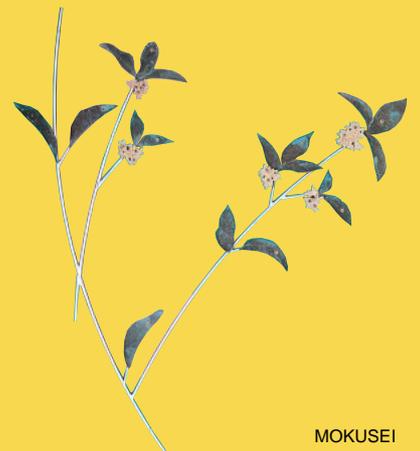


# SPring-8

INFORMATION  
[利用者情報]

Vol.4 No.6 1999.11



## SPring-8 Information

### 目次 CONTENTS

#### 所長室から

From the Director's Office

(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	上坪 宏道 KAMITSUBO Hiromichi	1
---	------------------------------	---

#### 1. ハイライト / HIGHLIGHT

##### 理研ビームラインの現状

Present Status of RIKEN Beamlines

理化学研究所 播磨研究所 X線干渉光学研究室 Coherent X-ray Optics Laboratory, Harima Institute, RIKEN	石川 哲也 ISHIKAWA Tetsuya	4
---	---------------------------	---

#### 2. SPring-8の現状 / PRESENT STATUS OF SPring-8

##### BL・フロントエンド専用冷却水循環装置の工事概況

Construction of the Cooling Facility for the BL-Front End

(財)高輝度光科学研究センター 施設管理部門 JASRI Facility & Utilities Division	鈴木 威男 SUZUKI Takeo	17
---	-----------------------	----

大谷 弘

OHTANI Hiromu

##### SPring-8の高フラックスビームライン (BL40XU) および赤外物性

ビームライン (BL43IR) の利用研究課題の募集開始について

Call for the Beam Time Application for the High Flux Beamline (BL40XU)

and Infrared Materials Science Beamline (BL43IR)

放射光利用研究促進機構 (財)高輝度光科学研究センター Organization for the Promotion of Synchrotron Radiation Research・JASRI		21
---	--	----

##### 共用ビームライン整備に関するビームライン検討委員会の答申の概要 (21本目以降)

Summary of the Public Beamline Committee's Report on Construction of Public

Beamline (After 21 Public Beamlines)

放射光利用研究促進機構 (財)高輝度光科学研究センター 企画調査部 Organization for the Promotion of Synchrotron Radiation Research・JASRI Planning Division		23
---	--	----

##### 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 計画管理グループ JASRI Planning Management Section		25
---	--	----

#### 3. 共用ビームライン / PUBLIC BEAMLINE

##### 赤外ビームライン (BL43IR) の建設

Construction of Infrared Materials Science Beamline (BL43IR)

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 ビームライン部門 JASRI Beamline Division	木村 洋昭 KIMURA Hiroaki	26
--	-------------------------	----

##### チューナブルX線アンジュレータによる高輝度XAFS

High-Brilliance XAFS Using Tunable X-ray Undulator

工業技術院 電子技術総合研究所 電子基礎部 Physical Science Division, Electrotechnical Laboratory	大柳 宏之 OYANAGI Hiroyuki	33
---	---------------------------	----

##### SPring-8ビームライン実験ステーション高度化・整備 - 報告と公募 -

Report and Call for Proposals on Refinement of Experimental Station at the SPring-8 Beamlines

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 利用促進部門長 JASRI Experimental Facilities Promotion Division	植木 龍夫 UEKI Tatzuo	41
--	----------------------	----

4 . 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH

高エネルギーXAFSによる硬質磁性材料 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ の研究  
Study of Hard Magnetic Materials  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  by High Energy XAFS

静岡理科大学 物質科学科  
Department of Materials Science, Shizuoka Institute of Science and Technology

笠谷 祐史  
KASATANI Hirofumi

42

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

XRM99に出席して  
XRM99 Report

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 実験部門  
JASRI Experimental Research Division

淡路 晃弘  
AWAJI Mitsuhiro

46

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

「みちしるべ：狸塚」縁起物語

The Origin of a Signpost "TANUKIZUKA"

48

播磨のお花畑

Flower Gardens in and around Harima

50

7 . 告知板 / ANNOUNCEMENT

(財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所職員の公募

Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI) Invites Applications for Permanent  
Research Positions

55

第13回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム開催要項

Joint Symposium on the 13th Annual Meeting of Japan Synchrotron Radiation Society and  
Synchrotron Radiation Science

57

第4回SR産業利用関連技術国際会議参加のご案内

The 4th International Conference on Industrial Applications of Synchrotron Radiation

58

8 . 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

61

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

63

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

68

宿泊施設 Hotels and Inns

69

レストラン・食堂 Restaurants

71

# 所長室から

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 上坪 宏道

## 1. 供用開始2周年：運用の概括

去る10月6日でSPring-8は供用開始後2周年を迎えた。そこで簡単にこの2年間の共同利用の概要を纏めてみた。

97年10月6日から99年6月末までの期間に、蓄積リングは8140時間余り運転され、実験に供されたユーザータイムはそのうち5612時間（68.9%）である。その他の時間は夏期と冬期の長期シャットダウン後のマシン/ビームラインの立ち上げ調整（800時間余）及び各サイクル開始時の立ち上げとマシンスタディ（1700時間余）であった。なお、99年に各サイクルでユーザーにビームを引き渡す時間を一日繰り上げたため、各サイクルで立ち上げ/マシンスタディに使われた時間は98年の平均89時間から99年には61時間に減っている。因みにこの期間の暦日は15200時間余で、蓄積リングの総運転時間はその53.6%である。また、ユーザーの実験中に何らかの故障でビームの止まった「ロスタイム」の総計は僅かに175時間（ユーザータイムの3.1%）であった。

この期間中に加速器を停止したのは、新しいビームラインをマシン収納部に設置した夏期/冬期の長期シャットダウン時、ゴールデンウィークと各サイクルの切り替え時である。各サイクルは原則として3週間を単位とし、最初の週の月曜、火曜に点検およびクライストロンなどのエージングを始め、水曜にマシン運転を開始する。その後昼夜連続運転して、翌日（木曜）からユーザータイムを開始し、最後の週の金曜17時に停止する。ユーザーの増加に伴って加速器の運転時間を増やすには、ゴールデンウィークの運転と各サイクルの切り替えを翌週の月曜日にすることが考えられるが、そのためには現在でさえ不足している運転員だけでなく、シフト当番、ビームライン当番の要員などJASRIスタッフ（研究者/技術者）の増強が必要である。

蓄積リングは当初目標にしていた仕様値を超える性能を達成し、極めて安定に稼動している。最大蓄積電流は、コミッション時に設定した20mAから98年10月に70mAまで増やし、99年6月から設計仕様の100mAになった。ビーム寿命は100mAで60時間以上であり、通常1日に1回入射している。なお、この秋から蓄積リングビームのオプティクスを変更して、アンジュレータに最適化した運転を行っている。

少数バンチ運転は当初21バンチで行われたが、現在は主に短寿命核種の実験には174バンチ運転、核共鳴非弾性散乱実験等には（14train×21）バンチ運転が行われている。バンチ純度も比較的良く<sup>57</sup>Feの実験には十分であるが、短寿命核種の実験には更なる改善が必要である。一方、少数バンチ運転はビーム寿命が短く他の分野のユーザーにとっては不利であるため、（10+1/12 filling）等の運転を実施してビームを長寿命化したり、複数のビームラインで平行して核共鳴実験を行えるようにして、少数バンチ運転の時間を減らしたりしている。しかし、この分野の発展性やナノ秒領域の時分割計測の展開も考えると、トップアップ運転技術を開発して、少数バンチ運転を定常化する必要がある。

供用開始直後には、共用ビームライン（BL）8本と理研BL及びR&D BLが稼動していたが、98年には共用BL2本、原研BL2本、理研BL、兵庫県BLが新たに稼動した。さらに、年次予算及び補正予算を得て共用BL9本の建設が開始され、すでに5本が完成してこの秋の1998B共同利用から立ち上げ実験に利用されている。また、理研BL2本（1km長尺並びに長直線部BL）と原研BL1本の建設も始まり、長直線部BLを除く2本が稼動し始めた。一方専用施設では、99年に阪大蛋白研BLと核物理研究センターBL及び産業コンソーシアム（産業界13社）ビーム

ライン2本が完成して稼動し始めたほか、無機材研BLと台湾BL2本が建設中である。さらに最近、R&D BLを新たに2本増強することが認められて、その整備が進められている。

なお、前号でも紹介したように、99年度第2次補正予算に4本のBL（表面・界面、X線分光分析、産業利用の共用BL3本と原研BL）を要求している。

供用開始後2年間の共同利用は、立ち上げ時期であったにもかかわらず、比較的順調に進められた。利用研究課題の募集に応募した課題総数は895件で、そのうち実際に実験が行われた課題はその70%に当たる642件である。因みに既に採択の終わった99年後期（1999B）では、期間が短く利用可能なシフト数が少なかったために、平均採択率は57.1%になっている。そのうえ課題採択率はビームライン毎に大きく異なってきていて、例えばユーザーの多いXAFS、結晶構造解析、生体高分子結晶構造解析の3ビームラインについてみると、99年前期の採択率がそれぞれ71%、66%、81%であったのに対して、99年後期には35%、42%、77%になっている。

過去2年間に共同利用実験に参加した研究者は延べ人数で3500名に達している。（このうち2200名余りが旅費支援のユーザーであった。）一方、SPring-8で放射線作業従事者の登録を行ったユーザーは99年3月末現在で1038名で、この数字が共用BL、専用施設や原研・理研BLで昨年度1年間に実験に参加した外部ユーザーの実数である。なお、原研、理研、JASRIの職員の登録者数は461名で、ほぼ1500名の研究者／技術者が実際にSPring-8で研究開発に従事したことになる。なお、SPring-8では毎年放射線作業従事者の登録を再申請して頂いているので、97年10月の供用開始以後に実際に実験に従事した研究者の実数はこれより多い。また、SPring-8利用者懇談会の加入者数は99年9月末現在で1307名である。

最後に成果の発表について述べると、この2年間に発表されたSPring-8の成果に関する論文は99年9月までに報告のあったものが51編で、そのうち34編がユーザーの論文である。なおSPring-8より2年余り早く稼動し始めたAPSの2年前の論文数は57であった。

## 2. SPring-8におけるCOE研究と特定利用制度

放射光施設のような共同利用施設では、施設に常駐する研究者によって行われる恒常的な研究開発が施設性能を常に最先端に保ち、ユーザーに新しい研

究の場を提供することが多い。とくに新しい測定手法の開拓や実験技術の開発には、インハウススタッフが主要な役割を果たしていることは明らかで、国内外に多くの例を見ることができる。

現在SPring-8では第Ⅱ期共用BLの建設が順調に進み、共同利用も軌道に乗ってきている。しかし、今後はこれまでほど順調にBL建設予算を得ることは難しく、SPring-8は建設フェーズから利用フェーズに移っていると考えてよい。従って、施設内研究者が先端的利用技術の開発やその先導的利用研究を実施して、SPring-8を最大限に活用する段階に来ていると判断される。

そこで原研、理研、JASRIが共同して、SPring-8の持っている特長を最大限に生かす新しい研究に挑戦する「高度利用技術研究開発（COE研究）」が計画された。本年度になってから3者の関係者が集まって検討を重ね、ときには科技庁大型放射光施設利用推進室長も参加して討議した結果、大まかな研究の枠組みが纏まり来年度予算に要求している。

内容を説明する前に3者が共同して行う意味を簡単に述べておく。94年10月に施行された「特定放射光施設の供用の促進に関する法律」には、共用施設の建設および維持管理とともに、SPring-8を用いて試験研究を行う者の共用に供することを原研／理研の業務とし、後者を放射光利用研究促進機構（JASRIが指定されている）に行わしめると明記している。しかし同時に法律は、施設利用研究の促進に資する試験研究も機構の業務としていて、JASRIは放射光の提供、利用者支援などの共同利用に対するサービスと共に、研究開発の業務を負うことになっている。

SPring-8の供用開始に伴い、それまで協力して建設を進めてきた原研・理研「共同チーム」は解散して、原研、理研はユーザーに徹し、JASRIが施設の運転、維持管理、高度化の業務を遂行することになった。同時にSPring-8キャンパス内に原研関西研究所放射光利用研究部と理研播磨研究所が設立されて、それぞれ材料科学の研究、構造生物学並びに放射光物理の研究を推進している。

COE研究はSPring-8建設時の経験を生かし、3者が密接に協力して行うことにしている。それぞれが研究の力点を材料科学（原研）、生命科学（理研）及び実験技術・手法（JASRI）に置いて、SPring-8の特長を最大限に発揮させ活用する先端的利用技術開発と、新しい利用分野を開拓する先導的利用研究

を実施する。しかも建設時の「共同チーム」のように、一体感を持ちリーダーシップのある研究体制をとることを目標にしている。

具体的な研究計画は現在「高度利用研究開発委員会（菊田委員長ほか6名）」が検討中であるが、SPring-8の特長を生かす研究の方向として、高エネルギーX線の利用、マイクロ（サブミクロン）ビーム技術の開発と利用など、多くのテーマがリストアップされている。しかし、ビームラインや実験ステーションの高度化の一部も含めて、ステップ・バイ・ステップに進めていくのが望ましく、できれば本年中に活動を開始する方向で準備している。一例として、理研で進めている新しい連携研究「ストラクチュローム」がCOE研究に参加し、JASRIで計画している蛋白質のリアルタイム高速データ解析処理システムを共同で開発することも考えられる。何れにせよ現在具体的な計画を検討中で、必要予算は原研、理研はそれぞれの固有予算を使い、JASRIの分は来年度予算に要求中である。

一方、ユーザーが行うプロジェクト的研究として、新しく「SPring-8特定利用制度」が発足することになった。この制度は従来の6ヶ月有効の課題採択に加えて、新しく長期に亘って計画的にSPring-8を利用することを可能にするもので、長期的、計画的な利用でSPring-8の特長を十分に生かし、学術的あるいは産業技術的にブレークスルーを生み出すような研究成果を得ることを目的にしている。具体的な実施方針は諮問委員会が今年度中に纏めることになっており、すでに諮問委員会委員並びに利用研究課題選定委員会分科会主査などで構成する特定利用制度特別検討部会（主査：村田利用研究課題選定委員会主査）で検討を開始している。この制度でも、ユーザーからの提案にJASRIの研究者/技術者が参加して、建設で培った学問的・技術的な蓄積と経験を生かして、創造的研究の遂行に寄与できればと願っている。

### 3. 国際協力

SPring-8は、建設開始後、ESRF、APSと3極協力を進めてきた。毎年1回3極ワークショップを開いて、加速器、ビームラインや光学系等の第3世代X線光源の技術開発を中心に情報交換や討論を行って来た。今回はSPring-8が開催する番で、準備を進めている。

この他に、ここ数年の間にJASRIと海外研究機関

との間で国際協力が進展しているので、その一端を紹介する。既に建設の始まっている台湾ビームラインに関しては、具体的な設計作業が進む中で実質的な研究協力が進められてきた。しかし実際にビームラインの建設作業が始まる前には専用施設設置契約が必要である。そこで、既に利用者情報誌でも報告されているように、昨年末に関係機関である亚太科学技術協会とJASRIの間で協力協定が結ばれた。今秋、台湾ビームラインの研究者がSPring-8に常駐し始め、専用施設の建設を開始した。

スイス放射光源（SLS、Swiss Light Source）との協力も進展している。昨年来、PSI（Paul Scherrer Institute）のA.Wrulich SLSプロジェクトリーダーとの間で協力の可能性が検討されてきた。この協力はSLS建設に際して、高性能光学素子、検出器、真空封止型挿入光源、バンチ幅拡張システム、トッパアップ運転などの研究開発に関して、両研究所が研究協力を実施するもので、去る6月に協力協定が結ばれた。その最初の活動として11月28、29日の2日間、第1回合同シンポジウムがSPring-8で開催される。

浦項放射光源（Pohang Light Source）を有する韓国浦項工科大学付属加速器研究所とJASRIとの間でも、協力協定が結ばれた。日韓の間ではPLSの建設が始まった時期に合同シンポジウムを毎年開催し、主に加速器とビームラインに関して情報交換を行ってきた。今回はPLSのビームラインを増強、高度化する計画に関して改めて協力を密に進めることになったもので、真空封止型挿入光源の試験および開発と、光学素子の評価およびビームラインの技術開発が協力の中心課題である。

中国では上海放射光施設（Shanghai National Synchrotron Radiation Center）の建設が実現に向かって動き出し、近く正式に認められるとのことである。最近、プロジェクトリーダーのProf. Chenから連絡があり、この秋にSSRCから施設グループの7名、ビームライングループの5名が2週間、入射器グループの1名が2ヶ月SPring-8に滞在して関係部署のJASRIスタッフと協議することになっている。

## 理研ビームラインの現状

理化学研究所	播磨研究所	X線干渉光学研究室 石川 哲也、玉作 賢治、田中 義人
理化学研究所	播磨研究所	X線超放射物理学研究室 北村 英雄、原 徹、田中 隆司
理化学研究所	播磨研究所	構造生物物理学研究室 山本 雅貴、熊坂 崇、藤沢 哲郎
理化学研究所	播磨研究所	生体物理化学研究室 足立 伸一
理化学研究所	播磨研究所	磁性研究室 中村 哲也、田中 良和、勝又 紘一
理化学研究所	播磨研究所	研究技術開発室 神谷 信夫

### Abstract

Four beamlines completed, and to be completed by RIKEN are introduced in terms of their characteristics, accomplishment, and future perspective. Status of two biostructural beamlines (BL45XU and BL44B2) are for user operation. Physics beamline I (BL29XU) started commissioning, but to be extended as a 1 km beamline by the end of FY 1999. Physics beamline II (BL19XU) will be completed as the first long undulator beamline in SPring-8 in autumn 2000.

### 1. はじめに

理化学研究所は2本の構造生物学研究用ビームライン (BL44B2, BL45XU) と1本の物理科学研究用ビームライン (BL29XU) を完成させて理研独自研究に用いるとともに、広く放射光利用技術開発をも行って、他ビームラインに波及させる役割も担っている。平成10年度には、SPring-8の最大の特徴の1つである30mアンジュレータビームライン (BL19XU) を理研物理科学研究用ビームラインIIとして建設に着手するとともに、物理科学ビームラインI (BL29XU) の1km化も開始された。これらのビームラインの多くは、既に建設状況報告等を本誌上で行っているため、本稿では各ビームラインの特徴を簡潔にまとめ、また現在までの利用研究成果、今後の展開に関して概観する。但し、BL19XU に関しては今まで纏まった報告をしていないので、ここで建設状況を含めて記述したい。

本稿は、各担当者によって準備された原稿を、石川の責任で「繋ぎ合せた」ものであり、この結果生じた表現等の不統一があるがご許しいただきたい。

### 2. 構造生物学研究用ビームラインの現状

#### 2-1. BL45XU蛋白質結晶解析プランチ<sup>[1]</sup>

##### 2-1-1. 特徴

BL45XU<sup>[2,4]</sup>はタンデムアンジュレータ<sup>[5]</sup>からの光をビームスプリッタとしてのダイヤモンド分光器<sup>[6,7]</sup>を用いて分岐して2つのステーションで同時使用するビームラインである。蛋白質結晶解析プランチはビームスプリッタの透過成分をトリクロメータに導入し、さらに3波長同時分光を行う「トリクロマティックコンセプト」に基づくデザインを採用した。これは、蛋白質などの巨大分子結晶に対する多波長異常分散 (MAD) 法<sup>[8,9]</sup>に最適化するために考案したものである。MAD法は、原子の異常散

乱効果が結晶からの回折強度に影響を与えることから、その強度差に基づいて部分構造情報を引き出すことができることを応用した位相問題の解決法である。この方法によって解析を自動化できる大きな利点があるが、その強度差は相対的に小さいうえ、波長に依存するため、波長を最適化して強度差を大きくしたり、できるだけ系統誤差を抑えるような実験上の工夫が必要になる。

トリクロメーターはダイヤモンド透過型の二結晶モノクロメーターを3つ連ねたもので、それぞれの二結晶間にビームチョッパと呼ぶ回転式シャッタを持っている。シャッタの回転によって出射光の入切を任意の組み合わせで迅速に行うことができる。このため、格子長が比較的小さい結晶については二波長を同時に入射してデータ収集することもできる。

データ収集は現在R-AXIS IVを検出器とした振動写真法によって行っている。放射線損傷による結晶劣化などの系統誤差を抑えるため、ビームチョッパで波長を切替えながら同一振動角でのイメージ収集を連続して行えるようにした。データの冗長度を高めたいときにMAD法ではしばしば用いられるインバースビームジオメトリにも対応し、露光毎に分光器のチューニングを行って、入射強度を最適化している。

また、データ収集中のリング電流値や入射X線強度がロギングできるようにして、フィードバックをかけやすいようにした。これらの機能は、検出器に付属の制御ソフトウェアに独自に手を加えることによって実現している。最適な測定波長の決定は、分光器とシリコン系の検出器を用いて試料の蛍光X線測定を行って、吸収端近傍の異常分散効果を見積ることにより行っている。

平成9年夏の試験調整運転以降現在までに、光学系の安定動作やデータ収集系の整備などを進めてきた<sup>[10]</sup>。中でも特に、リング蓄積電流値の向上や、より高輝度な光をという要求などに対応して、分光結晶まわりの改良を行っている。より吸収の少ない薄いダイヤモンド結晶の導入や、それを歪ませずに保持するための結晶ホルダーの改良を行っている。今夏の運転停止期間中には、シャッタ-スリット系の改良によりシャッタ動作速度の改善ならびに光軸調整作業の簡素化を行ったほか、制御計算機をPCとしてLinuxに統一し今後の新規デバイスの導入更新をより容易にした。

表1 解析の進捗状況

試料	異常散乱子*	分子量*	状況
1	Zn × 1	23k × 1	解析完了
2	Zn × 4	13k × 4	解析完了
3	Se × 3	18k × 1	解析完了
4	Hg × 4	33k × 2	解析完了
5	Zn × 4	55k × 2	解析完了
6	Hg × 16	19k × 4	解析完了
7	Zn × 2	30k × 2	解析完了
8	Pb × 4	55k × 4	解析完了
9	Se × 24	50k × 2	解析完了
10	Br × 4	55k × 2	解析完了
11	Pt × 4	55k × 4	位相改良
12	Se × 22	75k × 2	位相改良
13	Zn × 2	18k × 2	位相計算

\*: 非対称単位あたり

## 2-1-2. 成果

本ステーションでの結晶構造解析のためのデータ収集は平成9年冬から開始し、これまでに、表1のような試料について主としてMAD法による解析が行われている<sup>[11]</sup>。ここではある亜鉛蛋白質を例として取り上げ、その解析手順について述べる。

分子量13kDaのサブユニット4つとそれぞれに結合した4つの亜鉛原子からなる本蛋白質の結晶はP212121の空間群に属し、格子定数は $a=54.7$ 、 $b=69.3$ 、 $c=144.7$ である。この結晶にMPDを抗凍結剤として浸漬導入して、低温窒素ガス吹き付けにより100Kに保持した状態で、データ収集を行った。測定波長の決定は、まず、検出器からの信号をマルチチャンネルアナライザーで分析し、対象原子からの蛍光線のエネルギーを確認して、必要なウィンドウを設定する。次に、分光器のエネルギーをスキャンを行いながら、試料からの蛍光X線量を測定し、図1のようなプロファイルを得た。これは2つの異常分散項 $f'$ 、 $f''$ のうち後者に相当し、最大のところでデータセット内の異常分散効果が最大になる。さらに、変化率が最大になるところで $f'$ 項が最小になるので、これらと離れた適当な波長との差 $\Delta f$ が最大になるように波長を選択した。

データ収集は表2のような条件で行った。データ精度を向上させるためインバースビームジオメトリを使った。3つのデータセットをそれぞれ処理し、異常分散差パターン図を描画した結果4つの異常散乱子サイトが確認された。これは直接法によって

表2 データ収集

波長/ Peak	1.2818	1.2822	1.0000 Remote
分解能/ Edge	2.2	2.2	2.2
観測反射数	68,612	68,580	70,398
独立反射数	20,194	20,220	20,468
I / (I)	8.6	12.3	13.3
完全性	0.692	0.693	0.723
Rmerge/%	5.8	4.8	4.8

も認められた。この情報をもとに各反射の位相を計算し、精密化を行った。電子密度図は容易に主鎖を辿ることができるものだったが、4量体間の222対称に基づく電子密度平均化操作によって、さらにアミノ酸側鎖構造も明瞭になった。これをもとに分子モデル構築を行い、分子力学的手法を援用したモデル精密化を行い、現在分解能1.7 における結晶学的信頼度因子R=20.2%を得ている。分子モデルを図2に示した。現在はこの蛋白質の基質複合体の構造解析もほぼ終了し、分子認識に関する検討を行っているところである。

2-1-3. 今後の展開

イメージングプレート (IP) をベースとした市販の二次元検出器は、読みだしにかかる時間が露光時間に対して長く、高輝度な放射光の利点を十分に生かしきっていない。開発中の高速読みだしIP検出器と多素子CCD検出器とによる、迅速データ収集系の確立に向けて現在準備を進めている。

今後は、ビームラインの高度化に関しては構造生物物理研究室が引続き行い、利用支援については段階的に研究技術開発室に運用を移行していくことに

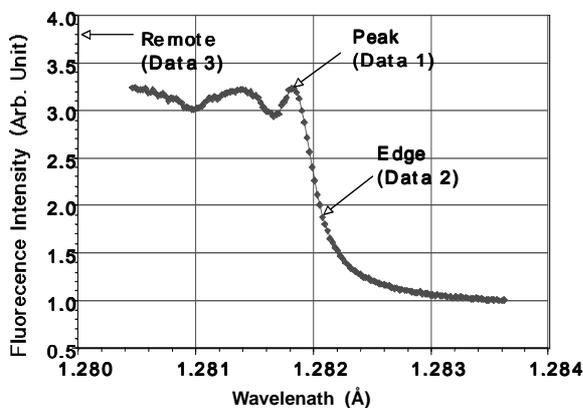


図1 蛍光X線スペクトルの例

An example of fluorescence XAFS from protein samples

なる。

2-2. BL45XU小角ブランチ

筋収縮に代表される生体物質間の相互作用は非常に弱い力から成り立っている。その物理化学的性質と構造とは溶液中において温度、イオン強度、圧力などの摂動を加えることにより明らかになる。本ビームラインは生体物質の溶液散乱を中心にして筋繊維や筋蛋白質配向ゾルからの繊維回折像を取り扱っている。ESRFのID2に代表される第3世代の挿入光源小角散乱ビームラインはほとんどがトロイダルミラー一枚のみの集光になっているが、本ビームラインは2枚のミラーをK-B配置に配置し挿入光源の平行性とあいまってより理想的な光学系を目指している [12, 13]。

10<sup>11</sup> photons/sec以上の光量に対しては通常の一次元位置判別型検出器 (PSPC) では飽和してしまう。しかし、大光量に耐えうるイメージングプレートやCCDでは回折像では実績があっても溶液散乱のような構造がなく、高い定量性が要求される応用ではほとんど使用されることがなかった。そこで、イメージンテンシファイアー + CCD検出器を用いさまざまな散乱について検出器の特性が小角散乱の解析結果にどのように影響するかを調べ、定量測定のプロトコルを確立した [14]。その結果、挿入光源のビームサイズの小ささ、強度もあいまって約70 μlの容量で分子量18kDaの蛋白質が0.2mg / mlの濃度で測定できるようになった。これは光散乱でも

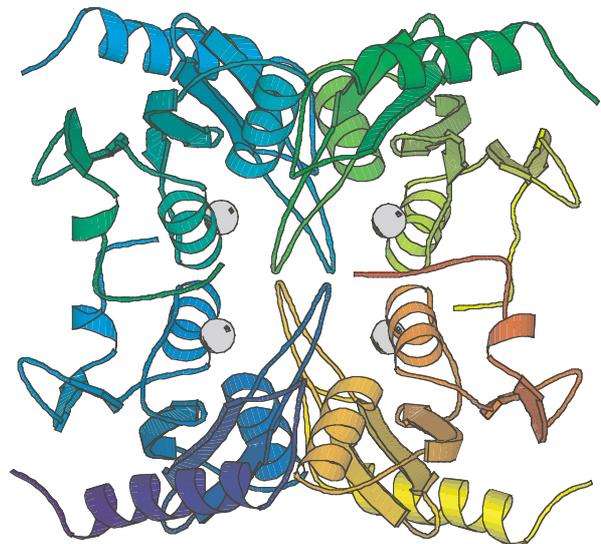


図2 得られた分子モデル

An example analyzed molecular models

計測するのが難しい低濃度である。磯貝らは人工蛋白質分子の設計評価に本ビームラインを使用した<sup>[15]</sup>。また、藤沢らはストップフローミキシング装置を用いた時分割測定システムの開発に取り組んでおり、蛋白質折れ畳みの現象を約9m秒きざみで時分割測定するのに成功している。これらの測定は従来S/Nが悪く見えなかった蛋白質折れ畳み現象の大きさの変化を明確にし、中間状態の数、時定数などから重要な知見が得られた<sup>[16, 17]</sup>。X線回折でも時分割測定は行われており、岡らは紫膜反応中間体のM型からN型への構造転移がどのヘリックスの変化によるものかを明らかにした<sup>[18]</sup>。岩本らは筋繊維中のアクチンにS1を化学架橋したミオシンS1のヌクレオチド結合に伴う構造変化のX線解析を行った<sup>[19]</sup>。本ビームラインは現在カメラ長が2.2mしかないがそれでも最小小角分解能は150nm程度あり、日本で唯一1の波長で100nm以上を計測できるビームラインである。麻生らとの共同研究ではピルビン脱水素酵素複合体という分子量1.5MDaの超分子複合体の塩強度による構造変化を調べた<sup>[20]</sup>。畠山らとの共同研究では糖膜蛋白質で膜にチャンネルを形成するCEL-3蛋白質の結合糖特異性が末端ガラクトースの結合様式に影響を与えることがわかった。内藤らとの共同研究ではbicelleと呼ばれる膜蛋白質NMRに良く使われるディスク状脂質の構造物性について調べ、低濃度の脂質でもスタックすることがわかった<sup>[21]</sup>。

時分割測定ではfluxがあってもビームが不安定では良いデータが取れない。現在ミラーの集光部の安定性を高める努力を山本が中心となって計画中である。BL40B2、BL40XUと小角散乱を測定できるビームラインが増えて行く中で、世界的に見て短い本ビームラインのカメラ長を伸ばしていく努力が期待される。

検出器に関しては東工大、JASRIとの共同研究でマイクロストリップ型X線検出器を開発しており、一様性を大きく向上させることに成功し溶液散乱への応用が現実のものとなりつつある<sup>[22]</sup>。

試料セルに関しては本ビームラインの大きな柱となる高圧下でのX線小角散乱測定を進めるために高圧ジャンプ装置と高圧ストップフロー装置を開発中であり、耐圧試験はいずれもクリアしており実用に向け細かいつめを行っている。本ビームラインをサポートする形で平成11年度より科学技術振興調整費総合研究「筋肉アクチン・フィラメントの構造

と動態：筋収縮と調整の研究」プロジェクトが走り出しており、今後筋肉調節蛋白質を中心とした研究が行われるであろう。

### 2-3 . BL44B2

理研ビームラインⅡ (BL44B2) は平成7年の設計開始、平成8年の建設開始を経て、平成10年2月からコミショニングを開始し、同年4月からユーザー供用を開始した。ビームラインの仕様の詳細については本誌での紹介<sup>[12, 13]</sup>、およびビームラインWWWページ<sup>[25]</sup>を参考にさせていただくことにし、ここでは供用開始後にビームラインで行われているサイエンスに重点を置いて述べる。本ビームラインは偏向電磁石を光源としており、挿入光源に比べてビーム輝度において劣るものの、広いエネルギー範囲のX線を手軽に利用できるという特長を生かして、蛋白質結晶の単色X線回折測定、白色X線回折測定、および、生体希薄試料の蛍光XAFS測定を3つの柱とした実験課題が進行している。以下にそれぞれの実験成果について述べる。

#### 2-3-1 . 蛋白質結晶のX線回折実験

X線回折実験ハッチでは、主に蛋白質結晶を試料とした構造解析実験が行われている。単色X線を利用した通常の構造解析実験がX線回折実験のほぼ半分を占めるが、これ以外にビームラインの特長を生かした実験として、分解能1程度の高分解能実験、および結晶内で反応中間体構造を捉える実験（白色ラウエ実験を含む）があり、それぞれについて興味深い実験結果が得られている。また、実験装置上の改良として、X線回折実験ハッチに平成11年6月より米国MARUSA社のX線二次元CCD検出器が導入された。従来のイメージングプレート検出器に比べ、ダイナミックレンジ (IP : 20bit, CCD : 16bit) 受光面積 (IP : 300mm x 300mm, CCD : 165mm) において劣るものの、イメージ1枚あたりの読み出し速度が大幅に高速化 (IP : 4分, CCD : 3秒) されたことにより、X線露光実験のduty比が格段に向上した。これにより、上記の実験において、単位時間あたりに得られるデータセット数がほぼ10倍に増加している。

