



From here.

National University Corporation Kochi University
Faculty of Science

理学部の研究を紹介する二次情報誌

Hello Science マガジン

Hello Science Magazine

ごあいさつ

ハローサイエンスマガジンは、高知大学理学部がサイエンスの楽しさ不思議さを、広く県民・高校生・中学生の皆さんに紹介するために発行しています。

このたび、マガジン合冊号を作成しましたのでお届けします。

本誌の記事は、理学部教員が学術専門誌などで発表したデータに基づいており、これを二次情報として加工したものです。ですから、全ての記事が他のどこを探しても見つからない、オリジナルな情報です。

本誌の最新号は、高知大学理学部のホームページに毎月掲載しています。高知大学の公式ホームページからも見る事が出来ますので、是非ご愛読ください。

<http://science.cc.kochi-u.ac.jp/>



高知大学理学部長 川村和夫

高知大学理学部

〒780-8520 高知市曙町2丁目5番1号

浦戸湾にアカメ生息

海洋生物学

1934年に紀貫之が湾内の船戸から船出した当時、浦戸湾はもっと広大な海域だった。その後、度重なる大地震で浦戸湾は沈降と隆起を繰り返し、現在に至っている。かつて浦戸湾は投網の技と獲物を競い合う市民で賑わい、また、小舟でのにろぎ(ヒイラギ)釣りの風景は、市民なら一度は経験するとされた秋の風物詩だった。しかし、1950年から21年間、浦戸湾はパルプ廃液で汚染され、死の海となった。汚染の進行を憂慮された本学の浦原稔治博士は、1933年から58年までに浦戸湾で記録された魚類をまとめ、194種を公表した。しかし、汚染源の消滅から33年間、浦戸湾の魚類に関する研究は皆無だった。

私たち海洋生物学研究室は2004年から浦戸湾での研究を開始し、2年間で132種の魚類を確認した。環境は着実に回復していると判断される。そのシンボルが全長1mを超える巨大魚アカメだ。調査では、さまざまなサイズのアカメが確認された(豆知識参照)。

浦戸湾の自然といかに共存するか、また、浦戸湾の動物が学術的にどれほど貴重な存在かについて、研究は今後も続く。



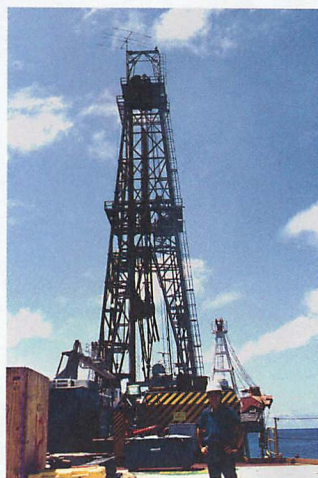
高知新聞夕刊(2006年6月9日付)に関連記事

海洋コア掘削始まる

地球科学

深海底を掘削して地球環境を規制する一大要因を解明するという使命を帯びた統合国際深海掘削計画(IODP)が始まった。

その主要手段として我が国の掘削船「ちきゅう」号も大海原に乗り出した。更に、この計画の中核施設として高知大学と海洋研究開発機構の共同運営体制のもと高知コアセンターも本格稼働に入った。高知大学理学部はこれらの機関と、数年前から教育研究において連携を実施しており、多くの大学院生を送り出している。



Sakaguchi & Ishizuka IODP Scientific Results

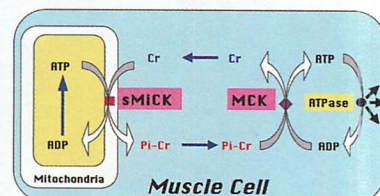
進化する酵素

生命科学

酵素は、生体内で様々な化学反応を触媒するタンパク質である。タンパク質ではその働きに応じてアミノ酸が特定の順序に並んでいるが、このアミノ酸の並び方(設計図)は遺伝子DNAの中に刻まれている。地球上に生命が誕生してからおよそ40億年が経過しているが、この間、設計図はほんの少しずつ変化してきた。これがタンパク質の変化(進化)をもたらし、ひいては多様な生物への進化に繋がっている。もし、設計図が全く変化しなければ、現在の地球上の多種多様な生物は存在し得ないことになる。

私たちが研究対象としているクレアチンキナーゼ類酵素(豆知識参照)は、その祖先型酵素であるアルギニンキナーゼを鋳型にして、その活性部位を巧みに変化させ、生物の進化に伴って少なくとも6種類の酵素へと進化した。進化とは偶然の積み重ねであるが、この中には、進化の本質に迫る様々な予想外のドラマが潜んでいた。

生体の科学(2006)鈴木・宇田



クレアチンキナーゼの働き

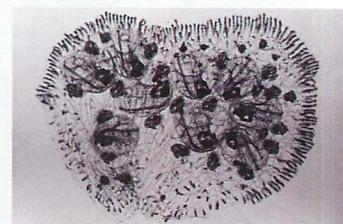
細胞培養で世界初

生命科学

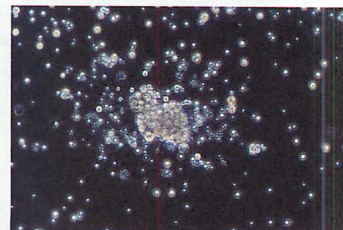
細胞培養は遺伝子組換え技術と共に、現在生命科学を支える基幹テクノロジーである。最近では哺乳類のES細胞が良きにつけ悪きにつけ有名となった。無脊椎動物の培養細胞は、昆虫で成功しているものの種類は少なく、海産動物にいたってはこれまで殆ど例がなかった。川村らは1995年、世界に先駆けてホヤの細胞株樹立に成功したが、このたびホヤでは2例目、イタボヤ類では世界初の培養細胞株樹立に成功した。

培養に用いたミダレキクイタボヤはわが国固有種で、血球から個体を再生したり、生殖細胞をつくることで有名。また、免疫の原型のような自己識別をすることも知られている。今回、細胞株ができたことは、無脊椎動物の生命科学に朗報をもたらした。

Kawamuraら(2006) Zoological Science 23: 245-254.



ミダレキクイタボヤ群体



ホヤから樹立された細胞株

豆知識 →

[アカメ] 1984年に新種として記載された。日本固有種で、おもに高知県と宮崎県の沿岸と汽水域に生息。魚食魚で、生態は謎だらけ。全長137cm、体重30kgになる。眼のルビー色は血液の色。

[クレアチンキナーゼ] 基質であるクレアチンにリン酸基を転移する酵素。ミトコンドリアでつくられたATPは、直接細胞質に出られないので、高エネルギーをクレアチンに託す。この反応を触媒するのがクレアチンキナーゼで、生命活動に必須の酵素である。

廃ガラスから無公害断熱材

～ 邪魔者を変身させるレシピ教えます ～

水熱化学



私たちが使用したガラスびんは、透明、茶色、その他の色に分別して回収されている。透明あるいは茶色のビンは、同じ色のビンを再生する原料として利用できるが、その他の色のビンは、多種類の色のビンが混入しているため、新しいビンを製造するための原料として利用することはできない。我々の研究室は、水熱処理法を利用してこの廃ガラスを有用材料にリサイクルする研究を行い、その成果を最近発表した。

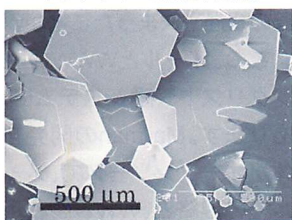
まず、ガラスビンを粉砕し、180℃の水蒸気で蒸す。次に、粉末を広げて炉の中に入れて800℃まで加熱する。ガラス粒子は発泡してパンケーキのように膨らみながら粒子が結合しあい、軽量の発泡体が出来上がった。気泡が細かい上に気泡の壁が薄いため、簡単に機械加工することができ、大きな軽量板が容易に得られる。この軽量発泡板は、断熱材、消音材などの用途に利用できる。

Yanagisawaら(2006)Waste Management and the Environment III. WIT Transaction on Ecology and the Environment 92: 95-100.

