ける最下流部とともに、流域中部付近の農村地域で顕著に増加している (図)。しかし従来は、農村地域では人間活動の影響が小さいために、塩素イオン濃度が低いと考えられていた。流域中部の農村地域では、かつて石炭の採掘が盛んであった。掘削された地層は海底で堆積したために、海水の成分を多量に含んでいる。この成分が採掘跡地から溶出したために、河川水中の塩素イオン濃度を増大させていることが判明した。

今回の共同研究に基づき、これまで 3 本の共著論文を作成したが、IH のデータベースには未解析のデータがまだ多量に収録されている。これらのデータと地理情報システムを活用した共同研究を、今後も継続する予定である。



ハンバー川水系における 1986-1996 年の平均塩素濃度分布図  
(Oguchi, Jarvie and Neal, *The Science of the Total Environment*, in press)

## 常緑樹の分布を決めているもの

舘野正樹 (附属植物園日光分園)

stateno@hongo.ecc.u-tokyo.ac.jp

常緑樹というのは生態系を性格付ける植物で、熱帯から日光付近までは常緑広葉樹が分布し、日光以北あるいはもっと標高の高い場所では常緑針葉樹が分布しています。ちょうどその境に日光があるため、昨年日光の専任になったのを機会に、こうした常緑樹の分布を決定する要因を見つけようと思い始めています。

単純には冬の最低気温が問題ではないかと考えられるのですが、植物の耐凍性というのは結構強くて、決して氷点下にはならない沖縄の固有の植物でもマイナス5°C程度まで耐えられる植物があります。日光には分布できないシラカシの耐凍性はマイナス17°C程度で、日光の冬の最低気温より5°C近く低い気温でも細胞は死にません。

昨年冬の間にさまざまな常緑樹の特性を測定してみたところ、寒冷地に分布する常緑樹は付けている葉の量に対して比較的茎が太いことを見つけました。茎は水を葉に供給するという重要な役割を持っているのですが、実は低温に会うと水を通す道管に簡単に気泡が侵入し、

水が通らなくなります。茎が太いということは道管の数が多いということです。おそらく、太い茎ほど確率的にこのような水切れから逃れる道管の数が多くなるため、葉に水を送り続けられるのでしょう。このような水の供給の問題が常緑樹の分布域の北限あるいは上限を決定している、というのが現在の私たちの仮説になっています。常緑樹の南限あるいは下限については、寒冷地に分布する茎の太いずんぐりした常緑樹は葉が少ないために良好な環境での成長が比較的悪く、そのため茎の細い成長の速い常緑樹に競争で負けてしまうため温暖な地方には分布できない、と考えることもできます。

熱帯からタイガまで緯度に沿った常緑樹の分布は水が決定し、同じ緯度の生態系内の遷移(種間競争)については窒素競争が説明し、種内競争は光競争がその結末を予言する、というのが私たちの研究室の3つの仮説です。小さな所帯ですが、理論と実験の両面から研究を進めています。



冬の福島県七ヶ岳付近。雪の下は気温が高いのですが、雪の上ではかなり気温が下がります。こうした雪の上に葉を出している植物は、ずんぐりしていたり、水切れを起こしにくい構造を持っています。

## 桜島火山の火山ガスプリューム組成の遠隔測定

森 俊 哉 (地殻化学実験施設)

mori@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp

桜島火山は、年間数十回から数百回の爆発的噴火を繰り返す火山で、噴煙を吹き上げる雄姿を見たことがある人も多いと思う。桜島では京大防災研、国土地理院、気象庁などを中心に、地球物理学的、測地学的観測網が張り巡らされている。例えば山体に埋設された傾斜計を使って、山体の膨張の変動を観測することにより、爆発的噴火を事前に察知することが可能となっている。

火山ガスを取り扱う地球化学的研究の場合、桜島での観測及び研究は困難である。なぜなら、ここでは噴気活動が山頂火口のみで発達しているため、研究対象である火山ガスを直接採集することができないからである。今日までの火山ガスの研究は、山体斜面を流れ降りてくるガスの組成を測定したり、リモコン飛行機を噴煙中に飛ばしガスを採集することで行なわれてきた。また、COSPEC (紫外線相関スペクトルメーター) を使用した遠隔測定により、二酸化硫黄放出量の変動の研究がなされている。しかし、COSPEC では噴煙の火山ガス組成を頻繁にモニタリングすることはできなかった。「これを可能にしたい。」というのが、ここに紹介する研究の基本的な目的である。

