

《研究紹介》

並列ソフトウェアコンテスト

小柳 義夫 (情報科学専攻)

並列計算機により高速に計算を行うには、アルゴリズムを見直し、並列処理に適したプログラムを書かなければならない。このような訓練は、大学や大学院の教育において早期に行うことが有効である。このため、情報処理学会主催の並列処理シンポジウムでは、全国の大学生や院生を対象に並列ソフトウェアコンテストを開催し、筆者が実行委員長を務めた。今年の問題は、

$$N = 3,276,800 = 2^{17} * 5^2$$

の複素離散フーリエ変換で、AP1000+, Cenju-3, SP-2, SR2201 の各並列計算機上で、順変換と逆変換を合わせた時間を競うものである。

参加者は全国22の大学から、学部2年生から博士3年生まで103チーム、184人が参加した。しかし、最後まで完走しどれかの並列計算機で正しい答を出したのは21チームであった。この中で、情報科学専攻博士2年の高橋大介は、SP-2 および SR2201 の両部門で1位に入賞した。

時間は0.795秒および0.176秒であった。また、情報科学科4年生の牧野貴樹、長井歩、丹羽容輔チームは、AP1000+ 部門で1位を受賞した (1.205秒)。いずれも、2位以下に大差をつけた好成績で、実行委員会の予想をはるかに上回る速度であった。6月18~20日に開かれた並列処理シンポジウムでは、1位入賞者がアルゴリズムやプログラミング上の工夫などについて講演し、専門家からも高い評価を得た。なお、情報科学専攻博士1年の富松、黒田、渡辺のチームは、SP-2 および SR2201 の両部門で2位を獲得した。時間は、1.021秒および0.244秒であった。

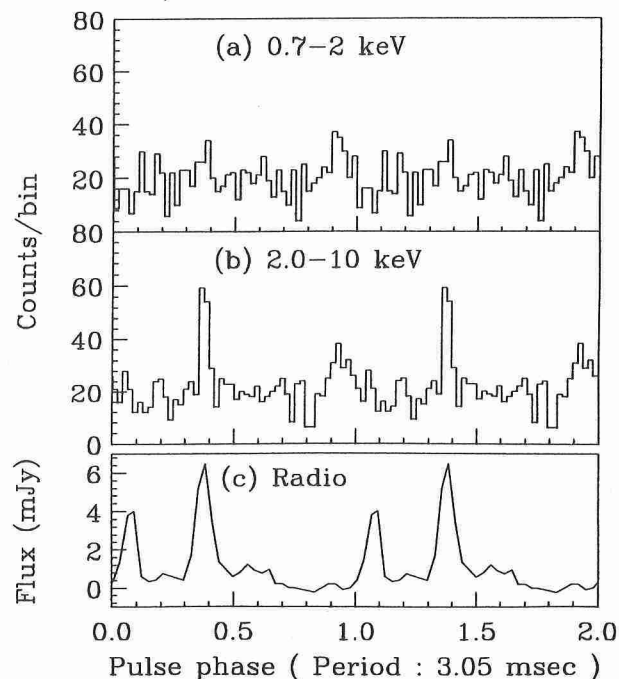
情報科学科および専攻では、高並列高分散研究支援装置として AP1000+ を導入するなど並列処理環境を整備し、カリキュラムにも並列処理を採り入れて来たが、その成果の一端が現れたものと思われる。

ミリ秒パルサーからのX線パルスの発見

釜江 常好 (物理学専攻)

X線天文衛星 ASCA の観測により、超高速回転電波パルサー (ミリ秒パルサー) の一つ (PSR 1821-24 : 回転周期3ミリ秒) が、電波だけでなく高エネルギーのX線を、かにパルサーに似た鋭い二つ山のパルス状に放射をしていることを発見した。これら一群の電波パルサーの一つは、重力波を出してエネルギーを損失している証拠を検出したことでも有名で、遠心力が核力と同じ位になるスピードで回転している。多くの意味で極限状態にある中性子星である。これらミリ秒パルサーは、recycleパルサーとも呼ばれ、誕生から数億年以上経過し、活動が低下していた中性子星が、周りから物質を取り込み回転数を上げ電波を出すようになったと考えられているが、磁場が弱い ($\sim 10^8$ gauss) と考えられ、かにパルサーに代表される普通のX線・ γ 線パルサー (磁場： $\sim 10^{12}$ gauss) とは対極にあるパルサーと考えられていた。

今回の発見は、古い「暗黒物質化」した中性子あるいはブラックホールの密度を知る上からも重要だが、それ以上にパルサーの放射機構を解明するために重要な鍵を与えてくれる重大なものと考えている。すなわち、これまで知られているパルサーは、磁場の強さも回転周期も、



図の説明：
我々の観測した、ミリ秒パルサー PSR 1821-24 のパルス波形 (a)、(b)。参考のため、ピークの位置をそろえて描いた電波の波形 (c) も記した。相対タイミングは衛星の位置不確定性などのためはつきりしない。