水熱法で粉末粒子の形を整える

水熱化学

水熱反応を利用して、電子材料などの原料となる粉末が工業的に生産されており、最近ではナノテクノロジー用のさまざまなナノ粒子が合成されている。一方、水熱反応では物質の結晶構造を反映した形状を持つ粒子も合成できる。我々は合成条件を制御することにより、柱状や板状の形態を有する粉末の合成に成功した。この成果は、近々国際学会で発表予定である。



Joint Meeting of 8th International Symposium on Hydrothermal Reactions & 7th International Conference on Solvothermal Reactions (2006)

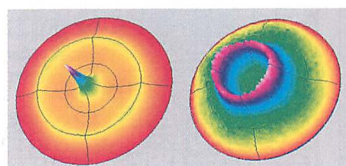
薄膜結晶の向きをそろえる

物質科学

結晶の内部では向きによって物理的な性質が異なる。たとえば、向きによって屈折率が変化したり、温度上昇に伴う膨張・収縮量が変化したりする。最近のエレクトロニクスでは、物質の結晶方向を効率よく利用して、可能な限り小さな電子機器に仕上げる技術が格段に進歩している。いわゆるモバイルテクノロジーはそれらの集大成であり、携帯電話など、私たちが大いにその恩恵に与っている。

微小な電子機器の中にある特定方向の結晶を作り込む際には薄い膜状にするのが得策である。この技術は薄膜のエピタキシャル成長と呼ばれ、薄膜化したい結晶をそれと類似した構造の結晶表面に成長させるというのがその原理である。ところがこのことは逆に、所望の結晶をエピタキシャル成長させ得る基板はごく限られることを意味しており、そのブレイクスルーとなる技術が待望されていた。

著者らはエピタキシャル成長の原理に依らず、所望の結晶の元になる非常に薄い酸化ナノシートを特定の方向に堆積させることを骨子とする新しい技術を確立し、専門誌に発表した。



薄膜の高度な配向性を示すデータ。左図は所定の結晶方向が基板面に垂直にならんでいること、また右図はそれ以外の結晶方向はあらゆる向きに等しい確率で分布していることを意味する。

Kajiyoshiら(2006)Ceramic Transactions 183: (CD版)

水熱状態で排ガス成分の完全分解に成功

水熱化学

高温高圧の水熱状態では様々な化学反応が室温よりもはるかに起こりやすい。ナフタレンはベンゼン環が2つ隣り合った安定な化学物質で、昇華性で独特の臭いをもつ。衣類用の防虫剤などにも用いられているが、自動車や工場の排気ガス等に含まれる燃え残り(黒いスス)の主要成分でもある。



我々の研究室は、水温を高くして水熱状態にするとナフタレンが溶けやすくなり、穏和な酸化剤と混合すると完全分解することを最近専門誌に発表した。オートクレーブ容器内を110℃の水熱状態にしてナフタレンと過酸化水素を反応させたところ、ナフタレンは全て酸化した。温度を少し下げると化学原料になるフタル酸が多く生成し、温度を上げると全てCO₂に酸化されてオートクレーブにはきれいな水が残った。また、容器の材質によって反応の起こりやすさが異なることもわかった。この成果により、環境浄化や芳香族化合物分解への新たな応用が期待される。

Ondaら(2006)Industrial & Engineering Chemistry Research 45: 2194-2198.

豆知識 →

【モバイル】 「移動式のもの」というのが本来の意味。現在ではノートパソコンや携帯電話などの情報携帯端末や、それを使って移動中に情報の送受信を行うことを指す。

【オートクレーブ】 内部を高温高圧にすることが可能な耐圧性の装置や容器のこと。家庭にある調理用の圧力釜や炊飯器もその一種。高温の水や水蒸気を密閉すると高圧の水熱状態になり、その中で化学反応や複合材料の合成を行うために用いる。生命分野では滅菌処理用の装置のことを指す。

情報を守る情報技術

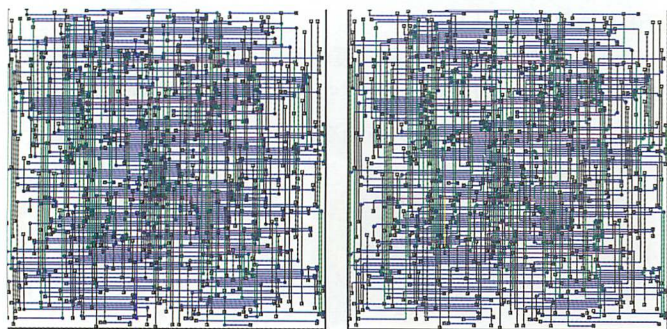
～ 回路データの電子透かし技術 ～

情報科学

携帯電話をはじめとする電子機器を使って、音楽や画像等のデジタルデータが楽しめるようになりました。これを支える部品がVLSI(大規模集積回路)です。VLSI設計は、世界中の情報機器メーカーが技術と資金をつぎ込んだ知的財産(IP: Intellectual Property)です。しかしデジタルデータとして簡単にコピーされてしまいます。

私たちは、違法コピーを防止するために、配線設計に電子透かし(Water-marking)を埋め込む設計システムを試作しました。オリジナル設計回路(下図a)に、「Kochi-Univ」の文字を暗号化と自動配線で埋め込んだ例が(b)です。回路を違法コピーしても、所有者が特定できます。さらなる高度情報社会を進める技術とその安全を守る技術へ向けた情報科学研究にご期待ください。

Toyonagaら(2005)ACM/42nd Design Automation Conference, 218-221.



(a)オリジナルの配線設計

(b)電子透かしの入った配線設計

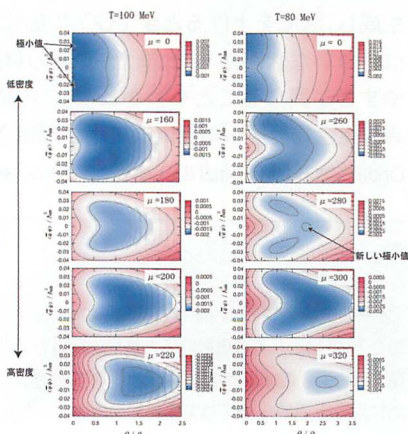
超高压超高温の究極世界

物質科学

物質は原子から構成されている。原子は陽子・中性子と電子からなる。陽子・中性子はクォーク、グルオンという基本粒子からできていて、陽子・中性子の中に閉じ込められている。物をどんどん熱して(宇宙初期へ)いく、ギュウギュウ押し縮めて(コンパクト星の内部へ)いくと、ついにはクォークとグルオンだけからなる世界に到達するだろう。その際同時にある種のシンメトリーが回復すると予想されている。

私達はこのときのシンメトリーの変化の様相を現す方法を開発し、具体的に示した。およそ1兆2000億度で密度を上げていった場合、現実に実現しているエネルギーの低い状態(極小値・青色)は初め2つあったものがやがて一つに融合する(2次相転移)。一方およそ9300億度で密度を上げていくと、エネルギーの低い所が別に生じて、突然状態が変化する(1次相転移)。未確定の1次相転移と2次相転移の境の温度・密度についても一つの予想を与えた。

Hashimoto, Tsueら(2005) Prog. Theor. Phys.114, 595.



