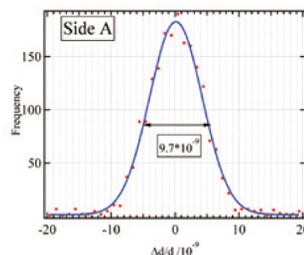
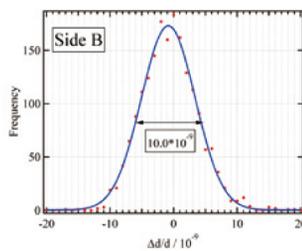
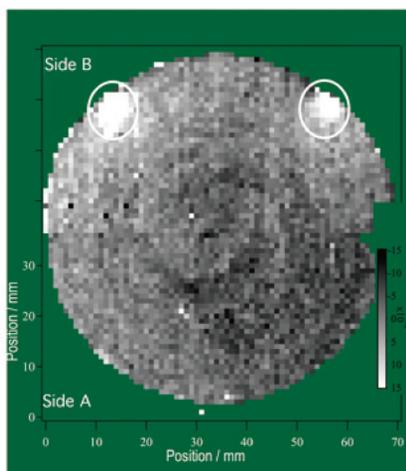
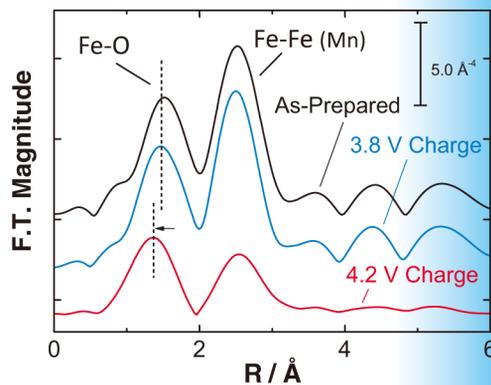
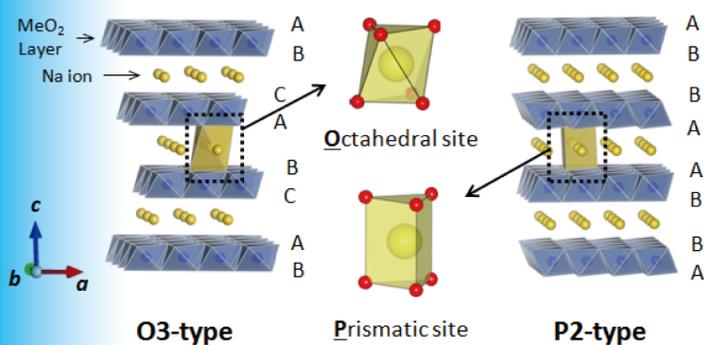


- 鉄・マンガン系層状ナトリウムインサージョン材料に関する研究
- アボガドロ定数決定のための単結晶シリコンの完全性評価
- 軟X線を利用したGISAXS測定



# 目次

施設だより	村上 洋一	1
現 状		
入射器の現状	古川 和朗	3
光源の現状	小林 幸則	6
放射光科学第一、第二研究系の現状	伊藤 健二	8
ERL計画推進室報告	河田 洋	9
最近の研究から		
鉄・マンガン系層状ナトリウムインサージョン材料に関する研究	藪内 直明・駒場 慎一	11
A Study on Iron-based Layered Na-insertion Materials		
アボガドロ定数決定のための単結晶シリコンの完全性評価	藤本 弘之・早稲田 篤・張 小威	16
Crystal Evaluation of Silicon Crystals for the Determination of the Avogadro Constant		
軟X線を利用したGISAXS測定	奥田 浩司・山本 崇善・竹下 浩樹・平井 光博・櫻井 伸一・北島 義典	21
Grazing-incidence Small-Angle Scattering in Soft X-Ray Region		
プレスリリース		26
物構研におけるマルチプローブ利用研究のすすめ		
1. マルチプローブ利用に寄せて		
「和して属さず」マルチプローブを利用しよう	山田 和芳	29
マルチプローブで協奏しよう	村上 洋一	29
2. 放射光との基本的な性質の違い		
中性子と放射光の違い	大友 季哉	30
ミュオンと放射光の違い	門野 良典	31
低速陽電子と放射光の違い	兵頭 俊夫	33
3. 各ビームライン/ステーション紹介		
BL08: 粉末中性子回折装置 (SuperHRPD)	神山 崇・鳥居 周輝	35
BL12: 高分解能チョッパー分光器 (HRC)	伊藤 晋一	36
BL16: ソフト界面解析装置 (SOFIA)	山田 悟史	36
BL21: 高強度中性子全散乱装置 (NOVA)	大友 季哉	37
D1: ミュオン物質生命科学実験装置	小嶋 健児	37
D2: ミュオン基礎科学実験装置	三宅 康博	38
低速陽電子の装置紹介	兵頭 俊夫	39
4. 中性子、ミュオン、低速陽電子の実験装置利用手引き		41
研究会等の開催・参加報告		
CMRC研究会「ARPES, 中性子散乱, $\mu$ SRを用いた強相関系研究の最近の発展」開催報告	吉田 鉄平	42
「第1回先進的観測技術研究会 -局所構造解析, イメージングの最前線-」開催報告	中尾 裕則・足立 伸一	43
国際会議GISAS 2012 Kyotoを主催して	櫻井 伸一	44
15th International Small-Angle Scattering Conference (SAS2012)に参加して	山本 勝宏	45
ユーザーとスタッフの広場		
和達大樹氏, 日本放射光学会奨励賞を受賞		47
丹羽尉博氏, KEK技術賞を受賞		47
PFトピックス一覧 (10月~12月)		48
修士論文紹介コーナー		
X線吸収分光による磁性薄膜の磁気異方性の研究	中山 丈嗣	49
PF-UAだより		
PF-UAのこの1年	佐藤 衛	50
「KEKロードマップ2013 中間まとめ」に関する要望書	佐藤 衛	50
PF-UAのつどい議事録		51
PF-UA第三回幹事会議事録		52
ゆーぎーぐるーぶ紹介シリーズ動的構造ユーザーグループ紹介	腰原 伸也	53
ゆーぎーぐるーぶ紹介シリーズ原子分子科学ユーザーグループ紹介	副島 浩一	54
人 事		
人事異動・新人紹介		56
お知らせ		
物構研サイエンスフェスタ開催のお知らせ	雨宮 健太・伊藤 晋一	58
CMRC 研究会「構造物性研究の現状と今後の展開 -共鳴軟X線散乱を中心に-」開催のお知らせ		60
CMRC 全体会議 開催のお知らせ		61
第2回西川シンポジウム ~若手研究者の夢が拓く物質科学フロンティア~		61
予定一覧		61
平成25年度後期フォトン・ファクトリー研究会の募集	村上 洋一	62
平成25年度後期共同利用実験課題公募について		62
運転スケジュール (April ~ July 2013)		64
掲示板		
放射光共同利用実験審査委員会速報	兵藤 一行・宇佐美徳子	65
物構研談話会		66
第49回 物質構造科学研究所運営会議議事次第		66
平成25年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧		67
平成24年度第2期配分結果一覧		73
編集委員会だより		79
巻末情報		80

(表紙説明)【上】(最近の研究から「鉄・マンガン系層状ナトリウムインサージョン材料に関する研究」より) O3型とP2型に分類可能な積層様式が異なる鉄・マンガン系層状酸化物の合成に成功し、特にP2型の材料がナトリウムイオン電池用の新規電極材料として高性能であることを見出した。PFでX線吸収分光法を用いた測定を行った結果、充電時に3価の鉄がレドックス活性となることを確認した。

【下】(最近の研究から「アボガドロ定数決定のための単結晶シリコンの完全性評価」より)  $^{28}\text{Si}$ -10Pr11 単結晶試料は半円形の形をしており、厚みは約4 mmである。A面とB面の格子分布のヒストグラムの半値幅はそれぞれ  $9.7 \times 10^{-9}$  と  $1.0 \times 10^{-8}$  であり、同位体濃縮した結晶の均一性が自然同位体配合の結晶に比べてかなり良くなったことがわかる。

大学では博士論文・修士論文が一段落して、学部生の卒業論文のまとめに入り、皆様にはお忙しい日々を過ごされているかと存じます。さて、PF および PF-AR では、冬期も順調にユーザー運転を続け、2月25日に無事今年度の運転を終了いたしました。以下、放射光科学研究施設に関連する近況をご報告致します。

## 大学共同利用について

### 1. PF および PF-AR の施設整備計画

PF は 1982 年に共同利用を開始して以来、30 年を超えて運転を続けています。1996 年と 2005 年に大きなリング改造を行い、エミッタンスを大幅に改善しました。2009 年からはトップアップ運転を開始し、第二世代の放射光施設ながら第三世代の性能に近い状態で、安定な光を供給し続けています。PF は、2.5 GeV という比較的低いエネルギーで 450 mA という大電流での安定運転を行っていますので、VUV・軟 X 線領域では、世界トップレベルの成果を出し続けることができます。実際 PF では、4 本の VSX ビームライン (BL-2, -13, -16, -28) において、挿入光源およびそのビームラインで使用する実験装置の整備を行い、世界的にも十分に競争力のあるビームライン群を再建築していきます。一方、X 線領域を利用する研究においてもリングの電流値で決まるフラックスが重要な研究においては、十分な競争力を持っています。PF リングの短直線部 (BL-1, -3, -17) には短周期アンジュレーターが整備され、それらからの大強度 X 線が蛋白構造解析の研究や構造物性研究に供せられています。また最後の短直線部 (BL-15) も整備が進み、小角散乱および XAFS を主な研究手法として、環境やエネルギー分野での様々な科学に役立つビームラインの整備が進んでいます。これらの挿入光源ビームライン群は、順番に整備が進められていますが、遅いものでも来年の秋までには全ての装置設置を完了させる予定で進めています。一方、6.5 GeV で運転する PF-AR では、高エネルギー X 線の利用が可能であり、今後そのビームラインや実験装置の整備も計画的に行っていく予定です。

