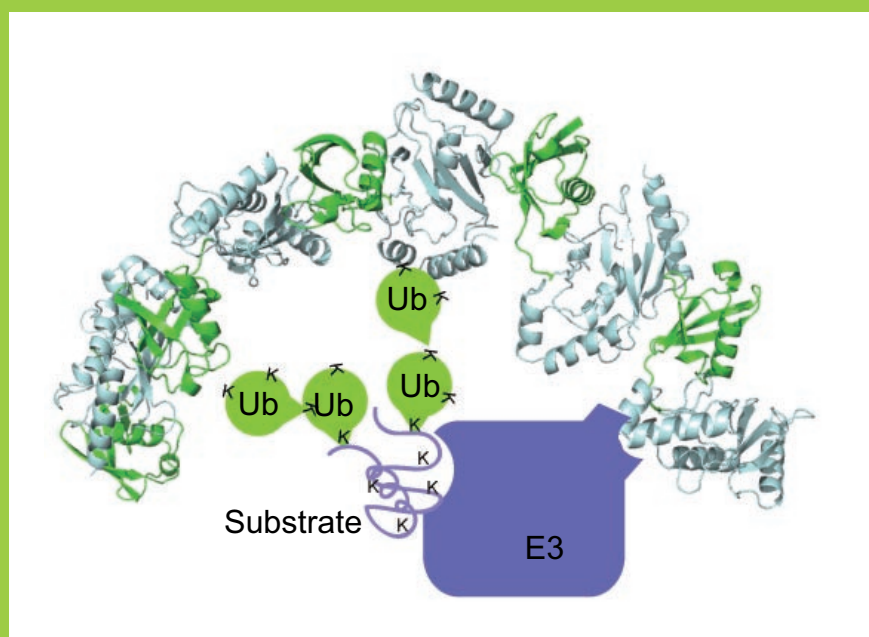
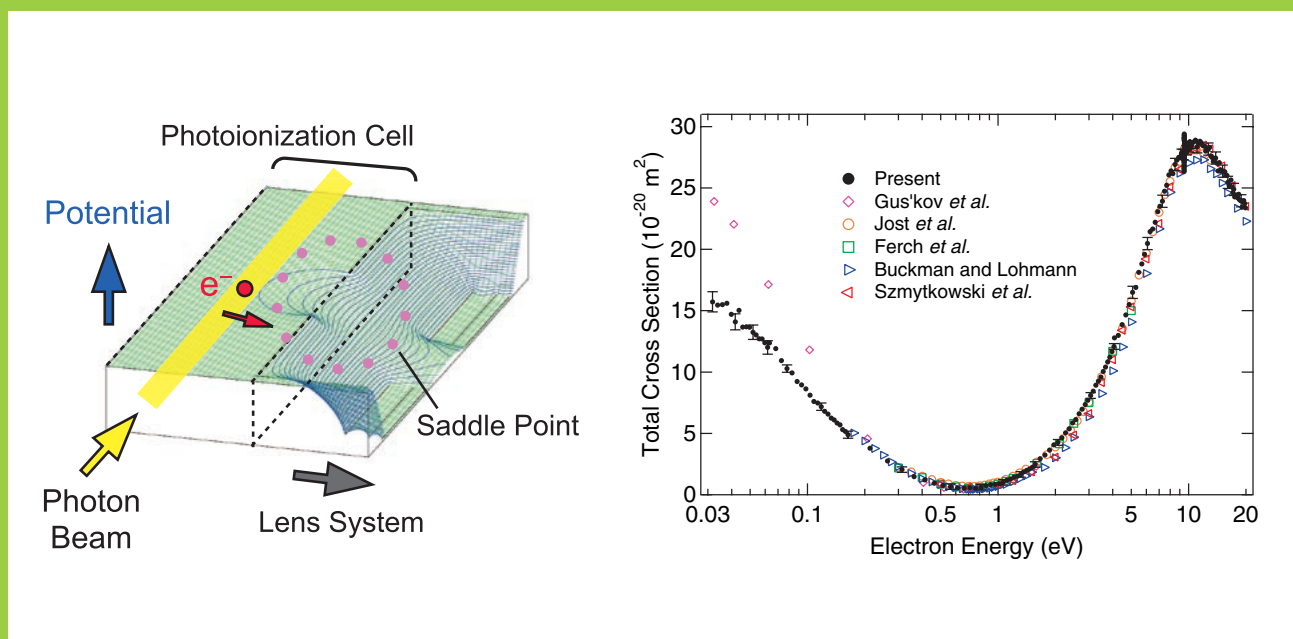


# PHOTON FACTORY NEWS

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

Vol.28 No.3  
NOV 2010

- ユビキチン鎖伸長の構造的基盤
- しきい光電子を用いた Cold Electron Collision 実験手法の開発
- AR-NE3Aが創薬研究にもたらすインパクト



# 目 次

施設だより	若槻 壮市	1
現 状		
入射器の現状	榎本 收志	3
光源の現状	小林 幸則	3
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
プレスリリース		
核酸のように振る舞うタンパク質を明らかに		
— 翻訳因子 EF-P が転移 RNA と同じ反応でアミノ酸を受け取ることを発見 —		9
tRNA にわざと誤ったアミノ酸を付加して修正する巧妙な仕組みを解明		9
お知らせ		
平成23年度前期フォトン・ファクトリー研究会の募集	若槻 壮市	10
防災・防火訓練のお知らせ	小山 篤・兵藤 一行	10
人事異動・新人紹介／予定一覧		11
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）		12
運転スケジュール		18
最近の研究から		
ユビキチン鎖伸長の構造的基盤	坂田 絵理・佐藤 匡史・山口 芳樹・若槻 壮市・加藤 晃一	19
Structural Insights into the Formation of Polyubiquitin Chain		
しきい光電子を用いた Cold Electron Collision 実験手法の開発		
黒川 学・北島 昌史 小田切 丈・加藤 英俊・星野 正光・田中 大・伊藤 健二		24
A New Experimental Technique for Cold Electron Experiment Utilizing the Threshold Photoelectron Source		
建設・改造ビームラインを使って		
AR-NE3A が創薬研究にもたらすインパクト	天野 靖士	29
研究会等の報告／予定		
第28回PFシンポジウム開催のお知らせ	兵藤 一行	31
物構研シンポジウム'10「量子ビーム科学の展望」開催のお知らせ	下村 理	31
KEK サマーチャレンジでの物質・生命コース実施	伊藤 健二	32
「XAFS 講習会（応用実習編）－蛍光 XAFS と時間分解 XAFS－」の開催報告		
仁谷 浩明・阿部 仁・丹羽 尉博・野村 昌治・西野 潤一・阿刀田伸史		34
VUVX-37 (VUVX 2010) について	柿崎 明人	35
ユーザーとスタッフの広場		
ユーザー受賞記事		
藤田 誠氏 第7回江崎玲於奈賞を受賞		37
日本放射光学会第二回若手研究会「顕微分光のフロンティア」に参加して	仁谷 浩明	37
「放射光基礎講習会」に参加して	酒巻真粧子	38
日本 XAFS 研究会夏の学校に参加して	丹羽 尉博	39
界面計測のための高効率・高分解能光電子分光装置の開発		
豊田 智史・堀場 弘司・組頭 広志・尾嶋 正治		41
修士論文紹介コーナー		
La <sub>0.5</sub> Sr <sub>1.5</sub> MnO <sub>4</sub> における電荷・軌道秩序に対する不純物効果の研究	八巻 佑樹	44
PFトピックス一覧（7月～9月）		45
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？		45
PF懇談会だより		
ゆーざーぐるーぷ紹介		
放射線生物ユーザーグループ紹介	前澤 博	46
高圧ユーザーグループ紹介	竹村 謙一	47
「PF 懇談会主催 PF ユーザーの集い」開催のご案内		48
PF懇談会新規入会キャンペーン！ 特典付き！！		48
掲示板		
放射光セミナー／物構研セミナー		49
第34回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		49
編集委員会から		50
巻末情報		51

（表紙説明）（上・左）浸み出し電場法で形成されるポテンシャルの様子。電子レンズのつくる電場が、光イオン化セルの電子捕集用のアパーチャーを超えて、光イオン化領域にしみ出すことでポテンシャルが形成される。

（上・右）Cold Electron Collision 領域から 20 eV おける Kr の電子衝突全断面積。最近の研究から「しきい光電光を用いた Cold Electron Collision 実験手法の開発」より）

（下）E2～ユビキチン連結体によるユビキチン化反応のモデル。E2～ユビキチン連結体は E3 上で超分子複合体を形成し、標的タンパク質のユビキチン化を効率的に行っている。（最近の研究から「ユビキチン鎖伸長の構造的基盤」より）

## 施設だより

放射光科学研究施設長 若槻壮市

### PF を使って得られた成果の発表

大学共同利用機関の基本的な考え方として、共同利用実験で得られた成果は実験研究者の所属機関だけでなく大学共同利用機関の成果でもあります。複数の放射光施設を使って成果を出される場合などはこの点についての意識をもっていない方もおられるかもしれませんが、この機会に是非再度ご認識いただきたいと思えます。学術論文として公表した時には必ず PF 出版データベースに登録していただくことになっていますが、ご存知のように PF、物構研、KEK では、ホームページを通じて大学共同利用で得られた成果をアピールさせていただいています。重要な論文が受理された場合は、できるだけ事前にご連絡いただきたいと思えます。特に、プレス発表を検討する場合には、必ず事前に KEK にご連絡いただきますようお願いいたします。内容によりプレス発表を共同で行うか、単独で行うかはその都度協議させていただきますが、PF を使って得られた成果を広く周知するための手段として PF/物構研/KEK のホームページ、プレスリリースを積極的にご利用いただきたいと思えます。

### 平成 23 年度予算

平成 23 年度予算については、KEKB 高度化プロジェクトの開始を受けて、J-PARC と放射光に大きな影響が出る事が予想されます。放射光プロジェクト経費については文科省から財務省へ提出する段階で既に 1 億円強の削減を受けており、非常に厳しい状況にあります。入射器の運転が PF と PF-AR のみとなり、入射エネルギーを下げることによって電気代を節約することも検討し、できる限り 4000 時間のユーザー実験を確保することを目標とすることに変わりはありませんが、予算額によってはいろいろな面で見直しをする必要が出てくる可能性もあります。PF 懇談会、放射光学会・合同シンポの PF ユーザーの集い、PF シンポ等の場で、状況をご報告するとともに、共同利用の進め方についてなるべく多くの議論の場を設けたいと思えます。また、最近たびたび公募のあった様々なパブコメでは PF 懇談会、PF ユーザーの方々にはご協力をいただきありがとうございました。上記のような状況ですので、今後ともパブコメ等での強力なサポートと、PF を使って得られた成果のアピール等ユーザーの皆様のご支援をお願いします。

### 物構研戦略会議と SAC

PF では既に 2007 年に放射光戦略ワーキンググループを設けてビームライン新設統廃合計画、教育用ビームタイム・ビームライン、ユーザーグループ運営ステーションなどについて議論いただけてきました。物構研の他のプローブ中性子やミュオンについてもそれぞれ独自の PAC、評価委

員会、国際諮問委員会等のシステムを持っていましたが、この度これらの組織を整理し、より分かりやすい構成を組むことにいたしました。もともと、物構研に係る共同利用・共同研究計画に関する事項その他研究所の運営に関する重要事項については、物構研運営会議において協議、議論しています。現在、物構研では、放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子を用いた研究が行われていますが、今後の将来計画等に関する検討を行うための組織体を整備することが重要であることから、それぞれの研究分野別の戦略会議だけでなく、それを束ねるものとして、物構研運営会議のもとに新たに「物構研戦略会議」を設けることにいたしました。それと並行して、同じく所長の諮問機関として設置されている Science Advisory Committee (SAC) についてもこれらの上部組織として IMSS SAC を設けます。これらの親委員会は放射光、中性子、ミュオン、構造物性研究センター、構造生物学研究センターそれぞれの「戦略会議」、「SAC」の議長を中心に構成し、物構研全体の研究戦略を議論します。

### BL-16A アンジュレーター

昨年度から量子ビーム研究費等により建設を進めています BL-16A の 2 台目のアンジュレーターが今年の夏に設置され、今秋からいよいよ高速スイッチングのための立ち上げを行っています (関連記事: 5 ページ)。一台目の Apple-II 型アンジュレーターのみによる運転でもすでに軟 X 線ビームラインとして多くの実験が行われてきましたが、円偏光高速スイッチング機能を加えることでいよいよこのビームラインの威力を発揮できる状況になりますので、ぜひとも、多くの方に使っていただけたことを期待しています。

### ERL 計画

ERL 計画は、共振器型 XFEL (XFEL-O) も含めてリング型放射光としての極限の光源性能をもった放射光施設を開発するものであり、国際的にもさきがけ的な基盤設備となるものと考えています。既にコーネル大学および APS とは MOU を結んで加速器要素技術開発に関して国際協力体制を構築しています。原子力開発研究機構、名古屋大学、東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設、KEK 加速器研究施設との共同開発体制を構築し、小型実証機としてのコンパクト ERL を平成 24 年度中に運転開始すべく開発・建設を加速しています。その成果をもとに PF 後継機としての 5 GeV クラス ERL 実験施設の早期実現を目指します。KEK では、2008 年 3 月に 5 年間の KEK ロードマップを策定し、その中でもコンパクト ERL を盛り込み、5 GeV クラス ERL についても次期計画として言及しています。KEKB 高度化 (Super KEKB) が始まり、その後の KEK の戦略を構築していく必要があり、機構全体のプロジェクトを議論する研究推進会議で Super KEKB 後の KEK の大型プロジェクトを議論していくことにしています。物構研としては、KEK つくばキャンパスの重要プロジェクトし

て ERL 計画の加速について積極的に働きかけていきます。

ちなみに、後述の APS ワークショップでコーネル大学の Sol Gruner 教授によると CHESS では向こう 5 年間の運転と ERL の R&D について National Science Foundation からの交付金がつくことになり、引き続き ERL 開発を進めていくとのことでした。

### KEK サマーチャレンジ物質・生命コース

KEK では 2007 年以来素粒子原子核研究所が主体になって主に大学 3 年生を対象として講義、実習、成果発表を一体的に組み込んだサマーチャレンジを行ってきましたが、第 4 回の今年からは物構研も参加し物質・生命コースを設け 8 月 21 日（土）から 9 日間に亘って開催しました（詳細は 32 ページ記事参照）。米国コロンビア大学からの 2 名のアメリカ人学生も含め 30 名の参加者が 8 つのテーマで演習、発表を行いました。放射光関係では 11 の講義と 7 つの演習を行いました。リング停止期間中の開催のためビームを使っての演習はなかったものの、シミュレーションモードで実際の実験環境に近い状況を体験していただきました。参加した学生さんたちのモチベーションは非常に高く、深夜（明け方）までの発表準備、発表会でのプレゼンテーションとその後の熱心な質疑応答には大変感銘を受けました。ご協力いただきました先生方、研究員、ポスドク、大学院生の方々にこの場を借りてお礼申し上げます。第一回の参加者の内 9 割は大学院に進学し、その多くは素核研のテーマを選んだそうです。修了者のネットワークもできています。来年以降もサマーチャレンジ物質・生命コースを続けていく予定ですので、学生への呼びかけ、ご協力をお願いいたします。

### ハード X 線将来光源を用いたサイエンスの展望ワークショップ

10 月 11 ~ 13 日に国立アルゴンヌ研究所の APS で 20 年後を見越した放射光サイエンスワークショップが開かれました。APS の Gopel Shenoy 博士が中心になって計画されたもので、複雑系の進化とコントロールをテーマとして「Workshop on Evolution and Control of Complexity: Key Experiments Using Sources of Hard X-rays」という先端的なタイトルのワークショップでした (<http://www.aps.anl.gov/News/Conferences/2010/Complexity/>)。プレナリーセッション後、凝縮系、マテリアルプロセスのダイナミクス、非線形化学反応系、生物機能制御、ソフトマター、非線形 X 線光学と超高精度メトロロジーの 6 つの分科に分かれて 1 日半にわたり発表と議論、レポート作成準備を行いました。おもに米国と欧州から非常に広い分野に亘る 150 人以上の参加がありました。日本からは残念ながら 2 人のみの参加でした。このような、議論を中心にして、レポートも発行するというようなワークショップは欧米でよく開かれますが、アジアの研究者の参加がどうしても少ない傾向が見られます。プレナリーセッションでは XFEL も含めた各施設の発表が 3 時間以上 5 講演と相次ぎ、20 年後の放射光サ

イエンスを議論するというワークショップの思想と若干相容れない部分もありました。また、分科会でもハードウェアの現状と近未来、それを用いた実験のほうに議論が集中してしまいがちでした。それにしても APS ではアップグレード計画 (APS-U) が進行中でスタッフは APS のオペレーションと APS-U の両方の仕事があり多忙を極める中、このように 20 年先を見越した国際ワークショップを開催できる層の厚さを目の当たりにしました。

生物分野は heterogeneity (非均一系) を統一的に原子レベルから個体まで理解するための構造解析とイメージングの総合化が中心課題となりました。最近の話題として、アリゾナ大学の John Spence 教授が Photo System II という膜タンパク質の 600 ナノメートルの微結晶 300 万個程度から自由電子レーザーのビームを使って回折像を収集し分子置換法により構造決定したという発表が話題を呼びました。サブミクロンという超微小結晶のため、ブラッグ反射点の間にラウエ関数によるサブピークが規則正しく観測され、その数から、微小結晶中の単位格子の数がユニークに求められるだけでなく、それらの強度を用いて位相も決められるであろうという感動的な話でした。ちなみに Spence 教授には来年 1 月につくばにお越しいただき、放射光学会・合同シンポでも特別講演をしていただきます。

ちなみに、10 年ほど APS ディレクターを務められた Murray Gibson 博士が 10 月 1 日付けでボストンの North Eastern 大学の学部長として転任されました。後任のディレクターについてはサーチが始まっていますが、暫定ディレクターとして国立アルゴンヌ研究所の Brian Stephenson 博士が同じく 10 月 1 日に任命されましたが、急な抜擢にも関わらず 10 月 6~8 日に APS の Science Advisory Committee では APS-U の議論をリードし早速リーダーシップを発揮していました。

### 第 3 回物構研シンポ

12 月 7, 8 日にエポカルつくばで第 3 回物構研シンポ「量子ビーム科学の展望」を開催いたします（詳細は 31 ページ参照）。今回は翌 9 日に DESY-KEK 連携連絡会議もあり、ハンブルクから PETRA-III ディレクター Edgar Weckert, 検出器ディヴィジョン長 Heinz Graafsma, 欧州 XFEL の実験部門リーダー Henry Chapman からも出席され国際会議として開催します。XFEL-O についても APS の Yuri Shvyd'ko 博士に講演いただきます。ということで、今回は量子ビームの将来構想、電子相関物性、局所構造、超分子構造をテーマに議論しますので、関心のある方はぜひご参加ください。

# 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

2010年7-9月の日程は以下の通りであった。

6月30日	KEKB, PF-AR 運転停止)
7月1日	PF 運転停止
7月2日	入射器運転停止
—	(夏期保守)
9月6日	入射器立上げ
9月21日	PF 入射開始
9月30日	PF-AR 入射開始

KEKBは1999年以来11年間の実験を終了し、SuperKEKBへの改造に入った。順調に建設が進めば、2014年秋に運転を再開する予定である。夏季保守期間中の大きな工事としては、入射器トンネル2分割工事があったが、一般の保守作業とともに予定通り完了することができた。そして一般公開明けの9月6日、立上げ検査の後運転を再開した。

### SuperKEKB 入射器建設と PF, PF-AR 入射運転

今年から2014年までの4年間、入射器はPF, PF-ARへの入射運転を続けながら、SuperKEKBのための入射器増強を行う(図1)。電子・陽電子ビームの電流を数倍に増やす一方、ビームエミッタンスを数十倍良くしなければならない。そのため、RF電子銃の導入や陽電子ビーム収率の改善とダンピングリングの設置が行われる。これらの工事がPF, PF-AR入射に影響を及ぼさないよう、セクタCにあった電子銃を下流のセクタ3に移動し、かつトンネルをコンクリートシールドで分離し、上流での建設と下流での入射運転を分離できるようにした(図2)。

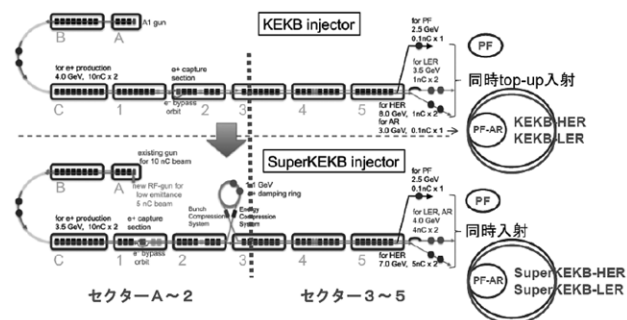


図1 SuperKEKB入射器増強。セクタ2~3間に陽電子ビーム増強用ダンピングリングが設置される。電子ビーム増強のためA1電子銃はRF電子銃に置き換えられる予定。主としてセクタA~2の上流部が増強されるため、当面改造が完了するまで、PF, PF-ARへの入射は分割されたセクタ3~5で行う。



図2 (写真左)入射器制御卓。左上のエリアがセクタ3~5運転用3T電子銃ビームキー。その下のエリアが入射器全体運転用A1電子銃ビームキー。(写真右)加速器トンネル入室用個人キーボックス。左側枠内が全トンネル入室用、右側枠内がセクタA~2トンネル入室用。

一方、SuperKEKBの運転が始まると、PF, PF-ARとKEKBの同時入射が必要になってくる。現在同時入射を行っていないPF-ARのビーム輸送系を改造してKEKB-LERリングに入射する4 GeV陽電子ビームをPF-ARに入射できないか検討を進めることになっている。

### TA リニアック

前号でも紹介した東京大学宇宙線研究所TAリニアックであるが、その後ビーム調整や現地での運転手続きが順調に進み、9月4日に初めてビームを空気中に打ち出すことに成功した(図3)。入射器が彼らの支援を開始したのは2005年度であったが、5年の歳月を経てようやく実験に用いることができた。われわれもホッとすると同時に大変喜んでいる。

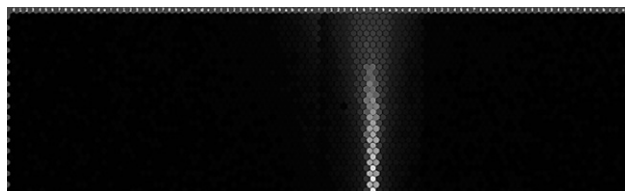


図3 米国ユタ州デルタ市郊外30 kmにある宇宙線観測基地でのTAリニアック1st Shot観測図。

## 光源の現状

加速器第七研究系主幹 小林幸則

### 夏の停止期間中の作業

PFリングは7月1日9:00、PF-ARは6月30日9:00に前期の運転を終了し、夏の停止期間に入った。PFリングでは、夏の停止期間中に電源・真空などの各コンポーネントや施設関連の保守・点検作業が例年行われているが、今年はそれらの作業に加えて可変偏光アンジュレータ2号機(U#16-2)の設置作業とRF高圧電源の更新作業が予定されていた。PF-ARにおいては、アンジュレータ設置等の大きな作業はなく、各コンポーネントの保守・点検作業や南直線部の真空ダクトの交換作業などが主な作業内容であった。

PFリングは通常4台のRF加速空洞を用いて運転が行われている。その4台のRF加速空洞は、独立のクライス



図1 PF電源棟に設置された新RF高圧電源

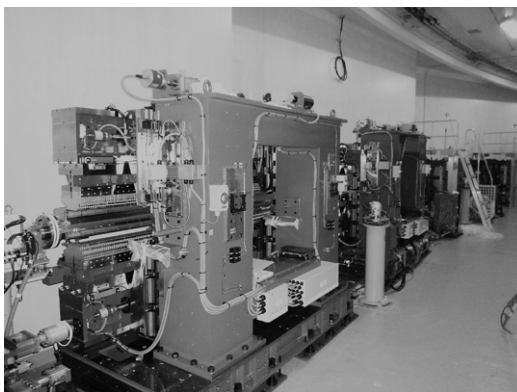


図2 PFリング B15-B16 間に設置した可変偏光アンジュレータ 2号機 (U#16-2) (手前)。奥のアンジュレータが1号機 (U#16-1)。小型の偏向電磁石は高速偏光切り替えのためのパンプ電磁石で、中央に1台、両側に2台ずつ計5台が配置されている。

トロンと高圧電源でドライブされている。高圧電源は運転開始からすでに20年以上稼働しており老朽化が顕著になってきていたため、数年前から1台ずつ更新を行ってきている。これまでに2台の更新が完了していて、今回は3台目の更新となる(残り1台は今年度製造して、来年夏に更新する予定)。リングの運転停止後まもなく、旧電源撤去作業および新電源の設置(図1)、新規配線作業を行い、8月上旬から新電源の調整・試験運転が開始された。調整運転中にいくつかの問題点を解決し、9月上旬には試験運転が無事終了した。

U#16-2は、8月23日午後磁場調整を行っていた実験室からトラック積みされて、大型クレーンによって北搬入口前におろされた。リング北搬入口からトンネル内へはこる引きで運び込まれ、さらに約1日かけてリング内を移動させ、翌24日にB15-B16間南長直線部に設置された(図2)。設置後、精密アライメントや真空接続作業および制御系を含めた最終調整が行われた。

**光源リングの立ち上げ・運転状況**

PFリングは、9月21日9:00に運転を再開した(図3)。運転開始直前に、超伝導ウィグラーの冷凍機が1台故障したため、修理を待って励磁することにした。そのため、立ち上げはウィグラーなしで行った。初日の入射調整は概ね

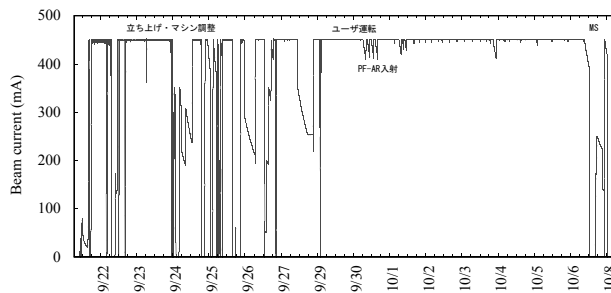


図3 2010年9月～10月のPFリングにおける蓄積電流値の推移。MSはメンテナンス・マシン調整日を示す。

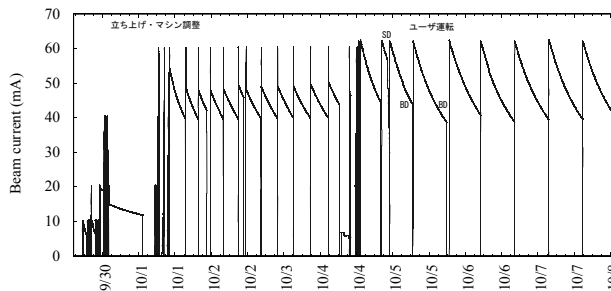


図4 2010年9月～10月のPF-ARにおける蓄積電流値の推移。BDはビームダンプ、SDは寿命急落現象(Sudden Life Drop)を示す。

順調に行き、その日の内に450 mAで焼きだし運転に入った。超伝導ウィグラー冷凍機の修理は立ち上げ調整時間中に無事に終了し、ウィグラーの励磁を9月24日に行い、ユーザ運転には間に合った。今期の運転から、パルス6極電磁石を用いたトップアップ入射を予定しており、9月22日に入射調整を行い、その日にパルス6極入射での焼きだしを行った。しばらく、パルス6極電磁石で入射を行っていたが、10月5日に高圧ケーブルの絶縁不良により動作が困難となったため、その後は従来のキッカー電磁石による入射を行っている。高圧ケーブルは現在対策を施したものを製作しており、完成次第復旧する予定である。9月29日9:00から光軸確認を行い、PFリングは予定通りユーザ運転が開始された。ビーム寿命は20時間を超えるまで順調に回復した。マシン調整時には、夏に設置された高速切り替え可変偏光アンジュレータのビームラインBL-16の光軸調整が行われた。今後、高速偏光切り替え等の調整を行って行く予定である。

PF-ARは、9月30日9:00に運転再開となった。こちらは真空を破る作業が少なかったため、それほどビームによる焼きだしを必要としないと判断し、立ち上げ調整時間を短く設定していた。立ち上げの初日は、加速時のビームロスが大きく6.5 GeVで15 mAを蓄積するのがやっとであった。偏向電磁石電源等の故障が疑われたが、翌日には60 mAを加速できるようになった。初日の加速不調の原因の特定はできていない。しばらく、真空焼きだし運転を行った後、10月5日9:00から光軸確認を行い、従来通り初期電流値60 mA、1日2回入射でのユーザ運転を開始した(図4)。ビーム寿命は、60 mAで20時間を超えるまで順調に回復している。

## 人の動き

加速器第7研究系の土屋公央さんが、10月16日付けで講師に昇任しました。土屋さんには、引き続き光源第一グループに所属していただき、挿入光源に関する研究・開発を行っていただくとともに、ERLを含む次世代放射光源における挿入光源の検討を行っていただく予定です。

## 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 BL-16 用の二台目の APPLE-II 型アンジュレーターの設置が行われました。このほかのビームラインでも次節に記すように様々な改造作業が行われました。例年同様、放射線安全の要であるシャッターの安全点検、インターロックの総合動作試験の後、昨年よりやや早く、9月21日より PF の運転が開始され、29日からは実験が再開されました。これは PF と SPring-8 の双方とも利用出来ない期間を少しでも短縮しようという意図です。PF-AR は 9月30日から運転が再開され、10月5日から実験が再開されました。PF、PF-AR とも 12月22日まで連続運転の予定です。

今年度の運転は PF が 5088 時間、PF-AR が 4680 時間と PF-AR の運転時間が短くなっていますが、マシンスタディの効率化等により、それぞれ 4080 時間、4056 時間と 4000 時間以上の実験時間を確保しています。これは予算が削減される中、何とか実験時間を確保しようとする工夫によるもので、先端研究施設共用促進事業（産業利用）による予算も投入して運転時間の確保に努めています。

前号の施設だよりも記されているように、KEK では KEKB の高度化がスタートし、関連して PF-AR への入射路の改修が必要となってきます。詳細は未定ですが、2014 年頃に夏の停止を含めて半年程度のシャットダウンが見込まれます。

平成 23 年度予算は、文科省から財務省へ提出する段階で既に 1 億円強の削減を受けており、非常に厳しい状況にあります。以下に記すように成果のアピール等ユーザーの皆様の支援をお願いします。

### ビームラインの建設等

4 keV 付近の軟 X 線を利用することで、重元素置換をせずに SAD 法を用いて位相決定を行うことを目指し、ターゲットタンパク研究プロジェクトで建設した BL-1A は 5 月よりプロジェクト内で利用を開始しました。当初はコントロールキャビンがありませんでしたが、夏の停止期間中に他の構造生物ビームラインと同様にコントロールキャビンを建設し、利用を開始しました。