多重極限環境下での超伝導

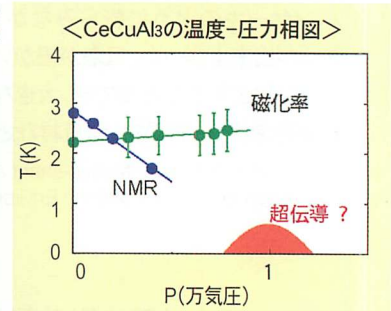
物質科学

磁性と超伝導は水と油のようなもので、互いに相性が悪いと思われてきました。ところが最近、希土類元素のセリウム(Ca)やアクチノイド元素のウラン(U)を含む化合物で、磁性が強く関係しているにもかかわらず、超伝導が出現するという物質が相次いで発見されています。これら新物質における超伝導出現の機構を解明することが、室温超伝導を発見するための鍵であると考えられています。しかし、このような超伝導は、絶対温度1K以下の極低温、1万気圧以上の超高压下、しかも良質の単結晶のみで出現します。

最近私たちのグループは、このような多重極限環境(極低温・高压に加えて強磁場)を実現するばかりでなく、良質単結晶育成システムを完成させることに成功しました。写真は約1万気圧まで発生させることができる压力容器です。このようなシステムを用いて、私たちは新物質CeCuAl3が圧力下で超伝導になる可能性を指摘しました。図はCeCuAl3の圧力下の磁化、NMRから決定された磁気相図です。この実験から約1万気圧・1K以下の極低温において超伝導が発現することが強く示唆されます。

Nishiokaら(2006)International Conference on Magnetism 2006.

Nishiokaら(2006)Novel Pressure-induced Phenomena in Condensed Matter Systems.



メールとWWWの融合

情報科学

最近では、地理的に離れているところだけでなく同じ職場の中でも、メールで連絡を取り合い、予定や報告など固定した情報はWWWページに載せるというのが、情報交換スタイルとして定着してきました。メールでの連絡には、その度にメールアドレスを集めるより、仲間のアドレスを管理する仕組みがあると便利だし、議論の経過や決まったことがWWWページに残ると便利です。

この、メールとWWWの融合の仕組みとして、Web連携メールリスト管理システムMailmanがあります。Mailmanの開発自体がオープンソースで、メールでの連絡と、WWWを利用したソースコード管理で行われていますが、情報科学コースの菊地が日本語化と機能追加などのコード開発に関っています。

URL:<http://mm.tkikuchi.net/>



豆知識 →

【電子透かし(Water-marking)】 文書、音楽、絵や写真などに一目でわからぬよう認証情報などを埋め込む技術。

室戸半島17回の浮き沈み ～ 堆積物に刻まれた海面変動の記録 ～

地球科学

地球史と生命史は、温暖化と寒冷化の繰り返しを通して刻まれてきた。特にここ200～300万年という新しい地質時代では、気候変動が氷床の拡大・縮小と連動していたため、世界中の海面の昇降となって現れ、その痕跡が地層にも明瞭に記録される。地震のたびに隆起を繰り返してきた室戸半島西岸にはこの時代の海底堆積物が陸上に姿を現している。

今回、層位・古生物学グループと高知コアセンターの共同研究により、安田町で70mの科学掘削を実施した結果、穴内層と呼ばれる地層の全貌がほぼ明らかになり、そこには17回の海面の昇降が記録されていることが判明した。これらは本当に気候変動とリンクしていたのか？ 正確な地質年代は？ 当時も高知沖を黒潮が流れていたのか？ 本格的な研究が、今、始まったところである。Kondoら(2006), Scientific Drilling, n.3, p.38-39.



風変わりなミオグロビン

生命科学

ミオグロビン(Mb)は筋肉中にある酸素運搬タンパク質で、牛肉やマグロの刺身が赤いのはMbの色である。Mbは脊椎動物のみならず、無脊椎動物にも広く存在しており、これらは共通の祖先遺伝子に由来する。さて、巻き貝の仲間は口の筋肉(口球、写真左)にMbを持っているが、トコブシ(写真中央)やアワビのMbは特殊で、哺乳類のIDOという酵素と祖先を同じくすることから、IDO-like Mbと呼ばれている。

試料が高価かつ少量しか取れないことからIDO-like Mbの解析は遅れていたが、今回、生化学研究室が大腸菌による大量発現系の構築に成功し、組み換えDNA技術を用いた解析が可能になった(写真右)。また、トコブシの消化管からMbとIDOの中間的な性質を持つタンパク質を単離、MIPと命名した。MIPの生理的機能は不明だが、これらのタンパク質群の構造機能相関、および進化的な関係の解明の鍵となる分子として期待される。

Yuasa and Suzuki (2005) Comp. Biochem. Physiol. B 140, 445-454.



豆知識 →

【マイクロアレイ】 遺伝子活動を大規模解析するための手法。光る点の一つ一つが別々の遺伝子に対応しているので、緑や赤の色で、どの遺伝子がはたらいているかが一目でわかる。

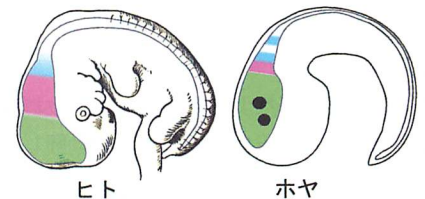
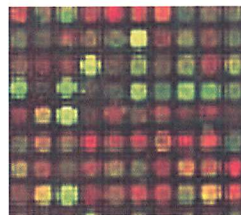
すじの通った話 ～ 背骨のできかた ～

分子発生学

生物は進化して体の形を変えてきた。形が変わるのは“つくり方”が変わるからである。体の形づくりは多数の遺伝子の共同作業であり、進化は遺伝子の変化によって起こる。私たちは、ヒトを含む脊椎動物(背骨のある動物)の体が進化したしくみを探るため、ホヤという動物に注目した。ホヤの子ども(幼生)は脊椎動物の幼生とよく似たオタマジャクシ型だが、背骨や手足はない。ホヤの体をつくる遺伝子がいつどこではたらくかを調べ、それを脊椎動物と比較すれば、どの遺伝子がどう変化して背骨や手足ができたかを説明できるはずである。

細胞分子工学研究室は、約1万個の遺伝子(ホヤの全遺伝子の3分の2)の活動を一度に見る道具(マイクロアレイ)をつくり、ホヤの体づくりを進める遺伝子のはたらきを調べている。ホヤや脊椎動物の特徴をつくるには、レチノイン酸(ビタミンAから作られる物質)を体づくりに利用する遺伝子が重要であるということがわかってきた。

Fujiwara (2006) Journal of Neurobiology 66: 645-652.



ヒトの胎児とホヤの幼生はよく似た姿をしている。脳(色をつけた部分)や脊髄があることは、脊椎動物やホヤの仲間だけの特徴である。

朝倉キャンパスに熱帯キノコ群生

植物分類学

高知県内では報告例の少ないオオシロカラカサタケが、高知大学朝倉キャンパスで発生した。場所は理学部1号館南東の草地で、2006年8月下旬にまず10本程が、以降ほぼ10日間隔で繰り返し出現し、9月中旬には約50本が直径およそ1mの輪になって現れた(写真上)。本種は食用となるカラカサタケに似ているが(写真下)、有毒成分を含み、万一食べてしまった場合には激しい腹痛や下痢などの症状を引き起こす。カラカサタケとは、成熟した傘の裏側の「ひだ」がオリーブ色となる点で区別が可能である(写真下円内)。

植物分類学研究室の調査によれば、本種は熱帯から亜熱帯に分布し、かつて国内では限られた地域でしか報告されていなかった。しかし、1980年以降に近畿地方に分布を拡げ、現在では北陸や関東の一部でも生育が確認されている。これはヒートアイランド現象によって越冬が可能となったからではないかと推測されており、県内でも今後分布が広がっていくのが注目される。

