

SPring-8

INFORMATION
[利用者情報]

Vol.8 No.2 2003.3



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
JASRI Vice President, Director of JASRI Research Sector
吉良 爽
KIRA Akira 60

1. SPring-8の現状 / PRESENT STATUS OF SPring-8

2003A利用研究課題選定委員会を終えて

Report of the Proposal Review Committee for the 2003A Term

(財)高輝度光科学研究センター 利用研究課題選定委員会 主査、姫路工業大学 理学部
Faculty of Science, Himeji Institute of Technology

松井 純爾
MATSUI Junji 61

(利用研究課題選定委員会を終えて、分科会主査報告)

(Report by the Chief Examiner of the Division of the Proposal Review Committee)

- 生命科学分科会 - - Life Science Division -

東京大学大学院 農学生命科学研究科
Graduate School of Agricultural and Life Sciences/Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

田之倉 優
TANOKURA Masaru 64

- 散乱・回折分科会 - - Scattering and Diffraction Division -

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 66

- XAFS分科会 - - XAFS Division -

大阪女子大学 理学部
Faculty of Science, Osaka Women's University

渡辺 巖
WATANABE Iwao 68

- 分光分科会 - - Spectroscopy Division -

姫路工業大学 名誉教授
Himeji Institute of Technology, Faculty of Science
広島大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Hiroshima University

小谷野 猪之助
KOYANO Inosuke
早川 慎二郎
HAYAKAWA Shinjiro 71

- 実験技術・方法等分科会 - - Method & Instrumentation Division -

東北大学 多元物質科学研究所
Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

渡辺 誠
WATANABE Makoto 73

- 産業利用分科会 - - Industrial Application Division -

立命館大学 総合理工学研究機構
Ritsumeikan University, Research Organization of Science and Engineering, Synchrotron Radiation Center

岡本 篤彦
OKAMOTO Tokuhiko 75

- 特定利用分科会 - - On the SPring-8 Long Term Use -

姫路工業大学 理学部
Faculty of Science, Himeji Institute of Technology

松井 純爾
MATSUI Junji 77

タンパク3000プロジェクト - 野心的なポストゲノム研究のはじまり -

MEXT National Project on Protein and Functional Analysis in Japan

理化学研究所 播磨研究所
RIKEN Harima Institute

宮野 雅司
MIYANO Masashi 78

SPring-8蓄積リングの低エミッタンス化

Emittance Reduction of the SPring-8 Storage Ring

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門
JASRI Accelerator Division
大熊 春夫
OHKUMA Haruo

田中 均
TANAKA Hitoshi
熊谷 教孝
KUMAGAI Noritaka 84

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
JASRI Planning and Coordination Section, Director's Office

..... 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
JASRI Users Office

..... 93

2. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

高エネルギーX線を用いた“乱れた構造”の精密構造解析

Accurate Structural Analysis of Disordered Materials with High-Energy X-ray Diffraction

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所
JASRI Synchrotron Radiation Research Laboratory

小原 真司

KOHARA Shinji

大石 泰生

OHISHI Yasuo

米田 安宏

YONEDA Yasuhiro

鈴谷 賢太郎

SUZUYA Kentaro

95

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, JAERI Kansai Research Establishment
松本 徳真
MATSUMOTO Norimasa

一本の筋原繊維からのX線回折像撮影

X-ray Diffraction Recording from Single Myofibrils

(財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門

JASRI Life and Environment Science Division

岩本 裕之

IWAMOTO Hiroyuki

103

3. 研究会等報告 / WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ

The 6th Technical Workshop for SPring-8 Utilization

総括

姫路工業大学大学院 理学研究科
Himeji Institute of Technology, Graduate School and Faculty of Science

籠島 靖

KAGOSHIMA Yasushi

107

X線発光分光

Present Status and Future Prospects of XES at SPring-8

東京大学 生産技術研究所
Institute of Industrial Science, University of Tokyo

七尾 進

NANA O Susumu

111

SPring-8利用研究の最前線

(財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門

JASRI Life and Environment Science Division

植木 龍夫

UEKI Tatsuo

112

高エネルギーX線

不規則系物質の構造解析の最近の進展

- SPring-8の高強度単色高エネルギーX線を用いた精密構造解析 -

日本原子力研究所 放射光科学研究センター
Synchrotron Radiation Research Center, JAERI

鈴谷 賢太郎

SUZUYA Kentaro

114

超高压・超高温科学の放射光利用による新展開を目指して

大阪大学大学院 基礎工学研究科
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

清水 克哉

SHIMIZU Katsuya

116

理研シンポジウム 構造生物学 ()

「蛋白質複合体の構造生物学：構造からメカニズムの理解へ」を開催して

RIKEN Symposium on Structural Biology (VIII) "Structural Biology of Protein Complexes: from Structure to Mechanisms"

理化学研究所 播磨研究所 構造生物化学研究室
RIKEN Harima Institute at SPring-8, Lab of Structural Biochemistry

小田 俊郎

ODA Toshiro

117

「SPring-8利用者情報」送付先登録票

Registration Form for This Journal

121

4. 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

Phone and Fax Numbers in SPring-8

122

SPring-8へのアクセス

Access Guide to SPring-8

124

播磨科学公園都市マップ

Harima Science Garden City Map

129

宿泊施設

Hotels and Inns

130

レストラン・食堂

Restaurants

132

所長の目線

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

国の評価ワーキンググループから、SPring-8も戦略性をもち課題の重点化が必要である、との提言を受けたことは前に書いた。それを受けて、重点化の具体的な議論が、いま諮問委員会で行われているところである。

この議論の中で、個人研究の重要性には常に注意が払われている。形だけを見ると、重点化によって一部の一般応募の時間枠が削り取られるのであるから、そのバランスには慎重な配慮が必要である。現在、共同利用ビームラインの一般利用枠は、留保分20%を除いた80%が割り当てられているが、いまJASRIが提案しているのは、今後は重点化の枠をも含めて留保分を最大、全共同利用時間の50%を超えない範囲で確保する、という案である。本当に何パーセントが適当かは少しやってみないとわからない。ここに50%と言ったのは、最低限、半分は一般公募枠として確保する、という決意と受け取っていただきたい。重点化によって、一般利用枠が減るとはいうが、実際には重点化の時間枠を利用する人々の大部分は現在の利用者である。したがって、時間を一般枠から重点化枠に移すと、同時にかなりの利用者も一緒に移動すると思われる。

共用の促進に関する基本的な方針（平成6年、内閣総理大臣）の中に、利用者本位や機会均等などが強調されている。これまで重点化などが行われなかったのは、この解釈の仕方のためなのでもあろうか。しかし、国の評価ワーキンググループは、促進に関する法律と上記基本的な方針を基準として評価をするとうたっているのであるから、十分承知の上で重点化を提言しているのである。なお、国の評価は「研究開発をめぐる諸情勢の変化に柔軟に対応しつつ、常に活発な研究開発が実施されるよう」（大綱的方针、平成13年）との目的で行われるものである。

一般利用枠は、科学の研究に最も重要な個人の発想を生かす場所であるから非常に大切である、というのは皆の共通の認識である。しかし、その主張にもかかわらず、現実には、上坪前所長の指摘のように、未来を見据えた冒険的な課題が少なかった、と言うことは事実であろう。課題審査が大変なのか、利用者がそのような提案をしないのかはよく分からないが、とにかくこの種類の課題をもっと強化しないと、個人の発想の重要性という言葉はむなしく響く。重点化されたプロジェクトにおいても、個人研究と同質の学術研究は行われる。実は、冒険的な研究も、重点化枠でやったらどうか、と言う気配がかすかに感じられる。しかし、そうしてしまったら、個人の発想を大切にす故の一般枠、という主張は根拠を失ってしまう。ぜひ、一般枠の中で冒険的な研究に挑戦して、その存在意義を強く示していただきたい。

一言付け加えるが、未来を開くような成果がこれまで無かったと言っているのではない。良い成果はあってそれが順調に発展しつつあることは認識している積りであり、それを社会に対して積極的に紹介しようと考えているところである。

2003A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 松井 純爾

1. はじめに

第4期の利用研究課題選定委員会（PRC）をお預かりしてから、はや2年が経過しようとしております。今期委員には、2003A期の課題選定は最後の作業でありましたが、後で述べますように、放射光利用の成果創出に対する施設側の責任がいろいろな形で議論されるようになってきている背景の中で、選定に当たる委員の先生方の真剣さもますます強くなっていました。先に、2003A期の選定に関する集計結果が施設側から報告されております^[1]ので、ここでは、今期の選定の経緯と特徴を簡単に述べたあと、この2年間、委員会主査として何を目指し、それがどう達成されたか、また残された問題点は何かについて簡単に振り返ってみたいと思います。

2. 今期の募集と審査

2003A期の課題応募数は、前回の過去最高751件よりやや少なく735件であり、B期よりA期で若干少なめになる従来の傾向を踏襲しています。しかし、結果として採択された課題数は最大の563件にもおよび、通年（B期+A期）でも前年より応募数で約220件プラス（前年も前々年応募数より約220件増）となり、確実に上昇の一途をたどっています。選定された課題の合計の要求シフト数5,655シフトに対して、今期配分できたのは4,836シフトで、シフト充足率（要求に対する割り当てシフト率）は86%（前回78%）にも達しており、成果創出の採択課題への期待感を増しています。審査を進める上で、委員会では、上記のシフト充足率の確保に加えて、平和目的、挑戦的利用に対する配慮を行いました。また、散乱・回折分野での1年課題の運用は2002B期から始まっていますが、今期も募集を行い、応募件数の半数に当たる8件を採用しました。

以上、採択課題を分野別にみますと、タンパク3000プロジェクトに対応する応募課題を含めた生命

科学、回折・散乱、分光、XAFS、実験技術、産業利用の順に多く、生命科学への放射光利用の比率がアップしてきました。とくに地域的に見れば、近畿圏を中心にタンパク関連の利用者が増加しているのも特徴です。旅費支援など、施設側での利用者支援のあり方が変更されてから、心配していました北海道・東北など遠隔地からの利用者減少化は、少なくとも今回の応募数には表れておらず、ほっとしたというのが偽らざる心境です。

生命科学分野では、実験試料の特殊性から、試料準備後の短い時間内に実験したいという利用者からの要望にこたえるために、ビームタイムの全部を利用者に割り当てず、一部留保する策をとっています。またこの形態は産業利用分野にも適用して、柔軟な利用体制を目指すこととしました。とくに産業利用分野での利用率は、BL19B2のみを対象とするやや少なくなったように見えますが、実は、他の共用ビームライン全体で、かつ大学の先生方など産業界以外からの当該分野への申請を含めた採択課題数では、前回よりむしろ増えています。ここに来て、放射光の産業利用推進は施設を管轄する行政サイドからも強い要請を受けており、トライアルユースなどを含めた今後の対応が問われています。その一つとして、産業利用分科会では、生命科学分野と同様に、留保ビームタイムを確保して緊急の利用にも対処できる体制を取っています。

特定利用課題については、別稿で扱われますので、ここで詳細に触れることは避けませんが、今期は1課題のみの採択となりました。現在の採択特定課題数はこの課題を含めて8件で、実験開始後1.5～2年の間に中間評価を受けますが、今期も、2001A期に採択された「高圧下における実験的精密構造物性研究手法の開発」研究（高田課題）について、責任者への書類審査および面接審査を行い、10 Gpa以上の実験的観測、構造解析技術の開発を積極的に展開す

ることなどの条件付きながら、3年目の課題実験の遂行を妥当とする報告が諮問委員会になされて、過日承認されました。

3. 第4期課題選定委員会の活動を終えるにあたって

この2003A期の審査をもって、第4期のPRC活動が終了いたします。村田隆紀前主査から私が任務を引き継いだ2年前には、かつての加速度的な新規ビームラインの建設ラッシュは既におさまっていました。つまり、ビームラインそのもの、あるいは実験ハッチ内部の測定装置の「高度化」という発展形態はあるものの、それまでのペースでのビームライン建設はほとんどしない、いわば安定期に入っていた訳です。言い換えれば、アウトプットの質や数が議論の対象になりつつあり、ビームラインごとの論文数などの表が明示的に公表されるようになりました。

そういう中で、監督官庁あるいは社会全般に対して、成果創出のための施策を「施設主導」の形で提示することが求められるようになりました。つまり、従来の一般利用課題の審査が中心の、施設側からすればいわば受身の課題採択ではまかりならぬ、という雰囲気が出来てきたのも事実です。そのために、施設が先頭に立って重要な利用課題をどう選定・審査すべきかについて、当PRCの立場や考えをヒアリングする要請を受けまして、小職以下、各分野（分科会）主査の先生方と施設側の幹部の方々と数回にわたって議論を交わしました。このことはPRC委員会のたびに委員に周知し、分科会主査以外の委員の先生方にも認識を深めていただきました。

その結果、平成15年度以降、重点研究課題を4つのカテゴリーに分けて推進することが決まりました。これは、施設が受ける「大型放射光施設（SPring-8）に関する中間評価」に対する改善策の一環として運用されるもので、一般利用課題（これには、従来の特定利用課題も「長期利用課題」と名を変えて含ませる）に以下の3つのカテゴリーが加わります。

- 1) 領域指定型：成果の早期輩出や産業応用を目的に機構が指定し、課題を公募します。従来の「ナノテク支援」と「タンパク3000」はこのカテゴリーとなります。
- 2) 利用者指定型：成果だけでなく、SPring-8支援ができるパワーユーザーを機構が指定し、課題は非公募です。
- 3) 戦略型：新しい利用技術開発のために、機構自

らが実施するもので、課題は非公募です。

ビーム供用開始以来、一般利用課題（特定利用課題を含む）のビームラインごとの利用率は約80%となっておりまして。しかし、国から施設への経理体制の変更や、上記の課題選定の重点化に伴って、一般利用課題の占める割合がビームライン全体として50%以上ということになりました。旅費支給が原則としてなくなった一般利用課題に代わって、重点研究課題には財政の許す限り支援が受けられる点で、積極的に重点利用に参画する姿勢が利用者としては必要でしょう。ここにいたる過程で、PRC分科会メンバーからさまざまな意見が出され、施設側の責任者からも提案がなされました。利用者の立場からすれば、必ずしもすんなり了承されたものばかりではなく、紆余曲折がありました。国や地方自治体の方針変更あるいは財政逼迫情勢の中で、基本的には、この変革に協力しなければ双方が不幸になることも想定されます。上記の重点課題の遂行は、試行的な要素を含んでおり、今後起こるであろう問題点を徐々に改善しながら展開せざるを得ません。皆さんからも施設の改革を見守りながら協力していただけますよう、退任するに当たってお願い申し上げます。

従来の課題審査は、生命科学（L）、散乱・回折（D）、XAFS（X）、分光（S）、実験技術・方法（M）の各大分科の中に小分科を設けて行ってきました。小職の着任以来、上記の分科すべてで同一の審査方法をとるよりも、大分科ごとに特徴ある審査やマシンタイム配分を行って参りました。加えて今回、小分科のいくつかの編成を組みなおして、さらにそれぞれの分野の特徴に応じた審査体制を取れるよう提案し、認めていただきました。すなわち、「医学」課題を医学専門の先生方におまかせすること、S2小分科会で審査してきた「蛍光X線分析」を、分光分野からXAFS分野に組み替えて、分光分野はより「分光」らしい課題に限定したこと等々です。また課題数の増大で、一人の委員が負担する課題数が100件にも達し、委員個人の負担や審査スケジュールの点などで、公平な審査を進める上での支障をきたすおそれが出てきたことから、レフェリー制度（PRC委員以外の外部委員による審査）を導入することも決めました。

以上、上記の改革の中には、私の在任期間中にも実施したかった事項ながら、都合で次期15年度から実施予定となったものも多くあります。しかし、先

述の課題選定の重点化や審査体制の強化のきっかけができあがった段階で、PRCを次期委員会に引き継ぐことができたことは幸いでした。私の任期は終わりますが、高輝度放射光利用のさらなる発展や改革のために、今後も何らかの形で寄与できれば嬉しいと思っています。この2年間、PRC分科会主査をはじめ委員の皆様と、利用者の方々のご協力に感謝とお礼を申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

- [1] SPring-8利用業務部 : SPring-8利用者情報 Vol. 8, No.1 (2003) 3.

松井 純爾 *MATSUI Junji*

姫路工業大学 大学院 理学研究科 物質科学専攻 教授

〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

TEL : 0791-58-0233 FAX : 0791-58-0236

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

(利用研究課題選定委員会を終えて、分科会主査報告)

- 生命科学分科会 -

東京大学大学院 農学生命科学研究科
田之倉 優

利用課題選定委員会を終えるに当たり、この2年間の生命科学分科会の活動について報告するとともに今後解決すべき課題について述べたい。前期(1999年度 - 2000年度)において課題提案申請書の書式や留保ビームタイムなどのタンパク質結晶学ビームラインのための制度がほぼ確立されたので、今期はその潤滑な運用を実施することでスタートしたが、2002年度からタンパク3000プロジェクトが開始され、共用ビームタイムのうちの30%は個別的解析プログラム(いわゆるタンパク500)の利用に供することになり、そのビームタイム配分法を模索することになった。

審査全般について

放射光施設の整備や高感度の検出器の開発、分子生物学のシンポによる位相問題解決のルーチン化などにより、タンパク質結晶の構造解析において現時点で一番時間がかかるのはタンパク質結晶調製となっている。また、タンパク質結晶は必ずしも安定ではなく結晶ができたからできるだけ早く測定したいというユーザーの希望が強く、それに呼応するかたちで2000A期からスタートした留保ビームタイムは今ではタンパク質結晶の利用研究課題選定にはなくてはならない制度として定着した。今後も利用研究課題は、留保ビームタイムを十分に確保して緊急なビームライン使用希望に柔軟に対応していくべきだと考える。さらに進んですべての課題選定を留保ビームタイム方式で行うという考え方もあるが、留保ビームタイムの審査は数日で行うため、課題選定委員の負担を考えると当面は現状のような年2回の定期的な課題選定と留保ビームタイムの課題選定を組み合わせた方式が望ましいと考えている。

留保ビームタイムの課題の審査については、現在

のところは課題選定委員全員で当たり、主査のグループからの申請がある場合に申請していない委員がとりまとめを行う以外はすべて、主査がとりまとめを行っている。タンパク質結晶構造解析の優先度は研究に関する価値観の各委員の違いを反映して選定委員毎に少しずつ意見が異なるので、やはり課題選定委員全員で審査をすることが望ましい。ただ、留保課題の審査のとりまとめをすべて主査が行うと主査の負担が過重になるので、予め順序を決めておいて交代でとりまとめに当たるようにすることも考えられる。

タンパク3000プロジェクトのビームタイムについて

2002年度よりタンパク3000プロジェクトのビームタイムが始まった。課題選定委員会生命科学分科I委員がタンパク3000課題選定ワーキンググループ委員を兼ねることがタンパク3000推進委員会で認められたので、タンパク3000プロジェクトについては課題選定は既に行われているという考えに基づいてビームタイムの配分のみを行った。ただ、これまでの一般課題とは異なる方式での配分であり、またタンパク3000で初めて放射光施設での測定をするユーザーがいたことから、当初想定しなかった問題点が次から次に出てきて混乱した。タンパク3000の測定が始まってからこれまでにほとんどの問題点は解決できたと思うが、引き続き効率よくユーザーの希望をできるだけ叶えるようなビームタイム配分のための検討を続ける必要があると考えている。いくつかの問題が起こったが、タンパク3000プロジェクトは放射光のユーザーを増やしたという点は特筆すべきである。

また、タンパク3000プロジェクトのビームタイム枠30%が入ったため、BL40B2では小角散乱などの

生命科学分科 のビームタイムの確保が難しくなつたため、BL40B2とBL38B1のタンパク3000ビームタイム枠を一部交換することによって、小角散乱のユーザーが課題を実施するのにそれまでと比べて極端に窮屈にならないよう処置した。

BL41XUの希望について

BL38B1とBL40B2の装置のセッティングはユーザーフレンドリーになっており、これらのビームラインを好むユーザーも多い。一方、一般課題およびタンパク3000課題のユーザーにアンジュレータ光源でX線強度の強いBL41XUの人気は高く、BL41XUのビームタイムは常に不足している状態である。アンジュレータ光源のビームラインをもう一本整備することも関係の方々でご検討いただきたい。

おわりに

年2回の定期的な課題選定以外に留保ビームタイムの課題の選定や2002年度から始まったタンパク3000プロジェクトのビームタイムなど、JASRIの方々の協力なしには生命科学分科のビームタイムの効率的運用はできない。あらためて関係の方々に御礼申し上げます。

田之倉 優 TANOKURA Masaru

東京大学大学院 農学生命科学研究科
〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1
TEL : 03-5841-5165 FAX : 03-5841-8023
e-mail : amtanok@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

- 散乱・回折分科会 -

東京工業大学 応用セラミックス研究所
佐々木 聡

分科会の委員や内部スタッフなどの多くの方々に助けられ、何とか散乱・回折分科会の主査を無事に終えることができました。本分科会は審査する課題が非常に多いために、審査員の人数を増やしていただきました。そのため、散乱・回折分科会は3つに細分化されています。神経を使う作業の中、以下の分科会の委員の方々には大変お世話になりました。(分科)坂田 誠、水木純一郎、村上洋一、(分科)入船徹男(主査)、川村春樹、下村 理、田村剛一郎、(分科)並河一道(主査)、石川哲也、塩谷 亘弘、瀬戸 誠(敬称略)の方々です。本当にありがとうございました。

まずは簡単に、課題審査の様子を紹介します。散乱・回折分科会では、少人数の分科会に分かれて、小分野ごとに課題を審査しています。そして厳正な審査の後に、各課題に対し、関係するビームラインへの配分シフト数を決めています。

各分科の主査の仕事は、審査委員に1次審査課題を割り振ることから始まります。1課題当り3人以上の委員による1次審査となります。申請後すぐに、審査すべき課題の申請書が利用業務部から各委員に送られます。各委員は、1週間以内に審査を終え、その結果を直ちにweb入力します。これは、多くの課題を短時間でみる過酷な審査です。その後、利用業務部による時間に追われる作業が入り、審査資料がまとまりますと、1泊2日の分科会が開催されます。厳正な審査になるよう、公平で正確であることを大切にしています。各委員間で予備審査の評点が大きくずれることはそんなに多くはありませんが、ずれた場合には必ずこの分科会で丁寧に議論しています。また、必要に応じて、ビームライン担当者へのヒヤリングを施したこともありました。

散乱・回折分科会での審査の特徴として、学問的レベルに対する評価に加え、第3世代の放射光を用いる必要性が課題採択の際の判断基準に入っています。この分野の実験を日本で行おうとすると、フォ

トンファクトリーでの実験も想定されますので、SPring-8でなければならない実験であるかどうかビームタイム配分への優先度に影響しています。これは、配分可能なシフト数が限られているため、その中でビームタイムを適切に配分するときの境界条件の1つに充分なると考えるからです。最近では、たとえ採択率が低くなっても、課題実行に必要なシフト数を充足するように心掛けています。多くの課題が不採択になる場合もあり、実験できない不満へとつながると思われそうですが、量より質のすばらしい研究結果を期待するときの宿命かもしれません。審査委員としては、フェアな審査をする以外に道はありません。もちろん、立ち上がったばかりのビームラインなどへは柔軟な対応をしています。個人的には、他の放射光施設を利用した実験とうまく棲み分けられれば良いなと思っています。

審査課題数が多くて、うれしい悲鳴をあげたというのが散乱・回折分科会の委員の偽らざる感想です。この状況は、SPring-8が広く認知されてきたことに加え、課題の有効期間が半年であるという課題審査の特殊性から生じたものと考えています。そのため、1年課題や専門委員制(レフェリー制)の導入を他の分科会に先駆けて試行するなど、本分科会として課題選定制度に積極的に関わってきました。

平成13年には、「分野ごとに特徴ある課題選定」を検討するワーキンググループで、物性分野での長期的な実験を必要とする課題の取扱いについても議論していただきました。分野の特徴や実験の種類によっては、一度の実験で測定が完結しない場合が多いというお話を幾度となく伺っていました。長期的な課題としては特定利用課題というのがありますが、そのようなプロジェクト研究とまではいかない研究が対象でした。散乱・回折分科会で検討しました結果、分野の特徴として半年では終了しない課題がビームラインによっては大半を占めており、要求シフト数の少ない課題でも2回実験を行うことに重

要な意味があるとの結論に達しました。そのときの議論では、(1) 半年有効では1回しか実験のチャンスが与えられないが、物性実験では制御すべき実験上のパラメーターが多く、研究が完了あるいは一区切りしないことが多い、(2) 例えば、超格子反射の出現の有無をみてから、次のステップの測定が決まるというようなケースが存在する、(3) 高輝度光の利用で測定時間が短縮された面はあるが、第3世代放射光の特徴を利用して光の質を格段に向上させようとする、直ちに測定時間の短縮とは繋がっていない、(4) 成果の公表が遅くなるという意見があると思われるが、半年で完結しないのであるから、1年保証で完成度が上がり、逆に公表も早まり、出版数も増えると期待できる、といったものでした。

以上のような理由から、完成度が高く長時間測定が多い3本のビームラインを選び、1年間有効課題として試行してみたいという意見をワーキンググループに提案致しました。その結果、皆様もご存知のように、1年間有効課題の試行をBL02B1で2002Bから実施することとなりました。基本的には年1回の公募ですが、A期とB期のサイクル数の差(30%程度)を留保分にとることが可能な、B期からA期を通じた1年間を課題の有効期限としました。この募集で1年分の審査を行い、後半部分のビームタイムのシフト数も仮決定しています。また、半年の課題にも対応できるように、30%程度の留保タイムについて、A期にも半期の課題を受け付けるようにしました。

課題選定委員会で議論されました専門委員制(レフェリー制)の導入の是非につきましても、散乱・回折分科会の分科Iでまず試行してみることにになりました。この方式のメリットは、(1) 審査の小分野ごとに複数のレフェリーへ審査依頼ができ、(2) 分科会に審査委員が出ていない小分野の課題も正確に審査でき、分野での評価に偏りが出にくいこと、(3) 1人のレフェリーが審査する課題数を減らすことができること等です。書類審査の結果を統計処理することで小分野間での偏差をなくした上で、分科会で検討して最終的な採否を決定しました。また、レフェリーの数を限定することで、研究内容の守秘には特に気をつけました。

第1回目のレフェリー制度の試行では、事務や分科会の負担が予想外に大きかったようですが、自動化できる部分も多々見つかりました。将来の課題選定の効率化を考えますと、どうしても手を付けなければならない問題のようです。申請書に記載された

分野が現実の審査体制に合っているかどうかを調べることも1つをとっても、機械的には進まない色々な問題がありました。このことと関連して、受け付けた申請を適切な分科会に割り振るという作業での利用業務部の方々の苦勞を知りました。

SPring-8のような巨大施設での課題審査では、どのような方法が適切なかを判断することは非常に難しいと思われます。すべての人が満足するような解は求まらないでしょう。現に、国内外の放射光施設では、それぞれ異なった課題審査の方法がとられています。我々の目指すところは、課題採択の方法を含めてユーザーフレンドリーな環境になっており、放射光実験がやりやすく、施設の研究レベルが高くて成果が上がりやすい環境を整えることにあると思います。そのためには、施設にすでに存在する体系を必要に応じて変更できる「柔軟さ」が、これから益々大切になっていくことでしょう。

新しい制度を試行するに当りご援助いただきました、壽榮松先生をはじめとするJASRIスタッフの方々に、また、課題選定委員長や分科会の委員の方々に厚くお礼申し上げます。

佐々木 聡 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

- XAFS分科会 -

大阪女子大学 理学部
渡辺 巖

SPring-8におけるXAFS分科の課題選定法は前主査の時からあまり変わっておりません。ただ、長時間のビームタイムを要求する課題で、実験実施可能性や申請者の解析能力について危惧される課題については、一度に全ビームタイムを認めるのではなく、一部実験を行った後、その報告の評価を行なって追加ビームタイムを認めるカテゴリーがXAFS分科のみで実施されるようになりました。

したがって、課題選定の様子を知るには、これまでの主査の先生方が書かれているコメント、宇田川康夫、SPring-8利用者情報、Vol.4, No.2(1999)16、野村昌治、同Vol.6, No.2(2001)88、を参照下さい。ここでは折角与えられた紙面ですからSPring-8のXAFSユーザーにとって最も重要な情報と思われる、「よい評価点を得るための申請書の書き方」について紹介したいと思います。

- その1 . XAFS、特にEXAFSはクセのある解析法であることをわきまえた申請書を書くこと -

XAFSスペクトルは、種々の試料について、容易に誰でも測定できるもののように見えます。それに加えて巷に流布されているXAFS, EXAFSの紹介はあまりに初心者をおぼろげに誘うきれいなことになっています。そのため初心者はXAFSに過剰な期待を持っていて、予備的検討が不足と判断されるケースが多々あります。熟練者とよく相談し、実験・解析時に予想される困難点を明確に指摘した上で、「それでも実験を試みたい。試みる価値がある。」と書けば高い評価が得られます。

- その2 . 抽象的、包括的な実験目的は評価されない -

実験意義、目的にあまり仰々しい立派なことが書かれていても評価されることは少ないでしょう。一般課題はたった半年の期間に、しかも多くは1日~2日に行う実験課題の申請です。たった2日の間に行う実験は、たかが知れています。この間に行う実験を具体的に書き、結果をどの様に解析しようとして