### 2. 放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC)

去る 1 月 24 日、25 日の 2 日間にわたって第 27 回放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC) が開催されました。施設側より今年度の利用状況や今回申請の予備総合評価結果などが報告された後、5 つの分科会に分かれて申請課題の審議を行って頂きました。審査結果は、申請課題数は 241 件、うち採択課題数は 218 件でした。採択課題以外は、G 型 (一般的な利用課題) から P 型 (予備実験課題, 初心者実験課題) への振替が 3 件、条件付き採択課題が 15 件、不採択課題が 5 件ありました。PF-PAC で付けていただいた点数に基づいて、採択課題にはビームタイムが配分され

ます。ただ、高性能ビームラインには利用課題が集中するため、ビームタイム配分率が 30% 台になっているビームラインも幾つかあります。このようなビームラインで実験を行って頂くためには、PAC で良い点数を取って頂く必要があります。点数があまり高くない場合にはビームタイムが配分されない場合もあります。そのような時には、申請内容をもう一度練り直して頂き、再度申請頂くことが可能です。今回の PF-PAC では、P 型課題の在り方や、論文登録状況を考慮した審査に関して貴重なご意見を頂きました。今後の共同利用実験および審査の改善に繋げていきたいと思っております。

### 3. 来年度予算

この数年ずっと減少し続けてきました特別経費 (放射光による実験研究) ですが、来年度はやや増加する見込みです。今年度は、大幅な予算削減に伴うビームタイム減少に際して、PF-UA を中心とする多くのユーザーの皆様からの強いバックアップを頂き、何とかビームタイムの回復に漕ぎ着けることができました。そのような状況が今回の予算に関する好転を生んだのかもしれませんが、しかしながら、来年度の電気代の上昇はこの予算の微増分を上回るような心配があり、なかなか安心できない状況です。最低限のビームラインなどの整備費は確保しながら、年間 4000 時間のユーザー運転時間を確保できるように、様々な努力をしていくつもりです。

### 大学共同利用以外の PF 利用について

大学共同利用機関法人である KEK の主たるミッションは、加速器を使って大学を中心とした研究機関と共同して学術研究を推進することにあります。一方、あまり広く知られていないかもしれませんが、PF では企業等の研究者による放射光利用も支援しています。特に蛋白質構造解析を中心とした生命科学的研究や XAFS などを中心とした材料開発などの物質科学研究では、多くの成果を生み出しています。前回の PF News の施設だよりでご紹介しました優先利用課題も大学共同利用以外の PF 利用となります。また、この 3 年間実施してきました先端研究施設共用促進事業も来年度より一新して、より広範な産業応用に貢献していくこととなります。良い機会ですので、ここでまとめて大学共同利用以外の PF 利用についてご紹介します。産業界の研究者の方々や国家プロジェクト等に従事される研究者の方々は、是非、下記のような放射光利用も考えて見て下さい。大きく分けて下記の 3 つのカテゴリーに分かれます ([http://pfwww.kek.jp/users\\_info/summary/indexj.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/summary/indexj.html))。

## 1. 先端研究施設共用促進事業：

<http://pfwww.kek.jp/innovationPF/index.html>

文部科学省の補助事業の一環として実施している「フォトンファクトリーの産業利用促進」事業です。本事業ではトライアルユース課題を募集し、放射光による材料評価・解析技術を利用しようとする産業界の新規ユーザーに無償でビームタイムを提供しています。利用報告書は公開する必要がありますが、特許取得等の理由により公開の延期を希望される場合には、審査の上、最長2年間の公開延期が可能です。来年度からはこれをさらに発展させた取り組みにも挑戦していきたいと考えています。

## 2. 共同研究：

<http://www.kek.jp/ja/ForBusiness/Cooperative/>

共同研究とは、企業等外部機関の研究者と KEK の教員とが、共通の課題について対等の立場で研究を行うことにより、優れた研究成果が生まれることを促進する制度で、申請企業等と KEK の間で共同研究契約を結びます。施設利用料をご負担頂く必要はありませんが、共同研究員費および研究費をご負担いただくことになります。成果は論文や学会発表等で公開されることが期待されており、知財の扱いについては契約書で定められます。

## 3. 施設利用：

<http://www.kek.jp/ja/ForBusiness/Cooperative/UsingFacility/>

施設利用とは、企業等が研究・研修・講習等のために KEK を利用する制度です。一定の施設使用料を支払って頂く必要がありますが、成果は非公開とすることができます。一方、この1月より国家プロジェクトなどの推進を図るため、施設利用のひとつの利用形態として、成果公開型の施設利用制度（優先利用制度）を設けました。元素戦略プロジェクト等による施設利用がこのカテゴリーに入ります。この優先利用での使用料は、成果非公開の施設利用の約半額の設定としました。ここで頂きました施設使用料は、利用したビームラインの高度化や大学共同利用全体の充実を図るため等に使用します。

## PF の将来計画について

### 1. KEK ロードマップ

次期 KEK ロードマップ（2014-2018）の中間まとめは、2012年8月31日に機構内外に公開され、KEK と関連する各コミュニティからの意見を広く求めていました。本ロードマップの中の放射光科学に関する部分について、放射光学会と PF-UA からそれぞれ、「放射光にかかわる KEK ロードマップに対するコメント」と「KEK ロードマップ 2013 中間まとめに関する要望書」という形でご意見を頂きました。ここに書かれた様々なご意見は、ロードマップ修正において大変参考になりました。この場をかりて御礼を申し上げます。これらのご意見を基に、主に下記の3点の修正を行いました。

A. PF および PF-AR の高性能化・高効率化に関するアッ

プグレード計画の具体案を書き加えました。

B. 日本全体の放射光科学の発展に対して先導的な役割を果たす、ということを書き加えました。

C. コンパクト ERL から 3 GeV ERL 計画に関するより詳細な記述を書き加えました。

今後、KEK ロードマップの英語版も公開し、4月5日、6日の日程で国際レビュー委員会を開催して評価を受ける予定になっています。この評価を受けて修正した後、次期 KEK ロードマップを完成させます。

## 2. 学術会議マスタープラン

日本の科学者コミュニティの代表である日本学術会議は、第22期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープランの策定に向けて、研究教育機関や各コミュニティなどからの公募を開始しました。このマスタープランは、学術全般を展望・体系化し、各学術分野が必要とする大型研究計画を網羅し、日本の大型計画のあり方について、一定の指針を与えることを目的として作られます。大型研究施設を必要とする放射光科学にとって、放射光科学の将来計画を本マスタープランの中に位置付けて頂くことは大変重要なことです。そこで我々のコミュニティとしては、放射光学会が日本の大型放射光計画をまとめて、これを学術会議に提出することになっています。今後、学術会議の各分野別委員会または部で、各分野最大数を30件まで絞り込みを行った後、総数200件程度の学術大型研究計画を策定します。さらに、この中から25-30件程度を、速やかに実施すべき計画として選択し、重点大型研究計画とする予定です。放射光科学の将来計画が、この重点大型研究計画として選定されるような良い計画となるように、我々としてもお手伝いしていきたいと考えています。

## PF-SAC について

去る2月7日、8日に第7回 PF-SAC (PF-Scientific Advisory Committee) が開催されました。ここではその速報をお伝えします。本 PF-SAC では、私から PF の現状報告を行い、PF-SAC に対して PF 将来計画などに関する6つのチャージをさせて頂きました。その後、岡田理事より KEK ロードマップについてご報告頂き、PF-UA の佐藤会長には、PF-UA の新しい組織について述べて頂きました。伊藤主幹からビームラインの整備状況・予定が、小林主幹からは PF および PF-AR 加速器の現状と将来計画が報告されました。時間分解サイエンスに関するサブコミティからの報告を水木委員にして頂き、それに対するレスポンスを足立主幹が行いました。その後、ERL プロジェクトに関して、河田 ERL 計画推進室長と足立主幹より最近の進展について報告した後、コンパクト ERL の見学を行いました。また、恒例の若手研究者との懇談も行って頂きました。現在、我々のチャージに対する PF-SAC からの回答を含んだサマリーをまとめて頂いております。次回の PF ニュースでは、これに関する詳しいご報告をさせて頂きたいと思っております。

