

# SPring-8

INFORMATION  
[利用者情報]

Vol.9 No.2 2004.3



## SPring-8 Information

### 目次 CONTENTS

所長の目線 Director's Eye	(財)高輝度光科学研究センター 副理事長、放射光研究所長 Director General of Synchrotron Radiation Research Laboratory, Vice President of JASRI	吉良 爽 KIRA Akira	80
1. SPring-8の現状 / PRESENT STATUS OF SPring-8			
2004A利用研究課題選定委員会を終えて Report of the Proposal Review Committee on the 13th Public Research Term 2004A	東京工業大学 応用セラミックス研究所 Materials and Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology	佐々木 聡 SASAKI Satoshi	82
「長期利用2000B採択課題事後評価」について Evaluation of 2000B Long-term Proposals	(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 User Administration Division, JASRI		85
生体超分子複合体構造解析ビームライン (BL44XU) の中間評価について Interim Evaluation of Macromolecular Assemblies Beamline (BL44XU)	(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 User Administration Division, JASRI		89
SPring-8運転・利用状況 SPring-8 Operational News	(財)高輝度光科学研究センター 所長室 計画調整グループ Planning and Coordination Section, Director's Office, JASRI		90
論文発表の現状 Publications Resulting from Experiments at SPring-8	(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 User Administration Division, JASRI		92
2. ビームライン / BEAMLINES			
理研物理科学 ビームライン (BL17SU) の現状 ~ 軟X線輸送チャンネルの建設現場から ~ Current Status of RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy Beamline (BL17SU)	(財)高輝度光科学研究センター ビームライン・技術部門 Beamline Division, JASRI 仙波 泰徳 岸本 輝 SENBA Yasunori KISHIMOTO Hikaru 竹下 邦和 TAKESHITA Kunikazu	大橋 治彦 OHASHI Haruhiko 三浦 孝紀 MIURA Takanori 後藤 俊治 GOTO Shunji	94
理研構造ゲノムビームライン (BL26B1&B2) の自動化 Automation of RIKEN Structural Genomics Beamlines (BL26B1&B2)	(独)理化学研究所 播磨研究所、理学電機株式会社 X線研究所 Harima Institute, RIKEN / X-ray Research Laboratory, Rigaku Corporation (独)理化学研究所 播磨研究所 Harima Institute, RIKEN	上野 剛 UENO Go 山本 雅貴 YAMAMOTO Masaki	102
レーザー電子光とクオーク核物理 LEPS - BL33LEP - ペンタクオークへの道 Laser Electron Photons and Quark Nuclear Physics LEPS - BL33LEP - Pentaquark	(財)高輝度光科学研究センター、大阪大学名誉教授 JASRI / Professor Emeritus, Osaka University	江尻 宏泰 EJIRI Hiroyasu	107
3. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH			
光合成電子伝達で働く巨大分子複合体チトクロム $b_6f$ の立体構造 Crystal Structure of Cytochrome $b_6f$ Complex of Oxygenic Photosynthesis	大阪大学 蛋白質研究所 Institute for Protein Research, Osaka University	栗栖 源嗣 KURISU Genji	114
SPring-8の科学捜査への応用 Application of SPring-8 X-rays to Forensic Samples	前兵庫県警察本部 科学捜査研究所長 Former Director, Forensic Science Laboratory, Hyogo Prefectural Police Headquarters	二宮 利男 NINOMIYA Toshio	119

#### 4. 研究会等報告 / WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

RIKEN/BBSRC合同シンポジウム：日英合同膜タンパク質の構造生物学  
 - ハイスループット膜タンパク質結晶構造解析をめざして -  
 RIKEN/BBSRC Joint Symposium : Japan-UK Membrane Protein Structure Biology  
 - Towards High-throughput Membrane Protein Crystallography and Related Technology -  
 (独)理化学研究所 播磨研究所  
 Harima Institute, RIKEN

吾郷 日出夫  
 AGO Hideo  
 宮野 雅司  
 MIYANO Masashi ..... 129

JAERI国際ワークショップ“X線散乱と電子構造”報告  
 JAERI International Workshop on “X-Ray Scattering and Electronic Structure”  
 日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
 Synchrotron Radiation Research Center, Kansai Research Establishment, JAERI

五十嵐 潤一  
 IGARASHI Jun-ichi ..... 132

SPring-8サブグループ合同ワークショップ  
 「X線非弾性散乱を用いた物性研究」報告  
 Joint Workshop by SPring-8 Beamlines and Research Subgroups ;  
 “X-ray Inelastic Scattering and Materials Science”

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
 Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
 (財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
 Materials Science Division, JASRI

岩住 俊明  
 IWAZUMI Toshiaki  
 櫻井 吉晴  
 SAKURAI Yoshiharu ..... 135

第17回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム報告  
 Report of the Joint Symposium on the 17th Annual Meeting of Japan Synchrotron  
 Radiation Society and Synchrotron Radiation Science  
 (財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
 Materials Science Division, JASRI

高田 昌樹  
 TAKATA Masaki ..... 137

第3回CCLRC-JASRIシンポジウム  
 The Third CCLRC-JASRI Symposium

(財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
 Life and Environmental Science Division, JASRI

八木 直人  
 YAGI Naoto ..... 139

理研シンポジウム 構造生物学 ( )  
 RIKEN Structural Biology Symposium at SPring-8

(独)理化学研究所 播磨研究所  
 Harima Institute, RIKEN

堀 哲哉  
 HORI Tetsuya  
 宮野 雅司  
 MIYANO Masashi ..... 141

#### 5. 談話室・ユーザー便り / OPEN HOUSE・A LETTER FROM SPring-8 USERS

あはれなる野磨駅家を訪ねて～上郡町・落地飯坂遺跡～  
 Orochi-iizaka Ruins in Kamigori

(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部  
 User Administration Division, JASRI

船曳 篤子  
 FUNABIKI Atsuko ..... 145

兵庫県立大学大学院物質理学研究科教員公募  
 Recruitment of Research Associate, University of Hyogo

..... 149

「SPring-8利用者情報」送付先登録票  
 Registration Form for the Issue of “SPring-8 Information”

..... 151

#### 6. 播磨科学公園都市ガイドブック / HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY

SPring-8各部門の配置と連絡先  
 SPring-8 Campus Guide and Contact Numbers

..... 152

SPring-8へのアクセス  
 Access Guide to SPring-8

..... 155

播磨科学公園都市マップ  
 Harima Science Garden City Map

..... 160

宿泊施設  
 Hotels and Inns

..... 161

レストラン・食堂  
 Restaurants

..... 163

# 所長の目録

財団法人高輝度光科学研究センター  
副理事長 放射光研究所長 吉良 爽

SPring-8の利用に対する課金の議論が起きていることは前にも触れたが、これが意外に早く進展して、平成18年の予算の議論までに何らかの結論を出さなければならない状況になった。この件は3月の諮問委員会の議題にも上がり、諮問委員会は外部有識者を加えた検討小委員会を設置することを決めた。利用者の意見は諮問委員会の結論の中に反映されると考えている。現在、成果非占有利用に対して課金していないのは、航空電子審議会（旧科学技術庁の諮問機関）の第20号答申と呼ばれるものに準拠しているので、まず、国のしかるべき審議会によるこの答申の見直しが必要である。これは、国の科学技術政策の問題なのである。SPring-8で課金が行われると、それはいずれ日本中の施設に波及し、さらには海外にまで影響を及ぼす。そのくらい重要な大きな問題である。JASRIや理研、原研では課金に関していろいろ事務的な検討が行われているが、これは課金が行われる場合に備えて行っているのであるから、その一部を漏れ聞いて早まった判断をしないようお願いしておきたい。

放射光施設に関して言えば、第3世代の大型施設であるAPSとESRFは、成果非占有の利用に対しては課金していない。但し、ESRFには、技術支援を必要とする人々のために、何段階かの有料支援サービス制度がある。米国の場合、政府レベルでこの50年間幾度となく課金の話が出たそうであるが、DOE（Department of Energy）がことごとく跳ね返してきたとのことである。それを踏まえて、DOEの高官は日本も絶対課金すべきではない、との強い意見を表明している。英国では、CLRCがビーム利用にチケット制度という有料化を行い失敗しているが、これは、課金そのものより、チケット制度という方法の失敗であるという印象を私は持っている。DOEの場合も、反対の具体的な理由として、集金に伴う諸々の煩雑さを強くあげている。

これらの先例は、課金の実行には難しい問題があり、実行の形を考えずに課金だけを決めるとうまく行かないことを示しているように思われる。

原研、理研の独立法人化によってJASRIの資金に大きな影響が出る可能性がある。以前、特殊法人の予算一律削減の折、JASRIの資金にも影響が及んで、その結果、タンパク3000の資金で運転費の一部をまかなうことになった。これなどは、従来の利用者社会の常識では考えられないような事であるが、ビームを止めないために、役所、原研、理研などの好意と努力によって出来たことであった。今回の課金に関して、水の下では、このような行政的な好意的な動きの要素がないわけではない。しかし今回は、それはそれとして、大局的な視点を見失ってはいけないと思う。しかるべき審議に基づいて国が明確な施策を打ち出したら、私はそれに従う。その方針が課金であれば、私はその推進に必要な事をする。利用者の方々には、賛成、反対を叫ぶ前に、国に対して、きちんとした議論をして明確な方針を打ち出すことを要請して頂きたいと思う。

どのような場所でこの政策に関する議論や審議が行われるかは明確でないが、その場所に利用者の意見を反映させることが重要になってくる。政策の問題になると、行政は施設の意見よりも利用者の意見に耳を傾けるので、これからが放射光コミュニティーの出番である。SPring-8のコミュニティーは当初は加速器が中心であったが、今は利用中心に移行している。行政の認識もそうである。加速器コミュニティーは、大規模予算を必要とする宿命から、組織作りや社会、行政に対する発言もしかるべく行ってきた。これに比べると利用者は、分野が多岐にわたるため、全体としてのまとまりが今一つ不足していて、強い力となっていない。したがって、現状のままでは、加速器ほどの強さがない。これを短い間に

束ねて、政策決定に影響を与えるような意見を発信したり、場合によっては委員を送り込むことが必要であろう。

現在、SPring-8では、成果占有の場合だけ、ビーム代を徴収している。しかし、純粹のビーム代以外にも、施設利用には費用がかかっているのである。その分くらいは利用者が負担しても良いのではないか、という議論がある。これならば、国の科学技術政策などと大上段に振りかぶる必要はなさそうである。課金の導入の根拠としては、競争資金が潤沢になった、とか、業績によって利用者は利益を得ている、という理由が挙げられている。しかしもともとは、政治家や政府高官がSPring-8を視察して、いたく感心したついでに、こんな素晴らしいものを全く無料で使わせているのか、というところから出てきたと私は感じている。これが、政治、行政あるいは一般社会の感覚ならば、それに対しては、上に述べた付随的な費用だけでも負担するというような対応も考えられると思う。

課金について、情勢が流動的な今ここに書くのは正直なところ迷いがある。しかし、情報を出来るだけ共有した方が良く信じて、不備を承知で書いてみた。私自身の考えも十分にまとまっていないところが多く、大事なことについて語っているのに、いつもほど旗色鮮明でないことを恥ずかしく思う。

組織変更により、4月から研究所長という身分はなくなる。したがって、「所長の目線」というのはこれが最後である。もっと堅い巻頭言的なものであるべきだったという気もするが、このスタイルであったから私が何とか書き続けることが出来たというのが正直な感想である。来年度、この欄がどうなるかについては何も知らない。これまでこの欄を読んで下さった方々に感謝して一応の終りとさせて頂く。



## 2004A利用研究課題選定委員会を終えて

利用研究課題選定委員会  
主査 佐々木 聡

## 1. はじめに

SPring-8が大きな魅力を持っていることについては、誰もが認めることです。しかし、特殊法人改革や予算削減のあおりを受け、順風満帆で船出した施設の雲行きがだんだん怪しくなっています。一般利用研究課題に対する旅費支援がなくなっただけでは済みそうにもありません。社会から教育研究環境のいっそうの改革を求められるといった厳しい状況に直面しています。このような中で、利用研究全体のアクティビティーを低下させないためには、課題選定の任務がますます重要になってきていると痛感しています。今、課題選定委員会に求められているものは、公平で厳正な選定であることは当然ですが、社会の多様な価値観を持つ人々に対して、実際の課題選定が多様な人々の評価に耐えうる選定基準で実施されている、と充分説明できることです。

昨秋のSPring-8シンポジウムにおいて、ユーザーの方から課題選定基準に大きな変更が生じたときには周知徹底して欲しいとの要望が出されました。利用課題選定の公平性を確保することは特に重要であり、「特定放射光施設の共用の促進に関する基本的な方針」と題する平成6年の総理府告示第29号で、利用研究課題選定委員会の親委員会である諮問委員会の重要な役割であると述べられています。そのため、諮問委員会の運営要領には、課題選定の審査基準が細かく規定されています。したがって、選定基準に重要な変更が生じる場合には、広く皆様の意見をお聞きした上で、諮問委員会で審議されるはずで、今までのところ、選定基準を変えるという審議は諮問委員会で行われていませんが、研究成果や論文発表などのアクティビティーを見ながら課題審査をするのが重要である、と強く示唆されています。

このような意見を受けて、課題選定委員会では成果の扱いに関する議論を始めております。選定基準を変更するような大規模な改革を検討する前に、審査に「成果という因子」を加味する運用を考え、合

意が得られたところから順次取り入れたいと思っています。あまりにも極端な事例に対しては、すでに施設側から審査に加味するよう依頼されており、課題選定委員会でどのようなことを議論しているかですが、例えば、(1)採択するかどうかの微妙なボーダーラインに申請課題が集中したときには、成果公表の積極さ(発表論文数など)で判断する。(2)チームタイム利用時間に比べ、充分以上の論文を公表している申請者については、積極的に優遇する。その優遇策はまだ検討中ですが、「よほどひどい課題申請をしない限り、ずっと実験が継続できる」ようなシステムを作ることも大切だと思っています。(3)逆に、たくさんのシフト数を使っているのに、公表論文がほとんどない申請については、冷遇されそうです。この場合の対応が一番難しく、立ち上げ、経過時間など諸々の要因を定式化して吟味することが必要となります。

課題選定委員会では、課題申請の方法の見直しや改善についても努力しています。一般利用課題の枠内であっても、1年単位で利用研究がおこなえるチームラインを次回の募集から増やします。現在、BL02B1で試行されている1年課題を、少し方式を変えた上で、BL04B1(D2分科)、BL10XU(D2分科)、BL27SU(S分科)にも拡大します。すべてが1年課題となるのが適切とは思えませんので、これらのチームラインでは1年課題も受け付ける、という風にお考えください。1年課題の申請受付は、今までの試行と同様、B期開始分のみです。また、1年課題の申請は、当該チームラインの括弧内の分科に対して申請された場合のみ有効です。また、1年課題として申請されても、課題選定委員会の判断で、通常の半年課題に変更することもあります。今まで試行を行っていたBL02B1(D1分科)でも、以上の新方式を適用した上で、1年課題を受け付けることを継続します。

専門委員制(レフェリー制)導入の貴重な経験を

経て、レフェリー評価点の規格化や責任分科の設定などがうまく機能するようになり、課題選定の公平性が更に高まってきたと思います。また新しいところでは、重点産業利用（トライアルユース）、重点ナノテクノロジー支援、重点タンパク500という3分野の重点研究課題が2003B期から立ち上がっています。この重点研究課題と一般研究課題とのシフト配分についても、定式化できるようになってきています。一般共用ビームラインで一般利用研究課題が占める割合は、今回も50%を切らない状態で、課題選定を終えることができました。また、従来どおり、選定課題のシフト充足率を満足すること、平和目的であること、挑戦的な課題に十分な配慮をすることを念頭に、選定作業を進めました。

## 2. 今期の課題募集と審査

今回、13回目の課題選定を行いました。対象期間は、2004年第2サイクルから第5サイクルまでで、平成16年2月から7月までが対応しています。今期の放射光利用時間は264シフト（1シフトは8時間）となり、このうち共同利用には、共用ビームライン1本あたり210シフトの配分となっています。今回の募集で対象となるビームラインは総計で34本です。その内訳は、共用ビームライン25本（R & Dビームライン3本を含む）とその他のビームライン9本（原研ビームライン4本、理研ビームライン4本、及び物質・材料研究機構ビームライン1本）です。今回の課題選定結果については、利用者情報誌の前号（SPring-8利用者情報、Vol.9, No.1（2004）2-19）に詳しい統計が掲載されていますので、そちらを参照ください。

今回の公募では、一般利用研究課題529件と重点研究課題243件の総計772件の課題応募がありました。レフェリー制のもとでの事前評価に引き続き、12月11日、12日の2日間で一般課題分科会による最終審査を行いました。その結果を受けて、12月12日の第32回利用研究課題選定委員会で、387件の一般利用研究課題（採択率73%）と208件の重点研究課題（採択率86%）を合わせた595件（採択率77%）の課題を採択し、合計4,353シフトの配分が行われました。研究分野別では、生命科学247件（重点タンパク500の採択数138件を含む）、散乱・回折169件、分光57件、XAFS 52件、産業利用46件、実験技術24件が採択されています。重点タンパク500関係の課題については、234シフトのシフト枠の確定のみ

を行い、個別の課題への割り振りはこれから行います。そのため前述の配分シフト数の合計には含まれていません。また、重点ナノテクノロジー支援で選定されなかった22課題については、上の統計では重点研究課題に入っていますが、一般利用研究課題の枠内に再度組み入れられて、一般課題として審査が行われています。同様に、重点トライアルユース課題で選定されなかった13課題も、一般利用研究課題として再審査されています。

ここ数年間の選定課題数の推移を、連続する2回の公募を足し合わせ1年単位で集計したもので見てみます。括弧内は応募課題数です。

平成11年9月～平成12年6月には572件（855件）、平成12年10月～平成13年6月には789件（1,084件）、平成13年9月～平成14年7月には977件（1,262件）、平成14年9月～平成15年7月には1,035件（1,484件）、平成15年9月～平成16年7月には1,216件（1,710件）であり、応募課題の増加率は27%、6%、18%、15%です。

採択課題が多かったビームラインは、BL02B2（粉末結晶構造解析）34件、BL40B2（構造生物学）33件、BL01B1（XAFS）28件、BL41XU（構造生物学）26件で、1課題あたりの配分シフト数は4から7シフト程度です。選定された課題での平均シフト数は9.5です。課題選定委員会では、シフト充足率（採択課題の要求シフト数と配分シフト数の比率）をできるだけ高くするよう努めています。理想的な配分シフト数とは、ビームライン担当者が見積もった推奨シフト数であると考えています。今回の平均シフト充足率は87%となり、前回の83%よりやや高くなっています。応募課題数が多くて採択率が低かったビームラインは、BL08W（高エネルギー非弾性散乱、採択率53%）とBL25SU（軟X線固体分光、採択率59%）です。また、応募課題数が多くてシフト充足率が低かったビームラインは、BL40B2（構造生物学、充足率63%）とBL02B2（粉末結晶構造解析、充足率67%）です。

重点ナノテクノロジー支援課題は、応募課題数72件に対し50件が採択されました（採択率69%）。重点トライアルユース課題は、応募課題数33件に対し20件が採択されました（採択率61%）。また、今回採択された234シフトの重点タンパク500課題は、実施1ヶ月前までにシフト配分が確定します。

## 3. 長期利用課題について

長期利用研究制度は、ビームタイムを集中的・計

画的に利用することで顕著な成果が期待できる課題に対し、最大3年間の長期利用を可能にするシステムです。一般利用研究課題の枠内にあり、選定されますと、ビームタイム配分枠の20%までを限度に優先的に利用できることになっています。今回の公募で3件の応募があり、外部の専門家を含む長期利用分科会での書類審査、11月12日の面接審査の結果、そのうち1件が採択されました。

今回選定された課題は、「飛翔体搭載用硬X線結像光学系システムの性能評価実験」(2004A0009-LM-np、小賀坂 康志、名古屋大学、BL20B2、3年間、144シフト)で、2004A期には24シフトの配分となっています。X線天文学で必要とされる結像光学系の性能評価を、SPring-8の良質な硬X線を用いて行おうとするものです。審査では、全体のプロジェクトの中での光学系性能評価の重要性や10 keV以上のX線による大規模実験でのSPring-8の必要性が評価されました。背後にある宇宙関連の大きなプロジェクトを考慮しますと、長期的には宇宙関連機関との間の研究協力協定の締結が望ましく、施設に対し検討を開始するよう提案しました。

現在有効な長期利用課題は、2001B採択菅課題 (BL25SU、42シフト)、2002A採択小泉課題 (BL08W、42シフト)、2002B採択守友課題 (BL02B2、15シフト; BL40XU、27シフト)、2003A採択巽課題 (BL10XU、42シフト)、2003B採択Cramer課題 (BL09XU、21シフト)、2003B採択村上課題 (BL41XU、15シフト)と今回採択された1課題です。

2000B期に開始した長期利用課題である瀬戸課題 (BL09XU)、田村課題 (BL04B1、BL28B2、BL04B2、BL35XU)、早川課題 (BL39XU、BL37XU)は、2003A期での実験をもって終了しました。11月12日に開催されたSPring-8シンポジウムで、ユーザーに公開された形での成果発表と質疑応答が行われました。それに引き続き、事後評価委員会による評価が別室で行われました。評価結果は、諮問委員会の了承を得た上で公表されます。また、上記3課題で得られた成果については、課題責任者による解説記事が利用者情報誌に掲載されることになっています。

#### 4. おわりに

課題選定という仕事は、健全な価値体系のもとで初めて成り立つものです。今、色々なところで言わ

れている価値体系の崩壊は、なにも若年層に限ったものではありません。むしろ、その若年層を育てている1、2世代前の人々がキーになっていると思える場合に遭遇します。成果を課題審査に含める議論でも、価値体系の崩壊と無関係ではられません。「学術の動向」の最新号で郷さんが、好奇心から知りたいと思う「知」と知識を役立たせる「用」のバランスが、今の日本に欠けていることを憂いてみえます。ヨーロッパと違い、「知」と「用」の学術の交流がほとんどなかった歴史的背景から、この種の融合を日本は不得意としているようです。そのような中でもSPring-8には、「知」の学問からも「用」の学問からも、容赦ないラプコールがあります。更に、技術開発競争で余裕がなくなった現在の日本では、「用」の価値観のみが強く主張されるようになってきています。その結果として、世に役立つ成果を早く見せるようにという要求がSPring-8にもどんどん押し寄せて来ます。こんな時こそ、課題選定委員会の力量が試されています。

もう一つ、こんな話を新聞で読みました。働きアリの世界にも働かないアリが必ず何%かいるそうです。生命の不思議なところでしょうか、その落ちこぼれが、危機や次の時代への変化に備えているそうです。したがって、その数が小さいときには、社会の崩壊だとか言って、あまり大騒ぎをすることはないのかもしれませんが。その限界はどこでしょうか。また、成果という視点でこのアリを見ますと、落ちこぼれアリは、1年に何十編もの論文を書く人でしょうか、それとも膨大なビームタイムを使っても1編の論文も書かない人でしょうか。声の大きい前者の場合だっておりそうです。いずれにしても、大多数のSPring-8のユーザーは、コツコツと実験をして、コツコツと解析をして、何とか論文にまとめているのが現状です。論文が世に出るまで、どの程度の余裕をもって待てるかが、アリの習性からの脱却です。「知」と「用」との交流だと思っています。ただし、思っていることと出来ることとのギャップがどんどん大きくなっていることに、悩んでいる今日この頃です。

佐々木 駿 SASAKI Satoshi

東京工業大学・応用セラミックス研究所

〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

TEL : 045-924-5308 FAX : 045-924-5339

e-mail : sasaki@n.cc.titech.ac.jp



## 「長期利用2000B採択課題事後評価」について

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用業務部

2000B期（平成12年9月～平成13年1月）から開始した特定利用課題は、2003B期（平成15年9月～平成16年2月）から重点研究課題を導入するのに合わせて長期利用課題と改称し実施しています。2000B期に特定利用課題として採択した3課題は2003A期に終了しましたので以下の通り事後評価を行いました。

今回の事後評価手順は、長期利用分科会委員に3名の有識者を加えた事後評価委員がSPring-8シンポジウム（平成15年11月12～14日）において発表された3件の特定利用課題の終了報告で審査を行い、利用研究課題選定委員会で評価結果を取りまとめて諮問委員会に報告しました。以下に評価対象の特定利用3課題の評価結果と成果リストを示します。各課題の研究内容については、各実験責任者が執筆して次号の「最近の研究から」に掲載される予定です。

(1) [課題名]: 核共鳴非弾性散乱による元素およびサイトを特定した局所振動状態密度の研究およびその測定法の開発

[実験責任者]: 瀬戸 誠 (京都大学)

[採択時の課題番号]: 2000B0019-LD-np

[実施BL / 総シフト数]: BL09XU計 216シフト

[評価]:

本課題は、核共鳴非弾性散乱実験を多くの核種で高効率に行うことを目指したもので、モノクロメーターと検出器の開発を通じて、物質中の局所的な振動状態密度を求め、その振動状態と物性の相関を明らかにすることを目的とした。

初期の長期利用（特定利用）課題では、測定システムの開発が重要である。その開発結果が、研究の成否ばかりか、ビームラインの性能を決めることになる。本課題では、測定システム開発に重点をおき、研究課題を遂行するに当たり、半ばパワーユーザー的な協力を行っている。多種の核共鳴素子に対し、液体窒素冷却型高分解能モノクロメーターを開発し、

強度の大幅な増強が得られたことは特筆に値する。更に、APD検出器の効率化を中心とした性能改善に取り組むことで、不純物まわりのフォノンの測定が可能になったことは意義深い。

以上のように、局所フォノン状態密度測定法を開発したという点で、技術的には十分に初期の目標を達成している。

一方、利用研究という視点で本課題をみたととき、混合原子価酸化物であるマグネタイトについて、サイトを特定したフォノン状態密度を初めて測定できたことは、高く評価できる。中性子では不可能な測定を行っており、種々の研究分野の人に注目されるであろう。その実験結果についても、第1原理バンド計算と比較することが可能になってきている。AサイトとBサイトにそれぞれ特有なフォノン状態密度の存在が、計算から定性的に理解でき、相転移との相関を研究する足掛かりができています。

このように、長期利用課題を有効活用することで、一般課題研究での利用が可能になり十分な成果が出るようになったことは高く評価できる。ただし、科学技術的波及効果という面では、十分に達成できているとはいいがたい。今後、この手法をどのような系に適用するのかという問題と共に、他のグループの研究者との共同研究を如何に発展させるかが問われている。本事後評価を新しいサイエンスの出発点と位置づけ、研究戦略を十分に練られることを切望する。

[成果リスト]:

(論文等)

- 1) 5651 R. Haruki, M. Seto, S. Kitao, Y. Kobayashi, Y. Yoda, T. Mitsui and Y. Maeda, "Nuclear Resonant Quasielastic Scattering from Fe Cations in Nafion Membranes: Effect of Dynamics in a Short Time Range", J. Phys. Soc. Jpn. **70** (2001) 445-448.
- 2) 4563 M. Seto, S. Kitao, Y. Kobayashi, R. Haruki, T.

Mitsui, Y. Yoda, X. W. Zhang, S. Kishimoto and Yu. Maeda, " Nuclear Resonant Inelastic and Forward Scattering of Synchrotron Radiation by  $^{40}\text{K}$  ", *Hyperfine Interact.* 141-142 (2002) 99-108.

- 3) 4567 M. Seto, " The Studies on Nuclear Resonant Scattering of Synchrotron Radiation by  $^{40}\text{K}$  ", *Structural Chemistry* 14 (2003) 121-128.
- 4) 5652 M. Seto, S. Kitao, Y. Kobayashi, R. Haruki, Y. Yoda, T. Mitsui and T. Ishikawa, " Site-Specific Phonon Density of States Discerned Using Electronic States ", *Phys Rev. Lett.* **91** (2003) 185505/1-185504/4.
- 5) M. Seto, J. Matsuno, A. Fujimori, T. Mitsui, Y. Kobayashi, S. Kitao, R. Haruki, S. Kawasaki and M. Takano, " Enhancement of Elastic Scattering with Magnetic Ordering in the Energy Spectra of Incoherent Nuclear Resonant Scattering ", submitted.
- 6) J. Matsuno, M. Seto, S. Kitao, Y. Kobayashi, and R. Haruki, T. Mitsui, A. Fujimori, Y. Takeda, S. Kawasaki and M. Takano, " Effects of charge disproportionation on the phonon density of states in Fe perovskites ", submitted.

( プロシーディングス・解説等 )

- 1) 4565 瀬戸誠, " 核共鳴散乱による物性研究 ", *日本結晶学会誌*, 43, 2001, 405-412.
- 2) 5648 瀬戸誠、北尾真司、小林康浩、春木理恵、依田芳卓、三井隆也、張小威、前田豊、" 放射性同位元素 $^{40}\text{K}$ の放射光核共鳴励起 " 京都大学原子炉実験所「放射線と原子核をプローブとした物性研究の新展開」専門研究会報告(II), KURRI-KR-60 (2001) 67-70.
- 3) 5650 R. Haruki, M. Seto, S. Kitao, Y. Kobayashi, Y. Yoda, T. Mitsui and Yu. Maeda, " Dynamics of Fe Cations in an  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Solution by Nuclear Resonant Quasielastic Scattering ", *Hyperfine Interact. (C)* 5 (2002) 139-142.
- 4) 5649 春木理恵、瀬戸誠、北尾真司、小林康浩、三井隆也、依田芳卓、前田豊、" 核共鳴準弾性・非弾性散乱を用いた溶液中の鉄イオンのダイナミクス ", 京都大学原子炉実験所「放射線と原子核をプローブとした物性研究の新展開」専門研究会報告(III),

KURRI-KR-74 (2002) 166-168.

(2) [ 課題名 ]: 硬X線マイクロビームを用いる顕微分光法の開発

[ 実験責任者 ]: 早川 慎二郎 ( 広島大学 )

[ 採択時の課題番号 ]: 2000B0029-LM-np

[ 実施BL / 総シフト数 ]: BL39XU 計117シフト

( 2000B ~ 2002A )

BL37XU 計 72シフト

( 2002B ~ 2003A )

[ 評価 ]:

本課題は、微量元素の定量的イメージング、マイクロXAFS法の開発、微小高分解能蛍光X線分析、偏光顕微鏡の開発などに取り組むことで、硬X線領域での顕微分光を実現することを目的とした。

コミュニティの要望であった顕微測定法の開発という点では、1ミクロンにビームを絞り、かつ10の11乗という強度を20keVまでのX線に対して得るという初期の目標を達成し、ビームライン整備や開発を非常に誠実に進められた点を高く評価する。特に、KBミラーを使ったマイクロビームシステムとしては、状態分析も可能であり、実用のレベルに達している。マイクロXAFSも実用化できたことは評価される。ソフトウェア開発をはじめ、装置の立ち上がり状況が非常によいため、この先の応用範囲が広がるとおおいに期待できる。特に、エアロゾル粒子や細胞レベルでの個々の分析が行えるようになったことは、さまざまな分野での応用といった波及効果がみられるであろう。

当初予定していたX線円偏光顕微鏡の開発については、まだ充分ではないが、偏光利用をのぞくと、目標を完全に達成しており、その科学技術的価値は高く、広範な波及効果を十分に期待できる。ビーム形成に加えて応用を進めて欲しいとする中間評価の要求には、生命科学への応用展開など最低限では答えている。ただし、広い応用が期待される測定法であることを考えると、もっとと考えるのが自然である。

以上のように本研究課題は、総合的に高く評価できる。今後は、利用に重点を置いた更なる展開(産学利用も含めて)を期待する。

[ 成果リスト ]:

( 論文等 )

- 1) 526 S. Hayakawa, N. Ikuta, M. Suzuki, M. Wakatsuki and T. Hirokawa, " Generation of

an x-ray microbeam for spectromicroscopy at SPring-8 BL39XU "J. Synchrotron Rad. 8,328-330 (2001)

- 2) 1160 S. Hayakawa, M. Suzuki, M. Oshima and T. Hirokawa, "Development of a compact beam intensity monitor for micro x-ray absorption fine structure measurements" Nucl. Instrum. Meth. A 467-468, 901-904 (2001)
- 3) 2117 S. Hayakawa, S. Tohno, K. Takagawa, A. Hamamoto, Y. Nishida, M. Suzuki, Y. Sato, and T. HIROKAWA, "Ultra Trace Characterization Using an X-ray Microprobe at SPring-8 BL39XU" Anal. Sci., 17s, i115-117 (2001)
- 4) 5371 Y. Sato, S. Hayakawa, Y. Nishida, A. Hamamoto, M. Suzuki and T. Hirokawa, "Development of a Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer Using an X-ray CCD" Anal. Sci. 17s, i1201-1203 (2001)
- 5) 3715 S. Tohno, S. Hayakawa, A. Nakamura, A. Hamamoto, M. Suzuki, T. Hirokawa, Y. Satoh, Y. Nishida and M. Kasahara, "Single particle analysis of fixed fog droplets using SR x-ray microprobe system" J. Aerosol Sci., 32s, S873-874 (2001)
- 6) 3742 S. Hayakawa, M. Suzuki, T. Hirokawa, "微小ビーム強度モニターの開発とマイクロビームX線分析への応用、X線分析の進歩"

(プロシーディングス・解説等)

- 1) 5370 S. Hayakawa, S. Tohno, A. Hamamoto, M. Suzuki and T. Hirokawa, "Characterization of individual aerosol particles using an X-ray microprobe" J. Phys. IV France 104, 309 (2003)
- 2) 5372 S. Hayakawa, F. Nishiyama, S. Murao and T. Hirokawa, "Synchrotron radiation x-ray microanalysis of trace mercury" "Small-scale mining in Asia" eds. S. Murao, V. B. Maglambayan and N. de la Cruz, ISBN:0 953733637, (AIST, 2000).

(3) [課題名]: 超臨界金属流体の静的・動的構造の解明

[実験責任者]: 田村 剛三郎 (京都大学)

[採択時の課題番号]:

2000B0020-LD-np (BL04B1, BL28B2)

2000B0583-LD-np (BL04B2)

2001B3607-LD-np (BL35XU)

[実施BL / 総シフト数]:

BL04B1 計 72シフト (2000B ~ 2001B)

BL28B2 計 72シフト (2002A ~ 2003A)

BL04B2 計174シフト (2000B ~ 2003A)

BL35XU 計144シフト (2001B ~ 2003A)

計462シフト

[評価]:

本課題は、水銀やセレン、アルカリ金属などの超臨界金属流体について、X線回折や小角散乱により密度揺らぎなどの静的構造を、さらにX線非弾性散乱の測定から超臨界領域での動的構造を、解明することを目的とした。

この種の研究は、実験が大変難しいのに比べ、得られる情報が少なく、さらに実空間で構造を鮮明に理解するにはバリアーがあるという特殊事情がある。確かに困難を伴う実験であり多くの時間を必要としたが、確実に実験精度は上っており、水銀やルビジウムについては着実な成果を出している。高温高圧下での融体の測定方法や反応性試料の測定方法を開発できたことは評価に値する。特に大きなブレイクスルーは、アルカリ金属用モリブデン容器の開発に成功したことがあり、高く評価される。この成功により、他のアルカリ金属での超臨界金属流体の研究を、比較的容易に展開することが可能となった。

研究面では特に、超臨界水銀について、金属-非金属(絶縁体)転移のイメージを明らかにできたことは特筆すべきである。中間評価の時点に比べ、X線小角散乱やX線非弾性散乱の情報が加わり、超臨界金属流体の描像が総合的に理解できるようになってきている。原子分子の離散集散についての様相についても、液体金属領域でダイマーが形成することを示唆する結果が得られており注目に値する。

以上のように、本研究はSPring-8の高輝度X線を用いて初めて可能となった研究であり、液体・ガスの構造を議論することは、基礎科学として十分な価値が認められる。しかし残念なことに、非常に特殊な技術を必要としており、一般的な手法として波及させるには限界がある。すなわち、本課題の遂行が、申請者の技術力に強く依存していること、実験コストが高くつくこと、実存のセルで扱える物質が限られることなど、科学技術的波及効果を含め、今後の展開に問題をかかえていることを指摘する。また、精度の高い構造解析という観点から、どこまで目標を達成したか(物理的に何を明らかにできたか)の

明確な説明が欲しかった。

[ 成果リスト ]:

( 論文等 )

- 1) 5463 K.Tamura and M.Inui, " In situ X-ray Diffraction and XAFS Studies of Expanded Fluid Selenium Using Synchrotron Radiation " MRS Bulletin, 24 (1999) 26-31.
  - 2) 138 K.Tamura, M.Inui, I.Nakaso, Y.Oh'ishi, K.Funakoshi and W.Utsumi, " X-ray Diffraction Studies of Expanded Fluid Mercury Using Synchrotron Radiation at SPring-8 " Jpn.J.Appl.Phys., 38 (1999) 452-455.
  - 3) 1788 K.Tamura, M.Inui, I.Nakaso, Y.Oh'ishi, K.Funakoshi and W.Utsumi, " Structural studies of expanded fluid mercury using synchrotron radiation, " J.Non-Cryst.Solids, 250-252 (1999) 148-153.
  - 4) 5465 M.Inui, K.Tamura, I.Nakaso, Y.Oh'ishi, K.Funakoshi and W.Utsumi, " X-ray diffraction measurements for expanded fluid-Se using synchrotron radiation " J.Non-Cryst.Solids, 250-252 (1999) 519-524.
  - 5) 5466 K.Tamura, " Structural studies of fluid mercury using synchrotron radiation at SPring-8 " Proceedings of the symposium on the Progress in Liquid Physics (2), Wuhan, 2000, 89-96.
  - 6) 5475 X.Hong, M.Inui, K.Tamura, T.Matsuoka, D.Ishikawa and M.H.Kazi, " Structural studies on expanded fluid selenium up to the metallic region using synchrotron radiation, " J.Non-Cryst.Solids, 293-295 (2001) 446-452.
  - 7) 1280 K.Tamura and M.Inui, " Structural changes and the metal-non-metal transition in supercritical fluids " J.Phys.:Condens.Matter, 13 (2001) R337-R368.
  - 8) 3488 K.Tamura, M.Inui, K.Funakoshi and W.Utsumi, " X-ray diffraction technique in energy-dispersive mode at SPring-8 for fluids at high temperatures and high pressures " Nuclear Instruments and Methods Section A, 467-468 (2001) 1065-1068.
  - 9) 3110 K.Tamura, M.Inui, T.Matsusaka, D.Ishikawa, M.H.Kazi, X.Hong, M.Issiki and Y.Oh'ishi, " Small angle X-ray scattering measurements for supercritical fluid metals using synchrotron radiation " J. Non-Cryst. Solids, 312-314 (2002) 269-273.
  - 10) 3107 M.Inui, X.Hong, T.Matsusaka, D.Ishikawa, M.H.Kazi, K.Tamura, K.Funakoshi and W.Utsumi, " X-ray diffraction measurements for expanded fluid Se using synchrotron radiation up to dense vapor region " J. Non-Cryst. Solids, 312-314 (2002) 274-278.
  - 11) 3109 X.Hong, T.Matsusaka, M.Inui, D.Ishikawa, M.H.Kazi, K.Tamura, K.Funakoshi and W.Utsumi, " X-ray diffraction measurements for expanded fluid mercury using synchrotron radiation: from liquid to dense vapor " J. Non-Cryst. Solids, 312-314 (2002) 284-289.
  - 12) 3108 M.Inui and K.Tamura, " Structural studies of supercritical fluid metals using synchrotron radiation " J. Non-Cryst. Solids, 312-314 (2002) 247-255.
  - 13) 5395 M. Inui, X.Hong and K.Tamura, " Local structure of expanded fluid mercury using synchrotron radiation: From liquid to dense vapor " Mys. Rev. B 68 (2003) 094108 (1-9).
  - 14) 5133 M.Inui and K.Tamura, " Static and Dynamic structures of expanded fluid mercury " Z. Phys. Chem., 217 (2003) 1045-1063.
  - 15) 5467 K.Tamura M.Inui, K.Matsuda and D.Ishikawa, " Structural Studies of Expanded Fluid Metals Using Synchrotron Radiation " Trans MRS-J, to be published.
  - 16) 5468 K.Matsuda, K.Tamura, M.Katoh and M.Inui, " A molybdenum cell for x-ray diffraction measurements of fluid alkali metals at high temperatures and high pressures " Rev. Sci. Instrum., to be published.
  - 17) 5617 D.Ishikawa, M.Inui, K.Tamura, A.Q.R.Baron, S.Tutui, Y.Tanaka and T.Ishikawa, " Collective dynamics in dense Hg vapor " J.Phys.: Condens. Matter, submitted.
- ( プロシーディングス・解説等 )
- 1) 5470 田村剛三郎、乾雅祝, " SPring-8における超臨界金属流体の構造研究 - 膨張する水銀 - " 固体物理, 34 (1999) 199 - 207.
  - 2) 141 内海渉、船越賢一、浦川啓、入船徹男、田村剛三郎、乾雅祝、辻和彦、下村理、 " SPring-8高温構造物性ビームライン



- BL04B1”放射光、12(1999)17-23.
- 3) 5471 田村剛三郎、乾雅祝、“超臨界金属流体の構造研究 - 膨張する水銀 - ” SPring-8利用者情報、4(1999)38-42.
- 4) 5472 田村剛三郎、乾雅祝、船越賢一、内海渉、辻和彦、“高温ステーション (BL04B1) における金属流体の構造研究” 日本結晶学会誌、42(2000)33-40.
- 5) 5473 一色麻衣子、大石泰生、鈴谷賢太郎、尾関智二、田村剛三郎、乾雅祝、“高エネルギーX線回折ビームライン (BL04B2) の試験調整運転状況” SPring-8利用者情報、5(2000)94-99.
- 6) 5474 田村剛三郎 “放射光を用いた超臨界金属流体の構造研究” まてりあ、42(2003)372-376.
- 7) 松田和博、田村剛三郎、乾雅祝、“加藤昌弘試料容器および流体試料分析方法” 特許出願2003-315946, 2003年9月.

