

# 理研ニュース

理化学研究所

## 低エミッタンス放射光源SPring-8

大型放射光施設SPring-8は、世界最大規模の高輝度X線光源として、兵庫県播磨科学公園都市に目下建設中である。SPring-8では、波長選択性や高輝度という放射光の優れた特性のみならず、多様な挿入光源を設置できる、優れた加速器の設計を生かして、基礎から応用を含めた幅広い分野での活用が期待されている。また高輝度を実現する為に加速器物理の面でも多くの課題を提起している。

### SPring-8建設現地の様子

SPring-8の加速器システムは、主に原研が担当する線型加速器とシンクロトロン、理研側の蓄積リングから成り立つ。本年4月からは、理研の加速器チームの一部が和光から西播磨サイトへ移転し、先遣部隊の播磨管理事務所及び建設グループと合流した。「人跡未踏」の地で数年後には、世界一流のテクノポリスとなると夢みて、日夜奮闘している。蓄積リング棟の約1割は既に完成し本年度には、全体の約1/4ができあがる予定である。また線型加速器棟とシンクロトロン棟の基礎部分も姿を見せ始めている。蓄積リング主電磁石の約2割も既に納入され、目下偏向電磁石の本格的磁場測定中であり、必要な性能は実現されている。9月には高周波加速グループも移転し、クライストロン等のテスト運転に入る。今年中には、真空

システム1セル(蓄積リングの1/48)も現地に据え付けられ試運転にはいる。蓄積リングとしては、何としても1997年春には光ビームを出すことができるよう最大限の努力をしている。

### 低エミッタンス電子蓄積リングの必要性

放射光源用蓄積リングの性能は、どれだけ小さい体積中に電子が集められているか、で表わされる。わた菓子よりもお餅のようにぎっしり詰まっている方がよい。加速器ではこれをエミッタンスという言葉で表わし、これが小さい程ビームサイズも小さく、広がり角も小さい。ビーム断面をみたとき幅と高さがあるように、エミッタンスにも水平、垂直の2つがある。専門的にはベータトロン振動の不変量として説明されている。高輝度X線放射光源は次の理由から低エミッタンスでなければならない。



図-1 現地航空写真、白く光る建物が第1期(1/10)完成の蓄積リング棟

- (1) 線型加速器棟
- (2) シンクロトン棟
- (3) 蓄積リング棟
- (4) 実験ホール
- (5) 実験ホール(放射性物質)
- (6) 実験準備室
- (7) 長尺ビームライン
- (8) 中央制御室
- (9) 中央研究棟
- (10) 三原栗山(345m)