1999年3月末に、桜島火山の山頂火口から上昇する火山ガスプリューム中の化学成分の遠隔測定を目的とした観測を行なった。望遠鏡を装着した赤外分光放射計を使用し、観測点から山頂を見上げる形で火山ガスプリューム成分を測定した。観測場所は、山頂西側の京大防災研桜島火山観測所の屋上と、東側黒髪地区の砂防工事現場の2ヵ所である(山頂からの距離はそれぞれ約6kmと約4kmである)。太陽の散乱光や太陽光を赤外光源とし、火山ガスプリュームを透過してきた赤外光のスペクトルを調べると、大気中の水蒸気や二酸化炭素の吸収が見られる。それらの吸収を取り除くことにより、スペクトル中に火山ガスのSO<sub>2</sub>とHClの吸収が見つかった。その他の火山ガス成分としてはSiF<sub>4</sub>が検出している。解析の結果、HCl/SO<sub>2</sub>(モル比)にして0.1から0.2程度であった。この値は、山腹を流れ降りてくる火山ガスのHCl/SO<sub>2</sub>比の測定範囲に入っている。また、桜島火山の二酸化硫黄の放出量は、平均で2000t/dayで、非噴火時の二酸化硫黄放出量としては、世界有数である。先の比の値を用いると、HClの放出量は100t/day程度であることがわかる。

桜島のSO<sub>2</sub>放出量は1000-3000t/dayの幅で変動する。また、山腹で測定したHCl/SO<sub>2</sub>比は0.1~3.0の幅で変化することが知られている。果して、HCl/SO<sub>2</sub>比は放出量と伴にどのような挙動を示すのであろうか、また、噴火前後にこの比がどのような振舞いをするのであろうか、非常に興味深い。赤外分光法を用いた火山ガス成分の遠隔測定は、太陽の位置、風向き、天候などの制約が多いが、HCl/SO<sub>2</sub>比の変動を分単位でとらえることが可能である。桜島火山では、HCl/SO<sub>2</sub>比の長期的変動や、爆発噴火前後の短期的変動をとらえることが、今後の大きな課題であり、火山ガス化学成分の遠隔測定を通して噴火活動の解明に貢献して行きたい。



## 遠赤外線サブミリ波宇宙背景放射と銀河の形成進化

川 良 公 明 (天文学教育研究センター)

