

理学部研究ニュース

●日中共同研究：チベット高原の高温熱流体の起源について ヒマヤラ山脈の北側に広がる標高4～5000米のチベット高原には、各所から高温の熱流体が噴出し、その一部は地熱発電にも利用されている。インドとアジア大陸のプレート同士の衝突により隆起したチベット高原には、大断裂・大断層が発達し、大地震を含む地震活動の顕著な地域であり、こうした地殻活動も熱流体の存在と密接な関連性をもつと考えられている。同地域には、現世の火山活動はなく、このような熱流体の熱源は謎となっている。

地殻化学実験施設では、本年5月、中国科学院蘭州地質研究所の研究者と共同で、2週間にわたり野外調査を実施した。現在、両国で採取した試料の分析（ヘリウム同位体比の測定など）を行っており、結果は日中共同で学会発表を行っていく。脇田 宏・中井俊一，7月（地殻化学）

●負の電荷移動エネルギーを持つ遷移金属化合物 高温超伝導体の出現をきっかけに、遷移金属酸化物の物性が再び注目を集めている。伝統的な磁性・伝導等の研究に加えて、光電子分光法などのミクロな手段によって、酸化物の電子構造が明らかにされつつある。

我々は、様々な遷移金属化合物の電子構造を光電子分光を用いて系統的に調べているが、その一環として、一部の物質にみられる異常な原子価状態の解明を試みた。3価の銅を含む NaCuO_2 を調べた結果、この物質は形式価数 $\text{Na}^+\text{Cu}^{3+}\text{O}^{2-}$ に対して、実質的に酸素から銅に約1個の電子が移動している（「負の電荷移動エネルギー」を持つ）こと、その結果バンド・ギャップが酸素軌道のみからなることなど、全く新しいタイプの電子構造を持つことがわかった（T. Mizokawa et al, Phys. Rev. Lett. 67, 1683 (1991)：化学・黒田研究室との共同研究）。今までの遷移金属化合物

の電子構造の分類「モット・ハバード型」「電荷移動型」に対して、この第3のタイプ「負の電荷移動エネルギー型」にも他に多くの物質が属するものと思われ、現在追究がおこなわれている。

藤森 淳，10月（物理）

●全球気象データによる水収支 地球上の水循環は降水、流出、蒸発、水蒸気移流からなっているが、特に陸上の蒸発は、地表面状態が不均一なため、代表性のある直接測定が困難である。

ラジオゾンデなどによる水蒸気量と風速の観測値から水蒸気移流を計算し、降水量と蒸発量の差を求めることができる。Peixoto らの結果では砂漠地帯で地下からの多量の水の供給があるはずだということになっていた。

増田は、1979年の「FGGE」プロジェクト期間について特別にヨーロッパ中期天気予報センター（ECMWF）とアメリカのGFDLでそれぞれ作成された格子点データを用いて同様な水収支計算を行なった。乾燥地帯では正味の水収支が0に近く、地下から水が継続的に供給されてはいないという結果となった。また北太平洋では降水が蒸発を上回り、塩分のバランスに対して他の海域と違った特徴をもつことが示唆される。

沖（生産研）、松山（地理・院生）はそれぞれ、チャオプラヤ川（タイ）、アマゾン川流域について、ECMWFデータによる水蒸気収束量と、流出量、降水量の地上観測データを組み合わせて検討した。年間の水蒸気収束量と流出量の違いを補正すると、季節変化パターンについては合理的な結果である。ただし補正の係数が地域やデータの作成年度によって異なる。今後われわれは、世界の多くの大河川流域について収支計算を行なう予定である。増田耕一，10月（地球惑星物理）

