

RIKEN NEWS



研究最前線——②

- 電気を通す分子化合物
—分子性導体から広がる新しい世界—
- 神経回路を可視化する

SPOT NEWS——⑧

- 細胞が外部から分子を取り込むメカニズムの一端を解明
- 遺伝子の非翻訳領域が
モルヒネ鎮痛効果に影響することを発見
—鎮痛薬のオーダーメード処方に道—
- 世界最強の高輝度放射光源誕生
—SPring-8の性能を飛躍的に高める新技術—

特集——⑪

- バイオリソース事業の推進
—筑波研究所バイオリソースセンター—

記念史料室から——⑫

- ベンチャービジネスの源流
—理化学興業の誕生と理研産業団—

TOPICS——⑬

- 理研の研究施設を一般公開
- 「智の遺伝子探索計画」国際ワークショップを開催
- 「和光市民大学講座」が開催される
- 理研の組織変更
- 新主任研究員、新チームリーダー紹介

原酒——⑯

- 一生懸命から一所懸命へ

(上) 分子性導体の単結晶。この化合物は圧力をかけると超伝導体となる
「電気を通す分子化合物—分子性導体から広がる新しい世界—」から

(下) WGA トランジゲンによる嗅覚系神経回路の選択的可視化
「神経回路を可視化する」から

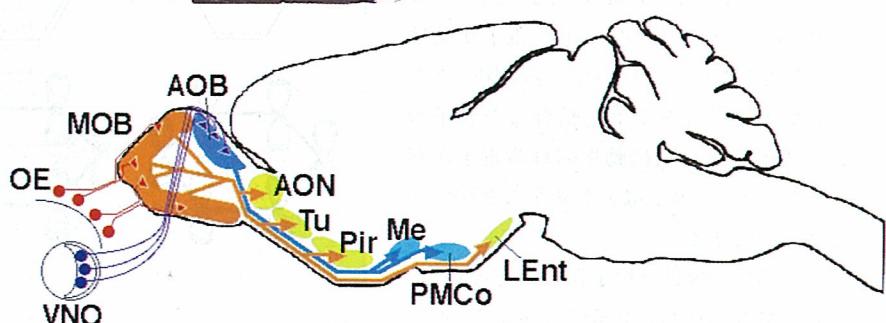
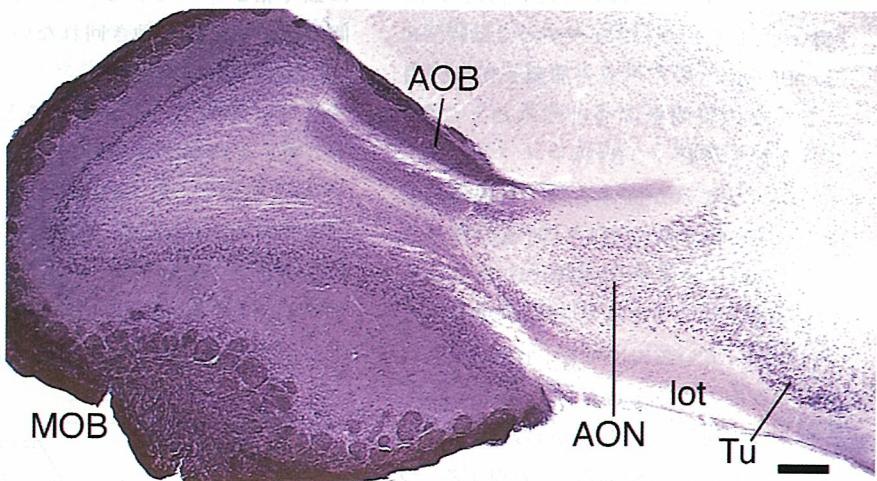
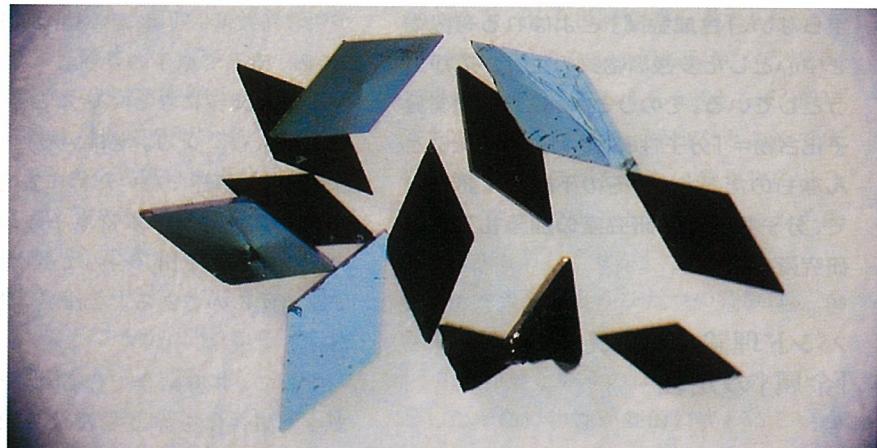
理研ニュース

ISSN 0916-619X

RIKEN
PUBLIC RELATIONS OFFICE
2-1 Hirosawa, Wako, Saitama,
351-0198, Japan
phone: 048-467-8349(direct)
fax: 048-462-4715
e-mail: koho@postman.riken.go.jp
<http://www.riken.go.jp>

No.239: May 2001

5



電気を通す分子化合物

分子性導体から広がる新しい世界



加藤主任研究員

「電気を通すのはどれですか？」

理科の時間に、鉄の釘や消しゴム、鉛筆…いろいろなものに電池と豆電球をつないで実験をした経験を持つ人は多いだろう。答えは、「鉄や銅などの金属」だったはず。けれども、いま、そうした従来の範疇に収まらない、「合成金属」とよばれる有機物を中心とした多様な物質の世界が広がろうとしている。そのひとつ、電気を通す分子化合物＝「分子性導体」とはいったいどんなものだろうか。その不思議に誘われて、分子物性化学研究室の加藤礼三主任研究員を訪ねた。

● バンド理論でとらえる 「金属」の定義

そもそも、「金属」とはいったい何だろう。「電気を通すもの」だろうか？では、なぜ「電気を通す」のだろう？加藤主任研究員にまずその質問をぶつけてみたところ、意外な答えが返ってきた。

「じつは、これが固体を扱う物理学の中でも、最も根本的で難しい問題のひとつです。金属とは何か、あるいは、物質はなぜ電気を流すのか、もちろんかなりの部分はわかっているんですが、100%完全に説明できる人はいません」

電子が、物質の中を端から端に動いていくことを、「電気が通る」と表現する。つまり、電気を通すためには、「電子が動ける」状態を作ればいいのである。銅や鉄などのいわゆる金属には、結合した原子の集合体の中を自由に動き回れる電子が存在する。そのため、電気を通すことができると説明できる。

ところで、物質は原子からできている。一番単純なものは、原子核と電子を1個ず

つもった水素。だが、水素原子は、われわれが手にとって触れる状態にはない。必ず、2つの水素原子が結合して、 H_2 というユニットになっているからだ。この H_2 が「分子」である。

原子核の周りを巡る電子の軌道は定員が決まっていて、水素の持つ軌道の定員は2個。そして原子の性質として、軌道がちょうど満杯になっているとき、非常に安定な状態になる。逆にいうと水素原子は、軌道が満杯でないために不安定でない。その問題を、2つの水素原子のお互いが1つずつの電子を出し合って共有することで解消するのである。これが「共有結合」だ。

そして、共有結合で作られた分子が集まって集合体を作っても、電子は各分子に強く結びついているので、分子同士の間で電子は自由に動き回れない。つまり、電気は通らないのである。

ただし1個の分子に注目すると、分子の中で電子が自由に動いている場合はある。

「分子の中で、電子が動いている例として非常に有名なのは、このベンゼンという分子です(図①)」

いわゆる「亀の甲」として知られるベンゼンの分子には、 π 結合とよばれる共

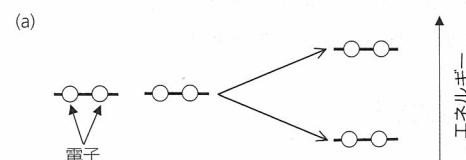
有結合があり、その結合の腕を2通りに組み直すことができる。腕は電子のペアに対応し、腕を組み直すということは、それらの電子がベンゼン分子の中にある意味で動き回っているといえる。あとは、こうやって動き回れる電子を、隣のベンゼンにうまく移せるような状況を作れば、電気が通るわけである。

「普通に考えると大変起こりにくいことですが、じつは、電子をわりと簡単に切り離せるような分子というのが存在するんですね」

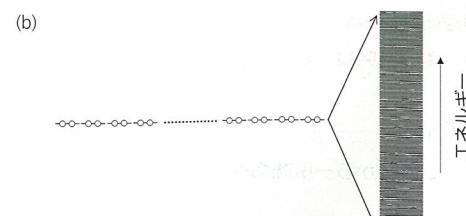
ベンゼン分子から1個電子をとったとすると、対を作っていない電子が存在することになる。水素原子と同様、ベンゼンの場合もこれは非常に不安定な状態だ。

「ペアを作っていない電子を持つ分子をラジカルというのですが、わりと容易にラジカルの状態になることができる分子というのが、電気を流す分子集合体を作る際の第一候補になります」

