

# 理研ニュース

No.177 March 1996

理化学研究所

2 ● 研究最前線

ヘム蛋白質の機能と構造の解明

4 ● SPOT NEWS

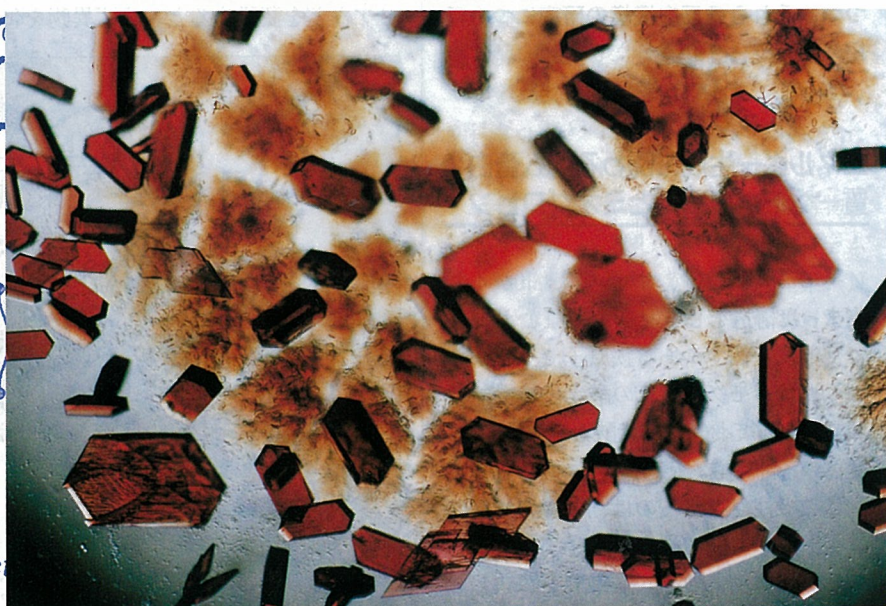
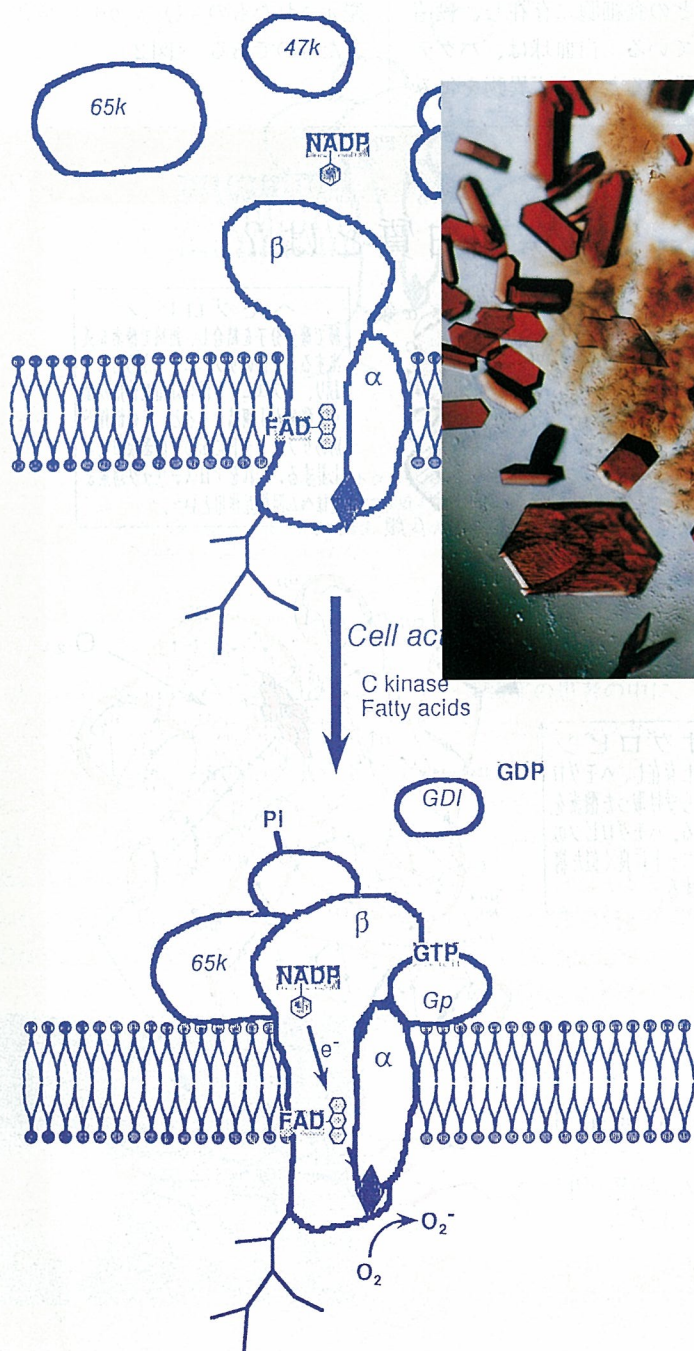
宇宙からの贈り物 一つくば隕石ー

5 ● TOPICS

- ・「第9回理化学研究所と企業の懇親会」を開催
- ・第3回名古屋市・理化学研究所ジョイント講演会を開催
- ・科学技術週間 一般公開のお知らせ

8 ● 原酒

京のおばんさいの物理化学的レシピ



# ヘム蛋白質の機能と構造の解明

ヘモグロビン、ミオグロビン、チトクロームの反応機構をめぐって

鉄を中心金属とするポリフィリン環をヘムと呼び、これをもつ蛋白質を“ヘム蛋白質”という。高等動物の赤血球の中に存在するヘモグロビンや筋肉組織にあるミオグロビンがその代表である。最近では白血球や肝臓などの酵素系として機能するチトクロームに注目が集まっている。