互いに似ているものばかりであったが、このミリ秒パルサーは、回転周期が数10倍、磁場が 10^3 分の1と全く

異なる条件下にあるものでも、同じ様な高エネルギーX線パルスをだすことを説明する理論が必要となる。

J会合体の階層構造モデル

小林孝嘉 (物理学専攻)

色素J会合体は銀塩写真増感剤として、数兆円産業に適用されている重要な物質である。それと共に、その中の励起子は、規則的に配列した構成分子の振動子間の相互作用により生成されるコヒーレントな励起状態であり、基礎的な光物性物理、量子エレクトロニクスの対象として、本質的な重要性を持った系である。特にJ会合体では分子が一次元方向に配列していると考えられており、二次元方向に電子が量子閉じ込めを受けている、いわゆる量子細線として物理的に記述できる。一次元系では、その光学遷移に伴う振動子強度が最低励起子状態に集中するのが特徴的であり、実際、J会合体では極めて特異的な鋭な吸収・発光スペクトルを持つ。

しかしながら、J会合体中励起子の示す光学スペクトルは、単純な一次元系だけでは説明できず、分子配列の構造と光学特性の関連を明らかにするためには、会合形態の微視的観察及びその制御が不可欠である。J会合体の構造に関しては、種々のモデルがあり、統一された見解に達していない。また、ラングミュア・プロジェクト(LB)膜といった二次元系との比較も十分検討されているとは言えない。

当研究室では、最近、垂直スピコート法という新しい試料作成方法を開発し、一次元J会合体を特定の軸方

向に安定に空間配向させた薄膜試料を世界で初めて作成した。この垂直スピコート法によるJ会合体一次元配向膜は、室温において安定なだけでなく、極低温まで配向を保持できるので、一次元励起子の次元性を分光学的に直接研究するのに最も適している。

この配向膜の直線偏光二色性スペクトルの実験結果から、会合体にはサイズが小さいために等方分散している「メゾ会合体」と、それらが会合し流体力学的に配向可能なサイズを持つ「マクロ会合体」の二種類が階層構造を形成していることを、初めて解明した。この後、走査型プローブ顕微鏡による微視的観察によって、この階層構造モデルの詳細が研究されつつある。

この配向膜試料を用いて、J吸収帯におけるホールバーニング効率の波長・偏光依存性を測定し、配向軸に平行なJ吸収帯では高エネルギー側の量子効率が低エネルギー側に比べて、3桁近く低い値を示すという極めて特異な現象を発見した。さらに、電場変調スペクトルの測定を行い、配向軸に平行なJ吸収帯において、電場により誘起される吸収増加現象を発見した。そして、これらの実験結果を、階層構造モデルで統一的に解釈した。この研究は、研究室の三沢助手との共同研究である。

矮新星爆発の統一モデル

尾崎洋二 (天文学専攻)

天体現象の中でも激しい変動をみせるクエーサー、X線星、激変星が注目されている。これらの特徴は、空間的に小さな領域から莫大なエネルギーが放射されることである。この種の天体の中心にあってエネルギー供給のエンジンの働きをしているのが、降着円盤である。

降着円盤とは、重力の強い天体のまわりに、ガスが円盤状に分布し、回転しながら徐々に中心天体に降り積もっていく現象である。その際、重力エネルギーが開放される。降着円盤は、この重力エネルギーにより輝く天体現象である。中心天体が、ブラックホール、中性子星、白色矮星といった強重力場の天体の場合、このプロセスで莫大なエネルギーが開放される。降着円盤は、この重力

エネルギーを効率よく取り出すマシンと言ってよい。

降着円盤はこのように重要な天体現象であるが、降着円盤の本体は通常は天体の奥深くに隠されているため、その姿をかいま見ることすら容易ではない。ところが、激変星と呼ばれる天体では、可視光で降着円盤が直接観測出来る。

激変星は、白色矮星と晩期型主系列星の近接連星系で、晩期星の表面からガスがあふれ出し、相手の星である白色矮星に降着円盤を經由して流れ込んでいる天体である。特に、激変星の一種である矮新星の場合、降着円盤が突然明るく輝き出すという現象が起こり、いわば降着円盤について解き明かす「ロゼッタ石」とも言える天体である。

矮新星は、典型的な場合、数十日に一回の割合で数等級の爆発（明るさで約百倍の増光）を繰り返している星である。矮新星の爆発は、降着円盤がある日突然明るくなることによって起こることが観測から明らかにされている。そこで、なぜ降着円盤が突然明るくなるかという謎をとくために、色々なモデルがこれまで提案されたが、筆者が1974年に提案した「降着円盤の不安定性モデル」が現在では世界的に広く受け入れられる。

