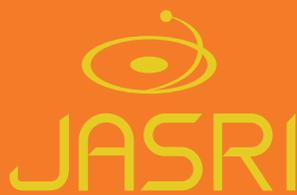


SPring-8

INFORMATION
[利用者情報]

Vol.9 No.4 2004.7



SPring-8 Information

目次 CONTENTS

理事長就任挨拶 Greetings from the Director General	(財)高輝度光科学研究センター 理事長 Director General, JASRI	吉良 爽 KIRA Akira	247
1. SPring-8の現状 / PRESENT STATUS OF SPring-8			
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 研究調整部 Research Coordination Division, JASRI		249
論文発表の現状 Publications Resulting from Experiments at SPring-8	(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 User Administration Division, JASRI		251
2. ビームライン / BEAMLINES			
共用ビームライン評価委員会の報告概要 (平成15年度) Report of the Public Beamline Review Committees in 2003	(財)高輝度光科学研究センター 研究調整部 Research Coordination Division, JASRI	下村 理 SHIMOMURA Osamu	253
3. 最近の研究から / FROM LATEST RESEARCH			
ウシ心筋チトクロム酸化酵素のプロトンポンプ機構 - X線結晶学的、分子生物学的、赤外分光学的解析 - Proton Pumping Mechanism of Bovine Heart Cytochrome c Oxidase - X-ray Crystallographical, Molecular Biological and Infrared Spectroscopical Analyses	兵庫県立大学大学院 生命理学研究科 Graduate School of Life Science, University of Hyogo	吉川 信也 YOSHIKAWA Shinya	257
時分割X線小角散乱が明らかにする蛋白質の収縮と構造形成 Compaction and Structure Formation of Proteins Revealed by Time-Resolved Small Angle X-ray Scattering	大阪大学 蛋白質研究所 Institute for Protein Research, Osaka University 京都大学大学院 工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University (独)理化学研究所 播磨研究所 Harima Institute, RIKEN	高橋 聡 TAKAHASHI Satoshi 鵜澤 尊規 UZAWA Takanori 藤澤 哲郎 FUJISAWA Tetsuro	265
光合成の酸素発生に関わるタンパク質の立体構造を解明 - 光合成植物の進化に新たな知見 - Elucidation of the Crystal Structure of the PsbP Protein Involved in the Oxygen Evolution in Photosynthesis	京都大学大学院 生命科学研究科 / (独)理化学研究所 播磨研究所 Graduate School of Biostudies, Kyoto University / Harima Institute, RIKEN	伊福 健太郎 IFUKU Kentaro	269
2000Bに採択され2003Aに終了した長期利用課題の研究紹介 (2) Outline of Long-term Proposals (2000B-2003A)	(財)高輝度光科学研究センター 利用業務部 User Administration Division, JASRI		275
硬X線マイクロビームを用いる顕微分光法の開発 Development of Spectromicroscopy with a Hard X-ray Microbeam	広島大学大学院 工学研究科 Graduate School of Engineering, Hiroshima University	早川 慎二郎 HAYAKAWA Shinjiro	275

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

平成15年度トライアルユース成果報告書

Trial Use Report 2003

(財)高輝度光科学研究センター
JASRI

古宮 聡
KOMIYA Satoshi

285

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

利用者懇談会から

From the President of the SPring-8 Users Society IV

SPring-8利用者懇談会 会長 名古屋大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University

坂田 誠
SAKATA Makoto

290

第12回SPring-8施設公開

- 何回見ても新鮮な驚き それはSPring-8! -

The 12th SPring-8 Open House -SPring-8 Never Fails to Bring us a Refreshing Surprise!-

(財)高輝度光科学研究センター 広報室
Public Relations Office, JASRI

292

6 . 告知板 / ANNOUNCEMENT

BSR2004およびサテライトワークショップ開催のご案内

BSR2004 and Satellite Workshops

296

第8回SPring-8シンポジウム開催のご案内

The 8th SPring-8 Symposium Announcement

297

刊行物の発行について

SPring-8 Publication

298

「播磨科学公園都市ガイドブック」の別冊化について

"HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY"

will be separately bound from the September 2004 issue (No.5, Vol.9)

299

「SPring-8利用者情報」送付先登録票

Registration Form for the Issue of "SPring-8 Information"

300

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

SPring-8各部門の配置と連絡先

SPring-8 Campus Guide and Contact Numbers

301

SPring-8へのアクセス

Access Guide to SPring-8

304

播磨科学公園都市マップ

Harima Science Garden City Map

309

宿泊施設

Hotels and Inns

310

レストラン・食堂

Restaurants

312

理事長就任挨拶

財団法人高輝度光科学研究センター
理事長 吉良 爽

挨拶が遅くなりましたが、4月1日に理事長を拝命しました。時を同じくして、JASRIは組織変更を行い、財団事務と研究所が別になっていたのを一体化致しました。この一体化により、施設の運営がより円滑なることを期待したものです。これに伴い、研究所長と言う地位は無くなり、その仕事は、理事長が担うことになりました。また、二人の副理事長を廃止して、常任役員の構成を簡素化しました。

私は研究所長としてこの2年余り、産業利用を軌道に乗せることに最大限の力を注いできました。それは、多数を占める学術的な利用者には不本意な方向であったかもしれませんが、最近はその意味を理解してくれている方が増えたように感じて、嬉しく思っています。まだ、十分とは言えないまでも、産業利用についてのこれまでの批判に対してかなりの部分応え得たと思っています。しかし、産業利用の体制には、これまで指摘されていたように、いろいろな問題があったのは事実ですが、それでも相当に良い産業利用の成果が出ています。それにもかかわらず、行政や世間に、悪いと言う印象だけを強く与えてしまったのは、PRについて反省が必要なことを示唆しています。

産業利用の問題も含めてSPring-8は使いにくいと言う声が外部にかなりあります。共用ビームラインは使いにくいから理研のビームラインを使わせてもらった、とか支援が充実して使いやすいためからESRFに実験しに行く、と言う話を聞いたことがあります。施設の関係者や利用者の中にも、かなり硬直している現在の利用制度に意見のある人は結構いるようです。このような利用上の問題の殆どは、発足当時の放射光研究コミュニティに合わせて現在の利用体制が組み立てられていることから発していると思います。これまで共同利用機器は、比較的限定された対象を想定して、それに関係するコミ

ュニティーが建設し、かつ利用してきました。その場合には、コミュニティの論理で運営されても重大な支障はきたさなかったのかも知れません。しかし、SPring-8は、装置の建設や実験機器の準備は放射光専門家が行いましたが、利用者は放射光実験の専門家だけではなく、非常に広い分野の研究者、技術者です。従って装置製作のコミュニティの論理だけで律するのは問題があります。さらに、利用者とは、現在の利用者だけを指すのではないという認識が大切です。全く新しい利用を開発する可能性を担う人は、現在の利用者コミュニティの外側に居る可能性が高いのです。利用者を現在の利用者だけに狭く限定してしまうと、放射光研究は将来の大きな可能性を失うことになり、発展の可能性を自ら抹殺していることになります。これからは、「確立したものに関しては厳しく、新しい不確定性を孕むものに対しては寛大に臨む」をモットーとして、より開かれた施設を目標にして進みたいと思います。これは、今までの反省が過ぎて逆に振れすぎているかもしれませんが、いずれ新旧の適切なバランスが自ずから定まることと思います。

広い範囲の利用への対応は、すでに産業利用への対応を通じて行われてきていることですが、まだ沢山するべき事があります。「開かれた」とは言いかえると多様な価値観に対応する、と言うことです。これまでの利用の経験から、ビームタイムの割り当て方なども、分野によって多少当初の原則とは違った運用が行われ始めていますが、そのようなことを含めて、多様な要請にこたえうるよう原則の見直しが必要です。その時の基本は、繰り返して言いますが、「新しい利用者に開かれている」ことです。そのためには、放射光の専門家ではない利用研究分野の指導的研究者の意見を、もっと運営や課題審査に取り入れるのが良いと思います。

実験装置については、使いやすさと能率の向上が大切な課題です。実験物理学者にとっては、機械を組み立てたり、分解したり、つなぎ直したりするのは実験の主要部分で、それをしなくて良いようではろくな実験は出来ない、ということになるのかもしれませんが、化学や生物の実験では、多数の試料を測定することが重要で、装置は出来れば固定しておきたい、ということがしばしばあります。SPring-8はこの両方の希望に応える必要があります。出来ることなら、同じ目的に対して、定型測定用とプロトタイプ実験用の2本のビームラインを用意するのが良い解決策だと思っています。これはほんの一例ですが、いろいろな階層における価値観の違いに対応できるように、実験機器や運営を変えてゆくことが必要です。同時に、実験支援体制を強化し、加えて委託分析、測定代行を発展させる必要があります。これについては、前に「所長の目線」に書いた事がありますが、JASRIに課せられた制度的な制約、さらには、人員不足などで現状では非常に困難な要素が多いのですが、出来ることから実行して行きたいと思います。

ここに述べたことは、この施設の初期の理念に反する部分があるかもしれません。しかし、社会は、特に学術研究や技術開発に関しては、この数年間で大きく変化し、今なおそれが続いています。世界の性能のSPring-8は、新しい価値観で計っても、非常に役に立つことを社会に理解してもらうことが必要です。そのためには、既存のコミュニティー内だけの議論を超えて、新しい血を入れて新たに考えることが適切であろうと思います。

SPring-8運転・利用状況

財団法人高輝度光科学研究センター
研究調整部

平成16年3～4月の運転・利用実績

SPring-8は3月31日から第3サイクルの運転を4週間連続運転モードで実施した。第3サイクルではRFの異常等による停止があったが順調な運転で、故障等による停止時間(down time)は約1.1%であった。

放射光利用実績については、実験された共同利用研究の課題は合計156件、利用研究者は670名で、専用施設利用研究の課題は合計60件、利用研究者は231名であった。

1. 装置運転関係

(1) 運転期間

第3サイクル(3/31(水)～4/22(木))

(2) 運転時間の内訳

運転時間総計	約533時間
装置の調整及びマシンスタディ等	約100時間
放射光利用運転時間	約428時間
故障等によるdown time	約5時間
総放射光利用運転時間(ユーザータイム= +)	
に対するdown timeの割合	約1.1%

(3) 運転スペック等

第3サイクル(マルチ及びセベラルバンチ運転)

- ・ 160 bunch train × (12 - 1)
- ・ 11 bunch train × 29
- ・ 1日2回(10時、22時)もしくは1日1回(10時)の定時入射をTop-Upモードで実施。
- ・ 蓄積電流 8GeV、～100mA

(4) 主なdown timeの原因

RFキャビティ反射異常

2. 利用関係

(1) 放射光利用実験期間

第3サイクル(4/1(木)～4/7(水))
(4/8(木)～4/12(月))
(4/14(水)～4/22(木))

(2) ビームライン利用状況

稼働ビームライン

共用ビームライン(R&D含む)	25本
理研ビームライン	6本
原研ビームライン	4本
専用ビームライン	9本
加速器診断ビームライン	2本

共同利用研究課題	156件
共同利用研究者数	670名
専用施設利用研究課題	60件
専用施設利用研究者数	231名

(3) トピックス

4月1日及び4月5日にBL28B2光学ハッチ開の信号が発報し安全系インターロックによりビームアポートがあった。調査の結果ドアロックセンサーの誤報又は電気錠駆動用電力の瞬間的電圧降下と考えられたが、再発の可能性と短時間での復旧は困難と判断し閉鎖処置を行った。

4月7日にBL29XUフロントエンド部のスクリーンモニターオープンエラーによるアポート信号が発報したためマシン収納部内に入室して調査をしたところ、圧空配管の放射線損傷による圧空漏れと判明した。直ちにメカニカルロック等の対処を行い運転を再開した。

4月20日にID37で真空悪化が急激に進んだため、ビーム廃棄を行いマシン収納部内に入室して調査をしたところ、イオンポンプからの真空リークが判明。直ちにバックシールにてリークを止める作業を行った。

平成16年5月の運転・利用実績

SPring-8は4月23日から5月16日まで中間点検作業による運転停止期間を行い以下の作業を行った。
中間点検期間後は5月17日から6月18日まで5週

間連続運転モード（マルチバンチ及びセベラルバンチ運転）で第4サイクルの運転を実施する。第4サイクルの運転・利用実績については次号にて掲載する。

1. SPring-8の中間点検期間中の主な作業

- (1) 線型加速器関係
 - 電子銃電源及びモジュレーター点検
 - パターン電磁石一部改修作業
 - ドライライン保温工事
- (2) シンクロトロン関係
 - RFキャピティカプラー交換及びエージング
 - SSBTビームシャッター設置工事
- (3) 蓄積リング関係
 - FE既設交換・改修作業
 - ステアリング電磁石通電試験
 - 四極及び六極電磁石傾き測定
 - 収納部床面ひび割れ測定及び治具取付
 - 真空計ケーブル配線及び鉛遮蔽工事
 - 挿入光源イオンポンプ交換作業
 - BL制御系アップデート作業
- (4) ユーティリティ関係
 - マシン冷却設備冷凍機点検
 - 空調設備保守点検作業
 - その他定期点検・整備作業
- (5) 安全管理関係
 - 定期スミア作業
 - インターロック改修及び単体試験

今後の予定

- (1) 6月23日から7月16日まで4週間連続運転モード（マルチバンチ及びセベラルバンチ運転）で第5サイクルの運転を行う。詳細な運転条件については決定しだいユーザーに報告する。
- (2) 7月17日から9月5日まで夏期長期運転停止期間とし、加速器やビームラインに係わる機器の改造・点検作業、また電気・冷却設備等の機器の点検作業等を行う予定である。
- (3) 夏期長期運転停止期間後の運転再開は9月6日から9月17日までマシン及びビームラインの調整期間としユーザーへの放射光の提供は行わない予定である。

論文発表の現状

財団法人高輝度光科学研究センター 利用業務部

年別査読有り論文発表登録数(2004年5月31日現在)

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

Beamline Name		Public Use Since	~1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	total	
Public Beamlines	BL01B1	XAFS	(1997.10)		15	17	34	24	14	6	110	
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis	(1997.10)	2	5	3	9	15	15	2	51	
	BL02B2	Powder Diffraction	(1999. 9)			18	25	34	42	18	137	
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research	(1997.10)		3	4	9	13	17	8	56	
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction	(1999. 9)			1	6	16	8	5	36	
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering	(1997.10)	2	5		4	14	5	10	41	
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering	(1997.10)			5	5	5	10	9	35	
	BL10XU	High Pressure Research	(1997.10)		2	10	12	21	21	16	86	
	BL13XU	Surface and Interface Structure	(2001. 9)							6	3	9
	BL19B2	Engineering Science Research	(2001.11)							4		4
	BL20B2	Medical and Imaging I	(1999. 9)				1	13	15	10	10	49
	BL20XU	Medical and Imaging II	(2001. 9)						2	12		14
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid	(1998. 4)		2	6	14	17	23	11	2	75
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry	(1998. 5)		3	2	8	10	19	12	3	57
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction	(1999. 9)					1	1	9	5	16
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering	(2001. 9)				1	2		3	2	8
	BL37XU	Trace Element Analysis	(2002.11)								1	1
	BL38B1	R & D (3)	(2000.10)					1	3	14	3	21
	BL39XU	Magnetic Materials	(1997.10)		4	8	7	18	5	10	5	57
	BL40B2	Structural Biology II	(1999. 9)				1	15	21	23	8	68
	BL40XU	High Flux	(2000. 4)			1		3	2	2	2	10
	BL41XU	Structural Biology I	(1997.10)	1	1	13	14	19	26	27	4	105
	BL43IR	Infrared Materials Science	(2000. 4)					5	1	4	3	13
	BL46XU	R & D (2)	(2000.11)				1		3	6		10
BL47XU	R & D (1)	(1997.10)		2	4	9	13	8	5	2	43	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II	(1999. 3)				1	3	1		5	
	BL14B1	JAERI Materials Science I	(1998. 4)				2	2	7	2	14	
	BL15XU	WEBRAM	(2002.10)								0	
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	(2002. 2)						1		1	
	BL23SU	JAERI Actinide Science I	(1998. 6)				1	2	1	4	8	
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	(2002. 2)								0	
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II	(1998. 5)			1		3	2	1	7	
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	(1997.10)			1	2	6	5	5	2	21
subtotal			3	24	75	130	258	289	294	95	1168	
Contract Beamlines	BL12B2	NSRRC BM	(2001. 9)					1	3	4	8	
	BL12XU	NSRRC ID	(2003. 2)								0	
	BL15XU	WEBRAM	(2001. 4)					2	10	2	14	
	BL16B2	Industrial Consortium BM	(1999. 9)					9	3	1	13	
	BL16XU	Industrial Consortium ID	(1999. 9)				1	1	1	1	4	
	BL24XU	Hyogo Prefecture	(1998.10)		2	3	13	21	16	7	6	68
	BL32B2	Pharmaceutical Industry	(2002. 9)								2	2
	BL33LEP	Laser-Electron Photon	(2000.10)		2	2	3	3	2	1		13
	BL44XU	Macromolecular Assemblies	(2000. 2)					1	8	4	1	14
subtotal			0	4	5	17	38	43	20	9	136	
JAERI and RIKEN Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II		1	1	3	2	2	3		12	
	BL14B1	JAERI Materials Science I		2		3	4	7	2		18	
	BL19LXU	RIKEN SR Physics		1			4	3	2	6	16	
	BL22XU	JAERI Actinide Science II									0	
	BL23SU	JAERI Actinide Science I		2	1	2	13	11	10		39	
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I									0	
	BL26B2	RIEKN Structural Genomics II									0	
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics				2	15	9	15	1	42	
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II				3	13	18	19	17	71	
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I		1	2	4	17	15	11	15	65	
subtotal			1	8	9	40	71	62	64	8	263	
NET Sum Total			63	60	98	178	365	350	325	94	1533	

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

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

このデータは論文発表等登録データベース(<http://4users.spring8.or.jp/pub/>)に2004年5月31日までに登録されたデータに基づいており、今後変更される可能性があります。また、このデータをPDFファイル化したものがSPring-8論文検索ページ(http://www.spring8.or.jp/JAPANESE/publication/paper_no/)でダウンロードできます。

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

成果発表出版形式別登録数（2004年5月31日現在）

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

	Beamline Name	Public Use Since	Journals	Proceedings	Others	Total
Public Beamlines	BL01B1	XAFS (1997.10)	110	18	15	143
	BL02B1	Single Crystal Structure Analysis (1997.10)	51	8	9	68
	BL02B2	Powder Diffraction (1999. 9)	137	6	19	162
	BL04B1	High Temperature and High Pressure Research (1997.10)	56	5	23	84
	BL04B2	High Energy X-ray Diffraction (1999. 9)	36	5	9	50
	BL08W	High Energy Inelastic Scattering (1997.10)	41	4	20	65
	BL09XU	Nuclear Resonant Scattering (1997.10)	35	9	11	55
	BL10XU	High Pressure Research (1997.10)	86	7	18	111
	BL13XU	Surface and Interface Structure (2001. 9)	9		4	13
	BL19B2	Engineering Science Research (2001.11)	4	6	5	15
	BL20B2	Medical and Imaging I (1999. 9)	49	25	15	89
	BL20XU	Medical and Imaging II (2001. 9)	14	1	3	18
	BL25SU	Soft X-ray Spectroscopy of Solid (1998. 4)	75	1	19	95
	BL27SU	Soft X-ray Photochemistry (1998. 5)	57	2	12	71
	BL28B2	White Beam X-ray Diffraction (1999. 9)	16	8	4	28
	BL35XU	High Resolution Inelastic Scattering (2001. 9)	8		2	10
	BL37XU	Trace Element Analysis (2002.11)	1		1	2
	BL38B1	R & D (3) (2000.10)	21		3	24
	BL39XU	Magnetic Materials (1997.10)	57	4	26	87
	BL40B2	Structural Biology II (1999. 9)	68	3	13	84
BL40XU	High Flux (2000. 4)	10	1	7	18	
BL41XU	Structural Biology I (1997.10)	105	2	13	120	
BL43IR	Infrared Materials Science (2000. 4)	13	8	4	25	
BL46XU	R & D (2) (2000.11)	10		1	11	
BL47XU	R & D (1) (1997.10)	43	14	15	72	
Public Use at Other Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II (1999. 3)	5	2		7
	BL14B1	JAERI Materials Science I (1998. 4)	14		6	20
	BL15XU	WEBRAM (2002.10)			1	1
	BL19LXU	RIKEN SR Physics (2002. 2)	1			1
	BL23SU	JAERI Actinide Science I (1998. 6)	8		3	11
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics (2002. 2)				0
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II (1998. 5)	7		1	8
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I (1997.10)	21	4	3	28
	subtotal		1168	143	285	1596
Contract Beamlines	BL12B2	NSRRC BM (2001. 9)	8			8
	BL12XU	NSRRC ID (2003. 2)		2		2
	BL15XU	WEBRAM (2001. 4)	14		8	22
	BL16B2	Industrial Consortium BM (1999. 9)	13	8	18	39
	BL16XU	Industrial Consortium ID (1999. 9)	4	2	21	27
	BL24XU	Hyogo Prefecture (1998.10)	68	8	22	98
	BL32B2	Pharmaceutical Industry (2002. 9)	2		1	3
	BL33LEP	Laser-Electron Photon (2000.10)	13	21	3	37
	BL44XU	Macromolecular Assemblies (2000. 2)	14		6	20
	subtotal		136	41	79	256
JAERI and RIKEN Beamlines	BL11XU	JAERI Materials Science II	12		2	14
	BL14B1	JAERI Materials Science I	18	4	8	30
	BL19LXU	RIKEN SR Physics	16	2	4	22
	BL22XU	JAERI Actinide Science II				0
	BL23SU	JAERI Actinide Science I	39	11	40	90
	BL26B1	RIKEN Structural Genomics I			2	2
	BL26B2	RIKEN Structural Genomics II			1	1
	BL29XU	RIKEN Coherent X-ray Optics	42	8	8	58
	BL44B2	RIKEN Structural Biology II	71	2	6	79
	BL45XU	RIKEN Structural Biology I	65	4	12	81
	subtotal		263	31	83	377
	NET Sum Total		1533	489	648	2670

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

Proceedings：査読なしのプロシーディング

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

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

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

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

共用ビームライン評価委員会の報告概要（平成15年度）

財団法人高輝度光科学研究センター
研究調整部長 下村 理

1. 平成15年度共用ビームライン評価の経緯

SPring-8では平成14年度から共用ビームラインの個別評価を始めたが、その経緯については昨年度の利用者情報誌で説明した^[1]。その基本的な考え方は、今後の共用ビームラインにおける研究活性の展開を考えるために、個々のビームラインの性能と整備状況、共同利用の状況及び利用研究成果並びに将来計画等に関して外部評価を行うことである。具体的には、放射光研究所長の下に、ビームライン毎に評価委員会を設置し、各評価委員会からの評価報告書は、放射光研究所長を通じて、諮問委員会、特定放射光施設連絡協議会等に報告し、より優れた成果を目指した供用業務と利用支援の推進、及び今後のビームライン整備・改造、移設、建設等の検討に充分に活用することとした。

2. 平成15年度における共用ビームラインの個別評価方法と結果

平成15年度は、1997年に供用を開始した10本の共用ビームラインの内、平成14年度に評価を行った5本に引き続き、以下の5本を評価対象とした。

- (1) BL04B1（高温高圧ビームライン）
- (2) BL09XU（核共鳴散乱ビームライン）
- (3) BL25SU（軟X線固体分光ビームライン）
- (4) BL27SU（軟X線光化学ビームライン）
- (5) BL39XU（磁性材料ビームライン）

各ビームライン毎の評価委員会の委員および日程を表1に示す。各評価委員会における評価項目として、以下の4項目を設定した。

- 1) ビームラインおよび実験ステーションの性能・整備の状況
- 2) 共同利用及び支援体制
- 3) 利用研究成果
- 4) ビームラインおよび実験ステーションの改善・改廃に関する勧告

各評価委員には事前にJASRIで用意した各ビームライン毎の“Beamline Report”を送付し、コメントを集めた後に、国内委員のみによる委員会を開催し議論をお願いした。

5本のビームラインの評価報告書では、全般に測定装置を含めてビームラインの性能・整備状況についての評価は共通して高いものであったが、改善すべき点として次の問題が共通的に指摘された。

- 1) 各ビームラインの整備状況は全般的に評価できるが、試料環境などの整備が必要である。
- 2) ビームライン担当者による利用支援は充実しているが、オーバーワーク気味であり、また、研究分野をリードする担当者やパワーユーザーを充実すべきである。
- 3) 利用者の固定化が見られるところがあり、新しい研究分野と新しいユーザーの拡大に努力すべきである。また、施設側の科学的戦略を明確にすべきである。
- 4) ユーザーの成果公表が不十分であり、未発表の実施課題が多い。未発表の理由を検討すると共に、課題審査に反映することも検討すべきである。

各ビームラインに関する評価委員会の報告書の概要は以下の通りであるが、これらの指摘・勧告は、冒頭の経緯で述べたように「充実した供用業務、利用支援の推進、及び今後のビームライン整備・改造、移設、建設等の検討」に深く関わるものとして、施設側として今後の運営に積極的に反映させていく所存である。

各評価委員会の委員の皆様には、ご多忙にもかかわらず貴重な時間を割いて熱心に作業をしていただき、貴重で適切なご意見や勧告を頂き深く感謝する。

なお、平成16年度は表2に示す5本についてビームライン評価を本年10月～11月に実施する予定である。

(1) BL04B1 (高温高圧ビームライン)

評価:

2台の大容量高温高圧発生装置と白色X線との組み合わせは世界最高水準である。

X線回折による構造研究のみならず、イメージング手法による粘性測定などユニークな活動は評価できる。地球深部の物質研究に大きな貢献をしている。一方、ユーザーがかなり固定化しているきらいがある。

出版論文数についてはほぼ妥当であると思われるが、未登録のものが見受けられる。

提言:

2台の大型プレスの役割分担(大容量物性測定装置と焼結ダイヤモンド超高压発生装置)を明確にし、それぞれに適したシステムアップを図り全体のパフォーマンスを向上させること。また、信頼できる圧力スケールの確立に取り組む時期でもある。

共同利用支援態勢を強化すると共に、ビームライン全体の高い装置性能を国内外に対し積極的に広報し、研究水準の高いユーザーを拡大すること。特にテクニカルサポートに専念するパーマネントスタッフの増員が急務である。

課題審査に発表業績を反映するシステムを検討すべきである。

(2) BL09XU (核共鳴散乱ビームライン)

評価:

高分解能分光器の整備とアバランシェ検出器の開発により、多数の核種が試料として利用できるようになった。

核共鳴散乱実験を検证实験から利用実験の域にまで持ってきたことは功績が大である。X線核共鳴散乱による時間領域メスバウアー分光では通常のメスバウアー分光で困難な高圧下の測定やストロボ検出法を開発したことが評価される。

核共鳴非弾性散乱による特定元素の振動モード解析、局所フォノン状態密度の測定は世界をリードする立場にいる。先駆的な材料研究手法としても今後期待が大きい。

NEETの研究はこれまでの論争に終止符を打つ研究として高く評価されている。

採択率は妥当な水準であるが、課題数と出版された成果の対応が整合していない。

提言:

技術的課題としては、高耐熱負荷モノクロメータ

ーへの改善、微小試料のためのビーム集光、光学ハッチと実験ハッチの分割の順で優先的に扱うべきである。

取り扱える核種の範囲をさらに拡大することと、適用対象を物性・ソフトマターへ広げると同時に、高圧、高磁場実験など試料環境の整備を行うこと。

スタッフや協力ユーザーによる開発研究も必要であるが、ビームライン担当者の支援なしで実験が行える体制も必要である。

同種の実験が行える他のビームラインとの学問的交流を図ることが必要である。また、ここで開発された手法を他の分野へ宣伝することも重要である。

(3) BL25SU (軟X線固体分光ビームライン)

評価:

220-2000eVをカバーする軟X線ビームラインおよび測定装置の性能・操作性は世界的に高い水準にある。偏向切り替えができるヘリカルアンジュレータは今後の本格利用が期待できる。

高いエネルギー領域での高分解能電子スペクトル測定の成功は、バルク敏感な電子分光の新しい分野の開拓と、電子構造研究に新展開をもたらした。MCDは偏向スイッチングにより定常利用ができるようになり、中でもPEEM利用は中心的な成果である。

2次元電子分光は研究成果のわかりやすさで宣伝効果があった。

利用支援体制は充実しているが、ビームタイムは慢性的に不足している。

プロシーディングスだけでなく原著論文誌への成果公表に努めるべき。優れた成果の割りに少ない。

提言:

測定装置が4基タンデムになる現状は早急に解消すべきである。

他のビームラインとの棲み分け、新規ビームラインなどSPring-8全体のビームラインを総合的に活用する必要がある。

測定温度領域の拡大、試料作成準備装置などの整備が必要である。

過密な課題申請数(採択率50%以下)や、担当者のオーバーワークに対処すべきである。

他のビームラインとの棲み分けや新ビームライン建設など、SPring-8全他の総合的な活用が必要である。

(4) BL27SU (軟X線光化学ビームライン)

評価:

Figure-8アンジュレーターはSPring-8の独創であり、賞賛に値する。また、ビームラインデザイン、光学系の分解能・強度・安定性は世界最高水準である。持ち込み装置も含めて利用者の多様なニーズに対応できるように見事に整備されている。

ビームライン担当者によって十分な利用支援が行われており、利用者の満足度は高い。

研究成果は一流雑誌に多数発表されており、高水準である。特に分光学的研究で多くの成果がある。

提言:

現状以上に装置の高度化を目指すのではなく、完成された設備を駆使し、外国を含め利用研究グループを拡大すべき時期である。独立した研究グループ間の活発な競争が望ましい。また、そのためには現在利用支援を主業務としているビームライン担当に加えて研究分野を指導する機能を待たせるような見直しも必要となる。

10 μ mオーダーのビームサイズの縮小や高次光の除去、特殊ガス操作システム、IDと分光器の同期操作などの整備が必要となる。

SPring-8の各SX-BLは全体として成功していると言えるが、分野の棲み分けをし、各ビームラインが世界的競争力と特徴を持つような検討が必要である。

(5) BL39XU (磁性材料ビームライン)

評価:

このビームラインの特徴はX線移相子技術によるXMCDの実験であり、すべての偏光状態で非常にS/Nの高い計測が可能であり、世界でこのビームラインだけで実用化されている。また、XMCDの試料環境に関して温度、磁場、圧力などの多彩さは高く評価される。

XMDに関しては90度磁気ブラッグ散乱実験を移相子と組み合わせた実験が展開されているが、2軸の回折計をベースとしているために通常のX線磁気散乱の実験を行うことは困難である。

蛍光X線分析に関しては、他の第3世代施設ではマイクロビーム技術に特化する傾向が強いのに対して、本ビームラインにおける分析的視点での装置技術の整備は高く評価される。

50%程度の採択率は競争原理が働き、高い生産性が期待できる。一方、成果未発表の実施課題が多い。

提言:

XMCDをベースにした研究に特化し、その研究環境(磁性薄膜、超微粒子、高圧など)を整備すること。磁性材料研究への展開としてXMCD顕微鏡の開発は重要である。

XMDについては6軸回折計を導入することが重要であるが、人的手当を含めてどこでどのようにして行うことが良いかを検討する必要がある。

これらを実現するために、高耐熱負荷分光器の改善や二次元集光システムの導入が必要である。

研究分野の拡大や物質探索にアドバイザー役の組織を構築する事によって、更なる発展を図るべきである。

蛍光X線分析に関しては、BL39XUでの放射光蛍光X線分析の実績に基づいて、BL37XUでの更なる展開を期待する。

表1 平成15年度 SPring-8 BL評価委員会日程および委員一覧

BL04B1評価委員会 (平成15年11月5日~6日)	
赤荻 正樹	学習院大学 理学部化学科
加藤 工	九州大学大学院 理学研究院
深尾 良夫	東京大学地震研究所
八木 健彦(委員長)	東京大学物性研究所 新物質科学研究部門
David Rubie	Bayerisches Geoinstitut, Universitat Bayreuth
Donald J Weidner	Mineral Physics Institute, SUNY at Stony Brook
BL09XU評価委員会 (平成15年10月30日~31日)	
梅野 正隆	福井工業大学 工学部
角田 頼彦	早稲田大学 理工学部 応用物理学科
並河 一道(委員長)	東京学芸大学 物理学科
前田 豊	関西外国語大学 外国語学部
Rudolf Rueffer	ESRF
BL25SU評価委員会 (平成15年10月28日~29日)	
尾嶋 正治	東京大学大学院 工学系研究科
柿崎 明人(委員長)	東京大学物性研究所 軌道放射物性研究施設

小谷 章雄 理化学研究所 播磨研究所
 谷口 雅樹 広島大学 放射光科学研究センター 大学院理学研究科
 Chien-Te Chen National Synchrotron Radiation Research Center

下村 理 SHIMOMURA Osamu
 (財)高輝度光科学研究センター 研究調整部
 〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1
 TEL : 0791-58-2731 FAX : 0791-58-0878
 e-mail : simomura@spring8.or.jp

BL27SU評価委員会 (平成15年11月26日～27日)
 東 善郎 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
 小杉 信博 岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所
 田中 健一郎 広島大学大学院 理学研究科
 柳下 明 (委員長) 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
 J. B. West Daresbury Laboratory

BL39XU評価委員会 (平成15年10月20日～21日)
 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
 河田 洋 (委員長) 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
 城 健男 広島大学大学院 先端物質科学研究科
 新庄 輝也 財団法人 国際高等研究所
 Andrei Rogalev ESRF
 George Srajer APS

表2 平成16年度 評価ビームライン (5BLs)

BL02B2 (粉末結晶構造解析ビームライン)
 BL04B2 (高エネルギーX線回折ビームライン)
 BL20B2 (医学・イメージング ビームライン)
 BL28B2 (白色X線回折ビームライン)
 BL40B2 (構造生物学 ビームライン)

参考文献

[1] 壽榮松宏仁 : SPring-8利用者情報 Vol.9 No.1 (2003) 26.