いるか、予想している解析結果を具体的に記述することが重要です。「XAFSから化学状態を知る」とだけ書かれた申請書がよくあります。しかし、これが「酸化数が2価、3価あるいは6価であるかを判定する」、「結合距離を0.1 の誤差で決定する」、「配位元素が酸素、窒素あるいはイオウであるかを判定する」などと書かれていれば、その実験を行う妥当性が容易に理解でき、そうでない申請よりもはるかによい評価を得られます。審査員は経験、知識にもとづき、実験データがどのようなものになるかを想像し、それが申請者の知りたいものを本当に与えるかどうかを判断します。「やって見ないと分からないから実験を行う」ことはよく分かりますが、漠然と書かれた申請書よりも具体的に書かれていてビームタイムが確実・有効に使われると判断される課題の方が優先されるのは当然でしょう。また、抽象的な表現として「~を知ることには~にとってきわめて重要である」が頻繁に使われます。しかし、この一文が評価を上げるのに役立つ例をほとんど見たことがありません。陳腐な申請書であるとの印象が残るだけです。

- その3 . 比較試料(標準試料)については具体的に試料名を書くこと -

XANES解析、EXAFS解析にとって比較試料はきわめて重要なものです。にもかかわらず、この試料名が具体的に書かれていない申請書が多くあります。審査員にとっては、この比較試料名を見ることによって、この課題が何を知らうとしているのか明確に分かります。あるいはこれを見ると事前の検討が十分になされているか否かがよく分かります。極端なケースでは、試薬として存在しないもの、不安定な化合物であって、どうやって施設まで持ち込むのか不可解なもの、申請課題の趣旨からすれば役に立たないものが記入されています。これらは、当然、評価点を下げることとなります。比較試料として、単に[~含有化合物]とだけ書いたものについては、

事前検討が不十分と判断されるだけでなく、持ち込まれる試料の安全性を審査することができないため、重大な申請書類上の不備となります。

- その4. “高輝度”は“高強度”ではない -

SPring-8が「高輝度光科学研究センター」との名称を持ち、また実際に高輝度なビームライン（IDビームライン）が主力であるため、申請書に「高輝度であるから質の良いデータが得られるので実験を行いたい」との表現が頻繁に用いられています。しかし、XAFS分野の申請課題で、高輝度の必要性があるものはごく少数の特殊な実験を除いてありません。輝度の定義は、[面積×立体角×時間]あたりの光子数です。数mm×数mm以上の大きさの試料を作成できるなら、“高輝度”光はまったく必要ありません。さらに小さい試料の場合でも高輝度ビームが必要なことにはなりません。それは“低輝度”集光ビームラインなら小さな試料面に多くの光を照射できるからです。この場合、集光しても立体角あたりの光子数、つまり輝度は変わらず、“高輝度”になった訳ではないのです。DACを用いることなく微小な試料のXAFS測定では“高輝度”アンジュレータ光が有利なことは確かですが、これもよく調整された“低輝度”集光ビームラインで実験ができる可能性があります。一般的には高輝度のアンジュレータ（ID）ビームラインよりも低輝度のベンディングマグネット（BM）ビームラインの方がノイズの少ない高品質のスペクトルを与えます。ですからEXAFS解析のためにノイズの少ないスペクトルが真に必要ななら、“高輝度であるから”との表現を用いるのは誤りです。通常のXAFS実験では、SPring-8がPFより明らかに優れているのは高エネルギー領域XAFSのみです。

ついでに言うと、XAFSスペクトルの質は、[光子数、光子密度、高次光の含有率]の絶対値と時間的、空間的なゆらぎに依存します。また、これらの波長スキャンに伴う変動に依存します。さらに I_0 検出器などの感度の直線性に依存します。これらの観点からすると、“高輝度ID”ビームラインはBMビームラインより性能が“とても”悪いのです。残念ながら。

- その5. 蛍光法の検出器を明確にすること -

試料量・濃度に応じていくつかある蛍光法が使い分けされます。これらは、それぞれに特徴があり、試料の特性とマッチした申請書となっているか、またビームタイム要求量が妥当であるかを判断するの

に重要な項目となっています。これをいい加減に書いてあると事前検討が不十分であるとみなされず。現在では、試料中の成分組成（元素組成比）を予め別の手段で荒っぽく測定してあれば、最適の検出法を選ぶことはトライアンドエラーでなく事前に判断できます。ですから、「施設において実験を行いながら測定法を選択する」と書かれた課題は評点が下がります。さらに、測定法を途中で変更することはビームライン担当者に予期せぬ負担がかかり大変迷惑であるだけでなく装置の手配が間に合わないこともあります。申請書を書く前に、試料の組成を分析した上で、ビームライン担当者や熟練者と相談するべきでしょう。

- その6. 実験責任者は実験に立会う研究者であること。“熟練”共同実験者は実験に立ち会うこと -

審査員とビームライン担当者は、共同実験者の実験遂行能力も評価基準に入れていますが、従って、「実験責任者」、「熟練」共同実験者」が実験に参加することを前提にしていますが、これが守られない例が数多く報告されています。実験責任者が陣頭指揮で実験を行うことが当然であり、そうでないグループは担当者（そして審査員）の頭の中にリストアップされていて評価を下げています。ですから「実験責任者」は実験実施中の現場責任者であって研究の総括責任者ではないことに留意しなければなりません。外国からの申請については実際に実験補助をする覚悟がないなら、安易に共同実験者に名を連ねるべきではありません。そうでなければ、外国人研究者が現れた時、担当者には急に降ってわいた災難となります。

- おわりに -

この他にも多々ありますが紙面の制限がありますから、これくらいにしましょう。新年度からの課題選定法は、これまでのやり方とは異なると聞いています。また、採択のカテゴリーが複雑となります。しかし、申請書を用いての審査を行う限り、本拙文が何らかの参考になることと期待しています。

SPring-8は、一般課題について旅費の援助をこの4月からとりやめます。科学研究費のような競争的資金を得てから実験をしに来なさい、とのことですが、これによって若い人の（特に遠方の）育成や革新的アイデアの最初の試みが阻害されないだろうかと心底心配しています。現状の研究費の配分は、すでに成果のある研究者に片寄りすぎています。

XAFS研究課題の多くは地味なものです。しかし信頼性の高い解析技術を身につけるには、地味な解析経験を多く積むことが必要なのです。もし、SPring-8が一部の流行のテーマだけで踊ることになれば、すぐに成果の出るテーマだけに片寄れば、いい加減な解析で誤魔化した報告がいくらでも出てきそうです。今でも「EXAFS解析は信用ならない」と一部の研究者から酷評をあびているだけに(私も、いい加減な解析報告をいくつも目にしますが) XAFSの正しい解析ができる人材層の育成のためにSPring-8が応援して下さることを望んで、私の4年間の課題選定作業の締めくくりとします。

渡辺 巖 WATANABE Iwao

大阪女子大学 理学部

〒590-0035 大阪府堺市大仙町2-1

TEL : 072-222-4811 FAX : 072-222-4791

e-mail : iwaowata@center.osaka-wu.ac.jp

- 分光分科会 -

姫路工業大学 名誉教授
小谷野猪之助
広島大学大学院 工学研究科
早川 慎二郎

分光分科会は分光1 (S1、主査:小谷野) と分光2 (S2、主査:早川) とに分かれており、前者は軟X線・赤外吸収物性、後者は蛍光X線、XMCDとなっています。前任者の藤森 淳先生のをを受けて小谷野が全体の主査をお引き受けしてからすでに4期目になります。今期 (2003A) も各分科会選定委員 (主査を含めS1: 5名、S2: 4名。氏名はすでに公表されていますので省略します) のご協力を得て、無事選定作業を終了することができましたことをまずはお礼申し上げます。

今期から一般課題には旅費が付かないという新しい事態が生じたため、申請件数が減ることも予想されましたが、分光に関する限り過去最大であった前期 (2002B) とほぼ同数の121件の申請がありました。上記の分野指定から、S1に申請される課題は従来3本の軟X線ビームライン (23SU, 25SU, 27SU) と赤外ビームライン (43IR) に関わるものに限られていましたが、今期から新たに (硬) X線ビームライン15XUに関するものが加わりました。一方、S2では前期まですべての申請が39XUに集中していましたが、今期は蛍光X線分析・分光関係の実験が37XUへ移動したこともあり、集中状況はかなり改善されました。関係するビームラインが非常に多数 (10ビームライン) にわたったのもS2の今期の特徴と言えます。

いうまでもなく、分科会委員に課せられた最大の任務は科学的・技術的メリットと予想される成果、波及効果等を申請書から厳正に判断することにあります。しかし、それ以上に苦勞するのは、配分可能ビームタイムをはるかに越える要求ビームタイムをいかに処理するかということです。これについては、

平成13年4月の課題選定委員会 (合同分科会) で確認された指針「課題採択率を低くし、シフト充足率を上げる (採択された課題については、申請シフト数が妥当である限り値切らない)」というのがあり、今回も最大限これにしがいました。その結果、ビームラインによっては (とくにナノテク支援課題や特定利用が走っているビームラインでは) 一般課題に対する課題採択率をきわめて低く抑えざるを得ませんでした。前述の39XUのように今期からかなり緩和されたビームラインもあるにせよ、科学的・技術的に評価の高い課題に必ずしもビームタイムを配分できないビームラインは依然として多く、このことに対する委員の精神的な苦痛は非常に大きなものがあります。さらに今期は、特殊モード運転希望シフト数を他のビームラインとの間で調整する必要から採択を見あわせざるをえなかった課題もあります (27SU、Aモード)。これらについてはご不満の向きも多いかと思いますが、選定委員の苦悩にもご理解をいただきたいと思います。一方、要求シフト数が配分可能シフト数に満たないビームラインもありました (43IR)。これに関しては、再募集はせず、すでに提案されている課題の中からある基準を満たすいくつかのものを選り、要求シフト数以上のシフト数を配分することにしました (すなわち、100%以上のシフト充足率)。

最後に、申請内容に関して一言しますと、SPring-8の必要性や実験計画が具体的に記述された課題に高い評価点がつくことはすでにいろいろの方がコメントしている通りです。しかし、よく記述された申請書ではあっても同様な系について他の研究者が既に実施している場合には課題のオリジナリティについての判断が非常に難しくなります。他の研

究者の申請などにも触れた上で改善されている点
(試料、測定技術等)が明確にされていると正しい
評価が得られると思います。

小谷野 猪之助 KOYANO Inosuke

姫路工業大学 名誉教授

e-mail : koyano@sci.himeji-tech.ac.jp

早川 慎二郎 HAYAKAWA Shinjiro

広島大学大学院 工学研究科 物質化学システム専攻

〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1

TEL : 0824-24-7609 FAX : 0824-24-7608

e-mail : hayakawa@hiroshima-u.ac.jp

- 実験技術・方法等分科会 -

東北大学 多元物質科学研究所
渡辺 誠

実験技術・方法等分科は下記の範疇の課題を審査しました。それらは、新しい装置や手法の開発研究であって実験技術・方法としての論文が書けるもの、放射光を照射して物質創製を行うもの、ビームラインを良好な状態で供用するには施設側のシフト数だけで不十分なため施設側から申請するもの、ビームラインの立上げ・改造などで利用者が主体的に携わらないと実行できない場合利用者側から申請するもの、他の分科で扱われないもの、以上です。ビームラインの立上げ・改造などに関する課題以外の具体的な課題は、光学素子、検出器、分光技術や構造解析技術の高度化、X線顕微鏡、マイクロビーム、ホログラフィー、トモグラフィー、トポグラフィー、各種干渉計測、放射光利用物質創製、放射線計測、原子核物理、考古学、鑑定などに関するもので多岐にわたっていました。平成14年度から「その他」という項目がなくなりましたが、事情は変わっておりません。

まず課題申請について、あったことや感じたことを羅列してみます。ビームタイムの配分を受けて装置・手法の開発研究が完了し、さらに利用研究へ展開することになった場合には、申請書はそれぞれの分科に出されるべきですし、多くの場合出されました。しかし、それでも本分科に申請されたものがありました。その場合は最も適切な分科に審査を回しました。また申請者の勘違いにより、本分科にはなじまない課題が回って来たこともありました。勿論、この場合も適切な分科で審査してもらいました。施設側への要望として、どの分科にはどの様な課題が審査されるのか、小項目まで並べる様な案内をしてほしいと思います。また、実験装置や技術・方法を良く説明する図面の添付をぜひ義務づけてほしいと思いました。「その他」の範疇のものについては、我々が判断しにくいこともあり、その分野の分る若干名の研究者名を挙げてもらっても良いのではないかと考えています。なお、X線顕微鏡の分野

では十分実用の域に達した部分があるにも拘らず、材料物性学、生物学、医学の分野からあまり申請が出されていないような気がします。成果が伝わらないことが一つの大きな原因でしょうが、単に外部から申請がくるのを待つだけでは成果が生かされないのではないかと危惧しています。

次に、シフト配分について述べてみます。本分科では他の分科に比べると採択率は高いが、シフト充足率は低い様でした。これは、ビームラインの改造等は必ずやる必要があるので多くの件数を採択するが、一つのビームラインに集中するのではなく万遍にシフト配分を行っているということを表わしています。本分科への申請件数は徐々に少なくなってきていますが、これはSPring-8全体が成熟状態に近づいていることを物語っていると思います。申請課題とシフト配分に関して問題と感じたことを並べてみます。まずビームラインの立上げ・改造に関する申請については、本来施設側でやるべきことであれば、別途シフトを確保した方が良くと思います。その場合施設外の協力者の旅費確保のためには、協力者が利用申請をするのではなく別な方式を導入することが必要だと思います。放射光利用物質創製の申請については、申請分野として掲げられているにも拘らず、実際には希望のビームラインが他の分野の申請と競合し、十分なシフト配分ができませんでした。また、検出器の開発は重要であるにも拘らず、検出器の担当者とビームラインの担当者との連携が必ずしも十分でなく、検出器の担当者から申請された研究課題の新奇性と、ビームラインにおける必要性との関連が明確でない場合もありました。

三つ目の話として、この2年間で委員長から検討するように指示された2件の問いかけについて触れてみます。1番目のものは「本分科で特徴ある課題採択をする必要があるか、もしあればどの様にすべきか」というものであり、2番目のものは「本分科は必要か」というものでありました。「特徴ある課

題採択が必要か」ということの具体的な内容は、留保ビームタイム、グループ採択、緊急配分あるいは長期配分などを取り入れて、重要と思われる課題の研究を促進させてはどうかということでした。しかし、本分科には特に強い主張はありませんでした。その理由は、本分科は生命科学分科の様に試料が出来たら直ちに測定しなければならないという様な研究はないので留保ビームタイムは考えにくく、またグループ採択も申請課題がそれぞれ独立しているので意味がないからです。緊急なものや長期的なものについては、それぞれ応募できるカテゴリーがあるので、新しいものが必要とは考えられませんでした。

「本分科は必要か」ということの具体的な内容は、他の分科はおおむねビームライン毎に審査しているのに、本分科は横断的に審査しており、今後増加する申請に対しシフト配分がやりにくいことと、委員に対する審査件数の平等化をはかるため分科の再編が必要かもしれないことの二つのこととされます。前者については他の分科の場合にもあてはまるように見えます。このことは、現状の申請が研究分野毎になされており、ビームライン毎ではないことによっているからでしょう。後者については、本分科の申請件数が漸減していることもあり、利用者の意見も聴いて分科全体を見渡した議論が必要でしょう。ビームラインが特定される装置・方法等の課題（ビームラインの立上げ・改造等）の審査は、主としてそのビームラインを担当する分科でなされることになっても支障がないように思えます。しかし、ビームラインに固有でない装置・方法等の課題やどの分科にもあてはまらないもの場合の審査には一工夫が必要でしょう。

最後になりましたが、上で述べました事柄について私の理解不足によるものや、色々あったと思われます私の至らないところにつきましては、御容赦のほどよろしく申し上げます。現在、委員の2年間（分光）と主査の2年間（本分科）の合計4年間を終えてほっとしているところです。

渡辺 誠 WATANABE Makoto

東北大学 多元物質科学研究所

〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1

TEL : 022-217-5376 FAX : 022-217-5379

e-mail : watamako@tagen.tohoku.ac.jp

- 産業利用分科会 -

立命館大学 総合理工学研究機構
岡本 篤彦

産業利用ビームライン（BL19B2）は2000年に建設を開始し、2002年から共用ビームラインとして利用できるようになった^[1]。現在、BL19B2設置の各装置類は順調に稼動しており、多くの企業研究者らによって優れた成果が公表されるようになった。これは、施設側の英断と光学系や各装置の設計、調整ならびにユーザーへの技術支援などにご努力いただいた各位に負うところが極めて大きい。

本稿では、2001B～2002Bの期間にBL19B課題選定委員会で行った課題選定状況を主に、審査を通じて得た若干の感想等について述べてみたい。

2001Bでは、応募された13件の課題の中から、XAFS、粉末X線回折、多軸X線回折の各装置の立上調整と性能把握に関する3件（施設側提案、産業界からの実験協力者を含む）および成果が期待されると判断された5件（企業提案）の8件が先行実施された。この時の採択率は62%であった。

2001年5月にはじめて放射光が導入されて以来順次整備され^[1]、2001年度の補正予算によって2002年第2サイクルから初のトライアルユース（TU）が試みられた^[2]。これは、産業界が抱える様々な問題に関して産官学が共同で放射光実験を行い、以って地域産業の活性化、新産業の創出、雇用機会の拡大などを支援するものである。特に、放射光の利用経験のない研究者にはスタッフが積極的に技術支援し、本格的な供用開始に先立ち利用の実を挙げてもらうのが狙いであった。課題選定は別途設定されたTU委員会で行われた（応募；35件、採択率；94%）が、TUの試みは大成功であった。

2002Aでは、応募課題総数；68、採択率；63% [この内、通常応募件数；46、採択率；72%、留保タイム応募件数；22（内2件は成果占有）採択率；50%]であった。一方、2002Bでは、応募課題総数；99（内5件は成果占有）採択率；41% [この内、通常応募件数；52、（内2件は成果占有）採択率；38%、留保タイム（1）応募件数；20（内1件は成果占

有）採択率；50%、留保タイム（2）応募件数；27（内2件は成果占有）採択率；41%]であった。このように応募課題数は右肩上がりの傾向を示している。2002Aおよび2002Bの提案課題では、X線回折、XAFS、X線残留応力測定が大きな柱になっており、イメージング、蛍光X線分析の占める割合が小さい。BL19B2の第3ハッチは光源から約120m地点にあり、特別の光学系がなくても比較的良好なイメージング像が入手できるので、積極的な利用を推奨する。蛍光X線分析は他の特化したビームラインで行われるため提案課題数はこれまで5件に達していない。

一方、2002Aおよび2002Bでは、BL19B2に配分される共用ビームタイムを課題選定委員会産業利用分科会が留保し、合計3回課題募集した。留保タイムの設定は、その募集時に配分可能なシフト数が減少するというデメリットがある反面、応募の機会が増大するので材料開発や製造現場での問題の早期解決に役立つというメリットがある。即応体制という観点からは留保タイムの設定・活用がきめ細かい対応に繋がると思うが如何であろうか。

課題審査に際しては、5名の選定委員がすべての応募課題に目を通し、慎重に5段階評価する。基本的には委員全員の合計評価点が高い課題から順に採択される。不思議なもので、委員の評価結果はほぼ同じである。不幸にして評価に違いが出た場合には全員で討議するが、その例は多くない。

課題審査は諮問委員会運営要領第2条に則って行う。BL19B2ではその性質上、特に4項目ある科学技術的妥当性のうち、

期待される研究成果の産業技術基盤としての重要性および発展性。

研究課題の社会的意義、社会経済への寄与度。

に重点が置かれる。審査委員会ではできるだけ多くの課題にビームタイムを配分しようとするが、大学のみによる基礎研究課題、産業界メンバーが少数含まれるが主導的でない（と思われる）課題などは低

い評価となる。すなわち、産業界の問題解決に役立つ研究、地域活性化が期待される研究、雇用拡大に繋がる研究、産業界主導の産官学共同研究が重視される。課題提案に際して十分に配慮されることを勧める。また、放射光に頼らなくても実験室規模の測定が可能ではないかと思われる提案もある。予め実験室で測定したか、どんな結果が得られたか、そしてその結果なぜ放射光が必要となったかなども書いていただければ審査に役立つと思われる。

稀に、BL19B2にはない機能・性能を要求する(例えば、白色光を利用したい、マイクロビームを利用したい、ミラーにコーティングされているのと同種の微量元素を蛍光XAFSで測りたいなど)課題や安全性についての記述がない課題などが見受けられる。事前にBL19B2について調査していただく、あるいはコーディネーターやビームライン担当者と十分な意見交換をしていただく必要がある。

産業界では可能な限り早期のデータ入手が望まれる。測定が半年先ではSPring-8を利用する嬉しさが半減する。先にも述べたように、この点に関して、施設側の理解の下で、留保タイムやTUを活用して少しでも即時対応できるように努めてきた。今後もこの方法が継続されると思われるので活用していただきたい。

ところで、採択課題への配分シフトは、より多数の課題に測定の機会を与える(採択率を高くする)ために、要求シフトよりも減じて配分されることが多い。しかし、要求シフト数が正しく見積もられているなら、予定した実験は中途半端なものになるのではないだろうか。幸いにして?そのような不満を聞かないが、逆に言うと要求シフトの根拠はどこにあるのだろうか。できるだけ多くの課題を採択しようとするのが利用者側にとっては嬉しさを伴わない結果になっているのではないかと気になる。

参考文献

- [1] 岡島敏浩他、SPring-8利用者情報誌、Vol.6, No.5(2001)360.
- [2] 古宮 聡他、SPring-8利用者情報誌、Vol.7, No.3 (2002)169.

岡本 篤彦 OKAMOTO Tokuhiko

立命館大学 総合理工学研究機構

〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1

TEL : 077-561-2806 FAX : 077-561-2859

e-mail : okamotot@se.ritsumei.ac.jp

- 特定利用分科会 -

利用研究課題選定委員会
特定利用分科会 松井 純爾

毎回の利用研究課題選定委員会報告の中でも報告しておりますが、特定利用制度は、3年以内の長期にわたってSPring-8放射光を計画的に利用する制度で、2000B期から実施を開始したものです。この制度を利用するためには、従来の一般利用研究課題の選定基準に加えて、(1)長期の研究目標、研究計画が明確に定められていること、(2)SPring-8を長期的、計画的に利用することによって、科学技術分野における傑出した成果が得られること、新しい研究領域および研究手法を開拓できること、産業基盤技術を著しく向上させることなどのいくつかの要件をみたしているかどうかを考慮して選定されなければなりません。採択課題には、長期間にマシンタイムの配分を上限20%まで優先的に配分する訳ですから、応募課題で書類審査に残った課題に対しては、さらに責任者に面接して選定を厳格化します。

この課題としてはこれまで7件が採択されており、加えて、平成15年2月から実施する予定の今期申請には4件の応募がありました。審査は、特定利用分科会と外部審査委員とで審査されます。審査結果は、一般利用課題と異なってその理由を付して公表されるため、極めて厳しい「監視」の目が光ることになります。実験開始後1.5～2年の後に中間評価を受け、3年目の利用に入れるかが決められます。

今回の申請のうち、海洋科学技術センター、巽好幸氏の「100万気圧以上における高温その場観察実験の開発と地球惑星内部物質の相転移の研究」が採択されましたことは、すでに前号で内容とともに報告されていますので、詳細な内容記述は重複を避けたいと思います。この課題を含めて、今までに実施された、あるいは実施予定の特定利用課題は合わせて8件となりました。そのうち4件が既に中間評価を終え、継続利用が認められています。

2003A期の利用課題選定結果の報告が本号で述べられていますが、その中でも触れたように、来期から研究課題の重点化がスタートいたします。特定利

用研究は「長期利用課題」となって従来どおりの公募研究となりますが、一般課題と同じに旅費等の経済的支援は受けられません。支援を受けられる重点研究課題がいろいろな形で始まり、SPring-8の利用モードはますます複雑になりますが、どうすれば利用の成果を生むことができるかという大きな命題のもとでは、きめの細かい運用が施設側にも求められています。これには利用者がどのように協力できるかも重要な要素ですので、運用に対する皆様の絶大なご理解をいただきたいと思います。

松井 純爾 MATSUI Junji

姫路工業大学 大学院 理学研究科 物質科学専攻 教授

〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

TEL : 0791-58-0233 FAX : 0791-58-0236


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

タンパク3000プロジェクト - 野心的なポストゲノム研究のはじまり -

理化学研究所 播磨研究所 ハイスループットファクトリー
構造生物物理研究室 宮野 雅司

生物の中でゲノムの情報が翻訳され、生き物が生きていく中で働く生物ナノロボットであるタンパク質の研究の中で、タンパク質の立体構造を網羅的に明らかにしようという文部科学省によるタンパク3000 (National Project on Protein Structural and Functional Analyses)、そして米国NIHによるPSI (Protein Structure Initiative) をはじめとした構造ゲノム科学がすでに世界で始まっている。

この流れは、これまで個別の対象を個々の研究として行われてきたライフサイエンス研究を網羅的に行うという新しい大きな流れであり、ゲノム (Gene+ome: 遺伝子の世界)、トランスクリプトーム (Transcript+ome: 転写産物世界)、プロテオーム (Protein+ome: タンパク質世界) という新たな生物全体としての網羅的セントラルドグマ

DNA: ゲノム: ゲノミクス  (複製)
(転写)
RNA: トランスクリプトーム: トランスクリプトミクス
(翻訳)
タンパク質: プロテオーム: プロテオミクス
(化学的実体: その集合的世界: その技術)

の研究の広がりとなっている。

核酸であるゲノムとトランスクリプトームがプロテオームとは研究において大いに違っている。まず、化学的基礎は、DNA、RNAなどの核酸は糖がリン酸エステルによってつながったひもの上に結合したACTG (RNAではTの代わりにU) の4種類の塩基の並びによってその情報が直線的にコードされているのに対して、タンパク質をコードするゲノム全体の数パーセント以下の遺伝子DNA配列の3つ並び塩基、三つ組み (トリプレット: triplet) が一つのアミノ酸に対応して巨大な翻訳ロボットシステム、リ

ボゾームで脱水縮合されてアミノ酸が1本のポリペプチドになる。それだけでは、タンパク質とならず、きわめて性質の異なる側鎖をもつ20種のアミノ酸の配列によって、ヘリックス シートといった構造ユニットをもつある決められた立体構造に折り畳まれる。そこではじめて“働く形”を持った生物ナノロボット、タンパク質として機能する。

つまり、タンパク質情報を担った遺伝子が生物細胞の水溶液環境で、時にはいろいろな手助けを借りながら、その働くための立体構造という情報飛躍の上に成り立っている。この1次元ポリペプチド配列から3次元タンパク質立体構造への情報ギャップは、コンピューター技術の発達した今でもX線結晶構造解析、NMRという実験的方法によって立体構造決定したモデルとなる既知の類似タンパク質の構造なしには越えることができない。翻訳され、折り畳まれたタンパク質は生体の中でさらにペプチドが特定の場所で切断されたり、時には新たにつなぎ直されたり、そして糖、脂質、リン酸、硫酸、メチルなど多くの翻訳後修飾されて調節を受け、この生物ナノロボットは、そのときに応じて正しく制御され生命機能を担う。時には、リボソームのようにタンパク質の代わりにRNAがその主要構成要素になることがある。

タンパク質の立体構造が、狂ってしまうだけでヒトは病気にさえなることが明らかになってきている。特に、タンパク質プリオンだけで起こるクロイツフェルツヤコブ病はBSE (狂牛病) のように種を越えて感染して脅威になっている。アミロイドの蓄積によるといわれるアルツハイマー病などタンパク質の線維化変性による病気はもちろん、これ以外の多くの病気ではタンパク質の働き過ぎ、機能低下などにより病気が進行することが知られており、乳ガンのハーセプチン、慢性骨髄白血病のグリベックな

どの新しいガン治療薬は、働きすぎたために異常に増殖するようになったガン細胞のタンパク質を明らかにした上でそのタンパク質機能を抑えることで働く。この新しいアプローチを広くゲノム創薬と呼ぶことがある。しかし、これまでのクスリと同様魔法の弾丸でもないことは同じような働きによる肺がん治療薬イレッサの新聞報道でも明らかである。

プロテオミクス研究はこうしたタンパク質の動態を網羅的に研究する手段を提供してくれるし、構造ゲノム科学はゲノム決定の結果予測された3割から5割もの機能のわからないタンパク質機能を推定するもっとも有力な手段となり得るので機能プロテオミクスとしても重要である。また、すでに機能がそのアミノ酸配列から予想されていても、原子レベルで立体構造がわかることで実験をデザインすることが可能になり、さらなる機能研究が大きく広がる。今やタンパク質立体構造決定はタンパク質研究のランドマーク的手法の一つである。また、遺伝子がコードするタンパク質のアミノ酸配列から機能が推定されているといっても、過半はそのタンパク質の「分子機能」が予測できるだけであり、その生物の中での具体的働き、「生物機能」については未だ多くは不明であり、タンパク質の生物機能解析にはこれまでと同様さらに膨大な地道な生物的研究が必要である。このことは、医学分野での応用研究を志向するときには特に注意を要する。全ゲノム配列が決定できて初めて網羅的研究が可能になり、これまで個別的、断片的、分析的になされてきた遺伝子・タンパク質による生物研究を、全体像として理解するための基盤の第1歩としてタンパク質の構造に関する博物学的アプローチがはじまったといえるかもしれない。

