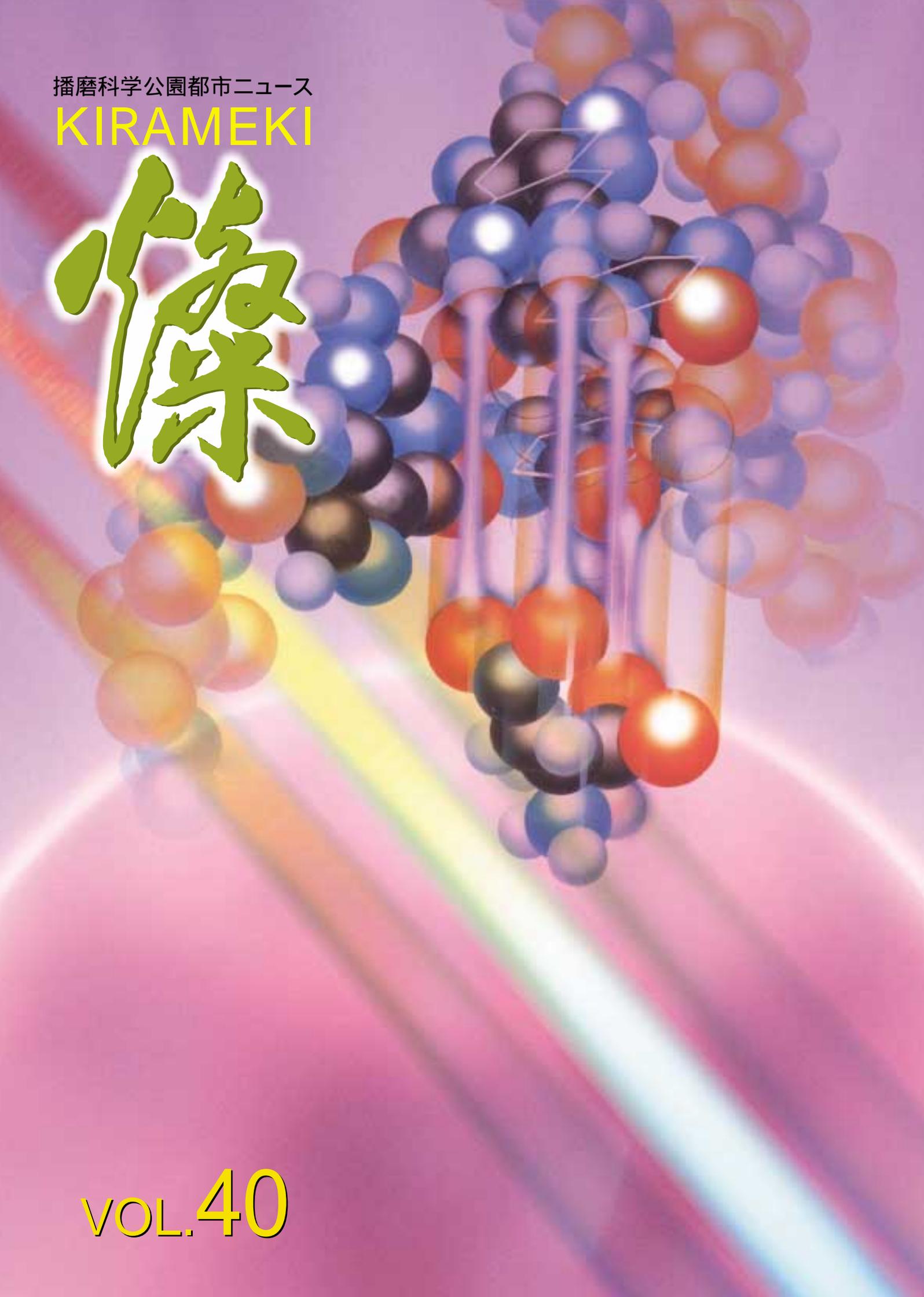


播磨科学公園都市ニュース

KIRAMEKI

微塵

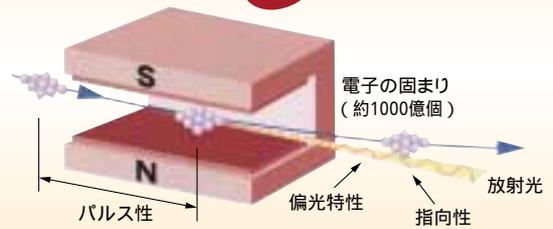
vol.40



# SPring-8における 最近の成果 ビームラインの充実 により輝かしい成果 が出はじめる

Major Facility  
世界最大・最高性能の放射光施設

# SPring-8



SPring 8は...