高速可変偏光を用いる BL-16 用の二台目のアンジュレーターが設置されました。2 台の可変偏光アンジュレータ

一と 5 台の高速キッカー電磁石を用いることで、異なる偏光状態の放射光を試料に導き、lock-in 増幅を利用することで微弱な偏光依存信号を測定することが可能になることが期待されています。秋の運転再開とともにビームラインの調整が始まり、今後高速可変偏光利用のスタディを行います。

これらのほか、BL-10 では既に閉鎖していた BL-10B ビームラインの撤去、BL-10C の改修、インターロック系の更新が行われました。BL-11C は春の停止期間中に概ね撤去されましたが、夏の停止期間中に中二階上部分の撤去を完了しました。BL-13 では水冷可動四象限スリットの設置がなされ、調整・評価作業が進められています。また、BL-27A では試料照射制御用シャッターのインターロックへの取り込みが行われました。NE5 では基幹部を標準的な構成に改修し、NE3 ではリモート実験に対応したインターロックの改修等が行われました。これらのビームラインではビームライン検査委員会による立ち会い検査、必要に応じ光導入試験等が行われ、現在は利用が開始されています。また、ビームラインの真空を護るポンプ類のオーバーホール等も行われています。

### 報文・学位論文登録

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に示します（次頁）。多くのビームラインでは年間 10 報以上の論文が登録されていますが、一部では有意に登録の少ないビームラインも見受けられます。

ところで、「配分されたビームタイム」が英語圏でどのように記されているかご存知でしょうか。APS では "granted beamtime", ALS では "awarded beamtime" という記述がされています。これらはビームタイムが研究資金と同等の位置付けを持っていることを反映した表現でしょう。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が投入された税金に依る重要な方法です。また、これらの成果発表をする時に PF を利用したことを明記頂くとともに、これらの成果を

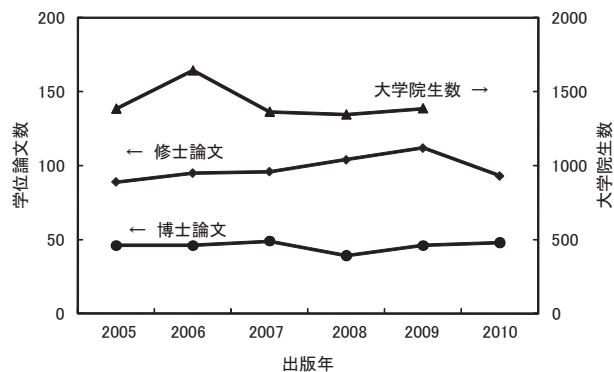


図1 過去5年における大学院生と修士論文、博士論文数の推移

PF ステーション別報文登録数

2010/9/13

BL	V/X	光源	出版年別報文数								2010	報文数 02-09	年平均 02-09
			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009			
1 A		SGU	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
2 A		U	0	3	2	2	0	1	0	0	0	8	1.0
2 C		U	16	10	20	26	17	25	15	21	5	150	18.8
3 A		SGU	-	-	-	-	-	-	15	10	2	25	12.5
3 B		B	6	8	10	2	6	4	2	4	2	42	5.3
3 C		B	5	2	4	1	0	1	5	3	0	21	2.6
4 A		B	16	18	11	10	12	8	11	15	8	101	12.6
4 B		B	3	6	6	10	11	13	19	11	7	79	9.9
4 C		B	19	15	10	10	13	19	14	9	6	109	13.6
5 A		MPW	-	-	13	35	50	71	79	54	27	302	50.3
6 C		B	-	-	-	-	-	14	17	19	6	50	16.7
7 A		B	9	14	11	17	9	4	13	10	1	87	10.9
7 C		B	32	34	28	53	33	50	35	25	4	290	36.3
8 A		B	2	2	4	7	8	11	6	4	1	44	5.5
8 B		B	11	17	11	6	15	15	5	10	9	90	11.3
9 A		B	28	37	19	44	32	34	35	42	12	271	33.9
9 C		B	7	10	17	15	16	26	16	20	14	127	15.9
10 A		B	10	1	6	4	4	5	3	1	1	34	4.3
10 C		B	33	25	19	25	15	35	23	14	6	189	23.6
11 A		B	11	13	12	16	12	9	8	11	1	92	11.5
11 B		B	3	12	10	6	5	11	7	8	6	62	7.8
11 D		B	5	2	5	7	3	2	2	0	2	26	3.3
12 A		B	8	1	5	4	4	1	0	1	2	24	3.0
12 C		B	29	39	35	57	43	56	35	36	16	330	41.3
13 A		U	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
14 A		VW	8	8	14	7	9	12	1	8	3	67	8.4
14 B		VW	14	11	12	21	13	10	3	2	0	86	10.8
14 C		VW	26	7	18	8	10	12	16	8	3	105	13.1
15 A		B	21	32	34	20	18	30	20	25	11	200	25.0
15 B		B	7	8	6	6	6	5	2	2	2	42	5.3
15 C		B	8	12	15	9	12	5	10	11	4	82	10.3
16 A		U	-	-	-	-	-	-	-	4	1	4	-
17 A		SGU	-	-	-	-	1	14	30	38	4	83	20.8
18 A		B	11	9	4	9	3	5	9	3	4	53	6.6
18 B		B	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1.0
18 C		B	13	12	16	9	9	13	14	11	6	97	12.1
19 A		U	6	1	3	2	3	1	3	2	4	21	2.6
19 B		U	12	15	13	13	10	9	10	1	1	83	10.4
20 A		B	5	6	3	4	6	3	2	5	1	34	4.3
20 B		B	16	33	45	43	38	16	25	26	2	242	30.3
27 A		B	7	5	7	6	9	9	13	8	7	64	8.0
27 B		B	8	5	11	16	7	3	10	10	5	70	8.8
28 A		EU	-	-	-	4	2	8	12	8	2	34	6.8
28 B		EU	-	-	-	3	2	2	0	4	0	11	2.2
NE1 A		EMPW	-	-	-	-	-	-	3	0	2	3	1.5
NE3 A		XU	-	-	-	-	-	-	1	1	3	2	1.0
NE5 C		B	14	7	5	7	2	11	13	5	9	64	8.0
NE7 A		B	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
NW2 A		U	-	-	8	3	8	14	8	12	6	53	8.8
NW10 A		B	-	-	-	-	4	14	30	25	17	73	18.3
NW12 A		U	-	1	49	51	73	86	82	60	29	402	57.4
NW14 A		U	-	-	-	1	1	3	3	4	1	12	2.4
Photon Factory total			563	602	655	677	577	666	611	531	251	4882	610.3

2010/9/13

|| 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。

研究者個人、所属機関のものとして登録するだけでなく、研究施設である PF の研究成果として出版データベースに登録することも、施設の発展のために極めて重要です。この意味で、プレスリリース等の場合も事前にお知らせ下さい。

PF ユーザーの内約 1400 名が大学院生ですが、年間に登録される学位論文数は 130 ~ 150 報程度に留まっています(図 1)。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。未登録論文を減らし、PF の実力を示すため、PF としても共同利用の成果としての論文検索を行い、未登録と思われるものについては登録依頼を送ることを開始しました。放射光施設無くして放射光利用研究はできませんので、報文の登録という簡単なことも放射光コミュニティに必要とされていることを心に留めて下さい。

### 人の動き

将来光源の利用計画推進、利用研究開拓をする教授（物構研 10-1）として足立伸一氏が選任されました。改めてご紹介するまでもありませんが、足立さんは腰原先生達と NW14A の建設、PF-AR のシングルバンチ特性を生かした時分割 X 線回折、時分割 XAFS 実験等を展開されてきています。これまでの研究を発展させるだけでなく、次期光源について加速器と利用研究者の通訳として、また計画されている光源の可能性を放射光利用実験者の言葉で表現して頂きます。

物構研 10-3 として募集していました博士研究員に米村博樹氏が選任されました。米村氏は岸本氏と共にシリコン・アバランシェフォトダイオード (Si-APD) の 2 次元アレイ等の検出器システム全体の開発およびこのような検出器を用いて超高速 X 線検出器の応用研究に取り組んで頂きます。

物構研 10-4 として募集していました特任助教に水野智也氏が選任されました。水野氏は柳下氏と共に軟 X 線アンジュレーター放射光を用いた気相配向分子の光電子回折法の開発研究に取り組んで頂きます。

PF ではいくつかの人事公募が行われています。日程的に PF ニュースに掲載できない場合もありますが、人事公募情報は機構のホームページ等に掲載されますのでご注意ください。どなたが beamline scientist として居るかは、当該研究分野の将来を左右しますので、多くの優秀な方の応募をお願いします。

## 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

朝倉清高 PF 懇談会長の強いリーダーシップの下、ERL プロジェクトの内容とその性能、そして年次計画を理解してもらおうと同時に PF ユーザーの皆さんと将来計画を共有するために、PF 研究会で ERL の紹介のセッションを作っていたいただいています。

皮切りは 7 月 3-4 日の XAFS ユーザーグループによる研究会で足立伸一氏が、7 月 12-13 日の構造生物ユーザーグループの研究会では私が ERL に関する講演を行い意見交換の場を持ちました。それぞれホームページに発表資料等

は公開されていますのでぜひご覧下さい。また、このように研究会の一部に ERL の紹介を行うだけではなく、「PF から ERL へ ～私の実験はどうなる？（仮題）」というタイトルの研究会を企画検討しています。少なくとも今年度中に行い、より広いユーザーの声を聞く場を設定いたしますのでぜひご参加の程お願いいたします。

また、KEK でスーパー KEKB (SKEKB) の計画が動き始めたことは、施設日より、入射器報告で述べられています。このことは、KEK の現在計画が J-PARC から SKEKB に移行したことを意味しています。それを受けて 2012 年度以降のプロジェクトのあり方に関する議論が機構内で開始されつつあります。ERL プロジェクトが SKEKB の建設の後の KEK のプロジェクトとなるように推進室長として最善をつくしますが、ユーザーの皆様の熱い期待、後押しが最も大きな力となりますので宜しくお願いいたします。

さて、東カウンターホールでのコンパクト ERL (cERL) の建設中は、昨年度の放射線シールドの撤去作業の残りの作業を今年度も進めてきましたが、その作業は無事に終了しました。しかしその後、側溝内での漏水と放射化の問題、この東カウンターホールで原子核実験を行っていた時に使用していた、中性子を遮蔽するためのボロン化合物の撤去、そしてシールド下に敷き詰められた放射化した鉄板の除去と言う予想をしなかった作業を、施設部、放射線、素核研の関係者の協力のもと進めています。さらに来年度から cERL を建設するに当たり、第一に必要な放射線シールドの設計が加速器第 7 系の芳賀開一講師を中心に平行して進められています。設計している放射線シールドは、コンクリートブロックで建設し、壁の厚さは、コンクリート 1.5 m、天井厚 1.0 m を基準設計として、より強固な放射線シールドを必要とするビームダンプ部は、壁厚 2.0 m、天井厚 1.5 m を採用しています。出入口は東西の二箇所、迷路構造を採用し、人の出入りは鉄製扉を用いることを想定し、その平面図を図 1 に示します。天井の高さは 3000 mm を基準にしていますが、電子銃部は 4200 mm、加速空洞部は、4000 mm にし、加速器のコンポーネントが搬入できるように天井部分が取りはずし可能な構造です。図 2 に示すように天井部のスパンが約 20 m と長いので、中央に梁とそれを支える柱（または壁）の構造を採用する予定

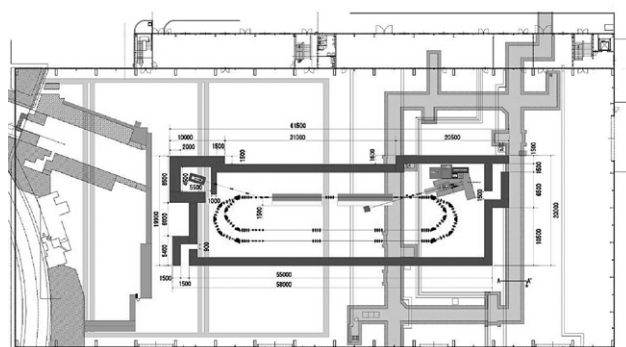


図 1 遮断体平面図

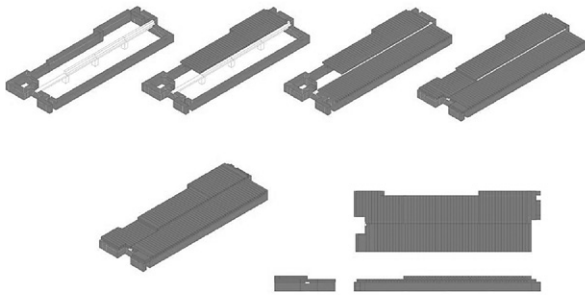


図2 遮断天井部の構造

です。幸いにして素核研のご理解の下、前東カウンターホール  
の47個のコンクリートブロックを活用させて頂くことで設計を進めています。

今後の予定は、今年度は設計に集中し、2012年度末の  
運転開始を確実なものとするために、2011年度に製造と設置を行う予定です。

KEKの加速器研究施設・第3系の古屋貴章教授を中心として、ERLの心臓部である加速と減速のエネルギー回収をつかさどる超伝導空洞では、CW大電流運転を可能とするためにHOM対策として、アイリス内径をLC空洞よりも大きくした空洞形状で開発を進めてきました。今まで、ERLのCW運転時の仕様である15 MV/mは確立しているものの、17 MV/m付近でクエンチしてしまうことが問題であり、一台目の9セル空洞（第1空洞）を用いて数多くの表面処理およびプロセスの最適化を試みてきましたが、7月中旬のテストの結果、25 MV/mの加速勾配までの確認が行われ、cERLの実機での安定運転への目処が立ちました。

さらに高圧ガス対応も含めモジュール組み込みを想定した、ほぼ全装備の試作空洞である第2空洞（図3参照）の性能試験も開始しました。第1空洞と第2空洞の主な変更点は、Heジャケット用のTi端板が両側に取り付けられたこと、アイリス部に強め輪がつけられたこと、フランジの真空シールをインジウムからヘリコフレックスへ変えたこと、などです。まだ、予備的な結果ですが、プロセスを進

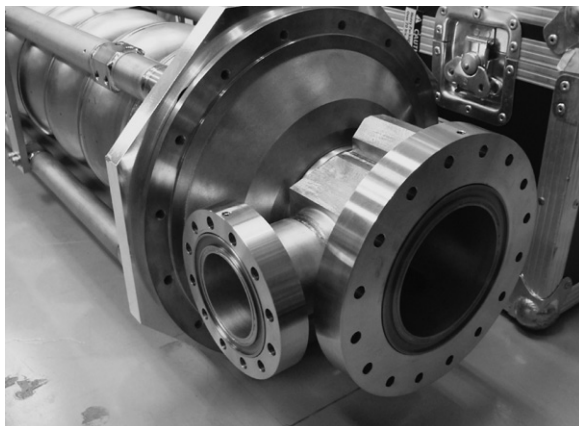
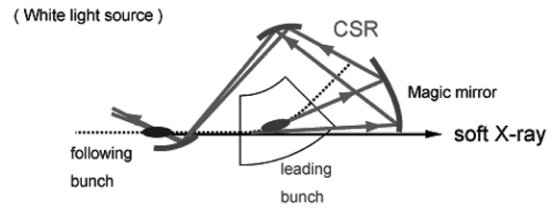


図3 ERL-9セル2号機空洞

**Magic mirror scheme**



**Optical cavity scheme**

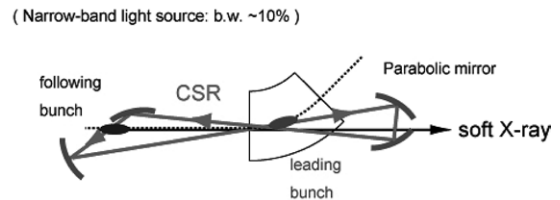


図4 テラヘルツCSRを用いた逆コンプトン軟X線源の概念図

めることによって、最終的に22 MV/mの加速勾配を達成し、ERL空洞の仕様を満たすことができています。しかし、プロセスの過程でQ値の劣化が見られ、その原因究明ならびに対策が今後の課題です。

cERLの利用研究に関して新しいアイデアの提案がありました。従来、cERLでの放射線源は、テラヘルツ領域の強力なコヒーレント放射光と可視光域のレーザーと電子ビームが衝突して発生するX線領域のレーザー逆コンプトン散乱がその基本的な線源と考えてきました。これに対して、KEK加速器研究施設の島田美帆助教とJAEA量子ビーム応用研究部門の羽島良一グループリーダーは、従来の外部レーザーに代わって上記の強力なCSRによる逆コンプトン散乱を提案しました。CSRは波長がサブミリメートルと長いため、cERLに導入すると強力な軟X線の生成が可能になることを見出しました（図4参照）。光子数は帯域10%で $10^{4-5}$  phs/pulse、 $10^{13-14}$  phs/sと従来の放射光源と比べても遜色がありません。本研究の成果はPhysical Review Special Topics – Accelerators and Beams誌に掲載されました（M. Shimada and R. Hajima : Inverse Compton scattering of coherent synchrotron radiation in an energy recovery linac. Phys. Rev. ST Accel. Beams, 13, 100701(2010)。今後、cERLは様々な研究に応用できる可能性が出てきました。詳しくはホームページ <http://www.kek.jp/ja/news/topics/2010/InverseCompton.html> を参照してください。

尚、ERLに関する情報はホームページ <http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/> に関係資料を掲載してありますのでぜひご参照ください。

## ●●●●● プレスリリース ●●●●●

**核酸のように振る舞うタンパク質を明らかに  
—翻訳因子 EF-P が転移 RNA と同じ反応で  
アミノ酸を受け取ることを発見—**

2010年8月23日

理化学研究所 HP より

ワトソンと共に DNA の二重らせん構造を発見したクリックは、生物学の基本原則として「セントラルドグマ」を提唱しました。セントラルドグマとは、DNA の遺伝暗号から伝令 RNA (mRNA) が合成され (転写), mRNA の情報に従って、転移 RNA (tRNA) が運ぶアミノ酸がタンパク質合成工場 (リボソーム) で正しく結合され (翻訳), タンパク質ができるという流れを表しています。翻訳因子「EF-P」は、tRNA のような L 型構造をとっており、翻訳の際にリボソームに結合することは分かっていたのですが、その機能はナゾのままでした。

一方、tRNA は、20 種類あるアミノ酸の中から自分と対応するアミノ酸を受け取る (アミノアシル化される) 必要があり、この反応を触媒するのがアミノアシル tRNA 合成酵素 (aaRS) です。近年、aaRS と近縁なのに tRNA をアミノアシル化する活性を持たないタンパク質が数多く見つかると、その機能解明が望まれていました。

生命分子システム基盤研究領域と東京大学の研究チームは、aaRS と近縁で大腸菌由来の酵素 GenX が EF-P と結合することを見だし、EF-P・GenX 複合体や GenX 単体の立体構造を解析して、EF-P が GenX によってアミノ酸を受け取る機能を持つことを発見しました。さらに、GenX による EF-P へのアミノ酸の受け渡しが、大腸菌などの真正細菌の増殖に欠かせないことも見つけました。

核酸とタンパク質という、まったく異なる分子が、形だけでなく反応までも酷似していることを解明したのは世界で初めてで、生物進化の解明に貢献するだけでなく、GenX を阻害する低分子化合物が、新規抗菌薬の有望なターゲットになる可能性が示唆されました。

**tRNA にわざと誤ったアミノ酸を付加して修  
正する巧妙な仕組みを解明**

2010年10月5日

遺伝情報に基づいて正確にタンパク質が作られるのは、3 文字の遺伝暗号 (コドン) と 1 つのアミノ酸を対応させている分子、tRNA (転移 RNA) の働きによるものです。ヒトを含む真核生物では、20 種類のアミノ酸それぞれに 20 種類のアミノアシル tRNA 合成酵素 (aaRS) が用意されています。

ところが、多くの細菌では、20 種類のひとつであるグルタミン (Gln) を tRNA に付加する aaRS が存在しません。代わりに、別のアミノ酸のグルタミン酸 (Glu) 用の aaRS (GluRS) が、正しい tRNA<sup>Glu</sup> だけでなく tRNA<sup>Gln</sup> にも区別せずに Glu を付加します。その後第二の酵素 GatCAB が tRNA 上で Glu を正しいアミノ酸へ修正します。

理化学研究所の横山茂之生命分子システム基盤研究領域長、東京大学理学研究科の伊藤拓宏特任助教から成る研究グループは、誤ったペアである tRNA<sup>Gln</sup> と GluRS、そして第二の酵素の GatCAB の三者が、安定した巨大複合体「グルタミン・トランスアミドソーム」を作ることを見出し、誤ったペアができる瞬間、そして、GatCAB が誤ったペアを直ちに修正できるように待ち構えている様子などを、PF の AR-NE3A および SPring-8 の BL41XU を用いたタンパク質結晶構造解析により、世界で初めて捉えました。

グルタミンは生命の進化の過程で活用されるようになった比較的新しいアミノ酸と考えられており、今回の成果は、生命が新しいアミノ酸を構成因子として獲得したメカニズムを検証し、さらに新しい機能を持ったアミノ酸をタンパク質に組み込む技術にもつながります。

この成果は文部科学省「ターゲットタンパク研究プログラム」の一環として行われたもので、Nature 9月30日号に掲載されました。

詳しくは理化学研究所のプレスリリースをご覧ください。  
Takuhiro Ito and Shigeyuki Yokoyama : Two enzymes bound to one transfer RNA assume alternative conformations for consecutive reactions. *Nature*, **467**, 612-616 (2010).

# お知らせ

## 平成 23 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ご応募下さいますようお願いいたします。

### 記

1. 開催期間 平成 23 年 4 月～平成 23 年 9 月
2. 応募締切日 平成 22 年 12 月 17 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、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します（1 件当たり上限 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。

## 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機構での防災・防火訓練を年 1 回行っています。本年度の訓練は、

**2010 年 11 月 26 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っ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

	発令年月日	氏名	現職	旧職
(昇任)	H22. 10. 16	足立 伸一	物構研 放射光科学第二研究系 教授	物構研 放射光科学第二研究系 准教授
	H22. 10. 16	土屋 公央	加速器研究施設加速器第七研究系 講師	加速器研究施設加速器第七研究系 研究機関講師

### (採用)

米村 博樹 (よねむら ひろき)



1. 10月1日
2. 物構研・放射光科学第1研究系  
博士研究員
3. 東京大学生産技術研究所
4. X線検出器システム
5. X線を扱うのは初めてで不安もありますが、これまでの経験を生か

して早くお役に立てるよう努力します。

6. 気負わずマイペース
7. 野球他, 球技全般

松井 拓人 (まつい たくと)



1. 10月1日
2. 総研大博士後期過程1年  
(博士課程3年編入)
3. 製薬会社工場勤務です。
4. 蛋白質工学, 構造生物学です。
5. 精一杯がんばります。
6. 人生三万日

7. サッカーなどのスポーツ全般と書道です。

砂口 尚輝 (すなぐち なおき)



1. 10月1日
2. 物構研・学振特別研究員
3. 山形大院理工・博士後期課程
4. 断層イメージング
5. 自分のこと以外にも目を向けられるようにしたい
6. 為せば成る

7. サイクリング・音楽鑑賞

- |         |               |           |
|---------|---------------|-----------|
| 1. 着任日  | 2. 現在の所属・職種   | 3. 前所属・職種 |
| 4. 専門分野 | 5. 着任に当たっての抱負 | 6. モットー   |
| 7. 趣味   |               |           |

## 予 定 一 覧

### 2010年

- |          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 11月26日   | 防災・防火訓練                     |
| 12月7日～8日 | 物構研シンポジウム'10 (エポカルつくば)      |
| 12月17日   | 平成23年度前期フォトン・ファクトリー研究会公募締切  |
| 12月22日   | PF, PF-AR 平成22年度第二期ユーザー運転終了 |

### 2011年

- |           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| 1月7日      | PF懇談会主催 PF ユーザーの集い (エポカルつくば)          |
| 1月7日～10日  | 第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (エポカルつくば) |
| 1月27日     | PF 平成22年度第三期ユーザー運転開始                  |
| 1月31日     | PF-AR 平成22年度第三期ユーザー運転開始               |
| 2月21日～22日 | 放射光科学研究施設国際諮問委員会 物質化学分科会              |
| 3月1日～2日   | 放射光科学研究施設国際諮問委員会 構造物性分科会              |
| 3月11日     | PF, PF-AR 平成22年度第三期ユーザー運転終了           |
| 3月14日～15日 | 第28回 PF シンポジウム (エポカルつくば)              |

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

関係機関の長  
関係各位 殿

平成22年10月14日

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10-5

1. 公募職種及び人員  
特別准教授 1名 (任期 5年)  
本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。
2. 研究 (職務) 内容  
物質構造科学研究所では、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子を利用した物質・生命科学研究を推進している。本候補者は、同上研究所放射光科学研究施設 (PF) に所属し、構造生物学研究センター、構造物性研究センターと連携を取りつつ、PF のX線小角散乱ビームラインを用いた物質・生命科学研究を行う。また、ビームラインおよび実験装置の維持管理とその性能向上に努め、大学共同利用研究の支援を行う。さらに、高輝度挿入光源を用いた新ビームラインおよび実験装置の開発を担当し、放射光X線小角散乱利用研究の展開を図る。
3. 公募締切  
平成22年11月26日 (金) (必着)
4. 着任時期  
決定以降できるだけ早い時期 (平成23年2月を目途)
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22年12月11日 (土) 午後
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)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。
  - (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  
茨城県つくば市大徳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。  
推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinji1@ml.post.kek.jp)
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)  
E-MAIL kenji.ito@kek.jp
  - (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。

平成22年10月14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10-6
--------------

## 1. 公募職種及び人員

特任助教 1名 (任期 1年更新, 平成26年3月まで継続の可能性あり)

本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。

## 2. 研究 (職務) 内容

物質構造科学研究所では、薄膜、表面、界面などにおいて試料に外的刺激が加えられるときに起こる構造変化を実時間追跡することを可能とすることを目指し、鏡面X線反射率曲線の時分割測定法を開発しようとしている。本候補者はこのプロジェクトにおいて内部スタッフと協力して、鏡面X線反射率曲線の時分割測定法の開発に従事するとともに、開発した測定装置を用い薄膜などの構造変化の時間変化を研究する。

## 3. 応募資格

博士の学位取得者。あるいは、着任時博士取得見込み者。

## 4. 公募締切

平成22年11月26日 (金) (必着)

## 5. 着任時期

平成23年4月1日

## 6. 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22年12月11日 (土)

## 7. 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)、電子メールアドレス及び、可能な着任時期を明記すること。
- (2) 研 究 歴
- (3) 発表論文リスト ----- 和文と英文は別業とし、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、それぞれ別業として各業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。

## 8. 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。

推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinjil@ml.post.kek.jp)

## 9. 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)

E-MAIL kenji.ito@kek.jp

## (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)

## 10. 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。

平成22年10月13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  
加速器研究施設長  
生出 勝宣 (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  
加速器研究施設教員公募について (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 加速器10-16
---------------

1. 公募職種及び人員  
教授 1名 (任期なし)  
本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。また、本機構の教員の定年は63歳である。
2. 研究 (職務) 内容  
加速器研究施設に属し、PF/PF-AR リングにおける高周波加速システムの高度化およびエネルギー回収型リニアックなどの次世代放射光源の開発研究において中心的役割を担う。また、加速器研究施設が行う加速器の運転・維持に従事するとともに、高エネルギー加速器研究機構が進める将来計画に必要な加速器技術の開拓的研究を行う。
3. 公募締切  
平成22年11月19日 (金) (必着)  
\*応募者は複数の公募に応募可能である。応募に際しては希望優先順位を明示する事。
4. 着任時期  
平成23年4月1日
5. 選考方法  
書類審査のうえ、必要な場合に面接を行う。
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、電子メールアドレスを明記すること。
  - (2) 研 究 歴
  - (3) 発表論文リスト——和文と英文は別葉とすること。
  - (4) 着任後の抱負
  - (5) 論 文 別 刷——主要なもの、5編以内
  - (6) 本人に関する推薦書または参考意見書

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。公募締切日以前に辞退があった場合以外の提出書類の返送は致しません。

なお、応募の際は必ず加速器研究施設長 生出 勝宣 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。
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。  
推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinjil@mail.post.kek.jp)
8. 問い合わせ先  
  - (1) 研究内容等について  
加速器研究施設長 生出 勝宣 TEL 029-864-5314 (ダイヤル) katsunobu.oide@kek.jp
  - (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) jinjil@ml.post.kek.jp
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。



平成22年10月13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  
加速器研究施設長  
生出 勝宣 (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  
加速器研究施設教員公募について (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 加速器10-18
---------------

## 1. 公募職種及び人員

教授 1名 (任期なし)

本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。また、本機構の教員の定年は63歳である。

## 2. 研究 (職務) 内容

加速器研究施設に属し、KEKの各種加速器計画のための加速器理論の研究において中心的役割を担う。

## 3. 公募締切

平成22年11月19日 (金) (必着)

\*応募者は複数の公募に応募可能である。応募に際しては希望優先順位を明示する事。

## 4. 着任時期

平成23年4月1日

## 5. 選考方法

書類審査のうえ、必要な場合に面接を行う。

## 6. 提出書類

- (1) 履 歴 書——通常履歴事項の後に、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、電子メールアドレスを明記すること。
- (2) 研 究 歴
- (3) 発表論文リスト——和文と英文は別葉とすること。
- (4) 着任後の抱負
- (5) 論 文 別 刷——主要なもの、5編以内
- (6) 本人に関する推薦書または参考意見書

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。公募締切日以前に辞退があった場合以外の提出書類の返送は致しません。

なお、応募の際は必ず加速器研究施設長 生出 勝宣 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。

## 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。

推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinji1@mail.post.kek.jp)

## 8. 問い合わせ先

(1) 研究内容等について

加速器研究施設長 生出 勝宣 TEL 029-864-5314 (ダイヤル) katsunobu.oide@kek.jp

(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) jinji1@ml.post.kek.jp

## 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。

関係機関の長  
関係各位 殿

平成22年10月13日

大学共同利用機関法人  
高エネルギー加速器研究機構  
加速器研究施設長  
生出 勝宣 (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  
加速器研究施設教員公募について (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 加速器10-20
---------------

## 1. 公募職種及び人員

助教 若干名 (任期なし)

本機構の教員の職名は、教授、准教授、講師、研究機関講師及び助教であるが、機構の性格から、大学における講座制とは異なる運営が行われる。また、本機構の教員の定年は63歳である。

## 2. 研究 (職務) 内容

加速器研究施設では、J-PARC、SuperKEKB、フォトンファクトリー(PF/PF-AR)、電子陽電子リニアックの運転と高度化に関連する加速器技術の研究を行うとともに、リニアコライダーやエネルギー回収型リニアックなどの将来計画や加速器理論など加速器に関する広範な研究を進めている。

採用後は、加速器研究施設が進めているいずれかのプロジェクトに属して、加速器の運転、維持、開発研究を行う。

## 3. 公募締切

平成22年12月27日 (月) (必着)

\*応募者は複数の公募に応募可能である。応募に際しては希望優先順位を明示する事。

## 4. 着任時期

平成23年4月1日

## 5. 選考方法

原則として面接選考とする。

## 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、電子メールアドレスを明記すること。

(2) 研 究 歴

(3) 発表論文リスト——和文と英文は別葉とすること。

(4) 着任後の抱負

(5) 論 文 別 刷——主要なもの、5編以内

(6) 本人に関する推薦書または参考意見書

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。公募締切日以前に辞退があった場合以外の提出書類の返送は致しません。

なお、応募の際は必ず加速器研究施設長 生出 勝宣 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。

## 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。

推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinji1@mail.post.kek.jp)

## 8. 問い合わせ先

(1) 研究内容等について

加速器研究施設長 生出 勝宣 TEL 029-864-5314 (ダイヤル) katsunobu.oide@kek.jp

(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) jinji1@ml.post.kek.jp

## 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。

平成22年10月13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  
加速器研究施設長  
生出 勝宣 (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  
加速器研究施設教員公募について (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 加速器10-21

## 1. 公募職種及び人員

博士研究員 (常勤) 若干名 (任期は単年度契約で2年)

博士研究員とは「専攻分野について高度な研究能力を持つ若手研究者で、一定期間にわたり共同研究プロジェクト推進のために雇用される」者である。

## 2. 研究 (職務) 内容

加速器研究施設では、J-PARC 陽子加速器、SuperKEKB、フォトンファクトリー加速器 (PF と PF-AR)、及び電子陽電子入射リニアックの運転と性能向上に関連する加速器技術の研究を行うとともに、KEKBの高度化、次世代光源、リニアコライダーなどの将来計画に向けた加速器技術開発、加速器理論等の加速器に関する広範な研究を進めている。

採用後は、加速器研究施設が進めているいずれかのプロジェクトに属して、加速器の開発研究を行う意欲的な若手研究者を求めている。

## 3. 応募資格

応募締切時点で博士の学位を有する者、または着任までに学位取得が確実な者。これまでの研究分野は問わない。

## 4. 公募締切

平成22年12月27日 (月) (必着)

\*応募者は複数の公募に応募可能である。応募に際しては希望優先順位を明示する事。

## 5. 着任時期

採用決定後出来るだけ早い時期

## 6. 給与

基準年俸額 3,960,000円 (事業年度途中で採用された場合は、採用時期に見合った額) および、通勤手当

## 7. 選考方法

原則として面接選考とする。

## 8. 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、電子メールアドレスを明記すること。

(2) 研 究 歴

(3) 発表論文リスト——和文と英文は別葉とすること。

(4) 着任後の抱負

(5) 論 文 別 刷——主要なもの、5編以内

(6) 本人に関する推薦書または参考意見書

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。公募締切日以前に辞退があった場合以外の提出書類の返送は致しません。

なお、応募の際は必ず加速器研究施設長 生出 勝宣 に連絡し、研究内容等について問い合わせること。

## 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。

推薦書 (または参考意見書) は電子メールでも受け付けいたします。(jinji1@mail.post.kek.jp)

## 8. 問い合わせ先

(1) 研究内容等について

加速器研究施設長 生出 勝宣 TEL 029-864-5314 (ダイヤル) katsunobu.oide@kek.jp

(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) jinji1@ml.post.kek.jp

## 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. 2010～Mar. 2011)

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

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/untent/titlej.html>) をご覧ください。

## 最近の研究から

### ユビキチン鎖伸長の構造的基盤

坂田絵理<sup>1</sup>, 佐藤匡史<sup>2</sup>, 山口芳樹<sup>2</sup>, 若槻壮市<sup>3</sup>, 加藤晃一<sup>4</sup>

<sup>1</sup> マックス-プランク生化学研究所, 分子構造生物学分野,

<sup>2</sup> 理化学研究所, 基幹研究所, 糖鎖構造生物学研究チーム,

<sup>3</sup> 高エネルギー加速器研究機構, 物質構造科学研究所, フォトンファクトリー,

<sup>4</sup> 自然科学研究機構, 岡崎統合バイオサイエンスセンター

### Structural insights into the formation of polyubiquitin chain

Eri SAKATA<sup>1</sup>, Tadashi SATOH<sup>2</sup>, Yoshiki YAMAGUCHI<sup>2</sup>, Soichi WAKATSUKI<sup>3</sup>, Koichi KATO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Molecular Structural Biology, Max-Planck-Institute of Biochemistry,

<sup>2</sup>Structural Glycobiology Team, RIKEN Advanced Science Institute,

<sup>3</sup>Institute of Materials Structure Science, Photon Factory, KEK

<sup>4</sup>Okazaki Institute for Integrative Bioscience, National Institutes of Natural Sciences.