国際的なフレームからの構造ゲノム科学

構造ゲノム科学は、ポストゲノムの最も重要な分野の一つとして現在国際的競争と協調のもと始まり、進行している。第1回の横浜に続き、昨年10月ベルリンで、国際的な構造ゲノム科学組織ISGO (International Structural Genomics Organization) により開かれた第2回構造ゲノム科学国際会議 (ICSG2002) がその大きな流れを総括している^[1]。第1回である横浜の会議ICSG2000の時にSpring-8で開いたように^[2]、無細胞システムを使ったタンパク質生産、ハイスループットX線結晶構造解析のサテライト・ワークショップがICSG2002でも開かれたことが、この構造ゲノム科学の現在のもう一面を

現している。これからも、3月に英国ヒンクストンでHTPX (High-Throughput X-ray Crystallographic) データベースの、またNIH/PSIの主催で4月にタンパク質生産と結晶化のワークショップが米国で予定され、ハイスループットでのタンパク質立体構造決定に関わるあらゆる研究技術開発のための時宜を得た情報交換が急務とされている。つまり、基本的技術はすでにあるがその技術を網羅的にハイスループット技術として確立するには多くの技術的課題がある。米国で構造ゲノム科学の最大の資金援助をしているNIH/PSIの9つのプロジェクトはあくまでもパイロットプロジェクトとして位置づけられ、次の本格的センターのための技術確立をその主たる目的としていることから明らかである。

構造ゲノム科学の大きな特徴は、はじめからその応用が強く認識され、成果の知的財産権 (IPR: Intellectual Property Right) が議論されてきている。そして、すでに、米国Syrrx、SGX、英国のAstexなど構造ゲノム科学を基盤とするベンチャーが自らのための放射光ビームライン建設など大規模に活動している。遺伝子に連なる特許の問題は、国際的に注目されている。直接、構造ゲノム科学に関わるIPRとしてタンパク質の特許化の意見交換が日米欧三極でなされてきているが、その中で米国の主張するソフトウェア基準を適用し、座標データはあくまでそのためのコンテンツであるとする考えが強く、行政的取り扱いをする日本の特許庁もこの線の方向性を主張している^[3]。これは米国で主たる公的資金源であるNIH/PSIの構造ゲノム科学の援助を受けたものはタンパク質の構造決定と同時に即時公開すべきであるとのポリシーに添ったものである。日本政府のタンパク3000などの構造ゲノム科学資金がその権利化を強く要請している中で、タンパク質立体構造に基づいてさらに進んだ機能解析などなしにはIPRの確保は困難であると予想される。今後どのような形でタンパク質の立体構造のIPRが認められるかは注目すべき点である。特に、米国の特許は議論のある特許申請は先ず認めて、最終的に法廷決着するのがふつうであることを考えると予断を許さない。実際、遺伝子特許における流れは研究阻害の一面も指摘されており^[4]、その下流にある構造ゲノム科学においては、特に研究を進める基本リソースである遺伝子cDNAの流通を含めたIPRの国際協調なしには困難である。

国際協調のフレームとしてNPOであるISGO (“イ

スゴ”と発音する)がある。準備委員会の幹事であった横山茂之、Tom TerwilligerそしてUdo Heinemanの3人に加えてベルリンの会議で倉光成紀、Ian Wilson、David Stuartの3人が追加された。この中で国際的なガイドラインが決められつつある(<http://www.nigms.nih.gov/news/meetings/airlie.html>)。座標については、時宜を得た(構造決定後3週間以内)公開をPDB(日本のPDBサイトは大阪大学蛋白質研究所にあるPDBj: Protein Data Bank Japan; <http://pdbj.protein.osaka-u.ac.jp/>)に寄託することになっており、特にIPR確保が必要であるような重要タンパク質については構造決定後6ヶ月を越えないうちに公開することになった。このとき同時に、構造決定研究に使ったX線ならば構造因子データなどの付随的情報も出来る限り同時に出すべきであるとしている。この間に必要なIPRの確保、またそのための機能解析を行うことになっている。そして、進行中の研究進捗はターゲットから構造決定、PDB寄託までを決められた形でインターネット上に公表することになっている。

タンパク質構造決定の科学的側面、そしてISGOのポリシーで言及すべき点が2点ある。一つは、2000年以降のいくつかの構造ゲノム科学のポリシーに関わる国際会議を経て大きく変わった点であり、それはタンパク質の立体構造の終了は研究者自身が決定するという点であり、その質はそのときの学問的レベルとタンパク質の原子座標の持つ影響の大きさを考慮して最大限その質を確保したうえで、決定されるべきであるとした。初期のバイオインフォマティクス関係者が議論の流れを作っていたときには、タンパク質のフォールドが決まればよいとしていたことと大いに異なる。

もう一点は、その研究範囲の広がりである。初期にあったこのプロジェクトに対する批判に対応した結果であり、特に現時点でハイスループットな立体構造解析がほとんど現実でない超分子複合体、膜タンパク質もターゲットから除外されなかったことである。タンパク質構造研究を進める上で必要となるタンパク質機

能研究全般も“立体構造を決定するため”、“IPRを確保できるため”と限定されてはいても、ターゲット選択、ターゲット優先度決定のためのバイオインフォマティクスはもちろん、タンパク質発現のためには、実験的プロテオミクスなしには本当に生体内で発現しているタンパク質の確定も十分でないことはライフサイエンス研究の急進展の中でますます明らかとなっている。

タンパク3000プロジェクト

文部科学省主導によるRR2002プロジェクトの一環として、「我が国初のゲノム創薬の実現等を目指し、我が国の研究機関の能力を結集して、平成14年度から5年間でタンパク質の全基本構造の1/3(約3000種)以上のタンパク質の構造およびその機能を解析し、特許化まで視野に入れた研究開発を推進することを目的とする。」タンパク3000プロジェクトが日本のタンパク科学を結集する形ではじめられた(図1)^[5]。そして、構造ゲノム科学がその視野を大きく広げたように、日本での構造ゲノムプロジェクトはゲノム配列を基礎として網羅的タンパク質立体構造解析をするばかりでなく、より生物学的視点を重

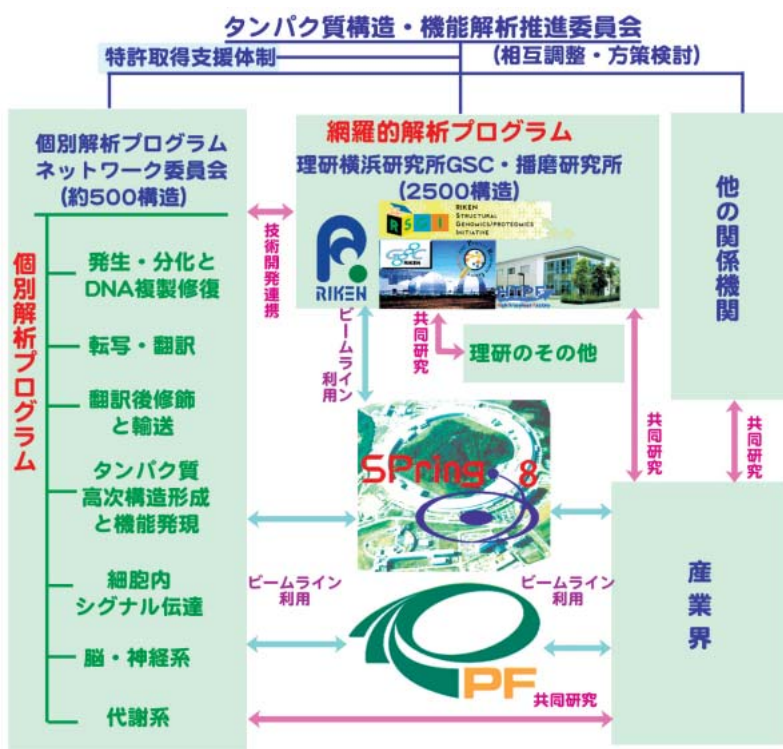


図1 タンパク3000プロジェクト^[5]

視した個別プログラム、さらには幅広くそのターゲットをおき、基礎生物学の基盤としてばかりでなく、その産業応用を展望して、可能なIPRの確保も重要な課題となっている。

プロジェクトには大きく2つのプログラムがあり、
、タンパク質基本構造の網羅的解析プログラム
、タンパク質の個別的解析プログラム
に分かれている。

の網羅的解析は理化学研究所が、の個別的解析は7つの大学を中心としたグループが担当している。

7つの個別プログラム（カッコ内：中核機関、実施代表者）は、

1. 発生・分化とDNA複製・修復（東京大学大学院農学生命科学研究科、田之倉 優）
2. 転写・翻訳（北海道大学大学院理学研究科、田中 勲および横浜市立大学、西村善文）
3. 翻訳後修飾と細胞内輸送（高エネルギー加速器機構、若槻壮市）
4. タンパク質高次構造形成と機能発現（京都大学大学院理学研究科、三木邦夫）
5. 細胞内シグナル伝達（北海道大学大学院薬学研究科、稲垣冬彦）
6. 脳・神経系（大阪大学たんぱく質研究所プロテオミクス総合研究センター、中川敦史）
7. 代謝系（大阪大学大学院理学研究科、倉光成紀）となっている。

タンパク質3000の網羅的解析の委託を受けた理化学研究所では、その当初よりこの構造ゲノム科学を先導してきたタンパク質グループを率いる横山茂之を中心として理研プロテオミクス研究推進（RSGI: RIKEN Structural Genomics/Proteomics Initiative）が、本部長のもとにNMRによるタンパク質立体構造決定を目指す横浜研究所ゲノム科学センター（GSC）そして放射光によるハイスループットX線結晶構造解析を目指すSPring-8キャンパスにある播磨研究所により進められている。

これ以外の日本での構造ゲノム科学プロジェクトとしては、経済産業省による生物情報解析研究センター（JBIRC: Japan Bio-Informatics Research Center）がより困難な膜タンパク質をターゲットとして始まっている。また、農水省ではイネゲノム研究の一環として農業生物資源研究所で進められている。

SPring-8での構造ゲノム科学：

ハイスループットファクトリー

理研・播磨研究所では、SPring-8キャンパスに設置されたハイスループットファクトリー（HTPF）、そして初期から構造ゲノム科学を高度高熱菌由来タンパク質を網羅的に解析しようとしている倉光成紀によるストラクチュローム、そして協力研究室群、さらに側面からビームライン建設などファシリティー研究開発・建設を支えてくれる物理グループと高輝度光科学研究センター（JASRI）など多くのグループが関わってその極めて挑戦的なプロジェクトに取り組んでいる。

ハイスループットファクトリーに限って言えば、必要なハイスループット技術開発を行うとともに、その技術を実践実証するハイスループットファクトリーがある（図2）。これまでに、全自動結晶化観察ロボットシステムTERAを協力企業とともに開発し、その実際の統合的利用システムが確立され、1年ほど順調な稼働を果たしてきている^[6]。統合化には膨大な結晶化写真を蓄積管理するとともに、結晶評価できる「結晶化日記」を含む放射光結晶構造解析統合研究情報管理システムであるハイスループットファクトリー・データベース(HTPF-DB)をやはり企業との共同研究で開発して利用している^[7]。また、結晶の評価を結晶化プレート上でそのまま出来る「その場結晶評価装置」を別の企業と共同研究で開発試作して試験を始めている。SPring-8での中心的課題のひとつであるビームラインの自動化・高度化は理研構造ゲノムビームライン（BL26B1/B2）において山本雅貴を中心としたグループによって順調に開発が進んでいる^[8]。ここでも発生する膨大な量の回折イメージを先ほどのHTPF-DBに統合した利用計画を進めている。ハイスループットファクトリーの活動はISGOに準拠できるように順次努力しており、RSGIへリンクしたホームページを開設している。ターゲットは現在、ストラクチュロームから提供されたプラスミドを利用した真性細菌である高度好熱菌 *Thermus thermophilus* HB8のタンパク質である。その発現精製のしやすさ、結晶化率の高さなど、例外的に構造ゲノム科学プロジェクト向きの優れたターゲットを使って結晶化ロボットなど必要な技術開発を行ってきている。今後は、真核生物とより近い古細菌である超好熱菌 *Pyrococcus horikoshii* OT3の網羅的解析を目指して、理研・和光本所の林崎グループと遺伝子クローニングなどに

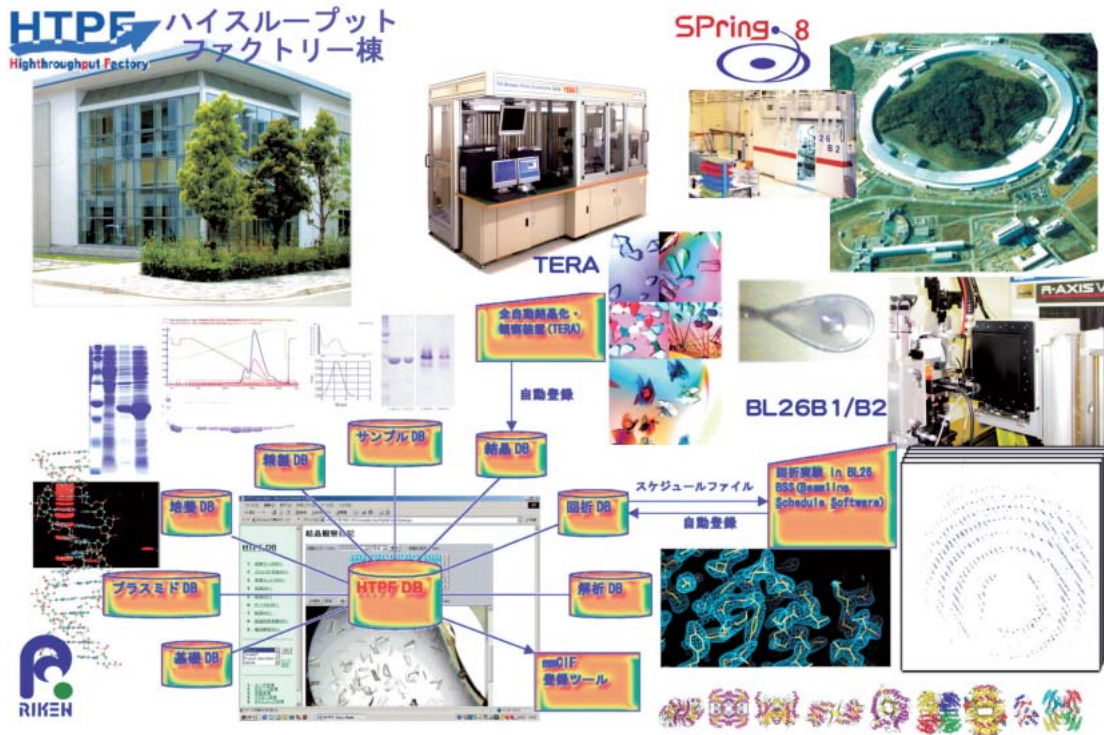


図2 ハイスループットファクトリーとそのための技術開発^[6,7]

において協力している。機能解析は外部と協力できることは出来るだけ一緒に進められるよう努力している。これからはじまる超好熱菌そしてより困難が予想されるマウスなど哺乳動物由来のタンパク質解析に向けたプロテオミクス研究も可能な新たな体制づくりを痛感するとともに、遺伝子源である林崎グループと可能な協力は出来る限り拡げる。限られた研究リソースが許す限りにおいて、必要な研究技術開発と利用可能な遺伝子源確保にもさらに積極的に取り組む。

これからの研究と応用への展開

構造ゲノム科学は、ゲノム配列研究が、技術的各論の困難を別とすれば、一義的にATGCの並びを決め続けられればよいことと対照的である。それは、すでに述べたように、マウスのトランスクリプトームであるcDNAライブラリーの結果からも明らかであり^[9]、正確にその翻訳領域を確定することにおいても、その予想を超える頻度と数の複数のオールタナティブスプライシングによる遺伝子産物が存在することから、すべきことがまだまだ残されている。このことはもっとプリミティブである細菌からの予測遺伝子のクローニングでも半分から70%程度を大きく越えることができず、さらに発現できるタンパク質はク

ローニングされた予測遺伝子の40~70%にすぎず、現時点の知識に基づいたORF (Open Reading Frame: タンパク質を実際にコードしているDNA配列領域) 予測の信頼性など確定すべきことは決して少なくないのである。またタンパク質そのものとしても、複合体としてしか安定に存在しないようなタンパク質も少なくなく、このようなときには相互作用する相手のタンパク質との複合体で初めて立体構造決定が可能となる。現在のところ、投入した予想ORFに対してせいぜい1~2%そして歩留まりのいい好熱菌が10%強でそのタンパク原子構造解析に成功している。ハイスループット化は必須であるが、この歩留まりをどこまであげられるかが、本当の意味での構造ゲノム科学の目標であり、より広い分野への利用そして産業応用へと結びつくためのカギである。このためには、ライフサイエンスとしての総力戦それも長期化を覚悟すべきことが予感され、タンパク質の立体構造研究の基礎となる広範なトランスクリプトーム、プロテオーム研究、そして細胞世界、セローム研究、生物個体研究など生物機能解析には大変に地味な時間のかかる研究が必要であることは明白である。今私たちがハイスループットファクトリーで超好熱菌を進める中で、超好熱菌自身の生物学を避けられないことに直面しているように、それ

それぞれのターゲットに従ってふさわしい生物種の選択とその適応進化してきた生物種に見合った研究アプローチの適応放散が構造ゲノム科学にも必要でこれこそ生物論理の多様性、個性を明らかに出来る唯一の道ではないだろうか。

参考文献

- (1) ISGO ICSG2002 special issue: J. Struc. Func. Genomics(2003)in preparation.
- (2) 宮野雅司、熊坂 崇 : SPring-8利用者情報 Vol.6, No.4(2001)287.
- (3) 特許庁 : 第 部 特定技術分野の審査基準(改定案)7 タンパク質立体構造関連発明に関する事例集(案)(2002).
- (4) J. P. Walsh, A. Arora, W. M. Cohen : Science **299**(2003)1021.
- (5) 文部科学省 : タンパク3000プロジェクト発足記念シンポジウム要旨集 2002年8月19日 理研・横浜研究所.
- (6) 菅原光明、宮野雅司 : 現代化学 2003年2月号 No.383, (2003)41.
- (7) 宮野雅司、高 秀幸 : 現代化学 2003年3月号 No.384, (2003)43.
- (8) 山本雅貴、竹下邦和、石川哲也 : SPring-8利用者情報 Vol.6, No.3 (2001)202.
- (9) FANTOM consortium and RIKEN Genome Exploration Group Phase & Team Nature **420**(2002)563-573.

宮野 雅司 *MIYANO Masashi*

理化学研究所 播磨研究所 ハイスループットファクトリー
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 : miyano@spring8.or.jp

SPring-8蓄積リングの低エミッタンス化

財団法人高輝度光科学研究センター
放射光研究所 加速器部門
田中 均、大熊 春夫、熊谷 教孝

1. はじめに - 低エミッタンス化の歴史 -

第3世代の放射光光源の設計は、1970年代後半からスタートした^[1]。第3世代の放射光光源では、アンジュレーターと呼ばれる挿入型光源（以下ID）の性能を最大限引き出すように考えられ、ID設置用の多数の直線部が、ほぼ周期的に一周に渡り配置されている。アンジュレーターは電子を光の自然放射角以下で蛇行させ、各蛇行で発生した光を干渉させることで、光源の軸上に共鳴エネルギーの鋭いピークを発生させるものである。しかし、電子ビームが空間的に広がっていると、個々の電子から発生した光の共鳴エネルギーはシフトし、理想的にはシャープである光のスペクトルを広げてしまう。この電子ビームの空間的広がりを表す物理量がエミッタンスである。エミッタンスには、ビーム進行方向（縦）とそれに直交する平面内の2軸、水平と垂直方向の位相空間広がりを表す3種類がある。縦エミッタンスは光パルスの時間幅に関連し、水平、垂直エミッタンスは、各々光ビームの水平、垂直広がりを決定する。さて、当時の低エミッタンス化では、挿入光源部をディスパージョンフリーとするのが常識であった^{注1)}。ディスパージョンとは、周回電子エネルギーの設計値からの偏差が、軌道の位置と角度をどれだけ変えるかを表す係数^{注2)}で、 η と η' が記号としてよく用いられる。周回中の電子は、磁場で曲げられるたびに光子を確率的に放出する。これにより、電子ビームのエネルギーは広がりを持ち、ディスパージョンが挿入光源部に存在すると、水平（垂直）方向の広がりをさらに増大させることになる。ディスパージョンフリーとは、その部分で無用なビームサイズの広がりを抑えるために $\eta=\eta'=0$ にするというものである。加速器の電磁石周期構造の単位セルから、ディスパージョンを漏らした方がエミッタンスを原理的に低下できることが分かっていた^[2]のに、なぜ“ディスパージョンフリーが良い”と考えられていたのだろうか？ 今となっては真相はよく

分からない。その責任の一端を担う筆者（H.T.）が考えるに、(a) ディスパージョンの及ぼす効果を定量的に調べなかった、(b) 衝突型加速器で問題となった縦振動と水平振動の結合の問題を誤解した^{注3)}、(c) 加速器のパラメータ調整や運転が面倒になると考えたからではないだろうか。

1990年前半から第3世代の放射光光源の運転が徐々に開始され、さらなる低エミッタンス化の検討が始まった^[3]。第3世代の放射光光源でディスパージョンフリーの呪縛から最初に抜け出したのはESRF（France）とMAX（Sweden）であろう。ESRFの低エミッタンス化の検討には筆者（H.T.）も参加していたが、マシンスタディを経て1995年秋からユーザー運転に3.9nm・radのオプティックスが投入されている^[4]。

一方、SPring-8では、1997年の運転当初から、垂直エミッタンスが極めて小さく（ $< 10\text{pm}\cdot\text{rad}$ ）⁵⁾、1次元の垂直回折限界ビームの条件が近似的に満たされていた。このため、次なるターゲットとして、加速器部門では水平エミッタンスの低減化に取り組んできた^[6, 7]。昨年暮れ、“加速器の電磁石周期構造の単位セルに閉じ込められたディスパージョンを積極的に漏らす”方法により、水平ビームエミッタンスの低減に成功し、ユーザー運転に導入した。本報告では、今回適用した低減化法の概要と得られた性能等について述べる。「この方法によるSPring-8の低エミッタンス化がどうして遅れてしまったの？」という読者の疑問については3章でお答えしよう。

注1) 例えば、日本物理学会編集、“シンクロトロン放射”、培風館、2章、p.30を見ると当時の雰囲気を感じることが出来る。

注2) 軌道のエネルギー依存性は厳密には非線形であるが、通常そのうちの線形部分をディスパージョンと呼んでいる。

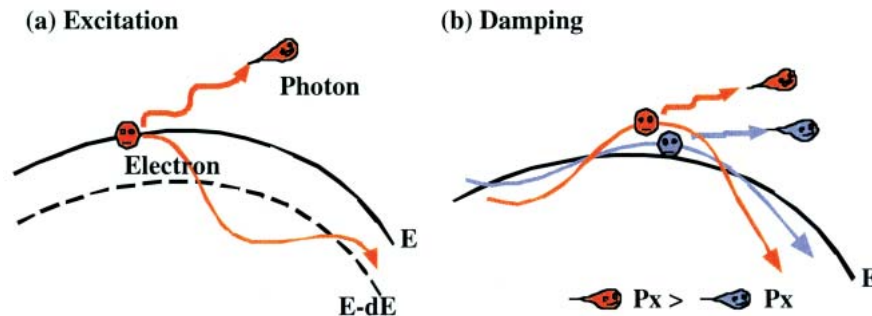


図1 光子の放出による振動の励起（放射励起）(a)と光子放出による振動振幅の減衰（放射減衰）(b)。放射励起（a）では、エネルギーの変化による軌道の変化が大きい程、振動が大きく誘起される。また、放射減衰（b）では、振動振幅が大きいほど、減衰効果大きい。

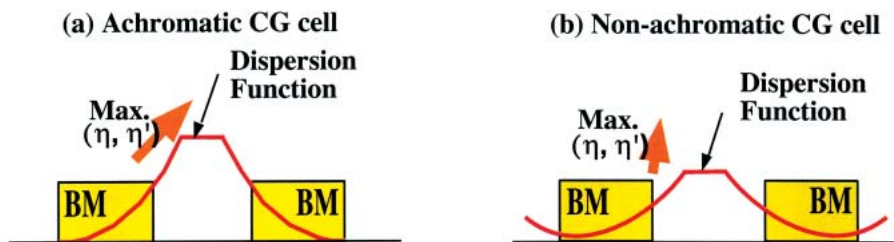


図2 ディスパージョンを電磁石周期構造の単位セル内に閉じこめた場合（a）と漏らした場合（b）。BM（黄色い四角）は偏向電磁石を赤い曲線はディスパージョンの分布を示す。また、オレンジ色の矢印は偏向電磁石端部の摂動ベクトルの最大値を表している。

注3) IDを設置する直線部には放射によるエネルギーロスをRF電場で補うためのRF空洞も設置される。専門的になるがそこに水平位置のエネルギー依存性が大きくあると水平振動と縦（エネルギー）振動が結合し、不安定となる場合がある。第3世代の放射光光源では、水平振動と縦振動の振動数が極端に異なるのでこの結合の影響は殆ど無視できる。

2. 加速器の電磁石周期構造の単位セル内に閉じ込められたディスパージョンを漏らすことによる低エミッタンス化

水平のエミッタンスは、簡単に言えば、個々の電子の確率的光子放出による振動励起と振動減衰の動的平衡で決まる振動振幅の期待値である。光子は、ほぼ電子の進行方向に放射されるので、放射の度に振動エネルギーの一部を失っていく（振動減衰）。一方、エネルギーの異なる電子は異なる周回軌道を取る。光子放出によるエネルギーのステップ変化で、電子はそれまでの軌道を走れなくなり、振動が励起される（振動励起）。この様子を図1に示す。

以上の基礎知識をもとに、ディスパージョンを漏らすことによるエミッタンスの低減を図2を用いて定性的に説明しよう。第3世代の放射光光源では、

単位セル内に2個、もしくは3個の偏向電磁石が配置される。ここでは2個の場合を考える。図2(a)と(b)はそれぞれディスパージョンをセル内に閉じこめた場合と漏らした場合を示している。黄色の四角は偏向電磁石を表しており、光子放出の大部分はこの電磁石内で生じる。図中の赤線は電磁石内でのディスパージョン分布を示し、光子放出によるエミッタンス（振動）励起の大きさは、この曲線の値 η とその微分 η' の作る摂動ベクトルの大きさに比例する。ディスパージョンをセル内に閉じこめた場合（図2(a)）、偏向電磁石内の摂動ベクトルはディスパージョンを漏らす場合（図2(b)）に比べて電磁石の端部で必然的に大きくなる（図2の η と η' 平面上で描いたオレンジ色の矢印を比べてみれば分かるであろう）。

エミッタンス励起の大きさを決めるもう一つの要因は、摂動ベクトルと位相空間とのマッチングの問題である。図2(a)と(b)には、同じ大きさの摂動ベクトルを用い、マッチングの善し悪しによるエミッタンス励起の違いを示してある。図の固有楕円は、光子放出点での位相空間上の電子の振動の軌跡を表し、電子は振幅の大小を問わずこの軌跡に相似な形で振動する。エミッタンス励起を抑えるには、摂動ベクトルを小さくすると共に、摂動ベクトルに固有楕円の長軸を合わせることが重要になる。詳細は省

くが、ディスパージョンをセル内に閉じこめた場合、マッチングを取るために、ビームを偏向電磁石部で水平に強く絞り込む必要がでてくる。これに対し、ディスパージョンを漏らした場合には、この条件が緩和され、摂動ベクトルに対する固有楕円のマッチングが取りやすい。

上記の2つの理由により、セル内に閉じ込められたディスパージョンを外に漏らすことでエミッタンスを低減できる。

3. SPring-8での低エミッタンス化と得られた性能

SPring-8でも、ディスパージョンを漏らすことによる低エミッタンス化は運転のオプションとして当初から考えられていた。しかし、導入までに運転開始から5年を要したのは理由がある。SPring-8では、電磁石のない130m級の直線部を挿入できるように2個の偏向電磁石から構成される44台のChasman-Greenセル（以下CGセル）の間に、CGセルから2個の偏向電磁石のみを抜きとった直線セルが4回対称に配置されていた。この10台の4極電磁石と7台の6極電磁石だけで構成された直線セルの働きは、設計エネルギーを持つ電子の水平、垂直振動に対し、リングの対称性を4から48に引き上げることでビームを安定化させ、蓄積リングの初期調整運転を容易にすることにあった。当初採用した電磁石電源システムも、基本的にこの48回対称性を前提に構成されていた。しかし、この電磁石電源システムでは、CGセルでディスパージョンを漏らすと、偏向電磁石がないという全く異質な直線セルでディスパージョンのマッチングが取れず、エミッタンスを低減するようなディスパージョン分布をリング一周に渡り実現できなかった。2000年の夏期停止期間に直線セルとその前後のCGセルが改造され、CGセルと独立にチ

ューニング可能なマッチング部を両端に有する27mの電磁石フリーな長直線部が作られた。この改造でリングのディスパージョンマッチングに関する電磁石電源の問題がほぼ解決し、SPring-8でもディスパージョンを漏らすことによる低エミッタンス化が可能になった訳である。

その後、ただちにこの方法による低エミッタンス化の検討が始まった。2002年夏にディスパージョン制御の自由度を増やす若干の電源改造を実施し、2002年秋からマシンスタディを本格的に開始した。その結果、2.5nm・rad程度までは水平エミッタンスを低下できることが分かった。図4に実験で得られた水平エミッタンスと計算値の関係を示す。水平エミッタンスは、2次元可視光干渉計^[8]で測定された水平ビームサイズとディスパージョンからベータatron関数の設計値を用いて求めた。このデータはパルスバンプとスクレーパーによるビームサイズ測定^[9]から評価した水平エミッタンスとも矛盾しない。また、図4からIDギャップの違いでエミッタンスが変化していることも分かる。IDギャップを閉じた時には、放射減衰の相対的増加により、エミッタンスが低下する。