自然の光やこれまでの人工の光では見えなかった世界を見ることができる新しい光「放射光」をつくり、その光を利用している様々な分野の研究をするための共同利用施設です。

財団法人 高輝度光科学研究センター 広報部長、主席研究員

原 雅弘

SPring-8は、ビームラインの供用を開始してほぼ3年が経った。10本のビームラインの供用から始まり、現在では28本が稼働中、建設および調整中が13本となり、SPring-8は建設フェーズから、利用フェーズに移ってきている。

当初は放射光の性能を確認するための実験が多かったが、現在では本来の利用目的にあった実験が増加し、特にSPring-8の特徴を生かしたX線利用の実験が多いようである。そして注目を浴びる成果が出てきているが、ここでは最近の成果のうちいくつかを紹介しよう。

## カルシウムポンプタンパク質の 立体構造を解明

東京大学・分子細胞生物研究所の豊島近教授の研究グループは、世界で初めて筋小胞体カルシウムポンプの立体構造の解明に成功した(図1)

筋肉の収縮・弛緩はカルシウムイオンによって制御されていることは知られている。カルシウムイオンは筋原繊維をとりまく筋小胞体(図2)に貯蔵されており、その細胞膜に存在するイオンチャンネルによって筋細胞中に放出されて筋肉を収縮させ、イオンポンプによって筋小胞体に取り込むことにより弛緩させる(図3)。カルシウムイオンが約1万倍の濃度差に逆らって輸送される際、この膜蛋白質であるカルシウムイオンポンプが筋肉側のカルシウムを結合し筋小胞体側に放出するが、この「動き」の一端が確認されたのである(図4)

このタンパク質は膜タンパク質であり、結晶化が難しく20マイクロメートルほどの薄い結晶しかできなかったが、SPring-8の高輝度X線が構造の解析を可能としたのである。