## 入射器の現状

加速器第五研究系主幹 古川 和朗

### 運転概要

電子陽電子入射器においては、震災後 2011 年 6 月から、第 3 セクタに置かれた仮電子銃 GU\_3T と下流の 3 セクタ (240 m) を用いて、PF や PF-AR 向けの入射を継続してきた。2012 年度の後期の運転においては、入射器全体にビームを通して放射線の検査を行う予定となっていたため、どのようにそれを実現するかが一つの課題となっていた。PF と PF-AR の入射を継続し、さらに図 1 のような SuperKEKB 向け増強の建設の合間を縫ってのビーム試験であり、期間が 1 ヶ月ほどしか許されていなかったため、慎重な準備が必要とされた。準備は関係者の努力によって比較的順調に進み、予定通りのビーム試験に成功し、さらにビーム開発研究も行うことができた。SuperKEKB に向けたマイルストーンのひとつを越えることができたことになる。

### ビーム試験

このビーム試験は SuperKEKB 陽電子用のダンピング・リング (DR) 入射路および出射路の新設に伴う遮蔽と性

能変更の申請のためのもので、震災以前から予定されていた。以前の運転形態から、SuperKEKB に向けて DR も含める運転形態へ移行するために必要な一段階であった。つまり、放射線シールドとして働いていた土壌を一時撤去した上で、DR の工事を行う必要が有るため、制限したビーム出力での放射線のシミュレーションと測定が一致して十分に低いことを確認する必要があった。もしも、このビーム試験が遅れると工事と運転に制限が加わるだけでなく、次の大電流ビーム加速に徐々に移行するための申請を行うことができないといった事態も予想された。

準備は夏季停止期間に進められたが、DR 新規建設や入射器上流部の改造建設を PF や PF-AR の入射運転を継続しながら行うために、上下流分離部のシールドや仮電子銃 GU\_3T、試験用 RF 電子銃 GR\_32 などの再移動もこの期間に行われたため、入射器全体にビームを通すための熱陰極電子銃 GU\_A1 の回復には難しい作業管理が必要であった。震災で崩れてしまった加速管や電磁石のアライメントの回復、マイクロ波源の回復、電磁石やその電源の回復などが次々と行なわれ、どうにか試験に漕ぎ着けることがで



図 1 A セクタから 5 セクタまで 600 m にわたる電子陽電子入射器とその主な改造点。

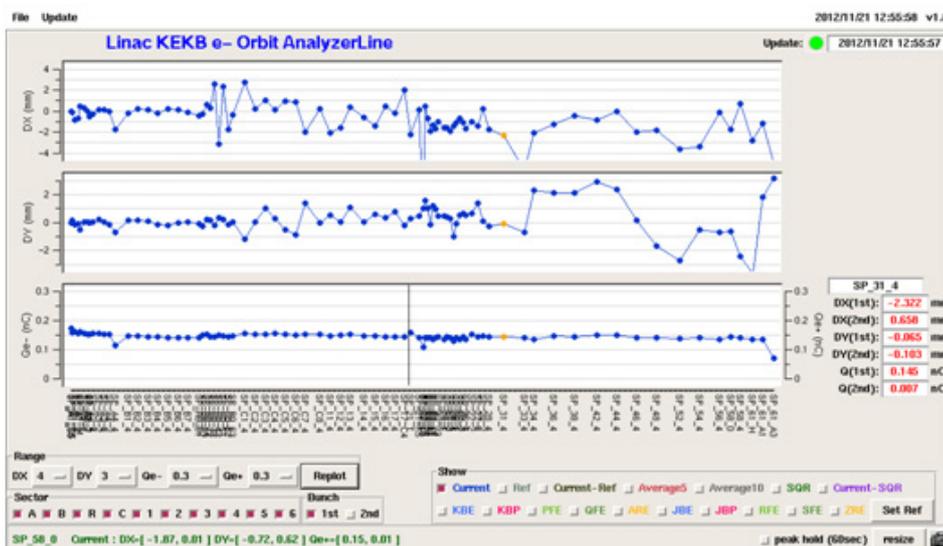


図 2 入射器を A セクタから 5 セクタまで通る試験ビームの水平・垂直位置と電荷。

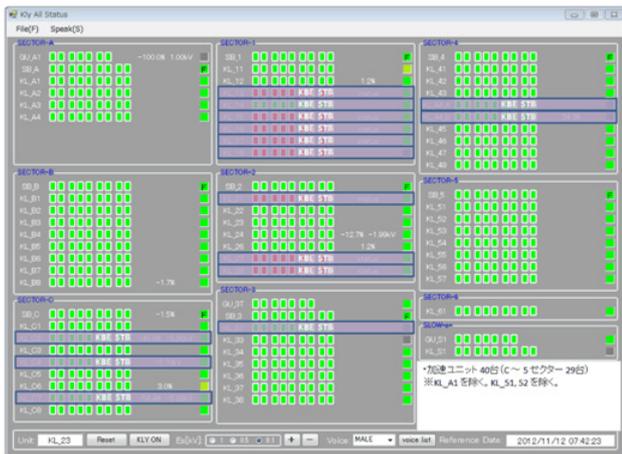


図3 今回の試験に使用された40台の加速ユニット。改造中のユニットは使用されていない。

きた。特にアライメントについては、SuperKEKBの低エミッタンス・ビーム運転に向けて、KEKBの運転時に比べると格段に厳しい要求が課せられており、今回のビーム試験の結果を受けて繰り返し精度を上げていく必要があると思われる。今回、熱陰極電子銃 GU\_A1 を回復させるのか、SuperKEKBに向けて開発を急ぐ必要のある光陰極 RF 電子銃 GR\_A1 の開発試験を優先するのか意見が別れるところであったが、準備状況を考慮して安全策として熱電子銃で試験を行うことになった。

入射器上流部の安全システムの自主検査のあと、11月14日より GU\_A1 を使った上流部のビーム調整運転を開始し、図2、3に示すように正常なビームを確認したのち、11月23日13時から放射線施設検査の予備検査が行われた。DR接続部(第2スイッチヤード, SY2)で工事中の最大定格0.3 nA, 5.8 GeVに対して0.15 nA, 3.5 GeVの試験運転を行い、DR入射路及び出射路の境界領域付近で中性子及び光子の測定が行われた。ビーム運転時と停止時の測定値に差が見られなかったことで、運転時の放射線量はバックグラウンドと判定され、さらにKEKBの一般区域の制限値0.2  $\mu$ Sv/hを十分下回っていることが確認され、放射線取扱主任者から検査結果は良であるとの判定をいただくことができた。

このビーム試験のあと、すぐにDR接続部の測量作業が始まり、3月末まで建設作業が続くため、4月までは入射器を通したビームは試験することができない。それまでに光陰極 RF 電子銃の設置・試験を終了させて、本審査を受ける予定である。

### ビーム開発

ビーム試験は上のように順調に進んだため、この約1週間にさまざまな装置やビームの開発研究が行われた。加速器装置自体や運転制御プログラムの調整の他、ビームモニタを用いたアライメントの確認試験、ビームジッターの測定、ビームオプティクスのパラメータ測定、180度アーク(J-ARC)を使用した縦方向ビーム圧縮試験等々、短い時

間に関わらず貴重な情報が取得された。そのうちのひとつを紹介する。

SuperKEKBを実現するためには、入射器においては、KEKBの際に比べて大幅にビームを低エミッタンス化し、さらにパルスあたりの電荷量も約5倍にする必要がある。図1は入射器の改造の概略を示したものである。陽電子については、陽電子生成捕獲部の更新とDRの新設で、電子については新規開発の光陰極 RF 電子銃で、それぞれ解決しようとしている。基本的な方向性は確認されているが、達成までにはいくつかの課題の克服が必須である。

例えば、低エミッタンス大電流電子を得るためには、空間電荷効果を考慮したビームバンチの電荷量や広がり最適化を行う。また、600 mにわたって低エミッタンスを維持するためには、加速器のアライメントとビームの軌道の精密な制御を行う。さらに、入射可能な小さなエネルギー分散を得るためには、時間方向バンチ形状の正確な制御を行う。

電子についての課題の内、最後のエネルギー分散の規格については、KEKBの際と数値的には変わっていないが、電流とエミッタンスの規格が大きく変わっているために、その達成が自明ではない。達成のための時間方向のバンチ形状を制御できる場所は、電子銃のレーザとJ-ARC(そしてSY2)である。

今回、まずはJ-ARCにおいて、バンチ形状を制御するために有限のエネルギー分散パラメータR56を作る試験

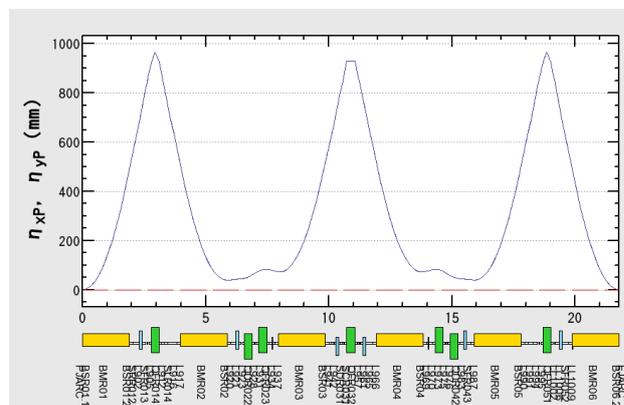
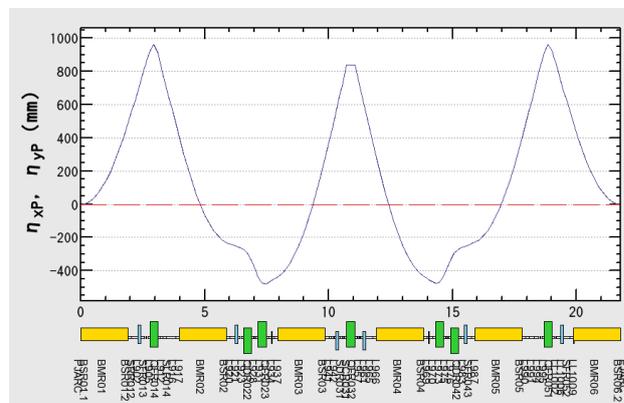