高知新聞朝刊(2006年9月19日付)に関連記事



特集 天然物を科学する

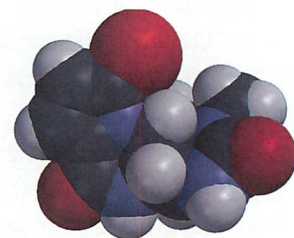
天然物化学には、面白い生物活性のある化合物を、生物(動物・植物・微生物)よりみつけて単離して化学構造式を決定する領域がある。

もう一つの領域として、天然物を実験室で人工的に作り出す「有機合成」があり、

この二つ領域は相互に補い統合しつつ発展している。

高知大学理学部天然物化学研究室は、後者の領域で

「生物活性天然有機化合物の化学合成」を中心とした研究を行っている。



「アゲラストチンA」をスペースフィリングモデルで表した立体図

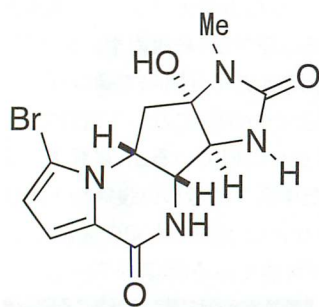
源流

科学が生まれる以前の神話の時代から、人類はいろいろな化合物を自然界より見出し取り出して役立ててきた。例えば、古代オリエント・地中海世界で貴重な染料として用いられた貝紫色素は、アクキガイ科の巻貝から採取されている。また植物から抽出されたアルカロイドは、様々な薬用作用をもつ成分として重用されてきた。

これらの天然よりえられた化合物群を客観的・科学的に研究する機運が18世紀のヨーロッパで勃興して、これが科学として発展し現在に至っている。これらの化合物群は炭素を主成分とする有機化合物である。このため歴史的に俯瞰すると、「天然物化学」の研究から有機化学が発展し、また生化学が分枝した。

現在では有機化学の一分野として「天然物化学」が位置づけられているが、歴史的には有機化学と生物化学の源流である。

アゲラストチンA



「アゲラストチンA」の構造式

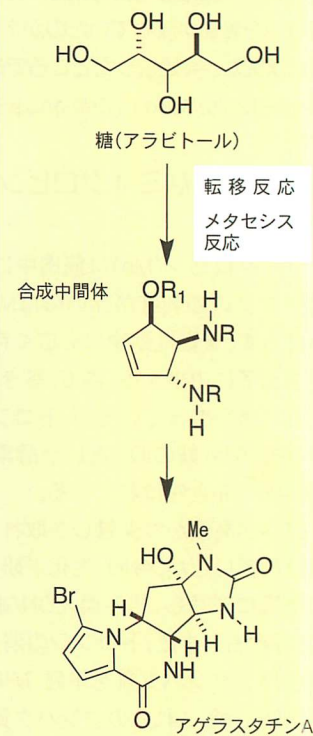
ニューカレドニアの珊瑚が密生している海底より採取した海綿 *Agelas dendromorpha* より、トレント大学(イタリア)のPietra等は「アゲラストチンA」は高度に縮環した4環性ピロール骨格構造を有する海洋天然物であり、強い抗腫瘍活性を示すことが明らかになっている。

合成へ

「アゲラストチンA」は天然から得られる量が限られているので、実験室で合成する研究が活発に展開されている。最初の全合成は、1999年に Weinreb(ペンシルベニア大学、米国)らが報告しており、さらに2002年にはFeldman(ペンシルベニア大学、米国)、2003年にHale(ロンドン大学、英国)、2005年にDavies(テンプル大学、米国)や2006年にTrost(スタンフォード大学、米国)が「アゲラストチンA」の化学合成を報告した。これらの報告は、用いている化学反応が異なり、それぞれ特色ある合成ルートを開発している。高知大学でも最近になって、理学研究科博士前期課程に在学する山岡具倫さん(指導教員市川善康教授)が合成に成功した。

糖の一種であるアラビトールを出発原料として用い、転位反応とオレフィンのメタセシス反応を活用して、2年半の歳月を要し完成に至った。

<合成ルートの概略図>



豆知識 →

【アルカロイド】 植物界に広く分布し、動物に対して特異な、しかも強い生理作用をもつ塩基性窒素を含んだ有機化合物の総称。「アルカロイド」とは「塩基性を示すような物質」という意で、単一の物質をさす名称ではなく、化学的には非常に広範囲の物質が含まれる。代表例として、ニコチン、モルヒネ、コカイン、カフェイン、キニーネなどを含む。

【メタセシス反応】 二種類のオレフィンの間で結合の組換えが起こる触媒反応のことをメタセシス反応と呼ぶ。「メタセシス」の語は「位置を交換する」という意味のギリシャ語に由来する。1980年にはリチャード・シュロックらによりタンタルのカルベン錯体がメタセシス反応を触媒することが発見された。1990年にシュロックらによりモリブデンのカルベン錯体が特に高活性であることが報告された。しかし、これらの錯体は不安定で扱いにくい欠点があった。1990年代に入り、ロバート・グラブスらが水や酸素に対して比較的安定なルテニウムカルベン錯体の触媒を開発したことによって、オレフィンメタセシスは有機合成化学において頻繁に用いられる反応の一つとなった。特に中・大員環合成にも用いられる閉環メタセシスが与えたインパクトはきわめて大きく、アゲラストチンAの合成でも使用されている。2005年にイヴ・ショーヴァン、ロバート・グラブス、リチャード・シュロックの3名にメタセシス反応の研究業績によりノーベル賞が授与された。

博多湾に潜む海底活断層

軌む地球

2005年3月に発生した福岡県西方沖地震に関連して、博多湾で海底活断層調査をおこなったところ、福岡市の直下を走る活断層である警固断層の延長部が発見された。この海底活断層はちょうど福岡県西方沖地震の震源となった断層と警固断層の中間部に位置しており、これらの断層が一連の断層系である可能性を示している。

地盤災害科学・活断層研究室は、この海底活断層の過去の活動時期を明らかにするために、音波を利用して海底の構造を詳しく調べ、さらに海底の堆積物を採取して年代を求めた。その結果、この海底活断層は今から6500～8500年前に活動しており、さらに4000～4500年前にも活動した可能性が高いことが分かった。

警固断層はこれまで過去一万年は活動していないと考えられていたが、実際は活発に活動してきたことが明らかになり、今後の防災対策の進展が望まれる。

岡村、松岡ほか(2006)
地震予知連絡会会報
75, 555-559.



博多湾における海底堆積物の採取の様子

実験室に竜巻をつくる

荒ぶる地球

2006年は全国的に竜巻が多発し、延岡市と佐呂間町では多数の死傷者を出す重大災害となった。高知県でも5件の竜巻が確認され、7月5日香美市の事例では山間部ながら藤田スケールF1に相当する被害がでた。現地の被害調査を行うと、角材がミサイルのように家の壁を突き破る(写真左下)など、強風の威力を思い知らされる。

竜巻の元となる個々の積乱雲を精度よく予測するためには観測システムの大幅な変更が必要であり、現状では竜巻の予測に手も足もでない。また、竜巻そのものの構造も十分にはわかっていない。

大気科学研究室は、被害調査をきっかけとして竜巻の力学過程を再現する模擬実験を始め、自由平面上で竜巻を発生させることに成功した(写真右下)。この実験を通じて竜巻の発生・消滅過程や移動に伴う風速・圧力変動が明らかになれば、予測可能性や減災に寄与できるものと期待される。