ここで加藤主任研究員は、不思議な図を見せてくれた(図②)。



2個の分子軌道が相互作用すると元の状態よりも安定な状態と安定でない状態が生じる



さらに多数の分子軌道が集まり相互作用するとエネルギー帯が生じる。元の分子軌道が電子で完全に満たされているとバンドも完全に詰まっている

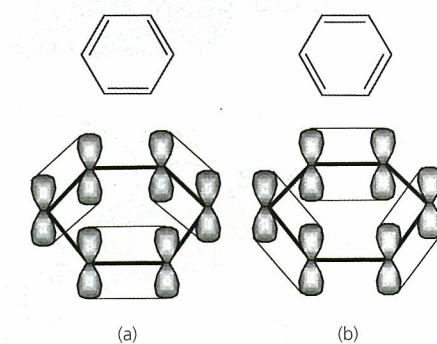


図1

図2

図1: ベンゼンのπ結合腕の組み方に(a)と(b)の2通りがある
図2: エネルギーバンド
図3: (a)分子性導体と
(b)「重い電子系」とよばれる無機物の温度-圧力相図
写真(下): 新しい有機分子を合成する。分子化合物をデザインするうえでは理論も重要なが、実際には実験室での研究が中心。「結晶を作つてからが始まりです」と加藤主任研究員

「分子が1個だけのとき、分子軌道は一定のエネルギーをもっています。これが2個集まると、もとの状態よりも安定な状態と不安定でないエネルギーの状態が生じるというのが原則です。さらに分子が集まると、これが繰り返されて電子がとりうるエネルギーの状態(準位)が非常に密になる。あるエネルギーの値の範囲で、非常に密に、ほとんど連続的にエネルギーの値がとれるようになってくる。これがエネルギー-bandです」

エネルギー-bandをもとにして、金属や半導体などを理解できるという。

安定な結合を作っているときには、電子が軌道の定員を満たしている。それでバンド全体も全部詰まった定員いっぱいのものができる。この状態では電子は身動きができない、電気は全然通らない=絶縁体である。逆にラジカルが集合体を作れば、バンドが全部詰まっていない状態となって電気が通る。

「つまり、基本的には、『金属というのは不完全に満たされたバンドを持つ物質』といえるわけです。こういう考え方を、バンドをもとにした理論すなわち『バンド理論』といいます」

● 「明快」で「柔らかい」分子性導体

バンド理論の考え方でいえば、原子ではなく分子をユニットとした新しい「金属」が考えられる。分子物性化学研究室で研究されているのが、そうした「合成金属」のひとつ、「分子性導体」だ。

「原子というのは周期律表の百何種類しかない。それに対して分子の種類は無限大。バラエティが全然違います」

原子をユニットとして考えると、Aという元素とBという元素の中間あたりの性質を持つものを作りたいと思っても、これはできない。ところが、分子ならばそれが可能になるというわけだ。

「それから、一番強調したいのは、分子性導体は、その伝導電子の状態がバンド理論的に非常に『明快』であるということですね」

加藤主任研究員によると、銅や鉄など、いわゆる普通の金属のバンド計算をやろうとすると非常に大変な作業になるが、見かけ上、より複雑な分子からできた導体のバンド計算をするのは、じつは極めて簡単なのだという。もっとも、分子化合物のなかには、酸化物の超伝導体などと同

様に、バンド理論が成り立たないものがあり、これも重要な意味を持つ。

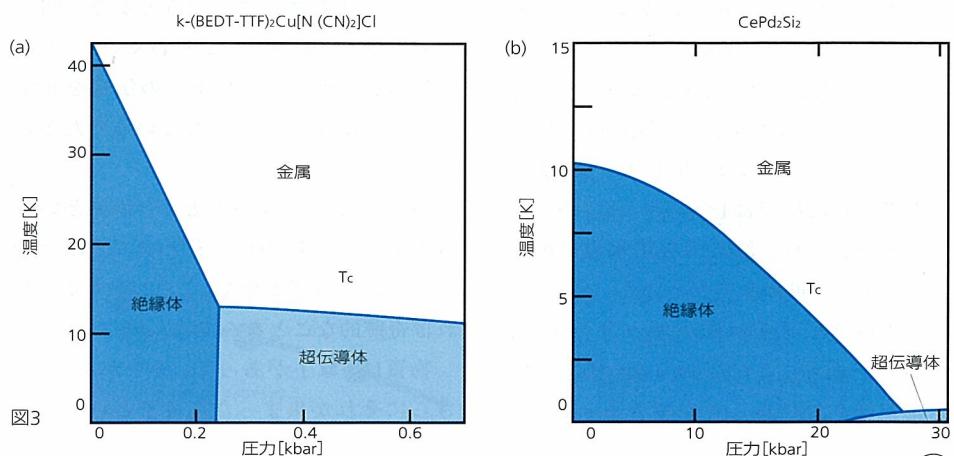
「高い超伝導転移温度を持つ要因として、電子と電子の相互作用が強いというのが非常に重要です。超伝導性を持ついくつかの分子性導体と酸化物の超伝導体というのも、電子相関の強い系というキーワードで共通するものがあるわけです。超伝導転移温度は違っても、メカニズム的にはある程度共通する。明快なところで実験をやって、それをさらに酸化物のほうにフィードバックするというひとつの手段になるかもしれません」

分子性導体のもうひとつの特徴は、「柔らかい」ということ。

「柔らかいというのは、外からのちょっとした刺激で物性が劇的に変わることです」

図3は、ある分子性導体と「重い電子系」とよばれる無機化合物の物性の変化を示したもの。どちらも圧力をかけずに温度を下げていくと金属から絶縁体の状態になるが、圧力をかけるとある温度(T_c)で超伝導体に転移する。

このように現象は非常に似ているが、よく見ると横軸(圧力)のスケールは20と



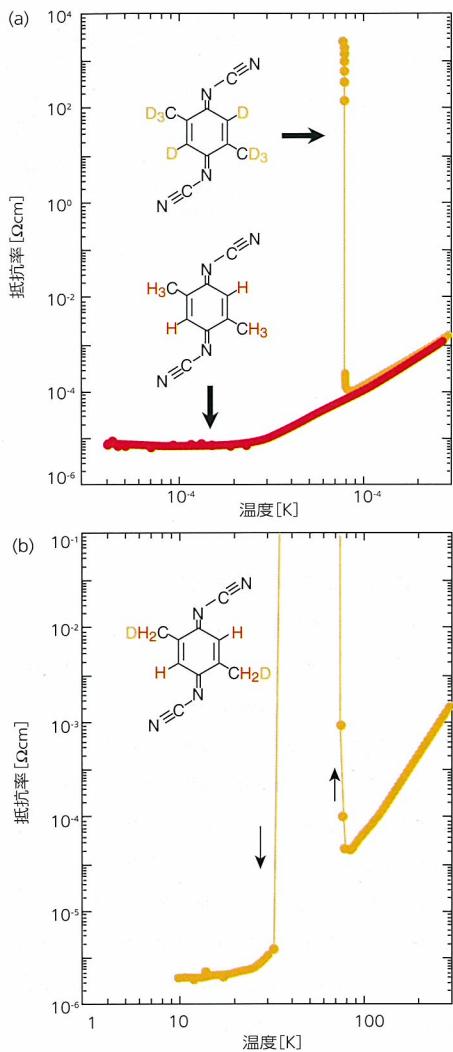


図4

0.2と桁違い。100分の1の圧力で、同じような変化が起こるわけだ。

「そういう意味で、有機物は非常に柔らかいといえるわけです」

他にも分子性導体の「柔らかさ」を示す例がある(図④)。有機分子を形成するのは主に炭素、水素、酸素、イオウ、セレンなど。ここでは、その水素に注目する。

「水素(H)は原子核に陽子1個を持ちますが、同位体といって核に陽子と中性子を1個ずつ持つ重水素(D)があります。その重水素を使って、例えばある分子性導体の水素を置き換えるのです」

そうすると、もともと非常に電気を通す「金属」だったものが、ある温度以下になると完全な絶縁体になってしまう(図④a)。ここで示した例では1つの分子に8個の水素があり、その一部だけを重水素に置き換えることが可能なのだという。

この置き換え方は順列組み合わせで、全部で35通り。この35通りを、実際に実験室で作り分けることができる。これら

について実験をしてみると、なかには、もともと金属性を示していたものが、温度を下げることでいったん絶縁体になり、それからさらに温度を下げるとき、また金属に戻るというユニークな性質を持つものも現れた(図④b)。

「全部Hの場合は、温度を下げていってもずっと金属のまま、一方、全部Dにすると、金属から絶縁体になってそのまま絶縁体。そして部分的にDにすると、金属から絶縁体になって金属になる。Dの数を変えることによって、調整できるわけです。これは驚くべき同位体効果です。微弱な変化が、マクロな物性を大きく変化させるケースがあるということですね」

「弱い分子間相互作用」をキーワードに

こうした「柔らかさ」の要因のひとつに、分子性導体というものが弱い相互作用でできていることが考えられる。そして、弱い分子間相互作用は、弱いからこそ精巧な制御を可能としている。

「その典型的な例が、じつは生物です」生物の体で起きているDNAやタンパク質が示す相互作用は、水素結合や疎水結合などで共有結合に比べるとかなり弱いもの。しかし弱いからこそDNAやタンパク質は、情報やエネルギーの伝達を非常に細やかにコントロールしているのだとう。

「しかも、それが室温とか、体温というかなり高い温度の中で行われて、ほとんど間違ひもありません。これは、考えてみれば奇跡的なことなんです」

物質は、原子があって、分子があって、さらにそれが集まつた超分子という流れ

図4: 温度によって変化する分子性導体(DMe-DCNQI)₂Cuの電気抵抗
(a) 水素を全て重水素[D]に置き換えたものでは、ある温度以下で完全な絶縁体になる
(b) 同じ(DMe-DCNQI)₂Cuでも、水素の「一部だけ」を重水素に置き換えたものは、いったん絶縁体になったあと、再び金属の状態に転移する