図4 J-ARCにおいてR56をゼロとする場合(上)と-0.6とする場合のビーム光学設計。

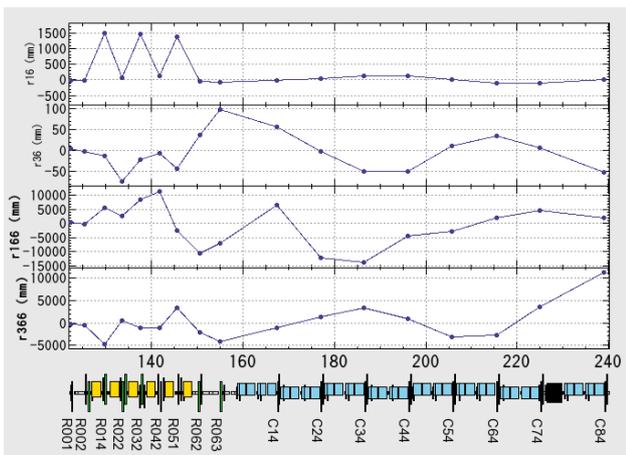
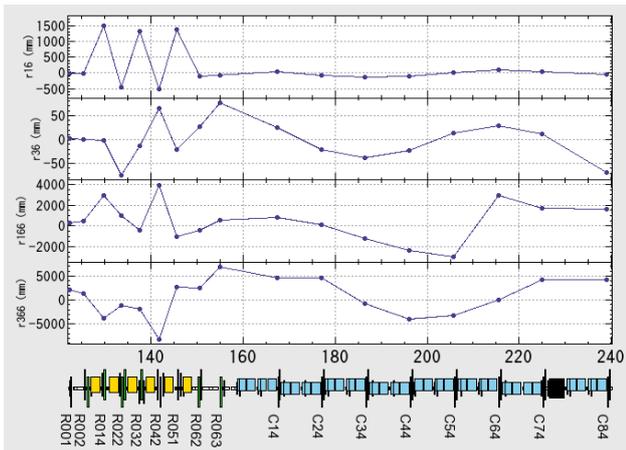


図5 R56を変更した場合のJ-ARCからCセクタ部のディスパージョン関数の測定値。

を行った。KEKBの際はBセクタとCセクタの間でバンチ形状を維持するために、R56をゼロとしていた(図4の上)。現在、空間電荷効果によってエミッタンスが発散してしまわないように、RF電子銃から生成するビームは約30psの長さをもたせることを想定しているが、そのままではエネルギー分散が大きくなりすぎるので、まずはJ-ARCでバンチ圧縮するため、有限のR56を必要とする(図4の下)。

現在はまだビームの時間構造を測定する仕組みが整っていないので、これらのビーム光学設計の値を設定して、まずはディスパージョン関数を測定して評価してみた。

図5の測定値のそれぞれの一番上のプロット(の左側3分の1)が図4の設計値に対応するもので、詳しい解析はこれからではあるが、それぞれ設計値が概略再現できている。ディスパージョン関数がゼロであるべきCセクタ(プロットの右側3分の2)で有限の値が測定されていることの影響などは、今後別に検討を加え解決する必要がある。

このビーム開発試験によって、J-ARCのバンチ圧縮の可能性と設計や測定のためのソフトウェアが確認され、今後の改造の進展によって、さらなる開発へ繋がることがわかった。さらに、DR接続部、SY2部を含めた入射器全体でのバンチ構造制御のために詳細設計を進め、エネルギー分散の最適化の設計と試験を進める予定である。

## 2012年秋の運転と2013年正月の立ち上げ

2012年の秋には、障害が複数記録されており、震災の後遺症が疑われるものが多いが、一応ここに列挙する。

9月には、C-バンドのクライストロンKL\_44\_Bが故障し、急遽交換を行った。内部真空の悪化がわかっており、大震災時に高電圧トランスが転倒して壊れたため、絶縁碍子に傷を付けたのであろうと考えられている。

10月に入って、加速器制御用ネットワークの不調が起こり、調査したところ低速陽電子施設に引き込んでいた機構内ネットワークが誤って制御ネットワークに接続されていたことがわかった。また一週間後、ハードディスク・バックアップ装置のソフトウェア異常により、ブロードキャスト・パケットが大量発生し、運転に影響を与えた。このようなネットワーク障害を検知できる監視プログラムを作ることとなった。また、Linac, KEKB, PFの間で制御情報を交換するためのEPICSのゲートウェイの設定に誤りがあり、一部機器の制御が平均2回に1回しか行われなかったという障害が見つかった。現在ネットワーク構成が過渡期にあるが、SuperKEKBの運転が始まるまでには安定させる必要がある。

11月にはまず、光陰極RF電子銃向けのレーザとPFの旋回周波数の間に遠い整数関係が成立する、という問題が生じ、ビーム入射同期が取れなくなってしまった。当面、同期精度を緩くして対処した。その後、ビーム位置モニターSP\_22\_15の真空封止コネクタからの真空漏れが見つかり、真空封止剤で対策した。また、マイクロ波源KL\_3Tのパルス電源の出力が低下し、一応調整により運転は継続できたが、木曜保守で交換を行った。クライストロンKL\_54からは水漏れが見つかり、交換を行った。さらに、加速管AC\_35\_4の冷却水路から真空漏れがあり、マイクロ波を投入できなくなったため、そのユニットを休止状態とした。この漏れは発見が難しく、運転に影響を与えてしまった。

これらの障害は、震災の影響がわかっているもの、SuperKEKBへの過渡期の事情により発生したもの、老朽化により起こったものなどがある。予備装置の整備などを含めて、なんらかの障害解析と対策の検討を考えているところである。

年末年始の短期の停止期間には、上の障害対策を含めた保守作業やSuperKEKBに向けた建設作業として、特に、水漏れを起こした加速管AC\_35\_4の交換、管内放電を起こしたと思われるクライストロンKL\_33の交換、研究開発用RF電子銃GR\_32用の第2レーザハット構築、SuperKEKB用のRF電子銃GR\_A1の構築、上部加速管架台復元やアライメントの継続作業、などが行われた。その後、1月8日に入射器立ち上げ、15日PF入射、17日PF-AR入射が順調に行われた。現在、RF電子銃のファイバ・レーザ、レーザ増幅、光学系、マイクロ波源の調整や、アライメント作業の継続や測定データ解析、DR接続部のビームライン構築作業などが行われている。

光源リングの運転状況

PF リング、PF-AR 両リングともに数回のビームダンプはあったものの、秋のユーザ運転は概ね順調であった。図 1 に、11 月 11 日～12 月 11 日の約 1 ヶ月にわたる蓄積電流値の推移を示す。この期間に発生したビームダンプの内、12 月 7 日（金）夕方のは、震度 4 の地震である。PF リングでは、シールドドアのインターロックが動作し、ビームダンプするとともに、超伝導ウイグラー下流部で真空度が悪化した。真空悪化の原因を調査したところ、真空ダクト溶接部からスローリークが見つかった。幸い真空シールを塗布することでリークは止まったので、リングトンネル内、地下機械室、電源棟内の安全確認を行った後、運転を再開した。PF-AR は、地震による真空悪化は見られなかった。こちら、トンネル内等の安全確認を行った後、運転を再開している。この地震によるユーザ運転停止はおよそ 3 時間程度であった。

PF リングでは、毎週水曜日の入射器調整運転日以外のユーザ運転中は、トップアップ運転を行っている。ビームの積み上げは、DCCT（電流モニター）で、450.0 mA から約 0.1mA 減少した 449.9 mA を検知した時に開始される。マルチバンチ運転時の入射の繰り返し周波数は 1~2Hz すなわち 0.5~1.0 秒おきに 0.02~0.03 mA/s 程度の入射スピードで行われる。そして、450.0 mA を検知したと同時に入射を止める。入射の時間はビーム寿命にもよるが、およそ 5 秒間、入射の間隔は 30 秒程度である。この入射タイミ

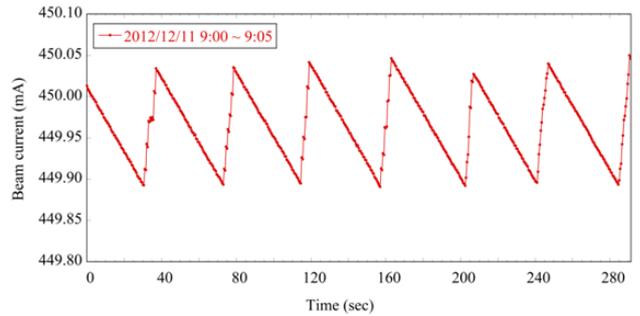


図 2 PF リングにおける 12 月 11 日 9:00~9:05 までの 5 分間の蓄積電流値の変化。このときの入射の繰り返し周波数は 1 Hz、積み上げスピードは約 0.025 mA/s、ビーム寿命によるロススピードは約 0.003 mA/s である。