## 生体超分子複合体構造解析ビームライン (BL44XU) の 中間評価について

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用業務部

専用ビームラインは、設置者の利用目的に添った計画によりSPring-8に設置されたビームライン（以下BLと記します）で、現在9本稼働中です。専用BLの利用計画及び装置の仕様は、専用施設検討委員会における科学技術的な観点からの審査を経て、諮問委員会で承認されています。また、SPring-8のBLは設置可能な数が限定されていますので、専用BLの利用計画は10年間の期限を設けています。専用BLの使用開始後、財団による専用BLの据付工事承認日から5年を目安に専用施設検討委員会がその使用状況及び研究成果等の中間評価を行い、諮問委員会で承認することとしています。これを受けて、

専用BLの利用等の見直し（継続、変更、中止等）が行われます。これまで、第1回は兵庫県BL（BL24XU）、第2回は産業用専用BL（BL16XU及びBL16B2）について中間評価が行われました。

今回、第3回の専用BL中間評価として、設置後5年を経過した生体超分子複合体構造解析BL（据付工事承認日：平成10年8月25日）の中間評価が平成15年10月24日に行われました。評価結果は、今後の実施について「継続」となりました。今後、他の5本の専用BLについても、5年を経過すれば専用施設検討委員会が中間評価を行うこととしています。

- BL04B1”放射光、12(1999)17-23.
- 3) 5471 田村剛三郎、乾雅祝、“超臨界金属流体の構造研究 - 膨張する水銀 - ” SPring-8利用者情報、4(1999)38-42.
- 4) 5472 田村剛三郎、乾雅祝、船越賢一、内海渉、辻和彦、“高温ステーション (BL04B1) における金属流体の構造研究” 日本結晶学会誌、42(2000)33-40.
- 5) 5473 一色麻衣子、大石泰生、鈴谷賢太郎、尾関智二、田村剛三郎、乾雅祝、“高エネルギーX線回折ビームライン (BL04B2) の試験調整運転状況” SPring-8利用者情報、5(2000)94-99.
- 6) 5474 田村剛三郎 “放射光を用いた超臨界金属流体の構造研究” まてりあ、42(2003)372-376.
- 7) 松田和博、田村剛三郎、乾雅祝、“加藤昌弘試料容器および流体試料分析方法” 特許出願2003-315946, 2003年9月.

## 生体超分子複合体構造解析ビームライン (BL44XU) の 中間評価について

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用業務部

専用ビームラインは、設置者の利用目的に添った計画によりSPring-8に設置されたビームライン（以下BLと記します）で、現在9本稼働中です。専用BLの利用計画及び装置の仕様は、専用施設検討委員会における科学技術的な観点からの審査を経て、諮問委員会で承認されています。また、SPring-8のBLは設置可能な数が限定されていますので、専用BLの利用計画は10年間の期限を設けています。専用BLの使用開始後、財団による専用BLの据付工事承認日から5年を目安に専用施設検討委員会がその使用状況及び研究成果等の中間評価を行い、諮問委員会で承認することとしています。これを受けて、

専用BLの利用等の見直し（継続、変更、中止等）が行われます。これまで、第1回は兵庫県BL（BL24XU）、第2回は産業用専用BL（BL16XU及びBL16B2）について中間評価が行われました。

今回、第3回の専用BL中間評価として、設置後5年を経過した生体超分子複合体構造解析BL（据付工事承認日：平成10年8月25日）の中間評価が平成15年10月24日に行われました。評価結果は、今後の実施について「継続」となりました。今後、他の5本の専用BLについても、5年を経過すれば専用施設検討委員会が中間評価を行うこととしています。

## SPring-8運転・利用状況

財団法人高輝度光科学研究センター  
所長室 計画調整グループ

### 平成15年11～12月の運転・利用実績

SPring-8は11月17日から第8サイクル運転を5週間連続運転モードで実施した。第8サイクルではRFの冷却水流量計故障による停止等があり、総放射光利用運転時間（ユーザータイム）内での故障等による停止時間（down time）は約1.2%であった。

放射光利用実績については、実験された共同利用研究の課題は合計254件、利用研究者は1254名で、専用施設利用研究の課題は合計91件、利用研究者は410名にのぼった。

#### 1. 装置運転関係

##### (1) 運転期間

第8サイクル（11/17（月）～12/19（金））

##### (2) 運転時間の内訳

運転時間総計	約768.5時間
装置の調整及びスタディ等	約145時間
放射光利用運転時間	約616時間
故障等によるdown time	約7.5時間

総放射光利用運転時間（ユーザータイム＝＋）に対するdown timeの割合 約1.2%

##### (3) 運転スペック等

第8サイクル（セベラルバンチ運転）

- ・ 11 bunch train × 29
- ・ 203 bunch - (4 bunch × 7)
- ・ 定時入射 1日2回（10時、22時）
- ・ 蓄積電流 8GeV、～100mA

##### (4) 主なdown timeの原因

- RFの冷却水流量計故障によるアポート
- バンチ電流強度不均一及びバンチ純度悪化によるビーム廃棄
- 地震によるアポート
- BL実験ハッチ扉のリミットスイッチ故障によるアポート

##### (5) トピックス

12月20日から冬期長期運転停止期間に入るため、12月17日から19日までパラメータの取得を行った。

#### 2. 利用関係

##### (1) 放射光利用実験期間

第8サイクル（11/20（木）～12/3（水））  
（12/4（木）～12/17（水））

##### (2) ビームライン利用状況

###### 稼働ビームライン

共用ビームライン（R&D含む）	25本
理研ビームライン	6本
原研ビームライン	4本
専用ビームライン	9本
加速器診断ビームライン	1本

共同利用研究課題	254件
共同利用研究者数	1254名
専用施設利用研究課題	91件
専用施設利用研究者数	410名

##### (3) トピックス

12月15日の22時の入射の際にBL431Rのフォトンダクトアブソーバの操作が不能になり蓄積リングへの入射条件が成立しなくなった。マシン収納部内に入室して調査を行ったところ、フォトンダクトアブソーバ開閉用電磁弁に圧空漏れを発見したので、直ちに電磁弁を交換して運転を再開した。

#### 平成15年12月～平成16年1月の実績

##### 1. 冬期長期運転停止期間

SPring-8は12月20日から平成16年1月18日まで冬期の長期運転停止期間として以下の作業・点検等を実施し予定通り終了した。

##### (1) 線型加速器関係

電子銃・モジュレータ点検作業

偏向電磁石入れ替え作業  
 その他作業及び点検

ベラルパンチ運転)で行う。詳細な運転条件については決定しだい、ユーザーに報告する。

(2) シンクロトロン関係

OTRモニタ用ケーブルラック設置作業  
 電磁石フロースイッチ交換作業  
 その他作業及び点検

(3) 蓄積リング関係

既設挿入光源BPM用ベローズ交換及びメンテナ  
 ンス作業  
 既設FE XYスリット交換及び定期保守作業  
 入射部パルス電磁石電源点検作業  
 セラミックステンパー据付作業  
 保守・NEG活性及び真空計ケーブル交換・  
 遮蔽作業  
 VME点検及びデータベースサーバー修理作業  
 制御用UPS交換作業  
 入射部OTRモニタメンテナンス作業  
 BLインターロックソフトメンテナンス及び  
 定期インターロック動作試験  
 BLハッチ建設作業  
 その他作業及び点検

(4) ユーティリティ関係

交流無停電電源装置・直流電源装置・非常用  
 発電機・漏電遮断器定期点検  
 テストスタンド冷却設備定期点検  
 ダミーロード系熱交換器洗浄作業  
 SR空調機年間保守点検  
 空調用自動制御機器保守点検作業  
 防災設備点検作業  
 その他作業及び定期点検

(5) 安全管理関係

入退出管理システム定期点検  
 放射線管理システム定期点検  
 放射線モニタ定期点検  
 全系インターロック総合動作試験  
 その他作業及び点検

平成16年1～2月の運転・利用実績

SPring-8は1月19日から2月20日まで第1サイク  
 ルを5週間連続運転モードで実施している。運転・  
 利用の実績については次号にて掲載する。

今後の予定

- (1) 2月25日から3月26日まで第2サイクルの運転  
 を5週間連続運転モード(マルチパンチ及びセ



## 論文発表の現状

財団法人高輝度光科学研究センター 利用業務部

## 年別査読有り論文発表登録数(2004年1月31日現在)

\* 利用業務部が別刷りなどの資料を受け取り、SPring-8を利用したという記述が確認できたもののみをカウント

Beamline Name		Public Use Since	~ 1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	(1997.10)		15	17	34	24	13		103	
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	(1997.10)	2	5	3	9	15	10		44	
	BL02B2	Powder Diffraction	(1999. 9)			13	25	31	30	1	100	
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	(1997.10)		3	4	9	13	17	6	52	
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	(1999. 9)			1	6	15	8		30	
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	(1997.10)	2	5		4	14	5	9	39	
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	(1997.10)			5	5	3	9	9	31	
	BL10XU	High Pressure Research	(1997.10)		2	10	12	20	21	15	80	
	BL13XU	Surface and Interface Structure	(2001. 9)							6	1	7
	BL19B2	Engineering Science Research	(2001.11)							2		2
	BL20B2	Medical and Imaging I	(1999. 9)				1	12	15	6		34
	BL20XU	Medical and Imaging II	(2001. 9)						2	10		12
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	(1998. 4)		2	6	14	17	23	11		73
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	(1998. 5)		3	2	8	10	19	11		53
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	(1999. 9)					1	1	7		9
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	(2001. 9)				1	2		2		5
	BL37XU	Trace Element Analysis	(2002.11)									0
	BL38B1	R & D (3)	(2000.10)					1	3	14		18
	BL39XU	Magnetic Materials	(1997.10)		4	8	7	18	5	9		51
	BL40B2	Structural Biology II	(1999. 9)				1	13	19	18	1	52
BL40XU	High Flux	(2000. 4)			1		3	2	1		7	
BL41XU	Structural Biology I	(1997.10)	1	1	12	14	19	26	25	1	99	
BL43IR	Infrared Materials Science	(2000. 4)					5	1	2		8	
BL46XU	R & D (2)	(2000.11)				1		3	5		9	
BL47XU	R & D (1)	(1997.10)		2	4	9	13	8	3		39	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II	(1999. 3)					2	1		3	
	BL14B1	JAERI Materials Science I	(1998. 4)				2	2	7	2	13	
	BL15XU	WEBRAM	(2002.10)								0	
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	(2002. 2)							1	1	
	BL23SU	JAERI Actinide Science I	(1998. 6)				1	2	1	4	8	
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	(2002. 2)								0	
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II	(1998. 5)			1		3	2	1	7	
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	(1997.10)			1	2	6	5	5	19	
subtotal			3	24	74	125	251	281	246	4	1008	
Contract Beamlines	BL12B2	NSRRC BM	(2001. 9)					1	3	4	8	
	BL12XU	NSRRC ID	(2003. 2)								0	
	BL15XU	WEBRAM	(2001. 4)					2	10	2	14	
	BL16B2	Industrial Consortium BM	(1999. 9)					9	3		12	
	BL16XU	Industrial Consortium ID	(1999. 9)				1	1	1	1	4	
	BL24XU	Hyogo Prefecture	(1998.10)		2	3	13	21	16	7	62	
	BL32B2	Pharmaceutical Industry	(2002. 9)								0	
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	(2000.10)		2	2	3	3	2	1	13	
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	(1997.10)					1	8	2	1	12
subtotal			0	4	5	17	38	43	17	1	125	
JAERI and RIKEN Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II		1	1	3	2	2	3		12	
	BL14B1	JAERI Materials Science I		2		3	4	7	2		18	
	BL19LXU	RIKEN SR Physics		1			4	3	2		10	
	BL22XU	JAERI Actinide Science II									0	
	BL23SU	JAERI Actinide Science I		2	1	2	13	11	10		39	
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I									0	
	BL26B2	RIEKN Structural Genomics II									0	
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics				2	15	9	14		40	
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II			3	13	18	19	16		69	
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I		1	2	4	17	15	11	15	65	
subtotal			1	8	9	40	71	62	62	0	253	
NET Sum Total			63	60	97	178	360	346	283	4	1391	

NET Sum Total: 実際に登録されている件数(本表に表示していない実験以外に関する文献を含む)

複数ビームライン(BL)からの成果からなる論文はそれぞれのビームラインでカウントした。

このデータは論文発表登録データベース( <http://4users.spring8.or.jp/publ/> )に2004年1月31日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。また、このデータをPDFファイル化したものがSPring-8論文検索ページ( [http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/publication/paper\\_no/](http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/publication/paper_no/) )でダウンロードできます。

\* 本登録数は別刷り等でSPring-8で行ったという記述が確認できたもののみとしています。SPring-8での成果を論文等にする場合は必ずSPring-8のどのビームラインで行ったという記述を入れて下さい。

成果発表出版形式別登録数（2004年1月31日現在）

\* 利用業務部が別刷りなどの資料を受け取り、Spring-8を利用したという記述が確認できたもののみをカウント

	Beamline Name	Public Use Since	Journals	Proceedings	Others	Total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	(1997.10)	103	15	14	132
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	(1997.10)	44	8	8	60
	BL02B2	Powder Diffraction	(1999. 9)	100	3	19	122
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	(1997.10)	52	5	23	80
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	(1999. 9)	30	4	9	43
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	(1997.10)	39	5	19	63
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	(1997.10)	31	7	11	49
	BL10XU	High Pressure Research	(1997.10)	80	7	18	105
	BL13XU	Surface and Interface Structure	(2001. 9)	7		4	11
	BL19B2	Engineering Science Research	(2001.11)	2	4	3	9
	BL20B2	Medical and Imaging I	(1999. 9)	34	23	12	69
	BL20XU	Medical and Imaging II	(2001. 9)	12	2	2	16
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	(1998. 4)	73	1	19	93
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	(1998. 5)	53	2	11	66
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	(1999. 9)	9	7	2	18
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	(2001. 9)	5		2	7
	BL37XU	Trace Element Analysis	(2002.11)			1	1
	BL38B1	R & D (3)	(2000.10)	18		3	21
	BL39XU	Magnetic Materials	(1997.10)	51	5	20	76
	BL40B2	Structural Biology II	(1999. 9)	52	2	3	57
	BL40XU	High Flux	(2000. 4)	7	1	5	13
	BL41XU	Structural Biology I	(1997.10)	99	2	8	109
	BL43IR	Infrared Materials Science	(2000. 4)	8	3	2	13
	BL46XU	R & D (2)	(2000.11)	9		1	10
BL47XU	R & D (1)	(1997.10)	39	13	14	66	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II	(1999. 3)	3			3
	BL14B1	JAERI Materials Science I	(1998. 4)	13		5	18
	BL15XU	WEBRAM	(2002.10)			1	1
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	(2002. 2)	1			1
	BL23SU	JAERI Actinide Science I	(1998. 6)	8		3	11
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	(2002. 2)				0
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II	(1998. 5)	7		1	8
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	(1997.10)	19	4	3	26
subtotal			1008	123	246	1377	
Contract Beamlines	BL12B2	NSRRC BM	(2001. 9)	8			8
	BL12XU	NSRRC ID	(2003. 2)		2		2
	BL15XU	WEBRAM	(2001. 4)	14		8	22
	BL16B2	Industrial Consortium BM	(1999. 9)	12	7	17	36
	BL16XU	Industrial Consortium ID	(1999. 9)	4	2	19	25
	BL24XU	Hyogo Prefecture	(1998.10)	62	8	22	92
	BL32B2	Pharmaceutical Industry	(2002. 9)			1	1
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	(2000.10)	13	21	2	36
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	(2000. 2)	12		5	17
subtotal			125	40	74	239	
JAERI and RIKEN Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II		12		2	14
	BL14B1	JAERI Materials Science I		18	4	8	30
	BL19LXU	RIKEN SR Physics		10	2	4	16
	BL22XU	JAERI Actinide Science II					0
	BL23SU	JAERI Actinide Science I		39	11	39	89
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I				2	2
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II				1	1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics		40	8	6	54
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II		69	2	6	77
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I		65	4	12	81
subtotal			253	31	80	364	
NET Sum Total			1391	464	601	2456	

Journals : 査読有りの原著論文、査読有りのプロシーディングと査読有りの学位論文

Proceedings : 査読なしのプロシーディング

Others : 発表形式が出版で、上記の二つに当てはまらないもの（総説、単行本、その他として登録されたもの）

NET Sum Total : 実際に登録されている件数（本表に表示していない実験以外に関する文献を含む）

複数ビームライン(BL)からの成果からなる論文等はそれぞれのビームラインでカウントした。

・本登録数は別刷り等でSpring-8で行ったという記述が確認できたもののみとしています。Spring-8での成果を論文等にする場合は必ずSpring-8のどのビームラインで行ったという記述を入れて下さい。

## 理研物理学 ビームライン (BL17SU) の現状 ～ 軟 X 線輸送チャンネルの建設現場から ～

財団法人高輝度光科学研究センター  
ビームライン・技術部門  
大橋 治彦、仙波 泰徳  
岸本 輝、三浦 孝紀  
竹下 邦和、後藤 俊治

### 1. はじめに

最近の本誌では利用成果が紙面を賑わせ、所内外で耳にする「本格利用期に入ったSPring-8」を実感させられる。ビームライン建設が一段落した昨今では、新たなビームラインのコミッションングに関する記事は2002年9月号以来で、軟X線ビームラインでは4年前のBL27SUに関する拙文<sup>[1]</sup>にまで遡ることになる。表題ビームラインの狙いについては計画当初に理研放射光物性研究室・辛埴主任らの報告<sup>[2]</sup>があり、このたび同研究室のご好意により、久々のビームライン建設の現状を現場担当者から紹介する機会を頂戴した。実験ステーションの詳細など利用研究に関してはユーザからの成果報告を楽しみにお待ちしております。本稿では輸送チャンネルの建設に絞ってお伝えしたい。多くの読者には退屈な細かい技術的話題に偏るが、最近では珍しい建設顛末記としてご容赦願いたい。

### 2. BL17SU輸送チャンネルの技術的要点

#### (1) ビームライン光学系の概要

BL17SU光学ハッチとビームライン輸送チャンネル

ルの全景を写真1に示す。2本のブランチ(aとb)が計画され、2組の前置鏡による切り替え式で、排他利用となる。aブランチに図1に示すような光学系の回折格子分光器<sup>[3]</sup>が建設された。先行する他の3本の軟X線ビームラインと同様に不等間隔刻線平面回折格子と球面鏡により離散的に偏角を選択する(表1)。エネルギー範囲は0.1~3 keVである。

#### (2) 超高真空対応回転エンコーダの採用

この光学系では、回折格子の回転だけでエネルギーを走査する。SPring-8の軟X線ビームラインの特徴である高分解能 $10^4$ を実用に供するには0.1秒台の回転角度の位置決めと安定性が必要である。

駆動は、真空中で保持された揺り籠状の回転ステージに接続されたバーを真空外のリニアステージに沿って押すサインバー方式である。サインバーの長さ400mmでは先の回転を生む変位量はサブミクロンである。回転角度のモニタには、このステージの送り量をリニアエンコーダで読み取る方法が簡便である。しかし、機械的連結部を介するため、サブ秒の回転に対して誤差を含む恐れがある。BL27SUを建設した1997年当時にもこの点が技術課題として取り

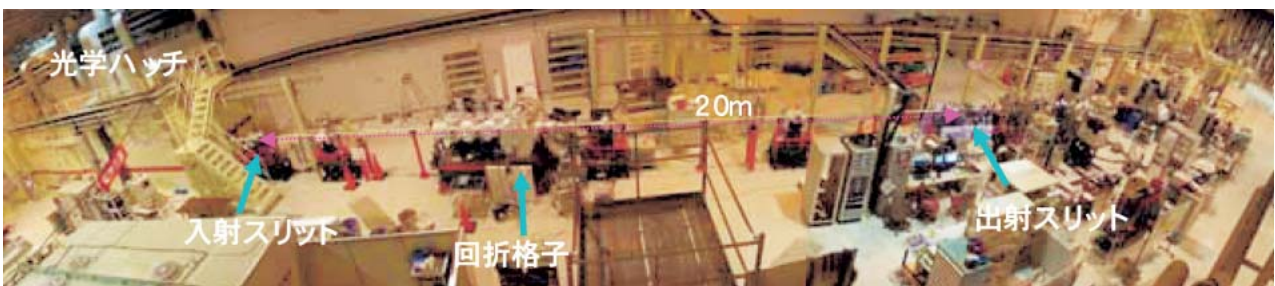


写真1 BL17SU光学ハッチと輸送チャンネル (aブランチ) の全景

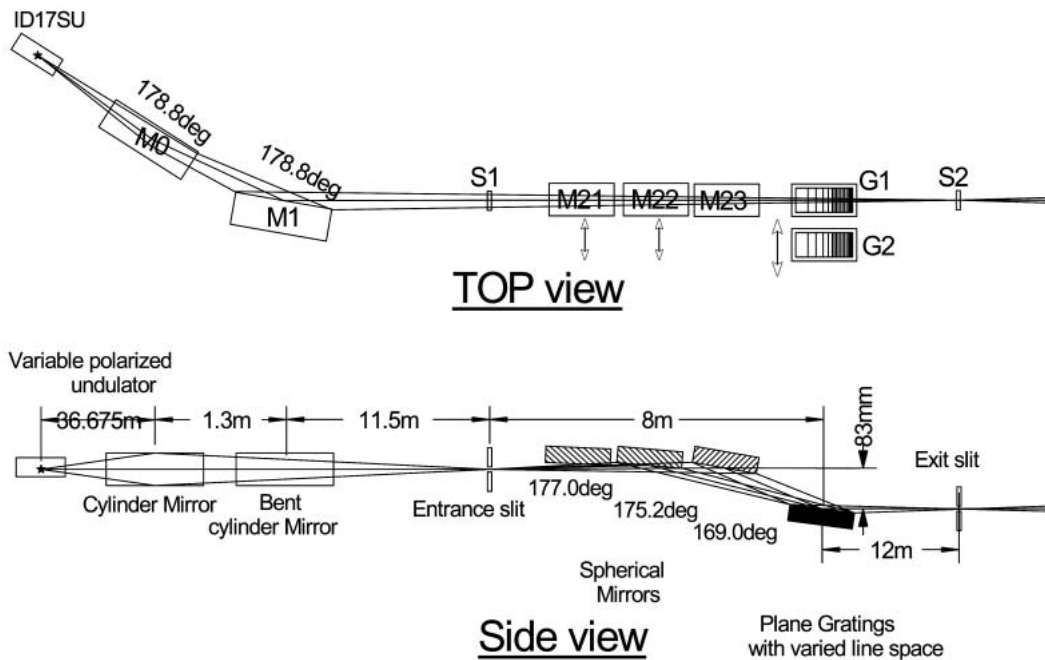


図1 BL17SU (aブランチ) の光学系概要

表1 BL17SU (aブランチ) 分光器の光学素子パラメーター一覧

Energy (keV)		1.5 - 3	0.8 - 1.8	0.6 - 1.2	0.3 - 0.6	0.1 - 0.3
Angle (deg)		88.5	88.5	87.6	87.6	84.5
Grating	Grating	G1a	G2a	G1a	G2a	G1a
	Material	Au/Si	Au/Si	Au/Si	Au/Si	Au/Si
	Groove	1200/mm	600/mm	1200/mm	600/mm	1200/mm
Spherical Mirror	Mirror	M21a		M22a		M23a
	Radius (mm)	332,970		217,497		98,213
	Material	Au/Si		Au/Si		Au/Si

上げられ、超高真空中の回転軸角度を直接読み取るために分解能0.04秒のレーザ干渉計を導入した。真空外のリニアエンコーダと比べ、冷却水振動の影響を直接観測<sup>[4]</sup>でき一定の成果を挙げたが、アライメントの煩雑さに問題があった。

そこで、BL17SUでは超高真空対応の回転エンコーダ<sup>[5]</sup>を採用した。アブソリュート型で0.2秒のシステム精度を有し、分解能は0.036秒以下である。制御グループによって、SPring-8標準のVMEバス上で読み取りがサポートされ、ユーザPCからも他の軸と同様のプロトコルで回折格子の回転角度の取得が可能である。なお、エンコーダを収納している真空チャンバは $10^{-8}$ Paに到達しており、超高真空環境

での使用に対しても十分といえよう。このエンコーダは安定して動作しており、後述するように副次的効果としてエネルギードリフト原因を探索する際に役立っている。

### (3) 床面振動対策

前置鏡から試料点までは50m以上で、微小スポットが求められている点から、振動に強い輸送チャンネルを計画した。

実験ホールBゾーン床コンクリートは、下から捨コンクリート100mm、土間コンクリート200mm、嵩上コンクリート100mmの三層構造である。土間コンクリートと嵩上コンクリートの界面に空隙を有する場所が一部あり、振動対策上問題となる恐れがある。



そこで、BL17SU建設予定地で事前に環境振動測定を実施し、床面から伝わる振動の多寡について評価を行った。その結果、以下に示すような床面への振動対策工事の有用性を確認した<sup>[6]</sup>。

前置鏡、回折格子、入射・出射スリットなど光学系を保持する架台足周りで嵩上げコンクリート部分を 150～400mmの円柱状に取り除き(写真2-a)、土間コンクリートとの密着性を確保し、周囲の嵩上げコンクリート部との間にゴム板を敷き詰め(写真2-b)、島状に孤立したコンクリート(写真2-c)の上で精密機器架台を支持した(写真2-d)。

回折格子架台周辺で、加速度計による実測で、振幅にして水平方向で約80%減、鉛直方向で約20%減の効果が確認されている。

### 3. 光学系の調整と評価

#### (1) 光学素子の設置と0次光導入

調整機構ごとの精密据付に加え、光学素子取付け

に際してレーザーセオドライトを用いて各軸の原点確認を行った。

例えば、入射スリットから13m離れた光軸上に置いたセオドライトで、2枚の前置鏡(M0a, M1a)と38mmのダクトを通して見ると、スリットの刃の開口(約1mm)が辛うじて確認できる程度に過ぎない(写真3-a)。同じセオドライトからレーザーを出射すると入射スリットのビューポートから写真3-bに示すように反射光が鮮明に観測される。

同様にレーザーセオドライトを光軸基準に設置して可視光の回折パターンを投影させ、回折格子の面内回転位置を微調整した。

斜入射で数十mの光学系を超高真空中で位置決めするにあたり、予め前置鏡の偏向角や高さの駆動パルス位置を知っておけば、調整段階で不必要な箇所放射光を照射して光学素子表面を汚す程度を少なくすることができる。

放射光導入前の調整が功を奏し、初めて前置鏡に

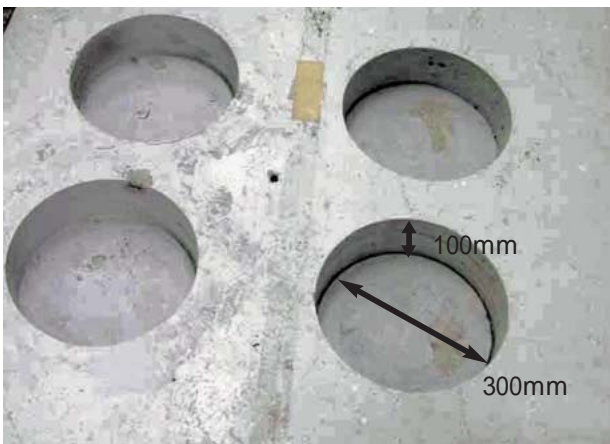


写真2-a 300mm x 100mmで床を抜く



写真2-b 底面密着性向上とゴム取付



写真2-c コンクリート充填

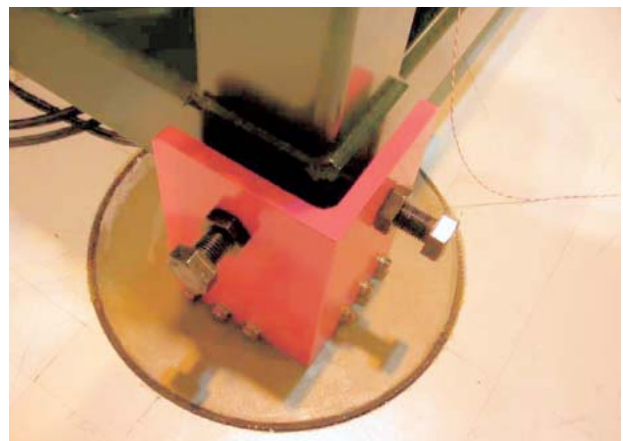


写真2-d 回折格子架台を設置

光を導いた後、約12分で、光源からおよそ50m点の入射スリットで放射光を確認できた。また、球面鏡、回折格子及び出射スリットを経て、光源から71m点にある1mmのアパーチャに対しても簡単に光を抜くことができた。

各コンポーネントが高精度に据付され、かつ安定に然るべき軌道で加速器が当たり前のごとく運転されていることに有り難さを感じる。限られたスペースの収納部内でこれらを形作り、支えている関係者の努力を改めて思い起こさせる。

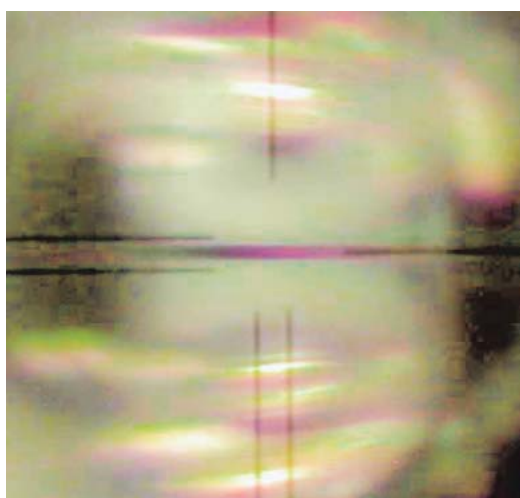


写真3-a 入射スリットから13m上流の光軸に置いたセオドライトから見たスリットの刃。前置鏡M0a, M1aで反射した像はこのように不鮮明。

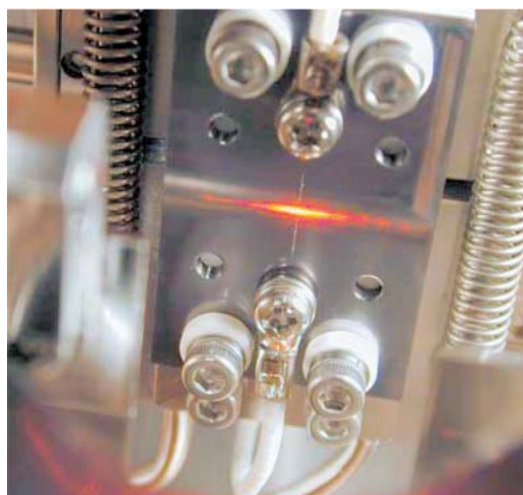


写真3-b S1上のレーザ反射光。上記と同じセオドライトから投影。

## (2) 回折光の調整

分光器を構成する球面鏡 (M21、M22及びM23) は並進及び偏角調整機構に取り付けられている。これにより、入射 - 出射スリット間距離 (20m) を変えることなく、曲率半径の製作誤差を補正している。

例えば、M21の曲率半径は設計値が332.97mであるが、製作誤差が+1.8%であった。そこで、基準位置から入射スリット方向にM21を33.2mm移動させた上で、偏角88.5度を若干調整することで、この曲率誤差を補正している。

Neガスの全イオン収量スペクトルの1sから3pへの吸収ピークを用いてM21球面鏡の焦点を確認したところ、上述のオフライン調整のみで十分な分解能を予想させるスペクトルを得られた。コミッション開始後、正味1週間を要せずにここに至っている。

Neの全イオン収量スペクトルの典型例を図2に示す。入射・出射スリットは各々50 $\mu$ mと10 $\mu$ mに設定され、ガスセル排気室の圧力は10<sup>-3</sup>Paで、計測に要した時間は約10分であった。分解能8000程度以上でなければ埋もれてしまう6pピークが観測されており、回折光の調整もオフラインでほぼ完了していた。

なお、光量については、金板からの光電流の簡便な計測から、狭い範囲であるが、オーダとして設計値が得られていることを確認した。

## (3) 共鳴Auger電子スペクトルから分光器分解能の評価

昨今の軟X線ビームライン分光器のエネルギー幅

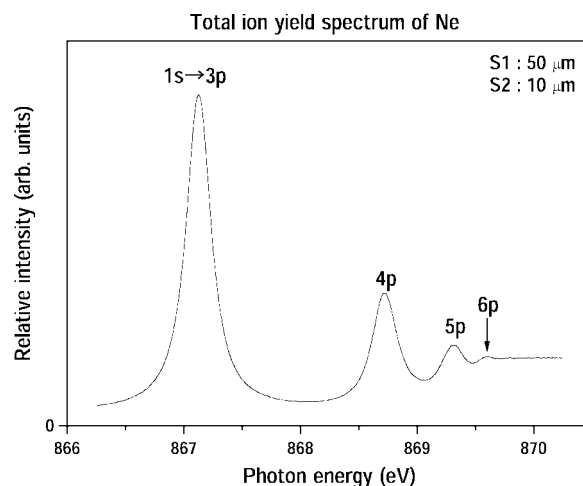


図2 Neの全イオン収量スペクトル

は、励起状態の寿命で決まる自然幅（例えばNeのK端の場合、数百meV）と同等かそれより狭い。自然幅は固有であるはずだが分光性能が向上する都度狭く報告される歴史を繰り返している。先に示した図2のような吸収スペクトルでは、自然幅の影響等のため分光器のエネルギー幅にはフィッティング誤差を少なからず含む。このため、1次過程の観測から光の分解能評価は困難である。

そこで、BL17SUでは、BL27SUと同様にガスセル付の高分解能電子エネルギー分析器をビームライン評価用に設置し、2次過程で生成される電子の運動エネルギーを精密に計測した。ビームライン分光器のエネルギー幅は励起状態の自然幅に比べて狭い。このため、寿命の長いAuger終状態への遷移時に放出されるAuger電子の運動エネルギー幅は、自然幅の影響を無視できる。

測定されたスペクトル幅 ( $W_f$ ) は、光のエネルギー幅  $W_{S2}$  と電子エネルギー分析器のエネルギー幅  $W_p$  及びNeガスのドップラー効果 ( $W_{Ne}$ ) によって次のように与えられる。すなわち、

$$W_f = \sqrt{W_{S2}^2 + W_p^2 + W_{Ne}^2}$$

と、近似できる。なお、ドップラー幅 ( $W_{Ne}$ ) は、Neについて室温では79meVで一定である。

装置パラメータである電子エネルギー分析器のパスエネルギー ( $E_p$ ) と、分光器出射スリット幅 ( $S2$ ) を変えることで光のエネルギー幅 ( $W_{S2}$ ) をそれぞれ順次変化させ、6通りのNeの共鳴Auger電子スペクトル ( $1s^{-1}3p \rightarrow 2p^{-2}(^1D)3p$ ) を計測した (図3の印が計測結果である)。

このAugerスペクトルは3つの成分から構成されることが知られている<sup>[7]</sup>。そこで、各ピークの半値全幅 ( $W_f$ ) が等しいという拘束条件のもとで3本のガウス関数で分離した (図3の青線で分離ピークを、合成結果を赤線で示した)。 $W_f$  を測定条件ごとに求め (図中に  $W_f$  として記した) それぞれ上述の関係を連立方程式として解き  $W_{S2}$  と  $W_p$  を算出した結果が表2と表3である。

今回評価に用いたフォトンエネルギー867eVでは、概ね設計どおりに分解能 $10^4$ が達成されていることが確認された。コミッショニング開始後、ここまでに要した時間は、電子エネルギー分析器の最適化調整に若干手間取ったため、約1.5ヶ月であった。

Resonant Auger spectra of Ne ( $1s^{-1}3p \rightarrow 2p^{-2}(^1D)3p$ )

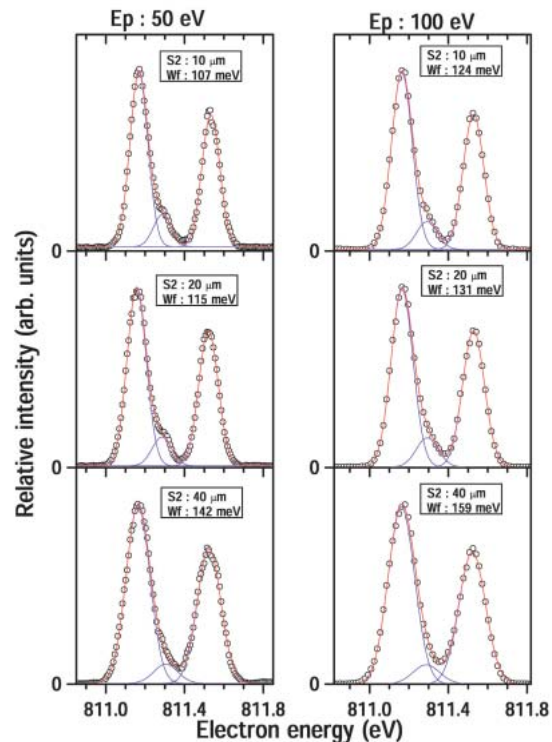


図3 NEE共鳴Augerスペクトル。出射スリット幅 ( $S2$ ) と電子エネルギー分析器のパスエネルギー ( $E_p$ ) を変えて6種類測定

表2 出射スリット幅 ( $S2$ ) ごとに算出したフォトンエネルギー867 eVでの光のエネルギー幅 ( $W_{S2}$ )

$S2$ ( $\mu\text{m}$ )	$W_{S2}$ (meV)
10	63.4 -0.4/+0.5
20	75.9 -0.9/+0.8
40	114.7 -0.3/+0.2

表3 パスエネルギー ( $E_p$ ) ごとに算出した電子エネルギー分析器のエネルギー幅 ( $W_p$ )

$E_p$ (eV)	$W_p$ (meV)
50	33.7 -0.9/+1.4
100	73.5 -1.7/+1.1



4. 光学系の安定性評価

(1) エネルギードリフトの観測

上述のAuger電子スペクトルを用いて長時間のフォトンエネルギーの安定性について評価を行った。

5分ごとに積算計測したNeの共鳴Auger電子スペクトルから得られたフォトンエネルギー変化（赤実線）と、先に述べた回折格子の回転角度エンコーダ変化（青実線）及び架台上下流端の温度差（黒実線）について、2種類の環境で各々1日にわたって観測した結果を図4に示す。

図4左（Before、2003年11月30日0時から12月1日0時まで）は恒温化対策前（写真右上）で、図4右（After、同年12月6日正午から12月7日正午）は簡易の恒温化対策後（写真右下）である。なお、使用した回折格子は600本/mmで、偏角は178.8度、フォトンエネルギーは867eVにて分解能 $10^4$ 相当で、ビームライン側条件は測定中保持している。またそれぞれの測定途中にトップアップモードでの入射が含まれているが、この計測では影響はみられない。

温度は、校正済みの4線式白金測温抵抗体（正確

度10mK、分解能1mK）を用いて、球面鏡と回折格子を保持している定盤（写真ピンク色部）の光軸上下流端と、その下の支持架台（写真緑部）の光軸方向上下流端の合計4箇所について同時計測した。測定点の距離は2.4m離れた高さ0.9mの架台である（図4写真右中）。黒実線の温度差の符号は、光軸上流端に対する光軸下流端の温度差として定義している。図4左（Before）の1日での温度変化は最大約0.25であった。温度差が+0.25とは、荒っぽく言えば、架台が写真右中赤矢印のように約0.2秒だけ傾けられたと考えることができる。このように光学系にもたらされる影響を架台の熱膨張係数を考慮して角度換算し、温度差軸の目盛り刻みをエネルギーやエンコーダ刻みと比較できるようにスケールした。

恒温対策前では、図4左赤線で示されるように、フォトンエネルギーの変動幅は0.06eV/1日である。このときのエンコーダの変動幅は0.05秒以下である。温度差が上述仮定のような影響を与えているとするならば、エネルギー（図4左赤線）と温度

