

PHOTON FACTORY NEWS

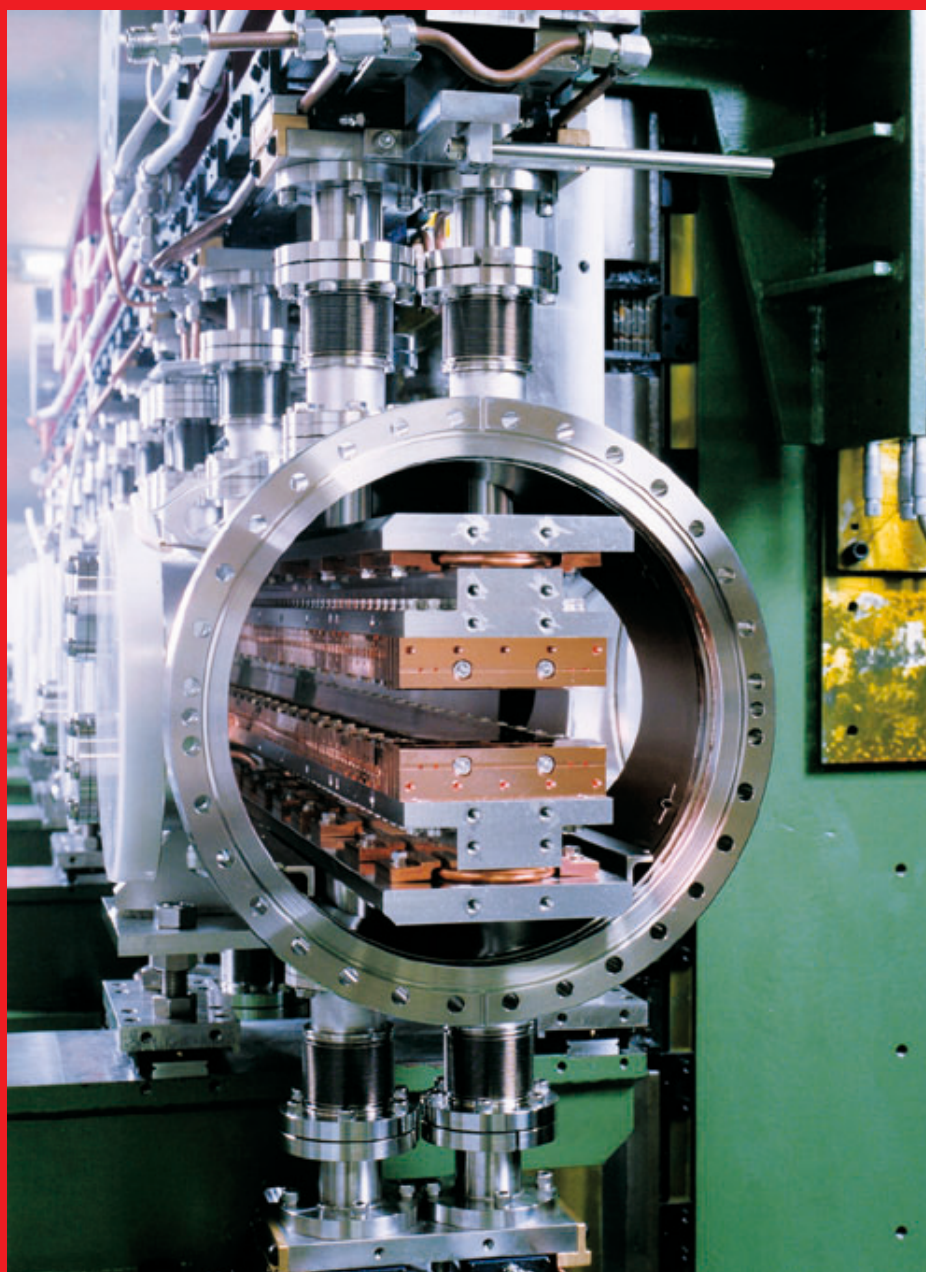
<http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

Vol.21 No.4
FEB 2004

- PF-ARにおけるテーパ化機構を持ったX線アンジュレータの開発
- 超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶における原子空孔の熱的生成機構
- 生体試料観察のための投影型軟X線顕微鏡の開発
- 軟X線(1-3 keV)を用いた内殻励起EXPEEMによる表面化学マッピングの可能性について



第21回PFシンポジウム開催(3月24日, 25日)



目 次

施設だより	松下 正	1
現 状		
入射器の現状	榎本 収志	2
PF光源研究系の現状	小林 正典	3
PF-AR	春日 俊夫	4
PF/Spring-8加速器情報交換会について	芳賀 開一	5
物質科学第一・第二研究系の現状	飯田 厚夫	5
施設留保ビームタイムについて	野村 昌治	6
「非平衡ダイナミクス」ERATO 腰原プロジェクトの進捗状況	河田 洋	7
お知らせ		
平成16年度後期フォトン・ファクトリー研究会の募集	松下 正	8
平成16年度後期共同利用実験課題公募について	小林 克己、宇佐美徳子	9
ユーザーの皆様へ Remark! Caution! Warning!	小林 正典	9
PFで予定されている安全対策について	伊藤 健二	10
人事異動・新人紹介		11
予定一覧		11
物質構造科学研究所・構造生物学研究センター 博士研究員および技術員募集		12
運転スケジュール		13
最近の研究から		
PF-ARにおけるテーパ化機構を持ったX線アンジュレータの開発	山本 樹、土屋公央、塩屋達郎	14
Development of Two New X-ray Undulators with Tilt Mechanism at the PF-AR		
超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶における原子空孔の熱的生成機構	水野 薫、岡本博之、橋本英二	19
Vacancy Generation Mechanism in Ultrahigh-Purity Aluminum Single Crystal with a Low Dislocation Density		
生体試料観察のための投影型軟X線顕微鏡の開発	伊藤 敦、本田捷夫、吉村英恭、遠藤久満、金城康人、矢田慶治、小林克己、篠原邦夫	24
Development of Soft X-ray Projection Microscope for the Observation of Biological Specimens		
軟X線(1-3 keV)を用いた内殻励起 EXPEEM による表面化学マッピングの可能性について	朝倉清高	28
A Possibility of Surface Chemical Mapping by Soft X-ray(1-3 keV) EXPEEM		
(Energy filtered X-ray Photoemission Electron Microscopy)		
研究会等の報告／予定		
第21回PFシンポジウムのお知らせ	加藤 龍一	33
PF研究会「PF軟X線結晶分光領域の研究の展開」のお知らせ		34
PF研究会「X線小角散乱研究の発展に向けて－現状と今後の課題－」の報告	若林克三、猪子洋二、高橋 浩、野村昌治	34
PF研究会「ナノテクノロジーと高分解能電子分光」報告	尾嶋 正治	36
ユーザーとスタッフの広場		
Daresbury研究所体験記－PFとの比較で考えさせられたこと－	上野 聡	38
PF懇談会だより		
PF懇談会総会のお知らせ		39
PF懇談会拡大運営委員会報告	宇佐美徳子	39
掲示板		
放射光共同利用実験審査委員会速報	小林 克己、宇佐美徳子	40
第10回放射光共同利用実験審査委員会研究計画検討部会議事メモ		41
第37回物質構造科学研究所運営協議員会議事次第		41
第38回物質構造科学研究所運営協議員会議事次第		41
平成16年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧		42
放射光セミナー、物構研セミナー		47
平成15年第2期ビームタイム配分結果一覧		48
編集委員会から		53
巻末情報		54

(表紙説明) 「PF-ARに設置された、テーパ型真空封止アンジュレータU#NW2の内部構造。」(最近の研究から「PF-ARにおけるテーパ化機構を持ったX線アンジュレータの開発」より)

施設だより

物質構造科学研究所副所長 松下 正

1月8～10日に行われた放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムの初日に行われたPF懇談会拡大運営委員会において施設報告を行いました。その中で今年は今現在努力中の2.5 GeVリング直線部増強について予算的目処をつけユーザーに改造作業のためのシャットダウンの時期を明確に知らせたいと申し上げました。それと同時に将来計画について長期的な視点から議論を見直し整理することが今年の課題であるとも申し上げました。

放射光分野あるいは放射光施設の将来に密接に関係のある議論が昨年末で行われ、その結果がDepartment of Energy (DOE) からレポートとして出されています。内容をみると日本での放射光分野の将来の議論あるいはPFの将来の議論にも参考になることもあるように思いましたので、すでにご存知の方もいらっしゃるかも知れませんが、簡単にその内容を紹介したいと思います。

ひとつは、2003年11月に「Facilities for the Future of Science – A Twenty-Year Outlook –」(URL: http://www.sc.doe.gov/Sub/Facilities_for_future/20-Year-Outlook-screen.pdf)としてDOEから公表されたものです。このレポートの準備のために、Office of Science (OoS) の下の6つのAdvisory Committeesに対して(1)どのような施設が新たにあるいはアップグレードされて必要かを考え、(2)科学的な重要性と準備検討状況を考慮したうえで各々の施設について検討したレポートがOffice of ScienceのDirectorに提出されています。二つといたしましたうちのひとつは上記の6つのAdvisory CommitteesのうちのひとつのBasic Energy Science Advisory Committeeに設けられたSubcommitteeから出されたもので、「BESAC Subcommittee Workshop Report on 20-Year Basic Energy Science Facilities Roadmap」(URL: http://www.sc.doe.gov/bes/besac/20year_facilities_report.pdf)という表題のものです。

後者は、放射光、中性子、電子顕微鏡などスモールサイエンス関連で5000万ドル以上の予算が必要とされる施設について、2003年2月に開催されたワークショップの報告のかたちをとり、22ページにわたるもので、共同利用研究所の果たすべき役割についてよく理解したうえで書かれているという印象を受けました。そこでは放射光施設について、DOEは将来の科学の発展のためにユニークな新しい施設の開発を支援する責任を持つと同時に、現在世界的レベルにある既存の施設をタイムリーにアップグレードしてこれらの施設で対応できる重要な科学的ニーズに応えるという二重の役割をもつべきことを強調しています。このためにまずDOE傘下の既存の4つの放射光施設の果たしている重要性とそれらの性能向上の重要性を指摘し、ALS、APS、NSLSの順にFull Energy Injection

や、ビームライン、挿入光源の更なる整備を行うべきと述べています。またSSRLについては、すでに高輝度化のためにSPEAR-IIIとしてリングの改造が行われていることにSubcommitteeとして満足している旨のコメントをしています。将来については、near termとlonger termとに分けて言及しています。Near termでは、X線自由電子レーザーの実現を目指すSSRLのLCLS (Linac Coherent Light Source) が極めて高い評価を受けて唯一あげられています。Longer termでは、BrookhavenのNSLSに3 GeVクラスの低エミッタンスリングを建設すること、APSで現在のものより100倍程度輝度をあげたSuper Storage Ringを既存の建物内に建設すること、LCLSの経験に基づいたより本格的なX線自由電子レーザー、遠赤外光源、LBLのLinac-based Ultra-fast X-ray Facility等があげられています。

「Facilities for the Future of Science – A Twenty-Year Outlook –」では上述の6つのAdvisory Committeesからの報告にもとづいて、建設・アップグレードの提案のあった53のuser facilitiesを、科学的見地からの重要性を3段階に、時間軸上でもnear term, mid-term, far-termの3段階に分類し、28の施設を選び出しプライオリティーをつけています。プライオリティー1は、ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) です。素粒子物理学分野のLinear Colliderはプライオリティー13にあげられています。X線FELを目指したSSRLのLCLS (Linac Coherent Light Source) はプライオリティー3にあげられています。そのほか、プライオリティー21にNSLSの3 GeVクラスリングの建設が、プライオリティー23にALSのアップグレードと、APSのSuper Storage Ringの可能性も含んだアップグレードがあげられています。

各施設に関する記述は、写真入りでA4半ページ程度でプライオリティーをこのような順番につけた明確な理由の記述はみられないようですが、各プロジェクトへの投資の山が20年間のうちにいつ頃くるべきかを示す図表までついていてずいぶんと思いついたものを公表するものだという印象を受けました。また、科学的にも技術的にも時間が経つにつれて進歩があるので、プライオリティーに関しては今後も必要に応じて見直すことを行うべきとも言及しています。

PFにおいて昨年3月にERL (Energy Recovery Linac) に関する検討報告を出版した際に、放射光施設の果たすべき役割としてBESAC subcommitteeのレポートに記述してあることと全く同じことを述べました。昨年は、また極紫外・軟X線光源で目指していた研究を実現するためにPFとして何ができるかの検討も行いました。今年は、このような状況を再度見直しPF懇談会の皆様と力をあわせて、先端性と汎用性の二つの役割を担えるような施設としての将来像を描く努力を行いたいと考えておりますので、ご協力・ご支援をお願いいたします。

現 状

入射器の現状

電子・陽電子入射器
 加速器第三研究系主幹 榎本收志

概況

昨秋 9～12月の入射器運転日程は以下の通りであった。

- 9月 22日 PF への入射開始
- 10月 01日 PF-AR への入射開始
- 12月 24日 PF、PF-AR 運転停止
- 1月 13日 PF への入射開始
- 1月 15日 PF-AR への入射開始

PF-AR への秋期入射運転は大きなトラブルがなく順調に入射を続けられた。

運転統計

秋期の入射器運転は 2,672 時間であった。このうち、PF への入射時間は 49 時間 2 分、PF-AR への入射時間は 72 時間 30 分であった。この間の入射器故障は 81 時間（運転時間の 3.0%）、故障による入射遅延時間は PF 入射で合計 2 時間 13 分（入射時間の 4.5%）、PF-AR 入射で合計 1 時間 9 分（同 1.6%）であった。

入射遅延の原因（遅延時間）の主なものは、ビームモニターの故障（67 分）、スイッチヤード電磁石の消磁忘れ（122 分）などであった。

低速陽電子源

夏期保守後、9月1日の電子・陽電子入射器立上げと時期を同じくして、低速陽電子実験用テストリニアックを立上げ、9月2日から、低速陽電子生成用の電子ビーム供給を開始した。ユーザー実験は9月29日から開始され、年末は12月22日まで行われた。現在は、共同開発研究の一環として、筑波大、産総研、東大の3グループが利用している。週間の運転スケジュールは、月曜日がマシンタデー、火曜日から金曜日までの9時から21時までがユーザーランで、安全のため、物質科学系当番によるテストホールの巡回を毎日2回実施している。隔週開かれている低速陽電子打合せでは、9月から12月までの利用時間は632時間で、「測定中にクライストロンのダウンが数回あったが、加速器・ビームラインの状況はおおむね順調」と報告されている。

来年度からの共同利用のための課題申請が11月にあり、先のグループの他に国内外から数件の応募があったと聞く。低速陽電子実験用テストリニアックの運転は、PFやKEKBのための電子・陽電子入射器の運転と合わせて実施している。電子・陽電子入射器は、入射器スタッフと業務委託の運転メンバーによって、1日3交替、24時間体制で、年間10か月、7000時間以上の運転を行っている。是非と

も多くのユーザーに利用していただき、この運転時間が有効に使われることを願っている。

KEKB への連続入射

KEKB への陽電子蓄積率を改善するため 2000 年度にシステムを開発し、2001 年度の試験を経て、2002 年度の秋から運用を開始した「2バンチ入射」（PF NEWS Vol.18, No.2 参照）は 1 年を経過したが、2～3mA/s の安定した入射に貢献している。さらに、2004 年 1 月からは、KEKB 入射が「連続入射モード」になった。これは実験をしながら入射を行うもので、入射によるバックグラウンドが許容できるものか注意深く検討しながら導入を開始したものである。連続入射する陽電子の量は、通常の入射の 10 分の 1 程度（0.3 mA/s）で良いが、蓄積ビームを失い 0 から積み上げる（現在は約 1.4 A）ときはフル電流で入射する。連続入射によって KEKB は目標としていた世界最高のピークルミノシティ $10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$ （10/nb/s）を常に維持できるようになった。ビームを失わなければ、1日に0.864/fbのルミノシティを蓄積できる。これは、KEKB 実験を開始した 1999 年 6 月から 2002 年 6 月まで 3 年かかって貯めた 80/fb を約 3 か月で貯めることができることを意味する。「連続入射モード」が始まったため、入射器はこれまでのように、入射の合間に頻りにビーム調整をする余裕がなくなった。この「連続入射モード」が今後うまくいくかどうかのひとつには、入射器をどれだけ安定に維持できるかがかかっている。

Cバンドによる入射器のエネルギー増強

前号で 2003 年夏の工事で C バンドの加速モジュールを、入射器の #4-4 と呼ばれる空白の加速モジュールの場所に設置したことを報告した。これは、C バンド（5712 MHz）の高周波電源と長さ 1 m（現用の加速管の 2 分の 1 の長さ）の加速管からなる加速モジュールである。加速高周波は入

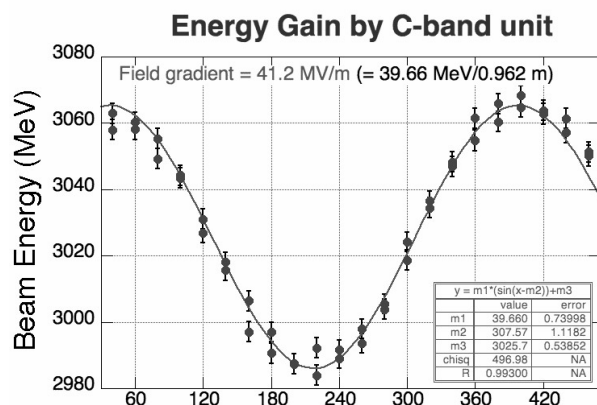


図 横軸は C バンド加速高周波（5712 MHz）の位相、縦軸は電子ビームのエネルギーを示す。グラフは C バンド加速管に供給する高周波の位相を変えながら、加速ビームエネルギーを入射器終端で測定したものである。正弦曲線によるフィッティングの結果、加速エネルギーは 39.7 MeV で、加速管の加速有効長（0.962 m）を考慮すると加速電界は 40 MV/m となる。

射器の運転で用いられている 2856 MHz の高周波を 2 倍にして通倍したもので、加速ビームと同期させている。このシステムを用い、従来と同じ高周波電力（約 40 MW）で、従来の約 2 倍の 40 MV/m の高電界で電子ビームを加速することに、10 月 10 日、成功した。このことにより、現在用いている S バンド加速管（2856 MHz、長さ 2 m）と同等の加速エネルギーが、2 分の 1 の長さの加速管で得られることを実証した。入射器グループは、昨年度から、入射器の安定化と KEKB の将来計画に備えて C バンド高周波によるエネルギー増強に取り組んできたが、1 年余りで、最初の大きな成果をあげることができた。

新年の抱負

新年早々から KEKB 「連続入射モード」が始まったことにより、新たに過酷な運転状況で、入射器を安定に維持することが求められることになった。また、2004 年度には低速陽電子実験施設の共同利用が始まる。C バンド開発ではパルス圧縮器の導入が今年の新しい目標として残っている。これらの 3 つの中心的な課題の他に、昨年度から加速器研究施設として開発を始めたリニアコライダ主加速器実証用の試験加速器（GLCTA）の高周波電源の製作への協力、次期光源加速器としてのエネルギー回収型リニアック（ERL）への参加などの課題もある。入射器をとりまく将来計画の動向には、今注目されている ITER 誘致問題などがからんで緊迫しているが、入射器の維持、改善を軸に、これらの課題にひとつひとつ着実に取り組んでいきたいと考えている。2003 年度は陽子加速器から竹中さんが新しく入射器グループに移籍されたが、昨年秋から長年入射器で活躍されてきた大越隆夫さんが J-PARC の建設に参加することになった。今年も入射器グループの和をいっそう重視してやっていきたい。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 小林正典

PF リング

2003 年 9 月 22 日から始まった秋の運転を 12 月 24 日で終えた。12 月 15 日から 24 日までの間は 3.0 GeV で運転を行なった。運転停止後、リング内では BL-5 基幹部グラフィタマスク部の位置測量と調整作業が行なわれた。これは昨年秋に BL-5 に放射光を通してビームラインの設置確認を行った際に、視野の上側に来る放射光の一部が欠ける状況が見つかり、光源点に比較的近い場所にその原因があるのではという疑いもたれたことによる。入射路ビームモニターなどの入射路に配置されている機器のメンテナンスを、リニアックと KEKB リングの運転が停止しないと入射路に入域できないことから、冬季シャットダウン中に行なった。

2004 年 1 月 13 日（火）9 時から冬の運転を開始した。

立ち上げに先立つ 1 月 7 日（水）には加速器停止中の放射線検査が行なわれたが、特に指摘事項も無く機器の安全・正常さが確認された。立ち上げ調整時間を利用して BL-5 基幹部グラフィタマスクの位置確認を下流ビームラインに光を導き行なった。1 月 16 日（金）9:00 からは恒例の光軸確認を実験ホール側で行ない、特段の調整無しに基準軌道を定め、冬のユーザー運転が開始された。この運転は 3 月 23 日（火）9:00 まで行なわれる。

PF Activity Report 2002 にも示したが、PF リングの故障率（ユーザー運転時間中に故障で運転を停止した時間／運転計画時間）は 0.5% 以下となっている。これは光源系スタッフによる「予防的メンテナンス」すなわち、各種の機器の運転状況に細かく注意を払うことで故障が顕在化する前に予防的に手を入れていることが効果をあげている。しかしながら老朽化は機器のあちこちに現われている。高周波電源や電磁石電源など不調になれば直ちにビームを落としてしまう機器に対してはこれまで既に手を入れてきている。しかし各グループのインターロック系の保守は、直線部増強計画促進のために予算をまわしてきたために、後回しとなっていて最近では運転に支障が現われてきている。すなわち、これらインターロック系は運転開始の 1983 年からの数年に構築されたものが多く、NEC-PC9800 が最新鋭のパソコンであった時代のものを今も稼働させている。NIM や CAMAC のモジュールは今では製造中止となっているものも多く、簡単なリレーボックス内部の基板でさえも保守自体が困難となりつつある。基幹チャンネルや挿入光源の場合には不調となったラインのみを閉鎖としてビームを失うことなくリング運転はできるが、電磁石、高周波、真空のインターロック不調は直ちにビームを失うことにつながる。今後特にこれらのインターロック系の更新が大きな問題となる。光源加速器としての新たな機器や測定方法の開発などやるべきことは多いが、安定なユーザー運転を考えると開発に回すことが出来る予算は厳しい。開発に関しては、競争的経費獲得を念頭におき計画立案することをスタッフ一同心がけなければならない状況にある。

直線部増強計画についてはこれまでに何度も PF News で述べてきている。平成 15 年度機構内特別経費が措置され、新 4 極電磁石は現在製造中であり、新 4 極電磁石にふさわしい真空ダクト先行 1 本についても製造している。4 極電磁石と構造上干渉が起る基幹チャンネルに付いてはこれまでに PF 内自己努力による予算を毎年回すことによって、その大部分を再構築してきた。今後は新造した電磁石に見合う電磁石電源と真空ダクト全数の製造を行なわなければならない。そのための予算措置として機構に対しては平成 16 年度機構内特別経費を要求するとともに、PF 内自己努力による経費を考えている。これらの予算が実行されれば平成 16 年度に機器の製造は完了することになる。したがって、平成 17 年前半（平成 16 年度最後の期？）から夏休みを利用してリングの運転を停止し、現在の 4 極電磁石と真空ダクトの撤去、新電磁石および新真空ダクトの設置作業を行ないたいと考えている。ユーザーは今後の予定

について注意をはらって欲しい。

将来展望

将来計画に付いては別稿で記されるであろう。PF リングはご存じのように 1978 年の建設開始からすでに 25 年を経過したマシンである。この間に 2 度にわたる高輝度化を行う改造を進めてきた。ビーム寿命 τ と電流 I_b の積 $I_b \tau$ の値は世界的に見てもトップの値となっている。また、故障率も極めて小さい。しかしながら第 2 世代として生まれたが故に PF リングは、挿入光源の数とエミッタンス、輝度共に世界のレベルに及ばず、光源位置の安定性についてもビームが太い故にあまり深刻には受け止められていない。

世界の放射光光源の質向上はこの数年その開発達成速度を速めている。すでに知られているように、SPring-8 では輝度が高くカップリングの小さいビームを実現しいろいろなモードの運転を行なって利用実験に供し、さらにバンチスライシングによってピコ秒以下のパルス光を発生させようとしている。また自由電子レーザーを従来の概念より短い長さの加速器で実現することを進めている。分子研では高輝度化の改造が成功裏に終わりいよいよ輝度を高めた運転が実用になる。原研東海ではエネルギー回収型リニアックの実証機による短パルス放射光の研究を推し進めている。台湾では 1.3 GeV から 1.5 GeV に性能を高め、且つ 1 μm の桁で光の安定度を評価しているリングがすでに稼動している。また中国上海では 3GeV クラスの新第 3 世代高輝度光源建設が今春にはスタートする。いわゆる新第 3 世代リングである Swiss Light Source では高輝度高安定度に加えすでに Top-Up 入射を実現している。Top-Up 入射に付いては、利用実験が精密化するにつれて光学素子の熱変形に起因する放射光強度変化も 0.1 % 台で議論されるようになることから、放射線安全を確保しつつ Top-Up 入射を実用化することは避けて通れない課題となっている。PF では Top-Up を睨んで新しい入射方式の開発経費をリーダーシップ経費に要求して認められ、パルス磁石を現在製作している。テストは 2004 年度からになる。しかしながら Top-Up 入射を PF リングで常時行なうには、電子リニアックが現在 B-Factory に対し continuous injection を実用化している状況にあることから、調整がつかない場合には独自の入射系を持つ必要も起こるかもしれない。新光源計画の議論はアメリカ西海岸および東海岸での放射光将来計画、ヨーロッパでの将来計画と活発であり、推進の努力が続けられている。

高品質で新しい放射光利用分野を開くことができる光源を仮に 10 年後に運転させるには、設計概念および採用されるであろう（加速器およびビームライン）技術が 10 年以上先走ったものでなければならぬのは明らかである。将来計画を検討するに当たり PF リング更新をイメージした議論も見うけられるが、世界の進歩以上の画期的計画としなければ予算獲得は出来ないと考えるのは悲観的すぎるであろうか。大型施設の予算要求は現在進行中の J-PARC 計画に加え、International Technical Advisory

Committee が計画を審議している Super KEK B-Factory 計画、さらに Japan LC から Global LC と世界規模の計画に変化し UNESCO も関係している高エネルギー物理からのリニアコライダー計画が KEK において競争しながら議論・検討されている。新分野を切り開く利用研究用高品質放射光源計画をこの競争の中で認めさせるには、計画自体がパラメーターの羅列ではなく志の高いものであり且つ必要技術の開発計画が具体的に示してあり、国際競争力のある計画であることを他分野の研究者にも理解し納得させる以外にはないと考える。世界的視野で協力を求め、教えを乞うことで設計概念を斬新なものとし、且つスピードアップを図ることが重要と考える。世界中の（加速器およびビームライン）研究者個人々人とのコミュニケーションをスタートに、新技術への要求・関心が高まり、自然発生的に相談相手という仲間が集まり、やがては組織化されるというプロセスを経ながら、目標が整理され計画実現へと動き出すのでなければ（Top-Down のやりかたでは）計画は動かないと思う。「ユーザーコミュニティの意志・意向を重要視して計画の重要性を考える」というのが、機構長が平成 16 年の年頭の挨拶で示した KEK 内での将来計画に対するメッセージである。PF 施設と共に PF 懇談会メンバーの熱い議論によって 10 年後の新光源利用実験を現実化できればと思う。

PF-AR

放射光源研究系 春日俊夫

PF-AR は 10 月 1 日の運転再開後ほぼ順調に運転が続いている。後述するように、南直線部を中心とする真空系のいくつかのトラブルに見舞われたが、そのたびの対策によりビーム寿命は大きく延びたため、12 月 2 日より 1 日 2 回の定時入射の試行を開始した。50 mA 強の初期ビーム電流は 12 時間後に約 25 mA まで低下するが、利用実験の能率は向上したと思われる。10 月から 12 月の間に医学利用が 3 回行われた。この中で 12 月 11 日の利用は、2 バンチ運転によるものである。医学利用は電子エネルギー 5 GeV で行われるので高周波系の電力には余裕があり、6.5 GeV 時より大きな電流を蓄積できる。一方入射エネルギーである 3 GeV では、高周波空洞内に誘起される電磁場の悪影響により、一個のバンチ内に入射できるビーム電流は現在のところ 60 mA 程度までである。そこで、複数バンチに大電流を入射する試験を続けてきた。ほぼ等間隔の 2 バンチに計約 90 mA のビームを蓄積できることが確認された。また 2 バンチ内のビームを 5 GeV まで加速することにも問題がないことがわかった。2 バンチ、5 GeV、70 mA での運転でも、医学利用ビームライン側には何の問題も生じないことを確認の上、同日にこの条件での医学利用を行った。図に 12 月 10 日 21 時頃から 11 日 21 時頃までの、PF-AR のビーム電流の変化を示す。10 日 21 時から 11 日 8 時 30 分頃と 12 時頃からは 6.5 GeV 運転であり、8 時

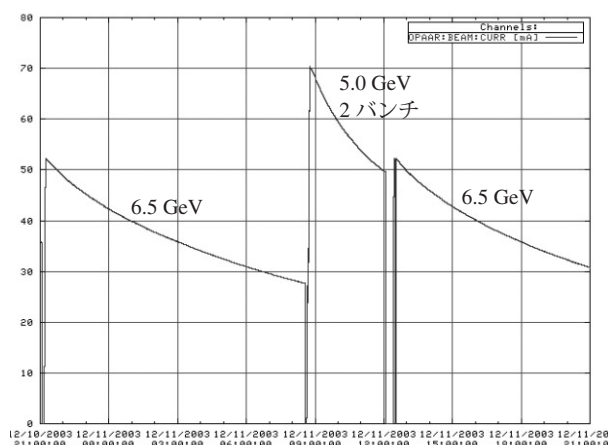


図 通常の 6.5 GeV 運転でのビーム電流と 5.0 GeV2パンチによる医学利用でのビーム電流。

30分頃から12時頃までは5 GeVで運転をしている。図のように、6.5 GeVでのビーム電流の初期値は約52 mAであり、5 GeV時のビーム電流初期値は約70 mAであった。

10月からのユーザーラン時にも残念ながら多くのトラブルに見舞われた。最大のトラブルは偏向電磁石電源の直流電流トランスフォーマー(DCCT)の故障である。DCCTは電源の電流制御と電流値モニターに使われていたため、DCCTの故障により電磁石電流が変動したにもかかわらず電流値は正しい値を示していたために故障発見が遅れ、結果として11月28日(金)夕方から12月1日(月)までユーザーランをキャンセルすることとなってしまった。さらに、いくつかの真空系のトラブルに見舞われた。大きなものの一つは2004年1月の運転再開前に起きた、西加速空洞上流側のゲートバルブが全開にならなくなった事故であり、もう一つはビーム電流測定用DCCT(前記の偏向電磁石電源のDCCTと原理は同じだが、こちらはビーム電流測定用)用のチェンバーからのリーク事故である。両者とも真空グループの努力によりユーザーランの前に解決している。昨年5月からの懸案であった西の第三加速空洞の問題(前号参照)は1月15日からの運転再開時のトラブルシューティングでも解消しなかった。ここに述べたトラブルは、PF-ARの高度化作業時に更新あるいは本格的な整備がなされなかった部分である。PF-ARにはこのような部分がいくつか残っている。これらの対策は急務である。

PF/Spring-8 加速器情報交換会について

放射光源研究系 芳賀開一

PFとPF-ARリングでは、毎週月曜日にマシンスタディーの時間を頂いて、加速器の様々な振舞いを調査すると共に、運転性能向上のための新たな技術開発をしています。このようなマシンスタディーは他の加速器でも同様に行われており、その情報は関連の会議などで報告されています。特にPFと同じ光源用加速器であるSPring-8(SP8)とはその

マシンスタディーの内容の方向性を同じくしており、光源研究系内の各グループでは個別に情報を交換してきました。

しかし今後の放射光源用加速器の将来計画を立案するに際しては、PFとSP8双方が蓄積してきた加速器本体及びその運転のための様々な情報と経験を、両者が全体として共有し活用していくことが必要であるとの認識から、定期的に光源加速器に関する情報の交換会を持つ事が提案され、昨年の5月にその第1回目の集まりがPFで開かれました。双方あわせて11件の報告があり、各自の30分の持ち時間では納まりきらないほどの活発な質疑応答がありました。学会などでの発表とは少し異なり、現場で直接携わった担当者がその失敗例なども含めた本音の議論をおこなうことを申し合わせたために、会はさらに白熱しました。

この第1回目をうけて、第2回目の情報交換会が今年1月にSP8で開かれました。今回はさらに発展し、報告が17件となり、UVSORやニュースバル、そして理研X線FELからも参加者が加わり、PFとSP8との間の加速器情報交換という所期のもくろみを越えて、国内の放射光加速器に関する情報交換の場へと変貌していこうとしています。

互いに加速器の運転を行いながらの開催ですので、準備や出席には困難も伴いますが、この場で得た情報や新たな刺激が、将来計画の立案に資するのみならず、来期といわず今期の運転性能向上にも寄与するような集りとなり、さらに発展することをPF側の世話人としては願っています。

物質科学第一・第二研究系の現状

物質科学第二研究系主幹 飯田厚夫

運転・共同利用実験

9月22日から開始されたPF2.5GeVリングの平成15年度第二期の運転は12月24日無事終了しました。一方10月1日に運転を開始したPF-ARも同日(12月24日)に運転を終了しています。年が明けて平成15年度第三期(冬期)の運転はPF2.5GeVが1月13日、PF-ARは1月15日より開始され、共同利用実験はそれぞれ1月16日、1月19日から始まっています。

PF 2.5GeVリングでは、マルチポールウイグラーを光源とする構造生物学研究用のBL-5の立ち上げが順調に進んでいます。光学系の調整に引き続き、12月第2週には大型X線CCD検出器(ADSC Q315、315 mm × 315 mm)が導入・設置され、その後のテスト実験でMAD法による構造決定が既に行われています。引き続き光学系の調整と予備実験を重ね、4月から共同利用実験に供する予定です。本年度5月から共同利用実験を開始したPF-AR NW12に続き、これでPFには2本の挿入型光源を利用したタンパク質構造解析BLが整備されたこととなります。構造生物学研究センターの目覚ましい発展と相俟って、名実ともに放射光構造生物学の拠点となりました。今後の一層の展開が期待されます。

PF-AR はリング改造の効果が着実に現れ、12月からは1日2回入射になりました（これまでは1日3回入射）。PF-ARはこのことにより一般ユーザーにより使いやすいリングに成長しました。しかし残念ながら一方で偏向電磁石の電源故障により11月28日より12月1日までの3日弱の共同利用実験をキャンセルすることとなりました。ご迷惑をおかけしたユーザーの方々にお詫びいたします。今回の故障の経緯については光源系報告を参照していただきたいと思っております。PF-ARの老朽化に対する手当ては、リング改造によってもカバーし切れなかった部分が多く残されており、今後早急に対策を施す必要があります。

PF-ARは単バンチ運転を通年でやっている世界的にもユニークな放射光源であり、その時間構造利用の研究推進が期待されてきたところです。この度科学技術振興機構（旧科学技術振興事業団）のERATO腰原プロジェクト（研究領域：非均衡ダイナミクス）として、NW14にサブナノ秒分解X線回折ビームラインが建設・整備されることになりました。ビームライン建設に関する技術的検討を加速器研究施設および施設部との間で行っています。進捗状況についての河田氏の報告がありますのでご参照ください（p7）。本ERATOプロジェクトは先端的材料開発・物性研究を先端的放射光技術の一つである高時間分解実験を用いて行う、先進的研究課題と位置づけられます。

平成16年度前期放射光共同利用実験課題申請が昨年11月7日に締め切れ、G型（一般）186件、P型（初心者・テスト実験）7件の合計193件の申請がありました。1月28日開催のPF-PACおよび2月6日開催の物構研運営協議委員会の審議を経て、合計188件の課題が採択されました。また、上記のERATOプロジェクトに関連してS1型課題が提案され採択され、PF研究会も1件採択されています。更に今回は施設側から「施設留保ビームタイム」制度の導入の提案があり審議の結果承認されました。審査経過（p40）および「施設留保ビームタイム」制度については別報を参照してください。

安全に関する注意の喚起のお願い

安全は研究活動を行う前提条件ですが、昨年11月から暮れにかけて安全に関わるいくつかの事故が発生しています。関係者の皆様は今まで以上に安全に留意していただくようお願いいたします。小林光源系主幹および伊藤健二氏からの報告とお願い（p9-10）がありますのであわせてご覧ください。

昨年11月8日未明に物質構造科学研究所中性子研究施設中性子実験室（放射線管理区域）において、中性子実験用の高温電気炉用電源が焼損するという火災が発生しました。幸い現場の職員が初期消火と非常通報を行いすぐに火は消し止められ、損害は電源の焼損のみにとどまり、鎮火もまもなく消防署により確認されました。この火災による、放射線被曝および環境への影響がないことも確認されています。しかし実験室全体に煙と煤が充満し一時は視界の確保も難しい状態だったと聞きます。また火災報知器

の鳴動とともに加速器を停止しました。本機構の規定によりPFも一時的にビームをダンプし待機しました。PFはまもなく運転を再開しましたが、中性子施設では安全と再発防止の処置とその確認を行い、11月25日になって運転を再開しました。この事故を受けて、機構全体として、またPFとしても安全点検および非常通報の連絡体制の見直しを始めています。ところが当のPFで小規模な発火事故がPF-AR NW2で12月10日夕方に発生しました。これは試料加熱中にヒータが定位置から脱落し、近くにあったアクリル板に接触発火したものでした。幸い監視しながらのテスト実験中でしたので、すぐに実験者が対応し大事には至りませんでした。更に、事故の種類は違いますが、11月28日にはPF工作室で業務委託者が板金切断機で指先を僅かですが切断するという事故が発生しています。幸いこれも軽微な障害にとどまりました。これらは相互に直接の関連はありませんが、「1つの顕在化した事故の影には多数の事故の一手手前の現象が潜んでいる」という法則からすると、安全に対する警戒心を大いに喚起する必要があるでしょう。当該実験や作業の安全措置をはかるとともに、これを機にPF共同利用における事故に対する安全対策を徹底することを検討しています。特に当施設のような共同利用研究施設では、経験や安全教育のレベルの異なる多くのユーザーへの周知徹底が課題となっています。

事故は直接には当事者および広く関係者の生命や身体に危険をもたらす人的被害とともに物的被害を発生し重大な結果を招きます。この為、安全・事故防止は総ての作業の基本にあります。更にPFの多くの施設は放射線管理区域に指定されていますので、事故の種類によっては、機構内にとどまらず周辺地域への影響を考慮する必要があります。結果として加速器運転の長期停止など共同利用実験に多大な影響が発生する可能性があります。基本にもどり、安全第一で共同利用実験の遂行を心がけてください。

施設留保ビームタイムについて

物質科学第一研究系 野村 昌治

標記案件について1月28日に開催された放射光共同利用実験課題委員会（PF-PAC）に提案し、大筋で認められましたので提案内容、理由等について説明致します。なお、細部については更に詰めるべき事もありますので、ご意見を聞かせ下さい。

提案内容

ビームラインごとに利用可能なビームタイムの10%以内程度のビームタイムを施設留保ビームタイムとする。但し、PFの主務が共同利用にあることに留意し、PF職員および大学院学生の優先ビームタイム（20%程度まで）[1]と合わせて年間運転時間の25%程度以内とする。

提案理由

従来の PF に於けるビームタイムは共同利用、施設利用、民間等との共同研究、PF 職員および大学院生の優先ビームタイムから成り、施設留保ビームタイムは採っていない。一方、円滑な施設の運営を目的として SPring-8 では 20%、中性子実験施設では 10%、中間子実験施設では 10% と国内の多くの施設では施設留保ビームタイムを確保している。この留保ビームタイムは以下の目的に使用する。

1) 故障等に対するビームタイムの補填。やり残した実験の補充。

従来は次期まで数ヶ月待つ必要があったが、可能な限り短期間の内に補填し、早期に成果を上げられる環境を整備する。

2) ビームライン・実験装置の性能向上を速やかにする。

従来は次期まで待つことも少なくなかったが、小改造を速やかに行い、性能向上を図る。

3) U 型課題の受付をし、重要な研究の計画から成果公表までの時間を短縮する。

従来の U 型課題はビームタイムを配分された課題を排除する程の重要性が要求され、申請者にとって極めて障壁が高かった。留保ビームタイムを利用してタイムリーに実験して成果を上げる事が期待出来る。

4) 新規ユーザー開拓への活用（実習、試行実験等）

新しいユーザー開拓にはまずやってみることが重要であるが、現状のシステムでは先に申請をせざるを得なかった。ユーザー拡大には講習会、実習等が重要であるが、従来はビームタイムの利用根拠が明確でなく、PF 主催のものは多くなかった。ビーム利用の根拠を明確にし、新規ユーザー開拓、コミュニティの活性化に貢献する。

5) 受身の共同利用から能動的な共同利用へ

ビームラインの運営に対する柔軟性を増し、一層の成果拡大に対して工夫をする自由度を作る。

6) 施設としての柔軟性の確保

諸外国の放射光施設職員等の来所時等にテスト実験を行なう等の柔軟性を確保する。その他運用上の柔軟性を確保する。

PF-PAC では

- 留保ビームタイム利用の優先順位等の基準をクリアにすること。
- 留保ビームタイムに対する責任体制を明確にせよ。
- 留保ビームタイムの申請方法や柔軟性と透明性を両立する運用方法について PF で更に詰めて、期待した成果が出る様に努力せよ。
- ユーザーコミュニティに周知徹底せよ。

等のご意見を頂き、これらの点について一層明確にし、運営協議委員会でお認め頂ければ、実施出来るラインから実施していく予定です。

[1] Photon Factory News, 15 (2) 12 (1997).