生体物理化学研究室では、これらヘム蛋白質の反応機構の解明に力を入れている。そこで、今回はヘム蛋白質を概観しつつ、それらの反応機構の研究について紹介する。

## エネルギー生成に関わるヘム蛋白質—ヘモグロビンとミオグロビン

ヘモグロビンは、サブユニットが4個集まった構造をしている。(図1) サブユニットに1個ずつある鉄原子(ヘム鉄という)はヘモグロビンの酸素供給機能に深く関わっており、肺で酸素を受けとり、身体の各部に酸素を運搬する。

ここで注目されるのは、1つのサブユニットのヘム鉄に酸素が結合すると、別のサブユニットのヘム鉄に酸素が結合しやすくなることである。分子レベルで遠く離れたヘム鉄同士のこのような連鎖反応は「アロステリック効果」と呼ばれ、1960年代から盛んに研究されてきた。現在では、ヘム鉄の電子状態の変化が蛋白質の構造変化をもたらし、その構造変化がジッパーが開くように迅速に他のサブユニットに波及して情報を伝える結果と考えられている

一方、ミオグロビンは筋肉組織内にあって、ヘモグロビンから酸素を受けとり、生体内の酸化反応のための酸素を供給し、エネルギーの源であるアデノシン三リン酸(ATP)の生成に関わっている。このミオグロビンの構造はヘモグロビンの1個のサブユニットにそっくりで、分子量も4分の1である。

## 殺菌作用、物質変換に関わるヘム蛋白質—チトクローム

ヘモグロビンやミオグロビン以上に最近注目されているヘム蛋白質にチトクロームがある。

ある種のチトクロームは白血球やマクロファージなどの食細胞に存在し、殺菌作用に関わっている。白血球は、バクテリアなどを認識すると、まず異物を包み

込み(食胞)、その後、過酸化水素(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、次亜塩素酸(HOCl)、ヒドロキシルラジカル(OH·)などの活性酸素を生成してバクテリアを殺菌・消化する。これらの活性酸素は、食細胞の細胞膜に存在するNADPHオキシターゼと呼ばれる酵素系によって生成されるスーパーオキシドアニオンラジカル(酸素分子が1電子還元されたもの=O<sub>2</sub><sup>-</sup>)が化学変化してできたものである。(図2)

図1

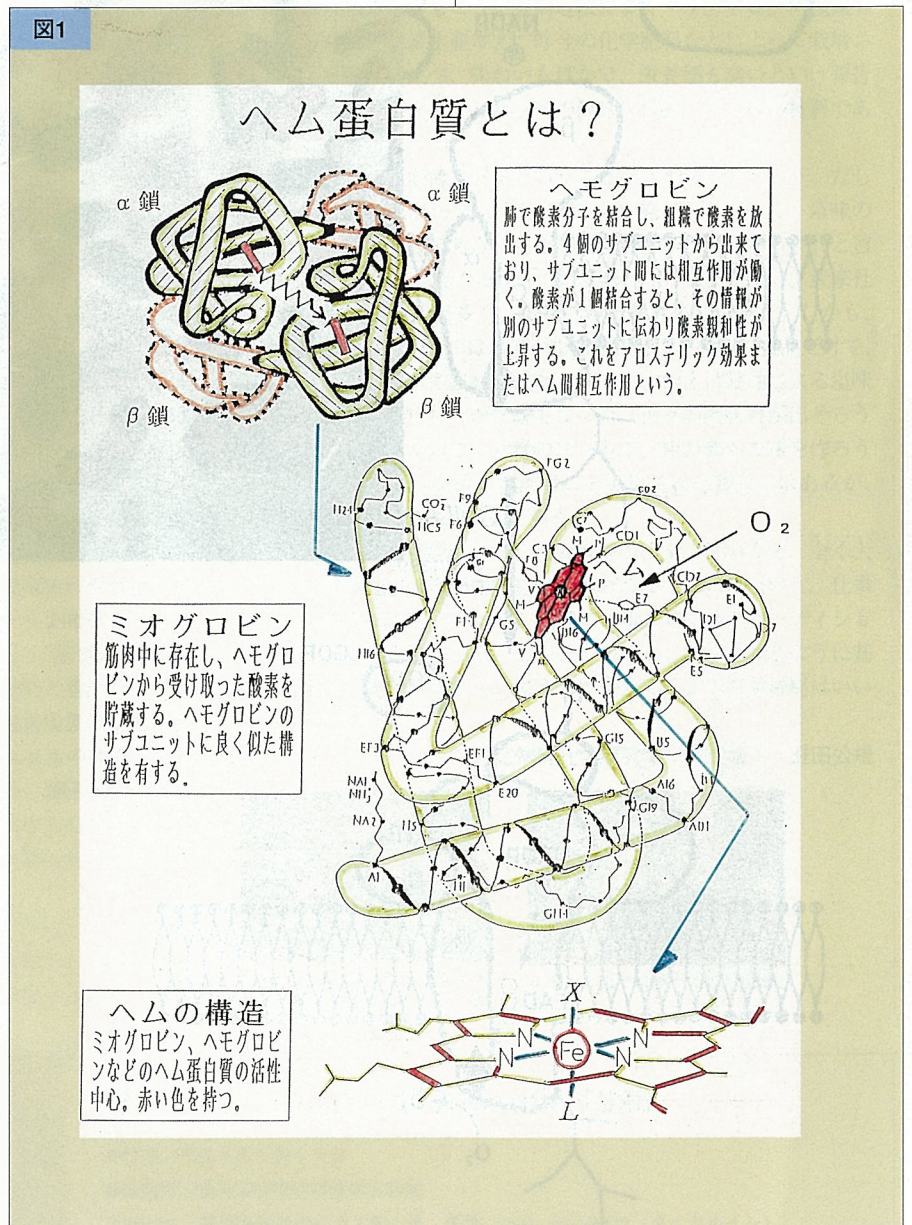
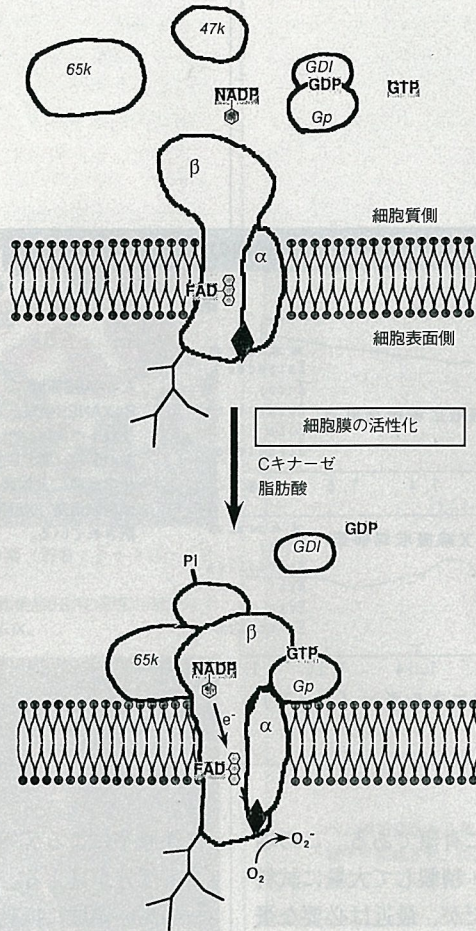
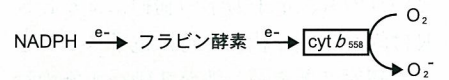


