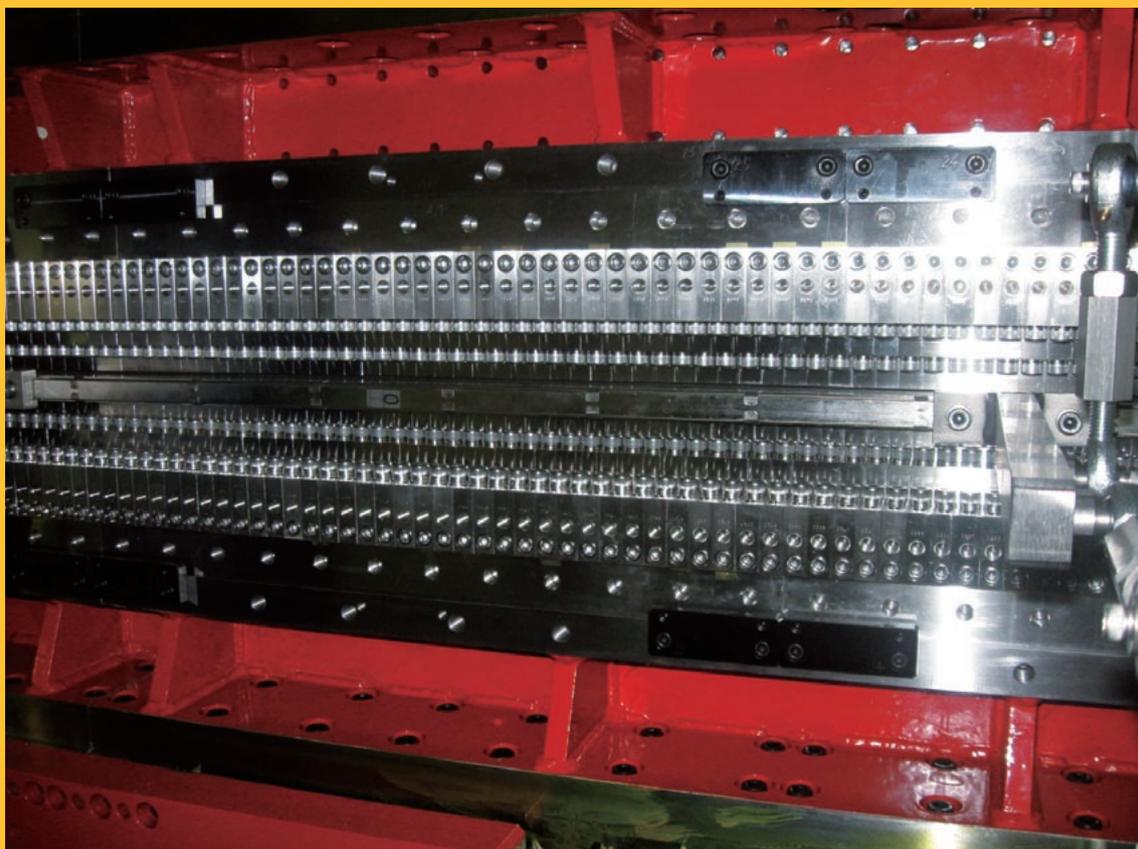
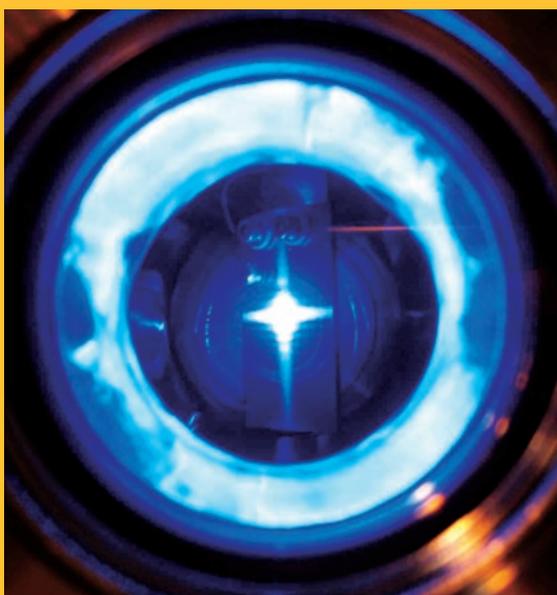


PHOTON FACTORY NEWS

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

Vol.27 No.3
NOV 2009

改造・建設ビームラインを使って —BL-16A特集—



目 次

施設だより	若槻 壮市	1
現 状		
入射器の現状	榎本 収志	3
光源の現状	小林 幸則	4
放射光科学第一・第二研究系の現状	野村 昌治	5
ERL計画推進室報告	河田 洋	7
第4回放射光科学研究施設国際諮問委員会 (PF-ISAC) の開催報告		9
BL-1の進捗状況	松垣 直宏	11
高輝度真空紫外軟X線ビームラインBL-13Aの建設状況	間瀬 一彦	11
BL-14C改造について	兵藤 一行	12
PF-AR NE7Aの公開について	兵藤 一行	12
お知らせ		
平成22年度前期フォトン・ファクトリー研究会の募集	若槻 壮市	13
PF談話室2と長期用保管ロッカー運用開始のお知らせ	小林 克己	13
防災・防火訓練のお知らせ	小山 篤・兵藤 一行	13
人事異動・新人紹介／予定一覧		14
大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所教員公募について (依頼)		15
運転スケジュール		16
建設・改造ビームラインを使って 一新BL-16A特集ー		
新BL-16Aを利用したZnOベース希薄磁性半導体のXMCD測定	片岡 隆史・藤森 淳	17
アンジュレータ光によるdispersive NEXAFS法の高度化	小宇佐友香・近藤 寛	19
三次元nano-ESCAの開発	堀場 弘司・中村 友紀・豊田 智史・組頭 広志・尾嶋 正治	21
BL-16Aを利用したCo薄膜のXAFS測定	酒巻真粧子	24
BL-16Aにおける軟X線散乱実験について	久保田正人	26
研究会等の報告／予定		
第27回PFシンポジウム開催のお知らせ	五十嵐教之	28
第12回XAFS討論会報告	宮永 崇史	28
ユーザーとスタッフの広場		
富田文菜研究員がロレアル-ユネスコ女性科学者日本奨励賞受賞		29
SRI09滞在記	金子 悠平	29
SRIに参加して	荒川 悦雄	31
小角散乱国際会議 SAS2009 Oxfordに参加して	櫻井 伸一	31
XAFS14に参加して	上村 洋平	33
XAFS14体験記	柏原 輝彦	33
コーネル大学滞在記 (その4:最終回)	宮島 司	34
表面研究用オージェ電子-光電子コインシデンス分光, 電子-イオンコインシデンス分光兼用装置, および電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置の開発	垣内 拓大・小林 英一・間瀬 一彦	37
PFトピックス一覧 (7月~9月)		44
PF懇談会だより		
粉末回折ユーザーグループ紹介	井田 隆	45
粉末回折UGからの要望		46
構造物性UGミーティング報告	野田 幸男	47
2009年度PF懇談会第2回幹事会議事録		48
BL-6Aの廃止に係わるPF懇談会タンパク質結晶構造解析ユーザーグループとの会議議事メモ		49
「PF懇談会主催PFユーザーの集い」開催のご案内		49
PF懇談会入会のご案内		49
掲示板		
放射光セミナー		50
第29回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		50
第30回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		50
施設留保ビームタイム採択課題一覧 (2009年度前期)		51
内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧 (2009年度前期)		51
編集委員会から		52
巻末情報		53

施設だより

放射光科学研究施設長 若槻壮市

ノーベル化学賞

今年のノーベル化学賞はリボソームの構造機能解析に贈られました。受賞者の一人イスラエル Weizman 研究所の Ada Yonath 教授は、長らく PF のユーザーでした。坂部知平名誉教授が開発されたワイセンベルクカメラの最初のユーザーとして 1987 年から BL-6A を 10 年にわたって使われました。その当時は蛋白質結晶の放射線損傷を制御するためのクライオ技術がまだ確立されておらず、Yonath 教授のガラス薄片で結晶をサンドイッチする方法は、世界に先駆けて、放射線損傷をコントロールするための技術開発でした。この装置は約 10 年間 PF に置かれ、Yonath 教授が実験で来日されるたびに使われました。リボソームは mRNA の情報に従って蛋白質を合成する巨大蛋白質・RNA 複合体で、格子定数が大きく、回折斑点の間隔が非常に近くなるため大きな検出器を試料から遠くに置く必要があります。Yonath 教授は坂部知平名誉教授が世界に先駆けて開発されたイメージングプレートを用いた巨大ワイセンベルクカメラが極めて有効であることをいち早く認知されました。PF の BL-6A の性能とそれを利用された経験を海外のユーザーへもお伝えいただいたことで、坂部カメラを使うために世界中から数多くの著名な研究者が PF を訪れ実験をされました。Yonath 教授はその後 1994 年に ESRF が立ち上がるとともにグルノーブルの放射光も使うようになりました。当時の ESRF の私のグループが建設した蛋白質結晶構造解析ビームラインにも Yonath 教授はたびたび実験に来られ、挑戦的なりボソーム研究を進めるためのビームライン改良を次々に提案され、放射光 X 線結晶構造解析の発展に寄与されてきました。来年 3 月 5 日に東京国際フォーラムで開催する文部科学省ターゲットタンパク研究プログラムの公開シンポジウムで招待講演、3 月 9 日、10 日につばエポカルで開催される PF シンポで特別講演をしていただけることになっておりますので、ご興味のある方はぜひご参加ください。

SRI09 メルボルン

9 月 27 日から 10 月 2 日にメルボルンで SRI (Synchrotron Radiation Instrumentation) という 3 年に一度の国際会議が開催されました。参加者は全体で 681 人、日本からは 116 人の参加があったそうです。PF からは 28 人が参加し、プレナリー講演 1 件、講演 3 件、ポスター発表 22 件の発表を行いました。全体の傾向として X 線自由電子レーザー、コヒーレンスや短パルス利用、ナノメートルオーダーの位置制御、ダイヤモンド光学系、検出器等の開発が重点的に行われているとともに、リング型放射光の利用研究のさらなる発展と、新リングの建設などが強く印象に残りました。2 次元検出器についても企業展示担当者との会話から

CCD 検出器から高速読み出し CCD やピクセルアレイ検出器にユーザーの注目がシフトしているとのことでした。次回 2012 年は ESRF と SOLEIL が合同で 7 月にリヨンで開催することになりました。

オーストラリア放射光

大変突然ではありますが、10 月 30 日金曜日の午後 5 時に Director の Robert Lamb 教授がメルボルン大学からの出向を中止し、大学に戻ることにになりました。後任が決まるまで、George Borg 博士が所長代理を勤め、将来計画については Ian Gentle 教授が担当することになりました。私も SAC 委員としてオーストラリア放射光スタッフやユーザーと今後の対応についての議論に参加しています。PF のオーストラリアビームライン BL-20B は今年度からオーストラリア放射光が運営にあたっていますが、今回のことがビームラインの運営に影響を及ぼさないようにできるだけの協力をしたいと考えております。オーストラリア放射光は世界の放射光コミュニティのサポートを必要としています。ユーザーの方々におかれましても、オーストラリア放射光が今後も遅滞なく発展していけるようご協力と強いサポートをお願いいたします。

AsCA 09

アジア結晶学会 (Asian Crystallographic Association) が 10 月 22~25 日に北京で開催されました。これはいわゆる New AsCA といわれるもので、3 年に一度の国際結晶学会 (IUCr) と AsCA の間の年にやはり 3 年に一度行われています。前回は 2006 年つくばで開催しました。最近の中国では、アメリカに長らく滞在し Cell や Nature 誌にインパクトの高い成果を発表した若手研究者を中国に呼び戻し、教授やグループリーダーに起用したという話をよく聞きますが、今回の北京の AsCA では各セッションに少なくとも一人はそうように米国から帰国したスピーカーがいるという印象でした。PF からも 3 人が口頭発表をしましたが、特に、9 月に総研大を卒業して現在日本学術振興会の海外特別研究員として研究を続けている Simin Rahighi が Hot Structures のセッションで招待講演を行いました。全体として AsCA で発表されたサイエンスのレベルは非常に高く、元国際結晶学会会長でニュージーランド・オークランド大学の Ted Baker 教授によると、今回の AsCA は今年あったヨーロッパ結晶学会 ECM やアメリカ結晶学会 ACA と比べてもそのレベルがかなり高かったということでした。次回 AsCA は来年 10 月 31 日~11 月 3 日釜山で、New AsCA は 2012 年にオーストラリアで Bragg 教授ゆかりのアデレードで開催とのことです。

PF-ISAC

本号 9 ページに詳細な報告を掲載しておりますが、9 月 18、19 日の第 4 回 PF-ISAC では、4 月に行われた光源系の加速器研究施設との融合後の、PF、PF-AR の運営、将来計画の進捗状況への影響、cERL/KEK-X/ERL について

議論しました。加速器研究施設との融合については cERL の要素技術開発への追加的なリソースの重点化、将来計画における加速器研究施設全体の連携の強化、KEK-X 計画の立案につながったとして全体としてその有効性を評価いただきました。

ユーザーの代表的な研究例として構造物性に関しては東北大学の有馬孝尚先生が、また AR-NW2A における自己集合性ネットワーク錯体に代表される超分子構造解析について韓国 POSTECH の河野正規先生が最先端の研究成果を含めた分野の動向を発表され、PF-ISAC 委員の先生方から非常に高く評価されました。

ビームタイム配分が競争的環境にないという点は、課題選択率とビームタイム配分率の掛け算となっており、特に後者で PAC の点数による傾斜配分をしており、競争原理が働くようになってきていることを説明しましたが、そもそも初段の課題採択率が 95%以上というのはやはり高すぎるという指摘を受けました。

なお、PF-ISAC 光源分科会は APS の Efim Gluskin 博士を委員長として 2010 年 2 月 25, 26 日に開催されることになりました。PF リングトップアップ運転、cERL、KEK-X、ERL 等の将来計画等を中心に議論いたします。

放射光戦略 WG

10 月 30 日には今年度第一回となる放射光戦略 WG が開催され 3 時間にわたり議論いたしました。まず、放射光戦略 WG の開催方法、電子物性関係の偏向電磁石ビームラインの統廃合案について承認されるとともに、構造生物 BL-6A の閉鎖についての意見交換が行われました。電子物性関係の統廃合案は、挿入光源ビームラインのプライオリティーの議論と計画立案、特に BL-16A と BL-13A の新規建設を進める中、電子物性グループ内で 1 年以上かけて議論を続け、最近電子物性メタ U G との協議を行いました。その結果として BL-11C、BL-12A の閉鎖、BL-3B を角度分解光電子分光専用として弘前大学の大学運営ステーションとすること、また、BL-12A には反射率計を常置し産業利用も視野に入れた光学素子評価専用ステーションとすることにいたしました。BL-11D の高分解能角度分解光電子分光装置 (Scienta SES200) に関しては有機薄膜・生体分子等の電子状態解析のためにオーバーホールし、この夏のシャットダウン中に新規に建設した VSX 専用のビームライン BL-13A に常設し来年 1 月より利用開始いたします。

BL-6A は、上記のように Ada Yonath 教授の実験も行われていたビームラインですが、AR-NW12A、BL-5A、BL-17A に加えて、4 月から稼動を始めたアステラスビームライン AR-NE3A、来年 4 月から利用開始予定のターゲットタンパク研究プロジェクトビームライン BL-1A などの挿入光源ビームラインが整備される中、BL-6A に対するニーズが減少しています。挿入光源ビームラインの開発、維持、運営にリソースを集中するため、2010 年 3 月をもちまして歴史的な使命を担ってきた BL-6A の構造生物学実験ステーションとしての幕を閉じることといたします。

前号の本欄でも記述しましたが、ビームタイム配分が競争的環境にないという問題に関して、放射光戦略 WG でもかなり突っ込んだ議論を行いました。この問題は、来年度の放射光プロジェクト研究費（そこから PF、PF-AR の運転経費や、ユーザーの方々の旅費等をまかなっています）の概算要求でかなり深刻とされており、以前よりも緊急性が高くなってきました。ビームライン新設統廃合計画の継続的な検討、大学教育への更なるコミットメント、インパクトの高い成果につながる研究への十二分なビームタイムの配分等の可能性について議論しました。

PF 将来計画についても cERL、KEK-X、5 GeV クラス ERL の紹介をしました。KEK-X 計画が昨年度までの ERL を機軸とした PF 将来計画とどのような関係になるのか、それぞれの計画のタイミングについての議論を行いました。

KEK-X 計画

前号でもご紹介しましたが、KEK-B リングを 40 倍のルミノシティにアップグレードする Super KEK-B 計画にあわせて、電子リング、陽電子リングに挿入光源を導入しそこから得られる非常に高輝度な軟 X 線～硬 X 線を利用しようという計画を検討しています。10 月 6 日の機構シンポジウム、10 月 13 日の加速器全体会議等では、cERL や 5 GeV クラス ERL 計画とともに本計画についても紹介しましたところ、多大な関心を持っていただき、5 GeV クラス ERL との関係、挿入光源はどうするのか、ステーションの数は足りるのか等の質問もありました。その後鈴木機構長のご意見もあり早急になるべく具体的な案を作る体制をたてることになりました。そこで、ここ 1, 2 ヶ月のあいだに、いくつかのパターンについて予算概略、可能なビームラインの組み合わせ等について検討する KEK-X 計画策定 WG を、足立伸一准教授をまとめ役として結成しました。KEK-X ビームラインで行うサイエンスについては、これまでの ERL サイエンスに向けての議論を参考にして素案を作ります。

ユーザーの皆様との議論の場は、やはり PF 懇談会と共同で進めさせていただきたいと考えています。具体的には、1 月の放射光学会・合同シンポジウムにおける PF ユーザーとの集い、3 月 9, 10 日つくばエポカルで開催予定の PF シンポなどにおいて、本計画についての基本的な考え方、計画概要、KEK-X ビームラインで行うサイエンス素案の検討と更新、今後の進め方についてご説明し、ご議論をいただきたいと思っております。これら 2 回では不十分と考えられるので、できれば来年 2 月に一度、KEK-X に集中して PF 懇談会会員の皆様と議論する場も設けたいと考えています。今後も、KEK-X がよりよい将来計画となるよう育て上げ、その実現に向けて、放射光科学研究施設内、高エネルギー加速器研究機構内だけでなく広くユーザーコミュニティ、他の放射光施設、関連学会の先生方と継続的にご議論させていただきたいと思っておりますのでご協力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
 加速器第五研究系主幹 榎本收志

概況

7－9月の日程は以下の通りであった。

6月 29日	KEKB 運転停止
6月 30日	PF, PF-AR 運転停止
7月 2日	入射器運転停止
—	(夏期保守)
9月 10日	入射器立上げ
10月 1日	PF-AR 入射開始
10月 7日	PF 入射開始
(10月 14日	KEKB 入射開始)

入射器の夏期保守は7月2日－9月10日で、マイクロ波源の定期保守、電子源の保守等の他、PF-AR 入射用の電子源をセクターCからセクター3に移設する工事を行った。一般公開(9月6日)明けの9月10日、入射器の秋の立ち上げを開始し、約3週間後の10月1日入射運転を開始した。10月14日から、PF, KECB 同時トップアップ入射運転に入ったが、大きなトラブルなく順調に入射を続けている。

インド放射光施設からの訪問者

7月15日～8月29日、インドのRRCAT (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology) から、Amalendu SharmaさんとPraveen Mohaniaさんの2名の加速器研究者が来訪した。Sharmaさんはビームダイナミクス、MohaniaさんはRF源が専門で、それぞれ、加速管グループ(大澤他)とマイクロ波グループ(福田他)が対応した。滞在中に、放射光施設INDUS-II用550 MeV入射器(電子リニアック)の建設に関して調査を行い、予算を含めたFeasibility Studyをまとめ帰国した。インドからの訪問者は今回が初めてであった。今回まとめた報告書を基に、予算要求を行うとのことであったが、彼等の計画に多少なりともお役にたてることができたならば幸いである。

夏期保守および工事

この夏は、リニアック本体に手をつける工事があり、忙しい夏であった。ひとつは、1981年に最初にビーム加速をして以来、30年近く稼働してきた旧PF用入射部をセクターCから約175m下流のセクター3に移設したことである。この電子源は、昨年度まではPF, PF-AR入射用に用いられてきたが、この4月から始めたPFとKEKBへのトップアップ入射には、入射器最上流のA1電子銃を用いている。従って現在はPF-AR入射にのみ使用されている。



図1 #C-8上流(旧PF用入射部, 写真左)から#3-1(写真右)に移設された電子源。

この電子源を下流に移動した理由は、前回は報告した通り、KEKBがSuperBにアップグレードされる時、必要となるA1電子銃と第2セクター陽電子源の改造、ダンピングリングの増設など、入射器改造およびそのコミッションングと、PFおよびPF-ARへの入射が干渉しないようにするためである。現在、SuperBへの改造がフルにスタートしたわけではないが、KEKB入射用ビームの低エミッタンス化は補正予算で手当てされ、政権交代後の継続も了承された。来年の夏には、セクターA～2とセクター3～5間はシールドで遮蔽され、PF, PF-AR入射運転中も上流部への入室が可能になる。

電子源移設に伴い#3-1加速ユニットを撤去した。そのエネルギーを補償するため、#44BにCバンド(5712 MHz)加速ユニットを増設することにした。Cバン



図2 #3-1加速ユニット撤去によるエネルギー補充のため、#4-4Bに新設されたCバンド加速ユニット。加速管#4-4B-1(写真左上)とRF電源#4-4B(写真右下)。今回は加速管1本のみ設置。来年夏残りの3本(#4-4B-2～4)を設置する予定。RF源#4-4Aと#4-4Bは、小型高電圧直流電源を用いたコンパクトなRF源で、左側(上流)に見える従来型RF源(#4-3)の半分の大きさである。

ド加速ユニットは #44A ユニット 1 台のみであったが、S バンド (2856 MHz) 加速ユニットに比べ、加速電界が 2 倍あり、半分の長さで同じエネルギーが得られるため、スペース利用効率が高い。

秋の入射器立ち上げ

入射器立ち上げが順調に進み、10月1日から PF-AR 入射が、セクター 3 の新しい電子源を用いて開始された。また、7日から PF、そして、14日からは KEKB が加わり、HER、LER、PF の 3 リング同時トップアップ入射が再開された。同時入射開始直後、ソフトウェアのトラブルや、トリガー系へのノイズのため一部の入射ビームのエネルギーが若干不安定になるトラブルがあったが、直ちに問題は解決された。

光源の現状

加速器第七研究系主幹 小林幸則

海外施設長期派遣

昨年 10 月より、加速器第七研究系 (旧放射光源研究系) から 2 名のスタッフを長期間海外の研究施設に派遣していました。

帯名崇氏は、European XFEL プロジェクトの LLRF (Low Level RF) の責任者である S. Simrock 氏の招聘により DESY に 9 ヶ月間滞在し、LLRF 制御ソフトウェアフレームワークの構築に協力するとともに、ERL で必須になる高精度タイミング系の調査研究を行ってきました。今後も DESY との協力関係を継続して ERL 開発につなげていただけると期待しています。

原田健太郎氏は、高エネルギー加速器研究機構の長期海外派遣制度により、イギリス、ダラスベリー研究所に 1 年間滞在してきました。ダラスベリー研究所はちょうど ALICE (旧 ERL Prototype) のコミッションングの時期に当たっていて、彼はその仕事に参加し ERL に関連する機器の運転調整において多くの経験を積んできました。今後、ERL プロジェクトの推進に大いに活躍していただけると期待しています。

夏の作業

PF リング、PF-AR とともに、6 月 30 日から夏の停止期間に入りました。停止期間は、10 月の立ち上げまで約 3 ヶ月ありましたが、本年度は定期的な保守・維持作業に加え、真空封止型短周期アンジュレータ SGU#01 の設置作業や各種コンポーネントの更新、改造などで真空を破って作業を行わなければならない箇所が多く、かなりの真空作業が必要となりました。また、PF-AR では 4 極電磁石 (QF) の励磁電源の更新作業を行いました。以下に箇条書きで本年度に行われた主な作業を示します。停止期間中は、毎週金曜日 16:00 から第 7 研究系全員参加で作業打ち合わせを行



図 1 PF リング搬入口前での SGU#01 の積み降ろし作業。

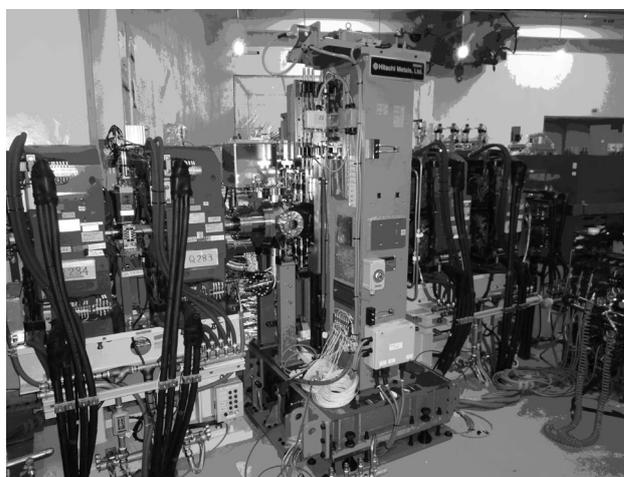


図 2 PF リング B28-B01 間に設置した SGU#01。

い、各グループ間の調整や作業のトラブルに迅速に対応できるようにしました。

【PF リング関連作業】

- ① 真空封止型短周期アンジュレータ SGU#01 の設置作業 (図 1, 2)
- ② BL1 の改造及びリングの真空作業。
- ③ B24-B25 間にビームスクレーパ設置、及びテラヘルツ放射光取り出しのための BT のビューポート交換。
- ④ B11-B12 間にビームシェーカ設置、及び BL11 の BA ゲージ交換。
- ⑤ PF 電磁石の高さ方向の測量、RF 高圧電源保守、パルスバンド電源保守。真空ポンプ電源保守。
- ⑥ EMPW#28 の制御系の更新作業。
- ⑦ A1 クライストロンの異常調査およびクライストロン交換作業。
- ⑧ リングの偏向電磁石および入射路偏向電磁石の冷却水ホースの交換。
- ⑨ ERL 用 RF テストベンチのための冷却水配管改造、電源ケーブル敷設。



図3 PF-ARの新4極電磁石電源(右側)を示す。今回の4極電磁石電源の更新は、全20台の中の最大容量のQF電源1台のみであった。左側の電源は、既設4極電磁石(QD)電源である。

【PF-AR 関連作業】

- ⑩ 20電極付きダクト設置、及び4/25に真空リークを起こした放射光アブソーバの残り2つの交換作業。
- ⑪ 4極電磁石(QF)電源の更新作業。

光源リングの運転状況

PFリングは、約3ヶ月の停止期間を終え、10月7日に運転を再開しました。リングへ向けた入射器側でのビーム調整は事前に行われていたため、入射開始後スムーズに蓄積することができました。その後入射路のビーム調整を行い、大気開放した場所での真空の改善状況を観測しながら、徐々に蓄積電流を増やしていき、20:00頃にはユーザ運転時の蓄積電流値450 mAでリング真空焼きだしが可能になりました。その後、軌道調整等の各種マシン調整等を行ない、10月14日光軸確認後、予定通りユーザ運転となりました。なお、PFリングは今期の運転から常時Top-Up運転が行われることとなります。

PF-ARは、PFリングより6日早い10月1日に再開しました。PF-ARでは前節で述べたように4極電磁石(QF)電源の更新作業が行われており、今期から新規4極電磁石電源1台を含めた運転となりました(図3)。旧電源との電流k較正を入念に行っていたことから、ビーム蓄積および加速も問題なく実行することができました。さらに、PF-ARのための電子銃(CT-Gun)は、夏のシャットダウン中に3セクターへ移動(3T-Gunと名称変更)して、初めてのビームだしでありましたが、入射器スタッフの尽力により、ほとんど問題なくリングへの入射を行うことができ安心しました。真空焼きだしを含めたマシン調整もほぼ順調に行われ、こちらも予定通り10月6日にユーザ運転再開となりました。PF-ARは、PFリングが連続入射のTop-Up運転となることから、入射時間を変更し、1日2回8:30と20:30に行われることとなります。

放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第二研究系主幹 野村昌治

運転・共同利用実験

夏の停止期間中には多くのビームラインの建設・改造作業が行われました。これらについて後に記しますが、新ビームラインの安全検査等を終え、PF-ARは10月1日より運転を再開し、6日に光軸確認を行い、共同利用実験を再開しました。同様にPFは10月7日に運転を再開し、14日に光軸確認を行い、共同利用を再開しました。両リングとも12月24日まで連続運転の予定です。PFの2.5 GeV運転では蓄積電流値を一定に保つtop-up入射を行います。先号に記したように、これに伴い、光源系のマシンスタディが月曜日から木曜日へ変更となりました。また、PF-ARへの入射時刻も原則10:00、22:00から8:30、20:30へ変更となりました。ご注意ください。

9月18～19日にはInternational Science Advisory Committeeが開催されました。詳細については別項(p.9)を参照して下さい。また、レポートはPFのwebにも掲出されますのでご覧下さい。

先号でも案内しましたが、11月27日には機構の防災防火訓練が予定されており、ユーザーの皆様にも訓練に参加をお願いします。詳細はp.13を参照して下さい。避難を要する事態が発生しないことが望ましい訳ですが、万が一の場合に速やかに避難できるよう、巻末の図面および現地ですべて最低二ルートは確認をしておいて下さい。

ビームラインの建設・統廃合

PFでは2005年に直線部増強改造を行い、既存直線部の延伸および新たに四カ所の短直線部を作りだし、挿入光源を入れられる場所を11カ所整備しました。

これらの内、BL-1ではターゲットタンパク研究プロジェクトの中で真空封止型短周期アンジュレーターを光源とする構造生物研究用ビームラインの建設が進められました。ビームラインの建設も完了し、秋のランで立ち上げ・評価作業が行われます。これで直線部増強によって生み出された四カ所の短直線部の内、BL-1, 3, 17の三カ所に挿入光源を使ったビームラインが設置され、残りはBL-15一カ所となりました。

一方、BL-13では3月の運転停止とともに古いビームラインを撤去し、新しい有機薄膜・生体分子研究用高輝度VSXビームラインの建設作業が行われました。有機物質の主要構成元素である炭素を測定するために、炭素で光学素子を汚染しないよう、慎重に真空のコンディショニングが進められて、運転再開とともに調整が開始されました。ビームライン光学系の調整後、BL-11Dより電子分光器を移設し、評価実験を開始する予定です。一方、BL-11Dには反射率計を設置し、光学素子評価に当たる予定です。

PF-ARのNE棟ではNE7Aビームライン(旧IT-4)の建設が進められました。ここにはこれまでBL-14C2で使わ

れていた高圧プレス MAX- III が移設されました。エンドステーション部では将来の展開を見越して床を掘り下げて、上記の高圧プレスを設置した後、ビームラインハッチ、実験ハッチの建設が進められました。NE7A では昨年まで NE5A で行われていた吸収イメージング実験も展開されます。

BL-14C では上記のように高圧プレスの移設を行い、縦型ウィグラーの偏光特性を活用した分離型干渉計を常設し、位相コントラストイメージングに特化したビームラインとして整備する作業が進められています。

いずれのビームラインにおいても、ビームラインの建設後、インターロックの整備、ビームライン検査委員会による安全検査、ビームを導入しての安全試験等を行い、安全確保のための措置をとった後に立ち上げ作業を開始しています。

PF 運転開始当初から稼働していた軟 X 線二結晶分光ビームライン BL-11B では二結晶分光器が更新されました。この分光器は以前 BL-28B で使用していたものの再活用です。軟 X 線域ではエネルギーに応じて分光結晶を変更する必要がありますが、従来よりも容易に変更できる構造になっています。同時に制御系の更新も進められています。

8 月 12 日には偏向電磁光源を利用した電子物性関係ビームラインの統廃合について関連する PF 懇談会のメタユーザーグループとの議論が行われました。現状報告の後、BL-11C, 12A を今年度末で閉鎖すること、BL-11D の電子分光器を BL-13 へ移設し、BL-11D は光学素子評価専用とすること、BL-3B を教育用ビームラインとすることが提案され、BL-11D の光学素子評価装置の状況を見た上で BL-12A の閉鎖時期を決定するという修整を行い、原案が承認されました。同様に 10 月 13 日には、生命科学関係メタユーザーグループと BL-6A の閉鎖について議論が持たれ、構造生物関係の挿入光源ビームラインの整備状況や要員状況を考慮して、今年度末で閉鎖することが認められました。10 月 30 日の放射光戦略 WG で議論して頂く予定です。

報文・学位論文登録，成果公表

PF では毎年、約 400 件の課題が採択され、600 報前後の報文が登録されています。この報文数は ALS 等の国外施設と肩を並べる値です。登録された論文についてビームライン毎に統計をとったものを表（次頁）に示します。研究分野によっても異なりますが、世界的にはビームライン当たり年間 10 報という数字が一般的な閾値になり、前号に記されたようにユーザーグループ運営ステーションの評価にもこの数が上がっています。ビームライン統廃合によりかなり改善されていますが、有意に少ないビームラインもあり、一層の改善努力が必要と認識しています。

また、図 1 に示すように 40% 弱の課題について報文の登録がなされていないことが分かりました（図は 2000G 課題に関するデータですが、他の年度も同様です）。論文とならない研究が 10% 程度あることは理解できますが、課題の有効期間が 2 年間であることを考慮すると原因を解

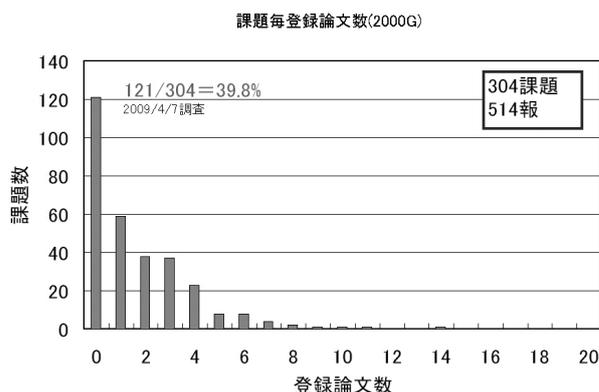


図 1 課題毎登録論文数 (2000G)

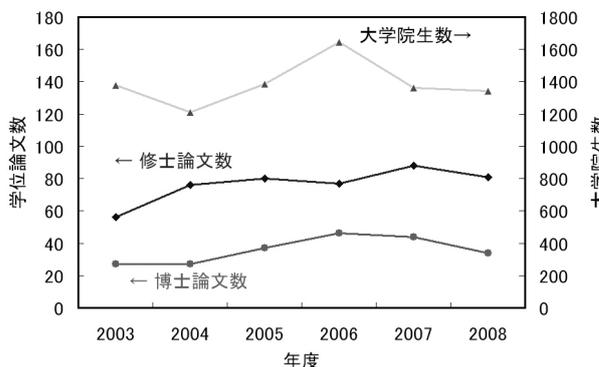


図 2 大学院生数と学位論文数

明すべき課題と考えられます。

放射光利用研究の成果を論文という形で社会の共有財産とすることは、基礎科学を研究する者にとって投入された税金に応える重要な方法です。また、十分な成果を上げていることを社会に示すためにはその成果をデータベースに登録していただく必要があります。PF-ISAC から、課題採択率の高さについてと課題審査時点で過去の成果についてより厳しく見るように指摘を受けており、また PF が社会的責任を果たすためにも研究成果を示すことは重要です。論文未登録課題に対する解析を進め、課題審査に反映する方法についても早急に提案します。

PF ユーザーの内約 1400 名が大学院生であることは ISAC でも評価を受けましたが、年間に登録される学位論文数は 100 報程度に留まっています（図 2）。報文・学位論文は PF を用いて高いレベルの研究がなされ、大学共同利用研究所が大学院教育に寄与し、研究成果が社会に還元されていることを示す重要な指標の一つですので、忘れずに登録して下さい。各位の出版された論文、指導下の大学院生の学位論文が PF 出版データベース、学位論文データベースに登録されているかご確認いただき、未登録のものについては早急に登録をおねがいします。両データベースとも PF のホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>) からアクセス出来ます。報文の登録という簡単なことでも、放射光コミュニティのプレゼンス向上に貢献していることを心に留めて下さい。

