



目次

- 2 研究最前線
有機ゲルマニウム化合物の光反応による磁気同位体濃縮
- 6 TOPICS
『第7回理化学研究所と企業の懇親会』を開催
科学技術週間行事のご案内
- 7 SCIENCE BRINGS US TOGETHER
はんばーがークダサイーニック・ハーテル
- 8 原酒
ノーベル賞と日本の科学(者)

磁場効果の検出装置
(記事は2ページ)

有機ゲルマニウム化合物の光反応による磁気同位体濃縮

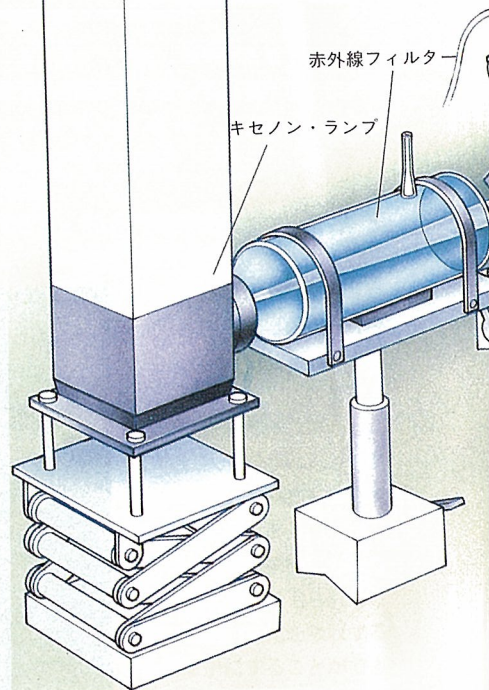
—MRI増影剤などへの活用が期待される—

医学、化学、農学、ライフサイエンスの分野では、放射性同位体がトレーサー、標識化合物として広く利用されているが、最近、放射能をもたない安全な磁気同位体が注目されており、例えば、磁気共鳴イメージング(MRI)の増影剤として期待されている。

現在、磁気同位体のほとんどは輸入に頼っており、とりわけ酸素より重い原子では「質量同位体効果」を用いた大型プラントで濃縮するため、極めて高価になるのが難点である。

そこで、分子光化学研究室では、「磁気同位体効果」による重原子の濃縮を試み、核スピニングがラジカル対の再結合に影響を及ぼす点に着目して、このほどゲルマニウム73の濃縮に成功した。これは磁気同位体効果による天然試料の濃縮では最も重い原子での成功であり、安価な磁気同位体濃縮に大きく道を開くものといえる。

今回は、この濃縮を可能にした「磁気同位体効果」の解説と合わせて紹介していくことにする。



質量同位体効果と磁気同位体効果

原子には、原子核を構成する陽子と中性子のうち、中性子の数が異なるさまざまな同位体が存在する。それらは陽子や電子の数は同じなので化学的な性質はまったく変わらず、通常の化学反応では分離はむずかしい。

そこで、これまでは質量数の差を利用して遠心分離法、ガス拡散法、レーザー法、電磁法などで濃縮・分離してきた。これを質量同位体効果という。しかし、いずれの方法においても、原子量が小さい水素やヘリウム原子などでは同位体の質量数の差が質量にくらべて大きいので比較的容易に濃縮・分離できるが、重い原子の場合は質量に対する質量数の差があまりないので濃縮はいっそう困難になる。

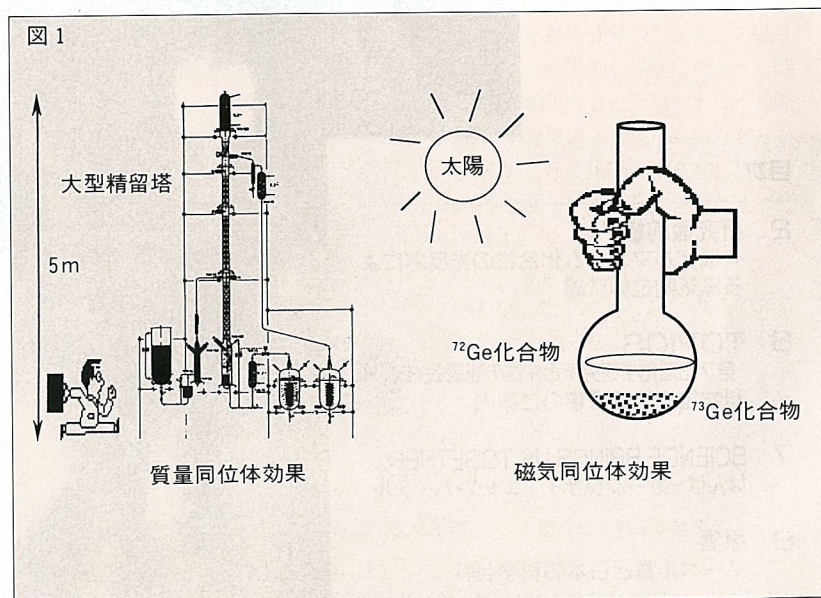
これに対し、「核スピニング」を利用した同位体濃縮の方法がある。これを磁気同位体効果と呼ぶが、大規模なプラントを必要とせず、実験室レベルでも濃縮が可能である。(図1)