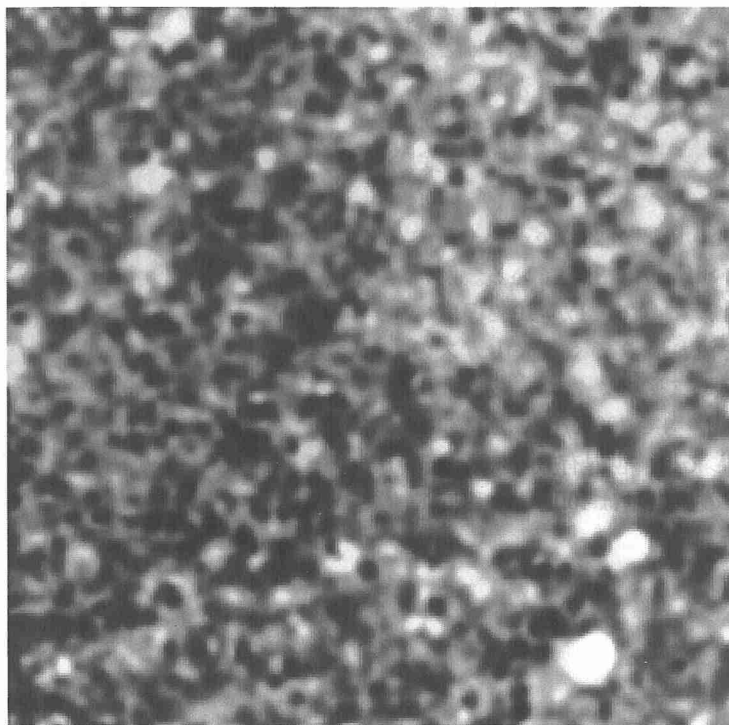
kkawara@ioa.s.u-tokyo.ac.jp

約150億年前に誕生した宇宙の密度と温度は、宇宙膨張とともに下がり、やがて物質と電磁波が分離して宇宙が電磁波に対して透明になった。この時の電磁波は、3 K宇宙背景放射としてマイクロ波からサブミリ波の領域で現在観測されている。COBE(Cosmic Background Explorer) 衛星チームの努力により、3 K宇宙背景放射の中に物質密度の揺らぎの兆候が発見された。こうした揺らぎが銀河形成のきっかけを作ったはずである。「遠方の銀河を探索すると、形成中の銀河(原始銀河)が見つかる」という希望のもとに、光学領域での探索が行われ赤方偏移が5を超える銀河も見られているが、原始銀河の発見には至っていない。その理由としては、(1) 原始銀河はダストに隠されている、(2) 赤方偏移が大きくて光学領域では見えない、(3) 銀河は衝突融合を繰り返して現在のような大きな銀河に成長してきたもので、原始銀河は非常に暗い、などが考えられる。

ダストによって吸収された紫外線可視光線は、遠赤外線として放出される。また、個々の天体は暗くても、多数の天体を1つのビームに入れて(拡散光として)観測すれば、検出することができるかもしれない。こうした予測に基づき、フランスのグループはCOBEのデータを再解析し、100~1000ミクロンの領域で空が一様に光っ

ていることを発見した。「この一様放射(遠赤外線サブミリ波宇宙背景放射)は遠方の銀河から放射されている遠赤外線の重ねあわせである」との解釈に間違いはあるまい。ハッブル宇宙望遠鏡の深宇宙像と比較することで、遠赤外線として放出されているエネルギーは、紫外線可視光線として放出されているエネルギーと同程度であることがわかった。一方、現在の宇宙で放射されているエネルギーの大部分は紫外線可視光線である。つまり、過去の宇宙(遠方の天体)はダストに隠されていて光学領域の観測では見えにくくなっているようだ。原始銀河は、遠赤外線やサブミリ波領域での探索によって発見されるのかも知れない。

そこで我々は、ISO(赤外線宇宙天文台)を用いて、遠赤外線(波長 $95\mu\text{m}$ ,  $175\mu\text{m}$ )で深探索を行った。結果( $95\mu\text{m}$ の画像)を図に示す。1辺の長さは44分角である。画像には細かいブツブツが百個以上みえるが、それらのすべては銀河である。これらの遠赤外線源を光学天体と同定し、後退速度(距離)を測ることで、銀河の形成進化に関する情報や遠赤外線サブミリ波宇宙背景放射との関係が明らかになると期待しながら、観測をすすめている。



## 東京大学名誉教授称号授与伝達式

平成11年5月19日付けで次の方々に東京大学名誉教授の称号が授与されました。

- ◎ 伊原 康 隆 (数 学) 京都大学数理解析研究所 教授
- ◎ 小 林 俊 一 (物理学) 理化学研究所 理事長
- ◎ 尾 崎 洋 二 (天文学) 長崎大学教育学部 教授
- ◎ 矢 崎 紘 一 (物理学) 東京女子大学文理学部 教授
- ◎ 堀 田 凱 樹 (物理学) 国立遺伝学研究所 所長

6月9日(水)に研究科長室において、東京大学名誉教授の称号を授与された上記の先生方(伊原・尾崎・堀田の3氏は都合によりご欠席)をお招きし、伝達式が行われました。

式終了後には上野東天紅に場所を移し、先生方を囲み、小間研究科長、濱野、釜江両評議員、事務長、両補佐が出席し懇談会が催され、それぞれのご近況や思い出話などに和やかな一時を過ごしました。





## 高校生インターナショナル・サイエンス・スクール

夏休みに入って間もない7月22日から7月29日のあいだ高校生インターナショナル・サイエンス・スクールが開かれた。このサイエンス・スクールは財団法人日本国際教育協会の主催によるもので、アジア太平洋地域諸国の高校生を招き、我が国の高校生とともに物理学分野と生物学分野の最先端の研究の現状を理解させること、および各国の高校生達が交流を深めることにより、日本とアジア太平洋諸国間の相互理解と友好親善の促進に寄与することを目的としている。この計画は平成6年度から始まり、最初の3年間は物理学については高エネルギー物理学研究所、生物学については岡崎国立共同研究機構で行われた。平成9年度からの3年間は物理学は引き続き高エネルギー加速器研究機構（旧高エネルギー物理学研究所）が担当し、生物学は東京大学大学院理学系研究科が担当することになった。実施したプログラム名は「生物科学プログラム」で、今年度が3年計画の最終年度に当たる。

