

RIKEN ニュース

理化学研究所

ファンデルワールス分子 (ファジーな分子)

気体が冷えて液体になる、あるいは液体が蒸発して気体になる途中で何が起っているのでしょうか。そこは原子分子同士が弱く結合したファンデルワールス分子の世界である。ファンデルワールス分子は結合力が弱いため、普通の分子ではみられないファジーな性質を示す。

先日昼食時に誰かが「この魅玉は面白い形をしている」と言い出した。前にある椀をのぞき込むと、なるほど味噌汁に浮かんだ直径1 cm位の魅玉が5、6個見事に紐のようにつながっている。恐らく水の表面張力によって魅玉の間に弱い引力が働き、この様な形が出来たのであろうが、当然魅玉の間に働く引力は非常に弱いので、容器を少し動かすだけで魅玉は離れてしまう。本稿の主題であるファンデルワールス分子は、いわばこの魅玉を原子、分子で置き換えたようなものである。

原子分子の間に弱い引力が働くことは、気体を冷却すると液体、固体になる原因として昔から知られていたが、この引力が静電的な力（普通ファンデルワールス力と呼ばれる）あるいは水素結合と呼ばれる複合的な力によることが明らかにされたのは今世紀の始めてであった。水素結合は水分子

の間に働く力としてよく知られており、またDNAの二重螺旋の塩基同士を結びつけている力であることから生命現象とも深いかかわり合いがあると考えられている。いずれも化学結合よりはかなり弱く、普通は低温でしか安定な結合を作らない。ここでは水素結合を含めてファンデルワールス力(vdW力)と呼ぶことにする。

ところで、近年2個～数個の原子分子がvdW力で結合したvdW分子の分光学的な研究が非常に盛んになった。この背景には、断熱膨張によって気体分子の実効温度を絶対温度数Kまで冷却出来るフリーズジェット法の開発によって、室温では不安定なvdW分子を安定に生成する事が可能になった事、およびレーザーという優れた光源の利用によって、測定感度及び分解能が飛躍的に向上した事がある。vdW分子が研究者の関心を集めたのは、

1. しばしば思いがけない形で分子（原子）同士が結合する。
2. 結合力が弱いため、分子の形が大きく変わるような運動が存在する。
3. 結合エネルギーが小さいため、赤外光を吸収するだけで解離が起こる。
4. 結合する原子分子の数が数個～数百個であるマイクロクラスターは、気体の原子分子が固体あるいは液体へ変化する中間相の物質と考えられる。

等の理由による。いずれも安定な分子にはあまり見られない性質であり、特にマイクロクラスターの研究は、これまでほとんど手がつけられていなかった新しい物質相の研究ということで多くの関心を集めた。vdW分子の様なミクロな系の性質を研究する有力な実験技術は高分解能分光である。マイクロ波、赤外レーザー、可視・紫外レーザーを用いて吸収スペクトルを高精度で測定することにより、分子の構造をはじめとする物理的、化学的性質を高い精度で知ることが出来る。vdW分子は既に普通の気体分子とはかなり違った性質を持っているが、さらに大きいマイクロクラスターは気体とも液体・固体とも異なる特異な性質を持つ事が知られており、高性能触媒や機能性材料への応用が期待されている。

私の研究室では、波長が連続可変である赤外半導体レーザーを光源とし、パルスフリージェット

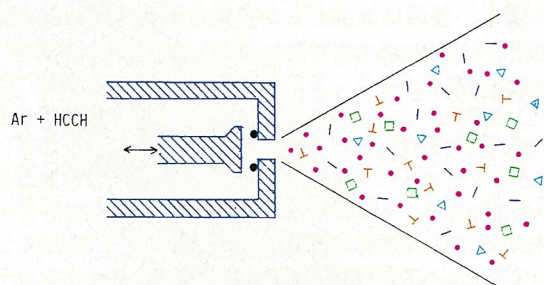


図1. ファンデルワールス分子の生成法。アセチレンを数%Arガスに混合し、数気圧の圧力をかけて真空中に吹き出すと、アセチレンの2量体(⊥)、3量体(△)、4量体(□)等(実際にこの様な形をしている)が生成する。