●ツメガエル胚において中胚葉誘導を引き起こす

アクチビンに対する阻害因子（ホリスタチン）およびアクチビンレセプターの遺伝子のクローニング 両生類の発生においては将来の体軸の決定のうち、特に中軸構造を成す中胚葉の形成は非常に重要な過程である。最近、この過程で塩基性繊維芽細胞成長因子（bFGF）やTGF- β のスーパーファミリーの一員であるアクチビンなどが中胚葉誘導効果をもつものとして注目されている。最近われわれの研究室では田代康介講師が中心となってアクチビンに直接結合してその作用を調節すると目されるホリスタチンの遺伝子クローニングに成功した（Tashiro ら, Biochem, Biophys, Res. Commun, 174, 1022, 1991）。また、アクチビンのレセプター遺伝子のクローニングにもいちはやく成功した（Kondo, Tashiro ら, Biochem, Biophys, Res. Commun. in press）。興味あることに、田代らの実験によると、このアクチビンレセプターのmRNAを *in vitro* で合成し、それを分裂初期のツメガエル受精卵の腹側割球に注入し、mRNAの overexpression を起こさせると、胚には後になって2次軸が形成される。このような現象の機構の解明は正常な胚発生の仕組みを解き明かすのに大いに役立つであろう。田代・近藤らの今後の活躍が期待されている。 塩川光一郎, 10月（動物学）

●植物の細胞周期進行へのオカダ酸の作用 プロテインホスファターゼ抑制作用をもつオカダ酸は、分裂間期の動物細胞に未成熟染色体凝縮を引き起こすことが知られているが、植物細胞ではその作用が植物の細胞周期の特定の時期に出現する構造と関連していることが明らかになった。タバコ培養細胞BY-2をアフィディコリンにより同調させて得た細胞周期各時期の細胞をオカダ酸で処理すると、細胞はその時期から1) G₂ 期後期, 2) M期, 3) M/G₁ の境界期のいずれか最寄りの時期まで進行した後、異常な状態で停止した。1) は植物細胞のM期直前に特有な前期前微小管束の出現時期であるが、その前段階としての表層微小

管の消失は起こるが、前期前微小管束は完成されないままM期に入れずに停止する。2) では動物細胞で見られた未成熟染色体凝縮に類似の状態での停止が見られる。3) は植物細胞でM期後期以降に特有なフラグモプラストの見られる時期であるが、異常なフラグモプラストの形態を保ったまま停止する。これらの結果は、植物細胞において蛋白質のリン酸化により細胞周期の進行が制御される時点が少くとも3つ存在し、動物細胞とはその制御機構に異なる点の在ることを示唆している。 馳澤盛一郎, 10月（植物）

●スレート劈開の形成プロセス スレート劈開は細粒の低度変成岩に発達する最も顕著な面構造であり、その剥離性を利用してスレート劈開の発達する岩石（スレート）は古くから屋根葺きやタイル、石材として用いられてきている。スレート劈開の研究は1800年代初頭に地質学の発祥地イギリスで始まり、この2世紀にわたる研究によって以下のことが明らかとなっている。(1)スレート劈開は、歪の最大短縮方向にほぼ垂直に形成されている。(2)劈開は歪量に応じて発達する。(3)劈開は、細粒の緑泥石及びイライト・白雲母の板状鉱物の定向配列によって特徴づけられる。(4)劈開形成に寄与する板状鉱物の定向配列の機構として、①スレートの有限均質歪に伴う板状鉱物の回転による定向配列（機械的回転）、②板状鉱物の変成作用による配向結晶・再結晶及び配向成長、③可溶鉱物の応力下での溶解に伴う不溶鉱物である板状鉱物の受動的回転による定向配列（圧力溶解）、の3つが重要である。(1)(2)についてはいまだ定量的な研究が不足しており、(4)については①～③の優劣及びそれを支配する要因に関して未解決の問題が残されている。

スレート劈開の形成プロセスを解明する目的で、日本のスレート産地としては最も良く知られる北上山地のスレート試料を用い、有限歪解析、X線回折による板状鉱物の定向配列（フェブリック）の測定、光学・電子顕微鏡下でのスレートの微細

構造観察、板状鉱物の粒径分布測定、全岩化学組成分析、イライトの結晶度測定等総合的な解析を行った。ファブリックは方位密度テンソルに換算し、歪テンソルとの比較を、主軸(固有ベクトル)の方位、テンソル楕円体の形態(固有値から求められるファブリックと歪のパターンの指標)、テンソル楕円体の球からのずれ(固有値から求められるファブリックの強度と歪量の指標)に関して行った。解析の結果以下のことが明らかとなった。