文責: 広報室
監修: 分子物性化学研究室
主任研究員 加藤礼三
取材・構成: 小野裕子

でとらえることができる。けれども、超分子の電子状態をコントロールすることに関しては、ほとんど研究が行われてきていません」という。

「私たちは、超分子があって、さらにその分子間相互作用をデザインするということをやろうとしています。分子間相互作用のエンジニアリングですね」

いま、理研の中で「分子アンサンブル」というプロジェクトを立ち上げたいと話す加藤主任研究員。

「分子がただ寄り集まっているわけではなく、各パーツが非常にうまく調和の取れたかたちでお互いに連携し合っている、そして、分子の集合体全体として非常に高度な機能を発現しているような分子のシステムを、私たちは、新しい言葉を作つて『分子アンサンブル』とよんでいます。ひとつの結晶から、DNAがはたらいているようなダイナミックな系まで含めたイメージです」

加藤主任研究員は、「化学というのは、ものを作つてこそ化学」と繰り返す。

「その化学が生み出した分子性導体は、物性物理学における標準物質のひとつであると確信しています」

その延長上には、生命を司る分子のはたらきがある。その鍵は、「弱い分子間相互作用」。

「化学、物理学、生物学、工学という枠組みを超えた、横断的なプロジェクトができるのは理研の大きな特徴です。理研は『分子アンサンブル』のような研究には、もっともふさわしい研究所です」

分子性導体から、物性物理学、そして高度に制御された分子システムとしての生物へ、新しい発想が新しい世界への扉を開こうとしている。

神経回路を可視化する



吉原チームリーダー

脳のはたらきは、神経細胞が正しい相手と結合を作り、神経回路を形成することによって生じている。そこで、どの神経細胞がいかなる神経細胞と繋がっていて、感覚や運動や学習という機能が形成されているかを見出そうと、大勢の研究者が神経解剖学に携わってきた。

「元々は神経細胞を互いに結合させるタンパク質の研究を行っていましたが、このようなミクロなレベルの研究成果を使って、神経回路というマクロなレベルの研究ができるのかと、4年前に考え始めたのです」と語るのは脳科学総合研究センター（BSI）ニューロン機能研究グループ・シナプス分子機構研究チームの吉原良浩チームリーダー。吉原チームリーダーが目をつけたのは、WGAという小麦胚芽のレクチンだ。

WGAにはシナプス結合を越えて、神経細胞から神経細胞へと運ばれるという珍しい性質がある。吉原チームリーダーたちは

このWGAをトレーサーとして神経回路網可視化の画期的なシステムを作り上げた。

- **WGAを使った従来法の問題点**
-

1970年代後半に偶然、WGAがシナプスを越えて神経細胞間を運ばれることができた。WGAは小麦をウイルスなどの有害物から守るはたらきをしているタンパク質で、特定の糖鎖構造を認識して結合する。ほとんどの神経細胞は、この糖鎖構造を表面にもっている。

WGAが神経細胞の糖鎖に結合すると、細胞内顆粒に取り込まれて軸索の中を運ばれ、軸索末端からシナプス間隙へと分泌される。そして今度は次の神経細胞の糖鎖に付き、また取り込まれて運ばれる。このWGAをトレーサーとして神経回路を可視化する従来の方法では、高濃度のWGAを注射器で実験動物の対象とする部位に打ち込んでいた。しかし、この方法に

は問題点が3つある。1つは、高濃度の異物を打ち込むので、その部位で重い炎症反応が起きることだ。

「例えば、視覚の回路を見るためには、実験動物に麻酔をかけて網膜に注射しますが、眼が非常に腫れます。炎症のために、経路が機能的におかしくなっていることも考えられます」

2つ目は、打ち込むのに熟練した技術を要することだ。動物の個体ごとに、その時の状態ごとに、打ち込むべき場所が微妙に違ってくるので、熟練者でもすべて成功するわけではない。

3つ目は、WGAが打ち込まれた場所周辺のすべての神経細胞に取り込まれてしまうことだ。そのため機能の違う回路が存在しても、その区別はつかない（図①上）。

「脳の中では、同じ場所にさまざまなタイプの神経細胞があるので、これでは選択的トレーサーとしての役目を果たせません」

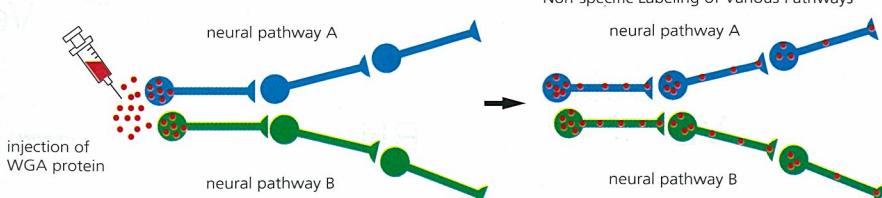
そこで吉原チームリーダーたちは、これらの問題を解決する新しい方法を考えついた。

- **WGAを特定の神経細胞に作らせる**
-

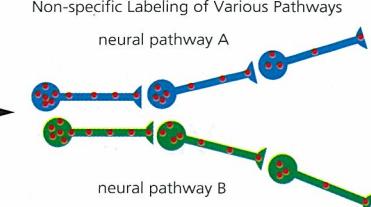
WGAの遺伝子（WGAのメッセンジャーRNAを鋳型として作ったcDNA）を卵の中に導入し、WGAを自ら生産できるトランジジェニック動物を作るというのが、吉原チームリーダーたちのアイデアだった。このとき大事なのは、特定の神経細胞にだけWGAの遺伝子を発現させることだ。

「神経細胞のタイプごとに遺伝子の発現を調節する領域『プロモーター』が違いま

Conventional WGA Protein Injection Method



Non-specific Labeling of Various Pathways



Newly Developed WGA Transgene Method

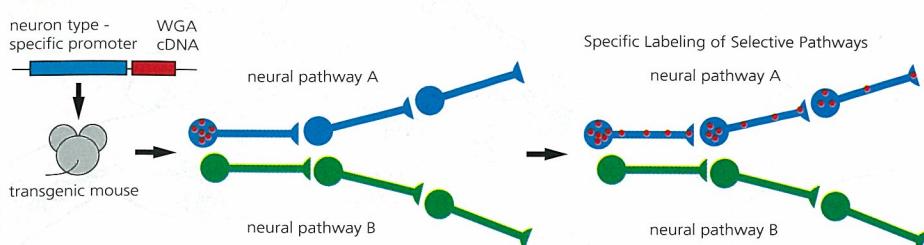


図1: 従来のWGAタンパク質注入法と新しく開発した

WGA

トランスジーン法の比較

図2: WGAトランスジーンによる小脳遠心性神経回路

の選択的可視化

す。最近ではいろいろなプロモーターがわかつてきているので、WGAの遺伝子に付けるプロモーターを選べば、対象とする神経細胞にだけWGAを生産させることができます(図①下)」

現在までに約10種類のプロモーターを使い、さまざまな神経細胞でWGAを発現させている。中でも成功したマウスの2つの系を紹介しよう。

● 運動を調節する神経回路を見る

● 小脳は運動のコントロールや学習を担当しているが、その中心はブルキンエ細胞である。L7とよばれるプロモーターは、ブルキンエ細胞で遺伝子を非常に高い確率で発現させることができていている。これをWGAの遺伝子に付けてマウスの受精卵に導入して、トランスジェニックマウスの4つのラインを作った。すると3つのラインにおいて、ブルキンエ細胞でWGAが生産されていることが確認された。

ブルキンエ細胞を神経回路の起点の一次ニューロンとすると、次には小脳中心部の小脳核の神経細胞に繋がり(二次ニューロン)、さらに視床の腹外側核や中脳の赤核の神経細胞に繋がること(三次ニューロン)が知られている。マウスの脳を使って、ブルキンエ細胞でWGAが生産されていることが確認できた3つのラインを調べてみると、二次ニューロンの部位にも、さらには三次ニューロンの部位にもWGAが存在していた(図②)。

「三次ニューロンの先に四次もありますが、現在使っている検出法ではそこまでは見えません。一次ニューロンで生産された量の何%かが二次ニューロンへ運ばれ、

さらにその何%が三次ニューロンへと運ばれる。どんどん減るので、検出できなくなるのです」

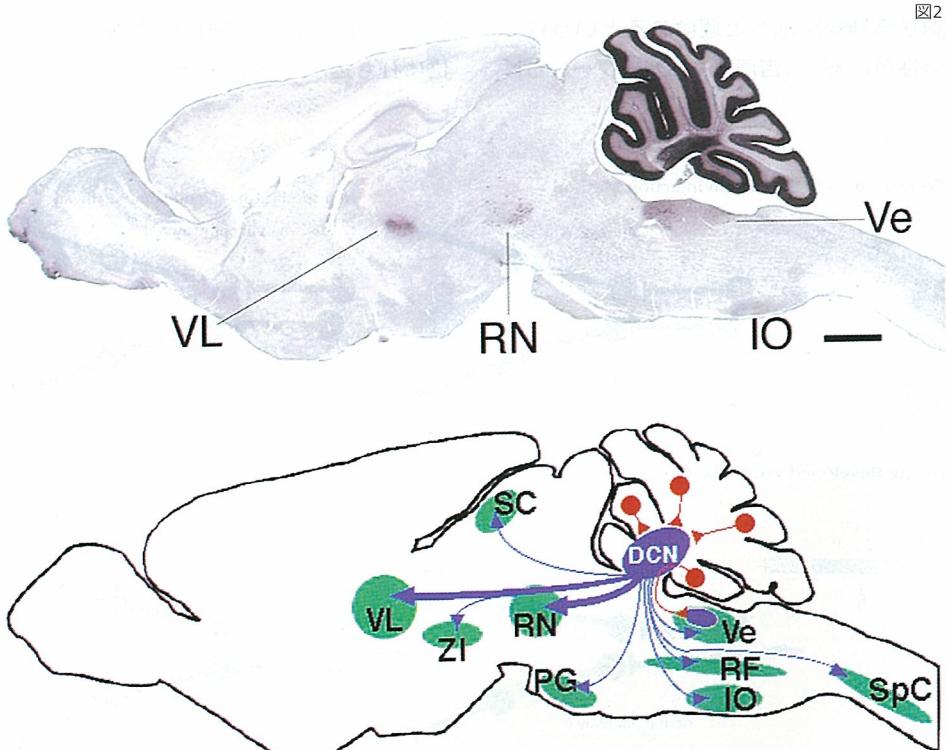
この問題の解決には、一次ニューロンでのWGAの発現量を増やすか、あるいは検出感度を上げることが必要だ。従来はWGAの抗体を使って検出していったが、「WGAの遺伝子に酵素の遺伝子を融合させ、さらにニューロン間をWGAとともに運ばせて、WGAと一緒にその酵素も特定の細胞で発現させ、さらにニューロン間をWGAとともに運ばせて酵素反応で検出する方法を現在開発中です」