エミッタンスの低下によりフォトンフラックスが実際に増加していることを確認するため、ビームライン関係者の協力を得て、BL19LXUとBL29XUで単色X線のフラックス測定も行った^{注4)}。その結果、エミッタンスの減少を裏付ける最大で30%のフラックス増大が確認された。一連のスタディとビーム安定性確認試験や軌道調整等を経て、2002年第9サイクルから水平エミッタンス3.4nm・rad（設計）のオプティックスでユーザー運転を開始する運びとなった。

現在用いられているオプティックスを図5に示す。

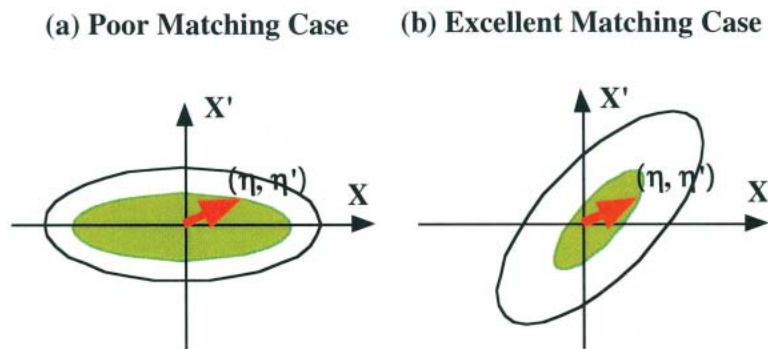


図3 摂動ベクトルと固有楕円とのマッチング。マッチングの悪いケース (a) と良いケース (b)。オレンジ色の矢印は同じ大きさの摂動ベクトルを表す。

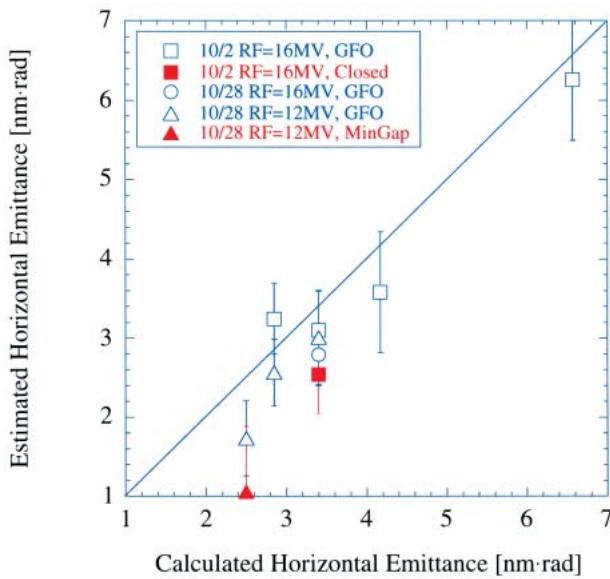


図4 2次元可視光干渉計で測定された水平ビームサイズからベータatron関数の設計値を仮定して評価した水平エミッタンスと設計エミッタンスの関係。GFOは全てのIDのギャップ全開を、また、RF=12MVは測定時のRF電圧が12MVであることを示す。エラーバーはフィッティングの統計誤差を示す。

水平エミッタンス3.4nm·radを選択した理由は、ID光源点でのディスパージョンによるビームサイズの増大を考慮した有効エミッタンスを最小にするためである。IDギャップを閉じることによるエミッタンスの約20%の減少を考慮すると、通常ID部での有効エミッタンスは、IDギャップの閉状態に依り、3.0~3.7nm·radになると予測される。表1に光源点でのビームサイズをまとめて示す。ここでは実測の3.1nm·radという水平エミッタンスを用いて各光源

点でのビームサイズと角度発散が計算されている。通常及び長尺IDともに、水平ビームサイズ(1 σ)で300ミクロンを下まわる大きさとなることが分かる。表2にリングの主要パラメータを低エミッタンス化の前後で比較して示す。ビーム寿命がこれまでのHHLV+4LSSオプティックスに比べ低下しているのが目立つ。低エミッタンス化によりバンチ内電子密度が上がり、電子・電子散乱によるビームロスが増大したためである。これにより、特にセバールバンチ運転でのビーム寿命が著しく減少する結果となった^{注5)}。これは、高輝度低エミッタンスにより開ける新しい科学を追究する上で避けられない問題である。不安定性抑制のためのフィードバックシステムと組み合わせた低クロマティシティ運転やTop-up運転を早急を実現し、時間平均輝度を向上させる努力が必要であると考えている。

注4) 理研播磨研の玉作賢治氏、JASRIビームライン技術部門の矢橋牧名氏に測定を依頼した。

注5) 表2の低エミッタンス化前後のビーム寿命は直接比較ができない。Operation chromaticitiesが前後で異なり、ビーム寿命はこのパラメータに敏感である。低エミッタンス化前とchromaticitiesが同一の条件であれば、ビーム寿命は今より長くなり、おおよそ以前の半分程度と考えられる。

4. 今後の展望

ディスパージョンを漏らす方法の他にも、エミッタンスをさらに低下させる可能性として(1)放射減

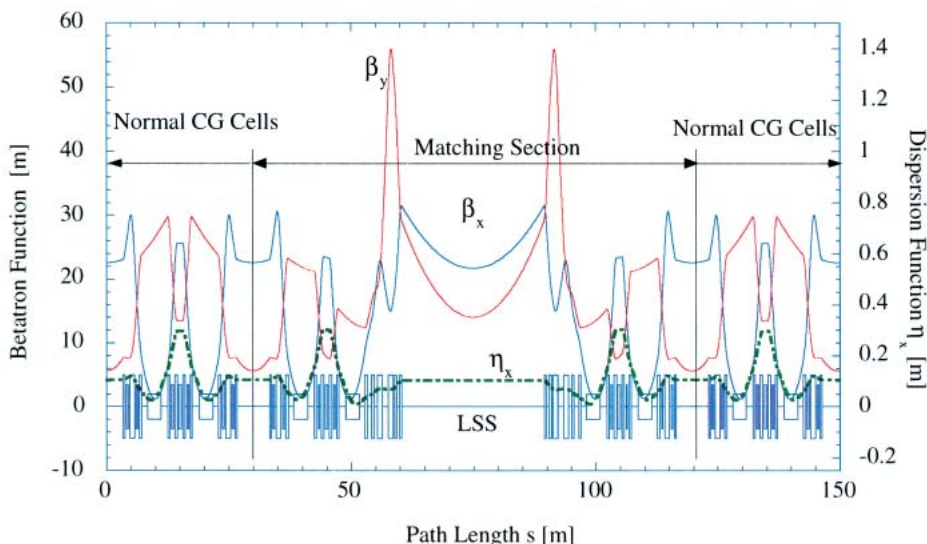


図5 設計エミッタンス3.4nm·radのオプティックス

表1 各光源点でのTwissパラメータとビームサイズ

	β_x [m]	β_y [m]	γ_x [m ⁻¹]	γ_y [m ⁻¹]	η_x [m]	η'_x [-]	σ_x [m]	σ_y [m]	σ_x [rad]	σ_y [rad]
Long ID	21.7	14.1	4.61E-02	7.12E-02	0.103	0.000	2.83E-04	1.14E-05	1.19E-05	8.13E-07
ID	22.6	5.61	4.43E-02	0.178	0.107	0.000	2.89E-04	7.22E-06	1.17E-05	1.29E-06
BM1	3.02	25.0	0.331	4.00E-02	0.032	-0.014	1.03E-04	1.52E-05	5.38E-05	6.78E-07
BM2	2.11	27.8	0.475	0.0360	0.071	-0.056	1.12E-04	1.61E-05	7.28E-05	6.78E-07

水平エミッタンスはIDギャップフルオープン時の測定値3.1nm・radを用いた。
カップリングは0.2%を仮定した。

表2 リングの主要パラメータ

	低エミッタンス化前	低エミッタンス化後
Tunes (ν_x/ν_y)	40.15/18.35	40.15/18.35
Current [mA] :		
single bunch	13	10
multi bunch	100 (120 ^{\$1})	100
Bunch length (FWHM) [psec]	32	34
Horizontal emittance [nm・rad]	6.3 ^{\$2} /6.6 ^{\$3}	3.1 ^{\$2}
Vertical emittance [pm・rad]	16.9 ^{\$3}	3.9 5.8 ^{\$4} /8.7 ^{\$3}
Coupling [%]	0.26 ^{\$3}	0.13 0.19 ^{\$4} /0.28 ^{\$3}
Operation chromaticities (ξ_x/ξ_y)	+7/+6	+8/+8
Momentum acceptance [%]	2.6	2.1
Energy spread ($\Delta E/E$)	0.0011	0.0011
Lifetime [hr] : 100mA (multi bunch)	~ 150 ^{\$5}	~ 97 ^{\$5}
1mA (single bunch)	~ 24 ^{\$6}	~ 9 ^{\$6}
Dispersion distortion [mm] :		
horizontal (rms)	4	9.3
vertical (rms)	1.1 ^{\$7}	1.1 ^{\$7}

注記：低エミッタンス化前後のビーム寿命は直接比較ができないことを断っておく。

Operation chromaticitiesが前後で異なり、ビーム寿命はこのパラメータに敏感である。低エミッタンス化前とchromaticitiesが同一の条件であれば、ビーム寿命は今より長くなり、おおよそ以前の半分程度と考えられる。

\$1 maximum stored beam current at machine study

\$2 estimated with the beam size measured by a pulse bump and scraper

\$3 estimated with the beam size measured by two dimensional interferometer

\$4 estimated with the beam size measured by two photon correlation

\$5 (12-1)*160 pulse train [normal beam-filling pattern for multi-bunch operation],
Vrf=16MV, typical value at user time operation

\$6 Vrf=16MV

\$7 with correction by 20 skew Q's

衰を制御して水平エミッタンスを低減する方法^[6]、(2) エネルギーを8GeVから下げる低エネルギー運転、(3) 電子ビームの水平方向の位相空間をIDに対し非対称とし、光源の実効的位置を実験ハッチ側にシフトさせ実効的エミッタンスを低減する等がある。原理的には全て実施可能であるが、ユーザー運転に適用するまでにはまだ多くの課題をクリアする必要があろう。しかし、これらを組み合わせたとしても、SPring-8の運転エネルギーを極端に下げない限り、水平エミッタンスの低減は精々Factor程度に止まる。ユーザーが待望するX線領域での水平・垂直2次元回折限界ビームを蓄積リングで実現するには、ブレイクスルーを可能にする新しいアイデアを導入していくことが必要だ。

参考文献

- [1] 例えば、ESF : Synchrotron Radiation / a Prespective View for Eurorpe, Strasbourg, Nov. (1977)
- [2] M. Sommer : Laboratoire de l' Accelérateur Lineaire, LAL/RT/(1983)83-15 ; Y. Kamiya and M. Kihara : National Laboratory for High Energy Physics, KEK 83-16 (1983); L. C. Teng : Argonne National Laboratory, LS-17 (1985)
- [3] J. L. Laclare, A. Ropert, L. Farvacque, H. Tanaka, J. Payet, P. Nghiem and A. Tkatchenko : ESRF, ESRF/MACH-LAT-93-08 (1993); L. Farvacque, J. L. Laclare, P. Nghiem, J. Payet, A. Ropert, H. Tanaka and A. Tkatchenko : " Possible Retuning of the ESRF Storage Ring Lattice for Reducing the Beam Emittance ", Proc. of the 4th European Particle Accel. Conf., London, June(1994)pp.612-614 ; Å. Andersson, M. Eriksson, L. J. Lindgren, P. Rösel and S. Werin : " Status of the Synchrotron Radiation Source MAX " ; Proc. of the 4th European Particle Accel. Conf., London, June(1994)pp.588-590.
- [4] European Synchrotron Radiation Facility Annual Report 1994/1995, Machine Division (1995)
- [5] N. Kumagai, H. Ohkuma, K. Soutome, M. Takao and H. Tanaka : " Estimation of Betatron Coupling and Vertical Dispersion for SPring-8 Storage Ring ", Proc. of the 18th Particle Accel. Conf., New York, Mar. (1999) pp. 2349-2351.
- [6] T. Nakamura, T. Ohshima, K. Soutome, M. Takao, S. Takano, Y. Suzuki, H. Yamazaki, H. Tanaka, T. Hara, Y. Kohmura and Y. Tanaka : " Low Emittance Operation of the SPring-8 Storage Ring by Damping Partition Control " Proc. of the 19th Particle Accel. Conf., Chicago, June.(2001)pp. 2665-2667.
- [7] マシンスタディ報告書、「ディスパージョンリーケージによる低エミッタンス化と短バンチ化」、マシンスタディ報告書、「ディスパージョンリーケージによる低エミッタンスOpticsのチューニングと安定性確認試験」。
- [8] M. Masaki and S. Takano : "Beam Size Measurement of the SPring-8 Storage Ring by Two-dimensional Interferometer", Proc. of the 5th European Workshop on Beam Diagnostics Instrum. for Particle Accel., Grenoble, May (2001)pp.142-144 ; M. Masaki and S. Takano, submitted to Journal of Synchrotron Radiation.
- [9] K. Soutome, H. Tanaka, M. Takao, K. Kumagai and H. Ohkuma : SPring-8 Annual Report 1999, p. 136; http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/publication/ann_rep/AR99PDF/p136-138.pdf.

田中 均 TANAKA Hitoshi

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0851 FAX : 0791-58-0850
e-mail : tanaka@spring8.or.jp

大熊 春夫 OHKUMA Haruo

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0858 FAX : 0791-58-0850
e-mail : ohkuma@spring8.or.jp

熊谷 教孝 KUMAGAI Noritaka

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0861 FAX : 0791-58-0850

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14年11～12月の運転・利用実績

SPring-8は11月20日から第9サイクル運転を5週間連続運転モードで実施した。第9サイクルではRFのトランス冷却水流量低下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1.1%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242件、利用研究者は1158名で、専用施設利用研究の課題は合計72件、利用研究者は353名にのぼった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第9サイクル（11/20（水）～12/20（金））

(2) 運転時間の内訳

運転時間総計	約721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569.5時間
故障等によるdown time	約6.5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1.1%

(3) 運転スペック等

第9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 1～99mA

(4) 主なdown timeの原因

RFのトランス冷却水流量低下によるアポート挿入光源の漏水確認のためのビーム廃棄
COD手動補正が正常に行えなかった事による
ユーザー利用開始時刻の遅延。

(5) トピックス

第9サイクルよりオプティクスを変更し、低エミッタンスでのオプティクスでの運転を開始した。

11月21日に蓄積リングに設置している超伝導ウィグラーの試験運転を行い、陽電子の生成

実験を行った。

12月21日から冬期長期運転停止期間に入るため、12月18日から20日まで長期運転停止前のパラメータ取得を行った。

2. 利用関係

(1) 放射光利用実験期間

第9サイクル（11/23（土）～12/4（水））
（12/5（木）～12/18（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	4本
原研ビームライン	3本
専用ビームライン	8本
加速器診断ビームライン	1本

共同利用研究課題	242件
共同利用研究者数	1158名
専用施設利用研究課題	72件
専用施設利用研究者数	353名

(3) トピックス

低エミッタンスオプティクスでのセベラルバンチ（11 bunch train × 29）のユーザー利用運転について、1日1回の定時入射から1日2回の定時入射に変更を行った。

12月2日の22時及び3日の10時の定時入射の際にソフトウェアの不具合で全ての挿入光源のギャップを開ける自動操作が出来ず、手動でギャップを開ける操作を行った。直ちにソフトウェアの改修を行い正常に復帰した。

平成14年12月～平成15年1月の実績

1. SPring-8関係

SPring-8は12月21日から平成15年1月19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

電子銃点検作業

- その他作業及び点検
- (2) シンクロトロン関係
 - OTRモニタ設置作業
 - イオンポンプ交換作業
 - クライストロン ヒータ・アノード電源サイリスタ化作業
 - その他作業及び点検
- (3) 蓄積リング関係
 - ビームラインの増設
 - 挿入光源の新規据付・既設挿入光源メンテナンス作業
 - F Eの新規据付・既設改造作業及び定期保守作業
 - 電磁石冷却水ホース交換作業
 - ポンプ電磁石据付及びポンプ電源改造作業
 - 真空計ケーブル交換・遮蔽作業
 - RFオイルポンプ交換作業
 - VME及びファイルサーバー等点検作業
 - BL制御機器メンテナンス
 - 超伝導ウィグラー撤去作業
 - その他作業及び点検
- (4) ユーティリティ関係
 - 電話交換機更新移設作業
 - 入射系漏電警報信号電送装置設置工事
 - SRマシン冷却設備二次冷却系薬剤濃度測定
 - 自動制御システム設置工事
 - SR冷却設備冷凍機ドレン弁取付工事
 - 空調用自動制御機器保守点検作業
 - 消防設備点検作業
 - その他作業及び点検
- (5) 安全管理関係
 - 入退出管理システム定期点検
 - 放射線監視システム定期点検
 - 放射線モニタ点検
 - インターロック点検・総合動作試験
 - その他作業及び点検

平成15年1～2月の運転・利用実績
 SPring-8は1月20日から2月21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26日から3月28日まで第2サイクルの運転を5週間連続運転モード（マルチバンチ及びセペラ

ルバンチ運転）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。

平成15年度のSPring-8運転計画

SPring-8では平成15年度（平成15年4月～平成16年3月）の運転を以下のように計画している。但し、本計画は現在のところ確定されたものではなく、特に夏期の長期運転停止期間以降の運転計画については、今後の検討により修正される。

正式に運転計画が決定され次第、SPring-8ホームページや利用者情報誌等でお知らせする。

- (1) 運転予定表
 - 別図1に平成15年度（2003年度）の運転計画を示す。
- (2) 運転計画の内訳
 - サイクル数
平成15年度は合計8サイクル（平成15年；第3～第8、平成16年；第1～第2）の運転を予定している。
 - 1サイクル当たりの期間
1サイクル当たりの期間は、原則4週間もしくは5週間連続運転モードで行う。
 - 運転停止期間
サイクル間の運転停止以外の主な長期運転停止期間は、以下の通りである。
 - ・中間点検 4月25日～5月13日
 - ・中間点検 11月8日～11月18日
 - ・夏期停止 7月12日～9月12日
（マシン及びビームライン調整期間も含む）
 - ・冬期停止 12月20日～平成16年1月18日

- (3) 運転スペック等
 - 各サイクルの詳細な運転スペック（蓄積電流値やバンチ運転、フィリング等）については、利用者の要望等を踏まえ、各サイクル開始前に開催される「スケジュール調整会議」で、検討・調整をする。

会議で決定された運転スペックについては、すみやかにSPring-8ホームページ等でお知らせする。

- (4) 注意事項
 - 中間点検期間・長期運転停止期間及び夏期の運転停止期間以降の運転計画については、今後の検討により変更される可能性がある。また、停止期間中に設置、増設されるビームラインや挿入装置についても変更される可能性がある。

平成15年度(2003年度) SPring-8 運転計画予定表(案)

1

(財)高輝度光科学研究センター
所長室(計画調整グループ)

年月日	平成15年 4月																															平成15年 5月																															平成15年 6月																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1) 主なイベント																																																																																													
2) マシン運転関係	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>第3サイクル</p> <p>運転停止中(中間点検期間)</p> <p>第4サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第5サイクル</p> </div> <div> <p>第6サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第7サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第8サイクル</p> </div> </div>																																																																																												

年月日	平成15年 7月																															平成15年 8月																															平成15年 9月																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1) 主なイベント	<p>平成15年 夏期長期運転停止期間以降の運転計画は未確定</p>																																																																																												
2) マシン運転関係	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>第5サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第6サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>マシンのメンテナンス期間</p> </div> <div> <p>第7サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第8サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>マシンのメンテナンス期間</p> </div> </div>																																																																																												

年月日	平成15年 10月																															平成15年 11月																															平成15年 12月																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1) 主なイベント	<p>平成15年 夏期長期運転停止期間以降の運転計画は未確定</p>																																																																																												
2) マシン運転関係	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>第7サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第8サイクル</p> <p>運転停止中(中間点検期間)</p> <p>第9サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>冬期長期運転停止期間</p> </div> <div> <p>第10サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第11サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第12サイクル</p> <p>運転停止中</p> </div> </div>																																																																																												

年月日	平成16年 1月																															平成16年 2月																															平成16年 3月																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1) 主なイベント	<p>平成15年 夏期長期運転停止期間以降の運転計画は未確定</p>																																																																																												
2) マシン運転関係	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>第11サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第12サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>立ち上げ調整期間</p> <p>第13サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>冬期長期運転停止期間</p> </div> <div> <p>第14サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第15サイクル</p> <p>運転停止中</p> <p>第16サイクル</p> <p>運転停止中</p> </div> </div>																																																																																												

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

論文（査読有り）発表数の推移（2003年1月31日現在）

ビームライン名		1997年 以前	1998	1999	2000	2001	2002	2003	in press	総計	備考 (稼働年月)	
共用 ビーム ライン	BL01B1	XAFS		1	17	17	38	23	1	1	98	1997年 10月
	BL02B1	結晶構造解析		2	5	6	8	13	2	9	45	1997年 10月
	BL02B2	粉末結晶構造解析				13	26	28	3	1	71	1999年 09月
	BL04B1	高温構造物性		3	2	8	12	7			32	1997年 10月
	BL04B2	高エネルギーX線回折				1	9	15	3	2	30	1999年 09月
	BL08W	高エネルギー非弾性散乱	1	4		5	14	5		4	33	1997年 10月
	BL09XU	核共鳴散乱		1	5	6	4	5			21	1997年 10月
	BL10XU	高圧構造物性		3	10	13	23	19	1	1	70	1997年 10月
	BL13XU	表面界面構造解析									0	2001年 09月
	BL19B2	産業利用									0	2001年 11月
	BL20B2	医学・イメージング			3	2	11	16		2	34	1999年 09月
	BL20XU	医学・イメージング						1			1	2001年 09月
	BL25SU	軟X線固体分光		1	6	13	18	13		1	52	1998年 04月
	BL27SU	軟X線光化学		2	2	8	10	9	1		32	1998年 05月
	BL28B2	白色X線回折					1	1	1	1	4	1999年 09月
	BL35XU	高分解能非弾性散乱			3	2	2				7	2001年 09月
	BL37XU	分光分析									0	2002年 11月
	BL38B1	R&D(3)					1	3			4	2000年 10月
	BL39XU	磁性材料		4	9	6	15	3	2		39	1997年 10月
	BL40B2	構造生物学				1	12	14			27	1999年 09月
BL40XU	高フラックス			1		3	3			7	2000年 04月	
BL41XU	構造生物学	1	1	15	15	25	22	1		80	1997年 10月	
BL43IR	赤外物性					5	1		1	7	2000年 04月	
BL46XU	R&D(2)						3			3	2000年 11月	
BL47XU	R&D(1)		1	4	9	11	9			34	1997年 10月	
共同 利用 B L	BL11XU	原研 材料科学			1			1			2	1999年 03月
	BL14B1	原研 材料科学		1		2	2	7		1	13	1998年 04月
	BL23SU	原研 重元素科学				1	1	1		2	5	1998年 06月
	BL44B2	理研 構造生物学				1					1	1998年 05月
	BL45XU	理研 構造生物学			1	2	7	6			16	1997年 10月
計		2	24	84	131	258	228	15	26	768		
専用 B L	BL12B2	APCST BM				1	3				4	2001年 09月
	BL15XU	広エネルギー帯域先端材料解析				2	10	2	3		17	2001年 04月
	BL16B2	産業界 BM				9	2				11	1999年 09月
	BL16XU	産業界 ID				1	1	1			3	1999年 09月
	BL24XU	兵庫県		1	3	13	22	16	2		57	1998年 10月
	BL32B2	創薬産業									0	2002年 09月
	BL33LEP	レーザー電子光		2	2	3	3	2			12	2000年 10月
	BL44XU	生体超分子複合体構造解析					1	6			7	2000年 02月
計		0	3	5	17	39	40	4	3	111		
原研 ・ 理研 B L	BL11XU	原研 材料科学				2	2	1			5	
	BL14B1	原研 材料科学		1		5	6	4			16	
	BL19LXU	理研 物理学					4	3			7	
	BL23SU	原研 重元素科学		2	1	2	14	12	1	4	36	
	BL29XU	理研 物理学				2	15	9	1		27	
	BL44B2	理研 構造生物学			4	11	17	8	1		41	
	BL45XU	理研 構造生物学	2	4	6	17	16	6			51	
計		2	7	11	39	74	43	3	4	183		
実件数		59	70	108	181	372	288	21	32	1131		

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

実件数は本表に表示していない実験以外に関する文献を含む

このデータは論文発表等登録データベース(<http://4users.spring8.or.jp/pub/>)に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/)でダウンロードできます。

論文登録数 (2003年1月31日現在)

ビームライン名		論文	会議録	その他	総計	備考 (稼働年月)	
共用 ビーム ライン	BL01B1	XAFS	98	11	14	123	1997年 10月
	BL02B1	結晶構造解析	45	8	7	60	1997年 10月
	BL02B2	粉末結晶構造解析	71	2	12	85	1999年 09月
	BL04B1	高温構造物性	32	4	6	42	1997年 10月
	BL04B2	高エネルギーX線回折	30	4	5	39	1999年 09月
	BL08W	高エネルギー非弾性散乱	33	3	19	55	1997年 10月
	BL09XU	核共鳴散乱	21	7	5	33	1997年 10月
	BL10XU	高压構造物性	70	2	18	90	1997年 10月
	BL13XU	表面界面構造解析	0	0	3	3	2001年 09月
	BL19B2	産業利用	0	3	2	5	2001年 11月
	BL20B2	医学・イメージング	34	13	8	55	1999年 09月
	BL20XU	医学・イメージング	1	1	0	2	2001年 09月
	BL25SU	軟X線固体分光	52	1	5	58	1998年 04月
	BL27SU	軟X線光化学	32	1	6	39	1998年 05月
	BL28B2	白色X線回折	4	2	0	6	1999年 09月
	BL35XU	高分解能非弾性散乱	7	1	0	8	2001年 09月
	BL37XU	分光分析	0	0	0	0	2002年 11月
	BL38B1	R&D(3)	4	0	1	5	2000年 10月
	BL39XU	磁性材料	39	3	16	58	1997年 10月
	BL40B2	構造生物学	27	1	1	29	1999年 09月
BL40XU	高フラックス	7	0	3	10	2000年 04月	
BL41XU	構造生物学	80	1	9	90	1997年 10月	
BL43IR	赤外物性	7	1	2	10	2000年 04月	
BL46XU	R&D(2)	3	0	0	3	2000年 11月	
BL47XU	R&D(1)	34	13	12	59	1997年 10月	
共同 利用 分	BL11XU	原研 材料科学	2	0	0	2	1999年 03月
	BL14B1	原研 材料科学	13	0	3	16	1998年 04月
	BL23SU	原研 重元素科学	5	0	1	6	1998年 06月
	BL44B2	理研 構造生物学	1	0	0	1	1998年 05月
	BL45XU	理研 構造生物学	16	2	4	22	1997年 10月
計		768	84	162	1014		
専用 B L	BL12B2	APCST BM	4	2	0	6	2001年 09月
	BL15XU	広エネルギー帯域先端材料解析	17	0	15	32	2001年 04月
	BL16B2	産業界 BM	11	5	18	34	1999年 09月
	BL16XU	産業界 ID	3	2	12	17	1999年 09月
	BL24XU	兵庫県	57	8	19	84	1998年 10月
	BL32B2	創業産業	0	0	1	1	2002年 09月
	BL33LEP	レーザー電子光	12	21	2	35	2000年 10月
	BL44XU	生体超分子複合体構造解析	7	0	0	7	2000年 02月
計		111	38	67	216		
原研 ・ 理研 B L	BL11XU	原研 材料科学	5	0	0	5	
	BL14B1	原研 材料科学	16	2	6	24	
	BL19LXU	理研 物理学	7	1	1	9	
	BL23SU	原研 重元素科学	36	13	40	89	
	BL29XU	理研 物理学	27	9	2	38	
	BL44B2	理研 構造生物学	41	1	6	48	
	BL45XU	理研 構造生物学	51	4	14	69	
計		183	30	69	282		
案件数		1131	226	332	1689		

論文：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

会議録：査読なしのプロシーディングとして登録されたもの

その他：発表形式が論文発表で、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）

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

案件数：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）

高エネルギーX線を用いた“乱れた構造”の精密構造解析

財団法人高輝度光科学研究センター
小原 真司、大石 泰生
日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター
米田 安宏、松本 徳真、鈴谷 賢太郎

Abstract

With the arrival of the latest generation of synchrotron sources and the introduction of advanced insertion devices (wigglers and undulators), the high-energy ($E \geq 30$ keV) X-ray diffraction technique has become feasible, leading to new approaches in the quantitative study of the structure of disordered materials. High-energy X-ray diffraction has several advantages: higher resolution in real space due to a wide range of scattering vector Q , smaller correction terms (especially the absorption correction), reduction of truncation errors, the feasibility of running under extreme environments, including high-temperatures and high-pressures, and the ability to make direct comparisons between X-ray and neutron diffraction data. Recently, high-energy X-ray diffraction data have been combined with neutron diffraction data from a pulsed source to provide more detailed and reliable structural information than that hitherto available. This article reviews and summarizes recent results obtained from the high-energy X-ray diffraction on glass, liquid, amorphous and crystalline materials using bending magnet beamlines at SPring-8.