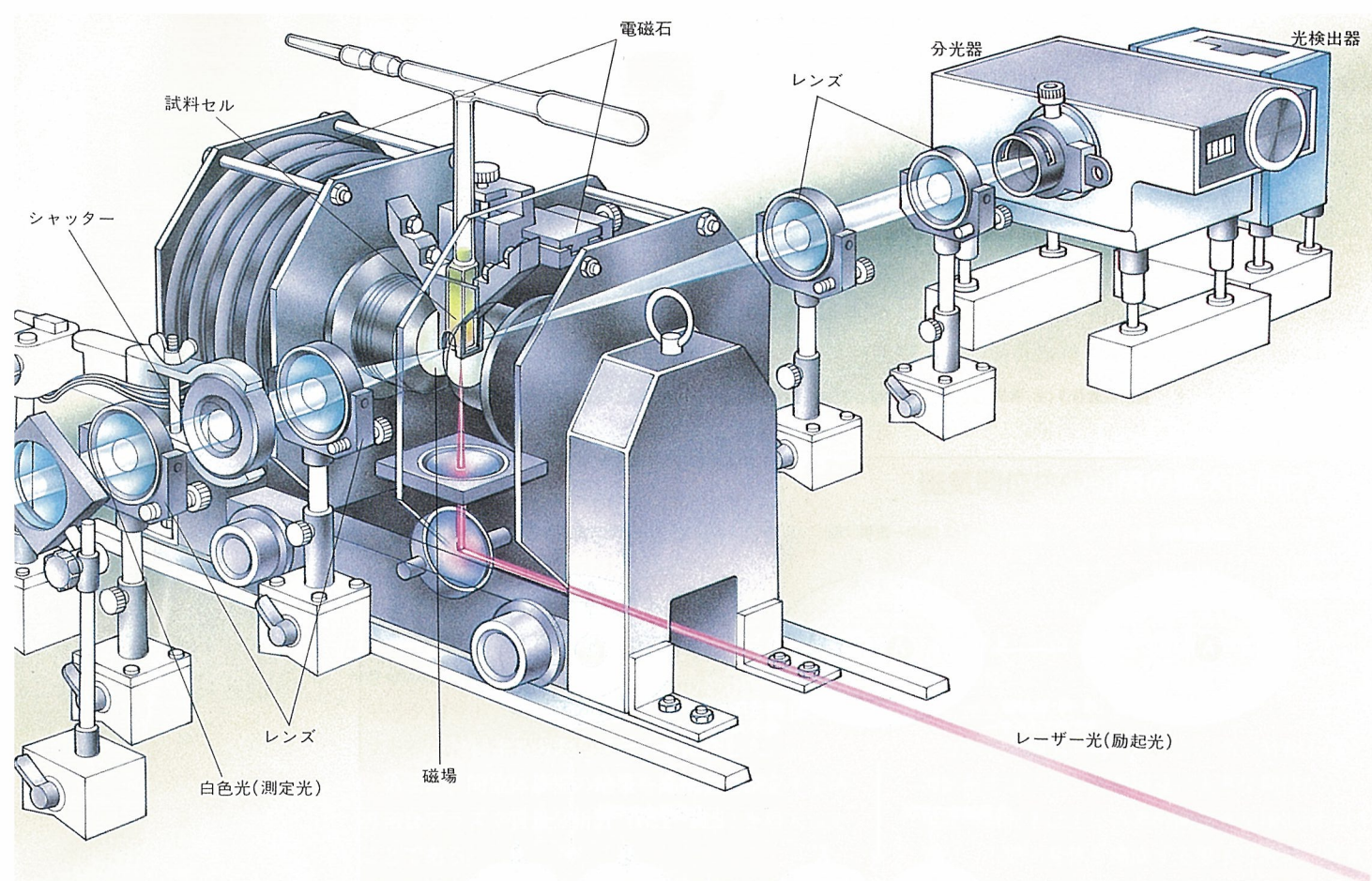
「スピン協調」を利用する磁気同位体効果とは

電子やある種の原子核は自転している。これを「スピン」という。電荷をもつ電子や原子核がスピンすれば、そこに磁場が生まれる。これらの磁場はきわめて小さいが、スピンを持つものが分子や化合物を作るときに、磁場が相互に作用してさまざまな反応

が起きる。これを「スピン協調」という。このスピン協調を利用すればこれまでにない化学反応系ができることになる。ちなみに、この「スピン協調」は日本で基礎的理論が確立されたもので、「スピン協調」を応用した革新的な材料開発でも日本が世界を大きくリードしている。(図2)

さて、「磁気同位体効果」だが、例えば、天然の炭素原子には炭素12(原子量12)と炭素13(同13)が存在する。全体の99%を占める炭素12の原子核は核スピニングを持たないが、1%の炭素13の原子核は核ス





磁場効果の検出装置(出所:サイエンス'86年1月号/遠藤孝悦画)