ところが、最近20数年間に矮新星についての観測も急速に進展し、矮新星の爆発の光度曲線は極めてパラエティーに富んでいることが明らかになった。

筆者は、「降着円盤不安定性モデル」という基本的枠組みのなかで、このように変化に富んだ矮新星の爆発現象を統一的に理解するというを試みた。これは、降着円盤について現在知られている熱不安定性と潮汐不安定性という二種類の不安定性を組み合わせるもので、2つの異なった機構に対する安定性、不安定性の組み合わせにより、4通りの異なった場合が可能になる。実際、この4通りの組み合わせから期待されるような異なった種類の激変星が存在し、特徴的な性質を示すことが明らかになってきた。

西部熱帯太平洋域での対流圏オゾンの季節変動 — 赤道域での成層圏から対流圏への物質輸送？

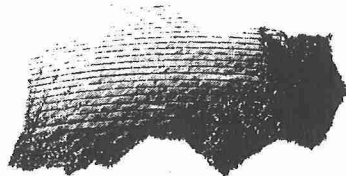
北 和 之（地球惑星物理学専攻）

大気組成の地球規模での変質は、環境問題として社会的な注目を浴びているが、その中心課題の一つとして対流圏オゾンの増加問題がある。オゾンは生物に有害な紫外線を吸収する役割を果たしていることがよく知られ成層圏での減少が問題になっている一方で、近年、強力な温室効果気体であり生物への直接的悪影響や大気の酸化能（酸性雨形成に影響する）の増大をもたらす対流圏のオゾンが増加傾向にあるらしいことが問題になっている。対流圏オゾンは、成層圏からの輸送・対流圏中での光化学的生成消滅・地表での沈着消失の三過程により支配されているが、それぞれの過程の定量化はまだきわめて不十分である。特に熱帯域では、信頼できる観測に乏しく、対流圏オゾンがどのような変動性を示すのかすら明らかではない。

そこで、海表面温度が最も高く、大気の大気対流活動も最も活発と考えられている西部熱帯太平洋域のインドネシアのジャワ島において地表オゾン濃度を1986年から、オゾン高度分布の気球観測を1992年から、大気オゾン積分量の連続観測を1993年から開始している。この地域での対流圏オゾンの季節変動は、2-3月に最小、10-11月に最大を示し、これは、4-10月の乾期に周辺で行われ

るバイオマス燃焼に伴い発生する窒素酸化物・一酸化炭素他のオゾン前駆気体から光化学生成によりオゾンが生成されるためであると考えられる。特に1994年の9-10月には、10年に一度という大規模な森林火災が起り、そこからの煙が周辺諸国に達し視程の著しい劣化などを招き社会問題化した。この期間対流圏中のオゾンもスマトラ島などインドネシア西南部を中心に広範囲で大きな増大を示した。

またオゾン濃度の気球観測により、5-6月を中心に上部対流圏でしばしばオゾン濃度が大きく増大する現象が発見された。この現象の解明のため1995年5月にオゾンおよび風速・気温の高度分布の集中観測を行ったところ、この高濃度オゾンは圏界面付近での大気ケルビン波に伴い成層圏から対流圏に輸送された可能性が高いことがわかった。通常、赤道域では対流圏から成層圏への物質輸送が生じていると考えられているが、それだけではなく成層圏から対流圏への輸送も起こっていることを示す新しい結果であり、現在どうして5-6月に集中する季節性を示すのかなど、さらにこの現象の解明に向けて研究を進めている。



金属酸化剤によるラジカル種の反応制御

奈良坂 紘 一 (化学専攻)

新しい有機反応活性種の創製は、現在の有機合成化学の分野における重要な研究課題の一つである。中性の反応活性種である有機ラジカル種は、従来広く有機合成化学に用いられてきたカチオン種やアニオン種とは異なる特異的な反応性を示し、その特徴を活用することにより、新しい形式の合成手法を開発出来るものと期待される。しかしラジカル種はその反応制御が難しく合成反応に利用されることが少なかった。われわれはこのラジカル種を有用な有機合成反応—特に炭素骨格形成法—に利用することを目的に研究を行い、高原子価の金属酸化剤を用いるラジカル種あるいはカチオンラジカル種の新しい生成法、およびこれを利用するさまざまな形式タイプの炭素炭素結合生成反応の開発を行うことができた。

金属酸化剤としてピコリン酸マンガン(III)が優れた一電子酸化剤であることを見出し、一電子酸化により β -ケトカルボン酸、シクロプロパノール、アシニトロアルカンのシリルエーテルなどから容易にラジカル種が

発生し、これが種々のオレフィンに収率良く付加することを見出した。また、セリウム(IV)鉄(III)化合物を酸化剤として用いると、エナミンやスルフィドなどの含ヘテロ原子化合物からカチオンラジカル種が生成し、炭素骨格形成反応に利用出来ることも明らかにした。さらに硫黄や窒素原子あるいはカルボニル化合物の α 位にトリアルキルスタニル基を導入すると、一電子酸化が進行しやすくなり、しかも生成するカチオンラジカル種から炭素—スズ結合の開裂反応による炭素ラジカル種の生成が容易に起こることを見出し、この反応を種々のヘテロ原子を持つ化合物の合成に適用することができた。これらの反応はいずれも、穏やかな反応条件下で反応活性種を生成することができ、しかも金属酸化剤を利用しているため金属原子をテンプレートとして反応が進行し、従来困難であったラジカル種の分子間反応の制御が可能になったことが特徴として挙げられる。