で生成したvdW分子の赤外吸収を測定する研究を4年ほど前から開始した(図1参照)。この測定技術は、実はレーザーウラン濃縮研究の一部として行ったUF₆の赤外吸収スペクトルの測定のために我々が1982年に開発した技術が基礎となっている。これまで測定したvdW分子は十数種にのぼるが、例としてアセチレン分子の2量体(分子が2個結合したもの)の研究経過を紹介しよう。vdW分子は結合エネルギーが小さいため、振動スペクトル

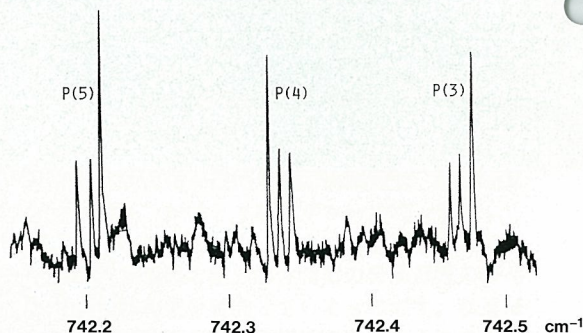


図2. アセチレン2量体で観測された振動スペクトルの一部。

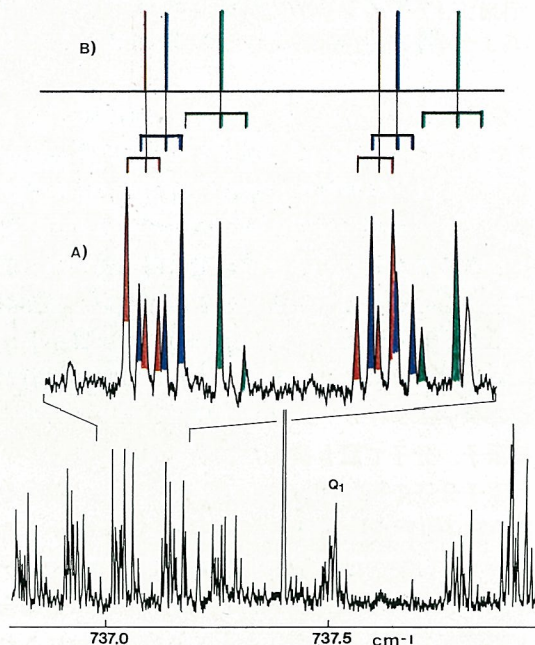


図3. すべて3本に分かれているアセチレン2量体のスペクトル。

は一般にvdW分子を構成している分子に固有なスペクトルのすぐ近くに現れる。我々のグループはアセチレン分子($\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$)の $14\mu\text{m}$ バンドについて測定を行い、単体の吸収バンドの短波長側に広範囲にわたって多数の吸収線を観測した。吸収線の分布は非常に複雑で、一見解析は不可能な様に見えたが、その中に図2のような奇妙なスペクトルが見つかった。この吸収線に特徴的なことは、3本の線がグループとなってほぼ等間隔に並んでおり、さらに3本の線の強度がそれぞれのグループの間で交互に入れ替っている点であるが、この様なスペクトルは普通の分子には現れない。

次の手がかりは、非常に複雑なスペクトルの中からさがしだした、図3Aのスペクトルである。スペクトルの解析はいわばパズルを解く様なものであるが、この2つの図を見比べることによって、かなり複雑に見える図3Aのスペクトルが実は図の最上部にある3本の線が各々図2と同様に3本に分裂したものであることが明らかとなった。図3最上部のスペクトルには特に変わった点はなく、その解析の結果分子の慣性モーメントが求まった。アセチレンの2量体には図4の2種類の構造が予測されていたが、決定した慣性モーメント及び観測したスペクトルの性質から、図4bの様なT字

小田理事長 マーセル・グロスマン会議賞受賞

アインシュタインが一般相対論を提唱した際に助言を与えたマーセル・グロスマンにちなんで名づけられ3年毎に開かれる国際会議「一般相対論に関する第6回マーセル・グロスマン会議」が6月24日、京都市の国立京都国際会議場で開かれた。

この会議では宇宙の起源や重力波など最新の研究成果が発表され、中国の民主化を訴えている米国在住の方 励之氏、天才科学者として有名な英国ケンブリッジ大学のS. W. ホーキング教授など40ヵ国から500人近くの科学者が参加