ウシ心筋チトクロム酸化酵素のプロトンポンプ機構 X線結晶学的、分子生物学的、赤外分光学的解析

兵庫県立大学大学院 生命理学研究科
吉川 信也

Abstract

Improved X-ray structures of bovine heart cytochrome c oxidase (at 1.8/1.9 Å resolution in the fully oxidized/reduced states) show that the net positive charge created upon oxidation of the low-spin heme of the enzyme (heme a) drives the active proton transport from the interior of the mitochondria to Asp51 across the enzyme via a water channel and a hydrogen-bond network, located in tandem, and that the enzyme reduction induces proton ejection from the aspartate to the mitochondrial exterior. A peptide bond in the hydrogen-bond network critically inhibits reverse proton transfer through the network. A redox-coupled change in the capacity of the water channel, induced by the hydroxyfarnesylethyl group of heme a, suggests that the channel functions as an effective proton collecting region. The Asp51Asn mutation of the bovine enzyme abolishes its proton-pumping function without impairment of the dioxygen reduction activity. Infrared results indicate that the conformation of Asp51 is controlled only by the oxidation state of heme a. These results indicate that heme a drives the proton pumping process.

1. はじめに

チトクロム酸化酵素は細胞呼吸の末端酸化酵素で分子状酵素を水にまで還元する。そのときプロトンはミトコンドリア内膜の内側（マトリクス側）から、電子は外側（膜間腔側）に存在するチトクロムcからとり込まれるため、膜電位が内膜に生ずる。さらに、この酵素還元過程に共役して水素イオンがマトリクス側から膜間腔側へ能動輸送される（プロトンポンプ）。このようにして生じたプロトン濃度勾配と膜電位はプロトンのマトリクス側への駆動力となる。この駆動力によってATP合成酵素がATPを合成する^[1]。このように、本酵素は細胞のエネルギー変換過程で最も重要な酵素の一つである。実際、細胞がこのようにして分子状酵素を利用することができなかつたら、ヒトを頂点とする多細胞生物への進化は不可能であったと考えられている。このような生物学的重要性に加えて、本酵素はヘム鉄と銅イオンを含む膜タンパク質複合体であるので、種々の分光学的研究方法が適用できるため、組織的な研究が1920年代に発見されて以来息長く続けられている^[2]。

生命現象はタンパク質の駆動する化学反応である

と言える。酵素に代表されるタンパク質の機能中心には種々のアミノ酸側鎖が空間的に固定され、溶液中では実現することが極めて困難な異方性を作り出している。生命現象という化学反応を理解するためには（反応機構を解明するためには）この異方性を解明することが不可欠である。この目的のために最も有効な方法はX線結晶構造解析法である。これにより、他の方法では解明することがほとんど不可能な三次元的情報が得られる、例えば、チトクロム酸化酵素のヘムの側鎖のタンパク質内部での方向をX線構造解析以外の方法で決定することはまず不可能であろう。しかし、タンパク質のX線構造解析の精度を化学反応性を議論できる程度に高めることは容易ではない。例えばタンパク質中に固定されている脂肪酸の炭化水素鎖の不飽和結合の位置をX線構造解析法だけ（その脂肪酸の化学分析を行わずに）から決定された例はほとんどない。また活性中心の酵素反応に伴う構造変化を追跡することもX線構造解析法だけでは容易ではない。また結晶格子中に組み込まれている個々のタンパク質分子間の熱振動等による不均一性もX線構造の精度の向上を阻げる。こ

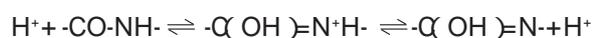
の精度の限界が化学反応性を論ずることのできる構造決定精度に到達することは多分本質的に不可能であろう。言いかえると、X線構造解析の結果は他の種々の方法(特に振動分光学的方法)によるそのタンパク質の反応過程の解析結果と組み合わせて、活性中心での構造変化としてとらえられてはじめて、反応機構の理解を深めることに貢献することができる。

2. チトクロム酸化酵素の反応機構の研究の経過

チトクロム酸化酵素は1920年代に発見され^[3]、1941年に恐らく膜タンパク質として最初に単離され^[4]、1961年には微結晶化が報告された^[5]。しかし、当時のX線回折実験には大きさが不十分であった。筆者らは1977年からこの結晶化条件の改善に本格的にとり組みはじめ、1995年に2.8 分解能のX線構造を決定することができた^[6]。その後さらに結晶化条件およびX線回折実験条件の改良を進め、現在酸化型で1.8 分解能のX線構造が決定されている^[7]。なお1995年にほとんど同時に細菌のチトクロム酸化酵素の2.8 分解能のX線構造が報告された^[8]。しかし、細菌酵素はウシ心筋酵素の約半分の分子量で、含まれているサブユニットも4種しかなく、ウシ酵素の13種に比べてはるかに単純な構造であるが、2.7 分解能を超えるX線構造は報告されていない^[9]。恐らく、ウシ酵素の多数の小さなサブユニットは酵素タンパク質の安定化に寄与しているのであろう。また、哺乳動物の高度なホメオスタシスのため実験材料(ウシ心筋)の品位の均一性が極めて高い。これも結晶化条件の改善に大きく寄与している。

1998年に酸化型2.3 分解能、還元型2.35 分解能のX線構造を決定し、酸化還元に共役した立体構造変化を検出した^[10]。膜間腔側分子表面近くにあるアスパラギン酸残基(Asp51)は酸化型のとき分子内部に向けて、水相と接触していないが、還元されると分子表面に移動する。しかし、酸化型の立体構造ではカルボキシル基が水素結合のネットワークによりマトリクス側表面につながっているが還元型になると、その水素結合のネットワークから脱離する。カルボキシル基のpKaはタンパク質分子内部の誘電率の高い環境では水相に露出しているときよりはるかに高くなることが知られている。したがって酸化型のときマトリクス側からプロトンを取り込み還元されたとき膜間腔側に放出すると考えられる。このようにAsp51はプロトンポンプ部位の機能を完全に備えている。

このX線構造解析にもとづく、我々の主張は以下のような問題点があるため、広くは受け入れられていない。まず第一にAsp51は動物酵素には保存されているが植物酵素にも細菌酵素にも保存されていない。次にAsp51とマトリクス側分子表面をつなぐ水素結合のネットワークにペプチド結合が含まれている。ペプチド結合を経由するプロトン移動は有機化学反応系では次のような中間体(imidic acid intermediate、 $-\text{C}(\text{OH})=\text{N}^+\text{H}-$)を介する反応としてよく知られている^[11]。



しかし、タンパク質中ではこのような例は知られていないためこれがプロトン輸送経路であるとの我々の主張は十分には理解されていない。さらに、このような立体構造変化とこの水素結合ネットワークを経由したプロトン輸送を何が駆動するのが明示されていない。そのうえに、Asp51を含む水素結合のネットワークがプロトンポンプ機構をもっていることが実験的には示されていない。

一方この分野のほとんどの研究者は、やはりプロトンポンプ部位は生物種によらず保存されていると信じている。実際 O_2 還元部位は全ての生物種で保存されている。しかし、全ての生物種で保存されているアミノ酸残基は O_2 還元中心とその電子供与体と考えられている低スピンヘムの配位子だけである。また、2つのヘム側鎖のプロピオン酸基も全ての生物に保存されている^[12]。これらにもとづいて種々の仮説が主張されている。しかし、もし O_2 還元中心がプロトンポンプ部位であるならば、ポンプされるプロトンと水を作るために利用されるプロトンとが完全に区別されなければならない^[13]。ヘム側鎖のプロピオン酸基をプロトンポンプ部位と考えて、そのpKa値といくつかの O_2 還元反応中間体のpKa値が反応の進行に伴って厳密に制御されつつ変化することによって O_2 還元中心へ運ばれてきたプロトンを分別することが可能であるとの理論的解析結果が報告されている^[14]。(なおこの理論的予測によれば、酸化還元反応に共役する立体構造変化の必要はない。)勿論その理論的予測の当否は実験的に証明されなければならない。さらに以下の実験結果は O_2 還元中心でのプロトンポンプを支持するように見える。水を作るためのプロトンはチトクロムcからの O_2 還元のための電子伝達と共役してマトリクス側から水素結

合のネットワークを經由して輸送される。そのような水素結合のネットワーク (Asp51につながるものとは別に) が2つ見出されている。その一つのネットワーク (D-pathway) のアミノ酸残基をプロトン輸送不可能なものに部位特異的変異によって変換するとプロトンポンプ活性がO₂還元活性とともに消失した。したがってD-pathwayはポンプするためのプロトンと水を作るためのプロトンとの両方を輸送すると主張されている^[15]。しかし、O₂還元が止められたのであればプロトンポンプの原動力が生み出されないのであるから、プロトンポンプが起こらないのは当然であろう。部位特異的変異による特定のアミノ酸残基の改変は野生型タンパク質の当該アミノ酸残基の生理機能を検討するのに簡便で極めて有効であることが多い。しかし経験的 (empirical) 方法であるため、結果の解釈に十分な注意が必要である。

我々の1998年の主張^[10]の当否はともかく、プロトンポンプ機構の解明には2.3 分解能程度の分解能では不充分であるのでさらに分解能を高めるための努力とともに、(特にAsp51の機能を明らかにするために) 分子生物学的および赤外分光学的方法により、本酵素の機能を詳細に解析した。最近報告された結果を以下に要約する^[7]。

3. X線結晶構造解析

ウシ心筋チトクロム酸化酵素のより高分解能のX線回折実験のために精製法と結晶の凍結法を組織的に検討した。精製法の再現性を決定するのは、他の多くの膜タンパク質の精製の際と同様、可溶化の段階であり、可溶化に用いるコール酸の純度を高めることにより、飛躍的に改善された。さらにX線回折のための結晶の凍結条件の最適化に努力した結果、酸化型1.8 分解能、還元型1.9 分解能での構造解析が可能な回折強度データの収集に成功した^[7]。これは、大阪大学蛋白質研ビームラインでかなり長時間のビームタイムが確保できたことがあってはじめて可能であったと考えられる。

図1 AはAsp51の酸化還元に伴う立体構造変化を示す。図1 BはAsp51のカルボキシル基の水素結合構造を示す。酸化型するとき2残基のセリンの水酸基と2つのペプチドのアミノ基との間に水素結合が形成されている。一方、還元型するとき、3分子の水と1残基のセリンとの間に水素結合が形成されている。この変化は還元によってカルボキシル基をメタノール中から水中に移したことに対応する。これによ

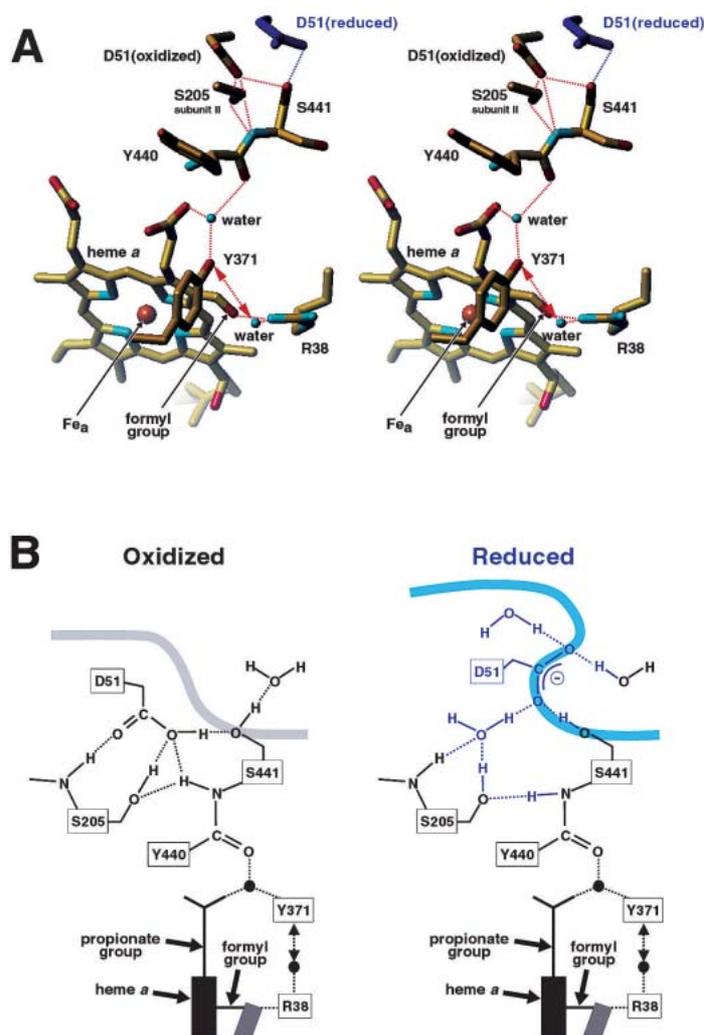


図1 Asp51の酸化還元に伴う立体構造変化。

A) Asp51につながる水素結合ネットワークの膜間腔側からの立体図 (酸化型1.8 分解能、還元型1.9 分解能)。青色の構造は還元型、その他の還元型の構造は酸化型とほぼ一致した。h_aの配位子は簡単のため削除した。

B) Asp51の酸化型 (Oxidized) と還元型 (Reduced) との水素結合構造。太線は膜間腔側分子表面を示す。許可を得て、参考文献 [7] より転載。

てpKaは9.5から4.8まで低下したと推定できる^[16]。またX線構造の分解能が高められた結果、Asp51の水素結合構造が明確になり、還元型のおきもマトリクス側からの水素結合ネットワークの末端(Tyr440とSer441間のペプチド結合のアミノ基)に水素結合が形成されていることが明らかになった。一方、酸化型のおきカルボキシル基は全く分子表面に露出していないがSer441の水酸基と水素結合を形成し、前者は分子表面に固定されている水分子とも水素結合を形成している。したがってこの水素結合ネットワークは膜間腔側とマトリクス側とを連結している。しかし、このネットワークに組み込まれているペプチド結合を経由したプロトン移動はペプチド結合のケト型がエノール型よりはるかに安定であるため逆流が非常に起こりにくい。それによってマトリクス側と膜間腔側との自然発生的なプロトン移動が止められている。

このペプチド結合のCOは水分子を介してヘムa(本酵素はヘムAを2分子と銅中心を2個とを酸化還元中心として含み、1分子のヘムA(ヘム_a₃)と1個の銅中心(Cu_B)とによってO₂還元中心(そこでO₂が2H₂Oに還元される。)を形成し、チトクロムcからの直接の電子受容体として機能するもう1個の銅中心(Cu_A)が膜間腔側の分子表面近くに配置されている。Cu_AからO₂還元中心へはもう1つのヘムA(ヘムa)を経由して電子が伝達される。)の側鎖のプロピオン酸と水素結合を形成している。このネットワークはTyr371と、もう1分子の水およびArg38によってヘムa側鎖のホルミル基までつながっている(図1B)。ホルミル基からマトリクス側分子表面までの間は水分子が通過できる経路でつながっている。この経路のところどころに水を1分子以上保持することのできる空間が認められた^[7](図2)。図に示されているようにヘムa側鎖の長鎖アルキル基の基部にある水酸基とSer382とは酸化型では水素結合を形成しているが、還元によってそれが切断されかなり大きな立体構造変化を誘起する。その結果、新しく水空間が形成される(図2)。水経路のほとんどの部分は、水空間を除いて、水分子がタンパク質の熱運動に伴って通過することは

できるが、水分子を配置できるほどの空間ではない。したがってこの立体構造変化は酸化還元に伴うかなり大きな水の移動を推定させる。また分解能の向上によってヘムa側鎖のホルミル基がヘム面内にある、Arg38と強く水素結合を形成していることも認められた^[7]。

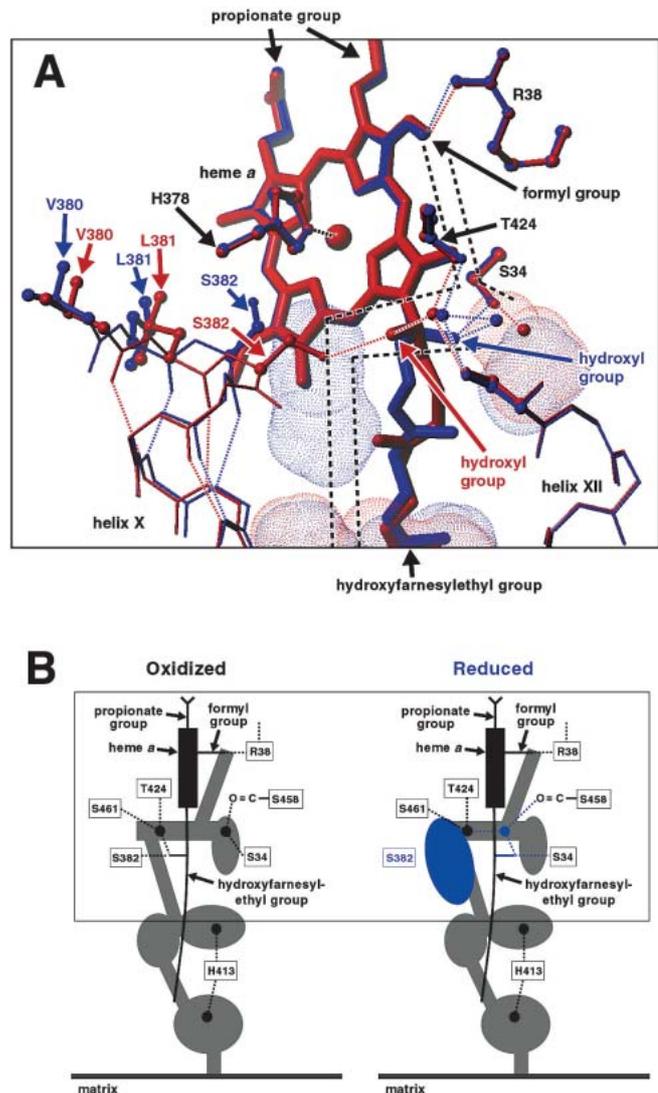


図2 酸化還元に伴うヘムa周辺の立体構造。

A) 赤：酸化型(1.8 分解能)、青：還元型(1.9 分解能)。鎖線は水が通過することのできる通路の大体の位置。水が閉じこめられる可能性のある空間を赤点(酸化型)と青点で示した。点線は水素結合を示す。

B) 酸化型還元に伴う水経路の容積変化の模式図。四角によってA)に示された領域を示す。青は還元型のおきだけあらわれる構造。その他の構造は酸化還元に伴う変化を示さなかった。

許可を得て、参考文献[7]より転載。

4. Asp51の機能の分子生物学的解析

前述の通りAsp51は動物チトクロム酸化酵素にしか保存されていない。したがって通常の部位特異的変異体調製法を適用することは不可能である。しかし、ウシ心筋チトクロム酸化酵素のAsp51を含むサブユニットの遺伝子を、例えばヒトの細胞で発現させ、他の12個のヒトチトクロム酸化酵素との雑種酵素を作る系を確立すればそのサブユニットの任意のアミノ酸残基の改変が可能となる。しかし、Asp51を含むサブユニット(サブユニット)は分子量6万に近く、12本の膜貫通ヘリックスを持ち、ヘム2分子、Cu₂および数分子のリン脂質を含む巨大な膜タンパク質複合体である。これはミトコンドリア遺伝子にコードされているので、ミトコンドリアマトリクス内で発現され、ミトコンドリア内膜に運ばれて、その他のサブユニット(多くは核遺伝子にコードされており、細胞質で発現され、それぞれのシグナルペプチドによってミトコンドリア内膜に輸送される。)と会合しチトクロム酸化酵素を形成する。したがって細胞質でこのように巨大なサブユニット

遺伝子を発現させミトコンドリア内膜に移行させることができても、正常に会合することができるのは余程楽天的でないと思えることは困難である。さらに、この方法がこのサブユニットより小さな膜タンパク質であるチトクロムb₅について試行され不成功に終わったとの報告がある^[17]。一方、細菌チトクロム酸化酵素の中心となる3個のサブユニットの立体構造にはウシ酵素の中心となるミトコンドリア遺伝子にコードされた3個のサブユニットの立体構造と、少なくとも2.8 分解能では、目立った差異は認められなかった^[8, 9, 18]。この結果も、細菌酵素の機能は完全に哺乳動物のそれと共通であると多くのこの分野の研究者に強く信じさせることになった。このような視点からからは、細菌に保存されていないアミノ酸残基の改変を上述のような手間をかけて行う意義はほとんどないと言える。このAsp51改変に適用された方法は決して新規なものではないが、このような背景を考えると、慶應大学医学部化学教室島田グループのこのプロジェクトへの挑戦は誠に果敢であったと言える。1930年代に「月の石をとってくるほど困難である」と考えられていたチトクロム酸化酵素の単離に、1941年に薬師寺と奥貫が成功したが、これに匹敵する成果であると言える。最近、生命科学分野での種々の技術の進歩が著しいため、膨大なソツのない研究成果が溢れている。し

たがって、特にこのグループの果敢が目立つ。

ともかく、驚くべきことに、この巨大で複雑な構造のサブユニットが細胞質で合成され、ミトコンドリア内膜で、吸収スペクトルにも酵素活性にも野生型との相違点の全く認められないヒト-ウシ雑種酵素を作ることができた。そこで、Asp51を立体構造がほとんど同一でプロトン輸送能のないアスパラギンに変換したところプロトンポンプ活性は消失したが、O₂還元活性は50%近く上昇した。(この上昇はプロトンポンプの脱共役によるものと考えられる。)この結果はAsp51がプロトンポンプ部位であることを強く示唆している^[7]。しかし、この結果はこの分野の多くの人々の予想(信念)に反するものであったので、例えば、Asp51Asn変換による二次的効果が真のプロトンポンプ部位(Asp51ではない)に影響してプロトンポンプを阻害したのではないかと推定する研究者もある。しかし、そう考えるのなら、その他の膨大なアミノ酸改変にもとづく議論も再検討しなければならない。

なお、図1の酸化・還元で共役した立体構造変化はAsp51のカルボキシル基のpKa変化をはっきりと示してはいるが、実際にプロトンのマトリクス側からのとり込みと膜間腔側への排出が可能であることをこの結果だけでは結論することはできない。例えば、酸化型のとときカルボキシル基はSer441を介して外部の水相と水素結合によってつながっているので、酸化されてCOO⁻が分子内に移動したとき、ペプチド結合からプロトンを取り込むのではなく、Ser441を介して膜間腔側からプロトンを取り込むことも可能である。上述の分子生物学的手法による成果はこのような可能性を強く否定している。

5. 赤外分光学的解析

X線構造は完全酸化型と完全還元型についてのみ、それぞれ1.8 と1.9 分解能で決定された。したがってどの酸化還元中心とこのAsp51の立体構造変化とが共役しているのかは明確ではない。またAsp51の立体構造変化はpKaの大きな変化を示唆しているが、このX線構造の分解能では水素原子の位置を決定することは不可能であるし、COO⁻とCOOHとの差を非経験的に決定することも不可能である。このような目的のためには赤外分光学的方法が最も有効である。

しかし、チトクロム酸化酵素のように巨大な膜タンパク質の赤外分光測定は極めて困難である。

- COOH領域には多数のAspとGluが重なっているし、水の吸収のバックグラウンドがタンパク質領域(1900~1000 cm^{-1})には非常に強い。さらに水蒸気による、強かつ半値幅の短い吸収帯は、標準スペクトルを用いて差し引くこともある程度は可能であるが、標準スペクトルそのものにも誤差が含まれているため、完全に消去することは不可能である。また、吸収が大きく透過光が微弱な場合、セルホルダーとセルとの間の遊びによってもスペクトルが影響されることが知られている。そこで、測定セルを動かさずに電極電位によって酵素を還元して、酸化還元差スペクトルを測定することが試みられている^[19]。しかし、この方法では外部配位子の影響を調べることは不可能である。またセルホルダーとセルとの遊びが問題になるような実験条件で定量的な解析が可能な測定は本質的に不可能であると推定される。そこで、我々はセルを動かし、試料をとりかえても十分高精度でタンパク質領域の酸化還元差スペクトルが測定できる条件を検討した。第一に、赤外分光光度計用の低湿度室(相対湿度7%以下)を設置し、分光器全体をその中に設置した。これにより相対湿度を低下させることができただけでなく、時間変化を激減させることに成功した。また、セル内の、肉眼では検出できないほど小さなホコリでも試料を注入したときにアワを生じさせ、その中の水蒸気がスペクトルを大きく乱すので、セルそのものだけではなく実験担当者の静電気の除去にも細心の注意を払う必要があった。またセルの光路長が洗浄の際の不注意で可塑的に変化するので、洗浄にも注意が必要であった。この赤外分光装置と方法によってこれまで測定が最も困難であったアミド、領域も含めて、格段に信頼性の高い結果が得られるようになった。

この測定条件によってウシ心筋チトクロム酸化酵素の完全酸化型の完全還元型に対する差スペクトルを測定したところ、1738 cm^{-1} と1585 cm^{-1} に細菌酵素には見られない山と谷を検出した。波数領域から、それぞれCOOHとCOO⁻に帰属できる。また吸収強度はそれぞれ1個の官能基によるものであることを示している。したがってこの変化はAsp51に帰属できる。恐らくこの結果は、Asp51が還元に伴って脱プロトン化することを最も明確に示すものと言える^[7]。(これら2つの吸収帯はセルを動かさない方法によって検出されているが、なぜこれらはAsp51には帰属されていない^[19]。)