「非平衡ダイナミクス」 ERATO 腰原プロジェクトの進捗状況

物質科学第二研究系 河田 洋

先の PF ニュース (Vol.21, No.3) の「施設だより」に松下正副所長が上記のプロジェクトがスタートしたことを紹介しておりますが、その計画の内容、および進捗状況に関してご報告いたします。

このプロジェクトは東京工業大学腰原伸也教授（物構研客員教授）が研究総括を行う科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業・総括実施形研究（ERATO 型）の研究領域「非平衡ダイナミクス」（<http://www.jst.go.jp/pr/info/info5/shiryo1-2.html>）として昨年 11 月 1 日から正式にスタートいたしました。その内容の詳細は上記の Web サイトを参照いたしますが、物質材料の基本性質を決定している固体内の電子状態や磁氣的（スピン）状態さらにはその空間的分布が、結晶のオングストロームスケールからナノメートルスケールレベルでの動的構造変化（非平衡状態）と強く結合した材料（非平衡強相関材料）を用いて、既存材料にはない新規な光電的機能の可能性を開拓しようとするものです。そのためには、物質開拓のために必要な、原子スケール（オングストロームスケール）の動的構造観測技術（分子動画技術）開発が重要な基盤技術となります。PF-AR はパルス放射光光源としてその整備が進行し、物質の構造および電子状態変化を放射光パルス幅（～ 100 psec）の時間分解能を持った時分割 X 線回折実験・時分割 X 線吸収実験の整備を進める努力をしてきておりましたが、このプロジェクトはまさしくその原動力を与えるものとなりました。正式な科学技術振興機構と高エネルギー加速器研究機構との共同研究は 1 月 7 日から発足しております。

PF-AR 北西棟の NW14 ビームラインに時分割 X 線回折実験のための X 線アンジュレータービームラインを整備する方向での調整が、放射光源研究系、物質科学第一、第二研究系、加速器研究施設の関係者が集まり、11 月から始まりました。NW14 ビームラインの光源は現在 PF-AR の RF キャビティが設置されている直線部であり、ビームライン建設には RF キャビティの移設が必要となり、その際にどのようなバージョンを考えるかに関して、密度の濃い議論が 11 月中に行われました。結論として、2 台の RF キャビティを今のラティスを保って移動し、空いた 2 つの直線部に 2 つの異なる周期の X 線アンジュレーターを導入する方針が決定されました。一つのアンジュレーターは周期長が約 40 mm で、これはすでに移動している NE3、NW2、NW12 と同様です。その結果、1、3、5 次光を用いて、5～25 keV の X 線を取り出す事が出来る光源で、分光器を用いて単色 X 線を用いた研究を展開するには最適です。しかし、単色 X 線ですので、レーザー励起の繰り返し回数を多く取る必要があり、そのような照射損傷に弱い物質の「非平衡ダイナミクス」を観測することは困難です。そのような対象物質も射程内に入れるために、周期長が約 24

mm のアンジュレーターも他方の直線部に導入することによって、10～15 keV の放射光を1次光で発生させ、素直なスペクトル形状（数多くの高調波ピークが存在しない）の白色X線を得ることが出来るようにする事を考えています。

ビームラインの基本構成はNW2ビームラインと同様に、液体窒素冷却型2結晶分光器、集光X線ミラー、高調波除去用ミラーからなり、実験ハッチ内に、放射光パルスレーザー光と同程度の繰り返し周波数にまで間引くパルスセレクター、そして種々の時分割X線回折実験が可能となるように3台のベースとなるX線回折計を導入する事を計画しています。スケジュールは、2004年夏の停止時にトンネル内のRFキャビテーターの移設作業、およびそれに伴う冷却水設備の改造作業を行い、2005年夏の停止時に、挿入光源、フロントエンド、ビームライン全てのコンポーネントの設置を完了し、2005年秋からの運転でNW14ビームラインの調整をスタートする予定です。

今年度当初、PF-ARのパルス放射光を用いた時分割回折実験は、このプロジェクトがスタートする・しないに関わらず、NW2ビームラインを用いて時分割XAFSと共存する形で進めていく予定でした。その態勢は保ち、NW14ビームラインが立ちあがる前に、先行して研究成果が上げられるようにNW2ビームラインにレーザーその他の整備を進めて、早ければ、2004年春にはテスト的な時分割X線回折実験をスタートする予定です。また、基底状態の物質構造を前もってきっちりと観測しておく事も重要ですので、強相関電子系材料を精力的に測定しているPFのBL-1Aの研究グループおよびビームラインとの有機的な協力関係を構築することおよび、プロジェクトメンバーだけではなく多くの潜在的ユーザーの開拓も念頭に置いた形でS1型課題「非平衡強相関材料開拓に向けたサブナノ秒分解X線回折ビームラインの建設と利用」（実験責任者・腰原伸也）を用いて展開する予定です。

一方、本プロジェクトは機構と密接に関係しますので、腰原先生の意向から、KEK内に本部を置くことになりました。まず時分割X線回折実験装置構築に関するグループリーダーとして、物構研・助教授の足立伸一氏が抜擢されました。また、技術参事として11月17日付けで大門正博氏、事務参事として12月1日付けで植田豊氏、そして事務員として坂本弥生氏がすでに来られております。また、2月1日付けで、KEKの研究機関研究員でした野澤俊介氏が研究員として着任予定しました。本部は1月から光源棟2階の打ち合わせ室1に仮事務所を開設しておりますが、2004年4月以降は、PF-AR北西棟脇に現在建設中であるPF-AR放射光共同研究棟に移動する予定です。今後、このPFニュースの紙面をお借りして定期的に研究状況をご報告して参ります。

お知らせ

平成16年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

物質構造科学研究所副所長 松下 正

物質構造科学研究所放射光研究施設（フォトン・ファクトリー）では放射光科学の研究推進のため、研究会の提案を全国の研究者から公募しています。この研究会は放射光科学及びその関連分野の研究の中から、重要な特定のテーマについて1～2日間、高エネルギー加速器研究機構のキャンパスで集中的に討議するものであります。年間6件程度の研究会の開催を予定しております。

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますので応募下さいませようお願いします。

記

- 開催期間 平成16年10月～平成17年3月
- 応募締切日 平成16年6月18日（金）
〔年2回（前期と後期）募集しています〕
- 応募書類記載事項（A4判、様式任意）
 - 研究会題名（英訳を添える）
 - 提案内容（400字程度の説明）
 - 提案代表者氏名、所属及び職名（所内、所外を問わない）
 - 世話人氏名（所内の者に限る）
 - 開催を希望する時期
 - 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究者の氏名、所属及び職名
- 応募書類送付先
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所事務室
TEL：029-864-5635

* 封筒の表に「フォトン・ファクトリー研究会応募」と朱書のこと。

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します（1件当り上限50万円程度）。

また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。

平成 16 年度後期 共同利用実験課題公募について

実験企画調整担当 小林 克己 (KEK・PF)
宇佐美德子 (KEK・PF)

上記公募締切が下記のようになっております。

S2 型課題 平成 16 年 3 月 19 日 (金)

G・P 型課題 平成 16 年 5 月 7 日 (金)

P 型 (予備実験・初心者実験) の申請に当たっては、実験ステーション担当者と技術的なことについて緊密に打ち合わせて下さい。

放射光共同利用実験応募資料は PF ホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>) を御覧下さい。申請書書式が新しくなりましたので、ダウンロードしてご利用下さい。

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

高エネルギー加速器研究機構

研究協力課共同利用第一係

Tel: 029-864-5126 Fax: 029-864-4602

実験企画調整担当者 小林 克己

Email: katsumi.kobayashi@kek.jp

ユーザーの皆様へ Remark! Caution! Warning!

物質構造科学研究所 安全担当主幹 小林正典

高エネルギー加速器研究機構では一般の大学と異なり、放射線発生装置である加速器を多く抱えている研究機関である。人命尊重はもちろん、怪我がないように安全を確保しながら研究活動を行なうことは、大学と共通する安全に対する基本的態度であるが、加速器を多く抱える点で大学の安全管理とは異なり、その点でユーザーは特段の注意を払うことが求められている。

(1) 共同利用実験を行なうに当たり、人命尊重という基本的な安全確保をした上で研究機構では放射線被曝事故などが無いように「放射線安全」について注意が必要である。

機構内を移動する際に目にとまると思うが、フェンスで囲われた区域がある。フェンス内部は放射線管理が行なわれている区域であって、一般の区域とは異なる。また建物内部においては ID カードで入退室を管理している区域がある。これらの区域区分とそれに対する対応については機構が備えている安全ガイドブックを丁寧に見ていただきたい。また、実験ハッチ周りのインターロックについてはわが身を守るための装置であるので、説明文を熟読し、「とっさの場合にどうするのか」、「どうしてはいけないのか」、二つの視点からユーザー各自が想定行動を考えておいて欲しい。

(2) 火事については特段の注意が必要である。放射線管理区域内で火災が発生した場合、直ちに消防署へ連絡を入れ消防車の出動を求めることが行なわれるのは、一般区域と同様である。この際の「緊急連絡体制」についてユーザー一人一人が知っていなければならない。職員への連絡電話番号、初期消火、守衛所への連絡電話番号など。具体的には、「安全ビデオ」で説明されている。

仮に PF 地区で火災が起き消防車が出動した場合には、機構内全ての加速器の運転を停止させることになっている。逆もまたあり得て、他の区域での火災であっても消防車が出動した場合には、PF の運転を停止する。

消防署による鎮火が宣言されても直ちに加速器の運転再開とはならない。すなわち、監督官庁からの安全確認がなされなければ、機構の判断で運転を再開することはできない。火災原因が特定され、的確な対策が施されて火災が再発しないこと、インターロックを含め安全系の動作確認が万全であることについて監督官庁による確認が必要である。確認は監督官による現場確認ならびに書類審査による。その結果、機構のこれまでの経験から、運転再開に要する時間は「時間」の単位ではなく、「日」の単位から「週」の単位と長期となり、放射光はもちろん他分野のユーザーへの影響も大きなものとなる。

フェンスの外側で煙草の火の不始末が原因で芝生に火がつき、フェンス内にその火が燃え移った場合にも管理区域内の火災となり、運転再開許可が下りるまで長い時間が必要となる。このことを考え、機構内ではいかなる場所でも「歩行中禁煙」としている。「喫煙は、喫煙許可がなされた場所でのみ許されている」ことを肝に銘じておかなければならない。その場所は、すでに指定されていて、床がコンクリートなどで引火しない構造となっていること、灰皿が設備されていること、消火用の水が程近くにあることなどが条件となっている。健康を考えた換気設備のこともあって原則として室内に喫煙場所は用意されていない。

管理区域内の設備・装置、例えば実験ホールに設置されている施設側の装置、あるいはユーザーが持ちこんできた装置から出火した場合、直ちにビームオフとして運転を停止し、消防署員による消火活動を行なえるようにする。実験途中であっても電力は大元の分電盤で遮断し、実験装置やコンピューターに放水の水がかかろうとも、機構は消火に全力をあげる。消火後は、出火関係者に対して機構による事情聴取だけでなく、消防署および警察による事情聴取が行われる。

失火した装置の実験者また実験責任者が行なう弁済義務については、2004 年 4 月に KEK が文科省の研究機構から共同利用機関法人へと組織が変わることによって、変化が起こると予想される。これまでは国立の研究機関である KEK と国立大学からの共同利用実験者との間では、共に同じ文科省管轄下の職員であったために、「復旧」は結果として文科省の費用で処理されてきた。今後は国立大学も共同利用研究機関も別々の法人 (大学法人と共同利用機関法人) となるので、被害を受けた側が被害原因を創り出し

た相手方に「弁償」を求めることも起こり得る。今後の課題ではあるが、双方の関係・立場がこれまでと様変わりする可能性があることをユーザーは想像し、実験装置の安全性、特に出火原因となるような条件に対しては環境を整えてから実験を開始するなど一層の注意・配慮が必要となろう。例えば、ベーキングを行なう場合や試料の加熱実験においては、担当実験者が該当する装置周りに同席することも求められよう。マイコンによる自動計測実験においても、そのなかに発火原因となる高温条件がある場合には、装置に付き添う必要も起こりうる。

以上述べたように、KEKが法人となることによって、KEK、ユーザー双方の責任の重さが一段と増すことになる。PFを初めて利用するユーザーはもちろん、これまで何度もPFで実験を行い「ベテラン」と自認されているユーザー（多くの場合課題責任者）も共同利用機関法人の安全に対する対応が大きく変わることには注意を払い、実験メンバー一人一人への「安全に関する事前教育」・「現場での安全指示」を徹底していただきたい。

(放射光研究施設安全ガイド)

<http://pfwww.kek.jp/safety/index-j.html>

PFで予定されている安全対策について

安全担当 伊藤健二 (KEK・PF)

高エネルギー加速器研究機構も2004年4月から法人となり、厳しい運営管理が求められるものと考えられます。その中で私達が直接的に関わるものとして安全管理があります。放射光研究施設(PF)においても安全管理の関係者を中心として現在検討が進められているところであります。ここでは、すでに検討が終了し、法人化前に実施される項目について説明します。

PFの実験ホールでの研究活動は、安全講習ビデオあるいはWebなどでお知らせしているように、閉じられた広い空間で多くの人が異なった実験を行っているという観点から非常に特殊な環境であります。そのために、ユーザーの皆様には色々な安全対策にご協力いただいています。特に防火防災については最重要課題と考えています。PFの運転が始まって20年以上が経過していますが、この間幸いにも火災は発生していません。しかしながら、運転日誌を眺めてみると、ロータリーポンプの過熱、電気ヒーター、漏電あるいは短絡が関係した発火などの一歩間違えると大きな火災に繋がりがかねないようなトラブルはこれまでに10件程になります。そこで、PFではこれらの事故件数を今後も最小限に留め、さらに大きな火災に繋がらないようにすべく以下のような対策を施すことにしました。

1) 加熱昇温装置等使用届の提出：PFで行われている実験の多様化に伴い、多くの実験ステーションで加熱装置

を用いた実験が行われています。今後、このような実験を行う場合は事前に「加熱昇温装置等使用届」を提出していただくようお願いいたします。使用届には、装置の使用方法、予想されるトラブル、安全対策等について記述していただけます。加熱装置を用いる実験を開始する前に、PF側で一度見せていただくことにしたいと思います。すでに2003年度の冬季マシンタイムが始まっておりますが、このルールはできるところから適用しますのでご協力下さる様お願いいたします。なお、詳しい説明は<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>からご覧になれます。

2) 実験ホールの整理整頓：PFでは、適宜実験ホールおよび実験準備棟の整理整頓を行ってきました。これは、緊急時の避難経路確保という観点から重要なことです。また、ユーザーの皆様にも実験に際して持ち込まれる物品の整理整頓をお願いしてきましたが、なかなか実行されなかったのが実情です。その一つの原因としてはスペースが乏しかったことが上げられます。そこで、今回、実験ホール外壁近辺にそのスペースを確保する観点から実験ホール内の整理整頓を開始しました。ユーザーの方の一時持ち込物を実験ステーションの周りに置かれますと、まず緊急時の避難通路が確保できません。そして、このような物品はダンボール箱が多く、可燃性であります。実験ステーションでは加熱昇温装置を用いなくとも、ロータリーポンプあるいは電気配線のように発火する可能性があるものが存在します。しかし、例えこれらが発火したとしても回りに可燃物がなければ大きな火災には繋がらないのです。この意味からもユーザーの一時持ち込物の収納スペースを確保することは重要です。その候補地として実験ホール外壁近傍を考えています。ここには多くの物品が保管されていますが、これらの整理整頓から始めますので、作業には時間が必要ですが、2004年4月からはこのようなスペースを提供する予定です。

3) 緊急連絡用ボタンの設置：共同利用者の皆さんが作業をされる場所は、PFの実験ホールを除くと、比較的人数が少ない場合があります。PF研究棟1Fの準備室、PF-ARの新設BL、低速陽電子施設などは一人で作業をされる場合もあります。このような場所で緊急事態が発生した場合、発生事態に対応することに手を取られて連絡が遅くなるのが予想されます。このような事態に対応するため、「緊急連絡用ボタン」を設置します。このボタンが押されると、運転当番およびPF光源コントロールへ自動的に電話連絡が行われます。もちろん、ボタンが押された場所も連絡されますので、運転当番および関係者が最小の遅延で現場に到着することができ緊急事態の発生に対応することになります。

PF実験の安全確保について今一度考えていただき、アイデアがございましたらぜひお知らせくださるようお願いいたします。

予 定 一 覧

2004 年

3 月 19 日	PF-AR 平成 15 年度第三期ユーザー運転終了 平成 16 年度後期共同利用実験課題 (S2 型) 申請締切
3 月 23 日	PF 平成 15 年度第三期ユーザー運転終了 PF 研究会「PF 軟 X 線結晶分光領域の研究の展開」
3 月 24 日～25 日	第 21 回 PF シンポジウム
4 月 12 日	PF 平成 16 年度第一期ユーザー運転開始
4 月 13 日	PF-AR 平成 16 年度第一期ユーザー運転開始
4 月 30 日	PF、PF-AR 運転停止
5 月 7 日	PF-AR ユーザー運転再開 平成 16 年度後期共同利用実験課題 (G・P 型) 申請締切
5 月 10 日	PF ユーザー運転再開
6 月 14 日～16 日	高エネルギー加速器研究機構 総合研究大学院大学「夏期実習」
6 月 18 日	平成 16 年度後期フォトン・ファクトリー研究会公募締切
7 月 1 日	PF、PF-AR 平成 16 年度第一期ユーザー運転終了
7 月 23 日	PF-AR, KEKB 地区停電
7 月 24 日～25 日	全所停電

最新情報は <http://pfwww.kek.jp/spice/getschtxt> でご覧下さい。

物質構造科学研究所・構造生物学研究センター 博士研究員および技術員募集

<p>【研究室紹介】当センターは若槻教授をヘッドとして2000年春に発足した新進の研究室で、助教授1名、助手5名の研究スタッフの他、ポスドク等研究員6名、研究支援者10名、博士課程大学院生3名が現在のメンバーである。本センターは放射光X線結晶構造解析ビームラインの建設、運営、共同利用ユーザーのサポート、ロボティクスを用いた構造解析高度化のための新規技術開発を鋭意進めると共に、細胞内輸送と糖鎖修飾の分子機構を明らかにするため、それらに関わる蛋白質の構造プロテオミクス研究に取り組んでいる。その成果の一部、糖タンパク質輸送に関わるタンパク質の解析結果は既に有力誌に発表されている (<i>Nature</i> 415, 937-941, 2002, <i>Nature Structural Biology</i>, 9, 527-531, 2002, <i>Nature Structural Biology</i> Vol. 10 No. 5, p.386-p.393, May 2003)。</p>
<p>【業務内容】</p> <p>① 博士研究員、テクニシャン</p> <p>当センターの研究テーマに沿って、自立的に研究を行うことを期待する。具体的には</p> <p>(1) 組換えDNA技術による蛋白質の大量発現系の構築</p> <p>(2) その蛋白質精製法の確立と精製蛋白質の生化学的性質の研究</p> <p>(3) 結晶化と放射光ビームラインを用いたX線結晶構造解析</p> <p>(4) 構造情報に基づいた生化学的・細胞生物学的解析</p> <p>などを行い、最終的には生命の分子機構の解明や、構造に基づいた創薬や新しい医療法の開発を目指す。</p> <p>② テクニシャン</p> <p>蛋白質構造解析の補助(回折実験、構造解析等)として・放射光実験施設での回折データ収集・回折データの処理及び評価・構造解析を行い、業務の補助を行う。</p> <p>③ 博士研究員、テクニシャン</p> <p>結晶構造解析(位相決定法)に関するアルゴリズム・方法論の開発を行う。</p>
<p>【応募資格】①②③に共通。大卒以上。蛋白質構造解析の知識があることが望ましいが、経験がなくても蛋白質の構造解析に情熱を注げる方であれば可。物理の素養はある方が良い。博士研究員については、学位を取得しているか、取得見込みのこと。</p>
<p>【募集人員】それぞれ若干名</p>
<p>【提出書類】履歴書、業務経歴書、博士研究員の場合は主要論文の別刷りと今までの研究概要。可能であれば指導教官の推薦書。</p>
<p>【着任時期】決定次第</p>
<p>【待遇】科学技術振興調整費、あるいはタンパク3000プロジェクト予算による雇用なので、年度毎更新。給与や休日は本研究機構の規定による。</p>
<p>【書類提出・送付先】〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・構造生物学研究センター・センター長 若槻壮市 Tel : 029-879-6178, Fax : 029-879-6179, http://pfweis.kek.jp/index_ja.html</p>
<p>【連絡先】若槻教授室、秘書、永田直美 TEL : 029-879-6178 Email : naomi@post.kek.jp</p> <p>業務に関する問い合わせ先：</p> <p>① 加藤龍一 TEL : 029-879-6177 Email : ryuichi.kato@kek.jp</p> <p>② 鈴木 守 TEL : 029-864-5649 Email : suzuki@pfweis.kek.jp</p> <p>③ 松垣直宏 TEL : 029-864-5647 Email : mtgk@pfweis.kek.jp</p>
<p>【付記】本応募による博士研究員は、放射光ビームラインの維持等に関わる業務にはタッチしません。詳しくは直接お問い合わせ下さい。</p>

運転スケジュール(April ~ July, 2004)

E : ユーザー実験
M : マシンスタディ
MA : メンテナンス
B : ボーナスタイム
T : 立ち上げ
SB : シングルパンチ

4月	PF	PF-AR	5月	PF	PF-AR	6月	PF	PF-AR	7月	PF	PF-AR
1(木)			1(土)			1(火)	B (SB)	B	1(木)		
2(金)	STOP	STOP	2(日)	STOP	STOP	2(水)			2(金)		
3(土)			3(月)			3(木)			3(土)		
4(日)			4(火)			4(金)	SB	E	4(日)		
5(月)			5(水)			5(土)			5(月)		
6(火)			6(木)		T/M	6(日)			6(火)		
7(水)			7(金)			7(月)	MA/M	MA/M	7(水)		
8(木)	T/M	T/M	8(土)	T/M	E	8(火)	B	B	8(木)		
9(金)			9(日)			9(水)			9(金)		
10(土)			10(月)	E		10(木)			10(土)		
11(日)			11(火)	B	B	11(金)	E	E	11(日)		
12(月)	E		12(水)			12(土)			12(月)		
13(火)	B	B	13(木)			13(日)			13(火)		
14(水)			14(金)	E	E	14(月)	M	M	14(水)		
15(木)			15(土)			15(火)	B	B	15(木)		
16(金)	E	E	16(日)			16(水)			16(金)	STOP	STOP
17(土)			17(月)	M	M	17(木)			17(土)		
18(日)			18(火)	B	B	18(金)	E	E	18(日)		
19(月)	M	M	19(水)			19(土)			19(月)		
20(火)	B	B	20(木)			20(日)			20(火)		
21(水)			21(金)	E	E	21(月)	M	M	21(水)		
22(木)			22(土)			22(火)	B	B	22(木)		
23(金)			23(日)			23(水)			23(金)		
24(土)	E	E	24(月)	M	M	24(木)			24(土)		
25(日)			25(火)	B	B	25(金)			25(日)		
26(月)			26(水)			26(土)	E	E	26(月)		
27(火)	B	B	27(木)			27(日)			27(火)		
28(水)			28(金)	E	E	28(月)			28(水)		
29(木)	E	E	29(土)			29(火)	B	B	29(木)		
30(金)			30(日)			30(水)	E	E	30(金)		
			31(月)	M	M	6/14~16 総研大夏期実習			31(土)		

2004年度後期運転スケジュールは、PFは9/21から、PF-ARは10/13からの運転開始を検討中です。スケジュールは変更されることがありますので、最新情報はPFホームページ(<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)の「PFの運転状況/長期スケジュール」(<http://pfwww.kek.jp/unten/titlej.html>)をご覧ください。

最近の研究から

PF-AR におけるテーパ化機構を持ったX線アンジュレータの開発

山本 樹、土屋公央、塩屋達郎
高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 放射光研究施設

Development of two new X-ray undulators with tilt mechanism at the PF-AR

Shigeru YAMAMOTO, Kimichika TSUCHIYA and Tatsuro SHIOYA
Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, KEK

1. はじめに

物質構造科学研究所では、2000年度および2001年度に、PF-ARの高度化計画（電子ビームの寿命を改善し単バンチ大電流放射光源の実現を図る）を遂行した。この高度化計画において我々は、本来高エネルギー実験用加速器として建設された、入射・蓄積用電子リング（8 GeV）を放射光専用リング（運転エネルギー6～6.5 GeV、自然エミッタンス160 nm@6 GeV（現状では290 nm@6 GeV：160 nm@6 GeVを目指したマシンスタディが進行中））に改造し、2台の新しい挿入光源を建設した。PF-ARにおける利用実験は、主にX線領域を中心にしたものとなる（蛋白質構造解析、XAFS実験等）。従って光源となる新しい挿入光源も、5～25 keV領域のX線（1～5次光として）を生成できる、上記利用実験の目的に沿ったものとしなければならない。今回の記事ではこの挿入光源（X線アンジュレータ）について述べることにする。

上記要求を達成するための光源として、我々はテーパ化機構を持った真空封止アンジュレータ（以下単にテーパ型と呼ぶ）の建設を行った。真空封止方式を採用する理由は、上述のエネルギー領域をカバーするために必要な短周期（4 cm）磁場の発生に要求される狭い磁極間ギャップと、加速器内の電子ビームに必要なアパーチャを両立させるためである。ここで、“テーパ型”とは真空槽内の磁石列をアンジュレータ軸方向に傾斜させることでアンジュレータの入り口よりも出口で少し広い（狭い）ギャップを設定できるアンジュレータを意味する。テーパモードを採用する目的は、アンジュレータの磁場を意図的に“乱す”ことによってアンジュレータ放射のバンド幅を、本来ならば理想的サイン型磁場から得られる高輝度放射光のそれよりも、広くすることにある。しかし、このモードの特徴はアンジュレータ放射の高輝度特性を犠牲にして拡張されたバンド幅を得ることにあるので、XAFS実験等の特別な利用研究には適合するが他の一般的回折実験には必ずしも最適とは言えない。従って、理想的サイン型磁場を実現する一般実験用通常アンジュレータモードとXAFS実験等のためのテーパモードとの切り替えを完全に可逆に行いうる磁気回

路的・機構学的方式の実現が重要になる。我々は、この方式の開発を行い今回の新型アンジュレータに応用した。

我々はこれまで、世界に先駆けて硬X線領域の円（楕円）偏光放射光を生成するウィグラー/アンジュレータの開発 [1] および同じくメスバウア光源用真空封止型X線アンジュレータの開発 [2] をPF-ARにおいて行ってきた。これらの成果は、我々光源開発者と利用研究者の間の活発な議論を通して目的志向型の光源デザイン・実験デザインを試みた結果得られたものであると考える。この試みは、本来高エネルギー加速器として建設されたPF-AR（当時はトリスタンAR）において、放射光研究者がその寄生的生存権を主張するための最大の根拠であったと記憶する。しかし、目的指向型の問題設定（＝光源デザイン・実験デザイン）はPF-ARが放射光光源に専用化されその高度化計画が進行中の今日さらに重要になっていると確信する。テーパ型アンジュレータが単なる新奇なアイデアにおわらず、大きな成果を上げられるように期待する。

2. 新しい挿入光源 U#NW2 および U#NW12 の基本性能

2-1. 通常アンジュレータモード

今回新しく建設したアンジュレータ（U#NW2 および U#NW12：PF-ARにおける設置場所および放射取り出し口を設ける偏向電磁石（B-NW2 および B-NW12）によってこのように命名）は、生成可能な放射のエネルギー領域として5～25 keVを連続的にカバーすることが求められている。PF-AR運転エネルギーを6～6.5 GeVとして、アンジュレータ放射の1次から5次光を用いるとすると、アンジュレータの磁場周期長としては40 mm程度が最適なものになる。設置場所において許される占有長さから、U#NW2の周期長 λ_u を40 mmとし、周期数Nを90とすることにした（U#NW12については同一の周期長で $N=95$ ）。U#NW2 および U#NW12の基本仕様をTable 1に示した。磁場に関する仕様は1989年に建設しPF-ARに設置したU#NE3真空封止型アンジュレータ [2] と同一である。第1節で述べたように、これらのアンジュレータはバンド幅の広いスペクトルを持つテーパモードと一般回折実験用の

Table 1. Parameters of U#NW2 and U#NW12.

	U#NW2	U#NW12
Period length	40mm	
Number of periods	90	95
K	0.12 ~ 3.0	
B_0	0.32 ~ 8.12kG	
Minimum gap	10mm	
Maximum gap	50mm	
Magnet structure	Pure	
Magnet material	NdFeB (TiN coating)	

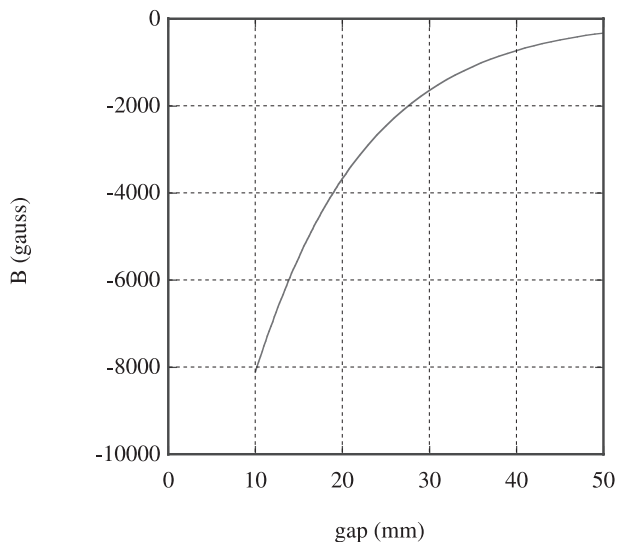
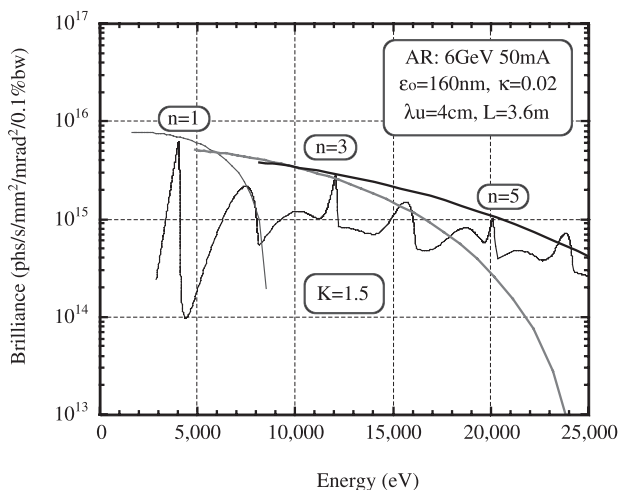


Figure 1 Relation between the magnetic field strength and the magnet gap in U#NW2.

Figure 2 Spectra of the synchrotron radiation from U#NW2. The curves with the number, n, denote loci of the peaks of the individual harmonics. The spectrum in the case of $K=1.5$ is also shown.

通常アンジュレータモードを持つ。U#NW2の通常モードにおけるアンジュレータ磁石列間ギャップと磁場強度の関係を Fig. 1 に、またこのモードにおけるスペクトルを Fig. 2 に示した (PF-AR の基本パラメータ: 運転エネルギー 6GeV、蓄積電流値 50 mA、自然エミッタンス 160 nm、およびエミッタンスカップリング 2%)。

磁場の周期長を 40 mm としたので、アンジュレータ

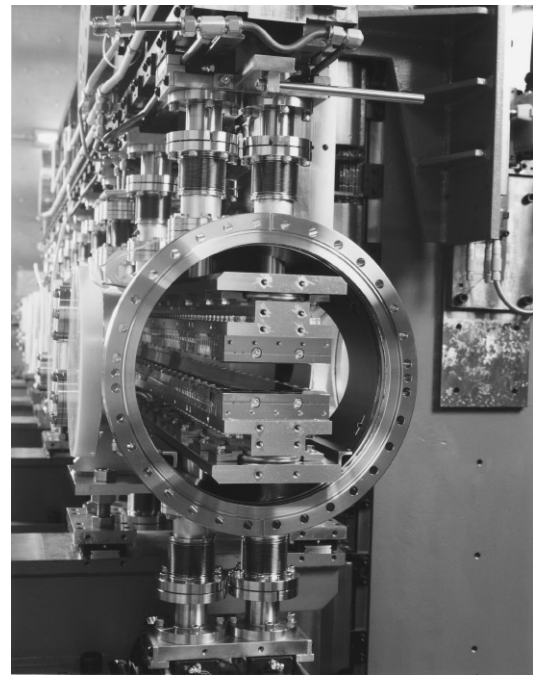


Figure 3 Inside structure of the in-vacuum undulator, U#NW2.