#### 2-3-2 . 通常の蛋白質X線結晶構造解析実験

通常の構造解析実験には、構造未知の蛋白質の結晶から出発して結晶構造を解く場合と、すでに類似

構造が解かれている蛋白質について、類似構造を元に構造解析を行う場合の2種類がある。当然、構造未知蛋白質の構造解析のほうが、より労力を必要とする。構造未知の蛋白質構造を解く場合には、重原子多重同型置換法または多波長異常分散法が用いられるが、どちらの方法においても結晶中に含まれる原子の異常分散効果を利用するので、ビームラインに対しては、異常分散項を最適化するために入射X線のエネルギー可変性が要求される。BL44B2では固定出射型二結晶分光器と白金コートしたベント-シリンダーミラーの組み合わせにより、6~25keVのエネルギー範囲で試料位置に約0.2mm x 0.2mmに集光したX線を供給することができる。酸素センサー情報伝達蛋白質FixLのセンサードメインの構造解析例(宮武 他)では、この結晶に含まれる鉄原子のK吸収端(7.15keV)のX線を利用して構造解析が行われた。この研究により、この蛋白質分子がとっている二量体構造がはじめて明らかにされた。これ以外にも以下にあげるように、異常散乱原子を利用した構造解析研究や、類似構造を利用した分子置換法による構造解析が行われている。

試料名	実験者
酸素センサー蛋白質	宮武 他(播磨理研)
光合成系II蛋白質	沈 他(播磨理研)
Enoyl-CoA Hydratase	久野 他(和光理研)
カルシウムATPase	豊島 他(東大)
アミノアシルtRNA合成酵素	Vassilyev 他(播磨理研)

### 2-3-3. 高分解能解析

従来2 程度の分解能で構造解析されることの多かった蛋白質の構造解析も、放射光の利用による測定精度の向上や、さらなる微細構造を明らかにする要求とあいまって、1.0 程度で構造解析が行われることも珍しくなくなってきた。特に蛋白質分子内の構造多形や、活性部位における水素原子の位置が、蛋白質機能と関連して本質的な役割を果たす場合には、構造解析を高分解能で行うことが必須となっている。高分解能構造解析を行うためには、強度の高い短波長X線を利用できることが必要条件であるが、これは第3世代放射光源のもっとも得意とするところである。BL44B2では、波長0.5 までの集光したX線を利用して0.65 分解能までのデータ収集が可能である。これまでに以下に示すような構造解析がなされ、蛋白質結晶の異方性温度因子の精密化や水素原子位置の同定が行われている。

試料名	分解能	実験者
一酸化窒素還元酵素	1.0	清水 他(播磨理研)
ヘモグロビン	1.2	朴 他(播磨理研)
FAD結合蛋白質	0.9	森本 他(姫工大)
キチナーゼA1	1.1	野中 他(長岡技科大)
レクチン	1.04	野中 他(長岡技科大)

### 2-3-4. 反応中間体構造解析

蛋白質分子がつかさどる酵素反応のメカニズムを知るためには、蛋白質が休止状態にある構造を知るだけでは不十分である。そこで、結晶中で蛋白質の反応が起こる条件を人為的に作り出して、その反応の中間段階での構造解析をすることができれば、さらに酵素反応のメカニズムに近づくことができる。このような蛋白質結晶中での反応中間体構造解析は、近年いくつかの系で行われているものの、いかに反応の開始を制御をするかという部分に多くの試行錯誤を必要とするために、あまり一般的な方法とはなっていない。BL44B2では、ビームラインとして反応中間体構造解析のノウハウを蓄積し、一般的に実行可能な実験にするための方法の開発を行っている。反応中間体解析の方法としては大きく分けて、1. 温度を下げることなどにより反応中間体をトラップする、2. 白色ラウエ法などで実時間の構造変化を追跡する、の2つの方法がある。これまでに1の方法で、バクテリオロドプシンのM中間体を低温トラップし、M中間体の構造解析に成功している(神山 他)。このM中間体構造においては、基底状態の構造との間に明瞭かつ特徴的な差が見られている。2の方法は1の方法よりさらに技術的な困難が伴うので、まず1の方法で条件を押さえた後に、2の方法を試みるのが一般的である。2の方法については、一酸化炭素結合型ヘモグロビン結晶を用いて、ナノ秒パルスレーザー(YAG励起色素レーザー)とサブミリ秒パルス白色X線を同期させた時間分割ラウエ実験を行っている(森本 他)。また、蛋白質結晶ではないが、蛋白質1分子に金クラスターなどの微小結晶を特異的に結合させ、蛋白質分子の動きを微小結晶からのラウエ回折の動きによって捉えるという実験も行われている(佐々木 他)。

試料名	測定対象	実験者
バクテリオロドプシン	M中間体	神山 他(名古屋大)
ヘモグロビン-CO	CO光解離中間体	森本 他(阪大)
ルシフェラーゼ	発光反応中間体	中津 他(京大)
ミオシン、ATPase等	X線1分子計測	佐々木 他(JASRI)

### 2-3-5. 生体希薄試料の蛍光XAFS実験

当初のビームライン計画では、生体希薄試料の蛍光XAFS実験ユーザーも想定し、19素子SSDを検出器として、6~30keVの範囲で蛍光XAFS測定が可能になっており、鉄およびマンガンの吸収端での蛍光EXAFS実験がすでに行われている。しかしながら、現状のユーザーのほとんど大部分は蛋白質結晶構造解析のユーザーであり、蛍光XAFS実験が行われるのは全ビームタイムの5%以下となっている。現状では、われわれの蛍光XAFS実験の試料サイズ(5mm×5mm)は、回折実験用の蛋白質結晶(0.2mm×0.2mm以下)に比べて非常に大きいので、蛍光XAFS実験では入射光子密度よりも入射光子数がより重要となり、ビームサイズが小さいメリットが生かされていないという問題がある。SPring-8の特徴を生かした蛍光XAFS実験を行うためには、より高い入射光子数が得られるアンジュレータのギャップスキャンと組み合わせた蛍光XAFS測定が有効であろうと考えている。

試料名	実験者
一酸化窒素還元酵素 他	城 他(播磨理研)
光合成系II蛋白質	小野 他(仙台理研)

### 2-3-6. 今後の展開

これまでのビームラインの立ち上げおよびユーザーは順調に進行しており、また平成11年6月のX線二次元CCD検出器の導入をもって、第1期のビームライン機器整備はほぼ終了した。第2期には実時間構造変化測定のための機器整備、二結晶分光器のグレードアップ等を計画しているが、第1期が終わった現在は、まず現状の機器を利用して実験結果を出すことに力を注ぐべきであろう。通常の構造解析はもちろんであるが、BL44B2の特徴をいかした高分解能、反応中間体の構造解析がより多く進むことが望まれる。これら2つの実験は現状では別々のテーマとして進行しているが、反応中間体構造から反応機構を推定する際には、当然、より高分解能の測定によって求められた構造をもとに議論を進めるべきである。今後、これら2つのテーマを融合させた高分解能反応中間体構造解析がすすめば、よりインパクトのある実験成果が期待できる。

### 2-4. 理研構造生物学研究用ビームラインの運用

播磨理研の研究技術開発室は平成10年4月に設置された。これは理研ビームラインの運用、ユーザー

対応とメンテナンス(平成11年度よりJASRIに委託された項目を除く)、利用研究をさらに発展させるための技術開発などを目標としている。さて前項で述べたように、構造生物学研究用の理研ビームライン2本(BL45XUとBL44B2)では、既にその建設が完了し活発な利用研究が展開されている。特に、蛋白質結晶解析のための利用はユーザー数が多く、密度の濃いユーザー対応を必要とする。この点を考慮し研究技術開発室では、これまでに蛋白質結晶解析関連のユーザー対応担当者を両ビームラインに配置し、それぞれの建設担当研究室との協力の下でビームラインの運用を行っている。なおBL45XUの小角散乱ブランチについては、その運用への参加は今後の課題である。

蛋白質結晶解析関連の基本的な運用方針は、ビームラインの高度化と利用研究の共存である。当面は、利用可能なビームタイムの30%を高度化枠として確保し、建設担当研究室にその運用を一任している。この枠ではビームラインの光学系や実験機器、解析ソフトウェアなどの高度化と平行して、各要素の高度化が進む度に、具体的な蛋白質結晶試料を用いてシステム全体の評価実験が行われている。

研究技術開発室では、夏期の長期シャットダウンを除いて1年のマシンタイムを三四半期(ほぼ4月~6月、10月~12月、1月~3月)に分け、ほぼ3ヶ月周期でビームタイムの割り振りを行っている。このように短い周期で利用スケジュールを立案するのは、蛋白質結晶解析におけるビームライン利用の特殊性のためである。蛋白質結晶解析では回折強度測定から直接的に得られる統計的パラメータではなく、測定データに基づいて計算した電子密度図の質によって実験の成否が判断される。通常はこの電子密度図の検討にかなりの時間を要するため、一連のビームタイムの中は測定データの評価に基づくフィードバックをかけ難いことが多い。ビームタイム後数週間経過した後に実験が不十分であったと判明した場合には、可能な限り早期に再測定を行えることがビームライン利用率の向上に欠かせない。

高度化枠を除いた利用枠70%の中には、上記と同様の趣旨から、保留枠として14%を確保し、再測定への早期対応を可能にしている。この保留枠により、配分されたビームタイムで完結できなかった測定の延長や、突然結晶化に成功した場合の利用要求にも対応できる。研究技術開発室では残る56%(JASRI共用へ20%を供出しているBL44B2では36%)に対

して、ユーザーからの利用希望を集計し利用スケジュールを立案している。ただしこのスケジュールでは、各ビームタイムで測定すべき蛋白質試料の特定は行っていない。蛋白質の結晶化には現在でも不確定要素が多く、ビームタイムに合わせて最良の試料を調製できるとは限らない。一方、構造生物学の研究者は通常複数の研究対象を設定し、結晶化を平行して進めていることが多い。割り振られたビームタイムに対して、その時点でもっとも回折強度測定に適したものを試料として選ぶことで、ビームラインの利用効率を高く維持できると考えている。

蛋白質結晶解析は言うまでもなく現在隆盛を極める構造生物学の基礎である。このため理研ビームラインの利用要求は拡大の一途をたどっているが、新しく蛋白質結晶解析に挑戦するユーザーには経験者による適切な助言が不可欠である。この点でユーザー対応担当者の果たすべき役割が重要となる。研究技術開発室では各担当者に数人のメンバーからなるチームを構成させ、特定の構造生物学研究を進めるとともに、そこで蓄積したノウハウをユーザーに技術指導する体制を整えたいと考えているが、現状では十分なマンパワーを確保するに至っていない。この点を補う意図を込めて、研究技術開発室ではビームタイムのグループ運用を奨励している。これはもともと実験とデータ処理（できれば電子密度図の計算まで）を複数のグループが交互に行うことでビームラインの利用効率の増大を目指したものであったが、経験豊富なユーザーが初心者に適切な助言をしていただければと願っている。なおこのグループ運用の柔軟性は、ビームラインのX線検出器がイメージングプレートからCCDに変更されつつある現状では、それによるデータ収集時間の短縮ゆえに、今後さらに重要性を増すものと思われる。

以上述べてきた蛋白質結晶解析関連の運用法は本年4月から実施したものであり、まだその効用を議論できるだけの実績を積んだものではない。しかしながら本来の理研ビームラインを構造生物学研究に占有している我々としては、その研究成果を世に問う責務を負っており、目的達成のためにビームラインの運用法を今後とも積極的に改善していきたいと考えている。

### 3. 物理科学研究用ビームラインの現状

#### 3-1. BL29XU

理研ビームラインⅢ（BL29XU）は、平成8年の

設計開始、平成9年の建設開始を経て、平成10年12月からコミッショニングを開始した。平成11年4月から利用研究を一部開始している。平成11年度補正予算により、1km化が決定され平成12年3月末の完成に向けて工事が急ピッチで進められている。ビームラインの仕様、試験運転状況、1km化計画の概略について、本誌で既に紹介している<sup>[26-28]</sup>ので、ここではその後の展開と今までに紹介できなかった点を中心に紹介したい。本ビームラインは挿入光源からの可干渉放射光の本格利用に向けての利用技術開発の舞台とすることが計画段階での主要目的であったが、望外の速さでの1km化の実現と30mアンジュレータビームラインの実現によって、本格利用そのものを見据えることが可能となってきた。

BL29XUは標準型の真空封止アンジュレータと標準型の回転傾斜配置二結晶分光器で構成される汎用的な硬X線ビームラインである。実験ハッチには常設の実験装置は存在せず、ビームライン付属の各装置は人力で実験ハッチ内に移動させることが出来る設計となっている。従って、（実験ハッチは決して広くはないが）それぞれの研究に応じて様々な実験装置を設置することが可能である。このような汎用性を生かして本ビームラインでは、可干渉X線光学の研究、レーザーと放射光を用いた光学実験、XAFS測定、各種検出器の評価など様々な研究が行われたり計画されている。特殊な光学素子や装置が、光源、フロントエンド、輸送チャンネル、実験ハッチに存在せず、必要に応じて実験ハッチ内に設置することが基本的な方針である。実験ステーション機器としては、現在のところ汎用精密回折計とレーザーシステムが用意されている。

#### 3-1-1. 精密回折計とその応用

精密回折計はX線領域での可干渉光学の研究とその応用のために利用される。シリコン完全結晶などを用いたX線光学素子は、例えば反射角などの角度に対する要求が $\mu\text{rad}$ のオーダーであり、時には $\text{nrad}$ を切る角度安定度が必要になる。その一方で360度回転という広い角度をカバーしなければならないという要求もある。一見相反する要求「非常に細かい角度分解能と広い可動範囲」を満たすために特殊なゴニオメーターが必要である。このような状況の下で本ビームラインで用意されたゴニオメーターは、統一的な設計方針に従って製造されており、以下に述べるようにモジュール化された構成を基本

としている<sup>[29, 30]</sup>。

一般にBL29XUで行われるようなX線光学実験では必要とされる回折計の機能・形態が実験によって全く変わったものとなる。従って回折計は単一の実験に適した特殊な形ではなく、なるべく各機能ごとに分かれたものを組み合わせることによって実験に必要な形となる方が望ましい。このため各種ゴニオメーターやステージ類は互いに組み合わせることが出来るような大きさ、重さで、うまく組み合わせるような位置にネジ穴が切られていたり、スペーサーが用意されている。例えば4軸回折計が必要になった場合、サークルとゴニオと-2ゴニオを組み合わせると-2回折計を作成する(もちろんこれは構造解析専用の4軸回折計には性能的に及ばないが)。この回折計の高さや水平位置を調整する必要がある場合にはXステージとZステージを組み合わせ、その上に-2回折計を載せれば良い。また試料のあおりを調整する必要がある場合はゴニオの上にTxステージとTyステージを載せれば良く、試料の位置を変えなければXステージを2つ載せれば良い。これで8軸の可動軸を持つ回折計が出来たことになる。またこれらの軸は全てステップモーターで実験ハッチ外から駆動することが出来る。

BL29XUの精密回折計利用の一例を図3に示す。この回折計の配置は本ビームラインでこれまで組まれたものの中で最も複雑なもの1つである。この実験は放射光の空間コヒーレンスを測定すること、そしてコヒーレンスの長さからそれを作る光源の大

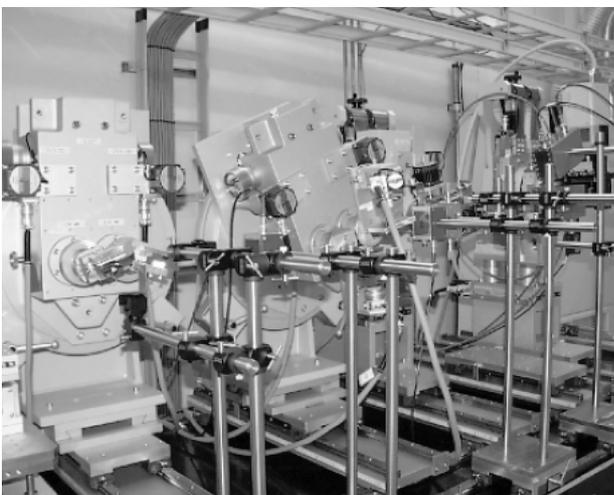


図3 BL29XU精密回折計

A precision diffractometer at BL29XU experimental station

きを導きだすことを目的としている<sup>[31]</sup>。このために用いられたゴニオメーターの内、上流から5つの結晶のBragg角を調整する軸は全て0.005arcsec/pulseの高分解能のものである。また3番目と4番目の結晶は高分解能軸の上に回折面内の回転を行うゴニオメーターが載せられている。Si333のチャンネルカット結晶を(++)に配置しエネルギー分解能を上げたビームを、続くSi311非対称結晶とSi220結晶の(+ -)配置で拡大し、3枚刃の不等間隔干渉計にて干渉させ、その像をX線CCDカメラで撮影している。計9回の回折を受けたビームであるが、本ビームラインの高精度回折計ではドリフト等の不安定性による不具合は全く見られない。

### 3-1-2. 放射光同期短パルスレーザーシステム<sup>[32]</sup>

放射光とレーザー光による非線形光学過程、ポンプ-プローブ法による高速エネルギー緩和過程等様々な物理過程の研究や工学的応用研究を行うために、当該ビームラインで得られるアンジュレタ光と高出力ピコ秒パルスレーザー光を同期照射できるシステムの開発を行った。この同期技術は、レーザー光を種光とした電子ビームにおける高調波発生法にも応用できるものである。

一般に2つのパルス光を同期照射させる為には、それらを同期させる技術と、照射のタイミングを必要な精度でモニターする技術の両方が不可欠である。

まず、同期技術に関して、SPRing-8で放射光と短パルスレーザーを同期させる為には、当施設で得られる放射光パルス幅が数psと短いため、高い時間精度が要求される。当システムでは、低ジッターで外部トリガーにより発振するパルスレーザーとして、モードロックチタンサファイアレーザー発振器を採用した。これは、パルス幅80fsで繰り返しRF基準信号の1/6の周波数84.76MHzで発振するものである。外部トリガー信号とレーザーパルス間のジッターは、帯域50GHzのサンプリングオシロスコープと立ち上がり数psのフォトディテクターを用いて測定した結果、5.7ps(FWHM)以下と見積もることができた。このレーザー光を種として再生増幅器にてパルス増幅すると、パルスエネルギー0.6mJ、パルス幅2ps、繰り返し約1kHzで放射光パルスに同期した出力光が得られる。さらに、光パラメトリック増幅器により、紫外光から赤外光までの広い波長域に変換することもできる。このレーザーシステムは、

BL29XUの実験ハッチ横に建てられたクリーンユニット付きレーザーブースに格納されており、出力光は、実験ハッチのダクトからステアリングミラーにより実験ハッチ内に導かれている（図4）。

次に、照射タイミングのモニター法であるが、BL29XUで得られる硬X線と、レーザー光の照射タイミングを正確に測るために、X線ストリークカメラを導入した。ピコ秒の精度が要求される場合、ストリークカメラにかけるトリガー電気信号のジッターをも無視できなくなる。そこで、ストリークカメラの同一光電面上に放射光、レーザー光の両方を照射する手法により、電気信号のジッターやドリフトに関係なく2つのパルス光の時間間隔を数ピコ秒の精度で測定することに成功した。このモニター法により、1時間以上にわたって、2ps以内の精度で同期が達成されていることが観測された。また、達成された精度が高い為、他のビームラインのアンジュレータによる放射パワーの影響も無視できないことがわかった。すなわち、BL29XU以外の全部のアンジュレータのIDギャップ全開時と最小ギャップ時で放射光パルスの約40ps

のシフトが観測された。これは、高周波加速空洞における位相安定性の原理に基づく計算結果と1psの精度で一致している。今後、他のビームラインの放射パワーに依らず一定のタイミングで照射できるよう何らかのフィードバックを検討する予定である。

### 3-1-3 . X線励起・可視分光システム

高輝度硬X線放射光により励起されたサンプルが発する可視域の蛍光を分光できるシステムを整備した。まずはガス状のサンプル用に、2個のBe窓付きの合成石英管でできたサンプルセルを用意した。サンプルセル中のガス圧は、実験ハッチの外に設置された真空系で調整できる。このセルの前後にイオンチャンバーを置き、吸収端等をモニターできるようになっている。分光器はサンプルセルの横に設置されており、グレーティングを選ぶことにより、190nm～3μmの範囲で分光することができる。また、この分光器に取り付けられる検出器としてCCDアレイを用意した。このシステムを用いて、Krガスの蛍光スペクトルの測定を行った。その結果、測定系の分解能0.5nmより狭い幅をもつ多くのスペクトルが観測された。これらのスペクトルの中には、比較実験により得られたKr放電管の蛍光スペクトルには現れていないスペクトルが存在することがわかった。

### 3-1-4 . 今後の展開

平成12年4月から、1kmビームラインとしての試験調整運転を開始する。5月以降は状況にも依るが、長尺利用と実験ホール内利用の比率は1：1程度となることを想定している。1kmビームライン建設工事は10月現在基礎工事、実験棟建設工事が順調に進んでいる。またビームライン建設に伴う外周道路高架化工事も9月に完成した。図5に10月時点での建設状況の写真を示す。

BL29XUでは、1km化が完成後、大面積空間可干渉性を利用する研究を進めるとともに、従来の延長として放射光X線光学の最先端を目指す研究も進められる。

### 3-2 . BL19XU-30mアンジュレータビームライン SPring-8の30mアンジュレータビームラインの魁として、BL19XUの建設が平成10年度から

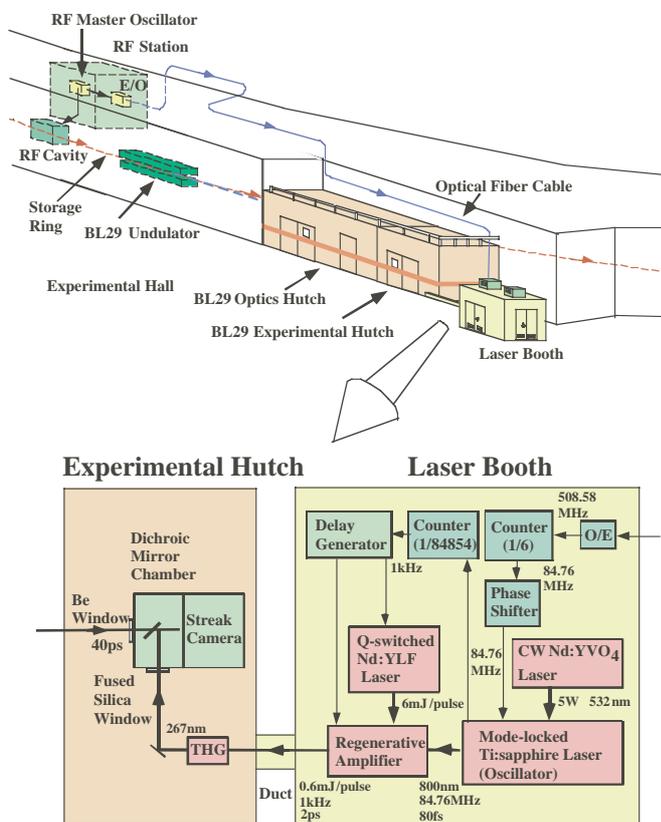


図4 放射光同期短パルスレーザーシステム  
SR-Laser synchronization system at BL 29XU

3年計画で理研ビームラインⅣとして開始された。周知のようにSPring-8には4箇所の中尺ビームラインがあるが、BL19XUはそのうちの中尺ビームラインに繋がる所である。現在長直線部には多数の収束用電磁石が配置されているが、JASRI加速器部門の田中ら<sup>[33]</sup>により、マグネットフリー長直線部の構成が検討され、多様な解を持つことが示された。また挿入光源及びフロントエンドは、理研超放射物理学研究室とJASRIビームライン部門光源グループ、輸送チャンネルと実験ステーション機器の一部は、理研X線干渉光学研究室とJASRIビームライン部門光学グループ、また制御・インターロックに関しては理研

X線干渉光学研究室とJASRIビームライン部門制御グループで検討し、平成10年度内に契約作業を終了した。ビームラインハッチの放射線遮蔽計算に関しては、原研の浅野らが担当した。

### 3-2-1. 光源の性質

現在予測されている電子ビームパラメーターを表3に示す<sup>[34]</sup>。

アンジュレータは真空封止のプラナー型であり、5セグメントを連結した構造をもつ(図6)。アンジュレータパラメーターを表4に示す。

これらのパラメーターから、最大放射パワーは



図5 BL29XU長尺ビームライン基礎工事風景。光源から200m付近地点からの下流側(左)および上流側(右)。  
Current view of 1km beamline construction; left: downer stream, right: upper stream from 200 m point from the source.

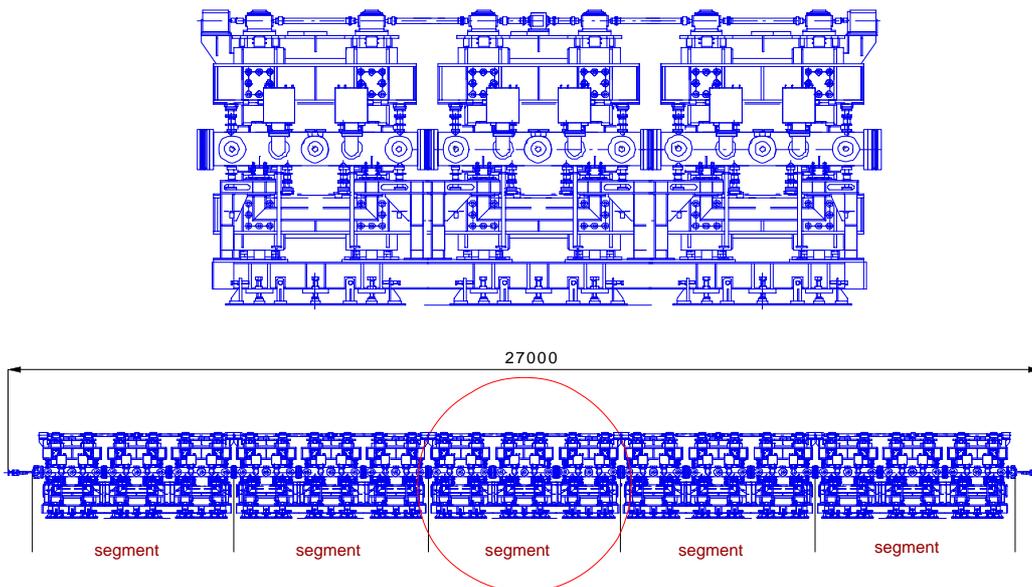


図6 BL19XUアンジュレータ概観図。下図の円内の拡大図を上図に示す。  
Schematic view of a long undulator to be installed in BL19XU.

35kW、1次のアンジュレータピークのエネルギー範囲は7.5～18.5keVとなる。図7にBL19XUのスペクトル計算結果、及び軟X線領域の30mアンジュレータのスペクトル計算結果を示す。硬X線領域では標準アンジュレータ（4.5m長）から1桁輝度の増大が見られるが、軟X線領域では2桁以上の増大が期待される。

3-2-2. 輸送チャンネル・光学系と実験ステーション  
輸送チャンネル、実験ステーションの概要を図8に示す。輸送チャンネルはほぼ標準仕様であるが、液体窒素冷却二結晶分光器を使うことが予定されて

いる。本ビームラインはタンデムに設置された3つの実験ハッチを持ち、それぞれのサイズはビーム光軸方向に5m、それと直交方向に3.4mである。前の

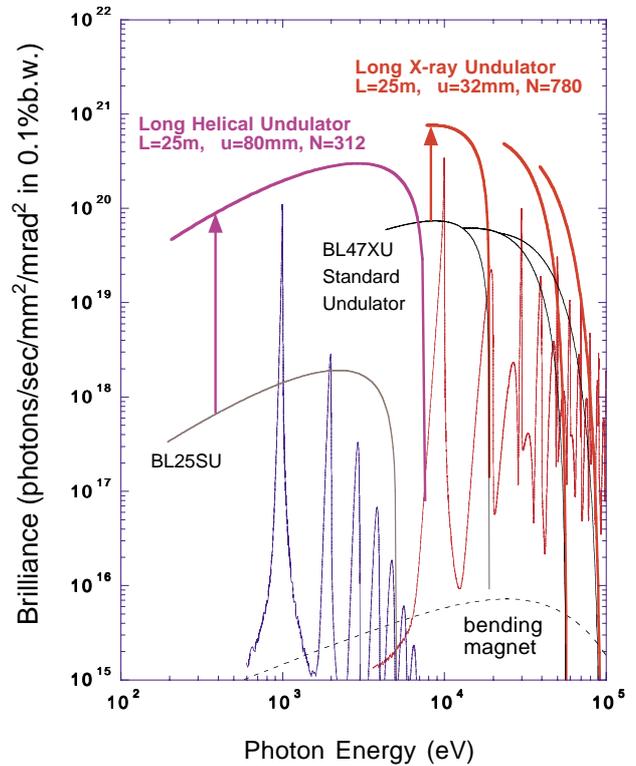


図7 長直線部アンジュレータで得られる輝度  
Brilliance calculated for long undulators

水平ベータatron半径	20 m
垂直ベータatron半径	20 m
水平エミッタンス	6.0 nmrاد
エミッタンスカップリング	0.1 %

全長	27 m
全磁石長	25 m
磁場周期	32 mm
周期数	781
最小ギャップ	12 mm
最大K値	1.77

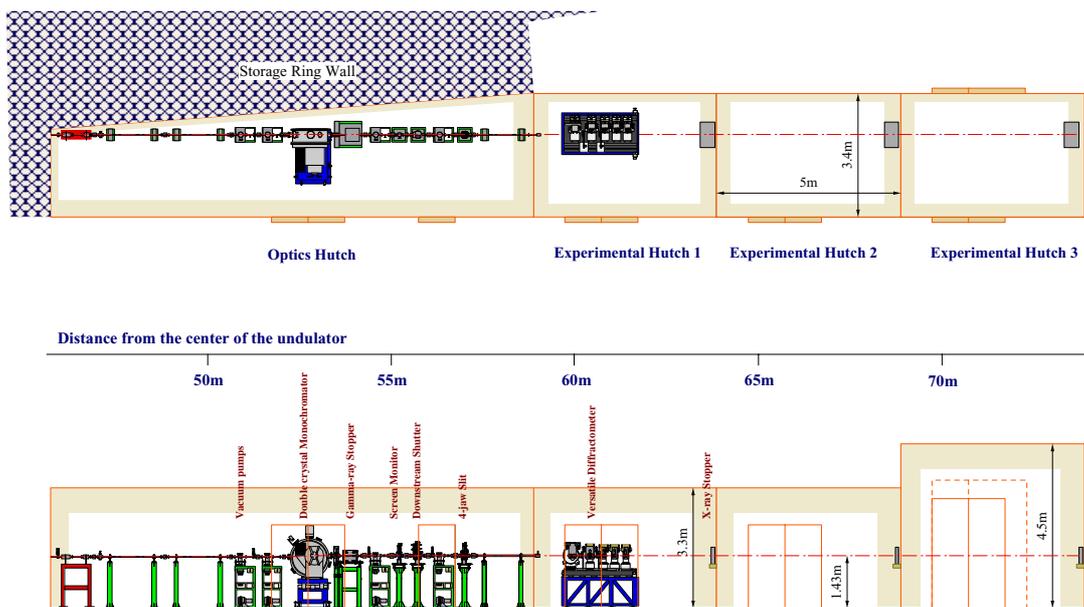


図8 BL19XUの輸送チャンネルおよび実験エリア  
BL19XU optics and experimental area layout

2つの実験ハッチは高さ3.3m、最後部のハッチは高さ4.5mである。第1実験ハッチにはBL29XUの精密回折装置と互換性を持つ回折装置が設置され、干渉性放射光の評価実験、光学実験に用いられる。この装置は可搬性があり必要に応じて実験ハッチ外に搬出することが可能である。第2実験ハッチはオープンハッチであり、利用者が持ち込む装置を用いての利用研究が可能である。第3ハッチには15T超伝導電磁石付きX線回折計が設置され、磁気散乱回折研究を中心とした物性研究に利用される。

### 3-2-3. X線磁気散乱実験装置

高温超伝導体や強相関物質、さらに低次元磁性体などに見られるように、試料作製技術の進歩に伴う磁性体の多様化が著しい。近年精力的に研究が行われている磁性物質の多くは、興味ある物性が極低温や強磁場、または、超高压といった条件下で得られることが多く、測定技術に要請される性能も急速に高度化している。計画中のX線磁気散乱実験装置は15Tスプリット型超伝導磁石（SCM）を備えた回折計であり、X線用としてはNSLSに設置されている13T-SCMをぬいて世界最強磁場となる。これによって強磁場、極低温の物性に関する新たな発見ができるものと期待される。