ピンを持っている。したがって、核スピンの有無により反応性が異なるような反応系を設計すれば、微量の炭素13だけを集めて濃縮することが可能だ。これが磁気同位体効果による濃縮である。では、その反応はどのようにして行われるのだろうか。

磁気同位体効果の反応プロセス

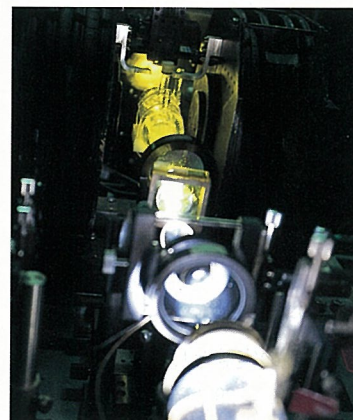
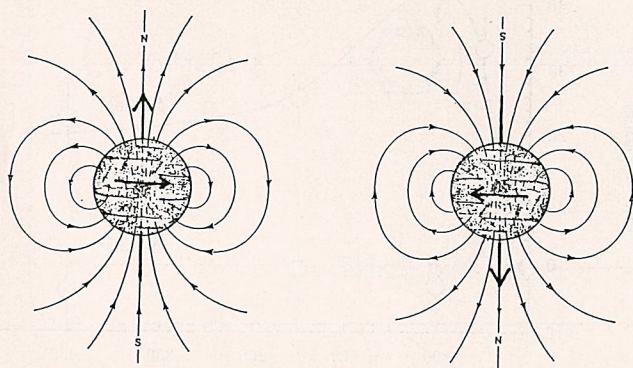
電子はスピンを持っていても、安定した化合物の状態では逆向きスピンの持つ者同士が結合を作

て相殺するため、化合物としてはスピンを持たない。この状態の化合物を基底一重項という。基底一重項の化合物に光・熱・放射線を照射すると、結合が切れて電子スピンを持つラジカルができる。結合解裂の初期過程には、2つのラジカルが対をつくるラジカル対が形成される。ラジカル対には電子スピンの向きが逆のラジカル対と並行のラジカル対がある。前者を一重項ラジカル対と呼び、後者を三重項ラジカル対と呼ぶ。一重項ラジカル対は素直に結合して元の化合物に戻るが、三重項ラジカル対は電子スピ

図 2

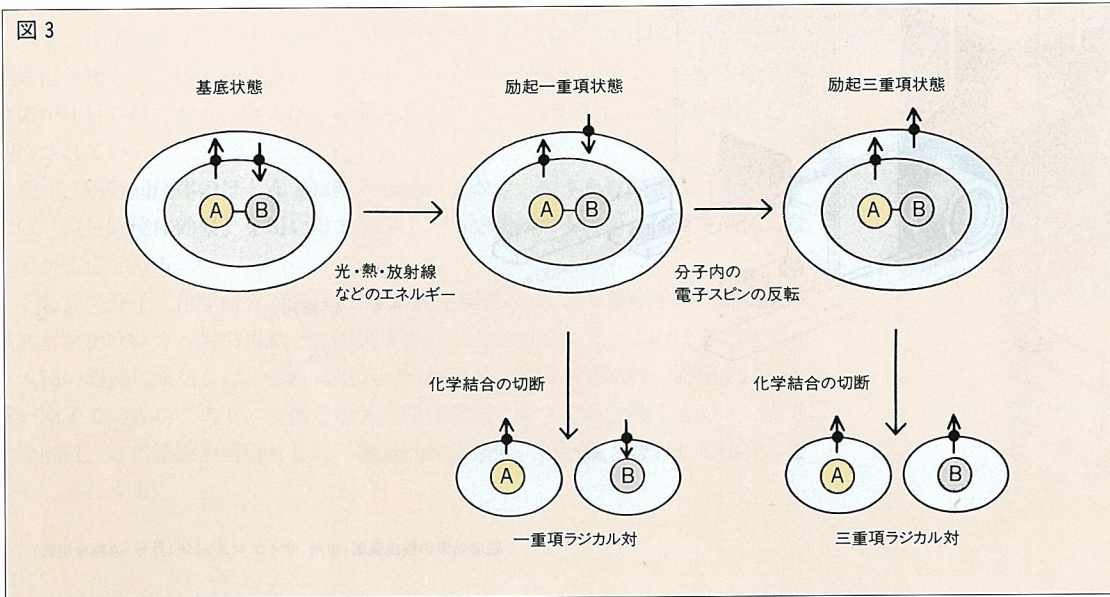
スピンとは？

電子やある種の原子核 → 自転による磁場を放射 → 微小磁石



磁場の中を通る光

図 3



ンの向きが同じなので反発しあって散逸してしまうか、電子スピンを反転させて一重項ラジカル対になる。(図3)

同じ三重項ラジカル対の中でも核スピンを持つものと持たないものでは、核スピンをもつものの方が速やかに一重項ラジカル対に変換されて元の化合物に戻り、核スピンを持たない三重項ラジカル対は、核スピンをもつものに比べて多く散逸することを、当研究室がすでに明らかにしている。