磁場として意味のある磁場強度を得るためにはギャップを 20 mm 程度以下に設定しなければならない。一方で PF-AR の直線部における真空ダクト鉛直方向の外径は 46mm である。このことは、U#NW2 および U#NW12 の真空システムおよびアンジュレータ磁気回路の方式として磁気回路全体を加速器真空中に持ち込む真空封止型が必要であることを意味する。

磁石素材には、優れた磁気特性だけでなく、超高真空達成のための加熱排気にも耐え得る高温特性を持った NEOMAX35EH (Nd-FeB 系合金; 残留磁束密度 $B_r=12.1$ kG、保磁力 $iH_c=25$ kOe) を採用した。多孔質体である上記磁石の真空封止は TiN コーティング (5 μ m 厚) によって行い、無酸素銅製の磁石ホルダーに装着した上で上下 1 対の Al 合金製の磁石支持用ガーダー上に配列した。これらの磁石列はステンレス鋼製の真空槽 (内面を電解研磨処理; 内径 250 mm \times 長さ 4100 mm (U#NW2) および 4300 mm (U#NW12)) に収納されている: Fig. 3 (U#NW2 の内部構造) 参照。排気には非蒸発ゲッターポンプ (排気速度 4000 liter/sec (U#NW2) および 5000 liter/sec (U#NW12)) およびスパッタ・イオンポンプ (240 liter/sec (U#NW2) および 480 liter/sec (U#NW12)) を採用した。上述の薄い TiN コーティングによる真空封止は、電子に対する開口をギャップ値とほぼ等しくとれるという点でも大きな利点を持つ。

2-2. テーパアンジュレータモード

XAFS 実験等に必要とされる幅の広いスペクトルを実現するためにアンジュレータ磁場を“乱す”方法としては (全く磁場調整を行わないことを含めて) 幾つか考えられるが、通常モードにおいて放射の最善の 1 次コヒーレンスが得ら

れる磁場の状態を維持しつつ、それと幅広スペクトルに対応する磁場状態とを完全に可逆的に切り替えることが可能な方法として、テーパ型を採用することにした。テーパモードにおいては、対向する磁石列を意図的に先開き（閉じ）に配置（テーパ型磁石列配置）し、サイン型の磁場分布を、アンジュレータを通過するにつれ徐々に弱く（強く）なる分布に変更する。

通常のアンジュレータでは磁場を変更するために、2本のボールネジで磁石列間のギャップを制御している。このボールネジの駆動を全く独立に行えば任意のテーパ配置を実現できるが、ここではこの方式を採らない。1本のボールネジのストロークはギャップ可変の全領域であるため、制御系または駆動モータの故障により、最悪の場合2本のボールネジに一方には最小ギャップ他方には最大ギャップが実現し（50 mm/1m 程度のテーパ）、精密機械であるアンジュレータの駆動機構を破壊させる可能性が大きいからである。また、この様に大きなテーパは真空封止型アンジュレータの場合、ボールネジの駆動力を真空槽内の磁石列に伝達するベローズシャフトのベローズ変形として許容されない。

代わりに、今回の建設では2本のボールネジを連結し1台のモータで駆動する。この駆動軸系連結部に位相調整装置を備え、テーパ配置が必要な場合、これを別の小モータで駆動し両ボールネジ間に位相（回転数）の差を与えてテーパ配置を実現する。駆動機構としては、磁石列を載せた1本のIビームに装着した2台のサドルをボールネジによりリニアガイドで案内する方式を採るが、Iビームとサドルの連結部に、Iビーム（=磁石列）がテーパモード時にスムーズに傾斜回転できる様に高剛性の軸受けを用いる。さらに一方のサドル連結部には、Iビームの傾斜によって生じる軸受芯間距離の水平方向の変化量を吸収するための水平配置のリニアガイドを設ける。

上記の機構によって実現されるテーパ型磁場分布から予想されるスペクトルの計算例（Flux density）を Fig. 4 および Fig. 5 に示した（U#NW2）。Fig. 4 は通常モードでのアンジュレータ磁場 0.45T の状態から、アンジュレータ入り口の磁場を 0.45T に保ちつつ出口側を徐々に閉じて 0.49T まで強めた場合のスペクトル（Fig. 4a：1次光および Fig. 4b：3次光）であり、Fig. 5 は逆に入り口の磁場を 0.49T に保ちつつ出口側を開いて 0.45T まで弱めた場合に相当す

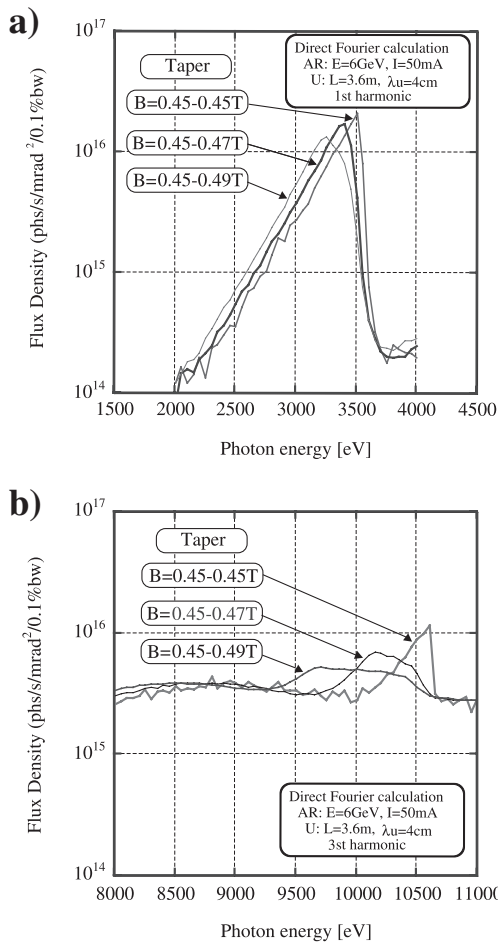


Figure 4 Calculated spectra (the fundamental harmonic: Fig.4a and the third harmonic: Fig.4b) of the radiation of U#NW2 in the tapered mode are compared with that in the ordinary mode. In the tapered mode, the undulator field increases from 0.45T to 0.49T at the exit of the undulator, whereas the field at the entrance is kept constant to 0.45T.

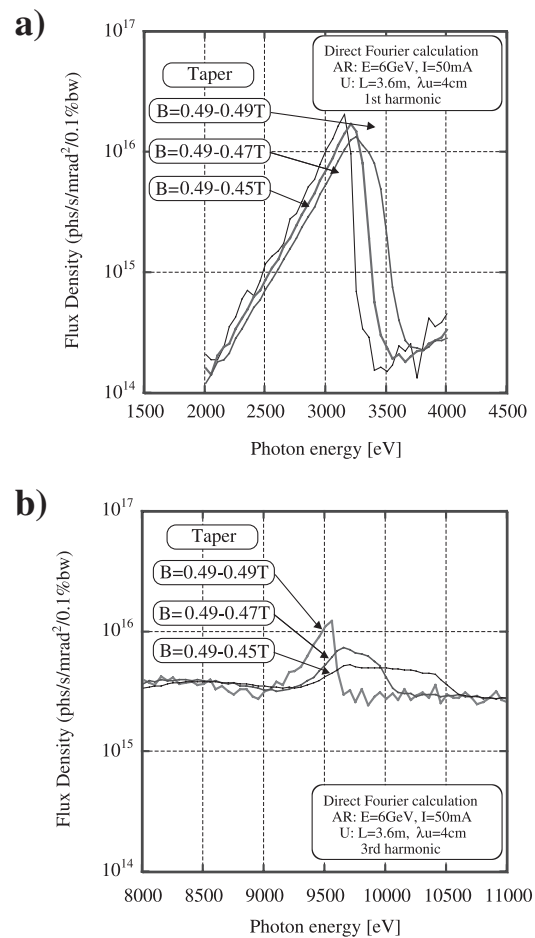


Figure 5 Calculated spectra (the fundamental harmonic: Fig.5a and the third harmonic: Fig.5b) of the radiation of U#NW2 in the tapered mode are compared with that in the ordinary mode. In the tapered mode, the undulator field decreases from 0.49T to 0.45T at the exit of the undulator, whereas the field at the entrance is kept constant to 0.49T.

るスペクトルである (Fig. 5a:1 次光および Fig. 5b:3 次光)。磁場は入り口から出口まで線形に分布しているとし、スペクトル計算には直接フーリエ変換法を用いた (PF-AR のパラメータ: 運転エネルギー 6 GeV、蓄積電流値 50 mA、自然エミッタンス 160 nm、およびエミッタンスカップリング 2%、 $\beta_x=6$ m、 $\beta_y=9$ m)。テーパの度合いが増すにつれてスペクトルの頭がつぶれ幅の広いスペクトルが得られることが判る。また一般にアンジュレータ放射では磁場が低くなるとピークは高エネルギー側に移動する。アンジュレータ入り口部の低磁場を一定に保ちつつ出口部の磁場を強めた Fig. 4 の場合には、スペクトルの高エネルギー側が固定されテーパの度合いが進むにつれ低エネルギー側に裾を引く形でバンド幅の拡大が起こり、入り口の高磁場を保ちつつ出口の磁場を弱めた Fig. 5 の場合には逆に高エネルギー側に裾を引く形でのバンド幅拡大が起こる。

3. U#NW2 および U#NW12 の磁場調整

3-1. 磁場調整

U#NW2 および U#NW12 に対する磁場調整は通常アンジュレータモードにおいて(テーパゼロの磁石配列に対して)行った。我々が採用した磁場調整の方法は(1)磁石交換(粗調整)と(2)チップ磁石の使用(微調整)である。この最適化における判断基準は、これまで PF および PF-AR における挿入光源の開発で採用してきたのと同じように、アンジュレータ中の電子軌道をできる限り理想的なサイン曲線に近づけるということである。ここでは特に良好な横方向コヒーレンスを確保するために、電子軌道(の包絡線)の折れ曲がり、アンジュレータ放射の波長によって決まる固有の角度広がり σ_p より十分に小さくなるようにした。

$$\sigma_p = \sqrt{\lambda/N\lambda_u}$$

ここで、 λ は放射の波長であり、 $\lambda=0.06$ nm (20 keV) とすると $\sigma_p=4 \times 10^{-6}$ rad. となる。ここでは U#NW2 を例にとって、磁場調整の最終結果をアンジュレータの中を通過する電子の軌道として Fig. 6 に示した (Fig. 6a: 水平方向、Fig. 6b: 鉛直方向、ともに電子エネルギー 6.5 GeV 時)。磁場調整を行ったギャップ (=20 mm) 以外のギャップでもアンジュレータ中の周期磁場が良好に保たれている状況が判る。また、アンジュレータ入り口部に生じる誤差磁場による電子軌道へのキック(電子の入射方向とアンジュレータ軸との平行性を乱す)も非常に小さく抑えることができた(全ギャップ領域にわたり絶対値で 50 Gcm 程度)。Fig. 6 に示した ΔBS_{ENT} は、ギャップ 20 mm を基準にしたアンジュレータ入り口部におけるキック誤差の変化分である。

U#NW2 のテーパモードにおける磁場の状況を同様の方法で示したのが Fig. 7 (6.5 GeV 時; ギャップ =20 mm) である。通常モードからテーパモードに移行しても、アンジュレータ中の磁場に劣化は見られない。図ではわかりにくいテーパの程度が増すにつれ電子軌道の振幅はアンジュレータ出口部において入り口部より微小に小さくなって

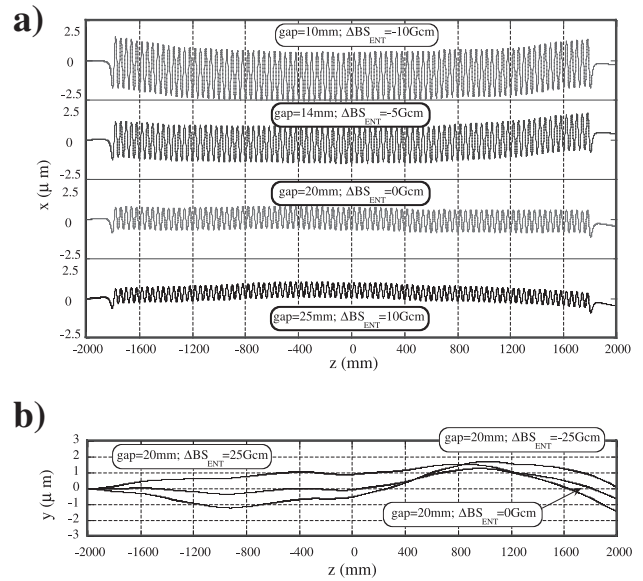


Figure 6 Electron orbits in the horizontal (Fig.6a) and the vertical (Fig.6b) directions in U#NW2 at several gaps at PF-AR's operation energy of 6.5 GeV, which are calculated based on the precise measurements of the undulator field.

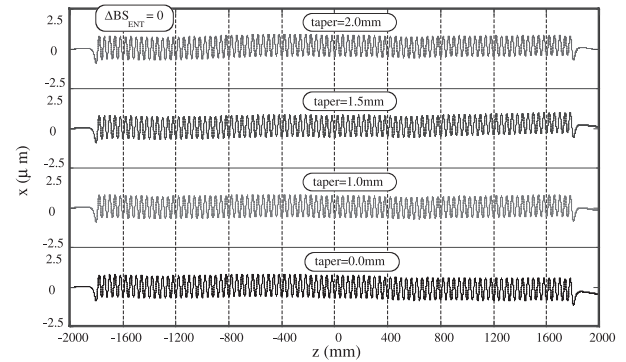


Figure 7 Electron orbit in U#NW2 at a gap of 20mm when we take the tapered configuration of the magnet arrays. The amounts of the taper are given as a difference of the gaps between at the entrance and at the exit of the undulator.

る(アンジュレータ入り口から出口へかけて磁場が徐々に弱まる磁場テーパを採用しているため)。また今回の磁場測定の精度の範囲内では、テーパの程度を増やしても入り口部のキックエラー、 ΔBS_{ENT} に、何ら変化が見られなかったことは特筆に値する。なお、Fig. 7 における taper とは、入り口部と出口部のギャップの差である。

3-2. 実測磁場に基づくスペクトル

Fig. 8 はテーパモードにおける実測磁場 (Fig. 7 に示した: ギャップ =20 mm ($B_0=3670$ G)) から求めた放射のスペクトル (Flux density) である。スペクトル計算には前節と同様に直接フーリエ変換法を用いた (PF-AR のパラメータ: 運転エネルギー 6.5 GeV、蓄積電流値 50 mA、自然エミッタンス 170 nm、およびエミッタンスカップリング 1%、 $\beta_x=5.4$ m、 $\beta_y=10.1$ m)。Fig. 7 と同じ定義でテーパ量

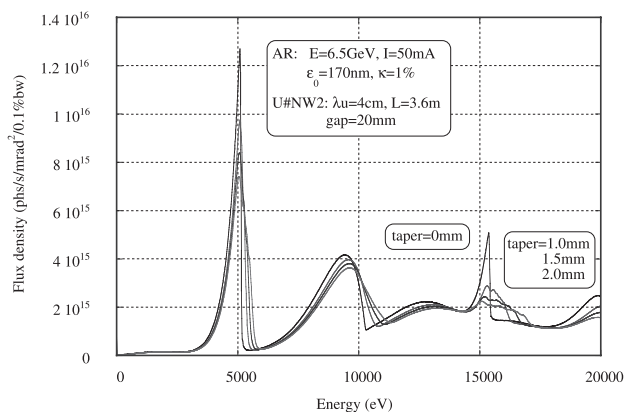


Figure 8 Calculated spectra in the tapered mode are compared to that in the ordinary mode. The calculation is made on the basis of the measured magnetic field shown in Fig. 7.

を増加させるにつれてスペクトルの頭がつぶれ幅の広いスペクトルが得られることが判る。

4. 真空立ち上げと PF-AR への設置

U#NW2 および U#NW12 の磁石列を収納する真空槽は、加速器に連結され電子ビームのパスにもなるため超高真空状態に保たねばならない。そのために、120℃、48時間の加熱処理を行い真空立ち上げを行った。前節に述べた排気系を採用し、 $1.2 \sim 1.5 \times 10^{-10}$ Torr の到達真空度が得られている。真空作成時における磁場性能の高温劣化を防ぐために磁石列の高温処理を真空中 145℃において、あらかじめ行っている。さらに、調整後の磁場性能に対する温度の影響を調べるために、上記真空作成の前に磁石列を同一の温度（真空中 120℃）に曝した後再度磁場測定を行い変化のないことを確認した。上記の磁場安定化・真空作成法については、U#NE3 の開発時に得た知識を参考にして発展させた [2]。

上記の立ち上げ調整作業を終えたこれらの真空封止アンジュレータは、2001年10月（U#NW2）および2002年8月（U#NW12）に PF-AR に導入設置された [3]。PF-AR におけるこれらのアンジュレータの配置を Fig. 9 に示す。2002年1月よりは加速器・放射光ビームラインを合わせた PF-AR の加速器高度化完了後の立ち上げ実験が開始された。その後、ビームライン BL-NW2 への光導入試験、ビームラインの立ち上げ作業を経て XAFS 等の利用実験

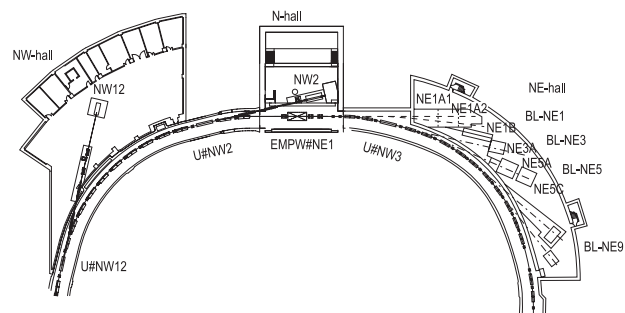


Figure 9 Plan view of the north half of the PF-AR.

が進行中である。また、U#NW12 からの放射を利用する BL-NW12 においても同様の立ち上げ実験を経て、2003年4月から共同利用実験を開始した。すでにいくつかの構造生物学的に重要なタンパク質構造決定がなされている。この間テーパモードを含めたアンジュレータスペクトルの測定も一部開始されており、それによれば確かにテーパモードに対応する幅の広いスペクトルは実現されている。実測スペクトルとそれに基づくアンジュレータ磁場性能・加速器性能の評価については別途報告することにした。

引用文献

- [1] S.Yamamoto, T.Shioya, S.Sasaki and H.Kitamura, Construction of insertion devices for elliptically polarized synchrotron radiation, Rev. Sci. Instr. **60**, 1834 (1989).
- [2] S.Yamamoto, T.Shioya, M.Hara, H.Kitamura, X.Zhang, T.Mochizuki, H.Sugiyama and M.Ando, Construction of an in-vacuum type undulator for production of undulator x rays in the 5-25 keV region, Rev. Sci. Instrum. **63**, 400 (1992).
- [3] S.Yamamoto, K.Tsuchiya, and T.Shioya, Construction of two new in-vacuum type tapered undulators for the PF-AR, in press, the proc. of the eighth international conference on synchrotron radiation instrumentation (2003).

(2003年12月22日原稿受付)

著者紹介

山本 樹 Shigeru YAMAMOTO
物質構造科学研究所 助教授
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
TEL: 029-864-5663
FAX: 029-864-2801
email: shigeru.yamamoto@kek.jp

土屋公央 Kimichika TSUCHIYA
物質構造科学研究所 助手
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
TEL: 029-864-5675
FAX: 029-864-2801
email: kimichika.tsuchiya@kek.jp

塩屋達郎 Tatsuro SHIOYA
物質構造科学研究所 文部科学技官
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
TEL: 029-864-5675
FAX: 029-864-2801
email: tatsuro.shioya@kek.jp

超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶における原子空孔の熱的生成機構

水野 薫¹、岡本博之²、橋本英二³

¹ 島根大学総合理工学部、² 金沢大学医学部、³ 広島大学放射光科学研究センター

Vacancy Generation Mechanism in Ultrahigh-Purity Aluminum Single Crystal with a Low Dislocation Density

Kaoru MIZUNO¹, Hiroyuki OKAMOTO², Eiji HASHIMOTO³

¹ Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane University, ² School of Medicine, Kanazawa University

³ Hiroshima Synchrotron Radiation Research Center, Hiroshima University

1. はじめに

結晶の物理的性質が素材の純度に依存することは古くから知られており、純度の高い素材から試料を作製する必要が広く認められている。特に格子欠陥の研究において、不純物自身が格子欠陥であり、他の格子欠陥の生成に大きく影響することや形成された格子欠陥と強く相互作用することから、高純度試料を用いた研究が必要不可欠といえる。そのため、高純度試料を用いたために、新しい物性が明らかにされたり、物理量の正確な値が決定された例が少なからず存在する。たとえば、古くは金における原子空孔の形成エネルギーの値が試料の純度により大きく変化することなどが広く知られている [1]。さらに格子欠陥研究の立場から見ると従来格子欠陥の存在により抑制されていた性質が純度だけでなく、完全性の高い試料によって初めてその存在が明らかにされた例も数多く存在している。そして作製した試料の完全性の高さも素材の純度に大きく依存している。幸いなことに完全性の高い、すなわち格子欠陥密度の低い結晶は素材の純度が高いほど作製されやすいことが結晶成長の研究により明らかにされている [2]。そのため、従来よりも純度の高い素材を用いて、より格子欠陥密度の低く、完全性の高い単結晶試料の作製が格子欠陥研究の進歩には不可欠であると言える。

工業的な要請のある半導体結晶をのぞけば、結晶の純度やその完全性に関する研究が進んでいるのは金属といえる。しかし、金属といえども 99.999 at% (5-N) や 99.9999 at% (6-N) の高い純度を有する素材が得られる物質は多くなく、アルミニウムや銅、それに鉄などに限られている。また一般に表示されている純度は公称であり、数種類の主要な不純物を分析し、その総和を不純物量としており、すべての不純物を分析したものではない。従って高純度金属の場合、純度よりも残留抵抗比の値でその純度を示す方が合理的といえる。

以前より我々はアルミニウム素材を帯精製法で高純度化して、この素材から低転位密度の単結晶試料を作製し [3]、残留転位の生成機構などを明らかにすることと低転位密度高純度アルミニウム単結晶中の原子空孔の熱的生成・消滅機構を X 線トポグラフィにより研究してきた。その結果、帯精製した残留抵抗比が 3 万程度の高純度素材から作製し

た低転位密度結晶において、急激な温度上昇により不足する原子空孔を補うため、格子間原子型転位ループが形成され、それらが成長することにより原子空孔を供給して、原子空孔の熱平衡濃度を保つことを明らかにした [4]。そしてこの転位ループは移動しにくい不純物やその集合体を核にして不均一核形成をしていることまで解明した [5]。そこで、さらに素材の純度を向上させ、核となる不純物が存在しない場合に何が空孔源となるかを解明することが、次の段階の問題点として残っていた。

最近、帯精製技術の発達により、残留抵抗比が 10 万以上の超高純度アルミニウムが得られるようになった [6]。そこでこの素材から低転位密度単結晶を作製して、格子間原子型転位ループの形成されない場合の熱的な原子空孔源の正体を明らかにする研究を行ったのでその結果について報告する。

2. 実験方法

本研究に用いた単結晶試料は歪・焼鈍法により作製した。まず住友化学工業製の純度 6-N の高純度アルミニウム素材 (10 × 20 × 900 mm³) を超高真空中で帯精製して残留抵抗比が 1.0 × 10⁵ 以上の超高純度素材 (純度 7-N) を得た。この帯精製では溶融開始端および終端を帯精製のたびに棒状素材の中心部に向けて徐々に移動させて帯精製を繰り返す、いわゆる刈り込み法を適用した。帯精製した素材から切りだした長さ 10 cm 程度のアルミニウムインゴットを厚さ 0.5 mm、幅 5 mm、長さ約 200 mm に整形後、空気中で 200℃、30 分間の予備焼鈍を行った。この焼鈍は結晶粒の大きさを 0.2 から 0.4 mm 程度に揃えるために必要である。その後、3.5% の引張ひずみを加え、長さ 50 mm 程度に切断後、0℃で電解研磨を行い表面の汚れや酸化膜を取り除いた。その後、ステンレスボートに数本並べ、最高温度 600℃、移動速度 60 mm/h の真空移動炉を用いて単結晶化した。これらの条件は試行錯誤により決定した。そのため、同じロットの超高純度素材から切り出したインゴットでも、場所により多少異なっている。単結晶化後、600℃から 30℃/h で 400℃まで冷却したが、その後は低転位密度化するために 7℃/h の冷却速度で 150℃まで徐冷した。徐冷後の試料の転位密度は 3 × 10³ cm⁻² 程度であり、X 線

トポグラフ観察で個々の格子欠陥の挙動を追跡するには転位密度が高すぎる。そのため、さらに真空中で150℃と250℃の間を8時間かけて往復させる熱サイクル焼鈍を6回行うことにより、転位密度 $1 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$ 程度の低転位密度単結晶試料を得た [7]。

この試料をBL-15B1の高速X線トポグラフィックカメラ上のゴニオメーターヘッド（室温での撮影の場合）またはゴニオメーターヘッド上に設置した電気炉内（高温での観察の場合）に取り付けた。歪・焼鈍法で作製した超高純度単結晶では任意方位を有する単結晶を得られないため、電気炉に取り付けた後で結晶をゴニオメーターヘッドで傾け、観察したい回折スポットが水平な大円上に位置するように試料を調節した。このようにしてゆがみのない欠陥像を撮影できるようにした。さらに分解能の高いトポグラフを得られるようにブラッグ角を変化させて回折波の波長を変え、数枚の写真を撮影して試行錯誤により最適な条件を決定した。今回の実験では回折波の波長が0.42 Åになるようにブラッグ角を調節した。露出時間は2 mm厚のアルミニウム製吸収板を試料より上流側に入れた状態で1.0秒から4.5秒であった。分解能の高い写真が必要であるため、検出器としてはイルフォード原子核乾板L-4（乳剤の膜厚25 μm）を用いた。

トポグラフ観察ではまず単結晶試料中の残留転位の種類を明らかにする目的で、バーガスベクトルを決定するために必要な回折面による写真を撮影した。そのため、4種類の等価な{111}および{220}を回折面としたトポグラフを室温で撮影した。

次に超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶中の原子空孔源を観察する実験を行った。電気炉に試料を取り付け、室温で111反射を用いてトポグラフを撮影したのち、1000℃/hの昇温速度で300℃に試料温度を上昇させ、その状態を20分間保った状態でトポグラフを撮影した。トポグラフの撮影は、はじめの10分間は1分間隔で次の10分間は2分間隔で行った。300℃での焼鈍後、原子空孔を過剰にして空孔源を消滅させるため、230℃に2000℃/hの冷却速度で降温したのち4時間保持した。230℃ではX線テレビで回折像をモニターしながら適宜写真撮影を行った。そのため撮影間隔は2分から15分までであった。この温度において300℃で出現した空孔源が消滅したのを確認した後、原子空孔源を再度出現させ、出現場所の再現性や数密度の温度依存性を調べるために、320℃へ1000℃/hで昇温して60分間保持してその間観察した。

次に空孔源の正体を確認するために、急激な昇温で試料中に出現した原子空孔源を急冷凍結し、電気炉から取り出して異なる回折面で数枚のトポグラフを撮影し、歪み場を決定する実験を行った。そのために、電気炉に試料を入れ、300℃に昇温後20分保持して空孔源が出現したことを確認後、2000℃/hの冷却速度で室温まで急冷して空孔源を試料中に凍結した。この試料を電気炉から取り出し、残留転位のバーガスベクトルを決定したのと同様に、異なる4種類の{111}と{220}を回折面としてトポグラフを撮影し

て、空孔源の歪み場を決定した。

3. 実験結果と考察

3-1. 超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶中の転位

歪・焼鈍法で単結晶化し徐冷した後の超高純度アルミニウム試料のX線トポグラフと更に転位密度を低くするために6回の熱サイクル焼鈍を行った後の試料のトポグラフをFig. 1に示す。Fig. 1(a)は徐冷後、(b)は熱サイクル焼鈍後の状態を示している。転位密度が熱サイクル焼鈍により低下したのがわかる。次に熱サイクル焼鈍の回数による転位密度の変化をFig. 2に示す。この図には純アルミニウム(5-N)試料と高純度アルミニウム(6-N)試料の結果もあわせて示している。不純物量の多い純アルミニウムでは単結晶作製後の転位密度だけでなく、熱サイクル焼鈍による転位密度の減少も少ないことがこの図からわかる。すなわち、徐冷中の過剰原子空孔集合体形成に基づく転位の発生が不純物により促進されることと熱サイクル焼鈍中の転位の上昇運動が不純物により阻害されることがこれらの原因と考えられる。高純度アルミニウムと超高純度アルミニウム試料では徐冷後の転位密度だけでなく、6回の熱サイクル焼鈍後の転位密度もほぼ等しい数値になっている。7-Nクラスの超高純度では素材の純化による結晶の完全性の向上は

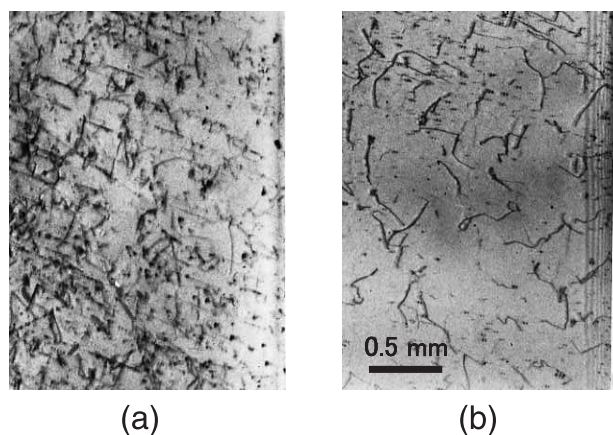


Figure 1 X-ray Lang topographs of ultrahigh-purity aluminum single crystal taken (a) before and (b) after cyclic annealing.

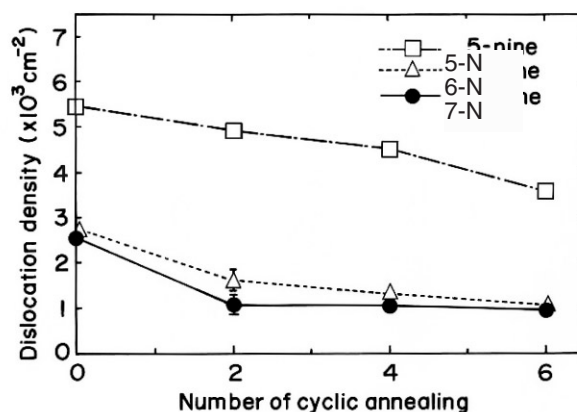


Figure 2 Change of dislocation density in ultrahigh-purity (7-N), high purity (6-N) and pure aluminum (5-N) single crystals during cyclic annealing.

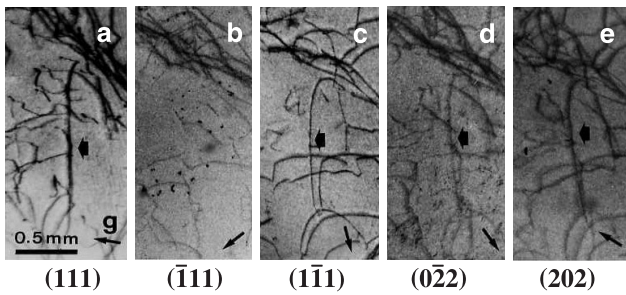


Figure 3 Laue Topographs taken with different diffraction planes. Arrows in bottom of photographs indicate the projected diffraction vector g .

もはや見られない。しかし、熱サイクル焼鈍の効果に違いが見られ、超高純度試料では2回の熱サイクル焼鈍により、最終的な転位密度に近い値まで減少している。これは転位線の上昇運動への不純物の影響が少ない超高純度アルミニウムの特徴といえる。

次に超高純度アルミニウム単結晶中の残留転位の種類を決定するために、転位のバーガスベクトルを決定した。そのために異なる4種類の $\{111\}$ と $\{220\}$ 面を回折面としてラウエトポグラフを撮影した。その結果の一部をFig. 3に示す。Fig. 3(b)において、他の写真では矢印で示された転位線の像が消えている。トポグラフにおいて回折面の逆格子ベクトル g と転位線のバーガスベクトル b の内積が $g \cdot b = 0$ の場合に転位線の回折像は消失する。撮影に用いた回折面 g と可能性のあるバーガスベクトル b との内積の値 $g \cdot b$ とこの実験結果の対比からバーガスベクトルを決めたところ、Fig. 3に矢印で示される転位線のバーガスベクトルは $a/2[101]$ であることがわかった (a は面心立方格子の格子ベクトル)。このバーガスベクトルと転位線の方向とがなす角を求めると 60° であった。すなわち、Fig. 3に示されている転位は 60° 転位であることが明らかになった。

高純度アルミニウムにおける主要な残留転位は 60° 転位であることが報告されている[3]。従って、超高純度と高純度アルミニウムでは結晶成長後の転位密度と転位の種類が共に同じであった。この事実がどちらの純度の試料でも同じ機構によって残留転位が形成されていることを示唆している。この結果を検証するために、拡散方程式の解を用いて、単結晶化後の試料の冷却過程における過剰な原子空孔量を計算した。この計算において、空孔の消滅源として結晶の表面だけを仮定した。その結果、本実験で用いた冷却条件で作製したアルミニウム単結晶試料には室温において 1.2×10^{-6} の原子空孔が残留することがわかった。この計算では不純物の影響は全く考えていないので、残留空孔量をこれ以上減少させる事は今回の冷却条件では不可能と考えられる。高純度アルミニウムの場合、この値に不純物にトラップされた空孔量に加わるが、不純物量自体が 1×10^{-6} なので超高純度と高純度アルミニウム中の残留空孔量は同程度、少なくとも同じオーダーであると考えられる。つまり、成長後の超高純度と高純度アルミニウム中の

残留原子空孔量に大きな違いはないため、残留した原子空孔が集合体を形成してこれらが発達して転位が生成されるとすれば、その発生機構は同じであり、形成される転位密度も同程度になることが予想できる。Fig. 2の結果はこの考えを支持していると考えられる。以上の実験結果から素材の純度の向上による低転位密度化には限界が存在することが予想される。そしてアルミニウムの場合、その限界は7-N程度の純度であることを実験結果は示している。つまり不純物が少ないほど完全性が高い結晶が得られるという常識には適用限界が存在することが明らかになった。

3-2. 超高純度・低転位密度アルミニウム単結晶中の原子空孔の熱的生成機構

原子空孔の熱的な生成源となる転位線をほとんど含まない結晶の温度を急激に上昇させると、新たに生成源が形成されて不足する空孔を供給する。高純度アルミニウムの場合、それは格子間原子型転位ループであった。この転位ループは動きにくい不純物かその集合体を中心に不均一核形成をしていた。そこでこれらの転位ループが形成されにくいように更に不純物を減少させた超高純度アルミニウムにおいて、急激な温度上昇後に形成される空孔の生成源を調べた。

Fig. 4は室温から 300°C に $1000^\circ\text{C}/\text{h}$ の昇温速度で加熱したときのトポグラフである。 300°C で撮影したトポグラフには室温では写っていない斑点が見られる。これは原子空孔源として発生・成長した格子間原子型転位ループである。高純度アルミニウムではこれが主要な空孔源となっていた。Fig. 4に示す昇温後の写真にはこの転位ループに加え、数多くの直線状の像が見える。これらの像は $\langle 110 \rangle$ 方向を向いていた。この直線状の像が空孔源であることを確認するため、出現後一旦試料の温度を下げ、原子空孔が過剰な状態にした後、より高い温度に再度昇温する実験を行った。その結果をFig. 5に示す。Fig. 5はFig. 4と同じ試料であるが、観察している場所が異なっている。この図から 300°C で発生した空孔源が 230°C へ降温してしばらく

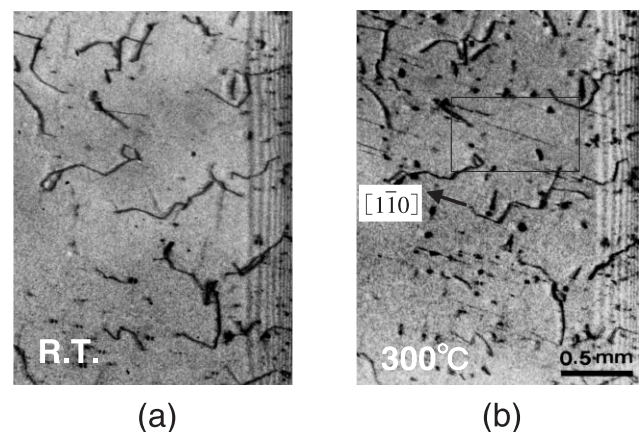


Figure 4 Topographs of an aluminum single crystal taken at (a) R.T. before heating and at (b) 300°C . Some straight lines oriented $\langle 110 \rangle$ are observed in (b) in addition to interstitial-type dislocation loops.

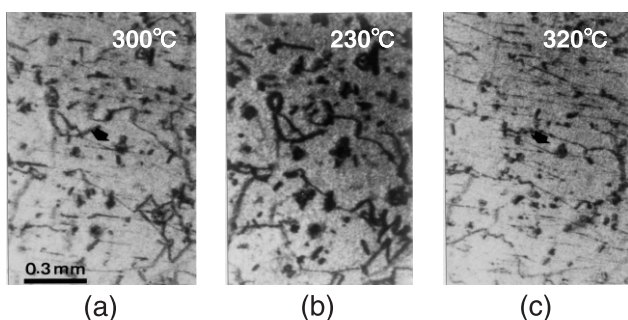


Figure 5 A series of Laue topographs taken at (a) 300 °C, (b) 230 °C and (c) 320 °C after re-heating. The straight lines in (a) and (c) are vacancy sources in ultrahigh-purity aluminum.

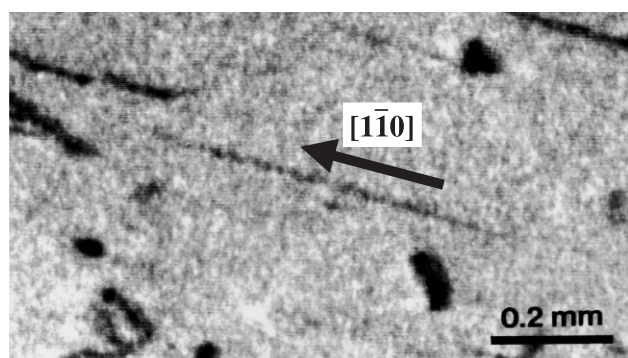


Figure 6 High magnification topograph of boxed area in Fig.4 (b). The straight lines shown in the previous photographs are dislocation loops in rows grown as vacancy sources.

経過すると消滅しているのがわかる。さらにこの状態から 320°Cへ再度昇温すると、また $\langle 110 \rangle$ 方向を向いた直線状の像が出現している。そして 320°Cでの出現場所は 300°Cでの出現場所に加え、新しい場所でも出現している。線状の空孔源の数密度は 300°Cで $5 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}$ 、320°Cで $1.1 \times 10^3 \text{ cm}^{-2}$ であり、温度すなわち、空孔の熱平衡濃度に依存していることがわかる。以上の実験結果より、直線上の像は原子空孔が不足すると出現し、過剰になると消滅していることがわかる。すなわち温度上昇により出現する直線上の像は原子空孔源である。空孔源の正体を明らかにするため、Fig. 4 の長方形の領域の拡大写真を Fig. 6 にしめす。この写真から判断すると空孔源の正体はヘリカル転位か転位ループ列であると考えられる。しかし、室温から 300°Cへの昇温による原子空孔の未飽和度は、一般に行われている高温からの急冷実験の場合に比べ非常に小さく、ヘリカル転位が形成されたとしてもそのピッチと直径は数百 μm になる [3]。したがって、Fig. 6 に示されている格子欠陥は直線状に並んだ転位ループ群と考えられる。この空孔源の歪み場を決定するため、異なる 4 種類の $\{111\}$ と $\{220\}$ 面を回折面として撮影したトポグラフの一部を Fig. 7 に示す。ここでも前節と同じく g と b の関係が存在するので、同様に処理をして転位ループ列の歪み場が $b/2[1\bar{1}0]$ であると決定された。ループ列の方向は $[1\bar{1}0]$ であるため、歪み場と平行であった。すなわち、完全転位ループが連なったループ列であることが明らかになった [8]。

熱的な原子空孔源として転位ループ列が出現したことに

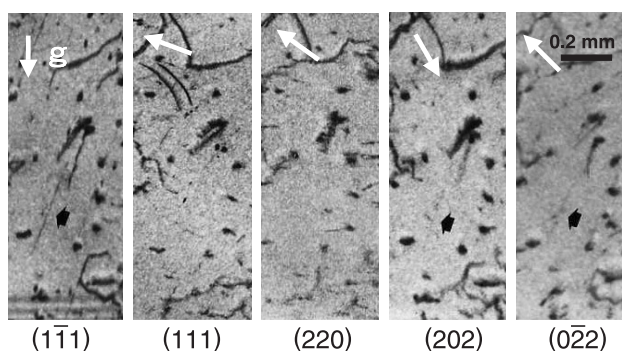


Figure 7 Laue Topographs taken with different diffraction planes for determination of strain field of row of dislocation loops.