● 嗅覚や視覚を支配する神経回路を見る

● 鼻腔内嗅上皮には嗅神経細胞があるが、

OMPとよばれるプロモーターはこの神経細胞で遺伝子を高い効率で発現させることができる。WGAの遺伝子にこのプロモーターを付けてマウスの受精卵に導入し、5つのラインを作ったところ、4つのラインで嗅神経細胞におけるWGAの存在が確認された。

嗅覚の系でも、WGAが嗅神経細胞から二次ニューロンである嗅球神経細胞、さらには三次ニューロンである嗅皮質のニューロンへと運ばれていることが示された(図③)。その他に、「ショウジョウバエの視覚経路については、慶應義塾大学医学部の岡野栄之教授との共同研究で論文発表をしていますし、マウスの視覚経路についてもデータをまとめているところです。また、味覚経路についても、そういう実験ができるマウスを作っています」



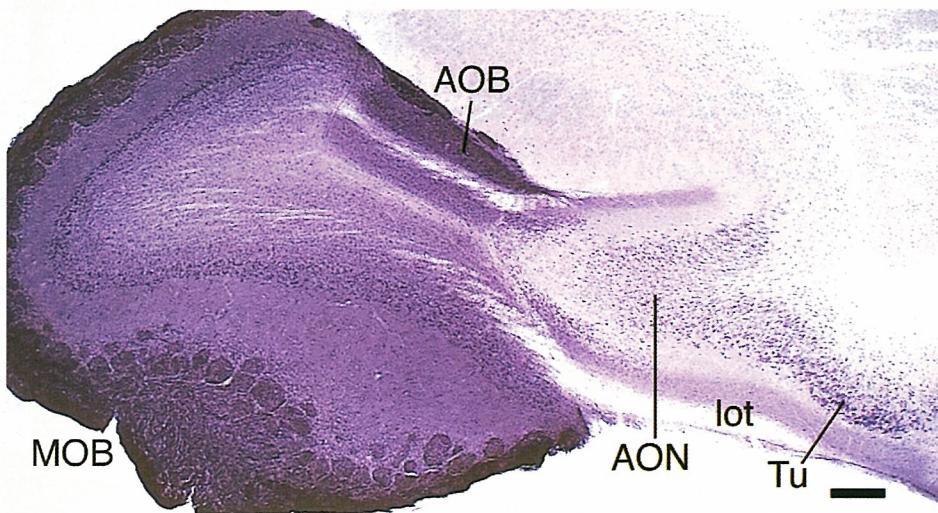


図3: WGAトランスジーンによる嗅覚系神経回路の選択的可視化

文責: 広報室
監修: 脳科学総合研究センター
ニューロン機能研究グループ
シナプス分子機構研究チーム
チームリーダー 吉原良浩
取材・構成: 由利伸子

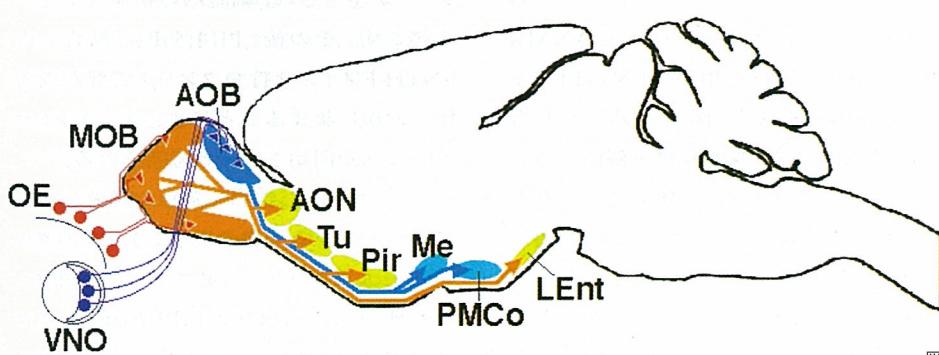


図3

のDNAの影響を受けながら発現するので、プロモーターを選んでも期待通りに発現しない場合がある。予想より狭い範囲でしか発現しなかったり、予想に反した神経細胞で発現したりする。

「これを解決するには、ある特定の遺伝子座に相同組み換えによってWGAの遺伝子を入れたノックインマウスを作る技術を利用しなければならず、これも始めたところです」

この技術が確立されれば、プロモーターのわからない神経細胞でもWGAを発現させることができるようになる。例えば嗅覚の場合、ある特定の匂い分子受容体の遺伝子が存在する場所にWGAの遺伝子を導入すると、その受容体を発現した神経細胞がどのような回路を形成するかがわかり、特定の匂いがどのようなパターンで伝えられるのかを明らかにできるだろう。

● 生きた状態で神経回路を見る

WGAの存在を抗原抗体反応で調べる方法は、脳の切片を使うもので、動物が生きたままの状態ではその神経回路の形成の様

子を知ることはできない。

「検出感度を上げることも大事ですが、たとえ感度は落ちるとしても、生きたままの状態で見ることも重要です」

このために吉原チームリーダーたちは、クラゲやイソギンチャクから採った蛍光を出すタンパク質を使うシステムを開発中だ。蛍光タンパク質の遺伝子をWGAの遺伝子に融合させ、発現した蛍光タンパクがWGAと一緒に神経細胞から神経細胞へと運ばれてい行くかどうかを培養細胞で確かめている最中だ。これが成功すれば、次は生体内で運ばれるかどうかを確かめることになる。

「生きたマウスを使って脳の状態を調べることは非常に難しいので、私たちはまず、ゼブラフィッシュという魚を使ってみようと考えています」

ゼブラフィッシュの卵は透明なので神経系の発生を外から観察でき、また突然変異体や外来遺伝子を導入した個体も作りやすく、さらに1世代が3ヶ月と短いため、神経回路の研究にはうってつけの脊椎動物だ。吉原チームリーダーたちは、その嗅神経細胞でのみ発光するWGAが発現するようなシステムを作りたいと考えている。

「受精後10数時間で嗅神経細胞ができ、20数時間で他の神経細胞との結合が起るので、二晩ほど徹夜して共焦点レーザー顕微鏡で観察しさえすれば、ゼブラフィッシュの嗅覚の回路形成をリアルタイムで見られることになりますね」

こうして新しい神経回路の可視化方法は研究者の夢を次々と広げ、実現させていく。

● ノックアウトマウスとかけ合わせ

神経回路の可視化は、いろいろな研究分野への応用が考えられる。そのひとつがノックアウトマウスとWGAを発現するマウスとの交配である。ノックアウトマウスは人為的にある特定の遺伝子を壊したマウスで、そのためにはさまざまな障害がある。

例えば、運動障害のあるノックアウトマウスと、小脳ブルキンエ細胞でWGAを発現するマウスとをかけ合せて、神経回路のどこが正常で、どこに異常があるかを確かめることのできるマウスを作れば、障害の原因を突き止めることができる。吉原チームリーダーは嗅覚異常の研究でこの方法を使おうとしている。

「そのためのノックアウトマウスを作ったばかりです。見た目はピンピンしているので、嗅覚異常があるかどうかを確かめることから始めねばなりません」

また、ノックインマウスを作る研究も始まっている。WGAの遺伝子を受精卵に導入すると、染色体のいろいろな場所にランダムに入っていく。WGAのDNAは周囲

細胞が外部から分子を取り込む メカニズムの一端を解明

(2001年2月7日、文部科学省においてプレスリリース)

※1: PI(4,5)P₂

細胞内の情報伝達において、セカンドメッセンジャーの产生や、各種重要なタンパク質の機能制御など重要な働きをする脂質

※2: ダウンレギュレーション

増殖因子やホルモンなどの細胞外情報分子は、受容体に結合して情報を細胞内に伝達するが、この反応を終わらせ増殖シグナルのスイッチをオフにすること

● 文責: 広報室

監修: ゲノム科学総合研究センター
タンパク質構造・機能研究グループ
研究員(リサーチアソシエイト) 小柴生造

当研究所と東京大学は共同で、細胞が外部から各種の情報伝達物質などを細胞内へ取り込む過程(エンドサイトーシス)が正常に機能するためには、エンドサイトーシスを仲介するタンパク質の「epsin N-terminal homology (ENTH) ドメイン」と、細胞膜に存在する「イノシトールリン脂質」との結合が必須であることを世界で初めて明らかにした。理研ゲノム科学総合研究センター(GSC)タンパク質構造・機能研究グループの小柴生造研究員らと、東京大学医科学研究所の伊藤俊樹助手による研究成果。このエンドサイトーシスは、細胞が分裂して増殖する過程の制御、神経細胞における情報伝達物質の放出・形成サイクル、栄養物質の摂取や免疫応答機構など、すべての真核生物で行われている基本的な現象である。本研究成果により、重要かつ多様なこれらの生命現象をつかさどる機構についてメカニズムの解明につながることが期待される。