カルシウムポンプは心筋梗塞やガンの治療の観点からも大いに注目されており、この成果は英国雑誌Natureに掲載され、表紙を飾った。

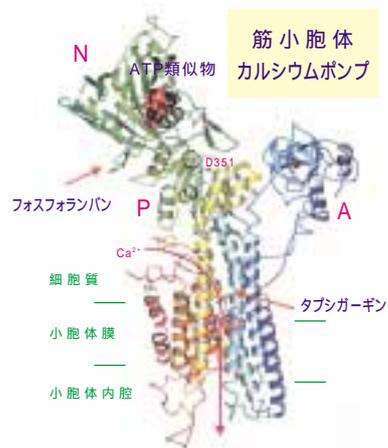


図1 本研究で解明されたカルシウムポンプタンパク質の立体構造

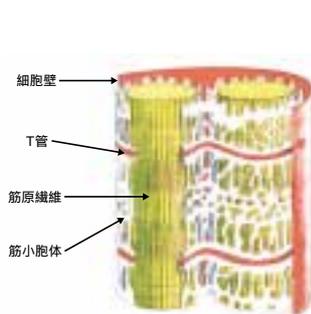


図2 筋原繊維と筋小胞体

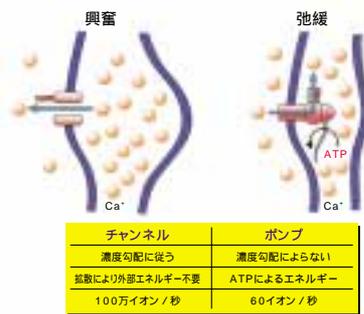


図3 カルシウムイオンを輸送するチャンネルとポンプ

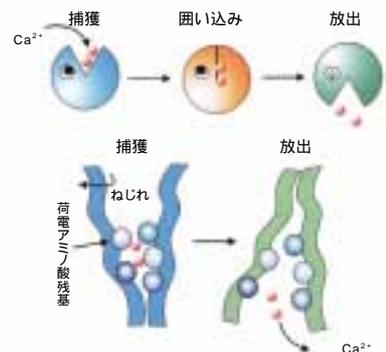


図4 カルシウムポンプの働き

## 液体の急激な構造変化を世界で初めてその場観察

日本原子力研究所の片山芳則氏らのグループは、原研ビームライン(BL14B1)を用いて純粋な液体の急激な構造変化をその場観察することに成功した。

原子が規則正しく並んでできた結晶固体では、温度や圧力を変化させると原子の並び方が突然変わり、別の構造に遷移することがある。これは、炭素が温度・圧力によってグラファイトからダイヤモンドに変わるように、固体ではごくありふれた現象である。また液体から固体になる相変化の過程でも原子の並び方は大きく変わる。

ところが、液体では原子の並び方の異なる2つの構造の間で急激な変移が起こることはないと考えられていた。SPring-8の強力な放射光を用いて、液体のリンについて高温・高圧発生装置を用いたX線回折実験をおこなったところ、約1万気圧の条件を境にして図5に示すように、液体リンの構造に急激な変化が観測された。図6に示すように、1万気圧より低圧では4つのリン原子からなる正四面体分子がランダムに動いている液体であるが、高圧では4原子ではなくもっと多くの原子がネットワーク状につながった構造をとっていることがわかった。

この研究は、地球内部のマグマの研究や高温・高圧下での物質合成に結びつくものとして期待されており、英国雑誌Natureに掲載された。

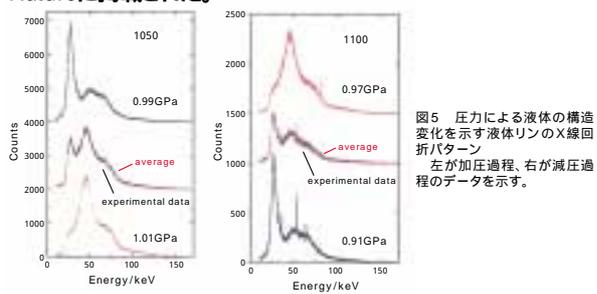


図5 圧力による液体の構造変化を示す液体リンのX線回折パターン  
左が加圧過程、右が減圧過程のデータを示す。

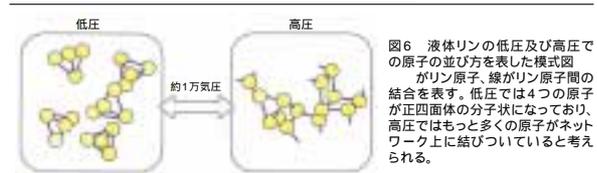


図6 液体リンの低圧及び高圧での原子の並び方を表した模式図  
がリン原子、緑がリン原子間の結合を表す。低圧では4つの原子が正四面体の分子状になっており、高圧ではもっと多くの原子がネットワーク上に結びついていると考えられる。

## 世界で初めて固体の真のバルク電子状態の高分解能電子分光に成功

大阪大学の菅滋正教授らのグループは、共用ビームラインBL25SUを用いて世界で初めて物質の内部の電子状態の解明に成功した。

光電子分光というのは、物質に高エネルギーの光を照射したときに発生する光電子のエネルギーを測定することによって物質の電子状態を調べる手法である。電子エネルギーが物質内部の電子の状態によって決まるため、放出される電子エネルギーを分析することによって電子状態がわかるのである。

これまでの装置では、高エネルギーでは分解能が足りなかったり、低エネルギーでは固体の表面しか観測できないという制限があった(図7) SPring-8の高エネルギー放射光と分解能の高い分析器を組み合わせることによって、固体内部の電子状態を解明することに成功した。多くの固体物質では表面と内部(バルク)で電子状態が大きく異なっており、特に磁性体や超伝導

体の材料となる希土類化合物や遷移金属化合物ではその傾向が強い。ここでは2種類のリテニウム化合物について調べたが、従来の120電子ボルトの光を用いた方法では両化合物の電子状態に違いがみられなかったが、880電子ボルトの高エネルギー放射光を用いた実験ではその違いが顕著に現れた。つまりこの2つの物質の表面の電子状態はほぼ同じであるが、バルクについては異なっていることが今回の観測によって解ったのである(図8)