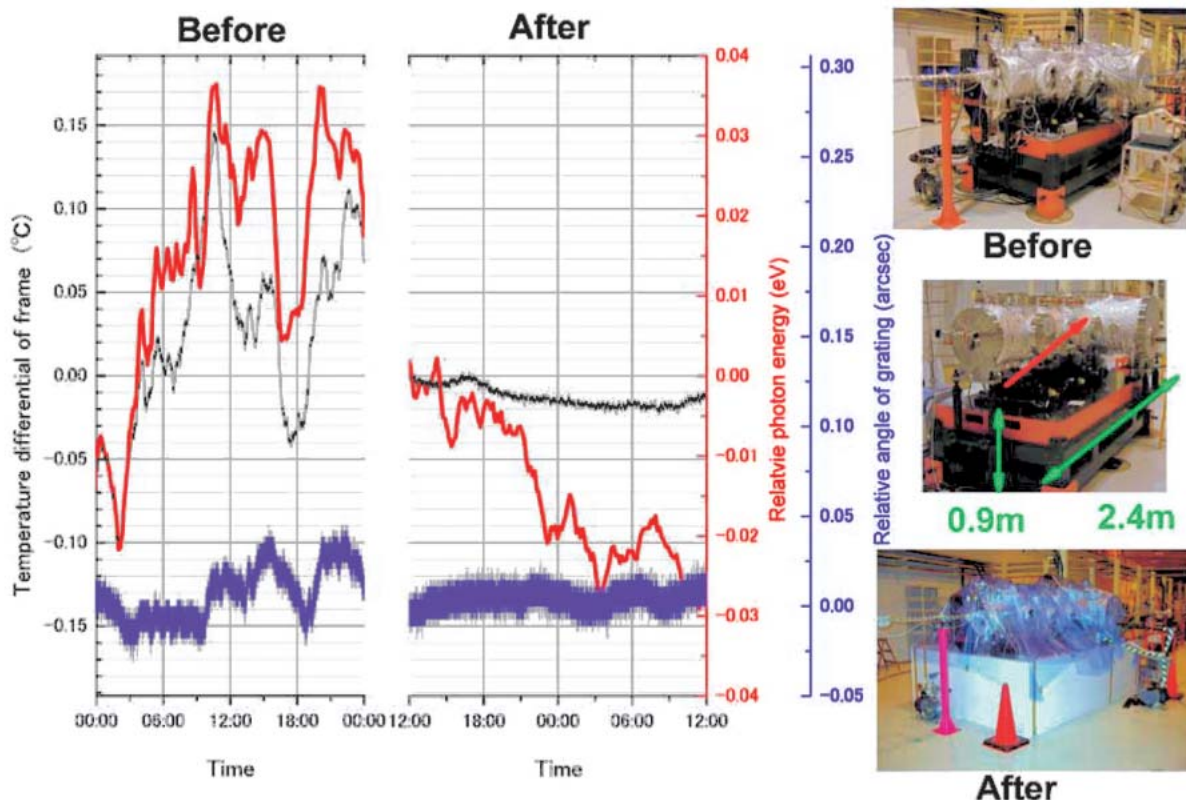


図4 フォトンエネルギー、回折格子角度及び架台温度差の時間変化（簡易恒温化対策前後）



(図4左黒線)の増減傾向と、大まかな振幅も合致する。一方、エンコーダ(図4左青線)にも有意な変動が観測されており、サインバーのリニアステージの伸縮も疑わせる。これら結果は、長時間にわたるエネルギードリフトの主な原因が架台の温度変化による傾きであると示している。

#### (2) 簡易恒温化によるドリフトの低減

この架台の温度差は室温の変化から発生していると予想される。そこで、架台の温度変化を抑制するために、図4写真右下のように発泡スチロール板で足周りを覆って断熱し、さらに空気の淀み層を形成するように全体にシートをかけ、内部の発熱体を極力排除した。その結果、図4右のように、温度差変化(図4右黒線)は0.02程度に抑制され、エネルギードリフト(図4右赤線)も0.03eV/1日に半減した。このとき、エンコーダ幅(図4右青線)は0.025秒以下で、ほぼ安定するようになった。

#### (3) エネルギー安定化に向けて

図4右で観測される残存のエネルギードリフトの原因としては、スリットと回折格子との相対位置の変動、電子エネルギー分析器の安定性などが考えられる。入射光による光学素子の熱変形歪みは、このときの挿入光源の運転モードでの前置鏡への軸上パワーがわずかに1.2Wに過ぎない点を考慮すると、現状では考えにくい。そこで、スリットを含む光学素子架台の恒温化と高精度温度モニタの導入を進めている。また電子エネルギー分析器の安定性の評価を行う予定である。

## 5. むすび

BL17SUは4本目の軟X線専用のビームラインとして計画された。先行する3本のビームライン群(共用の軟X線固体分光ビームラインBL25SU及び軟X線光化学ビームラインBL27SUと、原研・重元素科学ビームラインBL23SU)は、いずれもSPring-8のファーストビームより前に計画が立てられ建設された。これらを第一世代と呼ぶとすれば、BL17SUはユーザも建設担当者もすでにSPring-8の高輝度軟X線を体感した上で研究計画を立て、建設を進める次世代のビームラインである。既存ビームラインの多くがいずれも世界最高級の分解能と明るさを両立する軟X線ビームラインとして利用開始直後から数々の研究成果を生み出している現実の前で、BL17SUは、研究テーマの厳選はもとよりビームライン建設の現場においてもこれまでの経験を踏まえ

た進歩があつて然るべきである。

振り返ると、筆者の一人がBL27SUで軟X線ビームライン分光器建設に携わることになった当時、輸送チャンネルの設計において、SPring-8の光源性能を生かすために、3つの重要なパラメータで“0.1以下”という数値に遭遇した。一つ目は、分解能を左右する光学素子のスロープエラーが0.1秒以下であること、二つ目は上述した回転角度精度0.1秒、そして三つ目には、建設目標でもあったフォトンエネルギー1keVで0.1eV以下の分解能達成とその評価方法の確立である。個々の“0.1”の意味は異なるが、その桁でぎりぎりの性能を要求する象徴的数値である。当時は実現可能な限界として目標値でしかなかったが、今やこれらの“0.1”は十分管理できる水準となり、さらに次の桁の実現が可能な時代に突入しつつある。

BL17SUのaブランチ建設では、ユーザからの強い要望に基づき、手堅い水準の技術を用いて、現時点で世界最高級性能の軟X線ビームラインをいかに迅速に立ち上げるかに注力してきたに過ぎず、次世代ビームラインへの脱皮はまだこれからである。

ここ数年来の顕著な技術的進歩を考慮すると、適切なコストパフォーマンスで、3つの象徴的パラメータを0.05あるいは0.01で実現可能な時期が到来しつつある。これらを観測できる眼を自前で開発できるかどうか、第二世代の軟X線輸送チャンネルの成否を決するであろう。一方、必然のない技術開発に投資する余裕はないので、用途を強く意識しつつ、これからの輸送チャンネル開発につなげたいものである。

今後、BL17SUは後置鏡やbブランチなど、質的にも量的にも建設期が続く。関係各位の引き続きのご理解とご支援をお願いする。

## 6. 謝辞

独創的な挿入光源を開発しコミッシングに努力している理研・JASRIの挿入光源チームと、安定な運転を実現している加速器部門の関係各位に敬意を表す。フロントエンド、制御、周辺技術、放射線遮蔽そして計画調整チームの協力なくしてこれまでの円滑な立上げはありえなかった。放射線遮蔽に関しては原研浅野芳裕氏の協力を得た。光学系設計にあたっては琉球大学石黒英治教授にご指導いただいた。また、決して忘れてならないのは理研事務局の支援であった。

今回のBL17SUコミッショニングで実施した多くの手法は、BL27SUにおいて担当者の為則雄祐氏と共に試行錯誤した経験を元に行っている。飽くなき要望を具体的に寄せてくれるユーザからの声を直接賜ることが糧となっている。また、ユーザ各位と常に向き合っている軟X線チームメンバの有形無形の支援を心強く感じている。BL17SUでの経験を還元できるように互いに協力を続けたいものである。

お取引先関係者の真摯な技術開発への取り組みがあっけはじめて、BL17SUの建設が順調に推移している点を申し添える。

最後に、理研放射光物性研究室の大浦正樹氏や実験ステーションで日夜奮闘している同研究室の新鋭気鋭のスタッフの皆さんと共にBL17SUビームライン建設に携わることができたことを光栄に感じつつ、あわせて今後の利用成果を期待して本稿を締めくくる。

#### 参考文献

- [ 1 ] 大橋治彦、為則雄祐：本誌 Vol.5, No.4 (2000) 267 .
- [ 2 ] 辛埴、大浦正樹、高田泰孝、渡邊正満、鎌倉望、北村英男、田中隆次、高橋直、大橋治彦：本誌 Vol.6, No.5 (2001) 368.
- [ 3 ] M. C. Hettrick and S. Bowyer : Appl. Opt. **22** (1983) 3921.
- [ 4 ] Y. Tamenori, H. Ohashi, E. Ishiguro, H. Okumura, T. Fukui, T. Miura, H. Kishimoto, J. Tanase, N. Kamachi, K. Endo and T. Ishikawa : Nucl. Instrum. and Meth. **A467-468** (2001) 789.
- [ 5 ] F. Senf, H. Lammert, R. Follath, T. Zeschke, W. Gudat, K. Feichtinger, P. Fischer, W. Hubner and R. Strobel : J. Synchrotron Rad. **5** (1998) 584.
- [ 6 ] 岸本輝、三浦孝紀、大橋治彦、竹下邦和、後藤俊治、石川哲也：第16回日本放射光学会年会 **10** (2003) 120.
- [ 7 ] Y. Shimizu, H. Yoshida, K. Okada, Y. Muramatsu, N. Saito, H. Ohashi, Y. Tamenori, S. Fritzsche, N. M. Kabachnik, H. Tanaka and K. Ueda : J. Phys. B : At. Mol. Opt. Phys. **33** (2000) L685-L689.

#### 大橋 治彦 OHASHI Haruhiko

(財)高輝度光科学研究センター ビームライン技術部門  
(利用促進研究部門)  
理化学研究所 播磨研究所 放射光物性研究室)  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : hohashi@spring8.or.jp

#### 仙波 泰徳 SENBA Yasunori

(財)高輝度光科学研究センター ビームライン技術部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : ysenba@spring8.or.jp

#### 岸本 輝 KISHIMOTO Hikaru

(財)高輝度光科学研究センター(スプリングエイトサービス株式会社)  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : khikaru@spring8.or.jp

#### 三浦 孝紀 MIURA Takanori

(財)高輝度光科学研究センター(スプリングエイトサービス株式会社)  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : miurat@spring8.or.jp

#### 竹下 邦和 TAKESHITA Kunikazu

(財)高輝度光科学研究センター ビームライン技術部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : ktake@spring8.or.jp

#### 後藤 俊治 GOTO Shunji

(財)高輝度光科学研究センター ビームライン技術部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : sgoto@spring8.or.jp

## 理研構造ゲノムビームライン ( BL26B1 & B2 ) の自動化

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所  
理 学 電 機 株 式 会 社  
上野 剛  
独立行政法人理化学研究所 播磨研究所  
山本 雅貴

### 要 旨

理研構造ゲノムビームライン ( SPring-8 BL26B1 & B2 ) は構造ゲノム研究推進を目的として、膨大な数のタンパク質結晶の迅速回折データ収集を行うことを目的に建設された。本ビームラインの最終目標はビームライン自動運転であり、人手に代わり結晶交換を行うサンプルチェンジャーや大量サンプルの統合管理システムを開発した。現在BL26B1は通常のユーザ運転、BL26B2では自動運転のコミッションングを行っている。

### 1. はじめに

タンパク質は遺伝子情報をもとに作り出される生命現象の基本単位であり、その機能を解明することが生命現象を解明するためには必要不可欠である。構造ゲノム研究では、多くのタンパク質について立体構造情報の蓄積を進めることにより、タンパク質の機能発現機構を明らかにし生命現象に対する理解を深めることを目的としている<sup>[1, 2]</sup>。また、タンパク質立体構造情報の蓄積は合理的な医薬品開発などへの応用も期待されている。

理研構造ゲノムビームライン ( SPring-8 BL26B1 & B2 図1 ) は、構造ゲノム研究のために調製される膨大な数のタンパク質サンプルの立体構造決定を目的に、迅速かつ簡便にタンパク質結晶の回折強度測定を行うことを目指している。さらに迅速・簡便な結晶のスクリーニングや、セレノメチオニンを導入したタンパク質に対する多波長異常分散 ( MAD ) 法により、将来的には結晶構造解析のルーチン化をも視野に入れている。

ビームタイムの有効利用の観点から、ビームライン・実験ステーションに設置しているすべての機器・制御ソフトが回折データ収集時の自動運転を念頭において設計されている。なかでも最大の特徴は、

大量のサンプル結晶を人手を介さず次々と交換するロボット、凍結試料サンプルチェンジャーの導入である。通常、ビームラインにおけるタンパク結晶の回折実験において最も時間と手間のかかる作業は、持ち込まれた凍結試料結晶の交換作業である。タンパク結晶サンプルは放射線による損傷を軽減するために、液体窒素温度に近い低温で瞬時に凍結された状態でビームラインに持ち込まれる。凍結保存しているデューワーから取り出したサンプルをゴニオメータにマウントする際に、試料の温度が上昇すると結晶性の低下が起これ、回折データに悪影響がでるため慎重な作業が必要とされる。理研構造ゲノムビームラインではサンプルチェンジャーと専用サンプルピンおよび保存運搬用トレイを新たに開発することにより、結晶交換作業をロボット化し作業の安定化、効率化を図っている ( 図2 )。新たに開発した専用のサンプルピンは、これまで一般的に使われていた磁石による着脱方式ではなく、ネジによる固定方式を採用した。これにより複数回のマウント動作にわ



図1 理研構造ゲノムビームライン ( BL26B1 & B2 ) 外観



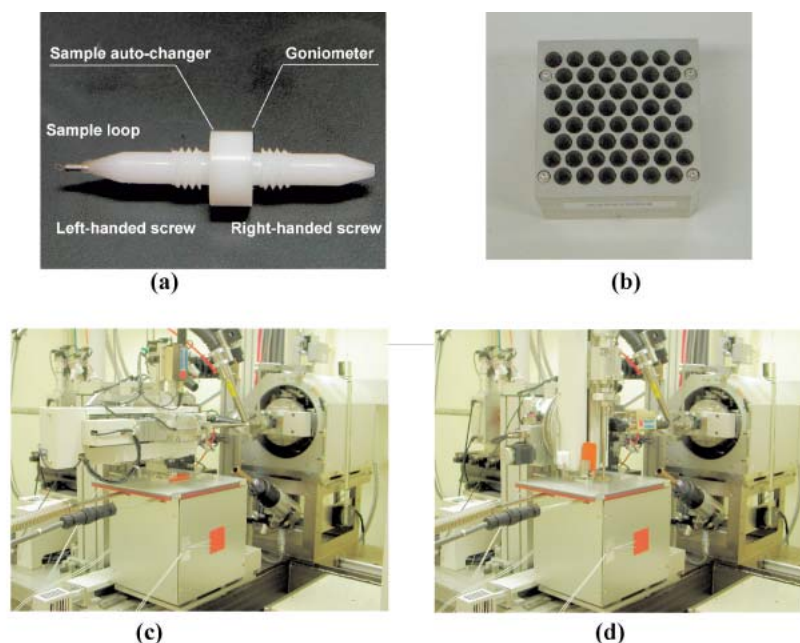


図2 サンプルチェンジャーと専用ピン、トレイ  
 (a)サンプルピン 全長：27mm、直径：7mm、材質：ジュラコン  
 (b)サンプルトレイ サイズ：75×75×50mm、材質：アルミニウム、SUS  
 (c)BL26B2実験ハッチに設置されたサンプルチェンジャー（試料マウント時）  
 (d)サンプルチェンジャー（試料ピックアップ時）

たりサンプルの位置再現性が実現され、回折データ収集の完全な無人自動測定が可能となった。

また同時に膨大な数のサンプル結晶を効率的に管理するために、実験室での結晶凍結からビームラインへの輸送、回折強度データ収集および測定後のデータ保存までを含めた統合管理システムを構築した。サンプルピンはトレイに52個単位で収納され、サンプルトレイに付けたバーコードによりデータベース管理されている。さらにサンプルピンをサンプルトレイに充填するためのロボットシステム（ロボット本体はビームライン用と互換）を開発し、SPring-8サイト内の実験室に導入した。実験室およびビームラインはデータベースとネットワークで結ばれ、試料情報の登録、取得がそれぞれの場所から可能となっている。実験室で登録された個別サンプルの情報はトレイIDを元にビームラインで取り出され、情報に基づいて回折データ収集が行われる。測定データはネットワークを介して再びデータベースに登録されるしくみとなっている。

理研構造ゲノムビームラインは平成13年度末にビームライン建設を終了し、平成14年度はじめからビームライン光学系の立ち上げ調整および実験ステー

ション機器の試験調整運転を開始した。平成14年秋よりBL26B1では通常のユーザ実験を開始しており、BL26B2ではサンプルチェンジャーによる自動運転のテストを行っている。

## 2. ビームライン光学系、実験ステーション

ビームラインの光学系は偏光電磁石光源を用いた標準的なもので<sup>[3]</sup>、光学ハッチ内にはSPring-8標準の定位置出射型Si二結晶分光器<sup>[4]</sup>を配し、下流に疑似2次元集光を行うシリンドリカルベントミラーを設置している（図3）。分光器の第一結晶には直接冷却式のSi結晶を取り付け、循環水を用いた冷却システムを採用している。X線のエネルギー範囲は6～17keVで、重原子等の異常分散効果を用いたMAD法による位相決定を視野に入れている。集光ミラーは高エネルギー成分を排除するためにRhコーティングされた全反射ミラーで、視斜角3.7mradで実験ハッチ試料位置に集光する。試料位置における総フラックスは12keVの分光条件において $10^{11}$  photons/sec、エネルギー分解能は  $E / \Delta E = 10^4$ である。

実験ハッチ（図4）にはスリット、シャッタ等の



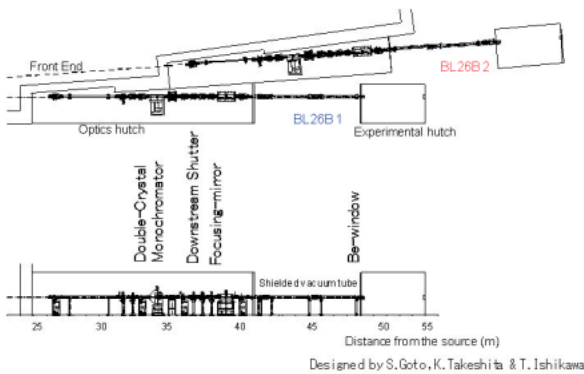


図3 ビームライン光学系模式図

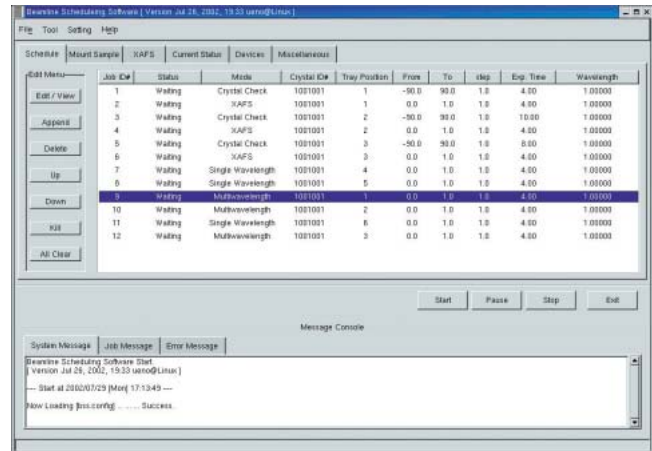


図5 Beamline Scheduling Software( BSS )メイン画面

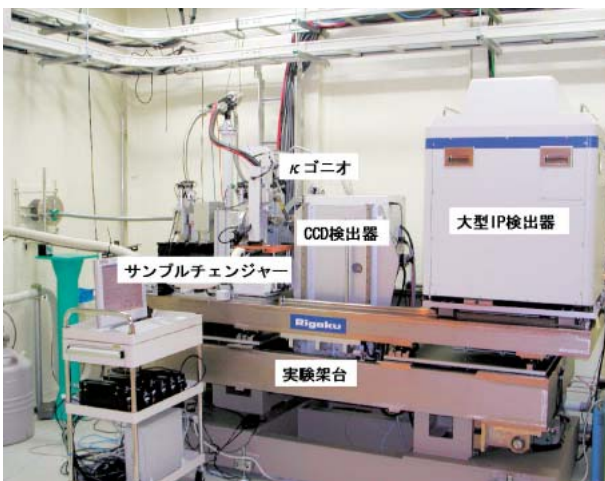


図4 実験ハッチ内の機器

光学ユニットの他、自動交換アッテネータ、試料用横置きゴニオメータ、2次元検出器、サンプルチェンジャーが設置されている。試料をマウントするゴニオヘッドは電動XYZステージで駆動され、結晶サンプルの入射X線位置へのセンタリングが、放射光同軸望遠鏡の画像とXYZステージにより実験ハッチ外部からリモート操作可能である。このため、サンプルチェンジャーによるサンプル交換時も含めてハッチ開閉無しに連続測定を行うことができる。回折像を記録する検出器は、大型イメージングプレートと2×2モザイクCCDの2機種を設置した<sup>[5,6]</sup>。2台の検出器はリモート切替え可能な実験架台に載せることにより、実験スケジュールに応じて最適な

検出器に自動交換可能となっている。

光学ハッチ、実験ハッチ内のすべての機器はクライアント・サーバ型の制御ソフトウェアにより、ネットワークを介して集中管理されている<sup>[7]</sup>。ビームラインの末端には新規開発したスケジューリング機能をもつクライアントソフトウェア、Beamline Scheduling Software (BSS 図5)がインストールされ、各機器を制御するサーバソフトウェアと通信しながらビームライン運転を行う。

### 3. サンプル管理システムを用いたビームライン自動運転

ビームラインの自動運転は、朝の入射を境とした24時間を基本単位としてスケジュールを作成する(図6)。ビームラインにおけるルーチ的な作業は、専門のビームラインオペレータが行うので、実験責任者はビームタイムの間ビームラインに拘束されることは無い。毎朝ビームラインオペレータが、当日に実験予定のサンプルトレイのIDをバーコードリーダーで読み取り、実験ハッチ内のサンプルチェンジャー用液体窒素デューワーにセットする。ネットワークを介してデータベースにアクセスし、持ち込まれたサンプルの情報を取り出して、その日の実験を開始する。日中は持ち込まれた全サンプルに対して、結晶評価のための予備的实验を行う。評価実験ではサンプルチェンジャーが結晶サンプルを交換し、オペレータがセンタリングを行う。その後数枚の回折イメージと、MAD法に用いる試料の場合はXAFS



図6 理研構造ゲノムビームラインの1日

プロフィールを測定する。センタリング位置と回折データ、XAFSデータは、それぞれのサンプル固有の情報としてデータベースに保存される。

すべての評価実験終了後、実験責任者はデータベース上の評価データを参照し、最良の回折データ収集スケジュールを決定する。そのために、実験責任者は評価実験の回折イメージから結晶の良否を判断し、データ収集に使用する結晶の取捨選択を行う。良質な結晶に対して最適の実験条件、すなわち使用する波長、スキャン条件、カメラ長などを決めデータベースに登録する。スケジュール決定後にビームラインは無人運転モードに入り、翌朝まで連続自動回折データ収集が行われる。結晶交換、センタリング、波長設定、検出器設定などの作業はビームライン制御ソフトBSSにより人手を介さず実行される。CCDを用いた回折イメージ測定では、16時間の自動測定でMADデータセット（180枚×3波長）を5サンプル程度収集することができる。BL26B1とB2の2本のビームラインで最大限に威力を発揮して、1日あたり10個の新規タンパクの分子構造が求められる計算である。

#### 4. コミッショニング結果と今後の展望

2003年10月よりBL26B2にて自動運転のためのワーキンググループを発足し、ユーザの協力のもとビ

ームライン自動運転のコミッショニングが行われている。平均20個ほどのサンプルが、およそ2ヶ月の運転期間のあいだ継続してビームラインに持ち込まれ、オペレータによる評価実験、夜間自動運転が行われた。将来的にSPring-8サイト外からのサンプルを受け付ける可能性もふまへ、実験室にてサンプルを凍結してトレイに詰めた後、ビームラインに移送する際の専用ツールの開発も行っている。その結果、サイト内では結晶サンプルを損傷させること無く輸送できることが確認された。ビームラインにおける評価実験のスループットは、サンプル個あたりの処理に掛かる時間が、平均10分程度であった。52個のサンプルがフルにトレイに詰められたとしても、夕方までの作業時間で十分にスクリーニング可能なペースである。

また連日夜間自動運転時には、データベースに登録された結晶位置より自動的にセンタリングが行われ、人手を介すること無く回折データ収集のスケジュールが実行された（図7）。自動運転のテストデータとしてZnプロテアーゼ（Thermolysin）のMADデータ測定を行い、得られたデータから問題なく初期位相を決定することを確認している（図8）。この様に、ビームラインに設置されたサンプルチェンジャーは現在良好に動作しており、予定実験スケジュールを順調にこなしている。今後はワーキンググループによる試運転をBL26B2にて継続し、サンプルチェンジャーの開発（高度化）を行いながら理研構造ゲノムビームラインの運用形態や方針を決定し、より効率的なビームライン運営を図っていく予定である。

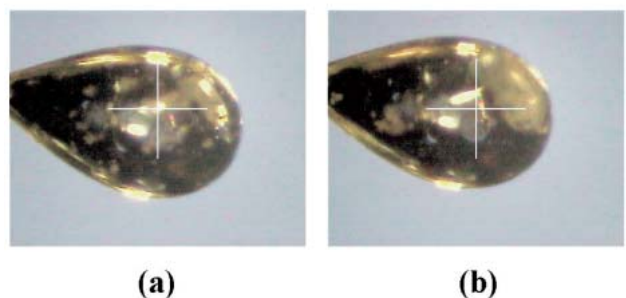


図7 結晶自動センタリング(放射光同軸CCDカメラ画像)  
(a)日中評価実験時、オペレータによる手動センタリングの結果  
(b)夜間自動運転にて再現されたセンタリングの結果

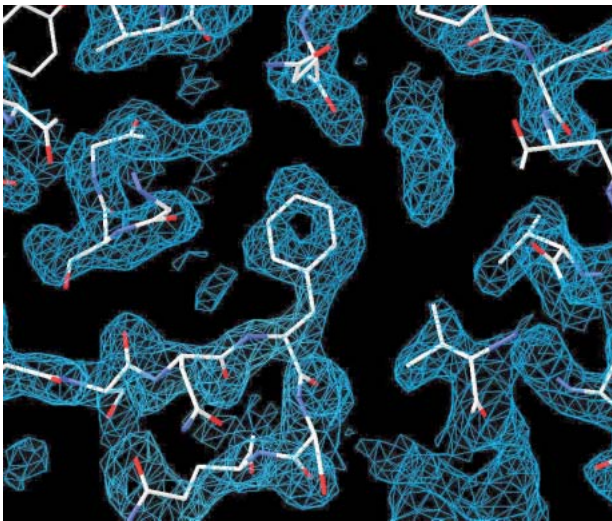


図8 サンプルチェンジャーを用いたMAD測定テストデータ  
 サンプル：Thermolysin、(Phe281付近、 $d > 2.1$  Å)  
 検出器：Jupiter210 (CCD)  
 Solve<sup>[6]</sup>での解析結果：構築されたアミノ酸 269 / 316  
 (85%)

#### 謝辞

構造ゲノムビームラインの建設は、財団法人高輝度光科学研究センターの後藤俊治博士ならびに竹下邦和博士、理化学研究所播磨研究所の石川哲也主任研究員のご協力、アドバイスにより進められました。ビームライン運転スタッフのスプリングエイトサービス株式会社福本祐史博士、村上博則氏、小池真紀氏、藤尾美紀氏、ならびにサンプルチェンジャーの開発に当たりご協力いただいた理化学研究所ジュニアリサーチアソシエイトの井田孝氏、ファルマ・アクセス株式会社の廣瀬雷太博士、長谷川智一氏に感謝いたします。

サンプルチェンジャー開発の一部は、文部科学省タンパク3000プロジェクトにより支援されました。

#### 参考文献

- [1] Raymond C. Stevens et al. : Global Efforts in Structural Genomics *SCIENCE* **294** (2001) 89-92.  
 [2] David Baker et al. : Protein Structure Prediction and Structural Genomics *SCIENCE* **294** (2001) 93-96.  
 [3] S. Goto et al. : Standard Transport Channels of X-ray Beamlines at SPring-8 *J. Synchrotron*

*Rad.* **5** (1998) 1202-1205.

- [4] M. Yabashi et al. : SPring-8 standard x-ray monochromators *Proc. SPIE* **3773** (1999) 2-13.  
 [5] M. Suzuki et al. : A multiple CCD X-ray detector and its first operation with synchrotron radiation X-ray beam *Nucl. Instrum. Meth. A.* **436** (1999) 174-181.  
 [6] M. Yamamoto et al. : Development of high-speed Imaging Plate detector *Nucl. Instrum. Meth. A.* **467** (2001) 1160-1162.  
 [7] T. Ohata et al. : SPring-8 beamline control system *J. Synchrotron Rad.* **5** (1998) 590-592.  
 [8] Terwilliger, T.C. and J. Berendzen : Automated MAD and MIR structure solution *Acta Crystallographica* **D55** (1999) 849-861.  
 Web site: [www.solve.lanl.gov](http://www.solve.lanl.gov)

#### 上野 剛 UENO Go

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所 X線干渉光学研究室  
 理学電機株式会社 X線研究所  
 〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
 TEL : 0791-58-0803 (ex.3640) FAX : 0791-58-2807  
 e-mail : [ueno@spring8.or.jp](mailto:ueno@spring8.or.jp)

#### 山本 雅貴 YAMAMOTO Masaki

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所 X線干渉光学研究室  
 〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
 TEL : 0791-58-0803 (ex.3805) FAX : 0791-58-2807  
 e-mail : [yamamoto@postman.riken.go.jp](mailto:yamamoto@postman.riken.go.jp)



## レ - ザ - 電子光とクオーク核物理 LEPS - BL33LEP - ペンタクオークへの道

財団法人高輝度光科学研究センター  
大阪大学 名誉教授  
江尻 宏泰

レーザー電子光によるクオ - ク核物理プロジェクトを決心し、LEPSがスタートしたのが1994年。計画立案、R&Dを経てSPring-8ビームラインBL33LEPの建設が1997年に始まり、1999年に世界最高エネルギーのレーザー電子光が得られた。1998年に始まったクオーク核分光器の建設も1999年には本体が完成し、2000年にはクオーク核物理の国際共同研究がスタートした。ペンタクオークの発見(2002、2003)を初め、興味ある研究が世界の注目を集め、基礎科学を大きく発展させている。スタートから10年にあたり、これまでの進展を概観し、これからの展望を述べる。

### 1. クオーク核物理を拓くレーザー電子光プロジェクト

レーザー電子光は、エネルギーが高く極めて波長の短い光ビームで、レーザー光と電子ビームから得られる。最近、レーザー電子光が素粒子核の世界を探るユニークなプローブとして、世界の注目を浴びている。

原子や分子の世界 ( $10^8$  cm) では核力(強い相互作用)は顔を出さず、電磁相互作用が主である。一方、原子核、ハドロン、素粒子の様なミクロの世界 ( $10^{-13}$  cm) では強い相互作用が主な役割を果たしている。しかしBohrとMottelsonが書いているように、ミクロの世界を研究するプローブとしては、電磁相互作用や弱い相互作用が主たる役割を果たす事が少ない。相互作用が弱い事がクリーンなプローブとして有利であり、電弱プローブの質量が0か0に近い事が素粒子や原子核の特定な面を選択的に探る事を可能にする。電磁相互作用プローブの主流は一次ビームで加速可能な電子線である。

一方、光(ガンマ線)は電子ビームから作られる二次ビームであるが、研究のプローブとしてユニークな特徴がある。レーザー電子光によるクオーク核物理研究は、敢えて光というプローブで素粒子核にチャレンジする。それを可能にするのは10GeV ( $\text{GeV}=10^9=10$ 億電子ボルト)クラスの電子リングとレーザー光である。レーザー電子光はエネルギーが高く(GeV領域)波長の極めて短い( $10^{-14}$  cm 領域)鋭利な光なので、ミクロな素粒子核の世界の探索に適している(図1)。

レーザー電子光計画(LEPS: Laser Electron Photons at SPring-8)はクオーク核物理を拓く事を主な目的として1994年にスタートした。その一年前の1993年、全国共同利用の核物理研究センター(RCNP、大阪大学)のリーダーを引き受ける事になり、3つの新しい研究プロジェクトを推進することにした。第一はリングサイクロトロンによる核子ハドロン系核物理研究で、核子ハドロン系の精密研

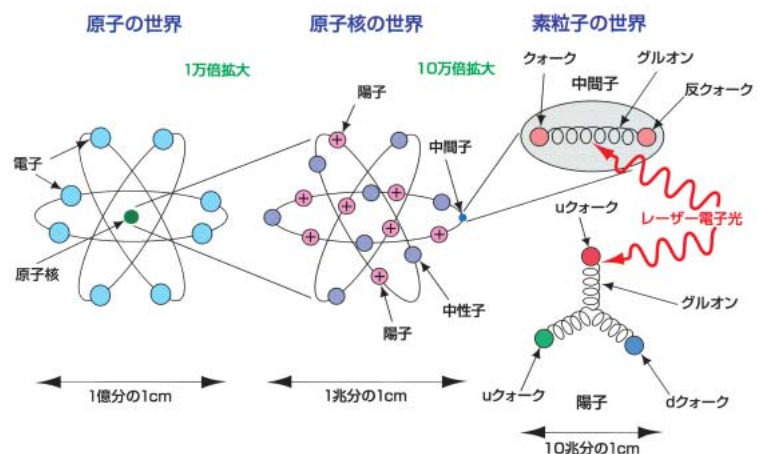


図1 物質の究極「素粒子核の世界」のレーザー電子光の概念図



究を発展させる。第二は本論の主題であるクオーク核物理で、クオークとグルオンの量子系物理の開拓を目的とする。第三はレプトン（ニュートリノ）核物理でニュートリノと弱相互作用の本質の解明を目指す。

1990年代の初めは世界的に中高エネルギーの電子線や軽重イオンの巨大加速器が、国家プロジェクトとして進められつつあった。わが国でも陽子や重イオンの巨大加速器の計画と検討が進んでいた。このような中でいかにユニークで魅力ある研究の方向を打ち出すかを考えた結果出されたのが、上記の三研究プロジェクトである。それぞれ、強い相互作用、電磁相互作用、弱相互作用の相補的プローブを使って素粒子核分光研究を行い、核子ハドロン系、クオーク系、レプトン系の物理の基礎を確立する事を主目的とする。

クオーク核物理を推進する具体的方法が1993年から1994年にかけて検討された。その結果決定したのがSPring-8利用によるレーザー電子光プロジェクトLEPSである。

リングサイクロトロンによる精密核物理は前の池上センター長の基に進められた方向を発展させるものである。アメリカのIUCFの磁石系を有効利用する事で超高分解の荷電粒子分析系が完成し、世界最高のエネルギー分解能の研究が精力的に進められている。レプトン（ニュートリノ）核物理は理学部（阪大）で進めてきたELEGANT素粒子分光系を基にする。大塔村のトンネルに大塔コスモ観測所を建設し、二重ベータ崩壊によるニュートリノ研究やダークマターの興味ある研究が昼夜おこなわれている。

一方、クオーク核物理については、リングサイクロトロン実験室にTARNを利用してシンクロトロン/リングを建設する事や、KEK電子リング利用などの可能性があった。装置の実現という点からは現実的であったが、物理と夢の実現を第一に考え、SPring-8活用によるマルチGeVの偏極光に挑戦する事に決めた。当然予想された困難が多々あったが、LEPSによるクオーク物理の可能性と魅力が、科学者の情熱と理解を生み、国際レベルでの協力と国民の支持につながり、計画は一步一步実現する事になった。

## 2. レーザー電子光の特徴

実験研究で大切な事は、方法がユニークで新しいフロンティアを拓く可能性があることである。レー

ザー光をGeV電子に衝突させると、電子がレーザー光を吸収しGeV～MeV（10億～100万電子ボルト）領域のガンマ線を放出する。SPring-8を利用するレーザー電子光LEPSは、下記のような極めてユニークな特徴をもち、非摂動領域のクオーク-グルオン核物理を開拓するのに有効である。

1. マルチGeV（1～3.5GeV）のリアルな超短波光（ガンマ線）が得られる。ガンマ線のエネルギーEはレーザー光のエネルギー $E_L$ 、電子のエネルギー $E_e$ 、ガンマ線の方向  $\theta$  を用いて次のように表される。

$$E = 4E_L E_e^2 [m^2 + 4E_L E_e]^{-1} K^{-1},$$

$$K = 1 + \frac{E_e^2}{E_L} [m^2 + 4E_L E_e]^{-1} \quad (1)$$

この式でmは電子の質量である。レーザー電子光のエネルギーが電子エネルギーの2乗に比例するので、世界最高エネルギー（8GeV）の放射光電子リングであるSPring-8から、世界最高のレーザー電子光が得られる。ヨーロッパのESRF（6GeV）より倍近いエネルギーである。レーザー光のエネルギーとレーザー電子光のエネルギーの関係を図2に示す。

2. エネルギースペクトルは、最大エネルギー値 $E = 4E_L E_e^2 [m^2 + 4E_L E_e]^{-1}$ でピークになる。レーザ

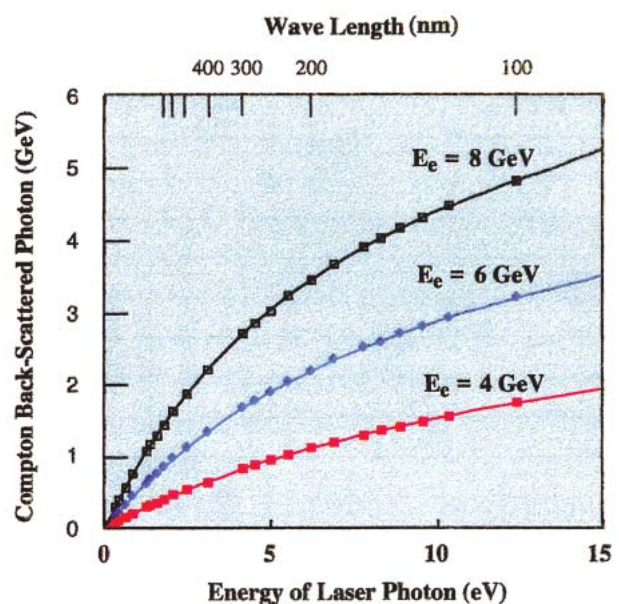


図2 レーザー光のエネルギーと8、6、4 GeVの電子から得られるレーザー電子光（Compton Backscattering光）のエネルギー（LEPSグループ）。

—電子光が前方 ( $\theta = 0$ ) に放出される場合が多い事による。この性質は、エネルギーの低い成分が主でエネルギーの最大値で強度が0になる制動輻射光と比べて、大変有利である。

3.  $E_e^2 \gg m^2$  なのでレーザー電子光の方向は前方に限られ、エミッタンスの小さい細いビームが得られる。

4. 偏極レーザー光を使う事によってほぼ100%の直線ないし円偏極のレーザー電子光が得られる。偏極光はスピンパリティに関する分光分析に欠かせない。

5. レーザー電子光のエネルギーは、散乱された電子のエネルギーを磁気分析することによって解る。2.5GeV光の場合15MeV程度のエネルギー幅である。

6. レーザー電子光は常時毎秒当り $10^{6\sim7}$ 程度の強度で得られ、通常の制動輻射(放射)光実験と共存が可能である。

レーザー電子光の諸性質を図3に示す。これらの諸性質は物理的な特徴であるが、SPring-8利用によるLEPSで特筆すべきことは、8GeVの電子リングが存在した事であり、LEPSプロジェクトとの共存が可能で、上坪所長(当時)をはじめSPring-8側(加

速器グループ他)の全面的な協力があつた事である。また国内外の優れた科学者の理解と協力は計画のタイムリーな推進に大きな役割を果たしたことは言うまでもない。最近ニュートリノ研究でANLに招待された時、多くの核物理研究者がAPSでは加速器への影響の危惧からレーザー電子光が実現しなかつた事を残念がっていた。

### 3. ビームラインBL33B2建設とマルチGeV光の実現

1994年半ばのLEPS計画の決定に続いて、計画の内容が鋭意検討され、1995年度の初めにはJASRI/SPring-8とRCNPの共同でワーキンググループが立ち上げられた。そこで精力的にR&Dと具体的実行案の作成が行われた。