この反応を工夫すれば、核スピンを持たない原子だけを選択的に減らすことができることになる。そして、このプロセスを繰り返し行えば、徐々に核スピンを持たない原子の比率が減って、結果として核スピンを持つ原子のみを濃縮することができるわけだ。

ゲルマニウム73の濃縮

さて、今回の実験では、ゲルマニウム73の濃縮にアプローチした。この種の実験としては、これまでに酸素原子より重いシリコン29や硫黄33の磁気同位体効果による濃縮実験が報告されているが、ゲルマニウム73はそれらの倍以上の原子量を持っている。なお、天然のゲルマニウムには、原子量で70、72、73、74、76の同位体がある。このうち核スピンを持っているのはゲルマニウム73だけである。

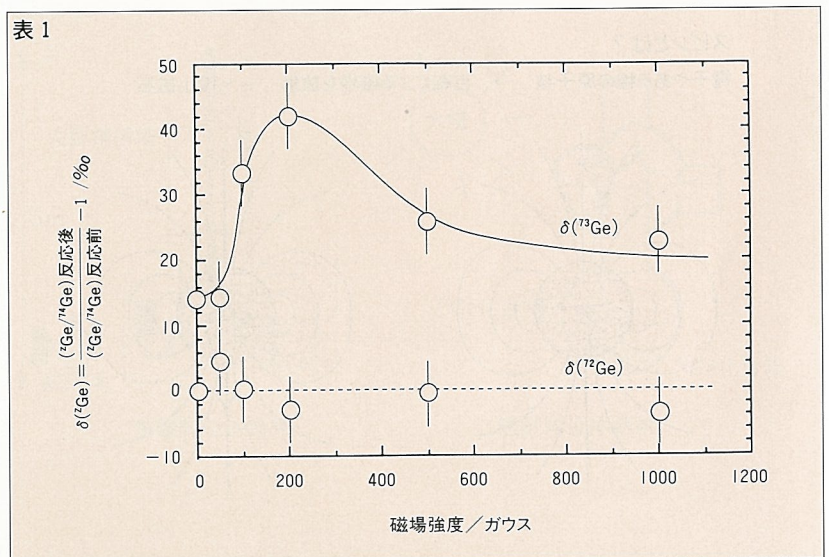
今回のポイントは次の3つのブレークスルーにある。

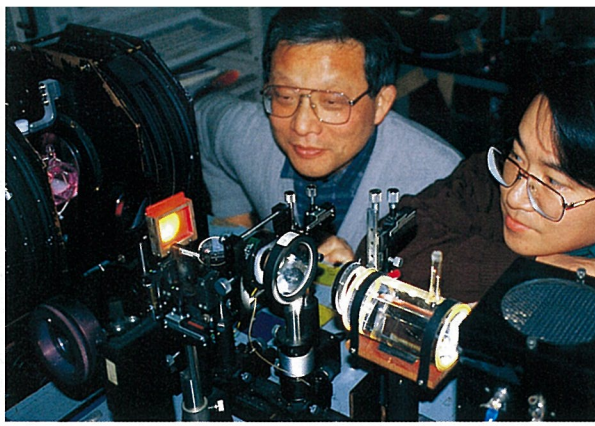
第一は、適切な反応系の選択である。そこで、核スピンによる磁場効果を最大限に活かすプロセスと最適な光分解反応系をさまざまに検討した。

その結果、ゲルマニウムの化合物としては、有機ゲルマニウム化合物であるメチルトリフェニルゲルマン (Ph_3MeGe) を選び、これを溶媒 (Brij35 = ミセル) に溶かした。

またラジカル発生のプロセスは、石英セル中(5ml)

表 1





林主任研究員(左)と若狭研究員

で、10～30分間、紫外光 (Deep UV) 照射を行うこととした。

今回のゲルマニウム73の反応スキームを掲げておく。(図4)

第二に、ミセル溶液中の出発物質 (メチルトリフェニルゲルマン) と散逸生成物さらにはミセル分子を効率よく分離するために、新たに水系GPC(ゲル浸透クロマト) カラムを用いたリサイクル液体クロマトグラフによる分離システムを開発した。

第三に、同位体濃縮の結果を高精度に測定する誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) を導入したことである。

この反応実験の結果として、ICP-MSによる同位体の精密分析により、表の変化率に示されるように明らかに核スピンを持つゲルマニウム73の存在比率が増加したことが確認でき、磁気同位体効果による世界で最も重い原子の分離は成功した。(表1)