図9に15T-SCMの完成予定外観と回折計の軸構成を示した。15T-SCMは垂直方向に磁場を発生し、

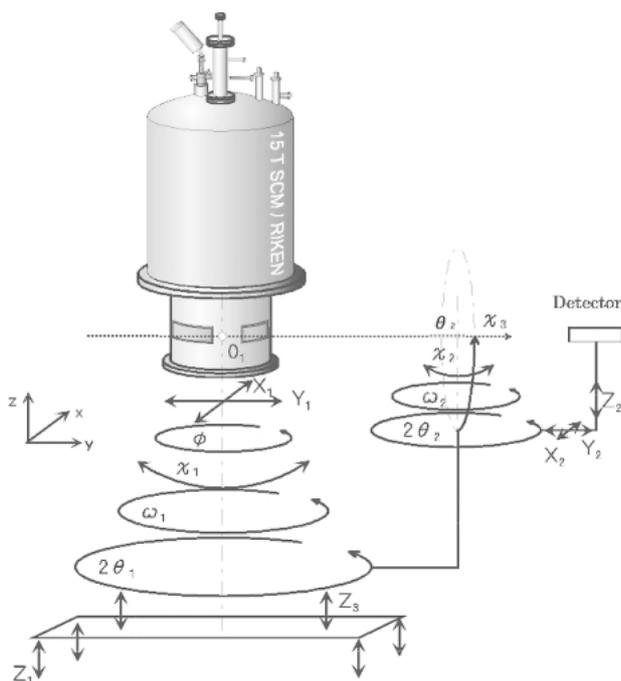


図9 15T超伝導マグネット磁気散乱回折装置

垂直方向の開口角は5°となっている。また、X線入射・出射用の窓は45°の広さで4箇所設けられ、非対称に配置されている。回折計はベースに手動Z<sub>1</sub>とビーム傾き補正用Z<sub>3</sub>、試料部に2θ<sub>1</sub>、φ、θ<sub>1</sub>（55°）の回転軸と試料位置調整用にX<sub>1</sub>、Y<sub>1</sub>の並進をもつ。また、2θ<sub>1</sub>アームに取りつけられた検出部は偏光解析が行えるように設計されており、2θ<sub>2</sub>、2θ<sub>2</sub>、2θ<sub>3</sub>で構成される。2θ<sub>3</sub>で示した1/4サークルは回折ビームを軸として59.5°の範囲で2θ<sub>2</sub>、2θ<sub>2</sub>、2θ<sub>2</sub>を傾斜させる。

X線磁気散乱実験では、磁気散乱強度が電荷散乱に比べて約6桁も小さいために、両者を効率よく測定するためにはダイナミックレンジの広いX線検出器が有効である。したがって、本計画ではYAP、NaIシンチレーションカウンターの他に、新たにAPD<sup>[35]</sup>が用意され10<sup>8</sup> photon/sec以上の計測を可能にする予定である。さらに、入射光として垂直直線偏光や円偏光も選択出来るように、実験ハッチ内にはダイヤモンド移相子を設置する。移相子ユニットはBL39XUに既設の装置と同型であり、一部インバー合金の使用やセンサーの増設など数点の改良を加えたものとなる<sup>[36]</sup>。

以上のように本計画のX線磁気散乱実験装置は、世界の頂点を誇る性能であり、活発な磁性研究の舞台として多くの研究成果を生み出すことが期待される。

### 3-2-4. 建設スケジュール

平成12年夏のシャットダウン時にリングマグネット再配置とフロントエンド・アンジュレータ設置工事が予定されている。輸送チャンネル・実験ステーション建設も平行して進められ、平成12年秋にコミッショニングを開始する予定である。

## 4. おわりに

本稿では、4本の理研ビームラインの現状について報告した。構造生物学研究用の2本のビームラインではハードウェアがほぼ完成し、活発な利用研究が展開されている。一方、物理科学研究用ビームラインは、1kmビームライン、30mアンジュレータビームラインのいずれもSPring-8を特徴づけるビームラインであり、理研のみならず、全国・全世界での利用研究が期待される。

参考文献

- [ 1 ] <http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/facility/bl/RIKENBL/BL45XU/RikenBL1.html>
- [ 2 ] 山本雅貴、藤澤哲郎、植木龍夫：SPring-8利用者情報、Vol. 1, No.4 ( 1996 ) 41-45.
- [ 3 ] 山本雅貴、藤澤哲郎：SPring-8利用者情報、Vol. 3, No. 3 ( 1998 ) 16-20.
- [ 4 ] M. Yamamoto, T. Fujisawa, M. Nakasako, T. Tanaka, T. Uruga, H. Kimura, H. Yamaoka, Y. Inoue, H. Iwasaki, T. Ishikawa, H. Kitamura and T. Ueki : Rev. Sci. Instrum., **66** ( 1995 ) 1833-1835.
- [ 5 ] T. Tanaka, X. Maréchal, T. Hara, T. Tanabe and H. Kitamura : J.Synchrotron Rad. **5** ( 1998 ) 414-416.
- [ 6 ] T. Uruga, H. Kimura, Y. Kohmura, M. Kuroda, H. Nagasawa, K. Ohtomo, H. Yamaoka, T. Ishikawa, T. Ueki, H. Iwasaki, S. Hashimoto, Y. Kashihara and K. Okui, : Rev. Sci. Instrum., **66** ( 1995 ) 2254-2256.
- [ 7 ] H. Yamaoka, K. Ohtomo and T. Ishikawa : Rev. Sci. Instrum., **66** ( 1995 ) 2116-2118.
- [ 8 ] W.A. Hendrickson : Science **254**( 1991 )51-58.
- [ 9 ] J. Karle : Int. J. Quant. Chem., **7**( 1980 )357-367.
- [ 10 ] M. Yamamoto, T. Kumasaka, T. Fujisawa and T. Ueki : J. Synchrotron Rad. **5** ( 1998 ) 222-225.
- [ 11 ] T.Ueki, M. Yamamoto : Structure, **7** ( 1999 ) R183-R187.
- [ 12 ] T. Fujisawa, K.Inoue, T. Oka, H. Iwamoto, T. Uruga, T. Kumasaka, Y. Inoko, N. Yagi, M. Yamamoto and T. Ueki : J. Apply. Cryst., in preparation.
- [ 13 ] 藤澤哲郎：放射光, **12** ( 1999 ) 194-201.
- [ 14 ] T. Fujisawa, Y. Inoko and N. Yagi : J. Synchr. Rad. , in press.
- [ 15 ] Y. Isogai, M. Ota, T. Fujisawa, H. Izuno, M. Mukai, H. Nakamura, T. Iizuka, and K. Nishikawa : Biochemistry, **38** ( 1999 ) 7431-7443.
- [ 16 ] 藤澤哲郎、磯貝泰弘：S154、第37回生物物理学会年会 ( 1999 ) .
- [ 17 ] 藤澤哲郎、八木直人：S154 同上
- [ 18 ] 岡 俊彦、上久保裕生、片岡幹雄：放射光 **12** ( 1999 ) 184-193.
- [ 19 ] 岩本裕之、大岩和弘、鈴木 拓、大石 昇、藤澤哲郎：S190 第37回生物物理学会年会 ( 1999 )
- [ 20 ] 目野浩二、麻生陽一、藤澤哲郎、石黒正恒：第43回日本農芸化学会年会 ( 1999 )
- [ 21 ] J. Boltze, T. Fujisawa, A. Naito, T. Nagao, K. Norisada and H. Saito : S89 第37回日本生物物理学会年会 ( 1999 )
- [ 22 ] A. Ochi, T. Tanimori, Y. Nishi, T. Nagayoshi, Y. Nishi, Y. Ohashi, H. Uesaka, H. Toyokawa, K. Inoue and T. Fujisawa : to be published in : Proceedings of SPIE Vol. **3774**.
- [ 23 ] 足立伸一：SPring-8利用者情報、Vol. 1, No.5 ( 1996 ) 22-24.
- [ 24 ] 足立伸一：SPring-8利用者情報、Vol. 3, No.4, ( 1998 ) 25-27.
- [ 25 ] <http://nsw.spring8.or.jp>
- [ 26 ] 石川哲也：SPring-8利用者情報、Vol. 3, No. 4 ( 1998 ) 31-32.
- [ 27 ] 石川哲也：SPring-8利用者情報、Vol. 4, No.5 ( 1999 ) 34-37.
- [ 28 ] 玉作賢治：SPring-8利用者情報、Vol. 4, No.4 ( 1999 ) 23-27.
- [ 29 ] T. Ishikawa, K. Hirano, K. Kanzaki and S. Kikuta : Rev. Sci. Instrum., **63** ( 1992 ) 1098-1103.
- [ 30 ] T. Ishikawa, Y. Yoda, K. Izumi, C. K.Suzuki, X. W. Zhang, M. Ando and S. Kikuta : Rev. Sci. Instrum., **63** ( 1992 ) 1015-1018.
- [ 31 ] H. Yamazaki and T. Ishikawa : SPIE Proceedings, Vol. **2856** ( 1996 ) 279-288.
- [ 32 ] Y. Tanaka, T. Hara, H. Kitamura and T. Ishikawa : submitted to Rev. Sci. Instr.
- [ 33 ] H. Tanaka and N. Kumagai : to be published in SPring-8 Annual Report 1998.
- [ 34 ] 田中 均：私信
- [ 35 ] KEK-PF 岸本俊治助教授の御協力による。
- [ 36 ] JASRI 鈴木基寛氏の御協力による。

石川 哲也 ISHIKAWA Tetsuya

理化学研究所 播磨研究所 X線干渉光学研究室

〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-2805 FAX : 0791-58-2807

e-mail : ishikawa@spring8.or.jp

## BL・フロントエンド専用冷却水循環装置の工事概況

財団法人高輝度光科学研究センター  
 施設管理部門 鈴木 威男  
 大谷 弘

### 1. はじめに

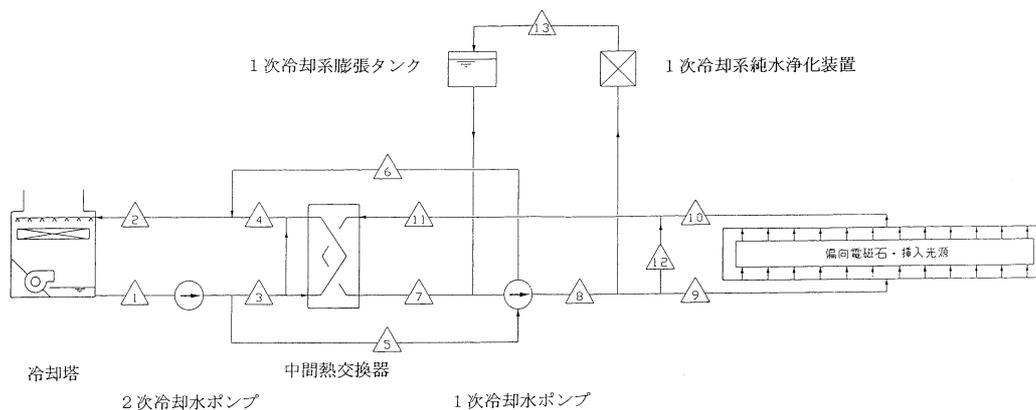
フロントエンドとは、ビームラインのうち光を取出してから実験ハッチに送りだすまでの間、つまり蓄積リング引きだしポートの終端以降で光学ハッチベリリウム窓までの間の部分を指す。フロントエンドの熱負荷は、挿入光源の性能が向上したことにより、当初の計画に比べて増大している状況にある。現設備においては、フロントエンドの冷却水系は電磁石や真空系と共通の系統になっているが、本工事は新たにフロントエンド専用の冷却水系を設けることにより、二つの系統を分離するものである。これにより、SR電磁石系の冷却水温度への外乱を減少させて電子ビームの安定化を図り、合わせて冷却能力の増強を図ることを目的としている。この工事は、

高輝度で優れた指向性を有する挿入光源の特質を生かす上で必須のものと位置づけられている。

本装置や工事の技術的位置づけについては、既刊のSPring-8利用者情報<sup>[1]</sup>において、北村、望月両氏によって詳しく紹介されている。本報は主としてその後の工事の進展について報告する。

### 2. 設備の概要

装置の製作及び据付け工事のための詳細設計は、平成10年10月に着手し、平成11年5月に完了した。系統の基本的な構成(図1 系統図参照)は既存の冷却系とほぼ同様であるが、本設備においては、蓄積リングマシン冷却系の運転経験を反映させて、設備の維持管理を合理的に行うための改良や、より高度



△	1	5	9	13	
流体の種類	2次冷却水	2次冷却水	1次冷却水	1次冷却水	
流量	l/min	720	20	2835	150
温度	℃	28.2	28.2	33±0.5	33
比抵抗	MΩ·cm	—	—	> 4	> 4
運転圧力	KPa	—	340	—	—
設計圧力	KPa	静水頭	490	980	340

図1 フロントエンド専用冷却水循環装置 系統図(Aブロック)

な放射光利用のための改良が行われている。代表的なものとしては、温度安定性の向上をめざした運転制御系の改良、ビームの安定性を高度に維持するためのポンプの振動防止対策などがある。(写真1~3に例示)。また、本設備は、既設の建屋の中にならば割り込む形になることから、現場調査を繰り返し実施して細部の調整を行い詳細設計に反映した。

設備としては、屋外に設置した冷却塔によって二次冷却水を作り、プレート型熱交換器を介して一次冷却水を冷却するものである。能力アップの程度については一概にいえませんが、冷却水流量で現状のおよそ数倍あり、将来の増設にも対応できる除熱能力を持たせてある。また、一次冷却水系は純水を冷却材としていること、銅材が使用されている個所もあることなどを配慮して、シール材等の接液部の材料選定は慎重に行った。一番の特徴は、冷却塔ファンの制御をインバータ制御にしたことである。ランニングコストが低減できるのもさることながら、従来のダンパー制御に比べてきめ細かい運転制御ができるので、将来、温度制御の高度化が求められた場合にも適応できると期待している。

### 3. 工事概況

蓄積リングの冷却系はA、B、C、Dの各ブロックにそれぞれ独立して設置されている。フロントエンド冷却水系も各ブロック毎に設置する計画であり、すでにAとDブロックは今年の夏に完成した。残りのB及びCブロックは来年夏に完成させる計画である(表1 工事工程表参照)。工程の設定にあたっては、ビーム利用研究に影響を与えないよう留意する必要があり、主たる工事は冬期、5月、夏期の停止中に効率良く集中的に実施するなどの工夫を施した。

平成10年12月に着工した工事は順調に進み、本年8月には計画通りA、Dブロックが完成、運用を開始している。この間、作業工程を工夫してユーザータイムを極力長くしたいとの方針から、何度か工事工程を見直している。この夏の停止期間中の工事についても見直しを行い2週間の短縮を実現した。工程の短縮は、土日返上といった単なる実働時間のやり繰りだけでなく、配管製作をプレハブ化するなど、工事の手順、工法についても工夫した。また、夏期停止期間は、本工事だけでなくいろいろな工事が一斉に行われるので、現場の安全確保のために事前の工程調整が重要になる。各部門の協力により、工程



写真1 振動対策を施したキャンドポンプ

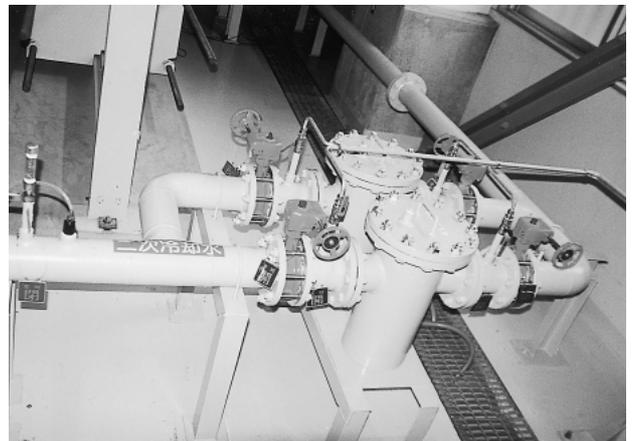


写真2 ストレイナー(メンテナンス性向上のため二重化)

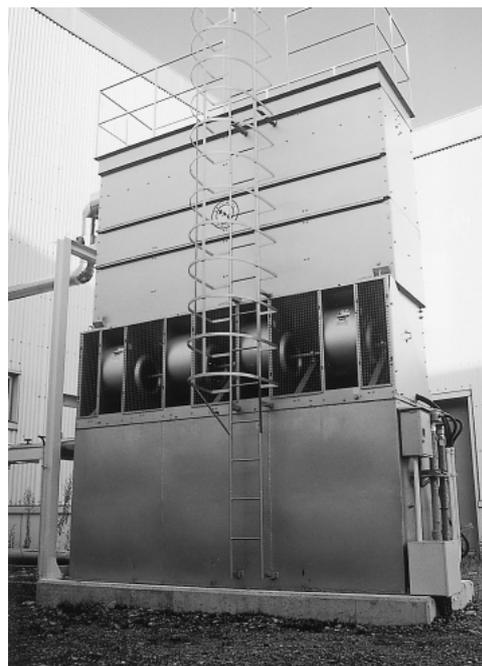


写真3 インバータ制御の冷却塔



つまり放射光利用研究に支障をきたさないようにすることも重要な事項になる。建屋内での火器の使用や振動、騒音、発塵、漏水等が発生する恐れのある作業については、事前に要領を定めるなど、作業安全だけでなく施設保全に係るルールが共通認識となるよう徹底化をはかった。

これまで無事故、無災害でこれたことは大変喜ばしいことである。今後もこの記録を延ばすよう関係者一同気を引き締めている。

#### 5. 今後の計画

この8月3日にA、Dブロックの機器据付けが完了したことを受けて、同19日に無負荷での機能試験を、9月7日には冷却対象機器を接続した負荷運転を実施し、所期の性能が得られることを確認した。9月29日からの第9サイクルより、A、Dブロックのフロントエンド専用冷却水系は運転に供されている。これにより、SR電磁石系の冷却系は、従来まかっていたフロントエンド系の分だけ流量に余裕ができることになるが、現在はバイパス流としている。流量の再配分はリング全体の負荷バランスを考える必要があることから、B、Cブロックも完成した後にA～D合わせて実施される。

B、Cブロックについては、収納部内の配管取付を除き工事は大方終了した。残工事と試運転調整については、次の5月及び夏期停止期間に実施し、平成12年8月末には全ての調整を完了する予定である。

#### 6. むすび

これまでの工事工程を振り返って見ると、難工事にも拘わらず順調に進んでいる。理化学研究所および財団関係部署各位のご尽力によることと感謝している。工事を請負った日揮株式会社にも難しい注文を聞いていただきました。改めて謝意を表したいと思います。今後も、来年夏の完成に向けて安全に、着実に計画を進めて行きたいと考えています。引き続き関係者の皆さまのご理解とご協力をお願い致します。

#### 参考文献

- [ 1 ] SPring-8 利用者情報 Vol. 4, No.1, Jan. ( 1999 )  
11-13

鈴木 威男 SUZUKI Takeo

( 助高輝度光科学研究センター 施設管理部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0865 FAX : 0791-58-0876  
e-mail : takeo@spring8.or.jp

大谷 弘 OHTANI Hiromu

( 助高輝度光科学研究センター 施設管理部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-0869 FAX : 0791-58-0880  
e-mail : otani@spring8.or.jp

## SPring-8の高フラックスビームライン (BL40XU) および赤外物性ビームライン (BL43IR) の利用研究課題の募集開始について

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

(財)高輝度光科学研究センターでは、既に共用に供されている15本のSPring-8共用ビームラインに加えて、2000年4月から新たに高フラックスビームライン (BL40XU) および赤外物性ビームライン (BL43IR) の2本の共用ビームラインの供用を開始します。この2本のビームラインを利用して行う研究課題を募集いたしますので、以下の要領でご応募下さい。

### 1. 利用期間

平成12年4月初旬～平成12年6月中旬の予定  
・共用ビームタイム 100シフト (1シフトは8時間) 程度の予定

### 2. 募集の締め切り

平成12年1月22日 (土) 消印有効  
なお、持参および時間指定宅配便は平成12年1月24日月 午前10時利用業務部必着分まで受理します。  
申請書に電子メールアドレスが記入されている申請者には平成12年2月3日迄に申請書の受理通知を電子メールで送ります。平成12年2月3日を過ぎても通知がこない場合は利用業務部へお問い合わせ願います。なお、電子メールを使用されない申請者の方は、お手数ですが電話で利用業務部へお問い合わせ下さい。

### 3. 募集の対象となる共用ビームライン

- (1) BL40XU 高フラックス
- (2) BL43IR 赤外物性

今回の募集期間はステーション・ビームラインの性能評価・確認の期間となりますので、立ち上げに資する課題を優先して選定します。ご応募の前にビームライン・ステーションの整備状況を本誌および

SPring-8のWWWホームページ (以下の4参照) で確認して下さい。

### 4. 応募方法

SPring-8利用研究課題申請書を記入要領に従い作成し、以下の項目5に示す提出方法に従い項目6の提出先までお送り下さい。

SPring-8利用研究課題申請書 (成果非専有課題 (蛋白質結晶構造解析専用) 用、成果非専有課題 (散乱・回折、XAFS、分光、実験技術、その他) 用は、以下の、SPring-8のWWWホームページに書き込みのできるPDF形式ファイルで供給しています。予めPDF形式ファイルの書き込みに対応しているバージョンの「Acrobat Reader」をインストールしてから、申請書をダウンロードしてください。また、本誌Vo.4, No3, 1999 の29～34ページの申請書のコピーも利用いただけます。

[ 利用研究課題募集案内のホームページアドレス ]  
[http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user\\_info/](http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user_info/) (日本語)  
[http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user\\_info/](http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user_info/) (英語)

成果専有課題 (有料) 用の申請書および記入要領は下記6の利用業務部にご請求下さい。

### 5. 申請書の提出方法

作成された申請書 A4版の原本1部, 原本の1、2頁を表面に、また3、4頁を裏面としてA4版1枚に左綴じで読めるように縮小両面コピーした副本15部を下記の提出先に郵送して下さい。(蛋白質結晶構造解析の課題で原本が5枚になった場合は5頁目を同様に縮小コピーし副本の2枚目として下さい。)

成果専有課題の場合はA4版の原本1部のみ提出して下さい。

6. 申請書提出・問い合わせ先

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
 (財)高輝度光科学研究センター 利用業務部  
 「共用ビームライン利用研究課題募集係」  
 牧田知子または平野有紀  
 TEL : 0791-58-0961 / FAX : 0791-58-0965  
 e-mail : sp8jasri@spring8.or.jp  
 成果専有課題を郵送される場合は封筒に「専有」と朱書して下さい。

7. 審査結果の通知 平成12年2月下旬の予定

なお、採択の通知を受けた課題の実験責任者は2週間以内に利用研究課題実行者名簿をインターネットで登録していただくこととなります。また、そのときに新規のユーザーはユーザー登録が必要となります。

8. ビーム使用料金

成果非専有(成果を公開)課題で申請される課題は、ビーム使用料は無料です。成果専有(成果を非公開)課題で申請される課題はビーム使用料を徴収します。料金は1シフト(8時間)あたり472,000円です。成果専有課題で時期指定利用の場合はビーム使用料金は5割増になります。なお、成果専有課題を申請される場合は、別途料金支払い等に関する契約を結んでいただく必要がありますので、利用業務部にお問い合わせ下さい。

(参考) インターネットによる申請書の取り出しおよび書き込み方法について

1. 利用研究課題募集案内のホームページURL

[http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user\\_info/](http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user_info/)(日本語)  
[http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user\\_info/](http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user_info/)(英語)  
 ブラウザはNetscapeの場合バージョン3.0以上をお使い下さい。

2. 供給している申請書

書き込みのできるPDF形式ファイル  
 なお、申請書2ページ目以降はフォントの大きさを2種類用意しています。記入量に応じて選択してください。PDF形式ファイルを読むためには予め、以下の3の項目に示したソフトのいずれかをインストールしておく必要があります。

3. ソフトウェアに応じた利用方法

- (1) PDF形式ファイルを表示と印刷するだけの古いバージョンの「Acrobat Reader」がインストールされている場合  
 申請書をプリントアウトして、従来の方法で作成してください。
- (2) 書き込みもできる最新の「Acrobat Reader 4.0」がインストールされている場合  
 (インストールされていない方は、アドビ社のホームページから無料でダウンロードできます。)書き込み後プリントアウトできますが、書き込んだファイルを保存する事ができません。書き込み内容を他のソフトウェア(たとえば、Word)で作成し、コピー&ペーストしてください。
- (3) 「Acrobat 4.0」(有料)がインストールされている場合  
 PDF形式ファイルを読み出して、直接書き込み、保存できます。

4. 図の張り付けについて

- PDFファイル上ソフトでは図を張り付けられませんので、以下のどちらかの方法を選択してください。
- (1) 図は別の用紙に作成し物理的に張り付ける。
  - (2) 記入内容を適当なソフト(たとえば、文章はWordで作成し、図をペーストする)で申請書のフォーマットに合わせて作り、予めプリントアウトしたブランクの申請書に印刷する。

(注意) ブラウザとしてInternet Explorerをお使いの方は、PDFファイルを保存する際に、下記の点にご注意下さい。

ブラウザ上でPDFファイルを開き表示することはできますが、そのまま保存するとPDF形式が壊れることがあります。そこで、PDF形式ファイルを保存する場合は、PDF形式ファイルにリンクしてる場所(たとえば、「課題申請書」のような部分)にマウスのポインタを置き、Windowsならばマウスの右ボタンをクリックすることによって、また、Macintoshならばマウスのボタンを押し続けることによってポップアップメニューを表示させ、「対象をファイルに保存」または「リンクをディスクにダウンロード」を選択して下さい。

## 共用ビームライン整備に関するビームライン検討委員会の 答申の概要（21本目以降）

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  
企画調査部

共用ビームラインの整備は、特定放射光施設連絡協議会からの諮問を受けた「ビームライン検討委員会」が、利用研究者から提案されたビームラインの技術的重要事項を検討評価し、その結果を同協議会に答申することにより進められます。

SPring-8で当初計画された共用ビームラインは30本となっており、これまでに答申された共用ビームラインは20本に達しています。現在では15本が共用に供され、4本が建設中もしくは調整段階に入っています。

21本目以降の共用ビームラインの整備に関しては、「ビームライン検討委員会」が、平成10年12月16日付けで特定放射光施設連絡協議会からの諮問を受け、本年2月から4回にわたり検討を行い、検討結果を本年10月4日に同協議会に対して答申（その1）を行いました。

本稿では、この答申の概要を紹介します。

### 【答申の概要】

#### 1. 共用ビームライン整備の考え方

これまで整備されてきた共用ビームラインは、主に既存の技術により設置が可能なものであった。しかしながら、共用ビームラインの整備が進むにしたがって、高度な研究への要求が増加し、その実現のために、技術開発に必要なビームラインの提案が増加してきた。

ビームライン検討委員会では、技術開発が必要なビームラインであっても、SPring-8の性能を十分に発揮できるものであり、今後、先端的研究に寄与する計画であると認められるものについては積極的に選定の対象とすることとした。

また、このような基本的考え方のもとで、共用ビームラインの整備にあたっては、SPring-8のビームラインの全体像における今後の研究分野や実験手法のバランスを勘案し、海外の放射光施設の状況にも配慮することとした。さらに、利用研究者から提案された計画の選定に際して、一層の客観性を確保するため、「ビームライン整備の優先度付け指標」を

制定し、今回の選定から適用することとした。

#### 2. 選定経過

計画の選定は、広く国内の利用研究者から「計画趣意書（Letter of Intent）」及び「計画提案書（Proposal）」の2段階の提案に基づく計画内容の検討評価により実施した。

「計画趣意書」の募集に基づき、提案のあった27件の計画について検討評価し、「計画提案書」の提出を求めるものとして12件を選定したが、その際、類似の計画はまとめることとしたため、結果として10件の「計画提案書」の提出を依頼した。そして、提出のあった10件の「計画提案書」について、国内外のレビュアー25名から計画のオリジナリティ、将来性等に関する意見を求め、それらの意見も参考に検討評価を行った結果、早急に整備すべき6件の計画を選定した。

また、平成9年6月に答申されたが、未整備の「表面界面構造解析ビームライン」については、現時点においても最優先で整備すべき重要な計画であることを確認した。

#### 3. 共用ビームラインとしての整備計画

##### (1) 共用ビームラインとして整備すべき計画

整備済み及び建設・調整中のものを含めSPring-8の当初計画どおり少なくとも30本を早急に整備すべきであると確認し、今回は、利用研究者からの提案の中から、まず平成12年度以降に特に早期に整備する必要がある6計画について結論を得た。

×線分光分析ビームライン(アンジュレータ)

材料、生体試料中の微量元素の状態分析、局所での高分解能蛍光×線分析を目指す。  
地球惑星科学ビームライン(マルチポールウィグラー)

短時間での×線回折データ収集に基づく時分割測定や、複雑な構成の微小試料部を通過する×線の回折実験を可能にし、地震発生メカニズム及びマントルダイナミクスなどに関

する研究を行う。

超高輝度軟X線共鳴分光ビームライン(アンジュレータ)

30m長直線部からの干渉性の強い軟X線を用いて高密度発光分光、多光子光電子分光、二重マイクロビーム変調分光法などの第3世代を超えるような研究展開を目指す。

生体高分子結晶構造解析(三重ステーション)ビームライン(アンジュレータ)

タンパク質などの生体高分子の結晶構造解析を目的として、微小結晶の回折データ収集、高回折分解能での回折データ収集、多波長異常分散法(MAD)による位相決定用の回折データ収集のための多重ステーションを持つビームラインを建設する。

X線発光解析ビームライン(アンジュレータ)

2種類のX線発光解析用スペクトロメーターを設置し、X線2次光学過程スペクトロスコピーを展開する。

高輝度高エネルギーX線ビームライン(ミニボールアンジュレータ)

高エネルギーX線の研究は、これまでコンプトン散乱と一部の試みの他はまだほとんど取り組まれていない。この未踏の領域に焦点を絞り込み、Spring-8としての独自の研究展開を図る。

(2) 共用ビームラインとして整備するのが適当なその他の計画

先端的な技術開発の実施、利用者層の拡大などの観点に配慮した施設者の立場から2件の提案があり、本委員会で提案の趣旨等を議論した結果、以下の2件について共用ビームラインとして整備することが適当であるとした。

偏向電磁石型R&Dビームライン

最先端施設として基盤拡充と利用者への最新技術提供の重点強化を図るため、白色光や高エネルギーX線を必要とするR&Dを行う。産業界による放射光利用の促進を目指したビームライン

一般産業界の利用の促進を図るため、放射光利用の経験がない利用研究者の技術習得や様々な研究展開を促進する。

参考資料 ビームライン検討委員会委員(平成10、11年度)

(平成10年度16名)

委員長

佐藤 繁

東北大学大学院 理学研究科 教授

委員長代理

下村 理

日本原子力研究所 関西研究所 放射光利用研究部 部長

雨宮 慶幸

東京大学大学院 工学系研究科 教授

飯田 厚夫

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究主幹

石川 哲也

理化学研究所 播磨研究所 主任研究員

植木 龍夫

JASRI利用促進部門 部門長

柿崎 明人

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授

北村 英男

理化学研究所 播磨研究所 主任研究員

熊谷 教孝

JASRI加速器部門 部門長

古宮 聡

株式会社富士通研究所 基盤技術研究所 主管研究員

笹本 宣雄

日本原子力研究所 東海研究所 中性子科学研究センター 次長

菅 滋正

大阪大学大学院 基礎工学研究科 教授

月原 富武

大阪大学 蛋白質研究所 教授

平井 康晴

株式会社日立製作所 基礎研究所 主任研究員

松井 純爾

姫路工業大学 理学部物質科学科 教授

水木 純一郎

日本原子力研究所 関西研究所 主任研究員

(平成11年度16名)

委員長

松井 純爾

姫路工業大学 理学部物質科学科 教授

委員長代理

下村 理

日本原子力研究所 関西研究所 放射光利用研究部 部長

雨宮 慶幸

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授

石川 哲也

理化学研究所 播磨研究所 主任研究員

大門 寛

奈良先端科学技術大学院 大学物質創成科学研究科 教授

尾嶋 正治

東京大学大学院 工学系研究科 教授

北村 英男

理化学研究所 播磨研究所 主任研究員

古宮 聡

株式会社富士通研究所 基盤技術研究所 主管研究員

坂井 信彦

姫路工業大学 理学部物質科学科 教授

月原 富武

大阪大学 蛋白質研究所 物理構造部門 教授

虎谷 秀穂

名古屋工業大学 セラミックス研究施設 教授

水木 純一郎

日本原子力研究所 関西研究所 主任研究員

(施設者側委員)