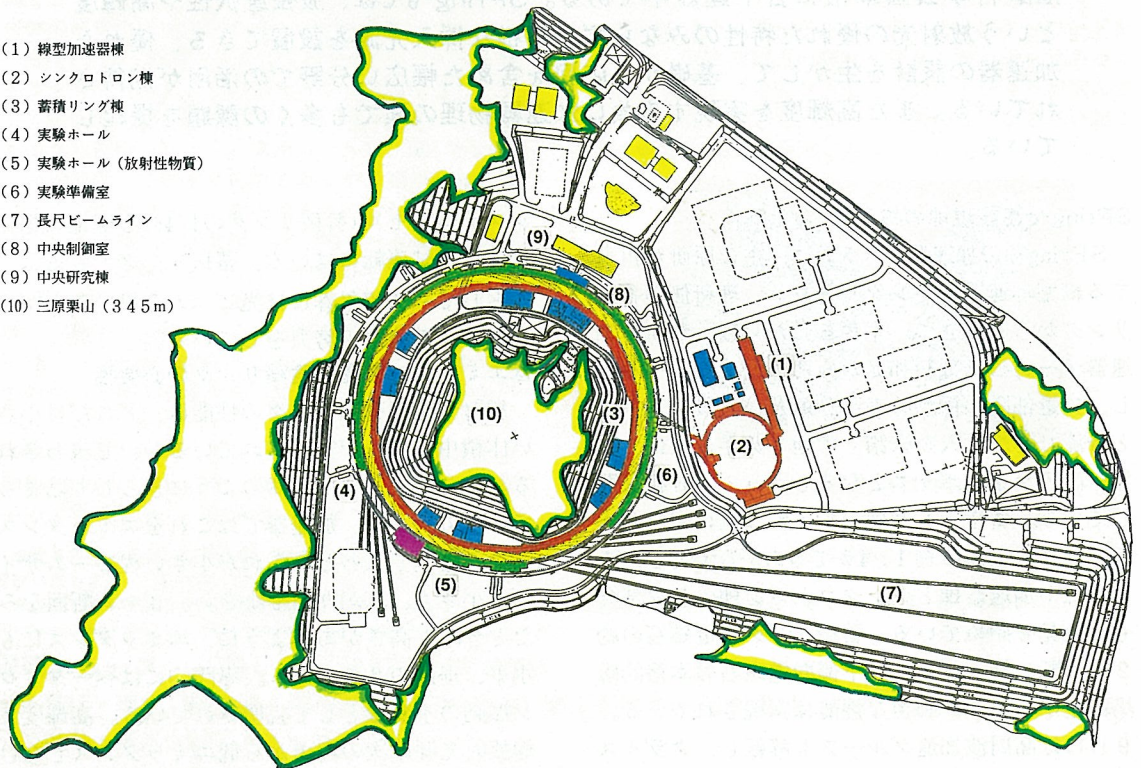


図-2 施設配置図

蓄積リングの主要パラメータ	
加速粒子/エネルギー	電子、陽電子 / 8 GeV
蓄積電流(多バンチ/単バンチ)	100 / 5 mA
自然エミッタンス	5.6nm-rad
バンチ長	約30psec
周長	1436m
特性光子エネルギー	28.9keV

図-3 加速器性能表(主要パラメータ)

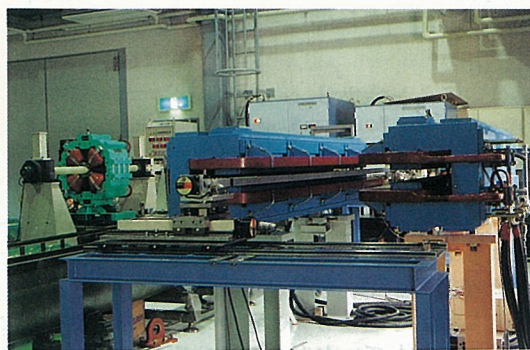


図-4 BM磁場測定写真

①高輝度：輝度とは一定の角度内に毎秒放出される光子数を光源の大きさ（面積）で割った量であり、2つのエミッタンスの積に逆比例する。これが大きい程、標的試料に当たる光子数が多い。

②高純度な光スペクトル：放射光のエネルギーは放出角に依存するので、電子の角度の広がりが小さい程、エネルギーの揃った光となる。

電子蓄積リングの水平方向エミッタンスは放射減衰と量子励起との比で決まり、前者が大きい程また後者が小さい程小さくなる。これを自然エミッタンスと呼び蓄積リングの幾何学的配置で決まる。放射減衰は、各電子が各々の運動の接線方向に光を放出しながら、失ったエネルギーは電子ビームの重心の進行方向に高周波加速で補われることから生じる。光の放出は量子過程で、微小なエネルギージャンプの分だけ平衡軌道もジャンプし、結果としてベータトロン振動の振幅が増大する。これを量子励起と呼ぶ。SPring-8も含め大型の高輝度X線光源は、偏向磁石の曲げ角を小さくし、運動量分散（エネルギー変化に対する平衡軌道の変動）を小さくしている。即ち量子励起を小さく