PF ステーション別報文登録数

BL	光源	V/X	出版年別報文数										報文数 01-08	年平均 01-08			
			2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009						
1 A	macromolecular crystallography	立上中	X	SGU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 A	SX spectroscopy		SX	U	1	0	3	2	2	0	1	0	0	9	1.1		
2 C	SX spectroscopy		GIM	U	7	16	10	20	26	17	25	15	4	136	17.0		
3 A	materials structure science		X	SGU	-	-	-	-	-	-	-	7	5	7	7.0		
3 B	VUVSX spectroscopy	教育用BL	GIM	B	3	6	8	10	2	6	4	2	3	41	5.1		
3 C	X-ray optics development, magnetic Bragg		X	B	3	5	2	4	1	0	1	9	2	25	3.1		
4 A	trace element analysis, microprobe		X	B	17	16	18	11	10	12	7	8	8	99	12.4		
4 B	microcrystal, powder diffraction	(4B2-UG運営ST)	X	B	16	3	6	6	10	11	13	20	12	85	10.6		
4 C	diffraction and scattering		X	B	7	19	15	10	10	13	19	14	6	107	13.4		
5 A	macromolecular crystallography		X	MPW	-	-	-	13	35	52	70	67	29	237	47.4		
6 A	macromolecular crystallography		X	B	46	46	40	71	51	57	61	42	21	414	51.8		
6 C	diffraction & scattering	UG運営ST	X	B	-	-	-	-	-	-	14	17	14	31	15.5		
7 A	SX XAFS, XMCD, XPS(RCS)	東京大理	GIM	B	13	9	14	11	17	9	4	12	7	89	11.1		
7 C	XAFS, scattering		X	B	44	32	34	28	53	33	46	34	12	304	38.0		
8 A	powder diffraction <continued from BL-1A>		X	B	0	2	2	4	7	8	11	4	0	38	4.8		
8 B	powder diffraction <continued from BL-1B>		X	B	5	11	17	11	6	15	15	5	1	85	10.6		
9 A	XAFS		X	B	26	28	37	19	44	32	34	34	15	254	31.8		
9 C	XAFS, SAXS		X	B	7	7	10	17	15	16	26	13	11	111	13.9		
10 A	diffraction and scattering		X	B	7	10	1	6	4	4	5	3	0	40	5.0		
10 C	SAXS	UG運営ST	X	B	25	33	25	19	24	14	34	19	7	193	24.1		
11 A	SX spectroscopy		GIM	B	9	11	13	11	15	12	8	7	5	86	10.8		
11 B	SEXAFS, SX spectroscopy		SX	B	5	3	12	10	6	5	11	10	3	62	7.8		
11 C	VUV spectroscopy	閉鎖予定	GIM	B	7	6	3	3	5	4	4	2	0	34	4.3		
11 D	XPS	転用予定	NIM	B	0	5	2	5	7	3	2	1	0	25	3.1		
12 A	characterization of VUVSX optical elements, SX spectroscopy	閉鎖予定	GIM	B	4	8	1	5	4	4	1	0	0	27	3.4		
12 C	XAFS		X	B	36	29	39	33	56	43	52	22	16	310	38.8		
13 A	SX spectroscopy for organic materials		X	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
14 A	crystal structure anal.		X	VW	18	8	8	14	7	8	10	1	0	74	9.3		
14 B	high precision optics		X	VW	8	14	11	12	21	13	10	3	1	92	11.5		
14 C	medical, high pressure MAX-III → phase contrast imaging	調整中	X	VW	13	26	7	18	8	10	12	16	0	110	13.8		
15 A	SAXS		X	B	23	21	32	34	20	18	28	16	8	192	24.0		
15 B	topography, magnetic scat., surface diff.		X	B	8	7	8	6	6	6	4	2	1	47	5.9		
15 C	high resolution diffraction		X	B	18	8	12	15	9	12	5	7	6	86	10.8		
16 A	polarization variable SX spectroscopy		X	U	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-		
17 A	macromolecular crystallography		X	SGU	-	-	-	-	-	1	14	30	20	45	15.0		
18 A	ARPES (ISSP)	東大物性	GIM	B	6	11	9	4	9	3	5	7	1	54	6.8		
18 B	Indian beamline	インド/立上中	X	B	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-		
18 C	DAC	UG運営ST	X	B	20	13	12	16	9	9	9	6	0	94	11.8		
19 A	spin-resolved PES (ISSP)	東大物性	GIM	U	5	6	1	3	2	3	1	2	1	23	2.9		
19 B	spin-resolved PES, SX emission (ISSP)	東大物性	GIM	U	12	12	15	13	13	10	9	10	0	94	11.8		
20 A	VUV spectroscopy	教育用BL	NIM	B	2	5	6	3	4	6	3	2	1	31	3.9		
20 B	Australia beamline		X	B	28	16	33	43	41	38	2	1	0	202	25.3		
27 A	radiation biology, XPS		SX	B	8	7	5	7	6	9	9	11	7	62	7.8		
27 B	radiation biol., XAFS, diffraction, scattering		X	B	6	8	5	11	16	7	3	8	4	64	8.0		
28 A	high resolution ARPES		GIM	EU	-	-	-	-	3	1	8	10	2	22	5.5		
28 B			GIM	EU	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0.0		
NE1 A	laser heating DAC		X	EMPW	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	1.0		
NE3 A	macromolecular crystallography		X	XU	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	1.0		
NE5 C	high pressure (MAX80)		X	B	6	14	7	5	7	2	7	12	3	60	7.5		
NE7 A	high pressure (MAX-III), imaging	立上中	X	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
NW2 A	time-resolved experiments		X	U	-	-	-	8	3	8	14	8	5	41	8.2		
NW10 A	high energy XAFS		X	B	-	-	-	-	-	4	13	27	13	44	14.7		
NW12 A	macromolecular crystallography		X	U	-	-	1	49	51	71	86	80	33	338	56.3		
NW14 A	time-resolved experiments		X	U	-	-	-	-	1	1	3	3	4	8	2.0		
Photon Factory total					597	565	600	650	668	573	616	518	249	4787	598.4		

2009/10/15

|| ビームラインの用途変更がなされたことを意味する。
- 建設・立ち上げフェーズまたは先代のビームラインであったことを意味する。

注: 統廃合の対象となったビームラインについては新しいビームラインの成果について記した。
注: BL-8A, 8BについてはBL-1A, 1Bの移設であるため、BL-1A, 1Bでの成果も含めて記した。

人の動き

物構研技術 09-1 で公募をしていた技術員には特別技術専門職員の丹羽尉博氏が選任され、10月1日付で着任されました。従来の XAFS 関係、化学関係の業務を含めて担当していただきます。物構研 08-12 (助教) 公募で採用となった山崎裕一氏は東京大学・大学院工学系研究科・物理工学専攻 (十倉研究室) で博士課程を修了後、10月1日付けで着任されました。大学院では磁気秩序によって強誘電性分極が発現するマルチフェロイクスにおいて、磁場中放射光 X 線散乱実験により、磁場誘起強誘電分極回転の発現機構を解明する研究を行っていました。構造物性研究センターに併任となり、放射光だけでなく中性子やミュオンを利用した構造物性研究を展開していく予定です。物構研 09-5 人事公募 (特任助教) では酒巻真粧子氏が選任され、着任されました。酒巻氏は XAFS や XPS を用いて磁性薄膜、半導体、鈹物などの構造、磁性、電子輸送、吸着などを幅

広く研究されてきました。今後は BL-16A で進行中の偏光スイッチングの開発に携わるとともに、主に磁性薄膜の表面・界面についての先駆的な研究を展開されることを期待しています。物構研 08-15 で公募していました XAFS 関係の准教授には慶応大学の阿部仁氏が選任され、来年 4 月着任の予定です。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

この3ヶ月間の動き

7月31日に第2回 ERL 推進委員会が開催されました。今年度からコンパクト ERL の建設フェーズとなったこともあり、昨年秋に行った第1回 ERL 検討会から、それ

ぞれの開発要素に関して多くの進展がありました。委員会では全体の進捗状況から、全体設計、電子銃・レーザー・入射部、前段加速超伝導空洞、主加速部超伝導空洞、RF電源、ヘリウム冷凍設備、東カウンターホール整備、ERLサイエンスの検討に関する現状および今後の予定が各担当者から報告され、それをもとに委員の方々からコメントを頂きました。一つの重要なコメントとして、コンパクト ERL の位置付けに関して「その使命の主眼は ERL 加速器技術の開発」というコメントを頂きました。また、今後の推進に関して、コンパクト ERL での加速器開発およびその建設に集中すると同時に、5 GeV・ERL の CDR を今年度中に作成することを当面の目標とすることが確認されました。

さて、コンパクト ERL の建設状況ですが、建設場所である東カウンターホールでは7月末まで素核研の方々によりシールド等の移動作業が行われ、8月頭から施設部による改修作業が本格的に開始されました。写真にもありますように、カウンターホール内にありました膨大な数の原子核実験のためのシールドブロックは整理され、不要となった実験装置は撤収され、広い(50 m × 100 m)フロアが姿を現しました。今後、天井の改修、換気設備の増強、床面を塗装仕上げすると同時に電気設備、冷却水設備が設置される予定です。外壁も断熱効果の増強を図るための作業が行われています。竣工は今年度末となります。また同時



図1 東カウンターホール内部の様子(8月末頃に撮影)。



図2 東カウンターホールの外壁断熱工事(8月末頃に撮影)。



図3 納入されたクライストロンと福田グループメンバーの方々。

進行で液体ヘリウム冷凍設備、超伝導空洞・真空装置等の組み立て調整のためのクリーンルームの設置も今年度末に終了する予定です。

前号に、電子銃の開発拠点形成を PF-AR 南棟で進行していることを報告しました。新たな開発拠点として、10月中旬に PF 電源棟の一角に 300 kW・CW クライストロンが納入され、その立ち上げとそのクライストロン電源で RF パワーを入力する予定の前段加速超伝導空洞の入力カプラーのテストスタンドの構築が急ピッチで進められています。PF 電源棟にある PF で使用していた RF 電源を用いてテストを開始するものであり、加速器の福田グループ、PF の RF グループおよび PF の設備担当スタッフ全体で進めています。クライストロンの納入とともにすぐに入力カプラーテストができるようにテストスタンドの構築がされていますが、図3は納入されたクライストロンを示しています。

情報発信に関しましては、先ず、8月5-7日の日本加速器学会年会にて小林幸則主幹による「コンパクト ERL 建設の進捗状況」の全体概要の口頭講演をはじめとし、口頭講演4件を含む合計19件の ERL 関係の発表を行いました。加速器研究者の間では ERL プロジェクトは完全に現在進行中のプロジェクトとして認識されるに至っています。同時期の8月2-7日にアメリカのメイン州にある Colby College in Waterville で Gordon Research Conference: "X-ray Science" が開催され、最先端の X 線サイエンスの議論の場が持たれました。世界の放射光施設、FEL 施設からの先端研究が報告され、更なる将来への展開を議論するものとなりましたが、KEK からは足立伸一氏による PF-AR のパルス X 線を用いた時間分解 X 線回折、散乱、吸収実験の現状の招待講演が行われ、その将来として ERL、そして共振器型 XFEL への展望が注目されている状況となっています。そして、9月27日-10月2日にオーストラリアのメルボルンで開かれた SRI2009 で私が "Present status of Energy Recovery Linac Project as a future light source in KEK"

を Next Generation Sources のセッションで口頭講演しました。また、KEK の ERL 推進室の活動ではありませんが、SRI2009 の光学素子の分野でダイヤモンド応用のセッションが企画され、その中で APS の Yuri Shvyd'ko 博士が現存するダイヤモンド結晶の共振器型 XFEL の X 線キャビティとしての性能評価の報告を行いました。約 2 mmφ 程度の領域で反射率はほぼ期待されるものを示しており、X 線共振器としての可能性が十分にあること、また安定化に関しても予備的なテストを開始し、これについてもポジティブな評価結果を報告されました。

最後に 9 月 18 日、19 日に行われた PF-ISAC での ERL プロジェクトに関する助言を報告いたします。詳細は後日英文で Web 上に開示する予定ですが、ERL に関する ISAC への質問 1)、および 2) に対するコメント、アドバイスは以下の通りです。

1) コンパクト ERL、とりわけ電子銃に関する開発は十分であるか？

- コンパクト ERL の設計およびプロトタイプに関して着実に進展しており、いくつかのクリティカルな要素技術に関してよい結果が出ていることを評価する。
- 最も開発要素の高い電子銃開発に関して更なる開発が必要であるが、推進室はその開発の重要性を認識している。PF-AR での開発拠点の構築は良い進展である。
- 共振器型 XFEL (XFEL-O) は 5 GeV ERL において重要な更なる可能性を与える。推進室はより技術的な 5 GeV ERL と XFEL-O との組み合わせに関して検討し、その結果を 2 月に予定している ISAC の加速器分科会で報告せよ。
- 補正予算によってプロジェクトは加速している。この一年は非常に重要な時期と認識している。

2) 5 GeV ERL に関するサイエンスケースの方向性は妥当か？

- 戦略会議を含むサイエンスケースの検討が開始されたことを評価する。
- 国際的な ERL サイエンス研究会を KEK で開催することは非常に重要な進展となろう。
- 構造物性センター、構造生物学センターを含む研究所としてのサイエンスの方向性と ERL の新しい放射光源を結びつけるべきであろう。
- ISAC はサイエンスケースを含めた 5 GeV ERL の CDR を楽しみにしている。

この助言、およびコメントをしっかりと受け止めて、コンパクト ERL の建設、5 GeV ERL のサイエンス検討とその CDR 作成、XFEL-O の検討を進めていく予定ですが、ユーザーの皆様には 5 GeV ERL および XFEL-O のサイエンスの検討にお力を貸していただければ幸いです。

尚、7 月 9 日から 11 日に行いました ERL サイエンスワークショップのプロシーディングが出来上がっております。ご興味のある方は ERL 計画推進室のホームページ (<http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/>) からご覧いただけます。

第 4 回放射光科学研究施設国際諮問委員会 (PF-ISAC) の開催報告

第 4 回の PF-ISAC がシルバーウィーク直前の 9 月 18 日、19 日に開かれました。今回も PF からの諮問事項に対して ISAC が答申を出す形で行われ、多くの貴重なご意見をいただきました。今回の委員、プログラム、および "Executive Summary and Closing Remarks" の要約を以下に紹介します。"Executive Summary and Closing Remarks" の詳細は <http://pfwww.kek.jp/ISAC09Sep/> をご覧下さい。

次回は来年の 6 月に開かれることが決まりました。また来年の 2 月下旬には光源加速器の分科会が予定されています。

Members

Ernest Fontes (Cornell High Energy Synchrotron Source)
Hidetoshi Fukuyama (Tokyo University of Science)
Efim Gluskin (Advanced Photon Source)
Keith Hodgson (Stanford Synchrotron Radiation Laboratory)
Ingolf Lindau (Stanford University)
Kunio Miki (Kyoto University)
Toshiaki Ohta (Ritsumeikan University) (今回欠席)
Moonhor Ree (Pohang Accelerator Laboratory)
Volker Saile (University of Karlsruhe)
Junichiro Mizuki (Japan Atomic Energy Agency)

Agenda

Friday, 18th September 2009

13:00-13:15	Introduction (O. Shimomura & K. Hodgson)
13:15-14:45	Status report of the Photon Factory (S. Wakatsuki) Charge to the PF-ISAC Response to the previous ISAC Merging of the light source division to the Acc Lab User support and dissemination system (M. Nomura)
14:45-15:00	Coffee Break
15:00-15:25	Update of light sources (Y. Kobayashi)
15:25-15:50	BL strategy and new developments (K. Ito)
15:50-16:20	cERL & ERL (H. Kawata)
16:20-16:35	KEK-X project (Y. Kobayashi)
16:35-16:45	Executive session <CLOSED>
16:45-17:00	Coffee Break
17:00-18:00	Science topics (30min × 2) Dr. Takahisa Arima (Tohoku University) [Synchrotron X-ray Studies on Magneto-electric Multiferroics] Dr. Masaki Kawano (Postech, Korea) [X-ray observation of transient species trapped in supramolecules]
18:00-18:30	Executive session <CLOSED>
19:00	Dinner

Saturday, 19th September 2009

- 08:30-09:30 Executive session <CLOSED>
 09:30-10:30 Future prospects
 Overview (S. Wakatsuki)
 Condensed Matter Res. Center (Y. Murakami)
 KEK-wide efforts on detector and data acquisition systems (J. Haba)
 10:30-10:55 Report of Life science subcommittee (K. O. Hodgson)
 10:55-11:10 Coffee Break
 11:10-11:40 Discussion with PF directorate <CLOSED>
 11:40-14:00 Executive session <CLOSED>
 14:00-14:30 Summary and closeout with Management

Summary

1. 光源系の加速器施設への合流は有益か？

放射光源の技術開発および運転に対する長期的および短期的な要求を考えると KEK 全体の加速器施設の運営の観点から有効かつ建設的な一歩である。これは良好な運転を維持するのみならず、中長期的な観点から KEK における高エネルギー物理学と光科学の共同戦略を推進するのに役立つ。

2. 2019年に予定されている SPring-8 のアップグレード計画に対して、cERL/KEK-X/ERL の筋書きは適切か？

次の 10 年さらにその先において高エネルギー物理学および放射光科学に先端的な発展をもたらす長期的な計画が KEK 全体の加速器の戦略から生まれる可能性がある。KEK と理研は日本の放射光科学界に対して最適な貢献ができる様な計画を立てる共同責任がある。cERL/KEK-X/ERL の筋書きは興味あるものであり、大きな可能性を持っているので更なる発展を奨励する。予定されている ISAC の光源分科会ではその結果を議論したい。KEK-X は ERL に匹敵するビームを供給する可能性があり、超高輝度光源である KEK-X で実施する研究および技術的な実行可能性を検討することは大変重要である。

3. PF および PF-AR における競争性を高めるためにビームタイム配分の新しい戦略が必要か？

申請課題の採択率が高すぎる。全く新しい方針が必要であるとは思わないが、継続的な申請課題の審査に際しては競争性を高めるような明瞭な基準が必要である。最高の評価を得た課題にはより多くのビームタイムを与えるべきである。またそのような課題の責任者は目的を達成するのに十分なビームタイムを要求すべきである。

4. cERL プロジェクト、特に電子銃開発の進展状況は充分といえるか？

5. 5 GeV 級 ERL 利用研究展開の方向は正しいか？

前項の「ERL 計画推進室報告」をご参照下さい。

6. 今年度までのビームライン再配置は妥当かつ効率よく行われたか？



ISAC の委員と KEK スタッフ

新しい 6 本のビームラインの性能は見事なものであり、日本における軟 X 線、および硬 X 線のコミュニティに新しい可能性を与えるものである。真空封止短周期スモールギャップアンジュレーターは大変うまくいっており、硬 X 線領域の新しい可能性を示している。ISAC はビームラインに対するスタッフの人数比を増加させるために今後もビームラインの廃止を継続的に進めるべきと考える。廃止計画が進んでいることは理解するが、最終目標を設定して積極的に推進することを勧める。

7. UG 運営 ST、および大学等運営 ST 制度は妥当か？

前回の ISAC 後にこの制度が始まったことはよいが、UG 運営 ST、および大学等運営 ST の評価基準がまだ明確になっていない。早急に決めるべきである。この制度の効率を上げるためにユーザーコミュニティとの情報交換を組織的に行うべきである。ISAC は PF にとって教育が重要な要素であると考えており、教育のための利用方法を確立し、その成果を追跡するのが良いであろう。

8. 構造物性センターでの研究分野、組織は適切か？

PF の現在のスタッフを見たときに、5 つのプロジェクトを 4 つのグループで実施するのは自然である。それぞれの分野における目標の設定は適切である。能力を最大限に発揮するためにグループ横断的な連携が重要である。生体分子を含む分子科学に焦点を合わせることによって新しい可能性が出てくるであろう。また構造物性センターは計画されている新光源 (KEK-X と ERL) の可能性の追求に重要な役割を果たすであろう。

9. 測定器開発室における検出器と計測器開発の機構横断的な活動は効率的か？

高エネルギー物理学と光科学を共に支援する機構横断的な活動のもう一つの例であり、大変効果を上げている。現在および将来の光源利用に重要な分野で早くも成果を上げていると言う印象を持った。ISAC はさらに強力に推進するために国際協力を勧める。外部資金を獲得することによって機構内でのこの分野への投資が増える可能性がある。また、SPring-8 との共同研究も重要である。

10. 他の結論とコメント

PF のユーザーには 1400 人もの若い院生がおり、院生に対するビームタイム配分などの教育への配慮は PF の重要なミッションである。若い人材の活躍が将来の PF の活動に重要である。ユーザーミーティングへの参加者が増えていることは重要である。PF のトップアップ運転は大変重要な進歩である。PF-AR のトップアップ運転は費用対効果がまだ明確ではない。中長期的な光科学の発展を目指すのであれば、機構は高エネルギー物理と光科学の両分野の専門家を含む ISAC を考慮すべきである。

BL-1 の進捗状況

放射光科学第二研究系 松垣直宏

新 BL-1A は、10 ミクロン程度の微小結晶からの重原子ラベルなしでの結晶構造解析（低エネルギー SAD 法）を目的とした構造生物学ビームラインである。PF 直線部改造で生まれた 4 つの短直線部のひとつに設置される Short Gap Undulator (SGU) を光源とし、一次光で 4 keV 近傍の高輝度 X 線ビームが利用できるよう設計されている。このエネルギー領域ではイオウから比較的大きな異常散乱シグナルが得られるため低エネルギー SAD 実験に有利である一方、X 線の吸収・散乱の増大による S/N 低下の問題を克服することが課題となる。

BL-1A では、低エネルギー X 線ビームを損失なく試料まで導くため、基幹部に通常設けられる窓の代わりに差動排気システムで蓄積リングとビームラインを隔てている。また、近年要望の大きい微小結晶を用いた回折実験に対応するため、試料結晶と同程度（10 ミクロン前後）の大きさの高輝度ビームを安定して試料に照射できるよう設計されている。ビームライン光学系は、SGU による高輝度ビームを分光器で単色化し大きな集光率を持つ K-B ミラー集光光学系で試料位置近傍に楕円集光するという、大変シンプルなものである。集光ミラーにはバイモルフミラーを用いユーザーが焦点位置を自由に選べるようにする予定である。また、ビーム安定性を重視して液体窒素冷却方式の

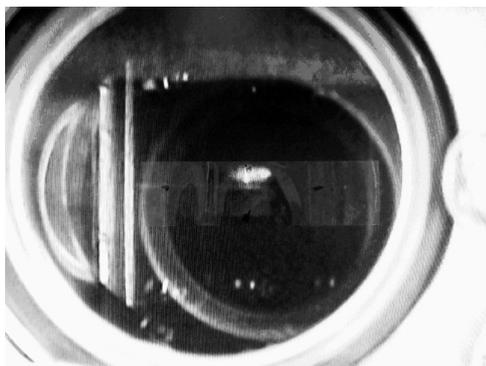


図 1 シールド壁外の蛍光板で捉えたアンジュレータ光（10月13日）

チャンネルカット結晶分光器を導入した。

2009 年 3 月から 4 月にかけて、偏向電磁石光源ビームライン BL-1C を撤去して BL1 エリアを更地にし、フロアの補強工事、放射線遮蔽ハッチの建設を進めた。続いて本夏の停止期間中に、SGU#01 の設置、基幹チャンネルの撤去と新設、およびシールド壁外のビームラインコンポーネントの設置を行った。そして 2009 年 10 月 13 日に光導入試験を行い、シールド壁外で無事にアンジュレータ光を確認することができた（図 1）。今後、分光器やミラーを設置してコミッションを進め、2010 年 4 月からのオープンを目指す。本ビームライン開発は、文部科学省「ターゲットタンパク研究プログラム」の技術開発課題のひとつである。

高輝度真空紫外軟 X 線ビームライン BL-13A の建設状況

放射光科学第一研究系 間瀬一彦

これまで、PF シンポジウム、PF ニュースなどで報告してきたように、PF-2.5GeV リングにおいて有機薄膜研究用の高輝度真空紫外軟 X 線ビームラインの建設を進めております [1]。本ビームラインは 30 ~ 1,000 eV を 1 次光、3 次光、5 次光でカバーする既存のプラナーアンジュレター [2] を光源として用い、入射スリットレス可変偏角 Monk-Gillieson 配置不等刻線間隔回折格子型分光器 [3] を採用して、前置集光鏡 (M1)、平面鏡 (M2)、不等刻線間隔平面回折格子 (VLSG)、出射スリット (S)、後置集光鏡 (M3) から構成されております（図 1）。M2 と VLSG を同時に駆動することにより、エネルギー領域 30~1,000 eV において、最高分解能 30,000~7,000、光フラックス $10^{12} \sim 10^{10}$ photons/s（図 2）、スポットサイズ約 $130 \mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ （図 3）の真空紫外軟 X 線放射光を実験装置に入射させます。実験エリアには高分解能角度分解光電子分光装置（SES-200, Scienta, 到達圧力約 2×10^{-8} Pa）を常設するとともに、持ち込み装置用スペースを用意します。研究対象は主に基板上に原子レベルで制御して作製した有機薄膜・生体分子を想定し、角度分解紫外光電子分光、高分解能内殻光電子

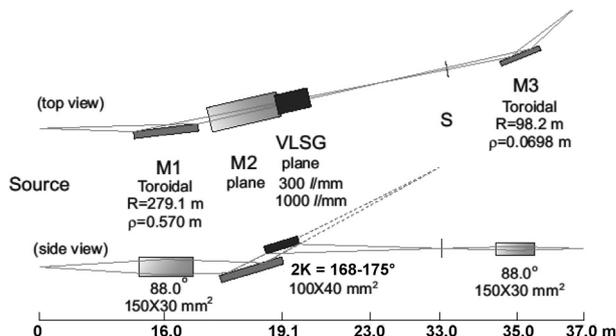


図 1 真空紫外軟 X 線ビームライン BL-13A の配置図。

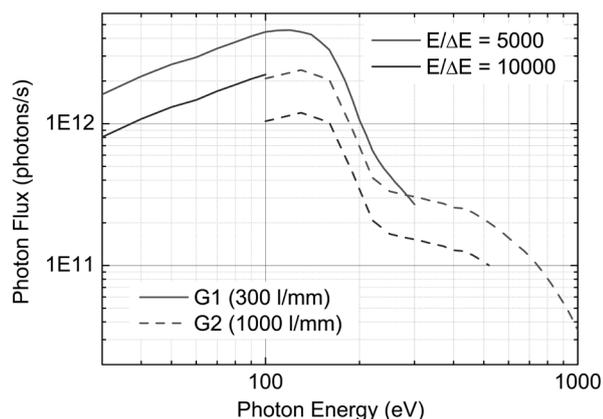


図2 分解能 ($E/\Delta E$) 5,000 および 10,000 が得られるように出射スリット開口を設定した場合の光フラックス。

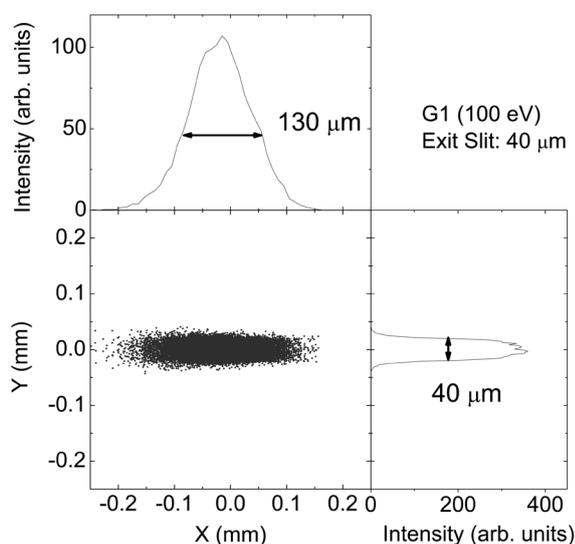


図3 試料位置 (37 m 地点) におけるスポット形状。

分光, 高分解能軟X線吸収分光を駆使して, 有機薄膜とその界面の構造, 電子状態, 振電相互作用, ダイナミクス, 及びそれらの時間的・空間的変動等を精密測定する予定です [4]。2009年7月～9月に建設, ベーキング, インターロックの構築を行ない, ビームライン全体にわたり $\leq 1.3 \times 10^{-8}$ Pa の到達圧力を実現しました。2009年12月末までに調整を終え, 2010年1月から一般ユーザーの共同利用に提供する予定です。

参考文献

- [1] K. Mase, A. Toyoshima, T. Kikuchi, H. Tanaka, K. Amemiya, and K. Ito, SRI09 proceedings, submitted.
- [2] S. Sasaki, S. Yamamoto, T. Shioya, and H. Kitamura, Rev. Sci. Instrum. **60**, 1407 (1989).
- [3] K. Amemiya and T. Ohta, J. Synchrotron Rad. **11**, 171 (2004).
- [4] 馬場, 奥平, 吉信, 近藤, 雨宮, 間瀬 (編): 新 BL-13 有機薄膜・生体分子研究用高輝度真空紫外・軟X線分光ビームラインの検討, KEK Internal, 2008-5 (2008).

BL-14C 改造について

放射光科学第二研究系 兵藤一行

BL-14C は, C1, C2 の二つの実験ステーションがタンドムに設置されていて, C1 ではX線イメージング等, C2 では高圧装置 MAX III を用いた高温・高圧下でのX線回折・X線イメージング研究が実施されてきました。今夏シャットダウン中に, 高圧装置 MAX III の NE7A への移設とともに, C1 と C2 をひとつのステーションに改造する工事が行われました。新しい 14C ステーションでは, 上流側はX線位相イメージングを中心とする研究等, 下流側は常設される大型X線干渉計を用いたX線位相イメージング研究が実施される予定です。BL-14 で得られる縦偏光放射光を積極的に利用する研究が主に実施されていくこととなります。

詳細につきましては, 担当者 (放射光科学第二研究系・兵藤一行 (kazuyuki.kyodo@kek.jp)) までお問い合わせ下さい。

PF-AR NE7A の公開について

放射光科学第二研究系 兵藤一行

PF-AR NE 実験ホールに 2008 年から準備・建設してきました偏向電磁石放射光ビームライン NE7A は, 2009 年 11 月 6 日から共同利用実験に公開されることになりました。

NE7A は, 旧 IT (Internal Target) 4 ビームライン跡に, 旧偏向電磁石ビームライン NE5A を移転して建設されました。加速器トンネル内にビームライン基幹部, NE 実験ホール側にメインハッチ 1 個, 実験ハッチ 1 個が設置されていて, 実験ハッチには白色X線または単色X線を導くことができます。実験ハッチ上流側ではX線イメージング研究等が実施される予定です。実験ハッチ下流側には BL-14C2 から移設した高圧装置 MAX III が常設され, 高温・高圧下でのX線回折・X線イメージング研究が実施される予定です。ともに, 6.5 GeV 加速器から得られる高エネルギー領域のX線を利用することに特徴のある研究となります。

詳細につきましては, 担当者 (放射光科学第二研究系・兵藤一行 (kazuyuki.kyodo@kek.jp)) までお問い合わせ下さい。

お知らせ

平成 22 年度前期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

放射光科学研究施設長 若槻壮市

物質構造科学研究所放射光科学研究施設（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すようお願いいたします。

応募資料は電子ファイル（ワード、テキスト又はPDF等）をメールに添付してお送り下さい。

記

1. 開催期間 平成 22 年 4 月～平成 22 年 9 月
2. 応募締切日 平成 21 年 12 月 18 日（金）
〔年 2 回（前期と後期）募集しています〕
3. 応募書類記載事項（A4 判、様式任意。）
 - (1) 研究会題名（英訳を添える）
 - (2) 提案内容（400 字程度の説明）
 - (3) 提案代表者氏名、所属及び職名（所内、所外を問わない）
 - (4) 世話人氏名（所内の者に限る）
 - (5) 開催を希望する時期
 - (6) 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
4. 応募書類送付先（データをメールに添付して送付）
放射光科学研究施設 主幹秘書室 森 史子
Email: pf-sec@pfiqst.kek.jp
TEL: 029-864-5196

なお、旅費、宿泊費、日当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。

PF 談話室 2 と長期用保管ロッカー運用開始のお知らせ

PF 共同利用広報グループ 小林克己

PF では共同利用実験を円滑に遂行することができるよう、ビーム性能の向上はもちろんのことですが、実験環境整備の改良も少しずつ進めています。今回、PF 懇談会からの要望を受け、談話室及び荷物保管ロッカーの整備を進め、今秋から運用開始することになりましたのでお知らせ致します。

談話室は、これまでの研究棟 1 階の談話室（旧共同利用控え室）に加え、戸外のプレハブ 1 に談話室 2 を運用開始します。談話室 2 では、パーティションで区切られたスペースが 5 つほど有り、ちょっとした事務作業ができるようになっています。戸外プレハブのため、セキュリティ上の関係で、端末やプリンタ、有線の DHCP サービスはありませんが、実験ホールや宿舍と同じ無線 LAN が利用可能です。利用を希望される方は『共同利用者支援システム』にログインして“無線 LAN 接続申込書（つくば地区）”から MAC アドレス等を登録して下さい。

談話室はユーザー共通のスペースですので、譲り合ってください。皆様の御協力をお願い致します。

また、談話室内には、最大一つのビームタイム期に借りることのできるロッカーが設置されました。リターン式のコインロッカーで何度でも出し入れ可能です。4 段式で、アクリル扉がついています。何度も使う実験用具などを保管するのにお使いください（貴重品は入れないで下さい。責任は負いかねます）。

このロッカーを利用御希望の方は、申請者氏名、実験課題責任者名、所属機関、メールアドレス、電話等連絡先、御希望の貸し出し期間をメールにて主幹秘書室・森までご連絡下さい（fumiko@post.kek.jp）。

数に限り（16 個）がありますので、ご希望には沿えないことがありますので予めご了承ください。皆さんで融通し合ってお使いください。また、期間が過ぎた荷物に関しましては処分することがあります。

本件につき何か分からないことがありましたら、主幹秘書室・森までお気軽にお問い合わせください。

防災・防火訓練のお知らせ

放射光科学系 防火・防災担当 小山 篤
兵藤一行

高エネルギー加速器研究機構では全所的な防災・防火訓練を年 1 回行っています。

本年度の訓練は、

2009 年 11 月 27 日（金）午後

に行う予定です。

訓練では、緊急地震速報が発令された場合の対処，地震発生後の機構指定避難場所（PF ニュース裏表紙参照）への避難・誘導，避難場所での職員・ユーザーの安否確認などを中心に訓練を行います。訓練は30分間程度の予定です。訓練では避難の際，MBSを閉じさせていただきますので，PF，PF-ARとも一時的に実験ができなくなります。

PFでは，多くのユーザーが閉じられた空間で実験を行っており，放射線や化学薬品なども扱っていますので，非常時に迅速な対応が取れるよう，日頃の訓練が極めて重要と考えています。大切な実験時間の一部を使つての訓練となりますが，一人でも多くの方に参加していただけますよう宜しくお願い致します。

人事異動・新人紹介

(採用)	発令年月日	氏名	現職	旧職
	H21.10.1	丹羽尉博	物構研 放射光科学第二研究系 技術員	物構研 放射光科学第二研究系 特別技術専門職

予 定 一 覧

2009年

- 11月27日 防災・防火訓練
- 12月18日 平成22年度前期フォトン・ファクトリー研究会公募締切
- 12月24日 PF, PF-AR 平成21年度第二期ユーザー運転終了

2010年

- 1月6日 PF懇談会主催 PFユーザーの集い（イーグレ姫路A会場・あいめっせホール）
- 1月6日～9日 第23回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（イーグレひめじ）
- 1月14日 PF平成21年度第三期ユーザー運転開始
- 1月18日 PF-AR平成21年度第三期ユーザー運転開始
- 3月9日～10日 第27回PFシンポジウム（エポカルつくば）

平成21年10月22日

関係機関の長
関係各位 殿大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所長
下村理 (公印省略)大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所教員公募について (依頼)

本機構では、下記のとおり教員を公募いたしますので、貴関係各位に御周知いただき、適任者の推薦または応募をお願いいたします。

記

公募番号 物構研09-10

1. 公募職種及び人員

特別助教 1名 (任期 3年)

2. 研究 (職務) 内容

物質構造科学研究所 (IMSS) では、低速陽電子ビームを利用した基礎科学および材料評価研究を推進している。本候補者は、IMSS に設置されているユニークな低速陽電子実験施設を用いた物質科学研究を行うとともに、ビーム・トランスポートおよび施設の実験装置の維持管理とその性能向上を図り、大学共同利用研究の支援を行う。

3. 公募締切

平成21年12月 4日 (金) (必着)

4. 着任時期

平成22年4月1日

5. 選考方法

原則として面接とする。ただし、第一段階の審査として書類選考を行うことがある。

面接日：平成21年12月16日 (水)

6. 提出書類

- (1) 履 歴 書 ----- 通常の履歴事項の後に、応募する公募番号 (2件以上応募の場合はその順位) 及び、可能な着任時期を明記すること。また、電子メールアドレスがある場合は明記すること。
- (2) 研 究 歴
- (3) 発表論文リスト ----- 和文と英文は別葉とし、共著の論文については、共著者名をすべて記入すること。また、提出する論文別刷りの番号には○印を付すこと。
- (4) 着任後の抱負 (公募内容全般に対するものであること)
- (5) 論 文 別 刷 ----- 主要なもの5編以内
- (6) その他参考資料 (外部資金獲得状況、国際会議招待講演、受賞歴等)
- (7) 本人に関する推薦書または参考意見書 (宛名は物質構造科学研究所長下村理とすること)

上記の書類は、履歴書用紙を除き、すべてA4判横書きとし、それぞれ別葉として各葉に氏名を記入すること。また、2件以上応募の場合は、提出書類を別々に用意すること。なお、公募締切日以前に辞退のあった場合以外の提出書類の返送は致しません。

7. 書類送付

送付先 〒305-0801

茨城県つくば市大穂1-1

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

総務部人事労務課人事第一係

封筒の表に「教員公募関係」「公募番号」を朱書きし、郵送の場合は書留とすること。

8. 問い合わせ先

(1) 研究内容等について

放射光科学第一研究系研究主幹 伊藤 健二 TEL 029-864-5634 (ダイヤルイン)

(2) 提出書類について

総務部人事労務課人事第一係 TEL 029-864-5118 (ダイヤルイン)

9. その他

本機構は、男女共同参画を推進しており、女性研究者の積極的な応募を歓迎します。

運転スケジュール(Dec./2009～Mar./2010)