植木 龍夫

JASRI利用促進部門 部門長

菊田 惺志

JASRIビームライン部門 部門長

熊谷 教孝

JASRI加速器部門 部門長

多田 順一郎

JASRI安全管理室 室長

## SPring-8運転・利用状況

財団法人高輝度光科学研究センター  
計画管理グループ

## 平成11年8～9月の運転・利用実績

SPring-8は7月3日から9月5日（線型加速器、シンクロトロンは8月31日）まで夏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
  - アライメント確認作業
  - 電子銃メンテナンス作業
  - モジュレーターメンテナンス作業
  - 各種点検作業
- (2) シンクロトロン関係
  - 導波管の分解・組立作業
  - アライメント確認作業
  - RFキャビティ真空ダクト交換作業
  - 各種点検作業
- (3) 蓄積リング関係
  - ビームラインの増設
  - 新規挿入光源の据付作業
  - 新規FEの据付作業
  - RF-Aステーション設置作業
  - 長直線部ベースプレート設置作業
  - ネットワーク工事
  - 各種点検作業
- (4) コーティリティ関係
  - FE専用冷却水循環装置作業
  - 各種点検・改造作業
- (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
  - インターロックロジック変更作業
  - 各種点検作業

## 平成11年9月の運転・利用実績

SPring-8は9月6日（線型加速器、シンクロトロンは9月1日）から9月24日までマシン及びビームライン調整期間を実施した。この期間は夏期運転停止期間に新規に設置された機器や既設の改造等を行った機器の調整及び第9サイクル以降のユーザー運転に向けての機器の調整期間としユーザーへの放射光の提供は行わなかった。

## 1. 装置運転関係

- (1) 運転期間

マシン及びビームライン調整期間

（9/6（月）～9/24（金））

- (2) 運転時間の内訳
 

運転時間総計	約438時間
装置の調整	約438時間

- (3) 主な調整内容
  - 現状のOpticsの軌道調整
  - S R 運転再開時のパラメーター取得
  - 新しいOpticsの軌道調整
  - Opticsの決定、調整（ユーザー用の軌道）
  - ビームライン光軸の確認
  - rf-BPM Interlock Windowの確認、決定
  - 各ビームライン調整

## ニュースバル

ニュースバルは7月3日から9月19日まで夏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) 主な作業・点検
  - OK磁場測定、架台設置、組立
  - SCW架台設置、組立、ベーキング
  - SU磁場測定、架台設置、組立、ベーキング
  - LU磁場測定、架台設置、組立
  - 真空制御盤設置
  - クライストロン電源修理
  - ベンディングBLの架台設置、組立、ベーキング
- (2) 運転
  - 第9サイクルでは新設及び既設の各機器調整を行い9月21日よりコミッショニングを開始した。
  - 第10サイクル以降も引き続きコミッショニングを行う予定。

## 今後の予定

- (1) 9月29日から12月24日まで3週間連続運転モードで3サイクル（第9～11サイクル）と4週間連続運転モードで1サイクル（第12サイクル）の運転を行う予定である。  
運転モードについては決定しだいユーザーに報告する。
- (2) 12サイクル以降は、12月25日より冬期の長期運転停止期間に入り（来年1月中旬まで）、各設備及び機器の点検作業等を実施する。

## 赤外ビームライン ( BL43IR ) の建設

財団法人高輝度光科学研究センター 放射光研究所

木村 洋昭、森脇 太郎、高橋 直、青柳 秀樹、松下 智裕  
石澤 康秀、山片 正明、正木 満博、大石 真也、大熊 春夫

神戸大学 難波 孝夫、木村 真一、桜井 誠、岡村 英一

福井大学 中川 英之 分子科学研究所 福井 一俊

東北大学 近藤 泰洋 京都大学 高橋 俊晴

大阪市大 篠田 圭司

### 1. はじめに

平成10年の11月、SPring-8ではその年の6月の補正予算による4本の偏向電磁石ビームライン ( BL ) の発注作業も一息が付きBL建設部隊もやれやれといていたところに、新たなBL建設の予算が補正で認められそうだという話が舞い込んできた。その補正の中で赤外BLも入っていると聞いた時には“ほんとに8GeVリングで赤外をつくるんだ”というのがBL建設組の感想であった。しかも、BL建設を予定している61本のポートではなく、新たなポートを作って建設する = X線用BLの数を減らさずに建設するという。この案は一見両者を立てた良い案に見えるが、建設側からすると、そのBLには準備室なし、電気なし、水・圧空なし、ネットワークなしという事になる。又BL制御やインターロックの関連では、既に各BLには全部で61本であるという前提で通し番号を振って管理しており、当然のように“BLナンバーが61を越える数字が渡されたらはねる”というルーチンがあちこちにちりばめられており、中央制御室のBL集中管理用のパネルも61本で既に枠が作られてあった。

補正予算の性格上発注作業はタイトなスケジュールになり、又、建設に際しては加速器、制御、施設、その他とのかなりの打ち合わせが想定された。SPring-8標準コンポーネントがほとんど適用できないこの様なBLは、BLの頭からお尻まで発注仕様書とそのBL担当者でまとめなければならない。特に建設サブグループ ( SG ) 内で意見がまとまっていなと、BLの全体構成から再討論が始まったりな

どして、発注スケジュールが大幅に遅れる事になるわけである。

そんな不安を抱きながらこの赤外SGと打ち合わせを始めたわけだが、ふたを開けてみると全体構想はほとんど固まっており、そして何よりもBLを作ったことのある人 ( BLを使ったことのある人ではない ) がたくさんSG内にいる事がとても心強かった。特に共同利用研出身の先生方が多くおられ、こちらの建設サイドの苦労などもよく承知されておられるようで割合順調に設計もすすみ、発注仕様書もなんとかスケジュール通り仕上げることができた。

### 2. フロントエンド部

まず最初に、加速器、BL、赤外サブグループ ( SG ) の代表による打ち合わせで以下の項目が設計指針として決定された。

i) BL設置場所 ( 放射光を取り出すポート ) をBL43B2とする。

実験ステーションを展開する上で十分なスペースが実験ホールにあり、直上流の挿入光源の影響を受けないB2マグネットからの放射光を利用する。

ii) 収納部を貫通する場所は天井部とし、遮蔽ハッチを持たない構造とする。

これにより、MBS ( 放射光ビームラインシャッター ) が不要となった。インターロックについても人的安全に関する部分が不要となった。

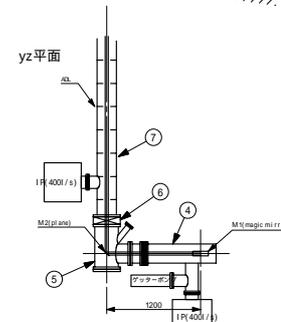
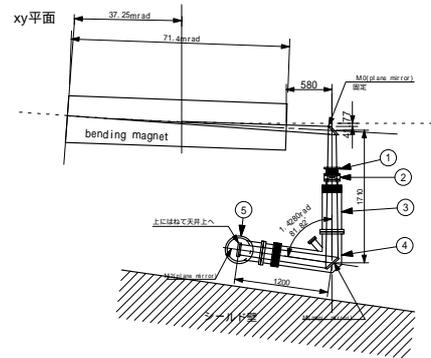
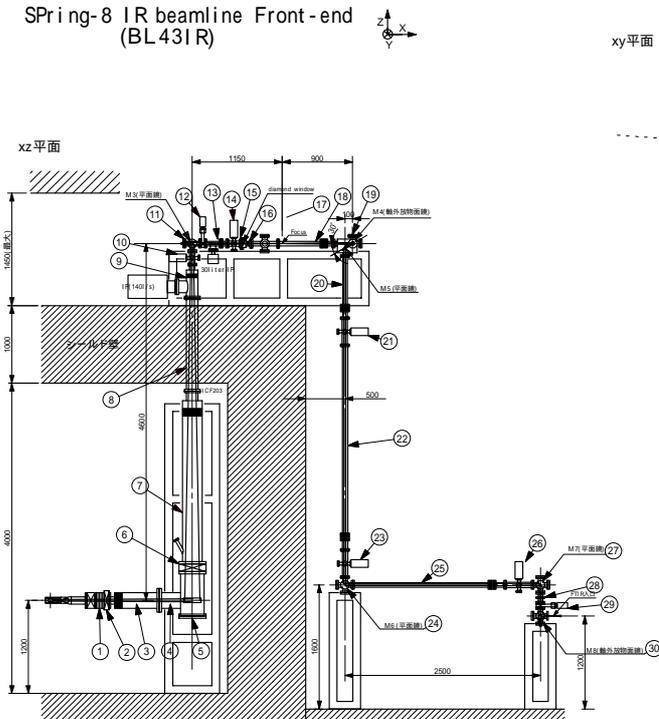
iii) 蓄積リングクローチ部に置かれる最初のミラ

— ( $M_0$ ) は横振りとし、その取り込み角は水平方向40mrad程度、垂直方向は $\pm 5$ mrad程度とする。

$M_0$ ミラーを横振りとした場合は、直上流の

BL43ISのフロントエンド部のビーム光軸と交差する事になる。将来BL43ISを建設する時は、この部分に4方管を使ってビームパイプも交差させることとする。

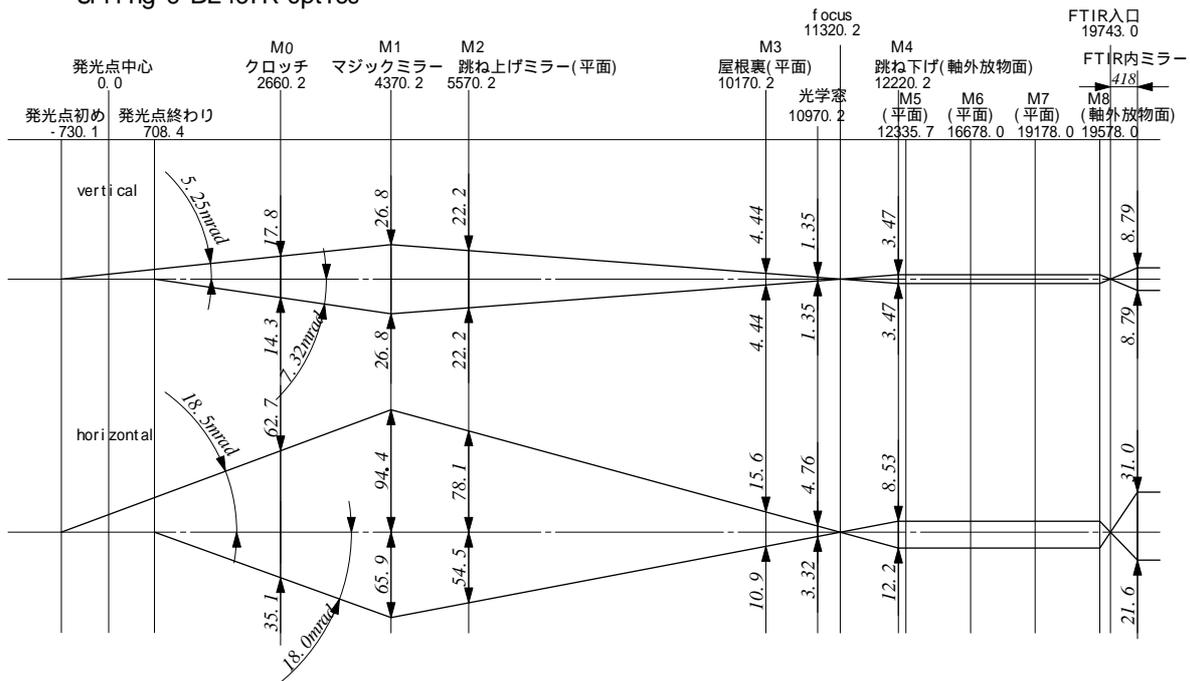
SPring-8 IR beamline Front-end (BL43IR)



drawn by S. Kimura (3 Jan. '99, Revised: 1 Apr. '99)

図2-1 FE概略図

SPring-8 BL43IR optics



drawn by S. K (2 Apr. '99)

図2-2 Optics

iv) 真空的な隔壁となる光学窓はリングから十分な距離をとり、リングの真空を保護する機構をつける。

v) 加速器とBLは、M<sub>0</sub>ミラー直下流に設けられたゲートバルブとその下流のベローズ間で取り合う

これらの点を考慮に入れた光源から干涉計までの間の概略図を図2-1に、ビームサイズや取り込み角を主眼に置いた光学系の概念図を図2-2に示す。

### 2-1. ベンディングチェンバー、M<sub>0</sub>ミラー

ベンディングチェンバーは、垂直・水平に広い角度に放射される赤外線放射光を取り出すために、ビームダクトの狭いチャンネル部を放射状に広げたものに交換された。

M<sub>0</sub>ミラーが設置される光源中心から約2.7mのところでの放射光の全パワーは3.6kWにもなる。このヒートロードを低減するために、ミラーの軌道平面にあたる部分を±1mmスリット状に切り欠いた。これにより、M<sub>0</sub>ミラーが受ける放射光の全パワーは1/1000の3Wになった。一方、このスリット幅の光子数への影響を図2-3にしめす。図からわかるように、このスリットによる赤外領域での強度損失は、減った分の立体角の割合程度である。これらの条件から、ミラーの材質は無酸素銅（金コーティング）で冷却はミラーが取り付けられているフランジ部の水冷のみになった。尚、マシンスタディ時や入射時等、電子軌道が通常からずれて放射光の中心がこの切り欠きからはずれた場合に備えて、M<sub>0</sub>ミラー上流にも出し入れが遠隔操作可能なアプソーバを設置

した。

### 2-2. 集光系

図2-2からわかるように最初の焦点までの集光はM<sub>1</sub>ミラー一枚だけで行っており、このミラーがこのBLの輝度に関する性能を決めているとって過言ではない。SPring-8で水平取り込み角38mradという事は光源の長さが1.4mにもなることを意味する。このような形の光源を一点に集光する場合、水平方向は、軸対称の球面などは使えず、軸に対して非対称な曲面になる。この曲面は、マジックミラー<sup>[1]</sup>として古くから知られている。しかしながら、鏡の切削技術が発達していなかったために、これまで使われていなかった。このビームラインで、はじめて導入されたものである。一方、垂直方向は、発光点と集光点との距離と角度で決まる球面である。

このマジックミラーはベンディングからの放射光を広い取り込み角（長い円弧の形の光源）で集める場合に大変有効である。集光点の像の大きさは、マジックミラーの拡大率と各発光点での水平方向の発散角（ $\theta$ ）に依存している。つまり、 $\theta$ が小さい高エネルギーリングに相性が良い（残念ながら第三世代リングの売り物の低エミッタンスは、回折限界が大きい赤外領域ではあまり寄与しない）ミラーという事ができる。

最適化して得られたパラメーターによる、焦点でのレイトレースの結果を図2-4に示す。途中の光学系の関係で像が90°回転しているが、スポットサイズ（半値全幅）は0.072×0.98mm<sup>2</sup>である。

by S.K. 99/04/03

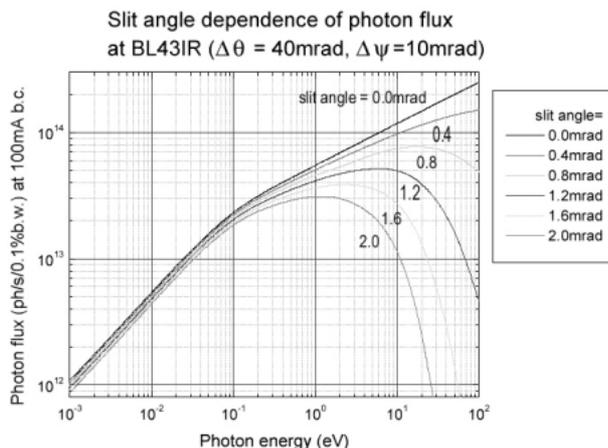


図2-3 Mo部のスリット幅による放射光強度への影響

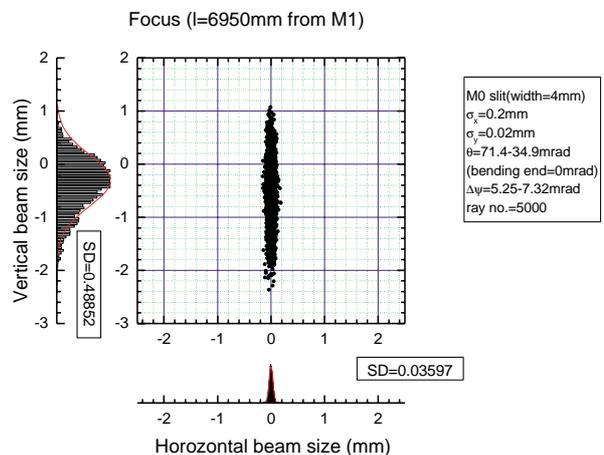


図2-4 レイトレース結果

### 2-3. ビーム輸送系

収納部上部の光学窓までの超高真空部は大部分が太いビームパイプ (ICF203以上) で構成されており、最上流と最下流 (光学窓上流部) 間で圧力差は数倍程度しかつかない。特に光学窓部での万が一の真空破断事故に備えるために、最上流にはFast Closing Valveを設け、そのセンサーを最下流部に設置した。又途中のコンダクタンスを下げるために、M<sub>2</sub>チェンバーから真上にのびるビームダクトはADL構造になっている。

光軸調整を容易にするために、とりあいのゲートバルブ以外のゲートバルブにはすべて石英窓 (収納部内ゲートバルブに関してはサファイア製窓) がつけてある。

真空的な隔壁となる光学窓は蓄積リングから8mの位置に設けられ、現状で0.75mm厚ダイヤモンド (10mm、テーパ角1°程度) とBaF<sub>2</sub>が取り付けられている。この2種類の窓を真空を破らずに交換できる機構がついている。

この光学窓から下流は、数Pa程度の真空度であり排気はスクロールポンプだけで行われている。

### 3. 干渉分光計

当BLにはフーリエ変換干渉分光計として、ブルッカー社製超高分解能FTIR IFS120HR/Xが採用さ

れた。以下にそのスペックを簡単に示す。

- a) 測定可能波数領域は、100cm<sup>-1</sup> ~ 20000cm<sup>-1</sup> 以上まで連続でカバーする。その為に、ビームスプリッターとしてKBr、マイラー及び石英を有し、内部光源としてグローバー光源とタンゲステンハロゲン光源を備える。
- b) 最高分解能0.0063cm<sup>-1</sup>を有する。
- c) ラピッドスキャンが可能である。
- d) 光束中心部を損なうことなく測定が可能である。
- e) 光出射口として、ICF152のポートを2つ有する。

尚、潮解性の光学素子を使っている関係で、干渉計は除湿器付きビニールテント内に設置してある。

図3-1での干渉計の両側にある2つのS型、Z型の光学系はビーム縮小系と呼ばれ、干渉計の光出射口から出てくる平行ビームを、2枚の放物面鏡を使って、5.6:1に縮小した平行ビームにするものである。又、この系はその出射ビームの平行性の調整も兼ねている。

### 4. 実験ステーション

当BLには4つの実験ステーションが建設される。これらはX線のBLというブランチ型で同時に放射光利用はできない。尚、各ステーションとも検出器

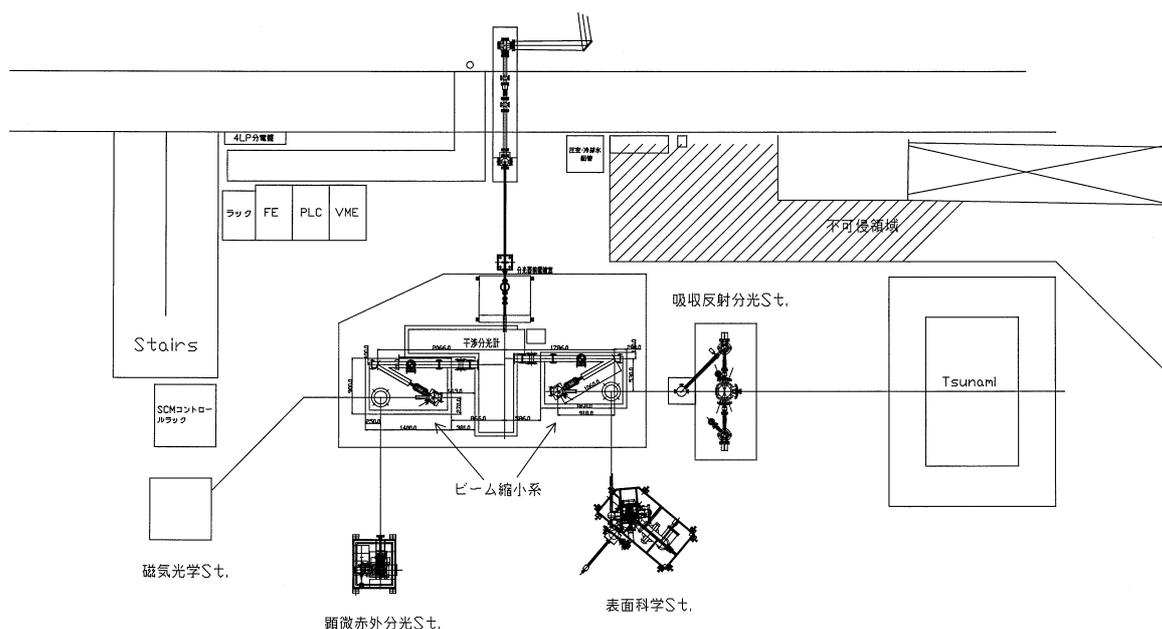


図3-1 BL43IR実験ホール部概略図

として、Siフォトダイオード、InSb、MCT、Siボローメーター等が準備されている。これらの検出器で、このビームラインの使用範囲である $0.012 \sim 2.5\text{eV}$  ( $100 \sim 20,000\text{cm}^{-1}$ )を切れ目なくカバーすることができる。低エネルギー側の測定限界は、集光条件による回折効果に依存しているため、各ステーションが稼動した後に問い合わせいただきたい。

#### 4-1. 顕微分光ステーション (写真4-1)

SPring-8の赤外放射光の高輝度性を利用し、通常の実験室赤外光源では不可能な、 $10\mu\text{m}$ 程度の空間分解能での顕微赤外分光を行うステーションであり、高圧下での低温・高温の条件下で測定を行うことができる装置も準備している。

赤外顕微鏡 (分光計器製) の主な性能は以下の通りである。

- a) 測定可能波数領域は、 $500\text{cm}^{-1} \sim 20000\text{cm}^{-1}$ 程度
- b) 赤外及び可視光による透過・反射測定が可能
- c) カセグレン鏡倍率は $\times 8$ 、開口角 $\text{NA}=0.5$ 、カセグレン鏡間の作業空間は $100\text{mm}$
- d) ダイヤモンドアンビルセル (DAC) 内ルビー蛍光のその場測定に対応
- e) 光路全体を窒素ガス等でパージが可能
- f) 偏光顕微鏡としても使用可能、可視光像はCCDカメラにも記録可能

この顕微鏡のステージ部には通常のサンプルステージの他に、以下の装置を取り付けて測定することができる。

- a) 顕微分光用X-Yマッピングステージ (各軸可

動長 $100\text{mm}$ 、駆動最小ステップ幅 $1\mu\text{m}$ )

- b) フロー式クライオスタット (オックスフォード社製、Microstat-He、試料温度範囲  $4.2 \sim 400\text{K}$ )
- c) 高温用DAC (機械式、 $\sim 700$ 、 $\sim 30\text{Gpa}$ )
- d) 低温用DAC (ガス圧式、 $10 \sim 400\text{K}$ 、 $\sim 20\text{Gpa}$ )

この他にDAC用には測圧システムとして、既にBL10XUで使用されているものとはほぼ同じルビー測圧システムが設置された。

#### 4-2. 表面科学ステーション (写真4-2)

表面科学実験ステーションでは、赤外反射吸収分光 (Infrared Reflection Absorption Spectroscopy: IRAS) 装置を立ち上げている。IRASは、高エネルギー分解能 ( $1\text{cm}^{-1}$ 以下)、高感度 ( $0.1\%$ 程度の吸着率でも十分にスペクトルを得られる) という特徴をもち、表面吸着種の振動分光に非常に有効な手法である。さらに、BL43IRでは通常の実験室光源では得られない、放射光による遠赤外領域でのIRAS測定手法の確立を目指している。そのために、窓材はダイヤモンドとシリコンを用意し、さらに実験チャンバーの真空を破らずに窓材を交換できる機構を装備している。汎用試料ホルダーに保持した試料は、傍熱加熱とクライオスタットによる冷却 ( $-140 \sim 1000$ ) が可能である。

また、本ステーションでは、IRASとの相補的情報を得るために高分解能電子エネルギー損失分光装置 (HREELS: LKTech ELS5000) を装備している。その他に、低速電子回折/オージェ電子分光装置 (LEED/AES: Omicron SPECTALEED) また、

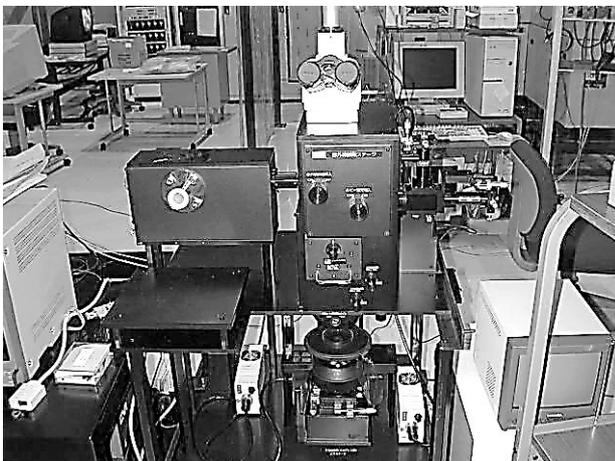


写真4-1 顕微分光ステーション

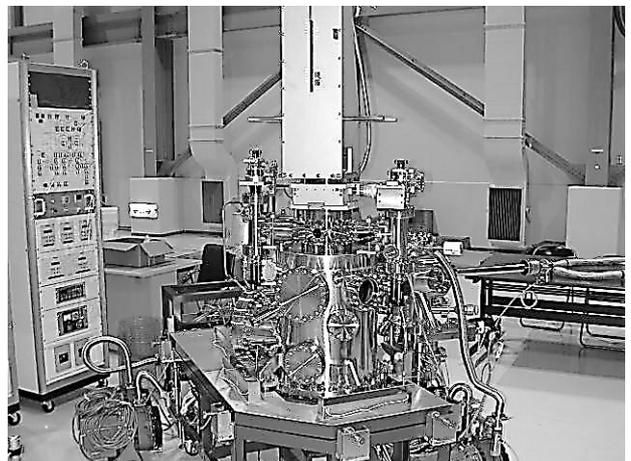


写真4-2 表面科学ステーション

四重極質量分析装置 (QMS : Balzers QMS200) を装備している。

表面吸着実験に関しては、リークバルブによる吸着ガス導入、また、Kセルによる蒸着が可能である。このように、表面吸着種の振動分光を行うために必要な装備が揃っており、また、遠赤外領域での研究の発展性にも十分対応できるステーションである。

#### 4-3. 吸収反射分光ステーション (写真4-3)

一般的な微小試料についての吸収反射分光実験とともに、放射光の時間構造を利用したピコ秒・ナノ秒時間領域での時間分解分光実験を行う。

このステーションはその性格上汎用性を重視した測定チェンバーを用意している。干渉計からの平行光は放物面鏡により試料位置に集光される。効率よく反射・吸収光を取り込むため、光は再び放物面鏡で平行光に戻され検出器系に送られる。

試料室部分の特徴は以下の通り、

- a) 超高真空仕様
- b) アルミハニカム光学台 (220 × 100mm<sup>2</sup>) 上に設置 (ビームレベル120mm)
- c) ICF203の六方ブロックで作られているので、実験目的別にフランジを交換可能
- d) He冷凍機 (岩谷クライオミニ [M310特型]) を標準装備、最低到達温度5.5Kにて反射・吸収測定可能

尚、この測定チェンバーが干渉計の上流にも設置できるようなスペースも確保してある。

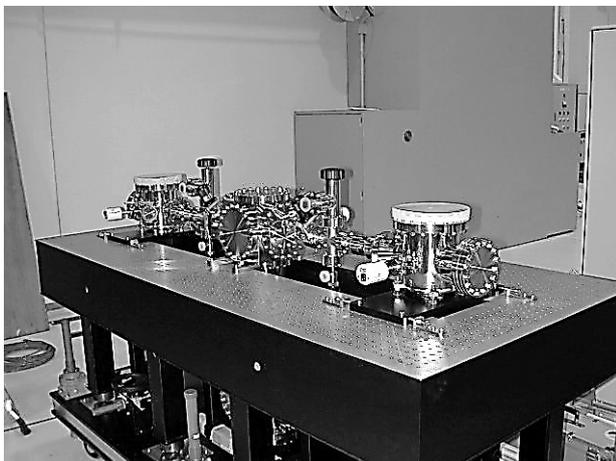


写真4-3 吸収反射分光ステーション

ピコ秒モードロックチタンサファイアレーザー “Tsunami” 3950-LTC (スペクトラフィジックス社製)とそのシステムの基本的スペックを以下に示す。

- a) 励起用 (種) レーザー : LD励起高出力CWグリーンレーザー Millenia VP
- b) 波長可変領域 : 720nm ~ 900nm
- c) 出力パルス最大時間幅 : 1ps以上3ps以下
- d) 平均出力1W@peak以上 (5W TEM<sub>00</sub>励起時)
- e) 繰り返し周波数 : SPring-8のRF周波数508.6Mhzの1/6 (84.8MHz)であり、その信号に対して同期可能でジッターは3ps以下
- f) レーザー出力のタイミングの遅延時間 : 0 ~ 2ns以上の範囲で設定可能
- g) ピコ秒パルスセレクター、ダブラー (3980-3S-LTC) を有し、パルスセレクター出力繰り返しは単発から4MHzまで可変可能

レーザーと放射光との同期実験は、

- (1) いわゆるポンプ - プローブ法、すなわちレーザーで励起された後の試料の状態をバンチ化された放射光でフラッシュ撮影していく方法
- (2) 放射光を連続光源として扱い、パルス励起された後の試料の赤外スペクトルの時間変化を、検出器に時間ゲートをかけることにより検出する方法に分けることができる。(1)のポンプ - プローブ法においては、時間分解能はパルス幅で決まる。ビーム輸送系での放射光パルス幅の拡がりを考慮に入れ、約0.5nsecぐらいの時間分解能になると考えられる。レーザーと放射光の時間遅延は、レーザーの同期装置に付属している遅延回路、あるいは外付けの遅延回路により、電気的に行う。よってFT-IRの操作は通常のスキャンモードで行う。ただし波数分解能はあまり高くできない。(可動鏡の移動距離が大きくなり、パルス到着時間の拡がりが大きくなるため。)(2)の測定モードでは、ボックスカー積分器を用いて、検出する信号の時間遅延と時間幅を決める。この方法では、(1)の方法が対象とするよりも遅い現象、すなわちmsec程度かそれよりも遅い現象を対象とする。

このTsunamiを使った同期実験で11μsec以下の現象を観察する場合は、等間隔406 (=2436/6)バンチ運転が(1バンチあたり最大0.25mA)最も望ましい運転となる。現在、これになるべく近い形でマルチバンチ運転ができないか検討中である。

#### 4-4. 磁気光学ステーション

このステーションは最高磁場14Tの超電導磁石を設置し、固体の赤外磁気光学効果の研究を行う。特に、微小な試料や磁区の電子状態を調べるため、顕微分光装置と組み合わせて、赤外磁気光学イメージング分光を行う。このステーションに関しては、現在設計・発注作業を行っている段階である。

#### 5. 全体スケジュール

10月中旬から放射光を使つての本格的な調整に入る予定である。第10サイクルで干涉計までの調整、第11サイクル以降順次実験ステーションを立ち上げるという予定を立てている。

本誌に掲載されているように、2000年4月からの共同利用に向けての利用実験課題の募集が始まっている。

#### 6. これから

建設が決まってから10ヶ月、BL41XUの下流の実験ホールに設置された数々の装置と、収納部上部に向かってそびえる“やぐら”を見ると、“いよいよこれから本番”と身が引き締まる思いがする。

まずタイトな発注スケジュールの中、正月返上で仕様書を作って頂いた、赤外SGの諸先生方にお礼を申し上げます。又、この62本目のBL建設の為に協力し骨を折って頂いた多くのSPring-8スタッフの

皆様方に感謝します。

現状（99年10月10日）やっと器ができた（装置がならんだ）ところで、これからいよいよ魂を入れる（実験に耐えられるような放射光ビームに調整する）作業がはじまるわけで、今後ともかわらぬご協力をお願いする次第である。将来、X線用BLに負けない大きな成果がこの赤外BLから次々とお出することを期待してやまない。

尚、利用実験に関する問い合わせは、現在のBL担当者であるJASRI森脇太郎の方をお願いしたい。

#### 参考文献

- [ 1 ] R. Lopez-Delgado and H. Szwarc : Opt. Commun. 19 ( 1976 ) 286.