ング制御によって、蓄積電流値は  $449.95 \pm 0.05$  mA と高精度で保持されている。図 2 に、12 月 11 日 9:00~9:05 の 5 分間の蓄積電流値の変化を示す。

高速スイッチング可変偏光アンジュレータの進捗状況

PF リングでは、200 eV から 1 keV 領域での高速偏光スイッチング光源の開発が行われてきた。これは B15-16 直線部に 2 台の可変偏光アンジュレータをタンデムに配置し、高速キッカーシステムでバンチ軌道を切り替えることで 10 Hz 以上の高速偏光スイッチングの実現を目指したものである。このために PF では、2008 年春に 5 台の高速キッカーシステムと共に、1 台目の可変偏光アンジュレータ：U#16-1 が設置され、2010 年夏には 2 台目の可変偏光アンジュレータとなる U#16-2 がインストールされた。その後、多くのマシンスタディを経て 2012 年の春期運転からは、様々な偏光状態の下で 10 Hz での高速偏光スイッチング運転に成功し、ユーザー運転を開始している。

高速スイッチング可変偏光アンジュレータ U#16-1 と U#16-2 は、APPLE-II 型の磁石配列を持ち、上下 2 列ずつの計 4 列の磁石列で構成されている。4 つの磁石列の位相を変えることで、左右円偏光や水平・垂直線偏光を代表とする多くの偏光状態を切り替えることが可能である。一般に APPLE-II 型アンジュレータでは、上下磁石列間の Gap 値を調整することで光子のエネルギーを変えている。そのため、光子エネルギーと偏光状態の制御には、磁石列の位相と Gap 値の 2 つのパラメータを制御する必要があるが、各パラメータ値に応じて軌道補正を行うことになるので、制御システムが複雑になる。この複雑な制御を回避する方法として、PF リングでは Gap 値を最小 Gap (21 mm) に固定し、上下磁石列ペア間の位相を調整することで、光子エネルギーを変える上下スライド方式 (ρ モード) を採用した (図 3-1)。すなわち、偏光状態と光子エネルギーの両

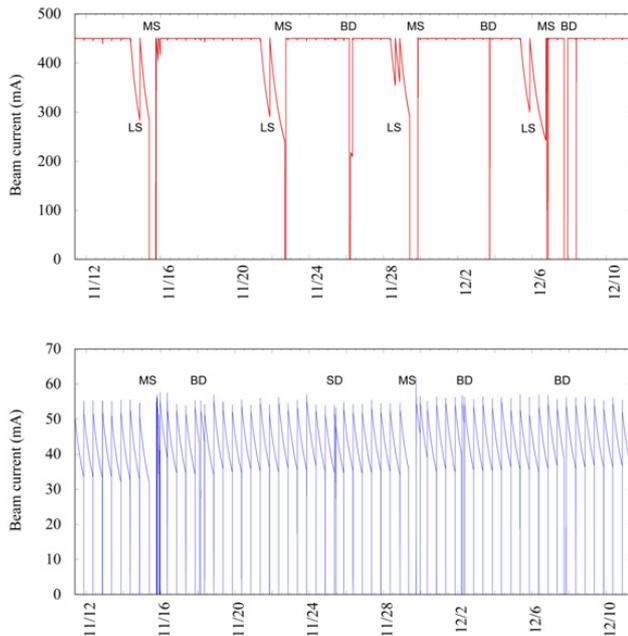


図 1 PF リングと PF-AR の蓄積電流値の推移。MS はリングマシン調整、LS は入射器調整、SD は寿命急落を示す。

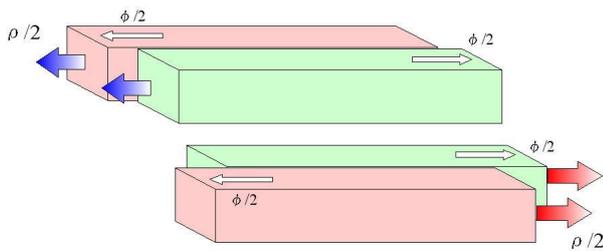


図 3-1 上下スライド方式 (ρモード)。

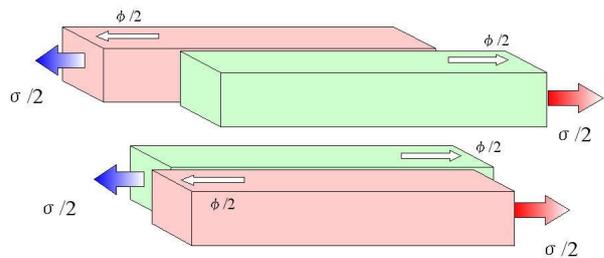


図 3-2 左右スライド方式 (σモード)。

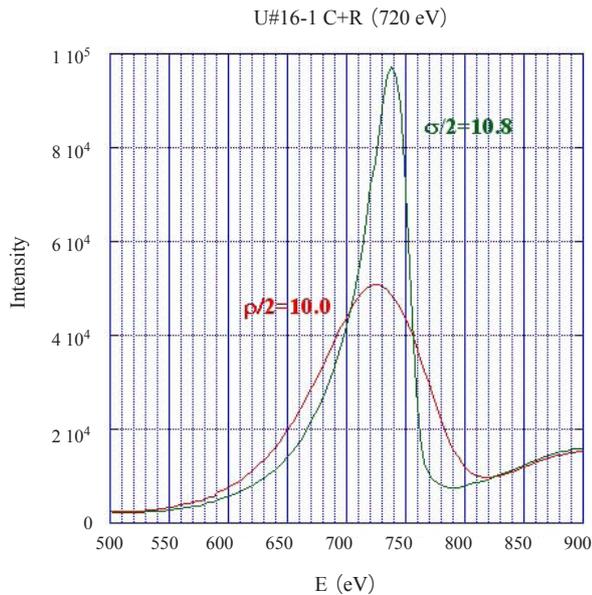


図 4-1 U#16-1 スペクトル比較。

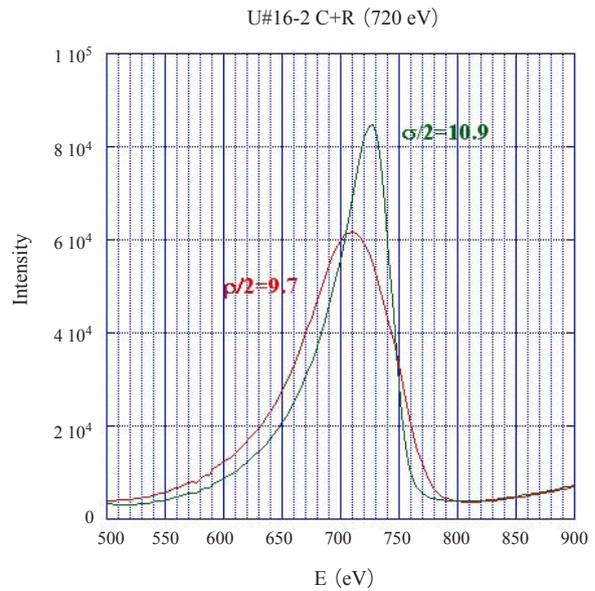


図 4-2 U#16-2 スペクトル比較。

方を磁石列間の位相のみで制御している。この上下スライド方式では Gap 値が固定であるために、磁石列間の位相量変化に伴う軌道への影響が少なく、様々な偏光状態の制御や軌道スイッチング運転に有利である。実際に 10 Hz 軌道スイッチングに起因した軌道振動を抑制するためには、1つのフィードフォワードテーブルに基づく軌道補正のみで十分であり、偏光状態や光子エネルギーに依らないで制御できている。しかしながら、上下スライド方式では円偏光の放射光スペクトル強度が、Gap 制御による光子エネルギー制御に比べて低下する現象がスペクトル測定によって判明した。これは上下スライド方式では、円偏光配置でのアンジュレータ磁場の水平方向の均一度が悪く、水平方向のビームサイズが 600 μm と大きな PF リングでは、強く影響を受けたものと考えられている。

このスペクトル強度低下を改善するために、PF リングに先行して上下スライド方式を採用している SLS (Swiss Light Source) において、左右の磁石列をペアにしてスライドすることで光子エネルギーを制御する方式が提案された。この左右スライド方式 (σモード) (図 3-2) では、軌道中心での磁場分布は上下スライド方式と変わらないが、アンジュレータ磁場の均一度が垂直方向に悪くなり、水平方向には変化が少ないということが分かっている。従って、