バイポーロン説かポーロン説か？

吉川 行夫 (化学専攻)
田 隅 三 生

導電性高分子の導電機構を説明するために、ソリトン・ポーロン・バイポーロンの概念が考えられ、理論・実験の両面から多くの研究が行われてきた。縮退していない構造をもつポリマー(たとえば、ポリチオフェン、ポリパラフェニレン、ポリパレフェニレンビニレンなど)では、ポーロンとバイポーロンが存在する。これまでは、化学ドーピング・光照射に伴う電荷分離により、おもにバイポーロンが生成すると考えられてきた。少量ドーピングしたポリマーが示す半導体的な電気伝導性は、バイポーロンで説明できる。一方、多量にドーピングしたポリマーは、「金属」(温度に依存しない磁化率、温度に比例する熱電能、赤外領域の高い反射率)とみなされてきたが、バイポーロンでは金属的な性質を説明できず、金属の起源は謎であった。バイポーロンが存在することの実験的な根拠のひとつは、電子吸収であった。つまり、観測された2本のギャップ内吸収がバイポーロンに帰属されてきた。実は、理論からは、バイポーロンのギャップ内吸収のうち、1本の吸収が強く、もう1本の吸収は弱い(禁制遷移)という結果が得られており、実測値と計算値の大きな違いは「吸収強度異常」と呼ばれてきた。われわれのグループでは、これまで「化学者

の目」でポーロン・バイポーロンをとらえる研究を行ってきた。種々の鎖長をもつオリゴマーのラジカルイオン(ポーロンのモデル)と2価イオン(バイポーロンのモデル)の電子吸収スペクトルを系統的に研究した結果、バイポーロンは1本のギャップ内吸収を示し、ポーロンは2本のギャップ内吸収を示すという結論を得た。この結果は理論的な予測と一致している。したがって、ドーピングしたポリマーで観測された2本のギャップ内吸収は、バイポーロンではなく、ポーロンに帰属される。さらに、ラマン分光の結果もポーロンが主に生成していることを支持した。電子—格子相互作用のみを考慮した理論計算では、2個のポーロンよりも1個のバイポーロンが安定であるが、最近、電子—格子相互作用と電子—電子相互作用を考慮すると、弱相関の領域でも1個のバイポーロンよりも2個のポーロンが安定であるという計算結果が報告されている。ポーロンが安定に存在すると考えると、少量ドーピングしたポリマーの半導体的な電気伝導性を説明することができるだけでなく、多量にドーピングしたポリマーが示す金属的な性質を、ポーロン格子(ポーロンが規則的に並んだ構造)により説明することもできる。

抗体遺伝子のV(D)J 結合を負に制御するDNA エLEMENT

坂野 仁 (生物化学専攻)

抗体およびT細胞受容体遺伝子の再構成は、ともに同じ組み換え酵素と共通のシグナル配列を用いるにもかかわらず、組織特異的さらには分化段階特異的に、厳密に制御されている。我々は昨年、抗体k 軽鎖遺伝子のV-J 結合を負に調節するDNA エLEMENTを3'エンハンサー領域(E 3')に見出した(*Cell* 83, 1113-1123)。このELEMENTを欠失させるとk 遺伝子の転座がB細胞のみならずT細胞でも起こってしまう。

この組み換えのB/T特異性については、最近E 3'領域内のPU.1 結合部位(GAGGAA)がVk-Jk 結合の制御に抑制的に働いていることが明らかにされた。では

PU.1 タンパクが、T細胞での抗体遺伝子の組み換えを抑えるレプレッサーなのであろうか。ETS タンパク関連の転写因子として報告されたPU.1 タンパクは、正の調節因子として働き、その発現もリンパ球ではB細胞に限られ、T細胞には検出されていない。したがって、PU.1 タンパクがVk-Jk 結合のレプレッサーであると考えるのは、多少無理がある。筆者らは現在、ETSファミリーのメンバーでPU.1の働きと拮抗する別の抑制性のタンパク因子を想定しているが、今後このような核タンパク質が同定できれば、V-J 結合の制御機構の解明が大きく進むものと期待される。

光をエネルギー源として生きる緑葉の細胞は、夜間の暗黒にどう対処しているのか

渡辺 昭 (生物科学専攻)

植物の葉は、昼間は光合成をしてデンプンを蓄え、夜はそのデンプンを分解して呼吸に使って生きている、ということは小学生でも知っている。ほんとうにそうだろうか。先端成長を特徴とする高等植物では、常に若い発達中の葉を先端にもっており、生殖成長期に入っている場合には、その先端部には花あるいは実を結んでいる。これらの部分は昼夜をたがわず成長するため、常にエネルギーを要求しており、古くから植物生態学では、すべてが流れ込む「sink 器官」と概念的に呼ばれてきた。それに対し、下位の葉は「source 器官」と呼ばれ、それを支えるものとしてとらえられる。光がなくなると、この下位の葉は自分を支える呼吸のためよりも、sink 器官を優先してすべてを送り出してしまうため、デンプンは短時間でなくなり、夜が明ける前には飢餓状態に陥ってしまう。