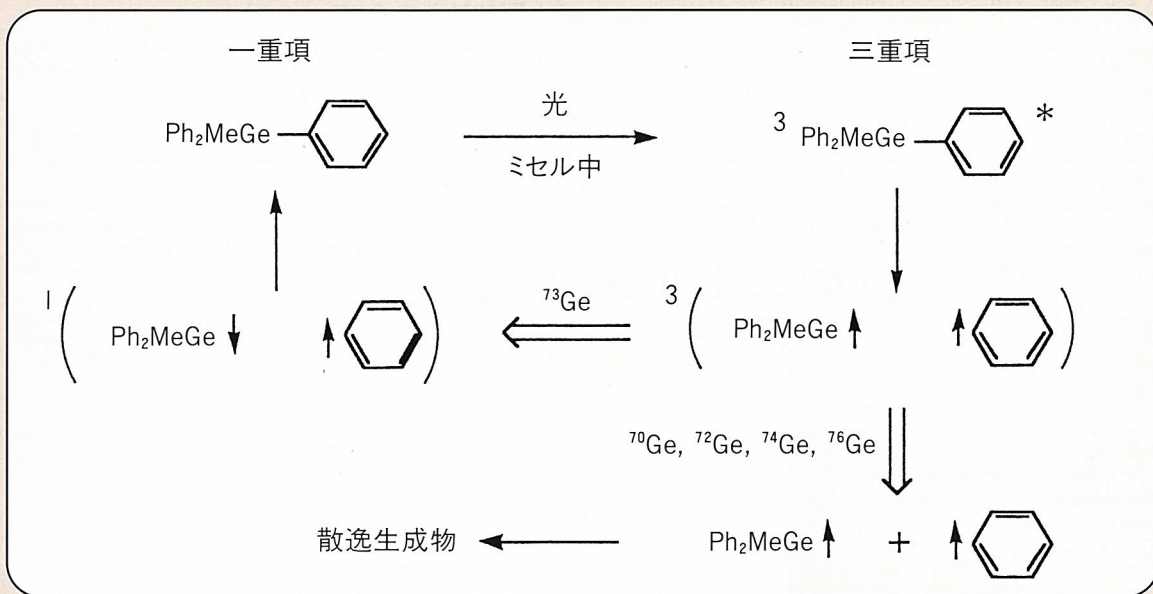
磁気同位体の利用の拡大に向けて

今回の成果により、重原子の磁気同位体も手軽に濃縮できる道が開けた。磁気同位体は高価なために、これまで利用が限られていたが、安価な生産が可能になれば、安全な物質だけに、トレーサーや標識化合物に使われている放射性同位体と置換されるケースも増えていくことだろう。

なかでも磁気共鳴イメージング (MRI) 装置の増影剤をはじめ、医療用途に大きな期待がかかる。現在のMRIは主に水素の同位体を増影剤としているが、人間の身体を構成する原子は炭素、窒素、カルシウムをはじめ多様に存在するだけに、それぞれの原子に対応するトレーサーや増影剤が提供できれば、医療診断技術は飛躍的に進歩すると思われる。そのため、分子光化学研究室では引き続き研究開発を深耕していく考えである。

分子光化学研究室 主任研究員 林 久治
研究員 若狭雅信

図4



『第7回理化学研究所と企業の懇親会』を開催

2月24日、恒例の『第7回理化学研究所と企業の懇親会』が、東京のホテル・オークラで開催されました。

研究と応用の両立をめざす理研では、以前より企業との関わりを重視してきましたが、とりわけ近年は、企業、大学、研究機関の枠を超えた学際的研究のウェートが高まっており、企業の開発・研究部門との交流が重要な役割を持つようになってきました。これを反

映して、当日は450人も企業の関係者が参集しました。

最初に、科研製薬 宗像研究本部長の司会のもと、有馬理事長が挨拶と講演『日本の科学の発展—過去と未来—』を行い、基礎研究を育てる環境づくりへの理解と協力を求めました。

続く懇親会は、江田五月国務大臣・科学技術庁長官、平野科学技術庁事務次官の出席の



もと、なごやかに行われ、理研の最近の成果の展示コーナーでは、大臣をはじめ企業関係者と理研の研究員との輪ができて、熱心な質疑応答がなされていました。

● ● ● 科学技術週間行事のご案内 ● ● ●

理化学研究所

〔和光本所〕

一般公開 平成6年4月19日(火) 10:00~16:00

講演、VTR上映、パネル展示、実演、技術相談、研究室公開

講演：生物科学研究棟鈴木梅太郎記念ホール

「環境保全と微生物」微生物学研究室 工藤俊章主任研究員

「分散型知能ロボットシステムの開発と複数台ロボットの協調行

動の実現」化学工学研究室 浅間一研究員

VTR上映：仁科ホール

「—RIKEN—」

実演：小・中学生、一般向け

真空紫外光—空気を通らない光—（レーザー研究棟中会議室）

磁石を使った実験（研究本館3階エレベーター前）

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 ☎048-462-1111 内線2241~5

〔ライフサイエンス筑波研究センター〕

一般公開 平成6年4月21日(木) 10:00~16:00

特別公開 平成6年4月23日(土) 13:00~16:00

やさしいお話、VTR上映、パネル展示、実演、研究施設公開

やさしいお話：21日

「遺伝子操作による植物の品種改良」

植物分子生物学研究室 篠崎一雄主任研究員

「くすりと遺伝情報」

ジーンバンク室 横山一成主任研究員

VTR上映：21日、23日

「—RIKEN—」

「P4—ライフサイエンス筑波研究センター」

実演：21日、23日

「遺伝子をみる」「細胞をみる」

「コンピューターグラフィックによりDNAやタンパク質などの分子構造をみる」

〒305 茨城県つくば市高野台3丁目1番地の1 ☎0298-36-9009

SCIENCE NOW '94

(展示会TECHNOLOGY JAPAN '94)