次に同様の測定をCO存在下で行った。COはO₂還元中心に結合し、 $\text{h}\mu\text{a}_3$ と Cu_B を還元型に固定する。したがって $\text{h}\mu\text{a}$ と Cu_A の酸化還元差スペクトルを測定することができる。しかし、1738 cm^{-1} と1584 cm^{-1} の吸収帯の位置も強度もCOの存在によって全く影響されなかった。同様に $\text{h}\mu\text{a}_3$ だけを酸化型に固定するシアン化物によっても影響されなかった^[7]。したがってAsp51のプロトン化状態は $\text{h}\mu\text{a}$ か Cu_A に(あるいはその両方に)制御されていると考えられる。次にシアン化物存在下で本酵素の還元滴定を行ったところ、1584 cm^{-1} と1738 cm^{-1} のどちらの吸収帯の強度減少も、添加した電子当量に完全に比例し、3電子当量を添加することによって完全に吸収帯は消失した^[7]。この条件では添加した電子当量は3個所の酸化還元中心のそれぞれに完全に均等に分布することが知られている。したがってこの結果はAsp51のプロトン化状態は Cu_A か $\text{h}\mu\text{a}$ のどちらか一方のみによって制御されていることを示している。これが $\text{h}\mu\text{a}$ によるものか Cu_A によるものを直接証明する結果は得られていないが、完全還元型チトクロム酸化酵素がO₂によって完全酸化される時1当量のプロトンが膜間腔側に放出されることが報告されている^[20]。完全還元型酵素がO₂によって酸化される時、 Cu_A は酸化されるだけで還元されることはないが、 $\text{h}\mu\text{a}$ は1度だけ Cu_A によって還元される。したがって $\text{h}\mu\text{a}$ がAsp51のプロトン化状態を制御していると考えられる。

6. プロトンポンプ機構

本研究によって得られた上述の結果は以下のようなプロトンポンプ機構を示唆している(図3)。Asp51につながっている水素結合のネットワークのマトリクス側末端では $\text{h}\mu\text{a}$ のホルミル基がArg38と水素結合を形成している。 $\text{h}\mu\text{a}$ は第5、第6配位座にHistidineが配位した低スピン型であり酸化還元に伴う立体構造変化は認められない。したがって還元型(Fe²⁺)のとき、 $\text{h}\mu\text{a}$ 全体として荷電を持たないが、酸化型(Fe³⁺)では1当量の正荷電を持つ。この正荷電はポルフィリン電子系に共役しているホルミル基にも非局在化している。それはこのホルミル基のC-O振縮振動スペクトルは酸化還元により40 cm^{-1} もシフトすることによって明らかにされている^[21]。プロトン能動輸送の原動力はこの $\text{h}\mu\text{a}$ の酸化に伴うホルミル基の電子密度の低下にある。これによりArg38のプロトンが水素結合の

ネットワークを經由して、Asp51まで輸送される。このときヘムaのプロピオン酸のpKaも低下すると考えられるが、それもプロトンのAsp51への輸送を促進する。ヘムaが還元されると水経路の容積が増加し、新しく水分子がマトリクス側からとり込まれる。一方ヘムaの還元と共にAsp51のカルボキシル基が分子表面に移動しプロトンを膜間腔へ放出する。脱プロトン化したArg38に水素結合しているホルミル基の電子密度が上がるためpKaは大きく上昇し、とりこまれた水分子からプロトンを引き抜く。生じたOH⁻はヘムaの酸化によって水経路の容積が低下するため、マトリクス側に排出される(図3)。このプロトンポンプ経路には、O₂還元中心が含まれていない。したがってポンプするプロトンと水を作るプロトンが完全に区別されているため、混同される可能性が全くない。O₂還元によって作られた自由エネルギーはプロトンポンプに共役しているヘムaを酸化することに利用される^[7]。

最後にAsp51がなぜ、全ての生物種に保存されていないかについて考察する。プロトンポンプ機能はチトクロム酸化酵素に不可欠な機能である。しかし、プロトン輸送に関与することができるアミノ酸残基あるいは補欠分子族はいろいろある。したがって、Asp51あるいはそれに連なっている水素結合ネットワークを構成するアミノ酸残基をネットワーク全体

の機能を損なわずに一個所あるいは複数個所変換することは可能である。実際水を作るためのプロトンの2つの水素結合ネットワークを形成しているアミノ酸はどれも完全には保存されていないことが知られている^[12]。Asp51に対応する位置にはグリシンと分子内部に固定された水分子が存在することを細菌酵素のX線構造は示している^[9]。またウシ酵素のAsp51とホルミル基をつなぐ水素結合のネットワーク(ペプチド結合を含む)は、アミノ酸残基は完全には保存されてはいないが、細菌酵素にも認められる。ホルミル基からマトリクス表面の間の水経路を構成するアミノ酸残基は水を輸送する機能を保持しておれば良いので多様な変換が可能である。細菌酵素の、ウシ酵素のプロトンポンプ経路に対応する経路のアミノ酸残基の変換の効果が検討されているが、この点についての考慮が不足している^[22, 23]。特に多くの水経路のアミノ酸をそれより小型のアミノ酸に変換してもプロトンポンプは損なわれないことをこの経路がプロトンポンプに関与していないことの証拠としている。しかし、水経路が広がるだけであるから影響があるはずがない。あるアミノ酸残基がプロトンポンプ機構に関与していないことをアミノ酸置換のみによって証明することは本質的に不可能である。一方、O₂還元中心のヘムとCu_Bおよび低スピンヘムの配位子は完全に保存されている。

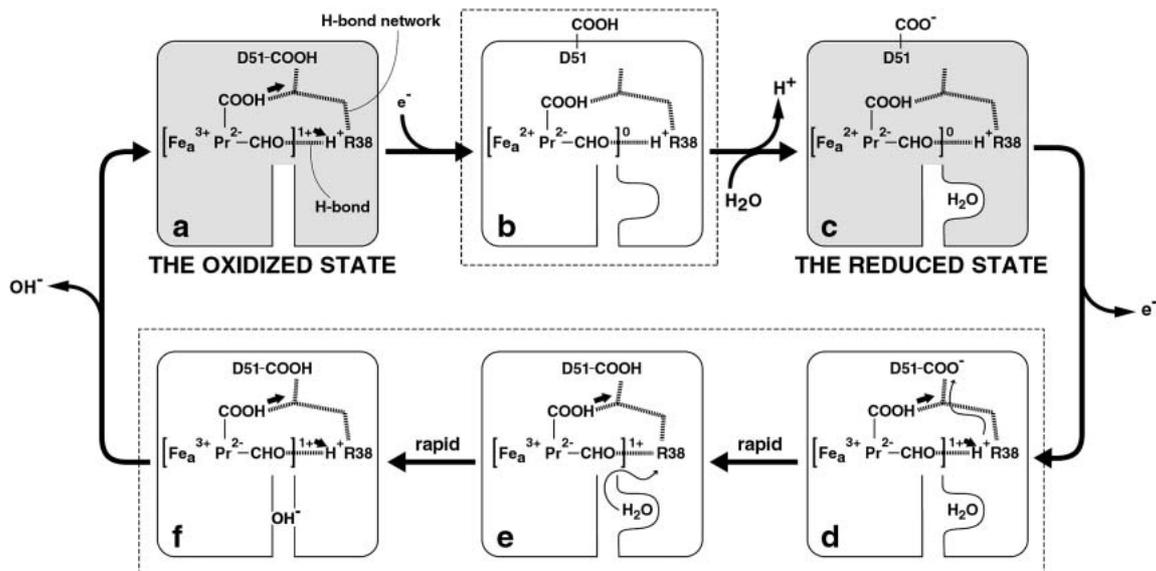


図3 チトクロム酸化酵素のプロトンポンプ機構。灰色は安定に存在する分子種。点線で囲った構造は短時間だけ生ずる中間体。[]と[]⁺はヘムaの正味の正荷電を示す。aとdの太い矢印は静電的反撥を示す。許可を得て、参考文献[7]より転載。

O₂を水にまで活性酸素種を遊離させずに還元するための効率の良い方法はいくつもあるとは考えられない。恐らく、本酵素のもつこの系より効率の良いものは見出されていないため、このように完全に保存されているのであろう。

本研究は主に科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業生命活動のプログラム「水素イオン能動輸送機構の構造生物学的解析」および文部科学省21世紀COE拠点形成プログラム「構造生物学を軸とした分子生命科学の展開」による多数の方々との共同研究の成果である。またこの成果は筆者の過去39年にわたるチトクロム酸化酵素研究の間の数々の幸運な学問的出会いの賜物でもある。特に筆者に30年にわたって化学の重要性を教授しようと気長に努力して下さっているコロラド州立大学名誉教授Winslow S. Caughey氏には深く感謝する。

参考文献

- [1] S. Ferguson-Miller and G. T. Babcock : Chem. Rev. **96** (1996) 2889-2907.
- [2] S. Yoshikawa : Curr. Opin. Struct. Biol. **7** (1997) 574-579.
- [3] O. Warburg : Biochem. Z. **152** (1924) 479-494.
- [4] E. Yakushiji and K. Okunuki : Proc. Imp. Acad. Japan **17** (1941) 38-40.
- [5] T. Yonetani : J. Biol. Chem. **236** (1961) 1680-1688.
- [6] T. Tsukihara, H. Aoyama, E. Yamashita, T. Tomizaki, H. Yamaguchi et al. : Science **269** (1995) 1069-1074.
- [7] T. Tsukihara, K. Shimokata, Y. Katayama, H. Shimada, K. Muramoto et al. : Proc. Natl. Acad. Sci. USA **100** (2003) 15304-15309.
- [8] S. Iwata, C. Ostermeier, B. Ludwig and H. Michel : Nature **376** (1995) 660-669.
- [9] C. Ostermeier, A. Harrenga, U. Ermler and H. Michel : Proc. Natl. Acad. Sci. USA **94** (1997) 10547-10553.
- [10] S. Yoshikawa, K. Shinzawa-Itoh, R. Nakashima, R. Yaono, E. Yamashita et al. : Science **280** (1998) 1723-1729.
- [11] C. L. Perrin : Acc. Chem. Res. **22** (1989) 268-275.
- [12] M. M. Pereira, M. Santana and M. Teixeira : Biochim. Biophys. Acta **1505** (2001) 185-208.
- [13] R. J. P. Williams : Nature **376** (1995) 643.
- [14] P. E. M. Siegbahn, M. R. A. Blomberg and M. L. Blomberg : J. Phys. Chem. **107** (2003) 10946-10955.
- [15] R. B. Gennis : Biochim. Biophys. Acta **1365** (1995) 241-248.
- [16] N. S. Isaacs : Physical Organic Chemistry (Longman, Essex, U. K.) 2nd Ed., pp. 235-286.
- [17] M. G. Claros, J. Pevea, Y. Shu, F. A. Samatery, J.-L. Popot and C. Jacq : Eur. J. Biochem **228** (1995) 762-771.
- [18] T. Tsukihara, H. Aoyama, E. Yamashita, T. Tomizaki, H. Yamaguchi et al. : Science **272** (1996) 1136-1144.
- [19] P. Hellwig, T. Soulimane, G. Buse and W. Maentele : FEBS Lett., **458** (1999) 83-86.
- [20] M. Oliveberg, S. Hallen and T. Nilson : Biochemistry **30** (1991) 436-440.
- [21] M. Sassaroli, Y.-C. Ching, S. Dasgupta, D. L. Rousseau : Biochemistry **28** (1989) 3128-3132.
- [22] U. Pfitzner, A. Odenwald, T. Ostermann, L. Weingard, B. Ludwig et al. : J. Bioenerg. Biomembr. **30** (1998) 89-97.
- [23] H.-M. Lee, T. K. Das, D. L. Rousseau, D. Mills, S. Ferguson-Miller et al. : Biochemistry **39** (2000) 2989-2996.

吉川 信也 YOSHIKAWA Shinya

兵庫県立大学大学院 生命理学研究科 生命科学専攻
 (独 理化学研究所 播磨研究所
 城生体金属科学研究室 客員主管研究員
 〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1
 略歴

1965年 大阪大学 理学部 生物学科卒業
 1970年 大阪大学大学院 理学研究科 生物化学専攻 博士課程修了
 1972年 甲南大学 理学部 生物学科講師
 1978年 甲南大学 理学部 生物学科助教授
 1983年 甲南大学 理学部 生物学科教授
 1988年 姫路工業大学 工学基礎研究所教授
 1990年 姫路工業大学 理学部教授
 2004年 兵庫県立大学大学院 生命理学研究科 生命科学専攻 教授
 (県立大学統合に伴う名称変更)

時分割X線小角散乱が明らかにする蛋白質の収縮と構造形成

大阪大学 蛋白質研究所
高橋 聡
京都大学大学院 工学研究科 分子工学専攻
鵜澤 尊規
独立行政法人理化学研究所 播磨研究所
藤澤 哲郎

Abstract

The compaction process in protein folding has not been characterized well due to experimental difficulties. The submillisecond-resolved observation system for small-angle X-ray scattering was developed and applied for the process of apomyoglobin folding. It was demonstrated that the secondary and tertiary structures are largely organized cooperatively; however, the initial folding phase involves a significant collapse of their main chain structures. A common folding mechanism was proposed, in which hydrophobic environments realized by the initial collapse prompts the subsequent formation of helical structures.

はじめに

蛋白質は、コンパクトな構造に折り畳むことで機能を発揮するポリペプチドである。蛋白質が折り畳んだ構造は、アミノ酸の一次配列により決められる。このため、アミノ酸の一次配列から蛋白質の折り畳み構造を予測することを目指した研究が活発に続けられている。この予測は、もし可能になれば、DNAに含まれる遺伝情報の理解や人工蛋白質の設計などに必須の手段となるはずである。最近では、比較的小さな蛋白質の構造予測はある程度可能になり^[1]、自然にはない新規な構造をもつ蛋白質を設計・作成した例も報告されている^[2]。しかし、アミノ酸残基数が百数十よりも多く、多少複雑な構造を持つ蛋白質では、予測はいまだに難しいのが現状である。

構造予測が難しい蛋白質は、酸性溶液や高濃度の尿素溶液などに溶かして変性させた後で生理条件に戻すと、いくつかの中間体を通して折り畳み構造を再生することが多い。一方で、構造予測が簡単な蛋白質の多くは、中間体を作らずに一気に折り畳み構造を作り上げる。そのため、蛋白質の折り畳み過程で観察される中間体はなぜ生じるのか、これらはどのような構造を持つのかという疑問が生じる。これ

らの疑問について調べることは、構造予測にも重要な知見を与えると予想される。

我々は、蛋白質の折り畳み運動をリアルタイムで観察し、過渡的な折り畳み中間体の構造や性質を理解することを目的とした研究を続けている。特に、放射光を使った時分割X線小角散乱(SAXS)測定により、蛋白質が主鎖を収縮させながら次第に折り畳み構造を作る過程を詳しく観察する手法を確立した^[3]。本稿では、我々の実験手法による最近の研究成果を紹介する^[4]。

実験の狙い

折り畳んだ蛋白質構造の特徴は、コンパクトであることと、ヘリックスやシートなどの二次構造を多く持つことである。そのため、これらの特徴が折り畳み中間体でどの程度形成しているのかを調べることは、中間体の意義を考える上で本質的な情報を与えると予想される。そこで我々は、SAXSと円二色性(CD)分光法を使った折り畳み過程の観測を行うことにした。SAXSは溶液中の分子のコンパクトさや形状を計測できる手段である^[5]。また、CD分光法は、蛋白質の二次構造含量を観測する手法である^[6]。さらに、寿命の短い折り畳み中間体

を観測するために、約100マイクロ秒で二つの溶液を混合する高速ミキサーを開発し、上記二つの手段を組み合わせた^[3]。BL45XUに設置した我々のSAXS計測システムは、~1.3mg/mlという低濃度の試料でサブミリ秒の時分割測定を可能にする^[4]。この感度と時間分解能は、BL45XUの高い輝度を最大限生かした結果であり、世界で我々だけがもつ性能である。

我々は、開発した装置を使ってアポミオグロビン (apoMb) の折り畳み過程を観察した^[4]。apoMbは153残基から成り、中性の溶液条件では、A~E・G・Hとラベルされる7本のヘリックスから構成される折り畳み構造を持つ(図1)^[7]。ヘリックス含量が大きいため、apoMbはヘリックスだけで構成される蛋白質の代表だと考えられる。apoMbは、pH2ではヘリックス含量が少なく回転半径の大きい酸変性状態(U状態)を作る。そのため、U状態にある蛋白質をpH6にジャンプさせることで、折り畳み過程を観察できる^[8]。本研究では、apoMb溶液をpH2から6へジャンプさせた後の二次構造とコンパクトさの変化を、CDとSAXSを用いて検出した。

測定結果

はじめに、時分割CD法でpHジャンプに伴うapoMbの折り畳み過程を観測した。得られた結果は、折り畳み開始後300マイクロ秒以内に30%のヘリッ

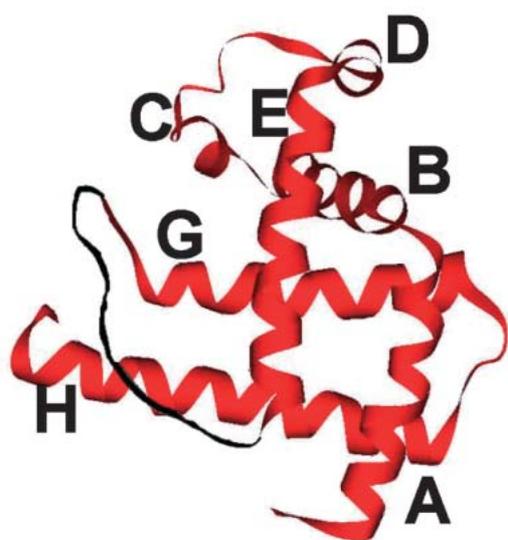
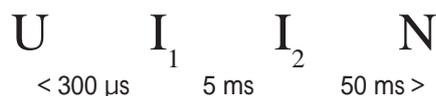


図1 apoMbの折り畳み構造
apoMbはpH6においてA~E・G・Hとラベルされる7つのヘリックスを持つ折り畳み構造を形成する

クス含量を持った中間体₁が形成し、次にヘリックス含量44%の中間体₂が作られた後に、最終的な折り畳み状態N(ヘリックス含量55%)を形成するというモデルで解釈できた。すなわち、apoMbの折り畳みは次式のように進み、ヘリックス含量が段階的に変化した二つの中間体を含んでいる。



次に、これらの中間体の回転半径と形状を観測するために、同じpHジャンプについて、時分割SAXS測定を行った。データをギニエ解析することにより得られた回転半径の時間変化をプロットしたものが、図2aである。驚いたことに、折り畳み開始後300マイクロ秒以内という短時間で、apoMbの回転半径が29.7 から23.7 へと大きく減少することがわかった。収縮した状態は₁に対応する。また、₂は₁とほぼ同じ回転半径を持ち、CDで観察された時定数とほぼ同じ早さで、折り畳み状態N(回転半径18.2)に変化することも明らかとなった。

SAXSのデータをさらに解析することで、分子の形を推定できる。図2bに示したのは、散乱データをフーリエ変換して得られる距離分布関数である。距離分布関数は、分子の中の全ての原子間距離の分布を示し、主鎖の空間分布を推定する手がかりとなる。例えば、折り畳んだ状態の距離分布関数は、球状の構造に対応する対称的なベル型を示す。一方で、中間体₁と₂は、大きなピークと小さな肩を持つほぼ同じ形の距離分布関数を示した。これは、両状態が同じような形状を持ち、蛋白質の大部分が収縮した部分と、やや広がった小部分から成り立つことを示唆する。収縮ドメインの原子数を見積もると、分子全体の80%以上に達していた。

₁状態のヘリックス含量は30%で、apoMbがpH4.2で作る平衡論的な中間体を持つA・G・Hヘリックスの含量と一致する^[9]。しかし、これら三つのヘリックスだけでは、80%以上という収縮ドメインの原子数を説明できない。そこで我々は、まだヘリックスを形成していない主鎖領域も₁状態の収縮ドメインに含まれると解釈した。さらに、₂状態ではヘリックス含量が44%まで増えることから、₁から₂状態が作られるステップで、収縮ドメイン内部でヘリックス形成に伴う三次構造の再配向も起きると解釈した。

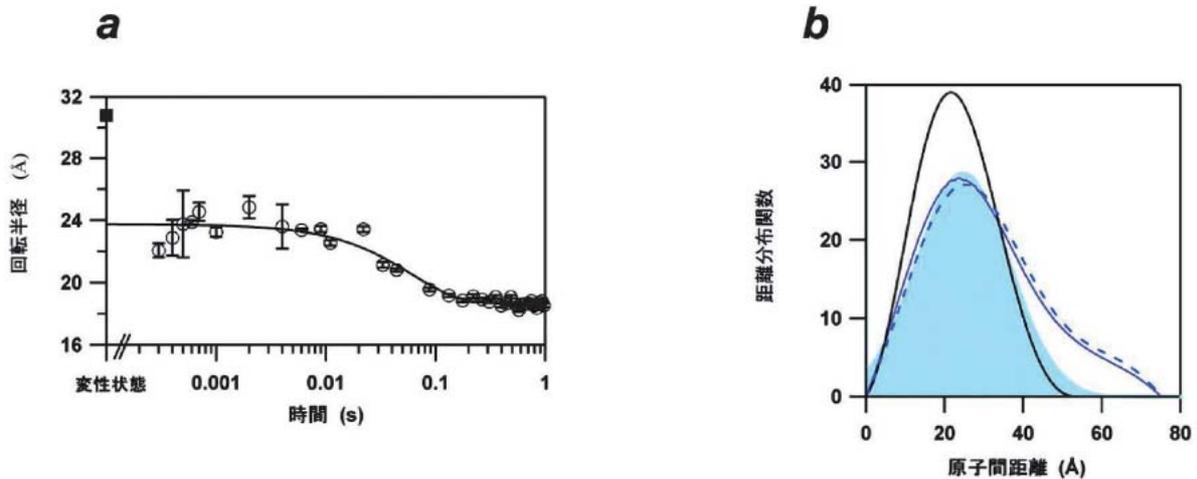


図2 apoMbの折り畳み過程の時分割SAXS測定結果

a) apoMbが折り畳み過程で示す回転半径の時間変化。縦軸に回転半径を、横軸に折り畳み開始後の時間をプロットした。b) 折り畳み途中のapoMbの距離分布関数。青線は折り畳み開始後300 μ s、青点線は折り畳み開始後9ms、黒線は折り畳み状態を示す。折り畳み開始後300 μ sに凝集した部分(水色)は、全原子数の80%以上に対応した。

観察の意義

以上のapoMbの結果を、我々が以前に行ったシトクロムc (cyt c) の折り畳み過程についての結果と比較したい^[3]。両結果の比較のために、回転半径とヘリックス含量の相対変化をそれぞれXとY軸として図3にプロットした。apoMbは、U状態から出発して大きな収縮とヘリックスの形成を示した後(I_1)、ヘリックス含量のみを増やした中間体(I_2)を経由してN状態に至る。cyt cは、折り畳みの初期に収縮のみをみせた後(I_1)、ヘリックス含量とコンパクトさを成長させた中間体(I_2)を通して、N構造に変化する。これらの結果、第一の共通点として、二次構造を十分に作らないまま、折り畳みの初期に収縮が起きることが挙げられる。また、第二の共通点として、収縮が起きた後で二次構造の形成と蛋白質の収縮が同期して折り畳みが進むことが挙げられる。

観察の第一の共通点から、我々は、折り畳み過程の最初に起こる運動は、疎水性相互作用による主鎖の収縮ではないか、と考えた。主鎖が収縮することにより、ポリペプチドの立体構造の

自由度は大幅に制約される^[10]。また、ポリペプチド周辺の疎水性環境はヘリックス形成能を変化させることも知られている^[11]。これらの効果により、初期の収縮はその後の折り畳み運動を促進するのではないかと考えた。次に、第二の共通点から、ヘリックス形成と収縮が同期したことは、主鎖の正しい三次的な接触が形成された後にヘリックス構造が完

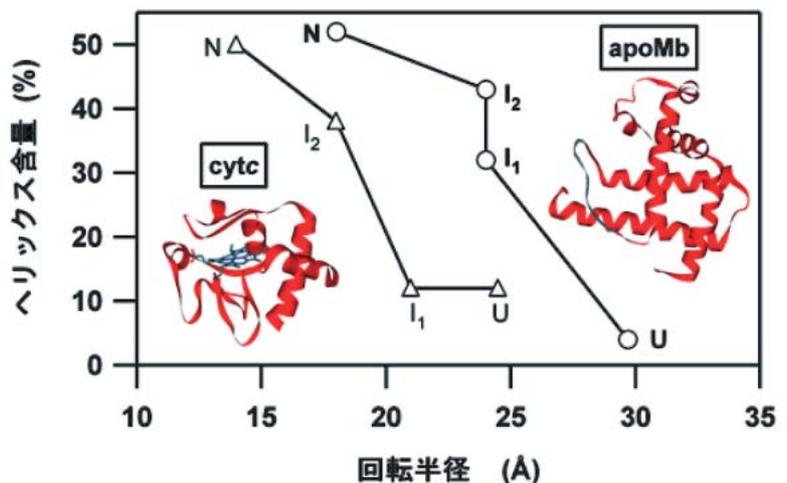


図3 apoMbとcyt cの折り畳み過程の比較

apoMb()とcyt c()が折り畳む過程で示す構造変化を、横軸に回転半径、縦軸にヘリックス含量として示した。

成されることを示唆する。すなわち、主鎖が収縮した状態から折り畳み構造を探す運動の特徴は、一次配列上で離れた残基同士の正しい接触を探す運動であると解釈できる。我々は、以上の折り畳み機構を“Collapse and search mechanism”と名付けた^[4]。

提案した折り畳み機構の一般性を検討するために、我々は測定対象の蛋白質を増やしたいと考えている。特に、ヘリックスを多く持つ他の蛋白質でもapoMbと共通の機構が観察できるかどうか、シートを含む蛋白質では変化が生じるか、などの興味に基づいた実験を進めている。また、折り畳み中間体を作らないとされる残基数が100以下の小蛋白質において、初期収縮が観察されるかどうかを調べる実験も計画している。これらの結果を比較することにより、構造予測にも役立つ一般的な蛋白質の性質を得ることが目標である。

SAXSは、変性も含めて蛋白質のコンパクトさを溶液中で観測できるほぼ唯一の手法である。しかし、実験の難しさから、それほど多くの蛋白質には適応されてこなかった。本稿で説明したように、放射光を利用することでSAXSの測定対象は大きく広がり、従来はほとんど不可能だった観測が可能になっている。我々は、今後も時分割SAXS観測を発展させ、手法の可能性を広げたいと考えている。

謝 辞

本研究を共同ですすめていただきました森島績教授、石森浩一郎博士、木村哲就さん（以上京大院工・分子工学）、秋山修志博士（理化学研究所・播磨）に感謝いたします。BL45XUの維持管理には前田雄一郎博士（理化学研究所・播磨）の支援をいただきました。本研究は科技団さきがけ研究と科研費により行われました。

参考文献

- [1] P. Bradley, D. Chivian, J. Meiler, K. M. S. Misura, C. A. Rohl et al. : *Proteins Struct. Funct. Genetics*, **53** (2003) 457-468.
- [2] B. Kuhlman, G. Dantas, G. C. Ireton, G. Varani, B. L. Stoddard et al. : *Science*, **302** (2003) 1364-1368.
- [3] S. Akiyama, S. Takahashi, T. Kimura, K. Ishimori, I. Morishima, Y. Nishikawa, T. Fujisawa : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **99** (2002) 1329-1334.
- [4] T. Uzawa, S. Akiyama, T. Kimura, S. Takahashi, K. Ishimori, I. Morishima, T. Fujisawa : *Proc. Natl.*

Acad. Sci. USA, **101** (2004) 1171-1176.

- [5] 藤澤哲郎 : *生物物理*, **43** (2003) 29-32.
- [6] S. Akiyama, S. Takahashi, K. Ishimori, I. Morishima : *Nature Struct. Biol.*, **7** (2000) 514-520 .
- [7] D. Eliezer, P. E. Wright : *J. Mol. Biol.*, **263** (1996) 531-538.
- [8] P. A. Jennings, P. E. Wright : *Science*, **262** (1993) 892-896.
- [9] F. M. Hughson, P. E. Wright, R. L. Baldwin : *Science*, **249** (1990) 1544-1548.
- [10] K. A. Dill : *Biochemistry* **24** (1985) 1501-1509.
- [11] C. A. Rohl, A. Chakrabarty, R. L. Baldwin : *Protein Sci.*, **5** (1996) 2623-2637.