LEPSプロジェクトは国際的にも最先端の素粒子核宇宙の物理学者の注目を浴び、各方面から協力を得る事になる。1995年度の国際評価委員会(小田稔委員長)と国際シンポジウム、1997年度の国際評価委員会(S. Kullandar 委員長)と国際シンポジウム、1999年の国際シンポジウム、等での高い評価と活発な議論はLEPSプロジェクトを大きく加速した。国

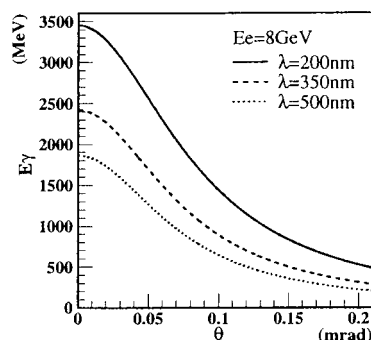


Fig.1 The photon energy versus scattering angle with respect to electron beam

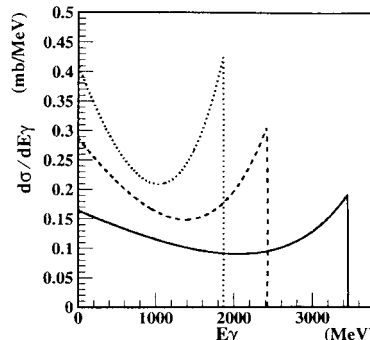


Fig.2 The photon energy spectra

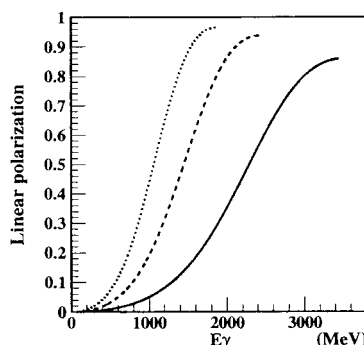


Fig.3 The photon linear polarization versus the photon energy

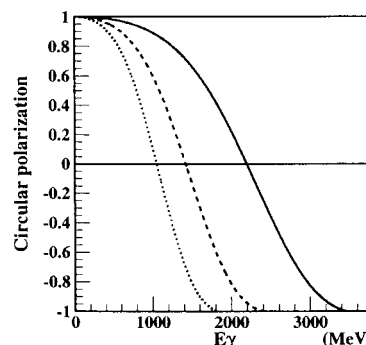


Fig.4 The photon circular polarization versus the photon energy

図3 レーザー電子光の性質。左上はエネルギーと散乱角、右上はエネルギースペクトル、左下は直線偏極、右下は円偏極を示す。

際的な議論やサポートに呼応して、国内でも学会会議原子核委員会での決議（1997年度初め）や核物理委員会のサポート（1997年末）等が続いた。また大阪大学（金森総長、伊達及び櫛田理学部長：当時）からはプロジェクトの当初から特別の理解と協力を得た。

国際的に基礎科学を推進する事の重要性に鑑み、1997年初めに中高エネルギー核物理推進のための国際研究ネットワークMESON (Medium Energy Science Open Network) を立ち上げた。世界の15の主要な中高エネルギー研究所（グループ）からなり、LEPSの推進にも大変有効な役割を果たした。

LEPSプロジェクトチームについては、プロジェクト発足の早い段階から実験では藤原（守）氏他が協力した。

理論部分を強化すべく、スタートして間もなく1994年に土岐氏をInviteしてクオーク核理論グループをつくり、理論面から協力していただいた。1996年になり、当時理学部の私の研究室に来て間もない中野（貴志）氏をInviteする事に成功し、氏をリーダーとしてクオーク核物理の実験グループが形成されプロジェクトが大きく進展する。また山形大学（清水氏、現在東北大）京都大学（与曾井氏）の協力を得て1999年度からクオーク核分光部門を発足させた。ユーザーの会が結成（1997年）され、COE研究員等を含め国内外から先鋭物理学者が集まり、LEPS国際協同グループができ、計画が実行されていった。

LEPS計画はレーザー電子光で素粒子核を研究するもので、SPring-8本来の制動放射（放射）光利用の研究とは異なる。またリングの若干の変更も必要で且つ電子強度にも若干の影響をもたらす。それにもかかわらず、SPring-8の関係者は科学的に弾力的且つPositiveに対応して頂いた。スタートの翌年の1995年にSPring-8サイドで評価委員会（中井委員長）がもたれ我々の発表に前向きな評価がなされた。それをもとに放射光利用促進機構諮問委員会（高良委員長）で、SPring-8に受け入れ可能の決定がなされた。引き続き1996年に専用ビームラインBL33B2の建設が決まり、1997年から1998年にかけてビームラインが建設された。

ビームライン建設で特記すべきことにJAERI（原研）の先端基礎研の参加協力がある。伊達（宗行）

#### Laser Electron Photon at SPring-8

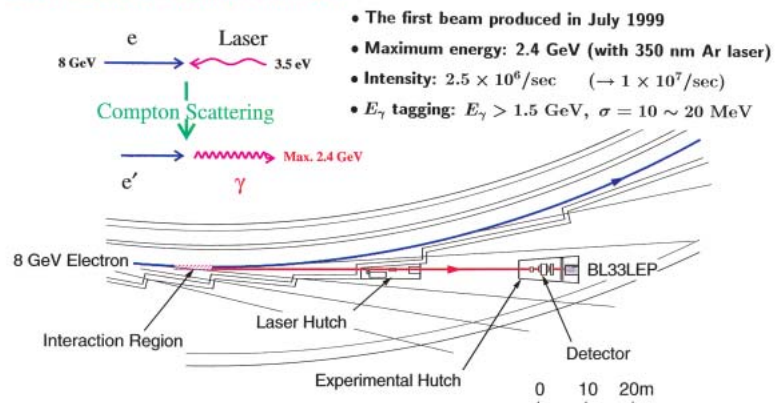


図4 レーザー電子光ビームラインBL33LEPの概念図。レーザーハッチからのArレーザー光がSPring-8の8GeV電子と衝突し、電子の方向に散乱されたレーザー電子光が実験室に導かれる（LEPSグループ）。

センター長（当時）はRCNPでLEPSプロジェクトに大変興味を持たれ、その意義に理解を示し、直ちに先端基礎研として参加協力することになった。こうしてSPring-8、JAERI、RCNPは相互に協力しながらビームラインをタイムリーに完成させた。図4にビームラインの概念図を示す。

#### 4. マルチGeV光の成功とクオーク核分光器の建設

ビームラインの建設に続いて、測定器のR&Dと検討が行われ、1998年から主要な測定器であるクオーク核分光器の建設がはじまった。クオーク核分光器は、光反応過程で放出される核子、中間子（K、パイ）、ガンマ線（電子対）などのエネルギーや運動量を分光分析する。分光分析のデータ解析から光反応機構や反応で生成された粒子の性質を解明する。クオーク分光器の建設は急ピッチで進み、1999年には主要部が完成した。この検出器の特徴の一つは入射するレーザー電子光の方向（前方）に放出される粒子が測定できる事である。レーザー電子光を使う事で可能になった事で、後に述べるような研究成果を挙げるのに大変重要である。図5と図6にビームラインとクオーク核分光器の一部の写真を、図7にクオーク核分光器の概念図を示す。

ビームラインBL33LEPの完成と測定器の整備により、レーザー電子光の生成実験が行われた。ついに1999年7月に世界最高の2.4GeV(24億電子ボルト)のエネルギーのレーザー電子光生成に成功した（参





図5 実験室（右）と検出器（クオーク核分光器）からの信号処理解析器



図6 クオーク核分光器の一部の磁気分析器

参考文献 [ 1 ] 。

2000年になりLEPSグループによりクオーク核物理の本格的研究が始まった。LEPSグループは中野（RCNP）氏をリーダーに、国内外の約20の大学・研究所からの約50名の研究者からなる国際協同研究グループである。測定器のほうも荷電粒子の分光器に続いて、 $^0$ 中間子・ガンマ線検出器や液体ターゲットなどが整備され、日夜クオーク核物理研究が精力的に行われている。図8にレーザー電子光によって生成された中間子の質量スペクトルを示す。生成された粒子が正と負のK中間子に崩壊するのを測定し、粒子の質量から中間子が同定された。

実験がスタートして間もなくの2001年には、

JASRIの情報ネットや企画グループの協力で、大量のデータerを適切に処理すべくネットワークが充実された。

#### 5. ペンタクオークの発見とクオーク核物理のスタート

LEPS国際協同研究グループによるクオーク核物理の研究が精力的に行われ、データの収集と解析が進むにつれ、興味ある研究成果が次々に得られている。

ペンタクオークの粒子  $\Phi^+$  の発見はLEPS研究プロジェクトの大きな成果と云える。研究結果は2002年の秋の国際学会PANIC02で発表され、翌年の2003年7月に国際誌PRLに発表された（参考文献 [ 2 ]）。

Current LEPS detector setup

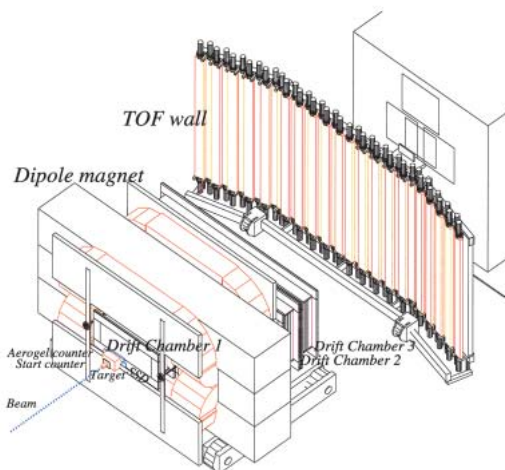
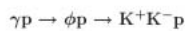


図7 クオーク核分光器の概念図（LEPSグループ）

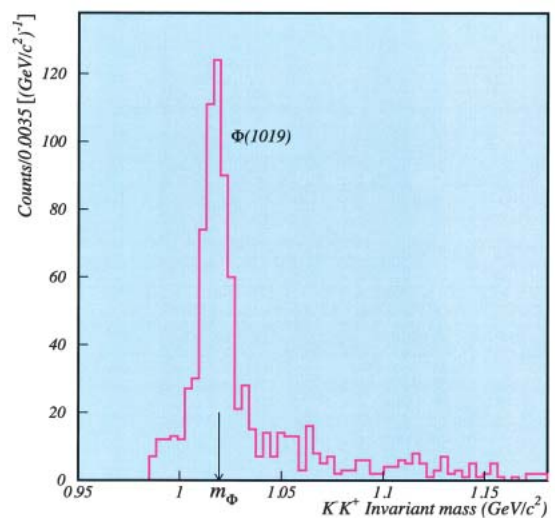


図8 ファイ中間子生成を示す  $K^+ K^-$  中間子 Invariant 質量スペクトル（LEPSグループ）



単クォークは今のところ存在せず、現在確認されているのは核子などの3つのクォークから成るバリオンとクォークと反クォーク対の2クォークから成るメソンである(図1)。3個以上のクォークから成る粒子が存在する可能性は、理論的には論じられていたが実験的には未発見であった。今回のSPRING-8での発見は5つのクォークから成る粒子の最初の確認で、クォークとグルオン系の量子色力学の発展上極めて大きな意義がある。

実験には炭素核内の中性子nと2.4GeVのレーザー電子光との反応が用いられた。 $n + e^- \rightarrow p + K^-$ の過程で放出される $K^-$ を分析し、1.54GeVの質量の安定な(幅の狭い: 25MeV以下)粒子 $\Lambda^0$ が見つかった。この際 $\Lambda^0 \rightarrow n + K^+$ の崩壊過程で放出される $K^+$ 中間子を同時に分析する事で、炭素核内のnのフェルミ運動の効果を補正した事がポイントである。この発見には、炭素核内の中性子利用と云い、フェルミ運動の補正法と云い、グループリーダーである中野氏の独創性による所が多い。図9にペンタクォーク粒子の質量スペクトルを示す。この新粒子は5(ペンタ)クォークからなる最初の粒子で、二つのuクォーク、二つのdクォーク、一つの反sクォークから成る。この研究は間もなく欧米の研究グループによって確認された。

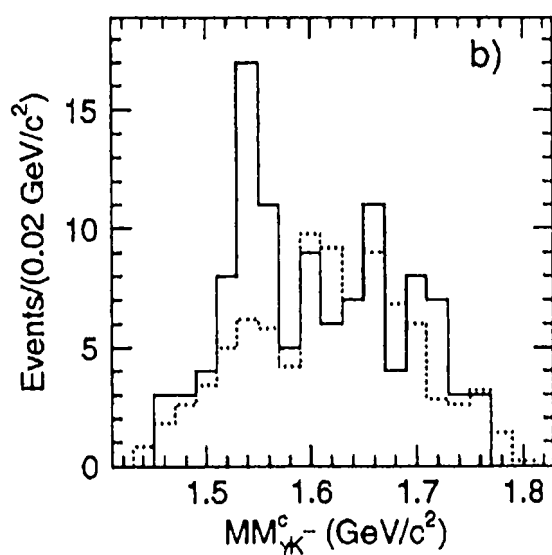


図9 レーザー電子光と中性子の反応で $K^-$ 中間子が放出された際に生成された粒子の質量スペクトル。1.54GeVの質量のペンタクォーク粒子の生成がピークとして現れている。(参考文献[2] PRL91から転載)

ペンタクォーク新粒子はDiakonovが1997年に予言した粒子の可能性がある。しかし粒子のスピンやパリティなどの基本的性質はこれからの課題である。ペンタクォーク粒子の発見はQCDの基礎となるもので、これからの実験と理論の研究と相俟って、非摂動QCD物理を大きく発展させる事が期待される。SPRING-8でのこの研究はクォーク核物理の始まりとなる重要な研究と云えよう。

レーザー電子光が偏極している特性を生かし、ハイペロンの生成機構や、中間子の光生成の際のグルオンの役割など、興味ある実験研究が進められている。また核内に於けるハドロンの性質の研究はカイラル対称性などの基本的な問題に繋がる。

#### 6. GeV-MeV光科学の展望とAPPEAL

超短波長のマルチGeV光がクォークやハドロンの世界( $10^{-13}$  cm)の探求に適している事はこれまで述べた。一方、核子系の原子核の世界( $10^{-12}$  cm)については、宇宙での核生成反応、光核反応、光核変換など興味ある研究が、100~1 MeV領域の光(波長:  $10^{-12}$ ~ $10^{-10}$  cm)で可能である。

マルチ10~1 MeV光による核子系核物理とその応用研究は、マルチGeV光によるクォーク系核物理と共通するユニークな特徴がある。光プローブは、核子や軽重イオンなどのプローブによる主流の研究とは異なった興味ある側面を明らかにする。ここで核半径( $\sim 10^{-12}$  cm)よりも長い波長の光を使うと光の特定の角運動量成分が選択されるので、核分光研究に有効である。

実験的にマルチ10~1 MeV光を得るには、マルチGeVのレーザー電子光と同じ原理でレーザー光とGeV電子リングを使う事が有効である。光のエネルギーをGeV領域から100~10 MeV領域まで下げるには、(1)式から明らかなように、電子のエネルギーをGeV程度に下げる事と長波長のレーザー光を使う事が考えられる。最近の自由電子レーザーの進歩は大変重要である。この他にも超伝導ウィグラーによる制動放射光(JASRI)や強力なレーザーで電子を加速して制動放射光を得る方法(JAERI, ILE)などがある。

マルチGeVレーザー電子光のエネルギー領域を広げ、GeV~MeV光による素粒子核関連の基礎と応用科学の新分野を拓くことは大変興味ある。GeV~MeV光はGEM(宝)光であると云える。最近の電子リングとレーザー光の発展がGEM光による科学

研究を現実のものとした。

GEM光による科学技術の発展を目指して、2003年に国際ネットワークAPPEAL (Advanced Physics with Photons, Electrons, And Lasers) が形成され、世界的に反響を呼んでいる。提案者は私達SPring-8とRCNP、関西原研、甲南大の有志である。APPEALの目的は、関連する分野の開かれた自由な討論や協力を促進し、国際レベルで広くGEM光科学技術のフロンティアの開拓を計る事である。既にこの線にそってAPPEALセミナー討論会が定期的に行われている。最近のGEM光科学やAPPEALネットワークとセミナーは参考文献[3]のwebサイトに載せてある。

わが国にはSPring-8、JAERIなどの研究所や各大学に電子加速器、レーザー、素粒子核、原子力の優れた科学者が大勢いる。いずれも豊かなアイデアと実績を持ち、新しい科学技術へのチャレンジ精神が旺盛だ。同じ事は世界の研究所や大学についても云える。このような科学者の力が十分いかされAPPEALが世界にAppealしGEM(宝石)光科学が発展する事を期待したい。

## 7. おわりに

LEPSプロジェクトはレーザー電子光でクオーク核物理を開拓するもので、物理の魅力と可能性から考えると極めて自然な研究計画である。しかしプロジェクトの実際面からは異例な事が少なくない。大学(共同利用研 RCNP)とSPring-8は省庁(当時)が全く異なる。SPring-8の使命は放射光による研究で、レーザー電子光による素粒子核研究は主な目的ではない。一方RCNPは軽イオンによる核物理が主で、光とかクオークとかニュートリノは範囲外と云う考えが主流である。これらの多くの困難が克服されてLEPSプロジェクトがタイムリーに進んだのは、多くの人々の科学を主とする考えと情熱と努力による。

最初は殆ど人も予算もなく始めたプロジェクトであったが、間もなく国内外の多くの科学者が時にはCriticalにそして何時もConstructiveに協力してくれた。また計画の進行に応じタイムリーな国民のサポート(予算)もあった。

スタートから10年目にあたり執筆の依頼を引き受けたのは、LEPSに関わった多くの人々に感謝したい気持ちが強くあった事による。しかし紙数の制限もあり十分に触れられなかった。最後に国内外、実験理論、各分野、関係当局等の全ての関係者と国民

に感謝する事で了解していただければ幸である。特にLEPSグループの優れた能力と昼夜を問わない努力には敬意を表し感謝したい。LEPSがクオーク核物理の新たな展開に貢献し、新しい素粒子核物理が発展しつつある事を嬉しく思う。

## 参考文献

- [1] T. Nakano, et al. : LEPS Collaboration, Nucl. Phys. **A629** (1998) 559c, **A670** (2000) 332.
- [2] T. Nakano, et al. : LEPS collaboration, Phys. Rev. Lett. **91** (2003) 012002.
- [3] H. Ejiri, <http://www.spring8.or.jp/e/conference/leps03/>, <http://www.spring8.or.jp/e/conference/appeal/>

江尻 宏泰 EJIRI Hiroyasu

(財)高輝度光科学研究センター 参与

大阪大学名誉教授

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-0954 FAX : 0791-58-0955

e-mail : ejiri@spring8.or.jp

## 略歴 :

1958 東京大学 理学部卒

1963 東京大学 大学院卒 理学博士

1969~1970 コペンハーゲン大学研究フェロー

1975 カルフォニア大学 客員教授

1976 大阪大学 理学部 教授

1993~1999 大阪大学 核物理研究センター長

1999~2000 ワシントン大学 客員教授

2001~2002 国際高等研究所招聘学者

専門 : クオーク・レプトン核物理、ニュートリノ核物理

# 光合成電子伝達で働く巨大分子複合体チトクロム $b_{6f}$ の立体構造

大阪大学 蛋白質研究所  
栗栖 源嗣

## Abstract

The photosynthetic unit of oxygenic photosynthesis is organized as two large multimolecular membrane complexes, photosystem II (PSII) and photosystem I (PSI). The two photosystems operate in series linked by a third multiprotein complex called the cytochrome  $b_{6f}$  complex. The cytochrome  $b_{6f}$  complex is a membrane-spanning protein complex embedded in a thylakoid membrane of photosynthetic organisms. The  $b_{6f}$  complex arranges the electron transfer between plastoquinol reduced by PSII and an electron carrier protein plastocyanin that connects to PSI. The structure of the  $b_{6f}$  complex from cyanobacterium *M. lamosus* was solved at 3.0 Å resolution by isomorphous replacement method and multiwavelength anomalous diffraction from native iron atoms. The crystal structures of the cytochrome  $b_{6f}$  complex complete the description of the architecture of the oxygenic photosynthetic electron transport chain, since three-dimensional structures have been provided for two photosystems.

## 1. はじめに

地球上の多くの生物は光合成に依存して生活している。光合成のうち光エネルギーを化学エネルギーに変換する光合成電子伝達は地球上で最も重要な化学反応の一つであると言えよう。高等植物やラン藻などが行う酸素発生型の光合成電子伝達では、水を酸化して酸素を発生する光化学系と、 $\text{CO}_2$ などを同化する還元力を生み出す光化学系Iの2種類の膜蛋白質複合体が、チトクロム $b_{6f}$ 複合体を介してチラコイド膜上で直列に繋がった構成となっている(図1)。光合成電子伝達は植物生理学的にも生化学的にも多くの知見があり、反応を構成する蛋白質群は古くから結晶構造解析のターゲットとして多くの構造研究がなされてきた。筆者らも2001年に光合成電子伝達の末端で働く電子伝達蛋白質フェレドキシンとフェレドキシン依存性酵素複合体の結晶構造をSPRING-8の放射光を利用することにより報告している<sup>[1, 2]</sup>。2001年以降、好熱性ラン藻由来の光化学系<sup>[3]</sup>および<sup>[4, 5]</sup>の結晶構造が次々に報告され、光化学系の高分解能構造解析というテーマは残っているものの、全体構造という点ではチトクロム $b_{6f}$ 複合体が最後に残された立体

構造不明の蛋白質であった。チトクロム $b_{6f}$ 複合体は、葉緑体のチラコイド膜およびラン藻の光合成膜中に存在し、2量体あたり16個のサブユニットを含む分子量22万の超分子複合体である。 $b_{6f}$ 複合体は

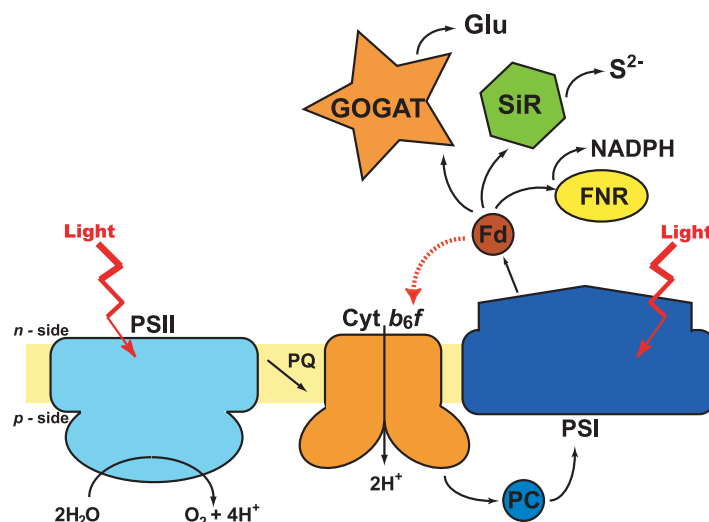


図1 光合成電子伝達を構成する蛋白質群とその周辺の蛋白質を示した模式図

光化学系 (PSII)、チトクロム $b_{6f}$ 複合体(Cyt $b_{6f}$ )、プラストシアニン(PC)、光化学系 (PSI)、フェレドキシン(Fd)、フェレドキシン-NADP<sup>+</sup>還元酵素(FNR)、亜硫酸還元酵素(SiR)、グルタミン酸合成酵素(GOGAT)を示している。



光化学系で光還元された脂溶性プラストキノンから電子伝達蛋白質プラストシアニンへと電子を伝達するが、この電子伝達と共に膜のストローマ側 (*n*-サイド) からルーメン側 (*p*-サイド) へとH<sup>+</sup>を輸送するポンプの役割も担っている<sup>[6]</sup>。

昨年11月に筆者を含む米国のグループとフランスのDaniel Picot等のグループが、相次いでチトクロム $b_6f$ 複合体の立体構造を報告した。我々は好熱性ラン藻由来の複合体をSPring-8およびAPSの放射光を使い3.0 分解能で<sup>[7]</sup>、フランスのグループはESRFの放射光を利用シラミドモナス由来の複合体を3.1 分解能で構造解析した<sup>[8]</sup>。光化学系およびの結晶構造も好熱性ラン藻由来なので、結果的にラン藻では膜上で起こる光合成電子伝達反応の構成成分すべての立体構造が明らかになったことになる。両グループにより報告されたラン藻およびシラミドモナス由来 $b_6f$ 複合体の結晶構造を比較したところ、非常に良く似た構造をしており本質的に同じ構造であると考えられる。本稿では筆者が構造解析に携わった好熱性ラン藻由来のチトクロム $b_6f$ 複合体の結晶構造を基に複合体周辺の電子伝達について最新の知見を紹介したいと思う。

## 2. 結晶化と構造解析

可溶性蛋白質と比べて膜蛋白質の構造解析例が極端に少ない第一の理由は、膜蛋白質の精製・結晶化が非常に難しいからであろう。我々が構造解析に用いた好熱性ラン藻 *M. laminosus* 由来の $b_6f$ 複合体は、

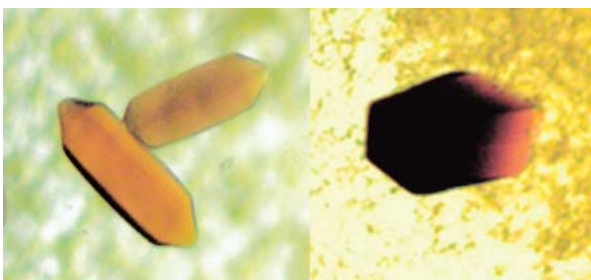


図2 好熱性ラン藻由来チトクロム $b_6f$ 複合体の結晶

界面活性剤で可溶化した後も高い電子伝達活性を有し、結晶化に十分な純度で再現性よく精製する方法が確立されていた。筆者がチトクロム $b_6f$ 複合体の構造解析を目指して渡米した時点では、構造解析可能な $b_6f$ 複合体の結晶は得られていなかったが、あきらめずに構造解析を目指して *M. laminosus* 由来 $b_6f$ 複合体の結晶化条件の検討を行ったところ、精製の最終段階で均質な合成脂質を添加剤として加えた時に良質の結晶を得ることができた (図2)<sup>[9]</sup>。

米国と日本の大型放射光施設 (APSおよびSPring-8) のビームライン (SBC-19IDおよび阪大蛋白研ビームライン) を用いて $b_6f$ 複合体結晶のX線回折強度データを収集し、重原子同型置換法と多波長異常分散法を用いて立体構造を解析した<sup>[7]</sup>。構造の精密化には3種類の結晶からの回折強度データを使用した。まずNative結晶を3.4 分解能で、次に臭素を含む小型の基質アナログ (DBMIB) 複合体結晶の構造を3.4 分解能で、最後に基質とほぼ同じ分子サイズを持つアナログ (TDS) 複合体結晶の構造を3.0 分解能で構造決定した。立体構造を決定した蛋白質分子のサイズは膜のルーメン側 (*p*-サイド) で約120×75、膜貫通部分で約90×55であった (図3)。

チラコイド膜を貫通する膜貫通領域は2量体あたり26本の膜貫通ヘリックスから構成されている。膜貫通領域中に電子密度図から3種の補欠分子族を同定した。サブユニットの2つのヘリックスに挟まれる形でクロロフィル分子を確認し、 $b_6f$ 分子の外

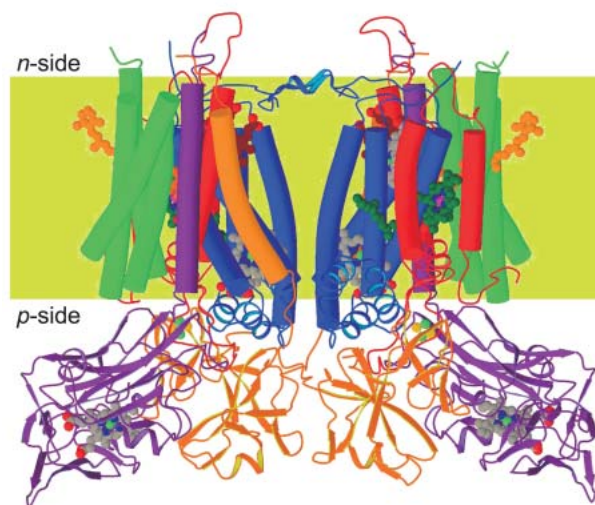


図3 好熱性ラン藻由来チトクロム $b_6f$ 複合体の結晶構造へ $\Delta x$  (茶色) クロロフィル (緑色)  $\beta$ -カロテン (黄色) も合わせて表示している。

側に突き出る形で  $\beta$ -カロテン分子を同定した。さらに、すでに分光学的な研究がある2つの**b**型ヘム (heme  $b_p$ およびheme  $b_n$ ) 以外に膜貫通領域のストローマ側の端にもう一つ余計なヘムも発見した。この初めて同定された新しいヘムは5配位型で、配位子が**b**型ヘム (heme  $b_n$ ) のプロピオネイト基に結合した水分子 (またはOH<sup>-</sup>) であるという非常に新奇なものであった。さらに興味深いことに**c**型ヘムのようにチトクロム**b<sub>6</sub>**のCys35とヘムのビニル基がチオエーテル結合していたのである。我々はこのヘムを既存のカテゴリーに分類できない新しいヘムであると結論付けて、投稿論文中で“ヘムx”と名づけることにした<sup>[7]</sup>。

なぜこのヘムxは長い間存在が確認されなかったのでしょうか。答えは2つあると考えられる。第一に「ミトコンドリア呼吸鎖に存在する進化的に相似なチトクロム**bc<sub>1</sub>**複合体と同じである」という強い固定概念。第二に「膜からの可溶化、精製の難しさ」である。ヘムxを発見した後に、**b<sub>6</sub>f**複合体に関する分光学的論文を確認したが、その幾つかに5配位型ヘムに見られるHigh Spinシグナルの存在を記述している物があった(10%程度)<sup>[10]</sup>。しかし精製の難しさを踏まえて、それは不純物由来もしくは部分分解した**b**型ヘム由来のシグナルであろうと結論していた。プロテオミクス研究においても同様である。実際にはマスペクトルの分子量でヘム1つ分の分子量差が観測され<sup>[11]</sup>、電気泳動ゲルをヘムで染色するとチトクロム**b<sub>6</sub>**に対応するバンドが染色されて

いた。これらの場合も部分的に分解された**b**型ヘムが残っている物として十分な考察がされていなかったのである。

### 3. 立体構造から推測するチトクロム**b<sub>6</sub>f**周辺の電子伝達

2量体として存在しているチトクロム**b<sub>6</sub>f**複合体のモノマーの間に大きなキャビティーが存在している。膜貫通部分にあるこのキャビティーには基質であるプラストキノンおよび結晶化の際に加えた基質アナログTDSが結合していた(図4)。チトクロム**b<sub>6</sub>f**複合体は膜中に2つのキノン結合サイト(Q<sub>p</sub>サイトとQ<sub>n</sub>サイト)を持ち、Qサイクルと呼ばれるメカニズムで機能している<sup>[6]</sup>。Qサイクルでは膜の*p*-サイドに還元状態のプラストキノールが結合し、電子と共にH<sup>+</sup>を放出し、膜の*n*-サイドに酸化状態のプラストキノン(又はプラストセミキノール)が結合し**b<sub>n</sub>**ヘムから電子を受け取ると同時にH<sup>+</sup>を汲み上げる。結果的に電子伝達と共にH<sup>+</sup>を膜の*n*-サイドから*p*-サイドへと運ぶことになる。我々は構造中でQ<sub>p</sub>サイトとQ<sub>n</sub>サイトの両方へ基質が結合した状態を見ることができた。このキャビティーがキノン交換キャビティーであることが実験的に確認できたと考えている。もう一つの基質アナログであるDBMIBは小型の分子であるため、キャビティーよりもさらに奥まったところに結合していた。DBMIBが結合していたのはサブユニットIVにある保存配列-PEWY-の近傍であり、チトクロム**bc<sub>1</sub>**で考えられているようにこの保存配列がH<sup>+</sup>を放出する

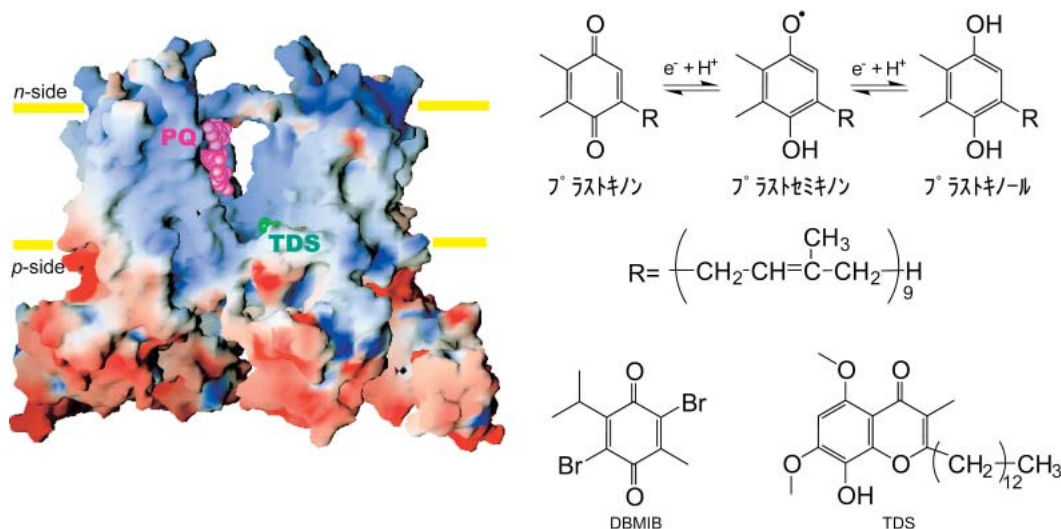


図4 基質であるプラストキノンと基質アナログ(TDS)の結合サイトとそれらの化学構造

際に重要な役割を担っているのかもしれない。

ヘムxおよびクロロフィル、カロテンは生理的にどう言う役割を担っているのだろうか。ヘムxは膜貫通領域のストローマ側の端に位置し、ミトコンドリア呼吸鎖のチトクロム $bc_1$ 複合体には存在しないことから、光合成に特有のフェレドキシン依存性循環電子伝達に関与している可能性が高いと考えられる。光合成の研究分野では古くからチラコイド膜上にフェレドキシン依存性のプラストキノン還元反応が存在することが知られていた。植物やラン藻は生育環境によってATPを過剰に必要とする場合、フェレドキシンからプラストキノンへと電子を循環させ $H^+$ の濃度勾配のみを形成する仕組みをもっているのである(図1)。しかし、ゲノムの時代になってもこの反応を触媒する酵素(フェレドキシン-プラストキノン還元酵素)は発見されていなかった。チトクロム $b_6/f$ 複合体のストローマ側の分子表面は非常に塩基性でLysやArgなどの塩基性のアミノ酸が多く配置している(図4)。フェレドキシンはAspやGluの多い酸性蛋白質なので直接 $b_6/f$ 複合体とフェレドキシンが相互作用する可能性も考えられる。また他の蛋白質を介した電子伝達カスケードが存在する可能性も否定できない。高等植物ではフェレドキシン-NADP<sup>+</sup>還元酵素(FNR)が $b_6/f$ 複合体のサブユニットとして存在しているという報告もあり<sup>[12]</sup>、ヘムxがフェレドキシン用のヘムであると言う仮説は大変興味深いところである。

一般にクロロフィルは光エネルギーを吸収するアンテナの役割を担うが、光に依存しないチトクロム $b_6/f$ 複合体の反応系ではアンテナの役割は必要としない。そこで我々はクロロフィルが構造形成の為に $b_6/f$ 複合体に取り込まれている可能性を指摘している。膜貫通ヘリックス3本からなるサブユニットIVの2本のヘリックスに挟まれる形で膜の中央に存在するクロロフィルが無ければ、明らかにサブユニットIVのヘリックスは構造的に不安定化するのであろう。カロテンについても同様な構造上の役割を担っていると考えている。PetGおよびPetLと呼ばれる小さなサブユニットの間でサブユニット同士が正しい相対位置に取り込まれるためのスペーサーになっているのであろう。

#### 4. おわりに

最近になって高等植物由来の光化学系 の結晶構造が4.4 分解能で解析された<sup>[13]</sup>。高等植物の光化

学系Iは3量体構造を取らず、LHC1と結合した状態で存在しプラストシアニンとの結合に有利なサブユニット構造を取っていると報告されている。高等植物では葉緑体中のチラコイド膜の形態にもバラツキがあり、ラメラ構造を取る領域では光化学系 と $b_6/f$ 複合体が、それ以外の領域では光化学系 と $b_6/f$ 複合体が多いと言われている。また先に述べたとおり高等植物のチトクロム $b_6/f$ 複合体ではラン藻と異なりFNRが $b_6/f$ 複合体のサブユニットとなっていることも報告されている<sup>[12]</sup>。高等植物とラン藻の光合成電子伝達において、分子レベルで異なった生理機能の制御が行われている可能性があるとするヘムxやクロロフィルは高等植物の複合体中で主に働くということも考えられる。今後、高等植物由来の光化学系 およびチトクロム $b_6/f$ 複合体の結晶構造が明らかになると、そのあたりの仮説が明らかになることであろう。

筆者はPSIからの光還元力がフェレドキシンを分岐点にして色々な代謝反応に分配される仕組みを立体構造の観点から探ってきた(図1)。チトクロム $b_6/f$ 複合体がフェレドキシン-プラストキノン酸化還元酵素として機能しているのであれば、FNRや亜硫酸還元酵素らと同様にフェレドキシンとチトクロム $b_6/f$ 複合体が電子伝達複合体を形成する可能性が出てくる。これまでそのような観点でチトクロム $b_6/f$ 複合体を捕らえた生化学的な実験は行われておらず、現在筆者等のグループでチトクロム $b_6/f$ 複合体とフェレドキシンの相互作用を確認する実験を計画中である。光合成電子伝達は反応を構成するすべての蛋白質の結晶構造が明らかになった初めての膜上反応系である。原子レベルで構造を精密に見て、原子レベルでの知見と一連の生理機能とをすべて関連付けて考察することが初めて可能になったと言える。今後、立体構造と生理機能との相関の解明が飛躍的に進むことが期待される。

最後に、本研究は筆者が文部科学省在外研究員として米国に滞在していた際に行った研究の一部であり、米国Purdue大学生物科学科のH.Zhang博士、J.L.Smith教授、W.A.Cramer教授との共同研究の一部である。X線回折実験ではAPSの構造生物学ビームライン(SBC)とSPRING-8の生体超分子ビームライン(阪大蛋白研)のスタッフの皆さんの協力を得た。この場を借りて感謝したい。

#### 参考文献



- [ 1 ] G. Kurisu et al. : Nature Struct. Biol., **8** (2001) 117-121.
- [ 2 ] 栗栖源嗣、楠木正巳 : SPring-8利用者情報、Vol.6, No.3 (2001) 218-222.
- [ 3 ] P. Jordan et al. : Nature, **411** (2001) 909-917.
- [ 4 ] A. Zouni et al. : Nature, **409** (2001) 739-743.
- [ 5 ] N. Kamiya and J.-R. Shen : Proc. Natl. Acad. Sci., **100** (2003) 98-103.
- [ 6 ] W. A. Cramer and D. B. Knaff : Energy Transduction in Biological Membranes, chap. **6** (1991) Springer-Verlag, New York.
- [ 7 ] G. Kurisu, H. Zhang, J. L. Smith and W. A. Cramer : Science, **302** (2003) 1009-1014.
- [ 8 ] D. Stroebel, Y. Choquet, J.-L. Popot and D. Picot : Nature, **426** (2003) 413-418.
- [ 9 ] H. Zhang, G. Kurisu, J. L. Smith and W. A. Cramer : Proc. Natl. Acad. Sci. USA., **100** (2003) 5160-5163.
- [10] V. Schunemann, A.X. Trautwein, J. Illerhaus and W. Haehnel : Biochemistry, **38** (1999) 8981-8991.
- [11] J. P. Whitelegge, H. Zhang, R. Taylor and W. A. Cramer : Mol. Cell. Proteomics, **1** (2002) 816-827.
- [12] H. Zhang, J. P. Whitelegge and W. A. Cramer : J. Biol. Chem., **276** (2001) 38159-38165.
- [13] A. Ben-Shem, F. Frolow and N. Nelson : Nature, **426** (2003) 630-635

栗栖 源嗣 KURISU Genji

大阪大学 蛋白質研究所

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘3-2

TEL : 06-6879-8634 FAX : 06-6879-8636

e-mail: kurisu@protein.osaka-u.ac.jp

略歴 :

1992年 大阪大学 工学部 応用精密化学科卒業

1997年 大阪大学大学院 工学研究科 博士課程修了

1997年 博士(工学)取得

1997年~現在 大阪大学蛋白質研究所 助手

2002年~2003年 文部科学省在外研究員(米国Purdue大学)