図2 好中球のNADPHオキシダーゼ系



$\alpha$ と $\beta$ の二つのユニットから成るチトクローム  $b_{558}$  は生体膜に埋め込まれている。発癌プロモーター (PMA) などが細胞に作用するとCキナーゼを介して、NADPHオキシダーゼ系が活性化され、分子状酸素 ( $O_2$ ) がスーパーオキシド ( $O_2^-$ ) に変換される。活性中心はFADとプロトヘムIX。

生体物理化学研究室では、ブタの白血球からチトクローム  $b_{558}$  を精製するとともに、ウサギの肝臓から精製したフラビン酵素 (チトクローム P-450還元酵素) と組み合わせて、試験管内で人工的な活性酸素生成系を再構成するのに成功した。



その結果、チトクローム  $b_{558}$  は、酸素分子の1電子還元を直接触媒する新しいヘム酵素であり、NADPHオキシダーゼ系の重要な酸化酵素であることが明らかになった。

なお、肝臓に存在するチトクローム P-450は、肝臓に集まる脂溶性薬毒物を無害な物質に変換し、脳のチトクローム P-450はアルギニンから一酸化窒素 (NO) をつくる機能があることも明らかになっている。

整理すると、生体内のヘム蛋白質は、酸素を利用する作用として、以下の3機能に深く関与しているのである。

- 1) エネルギーの生成  
酸素の運搬・貯蔵、ATPの生成に機能。
- 2) 殺菌作用  
活性酸素を生成する触媒酵素系として機能。
- 3) 物質の変換  
有毒物質を無毒物質に変換する酸化 (酸素添加) 酵素系として機能。

### MRサイエンス研究によるヘム蛋白質の反応機構の解明

やや専門的になるが、世の中に存在する物質は原子同士が結合することにより成り立っている。この結合をつくるのが電子である。ヘモグロビンに酸素が結合すると、鉄と酸素の強い結合ができ、結合前にもっていた鉄 (S=2)、酸素 (S=1) のスピンの消えてしまう。これをとらえる方法としては、MR (Magnetic

白血球 (顆粒球) には、他の組織には見られないb型 (還元型) のチトクロームが存在していることが以前より知られていた。ちなみに、このチトクロームは分光光度計で558nm(ナノメートル)の波長に吸収のピークをもつことからチトクローム  $b_{558}$  と命名されている。

1983年に、免疫不全症の1つである慢



単一白血球の機能解析

性肉芽腫症の患者の中に、白血球中にチトクローム  $b_{558}$  が欠損している例があることが報告されてから、NADPHオキシダーゼ系とチトクローム  $b_{558}$  の関わりが詳しく研究されるようになった。現在では、慢性肉芽腫症患者は、NADPHオキシダーゼ系を構成する各種蛋白質成分のうち、いずれかをコードする遺伝子の異常に起因すると考えられている。

その研究を通じてNADPHオキシダーゼ系を構成する蛋白質が次々と明らかにされ、チトクローム  $b_{558}$  が酸素と直接関わる構成成分であることが確実になった。チトクローム  $b_{558}$  は、分子量90,000と20,000の2つのサブユニットからなる膜蛋白質で、すでに遺伝子の塩基配列の解析からその全一次構造があきらかになっている。

Resonance=磁気共鳴)を利用した観察が有効である。鉄原子の電子スピンや鉄周辺の陽子の核スピンを、ESR(電子スピン共鳴)やNMR(核磁気共鳴)などの装置で観察する手段が考えられる。

ただし、ここにも大きな問題がある。というのも、量子力学の制約によりESRは鉄が3価の状態の時は電子スピンをよく観察できるが、鉄が2価や4価の状態のときはきわめて観察しにくいのである。こうした状況をブレイクスルーするために、当所ではMRサイエンス研究の一環として、2価・4価の鉄原子も観察可能な超高周波ESRの開発を計画している。