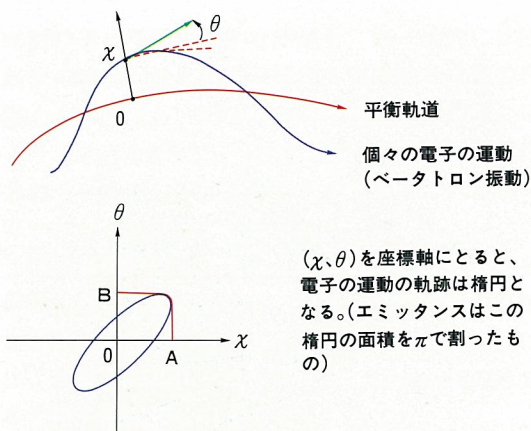
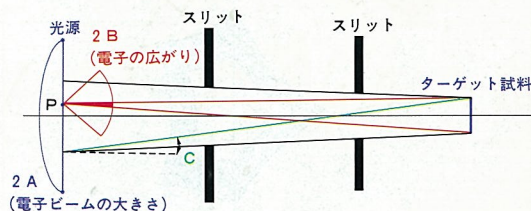


図-5 エミッタンス説明図



P点で発光した光のうち「赤色の部分」のみが有効利用される。  
C：ターゲットに当たる放射光の最大放出角。  
A、Bが小さい程放出された光のほとんどがターゲットに当たる。

図-6 スリット関係説明図

抑えることで低エミッタンス化を実現している。これらのリングでは元々零であった垂直方向エミッタンスは、リニア・カップリング……水平垂直方向ベータトロン振動の一体化で専ら決まる。

### 低エミッタンス・リングでの問題点

電子ビームは空間的に広がっているため光学系と同様、四極磁石の収束系が無いとビームは保持されない。他方エネルギーにも広がりががあるので、重心からずれた電子は、その分四極磁石での収束力にずれが生じる。この時平衡軌道もずれているので、このずれに比例して収束力が強くなる六極磁石で補正する(色収差の補正)。SPring-8では運動量分散が非常に小さいので、従来の加速器の約10倍という、大変強い六極磁石を用いる。これは平衡軌道の周りのベータトロン振動に対しては、

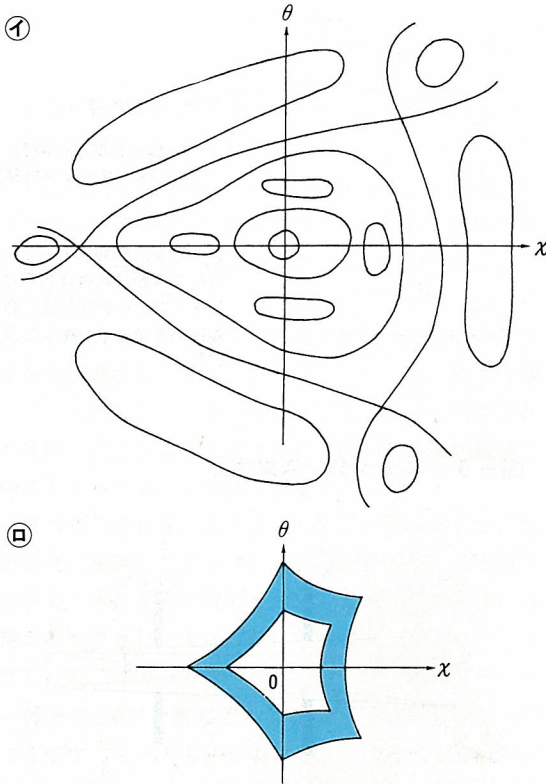


図-7 位相空間の図

- ① 垂直方向エミッタンスが零のとき、六極磁石がないときは、きれいな精円で表われていた運動が複雑に歪められる。また安定な領域が狭められる。
- ② 垂直方向に有限のエミッタンスがあるとき、中心附近の安定なところでも精円が歪むだけでなく、広がりを持つようになる。

強力な非線形収束力として働き、運動を大変複雑にする。また運動の安定な領域が大変狭くなり、電子ビームは加速器から瞬時に失われる。

SPring-8では六極磁石を6つのグループに分けて制御しこれを克服している。これは古典力学の古くて新しい、準周期的運動の安定性に関わる問題でカオスにも通じる。我々は摂動理論に基づき解析的に補正の方法を見いだしているが、非線形性が非常に大きいので、最終的にはどうしても、計算機による数値計算—粒子トラッキングに頼らざるを得ない。このような力学系を統一的に記述し理解していくことは、加速器だけでなく物理学