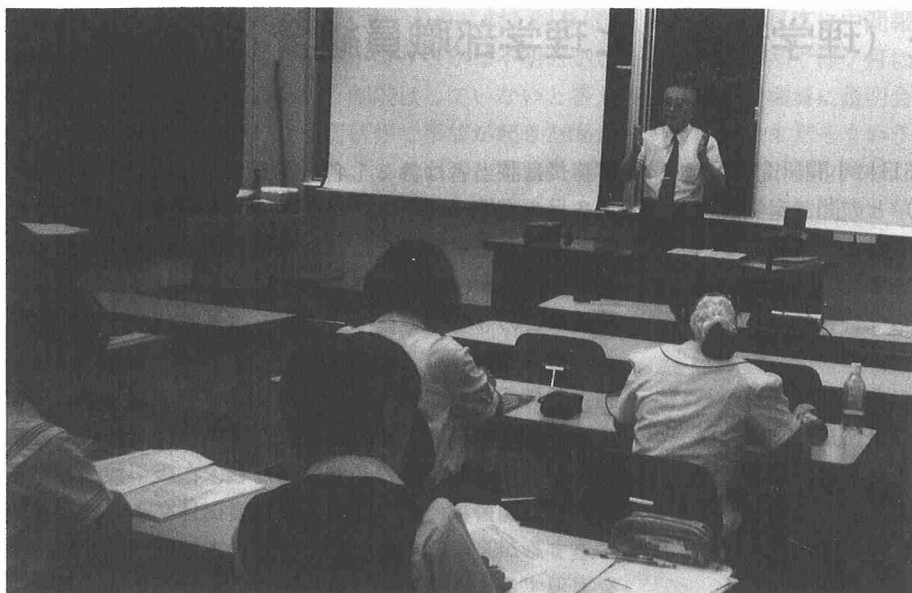
今回は、インドネシア、オーストラリア、カナダ、韓国、シンガポール、タイ、中国、ニュージーランド、フィリピン、マレーシアから各1名、国内の11都道府県から各1名、合計21名の高校生が参加した。講義と実習は、理学部2号館を中心に、理学系研究科附属植物園（日光分園）や国立科学博物館などで実施された。指導は主に生

物科学専攻の基幹講座および流動講座の教官が担当したが、農林水産省農業環境技術研究所の主任研究官にもご協力いただいた。23日からの講義・実習に先立って、22日に開校式が行われ、引き続き桃山学院大学の尾本恵市教授（本学名誉教授）による特別講演「Genetic Diversity of Human Populations in the Asian Pacific Area」が行われた。