した。

また、この分野に業績をあげた団体、個人にはマーセル・グロスマン会議賞が贈られることになっており、今回は広島大学理論物理研究所、個人としてはホーキング教授と小田理事長が受賞した。小田理事長の受賞となった業績は「1960年代初期のX線天文学に対する貢献と、相対論に深くかかわった日本の活発で多方面な宇宙科学計画を指導したことに対して」国際的に高く評価されたものである。



同時に受賞されたホーキング教授

受賞の挨拶をされる小田理事長、
後方右に方 励之氏

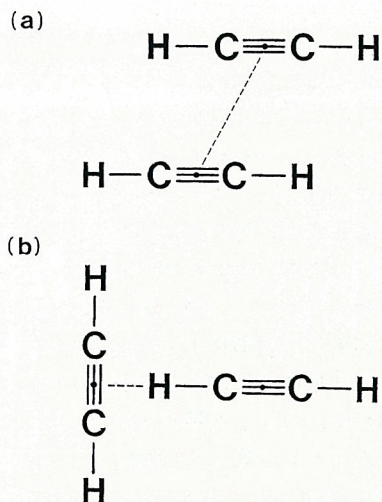


図4. 理論計算で予測されたアセチレン2量体の構造。

形の構造が決定された。

次の問題はスペクトル線の分裂である。図4bの構造で水素原子に1~4の番号をつけると、図5のような4種類の構造があり、分子全体を3次元的に回転させるだけでは構造はお互いに入れ替わ

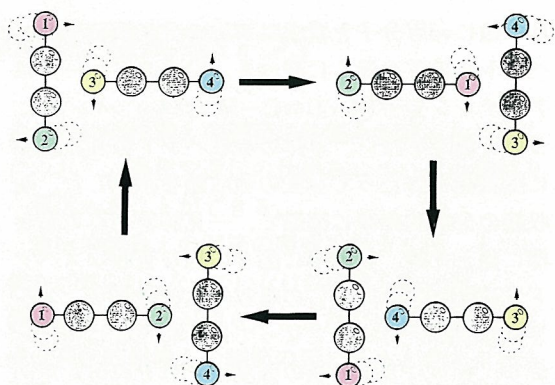


図5. アセチレン2量体で見つかった内部回転運動。

らないことがわかる。専門的な言葉で言うとなすべてのエネルギー状態は4重に縮退していることになる。ところが、もしこの4種類の構造の間を分子が移り変わることが出来ればこの縮退は解けて、3個の準位に分裂することが容易に示される。結局観測されたスペクトル線の分裂は、図5のように2個のアセチレン分子が歯車のように回転する運動を仮定することによって、分裂した線の強度

インド人にビックリ 国際懇親パーティ

32ヵ国の外国人をお招きし、ささやかなパーティが7月2日、理研食堂で開かれました。約200人のうち半数以上は外国人、ひときは目を引いたのは10人以上のインド人数家族です。



ある見なれぬ日本の御婦人組に聞くと、シャロンさん(本誌前号で紹介)に英会話を習っているとのこと、地域との交流も盛んになってきたようです。



交代を含めてすべて矛盾なく説明できることが分かり、問題は解決した。この様な内部運動があるvdW分子としてはこの他にもいくつか測定しているが、特に最近 $\text{BF}_3 \cdot \text{N}_2$ 、 $\text{BF}_3 \cdot \text{CO}$ で観測された非常に奇妙なスペクトルはまだ解釈が出来ず、現在パズル解きの最中である。

一般にvdW分子の赤外吸収は単体分子の吸収からシフトするが、このシフトは溶媒中、或は結晶中で見られる吸収スペクトルのシフトの最も単純な場合に相当する。より大きなクラスターに関するスペクトルシフトの研究も進みはじめており、その結果は液体、固体につながる中間相の性質を知る上で貴重なものとなる。私の研究室では、 BF_3 と希ガスとの結合体ではこのシフトをおこす機構が励起される振動状態によって異なることや、また赤外光で起こる解離の早さが振動状態によって大きく異なる事が知られているNOの2量体についての分光学的な研究なども行っているが、紙面の都合で省略する。

ところで、私の研究室ではこの様な成果に基づいて今年度から特別研究「メゾフェイズ化学研究」を開始した。この研究は、東京大学、慶応大学の研究グループと共同で、気相と液・固相の中間相（メゾフェイズ）の物質としての原子分子マイクロクラスターの研究を各々独自の視点から進める予定であるが、これは先に述べたメゾフェイズの