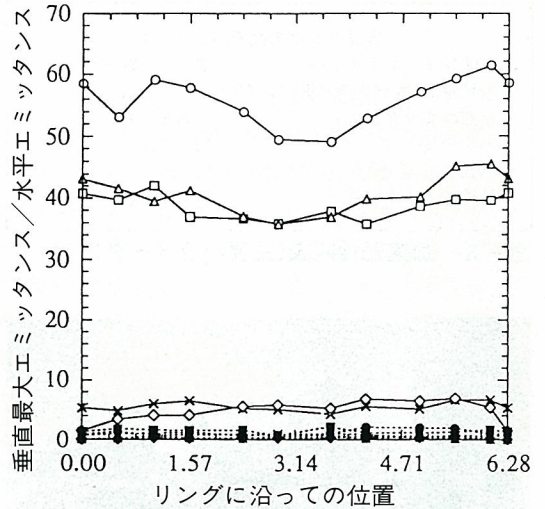


図-8 (最大垂直エミッタンス)/(水平エミッタンス)をリングに沿って数値計算したもの。白印は六極磁石中での平衡軌道の歪みが分散にして0.2mmとしたとき起こり得る色々な場合の計算。黒印は各々に対して、ねじれ四極磁石で補正したもの。

の中で重要な問題である。

### 平衡軌道の歪みとリニア・カップリング

蓄積リングではどんなに磁石が高精度で製作されていても、磁石の中心を完全に揃えて据え付けることはできない。この為電子ビームの平衡軌道は磁石中心からずれる。六極磁石中での、この平衡軌道の歪みは、ねじれ四極磁場を作る。これは通常の四極磁石を軌道の周りに回転させたものと等価で、いままで独立であった水平・垂直方向のベータatron振動を互いに混じり合わせる。

これを従来どおり垂直方向だけを見てみると、今まで零であったエミッタンスが時刻と共に変動しているように見える。この変動の様子はリングの場所によっても大きく異なっている。後者の点を初めて指摘したのは、筆者の知る限り、田中均氏を中心とするSPring-8チームである。六極磁石中での軌道の歪みが0.2mm(分散値)程度とすると垂直方向エミッタンスは最大、水平方向の50~60%にも達する。20台程度の補正用ねじれ四極磁石を用い、これをリング全周にわたって(1.5±0.5)%に抑える方法を、我々は見だし、世界的にも画期的と自負している。

### 安定な低エミッタンス・リングを目指して

蓄積リングのエミッタンスは偏向電磁石の曲げ角を小さくすれば原理上はいくらでも小さくできるが、許される物理的な大きさから制限されている。また前述の色収差補正からんで、安定な蓄積リングでは、SPring-8の様に、数nm-radがリミットと考えられている。そこで直線部に挿入光源のように、エネルギー放出を大きくする装置を導入して放射減衰を大きくすることが考えられている。

実際のシステムでは常に色々なノイズのためエミッタンスは増大する。SPring-8では減衰時間は4～8 msecなので10msec以上の時定数の拡散などは考えなくてよいが、電子ビームの運動の固有振動数に近いリップルなどは強制振動を引き起こしエミッタンスを増大させる。

従ってハードウェアの製作には、電源ノイズの除去はもとより細心の注意が必要となる。

減衰時間からみてゆっくりとしたノイズは、光軸の振動を引き起こすのでフィードバック制御が必要になる。

電子ビームは真空チェンバーを境界条件として電磁場を作り出し、自らに影響を与え、各種の不安定性を引き起こす。これは主に、電子ビームの

時間構造に各種の振動を誘起し、第一義的には放射光の時間構造に複雑な振動と実効的な光軸の変動として現れる。SPring-8の各種構成要素はこのように誘起しないよう十分に注意して製作されているが、不可避的なものもありこれらはフィードバック制御で克服される。

我々は现阶段で、起こり得るあらゆる可能性を分析し対処しているので、SPring-8の当初の目標は確実に達成されつつある。さらに定常運転後には、加速器の個性を知りつくし、SPring-8の持っている性能を最大限に引き出せるであろう。