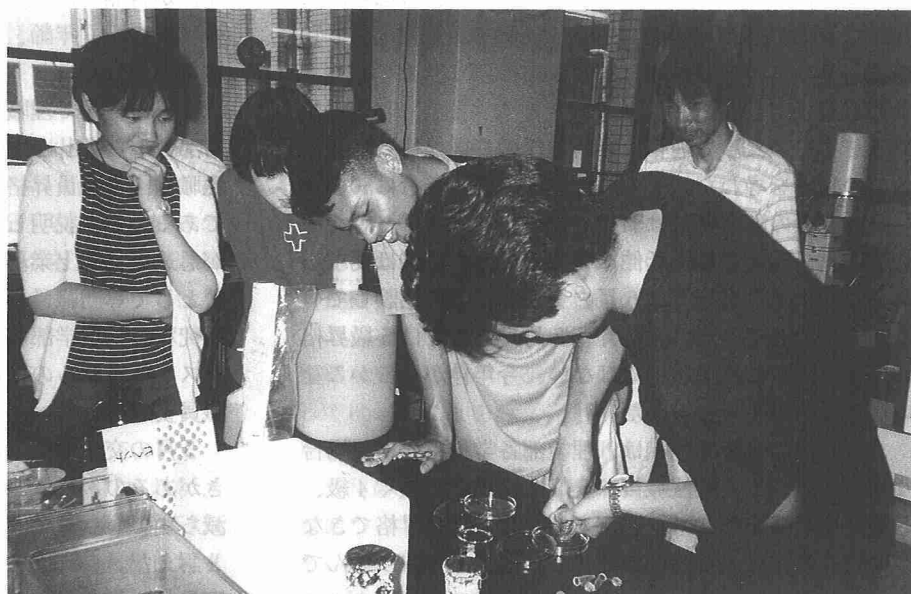
講義・実習には、植物細胞、植物個体、地衣類、ウニの鞭毛、メダカ、カエルなどが用いられ、遺伝子導入、形態観察、運動の観察、発生や分化に関する実験・観察、更には日光における生物の多様性に関する野外実習などが実施された。また、分類学や進化の理論に関する講義なども行われ、極めて盛り沢山のプログラムとなった。写真はそれぞれ特別講演、カエルの発生の実習、分岐分類学の講義の1コマで、高校生達が熱心に講義に聞き入り、実験を楽しんでいる様子が窺える。高校生が短時間で理解するにはかなりきつい内容だったが、生物とその科学の多様性と面白さは感じてもらえたと思う。また、参加各国の高校生達が和気藹々と協力しあって実験を行っており、各国の相互理解と友好親善の促進にも貢献できたと考えている。

近藤 矩朗（生物科学専攻）





特別講演



カエルの実習



分岐分類学の講義

## 理学系研究科長（理学部長）と理学部職員組合との交渉

1999年5月24日、6月21日、7月26日に小間研究科長、植田事務長と理学部職員組合（理職）との間で定例研究科長交渉が行われた。主な内容は以下のとおりである。

### 1. 昇級・昇格等

5月の交渉で理職は今年度4、5、6級の文部省から各大学への定数配分の状況を探ねた。事務長は未確認なので本部へ問い合わせると答えた。また6月の交渉で理職は今年度5、6級昇格者について本部から通知があったかと探ねた。事務長は通知はまだないが通知され次第知らせると答えた。

5月の交渉で理職は6月末の勤勉手当配分比率を探ねた。これに対し事務長は通常60/100であり、最低4回は1回は70/100であると答えた。

#### 事務職員

5-7月の交渉で理職は事務主任の6級昇格要求についての動きを探ねた。この事務主任の係長発令は50歳、しかし5級の辞令交付は54歳で在級年数は4年と短く不利であり、56歳で昇級延伸になるので特に理職は要求した。これに対し事務長は6月の交渉で本部に相談しているが実現できていないと答え、7月の交渉では5級昇格の発令と同時に来るわけではない、今年枠がくるかこないかは不明であると答えた。

また5月の交渉で理職は、理学部各学科事務室の場合女性職員が多く、女性職員は全般的に昇格が遅く4級、5級発令が高年齢であり、ポストがない限り昇格できないので女性職員の昇格についてぜひ理学部で取り組んで欲しいと要求した。

5月の交渉で理職は事務職員の専門職要求について動きがあったかと探ねた。これに対し事務長は特に動きがなく情報を得ていないと答えた。

#### 技術職員

5、6月の交渉で理職は4名の5級昇格者についてぜひ実現して欲しいと要求した。特に5月の交渉では、1人は在級年数が不足しているが年齢が高い場合は考慮される筈、また1人はS63年に技官になっているにも関わらず4級発令は平5年で結果昇格が遅れていること、1人は同職種者が全員行（一）中、1人だけ行（二）で採用された為、機械加工関連の資格があるにも関わらず現在の年齢からみる号俸は非常に低いということを訴えた。事務長は本部へ出向き相談していると答えた。

6月の交渉で理職は技術専門職員5、6級昇格者は今年度から東大で決定することになった為、部局間で不均衡がでないよう配慮してほしいと訴えた。また4月1日付け技術専門職4級と技術専門官6級の発令人数を探ね、

事務長は該当者は各々1名と答えた。

7月の交渉で理職は7月に3名の5級昇格が実現したことに謝意を示し、昇格した在級年数、年齢、号俸の3基準で推薦順位を決めることを確認した。これに対し事務長はこの3基準で行っていると答えた。