木村 洋昭 *KIMURA Hiroaki*

( 助高輝度光科学研究センター 放射光研究所 ビームライン部門  
〒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 : kimura@spring8.or.jp

森脇 太郎 *MORIWAKI Tarou*

( 助高輝度光科学研究センター 放射光研究所 利用促進部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1  
TEL : 0791-58-2750 FAX : 0791-58-2752  
e-mail : moriwaki@spring8.or.jp

SPring-8 User Experiment Report No.3 (1999A) が発行されました。入手ご希望のかたは、以下のSPring-8のホームページからお申し込み下さい。

[ 利用報告書申込票ページのURL ]

[http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user\\_info/cgi-bin/ex\\_repo\\_appl.html](http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/user_info/cgi-bin/ex_repo_appl.html)

この冊子は、1998年11月から1999年6月までの利用期間（1999A）に行われた成果非専有（成果公開）利用研究課題の利用報告書（英文）をまとめたものです。共用ビームラインを利用した課題274件、および専用ビームラインを利用した課題33件の報告が掲載されています。なお、以下のホームページに、この報告書をPDFで供給する予定です。

[ 文献情報（User Experiment Report）ページのURL ]

[http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user\\_info/user\\_ex\\_repo/](http://www.spring8.or.jp/ENGLISH/user_info/user_ex_repo/)

# チューナブルX線アンジュレータによる高輝度XAFS

工業技術院 電子技術総合研究所  
電子基礎部 大柳 宏之、李 哲虎  
ローマ大学

N. L. Saini

(株)東レリサーチセンター

橋本 秀樹

(株)島津製作所

喜利 元貞、神野 正文、上野 良弘

財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光研究所 石井 真史  
大阪大学 基礎工学部

桑原 裕司、斉藤 彰

東京工業大学

泉 康雄

## 1. はじめに

X線吸収分光 (XAFS) <sup>注1</sup> は光電子をプローブとして内殻励起の終状態効果から物質の電子状態や原子配列を調べるX線分光法である。手法の詳細と最近の10年間の成果については解説<sup>[1]</sup>を参照されたい。10<sup>19</sup>/cm<sup>3</sup>以下の濃度領域の固体試料や10<sup>14</sup>/cm<sup>2</sup>以下の表面原子を対象とするXAFSには蛍光検出法が用いられる。蛍光検出法では光源の輝度と検出器の効率がキーポイントである。そのため各国の放射光施設において挿入光源を半導体多素子検出器と組み合わせたXAFSの高感度化に関するR&Dが進められている。ESRF、APS、SPRING-8等の第3世代蓄積リングでは低エミッタンス (<10nmrad) の恩恵で硬X線領域をカバーするアンジュレータが広く使われるようになった。アンジュレータはウイグラーに比べて格段に指向性が高くビームの平行性が高いため表面敏感な配置など高輝度ビームを必要とする実験には恩恵が大きい<sup>[2]</sup>。SPRING-8では共同利用ビームラインの一部を全国の研究者がワーキンググループを組織して建設しているが、ここで紹介するBL10XUには本稿の共著者を中心に組織された高輝度XAFSグループが設計・製作を担当した蛍光XAFS測定装置が設置されている。立ち上げ作業は1997年12月から1998年10月までの約1年間をかけて行われた。標準型アンジュレータ (U32V) のギャ

ップを分光器に同期して制御することにより、1次光および3次光を用いて5~30keVのエネルギー範囲において高エネルギー分解能のX線吸収スペクトルを得ることができる。BL10XUステーションは高感度蛍光XAFSを目的として設計されたが、クライオスタットに単結晶試料をマウントしたままで任意の結晶軸に電場ベクトルを平行にすることができるため、偏光依存スペクトルの温度変化が容易に行える。検出器システムとしては高密度ピクセル検出器を開発したが、これについては現在、調整段階であるので別の機会に譲り、本稿ではアンジュレータのギャップ制御等のXAFS装置の基本性能について述べる。

## 2. 高輝度XAFS

### 2-1. アンジュレータの特徴

アンジュレータの特徴は、高輝度、平行性、コヒーレンスにすぐれていることその他、偏光性が容易に制御できることである。特に偏光制御は磁気円二色性 (XMCD, X-ray magnetic circular dichroism) に有利な性質で、一足先にアンジュレータによる研究が開始されたESRFを中心に活発な研究が行われている。平行性のよいビームが得られることは高分解能光学系にはうってつけであるが、反面、エネルギーバンド巾が狭く、一般にはXAFS (特に

<sup>注1</sup> 吸収端から約50eVの領域にみられる鋭い構造は、XANES (X-ray Absorption Near Edge Structure) と呼ばれ、広いエネルギー範囲にわたりゆっくりと振動するEXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) と区別される。

EXAFS)では光源強度がピークを離れると強度が激減しそのままではスペクトル測定ができない。

EXAFSスペクトルを測定するには頻りに1keV程度の範囲に渡りエネルギー走査を行う。さらに吸収端を選ぶ際には、より広いエネルギー範囲で中心のエネルギーを変える必要がある。CaからInまでの元素のK吸収端をカバーするためには、最大で24keVもの範囲をカバーしなければならない。アンジュレータのエネルギーは磁場の強さと周期によって決まるため一定の周期の磁石列では磁石間隙(ギャップ)を変化させることによりピーク位置を移動することができる。これをアンジュレータのギャップチューニングと呼ぶ。これによりピーク位置を制御し基本波長(1次光)と高次光(3次光)を使って硬X線領域(5~30keV)の領域を連続的につなげることができる<sup>[3]</sup>。

このアンジュレータの磁石列のギャップを変化させた場合のスペクトルをFig. 1に示す<sup>[3]</sup>。この結果からギャップを制御してスペクトル中心を分光器と同期して走査すれば1次光と3次光を組み合わせることにより、目的のエネルギー領域(5~30keV)を供給できることがわかる。K値<sup>注2</sup>は磁場の強さで決まる光源の性質を決める重要なパラメーターでギャップを小さくすればK値も減少しスペクトルは高エネルギー側へシフトする。この図には3つの異なるK値に対するスペクトルを重ねて示したが、連続的に変化させたときのピーク値の描くスペクトルを示したのがFig. 2である。比較のためPhoton Factoryの放射光、ウイグラー光、および7GeVの第3世代リングであるAPSの標準的なアンジュレータの場合を示してある。輝度(brilliance)についてはPhoton Factoryのウイグラー光と比べて5桁、APS

注2  $K = \frac{eH_0}{2mc^2} \rho = 0.934 B_0(T) \rho(\text{cm})$ 、ここで、 $\rho$ 、 $B_0(T)$ 、 $\rho$ は電子軌道の最大曲げ角、最大磁束密度、磁場周期長である。 $\gamma = \{2(1 - \beta^2)\}^{-1/2}$ は電子のローレンツ因子、 $H_0$ は最強磁場である。

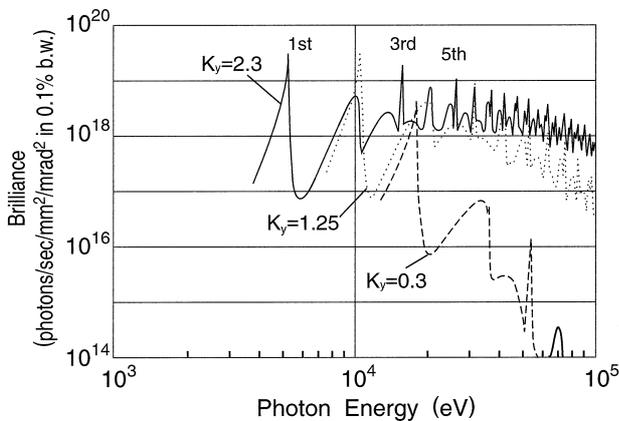


Fig. 1 SPring-8アンジュレータ(U32V)の輝度分布のK値依存性

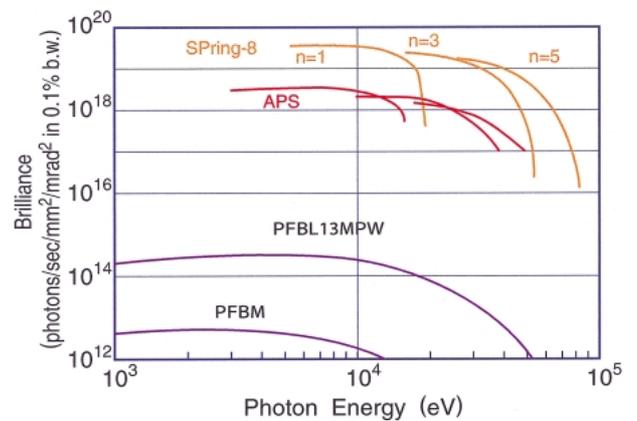


Fig. 2 SPring-8アンジュレータ(U32V)のK値を変化させたときのピーク輝度の変化

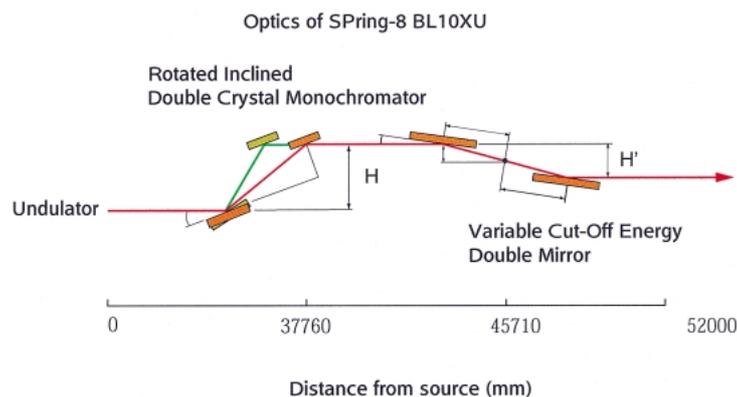


Fig. 3 SPring-8のBL10XUの光学系

のアンジュレータと比べても1桁高い。このことは一方で熱負荷では逆に不利となる。ウイグラーに比べてパワー密度が実に200倍にも達している。

### 2-2. アンジュレータビームラインの光学系

アンジュレータはビームの平行性が高いので高輝度ビームが簡単な平行ビーム光学系で実現できる。ビーム発散の大きい第2世代放射光では広がったビームを収束するのにミラーや湾曲結晶などの光学素子が用いられるが、平行ビームではその必要がなくしたがって光学系はいたって簡素である。SPring-8のアンジュレータビームラインBL10XUの光学系 (Fig. 3) は2結晶分光器と可変臨界角平行ミラー (2枚) からなる。1次光と3次光にSi (111) を用い2結晶分光器のブラッグ角走査と磁石列のギャップ調整の同期をとることにより、広いエネルギー領域で高輝度の単色ビームを得ることができる。この方法ではギャップを制御する速度をあまり大きくとれないので高速のエネルギースキャンには向かないが、最も基本的なアプローチである。

光学素子の設計においてはアンジュレータの熱負荷 (パワー密度) が最大の問題である。結晶表面の熱負荷を低減するため、ビームの縦横方向に照射面を広げる回転傾斜配置 (Rotated inclined geometry)<sup>[4]</sup> が用いられる。この方法ではパワー密度を直入射の1/57にまで下げられるため、ピンポストクーリングなどシリコン結晶の直接水冷技術により最大パワーの1/5である20mAの運転条件では熱負荷の深刻な問題はない。光線追跡を行うと回転傾斜配置では、非対称反射の2結晶分光器 (+, - 配置) となるため結晶の回折曲線が従来の約2倍となる結果であったが、エネルギー分

解能が悪くなる恐れがあったが実際にエネルギー分解能を見積もると9keV付近で1.5eVとなりPhoton Factoryの場合よりむしろ向上している。幾何学的な分解能は発散が小さいこともあり全体のエネルギー分解能にはあまり寄与しないが、結晶の回折曲線に左右される。したがって将来的にはシリコンの熱膨張係数が零となる温度で用いる低温冷却法やより熱交換効率のよい結晶冷却法の開発が必要である。

Fig. 4には光線追跡により得られたアンジュレータ軸上放射に対する位相図 (X方向) 位相図 (Y方

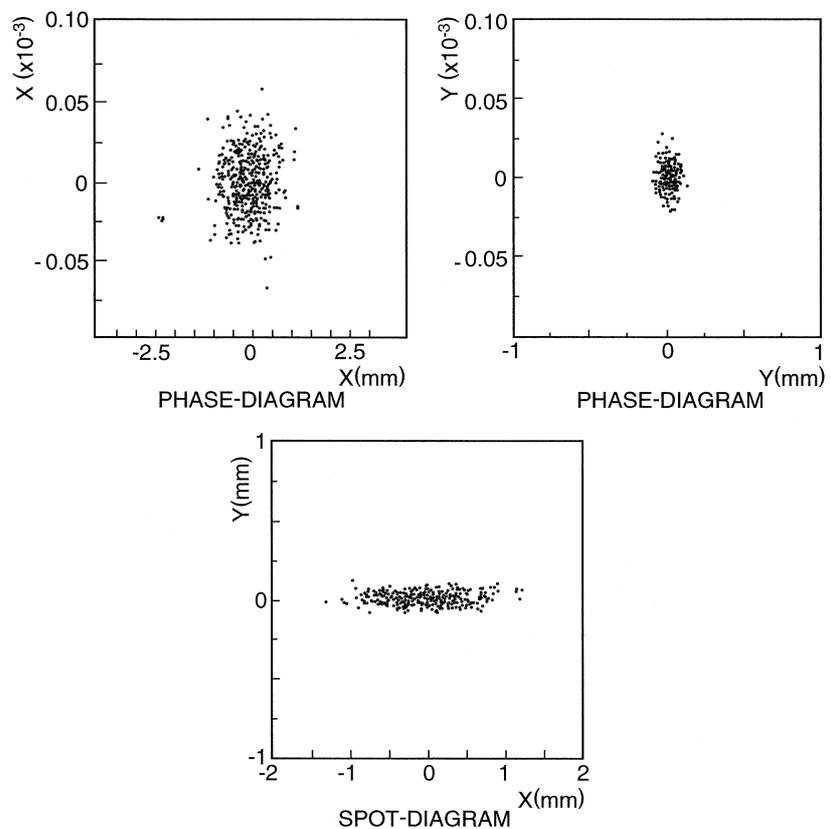


Fig. 4 SPring-8のBL10XUの光線追跡による位相図 (上) とスポット図 (下)

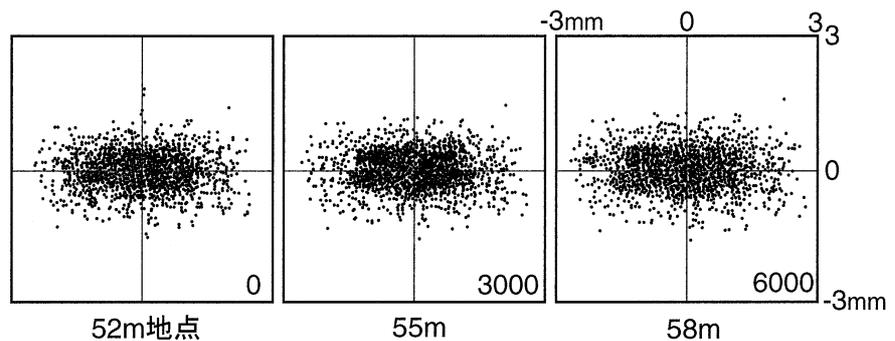


Fig. 5 SPring-8のBL10XUの光線追跡によるビームプロファイル

向) スポットを示した。計算は8keV X線についてのものである。位相図からX方向は発散ビームになっていることがわかる。位相図の傾きから仮想物面の位置を計算するとX方向は光源上方へ8m地点であるが、Y方向はアンジュレータの中心位置で近似できる。Fig. 5には光源から試料位置までの距離を52mから58mまで変化させた時のスポット図を比較したものであるが、この範囲でほとんど一定したビームサイズであることがわかる。

### 2-3. アンジュレータチューニングの実際

アンジュレータスキャンについてさらに考察してみる。周期長  $u=3.2\text{cm}$ 、磁極数140のSPRING-8の標準的なアンジュレータを考える。Fig. 6にアンジュレータスペクトルおよび分光器のアクセプタンスを模式的に示した。ギャップ値を固定して分光器を低エネルギー側へ走査すると強度はa-bのように

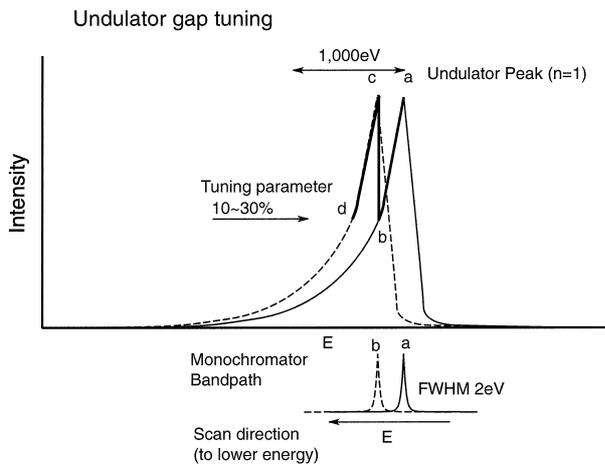


Fig. 6 アンジュレータのギャップチューニングと分光器の制御

徐々に減少する。一定の強度になったところでギャップ値を増やしてアンジュレータピークを低エネルギーへシフトさせると強度はb-cに沿って急激に増大する。この過程を繰り返し行くと鋸の歯状に強度の変動が周期的に起こる。このため入射ビーム強度はなめらかではないが一定の範囲内に変動を限定することができる。アンジュレータギャップの変更を自動的に分光器とギャップを設定する制御ソフトを開発した。

制御のタイミングおよび方向と移動量はこの曲線から割り出すことになる。ここでブラッグ角  $\theta_B=4\sim7$ 度の高エネルギー領域をH-mode、 $7\sim21.5$ 度の低エネルギー領域をL-modeと呼びそれぞれ3次と1次光でカバーすることにした。これらの切り替えはブラッグ角で自動的に判断して切り替えるため、分光器を操作するユーザーは意識しなくてよい。ただし実際にはミラーのカットオフエネルギーを境にしてそれよりも高エネルギー領域に対してはミラーを光学系からはずす必要があるのでH-mode、L-modeの切り替えはミラーの出し入れにも対応するように選んである。

アンジュレータ制御でキーパラメーターは分光器のブラッグ角のみである。移動角度とモード切替の角度(7度)の大小関係を判断してギャップの移動量を計算する。この時の計算は多項式が使われるがそれらの係数をモードに対応して与える。次にギャップ移動量は移動する境界値と比べられて、その値より大きければギャップを制御するが、それ以下であればストアされて次回の分と足しあわせる。この操作によって細かい移動を繰り返し行った場合、ストアされた移動量の合計が境界値を越えた時のみ移動を行う。ここで境界値を設定するためにはいく

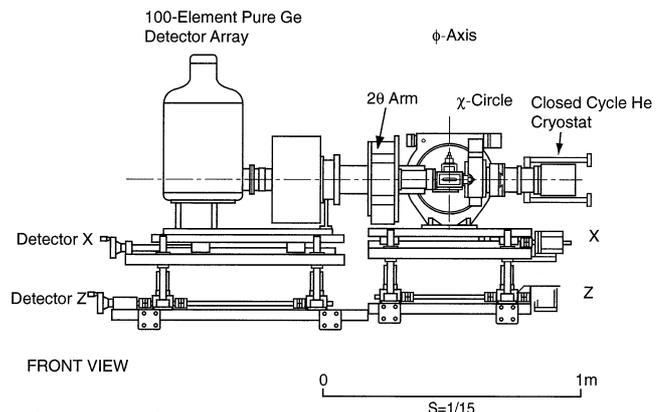
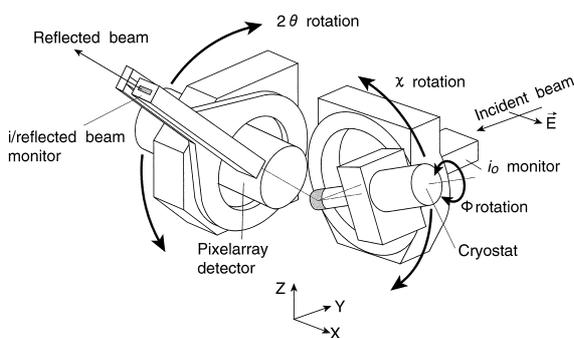
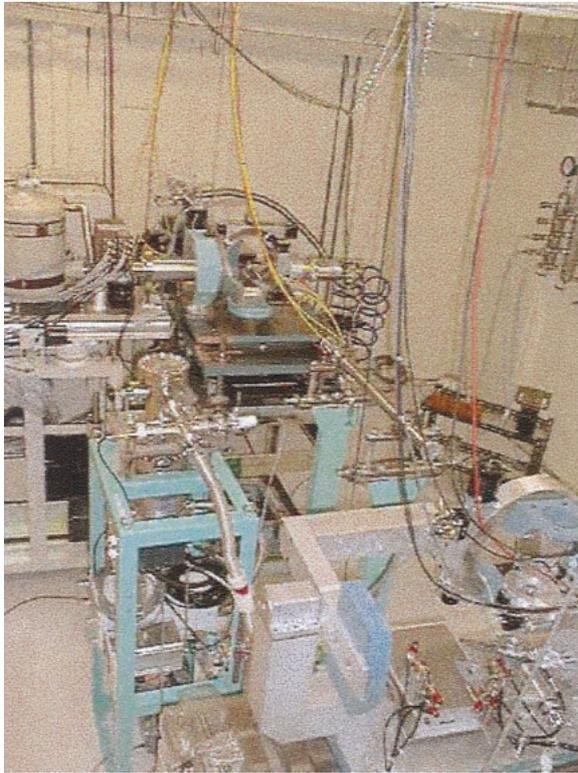


Fig. 7 蛍光XAFS測定装置の模式図(左)および側面図(右)

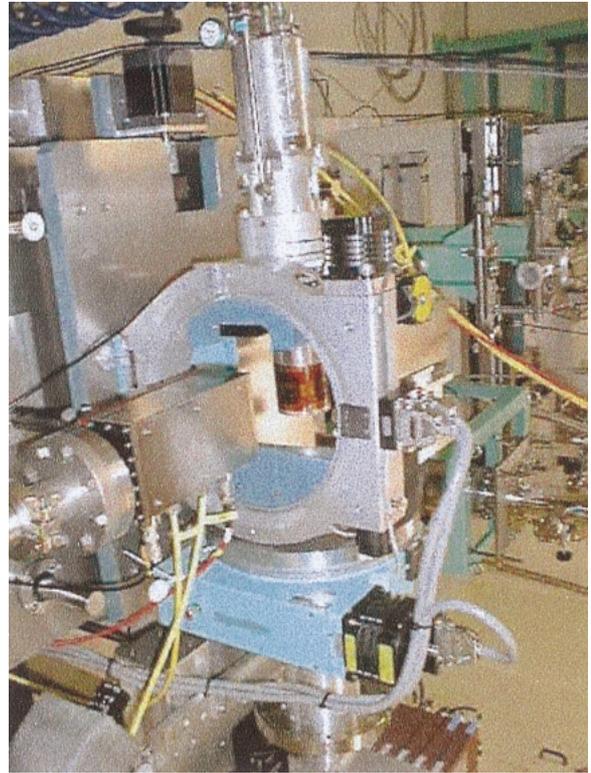
つか方法が考えられる。

例えば実際のビーム強度をモニターしてある強度を下回ったらギャップ移動を行う方法やピーク

から離れた場合の強度変化をプロフィールから予測して、移動を行う方法である。我々は分光器の走査を特定のエネルギー領域で繰り返し行う分光実験に



(a)



(b)

Fig. 8 蛍光XAFS測定装置、装置全景 (a) とクライオスタット付近 (b)

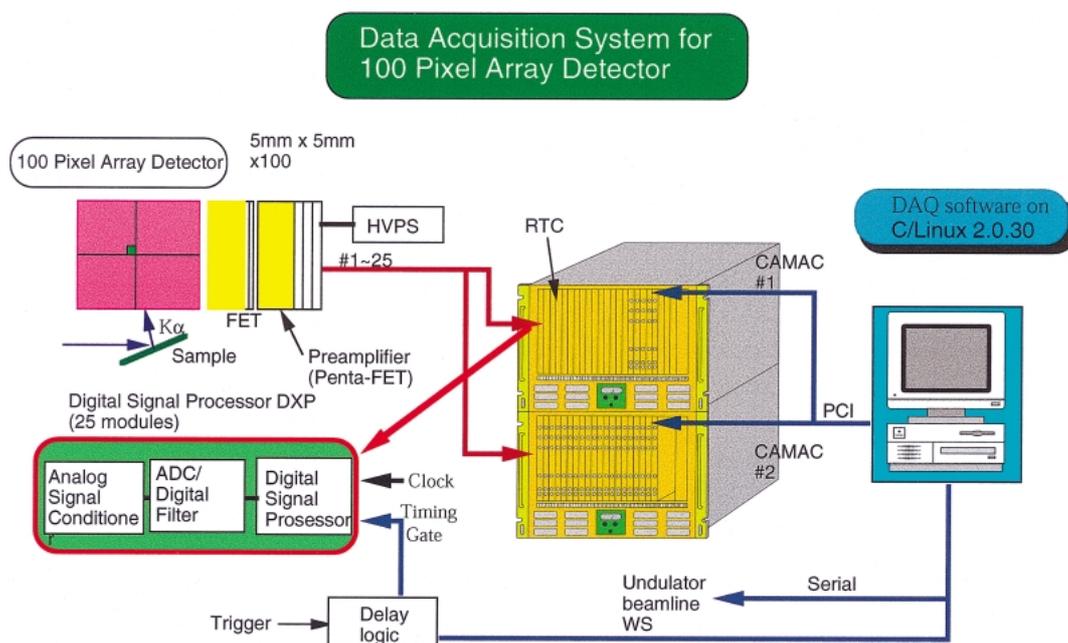


Fig. 9 蛍光XAFS測定装置のデータ収集システムのブロック図

においては、その都度、判定条件の変化する前者よりも常に一定のブラッグ角でギャップ制御がはいる後者が有利であると判断して後者を採用した。ただしプロファイルをギャップ値に対して計算を行うのは煩雑であるので、ギャップ値とピークの幅の関係を求め簡単な関数で近似して、エネルギー値で補間して用いることにした。実際には分光器やギャップ値の制御はビームラインのワークステーションにコマンドを送出することによって行うため、これらを制御した後にステータスの確認作業を行っている。

### 3. 実験装置

ここでは実験装置について簡単に説明する。XAFS用ゴニオメーターの模式図と平面図をFig. 7に示す。試料のオリエンテーションをクライオスタットに保ったまま高精度に制御できるように従来のXAFS装置とは異なり精密ゴニオメーターにクライオスタットをマウントした。各軸の名称と自由度を次に示す。

- (1) 軸：試料の回転(4軸回折計でいうところの $\phi$ )

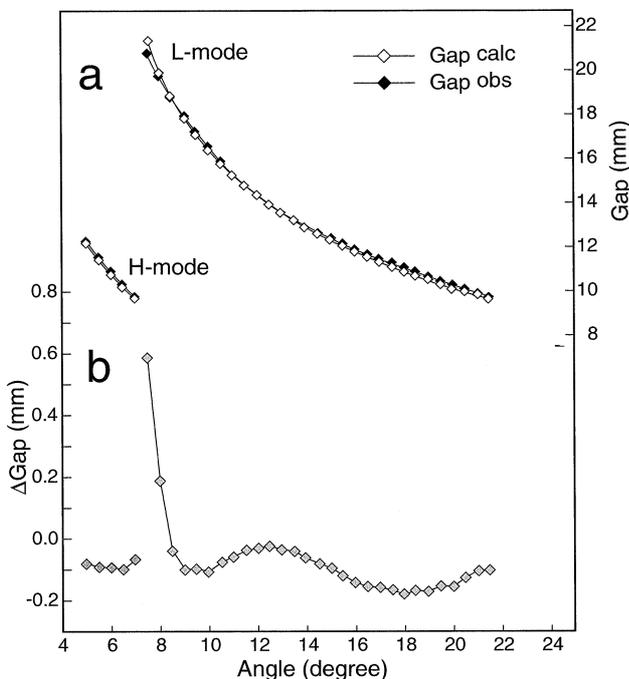


Fig. 10a Si (111) を用いたときの分光器ブラッグ角に対するアンジュレータのギャップ値計算値および実測値

Fig. 10b Si (111) を用いたときの分光器ブラッグ角に対するアンジュレータのギャップ値計算値と実測値の差

- (2) 2 軸：透過ビーム用イオンチェンバー（定在波では反射ビームモニターとなる）
- (3) 軸：試料の傾き（偏光に対するふたつの配置（縦偏光、横偏光）以外も任意の角度に設定可能）
- (4) X軸：架台の水平方向のトランスレーション
- (5) Z軸：架台の垂直方向のトランスレーション

これらはマニュアルでステップモーターコントローラから制御できる。

Fig. 8に実験装置全体 (a) および 軸にマウントされたクライオスタット (b) の写真を示した。(a) は実験ハッチの下流から向かって右側から装置を眺めた写真で左手にのびるビームパイプは下流側にビームを供給するためのものである。装置の左手に見える液体窒素デューワーは蛍光X線計測のための半導体検出器のものである。(b) は上流側右手から撮影した装置の中心付近で、クライオスタット（偏光面が試料表面に垂直になるような配置をとっている）に入射するビームの強度は入射ビームモニター（イオンチェンバー）で計測される。計測システムの構成をFig. 9に示す。制御ソフトはC言語により記述されており、Linux 2.0.30上で動作する。半導体検出器については説明を省くが、ゲルマニウム100ピクセルアレイ検出器<sup>[5]</sup>を用いて100チャンネルデータの同時計測により高感度の蛍光XAFSが可能になる。検出器の開発は終了し基本的な性能（エネルギー分解能は5.9keVで212eV）を満足していることが確かめられたが、今回のアンジュレータスキャンの評価は透過法によって行われた<sup>[6]</sup>。

### 4. 結果

Fig. 10aに各モードでの実測のピークエネルギーと公表されている計算値との差を示す。わずかながら実測のピーク値はずれており、計算値に対する多項式フィットでは正確なピークチューニングはできないことがわかる。実測値と計算値のずれをプロットしたのがFig. 10bである。この図からおおむね±0.2mmの範囲におさまるが1次光の高エネルギーの限界付近ではずれが大きい。このため実際の制御では実測値を多項式で近似して制御を行うことにした。

アンジュレータスキャンの評価は透過法で行い、標準試料である銅 foil、粉末標準試料としてCu<sub>2</sub>O、CuOを用いCu K吸収端(9keV)で、高エネ

ルギー領域での評価はPrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub> 粉末を用いRu K吸収端 (22.1keV) で行った。透過法によるX線吸収スペクトル測定では入射ビーム強度*i*<sub>0</sub>、透過ビーム強度*i*をイオンチェンバーにより測定しln (*i*<sub>0</sub>/*i*) のエネルギー依存性を得る。今回の評価実験では入射ビームと透過ビームのイオンチェンバーには窒素ガス、アルゴンガスを使用した。通常は分光器の送り方向はエネルギーで高い方向すなわちブラッグ角で低角方向にとるのが普通である。しかし機械的な安定性は重力に逆らう高角送りの方が安定であるため、高角側を順方向として低角方向の場合にバックラッシュを除去している。このことはアンジュレータのピークチューニングに対しても都合がよい。すなわち分光器の高角側への送りでは非対称なピークの傾きがゆるやかな方向の変化となり、急激な強度変化をさけることができる。分光器の主軸送りにはタイムラグがあるが、停止後のビーム安定性は極めて良好であった。

Fig. 11にNd<sub>2</sub>CuO<sub>3.85</sub>F<sub>0.15</sub> のCu K-XANES領域のスキキャン結果を示す。この領域では*i*<sub>0</sub>のピークは一回だけはいりチューニングにより段差を生じるが、その他は滑らかな変化を示す。この図から明らかなようにXANES領域ではギャップ固定でも測定が充分可能である。透過スペクトルにはCuO<sub>2</sub>面のXANESの特徴的な構造 (1s→4p遷移の鋭い吸収など) がよく現れておりエネルギー分解能の高いデータが得られていることを示す。エネルギー分解能はPhoton