高橋 聡 *TAKAHASHI Satoshi*
大阪大学 蛋白質研究所
〒565-0871
吹田市山田丘2-1
TEL : 06-6879-8615
FAX : 06-6879-8616
e-mail : st@protein.osaka-u.ac.jp

略歴 : 1992年総研大博士（理学）。日米でのポストドクの後、1996年京大院工・分子工学助手。1999-2002科技団さきがけ研究員兼任。2003年より阪大蛋白助教授。



鵜澤 尊規 *UZAWA Takanori*
京都大学大学院 工学研究科 分子工学専攻
〒615-8510
京都市西京区京都大学桂A4-134
TEL : 075-383-2537
FAX : 075-383-2541
e-mail : uzawa@tak.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

略歴 : 2003年京大院工・分子工学修士修了。同博士課程在学中。



藤澤 哲郎 *FUJISAWA Tetsuro*
理化学研究所 播磨研究所
前田構造生物化学研究室
〒679-5148
佐用郡三日月町光都1-1-1
TEL : 0791-58-2822
FAX : 0791-58-1844
e-mail : fujisawa@sp8sun.spring8.or.jp

略歴 : 1989年大阪大博士（工学）。米でのポストドクの後、1990年より理化学研究所・研究員、1998年同先任研究員。

光合成の酸素発生に関わるタンパク質の立体構造を解明 - 光合成植物の進化に新たな知見 -

京都大学大学院 生命科学研究科
独立行政法人理化学研究所 播磨研究所
メンブレンダイナミクス研究グループ
伊福 健太郎

Abstract

Photosynthesis is a multi-step reaction that utilizes light energy to convert carbon dioxide into sugar and generate oxygen as by-product. The first step of photosynthesis is the oxygen-evolving reaction performed by the protein-pigment complex called “photosystem II”, and PsbP is one of the protein subunits constituting photosystem II. Since PsbP exists only in higher plants and green algae, its existence has been the subject of inquiry in the process of plant evolution. In order to elucidate the origin and function of PsbP from its 3D structure, a high-resolution analysis based on multiple wavelength anomalous dispersion method using the X-ray of SPring-8 was conducted. The result showed that the structure of PsbP was not similar to any known structures in photosystem II from cyanobacteria, primitive organisms doing oxygenic photosynthesis. This research shows one aspect of the evolution of oxygenic photosynthetic organisms.

1. はじめに

「光合成」は一般的には「植物が太陽光を利用して二酸化炭素を吸収し、糖に変換すると同時に酸素を発生する反応」として理解されている。厳密にはこれを「酸素発生型光合成」と呼ぶが、もう少し詳しくみると、その最初のステップは太陽エネルギーを利用して水分子を分解し、酸素と水素イオン、そして二酸化炭素の還元に必要な電子を取り出す反応から始まる。この反応を行うのが、植物の場合、葉緑体という細胞内小器官に存在する光化学系と呼ばれるタンパク質複合体である。

酸素発生型光合成を行う生物には高等植物だけでなく、コケや真核藻類、さらには原核生物であるシアノバクテリアも含まれる。このうちシアノバクテリアは、太古の時代に真核生物のなかに取り込まれて葉緑体の起源となった生物に近いと考えられている光合成を行う細菌である。従って、光化学系複合体を構成するタンパク質もシアノバクテリアから高等植物にいたるまで基本的にはよく保存されている。ところが、実際に水分解 - 酸素発生反応が起る反応中心の周辺にあるタンパク質に関しては、高等

植物・緑藻はシアノバクテリアと異なるタンパク質を持っている。即ち、シアノバクテリアではPsbV、PsbUと呼ばれるタンパク質が高等植物・緑藻ではPsbP、PsbQへ機能的に置き換わっているのである^[1] (図1)。これらのタンパク質は、水分解 - 酸素発生反応に必須な補欠因子であるカルシウムイオンと塩素イオンの光化学系への結合に関わり、その反応を最適化するのに必要^[2]なのだが、光合成生物の進化の過程において、おそらくはその生育環境にあわせて変化したのだと推測される。しかしながらその詳細は明らかにされておらず、植物科学における謎の一つであった。

こうした謎に迫る一つ的手段として、タンパク質の立体構造を比較する事が考えられる。近年の構造生物学の進展に伴い、光化学系に関してもその全体の立体構造が明らかにされつつあるが、特に好熱性シアノバクテリア由来の光化学系に関しては、SPring-8を利用した日本の研究者グループを含め、複数のグループが高分解能構造解析に向けてしのぎを削っている^[3-5]。その結果、シアノバクテリアの光化学系反応中心の周辺にあるタンパク質、

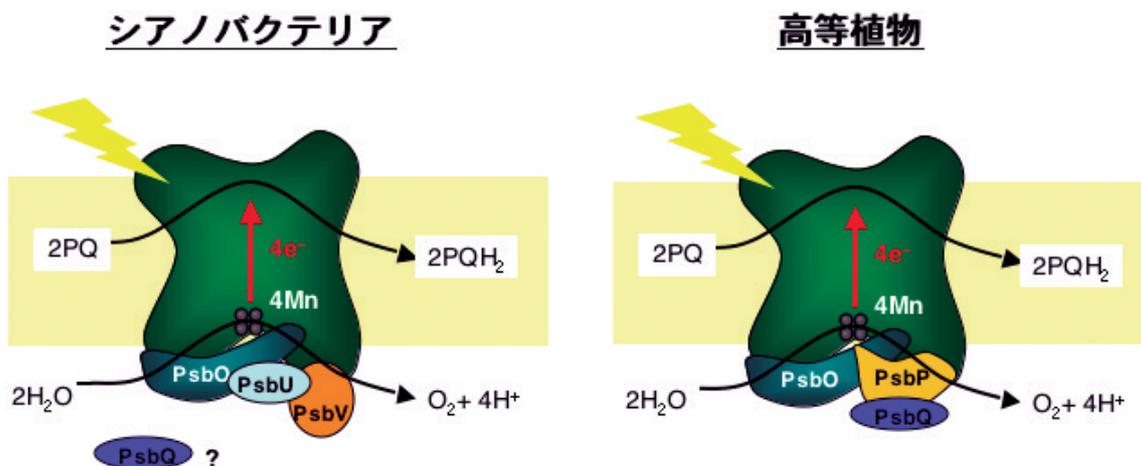


図1 シアノバクテリアと高等植物の光化学系II複合体の簡単な模式図による比較

光化学系 複合体は光エネルギーを利用して水分子を酸素、水素原子、そして電子に分解する。取り出された電子は、プラストキノン(PQ)と呼ばれる分子を還元し(PQH_2) 次のステップへと運ばれる。水分解 - 酸素発生反応を直接触媒するのは4分子のマンガン原子(Mn)である。その周辺には酸素発生系とよばれる膜表面型のタンパク質が存在するが、その構成タンパク質がシアノバクテリア(PsbO, PsbV, PsbU, PsbQ?)と高等植物(PsbO, PsbP, PsbQ)では異なっている。PsbQに関しては、シアノバクテリアの光化学系 にPsbQと似たタンパク質が存在するとの報告がある^[15]が、どこに結合しているかは明らかではない。(図は文献[1]を参考に作成した。)

PsbO, PsbU, PsbVに関するその構造と複合体内における存在様式に関する情報が得られている。一方で、高等植物由来の光化学系 に関しては、電子顕微鏡を用いたおおまかな情報が報告されている^[6]のみで、従ってこれまでPsbP, PsbQに関する構造情報は全く存在していなかった。

最近、イタリアのグループによって、ホウレンソウ由来のPsbQの結晶構造が1.9 Åの分解能で報告された^[7]。ついで筆者らのグループが、タバコ由来のPsbPの結晶構造を1.6 Åの分解能で報告した^[8]。これによって、シアノバクテリアと高等植物の光化学系 を構成するサブユニットのうち、一部の低分子サブユニットを除いた代表的なサブユニットの立体構造情報が明らかになったことになる。本稿では筆者が構造解析に携わった高等植物由来のPsbPの結晶構造に関して、最新の知見を踏まえながら紹介したいと思う。

2. 結晶化と構造解析

PsbPは親水性のタンパク質であり、かつ植物中に大量に存在する事から、X線結晶構造解析に必要な高純度のタンパク質を精製することは比較的容易

である。ところがこれまで複数のグループがPsbPの構造決定に挑戦してきたにもかかわらず、いずれも結晶化に成功していなかった。その一つの要因として、これまで光合成研究には伝統的にホウレンソウやエンドウといった、葉緑体を生化学的に単離しやすい植物材料が好んで使われてきたために、結晶化にもそうした植物に由来するPsbPのみが試されていた事が考えられた。そこで筆者らは、色々な植物からPsbP遺伝子を集め、各々のPsbPを大腸菌で作らせて精製し、その中から良い結晶が得られるものを探した。その結果、タバコに由来するPsbPの一つがX線結晶構造解析に適していることが判明した^[9](図2)。

得られた結晶はX線結晶構造解析に十分なX線回折能を持っていたが、結晶ごとに結晶を構成する単位格子が微妙に異なるやっかいな性質を示した。そこで結晶中に含まれるタンパク質分子の組成を調べた結果、一部が分解されて短くなったタンパク質分子が含まれていることが判明した。そこでその分解を防ぐ試薬を探し出して結晶化の際に加えたところ、今度は逆に結晶化が全く見られなくなってしまった。結局、分解を受けやすい部分をあらかじめ削っ

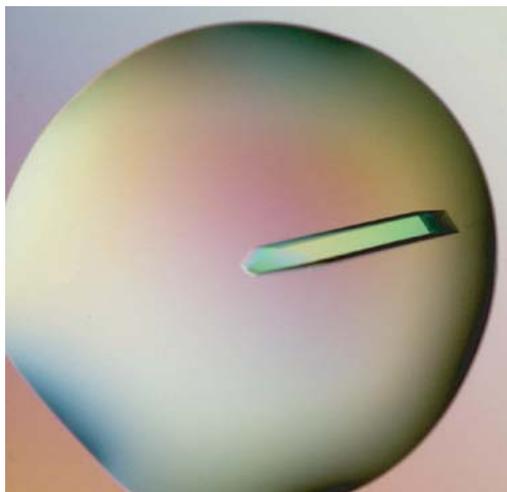


図2 タバコ由来PsbPタンパク質の結晶

タバコPsbPを大腸菌で発現させて精製し、結晶化させる事でこの問題を克服した。

次に問題となったのが、新規なタンパク質構造を決めるのに欠かせない位相決定の段階であった。位相決定には重原子同形置換法と多波長異常分散法が用いられるが、PsbPの結晶は重原子溶液中で容易に単位格子構造が変化するために重原子同形置換法は断念せざるを得なかった。つぎにSPring-8の放射光（ビームラインBL45PX）を利用した多波長異常分散法による決定を試みたが、この場合もなかなか位相の決定には至らず非常に苦労した。試行錯誤の

結果、重原子との反応が結晶に一部ひび割れが入る程に進んでいて、かつX線回折能を完全には失っていない結晶から得たデータを手がかりに、重原子置換結晶の構造を2.0 Åの分解能で決定できた。後から考えれば、PsbP結晶の単位格子構造が重原子溶液中で変化する過程において、結晶中の全ての単位格子構造が完全に変わりきらない間は結晶内部が双晶の状態になっており、たとえ重原子が結合していても位相決定には結びつかなかったのであろう。その後、SPring-8のビームラインBL44B2で収集したNative結晶のデータを用いて分子置換法を行い、最終的には1.6 Åの分解能でPsbPの立体構造決定に至った。こうした一連の実験経過を振り返ると、一個の重原子置換結晶で構造決定ができる多波長異常分散法と、迅速かつ高精度なデータ収集による有意義な試行錯誤が可能であったSPring-8を利用できたことが成功の鍵であった。

3. 立体構造から明らかになったこと

PsbPの構造は、アミノ末端側の短いストランドで構成される構造（ドメイン：ピンク色の部分）と、 β -シート構造の両側を α -ヘリックスで挟んだ中央の構造（ドメイン：青色の部分）の2つのドメイン構造で構成されていた（図3）。このうちドメインの配列は、筆者らの過去の研究においてカルシウムイオンと塩素イオンの保持に重要であると判明している^[10, 11]が、イオン保持に必須な残基

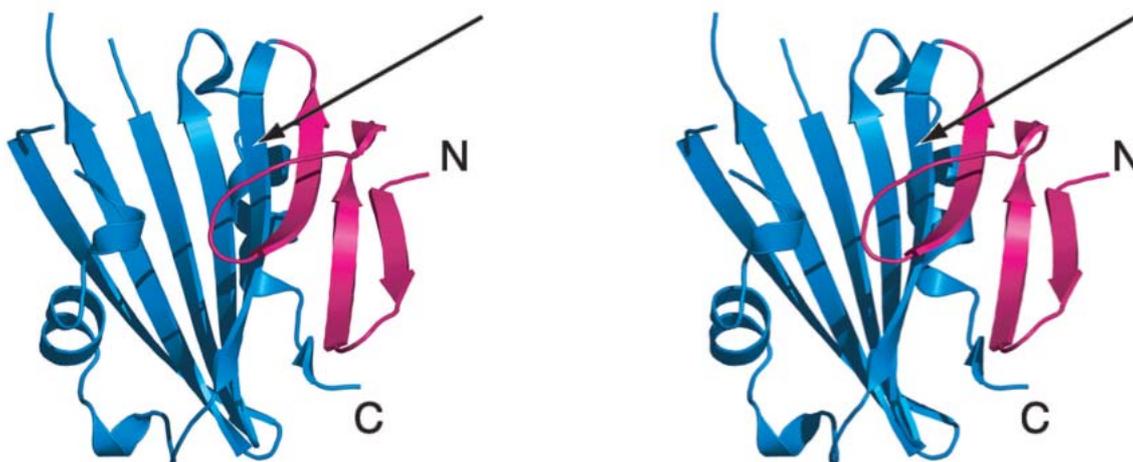


図3 タバコ由来PsbPタンパク質の結晶構造のステレオ図

PsbPの構造はN末端側のドメイン（ピンク色）とC末端側のドメイン（青色）に分けられ、両者の間には矢印で示した位置にプロテアーゼで切断され易いサイトが存在する。

であるN末端15残基が結晶構造に欠けているため、イオン保持機構に関する情報は得られなかった。このPsbPのN末端15残基は、おそらく光化学系と結合して初めてイオン保持に必要な構造をとると考えられる。一方でドメインに関しては、分子表面の静電ポテンシャルの解析からその内部に植物種間で保存されたアミノ酸残基からなる塩基性のパッチが存在しており、その反対側の表面は逆に酸性に荷電していた。こうした特徴はシアノバクテリアのPsbVにおいても認められた(図4)。シアノバクテリアの光化学系の全体構造から、PsbVは塩基性の表面で膜タンパク質側と相互作用し、酸性の表面

でPsbUと相互作用していると考えられる。PsbPとPsbVの、各々の光化学系における役割は似ている部分があるため、おそらくはPsbPも塩基性パッチで膜タンパク質と、酸性表面でPsbQと相互作用している事が予想される。この予想の妥当性に関しては現在、生化学的な証明を進めている。

PsbPとPsbVの類似性が認められる一方で、PsbPと似た構造を示すタンパク質は、PsbVを含めたこれまでに報告されているシアノバクテリアの光化学系の結晶構造中には存在せず、それらのタンパク質の中からPsbPが生じたとは考えにくかった。最近、シアノバクテリアにもPsbPと弱い配列相同性

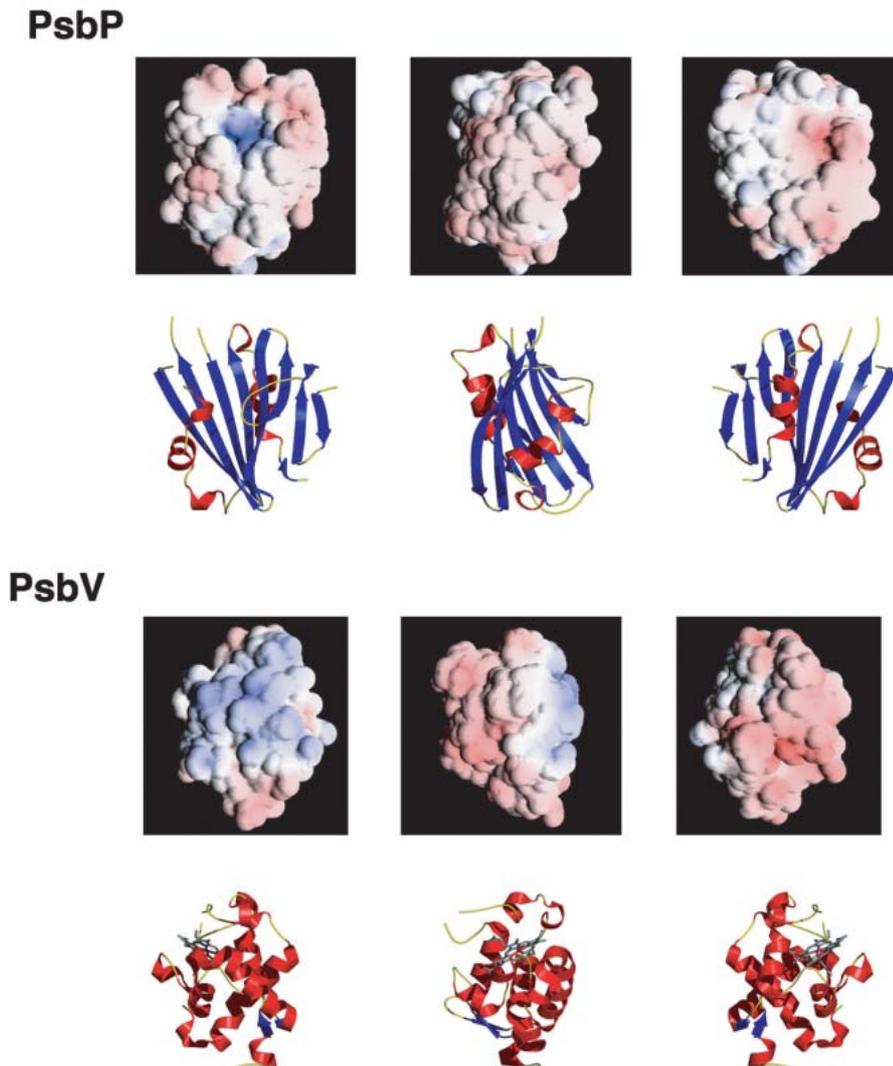


図4 PsbPとPsbVタンパク質の表面電荷と立体構造の比較
PsbPとPsbVの分子表面は、正に荷電した領域(青色)と負に荷電した領域(赤色)が明確に存在しており、その点では共通点がある。しかしながら両者の立体構造は全く異なる。

を示すタンパク質が存在することが明らかとなり、シアノバクテリアの“PsbP”として扱われている場合がある。一方で、シアノバクテリアの“PsbP”により近いタンパク質が、高等植物にもPsbPとは別に存在していることから、筆者らはこれらPsbPホモログを「PsbP-like protein」として高等植物や緑藻のPsbPとは区別して呼んでいる。これらPsbP-like proteinの役割に関しては、高等植物においてもシアノバクテリアにおいてもよく分かっていない。ごく最近にシアノバクテリアのPsbP-like proteinの遺伝子破壊株の解析結果から、おそらくこのタンパク質も光化学系の反応に関与している可能性が、日本植物生理学会年会において報告された^[12]。そこでは遺伝子破壊株の表現型から、シアノバクテリアのPsbP-like proteinは高等植物のPsbPとはかなり性質や役割が異なることが示唆されていた。今後、そうしたPsbP-like proteinがどのように光化学系反応に関わっているのか、その具体的な光化学系における結合部位や、化学量論的な結合量が明らかにされる必要がある。

こうした研究の一方で、新規なタンパク質構造が決定された際には、そのタンパク質と似た構造を示すタンパク質を検索することで、そのタンパク質の機能や類縁関係に関する情報が得られる場合が多い。そこで筆者らもPsbPと似た構造をDALIデータベース上で検索した。驚いた事にPsbPの立体構造は、特にドメインの部分においてRan-GTPaseとの結合タンパク質であるMog1pと似ている事が判明した(図5)。Ran-GTPaseは、結合しているGTP

の加水分解を通して、細胞核へのタンパク質の輸送や細胞分裂の制御等にも関わる重要な酵素であり、真核生物に普遍的に存在している。そしてMog1pは、そのRan-GTPaseがGTPと結合した活性化された状態に保つのに重要な役割を果たしている^[13]。最近、高等植物の光化学系においても、その反応で中心的な役割を果たすD1タンパク質の分解 - 再合成過程にGTPが重要な役割を持つ事が報告された。しかも光化学系においてPsbPと直接相互作用していると考えられているPsbOタンパク質にそのGTPが結合している事が報告された^[14]。シアノバクテリアでは、そうしたGTPに関わる光化学系の代謝制御は報告されていない。これらの事実はPsbPがMog1pと類似した役割を光化学系で持っている可能性を示唆しており、高等植物がPsbPを獲得した理由を解明する手がかりになるかもしれない。

4. おわりに

PsbP分子自体の発見は1980年代になされ、*in vitro*の実験系における機能解析も多くがその頃になされた。それ以後、その分子研究には大きな進展がなかったが、今回のPsbPの構造解析の結果を踏まえて研究が再加速すると考えている。もちろん、立体構造から推測される事柄は全て実験的に検証される必要がある。特にPsbPとMog1pとの構造上の類似性の持つ生物学的な意味に関しては、現状では全く推論の域を出ていない。しかしながら立体構造が与える示唆は非常に魅力的であり、分子生物学、生化学的な裏付けを得られるかどうか現在検討して

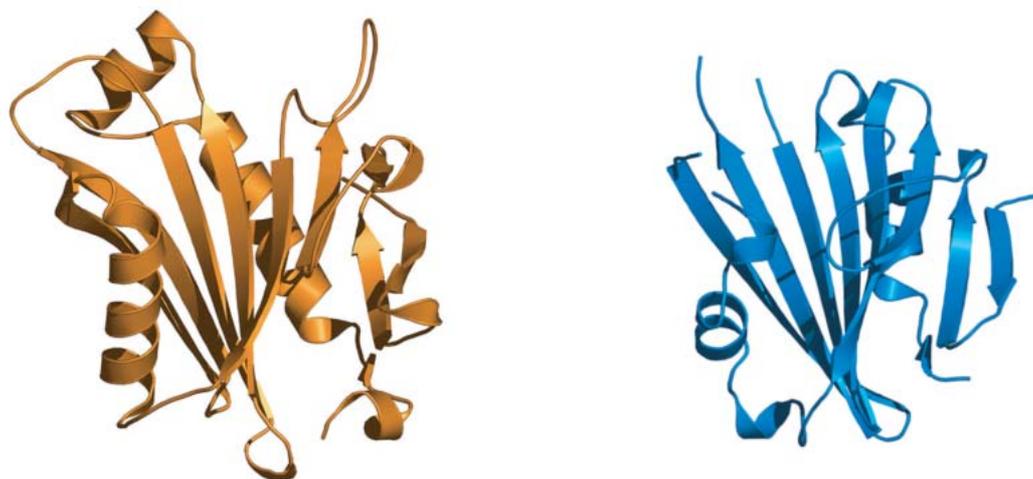


図5 Mog1p(左)とPsbP(右)の立体構造上の類似性

いる段階である。すでに筆者のグループではPsbPの発現をRNA干渉法で抑えた植物個体を確立しており、その解析から何らかの情報が得られると期待している。さらにPsbPの立体構造は、シアノバクテリアなどに存在するPsbP-like protein (PsbPの祖先?)の機能を考える上でも重要であり、それらの機能解析を通じてPsbPの分子進化の全容が明らかにできると考えている。

近年、光化学系複合体研究に関しては構造解析以外にも様々な進展がある。ひとつにはこれまでに知られていなかった低分子サブユニットが多数同定されてきている事であり、これは膜タンパク質の可溶化、精製手法や微量蛋白質の同定技術の進歩によるところが大きい。シアノバクテリアの光化学系にPsbQに似た蛋白質が確認されたのはその一例である^[15]。また表在タンパク質全体の分子進化に関しては、日本の研究グループによって、様々な真核藻類の表在タンパク質の組成と性質を網羅的に解析する研究が行われている。実際に真核藻類の一つである紅藻からは、高等植物と緑藻のPsbQの祖先であることが示唆されるタンパク質が発見された^[16]。今後国内外を問わず、この分野の研究が盛んになる事が予想され、筆者ら今回の研究成果はその一つのきっかけになるのではないかと考えている。こうした一連の研究によって、原核生物から真核生物に至る、酸素発生型光合成生物の進化の流れの大きな一側面が解明されると期待している。

最後に、本研究は筆者が現在所属している京都大学大学院生命科学研究科の佐藤文彦教授と、理化学研究所播磨研究所メンブレンダイナミクス研究チームの加藤博章チームリーダーと中津亨研究員(現在、京都大学大学院薬学研究科教授と助教授を各々兼任)との共同研究による成果である。また実験の全ての過程において、現京都大学大学院薬学研究科博士研究員の清水哲哉博士にお世話になった。さらにX線回折実験ではSPring-8の理研チームラインのスタッフの皆さんの協力を頂いた。この場を借りて全ての方々に感謝致します。

参考文献

- [1] J. De Las Rivas, M. Balsera and J. Barber : Trends in Plant Sci. **9** (2004) 18.
- [2] A. Seidler : Biochim. Biophys. Acta **1277** (1996) 35.
- [3] A. Zouni et al. : Nature **409** (2001) 739.
- [4] N. Kamiya and J.-R. Shen : Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **100** (2003) 98.
- [5] K. N. Ferreira, T. M. Iverson, K. Maghlaoui, J. Barber and S. Iwata : Science **303** (2004) 1831.
- [6] K. -H. Rhee, E. P. Morris, J. Barber and W. Kühlbrandt : Nature **396** (1998) 283.
- [7] V. Calderone et al. : EMBO Rep. **4** (2004) 900.
- [8] K. Ifuku, T. Nakatsu, H. Kato and F. Sato : EMBO Rep. **5** (2004) 362.
- [9] K. Ifuku, T. Nakatsu, H. Kato and F. Sato : Acta Crystallogr. **D59** (2003) 1462.
- [10] K. Ifuku and F. Sato : Biochim. Biophys. Acta **1546** (2001) 196.
- [11] K. Ifuku and F. Sato : Plant Cell Physiol. **43** (2002) 1244.
- [12] H. Ohkawa et al. : Plant Cell Physiol. **S45** (2004) S80.
- [13] M. Oki and T. Nishimoto : Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **95** (1998) 15388.
- [14] C. Spetea et al. : Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **101** (2004) 1409.
- [15] Y. Kashino et al. : Biochemistry **41** (2002) 8004.
- [16] H. Ohta et al. : Eur. J. Biochem. **270** (2003) 4156.