●

細胞は細胞膜の受容体を介して、ホルモンや増殖因子などの細胞外シグナルを受け取り、増殖、分化、細胞死などさまざまな応答を行う。細胞外シグナル分子(リガンド)を受け取った細胞膜受容体は通常、細胞内応答の初期反応を誘起したのち、「エンドサイトーシス」と呼ばれる過程を経て膜ごと細胞外から細胞内へ送り込まれる。このエンドサイトーシスに必須であるタンパク質群には、アミノ酸配列が高度に保存されたENTH ドメインと呼ばれる領域が共通に存在することがこれまでに知られていたが、そのドメインが持つ役割については現在まで全くの未解明であった。

今回の研究では、このENTH ドメインが、細胞膜を形成するリン脂質の一種である

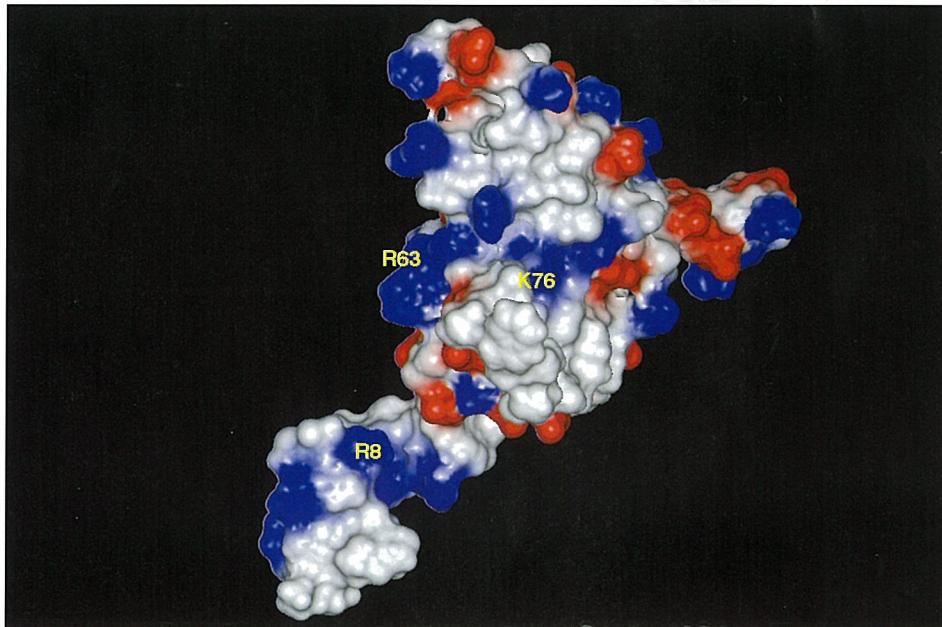
PI(4,5)P₂^{※1}と結合することを世界で初めて見出した。また、GSCの高磁場NMR(核磁気共鳴)装置を用いてENTH ドメインの立体構造を決定(図)し、基質の結合に伴うNMRシグナルの変化を観測することによって、ドメインの立体構造上に存在する正電荷を持つアミノ酸に富んだ領域が、PI(4,5)P₂の結合部位であることを明らかにした。これらのアミノ酸を別のアミノ酸に置換する変異を導入したENTH ドメインは、PI(4,5)P₂に対する結合能を消失し、細胞内への情報伝達物質の取り込みを正常に媒介することができない。

以上の結果は、エンドサイトーシスが正常に機能するためにはENTH ドメインがPI(4,5)P₂と結合することが必須であり、両者の相互作用によって受容体の取り込みが制御されていることを意味している。細胞膜受容体にリガンドが結合すると、PI(4,5)P₂の分解によってセカンドメッセン

ジャーが産生され、細胞内の初期反応を引き起こす。その後、PI(4,5)P₂と結合したENTH ドメインを持つタンパク質群が受容体の近傍に集まることによって、エンドサイトーシスが開始されると考えられる。

エンドサイトーシスは、発がん機構と密接に関わっている細胞の増殖シグナルのダウンレギュレーション^{※2}に必須である。また、ある種の急性白血病の原因遺伝子や、神経終末部におけるシナプス小胞の形成にはENTH ドメインを持つタンパク質が関与している。今回の研究成果は、エンドサイトーシスがもたらすさまざまな生命現象のメカニズムについて、分子レベルでの解明に新たな道を開くだけでなく、これらの疾患の原因解明に寄与することにより、医学的な応用や新たな治療法の開発につながることも今後期待される。

本研究成果は、米国の科学雑誌『Science』2月9日号に掲載された。



NMRによって決定したENTH ドメインの立体構造
青い領域が正に帯電した領域。
表示した3つの静電荷を持つ残基は、変異を入れるとPI(4,5)P₂との結合能を失う。

遺伝子の非翻訳領域が モルヒネ鎮痛効果に影響することを発見

鎮痛薬のオーダーメード処方に道

(2001年2月13日、文部科学省においてプレスリリース)

文責:広報室
監修:脳科学総合研究センター
情動機構研究チーム
BSI研究員 池田和隆
(現)非常勤研究員、
財団法人 東京都医学研究機構 東京精神医学総合研究所
主任研究員)

当研究所は、新潟大学脳研究所と共同でモルヒネの鎮痛効果に大きな影響を持つ遺伝子領域を新たに発見した。理研脳科学総合研究センター・情動機構研究チームの池田和隆研究員らの研究グループによる研究成果。本研究では、遺伝子の非翻訳領域と呼ばれ、その働きがよくわかつていない領域に違いがあることによって、モルヒネの鎮痛効果に大きな違いが生じることを見出した。今回の発見は、鎮痛などの脳の働きにおける個人差が、非翻訳領域の違いによって生じる可能性を示すもので、今後、鎮痛剤のオーダーメード処方の確立に道を開くものと期待される。

● 遺伝子の情報は、RNAに転写され(mRNA)、その情報に従ってタンパク質が合成される。mRNAには、タンパク質のアミノ酸配列情報をコードする部分(翻訳領域)と、コードしない部分(非翻訳領域)とがあり、今まで非翻訳領域の役割はほとんど不明だった。一方、モルヒネは、強い鎮痛効果を持ち、現在でも手術後や、がんのターミナルケアなどの疼痛に対する治療に広く用いられている。モルヒネの鎮痛効果は個人差が大きく、患者個人ごとに適量を処方することが難しい。従来の研究によりモルヒネの脳内標的がミューオピオイド受容体であることは明らかであったが、この受容体のタンパク質構造の個人差はほとんどないため、なぜモルヒネ鎮痛効果に個人差があるのかは不明だった。

池田研究員の研究グループは、モルヒネ鎮痛効果が減弱したマウス系統であるCXBKマウスに着目し、鎮痛効果が減弱する遺伝的メカニズムを検討。CXBKマウスのミューオピオイド受容体mRNAは、正常なタンパク質をコードしていたが、mRNAの

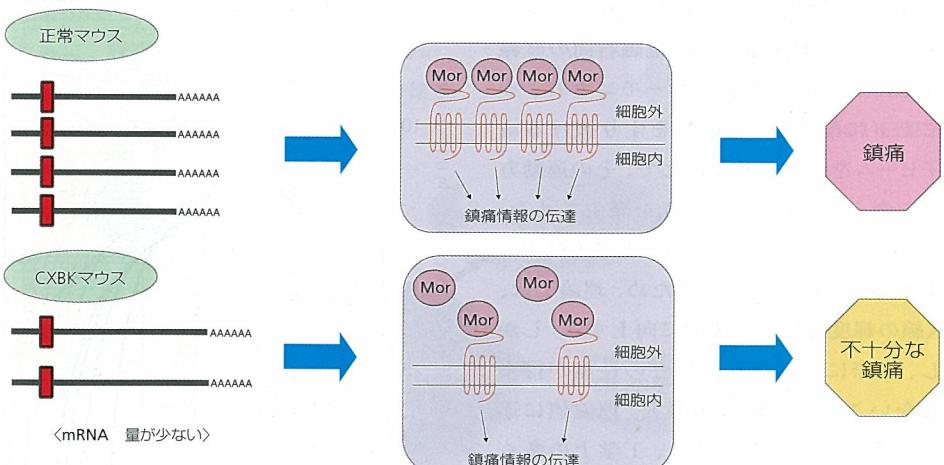
長さが正常マウスに比べ約2500塩基分長いことが明らかになり、ミューオピオイド受容体mRNAの非翻訳領域に違いがあることがわかった。また、CXBKマウスにおけるミューオピオイド受容体mRNAの脳内量は、正常マウスの脳内量の約60%に減少している。

さらに、CXBKマウスのミューオピオイド受容体遺伝子が、このマウスにおける減弱したモルヒネ鎮痛効果の原因であることを生体レベルで検討した。CXBKマウス由来のミューオピオイド受容体遺伝子を0、1、2個有する同腹マウスを比較したところ、この遺伝子を2個有するマウスでは、CXBKマウスと同様に、ミューオピオイド受容体mRNAの長さが長く、mRNAの脳内量が減少していた。また、CXBKマウス由来のミューオピオイド受容体遺伝子を2個有するマウスでは、有意にモルヒネ鎮痛効果が減弱している。これらの実験結果からCXBKマウスでは、ミューオピオイド受容体mRNA