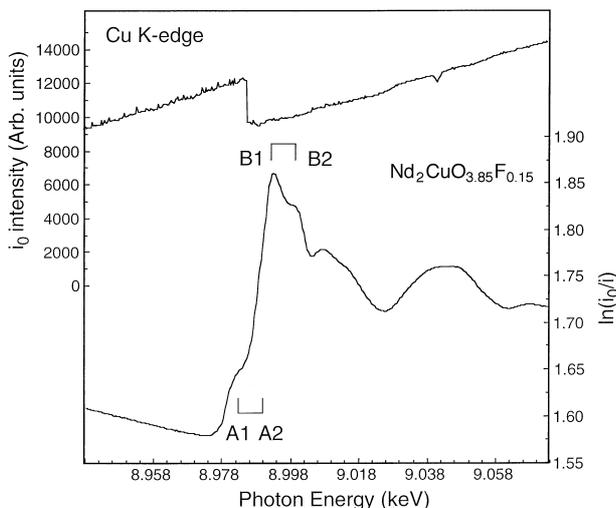


Fig. 11 Nd<sub>2</sub>CuO<sub>3.85</sub>F<sub>0.15</sub>のCu K-XANESスペクトルおよび入射ビーム強度

FactoryにおけるSi (111) のデータより高く、むしろ回折曲線の幅が少ないSi (311) を使用した場合に近い (9keV付近で1.5eV程度と見積もられる) *i*<sub>0</sub> のピーク強度にはチューニングにより周期的に階段状の強度変化がみられる。階段状の強度変化はギャップ制御の境界値を変更することにより、必要ならスキャンにかかる時間を犠牲にすればさらに滑らかな変化にすることが容易にできる。

Fig. 12に60K付近に金属非金属転移を示すことで興味を持たれているPrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>粉末のRu K-EXAFS および*i*<sub>0</sub>を示す<sup>[7]</sup>。チューニングにより*i*<sub>0</sub>には周期的に階段状の強度変化が観測されるが強度変化に対応する場所には異常はみられない。このことはチューニングによる入射ビーム強度の変動はビームモニターの規格化により完全にキャンセルされていることを意味する。

アンジュレータを光源としたXAFSの本領が発揮されるのは輝度が重要な場合であるが、典型的な応用分野は表面敏感XAFSのようにビーム幅が制限される分野である。実際に微小角入射条件では試料の寸法によって有効に利用できる幅は、全反射条件では50ミクロン程度であるから、収束しなければ数10分の1のしか利用できない。他にも微結晶、極端条件下での実験や粒界などを対象とする場合、高輝度ビームの必要性が高い。一方、試料の面積が充分とれる場合にはフラックスに依存することになりメリットはそれほど顕著ではない。

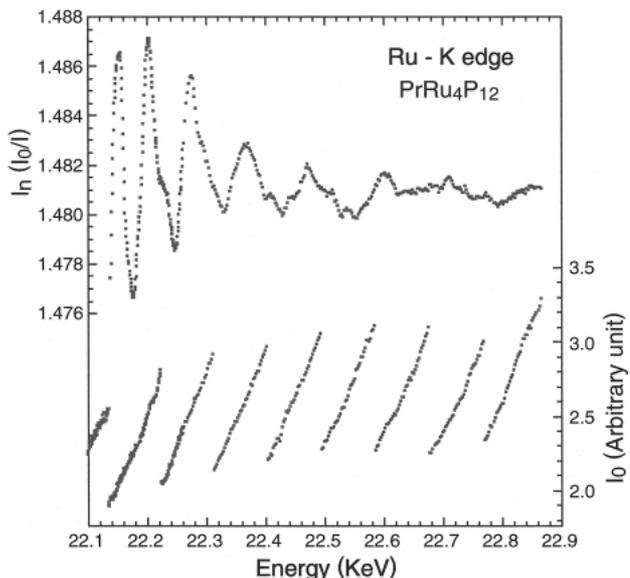


Fig. 12 PrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のEXAFSスペクトルおよび入射ビーム強度

## 5. まとめ

今回のアンジュレータスキャンによるXAFS測定の結果は以下のとおりである。

- (1) SPring-8 アンジュレータのギャップを制御してXAFSスペクトルを透過モードで測定し、Si (111) 分光結晶を用いて高エネルギー分解能のX線吸収スペクトルを測定できることを確認した。これまでの放射光ではSi (311) 分光結晶で可能であったエネルギー分解能をSi (111) で実現することができた。
- (2) 2結晶分光器およびアンジュレータの制御に成功し、ピークを適時チューニングしながら通常の放射光と同等の感覚で高輝度ビームによるX線吸収スペクトル測定が可能となった。

今回の実験でアンジュレータのピークを分光器の走査に対応してシフトさせることにより、最大輝度の約80%以内に保つことができた。そのような条件においては入射ビーム強度を正確にモニターして規格化すれば通常の放射光と感覚的には大差ない実験が可能である。一方、入射ビーム強度のさらに変化を小さくすることもギャップ制御のパラメータをその場で容易に変更できる。アンジュレータ制御の手法が確立したことで、アンジュレータスキャンXAFSは今後、蛍光計測システムの整備を経て応用研究フェーズにはいる。

今後の予定としてはゲルマニウム100ピクセルアレイ検出器を設置して蛍光検出モードでのアンジュレータスキャンによるXAFS測定がある。計測システムの要であるデジタル信号処理システムの整備も終わり、各ピクセルからのデータを同時に計測するためのソフトウエアの完成をまって総合評価を行う。アンジュレータスキャン蛍光XAFSは感度、時間分解能、試料上の空間分解能、エネルギー分解能において質的な変革をもたらすであろう。これによってこれまで手の届かなかった新しい研究領域や測定技術が開拓されるものと期待される。

## 参考文献

- [1] 大柳宏之: X-Ray Absorption Fine Structure, Application of Synchrotron Radiation to Material Analysis ed. by H. Saisho and Y. Goshi, 1996 Elsevier Science B.V.
- [2] 大柳宏之: 挿入光源と第三世代XAFS - 高輝度光源による新しい展開 - 電子技術総合研究所彙報第8号 (1997) 別冊、p.385-394.
- [3] 北村英男: SPring-8光源パラメーター (1994) より抜粋
- [4] Y. Kashihara, H. Yamazaki, K. Tamasaku and T. Ishikawa: Position of exit X-rays from rotated-inclined double-crystal monochromators, J. of Synchrotron Radiation, 5 (1998) 679-684.
- [5] H. Oyanagi, M. Ishii, C.H. Lee, N.L. Saini, Y. Kuwahara, A. Saito, Y. Izumi and H. Hashimoto: Rapid & Sensitive XAFS Using Tunable X-Ray Undulator, J. of Synchrotron Radiation (1999) in press.
- [6] 李 哲虎、大柳宏之、関根ちひろ、城谷一民: PrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のXAFS、日本物理学会1998年秋
- [7] 電総研ニュース (第589号) ゲルマニウム100ピクセルアレイ検出器の開発に成功

大柳 宏之 OYANAGI Hiroyuki

工業技術院 電子技術総合研究所 電子基礎部

〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-4

TEL: 0298-54-5394 FAX: 0298-54-5085

e-mail: oyanagi@etl.go.jp

## SPring-8ビームライン実験ステーション高度化・整備 - 報告と公募 -

財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光研究所 利用促進部門長  
植木 龍夫

### 1. はじめに

平成10年度からSPring-8ビームライン実験ステーション高度化および整備については、本誌に公募を行い委員会によってヒアリングと選定を行ってきた。この高度化・整備は、平成9年度までに建設された共用ビームラインについては、供用を始めるにあたり必要最小限のものであったとの認識から行われたものである。

### 2. 平成11年度上半期の計画

平成11年度上半期の実験ステーション高度化・整備については、SPring-8利用者情報において計画提案を公募した。その結果以下の4件の応募があったが、6月25日の委員会（ヒアリング）によって

BL27SU（提案者：京都教育大学 教育学部

伊吹紀男ほか3名）

「BL27SU・反応性気体試料の供給及び処理設備」を採用することとした。

### 平成11年度下半期 ビームライン実験ステーション高度化、整備計画提案のお願い

平成11年度上半期に引き続きビームライン、実験ステーション機器の高度化・整備を継続的に行うこととなっています。ご利用中のビームライン、実験ステーションについて、その高度化もしくは整備について提案をお願いいたします。提案は下記の要領をお願いいたします。なお、高度化もしくは整備は、提案をJASRI内の「実験ステーション機器整備委員会」による書類審査とヒアリングを通して実施に移すこととなります。

#### 記

1. 提案書の形式は自由ですが下記の項目を含むこと。
  - ・ 提案者氏名、所属
  - ・ 高度化計画もしくは整備する機器、装置の名称
  - ・ 高度化や整備によって推進される利用研究の目的などの概要
  - ・ 仕様（できるだけ詳細に）概略図、カタログなど
  - ・ 予想される概算費用  
（提案はA4数枚程度）
2. 締め切り：11月25日(木) 必着
3. ビームライン担当者と相談のうえ、ビームライン担当者が提出。
4. 提出先：JASRI利用促進部門 植木龍夫

なお、下半期の計画は、3月末日までに機器が検収されることが求められます。したがって、委員会の決定、発注から納入まで短い時間内に行われることは重要であることを付記します。

以上

高エネルギーXAFSによる硬質磁性材料 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ の研究静岡理科大学 物質科学科  
笠谷 祐史

## Abstract

High energy XAFS studies of Sm : K-edge in  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  with  $x=0.0, 0.5, 1.07, 1.55, 1.85, 2.04$  and  $3.0$  were carried out at room temperature. In the XANES region, we firstly found the change of the shape near the absorption edge jump. It was considered that this change was due to the change of the Sm electron state by nitriding. In the results of the Fourier transformation of the XAFS oscillations, it was supposed that the local structure of Sm atom also changed by nitriding.

## 1. はじめに

$\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ は、1990年にCoeyとSurf<sup>[1]</sup>により磁気特性が報告された比較的新しい硬質磁性材料である。希土類元素であるSmと鉄の合金に、第三成分としての窒素原子を導入した化合物であり、この化学組成からNd-Fe-B系と類似のように思われる。事実、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ の飽和磁化は $M_s=1.54\text{T}$ であり、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の $M_s=1.60\text{T}$ とほぼ同じ値である。一方、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ のキュリー温度は $T_c=588\text{K}$ であるのに対し、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ は $T_c=752\text{K}$ と高温側に存在すること、一軸性磁気異方性が $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ では $\mu_0H_a=26\text{T}$ と、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ の $\mu_0H_a=7\text{T}$ に比べて倍以上であることから、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ に変わる新しい磁石材料として工業的にも注目されている。

$\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) の磁気特性は、第三成分である窒素原子の導入量に依存し、格子定数、単位格子の体積、キュリー温度及び窒素原子の導入量 $x$ の間にほぼ線形の比例関係が存在することが、最近明らかになった<sup>[2]</sup>。このことより、窒素原子の導入が結晶格子を膨張させ、Fe-Fe間距離を広げることにより磁気モーメントを増加させ、さらには状態密度の低エネルギー部分に窒素原子の2p電子による新たなバンドを導入させ、フェルミレベル付近のバンド構造を大きく変えることで、磁化及びキュリー温度を向上させると考えられている<sup>[3]</sup>。一方Sm原子に対しては、窒素原子の導入が4f電子の結晶場を面内の異方性から一軸の異方性へと、異方性を向上させるように働くとされている。

結晶構造に関しては中性子線回折により、窒素導入していない $\text{Nd}_2\text{Fe}_{17}$ が粉末法により行われている<sup>[3]</sup>。また窒素導入したものに関しては、X線粉末法による構造解析が行われている<sup>[4]</sup>。その結果、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$ は、 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 構造(菱面体晶系:空間群 $R\bar{3}m$ )であり、N原子は9eサイトに存在することを明らかにしている。しかし、窒素導入した中間相を含む $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) 化合物に関する構造解析はいまだ行われていない。

一方、窒素原子の導入により、単位格子の体積はおよそ7%増加しているにもかかわらず、Fe-Fe間距離に関して上記の結晶構造モデルから計算すると、窒素原子導入前後で距離が延びるものもあり、逆に窒素原子に押されて短くなるものもあり、ほとんどのサイトで距離的に変化していない可能性が示唆されている。

EXAFSによる局所構造に関する研究は、FeのK吸収端及びSmの $L_2, L_3$ 吸収端で行われている<sup>[5]</sup>。その結果、Smの $L_3$ 吸収端のXANESスペクトルでは、Sm原子の電子状態に関しての窒素原子導入による変化は観測されていない。一方、Fe原子に関しては、窒素原子の導入により電子状態は $-Fe$ と $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ の中間状態を取っており、いくらかの電荷移動がFe原子とN原子の間に起こっていることが報告されている。また、Smの $L_3$ 吸収端のEXAFS解析より、N原子は9eサイトに存在すると報告している。しかしながら、粉末X線構造解析の結果から計算したところ、Sm原子に近接する3つのサイト(18f、

6c、18h) に存在するFe原子とのSm-Fe原子間距離の差は0.02 以内であり、上記3つの吸収端が数百eV以内に存在していることを考慮すると、解析は非常に困難と思われる。

一方、Sm : K吸収端 (46.834keV) を利用した高エネルギーXAFSの場合、この化合物では残りの元素がFe原子とN原子であるため、吸収端の邪魔をする元素がほかに存在しない。従来のL吸収端でのXAFS測定では、精密な解析に耐える透過法の良質なスペクトルを得る為には、膜厚の薄い均一な試料を準備することが困難な場合が多かった。高エネルギー領域では、X線の透過能が大きく、比較的厚い試料でよいので均一な試料の準備が非常に楽である。今回も、試料厚みは0.25mmであった為、測定試料準備が非常に容易であった。もちろん、内殻空孔の励起寿命の効果によりXAFSシグナルが鈍ってしまう恐れは十分考えられるが、高エネルギーXAFSにはそれを補うに十分な魅力があると思われる。幸い、SPring-8ではBL01B1が早くからXAFS専用の共同利用ビームラインとして立ち上がっており、このビームラインでは50keV付近の高エネルギーX線が定常的に使用できる。そこで、Sm : K吸収端 (46.834keV) を利用した高エネルギーXAFSに

より、窒素導入によるSm原子周りの局所構造の解析を中間相を含む $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) で行い、磁気特性に及ぼす窒素原子の効果を明らかにすることとした。

## 2. 実験

測定した試料は窒素濃度 $x=0.0$ 、0.5、1.07、1.55、1.85、2.04、3.0の7種類である。これらの試料は、静岡理科大学・小林久理真研究室より頂いた。窒素濃度 $x$ の値は、窒化処理の前後での試料の質量差より求めた値である。粉末X線回折による予備測定の結果、 $x=0.0$ と3.0の試料に対し、残りの $x=0.5$ 、1.07、1.55、1.85、2.04の試料は若干結晶性が良くなかった。

測定は、SPring-8のBL01B1で室温透過法にて行った。試料の厚みは0.25mmであり、試料が非常にサラサラしている為、バインダーとしてBNを混ぜ、プレス機で錠剤状にした。モノクロはS( $511$ )を使用した。用いたイオンチャンバーの長さ及び検出ガスは、 $l_0$  : 17cm、Ar (50%) + Kr (50%)、 $l$  : 31cm、Kr (100%) である。

## 3. 結果と考察

得られたスペクトルをFig. 1に示す。図では見やすくする為、若干横軸をずらしている。高エネルギーX線領域による内殻励起寿命を反映して、立ち上がりがダラダラしているが全ての試料で良好なスペクトルが測定できた。Fig. 2には $x=3.0$ のXAFSシグナルを示しておいた。波数 $k=14 \text{ \AA}^{-1}$ まで、明瞭なXAFSシグナルが現れていることが分かる。なお、

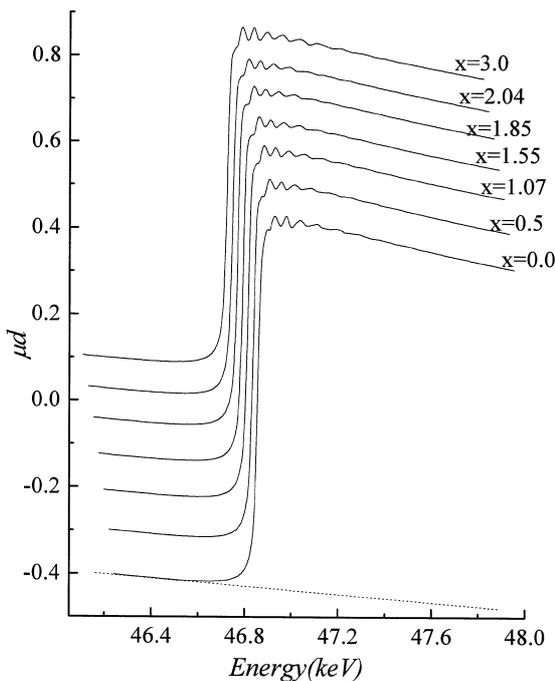


Fig.1 Observed XAFS spectra of  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $x=0.0, 0.5, 1.07, 1.55, 1.85, 2.04, 3.0$ ). Origin of each spectra was shifted.

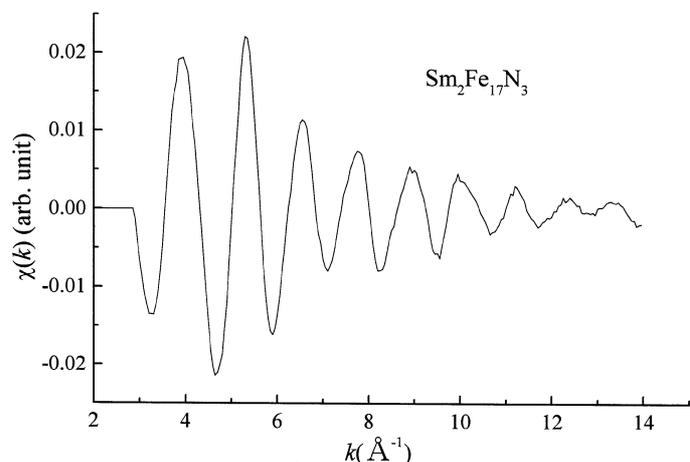


Fig.2 XAFS oscillation  $\chi(k)$  of  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$

窒素原子の導入によるケミカルシフトは、今回の分解能の範囲では観測されなかった。最近、江村ら<sup>[6]</sup>はセレンウム化合物のK吸収端付近のX線吸収スペクトルのエネルギー微分値を取ることで、化合物(酸素、窒素、炭素)の違いによる明確なケミカルシフトを観測している。我々も、Fig. 1の吸収端付近のエネルギー微分値を求めたが、窒素の導入量に対しまったく変化が認められなかった。このことは、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) 化合物においては、窒素原子の導入によりSmイオンに荷数の変動は起こらないか、もしくは非常にわずかな変化であり、少なくとも1電子単位ではないことを示唆している。

次に、XANESスペクトルの立ち上がり近傍の拡大図をFig. 3にて示す。窒素を導入していない $x=0$ の試料では、図中の矢印で示すあたりに明瞭な構造が現れている。この構造は、窒素原子の導入量の増加とともに変化していることが分かる。 $x=0$ で見られるこの構造は、1sから6pへの遷移に対応していることが、Capehartら<sup>[5]</sup>のFe: K吸収端のXANESス

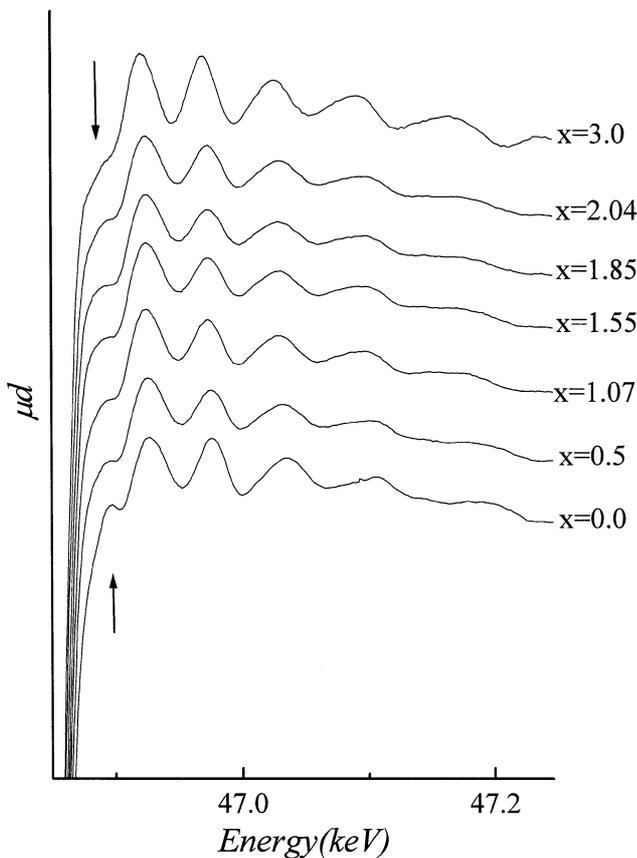


Fig.3 Extensions of the absorption edge jump. The structure indicated by arrow changes by nitriding.

ペクトルの結果から類推される。従って導入された窒素原子はSm原子に対し、やはり影響を与えていたことが明らかになった。このことは、L吸収端では観測されておらず、今回のSm: K吸収端の高エネルギーXAFSで初めて明らかになったことである。

最後に、今回測定したXAFSスペクトルをフーリエ変換したものをFig. 4に示す。点線で示したピークがFe原子に対応していると思われる。位相補正を行っていない為、横軸の値は実際の値から大きくずれているが、Fe原子と思われる第1ピークの位置が、 $x=3.0$ で若干伸びている以外は、ほとんど窒素の導入量に依存していないように見える。このことは、はじめに述べた結晶構造からの計算と一致しているように思える。しかし、XAFSスペクトルを抽出して比べてみると、XAFSスペクトルの振動周期が僅かずつではあるが、窒素の導入量の増加とともに短くなっていることが確認され、格子が僅かながら膨張していると考えられる。むしろ、Fig. 4で第1

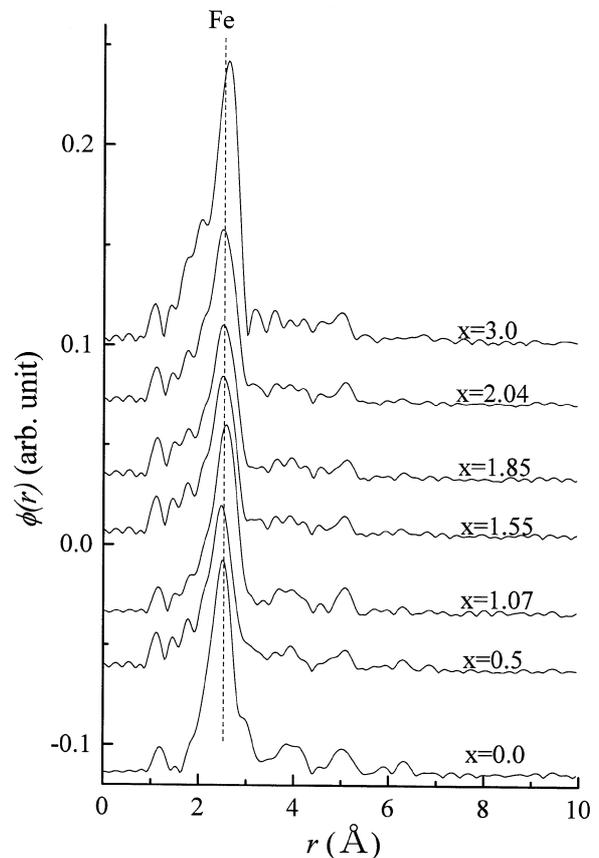


Fig.4 Fourier transfers of XAFS oscillation of  $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $x=0.0, 0.5, 1.07, 1.55, 1.85, 2.04, 3.0$ ).

ピークの内側が、窒素の導入量の増加とともに膨らんできていることが、Sm原子周りの局所構造を複雑なものにしていると考えられるが、具体的にどのような構造変化を反映しているのかは、現時点では分かっていない。少なくともSm原子周りの3つのサイト(18f、6c、18h)のFe原子との距離が、窒素の導入により変化していることが想像されるのみである。

高エネルギーXAFSの解析には、西畑が述べているように<sup>7)</sup>、内殻励起寿命やエネルギーの原点である $E_0$ の決定方法(現時点では単純に吸収端の変曲点としているが)等の問題があり、現在試行錯誤中である。一方、低温実験は温度因子の寄与を大きく減少させることが出来る為、内殻励起寿命の問題もかなり軽減されそうであることが、西畑<sup>8)</sup>により報告されており、我々は12月に低温での測定を予定している。

#### 4. まとめ

今回、我々が行った $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) のSm: K吸収端での高エネルギーXAFSの結果について紹介した。やはり、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$  ( $0 \leq x \leq 3$ ) 化合物は窒素の導入によりSm原子の電子状態もFe原子同様影響されることが確認できた。希土類元素のXAFS測定は、今までL吸収端を使って行われてきたが、SPRING-8等の第三世代の大型放射光施設においてはK吸収端を使った高エネルギーXAFSによる測定が比較的容易に行える。L吸収端での測定に比べて、K吸収端では試料準備が比較的容易であること、試料周りに関しても低エネルギー程気を使わなくてよい事、そしてやはりK吸収端でなくては見えないものがあること等、利点は多く今後増加するものと思われる。

本研究は、静岡理工科大学の小林久利真、横山克巳、大村正志、関西学院大学理学部の寺内暉、八木健一郎、JASRIの西畑保雄らとの共同研究である。また、本研究は課題番号1998A0217-NX-np及び1999A0300-CX-npで行ったものである。

#### 参考文献

- [1] J. M. D. Coey and H. Sun : J. Magn. Magn. Mat., 87, L251 (1990)
- [2] K. Kobayashi : Proc. 13th Int. Workshop on RE Magnets and their Applications P.717
- [3] S. S. Jaswal, W. B. Yelon, G. C. Hadjipanayis, Y. Z. Wang and D. J. Sellmyer : Phys. Rev. Lett. 67, 644 (1991)
- [4] C. J. Yang, W. Y. Lee and H. S. Shin : J. Appl. Phys. 74, 6824 (1993)
- [5] T. W. Capehart, R. K. Mishra and F. E. Pinkerton : Appl. Phys. Lett., 58, 1395 (1991)
- [6] 中川 貴、北氏義康、山本孝夫、桂 正弘、江村修一 : 第2回XAFS討論会 2P09 (1999)
- [7] 西畑保雄 : 放射光学会誌 第11巻 38 (1998)
- [8] Y. Nishihata, S. Emura, H. Maeda, Y. Kubozono, T. Tanaka, I. Watanabe, M. Takahashi, H. Kimura, J. Mizuki, T. Emoto, T. Uruga and H. Kasatani : SPring-8 User Experiment Report No2, (1998A) 9 (1999)



笠谷 祐史 KASATANI Hirofumi

静岡理工科大学 物質科学科

〒437-8555 静岡県袋井市豊沢2200-2

TEL : 0538-45-0111 (内線472)

FAX : 0538-45-0110

e-mail : kasatani@ms.sist.ac.jp

略歴 : 1989年 広島大学大学院 理学研究科博士課程後期 修了

1995年 静岡理工科大学 物質科学科 講師

## XRM99に出席して

財団法人高輝度光科学研究センター  
放射光研究所 実験部門 淡路 晃弘

XRM99 (International Conference on X-ray Microscopy, U.C.Berkeley, 1-6 August 1999) に出席したので、感想を少し述べてみたいと思う。

21世紀は、医療、環境、エネルギー問題など様々な困難をさらに迎えることになる。X線顕微鏡はその中でも特に医療分野の問題解決に貢献できる。私は、昨年まで透過電子顕微鏡の分野で研究を行ってきたが、会議では、様々なタイプのX線顕微鏡を見ることが出来た。

透過電子顕微鏡で試料を観察する場合、その試料は薄片に切り取られ、真空中で脱水され、さらに電子ビームで焼かれる。とても生物など生きていられない。しかも試料は対物レンズの強磁場にさらされるので、生物のみならず非生物試料であっても必ずしも本当の自然現象を観察しているとは言いにくい面がある。しかしながら、実空間で1 程度の優れた分解能を持ち、結像型エネルギーフィルターで材料内原子の種類を区別し、直接観察できるのは、透過型原子直視分析電子顕微鏡しかない。この点、X線顕微鏡は、光源、光学素子、結像光学系、及び検出器など現在、発展途上の段階にあるが、既に電子顕微鏡では出来ない優れた研究成果が数多く出始めている。

結像型透過軟X線顕微鏡では、Condenser Zone PlateとObjective Zone Plateをタンデムにならべて、既に20nm程度の空間分解能を達成している。ただ、軟X線は空気による吸収があるので、試料を真空あるいはHe中に封入する傾向がある。透過電子顕微鏡でも、通常は試料は真空中で観察されるが、試料を反応ガス中に封入して、例えば試料加熱を行いながら、試料表面原子とガス原子との化学反応を直接観察できるようなステージも普及している。昔の人は、戦後物が無かったせいもあるがガス反応装置どころか電子回折装置や電子顕微鏡まで、高射砲の薬莖(やっきょう)や廃品を利用して手作りしていたのだから、そのパワーを若い世代の我々は忘れてはなるまい。仁科芳雄先生がサイクロトロンにかけた情熱を忘れてはならない。

また、発表講演の中で特に装置開発で面白いと思ったのは、BESSY IIでNiemannらがアンジュレタ光を、磁気浮上させた回転ミラーで反射してCondenser Zone Plateのゾーン全体にミラーを回転

しながら照明する方法で、アイデアとしては良く考えられていると思った。Dr. Niemannに「アイデアは、interestingだ!」と言ったら、なぜか本人も笑っていた。Radiation Damageについては、試料を瞬間凍結し、損傷を軽減する方法が採られていた。結像型透過軟X線顕微鏡は、クライオ透過電子顕微鏡とよく似ている。

結像型透過硬X線顕微鏡は、軟X線に比べて波長が短いため、mmからcmオーダーの厚い試料や生体のその場観察が可能となる。これは、超高压電子顕微鏡には無い魅力といえる。会議の流れとしても、そろそろinstrumentationで成熟期を迎えつつある軟X線顕微鏡から硬X線顕微鏡に徐々にシフトしているように思われた。現在、結像型透過硬X線顕微鏡はsub- $\mu$ m程度の空間分解能だが、将来さらに分解能が向上した場合、Zone Plateは回折効率の点で、拡大結像のために何枚も用いるわけにはいかないので、中長尺ビームラインが必要不可欠であることを再認識した。

結像光学素子としては、Zone Plateの他にも、空気の泡を直線状にならべたバブル型屈折レンズや、アルミ板に放物面のくぼみをつけた屈折レンズも提案されているが、現在のところどの素子も一長一短があり、一概にどれがよいとは言えない。しかしながら、Zone Plateは、軟X線では既に実用化に成功した実績があるので、硬X線においてもマイクロビームの生成と結像能力の両方の点で生き残る見込みは十分にあると思われる。

応用研究としては、籠島(姫工大)らの、位相コントラストによる生きたカエルや虫の観察がとても好評で、会場から歓声があがっていた。特にカエルの体内を流れる組織液の様子までもがはっきりと見えていたことは、私にはとても印象的だった。同じく、位相コントラストの応用として、百生(日立)らは、Bonse-Hart型干渉計を用いて腎臓にできた癌組織の3次元観察を行っていた。どれも画質のよい美しい写真で、我々が25keVの硬X線でZone Plateを使って観察したノイズの多い像が恥ずかしく思えた(空間分解能では我々の方が優れていたのだが)、日本人はよく、プレゼンテーションが下手だと言われるが、これはとても励みになった。また、Bonse-Hart型干渉計を用いた場合の位相コントラ

ストの像形成理論についてはBonse自身が吸収コントラストも両方取り扱った講演を行った。

PEEM（光電子顕微鏡）は、高輝度X線光源と電子顕微鏡の結像光学系の、両方の優れた部分を合わせたような装置で、空間分解能は未だ原子レベルには到達していない。しかし将来的に見て、SEM（走査型電子顕微鏡）などはPEEMに吸収されてしまう可能性は無いだろうか？この答えを考える時二つのタイプの研究者像が思い浮かぶ。一つは、知識や技術の集積型で、もう一つはそれらの蓄積型である。前者は日本人に多く、後者は欧米人が得意かもしれない。こういう風に考えるのは私だけかもしれないが、Scientistにとって、集積型ではどうしても未来の分析分野の行く末を考えると、終焉のシナリオしか見えてこない。現在のように様々な分析技術が向上し成熟期を迎え始め、互いに境界がなくなりつつあっても、Scienceにおいて新しいことが生み出せるのは蓄積型、いわゆる一芸に秀でることによって新しい展開を見出す能力だと思う。つまり、目標に向かって深く掘り進んだ結果、「一点突破、全面展開」のようなことをやらなくてはならない。今回のXRM99で、私は過去に電子顕微鏡の分野で養った知識をさらにX線の分野で掘り下げて考える必要があると思った。会議を終えて、X線顕微鏡の未来に、また新たな希望を持った。