中央管理システムが脆弱な植物は、各器官あるいは細胞がきわめて自律分散的に生きているが、いくつかの局面ではこのような個体全体を統制していることが見られる。残念ながら、どのようにしてこのようなsink-sourceの統制がとられているのかは、まったく未知の部分である。われわれの研究室では、このsource 器官の中で暗黒を検知し、それに対応するための遺伝的なプログラムが動き出すことが明らかにしてきた。たとえば、ヒトの遺伝病であるメープルシロップ尿症の病因である分岐鎖ケトン酸脱水素酵素の遺伝子の発現が暗黒によって誘導されることが明らかになり、葉の細胞のタンパク質

が分解され、そこから遊離されるアミノ酸を呼吸系の基質として有効に利用するためのシステムが作り出されることが推測される。また、アミノ酸かきさら遊離されるアンモニアをsource 器官へ輸送するためのグルタミンを作り出すために、それまで細胞内に存在しているものとは違ったグルタミン合成酵素遺伝子が発現することも明らかになった。葉の細胞では、そのほかにも数多くの遺伝子が、夜の間のそれぞれ特定の時間になると発現をはじめることが見いだされ、植物には、長い夜に備えるための厳密なプログラムが存在することをうかがわせる。

自然状態で葉に光が届かなくなるのは、なにも夜に限ったことではない。発達した植物群落の中では、光合成に有効な光は往々にして補償点以下になってしまう。このような状態に陥ると、その葉は急速に老化が進み、細胞は生きたままその内容物の大部分を分解してsink 器官へ運び出してしまい、やがて枯死して個体から脱落してしまう。このように植物の老化は、上記のような生きざまの違いから、動物とは根本的に異なると考えられる。また、作物の収量への影響や、新鮮野菜の流通システムなどを考えてもきわめて重要な問題であるが、上記の遺伝子プログラムは、どこかでこの老化プログラムにつながるものと考えられるが、光がなくなったことの検知システムと遺伝子発現につながる信号伝達系、そしてこの老化のプログラムとの関連が、われわれが名付けた「夜の植物科学」の中でもっとも魅力を感じる課題である。

燃える氷、ガスハイドレートを深海底堆積物中から採取

松本 良 (地質学専攻)

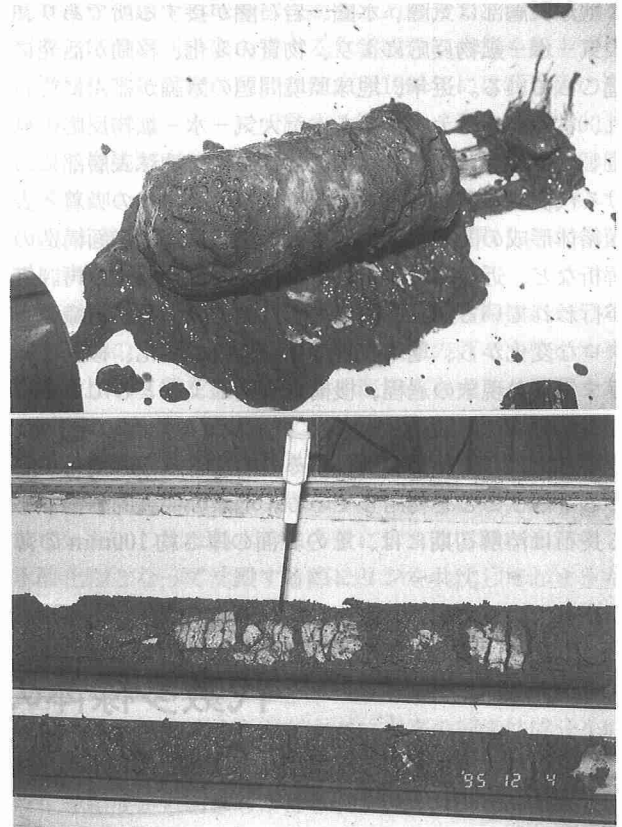
ガスハイドレートとは、水分子とガス分子（主としてメタン）とからなる固体物質である。メタンは水分子の作る立体網状構造中に包接されている。理想化学式は、 $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ と表せ、ハイドレート中のメタン含有量はハイドレート自体の約170倍である。

1995年10月～12月、北米東海岸沖約300kmのブレークリッジ（水深約2,800メートル）において、ガスハイドレートの採取、存在量の見積もりを目的とした掘削（国際深海掘削計画 ODP Leg164）を行い、多数のガスハイドレート試料の回収に成功した。