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

12月	PF	PF-AR	1月	PF	PF-AR	2月	PF	PF-AR	3月	PF	PF-AR
1(火)	B	B	1(金)			1(月)	SB	E	1(月)	E	E
2(水)	E		2(土)			2(火)	B(SB)	B	2(火)	B	B
3(木)	MA/M		3(日)			3(水)	SB		3(水)	E	
4(金)		E	4(月)			4(木)	MA/M		4(木)	MA/M	
5(土)			5(火)			5(金)			5(金)		E
6(日)	E		6(水)			6(土)			6(土)	E	E
7(月)			7(木)			7(日)	E	E	7(日)	E	
8(火)	B	B	8(金)			8(月)			8(月)		
9(水)	E	E	9(土)	STOP	STOP	9(火)	B	B	9(火)	第27回PF シンポジウム	
10(木)	M	M	10(日)			10(水)	E	E	10(水)		
11(金)			11(月)			11(木)	M	M	11(木)	M	M
12(土)			12(火)			12(金)			12(金)		
13(日)	E	E	13(水)	T/M		13(土)			13(土)		
14(月)			14(木)			14(日)	E	E	14(日)		
15(火)	B	B	15(金)			15(月)			15(月)	E	E
16(水)	E		16(土)	E	T/M	16(火)	B	B	16(火)		
17(木)	M		17(日)			17(水)	E		17(水)		
18(金)			18(月)		E	18(木)	M		18(木)		
19(土)		E	19(火)	B	B	19(金)			19(金)		
20(日)	E		20(水)	E		20(土)		E	20(土)		
21(月)			21(木)	M		21(日)	E		21(日)		
22(火)			22(金)			22(月)			22(月)		
23(水)			23(土)		E	23(火)	B	B	23(火)		
24(木)			24(日)	E		24(水)	E	E	24(水)		
25(金)			25(月)			25(木)	M	MA/M	25(木)	STOP	STOP
26(土)			26(火)	B	B	26(金)			26(金)		
27(日)			27(水)	E	E	27(土)	E	E	27(土)		
28(月)	STOP	STOP	28(木)	M	M	28(日)			28(日)		
29(火)			29(金)			終了日が変更される可能性があるのでWeb等で最新情報をご確認下さい。		29(月)			
30(水)			30(土)	SB	E			30(火)			
31(木)			31(日)					31(水)			

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/untentitlej.html>) をご覧ください。

建設・改造ビームラインを使って — 新BL-16A特集 —

新 BL-16A を利用した ZnO ベース希薄磁性半導体の XMCD 測定

東京大学大学院新領域創成科学研究科 片岡 隆史
東京大学大学院理学系研究科 藤森 淳

1. はじめに

磁性体に X 線を照射したとき、その吸収強度が円偏光の回転方向により異なる性質を X 線磁気円二色性 (XMCD) という [1]。近年、放射光光源の発展に伴い、より高感度の XMCD 実験が可能になっている。特に軟 X 線を用いた XMCD 実験は、磁性体において磁性を担う電子状態についての情報を元素選択的に得ることのできる有効な方法であり、スピントロニクス材料をはじめとする新規機能性磁性材料の開発・物性解明などにおいて利用されている。近年は、ナノ磁性体、有機金属錯体、希薄磁性半導体 (diluted magnetic semiconductor: DMS) などの希薄磁性材料の XMCD 研究も盛んに行われているが、磁性イオンの希薄さ故に、それらの明瞭な XMCD スペクトルの観測は困難なことが多かった。

PF では、2007 年夏より始まった新 BL-16A 軟 X 線分光ビームラインの建設が完了し、2008 年 10 月からはユーザー利用実験も開始された。新 BL-16A のアンジュレータとビームライン光学系の高性能性 (高輝度・高偏極度) を生かせば、従来検出が困難、あるいは不可能だった微小な二色性の検出が可能になると期待される。このことは、新 BL-16A における XMCD 実験により、従来、明瞭な XMCD スペクトルの観測が容易でなかった DMS などの希薄磁性材料の物性研究が飛躍的に進歩することを意味する。我々は、新 BL-16A ビームラインを使って、ZnO に Mn 原子を希薄にドーピングした DMS (ZnO:Mn) において明瞭な Mn 2*p*-3*d* XMCD シグナルを観測した。本稿では、この結果と得られた Mn の局所電子状態に関する知見について報告をする。

2. ZnO ベース希薄磁性半導体の XMCD 研究

DMS は半導体に少量の磁性イオンを添加して得られる磁性体であり、スピントロニクス材料として期待されている [2,3]。DMS は半導体と磁性体との双方の機能を備えた特異な磁氣的・電氣的性質を示すため、不揮発性メモリや光アイソレータなどへの応用が期待されているが、実用化のためには DMS が室温以上の高温で強磁性を示すことが必須である。第一原理計算 [4] や Zener の *p*-*d* 交換相互作用モデルを用いた理論計算 [5] によれば「*p* 型 ZnO:Mn は室温強磁性を示す」という予測が得られており、実際に ZnO:Mn 薄膜において、室温を越えた強磁性現象が観測されている [6]。強磁性の起源としては、Zn サイトを置換した Mn 3*d* と O 2*p* 軌道が *p*-*d* 混成を起こし、その結果、ホ

ールを介して Mn 3*d* スピンが揃うという *p*-*d* 交換相互作用モデル [5,7] と、Zn サイトを置換した Mn 3*d* 同士が二重交換相互作用を引き起こすという *d*-*d* 交換相互作用モデル [4] が提唱されている。これらのモデルは物質中の伝導キャリアが強磁性を担うことから、ZnO:Mn がスピントロニクス材料として有用であることを示唆している。しかしこのモデル以外に、室温強磁性は Zn サイトを置換した Mn²⁺ 由来ではなく、MnO₂(Mn⁴⁺) や Mn₂O₃(Mn³⁺) などの強磁性を示す析出不純物によるものであるという報告もある [8]。このように、ZnO:Mn の室温強磁性の起源は解明されておらず、強磁性に関連した電子状態、電子的相互作用の解明が望まれる。そこで我々は XMCD により、元素選択的に Mn イオンの電子状態を調べ、ZnO:Mn において磁氣的に活性な Mn イオンの価数、3*d* 電子配置などについての知見を得た。さらに、得られた XMCD に対して磁気総和側 [9] を適用することで、スピン磁気モーメント (M_{spin}) と軌道磁気モーメント (M_{orb}) をそれぞれ評価し、*p*-*d* 混成による Mn 3*d*-O 2*p* 間の電荷移動が大きいことを見出した。

実験に用いた ZnO:Mn 薄膜 (Zn 原子数に対し 2% 程度の Mn が存在) は、ZnO:Mn で初めて室温強磁性を報告した Royal Institute of Technology の K. V. Rao グループより提供された [6]。同試料 (膜厚 ~400 nm) は Si 基板上に RF/DC スパッタリング法により作製した。また、薄膜作製時に窒素ガス ($P_{\text{N}_2} = 1.5 \times 10^{-5}$ mbar) を導入した。これは N 不純物を薄膜中に導入し、ホールキャリアを生成するのが狙いである。XMCD シグナルは、APPLE-II 型アンジュレータから得られる左/右円偏光を用いて測定した軟 X 線吸収分光 (XAS) スペクトルの差分をとることで得られた。XAS/XMCD 測定は、 $H = 5$ T の外部磁場を薄膜表面に対し垂直に印加しながら行った。

Fig. 1 はこのように測定した ZnO:Mn の Mn *L*-edge XAS (a) と XMCD (b) の結果である。 $h\nu = 640$ eV, 653 eV 付近の構造は、それぞれ、Mn 2*p* 軌道のスピン・軌道分裂による全角運動量 $j = 3/2, 1/2$ の内部準位から Mn 3*d* 軌道への電子遷移に対応する。XAS, XMCD スペクトルは多重項構造を示すが、これは配位子場中における Mn 3*d* 電子が局在していることを示す [10]。つまり ZnO:Mn において、Mn はイオンの状態にあることを示す。Fig. 1(c) は得られた XMCD スペクトルとクラスターモデル [10] による理論計算結果の比較である。これより、ZnO:Mn における多くの Mn イオンは 2 価 (d^5) で、酸素により四面体 (T_d) 配位されていることがわかる。この結果は、Mn イオンが Zn サ

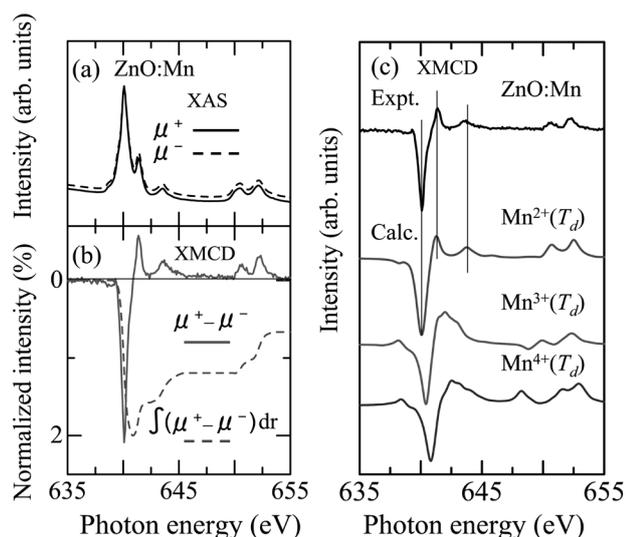


Figure 1
Mn *L*-edge XAS spectra of ZnO:Mn at room temperature recorded using circularly polarized x-rays (a) and their difference spectrum, i.e., XMCD spectrum, and its integration (b). Here, μ^+ and μ^- refer to XAS spectra for photon helicity parallel and antiparallel to the Mn *3d* spin, respectively. (c) Comparison of the experimental XMCD spectrum at $H = 5$ T with theoretical one calculated using the cluster model of T_d symmetry.

イトを置換することを意味し、ZnO:Mnの強磁性は、強磁性を示す $\text{MnO}_2(\text{Mn}^{4+})$ や $\text{Mn}_2\text{O}_3(\text{Mn}^{3+})$ などの析出不純物によるものではないことを支持する。また、今回得られたXMCDスペクトルに対し、磁気総和則[9]を適用することにより、スピン磁気モーメントと軌道磁気モーメントの比($M_{\text{orb}}/M_{\text{spin}}$)が ~ 0.15 - 0.20 であることが明らかになった。この結果はMnの多くが d^5 の電子配置を有することを考慮にいと非常に大きな値であり[11]、 p - d 混成を通じたMn *3d*-*O* *2p*間の電荷移動が大きいことを示唆している[12]。このようにアンジュレータとビームライン光学系の高性能性(高輝度・高偏極度)を生かすことにより得られる明瞭なXMCDスペクトルから、電子構造に関する多くの有益な情報が得られることがわかった。

3. おわりに

新BL-16A軟X線分光ビームラインを用いた、DMSのXMCD研究について紹介させていただいた。アンジュレータ、光学系の高性能化により、希薄磁性体であるDMSにおいても明瞭なXMCDシグナルが可能となっている。このことにより、DMS中の磁性原子の局所電子構造(価数、配位状態)、軌道間の相互作用(p - d 混成)が明らかになる。これらの情報は、新規機能性磁性材料の基礎的理解や、それらの開発の上で有益な設計指針を提供するものと期待される。今後、新BL-16A軟X線分光ビームラインにおいては、XMCD測定によるナノ磁性体、強相関電子系物質および磁気的無秩序物質の研究、時間分解XMCDによる表面磁性ダイナミクスの研究などが行われると聞いている。材料科学分野において、新BL-16Aにおける電子状態研究の重要性は今後ますます高まっていくと考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり新BL-16A軟X線分光ビームラインの建設にご尽力いただいたKEK-PFの雨宮健太先生、山本樹先生をはじめ、PFスタッフの皆様感謝いたします。XMCD実験にご協力いただいたKEK-PFの小出常晴先生、朝倉大輔氏、純良試料の提供をしていただいたRoyal Institute of TechnologyのK. V. Rao先生に感謝いたします。なお、XMCD実験は課題番号2008G010の下で行いました。

本研究は科研費特定領域「スピン流の創出と制御」(19048012)、量子ビーム基盤技術開発プログラム「軟X線の高速偏光制御による機能性材料の探究と創製」、文部科学省グローバルCOEプログラム「未来を拓く物理科学結集教育研究拠点」の支援の下に行われました。

参考文献

- [1] B. T. Thole, G. van der Laan, and G. A. Sawatzky, *Phys. Rev. Lett.* **55**, 2086 (1985).
- [2] H. Ohno, *Science* **14**, 951 (1998).
- [3] J. K. Furdyna, *J. Appl. Phys.* **64**, R29 (1988).
- [4] K. Sato and H. Katayama-Yoshida, *Jpn. J. Appl. Phys.* **40**, L334 (2001).
- [5] T. Dietl, H. Ohno, F. Matsukura, J. Cibert and D. Ferrand, *Science* **287**, 1019 (2000).
- [6] P. Sharma, A. Gupta, K. V. Rao, F. J. Owens, R. Sharma, R. Ahuja, J. M. Osorio, G. B. Johansson and G. A. Gehring, *Nat. Mater.* **2**, 673 (2003).
- [7] Q. Wang, Q. Sun, P. Jena, and Y. Kawazoe, *Phys. Rev. B* **70**, 052408 (2004).
- [8] M. A. García, M. L. Ruiz-González, A. Quesada, J. L. Costa-Krämer, J. F. Fernández, S. J. Khatib, A. Wennberg, A. C. Caballero, M. S. Martín-González, M. Villegas, F. Briones, J. M. González-Calbet and A. Hernando, *Phys. Rev. Lett.* **94**, 217206 (2005).
- [9] C. T. Chen, Y. U. Idzerda, H.-J. Lin, N. V. Smith, G. Meigs, E. Chaban, G. H. Ho, E. Pellegrin and F. Sette, *Phys. Rev. Lett.* **75**, 152 (1995).
- [10] A. Tanaka and T. Jo, *J. Phys. Soc. Jpn.* **63**, 2788 (1994).
- [11] J.-Y. Kim, T. Y. Koo and J.-H. Park *Phys. Rev. Lett.* **96**, 047205 (2006).
- [12] T. Koide, H. Miyauchi, J. Okamoto, T. Shidara, T. Sekine, T. Saitoh, A. Fujimori, H. Fukutani, M. Takano, and Y. Takeda, *Phys. Rev. Lett.* **87**, 246404 (2001).

アンジュレーター光による dispersive NEXAFS 法の高度化

慶應大学大学院理工学研究科 小宇佐友香, 近藤 寛

1. はじめに

現在、私たちのグループは波長分散光を用いて NEXAFS スペクトルを高速で測定する dispersive NEXAFS 法の高度化とその応用に取り組んでいる。この高度化には BL-16A の高輝度アンジュレーター光が必要不可欠なものになっている。今回はこの dispersive NEXAFS 法の高度化、さらにこの手法を用いた最近の実験について述べたいと思う。

2. dispersive NEXAFS 法の高度化

dispersive NEXAFS 法 [1] は Auger 電子収量の NEXAFS スペクトルを高速で測定できる手法である。この手法では通常の NEXAFS 測定のように単色光を掃引してスペクトルを得るのではなく、ある幅の波長分散 X 線を照射して、出てくる Auger 電子を位置敏感な検出器で一度に測定することによってスペクトルの取得時間を短縮している。

従来、この手法を行ってきた BL-7A は、偏向電磁石ビームラインとしては世界でもトップクラスの大フラックスビームを供給するビームラインであるが、それでも S/N との兼ね合いで、定量的な解析が可能なスペクトルを取得するには最速でも数秒程度の積算が必要であった。しかし BL-16A では、アンジュレーター光の利用によってビデオレート (33 ms で 1 スペクトル) で測定が可能となった。これは、アンジュレーター光におけるフラックスの増加とビーム径の縮小による効率の良い放出電子の取り込みと共に、電子エネルギー分析器の MCP 蛍光スクリーン電子像のライン積分値をリアルタイムで記録する高速測定システムによるものである。

そもそもこの dispersive NEXAFS 法を使った実験は、先に述べたように BL-7A で行われており、そのときは最速で 1 スペクトル当たり数秒程度、典型的には 10 秒から 30 秒程度のデータ取得時間を要していたが、これは MaxLAB などの第三世代放射光施設のアンジュレーター光を用いた高速 XPS 測定とほぼ同じ時間であった。従って、BL-16A におけるアンジュレーター光を用いて dispersive NEXAFS 法を行えば、さらに高速での測定ができるようになり、これまでは難しかった高温での反応追跡、あるいは表面での滞在時間が比較的長い中間体の検出が直接表面をモニターしながら可能になるだろうという狙いがあった。

3. dispersive NEXAFS 法を用いた Pt(111) 上の CO 酸化反応の研究

実際に行った実験は良く知られている系として Pt(111) 上の CO 酸化反応をとりあげた。この実験は初めに原子状酸素を Pt 表面に吸着させ、CO を流すことによって減少していく原子状酸素と吸着してくる CO をモニターする。こ

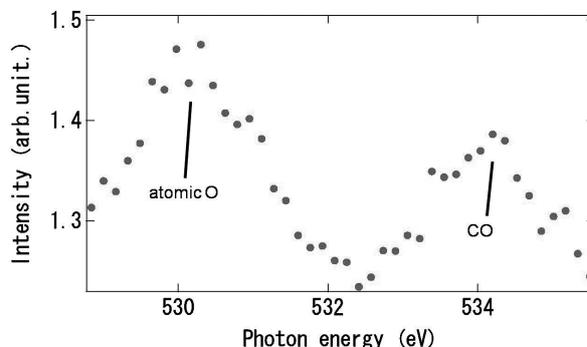


Figure 1 O-K NEXAFS spectra obtained by 33 ms accumulation.

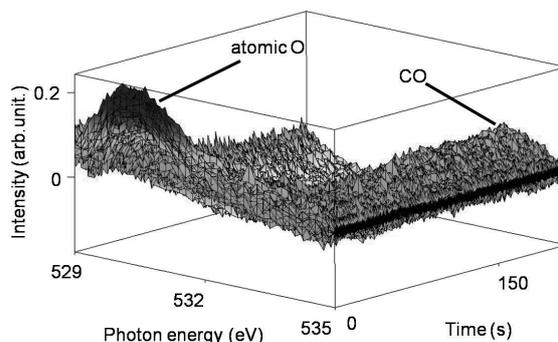


Figure 2 O-K NEXAFS spectra measured by the dispersive mode during the titration of an O overlayer with CO on Pt(111) ($T = 400 \text{ K}$, $P_{\text{CO}} = 1 \times 10^{-8} \text{ Torr}$).

の系についての実験は以前に BL-7A でも行われており、その時はスペクトルを得る測定時間の関係から室温以下での反応追跡が中心になっていた [2]。今回、BL-16A を使った実験では数十ミリ秒で 1 スペクトルの測定が行えることから 500 K 程度までの反応追跡が可能となった。Fig. 1 に 33 ms で得た NEXAFS スペクトル、Fig. 2 に反応温度 400 K で測定した NEXAFS の時間変化の結果を示す。この結果から Fig. 3 で示すような原子状酸素と CO の表面被覆率を見積もることができ、この原子状酸素の被覆率変化から反応速度を得た。このような測定を 300-500 K まで 50 K ごとに行った結果、今回の実験では低被覆率での活性化エネルギーが 1 eV であるということが求められた。これは、この温度領域において、表面分光によるキネティクスを直接観測によって得られた初めての値であると考えているが、第一原理計算によって得られた希薄極限の活性化エネルギー [3] と良い一致を示している。これまで、この系に対しては、分子線を用いて生成物の分圧測定を行うことによっても活性化エネルギーが求められてきたが、論文によって大きければつきがある。このことは表面の吸着状態が

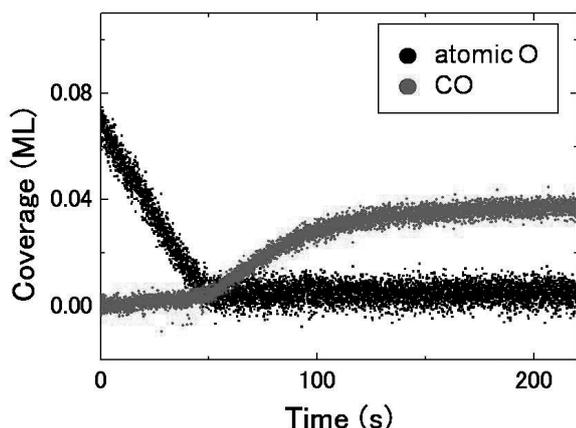


Figure 3 Time evolution of the coverages of O and CO observed by dispersive NEXAFS spectroscopy at T = 400 K.

異なるためと考えられるが、今回のように表面を直接観測しながら反応を解析することは、表面状態をきちんと把握できるという点で優れている。

4. 実験でのあれこれ

このように表面分光法を用いて高速で反応解析を行えるということが確認できたが、このような結果を得るまでには、実験につきものの山やら谷やらが存在した。まず、BL-16Aの実験ではアナライザーでの検出の関係から、波長分散光の分散方向を縦から横に変えてサンプルに照射する必要がある。そのため分散回転ミラーを測定チャンバーに取り付けて用いているが、このミラーの調整がなかなか技術を要してとても難しい。毎回この調節にはビームライン担当者の雨宮先生にお世話になっている。

次にこの系では測定範囲 (O-K edge) を決定するために、あらかじめ $\text{CO}\pi^*$ への遷移ピークが強く検出される CO ピークから探すが、ここにも問題が存在した。Pt 表面に CO を飽和吸着させてピーク探しを開始したが、いくら探してもピークが存在するであろうエネルギー範囲にピークは見つからず、XPS を測定したところ CO のピークが消えていた。もしや、ということでもう一度 CO を吸着させて XPS を測定し、吸着を確認してから光を照射したまま数分間放置して再度 XPS 測定したところ、ピークが明らかに減っていた。そして、存在していなかったはずの原子状炭素のピークが現れていた。さすがアンジュレーター光である。CO が解離していた。CO が解離してしまうのはさすがに実験にならないので、泣く泣くアンジュレーターのレゾナンス条件からずらし、強度を 1 割程度まで落として dispersive NEXAFS の測定を行うこととなった。それでも 33 ms での測定結果は得られたので、やはりその強度は強かった。

また、33 ms で 1 スペクトルというのは高速測定という点では良いことだが、得られるデータは膨大な量になる。例えばちょっと 5 分測定してみると、得られるスペクトルは約 1 万スペクトルになる。実際に実験で得た生データは清浄表面に対するデータで割って規格化しないとどのよう

なデータが得られたのかよくわからない。この 1 万枚のスペクトルのデータ処理には、通常の PC で 3 時間ほどかかってしまう。このように高速で測定できる実験ですぐに次の測定に進めてしまえるところが嬉しいやら悲しいやらというところで、次の実験に進む前に測定したデータの確認作業が追いつかなくてはならないので、効率的なデータ処理を行うことが必要となってくる。

ここまでは実験を行う上での苦勞を少し紹介したが、BL-16A を使用させてもらって良い点は多々あった。もちろんアンジュレーター光の性能もそうだが、他にもアンジュレーターのパラメーター変更が簡単であったということ、またブランチの切り替えが行えるので、ベーク中など光を使わない時はもう一方のグループに使用してもらうことができるので貴重なビームタイムをお互い無駄にしないで済むという点がある。

5. おわりに

BL-16A を使って高度化された dispersive NEXAFS 法の現状を紹介した。BL-16A を使用していく上での今後の展望として、今回の実験で用いた系では CO が解離してしまったため強度を落として実験を行ったが、そのようなことが起こらない系ではもっと強い強度で測定が行えて、更に、S/N 比が良いデータが得られるはずである。また、分散光を照射するときのエネルギー幅は現在の出射スリットの最大開口幅で制限を受けているが、シャットダウン中にこれを大幅に広げてもらったので、プレエッジ・ポストエッジを含めた広いエネルギー領域の測定が可能になる。さらに、偏光スイッチングが可能となれば、反応中の表面種の偏光依存性を測定できるようになるので、中間体を含めた反応種の配向情報が得られるのではないかと期待している。

謝辞

この実験は BL-16A ビームライン担当者の雨宮健太先生と共同で行いました。この実験に必要な分散回転ミラーの作成、ビームの最適化、高速測定システムの作成を初め実験のあらゆる面でお世話になりました。また、研究室の阿部仁博士と学生の皆さんにも実験を手伝っていただきました。この場を借りて深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 太田俊明, 雨宮健太, 近藤寛: 放射光 **16** 巻 1 号 34 (2003).
- [2] I. Nakai, H. Kondoh, K. Amemiya, M. Nagasaka, A. Nambu, T. Shimada and T. Ohta: *J. Chem. Phys.* **121**, 5035 (2004).
- [3] A. Alavi et al, *Phys. Rev. Lett.* **80**, 3650 (1998).

三次元 nano-ESCA の開発

堀場弘司^{1,3}, 中村友紀¹, 豊田智史¹, 組頭広志^{1,3}, 尾嶋正治^{1,3}

¹東大院工, ²JST-CREST, ³東大放射光機構

1. はじめに —三次元 nano-ESCA とは—

近年のナノテクノロジーの進歩により、ナノレベルでの空間分布情報を得る分析手法への要請が益々高まっています。特に光電子分光法は、物質の化学結合状態・電子状態を直接的に調べることの出来る強力な手法ですので、これに三次元的な空間分布情報を得る手段を付加できれば、非常に優れた分析手法となります。

これまでに、光電子分光法を用いて、物質の二次元的な化学結合状態・電子状態の空間分布を調べる手法として、走査型光電子顕微鏡 [1, 2] があります。これは、励起光をフレネルゾーンプレート (FZP) で集光して試料に照射し、試料上を走査することによって (実際には試料を走査することが多いですが) 試料表面二次元面内の電子状態をマッピングします。しかし、これだけでは試料の深さ方向分布を見ることは出来ません。

そこで、試料の深さ方向分布を同時に得るために、光電子スペクトルの放出角度依存性を測定します。光電子スペクトルは放出角度により表面敏感性が変わりますので、脱出深さの異なるたくさんのスペクトルを取得することにより、深さ方向分布を得ることが出来ます。しかしながら、試料の角度を走査することは、面内の位置を保証できなくなってしまいますので不可です。そのために、光電子放出角度依存性は、光電子アナライザの方で一括取得する必要があります。

このように、ナノビームの走査による面内分布の測定と、広角度の光電子放出角度依存性を同時に測定することにより、物質の三次元的な化学結合状態・電子状態の空間分布を直接観察しようというのが、この三次元 nano-ESCA のコンセプトです。目標値としては、空間分解能 50 nm 以下、光電子放出角度依存性は 60° の一括取得を目指しています。

今回我々は、PF の新しいビームライン BL-16A の高輝度軟 X 線を利用して、この三次元 nano-ESCA の開発を行いました。包括的な装置の内容については、今後他の論文や記事でご紹介する機会があると思います。本記事では限られた紙面の中で、普通の論文には書かれないような、細かい・されど重要な、設計指針や実験遂行上のノウハウを書き記しておきたいと思います。

2. 光学系の設計 —どこが困難か—

前述した三次元 nano-ESCA の設計思想を一言で言うと、「走査型光電子顕微鏡に角度分解アナライザを組み合わせる」ということになります。口で言うと非常に簡単に聞こえるのですが、当然既存の走査型光電子顕微鏡に角度分解アナライザを取り付ければ完成する、というものではありません。本装置の光学系設計で一番頭を悩ませたのは、空

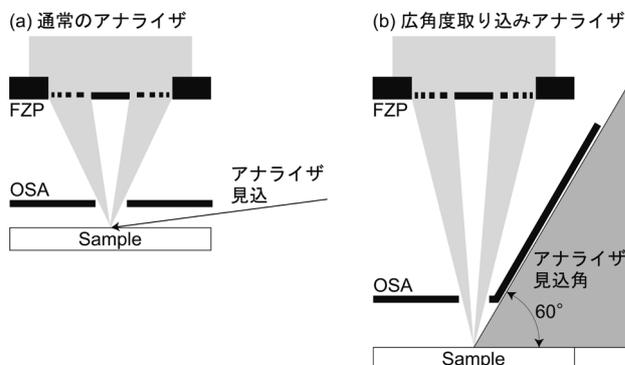


Figure 1 Schematic illustrations of optics in case of (a) conventional scanning photoelectron microscope and (b) three-dimensional (3D) nano-ESCA.

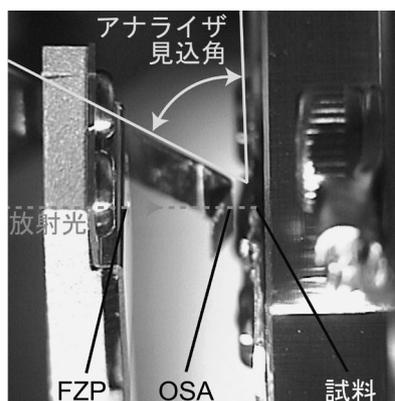


Figure 2 Photograph of optics in the vacuum chamber of 3D nano-ESCA.

間的な制約であり、これを Fig. 1 の模式図を用いて説明したいと思います。FZP での集光を行うためには、試料の前面に FZP とアパーチャー (OSA) を設置する必要があります。透過型の X 線顕微鏡であれば、検出器は試料の後ろに置けば良いので、前方にはスペースが必要なく、ぎりぎりまで光学系を近づけることが出来ます。この FZP と試料の距離が近いほど、集光サイズを小さくすることが容易になります。一方で光電子を検出するためには、試料前方から光電子が通過してくるスペースが必要となり、その分試料と OSA の間には隙間が必要となります。

さて、ここで 60° の取り込み角度を実現しようとする、試料表面を望む 60° の範囲で一切の障害物がないことが前提になります。こうなると、OSA のみならず、FZP と見込角空間の干渉さえ問題になってきます。また、OSA の内側に光が当たって放出される光電子がアナライザに入ってしまうという影響も考えられます。そこで FZP は基板の端ぎりぎりに作製してもらい、OSA は山型に折った短冊の頂点にピンホールを開けるという加工をしてもらいました。それでも、FZP- 試料間の距離は、5 mm が精一杯と

いうところです。実際の装置内での配置は、Fig. 2の写真のようになっています。

このような制約の中で、長い焦点距離と小さな集光サイズを両立するには、FZPのパラメータもかなり極限的なものが求められます。一般にはFZPの焦点距離は直径(2r)と最外殻ゾーン幅(Δr)の積で決まり、集光サイズは後述しますが、最も効いてくるのはΔrの値です。(ただし、2rが非常に大きくなってくると、集光サイズに影響してきます。)今回我々の装置では、Δr = 35 nm, 2r = 200 μmのFZPを採用しました。近年このようなナノパターンも作製技術が進み、市販品でもかなり高性能のFZPが入手出来るようになってはいますが、今回のような厳しいパラメータになると、まだまだ非常に高価なものです。このFZPで、光のエネルギー800 eVにおいて焦点距離が4.5 mmとなります。焦点距離は光のエネルギーに比例しますので、これ以下のエネルギーでは、焦点距離が短すぎて配置的に使用できません。

ゾーンプレートにおける集光サイズは、次の式で表されます [3]。

$$\delta_m = \sqrt{\left(\frac{1.22 \times \Delta r}{m}\right)^2 + \left(\sigma \frac{q}{p}\right)^2 + \left(2r \frac{\Delta E}{E}\right)^2} \dots (1)$$

(mはゾーンプレートの回折次数)

第一の項は、ゾーンプレートの開口比、第三の項は色収差の項になり、それぞれΔrと2rが関係しています。我々のFZPの場合、第一の項は43 nm、第三の項はエネルギー分解能(E/ΔE)10,000において20 nmとなります。従って、第二の項を15 nm以下にすれば、理論集光サイズ50 nmが達成されます。

第二の項は、FZP-試料間の距離(q)は、FZPの焦点距離で決まっていますので、光源サイズ(σ)と光源からFZPまでの距離(p)で決まる値になります。つまり、光源サイズが小さく、光源からFZPまでの距離が遠ければ、それだけ集光サイズを小さくすることが可能になります。ただし、光源-FZP間の距離はむやみに延ばせばいいというものではなく、光源からの距離が遠くなるほど、光は発散していきますので、FZPを通過する光量がどんどん減ってしまいます。

極限の空間分解能を目指すのであれば、発散角の十分小さな光源を用い、光源と装置の距離を出来るだけ遠ざけることが必要となります。ただしこの場合には、空間分解能を落としてでも、もっと光量が欲しいという要請には応えられなくなります。ですから、実験に合わせて汎用的に空間分解能と光量を変えたいという目的ならば、むやみに距離を離すよりも、光源の発散角にあった距離に装置を設置し、光源サイズをピンホール等で制限して可変にするという方針が、より使いやすいのではないかと思います。

3. 装置

光学系の設計が終わり、実際に完成した装置をFig. 3に示します。光学系ステージは前面のフランジから試料に

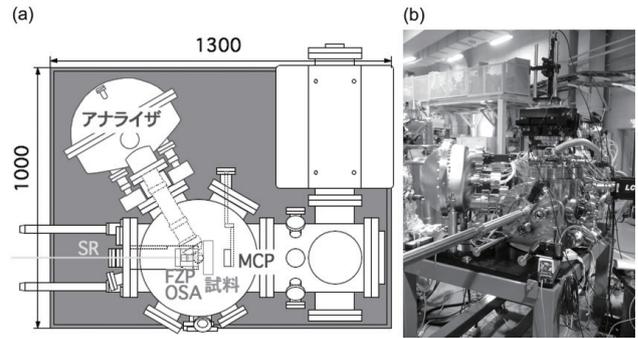


Figure 3 (a) Schematic illustration of top view of 3D nano-ESCA. (b) Photograph of 3D nano-ESCA at PF BL-16A.

向かって伸びており、その先端にピエゾアクチュエータ駆動の3軸調整機構[4]が2つ置かれ、それぞれにFZPとOSAが取り付けられています。試料は、上面フランジのマニピュレータ先端に、面内走査用の2軸ピエゾステージが取り付けられ、その上に試料ホルダが搭載されています。光電子アナライザはVG Scienta R3000を採用し、現在の仕様では取り込み角度±18°です。

4. 光軸調整

いよいよ実験を始めるにあたり、まず光軸調整が必要となります。すなわち、放射光の光軸上にFZPとOSAを正確に設置し、更にその焦点位置に、これまた試料表面を正確に持って行く必要があります。非常に難しい作業のように思われましたが、原理さえつかめば意外と簡単に調整できました。試料の後方に光モニタ用のMCPが設置してありますが、これが非常に重要です。

まずMCPスクリーンで光の像を見ながら、FZPを光軸上に挿入していきます。光がFZPを通過すると、焦点に集光するわけですが、焦点からずっと後方に離れたスクリーン上では真円状に広がっていきます。FZPのみでは、0次光や高次光も同時に通過してきますので、スクリーン上には多重のリングパターンが現れます。この状態で、次にOSAを同様に光軸上に挿入していきます。FZPとOSAの軸がぴったりと合えば、0次光と高次光のリングのみが消

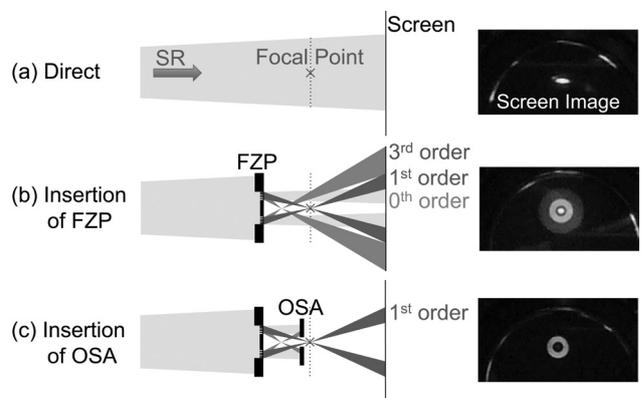


Figure 4 Schematic illustrations and screen images of (a) direct beam, (b) beam through the FZP, and (c) beam through the FZP and OSA.

え、1次光のリングのみが残ります。光軸の調整はこれで終了、慣れてくれば数分で終わる作業です。ただし、この調整を行うために、絶対に忘れてはならないのが、「試料部分には必ず後方に光を通過させられる穴を設けておくこと」です。最初の立ち上げ実験の際に、試料ホルダに穴を開け忘れ、泣く泣く真空をブレイクして工作室に走ったことがありました。

最後にこの焦点位置を探し出し、そこに試料を置くわけですが、こればかりは実際の試料をスキャンして探すしかありません。FZP-試料間の距離を変えながら、何らかの像を取っていき、それが最もシャープになる場所を探します。試料を横に移動させても、凹凸がある場合や斜めにマウントされてしまっている場合には距離が変わってしまいますから、最終的には取りたい像を見ながら微調整することになります。

5. 測定結果

このようにして、実際の測定が可能となりません。まず空間分解能の評価を兼ねて、Auメッシュの測定を行い、エッジのラインスキャンの結果から、今回の測定における空間分解能は約250 nmと求められました。この値は前述の集光サイズの式における第二の項でほとんど決まっている値だと考えられますので、今回の実験条件 ($p = 1.2$ m) を代入しますと、 $\sigma \sim 50 \mu\text{m}$ となり、これは予想される光源のスポットサイズと同程度ですので、ほぼ理論限界の集光が達成できていると考えられます。

この実験条件において、MOSFETデバイス構造のテスト測定を行った結果をFig. 5に示します[5]。400 nm幅のpoly-Si電極のパターンが明瞭に観測されていることがわかります。スペクトル形状を詳細に見ると、poly-Si部分と単結晶Si基板との違いが区別できたり、 HfO_2 膜中にHf-Si結合が存在している部分が見つかったりと、非常に高い精度で化学結合状態の空間分布が測定できていることがわかりました。更に、取り込み角度 $\pm 10^\circ$ の範囲で角度依存性一括測定にも成功し、エッチング速度の差による HfO_2 膜のわずかな膜厚の違いなどに対する情報も得られ始めています。

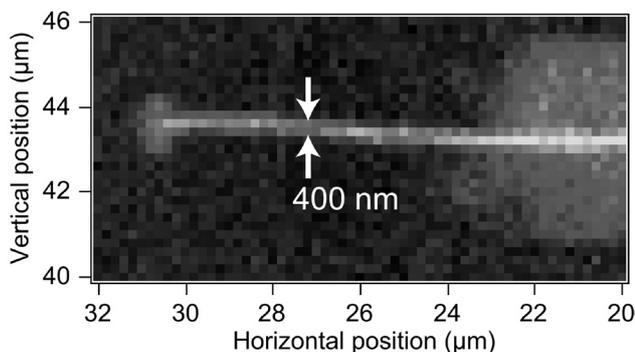


Figure 5 Intensity map of Si 2p photoelectron for poly-Si gate electrode/ HfO_2 /Si MOSFET structures with the gate width of 400 nm.