一般に蓄積リングでは垂直方向のビームサイズは水平方向に比べて約 1/10 と小さいため、スペクトルに対するビームサイズの影響が大きく改善されるというものである。

PF リングの U#16-1 と U#16-2 は、4つの磁石列を独立に制御できるので、同じ方式を試すことが可能である。そこで今期のマシンスタディ時間を利用して、この左右スライド方式 (σモード) と従来の上下スライド方式 (ρモード) でスペクトル測定を行い、それぞれを比較した。その測定結果を図 4 に示す。測定結果は、明らかに SLS の提案を実証しており、左右スライド方式の方が、上下スライド方式よりもスペクトル強度が上がり、バンド幅が狭くなるという結果となった。今後、更にマシンスタディを重ね、ユーザ運転で左右スライド方式を導入する方向で検討している。

### PF および PF-AR の運転状況とスケジュール

PF リングおよび PF-AR の 2012 年度の秋期運転は、予定通り 12 月 21 日（金）午前 9 時に終了しました。また、冬期運転は、PF リングについては 1 月 15 日に加速器を立ち上げし、16 日に予備光軸確認、17 日午前 9 時に光軸確認後ユーザー運転に入りました。PF-AR については、17 日加速器立ち上げ、18 日光軸確認を行い、すでにユーザー運転になっています。PF リングおよび PF-AR とともに、当初の予定を数日延長し、2 月 25 日（月）午前 9 時まで運転することになっています。

2013 年度の運転スケジュールについては、ユーザー運転 4000 時間確保を最低の目標として機構内の調整を行っています。現在想定されている年間の加速器運転時間は、PF リングおよび PF-AR でそれぞれ 4684 時間および 4320 時間で、上記目標は達成できる見込みです。年間スケジュールについては、superKEKB および入射器の工事による不確定要素がありますが、2013 年 4 月から 6 月については本号 64 ページに示すように確定しました。なお、2013 年度秋期のスケジュールは関連工事日程を踏まえて 5 月中旬に決定する予定です。

今後、上記の KEK 内の他施設工事のほかに、PF 関連予算減額、電気料金高騰、さらに PF-AR 直接入射路工事などによりユーザー運転時間を確保することが困難になる要素はあります。しかしながら、これまでの BL 改編・統廃合により PF らしさを出す BL を整備してきているところで、これらの BL を有効に使っていただくためにも、ぜひユーザーの皆さんからもユーザー運転時間の確保について大きなサポートをお願いしたいと思います。

### BL 改編・統廃合

折に触れてお知らせして来ましたが、PF の BL 改編・統廃合計画は、「挿入光源 BL および競争力のある偏向電磁石 BL にリソースを投入する」という原則に基づいて進められてきました。

PF リングの 4 か所の短直線部の最後の BL-15 には、2013 年夏のシャットダウン中に、小角散乱と XAFS を用いた複合解析ビームラインが建設されます。PF リングの 7 か所のうち 4 か所の中長直線部には VSX 領域をカバーするアンジュレータベースの BL が設置されています。そのうち BL-2 は日立製作所と共同で広エネルギー範囲をカバーするビームライン建設が進められています。周期長 6 cm 周期数 60 の高エネルギー領域をカバーする現存の水平偏光アンジュレータに加えて、低エネルギー用の周期長 16 cm 周期数 17 の可変偏光アンジュレータが 2014 年 3 月に設置されることにより、30-4000 eV の広いエネルギー範囲がカバーされます。すなわち、戦略的な元素群の研究には最適の BL が完成することになります。なお、回折格

子分光器のほかに二結晶分光器が組み入れられる新 BL 建設の立ち上げ作業は 2013 年秋を予定しています。また、BL-13 については、2013 年 3 月に 2 ブランチ化され、現在の挿入光源は 2014 年度夏に、周期長 7.6 cm 周期数 47 の APPLE-II 型アンジュレータに置き換えられる予定です。BL-28 においても、周期長 16 cm 周期数 22 のアンジュレータで置き換え作業が 2014 年夏に行われます。BL-16 については、2 台のアンジュレータとキッカー電磁石を組み合わせた高速可変偏光スイッチング軟 X 線分光ビームラインがすでに完成しています。したがって、PF リングの 4 本の VSX-BL は、2014 年度には、それぞれ目指すサイエンスに特化した性能を有する BL に生まれ変わります。

### 今後の整備計画について

BL-19 は、建設以来東京大学物性研究所軌道放射光施設が主体となって共同利用が進められていますが、2014 年 3 月で同施設による運営が終了されると連絡をいただいています。BL-19 はいわゆる中長直線部で VSX 領域をカバーする重要なビームラインですが、その用途について検討が始まったところです。軟 X 線領域のイメージングを中心とした BL が提案されていますが、今後他の ID ベースの VSX-BL の研究分野を見ながらユーザーのみなさんと一緒になって詳細な検討を進めていきたいと思えます。

PF リングには X 線回折に特化した数本の BL が整備されていますが、元素戦略プログラムも絡んで高エネルギー X 線回折の要望も出てきていますので、PF-AR に BL を建設することも検討されています。

PF リングおよび PF-AR とともに建設から 30 年経過しており、これまで挿入光源、BL、実験装置について更新作業が進められてきています。しかしながら、PF-AR の NE1 のマルチポールウィグラー、NE3 の真空封止型アンジュレータについては更新作業が行われていません。これらの挿入光源は、加速器 7 系のみ皆さんの努力でなんとか利用実験に供されていますが、なんとか予算を獲得して更新を進めたいと考えています。

そのほか、良質の単色光を提供するための BL 分光器および集光システム、あるいは実験装置でも検出器および回折計などで問題が出ているものもありますので、漸次更新作業を進めて行く必要があると考えています。

ここでお示した建設および更新作業は、ただ単に現在の研究の継続を目的とするものではなく、将来の高性能の光源を用いる研究につなげて行くことが重要であると考えています。

### 人の動き

昨年 12 月 1 日付けで堀場弘司さんが特任准教授として着任されました。現在進められているビームライン BL-2

および実験ステーションの整備において中核となって推進していただくことになっています。

これまで PF を牽引されてこられた若槻壮市物質構造科学研究所副所長・構造生物学センター長が昨年 12 月 31 日にスタンフォード大学へ転出されました。今後も放射光科学に携われるとのことで、海外から PF ヘールを送り続けていただけたらと思います。この転出に伴い、構造生物学センターおよび生命科学グループ関係の人の動きが多くなっています。まず、構造生物学センター長および生命科学グループリーダーとして、千田俊哉さんが 2013 年 1 月

1 日付けで着任されました。千田教授の着任に伴い、鈴木喜大さん、赤井裕介さん、千田美紀さん、羅羽華さんが研究員として 1 月 1 日から構造生物学センターで研究を開始されました。また、元素戦略プロジェクトで特任助教として、小林正起さんが 1 月 1 日付けで着任され、組頭教授と同プロジェクト電子材料関連の研究を進められます。さらに、1 月 17 日付けで、François-Xavier Gallant さんがポスドク研究員として構造生物学センターで研究を開始されました。

## ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

### はじめに

少し時期はずれのご挨拶となりますが、明けましておめでとございます。今年 ERL プロジェクトに取って最も重要な年となる予感があります。一つは、この 6 年間の推進室の節目となるコンパクト ERL の運転を開始する年です。また一方で、KEK の 2014 年からの 5 年間のロードマップを示すと同時に、放射光のコミュニティーとして学術会議の大型研究計画の見直しの年でもあります。どれ一つ欠けても、数百億円クラスの 3 GeV-ERL 計画の実現は成り立ちません。力強いユーザーの皆様からの声援が何にもまして力となる年と考えています。

3 GeV-ERL 計画はただ単なる回折限界放射光源計画だけではなく、その超伝導加速器をベースにした、1 MHz の繰り返しである (PF-AR とほぼ同じ繰り返し周波数) 回折・フーリエ限界光である共振器型 XFEL (XFEL-O) や、1 MHz 程度の繰り返しによるサブフェムト秒軟 X 線光源 (EEHG) も射程に入れている計画です。つまり、ERL 自身が回折限界とフェムト秒パルスによる、不均一系の物質科学とそのダイナミクス研究を展開する次世代光源ですが、その延長線上には、正に前人未到の光源のベースを作るものであることを最近強く認識して来ています。勿論、一足飛びに、そのような前人未到の光源を手に入れることはできませんが、3 GeV-ERL は間違いなくそれらの扉を開くこととなるでしょう。

年頭に当たって、少し思い出話を書かせて頂きます。私は数多くの皆様の協力を頂いて、PF-AR に世界に先駆けて円偏光の硬 X 線ビームラインであるコンプトン散乱ビームラインを作った事があります。丁度 ESRF, APS, SPring-8 が建設中もしくは建設前の時でした。当時の PF-AR はトリスタンの主リング (今の KEKB トンネル内にあった 30 GeV リング) の前段加速リングの役割が主なタスクでした。そのために、放射光利用は主リングで衝突実験が行われる 1 時間から 2 時間程度の間だけ PF-AR 用のビームがセットされ、衝突実験が終わると放射光用のビームはダンプされて、また延々と 1 時間強の間、主リングへの入射

となり、その間は放射光実験は中断されます。正に放射光施設としては劣悪な環境でした。しかし、当時、このビームラインが世界でただ一つのコンプトン散乱・XMCD ビームラインであったことから、英国、フランス、ドイツ、イタリア、スペイン、アメリカ、ポーランドといった世界中の研究者が実験に来たのです。この時の経験から、私は「世界に先駆けた実験装置を持つことの重要性」を学びました。