#### 図書職員

5-7月の交渉で理職は行（二）から行（一）に振替になり、年齢と号俸の条件は満たし、在級年数が5年を経過した図書職員について、来年度には在級年数が基準に達するが高年齢であるので、ぜひ本年度中の5級昇格を実現するよう重ねて要求した。これに対し事務長は7月の交渉で、東大全体の枠の問題であり今年度昇格の可能性が皆無ではないと答えた。また理職は6月の交渉で今年度在級、年齢、号俸の3基準を満たす職員の5級昇格を要望した。

5月の交渉で理職は、本部人事課との勉強会に東職図書部会から提出した資料を研究科長・事務長に手交した。理職は図書職員昇格改善要求についてまとめられた資料であることを説明し、図書業務の機械化・情報化の進行が急速である上業務量は増加する為、図書職員の待遇改善として専門職員化が必要であると訴えた。これに対し研究科長は理学部各専攻図書室員の専門性を取り上げてポスト要求するのは難しい、今後電子図書館関連の専門職員要求はし易いだろうと答えた。

5月の交渉で理職は、図書の組織化についてその後動きがあるのかどうかを探ね、現状で組織化しても定員を減らすというマイナスにしか働かないという危惧があると訴えた。これに対し研究科長は特に動きはなく、今後定員削減があると今の体制を維持していくのは難しいと述べた。

### 2. 研修旅費・研修費

#### 技術職員

6月の交渉で理職は、昨年12月に要望書を提出済の技官の研修旅費について会計委員会での検討結果を探ねた。これに対し研究科長は今まで委任経理金の利子でサポートしていたが、財源がなくなった為今年度から教官の旅費の一部を留保する、あるいは委任経理金の一部を留保するという方法で充てると答えた。また科長は6月の教授会で委任経理金の1%を共通経費として出すことを了解を得た、しかし希望額を出すのはかなり難しいと答えた。

7月の交渉で理職はどの程度の予算枠になりそうかを探ねた。これに対し科長は助手に対する旅費と同様に職員の人数で総額を計算したところ今年度技官は78万円程度で希望の4分の3程度であると答えた。また理職は旅費の総額は7月に分かるが、4-6月に研修に行きた

い場合はどうすればよいかを尋ねた。これに対し科長は、今後当該年度に前年度並の予算が降りるかは不明だがこの期間の研修ができないという制限はしていないと答えた。理職は年休を取得した私費研修で事故が起きた場合公務災害にならないと発言した。これに対し事務長は制度上私費での研修は公務と認められないので公務災害とならない、また科長はこれは問題であると答えた。

#### 図書職員

5月の交渉で理職は図書職員の研修費と研修旅費について昨年に続き今年も予算要求し、要望は図書委員長から会計委員長に文書で提出したので回答も会計委員長から図書委員長宛に文書でもらいたいと要望した。これに対し研究科長は承知したと答えた。また理職が研修旅費検討の今後の予定について尋ねたところ、科長は6月の会計委員会で配分方針を決定し、7月の教授会で具体的に金額を決定する、図書職員の研修旅費も会計委員会の議題となるよう留意しておくことと答えた。6月の交渉で理職は今年度研修費と研修旅費の検討結果を尋ねた。研究科長は研修旅費の財源は技官と同様であり、予算額は希望の20%程度になるだろうと答えた。また科長は研修費は前年度マニュアルの作成等有効活用されており昨年度並に支出したいと答えた。7月の交渉で理職は研修旅費と研修費の予算額を尋ねた。研究科長は校費枠の研修費は昨年並に出せるが、研修旅費は技官同様の計算で算出したところ20万円代となり、希望どおりではないと答えた。

### 3. 独立行政法人化

5月の交渉で理職は定員削減の上待遇改善はされず、非常勤職員の指導等仕事も増加し困窮する現状を訴えた。これに対し研究科長は2003年には独立行政法人化に対する最終結論を出さねばならず、個々の矛盾を解消する努力も必要だが、組織そのものの変革期であると答えた。

6月の交渉で理職は独立行政法人化検討のスケジュールと状況を尋ねた。これに対し科長は提出の場合平13年度概算要求事項で、今は移行する場合としない場合のシュミレーションを将来計画検討委員会で検討中であり、大学の特徴を個別法に盛り込めるか否かも検討していると答えた。理職は東大が法人化する場合、移行する組織単位はどう考えられているのかを尋ね、科長は東大全体で法人化するか否かの対応を決めたいと総長が発言している、また法人化は独立採算性と一体ではないと答えた。