高知新聞朝刊(2006年9月4日付)に関連記事
模擬実験は国立科学博物館にて平成18年12月
15日から24日まで公開



竜巻により壁に突き刺さった角材



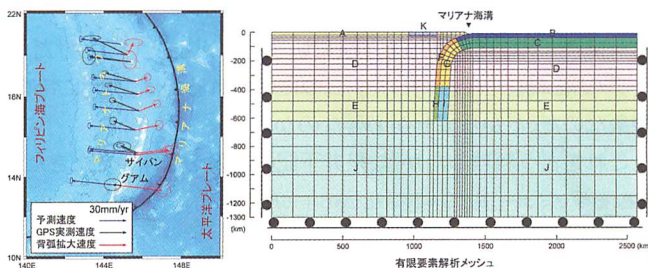
竜巻シミュレーション実験

プレートの沈み込みと背弧拡大 ～ 海に潜れないGPSで海底を見る ～

伸びる地球

地表の約7割を覆う海洋プレートは、海嶺で生じたのち水平に移動し、最後は地球内部に沈み込む。一般に沈み込むプレートは上盤側のプレートを強く圧縮する。南海地震の発生も、西南日本に沈み込むフィリピン海プレートの圧縮力による。ところが、圧縮どころか伸張力が働き、上盤が伸びてしまうプレート境界がある。これを背弧拡大といい、琉球諸島やマリアナ諸島で進行している。

地殻物理学研究室は、東大・九大と共同でマリアナ諸島でGPS(全地球測位システム)観測を行い、島弧の運動を精密決定した。結果はプレートモデルからの予測値と大きく異なった。マリアナトラフの拡大によって島弧が押し戻されているからである。こうして、海に潜ることなく海底の動きを推定できた。背弧拡大が起こるメカニズムはまだ完全に解明されていない。我々は有限要素法シミュレーションを行い、高角度で沈み込んだプレートの重力により、海溝が後退し上盤側プレートが伸張応力場になるメカニズムを提示している。



Watanabe and Tabei (2006) American Geophysical Union 2006, Fall Meeting

高知とテキサスのshake hands

変貌する地球

大陸と海洋の形状や配置が変わると地球表層の大気・海洋循環に多大な影響を与える。深海掘削調査船JOIDES Resolution号の第178節航海では、南極大陸陸棚の地形変化が南極氷床の消長に影響を与え、 Gondwana大陸分裂に伴って形成された周南極環流を強め南極圏の孤立に拍車をかけた様子が明らかにされた。第202節航海ではパナマ陸橋やアンデス山脈の形成とペルー湧昇流の関係が系統的に調べられ、地球史環境科学科の卒論・修論でも、約85万年前を境にエルニーニョ様モードからラニーニャ様モードへと移り変わった様子が復元された。

そんななか、船を運航してきたテキサスA&M大学のBaldauf教授から高知大学との連携を強化したいと、地球史環境科学講座岩井助教授を通して申し出があり、教育・研究の両面で具体的交流策が練られ始めた。共に地域に根ざした大学が海洋をキーワードに国際連携の輪を広げようとしている。



ジョイデスレゾリューション号(チリにて)

岩井, 2003, Leg178 :
南極大陸陸棚周辺堆積物に記録された極氷床発達史, 月刊地球号外, 40, p.49-54.

軌跡のアハ体験

代数学

数学をやっている楽しいときの一つは、アハ体験を得ることができたときである。

【問題】

点A、Bが固定されているとき、角APBが一定であるようなPの軌跡は？

【解】

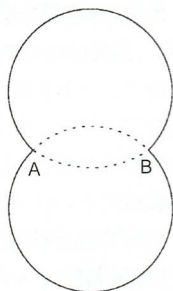
二つの円になる。(図a)

この問題の解決は初等幾何学でもできる。(腕に覚えのあるかたはどうぞ)が、ある記事中で土基はこれをベクトル方程式を使って説明しようと考えた。ところがベクトル方程式で解くと、二つにわかれることの説明に困った。どうしても成分が必要なのだ。

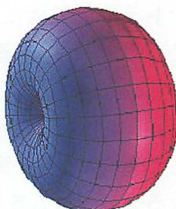
ベクトル方程式は、どんな次元のベクトルかを意識せずに取り扱えることが魅力の一つである。そこで話を3次元まで広げてみた。グラフはつぎのようになる(図b)。この「かぼちゃ」みたいなのをすばっと半分に切ったのが図aというわけだ。

アハ! これをみて納得した。二つにわかれるのは、次元に特有の現象なのだ。だから成分が必要なのか。

これをどう料理したかは、是非下記の記事をご覧ください。
土基「数学セミナー」誌(日本評論社、2005年10月号)



図a



図b

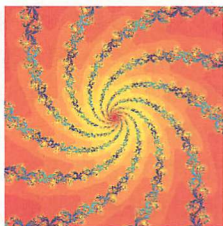
複雑な図形の作り方

複素解析学

2次方程式を解きなさいと言われれば、解の公式で求めることができる。3次方程式についても解の公式がある。しかし、5次以上の方程式については、このような解の公式は存在しない。一方で代数学の基本定理により、このような方程式は必ず解があることが知られている。そこで近似解の求め方として、ニュートン法というものがある。これは方程式から作られる簡単な関数について適当な値から出発して、その関数を繰り返して行くと、解に近づいて行くというものである。問題はうまく出発点を取らなくてはならないことだ。

うまく行かない点はどのようなものだろうか。あるいはどのような振る舞いをするのだろうか。方程式に限らず、色々な関数で考えたらどうだろう。このような研究分野を複素力学系と呼ぶ。実はうまく行かない点の集合は自己相似集合、あるいはフラクタルと呼ばれる複雑な図形となる。現在、有理関数についての研究が進んでいるが、超越整関数で考えると、それらと違った側面が見えてくる。

Morosawa (2004) Fund. Math. 183, 47-57.



豆知識 →

【ベクトル】 長さや向きをもった矢印。位置などの量を普通の数と同じように扱うために考え出された。和や定数倍を考慮することができるが、積は一般には定義されない。イザとなれば数の組として表現することもできる。

壁紙模様を数学する

幾何学

図1の壁紙模様にも見えるパターンはR.Penroseが考案したもので、Penroseタイル貼りと呼ばれる。実はこれは1982年に発見された準結晶という物質の数理モデルである。ここではAmmann-Beenkerタイル貼りを取り上げる。

これは図2aの模様つきの鋭角が45度の2つの菱形と1つの正方形を使って、図2bのような矢印と亀の甲羅のような模様だけが現れるように敷き詰めてゆくことで構成される(図3)。実際にやってみれば、このような制約つきの敷き詰めはなかなか難しいことが分かっていただける。敷き詰め手順はオートマトンという図を用いて表現することが可能で、このタイル貼りのもつ性質を調べるのに役立つ。

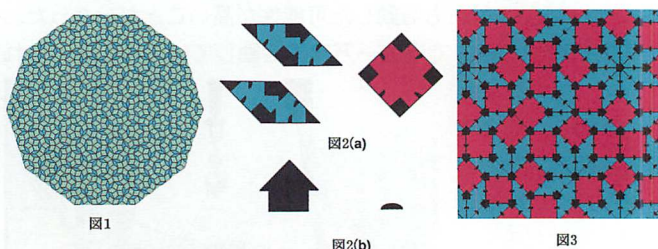


図1

図2(b)

図3

K.Komatsu, K.Nomakuchi, K.Sakamoto and T.Tokitou (2004) Nihonkai Math. J. 15 :109-118

統計学で勘を鍛える

統計学

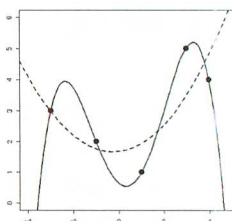
2006年度の京都賞が、赤池弘次氏(統計数理研究所名誉教授)に贈られた。AIC(Akaike Information Criteria, 赤池情報量規準)を考案した功績を賞してである。