1. 研究の背景

ガラスや液体などのいわゆる非晶質物質は、結晶性物質にはない特異な物性を示し、その工学的価値は結晶に劣らず広範囲である。そして、その物性の解明、材料としての実用化とその安全性の確立には、結晶性物質と同様に構造に基づいた物性理解が不可欠である。しかし、非晶質物質は、構造が統計的に等方性を示し、長周期性がなく、また、構造理解の基礎となる解析的な数学理論も欠如していることから、未だ構造を解析的に記述する、つまり構造を決定し表現することが困難である。これまで多くの非晶質物質の構造が、X線や中性子線、電子線を用いて研究されてきたが、ほとんどの場合、比較的解析が容易な短距離の構造（四面体、八面体などの構造ユニットあるいはクラスター構造）の解析に限られていた^[1, 2]。しかし、非晶質物質の持つ特異性を構造的に理解するにはより高次の広範囲の構造、上記のユニットやクラスターの繋がり（中距離構造）を知ることが重要である^[3, 4]。

非晶質物質の回折実験は、これまで実験室光源を用いたX線回折や中性子回折が主流であった。中性

子回折の場合は、パルス中性子の出現により、高い散乱ベクトル Q ($=4 \sin \theta / \lambda$, 2θ : 回折角, λ : 入射X線の波長)まで回折データが得られることにより、規格化された回折データをフーリエ変換して得られる実空間関数の分解能を飛躍的に向上させることができるため、非晶質物質の回折実験の主流となった。一方、通常の実験室光源や従来の放射光源を用いたX線回折の場合には、低エネルギー、すなわち長波長であることから、限られた回折角で高 Q には到達できず、また、高い Q で散乱断面積が小さくなってしまいう本質的な問題を乗り越えるだけの強度を有していないので、回折データを高い Q まで精度良く測定することは困難であった。近年、SPring-8のような第三世代の放射光源や挿入光源の発達に伴い、高強度の高エネルギーX線 ($E \geq 30$ keV) が利用可能となり、高エネルギーX線回折は中性子回折に匹敵する高い Q まで回折データを測定できるようになった。以下に高エネルギーX線の利点を示す。

高強度で短波長のX線であるため、比較的low angleの回折実験で、高い散乱ベクトル Q まで回折データ

の測定が可能。

さらに、試料による吸収や多重散乱の影響が小さく、かつ補正因子の角度依存性もほとんど無視できる。

試料容器、高・低温装置の窓材等の吸収の影響も小さく、また、窓そのものを小さくしても広い Q 領域を測定できるため、セルに封入された試料の測定、低温、高温実験、高圧実験が容易である。また、二次元検出器等を利用した、広い Q 領域の迅速測定が可能である。

反射型の実験に比べて、低角度散乱での試料表面の影響（固体表面の粗さや液体の表面張力）を受けにくい。

100keV以上の高エネルギーX線を利用する場合は、ほとんどの元素のK吸収端エネルギーを上回っているため、蛍光X線をディスクリミネータ、フィルター等で除去が可能。

中性子に比べて、高強度であり、ビームサイズも小さいので、微量試料でも十分に統計精度の高い回折データが得られる。

このように、高強度の高エネルギーX線を用いれば、実験室光源や従来の放射光源では得られなかった高精度の回折データを得ることができ、精密構造解析が行える。

SPring-8では、最初の非晶質物質の高エネルギーX線回折実験は、原研ビームラインのBL14B1で行われた。偏向電磁石から水平方向に発散したビームを集光させるため、モノクロメータの第二結晶にベント機構を備えた集光光学系（サジタルフォーカスベンダー）^[5]を用いて高強度を達成することにより実験を遂行することができた^[6]。続いて、共用ビームラインである高エネルギーX線回折ビームラインBL04B2^[7]が立ち上がり、非晶質物質専用の二軸回折計^[8]およびダイヤモンドアンビルセル（DAC）を用いた高圧実験用のイメージングプレート（IP）回折計が設置された。BL04B2では既存の共用偏向電磁石ビームラインでは行われていなかった高エネルギー領域での集光光学系を組むために、水平振りの湾曲型結晶分光器を採用しており、分光結晶のブラッグ角は3°であり、下流のコンポーネントは6°に曲げて設定されている。現在使用できる分光結晶はSi 111とSi 220であり、得られるエネルギーはそれぞれ、37.8keV、61.7keVであるが、Si 111の場合は3次光の113.4keVも使うことができる。ビームラインの詳細は文献^[7,9]を参照されたい。

2. BL04B2にインストールされた非晶質物質用二軸回折計

前述のように、BL04B2には非晶質物質用二軸回折計がインストールされている。本回折計は高温融体の実験等を想定して、水平型を採用している。水平型を採用した場合には、高角度側で偏光因子による強度の減衰という欠点があるが、高エネルギーX線を用いていることにより実験自体は低角度で行えるために、その影響はさほど大きくない。図1に二軸回折計^[8]を示す。回折計は、通常の -2θ および ω のステップスキャン法および二次元検出器を用いた測定を前提に設計されている。非晶質物質の回折実験を行うに当たって装置に要求される条件としては、なるべく低角度からバックグラウンドを抑えて多くの光子を試料に当てることである。そのために、ダイレクトビームストップの配置や検出器の遮蔽、受光スリットの組み合わせ等に工夫が施されている。通常、用いられる 2θ の範囲は、61.7keVの場合は0.2°~60°、113.4keVの場合は0.1°~35°である。

3. 酸化物ガラスの高エネルギーX線回折実験

酸化物ガラスは、ガラスの中でも典型的なものであり、これまで多くの研究がなされてきた。とりわけ、ガラスのネットワーク構造を形成する役割を担うネットワークフォーマーガラスである、SiO₂、GeO₂、B₂O₃は回折実験のみならず、分光実験、計算機実験から多数の研究がなされてきた。にも関わらず、これらの中距離構造の違いは完全に解明されていない。そこでSPring-8 BL04B2ではこれまでこ

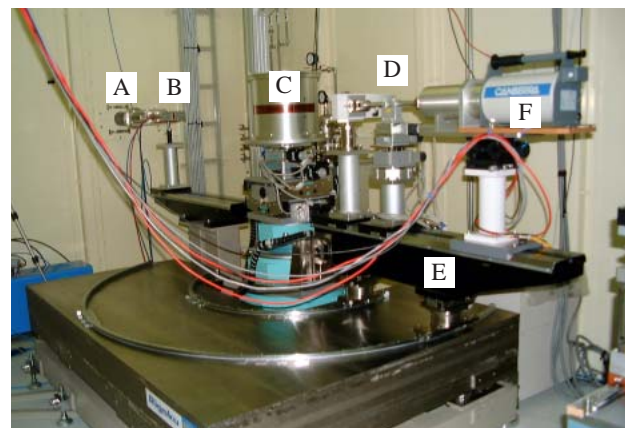


図1 SPring-8高エネルギーX線回折ビームラインBL04B2に設置された非晶質物質用二軸回折計^[8]
A: Be窓、B: イオンチャンパー、C: 真空チャンパー、D: スリット、E: 2θアーム、F: Ge半導体検出器

これらのガラスの高エネルギーX線回折実験を行い、パルス中性子回折のデータを併用して、逆モンテカルロ (Reverse Monte Carlo, RMC) シミュレーションからこれらの中距離構造の解明を行ってきた。

図2にX線回折および中性回折から得られたSiO₂, GeO₂, B₂O₃の構造因子 $S(Q)$ を示す。中性子回折実験はすべてパルス中性子のデータであるが、SPring-8 BL04B2, BL14B1で測定したX線回折のデータは中性子回折並に高い Q まで統計精度良く測定できていることが分かる。実験室光源や従来の放射光源から得られるX線回折実験では $Q_{max}=16 \text{ \AA}^{-1}$ 程度であったことを考えると、高エネルギーX線が非晶質物質の回折実験に必要不可欠であることが分かる。高い Q まで回折データを測定することの最大の利点の1つはフーリエ変換した実空間関数の分解能が向上することであるが、詳細な説明は文献^[15, 16]を参照されたい。

RMCによるフィッティングの結果を図2に黒線で示す。RMCの詳細については文献^[17]を参照されたい。これより、RMCの構造モデルはX線回折および中性子回折の $S(Q)$ を広い Q 範囲で再現しており、より信頼性の高い構造モデルが得られたと言える。

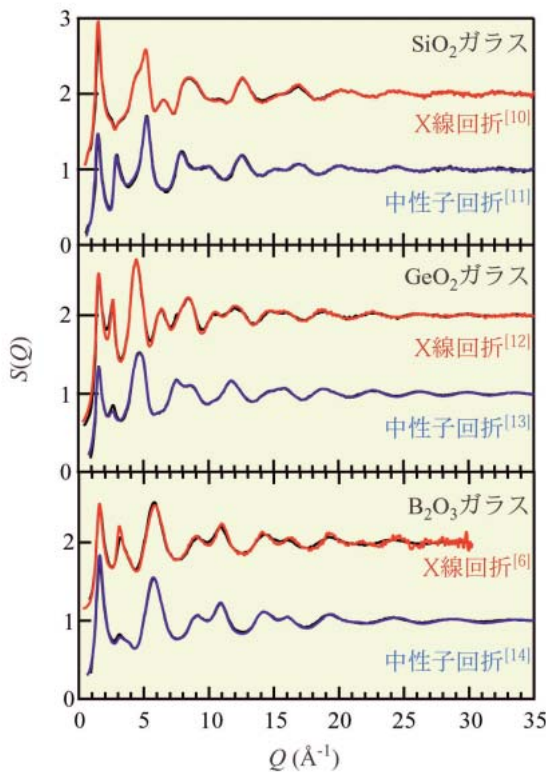


図2 SiO₂, GeO₂, B₂O₃ガラスの構造因子 $S(Q)$
赤線：X線回折、青線：中性子回折、黒線：RMC

SiO₂, GeO₂ガラスはSiO₄, GeO₄四面体が、B₂O₃ガラスはBO₃というOの3員環平面構造がOを共有して繋がりネットワーク構造を構成していることが知られているがその詳細は未だ完全に解明されていない。図3にRMCの構造モデルから計算された角度分布関数を示す。O-Si-O, O-Ge-Oは約109°にピークを持ち、SiO₄, GeO₄が存在していることを意味しており、RMCの構造モデルから計算された配位数が約4であることと一致している。また、O-B-O, B-O-Bは共に120°にピークを持っていること、またB-B-Bが60°にピークを持っていることから、BとOによる6員環 (Bの3員環)、いわゆるボロクソールリング (図3c) を形成していることが分かる。一方、SiO₂, GeO₂ガラスの場合は、Si-O-Si, Ge-O-Geは120°よりも大きい角度にピークを持っていることから、ボロクソールリングのような対称性の良い小さいリングではなく、より大きなリングが存在していると考えられる。また、Si-Si-Si, Ge-Ge-Geの60°のピークはその強度が小さいことから、3員環の存在を表しているとその含有率は低く、その構造は図3(a)に示し

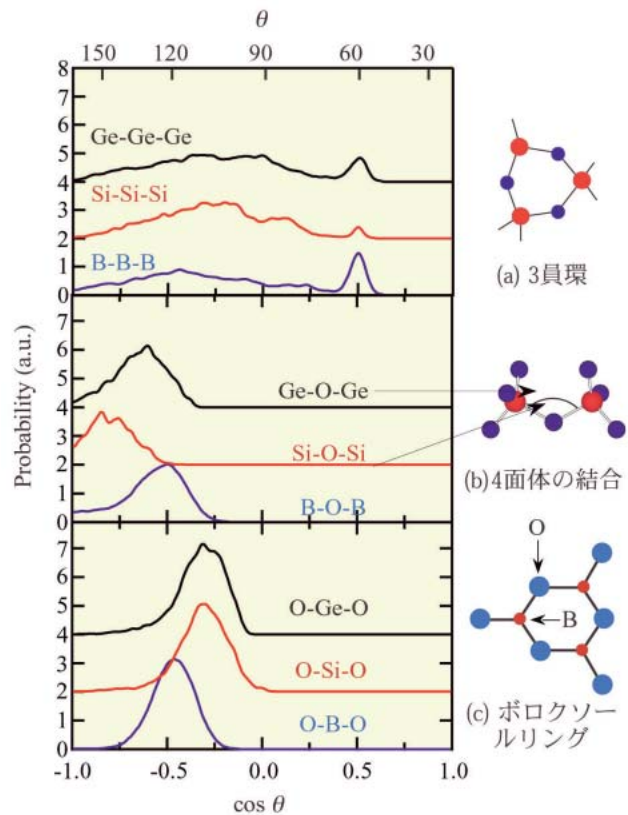


図3 RMCの構造モデルから計算されたSiO₂^[10], GeO₂^[12], B₂O₃^[6]ガラスの角度分布関数とリング構造の模式図
赤線：SiO₂、黒線：GeO₂、青線：B₂O₃

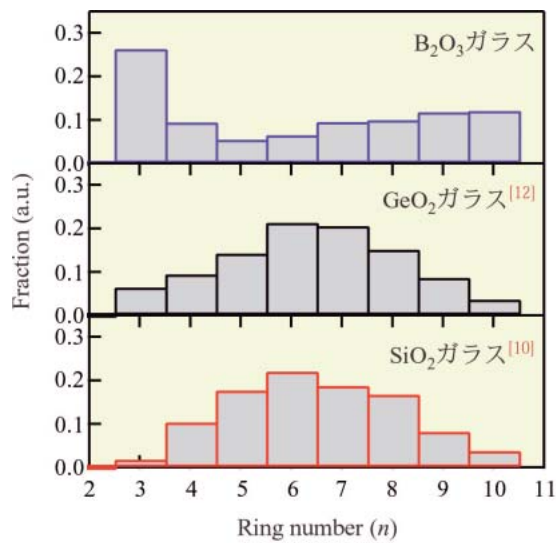


図4 RMCの構造モデルから計算されたリング分布

たものであると考えられる。さらに、Si-Si-Siの60°のピークはGe-Ge-Geのそれより小さいことから、SiO₂はGeO₂より3員環の濃度は少ないと推測される。以上の予測は、図4に示したリング分布および図5の3次元構造に反映されている。

以上の検討より以下のようなことが明らかとなった。B₂O₃ガラスはB₃O₆というボロクソールリングと呼ばれる6員環（B、Oの3員環）平面構造の結合により中距離構造が形成されている。また、SiO₂、GeO₂ガラスは四面体がOを頂点共有することによりSi、Geの6員環（Oの6員環）が形成されているこ

とが分かるが、その3員環の濃度はSiO₂ガラスのほうがGeO₂ガラスより少ない。SiO₂、GeO₂ガラスのリング構造の差は、Durbenら^[18]が過去に予測しているが、本研究においてはじめて実験データに基づいたシミュレーションにより明らかになった。

4. 高温融体の高エネルギーX線回折実験

BL04B2では高温液体の実験をめざし、高温電気炉（～1200）の立ち上げ実験を行った。こういった実験は、実験室光源のX線を用いて反射法で測定するというのが一般的な方法であった。しかしながら、液体の回折パターンを測定する際、表面反射を利用する実験室光源の低エネルギーのX線を用いた場合、液体の表面張力の影響を受けるため、*Q*の低い領域を正確に測定することは困難である。こういった原因により生じる誤差は透過法で測定を行った中性子回折の結果との差分を取ることでより導かれる単原子液体の電子 - イオン相関の研究^[19]を行う上で大きな障害となる。そこで、単原子液体の中でも比較的融点の低い液体Znを選んで高エネルギーX線を用いた透過法による回折実験を試みた。

試料容器には、円筒形の内径3 のアモルファスカーボンを用いた。Znは比較的重い原子であること、試料の回転中心からのずれ等から生じる吸収、偏光因子の補正の誤差の影響を抑えるには低角度に回折パターンを畳み込むことが有効であるという観点から、実験にはSi 111から得られる113.4keVの単色光を用いて実験を行った。測定にはアモルファスカーボンのバックグラウンド測定も含めて約8時間

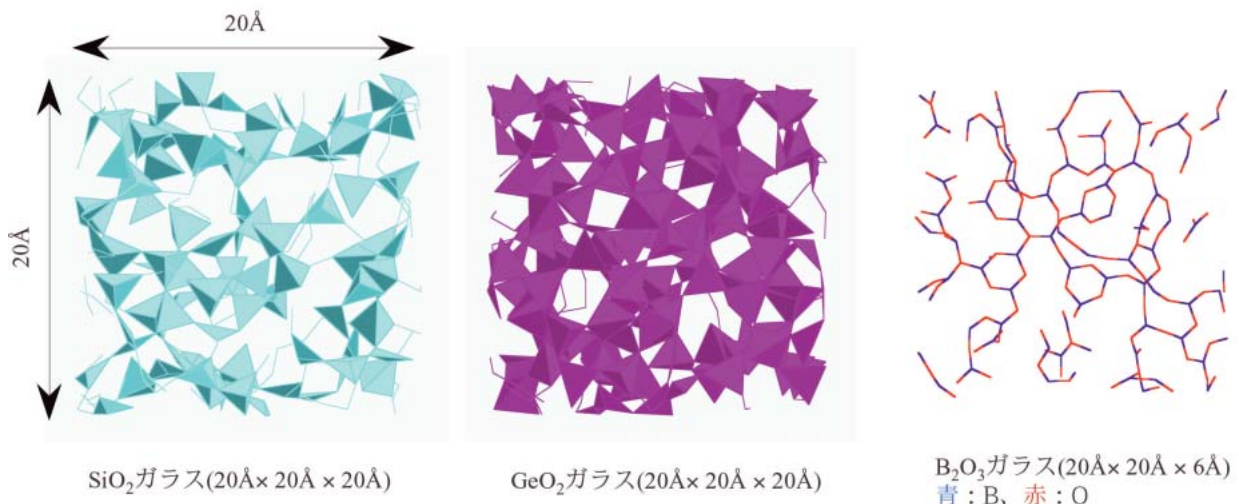


図5 RMCから得られた3次元構造

を要した。図6にZnの435 °Cにおける構造因子 $S(Q)$ を示す^[20]。内側に記した $Q[S(Q)-1]$ に Q の重みをかけた $Q[S(Q)-1]$ から分かるとおり、試料容器であるアモルファスカーボンのバックグラウンドの補正が完全でないものの、 $Q=20 \text{ \AA}^{-1}$ まで有意のある振動が統計精度良く観測できた。また低 Q 側においても中性回折の結果と差分を取るに値するデータの測定が行えた。今後さらに高精度のデータを得るためには、試料容器の材質、形状、回転中心の精度の向上等、まだ解決すべき課題は多い。しかしながら、こういった問題をひとつひとつ解決することにより、これまでは決して得られなかった高精度の液体の回折情報に基づいた新しいサイエンスが期待できる。

5. 結晶のPDF (Pair distribution function) 解析

原子の配置すなわち構造を明確に定義できる結晶の場合は、非晶質物質のようにあらためて短・中距離構造を議論する必要はないように思われる。しかし、非常に興味深い物性を示す半導体混晶、誘電体、合金やゼオライトなどの多孔質物質、分子結晶などは、結晶として完全には表現しきれない構造的な乱れを内包している。そして、このような乱れ、すなわち結晶構造（以後、このBragg反射の解析から決定された結晶構造を平均結晶構造と呼ぶ）からのずれが、それらの物質特有の性質に直結している。この平均結晶構造からのずれは、散漫散乱やハロー散乱となって観測されるが、このような弱い散乱は通常のBragg反射を使った結晶構造解析ではバックグラウンドとして扱われてしまうため、解析に平均結

晶構造からのずれを取り込むことができない。したがって、上記のような物質の物性の起源を明らかにするには、非晶質物質の解析と同様に、構造因子 $S(Q)$ をフーリエ変換することによって得られるPDF (Pair distribution function) において平均結晶構造からのずれである局所的な構造の乱れ（すなわち短・中距離構造）を解析すること（結晶PDF解析^[21]）が、構造物性としての結晶の構造解析には必要となってくるのである。ここでは、BL04B2における強誘電体半導体混晶 $\text{Cd}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Te}$ の結晶PDF解析を紹介する^[22]。

CdTe および ZnTe はイントリンシックなⅡ-Ⅴ族半導体で、pureな状態では強誘電性は示さない。ところが、これらを混ぜて混晶にすると、室温で自発分極をもつ強誘電体となる。 CdTe と ZnTe はともに閃亜鉛鉱構造であり、シリコンやダイヤモンドの構造と類似しており、正四面体の中心が別の原子で置換された構造である。かりに CdTe と ZnTe を混ぜても、結晶の平均構造に変化はなく、同じ閃亜鉛鉱構造で、対称性の低下を示すような超格子反射は現れない。閃亜鉛鉱型構造のF43mの対称性のもとで、回折データに対しRietveld解析を行ったところ、非常によいフィッティング結果が得られた。この閃亜鉛鉱型の対称性F43mという構造は、強誘電性の発現が許されない対称性である。そこで、この $\text{Cd}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Te}$ 半導体混晶がもつ強誘電性発現機構を明らかにするために、平均結晶構造からのずれの情報を含むPDFの解析が必要となる。図7に回折データを規格化した構造因子 $S(Q)$ を示す。 $Q > 18 \text{ \AA}^{-1}$ に

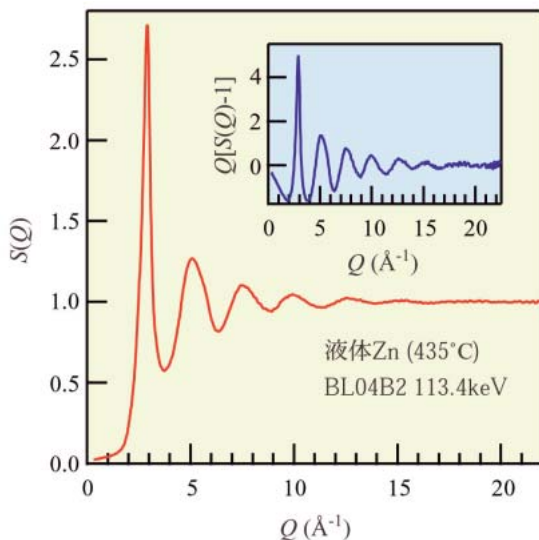


図6 液体Znの構造因子 $S(Q)$ ^[20]

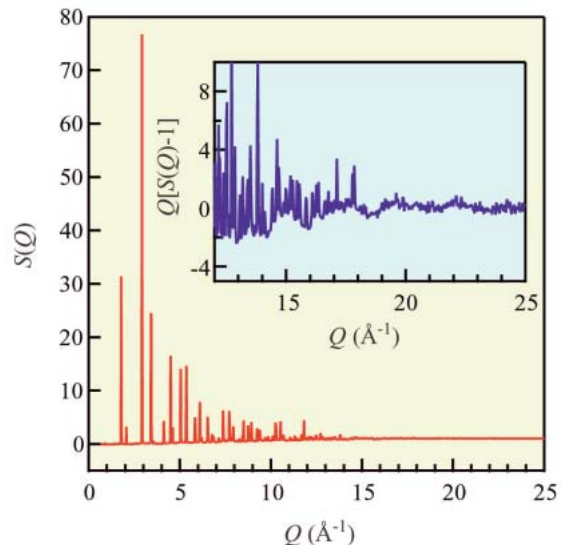


図7 $\text{Cd}_{0.7}\text{Zn}_{0.3}\text{Te}$ の構造因子 $S(Q)$ ^[22]

非晶質物質などでみられる構造の乱れによる振動が観測されている。構造因子 $S(Q)$ をフーリエ変換したPDFを図8に黒線で示す。 $S(Q)$ を高い Q まで統計精度良く測定できているため、十分な実空間分解能を持ったPDFが得られている。Rietveld解析で得られた平均結晶構造（閃亜鉛鉱構造）の原子座標を動かさずに、温度因子だけをパラメータとしてPDFにフィッティングした結果を図8に赤線で示す。閃亜鉛鉱構造（図9a）では、 $r < 10$ のPDFの実験値を再現することはできていないことから、 $Cd_{0.7}Zn_{0.3}Te$ 半導体混晶は平均結晶構造とは異なった短・中距離構造を持つことがわかる。次に、閃亜鉛鉱構造より原子座標をわずかに動かして、フィッティングを行った。その結果、結晶の対称性はF 43mより低い図9(b)のカルコパイライト構造が、短・中距離構造のモデルとして適していることが明らかになった。このカルコパイライト構造はCdとZnがTeの回りに2個ずつ配置しているため、もはや4の対称性はなくなり、強誘電性の発現を許される対称性となっている。このように、強誘電体というのは、ドメインやマイクログレインの存在により平均結晶構造とは異なった局所構造を持っている可能性が非常に高い。この局所構造を、単なるローカル歪みではなく、平均結晶構造からのずれとして議論できる結晶PDF解析は、このような乱れた物質に対して有効である。

6. 高圧下および液体の SnI_4

このように、高エネルギーX線と集光光学系を組み合わせれば、偏向電磁石ビームラインでも微小な試料の高圧下のアモルファス状態の構造解析が可能

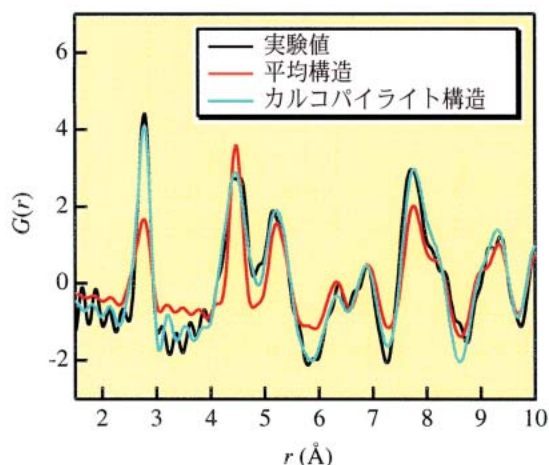


図8 $Cd_{0.7}Zn_{0.3}Te$ の二体分布関数 $G(r)$ [22]

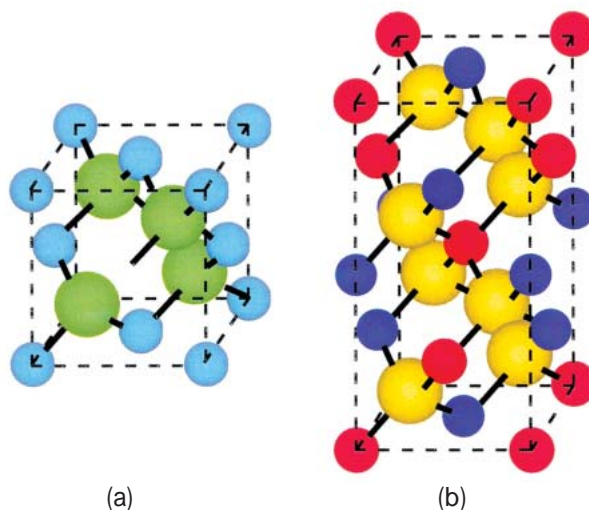


図9 PDFのフィッティング結果から得られた $Cd_{0.7}Zn_{0.3}Te$ の局所構造モデル
(a) 閃亜鉛鉱構造、(b) カルコパイライト構造

である。

BL04B2では、DACを用いた高圧実験用にIP回折計がインストールされている。ここでは、浜谷らにより報告されている SnI_4 の高圧下でのアモルファス状態の研究 [23] について紹介する。

X線回折実験は SnI_4 が重元素から構成されている物質であること、イメージングプレートでできるだけ高い Q まで回折パターンを測定するという目的から61.7keVで行われた。ビームサイズは $40\mu m \times 40\mu m$ で、1つのデータを測定するのに約3時間を要した。

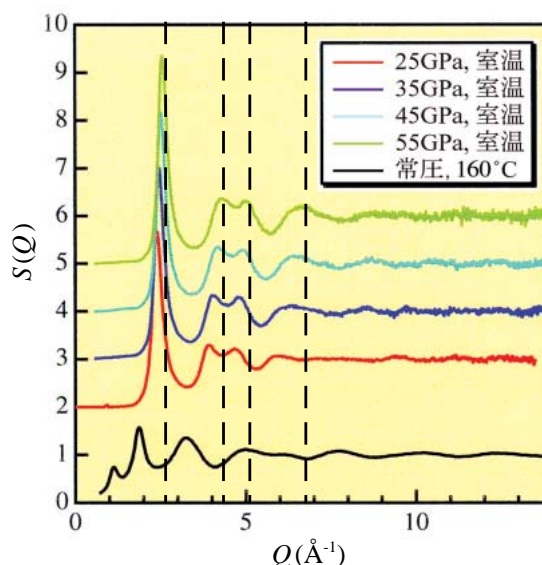


図10 高圧下における SnI_4 の構造因子 $S(Q)$ [23]

図10に高圧下におけるアモルファスSnI₄の構造因子 $S(Q)$ を示す。黒線は、113.5keVのX線を用い、二軸回折計で測定した、常圧、160 の液体のデータである。常圧の液体においては、SnI₄は分子性でSnI₄四面体というユニットを有していることが分かっている。しかしながら、高圧下のアモルファス状態では $S(Q)$ は常圧の液体と大きく異なっており、四面体のユニットは存在していないことが確認された。また圧力の上昇により構造に変化が起きていることは明らかである。

7. まとめ

SPring-8のような第三世代放射光施設では、偏向電磁石ビームラインと集光光学系を用いれば、非晶質物質の高エネルギーX線回折が、他放射光施設の挿入光源ビームラインに匹敵する高精度のデータが高い Q まで測定可能である。