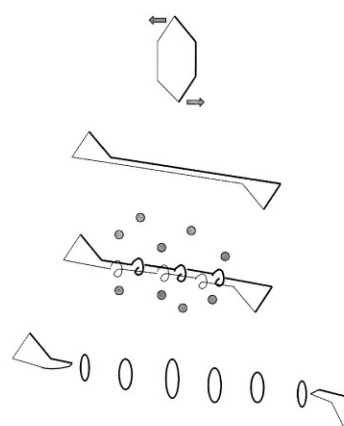


Figure 8 Illustrated representation of formation mechanism of row of dislocation loops from a dislocation loop for vacancy sources.

なるが、次にこの格子欠陥の形成機構について検討する。過剰な原子空孔を吸収して転位ループ列が形成されることは、Amelinck と Bontinck により提案されている [9]。この機構を参考にした原子空孔源の形成されるメカニズムを Fig. 8 に示す。まず、急激な温度上昇により原子空孔の不足が生じる。空孔不足を補うために、高純度アルミニウムと同様に格子間原子型転位ループが不均一核形成機構により発生する。しかし、その数密度は核になる不純物が少ないため、高純度アルミニウムに比べ低い。そのため何らかの別な空孔源が必要となる。そこで、形成された転位ループの一部が滑り、転位双極子を有する転位ループになる。このラセン成分を持つ転位が空孔源として原子空孔を放出しながらヘリカル転位になる。さらにこのヘリカル転位が成長して平行して隣接するヘリカル転位と相互作用をして孤立した転位ループになる。それが次々に起こり、ループ列になっていくと考えられる。

格子間原子型転位ループ列の形成による原子空孔の生成機構は高純度アルミニウムでは見られず、超高純度アルミニウムにおいて初めて観察された。以上のように超高純度・低転位密度アルミニウム結晶中の熱的な原子空孔の生成は転位ループ列の形成により行われることが本研究により初めて明らかになった。現在、単色 X 線で撮影したトポグラフ像の計算機シミュレーションを行っており、ループの直径やピッチなどの、このループ列の詳細な解析を行っている。

引用文献

- [1] T.Kino and J.S.Koehler, Phys. Rev. **169**, 553 (1968).
- [2] G.Champier, Characterization of Crystal Growth Defects by X-ray Method (Plenum Press, New York, 1980) p.97.
- [3] Y.Deguchi, K.Kashiwaya, K.Kamigaki and T.Kino, Jpn. J. Appl. Phys. **17**, 611 (1978).
- [4] T.Kino and K.Mizuno, J. Phys. Soc. Jpn. **53**, 3290 (1984).
- [5] K.Mizuno, S.Nagai, A.Tamiya, Y.Noda, K.Okitsu, E.Hashimoto, K.Ito and T.Kino, Jpn. J. Appl. Phys. **38** Suppl.38-1, 460 (1999).
- [6] E.Hashimoto and Y.Ueda; Tran. Jpn Inst. Met. **35**, 262 (1994).
- [7] K.Mizuno, S.Yamamoto, H.Okamoto, M.Kuga and E.Hashimoto, J. Cryst. Growth **237-239**, 367 (2002).
- [8] K. Mizuno, J. Phy. Soc. Jpn, to be published.
- [9] S.Amelinck and W.Bontinck, Acta. Metal. **5**, 345 (1957).

(2004年1月13日原稿受付)

著者紹介

水野 薫 Kaoru MIZUNO



島根大学総合理工学部 助教授
〒 690-8504 島根県松江市西川津町
TEL: 0852-32-6404
FAX: 0852-32-6409
e-mail: mizuno@riko.shimane-u.ac.jp
略歴：1983年広島大学理学研究科博士
課程後期中退、1983年島根大学理学部

助手、1990年島根大学理学部助教授。理学博士。
最近の研究：格子欠陥研究への放射光イメージング法の応用。
趣味：鉄道模型の製作。

岡本博之 Hiroyuki OKAMOTO

金沢大学医学部 助教授
〒 920-0942 石川県金沢市小立野
TEL: 076-265-2589
FAX: 076-234-4360
e-mail: okamoto@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp

橋本英二 Eiji HASHIMOTO

広島大学放射光科学研究センター 助教授
〒 730-8511 広島県東広島市鏡山
TEL: 0824-24-6999
FAX: 0824-24-6294
e-mail: ehasimot@sci.hiroshima-u.ac.jp

生体試料観察のための投影型軟X線顕微鏡の開発

伊藤 敦¹、本田捷夫²、吉村英恭³、遠藤久満⁴、金城康人⁵、矢田慶治⁶、小林克己⁷、篠原邦夫⁸

¹ 東海大学工学部応用理学科、² 千葉大学工学部情報画像工学科、³ 明治大学理工学部物理学科、
⁴ 京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科、⁵ 都立産業技術研究所放射線利用施設、⁶ 東北大学、
⁷ 物質構造科学研究所、⁸ 高輝度光科学研究センター

Development of Soft X-ray Projection Microscope for the Observation of Biological Specimens

Atsushi ITO¹, Toshio HONDA², Hideyuki YOSHIMURA³, Hisamitsu ENDOH⁴, Yasuhito KINJO⁵, Keiji YADA⁶,
Katsumi KOBAYASHI⁷, Kunio SHINOHARA⁸

¹School of Engineering, Tokai University, ²Faculty of Engineering, Chiba University,

³School of Science and Technology, Meiji University, ⁴Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology,

⁵Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, ⁶Tohoku University, ⁷Institute of Materials Structure Science, ⁸JASRI

1. はじめに

われわれは生物試料の高分解能観察に適した観察法として軟X線顕微鏡の開発を進めてきた。その主な理由として、1) 生体を構成する主要軽元素であるC, N, OなどのK吸収端が存在するため、細胞あるいは細胞内構造など薄い試料においてコントラスト高く観察できる、2) Ca, S, Pなどの微量ではあるが生体にとって重要な軽元素のL吸収端もこの波長領域に存在する、3) water window とよばれるOとCのK吸収端に挟まれた領域では、細胞成分と水との吸収係数の差が大きいことを利用して水溶液中の試料が観察できる、4) ゾーンプレートなどの光学素子の進歩により分解能が20 nm程度にまで達していること、これによって細胞内の微細構造の観察が可能となること、などがあげられる。近年硬X線を利用する顕微鏡の急激な進歩によって、生体組織など厚い試料の生理状態での観察が可能となってきたが、細胞あるいは細胞を構成する分子複合体の高分解能観察、元素マッピングなどにはまだ軟X線の利点があるように思われる。本稿では、BL-12A, 11A, 2Cにて行ってきた生物試料観察を目的とした投影型軟X線顕微鏡開発について、各ビームラインの比較も含めてまとめた。

2. 投影型X線顕微鏡の特徴とこれまでの研究

投影型X線顕微鏡は点光源から拡散するX線の光路に試料を設置することにより、試料の拡大投影像を得る手法である。焦点深度が深いこと、視野が広いこと、容易にズームアップ可能なこと、ステレオ、CTなどの3次元観察がやりやすいことなど、他のタイプのX線顕微鏡にない特徴を持っている。これらの特徴は生物試料観察において特に有効である。すなわち、広い視野から特定の構造をズームアップによってとらえ、それらの3次元構造を観察することが期待される。

これまで実用化された投影型X線顕微鏡は、走査型電子顕微鏡を用いて集光した電子ビームを金属ターゲットに照射し、そこから発生する特性X線を点光源として試料透過光を拡大投影する方式をとっているが [1, 2]、この方式に

おける問題点は、利用可能波長が限られていること、X線強度に限界のあること、があげられる。しかしながら、点光源と試料とを近づけることによってフレネル回折によるボケを抑え、約0.1 μmの高分解能が達成されている [3]。

一方、渡辺らは投影型インラインホログラフィーの観点から、フレネル回折を伴う像からの再生をPhoton Factory旧BL-11Aで試み、赤血球を試料として約1.4 μmの分解能を得ている [4]。

本研究では、放射光を利用した高分解能投影型顕微鏡の試作を行い、細胞および染色体観察を試みた。目標は以下の通りである。

- 1) ゾーンプレートにより単色放射光を集光し、これまでの走査型電子顕微鏡を用いたタイプより強度の高い点光源を利用可能とすること。
- 2) 放射光の特徴を生かして可変波長に対応できること。これによって元素や分子の分布画像を求めること。
- 3) フレネル回折像からのより精度の高い像再生法を開発すること。

装置の設計と生物試料観察の予備的結果は文献 [5] に報告済みである。

3. 投影型顕微鏡の装置レイアウトと性能評価

3-1. 装置レイアウト

投影型の光学系を Fig. 1 に示す。渡辺らと同様、入射光をゾーンプレートにより集光し点光源をつくる。理想的には、ゾーンプレートがコヒーレント照明されれば最大限の集光性能を発揮させることが可能である。放射光は完全コヒーレント光源ではないため、ゾーンプレートの上流に入射光の空間コヒーレンスを上げるための前置ピンホールを挿入可能とした。また、集光点にピンホール（以後後置ピンホールと呼ぶ）を設置することにより、ゾーンプレートからの不要な次数の回折光を除いた。集光サイズが後置ピンホールサイズより大きい場合には、集光サイズを規定する役割ももつ。後置ピンホールからの発散光は試料を透過後、背面照射型 CCD により検出された。後置ピンホール

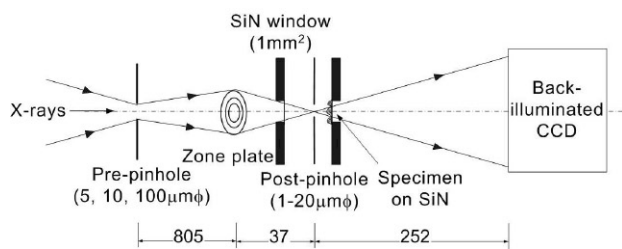


Figure 1 Optical layout of soft X-ray projection microscope. Sizes are typical values in the BL-11A beamline with 1.5 nm soft X-rays.

Table 1 Experiments at PF soft X-ray beamlines for projection microscopy.

Beamline	Wavelength (nm)	Slit width (μm) (Entrance-Exit)	Pre-pinhole ($\mu\text{m}\phi$)	Post-pinhole ($\mu\text{m}\phi$)
BL-12A	1.5, 2.4, 3.5, 4.5	100-100	-	1, 5, 10, 20
BL-11A	1.5, 2.4, 3.5	200-200	10, 20, 100	1, 5, 10, 20
BL-2C	3.1	100-250	5 ^{*)} , 100	1, 5, 10, 20

^{*)} 5 $\mu\text{m}\phi$ pre-pinhole was available only for post-pinholes with the diameter larger than 5 μm .

は4連のピンホールホルダーに1, 5, 10, 20 $\mu\text{m}\phi$ が装着され、真空を破らずに大きい方から選択することによって、集光位置へ微小後置ピンホールをアラインメントするときの能率を上げた。また2連の前置ピンホールホルダーには2種類のサイズを装着し、空間コヒーレンスの影響を調べた。

後置ピンホールと試料はそれより上流のゾンプレートが設置されるチェンバーとSiN膜により真真空的に仕切られている。現在は低真空の雰囲気乾燥試料の露光を行っているが、将来的には試料を湿潤状態に保つよう改善したい。

画像の波長依存性を測定するために、ゾンプレートの光軸方向の移動によって1.5 nmから5 nm付近までの波長走査が可能である。なお、用いたゾンプレートのスペックは最外殻ゾーン幅が80 nmであり、従って分解能は最高約0.1 μm となる。

Table 1に各ビームラインで行った実験条件を使用可能であった前後ピンホールサイズとともにまとめた。これらのサイズ制限は主に軟X線用背面照射型CCDで検出できる光強度に依存している。後述するようにいずれのピンホールも小さいほど分解能の向上が期待できる。BL-12Aは最も光強度が低いビームラインであるが、最小後置ピンホール1 $\mu\text{m}\phi$ を挿入することができた。これによって分解能は約0.5 μm が達成され、はじめて細胞試料のイメージングを行った。さらにゾンプレートの集光サイズなどの光学特性を評価することができた。12Aのもう一つの利点としては、フローに装置を直接設置することができるため、振動対策のしやすさ、装置設置の自由度が高い点があげられる。BL-11Aでは前置ピンホールの集光サイズ、分解能への影響の検討を行った。分解能は約0.2 μm まで改善され、細胞や染色体の微細構造の観察を行うことができた。高輝度ラインのBL-2Cでは、前置ピンホールが最小

5 $\mu\text{m}\phi$ まで利用可能となったが、CCDの検出感度から後置ピンホールサイズは5 $\mu\text{m}\phi$ が限界であった。

なお、本装置ではゾンプレートの集光点に最小1 $\mu\text{m}\phi$ のピンホールをアラインメントする必要があるが、ビーム変動、装置全体の振動、ピンホールの微動装置の不安定性、によって視野が失われてしまう。とくにビームの変動に関して、数回の経験から通常の2.5 GeV運転より3 GeV運転モードの時の方が安定している印象をもった。変動といっても1-2 μm 程度のピンホールの微動でもとに戻すことができるようなミクロンオーダーのずれではあるが、このような顕微鏡の場合には深刻な問題となる。

3-2. 分解能

投影型顕微鏡の分解能(δ)は、光源サイズ(δ_s)、光源と試料間の距離に依存したフレネル回折によるボケ(δ_f)によって決まる[6]。すなわち、光源の直径を d_s 、波長を λ 、光源と試料間の距離を d とすると、 $\delta = \sqrt{\delta_s^2 + \delta_f^2} \approx \sqrt{d_s^2 + \lambda d}$ で表される。ただし、フレネル回折によるボケは回折縞の第一極大の半値幅 $\sqrt{\lambda d}$ をとった。ゾンプレートの集光点と試料間の距離はマイクロメーターにより規定できる。一方、ピンホール面における集光サイズは、ナイフエッジの上下、左右方向の走査、1 $\mu\text{m}\phi$ ピンホールの2次元走査、の2つの方法により求めた。ナイフエッジの走査による方法では1 μm ピッチにて測定を行い、前置ピンホールのない状態では半値幅が約15 μm 、前置ピンホール100 $\mu\text{m}\phi$ で約3 μm 、10 $\mu\text{m}\phi$ にて約1 μm となり、前置ピンホールの径が小さくなるにつれ集光サイズが小さくなることが示された。同様の結果は1 $\mu\text{m}\phi$ ピンホールの2次元走査によっても確認され、数 μm^2 全面の0.5 μm ピッチでの走査により0.5 μm 程度の集光サイズが得られた。

これらの集光サイズが実際の分解能に与える影響については、一定の幅のline and spaceをもつテストパターンの画像から判断した。Fig. 2に後置ピンホール1 $\mu\text{m}\phi$ の場合、前置ピンホールなし、100 $\mu\text{m}\phi$ 、10 $\mu\text{m}\phi$ としたときの画像を示す。波長は1.5 nm、後置ピンホールと試料間距離は1 mmである。前置ピンホール100 $\mu\text{m}\phi$ の挿入により、ピンホールなしより0.5 μm のline and spaceのコントラスト

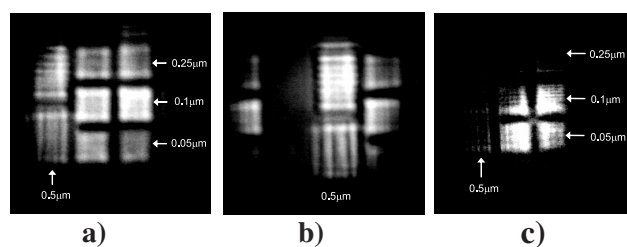


Figure 2 Effect of pre-pinhole on the spatial resolution. (a) no pre-pinhole; (b) 100 $\mu\text{m}\phi$ pre-pinhole; (c) 10 $\mu\text{m}\phi$ pre-pinhole. Test patterns with defined width of line and space were imaged with 1.5 nm soft X-rays. Post-pinhole: 1 $\mu\text{m}\phi$; Magnification: about 252 under 1mm distance between post-pinhole and the specimen.

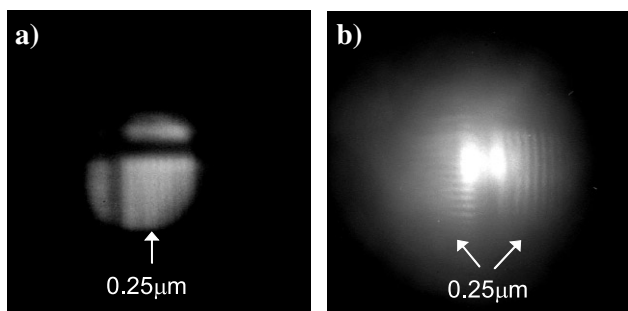


Figure 3 Observation of 0.25 μm pattern under 0.2 mm distance between post-pinhole and specimen. (a) no pre-pinhole; (b) 100 μmφ pre-pinhole.

が向上しているように見える。さらに、前置ピンホールを 10 μmφ とすると、ピンホールなし及び 100 μmφ では分解されなかった 0.25 μm の line and space が識別できた。このように前置ピンホール挿入によりゾーンプレートへの入射光の空間コヒーレンスが向上し、その結果、集光サイズが小さくなり、それに伴う分解能の向上が示された。

ついで、分解能を規定するもう一つの因子である光源(後置ピンホール面)と試料間の距離を縮めることによって分解能の向上を試みた。Fig. 3 に距離を 0.2 mm とした場合のテストパターン画像を示した。後置ピンホールは 1 μmφ を用いた。前置ピンホールなしでも 0.25 μm の線幅が何とか識別できる。さらに 100 μmφ の前置ピンホールを入れると縦パターン(右)と横パターン(左)ともにはっきりと分解できた。これらの結果より、光源と試料間距離を縮めることによってフレネル回折ボケを抑え、分解能を向上できることが確認された。なお、0.1 μm の線幅はこの条件でも分解できなかったことから、本装置の分解能は 0.25 μm と 0.1 μm の間にあることになる。

3-3. フレネル回折縞によるボケからの像再生

光源と試料間の距離が増大するとフレネル回折により画像がボケる。フレネル回折の影響を避ける方法の一つは、フレネル回折によってボケた検出面での画像からフレネル逆変換によって試料直後の像(波面)を再生することである。このために、コンピュータを用いた計算により、少しずつ再生像に近づける繰り返し法を用いた。再生の精度を上げるために試料面に形、大きさが既知の開口を設け、

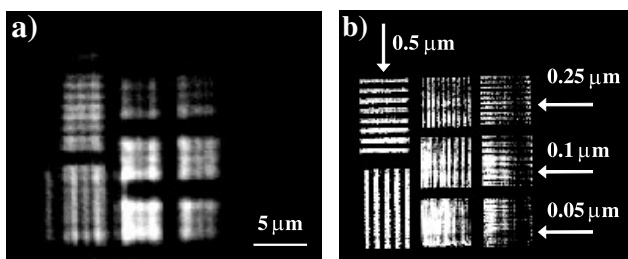


Figure 4 Reconstruction of image blurred by Fourier diffraction. (a) Raw image; (b) Reconstructed image. Wavelength: 1.5 nm; Pre-pinhole: 10 μmφ; Post-pinhole: 1 μmφ; Magnification: about 168

その情報を用いた [7]。Fig. 4(a) は光源と試料間の距離が 1.5 mm で撮影したテストパターン画像である。0.25 μm の line and space はフレネル回折によって検出できていないが、繰り返し法を用いた像再生によって再生像(b)のように分解することが可能となった。こうした像再生の方法によって、光源-試料間距離を近づけられない場合でも高分解能を達成する可能性が示された。

4. 生物試料観察例

動物培養細胞の乾燥試料の観察を行った。Fig. 5 にヒト子宮がん由来 HeLa 細胞の軟 X 線画像を光学顕微鏡画像(位相差)と比較した。位相差画像に比べて細胞内の密度の変化がよりコントラスト高く観察されるように見える。たとえば核内の核小体と思われる数個の不定形の構造、核と細胞質の境界部分などである。Fig. 5(c) の拡大像では、核内および細胞質での密度変化の微細構造が見られるが、その同定はこれからの課題である。なお、前置ピンホールなしと 100 μmφ では、前置ピンホールがある方がややコントラストがよいように感じられたが、テストパターンでの差ほどの違いは観察されなかった。

染色体の高分解能観察も現在試みている。波長 1.5 nm にて光源-試料間距離を 0.5 mm まで近づけた高拡大像が得られているが、試料が薄いためコントラストが低く、さらに長波長での観察を計画している。

5. 今後の課題

以下の課題が今後の検討項目である。

- 1) 試料の視野制限のための開口をなくした像再生法の開発: 微小な開口内に試料を準備する制限がなくなることにより試料作製の自由度が高められる。
- 2) CT による 3 次元観察: X 線顕微鏡の特徴である厚い試料の観察をより有効なものにするために CT への拡張は重要である。投影型における焦点深度が深いという特徴は画像再生に有利である。CT を行う場合、試料を回転させるため光源と試料間距離がある程度必要であるが、3-3 項で述べた距離があっても分解能が得られる像再生法が有効となる。
- 3) 画像の波長依存性をとることによる元素分布マッピング: 現在の光学システムでは 1.5-5 nm 程度の範囲で

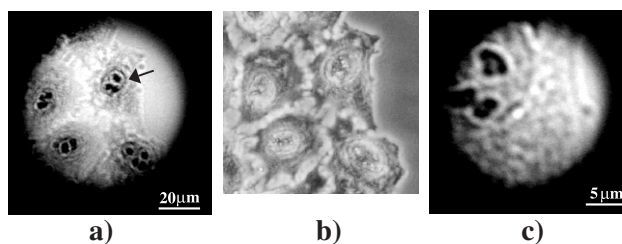


Figure 5 X-ray images of human HeLa cells. (a) X-ray image at the wavelength of 1.5 nm; (b) Phase contrast image with optical microscope; (c) Magnified image of intracellular part indicated by the arrow in panel (a). Pre-pinhole: none; Post-pinhole: 1 μmφ

の波長走査が可能である。この範囲で C, O, N, Ca の分布画像の取得を行いたい。

- 4) ウェット試料用の試料槽の設置：現在の試料用低真空槽内にさらに水を含んだ試料を保持できる小チェンバーを設置し、生理的な状態での観察を目指す。

引用文献

- [1] K. Yada and S. Takahashi, J. Electron Microsc. (Tokyo) **38**, 321 (1989).
 [2] H. Yoshimura et al., J. Electron Microsc. (Tokyo) **49**, 621 (2000).
 [3] K. Yada and S. Takahashi, In "X-Ray Microscopy in Biology and Medicine" (eds. K. Shinohara et al.), Japan Sci. Soc. Press/Springer Verlag, Tokyo/Berlin, 193 (1990).
 [4] N. Watanabe et al., Appl. Opt. **36**, 7433 (1997).
 [5] K. Shinohara et al., In "X-Ray Microscopy" (eds. W. Meyer-Ilse et al.), American Institute of Physics, New York, 346 (2000).
 [6] 矢田慶治, 電子顕微鏡 **26**, 72 (1991).
 [7] 児玉巖他, 光学 **24**, 226 (1995).

(2004年1月19日原稿受付)

著者紹介

伊藤 敦 Atsushi ITO

東海大学工学部 教授

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117

TEL: 0463-58-1211 ext. 4148 FAX: 0463-50-2017

e-mail: aeito@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

略歴：1983年東京大学大学院理学系研究科物理学博士課程修了、1987年東京都臨床医学総合研究所研究員、1994年東海大学工学部助教授、2001年同教授。理学博士。

最近の研究：X線顕微鏡による元素・分子分析、重イオン線によるフリーラジカルの生物作用、光による遺伝子制御法の開発。

本田捷夫 Toshio HONDA

千葉大学工学部 教授

〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

TEL: 043-290-3469 FAX: 043-290-3490

e-mail: toshio.honda@faculty.chiba-u.jp

略歴：1968年東京工業大学理工学研究科修士課程修了、同年東京工業大学工学部助手、1981年東京工業大学工学部助教授、1993年千葉大学工学部教授。工学博士。

最近の研究：立体テレビ方式の開発、レーザー干渉法によるレンズ等の光学部品の高精度性能計測および機械部品の高精度形状計測、画像を使った人の顔の3次元形状計測とその利用、軟X線顕微鏡システムの開発。

吉村英恭 Hideyuki YOSHIMURA

明治大学理工学部 教授

〒214-8571 川崎市多摩区東三田 1-1-1

TEL: 044-934-7439 FAX: 044-900-0421

e-mail: hyoshi@isc.meiji.ac.jp

略歴：1982年名古屋大学理学研究科博士課程終了、1984年日本電子(株)研究員、1990年新技術事業団永山たん白集積プロジェクト(出向)、1995年明治大学理工学部助教授、2000年同教授。理学博士。

最近の研究：走査電顕を改造した投影型X線顕微鏡の開発、タンパク質を使ったナノ粒子の生成、バクテリアべん毛モーターの構造研究、深海生物の細胞骨格。

遠藤久満 Hisamitsu ENDOH

京都工芸繊維大学工学部 教授

〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町

TEL: 075-724-7441 FAX: 075-724-7400

e-mail: endoh@dj.kit.ac.jp

略歴：1970年京都工芸繊維大学工学部研究科修士課程中退、同年同大学工学部助手、1975年大阪大学工学部助手、1989年京都工芸繊維大学工学部助教授、1999年同教授。工学博士。

最近の研究：高分解能電子顕微鏡像コントラスト解析法の研究、電子線ホログラフィーの結像に関する研究。

金城康人 Yasuhito KINJO

都立産業技術研究所 研究員

〒158-0081 東京都世田谷区深沢 2-11-1

TEL: 03-3702-3126 FAX: 03-3703-9768

e-mail: yasuhito_kinjou@member.metro.tokyo.jp

略歴：1974年千葉大学理学部生物学科卒業、同年都立アイソトープ総合研究所研究員、1997年都立産業技術研究所研究員。理学博士。

最近の研究：軟X線顕微鏡および原子間力顕微鏡を用いた染色体微細構造解析。

趣味：テニス、料理。

矢田慶治 Keiji YADA

(株)東研 技術顧問。東北大学名誉教授

〒182-0025 東京都調布市多摩川 2-27-7

TEL: 0424-84-6155 FAX: 0424-89-9241

e-mail: kyada@tohken.co.jp

略歴：1950年東北大学工学部卒業、1990年東北大学科学計測研究所教授退官、東京都臨床医学総合研究所非常勤研究員、青森公立大学教授を経て(株)東研技術顧問。工学博士。

小林克己 Katsumi KOBAYASHI

物質構造科学研究所 助教授

〒305-0801 つくば市大穂 1-1

TEL: 029-864-5655 FAX: 029-864-2801

e-mail: katsumi.kobayashi@kek.jp

略歴：1976年東京大学理学系研究科物理学専門課程博士課程修了、日本学術振興会奨励研究員の後、1978年より、筑波大学生物科学系講師、1986年高エネルギー物理学研究所助教授。1997年機構改革により物質構造科学研究所助教授。理学博士。

最近の研究：低線量放射線の生物効果、特にマイクロビームを用いて、照射された細胞とされていない細胞を区別して、それぞれに誘発される生物作用を研究している。

篠原邦夫 Kunio SHINOHARA

高輝度光科学研究センター 特別研究員

〒679-5198 兵庫県佐用郡三日月町光都 1丁目 1-1

TEL: 0791-58-0802 ext. 6123

e-mail: kshino-ky@umin.ac.jp

略歴：1972年東京大学医学系研究科修了、同年放射線医学総合研究所研究員、1977年神戸大学医学部助教授、1983年東京都臨床医学総合研究所室長、1996年東京大学医学部教授、2003年高輝度光科学研究センター特別研究員、姫路工業大学客員教授。医学博士。

軟X線 (1-3 keV) を用いた内殻励起 EXPEEM による表面化学マッピングの可能性について

朝倉清高

北海道大学触媒化学研究センター

A Possibility of Surface Chemical Mapping by Soft X-ray(1-3 keV) EXPEEM
(Energy filtered X-ray Photoemission Electron Microscopy)

Kiyotaka Asakura

Catalysis Research Center, Hokkaido University

概要

放射光軟X線を用いた内殻励起エネルギー選別光放出電子顕微鏡 EXPEEM(Energy filtered X-ray Photoemission Electron Microscopy) 法についてのこの2年間の成果(2001G312,2003G246)を報告する。その手法の原理、化学反応解析に持つ役割、軟X線を用いる意義および今後の進展を述べる。

1. 序文

薄膜成長、結晶成長、触媒作用、電気化学的挙動、表面物質相形成など表面における化学プロセスは、数十 nm から数十 μm のメゾスコピック領域に及ぶ拡散や熱伝導といった相互作用を通じて、複数のドメインが複雑に相互作用して進行する場合がある。このためメゾスコピックサイズの構造単位を特定し、その間の化学的な相互作用を決定する必要がある。また、化学プロセスを解析するには、化学反応が起こっている in-situ 条件で行うことがより望ましい。従来の空間分解能を有する方法としては、電子線を用いる電子顕微鏡法と走査探針顕微鏡法がある。電子顕微鏡では、原子オーダーの測定が可能であるし、in-situ 条件の測定も実現している [1]。しかし、電子線による試料損傷を無視することができないし、反応を攪乱する可能性がある。走査探針顕微鏡法により元素分析することは困難である。本論文で扱うエネルギー選別X線光電子顕微鏡 (EXPEEM) 法は、X線により励起された内殻光電子の運動エネルギーを分析し、拡大投影することで、元素ごとあるいは化学状態ごとの表面マッピングが可能な手法である。光 (X線) を光源とすることで試料に与えるダメージを減らすことができる。また、顕微鏡部分を差動排気することで、in-situ 測定も可能となる。本論文では、その現状と可能性について述べ、その将来展望について議論したい。

2. PEEM

PEEM (Photoemission electron microscopy) は、表面に紫外光を照射し、放出される光電子を用いて拡大投影し、表面の顕微像をリアルタイムで得る手法である。Ertl、Rotermund、Engel らは、PEEM を使い、CO 酸化反応に伴って Pt 単結晶上に発生する吸着種濃度の時空間パターンをリアルタイムで観察した [2]。ビデオレートの時間分解能 (数 10 ms) と 10^{-4} mbar 台のガス共存下での化学反応追跡

が可能な点に特徴をもち、拡散と反応が複雑に入り組んだ表面現象を画像化することで、表面研究の新しい切り口を与えた。また、数百 nm 一数十 mm のメゾスコピックサイズをもつ Au, Pd, Ti のドメインで、表面を修飾すると、その形に応じて、表面の時空間パターンがさまざまに変化する [3-8]。たとえば、Au を Pt(100) 表面に蒸着すると酸素吸着ドメインの表面を広がる速度が著しく変調を受ける。このため、清浄な Pt(100) から Au で修飾した Pt(100) に酸素吸着ドメインが広がっていくとき、その広がる方向はこの二つの境界領域で屈曲し、その屈曲の角度は、光学の snell の法則を満たすという現象が観測された [7]。この現象は、メゾスコピックサイズの表面構造が化学反応の進行を制御する可能性を示唆しており、新しい触媒反応コントロール技術として、期待される。

3. XPEEM 法

PEEM は、化学反応中の表面を観測する有力な手法であるが、その表面像コントラストは、表面の仕事関数の違いでつけられている。このため、複雑な組成をもつ表面の元素分布や化学状態分布を得ることは難しい。一方、X線を用いて、内殻電子を励起すれば、内殻電子の束縛エネルギーが元素固有であり、化学状態によりシフトするので、PEEM と組み合わせるか、集光したX線で表面をスキャンすることで、化学状態の表面マッピングが可能となる。X線光電子により、表面の元素選別や化学状態選別を行いつつ、顕微鏡像を得る方法として、以下の4通りがある [9]。

1. X線をミラーやレンズ等を用いて焦点位置に絞り込み、試料をスキャンしながら、飛び出してくる光電子の運動エネルギーを分析する方法 (Scanning X-ray Photoelectron Microscopy)。
2. 同じくX線を絞り、試料をスキャンするが、着目する原子の吸収端付近にX線のエネルギーをチューンして、元素や化学状態の分布を得る方法。
3. X線のエネルギーを吸収端付近にチューンし、X線を試料の広範囲に照射し、X線吸収原子から放出される光電子を PEEM で観測する方法。
4. X線エネルギーを固定して、X線を試料の広範囲に照射し、そこから放出される光電子を顕微鏡により拡大投影するとともに、電子の運動エネルギーを分析して化学状態を識別する方法 (EXPEEM)。

Table 1 Summary of element-specific XPEEM system.

分類	方法	空間分解	元素、 化学分析能	X線 エネルギー	試料	エネルギー 分析器	Reference	
I	試料走査	X線集光	吸収端	掃引	走査	不必要	[20,21,22]	高い精度、感度、空間分解能はX線光学系で決まる。放射光を必要とする。
II			光電子分光	固定		標準型分析器	[23,24,25]	高い精度、感度、空間分解能はX線光学系で決まる。通常の光電子分析器が利用可能。
III	投影型	電子光学系	吸収端	掃引	固定	不必要	[26,27,28]	高い時間分解能。放射光を必要とする。電子光学系の分解能で決まる。
IV			光電子分光	固定		イメージング型	[26,29]	高い時間分解能、電子光学系の分解能で決まる。イメージング電子分析器が必要。

それぞれの手法には、表1に見るような利点がある。X線光学系の進歩により、第1、2の手法による鮮明で高分解能のものが得られるようになってきている。また第3の手法では、紫外線や電子を光源とした放射電子顕微鏡の研究結果が蓄積されてきており、10 nmの空間分解能や、実時間の分解能が達成されている。円偏光X線と組み合わせることでスピン分解顕微鏡像をえることができる[10]。一方、第4の方法は、X線のエネルギーを固定できることから、一つのビームラインに装置を固定して、いろいろな元素を幅広く測定できる利点を持つだけでなく、特性X線源を利用したin-lab装置への発展可能性をもつ。また、内殻光電子を高分解能で測定することで、色収差を減少させることができる。ただ他の手法と比べ、感度的に劣るため、世界的には、半球型電子分光器とPEEM光学系を組み合わせた方式が、100 eV以下の光エネルギー領域で実現しているにすぎない[11]。しかし、100 eV以下の場合、光電子ピークが重なる可能性があり、スペクトルが複雑になることがある。化学分析が可能な内殻光電子を励起できる高エネルギーのX線が望まれるが、X線のエネルギーが増加するにつれ、光電子の吸収断面積が小さくなるとともに、2次電子のバックグラウンドが大きくなるため、測定が困難になる。われわれは、1000-3000 eVの軟X線を用いてエネルギー選別型光電子顕微鏡による表面元素選別像の観測を試みた。われわれは、後に詳述する特徴を持つWien filter型光電子分光器を採用した。当初はAlの固定対陰極X線源を用いた研究を行ったが[12,13]、X線の絶対強度が不足していたため、その利用可能性についてははっきりした結論を得ることができなかった。そこで、PFの放射光ビームラインに装置を設置し、その可能性および限界を明らかにする研究を行った[14,15]。

Fig. 1にその装置の概要を示す。元来、LEEM-MEEM法のために開発されたもの[16-18]をX線にも適用できるように改良したものである。X線をサンプルに照射し、飛び出す光電子は、サンプルと対物レンズの間で加速されて顕微鏡に集められる。中間レンズ等で拡大されたのち減速レンズにより数100 eVに減速して、Wien filter型エネルギーアナライザーに送り込まれる。Wien filterでは電場

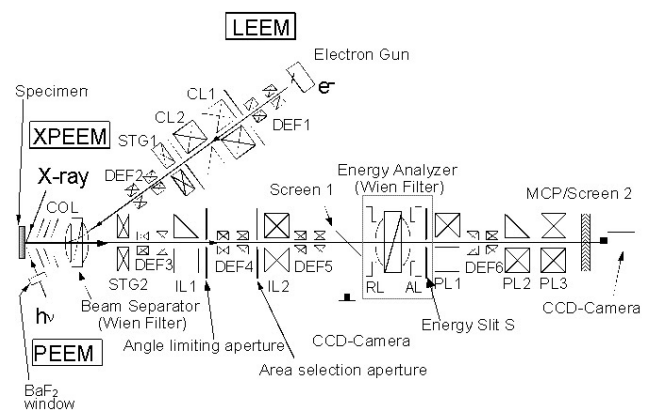


Figure 1 A sketch of EXPEEM system.

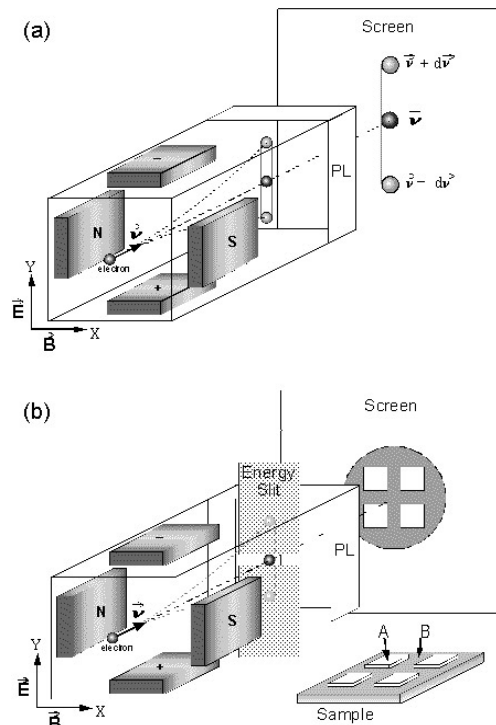


Figure 2 Principles of Wien Filter: (a) Energy dispersive mode, (b) Energy-filtered real space mode.