鉄など金属の電子状態以外にもESRで研究できる対象にフリーラジカルがある。MR生体研究のもう一つの柱は、重要な生理作用を示すNOラジカルの研究である。最近、ある種のカビから単離精製されたNO還元酵素(別名:チトクロームP-450nor)の反応機構と分子構造の解明に力を注いでいる。(図4)

## X線による解析

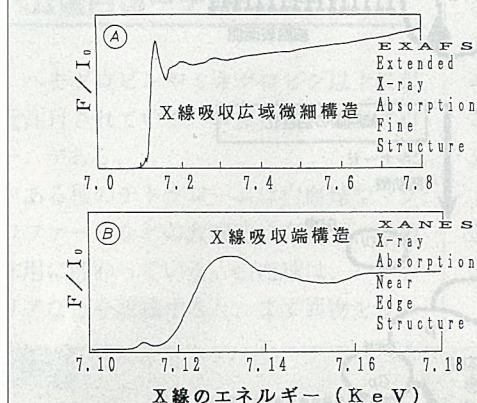
NMRやESRの特質は、生体を生きた状態で観察できることにある。(NMRは、内臓や脳の診断装置にも応用されている)

これに対して、結晶化した試料にX線を当ててそれによって生じる干渉模様を解析するX線構造解析は、蛋白質の立体



ESR装置

図3 西洋ワサビペルオキシターゼ複合体IIのX線吸収スペクトル



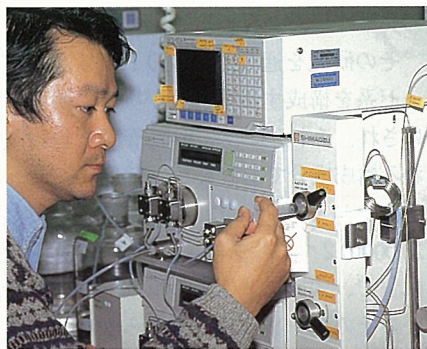
A. EXAFS領域。  
B. XANES領域。この資料の活性中心はプロトヘムIX。ヘム鉄は、濃度2mM、価数4価で、測定は蛍光法、温度80K。理化学事典によれば、EXAFSはX線吸収領域微細構造、XANESはX線吸収端構造と訳されている。

構造を究明するのに有望である。この場合、蛋白質を単離・精製して大量に試料を得ることが必要だが、最近に必要な蛋白質を生み出す遺伝子を大腸菌などに組み込んで大量生産することも可能であり、結晶化技術も進歩している。

さらに、生体物理化学研究室では、局所の立体構造を解析する有効な方法として、蛍光XAFS法(X-ray Absorption Fine Structure)にも取り組んでいる。これはX線領域の吸収スペクトルに現れる微細構造をさす。例えば溶液中のヘモグロビンの鉄原子に注目すればその周辺の構造解析ができる。

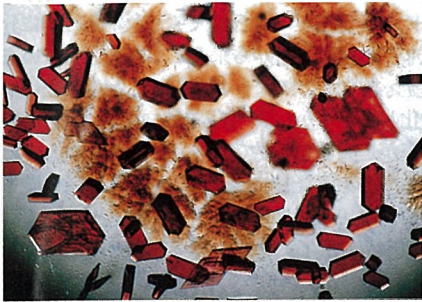
図3-Aは、生体物理化学研究室で行った西洋ワサビペルオキシターゼの測定例だが、7.1keV(キロ電子ボルト)付近

に鉄原子によるX線の吸収が急激に増加する部分が見える。7.1keVよりエネルギーの高い領域に振動構造(XAFS)が観測される。これはX線によって鉄原子の最内殻から励起・放出された高エネルギーの電子の波が近くにある原子によって散乱しつつ戻ってきたときに生ずる電子波の干渉効果によるものである。したがって、このスペクトルを分析することで、鉄原子に隣接する原子の距離、種類、個数など、中心鉄周囲の立体構造を決めるのに必要な情報が得られる。



チトクロームP-450や酸素センサーヘム蛋白質の抽出と精製(中、右)





一酸化窒素 (NO) 還元酵素 (別名: チトクロームP-450nor) の結晶。(上、下) 現在、X線結晶構造解析や単結晶ESRの研究が進行中である。活性中心はプロトヘムIX。