6. おわりに

本稿では、PFで行った三次元 nano-ESCA の立ち上げ実験について、主に測定開始までの道のりとそこで得たノウハウ等を紹介させていただきました。今後更なる装置性能の向上に向けて、空間分解能の向上、取り込み角度範囲の向上、安定性や振動対策、そして最も頭を悩ませる大量データの処理方法、等々、取り組むべき課題は非常に多いです。しかし現状の装置でも有益な情報が得られており、今後の性能向上により更にその有用性は高まっていくことが期待されます。

本研究を行うにあたり、PFの雨宮健太先生には大変お世話になりました。PFにおける実験は、課題番号2008U004において行われました。また、テスト測定に使用したMOSFETデバイス構造は(株)Seleteにご提供いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] L. Casalis *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **66**, 4870 (1995).
- [2] I. -H. Hong *et al.*, Nucl. Instrum. Meth. A **467-468**, 905 (2001).
- [3] S. Günther *et al.*, Prog. Surf. Sci. **70**, 187 (2002).
- [4] 使用しているステージは、Kleindiek社製サブステージ LT6820XEYEZE-UHV (<http://www.ads-img.co.jp/products/kleindiek/lt.html>)
- [5] 中村他, 第70回応用物理学会学術講演会 10a-ZF-12 (2009).

BL-16A を利用した Co 薄膜の XAFS 測定

物質構造科学研究所 酒巻真珠子

1. はじめに

BL-16A は 2008 年 10 月から共同利用実験が始まり [1], 早速 BL-16A にて X 線吸収微細構造法 (XAFS) の実験を行う機会に恵まれた。測定に用いた Co 薄膜の試料はどれも厚い保護層で覆われており, 内部に埋まった Co からの微小な信号を取り出すためには BL-16A のような光強度の強いビームラインを使う必要があった。実は前年度に同じ試料を用いた実験を BL-11A にて行ったが, ノイズの大きさをゆえ定量的な解析を断念した経緯がある。この先, 両ビームラインにおけるデータを比較しながら研究内容を紹介したい。

1-1. Depth resolved XMCD analyses of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films

磁性薄膜の磁気異方性は基板と被膜層の組み合わせや膜厚によって変わってくる。私たちはこれまで, 被膜層に Mo, あるいは Au を採用したときに発現する Co の磁気異方性に関する研究を, X 線磁気円二色性 (XMCD) を用いて行ってきた。今回はさらに, Amemiya らによって開発された深さ分解 XMCD 法 [2] を適用し, 被膜層と磁性層が接合する界面の電子状態を原子層レベルで調べることを目的とした。まず Fig. 1 に BL-11A で得られた 2 種類の薄膜試料の Co *L*-edge XMCD スペクトルを示す。Co の膜厚は 5 原子層 (約 1 nm), いずれも基板は厚さ 2 nm の Au(111) である。左図は被膜層が Mo (厚さ 1 nm) の場合, 右図は Au (厚さ 2 nm) の場合に相当する。検出は電子収量法を用いており, λ は検出深さを表している。表面敏感性が増すほどノイズが大きくなる傾向が見られるのは, 試料からすれすれ出射角で出てくる電子数が少な

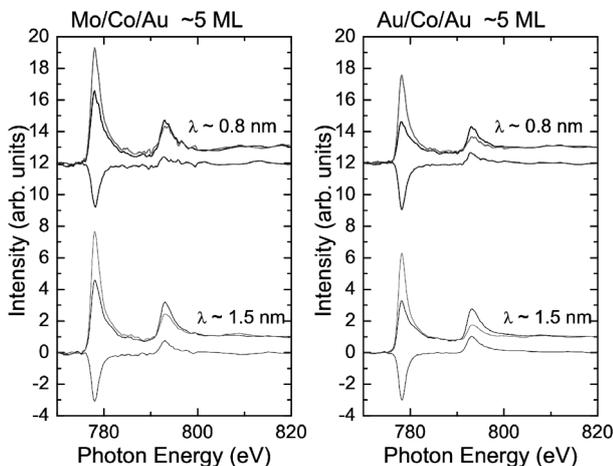


Figure 1 Co *L*-edge XAS/XMCD spectra of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films measured at BL-11A.

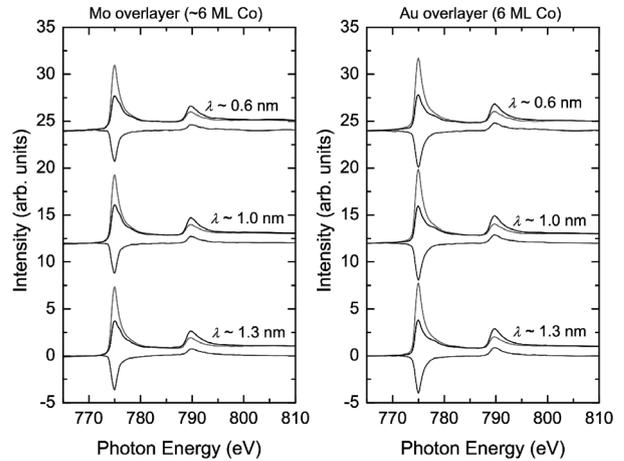


Figure 2 Co *L*-edge XAS/XMCD spectra of Mo/Co/Au and Au/Co/Au films measured at BL-16A.

いたため, このノイズレベルでは定量的な XMCD 解析は難しい。一方, Fig. 2 に BL-16A で得られた Co *L*-edge XMCD スペクトルを示す。このときの Co の膜厚は 6 原子層 (約 1.2 nm), 基板は同様に厚さ 2 nm の Au(111) である。Fig. 1 同様に左図は被膜層が Mo (厚さ 1 nm) の場合, 右図は Au (厚さ 2 nm) の場合に相当し, 異なる λ でのスペクトルを示した。Fig. 1 と Fig. 2 を比較すると格段とデータの質が向上しており, 数 nm の厚い被膜に覆われた数原子層ほどの試料でも, 十分に深さ分解 XAFS 定量解析が可能なデータが得られることが明らかになった。

1-2. Magnetic properties of Ga⁺ irradiated Pt/Co/Pt thin film

1-1 では膜厚や基板・被膜層の組み合わせによる磁気異方性の制御に基づいた研究を示したが, この他にも温度変化, イオン打ち込み, 分子吸着などによって磁気異方性を制御することも可能である。そこで私たちは, 特に Ga イオンを Pt/Co/Pt 薄膜に打ち込むことによって生じる垂直磁気異方性に注目し, XAFS による構造・電子状態解析を行ってきた。試料の膜厚は基板の Pt が 4.5 nm, Co が 2.4 nm, 被膜層の Pt が 3.5 nm で, polar MOKE によるイメージング画像を Fig. 3 に載せた。Ga イオンのドーズ量の変化に応じて Zone0 から Zone7 まで区切られ, 白く光る領域が面直磁気異方性を示す領域に対応している。この試料の特に Zone0 と Zone2, すなわち面内と面直磁気異方性を示す二点を用いて Co *L*-edge X 線吸収スペクトル (XAS) 測定を行った結果を Fig. 4 に示す。このデータは BL-11A で得られたものである。ドーズ量の増加に伴ってピーク強度の増加が見られ, さらに矢印に示したようにサテライト

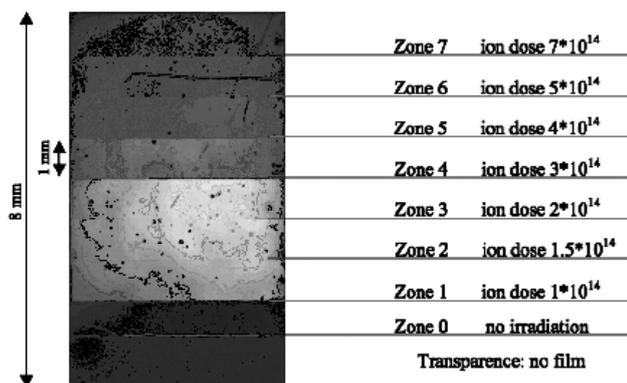


Figure 3 Polar MOKE imaging of Ga⁺ irradiated Pt/Co/Pt film. The brightness of each pixel is proportional to the product of the local remanence and the maximum value of Kerr rotation.

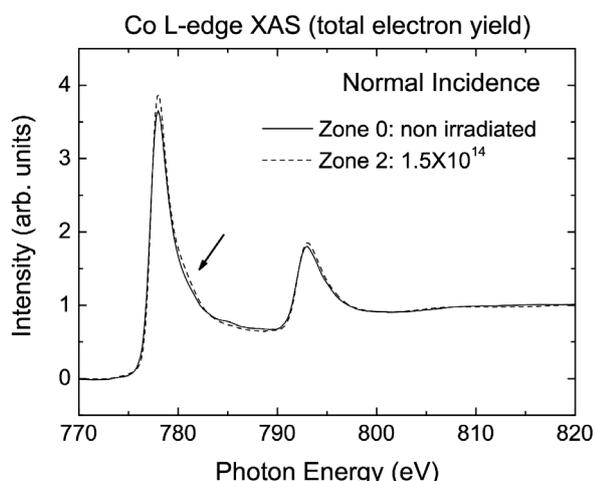


Figure 4 Co L-edge XAS spectra of Ga⁺ irradiated Pt/Co/Pt film measured at BL-11A.

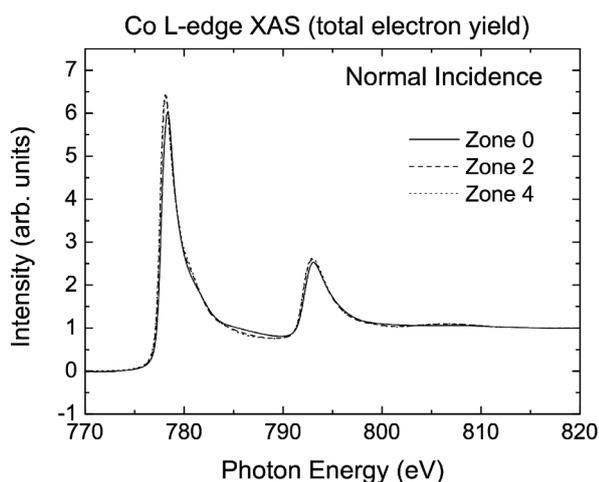


Figure 5 Co L-edge XAS spectra of Ga⁺ irradiated Pt/Co/Pt film measured at BL-16A.

構造の出現が見られた。これはイオン打ち込みによる構造乱れ、あるいは界面の intermixing によって Co の電子状態が大きく変化したことに由来するものと考えられる。スペクトル構造を更に詳しく観察するため、16A での測定を

試みた。Fig. 5 に 16A における Co L-edge XAS 測定結果を示す。Fig. 4 に比べて細かいスペクトル構造が見られ、ドーズ量に伴うスペクトルの系統的变化も見られる。特にドーズ量の増加に伴って 783 eV 付近の構造が小さくなる様子が確認された。被膜層が 1-1 の試料に比べて厚いにも関わらず、ここでも XMCD の定量解析に十分耐えうるデータを得ることができ、16A がこのような磁性薄膜試料からの微小な信号に対し非常に有用であることを実感した。

2. まとめ

磁性薄膜の磁気異方性に関する詳しい議論を行う際、理想的な条件に近づけるために in-situ での実験を行うのがより一般的である。ところが今回紹介した二つの試料は、より応用・実用での条件に近づけるため ex-situ のものを採用した。そのため厚い保護層によって、注目したい元素からの信号強度が弱められるという難点があったが、16A ではそういった難点を克服しうる光強度での実験が可能であることを確認した。今後は磁気多層膜を用い、非磁性層に誘起された磁性の微小な信号を見る、等の実験も計画している。

最後に、測定から解析に至るまで丁寧にご指導下さった物構研・雨宮健太博士と隅井良平博士、試料作製と polar MOKE 測定をして下さったポーランド・Bialystok 大学・A. Maziewski 教授、ポーランド科学アカデミー・L.T. Baczewski 博士と A. Wawro 博士、解析に関してご尽力下さった千葉大学・小西健久博士、実験のサポートを下さった慶應大学・阿部仁博士に心から感謝申し上げたい。

引用文献

[1] 雨宮健太, PF news 26 (2) p.8, 25 (3) p.9, 伊藤健二, PF News 24 (3) p.9, 23 (2) p.10 等
 [2] K. Amemiya, E. Sakai, D. Matsumura, H. Abe, T. Ohta, and T. Yokoyama, Phys. Rev. B **71** (2005) 214420 等

BL-16A における軟X線散乱実験について

物質構造科学研究所 久保田正人

1. はじめに

軟X線領域の放射光エネルギーを活用することにより、遷移金属酸化物や有機分子材料の研究上重要な、遷移金属酸化物の3d元素サイトの軌道状態や酸素などの軽元素の電子状態を直接捉えることが可能である。代表的な電子物性の実験手法には、光電子分光、MCD、発光分光、並びに軟X線散乱などがある。最近、PFに新たに軟X線共鳴散乱実験装置を建設し、強相関電子系酸化物などの研究を開始した。本記事では、ビームラインBL-16Aにおけるこれまでの軟X線散乱装置の整備状況や実験の現状について記す。

2. 軟X線散乱のメリット

軟X線を用いた共鳴散乱（共鳴軟X線散乱）は次の様なメリットがあり、物性研究上有用な実験手法である。1) 外場（電場、磁場）を用いた実験を行なうことが可能であり、マルチフェロイック材料や巨大磁気抵抗、電荷・軌道秩序などの外場応答による物性の振る舞いを捉えることが可能である。2) 硬X線領域に比べ軟X線領域は、軽元素の散乱断面積が大きいので、有機材料や生体材料に関するダイナミクス研究に有効である。3) 光の平均自由行程が電子と比べると非常に長いのでサンプル表面の汚染の影響を受けにくい。4) 電子を用いないのでチャージアップといった現象が生じず、局所的な振る舞いを示す絶縁体材料～遍歴的な金属材料といった幅広い物質を用いた系統的な物性研究が可能である。

建設した共鳴軟X線散乱装置により、機能を発現する中心元素サイトにおける電子状態と構造情報の両者を捉えることができるので、電子物性的、構造物性的な両方の見地に立ち、研究を遂行していくことが可能である。

例えば、強相関電子系3d遷移金属酸化物においては、 $2p \rightarrow 3d$ 遷移（L吸収端）により直接的に3d電子状態を捉えられるので、偏光依存性と組み合わせることにより（これまでの硬X線共鳴散乱（K吸収端）での知見以上に）詳細に軌道状態を解明することが可能である。また、磁気遷移も大きいので、磁気散乱実験を行ない中性子散乱とも相補的な磁性情報を捉えることが可能である。

3. 装置の説明

BL-16Aで建設した軟X線散乱装置は、大きく分けて1) 検出器系、2) サンプルゴニオヘッド、3) 冷凍機の3つのコンポーネントから構成されている（Fig. 1）。1) 検出器は、信号強度の大きさによりMCP（浜松ホトニクス）とフォトダイオード（IRT）を使い分けている。また、2 θ アーム長（サンプルから検出器までの距離）は130 mmであり、信

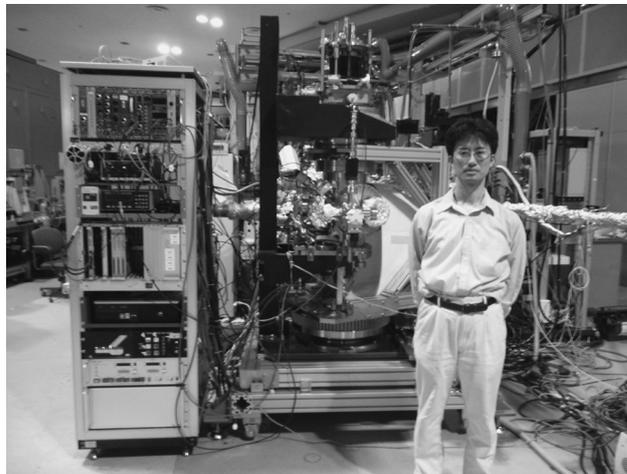


Figure 1 View of soft X-ray scattering equipment

号検出角度範囲は、0-170度である。2) サンプル位置でのビームスポットサイズは、50-100 μm （縦） \times 100-200 μm （横）である。ゴニオヘッドにおけるXYZ方向の駆動自由度を用いて、サンプル位置を光中心位置に合わせる。3) 物性の温度変化測定は、Heフロー型冷凍機を用いる。

4. 実験の遂行の仕方・手順

実験の進め方について、説明する。サンプルは、10 mm \times 10 mm（厚さ0.5 mm）の銅板にカーボンテープで装着し、サンプルホルダーに固定する。簡易的にサンプルをセットする際には、直接サンプルホルダーに固定することも可能である。低温実験においては、冷却のためヘリウムトランスファーチューブを冷凍機に挿して、液体ヘリウムをフローさせて冷却を行う（最低温度（ $\sim 10\text{K}$ ）までの到達時間は、約45分である）。目標温度に達したら、サンプルの位置調整を行う。サンプル面を規準にして半割り作業を行う。これは、下流に取り付けてあるフォトダイオードに入る光強度が（直接光の）半分の強度になるようにサンプル位置を調整する作業である。最後に、実験で用いる放射光エネルギー・偏光を選択して実験を開始する。測定は、回折計ソフトSPEC上でサンプル・検出器回転角度、信号取り込みについてコンピュータ制御しているので、マクロプログラムを用いた測定を簡便に行える。

測定例として、polystyrene and polyvinylpyridineの有機薄膜（厚さ600 \AA ）における反射率測定を示す（Fig. 2）。ドメイン構造の大きさに対応した0.005 \AA^{-1} 周期の反射率のプロファイルが観測されている。各一点ごとの観測時間は100 msecであるが、約6桁落ちの反射率領域においても明瞭な振動プロファイルが観測されている（挿絵参照）。これまでに強相関電子系の層状マンガニ酸化物やマルチフ

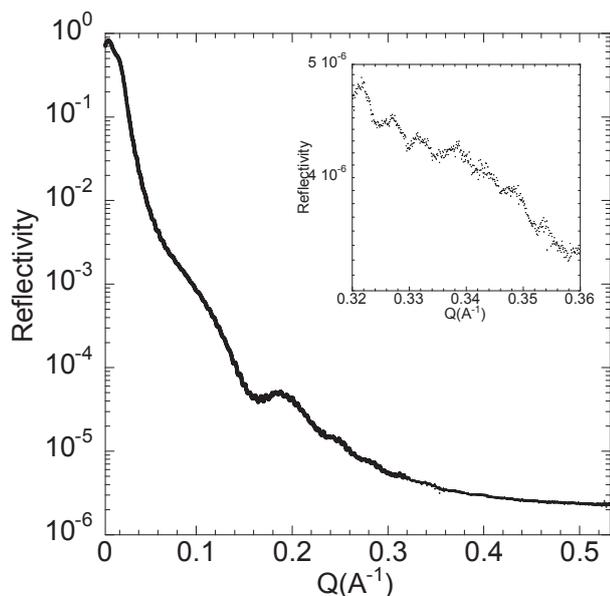


Figure 2 Reflectivity of a hybridized thin film of polystyrene and polyvinylpyridine with a photon energy of 543 eV for 100 msec. A clear periodic oscillation is observed as shown in the inset.

エロイック物質を用いた共鳴軟X線散乱による電荷・軌道秩序の観測や超格子薄膜の反射率測定も行っている。

5. ユーザー受け入れ対応について

今年度から、物質構造科学研究所（物構研）では構造物性センターが設立され、軟X線散乱実験を用いた物性研究

が益々盛んになってきている。研究を行う上で、サンプルの実験装置へのセット方法や超高真空下における実験が未経験なユーザーに対しては、軟X線散乱測定に関する実験の進め方などについて技術アドバイスも行っている。軟X線共鳴散乱実験を通じて、構造物性的観点と電子物性的観点到立ち、新たなユーザーとの研究交流を深めることに注力した活動を行っている。更に、全国のユーザーが研究利用をより行いやすくするために、サンプル位置調整の自動化、より弱い微小信号の観測、測定温度領域の拡充のための軟X線散乱装置の改良やアンジュレータと同期した共鳴軟X線散乱実験の遂行が行える実験環境を整備する予定である。今後、物構研における他の量子ビーム（中性子、ミュオン、陽電子）を用いた研究結果に対しても議論を深め、幅広い研究交流による相補的な物性の理解が進むことが期待される。

（共鳴）軟X線散乱実験を用いて新たに研究を進めたいと思った方は、メールで連絡してください（masato.kubota@kek.jp）。また、実際に装置を使って研究を始めていく中で要望などが生じたら、お気軽にご相談ください。

6. 謝辞

軟X線散乱装置の整備に関する技術的相談や初期の立ち上げでは、主に小谷佳範氏、小野寛太氏、雨宮健太氏、足立純一氏に、改良にあたっては岡本淳氏、中尾裕則氏、村上洋一氏の各方々の協力の下に進めることができましたことを、この場を借りて感謝申し上げます。

研究会等の報告／予定

第 27 回 PF シンポジウム開催のお知らせ

PF シンポジウム実行委員長 五十嵐教之 (KEK・PF)

前号でもお知らせしました通り、第 27 回 PF シンポジウムは、2010 年 3 月 9 日 (火) ~ 10 日 (水) に開催されます。第 26 回と同様、エポカルでの開催となりますので、皆様奮ってのご参加を宜しくお願い致します。上記の期間は PF、PF-AR のユーザー運転を停止することになっておりますので、ご理解のほどお願い申し上げます。前日の 3 月 8 日 (月) には、ユーザーグループミーティングの開催をお願いしたいと思います。

実行委員は以下のメンバーが務めることになりました。参加申し込み方法、プログラム等を急ぎ詰めたいと思います。詳細が決まり次第ホームページや PF ニュースで皆様にお知らせ申し上げます。

PF シンポジウムに関してのお問い合わせは pf-sympo@pfqst.kek.jp まで御連絡下さいませようお願い申し上げます。

第 27 回 PF シンポジウム実行委員 (50 音順・敬省略) :

雨宮健太 (PF), ◎五十嵐教之 (PF), 奥田太一 (広島大放射光), 熊井玲児 (産総研), 栗栖源嗣 (阪大), 篠原裕也 (東大), 仁谷浩明 (PF), 野澤俊介 (PF), 兵藤一行 (PF), 宮内洋司 (PF) (◎委員長)

第 12 回 XAFS 討論会報告

弘前大学大学院理工学研究科 宮永崇史

第 12 回 XAFS 討論会は 2009 年 9 月 14 日から 3 日間、青森県南津軽郡大鰐町の国民宿舎「おおわに山荘」にて行われた。今回は XAFS 討論会としては初めて合宿型の会議となり、朝から晩 (あるいは早朝) まで、XAFS とその関連手法に関して議論を深める企画となった。都心から離れているうえに、交通の便が悪い山間の温泉地が会場であったが、71 名の参加があった。

初日はイタリア・トレント大学の P. Fornasini 氏の招待講演「Thermal Effect on EXAFS」から始まった。博士の長年の研究テーマである EXAFS の温度因子に関して理論から実験結果まで詳しく解説され、最近の氏の研究である負の熱膨張係数をもつ物質や温度因子における同位体効果にまで話が及んだ。その後は物理系材料への EXAFS・XANES の応用、および理論的研究の講演を中心に行われた。食事前には放射光施設のユーザーズミーティングが行われた。



ナイトセッション「XAFS は社会の要請に答えているか」

今回は PF と SPring-8 に限られたが、次回からはより幅広くミーティングを行う方向が確認された。入浴と食事の後、本討論会の目玉となったナイトセッション「XAFS は社会の要請に答えているか？」が催された。KEK-PF の野村昌治教授から日本の XAFS 研究を取り巻く状況が報告され、各地から持ち寄った地酒を楽しみながらの熱心な議論は尽きなかった。

2 日目の午前中は化学材料および触媒を中心とした発表が行われた。午後からは KEK-PF の雨宮健太氏の招待講演「深さ方向 XAFS 法：着想から実現、発展、そして将来へ」を中心に XMCD 法に関する発表が行われた。雨宮氏は深さ方向の研究の端緒から、どうやって様々な困難を克服してきたか、これまで公には話さなかったことまで含めた講演をされ、最後まで興味が尽きなかった。その後、同じ会場で 10 件のポスター発表が行われ、活発な議論が続いた。主催団体である日本 XAFS 研究会の総会が行われた後、いよいよ大広間での懇親会となる。懇親会では学生発表奨励賞の表彰が行われた。9 名の候補者の中から東京大学大学院の上村洋平氏の「時間分解 XAFS 法による白金 - すず合金ナノ粒子の合金形成過程及び酸化による再分散過程の in situ 構造解析」が奨励賞に選ばれ、朝倉清高会長より賞状および金一封が贈られた。その後、XAFS 討論会に初めての参加となる人から一言ずつスピーチをいただき、その日も前日に勝る活発な議論が夜更けまで続いた。

最終日は徳島大学の沼子千弥氏の招待講演「地球環境化学・材料工学分野への蛍光 XAFS の応用」を初めとして、蛍光 XAFS の応用および関連手法を中心に発表が行われた。沼子氏は材料開発の現場で XAFS がどのように役に立っているか、また生態・環境系などへの幅広い応用研究を紹介された。

3 日間を通しての非常に中身の濃い会議は、参加者に多少の疲労感を残しながら、立命館大学の稲田康宏さんを中心に行われる次回討論会での再会を約束して終了した。

ユーザーとスタッフの広場

SRI09 滞在記

東京工業大学総合理工学研究科 金子悠平

富田文菜研究員がロレアル - ユネスコ女性 科学者日本奨励賞受賞

東京工業大学の富田文菜博士研究員が、優れた研究成果を挙げた若手の女性科学者をたたえる「ロレアル - ユネスコ女性科学者 日本奨励賞」を受賞しました。授賞式は日本工業倶楽部会館で行われ、富田氏を含む4名の受賞者それぞれに賞状が授与されました。



賞状と花束を手にした富田氏。

富田氏は東京工業大学大学院理工学研究科物質科学専攻博士課程在学中に腰原伸也教授の研究室に在籍し、日本科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業の一環として、JSTとKEK物質構造科学研究所の共同研究により推進された「腰原 ERATO 非平衡ダイナミクスプロジェクト」に従事しました。そしてタンパク質分子内を生命活動に不可欠な小分子が輸送される際に、タンパク質分子自身があたかも「深呼吸」をするように時々刻々と構造変形する様子を、KEK物質構造科学研究所の放射光科学研究施設PF-ARのビームラインNW14を用いて直接観測することに成功しました。生理活性な分子を取り込んだり、輸送・貯蔵する際に、タンパク質が大きく形を変えるメカニズムの一端を解明しただけでなく、タンパク質・酵素の機能解析、創薬などの基本であるタンパク質分子構造の概念に変更を加えて行く重要な基礎研究結果となりました。富田氏は現在も共同研究員としてKEKに常駐し、放射光科学研究施設の足立伸一准教授らとともに、タンパク質の構造ダイナミクスに関する研究を引き続き精力的に進めています。

パリに本社を置くロレアルグループと国連専門機関のユネスコは、世界の女性科学者の業績を称えるとともに、科学の分野で活躍する女性たちの世界レベルでの更なる飛躍と地位向上を目的に、1998年に共同で女性科学者を支援するプロジェクトを創設しました。

「ロレアル - ユネスコ女性科学者 日本奨励賞」は、プロジェクトの理念を受け継ぎ、ロレアルグループの日本法人である日本ロレアル株式会社が日本ユネスコ国内委員会の協力のもと、2005年11月に創設したものです。生命科学または物質科学の分野において、博士課程（後期課程）に在籍あるいは、博士後期課程に進学予定の40歳未満の女性研究者を対象としており、2009年を含めこれまでに16名が受賞しました。

2009年9月27日から10月2日までの五日間に亘り、オーストラリア・メルボルンにてThe 10th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI09)が開催されました。今回、PFのBL-6Cで実験を行ったX線共鳴磁気散乱の成果を紹介し意見交流をする目的で、ポスターセッションに参加しました。私は今まで国際学会はおろか国内の学会に参加したこともなかったため、今回の学会への参加は非常に貴重な経験でありました。ここでは、学会に参加した五日間のメルボルン滞在の感想や印象等を紹介させていただきます。

旅にトラブルは付き物だと言いますが、私も現地に到着する前に少しヒヤリとさせられる事態に遭遇しました。今回メルボルンへは成田からシドニーを経由して、そこから国内線に乗り継いで行きました。シドニーでは飛行機の到着時刻から国内線の出発時刻までは1時間あまりしかなく、その時間には入国手続きや税関審査が含まれるので、かなりタイトなスケジュールでした。時間がないにも拘わらず、本来行かなければならない国内線乗り継ぎの連絡口を間違えて他のゲートを出てしまい、更に空港がとても広かったために迷ってしまったのです。空港内をさまよいつつ、出発に間に合わないのではないかと大変焦りましたが、道を尋ねた空港職員の方がとても親切で、出発ゲートまで一緒に歩いて連れて行ってくれました。助けていただいたおかげで、何とかシドニー空港を出発することが出来ました。安心も束の間、メルボルンに無事に到着した後に到着荷物用のベルトコンベアの前で自分の荷物が運ばれてくるのを待ちましたが、一向に荷物が運ばれてきません。ロストバグゲージかと思いましたが、シドニー同様空港職員の方が荷物の居所を調べてくれたところ、幸いすぐに見つかり次のシドニーからの飛行機で送られてくるとのことでした。どうやら出発時刻直前に搭乗手続きをしたので搬入に間に合わなかったようです。無事に荷物があることが分かり、初日早々、大事に至らなくて良かったと思いました。その後はトラブルに見舞われることもなく五日間を過ごすことができました。

現地の気候は、五日間の滞在中10°C近い気温の差があり、冬から春に季節が移り変わっていく様子を肌で感じることができました。暖かい日は、シャツ一枚で歩いている人を見かけることもあるほどで、比較的過ごしやすかったです。街は、様々な人種の人がいるとても活気がありました。その辺を歩いていて道を尋ねられたり、レストランやお店で店員さんが気軽に世間話をしてきたりする機会が何度かあり、偶然かもしれませんがフレンドリーな人が多かったように思いました。メルボルンは大きな都市ではありますが自然が所々にあつてのんびりリラックスできる公園等のスペースがたくさんあるところが個人的に魅力を感じました。中心街からトラムで20分ほど行ったセントキルダに



会議場の前で、メルボルンの中心街を背景に

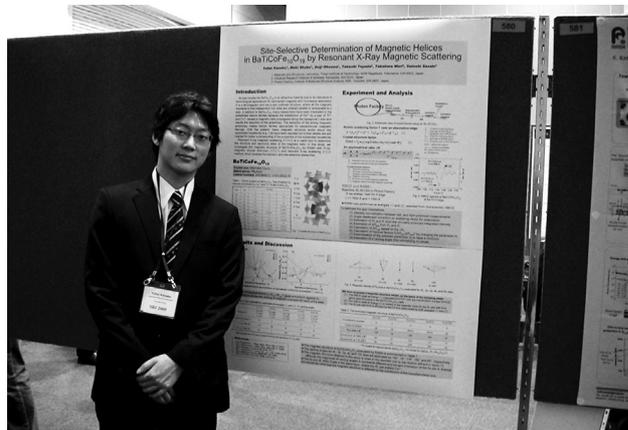
はビーチもあります。学会の合間をぬって私もトラムを利用しビーチを訪れましたが、そこからの眺めは最高でした。残念ながら泳げる季節ではなかったのでビーチは閑散としていましたが、夏になると手軽にリゾート気分を味わえることから大変賑わうそうです。ぜひ夏にまた訪れてみたいです。食事に関しては、日本食が流行っていました。至る所に日本語の名前のついたレストランがあり、寿司、お好み焼き、らーめん等の様々なメニューにあります。どれもおいしくて値段の割に量も多いので毎日食べていました。そして最後にもう一つ紹介したいのがビクトリアンビールというオーストラリアンビールです。苦みが強いのですが後味がスッキリしていて香りも良く、指導教員の先生と毎晩飲みに行った程でした。機会がある方は是非お試しください。

さて、次は会議に関して書きたいと思います。2日目から本格的に会議が始まりました。まず朝一番に Plenary があって、その後3つのセッションに分かれて進行する形がとられていました。私は興味がある話を幾つか選んで発表を聞きに行きました。英語が聞き取れなかったり、知識が足りなかったりしたため内容を全て理解することはなかなか難しかったのですが、それでもスライドを見ながら発表を追っている内に、今まで触れる機会がなかった分野にも興味を持つようになりました。” Next Generation Sources” のセッションでは、放射光施設の将来計画に関して様々なアイデアがあることを初めて知って、特に興味深く聞きました。

3日目には、Australian Synchrotron (以下 AS) の施設見学ツアーが行われました。AS は、2007年にユーザーランを開始したばかりの新しい第三世代放射光施設で、建物は新しく美術館のような外観で印象に残っています。BL内の装置はどれを見ても新しく、自分が見たこともない大きさの2次元ディテクターを見たときには本当に感動しました。まだ施設内にはスペースがかなりあるので、これからもどんどん新しいBLが建設されていくのではないのでしょうか。今回のツアーでは粉末回折BL→X線吸収分光BL→小角・高角散乱BL→軟X線分光BL→赤外BL→タンパク質結晶構造解析BL→マイクロ蛍光X線分析BL→

加速器診断BL→イメージング・医学セラピーBLの順番で見学コースが組まれていました。ツアーといっても堅苦しくなく、見学コース内は自由に行き来ができて途中では果物が配られるなどラフな雰囲気の中で回ることができました。各BLでは担当者の方が近くに立っておられ、質問をするたくさんの方で賑わっていました。ASに入れる機会はあまりないと思うので、貴重な経験だったと思います。

4日目には、いよいよ私が参加するポスターセッションが開かれました。初めての国際会議だったのでやや緊張していましたが、近くに日本人の方が多かったので軽く挨拶を交わすうちに幾らか落ち着きを取り戻すことが出来ました。私は、「Site-selective determination of magnetic helices in $\text{BaTiCoFe}_{10}\text{O}_{19}$ by resonant X-ray magnetic scattering」と題した発表を行いました。私がポスターを展示した場所は会場の端だったので人通りは多くなかったのですが、足を止めてくださった方々は単結晶の構造解析に詳しい方が多く、かなり深い内容について繰り返し質問してくださった方もおられました。英語が得意なほうではないので、シドロドロになりつつも内容だけは諦めずに伝えようと思い、一生懸命説明しました。どこまで伝わったかは分かりませんが、海外の研究者の方に自分の研究について知ってもらい、しかも内容に深く興味を持ってもらったことは嬉しかったと同時に大きな自信になりました。また、自分のポスターに足を止めて見ている人がいない時間は、積極的に近くで発表している人のポスターの見学をするようにも心がけました。私の近くで発表されていたポスターは Diffraction に関連するものが多く、自分の分野に近いこともあり、発表者の方から興味深いお話を沢山聞くことが出来ました。また、逆に自分の研究の内容を尋ねられて議論に発展し、アドバイスをいただいたりもしました。ただ、今回のポスター発表では、コアタイムの最初から最後まで発表者がポスターの前に待機していなければならなかったため、発表日が同じで研究分野に近い方々との議論の時間を十分に取れなかったことが残念でした。例えばコアタイムを前半後半の二つに分けて行えば、発表者も自由に会場を見て回る時間ができ、同一セッション内での発表者同士で議論する機会を持つことも可能になるので、セッションをより有意義



ポスターセッションにて

なものにすることができるのではないかと感じました。あっという間に時間は過ぎ、ポスターセッションは終了しました。普段、研究室以外の人と専門的な意見交換をする機会は少ないのでとても刺激になりました。

ここまで、初めて国際学会に参加した雑感を書きました。このような経験をさせていただくことができたのも、指導していただいている佐々木先生をはじめ、研究室のメンバーの協力があつたからこそと、本当に心から感謝しています。今回の経験を糧に、これから日々精進していきたいと考えています。ありがとうございました。

SRIに参加して

東京学芸大学 荒川悦雄

平成21年9月26日から10月5日まで豪州のメルボルン市に滞在し、SRI09に参加してまいりました。事務局受付によりますと、会議参加者総数は681名で、日本からは116名とのことでした。研究以外のことで市内を満喫したことを報告いたします。