この成果は、新しい超伝導体や新機能をもつ物質の研究に発展をもたらし、新材料の創出につながるものとして期待されている。この研究もまた英国雑誌Natureに掲載された。

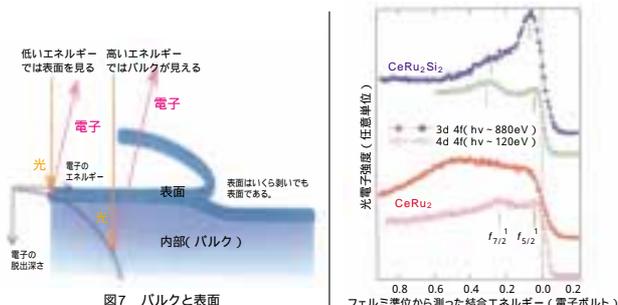


図7 バルクと表面

図8 CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>及びCeRu<sub>2</sub>のフェルミ準位近傍の高分解能共鳴光電子分光スペクトル  
3d-4f共鳴スペクトルでは、物質内部(バルク)の電子状態が物質によって大きく異なることが解明される。しかし、従来の4d-4f共鳴スペクトルは物質によらず定性的に類似した構造をしており、バルクの電子状態は分からない。

## X線CT法を用いた隕石の断層写真

大阪大学の土山明氏らのグループはX線CT法を用いて隕石中のコンドリュールとよばれる珪酸塩を主成分とした直径数mmの球状物質の断層撮影を行った。この方法は、原始太陽系星雲の情報に有する貴重な地球外試料を非破壊で観察できる点で優れている。得られた3次元像とCT像の例を図9と図10に示す。この解析からコンドリュールは真球ではなくやや押しつぶされた回転楕円状をしており、内部でオリビン結晶が平行に並んでおり、その方向は短軸に対してほぼ垂直であることが判明した(図10) このことは観測した殆どすべてのコンドリュールについて当てはまり、約46億年前宇宙空間で高温に加熱された珪酸塩液滴が急冷されてコンドリュールができる際回転運動をしていたと思われ、粘性や表面張力からその回転速度が毎秒100回程度だと見積もることができた。この研究から、太陽系誕生の謎の一端が明らかにされる手がかりが得られたことになる。

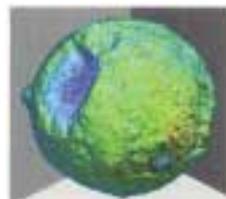


図9 「バードオリビンコンドリュール」の3次元像(疑似カラー)  
左の方にコンドリュール同士の衝突でできたと考えられるマイクロクレターがある。

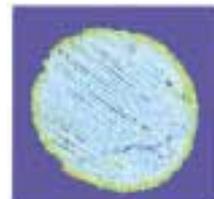


図10 「バードオリビンコンドリュール」のCT像  
青はX線の吸収の低いところ、赤は吸収の大きいところを示す。左上から右下に走っている筋状のものがオリビンの板状結晶である。図の一辺の長さは1.2mm程度である。

以上いくつかの利用結果について報告したが、SPring-8の利用は現在大学や国公立研究機関に偏っており、産業界や国外の利用はまだ少ない。そこでSPring-8の産業界による利用を促進するため、成果占有課題及び実施時期指定の共同利用の導入、コーディネーター制度、講習会の開催、産業界利用ビームラインの設置、などを考えており、一部はすでに実施されている。今後の利用が期待される。

# 播磨放射光産業利用

## マイクロシステムの産業への展開

7月24日・25日に、県立先端科学技術支援センター大ホールにおいて「播磨放射光産業利用シンポジウム」が開催されました。

25日には、「マイクロシステムの産業への展開」をテーマに、マイクロシステムの現状や課題、放射光との関係等について、姫路工業大学 高度産業科学技術研究所 服部 正博士に講演いただきました。