- (1) 板状鉱物のファブリックの主軸は、歪の主軸とほぼ一致する。すなわち、スレート劈開は歪の最大短縮方向にはほぼ垂直に形成されており、鉱物線構造は歪の最大伸長方向に平行である。
- (2) 板状鉱物のファブリックの強度は歪量と正の相関関係がある。すなわち、スレート劈開は歪量の増加に応じて発達している。しかし、ファブリックのパターンは歪のパターンとは一致していない。これは板状鉱物の定向配列が機械的回転だけでは説明できないことを示している。
- (3) 緑泥石とイライト・白雲母では、ファブリックの強度には有意な差はないがパターンが異なっており、両者の粒成長の異方性に差がある可能性がある。
- (4) スレートの微細構造と板状鉱物の粒径分布は、板状鉱物の定向配列の機構がスレート劈開の発達に伴い、圧力溶解から配向結晶・再結晶そしておそらく配向成長へと変化することを示唆している。機械的回転の痕跡は見い出されていないが、劈開形成の初期に優勢であった可能性は否定できない。
- (5) スレート劈開の発達は、イライトの結晶度と正の相関関係にあることから、変成温度が板状鉱物の定向配列の機構の優劣を支配する要因の1つである。

以上の成果は、*Journal of Structural Geology* (Vol. 13, No. 8, 1991) に公表され、また9月にチューリッヒのETHで行われた天然変形岩の幾何学に関する国際会議で報告された。金川久一、10月(地質)

●「ぎんが」衛星の最期 1987年2月5日に打ち上げられた宇宙科学研究所のX線天文衛星「ぎんが」は、徐々に軌道高度を下げていたが、この11月1日ごろついに大気圏に再突入して消滅し、4年9か月の生涯を閉じた。衛星の動作は最後まで正常で、突入の数日前まで観測データを取り続けた。この間、大マゼラン雲の超新星SN1987Aの観測、中性子星の磁場の精密計測、銀河中心の熱いプラズマの検出、新たなブラックホール候補の発見、銀河団の重元素量の測定、活動銀河核や宇宙X線背景放射の観測など、「ぎんが」は多くのテーマで優れた成果を挙げてきた。ハードウェア作りから観測まで緊密な国際協力が行なわれ、延べ200近くの外国人研究者が研究に参加したことも特筆に値する。主要学術雑誌に発表された英文の論文は、これまで国内外あわせて約130編。また「ぎんが」の研究で17名の理学博士が誕生しており、うち7名は本学の理学系研究科(物理6、天文1)、6名は外国の大学(英国2、米国3、オランダ1)である。学位の数は今後も増える見込みである。「ぎんが」の成果は、1993年2月に打ち上げ予定のASTRO-D衛星に引き継がれる。物理教室・宇宙X線研究室は、宇宙研、名大、阪大、理研などととも、計画段階から「ぎんが」に深く関わっており、ASTRO-Dでも主要観測装置の一つを担当する。牧島一夫・大橋隆哉、11月(物理)

●中性子ハロー原子核の構造 通常の原子核は、陽子数と中性子数はほぼ同数であり、中性子と陽子の分布(半径)もほぼ等しい事が知られている。最近、中性子の分布が陽子の分布より異常に大きい原子核、 ^{11}Li 、 ^{11}Be 、 ^{14}Be 、が発見された。これらの原子核は通常の原子核の周りに中性子の薄い雲、中性子の笠(ハロー)と呼ばれている、が広がった状態であると考えられている。このような原子核の構造は、通常の原子核と全く異なっていると考えられることから、関心を集めていた。しかしながら、実験的にこれらの核を励起することが難しく、研究は進んでいなかった。我々は、非

束縛粒子 ${}^2\text{He}$ を用いた ${}^{11}\text{B}(\text{d}, {}^2\text{He}){}^{11}\text{Be}$ 反応を使い、このほど中性子ハロー核 ${}^{11}\text{Be}$ の核構造を調べることに成功した。中性子ハローの効果は、殻模型を使い、星野・有馬・佐川により理論的に予測されていたが、我々の実験結果は驚くほどよい一致を示した。この実験を契機に中性子ハロー核の構造研究が大いに進むものと期待される。今後の発展が楽しみである。酒井英行(物理)、岡村弘之(素粒子センター)、11月