回収されたコア試料の間隙水の分析、温度測定、検層、VSP データの解析により、(1)ガスハイドレートは、海底からの深度200メートルから450メートルの堆積物中に分布していること、(2)堆積物中のガスハイドレート含有量は1%～15%であること、(3)強い地震波反射面の出現する所ではガスハイドレート分布帯の下位にフリーガス帯（メタンガスバブル存在）が厚く発達すること、が分かった。塩素濃度異常、速度異常などから、ブレークリッジ（24,000平方キロメートル）のガスハイドレートおよびその下位に存在するフリーメタンの総量は炭素に換算して35Gt（67兆立方メートル CH_4 ）と計算される。

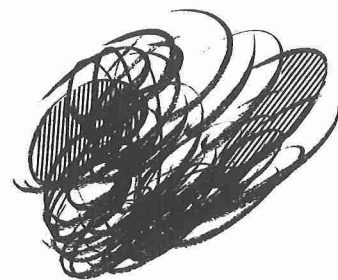
これまでの研究により、ガスハイドレートは水深400メートルから3,000～4,000メートルの下部大陸棚～大陸斜面の堆積物中に分布する事が分かっている。また、ガスハイドレート存在の兆候となる地震波反射面の分布は、上に示す水深海域の20～50%であることも分かっている。以上のパラメーターと掘削の結果から全地球の深海底ガスハイドレート量を見積もると炭素換算で5,700～14,300Gtとなる。この見積もり値は、ほぼ従来型の化石燃料の総資源量に匹敵し、海洋の全溶存炭素量の16～41%、大気二酸化炭素量の9～22倍に達する。

ガスハイドレートは温度、圧力の変化に敏感に反応し容易に分解するため、水温がわずかに上昇すると大量のメタンが大気・海洋システムに放出されることになる。この結果温暖化は加速度的に進み、同時に海洋の貧酸素化も進行する。地球史を通じて、このようなメカニズムで劇的な環境変動が起きた可能性が指摘出来る。



写真の説明：

ブレークリッジ（フロリダ沖300km）の水深2,800mの堆積物中から回収された塊状のガスハイドレート。直径約6cm、長さ17cm。ガス組成はメタン=98.43%、 CO_2 =1.57%、エタン=196ppm、エタン=3.8ppm。この試料に含まれるメタンは標準状態で約80リットルと計算される。深海底堆積物中のガスハイドレートはメタン（あるいは炭素）の巨大なリザーバーである。



ミクロな構造からマクロな現象へ

村上 隆 (鉱物学専攻)

地球表層部は気圏、水圏、岩石圏が接する所であり、大気-水-鉱物反応により、物質の変化、移動が活発に起こっている。近年、地球環境問題の議論が盛んに行われ、古くからのテーマであった大気-水-鉱物反応の見直しが進められている。例えば、風化は地球表層部における代表的な現象であるが、イオンの鉱物への吸着と表面錯体形成の関連、鉱物の水との反応による表面構造の解析など、近代理論と分析手法により、風化の再評価が行われている。我々の研究室は鉱物の構造、組織のミクロな変化から、地球表層部での物質の変化、移動というマクロな現象の過程、機構を解明しようとしている。岩石圏の鉱物は気圏の酸素、二酸化炭素や水圏の地下水、表層水により、影響を受け、その構造、組織に変化が起るということを利用している。地殻の代表的な鉱物である長石は溶解初期には、その表面の厚さ約 100mm の薄

い層に、アルカリを水素で置換した構造を作り、その後、Si をわずかに含む二次鉱物が形成すると (サブミクロン-ミクロンオーダーのサイズで、準安定相と考えられる)、溶解速度は初期に比べ約 3 桁遅くなる。天然における現実的な溶解速度を代表するのではないかと考えられる。また、この系に pH をコントロールして、二酸化炭素を加えると (分圧で約 1 気圧)、溶解速度は約 4 倍上がり、二酸化炭素分圧が高かった太古代 (46-6 億年前) では、現在進行している風化よりその速度が早いことを示唆していた。このような研究の進展により、今まで実験室と天然での風化速度の差が 3 桁異なるといった問題の解決から、地球史における地球表層物質の進化の解明、さらに元素の移動に関しても、地域的、地球規模で定量的な検討が可能になるであろう。

代数多様体の ζ 関数について

斉藤 毅 (数学科)

Fermat 曲線 $X^n + Y^n = Z^n$ のように、有理数係数の多項式 (いくつか) によって定義される図形を、有理数体上の代数多様体という。有理数体上の代数多様体の数論

的な情報はその ζ 関数に集約されている。例えば多様体が一点だけからなるときは、その ζ 関数は Riemann ζ 関数

$$\zeta(s) = \sum_{n=1}^{\infty} n^{-s} = \prod_{p:\text{素数}} (1 - p^{-s})^{-1}$$

であり、素数の分布の様子は $\zeta(s) = 0$ となる s の分布に反映している。有名な Riemann 予想は、このような s は負の偶数でなければ、実部が $1/2$ であろうというものである。