#### 1. はじめに

ユビキチンは76残基のアミノ酸からなる分子量約8,500のタンパク質であり, すべての真核生物においてほぼ共通のアミノ酸配列を有している。本タンパク質は他のタンパク質の修飾分子として働き, そのC末端のGly残基を用いて基質のリシン残基とイソペプチド結合を形成する。さらにユビキチン分子同士もイソペプチド結合を介して連結しユビキチン鎖を形成する。こうして形成されたユビキチン鎖は細胞内において様々なシグナルとして機能していることが知られている [1]。例えば, 基質にユビキチンが1分子だけ結合したモノユビキチン修飾はエンドサイトーシス, 転写制御, DNA修復に関与する。一方, Lys48を介して形成されたポリユビキチン鎖は26Sプロテアソームによるタンパク質分解のシグナルに, またLys63を介したユビキチン鎖はDNA損傷応答の活性化, 転写制御, また免疫や炎症に関わるシグナル伝達などに用いられることが知られている。

ユビキチン化反応は, ユビキチン活性化酵素 (E1), ユビキチン結合酵素 (E2), ユビキチンリガーゼ (E3) の3種類の酵素によって触媒される。ユビキチンのC末端のカルボキシル基はE1によって活性化されたのち, E2の活性化システイン残基に転移され, E2~ユビキチンチオエステル結合中間体を形成する。その後ユビキチンは基質認識機能を有するE3の媒介により, E2から標的タンパク質のリシン残基に転移される。この一連のサイクルを繰り返すことによりポリユビキチン鎖が形成される。

ユビキチンのβシートの分子表面には, Leu8, Ile44とVal70からなる疎水性パッチが形成され, 多くのユビキチン結合タンパク質がこの分子表面を用いて相互作用することが明らかにされている [2]。ユビキチン分子間の連結様式の違いはユビキチン鎖のコンフォメーションに影響し, この疎水性パッチの露出も異なってくる。たとえば,

Lys48結合型ポリユビキチン鎖は, 疎水性パッチが分子間相互作用により分子内部に遮蔽されたコンパクトな構造を形成しているため, RAD23などのUBAドメインとの結合において有利となる [3,4]。一方, Lys63結合型のユビキチン鎖およびC末端がN末端にペプチド結合を介して連結した直鎖型のユビキチン鎖は, 疎水性パッチが分子表面に露出した伸びた構造を形成することからNEMOなどのユビキチン結合ドメインとの相互作用に適している [5]。このように, ユビキチン鎖の連結様式により相互作用の相手となる分子が異なることが示されている。

UbcH5bは細胞質に主に存在するE2であり, SCF (Skp1-Cullin-F-box) 複合体などのCullin型E3をはじめとしてBRCA1, E6APなど複数のE3と結合し基質をユビキチン化することが知られている。UbcH5bは約170残基の活性化システインを含む触媒ドメインのみから構成されている。これまでの研究により, 本酵素のホモログであるUbcH5cは活性化システインとは逆側の, いわゆる“backside”の分子表面を用いて非共有結合によりユビキチンと相互作用し, ユビキチン化反応を促進することが報告されていた [6]。一方, 筆者らはUbcH5bがユビキチン様タンパク質Nedd8とやはりbacksideの分子表面を用いて相互作用することを明らかにしてきた。そして, この相互作用によりCullin型E3であるSCF複合体が活性化されユビキチン鎖の伸長を促進することを報告した [7]。

筆者らはUbcH5bのNedd8による活性化機構について構造生物学的研究を展開していた過程で一つの疑問に直面した。E3を介したユビキチン転移反応は, E2, E2に結合したユビキチン分子, 受容体である基質もしくはユビキチン分子, およびE3の4者が適切な複合体を形成することで起こる。その一方で, E3とE2との複合体の立体構造解析は, E2の活性化システインから基質まで約50Åの隔たりがあることが明らかにされている [8]。また, ユビキ

**Table 1** Data collection and refinement statistics of UbcH5b~Ub and cyclic K48-linked Ub<sub>4</sub>

	UbcH5b~Ub	Cyclic K48-linked Ub <sub>4</sub>
<b>PDB ID</b>	3A33	3ALB
<b>Crystallographic data</b>		
Space group	<i>P</i> 6 <sub>1</sub> 22	<i>C</i> 222 <sub>1</sub>
Unit cell <i>a/b/c</i> (Å)	72.5/72.5/176.6	59.1/77.4/135.1
<b>Data processing statistics</b>		
Beam line	PF BL-5A	PF-AR NW12A
Wavelength (Å)	1.0000	1.0000
Resolution (Å)	50-2.20 (2.28-2.20)	50-1.85 (1.92-1.85)
Total/Unique reflections	177153/14779	189610/26663
Completeness (%)	99.6 (97.2)	99.8 (99.7)
<i>R</i> <sub>merge</sub> (%)	7.0 (27.8)	8.3 (41.4)
<i>I</i> / $\sigma$ ( <i>I</i> )	47.1 (4.6)	40.2 (4.6)
<b>Refinement statistics</b>		
Resolution (Å)	20-2.20	20.0-1.85
<i>R</i> <sub>work</sub> / <i>R</i> <sub>free</sub> (%)	23.1/28.0	19.4/23.9
R.m.s. deviations from ideal		
Bond lengths (Å)	0.013	0.015
Bond angles (°)	1.46	1.56
Ramachandran plot (%)		
Favored	90.6	99.3
Allowed	8.9	0.7
Average <i>B</i> -factors (Å <sup>2</sup> )		
Protein (E2/Ub or Ub1/Ub2/Ub3/Ub4)	36.5/33.9	26.4/28.1/25.7/26.2
Water	37.6	47.4

チン化サイトとなるリシン残基と E2 との距離は、ポリユビキチン鎖が伸長するに従って広がっていくものと予想される。遠ざかるユビキチン化サイトに対して E3 – E2 複合体はどのようにしてユビキチンを転移しているのだろうか？ユビキチン転移反応の構造的基盤を明らかにするため、本研究では UbcH5b ~ユビキチン連結体と Lys48 結合型のポリユビキチン鎖の結晶化を試みた [9,10]。

## 2. X線結晶構造解析により明らかになった UbcH5b ~ユビキチン連結体の 3 次元構造

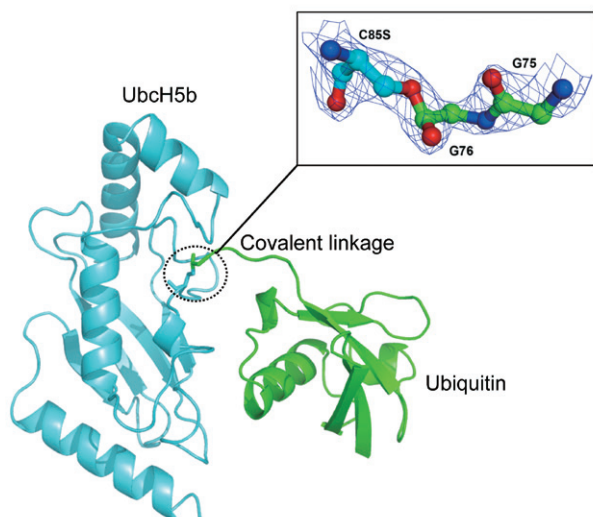
UbcH5b は活性化システインである Cys85 を用いて、ユビキチンの C 末端のカルボキシル基と UbcH5b ~ユビキチンチオエステル結合中間体を形成する。UbcH5b ~ユビキチン連結体は不安定な反応中間体であるため結晶化に適さないことから、Cys85 をセリン残基に 1 残基置換した UbcH5b (C85S) 変異体を用い、酵素反応によりユビキチンとエステル結合を介した連結体を作成した 0.1 M 酢酸ナトリウム緩衝液、pH 4.1、2.0 M 塩化ナトリウムを結晶化剤とするハンギングドロップ蒸気拡散法により作成した結晶を用いて、高エネルギー加速器研究機構・フォトンファクトリーの BL-5A ビームライン ( $\lambda = 1.0000$  Å) を用

いて、2.20 Å の分解能、7.0% の *R*<sub>merge</sub> の精度で回折強度データの収集を行った (Table 1)。本結晶は、六方晶系で空間群 *P*6<sub>1</sub>22 に属し、格子定数は *a* = *b* = 72.5, *c* = 176.6 Å であった。アポ型の UbcH5b およびユビキチンの結晶構造 (PDB コード: 2ESK (UbcH5b) および 1UBQ (ユビキチン)) を鋳型とした分子置換法により解析を行い、非対称単位中に 1 分子の UbcH5b ~ユビキチン連結体を見出した。分子モデルの構築は COOT を用い、構造精密化には REFMAC5 を使用した。

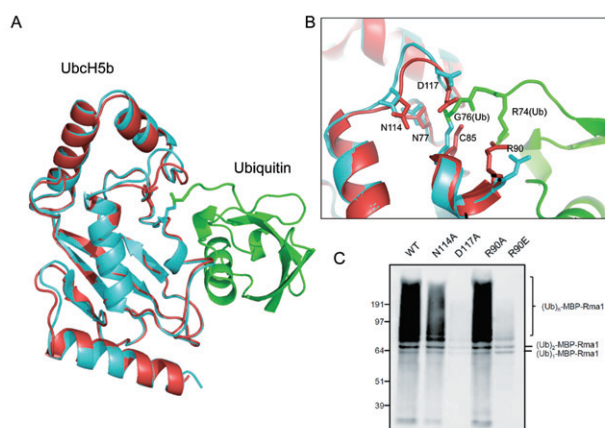
その結果、UbcH5b ~ユビキチン連結体の立体構造が 2.20 Å の分解能で明らかにすることができた (Fig. 1) [9]。UbcH5b は、N 末端側の  $\alpha$  ヘリックスとそれに続く 4 本の  $\beta$  ストランド、さらに活性化システインを含むループ領域をはさんだ 4 本の  $\alpha$  ヘリックスから形成されている。また、UbcH5b とユビキチンのエステル結合についても明確な電子密度像を得ることができた (Fig. 1)。

## 3. UbcH5b によるユビキチン転移反応と自己集合の構造的基盤

アポ型の UbcH5b およびユビキチンの構造と我々が決定した UbcH5b ~ユビキチン連結体の構造との間で各分

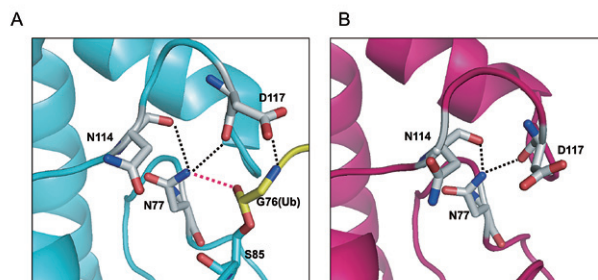


**Figure 1**  
2.20-Å crystal structure of the UbcH5b~Ub conjugate, in which the density map of the ester linkage was clearly observed.

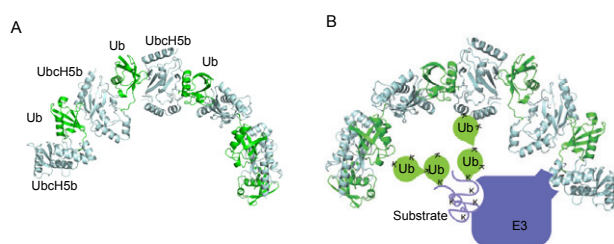


**Figure 2**  
(A) Superposition of apo UbcH5b (red, PDB: 2ESK) and ubiquitin-conjugated UbcH5b (cyan). The loop containing Asn114 and Asp117, in close proximity to the catalytic residue, exhibits conformational change upon the ubiquitin-conjugation (B). (C) *In vitro* ubiquitination of MBP-Rma1 with UbcH5b mutants, with kind permission from Elsevier. Single mutations in this loop resulted in a significant defect in ubiquitination.

子の主鎖の根平均 2 乗変位 (r.m.s.d.) はそれぞれ 0.60 Å と 0.36 Å であった (Fig. 2A)。すなわち、ユビキチンと UbcH5b は、共有結合の形成に際して主鎖の大きなコンフォメーション変化を伴わないことが明らかとなった。ただし、UbcH5b の活性部位近傍に存在する Asn77 と Asp117 を含むループについてはユビキチンの連結に伴ってコンフォメーションの変化を生じていた (Fig. 2B)。ユビキチンの転移反応においては、受容体である基質のリシン残基の ε アミノ基が E2 とユビキチンを結ぶチオエステル結合のカルボニル炭素を求核攻撃し、4 面中間体を形成すると考えられている。この際、活性化システインの近傍に存在する Asn77 がユビキチンの C 末端 Gly76 とオキシアニオン中間体を形成し、4 面中間体の安定化に寄与するものと考えられている [11]。興味深いことに我々の結晶構造中では、Asn77 はユビキチン Gly76 と水素結合を形成していること



**Figure 3**  
Molecular detail of apo UbcH5b (A) and UbcH5b~Ub conjugate (B). Dashed lines indicate potential hydrogen-bond interactions.



**Figure 4**  
(A) Formation of the self-assembly complex of the UbcH5b~Ub conjugate. (B) Schematic model of the function of the self-assembled E2~Ub conjugates coupled with the E3.

が確認された (Fig. 3A and B)。Asn77 のみならず活性化システイン周辺に存在するアミノ酸残基の 1 残基置換はユビキチン化反応の触媒能を失っていた (Fig. 2C)。すなわち、我々の決定した構造はユビキチン転移反応の中間体を捉えたことになる。

一方、UbcH5b は活性部位とは逆側の分子表面にある α1-β1 ループ領域を用いて結晶中において隣接するユビキチンの Ile44 を含む疎水性パッチと相互作用していることが明らかとなった。NMR を用いた相互作用解析により水溶液中においてもこの相互作用が確認された。また、UbcH5c とユビキチンも同様の部位を用いて相互作用することがやはり NMR によって示されていた [6]。本研究により、活性部位を介してユビキチンと共有結合した UbcH5b は、ユビキチンと非共有結合性の分子間相互作用を介し、自己集合した多量体を形成し得ることが明らかとなった (Fig. 4)。こうして形成された超分子構造が E3 と基質の間の隔たりを埋め、ユビキチンの転移を促進していることを、立体構造情報に基づいて作成した複数の変異体を組み合わせて行った活性評価を通じて我々は実証している [9]。

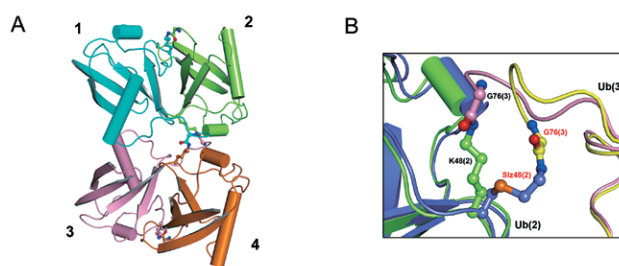
#### 4. Lys48 結合型環状ユビキチン 4 量体の 3 次元構造

連結されたユビキチンの立体構造は Pickart らが酵素反応的にユビキチン 2 量体を作成し、結晶化したことにより初めて明らかにされた [3]。その後、Pickart らのグループは 2 番目と 4 番目のユビキチンの Lys48 をチアリンおよびアルギニンに置換した人工型のユビキチン 4 量体の構造

を報告した [12]。しかしながら、2 番目と 3 番目のユビキチンを天然型の Lys48 ~ Gly76 イソペプチド結合を介して連結したユビキチン 4 量体の構造情報はこれまでに得られていなかった。そこで、我々は天然型の単量体ユビキチンのみを用い、試験管内におけるユビキチン化酵素反応によりユビキチン 4 量体鎖を調製し、結晶構造解析を行った。この反応には、E1 および E2-25 K の組み換えタンパク質を用いた。E2-25 K は分子内に UBA ドメインを有しており、E3 非依存的にポリユビキチン鎖を伸長する活性を持つユニークな E2 として知られている。酵素反応を行った後、陽イオン交換クロマトグラフィーを用いて連結数の異なるユビキチン鎖の分離を行った。ユビキチン 4 量体分画は 2 つのピークからなり、主要なピークは、SDS-PAGE において鎖状ユビキチン 4 量体と比較して、バンドが若干低分子量側にシフトしていた。以前の報告から、このようなバンドのシフトが環状化ユビキチン 3 量体、ユビキチン 4 量体について観測されていたことから、得られた主要な生成物は、環状化したユビキチン 4 量体であることが推測された。我々はこの主要生成物について結晶構造解析を行った。

20% ポリエチレングリコール 3,350, 0.2 M 硫酸アンモニウム, pH4.6 を結晶化剤とするハンギングドロップ蒸気拡散法により作成した結晶を用いて、高エネルギー加速器研究機構・フォトンファクトリーの AR NW12A ビームライン ( $\lambda = 1.0000 \text{ \AA}$ ) において、1.85  $\text{\AA}$  の分解能、8.3% の  $R_{\text{merge}}$  の精度で収集した (Table 1)。本結晶は、斜方晶系で空間群  $C22_1$  に属し、格子定数は  $a = 59.1$ ,  $b = 77.4$ ,  $c = 135.1 \text{ \AA}$  であった。アポ型のユビキチンの結晶構造 (PDB コード: 1UBQ) を鋳型とした分子置換法による解析の結果、非対称単位中に 1 分子のユビキチン 4 量体が存在していることが判明した。Table 1 に結晶学的データ、回折データおよび精密化の統計値を示した。

構造精密化の結果、全てのユビキチン分子の Lys48 が隣接するユビキチン分子の C 末端とイソペプチド結合を形成した環状型ユビキチン 4 量体であることが示された (Fig. 5A) [10]。これまでに報告されている Lys48 結合型のユビキチン 2 量体およびユビキチン 4 量体の結晶構造はそれぞれのユビキチンユニットの Ile44 を中心とする疎水性パッチを内部に遮蔽したコンパクトな構造を形成している [3]。環状型ユビキチン 4 量体は、非環状型のものと同様に 2 つのコンパクトなユビキチン 2 量体繋がった構造を形成しており、両者の主鎖の rmsd は 0.47  $\text{\AA}$  であった。すなわち、環状化に伴う主鎖の大きなコンフォメーション変化は認められなかった。ところが詳細にみると、ユビキチン 2 量体ユニットを繋ぐ 2 番目と 3 番目のユビキチンを繋ぐイソペプチド結合を含む周辺のループ構造は、環状型と非環状型のもので大きく異なっていた (Fig. 5B)。ユビキチンとほとんどのユビキチン結合ドメインとの相互作用は、ユビキチンの Ile44 を中心とした疎水性パッチを介して達成される [13]。相互作用の際には Lys48 結合型のポリユビキチン鎖は、pH の変化などを引き金にして、コンパクトな構造



**Figure 5**

(A) 1.85- $\text{\AA}$  crystal structure of cyclic tetraubiquitin, in which all Lys48 residues are conjugated to the C-terminal Gly76. (B) The superimposition of the engineered and cyclic tetraubiquitin. In the engineered tetraubiquitin, Lys48 of the second ubiquitin is substituted by thialysine (Slz). The conformation of the Lys48(2)-Gly76(3) native isopeptide bond is significantly different from that of the thialysine Slz48(2)-Gly76(3) linkage.

から疎水性パッチが分子表面に露出した伸びた構造へ転移することが示唆されている [4]。このように、我々が今回明らかにしたイソペプチド結合の自由度の高さは、Lys48 結合型のポリユビキチン鎖構造の活性型への転移に寄与していることが推測された [10]。

## 5. おわりに

筆者らの一連の研究は、どのようにユビキチン鎖が形成されるのかという疑問に対し構造生物学的手法により 1 つの答えを与えた。UbcH5b ~ ユビキチン連結体の結晶構造解析により、ユビキチンを連結した UbcH5b は、それとは反対側の分子表面を用いて隣接するユビキチンと非共有結合を介した相互作用を行っていることを明らかにした。この超分子構造の中で UbcH5b と連結するユビキチンは基質のリシン残基の  $\epsilon$  アミノ基が求核攻撃を行うのに適した中間体構造を形成していた。このように、ユビキチンと連結した E2 はあたかも肩車を組むように多数集合して E3 上で複合体を形成しており、これによって、E3 が捕捉している標的上のリシン残基へのアクセスを可能にし、ユビキチンを効率的に転移しているという新しい反応モデルを明らかにした。また、環状ユビキチン 4 量体の結晶構造解析によりユビキチン間のイソペプチド結合が高い自由度を有することを明らかにした。こうした柔軟性はユビキチン鎖の伸長過程において E2 からのユビキチン分子の受容の効率化に寄与している可能性がある。ユビキチン鎖の伸長においては、E3 の構造の柔軟性がユビキチンの転移を円滑化しているという報告がある [14]。それに加えて我々の提示した E2 ~ ユビキチン連結体の非共有結合による自己集合体の形成、さらにはユビキチン鎖自身の柔軟性によって、遠ざかるアクセプター部位に対し効率的にユビキチンが転移されているものと考えられる。

## 謝辞

本研究における X 線回折強度データの収集は、高エネルギー加速器研究機構・フォトンファクトリーの BL-5A および AR NW12A ビームラインを用いて行われたものです。



本研究は山本俊輔氏、矢木真穂博士、栗本英治博士、住吉晃氏（名古屋市立大学・大学院薬学研究科）との共同研究であり、文部科学省・日本学術振興会科学研究費補助金、ターゲットタンパク研究プログラムの支援を受けて実施されたものです。ここに謝意を表します。

## 引用文献

- [1] A. Hershko, A. Ciechanover, *Annu. Rev. Biochem.* **67**, 425 (1998).
- [2] R. Varadan, M. Assfalg, A. Haririnia, S. Raasi, C. Pickart, D. Fushman, *J. Biol. Chem.* **279**, 7055 (2004).
- [3] W.J. Cook, L.C. Jeffrey, M. Carson, Z. Chen, C.M. Pickart, *J. Biol. Chem.* **267**, 16467 (1992).
- [4] R. Varadan, O. Walker, C. Pickart, D. Fushman, *J. Mol. Biol.* **324**, 637 (2002).
- [5] S. Rahighi, F. Ikeda, M. Kawasaki, M. Akutsu, N. Suzuki, R. Kato, T. Kensche, T. Uejima, S. Bloor, D. Komander, F. Randow, S. Wakatsuki, I. Dikic, *Cell* **136**, 1098 (2009).
- [6] P.S. Brzovic, A. Lissounov, D.E. Christensen, D.W. Hoyt, R.E. Klevit, *Mol. Cell* **21**, 873 (2006).
- [7] E. Sakata, Y. Yamaguchi, Y. Miyauchi, K. Iwai, T. Chiba, Y. Saeki, N. Matsuda, K. Tanaka, K. Kato, *Nat. Struct. Mol. Biol.* **14**, 167 (2007).
- [8] N. Zheng, B.A. Schulman, L. Song, J.J. Miller, P.D. Jeffrey, P. Wang, C. Chu, D.M. Koepp, S.J. Elledge, M. Pagano, R.C. Conaway, J.W. Conaway, J.W. Harper, N.P. Pavletich, *Nature* **416**, 703 (2002).
- [9] E. Sakata, T. Satoh, S. Yamamoto, Y. Yamaguchi, M. Yagi-Utsumi, E. Kurimoto, K. Tanaka, S. Wakatsuki, K. Kato, *Structure* **18**, 138 (2010).
- [10] T. Satoh, E. Sakata, S. Yamamoto, Y. Yamaguchi, A. Sumiyoshi, S. Wakatsuki, K. Kato, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **400**, 329 (2010).
- [11] P.Y. Wu, M. Hanlon, M. Eddins, C. Tsui, R.S. Rogers, J.P. Jensen, M.J. Matunis, A.M. Weissman, C. Wolberger, C.M. Pickart, *EMBO J.* **22**, 5241 (2003).
- [12] W.J. Cook, L.C. Jeffrey, E. Kasperik, C.M. Pickart, *J. Mol. Biol.* **236**, 601 (1994).
- [13] I. Dikic, S. Wakatsuki, K.J. Walters, *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* **10**, 659 (2009).
- [14] D.M. Duda, L.A. Borg, D.C. Scott, H.W. Hunt, M. Hammel, B.A. Schulman, *Cell* **134**, 995 (2008).