メルボルン市は、小生の知っている町の中では、横浜のかつての関内のような町でした。港湾地域が隣接し、重厚な鉄道の橋脚の下を道路や路面電車がぐりぐり、議会や教会の古い建築物と現代的な超高層ビルが混在し、中華街やスタジアムがあり、夜の街ではひよろつとした若者が近寄って来る所でした。路面電車は、市内の環状線に限っては、無料で乗ることが出来、ガイドマップを手にした観光客を車内でよく目にしました。行き先案内のガイドさんも乗車していたことは、人の温もりを感じるようで印象的でした。路面電車は、昔、関内で乗ったような古風なものもあり、車体ごと窓ガラスも覆う広告が描かれた新型の車両もありました。驚いたことに、新型インフルエンザ予防の為にマスクを、市内の現地の人は誰一人として、していませんでした。小生は用心のためのマスクをして、路面電車に乗り、人ごみの町を歩きましたが、喫茶店の窓ガラス越し

に現地の人と目が合うたび、紳士淑女がいぶかしげな顔をしていました。後で聞いたところによると、現地では、相当重症な良くない病気の人がマスクをするものだとのことです、小生はそう思われたのでしょうか。

「Small Country の」と自称するという Australian Synchrotron 施設を見学してまいりました。建設中の部分もありましたが、すべてが新品で、窓からの光が明るく射していました。ハッチや光源側以外の実験ホールでは飲食が出来るのだそうです。周回クレーンが実験ホール内の天井に無いことを驚いていた人もいました。日本人の職員の有無を質問したところ、いないとのことでしたが、日本人の彼女を持った職員はいると、明るい口調で教えていただきました。豪州は国全体が植物園のようです。Australian Synchrotron 施設から近未来に飛び出してくるであろう独自研究の世界が、ここにしかない独特の生態系を形成して行く可能性を思い浮かべました。

会議終了後に迎えた日曜朝は、夏時間に変わっていました。春とスクールホリデーが終わり、商店街のショーウィンドウにきりりと立つマネキンも軽装のスーツに着替えていました。新型インフルエンザのパンデミックを乗り越え、三寒四温で盛夏の足音を楽しみにする雰囲気のもと、新しい研究を切り開いて行くための元気を取り込み、溜め込んで参りました。

小角散乱国際会議 SAS2009 Oxfordに参加して

京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 櫻井伸一

小角散乱国際会議は3年周期で開催される参加者500人規模の国際会議である。ちょうど3年前の2006年に京都で開催されたことは記憶に新しいが、その際、筆者も微力ながら組織委員の一員として携わったことが懐かしく思い出される。小角散乱国際会議では、次回開催地を参加者全員の意向投票によって決定するのがならわしになっているが、投票の前に行われた候補地PRのプレゼンテーションで、Anthony Ryan 教授（英国 Sheffield 大学）が「ハリポッターの夕食シーンの撮影に使われたカレッジでパンケットを！」が決め手となったのであろうか、真偽のほどは定かではないが、今回は Oxford 大学で開催された（図1）。参加者は450人超を数え、盛況であった。日本からの参加者は50人に迫る勢いで、開催国以外での国別参加者トップクラスを誇った。

対象分野は、高分子や生物関連材料を含むソフトマターから、金属材料に至り、広範囲におよんだ。手法としては、やはり、シンクロトロン施設を利用したX線小角散乱が主流であり、今回、特別にドイツ・ハンブルクの Michel Koch 博士（図2）のシンクロトロン施設利用X線小角散乱装置開発の偉業を讃える「Koch Symposium」が開催されたことが印象に残っている。この記念シンポジウムは、



SRIのポスター会場入り口にて（左が著者）



図1 SAS2009が行われた、Oxford 大学 Examinations Schools。白いテントが見えるが、この中でバンケットは行われた。

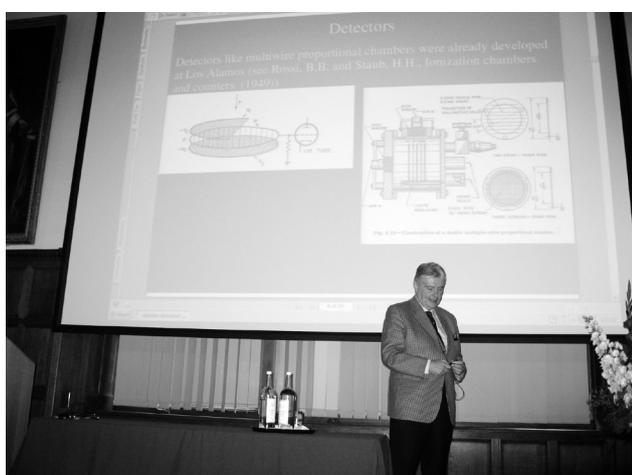


図2 講演する Michel Koch 博士(東大新領域 雨宮慶幸教授撮影)

Michel Koch 博士ご本人の講演を含め、3件の招待講演で構成された(図3)。まず、Wim Bras 博士(オランダ・ベルギー・ビームライン @ESRF 責任サイエンティスト)による Koch 博士の経歴が丁寧に紹介され、その後、高分子の分野から、Anthony Ryan 教授による招待講演がなされた。Koch 博士の偉業を含めて、過去40年のシンクロトロン施設利用X線小角散乱装置開発が高分子分野にもたらした大きな役割をあらためて振り返ることができた。引き続き、Koch 博士ご本人の講演では、装置開発のこれまでの道のりを振り返りつつ、現状と将来展望に話が及んだ。このような講演が聴けて、末席にいる一研究者として感無量であった。

言うまでもないことであるが、中性子小角散乱も重要な手法であることは間違いない。X線では限界のあるコントラストバリエーション法等、存在感を示していた。また、X線と中性子を相補的に組み合わせさせた研究が成果を上げていることも見逃せない。その意味でも、大型放射光施設 Diamond とパルス中性子施設 ISIS (ラザフォード・アプルトン研究所)を同時に見ることのできた学会主催の公式見学会によって、Oxford には、両方の施設が併設されてい



図3 Koch Symposium に関与した人たち。左から Anthony Ryan 教授、Wim Bras 博士、Michel Koch 博士、Giuseppe Zaccai 博士 (ILL グルノーブル; 招待講演)。

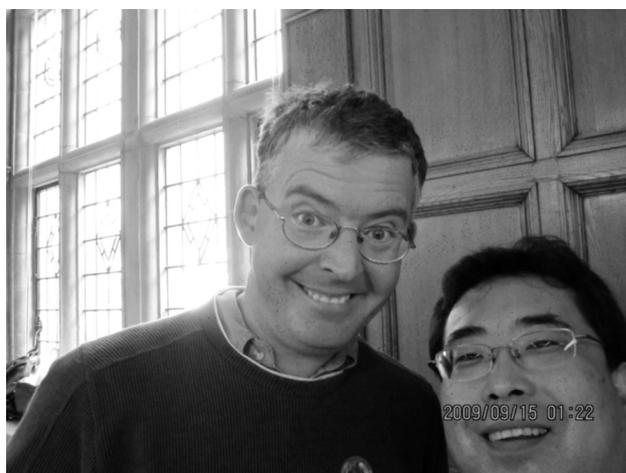


図4 ポスターセッションでの交流。左は古い友人で今回の会議の International Advisory Committee Chair でもある Ian Hamley 教授 (英 Reading 大学)、右は筆者。

る利点があるという実感を得た。

ポスターセッションは、2回に分けて行われた。合計、300件を超える規模で、それも仕方がないことであるが、到底見きれぬものではないと覚悟を決め、ピンポイントでとことん議論することに徹した。とはいえ、アルコールを呑みながらのくだけた雰囲気サイエンスを楽しみ、また、旧交を温めることができた(図4)。

バンケットは最終日前日の夜に行われた。残念ながら、ハリーポッターの夕食シーンの撮影に使われたカレッジでのバンケットは実現しなかったが、弦楽四重奏を間近で聞きながら、好きなアルコールに酔いしれ、気さくな大御所教授やご重鎮研究者らとの語らひに、大いに満足することができた。

次回、第15回小角散乱国際会議(SAS2012)は2012年にシドニーで開かれることが参加者の意向投票によって決定された。さらにその次の開催地もあわせて投票に付され、ベルリンでSAS2015が開催される運びとなった。小角散乱研究が、国際的にも学際的にも益々広がりを見せ、その重要性が幅広く認知されて行くことを確信した次第である。

XAFS14に参加して

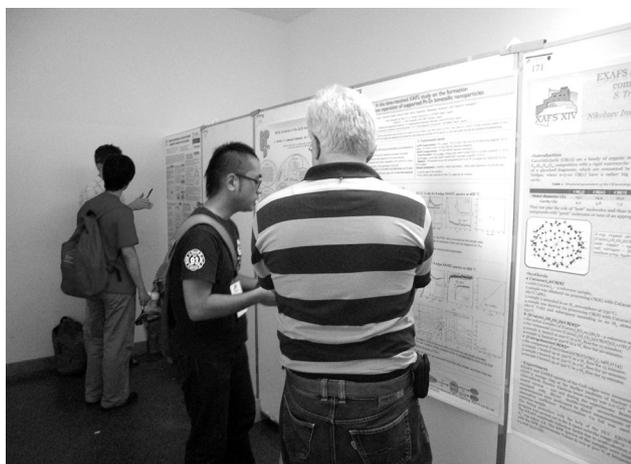
東京大学大学院理学系研究科 上村洋平

7月26日から7月31日にかけて、イタリア・カメリーノ大学で行われた14th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure (XAFS14)に参加した。カメリーノはローマから車で4時間の所にあり、周囲は長閑な田園地域であった。朝の講演はカメリーノ大学で行われ、昼食後に町に移動して各々のセッションに別れて講演が行われた。カメリーノの町はローマと比べると非常に小さな町で、宿舎も大学の近くのゲストハウスであり、林間学校の様な学会だった。

このXAFS国際会議は3年に1回開催され、世界中のあらゆる分野からXAFSに関わる研究を行っている人たちが集まって行われる会議である。この会議で発表されている研究分野は、私の主たる測定対象である触媒などの材料・物質の構造解析や、XAFSの実験方法や解析手法及び理論研究、更には生体物質や環境試料などの状態・構造解析など非常に多岐に渡っていた。参加している研究者の専門分野も物理学、化学、生物、環境化学等々、普段話す機会のない分野の研究者が多かった。

私の研究が時間分解XAFSを扱っていることから、時間分解XAFSやin situ XAFS測定を行っている研究者と議論を行うことができた。今回は、白金-すずナノ粒子のXANESの強度の時間変化を利用した反応速度論について発表を行った。ポスターを聞きにきて頂いた方々には、ある程度内容を伝えられたと思う。しかしながら、反応経路中の中間状態や反応モデルについて、更に検討が必要だということを考えさせられた。またin situ XRDなど他の分析手法と組み合わせて、アルミナ上の白金-すずナノ粒子の結晶構造の情報などを検討することで、より詳細な反応のメカニズムを得ることもできると確信できた。この学会で得たことを今後の研究に生かしたいと思う。

発表の時に、適切な英語をその場で選ぶ事が難しいという事も痛感した。慣れもあると思うが、何を問われたか、



学会のポスター会場にて

どのような答えをするか、どのように答える事で一番分かりやすいかを素早く判断できるようになりたいと思った。普段のディスカッションなどで、これらのことを意識しておく必要があると感じた。

今回はポスター発表以外の参加目的に、去年XAFS Tutorialでお世話になったMichalowicz教授とNewville博士にお会いすることがあった。お二人とも顔を覚えてくださっていて、Social Dinnerの際に色々とお話をさせていただいた。

またXAFS業界の有名人(!?)の方々とも直にお話しする機会に恵まれた。IXSのwebサイト内でXAFSの解析ソフトの解説をしているKelly博士や、AtomsやEmacs上で起動する解析プログラムを作成しているRavel博士と直接お話をすることができた。Bruce博士には彼の作成したプログラムについて以前から疑問であった事をお話する事ができ、有益な情報を得る事ができた。

日本からもXAFSに関わる多数の先生方や学生の方が参加していて、普段お話をする機会が少ない先生方ともお話をする機会が得られた。特に普段聞くことのできない先生方の研究の教条や哲学など示唆に富んだお話を伺うことができ、有益な時間を過ごすことができた。

次回のXAFS Congressは北京で行われる事になっている。Michalowicz教授とも次回の会議でお会いする事を約束した。今回はポスター発表であったが、次回は口頭で発表できる様にこの3年間精進を重ねたいと思う。

XAFS14 体験記

広島大学大学院理学研究科 柏原輝彦

2009年7月26日から31日までの6日間、イタリアのカメリーノ大学でXAFS14が行われました。この国際会議は3年に1度開催され、XAFSの実験技術や理論、周辺の応用分野等の最先端の話題を議論する学会です。私自身は普段、生体試料や地球化学試料に対してXAFSを応用する立場で研究してはいるのですが、あまりこういった分析手法をメインにした学会には馴染みがないため、国際会議の初経験もかねて、単純に興味本位で参加しました。その時感じたことを簡単に記したいと思います。

カメリーノは地図にも載っていないような小さな村で、その景色のよさにはびっくりしました。360度ほぼ山肌しか見えず、花の香りがするのんびりとした場所ですが、本当に何もなく観光ではまず行かないような場所だと思いました。そんな中、学会参加者は、大学の周りに点在する学生寮に集まって寝食を共にしました。一日中、身分を問わず色々な人たちと交流する機会を持てたことは非常に良かったと思います。海外の著名な研究者とお話できたことはもちろん感激でしたが、こういう場で日本人同士の敷居が下がり、普段話さない人たちと沢山知り合いになれたことも、今回、特に新鮮に感じました。普段は中々お話しするこ

ともできない大先生達と一緒に飲みに行ったり、ジェラートを一緒に並んでペロペロとなめたりするのも、なんだか不思議な感じがしました。

学会中は、自分の興味のあるセッション（環境、生体、装置、解析等）を中心に発表を聞きました。触媒や材料化学の分野で日本人の発表が非常に多いのに対し、環境・生体分野ではほとんどの発表者や聴衆が外国人でした。このことは、日本においてこれら分野での放射光利用がまだまだ遅れていることを示していると思います。ただ、特に生体分野に関しては、世界的にどのグループも発展途上の印象を受けました。どのグループもマイクロビームを用いた生体試料の XAFS を盛んに行い、その有用性を主張してはいるものの、実際には、細胞を構成するオルガネラはナノスケールであるとともに、いかにして試料が生きている状態を保持して分析できるかといった点が重要な課題として認識されています。したがってどの研究もまだまだ改善すべき点が多いと感じました。また、他の分野と比較して、測定を行ってデータを取得するだけの研究が多かったので、生物試料特有の難しさはあれども、もっと試料のもつバックグラウンドに基づいて色々議論するべきではないか、とも感じました。

私自身は地球化学の研究としてモリブデンの同位体分別機構に関するポスター発表をしました。単純に英語力不足で、研究内容を伝えることに苦労しましたが、コアタイムが二日に亘っていたために、下手なりに良い練習になりました。正直、同位体に関しては他分野の方々にはあまり興味をもたれていない印象を受けましたが、実はこの分野では近年、非常に盛んに議論されている話題です。地球化学の XAFS 利用で最も有名な研究者の一人である Alain Manceau 氏に熱心に聴き入っていただき、色々ディスカッションできたことは、非常に感激でした。

異なる研究分野の人たちと話をすることで、XAFS の応用研究に対する自分なりの向き合い方を考えさせられたことも、有意義な経験でした。参加者には、放射光施設のビームラインサイエンティストから、XAFS をメインの手法として頻繁に用いる人、普段はあまり用いない人、理論計



仲良くなった日本人同士で集合写真

算をメインとする人まで、さまざまな立場の人たちがいましたが、その人たちと話しをする中で、自分は理論や解析等の知識がまだまだ足りず、一つのスペクトルから情報を引き出し切れていないと感じました。一方で、将来 XAFS を応用する研究者を目指すものとして、手法に過信して一辺倒になるのではなく、知りたい情報に対して XAFS でどこまで議論できるのかを明確に意識し、定量分析等の他の実験と合わせて総合的に議論していくことも重要であると強く思いました。

その他にも、飲み会や食事等の楽しみはもちろんのこと、夜は学生同士集まってトランプをしてみたり、同部屋の外国人と研究について話し込んだりと、朝から晩まで XAFS を通して幸せな時間を過ごすことができました (XAFS って本当にいいですね)。

学会終了後、ローマに一泊して観光しましたが、カメリーノでのゆったりとした時の流れが体に染み付いたせいか、カメリーノの生活で味わったほどの感動はありませんでした。それだけ充実していて楽しい時間を過ごせていたのだと思います。本当に色々な人たちと出会うことができ、有意義な経験となりました。今回感じたことを忘れず、出会った人たちとのつながりを大切にしたいです。次の開催は 2012 年の北京です。是非、今後も継続して参加したいと思っています。

コーネル大学滞在記（その 4：最終回）

加速器第七研究系 宮島 司

2007 年 3 月から 2008 年 3 月末までの 1 年間、アメリカ合衆国コーネル大学に出張して、主にエネルギー回収型リニアック (ERL) 入射器のビームダイナミクスについて研究を行ってきた。PF news Vol. 26 No. 4 では、コーネル大学滞在記その 1 としてコーネル大学に渡航するまでの経緯とその準備について、PF news Vol. 27 No. 1 ではその 2 としてコーネル大学での生活の立ち上げについて、PF news



学会会場からの眺め

Vol. 27 No.2 ではコーネル大学での研究生活について紹介した。今回は、コーネル大学滞在中に行った研究の続きと、帰国について紹介し、コーネル大学滞在中の終了としたい。

2007年8月からは、ERL入射部テストビームラインの最適化計算の研究の続きとして、合流部での最小エミッタンスの評価を行った。合流部は複数台の偏向電磁石により構成される部分で、入射器から生成されたビームを周回部軌道に合流させることから、合流部と呼ばれる。この部分ではビーム内の電子のエネルギー差による軌道のずれ、分散関数の影響を考慮しなければならない。コーネル大学でこれまで私が行ってきた計算は、この部分の手前まで（全て直線軌道）であったが、入射器全体のビームダイナミクスを考えるには、合流部（曲がった軌道）をきちんと計算に入れなければならない。この部分での難しさは、二つある。一つはバンチ内の電子間に働くクーロン力による空間電荷効果と分散関数が結合し、エミッタンス増大が引き起こされるということである。この影響を緩和するには、合流部で軌道が曲げられる角度をなるべく小さくする方法と、対称性の高い電磁石の配置を利用する方法、そして合流部に入射するビームの光学関数を最適化する方法がある。最も良い方法は、合流角度を浅くすることであるが、これは二つ目の問題である実際の機器の配置が困難になる問題と絡んでくる。合流角を浅くするという事は、周回部軌道と入射部軌道を分離するのに距離が必要となり、周回部と入射部に設置される電磁石等の機器同士が接近しすぎて配置できなくなるという問題を引き起こす。このため合流角はある程度以下に小さくすることは困難である。また、対称性の高い電磁石の配置として、zigzag-mergerという形式が提案されている[1]が、これも機器の設置においては不利な面が大きい。このように合流部の形式には、ビームダイナミクスの問題と現実の機器の配置の問題の2つが絡んでおり、実際に配置可能な合流部形式で、どの程度のエミッタンス増大が起きるかを見積もることが、ERLで超低エミッタンスビームを実現する上で重要となる。私がコーネル大学滞在中に行った計算では、コーネル大学テストビームラインで使用する形式（偏向電磁石3台）、zigzag-merger（偏向電磁石4台）について計算を行った。予想通り zigzag-merger が有利であるという結果が得られたが、合流部手前でビーム光学関数を調整することによって、偏向電磁石3台の形式でも許容できるエミッタンス増大に抑えられることを示すことができた。

また、合流部では偏向電磁石によってビーム軌道が曲げられるが、このときバンチ長が短いと Coherent Synchrotron Radiation(CSR)の影響が無視できなくなる可能性があった。このため、正しくビームを評価するにはCSRの影響も計算に取り入れる必要があった。ただし、通常よく使用されるCSR計算では、ビームは超相対論的であるという仮定が用いられており、入射部のような10 MeV程度のビームには適用できない。そこで、入射部のような低エネルギー領域でも有効なCSR計算コードを開発することとした[2]。計算アルゴリズムはSaganの方法[3]を使用して、

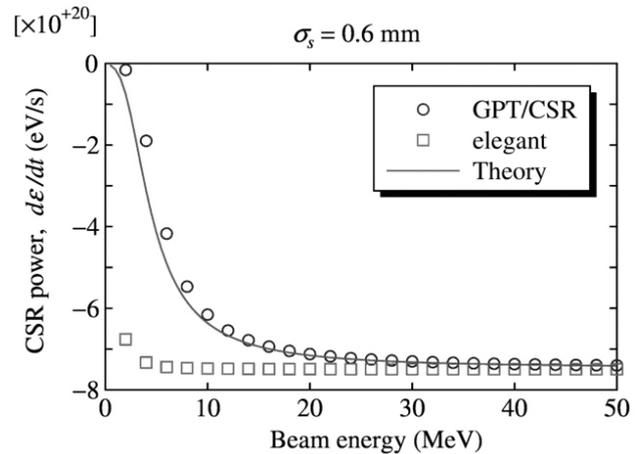


図1 円軌道上でのCSRによるエネルギー損失のビームエネルギー依存。○が今回作成したコードによる計算結果。

CSR計算コードを開発し、理論計算と比較検証した。検証の結果、ERL入射器のような10 MeV程度の低エネルギー領域でも正しくCSRによるエネルギー損失を計算できることを確認した(図1)。これを使用して、合流部でのCSRの影響を見積もれるようになった。

これらのコード開発とともに、電子銃テストビームラインでの実験にも継続して参加した。電子銃テストビームラインでは、電子銃カソード材質の違いによる時間応答の測定を行った[4]。ERL用電子銃では、半導体であるフォトカソードを用い、この表面にNEA表面を作成することによって電子を効率良く取り出している。電子を取り出す際には、カソード表面にレーザーを当てているが、レーザーが当たってから電子が放出されるまでには有限な時間の遅延が存在し、導入したレーザー波形そのままの電子ビームが生成されるわけではない。仮にこの時間応答が悪い材質だと、せっかくレーザーパルスを短く整形しても、生成された電子ビームは長いテールを引いてしまい、パルス整形の意味がなくなってしまうことになる。そこで、カソード材質毎の応答時間を調べるために、電子銃テストビームラインで測定を行った。具体的には、1 psのレーザーパルスを当てた後に生成される電子ビームの時間方向プロファイルを、偏向空洞とビュースクリーンを用いて測定した。実験では、バルクのGaAsとGaAsPを用いた。最初にGaAsPを測定したのだが、導入したレーザーに対して予想以上に長いテール(20 ps以上)が観測された。このテールは量子効率を上げるほど増大し、すなわち量子効率が上がったときに出てくる電子の多くは、長いテールを形成してしまうことを意味している。これは、大電流で短パルスかつ超低エミッタンスビームを作る上では致命的であり、ERLで超低エミッタンスビームを実現できるのかと不安になってしまった。その後、引き続いてGaAsを測定したところ、GaAsPのような致命的なテールは観測されなかったため、実験していたみんなが安心した。

最後に、帰国する頃の様子を紹介したい。帰国準備を進めていた2008年3月に日本から、加速器第七研究系の帯

名さん、長橋さん、広島大学からの特別共同利用研究員である松葉さんがコーネル大学を来訪された。PFの人と会うのは久しぶりであったので、楽しい時間を過ごさせて頂いた。CESRのリングやERLテストビームライン、コーネル大学内を案内した。滞在していた当時は現地の気候に慣れていたので暖かい日に案内したつもりであったが、今から考えると氷点下一桁の寒いなかいろいろと連れまわしてしまったので反省している。

帰国の準備は2008年2月の終わりくらいから開始した。帰国準備として、アパートの解約、車の売却、身の回りの物品のリサイクル、日本への荷物の発送などを行った。アパートの解約は、事前に通告する期限の前に解約したいことを伝えた後は、退去直前まで特に何もなかった。退去1週間くらい前になってからアパートの管理人さんに退去手順などを教わった。管理人さんには部屋を綺麗にしておいてねと言われたので、トラブルにならないようにと、かなり気合を入れて隅から隅まで掃除を行った。水道蛇口などもぴかぴかに磨きあげた。しかし、退去前日にいざ検査となると管理人さんは割と適当に部屋を見回るだけで、最後にとっても綺麗ねみたいなことを言ってそれで終わりになったので、拍子抜けしてしまった。図2に1年間お世話になったアパートの写真を示す。車の売却は、購入したディーラーに持ち込んで見積もりを出してもらった。6か月ぶりにディーラーに行くと、店の名前がいつの間にか変わっていたが、問題なく交渉も進み、購入金額の半額くらいで売却できることとなった。私の車は、恐らく日本だと廃車費用を取られるような走行距離であったが、アメリカではまだまだ現役として次のオーナーを待つようである。ときどきエンジンが掛らないとか、ウィンドウが上がらないとかあったが、とても良い車であったと思う。身の回りの物品の処分は、イサカに住む日本人で作るメーリングリストを利用した。日本から持ち込んだ炊飯器や70ドルで買ったプリンター、調理器具など大体のものは貰い手が見つかった。ただ、クリスマスの季節に近所のスーパーマーケットで格安の14ドルで購入したピンボールゲームは誰も貰い手が着かず、泣く泣くゴミ箱行きとなった。日本への荷物



図2 コーネル大学滞在中に住んでいたアパート。部屋は3階。

の発送には、郵便局のPriority Mailというのを利用した。初めは船便を使って安く済ませるつもりであったが、いつの間にか船便が廃止になっていたため、航空便のPriority Mailを利用することになった。帰国のフライトは、イサカ空港からではなく、シラキウス空港からデトロイト経由とした。理由はイサカ空港からだとプロペラ機だということと乗り継ぎのデトロイト空港での待ち時間が8時間近くあったからである。ただ、シラキウス空港はイサカから車で1時間半くらいかかる（イサカ空港までは20分くらい）。このときすでに車は売却済みだったので、足がなくて困っていたが、総務省からコーネル大学に留学に来られていた方のご厚意によって、シラキウス空港まで送って頂けることになった。シラキウスからのフライト時刻が早朝だったため、フライト前日に送って頂いて、今回の滞在最終日はシラキウスのホテルで過ごすことにした。今回の滞在でのアメリカ最後の夕飯は、このホテルのレストランで食べたペペロンチーノであったが、茹で過ぎてぶつ切れの水っぽいパスタが出てきて辟易したのを今でも鮮明に思い出せる。

以上4回に渡って、コーネル滞在記と題して纏まりのない話を書かせて頂いた。原稿が度々遅れることがあったがその都度サポートして頂いたPF秘書室の高橋さん、PF news編集委員の方々に感謝したい。今回のコーネル大学への滞在（2007年3月から12月）は、総合研究大学院大学の海外先進教育実践支援制度を利用させてもらった。この派遣制度への応募を勧めて頂いた春日教授、小林幸則主幹に感謝したい。また、2008年1月から3月までの滞在延長は、河田ERL推進室長のお力により実現することができた。私がコーネル大学滞在中にPF、PF-ARの仕事を負担して頂いた電磁石・電子軌道グループの原田さん、長橋さん、そして加速器第七研究系（旧放射光源研究系）の皆様にも感謝したい。最後に、今回の滞在での日常的な雑務（アパート関係、車関係、引っ越し関係、生活関係など）は、さも私が行ったように書いているが、滞在中からは妻にほとんどをお願いしていた。車の修理のディーラーへの依頼やアパートの退去手続きなど面倒なことを引き受けてくれ、研究に専念できる環境を作ってくれた妻に感謝する。

参考文献

- [1] Vladimir N. Litvinenko, Ryoichi Hajimab, Dmitry Kayran, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 557 (2006) 165–175.
- [2] Ivan V. Bazarov and Tsukasa Miyajima, Proceedings of EPAC08, Genoa, Italy, 2008, pp.118-120.
- [3] D. Sagan, Proceedings of EPAC06, Edinburgh, Scotland, 2006, pp. 2829-2831.
- [4] Ivan V. Bazarov, Dimitre G. Ouzounov, Bruce M. Dunham, Sergey A. Belomestnykh, Yulin Li, Xianghong Liu, Robert E. Meller, John Sikora, and Charles K. Sinclair, Frank W. Wise and Tsukasa Miyajima, PRST-AB 11, 040702 (2008).

表面研究用オージェ電子-光電子コインシデンス分光, 電子-イオンコインシデンス分光兼用装置, および電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置の開発

垣内拓大^{1,a}, 小林英一^{2,b}, 間瀬一彦^{1,2}

¹総合研究大学院大学, ²物質構造科学研究所

1. はじめに

固体の表面に光や電子を照射したときに、表面分子の電子励起によって分子やイオンが脱離する現象（電子遷移誘起脱離, Desorption Induced by Electronic Transitions, DIET）は表面科学における重要研究テーマである [1-3]。また試料に放射光を照射したとき起きるダイナミクスの研究は放射光科学研究者の関心を集めている。表面に軟X線を照射すると、1) 内殻光電子放出 (10^{-16} 秒), 2) オージェ過程 (10^{-15} ~ 10^{-14} 秒), 3) イオン脱離 (10^{-14} ~ 10^{-13} 秒) という一連のオージェ刺激イオン脱離 (Auger-stimulated ion desorption, ASID) 現象が起きる (Fig. 1)。ASID 機構を詳細に研究するには、オージェ電子と光電子を同時に測定するオージェ電子-光電子コインシデンス分光法 (Auger photoelectron coincidence spectroscopy, APECS), 光電子と光イオンを同時に測定する光電子-光イオンコインシデンス (photoelectron photoion coincidence, PEPICO) 分光法, オージェ電子と光イオンを同時に測定するオージェ電子-光イオンコインシデンス (Auger-electron photoion coincidence, AEPICO) 分光法が最適である [4]。また, APECS は、オージェ過程の詳細の研究, サイト選択的オージェ電子スペクトルの測定, 表面界面局所価電子状態の研究などにも利用できる。一方, PEPICO 分光は、1) 表面吸着水素を高感度に検出できる, 2) 脱離イオンが結合していた原子サイトを特定できる, という特色を持っており, AEPICO 分光は種々のオージェ過程とイオン脱離の相関を解明できるという特長を持つ [5-7]。我々はコインシデンス分光利用研究の一層の発展を図るため, 1 台で APECS, AEPICO, PEPICO 分光を行なうことができる新

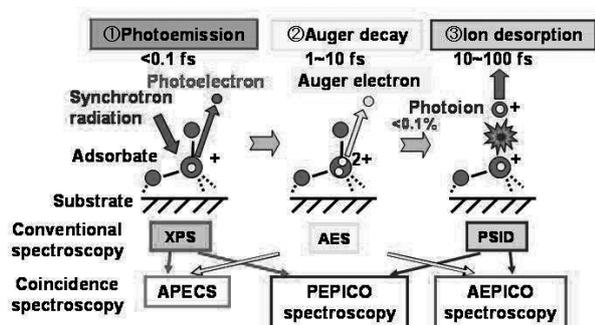


Figure 1
Schematic of a normal Auger-stimulated ion desorption (ASID) mechanism; that is, 1) core-electron ionization, 2) an Auger transition leading to a two-valence-hole state, and 3) ion desorption along the repulsive potential energy surface of the two-valence-hole state. APECS as well as PEPICO and AEPICO spectroscopy provide direct information on the correlation among the photoemission, the Auger decays and the ion desorption.

しい電子-電子-イオンコインシデンス (electron electron ion coincidence, EEICO) 分光装置を開発した [8, 9]。また我々は、脱離イオンの質量と収量, 脱離極角, 運動エネルギーに関する情報まで得ることを目的として、電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置を開発した [10, 11]。本稿では最新の電子-電子-イオンコインシデンス分光装置 [9] と最新の電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置 [11] の詳細を紹介する。

2. 電子-電子-イオンコインシデンス (EEICO) 分光装置

2-1. EEICO 分光装置

新しい EEICO 分光装置と APECS 計測系を Fig. 2 に示す。EEICO 分光装置は、同軸対称鏡型電子エネルギー分析器 (coaxially symmetric mirror electron energy analyzer, ASMA) およびダブルパス円筒鏡型電子エネルギー分析器 (double-pass cylindrical mirror electron energy analyzer, DP-CMA), 飛行時間型イオン質量分析器 (time-of-flight ion mass spectrometer, TOF-MS), 磁気シールド, XYZ ステージ, 傾き調整機構, ICF203 から構成される。ASMA と DP-CMA, TOF-MS は、同軸同焦点で設計されていて、TOF-MS は DP-CMA に内蔵され、DP-CMA は ASMA に内蔵されている。EEICO 分光器は、厚さ 0.5 mm, 外径 140 mm, 全長 150 mm のパーマロイ -78 製磁気シールドで覆われ、外部磁場から遮蔽されている。試料表面と EEICO 分光器前端板までの距離は 2.5 mm である。EEICO 分光器は超高真空仕様であり、金属材料としては非磁性の SUS310S およびインコネル 600, 真空焼鈍して消磁した SUS304 ナベビス, 絶縁材料としてはアルミナおよびポリイミドチューブを使用している。

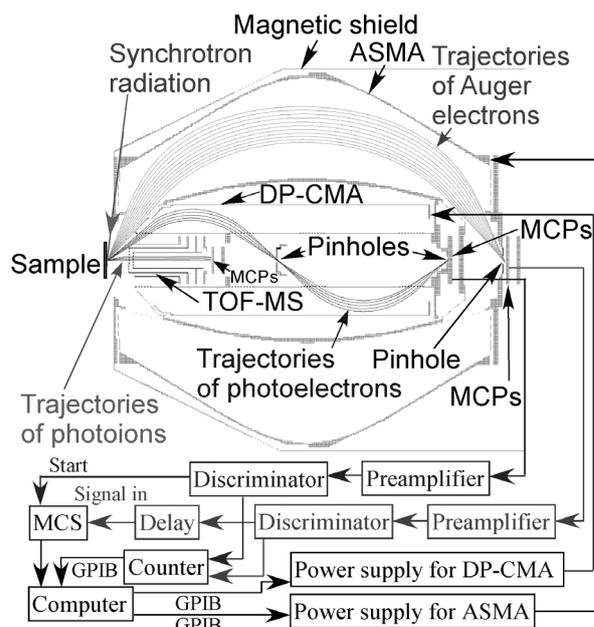


Figure 2
Schematic diagram of the new EEICO analyzer and the measurement system for APECS [9]. The trajectories of electrons and ions simulated with the SIMION 3D Version 7 are also shown.

2-2. 同軸対称鏡型電子エネルギー分析器 (ASMA)

ASMA (Fig. 3) は、外電極、内電極、4枚の補正電極を設置した前(後) 端板、ピンホール、およびマイクロチャンネルプレート (MCPs, 浜松ホトニクス, F4655) から構成される。外電極および内電極の形状は、

$$\phi = a \ln r - a \left(\frac{r^2}{2} - z^2 \right) + d \quad (1)$$

によって与えられる [12]。ここで、 ϕ は電位、 r は中心軸からの距離、 a と d は定数、 z は、中心軸方向の距離である。ASMA 外電極の外径は 137.5 mm、試料表面からピンホールまでの距離は 143.5 mm である。内電極の開口部にスポット溶接されたメッシュの透過率は 88%、MCP 前のピンホールの内径は 1.0 mm、電子の取込み極角 ($\alpha \pm \Delta\alpha$) は、 $59.5^\circ \pm 11.5^\circ$ (立体角は $\Omega = 1.81$ sr) である。実効的な透過率 g は

$$g = (\Omega/4\pi) \times (T_{\text{mesh}})^n \times D_{\text{MCP}_e} \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 T_{mesh} はメッシュの透過率 ($T_{\text{mesh}} = 0.88$)、 n はメッシュの枚数 ($n = 2$)、 D_{MCP_e} は MCPs による電子の検出効率 ($D_{\text{MCP}_e} \sim 0.5$) であるので、本 ASMA では $g \sim 0.056$ である。ASMA で分光される電子の運動エネルギー (KE_{ASMA}) は、 $KE_{\text{ASMA}} = 1.83 \times eV_{\text{ASMA}}$ によって決まる。ここで、 V_{ASMA} は、ASMA 外電極に印加する電圧である。ASMA は $\alpha \sim 60^\circ$ において 2 次の収束条件を満たすため、高分解能と高感度を両立することができる。

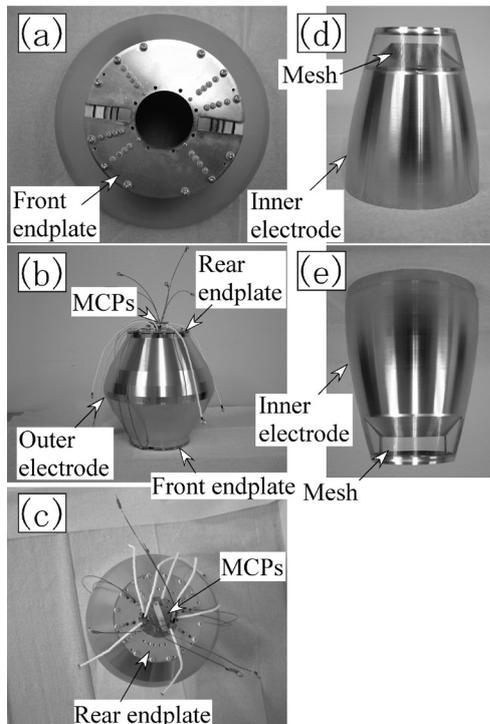


Figure 3 (a) The front view of the ASMA [9]. (b) The side and (c) back view of the ASMA with a built-in DP-CMA and TOF-MS. (d, e) The inner electrodes of ASMA, where the apertures are covered with meshes.