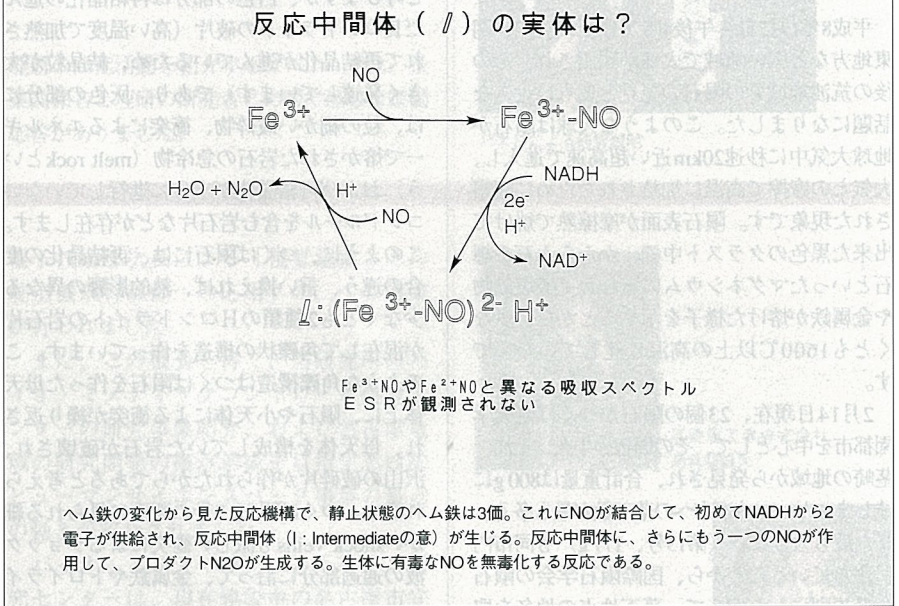


図3-⑧は、7.1keV付近をさらに拡大したものである。この領域では鉄原子の最内殻から放出される電子のエネルギーが低いいため、その電子がより外側の軌道に移ったり、鉄原子の周辺の原子によって多重散乱する効果があらわれる。それゆえ、鉄原子の配位構造や鉄原子の価数などの情報を得ることができる。

蛍光XAFS法は、試料が溶液、固体、膜蛋白質のいずれの状態でも観察できるのが大きな特色だが、反面、測定に時間を要するため、長時間のX線照射で試料が変質するおそれがある。この解決としては低温測定がポイントとなる。

X線構造解析、蛍光XAFS法とも強いX線源が必要となるが、当所が日本原子力研究所と共同で兵庫県播磨科学公園都市に建設中の大型放射光施設(SPring-8)が完成すれば、X線による解析法に大きな弾みがつくものと期待している。

図4 一酸化窒素 (NO) 還元酵素の反応機構



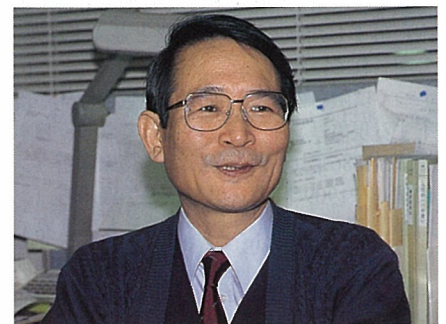
### 今後の展望

生体物理化学研究室では、この他、フラッシュフォトリシス法、ラピッドスキキャン分光法、X線小角散乱、振動分光法、EPRなどの解析手段も用いて、ヘム蛋白質の構造と機能に関する研究を多角的に進めている。

今後は、ヘム蛋白質の構造を人工的に改変したミュータントを創って、それによって変化する機能を調べることを通じて、構造と機能の相関を解明するアプローチもさらに強化したい。また、例えば、チトクロームP-450の働き、根粒菌の酸素センサー (酸素不足を検知すると窒素を固定する) の引き金になるアロステリック効果など、さらに広範な生物活動を視野において研究を進めていく方針である。

文責：総務部広報室

監修：生体物理化学研究室  
主任研究員 飯塚哲太郎



飯塚哲太郎 主任研究員

## 宇宙からの贈り物 —つくば隕石—

今年1月、関東地方の数カ所に落下した「つくば隕石」は、新聞、テレビなどのニュースで報道されましたが、当所のライフサイエンス筑波研究センター内でも発見されており、分析を進めてきました。以下は、分析を行った岡田昭彦副主任研究員(研究基盤技術部表面解析室)のこれまでの分析及び解析結果と、発見者である大久保勇主査(ライフサイエンス推進部経理課)の談話です。

平成8年1月7日、午後4時20分頃、突如、関東地方など広い地域で火球が観測され、その後の筑波地域での隕石の発見とともに大きな話題になりました。このような火球は隕石が地球大気中に秒速20km近い超高速で進入し、大気との摩擦で高温に加熱されたために観察された現象です。隕石表面が摩擦熱で焼けて出来た黒色のクラスト中で、かんらん石や輝石といったマグネシウムに富むケイ酸塩鉱物や金属鉄が溶けた様子を示すことから、少なくとも1600℃以上の高温に達していた筈です。

1月14日現在、23個の隕石がつくば研究学園都市を中心として、その周辺の牛久、土浦、荊崎の地域から発見され、合計重量は800gに達しました。つくば市への落下数が最も多く、また最も大きな石(第13号、177g)も同市内に落ちていることから、国際隕石学会の隕石命名規則にしたがって、落下地点の地名を取り、つくば隕石として報告されました。理化学研究所ライフサイエンス筑波研究センターの構内で発見、回収された石は17番目に隕石と認定されたため、「つくば隕石第17号」と呼ばれることとなります。大きさ約3cm、重さ7.13gで、写真1に示すように、落下の途中で自然に割れた破断面が見られます。破断面の裏側半分は黒色のクラストで覆われています。破断面をよく見ると、新鮮な灰白色の面上に褐色の薄く焼けている部分があることから、大気圏突入後に割れたまま、しばらく飛行を続けたため、破断面が多少摩擦熱で焼けたことを示しています。つくば隕石の多くは最大の石を含めて、つくば市内の工業技術院地質調査所の地質標本館で見ることが出来ます。また、東京の国立科学博物館にも日本国内に落下した多くの隕石試料と並んで展示、公開されています。

つくば隕石のように同時に多数の個体が落下する現象はシャワーと呼ばれており、日本では、1886年10月、鹿児島県の薩摩隕石(>10個)や1909年7月、岐阜県的美濃隕石(>27個)以来の現象です。もっとも、世界では、1912年7月、アメリカのアリゾナ州に14000個以上もの石が落下したHolbrook隕石など、はるかにスケールの大きいシャワーの記録があります。