しかしながら、現在行われている実験は比較的重元素を含むガラス、液体の実験が中心であるが、第三世代放射光の出現により可能となったと言われていた軽元素液体の量子効果の研究（例えばD₂O/H₂Oの精密構造解析^[24]）等を行うにはやはりフラックス不足であり、こういった研究は今後挿入光源ビームラインで行う必要もある。

BL04B2に設定されている二軸回折計は、水平型であるため、高温の融体の研究が他放射光施設に比べて容易に行えると言う利点を持つ。今後は、二次元検出器等を組み合わせてつづ、不活性ガス浮上型電気炉^[25]、電磁浮遊型電気炉^[25]を用いた高温融体のコンテナレス測定等を行っていくことが検討されている。

ESRFやAPSなどの他の第三世代放射光施設では、この強力な高エネルギー単色X線と2次元検出器を組み合わせた透過型の回折実験によって、バルク結晶材料の非破壊観察等が盛んである^[26]。高エネルギーX線回折は、今後材料研究における全く新しい方法として基礎と応用両面から広く受け入れられていくものと思われる。

8. 謝 辞

高エネルギーX線回折ビームラインBL04B2の設計および立ち上げに関しては、一色麻衣子氏、後藤俊治氏(JASRI)、竹下邦和氏(JASRI)、石川哲也氏(理研/JASRI)に多大なご尽力をいただきました。またテクニカルスタッフの方のご協力に感謝致

します。SPring-8 BL04B2への非晶質物質用二軸回折計の設置には下村 理氏(原研)の多大なご理解、ご尽力を頂きました。

二軸回折計、IP回折計全般の設計につきましては、(株)リガクおよびユニオン工学のスタッフの皆様にご協力頂きました。また二軸回折計の立ち上げには、坂井一郎氏(広島大学)に協力していただきました。高圧実験のデータは、浜谷 望氏、大村彩子氏(お茶大)にご提供いただきました。

参考文献

- [1] A. C. Wright : Adv. Struct. Res. Diff. Meth. **5** (1974)1.
- [2] A. C. Wright and A. J. Leadbetter : Phys. Chem. Glasses, **17**(1976)122.
- [3] S. R. Elliott : Nature, **354**(1991)44.
- [4] D. L. Price : Current Opinion in Solid State & Material Science, **1**(1996)572.
- [5] Y. Yoneda, N. Matsumoto, Y. Furukawa and T. Ishikawa : J. Synchrotron Rad., **8**(2001)18.
- [6] K. Suzuya et al : Phys. Chem. Glasses, **41**(2000)282.
- [7] M. Isshiki, Y. Ohishi, S. Goto, K. Takeshita and T. Ishikawa : Nucl. Instr. and Meth. A, **467-468**(2001)663.
- [8] S. Kohara et al : Nucl. Instr. and Meth. A, **467-468**(2001)1031.
- [9] 一色麻衣子他 : SPring-8利用者情報, Vol.5, No.2 (2000)94.
- [10] S. Kohara and K. Suzuya : Phys. Chem. Glasses, **43C**(2002)51.
- [11] K. Suzuya et al : Nucl. Instr. and Meth. B, **133**(1997)57.
- [12] S. Kohara and K. Suzuya : Nucl. Instr. and Meth. B, **199**(2003)23.
- [13] C. E. Stone et al : J. Non-Cryst. Solids, **293-295**(2001)769.
- [14] A. C. Hannon et al : J. Non-Cryst. Solids **177**(1994)299.
- [15] 小原真司、鈴谷賢太郎 : 放射光, **14**(2001)365.
- [16] 鈴谷賢太郎、小原真司 : までりあ, **41**(2002)206.
- [17] R. L. McGreevy and L. Pusztai : Mol. Simul., **1**(1988)359.
- [18] D. J. Durben and G. H. Wolf : Phys. Rev. B,

- 43(1991)2355.
- [19] S. Takeda et al : J. Non-Cryst. Solids, **205-207**
(1996)365.
- [20] 小原真司他 : 電気化学会第69回大会講演予稿
集, (2002)309.
- [21] T. Egami : Local Structure from Diffraction
edited by S. J. L. Billinge and M. F. Thorpe,
Plenum Press, New York, pp1, 1998.
- [22] Y. Yoneda, N. Matsumoto, K. Suzuya, S.
Kohara and J. Mizuki: Ferroelectrics, **268**
(2002)277.
- [23] A. Ohmura, N. Hamaya, K. Sato, C. Ogawa,
M. Isshiki and Y. Ohishi : J. Phys.: Condens.
Matter, **14**(2002)10553.
- [24] P. A. Egelstaff : Phys. Chem. Liq., **40**(2002)
203.
- [25] S. Krishnan and D. L. Price : J. Phys.:
Condens. Matter, **12**(2000)R145.
- [26] H. F. Poulsen et al : J. Synchrotron Rad., **4**
(1997)147.

小原 真司 KOHARA Shinji

(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 : 0791-58-2610 FAX : 0791-58-2620
e-mail : kohara@spring8.or.jp

大石 泰生 OHISHI Yasuo

(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 : 0791-58-0831 FAX : 0791-58-0830
e-mail : ohishi@spring8.or.jp

米田 安宏 YONEDA Yasuhiro

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 : 0791-58-0803 FAX : 0791-58-2740
e-mail : yoneda@spring8.or.jp

松本 徳真 MATSUMOTO Norimasa

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 : 0791-58-2637 FAX : 0791-58-2740
e-mail : matsu@spring8.or.jp

鈴谷 賢太郎 SUZUYA Kentaro

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 : 0791-58-0838 FAX : 0791-58-2740
e-mail : suzuya@spring8.or.jp

一本の筋原繊維からのX線回折像撮影

財団法人高輝度光科学研究センター
利用研究促進部門 岩本 裕之

Abstract

By using the combination of intense X-ray beams from an undulator-based beamline at SPring-8 (BL45XU) and a microbeam optics, we were able to record X-ray diffraction patterns from single myofibrils of a striated muscle (bumblebee flight muscle). Unlike in the conventional method, the muscle cell was irradiated end-on, so that a diffraction pattern from a myofibril was recorded without isolating it from the cell. The recorded pattern consisted of a number of hexagonally arranged spot-like reflections, clearly indicating that the reflections originated from a single hexagonal lattice of myofilaments. Since the muscle cells used were ~3 mm long and contained 1000+ sarcomeres connected in series, the result means that the lattices in these sarcomeres are exactly in register. The achievement opens the possibility that the X-ray diffraction technique may be applied to other micrometer-sized protein assemblies in the cell, such as axonemes and mitotic spindles.

1. はじめに

細胞内には各種の機能を営む多種類の蛋白質が存在する。そのうちのあるものは細胞質中または細胞膜に単独で存在しているが、多くのものは他の蛋白質と何らかの複合体を形成しながら機能している。その複合体はときに大規模なものとなることがあり、構成する蛋白質はその中で規則的に配列していることが多い。このようなものは原理的にはX線回折手法による構造解析が可能である。機能性蛋白質の大規模複合体の典型的な例が筋肉であり、その中で収縮蛋白質のミオシンとアクチンを中心に、各種の機能性蛋白質、構造蛋白質や調節蛋白質が極めて整然とした複雑な複合体を形成している。筋肉は、まずサイズが大きいことと、収縮時にダイナミックな状態変化を生じることから、過去50年以上にわたってX線回折手法の格好の試料として用いられてきた。

一方、細胞内には筋収縮装置以外にも各種の大規模蛋白質複合体があり、その働きは筋肉に劣らずダイナミックである。これらには真核生物の繊毛・鞭毛や分裂装置などが含まれる。しかしこれらの複合体は大規模といってもマイクロメートル程度のサイズであり、筋肉よりも何オーダーも小さい。従来、これらの小さな複合体を特に固定したり乾燥したりせず、機能する状態を保った「ネイティブ」な状態でX線回折像記録を行うのは不可能だった。微小試料

からX線回折像を得るためには、バックグラウンドの散乱を抑えるためにもビームサイズを試料と同程度まで絞る必要があるが、従来の光源はそれを行うにはフラックスが不足していた。

第3世代の放射光実験施設の高輝度・高指向性のX線ビームには、この状況を根本的に変えるポテンシャルがある。我々は回折像の性状がよく知られた横紋筋を試料として用い、第3世代放射光源からのX線をマイクロメートルサイズに絞ったときに得られる回折像の質について検討をおこなった。その結果、径わずか2-3マイクロメートルの単一筋原繊維から良質の回折像を短時間の露光で記録することに成功し、従来の径のビームでは見ることはできなかった新しい特徴を観察することができた^[1]。

2. 横紋筋の構造

図1に横紋筋の代表的な例である脊椎動物骨格筋の構造を示す。骨格筋は多数の細長い筋細胞(筋線維)が集まってできた組織である(図1a)。1本の筋細胞も実は多数の細胞が融合してできたもので、径50-100マイクロメートル、長さは数ミリから数センチメートルに及ぶ。この中には径1-2マイクロメートルの筋原繊維が多数ある(図1b)。1本の筋原繊維は、筋収縮の最小単位であるサルコメア(筋節、長さ2-3マイクロメートル)が直列に多数つながっ

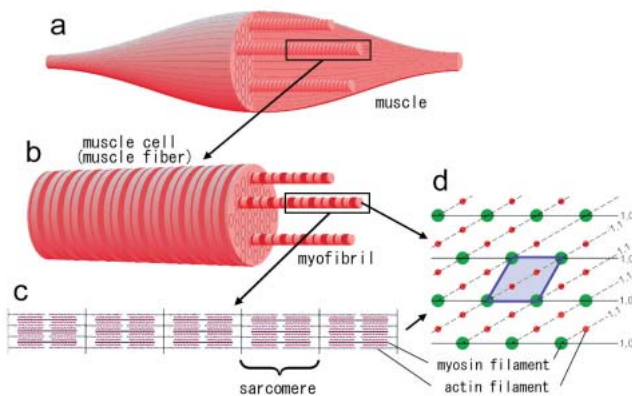


Fig. 1 Structure of vertebrate skeletal muscle. (a), A whole muscle, which consists of a large number of muscle cells (muscle fibers). (b), Structure of a muscle cell (diameter, 50-100 μm). It contains 1000+ myofibrils (diameter, 1-2 μm). (c), Structure of a myofibril, which is made of sarcomeres (the minimum functional unit of muscle, length, 2-3 μm) connected in series. In each sarcomere, two sets of myofilaments (myosin and actin filaments) slide past each other to produce contractile force. (d), Cross section of a sarcomere. Myosin filaments (green) and actin filaments (red) are arranged in a single hexagonal lattice. The area marked by blue lines represents a single unit cell. The numbers 1,0 and 1,1 are the crystallographic indices for lattice planes.

てできている (図1c)。1個のサルコメアの中には2種類のフィラメント(ミオシンフィラメント、アクチンフィラメント)があり、それぞれ収縮蛋白であるミオシン、アクチンが重合してできたものである。これらが互いに滑り合うことで収縮力が発生する。

3. 横紋筋の「赤道反射」

1つのサルコメアの断面を見ると、上に述べた2種のフィラメントが六角格子の形に配列している (図1d)。このため、繊維の軸と直角にX線を照射すれば各格子面に由来する反射を生じる (図2b)。反射は筋肉の長軸 (子午軸と呼ぶ) と直角の赤道方向に出るため、赤道反射と呼んでいる。このときの単位胞 (unit cell) は、4本のミオシンフィラメントに囲まれた菱形の領域としている (図1d)。1,0格子面 (2次元格子のため) はミオシンフィラメントだけを含み、1,1面は単位胞中に2本のアクチンフィラメントを含む。ただしこの構造は無脊椎動物の横紋筋では異なる。1個のサルコメアは単一の格子を含むので、1個の単結晶とみなすことができる。

さて、よく知られるように、ある格子面より反射を生じるためにはいわゆるBragg条件を満たす必要

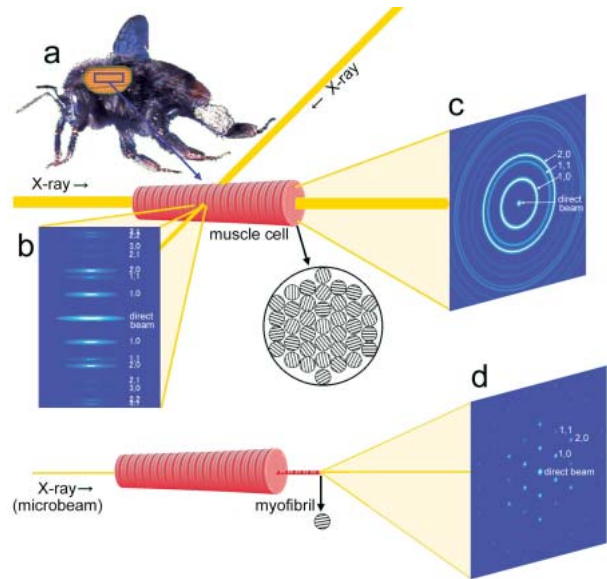


Fig. 2 Expected X-ray diffraction patterns recorded in various ways. (a), Bumblebee from which flight muscle cells were isolated. (b), Equatorial diffraction pattern recorded in a conventional manner. (c), End-on diffraction pattern recorded with X-ray beams with a large diameter. (d), End-on diffraction pattern recorded with microbeams small enough to cover only one myofibril.

がある。すなわち、格子面に対するX線の入射角を θ 、格子間隔を d 、波長を λ とすると、 $n\lambda = d\sin 2\theta$ が成り立つ必要がある。ここで n は整数である。従って特定の反射しか同時に記録されない筈なのだが、実際に筋肉にX線を照射してみると全ての反射が記録されてくる (図2b)。その理由は、X線の光路中にランダムな向きの格子面をもった無数の筋原繊維があるからである。このためあらゆる格子面からの反射が等しい確率で記録されると考えられる。すなわち従来記録されてきた赤道反射は、結晶学でいう「粉末回折」に相当する。格子面の角度に関する情報は失われ、異なる格子面に由来する反射でも格子定数が近ければ重なってしまう。1本の筋細胞はX線回折像が記録された筋肉試料としては従来最小のものであったが、それでも1000本以上の筋原繊維を含んでいるため状況は変わらない。

4. 単一格子からのX線回折像記録

以上から格子面の角度に関する情報を保存するには単結晶、すなわち少なくとも1本の筋原繊維からX線回折像を記録する必要があるのは明らかであろう。しかしこれを実現するためには幾つかの問題を

克服する必要がある。まず、径1-2マイクロメートルの筋原繊維1本を単離し、それを全くねじれない状態で試料セルにマウントする必要がある。また、先に述べたBragg条件の問題があるので、軸を中心に筋原繊維を回転させながら回折像を記録しなければならない。さらに期待される反射強度が従来最小の試料である筋細胞の1/1000である。

これらの問題を克服するために我々が用いた方法は、筋原繊維程度の径の細いX線ビーム（マイクロビーム）を作り、それを従来法と異なり繊維の軸に沿って照射（エンドオン照射）することにより、筋細胞の中の1本の筋原繊維を狙い撃ちすることであった（図2d）。これにより筋原繊維を単離する必要もなく、またBragg条件による制約も回避されて全ての反射が同時に記録できるものと考えた。また光路中にある試料の質量はビームを筋原繊維に直角に当てた場合より大きいので、強度的にも有利である。ただしマイクロビームを筋原繊維と完全に平行にすることは困難が予想された。また単一格子からの反射が得られるためには光路中にある筋原繊維の全てのサルコメアの格子面が揃っていないといけないが、これについては何の保証もない。試料も通常用いられる脊椎動物の骨格筋ではなく、昆虫の飛翔筋（昆虫の胸部にあって羽ばたくのに用いる筋肉）を用いた。飛翔筋は骨格筋に比べて筋原繊維がやや太め（2-3マイクロメートル）で、1本1本がミトコンドリアなど他の細胞小器官の中に独立に浮いている形態のため、1本の筋原繊維を狙いやすいと考えたからである。また格子内の収縮蛋白の配列が骨格筋より規則的（結晶性が高い）なのも利点である。

5. 実験方法

試料はSPring-8の構内で採集したマルハナバチ（図2a）から単離した飛翔筋細胞（長さ約3ミリメートル）である。これを硬直状態（ATPのない状態）にして2枚の石英板に挟み、X線の光軸に平行になるよう試料ステージにセットした。

実験はSPring-8のBL45XU小角散乱実験ステーションで行った。X線のエネルギーは12keVを用いた。マイクロビームは50マイクロメートル厚のタンタル板に2マイクロメートルのピンホールを穿孔したものを2枚直列に並べたもので生成し、試料位置で半値幅0.9マイクロメートルを達成している。カメラ長は2メートル、検出器はX線イメージンテンシファイヤと組み合わせた冷却2次元CCD検出器である。

6. 記録された回折像

図3に実際に記録された回折像を示す。図3aは径50マイクロメートルのピンホールを用いて記録されたマルハナバチ飛翔筋細胞のエンドオン回折像であるが、強度が円周に沿って一様な同心円状の反射が記録されている。これはまさに粉末回折像そのもので、ビームの中に多数の筋原繊維があることを反映している（図2cに相当）。径2マイクロメートルのピンホールを用いた場合も得られる回折像は図3aと類似したものが多いが、しばしば図3b,cのような回折像が得られる。これらの回折像では反射が六角格子の配列に並んだスポット状のものとなっていて、反射が明らかに単一の六角格子に由来することを示している（六角格子のフーリエ変換は六角格子のため）、強度の高い1,0と2,0反射は同位相で、やや弱い1,1反

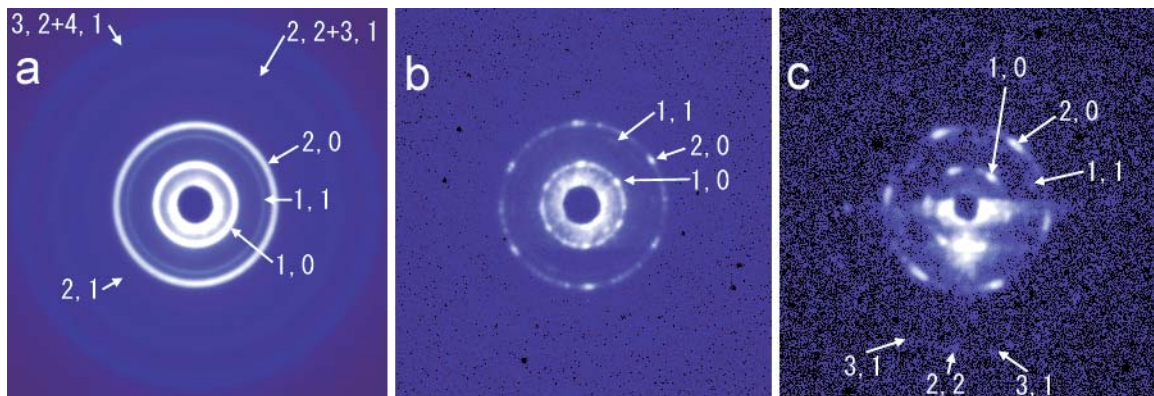


Fig. 3 Diffraction patterns actually recorded from the bumblebee flight muscle cells. (a), End-on diffraction pattern recorded by using 50 μm pinholes. Note that the reflections appear as a number of concentric circles typical of powder diffraction. (b,c) End-on diffraction patterns recorded by using 2 μm pinholes. Note the hexagonal arrangement of the spot-like reflections.

射はこれらと位相が30°ずれているのがわかる。また弱いながら2,2と3,1の高次反射も観察され、これらは格子間隔が近い従来法による赤道反射ではほぼ重なってしまうが、図3cでは独立したスポットとして記録されている。図3cの回折像の露光時間は5秒である。

6角格子の反射がスポット状に見えることは、3ミリメートルの試料の中に1000個程度あるサルコメアの格子面が完全に揃っていることを意味している。隣接したサルコメア間の格子に僅か0.1度のねじれがあったとしても3ミリメートルの間には100度のねじれになるので、図3aと同様な粉末回折像になってしまう筈である。3ミリメートルは飛翔筋のほぼ全長にあたるので、飛翔筋の筋原繊維1本がそれ自体1個の巨大な単結晶とみなすことができる。この驚異的な規則性はどうもハチやハエのような比較的高等な昆虫の飛翔筋に限られるらしく、下等な昆虫の飛翔筋や脊椎動物の骨格筋では観察されていない。

7. 意義

X線マイクロビームを用いて生体試料から回折像を記録する研究は以前よりESRFで行われてきた。試料として用いられたものはコラーゲン、毛髪、クモの糸、木材などの乾燥した硬組織や細胞外性生体高分子である。それに対し今回回折像が得られた試料は遥かに照射損傷を受けやすい細胞内の水和した蛋白複合体で、しかも僅か5秒の露光時間で明瞭な回折像が得られている。最初に述べたように細胞内には真核生物の繊毛、鞭毛や分裂装置など、筋収縮装置以外にも多種の大規模蛋白複合体がある。これらは微小なために従来X線回折法の対象にならなかったが、今回の成功はこれらの蛋白複合体の構造やその変化をX線回折法により解析する可能性を拓くものといえる。

謝 辞

本研究は理化学研究所・構造生物化学研究室の藤澤哲郎、西川幸宏の両博士、高輝度光科学研究センターの若山純一博士と共同で行われた。本研究の出版に当たり有益なご助言を戴いた当財団放射光研究所の八木直人博士、ならびに研究を通じて技術支援を受けた劉如漪氏に感謝する。本研究は、先端的共同利用施設利用促進事業（科学技術振興事業団）の一環として行われた。

参考文献

- [1] H. Iwamoto, Y. Nishikawa, J. Wakayama and T. Fujisawa : Biophys. J., **83**(2002)1074-1081.

岩本 裕之 *IWAMOTO Hiroyuki*

(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 : 0791-58-0803 ext. 3884 FAX : 0791-58-0830

e-mail : iwamoto@spring8.or.jp

略歴: 1997年11月より現職

第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ

総 括

姫路工業大学大学院 理学研究科
籠島 靖

第6回SPring-8利用技術に関するワークショップが、2002年12月18日から20日の3日間の日程で、SPring-8普及棟において開催された。2002年のピークタイムが終了してホッと一息つきたいタイミングであったが、多くの方に参加していただき（全参加者数100名）、主催団体である利用者懇談会の庶務幹事であり本ワークショップを担当した立場として、大変に喜ばしいことであった。各セッションのコーディネーター、事務局をはじめ関係者および参加者に心から感謝申し上げたい。

当初公式には、12月19日と20日の二日間の開催の予定であったが、セッション1のコーディネーターからは是非国際ワークショップの形式で開催したい旨の要望があり、外国人参加者の滞在期間を考慮し、開催日を一日繰り上げることとした。事務局の負担を増やしてしまう結果になってしまったが、従来のワークショップに国際色が加わり、新しい試みとしては成功したのではなかったかと思っている。

一昨年度までの利用技術に関するワークショップは、テーマを限定して開催されてきたが、昨年度からはテーマを提案型にし、その中から主催者が選択したテーマをワークショップとして開催する形式に変更された。今年は5テーマの申込があったが1テーマにはご辞退いただき、「セッション1：X線発光分光の現状とSPring-8における新たな展開の可能性」、「セッション2：SPring-8利用研究の最前線」、「セッション3：不規則系物質の構造解析の最近の進展 - SPring-8の高強度単色高エネルギーX線を用いた精密構造解析-」、「セッション4：超高压・超高温科学

の放射光利用による新展開を目指して」の4つのセッションを開催することとした。セッション3と4はパラレルセッションとなったが、プログラム上は3つのセッションに参加できる構成とした。

各セッションのプログラムを文末に添付した。それぞれのセッションの概要、印象等についてはコーディネーターから寄稿していただいたので是非目を通していただき、SPring-8における利用技術の進展の様子を少しでも身近に感じていただき、各ユーザーの実験に何らかの形で役に立てれば幸いである。

私自身は、ワークショップの担当者として一応全セッションの様子は見て回った。会場の席数に余裕があったせいか空席が目立ったが、各セッションとも活発な議論が行われていたようである。中でも、セッション2の「SPring-8利用研究の最前線」は、コーディネーターの植木先生がセッション冒頭に述べられたように、SPring-8でしかできない第三世代放射光源の利用を強く意識した発表で構成され、常々コヒーレントX線光学の研究を標榜している私にとってはとてもインパクトがあり、強く刺激を受けたセッションであった。いずれ、発表者のOHPで構成される報告書が利用懇会員の皆さんの手元に届くと思うが、是非各会員の今後の利用研究の発展に活用していただきたいと思う。

最後に、12月19日の夕刻に開催されたワークショップ懇親会の様子を載せさせていただく。異なる研究グループの数少ない交流の場として、それなりの「懇親」が図れたものと思っている。



第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ
プログラム

日時：2002年12月18日(水)~20日(金)

場所：SPring-8普及棟

主催：(財)高輝度光科学研究センター、SPring-8利用者懇談会

セッション1：普及棟(大講堂)

「X線発光分光の現状とSPring-8における新たな展開の可能性」

"Present Status and Future Prospects of XES at SPring-8"

コーディネーター：七尾進(東京大生産研)

第1日目 12月18日(水)

午後(13:40-17:30)

- 13:40 - 14:00 Opening Remarks
Yasuo Udagawa (IMRAM, Tohoku Univ.)
- 14:00 - 14:30 "Theoretical Aspects of Resonant Inelastic X-Ray Scattering"
Akio Kotani (ISSP, Univ. of Tokyo)
- 14:30 - 15:00 "Magnetic Circular Dichroism of x-ray emission spectroscopy for Sm L_{3,2}M_{4,5} in Sm-Co alloy"
Tetsuya Nakamura (JASRI)
- 15:00 - 15:30 Coffee break
- 15:30 - 16:00 "Magnetism under high pressure investigated by x-ray emission spectroscopy"
Jean-Pascal Rueff (Univ. Pierre et Marie Curie)
- 16:00 - 16:30 "Soft X-ray emission study on electronic structures of solids; possibilities and perspectives"
Shik Shin (ISSP, Univ. of Tokyo)
- 16:30 - 17:00 "Inelastic Scattering X-Ray with meV resolution at SPring-8"
Alfred Baron (JASRI)
- 17:00 - 17:30 "Current Status of the Taiwan Inelastic X-ray Scattering Beamline at SPring-8"
Yong Cai (Taiwan BL Office at SPring-8)
- 18:00 - 19:30 Banquet (buffet style) only for the session 1

第2日目 12月19日(木)

午前(9:00 - 11:40)

- 9:00 - 9:30 "Inelastic X-ray scattering study of electronic excitations in condensed matter"
Chi-Chang Kao (NSLS)
- 9:30 - 10:00 "Resonant and non-resonant inelastic x-ray scattering studies on Perovskite transition metal oxides"
Jun'ichiro Mizuki (JAERI)
- 10:00 - 10:20 Coffee break
- 10:20 - 10:50 "A crystal array analyzer to study the electronic structure"
Pieter Glatzel (Utrecht Univ.)
- 10:50 - 11:20 "Non-resonant Raman scattering and lifetime-free XAFS in low Z elements"
Hisashi Hayashi (IMRAM Tohoku Univ.)
- 11:20 - 11:40 Concluding Remarks
Susumu Nanao (IIS, Univ. of Tokyo)

セッション2：普及棟(大講堂)

「SPring-8利用研究の最前線」

コーディネーター：植木龍夫(JASRI)

12月20日(金)

午前(9:00 - 12:30)(講演時間は30分+10分)

A. Baron (JASRI)

"High Resolution Inelastic Scattering at SPring-8: instrument and its application"

西野吉則(理研)

「オーバーサンプリングによるX線散乱イメージング」

(X-ray scattering imaging by over-sampling technique)

休憩

熊谷教孝(JASRI)

「蓄積リングのトップアップ運転と将来のリング高度化構想」

(The top-up operation and future development of the storage ring)

岩本裕之 (JASRI)	14:10 - 14:50	「ウェーブレット解析によるガラスの中距離構造の解析」 内野隆司 (神戸大学)
「高輝度マイクロビームを使った生物微細試料の回折」 (Diffraction experiment from minute biological specimen by utilizing microbeam)	14:50 - 15:05	休憩
竹内晃久 (JASRI)	15:05 - 15:45	「逆モンテカルロ法によるネットワークガラスのリング構造解析」 小原真司 (JASRI)
「超高分解能CT法と応用」 (High spatial resolution X-ray CT and its application)	15:45 - 16:25	「高エネルギーX線による圧縮シリカガラスの構造解析」 稲村泰弘 (原研放射光)
セッション3：普及棟 (中講堂)	16:25 - 17:05	「2次元検出器「YAPイメージャー」を用いた高エネルギーX線回折の迅速測定」 広田克也、鈴木昌世 (JASRI)
「不規則系物質の構造解析の最近の進展 -Spring-8の高強度単色高エネルギーX線を用いた精密構造解析-」 コーディネーター：鈴谷賢太郎 (日本原子力研究所)	17:05 - 17:15	「おわりに」 鈴谷賢太郎 (原研放射光)
第1日目 12月19日(木) (講演時間40分、質疑応答を含む)		
午後 (13:25 - 17:05)		
13:25 - 13:30		セッション4：普及棟 (大講堂)
「はじめに」 鈴谷賢太郎 (原研放射光)		「超高压・超高温科学の放射光利用による新展開を目指して」 コーディネーター：清水克哉 (大阪大基礎工)
13:30 - 14:10		第1日目 12月19日(木) (25分講演 (20分発表5分質疑応答) 15分休憩)
「高エネルギーX線とPDF解析による強誘電体の構造」 米田安宏 (原研放射光)		午後 (13:30 - 17:40)
14:10 - 14:50		13:30 - 13:40 「ワークショップの主旨」 清水克哉 (世話人)
「高エネルギーX線回折による液体ゲルマニウムの構造と電子・イオン 関連の研究」 川北至信 (九州大学)		13:40 - 13:50 「Spring-8の現況」 下村 理 (原研放射光)
14:50 - 15:05		< 高温実験 - プレス > 司会：廣瀬 敬 (東工大)
15:15 - 15:45		13:50 - 14:15 「焼結ダイヤモンドアンビルを用いたKawai型装置による高温高压X線 その場観察」 入船徹男 (愛媛大)
「高エネルギーX線とDACを組み合わせた 高圧力下のアモルファス構造解析実験」 大村彩子 (お茶の水女子大学大学院)		14:15 - 14:40 「高温高压その場観察の遷移金属酸 化物単結晶育成への応用」 東 正樹 (京都大学)
15:45 - 16:25		14:40 - 15:05 「液体・非晶質の構造変化」 片山芳則 (JAERI)
「高エネルギーX線を用いたHF系 室温溶融塩の構造解析」 松本一彦 (京都大学大学院)		15:05 - 15:20 休憩
16:25 - 17:05		< 基盤技術 >
「過冷却Si融液の構造と物性」 渡辺匡人 (学習院大学)		15:20 - 15:45 「合成ダイヤモンドのDACへの適用」 角谷 均 (住友電工伊丹研)
18:00 - 19:30		15:45 - 16:10 「高圧下におけるCs ₂ Au ₂ Br ₂ の電 子密度分布： - 高圧回折データの測 定・補正・解析法 - 」 西堀英治 (名大院工)
懇親会		
第2日目 12月20日(金)		
午後 (13:30 - 17:05)		
13:30 - 14:10		
「高エネルギーX線回折ビームライ ンBL04B2および非晶質物質用二軸 回折計」 小原真司、大石泰生、一色麻衣子 (JASRI)		