特異な性質の解明とその応用をめざすものに他ならない。私自身が強い関心を持っているのは、金属マイクロクラスターの研究で最も遅れている構造と物性の精密測定へ高分解能分光法を利用することである。高分解能分光法は小さな分子の研究には絶大な威力を発揮するが、クラスターのような大きな分子の研究への利用は、常識としては極めて難しい。しかしこれはあくまでも「常識」であって、何とか発想の転換で問題を解決したいと奇抜なアイデアを出しては若い研究者を困らせているところである。

最後に、これらの研究は現在東大教養の助手である大島康裕君、分子研助教授の松本吉泰君、STA FellowのG. H. Lee君等の若い研究者が中心となって進めてきたことを付記して置きたい。



チェコ・プラハの城にてワインの飲みすぎ

無機化学物理研究室
主任研究員 高見 道生

実験動物慰霊碑の建立

研究に欠かせない実験動物の慰霊碑がフロンティア思考機能研究棟のかたわらに建てられ、7月8日除幕式と慰霊祭が行われました。

小田理事長は「命の意味を考えたい」、光岡前動物実験委員長は「代替法の開発も」、井上同委員長は「命の代償として得られた知識ということに思いをいたしたい」と話され、外国人研究者も交えた関係者約100人が実験動物の霊に1分間の黙禱をささげました。



RANDOM THOUGHTS

by Yunqi Liu

From 1985, I have been Riken Institute for many times. First of all, I would like to express my sincere thanks to Riken, prof. A. Yamada, prof. H. Sasabe and all persons, who once helped me during my stay in Japan. The persons were to many to be possible listing here.

In this short communication, some random thoughts, just personal opinions, were put forward both from Japan and from China.

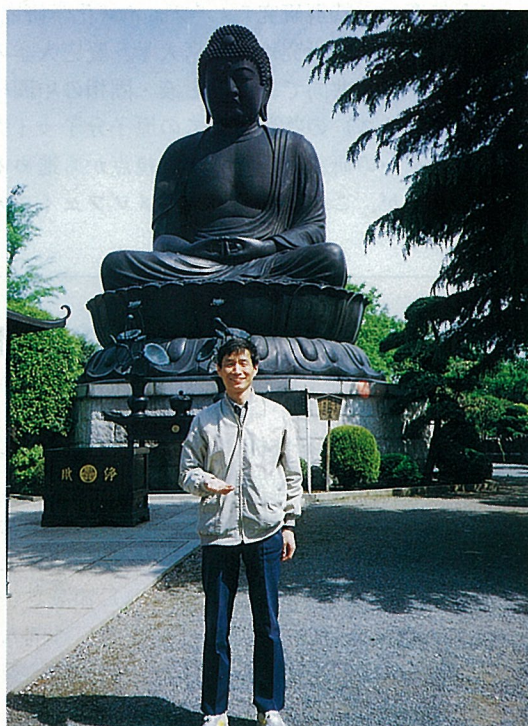
A few impressions have been made when I was in Riken, which can be summarized into following points: 1) All the people, whoever offices, scientists, or even the cleaners, devote themselves to their work. They try their best to do everything well. "Perfect" is used to be their motto. 2) Hard working, the working time for researchers may be over 10 hours each day, in the case of leading scientists, they are no Sunday, no holiday. 3) Some new buildings were built and a lot of frontier research programs were opened. 4) Oversea visiting scholars come from all over the world, Riken is becoming more and more international.

In recent years, since the policy of "reform and

open the door to the out side" was carried out, many changes have been performed in China. As a scientist, two deepest feelings are: 1) In the past, all the research fund was come from the government financial allocation, but now the researchers must find the many by themselves. There are many ways to get fund, for example, from National Science Foundation, special research programs sponsored by government, or from industry. In fact, a competition system has been introduced in the research areas. 2) The government pay more attention to application research and developing commercial products. Due to this reason, a mass of researchers were transferred from basic research to application research.



The busiest quarters of Beijing Wang Fu Jing, here you buy anything which you want.



Tokyo Daibutsu in Nerima.