非翻訳領域に違いがあるためにmRNAが不安定で脳内量が減り、ミューオピオイド受容体の脳内量が減少して、モルヒネの鎮痛効果が減弱すると考えられる。

一般に非翻訳領域は翻訳領域と比べて進化的に塩基配列が保存されていないので、ヒト個人間において多様性がある。今回、ミューオピオイド受容体の非翻訳領域における差異がモルヒネ鎮痛効果に大きく影響することが明らかになったことから、モルヒネ鎮痛効果個人差の遺伝学的原因のひとつとしてミューオピオイド受容体mRNA非翻訳領域の多様性があると推測される。また、ミューオピオイド受容体遺伝子に限らず、非翻訳領域の多様性はタンパク質の脳内量を多様化し、個人個人の多様性を作り出す遺伝子メカニズムである可能性がある。

本研究成果は、2月15日に発行の学術専門誌『The Journal of Neuroscience』(米国)に掲載された。



CXBKマウスにおいてモルヒネ鎮痛効果が減弱するメカニズム
CXBKマウスのミューオピオイド受容体mRNAは、非翻訳領域が異常であるため不安定となり脳内量が少ない。したがって受容体の脳内量も少なく、鎮痛の指令が十分に伝わらないため、不十分な鎮痛しか起こらないと考えられる(Mor:モルヒネ)。

世界最強の高輝度放射光源誕生

SPring-8の性能を飛躍的に高める新技術

(2001年2月28日、文部科学省においてプレスリリース)

文責：広報室

監修：播磨研究所 X線超放射物理学研究室

主任研究員 北村英男

当研究所は、世界最高輝度の放射光を発生する長尺型のアンジュレータを完成させ、このほど試運転に成功した。長尺型アンジュレータは、理研播磨研究所・X線超放射物理学研究室の北村英男主任研究員と、同X線干渉光学研究室の石川哲也主任研究員が中心となり開発、大型放射光施設SPring-8の蓄積リングに設置された。長尺型アンジュレータの装置長は、世界最大の27m（磁石長25m）でこれまでの装置の約5倍。発生するX線の輝度は、光子エネルギーが40keVの場合、SPring-8の既存のアンジュレータ（磁石長4.5m）よりも約3倍高く、SPring-8と同じ第三世代大型放射光施設で使用されている欧米の装置に比べても、一桁強度が高い（図）。またX線波長（光子エネルギー）を可変できることも大きな特徴となっている。

●

SPring-8は、挿入光源としてレーザーに近い性質を持つ高輝度X線を発生できるアンジュレータを多数設置できるように設計された第3世代の大型放射光施設。アンジュレータは、加速器の偏向電磁石間の直線部分にNおよびS磁極をハーモニカのように上下に配置し、その間をすり抜ける電子ビームを蛇行させることで、その運動方向を変え、高輝度の放射光を発生させる。アンジュレータの長さを増やしていくと、電子の蛇行回数が増えるため、理論上は、X線の輝度特性が飛躍的に向上する。しかし、実際には期待したほどの性能が得られないことが多いのが事実。理論値に達する性能を得るために、工学上の多くの問題点を解決しなければならない。

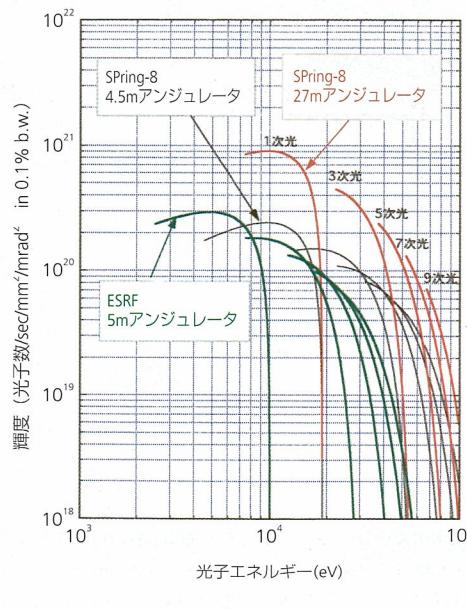
本研究で製作したアンジュレータの装置長は27m（写真）。従来の考え方では、5m毎に装置を分割することが推奨されてい

た。しかし、分割によって磁石列にすき間ができるため、放射光性能が著しく低下することが問題になっている。これを避けるために本研究では、理研独自の技術である真空封止アンジュレータ技術を投入した。もうひとつの重要な技術は、完全な周期磁場を作ること。これにエラーが存在すると正確な蛇行運動が期待できなくなり、結果として放射光性能が劣化することになる。本装置では、世界最高水準の磁場評価技術を適用することにより、理論値に近い放射光性能を得ることができた。

性能評価を行うために、本装置で発生した高輝度X線のスペクトル測定を行ったところ、理論値と比較して、“光子エネルギー位置がずれている”、“光強度が不足している”、“スペクトル幅が広い”という結果となった。そこで27mアンジュレータ全体に0.1ガウスの一様磁場を与えたところ、理論値にほぼ一致する結果が得られた。このような現象がみられた主たる原因是、地磁気（0.5ガウ

ス程度）の方向性であることが判明。これは、本装置の磁場調整を行った方向と、最終的に設置した方向とに90°の違いがあったためであり、地磁気がアンジュレータのスペクトルに影響を与えたためである。このことは、このアンジュレータが高度に調整されていることを物語っている。

SPring-8の光源性能は、標準長（4.5m）のアンジュレータだけでもすでに世界トップの位置にある。しかし、本研究で開発した27mアンジュレータが発生する超高輝度領域のX線は、SPring-8標準型に比べても格段に優れており、干渉X線を必要とする科学分野の要望に十分対応できるものとして大きな期待が寄せられている。さらに、本開発の過程で得られた高精度の長尺アンジュレータ技術は、新世代光源を実現するための大前提であり、第4世代放射光源といわれるオングストローム領域のX線自由電子レーザーの早期実現を促すものともいえる。



SPring-8の蓄積リングに設置された
27mアンジュレータ

バイオリソース事業の推進

文責：広報室
監修：筑波研究所 研究推進部

筑波研究所バイオリソースセンター

当研究所は平成13年1月、理研筑波研究所内に「バイオリソースセンター(BRC : Bio Resource Center)」を開設しました。センター長には森脇和郎総合研究大学院大学前副学長が就任。国内外の関係機関などとの緊密な連携のもと、生物個体や細胞、遺伝子といった幅広い生物遺伝資源(バイオリソース)を収集するとともに、国際的基準に沿った材料の標準化およびリソースの研究開発を行います。さらに、高い品質管理のもとで、これらのリソースを国内外の研究者に提供するとともに、関連情報の発信を行い、わが国のバイオリソース事業の中核的な役割を果たしていきます。

● ライフサイエンス(生命科学)研究を推進するうえで、実験動植物個体、培養細胞、遺伝子、DNAおよび関連情報などを含めた生物遺伝資源(バイオリソース)は極めて重要な基盤となります。わが国では従来、各研究機関・大学などにおいて開発されたバイオリソースは、研究者個人の責任で保有されてきました。しかし、その維持管理は個々の研究者の負担となり、研究者の退職などで貴重なリソースが失われてしまうリスクも抱えています。また、飛躍的に増大するリソースを、効率的に管理し、その情報を研究者に効果的に提供することは研究の発展に必要不可欠です。

● 当研究所では、筑波研究所の前身であるライフサイエンス筑波研究センター時代から、研究、教育および産業上で利用する細胞・遺伝子材料を保存しており、要請に応じて分譲(細胞開発銀行、DNA開発銀行：<http://www rtc riken go jp>)してきました。BRCでは、リソース基盤開発部を中心とし、実験動物、実験植物に従来の細胞、遺伝子

を加えて全国的なバイオリソース事業を行っていきます。さらに、今まで取り組んできた動物や植物などのリソースの維持や保存、利用研究のために必要な基盤技術開発をさらに推進するため、遺伝工学基盤技術室や任期制の技術開発チーム(2チーム設置予定)を新たに設けていきます。

●

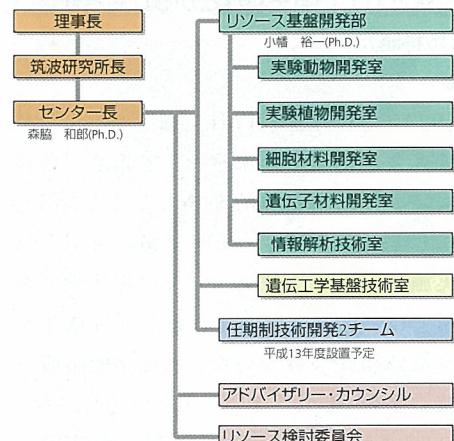
これらの事業の拠点として、理研筑波研究所内にバイオリソース棟(平成12年12月竣工)を建設。地上7階、地下1階、延べ床面積は約9,000m²で、地下1階には受精卵の保存などを行う液体窒素タンク室、2~4階は実験動物維持施設(検査室、飼育室、洗浄室など)、5~6階は一般研究室、7階には実験植物維持施設(恒温室、人工気象室など)があります。実験動物はマウス、実験植物はシロイスナズナが中心で、最大でマウス約10万匹、シロイスナズナ約4万株の収容能力を持っており、わが国のバイオリソースの保存施設としては最大級となっています。

●

理研BRCでは今後、組織の充実を図るとともに、収容するリソースの拡充を行い、バイオリソース事業を推進する中核的研究機関として役割を担っていきます。



平成12年12月に竣工した「バイオリソース棟」



組織図(平成13年4月1日現在)



バイオリソースセンターの事業内容

ベンチャービジネスの源流

理化学興業の誕生と理研産業団

執筆・文責：嶋田庸嗣（広報室）

写真1：池田菊苗[1864～1936]