伊福 健太郎 IFUKU Kentaro

京都大学大学院 生命科学研究科 /

理化学研究所 播磨研究所 メンブレンダイナミクス研究グループ

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

TEL : 075-753-6381 FAX : 075-753-6398

e-mail : ifuku@kais.kyoto-u.ac.jp

略歴 :

1996年 京都大学 農学部 農芸化学科卒業

2001年 京都大学大学院 農学研究科 博士課程修了

2001年 博士(農学)取得

2001年 文部科学省未来開拓推進事業 リサーチアソシエイト(京都大学)

2001年~現在 理化学研究所 播磨研究所 非常勤連係研究員を兼任

2002年~現在 京都大学大学院 生命科学研究科 助手

2000Bに採択され2003Aに終了した長期利用課題の研究紹介(2)

財団法人高輝度光科学研究センター
利用業務部

2000B期(平成12年9月~平成13年1月)から特定利用課題(現:長期利用課題)として採択しました3課題につきましては、2003A期(平成15年2月~平成15年7月)で終了し、それぞれの課題の事後評価が実施され、その評価結果、成果リストについ

ては、利用者情報誌(Vol.9, No.2)に掲載いたしました。

今号では、前号の2課題に引きつづき、残りの[課題名]:硬X線マイクロビームを用いる顕微分光法の開発の研究内容について紹介いたします。

硬X線マイクロビームを用いる顕微分光法の開発

[特定利用課題(現:長期利用課題)(2000B-2003A)]

広島大学大学院 工学研究科
早川 慎二郎

特定利用課題採択名称

[課題名]:硬X線マイクロビームを用いる顕微分光法の開発

[実験責任者]:早川 慎二郎(広島大学)

[採択時の課題番号]:2000B0029-LM-np

[実施BL/総シフト数]:

BL39XU 計117シフト(2000B~2002A)

BL37XU 計72シフト(2002B~2003A)

総計189シフト

1. はじめに

放射光を用いる顕微X線分析は1972年のHorowitzらの先駆的な研究^[1]に引き続き、1980年代から世界の放射光施設で取り組まれている。筆者らもPhoton Factory(PF)においてWolterミラーを用いる硬X線のマイクロビーム化^[2]に取り組むとともに、回転楕円面ミラーとピンホール(10-100 μ m径)を組み合わせて強力なX線マイクロビームを実現し、局所での蛍光X線微量元素分析やマイクロXAFS測定に取り組んだ^[3,4]。筆者らが集光光学系に全反射ミラーを用いた理由は放射光のエネルギー可変性を重視するからであり、分析装置として電子顕微鏡との差別化を考えた。PFで構築したシステムでは

15keV程度までの領域でエネルギー可変なマイクロビームを実現したが、10 μ m径のビームスポットで得られたフォトンフラックスは1 \times 10⁸個/s以下であり、微量元素についてのXANESスペクトル1つに数時間の積算を要する状況であった。

10keV以上の硬X線をアンジュレーターの1次光として発生させることができるSPring-8はまさに顕微X線分光のための光源であり、共用ビームライン計画(BL39XU)の提案においてはエネルギー可変な強力X線マイクロビームによる顕微X線分光を最重要テーマとして位置付けてきた^[5]。最大の問題は全反射ミラーによるマイクロビーム生成においては傾斜誤差で表される理想的な形状からのずれによりビームサイズが支配されていた点であり、エミッタンスが小さな光源を生かす恐れがあった。SPring-8の供用開始後しばらくして加工技術の進歩にある程度の見通しを得る事ができたため、BL39XUの高度化予算をいただきKirkpatrick Baez(KB)ミラーの作成に取り組んだ。

後述する通り、SPring-8の標準型アンジュレーターを光源とする事で μ mサイズのビームスポットに1 \times 10¹¹/s近いビーム強度を実現する事ができた。第2世代光源を用いる場合と比べて3桁のゲインが実現したことにより様々な顕微X線分光を組み合わせる事が可能となった。具体的には蛍光X線法による微量元素の定量的イメージング、マイクロXAFS

測定、微小部での高分解能蛍光X線分光、X線移相子と組み合わせた偏光顕微鏡の開発などを目標として2000Bから2003Aまでの3年間に特定利用研究課題として研究を推進した。本稿ではその概要を取り上げる。

2. X線分光顕微鏡の開発

2-1. エネルギー可変X線マイクロビームの生成

硬X線のマイクロビーム化に関しては様々な報告^[6]があるが、エネルギー可変なマイクロビームを実現するために楕円筒ミラーを水平、垂直それぞれの方向に用いるKBミラーを採用した^[7]。単色化されたX線に対しての利用を前提として母材には溶融石英を用い、18keV程度までのエネルギー域で連続的な反射率を得るために表面にはRhをコートした。図1には作成したKBミラーのパラメータを示す。全反射ミラーでは傾斜誤差によりビームサイズが支配される場合が多く、設計にあたっては許容される傾斜誤差を5 μ radとし、ミラーから集光点までの距離を100mmよりも短くする事でビーム広がりを1 μ m以下に抑える事をめざした。光軸方向のミラー長はビームの取り込み角を決める重要なパラメータであるが、傾斜誤差により決まる制約により40mmとした。視射角4mradの条件を採用したことにより実効的なミラー開口は160 μ m角となり、実験ハッチに導かれる全放射に対する利用率は10%以下とな

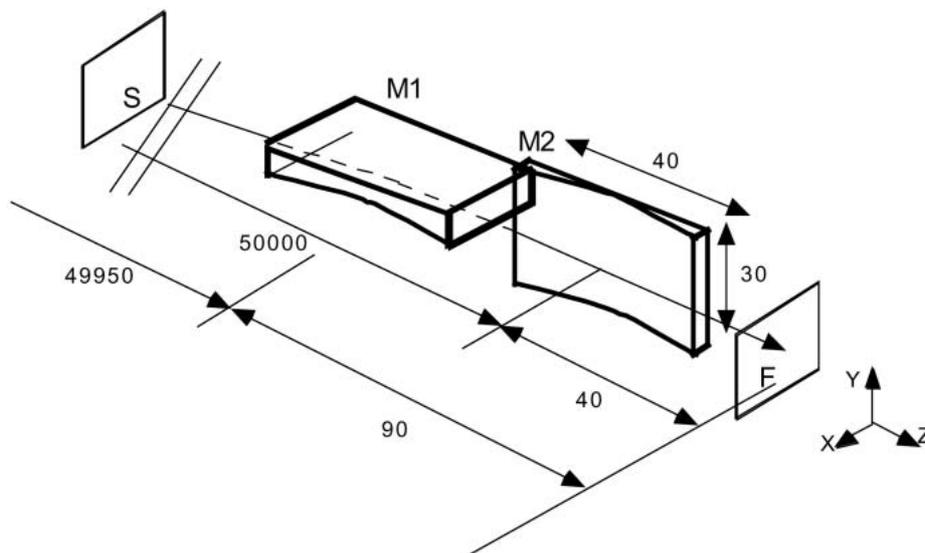


図1 KBミラーのパラメーター(単位mm)

った。作成したミラーについてはrms表面粗さとして0.68nm(M1)、0.77nm(M2)、1mm長あたりの傾斜誤差として $3.16 \mu\text{rad}$ (M1)、 $5.25 \mu\text{rad}$ (M2)という評価結果が得られている。M2の傾斜誤差は設計仕様よりも悪いが、M2から集光点までの距離はM1よりも短い事を考慮して許容した。

これまでにBL39XUおよびBL37XUにおいて $2 \mu\text{m} \sim 4 \mu\text{m}$ 径程度のビームサイズに 3×10^{10} 個/s(10keV)以上のビーム強度を実現している。特に2002B期からしばらく採用された低エミッタンスモードでの運転では 1×10^{11} 個/s程度のビーム強度を得ている。BL39XU、BL37XUではピンポスト冷却のモノクロメーターを採用しているが、液体窒素冷却のモノクロメーターを有するBL47XUにおいても別課題においてミラーの評価実験を実施した。得られたビームプロファイルを図2に示す。入射ビームの空間コヒーレンスが高いために集光点でのビームプロファイルにもミラー形状を反映した構造が現れているが、輸送系に $10 \mu\text{m}$ 幅(水平方向)のスリットを挿入した条件で水平、垂直両方向について $1 \mu\text{m}$ 以下のビームサイズを実現したと考えている。

2-2. X線分光顕微鏡の概要

KBミラーで実現したX線マイクロビームと試料走査系を組み合わせる事で微小領域でのX線分析システムを構築した。これらの装置を真空チャンバ

内に設置することでMg程度の軽元素までについて蛍光X線測定を実現した。2002A終了までの期間においてはBL39XUに設置された微小領域X線分析装置(現在はBL37XUに移設され汎用蛍光X線分析装置と改名)を用いて基本的な性能評価、改良を進めた。明らかになった問題点などを修正の上、最終的な装置(X線分光顕微鏡)を設計・作成しBL37XUにおいて立ち上げを行った。

図3にはBL37XU実験ハッチ1内部の写真を示す。SPRING-8標準型アンジュレーター($d=32\text{mm}$)からの放射光を回転傾斜型Si₂結晶モノクロメーター(水冷ピンポスト結晶)で単色化を行う。実験ハッチの直前には水平振りの平板ミラー(RhまたはPtのコート面を選択可能)2枚が設置されており、高次光を除去したビームを光軸と平行な方向に取り出す事ができる。実験ハッチ内のX線分光顕微鏡までのパスには真空パイプが設置され、直前に設置されたXYスリットを用いてビームサイズを $150 \mu\text{m}$ 角または適当な大きさに整形する。図4にはチェンバ内部の写真を示す。試料は多軸自動ステージ上の試料ホルダーに取り付けられている。イメージングのために必要なXYステージに加えて、試料取り出し角を変化させるための回転ステージ(θ軸)、試料表面を回転中心と揃えるための並進ステージ(Z2軸)、回転中心を検出方向と一致させるための並進ステージ(Z1軸)などを有している。

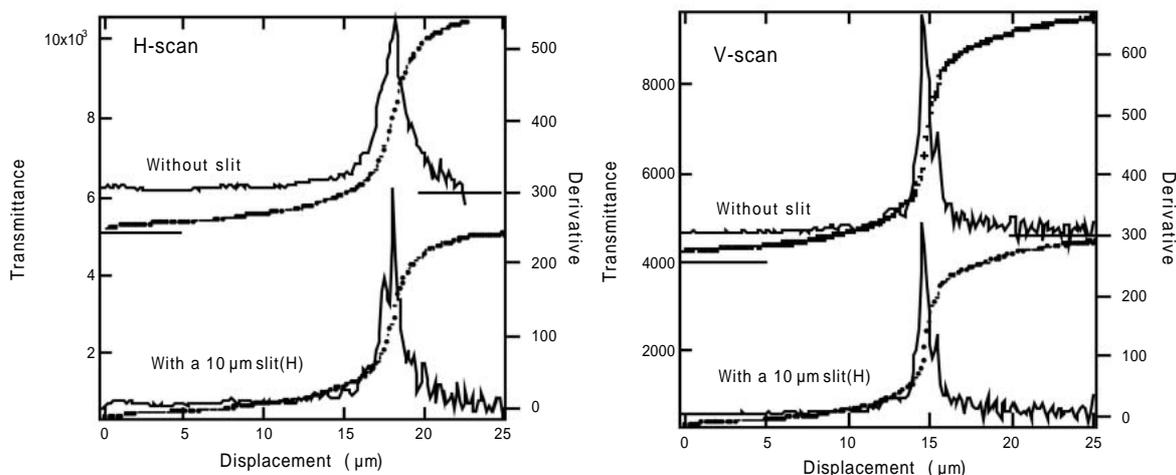


図2 KBミラーにより得られたX線マイクロビーム(BL47XU、2001B)、Auワイヤーのエッジスキャン像とその微分像により評価。

蛍光X線の検出にはSi (Li) や silicon drift detector (SDD) などの半導体検出器が主に利用されるが、波長分散型分光系を用いて高分解能での蛍光X線分光も可能である。バックグラウンドを低減するためにSi (Li) や SDDにはアルミ製のコリメーターが取り付けられており、ビーム照射部位周辺 2 mm 径程度 (コリメーター径に依存) 以外からの信号を検出しないように工夫されている。

実際に試料を測定する際には分析したい位置へビームを素早く照射する事が重要であるが、無染色の生体組織などについては装置内に実体顕微鏡を設置した場合でも試料の位置決めが困難な場合が多い。従ってオフラインでの試料観察用の光学顕微鏡 (図5) に3軸 (xyz) の自動ステージを設置し、X線分光顕微鏡の試料ステージと連動するシステムを構築した。さらに試料ホルダーにはマグネットと3点支持を利用するキネマティカルマウントを採用し、ホルダーの脱着再現性として 1 μm 以下の精度を実現した。これによりオフラインで観察した部位に高精度でビーム照射を行うことが可能となった。試料周辺からのバックグラウンドX線を低減するために試料は 40mm 角の中空 (20mm) アクリル板 (t=1mm または 2mm) 上に一度固定した上でキネマティカルマウントに取り付ける場合が多い。アクリル板ごと試料を取り外して再度位置決めを行った場合でも 50 μm 以下のビーム照射位置再現性を実現している。

2-3 . 計測システムと測定・解析ソフト

計測システムとしてはSPring-8の標準的なシステムを用いているが、高い信号計数率に対応するためにSDDを採用した点と最小10ns程度までの信号サンプリングが可能な高速カウンター (NI社製6602) を用いて高速の2次元イメージングを実現した

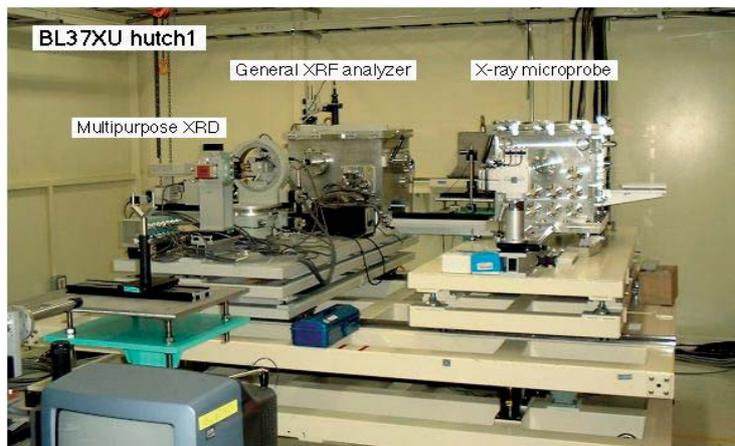


図3 BL37XU実験ハッチ内写真 (ハッチ1下流側)

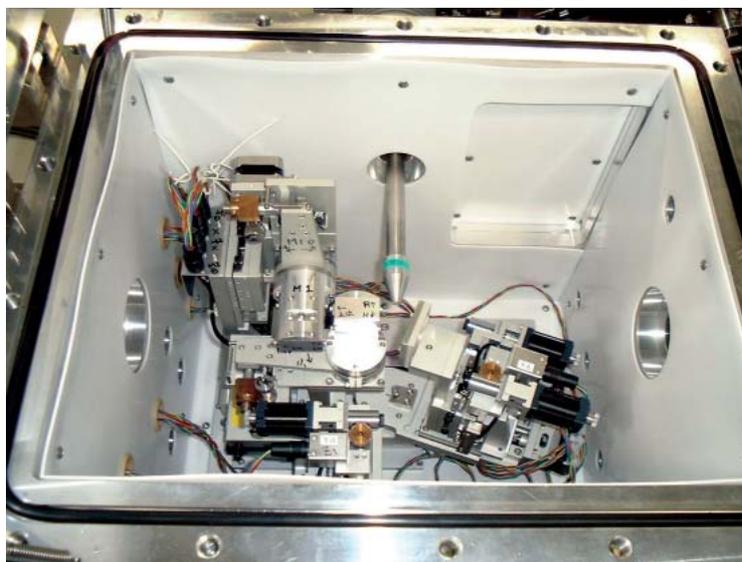


図4 X線分光顕微鏡内部写真



図5 試料位置決め装置

点に特徴がある。

装置制御にはLabView上で開発されたソフトを用いた。BL39XU立ち上げ時に分析SGとして開発したソフト群や鈴木基寛氏により開発されたXAFS測定ソフト群を参考に、広大グループが開発を行った。また、取得したイメージング画像や蛍光X線スペクトルの解析には主にIgorProを利用し、蛍光X線スペクトルによる元素定量分析やイメージング画像の表示、画像からの粒子の座標を抽出するマクロを作成した。

3. X線分光顕微鏡による蛍光X線・XAFS測定

3-1. 蛍光X線分析

エネルギー校正、感度係数の算出などに利用する標準試料から得られる蛍光X線スペクトルの例を図6に示す。試料はカプトン膜(10 μ m厚)上にNi5.3nm($t=4.72\mu\text{g}/\text{cm}^2$)、Fe7.0nm($t=5.50\mu\text{g}/\text{cm}^2$)、Cr6.9nm($t=4.96\mu\text{g}/\text{cm}^2$)の順に金属膜を積層したもので、3元素に対する感度係数を同時に取得できる。それぞれの元素についての蛍光X線強度を入射ビーム強度で規格化した上で面密度(既知)で除算した値を感度係数とし、その後の定量分析に用いた。なお、単色X線による励起効率や空気、窓材等による蛍光X線の吸収はすべて原子番号に対して単調な変化をするため、Cr、Fe、Niについての実測された感度係数に対してフィッティングを行う事でMgからZnまでの感度曲線を求めた(図7)。試料からの信号強度(規格化後)を感度係数で除算することにより対象元素の面密度を求めることができる。ビーム照射領域の試料面密度が既知の場合は濃度を算出することができる。

ポリプロピレン膜(6 μ m厚)上にCuを1.2nm蒸着した試料について得られた蛍光X線スペクトルを図8に示す。バックグラウンドの3に相当する信号強度で定義される検出限界はビーム

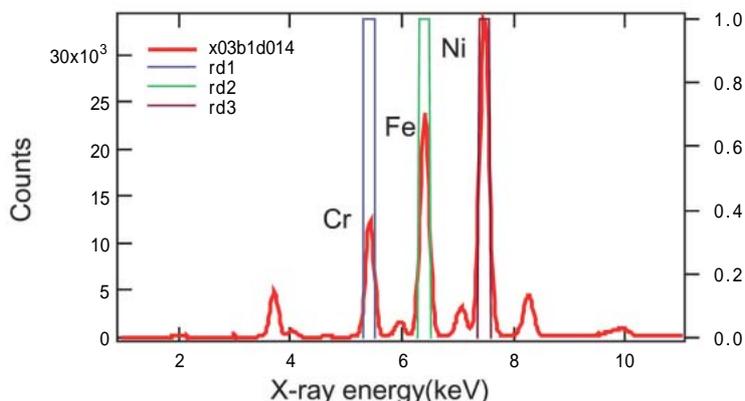


図6 標準試料 (Cr/Fe/Ni/Kapton) についてX線マイクロビーム(10keV)を用いて得られた蛍光X線スペクトルの例

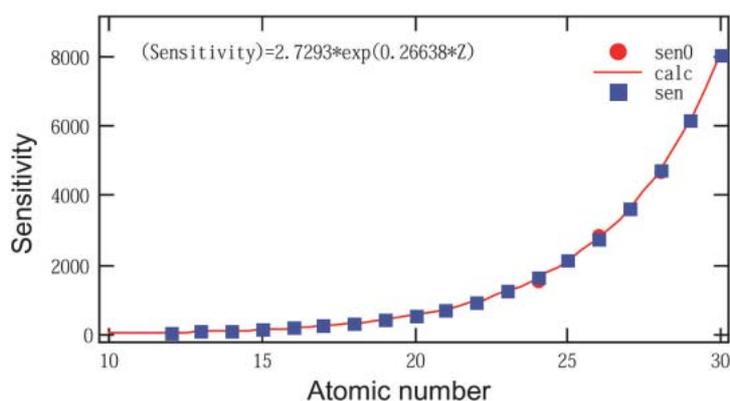


図7 標準試料から求められた感度曲線(10keVマイクロビーム励起)の例

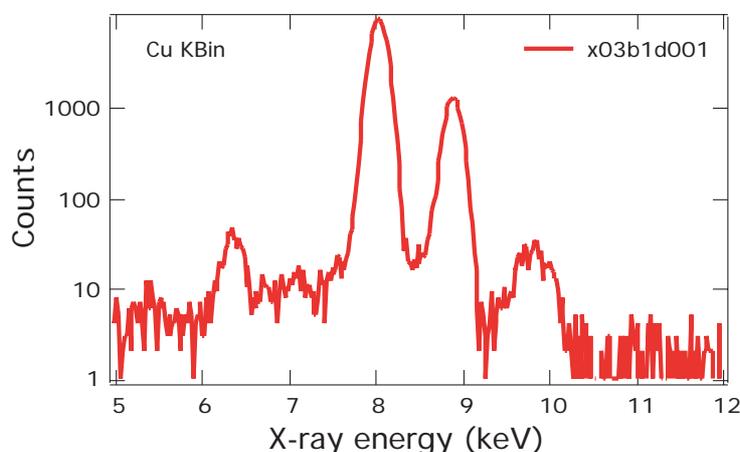


図8 Cu薄膜(1.2nm)について得られた蛍光X線スペクトル(10keVマイクロビーム、100秒積算)

サイズ内の領域で50agであり、わずかに 5×10^5 個のCu原子に相当する。

3-2. マイクロXAFS測定

マイクロXAFS測定においては入射ビーム強度での規格化の正否がスペクトルの質を大きく支配する^[4,6]。我々は集光ミラーと試料とのわずかな空間でビーム強度をモニターするために、X線励起によるAl箔からの試料電流を検出するビーム強度モニターの開発を行い、その基本性能を報告している^[8]。

図9にX線マイクロビームを用いてNi箔(8 μ m厚)について測定されたNiK吸収端でのXAFSスペクトルを示す^[9]。試料への入射ビーム強度の測定には開発した微小ビーム強度モニターを用い、透過X線強度にはイオンチェンバーを用いた。入射ビーム強度のエネルギー依存性には様々な構造が表れているが、これらはエネルギー走査中における垂直方向におけるビーム位置のわずかな変化や光源の変動など様々な要因が重なっている。透過法により求められた光学密度(μt)においてはこれらのビーム強度変動の影響は除外されており、開発した微小ビーム強度モニターによる規格化が良好に行われている事を示している。しかしながら、本システムでは

光源位置を規定する絞りをういておらず、ミラー直前のスリットでビームを制限しているだけであるため、モノクロメーターの調整時に試料上でのビーム位置がわずかに移動する事が確認されている。サブミクロンの空間分解能でのマイクロXAFS測定をめざす際には重要な課題となると考えられる。

3-3. 高分解能蛍光X線分光(波長分散型蛍光X線分光系)

試料上でのビームサイズが小さい事を利用すると、1枚の平板分光結晶を用いて蛍光X線スペクトルを大きく分散させる事ができる^[10,11]。大橋、飯田らは50 μ m径のビームを励起に用い、分散された蛍光X線スペクトルを位置敏感比例計数管(PSPC、position sensitive proportional counter)で検出する1結晶分光器を作成し、高分解能での蛍光X線スペクトルを報告した^[10]。しかしながら検出効率が低いために白色の放射光が励起には用いられた。SPring-8を光源とするX線分光顕微鏡では単色化されたX線による励起でも高分解能蛍光X線スペクトルを容易に得る事ができるようになった。図10には平板型1結晶分光器を用いてCu箔について得られた高分解能蛍光X線スペクトルを示す。励起には10keV X線を用い、分散されたスペクトルの検出にはX線CCDを用いた。

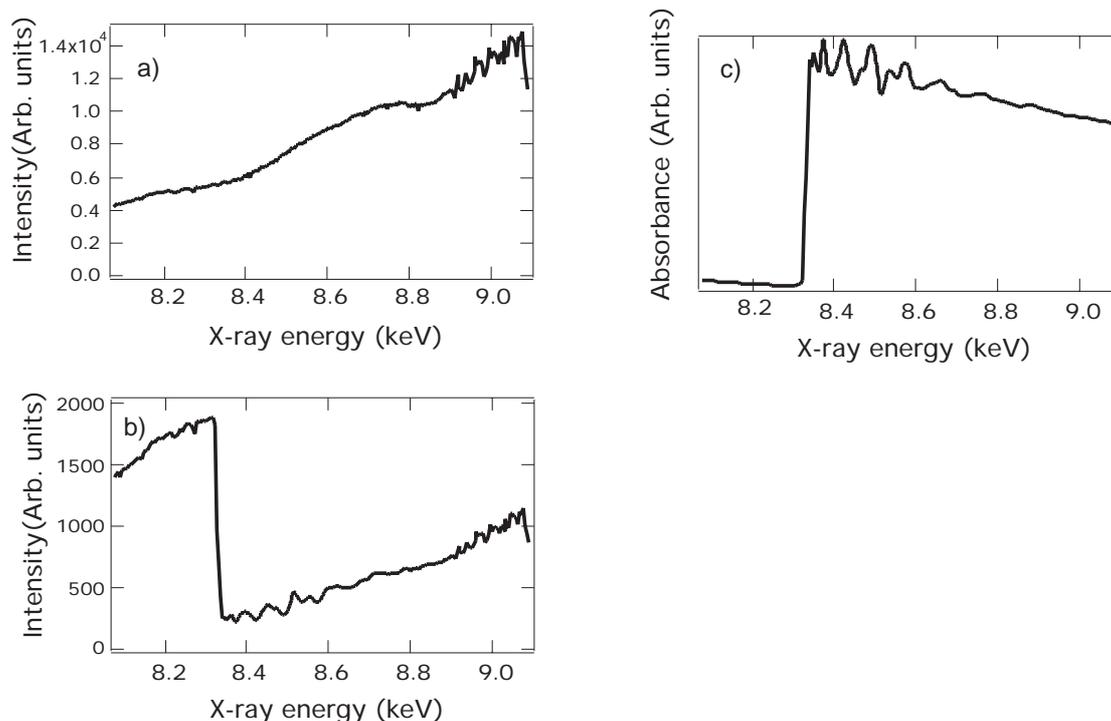


図9 Ni箔(8 μ m厚)について透過法により得られたマイクロXAFSスペクトル。a) 入射ビーム強度、b) 透過X線強度、c) 光学密度(μt)

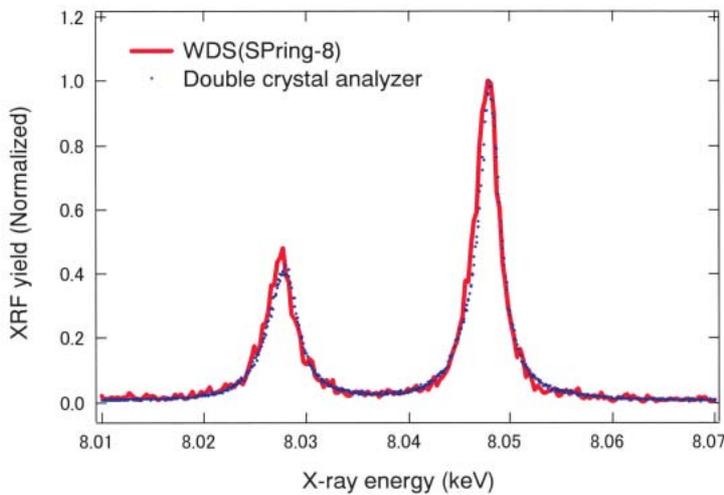


図10 Cu箔について1結晶分光器（CCD検出器）を用いて得られた高分解能蛍光X線スペクトル。

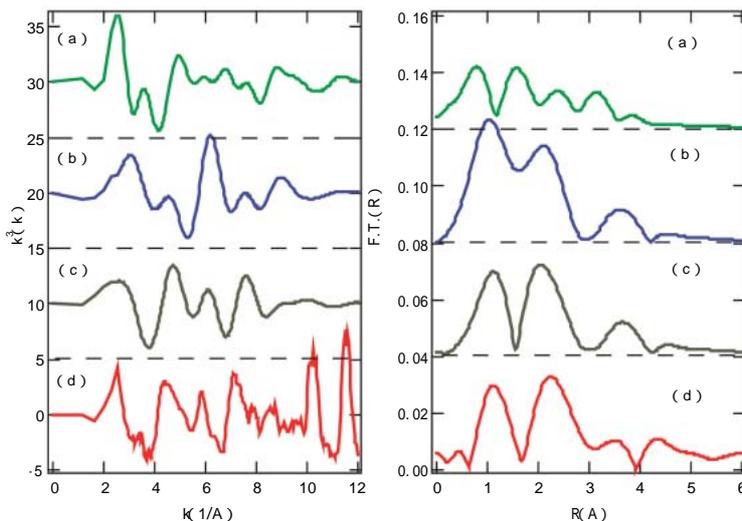


図11 ダイヤモンド中に固溶したNiについてのXAFSスペクトル(d)と理論計算スペクトル(a)~c)。左) (k) 右) フーリエ変換、a) 侵入型、b) 置換型、c) 最近距離がのびた置換型

(++) 配置の2結晶分光器で得られたスペクトルと比較すると2つのスペクトルはほぼ同一であり、自然幅(約2.6eV)程度の幅を持つローレンツ関数型のスペクトルが得られている。

4. X線分光顕微鏡の応用

ここまで取り上げてきた装置開発と平行して、様々な共同研究者と応用研究を進めた。その数例を以下に取り上げる。

4-1. 高圧合成ダイヤモンド中の不純物解析

大型のダイヤモンド単結晶はグラファイトが安定相となる高温高圧の条件(高圧法)で育成される。合成時に利用されるFe、Co、Niなどの金属溶媒がダイヤモンドに固溶される現象について蛍光X線分析、蛍光XAFS法を用いて解析を進めている^[12]。X線分光顕微鏡を用いることにより数10ppmレベルで固溶したNiについてのマイクロEXAFS測定が初めて実現した。図11にダイヤモンド中に固溶したニッケルについて得られたマイクロXAFSスペクトル(k)とそのフーリエ変換を示す。理論計算(FEFF8)との比較によりダイヤモンド中のNiは主にひずんだ置換型のサイトに存在している事をはじめて明らかにした^[13]。

4-2. 個別エアロゾル粒子の微量元素分析、XAFS測定

エアロゾルの無機成分分析は発生(土壌)起源や輸送過程での変質を知る上で重要である。従来は粒子径毎に捕集された試料について平均的な元素組成を用いて議論が進められてきたが、様々な起原の粒子が混在していると考えられる事から個別粒子についての元素情報に関心が持たれていた。電子顕微鏡やマイクロPIXEを用いて主成分に近い元素については報告があったが、X線分光顕微鏡を用

いる事でエアロゾル1粒子にppmレベルで含まれる微量元素が検出可能となった^[14, 15]。図12にはNucleporeフィルター上に捕集された黄砂粒子について蛍光X線イメージを行った結果を示す。走査範囲は200μm角であり、蛍光X線信号の強い黒い領域が1つ1つの粒子に対応している。元素毎の画像が大きく異なっており、個別の粒子の組成が大きく異なっている事がわかる。主成分であるFeの蛍光X線画像から16個の粒子座標を決定し、蛍光X線ス

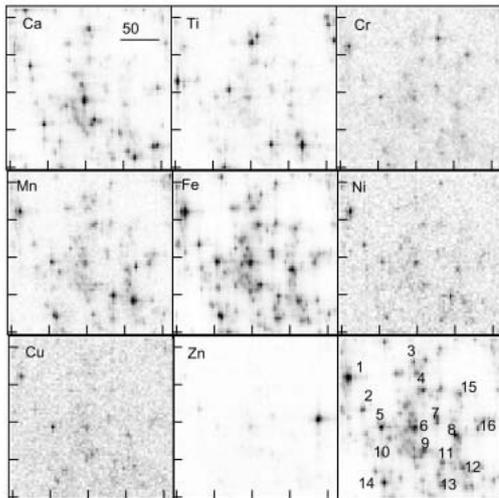


図12 黄砂試料について10keVマイクロビームを用いて得られた蛍光X線イメージング像。右下画像中の番号はFe蛍光X線像から決定された16粒子の場所を示す。

ペクトル測定と定量分析を行った。図13にはいくつかの粒子についての蛍光X線スペクトルを示す。5 μm 以上の粗大粒子である1についてNiの含有量は17.2fgであり、ビームサイズよりも小さいと考えられる粒子4、11、12には2～3fgのNiが含まれている。この測定では16個の粒子について蛍光X線スペクトルを測定したが、多数のエアロゾル粒子につい

てのデータを取得するために、広領域の高速イメージング、粒子座標抽出、自動XRF測定を行うソフトを開発した。様々な微量元素の情報を多変量解析することにより粒子毎の起原や履歴を明らかにする事に取り組んでいる。また、霧1粒に含まれる微量元素分析などにも取り組み、従来は不可能であった極微量の試料についても微量元素分析を実現している。

4-3．腎組織へ蓄積した有害金属のイメージングと状態分析

生体組織中の有害金属の蓄積は疾病との関係で重要な研究テーマである。従来は分布に関する情報を得るためには染色法が用いられ、定量分析を行うためには別途切り出した組織について原子吸光法などを用いて破壊分析が行われてきた。Hgのように有効な染色手法がない有害元素についてはX線分光顕微鏡を用いる蛍光X線イメージングは有効であり、これまでに腎組織へのCd、Hg、Znなどの蓄積を画像化し、元素による組織中での分布挙動の違いに関する知見を得ている^[17]。

図14には150 μm 径のビームを用いてラットの腎組織全体をイメージングした結果を示す。パラフィン包埋した組織を6 μm 厚の切片にしたものをポリプロピレン膜上に固定したものを試料とした。水銀は主に皮質と呼ばれる外側の領域に分布しているが、Znは髓質と呼ばれる組織内部にも分布している。皮質には尿細管と呼ばれる部位があり、Hgな