(原稿受付日：2010年9月28日)

## 著者紹介

坂田絵理 Eri SAKATA

マックス・プランク生化学研究所 Postdoctoral Fellow

TEL: +49-89-8578-2043 FAX: +49-89-8578-2641

e-mail: sakata@biochem.mpg.de

略歴：2007年名古屋市立大学大学院薬学研究科 博士課程修了，2007年東京都臨床医学総合研究所 博士研究員，

2010年現職。薬学博士。

最近の研究：26S プロテアソームの構造解析

佐藤匡史 Tadashi SATOH

理化学研究所，基幹研究所，糖鎖構造生物学研究チーム  
基幹研究所研究員

TEL: 048-467-9619 FAX: 048-467-9620

e-mail: tadashisatoh@riken.jp

略歴：2003年日本大学大学院生物資源科学研究科 博士課程修了，2003年高エネルギー加速器研究機構 博士研究員，2007年 National Cancer Institute, USA Postdoctoral Fellow，2008年現職。博士（生物資源科学）

最近の研究：ユビキチン・糖鎖修飾系の構造生物学

山口芳樹 Yoshiki YAMAGUCHI

理化学研究所，基幹研究所，糖鎖構造生物学研究チーム  
チームリーダー

TEL: 048-467-9619 FAX: 048-467-9620

e-mail: yyoshiki@riken.jp

略歴：1998年東京大学大学院薬学系研究科 博士課程修了，1998年東京大学薬学部 博士研究員，2001年東京大学薬学部 助手，2001年名古屋市立大学薬学部 講師，2007年現職。薬学博士

最近の研究：糖タンパク質・レクチンの構造生物学

若槻壮市 Soichi WAKATSUKI

高エネルギー加速器研究機構，物質構造科学研究所，フォトンファクトリー 施設長・教授

TEL: 029-864-5631 FAX: 029-864-2801

e-mail: soichi.wakatsuki@kek.jp

略歴：1990年米国スタンフォード大学大学院化学科修了，1990年英国オックスフォード大学生化科学MRC 博士研究員，1994年 ESRF ビームラインサイエンティスト，1999年同構造生物学グループリーダー，2000年高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 教授，2006年現職。Ph. D

最近の研究：細胞内タンパク質輸送系・糖鎖修飾系の構造生物学

加藤晃一 Koichi KATO

自然科学研究機構，岡崎統合バイオサイエンスセンター，生命環境研究領域 教授

TEL: 0564-59-5225 FAX: 0564-59-5224

e-mail: kkatonmr@ims.ac.jp

略歴：1991年東京大学大学院薬学系研究科 博士課程修了，1991年東京大学薬学部 助手，1997年東京大学薬学部 講師，2000年名古屋市立大学薬学部 教授，2008年現職。薬学博士

最近の研究：翻訳後に多様化するタンパク質および複合糖質の構造・動態・相互作用解析を通じた機能研究

## しきい光電子を用いた Cold Electron Collision 実験手法の開発

黒川学<sup>1</sup>, 北島昌史<sup>1</sup>, 小田切丈<sup>1</sup>, 加藤英俊<sup>2</sup>, 星野正光<sup>2</sup>, 田中大<sup>2</sup>, 伊藤健二<sup>3</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学大学院理工学研究科, <sup>2</sup>上智大学理工学部, <sup>3</sup>物質構造科学研究所

### A new experimental technique for Cold Electron Experiment utilizing the threshold photoelectron source

Manabu KUROKAWA<sup>1</sup>, Masahi KITAJIMA<sup>1</sup>, Takeshi ODAGIRI<sup>1</sup>, Hidetoshi KATO<sup>2</sup>,  
Masamitsu HOSHINO<sup>2</sup>, Hiroshi TANAKA<sup>2</sup>, and Kenji ITO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Department of Physics, Sophia University,

<sup>3</sup>Photon Factory, Institute of Material Structure Science

#### 1. はじめに

ラザフォードの散乱公式で有名な Rutherford とその弟子の Geiger, Marsden, は金箔をターゲットとする  $\alpha$  粒子の散乱実験を行い, 原子には原子核が存在することを実証 [1,2] した。この歴史的な散乱実験以来, 電子, 陽子, 中性子, あるいはイオンなどの物理化学的性質のよく分かっている粒子を用いた散乱実験が広範に行われ, 量子力学により記述されるミクロな標的の内部状態や表面構造に関する詳細な情報が明らかにされてきた。なかでも, 電子と原子・分子の衝突は量子力学創成期から散乱問題の代表的なモデルとして, 理論・実験の両面から広く研究されてきた。特に電子-原子・分子衝突においては支配的な相互作用 (クーロン力) が既知であることから, 有限系の少数多体問題における複雑なダイナミクスを精密に検証する場をも提供している。一方, 電子-原子・分子衝突の理解は種々の反応素過程の解明やプラズマ科学, 大気科学, 核融合科学, 放射線作用, などの広範な分野の基礎としても重要である [3]。

電子の衝突・散乱過程では, 電子の衝突エネルギーが低くなると, 電子の de Broglie 波長が長くなることに起因し, 量子力学的効果による特有の現象が現れることが知られている。さらに, 衝突エネルギーが 100 meV 以下となると, 電子の de Broglie 波長は数十 Å 以上となり原子・分子のサイズよりもはるかに大きくなっていく。このような状況での電子衝突は Cold Electron Collision と呼ばれており特異的な物理現象の発現が期待され大変興味深い [3,4]。

さて, 原子・分子を標的とする電子衝突実験では, エネルギーの揃った電子ビームが必要であるが, これまでは熱フィラメントからの熱電子が電子源として一般的に用いられてきた。熱フィラメントからの数百 meV 程度のエネルギー幅のある熱電子を数十 eV のエネルギーで引き出し, エネルギー選別器を用いて数十 meV 程度のエネルギー幅とした後, 電子レンズで加減速し任意のエネルギーの電子ビームを得る。この手法により, 1 eV 以上のエネルギーで, エネルギー幅 20 meV 程度の電子ビームを安定に生成することが可能となる。しかし, 電子エネルギーを下げると, 減速に伴うビームの発散が大きくなるだけでなく, 空間電荷効果が増大する。このため, 熱電子源を用いた場合, 衝突エネルギー 100 meV 以下で十分な強度を

保ちながら安定した電子ビームを生成することは困難となる [3,5]。さらに, ガス標的を用いる原子・分子実験では熱フィラメント周辺を超高真空に保つことが出来ないこと, 大強度の長焦点のビームが必要なことからエネルギー幅 10 meV 以下の電子ビームを生成することは非常に困難である。現在, 唯一, スイスのグループが熱電子源を用いてエネルギー分解能 10 meV を達成している [6]。

熱フィラメントを用いる従来の手法に代わる方法として, 原子の光イオン化に伴い生成する光電子を電子源とする手法が開発されいくつかのグループがこの手法を用いて高分解能の電子衝突実験を成功させた [3,5,7]。光電子のエネルギー幅は, イオン化に用いる光のエネルギー幅に依存するため, 高単色性光源を用いることで非常に高い分解能の電子ビームの生成が可能となることを利用したのである。さらに, この光電子を電子源とする手法を Cold Electron Collision 実験へ応用したのが Field のグループ [4,8] である。彼らは, 放射光を光源とした光電子を電子源とする電子ビーム生成手法の開発に 980 年代より取り組み, 1990 年代末に ASTRID (デンマークの電子蓄積リング) の挿入光源ビームラインに低エネルギー電子衝突実験専用の分光器と実験装置を設置することで, Cold Electron Collision 実験を達成した。

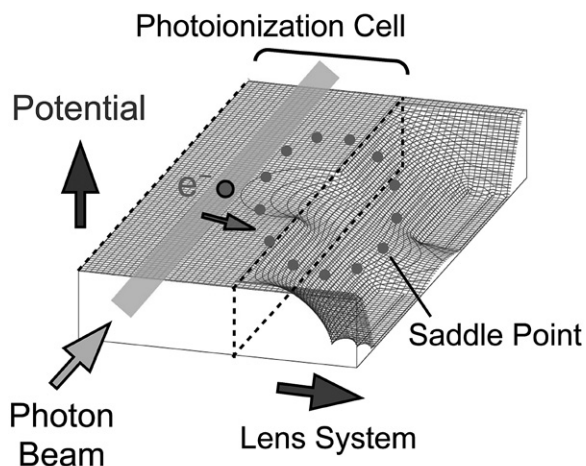
ここで, 高分解能電子ビームを生成するためには電子ビームのエネルギー幅と電子ビーム強度の相反関係に注意を払うことが必要となる。電子ビームのエネルギー幅は, 光のエネルギー分解能による光電子のエネルギー分布だけでなく, 光イオン化に用いる光のスポットサイズと電子捕集のために光イオン化領域に印加した電位勾配の積にも依存する。光電子を効率よく捕集するためにはある程度の電位勾配が必要であるため, 高分解能の電子ビームを生成するためには, 高い光エネルギー分解能と, 非常に小さな光のスポットサイズを両立しなければならない。しかし, 光のスポットサイズを小さくすると, ビーム強度が小さくなるだけでなく実験装置に対する光軸の調整が非常に難しくなるなど, ビームタイムの中での実験が極めて困難になる。また, 電子ビーム強度を大きくするために光の強度を大きくするとスポットサイズが小さいために, 光イオン化領域での空間電荷効果が大きくなり, そのことにより電子ビームのエネルギー幅が広がってしまう。

そこで我々は、電子ビームのエネルギー幅と電子ビーム強度の相反関係を解決するための新しい電子ビーム生成手法を開発し、Cold Electron Collision 領域から数十 eV までの広範なエネルギー領域での高分解能実験を可能にする電子衝突実験装置を新たに製作した。本手法の特徴は、電子ビームの電子源として、エネルギーがほぼゼロである“しきい光電子”に着目し、“浸み出し電場”を用いて非常に弱い捕集電場でしきい光電子を捕集することである。次項以降で、しきい光電子と浸み出し電場を利用した電子ビーム生成方法の原理的な説明、実験装置と結果の一例について紹介する [9]。

## 2. しきい光電子と浸み出し電場を用いた電子源

本研究では、しきい光電子を電子源として効果的に捕集するために、Cvejanović Read により確立され、しきい電子スペクトル測定に用いられる“浸み出し電場法” [10] を応用した。この浸み出し電場とは電子レンズのつくる電場が、グラウンドと等しい電位にある光イオン化セルの電子捕集用のアパーチャーを超えて、光イオン化領域にしみ出す電場である (Fig. 1)。この浸み出し電場により光イオン化領域から電子レンズに向かって非常に緩いポテンシャル勾配が形成され、エネルギーがほぼゼロのしきい光電子は立体角  $4\pi sr$  という高い効率でポテンシャル勾配に沿って静電レンズ系へ取り込まれる。一方、エネルギーを持って生成した光電子は、その運動方向をあまり変えられず、静電レンズ方向に放出されたもの以外は捕集されない。すなわち、浸み出し電場法ではエネルギー選択的に光電子を捕集することになる。このエネルギー選択性は高く、数 meV 以上のエネルギーの光電子はほとんど捕集されない。

さて、しきい光電子のみを捕集するための捕集電場は非常に弱いため、電子ビームのエネルギー幅に寄与する光のスポットサイズと捕集電場の勾配の積を、スポットサイズをそのままにして、小さくすることが出来る。このため、放射光強度を犠牲にすることなく、高分解能の電子ビーム



**Figure 1**  
Schematic view of the potential surface produced in the photoionization cell by field penetration.

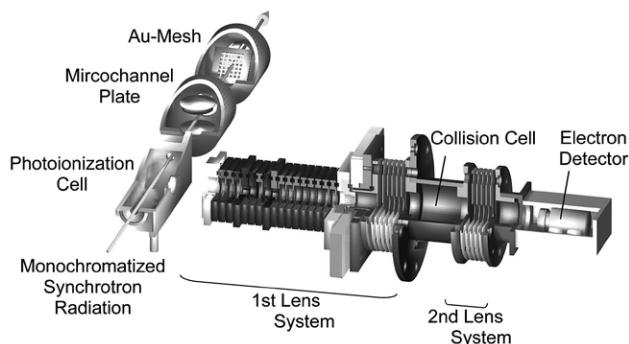
生成が可能である。また、空間電荷効果を小さく抑えられるため、従来法よりも強度の限界がはるかに大きくなることも特徴である。さらに、エネルギーがほぼゼロのしきい光電子のみを捕集するため、エミッタンスの小さな電子ビームを実現できる。このため、電子ビームを減速した際に生じる電子ビームの広がり角を抑えることができ、結果的に減速の際の電子ビームの発散に伴う電子ビーム強度のロスを低減できることが期待される。

## 3. 実験装置

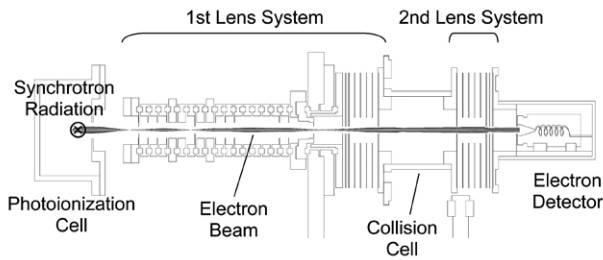
実験装置の概略を Fig. 2 に示す。電子衝突実験装置は光イオン化セル、静電レンズ系、衝突セル、電子検出器から成り、これらを二重の磁気シールド内に設置して、地磁気の影響を遮断している。また光イオン化セル後方には光子エネルギーをモニターするための Ar<sup>+</sup> イオン検出器であるマイクロチャンネルプレートと放射光強度をモニターするための Au メッシュを設置しており、これら全体を真空チャンバー内に収納している。実験は、PF リングの高分解能真空紫外分光ビームライン BL-20A で行った。

現在、本研究グループでは、Ar 原子の第一イオン化ポテンシャルである Ar<sup>+</sup> 2P<sub>3/2</sub> から生成するしきい光電子を電子源としている。原理的には、光イオン化に用いる粒子とそのイオン化過程は自由に組み合わせることが可能であるが、イオン化に用いる粒子の光イオン化断面積や各ビームラインの波長強度を考慮し、BL-20A を用いて、Ar 原子の Ar<sup>+</sup> 2P<sub>3/2</sub> へのイオン化で生成する光電子を選択した。光のエネルギー分解能は 2.7 meV、スポットサイズは 1 mm とした。

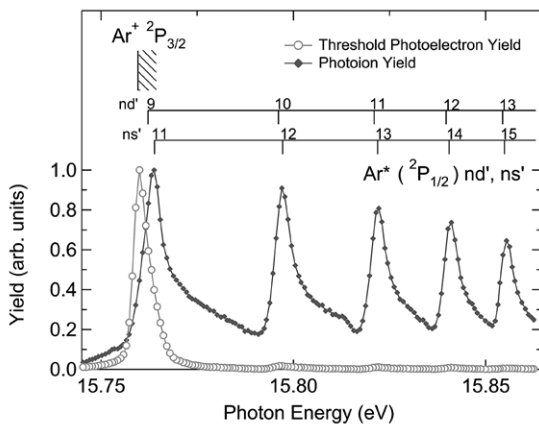
Fig. 3 には、電子ビームの様子と実験装置の断面図と共に示す。Ar の第一イオン化ポテンシャルにエネルギー単色化された放射光により生成したしきい光電子は、浸み出し電場により形成される浅いポテンシャル勾配によって静電レンズ系へと送り込まれる。その後、1st レンズ系による電子ビームへ成形と衝突エネルギーの調整の後、標的粒子で充填された衝突セルへと導かれる。標的粒子と衝突す



**Figure 2**  
Overview of the present experimental system. The setup consists of an electron scattering apparatus, photoionization cell filled with Ar atoms for the photoelectron source, a microchannel plate for photoion detection and an Au-mesh for the monitor of the flux of the monochromatized synchrotron radiation. The energy of the monochromatized synchrotron radiation is set to the first ionization potential of Ar 15.760 eV.



**Figure 3**  
 Cross section of the apparatus used in the measurement of the total electron scattering cross sections. The photoelectrons are collected by the penetrating field from the 1st lens system and formed into a beam. After tuning the energy of the electron beam, the beam is focused on the collision cell filled with target gas by the 1st lens system. The transmitted electrons are accelerated by the 2nd lens system and detected by a channel electron multiplier. The trajectory of the electron beam calculated at collision energy of 100 meV is also shown.



**Figure 4**  
 Threshold photoelectron yield spectrum and photoion yield of Ar spectrum obtained by the present setup.

ることなく衝突セルを透過した電子は 2nd レンズ系で輸送され、衝突セルの下流にある電子検出器により検出される。透過電子の強度を、衝突セル中に標的粒子がある場合と無い場合の測定を行い、Lambert - Beer 則に基づく次式で衝突エネルギー  $E$  における電子衝突全断面積  $\sigma(E)$  を得る。

$$I(E) = I_0(E) \exp(-nL\sigma(E)) \quad (1)$$

ここで、 $I(E)$  は標的があるときの透過電子強度、 $I_0(E)$  は標的がないときの透過電子強度、 $n$  は衝突セル中の標的の密度、 $L$  は衝突セルの長さを表す。

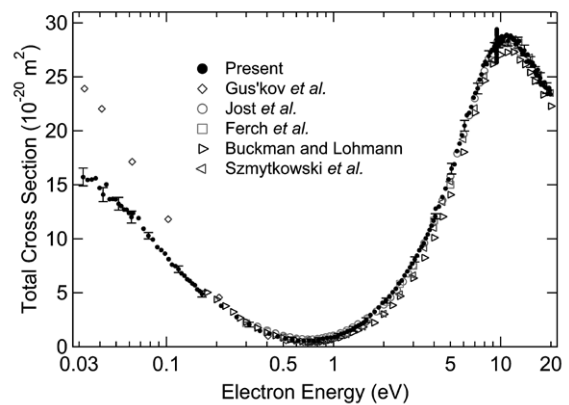
実験結果に移る前に、しきい光電子に対する本実験装置の高い選択性を示す例として、しきい光電子と  $Ar^+$  の収量スペクトルを Fig. 4 に示す。しきい光電子スペクトルは  $Ar$  のイオン化しきい値  $Ar^+ 2P_{3/2}$  にピークを持つが、 $Ar$  の Rydberg 系列  $Ar^+ 2P_{1/2} ns'$  の自動イオン化から生成した光電子のうち、 $n \geq 12$  の Rydberg 系列からの光電子はしきい光電子スペクトル上には現れていない。また  $Ar^+ 2P_{1/2} 11s'$  の自動イオン化により生成する 4 meV のエネルギーを持つ光電子に対する透過率は 10% 程度である。ここで示す

様に、本研究で開発した手法では、放射光のエネルギー幅を広くしても電子ビームのエネルギー幅は数 meV 以上には広がらないことが大きな特徴である。実験では放射光のエネルギー幅を 2.7 meV としたが、これはむしろ電子検出器の焼損を避ける目的で放射光の光量を制限するために分光器のスリット幅を小さくしたためである。

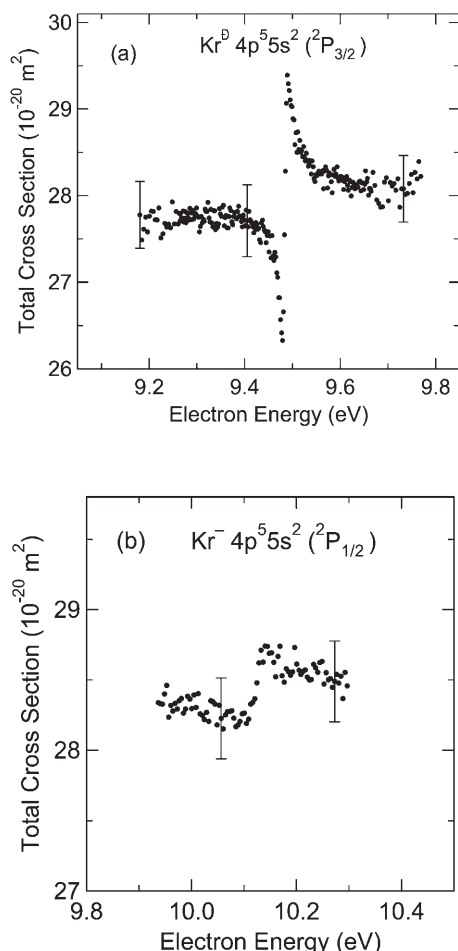
**4. Kr の電子衝突全断面積**

本研究により得られた Cold Electron Collision 領域から 20 eV おける Kr の電子衝突全断面積を Fig. 5 に示す。Kr の電子衝突全断面積には、Ramsauer - Townsend 極小として知られる、量子力学的効果により出現する衝突断面積の極小 [11] が約 700 meV に現れ、それより小さな衝突エネルギー領域では、衝突エネルギーの減少とともに、断面積値が急激に大きくなるのが分かる。200 meV 以上では多くの実験結果が報告されており [13-15]、我々の結果もよく一致している。一方、200 meV 以下では、わずかに Gus'kov らの報告 [16] があるが、彼らの報告値は 200 meV 以上のエネルギー領域において他の実験結果と異なっており、信頼性が低い。本研究の結果から、Cold Electron Collision 領域での断面積の増大は 30 meV で  $17 \times 10^{-20} m^2$  に達することが分かった。Ar, Xe についても、Cold Electron Collision 領域における電子衝突全断面積は Gus'kov らの報告があるのみであり、このことは Cold Electron Collision 領域では、希ガスの様な基本的な系であっても、精確な電子衝突全断面積が知られていないことを示している。

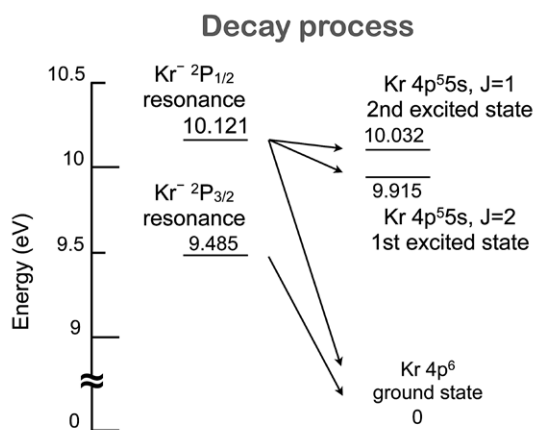
Fig. 6 には、本研究ではじめて観測に成功した、電子衝突全断面積上に現れる  $Kr^-(4p^5 5s^2 2P_{3/2}, 2P_{1/2})$  Feshbach 共鳴に起因する構造を示した。この共鳴のプロセスは以下の通りである。入射電子が Kr と衝突し、Kr の 4p 電子を一つ 5s 軌道に励起した際に、入射電子がエネルギーを失い標的 Kr の 5s 軌道に捕捉され、一時的に負イオンの励起状態が形成される。この時、4p 軌道に残された不対電子の



**Figure 5**  
 Total electron scattering cross section of krypton. ● present results. Also shown are experimental results of Gus'kov et al. [19] (◇), Jost et al. [15] (○), Ferch et al. [16] (□), Buckman and Lohmann [17] (▷) and Szymtkowski et al. [18] (◁).



**Figure 6**  
Total cross sections of electron scattering from krypton near the  $\text{Kr}^-(4p^5 5s^2 \ ^2P_{3/2}, \ ^2P_{1/2})$  Feshbach resonances.



**Figure 7**  
Scheme for the decay process of  $\text{Kr}^-(4p^5 5s^2 \ ^2P_{3/2}, \ ^2P_{1/2})$  Feshbach resonances. The  $\text{Kr}^-(^2P_{3/2})$  resonance decays into the ground state of Kr, that is elastic scattering, while the  $\text{Kr}^-(^2P_{1/2})$  resonance into not only the ground state but also the first and the second excited state of Kr.

スピンに対応して、共鳴状態が  $\text{Kr}^-(^2P_{3/2})$  共鳴と  $\text{Kr}^-(^2P_{1/2})$  共鳴に分裂する。生成した  $\text{Kr}^-(^2P_{3/2})$  共鳴は、最終的に、入射電子と同じエネルギーを持った散乱電子が放出され基底状態の Kr 原子が残される。これは  $\text{Kr}^-(^2P_{3/2})$  共鳴が出現する

共鳴エネルギー  $E = 9.514 \text{ eV}$  が Kr の第一励起状態  $\text{Kr } 4p^5 5s (J=2)$  の励起エネルギー  $E = 9.915 \text{ eV}$  よりも低く、弾性散乱のみが共鳴の崩壊チャンネルとなるためである (Fig. 7)。一方、 $\text{Kr}^-(^2P_{1/2})$  共鳴状態は Kr の第二励起  $\text{Kr } 4p^5 5s (J=1)$  の励起エネルギー  $E = 10.032 \text{ eV}$  よりも高いため、弾性散乱とこれら 2 種類の励起状態を生成する非弾性散乱の 3 つのチャンネルで崩壊していく。この崩壊チャンネルの違いに対応して、二つの共鳴の寿命が大きく異なることが Fig. 6 から分かる。

**5. まとめ**

本稿では、本研究グループにより開発したしきい光電子を電子源とする Cold Electron Collision 実験装置の詳細と、これを用いた Kr 原子の電子衝突全断面積測定の結果を紹介した。そこでは、浸み出し電場によりしきい光電子を選択的に電子源として用いる本実験方法により、高分解能の超低エネルギー電子ビーム生成が可能であることを示した。また、はじめて Cold Electron Collision 領域での Kr の正確な電子衝突全断面積測定に成功し、さらに全断面積上で Feshbach 共鳴に由来する構造の観測にも成功したことを示した。今後、様々な分子について電子衝突全断面積の測定を行い、Cold Electron Collision の解明を目指したい。また、我々の開発した実験手法は、光イオン化に用いる光のスポットサイズを比較的大きく出来ることから、光の強度を増すことが容易であり、分解能を落とさずにこれまでの手法よりも大強度の電子ビームを生成することが可能である。このため、大強度の電子ビームが必要なために測定が不可能とされていた Cold Electron Collision における電子散乱角度微分断面積測定への応用も目指して研究を進めている。

**参考文献**

- [1] H. Geiger and E. Marsden, Proc. Roy. Soc. A, **82**, 495 (1909).
- [2] E. Rutherford, Phil. Mag., **21**, 669 (1911).
- [3] 北島昌史, 田中 大, 日本物理学会誌 **64**, 742-751 (2009).
- [4] D. Field, S. L. Lunt and J.-P. Ziesel, Acc. Chem. Res. **34**, 291 (2001).
- [5] H. Hotop, M. A. M. W. Ruf and I. I. Fabrikant, Adv. At. Mol. Opt. Phys. **49**, 85 (2003).
- [6] M. Allan, Phys. Rev. Lett. **87**, 033201 (2001).
- [7] A. C. Gallagher and G. York, Rev. Sci. Instrum. **45**, 662 (1974).
- [8] S. V. Hoffmann, S. L. Lunt, N. C. Jones, D. Field and J.-P. Ziesel, Rev. Sci. Instrum. **73**, 4157 (2002).
- [9] M. Kurokawa, M. Kitajima, K. Toyoshima, T. Odagiri, H. Kato, H. Kawahara, M. Hoshino, H. Tanaka and K. Ito, to be published in Phys. Rev. A.
- [10] S. Cvejanović and F. H. Read, J. Phys. B **7**, 1180 (1974).
- [11] C. Ramsauer and R. Kollath, Ann. Phys. **66**, 546 (1921).

- [12] K. Jost, P. G. F. Bisling, F. Eschen, M. Felsmann and L. Walther, in *Proceedings of the 13th International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions, Berlin, 1983*, edited by J. Eichler, W. Fritsch, I. V. Hertel, N. Stolterfoht, and U. Wille (1983), p. 91.
- [13] J. Ferch, F. Simon and G. Strakeljahn, in *Proceedings of the 15th International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions, Brighton, 1987*, edited by J. Geddes, H. B. Gilbody, A. E. Kingston, C. J. Latimer, and H. J. R. Walters (1987), p. 132.
- [14] S. J. Buckman and B. Lohmann, *J. Phys. B* **20**, 5807 (1987).
- [15] C. Szmytkowski, K. Maciag and G. Karwasz, *Phys. Scr.* **54**, 271 (1996).
- [16] Y. K. Gus'kov, R. V. Savvov and V. A. Slobodyanyuk, *Sov. Phys. -Tech. Phys.* **23**, 167 (1978).

(原稿受付日：2010年10月5日)

#### 著者紹介

黒川 学 Manabu KUROKAWA

東京工業大学理工学研究科化学専攻 博士後期課程3年

〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

TEL & FAX: 03-5734-2725

e-mail: kurokawa.m.aa@m.titech.ac.jp

略歴：2006年東京工業大学理学部化学科卒業，2008年東京工業大学理工学研究科化学専攻修士課程修了。

最近の研究：Cold Electron Collision 実験装置の開発による超低エネルギー電子と原子・分子衝突過程の研究。第3回分子科学討論会優秀ポスター賞（2009年）。

趣味：ジョギング

北島昌史 Masashi KITAJIMA

東京工業大学理工学研究科化学専攻 准教授

〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

TEL: 03-5734-3812 FAX: 03-5734-2725

e-mail: mkitajim@chem.titech.ac.jp

最近の研究：放射光および電子線を用いた原子・分子衝突実験

小田切 丈 Takeshi ODAGIRI

東京工業大学理工学研究科化学専攻 助教

〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

TEL & FAX: 03-5734-2725

e-mail: joe@chem.titech.ac.jp

最近の研究：水素分子の光解離による量子もつれ水素原子対の生成，分子多電子励起状態ダイナミクス，電子-分子衝突。

加藤英俊 Hidetoshi KATO

上智大学理工学部物質生命理工学科 特別研究員

〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

TEL: 03-3238-4227 FAX: 03-3238-3341

e-mail: katou-h@sophia.ac.jp

最近の研究：低エネルギー電子・励起分子衝突における共鳴生成機構の精密定量測定

星野正光 Masamitsu HOSHINO

上智大学理工学部物質生命理工学科 准教授

〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

TEL: 03-3238-4227 FAX: 03-3238-3341

e-mail: masami-h@sophia.ac.jp

最近の研究：低エネルギー電子衝撃による解離性電子付着の研究

田中 大 Hiroshi TANAKA

上智大学理工学部物質生命理工学科 教授

〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1

TEL: 03-3238-3472 FAX: 03-3238-3341

e-mail: h\_tanaka@sophia.ac.jp

最近の研究：低エネルギー電子分光

伊藤健二 Kenji ITO

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 教授

〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

TEL: 029-864-5644 FAX: 029-864-2801

e-mail: kenji.ito@kek.jp

# 建設・改造ビームラインを使って

## AR-NE3A が創薬研究にもたらすインパクト

天野 靖士

アステラス製薬株式会社研究本部化学研究所リード化学研究室

### 1. はじめに

創薬研究において標的タンパク質の立体構造情報を活用することは、リード化合物の創製や候補化合物の最適化研究を効率かつ迅速に行うために非常に重要である。また、タンパク質結晶構造解析技術や放射光ビームラインのめざましい進歩により、近年、数多くの創薬標的タンパク質の結晶構造が報告されており、結晶構造解析を創薬研究へ応用できる機会が非常に増えているといえる。しかしながら、単にアポ体の結晶構造が得られたのみでは、化合物がどのように作用しているかを明らかにすることはできないため、創薬研究への応用は難しい。実際に創薬研究へ寄与するためには、自社で合成あるいは発見された化合物との複合体構造情報をできるだけ早く研究者へフィードバックし、各種薬理データ、物性データと合わせて議論することが必要である。また、研究の過程においては、1つの標的タンパク質に対し数百個もの多様な候補化合物が見出されてくる。これらの化合物と標的タンパク質との複合体構造はいずれも重要な情報となるため、創薬研究におけるタンパク質結晶構造解析には膨大なキャパシティが必要となってくる。

近年のタンパク質結晶構造解析技術の進展、豊富な構造情報という背景に加え、自社で保有する高純度タンパク質大量作製技術、結晶解析技術を創薬研究に最大限活用するために、アステラス製薬株式会社（以下、アステラス製薬）では、フラグメントエポリユーションという独自のリード化合物創製法を考案、実践している [1]。フラグメントエポリユーションでは、多様な低分子化合物（フラグメント）ライブラリーをスクリーニングし、低活性ながらタンパク質との重要な相互作用をもったフラグメントを見出すことがまず必要となる。さらに、ヒットとして見出されたフラグメントを、その相互作用情報に基づきコンビナトリアルケミストリーなどによって合成展開し、活性評価、複合体結晶構造解析を行って次の合成方針に反映させるというサイクルを迅速に回転させることで、より早く効率的にリード化合物を創製することができる。これらの過程では、ハイスループット、ハイキャパシティなタンパク質結晶構造解析が必須である。

このような状況を踏まえ、アステラス製薬は、創薬研究に最適なハイスループット型ビームラインの開発研究をフォトンファクトリーへ委託した。開発においては、短時間でより多くの試料をできる限り人の手を介さずに測定できるという点を最も優先していただいた。その結果完成したビームラインが AR-NE3A である。AR-NE3A では、フォ

トンファクトリーにあるタンパク質結晶構造解析ビームラインの中で最も強力な X 線を試料に照射することが可能で、高速高感度の CCD 検出器と合わせ、短時間（1つの試料につき最短で2分以下）でのデータ収集を実現している。また、従来より開発が進められてきた試料交換ロボット PAM および自動データ処理ソフトウェアについてもさらなる開発が進められ、自動連続データ測定・処理が可能となっている [2-4]。結果として、我々が期待していた以上の能力をもったビームラインが完成され、2009年4月の本格稼働後、収集された数多くの貴重なデータが創薬研究を大きく推進している。本稿においては、昨年度のビームタイム利用を通して改めて確認できた、AR-NE3A の優れた特徴について紹介したい。