前列左より3人目が筆者

大型放射光施設計画推進本部  
蓄積リング研究開発室長 安東愛之輔

## 大勢の参加者でにぎわった 国際親善七夕パーティー

恒例の七夕パーティーが7月6日、理研の食堂で開かれました。参加者は約400人にもものぼり、半数以上は外国人研究者とその家族、特に可愛らしい子供たちのはしゃぎ姿が印象的でした。

最近の外国人研究者は、日本語講座に積極的に参加していることもあって日本語を話す人が多く、

楽しい会話が一層はずんだようでした。また国際結婚した顔馴染の人も多くなり、「来月ベビーが生まれるの」と喜ぶカップル、「ベビーが生まれるよう頑張っています」とアイルランドの青年、今年の七夕パーティーもそれぞれの思いがメモリーされたことでしょう。





## My views on Japan

by Marcus Hacke  
Metal Physics Laboratory

What is Japan for you? The big industrialized cities and crowded areas or the beautiful landscape with rice fields, mountains and the seaside? The countless colourful noon lights in Shinjuku or the traditional royal wedding ceremony that took place a few weeks ago? The loud music played by young Japanese musicians every Sunday at Harajuku or the quiet vicinity of a lonely mountain shrine? All these contrary impressions make up my experiences in Japan and it is this personal view I want to talk about.

I have been in Japan now for over eight months. In the first case there is the scientific work at the Metal Physics Laboratory and the enriching cooperation with Dr. Yagi. I am really grateful to have the opportunity to take part in interesting research and there have been many nice experiments, though even in Japan it is not always possible to avoid Murphy and his famous law. But it is rather reassuring that at least this law seems to be valid all over the world.

Besides RIKEN is a good place to meet foreigners from very different countries, and therefore to get new impressions not only about the Japanese culture. Also the new political and

geographical situation in Germany became very clear for me. Three years ago the meeting of scientists from former divided parts of Germany was a rather rare case, but lucky after the unification this strange situation has changed. After the break down of the wall in Germany it is also very important to destroy the invisible wall in the mind of people, which have total different personal records. To meet each other and to discuss common problems is the best way for a joint future. What is valid in the special case of Germany, is of course also true for people from different countries. Besides the good condition for scientific research the communication between people from all over the world is certainly the most important advantage of an institute like RIKEN.

Living in the densely populated Kanto area, just as visiting famous places or big events, implies the feeling of being a small part of a big crowd. Riding railway or subway trains, walking through Shinjuku, Ueno, Asakusa or along the Ginza, visiting the Sanja matsuri, Tokyo Disneyland or the wedding parade of the royal couple as well as sightseeing in Kyoto, Nara, Nikko, and Kamakura - besides the interesting to see the large number of

## US TOGETHER

people surrounding me was one of the strongest impression. I was really surprised to find out, that not far away from these well-known spots are very quiet places, especially near the mountains. These places are a nice contrast to the lively activity in Tokyo and a good opportunity to meet interesting people.

Anyway, meeting people was one of the most exciting events. Perhaps more than visiting cultural important places or events, like temples, shrines, museums, matsuri, a kabuki performance or -especially important - a sumo tournament, meeting people offers the opportunity to understand a foreign country. Talking with scientists at RIKEN, being invited from my host researcher on different occasions, meeting other athletes during running

exercises in Wako-shi, the large number of events asking people for the correct way, to get a lift from a local broadcaster near Nagano or from a truck driver at the Miura peninsula, to be invited to drink whisky with Japanese mountaineers at a summit of Chichibu national park, to go on hiking tours with an engineer of an aviation company, to celebrate New Year's Eve at the fifth step of Mount Fuji, to stay at different mountain huts or youth hostels - at all these situations I met a lot of friendly people and had very nice experience.

Perhaps you would like to ask me the question which I asked you above. Sorry, I can't give you a precise answer. All the partly contrary impression mentioned above make up an very interesting picture - and I like it!