●「陽光」衛星のX線望遠鏡による太陽面爆発の研究 東京大学理学部、国立天文台等が宇宙科学研究所と協力して、米国、英国との国際共同研究として準備を進めていた科学衛星「陽光」が8月30日に鹿児島宇宙センターから成功裡に打ち上げられ、軌道に乗った。これは、高空間・時間分解能の軟X線望遠鏡、硬X線望遠鏡、鉄の25回電離イオン等の高い電離ポテンシャルのイオンの線スペクトルとそのドップラー・シフトを測るブラッグ・スペクトル計、軟X線からガンマ線にわたる広帯域スペクトル計、等の装置を搭載し、太陽面爆発等の超高温、高エネルギー現象、及び、コロナやコロナ質量放出等についての研究を行うことを目的としている。打ち上げ後、姿勢調整等を経て、作動を開始した軟X線望遠鏡のほか、高圧電源を要するため完全ガス抜きを待って9月23日頃からスイッチ・オンした他の機器、等が現在観測体勢に入り、非常に質の高いデータを出し始めている。特に、早く作動を始めた高空間・時間分解能、広ダイナミック・レンジの軟X線望遠鏡は、これまで定説とされてきた概念を覆えすような知見を既に幾つも出している。いずれもが新しい高性能を持つ他の機器の本格的稼働も始まると、従来の太陽面活動の概念を一新するような研究が進むことが期待され、この時期の唯一の太陽フレア衛星として世界の関連研究者の期待が集まっている。東大理学部からは天文センター小杉、常田、物理教室牧島、天文教室内田とそれらの関連大学院生達が加わっている。内田 豊、11月(天文)

●オーロラ粒子の加速機構 カーテン状に乱舞するオーロラは地球磁気圏から加速された高エネルギー電子が極域高層大気と衝突する事による発光現象である。1989年2月に宇宙科学研究所により打ち上げられた「あけぼの」衛星はオーロラ粒子加速の物理機構を解明する事を目的としている。我々は観測の中心の一つであるオーロラ撮像を担当していて、オーロラ紫外像を中心に降下粒子・電場等の比較を続けている。その結果、オーロラの加速領域の高度-緯度に対する形状、加速領域の生成と磁気圏内のポテンシャル・プラズマの流れ・電流等の関係について新しい観測事実が見いだされつつある。これらの観測事実は磁気圏内のオーロラ粒子の源となる領域について従来の考え方に対し疑問を投げかけるものである。

現在、最終調整段階にある「GEOTAIL」衛星は磁気圏深部でオーロラ粒子の源となっている領域を探索する事を目的としている。我々は磁場計測装置を担当している。「GEOTAIL」衛星はオーロラ粒子の源を求め来年7月に打ち上げられる予定である。山本達人、11月(地球惑星)

●時間分解フーリエ変換赤外分光光度計の開発 フーリエ変換赤外分光法(FT-IR)は、マイケルソン干渉計から得られる光の干渉図形をフーリエ変換することにより、各波長での光量を求めるものである。この分光法の利点は分光学者によって既に十分に調べられているが、一口で言えば高い信号雑音比で精度の良い測定ができるということに尽きる。干渉計を構成する可動鏡の動きをHe-Neレーザー光でモニターしているため、赤外領域での波長(波数)を正確に決めることができる。このような特長をもつFT-IR分光光度計は現在極めて広い範囲で用いられるようになっており、回折格子を用いる従来からの分散型赤外分光光度計をほとんど駆逐してしまった感がある。

しかし、この分光法は時間分解測定には不向きであることが一つの弱点と考えられていた。この

点について、最近我々は日本電子機の増谷浩二氏の協力を得て、市販のFT-IR分光光度計に簡単な装置（パルス発生器等）を付加するだけで（ソフトウェアには手を加えずに）、マイクロ秒の時間分解能をもつ測定法を開発することに成功した。現在の装置では1キロヘルツ程度以上で繰返す現象の時間分解測定を行うことができるが、可動鏡の動きを遅くすることにより1キロヘルツ以下の現象にも応用できる。また、特殊な検出器を用いれば、ナノ秒領域の時間分解測定も不可能ではない。