と磁場を垂直に印加することでそれぞれに逆方向の力が電子に働く (Fig. 2 参照)。磁場から電子に加わる力はローレンツ力であり、速度に比例する。このため、速度により

電子の経路が異なり、エネルギー分散を起こすのが Wien filter の特徴である。Fig. 2a に示すように、エネルギー分散像をそのまま得るように、投影レンズを調整すると、光電子スペクトルを観測できる。また、直進する電子のみを選別するようにスリットを入れて、特定のエネルギーの電子を選別し、投影レンズを使って実像を蛍光板に結像すれば、エネルギー選別の表面化学マッピングを得ることができる (Fig. 2b)。

この方式の利点は以下の3点である。[14,17]

1. 試料、レンズ系、スクリーンを直線上に配置できるため、Wien filter を作動させない条件で結像し、この像を観測しながら、徐々に Wien filter に電場・磁場を印加することができるため、エネルギー分析像を容易に得ることができる。
2. 電極を自由に配置し、多極子化することで、高次の収差補正が可能であり、高空間分解能をえることができる。
3. 電子を減速させることで、比較的高いエネルギー分解能を達成する。

特に、1、2の利点は、通常使われる半球型にない利点であり、Wien filter が EXPEEM 法に最もふさわしいエネルギー分析器と考えている。

4. 実験結果

Ge(111) をもつビームライン BL-11B と BL-2A にそれぞれ、本装置を設置して、EXPEEM の測定を試みた。正方形の穴が等間隔で並ぶマスクを通して、Ta 上に 100 nm 厚の Au を蒸着し、2300 eV の入射 X 線をサンプルに照射して飛び出してくる光電子を Wien filter で分析、結像した。Fig. 3 に BL-11B で測定した結果の一例をしめす [14]。光子数は 10^{10} photons/mm²/s 程度であった。感度を上げるため、角度制限スリット、エネルギー制限スリットをできるだけ開けた。0 eV 付近の光電子を集めると、非弾性散乱 2 次電子を用いて結像することができた。2 次電子の信号量は十分大きく、ほぼリアルタイムで測定が可能であるため、結像条件を精密に調整することができる。さらに、減速レンズの印加電圧を調整し、Au3d の付近の光電子の運動エネルギーを直進するように Wien filter を調整する。このとき、すこしづつ対物レンズにかかる電圧を調整して、結像条件を探りながら、積算を繰り返すと、Fig. 3a のように Au が明るく、Ta が暗い像を得ることができた。一方、Ta3p の光電子運動エネルギーを直進できるように Wien filter を調整し、結像条件を探索すると、Ta が明るく、Au が暗くなる像を得た。コントラストは必ずしもよくないものの、1000 eV を超える入射 X 線による Wien filter 型エネルギー分析器で、初めて EXPEEM 像を得ることに成功した。

アンジュレータビームラインである BL-2A に装置を移動し、高分解能 EXPEEM 像を同様に取得する試みを行った。BL-2A では、光子量が桁高いため、角度制限、エネルギー制限スリットを入れて、電子線を絞ることができ、

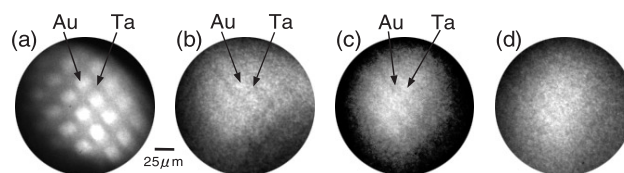


Figure 3 EXPEEM images obtained at BL-11B. Images were obtained by using electrons with kinetic energies of 0 eV(a), 60 eV(b), 102 eV(c), 112 eV(d). Accumulation times were 30 sec(a), 1 min (b), 10 min(c), and 10 min(d). Photon Energy was 2300 eV. Inelastic photoelectrons from Au 3d were used for the imaging of (b) and Ta 3p photoelectrons were used for the imaging of (c).

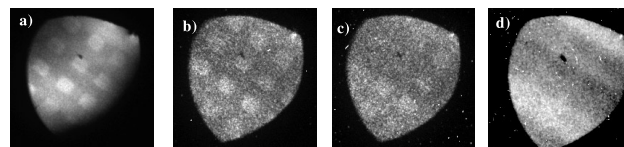


Figure 4 EXPEEM images obtained at BL-2A. Images were obtained by using electrons with kinetic energies of 0 eV(a), 50 eV(b), 90 eV(c), 102 eV(d). Accumulation times were 30 sec(a), 1 min (b), 30 min(c), and 360 min(d). Photon Energy was 2300 eV. Au 3d photoelectrons were used for the imaging of (c) and Ta 3p photoelectrons were used for the imaging of (d).

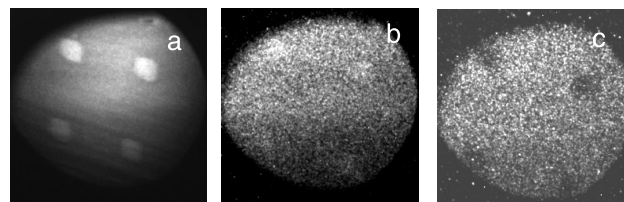


Figure 5 EXPEEM images obtained at BL-2A. Images were obtained by using electrons with kinetic energies of 0 eV(a), Au3d_{5/2} photoelectrons (b), Ta 3d_{5/2} photoelectrons(c). Accumulation times were 10 sec(a), 60 min (b), 30 min(c). Photon Energy was 2380 eV.

Fig. 4 に示すようなエネルギー選別像を得た [15]。しかし、コントラストは必ずしも改善されていない。これは、選別する光電子の運動エネルギーが小さく、2 次電子のバックグラウンドが大きくなり、コントラストが低下したためと考えられる。そこで、Ta の 3d 電子を選別して、結像を試みてみた。3d 電子はその運動エネルギーがさらに 200 eV ほど小さいため、0 eV 付近であわせた結像条件と若干異なることが予想されたが、実際は、大きく調整しなくても像を得ることができた。Fig. 5 にその結果を示す。この場合、サンプルにかかるバイアス電圧を変化させて、結像に用いる電子の運動エネルギーを調整した。像は Au の 3d を用いた時には、Au 領域がくっきりと表れているのに対して、Ta の 3d を用いているときは、Ta 領域が明るく、Au 領域が暗くなっていることがわかる。この領域では、2 次電子の放出が小さいため、光電子のピークがはっきりと現れたと考えられる。事実、Fig. 6a に示すように光電子エネルギー分散像でも、3d ピークははっきりした輝線として現れた。さらに、Fig. 6b に、グレースケールをエネルギーに対してプロットしたものを示した。参考に半球型で得られ

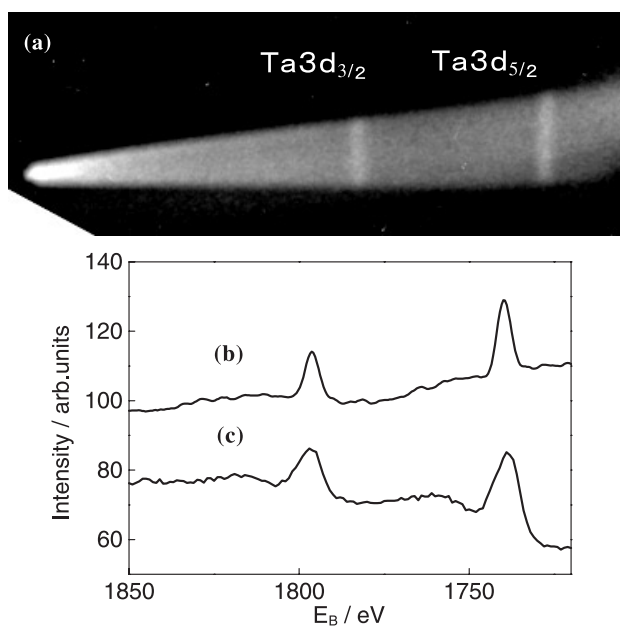


Figure 6 Photoelectron energy dispersion image (a) and its grey scale plot (b). The photoelectron spectrum obtained from a conventional hemispherical energy analyzer in the same energy range was given in (c).

た光電子スペクトルも示す。Fig. 6b, c 両者のピーク半値幅には大差がないことから、Wien filter 型エネルギー分析器においても十分なエネルギー分解能を得ることができることを示している。

5. 化学状態マッピング

以上の結果から EXPEEM による元素マッピングが可能であることが示された。次に化学状態に対してはどうか？ Fig. 7 に結像に用いる光電子を 1 eV 間隔で測定した 623 K に加熱後の試料の EXPEEM 像を示す。654 eV 付近で Ta 領域が明るくなっている。試料処理温度を変化させると、最も明るくなるエネルギー値が試料処理温度によりシフトした。Ta 領域のグレースケールをエネルギーに対してプロットすると、Fig. 8 のようになる。温度上昇に伴い、ピークがシフトすることが観測された。これは、

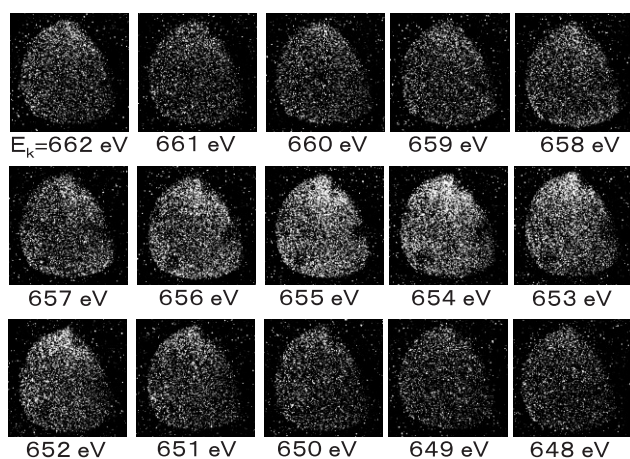


Figure 7 Energy-scan EXPEEM images of Ta 3d_{3/2} region.

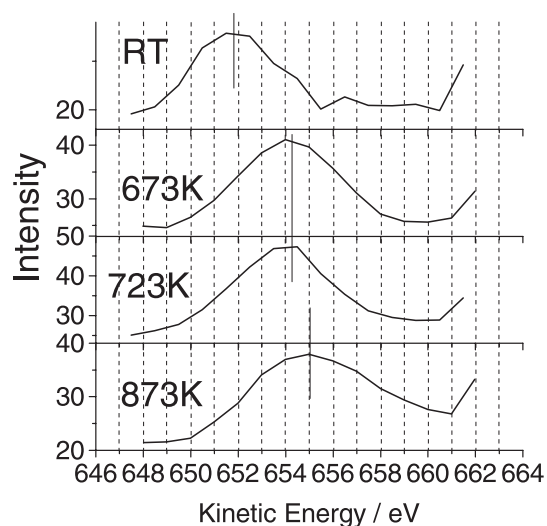


Figure 8 Photoelectron spectra obtained from the grey scales of energy-scan EXPEEM images. The numerals in the figures are treatment temperatures. A clear shift was observed between room temperature and 673 K.

高温で、表面の酸素や炭素が取り除かれるためであると考えられる。この結果は化学状態の異なるドメインを区別して結像できる可能性を示唆している。

6. 将来展望

以上の結果から、高エネルギー領域の X 線に対しても、EXPEEM 法が可能である。対物レンズの改良や Wien filter の改良で 1 桁以上の感度増加が期待される。さらに 10¹⁰ photons/mm²/s の光子数が必要であるが、これは、実験室系の強力 X 線でも出しよう X 線光子数であり、実験室レベルで取得することが可能であることを示している。高い時間分解能を達成するためには、やはり放射光が必要である。高輝度光源を利用することは、μm 領域に高い flux を集中できるので、10 nm のサブミリ秒の実験も現実味を帯びてくる。拡散や相転移が絡んだ触媒反応を理解するには、この程度のオーダの時間、空間分解能で十分と考えられる。たとえば、それぞれ異なるサイトが異なる活性を示し、物質の移動により、その二つのサイトが有機的に結びつき、新しい活性を示す触媒作用が知られている。その一例は MoO₃-Sb₂O₄ 触媒である。Mo サイトで炭化水素が活性化され、そこへ、Sb₂O₄ サイトで活性化された酸素がやってきて反応する。その結果、部分酸化物であるアクロレインが選択的に生成するといわれている [19]。酸素の流れや反応物の流れを EXPEEM で調べることで、この機構解明と制御法の確立が成し遂げられると期待される。

7. 謝辞

本実験は 2001 年から始まった化学状態識別 X 線光電子分光装置開発研究の現在までの成果を元にしたものである。2001 年に東大にあった本装置を放射光に移し、放射光での実験ができるように整備調整した安福秀幸博士（物質研 SPring-8）の功績が最も大である。同博士は、PF 移

転後数々の不具合を僅か半年の短期間でかつほぼ一人で修復し、その後1ヶ月にわたるマシンタイムでは、ほとんどトラブルなく稼働できる装置状態にした。かれの努力と Wien filter 型放出電子顕微鏡に対する技術と知識がなければ、高エネルギー EXPEEM 像観測はほとんど不可能であったろう。また、安福秀幸博士が SPring-8 に移ったのち、本装置を引き継ぎ、数々のデータを取得した堤哲也君（北海道大学）をはじめ、大南祐介君（現日立ハイテク）、松平宣明君（北海道大学）、川崎貴博君（北海道大学）、新美大伸博士（北海道大学）に感謝したい。新美大伸博士は、現在本装置の Wien filter を改良した新型 Wien filter の開発に取り組んでいる。日本電子の嘉藤誠博士、境悠治博士らにも、様々なご助言、ご援助をいただいた。本実験は、PF 課題番号 2001G312,2003G246 のもと行った。BL-2A、BL-11B での測定では、北島義典助手の様々な援助をいただいた。さらに、野村昌治教授には、EXPEEM の PF への搬入を快く受け入れていただいた。最後に東京大学の岩澤康裕教授には、本装置の導入初期から様々なご指導をいただき、PF への搬出の際にはご援助をいただいた。

本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究 (B)(2)11440202 および振興調整費「産学官共同研究の効果的な推進」事業の支援を得て遂行された。

引用文献

- [1] P. L. Gai, K. Kourtakakis, D. R. Coulson and S. G.C.: "Catalyst Materials for High-Temperature processes", ed. by K. S. Remesh, M. Misono and P. L. Gai (The American Ceramic Society, Ohio, 1997) p.127.
- [2] H. H. Rotermund, W. Engel, M. Kordesch and G. Ertl, *Nature* **343**, 355 (1990).
- [3] M. D. Graham, Y. G. Kevrekidis, K. Asakura, J. Lauterbach, H. H. Rotermund and G. Ertl, *Science*, **264**, 80 (1994).
- [4] K. Asakura, J. Lauterbach, H. H. Rotermund and G. Ertl, *Phys.Rev.B*, **50**, 8043 (1994).
- [5] M. D. Graham, M. Baer, I. G. Kevrekidis, K. Asakura, J. Lauterbach, H. H. Rotermund and G. Ertl, *Phys.Rev. E*, **52**, 76 (1995).
- [6] K. Asakura, J. Lauterbach, H. H. Rotermund and G. Ertl, *J.Chem.Phys.*, **102**, 8175 (1995).
- [7] K. Asakura, J. Lauterbach, H. H. Rotermund and G. Ertl, *Surf.Sci.*, **374**, 125 (1997).
- [8] J. Lauterbach, K. Asakura, P. B. Rasmussen, H. H. Rotermund, M. Baer, M. D. Graham, I. G. Kevrekidis and G. Ertl, *Physica D*, **123**, 493 (1998).
- [9] S. Gunther, B. Kaulich, L. Gregoratti and M. Kiskinova, *Prog in Surf.Sci.*, **70**, 187 (2002).
- [10] S. Anders, H. A. Padmore, R. M. Duarte, T. Renner, T. Stammler, A. Scholl, M. R. Scheinfein, J. Stohr, L. Seve and B. Sinkovic, *Review of Scientific Instruments*, **70**, 3973 (1999).
- [11] ただし、2003年12月現在、SPring-8の物質研究所グループが、半球型エネルギー分析器とPEEMを組み合わせた硬X線領域のEXPEEM装置をまさに実現しようとしている。H. Yoshikawa, M. Kato, Y. Sakai and S. Fukushima, *Hyomen Kagaku*, **23**, 285 (2002).
- [12] Y. Yamaguchi, S. Takakusagi, Y. Sakai, M. Kato, K. Asakura and Y. Iwasawa, *J.Mol.Catal.*, **141**, 129 (1999).
- [13] S. Takakusagi, M. Kato, Y. Sakai, K. Fukui, K. Asakura and Y. Iwasawa, *J.Microscopy*, **200**, 240 (2000).
- [14] H. Yasufuku, Y. Ohminami, T. Tsutsumi, K. Asakura, M. Kato, Y. Sakai, Y. Kitajima and Y. Iwasawa, *Chem.Lett.*, 842 (2002).
- [15] T. Tsutsumi, Y. Ohminami, K. Asakura, H. Yasufuku, M. Kato, Y. Sakai, Y. Kitajima and Y. Iwasawa, *Hyomen Kagaku*, **24**, 509 (2003).
- [16] Y. Harada, S. Yamamoto, M. Aoki, S. Masuda, T. Ichinokawa, M. Kato and Y. Sakai, *Nature*, **372**, 657 (1994).
- [17] Y. Sakai, M. Kato, S. Masuda, Y. Harada and T. Ichinokawa, *Surf. Rev.Lett.*, **5**, 1199 (1998).
- [18] H. Yasufuku, M. Okumura, T. Ibe, K. K. Okudaira, Y. Harada and N. Ueno, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**, 2447 (2001).
- [19] B. Delmon and G. F. Froment, *Catal.Rev.*, **38** (1996) 69.
- [20] U. Johansson, H. Zhang and R. Nyholm, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **84**, 45 (1997).
- [21] J. Voss, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **84**, 29 (1997).
- [22] H. Ade, A. P. Smith, H. Zhang, G. R. Zhuang, J. Kirz, E. Rightor and A. Hitchcock, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **84**, 53 (1997).
- [23] L. Casalis, W. Jark, D. Kiskinova et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **66**, 4870 (1995).
- [24] S. Gunther, A. Kolmakov, J. Kovac, L. Casalis, L. Gregoratti, M. Marsi and M. Kiskinova, *Surf. Sci.*, **377**, 145 (1997).
- [25] M. Kiskinova and G. Paolucci, *Surf. Sci.*, **377**, 735 (1997).
- [26] B. P. Tonner and G. R. Harp, *Rev. Sci. Instrum.*, **69**, 853 (1988).
- [27] C. Ziethen, O. Schmidt, G. Fecher, C. M. Schneider, G. Schoenhense, R. Froemter, M. Seider, K. Grzelakowski, M. Merkel, D. Funnemann, W. Swiech, H. Gundlach and J. Kirschner, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **88-91**, 983 (1998).
- [28] W. Swiech, G. H. Fecher, C. Ziethen, O. Schmidt, G. Schoenhense, K. Grzelakowski, C. M. Schneider, R. Fromter, H. P. Oepen and J. Kirschner, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **84**, 171 (1997).
- [29] C. Coluzza and R. Moberg, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **84**, 109 (1997).

(2004年1月21日原稿受付)

著者紹介

朝倉清高 理学博士
北海道大学触媒化学研究センター 教授
札幌市北区北21条西10丁目

研究会等の報告／予定

第 21 回 PF シンポジウムのお知らせ

PF シンポジウム実行委員長 加藤龍一

第 21 回の PF シンポジウムが 3 月 24 日 (水)、25 日 (木) に開かれますので多くのユーザーの方の参加をお願いします。今年はユーザーの皆さまが参加しやすいように、ビームタイム終了後の 3 月末に PF シンポを開くこととしました。法人化を控えた年度末でご多忙の方もおられるかも知れませんが、是非積極的に参加下さい。

今回のプログラムの特徴の一つは、(1) 参加者の若返りと (2) ユーザーと施設側のより密接な交流を図り、シンポジウムを活性化する新しい企画を試みました。1 つは、ユーザーグループからポスター発表をして頂く方を推薦頂いたことと、もう 1 つは「光源から利用研究まで」を見通せるような口演発表を企画したことです。

また、法人化によって大学や共同利用研のあり方がどのように変化するか、新光源計画や次期光源計画はどのような状態であるのか、それらに対して PF はどのように対応していくかなどという点も、ユーザーの方には関心があることかと思えます。これらについては、「将来計画」や「PF の運営について」のセッションで情報交換や議論を行うことができます。

このように今回の PF シンポジウムはサイエンスから施設の運営までについて幅広く興味を持って参加頂けるようプログラムを編成しましたので、是非多くのユーザーの方に出席していただき、議論に参加して下さい。参加者に対する旅費も例年より多く確保しましたので是非ご参加下さい。(PF シンポジウムホームページ：<http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/index.html>)

参加申込方法：

今年度は、法人化に伴う事務処理の関係から、参加登録は個別に下記まで申し込んで下さい。出張人数枠は設けません。申し込み締め切りは 2 月 20 日 (金) としましたが、それ以降でも受け付けますが旅費の支払いが遅れる可能性があることをご了解下さい。

- 1) 氏名
- 2) 所属・身分 (学生の場合は学年)
- 3) 連絡先: E-mail アドレス、電話番号、FAX 番号、住所 (学生の場合は現住所)
- 4) 宿舍の利用希望: 希望の有無、希望する場合には日程 (例えば 3 月 23 日夜から 25 日朝まで、のように書いて下さい)。
- 5) 出張旅費希望の有無: 出張旅費支給を希望の方は、希望の有無と出張期間を必ずご明記下さい。
- 6) 懇親会 (3 月 24 日夜) への参加・不参加

- 7) ユーザーグループ名 (ユーザーグループに所属している方は必ず明記)
- 8) ポスター発表、口演発表の有無と種別
申込先: 放射光研究施設 外山久子
E-mail: htoyama@post.kek.jp FAX: 029-864-2801

ご不明な点等がありましたら実行委員長の加藤まで E メール (ryuichi.kato@kek.jp) にてお問い合わせ下さい。

第 21 回 PF シンポジウム開催要項

主催: 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・放射光研究施設、PF 懇談会

会期: 2004 年 3 月 24 日～25 日

会場: 高エネルギー加速器研究機構、3 号館セミナーホール

参加費: 500 円

懇親会: KEK 内レストラン「くらんべりい」

実行委員 (敬称略)

井田 隆 (名古屋工大)、岩住俊明 (PF)、小野寛太 (PF)、◎加藤龍一 (PF)、桜井 浩 (群馬大)、○佐藤 衛 (横浜市大)、鈴木 守 (PF)、田中雅彦 (PF)、原田健太郎 (PF)、平木雅彦 (PF)、百生 敦 (東大)
(◎委員長、○副委員長)

プログラム (発表タイトルは仮題)

3 月 24 日

9:00 受付開始

9:30 開会

佐々木 PF 懇談会会長 挨拶

松下物構研副所長 挨拶

9:45 - 11:35 施設報告

副所長報告 松下 正 (PF)

主幹報告 (測定器・安全) 野村昌治 (PF)

主幹報告 (光源) 小林正典 (PF)

構造生物学研究センター報告 若槻壮市 (PF)

(ブレイク 15 分)

BL-5 鈴木 守 (PF)

構造生物の自動化 平木雅彦 (PF)

BL-28 小野寛太 (PF)

AR-NW14 足立伸一 (PF)

11:35 - 12:05 招待講演第一部

ERATO 腰原プロジェクト

腰原伸也 (東工大)

12:05 - 13:10 昼休み

13:10 - 14:10 招待講演第二部

放射光を用いた X 線小角散乱法によるブロック共重合体の結晶化過程の追跡

野島修一 (東工大)

Diels-Alderase の構造解析 尾瀬農之 (北大)

(ブレイク 15 分)

14:25 - 15:45 新企画「光源から利用研究まで」第一部

新企画の意図説明 加藤龍一 (PF)

AR-NW12 構造生物 山本 樹 (PF)

松垣直宏 (PF)

志波智生 (PF)

BL-9C 時分割 XAFS 野村昌治 (PF)

鈴木あかね (東大)

(ブレイク 15分)

16:00 - 18:00 ポスターセッション

S 課題からの研究発表

U 課題からの研究発表

ユーザーグループからの研究発表

光源・将来計画

新ビームライン報告

その他

18:30 - 20:30 懇親会

3月25日

9:00 - 10:15 新企画「光源から利用研究まで」第二部

PF-AR 臨床応用 宮島 司 (PF)

兵藤一行 (PF)

大塚定徳 (筑波大)

BL-1C, 2C 光電子分光 小野寛太 (PF)

組頭広志 (東大)

(ブレイク 15分)

10:30 - 12:00 招待講演第三部

カーボンナノチューブ (1次元金属) の電子伝導性

石井広義 (都立大)

創薬を指向した構造生物学

田中信忠 (昭和大)

世界の放射光施設と PF 野村昌治 (PF)

12:00 - 13:00 昼休み

13:00 - 13:30 PF 懇談会総会

13:30 - 14:15 将来計画 (松下、野村、飯田、小林)

トーク

ディスカッション

(ブレイク 15分)

14:30 - 16:00 PF の運営について (座長: 佐々木会長)

法人化後の PF の運営について

予算削減問題へのユーザー側の取り組み

PF の独自性 (共同利用、ソフト、ハード)

その他

16:00 閉会

PF 研究会

「PF 軟X線結晶分光領域の研究の展開」のお知らせ

下記の通り、標題の PF 研究会を開催します。

日時: 2004 年 3 月 23 日 (火) 11:00 ~

(PF シンポジウム前日)

場所: KEK 3 号館セミナーホール

提案代表者: 島田広道、朝倉清高、近藤寛、岩住俊明

プログラム等の詳細は、

<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/sxcm.html>

を御参照下さい。参加申し込み等は不要ですが、出張手続きをされる方は、PF シンポジウムと併せて行って下さい。

PF 研究会

「X線小角散乱研究の発展に向けて —現状と今後の課題—」の報告

大阪大学大学院基礎工学研究科 若林克三、猪子洋二

群馬大学工学部 高橋 浩

物質科学第一研究系 野村昌治

平成 15 年 10 月 23 日 ~ 24 日の 2 日間、上記研究会が開かれたのでその概要を報告する。

この研究会は PF におけるビームラインカテゴリー分けと直線部増強計画による既存ビームライン整備と関連して PF における X 線小角散乱/回折研究のアクティビティを維持、発展させるためにどのような研究をどのように行っていくべきかについて、また、直線部増強後の小角散乱ビームライン 15A の再構築についてユーザー側と施設側の意見交流と議論を行うことを目的として、ビームライン BL-9C、BL-10C と BL-15A の協力メンバーの各責任者である高橋浩、猪子洋二、若林克三と PF の野村昌治 (世話人) によって企画された。

PF の小角散乱ユーザーコミュニティは、これまでに PF リング高輝度化後の X 線小角散乱/回折 (SAXS(D)) 研究の展望を主題とした PF 研究会を 1998 年 [1] と 2000 年 [2] に開いた。その後の変化として、BL-9C での小角散乱装置の整備、高分子科学や産業利用を目的とした利用課題の増加など SAXS(D) 実験は一層多様化している。さらには、蛋白質結晶解析データの蓄積に伴う新しい蛋白質科学の発展に SAXS(D) はなくてはならない tool になってきている。また、施設側では PF リングの直線部増強計画に伴うビームラインのカテゴリー分け (スクラップ&ビルド、統合) や将来的な光源計画 (ERL 光源計画など) 案を出した。とくに、すでにスタートとしている直線部増強計画と関連して BL-15A の再構築への対応などで SAXS(D)

研究での利用体制についてユーザーコミュニティと議論すべき課題が出てきている。そこで、BL-9C、BL-10CとBL-15Aのユーザーグループは、SAXS(D)研究の現状と展望に関する研究報告と併せて下記の諸問題を議論するためのPF研究会を開き、ユーザー間およびユーザーグループと施設側との間で意見交換を行った。

- 1) BL-9C、BL-10C、BL-15AでのX線小角散乱／回折研究の成果
- 2) 国内外の他の施設でのX線小角散乱／回折研究の状況と動向
- 3) 重要なX線小角散乱／回折研究をPFで実現していくためにどのような方策が必要か
- 4) PFにおける今後のX線小角散乱／回折研究体制をどうするか
- 5) 直線部増強時のBL-15Aの再構築をどうするか

SAXS(D)を利用する研究者は固体／溶液高分子、脂質、界面活性剤、液晶などのソフトマテリアルと金属、合金、半導体などのハードマテリアルの非生物系、生体あるいは生体モデル膜、蛋白質溶液、筋肉などの繊維／超分子集合体などの生物系、さらには高分子系や低分子系の揺らぎ、超臨界流体やゲルなど多岐にわたっている。これらの分野の代表的な方々に自身の研究を中心に今までにPFでどのような研究ができて、どのような研究ができなかったか、今後どのように研究が発展しPFでどのように実現したいかについて発表をして頂いた。研究会は文末に示したプログラムによって進めた。

まず、若林（阪大院）によって本研究会の上記主旨説明とPFにおけるSAXS(D)研究の全般的な実績報告が行われ、諸外国と比べて非常に広い分野において高いレベルの研究が行われていることが報告された。（これについてはあらためてPFニュース等で報告する予定である。）とくに、1985年から2003年の間のユーザー数の推移（増加）と発表論文数などが示された。2003年では実験課題数はBL-10Cで50、BL-15Aで60におよぶなどSAXS(D)は蛋白質結晶回折、EXAFSに次ぐユーザー数の多さとなっている。1985年以来、総論文数は700におよび年平均約40報の論文出版となっている。さらには、国際学会の招待講演者や学会、学術賞の受賞者も多い。また、昨年まとめられたBL-10CとBL-15Aに関するSAXS(D)の外部評価についても紹介された。とくに、小角散乱ビームラインの専任スタッフをつけることの強い要望や指摘があることが述べられた。次いで、雨宮（東大院）、猪子（阪大院）、高橋（群馬大）からは3つの小角ビームラインの装置的特徴と研究の特徴、今後の課題が報告された。つづいて、岡本（名工大）と野島（東工大）によって高分子分野について、奥田（京大院）によって金属、半導体の研究の現状と課題について報告がなされた。両分野では広角領域と小角領域の同時測定、他の測定法との同時測定などの必要性が実践的に示された。また高分子ゲル、新規高分子、合金、半導体など機

能材料の開発展望とナノ構造研究へのSAXS(D)の貢献について、さらには企業との連携研究の問題点が述べられた。今井（お茶大）は非イオン界面活性剤のラメラージャイロイド転移のキネティックスの研究を例に界面活性剤—水系の秩序—秩序転移の現象論的研究について報告した。高分子や界面活性剤、脂質の相転移のX線の研究は物性論的基礎研究としても興味深いものであった。西川（千葉大）は超臨界流体のX線散乱実験について、SAXS測定を行なうことでメゾスコピックスケールでの揺らぎ構造の解析が可能となることをCO₂、CHF₃、H₂O分子等の場合を例に紹介した。これらは小角散乱を使った基礎的研究として世界的にも注目されている研究である。高橋や平井（群馬大）は脂質の物理化学的性質と構造との関係、相転移の時分割解析、生体モデル膜の構造や構造変化についての研究を幅広く報告した。これらの研究においても広角、小角回折の同時測定や他の方法との同時測定が重要であることが述べられた。木原（関西医科大）はX線溶液散乱法でフォールディング—アンフォールディングの中間体構造の研究を通じて蛋白質の立体構造形成機構に関する研究の現状と展望について報告した。この種の研究においても広い散乱角に及ぶX線溶液散乱法が重要なtoolとなることが指摘された。また、X線散乱データの解析には、結晶データに基づく分子動力学の計算との組み合わせが有力な手法になることが述べられた。上久保（奈良先端大）や平井（群馬大）は蛋白質の溶液構造や構造変化を解析するアルゴリズムの進歩とab initioな構造解析が可能になってきている現状を紹介した。溶液散乱もシンクロトロン放射X線の利用でより小角からより広角までのデータ測定が容易となり、ギニエ領域、分子形態（3次構造、4次構造）、分子内ドメイン構造、分子内2次構造分布の解析や分子内ドメイン、セグメント運動の解析が可能となっていることを具体的に示し、結晶解析では得られない構造ダイナミックの知見が得られてきている。また、PFのスタート時からの中心的テーマとなっていた筋肉の収縮機構の研究実績が若林（阪大院）によって報告された。近年、筋蛋白質以外にいろいろな運動蛋白質が見つけれ、筋研究も蛋白質モーターサイエンスという枠組みの中で捉えられ、蛋白質の運動メカニズムへの統一的な理解へと発展しているが、筋収縮は高度なレベルでの未解決な課題である。筋肉中の細いアクチンフィラメントの構造変化（アクチンの変化、フィラメントの伸展性）の実験的証明、X線溶液散乱によるエネルギー変換中のミオシンのグローバルな構造変化の発見は筋収縮メカニズム研究の大きなブレイクスルーとなったことが示された。第3世代の放射光を利用した研究はミクロンに及ぶ角度分解能、マイクロ秒の時間分解能の実験へと進んでいる。アンジュレーターから平行性の高い高輝度放射光（10¹²～10¹³cps）が利用できるようになればPFでの研究も第3世代の放射光施設と対等にやっつけられることが筋研究を通して述べられた。

初日の最後に、野村主幹から施設側の近未来計画及び将来計画とビームラインカテゴリー分けの経緯と直線部増強

計画の具体化について詳しい現状報告がなされた。また、直線部増強計画と関連した BL-15A の再構築についてはその実現のため小角散乱ユーザーコミュニティがクリアすべき課題について提示があった。これを受けて PF における SAXS(D) 研究の今後のあり方と新しいビームライン建設、小角散乱コミュニティの発展等について積極的な討論がなされた。その結論は、PF での SAXS(D) 研究の発展をみずすためにはアンジュレーターからの平行性の高い高輝度ビームが利用でき、小角分解能も十分確保できるビームラインに新しい回折計を設置することを強く要望することでユーザーコミュニティ内の意見の一致をみた。また、新しいビームラインが建設される場合には、BL-15A での研究の連続性を維持するために既存ビームラインの引越し先の確保を要望すべきことが提案された。ユーザー側にも、ビームラインの建設への具体的協力、ビームライン周辺測定装置整備のための外部資金の獲得など大きな課題がある。

二日間にわたって熱心に研究会に参加され、有意義な討論と意見、提案を頂いた松下正副所長、若槻壮市氏、小林克己氏、鈴木守氏に感謝いたします。

- 1) Y. Inoko, K. Kobayashi: Future Prospects of Solution X-ray Scattering on High-Brilliant SR X-ray Solution: The Role of a Renewed 10C SAXS Beamline at PF. KEK Proceedings, 99-1, April 1999.
- 2) K. Wakabayashi, Y. Amemiya, H. Kamikubo: PF Workshop: New Prospects of Non-Crystalline Structural Science by X-ray and Neutron Diffraction/Scattering, KEK Proceedings, 2001-24, January 2002.