### 2. AR-NE3A の利用状況

図1に、アステラス製薬の過去5年間におけるフォトンファクトリーのビームライン利用状況を示す。2008年度までは AR-NW12A および BL-5A を利用していたが、2007年度においてこれらのビームラインに設置した PAM の本格的な運用が始まったことにより、ビームタイムあたりの試料数を増加させることができていた。2007、2008年度における PAM の利用は自動連続測定ではなく、実験ハッチ外から PAM を制御して結晶交換を行うものであったが、DSS および実験ハッチの開閉と手作業による結晶交換が不要となったことで、効率的なビームライン利用が可能となった。また、この2年間の利用結果を基に PAM およびオートセンタリング機能に様々な改良が加えられ、AR-NE3A の自動測定に活かされたという点でも AR-NW12A, BL-5A における PAM の利用の意義は大きかったと考え

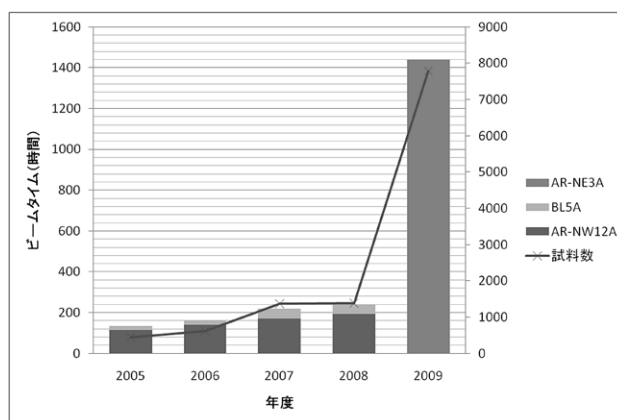


図1 アステラス製薬におけるフォトンファクトリーの利用状況。

ている。2008年度においては244時間のビームタイムに対し試料数は1390個であった。昨年度は、完成したAR-NE3Aにおいて、委託研究に伴い与えられた60日間の優先利用枠をすべて消費し、測定した試料数は7786個であった。すべての試料は自動実験による連続データ測定と自動処理を行った。ビームタイムの増大に応じて試料数を増やすことができた要因としては、研究員がビームラインに拘束される時間が、自動実験の実現により2008年度までと同等以下に抑えられたことが大きい。また、自社研究所内に構築してきた、タンパク質大量作製設備、自動結晶化装置群および自動構造解析システムにより、大量の結晶作成と測定データの迅速な解析に対応できたこともその要因としてあげられる。なお、今年度にはPAMの改良による結晶交換時間の短縮も予定されており試料数をさらに増やすことができるものと期待される。

### 3. 自動データ測定・処理

AR-NE3Aの最大の特徴が、自動データ測定・処理を可能としている点である。その核となるのが試料交換ロボットPAMで、スタンフォード放射光研究所で開発されたSAMを基に、より高速な作業が可能となるようにフォトンファクトリーにおいて開発されたロボットである。このロボットを利用することで、ユーザーの手を介することなく連続で288個の試料を測定することが可能となる。さらに、自動測定においては、試料に確実にX線を照射するためにオートセンタリング機能が必須となる。これらを利用した自動実験を実施するにあたり、ユーザーとしては準備した試料をロスすることなく確実に測定できることを望むが、昨年度の実績では、ロボットのハンドリングミスなどによって測定ができなかった試料数は13個と全体のわずか0.17%であった。また、オートセンタリングについても98.75%の試料でセンタリングに成功しており、ビームタイムをほとんどロスすることなくデータ測定を実施することができた。また、1年間の自動実験の実施を通して、結晶を固定するループの形状によってセンタリングの成否が左右されることがわかってきたため、使用するループを選別することでオートセンタリングの成功率はさらに高めることができると考えている。

自動データ処理に関しては、昨年度の中で大幅な改良が進められてきたため、処理の成功率を算出することはできないが、最終的に構築されたデータ処理方法においては、十分な質をもったX線回折データであればほぼ確実に正しい指数付けができることを確認している。処理速度についても、ビームラインに設置された複数の解析用コンピュータで並行処理させることにより、データ測定に要する時間と同等以下の時間内にスケーリングまで処理を完了させることができおり、十分な速度を有している。この自動データ処理は、週に300個前後の試料から測定したデータを扱う私達にとって非常に有用であり、従来マニュアルで行ってきた処理に要する時間を他の研究活動にあてられるという意味で大変価値のある機能の1つである。

### 4. 創薬研究における成果

研究の性格上、残念ながら本稿において詳述することはできないが、昨年度AR-NE3Aで測定したデータから得られた成果を簡単に紹介したい。ここでは、創薬標的として解析の対象にした多くのタンパク質の中から2つのタンパク質をとりあげ、それぞれ標的タンパク質A、Bとする。標的タンパク質A、Bともにフラグメントエポリユーションによるリード化合物創製を進めている。

標的Aについては、約200個のフラグメントに対してAR-NE3Aを利用したハイスループット複合体結晶構造解析を実施することによって、その中にわずか1個含まれていた新規結合様式をもつフラグメントを迅速に見出すことができた。このフラグメントから、コンビナトリアルケミストリーによる合成展開によって阻害活性が400倍向上した候補化合物が得られている。

標的Bについては、約150個のフラグメントに対して実施した複合体結晶構造解析の結果を解析し、基質認識サイトのアミノ酸残基と相互作用しうるスキップフォールドを見出した。さらに、社内化合物ライブラリーから、このスキップフォールドを含む約200個の化合物を探索し複合体結晶構造解析を実施した結果、そのうちの1個の化合物が、上記のアミノ酸残基と相互作用するとともに、基質認識サイトとは異なるサイトにおいても強い相互作用を有することが判明した。標的Bの阻害剤として、この化合物のように2点において相互作用する化合物は報告されておらず、新規性、ポテンシャルともに高い候補化合物を見出したといえる。

### 5. 最後に

本稿で紹介した研究成果はごく一部であり、数々の発見、ブレイクスルーがAR-NE3Aによってもたらされている。新薬の研究開発には10～15年が必要であり、解決すべき課題も多く残されているが、AR-NE3Aでの研究成果を病気で苦しむ患者さんへと還元できるよう今後も創薬研究に取り組みたいと考えている。今後のAR-NE3Aの利用継続、さらなる改良についてもフォトンファクトリーの皆様のご協力をいただければ幸いです。AR-NE3Aの建設にご尽力いただいた、若槻壯市先生、山田悠介助教をはじめとした構造生物学研究センターの皆様、フォトンファクトリーの皆様にこの場をお借りして感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] 阪下日登志, 第10回日本蛋白質科学会年会1WF-5, 2010年6月16日～18日, 札幌コンベンションセンター
- [2] Hiraki M, Watanabe S, Phonda N, Yamada Y, Matsugaki N, Igarashi N, Gaponov Y, Wakatsuki S, J Synchrotron Radiat. 2008, 15, 300-303.
- [3] Yamada Y, Phonda N, Matsugaki N, Igarashi N, Hiraki M, Wakatsuki S, J Synchrotron Radiat. 2008, 15, 296-299.
- [4] [http://pfweis.kek.jp/index\\_ja.html](http://pfweis.kek.jp/index_ja.html)



# 研究会等の報告／予定

## 会議要項

### 第28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 兵藤一行 (KEK・PF)

前号でもお知らせしましたとおり、第28回PFシンポジウムは、2011年3月14日(月)～15日(火)に開催されます。第26回、第27回と同様、つくば国際会議場(エポカルつくば)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。

また、前日の3月13日(日)夕方には、ユーザーグループミーティングの開催ができるように会場を用意させていただきます。参加申し込み方法、プログラム等、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@pfiqst.kek.jp まで御連絡下さいませようお願い申し上げます。

### 物構研シンポジウム'10 「量子ビーム科学の展望」開催のお知らせ

物質構造科学研究所 下村 理

物構研は、加速器を用いた量子ビーム(放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子)を、共同利用として多くのユーザーに提供していますが、その研究環境は大きく変わりつつあります。J-PARCの物質・生命科学実験施設では、世界最高強度の中性子・ミュオンを用いた利用研究が開始され、優れた成果が創出されつつあります。一方PFにおいては、5 GeVクラスのエネルギー回収型リニアック(ERL: Energy Recovery Linac)の実現を目指して、様々な研究開発が行われています。今年度の物構研シンポジウムでは、「量子ビーム科学の展望」をテーマとして、このような物構研の提供する量子ビームの将来展望について、ご議論頂きたいと考えています。

シンポジウム初日には、ERL計画に関する準備状況の報告や、今後さらに大強度化するJ-PARCでの中性子・ミュオン施設における将来構想の報告を予定しています。また、PETRA IIIやFLASHという先端的放射光源を持つドイツ電子シンクロトロン(DESY)から数名の研究者を招待し、Euro-FELを含めたDESYの将来計画についてお話を頂きます。2日目には、これらの将来光源の利用を視野に入れ、電子相関物性・局所構造物性・超分子構造物性に関する研究の将来展望を議論して頂く予定です。PFユーザーの皆様には、是非ご参加いただけますよう、お願い申し上げます。

**日時:** 2010年12月7日(火)、8日(水)

**場所:** つくば国際会議場(エポカルつくば)

**主催:** 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

**協賛:** 日本物理学会, 日本放射光学会, 日本中性子科学会, 日本中間子科学会, 日本結晶学会, 日本高圧力学会, 日本表面科学会

**参加費:** 無料

**参加申込方法:** シンポジウムホームページの参加申込フォームにてお申込下さい。旅費の支給を伴う参加の申し込みは締切ましたが、旅費支給を伴わない参加申込は当日まで受け付けます。

**懇親会:** 12月7日(火) 18:30-20:30を予定。詳細は決まり次第ホームページに掲載。

**問い合わせ先:** 物構研シンポジウム'10事務局  
(imss-sympo@pfiqst.kek.jp)

**シンポジウムホームページ:** <http://imss-sympo.kek.jp/2010/>

**プログラム:**

**Dec. 7th (Tue), 2010**

**Opening**

13:30-13:35 Welcome and Opening address:

Osamu Shimomura (KEK IMSS)

13:35-13:40 Guest Speech: from the MEXT

13:40-13:50 Introduction: Youichi Murakami (KEK IMSS)

**Prospects of Quantum Beam Facilities**

*Chair: Susumu Ikeda (KEK IMSS)*

13:50-14:15 Synchrotron Radiation: Hiroshi Kawata (KEK IMSS)

"ERL project as a Future Light Source"

14:15-14:35 Neutron: Hideki Seto (KEK IMSS)

"Prospects of Neutron Sciences at KENS"

14:35-14:50 Muon: Yasuhiro Miyake (KEK IMSS)

"Prospects explored by Intense Low Emittance Ultra Slow Muon Beam"

14:50-15:00 Positron: Toshio Hyodo (KEK IMSS)

"Slow Positron Facility at IMSS Photon Factory"

15:00-15:35 Break + Photo session

*Chair: Kenji Ito (KEK IMSS)*

15:35-16:05 Edgar Weckert (DESY)

"Prospects of Photon Science at DESY"

16:05-16:35 Yuri Shvyd'ko (APS)

"X-ray Free Electron Oscillator - R&D Progress"

16:35-17:05 Heinz Graafsma (DESY)

"Detector Developments at DESY for frontier Photon Science"

17:05-17:20 Shunji Kishimoto (KEK IMSS)

"IMSS Instrument R&D team and its recent results"

**Poster Session (17:20-18:30)**

**Banquet (18:30-20:30)**

**Dec. 8th (Wed), 2010****Prospects of Correlated Electron Sciences***Chair: Shinichi Ito (KEK IMSS)*

- 9:00-9:30 Alfred Baron (RIKEN)  
"Future of dynamics measurements using x-rays."
- 9:30-10:00 Taku J Sato (Tokyo Univ.)  
"Observing spin fluctuations by neutrons; recent development of neutron inelastic spectroscopy"
- 10:00-10:30 Yasutomo Uemura (Columbia Univ.)
- 10:30-10:55 Break
- Chair: Ryosuke Kadono (KEK IMSS)*
- 10:55-11:25 Hatsumi Mori (Tokyo Univ.)  
"Quantum Beam Science of Molecular Materials"
- 11:25-11:55 Yoshinori Tokura (Tokyo Univ., RIKEN)  
"Topological spin textures and topological Hall effects"
- 11:55-13:00 Lunch

**Prospects of Surface/Interface Sciences***Chair: Masaharu Nomura (KEK IMSS)*

- 13:00-13:30 Ryoji Kan-no (Tokyo Institute of Technology)
- 13:30-14:00 Hironori Nakao (KEK IMSS)  
"Electronic and magnetic structure in artificial superlattice"
- 14:00-14:30 Jun Yoshinobu (Tokyo Univ.)  
"Organic molecules on surfaces: from static towards dynamic pictures"
- 14:30-15:00 Katsuyuki Fukutani (Tokyo Univ.)  
"Spin conversion and catalytic reaction of hydrogen at surfaces"
- 15:00-15:25 Break

**Prospects of Bio/Soft Matter Sciences***Chair: Hideki Seto (KEK IMSS)*

- 15:25-15:55 Henry Chapman (DESY)  
"Femtosecond Coherent X-ray Nanocrystallography at LCLS"
- 15:55-16:25 Yuya Shinohara (Tokyo Univ.)  
"Dynamics of Nanocomposite revealed by X-ray Photon Correlation Spectroscopy"
- 16:25-16:55 Hitoshi Endou (Tokyo Univ.)  
"Structure and Dynamics of Supramolecules Investigated by Contrast Variation Neutron Scattering"
- 16:55-17:25 Keiji Tanaka (Kyushu Univ.)  
"Study on Structure and Dynamics of Polymers at Various Interfaces by Neutrons"

**Closing**

- 17:25-17:35 Concluding Remarks: Soichi Wakatsuki (KEK IMSS)

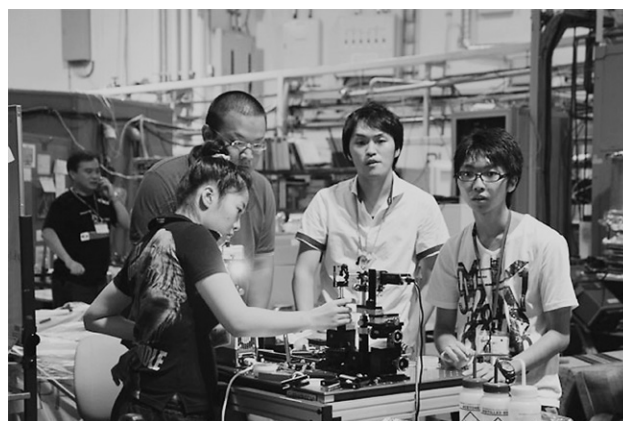
**KEK サマーチャレンジでの  
物質・生命コース実施**

放射光科学第一研究系 伊藤健二

物質・生命コースが新設された第4回のKEK サマーチャレンジは、2010年8月21日(土)から8月29日(日)の9日間にわたり開催され、機構内外の多くの関係者の努力により無事終了しました。KEK サマーチャレンジは、素粒子および原子核分野の研究者が基礎科学の発展を担う人的資源が将来的に不足することを憂えて、大学生を対象にした従来には無いサマースクールを、高エネルギー加速器研究機構(KEK)にある施設を有効に利用する形で2007年から開催されています。サマーチャレンジの目ざすところは、わが国の将来を担う若者、特に大学3年生を対象にして、世界の第一線で活躍する研究者による直接の研究紹介の場を設け、研究の最先端に触れてもらうことから研究の喜びを実感する機会を提供し、意欲を持てば自分たちも最先端の研究に参入できることを体感してもらうことです。物質構造科学研究所でも創設以来若手の研究者にコミュニティに入ってもらったための活動が続いているところですが、所内スタッフ中心での活動に若干の閉塞感を持っておりました。新しい展開を模索する中で、KEK サマーチャレンジの春山富義校長(素核研副所長)からKEK サマーチャレンジについて詳細なお話を伺うとともに、さらに共同開催のご提案もいただきました。物構研に持ち帰って検討を行い、所外の研究グループからのご意見も参考にしながら、今年度から「物質・生命コース」を新設して物構研もKEK サマーチャレンジに加わることにしました。

物構研としては初めての試みで、今回は6日間の開催としました。開校式とその直後のノーベル賞受賞者益川敏英先生による特別講義、見学ツアー、懇親会、キャリアビルディングなどは、素粒子・宇宙コースと物質・生命コースで共通のプログラムでした。

物質・生命コースの講義は、放射光、中性子、ミュオンの利用研究について基礎1から3まで、物質科学および生



演習の様子。モニターで位置を確認しながら装置を組み立てる。

物質・生命コース（6日間）のプログラム

		8月21日(土)						
8:45~	8月20日(金)	開校の辞 特別講演 益川敏英先生	8月22日(日)	8月23日(月)	8月24日(火)	8月25日(水)	8月26日(木)	
9:00~10:00		物質科学1	物質科学1	KEKツアー1 共通 ・Bファクトリ ・放射光	東海ツアー 共通	物質科学3	発表準備	
10:00~10:15		ブレーク	ブレーク			ブレーク		
10:15~11:15		基礎1	生命科学1			生命科学3		
11:15~11:30		ブレーク	ブレーク			ブレーク		
11:30~12:30		基礎2	物質科学2			物質科学4		
12:30~13:30		昼食			昼食			
13:30~14:30		基礎3	生命科学2	演習	演習	生命科学4	発表会	
14:30~14:40		ブレーク	ブレーク			ブレーク		
14:40~15:00		オリエンテーション						
15:00~18:00	受付	演習	演習			演習		演習
18:00~19:00		夕食会	夕食	夕食	懇親会	夕食	打上げ (希望者)	
			演習	キャリア ビルディング		演習		

命科学でそれぞれ1から4までの講義が主として午前中に組まれており、11人の講師の先生にそれぞれ1時間の講義をお願いしました。普段の大学の講義では聞くことのできない最先端の研究に関する話に多くの学生の目は輝いているようでした。

演習がサマーチャレンジのメインイベントですが、物質・生命コースに参加した30名の学生は8テーマに分かれて演習をこなしました。学生は、物構研所内外の研究者および大学院生の指導および助言などの下、様々なことを学び体験することができました。プログラム上では、およそ20時間が演習に当てられておりましたが、学生からも演習を担当された先生方からもこれでは不十分であったというご意見を頂いています。実際に演習最終日は夜を徹して明け方までがんばるグループも少なくありませんでした。

最先端の研究の現場を訪ねるツアーも大切な行事です。つくばツアーでは、BファクトリーとPFの見学が、午前中3時間半を使って行われました。また、東海ツアーは1日たっぷり時間を取って、J-PARCの物質・生命科学実験施設、ハドロン実験施設、ニュートリノ前置検出器などの見学を行いました。

素粒子・原子核コース担当の方々のお話では、結構盛り上がるのは、キャリアビルディングとのことでした。それは、学生と研究者との交流の場で、学生にとっては将来、研究者への道を選択するにあたり、先輩の研究者の経験から色んなヒントを得たことと思います。

6日目には、学生が演習の成果を披露する発表会が催されました。午前中は、発表資料作成に充てられました。発表は、口頭発表とポスター発表の二つの形式を採用しまし

**[講義]**

- 基礎1：足立伸一（KEK）「放射光利用研究の基礎」
- 基礎2：瀬戸秀紀（KEK）「中性子利用研究の基礎」
- 基礎3：小池洋二（東北大）「ミュオン利用研究の基礎」
- 物質科学1：尾嶋正治（東大）「放射光光電子分光を用いたグリーンナノテクデバイスの解析」
- 物質科学2：有馬孝尚（東北大）「X線、中性子回折による構造物性研究」
- 物質科学3：船守展正（東大）「放射光を用いた地球マントルの研究」
- 物質科学4：朝倉清高（北大）「Extended x-ray absorption fine structure(EXAFS)と触媒の原子レベル解析」
- 生命科学1：松村明（筑波大）「加速器の拓く新しい医学診療ー特に中性子捕捉療法についてー」
- 生命科学2：三木邦夫（京大）「放射光で明らかにするタンパク質の“かたち”と“はたらき”」
- 生命科学3：沼子千弥（徳島大）「蛍光X線で観る地球環境問題」
- 生命科学4：西野吉則（北大）「細胞の中の構造を観る」

**[演習]**

- 演習1：「物質の構造を調べてみよう～放射光・中性子を用いた回折実験～」
- 演習2：「超高压力が切り開く極限の世界」
- 演習3：「タンパク質の形を見てみよう」
- 演習4：「放射光を測る～検出器のしくみとX線検出の実際～」
- 演習5：「質量分析器を組み立ててみよう」
- 演習6：「作って調べる光触媒～酸化チタンの表面をのぞいてみよう～」
- 演習7：「X線イメージングってなんだろう？」
- 演習8：「宇宙線を使ったミュオンスピン回転」

た。口頭発表での演習グループ毎の持ち時間は15分でした。特に実行委員会からの指導があったわけではありませんが、どの演習グループの発表においても、演習テーマの目的、実験、結果、議論、まとめなどで担当を決め、ほぼ全員の学生がマイクを握る構成になっていました。演習の初日に見られた余所余所しさとは違って、発表会でのチームワークには感嘆しました。質疑応答の時間も限られており、ポスター発表はそれを補いつつ、学生同士の交流をさらに深める意味でも有効でした。発表後、若槻壮市物構研副所長から物質・生命コースに参加した学生一人ごとに「未来の博士号」と書かれた修了証が手渡されました。また、春山校長からは、校長特別賞と称して、益川先生のサインとグループのメンバーの名前が書かれてある同氏の著書を各グループに一冊ずつプレゼントされ、「グループ内で回し読みをして、この数日間を共にしたメンバーと今後ともつながりを持ってください。」とコメントされました。修了式後行われた打ち上げパーティーでは、夜遅くまで学生同士のにぎやかな会話が續いていました。

今回参加された学生は、4月下旬から5月末の間にWeb経由で参加申し込みをさせていただきました。物質・生命コースではおよそ50名の申込みがありましたが、参加申し込みの際提出していただいた700字程度の参加志望動機を参考に30人の方を選考させていただきました。講義、演習を担当していただいた先生方からのアンケートへの回答にも見られますが、「志望動機を持って参加した学生達のサマーチャレンジでの活動、そして6日間での成長を目の当たりにしますと、今回物質・生命コースを新設してよかった、そして来年度以降もぜひ継続して行きたい。」と考えています。物構研がサマーチャレンジへの参入を決める前から、加速器からの放射光、中性子、ミュオンの量子ビームを演習に取り入れるか否かの議論はありましたが、大学の夏期休暇、KEKでの加速器運転スケジュール等を考慮して最終的に今回は「オフライン」の演習を行うことにしました。果たして、アンケートの回答では、「量子ビームを取り入れることが望ましい。」との意見が圧倒的であります。来年度以降サマーチャレンジで物質・生命コースを継続していくためには、この大きな問題の打開を図りつつ、そのほかの件についていただいたコメント等も参考に



サマーチャレンジに参加した学生とスタッフ

して、物質科学と生命科学のコミュニティー拡大により貢献できるサマーチャレンジの姿を早急に詰める必要があります。今後とも皆様のご協力とご理解のほどよろしくお願ひします。

## 「XAFS 講習会（応用実習編）－蛍光 XAFS と時間分解 XAFS－」の開催報告

放射光科学第二研究系 仁谷 浩明  
放射光科学第二研究系 阿部 仁  
放射光科学第一研究系 丹羽 尉博  
放射光科学第二研究系 野村 昌治  
先端研究施設共用促進事業 西野 潤一  
先端研究施設共用促進事業 阿刀田伸史

XAFS(X-ray Absorption Fine Structure: X線吸収微細構造)法は、材料科学や環境科学から生命科学に至るまで様々な分野で応用されており、また、放射光の利用により発展してきた代表的な構造解析手法です。近年は、大学ユーザーのみならず、民間企業ユーザーからの利用希望も多く、それに応える形で昨年は「入門実習編」と題してユーザーの裾野を広げる目的で講習会を開催しました。しかしながら、新規ユーザーの獲得と同様に既存ユーザーのレベルアップなくしてXAFSコミュニティの発展はあり得ません。そこで、今年は少し目線を変えて、既存ユーザーを対象に「応用実習編」と題してXAFS講習会を開催しました。内容は「蛍光 XAFS」と「時間分解 XAFS」を中心に設定し、これまでスタンダードな透過法でのXAFS測定しか経験のないユーザーに新しい測定の仕方を学んでいただくことに主眼を置きました。また、昨年は2日間での開催であったのに対し、これまで要望の多かった「解析」に関する講習日を1日追加して3日間の講習会としました。講習会のプログラムは以下の通りで行いました。

### 【10/7 (木)】

12:00-14:30 放射線手続き



図1 一日目の高橋先生の講義の様子

- 14:30-15:00 受付  
 15:00-15:10 開会・事務連絡 (KEK-PF・仁谷浩明)  
 15:10-16:40 講義①蛍光 XAFS の原理と応用  
 (広島大学・高橋嘉夫)  
 16:40-18:10 講義②時間分解 XAFS の原理と応用  
 (KEK-PF・野村昌治)

## 【10/8 (金)】

- 9:30-12:00 実習①蛍光 XAFS 測定 / 時間分解 XAFS 測定 \*  
 12:00-13:00 昼食  
 13:00-17:00 実習②蛍光 XAFS 測定 / 時間分解 XAFS 測定 \*  
 19:00-21:00 懇親会

## 【10/9 (土)】

- 9:30-12:00 解析講義・実習①  
 12:00-13:00 昼食  
 13:00-15:30 解析講義・実習②

\* 実習は蛍光コースと時間分解コースの選択制

今回は3日間合計で32名の参加者があり、内訳は5割が大学、4割が民間企業、残りが公的研究機関からの参加でした。

講習会の1日目は広島大学の高橋嘉夫教授にお越しいただき、「蛍光 XAFS の原理と応用」と題して講演を行っていただきました。透過法と蛍光法の違いから、実験での注意の解説や、PF, SPring-8 で実際に行われている高橋先生ご自身の研究紹介など、大変興味深いお話をいただきました。続いてPFの野村より「時間分解 XAFS の原理と応用」と題して、近年特に利用が進んでいる QuickXAFS 測定法や DispersiveXAFS 測定法に関する原理の解説や触媒開発への応用例などの紹介がありました。

2日目はあらかじめ申込時に決めていただいていたコース(蛍光 XAFS コースと時間分解 XAFS コース)に分かれて、実際にビームラインを使用しての装置解説と測定実習を行いました。蛍光コースではライトル検出器や多素子 Ge-SSD の使用方法や、スリットやフィルターの選び方などを希薄試料の測定を通して体験しました。時間分解コースでは、in-situ での実験セットアップを実際に組み、QuickXAFS や DispersiveXAFS といった測定方法の手順や実験の注意点などを学習しました。このビームラインでの実習は昨年に引き続き参加者の評判も良く、「事前にイメージしていた実験方法と全く異なっていて勉強になった」、「自分の研究に応用できるかどうかの判断の参考になった」などの声をいただきました。

3日目は今回新たな試みとして XAFS データの解析に関する講義・実習ということで、XAFS 解析ソフトウェアの Athena, Artemis の使い方を中心に行いました。参加者の方にはノート PC を用意していただき、講義の進行に合わせて自身でもソフトウェアの操作を行っていただくというスタイルで進めました。解析実習は初めてでしたので準備不足などもありましたが、次回からも続けていこうと思います。

本講習会は3日間開催で最終日は土曜日ということも

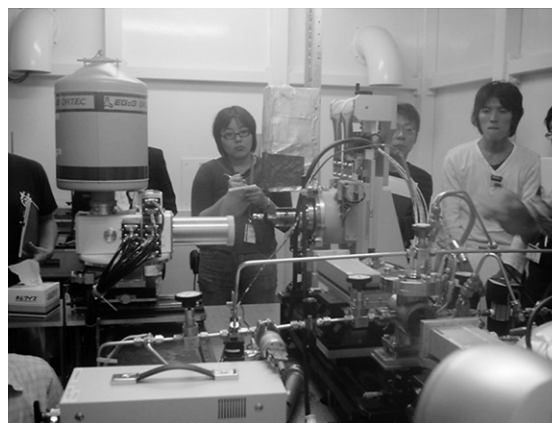


図2 2日目の実習の様子(時間分解コース)

あり、あまり人が集まらないのではと心配しておりましたが、結果としては定員の30名を越す応募をいただきました。今後も毎年の開催を目指し、皆さんの新たな研究のお手伝いできればと思います。なお、講義に使用した資料は本講習会の Web (<http://pfwww.kek.jp/nitani/workshop/2010fall/>) よりダウンロードしてご覧いただけます。

## VUVX-37 (VUVX 2010) について

東京大学物性研究所 柿崎明人

今年7月に開催された VUVX-37 の内容については、前号で岡本氏が要領よくまとめて書いておられるので、ここでは氏が触れなかったことについて述べたい。

専門分野を同じくするものが世界各地から集まる研究集会、いわゆる国際会議に参加するメリットの一つは、そこで行われる研究発表や意見交換で得た情報を自分自身の研究の発展に役立てられることである。会議で講演やポスター発表を行うことによって、これまで教科書や論文の著者名でしか知らなかった大先生と議論することができたり、同じ年代の研究者と意気投合して将来の国際共同研究の機会となることも少なくない。近年、日本で開催される国際会議数も増加し、放射光に関連する分野に限ってみても、ほとんど毎年のように開催されているといっている。海外で開催される会議への日本人参加者も右肩上がり、国際純粋応用物理学連合 (IUPAP) のもとで開催される会議の中には参加者の30%以上を日本人が占めるものもある。

表記の VUVX-37 は、IUPAP のもとで開催されてきた International Conference on X-ray and Inner Shell Processes (1962年から2008年まで21回開催) が Vacuum Ultraviolet Radiation Physics に関する国際会議 (1965年から2007年まで15回開催) にマージする形でバンクーバー (カナダ) で開催された。両者が一緒になった理由は、X-ray and Inner Shell の参加者が以前から減少傾向にあること、また、時代の経過とともにそれぞれの会議で発表される研究



図1 会議での一コマ (撮影：KEK・岡本淳氏)

成果のうち放射光を利用したものがその多くを占め、同じ研究対象について議論されることも頻繁になってきたこと、以前あったような VUV と X 線領域の境界が判然としなくなってしまったことなどである。双方の開催回数を加えた VUVX-37 は、Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics の Conference series としては最初の会議である。

VUVX-37 の参加者は、両者が統合したことによる増加も期待されたが、前回の VUV-15 (ベルリン) よりも少なく 29 カ国から 458 名 (登録人数はこれより多い) であった。国別では、海を隔てた隣国ということもあってか日本が 120 名と最も多く、続いてドイツ (73 名)、カナダ (66 名)、米国 (43 名)、フランス (21 名) などの順である。今回の特徴は、学生が全体の 15% を占め、カナダからの参加者が多かったことである。国際会議は、若い人たちにとってポストクや次のポジション探しの場として利用できるため、会議を開催することは、地元の若手研究者に研究発表だけでなく世界へ向けて進出する機会を与えることにもなる。実際、今回の会議でもそんな活動をしている頼もしい若者を何人も見ることができた。日本の若者が消極的だと思わないが、アジアやヨーロッパの若手が世界に向けて積極的であったことに較べておとなしく見えた。研究環境に恵まれていて国外で研究したり評価される必要性を感じてないということかもしれない。15 年前に東京で開催された VUV-11 で活躍した当時の若手が現在の日本の VUV のアクティビティを支えており、若手研究者の育成は国際会議の開催意義の一つである。