## 日本の印象(要約)

あなたにとって、日本とは何でしょうか。産業の発達した大都市と人口の密集した地域でしょうか、それとも、田園や山や海岸などで彩られる美しい景色でしょうか。新宿の街に光る数え切れないほどの色鮮やかなネオンの灯でしょうか、あるいは、数週間前に行われた伝統豊かなロイヤルウェディングでしょうか。毎週、日本の若い音楽家達が原宿に集まって奏でるにぎやかな演奏でしょうか、または、山中にひっそりと建っている神社のまわりの静けさでしょうか。日本で私が体験したことは、このように相反する印象が縦糸と横糸となって織りなされています。

日本での滞在も、もう8ヶ月以上になりました。私が最初に経験したことは、金属物理研究室、八木博士との実り多い共同研究でした。このような興味深い研究に参加できたことは、私にとってとても嬉しいことでしたが、その一方で、この日本でも、あのマーフィー博士の法則\*を常に避けて通ることができなかったことです。もっとも、このことは、少なくともその法則については、それが世界中で有効だということを再確認させられたということです。

そのうえ、理研というところは、世界の様々の国から来ている人々と出会うチャンスの多い場所です。この新しい出会いから、日本文化についてだけでなく、他のことについても印象を新たにすることができます。新しいドイツの政治的、地理的状態も、私にとって明らかになってきました。3年前のドイツでは、分割されていた地域のそれぞれから科学者が集って会合することはなかなかありませんでした。しかし、幸いなことに統一後には状態が変わりました。ドイツにおける壁の崩壊以後、それまでにそれぞれの人の心に刻まれた、全く異なった記憶のせいで人々の心の中にできていた、見えない壁というものを崩すことが、これまた重要な課題です。お互いが会い、共通の問題について話をするのが、お互いの将来にとって最善の道だと思います。特殊状況にあるドイツにおいて言えることは、異なる国々の人々の間についても、もちろん言えるはずです。理研のような研究所は、研究に適した条件が整っているということに加えて、世界中から来ている人々の間のコミュニケーションが図れる、とい

うことが最大の利点であるともいえます。

人口の密集した関東地方に住んで、有名な場所や行事を見に行くと、自分が大群衆の中の小さなひとつの存在であることを実感させられます。私の周りには多くの人々に会うことも、とても興味深いことなのですが、それに加えて京都、奈良、日光、鎌倉などへの観光と同じ位、電車や地下鉄に乗っての移動、新宿、上野、浅草、銀座などの散歩、三社祭り、東京ディズニーランド、ロイヤルカップルの成婚パレードの見物などが、私に非常に強い印象を残しました。特に山地の近くでは、有名な場所からそれほど遠くない所にも、とても静かな所があることを発見して、大きな驚きを覚えました。こういった所は、躍動する東京との素晴らしい対比を見せていましたし、印象深い多くの人々と出会うことができました。

いつでも、人との出会いは、とてもわくわくするものです。おそらく神社仏閣、博物館、祭、歌舞伎、特に印象深かった相模などの文化的な場所や行事を見に行くことよりも、人との出会いこそが、外国というものの理解にとって、とても良いチャンスだと思います。理研の科学者達との会話や、私の受け入れ研究者からの様々な機会を通じての招待、和光市でジョギング中の他のランナーとの出会いや、多くの住民啓蒙行事の見学の際に、また長野の近くで地方局のアナウンサーの車に乗せてもらったとき、秩父国立公園の山の頂上で日本人登山家からウイスキーをごちそうになったとき、航空会社のエンジニアに誘われてハイキングに行ったとき、富士山の五合目で大晦日を過ごしたとき、いろいろな山小屋に泊まったりしたときに、どこでもとても親しくしてくれた人々に出会い、素晴らしい経験をしました。

おそらく、読者の皆様は、この文の最初の問いに対する私の答えは何だろう、と思われるかも知れません。残念ですが私にははっきりした答えはありません。これまで述べたような部分的には相反するような印象から、とてもおもしろい絵が描かれると思います。こうして描かれた絵が私は好きなのです。

\*Murphy's law: "Anything that can go wrong will go wrong."