最後になりましたが、本会議の開催に際し、ロー

レンスバークレー国立研究所のWerner Meyer-Ilse博士の訃報がございました。ご冥福をお祈りしたいと思います。



淡路 昇弘 AWAJI Mitsuhiro

(財)高輝度光科学研究センター  
放射光研究所 実験部門  
医学・イメージンググループ  
〒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: awaji@spring8.or.jp

略歴：岡山理科大学 大学院理学系研究科博士課程修了  
理学博士 仁科賞（岡山県知事）  
1993年9月 日本学術振興会海外特別研究員 Oxford大学客員研究員（Department of Materials, St Cross College）  
1994年7月 BJCEM Scholarship to the 13th International Congress on Electron Microscopy (Paris, France)  
(British Joint Committee for Electron Microscopy)  
1997年4月 大阪大学 超高压電子顕微鏡センター 非常勤講師  
1998年4月 高輝度光科学研究センター 放射光研究所実験部門研究協力員  
1999年より Biographee: Who's Who in the World (A Who's Who in America Publication)  
最近の研究：透過結像型硬X線顕微鏡の開発  
学会活動：日本物理学会会員、日本放射光学会会員、Fellow of The Royal Microscopical Society (U. K.)  
趣味：水泳、ヨット、茶道（表千家）乗馬



U.C.Berkeley校、Klark Kerrキャンパスにて



## 「みちしるべ：狸塚」縁起物語

相生の駅からSPring-8行きのバスに乗りますと、まもなく道は国道2号線を離れて、ほどよく整備された「播磨テクノライン」をのどかに走ります。バスはやがて真広（まひろ）で山陽古道をよぎり、羅漢の里を左に見やり、春先にはみごとな彩りを添える椿並木の直線道路へと進んでまいります。と、前方に南北朝時代の歴史を留める感状山の山城跡の石垣が見え、ほどなく樹齢600年と言われる矢野の大きなムクの樹が右手に現われ、古い歴史を秘めた道を、バスはいよいよ西播磨の山懐に抱かれた溪流に沿って登っていきます。周辺の山々は山陽自然歩道が多く、四季を通して絶好のハイキングゾーンでございます。

さて、この辺りは播磨科学公園都市が整備される以前には、村人以外にめったに人が訪れる事もなく、車もさして通らなかった地域でございます。ところがおん時ここに平成となり、立派な舗装道路が開通するや交通量は急増し、山間の環境は変貌いたしましたのでございます。この事態は山に棲む多くの動物にとっても前代未聞の一大事。深夜に空前の速さで疾駆する自動車が目の前に現れるなど、祖先から聞き学ばずもなく、さしも知恵者の狸族も、路上で取れない最期を遂げる「犬死」の（注釈：たぬきの字源は里犬）相次ぐ惨事に見舞われたのでございます。狸ばかりではございません。人も思わぬ急カーブの難所に運転操作を誤り、車の反転やら谷へ落ちかかるやら、激しい事故が絶えないのでございます。余りのことに、これぞ狸の怨念による仕業ぞ、とささやかれるのでございます。

かねてよりこの痛ましい惨状を目の当たりにしておりました姫工大理学部の方々は、どのような機縁縁神の道かわかりませんが、とある寄り合いの折、人と動物の真の共棲に想いをはせ、狸族の冥福とこうした怨念の払拭をも願って、ここは寄付金を募ってかの有名な信楽の狸を購入し、共々の無事なるを祈願する狸塚を造るべしと思立ったのでございま

す。この奇特かつ崇高な精神は、人と自然との関わりへの関心と共に、伝え聞いた学内やSPring-8の有徳の方々の、心強い賛同をたちまちに呼び起こし、また道路を管轄する上郡土木事務所の方々や設置を担当する企業の方々からも、ここは一肌脱ぎましようぞと、損得を越えた協力を惜しまずいただき、ここに遺族たる狸も泣いて喜ぶに違いない、多くの善意が結集した狸塚が完成いたしましたのでございます。



シンボルとなりました信楽焼の狸は、姫工大理学部の温厚なる三教授が、初夏の休日の一、信楽の里に車にて赴き、あまた居並ぶ信楽焼の狸のなかより、姿器量のよろしき一匹を慎重に審議のうえ選考いたして、連れて戻ったものでございます。年寄りが選んだ狸は今の若者の趣味に合わないから、なるべく若々しい狸がよろしいなどと、納得の限りの議論をいたした次第でございます。身の丈86.5cm、体重29.5kgほどでございます。やや右上を見やりながら、愛嬌を振りまく風情の雄狸でございます。古来、信楽焼きは雄狸のみでございましたが、かわゆい雌狸も見受けたのでございます。店主が申すには、近年やんごとなき御方がお見えになったおり、雌狸はあらぬものかとお言葉があったそうでございま

て、由来製作が始まったとのことでございます。陶器の狸は信楽のほか、笠間も有名でござんしょうと言いますと、かの店主が申すに、「笠間は信楽から習い覚えた技にて、元祖は信楽だわ」と狸腹で笑って答えたのでございます。店主差し出すサービスの玉露茶は黄金色とも見えて結構な味でございました。信楽狸八相縁喜との謂れがでございます。傘は災難を避け、用心常に身を守り、目は八方に気を配り正しく判断、顔は愛嬌で商売熱心、徳利は徳がもてるよう、通は信用第一、腹は慌てず騒がず大胆な決断力、金袋は金運、尾は事の終わりは大きく太くしっかり、とのことでございます。徳利に丸八が描かれておりますのもSPring-8とのなにかのご縁でございましょう。余談になりますが、新宮方面は栗栖の「くりす食堂」には、この信楽狸の兄貴分とおぼしき狸が鎮座しております。ついでに食事時に御参拝なさるのも一興かと存じます。

「みちしるべ：狸塚」は、矢野よりさらに山裾に分け入りました、能下（のうげ）の村落のS字曲がり（カーブ番号No.9）の道脇にございます。相生からの登り勾配の道路沿いの左側に、植木の小さな円形の刈り込みがありますが、そこに立ってございます。ここと決まるに及んだ縁起はことさらございません。真広と三濃山トンネル間の道を土木事務所の方々と往復して検分のうえ、上り下りいずれからもよろしきポイントと衆議一致で決めたのでございます。狸塚は平成11年10月7日に、ご賛同の世話人、地元区長、設置会社の方々にお集まりいただき、質素な除幕式をもって完成いたしました。行き帰りの道すがら、人類の犠牲になった狸への冥福を祈って戴き、はたまた車の運転の無事、そして人と自然との真の共棲へのみちしるべとお察しいただけますならば、われわれ賛同いたしました者にとってこの上ない喜びでございます。狸塚の標注の裏には「この豊かな自然を畏敬し、調和ある共棲を願う。狸篤志一同」と、賛同いただいた方々の総意を集約して、この設置の主旨を書き記してございます。

文末になりましたが、小動物の車殺傷をなくす工夫をいたしたいものでございます。聞き及ぶところによりますと、道路両側をつなぐ暗渠をすることで被害が防げるとか。関係方面のご配慮をぜひいただきたく、この場を借りましてお願い申し上げる次第でございます。

発起人代表 坂井信彦（姫工大・理）  
平成11年10月吉日

坂井 信彦 SAKAI Nobuhiko

姫路工業大学 理学部

〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1

TEL : 0791-58-0144 FAX : 0791-58-0146

e-mail : n\_sakai@sci.himeji-tech.ac.jp

## 播磨のお花畑

財団法人高輝度光科学研究センター  
企画調査部 尾崎 隆吉

花は個として美しいものですが、花の大集団もまた個とは異なった別の美しさを見せてくれます。「お花畑」はもともとは登山用語で、高山帯のカーンなどにできた高山植物の群落を意味します。丁寧語を使うのは、山男（含女性登山家）たちの山や自然に対する畏敬の念を表すためだと思われます。タイトルで使っている「お花畑」は、高山の「お花畑」ではなく平地の「花畑」を意味し、接頭語「お」は自然に対する敬意を表しています。播磨地方を中心に筆者が訪れたお花畑を紹介します。

## 片栗（カタクリ）の花

カタクリは、早春に紅紫色の花を開くユリ科の北方系多年草で、万葉集の時代には堅香子（かたかご）と呼ばれていました。地方によっては「かたかし」（堅香子の誤読らしい）「かたご」「かたこゆり」などとも呼ぶそうです。良質な澱粉（でんぷん）として知られる「かたくり粉」は、その名が示すとおりかつてはカタクリの地下茎（鱗茎）から作られました（今はジャガイモなどから作るそうですが）。

筆者の田舎（信州）にも、カタクリの自生地があ

りました。田舎を離れた後も、関東以南の何か所かのカタクリ群生地へ花を見に行ったことがあります。筆者が見た群生地は、驚くほど共通した地形的条件を備えていました。まず第一に、北ないし北東に面した疎らな雑木林の斜面であること。第二に、朝陽が斜面に当たること。第三に、斜面の傾斜が、早春の正午前後の陽光がほぼ平行に射す角度であること。このような地形は、春先まで根雪が残ります。第三の条件は、国内すべての群生地に当てはまるとは無論思いませんが、日照条件と雪解けとの間の微妙なバランスがカタクリの群生を保つための要因となっているのは確かのように思われます（北海道・東北地方のような雪国では、カタクリはこれほどの急傾斜は必要としないでしょうし、生育場所の様子も関東以南とはかなり異なっているかもしれませんが）。カタクリは雑草や帰化植物のような強い繁殖力を持ち合わせていないので、草原のような日当たりのいい場所では生き残れません。根雪が春先まで残るような日当たりの悪い場所で、雪解け直後、他の草木に先んじていち早く芽を出し、早々に開花し、他の草木の若葉が萌える頃には鱗茎に養分を充分蓄



カタクリの花



白に近い淡いピンクのカタクリの花

えその年の営みを終えて休眠状態に入ります。外国ではカタクリ(dogtooth violet)にSpring Ephemeral(春のはかない命)というニックネームが与えられているという。さしずめ、カタクリは植物界の“蜻蛉”ということでしょうか。しかしながら、その特異性のおかげでカタクリは生き残れるのです。雪の降らない地方ではカタクリは自生できないかもしれませんが。暖冬や地球の温暖化はカタクリにとって不利な条件として作用するに違いありません。さらに、この特異性には危険が伴います。早春の気象は不安定です。突然の雪や冷雨や寒さから花を護らなければなりません。夜間や雨・雪の日は開いていた花を閉じます。

春雨のふりつぐ中にみづみづしく一日閉じたるかたくりの花 土屋文明

かつてはかたくり粉の原料や食用にされたほど各地に群生していたカタクリも、時代とともにその“テリトリー”をどんどん人間に奪われ、今では、あたかも秘境の地に追い詰められた落人のごとく、限られた場所に分散してひっそりと生き残っています。環境庁の植物レッドリスト(日本の絶滅のおそれのある野生植物の種のリスト)にカタクリの名が載るのはそう遠い先の話ではないかもしれませんが。最近では群生地を保護区域に指定して管理するところが増えたようです。

カタクリのそんなぎりぎりの際どい生き残りの術を知ってもなお、その花の可憐さ故か、常に俯きかげんに咲く謙虚さ故か、人の目には、カタクリが敢えて自ら厳しい環境を選んでいるかのように見えます。カタクリの花の愛好者が多いのは、アスファルトの割れ目からでも芽を出して花を咲かせてしまう西洋タンポポのような自己顕示欲旺盛で逞しい野草とは対照的に、カタクリは目立たぬ場所でひっそりと咲くうえに、滅びへの道を辿りつつもその孤高の姿を毅然として保っているように映るからではないでしょうか。高山帯のがれ場を好むコマクサとイメージが重なります。山菜に関するどの本を見てもカタクリは必ず登場しますが、カタクリを採取して食べようと思う人は少ないでしょう。

片栗の一つの花の花盛り 高野素十

田舎での子供時代、独特の斑模様の大きなカタクリの葉は遊び道具の一つでした。葉を摘んできて、それをゆでました。そうすると、半透明な表皮が葉肉から剥がれやすくなります。柄の部分の口を含んで呼吸を送ると風船ができてあがります。ただそれだ

けのことでしたが、当時の子供たちの遊びでした。カタクリが貴重な植物になるなどは、その当時は思いもしませんでした。田舎では、カタクリを「エノバラ」と呼んでいたように記憶しています(定かな記憶ではありません)。

写真は播磨科学公園都市近郊の私有地で撮ったものです。地主の話によるとその群生地の中に、一株だけ毎年純白の花を咲かせるカタクリがあるという。白花カタクリは大変珍しいそうです。プロのカメラマンも撮影に訪れたそうです。場所も教えてもらいましたが、時すでに遅く、純白の花は咲き終わっていました。純白の花の代わりに、群生地を隈無く捜して漸く淡いピンクの花を見つけました。読者の皆さん、たった一株しかない白花カタクリを暖かく見守ってあげてください。

「夜中に盗む人がいるんですよ。」と地主は嘆いていました。所々に盗掘の痕跡の穴があいていました。野草を商品として売る業者の仕業でしょうが、もし、野草の愛好者が鉢植えにしようと思って採取したとすれば、止めた方がいいでしょう。カタクリを鉢植えで育てるのは至難の業だからです。どうしてもカタクリを鉢植えにしたい人は、アメリカ原産の黄花カタクリを園芸店で購入すべきです。

カタクリの花は、三日月町の「大ムクの木」(天然記念物)の近くの山の斜面で見られます(件の私有地とは別の場所です)。開花期は3月最終週から4月第1週にかけての短期間です。この時期アマチュアカメラマンが大勢参集します。播磨からは少し外れますが、岡山県美作町三倉田にも有名な群生地があると件の地主が教えてくれました。

#### 菜の花



千種川の河原の菜の花

「菜の花」はアブラナ科の植物の花の総称です。

3月から5月にかけて西播磨の河原や川沿いの土手に一面に咲きます。3月下旬から4月下旬あたりまでが見頃です。春の代名詞のような花です。

花が咲く前に芽を摘み取ってお浸しにして辛し醤油で食べてみようかと思ったことがありますが、まだ試していません。

写真は南光町を流れる千種川の河原で撮影したものです。

### 牡丹（ポタン）

「立てば芍薬（シャクヤク）座れば牡丹（ポタン）歩く姿は百合（ユリ）の花」と美人を形容するのに使われるほどポタンは美しい花です。西播磨のポタンの名所としては、「ぼたん寺」として知られる万勝院（上郡町）が随一でしょう。種類によって多少の差はありますが、開花期は4月下旬から5月上旬です。平年はゴールデンウィークに最盛期を迎えますが、暖冬の年は4月下旬に咲き終わってしまうことがあります。開花期が短いので要注意。写真は万勝院のポタン園で撮りました。



万勝院のポタン園

### 石楠花（シャクナゲ）

シャクナゲの花は、山崎町の「播州山崎花菖蒲園」や佐用町の「しゃくなげの里」で見られます。4月上旬から5月下旬が開花期です。見頃は、「播州山崎花菖蒲園」では5月中旬、「しゃくなげの里」ではゴールデンウィークのようです。今年の5月22日に筆者が「しゃくなげの里」を訪れたときには、すでに閉園していました。

「石楠花色にたそがれる遙かな尾瀬、遠い空」と歌の歌詞にもあるように、日本では赤色系の花が代表的ですが、世界には様々な種類の花があります。シャクナゲはもともと高山植物です。登山の好

きな人は、低地には赤花シャクナゲ、高山帯には黄花シャクナゲが咲いていることをご存じだと思います。高山帯の黄花シャクナゲは平地では育ちません。

### 花菖蒲（ハナショウブ）

ハナショウブはアヤメやカキツバタと同じアヤメ科アヤメ属の多年草で、自生するノハナショウブを園芸用に品種改良したものだそうです。アヤメ・カキツバタ・ハナショウブは見掛けは酷似していますが、アヤメは乾燥地を、カキツバタは湿地を、ハナショウブは半乾燥地を好み、開花期はこの順に遅くなり、花の大きさはこの順に大きくなり、葉の幅も異なるなどの相違点があるそうです。

端午の節句に軒に差したり風呂に入れたりする芳香のするショウブは、サトイモ科の植物であり、ハナショウブとは別の植物です。

写真は山崎町の「播州山崎花菖蒲園」で撮りました。種類によって多少の差はありますが、開花期は6月初めから7月初めまで、見頃は6月中旬です。



播州山崎花菖蒲園のハナショウブ田

### 紫陽花（アジサイ）

アジサイの名所はたくさんあると思いますが、岡山県作東町の「大聖寺」はその株数の多さに圧倒されます。アジサイに埋もれた寺です。6月下旬から7月中旬が見頃のようなです。筆者が訪れたときは、残念ながら、長雨に叩かれた上にすでに最盛期を過ぎていました。

### 向日葵（ヒマワリ）

ヒマワリは種まきの時期によって開花期にかなりの幅があります。しかし、ヒマワリに一番ふさわしいのは8月の暑さの盛りです。ヒマワリは“太陽の花”でなければなりません。ヒマワリの花は太陽の



南光町のヒマワリ畑

動きに合わせて首を回すと言われていますが、それは咲き始めの頃だけのことで、満開の頃は花の首は固定されてしまうそうです。しかしながら、不思議なことに、どの花も実にみごとに一斉に同じ方向を向いて咲いています。いつどのような条件の下に首が固定されるのでしょうか。

ヒマワリ畑はあちこちで見られますが、南光町の「ひまわり館」周辺のヒマワリ畑は圧巻です。

#### 秋桜（コスモス）

コスモスは初夏から晩秋にかけていつもどこかで見かけるような気がします。しかし、その名が示すごとく秋に咲くのが最もふさわしい花です。コスモスはメキシコ原産のキク科の植物で、幕末時代に日本に入ってきたそうです。「コスモス」は「飾り」という意味のギリシャ語だそうです。新参の割には、日本的な雰囲気ですっかり溶け込んでしまった花です。詩歌の題材にもよく利用されます。紅、ピンク、白、それらを交配させた色のほかに最近は黄花コス



上郡町のコスモス畑

モスもよく見かけます。秋の畑（田）に咲く一面のコスモスは、田畑の肥料となる運命にあることを知ってか知らずか、色とりどりの花々が風に揺れながら美しさを競い合っています。

風の無き時もコスモスなりしかな 粟津松彩子

晩秋の播磨路を車で走っていると、路傍でコスモスが風になびいているのをよく見かけます。「播磨路へようこそ」と歓迎してくれているようにも見えます。「寂しい人、悲しんでいる人、どどんいらいっしゅい」と手招きしているようにも見えます。厳しい冬を控えた晩秋に咲く花の種類はそんなに多くはありません。そんな時期に澁刺と咲き乱れるコスモスが人に強い印象を与えないわけはありません。

コスモスや雲忘れたる空の碧 松根東洋城



淡路島黒岩水仙郷の水仙

#### 水仙

淡路島南淡町の「黒岩水仙郷」で、野生の水仙の大群落が見られます。2月上旬から下旬にかけて、島の南側の海に面した急斜面一帯に500万本の水仙が咲き乱れます。

水仙郷花の傾斜の海に落つ

朝倉房子

ただ、観光地としては、当地に至

るまでの道順が複雑すぎる、道が狭くて対向車とのすれ違いに神経を使う、駐車場が狭い、交通渋滞に悩まされる、といった難点をかかえてはいますが。今年の冬訪れたときは、各所で道路の拡張工事を行っていましたが、来年は道路幅については多少改善されているかもしれません。

水仙の三大自生地、「黒岩水仙郷」、伊豆半島須崎爪木崎、福井県越前岬のうち前二者を筆者は訪れたこととなります。

#### その他のお花畑

紅花（ベニバナ）：山崎町上ノ下地区で栽培しています。6月末から7月中旬にかけて紅黄色の花が咲き乱れるそうです。筆者が訪れたときは、残念ながらすでに花期が終わっていました。

彼岸花（ヒガンバナ）：曼珠沙華（マンジュシャゲ）ともいいます。9月から10月にかけて、西播磨の農村地帯では、農家の周辺や田畑の畦などでヒガンバナの赤い花をごく普通に見かけます。

「西はりま天文台公園」：ラベンダー、ポピーなどの花々が咲き乱れるお花畑があります。佐用町にあります。

「沖田遺跡公園」：9月頃、コスモスとヒマワリが同時に見られます。赤穂市東有年にあります。

「とっとり花回廊」：大山の近くにある鳥取県立の花公園です。回廊式に設計されているので、雨の日でも観賞できます。今年の7月に訪れたときは、7月のテーマ花として特集された、各種ユリの花が最盛期を迎えていました。近代的な温室の中に造られた蘭（ラン）の花壇も見事でした。

「播磨科学公園都市」：様々な種類の花の種子が蒔かれ花期を迎えると一面のお花畑が出現します。チューリップ畑もあります。



西はりま天文台公園のお花畑



とっとり花回廊のラン花壇



播磨科学公園都市の丘に咲く花

## (財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所職員の公募

財団法人高輝度光科学研究センターでは、以下の要領で放射光研究所の職員を募集致します。

募集人員：職員10名程度

所属部門：加速器部門、ビームライン部門、利用促進部門

募集内容：

### 1. 加速器部門

#### (1) 制御系

線型加速器、シンクロトロン、蓄積リング及びビームライン制御系の高度化とVMEエレクトロニクス系の開発を担当する者。

#### (2) ビーム診断系

電子ビームとレーザーの相互作用に関する研究開発と蓄積リングのビーム診断系高度化研究を担当する者。

#### (3) 超伝導空洞

超伝導空洞の開発とコヒーレント放射光に関する研究開発を指導的立場で業務を遂行できる者。

### 2. ビームライン部門

#### (1) ビームライン光源開発グループ

(a) 高輝度放射光源（挿入光源）の開発研究とその建設を担当する者。

(b) 放射光ビームライン基幹チャンネル機器（高耐熱型光学素子、X線位置モニター等）の開発研究とその建設を担当する者。

### 3. 利用促進部門

#### (1) 利用支援グループ

SPring-8でのビームライン使用に関する利用者からの共同利用など種々の相談を担当する者。該当事として、硬X線SRを使った構造物性研究、軟X線SRを使った分光物性研究及び材料創生または産業界SR利用にたずさわった者。

#### (2) 実験ステーショングループ

共同利用に供する共用ビームライン / 実験ステーションでの利用技術指導と利用支援、利用にかかわるビームラインや実験ステーション機器の高度化開発研究および専用ビームライン建設のための窓口となって将来その運用支援を担当する者。

今回公募するのは、以下の研究分野にかかわるビームラインを担当する者。

赤外物性	軟X線分光物性	回折構造物性
メスbauer散乱・非弾性散乱	表面構造	極限構造物性
トポグラフィ	非弾性散乱	蛍光X線分析
磁性材料構造物性	医学開発研究	生体高分子結晶構造解析
生体高分子小角散乱	X線結像光学	

#### (3) 機器開発グループ

利用研究を通じた実験ステーション機器の高度化開発研究と利用支援を担当し、検出器（電子回路系担当）と光学系開発にたずさわる者。

## (4) 周辺技術グループ

ビームライン建設や利用支援、加速器やビームライン全体のインターロックの維持・管理などを担当し、電気・電子回路技術、化学薬品・準備室業務および生物試料準備室業務にたずさわる者。

\* 募集内容等については後述の部門長またはグループリーダーに、事務手続きについては総務部人事課にお問い合わせ下さい。

## 待 遇：

財団法人高輝度光科学研究センター給与規程による

## 着任時期：

平成12年4月1日以降の早い時期を原則とするが、それ以前の着任についても相談に応じる。

## 応募資格：

大学卒業または大学院修了（双方とも平成12年3月見込を含む）の若くて意欲のある者。  
（過去に応募したことのある者でも再応募可能）

## 提出書類：

履歴書（当財団指定様式）

推薦書（自薦可） 様式については不問。

在学中の方は卒業論文、修士論文、博士論文いずれかの要旨。（A4用紙2枚以内）

現職をお持ちの方は現職務内容。（A4用紙2枚以内）

様式については不問。

卒業見込または修了見込の証明書。既卒の方は最終学歴の卒業又は修了の証明書。

## 応募締切：

平成11年11月26日（金）必着

## 応募書類請求及び送付先：

財団法人高輝度光科学研究センター総務部人事課 担当：杉山・平野

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL：0791-58-0951 FAX：0791-58-2794

## 問い合わせ先：

研究内容等については、以下にお問い合わせ下さい。

## 1. 加速器部門 部門長 熊谷 教孝

TEL：0791-58-0861

e-mail：morisaki@spring8.or.jp

## 2. ビームライン部門ビームライン光源グループ グループリーダー 北村 英男

TEL：0791-58-2832 FAX：0791-58-2920

e-mail：kitamura@spring8.or.jp

## 3. 利用促進部門 部門長 植木 龍夫

TEL：0791-58-2751

e-mail：ueki@spring8.or.jp

## 第13回日本放射光学会年会・ 放射光科学合同シンポジウム開催要項

1. 開催日 2000年1月7日(金) 8日(土) 9日(日)
2. 場所 岡崎コンファレンスセンター(大、中、小会議室)
3. 主催 日本放射光学会
- 共催 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所放射光研究施設、東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設、分子科学研究所極端紫外光実験施設、SPring-8(原研、理研、JASRI)、PF懇談会、VUV・SX高輝度光源利用者懇談会、UVSOR利用者懇談会、SPring-8利用者懇談会

	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
1/7 (金)			UVSOR 利用者 懇談会	LUNCH	SPring-8 利用者 懇談会	PF 懇談会	企画		オール				
	特別展示 受付												
1/8 (土)	VUV・SX 利用者 懇談会	オール	LUNCH	ポスター		特別講演	総会					懇親会	
				*	オール								
	特別展示 施設報告 受付												
1/9 (日)	企画	オール	LUNCH	ポスター									
				*	オール								
	特別展示 施設報告 受付												

4. プログラム要項
5. 参加費 会員 3,000円(主催及び共催施設・利用者団体所属の方)  
非会員 5,000円(上記以外の方)  
学生 500円  
懇親会 5,000円(学生2,000円)
6. 年会・合同シンポ組織  
組織委員長 大熊 春夫(SPring-8)  
プログラム委員長 難波 孝夫(神戸大)  
実行委員長 黒澤 宏(分子研)
7. 予稿集原稿について  
すべてカメラレディで製作します(本のサイズA4)。必ず、郵送でお送り下さい。  
原稿提出期限: 1999年11月26日(金)
8. プログラムの掲載  
日本放射光学会誌「放射光」第12巻5号(1999年11月末発行予定)
9. お問い合わせ及び原稿送付先  
日本放射光学会事務局  
〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-62-8 ビッグオフィスプラザ507 (有)ワーズ内

## 第4回SR産業利用関連技術国際会議 参加のご案内

兵庫県では産業界の放射光利用研究を推進しており、SPring-8に建設した兵庫県ビームラインの利用に19社が参加しています。真空紫外・軟X線領域の放射光源「ニュースバル」を建設、調整中です。SPring-8でも、企業が共同でビームラインを建設して利用研究が始まっています。

海外では、これまで実績のあるアメリカの各放射光施設に加えて、これまで基礎研究に専念してきたヨーロッパでもESRFには産業利用研究部が設置され、ドイツのカールスルーエでは産業利用を主目的とした放射光源ANKAが建設されるなど、産業への利用が活発になっています。

そこでヨーロッパから産業利用リーダーをお招きし、放射光施設の戦略、最近の成果、現状と将来展望について語っていただき、国内からは各分野でめざましい活躍をされている先生方からの産業利用研究の実例を示していただく講演会を開催し、産業界での放射光技術の普及と高度化、新分野の発掘をしたいと考えています。

日 時：平成12年2月18日（金）10：30～16：40

場 所：兵庫県立先端科学技術支援センター大ホール  
〒678-1205 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-1-1

主 催：第4回SR産業利用関連技術国際会議開催委員会  
兵庫県、(財)ひょうご科学技術協会、(財)新産業創造研究機構、  
(財)高輝度光科学研究センター、SPring-8利用推進協議会

後援（予定）：科学技術庁、工業技術院、近畿通商産業局、日本原子力研究所、  
理化学研究所、(社)関西経済連合会、関西サイエンスフォーラム、  
(財)大阪科学技術センター、(社)兵庫工業会、(社)大阪工業会、  
(社)京都工業会、(社)奈良工業会、(社)滋賀工業会、日本放射光学会、  
(社)レーザー学会、(社)日本化学会、(社)日本生化学会、  
日本生物物理学会、(社)応用物理学会、(財)日本産業技術振興協会、  
日本結晶学会、日本医学放射線物理学会、日本医学物理学会

お問い合わせ先：第4回SR産業利用関連技術国際会議開催委員会事務局 担当：増岡  
(兵庫県商工部新産業創造課内)  
〒650-8567 神戸市中央区下山手通5-10-1  
TEL：078-362-7711（内線3588）  
FAX：078-362-4273

## プログラム “未来を拓く放射光”

- 10:30～10:45 開会式
- 10:50～11:50 講演1 Jean Doucet (フランスESRF)  
 テーマ Applied and industrial research at the ESRF
- 11:50～12:40 昼食
- 12:40～13:40 講演2 Volker Saile (ドイツANKA)  
 テーマ Microfabrication and Other applications of Synchrotron Radiation at ANKA
- 13:40～14:20 講演3 大柳宏之 (電子技術総合研究所)  
 テーマ 物質・材料研究のフロンティア  
 - 放射光その場観察の最近の展開 -
- 14:20～15:00 講演4 尾嶋正治 (東京大学大学院工学系研究科)  
 テーマ 放射光を用いたナノエレクトロニクス用材料の評価
- 15:00～15:20 コーヒーブレイク
- 15:20～16:00 講演5 中山武典 (株神戸製鋼所材料研究所)  
 テーマ SPring-8のX線屈折コントラスト法による構造材料中の割れのイメージング観察
- 16:00～16:40 講演6 平田嘉裕 (住友電気工業(株)播磨研究所)  
 テーマ 住友電工(株)におけるLIGAプロセスの応用開発

公用語 日本語・英語 (同時通訳)

## 参加要領

## 1. 参加登録料

3,000円 (資料代、昼食代、コーヒー代を含みます。)

## 2. 参加申し込み方法

参加申込書に必要事項をご記入の上、平成12年1月14日 (金) までに事務局まで FAXにてお送りください。また、下記の銀行口座へ参加登録料をお振り込みください。参加登録料の振り込みを確認後、事務局より参加登録証をお送りします。(なお領収書は銀行の発行する振込金受取書をもってかえさせていただきます。)

参加登録証は2月18日 (金) 当日の受付の際に必要なですので大切に保管してください。

参加登録料の振り込みに関して請求書が必要な方は、その旨、参加申込用紙にご記入ください。折り返し請求書をお送りします。なお、振り込み手数料は各自でご負担願います。

## 振り込み先

さくら銀行 兵庫県庁出張所 (店番号323)

普通 口座番号 3218903

口座名 第4回SR産業利用関連技術国際会議開催委員会

【 F A X 送 信 用 紙 】

第4回SR産業利用関連技術国際会議  
参加申込書

第4回SR産業利用関連技術国際会議開催委員会事務局

兵庫県商工部新産業創造課内

FAX : 078-362-4273

第4回SR産業利用関連技術国際会議への参加を申し込みます。

ふ り が な  
氏 名 \_\_\_\_\_

会社・所属名 \_\_\_\_\_

役 職 \_\_\_\_\_

〒  
連 絡 先 \_\_\_\_\_

TEL : \_\_\_\_\_ FAX : \_\_\_\_\_

どちらかに をおつけください。

送迎バス乗車を「希望します・希望しません」

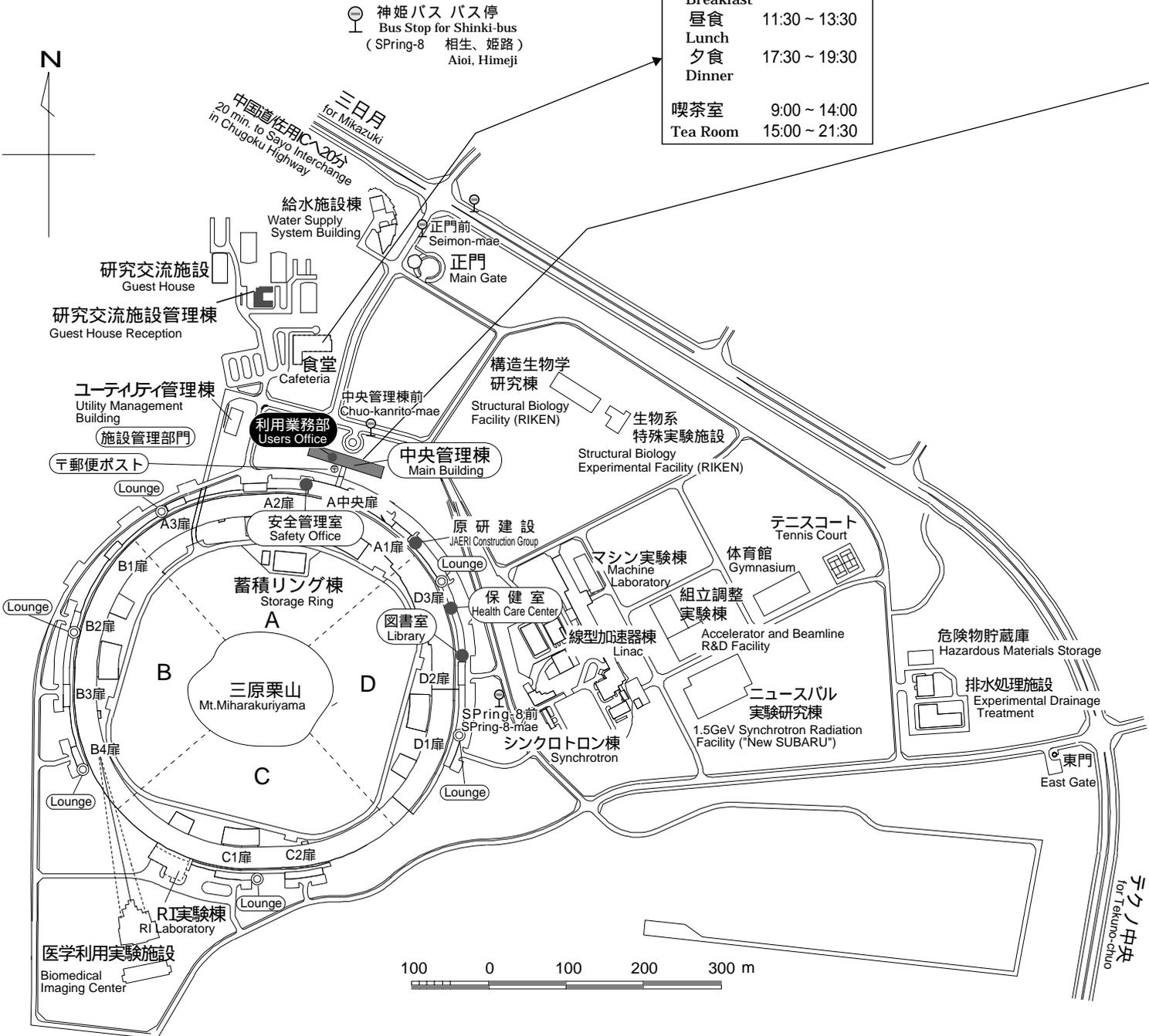
送迎バスはJR姫路駅から9:00発車 18:30解散予定です。

参加料(3,000円)を \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日頃に「所属機関名義・個人名義」で振り込みます。

## < 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 on Everyday)

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



<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. 実験部門 Experimental Div.
3F	ビームライン部門 Beamline Div.	原研関西研 JAERI Kansai Research Establishment
2F	利用業務部 Users Office 利用促進部門 Experimental Facilities Promotion Div. 安全管理室(受付) Safety Office (Reception)	原研事務管理部門 JAERI Administration Office 理研事務管理部門 RIKEN Administration Office
1F	総務部 General Affairs Div. 役員室 Executive Office	経理部、広報部 Finance Div. Public Relations Div. 企画調査部 Planning Div.