7月の交渉で理職は6月の国大協総会で法人化について議論があったか、また他に新たな情報はあるかと尋ねた。これに対し科長は学部長会議で国大協総会について報告があり、早急に検討を始めることになった、総長の元に4テーマの検討会(1.理想的な組織を議論、2.大学組織として国立と法人のどちらがベターかを議論、3.個別法に盛り込まれる内容を検討、4.国立、法人化以外の第三の道を検討)が設置され、今年中に全体の結論を出

し、10月迄に中間報告を出す予定であると答えた。理職は理学系では7月に教官の検討会を持つそうだが助手及び職員に説明会などを持つ予定があるかと尋ねた。科長はまだそういう状況になく法人化の検討が進んだら何らかの場を持ちたいと答えた。理職は再度法人化移行の際の組織単位を尋ね、科長は全く未定であると答えた。理職は各大学で独立行政法人化した場合、職員の異動希望が通りにくくなる危惧を訴えた。科長は運用上異動ができるよう考慮する必要があると答えた。理職は理学系教授会として独立行政法人化への反対声明は出さないと尋ねた。科長は国に残っても十分定員がつく訳でなく、即反対という風に意見はまとまらないと答えた。

### 4. その他

5月の交渉で理職はセクハラ相談担当者を各専攻に設置する事の概要説明を求めた。事務長は人事院規則に対応し各専攻毎に男性の専攻長と女性の事務室職員を相談員とし、相談依頼があった際には人事掛長に相談してほしいと答えた。理職は第三者が相談員となるべき、相談員の研修も必要であると訴えた。これに対し科長は東大で検討を重ねた結果ではなく今後別の体制に変わる可能性はあると答えた。

5月の交渉で理職は田無にある原子核科学研究センター移転についての状況と職員の扱いを尋ねた。これに対し科長はサイクロトン利用設備のある理研に原子核の分室ができる予定で、職員は公務員のままで働くと回答した。理職は調整手当が下がるなどの不利益がでないよう考慮してほしいことを訴え、事務長は処遇が同じでないようなら要求していくつもりであると答えた。

6月の交渉で理職は『新領域創成科学研究科関連の業務について』という文書を同月研究科長に手交したが、その後の対応と状況について尋ねた。科長は事務長から新領域事務部に連絡してもらった、新領域の図書業務については新領域研究交流掛長、理学系図書掛長と連絡を取りつつ問題点を話し合っしてほしいと答えた。また旧専攻で新領域所属者が利用したコピー代金については移算で負担してもらおう予定であると答えた。理職は新領域側で主体的に図書業務について検討せよと文書で要求したことを言及したが、科長は新領域事務部では具体的に図書業務の内容がわからない故、して欲しい仕事は具体的に提示する必要があると答えた。

6月の交渉で理職は『理学部職員組合書記局整備に関する要望書』を手交し書記局整備を訴えた。事務長は検討して可能なことは行いたいと答えた。

6月の交渉で理職は文部省共済で団体終身保険を取り扱う東邦生命倒産についてその後の対応を尋ねた。事務長は給与掛に問い合わせると回答すると答えた。

6月の交渉で理職は理学系としてコンピュータ2000年問題にどう対応するのかを尋ねた。科長は職員の個別対応の必要があり、ネットワーク担当教官に相談しつつ進めていくと答えた。

## 人事異動報告

### (講師以上)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
鉱物	教授	村上 隆	11. 6.16	昇任	助教授より
地惑	〃	ゲラー・ロバート・ジェームス	11. 7. 1	〃	〃
化学	助教授	市川 淳士	〃	転任	九州工業大学より
生科	講師	近藤 修	〃	昇任	東北大学助手より
スペクトル	教授	小林 昭子	11. 7.16	〃	化学専攻助教授より
物理	〃	駒宮 幸男	11. 8. 1	配置換	素粒子物理国際研究センターより
地質	〃	島崎 英彦	11. 8.31	辞職	