US TOGETHER

理研と中国科学院との研究交流覚書に基づき、6年前に北京化学研究所より初来日し、高分子化学研究室に2年間滞在。現在生体高分子物理研究室で非線形光学材料の研究に従事しています。

思いつくまま

1985年から、私は何回も理研に来ました。お世話になった理研、そして山田先生、雀部先生をはじめ多くの方々に心から感謝します。

ここでは日本と中国について、私の感じたことを書いてみます。

理研の印象は次の点に要約されます。

- 1) 事務の人や研究者、掃除の人にいたるまで、皆それぞれ自分の仕事に献身的です。全てのことが良くなるように最善を尽そうとしています。“パーフェクト”がモットーのようです。
- 2) ハードワーキング、研究者の労働時間は1日10時間を越えるでしょうし、リーダーの場合には日曜も休日ありません。
- 3) 新しい建物が建ち、多くのフロンティア研究プログラムが始まりました。
- 4) 世界中から外来研究者わ来ており、理研はますます国際化しています。

一方、最近の中国では“改革と対外開放”政策が行われており、多くの変化が起きています。科学者としては、以下の2点を強く感じます。

- 1) かつては研究費の全てが政府の財政からでしたが、今では研究者自身が見つけなければなりません。その方法はいろいろありますが、例えば、政府がスポンサーの特別研究課題から、あるいは国家自然科学基金や企業からです。実際に競争システムが研究領域に導入されたのです。
- 2) 政府は応用研究や製品開発に注目しています。したがって多くの研究者は、基礎研究から応用研究へ移行しています。

理研の主な公開特許

PH02-294881 細胞認識方法

化学工学研究室 福田 敏男 他3名

〔概要〕ビーズ及びビーズ上の細胞を画像処理的に抽出後認識・計測し、細胞の培養状況の判定をエキスパートシステムを用いて自動的に行うことにより、約半分の処理時間で精密な計測を可能にする。

PH02-306992 抗生物質RK-106

1G及びRK-106

1H並びにその製造法

抗生物質研究室 磯野 清 他2名

〔新規物質〕〔用途〕抗菌剤〔製造法〕ストレプトミセス・エスピー・RK-1061 (FERM P-8278) 等のストレプトミセス属に属する菌株を培養する。

PH02-297517 コンタクトレンズ

分離工学研究室 武内 一夫

〔概要〕眼に装着されて体温付近に温度が保たれるときは光を透過し、紛失時などに眼から外れ、その温度や気温にまで低下すると不透明になるようにして、見つけやすくする。

理研公開講演会要旨

「生物は遺伝文字の並び替えを行う」

遺伝子の本体であるDNAの構成単位はA、T、G、Cの4種の塩基である。3続きの塩基の並び方がひとつのアミノ酸と対応しており、これを遺伝文字という。DNAにはこの文字の並び方で、タンパクのアミノ酸配列が書き込まれている。遺伝情報は遺伝文字で書かれた文章である。ひとつのタンパクを記録する遺伝子はだいたい数千個の塩基の並びが必要である。人を例にとると、細胞一つひとつには、塩基の単位で数十億個からなるDNAが父親由来と母親由来とで2組ある。一組当たりのDNAの全長は約1 mである。一方、遺伝現象から、遺伝情報を担うDNA自身は細胞の増殖につれて当然忠実に複製されつづけると信じられてきた。また、DNAの部分の並び替えである「遺伝的組換え」現象は、自然には希にしか起こらず、放射能を浴びるなどの特殊な場合にだけ起こると考えられて来た。ところが、最近遺伝情報がDNAレベルで読み取ることができるようになると、DNAの各部分はしばしば並び替えられることが明らかになってきた。免疫抗体を作るなどの機能を細胞が発揮する場合に組換えが必要であることや、高等生物のほとんどで観察される有性生殖を行う場合、ごく一部の例外を除き両親に由来して一対ずつある染色体のすべてが対の間で組換えなければならないことが明らかになった。一方、生物が組換えで誤りを行うと予想どおり突然変異となったり、ガンになったりすることも確かめられた。