PF 研究会「X線小角散乱研究の発展に向けてー現状と今後の課題ー」プログラム

開催日時：平成 15 年 10 月 23 日（木）9:30～18:00
24 日（金）9:15～15:00

場所：高エネルギー加速器研究機構
4 号館 2 階第 1 輪講室

第 1 日目（9:30～18:00）各分野から研究の現状と将来展望について

- 9:30～9:40 若林克三（阪大院基礎工）：はじめに
- 9:40～10:10 若林克三（阪大院基礎工）：
PF での小角散乱研究
- 10:10～10:40 雨宮慶幸（東大院新領域創成）：
BL-15A の現状と問題点、今後の課題
休憩（15 分）
- 10:55～11:15 猪子洋二（阪大院基礎工）：
BL-10C の現状と課題
- 11:15～11:35 高橋浩（群馬大工）：BL-9C の現状と課題
- 11:35～12:05 岡本茂（名工大）：
BL-15A および BL-9C を用いた同時測定
昼食（55 分）
- 13:00～13:30 奥田浩司（京大院国際融合創造）：

金属・半導体材料における放射光小角散乱の魅力と展開

- 13:30～14:00 木原裕（関西医大）：
蛋白質溶液散乱の将来像、機能時の構造を求めて
- 14:00～14:30 西川恵子（千葉大院自然科学）：
超臨界流体の小角散乱実験
- 14:30～15:00 今井正幸（お茶の水大理）：
放射光で見た界面活性剤／水系での秩序 - 秩序相
転移キネティクス
休憩（15 分）
- 15:15～15:45 野村昌治（KEK）：施設側からの現状報告
- 15:45～18:00 課題解決に向けてのユーザーと PF スタッフ
との討論

懇親会(18:30 より KEK 内レストラン「くらんべりい」にて)

第 2 日目（9:00～15:00）各分野からの研究と現状と将来展望（つづき）

- 9:15～9:45 若林克三（阪大院基礎工）：
筋収縮の X 線回折／散乱実験
- 9:45～10:15 高橋浩（群馬大工）：
生体脂質の構造相転移と膜間相互作用
- 10:15～10:45 上久保裕生（奈良先端大）：
X 線溶液散乱を用いた PYP の活性中間体の構造
予測
休憩（15 分）
- 11:00～11:30 平井光博（群馬大工）：
脂質・蛋白質系の高分解能溶液散乱の現状と展望
- 11:30～12:00 野島修一（東工大理工）：
高分子分野の SR-SAXS 研究と将来展望
昼食（60 分）
- 13:00～15:00 討論とまとめ

PF 研究会 「ナノテクノロジーと高分解能電子分光」報告

東大院工 尾嶋正治

平成 15 年 12 月 19、20 日に KEK 4 号館セミナーホールにおいて標記 PF 研究会を開催した。今回は PF 懇談会 4 ユーザーグループ：量子ナノ分光（尾嶋）、固体分光 1（藤森氏）、2（高桑氏）、表面化学（近藤氏）と PF（小野氏）が共同で開催したもので、PF における VUV/SX 領域の研究者が集まって、熱い議論を聞かせた。参加者は 74 名で、28 件ものポスター発表（写真 1）が主に学生によってなされ、大変盛況な PF 研究会となった。

ナノテクノロジーの急速な発展が物質科学に与えるインパクトの大きさについては言うまでもないが、放射光科学においても多くのナノ構造物質を対象にした研究が展開されている。ナノだからこそ出現する新しい物性・機能がど



写真1 ポスターセッションの様子

のような電子状態の変化によってもたらされたか、その電子状態がナノ構造とどのように関係あるか、などについては未だ不明な点が多く、それを解明するツールとして高分解能光電子分光やX線吸収分光などへの期待が高まっている。

実はVUV領域のアンジュレータビームラインを建設してほしいという強い要求は以前からあり、4年前(PF懇談会会長時代)に、量子ナノ分光、固体分光1、2の3ユーザーグループの連名で物質構造科学研究所松下副所長に要望書を提出していた。また、2000年5月にはPF研究会「高分解能電子分光が明かす低次元系新物性」を5ユーザーグループで共催した。これらの要望を受けたものと思われるが、今回、新しいアンジュレータビームラインBL-28の建設が認められたことは高く評価したい。

そこで本研究会では、高分解能電子分光によってナノ領域の物質科学においてどのような研究が可能になるか、またナノテクノロジー側から見るとどのような研究のニーズがあるのか、新しく計画されているVUVビームラインの性能は充分か、などについて議論した。今回は、instrumentation側として2名、4ユーザーグループの放射光利用研究者15名、ナノテクノロジー側から産業界研究者3名に講演して頂き、新しいナノ研究の展望について真剣な議論を行った。プログラムは以下の通りである。

【12月19日(金)】

13:00～13:10 開会挨拶(尾嶋正治)

セッション1: Instrumentation 関連(座長1: 高桑)

13:10～13:30 小野寛太(PF)

新ビームラインの位置づけ

13:30～13:50 雨宮健太(東大理)

ビームライン設計

セッション2: カーボンナノテクノロジー(座長2: 近藤)

13:50～14:20 久保佳実(NEC 基礎研究所)

カーボンナノホーン燃料電池の開発と放射光解析

14:20～14:40 石井広義(都立大理)

カーボンナノチューブの高分解能光電子分光

14:40～15:40 ポスターセッション@研究本館
セッション3: 磁性ナノテクノロジー(座長3: 藤森)

15:40～16:10 田中厚志(富士通研究所)

高密度磁気記録デバイスとナノテクノロジー

16:10～16:30 中辻 寛(東大物性研)

磁性ドットのXAS/MCD

16:30～16:50 岡林 潤(東大工)

磁性ナノ構造/半導体の光電子分光

16:50～17:10 佐藤宇史(東北大理)

高温超伝導体のARPES: ナノスケールのゆらぎ

17:00～17:30 横谷尚睦(東大物性研)

強相関係のナノ領域フェルミオロジー

17:30～17:50 組頭広志(東大工)

強相関酸化ナノ構造のPLD + *in situ* 光電子分光
セッション4: Si ナノテクノロジー(座長4: 尾嶋)

17:50～18:20 白田宏治(東芝研究開発センター)

極限微細MOSLSIの動向と極薄ゲート絶縁膜の開発

18:30～20:30 懇親会@くらんべりい

【12月20日(土)】

9:00～9:20 坂本一之(東北大理)

Si表面初期酸化、MAX-II事情

9:20～9:40 遠田義晴(弘前大理)

Si初期酸化のリアルタイム光電子分光

9:40～10:00 高桑雄二(東北大多元研)

Ti表面初期酸化: ナノ構造光触媒への応用

10:00～10:20 下村 勝(静岡大)

半導体表面吸着ナノ構造の光電子回折

セッション5: 放射光新技術(座長5: 小野)

10:20～10:40 島田賢也(広島大放射光)

HiSORにおけるナノ物質の高分解能光電子分光

10:40～11:40 近藤 寛(東大理)

時間分解光電子分光(都合によりキャンセル)

11:00～11:20 関山 明(阪大基礎工)

バルク敏感光電子分光

11:20～11:40 奥田太一(東大物性研)

放射光励起STM

11:40～12:00 間瀬一彦(PF)

コインシデンス分光

12:00～12:30 ポスター賞の表彰、新ビームラインの位置付けなどについて討論、まとめと閉会挨拶(藤森)

今回は電子分光の分野で活躍されている若手研究者に講演をお願いした。そのためか、生データが多く示され、迫力のある議論が行えたと思っている。一方、この研究会の位置づけについて周知が十分でなかった点は否めない。会場から、PF研究会開催と新しいビームライン建設との順序が逆ではないか、という指摘があった。PF研究会の開催が遅れた点は指摘の通りであるが、VUVアンジュレータビームラインへの要望書や2000年5月開催のPF研究会などから判るようにこのビームラインはユーザーグルー



写真2 懇親会での1コマ

プが長く要望して来たものである、との説明がなされた。また BL-28 は PF では貴重な円偏光アンジュレータビームラインであるので、その activity は継続すべき、との指摘もあり、20 日昼のセッションで PF 柳下氏から PF の VUV アンジュレータビームラインについては BL-2,13,16,19,28 の 5 本を全体としてどうするかという観点で考えるべきで、今後もこの議論を続けて行くことが説明された。また、今回の PF 研究会では、BL-28 のビームライン性能が議論されたが、実験装置についてはこれからである。早急に WG などを立ち上げてユーザーの意見を集約した形で決定していくことが望まれる。懇親会では、松下副所長が挨拶され、「今回は最近では最も多くの参加者が集まった PF 研究会であり、この分野の activity は PF にとっても大変重要であると認識している」という力強い言葉を頂いた(写真2)。熱い議論は宿舎でも展開され、午前2時まで続いたとか (M 先生)。

今回は 28 件ものポスター発表があった。2000 年 5 月に開催した高分解能電子分光に関する PF 研究会では学生によるポスターセッションを新しく企画し、9 件の発表から 1 件を優秀ポスター賞として表彰したが、今回は 28 件もあったので 3 件の優秀ポスター賞を選ぶこととした。参加者全員が 2 名投票、という方式で選んだが、第 3 位が 2 名 (M2 学生) 同数の得票を獲得したため、会場に判断を仰ぎ、今回は (少し甘く) 合計 4 名に優秀ポスター賞を差上げた。遠山尚秀氏 (千葉大院自然)、小嗣真人氏 (広島大 HiSOR)、小林大介氏 (東大院工)、和達大樹氏 (東大院理) の 4 名が表彰された。実行委員の奥田氏 (物性研) が選んだスペシャル温度計が副賞として授与された。今後の活躍を期待したい。

最後に、本研究会の世話人 4 氏、および実行委員 6 氏 (間瀬氏、奥田氏、雨宮氏、組頭氏、岡林氏、久保田氏)、学生アルバイト諸氏、PF 秘書の方々のご尽力に感謝したい。

ユーザーとスタッフの広場

Daresbury 研究所体験記

-PF との比較で考えさせられたこと-

広島大学大学院生物圏科学研究科 上野 聡

昨年 8 月から 10 月までの 3 カ月弱、イギリスに滞在する機会を得た。その際、Daresbury 研究所の放射光施設 SRS を利用することができたので、その際の感想、PF と比較して考えたこと等、大雑把ではあるが少し紹介したい。

まず、私が利用したビームライン 6.2 について。これは小角散乱 (SAXS) と広角散乱 (WAXS) の同時測定専用のビームラインである。これは、一昨年まで利用されていた SAXS-WAXS 同時測定専用のビームライン 8.2 の後継で、実質的には昨年 6 月から一般ユーザーに開放された新しいビームラインである (ビームラインの性能・写真その他、詳しくはこのビームラインのホームページを参照されたい。http://www.srs.dl.ac.uk/ncd/station62/index.html)。ちなみに日本には、SAXS-WAXS 同時測定専用のビームラインは存在しない。また、すべてを調べたわけではないが、SAXS-WAXS 同時測定専用のビームラインが常設されているのは、世界的に見ても、Daresbury 研究所の SRS と Trieste (イタリア) の ELETTRA のみではなからうか。とにかく、SAXS-WAXS 専用のビームラインが存在すること自体うらやましい限りであるが、さらにこのビームライン 6.2 が数億円以上かけて新設されたことには驚いている。周知のように、イギリスでは現在 Diamond 計画が進行中で、Daresbury 研究所から遠く離れた Oxford 近郊にイギリス初の第三世代放射光源が 2006 年から稼働予定である。これに伴って、SRS は 2008 年に稼働停止が決まっている。つまり、稼働停止を 5 年後に控えているにもかかわらず多額の費用をかけて新しく開発したことになる。5 年後に利用停止がわかっていながら数億円もの資金を投資することは、大きなプロジェクトでもない限り日本では考えにくいのではなからうか? イギリスひいてはヨーロッパと日本の、科学に対する考え方の相違というか、懐の深さを感じる。

次に、測定の制御・データ取り込み機構について。さまざまな種類のデータが一度に制御・収集可能な多チャンネル機構が用意されており、ユーザーとしては使い易いシステムが準備されていた。データの種類は、X線回折強度、試料直前・直後のイオンチェンバー電流値、試料温度の 4 種類はもちろんのこと、X線回折法と熱測定 (DSC) やせん断応力 (shear stress) との同時測定が可能ないように、熱測定用の冷却・加熱速度、標準試料との温度差、せん断応力印加時の回転速度 (rpm) などのデータを、一つのパソコンで制御・測定およびデータ収集するシステムであった。このような、X線回折法と熱測定・せん断応力、などとの同時測定は、日本国内においても行われているが、その大半

は各ユーザーの努力に任されており、施設として同時測定用の設備が充実しているところは現状ではほとんど見かけない。熱測定・せん断応力・圧力・光散乱・FT-IR などと X線回折法との同時測定は、試料の動的な物性を知る上で重要であることはいまでもない。SPring-8 の存在を意識して PF の生き残りを考える際、ビームラインにユーザーの使い易い同時測定システムを充実させることは戦略的に重要ではないかと考えられる。今回訪問した SRS の 6.2 ビームラインは、そのための格好のモデルと考えられる。

三点目として、このビームラインには、Dr. Chiu Tang、Dr. Chris Martin という 2 名の担当者がいるが、二人とも極めて協力的で非常に気持ちよく仕事を行うことができた。カメラ距離を決めるための実験直前の議論はもちろんのこと、各種トラブルにも嫌な顔一つ見せずに対応してくれた。このユーザーへの協力の背景には、スタッフに対する評価システム、すなわち、実験終了後のユーザーへのアンケート（例えば、ビームライン担当者は協力的であったか？実験を行う上でビームライン担当者の存在は有益であったか、など）が影響していると考えられる。しかし、それだけではないと思う。PF との比較で印象的だったことは、複数スタッフ制の良さである。例えば、彼らは夕方帰宅前に必ずビームラインに顔を見せて、「何かあったら今日は Chris に連絡しろ。」とか「明日土曜は、Dr. Tang に連絡してくれ。日曜日は俺が対応できるから。」という話をしていたことが印象的であった。複数スタッフであれば、スタッフにとって物理的にも精神的に負担の大きな軽減になるばかりでなく、ユーザーにとってもスタッフに接する機会

が向上しメリットが大きい。PF の現状では、各ビームラインごとの複数スタッフなど望むべくもないことは百も承知であるが、なぜ Daresbury ではこんなに余裕があるのか、PF には余裕がないのかと考えさせられる。

最後に、研究資金について。私の理解した範囲では、SRS に課題申請を行う際には、課題責任者には潤沢な資金のあることが要求される。イギリス滞在中に、何度か聞いたが、SRS の使用料は非常に高く、8 時間あたり 5000 ポンド（100 万円弱）とのことであった。この他、実験旅費・宿泊費・食費（昼食を除く）については、すべて各課題責任者の持っている研究資金 (grant) から引き落とされる仕組みになっていた。これをユーザーで全額負担するのか、それとも SRS から何らかの資金援助があるのかどうかシステムはわからないが、はっきりしていることは、研究資金を持たない研究者は、少なくとも課題責任者としては、SRS を使用できないという事実である。この現実を目の当たりにして、法人化を直前に控えた KEK および PF のことを考える時、全額ではないにしても使用料を支払うような制度に移行するのではないかと懸念が付きまとう。正直なところ、すぐにではなくともまず旅費の支給がなくなり、そのうちに使用料を支払うシステムへの移行という道筋になるのではないかと危惧している。この心配が杞憂であり、旅費の支給も含めて現行のシステムが維持され続けることを強く希望する。そのために、ユーザーとして何が協力できるのか、今後も PF スタッフと意見交換ができれば幸いである。



PF 懇談会総会のお知らせ

PF 懇談会会則第 15 条および細則第 12 条に基づき、PF 懇談会総会を下記の要領で開催いたしますので、会員の皆様のご出席をお願いいたします。

総会の定足数は会員数の 1/10 と定められています。ご都合がつかず欠席される方は、委任状（形式自由）を PF 懇談会事務局までご提出していただくようお願いします。

日時：平成 15 年 3 月 25 日（木）13:00 ～ 13:30

（PF シンポジウム 2 日目）

場所：高エネルギー加速器研究機構
3 号館セミナーホール

議題：活動報告、会計報告、その他

PF 懇談会拡大運営委員会報告

PF 懇談会庶務幹事 宇佐美徳子 (KEK-PF)

日時：平成 16 年 1 月 8 日（木）11:00 ～ 12:00

場所：物質・材料研究機構 千現地区（茨城県つくば市）
研究本館 第一会議室

第 17 回日本放射光学会・放射光科学合同シンポジウムの初日に、PF 懇談会拡大運営委員会が開催されました。今回は PF の地元のつくば地区での合同シンポジウムということで午前中の時間が割り振られましたので、遠方の方には参加しにくいのではないかと心配していましたが、予想外の多くの方に集まっていただきました。

今回の拡大運営委員会でも最も関心の高かった法人化や将来計画に関わることなど、PF にとって大きな変化が起こりうる時期にあり、今後ますますユーザーコミュニティが重要になると感じています。このような時期にユーザー

とスタッフの意見交換の機会を持つことができ、また、物構研小間所長にも参加していただいたことで、たいへん有意義な会合になったと思っております。最後になりましたが、この場をお借りして参加していただいた全ての方々にお礼を申し上げます。



放射光共同利用実験審査委員会速報

(議事メモ)

実験企画調整担当 小林 克己
宇佐美徳子

1. 松下副所長より施設報告がなされた。主な項目は以下のとおり。

- ・ 組織・人の動き
- ・ 2004年度からの物構研の組織
- ・ リング運転状況
- ・ 共同利用課題、共同利用研究者数および推移
- ・ 2.5GeV, 6.5GeV リングの改良（性能向上）について
- ・ ビームラインの整備について
- ・ 総合科学学術会議「既放射光施設等における独創的・先端的基礎研究推進」業務に対するの見解
- ・ 2.5GeV 直線部増強の今後について
- ・ 国際協力について
- ・ PF 研究会について
- ・ 将来計画について

2. 施設報告について質疑応答がなされた。

3. 佐々木 PF 懇談会会長より、テーマ別に自由討論の提案がされ、「法人化」「将来計画」について意見交換が行われた。

2004年1月27日、28日に放射光共同利用実験審査委員会が開かれました。以下に審議の結果を簡単にご報告します。

1. G型、P型の審査結果

昨年11月7日に締め切られた平成16年度前期のG型、P型の共同利用実験課題申請にはG型186件、P型7件の応募があり、G型182件、P型6件、計188件の課題が採択されました。このうち、条件付きとなったものは3件でした。採択課題名に関してはp42の「平成16年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧」を、申請課題に対する評価の分布は下図を参照して下さい。

P型申請では、ステーション担当者との打ち合わせが必要ですが、そのなされていない課題がまだ1件あり、不採択となりました。

2. PF研究会

16年度前期に開催されるPF研究会として以下の1件が採択されました。

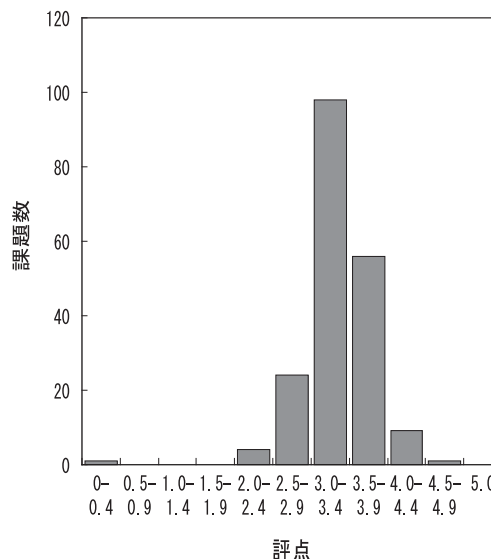
「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」

提案代表者：桜井健次（物質・材料研究機構）

開催予定時期：平成16年7月

なお、これはKENSとの共催で開かれる予定です。

平成16年度前期PAC 評点分布



3. S1 型課題

以下の課題が研究計画検討部会での検討をへて、本委員会で審査され、採択となりました。

課題番号：2004S1-001

課題名：「非平衡強相関材料開拓に向けたサブナノ秒分解 X線回折ビームラインの建設と利用」

責任者：東工大・腰原伸也

4. その他

施設留保ビームタイムに関する提案があり、運用の詳細に関する議論があったが、大筋で認められました。

第 10 回放射光共同利用実験審査委員会 研究計画検討部会議事メモ

日時：平成 16 年 1 月 28 日（水）13:30～15:00

場所：高エネルギー加速器研究機構 4 号館 2 階輪講室 1

出席：飯田（部会長）、柿崎、河田、小林（克）、小林（正）、高田、佐々木、野村、前澤、松下、三木、村上、宮原、八木、若林

議事：

科学技術振興機構（旧科学技術振興事業団）の ERATO 腰原プロジェクト（研究領域：非均衡ダイナミクス）として、PF-AR NW14 にサブナノ秒分解 X線回折ビームラインが建設・整備されることになった。このプロジェクトに関して河田教授（PF）より配布資料に基づき研究課題の提案「非平衡強相関材料開発に向けたサブナノ秒分解 X線回折ビームラインの建設と利用（提案責任者：東工大・腰原伸也教授）」についての説明があった。本課題は、S1 型課題として放射光共同利用実験審査委員会での審査を希望している課題である。ERATO プロジェクトとの関係、実験組織のメンバーの役割、技術的問題などについて質疑応答が行われた。審議の結果、提案は承認された。

第 37 回物質構造科学研究所運営協議員会議事次第

日時：平成 15 年 11 月 10 日（月）13:30～（管理棟大会議室）

議事：

1. 報告

① 所長報告、② 各施設等報告、③ その他

2. 協議

① 法人化後の運営体制について

② 人事委員会委員の追加について 中間子科学研究施設 助手 1 名

③ 教官公募について 中性子科学研究施設 助教授又は助手 1 名

④ その他

第 38 回物質構造科学研究所運営協議員会議事次第

日時：平成 15 年 12 月 24 日（水）13:30～（管理棟大会議室）

議事：

1. 報告

① 所長報告、② 各施設等報告、③ その他

2. 協議

① 平成 16 年度上期中性子共同利用実験課題審査結果について

② 教官公募（案）について 中性子科学研究施設 助手 1 名

③ 所長の任期等について

④ 教官の特定人事について

⑤ 副所長、研究主幹の選考について

⑥ 教官人事について 中間子科学研究施設 助手 1 名

⑦ その他

平成16年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧

受理番号	課 題 名	所 属	実験責任者	ビーム ライン
2004G001	レーザーMBE法で作製したペロブスカイト酸化物単結晶薄膜の角度分解光電子分光	東大工	組頭 広志	1C, 2C
2004G002	Crをドーピングした高温強磁性半導体の光電子分光による研究	東大新領域創成	藤森 淳	18A
2004G003	飛行時間測定法による多孔質酸化硅素からのポジトロニウム放出に関する研究	産総研	小林 慶規	陽電子
2004G004	光電子分光・X線吸収分光によるIII価コバルト酸化物の電子構造の研究	東理大理	齋藤 智彦	19B, 11D, 1C
2004G005	Cu(10N)表面の角度分解光電子分光	産総研	渡辺 一寿	1C
2004G006	希土類化合物の発光および吸収磁気円二色性の温度依存性	都立大理	宮原 恒昱	28A
2004G007	角度分解光電子分光法による金属吸着 ZnO(10-10)表面の電子状態の研究	東工大理	小澤 健一	11D, 11C, 1C
2004G008	軟X線磁気円二色性実験による電析ニッケル薄膜の磁気モーメント	分子研	丸山 耕一	NE1B
2004G009	N/Cu(001)表面に形成されるCoナノドット配列の磁性と電子状態	東大物性研	中辻 寛	7A, 11A, 18A
2004G010	Experimental Investigation of the ICD (Inter-site Coulombic Decay) process	LURE	LABLANQU IE, Pascal	3B, 16B
2004G011	Yb、Eu/Si(111)-(n×1)一次元量子構造の電子状態と構造の研究	東北大理	坂本 一之	18A
2004G012	軽元素分子の軟X線蛍光分光による超高速解離の研究 - I	東京農工大工	鶴飼 正敏	13C, 2C
2004G013	軟X線蛍光分光によるシリサイド形成を抑制したFe(Co)/Al/Si薄膜の研究	弘前大理工	中島 伸夫	19B, 2C
2004G014	The Quantum Sticking Problem: Collective effects in the dephasing rate of a quantum system	Physics Dept., Univ. of California	MILLS, Allen	陽電子
2004G015	陽電子顕微鏡のレンズ設計のためのポジトロニウム TOFを使った実験	帝京科学大理工	堂山 昌男	陽電子
2004G016	しきい電子・電子同時計測による原子・分子の段階的2重イオン化過程の研究	分子研	彦坂 泰正	3B, 20A
2004G017	表面分子・薄膜のオージェ光電子・コインシデンス分光	物構研	間瀬 一彦	12A, 8A
2004G018	X線吸収・発光分光によるスクワデル化合物の電子状態密度の研究	電通大電気通信	山田 修義	2A, 11B
2004G019	Ps-TOFによる低誘電率層間絶縁膜の評価	筑波大物理工	上殿 明良	陽電子
2004G020	APD電子検出器を用いた ¹⁸⁷ OsのL殻電離によるNEET観測	物構研	岸本 俊二	NW2
2004G021	Study of magnetic coupling and the influences of molecules adsorption on the top layer surface spin in the Co/Mn(wedge)/Fe/Ag(100) system by X-Ray Photoemission Electron Microscopy	Institute for Solid State Physics The University of Tokyo	Hai-Lin Sun	11A
2004G022	コンプトン散乱X線と反跳電子同時測定法による3次元電子運動量分布測定	物構研	河田 洋	NE1A1
2004G023	真空紫外・軟X線分光器の絶対波長感度較正	筑波大物理	吉川 正志	12A, 11C
2004G024	半導体サブナノ表面構造に吸着した有機分子の光電子回折による構造解析	静岡大電子工学研	下村 勝	13C
2004G025	Mo ₂ C(0001)清浄表面および酸素修飾表面の角度分解光電子分光	東工大理工	枝元 一之	1C, 3B, 11C
2004G026	電子-極角分解イオンコインシデンス分光法による表面分子の内殻励起イオン脱離研究	物構研	小林 英一	8A, 13C
2004G027	ダイヤモンド表面吸着原子制御による生体分子固定の表面構造科学 その1	東北大多元研	河野 省三	13C, 2C
2004G028	金属蒸着薄膜内での電子の有効減衰長の高精度測定	産総研	今村 元泰	13C
2004G029	振幅分割ハーフミラーを用いた軟X線干渉計の開発	東大新領域創成	百生 敦	8A, 12A
2004G030	マルチアノードPMTを用いた硬X線偏光度検出器の性能試験	山形大理	郡司 修一	14A
2004G031	核励起実験用シリコン・アバランシェフォトダイオード検出器の開発	物構研	岸本 俊二	14A, NE3
2004G032	高圧力下におけるMMX-chain錯体の精密X線構造解析	九大理	北川 宏	1A, 1B, 4C
2004G033	HIP合成したSiC-Diamondアンビルを用いた高温高圧X線その場観察	阪大理	大高 理	14C2, NE5C
2004G034	メタンハイドレートのポスト filled-ice構造の探査	筑波大地球科学	平井 寿子	18C, 13A
2004G035	自己組織化単分子層形成/脱離過程のその場追跡	北大	魚崎 浩平	4C
2004G036	カイラルツイン液晶の示す相の構造と秩序形成過程の研究	東大工	木村 康之	4A
2004G037	微小結晶を利用したスピネル系複合酸化物の電子密度分布の測定	名工大セラミックス研	石沢 伸夫	14A
2004G039	強誘電相転移と磁気相転移が同時に起こるYMn ₂ O ₅ における軌道秩序と秩序パラメータ	東北大多元研	野田 幸男	4C

2004G040	同位元素置換された SrTi ¹⁸ O ₃ の強誘電相転移近傍での格子定数の測定と、秩序変数の探索	東北大多元研	木村 宏之	4C
2004G041	充填スクッテルナイト RERu ₄ P ₁₂ (RE=Pr,Sm)の共鳴X線散乱	原研関西研	石井 賢司	4C, 16A2, 1B
2004G042	全反射・視斜角核共鳴散乱法によるステンレス鋼薄膜の層別状態分析	東大工	野村 貴美	NE3
2004G043	ATS散乱による二酸化チタン (TiO ₂)の研究	東理大理工	石田興太郎	3A, 4C, 9C
2004G044	対向型焼結ダイヤモンドアンビルによる高温高圧 X線回折実験技術の開発	東大物性研	八木 健彦	14C2
2004G045	一軸性応力場における結晶の圧縮特性と相転移	東大物性研	八木 健彦	13A
2004G046	高圧力下における液体II-VI化合物および液体I-VII化合物の構造	慶応義塾大理工	辻 和彦	NE5C, 14C2
2004G047	高圧下における含水マグネシウム珪酸塩メルトの構造	愛媛大地球深部研	井上 徹	14C2, NE5C
2004G048	Charge density characterisation of KTP-type ferroelectric materials	東工大セラミックス研	NORBERG T, Stefan	14A
2004G049	シリコン単結晶の高温での結晶定数の精密測定	物構研	岡田 安正	3C2, 14B, NE3
2004G050	アルカリ金属ドーブ高次フラーレン結晶の構造	岡山大理	久保園芳博	1B
2004G051	磁性人工超格子の界面磁化	筑波大物質工	有馬 孝尚	16A2, NW2
2004G052	結晶格子間隔変化の高感度測定	産総研	藤本 弘之	3C2, 14B, NE3
2004G053	メスバウアー核共鳴γ線の精密波長測定	産総研	藤本 弘之	NE3
2004G054	直接空間粉末結晶解析法によるフタレイン系色素有機分子の結晶構造解析	東工大理工	植草 秀裕	4B2
2004G055	圧力媒体中の圧力分布解析による新型テーパーアンビルの開発	物構研	亀卦川卓美	NE5C
2004G056	新規フレロイド電荷移動型化合物の結晶構造の解明	法政大工	緒方 啓典	1B
2004G057	Liを添加したフラーレン化合物 Li _x C ₆₀ 及びLi _x C ₇₀ のX線回折	姫工大物質理	小林 本忠	1B
2004G058	放射光粉末回折用試料加熱装置の開発と高温構造物性への展開	東工大総合理工	八島 正知	4B2, 3A
2004G059	放射光X線回折法による極薄絶縁膜の界面構造の研究	阪大工	志村 考功	4C, 15C, 18B
2004G060	放射光X線による大型Ga ₂ O ₃ 単結晶の結晶性評価	物構研	田中 雅彦	10A
2004G062	光応答性を持つ分子性金属結晶中の銀原子の酸化状態と含有量	北大理	内藤 俊雄	11B
2004G063	巨視的厚さのポリスチレンと極薄膜、それぞれの表面構造の観察	関西学院大理工	高橋 功	17A, 17C
2004G064	乾式再処理プロセスにおける放射光 XAFSの活用	原研東海研	岡本 芳浩	27B
2004G065	高密度水素吸収 nano-size Pd微粒子の水素吸収状態での構造研究 -燃料電池への応用	阪大産業科学研	江村 修一	10B
2004G066	異常分散効果を用いた小角 X線散乱法による有機金属高分子のナノ構造形成の研究	九大理	杉山 正明	10C
2004G067	TRU含有化合物のX線吸収分光学的研究	原研	赤堀 光雄	27B
2004G068	自発的に形成された高分子鎖束の小角 X線散乱による構造解析	北大電子科学研	眞山 博幸	15A
2004G069	”誘導期”における高分子核生成のその場観察による核生成メカニズム解明	広大総合科学	彦坂 正道	10C
2004G070	温度勾配下における自己秩序化を用いたマイクロ相分離構造の配向制御	京大工	橋本 竹治	15A
2004G071	GeSiC, GeSiSnバルク半導体のXAFSによるGe周囲の局所構造解析	東北大金材研	米永 一郎	12C, 9A, 10B
2004G072	O/Wエマルション系のナノサイズ粒子中の結晶核形成機構の解明	広大生物圏科学	上野 聡	15A, 9C
2004G073	イオン注入により (Al,Ga) N中に添加されたEuイオン周辺局所構造の蛍光XAFS解析	名大工	大淵 博宣	9A, 12C
2004G074	糖タンパク中の糖鎖のフコース側鎖による高次構造変化	信州大繊維	綿岡 勲	10C
2004G075	時間分割二次元SAXS/WAXS同時測定によるエマルション中でのアルカン結晶化過程の研究	東大新領域創成	雨宮 慶幸	15A
2004G076	ゾルゲル法で作成したエコ環境 TiO ₂ 高含有高屈折率ガラスの構造解析	三重大工	那須 弘行	9A
2004G077	環境浄化ハイドロゲルにおける有害イオン吸着能と構造の相関	九大工	原 一広	10C, 10B
2004G078	全固体型リチウム二次電池用正極材料の XAFSによる研究	産総研関西セ	蔭山 博之	7C, 12C, 9A
2004G079	制約カリウム及びカルシウムナノイオン溶液の局所構造解析	千葉大理	金子 克美	9A
2004G080	XAFSによる固定化バナジウム不斉触媒の構造解析とナフトールカップリング反応の反応機構の解明	東大理	岩澤 康裕	9A, 7C
2004G081	XAFSによるMolecularImprintingCu-BOX錯体触媒の構造解析	東大理	岩澤 康裕	9A

2004G082	ヒドロアミネーション反応に高い活性を持つPd固体化錯体触媒とMolecular imprinting触媒のXAFSによる構造解析	東大理	岩澤 康裕	10B
2004G083	高温熱水系での沸騰に伴う重金属の挙動	東北大理	林 謙一郎	4A
2004G084	医・歯用チタン及び他の金属インプラント周囲の変色した軟組織中での金属元素の化学状態の調査	北大歯	宇尾 基弘	9A, 7C
2004G085	単分散ナノ粒子合金の局所構造のXAFSによる研究	東大理	太田 俊明	9A, 12C
2004G086	EXAFS Investigation of Disorder in Substituted Transition Metal Oxides	Indian Institute of Science	D. D. Sarma	9A, 10B
2004G087	結晶性ブロック共重合体のマイクロ相分離下からの結晶化におけるミクロドメイン形態の影響	長岡技術科学大工	竹下 宏樹	10C
2004G088	層間に金属種をインターカレートした層状物質のXAFS解析	熊本大工	町田 正人	9A, 10B
2004G089	XANESによる輝石のFe ³⁺ /ΣFe比決定法を用いたマグマの酸素分圧の推定	東大理	三河内 岳	4A
2004G090	ブロック共重合体におけるマイクロ相分離と液晶化の複合による構造形成	長岡技術科学大工	塩見 友雄	10C
2004G091	イソタクチックポリスチレン/ポリフェニレンオキシドブレンドの配向結晶化の機構解明に関する研究	産総研	海藤 彰	10C
2004G092	300Kで窒素吸着活性なMFI型ゼオライト中にイオン交換された銅イオンの配位構造の解析	岡山大自然科学	黒田 泰重	10B, 12C
2004G093	直径数十nmの球状空間に閉じ込められたホモポリマーの結晶化挙動	東工大理工	野島 修一	10C
2004G094	XAFSによる集積型遷移金属錯体のガス吸着機構の解明	産業創造研	服部 義之	10B
2004G095	X-ray absorption studies of the inorganic-inorganic nanohybrid materials for the elucidation of the structure-property correlation	NNML, Seoul National Univ.	CHOY, Jin-Ho	9A, 10B
2004G096	X-ray absorption spectroscopic studies for well-crystalline and nanocrystalline lithium transition metal oxychalcogenides and polymer-hybridized manganese oxides	NNML, Seoul National Univ.	CHOY, Jin-Ho	7C, 10B
2004G097	ナノスコピック磁性体の局所構造解析	横浜国大工	一柳 優子	10B
2004G098	NEXAFS and EXAFS Investigations of Europium Doped Zinc Oxide Nanoparticles	University of Pune, India	Sulabha K. Kulkarni	9A, 12C
2004G099	2核錯体をチタン源として調製した酸化チタン触媒のXAFS解析	産総研	三村 直樹	9A, 7C, 12C
2004G100	超臨界水中の遷移金属イオンの水和構造のEXAFSによる解析	京大国際融合創造セ	木村 佳文	9A
2004G101	遷移金属錯体界面活性剤から成る逆ミセル系による金属ナノ粒子の制御機構の解明	奈良女子大生活環境	原田 雅史	10B, 7C
2004G102	超臨界二酸化炭素/水の形成するエマルション場での金属コロイド形成時のEXAFSによる解析	奈良女子大生活環境	原田 雅史	9A
2004G103	エピタキシャルLaSrCuO単結晶の局所構造に関する研究	産総研	大柳 宏之	13B1
2004G104	単ドメインYBa ₂ Cu ₃ O ₇ を用いた局所格子異常に関する研究	産総研	大柳 宏之	13B1
2004G105	X線吸収分光による光誘起構造変化に関する研究	産総研	大柳 宏之	13B1
2004G106	X線吸収分光による光誘起欠陥に関する研究	産総研	大柳 宏之	13B1
2004G107	EXAFS Measurements on the La _{2-x} Sr _x CuO ₄ Single Crystals as a Function of Doping to Explore	Universita' di Roma "La Sapienza",	Naurang L. SAINI	13B1
2004G108	硫黄K吸収端を用いる金属一チオラートクラスターに関する研究	筑波大化	藤澤 清史	9A
2004G109	化学的に結合した臭素を疎水基に含む界面活性剤の表面濃度の直接定量	九大理	瀧上 隆智	7C
2004G110	アルカン脱水素芳香族化に活性なシリカアルミナ上のモリブデン活性種のXAFS構造解析	埼玉工業大工	有谷 博文	10B
2004G111	XAFSによる無機結晶化合物表面固定化金属種の高触媒機能化機構の解明	阪大基礎工	金田 清臣	9A
2004G112	Al ₂ O ₃ に導入した遷移金属ナノ細線のXAFSを用いた状態分析	東大工	溝口 照康	12C, 9A
2004G113	X線マイクロビームによる新規液晶相の2次元局所的層構造解析	東工大理工	高西 陽一	4A
2004G114	多糖類水溶液のゾルゲル転移における共存カチオンの影響	京都工芸繊維大工芸	浦川 宏	10C
2004G115	Cu及びSイオンを注入したシリカガラス中でのCuイオンの配位状態に関する研究	産総研関西セ	蔭山 博之	12C
2004G116	真空紫外光照射による高絶縁性SiO ₂ 薄膜の研究	産総研	深野 敦之	20A
2004G117	in-situ XAFSによる水素化脱硫触媒のキレート剤添加効果の解明	島根大総合理工	久保田岳志	9A, 10B
2004G119	酸化還元状態が異なるマグマへのイオウの溶解度とイオウの化学状態の関係	広大理	高橋 嘉夫	9A, 12C
2004G120	XAFS法を用いた種々のpH値の溶液中における金属ポルフィリン錯体の状態分析	福岡大理	栗崎 敏	9A, 7C
2004G121	X線吸収微細構造を用いた土壌汚染重金属(クロム)の環境中での挙動と化学形態変化の解明	産総研	津野 宏	12C

2004G122	植物中の生体鉱物における微量元素分析と化学状態分析	姫工大理	芳賀 信彦	4A
2004G123	超臨界状態におけるベンゼン-水系のゆらぎ構造と混合状態の解明	千葉大自然科学	西川 恵子	15A
2004G125	ミクロからメソレベルで構造制御された炭素電極上の白金粒子の構造解析	横浜国大環境情報	吉武 英昭	10B
2004G126	Carbidization of Metal Clusters on Mesoporous Carbons	Korea Adanced Institute of Science and Technology	Ryong Ryoo	10B
2004G127	X線ゾーンプレートを用いた生体材料の化学状態マッピング	産総研	池浦 広美	27A, 27B
2004G128	アラニルtRNAシンセターゼのアミノ酸校正機構の解明	北大理	渡邊 信久	NW12, 18B
2004G129	高度好熱古細菌 <i>Sulfolobus tokodaii</i> 由来 L-rhamnose 生合成経路に関する蛋白質群の耐熱性に関する構造生物学研究	北大理	渡邊 信久	6A
2004G130	糖加水分解酵素 GH31 ファミリー α キシロシダーゼの構造解析	北大理	姚 閔	NW12, 18B, 6A
2004G131	翻訳開始因子 eIF2B 複合体の構造解析	北大理	姚 閔	NW12, 18B, 6A
2004G132	ホスト・ゲストペプチド単結晶の高分解能解析によるコラーゲン三重らせん構造の安定化及び不安定化機構の解明	東京農工大工	奥山 健二	6A
2004G133	スフィンゴミエリン代謝系酵素のX線結晶構造解析	徳島文理大健康科学研究	津下 英明	NW12
2004G134	高度好熱菌 <i>Thermus thermophilus</i> HB27 株のアミノ基転移酵素 LysN のX線結晶構造解析	東大生物生産工学研	西山 真	5
2004G135	キネシンモーターのX線結晶構造解析	東大医	廣川 信隆	NW12, 6A
2004G136	細菌乳酸脱水素酵素の系統的構造的解析	東理大理	田口 速男	6A
2004G137	<i>Sphingomonas</i> sp. KA1 株由来 carbazole 1, 9a-dioxygenase のX線結晶構造解析	東大生物生産工学研	野尻 秀昭	5, NW12
2004G138	Structural analysis of a new type of a NADPH-dependent quinone oxidoreductase from <i>Escherichia coli</i> .	Laboratory of Biophysics, Seoul National Univ.	Sa-Ouk Kang	NW12, 18B
2004G139	キサンチン酸化還元酵素の各種反応中間体の追跡	日医大医	西野 武士	NW12
2004G140	緑膿菌病原性発現に関わる転写因子群の立体構造	国立遺伝学研	白木原康雄	18B
2004G141	ペルオキシダーゼ様新規酵素 DyP およびその基質複合体の立体構造解析	東工大資源化学研	菅野 靖史	NW12
2004G142	インゲン炭疽病菌由来キチン脱アセチル化酵素の結晶構造解析	農業生物資源研	藤本 瑞	5, 6A, NW12
2004G143	G.U wobble ペアを持つRNA二本鎖のX線結晶構造解析	農業生物資源研	藤本 瑞	6A, NW12
2004G144	DNAポリメラーゼ付随サブユニット BMRF1の結晶構造解析	理研ゲノム科学総合研究セ	村山 和隆	NW12
2004G145	バクテリア由来の代謝制御因子の立体構造決定	産総研	小池 英明	6A, 18B
2004G146	NSFおよびSec6/8複合体のX線結晶構造解析による膜融合制御機構の解明	東工大生命理工	深井 周也	NW12, 5
2004G147	Crystal structure of transcription regulating protein HutP complexed with RNA and L-histidine	産総研	Penmetcha K.R. Kumar	6A, NW12
2004G148	バクテリアの細胞死に関与する蛋白質複合体の構造生物学的研究	理研	鎌田 勝彦	NW12, 6A
2004G149	ウエルシュ菌が産出する膜孔形成毒素のX線構造解析	京大低温物質科学研究セ	北所 健悟	6A, NW12
2004G150	ジフテリア毒素変異体のX線構造解析	京大低温物質科学研究セ	北所 健悟	6A, NW12
2004G151	超高分解能結晶構造解析によるFAD蛋白質の電子伝達機構解明	産総研生物情報解析研究セ	千田 俊哉	NW12, 5, 6A
2004G152	コリネ型細菌のアセチルCoAカルボキシラーゼのX線結晶構造解析	産総研生物情報解析研究セ	千田 俊哉	NW12, 5
2004G153	コドンの使用頻度が顕著にことなるアルギニル tRNA合成酵素の構造の比較による機能的分化の研究	お茶の水女子大理	今野美智子	NW12
2004G154	細胞の分化・ガン化に関わるタンパク質・Axin DIX ドメイン変異体のX線結晶構造解析	姫工大理	柴田 直樹	NW12
2004G155	Structure and functional analysis of a histone chaperone, CIA: an interactor of TAF _{II} 250	理研ゲノム科学総合研究セ	B. Padmanabha	18B, 6A
2004G156	ポリアミン生合成関連酵素群の立体構造解析	東工大理工	佐藤 孝雄	NW12, 5
2004G157	ダイニン重鎖の微小管結合領域の結晶構造解析	物構研	若槻 壮市	NW12, 6A, 18B
2004G158	単色X線を使用した時分割結晶構造解析によるニワトリ卵白リゾチームの反応メカニズムに関する研究	京大農	相原 茂夫	6C