ERL 放射光源は、まだ世界にひとつも無い光源です。それが故に、いくつかの解決すべき技術的課題を抱えていることは事実です。その確立のために現在コンパクト ERL という実証機を建設し、加速器グループの若手研究者はその実現に向けて努力をしています。一方で前述しました様に ERL は更なる発展の素地がある光源で、まさに前人未到の光を実現できる可能性を秘めています。どうか放射光ユーザーの皆様はそのような ERL 計画の実現にエールを送って頂きたいと切望する次第です。

### cERL の建設状況

この 3 ヶ月間で、著しく進展したところは、主加速部超伝導空洞の大電力試験を行なったことです。前号で 10 月 15 日に現場に設置したことを報告しましたが、その後、2 K のコールドボックスとの接続そして、高圧ガスの完成検査を無事に終了しました。その後、11 月下旬から冷却を開始し、12 月 12 日から 22 日迄、主加速部超伝導空洞の大電力試験を行ないました。まず、クライオモジュールが問題なく 2 K まで冷却できることを確認した上で、2 K で、チューナー、カプラー、HOM ダンパーなど周辺機器の動作確認をしました (図 1)。その後、RF パワーを導入し、2 空洞とも 16 MV/m 以上の CW 加速勾配印加を確認しています。設計値は 12-13 MV/m です。その値はクリアしています。但し、フィールドエミッションの発生が高く、13.5-14 MV/m の加速勾配で、両空洞ともに 1 時間以上の keep 試験を確認できていますが、それ以上の加速電圧ではフィールドエミッションによるパワーロスが問

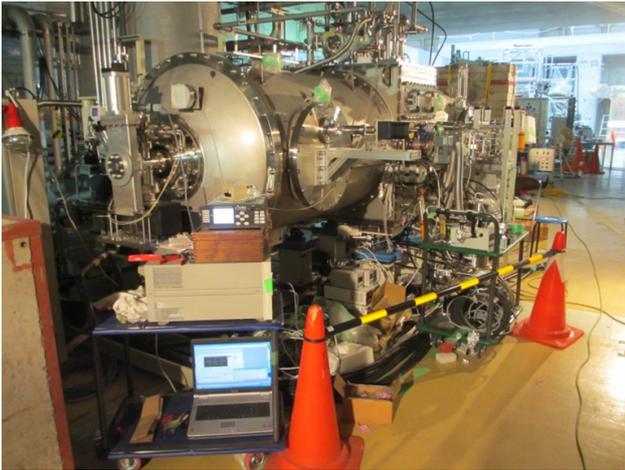


図1 主加速部超伝導空洞の大電力試験の様子



図3 4月の電子ビーム試験に向けて整備が進められている高輝度電子銃。



図2 完全に閉じ込め状態となった放射線シールド（天井蓋を含めて）



図4 着々と設置が進められている電子銃と入射部超伝導空洞の電子ビーム評価ライン（ビームダンプを含む）のビームライン。

題となる事も明らかとなりました。運転時における余裕を考えると、今後、フィールドエミッションの抑制が重要な開発課題であることを確認したところです。今後、フィールドエミッションの発生場所を含めて、測定結果を解析し、開発にフィードバックしますが、今年後半のコンパクト ERL の周年運転はこの超伝導空洞を再冷却し、本加速空洞を用いてビーム運転を行い、ERL の加速器としての試験を行う予定です。

一方、上記の大電力試験を行うためには、天井蓋を含めた放射線シールドにより、加速器を完全に閉じ込め状態にするとともに（図2）、加速器運転時に相当する放射線安全のインターロックシステムの立ち上げが必須です。また将来に向けて現在使用していないケーブルダクト等の開口部も完全に遮蔽する必要があります。それらの現場作業は安全関係メンバーにより、戦場のごとくに行われ、無事に12月10日に放射線主任者検査が終了した次第です。

高輝度電子銃は原子力機構との共同開発で進めてきていますが、10月19日に東海の原子力機構の研究室から KEK の ERL 開発棟への移設が開始され、ERL 開発棟で一つ一つ動作確認を行いながら4月の電子ビーム試験に向けて整

備を進めている状況です（図3）。また、高輝度電子銃と前段加速超伝導空洞の間に設置するバンチャー空洞をはじめとする入射部の組立が、11月末に現場に簡易のクリーンハットを導入し、極高真空の環境を考慮して慎重に組立作業が進められ、無事に完了しています。これにより高輝度電子銃と入射部の超伝導空洞の間が真真空的にも接続されています。また、3月下旬からレディー状態に突入する、電子銃と入射部超伝導空洞の電子ビーム評価ライン（ビームダンプを含む）のビームラインも、超伝導空洞の大電力試験等の作業中断を挟みながらも図4の様に着々と設置が進められています。

今後、2月上旬に前段加速超伝導空洞、及びバンチャー空洞の大電力試験を行なった後、3月にはビーム運転開始に向けてインターロックシステムの最終点検を行い、3月末から前段加速空洞の冷却を開始し、4月早々に電子ビーム運転を開始するスケジュールで関係者一同一丸となって作業を進めています。

## 鉄・マンガン系層状ナトリウムインサージョン材料に関する研究

藪内 直明<sup>1</sup>, 駒場 慎一<sup>1,2</sup>

東京理科大学<sup>1</sup>総合研究機構, <sup>2</sup>理学部応用化学科

### A Study on Iron-based Layered Na-insertion Materials

Naoaki YABUUCHI<sup>1</sup>, Shinichi KOMABA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Science and Technology, <sup>2</sup>Department of Applied Chemistry, Tokyo University of Science

#### Abstract

エネルギー問題解決へと向けて大型蓄電池への期待が高まっているが、大型蓄電池用の電極材料は資源の豊富な元素を用いた材料設計が必要である。我々のグループではナトリウムや鉄といった元素を用いた材料の探索を行っており、これまでに P2 型の層状構造に分類される  $\text{Na}_{2/3}[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$  が優れた電極特性を示すことを見出している。また、X線吸収分光法を用いた測定により、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{4+}$  の可逆的な酸化還元反応という特徴的な反応が進行することが明らかになった。

#### 1. はじめに

リチウムイオン蓄電池は 1991 年にビデオカメラ用の電源として実用化されて以来、その用途の拡大を続けている。現在ではスマートフォンなどの携帯電子機器に加えて、電気自動車用の電源としても利用されるまでになっている。また、将来的には電力貯蔵用途への適用も期待されているが、リチウムは地殻中に 20 ppm 程度しか存在しない、いわゆる“レアメタル”の一種である。さらに、日本はリチウムの資源についてその全量を輸入に依存しているのが現状である。電力貯蔵を目的とするような超大型の用途では、資源として地球上に普遍的に存在する元素を用いた蓄電池系の実現が求められる。我々のグループではそのような取り組みとして、リチウムイオンの代わりとして地殻の主要構成成分であり、さらに海水中に無尽蔵に含まれている“ナトリウムイオン”を用いるナトリウムイオン電池に関する研究を行ってきた [1]。リチウムイオンと比較してナトリウムイオンはそのサイズが大きくなることは不可避であり、これは蓄エネルギーデバイスとしての弱点となる。一方、ナトリウムイオンは 3d 遷移金属イオンよりもサイズが大きいという特徴は、層状酸化物やオキソ酸塩系材料においてリチウム系と比較して結晶構造の多様性が向上するという利点に繋がる。本稿では我々の研究室で新たに見つかった鉄・マンガン系ナトリウムインサージョン材料について、フォトンファクトリーで行なった測定結果も交えて紹介する。

#### 2. ナトリウムインサージョン材料

リチウムイオン電池では  $\text{LiCoO}_2$  のような層状酸化物が正極材料として広く用いられてきた。 $\text{LiCoO}_2$  は  $\text{CoO}_2$  層が積層した層状構造を有し、 $\text{CoO}_2$  層間の六配位八面体サイ

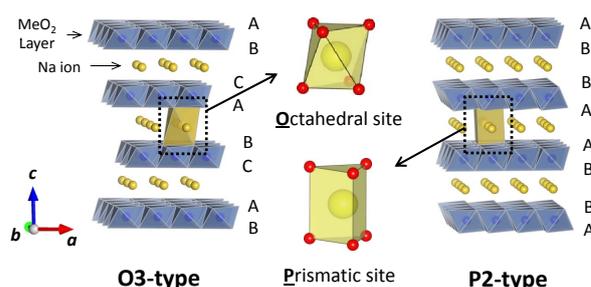


Figure 1 Schematic illustrations of O3-type and P2-type layered materials. Alphabets, ABC, denote the difference in oxygen arrangements in each  $\text{MeO}_2$  layer.