図には5つの点が打たれている。それらを最もうまく近似する曲線(モデル)は何だろうか? 数学的には4次関数(実線)

で十分であるが、5個のデータの範囲からちょっと外れたX値に対しては、とんでもない負のy値を推定しそうである。統計家は、誤差のある世界でデータにモデルをぴったり当てはめると危険だと考える。実際、2次関数(破線)のほうがよく説明しているのではないだろうか? モデルとデータの近さを測るために、ある原理から判断規準AICを初めて数学的に導いたのが赤池である。

統計数学研究室は、モデルに事前の不等式制約が仮定できるときのAICの計算法を研究している。オリジナルのAICほどには簡単な計算ではないが、その改良と有効性にチャレンジしている。

関連記事 朝日新聞、2006年11月25日



豆知識 →

【準結晶】 結晶は単位胞と呼ばれる原子配置の単位をずらすように配置してできる。新素材として注目される"準"結晶は電子線やX線を用いた実験では結晶との類似を見るが、結晶とは異なり単位胞を持たないと考えられている。

【フラクタル】 よく使われる定義は自己相似集合である。すなわち、自分自身のどのような小さな一部分でも拡大して行くと自分自身と同じ形をしていることが見いだせる図形。このような図形で自然界はあふれている。例えば、雲、遠くの山並み木の葉の葉脈。

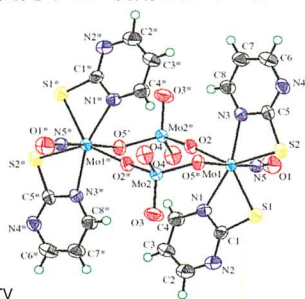
毒と薬の不思議な関係 ~ NOの効能 ~

無機化学

一酸化窒素(NO)は、大気汚染物質の代表として厄介者扱いされている。しかし、そのようなNOも私たちの体の中において、微量ではあるが不可欠な物質で、血管を広げて血圧を下げたり、細胞から細胞への情報伝達の役割を担ったり、ガン細胞を破壊したり、病原菌を殺したりすることが知られている。実際に医療の現場でも、希薄なNOガスの吸入によって肺高血圧症の治療やNOを発生する物質を薬として服用することによって狭心症の治療(ニトログリセリン)、性的機能不全の治療(パイアグラ)を行っている。

米村研究室(無機機能性材料化学)では、このNOの良いところを活かした有用な特性を持つNO含有化合物の分子設計と合成を行い、ここ数年で、光によりNOを発生する化合物の合成に成功している。人工血液、人工骨、医薬品の開発などに利用されている“バイオメテックケミストリー(生体模倣化学)”をベースに、簡便な方法でNOを必要なときに必要な量だけ取り出し、過剰にあるときにはそれを吸収してしまうことのできるような身体に優しい物質を作ることが期待されている。

Yonemura ら (2006) Inorganic Chemistry Communications, 9, 183-186.



NO含有化合物の立体構造

酒類の熟成機構に関する「統一理論」

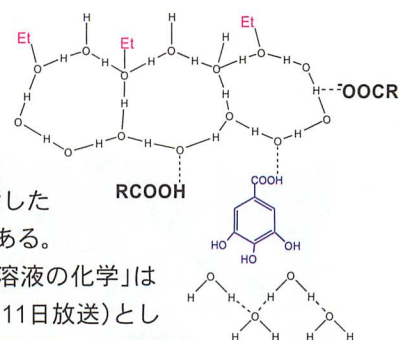
物質化学

北條研究室(分析化学)はここ数年に渡り、専門とは幾分異なる「お酒の熟成、熟成のしくみ」に取り組んでいる。従来の通説(時間だけに重きをおく考え)とは異なる観点から化学的にアプローチを試み、酒類の熟成について、ほぼ例外のない統一な理論を提案できるようになった。ここで「統一理論」と言うのは、熟成の全ての現象を説明するというのではなく、あらゆるタイプの酒(醸造酒、蒸留酒、カクテルなど全ての酒)に共通する熟成現象を一般化したことである。味の好き嫌いや好みには左右されない領域となる。アルコール刺激が少なくなって、飲みやすくなる原因は一体なぜか、この原因の解明である。

端的に言うと、実は、何の変哲もないような有機酸、ポリフェノールなどの存在により、水とエタノール間の結合が強まることを明らかにしたのである。結合が本当に強くなったかどうかを調べる方法として、プロトンNMR法を用いた。水-エタノール間の結合が強まると同時に、水素結合の交換が活発になり、水とエタノールの区別がつかなくなる。この単純な機構により、エタノールによる官能的刺激が軽減するのである。どこにいるか誰も知らなかったサンタクロース・「熟成素子」を探索するため、北極点や、逆に、南極点を目指した知的冒険の意外な結末である。

「お酒とエタノール水溶液の化学」はRKCラジオ公開講座(2月11日放送)として高知大学ホームページで聞くことができます。

Nose A. and Hojo M.(2006) J. Biosci. Bioeng., 102, 269-280.

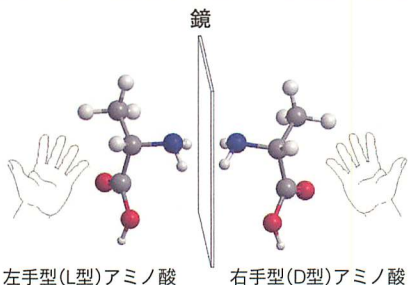


右手型と左手型のアミノ酸

生化学

アミノ酸には、右手型(D型)と左手型(L型)の二種類の光学異性体が存在している。これらは互いに鏡に映したような関係にあり、ちょうど右手と左手が重ねられないのと同様に立体的に重ね合わせることができない。この二種類の異性体の化学的性質は全く同じであるにもかかわらず、生体内に存在するアミノ酸はL型アミノ酸のみであり、D型アミノ酸は生体内には存在しない非生体アミノ酸であると長い間考えられてきた。しかし、近年の研究からD型アミノ酸が生体内にも存在し、様々な生理機能を持つことが明らかとなってきている。

生化学研究室の宇田らは、このD型のアミノ酸のなかでも、特に生体内での存在が未だに確認されていないD型アルギニンについて研究を行ってきた。そし



て、環形動物類のケヤリの生体内にD型アルギニンが高濃度で存在することを発見した。さらに、このD型アルギニンがATPからリン酸基を転移されD型アルギニンリン酸となることで、生体内でATPのリン酸基の貯蔵源として機能していることを明らかにした。

Uda K. and Suzuki T.(2007) The Protein Journal (in press)

応用が期待される“固体発光性蛍光色素”

有機化学



様々な色の蛍光を発する“固体発光性蛍光色素”

光を吸収して励起状態となった蛍光色素は、吸収したエネルギーを再び光として放出して基底状態に戻る。この光吸収・光放射の過程で光の波長は変換される。蛍光色素は、インキ、染料、塗料としての利用の他、各種分析用蛍光プローブ、最近ではエレクトロニクス技術と結びついて有機EL発光素子などへの応用が注目されている。しかしながら、一般の蛍光色素は、希薄溶液状態(単分子状態)で強い蛍光を発しても、固体状態(分子凝集状態)では発光性は著しく低下する。この現象は、濃度消光としてよく知られており、固体状態で蛍光色素を利用するときに大きな障害となっている。

吉田研究室(有機機能材料化学)は、基礎研究から得た新しい知見を活用して、分子凝集状態で濃度消光を緩和させた“固体発光性蛍光色素”を開発した。現在、固体状態でも強く発光できる特性を活かして、次世代のフルカラーディスプレイとして注目されている有機ELへの応用や新しい波長変換用発光材料の創製を目指した共同研究を展開している。

Yoshida ら (2006) Chem. Eur. J., 12, 7827-7838.