姫路工業大学  
高度産業科学技術研究所  
服部 正 博士

マイクロセンサやマイクロマシンなどを総称してマイクロシステムと言います。私はもともとマイクロマシンの研究を行ってきました。最近、光学からバイオ・医療などの分野において、マイクロ化の研究が急激に増大しており、どうもマイクロマシンというだけでは幅が狭いということで、我々の研究室は、これらの新規分野も視野に入れたマイクロシステムの研究を行っています。もともとのマイクロ化の背景がエレクトロニクスに代表される微細加工技術です。これは携帯情報端末やコンピュータの発展にあるとおりです。高度産業科学技術研究所におきましても、ニュースパルによる0.056μmという超微細な加工研究を行っています。一方機械的なものは、シリコン以外の材料は、あまり小さくなっていないという状況です。マイクロマシニング技術は半導体の加工技術をベースにして、機械部品等を小さくする技術です。この技術によって機械的要素を微小化するとともに、エレクトロニクスと一体化させることによって、新しい概念のものを作り出したいというのが我々のマイクロシステムの想いです。

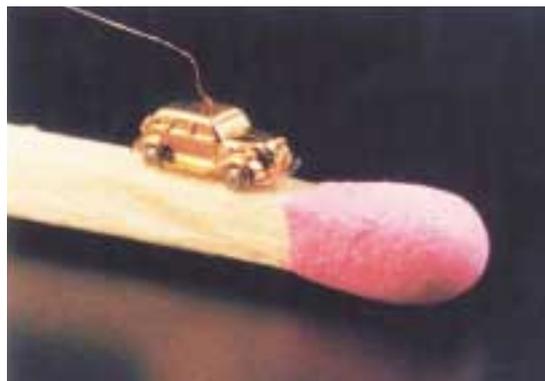
私が(株)デンソー時代に作ったマイクロカーの写真を示します。実物の千分の一の大きさです。精密機械加工技術、半導体加工技術を駆使し、モータやシェルポディなどのそれぞれの部品を作り、それらを組みつけてマイクロカーを作りました。このマイクロカーは一つの概念として作ったものです。作ってからずいぶん時間が経ちましたが、いまだマイクロマシンの広告塔として世に出ています。この4月にもNHKで放映されました。このマイクロカーを見ていただくことによって、バイオ・医療関係や情報機器端末などの多くの分野の人たちが新規なマイクロシステムを提案していただけるものと思っています。

現在どのようなものが実用化されているかということをお話します。歴史的な観点から見ますと、まず時計の世界です。自動巻時計は1956年、すなわち昭和30年前半くらいから量産になってきていますが、この時計技術がずっと機械システムにおけるマイクロ化の最小寸法単位の時代でした。その後ICを使った電子時計が1969年に開発され、クォーツ腕時計として現在もお馴染みです。CMOS-ICの採用とステップモータの発展により、大幅にその消費電流を低減しています。特にステップモータは、



1982年にこれまで消費電流が12~13μAであったものが、負荷状況に応じてパルス幅を制御する技術が開発され、消費電流0.6μAという低消費電力化に成功しました。これによってボタン電池以外の太陽電池搭載、自動巻発電・充電機構搭載といったエネルギー源を可能としたわけです。この自動巻発電・充電機構の機械要素としてマイクロマシニング技術が使われています。もう一つの技術開発は多機能化です。多機能化の最初は1979年の計算機付腕時計です。その後、各種センサ、通信、情報機能が搭載されるようになりました。ランナー用脈拍・ラップ計測機能付腕時計をはじめ腕電話機、GPSセンサ搭載によるナビゲーション機能付など数多くの機能付腕時計がマイクロマシニング技術により可能となったといえると思います。以上述べたように、腕時計の技術の発展に見られますように、この技術がさらに将来の情報機器端末のウェアラブル化に向かって発展するものと思います。

次にプリンティングシステム、いわゆるプリンタの世界についてお話します。プリンタが市場に出現したのは、汎用型コンピュータが市場に出回り始めた1960年代です。当初の活字方式からドットインパクト方式、サーマル方式が主流となり、1980年代に入ってレーザ方式、インクジェット方式が開発されました。特にマイクロマシニング技術による安価なインクジェット方式により、これまで会社とか法人向けというものでしたが、一般の家庭に入ってきました。また車の世界でもマイクロマシニング技術による各種センサが実用化されています。エンジン制御用の圧力センサ、エアフローセンサ、エアバックにおける加速度センサなどです。今後、さらにナビゲーションに代表されるようなITSの社会に向けて開発が進んでいくものと予想しています。



マイクロカー((株)デンソー)