日時：平成6年4月20日(水)~平成6年4月22日(金) 9:45~17:00

場所：東京国際見本市会場（晴海）

産業界で最も注目される先端技術に焦点を当てた総合展「TECHNOLOGY JAPAN '94」に設置された「SCIENCE NOW '94」(科学技術庁3研究機関が展示)で、理研の最近の研究成果等をパネル、展示物で紹介し

〔フォトダイナミクス研究センター〕

一般公開 平成6年4月19日(火) 10:00~16:00

研究施設公開

公開内容：「光発生・計測研究チーム」ミリ波帯イメージングシステム

ミリ波帯通信システム

レーザー光とその応用

「光物性研究チーム」レーザーふん水による導波路の実験

最近の光物性

「光反応研究チーム」有機化学実験

身近なケイ素材料

「光生物研究チーム」

レーザーは魔法の手? 「光マニピュレーター」

生物の不思議(1) 「ヒドラの再生」

生物の不思議(2) 「視覚の高等メカニズム」

生物の不思議(3) 「概日時計って何?」

生物の不思議(4) 「軸索輸送」

〒982 宮城県仙台市青葉区長町字越路19-1399 ☎022-228-2111

〔大型放射光施設SPring-8〕

一般公開 平成6年4月17日(日) 10:00~16:00

公開概要：実験ホール、蓄積リング用電磁石、挿入装置、高周波加速空洞、

真空部品

「パネルの展示」

放射光発生の原理、装置の概要、施設の配置、放射光の利用分野など

「VTR上映」

SPring-8施設紹介、建設記録、日本原子力研究所・理化学研究所の紹介ビデオ

〒678-12 兵庫県赤穂郡上郡町金出地岩瀬戸1503-1 ☎07915-8-0808

ヤングサイエンス広場

日時：平成6年4月23日(土)~平成6年4月24日(日) 9:30~16:50

場所：科学技術館（北の丸公園）

子供達が科学技術の楽しさ、面白さを体験できるような展示物を科学技術庁関係11機関が展示します。

理研からは、「新発見の3次元錯視現象と新しい型の視覚効果」について、パネル、立体展示物等でわかりやすく紹介します。

はんぱーがーくダサイ

ニック・ハーテル (国際フロンティア研究システム/思考ネットワーク研究チーム)

私の名前はニック・ハーテルです。私は傘、ウィスキー、そして不況の国から来ました。日本のことではありません。そう、Britainのことです。Great Britainは3つの別々の国で構成されています。まずスコッチウィスキーとタータンチェックでお馴染みのスコットランド、次に羊とリーキで有名なウェールズ、そして最後にイングランド。そこは、紳士とぬるいビール、クリケット、王室の離婚騒動、サッカーフリーグの国であり、私の故郷でもあります。

私は来日の1年半程前、ブリストル大学でポスドク研究者として働いていました。ブリストルはイングランドの西海岸に在り、美しい風景と賑やかな町がうまく溶け合ったとても魅力的な町です。そうした環境の中、良質の大学に通い、仕事、勉強、遊びとどれも充実したものとなりました。

私は'92年2月に来日しました。そのとき自分はどのような期待を抱いていたか良く覚え

ていませんが、ただ、伝統的な日本食を食べる事をとて楽しみにしていたことは確かです。

さて、飛行機を降り、寝ぼけまなこのままTCATで出迎えを受けそのまま理研に直行して所内を案内してもらった後、やっと誰かが「何か食べに行こう」と言ってくれました。日本での最初の食事、何だったと思います？天ぷら、寿司、それともすき焼き。残念なことに和光市駅のコーヒーショップしか開いていませんでした。そのメニューの中で最も日本的なものは「和風」ハンバーガーでした。私の期待は見事に裏切られました。西洋人がイメージしている日本と実際とはいろいろ違うことが、わかってきました。このときの食事が今の私の日本観を決定づけたのかもしれない。東西の文化が入り交じった奇妙なものも最初のショックを乗り越えてしまえば楽しめるものです。もし、最初の食べ物が納豆だとしたら私の日本観もどうなっていたでしょう。

私は生体中の脳細胞や神経細胞の記憶構造

を研究しています。神経細胞は互いに複雑な構造的、電気的なつながりがあり、記憶は細胞間の伝達の強弱の変化によって信号化されると考えられています。この変化は電気計測技術により測定でき、私達のグループは特に運動の記憶に関係すると考えられる小脳の記憶構造について研究しています。研究は驚くほど満足のいく結果を生み、必要な機器と援助、そして自由を与えられ、実り多い期間を過ごすことができました。唯一残念に思うことは日本人研究者たちが日々の研究の成果を積極的に提供してくれなかったことです。一方通行の情報提供は国際共同研究の精神にふさわしくないで、他の研究室や研究所では起こらない事を願っています。

私が日本で経験した事は概ね楽しい事ばかりでした。また、日本と日本人をよりよく知る経験ができたことに感謝しています。これからも度々日本に来る機会がある事を願っています。

Hamburger Kudasai

by Nick Hartel, Lab. for Neural Networks, Frontier Research Program

My name is Nick Hartell and I come from the land of umbrellas, whisky and economic slowdown. No, not Japan, Britain. Great Britain comprises three different countries; Scotland, the home of scotch whisky and tartan, Wales, the land of sheep and leeks (similar to Japanese negi) and last, but certainly not least, England, the home of gentlemen, warm beer, cricket, royal matrimonial breakdowns, football hooligans and me.