写真2：アドソールを冷房装置として用いた「邦楽座」

下：理化学興業（株）に関する史料



戦前、三井、三菱、安田、住友など財閥と肩を並べる企業集団があった。その名も“理研産業団（理研コンツェルン）”。最盛期（1939年）には63社121工場を数え、理研で生まれた研究成果を社会に還元する役割を果たしていた。産業団から得られた利益は、理研に還元され、基礎科学を推進するための研究に費やされた。その理研産業団の中核を成していたのは、大河内正敏（第三代所長、主任研究員）によって設立された理化学興業株式会社であった。^{さきがけ}日本のベンチャー企業の魁ともいえる理化学興業誕生の歴史を、記念史料室に残されている史料などからひもときたい（敬称略）。

● 1927年（昭和2年）11月25日、理化学興業株式会社は産声をあげた。定款第三条に規定された業務目的をひもとくと、第一に「理化学研究所ノ発明考案ニ付工業ヲ実施スルコト」とある。すでに理化学研究所では、基礎研究で得られた研究成果を産業に結びつけていた。理化学興業設立時に理研から引き継いだ工業製品は、「ヴィタミンA」、「ウルトラデン眼鏡及濾光器」、「ネオトン殺虫剤」、「コランダム砂布」、「陽画感光紙」、「ヴィタミンB」、「合成酒」そして「アドソール」だった。理化学興業設立の影には、公益法人である理研が、自ら製品の製造・販売を行えば営利法人になってしまい、基礎研究の推進に影響を及ぼしかねないと危惧があった。

● 創立したばかりの理化学興業の財政を支えたのは、「東洋瓦斯試験場」の継承、つまり吸湿剤であるアドソールを利用した冷房及び乾燥装置の請負だった。アドソールは、池田菊苗（化学部長、主任研究員）、磯部

甫らにより発明され、「酸性白土ニ依ル天然瓦斯及石炭瓦斯等ノ中ニ含マレタル揮発油分ヲ採取スル方法」（大正11年1月24日、特許番号41436号）など、多数の関連特許が理研によって取得された。アドソールは本来、天然ガスや石炭ガスなどに含まれる揮発油分を採取する目的で考案されたが、実際には揮発油分の採取には十分な成果はあげなかった。しかし、その吸湿性が思わぬ方向で花開く。空気の乾燥剤として用いることで、ルームクーラーとして活用されることになったのだ。

●

大河内は、アドソールを産業に結びつけるために理研のベンチャー企業一号ともいえる「東洋瓦斯試験場」を1922年（大正11年）、新潟県柏崎市に設立した。天然ガスからの石油の生産という当初の目的は果たせなかつたが、冷房装置の受注などで潤った。1924年（大正13年）に竣工した劇場「邦楽座（東京・有楽町）」にはアドソールを用いた冷房装置が完備され、効果をあげる。その後も、帝国劇場や京橋電話交換局にも採用され、同社は設立3年後には黒字に転換。アドソールの秀逸な冷却効果について、磯部により“理化学研究所彙法第六輯第一号（昭和2年1月発行）”にまとめられている。

●

東洋瓦斯試験場の事業を引き継いだ理化学興業はその後も発展し、理研から生まれた特許を産業に結びつけてきた。そして資本提携などにより同社を核とした一大企業群をつくりあげる。大河内は、“科学主義工業第1号（昭和12年6月発行）”の中で「理研コンツェルンの使命」を次のように語っている。「（理研コンツェルンは）利益のみを目的とするのではなくして、如何

にすればサイエンスの研究の資金を提供できるか、即ち理化学研究所の研究資金を得んため一つの事業団であります」。理研産業団、すなわち大河内の理念は、まさしくベンチャービジネスの基本ともいえるのではないか。

●

理研産業団は戦後、GHQ（連合国軍総司令部）による財閥解体により理研との関係を絶った。多くの研究資金を理研産業団からの収益によって賄っていた理研にとって、理研産業団との決別は死活問題だった。現在、理研という冠称をつけた企業の多くは、戦前、理研とのつながりがあった企業である。そのなかには、リケン（旧・理研ピストンリング）、リコー（旧・理研感光紙）などベンチャー企業から今日の日本経済を支える大企業に成長したものも少なくない。



1



2

理研の研究施設を一般公開

当研究所は、科学技術週間（4月16日～22日）にあわせて和光本所をはじめ、各所を一般に公開しました。各所の公開ではさまざまな催しが行われ、当研究所の研究内容をアピールするとともに、地域との交流を深める絶好の機会となりました。

○和光本所

和光本所は4月21日に施設を公開、当日はあいにくの雨模様となりましたが、約4500名の来場者でぎわいました。各研究室や研究施設では、工夫を凝らしたパネルを使い研究内容を紹介しました。一般向け講演では、高島明彦チームリーダー（脳科学総合研究センター）が「脳の老化を科学のメスで切る—アルツハイマー病の機構解明と対策—」、青野正和主任研究員（表面界面工学研究室）が「ナノテクノロジーとはなんだろうか?—21世紀のテクノロジー—」と題して最先端の研究を紹介、両講演とも多くの来場者がありました。さらに小・中学生向けイベントも大盛況。特に「模型ヘリコプターの自動フライト」、「ロボットを見てみよう!」、「4Dビジュアライゼーションシアター」などは多くの家族連れでぎわっていました。——1

○筑波研究所

恒例の一般公開が4月18日、特別公開が21日に開かれ、両日あわせて約900名の来場者がありました。今年は、平成12年末に竣工したばかりのバイオリソース棟1階で研究内容の紹介などを行い、遊びの中から科学のおもしろさや不思議さを体験できるコーナーを新設。また、理研の紹介ビデオも常時上映し、休憩しながら観賞できるように工夫しました。ワンフロアですべ

ての展示を見られるようにしたため、多くの来場者でにぎわいました。毎年恒例の“記念写真でカレンダーを作るコーナー”や、実験動物のマウスに触れられる“ブリクラコーナー”は特に好評でした。——2

○播磨研究所、大型放射光施設 (SPring-8)

SPring-8では、4月29日に施設の一般公開を行いました。当日はあいにくの雨天にもかかわらず、約1600名の来場者がありました。蓄積リング棟では、大きなディスプレーに映ったタンパク質の分子模型を立体視眼鏡で見る展示が大盛況。専用の手袋を使って、分子模型を回転させたり、拡大・縮小したりして多くの方が楽しんでいました。また、「21世紀のSPring-8—進化する放射光源の技術—」と題して北村英男主任研究員（X線超放射物理学研究室）が講演。このほか、科学実験教室や地元3町による模擬店も行われ、兵庫県が誇る世界的な先端科学研究施設をアピールする絶好の機会となりました。——3

○横浜研究所

横浜研究所では4月21日に施設を一般に公開しました。横浜研究所の一般公開は、開所してから初めてということもあって、雨天にも関わらず約1000名の来場者でにぎわいました。講演会では、岡田清孝グループディレクター（植物科学研究センター）が「植物の形は何で決まるのかな?」、山本一彦チームリーダー（遺伝子多型研究センター）が「個人の遺伝子タイプとこれからの医療」、横山茂之プロジェクトディレクター（ゲノム科学総合研究センター）が「タンパク質の構造・機能研究が開く未来」と題して講演、熱心な来聴者で会場は埋め尽くされました。ほかにも、世界最先端の研究施設で

あるNMR棟やゲノム解析に用いられるシーケンサーなども公開され、研究者と一般市民とが交流する、有意義な一般公開となりました。——4



○フォトダイナミクス研究センター(仙台)
フォトダイナミクス研究センターは、4月21日に施設を公開しました。当日は晴天に恵まれたものの風が冷たく、東北の遅い春を思わせる天候でしたが、約90名の来場者がありました。一般公開では、来場者みずから手でケイ素化合物材料からスピングルを合成する実験や、レーザーを使用したデモンストレーションに人が集まりました。来場者の中には、放送大学で生涯学習にはげんでいる熟年の方もおり、開場直後から熱心に研究員の説明に耳を傾けていました。



「智の遺伝子探索計画」国際ワークショップを開催

当研究所は、国立遺伝学研究所と共同で3月14、15日の2日間にわたり、「智の遺伝子探索計画／GEMINI (Genes and Minds Initiative)」国際ワークショップを都内で開催しました。本ワークショップには、国内外からゲノム研究、脳科学、行動学、進化学など幅広い研究分野の著名な研究者ら約200人が参加、各分野に分かれて行われたセッションでは、国際共同研究に向けて活発な質疑応答と議論が交わされました。

「智の遺伝子探索計画」は、理研ゲノム科学総合研究センターと脳科学総合研究センター、国立遺伝学研究所の3機関が共同で進めるプロジェクト。ヒトゲノムとチンパンジーなど類人猿ゲノムを比較解析することにより、ヒト特有の遺伝子型を発見し、ヒト独自の高度な知的活動など謎の解明を目指すものです。最近の研究成果としては、ヒトとチンパンジーの遺伝情報の差は1.5%しかないことが確認されています。

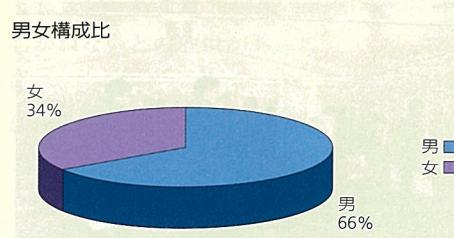
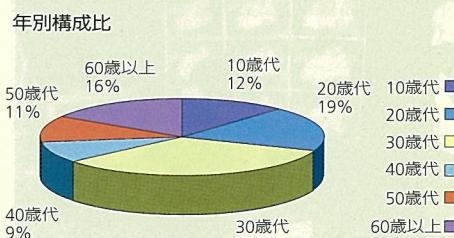
今回も熱心に聞き入る参加者が多く見られ、また「難しいが面白かった」という反応も聞かれました。