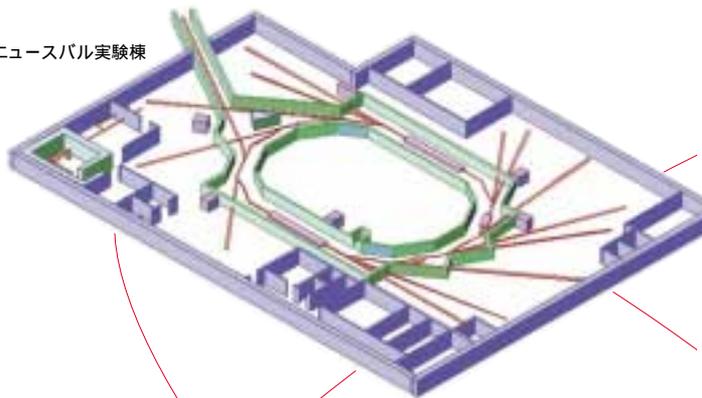
以上、マイクロマシニングによる代表的な実用化の例を紹介しましたが、今後の高齢化社会、情報通信社会に向けて、このマイクロマシニング技術が世界の次世代技術として、ますます活発になっていくものと思います。ここで世界の現状と課題について述べます。

日本は「マイクロマシン技術の研究開発」という国家プロジェクトを強力に進めております。1991年に始まり、今年度が最終年度であります。このプロジェクトは材料、マイクロ理工学といった基礎技術から、加工、デバイス、システムまで、また、材料もシリコン、金属、樹脂、セラミックと広範囲の研究を行っています。マイクロマシン技術体系を作ることをその目的としています。研究レベルは世界からも高く評価されていますが、実用化にはもう少し時間がかかるところが課題かと思えます。

ものをどのように作るか、またどのようにして生産性をあげていくかが大きな課題と考えています。その解決方法の一つとしてLIGA(半導体のリソグラフィLithographie、メッキ技術Galvanoformung、鋳型成型技術Abformung)技術が力を発揮するものと考えています。これは放射光の平行性と高い透過力を利用して、微小3次元構造を形成し、それを母体にし、いわゆるめっきにより金型をつくり、その金型により成型を行うという技術です。生産性に優れた技術であります。

姫路工業大学に設置されている放射光施設「ニュースバル」はこのLIGA技術を最大限に引き出す波長、エネルギーを持つ放射光源であります。我々の研究室ではこのニュースバルによるLIGA技術の研究開発を行い、新しい考えのセンサ、アクチュエータといったデバイスからシステムの提案を行っていく所存です。

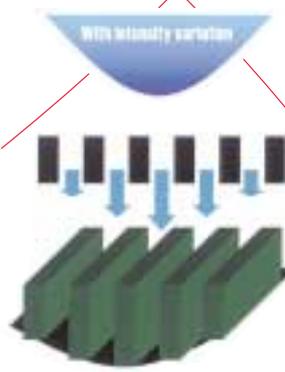
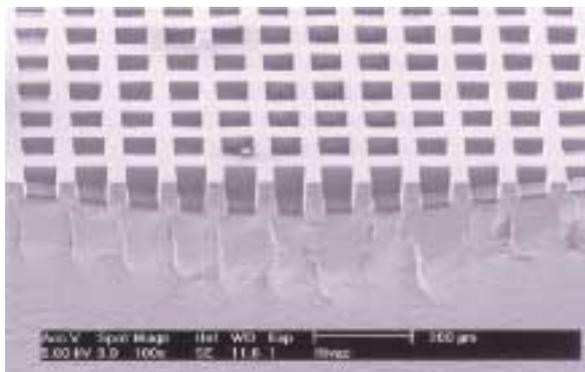
ニュースバル実験棟



放射光導入装置



3次元加工例



一方、米国、ヨーロッパではシリコン半導体技術を駆使したMEMS(Micro Electro-Mechanical Systems)技術を中心にニーズを見据えた開発を進めています。現在では各種センサ、ディスプレイ、DNAチップなど数多く製品化を行っています。これはMEMS技術が量産化技術として確立しているからだと思います。また現在の研究方向を見ますと、応用範囲の拡大、シリコンからガラス、樹脂化といった材料の展開、あるいは航空機、人工衛星の制御のためのパワーMEMSと拡大を図っています。着実に製品化を行いながら研究の拡大を図るといった力強さが伺えます。