## 最近の公開特許

### H05-117298 デブシペプチドA、Bその製造方法、並びに抗ウイルス剤及び抗菌剤

抗生物質研究室 磯野 清、長田裕之、  
越野広雪

ストレプトミセス属微生物、例えばPK-1051 (FERM P-11624)等を培養した培養物から採取することにより製造された抗ウイルス作用、抗菌作用を有する新規抗生物質デブシペプチドA及びB。

### H05-119196 減圧加熱融解法によるマルチトレーサーの製造方法

核化学研究室 岩本正子、安部静子

短時間で効率良く放射性同位元素を取り出すことができ、半減期の短い同位元素であってもトレーサーとして有効に使用することができるとともに、製造に要する労力の軽減を図ることができる減圧加熱融解法によるマルチトレーサーの製造方法。

## スポットニュース

### 新しい農園芸用治療薬の開発

ミカンの果皮抽出液には抗菌活性があり、そこから得られた針状結晶はアルカリ性水溶液に溶け易いことがわかった。これを新しい農薬として応用できないだろうか？と考え、まず、果実病害への適用をテストするために、重炭酸水素ナトリウム（重曹）の水溶液（弱アルカリ性）で結晶を溶解し実験に供した。テストの結果は、予想もしなかった緑かび病菌に効果が現れたのである（1969年）。後になって、その効力の本体は重曹であると判明、これがこのたび開発した重炭酸カリウム（重カリ）薬剤に発展するきっかけになったのである。

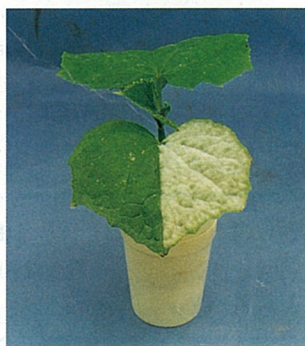
開発した重カリコーティング剤は、重カリ粉末をグリセライド等親油性物質で1重又は2重にコーティングしたもの。カリウムイオンが効力の本体であるので、外部寄生性病害、うどんこ病をターゲットにした。対象病害はイチゴ、キュウリ及びタバコのうどんこ病である。うどんこ病はその他の農園芸作物や多くの草本、樹木類にも発生することから、幅広い適用が期待される。

本剤は、うどんこ病などのターゲットの表面に触れることによって効果を発揮する。したがって、病気が虫が目につくようになってから処理することができるという特徴を持つ（写真）。また、多くの有機合成農薬とは異なる作用性を持つ。有機合成農薬の多くがターゲット細胞内の代謝経路、合

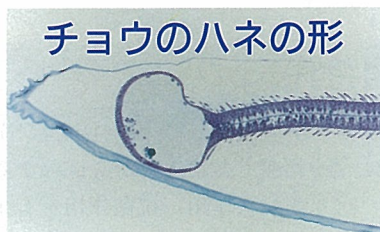
成経路のある部位あるいはそれに関連の酵素に作用するのに対し、本剤は細胞内原形質分離や原形質凝集などイオンバランスの乱れによる細胞の機能障害を引き起こす。これはいま世界的に問題となっている薬剤の効力が落ちる現象、すなわち薬に何度かさらされることにより薬剤耐性菌が発生したり、薬剤抵抗性害虫が発生するなどの現象は起こりにくい。そのうえ、本剤は植物組織表面から内部へ容易に入り、植物の細胞から細胞へと拡散して栄養素となるために、組織内に長く残留したり落下した薬剤が土壌汚染の原因になるようなことはない。以上のような特徴を持つ新タイプの治療薬であり、植物保健薬という新しいジャンルに位置づけたい。

なお、本剤は環境にやさしい「うどんこ病治療剤・カリグリーン」という商品名で東亜合成化学工業が6月から製造販売を開始した。

（微生物制御研究室  
本間）



キュウリうどんこ病菌を採種して3日後に、重カリ剤を800倍に薄めた溶液を左半葉に塗布、その4日後の状況。



似ても似つかぬ親子や、「トンビがタカを生む」こともたまにはあるが、生き物の世界では、子は親に、(或いは祖父母等に)似たところを持つのが普通である。「目もとが似ている」「体つきがそっくりだ」等等。こんなことを書いてみると「なにを今さら」と思われる向きもあるだろうが、そう思うのはむしろ当然のことであろう。なぜなら、これは既に19世紀にメンデルが明確な説明を与えているものだから。即ち、遺伝子が(広い意味での)かたちを決めている、というわけである。しかし、遺伝子がどのようにして生物のかたちをつくっていくか、言い替えれば、遺伝子から完成した形態との間にどのようなメカニズムが関与しているかについては、もうすぐ21世紀になろうかという現在でも未解決の問題が山積している。それでは、何を解かねばならないか? 「チョウのハネの形」は、そんな課題のいくつかを明瞭なかたちで提出してくれる。