<ユーザー用談話室>  
Lounge for Users

場所 Door	室名 Room No.
A3扉	a共7
B2扉	b共4
B4扉	b共9
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

- ・蓄積リング棟  
A中央扉  
A-center Door in  
Storage Ring  
(KDD Phone)
- ・研究交流施設  
Guest House  
Reception  
(NTT Phones and  
KDD Phones)
- ・中央管理棟  
Main Building  
(NTT Phone)

7月1日から住所が変わりました。

<各部門の連絡先>  
Contact Numbers (Phone and Fax)

市外局番はすべて 0791  
Area Code Number : 0791

		連絡先代表番号 Key Numbers	
		TEL	FAX
JASRI 放射光研究所 Research Sector	加速器部門 Accelerator Div.	58-0851	58-0850
	ビームライン部門 Beamline Div.	58-0831	58-0830
	実験部門 Experimental Research Div.	58-0831	58-0830
	利用促進部門 Experimental Facilities Div.	58-2750	58-2752
	施設管理部門 Facility & Utilities Div.	58-0896	58-0876
JASRI 事務局 Administration Sector	総務部 General Affairs Div.	58-0950	58-0955
	経理部 Finance Div.	58-0953	58-0819
	企画調査部 Planning Div.	58-0960	58-0952
	利用業務部 Users Office	<b>58-0961</b>	<b>58-0965</b>
	広報部 Public Relations Div.	<b>58-2785</b>	<b>58-2786</b>
JASRI安全管理室	Safety Management Office	58-0874	58-0932
保健室	Health Care Center	58-0898	
正門	Main Gate	58-0828	
東門	East Gate	58-0829	
研究交流施設管理棟受付	Guest House Reception	<b>58-0933</b>	<b>58-0938</b>
原研事務管理部門	JAERI Administration Office	58-0822	58-0311
原研関西研	JAERI Kansai Research Establishment	58-2701	58-2740
理研事務管理部門	RIKEN Administration Office	58-0808	58-0800
理研播磨研(構造生物学研究棟)	RIKEN Harima Institute	58-2809	58-2810
ニュースバル	New SUBARU	58-2503	58-2504

<外部からのビームラインへの連絡>

Contact for SPring-8 Beamlines from Outside the Campus 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、ピーと鳴ったら、0をダイヤルする。  
After some English and Japanese statements, you hear the sound "Pii", then dial "0".  
次の説明後、内線番号又は、PHS番号をダイヤルする。  
After some statements, dial the Ext. Phone No. or the PHS No.

ビームライン Beamline	内線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		
BL04B1	4087	3164 3165		
BL08W	4127	3166 3167		
BL09XU	4147	3168 3169		
BL10XU	4217	3170 3171		
BL14B1	4267	3183		
BL16XU(産業界)	4291	3631 3632	58-1804	58-1802
BL23SU	4407	3185		
BL24XU(兵庫)	4411	3186 3187 3188	58-1808	58-1807
BL25SU	4427	3172 3173		
BL27SU	4457	3174 3175		
BL39XU	4677	3176 3177		
BL41XU	4707	3178 3179		
BL44B2	4727	3182		
BL45XU	4017	3180 3181		
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

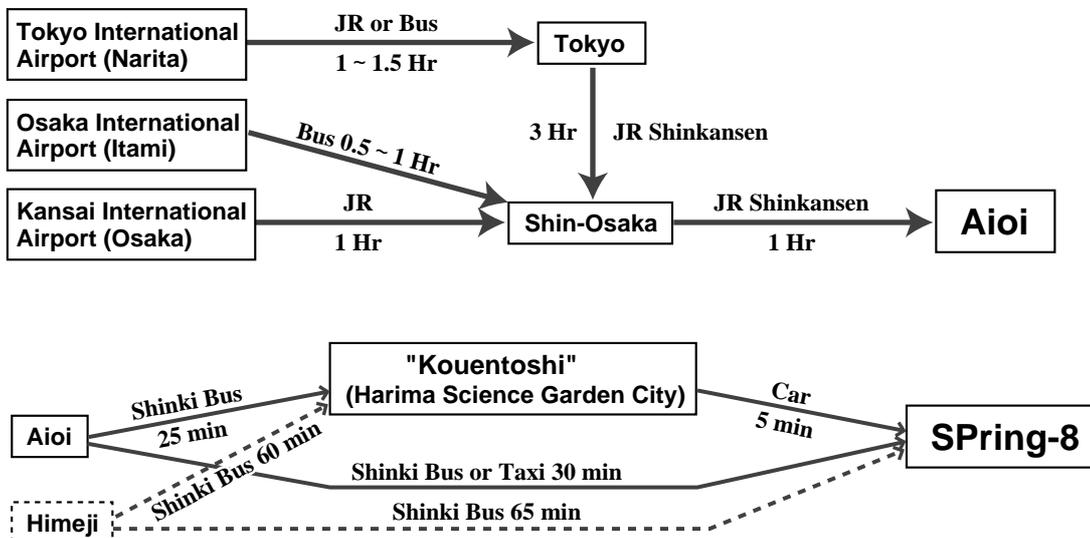
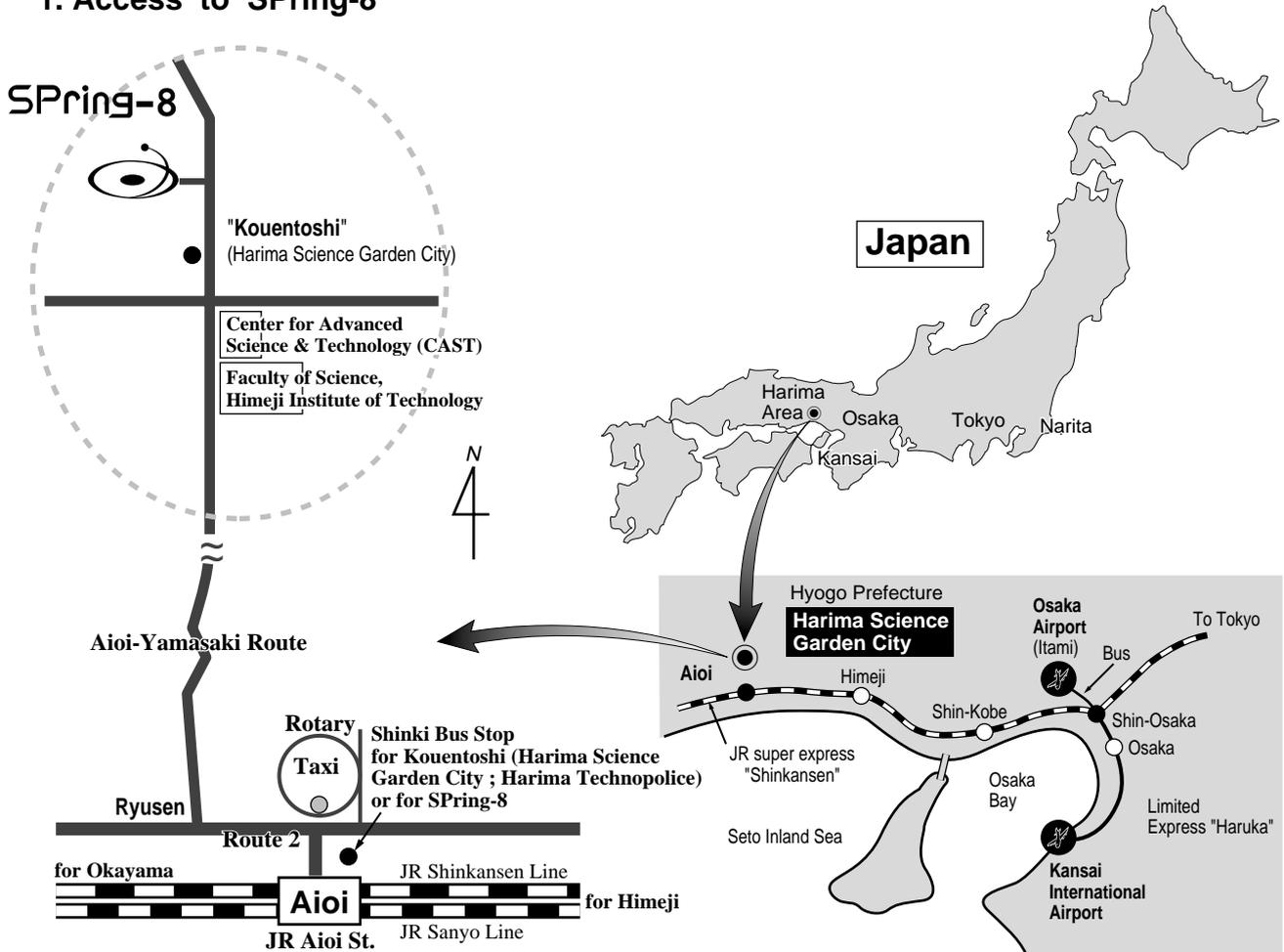
ビームライン担当一覧 (1999年4月1日)

BL01B1 (XAFS)	宇留賀	urugat@spring8.or.jp
BL02B1 (結晶構造解析)	池田	hikeda@spring8.or.jp
BL02B2 (粉末回折)	山片	yamakata@spring8.or.jp
BL04B1 (高温構造物性)	舟越	funakosi@spring8.or.jp
BL04B2 (高エネルギー単色偏向電磁石)	一色	maiko@spring8.or.jp
	大石	ohishi@spring8.or.jp
	水牧	mizumaki@spring8.or.jp
BL08W (高エネルギー非弾性散乱)	依田	yoda@spring8.or.jp
BL09XU (核共鳴散乱)	石井(真)	ishiim@spring8.or.jp
BL10XU (高压構造物性)	塩飽(原研)	shiwaku@spring8.or.jp
BL11XU (原研(3)材料科学II)	小西(原研)	konishi@spring8.or.jp
BL14B1 (原研(2)材料科学I)	石川(理研)	ishikawa@spring8.or.jp
BL19IS* (理研(4)物理科学II)	矢橋	yabashi@spring8.or.jp
BL20XU* (医学利用挿入光源中尺)	鈴木(芳)	yoshio@spring8.or.jp
BL20B2 (医学利用偏向電磁石中尺)	梅谷	umetani@spring8.or.jp
	岡田(京)	okada@spring8.or.jp
BL23XU ((RI)原研(1)重元素科学)	横谷(原研)	yokoya@spring8.or.jp
BL25SU (軟X線固体分光)	室	muro@spring8.or.jp
BL27SU (軟X線光化学)	大橋(治)	hohashi@spring8.or.jp
	為則	tamenori@spring8.or.jp
BL28B2 (汎用白色偏向電磁石)	石川(理研・JASRI)	ishikawa@spring8.or.jp
BL29XU* (理研(3)物理科学I(長尺))	玉作(理研)	tamasaku@spring8.or.jp
	山崎(裕)	yamazaki@spring8.or.jp
BL35XU* (高エネルギー分解能非弾性散乱)	Baron	baron@spring8.or.jp
	田中(良)(理研)	ytanaka@postman.riken.go.jp
BL38B1* (R&D(3))	谷田	tanida@spring8.or.jp
BL39XU (生体分析)	鈴木(基)	m-suzuki@spring8.or.jp
BL40XU* (高フラックス)	井上	katsuino@spring8.or.jp
BL40B2 (広角散乱回折)	森山	aki5@spring8.or.jp
	三浦	miurakk@spring8.or.jp
	河本	kawamoto@spring8.or.jp
BL41XU (生体高分子結晶構造解析)	河本	kawamoto@spring8.or.jp
	三浦	miurakk@spring8.or.jp
	森山	aki5@spring8.or.jp
BL43IR* (赤外物性)	森脇	moriwaki@spring8.or.jp
	木村	kimura@spring8.or.jp
BL44B2 (理研(2)構造生物II)	足立(理研・JASRI)	sadachi@spring8.or.jp
BL45XU (理研(1)構造生物I)	山本(理研・JASRI)	yamamoto@postman.riken.go.jp
BL46XU (R&D(2))	水牧	mizumaki@spring8.or.jp
	大竹(理研)	yoshie@spring8.or.jp
BL47XU (R&D(1))	鈴木(芳)	yoshio@spring8.or.jp
	香村(理研)	kohmura@spring8.or.jp

\*建設中ビームライン

## Access Guide to SPring-8

### 1. Access to SPring-8



## 2. Contact Points for Transportation

JR Western Japan (JR Nishi Nihon)			
Himeji Station	0792-22-2715	Ticket Office	0792-25-3461
Aioi Station	0791-22-1400	Ticket Office	0791-22-1402
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
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

## 4. Car Rental

Transportations in and around of the SPring-8 and the vicinity is not very good. Since it is inconvenient to rely on only buses and taxis all the time, here, an information on a car rental is provided.

**Station Rent-a-Car** (Open all year, 8:00 am~8:00 pm. Telephone: 0791-23-3356)

At Aioi Station, exit from the South Exit and go down the stairs to the street level. The rental office is about 30 meters to the right. They have a car made available on the spot but a reservation on the previous day is recommended. A discount is available if the Rail and Rent-a-Car tickets is purchased.

Rental Charge : for compact car (ex. Carola, Sunny or Lancer class cars)

8,500 yen for 6 hours      11,700 yen for 12 hours      13,500 yen for 24 hours

JR Shinkansen Train Schedule and Shinki Bus Schedule

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

(revised on 10/2/1999)

Shinki Bus ; : no run on Sundays and National Holidays,

: no run on Sundays and National Holidays and 3/24 ~ 4/7, 7/29 ~ 8/31, 9/23 ~ 9/30, 12/25 ~ 1/7 and the 2nd 4th Saturdays,

: no run on Saturdays and Sundays and National Holidays Between Kouentoshi and SPring-8,

Ⓜ : run on Sundays and National Holidays

(revised on 10/1/1999)

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	
K 603					634	713		728	735	800	
									740	807	
H 353					703	737	750			855	900
K 605					706	745		755	805	832	837
									830	857	902
N 33			641	718	732						
K 607					740	819		829	835	902	
H 181			650	742	758						
K 609					804	847		901	905	932	
N 1	600	616	739	816	830						
K 611					835	914		928	935	1002	1007
									1010	1037	
H 101	613	630	809	854	910						
K 613					916	959		1009	1035	1109	
H 201	703		856	941	957						
K 617					1001	1043		1057	1105	1132	1137
N 43	800		938	1015	1030						
H 153	745		952	1031	1049	1121	1200			>1305	
K 621					1101	1143		1158	1205	1232	1237
N 7	852	909	1034	1112	1126						
K 623					1135	1216		1230	1235	1309	1314
N 45	900		1038	1115	1130						
H 155	845		1052	1131	1149	1221					
K 625					1201	1243		1257	1305	1332	
N 47	1000		1138	1215	1230						
K 627					1235	1316		1330	1335	1402	1407
H 157	945		1152	1231	1249	1321					
K 629					1301	1343		1358	1405	1432	
N 11	1056		1234	1312	1326						
K 631					1335	1416		1430	1435	1502	1507
H 159	1045		1252	1331	1349	1421					
K 633					1401	1443		1457	1505	1532	

Train name	Shinkansen					Shinki Bus		Shinki Bus			
	Tokyo	Shin-Yokohama	Nagoya	Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
N 13	1156		1334	1412	1426						
K 635					1435	1516		1530	1535	1602	1607
H 161	1145		1352	1431	1449	1521					
K 637					1501	1543		1558	1605	1632	
N 15	1256		1434	1512	1526						
K 639					1535	1616		1630	1635	1702	
H 135	1238	1255	1429	1524	1541	1612	1630			>1735	
H 163	1245		1452	1531	1549	1621					
K 641					1601	1643		1657	1705	1732	1737
										1758	1803
N 17	1356		1534	1612	1626						
K 643					1635	1716		1730	1735	1802	1807
H 165	1345		1552	1631	1649	1721					
K 645					1701	1743		1758	1805	1832	
										1825	1859
N 19	1456		1634	1712	1726						
K 647					1735	1816		1830	1840	1907	1912
H 167	1445		1652	1731	1749	1821					
K 649					1801	1843		1857			
N 21	1556		1734	1812	1826						
K 651					1835	1916		1930	1935	2002	
H 169	1545		1752	1831	1849	1921					
K 653					1901	1943		1958	2005	2032	2037
N 23	1652	1709	1834	1912	1926						
K 655					1935	2016		2030			
H 171	1645		1852	1931	1949	2021					
K 657					2001	2042		2057			
N 25	1752	1809	1934	2012	2026						
K 659					2035	2120		2130	2135	2202	
N 27	1852	1909	2034	2112	2126						
K 661					2135	2219		2230			
N 29	1956		2134	2212	2226						
K 663					2238	2317		2327			

from Hakata to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen				Shinki Bus		
	Hakata	Hiroshima	Okayama	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
K 600			632	652	700	727	
H 130		600	645				
K 602			659	721	730	755	
					735	800	
					740	807	
N 4		629	705				
K 604		611	729	752	805	832	837
K 606		645	804	826	830	857	902
					835	902	
N 6	635	737	811				
K 608		705	825	852	905	932	
K 610		746	903	926	935	1002	1007
N 8	727	833	909				
K 612	603	800	925	952	1010	1037	
K 614	638	840	1004	1026	1035	1109	
N 10	835	937	1011				
K 616		914	1029	1052	1105	1132	1137
N 12	927	1033	1109				
K 620		1012	1129	1152	1205	1232	1237
K 622	839	1040	1204	1226	1235	1309	1314
K 624	904	1109	1229	1252	1305	1332	
N 14	1035	1137	1211				
K 626	946	1145	1303	1326	1335	1402	1407
N 16	1127	1233	1309				
K 628		1212	1329	1352	1405	1432	
K 630	1039	1240	1404	1426	1435	1502	1507
N 18	1235	1337	1411				
K 632		1313	1429	1452	1505	1532	
K 634	1142	1340	1503	1526	1535	1602	1607
N 20	1327	1433	1510				
K 636	1217	1412	1529	1552	1605	1632	
K 638	1244	1441	1604	1626	1635	1702	
N 22	1435	1537	1611				
K 640		1504	1629	1652	1705	1732	1737
						1758	1803
K 642	1346	1545	1703	1726	1735	1802	1807
N 24	1527	1633	1709				
K 644		1612	1729	1752	1805	1832	
K 646	1439	1640	1804	1826	1825	1859	
					1840	1907	1912
N 26	1635	1737	1811				
K 650	1543	1743	1902	1925	1935	2002	
N 28	1727	1833	1909				
K 652		1808	1937	1957	2005	2032	2037
N 30	1835	1937	2011				
K 656		1917	2037	2057	2135	2202	

from Harima Science Garden City to Hakata

Shinki Bus			Train name	Shinkansen				
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Okayama	Hiroshima	Hakata	
	645	711	K 603	728	748	908		
			N 33		821	858	1003	
	730	756	K 607	829	851	1006	1201	
			N 1		913	948	1049	
	800	826						
	810	836	K 609	901	921	1033		
845	850	916	K 611	928	949	1110		
			N 3		1011	1048	1153	
910	915	941	K 613	1009	1029	1156	1347	
915	920							
	950	1016	K 615	1033	1055	1209		
			N 5		1109	1144	1245	
1015	1020	1046	K 617	1057	1117	1251	1453	
	1050	1116	K 619	1130	1150	1307		
			N 7		1211	1248	1353	
	1110	1143	K 621	1158	1218	1347	1536	
1145	1150	1216	K 623	1230	1250	1404		
			N 9		1309	1344	1445	
	1220	1246	K 625	1257	1317	1438	1633	
1245	1250							
	1250	1316	K 627	1330	1350	1507		
			N 11		1411	1448	1553	
1335	1340	1413	K 631	1430	1450	1605	1800	
			N 13		1509	1544	1645	
1415	1420	1446	K 633	1457	1517	1638	1833	
	1450	1516	K 635	1530	1550	1707		
			N 15		1611	1648	1753	
1515	1520	1546	K 637	1558	1618	1747	1939	
			H 135		1637	1725		
	1550	1616	K 639	1630	1650	1804		
			N 17		1709	1744	1845	
1615	1620	1646	K 641	1657	1717	1838	2031	
	1650	1716	K 643	1730	1752	1908		
			N 19		1811	1848	1953	
	1720	1746	K 645	1758	1818	1947	2135	
			H 137		1837	1925		
1740	1745	1811	K 647	1830	1850	2005	2200	
			N 21		1909	1944	2045	
1810	1815	1841	K 649	1857	1917	2037		
			H 367		1938	2030	2206	
	1902	1926	K 651	1930	1950	2107		
			N 23		2011	2048	2153	
1920	1925	1951	K 653	1958	2018	2147	2332	
			H 139		2037	2125		
2040	2045	2111	K 659	2130	2150			
			N 27		2211	2248	2353	
	2205	2231	K 663	2327	2347			

**from Harima Science Garden City to Tokyo**

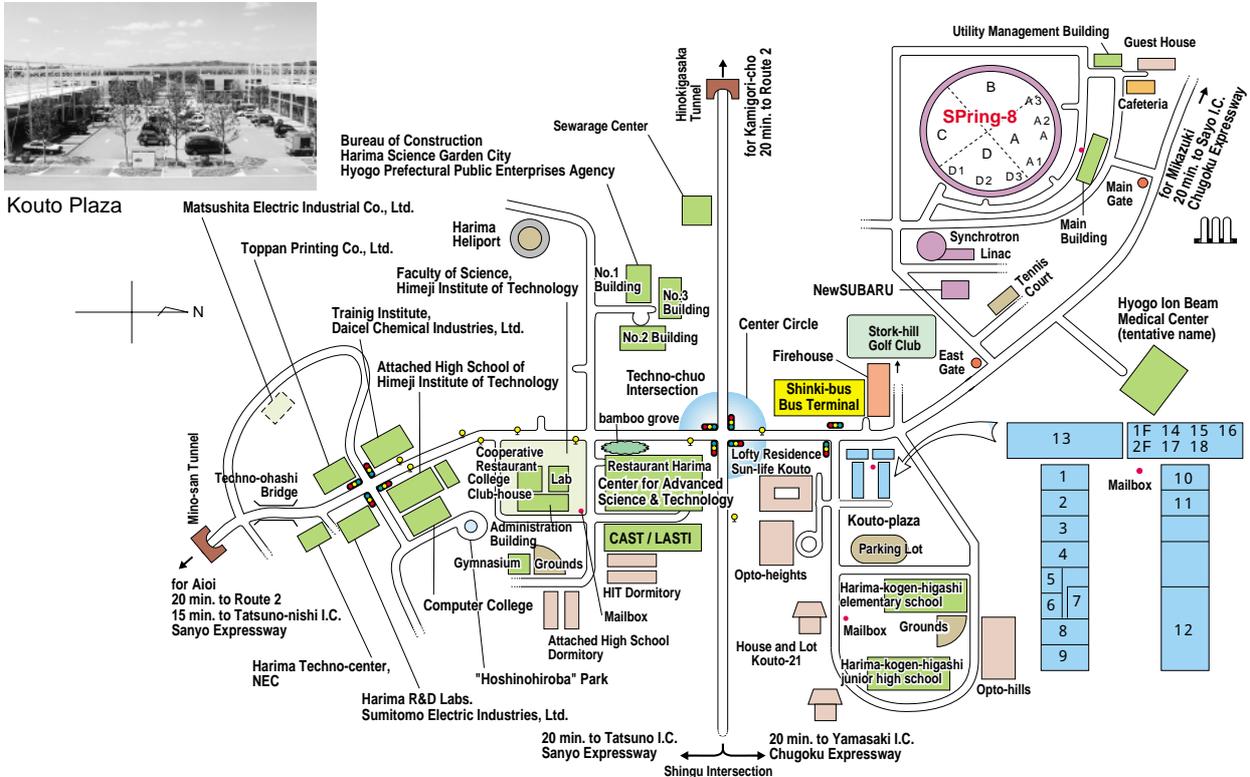
Shinki Bus			Train		Shinki Bus		Shinkansen					
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.	name	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo	
645	711		K 604	752		802	845					
			N 6				854	910	948	1111	1128	
730	756		K 606	826		836	921					
			H 156			858	933	950	1028		1235	
800	826											
810	836		K 608	852		902	945					
			N 8				954	1010	1048	1211	1228	
845	850	916	K 610	926		936	1020					
			H 158			958	1033	1050	1128		1335	
910	915	941	K 612	952		1004	1043					
			N 10				1054	1110	1148		1324	
915	920											
950	1016		K 614	1026		1036	1120					
			H 160			1058	1133	1150	1228		1435	
1015	1020	1046	K 616	1052		1102	1147					
			N 12				1154	1210	1248		1424	
1025					→	1129						
1050	1116		K 618	1126	↘	1136	1220					
			H 162			1158	1233	1250	1328		1535	
1110	1143		K 620	1152		1204	1243					
			N 14				1254	1310	1348		1524	
1145	1150	1216	K 622	1226		1236	1320					
			H 164			1258	1333	1350	1428		1635	
1220	1246		K 624	1252		1302	1347					
			N 16				1354	1410	1448		1624	
1245	1250											
1250	1316		K 626	1326		1336	1420					
			N 18				1454	1510	1548		1724	

Shinki Bus			Train		Shinki Bus		Shinkansen					
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.	name	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo	
1335	1340	1413	K 630	1426			1436	1520				
1415	1420	1446	K 632	1452			1502	1547				
			N 20				1554	1610	1648		1824	
	1450	1516	K 634	1526			1536	1620				
1355					→	1459						
			H 170		↘	1558	1633	1650	1728		1935	
1515	1520	1546	K 636	1552			1604	1643				
			N 22				1654	1710	1748	1911	1928	
	1550	1616	K 638	1626			1636	1720				
			H 172				1658	1733	1750	1828	2035	
1615	1620	1646	K 640	1652			1702	1747				
			N 24				1754	1810	1848	2011	2028	
	1650	1716	K 642	1726			1736	1820				
			H 174				1758	1833	1850	1928	2135	
	1720	1746	K 644	1752			1804	1843				
			N 26				1854	1910	1948	2111	2128	
1740	1745	1811	K 646	1826			1836	1918				
			H 176				1848	1923	1941	2025	2217	
1805	1810				→	1914						
			K 650	1925	↘	1937	2020					
1810	1815	1841	K 648	1847			1857	1947				
			N 28				1954	2010	2048		2224	
	1902	1926										
1920	1925	1951	K 652	1957			2009	2048				
			N 30				2054	2109	2146	2308	2324	
2040	2045	2111	K 654	2026			2036	2115				
			N 68				2118	2133	2210	2332	2348	
	2205	2231										



NISHIHARIMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY (in Sayo - cho, Sayo - gun)

## Harima Science Garden City Map



### Kouto Plaza Guide

- 1 Prima Vera (coffee house, miscellaneous goods and flowers)
  - Hours / 9:00 ~ 18:30
  - 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 / 17:00 ~ 22:00
  - Closed on Sundays
- 4 JA Techno-rapisu Store (Nishi-harima region special products and gardening articles)
  - Hours / 10:00 ~ 18:00
  - Closed on Thursdays
- 5 Telephone Plaza - Techno Store (Electric appliances and Portable Telephones)
  - Hours / 10:00 ~ 18:00
  - Closed on Sundays and National holidays
- 6 Anzai OA Service (office applied products, expendable supplies, sale and repair service)
  - Hours / 10:00 ~ 17:00
  - Closed on Saturdays, Sundays and National holidays

### 7 Machine Cash Service Corner

- Sakura Bank
- Midori Bank
- Himeji Credit Union
- Banshu Credit Union
- Hyogo Credit Union
- Nishi-hyogo Credit Union
- JA Nishi-harima
- JA Iryuu
- JA Sayo-gun
- Hours / 10:00 ~ 17:00
- Closed on Sundays and National holidays
- Deposit and transfer: closed on Saturdays, Sundays and National holidays

### 8 Takamori Barbers and Beauty Parlor

- Hours / 9:00 ~ 19:00
- Closed on Mondays and the 3rd Tuesdays

### 9 Police Box

TEL : 0791-22-0110

### 10 Kouto Pharmacy

- Hours / 10:00 ~ 18:00
- Closed on Sundays and National holidays

### 11 Clean Shop - Kouto Store (a laundry)

- Hours / 9:30 ~ 18:30
- Closed on Sundays

### 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

### 14 Pure Light (western style restaurant)

- Hours / 11:00 ~ 16:00
- 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

### 18 Administrative Organ Service Corner (administrative affairs service, resident card, seal impression registration, etc.)

- Hours / 10:00 ~ 16:00
- Closed on Saturdays and Sundays

## 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

Twin Room (9 rooms) : 2 beds, bath and toilet 5,500 ~ 8,300 yen

Single Room (18 rooms) : 1 bed, bath and toilet 5,500 yen

Reservations are needed for breakfasts in both the western style (500 yen) and Japanese style (1,000 yen).

### 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 [ N ]

**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

---

**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

**Public House “Mansaku”** At “Kouto Plaza” in the Harima Science Garden City, Tel : 0791-59-8061,  
*Hours* : 17:00 ~ 22:00, Closed on Sundays  
*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 ~

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

---

**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

**Restaurant “Yoshinoya”** 1645-9 Kamigori, Kamigori-cho, Ako-gun, Tel : 0791-52-0052  
*Hours* : 11:30 ~ 21:00, Open all year, except Dec. 30 through Jan. 4  
*Specialty* : Typical Japanese dishes ( Sashimi, Tempura, Kabayaki, etc.), Kaiseki Ryori ( a formal Japanese style dinner), noodles etc. *Price* : 780 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

**Kurusu Restaurant** 711 Kajiya, Shingu-cho, Ibo-gun, Tel : 0791-78-0743  
*Hours* : 9:00 ~ 20:00, Closed on Sundays  
*Specialty* : Family style dishes and noodles *Price* : 400 ~ 850 yen, Inexpensive.

**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

**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

**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

**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 ~ 50,000 yen (a course of dishes for 8 people) ~



題「そらとぶむしがたのいえ」

姫路市立妻鹿小学校1年生(当時)

貝藤弘和くんの作品です



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

7月1日より住所が変更となりました  
新住所：〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1 こうと  
[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/>