凡そ0.03mmの厚さの薄片を作り、偏光顕微鏡による観察とX線マイクロアナライザー

による鉱物分析を行った結果、つくば隕石には写真2にあるように、コンドルールと呼ばれる球粒状の物体が存在するので、コンドライトと呼ばれる石質隕石であることが分かります。しかも、金属鉄やトロイライト(鉄とイオウとの1:1化合物)という鉱物が多く含まれているコンドライト、即ち、Hコンドライトというグループに分類されました。つくば隕石の特徴として、つくば隕石第2号の新鮮な断面を見ると、灰色のマトリックスの部分に白色～灰白色の角礫状の岩石片が散在しているのが分かります(写真3)。これは角礫構造と呼びますが、白色の部分は再結晶化の進んだHコンドライトの破片(高い温度で加熱されて再結晶化が進んでいるため、結晶粒が大きく発達しています)であり、灰色の部分には、粒の細かい破砕物、衝突によるエネルギーで溶かされた岩石の急冷物(melt rockという)および再結晶化が十分に進行していないコンドルールを含む岩石片が存在します。このように、つくば隕石には、再結晶化の度合の違う、言い換えれば、熱的影響の異なる少なくとも2種類のHコンドライトの岩石片が混在して角礫状の構造を作っています。このような角礫構造はつくば隕石を作った母天体上に、隕石や小天体による衝突が繰り返され、母天体を構成していた岩石が破壊され、沢山の破砕片が作られたからであると考えられます。つくば隕石17号の断面に見られる細かいshock veinsも激しい衝突によるショック波の通過部分に沿って、金属鉄やトロイライ

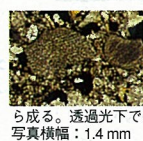
トが一部溶かされたことを示しています。つくば隕石の角礫構造は現在の太陽系が形成される過程で強い衝突と破碎の歴史があったことを物語っているのです。今後、更に詳しく、つくば隕石の元素組成、同位体組成や年代測定などのデータを積み上げ、つくば隕石が地球に到達するまでのような過程を辿ってきたか、更に明らかにして行く必要があります。

月起源や火星起源のごく少数の隕石を除いて、ほとんどの隕石は火星と木星との間に分布する小惑星帯から来ることが知られています。隕石がどのように作られ、どのように進化してきたかを調べるには、小惑星の直接探査が是非とも必要です。アメリカは433Erosという平均直径12~23kmの小惑星に探査機を送り、1999年には観測データを送ってくる計画を実施しています。日本でも太陽系探査プロジェクトの一つとして小惑星ランデブー計画が検討されています。地球の軌道に接近する可能性のある小惑星にミッションを送り、出来るだけ近傍でその表面構造や構成物質を調べようとするものです。このような小惑星の直接探査によって画期的な発見がなされ、太陽系の形成と進化の過程を明らかにする多くの重要な新知識が得られるに違いありません。

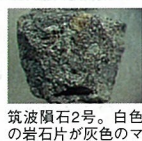
研究基盤技術部表面解析室  
副主任研究員 岡田昭彦



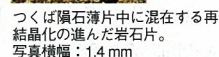
つくば隕石第17号。発見者の大久保主査  
大きさ：約3cm



つくば隕石第17号の  
かんらん石や輝石から成る  
コンドルール片。不透明な部分は、  
金属鉄やトロイライトから成る。透過光下での観察。  
写真横幅：1.4mm



筑波隕石2号。白色の岩石片が灰色のマトリックス中に分布している。  
写真横幅：3mm



つくば隕石薄片中に混在する再結晶化の進んだ岩石片。  
写真横幅：1.4mm

1月7日の夕方、「パーン」という、車のタイヤがパンクしたような大きな音をたて、落下してきた隕石が爆発し、つくば市内で早速、第一発見者が現れると、つくば市ではにわかには隕石探しの気運が高まっていた。

私が隕石を見つけた日(17日)は、理研の隣にある農林水産省研究所内で隕石が発見された翌日、朝の新聞にその記事が載っていて、同僚と「理研うちにも落ちていないかもしれないよ」と冗談混じりに話していた。天気も良かったので昼休みに散歩がてら構内にある芝生に行ってみる気になった。『芝生の上は芝刈りをするのに刃のついた機械を使うので、基本的に石は無いはずで、石が落ちていれば隕石の可能性が高い』と考えての行動だったが、本当に見つかるとは露ほども思っていなかった。

表面が黒焦げた石を拾った時も、本当にそれが隕石だとは思っていなかったし、誰かに見せて「隕石だよ」と言って騙してやろうと思っていたくらいで、「本物か」と思ったのは、他の人から今回の隕石の特徴(表面が黒く焦げている。表面に鉄の細片が見える。磁石にくっつく)を聞いてからであった。

和光本所で調べてもらい「本物の隕石」とわかったが、特に手元に置いておく気持ちもなく、つくば市内にある科学館「つくばエキスポセンター」で展示してもらうことにした。自分が結婚して子供ができれば、是非子供をエキスポセンターに連れて行って、「これがお父さんが見つけた隕石だよ」と教えてやりたいと思う。

ライフサイエンス推進部  
経理課主査 大久保 勇

### 「第9回理化学研究所と企業の懇親会」を開催

2月22日、「理化学研究所と企業の懇親会」の主催により、理研に関心を寄せて頂いている民間会社の方々と当所との交流を深める第9回交流会が、205社361名の企業関係者の参加を得て開催されました。

今回は、伊藤正男国際フロンティア研究システム長が「21世紀の脳科学」というテーマで、脳科学研究の現状と今後の研究展開を中心に講演を行い、脳科学研究への理解と協力を求めました。講演後、テレビで放映された理研の最近の研究活動の一端をビデオ上映により紹介しました。