このように、誤りの結果がすぐ異常な遺伝につながる故に、遺伝的組換えは生物体の中で極めて綿密に調節されつつ機能を果していると考えられ

る。遺伝的組換えの調節の仕組みが明らかになるにつれて、進化や遺伝の仕組みについての理解を一層深めることができる。

遺伝的組換えの調節の研究を行うには、その仕組みが明らかになっていなければならないが、この部分はまだ一部が明らかにされたにすぎない。私は遺伝的組換えの調節の要にあると考えられる組換えの開始の段階、特に両親に由来するDNAの間でどのようにして組換えるべき場所が見付け出されるか、またどのような酵素がDNAに最初の切れ目を入れるかをそこに働くタンパクを中心に、関連する遺伝子を対象に研究している。この過程で、組換えの開始に当たって切れ目を入れる酵素の候補として、真核生物に由来する塩基配列特異的エンドヌクレアーゼとして最初のEndo.SceIを発見した。このエンドヌクレアーゼは、その後見いだされた特定の遺伝子の部分でしか起こらない組換えを開始するときに働くエンドヌクレアーゼと共通の性質を持ちながら、それらとは違って、いろいろな遺伝子の位置でDNAを切る性質をもち、普遍的な組換えに働いている可能性を示唆した。一方、組換える場所を見付け出す酵素としてrecAタンパクとその仲間注目し、recAタンパクによる反応の分子レベルでの解明に努める一方、真核生物からrecAタンパクのような機能をもつタンパクの精製を行っている。我々や他のグループの結果から、真核生物においては組換えは二本鎖切断によって始まり、二本鎖切断の塩基配列特異性と組換えるべき場所の選択方法によって異なる結果になるという一般的な像が見えて来た。

バイオデザイン研究グループ

主任研究員 柴田 武彦

理研シンポジウム（8月）

テ - マ	担当研究室	開催
重イオンビームによる核分光	放射線	8/6
低速R1ビームを用いた物理と関連技術	サイクロトロン他	8/7

スポットニュース

爆発する太陽からの高エネルギー中性子の観測に成功

高エネルギー太陽中性子の観測史上2回目の観測
宇宙放射線研究室は、6月4日発生した太陽フレア（太陽面爆発）からの高エネルギー中性子を地上の中性子観測装置で捉えた。

中計子のエネルギーは1-10億電子ボルトと推定され、これほどの高エネルギー中性子が太陽の表面の爆発の瞬間に加速された直接の証拠をはっきりと捉えたのは、観測史上2回目のことである。

太陽フレアに伴って10億電子ボルトもの高エネルギー中性子が発生することを初めて捉えたのは1982年6月スイスのユングフラウの中性子観測所であったが、それ以来この確認が久しく待たれていた。

今回のデータは信号の明確さの点でも、時間分解の点でも、太陽の高エネルギー中性子が地上でも捉えられたことをはっきりと示した点できわめて重要な観測と言える。理化学研究所の中性子観測装置は乗鞍岳の東京大学宇宙線観測所と東京の板橋の2ヶ所に設置されている。今回の信号はどちらも捉えられたが、乗鞍岳のものが最良のデータを提供した。

観測経緯

今回の宇宙線中性子計の強度の増加は6月4日世界時3時41分（日本標準時午後零時41分）に始まり52分に最高に達した。一方、文部省宇

宙科学研究所の「ぎんが」衛星のバーストモニターによると、X線の増加の開始時刻（太陽フレアの開始時刻に相当する）は世界時3時37分33秒であった。中性子計の強度の増加の遅れが3-4分しかなかったことから、増加した成分は太陽フレアに伴って発生した中性粒子（中性子）と判断されるに至った。

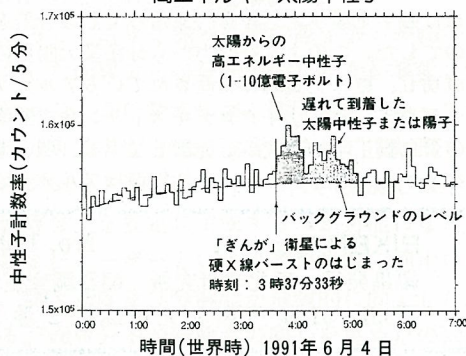
宇宙線の加速機構の解明に道

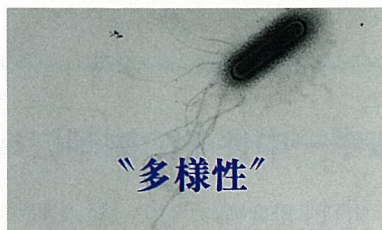
中性子は光と同じように、発生した場所から太陽や地球の磁場に巻きつかずに直進するため、太陽フレアで発生する高エネルギーの荷電粒子の加速される場所の特定や加速が起こっている時間情報など、従来得られていなかった宇宙線の加速のメカニズムを探る上できわめて重要な情報をもっている。今回の結果は国際天文学連合に速報するほか、観測データを整理、解析後、近く学術誌に発表の予定である。