我々ヒトのような多細胞生物では、普通は細胞数の増加とともに形がつくられていく。細胞数の増加の速さが体の場所によって異なると、形が変わっていくというわけである。右下の写真はミヤマカラスアゲハと呼ばれるチョウである。この写真にみられるように、アゲハの仲間多くは、後ろバネに「尾状突起」と呼ばれる突出部を持っている。成虫のハネは、蛹(さなぎ)のハネが変化してできるものであるが、蛹のハネにはこのような突起はなく、丸みのある滑らかな縁をしている。それでは「尾状突起」は、蛹のハネの特定の部分が(細胞数が特に増えたため)伸びてでき上がったものであろうか? 実は、そうではない! 成虫の尾状突起は丸い縁をもつ蛹のハネの辺縁部の細胞が、尾状突起を残すように死んで除去されることによって出来るのである。不要な部分を除いてまとまりのある形をつくりあげるといって、これは彫刻や切り絵をつくるのに似ている。タテハのハネの凹凸も然りである。脊椎動物の指の形成時にも、同様の変化がみられる。指は手の「原基」から、指の間の細胞が死んでなくなる

ことによってできる。このような正常な発生過程の中でみられる細胞死は「プログラム細胞死」とか「アポトーシス」とかよばれ、最近とみに注目を浴びるようになった。この細胞死は、「壊死」と呼ばれる病的な細胞死とは形態的にも分子的にもことなる点が多く、今後の研究の進展が待たれている。

それでは、蛹のハネの細胞死を起こす場所は、どのように決まっているのだろうか? これについては、1966年に九大の白水・三枝らが興味深い研究を発表している。ナガサキアゲハには雌の後ろバネに尾状突起を持つものと持たないものと2系統がある。この系統間で掛け合わせ実験を行い、尾状突起の有無は一对の対立遺伝子によって規定されることを示唆する結果を得ている。即ち、(ナガサキアゲハの場合) 蛹のハネのどこに細胞死が起こるかは、1つの遺伝子によって決められていると言えよう。

左上の写真は細胞死が起こりつつある時期(蛹化後3.5日後)のモンシロチョウの蛹のハネの断面図である(モンシロチョウも細胞死を起こす)。ハネは扁平な袋状の形をしている。左のふくらんだ場所が細胞死を起こしつつある部分である。この部分は細胞死によってその後1日以内に完全に消失してしまう。ハネは一層の細胞から構成されていて、その表面は滑らかである。この単純さは、形態的観察や実験的操作を行うに当たって大きなメリットとなる。また、予備的にはあるが、細胞死の分子機構にチョウのハネとトリの指とで共通点のあることを示唆する結果も得ている。

場所を決める遺伝子、細胞死、こんなキーワードをもとにした形態形成の研究を行うとき、チョウのハネは格好の研究対象となっている。今度チョウが飛んでいるのを目にしたら、こんな雑文のことなど思い起こしていただければ幸いである。



昆虫生態制御研究室  
研究囁託 吉田昭広

本誌6月号(No.143)の原酒欄「極高真空 $10^{-11}$ Pa( $10^{-13}$ Torr)達成」の記事中、パスカルとトルの換算式が誤りでしたので訂正、お詫びいたします。(誤)  $1\text{ Pa}=1.33\times 10^2\text{ Torr}\rightarrow$ (正)  $1\text{ Torr}=1.33\times 10^2\text{ Pa}$ 。

今後ともより充実した科学技術情報誌を旨ざりたいと思いますので御愛読、御意見を寄せ下さるようお願い申し上げます。

理研ニュース No. 145, AUGUST 1993

発行日・平成5年8月10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・株式会社アドエース