続く懇親会は、中川秀直国務大臣・科学技術庁長官の出席のもと、なごやかに終われ、

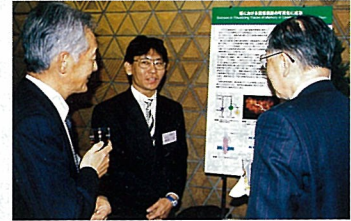


伊藤正男国際フロンティア研究システム長



科学技術庁  
中川大臣からのご挨拶

理研の研究活動を紹介するコーナーでは、企業関係者と理研の研究者との間で熱心な質疑応答がありました。



パネルによる研究説明

### 第3回名古屋市・理化学研究所 ジョイント講演会を開催

理研が名古屋市などと共同して主催する講演会を、2月14日(水)名古屋市工業研究所ホールにおいて開催しました。このジョイント講演会は、理研と名古屋地域の産業界や研究者との交流と連携を促進することを目的に開催しております。今回は3回目で約210名の参加者を得ました。

高度制御科学技術をテーマに、田中啓治情報科学研究室主任研究員・国際フロンティア研究システム思考電流研究チームリーダーによる「ものの形を見分ける脳のしくみ」、および高浜盛雄三菱重工業株式会社名古屋航空宇宙システム製作所

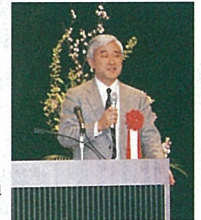
電子技術部次長による「視覚認識とその航空機飛行制御への応用」の二つの講演が行われました。

また、この機会を得て、当研究所のバイオ・ミメティックコントロール研究センターの研究事業紹介、および名古屋地域の研究開発の拠点形成を目指す志段味ヒューマンサイエンスパーク事業の最近の動きが紹介されました。

バイオ・ミメティックコントロール研究センターは、現在建設中の名古屋市守山区にある志段味ヒューマンサイエンスパーク研究開発センター（仮称）新理研棟等が完成後、平成9年1月から研究実施場所を移す予定です。



三菱重工業株式会社  
高浜盛雄氏



田中啓治主任研究員  
チームリーダー

### 科学技術週間 一般公開のお知らせ

科学技術に関する普及啓発活動の一環として、全国的な規模で実施される「科学技術週間」も今年で37年目を迎えます。理研は、積極的にこの行事に参加しており、今年も研究室、施設の公開をはじめ、講演や青少年向けの催しを次のとおり実施します。お誘い合わせの上、ご参加下さいますようお願い申し上げます。

[和光本所]

○構内開放 平成8年4月6日(土)11:00～16:00

○一般公開 平成8年4月17日(水)10:00～16:00

講演：鈴木梅太郎記念ホール

(生物科学研究棟)

11:00～12:00

「胎盤に発現する糖鎖の役割」

細胞制御化学研究室

小川智也主任研究員

13:30～14:30

「放射線?原子核?何だろう?」

リニアック研究室

谷畑勇夫主任研究員

※お問い合わせ先 埼玉県和光市広沢2-1

総務部総務課

048-467-9212・9213

[ライフサイエンス筑波研究センター]

○一般公開 平成8年4月16日(火)10:00～16:00

講演：11:00～12:00

「動物を用いた生物・医学

の研究について」

実験動物室

日下部守昭室長

14:00～15:00

「脳のつくられるしくみ・

はたらくしくみ」

分子神経生物学研究室

御子柴克彦主任研究員

○特別公開 平成8年4月20日(土)13:00～16:00

※お問い合わせ先 茨城県つくば市高野台3-1-1  
庶務課庶務係 0298-36-9111

[フォトダイナミクス研究センター]

○一般公開 平成8年4月17日(水)10:00～16:00

研究施設公開他

※お問い合わせ先 仙台市青葉区長町字越路19-1399

フォトダイナミクス研究推進室

022-228-2111

[大型放射光施設]

○一般公開 平成8年4月21日(日)10:00～15:00

SPring-8の一部完成した施設及び機器

を公開

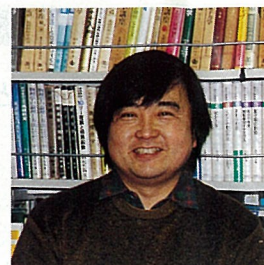
※お問い合わせ先 兵庫県赤穂市上郡町金出字

岩瀬戸1503-1

播磨管理事務所 07915-8-0808



## 京のおばんさいの物理化学的レシピ



筆者近影

ホームタウンである京の大学勤めを辞して上京してから、5年あまり、関東の食事の口に合わぬのが少々気になる。両親は京都人ではないし、時々実験に来た学生時代から、14年つき合った理研の食堂でも困らないのは、流れ者のエエカゲンな嗜好のせいかも知れないが、かと言って時の流れのまま愛着ある京都時代の味覚がかすむのも忍びない。かの学生の街では、若者に紛れた独居生活の夕食も心地よく、あまり体に堪えぬが、このさきたまの地ではファミレスや大衆酒場に通うしかなく、油と塩で中年に到達した体を痛めるのは必定である。そこで、折を見て、京のおばんさい（お晩菜）特に煮物系の料理を再現することになっている。物理化学者の目で見ると、これも面白いテーマなのである。

京の市井（浴中と洒落て言う）では、大衆食堂や学生食堂でも美味しい煮物に出会うことがある。夜の街のカウンターで出された「筍の木の芽あえ」が絶品ということもある。これらは「田舎のお袋の味」という感触とは少し違い、すっきり洗練された味であることが多い。京料理の板前さんが街を歩き、休みに街角で家族と親子丼を食べることも、スナックでカラオケを歌うこともあろう。「おなじみさんに教えてもらたんどうす」というママさんに、コツのさわりを披露してもらうなどと、狭い街の、家庭の食卓までに至る味の情報ネットの存在に気づく。これが京の家庭料理、つまり「お晩菜」の背景になっている。