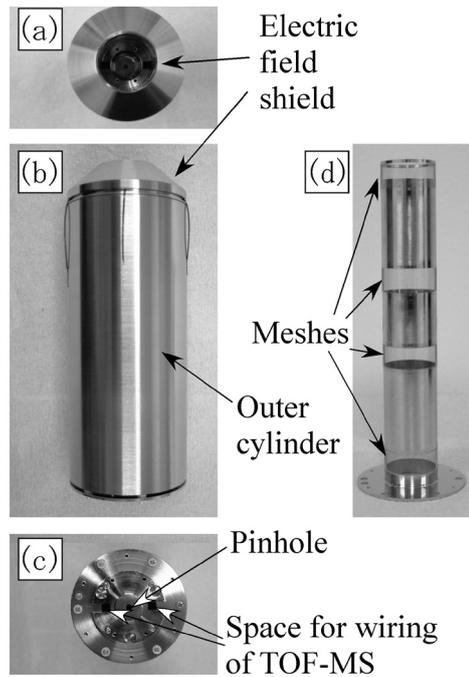


Figure 4 (a) The front, (b) the side, and (c) the back view of the DP-CMA. (d) Inner electrode with meshes [9].

2-3. ダブルパス円筒鏡型電子エネルギー分析器 (DP-CMA)

DP-CMA (Fig. 4) は、外電極、内電極、ピンホール、および MCPs (浜松ホトニクス, F4655) から構成される。DP-CMA 外電極の内径は 40 mm、内電極の外径は 20 mm、試料表面から第 1 段目および 2 段目のピンホールまでの距離は順に 61.2 mm、122.8 mm である。内電極のアーチャーに張られたメッシュの透過率は、84% である。DP-CMA の第 1 段目および 2 段目の MCP 前に設置されたピンホールの内径は、順に 2.0 mm と 1.5 mm、 $\alpha \pm \Delta\alpha = 37.5^\circ \pm 4^\circ$ 、 $\Omega = 0.43$ sr である。本 DP-CMA の実効的な透過率 g は $T_{\text{mesh}} = 0.88$ 、 $n = 4$ 、 $D_{\text{MCP}_e} \sim 0.5$ を (5) 式に代入して $g \sim 0.0085$ である。DP-CMA で分光される電子の運動エネルギー ($E_{\text{DP-CMA}}$) は、 $E_{\text{DP-CMA}} = 1.907 \times eV_{\text{DP-CMA}}$ によって決まる。ここで、 $eV_{\text{DP-CMA}}$ は、DP-CMA 外電極に印加する電圧である。CMA は $\alpha = 42.3^\circ$ において、2 次の収束条件を満たすが、本装置では $\alpha = 37.5^\circ$ であるので、1 次の収束条件しか満たしていない。このため、 $\Delta\alpha$ を小さくして高分解能化を図っている。

2-4. 飛行時間型イオン質量分析器 (TOF-MS)

TOF-MS は、電場シールド、イオン引込み電極、ドリフトチューブ、および MCPs (浜松ホトニクス, F4655X-D10, 外径 17 mm, 有効径 6.5 mm の特注品) から構成される (Fig. 5)。試料表面とイオン引込み電極間の距離は 7.5 mm、イオン引込み電極前面とドリフトチューブ前面までの距離は 1.5 mm、ドリフトチューブの長さは 25.5 mm、イオン引込み電極とドリフトチューブの内径の直径は、それぞれ 8.5 mm、5.5 mm である。イオン引込み

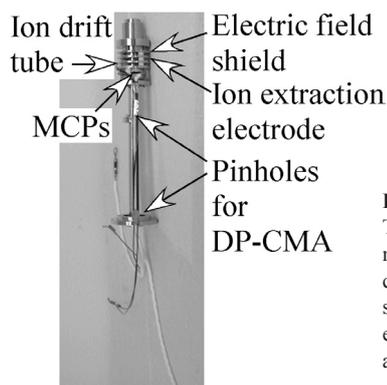


Figure 5
The side view of the miniature TOF-MS that consists of an electric field shield, an ion extraction electrode, an ion drift tube, and MCPs [9].

電極とドリフトチューブにスポット溶接したメッシュの透過率は、77%である。イオン引込み電極とドリフトチューブに適切な電圧を印加してすべての脱離イオンを捕集する場合、TOF-MSの実効的な透過率 g は

$$g = (T_{\text{mesh}})^n \times D_{\text{MCP,ion}} \quad (3)$$

ここで、 $D_{\text{MCP,ion}}$ は MCPs によるイオンの検出効率 ($D_{\text{MCP,ion}} = \sim 0.6$) である。本 TOF-MS では $T_{\text{mesh}} = 0.77$ 、 $n = 2$ であるから、 $g = \sim 0.35$ である。

2-5. 組立て

TOF-MS を DP-CMA に内蔵し、DP-CMA を ASMS に内蔵する際、もっとも難しいのは配線処理である。本装置では配線スペースを2箇所設け、DP-CMA と ASMA の方位角における死角を最小限に抑えつつ、組立て容易な構造に設計している (Figs. 3-5 参照)。

3. EEICO 分光装置の性能評価

3-1. EEICO 分光装置の性能評価条件

本 EEICO 分光装置の性能評価は、PF の BL-1C にコインシデンス分光専用超高真空槽 (到達圧力: 1.5×10^{-8} Pa) を用いて行なった。放射光は、試料表面法線方向 84° から入射し、試料表面上でのスポットサイズは $0.1 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ (縦 \times 横)、励起エネルギー 130 eV における放射光のエネルギー分解能 $E/\Delta E$ は ~ 5000 であった。

性能評価に用いた Si(001)- 2×1 清浄表面は、(1) シリコン (Si) ウェハ (厚さ 0.5 mm) から切り出した短冊状の Si 片を、自作の試料マニピュレーター [13] の先端に取付け、(2) $< 5.0 \times 10^{-7}$ Pa の超高真空下で、Si を $\sim 1100^\circ\text{C}$ まで通電加熱することで Si 酸化膜を取除き、(3) 室温までゆっくりと冷却する、といった手順で作製した。Si(001)- 2×1 の表面再構成は、低速電子線回折 (Low-energy electron diffraction, LEED) パターンで確認した。

EEICO 分光装置の性能は、Si(001)- 2×1 清浄表面の Si $2p$ 光電子スペクトル (PES) 測定および、Si(001)- 2×1 清浄表面の表面サイトを選別した Si- $L_{23}VV$ -Si- $2p$ APECS 測定を行うことで評価した。また、本 EEICO 装置が PEPICO 分光、AEPICO 分光測定においても従来以上の性能を発揮するこ

とは、凝縮有機珪素分子 $\text{SiF}_3\text{CD}_2\text{CH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ (FSMSE) の実験を行なうことで確認した。

3-2. APECS 測定方法

ここで、EEICO 分光装置による Si(001)- 2×1 清浄表面の Si $L_{23}VV$ オージェ電子 - Si $2p$ 内殻光電子コインシデンススペクトル (Si- $L_{23}VV$ -Si- $2p$ APECS) の測定方法について簡潔に記す。放射光を照射された Si(001)- 2×1 から放出された Si $2p$ 内殻光電子は、DP-CMA によって分光され、MCPs でパルス信号として検出されたのち、マルチチャンネルスケーラー (MCS, Laboratory equipments, LN-6500R, 分解能 1 ns) のトリガーシグナルとして入力される (Fig. 2 参照)。一方、Si $L_{23}VV$ オージェ電子は、ASMA によって分光され、MCPs でパルス信号として検出されたのち、 100 ns の遅延回路 (delay) を介して MCS に入力される (Fig. 2 参照)。この計測システムで一定時間データを積算すると、飛行時間 (TOF) スペクトルを得ることができる。トリガー光電子と同時に放出されたオージェ電子のシグナル (真のコインシデンスシグナル) は、トリガー光電子の検出時間を時刻 0 ns とすると、

$$\begin{aligned} & \text{(オージェ電子の ASMA 内での飛行時間)} \\ & + \text{(遅延時間, 今回の測定では } 100 \text{ ns)} \\ & - \text{(光電子の DP-CMA 内での飛行時間)} \quad (4) \end{aligned}$$

の位置に現れる。一方、トリガー光電子と無関係の過程で放出されたオージェ電子は (4) 以外の飛行時間領域にランダムに現れ、バックグラウンドを形成する。APECS TOF スペクトルのコインシデンスピークの積分値を AeKE の関数としてプロットすると Si- $L_{23}VV$ -Si- $2p$ APECS が得られる。一連の APECS 測定においては、光電子シグナル、オージェ電子シグナルも同時に測定している。このオージェ電子シグナルを用いると APECS とまったく同じ条件で測定したオージェ電子スペクトルを得ることができる。このスペクトルをシングルスオージェ電子スペクトル (single AES) と呼ぶ。シングルス AES が通常のオージェ電子スペクトルに対応するのに対し、APECS はトリガー光電子に対応する AES を選択的に測定する。

3-3. Si(001)- 2×1 の Si $2p$ 内殻光電子スペクトル測定

ASMA および DP-CMA を用いて測定した室温の Si(001)- 2×1 清浄表面の Si $2p$ PES とカーブフィッティングの結果を Fig. 6 に示す。Si(001)- 2×1 のバルク Si $2p$ 準位を基準とした 4 つの表面 Si $2p$ 成分 (S および, C, SS, S') の相対的な結合エネルギーは、 -0.5 、 -0.23 、 $+0.06$ 、および $+0.23 \text{ eV}$ であった。これらの値は、従来の高分解能 Si $2p$ PES の結果と一致している [14]。以上のフィッティングにおいて、ガウス幅は $\sim 0.48 \text{ eV}$ 、ローレンツ幅は 0.08 eV 、 $2p_{1/2}$ と $2p_{3/2}$ の間のスピン軌道分裂は 0.6 eV 、強度比 ($2p_{1/2}/2p_{3/2}$) は 0.5 とした。フィッティングで得られたガウス幅から見積もった ASMA および DP-CMA の $E/\Delta E$ は、運動エネルギー (KE) 領域 $20\text{-}30 \text{ eV}$ の範囲で両方とも ~ 55 であった。特に、DP-CMA の $E/\Delta E$ は、最初に開発し

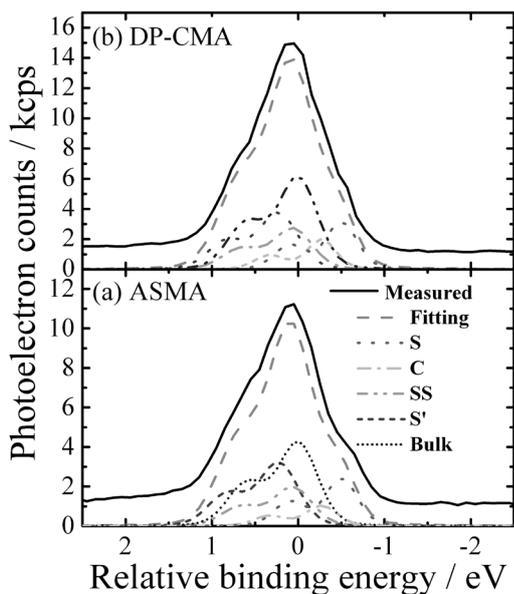


Figure 6
Si 2p core-level photoelectron spectra of Si(001)-2×1 measured with the ASMA and the DP-CMA using synchrotron radiation at 130 eV [9]. Fitting curves are also shown.

た EEICO 分光器のシングルパス CMA の $E/\Delta E$ (~20) [9] から大きく改善されている。

3-4. Si(001)2 × 1 清浄表面の表面 Si サイトの Si $L_{23}VV$ オージェ電子 - Si 2p 光電子コインシデンススペクトル

本 EEICO 装置の性能を評価するために、Si(001)-2×1 清浄表面の表面 Si サイトの Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS 測定を行った。APECS シグナルの検出深さ (ED_{APECS}) は、

$$\frac{1}{ED_{APECS}} = \frac{1}{\mu_{PES}} + \frac{1}{\mu_{AES}}, \quad (8)$$

$$\mu_{PES} = \lambda_{PES} \cos\theta_{PES},$$

$$\mu_{AES} = \lambda_{AES} \cos\theta_{AES}$$

で与えられる [15]。ここで、 λ_{PES} は光電子の非弾性平均自由行程 (Inelastic Mean Free Path, IMFP), λ_{AES} はオージェ電子の IMFP, θ_{PES} は表面法線方向からの光電子の放出角度, θ_{AES} は表面法線方向からのオージェ電子の放出角度である。今回の測定では、光電子の運動エネルギーは ~26 eV であるから λ_{PES} の実験値は ~3.3 Å [16], 85 eV のオージェ電子の λ_{AES} は、田沼らによって考案された TPP-2 式 [17] を用いると ~4.9 Å である。また今回の測定では、 θ_{PES} は $37.5 \pm 4^\circ$, θ_{AES} は $59.5 \pm 11.5^\circ$ であることから ED_{APECS} は ~1.2 Å となる。このため、本 EEICO 装置による APECS は従来の光電子分光、オージェ電子分光よりもはるかに表面敏感であり、表面 Si サイトの Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS 測定、Si-2p-Si- $L_{23}VV$ PEACS に適している。

Fig. 7 の赤丸は、Fig. 6b の S' 成分の Si $2p_{3/2}$ ピーク位置の光電子とコインシデンスを取って測定した Si(001)-2×1 清浄表面の Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS である。また、黒の実線

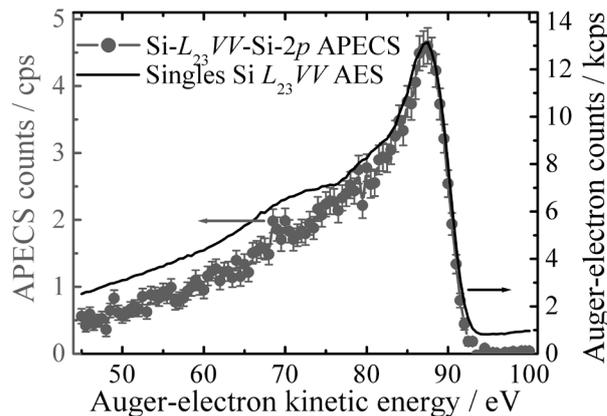


Figure 7
The filled-circles and the solid line represent Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS of Si(001)-2×1 at $h\nu = 130$ eV [9]. The solid-line represents singles AES. The accumulated time at each datum was 300 s.

はシングルス AES である。シングルス AES と比較すると Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS は、

1) Si $L_{23}VV$ AES のバックグラウンドを形成する 2 次電子がほとんど現れない (特に、 $KE > 93$ eV, $KE < 65$ eV のエネルギー領域で顕著)、

2) Si $L_{23}VV$ AES ピークの線幅が細くなっている、

3) $KE = 65-75$ eV 領域のプラズモン損失ピークの強度が弱くなっている、などの特徴が明瞭に現れている。これらの結果は以下のように説明できる。

1) 2 次電子はトリガーシグナルの Si 2p 光電子と相関がないため APECS には現れない。

2) 通常のオージェ電子スペクトルはすべての光電子に対応するのに対し、Si- $L_{23}VV$ -Si-2p APECS は特定の光電子放出に対応するオージェ電子のみを測定するので、ピーク幅が狭くなる [18]。

3) 表面最上層から放出されたオージェ電子がプラズモンを励起する確率は低いので APECS ではプラズモン損失ピークも抑制される [19]。

また、APECS シグナル計数率は最大で 4.5 cps 程度で、Fig. 7 の APECS 測定時間は 9 時間 15 分程度であった。この条件であれば清浄表面を十分維持できるので、測定時間として妥当である。

4. 電子 - 極角分解イオンコインシデンス分光装置の開発
4-1. 極角分解ミニチュア飛行時間型イオン質量分析器の開発

従来の角度分解型イオン検出器の多くは画像読出型 MCP を用いており、電子刺激脱離イオン角度分布 (Electron stimulated desorption ion angular distribution, ESDIAD) 測定による表面分子の配向研究などに応用されている [3]。しかしながら画像読出型 MCP の外径は通常 50 mm 以上であり、同軸対称鏡型電子エネルギー分析器内の空間には収まらない。また、EICO 分光に応用するためには、検出時間、検出位置の情報を高速で読み出す必要があるため、測定系が極めて複雑になる。そこで我々は 4 分割アノード型のミニチュア極角分解 TOF-MS を開発した。本 TOF-MS

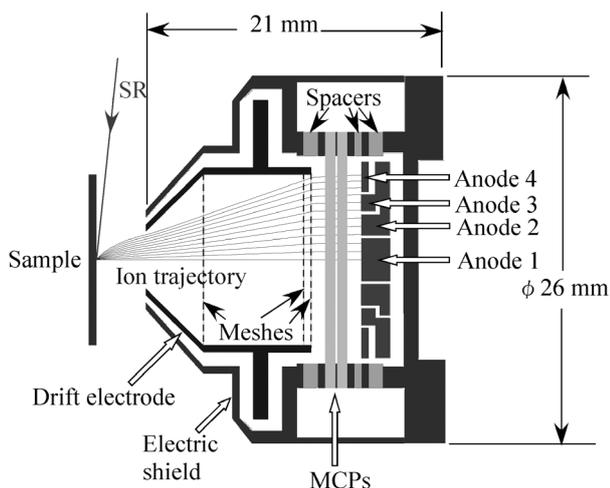


Figure 8
 Cross section of a polar-angle-resolved miniature TOF-MS with four anodes [11]. The TOF-MS consists of a shield for the electric field, an ion drift electrode with three meshes, and MCPs with four concentric anodes. Trajectories of ions with a kinetic energy of 3.5 eV from a pointed source are shown for the desorption polar angles of 0° ~ 55° with a 5° step based on a simulation using SIMION (Ver. 7.0). The voltage of the sample is 0 V, that of the drift electrode is -30 V, and that of the MCPs entrances is -2000 V. The distance between the sample and the top of TOF-MS is 3.5 mm.

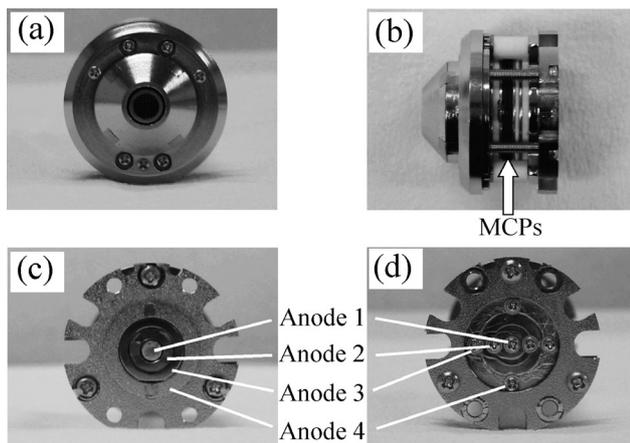


Figure 9
 (a) Front and (b) Side view of a polar-angle-resolved miniature TOF-MS with four concentric anodes. (c) Front and (d) Rear view of the four concentric anodes [11].

は、極角分解能は劣るが、コンパクトで低コスト、従来の EICO 測定系をそのまま用いることができる、という利点をもつ。我々が開発した EICO 分光用極角分解飛行時間型イオン質量分析器の断面図を Fig. 8、写真を Fig. 9 に示す。最も内側のアノード 1 は外径 $\phi 3.0$ mm であり、次に内側に位置するアノード 2 は内径 $\phi 3.4$ mm、外径 $\phi 6.4$ mm、次のアノード 3 は内径 $\phi 6.8$ mm、外径 $\phi 9.2$ mm、最も外側のアノード 4 は内径 $\phi 9.6$ mm、外径 $\phi 13.8$ mm、である。この極角分解 TOF-MS は特注の MCP (浜松ホトニクス, MCPA3, F4655 のアノードと基板を改造したもの) を用いて製作した。SIMION 3D version 7.0 によって求めた等電位面と点源からのイオントラジェクトリも Fig. 8 に示した。この単一アノード型 TOF-MS によって検出される H⁺

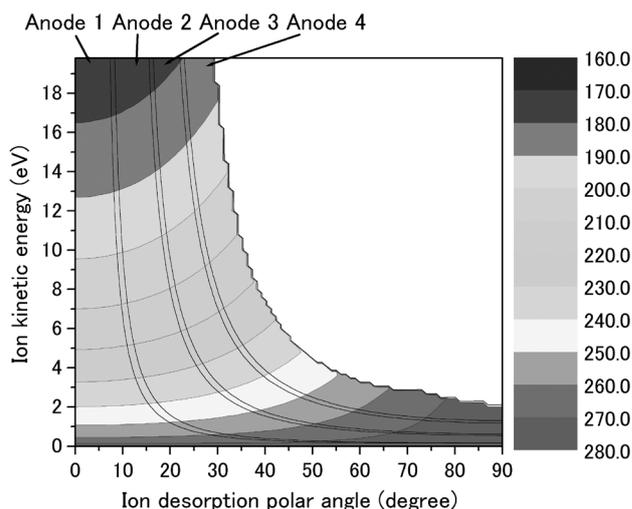


Figure 10
 TOF contour map of H⁺ for a polar-angle-resolved miniature TOF-MS with four anodes as a function of the desorption polar angle and kinetic energy of desorbed ions [11]. The geometry and the electrode voltages are the same as those in Fig. 8.

の TOF の脱離極角、運動エネルギー依存性を示す等高線図を Fig. 10 に示す。この図は、ドリフト電極電位をパラメーターとして各アノードについてコインシデンスイオンの TOF を測定すれば、脱離極角と運動エネルギーに関する情報が得られることを示している。また、試料とイオン引き込み電極間の電場を乱さないために、凹凸がほとんどない構造を持つシリコン単結晶試料ホルダー [13] を使用した。

4-2. 極角分解イオン収量分光

4 分割アノード型極角分解 TOF-MS を同軸対称鏡型電子エネルギー分析器に組み込んで製作した電子一極角分解イオンコインシデンス分光装置を Fig. 11, Fig. 12 に示す。本装置の特長は、①内殻励起終状態あるいはオージェ終状態を選別してイオンの脱離極角と運動エネルギーを見積もることができる、②脱離極角から脱離に寄与する表面分子種を選別できる。例えば、フッ素で終端された Si(111) 表面最上層の SiF からの F⁺ は表面法線方向に脱離するのに対し、Si(111) 表面最上層の SiF₃ からの F⁺ は傾いた方向に脱離するので識別できる。③脱離極角によってイオン脱離機構がどのように異なるかを研究できる、の 3 点である。

我々は PF-BL8A にこの装置を設置して、Si(111) 基板上に凝縮した H₂O に $h\nu = 533.4$ eV の軟 X 線放射光を照射し、 $4a_1 \leftarrow O 1s$ 共鳴励起に由来する H⁺ 脱離を測定した。凝縮 H₂O はこれまで開発された EICO 分光装置すべての調整、性能評価に用いている試料であり、H⁺ 脱離機構も詳しく調べられている [5, 6]。凝縮 H₂O の全イオン収量 (total ion yield, TIY, H⁺ 収量に相当)、オージェ電子収量 (Auger electron yield, AEY) スペクトルを Fig. 13 に示す。放射光は表面法線方向より 84° で入射、p 偏光である。従来の角度分解イオン収量スペクトルはイオン検出器を試料まわり

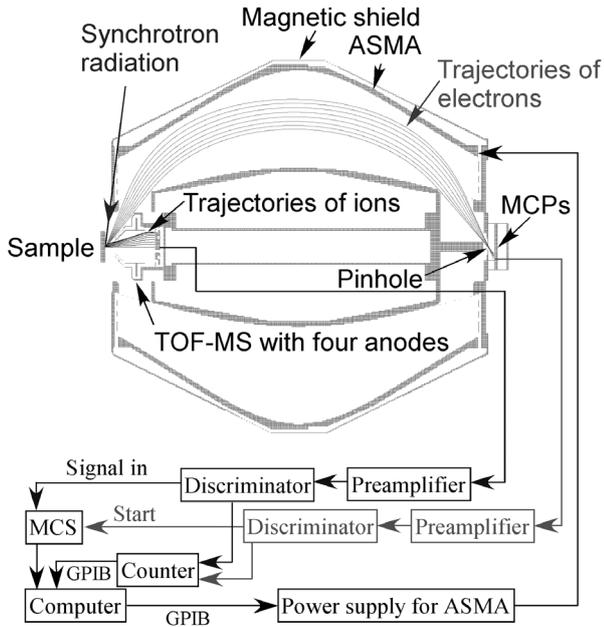


Figure 11
 Cross section of electron polar-angle-resolved-ion coincidence analyzer [11], which consists of an ASMA and a miniature polar-angle-resolved TOF-MS with four anodes. Trajectories of electrons with a kinetic energy of 181.6 eV from a pointed source are shown for the desorption polar angles of $48.2^\circ \sim 65.7^\circ$ with a 2.5° step based on a simulation using SIMION (Ver. 7.0). The voltage of the sample and the inner electrode of the ASMA is 0 V and that of the outer electrode of the ASMA is -100 V.

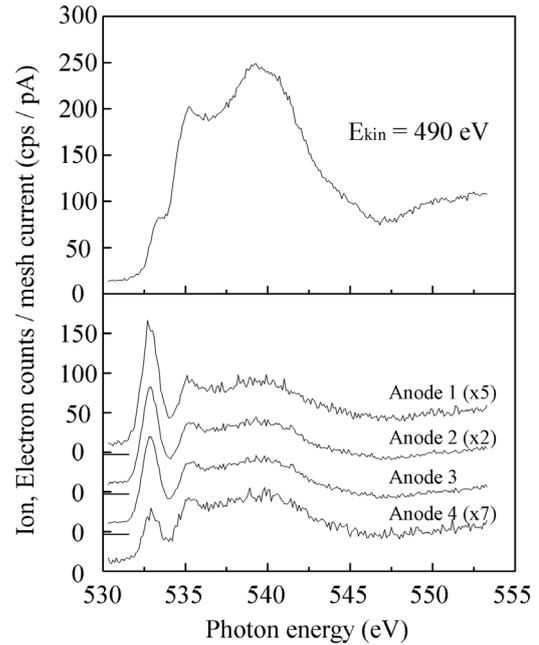


Figure 13
 Auger electron yield (electron kinetic energy is 490 eV) and total ion yield spectra with anodes 1, 2, 3, and 4 for condensed H_2O [11]. The step of photon energy was 0.1 eV and each datum was recorded over 5 s. The voltage of the sample was 0 V, that of the drift electrode was -30 V and that of the MCPs entrance was -2000 V.

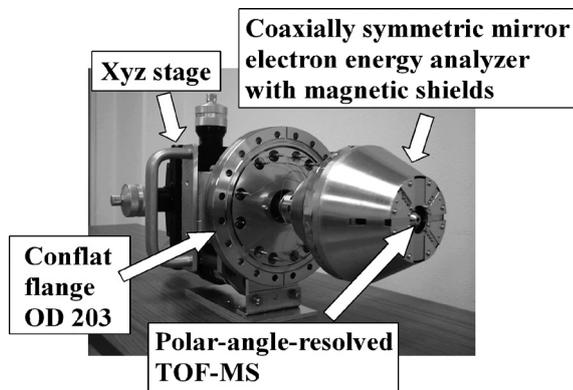


Figure 12
 Photograph of an electron polar-angle-resolved-ion coincidence analyzer [11].

に回転する方式で測定されているが、極角分解型イオン検出器を用いると、イオン脱離収量スペクトルの脱離極角依存性を一度に測定できるというメリットがある。

4-3. 電子-極角分解イオンコインシデンス分光

$O\ 1s$ イオン化 ($h\nu = 546.9\text{ eV}$) および $4a_1 \leftarrow O\ 1s$ 共鳴励起 ($h\nu = 532.9\text{ eV}$) におけるオージェ電子スペクトル (AES) と、 $4a_1 \leftarrow O\ 1s$ 共鳴励起における H^+ のオージェ電子-光イオンコインシデンス (Auger-electron photoion coincidence, AEPICO) スペクトルを Fig. 14 に示す。 $4a_1 \leftarrow O\ 1s$ 共鳴励起における AES から $O\ 1s$ イオン化にお

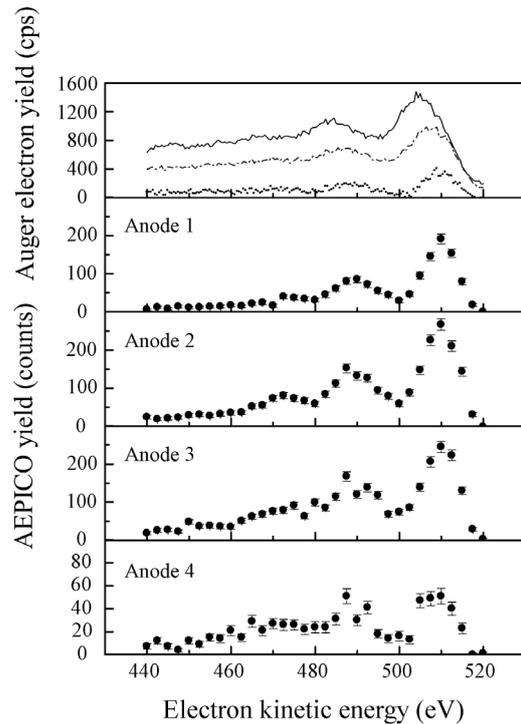


Figure 14
 Normal Auger electron spectrum at $O\ 1s$ ionization ($h\nu = 546.9\text{ eV}$, solid line), a resonant AES at $4a_1 \leftarrow O\ 1s$ ($h\nu = 532.9\text{ eV}$, dash-dot line), a spectator AES (dotted line) and H^+ Auger electron photoion coincidence (H^+ AEPICO) spectra at the $4a_1 \leftarrow O\ 1s$ resonance with anodes 1, 2, 3, and 4 (solid circles) [11]. The time required to obtain each datum for the AEPICO spectrum was 690, 450, 450, and 690 s for anodes 1, 2, 3, and 4, respectively. The electrode voltages and the distance between the sample and the top of TOF-MS were the same as those of Fig. 13.

ける AES を差し引いて求めた傍観型 AES も併せて示す。極角分解 H⁺ AEPICO スペクトルのピーク位置が傍観型 AES のピーク位置と一致していることから、4a₁ ← O 1s 共鳴励起においてはいずれの脱離極角においても傍観型オージェ電子過程を経由した H⁺ 脱離 [5, 6] が支配的であることがわかる。H⁺ AEPICO スペクトルの最も強いピーク (オージェ電子エネルギー : 510 eV) の相対強度は、アノード 1 > アノード 2 > アノード 3 > アノード 4 の順であった。一方、2 番目, 3 番目に強いピークは脱離極角が増すほど強度が増大した (アノード 1 < アノード 2 < アノード 3 < アノード 4)。このような違いは H⁺ 脱離機構あるいは H⁺ 脱離確率が脱離極角に依存することを示している。

4-4. オージェ電子- H⁺ 飛行時間スペクトル

4a₁ ← O 1s 共鳴励起におけるオージェ電子- H⁺ 飛行時間スペクトルを Fig. 15 に示す。脱離 H⁺ の運動エネルギーも併せて示した。このイオン脱離エネルギーは、共鳴励起後の (O 1s)⁻¹ (4a₁)¹ 状態およびオージェ過程後の (valence)⁻² (4a₁)¹ 状態のポテンシャルエネルギー曲面を反映しており、4a₁ ← O 1s 共鳴励起誘起 H⁺ 脱離機構に関して重要な知見を与える [20]。

5. おわりに

電子-電子-イオンコインシデンス分光装置の開発により、表面の内殻励起からオージェ過程を経由してイオン脱離に到るダイナミクスを総合的に研究できるようになった。さらに、微小な表面ケミカルシフトの違いを利用して

特定表面サイトの局所電子状態研究を行なうことが可能になった。また、電子-極角分解イオンコインシデンス分光器の開発によってオージェ終状態を選別して脱離イオンの収量、質量、脱離極角、運動エネルギーに関する情報が得られるようになった。2つの装置は PF においてユーザーの共同利用に供しているの、使用を希望される方は間瀬まで連絡されたい。

謝辞

電子-電子-イオンコインシデンス分光装置開発は橋本章吾氏 (横浜国立大学大学院工学府修士課程を 2009 年 3 月に修了), 藤田齊彦氏 (横浜国立大学大学院工学府修士課程を 2008 年 3 月に修了), 田中正俊教授 (横浜国立大学大学院工学府) 奥沢誠教授 (群馬大学教育学部大学院) との共同研究である。また、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業個人型研究 (研究領域「構造機能と計測分析」) および平成 19-20 年度高エネルギー加速器研究機構共同開発研究の助成を受けた。APECS 測定は、高エネルギー加速器研究機構放射光共同利用実験課題 2006S2-002 のもとに行われた。電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置開発は南部英氏 (2004 年 4 月~ 2005 年 3 月まで物構研ポスドク, 現在日立基礎研研究員), 漁剛志氏 (広島大学大学院理学研究科博士課程を 2003 年 3 月に卒業, 2000 年 4 月-2002 年 10 月 KEK-PF 特別利用研究員, 現在山口県立山口博物館学芸員), 田中健一郎教授 (広島大学大学院理学研究科, 現在名誉教授), 森正信氏 (千葉大学大学院自然科学研究科修士課程を 2004 年 3 月に卒業, 現在トヨタ自動車 (株)), 奥平幸司准教授 (千葉大学工学部), 上野信雄教授 (千葉大学工学部) との共同研究である。また、科研費 (11222206, 12555007, 14540314) などの助成を受けた。また、Figs. 2-7 は日本真空協会の許可を受け、文献 [10] から転載した。Fig.8-15 は AIP の許可を受け、文献 [11] から転載した。

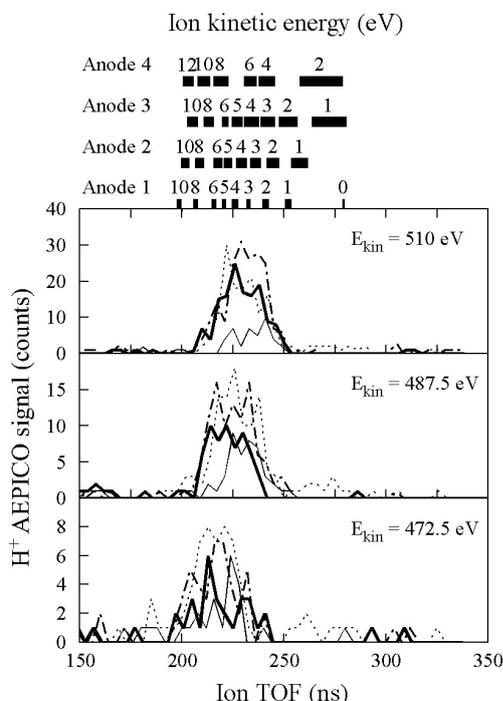


Figure 15 Auger electron photoion time-of-flight difference spectra with anodes 1 (thick solid lines), 2 (dash-dot lines), 3 (dotted lines), and 4 (thin solid lines) at the 4a₁ ← O 1s resonance of condensed H₂O [11].

引用文献

[1] DIET-I~V (Springer, Berlin, 1983-1993); DIET-VI, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., **B 101**, 1(1995); DIET-VII, Surf. Sci. **390**, 1(1997); DIET-VIII, Surf. Sci., **451**, 1(2000); DIET-IX, Surf. Sci. **528**, 1 (2003); DIET-X, Surf. Sci. **593**, 1(2005). DIET (Desorption Induced by Electronic Transitions, 電子遷移誘起脱離) は 2 年半おきに開催される国際的なワークショップであり、そのプロシーディングスとして上記の 10 冊が刊行されている。
 [2] T. E. Madey, Surf. Sci. **299/300**, 824 (1994).
 [3] R. D. Ramsier and J. T. Yates, Jr., Surf. Sci. Rep. **12**, 243 (1991).
 [4] K. Mase, E. Kobayashi, and K. Isari: in Correlation Spectroscopy of Surfaces, Thin Films and Nanostructures, Edited by J. Berakdar and J. Kirschner (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004.) Chap. 16, pp. 206-225.

- [5] K. Mase, S. Tanaka, S. Nagaoka, and T. Urisu, Surf. Sci. **451**, 143 (2000).
- [6] K. Mase, M. Nagasono, S. Tanaka, T. Sekitani, and S. Nagaoka, Fizika Nizkikh Temperatur **29**, 321, (2003). (Low Temperature Phys. **29**, 243 (2003)).
- [7] E. Kobayashi, K. Mase, A. Nambu, J. Seo, S. Tanaka, T. Kakiuchi, K. K. Okudaira, S. Nagaoka, and M. Tanaka, J. Phys.: Condens. Matter **18** S1389 (2006).
- [8] T. Kakiuchi, E. Kobayashi, N. Okada, K. Oyamada, M. Okusawa, K. K. Okudaira, and K. Mase, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **161**, 164 (2007).
- [9] 垣内拓大, 橋本章吾, 藤田齊彦, 間瀬一彦, 田中正俊, 奥沢 誠, J. Vac. Soc. Jpn. **51**, 749 (2008).
- [10] 小林英一, 漁剛志, 森正信, 間瀬一彦, 奥平幸司, 田中健一郎, 上野信雄, 真空 **47**, 14 (2004).
- [11] E. Kobayashi, A. Nambu, K. Mase, K. Isari, K. Tanaka, M. Mori, K. K. Okudaira, and N. Ueno, Rev. Sci. Instrum. **80**, 043303 (2009).
- [12] K. Siegbahn, N. Kholine, and G. Golikov, Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A **384**, 563 (1997).
- [13] 小林英一, 南部 英, 垣内拓大, 間瀬一彦, 真空 **50**, 57 (2007).
- [14] E. Landemark, C. J. Karlsson, Y.-C. Chao, and R. I. G. Uhrberg, Phys. Rev. Lett. **69**, 1588 (1992).
- [15] G. A. Sawatzky: in Auger Electron Spectroscopy, edited by C. L. Briant and R. P. Messmer (Academic, 1988) chapter 5.
- [16] F. J. Himpsel, F. R. McFeely, A. Taleb-Ibrahimi, J. A. Yarmoff, and G. Hollinger, Phys. Rev. B **38**, 6084 (1988).
- [17] S. Tanuma, C. J. Powell, and D. R. Penn, Surf. Interface Anal. **17**, 911 (1991).
- [18] E. Jensen, R. A. Bartynski, S. L. Hulbert, E. D. Johnson, and R. Garrett, Phys. Rev. Lett. **62**, 71 (1989).
- [19] W. S. M. Werner, W. Smekal, H. Störi, H. Winter, G. Stefani, A. Ruocco, F. Offi, R. Gotter, A. Morgante, and F. Tommasini, Phys. Rev. Lett. **94**, 038302 (2005).
- [20] A. Nambu, E. Kobayashi, M. Mori, K. K. Okudaira, N. Ueno, and K. Mase, Surf. Sci. **593**, 269 (2005).