最近話題となった、Fermat 予想の解決についての Wiles の業績というのは、 ζ 関数を使っていえば次のようなことである。3 次方程式 $y^2 = x^3 + ax + b$ で定義される代数曲線 E を、楕円曲線という。Wiles が示したのは、その ζ 関数 $L(E, s)$ が、全複素平面に解析接続され、 $L(E, s) = \pm L(E, 2-s)$ という形の関数等式を満たすということである。楕円曲線の ζ 関数 $L(E, s)$ に関係した未解決問題も数多く、その中でも有名なものは、次の Birch, Swinnerton-Dyer 予想である。これは E の有理点 (つまり $y^2 = x^3 + ax + b$ の有理数解) 全体の成す可

換群の階数が、 $L(E, S)$ の $s = 1$ での零点の位数に等しいというものである。

このような問題を取り扱うのが、数論的代数幾何学であるが、その中でも特に近年発展が著しいのが、 p 進 Hodge 理論である。通常の Hodge 理論は、複素数体上の代数多様体について、その位相的性質と微分形式を調和積分によって結びつけるものである。それに対し p 進 Hodge 理論は、その類似を p 進体上の多様体について追究するものである。

筆者は最近、ある条件の下で代数多様体の ζ 関数の関数等式に現れる符号が + になることを証明した。これは最近の p 進 Hodge 理論の進展により、高次元の多様体についてもいろいろなことがわかるようになってきたことの一例である。

超高速で拡大する海嶺：海底熱水活動に伴う物質フラックス

石橋 純一郎（地殻化学実験施設）

海洋プレートが生成されて海底が拡大する場である中央海嶺は、海底の大山脈をなして地球の表面を野球のボールの縫い目のように取り巻いている。この中央海嶺（リッジ）の研究を目的として、世界中の地球科学研究者は「インターリッジ」という名のもとで国際協力研究を組織しており、我が国でも文部省国際学術研究によるプロジェクトと科学振興調整費によるリッジフラックス計画の2つの学際的研究が進められている。地殻化学実験施設もこのプロジェクトに参加して、海洋研究所無機化学部門と協力して地球化学分野でのリーダー的役割を担っている。

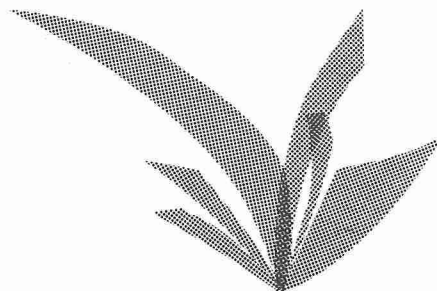
1993年より始まったリッジフラックス計画は、中央海嶺の拡大活動に伴ったエネルギー・物質のフラックスの解明をめざした学際的研究である。熱水活動によって海洋へ供給される物質は海水中を熱水プルームとなって数千キロにわたり広がっており、これが海洋の地球化学的収支に与える影響について定量的な評価を行うことはこの計画での課題の一つである。研究対象海域となった海嶺は、年間に10cm以上の超高速で海底拡大をしている南部東太平洋海膨である。この海域は陸地から遠く離れているために組織的な研究がこれまであまり行われていなかったが、以前よりその活発な活動について注目されていた。

1993年にはカリフォルニア大学スクリプス海洋研究所のメルビル号を用いて35日間の研究航海を行い、延長500kmに及ぶ調査海域（13-19.5° S）において海嶺軸上の中深層海水中の熱水プルームの分布を調査した。ここでは温度・塩分センサーを用いて熱水プルームによる温

度異常を検出する地球物理観測とあわせて、海水試料を採取して熱水活動に由来する化学成分の分析を船上で行う地球化学的研究が行われた。翌1994年には我が国の海洋科学技術センターに所属する潜水艇「しんかい6500」による潜航調査が2ヶ月以上にわたり行われた。計30回の潜航によって多数の熱水噴出地帯を確認するとともに、300°C前後の温度で噴出する熱水試料を採取して化学分析に供した。

これまでの研究成果として、超高速拡大海嶺における熱水活動のフラックスが質の面でも量の面でも他の中央海嶺と比べて群を抜いて大きく海洋へも大きな影響を与えていることがあきらかにされている。例えば海洋生物の重要な栄養塩の一つであるリン酸塩について、最も熱水活動の活発な海域の中層水でその濃度が10%近く低下していた。これは熱水中に多量に含まれる鉄が海洋中で水酸化物となって沈殿する際にリンを共沈してしまうためである。またこの海域では海嶺への頻繁なマグマ上昇に伴って形成される「若い」熱水活動が多数存在していることが確認された。さらにこうした熱水活動は二酸化炭素・メタン・イオウなどマグマ由来の揮発性成分を取り込んでいることが、高温熱水・熱水プルームの特異的な化学組成からあきらかにされた。

本年度より始まった第2期においては、熱水活動の時系列変動を追跡するための機器開発に重点をおいてさらに研究を発展させる計画である。超高速拡大海嶺の「若い」熱水活動の成熟過程において地球化学的特徴がどのように変動するかなど興味ある課題についてさらに大きな成果が期待されている。