理研の組織変更

理研の近年の研究分野の多様化、研究環境の変化に対応して、組織変更が2001年4月に行われました。

主な組織変更としては、企画部に評価推進課を新たに設置しました。同課は、理研の研究運営、研究活動などの評価のみならず、現在、各プロジェクトごとに行われている評価の総合調整機能を持ち、評価に関する業務全般を行います。さらに、基礎科学研究推進室を新設。主任研究員研究室(IL)に係る企画、運営等、研究推進業務と研究倫理等に関する総合調整業務を行います。

また、地震防災フロンティア研究センター(三木市)は独立行政法人 防災科学技術研究所に移管されました。



和光本所のアンケート結果より

「和光市民大学講座」が開催される

和光市教育委員会は3月17日、和光市中央公民館で市民を対象に生涯学習の一環として和光市民大学講座「先端研究から生まれる新しい応用技術」を開催しました。

今回は約50名の参加者があり、高橋勝緒氏(理研広報室、元反応物理化学研究室副主任研究員)が「この講座のための基礎知識」、清水裕彦室長(情報基盤研究部・イメージ情報技術開発室)が「光を測る最新研究」、岩木正哉基盤研究部長(物質基盤研究部)が「イオン・電子・光を使ってものをつくる・はかる」というテーマで講演しました。



新主任研究員、新チームリーダー紹介

新しく就任した主任研究員、チームリーダーを紹介します。

- ①生年月日 ②出生地 ③最終学歴 ④主な職歴
⑤研究テーマ ⑥信条 ⑦趣味

<主任研究員>



宇宙放射線研究室 牧島 一夫

- ①1949年4月8日 ②東京都
③東京大学理学系修了 ④
宇宙科学研究所助手、東京
大学理学系教授 ⑤宇宙X
線・ガンマ線 ⑥公明正大
⑦スキー、登山



バイオ工学研究室 前田 瑞夫

- ①1955年4月10日 ②東京
都 ③東京大学大学院工学
系研究科博士課程 ④東京
大学助手、九州大学助教授、
同教授 ⑤バイオ工学、バイ
オ材料学 ⑥フレンドリー、
スマイル ⑦ワifとグレメ



代謝機能研究グループ コンパートメンテーション研究チーム 高橋 秀樹

- ①1967年4月18日 ②東京
都 ③千葉大学大学院薬学
研究科・博士(薬学) ④日本
学術振興会特別研究員
⑤高等植物における硫黄同
化機構の分子生物学的研究
⑥質実剛健 ⑦クラリネット
を吹くこと



放射線研究室 延原 秀人

- ①1957年3月25日 ②北海道
③東京大学理学系研究科
④学振研究員、CERN研究員、
京都大学理学研究科助手、同
助教授 ⑤高エネルギー原子
核物理学 ⑥エキスパートと
はその分野での失敗を全て経
験した人である ⑦スキー、
テニスと育児



機能制御研究グループ バイオケミカルリソース 研究チーム 村中 俊哉

- ①1960年3月15日 ②大阪
府 ③京都大学大学院農学
研究科修士課程修了 ④住
友化学工業(株) ⑤植物二
次代謝の生産制御、新規有
用植物の創製 ⑥立ち向か
う樂觀主義 ⑦山歩き、サ
イクリング



代謝機能研究グループ コミュニケーション分子 機構研究チーム 柳原 伸均

- ①1965年12月25日 ②愛
知県 ③名古屋大学大学院
農学研究科 ④名古屋大学
農学部助手 ⑤植物における
無機栄養情報の伝達機構
の研究 ⑥実直 ⑦週末の
料理



分子分光研究室 田原 太平

- ①1961年5月20日 ②東京
都 ③東京大学理学部 ④
東京大学助手、神奈川科学
技術アカデミー(KAST)研究
員、分子科学研究所助教授
⑤凝縮相ダイナミクス
の分光学的研究 ⑥元気
⑦スポーツ



環境植物研究グループ 環境生理研究チーム 清水 宏

- ①1963年1月19日 ②兵庫
県 ③東京大学農学部農芸
化学科 ④鐘紡(株)生化学
研究所研究員、生物系特定
産業技術研究推進機構派遣
研究員 ⑤植物の環境スト
レスに対する応答機構の解
明 ⑥ひらめきと粘りと
⑦サッカー



素形材工学研究室 大森 整

- ①1962年12月4日 ②茨城
県 ③東京大学大学院工学
系研究科博士課程 ④理化
学研究所素形材工学研究室
副主任研究員 ⑤超精密・
超微細機械加工 ⑥努力
⑦草木



生長生理研究グループ 生殖制御研究チーム 南原 英司

- ①1967年3月20日 ②三重
県 ③名古屋大学農学系研
究科・博士(農学) ④学術
振興会特別研究員、北海道
大学農学部助手、トロント
大学植物学科ポスドク研究
員 ⑤シロイヌナズナを用
いた休眠機構の遺伝学的解
析 ⑥年輩の人の意見に耳
を傾ける ⑦実験

好きな言葉は?と問われて「一生懸命」を挙げる方は多いと思う。好きではないにしても、「俺は、一生懸命、研究をしているぞ」とか、「わたしは、一生懸命、仕事をしているわ」と、自負されている方は多いはずだ。私も日頃からそうありたいと思っているのだが、どうも真剣さが足りない、と思うことがしばしばである。大体、「一生懸命」というのはどの程度のことをいうのだろうか?

「一生懸命」という言葉は、字面だけ追っても意味がわかりそうでわからない。すがすがしい感じはするが、泥臭さはない。実際、辞書を引いて見ると、この字は当て字であり、もとは、「一所懸命」であったという。この「一所懸命」の出典は、中世にまでさかのぼるという。「一所懸命」はわかりやすい。一つの場所に命を懸ける、ということである。中世の文献では、武士の知行所を比喩する言葉として使われたらしい。しかし、「中世」、「武士」と聞くと、どうしても合戦を連想してしまう。攻城戦となれば、守る側は文字通り「一所懸命」に戦ったことであろう、と思う。^註詰の城となれば、もう後ろには引けないのであり、討ち死にするまで守り通すしかなかったのである。「一所懸命」には、真剣さがある。

私は、学生時代より、日本各地の城跡を訪ね歩くのを密やかな楽しみとしてきた。城跡というと、世界遺産にも登録されている国宝姫路城に代表される近世城郭を連想される方は多いと思う。近世城郭跡は、今でも街のシンボルとして残されているものが多い。中には天守閣が復興されているものもあるが、必ずしも往時の姿を忠実に再現しているわけではない。ちなみに、江戸時代までに創建された天守閣が現存するのは、全国にわずかに12。残念ながら関東にはない。理研から近い近世城郭跡としては、江戸城と川越城がある。江戸城は言うまでもなく、現在の皇居である。天守閣が無いのが不思議だが、江戸時代にも最初の60年間しかなかった。川越城には、全国的に珍しく、本丸御殿が残っている。

私は、これら見栄えのする近世城郭跡を訪ね歩くのも好きであるが、中世に造られ、中世武士が「一所懸命」に戦った城跡の方に多く引き付けられる。中世の城跡というのは、思いの外、身近に多く残っているものである。この理研周辺でもいくつか訪ねることができる。板橋区立美術館がある赤塚公園。朝霞市の城山公園。所沢市の滝の城公園。練馬区の石神井公園、豊島園にも一部城跡が残る。朝霞市の城山公園は小高い丘で、足元に黒目川が流れ、中世の城の立地条件がよくわかる。これらの城は、いずれも、地方豪族の居城か、つなぎの城程度でしかないが、少し足を延ばせば、もう少し大規模な遺構を見ることができる。東松山市の松山城跡。松山城は、攻城戦の数では関東有数であるが、観光地としては隣の吉見百穴の方がずっと有名なようである。北上して、嵐山町の菅谷館跡。ここには、埼玉県立歴史資料館がある。さらに北上して、寄居町の鉢形城跡。ここでは、夏に花火が上がる。東京都下だが、八王子市の八王子城跡。高尾駅からバス便があるが、城跡としてより、むしろ心霊スポットとしてよくテレビに紹介されている。鉢形城と八王子城は、いずれも豊臣秀吉の小田原攻めの際に、激しい攻城戦の末に落城した。

中世の城跡は、山の上など辺鄙な場所にあることが多く、案内も不十分であることが多い。近世城郭跡とは違って、建物が残っているわけではなく、石垣や空堀、土壘程度しか残ってはいない。その遺構にしても、長い年月のため堀はあらかた土に埋もれ、土壘、石垣は崩れ、縄張り図を手にしても、往時の面影を想像するのも大変だ。ただ、それでも城跡を訪ねると、はるか昔ではあるかもしれないけれども、確かに、「一所懸命」に戦った人達がいたという、その現場に立ったという実感がある。そしてそれを実感するとき、自分は果たして、「一所懸命」に、仕事をしているだろうか? 研究をしているだろうか? 生きているだろうか? そう、自分自身に問いかげずにはいられなくなる。私の城跡探訪は続く。

RIビーム科学研究所 研究員●小沢 順



写真1:筆者(左)。ドイツ、ハイデルベルク城にて
写真2:日本最北端の近世城郭跡「松前城」(北海道松前町)

理研ニュース

No.239: May 2001

5

平成13年5月15日

発行日

編集発行

理化学研究所 総務部広報室

〒351-0198

埼玉県和光市広沢2番1号

phone: 048-467-8349(ダイヤルイン)

Fax: 048-462-4715

Email: koho@postman.riken.go.jp

http://www.riken.go.jp

デザイン

勝井三雄+中野豪雄 [勝井デザイン事務所]

制作協力

株式会社 スリーアイ・パブリケーション

再生紙を使用しています。