2004G159	STRUCTURE DETERMINATION OF THE SMALL GTPASE RAB27A ALONE AND IN COMPLEX WITH ITS EFFECTORS INVOLVED IN INSULIN RELEASE AND MELANOSOME TRANSPORT	物構研	若槻 壮市	18B, 6A, NW12
2004G160	STRUCTURE DETERMINATION OF THE HUMAN SIALIDASE NEU2 IN COMPLEX WITH INFLUENZA NEURAMINIDASE INHIBITOR	物構研	若槻 壮市	18B, 6A, NW12
2004G161	SKD1及び変異体SKD1に関する結晶学的研究	物構研	若槻 壮市	NW12
2004G162	ユビチキン化蛋白質選別にかかわる蛋白質 Hrsの結晶学的研究	物構研	若槻 壮市	NW12, 6A, 5
2004G163	ダイニンのモータードメインの結晶学的研究	物構研	若槻 壮市	NW12, 6A, 5
2004G164	オートファジーに関与するPI3キナーゼ複合体Beclin/p150/hVps34の構造学的研究	物構研	若槻 壮市	5, NW12, 6A
2004G165	UDP-N-アセチルグルコサミン合成に関わる酵素の結晶構造解析	京大理	三木 邦夫	6A, 18B, NW12
2004G166	CREB結合タンパク質KIXドメインの結晶構造解析	東大農	永田 宏次	6A, 5, NW12
2004G167	好熱菌 <i>Thermus thermophilus</i> 由来カルボキシペプチダーゼの結晶構造解析	東大農	田之倉 優	6A, 5, NW12
2004G168	Galaxyを用いた単色時分割蛋白質結晶構造解析のためのデータ収集法の検討と技術開発	物構研	坂部 知平	6C, 6B
2004G169	構造情報に基づく各種抗体抗原相互作用の精密解析	東北大工	津本 浩平	6A, 18B, WN12
2004G170	分裂酵母由来セリンラセマーゼのX線結晶解析	大阪市立大理	宮原 郁子	5, NW12, 18B
2004G171	蛋白質中の硫黄原子を利用した構造解析装置の研究	物構研	五十嵐教之	NW12, 5, 18B
2004G172	Structural and functional analysis of sialic acid synthase	Institute of Biological Chemistry	Andrew H.-J Wang	6A, 18B, NW12
2004G173	タンパク質結晶成長条件と結晶品質との相関に関する研究	宇宙航空研究開発機構	吉崎 泉	18B, 6A, 10A
2004G174	2色X線CT装置開発に関わる研究	放射線医学総合研	取越 正己	NE5A
2004G175	X線小角散乱法を用いた、超好熱古細菌アルドラーゼの活性と構造	関西医大物理	終 弓絃	10C
2004G176	不飽和アルキル鎖脂質を用いたGM3グリコシグナリングドメイン形成機構の研究	札幌医大医学物理	松岡 審爾	15A
2004G177	糖脂質リサイクリングにおける脂質ドメイン構造とLBPAの役割	群馬大工	平井 光博	10C
2004G178	後期エンドソーム主要リン脂質リソビスホスファチジン酸分子集合体の構造解析	群馬大工	高橋 浩	15A, 9C
2004G179	軟X線マイクロビーム照射による細胞内シグナル伝達の研究	国際基督教大教養	高倉かほる	27B
2004G180	微小焦点蛍光X線による乳房微小石灰化の超拡大イメージング	九州大医	豊福不可依	NE5A
2004G181	放射光血管撮影による四肢末梢血管障害および冠攣縮、血管新生の評価	筑波大臨床医	榊原 謙	NE5A
2004G182	微量元素の細胞機能に及ぼす影響に関する研究	京大国際融合創造セ	井手 亜里	4A
2004G183	歯科用超拡大撮影システムの開発	九大歯	徳森 謙二	NE5A
2004G184	クライオストップフローX線溶液散乱法によるsrc3ドメインのフォールディングの研究	関西医科大物理	木原 裕	15A
2004G185	2-15keV領域の細胞致死およびDNA主鎖切断の光子エネルギー依存性	立教大理	檜枝光太郎	27A, 27B
2004G186	センサー型ヒスチジンキナーゼ (Cph1) の分子スイッチ機構	奈良先端大物質創成	片岡 幹雄	10C
2004P001	BaGe合金の液相における局所構造解析	学習院大理	水野 章敏	14A
2004P003	カラシナに蓄積したウランの化学状態分析	姫工大理生命科学	芳賀 信彦	12C
2004P005	EXAFSを用いた多孔性チタン・カーバイドの構造解析に関する研究	佐賀大シンクロトロン光応用研究セ	鎌田 雅夫	9A, 7C
2004P006	XAFS測定用マトリックスのXANES解析	東工大原子炉工学研	松浦 治明	11A
2004P007	Analysis of Cr (VI) reduction at solid-water interfaces by X-ray absorption imaging	Gutenberg University	Michael Kersten	4A
2004P008	南極ふじ基地より掘削採取した氷床中六方晶氷のX線散漫散乱	北大低温科学研	大坂 恵一	4C
2004S1-001	非平衡強相関材料開拓に向けたサブナノ秒分解X線回折ビームラインの建設と利用	東工大理工	腰原 伸也	NW14, NW2, 1A

*課題名等は申請時のものです。

放射光セミナー

題目：セラミド選別輸送分子装置

講師：花田賢太郎氏（国立感染症研究所・細胞化学部）

日時：2003年11月5日（水）13:30～14:30

題目：X-ray absorption, X-Ray Magnetic circular dichroism and molecular magnetism

講師：Emeritus professor M. Verdaguer

（Chimie Inorganique et Materiaux Moleculaires, Unite CNRS 7071 Universite Pierre et Marie Curie）

日時：2003年11月5日（水）13:30～14:30

題目：XAS at the ESRF: Activities on BM29 and ID24

講師：Dr. Sakura Pascarelli（ESRF）

日時：2003年11月7日（金）15:00～16:00

題目：An insight into ADP/ATP translocation :The structure of mitochondrial ADP/ATP carrier at 2.2 resolution

講師：Eva Pebay-Peyroula 氏（Institut de Biologie Structurale, Grenoble）

日時：2003年11月13日（木）14:00～15:00

題目：Time-Resolved Diffraction with Electron or X-ray Beam

講師：Dr. Hyotcherl Ihee（Department of Chemistry, Korea Advanced Institute of Science and Technology）

日時：2003年11月18日（火）13:30～14:30

題目：誘電応答関数、振動子強度スペクトル、散乱因子など一物性の一つの見方

講師：井口道生氏（アルゴンヌ国立研究所名誉主任研究員）

日時：2003年11月19日（水）15:00～16:00

題目：Present Status and Future Prospects of Shanghai Synchrotron Radiation Source

講師：Prof. Xu Hongjie（Institute of Shanghai of Applied Physics 所長）

日時：2003年12月22日（月）13:30～15:00

題目：Protein Structure-Function Analyses; The Road from Prediction to Confirmation

講師：Prof. Zehra Sayers,（Sabanci University, Faculty of Engineering and Natural Sciences）

日時：2004年1月16日（金）16:30～18:00

題目：The Cornell ERL Project

講師：Prof. Georg Hoffstaetter（Cornell University）

日時：2004年2月18日（水）14:00～15:30

物構研セミナー

題目：リンドウで開かれるノーベル賞授賞者の会

講師：井口道生氏（アルゴンヌ国立研究所名誉主任研究員）

日時：2003年11月20日（木）15:00～16:00

題目：パーキンソン病をめぐる最近の話題

講師：望月秀樹先生（順天堂大学医学部脳神経内科 老人性疾患病態・治療研究センター）

日時：2003年12月17日（水）13:00～14:00

題目：Physics of Carbohydrate Complexes in 2D and 3D Systems

講師：Dr. Motomu Tanaka（Emmy Noether Project Leader of Biophysics, Dept. Phys., Tech. Univ.）

日時：2004年1月21日（木）13:30～14:30

最新の情報はホームページ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/>) をご覧下さい。

平成 15 年第 2 期ビームタイム配分結果一覧

Date	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	T/M							SER RUN B							USER RUN M							
1A																						
1B																						
1C																						
2A																						
2C																						
3A																						
3B																						
3C																						
4A																						
4B																						
4C																						
5A																						
6A																						
6B																						
6C																						
7A																						
7B																						
7C																						
8A																						
8B																						
8C																						
9A																						
9C																						
10A																						
10B																						
10C																						
11A																						
11B																						
11C																						
12A																						
12B																						
12C																						
Date	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	T/M							SER RUN B							USER RUN M							
13A																						
13B																						
13C																						
14A																						
14B																						
14C																						
15A																						
15B																						
15C																						
16A																						
16B																						
17A																						
17B																						
17C																						
18A																						
18B																						
18C																						
19A																						
19B																						
20A																						
20B																						
27A																						
27B																						
28A																						
28B																						
Date	9/22	9/23	9/24	9/25	9/26	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	STOP							E							E							
NE1A1																						
NE1A2																						
NE1B																						
NE3A																						
NE5A																						
NE5C																						
NW2A																						
NW12A																						
Operation	STOP							E							E							
SPF																						

Date	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	M	B	USER RUN					M	B	USER RUN					MA/M	B [SB]	USER RUN (Single Bunch)					
1A																						
1B	03G214 有馬 03G192 阿部																					
1C	02S2-002 風崎																					
2A																						
2C	02G187 山田 03G008 田口																					
3A	03G183 依々木																					
3B	02G179 匂坂 ビームライン調整																					
3C	02G070 関田(C2)																					
4A	02G330 小泉 02G324 大越 02G118 芳賀 03G181 中井																					
4B	03G029 井田(B2)																					
4C	03G207 石田 03G198 若林																					
5A																						
6A	03P005 吉崎 03G305 神島 02G313 中江 03S2-002 Protein3000 03G104 藤木																					
6B																						
6C																						
7A	01S2-003 太田																					
7B	03G146 眞田																					
7C	調整 02G274 飯塚 03G082 眞田																					
8A	02G121 小林																					
8B																						
8C	02G230 西原(C2)																					
9A	共同研究 03G076 Fons SX調整 03G278 半田 03G075 半田																					
9C	03G195 我本																					
10A	03G191 山脇																					
10B	03G292 藤江 02G104 眞田 02G088 中田 03G286 松林																					
10C	02G095 野島 03G227 戸木田 03G314 神原 02G332 松嶋 03G329 和泉																					
11A	03G303 大久保																					
11B	共同研究																					
11C																						
11D																						
12A	02G024 間瀬																					
12B																						
12C	02G303 中井 共同研究 03G086 松原 Reser 03G252 風崎																					

Date	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	M	B	USER RUN					M	B	USER RUN					MA/M	B [SB]	USER RUN (Single Bunch)					
13A	02G050 八木																					
13B	02G109 大塚(B1)																					
13C	調整 User																					
14A	03PF-16 田中																					
14B	03G040 高橋																					
14C	02S2-001 武田(C1)																					
15A	03G060 森田 列木 Stanford																					
15B	03S2-001 我本(B2)																					
15C	02G200 巻村																					
16A	01S2-002 村上(A2X2) 03G001 有馬G(A2)																					
16B																						
17A																						
17B																						
17C																						
18A	02G286 坂本																					
18B	02G322 大石 02G219 田淵 03G124 野原 Setup																					
18C	03P002 坂本 02G055 Vangopetahem																					
19A	03G015 泉田																					
19B	02G175 樋口																					
20A	調整																					
20B																						
27A	03G330 宇佐美 02G334 小林																					
27B	02G334 小林 02G057 檜枝																					
28A	02G003 野島																					
28B																						

Date	10/13	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12
Operation	M	B	USER RUN					M	B	USER RUN					M	B	USER RUN					
NE1A1																						
NE1A2	03PF-21 兵藤																					
NE1B	調整 02G191 小出																					
NE3A	03G177 三井																					
NE5A	02G163 兵藤																					
NESC	03G185 草埔 03G025 川嶋																					
NW2A	02G030 坂本 03G186 風崎																					
NW12A	03G122 千田 02G145 廣川 共同研究 03G116 伏倉 03S2-002 Protein3000																					

Table 1: Experimental schedule from 11/3 to 11/23. Rows include 1A-12C and columns for days of the week. Content lists various experiments like 03G198, 03PF28, 02G174, etc.

Table 2: Experimental schedule from 11/3 to 11/23. Rows include 13A-28B and columns for days of the week. Content lists various experiments like 03G206, 02G103, 03G044, etc.

Table 3: Experimental schedule from 11/3 to 11/23. Rows include NE1A1-NW2A and columns for days of the week. Content lists various experiments like 03G176, 03G315, 02G049, etc.

Date	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14																																										
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12																																									
Operation	M	B	USER RUN							MA/M	B	USER RUN							M	B	USER RUN																																										
1A																																																															
1B	02G041 北川							02G054 幾原							03G210 山内							02G211 石田							02G064 内海																																		
1C	02G011 松田																																																														
2A	03G246 朝倉																																																														
2C																																																															
3A	02G229 八島							02G039 八島							02S2-002 尾嶋							02S2-002 尾嶋																																									
3B	03G006 小田切																																																														
3C	03G012 安達(C3)																																																														
4A	02G343 南宮							02G113 三河内							02G113 三河内							調整 共同研究																																									
4B	02G224 大川(G1)							03G029 井田(B1)							03G190 石橋(B2)							02G064 内海																																									
4C	03G198 香林							03G196 中塚							03G196 中塚							03G028 近藤							02G054 幾原																																		
5A																																																															
6A	02G148 小林							02G149 若槻							03G310 佐藤							02G142 賀野							03S2-002 Protein3000																																		
6B																																																															
6C																																																															
7A	03G014 西宮																																																														
7B																																																															
7C	02G100 山口							03G292 渡辺							02G269 百武							02G233 大星																																									
8A	共同研究																																																														
8B																																																															
8C	共同研究																																																														
9A	sk 調整 03G085 松原							共同研究							03G286 Jallievand							02G089 田邊							03G085 松原																																		
9C	XAFS調整																																																														
10A	03G193 大星																																																														
10B	02G116 一橋																																																														
10C	02G095 野島							03G228 櫻井							03G136 片川							03G054 倉谷																																									
11A	共同研究																																																														
11B	03G087 櫻井																																																														
11C																																																															
11D	02G185 石井																																																														
12A	03G180 羽多野																																																														
12B																																																															
12C	03G270 中井							02G287 脇田							03G092 岩瀬							03G286 Jallievand							02G259 船							02G243 高橋							03G047 今野																				
Date	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14																																										
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12																																									
Operation	M	B	USER RUN							MA/M	B	USER RUN							M	B	USER RUN																																										
13A	03G037 近藤																																																														
13B	02G110 大塚(B1)																																																														
13C	03G179 片岡							03PF-18 橋本							02G126 今村							03G268 小林																																									
14A																																																															
14B																																																															
14C	02S2-001 武田(C1)																																																														
15A	03G142 八田							02G325 高木							02G170 松岡							03G138 高橋																																									
15B	02G231 百生																																																														
15C	03G223 平野																																																														
16A	02S2-003 櫻井(G1)②																																																														
16B	02G023 小澤							02S2-003 櫻井(G1)②							02G176 見附							02G238 大湖																																									
17A																																																															
17B																																																															
17C																																																															
18A	02G029 松田																																																														
18B	03G107 Suh							03G218 田淵							03G107 Suh							02G029 松田							02G320 松塚							02G320 松塚																											
18C	03G205 鈴木																																																														
19A																																																															
19B	02G194 堀内																																																														
20A	03G151 Stark																																																														
20B																																																															
27A	03G330 宇佐美							02G346 笠井							02G345 三塚							03G254 岩瀬							02G250 矢坂																																		
27B	03G285 鈴木							共同研究							02G080 岡本							03G254 岩瀬							02G250 矢坂																																		
28A	02G007 高原							調整							02G176 見附							02G032 山口							03G295 尾嶋							02G250 矢坂																											
28B																																																															
Date	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14																																										
Time	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12	9	12																																									
Operation	M	B	USER RUN							M	B	USER RUN							M	B	USER RUN																																										
NE1A1	03G162 矢野																																																														
NE1A2	調整																																																														
NE1B	03G004 喜多																																																														
NE3A	03PF-33 塚																																																														
NE5A	光学系調整																																																														
NE5C	03G038 榎谷																																																														
NW2A	03PF-32 塚							03G162 矢野							03G294 野村							03G107 Suh							02G138 橋本							共同研究							03G124 野尻							03G115 伏俣							03G114 近藤						
NW12A	03G129 田之倉							03G106 黒河							03S2-002 Protein3000							03G110 殿塚							03S2-002 Protein3000							共同研究							03S2-002 Protein3000							03G105 門間							03G309 矢嶋						
Operation	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E																																								
SPF																																																															

Date	12/15	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23	12/24	12/25	12/26	12/27	12/28		
Time	9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9		
Operation	M	B [3GeV]	USER RUN [3GeV]										STOP			
1A																
1B	03G027 泉壽							02G201 久保國								
1C	調整															
2A																
2C	03G149 藤森															
3A	02G052 田中							02G066 佐々木								
3B																
3C	03PF-31 藤(C2)															
4A	02G172 井出			02G118 芳賀			03G272 中井			02S2-003 榎井						
4B	03G204 長瀬(B2)			02G198 樺本(B2)			02G074 八島(B2)									
4C	03G192 阿部							03PF-27 若林								
5A																
6A	03G103 西山		03G130 田之倉		02G142 菅野		02G149 若槻		03G311 千田		02G305 原田		02G150 若槻			
6B																
6C																
7A	02G266 今西				02G131 北島				03G259 木口							
7B																
7C	02G235 番山							02G058 杉山								
8A	02G137 百生															
8B																
8C	共同研究															
9A	03G093 田				02G270 新倉											
9C	03G275 山本			03G229 榎井			03G055 上野			小角散乱実験装置調整						
10A	03G038 大庭				03G208 栗林											
10B	02G112 野村		02G092 榎井				02G279 富永			02G283 市川		03G268 松林				
10C																
11A	03G328 伊藤				03G340 伊藤				02G038 北本							
11B																
11C	02G036 小澤															
11D																
12A	02G114 間瀬															
12B																
12C	03G048 赤藤		03G242 吉瀬			02G254 内本			共同研究							
Date	12/15	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23	12/24	12/25	12/26	12/27	12/28		
Time	9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9		
Operation	M	B [3GeV]	USER RUN [3GeV]										STOP			
13A	02G055 Vanpeteghem		02G050 八木				03G194 轟									
13B	02G076 大久保(B2)															
13C																
14A	共同研究							02G030 岸本								
14B	02G223 石田															
14C	02G063 大高(C2)							03G031 藤藤(C2)								
15A	03G048 藤山		02G329 藤藤		02G337 木原		02G338 木原		03G317 小島		03G321 木原		03G332 木原			
15B	02G053 山口(B1)		02G296 Fons(B1)		03G320 鹿野(B1)											
15C	03G223 平野															
16A	03PF-24 澤(GA2)				01S2-002 村上(GA2)(T)											
16B																
17A																
17B																
17C																
18A	02G027 藤森															
18B	02G308 Chao				03G218 田淵			03G112 片瀬			02G226 中山					
18C	02G226 中山				03G194 轟				02G226 中山							
19A																
19B	03G157 幸															
20A	03G151 Stark															
20B																
27A	03G253 下山				02G345 三枝				02G334 小林							
27B	02G090 赤堀		03G302 大賀		02G090 赤堀		02G080 岡本		03G285 鈴木		02G250 矢板			共同研究		
28A																
28B	02G253 堀内				03G168 野澤											
Date	12/15	12/16	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23	12/24	12/25	12/26	12/27	12/28		
Time	9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9	12 9 12 9		
Operation	M	B	USER RUN										STOP			
NE1A1																
NE1A2																
NE1B	03G189 小野															
NE3A	02G034 岡野															
NE5A	03G203 沖津															
NE5C	03G184 東端															
NW2A	03G294 野村															
NW12A	03G118 海野		03G101 竹中		共同研究		03S2-002 Proton3000		03S2-002 藤岡		02G314 藤岡		03G125 藤岡		02G319 多田	
Operation	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		
SPF	STOP															

編集委員会から

PF ニュース送付希望の方へ

PF ニュースでは送付申し込み登録制度を導入しております。送付をご希望の方はお手数ですが、PF ニュースホームページ (<http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>) の登録フォームよりお申し込み下さい。登録の有効期限は毎年年度末(3月末)までとさせていただきますので、次年度も送付を希望される方は改めて登録が必要です。ホームページ上の更新フォームにてお申し込み下さい。送付先に変更がなければ、お名前と登録番号の入力だけで更新できます。また、更新フォームには簡単なアンケートがありますのでご協力をお願い致します。

今まで自動的に送付されていた過去の課題責任者並びに課題参加者、現在有効課題に参加している方(課題責任者のみ自動的に送付)は登録が必要ですが、下記の方々のご登録いただかなくても自動的にPF ニュースが送付されます。

1) PF 懇談会会員

会員期間中はPF ニュースを送付します。年度末の更新手続きは必要ありません。

2) 共同利用実験課題責任者

課題の有効期間中はPF ニュースを送付します。複数の課題をお持ちの場合、送付期間は自動的に最新課題の有効期間まで更新されます(送付は1冊です)。有効課題の期間が切れるとPF ニュース送付登録は消去されます。購読の継続を希望される方は登録フォームにてご登録下さい。

3) 図書館や図書室等

これまで通り寄贈いたします。

4) 物構研評議員、物構研運営協議員、放射光共同利用実験課題審査委員

委員任期中はPF ニュースを送付致します。

5) 加速器奨励会役員・評議員・賛助会員

これまで通り加速器奨励会事務局より送付致します。

6) PF にメールボックスをお持ちの方

これまで通りメールボックスに配布致します。

また、PF ニュースでは下記のカテゴリーで皆様からの投稿をお待ちしております。詳細は事務局またはPF ニュースホームページをご覧ください。

【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

【建設・改造ビームラインを使って】

特にビームラインの改良点、他のビームラインとの比較、要望等を是非お聞かせ下さい。

【ユーザーとスタッフの広場】

海外放射光施設に滞在、訪問された方、また国際会議等に参加された方、どうぞご投稿下さい。

【PF 懇談会だより】

ユーザーグループのミーティング、活動・運営報告等がありましたらお寄せ下さい。

宛 先

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所 放射光研究施設内
PF ニュース編集委員会事務局
TEL: 029-864-5196 FAX: 029-864-2801
E-mail: pf-news@pfqst.kek.jp
URL: <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

編集後記

例年、年度始めの編集会議では表紙の色をはじめ、その年の誌面の体裁も話し合います。そのため最初の会議は長く、回を重ねるごとに早く終わるようになるのが常です。ところが今回、年度最後の編集会議で来年度からの誌面の変更が決まりました。PF ニュース全体にわたる、大規模かつ些細な変更ですので、ぜひチェックのほどを。

さて、私の任期はこれで終了となります。今年度はどうしたことか編集委員長をつとめていたのですが、自分自身はなるべく裏方に徹し、他の編集委員の方々に活躍していただくのをモットーにしていまいりましたので、あまり私の「色」は見えなかったかと思えます。来年度のPF ニュースはどんな色になるか、みなさまご期待下さい。(K.A.)

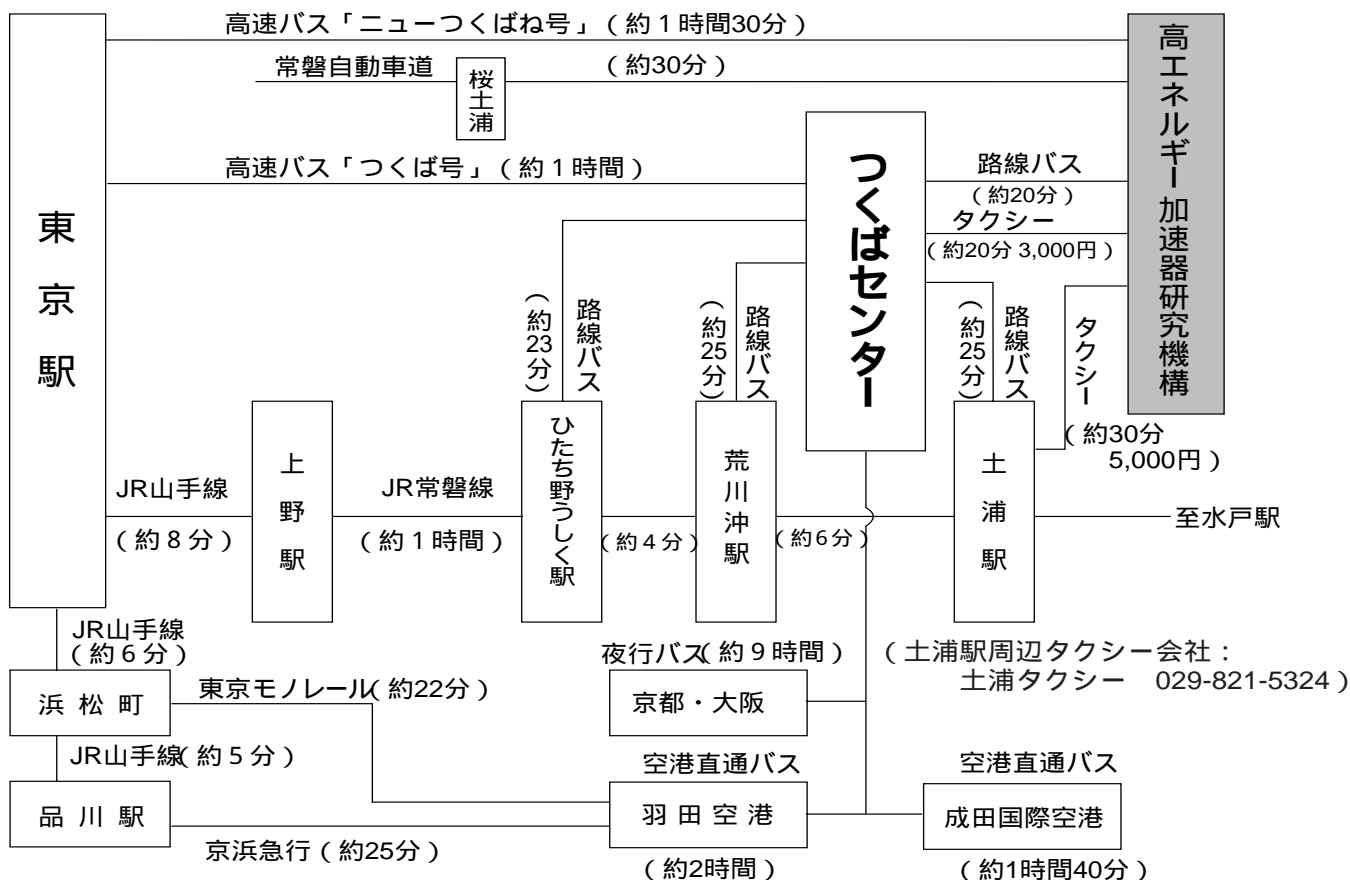
編集委員

委員長	雨宮健太	東京大学大学院理学系研究科
副委員長	兵藤一行	物質構造科学研究所
委員	一國伸之	千葉大学工学部
	上田和浩	(株)日立製作所日立研究所
	小野寛太	物質構造科学研究所
	川崎政人	物質構造科学研究所
	澤 博	物質構造科学研究所
	神保雄次	山形大学大学院理工学研究科

杉山 弘	物質構造科学研究所
高橋良美	物質構造科学研究所(事務局)
長嶋泰之	東京理科大学理学部
永田宏次	東京大学大学院農学生命科学研究科
羽多野忠	東北大学多元物質科学研究所
原 一広	九州大学大学院工学研究院
宮内洋司	物質構造科学研究所

卷末情報

KEKアクセスマップ・バス時刻表



(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー029-864-0301) (確認日：2004. 1. 30)

高速バス (問い合わせ先：関鉄学園サービスセンター 029-852-5666 JRバス東京営業センター 03-3215-1468)

高速バス時刻表 [ニューつくばね号]

所要時間 約1時間30分

2002年10月15日改正

運賃 東京駅 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) : 1,470円 (5枚綴り回数券6,100円)

東京駅八重洲南口 KEK(筑波山行き)	
東京駅	KEK
07:20	08:45
09:10	10:35
11:10	12:35
12:50	14:15
14:50	16:15
16:40	18:05
18:40	20:05
20:20	21:45

KEK 東京駅日本橋口行き				
KEK	上野駅	東京駅日本橋口		
		平日のみ	平日	休日
06:02	08:00		08:20	07:50
08:00	09:55		10:15	09:45
10:15	12:10		12:30	12:00
12:15	14:10		14:30	14:00
14:20	16:05		16:25	16:05
16:05	17:50		18:10	17:50
17:40	19:25		19:45	19:25
19:30	21:15		21:35	21:15

上下便、高速道路後のバス停：谷田部、谷田部営業所、農林団地中央、果樹試験場入口、松代四丁目、自動車研究所、東光台研究団地、東光台一丁目、国土地理院、土木研究所、大穂支所、高エネルギー加速器研究機構、北部工業団地入口、筑波支所前、常陸北条、筑波山

高速バス発車時刻表 [つくば号]

1999年10月1日改正

運賃 東京駅 つくばセンター：1250円（5枚綴り回数券5200円）

所要時間 東京 つくば65分

つくば 上野90分（平日） つくば 東京110分（平日）
つくば 東京80分（日祝日）

東京駅八重洲南口 つくばセンター行		
時	平 日	日 祝 日
5		
6	00 30	00 30
7	00 20 40 50	00 20 40 50
8	00 10 30 40 50	00 10 30 40
9	00 10 30 40 50	00 10 30 40
10	00 10 30 40 50	00 10 30 40
11	00 10 30 40 50	00 10 30 40
12	00 10 30 40 50	00 10 30 40
13	00 10 30 40	00 10 30 40
14	00 10 30 40	00 10 30 40
15	00 10 30 40 50	00 10 30 40 50
16	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
17	00 10 20 30 40 50	00 00 10 20 30 40 50
18	00 00 10 20 30 40 50	00 00 10 20 30 40 50
19	00 10 20 30 40 50	00 00 10 20 30 40 50
20	00 00 10 20 30 40 50	00 00 10 20 30 40 50
21	00 10 20 30 40 50	00 00 10 20 30 40 50
22	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
23	00 00	00 00

つくばセンター 東京駅日本橋口行		
時	平 日	日 祝 日
5	15 30 45	15 30 45
6	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
7	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
8	00 12 24 36 48	00 10 20 30 40 50
9	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
10	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
11	00 12 24 36 48	00 10 20 30 40 50
12	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
13	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
14	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
15	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
16	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
17	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
18	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
19	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
20	00 15 30 45	00 15 30 45
21	00 15 30	00 15 30
22		
23		

上りは、平日のみ上野駅経由

上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目、千現一丁目、並木一丁目、並木大橋

JR常磐線

（土浦駅発着）（問い合わせ先：土浦駅 029-822-9822）（2001年12月1日改正）

所要時間 土浦駅 - 上野駅 （普）約70～80分〔1,110円〕 （快）約60分 （特）約50分〔1,110円+950円(特急料金)〕

〔運賃〕 土浦駅-荒川沖駅 約6分〔190円〕 土浦駅-ひたち野うしく駅 約10分〔190円〕

JR常磐線上り					
土浦発	上野着	種別	土浦発	上野着	種別
5:20	6:28		9:44	10:28	特
5:45	6:54		9:58	11:08	
6:06	7:06	特	10:10	11:24	
6:10	7:20		10:21	11:04	特
6:24	7:41		10:28	11:41	
6:31	7:28	特	10:36	11:50	
6:41	7:58		10:47	12:08	特
6:46	7:57		11:07	12:22	
6:50	7:52	快	11:21	12:04	特
6:58	8:11		11:27	12:40	
7:02	8:07		11:37	12:53	
7:03	8:04	快	11:48	13:09	特
7:08	8:17		12:07	13:25	
7:11	8:18		12:16	13:31	
7:12	8:23		12:21	13:04	特
7:20	8:33		12:33	13:49	特
7:21	8:33		12:48	14:09	
7:29	8:39		13:07	14:22	
7:31	8:40		13:21	14:04	特
7:35	8:52		13:27	14:42	
7:44	8:52		13:35	14:50	特
7:45	8:45	快	13:49	15:01	
7:59	8:55	特	14:07	15:21	
8:04	9:17		14:21	15:04	特
8:20	9:10	特	14:27	15:40	
8:25	9:40		14:48	16:01	特
8:34	9:25	特	15:07	16:20	
8:52	10:07		15:21	16:05	特
9:10	9:59	特	15:25	16:33	
9:12	10:20		15:35	16:53	
9:29	10:40		15:49	17:02	特
9:38	10:50		15:53	16:35	特

JR常磐線下り					
上野発	土浦着	種別	上野発	土浦着	種別
5:10	6:13		11:03	12:19	
6:03	7:13		11:16	12:28	
6:30	7:34		11:30	12:12	特
6:46	7:57		11:34	12:51	
7:00	7:39	特	11:50	13:01	
7:02	8:07		12:03	13:20	
7:30	8:15	特	12:16	13:28	
7:35	8:42		12:30	13:14	特
7:48	8:59		12:34	13:48	
7:49	8:59		12:50	14:01	特
8:00	8:50	特	13:03	14:19	
8:07	9:13		13:16	14:29	
8:12	9:25		13:30	14:13	特
8:13	9:25		13:34	14:48	
8:19	9:33		13:50	15:01	
8:27	9:37		14:03	15:09	
8:30	9:19	特	14:16	15:28	
8:36	9:41		14:30	15:15	特
8:42	9:56		14:34	15:47	
8:48	9:56		14:50	16:01	
8:48	10:04		15:03	16:18	
9:02	10:10		15:16	16:28	
9:10	10:23		15:30	16:13	特
9:13	10:25		15:34	16:48	
9:25	10:44		15:50	17:02	
9:30	10:18	特	16:16	17:28	
9:49	11:01		16:30	17:12	特
10:03	11:19		16:38	17:49	
10:16	11:28		16:50	18:01	
10:30	11:13	特	17:11	18:23	
10:34	11:48		17:30	18:13	特
10:50	12:01		17:33	18:45	

土・休日運休 土・休日運休

特 特急 快 通勤快速（荒川沖駅、ひたち野うしく駅には止まりません。）

（土浦駅23:26発の「我孫子行き」を利用すると、取手駅または我孫子駅乗り換えで上野駅に24:36到着。）

つくばセンター KEK間

2003年3月16日改正

所要時間 約20分 運賃 430円 (KEK - 土浦駅間の料金は760円) つくばセンター乗り場1番
 18系統：土浦駅東口～つくばセンター～KEK～筑波テクノパーク大穂 C8A系統：つくばセンター～KEK～筑波テクノパーク大穂
 61系統：つくばセンター～KEK～筑波駅 71系統：つくばセンター～(西大通り)～KEK～下妻駅 (筑波大学は経由しません)

系統	土浦駅東口	つくばセンター	KEK	系統	土浦駅東口	つくばセンター	KEK	系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口	系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口
18	06:57	07:14	07:32	61		×14:25	×14:41	61	07:39	08:00		61	×13:54	×14:15	
18	×07:50	×08:07	×08:25	18	×14:10	×14:27	×14:45	71	07:43	08:05		71	14:48	15:10	
61		08:30	08:46	C8		15:15	15:30	C8	08:08	08:26		C8	×15:20	×15:39	
71		08:40	08:53	71		15:30	15:43	71	08:38	09:00		61	15:34	15:55	
C8		08:50	09:05	61		16:05	16:21	C8	×09:05	×09:24		71	15:43	16:05	
71		09:20	09:33	71		16:40	16:58	18	09:40	10:00	10:22	C8	16:10	16:29	
C8A		×09:30	×09:46	C8		16:40	16:55	61	09:49	10:10		61	×16:29	×16:50	
61		10:15	10:31	61		×17:00	×17:16	71	10:18	10:40		61	16:44	17:05	
71		10:50	11:03	C8		×17:20	×17:35	C8	×10:30	×10:49		71	17:08	17:30	
C8		×10:55	×11:10	61		17:20	17:36	71	11:31	11:50		61	17:29	17:50	
71		12:00	12:13	71		17:45	17:58	61	11:34	11:55		C8	17:40	17:59	
61		12:00	12:16	C8		18:10	18:25	18	×11:40	×12:00	×12:22	61	×17:59	×18:20	
18	12:10	12:27	12:45	61		18:10	18:26	61	12:39	13:00		C8	×18:10	×18:29	
61		13:20	13:36	61		×18:30	×18:46	61	×12:54	×13:15		18	19:00	19:20	19:42
61		×13:25	×13:41	C8		×18:40	×18:55	C8	13:25	13:44		71	19:08	19:30	
71		14:00	14:13	71		19:40	19:53	71	13:28	13:50		C8	×19:30	×19:49	
61		14:20	14:36	C8		×20:00	×20:15	61	13:49	14:15		18	×20:50	×21:10	×21:32