## SPring-8の科学捜査への応用

前兵庫県警察本部 科学捜査研究所長  
二宮 利男

### 1. はじめに

警察庁の統計による平成14年のわが国の犯罪情勢を振り返ると刑法犯の認知件数は、戦後最悪の285万件で昭和期の約2倍となり、検挙率もおよそ20%で先進国中最低のグループにある。そして、来日外国人による犯罪は、昭和期のおよそ10倍となり、侵入盗や、すり、ひったくりなどの重要窃盗犯はこの10年間で約7倍に増加し極めて憂慮すべき状態にある。このような状態を打破し、安全な社会を回復するためには、より積極的、かつ、より高度な科学捜査活動が必要である。

科学捜査研究所では、犯罪に関係した種々の“証拠資料”の鑑定等を行うが、以下においては、“証拠資料”を単に資料として記述する。

### 2. 乱用薬物中の成分分析

WHO（世界保健機関）によれば、乱用される依存性薬物としては、「アルコール」、「アンフェタミン」、「バルビツレート」、「大麻」、「コカイン」、「幻覚発現薬」、「カート」、「オピオイド」、「有機溶剤」の9タイプに分類される<sup>[1]</sup>。欧米では、コカ

イン等の乱用が問題となっているが、我が国では、現在、第3次覚せい剤乱用期にあるといわれ、圧倒的に「アンフェタミン」タイプの覚せい剤メタンフェタミンの乱用が問題となっている。

覚せい剤メタンフェタミンは、東南アジアや朝鮮、中国方面から大量に我が国へ密輸されている可能性が高く、その密輸ルートや密造場所の解明は、取締り上、非常に重要である。

白い結晶である覚せい剤メタンフェタミン塩酸塩の化学構造を図1に示す。不斉炭素(\*)が1個存在し、密輸品にはd体のものが多い。図2にメタンフェタミンの化学合成ルートの例を示す。このメタンフェタミンは種々の化学合成ルートによって作ることが可能である。この合成ルートによって使用される原料や触媒が異なることから、製品であるメタンフェタミン塩酸塩中に、微量の反応成分や触媒成分が残存しており、化学的に純品とされるメタンフェタミン塩酸塩(融点: 170-175<sup>[2]</sup>)でも、極微量成分を含有している。メタンフェタミンの密輸ルートや密造場所の解明のために、メタンフェタミン中に含まれる有機性不純物成分を指標としてGC-MS

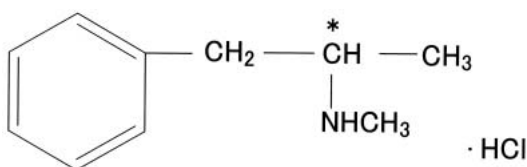


図1 覚せい剤メタンフェタミン塩酸塩の化学構造式 (\*は不斉炭素)

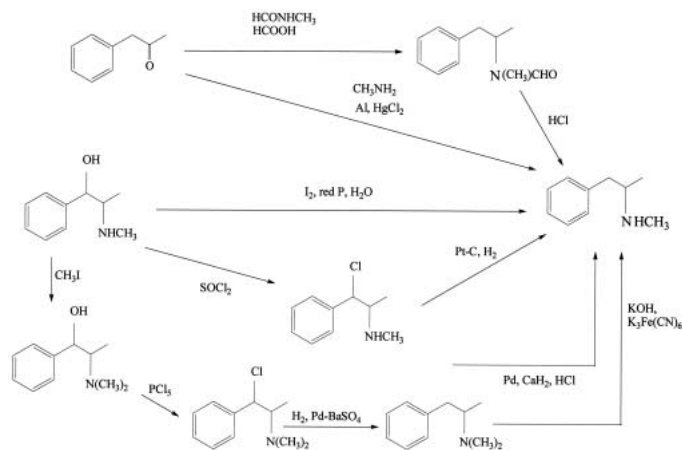


図2 メタンフェタミンの化学合成ルート例

法などを用いて調べられている<sup>[3]</sup>。GC-MS法による分析にはメタンフェタミンとして数十mgから数百mgが有機溶媒の溶液として使用されている。我々は、科学捜査専用に特別に全反射蛍光X線分析装置を開発し<sup>[4]</sup>それを用いて、メタンフェタミン中に含まれる微量元素成分等について報告してきた<sup>[5]</sup>。この方法では、資料1mg中のppmレベルの微量成分を分析でき、また分析後では、そのまま固形成分を回収できる長所を有する。さらに、シンクロトロン放射光を用いることで、実験室では測定できなかった微量資料を測定できる。

国の予算を得てSPring-8用に特別に開発した科学捜査用蛍光X線分析装置MultiX110-SR( Technos製)を用いて種々の薬物(資料を超純水に溶解し、薬物量として2 μgをシリコンウエハ上に保持)中の微量成分分析(全反射蛍光X線分析モード: 励起X線エネルギー20keV、X線入射角0.02度、計測時間500秒、検出器: Si(Li)半導体検出器)をBL24XU・Cハッチで行った。その結果を図3~5に示す。

図3に押収されたメタンフェタミン資料A(融点的には純品と判定された)の全反射蛍光X線スペクトルを示す。Clは、塩酸塩のClに由来し、I(ヨウ素)やFe、Brが微量成分として認められた。また、図4に、押収された通称“エクスタシー”とよばれる錠剤型のMDMA(3,4-メチレンジオキシメタンフェタミン)資料Bの全反射蛍光X線スペクトルを示すが、Pの大きなピークは、MDMAのリン酸塩に由来し、Caの大きなピークは賦形剤として加えられたカルシウム塩に由来すると考えられる。また、SやClの小さなピークから少量の硫酸塩や塩酸塩が含まれていることが考えられ、他に微小ピーク元素として、Fe、Zn、As、Br、Srが認められた。図5に、押収されたヘロイン資料Cの全反射蛍光X線スペクトルを示すが、塩酸塩に由来する強大なClのピーク以外に、Ca、Fe、Zn、Pb、Br、Srが認められた。なお、図中のSiピークは、各資料の保持に使用されたシリコンウエハ単結晶板に由来する。

これらの微量元素成分スペクトルは、それぞれの押収資料を特徴付けるもので“化学指紋”としての特性を有しており、密造場所や密輸ルート の 解明に有用なデータとなる。

通常の実験室では、X線励起エネルギーの低い蛍光X線分析装置を用いて重い元素のL線スペクトルを分析するが、その場合、比較的軽い元素のK線のスペクトルと重い元素のL線のスペクトルが同じエ

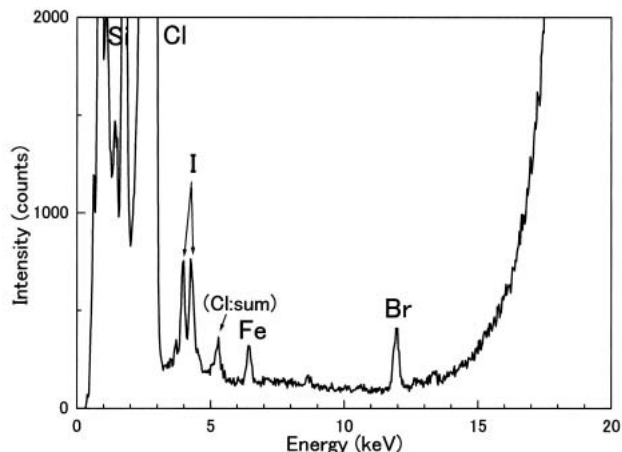


図3 メタンフェタミン資料Aの全反射蛍光X線スペクトル

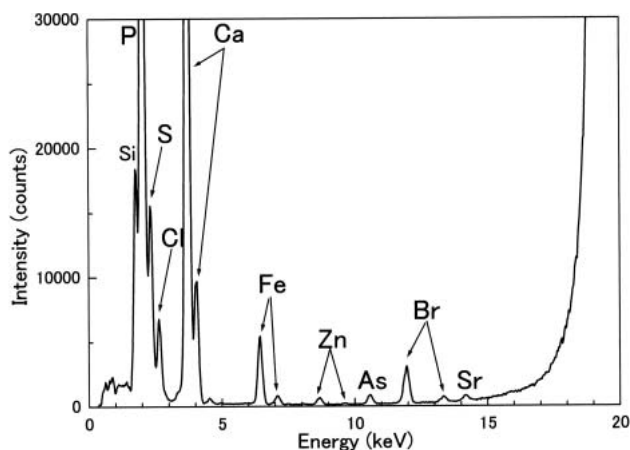


図4 MDMA資料Bの全反射蛍光X線スペクトル

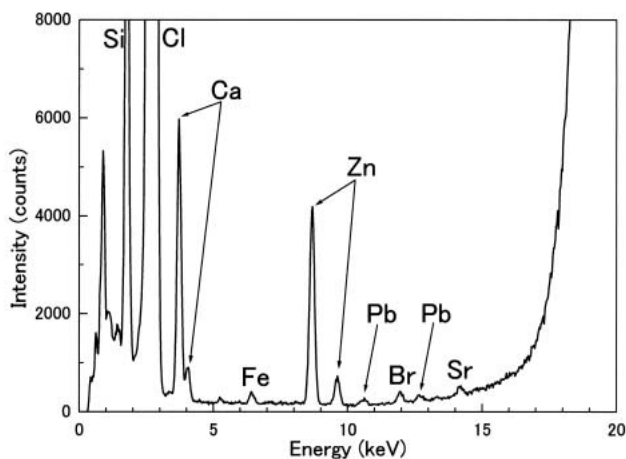


図5 ヘロイン資料Cの全反射蛍光X線スペクトル



エネルギー領域に混在して、元素の解析が困難な場合がある。東京理科大学の中井泉教授、寺田靖子助手（現JASRI）らは、世界に先駆けてSPring-8の高エネルギーX線（116keV）を利用した蛍光X線分析法を開発し、種々の資料に応用し重い元素のK線スペクトルを利用した明瞭なスペクトル解析を行った<sup>[6]</sup>。

この方法は、科学捜査分野でも非常に有用で、乱用薬物やガラス片、顔料、塗膜片などに応用されている<sup>[7,8]</sup>。図6に、押収したメタンフェタミン資料Dの分析例を示す。図6では、押収されたメタンフェタミン資料Dに含まれる水銀とヨウ素のK線スペクトルが認められた（Pbピークは、散乱X線による）。

色調外観が極めて類似している2種の赤色パールマイカ系車両塗膜片（資料EとF）の異同識別にもこの手法は有効である。図7に塗膜片資料EとFの顕微鏡外観を示すが、パールマイカ顔料の分散状態は類似している。パールマイカ顔料による虹彩色は、見る角度や場所によってさまざまに変化する特徴を有しており、顕微測色法で一定の測色データを得ることは難しく、測色的に異同識別することは困難である。一方、これらの資料の高エネルギー蛍光X線スペクトルを、図8(a)(b)に示す。図8(a)(b)を比較すると明らかなように、この2種の塗膜片資料EとF中の元素成分パターンに明らかな違いが認められた。このように、SPring-8による車両塗膜のデータベースを構築することにより、従来の分析手法では困難である超極微細塗膜片による車種特定が、将来容易となるであろう。

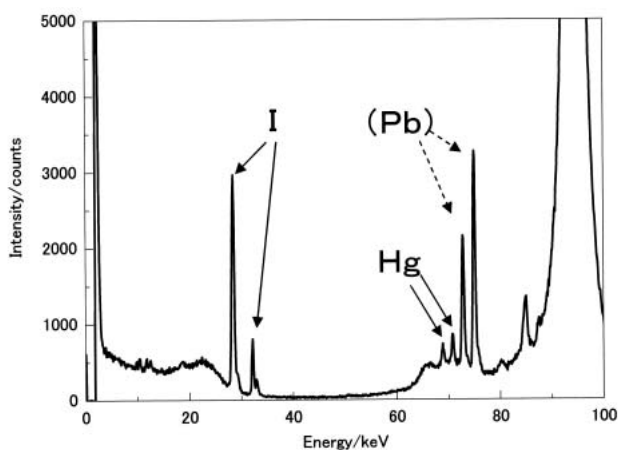


図6 メタンフェタミン資料Dの高エネルギー蛍光X線スペクトル

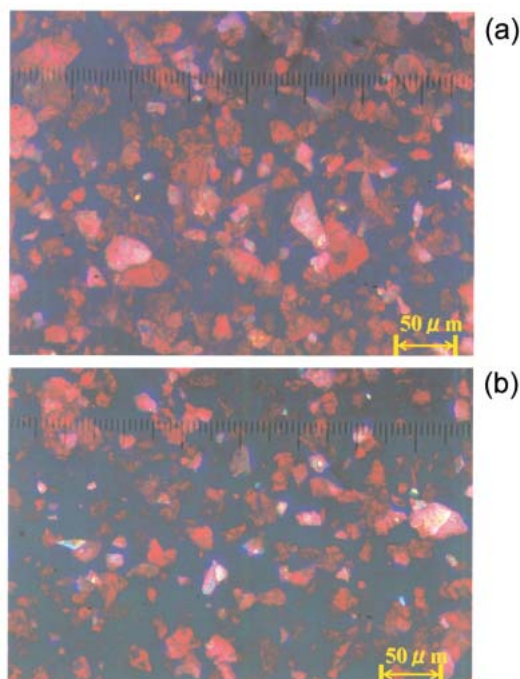


図7 赤色パールマイカ系車両塗膜片資料EとFの顕微鏡外観  
(a) 車両塗膜片資料E (b) 車両塗膜片資料F

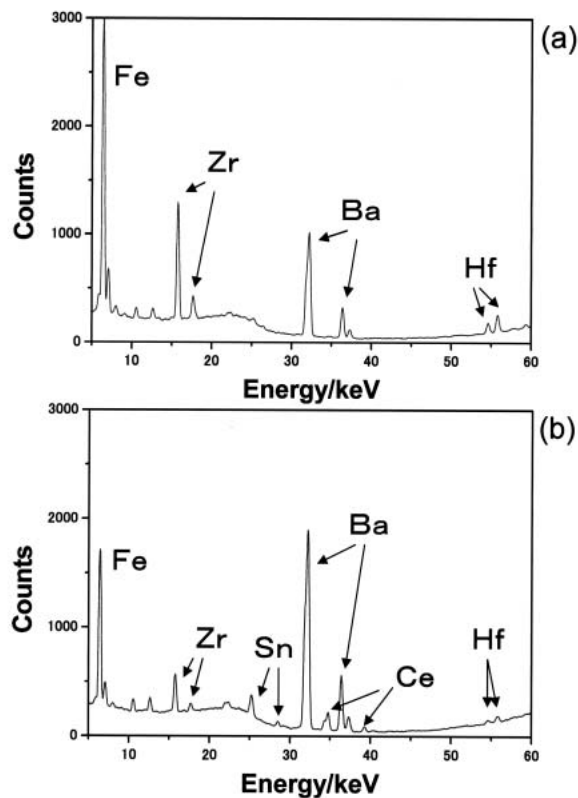


図8 赤色パールマイカ系車両塗膜片資料E、Fの高エネルギー蛍光X線スペクトル  
(a) 車両塗膜片資料E (b) 車両塗膜片資料F

### 3. “いん石よう物体” の鑑定

科学捜査研究所においては、基本的には、事件に関係しない学術的な研究を行うことはない。しかし、事件性のある鑑定資料が学術的にきわめて貴重な資料と判明することがある。

1999年9月26日（日曜日）、午後8時23分ごろ“建造物損壊容疑事件”が発生した。警察官が神戸市北区の民家の現場に駆けつけたところ、屋根を打ち破って2階の子供部屋を直撃し、岩石のような物体が多数散乱していた。さいわい、その折り、この部屋には住人は不在で被害はなかった。翌日、この資料Gが鑑定嘱託され科学捜査研究所に届いた時には、すでに、朝刊各紙が大きく紙面をさいて報道し（図9参照）県民の多くが注目するところとなった。

早速、いん石かどうかを、鑑定することになったが、いん石であれば、学術的な資料となることから、できるだけ、非破壊的手法で鑑定することに配慮した。いん石か否かの判定ポイントとして、次の4項目が知られている<sup>[9]</sup>。

- ・表面が焦げている。
- ・比重が通常の岩石よりも重い。
- ・化学組成の特徴として、鉄の中に、3～25%のニッケルを含む。
- ・宇宙線生成核種が存在する。

図10に資料Gの外観を示すが、大小20個の破片からなり表面は、確かに焦げた状態が認められた。また、比重は、3.44（25）であった。参考として、建材などに使用される花崗岩は、現在、比重が2.58から2.86のものが市販されている<sup>[10]</sup>。また、実験室の全反射蛍光X線分析装置（斜入射法）で資料の一部を測定した結果、鉄とニッケルが検出された。宇宙線生成核種については、資料Gの中の最も大きな破片について、金沢大学の小村和久教授の協力をえて、鉱山跡の極めてバックグラウンドの低い「金沢大学・尾小屋・極低レベル放射能測定室」（横穴式トンネルの入り口から295m入った厚さ135mの地層の下にある地下研究室。水深270m相当）で測定した。図11、12に尾小屋・極低レベル放射能測定室へ



図9 平成11年9月27日神戸新聞（朝刊）記事



図11 金沢大学・尾小屋・極低レベル放射能測定室（地下研究室）への入り口

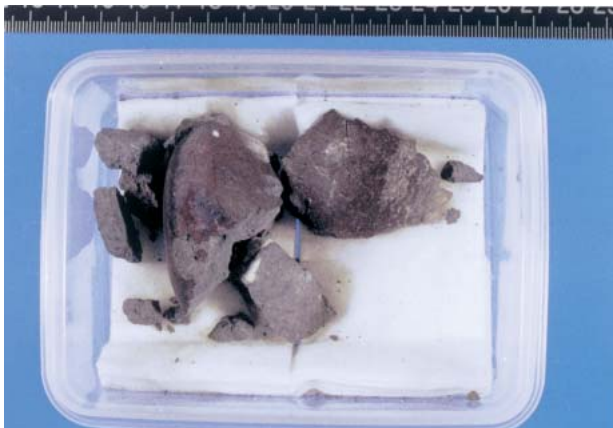


図10 “いん石よう物体” 資料Gの外観（1目盛：1mm）

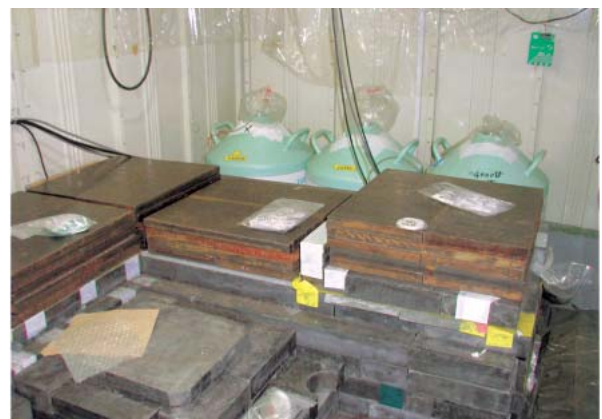


図12 尾小屋・極低レベル放射能測定室内のガンマ線測定室部分



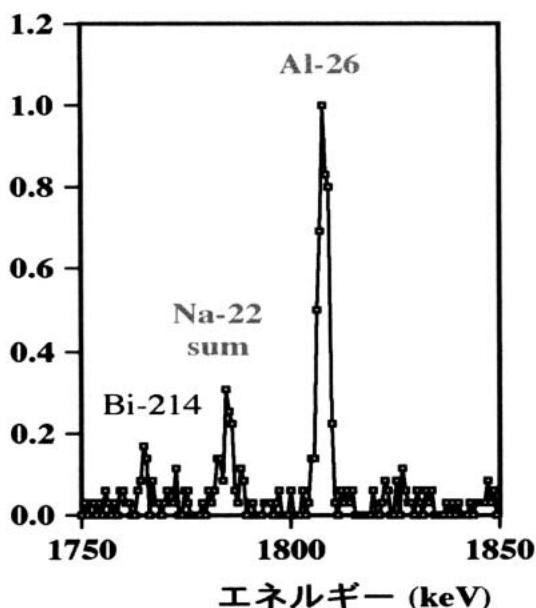


図13 “いん石よう物体” 資料G中のAl-26 ガンマー線スペクトル

の入り口および、地下の極低レベル放射能測定室内のガンマー線測定室部分を示す。この測定で、いん石の指標元素である宇宙線生成核種Al-26（半減期72万年）が確認された（図13参照）。なお現在、地球誕生からおよそ46億年が経過したとされており、地球上では天然にはAl-27しか存在していない。この宇宙線生成核種の測定において同時に半減期の非常に短い元素であるNa-24（半減期15時間）、Mg-28

（半減期20.9時間）、K-43（半減期22.3時間）を確認でき、いん石からのMg-28やK-43の検出は世界で初めてとなる幸運にも恵まれた<sup>[11]</sup>。

さらに、この資料が磁石に引き寄せられると言う特性があったことから、姫路工業大学の松井純爾教授と笹島靖助教授の協力をえて、SPring-8のBL24XU・Cハッチの1ミクロン×2ミクロンのマイクロビーム径で50ミクロン×20ミクロンのエリアの元素マッピングを行った。その結果を図14に示す。ここで、カルシウム成分濃度が比較的高い部分（図14の右端の上方エリア）には、鉄やクロム成分の濃度が低く、一方、カルシウム成分濃度の低い部分（図14の右端の下方エリア）は、鉄やニッケル、クロムの成分濃度が比較的高く、その中でも、鉄とクロムが強く共存している部分（図14の鉄とクロムのマッピングエリアの下方部分）が認められ、この部分が、磁石に感应するマグネタイト構造を有している可能性があることも明らかとなった。これらの結果を総合し、証拠資料は、いん石である、と断定し<sup>[11]</sup>、社会的に非常に大きな反響がもたれた事件であったことから記者会見して鑑定結果を素早く県民に報告するとともにいん石は所有者に返却された。

なお、その後のいん石専門家の研究によりこのいん石（後に「神戸」と命名された）が、我が国初の炭素質いん石であると同時に、世界でも3例目の貴重な資料であることも判明した。事件資料が一転して、貴重な学術資料となったきわめて希有な例である。

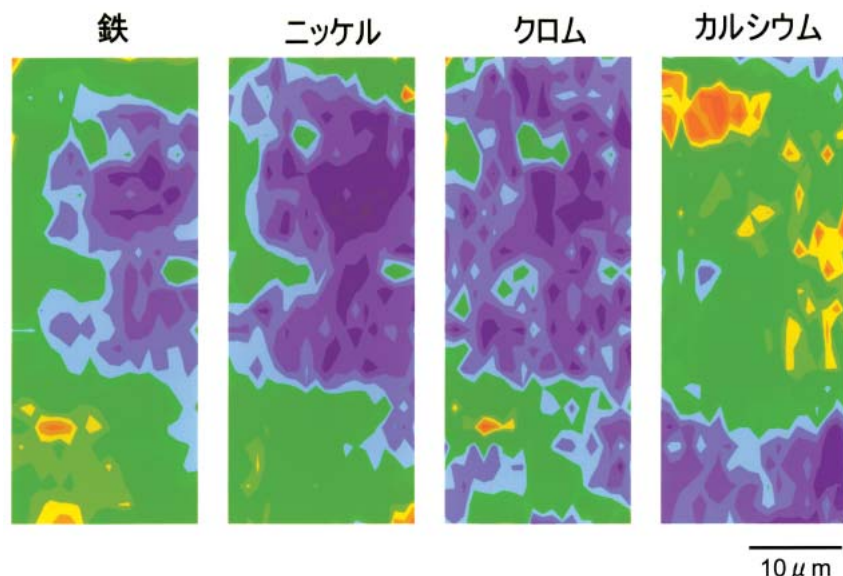


図14 資料Gの元素マッピングデータ（50 μm × 20 μm エリア）



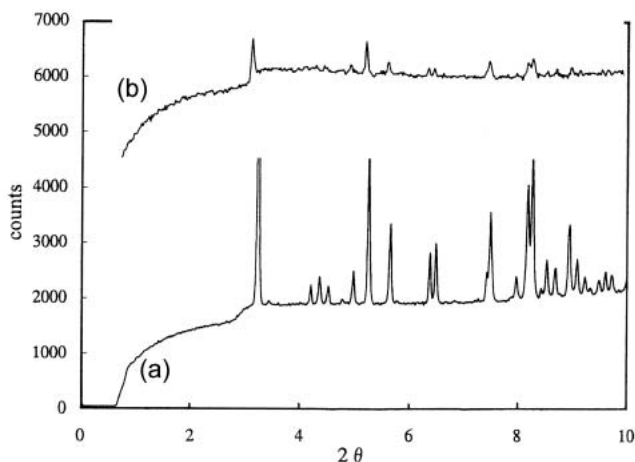


図15 臭化ペクロニウム資料HのX線回折スペクトル  
(a) 資料をキャピラリーに10mm充填  
(b) キャピラリー先端部分に付着した資料

#### 4. 筋弛緩剤のX線回折

臭化ペクロニウムは、筋弛緩剤として使用される医薬品で、しばしば、犯罪に関係して登場することがある。分子式は、 $C_{34}H_{57}BrN_2O_4$ で、分子量は637.74、融点は227-229<sup>[2]</sup>である。

この資料Hを300ミクロンのガラスキャピラリーに10mm充填しX線回折スペクトルをBL02B2で測定した(測定15分間)。その結果を、図15(a)に示す。また、上述のガラスキャピラリーの先端部分にわずかに付着した状態(写真図16参照)で15分間測定したX線回折スペクトルを図15(b)に示すが、このように微量な資料でも、臭化ペクロニウムの主要なX線回折ピークが認められた。



図16 キャピラリー(300ミクロン径)先端部分に付着した臭化ペクロニウムの状態

また、白色の酸化チタン顔料は、塗料分野において、用途に応じてアナターゼタイプとルチルタイプが使い分けられている。この2種の酸化チタン顔料や種々の犯罪に使用され“毒物”に格上げ指定されたアジ化ナトリウムの微量X線回折測定も行なった<sup>[12]</sup>。

#### 5. X線透視法の応用

周知のように1895年11月、レントゲンは、X線を発見した。その際、X線を直ちに利用して、妻ベルタ夫人の手のX線透過画像を得て、レントゲン自ら、X線が科学捜査手法としても非常に有用であることを示唆した。この結果を基礎として、1896年2月には、散弾銃の暴発事故で被害者の手の中に食い込んだ多くの鉛弾丸の状態がレントゲン写真として報告されている<sup>[13]</sup>。

しかし、このレントゲン写真法は、X線の吸収効果を利用しているため、軽元素からなる資料では鮮明な透過画像が得られないという欠点がある。その後、X線の全反射現象や屈折現象が1923年にコンプトンによって発見された<sup>[14]</sup>が、X線の屈折効

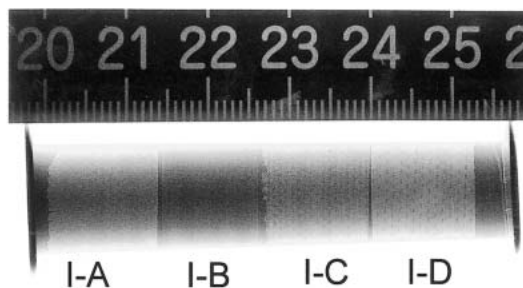


図17 黒色粘着テープ資料I-A~I-DのX線屈折コントラスト画像(1目盛:1mm)

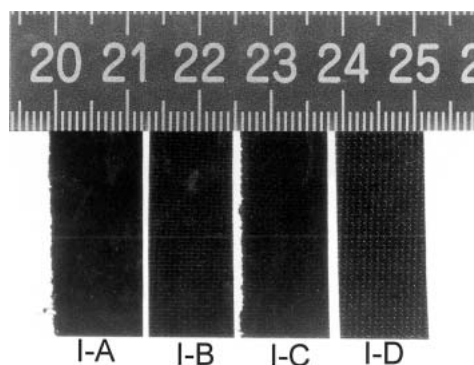


図18 黒色粘着テープ資料I-A~I-Dの外観(1目盛:1mm)

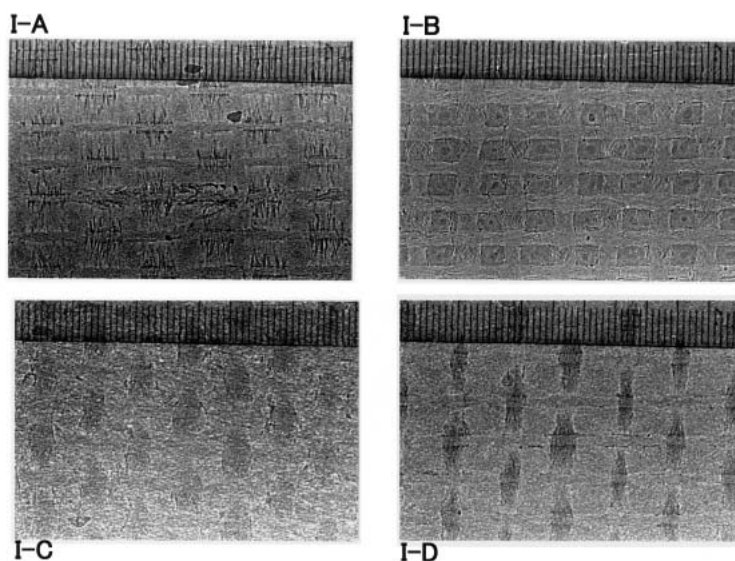


図19 黒色粘着テープ資料I-A～I-Dの拡大X線屈折コントラスト画像（1目盛：100μm）

果を利用したX線透過観察法が開発されたのはごく最近である〔15, 16, 17〕。箆島らは、このX線の屈折効果を利用して、生きたカエルや昆虫などの非常に鮮明なX線透過画像をリアルタイムで得ている〔18〕。

種々の殺人や強盗事件において、粘着テープが犯行に使用される場合があり、その由来などを早急に解明する必要にせまられることがある。通常、メーカーを特定するには、色調外観や粘着剤成分などを参考にするが粘着剤主成分はメーカー間の違いが少なく、粘着テープメーカーの特定が困難な場合がある。図17に、BL24XUで測定した4種類の黒色粘着テープ資料I-A～I-DのX線屈折コントラスト画像を示す。これらは、各資料からX線フィルムを3メートル離し1秒間の露光時間で得た画像である。参考として黒色の4種の粘着テープ資料I-A～I-Dの外観写真を図18に示す。図17では、4種類の違いがわかりにくいので、画像を拡大して図19に示す。これらの拡大画像を観察すると、瞬時に4種類の粘着テープを識別することが可能である。すなわち資料I-AとI-Bは画像パターンが全く異なっており、また資料I-CとI-Dは、画像パターンがやや類似しているが、横方向の画像パターンがI-Dの方が明瞭である。

図20(a)(b)に、ポリエステル布片資料JのX線吸収コントラスト画像J-0（X線フィルムを資料に密着して置き、1秒間露光した）と資料から30cm離してX線フィルムを置き、1秒間露光したX線屈折コントラスト画像J-30を示す。また参考として布片資

料Jの外観写真を図21に示す。吸収コントラスト画像J-0（図20(a)）では、ほとんど何も写っていないが、屈折コントラスト画像J-30（図20(b)）では、布片の編み目構造が明瞭に写し出されている。すなわち資料から30cm離してX線フィルムを置くことでX線の屈折効果が明瞭に現れている。この画像J-30

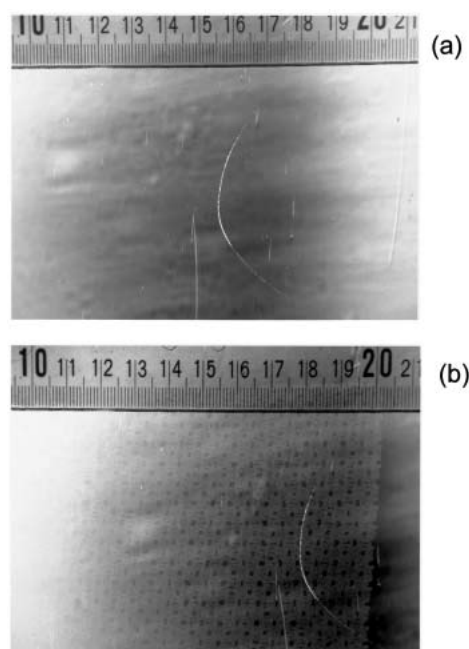


図20 ポリエステル布資料JのX線画像  
(a) X線吸収コントラスト画像J-0（1目盛：100μm）  
(b) X線屈折コントラスト画像J-30（1目盛：100μm）



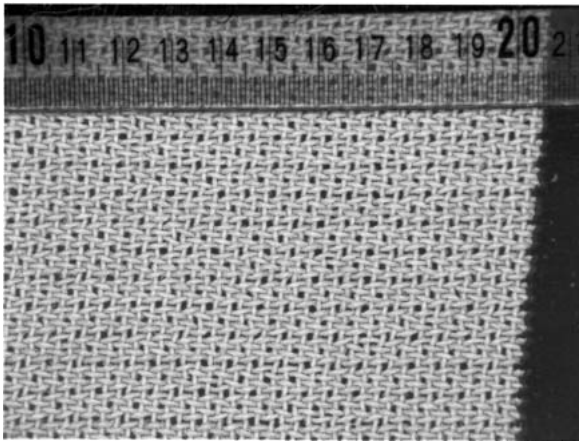


図21 ポリエステル布資料Jの外観(1目盛: 100 μm)

を拡大した画像J-30M1を、図22(a)に示す。図22(a)では、およそ100ミクロンの糸が布の織物構造を構成していることを示している。さらに拡大した画像J-30M2(図22(b))では、およそ100ミクロンの糸がさらに細い繊維の束で構成されていることが明らかである<sup>[19]</sup>。

図23(a)(b)(c)に、針が入った食パン資料K(厚さおよそ2cm)の外観、食パン資料Kから1.7メートル離してX線フィルムをおき1秒間露光したX線屈折コントラスト画像、および食パンに入れられた針の外観をそれぞれ示す。図23(b)において、食パン内に針が入っている状態が確認されるととも

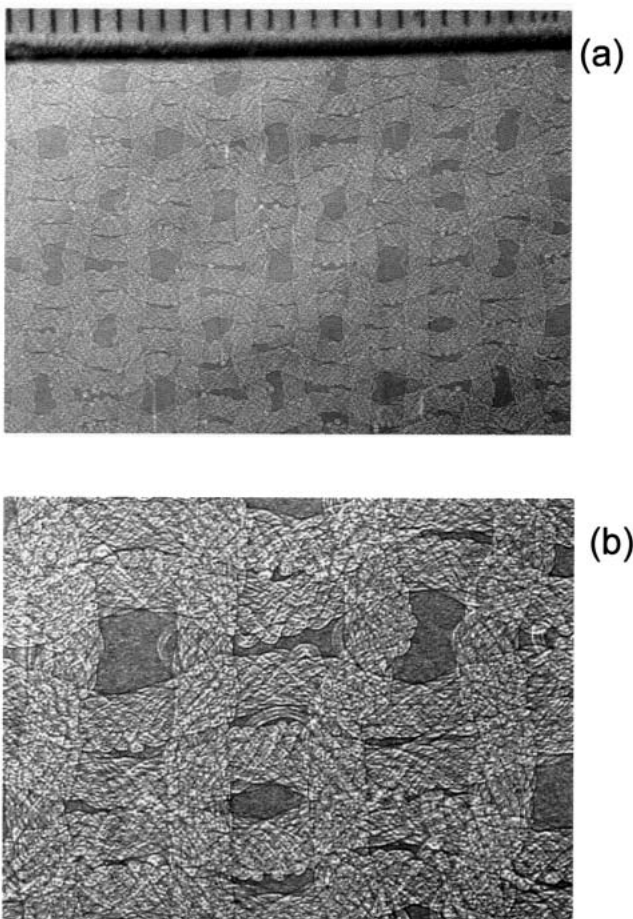


図22 ポリエステル布資料Jの拡大X線屈折コントラスト画像  
(a) J-30M1 (J-30画像の拡大)(1目盛: 100 μm)  
(c) J-30M2 (J-30M1画像の拡大)

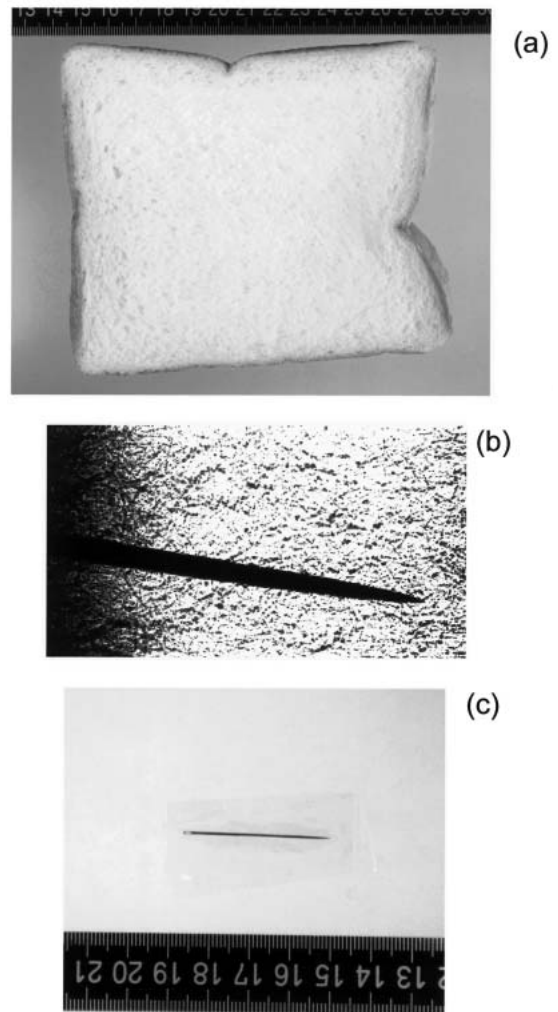


図23 食パン資料Kの外観とX線屈折コントラスト画像と針外観  
(a) 食パン資料Kの外観(1目盛: 1mm)  
(b) 資料KのX線屈折コントラスト画像  
(c) 針の外観(1目盛: 1mm)



に、パン内部の発酵による微細な空洞構造を明瞭に観察することができた。

朝鮮朝顔の種子には、スコポラミンやアトロピンなどの有毒なアルカロイド成分が含まれており、この種子や組織部分を誤って摂取して中毒症状となったことがしばしば報告されている。図24(a)(b)に二種の朝鮮朝顔の種子資料L1とL2の外観写真を示す。資料L1は1998年採取のもので、資料L2は1999年採取のものである。また、図24(c)(d)に両資料のX線屈折コントラスト画像を示す。図24(c)(d)を比較すると明らかなように資料L1とL2の内部構造が非常に鮮明に観察できており、両者で内部組織構造に少し違いが見られる。この手法を利用することで、植物種子の発芽までの内部状態の変化などを非破壊で継続的に詳細に観察することが可能である。皮革と合成皮革の内部構造の違い、さらに、ポリウレタン、ポリスチレン、ポリプロピレンからなるそれぞれの発泡構造体の内部構造の明瞭な違いについてもこの手法を利用して明らかにした<sup>[19, 20]</sup>。

上述したX線屈折コントラスト画像に関して、それぞれの資料をアルミフォイルで包んだ状態でもほぼ同質の鮮明なX線屈折コントラスト画像が得られることを確認している。

平成7年5月16日に、東京都庁で知事宛の不審な

郵便物をあけたところ爆発し、知事秘書が重傷を負うという事件が発生したが、X線屈折コントラスト画像手法を応用して郵便物などの不審物件を調べることで、見かけ上、軽元素からなる不審な物件の内部を非破壊で詳細に観察することが可能であり、これからの新しい科学捜査手法として活用が期待される。

## 6. おわりに

本稿では、SPring-8の科学捜査への応用についてほんの一部を紹介した。科学捜査分野におけるSPring-8のデータが国民のすべてに役立ち、また、世界中の難解な事件解決に役立つためには、種々の科学捜査資料に関するデータベースの構築が不可欠であり、そのためには測定時間的制約を受けない科学捜査専用のビームラインが是非とも必要である。

ここに述べた科学捜査資料のSPring-8における測定には、JASRIをはじめ、姫路工業大学松井純爾教授、籠島靖助教授、津坂佳幸助手、東京理科大学中井泉教授、寺田靖子助手（現JASRI）、広島大学早川慎二郎助教授、名古屋大学高田昌樹助教授（現JASRI）、西堀英治助手の方々やその他の大学や企業、警察など、数多くの関係者のご協力をえて行われたものであり、ここに、あらためて関係各位に深く感謝申し上げます。

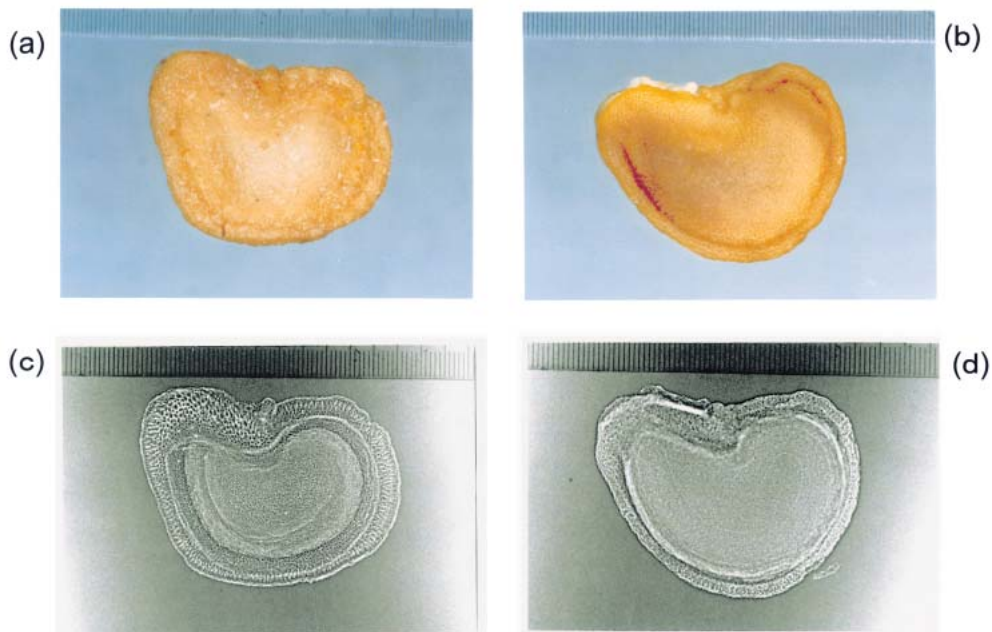


図24 朝鮮朝顔種子資料(L1, L2)

(a) 資料L1の顕微鏡写真画像 (b) 資料L2の顕微鏡写真画像 (c) 資料L1のX線屈折コントラスト画像 (d) 資料L2のX線屈折コントラスト画像 (上記のすべての図の1目盛: 100 μm)

参考文献

- [ 1 ] 鈴木勉 : 科学、Vol.74 (1), (2004) 81.
- [ 2 ] The Merck Index (Thirteenth edition).
- [ 3 ] Verweij A.M.A. : Forensic Sci.Rev., **1** (1989) 1.
- [ 4 ] 二宮利男 : 公開特許公報、特願平 5-194381.
- [ 5 ] 村津晴司 他 : 衛生化学、**45** (3) (1999) 166.
- [ 6 ] I. Nakai, Y. Terada, M. Ito and Y. Sakurai : Use of highly energetic (116keV) synchrotron radiation for X-ray fluorescence analysis of trace rare earth and heavy elements, J. Synchrotron Rad., **8** (2001) 360.
- [ 7 ] 下田修 他 : 日本鑑識科学技術学会誌、**7** (Supplement), (2002) 7.
- [ 8 ] 中西俊雄 他 : 日本鑑識科学技術学会誌、**7** (Supplement), (2002) 9.
- [ 9 ] 島正子著 : 隕石 宇宙からの贈りもの (東京化学同人) (1998) 33.
- [ 10 ] <http://www.stone.co.jp/dairiseki/index.html>
- [ 11 ] 前田豊長 他 : 科学警察研究所報告法科学編、**54** (1), (2001) 11.
- [ 12 ] Tohio Ninomiya et al. : X-ray Diffraction Analysis of Trace Forensic Samples, SPring-8 User Experiment Report No.7 (2001A), (2001) 266.
- [ 13 ] フィリップおよびフィリス・モリソン、チャールズおよびレイ・イームズ事務所 共編著、村上陽一郎・公子訳 : POWERS OF TEN, 日経サイエンス社 (2001) 104.
- [ 14 ] A. H. Compton : Phil. Mag. **45** (1923) 1121.
- [ 15 ] A. Momose, T. Takeda, Y. Itai and K. Hirano : Nature Med. **2** (1996) 473.
- [ 16 ] S. W. Wilkins, T. E. Gureyev, D. Gao, A. Pogany and A. W. Stevenson : Nature **384** (1996) 335.
- [ 17 ] A. Snigirev, I. Snigireva, V. Kohn, S. Kuznetsov and I. Schelokov : Rev. Sci. Instrum. **66** (1995) 5489.
- [ 18 ] Y. Kagoshima et al. : Jpn. J. Appl. Phys. **38** (1999) L470.
- [ 19 ] 二宮利男、村津晴司 : 放射光、**15** (2) (2002) 96.
- [ 20 ] Tohio Ninomiya et al. : Phase-Contrast X-Ray Imaging of Trace Forensic Samples Using Both Vertically and Horizontally Expanded Synchrotron Radiation X-Rays with Asymmetric Bragg Reflection, SPring-8 User Experiment Report No.6 (2000B), (2001) 21.