現在この装置で強誘電性液晶分子の電場反転に伴う配向過程を追跡しており、赤外吸収ならでは情報が得られつつある。パルスレーザーと組み合わせると励起三重項状態にある分子の赤外吸収を測定することも計画している。これらに限らず、適当な測定対象をお持ちの方との共同研究を行うことを希望している。田隅三生・古川行夫、11月（化学）

●抗ウイルス活性を持つオキセタノシンのシクロブタン誘導体の不斉合成 オレフィンからシクロブタン化合物の合成は、通常光照射下で行われているが、我々はキラルなチタン触媒の存在下においてビニルスルフィドと電子不足オレフィンの間で〔2+2〕付加環化反応が進行することを見いだした。しかもこの反応は、ほぼ光学的に純粋なシクロブタン化合物を合成することができる画期的なシクロブタン化合物の合成法である。

一方、最近オキセタノシンとよばれるオキセタン（酸素を含んだ4員環）骨格を有する核酸がはじめて単離され、これが極めて強い抗ウイルス活性を示すことが報告されている。しかし、このものは不安定でオキセタン骨格に変え、シクロブタン骨格をもつ誘導体の合成が期待されていたが、我々は上記不斉触媒反応を利用して、簡便にオキセタノシンのシクロブタン誘導体を不斉合成することができた。このものはエイズウイルス、ヘルペスウイルス、肝炎ウイルスに対し、オキセタノ

シンよりもはるかに強い活性を示すことも明らかになっている。奈良坂紘一・林雄二郎、11月（化学）

●微生物の有性生殖を制御する遺伝子 単細胞の微生物である酵母にも性の世界がある。分裂酵母という仲間では周囲の栄養条件が悪くなると異なる接合型（性）の細胞が接合し、核が融合した後減数分裂が始まって、最終的に4つの胞子が作り出される。分裂を繰り返して増殖していた細胞が、このような性的な過程を開始するためには、様々な遺伝子の発現を調和よく調節することが必要である。最近我々は、分裂酵母のste 11遺伝子が栄養源飢餓に反応していち早く活性化され、そこから作られる遺伝子産物が接合や減数分裂に必要な様々な遺伝子に働きかけてそれらの転写を誘導することを明らかにした（杉本ら、Genes & Development 5, 1990-1999, 1991）。転写調節因子であるste 11遺伝子産物は、近時同定が進んだHMGセチーフとよばれるDNA結合部位をもっていた。面白いことに、HMGモチーフは、哺乳動物のY染色体にあって雄性を与える遺伝子SR Y、いわゆる精巣決定因子にも含まれている。英国のグループは今年、雌になるはずの細胞にSR Y遺伝子を組み込んでトランスジェニックマウスをつくり、雄に転換することに成功した。単純な微生物と高等動物で、性分化の初期の段階に働く因子の構造が類似していることは、性的な生殖様式が進化してきた道筋を暗示しているようにも思われる。山本正幸、11月（生物化学）

●最長のリボソームRNA 細胞のタンパク質合成装置であるリボソームは大小2つのサブユニットからできていて、小サブユニットには18S（バクテリアでは16S）RNAが含まれている。生物種は違っても18S RNAのヌクレオチド鎖長は1900前後と比較的一定に保たれているが、中には例外的に長いものもある。これまで知られていた最長の18S RNAは単細胞緑藻類、ミドリムシのも

ので、鎖長約2350であった。ところが、われわれが実験材料にしているアブラムシ（アリマキ）の18S RNAは鎖長が2469あることがわかり、ギネスブックの書き換えが必要になった。塩基組成の点でもアブラムシの18S RNAはショウジョウバエなど他の昆虫のものとはきわだって違っており、むしろ脊椎動物のものに似ていた。ちなみに、アブラムシはリボソーム大サブユニットに含まれる28S RNAが分断構造をもたない点でも昆虫の中で唯一の例外であり、この点でも脊椎動物に似ている。例外的なものにこそ一般法則へ迫る手があるのだから、リボソームRNAの機能を理解する上でもアブラムシは絶好の材料かもしれない。 権 五兪・石川 統, 11月（動物）