^a 現在の所属は愛媛大学理学部化学科
(〒 790-8577 愛媛県松山市文京町 2-5)

^b 現在の所属は佐賀県立九州シンクロトロン光研究センター
(〒 841-0005 佐賀県鳥栖市弥生が丘 8-7)

PF トピックス一覧 (7月～9月)

2002年よりKEKではホームページで「News@KEK」と題して最新の研究成果やプレスリリースなどを紹介しています(KEKのトップページ <http://www.kek.jp/ja/index.html> に掲載。毎週木曜日に更新)。それを受けて、PFのホームページでもNews@KEKで取り上げられたものはもとより、PFの施設を利用して書かれた論文の紹介や受賞記事等を掲載しており、一部は既にPFニュースでも取り上げられています。各トピックスの詳細は「これまでのトピックス」(<http://pfwww.kek.jp/topics/index.html>)をご覧ください。

2009年7月～9月に紹介されたPFトピックス一覧

- 07.02 インド科学技術省による専用放射光ビームラインの運営会議が開催されました。
- 07.24 ERLサイエンスワークショップ開催
- 08.06 ミクロな磁石のフシギな姿～X線による磁気八極子の直接観測～
- 09.08 富田文菜研究員ロレアル-ユネスコ女性科学者日本奨励賞受賞
- 09.10 「この日限定」を満喫～KEK一般公開～
- 09.17 加速器科学がつなぐアジア～急速に台頭するアジアンパワー～

新しく博士課程に進級された学生さんへ PFニュースであなたの修士論文を紹介しませんか？

この度PFニュースでは、新しく博士課程に進級された学生さんの修士論文の研究内容を紹介するコーナーを設けることにし、PFで頑張って実験されている博士課程の学生さん自身の紹介、また、その研究内容がアピール出来る場を提供することにしました。

我こそはという博士課程の学生さんは、ぜひ下記のフォーマットに従い、あなたの修士論文の研究を紹介して下さい。また博士課程の学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、学生さんにPFニュースへの投稿を勧めて頂ければ幸いです。

【投稿資格】 PF/PF-ARのビームラインを利用した研究に関する修士論文を執筆し、修士を取得した方。

【投稿フォーマット】

1. 修士論文タイトル
2. 現所属、氏名、顔写真
3. 修士号取得大学
4. 実験を行ったビームライン
5. 論文要旨(本文650文字程度)
6. 図1枚

【原稿量】

図とテキストで刷り上り最大1ページ(2カラム)。

【提出物・提出方法】

文字データと図表データをメール添付でPFニュース編集委員会事務局・高橋良美(pf-news@pfqst.kek.jp)までお送り下さい。

PF 懇談会だより

ユーザー紹介

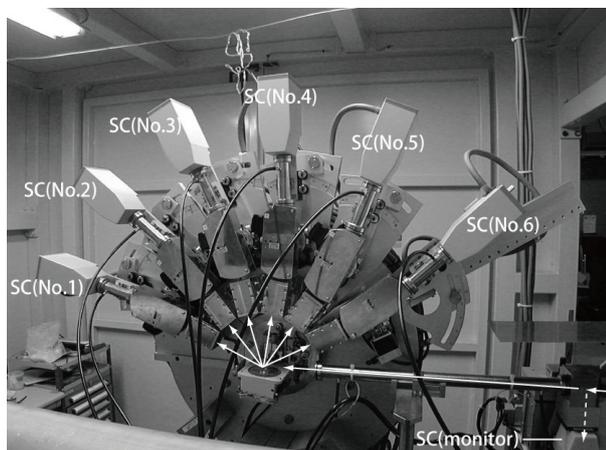
粉末回折ユーザーグループ紹介

名古屋工業大学 井田 隆

粉末回折ユーザーグループは、PFの粉末回折実験ステーションBL-4B2を本拠にしたユーザーグループであり、ユーザーグループの中でも最も古い歴史を持つものです。この実験ステーションでは、結晶性粉末あるいは多結晶試料の平均的な結晶構造をX線回折法によって調べることを主な目的とした実験が行われます。PF BL-4B2の粉末回折計は、一つの回折計が6本の腕を伸ばし、それぞれの腕に独立に動作する分析器と検出器が備えられた独特のデザインを持っています。

このデザインは、1994年に虎谷（現リガクX線研究所）らが、軌道放射光粉末回折実験のために、世界で初めて独自に開発したものであり、高精度かつ広範囲な回折強度データを8h～12h程度の実用的な時間で収集することが可能です。最近軌道放射光施設に新しく設置される粉末回折計には同様のデザインが採用されることが多く、米国APSの11-BM-B粉末回折ビームラインでは検出器12連装の粉末回折計が使われており、英国DiamondのI11粉末回折ビームラインでは検出器45連装の粉末回折計の設置が計画されています。

X線回折実験には、単結晶一粒を試料として使う単結晶法と、粉末試料を使う粉末法があります。純物質の安定な結晶構造を精密に調べる目的では単結晶法の方が有利な場合も多いのですが、粉末法では金属やセラミックスなどの実用的な材料をそのままの状態で調べることができますから、新規材料を開発する研究や、実用材料の評価をする研究では必要不可欠な方法です。BL-4B2の検出器多連装型粉末回折計を用いれば、実験室型粉末回折計に比べて、高品質な粉末回折強度データ、高精度な構造情報が得られます。



BL-4B2の検出器多連装型粉末回折計

粉末回折ユーザーグループのメンバーの活動分野は、結晶学や物性科学、構造化学などの基礎分野から、応用物理、応用化学、無機材料工学、薬学など広い分野に亘ります。

材料分野では、エネルギー資源を有効に活用するための新規材料開発や、材料特性向上のための技術開発が重要視されています。例えば電気/化学エネルギーを変換する二次電池や燃料電池、電気/力学エネルギーを変換する圧電素子、熱/電気エネルギーを変換する熱電素子に使われる材料の多くに合金やセラミックス系の多結晶性無機材料が使われており、これらの材料の構造と材料特性の関係を明らかにして、構造科学的な視点から合理的な材料設計の指針を得ることが望まれています。

正確な粉末回折データを正しく解析すれば、原子の平均的な位置だけでなく、熱振動による原子位置のゆらぎや、化学結合による電子密度の変化を実験的にとらえることができると考えられています。本ユーザーグループの八島らは、電池材料として用いられるイオン伝導体や混合伝導体、可視光に反応して水素を発生する光触媒などについて精密な電子密度解析を行い、イオンの移動のダイナミクスや、電子状態と特定の原子の間の共有結合性との関係などを明らかにする研究を行っています。

医薬品や有機材料も製品としては粉末の状態で供されることが多いので、やはり粉末の状態で構造を評価することが重要だと言われています。薬品の製造プロセスを変更した時に、得られる製品の結晶構造がわずかに変化して薬効が変わってしまうことが大問題になる例もあるそうです。

純粋な物質であっても、低温や高温で相転移を起こす物質では、相転移後にモザイク状の構造に変化して、単結晶法による構造解析手法が使えなくなる場合があります。このような場合でも粉末回折法は使えるので、粉末回折法は実用材料の評価だけでなく、固体物理分野の基礎研究でも有効な方法です。

BL-4B2ビームラインは、設置当初から協力ビームライン（ユーザーグループ運営ステーション）として位置づけられ、粉末回折ユーザーグループが主体となって装置の保守やユーザー支援などを行ってきました。また、軌道放射光だけではなく、実験室X線源や中性子を用いた方法も含めて粉末回折の方法論全般を主題とする研究会「粉末回折法討論会」をこれまでに4回開催し、関連する分野と相補的な関係を築いています。

軌道放射光粉末回折実験は特殊な手法と思われるかもしれませんが、BL-4B2での粉末回折実験では、実験室の回折計を使うよりもむしろ試料の準備が簡単で、紛らわしさが少なく豊富な情報を含むデータが容易に得られるのでデータの解析も楽になるなど、単純に使い勝手が良いという面もあります。さらに広い分野の研究者に有効に活用してもらえるように、ユーザーグループの活動を発展させていきたいと考えています。

連絡先：井田 隆（代表） ida.takashi@nitech.ac.jp

中尾朗子（所内担当） akiko.nakao@kek.jp

粉末回折 UG からの要望

1. 粉末回折ビームラインでは設置当初から協力ビームラインとして運営を手伝わせていただいております。装置の細かい改良や修正、補修などを行ってきました。施設に経費を負担していただいた場合もあるのですが、手続きや審査の方法が明確でなく、多くの場合に迅速な対応が困難です。保守に関わる経費をあらかじめ予算化していただければその範囲で対応できると思います。

→ PF からの回答

日頃よりユーザーグループ運営ステーション（以下 UG 運営 ST）として BL-4B2 の運営を担っていただき感謝致します。特に Nature Materials や J. Amer. Chem. Soc. 等の学術誌への論文掲載がなされるまでにビームライン・実験装置の性能を上げ、またユーザーの育成を図られたことに感謝致します。

以前の協力ビームラインの覚書では予算申請手順等が不明確でしたが、UG 運営 ST の実施要領の中に手続きを含め明記しました。PF では所内の各グループから主幹へ各ビームライン群単位で予算要求を提出し、過去の実績、次年度以降の活動計画をふまえて予算配分を行っています。UG 運営 ST についてはビームライン担当者経由で予算申請をして下さい。原則的に予備費のみの配分は行いませんが、緊急を要する故障対応等については、PF 側所員 / グループリーダー経由または直接予算担当主幹にご相談ください。

2. PF のスタッフの人数が少ないのが本質的な問題だと思いますが、特に若いスタッフが自分の研究をするための十分な時間と設備、資金、支援者が得られるような体制を整備していただきたいと思います。例えば構造科学分野のスタッフが、専有的に使用できる実験室 X 線源の回折計を持っていないようでは、装置開発においてもユーザーサポートにおいても能力を発揮しづらいのではないのでしょうか。

→ PF からの回答

ステーション数に対するスタッフ数が他施設と比較して著しく少ないことは PF の抱えている大きな課題です。ただ、今の日本では J-PARC を建設しても殆ど定員は増えず、人件費の毎年 1% 削減の嵐の中で大幅定員増を実現することは極めて困難な状況にあることはご理解頂けると思われます。解決策の一つとしてお願いしているのが UG 運営 ST や教育用 BL 制度です。またビームライン統廃合の中で、負荷を軽減する努力や外部資金を獲得して要員を増加する努力も継続しています。ユーザーの皆様におかれましてはポストドクや大学院生を中長期的に PF へ派遣頂ければ双方にメリットがあると思います。

研究環境の整備は PF 内に居る者にとっては有り難いご意見ですが、予算、装置維持のマンパワー、場所等に限りがあり、機構の本務である共同利用とのバランスを取りながら進める必要があると考えています。

ご指摘の様に、若手スタッフが研究・開発を展開するこ

とは重要で、「物構研職員および大学院生（総研大・特別共同利用研究者）の優先ビームタイム」制度を設けています。UG 運営 ST の運営 WG メンバーの方も所員等と同様に申請いただけます。また、PF 内にも X 線準備室他で何台かの回折計等を用意しています。

3. 実験室での粉末回折測定と比べると、軌道放射光粉末回折測定では波長を任意に選べるのが本来は利点とならずですが、従来はビームライン光学系と回折計光学系の調整の煩雑さのために波長の変更が困難でした。その点で STARS の導入には期待しています。なるべく早く具体的な使用例など詳細な情報が公開されることを望みます。

→ PF からの回答

X 線を使ったことのないユーザーが XAFS を測定するように、二結晶分光器の制御ソフトが適切に書かれていれば、エネルギーの変更は難しいことはありません。また、ビームライン光学計をきちんと調整していれば、かなり大きくエネルギーを変えてもビームが 0.1 mm 動くこともありません。技術的なことは BL 担当者や制御系担当者にご相談頂くのが適当ですが、不十分な場合はグループリーダーまたは主幹にご相談ください。

4. 精密な回折測定では、実験ホールや実験ハッチ内、モノクロメータなどの温度の変動によって観測強度が変動する可能性があることが気になります。相対値で良いので、温度変動を 0.01 K のオーダーで記録、閲覧可能な温度モニタを設置していただければと思います。

→ PF からの回答

ホール内にもいくつか温度計、湿度計等を設置し、その記録は <http://pf-hall.kek.jp/atmosphere.html> から参照できます。この感度は 0.01 ~ 0.02 deg 程度はあり、BL-4 下流では 1 日の温度変動がほぼ 0.3 deg 程度以内に収まっていることがご覧頂けると思います。

X 線強度の変動としてどの程度のことを問題とされているのか分かりませんが、経験的には空調の直射を避ければ、通常の実験で問題となるほどの温度変動はないと理解しています。長期的にハッチ内の温度を 0.01 deg 以内に保とうとすると、かなり高度の恒温室並の仕様が求められると思われれます。通常の実験で 0.01 deg の安定性が必要な事は希ですので、どういった点が具体的に問題となっているのか、もう少しご説明ください。

UG 運営 ST に限らず、実験上で問題となっている点がある時は、まずはビームライン担当者等にご相談ください。この時注意していただきたい点は、双方が研究者、技術者であることと云うことを意識して、可能な限り客観的なデータを用意していただくことです。このようなデータと説明文があれば、仮にビームライン担当者が答えられなくても、PF 内のより詳しい人間に相談し、解決策を見いだすことも容易になります。必要は発明の母と云われるように、問題は性能向上の源ですので、ご協力をお願いします。

構造物性 UG ミーティング報告

ユーザーグループ代表 野田幸男

熊本大学黒髭キャンパスでの日本物理学会 2009 年秋季大会に合わせて、恒例の構造物性ユーザーグループミーティングを開催した。前回のミーティングで、食べ物屋での議論だけでなく、落ち着いて議論できる場を作る方が良いということとなった。そこで今回は、物理学会のインフォーマルミーティングとして第 1 部を開催し、その後、第 2 部としてこれまでどおり食事をしながらの話し合いを行った。初めての物理学会会場でのインフォーマルミーティングであったが、第 1 部に 42 名の方が集まり、大いに議論が盛り上がった。構造物性研究センターが立ち上がったこと、J-PARC も本格的に稼働したもあり、これまでの「PF 構造物性ユーザーグループを中心として、SPring-8、中性子からの報告」というスタイルを取り払い、J-PARC の中性子・ミュオンを巻き込んだ構造物性グループのミーティングを目指して開催した。多数の方から最初の IM で報告を行ってもらえることが出来て大変盛況であった。

< 構造物性グループインフォーマルミーティングー 1 - >

日時：2009 年 9 月 26 日（土）17:30-19:10

場所：物理学会 RK 会場

議題：施設報告 PF, PF-AR, J-PARC, JRR-3, SPring-8

1. 挨拶

最初に、PF の構造物性ユーザーグループ野田世話人（東北大学）から、この構造物性グループミーティングの発足の昔話から、今回、物理学会の会場でインフォーマルミーティングをすることになった経緯が紹介された。

2. 施設報告

(a) ミュオン

KEK 門野氏より、J-PARC で建設されたミュオン施設について紹介頂いた。超低速ミュオンの装置は予算措置がないために立ち上げられていないが世界的にみてここでしか出来ない実験ができるので、ぜひ立ち上げたいという説明があった。

(b) 中性子【1】

JAEA の新井氏より、J-PARC の加速器の状況から、MLF の装置群の建設状況の説明があった。最近の成果として、高効率の非弾性散乱実験を実現する多重 E 測定の実証実験を紹介頂いた。また、共同利用の応募状況、今後の共同利用の在り方などの紹介もあった。

(c) 中性子【2】

KEK の瀬戸氏より、KEK の J-PARC での 4 つ装置の紹介があった。高分解能粉末回折装置 (HRPD)、全散乱装置 (NOVA)、反射率測定装置 (ARISA)、高分解能チョッパー (HRC) それぞれ、今後共同利用として使えるようになるので、積極的に利用してほしいとの話をしていた。ま

た、J-PARC 全体の共同利用の体制をどうするかが、議論の対象となりユーザーにとって良い体制を作ろうとしていることが紹介された。最後に、構造物性ユーザーグループの方の積極的な J-PARC 利用のために施設の装置を紹介するパンフレットを皆に配る事となった。

関心のある方は、<http://j-parc.jp/MatLife/ja/administrative/files/mlf.pdf> より、パンフレットを見てください。

(d) 放射光【KEK】

KEK の中尾（裕）氏より PF, PF-AR で構造物性ユーザーグループで利用する装置群として、BL-4C:4 軸回折計、BL-3A:4 軸回折、2 軸回折計 + 超伝導マグネット、BL-8A, 8B: イメージングプレート回折計、BL-16A: 共鳴 X 線散乱実験用軟 X 線 2 軸回折装置、AR-NE5: 高温・高圧下 X 線回折装置が紹介された。それぞれの装置の特徴、アクセサリとして何がありどんな実験が可能なのかの説明された。

(e) 中性子【3】

東北大学の野田氏より、J-PARC SHRPD の S 課題が立ち上がったことや現在の回折計の性能を具体的に説明頂いた。また、JRR-3M に設置された 4 軸回折計 FONDER のオプションとして大型湾曲 2 次元中性子検出器の導入の話が進んでいることが報告された。

3. 構造物性研究センターについて

KEK 物構研の構造物性研究センター (CMRC) について、センター長の村上氏より CMRC の組織図を用いながら強関連電子系、表面・界面系、極限環境下物質系、ソフトマター系を 4 つを重要なテーマとし、それぞれグループリーダーの下に研究を行うことが紹介された。さらに、それぞれのテーマごとに立ち上げられた 5 つの研究プロジェクトに関して説明がなされた。また、センターでの研究は、外部の大学・研究所等との密接な連携が重要であること、最近の筑波大学との連携についてなど、説明された。

4. 最後に

今回の構造物性ユーザーミーティングを 物理学会 3 日目 3/22 (月) に開催することを決定し、ミーティング第 1 部を終了した（その後、物理学会 2 日目 3/21 (日) に変更となった）。

ほぼ貸切状態のバスで会場を移動し、引き続き、いつものスタイルで食事を取りながらのミーティングを行った。

< 構造物性グループインフォーマルミーティングー 2 - >

日時： 9 月 26 日 19:50-22:00

場所： 海鮮豚屋 憲七百

参加者：40 名程度

1. 新人紹介

恒例により構造物性ユーザーグループミーティングに初めて参加された方々に自己紹介をして頂いた。特に、物性研の上田氏からは、最近の Cr 酸化物の研究の話、さらには若手研究者への注文など、研究会での講演とは違う話を

伺うことができ、大変盛り上がった。

2. その他

今回は、大変おめでたいことに、結婚される(た)方が3人も、ミーティングに集まりました。それぞれの方に、結婚の報告をして頂き、皆でお祝いました。

最後に、KEKの下村氏、JAEAの藤井氏からの挨拶を頂き、会を終了した。

【次回の構造物性ユーザーミーティング】は、物理学会2日目3/21(日)、岡山のおいしいお店を既に予約しております。今回参加された方は次回もぜひご参加下さい。また新しい方の参加も大歓迎です。ぜひ本ミーティングを、皆様の予定に入れておいて頂ければ幸いです。

UG ミーティングの報告記事も掲載していきますので、投稿をお待ちしています。

2009年度PF懇談会 第2回幹事会議事録

日時：2009年10月13(火)14時30分～16時30分

場所：KEK4号館2階輪講室1

出席者：三木邦夫、足立伸一、手塚泰久、谷本育律、中野智志、千田俊哉、野村昌治、伊藤健二、五十嵐教之、松葉豪、若槻壮市、栗栖源嗣

1. 報告

○放射光学会・合同シンポ：1月6日～9日

於：イーグレ姫路 次年度はつくば

○PFシンポジウム：3月9日～10日

於：エポカルつくば

○放射光基礎講習会：9月7日

東京大学本郷キャンパスで開催。

- ・75名の定員を超える申し込みがあった。
- ・プログラムがタイトで消化不良の感があった。
- ・実習を含む講習会を施設と共催の形での開催も考える。

○PF談話室整備と長期保存用ロッカー運用開始について：

- ・すでにメール等で告知済み。
- ・ユーザーに感想や意見を聞いて施設側にフィードバックし、さらなる充実を目指す。
- ・アンケート内容や方法を考える←利用幹事マター
- ・談話室にPF懇談会のポスターや申込用紙を置く。

○3 GeV 運転廃止に関するアンケート集計

- ・基本的には受け入れる姿勢であるが、物質物理UGの中に強く存続を希望するグループがあり、高圧UGからも施設側の進め方に関する意見が挙がっている。一度ユーザーと施設側と話し合いの場を設けたい。

- ・今年末に廃止の目処として11月のチームタイム配分委員会までに会合を開く。
- ・対象はメタUG、PF執行部、PF懇談会幹事
- ・3 GeVを必要とする実験の内容、これまでの成果、今後の要望等について、ユーザー側に資料を準備していただき、事前に施設側に提示する。
- ・資料提出の依頼は中野利用幹事に一任。
- ・PF懇談会会員以外からも存続を希望する意見があった。(←懇談会入会を薦める)

○PF-ISACからの答申に基づく問題点(野村主幹)

- ・PACの採択率が高い(95%)
- ・チームタイム配分率が高い
- ・学位論文の登録
- ・UG運営ST、教育用BLの評価指針
- ・新規ユーザーの開拓
- ・学位取得課題への優先

PF懇談会としてどのような取り組みができるか？

- ・3月のPFシンポでPF懇談会の時間を利用して問題提起してユーザーの意見を聞く。
- ・学位論文の登録については、PF懇談会がフォームを用意して個別に問い合わせることも可能か？

2. 協議事項

○カードケース配布について(手塚利用幹事)

- ・入会促進のために、IDカードケースとネックストラップを新規会員を中心に、全会員に配布する案。
- ・カードケース：700枚を購入。「PF懇談会」又は「PF Kondankai」と印字。
- ・購入費約21万円はPF懇談会の予算から支出することを幹事会決定事項として運営委員に報告。
- ・3月の運営委員会での決算中間報告で運営委員の承認をもらう。
- ・PF懇談会の宣伝と入会促進が目的なので配布方法を効果的にやる。
- ・PFシンポでキャンペーンをはって広く宣伝する。
- ・新規会員には入会特典として書類と共に郵送。
- ・希望者のみ直接事務局で手渡し。
- ・紛失、破損の場合は実費交換。
- ・ネックストラップ：基本的に企業からの提供。手持ちがない企業には原案を提示して直接発注してもらう。参考値段。ネーム入り100個で65000円。提供企業の拡充が必要。

○技術者育成に関する提案(手塚利用幹事)

- ・業績評価のシステムから、論文数など表面的な成果のみで評価され、汗をかいた対価を適切に評価されず、現場のモチベーションを下げることもなりかねない。技術者を評価するシステムは放射光実験全体の問題であり、懇談会での議論は難しいが、とりあえずできることとしてチームライン担当者や装置の改造を行った人に十分なacknowledgeをする方法を考える。
- ・BL担当者にcitationされた論文等のリストを提出して

もらい、PF 懇談会ホームページに BL 一覧を作って掲載する。利用幹事から各ビームライン担当者に資料の提出をお願いし、資料の掲示を広報幹事が行う。

○若手研究者の育成

- ・ ナショナルトレーニングセンター（丁稚奉公）制度の実施
 - ・ BL での雑用を手伝いながら、技術の習得を図るのが目的。
 - ・ 期間は 1 カ月単位。居室、宿舍の便宜を図る。可能ならば手間賃を払う（大学連携、加速器支援事業等外部資金が財源）。
 - ・ 実施に際しては、施設側、学生双方にメリットがなければならぬので、1) 施設側が負担にならずに実施できるか 2) コミュニティーとして面倒をみる事ができるか等の課題がある。
- まず、懇談会から大学教員にアンケートを取る。←利用幹事マター

3. その他

○リング状況配信システムの進捗状況

ワーキンググループを立ち上げようとしているところ。ビームダンプの状況、原因と回復用途を、登録された携帯電話と web の両方に同時に配信する。課題は 1) 登録とリセットの方法、2) PF と AR を分けるのか ←利用幹事マター

BL-6A の廃止に係わる PF 懇談会 タンパク質結晶構造解析ユーザーグループ との会議議事メモ

日時：2009 年 10 月 13 日（火）13 時～14 時 30 分

場所：KEK 4 号館 2 階輪講室 1

出席者：三木邦夫、千田俊哉、栗栖源嗣、藤本瑞、若槻壮市、伊藤健二、野村昌治、小林克己、加藤龍一、足立伸一、五十嵐教之

議事内容

1. 若槻施設長より、タンパク結晶構造解析用のビームラインの現状の説明があった。その中で、新しく BL-1A が来年 4 月からユーザーに公開される、ビームラインスタッフの余裕がない、BL-6A は偏向電磁石のラインでユーザーからの利用希望が少ない、等の理由から、3 月末で BL-6A を廃止したいという提案があった。
2. これに対する質疑応答で、ユーザー側から、BL-6A は古いビームラインで効率が悪い、新しく BL-1A が公開されるのでユーザーのビームタイム希望を満たすことが出来る、と言うことから提案に賛成できるという意見があった。
3. PF 懇談会長の三木先生から、提案の説明および質疑応答から、提案内容は懇談会として納得できるものであり、懇談会として BL-6A の廃止を了承する、という発言があった。

「PF 懇談会主催 PF ユーザーの集い」 開催のご案内

来年 1 月に姫路市で開催される放射光学会年会・合同シンポジウムにおいて、「PF ユーザーの集い（PF 懇談会主催）」を下記の通り開催致します。広く PF ユーザーの皆様にお集まりいただき、PF の現状について施設側からご報告いただくとともに、PF 懇談会会員への実験ホール入退室用カードケース配布の実施、技術者育成に関する提案、利用課題選定方法の改善提案等についてご議論いただきたいと思っております。どうぞこの機会に積極的にご参加いただき、皆様の忌憚りの無いご意見をお聞かせ下さい。予定している議題を PF 懇談会ホームページに掲載いたします。

日時：2010 年 1 月 6 日（水）16:00～17:00

場所：イーグレひめじ A 会場（あいめっせホール）

PF 懇談会入会のご案内

PF（Photon Factory）懇談会は放射光を利用する研究活動を効果的に推進するため、PF の発展、会員相互の交流、利用の円滑化を図る利用者団体です。主に次の様な活動を行っています。

- ・ 会員相互の情報交換、会員の放射光利用に関する要望のとりまとめ
- ・ ユーザーグループ活動の促進
- ・ PF シンポジウム、放射光基礎講習会などの学術的会合の開催
- ・ PF 将来計画の立案とその推進

PF での皆様の研究活動をより多いものにするためにも PF 懇談会へのご入会をお勧めいたします。なお、ユーザーグループは懇談会の下に作られた組織ですので、ユーザーグループへの参加には懇談会の入会が必要です。

詳しくは PF 懇談会ホームページをご覧ください。

<http://pfwww2.kek.jp/pf-kondankai/index.html>

<お問い合わせ>

PF 懇談会事務局 森史子

029-864-5196 pf-sec@pfiqst.kek.jp



放射光セミナー

- 題目：ダイヤモンドの特性と新しい応用
 講師：藤森直治氏（(独)産業技術総合研究所・ダイヤモンド研究センター）
 日時：2009年9月10日（木）16:00～
- 題目：マルチフェロイック酸化物における電気磁気特性
 講師：山崎裕一氏（PF）
 日時：2009年10月19日（金）16:00～
- 題目：銅酸化物、鉄系高温超伝導体の電子構造：角度分解光電子分光
 講師：吉田鉄平氏（東大院理学系研究科）
 日時：2009年10月23日（金）13:30～
- 題目：Production and utilisation of NEG coatings at the ESRF
 講師：Dr. Michael Hahn (Vacuum Group, ESRF)
 日時：2009年11月5日（木）13:30～
- 題目：From seconds to picoseconds -selected applications of time resolved Xray diffraction in materials science and beyond
 講師：Dr. Klaus-Dieter Liss (ANSTO)
 日時：2009年11月9日（金）11:00～

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

第29回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成21年7月27日（月）15:30～
 場所：高エネルギー加速器研究機構 管理棟大会議室

- 【1】人事選考
1. 特定教員人事 特任助教（席上配付）
 2. 教員人事 放射光 1名（物08-12）
- 【2】所長報告
1. 組織等について
 - ・人事異動
 - ・研究員の選考結果について
- 【3】協議
1. 教育研究評議会外部評議員について
 2. 自己評価委員会外部委員について
 3. 教員人事選考手続きについて
 4. 教員公募 ミュオン 准教授 1名
 5. 教員公募 ミュオン 博士研究員 1名
 6. 教員公募 中性子 助教（再公募）1名
 7. 教員公募 講師 1名
 8. 放射光共同利用実験課題の審査結果について
 9. 放射光共同利用実験審査委員会委員について
 10. 平成21年度中性子共同利用S型実験課題の審査結果について
 11. ミュオン共同利用実験審査委員会委員について

【4】研究活動報告（資料配付のみ）

1. 素粒子原子核研究所報告
2. 物質構造科学研究所報告
3. 加速器研究施設報告
4. 共通基盤研究施設報告

第30回物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成21年10月15日（月）13:30～
 場所：高エネルギー加速器研究機構 管理棟大会議室

【1】報告事項

1. 所長報告
2. J-PARC 報告
3. J-PARC 加速器の現状について

【2】協議

1. 教員公募 中性子 特任准教授 1名
2. 教員公募 中性子 特任准教授 1名
3. 教員公募 中性子 特任助教 1名
4. 教員公募 放射光特別教授 1名
5. 教員公募 放射光特別助教 1名
6. 平成21年度物質構造科学研究所中性子共同利用S型実験課題の審査結果について

【3】施設等報告

1. 施設報告
 - ①放射光報告
 - ②中性子報告
 - ③ミュオン報告
 - ④構造物性研究センター報告
 - ⑤ERL計画推進室報告
2. その他
 - ①平成22年度概算要求について
 - ②放射光共同利用実験課題の審査結果（U型）について
 - ③放射光共同利用実験課題の審査結果（条件解除）について

【4】研究活動報告（資料配付のみ）

1. 素粒子原子核研究所報告
2. 物質構造科学研究所報告
3. 加速器研究施設報告
4. 共通基盤研究施設報告

施設留保ビームタイム採択課題一覧 (2009 年度前期)

課題番号	申請者	所属	カテゴリー	課題名	ステーション	希望ビームタイム
2009R-01 (2008S2-001)	月原 富武	大阪大学	F	ターゲットタンパク研究プロジェクト	NW-12A	14 時間
2009R-02 (2008G075)	玉田 太郎	JAEA	A	X線と中性子を相補的に用いた蛋白質水和水自動同定法の開発	6A	24 時間
2009R-03 (2008G163)	若槻 壮市	PF	A	Rab5 様低分子量 GTPase の構造解析	NW12A	24 時間

【施設留保ビームタイム申請カテゴリー】

- A. 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。 B. ビームライン・実験装置の性能向上を速やかにする。
 C. 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。 D. 新規ユーザー開拓への活用（実習、試行実験等）。
 E. 受身の共同利用から能動的な共同利用へ。 F. 施設としての柔軟性の確保。

内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧 (2009 年度前期)

課題番号	申請者	所属	課題名	希望ステーション	希望ビームタイム
2009PF-01	小谷 佳範	総研大	遷移金属酸化ナノシートの局所構造の研究	7C, 9A, 9C, 12C	24 時間
2009PF-02	上村 洋平	特別共同利用 研究員	In situ XAFS 測定のための新型セルの実触媒測定による性能評価	NW2A	96 時間
2009PF-03	小出 常晴	PF	Fe を含む新超伝導体の高分解能 XAS と常磁性 XMCD の測定の試み	16A	6 日間
2009PF-04	小出 常晴	PF	長周期構造磁性体の軟 X 線共鳴磁気散乱磁気円二色性の予備実験	16A	6 日間
2009PF-05	隅井 良平	博士研究員	$\text{Li}_x\text{Ni}_{2-x}\text{O}_2$ の電子構造とメタンの選択的反応制御	7B	14 日間
2009PF-06	杉山 弘	PF	ILC 常伝導加速空洞用単結晶銅材料の単色 X 線トポグラフ法による評価	2A	1 日間

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。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は登録が必要ですが、下記の方々にご登録いただかなくても自動的に送付されます。

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ますとPF ニュース送付登録は消去されます。送付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) 物構研運営会議委員、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。

投稿のお願い

【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】

PF での実験の成果等が認められ受賞された方、海外放射光施設に滞在、訪問された方、国際会議等に参加された方、修士論文等、どうぞご投稿下さい。またPF に対するご意見等がありましたら是非ご投稿下さい。

詳細は事務局またはPF ニュースHP をご覧下さい。

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 放射光科学研究施設内
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@pfiqst.kek.jp
URL: <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

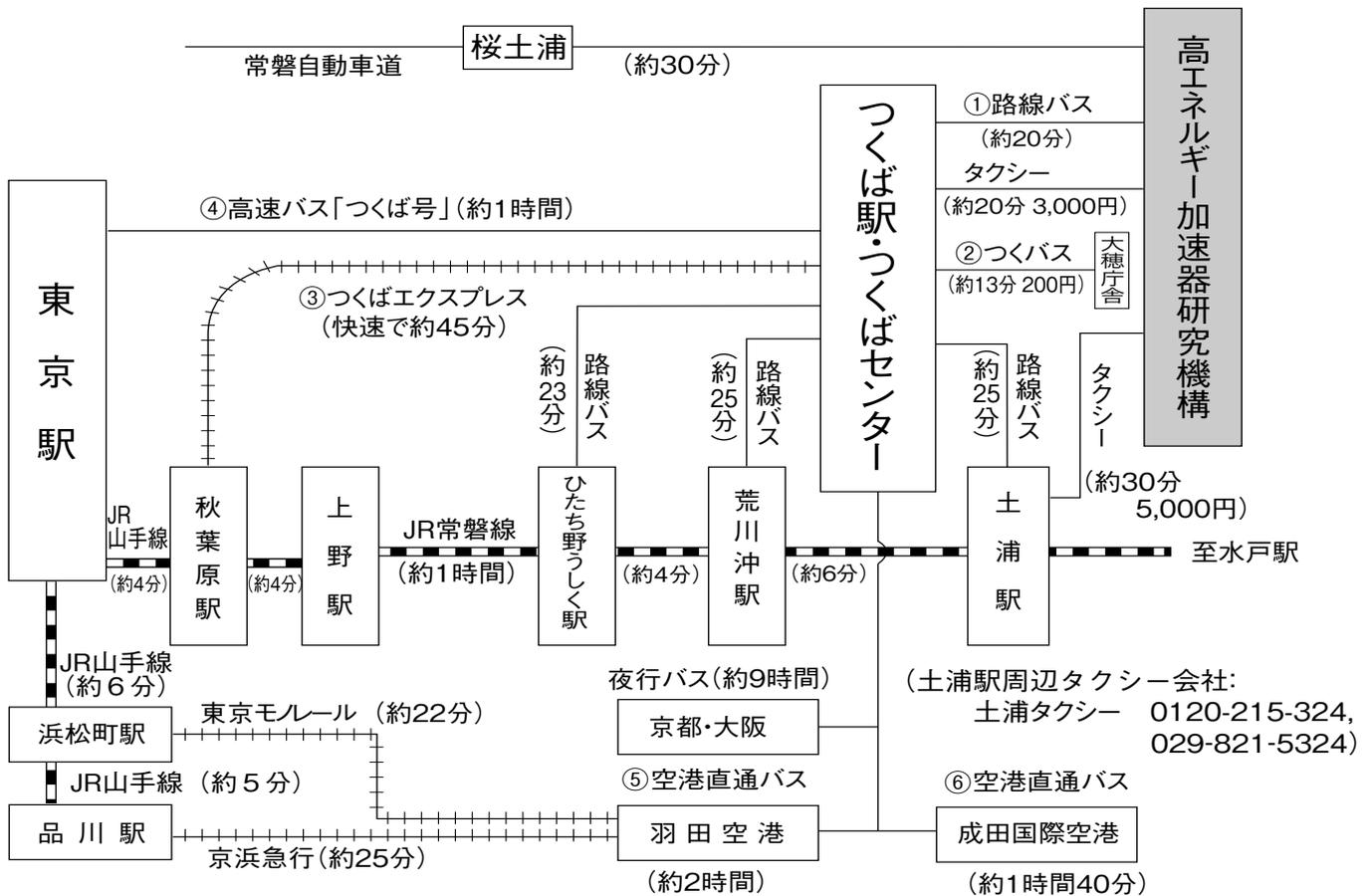
編集後記

先日、学部4年生のO君とPF に実験をしに来ました。PF を見て開口一番「ボロいですね。」とのたまいやがったのは御愛嬌。はじめての大型施設での実験ということもあり、一生懸命取り組んでくれました。そんなフレッシュな彼の姿を見ながら、自分が初めてPF で実験したときのことを思い出そうとします。俺がPF で発した最初の一言はなんだっただろう。はじめてPF News を読んでどんな感想を持っただろう。まったく思い出せません。過ぎゆく時は残酷なものです。私のようなスレたユーザーからO君みたいなピチピチの若い人まで楽しんでいただけるよう、硬軟織り交ぜつつ充実した紙面作りを目指して、微力ながら協力させていただきたいと思います(H.S.)。