二宮 利男 NINOMIYA Toshio

(財)地球環境産業技術研究機構

〒619-0292 京都府相楽郡木津町木津川台9丁目2番地

TEL : 0774-75-2308 FAX : 0774-75-2321

e-mail : nino110@rite.or.jp

## RIKEN/BBSRC合同シンポジウム：日英合同膜タンパク質の構造生物学 - ハイスループット膜タンパク質結晶構造解析をめざして -

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所  
吾郷 日出夫、宮野 雅司

2003年9月11日と12日の2日間にわたって、国内9名、海外8名の講演者が細胞膜近傍でおこる生体の営みを最新の構造研究に基づいて語る「理研・BBSRC合同シンポジウム：日英合同膜タンパク質の構造生物学 - ハイスループット膜タンパク質結晶構造解析を目指して」(BBSRC: the Biotechnology and Biological Sciences Research Council)が、151名の方々のご参加を得てSPring-8普及棟と萌光館で開催されました。今回のシンポジウムは、膜タンパク質研究の第一線の研究者による、最先端の研究成果を拝聴し議論すると言うだけでなく、この分野で研究を進める若い研究者に成果報告の場を提供すると言う二つの趣旨にそって企画されたもので、「出来るだけ若手研究者の負担を軽くしよう」と言う岩田想氏(Imperial College)の提案で事前のアブストラクトの提出も求めない形式をとりました。

2日間のシンポジウムの進行を簡単にご案内すると、初日はUCLAのKaback氏による“X-ray structure and mechanism of a membrane transport protein, the lactose permease of *Escherichia coli*”と言う演題の講演で始まり、その後「エネルギー生産：電子伝達」、「情報伝達(1)」とセッションが続き、夕食を挟んでフリーディスカッションが行われました。「エネルギー生産：電子伝達」のセッションではImperial Collegeの岩田想氏とIverson氏からそれぞれコハク酸脱水素酵素とフマル酸還元酵素の構造について、また理研の神谷氏より光反応系2の構造についてのご講演を頂きました。「情報伝達(1)」のセッションでは理研の宮沢氏からニコチン性アセチルコリン受容体の開閉機構についてご講演がありました。夕食後のフリーディスカッションは場所を普及棟から萌光館に移し、PSI/SLSの富崎氏からスイスライトソースの膜タンパク質結晶ビームラインの状態についてお話を伺いました。このフリーディス

カッションでは、会場の内外で夜遅く迄議論が盛り上がり、それには会場に準備されたアルコール飲料が一役買っていたことは言うまでもありません。シンポジウム2日目は、姫路工業大学の吉川氏による“Proton pumping mechanism of bovine heart cytochrome c oxidase”と言う演題の講演で始まりました。その後は「膜輸送体」、「水素輸送」、「ATP合成酵素」、「情報伝達(2)」とセッションが続きました。「膜輸送体」のセッションでは、大阪大学の村上氏が多剤排出輸送体AcrBについて、またUniversity of LeedsのHenderson氏から膜輸送体の発現について講演を頂きました。「水素輸送」のセッションでは、Imperial CollegeのByrne氏とRoyant氏からそれぞれギ酸脱水素酵素の高分解能構造に基づく水素移動の解釈と、バクテリオロドプシンの水素輸送についてご講演を頂きました。「ATP合成酵素」のセッションでは、東京工業大学の久堀氏からATP合成酵素の回転と制御の分子機構について、またImperial Collegeの岩田茂美氏から $V_0V_1$ -ATP合成酵素の構造と機能についてご講演を頂きました。「情報伝達(2)」のセッションではこれからの標準的手法となりうる電子顕微鏡の単粒子解析によるイノシトール三リン酸受容体のカルシウム依存的構造変化について科学技術振興機構の浜田氏から報告されました。そして最後は、医学的に最も興味を持たれてきた7回膜貫通型Gタンパク質共役レセプターの構造研究結果3題で締めくくられました。まず、横浜市立大学の白川氏からはNMRの特長を生かした構造研究の可能性として構造可塑性が高いペプチド性リガンドがGタンパク質共役受容体に結合したときの立体構造について、理研の国島氏と堀氏からそれぞれ代謝性グルタミン酸受容体の細胞外ドメイン構造とウシ由来ロドプシンの結晶構造について報告がありました。



以上、簡単に「理研・BBSRC合同シンポジウム：日英合同膜タンパク質の構造生物学 - ハイスループット膜タンパク質結晶構造解析を目指して」についてご紹介してきました。今回のシンポジウムは副題に「膜タンパク質結晶構造解析」という言葉を含んでいますが、実際は結晶構造解析以外の分析手法によって得られた結果の講演も多数ありました。膜タンパク質は生体中のタンパク質の3分の1を占め、また細胞内外を区画する細胞膜という脂質2重膜の重要な構成要素でありながら、膜タンパク質の構造研究は、構造解析のための発現精製結晶化がことさらに困難であるため、ひとつひとつ手探りで進められてきましたが、2003年度のノーベル化学賞がMacKinnon, Agre両氏の膜タンパク質の構造生物学研究に贈られたことに象徴されるように、最近の急激な進展は膜タンパク質構造生物学の次の飛躍を予感させます。このシンポジウムが、ますますいろいろな分野が複合的に補い合っはじめて大きな進展が望める膜タンパク質の構造機能研究についてこれまでの到達点を確認して、これからの潮流を俯瞰するよい機会であれば望外であります。このような機会を提案実行頂いたImperial Collegeの岩田想氏など開催にご尽力頂いた関係各位に改めてお礼を申し上げます。今回の講演に関わる論文集を少数作成中です。さらに、詳細をお知りになりたい方のために、残部がある限りにおいて希望者に先着配布します。

## PROGRAM

11<sup>th</sup>/September/2003

### Welcoming Speech

Tetsutaro Iizuka (RIKEN Harima)

### Plenary I

Ron Kaback (UCLA)

X-ray structure and mechanism of a membrane transport protein, the lactose permease of *Escherichia coli*

### Energy Generation: Electron transfer

So Iwata (Imperial College)

Molecular architecture of succinate dehydrogenase and reactive oxygen species generation

Tina Iverson (Imperial College)

Structure of the *Escherichia coli* fumarate reductase respiratory complex

Nobuo Kamiya (RIKEN Harima)

Crystal structure analysis of photosystem II complex from *Thermosynechococcus vulcanus*

### Signal Transduction (I)

Atsuo Miyazawa (RIKEN Harima)

Gating mechanism of nicotinic acetylcholine receptor

### FREE Discussion

Takashi Tomizaki (PSI/SLS)

Beamline for membrane protein crystals

12<sup>th</sup>/September/2003

### Plenary II

Shinya Yoshikawa (Himeji Inst. Tech.)

Proton pumping mechanism of bovine heart cytochrome c oxidase

### Membrane Transporters

Satoshi Murakami (Osaka University)

X-ray crystallographic analysis of multidrug efflux transporter AcrB

Peter Henderson (University of Leeds)

Expression of membrane transporters

### Protein Transfer

Bernadette Byrne (Imperial College)

Molecular basis of proton motive force generation ; structures of formate dehydrogenase-N and nitrate reductase

Antoine Royant (Imperial College)

Kinetic crystallography of bacteriorhodopsin

### ATPase

Toru Hisabori (Tokyo Inst. Tech.)

ATPase : molecular mechanism of rotation and regulation

Momi Iwata (Imperial College)

Structure and function of  $V_0V_1$ -ATPase

### Signal Transduction (II)

Kozo Hamada (JST)

Calcium-sensitive structural changes in the  
inositol trisphosphate receptor

Masahiro Shirakawa (Yokohama City University)

Conformation of a peptide ligand bound to the G-  
protein coupled receptor

Naoki Kunishima (BERI; present address: RIKEN  
Harima)

Crystal structure of Metabotropic Glutamate  
Receptor

Tetsuya Hori (RIKEN Harima)

Crystal structure of bovine rhodopsin: a model of  
GPCRs

Closing Remarks

Masashi Miyano (RIKEN Harima)

吾郷 日出夫 *AGO Hideo*

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所

構造生物物理研究室

〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-2815 FAX : 0791-58-2816

e-mail : ago@spring8.or.jp

宮野 雅司 *MIYANO Masashi*

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所

構造生物物理研究室

〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-2815 FAX : 0791-58-2816

e-mail : miyano@spring8.or.jp

## JAERI国際ワークショップ“ X線散乱と電子構造 ” 報告

日本原子力研究所 関西研究所  
放射光科学研究センター  
五十嵐 潤一

2003年12月11日(木)~12日(金)とSPRING-8の普及棟で、原研主催JASRI共催で“ X線散乱と電子構造 ”と題して、国際ワークショップが行われました。X線散乱、特に共鳴X線散乱(RXS)による物性研究はこの数年来の話題であり、同様の題名のワークショップが二月にヨーロッパ放射光施設(ESRF)でも行われました。この新しい分野の特徴は、内殻励起等の複雑な過程を含むため、理論家と実験家が緊密に協力しあって研究を進めることが要求されている点です。このワークショップでは、この点を意識して計画されました。発表はすべて招待講演で、21件の発表の内、12件が理論家によるものでした。ちょうど、同じ日にBrookhavenで研究会が企画されていたので、米国からの参加者が少なくなりましたが、ヨーロッパを中心に豪華な顔ぶれの講演者になりました。プログラムは表をご覧ください。以下、プログラムに沿って講演内容を簡単に紹介致します。

下村(原研放射光科学研究センター長)の挨拶ではじまりました。SPRING-8における理論グループと実験グループの協力体制についての話がありました。それに続いて、D. Mannix(ESRF)は、 $TmGa_3$ 、 $ErGa_3$ およびその混晶についての希土類 $L_{2,3}$ 吸収端でのRXSの実験結果について報告しました。また、A. Stunault(Institut Laue Langevin)は、 $CeSb$ の $Ce L_{2,3}$ 吸収端を用いたRXS実験を報告し、複雑な磁気相図との関連を議論しました。実験データの蓄積は十分ですが、複雑な対象であるだけに、その理論的取り扱いは今後の課題です。G. van der Laan(Daresbury Laboratory)は、新しい方向として、遷移金属 $L_{2,3}$ 吸収端を用いたRXSを磁気ナノ構造の研究に用いる試みを紹介し、関心を集めました。遷移金属L吸収端に対応するX線の波長は長いいためナノ構造の研究に適しています。また、秩序変数を担う3d軌道が直接関与することからも有力な研究手段です。S. Lovesey(Rutherford Appleton

Laboratory)は、 $NpO_2$ における $M_4$ 吸収端の実験結果の理論的解析から、低温相は八重極モーメントが秩序したものであると主張しました。

午後は、C. R. Natoli(Laboratori Nazionali di Frascati INFN)が $V_2O_3$ のパナジウムK吸収端における共鳴X線散乱のスペクトルの第一原理計算結果を報告しました。磁気秩序を仮定し、双極子-双極子、双極子-四重極子、四重極子-四重極子遷移を考慮することにより、禁制散乱のプラグ強度の実験と一致する結果を導き、以前に示唆されていた軌道秩序の可能性を否定しました。 $V_2O_3$ のRXSの問題は一応解決したと思われます。続いて、五十嵐(原研放射光)は、グループで行っている、遷移金属化合物のK吸収端におけるRXSスペクトルの第一原理計算に基づく解析とその機構を報告しました。RXSの機構は、遷移金属4p電子状態のひろがった性質と関連した一般的なものであることを強調しました。M. Altarelli(Sincrotrone Trieste)は、K吸収端を用いたRXSが3d状態の直接の反映でないところから来る限界を強調し、L吸収端を用いたRXSの実験および理論の現状を報告しました。先のG. van der Laanの講演と合わせて、今後盛んになってくると思われます。P. Carra(ESRF)は、空間反転対称性をもたない系のRXS、磁気円二色性(XMCD)に関連して、linear magnetoelectric effectについて議論しました。城(広島大)は、U化合物の $M_{4,5}$ 吸収端のXMCDスペクトルのハートレーフオック法に基づく計算を、また、遷移金属化合物におけるL吸収端を用いた線二色性の解析を報告し、線二色性の研究が軌道秩序を探る手段として有効であることを示しました。W. Huebner(Kaiserslautern University of Technology)は、クラスターを用いたNiO表面におけるsecond-harmonic generation tensorの量子化学計算に基づく解析を報告しました。



以上、一日目は、主に弾性散乱とX線吸収が中心でした。二日目は、Y.-J. Kim (Brookhaven National Laboratory) の銅酸化物に対する共鳴非弾性X線散乱 (RIXS) の実験結果の報告からはじまり、稲見 (原研放射光) は、マンガンナイトのRIXSの実験結果を報告しました。引き続いて、前川 (東北大金研) は、ハバード模型の有限系の厳密対角化法により、また、野村 (原研放射光) はd-p模型のハートレーフォック-RPA法により、銅酸化物のRIXSスペクトルの解析した結果を報告しました。理論的解析は、まだこれから発展するものと思われます。小谷 (理研・SPring-8) は、グループで展開している、dおよびf電子系における軟X線RIXSスペクトルに関する多彩な解析結果を報告しました。G. Sawatzky (University of British Columbia) は、彼のグループの計画も含めて、軟X線RXS実験の報告をしました (非弾性散乱の話でないで、第一日目に話すのが適切なのですが、参加が急に決まったため、この順番で話すことになりました)。辛 (理研・SPring-8) は軟X線発光分光 (SXES) の豊富な実験結果を報告しました。A. Q. R. Baron (JASRI) は、共鳴を用いないX線非弾性散乱により、 $MgB_2$ 、 $HgBa_2CuO_{4+}$  のフォノンの測定を、また、水木 (原研放射光) は、 $La_{2-x}Sr_xCuO_4$  のフォノンの測定を報告しました。中性子散乱と相補的な情報を与える有力な実験手段として、注目を集めました。桜井 (JASRI) は、 $CeRh_3B_2$  および  $UGe_2$  の磁気コンプトン散乱の実験を報告し、小泉 (筑波大物質) は、マンガンナイトの磁気コンプトン散乱スペクトルの量子化学計算に基づく解析を報告し、磁気コンプトン散乱の有用性をアピールしました。最後のまとめは、G. Sawatzkyにお願いしました。このコミュニティの研究を、他の物質科学、特にtransport等の低エネルギー現象の研究、との接点を意識して進める重要性を強調しました。

テーマを絞ったワークショップであったため、お互いに、少なくとも論文では知っている人々で、参加者間のコミュニケーションもスムーズに行われたと思います。講演での質疑応答だけでなく、その前後に個人的に議論をする機会も十分あり、若い人たちにもよい影響があったのではと思っています。

最後に、このワークショップを支えてくれた原研放射光およびJASRI事務局の方々に感謝する次第です。

表

## PROGRAM

December 11 (Thursday)  
 9:15 - 9:20 O. Shimomura  
 Opening address  
 Session 1 Chair: S. Lovesey  
 9:20 - 10:00 D. Mannix  
 Resonant X-Ray Scattering Studies of  $Tm_xEr_{1-x}Ga_3$  Solid Solutions  
 10:00 - 10:40 A. Stunault  
 Study of CeSb by Resonant X-Ray Scattering: Magnetic Order and Charge Distribution  
 10:40 - 10:55 Coffee break  
 Session 2 Chair: J. Mizuki  
 10:55 - 11:35 G. van der Laan  
 Soft X-Ray Resonant Magnetic Scattering from Magnetic Nanostructures  
 11:35 - 12:15 S. Lovesey  
 X-Ray Diffraction by Magnetic Crystals, and the Case for Np Octupole and Hexadecapole Motifs in  $NpO_2$   
 12:15 - 13:30 Lunch  
 Session 3 Chair: A. Kotani  
 13:30 - 14:10 C. Natoli  
 The Role of Orbital and Magnetic Ordering in Resonant Anomalous Scattering at the V K-edge of  $V_2O_3$   
 14:10 - 14:50 J. Igarashi  
 4p States and Resonant X-Ray Scattering  
 14:50 - 15:30 M. Altarelli  
 Resonant Scattering of Hard and Soft X-Rays as a Probe of Strongly Correlated Electrons  
 15:30 - 15:45 Coffee break  
 Session 4 Chair: K. Makoshi  
 15:45 - 16:25 P. Carra  
 Site Interactions between Electric and Magnetic Moments in Crystals  
 16:25 - 17:05 T. Jo  
 Orbital Polarization and X-Ray Absorption Dichroism  
 17:05 - 17:45 W. Hübner  
 Nonlinear Optics and Ultrafast Dynamics on NiO(100)  
 18:00 Banquet  
 December 12 (Friday)  
 Session 5 Chair: M. Altarelli  
 9:00 - 9:40 Y.-J. Kim

Resonant Inelastic X-Ray Scattering Study of Electronic Excitations in Cuprates

9:40 - 10:05 T. Inami

Resonant Inelastic X-Ray Scattering Study of  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  ( $x=0, 0.2, 0.4$ )

10:05 - 10:20 Coffee break

Session 6 Chair: C. Natoli

10:20 - 11:00 S. Maekawa

Mott Gap and Resonant Inelastic X-Ray Scattering in Transition Metal Oxides

11:00 - 11:25 T. Nomura

Analysis of Resonant Inelastic X-Ray Scattering in Insulating Cuprates

11:25 - 12:05 A. Kotani

Theory of Resonant Inelastic X-Ray Scattering in d and f Electron Systems

12:05 - 13:30 Lunch

Session 7 Chair: G. van der Laan

13:30 - 14:10 G. Sawatzky

Recent Results and Interpretation of Resonant Soft X-Ray Scattering

14:10 - 14:50 S. Shin

Resonant Soft X-Ray Emission Study on Electronic Structures of Solids and Fermiology

14:50 - 15:30 A.Q.R. Baron

Electron-Phonon Coupling & Phonon Softening in  $\text{MgB}_2$  and  $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+}$  by Inelastic X-Ray Scattering

15:30 - 16:10 J. Mizuki

Direct Observation of Strong Interplay between the Bond-Stretching Phonon

and Superconductivity in  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$

16:10 - 16:25 Coffee break

Session 8 Chair: P. Carra

16:25 - 17:05 Y. Sakurai

Spin-Polarized Electron Momentum Density Distributions in  $\text{CeRh}_3\text{B}_2$  and  $\text{UGe}_2$

17:05 - 17:30 H. Koizumi

Electronic Structures and Magnetic Compton Profile of Bilayer Manganite

17:30 - 17:40 G. Sawatzky

Closing remarks

五十嵐 潤一 Igarashi Jun-ichi

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター  
〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-2640 FAX : 0791-58-2740

e-mail : jigarash@spring8.or.jp

## SPring-8サブグループ合同ワークショップ 「X線非弾性散乱を用いた物性研究」報告

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所  
岩住 俊明  
財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
櫻井 吉晴

2003年12月22日(月)・23日(火)の両日、SPring-8放射光普及棟においてSPring-8サブグループ合同ワークショップ「X線非弾性散乱を用いた物性研究」が、SPring-8利用者懇談会4SGと1研究会(コンプトン散乱、核共鳴散乱、高分解能非弾性散乱、X線発光解析、理論)の主催により開催されました。直前の週末に地元の人でさえ何年ぶりかすぐには思い出せないくらい珍しい12月の大雪があり、踝まで埋まるほどの積雪残る最中の会合となりました。相生駅からSPring-8に向かう車中からの景色は、まさに「トンネルを抜けると・・・」状態であり、今更ながらSPring-8の立地条件を思い知らされた方も多かったのではないかと思います。

本ワークショップは2002年3月29・30日に物質構造科学研究所で開催されたPF研究会「X線非弾性散乱を用いた物性研究」に引き続き、国内X線非弾性散乱研究者が一堂に会する2回目の研究会でした。開催の背景には、初回の会合と同じく各放射光施設でのX線非弾性散乱実験装置の充実とそれらを利用した実験的研究及び実験の進展に呼応した理論研究の盛り上がりがあります。また国際的な視点からは、本年9月に米国アルゴンヌ研究所で開催されるX線非弾性散乱を用いた物性研究に焦点を絞った国際ワークショップ“International Workshop on Inelastic X-ray Scattering (IXS)”の次回(2007年)日本開催に向けた国内研究者の集結という目的もありました。

2回目となる今回は、初回時に紹介のあったビームラインやスペクトロメータを用いた応用研究の講演等もあり、初回後2年弱での研究の進展ぶりを十分に感じさせる内容となりました。国内におけるコンプトン散乱は円熟の域に達したという印象を受けます。世界的にはコンプトン散乱研究の再評価がな

されつつある現状ですが、日本の独走は当分の間続きそうだという確信を持てる充実した講演が続ききました。欧州から時間的に多少遅れて立ち上がってきた超高分解能X線非弾性散乱を用いた物性研究も、液体、固体の双方で一気にすばらしい成果が上がり始めたようです。今後国内の優れた試料開発グループと共同研究を進めることにより、日本独自の成果を期待出来るようになるのではないのでしょうか。共鳴X線発光や核共鳴非弾性散乱では新しい手法の開発も盛んで理論と実験が密接な協調関係にあり、今後の物性研究への応用がおおいに期待出来ます。

初回時には講演者の方々の研究内容をあまり把握していなかったこともあり講演プログラムを手法毎にまとめたのですが、今回は全体的に物性研究に重点が移ってきたこともあり物性を軸としてプログラムを組んでみました。このようなプログラム編成が参加頂いた方々に今ひとつ受けが良くなかったようであったことは少し残念で、世話人の不見識であったと反省しております。IXS2007国際ワークショップの国内組織立ち上げの手始めとして、PFの河田洋氏が議長として承認されたことは今回の会合の一つの成果でした。

天候は良かったものの足下がおぼつかない今ひとつの気象条件ではありましたが、64人の参加を得て密度の濃い議論が行えたのではないかと思います。今回の会合に引き続き第3回「X線非弾性散乱を用いた物性研究」研究会をPFで開催することを予定しています。またIXS2007へ向けた国内組織の編成にも取りかかる予定ですので、X線非弾性散乱研究者の皆様の協力をお願い致します。最後に本会合をサポートして頂きましたSPring-8スタッフ並びにSPring-8利用者懇談会の皆様へ感謝致します。



以下に講演者とタイトルを示します。

< 超伝導 >

A. Baron ( JASRI )

「Phonon softening and electron phonon coupling in MgB<sub>2</sub> and carbon doped MgB<sub>2</sub> by inelastic x-ray scattering」

福田竜生 ( 日本原子力研究所関西研究所 )

「La<sub>2-x</sub>Sr<sub>x</sub>CuO<sub>4</sub>、YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub>におけるボンド伸縮モードフォノンの異常」

遠山貴己 ( 東北大学金属材料研究所 )

「銅酸化物高温超伝導体とその関連物質の共鳴非弾性X線散乱」

< 装置開発・新技術 >

Yong Cai (National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan)

「Performance and Recent Results of the Taiwan Inelastic X-ray Scattering Beamline」

林久史 ( 東北大学多元物質研究所 )

「X線発光の2次元測定と選択的XAFS分光」

瀬戸誠 ( 京都大学原子炉実験所 )

「電子状態によりサイトを選択した核共鳴非弾性散乱」

河田洋 ( 物質構造科学研究所PF )

「Compton散乱と反跳電子の同時計測法(X,eX)による3次元電子運動量密度分布測定」

小林寿夫 ( 姫路工業大学大学院理学研究科 )

「高圧力下での核共鳴非弾性散乱」

< 新物質・液体 >

山口益弘 ( 横浜国立大学 )

「金属水素化物のコンプトン散乱」

角田頼彦 ( 早稲田大学理工学部 )

「Metastable FCC-Feのフォノン状態密度」

櫻井浩 ( 群馬大学工学部 )

「垂直磁化膜の磁気コンプトン散乱」

坂井信彦 ( 姫路工業大学 )

「CeSbの磁性電子状態は全く局在4f電子軌道的でない」

乾雅祝 ( 広島大学総合科学部 )

「膨張した流体水銀の非弾性X線散乱実験」

< 新現象 >

原田慈久 ( 理化学研究所 )

「軟X線再結合発光と格子ダイナミクス」

岩住俊明 ( 物質構造科学研究所PF )

「X線分光的手法を用いた光誘起相転移研究」

< 電子相関 >

西川裕規 ( 日本原子力研究所関西研究所 )

「弱相関電子系に於ける共鳴非弾性X線散乱の理論」

H. Ishii (National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan)

「Resonant Inelastic X-ray Scattering Studies of Transition Metal Oxides」

魚住孝幸 ( 大阪府立大学 )

「遷移金属酸化物の共鳴X線発光スペクトルの理論」

小泉昭久 ( 姫路工業大学大学院理学研究科 )

「磁気及び高分解能コンプトン散乱を用いた層状Mn酸化物の軌道・電子状態の研究」

石井賢司 ( 日本原子力研究所関西研究所 )

「共鳴X線非弾性散乱による強相関電子系の電子励起」

岩住 俊明 IWAZUMI Toshiaki

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

放射光研究施設

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

TEL : 029-864-5596 FAX : 029-864-2801

e-mail : toshiaki.iwazumi@kek.jp

櫻井 吉晴 SAKURAI Yoshiharu

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 利用研究促進部門

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-0802 ( 3803 ) FAX : 0791-58-0830

e-mail : sakurai@spring8.or.jp

## 第17回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム報告

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門

年会・合同シンポ組織委員長 高田 昌樹

第17回年会・放射光科学合同シンポジウムは2004年1月8日から10日まで物質材料機構及びつくば国際会議場（エポカルつくば）において、プログラム委員長・河田洋教授（PF・KEK）、実行委員長・岸本俊二助教授（PF・KEK）のもと、開催されました。今年の年会では口頭発表92件、ポスター発表393件と昨年度よりも100件以上多くの発表申し込みがあり、参加者はこれまでの最大の623名にのぼり、放射光学会始まって以来の盛大な大会となりました。これは、第3世代放射光施設SPring-8をはじめとする、我が国の放射光施設が建設期を終え、様々な研究開発分野への放射光利用が広く浸透してきた結果であると思われます。それに伴い、本年会の特別講演、企画講演は、放射光の科学技術研究への本格的利用や、次世代の放射光への可能性を探るフロンティアランナーの研究者の方々の講演により構成されました。特別講演は日本の物質科学をリードする十倉好紀教授（東大院工・産総研）の「強相関電子系と放射光」、第4世代放射光の可能性についてのスタンフォード大学のリンダウ教授による

「Scientific Opportunities and Technological Challenges with Fourth Generation Light Sources」でした。企画講演では、次世代放射光利用の可能性についての「コヒーレントX線で見えてくる世界」、放射光の円偏光X線の特徴を利用した生体物質研究についての「生体物質のVUV・SX自然円二色性」、放射光のパルス性を利用したピコ秒での物質構造研究へのチャレンジについての「放射光時分割測定の最近の展開 - 光誘起現象の解明へ -」、放射光の臨床応用への現状を視野に入れた「医用画像診断への応用」、産業界でのデバイス開発への応用についての「放射光を用いた微細加工の最前線」が行われました。そのほかの口頭及びポスター発表においても意欲的な発表が多数行われました。

特筆すべきは、今年の学会奨励賞に、JASRI / SPring-8の矢橋牧名研究員が、井野明洋氏（広島大学助手；受賞理由 銅酸化物高温超伝導体の電子構造の研究）と共に選ばれたことです。矢橋研究員の受賞理由は「強度干渉計によるX線コヒーレンスの研究」です。内容は、最近14.4keVでのエネルギー



写真1 懇親会で学会奨励賞を授与されて  
（右より井野氏、松下会長、矢橋氏：JASRI 青柳氏提供）



写真2 懇親会での鏡開き  
（右より十倉教授、小間教授、リンダウ教授、松下会長：物材機構 桜井氏提供）

幅 $120\mu\text{V}$  ( $E/E = 8 \times 10^{-9}$ )のX線を得られる超高分解能モノクロメーターを開発し、十分な信号ノイズ比の計測を可能とし干渉測定からSPring-8の27mアンジュレーターの光源サイズを決定するとともに、電子ビームのパンチ長計測が可能なことを示したことです。この方法はX線FELのようなサブピコ秒からフェムト秒のパルスX線源にも容易に適用できることから世界的に注目され、そのことが高く評価され、今回の受賞となりました。(写真1、懇親会での受賞風景、会長、井野氏と共に)

懇親会は会場から車で5分の山水亭で、鏡開きから始まり(写真2)、和やかな雰囲気のもとに行われました。年の初めに開催される本年会では現在計画中も含め14にのぼる放射光研究施設の施設報告、関連企業の42社の企業展示も行われ、研究者、放射光施設、関連企業との重要な情報交換の場となりました。初日の合同シンポジウムでは、SPring-8を取り巻く厳しい予算の状況などが問題となりましたが、放射光施設全体の共通の問題として、学会全体としても取り組んでいく必要があると感じました。

来年は、建設中の佐賀シンクロトロンにおいて、九州での初めての年会開催が予定されており、放射光利用の全国的な広がり契機となることが期待されています。是非とも、また、SPring-8から多くの研究発表の参加が行われることを期待しています。



高田 昌樹 TAKATA Masaki  
(財)高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門  
〒679-5198  
兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL・FAX : 0791-58-0946  
e-mail : takatama@spring8.or.jp

昭和62年 広島大学大学院 理学研究科 博士課程  
昭和62年 名古屋大学 助手  
平成8年 島根大学 助教授  
平成10年 名古屋大学 助教授  
平成15年 JASRI / SPring-8 主席研究員、  
理研・播磨研究所 客員主管研究員  
専門 放射光構造物性  
趣味 写真撮影



## 第3回CCLRC - JASRI シンポジウム

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門 八木 直人

CCLRCとは、Council for the Central Laboratory of the Research Councilsの略で、英国のダレスベリ(Daresbury)研究所にある放射光実験施設SRSを運営する機関である。SRSは世界で最初に稼働した放射光専用のシンクロトロン施設で、研究面でも技術面でも長い歴史を持ち、多くの知識の蓄積がある。SRSとSPring-8の間の情報交換を目的に、2001年にJASRIとCCLRCの間に研究協力協定が結ばれ、この協定に基づいて、ほぼ1年ごとに研究会が催されている。昨年はSPring-8側の研究者が英国に行き、ダレスベリ研究所で研究会を開いたが、今回は英国から6人の研究者がSPring-8を訪れて、SPring-8の中央管理棟講堂で2004年1月14日と15日に研究会が催された。

英国側からの発表は、まずダレスベリ研究所のPrice所長が研究所の全体計画について話し、ダレスベリ研究所では新しいX線光源の開発(4GLSプロジェクト)をはじめとして、次世代を指向した新たな研究計画が開始されているほか、ベンチャー企業を誘致するための建物の建設がほぼ完了していることを紹介した。研究所全体をリサーチパークにして、地域産業と連携する構想が進められているようである。これは、2007年に予定されている新しい放射光施設Diamond(オックスフォードに建設中)の運転開始に伴うSRSのシャットダウンを念頭に置いてのことと思われる。Price所長に続いて、英国側からは5人の研究者が、それぞれ自分の研究分野での最新の技術開発や放射光の利用研究成果を紹介した。

日本側からは、吉良所長がSPring-8の現状について報告し、それに続いてJASRIの9人の研究者が最新の技術開発や利用研究の成果を報告した。双方の発表には互いに多くの質問が出され、どちら側にとっても刺激的なものであった。

今回のシンポジウムは、来年ダレスベリ研究所で開かれる予定である。

プログラムは以下の通りであった。

The Third CCLRC-JASRI Symposium (at Auditorium of Central Building)

2004/1/14

- 9:30-10:00 Daresbury Development and Daresbury Campus (Hywel G Price)
- 10:00-10:30 Current Status of SPring-8 (Akira Kira)
- 11:00-11:30 FEL Development Activity at SPring-8 (Tsumoru Shintake)
- 11:30-12:00 Detector Development for SR - next 5 years (Gareth Derbyshire)
- 12:00-12:30 Pixel Detector Project at SPring-8 (Masayo Suzuki)
- 14:00-14:30 Flat Panel Detectors for Synchrotron Radiation Experiments (Naoto Yagi)
- 14:30-15:00 Low Energy Research Programme at Daresbury (Tracy Turner)
- 15:00-15:30 Electron Phonon Coupling in Superconductors with High Tc by Inelastic X-ray Scattering (Alfred Baron)

===== SPring-8 tour =====

2004/1/15

- 9:30-10:00 High throughput MAD beamline on a high field MPW & structural Biology at the SRS (Samar Hasnain)
- 10:00-10:30 High throughput PX beamlines at SPring-8 (Masaki Yamamoto)
- 11:00-11:30 Materials and Engineering Research on the New MPW 6.2 (Greg Diakun)
- 11:30-12:00 Beamlines for SAXS at SPring-8 and SRS (Katsuaki Inoue)
- 12:00-12:30 Nano-technology Experiments at SPring-8 (Keisuke Kobayashi)
- 14:00-14:30 Surface Science & latest IR development (Mike Chesters)

## WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

- 14:30-15:00 Dynamical Observations of Individual Protein  
Molecules using X-rays (Yuji Sasaki)
- 15:00-15:30 Industrial Materials Science Activities at  
BL19B2 Beamline of the SPring-8  
(Norimasa Umesaki)

八木 直人 YAGI Naoto

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 利用研究促進部門Ⅱ  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0908 FAX : 0791-58-0830  
e-mail : yagi@spring8.or.jp

## 理研シンポジウム 構造生物学 ( )

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所  
堀 哲哉、宮野 雅司

「理研シンポジウム 構造生物学 ( )」は、2004年1月22日と23日の2日間SPring-8普及棟において、国内外から講演者(海外3名、国内6名、理研14名)を招待して行われました。2日間で138名の方に参加いただきました。今回のシンポジウムでは、初日に新たな試みとしてこれからの構造生物学の広がりを目指した「脂質メディエーター関連タンパク質の生物学からその応用発展」と題して、プロスタグランジン(PG)やロイコトリエン(LT)など、細胞機能を調節する脂質分子の代謝酵素と受容体の機能に焦点を絞り、この分野の専門家である著名な諸先生方に講演をお願いしました。2日目は「放射光構造生物の進展とさらなる飛躍を目指して」と題して、昨年同様、理研シンポジウムと理研マンスリーフォーラム(RMF)のポスターセッションと共催することで、幅広く理研内外で行われている最新の構造生物学研究成果を、若手を中心に発表する場として構造生物学とその周辺の講演をして頂きました。

初日の脂質メディエーター関連タンパク質のシンポジウムでは、各講演者に最新の実験データに加え、その研究テーマの背景や概略をとて分かりやすく説明していただきました。まず、山本尚三教授(京都女子大学)には脂質メディエーターの生合成経路と作用機構の総括をしていただいた。脂質メディエーターは、主に細胞の膜組織のアラキドン酸を出発材料として、数段階の酵素反応を経て強い生理活性因子となること。これら生理活性因子は、細胞表面に存在する7回膜貫通型受容体(GPCR)に特異的に作用すること。その受容体からの細胞内シグナル情報伝達によって細胞機能が調節されることを非常に丁寧にわかりやすく紹介していただきました。早石修名誉所長(大阪バイオサイエンス研究所)には、20年以上も研究に取り組んでいらっしゃる眠りの謎

について講演いただきました。PGD<sub>2</sub>が哺乳動物の脳の主要なPGであり、内在性の睡眠誘起物質であることを発見したこと。さらに、PGD<sub>2</sub>により惹起される睡眠の分子機構を紹介していただきました。発見当時の現場の熱気が伝わってくるような迫力のある講演でした。清水孝雄教授(東京大学)には、150種類あると言われているオーファンGPCRのリガンド検索と、その結果新規に同定されたLPA受容体(lpa4)の個体レベルでの機能解析の結果を紹介していただきました。成宮周教授(京都大学)は、これまで知られているプロスタグランジン受容体、トロンボキサン受容体の殆どのcDNAのクローニングを行い、薬理的解析から個体レベルの機能解析まで、網羅的に行っている研究結果を報告していただきました。また、受容体の結晶構造の情報が必要不可欠であると力説され、講演を締めくくられた。

初日のセッションの後半は、脂質メディエーター代謝酵素の結晶構造解析が中心となった。W. L. Smith教授(University of Michigan Medical School)は、プロスタグランジンH合成酵素の結晶構造解析や変異体解析から、シクロオキシゲナーゼ活性を担うアミノ酸残基を同定し、反応メカニズムを分子レベルで明快に説明された。COXは抗炎症薬等のターゲットであり、この結果はあっという間に最も使われている薬となったcelecoxibなどのスーパーアスピリンCOX2選択阻害抗炎症剤開発で多大な情報を提供した。裏出良博博士(大阪バイオサイエンス研究所)は、PGD<sub>2</sub>合成酵素の臓器分布や細胞局在、遺伝子ノックアウトマウスやトランスジェニックマウスをもちいた生理機能解析の結果を紹介いただいた。J. Z. Haeggström教授(Karolinska Institute)はLTB<sub>4</sub>の前駆体であるLTA<sub>4</sub>をLTB<sub>4</sub>に変換する酵素LTA<sub>4</sub> hydrolaseの結晶構造と反応機構の考察をした。本酵素も抗炎症薬等の創薬ターゲ