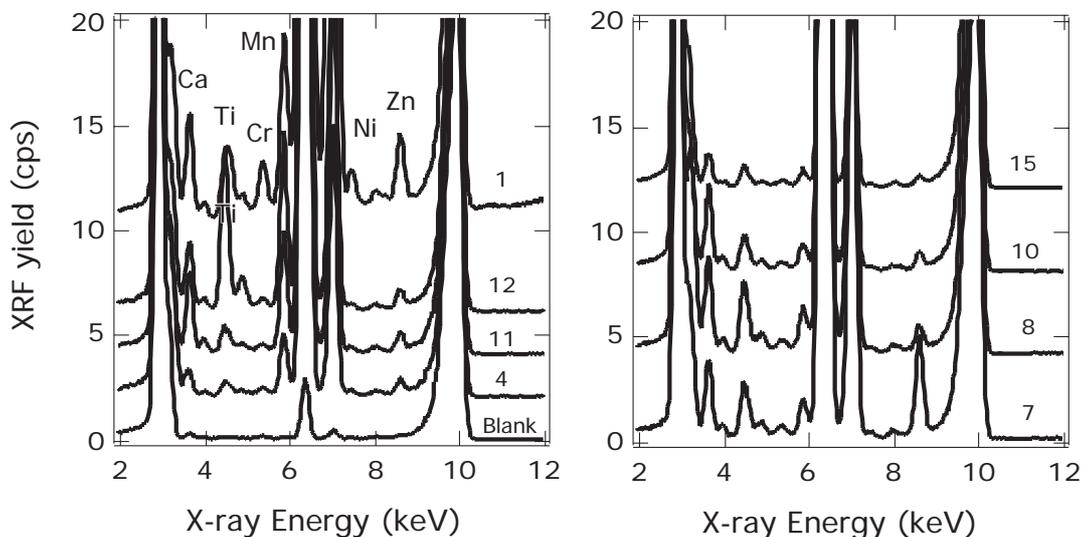


図13 個別黄砂粒子について10keVマイクロビームを用いて得られた蛍光X線スペクトル。

ど有害金属はここに蓄積されると考えられる。図15はこの尿細管と思われる場所についてマイクロビームでイメージングを行った結果で、図14中で四角で囲った領域を拡大した画像である。このように生体組織の特定部位への有害金属の蓄積が画像として得る事が可能になり、XAFS解析などと組み合わせて状態分析への応用も進めている。

5. おわりに

本稿では取り上げなかったが、X線移相子と組み合わせたX線偏光顕微鏡の実現は重要テーマの1つである。X線移相子はBL39XUにおけるMCD測定で幅広く用いられているが、マイクロビームと組み合

わせた応用を進めていくためには入射ビーム強度での規格化に対して通常のマイクロXAFSよりも厳しい要求を満足する必要がある。

また最近では回折限界で決まる100nmレベルのマイクロビームも非球面ミラーにより実現されている^[18]。エネルギー走査時のビーム位置安定性や、試料調製なども含めて試料上で100nmレベルの空間分解能を得るための技術開発も必要である。

本稿では様々な方々との共同研究の内容を取り上げたが、余りにも多くの方々が関与しているため筆者が代表して執筆させていただいた。装置の開発については広島大学・廣川健教授、育田夏樹助手、西山文隆助手に筆者を加えたグループが中心的な役割

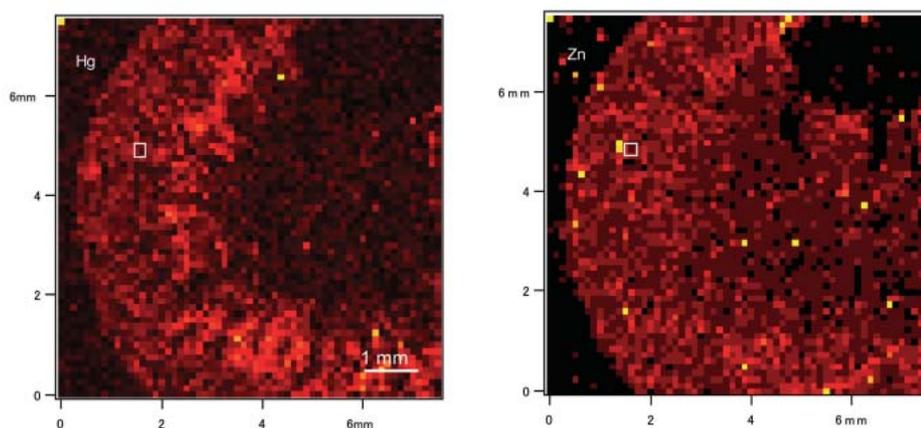


図14 ラット腎組織について得られたHg、Znのマクロ蛍光X線イメージング画像

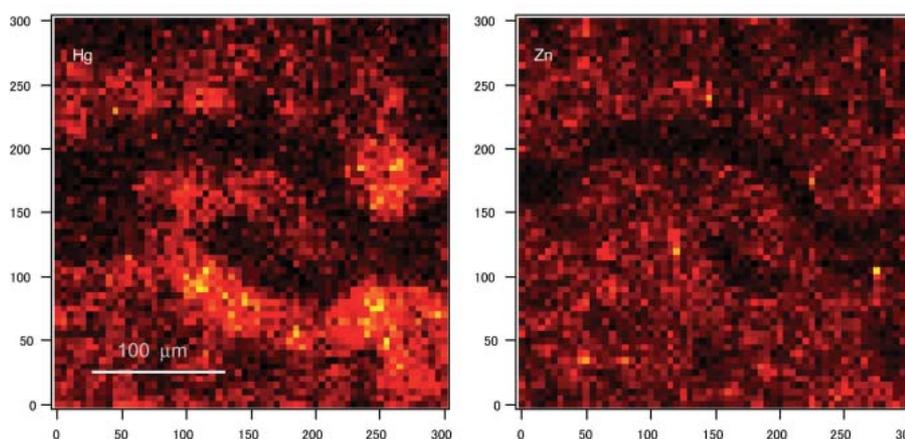


図15 ラット皮質についてのX線マイクロビームを用いて得られたHg、Znの蛍光X線イメージング画像

を果たした。実験やソフト開発では広大院生の松尾英晃、張利広、池ヶ谷応之介、山根一真、永井康弘、江角拓、各氏の協力を得た。またKBミラーの評価実験 (BL47XU) ではJASRI・鈴木芳生博士、竹内晃久博士の協力を得た。紹介した応用研究は若槻雅男先生 (産総研)、東野達先生 (京都大学)、高川清先生 (黒部市民病院) らとの共同研究の成果である。

微小領域でのX線分析に関する取り組みは特定利用研究の前から始まっており、BL39XUの建設や実験ではJASRI・後藤俊治博士、鈴木基寛博士、河村直己博士から多大な協力をいただいた。また、KBミラーおよびその調製機構の開発では石川哲也博士から予算的なご配慮と激励をいただいた。BL37XUでの実験では寺田靖子博士の協力を得た。他にも多くの方々から協力をいただいたが、この場ですべて紹介できない事が残念である。

X線分光顕微鏡はBL37XUで公開されている装置であるが、残念ながら利用を希望するユーザーが簡単に使いこなすことができるかどうかは疑わしい点がある。市販の分析装置は装置の原理に詳しくない人が利用する場合でも誤った結論を導かないように様々な工夫が施されている。放射光施設で公開されている装置についても使いやすさに対する配慮が利用者の裾野を広げると考えられる。本稿がX線分光顕微鏡を利用するの方々にとって少しでも役に立つ内容を含んでいれば著者にとっては望外の喜びである。

参考文献

- [1] P. Horowitz and J. A. Howell : Science **178** (1972) 608.
- [2] S. Hayakawa, A. Iida, S. Aoki and Y. Gohshi : Rev. Sci. Instr., **60** (1989) 2452.
- [3] S. Hayakawa, Y. Gohshi, A. Iida, S. Aoki and M. Ishikawa : Nucl. Instrum. and Meth., **B49** (1990) 555.
- [4] S. Hayakawa, Y. Gohshi, A. Iida, S. Aoki and K. Sato : Rev. Sci. Instrum., **62** (1991) 2545.
- [5] 伊藤 正久、早川 慎二郎、中井 泉 : SPrng-8利用者情報、**1** (1996) 40.
- [6] 早川 慎二郎 : 放射光、**14** (2001) 143.
- [7] S. Hayakawa, N. Ikuta, M. Suzuki, M. Wakatsuki and T. Hirokawa : J. Synchrotron Rad. **8** (2001) 328.
- [8] S. Hayakawa, K. Kobayashi and Y. Gohshi : Rev. Sci. Instrum., **71** (2000) 20.
- [9] 早川 慎二郎、鈴木 基寛、廣川 健 : X線分析の進歩、**34** (2003) 133.
- [10] 大橋 一隆、飯田 厚夫、合志 陽一 : X線分析の進歩、**24** (1993) 45.
- [11] S. Hayakawa, A. Yamaguchi, Y. Gohshi, T. Yamamoto, K. Hayashi, J. Kawai and S. Goto : Spectrochim. Acta. B, **54B** (1999) 171-178.
- [12] S. Hayakawa, X.-P. Jia, M. Wakatsuki, Y. Gohshi and T. Hirokawa : J. Crystal Growth, **210** (2000) 388.
- [13] S. Hayakawa, T. Hari, M. Wakatsuki, X.-P. Jia and T. Hirokawa : in preparation.
- [14] S. Hayakawa, S. Tohno, K. Takagawa, A. Hamamoto, Y. Nishida et al. : Anal. Sci., **17s** (2001) i115.
- [15] S. Hayakawa, S. Tohno, A. Hamamoto, M. Suzuki and T. Hirokawa : J. Phys. IV France **104** (2003) 309.
- [16] S. Tohno, S. Hayakawa, A. Nakamura, A. Hamamoto, M. Suzuki et al. : J. Aerosol Sci., **32s** (2001) S873.
- [17] K. Takagawa and S. Hayakawa : SPrng-8 Research Frontiers 2000/2001, p71-73.
- [18] 石川哲也、矢橋牧名、玉作賢治、スボロフアレクセイ、山内和人 他 : 放射光. **15** (2002) 30.

早川 慎二郎 HAYAKAWA Shinjiro

広島大学大学院工学研究科 物質化学システム専攻
〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1
TEL : 0824-24-7609 FAX : 0824-24-7608
e-mail : hayakawa@hiroshima-u.ac.jp

平成15年度トライアルコース成果報告書

財団法人高輝度光科学研究センター
コーディネーター 古宮 聡

1. トライアルコース概要

(財)高輝度光科学研究センター(JASRI)では、今年度、産業利用促進の施策として、トライアルコースを再度実施した。経緯と概要は次の通りである。

2001年度の補正予算により、産業利用促進の施策として、トライアルコースが実施された。概要は、「産業界等が抱える研究開発分野、応用開発分野等の問題のうち、SPring-8の高輝度放射光を利用することにより技術的ブレイクスルーが期待されるものを対象に、産学官の放射光利用トライアルコースを実施することにより、地域産業活性化のためのイノベーション、新産業の創出を支援する。」である。

実施後、報告書および報告会が開催され、外部委員による評価委員会の評価が実施された。そこで、当該施策の有効性が評価され、継続が要望された。さらに、参加者および後から知ったユーザの強い希望もあり、トライアルコースが同様の趣旨で再度実施されるに至った。但し、今回は、年度計画として実施することから、重点分野を設定した。そのため、必要な技術や装置を予め整えることが出来、施策がいっそう有効に実現されたと考えている。

2003年度は、イメージングと応力解析を重点分野とした。今後の重点分野として、2004年度に「ナノ薄膜・微量元素の局所構造評価とナノ薄膜多結晶の構造評価」を予定し、2005年度に「X線マイクロビーム応用」を検討している。

支援内容は、重点分野の実験環境整備、コーディネータ及びスタッフによる計画～実施～解析に至る技術支援、及び個々の実験に必要な経費や旅費などの財政支援からなる。トライアルコース課題は、一般の課題と一緒に募集され、トライアルコース課題選定委員会で施策趣旨に沿って審査された。実施後、通常>User Experiment Reportとは別途、報告書が提出され、ここにまとめた。最後に、3月25日(木)に報告会が開催され、トライアルコース評価委員会による当該施策全体の評価(個々の課題ではなく)が実施された。

2. トライアルコース実施の経緯

1) 重点領域の指定

「重点領域推進委員会」にて、産業応用を政策的に推進すべき分野として、「重点産業利用」が領域指定された。トライアルコース(TU)課題は、領域指定型の重点研究課題(公募)として扱われる。

2) 課題選定

「利用研究課題選定委員会」から選定を委嘱されたJASRIの「TU課題選定委員会」において2003Aと2003B期間で40課題がTU課題に選定された。審査における考え方は次の通りである。

(1) 一般課題における審査基準の下記項目の科学技術的妥当性のうち(ハ)と(ニ)を重視(一般課題審査の「産業利用分科会」の基準と同じ)。

科学技術的妥当性として、以下(イ)から(ロ)のうち、いずれかに該当すること。

(イ) 研究課題の先端性及び当該研究課題を含む科学技術分野の発展性ないしは新分野開拓への寄与

(ロ) 期待される研究成果の基礎的研究分野及び基盤的技術開発分野への貢献度

(ハ) 期待される研究成果の産業基盤技術としての重要性及び発展性

(ニ) 研究課題の社会的意義及び社会経済への寄与度

(2) TU課題における戦略的重点分野との関連を重視。

(3) 新規利用者、新規研究テーマ(分野)、新規産官学連携の課題を重視。

3) 技術支援

コーディネータ、産業応用・利用支援グループを中心に、課題毎に担当者をおき、BL担当者の協力のもと全所的に支援した。技術相談か

ら実験企画、資材の調達・実験準備、実験解析など、必要に応じてきめ細かに対応した。

4) 利用実験

実施期間の区切りは、通常の年度とは少し異なる。2003Aが2002年2月～2003年7月の期間、2003Bが2003年9月～2004年2月、2004Aが2004年2月～7月である。本報告書は2003A（2003年度で実施）と2003Bで実施された課題について纏めたものである。

5) 報告

2004年3月25日に、2003年度の報告会および評価委員会を開催した。興味のある方は、SPring-8ホームページの下記サイトをご覧ください。

<http://support.spring8.or.jp/group/trialuse/index.html>

http://support.spring8.or.jp/group/trialuse/h15_comment.pdf

3. 結果

トライアルコースに参加した2003Aと2003Bの実施課題と参加機関と参加人員を表1と表2に、2004Aの今年度実施予定課題を表3に示す。これらの実績を整理しつつ、特徴を次にまとめる。

1) 提案及び実施結果

実験責任者所属別		
	申請	実施
産	39	23
学官(産)	27	14
学 官	6	1
合 計	72	38

分 野 別		
	申請	実施
応 力	22	8
撮 像	9	6
一 般	41	24
合 計	72	38

学官(産): 大学または公的機関の申請に民間が共同で参加

学 官: 大学または公的機関のみの申請

上記以外に、2004Aで採択された課題のうち、9課題が2004年2～3月で実施されたため、2003年度に

47課題が実施されたことになる。ただし、2004Aの9課題の実施報告書は2004年度に盛り込まれる。また、2003Bで蓄積リングの障害で、採択されたが実施できなかった応力課題が2件あった。

2) 参加機関及び人員

(1) 参加規模

- ・申請：99名/31社、141名/28機関
(内 44名/JASRI)
- ・利用実験参加：76名/22社、100名/22機関
(内 4名/JASRI)

(2) 新規参加企業

- ・新規参加企業：16社
(同一企業の新規部署を含む：18社)
- ・新規分野：13

3) 実施ビームライン、シフト数

- BL01B1：4課題、19シフト
- BL19B2：29課題、149シフト
(産業利用ビームライン)
- BL28B2：1課題、9シフト
- BL29XU：1課題、12シフト
- BL46XU：3課題、27シフト

合計：216シフト/5ビームライン

4) 特徴

(1) 課題および参加企業の分野

- エレクトロニクス：13課題
- 素材：10課題
- 環境・エネルギー：3課題
- 薬品・食品：6課題
- その他：6課題

新規課題として、イオン水、シャンプー、人工関節などがあり、エレクトロニクスや素材など従来の基幹産業から大衆商品といった領域の広がりが感じられる。また、素材でも超伝導線材の課題が2件あった。

(2) 新規参加企業

新規参加企業16社中、5社が実験責任者として実施（一社は二つの別部署が実施）し、7社が大学または公的機関に共同で参加し、4社は関係会社に共同で参加した。新規企業

は、エレクトロニクス、素材、薬品など様々である。

(3) 重点分野設定との関係

重点分野として、応力解析とイメージング(撮像)分野を指定して募集したが、予想以上に少なかった。しかしながら、計画的に重点分野に装置を導入することで、応力分野では、微小部の応力測定が可能となり、撮像では空間分解能の向上が達成された。それぞれ課題数は少ないながら、新しい結果が得られており、今後、新たな利用が拡大されることを期待している。

一方、重点領域以外の内容では、非常に分野が広がっており、必ずしも、全体で目立った特徴はない。

5) 前回との比較

2001年度の補正予算でのトライアルユースでは、新規ユーザおよび分野の拡大があり、さらに産業利用チームラインの稼働時期とも重なり、2002年は民間の実験責任者の実施課題がほぼ倍増した。こうした流れの後の実施である。

(1) 参加規模

実施課題数の増加に合わせ、実施機関、実験参加者とも全体で2割程度の増加であるが、申請課題数はほぼ倍になっている。前回に比べて、十分な募集期間を設定できたこと、前回のトライアルユースが評価されていることの現れと考えている。しかしながら、その分、競争も厳しくなった。ただ、これらの結果は、トライアルユースに対する大きなニーズがあることを示している。

(2) 実施参加機関

新規参加企業は、少し少ない。(不採択の課題を除く)しかし、前回の新規参加企業のほとんどが、大学または公立機関の実験責任者に共同で参加していたのに比べ、今回は多くの企業(2/3)が自ら実施している。これらの企業の多くは、JASRIのコーディネータグループに事前に相談して、申請しており、年度計画のもと、十分な期間で募集できたこ

とによると考えている。

一方、大学および公的機関の参加人員が前回の倍と多かった。産業応用を指向した産官学連携の受け皿としても機能している。

(3) 特徴

基幹産業から大衆商品へといった分野の広がりがあった。また、トライアルとはいえ、かなり内容が充実し、結果も得られた課題があった。これは、重点分野で事前に準備が進められたこと、および一般分野でも、十分な検討時間が取れたなど、年度計画で進められたことが大きいと考えている。

4. まとめ

前回の蓄積および十分な計画のもと、全体として、円滑に実施できた。ユーザの反応については、募集のほぼ倍の応募があり、期待の大きさがうかがえる。その結果、かなり高い競争となってしまったが、トライアルユースとして不採択の課題も、一般の課題として再度審査されることで補われた。

内容についてみると、企業の新規参加が約半分、新規分野が約1/3を占め、当該施策の趣旨にそって実施できた。応募の多さと併せ、潜在ニーズおよび潜在ユーザがまだまだ沢山存在することを意味している。さらに、新規ユーザや新規分野の課題も含め、多くの課題で成果や次への手掛りを得ており、試験的利用を越えた内容も生まれている。これも、年度計画および重点分野の設定で十分な準備が出来たことが大きいと考えている。

最後に、再度の施策実現にご尽力頂いた国の諸関係者およびチームライン担当者など実施に関った現場の方々に、施策実施責任者として、ここであらためて感謝いたします。

以上

問い合わせ先

(財)高輝度光科学研究センター
 利用支援室 事務担当
 TEL: 0791-58-0925
 e-mail: support@spring8.or.jp

表1 2003A・B利用期 トライアルコース実施課題

2003A・B 実施課題

番号	重点領域	課題番号	課題名	実施責任者	所属	回数	B L	共同実験機関
1		2003A0830-R1-np	湿式紡糸過程の動的X線解析	中前 勝彦	高輝度光科学研究センター	6	BL19B2	ユニチカ、旭化成
2	応力	2003A0831-R1-np	セラミックス被膜および基板中の残留応力の深さ方向プロファイル	土屋 弘	三菱マテリアル	6	BL19B2	高輝度光科学研究センター
3	撮像	2003A0833-R1-np	水電解における陰極表面の過飽和水素の存在状態と溶解過程の解析	才原 康弘	松下電工	6	BL19B2	滋賀県立大学、京都大学、高輝度光科学研究センター
4	撮像	2003A0837-R1-np	屈折コントラストイメージングによるヒト毛髪の内蔵構造	佐野 則道	P&G	3	BL19B2	
5		2003A0839-R1-np	高速相変化型光記録材料Ge-Te-Sb ₂ Te ₂ 二元系化合物のXAFSによる研究	松永 利之	松下テクノリサーチ	6	BL19B2	松下電器産業、高輝度光科学研究センター
6		2003A0840-R1-np	微小角入射X線散乱測定によるスタブアモルファス層の非晶構造解析	濱田 紘	松下電工	6	BL19B2	大阪府立産業技術総合研究所、高輝度光科学研究センター
7		2003A0849-R1-np	高性能な閉鎖インテグレーション用シリコン材料のXAFSによる構造解析	中平 敦	京都工芸繊維大学	6	BL19B2	神戸製鋼所、高輝度光科学研究センター
8		2003A0852-R1-np	中国および日本産の青銅器の分光分析 (III)	外山 潔	泉屋博古館	3	BL19B2	住友金属、高輝度光科学研究センター
9		2003A0853-R1-np	異なる酸素分圧下で焼成したCo ₂ 型Ba ₂ Fe ₂ O ₇ のFeKα吸収線異常分散構造解析	橋 武司	住友特殊金属	12	BL19B2	大阪大学
10		2003A0857-R1-np	Li電池負極材料の充放電に伴う微量析出物の同定	和田 仁	福田金属炭粉工業	3	BL19B2	産業技術総合研究所、島根大学、広島県立西部工業技術センター、TDK、高輝度光科学研究センター
11	応力	2003A0862-R1-np	ジルコニウム合金の酸化被膜に発生する残留歪み測定	谷山 明	住友金属工業	6	BL19B2	
12		2003A0863-R1-np	透明室温強磁性酸化亜鉛半導体膜中の不純物元素の局所構造に関する研究	伊崎 昌伸	大阪市立工業研究所	3	BL19B2	地球環境産業技術研究機構、上村工業、奥野製薬工業
13		2003A0866-R1-np	炭素電極電析物のその場X線回折測定	明珍 宗孝	核燃料サイクル開発機構	6	BL19B2	東芝、神戸大学、高輝度光科学研究センター、東京工業大学、千葉大学、新潟大学、同志社大学
14		2003A0872-R1-np	XAFSによるFED用蛍光体SrIn ₂ O ₄ :Pr ³⁺ に添加した希土類元素サイトの検討	廣沢 一郎	高輝度光科学研究センター	3	BL19B2	東京工科大学、リタケカンパニーリミテド開発
15	応力	2003A0875-R1-np	半導体素子におけるナノ薄膜のX線光電子分光による評価	服部 健雄	武蔵工業大学	12	BL29XU	東北大学、理化学研究所、高輝度光科学研究センター
16	応力	2003B0194-N1-np-TU	水素雰囲気下でのPd/Pt/IPd膜の歪み解析	砥綿 真一	豊田中央研究所	6	BL19B2	
17		2003B0223-N1-np-TU	室温強磁性透明酸化亜鉛半導体膜中の不純物遷移元素の局所構造に関する研究	伊崎 昌伸	大阪市立工業研究所	6	BL19B2	高輝度光科学研究センター、地球環境産業技術研究機構
18		2003B0238-N1-np-TU	イオン注入法により調製した可視光応答型酸化チタン薄膜光触媒のXAFS測定	井村 達哉	川崎重工業	3	BL19B2	大阪府立大学、高輝度光科学研究センター
19	撮像	2003B0239-N1-np-TU	水素、酸素飽和溶解水中での電解による気泡核生成及び微小気泡脱離過程を伴った溶解過程の解析	才原 康弘	松下電工	6	BL19B2	滋賀県立大学、高輝度光科学研究センター
20		2003B0247-N1-np-TU	表面結晶化度の液晶指向性に対する影響	酒井 隆宏	日産化学工業	9	BL19B2	高輝度光科学研究センター
21	応力	2003B0266-N1-np-TU	発光デバイス用青色蛍光体中のEu(II)のXAFS解析	尾崎 伸司	松下テクノリサーチ	4	BL01B1	松下電器産業、大阪大学
22	応力	2003B0304-N1-np-TU	Al ₂ O ₃ /TiCN膜の残留応力深さ方向分布の詳細測定	鈴木 貴志	三菱マテリアル	9	BL19B2	高輝度光科学研究センター
23		2003B0390-N1-np-TU	微小角入射X線散乱による、ポーラ方向低誘電率材料の構造解析	鈴木 貴志	富士通研究所	6	BL19B2	富士通
24		2003B0439-N1-np-TU	XAFSによるFED用蛍光体SrIn ₂ O ₄ :Pr ³⁺ が発光中心としてドーパされるサイトの検討	山元 明	東京工科大学	3	BL01B1	高輝度光科学研究センター、リタケカンパニーリミテド開発
25	応力	2003B0449-N1-np-TU	外部応力下のB ₂ 223超伝導複合テープ材における構成要素不均一歪による超伝導ブレークダウンの定量化と長尺実装設計への応用	奥田 浩司	京都大学	9	BL46XU	鉄道総研、超電導工学研究所
26		2003B0473-N1-np-TU	ポリマーセメント防水材における水和反応および水和物結晶構造解析	宮下 景子	大関化学研究所	6	BL19B2	高輝度光科学研究センター
27		2003B0485-N1-np-TU	クロマイト系機能性セラミックにおける超微量ドーパミンのXAFS	森分 博紀	松下電子部品	6	BL01B1	京都大学、高輝度光科学研究センター
28		2003B0536-N1-np-TU	Asイオン除去のための水酸化バタタイトの開発と局所構造解析	中平 敦	京都工芸繊維大学	6	BL01B1	高輝度光科学研究センター、いよて産業振興センター、エウレカ
29	応力	2003B0548-N1-np-TU	プリント基板内部の金属配線部の残留応力の非破壊測定	田中 啓介	名古屋大学	9	BL46XU	デンソー
30		2003B0613-N1-np-TU	微量希土類元素、遷移金属を含むGaN系高次機能性半導体での偏光XAFS法による局所構造	寺口 信明	シャープ	4	BL19B2	大阪大学、高輝度光科学研究センター
31	撮像	2003B0663-N1-np-TU	透過X線トポグラフィによる蛍石結晶の測定	野間 敬	キヤノン	9	BL28B2	高輝度光科学研究センター
32	応力	2003B0678-N1-np-TU	レーザー1パルス照射痕内の微小三次元残留応力分布測定	佐野 雄二	東芝	9	BL46XU	東芝エレクトロニクス株式会社、東芝エンジニアリング、武蔵工業大学
33	撮像	2003B0703-N1-np-TU	屈折コントラストイメージングによるヒト毛髪の内蔵構造	佐野 則道	P&G	3	BL19B2	高輝度光科学研究センター
34	撮像	2003B0724-N1-np-TU	高輝度X線イメージングを用いたカミソリ刃によるヒゲ切断現象の微視的解析	濱田 紘	松下電工	6	BL19B2	高輝度光科学研究センター
35	撮像	2003B0731-N1-np-TU	B系酸化物超電導線材の内部構造観察	山口 浩司	住友電工工業	4	BL19B2	高輝度光科学研究センター
36		2003B0771-N1-np-TU	Li電池負極材料の充放電に伴う微量析出物の同定 (II)	和田 仁	福田金属炭粉工業	3	BL19B2	産業技術総合研究所、島根大学、広島県立西部工業技術センター、TDK、高輝度光科学研究センター
37	応力	2003B0947-R1-np-TU	EB-PVD遮熱コーティングの残留応力の解析	鈴木 賢治	新潟大学	6	BL19B2	東芝、三菱重工業、高輝度光科学研究センター、新産業創造研究機構、名古屋大学
38		2003B0961-R1-np-TU	中国および日本産の青銅器の蛍光分析	外山 潔	泉屋博古館	3	BL19B2	住友金属、高輝度光科学研究センター

2003A・B ダウンタイムによる未実施課題

番号	重点領域	課題番号	課題名	実施責任者	所属	回数	B L	共同実験機関
1	応力	2003B0218-N1-np-TU		鈴木 賢治	新潟大学			
2	応力	2003B0738-N1-np-TU		尾角 英毅	高輝度光科学研究センター			

WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

表2 2003A・B利用期 参加機関と参加人数

参加機関（民間）				参加機関（学・官）			
所	属	申請人数	実験者(延べ)	所	属	申請人数	実験者(延べ)
旭化成		1	0	いわて産業振興センター		2	0
上村工業		1	0	大阪市立工業研究所		4	5
エクセラ		1	0	大阪大学		10	9
大関化学研究所		4	5	大阪府立産業技術総合研究所		2	0
奥野製薬工業		1	0	大阪府立大学		2	3
川崎重工業		5	5	核燃料サイクル開発機構		2	1
キヤノン		3	8	京都工芸繊維大学		9	14
神戸製鋼所		2	1	京都大学		8	10
シャープ		1	0	神戸大学		1	4
住友金属工業		8	7	佐賀県シンクロトロン光施設		0	1
住友電気工業		3	5	産業技術総合研究所		5	7
住友特殊金属		3	1	滋賀県立大学		4	5
TDK		2	1	島根大学		3	1
デンソー		3	5	新産業創造研究機構		3	0
東芝		6	1	泉屋博古館		6	6
東芝ITコントロールシステム		1	0	地球環境産業技術研究機構		2	2
東芝エンジニアリング		1	0	千葉大学		1	0
東芝プラントシステム		0	1	超電導工学研究所		1	0
豊田中央研究所		8	6	鉄道総研		2	0
日産化学工業		6	3	東京工科大学		4	6
ノリタケカンパニーリミテド開発		2	0	東京工業大学		1	1
P&G		4	3	同志社大学		1	3
福田金属箔粉工業		4	2	東北大学		2	0
富士通		1	2	名古屋大学		7	8
富士通研究所		2	1	奈良県立橿原考古学研究所		0	1
松下テクノリサーチ		5	4	新潟大学		3	1
松下電器産業		2	0	広島県立西部工業技術センター		2	1
松下電工		9	8	武蔵工業大学		9	7
松下電子部品		1	0	理化学研究所		1	0
三菱重工業		2	0	高輝度光科学研究センター		44	4
三菱マテリアル		6	4				
ユニチカ		1	1				
理学電機		0	2				
合	計	99	76	合	計	141	100