これからの研究開発についてお話したいと思います。今後は冒頭にも述べましたが、バイオ・医療、情報通信分野にこの技術が大きく貢献するものと思います。扱う対象がエレクトロニクス、メカニカルの他に光学、流体が入ってきます。様々な理工学が必要となり、研究者の連携はもちろんのこと、産官学の連携がこれまで以上に重要と考えています。また技術的には3次元的な

現在の状況は放射光ビームラインの立ち上げが終わり、3次元加工の研究に入っています。写真はその一例です。これは光量分布を変えて加工した例です。また我々の研究室ではデバイス、システムまで作製することができるプロセス装置を設置する予定です。この10月から設置に入り、今年度中には立ち上げて、来年度から利用できる計画で進めています。

以上、マイクロシステムの現状と「ニュースバル」を利用した3次元加工技術への期待について述べてきました。今後、皆様と一緒に、新産業化に向けて邁進したいと思いますのでよろしくお願いいたします。

## 姫路工業大学 産学交流センターが キーワードによる研究者探索 システムを作成

平成12年4月に姫路工業大学に開設された産学交流センターでは、当大学研究者の探索がホームページ上で容易に行える「研究者探索システム」を作成しました。

この研究者探索システムは、各分野のキーワードを選択するだけで研究者の研究内容や技術内容、特許関連情報を見ることができ、企業等の方が知りたいと思われる技術内容について相談する研究者を、簡単に検索することができます。多くの企業の方々に、姫路工業大学の研究者及び研究内容を知っていたり、研究者に技術相談や研究相談を持ちかけていただく契機になることを期待しています。

産学交流センター

URL <http://www.sangaku.cnth.himeji-tech.ac.jp>

お問い合わせは

姫路工業大学 産学交流センター

Tel.0792 67 4996

## SPring 8講習会 材料評価と放射光の利用

(財)高輝度光科学研究センターでは、SPring 8利用のヒントが得られるよう、物質科学におけるX線分析法と、放射光利用のメリットについて、材料研究によく用いられる分析法を取り上げ、その原理と放射光利用の成果について、わかりやすく解説する講習会を開催します。これからSPring 8の放射光を利用し、材料評価を行おうとする初心者を始め多くの方々の参加を期待しています。

開催案内

日時：平成12年10月24日(火)  
9:45～17:00

場所：千里ライフサイエンスセンター 5階  
サイエンスホール

定員：100名(聴講料:無料)

申し込み方法：所定の申込用紙でFAX又はE-mailで10月17日(火)までにお申し込みください。

お問い合わせは

(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部

Tel.0791 58 0961 Fax.0791 58 0965

E-mail [toshimi@spring8.or.jp](mailto:toshimi@spring8.or.jp)

## 西播磨テクノポリス地域が 新事業創出促進法を適用

「高度技術工業集積地域開発促進法(テクノ法)」が平成11年2月に廃止され、かわって、テクノ法の趣旨を継承しつつ、創業者に対する直接支援、中小企業者の新技術を利用した事業活動の支援、地域産業支援を活用した事業環境の整備を図ることで新たな事業の創出を促し、活力ある経済社会を構築していくことを目的とした「新事業創出促進法」が施行されました。

兵庫県企業庁は、この新法の施行に伴い、「第3期西播磨テクノポリス開発計画」にかわり新法に基づく「西播磨テクノポリス地域高度技術産業集積活性化計画」を国へ申請し、この度同意を得ました。

今後、本計画の対象地域においてはこの新法の適用を受け、立地企業に対する税制上の優遇措置や低利融資、地域振興整備公団による賃貸型工場等の整備、産業基盤整備基金の債務保証、中小企業信用保険法の特例などの支援策が講じられます。

## 第4回播磨国際フォーラム兼 第16回ひょうご科学技術 トピックスセミナー

世界最先端の科学技術者が徹底した討論を行い、新たな研究領域を生み出すことを目的とした「第4回播磨国際フォーラム」が、11月1日(水)～4日(土)に兵庫県、JASRIなどの主催で播磨科学公園都市内において開催されます。最終日には一般の県民の方々などを対象に、「科学における出会いと伝承 細胞同士の対話の仕組み」と題し、生命科学分野の研究者による講演会が開催されます。