< 高温実験 - DAC >

16:10 - 14:35 「レーザー加熱による物質合成研究」
遊佐 斉 (物質・材料研究機構)

16:35 - 16:50 休憩

< 超高温実験 >

16:50 - 17:15 「物質分解の拘束による超高压生成」
川島 康 (東海大)

17:15 - 17:40 「高強度レーザーによる超高压超高温発生」
中井光男 (阪大レーザー研)

18:00 - 19:30 懇親会

籠島 靖 KAGOSHIMA Yasushi

姫路工業大学大学院 理学研究科 物質科学専攻

〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

TEL : 0791-58-0230 FAX : 0791-58-0236

e-mail : kagosima@sci.himeji-tech.ac.jp

URL : http://www.sci.himeji-tech.ac.jp/material/x-ray_optics/

略歴:

1996年10月より 現職

2001年 4月より SPring-8利用懇編集幹事

2002年 4月より 同庶務幹事

第2日目 12月20日(金)(25分講演(20分発表5分質疑応答)15分休憩)

午後(13:30 - 16:30)

< 高温実験 - DAC >

13:30 - 13:55 「液体の回折実験」
船守展正 (東大理)

13:55 - 14:20 「BL10におけるレーザー加熱実験:現状と展望」
廣瀬 敬 (東工大)

14:20 - 14:45 「高温高压実験でビームタイムを効率的に使うために」
永井隆哉 (阪大院理)

14:45 - 15:00 休憩

< 高温実験 - DAC >

15:00 - 15:25 「APSで実験してみた」
佐多永吉 (物性研八木研)

15:25 - 15:50 「バセット型外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いたX線回折、赤外吸収、ラマン散乱実験の現状」
川本竜彦 (京大別府)

< 総括 >

15:50 - 16:15 「共用BL運営に関して」
大石泰生 (JASRI)

16:15 - 16:30 「終わりに」
清水克哉 (世話人)

(第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ)

X線発光分光

Present Status and Future Prospects of XES at SPring-8

東京大学 生産技術研究所

七尾 進

X線と物質中の電子との相互作用による発光、散乱スペクトルからは、フォノン励起を含む励起状態に関する直接的な情報はもちろん、バンド構造、結合状態、動的構造因子、二体分布等の、基底状態に関する有用な情報も元素選択的に得ることができ、我々はこうした広義の発光を利用するスペクトロスコーピーを「X線発光分光(XES)」と呼んでいる。XESからは、XAS、XPS、EELSなどの1次光学スペクトルでは得られない情報が得られるので、新しい材料評価法として大きなポテンシャルを備えている。しかしその信号強度が極度に小さいため、本格的な研究が始まったのは、国際的にも高輝度放射光が得られるようになったつい最近のことである。XESは低エミッタンスを特徴とする第三世代の大型放射光が必須のスペクトロスコーピーなのである。

「Present Status and Future Prospects of XES at SPring-8」と題したこの国際ワークショップは、XESの実験技術とそれを用いた測定結果について、国際的なアクティビティを持つ研究グループが情報交換をすると共に今後の協力体制の礎を作ることを目的として開催された。プログラムは前述の総括を参照願いたい。

XESがカバーするエネルギー領域の広さ(meVからkeVまで)と関連する研究領域の多様さ(フォノン分散からXAFSまで)を反映して、発表・討論された内容は、meVの高分解能分光システムや分解能1eVの高感度分光器など様々な測定装置の紹介、非共鳴X線ラマン散乱、選択的XAFS、寿命フリーXAFS、価電子状態、電荷移動効果、価数変化、磁気円二色性のXESによる理論・実験の最新の研究報告であり、極めて内容の充実したものであった。また、懇親会、コーヒープレイクの時間にも研究者

間の議論は非常に活発に行われていたのが印象的で、本ワークショップの開催目的は十分に果たされたと思われる。

七尾 進 *NANA O Susumu*

東京大学 生産技術研究所

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1

TEL : 03-5452-6318 FAX : 03-5452-6319

e-mail : nanao@iis.u-tokyo.ac.jp

(第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ)

SPring-8利用研究の最前線

財団法人高輝度光科学研究センター
植木 龍夫

このセッションは、“SPring-8での利用研究は第三世代施設を生かしているか？”もしくは“SPring-8放射光X線の特徴を生かした利用研究はどのようなものがあるのか？”、といった素朴ではあるが施設者側にとって深刻な質問に答えることを目的として企画された。したがって、セッション名は「SPring-8利用研究の最前線」と大きくしてある。この様なセッションを持つことによって、SPring-8という第三世代放射光施設で今後行われる利用研究に先端的で挑戦的な課題がより多くなることをねらっている。なお、講演者としては出来るだけ若い研究者を指名させていただいた。以下には、プログラムの順番とは異なるが、各講演の概略をお伝えする。

蓄積リングのトップアップ運転と将来のリングの高度化(熊谷教孝、JASRI)

熊谷氏の講演は、加速器の現状(低エミッタンス運転 - 3nm·rad、軌道安定化プロジェクト、低エネルギー運転)、トップアップ運転の技術的な問題と導入スケジュールおよび将来(輝度の改善、極短パルス生成技術、超伝導ウイグラーによる高エネルギーX線の発生)など利用者にとっても重要で盛りだくさんの内容であった。低エミッタンス運転やトップアップ運転は利用に直接関係する報告で、利用者はこの様な情報を見逃さないようにアンテナを張っておかなければならない。

High Resolution Inelastic X-ray scattering at SPring-8 : The Instrument and its application (A. Baron, JASRI)

Baron氏の話はX線および中性子線を使った非弾性散乱の特徴の概観から始められた。ついで、X線を使うならどのような特徴(Niche)を生かすべきか - 対象を非晶質とする、少量で実験が可能および電子散乱など - に言及した。装置に関してはモノク

ロメータおよびアナライザー結晶についてかなり詳しい説明が行われた。BL35XUでの利用研究では、液体マグネシウムとシリコンについてフォノン励起ピークが準弾性ピークの両側に見られ、解析の結果マグネシウムとシリコンのダイナミックスの差が明らかになった。また、MgB₂に関する実験では、幾つかの温度でのエネルギー損失スペクトルの測定からフォノンピークとその分散が認められている。今後、おもしろい物性と絡めた研究が期待されるが、生命現象の解明につながる応用はないであろうか。

オーバーサンプリングによるX線散乱イメージング(西野吉則、理化学研究所)

イメージングという言葉からは、位相コントラスト法、X線顕微法やトモグラフィなどの手法が思い浮かべられる。また、構造解析といえば結晶構造解析ということになる。ここで取り上げた手法は何とも不思議な気持ちにさせられるものである。たとえば、10~100nmといった大きさの規則性のない粒子を対象として、その散乱強度をナイキストの定理で求められるサンプリング間隔よりも2倍以上密に測定し、粒子の初期電子密度をランダムに設定して実空間と逆空間の間で段階的に精密化していく方法である。類似の手法は、タンパク質結晶構造の精密化に使われる“Solvent-flattening”があるので、実はそれほど不思議な方法ではない。この方法を応用すると、X線顕微法よりもはるかに高空間分解能のイメージングを行うことが出来る。今後の応用研究が待たれる。なお、この手法を応用するためにはビームの干渉性が求められる。

高輝度マイクロビームを使った生物微細試料の回折(岩本裕之、JASRI)

この報告は私にとっては“ようやくやってくれました”といったところである。SPring-8計画の当初、

放射光ビームの密度が非常に高いことから、マイクロン級のマイクロビームを使えば微小な結晶性領域からの回折が記録できるのではないかと期待したことがあった。微小結晶の集合体からの回折実験は、粉末回折像を与えるので一般的には三次元構造解析に持ち込むことは大変難しい。とすれば、1個の微小結晶からの回折実験に期待することになる。岩本氏は2マイクロンのマイクロビームを用いて筋繊維を構成する筋原繊維（1個の微小結晶）からの回折像を記録することに成功した。この実験はBL45XUで行われたが、3桁くらい高フラックスであるBL40XUではこの種の実験は容易であろう。生物試料でこのような実験が可能であることから、回折強度が格段に強い非生物試料に多くの可能性があることを示している。ただし、このような回折像からの構造解析に至るにはさらに越えなくてはならない問題が多くあることを付記する。

超高分解能CT法と応用（竹内晃久、JASRI）

放射光X線が高密度ビームとして使えるとしたら、高空間分解能イメージングを研究課題として取り上げるのは必然であろう。竹内氏は、まず古典的な“投影型”トモグラフィーの分解能の限界が1マイクロン程度であることを紹介した。ついで、グループで最近開発している“結像型”マイクロトモグラフィーにふれ、その分解能が原理的には10～100nmにまで到達できることを述べている。BL47XUで行われている開発研究の結果、空間分解能が現時点では0.6マイクロンである。今後の課題は、この高空間分解能三次元トモグラフィー法の応用ではなからうか。

以上、SPring-8のX線の特徴をそれぞれ生かした研究の例を取り上げた。私にとっては大変おもしろかったと思っている。反省点は、このようなセッションをこの時期にやったことであろう。率直に言って、聴衆の少なさには大変残念な思いがある。ほかのセッションの状況も考慮すれば、来年からの利用技術に関するワークショップの持ち方などに大きな転換が必要であると感じた。

植木 龍夫 *UEKI Tatsuo*

(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 : 0791-58-0877 FAX : 0791-58-0878

e-mail : ueki@spring8.or.jp

(第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ)

高エネルギーX線

不規則系物質の構造解析の最近の進展

- SPring-8の高強度単色高エネルギーX線を用いた精密構造解析 -

日本原子力研究所 放射光科学研究センター
鈴谷 賢太郎

2002年12月19、20日の2日間、放射光普及棟において「不規則系物質の構造解析の最近の進展 - SPring-8の高強度単色高エネルギーX線を用いた精密構造解析 - 」と題するワークショップが開かれ、活発な意見交換が行われた。高エネルギー領域 ($E > 30\text{keV}$) の強いX線は、SPring-8のような高輝度放射光源の大きな特徴のひとつである。液体やアモルファスなどのランダム系物質の精密構造解析は、 Q (scattering wavevector) の大きい領域まで正確な回折データが必要であることから、この高エネルギーX線の利用が最も有効な研究領域である。SPring-8では高エネルギーX線回折ビームラインBL04B2を中心に、(単色)高エネルギーX線回折 (High-Energy X-ray Diffraction=HEXRD) を用いたランダム系物質の構造解析が積極的に展開されてきている。それと同時に、得られた良質のデータを精密構造解析に結びつけていく解析法の最近の進展も見逃せない。そこで、ランダム系物質のHEXRD実験、解析に関する現在の技術と知識の共有、そして今後の展開への討論を目的としてこのワークショップが企画された。

ワークショップ初日は、原研・米田氏の結晶構造解析の話からはじまった。誘電体などの局所的に乱れた結晶の場合には、HEXRDで大きい Q まで回折パターンを測定し、高い実空間分解能のPDF (2体分布関数) によって短・中距離構造を観察することが、それらの結晶の構造物性の理解に重要であることが示された。次に、九大・川北氏は、高エネルギーX線の高い透過能と低い散乱角度で大きい Q まで測定できるという特徴によって、電気炉やセルのバックグラウンドにほとんど煩わされることなく高温金属液体の正確な回折パターンが得られるようにな

り、中性子回折との組み合わせで液体金属の電子構造の正確な理解がなされつつあることを報告した。お茶の水女子大院の大村氏は、これまで正確な構造因子 $S(Q)$ を得るのは困難と考えられていたダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた高圧下のアモルファス状態の構造解析の試みが報告された。高エネルギー単色X線とイメージングプレートの組み合わせによって、高圧力下 (最高55GPa) のアモルファス SnI_4 の回折パターンを測定し、 $S(Q)$ の規格化に成功したことが示された。京大院の松本氏は、京大グループが開発した室温で安定かつ優れた物性を示すHF-有機塩系溶融塩について、この様な複雑な構造の液体でも、組成を変えながらHEXRDで丁寧に高い実空間分解能観察を行うことで、その特性 (高電気伝導率等) を支える構造的な特徴を知ることが出来ることを示した。学習院大・渡辺氏は、電磁浮遊法という新しい手法でセルを用いることなく浮上させた溶融Siの白色X線構造解析の結果について報告し、HEXRDで再度精密な測定・解析を行うことの必要性和この様なコンテナレス法とHEXRDの組み合わせの有効性について論じた。

2日目は、SPring-8 BL04B2の担当者であるJASRI・小原氏が、BL04B2 2軸回折計の現状と海外のHEXRDによるランダム系物質の研究事情について報告し、BL04B2の実験環境を整備し、高温、高圧などの極端条件下での実験をより積極的に進める必要性を説いた。神戸大の内野氏は、近年開発されたwavelet法による構造解析を紹介し、従来のフーリエ変換による実空間スペクトルの解析では知り得ない中距離構造に関する情報が得られることとその情報の持つ意味について論じた。引き続き、JASRIの小原氏は逆モンテカルロ法 (=RMC) を用

いたネットワークガラスの中距離構造解析について講演し、ガラスの中距離構造という概念がRMCによる構造モデルによって明確になりつつあることを示し、このような信頼できる構造モデルは大きいQまで回折パターンを精度良く測定できるというHEXRDによる良質のデータに大きく依存していることを強調した。原研の片山氏は病欠の稲村氏に代わって近年話題になっているシリカガラスの高温・高圧下での相転移について講演し、SPring-8での白色X線回折によって大きな構造変化を見出したという最新の成果について詳説した。JASRIの広田氏は、JASRI検出器グループが開発した2次元検出器「YAPイメージャー」について説明し、HEXRDの迅速測定に優れていることがシリカガラスの測定を例に示された。最後に「ランダム系物質高エネルギーX線回折」研究会副世話人の神戸大・梶並氏から全体総括があり、ワークショップは閉会した。

今回のワークショップでの講演はどれも普通の学会ではサイエンスの成果の陰に隠れてなかなか伺うことのできない含蓄に富むものばかりであった。参加者の今後のHEXRD実験、データ解析、研究計画の立案に大いに役立つことと思われる。最後に、ワークショップ開催にあたりお世話いただいた姫路工大・籠島先生や利用懇談会事務局の皆様方、佐久間さんをはじめとするJASRIの皆様方に感謝致します。

鈴谷 賢太郎 SUZUYA Kentaro

日本原子力研究所 関西研究所 放射光科学研究センター
構造物性研究グループ(東海駐在)
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4
TEL : 029-282-6823 FAX : 029-282-5832
e-mail : suzuya@popsvr.tokai.jaeri.go.jp

(第6回SPring-8利用技術に関するワークショップ)

超高圧・超高温科学の放射光利用による新展開を目指して

大阪大学大学院 基礎工学研究科
清水 克哉

2002年12月19、20日の2日間、普及棟において「超高圧・超高温科学の放射光利用による新展開を目指して」と題してワークショップを行い、国内の高圧研究に関わる研究者が集まり、最新の研究成果から技術情報にわたって、活発に意見交換を行いました。近年、放射光の利用により高圧下の物性研究は格段の進展を遂げています。今回のワークショップにおいては高温実験に焦点を絞り、(1) 実験技術の現状、(2) 最新の成果とそれにまつわる技術的な進展、さらに(3) 今後の新たな可能性の3つに重点を置き、これらの情報をSPring-8のユーザーが共有することをめざしました。また、“まだ”ユーザーでない方にも講師をお願いして、現ユーザーだけでなく広く「超高圧・超高温科学」の研究領域の視点からの今後の放射光利用の可能性にも重きを置き、ワークショップを企画しました(前述、総括参照)。高圧発生装置として大きくプレス型とダイヤモンドアンビルに分け、それぞれに於ける加熱法、基盤技術である解析法からダイヤモンドアンビルの合成に至るまで多くの研究者にとって有用な情報を網羅しました。将来の研究の場となると思われるメガバルまたはテラパスカル、数万度の高圧高温領域での実験もプログラムに組み入れました。

当ワークショップを通して、“静水圧性”をキーワードにした低温高圧研究を取り扱った昨年度と同じく、最近の各高圧研究者の技術をいかにして集約していくかが重要であることを再確認しました。つまり、高圧発生技術に加えて高温の生成という複合条件下の測定を行う上では2倍以上のノウハウの積み重ねが必要で、多くの研究者がSPring-8に集い共同で実験を進めていくことが今後目指すべき研究形態と思われます。一般の利用研究の旅費の廃止など上記の必要性には逆行する状況の中ではありません

が、今後の高温高圧科学の新展開を実現するために、新たな体制がユーザーグループには必要であると思われる。

清水 克哉 SHIMIZU Katsuya
大阪大学大学院 基礎工学研究科
〒850-8531 大阪府豊中市待兼山町1-3
TEL・FAX : 06-6850-6446
e-mail : kshimizu@mp.es.osaka-u.ac.jp

理研シンポジウム 構造生物学 ()

「蛋白質複合体の構造生物学：構造からメカニズムの理解へ」 を開催して

理化学研究所 播磨研究所
構造生物化学研究室
小田 俊郎

理研シンポジウムが2月23～24日SPring-8普及棟において、国内外からの講演者(海外1名、国内4名、理研7名+3名)を招待し行われた。理研構造生物チームラインの位相が建設から運用に移行したことに
対して、今回の理研シンポジウムではSPring-8の
紹介ではなくテーマを設定し、そのテーマに沿った
講演を時間の余裕を持って拝聴し討論する企画とし
た。また、RIKEN Structural Biology Journal Club
(代表、足立)の協力を得てポスターセッションを
行い、広く理研で行われている研究を外部に発表す
る場を設けた。140名の方に参加していただいた。

テーマは「蛋白質複合体の構造生物学：構造から
メカニズムの理解へ」である。生体内の蛋白質は、
複合体を形成し機能を発現している場合が多い。生
命を理解するためには、この複合体レベルで蛋白質
の機能を理解することが必要であり、そのためには
X線による結晶構造解析だけではなくNMRや電子
顕微鏡などの構造生物学的手法も活用し、さらに、
遺伝子工学を含む生物化学的手法をも駆使し、総合
的に戦略的に研究を遂行する必要がある。今回のシ
ンポジウムでは、「種々の方法で明らかにされた蛋
白質の構造の中に、如何にして機能を読みとった
か？」に触れた講演を依頼した。

招待講演を依頼する講師を選定するために、プロ
グラム委員会(前田、小田、吾郷、新海、岩崎、海
老原、内藤、Vassilyev)を組織し、特に海外から
の招待講演者を中心に検討した。その際「蛋白質複
合体の構造生物学：構造からメカニズムの理解へ」
を以下の観点から議論した。(1)異なる複数の状態
で複合体の構造を解く。(2)より大きな複合体の構
造を高分解能で解く。(3)蛋白質の結晶構造と計算
機シミュレーションとを結合する。(4)大きな複合

体の結晶構造から動的ゆらぎを理論予測する、等。

高木(Harvard med. school)によるintegrinに関
する講演は興味深かった。Integrinは細胞外の情報
を細胞内に伝え、また逆に細胞内の情報を細胞外に
伝える膜蛋白質である。高木らは電子顕微鏡を用い
単粒子解析を行い、integrinの活性化による構造変
化を明らかにし、その電子密度にintegrinの結晶構
造を合わせることで重要な残基を同定し、その残基
に変異を導入しその同定を確認した。また、横山
(東大、理研)によるhuman epidermal growth
factorのreceptorに関する講演も興味深かった。X
線構造解析による複数の構造により構造変化に重要
な残基を同定し、その残基に変異を導入しその仮説
を確認した。これらのレセプター研究に同様な戦略
を見て取ることができた。

また、米倉(阪大、ERATO)は、flagella
filamentとそのキャッピング蛋白質(HAP2)を低
温電子顕微鏡を用い解析し、対称性のミスマッチを
利用した、フィラメントの伸張とそのキャッピング
とを同時に満たすメカニズムを発表した。同様な対
称性のミスマッチは山下(理研)により報告された
F-actinキャッピング蛋白質(CapZ)とF-actinの間
にも見られ、キャッピングメカニズムに、ある種の
共通性があるのかもしれない。沈(理研)はX線結
晶学によりphotosystem を構造解析し、Mnクラ
スターの配置から電子伝達メカニズムを推定した。
また、Vassilyev(理研)はT7 RNA polymerase
elongation complexの結晶構造からRNAの転写モデ
ルを構築し提唱した。筆者はX線繊維回折法を用い
作成されたF-actinのモデルをもとにフィラメント
の安定性を議論した。これらのモデルは他の方法に
より完全に確認されているわけではないが、構造か

らメカニズムが必然的に見て取れる場合があることを示している。

北尾（原研）は蛋白質の運動性を評価するためのJAMモデル（Jumping-among-minima model）を解説し、このモデルを適用し、NMRにより観測される溶液中のhuman CD2の運動が2つの低次運動モードで表すことができ、さらに、基質の結合に伴う構造変化がその2つの低次運動モードで説明できることを示した。このようなモデル解析は、静的な構造から動的な運動を予測し機能を理解する上で有用であると思われる。また、原研（木津）にはCPUが512個の並列コンピュータ（1TBメモリー）があり、より現実を模した状況下で蛋白質のシミュレーションを行うことが可能になったとの報告があり、近い将来コンピュータシミュレーションが蛋白質の機能理解の重要な1分野になるかもしれない。中迫（慶応大）は蛋白質のまわりには組織化された水が1層あり、その水は蛋白質の運動に伴い再組織化されると報告した。蛋白質の運動を考える上で水を考慮に入れる必要があることを示した。

村上（阪大、PRESTO）からmultidrug efflux transporter AcrBの結晶構造、竹田（理研）からLol蛋白質の結晶構造、Tahirov（理研）からAML1/CBFbeta, Myb-C/EBPbetaの結晶構造の報告があった。また、ポスターセッションから選ばれ紹介された、足立（理研）による低温で状態固定されたhemoglobin R/T状態の構造解析、堀（理研）による無細胞系を用いた膜蛋白質発現系の開発、中津によるluciferaseの発光色を決めている残基の同定、も優れた報告であった。

最後に、玉島さんをはじめとする事務の方々、シンポジウム・ポスターセッションの準備・運営をし

てくださった方々に感謝したい。漠然ではあるが、シンポジウム参加者が蛋白質の構造からそのメカニズムを理解する色々な戦略を感じ取っていただけたなら、幸いである。今回の理研シンポ及びポスターセッション開催についてご意見がある方は以下のアンケートまで。

http://sbc00.harima.riken.go.jp/SBJC/poster/quest_entry.html

プログラム：

膜蛋白質の構造と機能

岩崎憲治（理研）& 吾郷日出夫（理研）

村上 聡（阪大、PRESTO）Crystal structure of bacterial multidrug efflux transporter AcrB.

高木淳一（Harvard medical school）Conformational modulation of the ligand binding function of integrins.

沈 健仁（理研）Mechanisms of light-induced electron transfer and water oxidation in photosystem based on its three-dimensional structure.

横山茂之（東大、理研）Crystal Structure of the complex of human epidermal growth factor and receptor extracellular domains.

竹田一旗（理研）Structures of Lol proteins involved in trafficking of outer-membrane lipoproteins in Gram-negative bacteria.

蛋白質の機能理解へのアプローチ

小田俊郎（理研）

北尾彰朗（原研）Jumping-among-minima model for protein dynamics in the native state.



ポスターセッションの風景



講演風景（講演者：横山）

中迫雅由 (慶応大) Influence of water on structure and dynamics of proteins.

フィラメント状構造体のダイナミクス

前田雄一郎 (理研)

小田俊郎 (理研) Modeling of F-actin: mechanism of F-actin stabilization by natural drugs-phalloidin and dolastatin 11.

山下敦子 (理研) Crystal structure of CapZ: architecture of a heterodimer complex and mechanism for actin filament capping.

米倉功治 (阪大、ERATO) Electron cryomicroscopy of bacterial flagellar structures.

DNA/RNA結合装置のメカニズム

海老原章郎 (理研)

Dmitry G. Vassylyev (理研) Structural studies of single- and multi-subunit RNA polymerases: High resolution structures of a bacterial RNA polymerase holoenzyme and T7 RNA polymerase elongation complex.

Tahir H. Tahirov (理研) Mechanisms of promoter DNA recognition by AML1/CBFbeta, Myb and C/EBPbeta.

PosterからのShort Talks 牧野浩司 (理研)

足立伸一 (理研) Freeze-trapping of reaction intermediates in protein crystals

堀 哲哉 (理研) Expression, purification and refolding of M2 muscarinic acetylcholine receptor on cell-free system

中津 亨 (理研) Bioluminescence Color Catalyzed by Firefly Luciferase

小田 俊郎 ODA Toshiro

理化学研究所 播磨研究所 構造生物化学研究室 前任研究員
〒679-5143 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

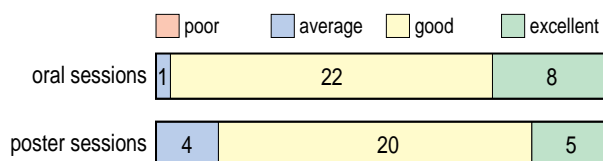
TEL : 0791-58-2822 FAX : 0791-58-2836

e-mail : toda@spring8.or.jp

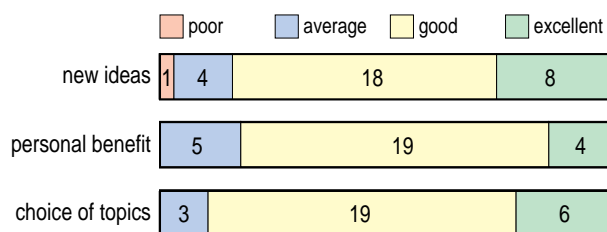
前号（2003年1月号）の「加速器アライメント国際会議（IWAA2002）を開催して」（P34～）の中でアンケート結果（P39）について誤りがありましたので、ここに訂正いたします。なお、ウェブ公開されているPDF版「2003年1月号」では既に訂正されています。

アンケート結果（有効回答31）

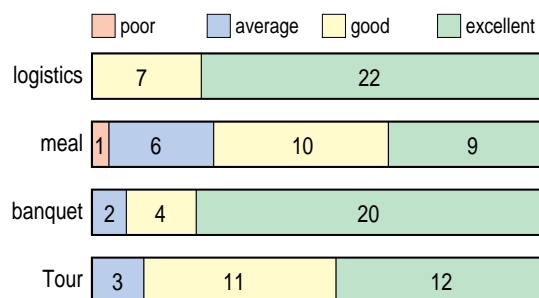
1. What is your general opinion on the presentations?



2. What is your feeling about the presentations?



3. General Organization



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^{こうと}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

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

「SPring-8利用者情報」送付先登録票 The issue of "SPring-8 User Information" Registration Form

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 cut down 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 各部門の配置と連絡先 >
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 ビームライン・技術部門 Beamline Div.	原研関西研 JAERI Kansai Research Establishment
2F 利用業務部 Users Office	原研事務管理部門 JAERI Administration Office
利用系事務 Division assistants	理研事務管理部門 RIKEN Administration Office
安全管理室(受付) Safety Office (Reception)	
1F 総務部 General Affairs Div.	経理部 Finance Div.
役員室 Executive Office	企画調査部 Planning Div.

< ユーザー用談話室 >
 Lounge for Users

場所	室名
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.