●ヒトの二足歩行解析システム ヒトの二足歩行の起源・発達に関する研究は、化石による形態学的な研究と、現生人類、霊長類の歩行実験による機能的な研究によって行なわれている。本研究室では、まず、現生人類の歩行を力学的、運動学的に精密に計測するためのシステムを開発した。このシステムは、歩行動作撮影用ビデオカメラ2台、自動歩幅・歩調測定装置、床反力計、足底圧分布測定装置からなり、すべての装置が同期している点に特徴がある。ビデオカメラを除いた測定装置類は、すべて本研究室が独自に開発したものである。このシステムを用いて、男女成人各30名の被験者において、さまざまな歩行速度で実験を行なった。被験者の物理的な定数を知るための計測も別途行なった。現在のところ、歩行速度と床反力の関係、足底圧分布と床反力合力作用点の軌跡に関して分析が終了している。後者に関しては、歩行中に足底において圧力が極大となる部分は、踵、第2・第3中足骨骨頭付近、そして第1指および第2指の両方の先端またはどちらか一方の先端であることが判明した。また、床反力合力作用点軌跡は踵から始まり、踵、第2・第3中足骨骨頭付近で圧力が極大となる部分を通り、第2・第3中足骨骨頭付近では軌跡の移動速度が低下すると

も、第1指あるいは第2指方向に軌跡が屈曲する。そして個人によって、第1指または第2指の先端で終わるもの、あるいは両者の間で終わるものがみられた。これは個人によって、第1指の方が第2指より長い場合、またはその逆の場合があり、一般的に前者では、軌跡の終わる位置は第1指の先端か、その近くであり、後者では、第2指の先端か、その近くとなる。今後はビデオカメラで撮影した歩行動作の解析、個人の物理定数と力学的計測データとの関係などについて検討を進めていくつもりである。 足立和隆, 11月（人類）

●宇宙膨張は一様か 私たちの住むこの宇宙の構造はアインシュタインの一般相対性理論と「宇宙は一様で等方である」という単純な宇宙原理にもとずいて理解されている。その結果宇宙は一様膨張していると予言され、ハッブルによって観測的に確かめられた。これはハッブルの法則 ($v = H_0 r$) としてよく知られている。 v は銀河の後退速度、 r は銀河までの距離、 H_0 が宇宙の膨張率を表すハッブル定数である。ハッブル定数は宇宙の基本構造を知る最も基本的な量であるにもかかわらず、現在でも2倍の不定性があり、宇宙の年齢や大きさについての論争が20年以上も続いている（岡村氏の研究結果についての解説が理学部広報平成3年3月号にある）。この論争の一番の原因は観測データに対する系統的誤差（バイアス）の評価にあると考え、我々は魚座・ペルセウス座超銀河団のある約1千平方度の天域においてアレシボ天文台の300 m電波望遠鏡で後退速度が観測されている900個余りの銀河について、木曾観測所での写真による測光観測からそれら銀河までの距離を求めハッブル定数を決めた。数が多いので様々な統計誤差を評価でき、3億光年の距離までの広い宇宙空間で一定のハッブル定数 $H_0 = 78 \pm 10 \text{ km/s/Mpc}$ という結果を得た。ところで岡村氏は最近かみのけ座銀河団で $H_0 = 92 \pm 16$ という値を得ている。銀河の数や領域の広さは異なるものの、用いた解析方法はほとんど同じなので相対的な誤差

は小さい。両方の領域でのハッブル定数の比は 0.81 ± 0.1 であり、有意に異なるといえる。我々の観測した領域はかみのけ座銀河団の方向とは90度離れている。このことは宇宙の膨張率が方向によって異なるか、あるいは魚座・ペルセウス座超銀河団を含む3億光年の範囲にある全銀河がある一定の方向に引っ張られていると解釈される。いずれにしろ宇宙は一樣膨張をしていないことが示唆される。宇宙原理は果たして正しいのだろうか。

市川 隆, 11月 (天文, 木曾)