表3 2004A 利用期 トライアルユース実施課題

2004A 実施予定課題（平成16年3月まで実施分）

番号	重点領域	課題番号	課題名	実験責任者	所 属	ｼﾝｸﾞﾙ数	B L	共同実験機関
1		2004A0183-NI-np-TU		中平 敦	京都工芸繊維大学	3	BL19B2	
2		2004A0237-NI-np-TU		大下 祥雄	豊田工業大学	6	BL37XU	
3		2004A0281-NI-np-TU		佐竹 秀喜	(株)東芝	6	BL01B1	
4		2004A0288-NI-np-TU		笹井 淳	旭硝子(株)	3	BL01B1	
5		2004A0326-NI-np-TU		横田 純一郎	チッソ(株)	9	BL19B2	
6		2004A0335-NI-np-TU		谷 克彦	(株)リコー	6	BL19B2	
7		2004A0531-NI-np-TU		松岡 雅也	大阪府立大学	3	BL19B2	
8		2004A0579-NI-np-TU		本間 徹生	高輝度光科学研究センター	6	BL01B1	
9		2004A0615-NI-np-TU		坂根 康夫	(株)松村石油研究所	9	BL19B2	

備考：実験課題名及び共同実験期間についてはUser Experiment Reportの提出後に公表となります。

利用者懇談会から

SPring-8利用者懇談会 会長
名古屋大学大学院 工学研究科
坂田 誠

また、SPring-8利用者懇談会についての記事を書く時期が来ました。前回の記事^[1]の冒頭に「再度SPring-8利用者懇談会の会長の重職を引き継ぐ事になり、今後、2年間に予想されるSPring-8の変化を考えると、今期も無事努めることが出来るのか、不安に思う気持ち大きい」と書きましたが正にその通りの状況になっております。しかし、その時に予見できていたのは、理化学研究所の法人化、日本原子力研究所と核燃料サイクル機構との統合化、また、それに伴う現在の理化学研究所、日本原子力研究所、JASRIの3者体制から新体制への移行が主な内容でした。現時点での最大の課題は、その時には全く考えても居なかった、いわゆる「課金問題」です。この「問題」は関係各方面でも大変広く関心が持たれ、種々の議論が展開され、その結果として「要望書」などの形で公表されていることは、ユーザーコミュニティを代表するものとして大変深く感謝をしております。本来なら、SPring-8利用者懇談会会長として「課金問題」に対する見解をここで披露すべきなのかもしれませんが、この問題は正に現在進行形で議論が進んでいるところであり、また、私自身も責任の一端を担っている立場をお引き受けした関係上、この問題に対する個人的見解を述べることは控えさせていただくことに致します。後日、もし、何らかの機会があれば稿を起こしたいと思います。

「課金問題」は、大変大きな問題で、そのことによりSPring-8利用者懇談会も激流の中に投げ入れられたような印象を持っておりますが、この様な時こそ、原点を見つめることが大切と考え、まずはSPring-8利用者懇談会の現状から紹介したいと思います。

現在（2004年6月2日）、会員数は1389名です。会員数の内訳は、大学関係者が950名、研究所関係者が255名、企業関係者が171名、その他の方が13名となっております。研究所関係者と言うのは現在では分かりにくい表現かもしれませんが、旧国立研究所

の研究者とご理解ください。数字の上では、68%が大学関係者となっております。SPring-8利用者懇談会の会員だけが、SPring-8のユーザーではないので、この数字だけから判断できませんが、実体としてのSPring-8は、大学に所属する研究者が主力になった世界最大の放射光施設と言っても第1次近似ぐらいでは、間違いではないように個人的には思っております。しかしながら、皆様ご存知のように、SPring-8は大学共同利用機関として運営されているわけではありません。このことが、色々な問題を考える時の1つの大きなファクターになっているように感じます。

さて、前述したようにSPring-8利用者懇談会の会員のほぼ70%は大学に籍を置く研究者です。しかもその大半は旧国立大学に属している研究者です。会員の多数が所属する大学で大変革が起こっております。今年4月から大学が法人化され、大学に大きな自由度が与えられました。色々な方々とお話をするとうによって事情は異なるようですが、これまでの延長で大学が推移すると考えておられる方はさすがに居ないようです。予測が成り立たず、厳しい状況ばかりが目につくのは、私だけではないと思います。これまでSPring-8に吹いていた風向きも、全く変わったように感じます。必ず、この法人化がもたらす効果は、SPring-8にもSPring-8利用者懇談会にも現れると思います。

どのような効果が現れるかは、全く予測が出来ませんが、私のように早とちりの人間は、今が正にSPring-8の危機（クライシス）なのではないかと感じてしまいます。私のような凡人は危機（クライシス）と言うとこれから何か恐ろしいことが起こるようになってしまいますが、オックスフォード大学、ケンブリッジ大学、ロンドン大学、ハーバード大学で研究活動を行い、「水平思考」で有名な教養人デ・ボノ^[2]によると、「クライシスとは、決断や行動の為の時点で」あり、「クライシスが、いわれるほど深刻ではなくて、じっと何もしないことが最

良の行動だということは、常にあり得る」が、「その時点で何もしなければ、状況は急激に悪化して、惨事とか破局に達してしまう」と言うことです。要するにクライシスとは、決断の時であり、何もしないことも一つの決断をしたことに相当するということなのでしょう。私自身は、今がSPring-8利用者懇談会のクライシスと考えて行動をしなければいけないのではないかと考えております。何をするか、何もしないかで、その後の状況が大きく左右される可能性が高いものと考えております。

クライシスの中心にいわゆる「課金問題」があるのかもしれませんが、関係者全てが、根本的な考えとして、世界最高性能のSPring-8が最先端の研究を推進していく上で不可欠であり、それを最大限有効に活用するにはどうすべきかという共通認識を持っていることを忘れないようにしたいと考えております。その為の方策として何が最適なのかと言う点においてのみ、それぞれの立場で意見が分かれているということだと思っております。現場を最もよく知る利用者団体としては、クライシスにあたって現場からの意見を適宜述べると同時に、許される範囲内で適切な決断をしたいと思っております。

そのような重要な時期に、SPring-8利用者懇談会を支える方々として今年度のSPring-8利用者懇談会の幹事および運営委員を表1および表2により紹介します。幹事、運営委員また世話人の方々を始めとして会員の皆様の協力によりこのクライシスを乗り切りたいと思っております。会員の方々だけでなく関係者皆様の協力を切にお願いする次第です。

来年、どのような文章が書けるのかわかりませんが、大きな変革を経験することになるのかもしれないと言う予感を禁じえません。どのようなことになるとも、科学・技術の原点は変わりようがないので、しなければならないことは、余り変わらないのかもしれない。

参考文献

- [1] SPring-8利用者情報 Vol.8 No.4 (2003) 243
 [2] Edward de Bono (1977) " Wordpower " European Services Ltd.

日本語訳：「デ・ボノの知的用語辞典 - ワード・パワーを高める本」芦が原伸之訳 講談社 (1979)

表1 2004年度SPring-8利用者懇談会幹事

会 長 :	坂田 誠 (名古屋大学)
庶務幹事 :	沼子 千弥 (徳島大学) 鈴木 淳巨 (名古屋大学)
会計幹事 :	田村剛三郎 (京都大学)
行事幹事 :	難波 孝夫 (神戸大学) 伊藤 正久 (群馬大学)
編集幹事 :	渡辺 巖 (大阪女子大学) 鳥海幸四郎 (兵庫県立大学)
利用幹事 :	黒岩 芳弘 (岡山大学) 籠島 靖 (兵庫県立大学) 久保田佳樹 (大阪女子大学)
運営幹事 :	佐々木 聡 (東京工業大学) 雨宮 慶幸 (東京大学) 坂井 信彦 (兵庫県立大学)

表2 2004年度SPring-8利用者懇談会運営委員

伊藤 正久 (群馬大学)
今田 真 (大阪大学)
黒岩 芳弘 (岡山大学)
佐々木 聡 (東京工業大学)
澤 博 (KEK)
高橋 敏男 (東京大学)
鳥海幸四郎 (兵庫県立大学)
難波 孝夫 (神戸大学)
浜谷 望 (お茶の水女子大学)
早川慎二郎 (広島大学)
雨宮 慶幸 (東京大学)
坂田 誠 (名古屋大学)
高田 昌樹 (JASRI)
月原 富武 (大阪大学)
並河 一道 (東京学芸大学)
野田 幸男 (東北大学)
松井 純爾 (ひょうご科学技術協会)
圓山 裕 (広島大学)
村上 洋一 (東北大学)
渡辺 巖 (大阪女子大学)

坂田 誠 SAKATA Makoto
 名古屋大学大学院 工学研究科 応用物理専攻
 〒464-8603 名古屋市千種区不老町
 TEL : 052-789-4453 FAX : 052-789-3724
 e-mail : sakata@cc.nagoya-u.ac.jp

第12回SPring-8施設公開

- 何回見ても新鮮な驚き それはSPring-8！ -

財団法人高輝度光科学研究センター
広報室

第12回SPring-8施設公開が、西播磨フロンティア祭「スプリングフェア2004」の一環として、平成16年4月24日(土)に実施されました。公開された施設は、中央制御室、蓄積リング(マシン収納部)、実験ホール、長尺ビームライン実験施設、ニュースバル実験研究棟、線型加速器棟、放射光普及棟、および体育館(講演会場)でした。また、食堂と厚生施設(売店)が特別に営業したほか、食堂前のロータリーに男の料理教室や茶道部などが出店しました。

今回は、ノーベル物理学賞受賞者の小柴昌俊博士による科学講演会「やれば、できる。」が呼び物となり、前回は大幅に上回る3391人の入場者数を記録しました。東門から自家用車やバスで講演会場に直接入場した人々も加えると、総入場者数は4千人近かったのではないかと推定されます。この日は天候にも恵まれたため、午前10時の開場直後から、堰を切ったように満員の公園都市内巡回バスが次々到着し、総合受付のある中央管理棟前にはたちまち人々が溢れました。その人の波は、中央管理棟の玄関に吸い込まれ、らせん階段を上り、3階の通路を経て、中央制御室へと押し寄せました。普段は静かな制御室もこの日ばかりはバーゲンセール会場のような賑わいとなりました。

中央制御室には、「VMEシステム展示」「つなげてみよう！光ファイバー通信」「デジタルビデオで記念撮影」「ITVシステムでSPring-8の中を見てみよう」と題した加速器部門およびビームライン・技術部門担当の4種の科学実演・工作コーナーが設けられていましたが、中でも、「プリクラ」を模したデジタルビデオカメラによる記念撮影コーナーは、順番待ちの老若男女の行列ができるほど人気を博していました(写真1)。ヘルメット、法被、作業服などのSPring-8仕様の小道具が家族連れや若いカップルに受けたようでした。撮影を担当する女子職員

たちの親切な対応も高人气に一役果たしていたかもしれせん。

蓄積リング(マシン収納部)は、例年と異なり、A中央のちょうど反対側のCゾーン(組立搬入室C近辺、BL26B1およびBL26B2の偏向電磁石、BL27SUのアンジュレータ近傍)が公開されました。入口のホールには、真空装置やビームモニターなどを展示したコーナー、水面下の楕円軌道を走る模型電車で波を発生させ放射光発生の様子を説明するシミュレーション・コーナーなどがあり、加速器部門およびビームライン・技術部門の研究者らが来場者に説明をしていました。この公開場所は、中央管理棟からかなり離れているため、構内巡回バスのみが来場者の移動手段となっていました。そのため、電子ビームのバンチングのように、バスが到着するたびに来場者のバンチ(集団)ができていました。その集団に一人の研究者がガイドとして付き、加速器収納部を案内しました。収納部内は蒸し暑いにもかかわらず、来場者は研究者の熱のこもった説明に



写真1 「デジタルビデオで記念撮影」(中央制御室)

耳を傾けていました。

施設公開のメイン会場ともいえる実験ホールには、多数のパネルが展示されたほか、ビデオコーナー(原研)と13カ所の科学実演・工作コーナーが設けられました。「さびを知ろう! ~原子力材料からくぎまで~」(原研)「発光原理・干渉計」(加速器部門)「光通信セットを作ろう」(加速器部門)「遠隔制御を体験してみよう」(加速器部門)「光を使った空中浮遊実験」(ビームライン・技術部門)「CDで虹を見よう!」(利用研究促進部門)「立体視に挑戦」(ビームライン・技術部門/利用研究促進部門)「X線のレンズを自分で作ろう!」(利用研究促進部門)「カエルの心臓の動きが見られる!」(利用研究促進部門)「折紙でウィルスを作ろう!」(利用研究促進部門)「ホログラフィーで物を立体的に見てみよう」(理研)「たんぱく質分子が走るのを見てみよう」(理研)「液体窒素で凍らせて見てみよう」(理研)。この中には前回と同じテーマがいくつか含まれていますが、半数以上は新しい試みです。普段は人影も疎らな実験ホールも、この日はさながら祭の出店通りと化しました。光通信セットやCD分光器の製作コーナーでは、親子で真剣に工作に取り組む姿が印象的でした。光を使った空中浮遊実験では、大きな金属球やアンパンマン人形を空中に浮遊させることに子供たちが夢中になっていました(写真2)。光を使って磁石と金属球の間に働く力のバランスを制御し、金属球を空中に浮遊させるという高度なテクニックの原理は理解できなくても、自然界や実生活では目にすることのないこの不思議な現象に子供たちは(もちろん大人たちも)強く惹き

つけられたようでした。浮遊した人形をくるくる回転させるとなかなか回転が止まらないことに気付いた子供は、将来のノーベル賞候補に間違いありません。バナナやバラの花を瞬時に凍らせてしまう液体窒素実験では、子供たちや高校生たちの驚きの声と歓声が絶えませんでした(写真3)。カチカチに凍ったバナナで釘を打ち付けるという、テレビでしか見たことのない実験を、現実に体験できた喜びが大きな歓声となって表れていました。百聞は一見に如かずという諺の現代版“百見は一体験に如かず”を証明するかのような光景でした。

長尺ビームライン実験施設も移動手段が構内巡回バスに限られているため、来場者のパンチングが起きていました。アクセス上のハンディキャップはありますが、播磨科学公園都市を展望するのに絶好の場所にあるという立地条件を活かせば、来年以降の有望な公開施設として期待されます。兵庫県の放射光施設、ニューズバル実験研究棟では、パネルを使って、実験装置や研究成果の説明を研究員たちが行っていました。兵庫県の産業界と密接に関係しているので、特に地元の人々には関心をもっていたきたい施設です。

線型加速器棟は実験ホール出口から徒歩で行ける距離にあるため、パンチング現象は目立たず、定常的に来場者が流れていました。最初に、電子銃付近に展示されたクライストロンモデルやパネルなどを使って、電子の加速について研究者たちが説明をしました。その後、来場者は、要所所で研究者の説明を聴きながら、140mの線型加速器に沿って終端へと向かってまっすぐ進み、終端の少し手前で右折



写真2 「光を使った空中浮遊実験」(実験ホール)



写真3 「液体窒素で凍らせて見てみよう」(実験ホール)

して出口に向かうコースをとりました。

構内巡回バスの終点である放射光普及棟前の広場は、スタンプラリーの記念品交換所でもあるので、一通り見学を終えた人たちが立ち寄り、さらにその後、放射光普及棟を訪れ展示室も見学していました。放射光普及棟の大講堂は、大型スクリーンを備え、小柴博士の科学講演会の同時中継会場として使われました。

小柴博士の科学講演会は体育館の特設会場で行われました。開場を待つ人々の長蛇の列が小柴博士の人気の高さを物語っていました。1090個用意した座席は完全に埋まりました(写真4)。大型スクリーンを使った同時中継会場でも、予想を越えた人数の聴衆が集まり、準備した椅子が足りなくなり、大勢の立ち見がでるほどでした。聴衆は1時間を越える講演に聴き入り、「本気で取り組めば必ずできる」という小柴博士の説得力ある話に感銘を受けていました。

講演を聴講できなかった人のために、この貴重な講演の内容を紹介しておきます。小柴博士は、最初は、母親の死や小児マヒで苦労された幼年期・少年期の生い立ちや、横須賀中学(旧制)時代、第一高等学校(旧制)時代、東京大学時代の思い出話を、一語一語かみ締めるようにゆっくりと語られました(写真5)。演題の「やれば、できる。」の最初の例として、東京大学理学部物理学科の入学試験に合格するまでの猛勉強を上げられました。大学時代は生活費を稼ぐためにアルバイトに明け暮れ、学業がおろそかになり、成績が振るわなかったと語られ、スクリーンに卒業時の成績表を映し出されました。大学卒

業後、小柴博士は、当時創設されたばかりの大阪市立大学理学部の南部陽一郎教授のもとに理論物理学の武者修行に行かれました。南部研究室には、若き南部教授を筆頭に、早川幸男助教授、山口嘉夫講師、西島和彦助手、中野薫夫助手と、後に物理学者として世界的に名を知られるようになる、そうそうたるメンバーが集っていました。小柴博士はその若き俊秀たちに混じって勉強しながら、理論物理学の難しさにもがき苦しんでいました。その頃の状況と心境を、一枚のファックス・メッセージをスクリーンに映し出して説明されました。そのファックスは、後年、小柴博士が文化勲章を受賞された際、お祝いのメッセージとして、シカゴ大学の南部教授から送られたものです。そこには、物理学の本を投げ出し、ふてくされて仰向けに寝ころんでいるチンパンジーの姿が描かれていました。そして、そこにメッセージが大きく添えられていました。「物理屋になりたかったんだよ。」(写真6)

その後、小柴博士は実験物理学の道を歩むこととなります。原子核乾板を使った宇宙線の測定です。 μ 粒子や中間子を直接観測できることに魅せられ、素粒子実験を一生の仕事にしようと決心されました。丁度その頃、湯川秀樹博士を通して、原子核乾板を使った素粒子実験では世界の最先端にあった米国のロチェスター大学から留学の話がありました。しかし、推薦状がなければ留学は困難でした。そこで、ある高名な物理学者に推薦状を書いてもらうべく依頼をしました。その物理学者とは、それから10年ほど後にノーベル物理学賞を受賞することになる朝永振一郎博士です。朝永博士は小柴博士に、まず自身で推薦文を英語で書いてみるように勧めま



写真4 「小柴昌俊博士科学講演会」(体育館)



写真5 「講演中の小柴昌俊博士」(体育館)

BSR2004およびサテライトワークショップ開催のご案内

BSR2004(the 8th International Conference on Biology and Synchrotron Radiation)

主催：BSR2004実行委員会

共催：姫路市、(独理化学研究所、(財)高輝度光科学研究センター、大阪大学

会期：2004年9月7日(火)~11日(土)

会場：イーグレ姫路(姫路市)

内容：本会は、放射光の生命科学のあらゆる分野への応用を対象とした国際会議です。10のシンポジウムが予定されています。

参加登録：ポストデッドラインポスターを受け付けています。参加申し込みは当日でも可能です(参加費35,000円)。

詳細は、<http://bsr2004.spring8.or.jp/>をご覧ください。

SAXS in the 21st Century

主催：(独理化学研究所)

協賛：BSR2004組織委員会

会期：2004年9月5日(日)~7日(火)

会場：SPring-8普及棟

内容：本会はBSR2004のサテライトワークショップです。X線小角散乱法の生命科学への応用についての講演と討論を行います。ポスターセッションも予定されています。

参加費：無料

プログラムの詳細や参加登録につきましては、

http://bsr2004.spring8.or.jp/SAXS/saxs_workshop.htmlをご覧ください。

X線レーザーの構造生物学への応用に関するワークショップ

主催：(独理化学研究所)

協賛：BSR2004組織委員会

会期：2004年9月7日(火)午後3時~6時

会場：イーグレ姫路 アイメッセホール(姫路市)

内容：本会はBSR2004のサテライトワークショップです。X線レーザーの構造生物学研究への応用についての講演と討論を行います。

参加登録および参加費：不要

詳細は、http://bsr2004.spring8.or.jp/FEL/fel_workshop.htmlをご覧ください。

第8回SPring-8シンポジウム開催のご案内

1. 開催日 2004年10月18日(月)~19日(火)
2. 場所 SPring-8放射光普及棟
3. 主催 (財)高輝度光科学研究センター、SPring-8利用者懇談会
4. 主旨 本年度のシンポジウムは、「SPring-8シンポジウム」と「SPring-8利用技術に関するワークショップ」を統合し、2日間で開催致します。SPring-8の新たな発展に向けた議論や、SPring-8の利用研究で培われてきた科学的・技術的情報などに関して有意義な討論を行い、施設者・利用者の双方に共通の理解を確立することを主旨とします。また、利用技術に関する報告・討論などを予定しております。
5. 主題 施設の現状と運営に関する総合的な報告や各種委員会等よりの報告のほか、今年度の利用技術に関するワークショップは「X線検出技術」を主題として開催致します。詳細は、次号9月号に掲載予定です。
 なお、最新情報は下記ホームページにてご案内させていただきますのでご利用下さい。
6. 実行委員会

委員長：伊藤 正久	群馬大学		
副委員長：古川 行人	JASRI		
委員：黒岩 芳弘	岡山大学	鳥海幸四郎	兵庫県立大学
難波 孝夫	神戸大学	樋口 芳樹	兵庫県立大学
上杉健太郎	JASRI	木村 滋	JASRI
清水 伸隆	JASRI	高雄 勝	JASRI
豊川 秀訓	JASRI	中村 哲也	JASRI
宮武 秀行	理化学研究所	石井 賢司	日本原子力研究所
7. 問い合わせ先 (財)高輝度光科学研究センター
 SPring-8シンポジウム 事務局
 e-mail : sp8sympo04@spring8.or.jp
 担当：研究調整部 當眞 一裕
 利用業務部 平野 志津
8. その他
 - ・本シンポジウムの最新情報はSPring-8のホームページに掲載します。
http://www.spring8.or.jp/sp8_sympo-8/
 - ・「利用者懇談会総会」同時開催予定

刊行物の発行について

以下の刊行物が出版されていますのでお知らせします。

- (1) SPring-8 User Experiment Report No.11 (2003A)およびNo.12 (2003B)
平成15年前期（平成15年2月～7月）および後期（平成15年9月～平成16年2月）にSPring-8の共用ビームラインおよび専用ビームラインを用いて行われた成果非専有課題の利用報告書（英文）をまとめたもの。本文370頁程度。No.11は平成15年11月およびNo.12は平成16年7月に発行。
- (2) SPring-8年報2002年度
2002年度（平成14年4月～平成15年3月）のSPring-8年次報告。従来Annual Reportとして刊行されていたものを、専門的な成果と一般記事に分離し、一般記事のほうを和文でまとめたもの。全326頁。平成15年9月発行。
- (3) SPring-8 Research Frontiers 2001B/2002A
平成13年9月から平成14年7月の期間にSPring-8のビームラインで実施された利用成果のハイライトと施設の現状をまとめたもの。全145頁。英文。平成15年8月発行。
- (4) SPring-8ナノテクノロジー研究 Nanotechnology in SPring-8 Vol.3 2003年B
（財高輝度光科学研究センター、日本原子力研究所および独物質・材料研究機構が文部科学省の委託業務として平成14年度から実施している「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト - 放射光を活用した解析支援」の平成15年後期の研究成果報告書。本文167頁。和文。平成16年6月発行。
- (5) SPring-8 News
一般向けにSPring-8の情報を提供。ニュース性に重点をおき、研究成果のトピックスをわかりやすく解説。全6頁。和文。隔月発行。

< 電子出版ホームページURL >

<http://www.spring8.or.jp/j/publication.html>

<http://www.spring8.or.jp/e/publication-e.html>

< 刊行物オンライン申込みホームページURL >

http://www.spring8.or.jp/j/publication/online_req/

http://www.spring8.or.jp/e/publication/online_req/

「播磨科学公園都市ガイドブック」の別冊化について

財団法人高輝度光科学研究センター
SPring-8利用者情報編集委員会

これまで、SPring-8利用者情報に掲載して参りました「播磨科学公園都市ガイドブック」につきましては、来所者及びユーザーの利便性を図るために、2004年9月号（Vol.9 No.5）より、別冊子として、財団法人高輝度光科学研究センター利用業務部ユーザー窓口（中央管理棟2階）にて、配布することといたしました。

なお、SPring-8ホームページ刊行物（<http://www.spring8.or.jp/j/publication.html>）では、これまで同様、PDFファイルにてご覧頂けます。

「播磨科学公園都市ガイドブック」の内容：（和文版、英文版）

SPring-8キャンパスガイド

（各部門の配置・連絡先、外部からのビームラインへの連絡、ビームライン担当一覧）

SPring-8へのアクセスガイド

新幹線とバスの時刻表

播磨科学公園都市マップ

宿泊施設

レストラン、食堂

また、JR、バスの時刻表及びSPring-8関係の情報等の変更が有る場合には、利用者情報誌本誌へ掲載いたします。

F A X 送 信 票
FAX Sending Form
FAX : 0791-58-2798

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

コメント
Comments

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

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

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

< 放射光普及棟 >
Public Relations Center

広報室
Public Relations Office

< 中央管理棟 >
Main Building

4F	加速器部門 Accelerator Div.	
3F	ビームライン・技術部門 Beamline Div.	利用研究促進部門 Materials Science Div.
		利用研究促進部門 Life and Environmental Science Div.
2F	利用業務部 User Administration Div.	原研事務管理部門 JAERI Administration Office
	研究調整部 Research Coordination Div.	理研事務管理部門 RIKEN Administration Office
	安全管理室(受付) Safety Office (Reception)	
1F	総務部 General Affairs Div.	総務部 経理課 Accounting Sec. General Affairs Div.
	役員室 Executives	企画室 Planning Office
		総務部 人事課 Personnel Sec. General Affairs Div.