開催案内

日時：平成12年11月4日(土)  
13:45～15:15

場所：県立先端科学技術支援センター大ホール  
講演者：西塚 泰美(神戸大学学長)

定員：250名(参加料:無料)

申し込み方法：所定の申込用紙で事務局までお申し込みください。

お問い合わせは

(財)ひょうご科学技術協会 事業課

Tel.0791 58 1400



## 千川所長が 日本学士院賞を受賞

今年6月12日に兵庫県立先端科学技術支援センター所長 千川純一先生が「シリコン結晶の完全性」の研究業績により、日本学士院賞を受賞されました。

千川所長は、昭和28年に京都大学理学部物理学科を卒業、昭和35年に京都大学大学院を修了し、日本放送協会(NHK)に入社。翌年には理学博士号を取得され、その後、文部省高エネルギー物理学研究所教授、放射光実験施設長、姫路工業大学理学部物理科学科教授を経て、現在県立先端科学技術支援センター所長に就任されています。

NHK放送技術研究所に勤務時代から一貫して、半導体結晶と1/4ワケシリコン単結晶中の格子欠陥が結晶成長中に如何に発生し、移動し、消滅するかについてX線トポグラフィ法を駆使しながら詳細に評価し、半導体結晶における結晶完全性について多くの業績を挙げられました。この分野は、結晶成長の観点と、また応用物理の立場との両方で興味のもたれる課題であり、学術的意義ばかりでなく今日の我が国半導体産業の発展にも大きく貢献されています。

企業の新たな発展がここから始まる

研究開発型企業の集積を図るため、第1工区では、36区画・約79haの産業用地を整備しています。

### 研究開発産業用地

世界最大の大型放射光施設SPRING-8にもっとも近いベストポジションに、19区画・約42haを整備。

現在、県立粒子線治療センター(仮称)が平成12年度末完成に向けて建設が進められています。

また、A19区画については、1,000m<sup>2</sup>程度に小区分化した分譲を行っており、平成11年4月に石川島興業(株)が立地、(株)帝国電機製作所の進出も決定しております。

### 一般産業用地

周辺地域との調和を図り緑地を十分取り込んだ、17区画・約37haを研究所、研修所等の用地として整備。

住友電気工業(株)播磨研究所、日本電気(株)NEC播磨テクノセンター、ダイセル化学工業(株)西播磨研修センター、凸版印刷(株)播磨テクノセンターが操業を開始しており、松下電器産業(株)の進出が決定しております。

### 産業用地について

価格 1平方メートルあたり4~5万円。

用途地域 研究開発産業用地:準工業地域(A-19は工業地域)

一般産業用地:工業地域

優遇措置 税制上の優遇措置の他、兵庫県及び地元町の優遇制度があります。

お問い合わせは

兵庫県企業庁地域整備第1局科学公園都市整備課 Tel.078 362 4326

播磨科学公園都市 URL <http://web.pref.hyogo.jp/harima/index.html>



研究開発産業用地



一般産業用地

## 播磨科学公園都市

21世紀の科学技術の発展を支える国際的な都市を目指して「人と自然と科学が調和する高次元機能都市」をトータルコンセプトとし、新宮町、上郡町、三日月町にまたがる西播磨丘陵を舞台に、学術研究機能、優れた先端産業、快適な住居環境、余暇、文化などの機能を高次元に備えた「国際的な科学公園都市」の形成を目標としています。



SPring 8( JASRI提供)



ニュースパル



県立粒子線治療センター(仮称)建設中



県立先端科学技術支援センター



姫路工業大学理学部



◆ 播磨科学公園都市ニュース「燦・KIRAMEKI」VOL.40  
発行2000年8月 編集発行 / 兵庫県・財団法人ひょうご科学技術協会

### 当ニュースに関するお問い合わせ

兵庫県産業労働部商工労働局新産業創造課立地推進係  
〒650-8567 神戸市中央区下山手通5丁目10-1  
TEL(078)362-4154 FAX(078)362-4273

財団法人ひょうご科学技術協会  
〒678-1205 赤穂郡上郡町光都3丁目1-1(県立先端科学技術支援センター内)  
TEL.(0791)58-1400 FAX(0791)58-1405  
<http://www.cast.gr.jp/hyogosta/index.html>