京風の味を一言で無理矢理にまとめると、醤油や砂糖を控えた薄味で、基本は「だし」つまりアミノ酸を中心にしたうまみと、みりんにつけた甘みの2本柱からなると描写できる。「だし」はアミノ酸、タンパク質、糖質といった「うまみエキス」の溶液と考えてよい。だし取りの作法は、この「うまみ」の抽出曲線と関係が深く、昆布は水に浸すのが普通だし、鰹は沸騰した湯にくぐらせる。京料理でよく使う「追い鰹」という技法があるが、鰹節は抽出が速いからできるわけで「追いきりこ」などというのは存在しない。一方「だし」とは紙一重の「あく」は、苦みに属し、水溶性で吸収の速く、生理作用の激しい有機酸、インヒビターなどの低分子ペプチド、時にはラジカルなどが含まれる。京料理に限らず日本料理は「あく」を取ることに神経質だが、これを「だし」と共に水で抽出した後に加熱変成させたり、泡状の濁りにして除くという技術は、あきれほど科学的かつ合理的な処方なのである。

煮物は「だし」溶液と材料の間の濃度勾配（浸透圧）や温度勾配によって、煮汁を浸透させ、同時に素材の水分やうま味を煮汁側に出すこと、物理化学で言うところの「輸送現象」に基づいている。煮しめ、煮付け、煮込みという呼称の違いは、材料と煮汁の量の違いや加熱の時間で仕上がりを区別した言葉で、輸送現象の支配の裏付けだ。「さしすせそ」の順序で調味料を分けて入れるのは浸透や熱変成のしやすさを考慮して作られた生活の知恵で、調味料を分けて入れて一呼吸置くのは、成分の濃度勾配を大きくするため、順序は味の浸みにくいものや溶けにくいものを先に、加熱に弱いものを後になどという、科学的根拠がある。

こと薄味の京料理に関する限り、できるだけ「だし」すなわち味覚エキスの純度や質を上げることに自然に神経を使う。純度といっても、純粋な物質を使うのがよいというわけではない。塩味、すな

わちナトリウム塩はアミノ酸にも多く含まれているので、「だし」から供給される量も案外多いが、純物質の塩化ナトリウム結晶は水に溶けにくい。

漬け物などに使う荒塩は、海水と一緒に溶けていた共存塩や錯塩がそのまま干上がったもので、「水で戻す」溶けやすい塩として貴重である。関西では溶けにくい砂糖を使わず、みりんで甘みを整える。時には干し椎茸を水に漬けて得た甘みも使う。これらは、煮物へのうま味の浸み易さ、さらに舌を初めとする体組織への吸収のし易さにつながるであろうが、あらかじめ浸みやすい良質の「だし」を準備しておいて、滴を持って素早く用いるのが京風の味付けのコツであるように思う。濁ってはいけないうまみ、余分な成分が残っていてもいけない。何より調理中の味の浸み方が手に取るようになる、素性の良い「だしの溶液」でないといけない。これは外国料理や田舎料理にある「ごった煮」タイプの料理のおいしさ、楽しさと全く別の趣であるが、生湯葉、生麩、飛竜頭（ひろうす）などの京料理で多用される精進料理風の加工食品に薄目の味をほどよく浸透させるには、この方法しかあるまい。また、年の瀬の京の青果市場に並ぶ「京野菜」もこういう調理法によくマッチする。何種類もある京野菜は、少量生産ゆえ、昨今の化学肥料などによって栽培されたバイオ野菜に比べ、味わいも豊かで、栄養価も高いという報告もあり、素材の味を生かした京風の薄味には打ってつけの材料である。

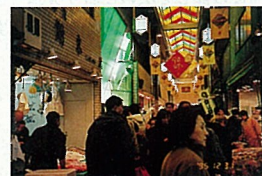
京都では味付けが薄すぎるということ「水臭い」という。だしや調味料は水の味がしない程度に使うのが筋であるという、薄味のコンセプトはこの辺にある。関西では塩も唐辛子も「からい」と言い、「しょっぱい」に当たる塩味だけを形容する言葉がない。武家社会では人々の運動量が多く、塩味への執着も著しかった。しかも、中世の地方で手に入るのはわずかな調味料と保存の利く食品だけで、関東では、調味料数や食材の品数に頼まず、例えば醤油による塩味一本に頼るような味付けが伝統となった。種々の調味料が出そろったのは近世になってからで、食材の使い方、極力豊かな味を作ろうとする京都の味は、中世の都市でこそ実現された贅沢ではあるが、より原始的な形態に属するのだろう。

さて、これだけ理屈を並べた私の料理の出来はというと、全く大したものではない。時間や経験を積み重ねないといけないし、仕事の忙しい昨今はうまく行かぬ。感覚には個人差や体のコンディションもあり、意外と研究と似たような所がある。理研と同じように基盤技術部（一流の板前さん）にすべて任せてしまう方が結局はいいのかも知れない。

反応物理化学研究室 研究員 丑田公規



年末の店頭で並ぶ野菜：祝い大根、くわい、金時人参、ふき、百合根、八つがしら、蓮根など



年末の人出でにぎわう京の台所、錦小路

### 編集後記

新しい芽が息吹、小さな花が顔を出し、少しずつ春の気配が感じられる今日この頃です。理研ニュースも創刊から、はや28回目の春を迎えようとしています。今後も和光本所の桜と同様に、その発行が待ち遠しくなるような誌面作りを行いたいと考えています。

### 理研ニュース No.177 March 1996

発行日：平成8年3月15日

編集発行：理化学研究所総務部広報室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 電話 (048) 467-9272 (ダイヤルイン)

制作協力：株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