ットであり、酵素阻害剤の結晶構造に基づいた Structural Based Drug Designの戦略を述べられた。井上豪助教授（大阪大学）は、裏出博士らと共同でヒト由来造血器型PGD<sub>2</sub>合成酵素の結晶構造を解明し、本酵素はMg<sup>2+</sup>によって活性化されて効率的にPGD<sub>2</sub>を産生することを明らかにした。さらに、本酵素の阻害剤との複合体結晶構造を報告し、その阻害率と構造の相関について議論した。本セッション最後に宮野雅司が、造血器型とリポカリン型PGD<sub>2</sub>合成酵素の比較構造生物からその微細構造の違いが生物機能に重要であると強調した。また、最近我々が解析に成功した脂質メディエーター不活性化酵素LTB<sub>4</sub> 12-HD/PGRの結晶構造についても報告した。

2日目は、主に理研播磨研で行われている構造生物学中心のセッションでした。シンポジウムでは、トピックス別にセッションを分けていなかったが、本稿では内容別に分類してみた。(1) 合成されたタンパク質の局在決定を担うタンパク質の構造と機能が議論された。V. Patlan (ストラクチュローム) は、細胞内での新規合成タンパク質がペリプラズム膜を通過する際に必須であるSecAタンパク質の結晶構造について発表した。本結晶構造は、今まで報告されていた二量体構造とは異なる様式をとり、二量体構造の変化によりSecAの活性制御が行われていることを提唱した。柴田洋之 (メンブレンダイナミクス) は、ペルオキシソーム局在膜タンパク質の輸送タンパク質Pex19のドメイン構造とその機能を解析し、輸送機構を考察した。(2) いくつかの酵素反応機構などが提唱された。ほとんどの講演は、タンパク質単独の構造だけでなく基質や補酵素との複合体構造に基づく考察であった。F. I. Tsuji (UCSD) は、GFPの酵素非依存的な発色団自動形成機構の解明を目指している。今回は、GFPのC末側領域を組み換え体として、N末側を合成ペプチドとして調製し、発色機構の考察を報告した。浜田恵輔 (構造生物物理) は、あらゆる細胞に存在するリボース5リン酸イソメラーゼの反応中間体複合体の結晶構造を報告した。異性化反応は、グルタミン酸残基が触媒塩基・酸として働きプロトン転移が起こる反応機構を考察した。杉本宏 (生体物理化学) は、サイトグロブリンの結晶構造を報告し、6配位構造をもつ本タンパク質が、5配位構造をもつミオグロビンやヘモグロビンよりも高い酸素親和性を示す機構を議論した。池田和子 (メンブレンダイナミクス)

は、グリシン開裂Tタンパク質の結晶構造から、非ケト-シス型高グリシン血症患者に見られる遺伝子点変異について考察した。藤原和子 (メンブレンダイナミクス) は、リポ酸-タンパク質リガーゼのATP複合体結晶構造を報告した。金成勲 (理論構造生物学) は、ヒドロキシフェニル酢酸 3-モノオキシゲナーゼの2つのコンポーネントの結晶構造を解明し、反応機構の考察を行った。菅原道泰 (ハイスループットファクトリー) は、アシルCoAチオエステラーゼPaalの結晶構造を報告し、4量体分子に2分子のアシルCoAが結合すること、さらに反応機構の考察を行った。(3) タンパク質-タンパク質相互作用の解析から、生体内での情報伝達機構が議論された。関根俊一 (細胞情報伝達) は、生体内タンパク質合成の際に不可欠な伸長因子EF-Tuの結晶構造を報告した。このタンパク質の概形はtRNAの構造と類似していることを明らかにした。山内英美子 (メンブレンダイナミクス) は、カルモジュリン-カルモジュリン結合タンパク複合体の結晶構造から、新規なカルモジュリン結合様式を報告した。(4) 時分割測定によるタンパク質の動的解析として、田村巧 (構造生物化学) は、時分割X線小角散乱法による骨格筋収縮過程の筋繊維構造変化の追跡を報告した。収縮調節には、トロポミオシンやトロポニンだけでなくアクチンの構造変化が何らかの役割を持っていると考察した。汲田英之 (生体物理化学) は、緑膿菌由来NO還元酵素の触媒反応を時間分割電子スピン共鳴 (ESR) スペクトルによって追跡し、反応中間体の構造と電子状態の帰属結果から、NO還元触媒反応機構を考察した。(5) 海老原章郎 (ストラクチュローム) は、高度好熱菌丸ごと一匹プロジェクトの進捗状況について、既に100を越える結晶構造の解析をしたことを報告した。

今回のシンポジウムは構造生物学研究者だけでなく、細胞・個体レベルで研究を進めている研究者も招いて行われた。SPring-8でこのような個体レベルでの研究のセッションが開かれることはあまりないので、非常に新鮮であった。また、2日間のシンポジウムでしたが、初日の「脂質メディエーター関連タンパク質の生物学からその応用発展」のセッションの参加者が多かったのが印象的だった。最後に、西村江美さんをはじめとする事務局の方々、RMF世話人の方々、ポスターセッションやシンポジウムの会場を準備してくださった皆様にお礼を申し上げます。

## プログラム :

22<sup>nd</sup> January, 2004 (Thursday)Part1. Lipid-mediator related proteins from Basic Science  
to Clinical application

座長 宮野 雅司

飯塚 哲太郎 (理研 播磨研究所)

「歓迎と開会の挨拶」

(Introductory remarks)

山本 尚三 (京都女子大学)

「アラキドン酸カスケードの流れ」

(The arachidonate cascade)

座長 山本 尚三

早石 修 (大阪バイオサイエンス研究所)

「眠りの謎」

(The Enigma of Sleep)

清水 孝雄 (東京大学大学院医学系研究科)

「脂質メディエーターの広がり」

(Lipid mediators, from bench to clinic: an expanding  
research field in the postgenome era)

成宮 周 (京都大学大学院医学研究科)

「プロスタノイド受容体の展望: 生物学から応用へ」

(Prostanoid Receptors: An overview)

座長 井上 豪

William L. Smith (University of Michigan Medical School)

(Cyclooxygenase and Peroxidase Catalysis by  
Prostaglandin Endoperoxide Synthases-1 and -2)

裏出 良博 (大阪バイオサイエンス研究所)

「2つの進化的に独立なプロスタグランジンD合成  
酵素機能とその阻害剤の医薬品開発に向けて」(Two distinct prostaglandin D synthases and their  
biological and enzymatic characters as different  
Medicinal targets)

Jesper Z. Haeggstrom (Karolinska Institute)

(Leukotriene A<sub>4</sub> hydrolase, structure, mechanisms and  
inhibitor design)

座長 裏出 良博

井上 豪 (大阪大学大学院)

「造血器型プロスタグランジン合成酵素のX線構造  
解析と医薬品への応用」(X-ray Structure Analyses of Hematopoietic  
Prostaglandin (PG) Synthase for Drug Discovery)

宮野 雅司 (理研播磨 構造生物物理研究室)

「構造生物研究室での脂質関連タンパク質の構造生  
物学的研究 - このシンポについて」(Structural Studies of Lipid-related proteins in Structural  
Biophysics Laboratory)

Banquet at SPring-8 cafeteria

23<sup>rd</sup> January, 2004 (Friday)

Part2. Progress in the Structural Biology at SPring-8

座長 山内 英美子

Vsevolod Patlan (理研播磨研ストラクチュローム研  
究グループ)(Crystal structure of *Thermus thermophilus* SecA protein  
at 2.8 Å resolution)

Frederick I. Tsuji (University of California, San Diego)

(Chemical Synthesis of Hybrid Precursor Molecule of  
Aequorea GFP)

座長 池田 和子

関根 俊一 (理研播磨研 細胞情報伝達研究室)

「翻訳にかかわるタンパク質・RNA複合体の構造生物学」  
(Structural studies on protein-RNA complexes involved  
in genetic-code translation)海老原 章郎 (理研播磨研 ストラクチュローム研  
究グループ)「原子レベルでの生物学を目指した「高度好熱菌丸  
ごと一匹プロジェクト」の進捗状況」(Updates of Extreme Thermophile Whole Cell Project-  
Toward Atomic Biology)

座長 藤原 和子

田村 巧 (理研播磨研 構造生物化学研究室)

「骨格筋張力発生に伴う細いフィラメント由来X線  
反射の2次元高速時分割測定」

(High-speed time resolved X-ray diffraction studies on

the thin filament structural changes during muscle force development)

座長 関根 俊一

柴田 洋之 (理研播磨研 メンブレンダイナミクス研究グループ)

「ペルオキシソーム膜タンパク質局在化機構の解析 Pex19pのドメイン構造と機能」

(Mechanism of Subcellular Localization of Peroxisomal Membrane Proteins Domain Architecture and Activity of Human Pex19p)

座長 海老原 章郎

浜田 恵輔 (理研播磨研 構造生物物理研究室)

「ユビキタスなリボース5リン酸異性化酵素の高い立体特異性を持つ触媒メカニズム」

(Structural Basis of Highly Stereo-specific Catalytic Mechanism of Ubiquitous Ribose-5-Phosphate Isomerase)

汲田 英之 (理研播磨研 生体物理化学研究室)

「緑膿菌由来NO還元酵素の反応機構解析と三次元結晶化」

(Reaction Mechanism and 3D-crystallization of Nitric Oxide Reductase from *Pseudomonas aeruginosa*)

座長 田村 巧

杉本 宏 (理研播磨研 生体物理化学研究室)

「サイトグロビンのリガンド結合機構」

(Structural Basis of Human Cytoglobin for Ligand Binding)

座長 浜田 恵輔

山内 英美子 (理研播磨研 メンブレンダイナミクス研究グループ/徳島大学)

「MARCKSペプチド - カルモジュリン複合体の結晶構造解析」

(Crystal Structure of a MARCKS Peptide-calmodulin Complex)

池田 和子 (理研播磨研 メンブレンダイナミクス研究グループ/徳島大学)

「グリシン開裂酵素系 Tタンパク質の結晶構造解析」  
(Crystal Structure of human T-protein of Glycine Cleavage System)

藤原 和子 (理研播磨研 メンブレンダイナミクス研究グループ/徳島大学)

「大腸菌のリポ酸 - タンパク質リガーゼの結晶構造解析」  
(Crystal Structure of Lipoate-protein Ligase A from *Escherichia coli*)

座長 杉本 宏

金 成勲 (理研播磨研 理論構造生物学研究室)

「高度好熱菌HB8由来4-hydroxyphenylacetate 3-monooxygenase large chain and small chainの結晶構造解析」

(Crystal structures of 4-hydroxyphenylacetate 3-monooxygenase large chain and small chain from *Thermus thermophilus* HB8)

菅原 道泰 (理研播磨 ハイスループットファクトリー)

「アシルCoAチオエステラーゼPaaIの結晶構造解析」  
(Crystal Structure of acyl-CoA thioesterase PaaI from *Thermus thermophilus* HB8)

堀 哲哉 HORI Tetsuya

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所 構造生物物理研究室  
〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2815 FAX : 0791-58-2816  
e-mail : thori@spring8.or.jp

宮野 雅司 MIYANO Masashi

独立行政法人理化学研究所 播磨研究所 構造生物物理研究室  
構造生物物理研究室  
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2815 FAX : 0791-58-2816  
e-mail : miyano@spring8.or.jp



## あはれなる<sup>やまのうまや</sup>野磨<sup>おろちいざかいせき</sup>駅家を訪ねて～上郡町・落地飯坂遺跡～

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用業務部 船曳 篤子

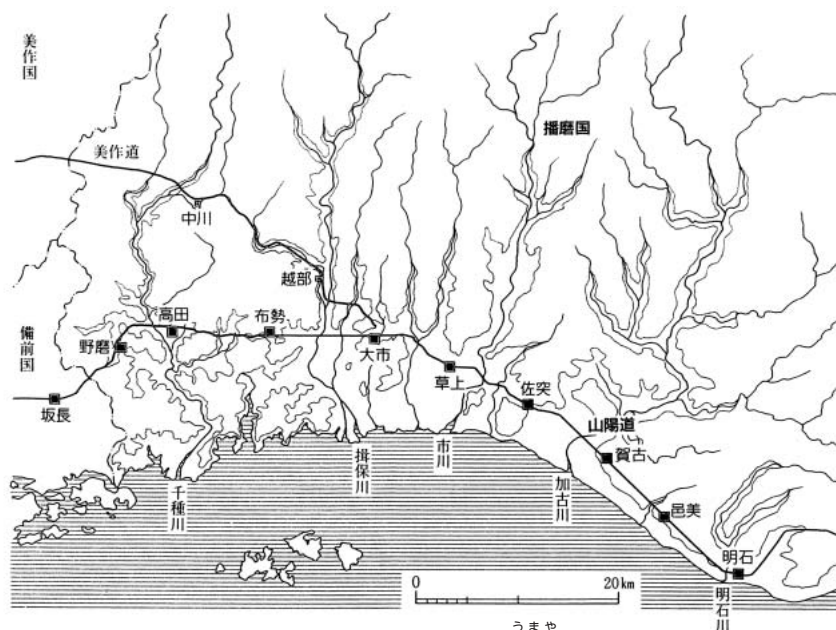
私の母の実家は、上郡町の西の端、岡山県との県境も近い上郡町梨ヶ原、落地という田舎の集落である。緑豊かな上郡の中でも、ひときわ自然が多く、私も幼いころ、近くの山や川、雑木林でよく遊んだものだ。その雑木林の土地は、古くから地元の人に源氏屋敷と呼ばれていた。なぜそう呼ばれているのかははっきりしないことから、私は、ひょっとしてこれは由緒正しい場所ではないか、昔のお金持ちの屋敷跡で、お宝でも埋まっているのじゃないかしら、などとよく考えたものである。実際に、昔から掘ったら瓦がたくさん出てきたとか、井戸があったらしいという話も叔父や叔母から聞いたことがある。奈良時代の寺院跡と想定されたこともあるらしいが、私にとっては寺院跡よりお金持ちの屋敷跡の方が魅力的に感じられた。

そんな私の淡い期待もむなしく、平成14年度からその地の本格的な調査が始まり、平成15年7月に調

査を担当した上郡町教育委員会より、その遺跡は古代山陽道の野磨駅家の中心施設跡であると発表された。

**駅家**  
駅家<sup>うまや</sup>というのは、奈良時代、中央集権体制による地方の支配を円滑に行うため、全国に整備された<sup>えきろ</sup>駅路と呼ばれる道路沿いに設置された施設で、その目的は、駅路を往来する役人らに対する馬の乗り継ぎや食料の支給、宿泊所の提供などである。通常は、16kmごとに設置されたが、山陽道は、大宰府と都をつなぐ道として最重視されていたために約8kmごとに設置されていた。大宰府と都を往来する外国の使節が利用するため、瓦葺で白壁の建物として整備されたことが判っている。

8kmごとにあるのなら、全国どこにでも在りそうだと思われがちである。実際全国に400ヶ所以上存在していたとされているが、当時の街道は現在も



播磨の古代山陽道と駅家  
出典（龍野市教育委員会『布勢駅家』）

主要道として使われていることが多いことから、そのほとんどが後世の開発により失われていたり、分からなくなっていたりして、現在駅家と確定している遺跡は「布勢駅家」である龍野市の小犬丸遺跡だけであるようだ。気にもとめず、ただ通り過ぎていただけの小犬丸遺跡も、そう考えるとすごかったのだと改めて認識した。今回発見された遺跡は、奇跡的に開発から逃れ、保存状態が非常に良いため、今後駅家の構造や機能の解明に役立つことが期待されているらしい。

今昔物語集と枕草子

遺跡に興味をお持ちの方は、これだけでも落<sup>おろち</sup>地飯坂遺跡が貴重であることがお分かりいただけるかと思うが、もうひとつ、興味深い話がある。なんとこの野磨<sup>やまのうまや</sup>駅家は、一千年前の説話の舞台だったというのだ。今昔物語集第14巻に登場する大蛇伝説がそれである。そして、落<sup>おろち</sup>地という珍しい地名は、まさにその伝説からきているのだそうだ。

金峯山<sup>てんじょう</sup>の僧<sup>おろち</sup>転乗は、幼いころから法華経を習い、全8巻のうち6巻までを覚えることができた。しかし残りの7、8巻がどうしても覚えられず悩んでいたところ、夢枕に夜叉の姿をした人が現れ、「7、8巻が覚えられないのは、汝の前世が毒蛇であったころの宿縁によるものだ」と語った。それは、転乗の前世は、播磨<sup>はりまのくににあこうのこおり</sup>国赤穂郡の山駅<sup>やまのうまや</sup>（野磨<sup>おろち</sup>駅）を巢<sup>あそ</sup>りにしていた長さ3尋半（約6.3m）もある毒蛇で、ある夜、

駅に泊まった聖人を食べようとしたところ、毒蛇<sup>おろち</sup>のことに気づかない聖人が法華経の読経を始めた。法華経を聞いた毒蛇は、聖人を食べるのをやめ、目を閉じ、一心に聞いていたのだが、6巻を読み終えたところで夜が明け、聖人は7、8巻を読まずに駅を出発してしまった。人を食べることをやめ、法華経を聞いたおかげで、毒蛇は人に生まれ変わることができ、法華経を読経する僧侶となったのだが、前世で7、8巻を聞いていないため覚えることができないのだ。一心に精進して法華経を読誦すれば、今生では願うことがみかない、後生では生死の苦を離れることができよう。という内容であった。そこで転乗は深く道心を起こし、一層熱心に法華経を読誦するようになった。

この毒蛇<sup>おろち</sup>の話<sup>おろち</sup>を伝え聞いたのか、清少納言は、枕草子の中で、次のように記した。

駅は梨原、望月の駅。山のうまやは、あはれなりしことを聞きをきたりしに、又もあはれなることのありしかば、なほとりあつめてあはれなり。(225段)

なんと野磨<sup>おろち</sup>駅家は、あはれなる駅の代表として枕草子にも登場していたのである。  
(中学時代、枕草子の冒頭部分を暗記させられた記憶はあるが、あの冒頭部分よりも地元に関係のあるこの部分を暗記させるべきだと、私はこの話を聞いて思った。)

今昔物語集 卷第一四

金峰山僧<sup>おろち</sup>転乗、持法花知前世語第一七。大和国ノ人也ケリ。心極テ猛クシテ、常ニ嗔恚ヲ発シケリ。幼ノ時ヨリ法花経ヲ受ケ習テ日夜ニ誦シテ、暗ニ思工奉ラムト思フ志有テ年来誦スルニ、既ニ六巻ヲバ思エヌ。其レニ、七・八ノ二巻ヲバ思工奉ラムト為ル心無シ。而ルニ、尚、七・八ノ二巻ヲ思工ムト思テ誦シ浮ブルニ、年月ヲ経ト云ヘドモ更ニ思ユル事無シ。転乗然リトモト思テ、強ニ七・八ノ巻ノ一々ノ句ヲ二三反ツ、誦スルニ、更ニ、不思工ズ。然レバ、転乗蔵王ノ御前ニ参テ、一夏九十日ノ間籠テ、六時ニ闍伽・香炉・灯ヲ供ジテ、毎夜ニ三千反ノ礼拝ヲ奉リテ、此ノ二巻ノ経ヲ思工ム事ヲ祈請フ。

安居ノ畢ノ比ニ成テ、転乗、夢ニ、竜ノ冠シタル夜叉形人也、天衣・瓔珞ヲ以テ身ヲ莊テ、手ニ金剛ヲ取リ、足ニ花蕊ヲ踏テ、眷属ニ被<sup>おろち</sup>困<sup>おろち</sup>遠<sup>おろち</sup>レテ来テ、転乗ニ告テ云ク、「汝チ縁無ニ依テ此ノ七・八ノ二巻ヲ暗ニ不思工ズ。汝チ前世ニ毒蛇ノ身ヲ受タリキ。其ノ形チ長ク大ニシテ三尋半也。幡磨ノ国、赤穂ノ郡ノ山駅ニ住シキ。其ノ時ニ、一人ノ聖人有テ其ノ駅ノ中ニ宿ス。毒蛇棟ノ上ニ有テ思ハク、「我レ飢渴ニ会テ久ク不食ズ。而ルニ、希ニ此ノ人此ノ駅ニ来宿セリ。今此ノ人ヲ我レ可食シ」ト。爰ニ、聖人蛇ニ被食ナムト為ル事ヲ知テ、手ヲ洗ヒ口ヲ濯ギ、法花経ヲ誦ス。毒蛇経ヲ聞テ、忽ニ毒害ノ心ヲ止メテ、目ヲ閉テ一心ニ経ヲ聞ク。第六ノ巻ニ至ル時、夜曙ヌレバ、七・八ノ二巻ヲ不誦ズシテ、聖人其ノ所ヲ出テ、去ヌ。

其ノ毒蛇ト云フハ、今ノ汝ガ身也。害ノ心ヲ止メテ法花ヲ聞シニ依テ、多劫ヲ転ジテ人身ヲ得テ、僧ト成テ法花ノ持者ト有リ。但シ、七・八ノ二巻ヲ不聞ザリキ。故ニ今生ニ暗誦スル事ヲ不得ズ。亦、汝チ心猛クシテ常ニ嗔恚ヲ発フ事ハ、毒蛇ノ習氣ノ也。汝チ一心ニ精進シテ法花経ヲ可誦シ。今生ニ八求メム所ヲ皆得テ、後生ニ八生死ヲ離レム」ト云フ、ト見テ夢メ覺ヌ。

転乗深ク道心ヲ發シテ、弥ヨ法花ヲ誦ス。遂ニ転乗、嘉祥二年ト云フ年、貴クシテ失ニケリトナム語リ伝ヘタルトヤ。

一千年前の説話の舞台が、まさにその説話にちなんだ地、梨ヶ原落地で、遺跡として発見され、自分がその地に立っているのだと思うと、なんとも言えず感慨深いものがある。

#### 発掘状況

上郡教育委員会が発表した遺跡の発掘調査状況と結果を簡単に紹介しよう。

遺跡発掘調査は、平成14年度から16年度にかけての3ヵ年計画で行われている。14年度は地形測量やレーダー探査、電気探査などを行い、平成15年度は、前年度の調査結果を踏まえて発掘調査を行い、駅家の中枢施設である正殿跡と西門跡、西側と北側の築地塀跡などを発見した。

正殿跡は、遺跡の北側にある山の南斜面に接する一番奥まった部分の中央に位置していて、間口15m、奥行8.4mの東西に長く、礎石建ち、瓦葺、切妻造の非常に立派な建物であることが分かった。また、建物の北側に掘られた排水用の溝から出土した瓦の中には、一部赤い塗料が付着したものがあり、柱を赤く塗っていたことが証明された。出土した土器などの年代から、この建物は11世紀ごろまで機能していたと考えられる。

西門跡は、間口8.4m、奥行4.2mの南北に長い建物で、礎石建ち、瓦葺の切妻造で、格式の高い八脚門といわれる形式の門であった。礎石がすべてもとの位置のまま発見されたが、中でも門扉を据える礎石には、扉の軸を受ける穴などがあけられた唐居敷と呼ばれる設備が造作されており、当時の門の構造までが復元できる貴重な発見となった。

築地塀跡は、土を突き固めながら積み上げて上部に屋根を設けた構造の土塀で、地方の役所では非常に珍しく、国庁や城柵など一部の施設に限られており、山陽道の駅家が重要視されていたことを示すものと考えられる。

推定される駅家の範囲は、南北100m、東西70mという大規模なものであり、今回発掘されたのは、中心施設跡の約300m<sup>2</sup>であるが、レーダー探査では、全体がほぼ完全な形で残っていることが分かっている。

今後は、まだ確認されていない東と南の築地塀や、正殿以外の建物とその配置、山陽道と駅家の位置関



正殿跡



正殿北側溝から出土した瓦



西門跡





出土した播磨国府系瓦（一部）



おろちいざか  
落地飯坂遺跡（上空から）

係などを調査し、駅家としての全国初の国史跡の指定を目指す予定であるそうだ。

おわりに

“源氏屋敷”には、幼いころの夢であった金銀財宝は埋まっただけではなかったようだが、別の意味での貴重なお宝がまだまだたくさん埋もれているようだ。今後、その駅家で働いていた人々の暮らしぶりなどもわかってくると、なおその遺跡が身近に感じられるようになるだろう。

未来の光を創りつづけている皆様も、少しでも息抜きをして、一千年前の伝説の舞台に立ってみませんか？その時代に生きていた人の息遣いが聞こえてくるかもしれません。ただし、今はまだ発掘途中なので、現場には何もありませんが。

謝 辞

今回、この文章を書くにあたり上郡町教育委員会には資料の貸与・転載を許可していただき感謝いたします。

参考文献

- [1] 上郡町教育委員会『落地飯坂遺跡（野磨駅家跡）現地説明会資料』
- [2] 上郡町役場『広報かみごおり』8月～11月号（2003）
- [3] 龍野市教育委員会『布勢駅家』
- [4] 池上洵一著『新日本古典文学大系35 今昔物語集』岩波書店
- [5] 萩谷朴著『新潮日本古典集成 枕草子 下』新潮社

船曳 篤子 FUNABIKI Atsuko

(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 利用業務課

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-0961 FAX : 0791-58-0965

e-mail: fatsuko@spring8.or.jp



## 兵庫県立大学大学院物質理学研究科教員公募

兵庫県では、県立3大学（神戸商科大学、姫路工業大学、兵庫県立看護大学）を統合し、21世紀にふさわしい新県立大学である「兵庫県立大学」を設置すべく、準備を進めています。

兵庫県立大学では、物質科学に関する教育研究等を行う学部・研究科として、「理学部」・「物質理学研究科」を設置します。現行の姫路工業大学理学部及び同大学院理学研究科物質科学専攻の移行を予定しており、このたび専任教員の公募を行うことになりました。つきましては、下記の要領をご参照のうえ、ぜひご応募下さいませようお願いします。

- 募集人員 : 助手 1名  
物質理学研究科・物質科学専攻・物質機能解析学部門（エックス線光学分野担当）
- 領域 : 高輝度放射光の特性を活かしX線光学を駆使して物質科学を推進し、その産業への利用を視野に入れた研究。大学院・学部の実験および研究指導に参加していただく。  
また、SPring-8の兵庫県専用ビームラインの実務担当者として技術的管理を分担していただく。
- 応募資格 : 博士の学位を有すること、あるいは2004年9月30日までに取得見込みのこと。
- 応募書類<sup>注1</sup> :
- ・履歴書
  - ・研究業績リスト
  - ・主要論文（5編以内）の別刷又は全文のコピー
  - ・各種研究助成金の取得状況
  - ・これまでの研究概要（2000字以内）及び今後の研究方針と教育に対する抱負（2000字以内）
  - ・推薦状（応募者の専門分野についての所見を求めうる者が作成したもので、推薦者の氏名及び連絡先を記載したもの）又は応募者について問い合わせの出来る方2名の連絡先
- 注1) 原則として応募書類は返却しない。

応募方法 : 封筒に「エックス線光学分野助手応募書類在中」と朱書し、下記の書類送付先宛に簡易書留で郵送のこと。

書類送付先 : 〒678-1297兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

姫路工業大学(2004年4月1日に兵庫県立大学に変更)

理学部事務部総務課

応募期限 : 平成16年4月30日(金)(必着)

選考方法・結果通知時期

: 書類審査及び必要に応じて面接を行う。選考結果は6月下旬頃に通知する。

採用時期 : 平成16年10月1日

任期 : 7年(再任する場合は1回を原則とし、再任後の任期は5年とする。)ただし、特別の事情があると認められる場合は、一定の手続きを経て例外措置として再々任を認めることがある。

問合わせ先 : 〒678-1297兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

姫路工業大学大学院理学研究科 物質科学専攻 松井純爾又は籠島 靖

TEL : 0791-58-0230(直通) FAX : 0791-58-0236

E-mail : matsui@sci.himeji-tech.ac.jp

なお、当理学研究科のホームページのURLは<http://www.sci.himeji-tech.ac.jp>です。

# F A X 送 信 票

## FAX Sending Form

FAX : 0791-58-2798

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都<sup>こうと</sup>1-1-1  
 (財)高輝度光科学研究センター「SPring-8 利用者情報」事務局 TEL : 0791-58-2797

“SPring-8 Information” secretariat, JASRI  
 1-1-1 Kouto, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Hyogo 679-5198, Japan

## 「SPring-8利用者情報」送付先登録票 Registration Form for the Issue of “SPring-8 Information”

新規・変更・不要 いずれかを○で囲んで下さい  
 Newly・Modify・Disused Circle your application matter.

フリガナ			
氏 名 Name			
勤務先/所属機関 Place of work / Institution	(旧勤務先)(Previous Institution)		
部 署 Post		役 職 Title	
所 在 地 Address	〒		
T E L		F A X	
E-mail			

既に本誌が送付されている方は、新規の登録は不要です。その他の方で送付希望の方がおられましたらご登録下さい。

Please register by this form who would like to have this issue by continuous delivery, but you need not newly register when you have already received this issue by mail.

本誌は【無料】で配布しておりますので、経費節約のためご不要の方がおられましたら、お手数ですがご連絡下さいますようお願い申し上げます。(この送信票をご使用下さい。)

This issue is free of charge, so to save the expenses, if you need not this issue any more, please notify us by this form.

本誌は、SPring-8の利用者の方々に役立つ様々な情報を提供していくことを目的としています。ご意見、ご要望等がございましたら、上記事務局まで、ご遠慮無くお寄せ下さい。

This issue is aimed to inform some useful matter for the SPring-8 users, so if you have anything to comments or requests, please let us know without any hesitation.

コメント  
 Comments



## < SPring-8 各部門の配置 > SPring-8 Campus Guide

<食堂営業時間 Cafeteria Hours>  
(毎日営業 Open Seven Days a Week)

大食堂	Main Cafeteria
朝食	8:00 ~ 9:30
Breakfast	
昼食	11:30 ~ 13:30
Lunch	
夕食	17:30 ~ 19:30
Dinner	
喫茶室	9:00 ~ 14:00
Tea Room	15:00 ~ 21:30

<放射光普及棟>  
Public Relations Center

広報部  
Public Relations Div.

<中央管理棟>  
Main Building

西 West Side		東 East Side	
4F	加速器部門 Accelerator Div.	加速器部門 Accelerator Div.	
3F	所長 副所長 ビームライン・技術部門 Director-General Deputy Director-General Beamline Div.	ビームライン・技術部門 Beamline Div.	
2F	利用業務部 User Administration Div. 所長室 Director's Office 安全管理室(受付) Safety Office (Reception)	原研事務管理部門 JAERI Administration Office 理研事務管理部門 RIKEN Administration Office	
1F	総務部 General Affairs Div. 役員室 Executives	経理部 Financial Affairs Div. 企画調査部 Research and Planning Div. 総務部 人事課 Personnel Sec. General Affairs Div.	



<各部門の連絡先>

Contact Numbers (Phone and Fax)

市外局番はすべて 0791 Area Code Number : 0791

		連絡先代表番号 Key Numbers	
		TEL	FAX
JASRI 放射光研究所 Synchrotron Radiation Research Laboratory	加速器部門 Accelerator Div.	58-0851	58-0850
	ビームライン・技術部門 Beamline Div.	58-0831	58-0830
	利用研究促進部門 Materials Science Div.	58-0832	58-0830
	利用研究促進部門 Life and Environmental Science Div.	58-0833	58-0830
	施設管理部門 Facility Management Div.	58-0896	58-0876
JASRI 事務局 Administration Sector	総務部 General Affairs Div.	58-0950	58-0955
	経理部 Financial Affairs Div.	58-0953	58-0819
	企画調査部 Research and Planning Div.	58-0960	58-0952
	利用業務部 User Administration Div.	<b>58-0961</b>	<b>58-0965</b>
	広報部 Public Relations Div.	<b>58-2785</b>	<b>58-2786</b>
JASRI安全管理室 Safety Office	58-0874	58-0932	
健康管理室 Health Office	58-0898		
正門 Main Gate	58-0828		
東門 East Gate	58-0829		
研究交流施設管理棟受付 Guest House Reception	<b>58-0933</b>	<b>58-0938</b>	
原研事務管理部門 JAERI Dept. of Administrative Service	58-0822	58-0311	
原研関西研 JAERI Kansai Research Establishment	58-2701	58-2740	
理研事務管理部門 RIKEN Administration Office	58-0808	58-0800	
理研播磨研(構造生物学研究棟) RIKEN Harima Institute	58-2809	58-2810	
ニュースバル New SUBARU	58-2503	58-2504	

<外部からのビームラインへの連絡>

Contact for SPring-8 Beamlines from Outside the Campus

[方法1] 0791-58-0803 にダイヤルする。 Dial the number 0791-58-0803  
 ツーツーツーツと聞こえたら、内線番号又はPHS番号をダイヤルする。  
 If you hear rapid tones "two two two two", dial the Ext. Phone No. or PHS No.

[方法2] 0791-58-0802 にダイヤルする。 Dial the number 0791-58-0802  
 英語と日本語での説明後、ピーと鳴ったら、0をダイヤルする。  
 After some English and Japanese statements, you hear the sound "Pii", then dial "0".  
 次の説明後、内線番号又は、PHS番号をダイヤルする。  
 After some statements, dial the Ext. Phone No. or the PHS No.

ビームライン Beamline	内線電話番号 Ext. Phone No.	PHS番号 PHS No.	外線電話番号 Phone No.	外線FAX番号 FAX No.
BL01B1	4047	3160	3161	
BL02B1	4057	3162	3163	
BL02B2	4067	3742	3743	
BL04B1	4087	3164	3165	
BL04B2	4097	3744	3745	
BL08W	4127	3166	3167	
BL09XU	4147	3168	3169	
BL10XU	4217	3170	3171	
BL11XU	4227	3155		
BL12B2( Taiwan )	4237		58-1867	58-1868
BL12XU( Taiwan )	4237		58-1867	58-1868
BL13XU	4258	3838	3739	
BL14B1	4267	3183		
BL15XU( NIMS )	4287	3620	3625 3626	58-0223 58-0223
BL16XU( Industrial Consortium )	4297	3631	3632	58-1804 58-1802
BL16B2( Industrial Consortium )	4297	3633	3634	
BL19LXU	4371			
BL19B2	4372	3142	3143	
BL20XU	4373( S ) 4819( B )	3144	3145	
BL20B2	4374( S ) 4826( B )	3740	3741	
BL23SU	4407	3185		
BL24XU( Hyogo )	4417	3186	3187 3188	58-1808 58-1807
BL25SU	4427	3172	3173	
BL27SU	4457	3174	3175	
BL28B2	4477	3746	3747	
BL29XU	4491	3315	3316	
		3317	3318	
BL32B2( Pharmaceutical Industry )	4607	3592	3593	58-1882 58-1883
BL33LEP	4609	3618		
BL35XU	4627	3151	3152	
BL37XU	4647	3736	3737	
BL38B1	4657	3146	3594	
BL39XU	4677	3176	3177	
BL40XU	4687	3153	3154	
BL40B2	4697	3750	3751	
BL41XU	4707	3178	3179	
BL43IR	4717	3748	3749	
BL44XU( IPR, Osaka-Univ. )	4727			58-1814 58-1814
BL44B2	4737	3182		
BL45XU	4747	3180	3181	
BL46XU	4017	3752		
BL47XU	4027	3184		

( S ) Storage Ring  
 ( B ) Biomedical Imaging Center  
 ユーザーグループに貸出しのPHS  
 PHS Numbers which are lending service from Users Office

<ユーザー用談話室>

Lounge for Users

場所 Door	室名 Room No.
A3扉	a共7
B2扉	b共4
B3扉	b共7
C1扉	c共3
D1扉	d共3
D3扉	d共9

<公衆電話の設置場所>

Public Telephone Corner

- 中央管理棟 1F  
Main Building 1F (NTT Phone\*)
- 研究交流施設  
Guest House Reception  
(NTT Phones\* and KDDI Phones)

\* KDDIスーパーワールドカードも  
使用できます。  
KDDI SUPER WORLD CARD is available.

カード販売機設置場所  
Vending Machine for KDDI SUPER WORLD  
CARD is on the First Floor of Main Building .