Prior to coming to Japan, I worked for a year and a half as a Postdoctoral research fellow at the University of Bristol, where I also studied for my Ph.D. in Neurophysiology, Bristol is a very attractive city on the West coast of England, just south of the border between England and Wales. The countryside around Bristol is very beautiful and so the combination of a lively city with pleasant surroundings and a good University made work, study and play very enjoyable.

I came to Japan in February 1992. I can't remember exactly what my preconceptions of and hopes for Japan were but I was certainly looking forward to eating traditional Japanese food. So, having stepped off the plane and managed somehow, bleary eyed, to find my way to TCAT where I was met by some of my colleagues, we headed off to RIKEN for a brief tour of the lab before someone suggested a bite to eat. The time had arrived. My first meal in Japan. What could it be? Mouth watering tempura perhaps or delicately presented sushi or even a bowl of steaming sukiyaki. Unfortunately, few restaurants were open and so we resorted to the Wako-shi station coffee shop. The most traditional item on the menu was hamburger "Japanese style". Well, my first pre-conception was dashed. Since then, I have learnt that the Western image of Japan is, in many ways, very different from the actual reality. Perhaps my first meal here reflects my present opinion of Japan in that it is an unusual product of eastern and western cultures that is quite enjoyable once you



ブリストルの風景

get over the initial shock. I wonder what my opinion would have been if my first meal had been natto.

I am an electrophysiologist by training and I have been using various techniques to study how living brain cells, or neurones, can remember things. Neurones form complex anatomical and electrical connections with each other and memory is thought to be coded by a change in the strength of transmission between cells. Such changes can be measured using electronic recording techniques and our group has been studying a form of memory specific to the cerebellum that is thought to relate to learning of movement tasks. In terms of my work expectations, I have been pleasantly surprised and I think fairly fortunate compared to many other foreign researchers, in both RIKEN and other scientific institutions in Japan, who generally have not had such good experiences. I was provided with the necessary equipment, help and freedom to carry out my experiments and as a result, my stay has proved to be very fruitful. One very disappointing aspect, however, has been the reluctance of Japanese researchers to volunteer information about their own work on a day to day basis. This one way flow of information is not in the spirit of international collaboration and I hope it does not occur in other Labs and institutes.

In general, my experiences in Japan have been very enjoyable and I appreciate the opportunity I have had to learn more about Japan and its people. I hope very much that this is the first of many visits to this country.



研究室にて(左から2人目が筆者)

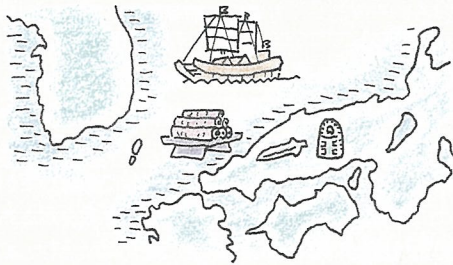


ノーベル賞と日本の科学(者)

何故、日本人科学者にノーベル賞受賞者が少ないか

日本学術会議(会長 近藤次郎博士)は、総会の前に科学担当記者と会長を中心に懇談会を開くことにしている。私が事務総長の任にあった時のその懇談会で、何故、日本人科学者にノーベル賞受賞者が少ないかということが話題となったことがあった。

候補者の推薦人に日本人が少ない、日本人は慎み深く自己主張より横並びを気にする、言葉の障壁はそれほどないと思っていたがやはり影響があるかも、などの感想が記者たちから出た。いずれも一理あるところだが、その時私が思ったのは、日本の科学技術文化の歴史に、日本という国土の地理的位置が大きく影響しているのではないかと、いうことだった。



「狭くない海」に恵まれた日本

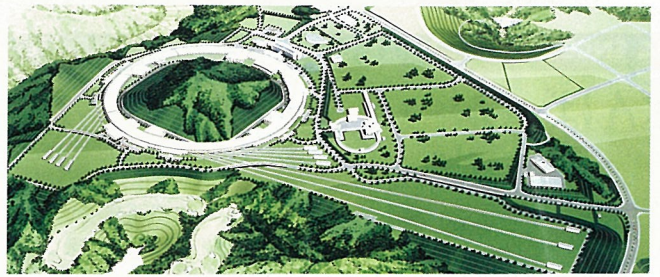
わが国が、統一国家としてその体を成したのは、「飛鳥・奈良時代」、6世紀以降の律令国家の成立からである。この時代には、当時世界有数の技術文明を誇っていた中国大陸から、最新の技術や文化を存分に取り入れることができた。これは、地政学的に日本と中国とが近からず遠からず、ほどほどの「狭くない海」に隔てられていたことが大きい。朝鮮半島と九州の間の対馬海峡は200kmほどである。これがドーバー海峡のように30km足らずであれば、軍事的な衝突が絶えず起きて、強者に一方的に支配されることになったはずである。反対に500kmも離れていれば、当時の交通手段では自由に往来できなかったであろう。まさに、わが国は絶妙の自然的幸運に恵まれて、自らに必要なものを自由に選択しながら導入することができたのである。