VUVX-37 は、参加者数こそ現地実行委員会 (Co-chairs: A. Hitchcock, S. Urquhart) の予想よりも少なかったものの、よく準備され、その運営もスムーズで会議は成功裏に終了した。岡本氏があげている以外にも注目すべき研究成果があった。とくに、昨年稼働を始めたスタンフォードの XFEL を利用した研究成果は今後のこの分野の発展を予見しているようでもあった。一方、プログラム構成がやや偏重しているという声も聞いた。また、Inner Shell の会議で活躍されていた参加者が少なく、2 つの会議をマージして VUVX としたメリットはあまり活かされなかったように思う。VUVX は、VUV が光子エネルギーを X 線領域まで広げた Conference series としてその役割を果たしていくことになるかもしれない。

次回 VUVX-38 (VUVX 2013) は、合肥 (Hefei, 中国) で開催される。開催地は、会議に合わせて開かれる VUVX

の国際科学委員会 (ISC) で事前になされた開催提案を議論して決められる。地域に関して特に決まりがあるわけではないが、これまでアメリカ大陸、アジア地域、ヨーロッパ地域が輪番で選ばれている。次回に関しては、前回提案してバンクーバーと争った北京が再度立候補すると期待されていたが、会議開催日が近づいても具体的な提案がどこからもなされなかった。このため、会議の 2 週間前になって ISC がアジア地域の全ての放射光施設に VUVX-38 の提案を促した。この事態は、ちょうどその時期に浦項 (Pohang, 韓国) の放射光アジア・オセアニアフォーラムに集まっていた各国の放射光施設代表者間でも話題となり、いくつかの施設が真剣に開催を検討することになった。その後、ISC 開催の前夜になって合肥の国家同步輻射施設から上海の放射光施設と協議した結果をふまえた具体的な提案がなされた。合肥での開催については、2012 年に同じ中国科学院が主催する XAFS や 2013 年同時期到北京で開催される ICPEAC の会議との関係を心配する声もあったが、Ziyu Wu 施設長は、上海でサテライトを開催すること、VUVX-38 やサテライトを ICPEAC と重ならないスケジュールとすること、また、2013 年までには合肥に完成する国際空港の利便性が良くなること、北京、上海両市から高速鉄道で行けること、大都会にはない魅力が合肥にあることなどを示して懸念を払拭した。提案者の熱意が ISC の心配を一蹴して、VUVX-38 は 2013 年夏に合肥で開催することに決まった。

今回の会議中、新たに設けた Conference Award と Student Award の授賞式とその受賞講演があった。Conference Award は原子・分子分野では U. Hergenbahn に、固体物理分野は E. Rotenberg に贈られた。また、Student Award は台湾の S-Y. Liu が受賞した。理研に籍をおいて SPring-8 で行った研究が授賞対象である。両賞とも被推薦者の 25% を日本人が占め、アクティビティの高さを示したが受賞にはいたらなかった。国内外から支持される被推薦者が少なかったことも一因であろう。結果について分析しても仕方ない。次回は日本人からも受賞者が現れることを期待したい。



図2 ウェルカムレセプションで談話する会議参加者たち (撮影：千葉大・坂本一之氏)

# ユーザーとスタッフの広場

## 日本放射光学会第二回若手研究会 「顕微分光のフロンティア」に参加して

### ◇ユーザー受賞記事

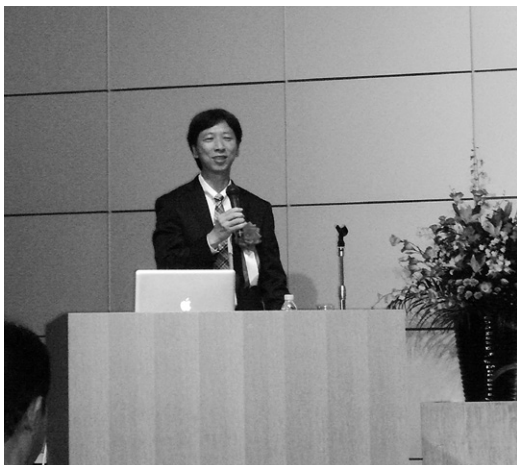
放射光科学第二研究系 仁谷浩明

### 藤田 誠氏 第7回江崎玲於奈賞を受賞

9月27日、江崎玲於奈賞、およびつくば賞・つくば奨励賞の授賞式がつくば国際会議場にて行われました。江崎玲於奈賞は国内の研究機関においてナノサイエンスあるいはナノテクノロジーに関する研究を対象とし、(財)茨城県科学技術振興財団、つくばサイエンス・アカデミーが主催しているものです。

第7回となる今年は、自己組織化によるナノ構造物質創成の先駆的研究で東京大学大学院工学研究科・応用化学専攻の藤田誠(ふじた まこと)教授が受賞されました。自然界ではDNAがひとりでの相手の鎖と二重らせん構造を作るように、複雑な高次構造が自発的に生成します。藤田教授は、このしくみを利用して、人工的に分子の集合体を自発的に構築させる研究に長年取り組んでいます。そしてそれらの構造体の構造解析には、KEK放射光科学研究施設(フォトンファクトリー)が重要な役割を果たしています。

本研究の解説は過去News@KEKでも紹介されています。特に、人工的に作った分子では世界最大級の72個の構成成分から成る球状物質は国際的に注目を集め、今回の受賞にもつながりました。



受賞の喜びを語る藤田氏

2010年8月3日から2日間にわたり日本放射光学会第二回若手研究会が東京大学にて開催されました。この若手研究会は昨年からはじまり、第一回の2009年は大阪大学にて「X線ナノ集光技術研究会」と題して開催されておりました。第二回はJASRIの小嗣真人さんを中心に「顕微分光のフロンティア」というテーマでの開催となりました。二年連続で“ナノ”、“顕微”といったキーワードが選ばれたということは、ユーザー側から見れば物質のミクロな構造を詳しく解析したいというニーズが高いということであり、一方で施設側からすればFELやERLといった次世代の光源、または現施設のアップグレードの方向性を決める上で注目されているキーワードであることが伺えます。私自身はPFにおいて硬X線XAFSビームラインを担当していますが、最近はユーザーから数十マイクロン、場合によってはサブマイクロンオーダーの分解能でのXAFS測定をしたいとの声もよく聞きます。今回の研究会に参加することで実際にユーザーとしてはどのようなX線もしくは測定装置を必要としているのかを調査し、施設としてどのような工夫ができるのか考えてみる機会にしたいと思いました。

研究会当日は大変な猛暑でしたが、開会前から会場には多くの人が集まっていました。プログラムは尾嶋放射光学会会長の「外も暑い、会場内ではさらに熱い議論を」との挨拶から始まりました。今研究会は事前登録だけで93名と前回第一回の参加者90名をすでに超えていたとのことで、尾嶋会長の言葉通り熱い議論が繰り広げられました。両日とも前半は研究発表のセッションであり、顕微分光技術、次世代光源、ナノ磁性・スピントロニクス、磁気イメージング技術に関する計18件の発表が行われました。今研究会の話題の中心はPEEM(Photoemission Electron Microscopy)技術でしたが私はこの分野の知識はあまりありませんでしたので、この研究会を通じてPEEMの測定技術の現状や、求められているX線の輝度、AFMや



日本放射光学会第二回若手研究会参加者の集合写真



放射光 MVP 賞授賞式の様子

STEM といった他の顕微技術との比較など非常に多くの新しい知識を得ることができました。中でも一番興味を持ったのが STXM (Scanning Transmission X-ray Microscopy) に関する話題でした。この手法はナノビームの走査により吸収コントラスト像を得る手法であり、私が日頃行っている XAFS 測定と原理は同じであります。驚いたのは日本には STXM の実験ステーションが1つも無いということでした。本研究会で発表されていた STXM ユーザーの方々には「日本の施設にも STXM 装置を導入してほしい」と必ず訴えていたのが印象的でした。先述のように XAFS ユーザーからもマイクロビーム、ナノビームの必要性を聞くことも多々あり、両者が必要としているシステムは最終的には同じものなのではないかと考えると、今後の XAFS 実験ステーションの発展として STXM のような顕微手法の可能性も考慮すべきであると考えさせられました。

また、今研究会のプログラムの特徴として、両日後半は研究発表のセッションとは別に“Espresso”と題したセッションが設けられていました。一日目は「ニーズ話題提供 Espresso」ということで、メモリー素子やナノ磁性体、カーボンナノチューブ、毛髪組織さらには隕石まで実際の開発・研究現場でどのような手法で研究が進められて、どこに問題点があるか、またどのような顕微技術がその解決に必要であるかなど、実際のユーザーからの様々なニーズの発表がありました。これに対し二日目は、「シーズ話題提供 Espresso」と題したセッションが開催され、広角対物レンズを用いた顕微光電子分光装置や硬 X 線 PEEM 等の紹介がなされました。一日目のニーズ発表の中で示された疑問点に対する回答などもやりとりがあり、非常に効果的なセッションの組み方であったと感じました。研究会の Web ではすでにアンケート結果が公表されていますが、この中に“放射光顕微技術の利用に向けてどのような支援が必要ですか?”という設問があります。回答の上位を見ると、情報提供、相談窓口、実験・解析支援とあることから施設で働く人間として積極的な情報発信が重要であることを再確認しました。

最後に、今回から“放射光 MVP (Most Voted Presenter) 賞”が新設され、研究会参加者の投票により齊藤彰さん(阪大)、藪田ひかるさん(阪大)、甲野藤真さん(産総研)、久保淳さん(筑波大)、大河内拓雄さん(JASRI)の5名が受賞されました。

## 「放射光基礎講習会」に参加して

放射光科学第一研究系 酒巻真粧子

残暑厳しい8月17-18日、東京大学本郷キャンパスで行われた第2回放射光学会 放射光基礎講習会「入門者のための放射光技術」に参加しました。10時開始の5分程前に会場の工学部5号館52号講義室に着きましたが、既に大勢の参加者で席が埋まっていました。学生や企業、研究所の方々が同じくらいの割合で参加されていたようで、幅広い年齢層が見られました。立派な講義ノートを受け取り、その場で「放射光ビームライン光学技術入門」を購入し、講義に臨みました。

放射光学会会長である尾嶋先生の挨拶からはじまり、続いて JASRI の大橋先生から、本講習会の目標についてご説明いただきました。目標は「放射光を使いこなすための基礎知識を得ることによって、ビームライン技術者とユーザーが共通言語を使えるようにする」ことで、「自分の研究ではどのような光の特性が必要なのかを、その言語を使って施設担当者にぶつけて欲しい」という明快的なメッセージをいただきました。ビームライン技術は大変難しく、敷居が高いという印象を持っている参加者が多かったようですが、このメッセージを聞いて納得する姿が多く見られました。

その後、理研・播磨の田中先生から「光を作る」と題した講義があり、相対性理論や放射光源についての非常に基礎的なお話から、放射光活用に必要な実用知識、最後に次世代光源についてのお話をいただきました。最初から最後まで非常に興味深く面白い講義でした。特に自分の研究はアンジュレタビームライン BL-16A における作業が中心なので、今さらではありますが、放射光源の比較やアンジュレタ放射の特性について、多くの知識が得られたことは非常に有意義でした。基礎知識に関しては、新しい知識に加え、正しい意味を知らずに普段なんとなく使っている用語の説明を聞くことができ、解釈の補正をすることができました(例えば、時間的(あるいは空間的)にコヒーレントであるとは?など)。そんなに難しい式を使うことなくわかりやすい講義をして下さったので、初心者向けの講習として大変親切だったと思います。



図1 講義中の様子(東大 尾嶋先生からいただきました)





図2 技術交流会の様子 (JASRI 木村先生からいただきました)

お昼は東大生協の中央食堂で食べました。お盆休み直後にも関わらず、多くの学生や教員の方々が賑わっており、自分も学生時代に戻った感覚で気分よく食事をとりました。

午後前半は分光器の話で、X線と真空紫外・軟X線領域に分けて講義が行われました。前半ではJASRIの山崎先生より分光結晶の駆動機構、結晶の材質や特性、特に熱負荷の問題と冷却機構について詳しい説明をいただきました。後半ではPFの雨宮先生より、まずミラーによる集光と平行化についての説明をいただいたあとに、回折格子を使った光の単色化の原理と利用例について、非常に系統だったわかりやすい講義をいただきました。回折格子の役割は「波長を角度に変換すること」、回折格子を用いた光の単色化の原理は「分散と集光」であるなど、イメージしやすい簡単な言葉で説明されたので、皆さんの記憶に強く残っていると思います。また、分解能や強度・純度を上げるためのポイントを、多くの経験に基づいた理路整然とした理屈に沿って説明されたので、大変勉強になりました。

続いて午後後半は「光の形を整形する」と題してミラーと回折・屈折素子を使った集光技術についての講義でした。それぞれの長所と短所を相補するように用途に応じて使い分けており、またそれぞれの特性や仕組みも全く異なるので情報量が非常に多く、時々フォローできないところもありました。このへんの話は再度ノートを見直す必要があるようです。

初日の講義後18時から同じ棟で技術交流会がありました。実は自分は出席する予定では無かったのですが、たくさんの人とお寿司に魅せられ参加することにしました。尾嶋先生による乾杯の後、講演者の方々がたくさんの相談者に囲まれて熱心にお話されているのが印象的でした。自分は尾嶋先生やJASRIの木村先生、大学時代の先輩たちとお話でき、とても楽しい時間が過ごせました。

2日目の講習はXAFSや光電子分光、タンパク質結晶構造解析やX線自由電子レーザーについての講義でしたが、残念ながら参加することが出来ませんでした。ビームライン技術については現場で学ぶことが圧倒的に多いので、落ち着いて学べる講習会は大変ありがたいです。この場をお借りして尾嶋先生をはじめとする放射光学会関係者の方々にお礼申し上げたいと思います。

## 日本 XAFS 研究会夏の学校に参加して

放射光科学第一研究系 丹羽尉博

2010年8月5日～7日に日本XAFS研究会主催の「日本XAFS研究会夏の学校」が開催されました。これまでも合宿形式でのXAFS関連の勉強会を開催しようという話は何度もあったのですが、日本XAFS研究会企画幹事の山本孝先生(徳島大学)と木村正雄氏(新日本製鐵(株))の音頭で今回が満を持しての第一回目の夏の学校となりました。第一回目の夏の学校では「若手(含む自称)への啓蒙や新規ユーザー拡大のために、通常の学会やXAFS討論会では取り上げにくいような内容を自由な雰囲気ですりディスカッションできる場を提供する」という趣旨で2泊3日の合宿形式で行われました。会場となったのは京都市左京区の関西セミナーハウス。このセミナーハウスは宿泊施設を併せ備えた研修施設で、大小様々な会議室に加えなんと能舞台や茶室までが備えられており、まさに「京都」を感じさせてくれる施設でした。またここは京都市の歴史的風土特別保存地区に位置した閑静な環境で、徒歩圏内に曼殊院、修学院離宮、詩仙堂、一乗寺下り松などの名跡がある大変ぜいたくな立地条件でした。今年の夏は全国的に大変な猛暑で夏の暑さで有名な京都も御多分に洩れず大変な酷暑であったにも関わらず、学生、大学関係者、企業関係者合わせて57名の参加者が集いました。プログラムは以下のとおりです。

### 1日目(8月5日)

- 13:00 参加受付
- 14:00 講義: EXAFS 解析における落とし穴  
(立命館大学 渡辺巖氏)
- 15:45 自己紹介(参加者全員による簡単な自己紹介)
- 18:00 夕食
- 20:00 XAFS データ解析の実習(事前課題の提供と回答講義)(名古屋大学 田淵雅夫氏)

### 2日目(8月6日)

- 9:00 話題提供: 私が XAFS 研究に取り組み始めた際の悩み(KEK-PF 丹羽尉博)
- 10:30 講義: XAFS 解析の実際  
(北海道大学 朝倉清高氏)
- 12:00 昼食
- 13:30 若手参加者からの口頭発表  
XAFS による Cu(In, Ga)Se 化合物の構造の解析  
(龍谷大学 山添誠司氏)  
XAFS による Fe 酸化物の還元挙動解析  
(新日本製鐵(株) 高山透氏)  
XAFS を用いた鈴木・宮浦カップリング反応におけるトランスメタリ化反応中間体の推定  
(京都大学 朝倉博行氏)

炭素-炭素結合形成反応に有効な Ru 種の局所構造解析

(京都大学 三浦大樹氏)

XAFS を用いた Cu 錯体内包 Y ゼオライト触媒の局所構造解析

(神戸大学 井上賀貴氏)

デンドリマー内包サブナノ Pd クラスターの調製と水素化触媒能

(大阪大学 水垣共雄氏)

放射線廃棄物関連酸化物の XAFS による評価

(徳島大学 沼子千弥氏)

16:30 XAFS CAOS の頃 (白岩俊男氏)

18:00 食事, 懇親会

20:00 パネルディスカッション:

事前に募集した話題・質問への情報提供

パネリスト: 渡辺巖氏, 朝倉清高氏, 田淵雅夫氏,  
谷田肇氏, 丹羽尉博

### 3 日目 (8 月 7 日)

9:00 話題提供: ビームライン担当者の立場からのアドバイス

(京都大学 谷田肇氏)

10:00 話題提供: 気相・液相中における Pd/ ゼオライト触媒の *in situ* XAFS による構造解析

(鳥取大学 奥村和氏)

11:00 総合討論

12:00 解散

今回の夏の学校では大きく分けて、講師の先生による講義、話題提供、実習、若手参加者による研究発表、全員がざっくばらんに質問できるパネルディスカッションの5つの企画が催されました。渡辺巖先生(立命館大学)、朝倉清高先生(北海道大学)による講義ではいわゆる教科書的な勉強やサイエンスベースの話ばかりではなく、講師の先生方がご自身の研究で実際に扱われた生きたデータや資料を教材として提示して頂き、講師の先生ご自身が実際にそのデータを解析する際に注意したこと、苦労されたことなどをもとに極めて実践的なお話をして頂きました。田淵雅夫先生(名古屋大学)による解析実習では数週間前にあらかじめ実習用の課題が与えられ、実際に先生が壇上で解析を行うことで回答を示すという形で実施されました。与えて頂いた課題のデータもやはり先生がご自身の研究で実際に測定されたもので、解析がなかなか難しく、講習会などでよく使用されるような理想的なサンプルとは一味違う骨のあるものでした。しかしこのような一筋縄ではいかない難しいデータを解析する際に、先生方がどのようなテクニックを駆使しているのかを知ることが出来るのは、学生さんや若手研究者にとっては大変な収穫だったのではないのでしょうか。話題提供では僭越ながら著者も話題提供者の一人として、XAFS 研究を始めたばかりで右も左も分からなかった頃失敗したことや、疑問に思っていたことなど聴



参加者の集合写真

を忍んで話させて頂きました。白岩俊男先生には「XAFS CAOS の頃」というタイトルで、日本における XAFS を用いた研究の黎明期や XAFS 理論の発展の歴史など貴重なお話を伺うことができました。谷田肇先生(京都大学)の話題提供では元ビームライン担当者という立場からのアドバイスということで、実験および解析手法的なことのみならず、どのような課題申請書を書くべきか、というある意味では XAFS 実験を行う上で最も重要なことに関するお話を頂きました。奥村和先生(鳥取大学)には XAFS を用いたパラジウム触媒の研究に関する大変興味深い話題を提供して頂きました。この中には Quick XAFS や Dispersive XAFS による時間分解 XAFS を用いた *in situ* 測定 of データも含まれており、*in situ* 実験で実際に苦労された点などを伺うことが出来ました。今後時分割測定を行おうと考えている方にとっては、実際の測定の雰囲気や少しでも感じられる講演であったと思います。若手参加者による研究発表ではいわゆる学会発表とは違い、まだ XAFS は測定していないけれどこれから XAFS を測定したいとか、今 XAFS 解析のここで躓いているといった発表もあり、発表者にとっては経験豊富な講師陣や、同様の研究を行っている他の参加者から多くのアドバイスを与えられ非常に有意義だったのではないのでしょうか。2 日目夜に行われたパネルディスカッションでは全員がビールを片手に(!?) かなりざっくばらんな雰囲気の中で事前に募集した話題・質問に対してパネリストが適宜回答してゆくというものでした。話題の多くは自分が苦労している解析や測定についてであり、その質問に対して百戦錬磨の先生方が丁寧に回答してくれるというのは大変贅沢な時間だったと思います。

一日の講義が終わってもいつでも講師の先生を捕まえて時間の制限なく質問、議論できるというのは、このような合宿形式ならではのメリットでしょう。また連日誰が言い出すわけでもなく宿泊施設の一角に参加者が三々五々参集し、盛大な宴会が始まっていました。老若男女入り乱れて様々な議論が展開されていましたが、これも合宿効果でしょうか、通常の学会の際の懇親会、二次会と違い、全員がかなり打ち解けた雰囲気であると感じました。このように、2 泊 3 日に亘って XAFS に関する熱い議論が出来たこ

とが評価に値するというは言うまでもありませんが、寝食を共にし議論することで気心が知れ、新たなヒューマンネットワークの構築が出来たことが何よりも意味深く、若手研究者にとっては良い財産になったのではないのでしょうか。著者自身にとっても大変良い財産になったのは間違いなく、このような企画に参加することができて本当に良かったと思います。

最後になりましたが、この夏の学校を企画し大成功に導いて下さった山本孝先生、木村正雄氏、また3日間に亘って会場係として活躍頂いた徳島大学山本研究室の学生の皆様にこの場を借りて心より感謝申し上げます。次回の夏の学校は徳島大学の沼子千弥先生の企画で来年実施される予定と聞いております。来年も大変楽しみです。

## 界面計測のための高効率・高分解能光電子分光装置の開発

東京大学大学院工学系研究科  
豊田智史, 堀場弘司, 組頭広志, 尾嶋正治

### 1. はじめに

量子ナノ分光グループでは、主に機能性酸化物界面の電子状態計測を目的としてBL-2Cに角度分解光電子分光装置を設置して研究を行っています。装置はユーザーの競争的資金で建設され、維持管理などは尾嶋研究室のメンバーが行っています。2002年頃からレーザー分子線エビタキシー（レーザー MBE）法により作製した酸化物薄膜の *in-situ* 光電子分光解析システムが開発され、この分野のパイオニアとして酸化物ヘテロ界面の研究をリードしています。また、「高エネルギー分解能 & 高フラックス」ビームラインであるBL-2Cと角度分解光電子分光を組み合わせることにより、高誘電率 (high- $k$ ) ゲート絶縁膜における化学結合状態の深さ方向プロファイリングなどの先駆的な研究を行ってきました。しかしながら、建設当時では画期的であった本装置も、世界各国の第三世代放射光施設における軟X線光電子分光技術などの進展に伴い、システムの古さが目立ってきました。そこで、高性能と使いやすさを両立させた新たな光電子分光装置の建設をスタートさせました。主な達成目標は、

- 1) 高エネルギー分解能で高効率な (高 S/N 比の) 測定を可能にすること,
- 2) 「界面計測」に主眼をおいた装置レイアウトを取ることにより、角度分解測定時における検出効率を大幅に向上させること,
- 3) 装置移設の手間を省くために、装置一式を架台に組み込み (All-in-one 架台) ホバークラフトによる装置移動を可能にすること,
- 4) 使いやすい「ユーザーフレンドリーな」装置を目指して測定自動化、および解析ソフトの整備を進めること、です。

### 2. 実験装置レイアウト

図1に開発した角度分解光電子分光装置の概略図を示します。酸化物薄膜の作製装置 (レーザー MBE 成膜装置) や試料搬送システムは従来のものを踏襲しました。主な改良点はメインチェンバーで、光電子分光アナライザーに VG Scientia 社の高分解能アナライザー (SES2002) を、試料駆動に AVC 社の 5 軸マニピュレータ (*i-GONIO*) を新しく用いました。これらの詳細は後述いたします。チェンバー下部には、 $10^{-10}$ ~ $10^{-11}$  Torr 台の超高真空を保持するため磁気浮上型ターボ分子ポンプ、イオンポンプ、サエスゲッターポンプを取り付けています。また、図中には示されていませんが、装置架台の下部にホバークラフトによる移動システムを搭載しています。以前は、ビームタイムごとに装置をすべて分解して、ビームライン架台の上で組み直す作業が必要でした。そのため、せっかくビームタイムが確保出来ても最初の1週間は装置の組み上げやベーキングに追われ、ビームタイムを無駄にしていました。そこで、全ての装置とコントローラを架台に組み込むことで、架台ごと光電子分光装置を移動するシステム (All-in-one 架台システム) に改良しました。All-in-one 架台の移動中においても、イオンポンプでバックアップを取ることで、 $10^{-10}$ Torr 台の超高真空を保つことが可能です。ビームラインに設置後は、ビームラインとの接続排気ダクトを用いることで、ほぼビームタイムの始まりと同時に実験が開始できます。これにより、移設作業の省力化とともにビームタイムも効率的に使用できるようになりました。なお、ホバークラフトはユーザー共用架台および発光分光器用架台にも取り付けられており、ユーザータイム交代時の装置移動がかなり簡便に進むようになっています。

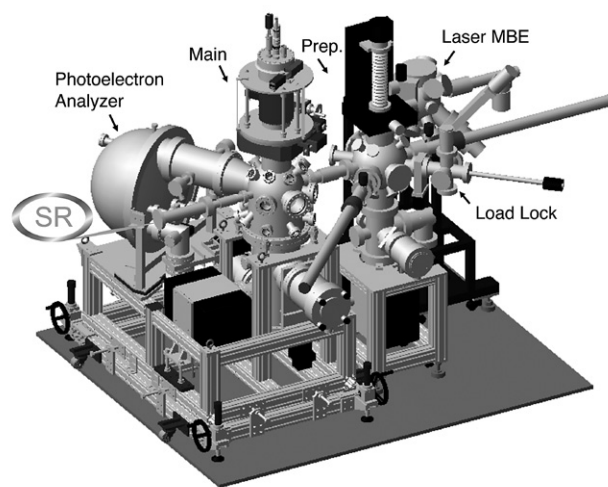


図1 新しく開発した *in-situ* 角度分解光電子分光装置。メインチェンバー、プレップチェンバー、ロードロック、レーザー MBE 成膜チェンバーの4槽から構成され、それぞれ超高真空で連結されている。全ての装置とコントローラは架台に組み込まれており、ホバークラフトにより架台ごと光電子分光装置を移動できる (All-in-one 架台システム)。

### 3. エネルギー分解能の向上

新しく立ち上げた光電子分光装置では、従来の装置（VG Scienta 社 SES100）と比較して、エネルギー分解能が格段に向上しました。図2に示すように、金のフェルミ端スペクトルをフィッティングして評価したところ、光エネルギー 600 eV におけるエネルギー分解能は 62 meV でした。これまではどうしても 100 meV を切るができなかったため、大幅なエネルギー分解能の向上が実現できたといえます。SES2002 では光電子の軌道半径が 200 mm であり、従来の装置の 100 mm と比べてアナライザー自体のエネルギー分解能が2倍になります。さらに、検出器として二次元ディテクターを使用しているため、そのスケールメリットの関係上、検出効率としても一桁程度明るくなっています。そのため、ビームラインのスリットを閉めても十分な S/N 比のスペクトルを得ることができるようになったことで分解能が向上したと考えられます。他のエネルギー領域でも分解能評価したところ、BL-2C の光エネルギー範囲 400-1200 eV で、 $E/\Delta E = 10,000$  程度の世界最高レベルの分解能が達成されています。また、フラックスの観点からは、軟 X 線領域の光電子分光装置としては SPring-8 の光電子分光装置（たとえば、BL25SU）を凌駕します。「えっ!？」と思われた読者の方もいるかと思いますが、これは、「光が広がっているために輝度は低い、フラックス自体は高い」といった PF の光の問題をカバーするために、アナライザーの視野（試料上の検出している領域）内に BL-2C からの光スポットが全て収まるように装置設計したためです。これにより 800 eV 以下の領域では、測定効率として SPring-8 と比較して一桁高い性能が得られています。

図3に Si 基板上に作製した 1.0 nm SiO<sub>2</sub> 膜からの光エネルギー 800 eV における Si 2p 内殻光電子スペクトルの測定例を示します。横軸は基板からのシグナルを基準として相対結合エネルギーの値として規格化しています。SES2002 で測定すると、Si 基板からのシグナル (Si<sup>0</sup>) の 2p<sub>3/2</sub> と 2p<sub>1/2</sub> スピン軌道成分がきれいに分裂している様子が見て

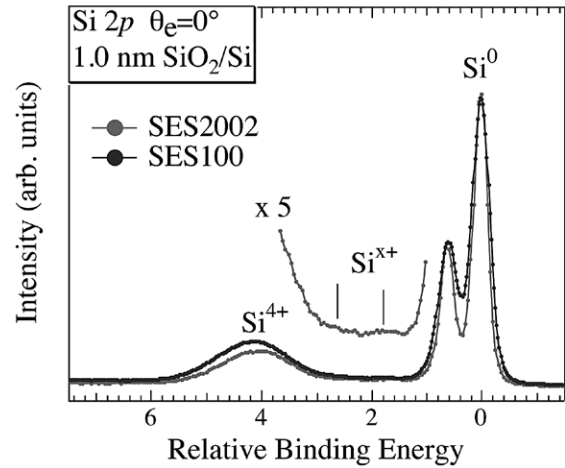


図3: Si 基板上に作製した 1.0 nm SiO<sub>2</sub> 膜からの Si 2p 内殻光電子スペクトル。

取れます。また、相対結合エネルギー 2 eV 付近を拡大してみると、サブオキサイド (Si<sup>x+</sup>) も観測できております。これは SiO<sub>2</sub> と Si 基板の界面において極微量に分布する成分ですが、スペクトル形状から成分の存在を確認できます。このようなスペクトルは積算時間1分くらいで取得でき、非常に高効率な界面計測が可能となっています。

### 4. 角度分解測定のス/N 向上

角度分解光電子分光はよく知られた手法で、光電子の射出角度を変えることによって脱出深さを変化させることができ、薄膜の構成元素の深さ方向分析を行うことが可能です。しかしながら、検出角度依存性のデータはばらつきが多いため、できるだけ S/N 比の良いスペクトルを短時間で取得する必要があります。そこで、角度分解データを効率良く取得するため、2軸の回転が可能なマニピュレータを用いることにしました。マニピュレータの垂直軸に対する方向 ( $\theta$ ) の回転に加えて、入射光の軸に沿って傾斜させ