豆知識 → [有機ELフルカラーディスプレイ] 光の三原色である赤(R)、緑(G)、青(B)の有機発光素子を基板上に配置し、電極の間に挟んで発光を制御する。電気を光に変える現象を利用している。

月に槍を打つ

～ fly me to the moon ～

惑星科学

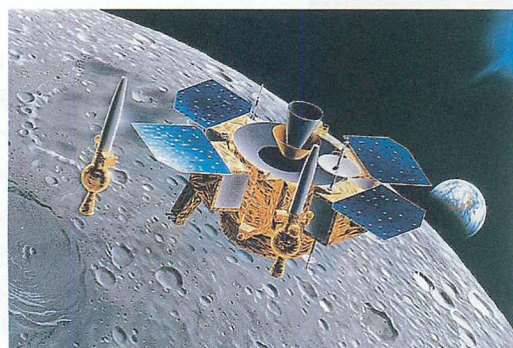
月を回る軌道上から月表層を調べるために、(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)の月探査衛星セレーネが7月に打ち上げられる。同じく、4月には嫦娥1号(中国)、年末にはチャンドラヤン1号(インド)の打ち上げが予定されている。一方、JAXAの第17号科学衛星の中止が1月末に決まった。この衛星は槍型センサー(ペネトレータ)を月面に貫入させ、月震や熱流量を測定し月の深部構造を探ることを目的としていた。月だけでなく地球の成り立ちを研究する上で、月の深部構造(中心核の大きさ)が鍵になっている。ペネトレータは月面貫入時数千Gの衝撃を受ける。科学観測機器については1万Gの衝撃に耐え必要な性能が保持されることはすでに実証されている。

今年ペネトレータの完成を確認する最終試験が実施される。防災科学講座村上英記助教は、ペネトレータ内部のデータ処理・観測運用方法の検討を行い、動作試験に立ち会ってきた。各国がペネトレータの開発を目指しているが、日本がリードしている。極めて近い将来、月だけでなく火星などの固体惑星の内部構造を探る各国の衛星にペネトレータが搭載されているかもしれない。

村上他(2006)第7回宇宙科学シンポジウム、(独)宇宙探査イメージ(JAXA)航空研究開発機構



動作試験中のペネトレータ



探査イメージ(JAXA)

豆知識 →

【空気シャワー】 高エネルギーの宇宙線が大気に入射すると、大量の粒子を生成してエネルギーの分散が行われる。作られた粒子はシャワーのように地上へ降り注いでくる。

【超新星】 太陽質量の8倍以上の重い恒星は星の進化の最後に重力崩壊を引き起こし、大爆発を起こして星を吹き飛ばす。

宇宙線実験が示唆する新しい相互作用

電磁物理学

チャカルタヤ山(南米ボリビア)宇宙線実験では、加速器では得られない 10^{16} eV以上の超高エネルギー領域での素粒子反応を研究している。実験装置および観測方法として、大気中に入射してきた宇宙線が引き起こす核相互作用を原子核乾板で観測し、同時に入射粒子のエネルギーと大気中での発達を空気シャワー装置を用いて観測する連動実験を行っている。この観測しているエネルギー領域は宇宙線の起源問題とも密接に関係しており、これまでの観測結果を説明するには、宇宙線の源と考えられる超新星残骸によるエネルギー加速の限界と宇宙線の銀河系外へのしみ出しから、観測される宇宙線組成に大きな変化が起こっていると考えられてきた。

しかしながら、電磁物理学研究室が参加している国際共同実験の観測結果から、この 10^{16} eV以上のエネルギー領域は宇宙線組成の変化だけでは説明しきれないことがわかった。チャカルタヤ連動実験の結果は新しい核相互作用の存在を示唆している。



チャカルタヤ観測所

Aokiら(2006) Nuclear Phys. B 151, 223-226.

Tamadaら(2006) International Cosmic Ray Workshop, Tien-Shan.

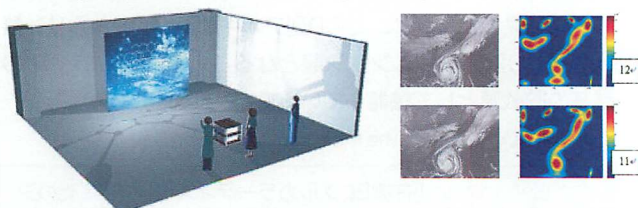
宇宙から届く人工衛星データのマイニング

情報科学

近年、科学・医療・経済等の諸分野でデータマイニングが注目されている。データマイニングは大量のデータを鉱山にみたて、そこからパターンや知識を発掘(mining)することを目的とした研究分野である。コンピューターに学習を行わせる機械学習の分野等を母体として、90年代以降発達してきた。宇宙空間の人工衛星からも地球や惑星のデータが時々刻々と送信され、地上のデータベースに大量に蓄積されてきている。このようなデータにも、データマイニングの手法を適用することによって、新たな知識の発見を支援することが期待できる。

本田研究室(情報科学講座ソフトウェア科学分野)は、これまでにひまわり気象画像からの雲の変動パターンの抽出や、地球観測衛星センサーデータからの植物活動度の時間変動のモデル化などを行ってきた。4月からは、偏光メガネを利用したポータブルVR(Virtual Reality)システム(KGT社)を導入する。このシステムは、抽出したパターンや時空間で変動するデータを、遠近感のある立体のように視覚化することができる。このようなシステムの導入により、さらにユーザの知識発見を促進するシステムを構築できる。

Honda, R.(2006)The 2nd NASA data mining workshop.



上図:ポータブルVRイメージ図(<http://www.kgt.co.jp/feature/pvr> から)
右図:ひまわり画像からの混合正規分布BICを用いた半自動的な雲塊抽出例(左:画像、右:雲の近似表現。数字は尤もらしい雲塊の個数)

特集:植物と自然 変質する南四国の河川生態系

植物は生態系の生産部分を担っているもっとも重要な構成要素であり、生態系の基本的な構造や性質はその地域に成立している植物群落によって決定されている。それぞれの植物群落は生育立地の気候や土壌・地形などの自然環境に影響を受けているだけでなく、人為的な影響も強く受けている。本特集では、大きく変質してきた高知県の河川生態系の実態を、理学部植物生態学研究室で明らかにしてきた結果をもとに解説する。

河川生態系の特徴

河川域はたびたび来襲する大小さまざまな規模の洪水によって攪乱を受ける。樹林地だったところが流路になったり、土砂が堆積して草原が裸地になったりする一方で、しばらく攪乱作用を受けなかった場所は草原から低木林さらには高木林へと発達していく。このような変動を内包している場所が河川である。その変動そのものが河川生態系の特徴であり、種組成や発達段階の異なる植物群落が同じ河川域に共存することを可能にしている。その結果、河川では山地や丘陵地とは異なる動植物が生活していくことができる生態系が形成されている。

河川環境の変質

河川は人間が平野部に定住生活を始めた時からもっとも強く人為の影響を受けてきた場所であるが、近年の土木技術の発達による流域環境の大きな変化が河川環境を大きく変えた。河川の変動の質が大きく変化し、常に攪乱を受ける場所と攪乱を受けにくい場所の二極分化が進行した結果、植生が単純化してしまった河川が増加している。多くの原因が指摘されているが、その主なものは、ダムによる洪水頻度と強度の低下、堰の建造による砂州や流路の固定化、築堤や河道内の構造物および砂利の採取や河道掘削による河床低下と地形の変化である。これらの人為的インパクトが加わった結果、



写真1 新荘川の河原を覆うツルヨシ群落



写真2 ツルヨシ群落の繁茂によって複断面化が進行した新荘川の河床(ツルヨシ群落除去後)