(×は土曜・休日運休、は土曜・休日運転)

土浦駅 つくばセンター

(2003年3月16日改正)

所要時間 約25分 (特急バス 土浦 つくばセンター約15分 つくばセンター 土浦約20分)
 運賃 510円 つくばセンター乗り場3番

の時刻表にも土浦駅 つくばセンター間の(18系統)が掲載されていますので、ご参照下さい。

土浦駅発					つくばセンター発				
05:30	08:20	11:45	14:45	17:45	06:24	10:39	13:54	16:54	20:24
05:45	08:30	12:00	15:00	18:00	07:04	10:54	14:09	17:09	20:39
06:00	08:45	12:15	15:15	18:15	07:24	11:09	14:19特	17:19特	21:09
06:10	09:00	12:20特	15:20特	18:20特	07:34	11:19特	14:24	17:24	21:39
06:20	09:15	12:30	15:30	18:30	×07:35	11:24	14:30二	17:39	22:00
06:30	09:20特	12:35二	15:45	18:50	07:54	11:39	14:39	17:54	22:09
06:40	09:30	12:45	16:00	19:05	07:59	11:54	14:54	18:09	22:39
06:50	09:45	13:00	16:15	19:10	08:14	12:09	15:06	18:19特	
07:00	10:00	13:15	16:20特	19:30	08:34	12:19特	15:09	18:29	
07:05	10:15	13:20特	16:20二	19:47	08:54	12:24	15:19特	18:49	
07:20	10:20特	13:30	16:30	20:15	09:09	12:39	15:24	19:04	
07:30二	10:30	13:30二	16:45	20:40	09:19特	12:54	15:39	19:09	
07:40	10:45	13:45	17:00	21:15	09:24	13:09	15:54	19:19	
07:55	11:00	14:00	17:15	21:45	09:39	13:19特	16:09	19:29	
08:00	11:15	14:15	17:20特	22:15	09:54	13:24	16:19特	19:49	
08:10	11:20特	14:20特	17:25	22:40	10:09	13:39	16:24	20:04	
08:15	11:30	14:30	17:30		10:24	13:45	16:39	20:20	

(凡例)
 無印 平日・土・祝日ともに運行
 土・日祝日運休
 土・日祝日運行
 × 土・日祝日・休校日運休
 二 土浦二高経由
 特 特急バス
 (土浦-吾妻-つくばセンターのみ停車)

ひたち野うしく駅 つくばセンター

(2003年7月16日改正)

所要時間 約23分 運賃 500円 (発時刻のみ)

平日						土曜・日祝日					
ひたち野うしく駅発			つくばセンター発			ひたち野うしく駅発			つくばセンター発		
06:55	12:02	●17:12	06:20	11:28	●16:43	07:35	13:03	18:20	06:57	12:33	17:45
●07:07	●12:23	17:29	●06:35	●12:00	16:57	●07:51	●13:28	18:36	●07:20	●13:00	18:05
07:29	12:51	17:44	06:53	12:21	17:07	08:17	14:02	●19:01	07:42	13:33	●18:32
07:52	13:10	17:56	07:12	12:40	17:19	08:40	14:25	19:29	08:03	13:49	18:55
●08:15	●13:23	●18:20	●07:40	●12:49	●17:45	●08:55	●14:44	19:47	●08:23	●14:09	19:10
08:40	13:43	18:35	08:01	13:12	17:56	09:26	15:05	●20:02	08:54	14:32	●19:30
08:54	14:03	18:50	08:17	13:30	18:17	●09:53	15:24	20:21	●09:20	14:57	19:46
09:10	●14:25	19:02	08:28	●13:48	18:24	10:13	15:57		09:39	15:23	
●09:20	14:44	●19:17	●08:45	14:05	●18:48	10:35	●16:23		10:06	●15:52	
09:37	15:05	19:33	08:59	14:31	18:59	●11:01	16:44		●10:24	16:10	
09:58	●15:24	19:50	09:22	●14:48	19:20	11:23	17:06		10:48	16:36	
●10:20	15:43	20:10	●09:48	15:12	19:40	11:44	17:24		11:09	16:49	
10:34	16:02	●20:29	10:02	15:31	●19:47	12:09	●17:45		11:33	●17:12	
10:56	●16:28	20:50	10:23	●15:52	20:13	●12:30	18:03		●11:59	17:30	
●11:24	16:44	21:05	●10:48	16:10	20:30						
11:44	16:57	●21:25	11:05	16:24	●20:57						

ひたち野うしく駅 つくばセンター (直行バス)

ひたち野うしく駅発	つくばセンター着	つくばセンター発	ひたち野うしく駅着
07:40	08:00	17:28	17:48
07:55	08:15	17:58	18:18

(凡例)
 ●印...JRバス関東
 印...土曜・日祝日および
 8/14・15・12/30・31運休
 建築研究所行

夜行バス

よかっぺ関西号〔水戸・つくば 京都・大阪〕

運行時刻表

2001年12月19日改定

水戸・つくば 京都・大阪		大阪・京都 つくば・水戸	
土浦駅東口	22:24	あべの橋駅 (JR天王寺駅)	21:30
つくばセンター	22:48	上本町駅バスセンター	21:47
並木大橋	22:55	近鉄なんば駅西口 (OCATビル)	22:02
京都駅八条口 (近鉄改札前)	6:05	京都駅八条口 (近鉄改札前)	23:04
近鉄なんば駅西口 (OCATビル)	7:04	並木大橋	6:14
あべの橋駅 (JR天王寺駅)	7:25	つくばセンター	6:21
ユニバーサルスタジオジャパン	7:55	土浦駅東口	6:43

料金表 (大人)

区	間	片道運賃	往復運賃
土浦駅東口・つくばセンター・並木大橋	京都駅八条口	8,900円	16,020円
土浦駅東口・つくばセンター・並木大橋	近鉄なんば駅西口以降	9,700円	17,460円

乗車券

- ・予約制。1ヶ月前より予約受付。乗車券は3日前までに購入。
- ・予約・問い合わせ先：関鉄学園サービスセンター 029-852-5666 予約受付時間 (毎日 9:00~17:00)
- 近鉄バス 06-6772-1631 予約受付時間 (毎日 9:00~19:00)
- インターネット予約 <http://www.kintetsu-bus.co.jp/>
- <http://www.j-bus.co.jp/>
- ・水戸・土浦間の時刻、小人料金、詳しい搭乗場所については上記問い合わせ先へ。

空港直通バス

羽田空港 つくばセンター

1999年6月1日開業

所要時間：約2時間 (但し、渋滞すると3時間以上かかることもあります。)

運賃：1,800円

つくばセンター発		羽田空港着		羽田空港発		つくばセンター着	
5:30	13:00	7:10	14:40	8:40	15:20	10:30	17:10
6:20	14:00	8:20	15:40	9:30	16:30	11:20	18:20
7:00	15:00	9:00	16:40	10:35	17:55	12:25	19:45
8:00	16:00	10:00	17:40	11:35	19:20	13:25	20:50
9:30	16:40	11:30	18:20	13:00	20:20	14:50	21:40
11:40	17:40	13:40	19:10	14:20	21:20	16:10	22:40

平日日祝日とも上記時刻表

羽田空港乗り場：1階到着ロビーバス乗り場12番

上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目、千現一丁目、並木一丁目、並木大橋

問い合わせ：029-836-1145 (関東鉄道) / 03-3790-2631 (京浜急行)

成田空港 つくばセンター (土浦駅東口行)

(AIRPORT LINER NATTS)

1999年12月16日改正

所要時間：約1時間40分 運賃：2,540円

乗車券購入方法：

成田空港行：予約制。1カ月前から予約受付。乗車券は3日前までに購入。

予約センター電話：029-852-5666 (月~土：8:30~19:00 日祝日9:00~19:00)

つくばセンター方面土浦駅東口行：成田空港1F京成カウンターにて当日販売

つくばセンター発		成田空港着		成田空港発		つくばセンター着	
6:20	13:25	8:00	15:05	7:20	16:15	9:00	17:55
7:20	14:35	9:00	16:15	9:05	17:20	10:45	19:00
8:50	15:50	10:30	17:30	10:35	18:40	12:15	20:20
10:20	17:35	12:00	19:15	12:50	20:00	14:30	21:40
11:55		13:35		14:35		16:15	

平日日祝日とも上記時刻表

上下便の全バス停：土浦駅東口、つくばセンター、ひたち野うしく駅、新利根町、成田空港

つくば市内宿泊施設

(確認日：2004. 1. 30)



アーバンホテル
<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>
 TEL(029)877-0001 6,500円～(税別)
 (6/1新館オープン 38部屋 うち12部屋は喫煙可 7,500円～)

にいほり旅館
 TEL(029)864-2225 3,700円～(税別)

トレモントホテル
 TEL(029)851-8711 7,854円～(税サービス料込)

筑波研修センター
 TEL(029)851-5152 3,600円～(税込)

オークラフロンティアホテルつくば
<http://www.okura-tsukuba.co.jp/index2.html>
 TEL(029)852-1112 10,972円～(税込)

ルートつくば
 TEL(029)860-2111 6,825円～(朝食付・税込)

オークラフロンティアホテル
 つくばエポカル
<http://www.okura-tsukuba.co.jp/index2.html>
 TEL(029)860-7700 10,972円～(税込)

ホテルニューたかはし竹園店
 TEL(029)851-2255 5,500円～(税別)

ホテルデイリーイン
<http://www.yama-nami.co.jp/>インターネット予約5%引き
 TEL(029)851-0003 5,800円(税別)

ビジネスホテル山久 5,000円～(税別)
 TEL(029)852-3939 6,000円～(2食付・税別)

ビジネスホテル松島(新館) 6,500円～(税込)
 TEL(029)856-1191 和6,800円(3人～)
 (風呂・2食付・税込)
 (本館)6,000円～(税込)
 和6,300円(3人～)2食付・税込)

ホテルグランド東雲(新館) 7,350円～(税込)
 TEL(029)856-2212(本館) 6,300円～(税込)

つくばスカイホテル
<http://www.yama-nami.co.jp/>インターネット予約5%引き
 TEL(029)851-0008 6,000円～(税別)

学園桜井ホテル
<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>
 TEL(029)851-3011 6,350円～(税・サービス料(200円)別)

ビジネス旅館二の宮
 TEL(029)852-5811 5,000円～
 (二人部屋のみ 2食付・税込)

ペンション学園
 TEL(029)852-8603 4,700円～(税込)
 21,000円(7日以内・税込)

ホテルスワ
 TEL(029)836-4011 6,825円～(税込)
 6,090円(会員・税込)

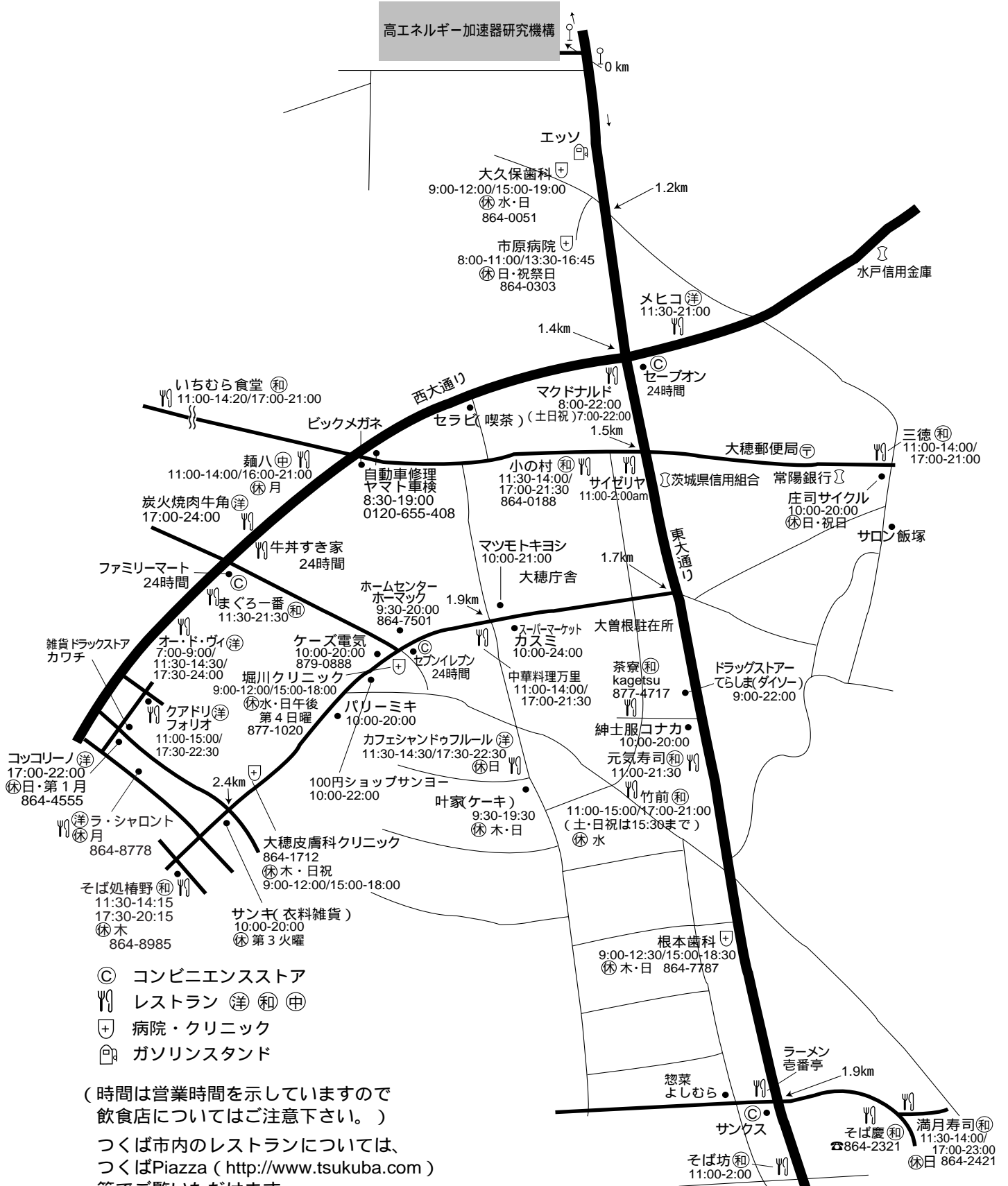
KEK周辺生活マップ

(確認日: 2004. 1. 30)

放射光研究施設研究棟、実験準備棟より守衛所までは約800m

KEK

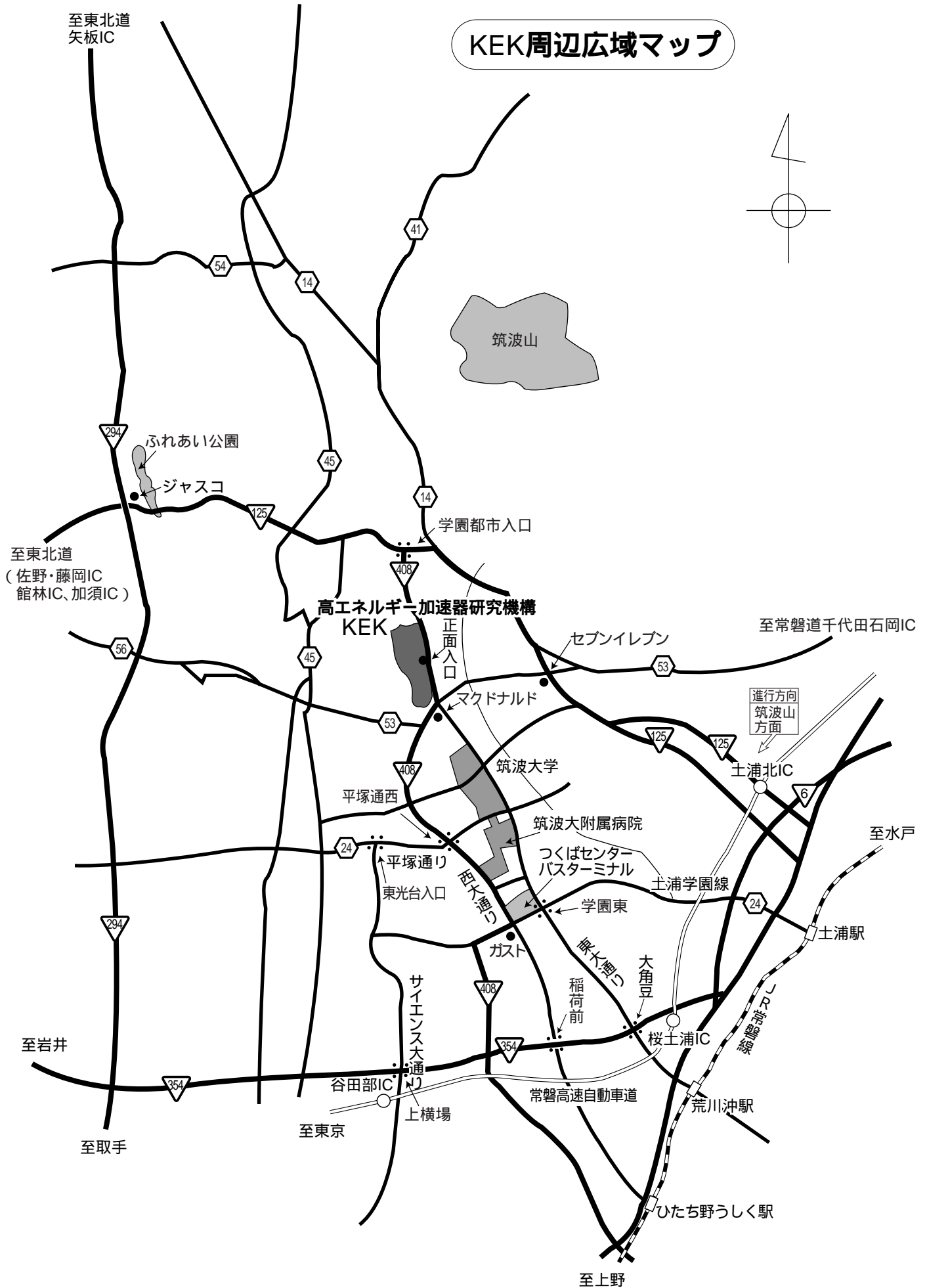
高エネルギー加速器研究機構



- ◎ コンビニエンスストア
- 🍴 レストラン (洋) (和) (中)
- 🏥 病院・クリニック
- 🛒 ガソリンスタンド

(時間は営業時間を示していますので飲食店についてはご注意ください。)
 つくば市内のレストランについては、つくばPiazza (<http://www.tsukuba.com>) 等でご覧いただけます。

KEK周辺広域マップ



0 1 2 km

KEK内福利厚生施設

ユーザーの方は、これらの施設を原則として、機構の職員と同様に利用することができます。各施設の場所は後出の「高エネルギー加速器研究機構平面図」をご参照下さい。

図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00

閉室日：土、日、祝、12/28～1/4、蔵書点検日
機構発行のIDカードがあれば開室時間以外でも入館可能。詳しくは下記URLをご覧ください。

(<http://www-lib.kek.jp/riyou/index.html>)

保健室（医務室）（内線 5600）

勤務時間中に発生した傷病に対して、応急処置を行うことができます。健康相談（第二・第四月曜日午後）も行っており、希望者は、事前に保健室へ申し込んでください。

場 所 管理棟 1階

開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）

食 堂「カフェテリア」（内線 2986）

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:10～9:30

昼食 11:30～13:30

夕食 17:00～19:00

レストラン「くらんべりい」（内線 2987）

場 所 職員会館 1階

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:00～9:30（オーダーストップ 9:15）

昼食 11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

夕食 17:00～20:30（オーダーストップ 20:00）

昼の弁当配達サービス

月曜日～金曜日及び営業している土曜日

（注文は当日午前9時30分まで。メニューは450円、500円、600円の三種で日替わり。）

＊ ＊土曜日の食事＊ ＊

上記の食堂とレストランが隔週交替で営業して

います。朝食 8:00～9:30（オーダーストップ 9:15）

昼食 11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

軽食コーナー（Do Do Cafe）（内線2195）

30席程度でサンドイッチ等の軽食をメインにしています。17時以降はアルコール飲料も用意。

場 所 国際交流センター

営 業 月～金 8:00～22:00

ただし祝日及び年末年始は休業

・モーニングタイム 8:00～11:00

・ランチタイム 11:00～14:00

・ティータイム 14:00～17:00

・ナイトタイム 17:00～22:00

理容室（内線3638）

理容室の利用は予約制になっています。理容室に予約簿が置いてありますので、利用する時間、氏名、所属及び内線電話番号を記入して申し込んでください。なお、電話による予約も可能です。

場 所 職員会館 1階

営 業 月～金 9:00～17:00

第二、第四土曜日 9:00～17:00

ただし祝日及び年末年始は休業

予約受付 9:00～16:30

料 金 カット 2,200円

売 店（内線3907）

日用品、雑貨、弁当、牛乳、パン、菓子類、タバコ、切手等を販売しています。また、DPEや宅配便の取次ぎも行っています。

場 所 職員会館 1階

営 業 月～金 10:00～18:30

ただし祝日及び年末年始は休業

書 店（内線2988）

書籍・雑誌。

場 所 国際交流センター

営 業 月～金 10:00～17:00

ただし祝日及び年末年始は休業

自転車貸出方法（受付 [監視員室] 内線3800）
自転車の貸出方法が下記の通り変更になっていますので、ご注意ください。

- ・貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
- ・貸出は一往復を単位とし、最長半日とする。
- ・使用後は所定の自転車スタンドへ戻し、鍵は監視員室へ速やかに戻す。

常陽銀行ATM（食堂入口脇）

取扱時間：9:00～18:00（平日）

9:00～17:00（土）

日・祝日の取扱いはありません。常陽銀行以外の金融機関もカードのみの残高照会、引出しが可能です。

郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

収集時間：17:00（平日のみ）

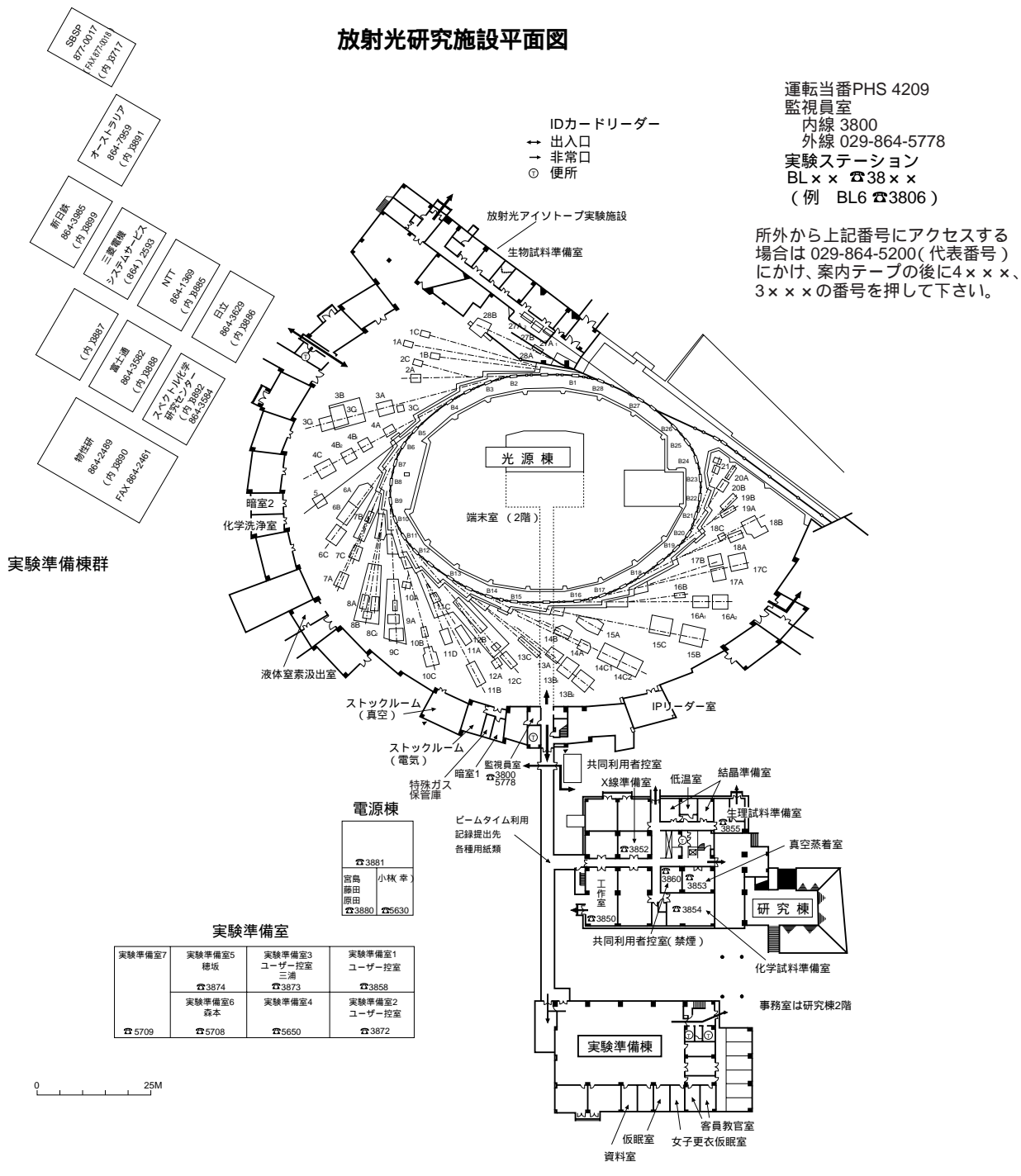
ドミトリー、ユーザーズオフィスについては、ホームページ(<http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/dorm.pdf>)をご覧ください。

ビームライン担当一覧表 (2004. 2. 1)

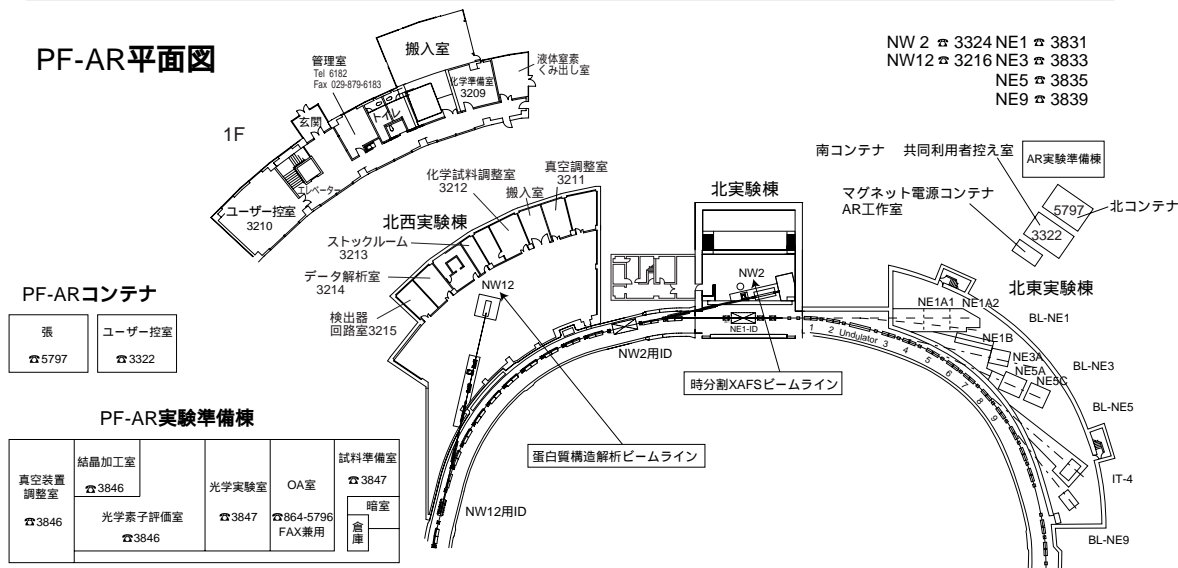
ビームライン ステーション	形態	光源	BL担当者	
		ステーション/実験装置名 (共同利用、 建設/立ち上げ中、 所外、 協力BL)	担当者	担当者 (所外)
BL-1		B M	小野	
BL-1A		結晶分光型六軸回折・極限条件下ワイセンベルグカメラ	澤	
BL-1B		極限条件下粉末X線回折装置	澤	
BL-1C		XUV不等間隔平面回折格子分光器	小野	
BL-2		U	北島	
BL-2A		軟X線 2 結晶分光ステーション	北島	
BL-2C		軟 X 線不等間隔平面回折格子分光器	柳下	
BL-3		B M	東	
BL-3A		収束単色 X 線回折/散乱実験ステーション	田中	
BL-3B		XUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	東	
BL-3C1		白色X線ステーション	安達・河田	
BL-3C2		X線光学素子評価ステーション	安藤	
BL-3C3		X線磁気回折装置	安達・河田	
BL-4		B M	澤	
BL-4A		蛍光 X 線分析/マイクロビーム分析	飯田	
BL-4B1		極微小結晶・微小領域回折装置	大隅	
BL-4B2		多連装粉末X線回折装置	田中	井田 (名工大)
BL-4C		結晶分光型六軸回折計	若林	
BL-5		M P W	鈴木 (守)	
BL-5		タンパク質結晶構造解析ステーション	鈴木 (守)	
BL-6		B M	鈴木 (守)	
BL-6A		タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐	
BL-6B		タンパク質結晶構造解析ステーション	鈴木 (守)	坂部 (SBSP)
BL-6C		タンパク質結晶構造解析ステーション	鈴木 (守)	坂部 (SBSP)
BL-7		B M	伊藤 (雨宮:東大 029-864-3584)	
BL-7A		軟X線不等間隔平面回折格子分光器	伊藤	雨宮 (東大)
(東大・スペクトル)				
BL-7B		瀬谷波岡分光器	伊藤	雨宮 (東大)
(東大・スペクトル)				
BL-7C		XAFS/異常散乱/汎用X線ステーション	岩住	
BL-8 (日立)		B M	間瀬 (尾形:日立 029-864-3629)	
BL-8A		軟X線平面回折格子分光器 (SX700)	間瀬	尾形 (日立)
BL-8B		広帯域XAFSステーション	間瀬	尾形 (日立)
BL-8C2		白色X線ステーション	間瀬	尾形 (日立)
BL-9		B M	野村	
BL-9A		XAFS実験ステーション	野村	
BL-9C		六軸回折計/小角散乱/XAFSステーション	野村	
BL-10		B M	小林 (克)	
BL-10A		垂直型四軸X線回折装置	田中	
BL-10B		XAFS実験ステーション	宇佐美	
BL-10C		溶液用小角散乱実験ステーション	小林 (克)	野島 (東工大)
BL-11		B M	北島	
BL-11A		軟X線不等間隔回折格子分光器	北島	
BL-11B		軟X線 2 結晶分光ステーション	北島	
BL-11C		固体用瀬谷波岡分光器 (SSN)	小野	
BL-11D		軟X線可変偏角分光器	小野	
BL-12		B M	伊藤	
BL-12A		軟 X 線 2m斜入射分光器 (GIM)	柳下	
BL-12B		高分解能極紫外垂直分散分光器 (6VOPE)	伊藤	
BL-12C		XAFS実験ステーション	野村	

BL-13	MPW / U	間瀬
BL-13A	レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
BL-13B1	XAFS測定装置	亀卦川
BL-13B2	白色・単色X線ステーション	亀卦川
BL-13C	軟X線50m-CGM分光器	間瀬 島田(産総研)
BL-14	VW	岸本
BL-14A	単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	精密X線回折実験ステーション	平野
BL-14C1	白色・単色X線ステーション	兵藤
BL-14C2	高温・高压実験ステーション	亀卦川
BL-15	BM	河田
BL-15A	X線小角散乱ステーション	鈴木(守) 若林(阪大)
BL-15B1	高速X線トポグラフィ・X線磁気散乱	杉山
BL-15B2	表面X線回折実験ステーション	杉山
BL-15C	精密X線回折ステーション	平野
BL-16	MPW / U	澤
BL-16A1	白色・単色多目的強力X線実験ステーション	若林
BL-16A2	結晶分光型六軸回折計	若林
BL-16B	XUV高分解能球面回折格子分光器(H-SGM)	足立(純)
BL-17(富士通)	BM	飯田(淡路:富士通 029-864-3582)
BL-17A	単色X線/六軸回折計	飯田 淡路(富士通)
BL-17B	白色VUVステーション	飯田 淡路(富士通)
BL-17C	白色・単色X線/表面回折/蛍光X線	飯田 淡路(富士通)
BL-18	BM	柳下(木下:東大物性研 029-864-2489)
BL-18A (東大・物性研)	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下 木下(東大物性研)
BL-18B	タンパク質結晶構造解析ステーション	鈴木(守)
BL-18C	超高压下粉末X線回折計	亀卦川
BL-19(東大・物性研)	U	柳下(木下:東大物性研 029-864-2489)
BL-19A	スピン偏極光電子分光実験ステーション	柳下 木下(東大物性研)
BL-19B	分光実験ステーション	柳下 辛(東大物性研)
BL-20	BM	伊藤
BL-20A	3m直入射型分光器	伊藤
BL-20B(ANBF)	多目的単色・白色X線回折散乱実験ステーション	大隅 G. Foran(Australia) 029-864-7959
BL-27	BM	小林(克)
BL-27A	放射性試料用軟X線実験ステーション	小林(克)
BL-27B	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美
BL-28	EMPW / HU	小出
BL-28A	円偏光XUV定偏角分光器	小出
BL-28B	円偏光X線実験ステーション	岩住
PF-AR		
AR-NE1	EMPW / HU	河田
AR-NE1A1	磁気コンプトン散乱・高分解能コンプトン散乱ステーション	河田
AR-NE1A2	臨床応用	兵藤
AR-NE1B	軟X線10m縦分散斜入射分光器	小出
AR-NE3	U	張
AR-NE3	時間域メスバウアー分光装置	張
AR-NE5	BM	兵藤
AR-NE5A	医学診断用2次元撮像装置	兵藤
AR-NE5C	高温高压実験ステーション/MAX80	亀卦川 草場(東北大金研)
AR-NW2	U	河田
AR-NW2	時分割XAFS及び時分割X線回折実験ステーション	河田
AR-NW12	U	松垣
AR-NW12	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣

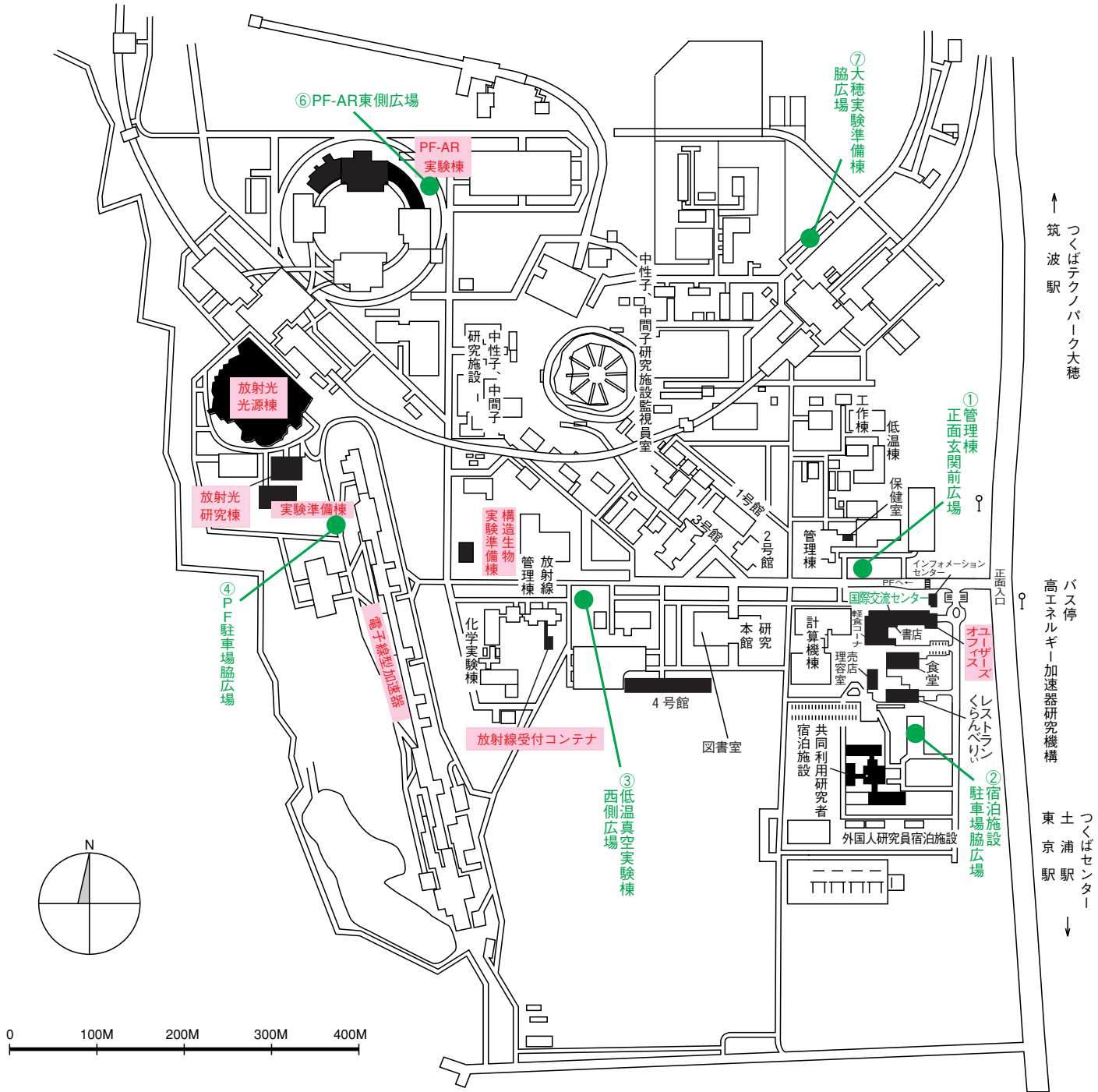
放射光研究施設平面図



PF-AR平面図



高エネルギー加速器研究機構平面図 (物質構造科学研究所放射光研究施設関係分)



緊急時避難場所
Emergency Assembly Area