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

[方法1] 0791-58-0803 にダイヤルする。 Dial the number 0791-58-0803
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、ビーと鳴ったら、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TEL番号 Ext. Phone No.	PHS番号 PHS No.	外線TEL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(台湾)			58-1867	58-1868
BL12XU(台湾)			58-1867	58-1868
BL13XU	4258	3838	3739	
BL14B1	4267	3183		
BL15XU(物質・材料研)			58-0223	58-0223
BL16XU(産業界)	4297	3631	3632	58-1804 58-1802
BL16B2(産業界)	4297	3633	3634	
BL19LXU 4371				
BL20XU		3144	3145	
BL20B2	4819(医)	3740	3741	
BL23SU	4407	3185		
BL24XU(兵庫)	4417	3186	3187	3188 58-1808 58-1807
BL25SU	4427	3172	3173	
BL27SU	4457	3174	3175	
BL28B2	4477	3746	3747	
BL29XU	4491	3315	3316	
BL35XU	4627	3151	3152	
BL37XU	4647			
BL38B1	4657	3146		
BL39XU	4677	3176	3177	
BL40XU	4687	3153	3154	
BL40B2	4697	3750	3751	
BL41XU	4707	3178	3179	
BL431R	4717	3748	3749	
BL44XU(蛋白研)	4727			58-1814 58-1814
BL44B2	4727	3182		
BL45XU	4747	3180	3181	
BL46XU	4017	3752		
BL47XU	4027	3184		

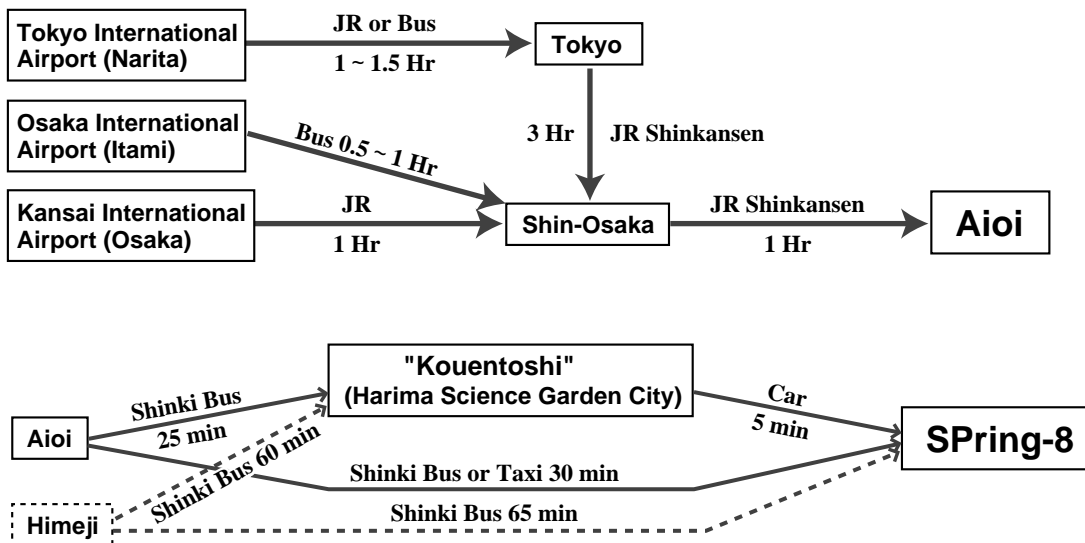
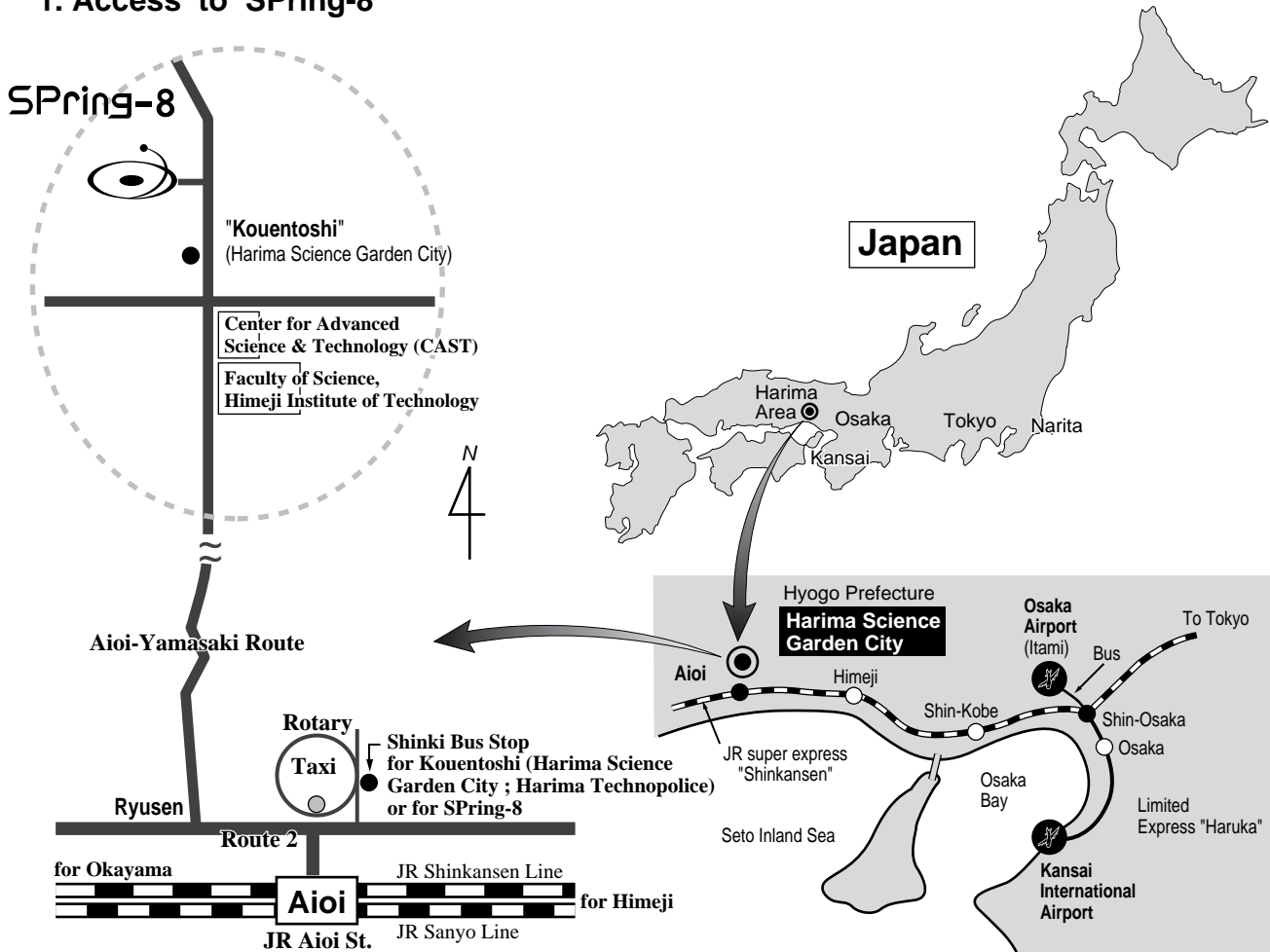
ユーザーグループに貸出しのPHS
PHS Numbers which are lending service from Users Office

ビームライン担当一覧 (2002年4月)

BL01B1 (XAFS)	宇留賀	urugat@spring8.or.jp
BL02B1 (結晶構造解析)	本間	honma@spring8.or.jp
	池田	ikedan@spring8.or.jp
	大隅	ohsumi@spring8.or.jp
BL02B2 (粉末結晶構造解析)	加藤(健)	katok@spring8.or.jp
	北野	kitano@spring8.or.jp
BL04B1 (高温構造物性)	舟越	funakosi@spring8.or.jp
BL04B2 (高エネルギーX線回折)	小原	kohara@spring8.or.jp
	大石	ohishi@spring8.or.jp
	伊藤(真)	mito@spring8.or.jp
BL08W (高エネルギー非弾性散乱)	櫻井	sakurai@spring8.or.jp
	依田	yoda@spring8.or.jp
BL09XU (核共鳴散乱)	石井	ishiim@spring8.or.jp
BL10XU (高圧構造物性)	大石	ohishi@spring8.or.jp
	塩飽	shiwaku@spring8.or.jp
BL11XU (原研 材料科学)	坂田	o-sakata@spring8.or.jp
BL13XU (表面・界面)	田尻	tajiri@spring8.or.jp
	西畑	yasuon@spring8.or.jp
BL14B1 (原研 材料科学)	矢橋	yabashi@spring8.or.jp
BL19LXU(理研 物理科学)	本間	honma@spring8.or.jp
BL19B2 (産業利用)	北野	kitano@spring8.or.jp
BL20XU (医学・イメージング)	鈴木(芳)	yoshio@spring8.or.jp
	高井	takai@spring8.or.jp
BL20B2 (医学・イメージング)	梅谷	umetani@spring8.or.jp
	上杉	ueken@spring8.or.jp
BL23SU (原研 重元素科学)	安居院	agui@spring8.or.jp
BL25SU (軟X線固体分光)	室	muro@spring8.or.jp
	松下	matusita@spring8.or.jp
BL27SU (軟X線光化学)	為則	tamenori@spring8.or.jp
	大槻(治)	hohashi@spring8.or.jp
BL28B2 (白色X線回折)	今井	imai@spring8.or.jp
	梶原	kajiwara@spring8.or.jp
	加藤(和)	kkato@spring8.or.jp
BL29XU (理研 物理科学(長尺))	玉作	tamasaku@spring8.or.jp
BL35XU (高分解能非弾性散乱)	Baron	baron@spring8.or.jp
	筒井	satoshi@spring8.or.jp
BL37XU (分光分析)	寺田	yterada@spring8.or.jp
	伊藤(真)	mito@spring8.or.jp
BL38B1 (R&D(3))	谷田	tanida@spring8.or.jp
	三瀬(圭)	miurakk@spring8.or.jp
BL39XU (磁性材料)	鈴木(基)	m-suzuki@spring8.or.jp
	河村	naochan@spring8.or.jp
BL40XU (高フラックス)	井上(勝)	katsuino@spring8.or.jp
	岡	oka@spring8.or.jp
BL40B2 (構造生物学)	三瀬(圭)	miurakk@spring8.or.jp
	井上(勝)	katsuino@spring8.or.jp
	吉村	
	小寺	mkotera@spring8.or.jp
BL41XU (構造生物学)	河本	kawamoto@spring8.or.jp
	酒井	saki@spring8.or.jp
BL431R (赤外物性)	森脇	moriwaki@spring8.or.jp
	池本	ikemoto@spring8.or.jp
BL44B2 (理研 構造生物学)	内藤	naitow@spring8.or.jp
BL45XU (理研 構造生物学)	河野	ykawano@spring8.or.jp
BL46XU (R&D(2))	水牧	mizumaki@spring8.or.jp
	池田	ikedan@spring8.or.jp
BL47XU (R&D(1))	淡路	awaji@spring8.or.jp
	竹内(晃)	take@spring8.or.jp

Access Guide to SPring-8

1. Access to SPring-8



2. Contact Points for Transportation

JR Western Japan (JR Nishi Nihon)

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

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

Shinkansen

Tokyo ~ Himeji, Aioi (Hikari and Kodama) 15,210 yen

Nagoya ~ Himeji (Hikari and Kodama) 8,380 yen

Nagoya ~ Aioi (Hikari and Kodama) 8,700 yen

Shin-Osaka ~ Aioi (Hikari and Kodama) 4,810 yen

Shinki Bus

Himeji ~ SPring-8 1,140 yen

Aioi ~ SPring-8 710 yen

Aioi ~ Harima Science Garden City 660 yen

Taxi

Aioi ~ SPring-8 About 5,500 yen

JR Shinkansen Train Schedule and Shinki Bus Schedule

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

(revised on 10/5/2002)

Shinki Bus ;

(revised on 7/29/2002)

- : 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,

from Tokyo to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen						Shinki Bus		Shinki Bus			
	Tokyo	Shin-Yokohama	Nagoya	Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8	
								700	727			
				612	654		704	730	755			
								735	800			
K603				634	713		728	740	807			
								800	827	835		
							740		→ 845	853		
K605				703	746		756	825	852	900		
								830	857	905		
N 33			641	718	732							
K607				740	824		838	905	932			
								930	957	1003		
N 1	600	616	739	816	830							
K611				835	915		925	935	1002	1007		
								1000	1027			
H111	613	630	808	854	910							
K615				915	957		1010	1030	1057	1103		
N 3	653	709	834	912	926							
H141	633	650	827	920	938	1018						
K617					1036		1047	1100	1134			
H143	746		951	1030	1048	1127	1150		→ 1255			
N 43	720	736	901	938	953							
K619				1017	1105		1120	1130	1157	1203		
N 47	820	836	1001	1038	1053							
K623				1117	1205		1220	1230	1257	1303		
H145	846		1051	1130	1148	1227						
K625					1236		1247	1300	1334			
N 51	920	936	1101	1138	1153							
K627				1217	1303		1317	1330	1357			
H147	946		1151	1230	1248	1327						
K629					1336		1347	1400	1428			
N 55	1020	1036	1201	1238	1253							
K631				1317	1403		1417	1430	1457	1503		

Train name	Shinkansen						Shinki Bus		Shinki Bus			
	Tokyo	Shin-Yokohama	Nagoya	Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8	
H 151	1046		1251	1330	1348	1427						
K633						1436		1447	1500	1527		
N 59	1120	1136	1301	1338	1353							
K635					1417	1503		1517	1530	1557		
H 153	1146		1351	1430	1448	1527						
K637						1536		1547	1600	1627		
N 63	1220	1236	1401	1438	1453							
K639					1517	1605		1620	1630	1657	1703	
H 103	1237	1253	1430	1524	1542	1612	1630		→ 1735			
H 155	1246		1451	1530	1548	1627						
K641						1636		1647	1700	1727	1733	
N 67	1320	1336	1501	1538	1553							
K643					1617	1704		1718	1730	1757	1803	
H 157	1346		1551	1630	1648	1727						
K645						1736		1747	1810	1837	1843	
N 71	1420	1436	1601	1638	1653							
K647					1717	1803		1817	1841	1915		
H 161	1446		1651	1730	1748	1827						
K649						1836		1847	1915	1942	1948	
									1945	2012		
H 163	1546		1751	1830	1848	1927						
K653						1936		1947	2020	2047		
N 79	1620	1636	1801	1838	1853							
K655					1917	2006		2020	2050	2117		
N 83	1720	1736	1901	1938	1953							
K659					2017	2102		2112	2145	2212		
H 135	1803	1820	2003	2047	2105	2136						
K661						2140		2150				
N 27	1853	1909	2034	2112	2126							
K663					2132	2211			2221			
H 171	1846		2051	2130	2148	2227			2237			
N 29	1953	2009	2134	2212	2226							
K665					2238	2317			2327			

from Hakata to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen				Shinkai Bus		
	Hakata	Hiroshima	Okayama	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
K 600			632	652	700	727	
H 110		600	645				
K 602			659	721	730	755	
					735	800	
					740	807	
H 144			724	741	800	827	835
H 350		651	734				
K 604		622	739	803	825	852	900
					830	857	905
N 6	630	732	806				
K 606		645	811	830	905	932	
H 354	634	748	833				
K 608		718	838	902	930	957	1003
					935	1002	1007
N 8	722	828	904				
K 610		744	911	938	1000	1027	
H 358	739	850	934				
K 612	604	759	938	1002	1030	1057	1103
N 10	830	932	1006				
K 614	653	853	1011	1030	1100	1134	
H 362	839	949	1034				
K 616	731	919	1039	1102	1130	1157	1203
H 364	939	1049	1134				
K 620	818	1021	1140	1206	1230	1257	1303
N 14	1030	1132	1206				
K 622	853	1052	1211	1230	1300	1334	
H 120		1138	1221				
K 624	913	1119	1239	1302	1330	1357	
N 16	1122	1228	1304				
K 626	1000	1152	1311	1330	1400	1428	
H 368	1139	1249	1334				
K 628	1021	1221	1341	1406	1430	1457	1503
N 18	1230	1332	1406				
K 630	1100	1252	1411	1430	1500	1527	
H 372	1237	1349	1434				
K 632	1125	1319	1443	1505	1530	1557	
N 20	1322	1428	1504				
K 634	1200	1351	1511	1530	1600	1627	
H 374	1339	1449	1534				
K 636	1221	1421	1539	1606	1630	1657	1703
N 22	1430	1532	1606				
K 638	1300	1452	1611	1630	1700	1727	1733
H 378	1439	1549	1634				
K 640		1519	1639	1702	1730	1757	1803
H 380	1539	1649	1734				
K 644	1420	1619	1739	1802	1810	1837	1843
					1841	1915	
H 384	1634	1750	1834				
K 648	1514	1711	1839	1902	1915	1942	1948
N 28	1722	1828	1904				
K 650	1545	1742	1909	1931	1945	2012	
K 652	1613	1812	1927	1951	2020	2047	
H 388	1734	1850	1934				
K 654	1639	1836	1959	2021	2050	2117	
H 392	1900	2011	2053				
K 658	1745	1944	2102	2125	2145	2212	

from Harima Science Garden City to Hakata

Shinkai Bus			Train name	Shinkansen			
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Okayama	Hiroshima	Hakata
	640	706	K 603	728	748	916	1115
			H 355		802	846	1008
	727	753	K 607	838	858	1018	
			N 1		917	952	1053
	830	856	K 609	905	926	1059	1302
			H 361		932	1015	1127
913	920	946	K 615	1010	1036	1159	1353
			H 367		1046	1130	1242
	950	1016	K 617	1047	1107	1234	1417
			N 5		1113	1148	1249
1013	1020	1046					
	1050	1116	K 621	1147	1207	1334	1518
			N 7		1215	1252	1357
	1125	1158	K 623	1220	1241	1359	
			H 117		1258	1341	
1143	1150	1216	K 625	1247	1307	1434	1620
			N 9		1313	1348	1449
1213	1220	1246	K 627	1317	1338	1459	1657
			H 375		1346	1430	1541
	1250	1316	K 629	1347	1407	1534	1718
			N 11		1415	1452	1557
1313	1320	1346	K 631	1417	1438	1559	
			H 377		1446	1530	1641
	1355	1428	K 633	1447	1507	1634	1818
			N 13		1513	1548	1649
	1420	1446	K 635	1517	1538	1659	1857
			H 381		1546	1630	1741
	1450	1516	K 637	1547	1607	1734	1918
			N 15		1615	1652	1757
1513	1520	1546	K 639	1620	1640	1759	1953
1545	1550	1616	K 641	1647	1707	1834	2020
			N 17		1713	1748	1849
	1620	1646	K 643	1718	1738	1859	2057
			H 385		1746	1830	1941
	1650	1716					
	1710	1736	K 645	1747	1807	1934	2118
			N 19		1815	1852	1957
1713	1720	1746					
	1740	1806					
1740	1745	1811	K 647	1817	1838	1959	
			H 389		1846	1930	2041
1753	1800	1826	K 649	1847	1907	2034	2220
			N 21		1913	1948	2049
1820	1830	1856	K 651	1912	1940	2059	2257
			H 393		1946	2030	2141
1858	1905	1931	K 653	1947	2007	2133	
			N 23		2015	2052	2157
1925	1935	2001	K 655	2020	2041	2159	
			H 133		2058	2141	
1958	2005	2031	K 657	2045	2107	2224	
			N 25		2113	2148	2249
	2045	2111					
2103	2110	2136	K 661	2150	2210	2324	
			N 27		2215	2252	2357

from Harima Science Garden City to Tokyo

Shinkai Bus		Train name	Shinkai Bus		Shinkansen						
SPring-8	Kouentoshi		Aioi St.	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo
640	706	K 602	721		730	805					
		N 48				827	843	920	1043	1100	
		H 144	741		751	833	850	929		1133	
727	753	K 604	803		825	904					
		N 52				927	943	1020	1143	1200	
830	856	K 608	902		916	1003					
		N 56				1027	1043	1120	1243	1300	
913	920	K 612	1002		1013	1103					
		N 60				1127	1143	1220	1343	1400	
950	1016	K 614	1030		1040						
		H 154			1056	1133	1150	1229		1433	
1013	1020	K 616	1102		1114	1203					
		N 64				1227	1243	1320	1443	1500	
1025			→	1119							
1050	1116	K 618	1130		1140						
		H 156		→	1156	1233	1250	1329		1533	
1125	1158	K 620	1206		1216	1303					
		N 68				1327	1343	1420	1543	1600	
1143	1150	K 622	1230		1240						
		H 158			1256	1333	1350	1429		1633	
1213	1220	K 624	1302		1314	1403					
		N 72				1427	1443	1520	1643	1700	
1250	1316	K 626	1330		1340						
		H 160			1356	1433	1450	1529		1733	
1313	1320	K 628	1406		1416	1503					
		N 76				1527	1543	1620	1743	1800	
1405			→	1509							
1355	1428										
1420	1446	K 632	1505		1515	1603					
		N 80				1627	1643	1720	1843	1900	

Shinkai Bus		Train name	Shinkai Bus		Shinkansen						
SPring-8	Kouentoshi		Aioi St.	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo
1450	1516	K 634	1530		1540						
		H 166			1556	1633	1650	1729		1933	
1513	1520	K 636	1606		1616	1703					
		N 84				1727	1743	1820	1943	2000	
1545	1550	K 638	1630		1640						
		H 168			1656	1733	1750	1829		2033	
1620	1646	K 640	1702		1716	1803					
		N 88				1827	1843	1920	2043	2100	
1650	1716	K 642	1730		1740						
		H 170			1756	1833	1850	1929		2133	
1710	1736										
1713	1720	K 644	1802		1816	1903					
		N 92				1927	1943	2020	2143	2200	
1740	1806										
1740	1745	1811									
1755	1800	1826									
1802	1810		→	1914							
1820	1830	K 648	1902		1914	2003					
		H 176				2016	2033	2125	2259	2316	
		K 650	1931	→	1944	2022					
1858	1905	1931			2001						
		H 390			2016	2045					
		N 30				2053	2108	2145	2307	2323	
1925	1935	2001	K 654	2021	2031	2111					
		N 98				2118	2133	2210	2332	2348	
1958	2005	2031	K 656	2043	2054	2141					
		N 34				2158	2213	2249			
2045	2111	K 658	2125		2135	2214					
2103	2110	2136	K 660	2211	2222	2301					



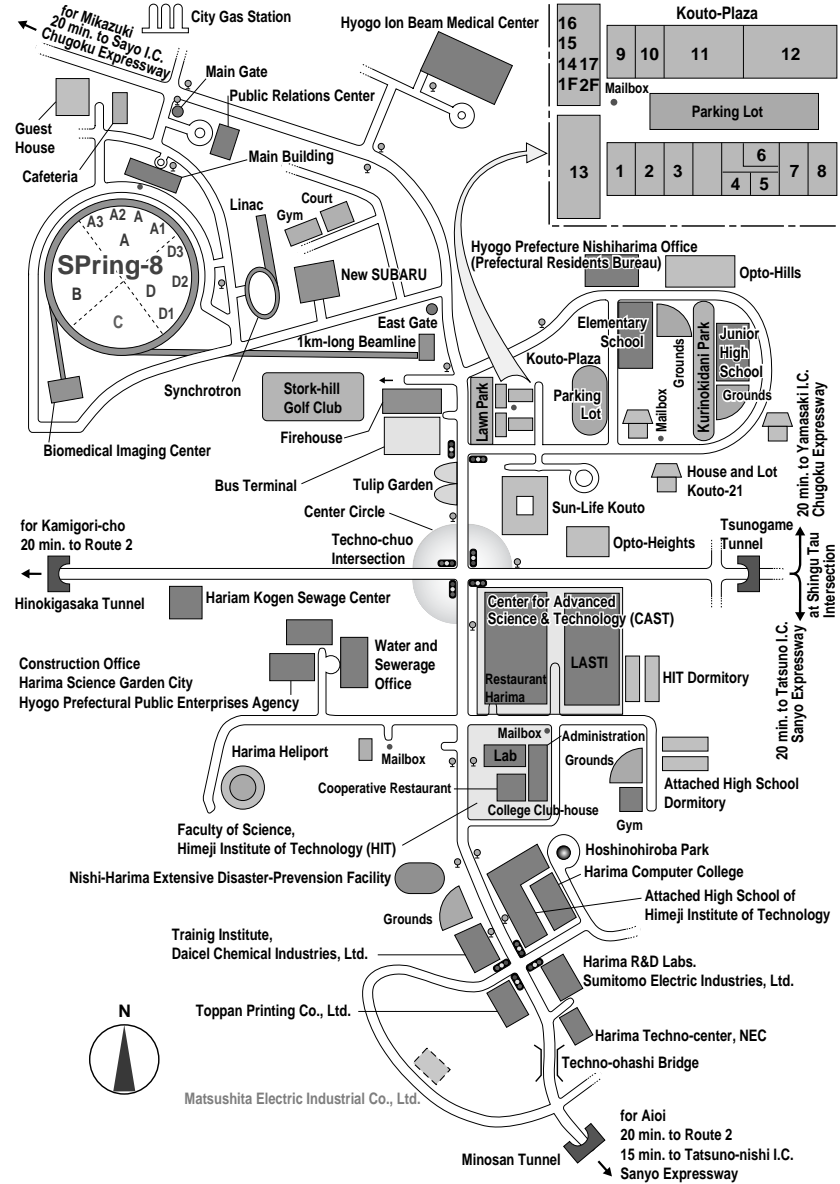
Spring Ocean

(in Ako city)

Harima Science Garden City Map

Kouto Plaza Guide

- 1 Prima Vera (coffee house, miscellaneous goods and flowers)
 - Hours / 9:00 ~ 18:30
 - (in winter time 10:00 ~ 18:00)
 - Closed on Mondays (Open, if Monday is a Holiday)
- 2 Kiraku-Techno Store (Japanese style restaurant)
 - Hours / 11:00 ~ 14:00, 17:00 ~ 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 Saturday night Opens
- 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, rental CDs and Videos)
 - Hours / 10:30 ~ 20:30
 - Closed on New Year Holidays
- 12 Co-op Mini Technopolis (a supermarket)
 - Hours / 10:00 ~ 20:00
 - Closed on Tuesdays
- 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 charge included

{ N } : Tax and Service charge 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

Price/room/night

Special Room (2 rooms)	: 2 beds, a table and chairs, Bath and toilet	7,800 ~ 11,700 yen/person	} { I }
Twin Room (9 rooms)	: 2 beds, bath and toilet	5,500 ~ 8,300 yen/person	
Single Room (18 rooms)	: 1 bed, bath and toilet	5,500 yen	

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

Hotels and Inns in Aioi-shi

() : Distance 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. Price : 4,800 ~ 9,000 yen a night { N }

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

Capacity : 60 persons. Price : 5,800 ~ 6,300 yen a 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. Price : 6,500 yen a 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. Price : 6,500 yen a 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). Price : 6,825 ~ 16,524 yen a night with 2 meals { I }

Hotels and Inns in Himeji-shi

() : Distance 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). Price : 9,000~19,500 yen a 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). Price : 7,500 ~ 18,000 yen a 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). Price : 8,431 ~ 15,015 yen a night { I }

Hotel Himeji Plaza (3 min. walk) 158 Toyosawa-cho, Himeji-shi, 670-0964. Tel : 0792-81-9000

Capacity : 300 persons (Western style). Price : 6,000~15,300 yen a night { I }

Himeji Washington Hotel Plaza (5 min. walk) 98 Higashiekimae, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-25-0111
Capacity : 172 persons (Western style). *Price* : 8,316 ~ 15,592 yen a night [I]

Hotel Okuuchi (5 min. walk) 3-56 Higashinobesue, Himeji-shi, 670-0965. Tel : 0792-22-8000
Capacity : 426 persons (Western style). *Price* : 6,352 ~ 12,705 yen a 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). *Price* : 6,300 ~ 12,600 yen a night [I]

Himeji Green Hotel (12 min. walk) 100 Sakamoto-cho, Himeji-shi, 670-0016. Tel : 0792-89-0088
Capacity : 155 persons, (Western style). *Price* : 6,700 ~ 12,500 yen a 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). *Price* : 6,000 ~ 20,000 yen a 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). *Price* : 5,900 ~ 13,500 yen a 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). *Price* : 4,830 yen a 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). *Price* : 5,500 ~ 15,000 yen a night [I]

Hotel Claire Higasa (5 min. walk) 22 Jyuunisyomae-cho, Himeji-shi, 670-0911. Tel : 0792-24-3421
Capacity : 55 persons (Japanese and Western style). *Price* : 7,035 ~ 13,000 yen a night [N]

Hoteiya Ryokan (6 min. walk) 24 Higashiekimae-cho, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-22-1210
Capacity : 42 persons (Japanese style). *Price* : 9,000 ~ 10,000 yen a 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). *Price* : 8,431 ~ 13,629 yen a 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). *Price* : 6,352 ~ 20,790 yen a 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 yen ~
- 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 Saturday night Opens
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 yen ~
- Restaurant Harima** At the Center for Advanced Science & Technology (CAST), Tel : 0791-58-0600,
Hours : 9:00 ~ 20:00 (Last orders 19:30) Closed during the New Year Holidays
Specialty : Japanese style Noodles and Dinners *Price* : 1,000 ~ 3,500 yen
- “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 yen

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 yen
- 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 yen
- 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 yen
 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 yen
- 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 yen ~
- 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 yen
- 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 yen ~
- 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 yen
- 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 yen ~ (5,000 yen ~, 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

「連載ぶらり散歩道」はお休みさせていただきます。

「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	古寺 正彦	加速器部門
	竹下 邦和	ビームライン・技術部門
	柏原 泰治	利用研究促進部門
	佐々木裕次	利用研究促進部門
	林 卓	施設管理部門
	辻 雅樹	放射光研究所(所長室 計画調整Gr)
	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
	中川 敦史	利用者懇談会(大阪大学・蛋白研)
	佐々木 聡	利用者懇談会(東京工業大学)
事務局	小熊 一郎	利用業務部

SPring-8 利用者情報

Vol.8 No.2 MARCH 2003

SPring-8 Information

発行日 平成15年(2003年)3月20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

(禁無断転載)



「SPring-8」



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^{こうと}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/>