宇宙線の加速のメカニズムは超新星などが重要な役割を果たしているとする昔からの説のほか、中性子星やブラック・ホールのようなコンパクトな天体で加速されるとの説が有力である。今回のデータは太陽表面の爆発でも10億電子ボルトを上回る粒子が瞬間に加速されたことを裏付けたことになり、この方面の研究が一段と加速されることが期待される。



乗鞍岳の理化学研究所の中性子計で捉えた
高エネルギー太陽中性子





近年、理研においても研究の国際協力が盛んになり多くの研究者を海外から迎えるようになりました。彼らと個人的に話しているとほぼお互いの言うことは理解できるのですが、時々理解しにくいことがありました。初めは英語がへたなせいで言葉が理解できないと思っていましたが、どうもそうでは無い時もあることがわかってきました。即ち、私達が持っている一つの単語に対するイメージは人によってそれぞれ違っているのではないかと（個々の人によってものの考え方に多様性があるため理解しにくいことがあるのではないかと気がついたわけです）。

一方、私は、応用微生物学と言った分野の研究をこれまでしてきましたが、その中で大切なことの一つに「種の多様性」があります。この「種の多様性」が、この地球上には色々な微生物が存在しており、こういう微生物がいたらいいなあと思ったとき一生懸命この地球を探せば必ずその微生物を発見できるという哲学をうみ、日本のバイオテクノロジー発展の大きな原動力になってきました。しかしこれまでの先人による研究から身近なところにいる微生物の研究はかなりなされてきました。そこで私達は、私達を含めて生物の生活できる環境を生存圏とするとその境界環境（フロンティア環境）に生存する微生物に目をつけました。私達は、これらの微生物を求めて日本国内だけでなく世界各地に探索の旅に出ていきました結果、これらの微生物の間にも好アルカリ性細菌、好塩性細菌、好熱性細菌、有機溶媒耐性菌など多様な微生物がいることがわかってきました。

好アルカリ性細菌については日本各地の土壌から分離、解析されてきました。そして、私自身も旅行したときには必ず土壌サンプルを持ち帰って菌の分離をしたものでした。このような努力から分泌型大腸菌の開発に成功し、更に工業的に生産されているアルカリセルラーゼやアルカリサイクロデキストリン合成酵素遺伝子の蛋白質工学的研究へと発展していき、現在遺伝子レベルから「なぜ好アルカリ性細菌はアルカリで良

く生育するのか」といったアルカリ環境適応機構の解明の研究も続けています（表題写真）。

好塩性細菌についても私達の仲間は米国、オーストラリア、アフリカ、中国等に土壌採取に出かけています。私も中国のタクラマカン砂漠の塩湖から中国の砂漠研究所微生物学研究室の研究者と共同で好塩菌の分離に成功しました。このときには旅行は大変でしたが、ウルムチ、トルファンの古いシルクロードの遺跡や天山山脈の氷河を見学する機会に恵まれ大変良い思い出になりました。又、トルファンの宿では2人の理研の女性研究者の方に出会い非常に驚きかつ日本人のたくましさにも感心しました。

好熱性細菌については英国の科学者達と箱根や伊豆半島の温泉巡りをしてサンプルを集めました。下鴨温泉の日本式旅館に泊まり英国科学者（男性）と一緒に、前を流れる清流を眺めながら露天風呂に入ったり、夜はカラオケで歌を歌い合った楽しい思い出があります。

本年度から新技術事業団の国際共同研究「微生物進化プロジェクト」が始まり理研グループの一員として参加することになりました。この「微生物進化プロジェクト」は人為起源の難分解性物質の分解過程の研究を通じて微生物進化を研究していくものです。私達はフロンティア環境微生物の多様性のなかからこのような問題を解決してくれる微生物を探求して行くために、日本国内だけでなく世界各地に未知の微生物を求めて探索の旅に出ていこうと考えています。こうした旅行を通じて世界の「多様な」人々や微生物に巡り合えれば幸いです。



英国のGrant教授と箱根にて

微生物学研究室
副主任研究員 工藤 俊章