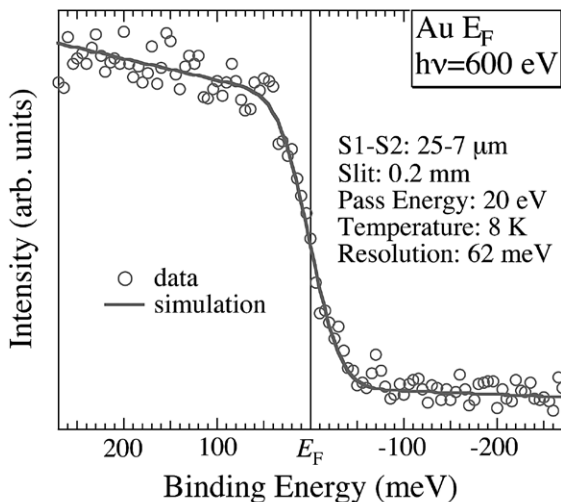


図2: SES2002 光電子アナライザーを用いて測定した金のフェルミ端スペクトル。

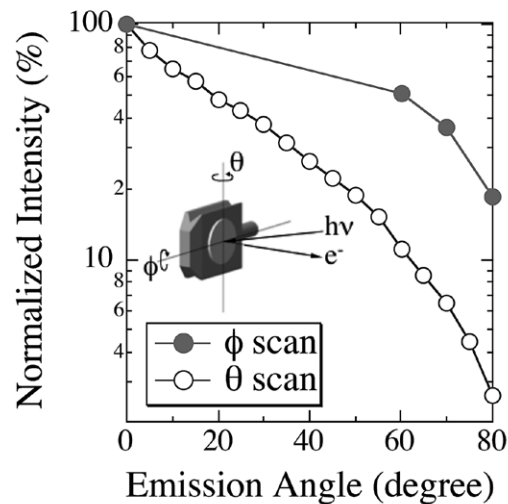


図4: 規格化した Au 4f 内殻準位スペクトル強度の光電子検出角度依存性。図中内部に光電子分光測定時の極角 ( $\theta$ ) および傾斜角 ( $\phi$ ) の幾何学的配置を示す。

る方向 ( $\phi$ ) の回転もでき、これにより光の入射方向を斜入射条件に保ったまま角度分解測定が可能となります。図4に、 $\theta$ 回転と $\phi$ 回転でAu 4f内殻光電子強度の角度分布を評価した結果を示します。光電子放出角度は垂直放射方向を基準 ( $0^\circ$ ) としています。それぞれの方式で光電子強度減衰の度合いを調べたところ、 $\theta$ 回転では検出角度  $60^\circ$  で  $1/10$ 、 $80^\circ$  で  $1/30$  程度まで減衰します。これは検出角度を大きくすると光が直入射条件に近づくためであると考えられます。一方、 $\phi$ 回転では、 $60^\circ$  で  $1/2$ 、 $80^\circ$  で  $1/5$  程度であり強度の減衰を抑制できていることが見て取れます。複雑な構造試料の深さ方向分布を解析するためには、高検出角度条件でのデータをS/N良く取得する必要があるので、 $\phi$ 回転の条件がより効率の良い測定であると言えます。このようにBL-2Cの性能にマッチした装置レイアウトを採用することで、界面計測においてアナライザーの検出感度向上と合わせて一桁から二桁程度の検出効率向上を達成しました。

## 5. 使いやすさの向上

本装置は様々なユーザーが使用することを考慮して、「高性能を使いやすく」することに関しても配慮しています。具体的には、CCDカメラを用いて試料の状況をモニターしながら試料搬送や測定を行うことや、ステップングモーターによって試料を自動的に測定位置まで再現性よく移動できるようにしています。試料を評価槽に搬送してしまえば、後は机の上で位置合わせや角度分解測定などの操作が可能となっています。また、解析ソフトやマクロの整備も行っており、数百本の角度分解スペクトルのフィッティング解析なども数分程度で処理できます。これらに関してはまだまだ改良の余地はあると思いますが、ユーザーグループの皆さんとのやりとりを通じながら、できるだけ簡便で効率よく成果を出していけるような工夫をしていきたいと考えております。

## 6. まとめ

以上、新しく開発した角度分解光電子分光装置について簡単に報告しました。現在のスペックをまとめると、以下のようになります。

1. 光エネルギー範囲 : 300 - 1400 eV
2. 最高エネルギー分解能 :  $E/\Delta E=10,000$  (実質的な角度分解測定としては  $E/\Delta E=5,000$  程度)
3. 試料温度 : 10 - 400 K
4. 角度分解能 :  $< 0.1^\circ$
5. 角度範囲 :  $\theta$  回転 任意,  $\phi$  回転  $-10^\circ \sim 90^\circ$
6. 真空度 :  $2.0 \times 10^{-10}$  Torr 以下
7. 2軸試料角度走査による軟X線角度分解光電子分光によるフェルミ面マッピング, およびX線吸収分光の線二色性 (LD) 測定が可能
8. レーザー MBE 法により作製された酸化物薄膜などの *in-situ* 測定が可能

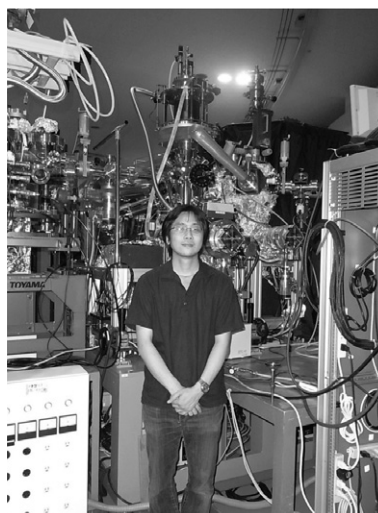


図5  
BL-2C ビームラインに設置した角度分解光電子分光装置と著者。

## 7. 謝辞

本光電子分光装置の開発に関しまして、尾嶋研究室のスタッフならびに学生の皆様の協力が不可欠でした。今後も、ビームラインスタッフの皆様、ユーザーグループの方々とも協力し、光電子分光実験の向上に努めてまいります。よろしくお願いたします。

本研究は、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共同利用実験特別課題 (2008S2-003) の支援の下に行われました。また、本装置は下記の競争的資金により建設・運営を行っております。JST-CREST「超高輝度放射光機能界面解析・制御ステーション」(研究代表者: 尾嶋正治 2006年度~2011年度), 半導体理工学研究センター STARC 共同研究「High-*k* 絶縁膜の高分解能コンビナトリアル放射光解析」(研究代表者: 尾嶋正治 2004年度~2009年度), 科研費若手研究 A「強相関酸化量子井戸構造のフェルミオロジー (A19684010)」(研究代表者: 組頭広志 2007年度~2010年度), 科研費基盤 A「遷移金属酸化物界面における新規強相関電子状態の放射光分光と探索 (A19204037)」(研究代表者: 藤森淳 2007年度~2009年度), JST さきがけ「ナノキャパシタ構造を用いた低環境負荷メモリの開発」(研究代表者: 組頭広志 2009年10月~2013年3月)。

修士論文紹介コーナー

La<sub>0.5</sub>Sr<sub>1.5</sub>MnO<sub>4</sub> における電荷・軌道秩序に対する不純物効果の研究

八巻佑樹  
 東北大学大学院理学研究科



【修士号取得大学】東北大学  
 【実験を行ったビームライン】BL-3A, BL-4C

系の電子自由度の秩序状態は外場やキャリアドーピングなどにより大きく変化するが、一方で僅かな不純物によっても影響を受けることがある。本研究では電子自由度秩序の中でも電荷・軌道秩序に注目し、その典型物質である La<sub>0.5</sub>Sr<sub>1.5</sub>MnO<sub>4</sub> の Mn サイトを不純物 (Cr, Fe, Ga) で 3% だけ置換したのに対して、PF BL-3A と BL-4C において共鳴 X 線散乱 (RXS) 実験を行った。RXS 実験では電荷・軌道の自由度を担う電子の秩序状態を観測することができる。この実験によって、不純物置換が電荷・軌道秩序に及ぼす影響や、置換する不純物の種類による影響の違いなどを解明することを目的とした。

図 1(a), (b) にはそれぞれ、電荷秩序と軌道秩序を反映した逆格子点における RXS 強度のエネルギー依存性を示している。La<sub>0.5</sub>Sr<sub>1.5</sub>MnO<sub>4</sub> の Mn サイトを Ga イオンで 3% 置換した物質 (Ga 3%) では、強度は弱いながらも不純物で置換していない母物質 La<sub>0.5</sub>Sr<sub>1.5</sub>MnO<sub>4</sub> (Pure) と同様に、Mn-K 吸収端の共鳴エネルギーにおいて RXS 強度を観測することができた。しかし、Cr イオンと Fe イオンで置換した物質 (Cr 3% と Fe 3%) では、電荷秩序と軌道秩序を反映した RXS 強度は観測することはできなかった。観測される RXS 強度は秩序の度合いを表しているため、RXS 強度が観測された Ga 置換に比べて RXS 強度が観測できなかった Cr 置換・Fe 置換では大幅に秩序が抑制されていると考えられる。

以上の結果から、

- ・今回用いた不純物イオンにおいては、その全てで置換に伴い電荷・軌道秩序が抑制される
- ・Ga イオンに比べ、Cr イオンと Fe イオンでは大きな抑制効果を示す

ということが分かり、置換する不純物の種類による影響の違いが明らかになった。

Ga イオンと Cr, Fe イオンでは、持っているスピンの大きさが異なっている (Cr<sup>3+</sup>: S = 3/2, Fe<sup>3+</sup>: S = 5/2, Ga<sup>3+</sup>: S = 0)。この違いから、不純物イオンのスピンと母物質の Mn イオンのスピンとの磁気的な相互作用が、電荷・軌道秩序状態の抑制に強く影響していると考えられる。

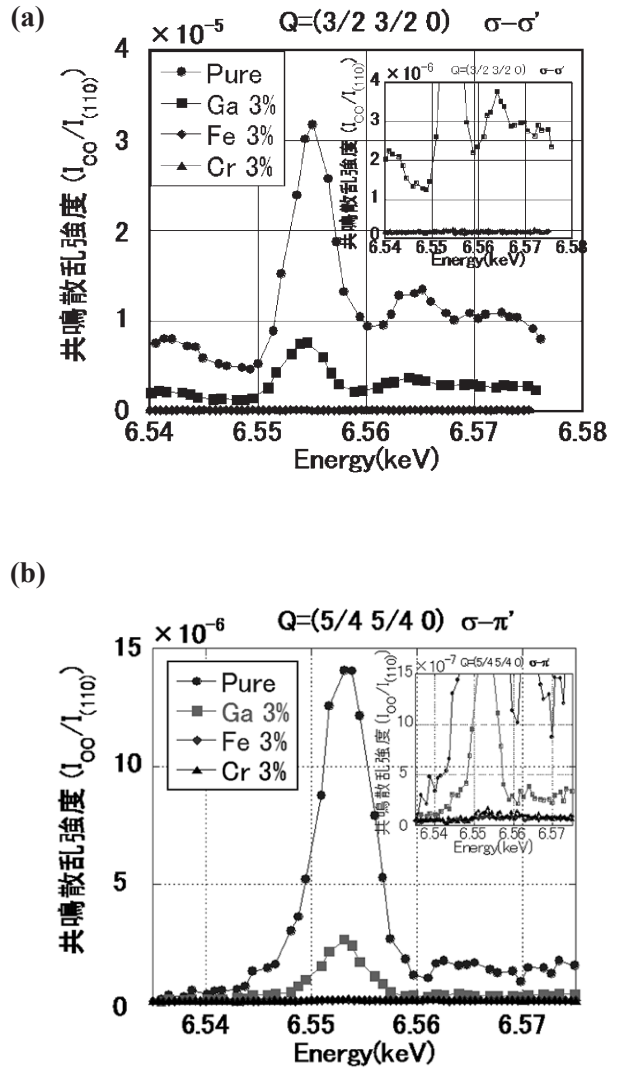


図 1 (a) 電荷秩序を反映した指数 (3/2 3/2 0) における各試料の RXS 強度のエネルギー依存性。(b) 軌道秩序を反映した指数 (5/4 5/4 0) における各試料の RXS 強度のエネルギー依存性。

謝辞

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所構造物性センターの村上洋一教授、中尾裕則准教授、山崎裕一助教には X 線散乱実験に関してご指導いただきました。また、ERATO マルチフェロイックプロジェクトの金子良夫博士、十倉好紀教授には試料を提供して頂きました。深く感謝いたします。

## PF トピックス一覧 (7月～9月)

KEK では 2002 年より「トピックス」、「ハイライト」、「プレスリリース」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が、PF のホームページ (<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>) でも、それらの中から、または PF 独自に記事を作成して掲載しています。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>) をご覧下さい。

2010 年 7 月～9 月に紹介された PF トピックス一覧

- 2010/7/1 北海道大学と KEK が連携協力協定を締結 ー 日本中の研究者が活用できる触媒の構造・機能解析システム発展に寄与ー
- 2010/7/8 乾燥に負けない植物を作る！ ～ 乾燥ストレススイッチのからくりを解く～
- 2010/7/13 国立大学協会関東甲信越地区支部所属 14 大学では「国立大学法人運営費交付金」の削減反対共同声明を発表しました。
- 2010/8/23 核酸のように振る舞うタンパク質を明らかに
- 2010/8/31 大学生のための素粒子・原子核、物質・生命科学スクール(サマーチャレンジ)が開催されました。
- 2010/9/1 ひと夏の思い出…では終わらない～サマーチャレンジ物質・生命コース～
- 2010/9/6 「KEK つくばキャンパス一般公開」が開催されました。
- 2010/9/16 KEK の特別な日 2010 ～ KEK 一般公開～
- 2010/9/16 DNA を読むしくみの解明
- 2010/9/17 つくばエキスポセンターにフォトンファクトリー常設展開始
- 2010/9/28 藤田誠氏 第 7 回江崎玲於奈賞を受賞
- 2010/9/30 72 成分からひとりでに組み上がる巨大な球状分子
- 2010/9/30 若槻施設長によるアダ・ヨナット教授へのインタビューが「現代化学」2010 年 10 月号に掲載されています。
- 2010/9/30 蓄積リングで観測された進行方向のベータatron 振動

## 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？

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ております。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ですので、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。また今年、修士課程から博士課程へと進学する学生さんが所属される研究室の指導教員の方は、積極的に学生さんに 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](mailto:pf-news@pfqst.kek.jp)) までお送り下さい。

# PF 懇談会だより

## のこころの紹介

### 放射線生物ユーザーグループ紹介

徳島大学大学院 前澤 博

放射線生物ユーザーグループは単色放射光を生体分子や細胞などの生物試料に照射し、照射された分子の構造変化や細胞活性への影響を研究し、最終的にはヒトへの放射線影響を理解しようとする研究者で構成され、現在 PF で実験に参加しているのは約 10 名程度です。各自の研究目的によって試料の種類、照射する放射光のエネルギーおよび解析方法が異なりますが、ビームラインに設置する共通の生物試料照射装置を用いて実験を行っています。利用する放射光エネルギーは真空紫外線から X 線 (15 keV 程度) までの広い領域に渡りますが、最近は主に 2~15 keV の X 線領域を使用した研究が行われています。

ユーザーグループではグループ全体で決められた課題はありませんが、各研究の中心には「生体への放射線エネルギー付与の大きさや場所に依存した生体分子構造の変化および細胞の活性変化」に対する興味があり、具体的な目的として①放射線生物作用の初期過程の解明、②細胞の放射線感受性決定因子の解明、③生体内原子 (P, Br, I, Pt など) の K・L 殻内殻電離 (オージェ電子放出) の生物効果解析とその光活性化がん療法への応用の可能性④放射線誘発 DNA 損傷の修復過程解析、⑤ X 線誘発バースタンダー効果や適応応答の機構の解析などがあります。

実験方法は、核酸塩基、プラスミド DNA、イースト細胞、ほ乳類培養細胞などに単色化した X 線を照射し、その後試料をオフラインに移し、放射線損傷塩基の構造の同定と生成機構の解析、DNA 鎖切断効率の解析、細胞の致死・突然変異・染色体異常の検出および損傷修復関連タンパクの同定や生成の時間的解析などを行っています。

放射線生物グループが PF で研究を行う最大の理由は、上述した「放射線エネルギー付与」の大きさが明確な条件での研究を行うため、PF でのみ、照射放射光のエネルギーが任意に選択可能で、エネルギー半値幅が小さく強度が高いビームが得られます。エネルギー付与 (X 線では飛跡 1  $\mu\text{m}$  当たり付与するエネルギー量、keV/ $\mu\text{m}$ 、が良く用いられます。) の大きさが照射効果の質と量に影響すると考えていますが、X 線管球から出る白色 X 線では様々な大きさのエネルギー付与が混在し、エネルギー付与の大きさと生物影響を明確に関係づけることが難しく、単色放射光を使用することでこの困難を解決し、エネルギー付与に依存した作用スペクトルを解析することが可能になります。また、半値幅が小さいビームが得られることは、X 線誘発内殻電離の研究でも大変有効です。P-K 殻電離を利

用した研究では、X 線吸収スペクトルで観察される K 殻共鳴吸収端に対応した明確な細胞致死、染色体・DNA 損傷が観察されています。

放射線生物グループでの放射光利用技術の特徴の一つは、Si 2 結晶分光後の強度分布に平面内構造をもつ小さなサイズのビームを大きな (最大直径 6 cm 程度) 試料に均一に照射する技術が必須で、そのため XY 方向走査型生物試料装置を PF での研究開始当初より使用しています。

最近、ディッシュ内に増殖したほ乳類培養細胞集団内の一つ一つの細胞を選択して照射する X 線 (5.35 keV) マイクロビーム照射系が PF の小林克己、宇佐美徳子両氏の努力で BL-27B に設置され、新しいコンセプト (被ばくと非被ばくを区別し観察する) の研究が開始されています。このマイクロビームのサイズを調節 (5~50  $\mu\text{m}$  角) すると、細胞全体、細胞核のみ、および細胞質のみの照射が可能になります。このマイクロビームを利用した実験として 2 つのトピックス、「細胞の超高感受性機構研究」と「X 線誘発バースタンダー効果の機構研究」を紹介します。「超高感受性」というのは、X 線線量 0.2~0.5 Gy の被ばくを受けた細胞の致死率は 1 Gy 照射よりむしろ高く、1.5 Gy 程度と同等である現象をいいます。超高感受性は細胞核のみ照射したときには明確に現れ、細胞全体を照射した時はほとんどみられませんでした。このことから細胞質の照射が何らかのシグナルを生み、結果として核の致命的損傷生成を回避したと考えられます。この結果は細胞の感受性機構の理解に大きなインパクトを与えました。「バースタンダー効果」とは、ディッシュ内に増殖中の細胞集団の一部を照射すると照射されなかった細胞の生存率の低下、突然変異率の増加、また細胞内 DNA 鎖切断の増加などがみられる現象をいいます。ヒト正常細胞の全体の 1/1000 個程度 (5~10 個) をマイクロビームで照射したときに非照射細胞の生存率は低下し、この変化には一酸化窒素の細胞外分泌が関与していることが示されました。X 線マイクロビームを使用し初めて少数細胞によるバースタンダー効果を証明しました。非照射細胞に照射の効果が現れることはヒトの放射線リスクの評価にも重要な影響を与えます。

放射線生物ユーザーグループは PF でユーザーグループ化が行われた当初に発足しました。ユーザーグループの発足以前から、PF での放射線生物研究が伊藤隆 (東大)、山田武 (放医研) 両氏を中心に研究者が集まり、BL-1C、BL-4B、BL-11C などのビームラインで、乾燥試料や湿潤試料の照射装置の開発などを通じて、Br 原子内殻電離効果や染色体異常誘発作用スペクトルを得る実験などが行われました。その後 BL-27A、B が設置され P や Pt 原子の内殻電離効果や塩基損傷、水ラジカル生成作用スペクトルなどの研究が行われ、2002 年からはマイクロビーム照射系開発と利用研究が開始されています。マイクロビーム X 線を用いた研究で学位を取得し、また学会でシンポジウムなどのオーガナイズをする若手も育っています。現在、ユーザーは BL-27 および RI 使用施設生物準備室で活動しています。



PF への要望。グループ内には飛行機あるいは電車を乗り継ぎ、実験試料・器具などを持参するユーザーもいます。特につくばセンターから KEK-PF までのバスの運行時刻、間隔が不便で、長時間の待機あるいはタクシーの利用を余儀なくされます。不便解消の努力をされておられることは承知していますが、一層の改善をお願いします。また PF 実験棟 1 階入口付近のユーザー控室では携帯電話等の電波状態が悪く、改善をお願いします。

#### 連絡先：

UG 代表：前澤 博 (hmaezawa@medsci.tokushima-u.ac.jp)

## 高圧ユーザーグループ紹介

物質・材料研究機構 竹村謙一

高圧ユーザーグループは、圧力を実験手段としている研究者の集団です。PF の高圧 UG (以前は「高圧物性 UG」) は長い歴史を持っています。放射光実験が PF で本格的にはじまろうとしていた 1980 年代に、国内の高圧研究者が協力して PF に高圧プレスを設置する計画が立てられました。高圧実験では試料に圧力を加えるための高圧装置が必要です。高圧装置には様々な種類がありますが、共通して言えることは、高圧力を保持するために試料の周囲には何らかの容器や壁があり、試料は裸の状態ではないということです。高圧下の試料を調べるためには、いくつかの障壁を通して X 線を導入し、また同様に障壁を通して散乱 X 線を検出しなければなりません。高圧実験が高エネルギーの放射光を必要とする理由がここにあります。また高圧装置の構成部品には荷重や強度に限界があります。高い圧力を発生させるためには、荷重をふやすのではなく、試料を小さくすることが有効です。超高圧力実験になるほど、微小試料からのシグナルを得るために高輝度の放射光の利用が欠かせません。このような展望のもとに、最初の放射光 X 線実験専用高圧プレス MAX80 が出来上がりました。MAX80 の名前は Multi-Anvil X-ray system designed in 1980 に由来しています。当初 MAX80 は専用ステーションを持っておらず、BL-4C, BL-14C, BL-15C などを実験の度に放浪していました。MAX80 は総重量が約 5 トンですので移動は楽ではありませんし、設置・調整にも多くのユーザーの助けが必要でした。このような歴史的背景のもとに、高圧 UG の緊密な協力体制が出来上がってきました。高圧 UG には、全国の大学・研究機関から 40 人以上のメンバーが参加しています。さらに学生と院生を含めるとかなりの大所帯となります。

高圧 UG の研究対象は多岐にわたります。まず一つの大きな分野として、地球惑星科学が上げられます。地球や惑星の内部構造がどのようになっているのか、それを観測と比較して理解するためには、高温高圧条件での実験が欠かせません。地球の中心は、圧力 360 GPa, 温度 6000 K と

推定されています。高圧発生技術の進歩によって、この温度圧力条件は、現在ほぼ手の届くところに入りました。地球内部のマントルや核の構成物質に対して、高温高圧実験が精力的に行われています。地球内部には、マントル核境界以外にもいくつかの密度の不連続があることが、地震波の測定などから明らかになっています。その原因の一つの可能性は、内部を構成する鉱物の高圧相転移です。構造相転移にともなう密度変化で観測された不連続が説明できるか、また不連続点の圧力と温度が実験と一致するか、などが研究の焦点となります。また、地下のマグマの動きを理解するためには、高温高圧下で溶けたケイ酸塩の密度や粘度を知ることが必要で、融体を対象とした実験も行われています。

高圧 UG のもう一つの大きな研究分野は、高圧物質科学です。物質の多種多様な性質を理解し、新しい物質を合成するためには、圧力下で物質の構造や物性がどのように変化するかを調べるのが有効です。たとえば超伝導物質の超伝導転移温度が圧力で敏感に変化することは良く知られています。圧力によって転移温度が上昇することもあるし、減少する場合があります。構造相転移が起こって新しい転移温度の超伝導相があらわれることもあります。構造と物性の関係を調べるためには、圧力は格好のパラメータと言えるでしょう。さらには超高圧力の極限を目指す研究も行われています。超高圧力下では、常圧では見られない特異な結晶構造が現れる場合が数多くあります。そうした高密度構造は、結晶学的にもたいへん興味深いもので、多くの研究者を魅了しています。近年では、第一原理計算による高圧構造の安定性の議論もさかに行われており、この分野は理論家を巻き込んで発展を続けています。これら以外にも、高圧研究の基礎となる圧縮データ (状態方程式) や、結晶構造パラメータの精密決定、温度-圧力相図の決定などが行なわれており、地味ながら確実な成果を上げています。

高圧 UG が現在主に使用している高圧ビームラインは、AR-NE1A, AR-NE5C, AR-NE7A, そして PF BL-18C です。NE5C と NE7A には、それぞれ大型プレス MAX80 と MAX-III が設置されており、地球惑星科学関連の実験と高温高圧実験が行われています。単色および白色 X 線を用いた粉末 X 線回折実験が主ですが、透過 X 線の強度を測定することで、融体の密度測定やイメージング実験も可能となっています。発生可能な最高圧力は 40 GPa, 最高温度は約 2500°C です (注)。AR-NE1A ではマルチポールウィグラーからの高輝度光を 7-50 keV の範囲で単色化して使用することができ、ダイヤモンドアンビルセルにレーザー加熱装置を組み合わせた高温高圧実験と室温高圧実験が行われています。最高圧力は 150 GPa, 最高温度は約 3000°C です (注)。ここでは、ダイヤモンドアンビルセルを用いた放射光高圧メスバウアー実験も開始されました。地球内部、特に核の重要な構成物質である鉄や鉄化合物について、その価数とスピン状態を調べる研究がメスバウアー実験の主なターゲットです。そして PF BL-18C は、室温ならび

に低温高圧実験のためのビームラインで、2009年からはUG運営ステーションとして活動しています。偏向電磁石光源のために高エネルギー側は25 keVが実用限界ですが、中程度の圧力領域で多くの粉末X線回折実験が行われています。

高圧UGのメンバーの多くは、日本高圧力学会に所属しています。国内および国外の高圧力科学の最新情報が学会ホームページ (<http://www.highpressure.jp/>) からたどれますので、興味をお持ちの方はぜひご覧下さい。

(注)実際に発生可能な最高圧力と温度は、試料の種類や量、実験の種類により大きく異なります。

#### 連絡先：

UG代表：竹村謙一 (takemura.kenichi@nims.go.jp)  
 BL担当：亀卦川卓美 (takumi.kikegawa@kek.jp)  
 BL-18C運営WG代表：中野智志  
 (nakano.satosh@nims.go.jp)

### 「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きとともに、PF懇談会で協議すべき問題点等についてご議論いただきたいと思います。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：2011年1月7日(金) 14:00～15:00

場所：つくばエポカル大会議室 (101)

### PF 懇談会新規入会キャンペーン! 特典付き!!

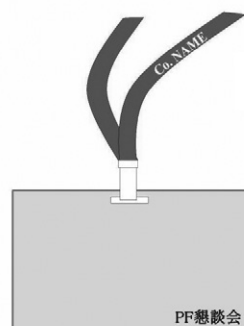
今、PF懇談会にご入会いただくと、入会記念に特製カードフォルダーをプレゼント!

ケースはハードビニール製で企業提供のネックストラップ付です。IDカードをケースから取り出すことなくカードリーダーを通すことができる優れもので、きっとPFでの実験の際にお役に立ちます。

また、新規入会者には特別に入会手続きの書類と共に郵送でお届けします。

尚、現会員で希望される方は事務局までご連絡下さい。皆様のご加入をお待ちしています。

PF懇談会提供カードフォルダー



### 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薦めいたします。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@pfqst.kek.jp



## 放射光セミナー

題目：角度分解光電子分光で探る酸化物表面の金属化現象

講師：小澤健一氏（東工大）

日時：2010年10月15日（水）16:00～

※放射光セミナーは2010年10月18日をもって、物構研セミナーと統合になりました。今後は全て物構研セミナーとして開催致します。

## 物構研セミナー

題目：低次元化によりバンド幅制御した SrVO<sub>3</sub> 薄膜の in situ 放射光光電子分光

講師：吉松公平氏（東京大学工学系研究科）

日時：2010年9月3日（木）15:00～

題目：X-ray Microscopy

講師：Professor David Attwood（University of California, Berkeley）

日時：2010年10月21日（木）13:30～

題目：Pixel Array Detectors: Advanced Detectors for Synchrotron Science

講師：Dr. Christopher Nielsen (Area Detector Systems Corp.)