### (助手)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
生科	助手	高野 博嘉	11. 6. 1	昇任	熊本大学講師へ
〃	〃	黒岩 晴子	〃	採用	
化学	〃	田中 健太郎	〃	転任	岡崎国立共同研究機構より
ビッグバン	〃	山田 章一	〃	配置換	物理学専攻より
物理	〃	河野 浩	11. 6.16	昇任	大阪大学助教授へ
生科	〃	東山 哲也	〃	採用	
スペクトル	〃	雨宮 健太	〃	〃	
物理	〃	石山 英二	11. 6.30	辞職	
鉱物	〃	海田 博司	11. 7. 1	転任	東北大学へ
生科	〃	敷藤 由美子	〃	採用	
物理	〃	河邊 径太	11. 7. 5	研究休職	11.7.5~12.7.4
地理	〃	江崎 雄治	11. 8. 1	転任	国立社会保障・人口問題研究所へ
物理	〃	安東 正樹	〃	採用	
化学	〃	山垣 亮	〃	〃	
物理	〃	小林 研介	11. 8.16	配置換	物性研究所へ

### (職員)

所属	官職	氏名	発令年月日	異動内容	備考
化学	事務官	渡辺 涼子	11. 8. 1	配置換	総務部人事課 (文化庁 (併))



## 博士（理学）学位授与者

平成11年4月12日付学位授与者（5名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	化学	堀本訓子	液体分子線による溶液中および溶液表面分子のレーザー誘起過程
論文博士	〃	磯部寛之	核酸結合性有機官能基化フラーレンの合成とその機能
〃	〃	前山勝也	タングステン(0)カルボニル錯体を触媒とする末端アセチレン化合物の分子内環化反応
〃	〃	久保田岳志	L-Edge XANESによる担持金属微粒子上の吸着水素に関する研究
〃	鉱物学	吉川彰	マイクロ引き下げ( $\mu$ -PD)法の高温への適用—高融点物質(YAG/Sapphire共結晶、 $Tb_3Al_5O_{12}$ 単結晶、 $Nd^{3+}$ :YAG, $Yb^{3+}$ :YAG単結晶)ファイバー結晶の融液成長—

平成11年5月17日付学位授与者（3名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	天文学	津川元彦	近接連星系における降着円盤爆発現象の論理的研究
論文博士	物理学	中山知信	シリコン表面上の単原子・単分子層ヘテロ膜の成長と欠陥導入機構の実空間顕微法による研究
〃	化学	小林かおり	含窒素短寿命分子マイクロ波分光

平成11年6月14日付学位授与者（4名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	情報科学	関口龍郎	モバイル言語システムに関する研究
〃	生物化学	大町美津枝	孵化後の生長に必要なとされる線虫 kel-1 遺伝子の単離と解析
論文博士	物理学	石坂智	アンチドット格子における電子輸送
〃	地球惑星物理学	露木義	降水量データを用いた熱帯大気の4次元変分法によるデータ同化

平成11年7月12日付学位授与者（3名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	情報科学	有田正規	代謝系の再構築：理論と実験
〃	地質学	モウキョートウ	日本海大和海盆の地震学的層序掘削試料、孔内計測、反射法地震波探査データの総合的解釈
論文博士	地球惑星物理学	道田豊	船舶搭載型ADCPデータの解析による黒潮及び表層エクマン層の構造

平成11年7月31日付学位授与者（1名）

種別	専攻	申請者名	論文題目
課程博士	物理学	吉田恭	発達した乱流における速度循環の統計法則についての研究

---

編集	：	西田 生 郎 (生物科学専攻)	内線	2 4 4 7 6
		nishida@biol.s.u-tokyo.ac.jp		
		江 口 徹 (物理学専攻)		2 4 1 3 5
		eguchi@hep-th.phys.s.u-tokyo.ac.jp		
		杉 浦 直 治 (地球惑星物理学専攻)		2 4 3 0 7
		sugiura@geoph.s.u-tokyo.ac.jp		
		佐々木 晶 (地質学専攻)		2 4 5 1 1
		sho@geol.s.u-tokyo.ac.jp		
		小 林 直 樹 (情報科学専攻)		2 4 0 9 4
		koba@is.s.u-tokyo.ac.jp		
		大 井 哲 (庶務掛)		2 4 0 0 5
		ooi@adm.s.u-tokyo.ac.jp		

印刷.....三鈴印刷株式会社

---