ところで、自由に選択することは、一面で無原則に通ずる。当時、日本は中国大陸から稲作技術をはじめ、漢字、律令制、儒教、中国仏教、貨幣、製陶技術、都市計画などを貪欲に吸収した。それらの多くは日本の生活水準や文化の向上に役立つ一方で、古来からある文化と軋轢を生むことも多かった。

宗教問題がその典型である。仏教と儒教の移入は、神道に根ざす天皇制をおびやかす、いずれが国の指導理念になるかで歴史的な大事件に発展した。仏教に拠る新興の蘇我氏は旧勢力の物部氏を滅ぼし、仏教の国教化に反対する天皇をも倒すような混乱が生じたのである。

こうした混乱の中で天皇家から聖徳太子という大天才が現れた。太子は「神仏儒習合」つまり「神道を幹とし仏教の枝を伸ばし、儒教の礼節を茂らせて現実的な繁栄を達成する。」という論理を広めて社会を安定させることに成功した。そこには、原理原則に従って宗教を体系的にとらえるより、現実には照らして折り合いをつけていく、というわが国の精神風土の原点が見える。

また、江戸時代に華を咲かせた儒教にしても、韓国では観念主義的



理研のSPring-8完成予想図：創造的研究の拠点になり得るか。

な朱子学だったのに対し、日本は現実主義的な陽明学を盛んにし、原理原則よりは、現実的な実用学に軍配を挙げている。従って、その頃の科学は、理論よりも技術に重点がおかれていた、とみることもできるのであり、この流れはそれ以降の歴史に連なっていく。

「創造」の努力を省いてきた日本

科学技術や文化は、導入することをもって足りるもので、自ら「創る」という手間を省き、もっぱら旧技術・旧文化との調和に力を注ぐという精神は、幕末から明治にかけての近代化でも発揮される。

福沢諭吉をして「脱亜入欧」といわしめたこの時期には、西欧の機械文明を必死になって導入したが、その一方で、西欧文明のバックボーンとなっているキリスト教の倫理観についてはまったく無頓着であった。それは中国やインドのように宗教が深く国家の基本に関わっている国が、異教徒である西欧の文明を容易に受け入れなかったことと好対照をなすものである。いずれにせよ、この時代においても日本的な精神風土がわが国の近代化に大いにものをいっただのである。

この構図は、第二次大戦後におけるアメリカ一辺倒の姿勢にもつながる。圧倒的なアメリカの物質文明を前に、我々は必要に迫られてという事情があったにせよ、ひたすらアメリカの技術や文化を吸収することに全精力を注ぎ、結果として、今日の繁栄を手にすることができたのである。

いまこそ基礎科学に軸足を移し、『創造』をめざす時代

このような歴史の捉え方には反論もあることだろうが、どうひいき目に見ても、日本人は少なくとも科学技術の分野において、歴史的にみて『創造性』にやや欠けていたことは事実ではなからうか。

しかし、問題はこれからである。この貧創造的気質が日本人のDNAにまで組み込まれているわけでもあるまい。さまざまな技術・産業の分野で世界の頂点に立ち、お手本のない時代を迎えたいまこそ、我々は『創造』に挑戦する必要に迫られている。

おりしも世界は、K. ボールディングのいう宇宙船「地球号」は、人口増大、環境破壊、難病蔓延など、かつてない危機に直面している。それらの問題を克服する有力な武器のひとつは科学技術であり、画期的なブレークスルーを約束する基礎科学の発展にあることに異論はないところであろう。

これまで、わが国では創造的な研究としての基礎科学に対する国民的理解に乏しく、国家予算における科学技術分野のウェイトの低さが端的にそれを物語っていた。しかし、地政学的な幸運に恵まれた時代はとっくに終わっているのだ。国策の軸足をもっとたくましく基礎科学に置くことこそ、これからの日本が世界の中で誇りある存在となり



り、また、いわゆる国際貢献をなし得る唯一の条件である。この条件を満たすことができれば、ノーベル賞は自ら結果としてついてくるだろう。

(「狭くない海」については、友人である堺屋太一氏の著書を引用したことをお断りします。)

監事 櫻井 溥

編集後記

研究最前線は、核スピンを応用した磁気同位体効果の成果をお届けしました。この分野では、日本が先頭を走っており、当研究所でもさまざまな実績をあげています。

「TOPICS」では恒例の企業との懇親会の話と、4月に開催される科学技術週間行事をご案内しました。開かれた研究所として、今後も皆様との交流を深めていきたいと願っています。

理研ニュース No.153 March 1994

発行日：平成6年3月15日

編集発行：理化学研究所開発調査室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 電話(048)462-1111(代表)

制作協力：株式会社エフビーアイ・コミュニケーションズ