委員長	松葉 豪	山形大学大学院理工学研究科		
副委員長	中尾 裕則	物質構造科学研究所		
委員	雨宮 健太	物質構造科学研究所		宇佐美德子 物質構造科学研究所
	梅田 知伸	昭和大学薬学部		太田 充恒 産総研地質情報研究部門
	岡本 裕一	富士フイルム(株) 解析技術センター		久保田正人 物質構造科学研究所
	佐賀山 基	東北大学 多元物質科学研究所		長嶋 泰之 東京理科大学理学部物理学科
	仁谷 浩明	物質構造科学研究所		芳賀 開一 加速器研究施設
	堀場 弘司	東京大学大学院工学系研究科		山田 悠介 物質構造科学研究所
	吉岡 聰	九州大学大学院工学研究院		
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所		

巻末情報

KEK アクセスマップ・バス時刻表



(確認日: 2009. 10. 23)

(KEK周辺タクシー会社: 大曾根タクシー 0120-000-302, 029-864-0301)

つくばセンター改修工事に伴い、バス・タクシー乗り場が移動になりました (平成 21 年 12 月までの予定)。

つくば駅からはA 4 出口をご利用下さい。

①つくばセンター ↔ KEK (2009年8月1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3番

18系統: 土浦駅東口~つくばセンター~KEK~つくばテクノパーク大穂 C8A系統: つくばセンター~KEK~つくばテクノパーク大穂

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
C8		× 7:22	× 7:37	71		14:00	14:19	71	× 6:28	× 6:50	
C8		× 7:50	× 8:05	C8		× 14:50	× 15:05	71	7:33	7:55	
18	7:50	8:07	8:29	71		15:00	15:19	71	8:28	8:50	C8
71		8:45	9:04	C8		16:25	16:40	C8	× 8:50	× 9:14	× 16:00
71		9:00	9:19	71		16:35	16:54	C8	○ 9:05	○ 9:25	71
C8		○ 9:35	○ 9:50	C8		× 17:00	× 17:15	C8	○ 9:25	○ 9:49	○ 16:58
C8A		× 9:35	× 9:51	71		17:30	17:49	C8	× 9:25	× 9:49	× 17:20
71		× 9:55	× 10:14	C8		17:55	18:10	71	10:18	10:40	C8
C8		× 10:00	× 10:15	C8		× 18:30	× 18:45	C8	○ 10:25	○ 10:45	× 17:50
71		× 10:30	× 10:49	71		× 19:05	× 19:24	71	× 10:25	× 10:49	71
C8		10:55	11:10	71		○ 19:30	○ 19:49	C8	× 10:55	× 11:19	○ 18:28
71		11:00	11:19	71		× 19:45	× 20:04	71	11:28	11:50	18
71		12:00	12:19	C8		× 20:05	× 20:20	C8	11:50	12:10	C8
C8		13:20	13:35					71	13:23	13:45	× 18:40
								C8	14:20	14:40	× 19:10
								18	× 20:50	× 21:10	× 19:40
											× 19:50
											× 21:32

(×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

②つくばセンター⇄大穂庁舎 つくバス・北部シャトル

(2009年10月1日改定)

つくば市が運営するコミュニティバス。つくばセンターバス乗り場：4番 料金：つくばセンター・大穂庁舎間 200円

つくばセンター	大穂庁舎	つくばセンター	大穂庁舎	大穂庁舎	つくばセンター	大穂庁舎	つくばセンター
6:55	7:08	14:55	15:08	6:30	6:45	14:25	14:40
7:20	7:33	15:25	15:38	7:00	7:15	14:55	15:10
7:50	8:03	15:50	16:03	7:25	7:40	15:25	15:40
8:30	8:43	16:20	16:33	7:55	8:10	15:55	16:10
8:55	9:08	16:50	17:03	8:20	8:35	16:25	16:40
9:20	9:33	17:25	17:38	8:55	9:10	16:50	17:05
10:00	10:13	17:55	18:08	9:30	9:45	17:20	17:35
10:25	10:38	18:25	18:38	9:55	10:10	17:50	18:05
10:55	11:08	18:55	19:08	10:25	10:40	18:30	18:45
11:25	11:38	19:25	19:38	11:00	11:15	18:55	19:10
11:55	12:08	19:55	20:08	11:25	11:40	19:30	19:45
12:25	12:38	20:25	20:38	12:00	12:15	20:00	20:15
12:55	13:08	20:50	21:03	12:25	12:40	20:25	20:40
13:25	13:38	21:20	21:33	13:00	13:15	21:00	21:15
13:55	14:08	21:50	22:03	13:25	13:40	21:25	21:40
14:25	14:38	22:10	22:23	13:55	14:10	21:50	22:05

大穂庁舎の場所は「巻末情報」の「KEK 周辺生活マップ」をご覧ください。
大穂庁舎から KEK 入り口（インフォメーション）まで約 1.8km、徒歩で約 18 分。

③つくばエクスプレス

(2009年10月1日改定)

所要時間 つくば駅—秋葉原駅（快速）約45分 [1,150円]

普通回数券（11枚綴り）、昼間時回数券（12枚綴り）、土・休日回数券（14枚綴り）あり

詳細はホームページ <http://www.mir.co.jp/> をご参照下さい。

平日・下り					
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
*5:30	6:27	○10:00	10:45	19:50	20:43
*5:45	6:42	10:15	11:07	○20:00	20:45
○6:05	6:50	○10:30	11:15	20:10	21:03
6:20	7:13	10:45	11:37	20:20	21:13
6:30	7:22	(10時～16時まで同じ)	○20:30	21:15	
6:44	7:36	○17:00	17:45	20:40	21:33
○7:00	7:45	17:17	18:09	20:50	21:43
7:11	8:04	○17:30	18:15	○21:00	21:45
7:24	8:18	17:40	18:33	21:12	22:04
○7:37	8:22	17:50	18:43	21:23	22:16
7:46	8:40	○18:00	18:45	21:36	22:29
○8:02	8:49	18:10	19:03	21:48	22:40
8:08	9:03	18:20	19:13	○22:00	22:45
○8:24	9:11	○18:30	19:15	22:15	23:07
8:34	9:28	18:40	19:33	22:30	23:23
8:47	9:40	18:50	19:43	22:45	23:37
8:57	9:49	○19:00	19:45	○23:00	23:45
○9:09	9:55	19:10	20:03	23:15	0:08
9:17	10:09	19:20	20:13	*23:30	0:27
○9:30	10:15	○19:30	20:15		
9:45	10:37	19:40	20:33		

平日・上り							
つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:07	5:59	○9:25	10:10	17:12	18:04	21:42	22:34
○5:28	6:13	9:32	10:25	17:21	18:13	21:57	22:49
5:32	6:24	○9:55	10:40	17:32	18:24	22:14	23:06
5:51	6:43	10:02	10:54	○17:48	18:33	*22:27	23:25
6:12	7:05	○10:25	11:10	17:51	18:43	22:40	23:33
6:32	7:26	10:30	11:23	18:02	18:54	22:57	23:49
6:41	7:34	○10:55	11:40	○18:19	19:04	*23:14	0:11
○6:56	7:42	11:02	11:54	18:21	19:14		
6:57	7:51	○11:25	12:10	○18:49	19:34		
*7:06	8:04	11:30	12:23	18:51	19:44		
7:12	8:07	○11:55	12:40	○19:19	20:04		
○7:25	8:12	12:00	12:53	19:21	20:14		
7:27	8:23	○12:25	13:10	○19:49	20:34		
7:42	8:37	12:30	13:23	19:51	20:44		
○7:56	8:43	○12:55	13:40	○20:19	21:04		
7:57	8:53	(12時～15時まで同じ)	20:24	21:17			
8:12	9:06	16:00	16:53	20:39	21:31		
○8:26	9:12	○16:25	17:10	20:51	21:44		
8:31	9:24	○16:43	17:28	○21:08	21:53		
8:47	9:40	16:51	17:43	21:11	22:03		
9:00	9:52	○17:09	17:54	21:27	22:19		

土曜/休日・下り					
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
*5:30	6:27	○10:00	10:45	19:48	20:40
*5:45	6:42	10:15	11:08	○20:00	20:45
○6:05	6:50	○10:30	11:15	20:12	21:04
6:18	7:10	10:45	11:37	20:24	21:16
6:31	7:24	(10時～16時まで同じ)	20:36	21:28	
6:43	7:35	○17:00	17:45	20:48	21:40
○7:00	7:45	17:12	18:04	○21:00	21:45
7:12	8:04	17:24	18:16	21:12	22:05
○7:24	8:09	17:36	18:28	21:36	22:28
7:35	8:27	17:48	18:40	21:48	22:40
7:48	8:40	○18:00	18:45	○22:00	22:45
○8:00	8:45	18:12	19:04	22:15	23:07
8:20	9:12	18:24	19:16	22:30	23:23
○8:30	9:15	18:36	19:28	22:45	23:37
8:50	9:42	18:48	19:40	○23:00	23:45
○9:00	9:45	○19:00	19:45	23:15	0:08
9:19	10:11	19:12	20:04	*23:30	0:27
○9:30	10:15	19:24	20:16		
9:45	10:37	19:36	20:28		

土曜/休日・上り							
つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着	つくば発	秋葉原着
5:07	5:59	○9:54	10:39	18:02	18:54	21:57	22:49
○5:28	6:13	10:02	10:54	○18:20	19:05	22:15	23:08
5:32	6:24	○10:25	11:10	18:25	19:17	22:40	23:33
5:51	6:43	10:30	11:22	18:38	19:31	22:57	23:49
6:13	7:06	○10:55	11:40	18:49	19:42	*23:14	0:11
6:33	7:26	11:02	11:54	19:02	19:54		
○6:57	7:42	○11:25	12:10	○19:20	20:05		
7:01	7:53	11:30	12:23	19:25	20:17		
○7:28	8:13	○11:55	12:40	19:37	20:30		
7:31	8:23	12:00	12:53	19:49	20:42		
7:41	8:34	○12:25	13:10	20:01	20:54		
○7:58	8:43	12:30	13:23	○20:20	21:05		
8:02	8:54	○12:55	13:40	20:25	21:17		
○8:28	9:13	(12時～16時まで同じ)	20:37	21:30			
8:32	9:25	17:02	17:54	20:51	21:43		
8:47	9:39	○17:20	18:05	○21:08	21:53		
○9:10	9:55	17:25	18:17	21:11	22:03		
9:17	10:10	○17:46	18:31	21:27	22:19		
9:32	10:24	17:49	18:42	21:42	22:34		

○:快速 無印:区間快速 *:普通

④ 高速バス

高速バス発車時刻表 [つくば号]

(2008年1月16日改正)

運賃 東京駅←→つくばセンター (←→筑波大学) : 1150円 (5枚綴り回数券4800円, 上り専用3枚綴りで1900円)
 ●ミッドナイトつくば号 東京駅→筑波大学: 2000円 (回数券は使用不可)
 所要時間 東京→つくば65分~70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)

△ 6:50	△ 10:40	△ 15:00	△ 18:40	△ 21:40
7:20	△ 11:00	△ 15:30	△ 19:00	△ 22:00
7:40	△ 11:40	△ 16:00	△ 19:20	△ 22:20
△ 8:00	△ 12:00	△ 16:30	19:40	△ 22:40
△ 8:20	△ 12:30	△ 17:00	△ 20:00	△ 23:00
△ 8:40	△ 13:00	△ 17:20	△ 20:20	△● 23:50
△ 9:00	△ 13:40	△ 17:40	△ 20:40	△● 24:10
△ 9:40	△ 14:00	△ 18:00	△ 21:00	△● 24:30
△ 10:00	14:30	△ 18:20	△ 21:20	

▼ 5:00	9:20	▼ 13:00	16:40	▼ 19:40
▼ 5:30	9:40	▼ 13:30	▼ 17:00	▼ 20:00
▼ 6:00	▼ 10:00	▼ 14:00	▼ 17:20	▼ 20:20
▼ 6:30	▼ 10:20	▼ 14:30	▼ 17:40	▼ 20:40
▼ 7:00	10:40	▼ 15:00	▼ 18:00	▼ 21:00
▼ 7:30	▼ 11:00	▼ 15:20	▼ 18:20	21:20
▼ 8:00	▼ 11:30	▼ 15:40	▼ 18:40	▼ 21:40
▼ 8:30	▼ 12:00	▼ 16:00	▼ 19:00	▼ 22:00
▼ 9:00	▼ 12:30	▼ 16:20	▼ 19:20	

※平日・土日祝日とも同じ。上りは、平日・土曜のみ都営浅草駅、上野駅経由
 ※つくば市内のバス停 (上下便とも) 筑波大学, 大学会館, 筑波大学病院, つくばセンター, 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木二丁目, 並木大橋, 下広岡
 ※ミッドナイトつくば号の乗車券は乗車日の1カ月1日前から発売。
 ●発売窓口: 学園サービスセンター (8:30~19:00) 東京営業センター (東京駅乗車場側/6:00~発車まで)
 新宿営業センター (新宿駅新南口JRバス新宿営業センター内/6:00~23:00)
 ●電話予約: JRバス関東03-3844-0489 (10:00~18:00) ●ネット予約: 決済 <http://www.kousokubus.net/> (高速バスネット)

⑤⑥ 空港直通バス

(つくばセンターバス乗り場: 7番)

羽田空港←→つくばセンター

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。) (2009年3月23日改定)
 運賃: 1,800円

第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
8:30	8:35	10:20
9:30	9:35	11:20
10:30	10:35	12:20
11:30	11:35	13:20
12:55	13:00	14:45
14:55	15:00	16:45
15:55	16:00	17:45
16:55	17:00	18:45
17:55	18:00	19:45
19:20	19:25	20:50
20:55	21:00	22:15
21:55	22:00	23:15

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル
4:40	6:17	6:22
5:30	7:07	7:12
6:40	8:37	8:42
8:00	9:57	10:02
9:30	11:27	11:32
11:00	12:57	13:02
12:30	14:07	14:12
14:00	15:37	15:42
15:00	16:37	16:42
16:00	17:37	17:42
17:25	19:02	19:07
18:25	19:52	19:57

※ 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13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, 並木二丁目, 並木大橋
 ※ 問い合わせ: 029-836-1145 (関東鉄道) / 03-3765-0301 (京浜急行)

成田空港←→つくばセンター (土浦駅東口行)

(AIRPORT LINER NATT'S)

(2008年11月20日改定)

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。KEKの売店でも購入可。
 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

第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
7:40	7:45	9:20
9:05	9:10	10:45
10:35	10:40	12:15
12:50	12:55	14:30
14:30	14:35	16:10
16:15	16:20	17:55
17:20	17:25	19:00
18:45	18:50	20:25
20:10	20:15	21:50

つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル
6:00	7:40	7:45
7:00	8:40	8:45
8:50	10:25	10:30
10:40	12:15	12:20
12:20	13:55	14:00
13:35	15:10	15:15
14:35	16:10	16:15
15:50	17:25	17:30
17:35	19:10	19:15

※ 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, 牛久, 龍ヶ崎ニュータウン, 新利根, 成田空港

つくば市内宿泊施設

(確認日: 2009. 10. 23) ※ 料金は全て税込。



- ① アーバンホテル
(<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>)
TEL (029) 877-0001 6,825円～
- ② にいはり旅館
TEL (029) 864-2225 3,885円～
- ③ 筑波研修センター
TEL (029) 851-5152 3,600円～
- ④ 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 11,088円～
- ⑤ ダイワロイネットホテル
TEL (029) 863-3755
(<http://www.daiwaroyonet.jp/tsukuba/>)
- ⑥ ルートつくば
TEL (029) 860-2111 6,825円～ (朝食付)
- ⑦ 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 11,088円～
- ⑧ ホテルニューたかはし竹園店
TEL (029) 851-2255 5,775円～
- ⑨ ホテルデリーイン
(<http://www.yama-nami.co.jp/>)インターネット予約5%引き
TEL (029) 851-0003 6,090円
- ⑩ ビジネスホテル山久 5,000円～(2食付・1室2人)
TEL (029) 852-3939 6,000円～(2食付・1室1人)

⑪ ビジネスホテル松島(新館) 6,500円～
TEL (029) 856-1191 (和) 6,800円 (3人～)
(風呂・2食付)
(本館) 6,000円～
(和) 6,300円 (3人～) (2食付)

⑫ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～

⑬ 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 6,300円～

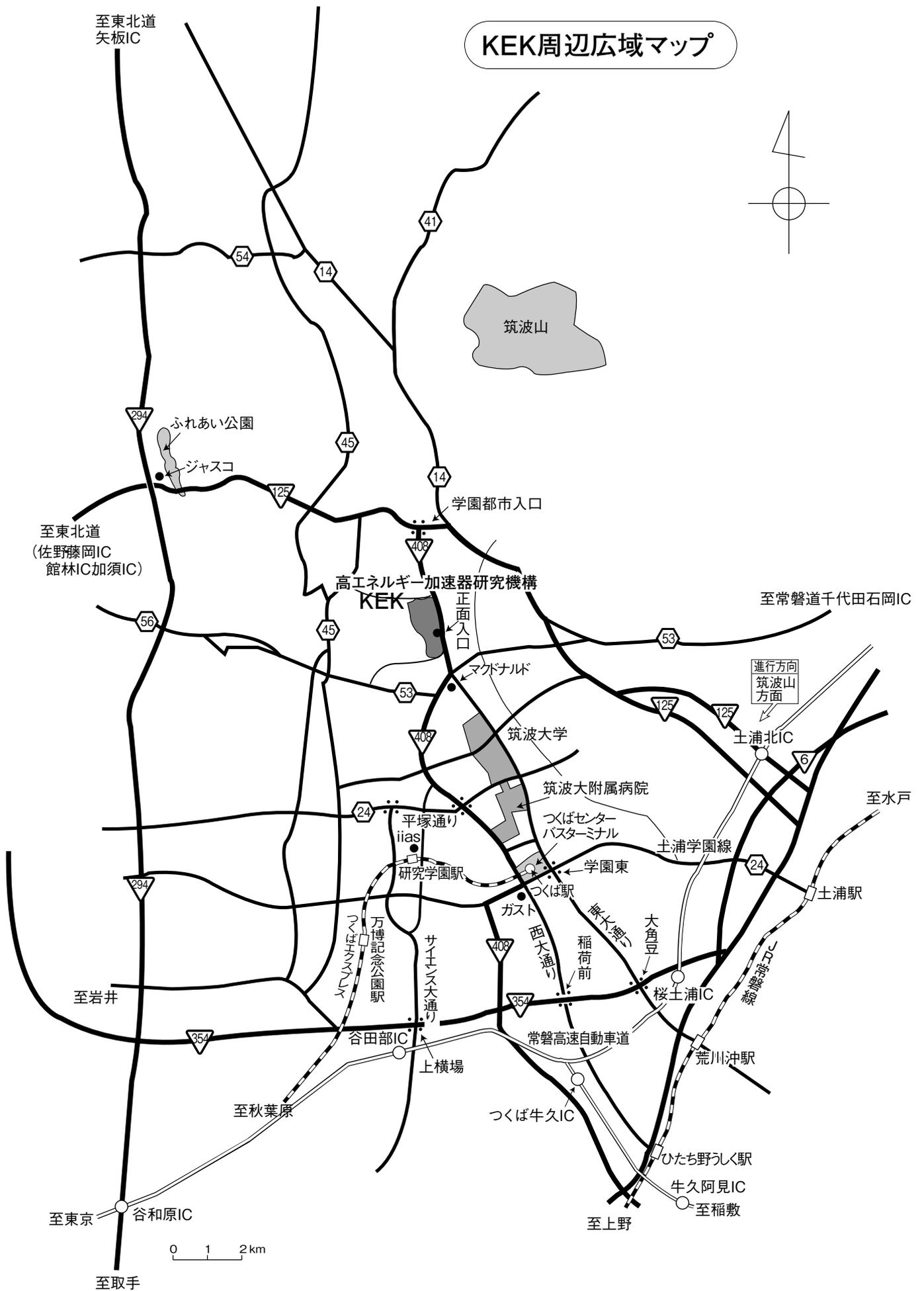
⑭ 学園桜井ホテル
(<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>)
TEL (029) 851-3011 6,878円～

⑮ 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)

⑯ ペンション学園
TEL (029) 851-0008 4,700円～ (税込)
21,000円 (7日以内)

⑰ ホテルスワ
TEL (029) 836-4011 6,825円～
6,090円 (会員)

KEK周辺広域マップ



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。

●共同利用宿泊者施設（ドミトリー）

（管理人室 TEL/FAX:029-864-5574 PHS:2929）

シングルバス・トイレ付き 2,000円

シングルバス・トイレなし 1,500円

- ドミトリーは夜の10時から朝の8時までは施設されます。また、この時間帯は管理人が不在ですので、22時以降にドミトリーに到着される方はインフォメーションセンター（029-864-5572、PHS:3398）でドミトリーの部屋の鍵を受け取って下さい。
- 支払いはユーザーズオフィスにて、現金の他、クレジットカード、デビットカードが利用可能です。また宿泊が週末等になり、ユーザーズオフィスで支払えない場合は銀行振込も可能です。

●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>)

●健康相談室（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。健康相談も行っていますので、希望者は事前に申し込んでください。

場 所 先端計測実験棟

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～土

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:00～9:30

昼食 11:30～13:30

夕食 17:30～19:00（土曜は営業なし）

●レストラン（内線 2987）

営 業 月～金

ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 12:00～14:00（ラストオーダー13:40）

●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

土 9:00～14:00

ただし祝日及び年末年始は休業

予約受付 9:00～16:30（土は～13:30まで）

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、クリーニングやDPE、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 9:00～19:00

日・祝日 10:30～14:00

土曜、年末年始は休業

●自転車貸出方法（受付〔監視員室〕内線3800）

- 貸出は実験ホール入口の監視員室で行う。
- 貸出は一往復とし、最長でも半日とする。
- 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。

（PF-ARでも自転車を10台用意していますので利用したい方はビームライン担当者または運転当番〔PHS 4209〕に連絡して下さい。）

●常陽銀行ATM

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：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

●ユーザーズオフィスについては、KEKホームページ「施設案内」(<http://www.kek.jp/intra-j/map/annai/uoffice.html>)をご覧ください。

Tel : 029-879-6135, 6136

Fax : 029-879-6137

Email : users.office@post.kek.jp

ビームライン担当一覧表 (2009. 11. 1)

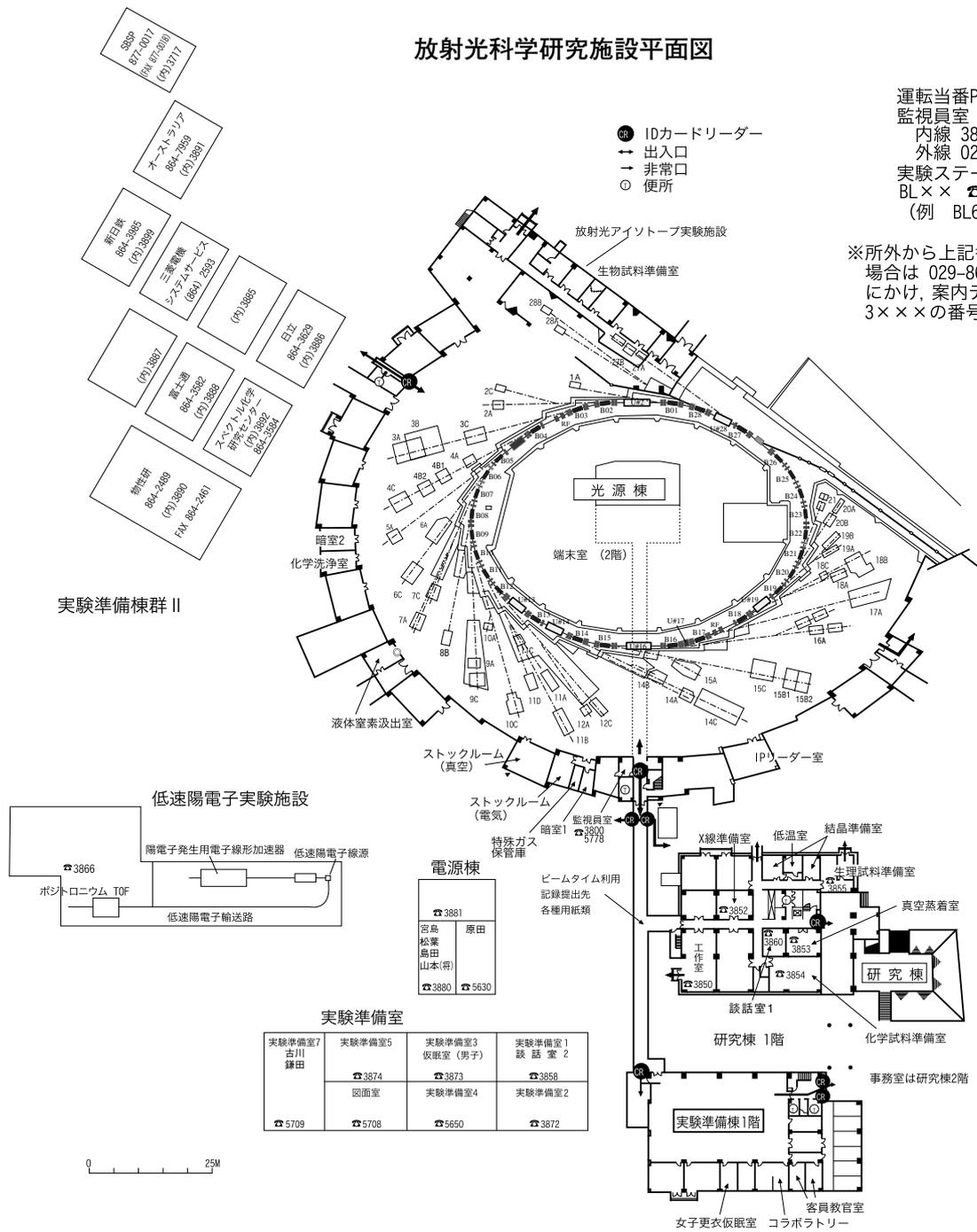
ビームライン ステーション	形態	光源 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用BL, ★UG運営ST)	BL担当者 担当者	担当者 (所外)
BL-1		U	松垣	
BL-1A	○	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣	
BL-2		U	北島	
BL-2A	●	軟X線2結晶分光ステーション	北島	
BL-2C	●	軟X線不等間隔平面回折格子分光器	足立 (純)	
BL-3		U (A) / B M (B, C)	中尾 (裕)	
BL-3A	●	六軸X線回折計/二軸磁場中X線回折実験ステーション	中尾 (裕)	
BL-3B	☆●	VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	柳下	加藤 (弘前大)
BL-3C	●	X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	平野	
BL-4		B M	中尾 (裕)	
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・微小領域回折実験ステーション	中尾 (朗)	
BL-4B2	●★	多連装粉末X線回折装置	中尾 (朗)	井田 (名工大)
BL-4C	●	六軸X線回折計用実験ステーション	中尾 (裕)	
BL-5		M P W	山田	
BL-5A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田	
BL-6		B M	五十嵐	
BL-6A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐	
BL-6C	●★	X線回折/散乱実験ステーション	河田	佐々木 (東工大)
BL-7		B M	雨宮 (岡林: 東大)	
BL-7A	◇●	軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮	岡林 (東大)
BL-7C	●	XAFS/異常散乱/汎用X線ステーション	杉山	
BL-8		B M	中尾 (朗)	
BL-8A	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	中尾 (朗)	
BL-8B	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	中尾 (朗)	
BL-9		B M	野村	
BL-9A	●	XAFS実験ステーション	野村	
BL-9C	●	小角散乱/XAFSステーション	野村	
BL-10		B M	中尾 (朗)	
BL-10A	●	垂直型四軸X線回折装置	中尾 (朗)	
BL-10C	●★	溶液用小角散乱実験ステーション	五十嵐	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	伊藤	
BL-12		B M	野村	
BL-12A	●	軟X線2m斜入射分光器 (GIM)	柳下	
BL-12C	●	XAFS実験ステーション	仁谷	
BL-13		U	間瀬	
BL-13A	○	有機薄膜研究用光電子分光ステーション	間瀬	
BL-14		V W	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-14C	●	X線イメージングおよび汎用X線実験ステーション	兵藤	
BL-15		B M	平野	
BL-15A	●★	X線小角散乱ステーション	五十嵐	奥田 (京大)
BL-15B1	●	白色X線トポグラフィおよび汎用X線実験ステーション	杉山	
BL-15B2	●	表面界面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		U	雨宮
BL-16A	●	可変偏光軟X線分光ステーション	雨宮 F1, F3, Fm (各種軟X線分光) 雨宮 F2 (高磁場下XMCD) 小出
BL-17		U	五十嵐
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐
BL-18		B M	柳下 (柿崎 : 東大物性研 029-864-2489)
BL-18A	◇●	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下 柿崎 (東大物性研)
(東大・物性研)			
BL-18B(インド・DST)	◇○	Multipurpose Monochromatic Hard X-ray Station	五十嵐
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	亀卦川 中野 (物性研)
BL-19 (東大・物性研)		U	柳下 (柿崎 : 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 柿崎 (東大物性研)
BL-19B	◇●	分光実験ステーション	柳下 柿崎 (東大物性研)
BL-20		B M	伊藤
BL-20A	☆●	3 m直入射型分光器	伊藤 河内 (東工大)
BL-20B(ASCo.)	◇●	多目的単色・白色X線回折散乱実験ステーション	河田 M. Cheah(Australia) 029-864-7959
BL-27		B M	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		H U	小野
BL-28A/B	●	高分解能角度分解光電子分光 可変偏光 VUV-SX 不等間隔平面回折格子分光器	小野
PF-AR			
AR-NE1		E M P W	亀卦川
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
AR-NE3		U	山田
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
AR-NE5		B M	亀卦川
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション / MAX80	亀卦川
AR-NE7		B M	兵藤
AR-NE7A	●	X線イメージングおよび高温高压実験ステーション	兵藤
AR-NW2		U	野村
AR-NW2A	●	時分割 XAFS 及び時分割X線回折実験ステーション	野村
AR-NW10		B M	仁谷
AR-NW10A	●	XAFS 実験ステーション	仁谷
AR-NW12		U	松垣
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
AR-NW14		U	足立 (伸)
AR-NW14A	●	時間分解X線回折実験ステーション	足立 (伸)
低速陽電子			柳下
Ps-TOF	●★	ポジトロニウム飛行時間測定装置	柳下 兵頭 (東大)

放射光科学研究施設平面図

運転当番PHS 4209
 監視員室
 内線 3800
 外線 029-864-5778
 実験ステーション
 BL×× ☎ 38××
 (例 BL6 ☎3806)

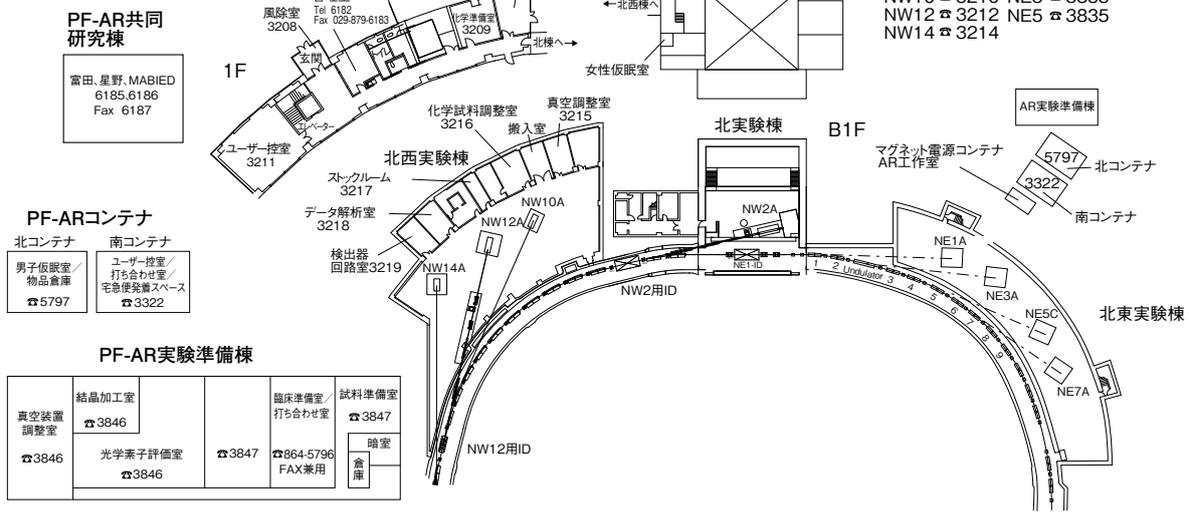
※所外から上記番号にアクセスする
 場合は 029-864-5200 (代表番号)
 についで、案内テープの後に4×××、
 3×××の番号を押して下さい。



実験準備室

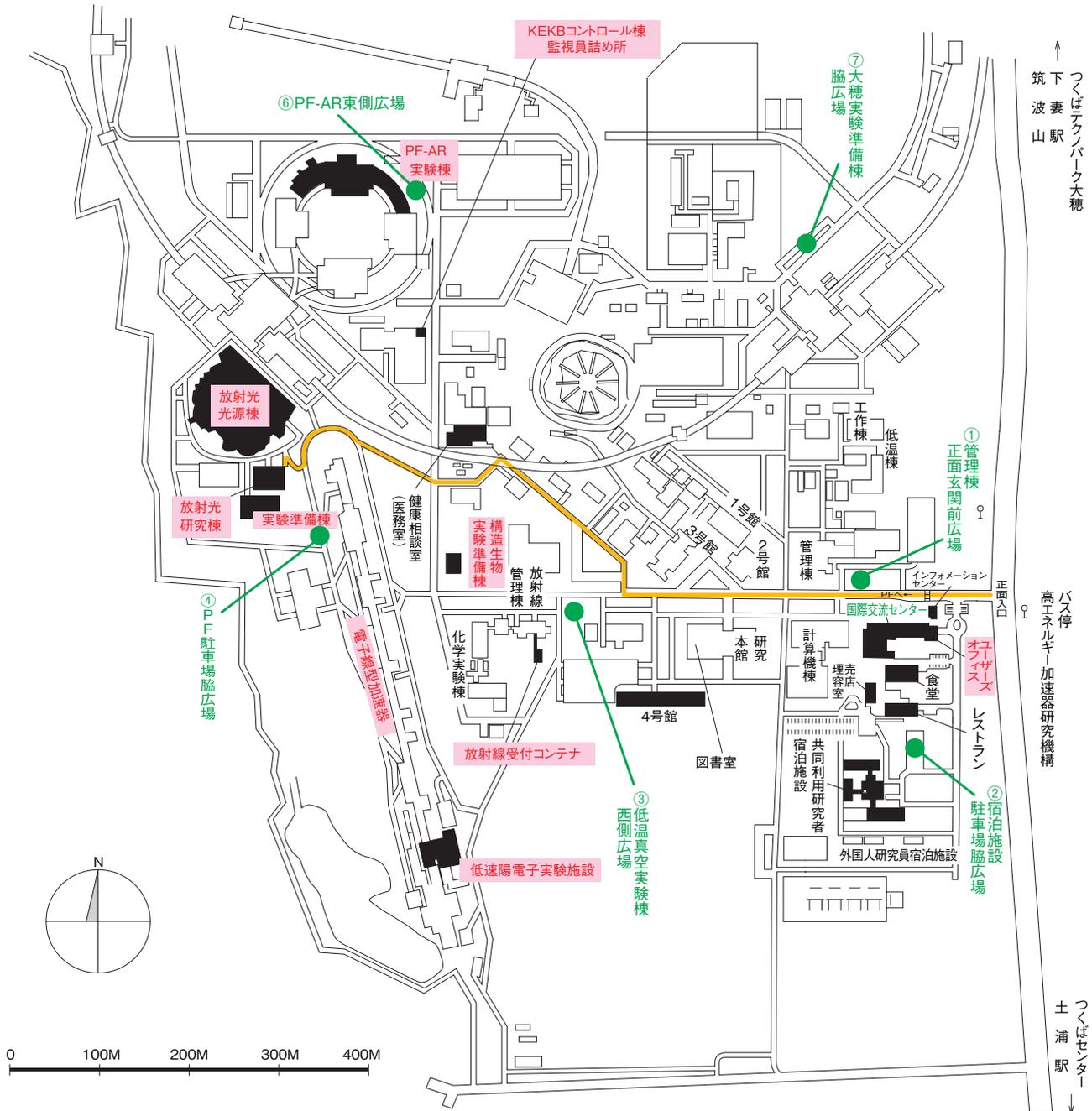
実験準備室7 古川 鎌田 ☎5709	実験準備室5 ☎3874	実験準備室3 仮眠室 (男子) ☎3873	実験準備室1 談話室 2 ☎3858
	図面室 ☎5708	実験準備室4 ☎5650	実験準備室2 ☎3872

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 放射光科学研究施設関係分)



- 歩行者・自転車用ルート
- 緊急時避難場所 Emergency Assembly Area

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