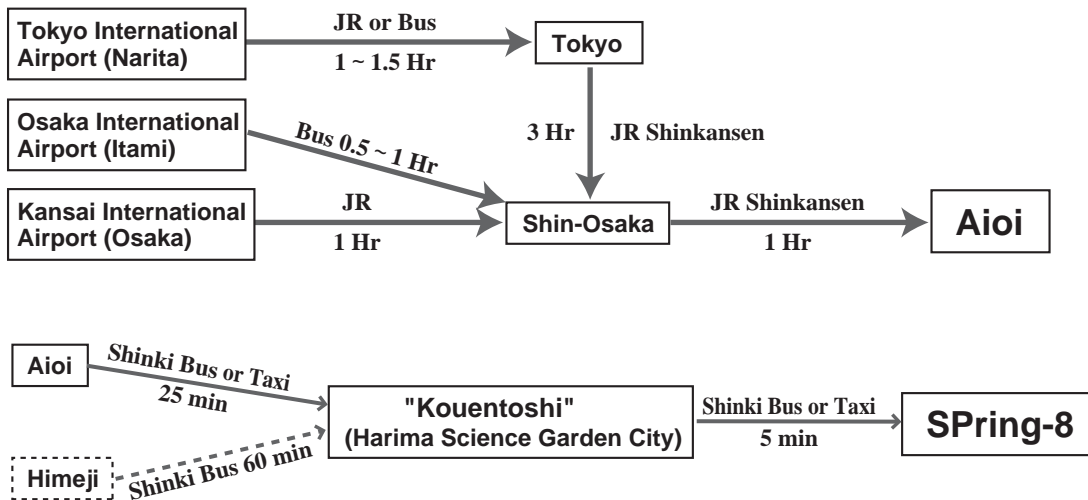
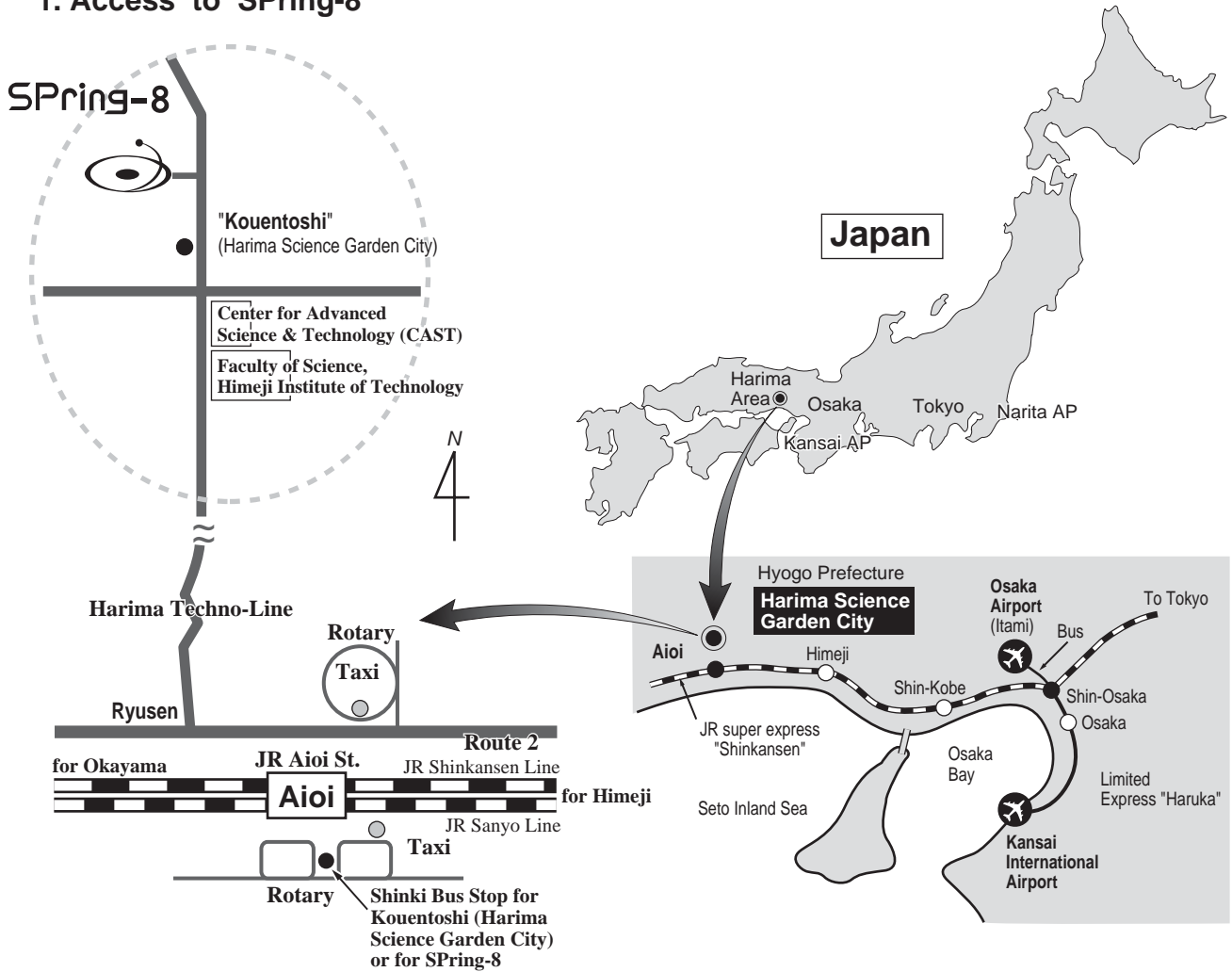
Beamline Contact Persons

as of 1st October 2003

Beamlines	Addresses	Contact Persons	E-mail
BL01B1	(XAFS)	T. Uruga K. Kato T. Honma	urugat@spring8.or.jp kkato@spring8.or.jp honma@spring8.or.jp
BL02B1	(Single Crystal Structure Analysis)	H. Ohsumi M. Mizumaki	ohsumi@spring8.or.jp mizumaki@spring8.or.jp
BL02B2	(Powder Diffraction)	K. Kato A. Kitano	katok@spring8.or.jp kitano@spring8.or.jp
BL04B1	(High Temperature and High Pressure Research)	K. Funakoshi	funakosi@spring8.or.jp
BL04B2	(High Energy X-ray Diffraction)	S. Kohara Y. Ohishi	kohara@spring8.or.jp ohishi@spring8.or.jp
BL05SS	(Accelerator Beam Diagnosis)	H. Ohkuma	ohkuma@spring8.or.jp
BL08W	(High Energy Inelastic Scattering)	M. Ito Y. Sakurai	mito@spring8.or.jp sakurai@spring8.or.jp
BL09XU	(Nuclear Resonant Scattering)	Y. Yoda Y. Imai	yoda@spring8.or.jp imai@spring8.or.jp
BL10XU	(High Pressure Research)	Y. Ohishi T. Adachi	ohishi@spring8.or.jp t_adachi@spring8.or.jp
BL11XU	(JAERI Materials Science II)	H. Shiwaku (JAERI)	shiwaku@spring8.or.jp
BL12XU	(NSRRC ID)	Y. Furukawa Y. Cai (Taiwan NSRRC)	furukawa@spring8.or.jp cai@spring8.or.jp
BL12B2	(NSRRC BM)	Y. Furukawa M. Tang (Taiwan NSRRC)	furukawa@spring8.or.jp mautsu@spring8.or.jp
BL13XU	(Surface and Interface Structures)	O. Sakata H. Tajiri	o-sakata@spring8.or.jp tajiri@spring8.or.jp
BL14B1	(JAERI Materials Science I)	Y. Nishihata (JAERI)	yasuon@spring8.or.jp
BL15XU	(WEBRAM)	Y. Furukawa	furukawa@spring8.or.jp
BL16XU	(Industrial Consortium ID)	H. Yoshikawa (NIMS) Y. Furukawa	hyoshi@spring8.or.jp furukawa@spring8.or.jp
BL16B2	(Industrial Consortium BM)	Y. Hirai (Industrial Consortium) K. Izumi (Industrial Consortium) S. Uemura (Industrial Consortium) Y. Furukawa	hirai@harl.hitachi.co.jp izumi@frl.cl.nec.co.jp uemura@spring8.or.jp furukawa@spring8.or.jp
BL17SU	(RIKEN Coherent Soft X-ray Spectroscopy)	Y. Hirai (Industrial Consortium) K. Izumi (Industrial Consortium) S. Uemura (Industrial Consortium) M. Oura (RIKEN)	hirai@harl.hitachi.co.jp izumi@frl.cl.nec.co.jp uemura@spring8.or.jp oura@spring8.or.jp
BL19LXU	(RIKEN SR Physics)	H. Ohashi	hohashi@spring8.or.jp
BL19B2	(Engineering Science Research)	Y. Tanaka (RIKEN) T. Honma	yotanaka@postman.riken.go.jp honma@spring8.or.jp
BL20XU	(Medical and Imaging II)	M. Sato A. Kitano	msato@spring8.or.jp kitano@spring8.or.jp
BL20B2	(Medical and Imaging I)	Y. Suzuki K. Takai	yoshio@spring8.or.jp takai@spring8.or.jp
BL22XU	(JAERI Actinide Science II)	K. Uesugi	ueken@spring8.or.jp
BL23SU	(JAERI Actinide Science I)	K. Umetani	umetani@spring8.or.jp
BL24XU	(Hyogo)	T. Inami (JAERI) A. Yoshigoe (JAERI) Y. Furukawa	inami@spring8.or.jp yoshigoe@spring8.or.jp furukawa@spring8.or.jp
BL25SU	(Soft X-ray Spectroscopy of Solid)	Y. Kagoshima (HIT) Y. Tsusaka (HIT) T. Muro	kagosima@sci.himeji-tech.ac.jp tsusaka@sci.himeji-tech.ac.jp muro@spring8.or.jp
BL26B1	(RIKEN Structural Genomics I)	T. Nakamura	naka@spring8.or.jp
BL26B2	(RIKEN Structural Genomics II)	T. Matsushita	matusita@spring8.or.jp
BL27SU	(Soft X-ray Photochemistry)	M. Yamamoto (RIKEN) M. Yamamoto (RIKEN)	yamamoto@postman.riken.go.jp yamamoto@postman.riken.go.jp
BL28B2	(White Beam X-ray Diffraction)	Y. Tamenori H. Ohashi	tamenori@spring8.or.jp hohashi@spring8.or.jp
BL29XU	(RIKEN Coherent X-ray Optics)	Y. Imai K. Kajiwara	imai@spring8.or.jp kajiwara@spring8.or.jp
BL32B2	(Pharmaceutical Industry)	K. Kato Y. Nishino	kkato@spring8.or.jp nishino@spring8.or.jp
BL33LEP	(Laser-Electron Photon)	Y. Furukawa Y. Katsuya (PCProt) Y. Ohashi	furukawa@spring8.or.jp katsuya@spring8.or.jp ohashi@spring8.or.jp
BL35XU	(High Resolution Inelastic Scattering)	T. Nakano (Osaka Univ.) A. Baron	nakano@rcnp.osaka-u.ac.jp baron@spring8.or.jp
BL37XU	(Trace Element Analysis)	S. Tsutsui	satoshi@spring8.or.jp
BL38B1	(R&D(3))	Y. Terada	ysterada@spring8.or.jp
BL38B2	(Accelerator Beam Diagnosis)	H. Tanida K. Hasegawa	tanida@spring8.or.jp kazuya@spring8.or.jp
BL39XU	(Magnetic Materials)	S. Takano	takano@spring8.or.jp
BL40XU	(High Flux)	K. Tamura	tamura@spring8.or.jp
BL40B2	(Structural Biology II)	M. Suzuki N. Kawamura	m-suzuki@spring8.or.jp naochan@spring8.or.jp
BL41XU	(Structural Biology I)	K. Inoue T. Oka	katsuino@spring8.or.jp oka@spring8.or.jp
BL43IR	(Infrared Materials Science)	N. Shimizu (Crystal) K. Inoue (Small Angle) M. Kotera (Small Angle)	nshimizu@spring8.or.jp katsuino@spring8.or.jp mkotera@spring8.or.jp
BL44XU	(Macromolecular Assemblies)	M. Kawamoto H. Sakai	kawamoto@spring8.or.jp sakai@spring8.or.jp
BL44B2	(RIKEN Structural Biology II)	T. Moriwaki	moriwaki@spring8.or.jp
BL45XU	(RIKEN Structural Biology I)	Y. Ikemoto	ikemoto@spring8.or.jp
BL46XU	(R&D(2))	M. Yamamoto (RIKEN) E. Yamashita (Osaka Univ.)	yamamoto@postman.riken.go.jp eiki@spring8.or.jp
BL47XU	(R&D(1))	H. Naitow (RIKEN) Y. Kawano (RIKEN) M. Mizumaki S. Kimura	naitow@spring8.or.jp ykawano@spring8.or.jp mizumaki@spring8.or.jp kimuras@spring8.or.jp
		A. Takeuchi M. Awaji	take@spring8.or.jp awaji@spring8.or.jp

# Access Guide to SPring-8

## 1. Access to SPring-8





## 2. Contact Points for Transportation

### JR-West (West Japan Railway Company)

Himeji Station (Ticket Office)	0792-22-2715
Aioi Station (Ticket Office)	0791-22-1400

### Shinki Bus

Himeji Office	0792-89-1188	Omnibus Information Office	0792-85-2990
Aioi Office	0791-22-5180	Aioi JR Station Office	0791-22-1038

### Taxi

Aioi Shinki Taxi (Aioi Station)	0791-22-5333
Aioi Taxi (Aioi Station)	0791-22-4321
Shingu Taxi (Harimashingu Station)	0791-75-0157
Harima Taxi (Nishikurusu Station)	0791-78-0111

## 3. Fares

### Limited Express (JR)

Narita International Airport (Tokyo) - Tokyo	¥2,940
Kansai International Airport (Osaka) - Shin-Osaka	¥2,980

### Shinkansen (JR)

Tokyo - Himeji, Aioi (Hikari and Kodama)	¥15,210
Nagoya - Himeji (Hikari and Kodama)	¥8,380
Nagoya - Aioi (Hikari and Kodama)	¥8,700
Shin-Osaka - Aioi (Hikari and Kodama)	¥4,810

### Shinki Bus

Himeji - SPring-8	¥1,140
Aioi - SPring-8	¥710
Aioi - Harima Science Garden City	¥660

### Taxi

Aioi - SPring-8	About ¥5,500
Harima Science Garden City - SPring-8	About ¥1,000

JR Shinkansen Train Schedule and Shinki Bus Schedule

Shinkansen Train Name ; K : Kodama, H : Hikari, N : Nozomi

(revised on October 1, 2003)

Shinki Bus ;

(revised on February 9, 2004)

- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays,
- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays and 3/24 ~ 4/7, 7/28 ~ 8/31, 9/22 ~ 9/30, 12/25 ~ 1/7
- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays between Kouentoshi and SPring-8,
- : run on Saturdays and Sundays and National Holidays between Kouentoshi and SPring-8,
- : run on Saturdays and Sundays and National Holidays,
- : According to the delayed arrival of JR trains at Aioi station, the bus departure can be delayed up to 2 minutes.

from Tokyo to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen				Shinki Bus		Shinki Bus				
	Shin-Tokyo	Shin-Yokohama	Shin-Nagoya	Shin-Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
									652	720	
K 629					612	650		703			
K 631					632	710		720	728	753	
									733	758	
									734	802	
									755	823	831
							740			→ 835	843
K 633					703	745		755	815	843	853
									823	853	901
N 39		640	717	731							
K 2635					737	820		830	900	933	
H 331		656	744	759							
K 637					804	851		904	930	958	1006
K 493		714	802	817							
K 2639					826	912		931	1005	1033	
N 41	620	639	803	841	856						
K 2645					915	1001		1012			
H 301	636	653	825	921	938	1014		1030	1035	1103	1111
									1100	1135	
N 3	650	709	834	912	927						
N 43	733	750	916	954	1009						
K 2649					1015	1101		1112			
H 303	736	753	923	1021	1038	1114		1130	1135	1203	1211
N 2007	813	832	958	1035	1051	1121	1150			→ 1245	
N 45	833	850	1016	1054	1109						
K 653					1115	1201		1212	1235	1303	1311
H 305	836	853	1023	1121	1138	1214		1230	1300	1335	
N 47	933	950	1116	1154	1209						
K 2657					1215	1301		1312			
H 307	936	953	1123	1221	1238	1325		1335	1340	1408	1416
									1400	1428	
N 49	1033	1050	1216	1254	1309						
K 2661					1315	1401		1412			
H 309	1036	1053	1223	1321	1338	1414		1430	1435	1503	1511
									1500	1528	
N 51	1133	1150	1316	1354	1409						

Train name	Shinkansen				Shinki Bus		Shinki Bus				
	Shin-Tokyo	Shin-Yokohama	Shin-Nagoya	Shin-Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
K 2665					1415	1501		1512			
H 311	1136	1153	1323	1421	1438	1514		1530	1535	1603	
									1600	1628	
N 53	1233	1250	1416	1454	1509						
K 669					1515	1601		1612	1630	1658	1703
H 313	1240	1257	1423	1521	1538	1614		1630	1700	1728	1733
H 369					1551	1621	1630			→ 1725	
N 55	1333	1350	1516	1554	1609						
K 673					1615	1701		1712	1730	1758	1803
H 315	1336	1353	1523	1621	1638	1725		1744	1810	1838	1843
N 57	1433	1450	1616	1654	1709						
K 2677					1715	1801		1812			
H 317	1436	1453	1623	1721	1738	1814		1830	1840	1915	
									1841	1916	
N 59	1533	1550	1716	1754	1809						
K 2681					1815	1901		1912	1915	1943	1948
H 319	1536	1553	1723	1821	1838	1914		1930	1945	2013	
N 61	1633	1650	1816	1854	1909						
K 685					1915	2001		2014	2020	2048	2053
H 321	1636	1653	1823	1921	1938	2014		2030			
N 137	1726		1909	1948	2002						
N 63	1733	1750	1916	1954	2009						
K 2689					2015	2057		2109			
H 323	1736	1753	1923	2021	3038	2125		2135	2145	2213	
N 143	1826		2009	2048	2102						
N 65	1833	1850	2016	2054	2109						
K 2693					2115	2157		2207			
H 325	1836	1853	2023	2121	2138	2214		2224			
N 151	1926		2109	2148	2202						
N 153	1933	1950	2116	2154	2209						
K 2697					2215	2257		2307			
H 327	1936	1953	2123	2221	2238	2314		2324			
N 67	1950	2009	2134	2212	2227						

Stop at Shinagawa St.

# HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY

## from Hakata to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen				Shinki Bus		
	Hakata	Hiroshima	Okayama	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
H 302			603	620	652	720	
K2620			632	657			
N 40		600	641				
K2622			659	721	728	753	
					733	758	
					734	802	
					755	823	831
H2340		642	723				
H 304			732	753			
K2624		617	746	810	815	843	853
					823	853	901
N 44		740	821				
H 306			832	853	900	933	
H 344	639	755	836				
K2628		714	841	909	930	958	1006
H 348	735	846	927				
H 308			931	953	1005	1033	
N2006	754	900	936				
K 632	607	804	946	1007	1035	1103	1111
H 350	835	946	1027				
H 310			1031	1053	1100	1135	
H 352	843	955	1036				
K 636	712	911	1045	1107	1135	1203	1211
N 10	922	1028	1104				
H 312			1117	1143			
N 50		1040	1121				
K2640		1008	1145	1207	1235	1303	1311
N 52		1140	1221				
H 314			1231	1253	1300	1335	
H 358	1043	1155	1236				
K2644		1111	1245	1307	1340	1408	1416
N 54		1240	1321				
H 316			1331	1353	1400	1428	
N2016	1154	1300	1336				
K 648	1014	1208	1345	1407	1435	1503	1511
N 56		1340	1421				
H 318			1431	1453	1500	1528	
H 362	1243	1355	1436				
K 652	1113	1311	1445	1507	1535	1603	
N 20	1322	1428	1504				
H 320			1517	1543	1600	1628	
H 366	1348	1500	1541				
K2656		1408	1545	1607	1630	1658	1703
N 60		1540	1621				
H 322			1631	1653	1700	1728	1733
H 370	1438	1555	1636				
K 660	1313	1511	1645	1707	1730	1758	1803
H 372	1535	1646	1727				
H 324			1731	1753	1810	1838	1843
N2026	1554	1700	1736				
K2664		1606	1745	1807	1840	1915	
					1841	1916	
N 64		1740	1821				
H 326			1831	1853			
H 376	1643	1755	1836				
K 668	1513	1711	1845	1907	1915	1943	1948
					1945	2013	
H 378	1733	1844	1926				
K2672		1808	1931	1953	2020	2048	2053
N 32	1820	1931	2006				
K 674	1646	1848	2010	2033			
H 332		1956	2039				
K 678	1712	1923	2045	2110			
N 38	1922	2033	2109				
K 680	1742	1949	2113	2133	2145	2213	
N 500	2005	2107	2141				
K2682		2026	2150	2211			
H 384	2010	2125	2207				
K 684	1850	2051	2211	2231			

## from Harima Science Garden City to Hakata

Shinki Bus			Train name	Shinkansen			
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Okayama	Hiroshima	Hakata
			K 629	703	723	836	1027
	640	708	K 631	720	739	910	1108
			N 501		745	819	921
	710	738	K 633	755	815	940	1149
			N 39		820	856	1007
			K2635	830	849	1010	
			H 331		854	935	1046
	830	858	K 637	904	924	1055	1306
			H 333		932	1015	1138
900	910	938	K2645	1012	1033	1207	
	945	1013	H 301	1030	1047		
			H 355		1052	1133	1244
1013	1019	1047					
1013	1022	1050	K2649	1112	1133	1308	
			N2007		1143	1219	1325
	1045	1113	H 303	1130	1147		
			H 357		1152	1233	1344
	1117	1152					
1129	1138	1206					
1129	1139	1207	K 653	1212	1233	1407	1606
			H 359		1243	1324	1436
			H 305	1230	1247		
			H 361		1252	1333	1444
1159	1209	1237	K2657	1312	1333	1508	
			H 363		1338	1419	1532
	1245	1313	H 307	1335	1352		
			N 49		1358	1439	
1317	1327	1355	K2661	1412	1433	1608	
			H 365		1443	1524	1636
			H 309	1430	1447		
			N 51		1458	1539	
	1355	1430					
	1415	1443	K2665	1512	1533	1708	
			N2017		1543	1619	1725
1449	1458	1526					
1449	1459	1527	H 311	1530	1547		
			N 53		1558	1639	
	1540	1608	K 669	1612	1633	1807	2004
			H 369		1643	1724	1836
			H 313	1630	1647		
			N 55		1658	1739	
	1612	1640					
	1640	1708	K 673	1712	1733	1909	2103
			H 371		1738	1819	1932
			H 315	1744	1800		
			N 23		1815	1851	1957
1709	1718	1746					
1709	1719	1747					
	1740	1808	K2677	1812	1833	2008	
			H 375		1843	1924	2036
1744	1754	1822	H 317	1830	1847		
			N 59		1858	1939	
1815	1824	1852					
1815	1825	1853	K2681	1912	1933	2108	
			N2027		1943	2019	2125
1849	1859	1927	H 319	1930	1947		
			H 379		1952	2033	2144
1925	1935	2003	K 685	2014	2034	2205	2553
			H 381		2043	2124	2236
			H 321	2030	2047		
			N 63		2058	2139	
1954	2004	2032	K2689	2109	2131	2302	
			H 385		2138	2219	2332
			H 323	2135	2151		
			N 65		2158	2239	
2100	2110	2138	K2693	2207	2227		
			H 325	2224	2241		
			H2387		2252	2333	

from Harima Science Garden City to Tokyo

Shinki Bus			Train name	Shinki Bus		Shinkansen					
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo
			H 302	620		629	704	721	813		1013
			K 2620	657		707	746				
			N 42			753	808	845	1010	1030	
640	708		K 2622	721		731	809				
			H 264			820	835	913		1113	
710	738		H 304	753		803	841	858	956	1126	1143
			K 2624	810		825	904				
			N 44			910	925	1003	1130	1146	
			H 306	853		903	941	958	1056	1226	1243
830	858		K 2628	909		925	1004				
			N 46			1010	1025	1103	1230	1246	
900	910	938	H 308	953		1003	1041	1058	1156	1326	1343
			K 632	1007		1025	1104				
			N 48			1110	1125	1203	1330	1346	
945	1013										
1013	1019	1047									
1013	1022	1050	H 310	1053		1103	1141	1158	1256	1426	1443
1025				→	1119						
			K 636	1107		→	1125	1204			
			N 50			1210	1225	1303	1430	1446	
1045	1113		H 312	1143		1153	1241	1258	1356	1526	1543
1117	1152		K 2640	1207		1225	1304				
			N 52			1310	1325	1403	1530	1546	
1129	1138	1206									
1129	1139	1207									
1159	1209	1237	H 314	1253		1303	1341	1358	1456	1622	1639
			K 2644	1307		1325	1404				
			N 54			1410	1425	1503	1630	1646	
1245	1313		H 316	1353		1403	1441	1458	1556	1726	1743
1317	1327	1355	K 648	1407		1425	1504				
			N 56			1510	1525	1603	1730	1746	

Shinki Bus			Train name	Shinki Bus		Shinkansen					
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo
			1355	1430							
			1415	1443	H 318	1453					
			1415		→	1509					
					K 652	1507			→	1525	1604
					N 58					1610	1625
										1703	1830
										1830	1846
1449	1458	1526									
1449	1459	1527	H 320	1543						1553	1641
					K 2656	1607				1625	1704
					N 60					1710	1725
										1803	1930
										1930	1946
			1540	1608							
			1612	1640	H 322	1653				1703	1741
					K 660	1707				1725	1804
					N 62					1810	1825
										1903	2030
										2030	2046
			1640	1708							
			1709	1718	1746						
			1709	1719	1747	H 324	1753			1803	1841
					K 2664	1807				1825	1904
					N 64					1910	1925
										2003	2130
										2130	2146
			1740	1808							
1744	1754	1822	H 326	1853						1903	1941
1802	1810		→	1904						1958	2056
1815	1824	1852								2056	2226
1815	1825	1853	K 668	1907						→	1925
					N 66					2010	2025
										2103	2230
										2230	2246
1849	1859	1927	K 2672	1953						2004	2058
					N 156					2118	2132
										2209	2332
										2332	2348
1925	1935	2003	K 674	2033						2043	2125
					H 332					2133	2148
										2238	
1954	2004	2032	K 678	2110						2120	2204
					K 680	2133				2143	2233
2100	2110	2138	K 2682	2211						2221	2305
					K 684	2231				2241	2321

Stop at Shinagawa St.



こぶしの花

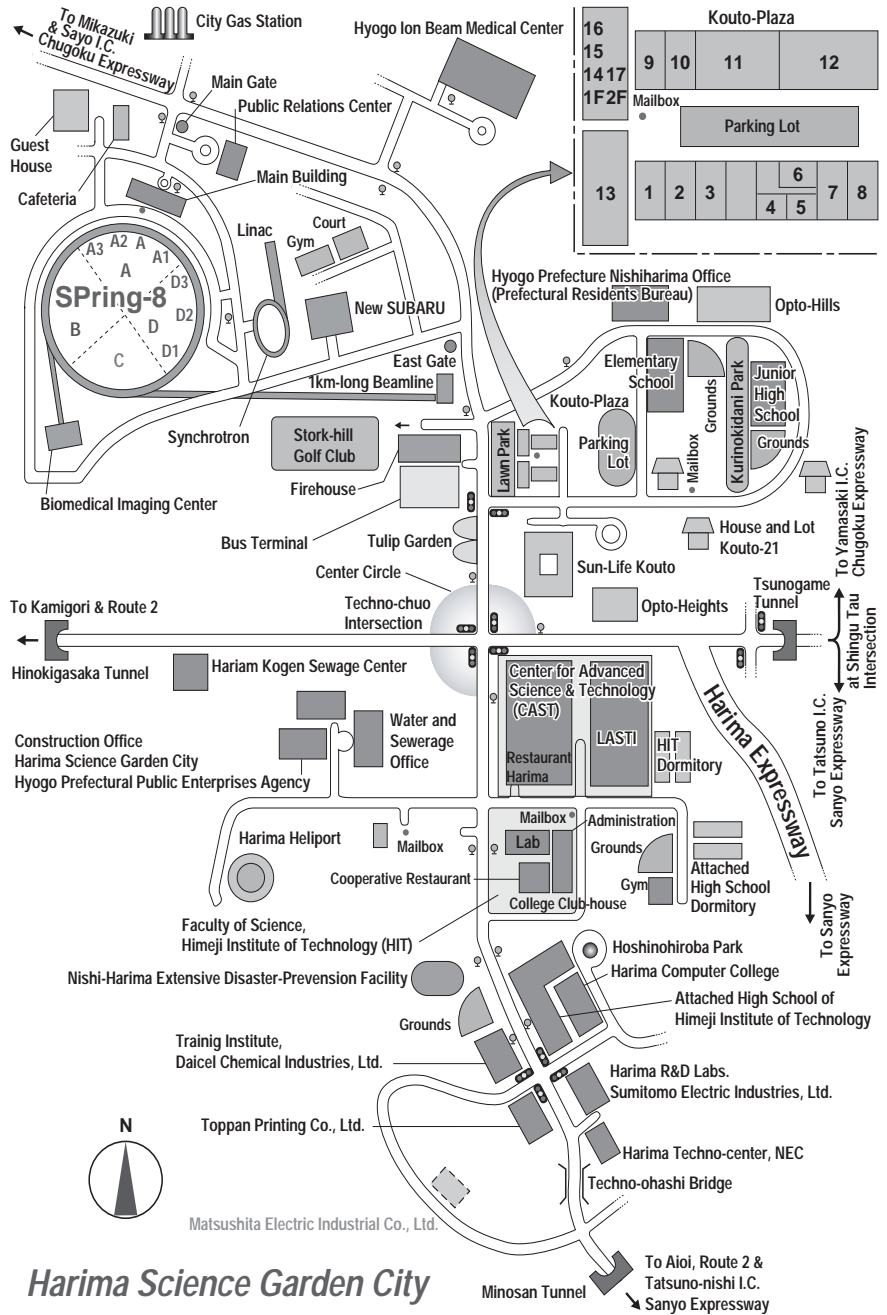
(新宮町)



## Harima Science Garden City Map

### Kouto Plaza Guide

- 1 Prima Vera (coffee house, miscellaneous goods and flowers)
  - Hours / 10:00 - 18:00
  - Closed on Thursday
- 2 Kiraku-Techno Store (Japanese style restaurant)
  - Hours / 11:00 - 14:00, 17:30 - 20:00
  - Closed on Sundays and National holidays
- 3 Public House "Mansaku"
  - Hours / 11:00 - 14:00, 17:00 - 22:00
  - Closed on Sundays. Only in the evening on Saturday
- 4 Telephone Plaza - Techno Store (Electric appliances and Portable Telephones)
  - Hours / 10:00 - 18:00
  - Closed on Sundays and National holidays
- 5 Anzai OA Service (office applied products, expendable supplies, sale and repair service)
  - Hours / 10:00 - 17:00
  - Closed on Saturdays, Sundays and National holidays
- 6 Machine Cash Service Corner
  - Minato Bank
  - Himeji Credit Union
  - Banshu Credit Union
  - Hyogo Credit Union
  - Nishi-hyogo Credit Union
  - JA Hyogo-Nishi
  - Hours / 10:00 - 17:00
  - Closed on Sundays and National holidays
  - Deposit and transfer : closed on Saturdays, Sundays and National holidays (Only Minato Bank Opens)
- 7 Takamori Barbers and Beauty Parlor
  - Hours / 9:00 - 19:00
  - Closed on every Mondays, the 1st and the 3rd Tuesdays
- 8 Police Box
  - TEL : 0791-22-0110
- 9 Kouto Pharmacy
  - Hours / 10:00 - 18:00
  - Closed on Sundays and National holidays
- 10 Clean Shop - Kouto Store (a laundry)
  - Hours / 9:30 - 18:30
  - Closed on Sundays
- 11 Maruzen Kouto-Plaza Store (Books)
  - Hours / 10:30 - 19:00
  - Closed on Thursday
  - Closed on during the New Year Holidays
- 12 Co-op Mini Technopolis (a supermarket)
  - Hours / 10:00 - 20:00
  - Closed on during the New Year Holidays
- 13 Optopia (PR hall)
  - Hours / 10:00 - 17:00 (entrance / -16:20)
  - Closed during the New Year Holidays



### Harima Science Garden City

- 14 Pure Light (western style restaurant)
  - Hours / 11:30 - 17:00
  - Closed on Tuesdays (but open for reservation)
- 15 Nishi-harima Kouto-plaza Post Office
  - Exchange and insurance/ 9:00 - 16:00
  - Mailing/ 9:00 - 17:00
  - Machine cash service
  - Monday - Friday 9:00 - 17:30
  - Saturday 9:00 - 12:30
- 16 Kojyou Clinic (internal medicine, surgery, pediatrics, obstetrics and gynecology, rehabilitation)
  - Hours / 9:00 - 12:00, 14:00 - 17:00
  - Closed on Saturdays, Sundays and National holidays
- 17 Ogawa Dental Clinic
  - Hours / 9:00 - 12:00, 13:30 - 18:00
  - Saturdays / 9:00 - 12:00, 13:30 - 15:00
  - Closed on Wednesdays, Sundays and National holidays

## Hotels and Inns

### In the Harima Science Garden City

〔 I 〕: Tax and Service charges included

〔 N 〕: Tax and Service charges not included

#### Center for Advanced Science & Technology (CAST)

Address : Harima Science Garden City, 3-1-1 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo, 678-1205

Tel : 0791-58-1100

Room rates per person per night

Special Room (2 rooms)	: 2 beds, a table and chairs, Bath and toilet	¥6,200 - ¥11,700	}〔 I 〕
Twin Room (9 rooms)	: 2 beds, bath and toilet	¥4,400 - ¥8,300	
Single Room (18 rooms)	: 1 bed, bath and toilet	¥4,400 - ¥5,500	
Specially discounted room rate for researchers		¥3,000 - ¥6,400	

(An application and a certificate are required. Contact JASRI Users Office)

Reservations are needed for breakfasts in both the western style (800 yen) and Japanese style (1,000 yen).〔 N 〕

### Hotels and Inns in Aioi-city

( ) : Access from JR Aioi Station

**Aioi Station Hotel** (1 min. walk) 1-5 Hongo-cho, Aioi-shi, 678-0006. Tel : 0791-24-3000

Capacity : 90 persons. Rates : ¥4,800 - ¥9,000 per night〔 N 〕

**Kaiun Ryokan** (5 min. by car) 1-2-2 Asahi, Aioi-shi, 678-0031. Tel : 0791-22-2181

Capacity : 60 persons. Rates : ¥5,800 - ¥6,300 per night with 2 meals〔 N 〕

**Tokiwa Ryokan** (5 min. by car) 2-20-15 Asahi, Aioi-shi, 678-0031. Tel : 0791-22-0444

Capacity : 15 persons. Rates : ¥6,500 per night with 2 meals〔 I 〕

**Kikuya Ryokan** (8 min. walk) 1-4 Kakiuchi-cho, Aioi-shi, 678-0022. Tel : 0791-22-0309

Capacity : 18 persons. Rates : ¥6,500 per night with 2 meals〔 I 〕

**Aioi-So, Kokumin-Shukusha** (20 min. by car) 5321 Kanegasaki, Aioi, Aioi-shi, 678-0041. Tel : 0791-22-1413

Capacity : 168 persons (Japanese style rooms). Rates : ¥6,825 - ¥16,524 per night with 2 meals〔 I 〕

### Hotels and Inns in Himeji-city

( ) : Access from JR Himeji Station

**Hotel Sun Garden Himeji** (1 min. walk) 100 Minamiekimae-cho, Himeji-shi, 670-0962. Tel : 0792-22-2231

Capacity : 260 persons (western style rooms). Rates : ¥9,000 - ¥19,500 per night〔 N 〕

**Himeji Castle Hotel** (8 min. walk) 210 Hojo, Himeji-shi, 670-0947. Tel : 0792-84-3311

Capacity : 299 persons (Japanese and western style rooms). Rates : ¥7,500 - ¥18,000 per night〔 N 〕

**Hotel Sun route Himeji** (1 min. walk) 195-9 Ekimae-cho, Himeji-shi, 670-0927. Tel : 0792-85-0811

Capacity : 150 persons (Western style). Rates : ¥8,431 - ¥15,015 per night〔 I 〕

## HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY

- Hotel Himeji Plaza** (3 min. walk) 158 Toyosawa-cho, Himeji-shi, 670-0964. Tel : 0792-81-9000  
*Capacity* : 300 persons (Western style). *Rates* : ¥6,000 - ¥15,300 per night { I }
- Himeji Washington Hotel Plaza** (5 min. walk) 98 Higashiekimae, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-25-0111  
*Capacity* : 172 persons (Western style). *Rates* : ¥8,316 - ¥15,592 per night { I }  
*SPring-8 Users* : ¥6,500 - ¥ 9,000 per night { I }
- Hotel Okuuchi** (5 min. walk) 3-56 Higashinobesue, Himeji-shi, 670-0965. Tel : 0792-22-8000  
*Capacity* : 426 persons (Western style). *Rates* : ¥6,352 - ¥12,705 per night { I }
- Himeji City Hotel** (10 min. walk) 1-1 Higashi-shinonome-cho, Himeji-shi, 670-0046. Tel : 0792-98-0700  
*Capacity* : 120 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥6,300 - ¥12,600 per night { I }
- Himeji Green Hotel** (12 min. walk) 100 Sakamoto-cho, Himeji-shi, 670-0016. Tel : 0792-89-0088  
*Capacity* : 155 persons, (Western style). *Rates* : ¥6,700 - ¥12,500 per night { I }
- Himeji Orient Hotel** (8 min. walk) 111 Shio-cho, Himeji-shi, 670-0904. Tel : 0792-84-3773  
*Capacity* : 49 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥6,000 - ¥20,000 per night { I }
- Business Hotel Chiyoda** (8 min. walk) 166 Kubo-cho, Himeji-shi, 670-0916. Tel : 0792-88-1050  
*Capacity* : 60 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥5,900 - ¥13,500 per night { I }
- Business Hotel Tsubota** (5 min. walk) 2-81 Hojoguchi, Himeji-shi, 670-0935. Tel : 0792-81-2227  
*Capacity* : 69 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥4,830 per night { I }
- Business Hotel Yoshinobu** (5min. walk) 98 Shinobu-cho, Himeji-shi, 670-0917. Tel : 0792-22-4655  
*Capacity* : 49 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥5,500 - ¥15,000 per night { I }
- Hotel Claire Higasa** (5 min. walk) 22 Jyuunisomae-cho, Himeji-shi, 670-0911. Tel : 0792-24-3421  
*Capacity* : 55 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥7,035 - ¥13,000 per night { N }
- Hoteiya Ryokan** (6 min. walk) 24 Higashiekimae-cho, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-22-1210  
*Capacity* : 42 persons (Japanese style). *Rates* : ¥9,000 - ¥10,000 per night with 2 meals { N }
- Highland Villa Himeji** (20 min. by car) 224-26 Hirominesanhinotani, Himeji-shi, 670-0891. Tel : 0792-84-3010  
*Capacity* : 81 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥8,431 - ¥13,629 per night with 2 meals { I }
- Hotel Sunshine Aoyama** (15 min. by car) 4-7-29 Aoyamaminami, Himeji-shi, 671-2223. Tel : 0792-76-1181  
*Capacity* : 90 persons (Western style). *Rates* : ¥6,352 - ¥20,790 per night { I }

## Restaurants

### Restaurants in the Harima Science Garden City

- Café&Restaurant “Ai Mates”** 1-19-4 Kouto, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0791-59-8150,  
Hours : 9:00 - 17:00 17:00 - 21:00 (a subscription basis) Closed on Saturdays, Sundays and National holidays  
Specialty : Light meals (fried vegetables, fried noodles,etc) &Drinks (coffee, beer, wine, etc) Price : ¥300 -
- Public House “Mansaku”** At “Kouto Plaza” in the Harima Science Garden City, Tel : 0791-59-8061,  
Hours : 11:00 - 14:00 17:00 - 22:00, Closed on Sundays. Only in the evening on Saturday  
Specialty : Grilled chicken, Japanese hotchpotch, fried food, many kinds of sake
- Japanese Restaurant “Kiraku”** At “Kouto Plaza” in the Harima Science Garden City, Tel : 0791-58-0507,  
Hours : 11:00 - 14:00 17:00 - 20:00, Closed on Sundays and National holidays  
Specialty : Japanese style lunch (grilled meat, a bowl of rice with a fried pork, etc.) Price : ¥900 -
- Restaurant Harima** At the Center for Advanced Science & Technology (CAST), Tel : 0791-58-0600,  
Hours : 11:00 - 14:00 17:00 - 20:00 (Last orders 19:30) Closed during the New Year Holidays  
Specialty : Japanese style Noodles and Dinners Price : ¥1,200 - ¥3,000
- “Harima club”** 3-7-1 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Tel : 0791-58-0009,  
Hours : 10:00 - 22:00, Closed on Mondays  
Specialty : OKONOMIYAKI (Japanese style pizza) Price : ¥350 - ¥750

### Restaurants in the vicinity of the Harima Science Garden City

- Volcano Mihara Bokujo** Mihara Bokujo, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0790-79-3777  
Hours : 11:00 - 20:00, Closed on Wednesdays  
Specialty : Spaghetti and pizza. Price : ¥800 - ¥1,200
- Chinese Restaurant “Haru”** Sueno, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0790-79-2973  
Hours : 11:00 - 21:00, Closed on Wednesdays  
Specialty : noodles, Chinese lunch, gyoza (fried dumplings stuffed with minced pork).  
Price : ¥450 - ¥900
- Ajiwai no Sato, Mikazuki** 1266 Noino, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0790-79-2521  
Hours : 10:00 - 17:00, Closed on Tuesdays  
Specialty : Country style vegetarian menu with organically grown vegetables and home made Soba noodles.  
Reservations required for Prix Fixe Dinner menus  
Price : ¥500 - ¥4,000  
A gift shop for the local produce is right next to the restaurant. Hours : 9:00 - 17:00
- “Omoteya”** 168 Sanomune, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0790-79-2491  
Hours : 11:30 - 16:00 , Closed on Tuesdays and Wednesdays  
Specialty : Tororomesizen  
Price : ¥1,300
- Japanese Restaurant “Koma”** 76 Shimoazawara, Shingu-cho, Ibo-gun, Tel : 0791-78-0444  
Hours : 14:00 - 20:00 , Closed on Mondays  
Specialty : grilled meat, seasonable dishes  
Price : ¥800 -
- Montana** 623-1 Nouji, Shingu-cho, Ibo-gun, Tel : 0791-75-5000  
Hours : 7:30 - 21:00 (the last orders: 20:30) Closed on the second and the fourth Mondays  
Specialty : Light meals ( Hamburgers, Cutlets, fried noodles, etc.) Price : ¥550 - ¥830
- Restaurant “Yoshinoya”** 1645-9 Kamigori, Kamigori-cho, Ako-gun, Tel : 0791-52-0052  
Hours : 11:30 - 21:00, Closed on Mondays  
Specialty : Typical Japanese dishes ( Sashimi, Tempura, Kabayaki, etc.), Kaiseki Ryori ( a formal Japanese style dinner), noodles etc. Price : ¥780 -
- Hand Made Udon “Aoi”** 2353-1 Yamanosato, Kamigori-cho, Ako-gun, Tel : 0791-52-0965  
Hours : 11:00 - 20:00 , Closed on Tuesdays ( Wednesday, if Tuesday is a Holiday)  
Specialty : Home made noodles Price : ¥480 - ¥1,000
- Chinese Restaurant “Kobe Han-ten”** At “Peiron-jyo” 8-55 Naba-minamihon-machi, Aioi-shi, Tel : 0791-23-3119  
Hours : 11:00 - 15:00 16:30 - 21:00 , Closed on Tuesdays  
Specialty : Typical Peking dishes, noodles, a course of dishes  
Price : ¥600 - (¥5,000 -, a course of dishes, but reserave 6 peoples-)



### 「裏表紙」・「談話室/ユーザ便り」募集について

「裏表紙」の写真・「談話室/ユーザ便り」に読者の皆様からの投稿をお待ちしております。特に「ぶらり散歩道」には播磨地方に関係した情報をお寄せ下さるようお願い致します。

「裏表紙」・「談話室/ユーザ便り」とも宛先は事務局まで

### SPring-8 利用者情報 編集委員会

委員長	的場 徹	利用業務部
委員	高雄 勝	加速器部門
	竹下 邦和	ビームライン・技術部門
	廣沢 一郎	利用研究促進部門
	竹内 晃久	利用研究促進部門
	山田 正人	施設管理部門
	辻 雅樹	所長室
	高城 徹也	安全管理室
	大島 行雄	企画調査部
	牧田 知子	利用業務部
	原 雅弘	広報部
	渡辺 巖	利用者懇談会（大阪女子大学）
	鳥海幸四郎	利用者懇談会（姫路工業大学）
事務局	音村圭一郎	利用業務部
	木村 千夏	利用業務部

## SPring-8 利用者情報

Vol.9 No.2 MARCH 2004

### SPring-8 Information

発行日 平成16年（2004年）3月16日

編集 SPring-8 利用者情報編集委員会

発行所 放射光利用研究促進機構  
財団法人 高輝度光科学研究センター  
TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965



放射光利用研究促進機構  
財団法人 高輝度光科学研究センター  
Japan Synchrotron Radiation Research Institute

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
[広報部] TEL 0791-58-2785 FAX 0791-58-2786  
[総務部] TEL 0791-58-0950 FAX 0791-58-0955  
[利用業務部] TEL 0791-58-0961 FAX 0791-58-0965  
e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp  
SPring-8 homepage : <http://www.spring8.or.jp/>