60cm広角電波望遠鏡による南天銀河の観測はじまる

長谷川 哲夫 (天文学教育研究センター)
半田 利弘

銀河のなかでは、星の原料となる星間分子ガスから、いまも星が誕生している。誕生する星は、その質量や星団・多重星としての誕生などのさまざまな多様性を示すが、これらの星の多様性が、星間分子ガス雲のどのような条件を反映しているのかは、まだほとんど明らかにされていない。

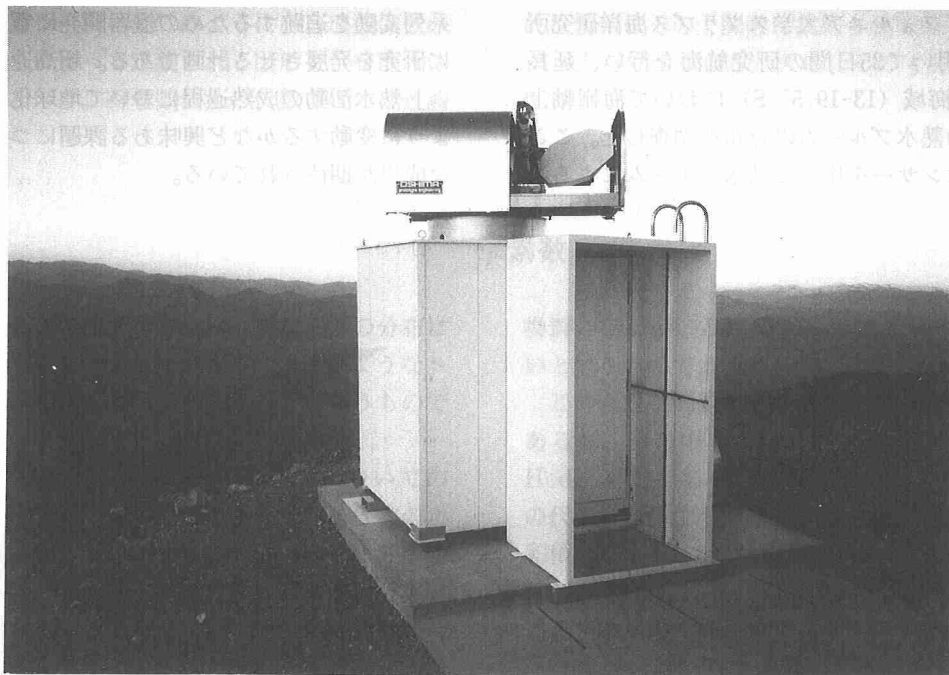
私たちは、天の川銀河のさまざまな場所で、星間分子ガスの状態がどう変化しているかを調べるために、口径60cmの広角ミリ波・サブミリ波望遠鏡を作り、長野県野辺山に設置して観測を続けてきた。これまでの観測から、より密度の高い分子ガス雲が、銀河の渦巻き構造の腕の中で、何らかの圧縮メカニズムによって作られ、それが大質量の星を誕生させるらしいという作業仮説を得た。

この観測に注目したヨーロッパの研究者の招待を受け、私たちは60cm広角電波望遠鏡の二号機を南アメリカのチリ共和国に設置する計画を進めてきたが、いよいよ昨年度より本格観測を開始した。今後数年のうちに、日本では地平線からわずかししか顔を出さない銀河系の中心部や、北半球からはまったく観測できない天の川の南半分、天の川銀河のまわりを周回する伴銀河大マゼラン雲、小マゼラン雲などを観測することができ、上記の作業仮説の検証をはじめ、星の誕生や銀河の構造の研究のうえで、

世界的に貴重なデータを提供できるものと期待される。すでに、天の川銀河の中では最大の星誕生領域である、りゅうこつ座イータ星雲の観測を行い、高密度の分子ガスが、広い範囲にわたって大量に存在することが明らかにされた。

本研究は理学部天文学教育研究センターのグループのイニシアチブにより、スウェーデンのオンサラ天文台、ヨーロッパ南天天文台(ヨーロッパ8カ国が共同で運営、本部はドイツ)、チリ大学、およびアメリカ合衆国ハーバード・スミソニアン天体物理学研究所のグループが参加して可能になった国際共同研究である。パートナーの一人であるオンサラ天文台長のロイ・ブース博士は以下のメッセージを寄せている。「…私は、この南天銀河サーベイ観測のデータが、分子スペクトル線天文学において重要で基本的なデータベースとなることを確信しています。私は、オンサラのグループがこのサーベイ観測において役割を分担できることをうれしく思うとともに、興味深くかつ学ぶところの多いこの共同研究が、この先さらに数年続けられることを楽しみにしています。」

なお、本研究は文部省科研費国際学術研究および東レ科学振興会の援助を受けて行われている。



写真の説明：
チリのアンデス山中にあるヨーロッパ南天天文台で、南天の銀河の観測を開始した、60cm広角電波望遠鏡。