西 West Side

東 East Side



<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
企画室 Planning Office	58-0960	58-0957
総務部 General Affairs Division	58-0950	58-0955
研究調整部 Research Coordination Division	58-0839	58-0988
利用業務部 User Administration Division	58-0961	58-0965
広報室 Public Relations Office	58-2785	58-2786
加速器部門 Accelerator Division	58-0851	58-0850
ビームライン・技術部門 Beamline Division	58-0831	58-0830
利用研究促進部門 Materials Science Division	58-0832	58-0830
利用研究促進部門 Life and Environmental Science Division	58-0833	58-0830
施設管理部 Facility Management Division	58-0896	58-0876
安全管理室 Safety Office	58-0874	58-0932
健康管理室 Health Office	58-0898	
正門 Main Gate	58-0828	
東門 East Gate	58-0829	
研究交流施設管理棟受付 Guest House Reception	58-0933	58-0938
原研事務管理部門 JAERI Dept. of Administrative Service	58-0822	58-0311
原研関西研 JAERI Kansai Research Establishment	58-2701	58-2740
理研事務管理部門 RIKEN Administration Office	58-0808	58-0800
理研播磨研(構造生物学研究棟) RIKEN Harima Institute	58-2809	58-2810
ニュースバル New SUBARU	58-2503	58-2504

<外部からのビームラインへの連絡>

Contact for SPring-8 Beamlines from Outside the Campus

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

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

ビームライン Beamline	内線電話番号 Ext. Phone No.	PHS番号 PHS No.	外線電話番号 Phone No.	外線FAX番号 FAX No.
BL01B1	4047	3160 3161		
BL02B1	4057	3162 3163		
BL02B2	4067	3742 3743		
BL04B1	4087	3164 3165		
BL04B2	4097	3744 3745		
BL08W	4127	3166 3167		
BL09XU	4147	3168 3169		
BL10XU	4217	3170 3171		
BL11XU	4227	3155		
BL12B2(Taiwan)	4237		58-1867	58-1868
BL12XU(Taiwan)	4237		58-1867	58-1868
BL13XU	4258	3838 3739		
BL14B1	4267	3183		
BL15XU(NIMS)	4287	3620 3625 3626	58-0223	58-0223
BL16XU(Industrial Consortium)	4297	3631 3632	58-1804	58-1802
BL16B2(Industrial Consortium)	4297	3633 3634		
BL17SU	4317			
BL19LXU4371				
BL19B2	4372	3142 3143		
BL20XU	4373(S) 4819(B)	3144 3145		
BL20B2	4374(S) 4828(B)	3740 3741		
BL23SU	4407	3185		
BL24XU(Hyogo)	4417	3186 3187 3188	58-1808	58-1807
BL25SU	4427	3172 3173		
BL26B1	4437	7860 7861		
BL26B2	4447	7862 7863		
BL27SU	4457	3174 3175		
BL28B2	4477	3746 3747		
BL29XU	4491	3315 3316 3317 3318		
BL32B2(Pharmaceutical Industry)	4607	3592 3593	58-1882	58-1883
BL33LEP 4609	3618			
BL35XU	4627	3151 3152		
BL37XU	4647	3736 3737		
BL38B1	4657	3146 3594		
BL39XU	4677	3176 3177		
BL40XU	4687	3153 3154		
BL40B2	4697	3750 3751		
BL41XU	4707	3178 3179		
BL43IR	4717	3748 3749		
BL44XU(IPR, Osaka-Univ.)	4727		58-1814	58-1814
BL44B2	4737	3182		
BL45XU	4747	3180 3181		
BL46XU	4017	3752		
BL47XU	4027	3184		

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

<ユーザー用談話室>
Lounge for Users

<公衆電話の設置場所>
Public Telephone Corner

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

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

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

カード販売場所
キラリ(売店)で販売しております。
KDDI Super World Card is on sale in KIRARI (a store)

HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY

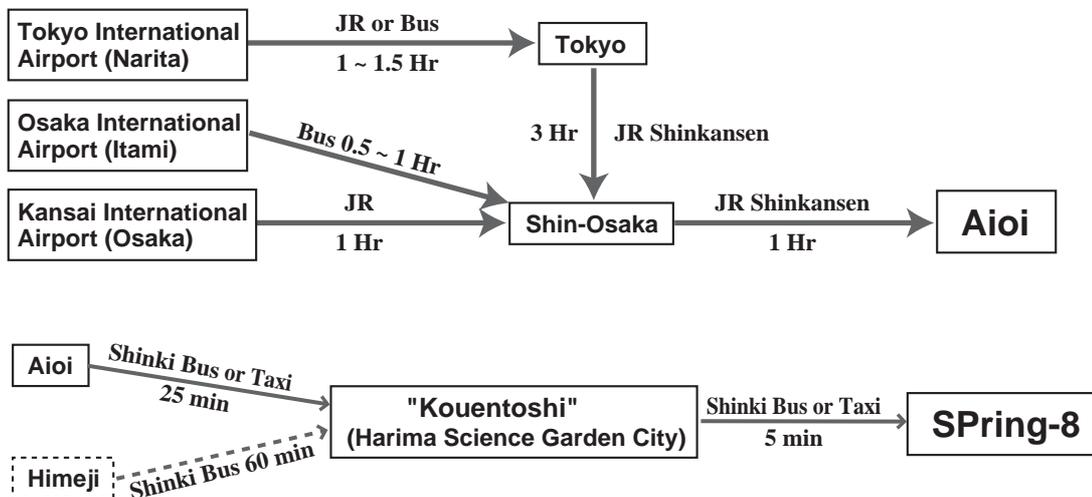
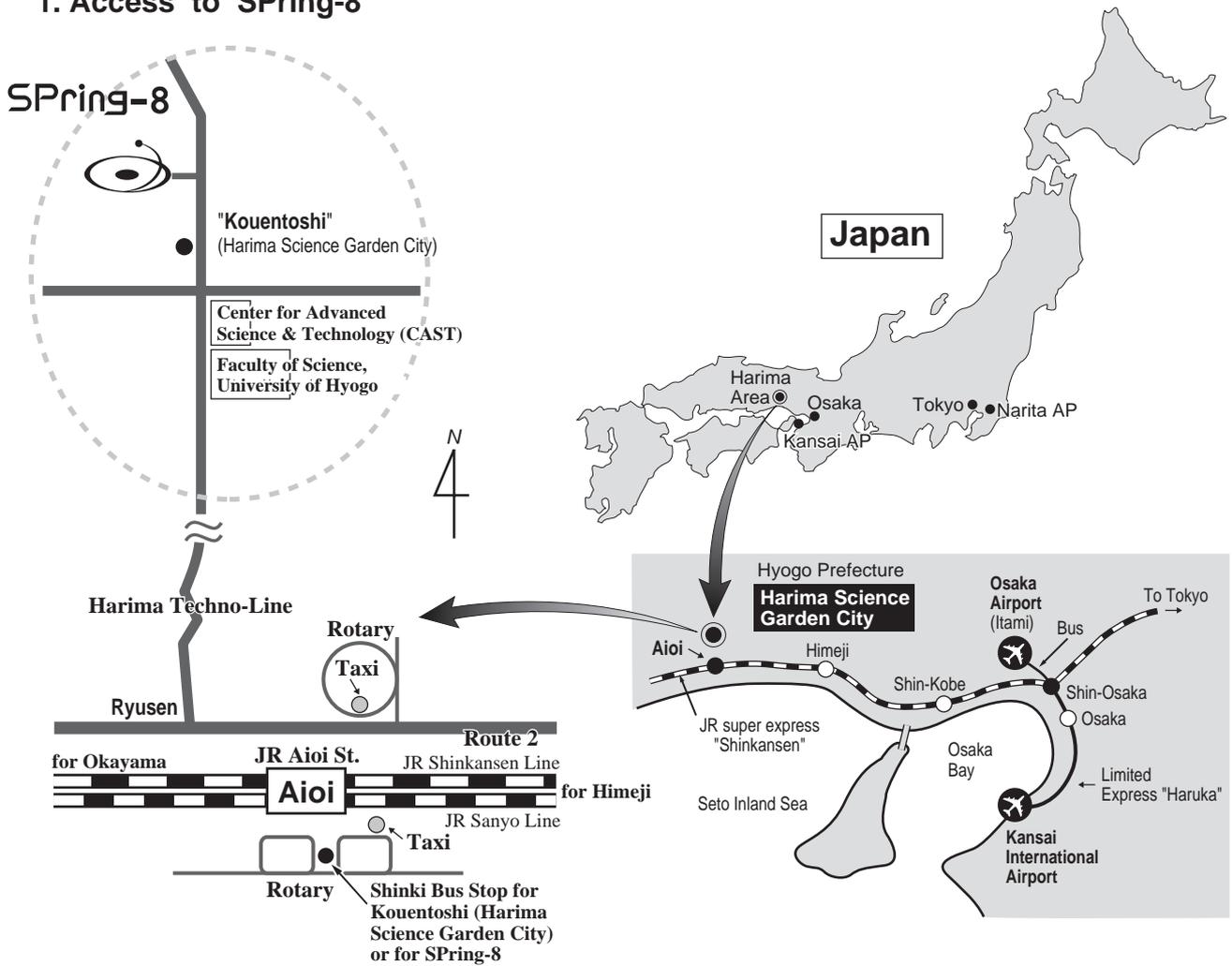
Beamline Contact Persons

as of 1st October 2003

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

Access Guide to SPring-8

1. Access to SPring-8



2. Contact Points for Transportation

JR-West (West Japan Railway Company)

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

Shinki Bus

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

Taxi

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

3. Fares

Limited Express (JR)

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

Shinkansen (JR)

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

Shinki Bus

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

Taxi

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

JR Shinkansen Train Schedule and Shinki Bus Schedule

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

(revised on March 19, 2004)

Shinki Bus ;

(revised on April 1, 2004)

- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays,
- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays and 3/24 ~ 4/7, 7/27 ~ 8/31, 9/25 ~ 9/30, 12/25 ~ 1/7
- : no run on Saturdays and Sundays and National Holidays between Kouentoshi and SPring-8,
- : run on Saturdays and Sundays and National Holidays,
- : According to the delayed arrival of JR trains at Aioi station, the bus departure can be delayed up to 2 minutes.

from Tokyo to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen						Shinki Bus		Shinki Bus		
	Tokyo	Shin-Yokohama	Nagoya	Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
									652	720	
K 629					612	650		703			
K 631					632	710		720	728	753	
									733	758	
									734	802	
									755	823	831
							740			> 835	843
K 633					703	745		755	817	845	853
									825	853	901
N 39			640	717	731						
K 635					737	820		830	905	933	
H 331			656	744	759						
K 637					804	851		904	930	958	1006
K 493			714	802	817						
K 639					826	912		931	1005	1033	
N 203	630	646	811	848	902						
K 645					915	1001		1012			
H 301	636	653	825	921	938	1014		1030	1035	1103	1111
									1100	1135	
N 103	726		909	948	1002						
N 43	733	750	916	954	1009						
K 649					1015	1101		1112			
H 303	736	753	923	1021	1038	1114		1130	1135	1203	1211
N 7	813	832	958	1035	1051	1121	1150			>1245	
N 45	833	850	1016	1054	1109						
K 653					1115	1201		1212	1235	1303	1311
H 305	836	853	1023	1121	1138	1214		1230	1300	1335	
N 47	933	950	1116	1154	1209						
K 657					1215	1301		1312			
H 307	936	953	1123	1221	1238	1325		1335	1340	1408	1416
									1400	1428	
N 49	1033	1050	1216	1254	1309						
K 661					1315	1401		1412			
H 309	1036	1053	1223	1321	1338	1414		1430	1435	1503	1511
									1500	1528	

Train name	Shinkansen						Shinki Bus		Shinki Bus		
	Tokyo	Shin-Yokohama	Nagoya	Kyoto	Shin-Osaka	Himeji	Himeji St.	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
N 51	1133	1150	1316	1354	1409						
K 665					1415	1501		1512			
H 311	1136	1153	1323	1421	1438	1514		1530	1535	1603	
									1600	1628	
N 53	1233	1250	1416	1454	1509						
K 669					1515	1601		1612	1630	1658	1703
H 313	1240	1257	1423	1521	1538	1614		1630	1700	1728	1733
H 369					1551	1621	1630			> 1725	
N 55	1333	1350	1516	1554	1609						
K 673					1615	1701		1712	1730	1758	1803
H 315	1336	1353	1523	1621	1638	1725		1744	1810	1838	1843
N 57	1433	1450	1616	1654	1709						
K 677					1715	1801		1812			
H 317	1436	1453	1623	1721	1738	1814		1830	1840	1915	
									1841	1916	
N 59	1533	1550	1716	1754	1809						
K 681					1815	1901		1912	1915	1943	1948
H 319	1536	1553	1723	1821	1838	1914		1930	1945	2013	
N 61	1633	1650	1816	1854	1909						
K 685					1915	2001		2014	2020	2048	2053
H 321	1636	1653	1823	1921	1938	2014		2030			
N 137	1726		1909	1948	2002						
N 63	1733	1750	1916	1954	2009						
K 689					2015	2057		2109			
H 323	1736	1753	1923	2021	3038	2125		2135	2145	2213	
N 143	1826		2009	2048	2102						
N 65	1833	1850	2016	2054	2109						
K 693					2115	2157		2207			
H 325	1836	1853	2023	2121	2138	2214		2224			
N 151	1926		2109	2148	2202						
N 153	1933	1950	2116	2154	2209						
K 697					2215	2257		2307			
H 327	1936	1953	2123	2221	2238	2314		2324			
N 67	1950	2009	2134	2212	2227						

Stop at Shinagawa St.

HANDY TIPS AROUND HARIMA SCIENCE GARDEN CITY

from Hakata to Harima Science Garden City

Train name	Shinkansen				Shinki Bus		
	Hakata	Hiroshima	Okayama	Aioi	Aioi St.	Kouentoshi	SPring-8
H 302			603	620	652	720	
K 620			632	657			
N 40		600	641				
K 622			659	721	728	753	
					733	758	
					734	802	
					755	823	831
H 340		642	723				
H 304			732	753			
K 624		617	746	810	817	845	853
					825	853	901
N 44		740	821				
H 306			832	853	905	933	
H 344	639	755	836				
K 628		714	841	909	930	958	1006
H 348	735	846	927				
H 308			931	953	1005	1033	
N 6	754	900	936				
K 632	607	804	946	1007	1035	1103	1111
H 350	835	946	1027				
H 310			1031	1053	1100	1135	
H 352	843	955	1036				
K 636	712	911	1045	1107	1135	1203	1211
N 10	922	1028	1104				
H 312			1117	1143			
H 354	935	1046	1127				
K 640		1008	1145	1207	1235	1303	1311
N 52		1140	1221				
H 314			1231	1253	1300	1335	
H 358	1043	1155	1236				
K 644		1111	1245	1307	1340	1408	1416
H 360	1135	1246	1327				
H 316			1331	1353	1400	1428	
N 16	1154	1300	1336				
K 648	1014	1208	1345	1407	1435	1503	1511
H 390	1235	1346	1427				
H 318			1431	1453	1500	1528	
H 362	1243	1355	1436				
K 652	1113	1311	1445	1507	1535	1603	
N 20	1322	1428	1504				
H 320			1517	1543	1600	1628	
H 366	1348	1500	1541				
K 656		1408	1545	1607	1630	1658	1703
H 368	1435	1546	1627				
H 322			1631	1653	1700	1728	1733
H 370	1443	1555	1636				
K 660	1313	1511	1645	1707	1730	1758	1803
H 372	1535	1646	1727				
H 324			1731	1753	1810	1838	1843
N 26	1554	1700	1736				
K 664		1606	1745	1807	1840	1915	
					1841	1916	
H 374	1635	1746	1827				
H 326			1831	1853			
H 376	1643	1755	1836				
K 668	1513	1711	1845	1907	1915	1943	1948
					1945	2013	
H 378	1733	1844	1926				
K 672		1808	1931	1953	2020	2048	2053
N 32	1825	1931	2006				
K 674	1646	1848	2010	2033			
H 392	1835	1946	2027				
H 332		1956	2039				
K 678	1712	1923	2045	2110			
N 38	1922	2033	2109				
K 680	1742	1949	2113	2133	2145	2213	
N 500	2005	2107	2141				
K 682		2026	2150	2211			
H 384	2010	2125	2207				
K 684	1850	2051	2211	2231			

from Harima Science Garden City to Hakata

Shinki Bus			Train name	Shinkansen			
SPring-8	Kouentoshi	Aioi St.		Aioi	Okayama	Hiroshima	Hakata
			K 629	703	723	836	1027
	640	708	K 631	720	739	910	1108
			N 501		745	819	921
	710	738	K 633	755	815	940	1149
			N 39		820	856	1007
			K 635	830	849	1010	
			H 331		854	935	1046
	830	858	K 637	904	924	1055	1306
			H 333		932	1015	1138
900	910	938	K 645	1012	1033	1207	
	945	1013	H 301	1030	1047		
			H 355		1052	1133	1244
1013	1019	1047					
1013	1022	1050	K 649	1112	1133	1308	
			N 7		1143	1219	1325
	1045	1113	H 303	1130	1147		
			H 357		1152	1233	1344
	1117	1152					
1129	1138	1206					
1129	1139	1207	K 653	1212	1233	1407	1606
			H 359		1243	1324	1436
			H 305	1230	1247		
			H 361		1252	1333	1444
1159	1209	1237	K 657	1312	1333	1508	
			H 363		1338	1419	1532
	1245	1313	H 307	1335	1352		
			N 49		1358	1439	
1317	1327	1355	K 661	1412	1433	1608	
			H 365		1443	1524	1636
			H 309	1430	1447		
			N 51		1458	1539	
	1355	1430	K 665	1512	1533	1708	
			N 17		1543	1619	1725
1440	1450	1518					
1449	1458	1526	H 311	1530	1547		
			H 367		1552	1633	1744
			N 53		1558	1639	
	1514	1542					
	1540	1608	K 669	1612	1633	1807	2004
			H 369		1643	1724	1836
			H 313	1630	1647		
			N 55		1658	1739	
	1612	1640					
	1640	1708	K 673	1712	1733	1909	2103
			H 371		1738	1819	1932
			H 315	1744	1800		
			N 23		1815	1851	1957
1709	1718	1746					
1709	1719	1747					
	1740	1808	K 677	1812	1833	2008	
			H 375		1843	1924	2036
1744	1754	1822	H 317	1830	1847		
			N 59		1858	1939	
1815	1824	1852					
1815	1825	1853	K 681	1912	1933	2108	
			N 27		1943	2019	2125
1849	1859	1927	H 319	1930	1947		
			H 379		1952	2033	2144
1925	1935	2003	K 685	2014	2034	2205	2353
			H 381		2043	2124	2236
			H 321	2030	2047		
			H 383		2052	2133	2244
1954	2004	2032	K 689	2109	2131	2302	
			H 385		2138	2219	2332
			H 323	2135	2151		
			N 65		2158	2239	
2100	2110	2138	K 693	2207	2227		
			H 325	2224	2241		
			H 387		2252	2333	

from Harima Science Garden City to Tokyo

Shinki Bus		Train		Shinki Bus		Shinkansen							
S	P	Spring-8	Kouentoshi	Aioi St.	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo	
					H 302	620		629	704	721	813	1013	
					K 620	657		707	746				
					N 42			753	808	845	1010	1030	
640		708			K 622	721		731	809				
					N 114			817	832	910		1053	
	710		738		H 304	753		803	841	858	956	1126	1143
					K 624	810		825	904				
					N 44			910	925	1003	1130	1146	
					H 306	853		903	941	958	1056	1226	1243
	830		858		K 628	909		925	1004				
					N 46			1010	1025	1103	1230	1246	
900	910		938		H 308	953		1003	1041	1058	1156	1326	1343
					K 632	1007		1025	1104				
					N 48			1110	1125	1203	1330	1346	
	945		1013										
1013	1019		1047										
1013	1022		1050		H 310	1053		1103	1141	1158	1256	1426	1443
	1025												
					K 636	1107							
					N 50			1210	1225	1303	1430	1446	
	1045		1113		H 312	1143		1153	1241	1258	1356	1526	1543
					K 640	1207		1225	1304				
					N 52			1310	1325	1403	1530	1546	
1129	1138		1206										
1129	1139		1207										
1159	1209		1237		H 314	1253		1303	1341	1358	1456	1622	1639
					K 644	1307		1325	1404				
					N 54			1410	1425	1503	1630	1646	
	1245		1313		H 316	1353		1403	1441	1458	1556	1726	1743
1317	1327		1355		K 648	1407		1425	1504				
					N 56			1510	1525	1603	1730	1746	

Shinki Bus		Train		Shinki Bus		Shinkansen										
S	P	Spring-8	Kouentoshi	Aioi St.	Aioi	Himeji St.	Himeji	Shin-Osaka	Kyoto	Nagoya	Shin-Yokohama	Tokyo				
					H 318	1453		1503	1541	1558	1656	1826	1843			
					1415											
					K 652	1507										
					N 58											
1440	1450		1518													
1449	1458		1526		H 320	1543		1553	1641	1658	1756	1926	1943			
					K 656	1607		1625	1704							
					N 60											
					1540	1608										
					1612	1640		H 322	1653		1703	1741	1758	1856	2026	2043
					K 660	1707					1725	1804				
					N 62						1810	1825	1903	2030	2046	
	1640		1708													
1709	1718		1746													
1709	1719		1747		H 324	1753		1803	1841	1858	1956	2126	2143			
					K 664	1807		1825	1904							
					N 64						1910	1925	2003	2130	2146	
					1740	1808										
1744	1754		1822		H 326	1853		1903	1941	1958	2056	2226	2243			
	1802		1810													
1815	1824		1852													
1815	1825		1853		K 668	1907										
					N 66						2010	2025	2103	2230	2246	
1849	1859		1927		K 672	1953		2004	2058							
					N 156						2118	2132	2209	2332	2348	
1925	1935		2003		K 674	2033		2043	2125							
					H 332						2133	2148	2238			
1954	2004		2032		K 678	2110		2120	2204							
					K 680	2133		2143	2233							
2100	2110		2138		K 682	2211		2221	2305							
					K 684	2231		2241	2321							

Stop at Shinagawa St.

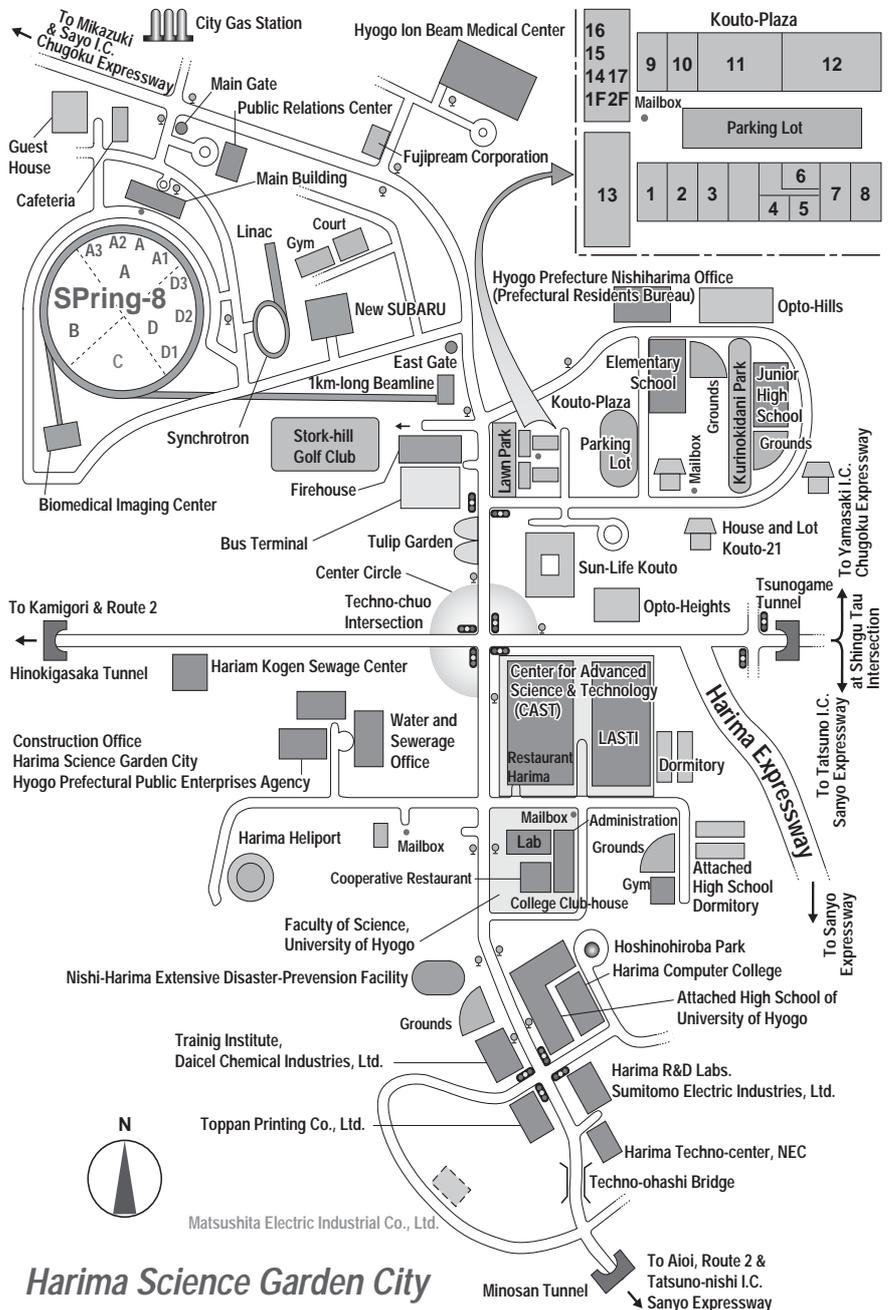


Pistacia chinensis Bunge

Harima Science Garden City Map

Kouto Plaza Guide

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



Harima Science Garden City

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

Hotels and Inns

In the Harima Science Garden City

〔 I 〕 : Tax and Service charges included

〔 N 〕 : Tax and Service charges not included

Center for Advanced Science & Technology (CAST)

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

Tel : 0791-58-1100

Room rates per person per night

Special Room (2 rooms)	: 2 beds, a table and chairs, Bath and toilet	¥6,600 - ¥8,200	} [I]
Twin Room (9 rooms)	: 2 beds, bath and toilet	¥4,600 - ¥5,800	
Single Room (18 rooms)	: 1 bed, bath and toilet	¥3,100 - ¥3,900	
Specially discounted room rate for researchers		¥3,000 - ¥6,400	

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

Reservations are needed for breakfasts in both the western style (800 yen) and Japanese style (800 yen).

Hotels and Inns in Aioi-city

() : Access from JR Aioi Station

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

Capacity : 90 persons. Rates : ¥5,040 - ¥9,450 per night [I]

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

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

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

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

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

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

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

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

Hotels and Inns in Himeji-city

() : Access from JR Himeji Station

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

Capacity : 260 persons (western style rooms). Rates : ¥9,500 - ¥20,000 per night [N]

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

Capacity : 299 persons (Japanese and western style rooms). Rates : ¥8,610 - ¥18,900 per night [N]

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

Capacity : 150 persons (Western style). Rates : ¥8,085 - ¥15,435 per night [I]

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

Capacity : 300 persons (Western style). *Rates* : ¥6,000 - ¥15,300 per night [I]

Himeji Washington Hotel Plaza (5 min. walk) 98 Higashiekimae, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-25-0111

Capacity : 172 persons (Western style). *Rates* : ¥7,800 - ¥15,600 per night [I]

SPring-8 Users : ¥6,500 - ¥ 9,000 per night [I]

Hotel Okuuchi (5 min. walk) 3-56 Higashinobesue, Himeji-shi, 670-0965. Tel : 0792-22-8000

Capacity : 426 persons (Western style). *Rates* : ¥6,352 - ¥12,705 per night [I]

Himeji City Hotel (10 min. walk) 1-1 Higashi-shinonome-cho, Himeji-shi, 670-0046. Tel : 0792-98-0700

Capacity : 120 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥6,300 - ¥12,600 per night [I]

Himeji Green Hotel (12 min. walk) 100 Sakamoto-cho, Himeji-shi, 670-0016. Tel : 0792-89-0088

Capacity : 155 persons, (Western style). *Rates* : ¥6,300 - ¥12,600 per night [I]

Himeji Orient Hotel (8 min. walk) 111 Shio-cho, Himeji-shi, 670-0904. Tel : 0792-84-3773

Capacity : 49 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥6,000 - ¥20,000 per night [I]

Business Hotel Chiyoda (8 min. walk) 166 Kubo-cho, Himeji-shi, 670-0916. Tel : 0792-88-1050

Capacity : 60 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥5,900 - ¥13,500 per night [I]

Business Hotel Tsubota (5 min. walk) 2-81 Hojoguchi, Himeji-shi, 670-0935. Tel : 0792-81-2227

Capacity : 69 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥4,830 per night [I]

Business Hotel Yoshinobu (5min. walk) 98 Shinobu-cho, Himeji-shi, 670-0917. Tel : 0792-22-4655

Capacity : 49 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥5,500 - ¥10,000 per 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). *Rates* : ¥6,400 - ¥13,000 per night [N]

Hoteiya Ryokan (6 min. walk) 24 Higashiekimae-cho, Himeji-shi, 670-0926. Tel : 0792-22-1210

Capacity : 42 persons (Japanese style). *Rates* : ¥9,000 - ¥10,000 per night with 2 meals [N]

Highland Villa Himeji (15 min. by car) 224-26 Hirominesanhinotani, Himeji-shi, 670-0891. Tel : 0792-84-3010

Capacity : 81 persons (Japanese and Western style). *Rates* : ¥9,800 - ¥12,600 per night with 2 meals [I]

Hotel Sunshine Aoyama (20 min. by car) 4-7-29 Aoyamaminami, Himeji-shi, 671-2223. Tel : 0792-76-1181

Capacity : 90 persons (Western style). *Rates* : ¥5,500 ~ per night [I]

Restaurants

Restaurants in the Harima Science Garden City

- Café&Restaurant “Ai Mates”** 1-19-4 Kouto, Mikazuki-cho, Sayo-gun, Tel : 0791-59-8150,
Hours : 9:00 - 17:00 17:00 - 21:00 (a subscription basis) Closed on Saturdays, Sundays and National holidays
Specialty : Light meals (fried vegetables, fried noodles,etc) &Drinks (coffee, beer, wine, etc) *Price* : ¥300 -
- Public House “Shunsai”** At “Kouto Plaza” in the Harima Science Garden City, Tel : 0791-59-8061,
Hours : 11:30 - 13:30 17:00 - 22:30, Closed on Sundays and holidays
Specialty : Grilled chicken, Japanese hotchpotch, fried food, many kinds of sake
- Japanese Restaurant “Kiraku”** At “Kouto Plaza” in the Harima Science Garden City, Tel : 0791-58-0507,
Hours : 11:00 - 14:00 17:00 - 20:00, Closed on Sundays and National holidays
Specialty : Japanese style lunch (grilled meat, a bowl of rice with a fried pork, etc.) *Price* : ¥900 -
- Restaurant Harima** At the Center for Advanced Science & Technology (CAST), Tel : 0791-58-0600,
Hours : 7:00 - 21:00 (Last orders 20:30) Closed during the New Year Holidays
Specialty : Japanese style Lunch and Dinners *Price* : ¥890 - ¥1,350
- “Harima club”** 3-7-1 Kouto, Kamigori-cho, Ako-gun, Tel : 0791-58-0009,
Hours : 10:00 - 22:00, Closed on Mondays
Specialty : OKONOMIYAKI (Japanese style pizza) *Price* : ¥350 - ¥750

Restaurants in the vicinity of the Harima Science Garden City

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

「裏表紙」、「談話室/ユーザ便り」募集について

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

「裏表紙」、「談話室/ユーザ便り」とも宛先は事務局まで

SPring-8 利用者情報 編集委員会

委員長	的場 徹	利用業務部
委員	大島 行雄	企画室
	辻 雅樹	研究調整部
	牧田 知子	利用業務部
	原 雅弘	広報室
	高雄 勝	加速器部門
	大橋 治彦	ビームライン・技術部門
	廣沢 一郎	利用研究促進部門
	竹内 晃久	利用研究促進部門
	山田 正人	施設管理部
	坂東 礼子	安全管理室
	渡辺 巖	利用者懇談会 編集幹事(大阪女子大学)
	鳥海幸四郎	利用者懇談会 編集幹事(兵庫県立大学)
	事務局	松本 亘
山下 幸二		利用業務部

SPring-8 利用者情報

Vol.9 No.4 JULY 2004

SPring-8 Information

発行日 平成16年(2004年)7月16日

編集 SPring-8 利用者情報編集委員会

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

(禁無断転載)



学問の木と呼ばれる木：楷の木



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

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1
[広報室] 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/>