流路の異常深掘れや固定化が進行し、河床の高い部分と低い部分が増え、中間的な場所が少なくなった。つまり河床の複断面化が進行した。

高知県新荘川ではツルヨシが河床全体を覆うように大繁殖している(写真1)。繁殖したツルヨシ群落は洪水時の流速を弱め、そこに細粒な土砂が堆積することによって、河床の複断面化を更に進行させる(写真2)。地域の住民がツルヨシの駆除に乗り出したものの、土砂の中に残っていた地下茎から旺盛に出芽してすぐにもとどおりに回復してしまった。ツルヨシは在来種であり、

日本の河川生態系の重要な構成要素であるにもかかわらず、生態系を乱す悪役にしたててしまったのは、ほかでもない人間の仕業である。

安定した河床ではしばしば樹林化が進行する。高知県の河川では、従来は堤防に近い場所にだけエノキやムクノキの河畔林が成立していた。しかし、物部川では複断面化した高水敷に、乾燥した場所でも生育できるアキニレが進出して樹林地の面積が広がり、河川特有の基本植物群落が減少している。さらに深刻なのは外来樹種であるナンキンハゼが侵入し、在来の植物群落に取って代わりつつあることである。

外来樹種ナンキンハゼの侵入と繁殖

ナンキンハゼは、中国南部原産のトウダイグサ科の落葉高木である。本種は蠟・石鹼の原料として、世界各地の亜熱帯から温帯に植栽されており、晩秋の紅葉と白い仮種皮のコントラストが美しく、観賞樹としても人気がある。しかし、本種は世界各地で植栽地から逸脱し、地域固有の生態系や生物多様性にとって大きな脅威となっている。米国南部では本種は最も侵略的な外来植物の一つである。近年、日本でも関東以西の太平洋沿岸の河川や都市近郊林を中心に、本種の野生化が顕著である。



高知県では、物部川の礫河原で野生化した本種の高木林が目立ち(写真3)、その面積は2001年に約14haに達した。過去の写真を読み取った結果、1962年の河床には複雑な網状流路が発達して礫河原の植生は少なかったものの、その後、流路が固定化し草原と樹林が増加した。植物生態学研究室の研究から、本種の分布拡大の主な要因は以下の3つであると考えられる。

1つめは1970年代に河川近辺に本種がまとまって植栽されたことである。2つめは本種が攪乱地に適した生理生態的特性(初期成長がはやい、萌芽再生力が高い、実生の沈水に対する耐性が高い、結実開始年齢が低い、種子生産力が高い、鳥類が種子を頻りに利用し散布するなど)をもつことである。3つめが前述のような河川環境の変化である。洪水で破壊されにくい場所が広がった結果、もともと河川域へ侵入しやすい特性を持っていたナンキンハゼが高木林にまで発達できるようになり、それが樹林地の拡大につながった。国内での販売・流通状況や旺盛な成長・繁殖力を考慮すると、今後、ナンキンハゼは侵略的な外来種として問題となる危険性が高く、適切な管理を怠ると更なる河川生態系の変質悪化が進行するであろう。

比嘉・石川・三宅(2006) 植生学会誌 23: 89-103.

特集 市販冷凍機を用いて極超低温を実現

絶対温度1K(ケルビン)以下の温度を実現することは、超伝導などの基礎研究において不可欠であるばかりでなく、応用研究においても重要である。通常、1K以下の温度を実現するためには高価な液体ヘリウムを用いなければならない。理学科西岡研究室グループは、学長裁量経費の補助を受けて市販冷凍機を改造し、容易に1K以下の温度を実現することに成功し、本年中に製品化される予定である。これは、極低温研究の裾野を大きく広げるばかりではなく、テラヘルツ高感度検出器等に活用することも期待される。

世界が求めた研究成果

絶対零度

科学者は未知の世界を追い求めてきた。たとえば、「宇宙の果てはどうなっているのだろうか?」とか、「物質の究極は何か?」とかである。それらは、最初は単純に科学者の知的好奇心を満足させるためだけのものではあったのかもしれないが、数十年後あるいは数百年後に人々の生活に多大な恩恵をもたらしてきた。「極低温では物質はどのようにふるまうか」ということも科学者のそのような知的好奇心のひとつである。温度に上限はないが、下限はある。摂氏マイナス273度、これが自然界の最低温度である。これを絶対零度と呼び、K(ケルビン)であらわす。しかし、絶対零度は近づくことはできても絶対に実現することはできない。

極低温の重要性

私たちの生活に適当な温度は重要であるが、温度はしばしば物質の真の姿を隠してしまう。たとえば、普段用いている一円玉は約1K以下で超伝導になる。鉄は磁石につくというのは常識であるが、1000度の温度では磁石につかなくなる。

応用面でも極低温は重要である。私たちの生活において、テレビ、携帯電話、電子レンジ、レントゲン撮影など電磁波の利用は不可欠である。現在、ほとんどの周波数帯が活用されているが、その中において、テラヘルツ領域といわれる遠赤外領域の電磁波は空白領域となっている。その理由は温度にある。室温にある物質はすべてテラヘルツ領域の電磁波を放出している。従って、テラヘルツの電磁波を利用しようとしても本当に知りたい電磁波を検出することができない。温度が下がれば下がるほど高感度の検出ができるようになる。



絶対零度へ接近する方法

絶対零度に近づくためには、液体ヘリウムを用いるのが普通である。液体ヘリウムはすべての物質で最も低い沸点(4K)を持っている。この液体ヘリウムを用いることにより、1ミリK以下まで温度を下げることもできる。しかし、この液体ヘリウムは価格が非常に高いのが問題である。

液体ヘリウムが非常に高価ならば、極低温の実験を行うことは大変なことだと思われるかもしれないが、そうでもないのである。旧帝大を中心とする大きな大学には大型のヘリウム液化設備があり、蒸発したヘリウムを再液化して使っている。さらに、国から多額の援助を受けている。そのために、液化設備がある大学では安価に液体ヘリウムを手に入れることができる。

ヘリウム液化設備のない大学では、極低温研究をあきらめるか、液化設備のある大学に行って実験をするか、高価な液体ヘリウムを使って細々と実験するか、くらいしか選択肢がなかった。そのような状況に光をもたらしてくれたのは、機械式冷凍機の開発である。このような冷凍機を購入すれば液化設備がなくても、4K程度の極低温までの研究ができるのである。しかし、低温物理学者やテラヘルツの応用に用いるには、4Kはまだ高温である。

What's new!

物性物理学研究室の挑戦

最近、冷凍機を用いて1K以下の極低温を実現する方法が提案され、実現されている。その基本となる構造は、ジュール=トムソン(JT)回路を取り付けたクライオスタットを冷凍機で予冷することにより、1K以下に冷却するというものである。しかしながら、JT回路を作動させるために、装置は大型化し、複雑な動作気体操作系が必要になり、その結果高価になる。

昨年、西岡研究室のグループは市販小型冷凍機を改造して、JT回路を用いずに極めて簡単に1.4Kの環境を実現する方法を発明し、特許申請を行った(注)。写真はこの装置の概観図である。西岡研究室が開発した方法を発展させると、1K以下の環境を実現することもできる。この方法を用いると、小型化および製造コストの大幅な削減を行うことが可能である。その結果、ほとんどの物性実験で液体ヘリウムを使う必要がなくなる。これにより、液化設備の有無に限らずどこでも極低温研究を行うことができるようになる。また、野外に持って行くことができるので、原子炉施設の中での実験や山頂での赤外線観測、空港でのテラヘルツ高感度検出を利用した手荷物検査などに活用することもできる。

(注)「極低温冷凍機」西岡 孝、国立大学法人高知大学、特願2007-68981