日時：2010年10月29日（金）15:00～

題目：中性子電気双極子能率測定実験のための物質表面の開発研究

講師：吉岡瑞樹氏（物構研・中性子）

日時：2010年11月1日（月）15:00～

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34回 物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時：平成22年10月5日（火）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】協議

1. 教員人事 放射光 教授 1名
2. 教員公募 放射光 特任助教 1名
3. 教員の特定人事について
4. 研究員の採用について

5. 教員公募 特別准教授 1名
6. 教員公募 特任助教 1名
7. 教員公募 特任助教 1名
8. 物質構造科学研究所戦略会議について
9. 平成22年度後期放射光共同利用実験課題の審査結果（保留分）について

### 【2】報告事項

1. 所長報告
2. S-KEKBの展開について
3. 施設報告
  - ① ミュオン報告
  - ② ERL計画推進室報告
4. その他
  - ① 平成22年度放射光共同利用実験課題の審査結果（U型）について
  - ② 平成22年度放射光共同利用実験課題の審査結果（条件付採択）について（条件解除）
  - ③ 平成23年度ミュオン共同利用実験S型課題公募について
  - ④ 平成23年度概算要求について
3. その他
  - ① 平成23年度概算要求について

### 【3】研究活動報告（資料配付のみ）

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

## 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、下記の方々の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ると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書下さい。

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@pfqst.kek.jp  
URL: <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

## 編集後記

猛暑もようやく終わり、過ごしやすい季節になって来ました。しかし、記録的な猛暑の影響のため、来春の花粉飛散量は全国平均で今年の約5倍と見込まれているようで、今から戦々恐々としております。

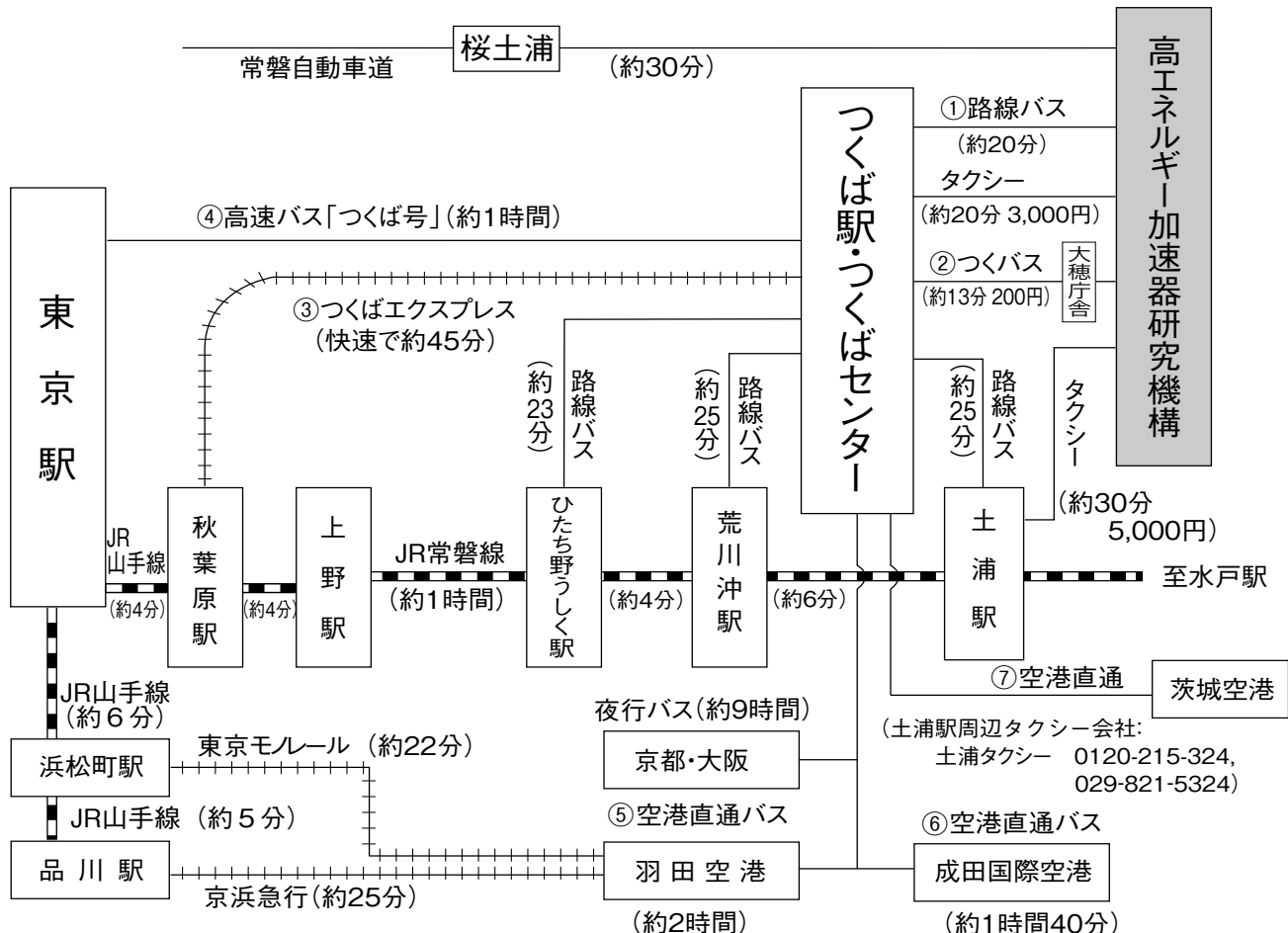
私が初めて高エネ研に来所したのは修士1年の時で、早15年が経ちました。民間企業に入社してからも大学時代以上の頻度で高エネ研を利用させていただいており、本当に色々な方々のお世話になっております。

任期は残り僅かではありますが、PF ニュース編集委員として産業界の放射光利用の活性化に貢献することで、少しでも恩返しができるかと思っております。(Y.O)

委員長	吉岡 聰	九州大学大学院工学研究院		
副委員長	雨宮 健太	物質構造科学研究所		
委員	岩野 薫	物質構造科学研究所	宇佐美徳子	物質構造科学研究所
	梅田 知伸	昭和大学薬学部	梅森 健成	加速器研究施設
	岡本 裕一	富士フイルム(株) 解析技術センター	小澤 健一	東京工業大学理工学研究所
	川口 大輔	名古屋大学工学部	下村 晋	京都産業大学理学部
	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
	光延 聖	静岡県立大学 環境科学研究所	山崎 裕一	物質構造科学研究所
	山田 悠介	物質構造科学研究所		
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: 2010. 10. 23)

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

**①つくばセンター ↔ KEK (2010年10月23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5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
C8		× 7:22	× 7:37	71		14:00	14:19
C8		× 7:50	× 8:05	C8		×14:50	×15:05
18	7:50	8:07	8:29	71		15:00	15:19
71		8:45	9:04	C8		16:25	16:40
71		9:00	9:19	71		16:35	16:54
C8		○ 9:35	○ 9:50	C8		×17:00	×17:15
C8A		× 9:35	× 9:51	71		17:30	17:49
71		× 9:55	×10:14	C8		17:55	18:10
C8		×10:00	×10:15	C8		×18:30	×18:45
71		×10:30	×10:49	71		×19:05	×19:24
C8		10:55	11:10	71		○ 19:30	○ 19:49
71		11:00	11:19	71		×19:45	×20:04
71		12:00	12:19	C8		×20:05	×20:20
C8		13:20	13:35				

系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口	系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口
71	× 6:28	× 6:50		71	14:28	14:50	
71	7:33	7:55		71	15:28	15:50	
71	8:28	8:50		C8	×15:40	×16:00	
C8	× 8:50	× 9:14		71	16:58	17:20	
C8	○ 9:05	○ 9:25		C8	○ 17:20	○ 17:40	
C8	× 9:25	× 9:49		C8	×17:20	×17:45	
71	10:18	10:40		C8	×17:50	×18:15	
C8	○ 10:25	○ 10:45		71	×17:58	×18:20	
C8	×10:25	×10:49		71	○ 18:28	○ 18:50	
C8	×10:55	×11:19		18	○ 18:45	○ 19:05	○ 19:27
71	11:28	11:50		C8	×18:45	×19:15	
C8	11:50	12:10		71	×19:18	×19:40	
71	13:23	13:45		C8	×19:30	×19:50	
C8	14:20	14:40		18	×20:50	×21:10	×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：3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。  
 時間によっては、地域循環バス（3 コース、4 コース）を利用できます。

## ③つくばエクスプレス

(2010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	10:15	11:07	○20:00	20:45
*5:45	6:42	○10:30	11:15	20:10	21:03
○6:05	6:50	10:45	11:37	20:20	21:13
6:20	7:13	(10時～16時まで同じ)	○20:30	21:15	
6:30	7:22	○17:00	17:45	20:40	21:33
6:44	7:36	17:17	18:09	20:50	21:43
○7:00	7:45	*17:22	18:24	○21:00	21:45
7:11	8:04	○17:30	18:15	21:12	22:04
7:24	8:18	17:40	18:33	21:23	22:16
○7:37	8:22	17:50	18:43	21:36	22:29
7:46	8:40	○18:00	18:45	21:48	22:40
○8:02	8:49	18:10	19:03	*21:55	22:56
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	*22:51	23:54
○9:09	9:55	19:10	20:03	○23:00	23:45
9:17	10:09	19:20	20:13	23:15	0:08
○9:30	10:15	○19:30	20:15	*23:30	0:27
9:45	10:37	19:40	20:33		
○10:00	10:45	19:50	20:43		

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

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	21:24	22:16
7:35	8:27	17:48	18:40	21:36	22:28
7:48	8:40	○18:00	18:45	21:48	22:40
○8:00	8:45	18:12	19:04	○22:00	22:45
8:20	9:12	18:24	19:16	22:15	23:07
○8:30	9:15	18:36	19:28	22:30	23:23
8:50	9:42	18:48	19:40	22:45	23:37
○9:00	9:45	○19:00	19:45	○23:00	23:45
9:19	10:11	19:12	20:04	23:15	0:08
○9:30	10:15	19:24	20:16	*23:30	0:27
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	*22:27	23:25
5:51	6:43	10:30	11:22	18:38	19:31	22:40	23:33
6:13	7:06	○10:55	11:40	18:49	19:42	22:57	23:49
6:33	7:26	11:02	11:54	19:02	19:54	*23:14	0:11
○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]**

(2010年9月17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)

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

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

※ ○: 平日 ×: 土日休 @ミッドナイトつくば号。

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、学生会館、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)

**⑤⑥⑦ 空港直通バス (つくばセンターバス乗り場: 8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。) 運賃: 1,800円 (2010年10月21日改定)

国際線ターミナル	第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
8:20	8:30	8:35	10:20
9:20	9:30	9:35	11:20
10:20	10:30	10:35	12:20
11:45	11:55	11:35	13:45
12:45	12:55	12:00	14:45
14:45	14:55	15:00	16:45
15:45	15:55	16:00	17:45
16:45	16:55	17:00	18:45
17:45	17:55	18:00	19:45
19:20	19:30	19:35	21:00
20:45	20:55	21:00	22:15
21:45	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	国際線ターミナル
4:40	6:17	6:22	6:29
5:30	7:07	7:12	7:19
6:40	8:37	8:42	8:49
8:00	9:57	10:02	10:09
9:30	11:27	11:32	11:39
11:00	12:57	13:02	13:09
12:30	14:07	14:12	14:19
14:00	15:37	15:42	15:49
15:00	16:37	16:42	16:49
16:00	17:37	17:42	17:49
17:15	18:52	18:57	19:04
18:15	19:42	19:47	19:54

※ 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、国際線ターミナル6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

**茨城空港 ↔ つくばセンター**

所要時間: 約1時間 運賃: 1,000円

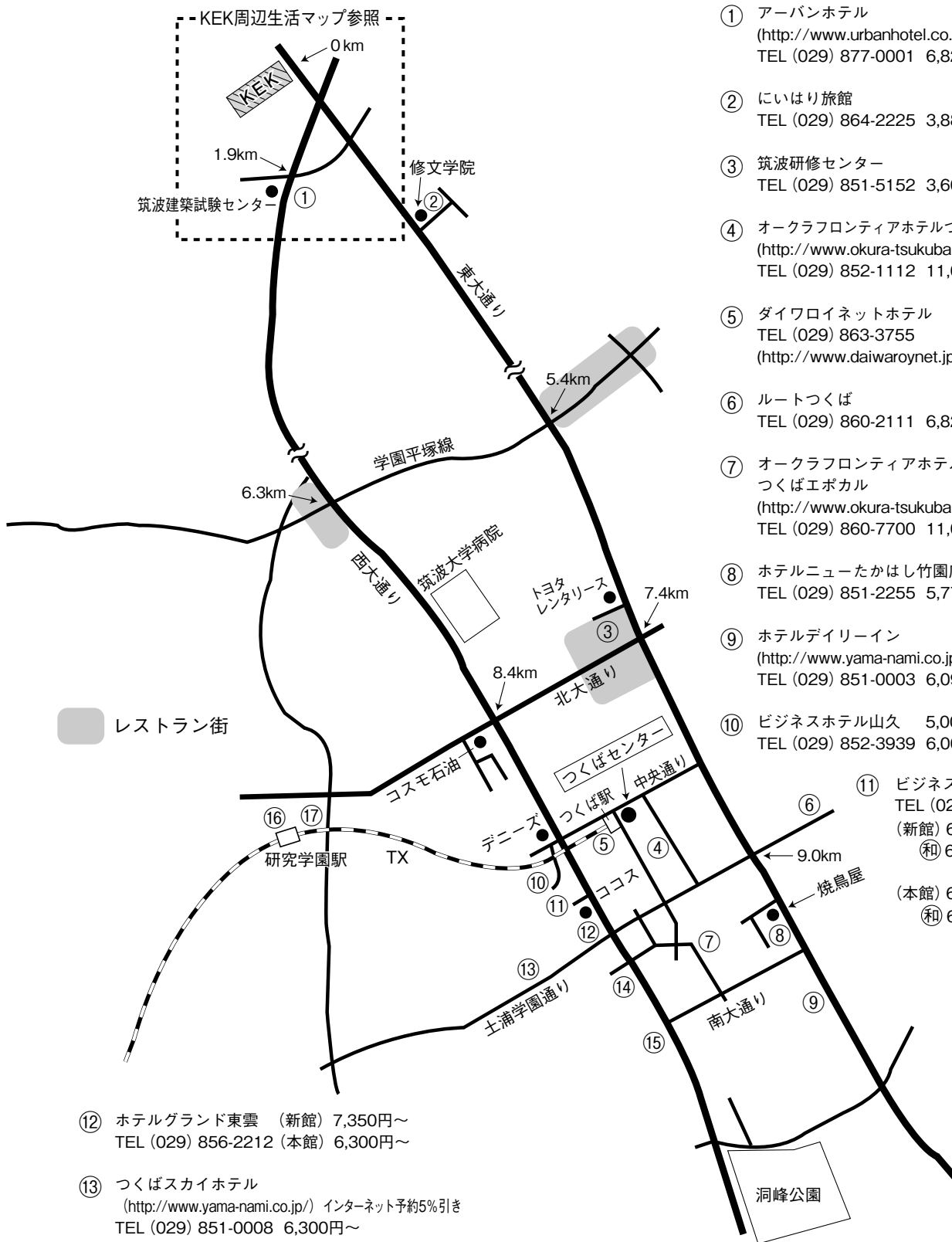
(2010年10月16日改正)

10:20	11:20
-------	-------

8:30	9:30
------	------

# つくば市内宿泊施設

(確認日: 2010. 10. 16) ※ 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.daiwaroynet.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 ホテルデイリーイン  
(<http://www.yama-nami.co.jp/>)インターネット予約5%引き  
TEL (029) 851-0003 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  
TEL (029) 856-1191  
(新館) 6,500円～  
⑫ 6,800円 (3人～)  
(風呂・2食付)  
(本館) 6,000円～  
⑬ 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 ホテルベストランド  
(<http://www.hotel-bestland.co.jp/>)  
TEL (029) 863-1515
- ⑰ 東横イン  
(<http://www.toyoko-inn.com/hotel/00228/>)  
TEL (029) 863-1045



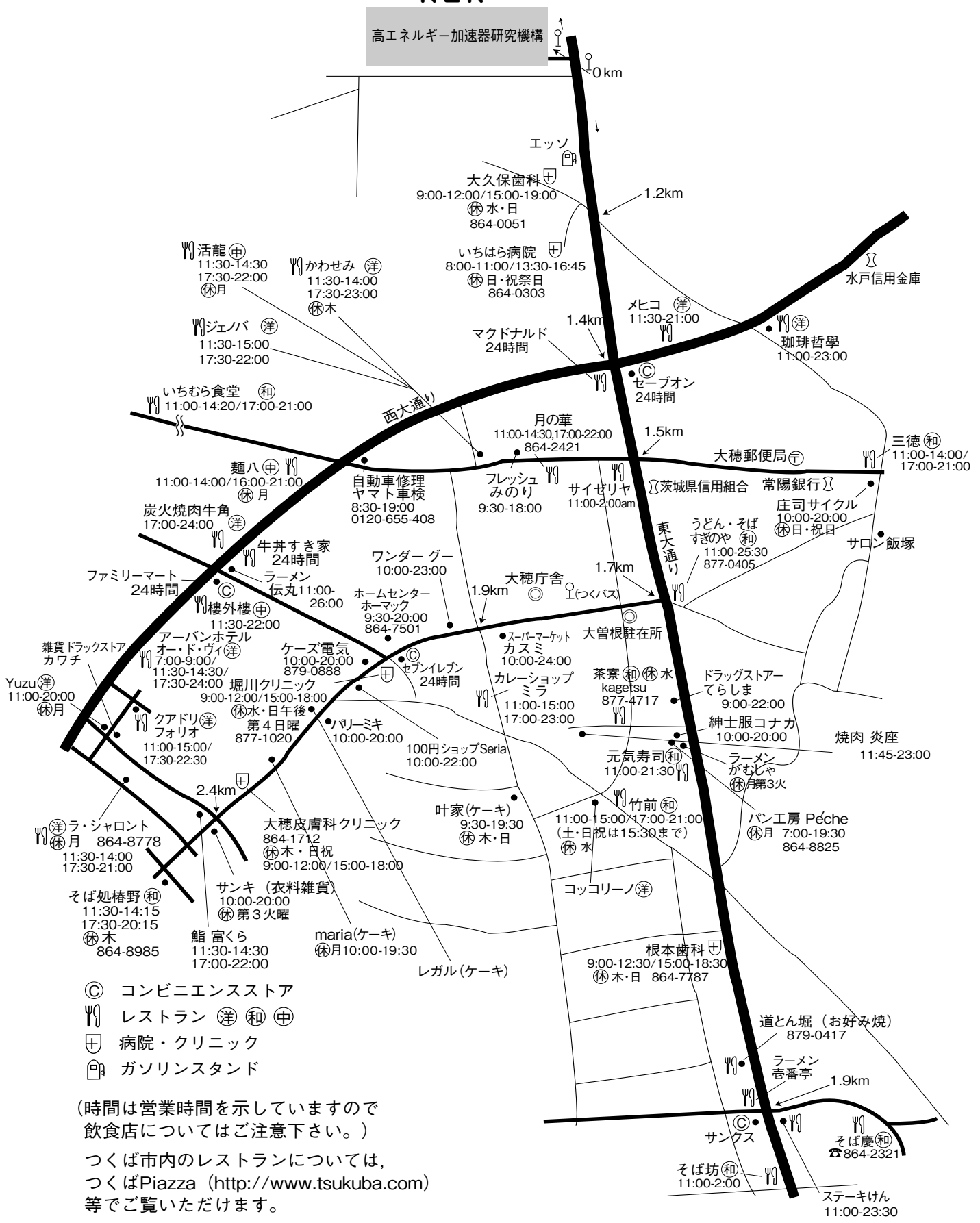
# KEK 周辺生活マップ

(確認日：2010. 10. 16)

放射光科学研究施設研究棟，実験準備棟より正面入口までは約 800 m

## KEK

高エネルギー加速器研究機構



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

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



## KEK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。）
- ユーザーズオフィスでも自転車の貸出を行っています。

### ●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 (2010. 10. 1)

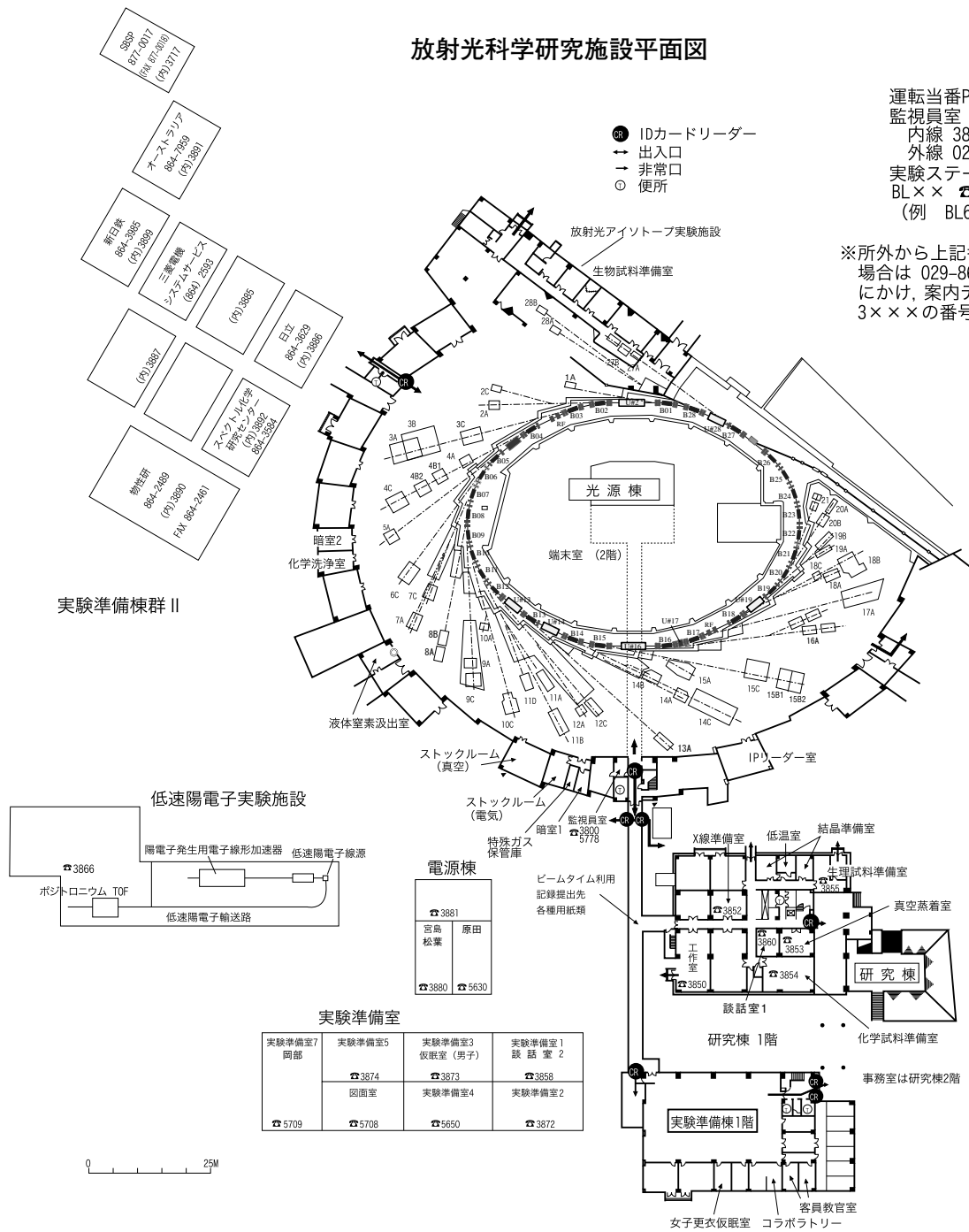
ビームライン ステーション	形態	光源 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ◇所外, ☆教育用BL, ★UG運営ST)	BL担当者 担当者	担当者 (所外)
<b>BL-1</b>		<b>U</b>	<b>松垣</b>	
BL-1A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣	
<b>BL-2</b>		<b>U</b>	<b>北島</b>	
BL-2A	●	軟X線2結晶分光ステーション	北島	
BL-2C	●	軟X線不等間隔平面回折格子分光器	足立 (純)	
<b>BL-3</b>		<b>U (A) / B M (B, C)</b>	<b>中尾 (裕)</b>	
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	
<b>BL-4</b>		<b>B M</b>	<b>中尾 (裕)</b>	
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	山崎 (裕)	
<b>BL-5</b>		<b>M P W</b>	<b>山田</b>	
BL-5A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田	
<b>BL-6</b>		<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-6C	●★	X線回折/散乱実験ステーション	河田	佐々木 (東工大)
<b>BL-7</b>		<b>B M</b>	<b>雨宮 (岡林: 東大)</b>	
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	
<b>BL-8</b>		<b>B M</b>	<b>中尾 (朗)</b>	
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)	
<b>BL-9</b>		<b>B M</b>	<b>野村</b>	
BL-9A	●	XAFS実験ステーション	阿部	
BL-9C	●	小角散乱/XAFSステーション	野村	
<b>BL-10</b>		<b>B M</b>	<b>中尾 (朗)</b>	
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)
<b>BL-11</b>		<b>B M</b>	<b>北島</b>	
BL-11A	●	軟X線斜入射回折格子分光器	北島	
BL-11B	●	軟X線2結晶分光ステーション	北島	
BL-11D	●	軟X線光学素子評価装置専用ステーション	伊藤	
<b>BL-12</b>		<b>B M</b>	<b>野村</b>	
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	
<b>BL-13</b>		<b>U</b>	<b>間瀬</b>	
BL-13A	●	有機薄膜研究用光電子分光ステーション	間瀬	
<b>BL-14</b>		<b>V W</b>	<b>岸本</b>	
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	
<b>BL-15</b>		<b>B M</b>	<b>平野</b>	
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	

<b>BL-16</b>		<b>U</b>	<b>雨宮</b>
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
<b>BL-17</b>		<b>U</b>	<b>五十嵐</b>
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐
<b>BL-18</b>		<b>B M</b>	<b>柳下 (柿崎 : 東大物性研 029-864-2489)</b>
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 (物材研)
<b>BL-19 (東大・物性研)</b>		<b>U</b>	<b>柳下 (柿崎 : 東大物性研 029-864-2489)</b>
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)
<b>BL-20</b>		<b>B M</b>	<b>伊藤</b>
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
<b>BL-27</b>		<b>B M</b>	<b>宇佐美</b>
BL-27A	●	放射性試料用軟X線実験ステーション	宇佐美
BL-27B	●	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美
<b>BL-28</b>		<b>H U</b>	<b>小野</b>
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
<b>PF-AR</b>			
<b>AR-NE1</b>		<b>E M P W</b>	<b>亀卦川</b>
AR-NE1A	●	レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
<b>AR-NE3</b>		<b>U</b>	<b>山田</b>
AR-NE3A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
<b>AR-NE5</b>		<b>B M</b>	<b>亀卦川</b>
AR-NE5C	●	高温高压実験ステーション /MAX80	亀卦川
<b>AR-NE7</b>		<b>B M</b>	<b>兵藤</b>
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
<b>AR-NW2</b>		<b>U</b>	<b>阿部</b>
AR-NW2A	●	時分割 XAFS 及び時分割 X線回折実験ステーション	阿部
<b>AR-NW10</b>		<b>BM</b>	<b>仁谷</b>
AR-NW10A	●	XAFS 実験ステーション	仁谷
<b>AR-NW12</b>		<b>U</b>	<b>L. Chavas</b>
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	L. Chavas
<b>AR-NW14</b>		<b>U</b>	<b>足立 (伸)</b>
AR-NW14A	●	時間分解 X線回折実験ステーション	足立 (伸)
<b>低速陽電子</b>			<b>兵頭</b>
Ps-TOF	●★	ポジトロニウム飛行時間測定装置	兵頭

### 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)

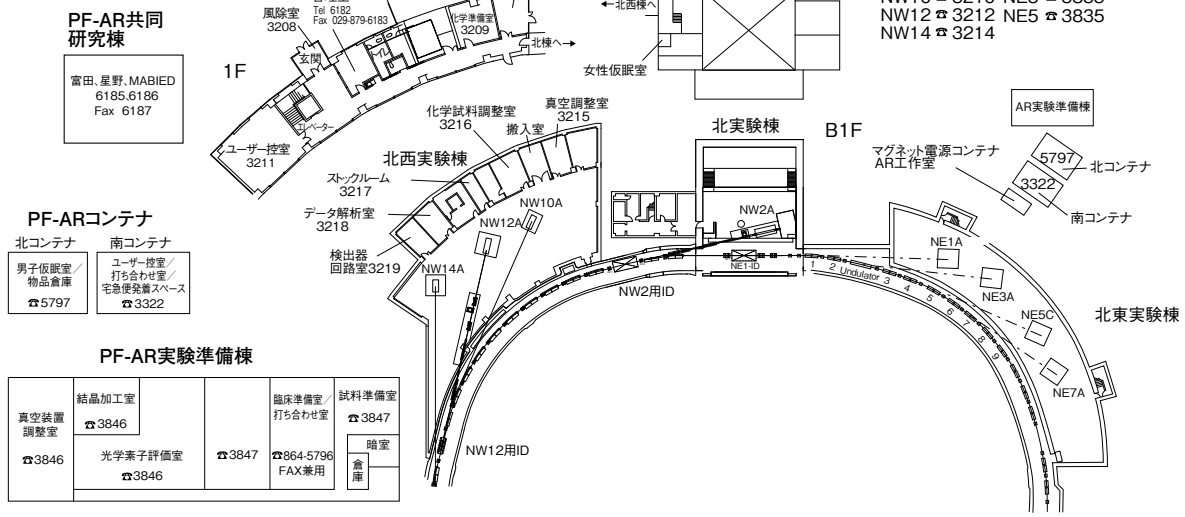
※所外から上記番号にアクセスする  
 場合は 029-864-5200 (代表番号)  
 についで、案内テープの後に4×××、  
 3×××の番号を押して下さい。



**実験準備室**

実験準備室7 岡部 ☎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

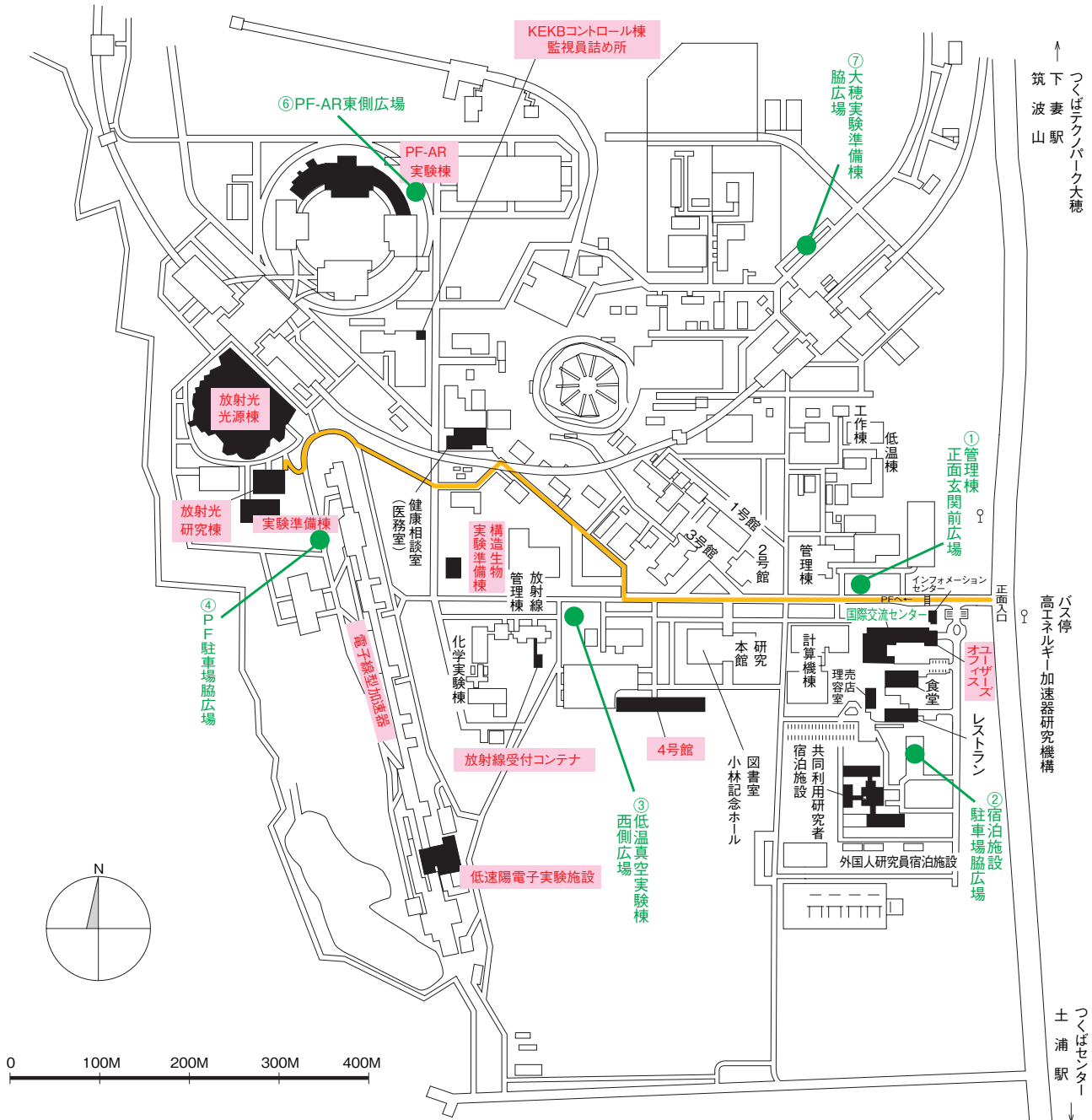


**PF-AR実験準備棟**

真空装置 調整室 ☎3846	結晶加工室 ☎3846	光学素子評価室 ☎3847	臨床準備室/ 打ち合わせ室 ☎3847	試料準備室 ☎3847
			☎384-5796 FAX兼用	暗室 倉庫

# 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