トをリチウムイオンが占有している (Fig. 1)。リチウムが八面体サイト (octahedral site) を占有することから、英語表記の頭文字をとり“O”サイトとして表記される。 $\text{LiCoO}_2$  の単位胞中には a-b 面における酸素の位置が異なる 3 種類の  $\text{CoO}_2$  層が存在し (Fig. 1 にそれぞれ AB, CA, BC として記載している)、リチウムが O サイトを占有することから、これらを組み合わせて“O3”型の層状構造として分類されている [2]。電池の中では充電によりコバルトが 3 価から 4 価まで酸化され、その電荷補償のためにリチウムが電解液に放出されることになる。また、放電時にはコバルトが 3 価へと還元されて、リチウムを再び吸蔵する。このように固体の基本骨格 (ホスト構造) を破壊することなく酸化還元 (充放電) によりリチウムの脱挿入を行うことができる材料は“リチウムインサージョン材料”と呼ばれている。

リチウムをナトリウムで置き換えた O3 型の  $\text{NaCoO}_2$  の合成も可能であり、実際にナトリウムインサージョン材料として利用可能である。1980 年に  $\text{LiCoO}_2$  が電極材料とし

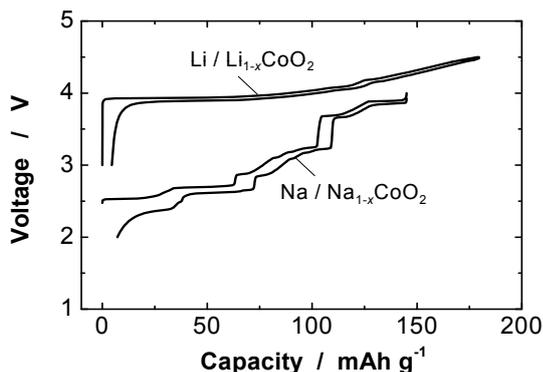


Figure 2 A comparison of charge/discharge curves of Li/LiCoO<sub>2</sub> and Na/NaCoO<sub>2</sub> cells.

て電気化学的に活性であることが発表され [3], 翌年 1981 年には NaCoO<sub>2</sub> についても報告されている [4]。Fig. 2 には O3 型の LiCoO<sub>2</sub> と NaCoO<sub>2</sub> の充放電曲線を比較して示す。リチウムとナトリウムの標準電極電位の差は 0.34 V であるが、実際には NaCoO<sub>2</sub> は LiCoO<sub>2</sub> と比較して充電初期の電位は 1.5 V も低いことがわかる。2つの材料で可逆容量では大差はないものの、電圧差はエネルギー密度に直結するため、これが我々を含めて多くの研究者が蓄電デバイスとしてナトリウムではなくリチウムイオン電池の研究を邁進した大きな要因の一つであるといえる。Fig. 3 には 2012 年までに報告されてきたナトリウムインサージョン材料の可逆容量, Na 金属 (もしくは Li 金属) を基準とした作動電圧および正極重量から見積もったエネルギー密度について示している。レアメタルであるコバルトを使った LiCoO<sub>2</sub> では約 600 mWh g<sup>-1</sup>, 非コバルト系材料としてはスピネル型リチウムマンガン酸化物 (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) やリン酸鉄リチウム (LiFePO<sub>4</sub>) で約 500 mWh g<sup>-1</sup> 程度のエネルギー密度を得ることが可能である。これまで多くのナトリウム

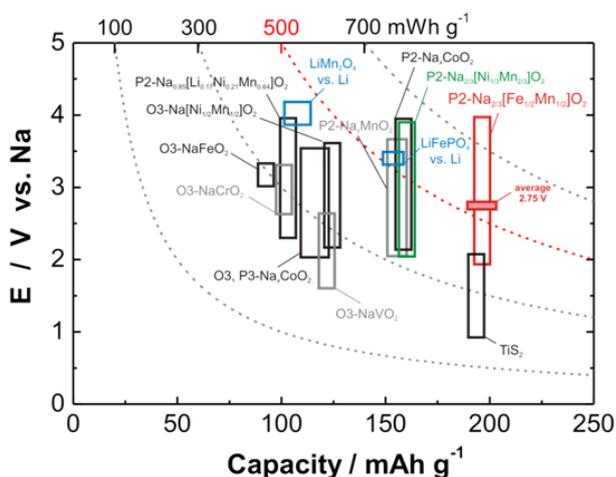


Figure 3 A comparison of reversible capacity and operating voltage ranges of the layered sodium insertion materials.[7] The energy density was calculated on the basis of the voltage versus metallic sodium for simplicity. LiFePO<sub>4</sub> and LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> are also shown for comparison based on the voltage versus Li metal.

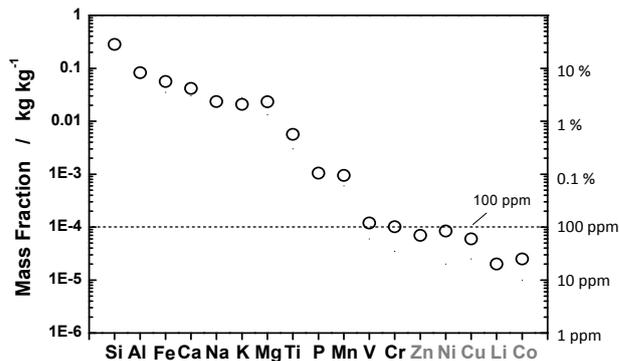


Figure 4 Elemental abundance in the Earth's crust, reproduced from "R.S. Carmichael (Editor), CRC Practical Handbook of Physical Properties of Rocks and Minerals, CRC Press, Boca Raton (1989)".

インサージョン材料についての報告例はあるが、得られるエネルギー密度は多くの材料で 300 mWh g<sup>-1</sup> 程度であり、上述した代表的なリチウムインサージョン材料と比較して 60% 程度に限られていた。

このようなエネルギー密度の問題に加え、材料設計における制限となるのが資源量 (つまりは材料価格) である。ナトリウムイオンをリチウムイオンの代わりに使うことの最大の利点である資源量を蓄電デバイスとして有効に活用するためには、ホスト構造の電極材料設計においても資源という点を考慮する必要がある。Fig. 4 に地球の地殻中に存在する元素、特に陽イオンになりやすいものに関して多いものから順に示している。地殻中には Si や Al が豊富に存在しているが、遷移金属イオンの d 軌道電子のように酸化還元可能な準位を持たないために、正極材料のレドックス種として利用することができない。Fig. 4 に示すように遷移金属元素の中で地殻中に 100 ppm 以上存在するとされている元素は多いものから、Fe, Ti, Mn, V, Cr の 5 種類に限られる。地殻中の元素の存在量が必ずしも材料コストに直結するとは限らず、また、環境適合性をはじめとする複合的な要因を考慮する必要があるが、少なくともリチウムイオン電池の正極に広く用いられているニッケルとコバルト、また、負極集電体として用いられている銅は資源埋蔵量 100 ppm を大きく下回っていることから、その使用量の低減が求められる。ナトリウムの豊富な資源量という利点を大型蓄電デバイスとして最大限活用するためには鉄、チタン、マンガンといった地殻中に豊富に存在する元素を主成分とする材料設計が求められることになる。

### 3. 鉄・マンガン系層状酸化物

遷移金属元素として最も豊富に存在する鉄をベースとした層状ナトリウムインサージョン材料として O3 型層状構造を有する NaFeO<sub>2</sub> が電気化学的に活性であることが報告されている [5]。O3 型 NaFeO<sub>2</sub> は Na の脱離量を 40% 以下 (Na<sub>1-x</sub>FeO<sub>2</sub> において x < 0.4 程度) に制限することで Fig. 5 に示すように約 100 mAh g<sup>-1</sup> の可逆容量を得ることができる。しかし、Na の脱離量を増やすことにより鉄のサイト

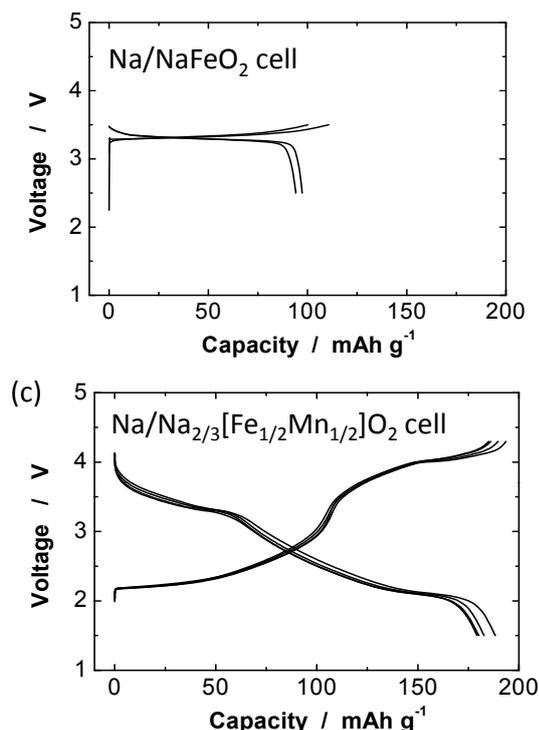


Figure 5 Charge/discharge curves of sodium cells; (top) Na/NaFeO<sub>2</sub> and (bottom) Na/Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub>.

間移動に由来する不可逆な構造変化を起こし、その可逆性は大きく低下する [6]。層間のナトリウムイオンが全て可逆的に脱挿入すると仮定した場合にはその容量は 240 mAh g<sup>-1</sup> と非常に大きい、実用的には 100 mAh g<sup>-1</sup> 以下に限られる。結果として利用可能なエネルギー密度も 300 mWh g<sup>-1</sup> 程度となる。

リチウム系層状酸化物として熱力学的安定相として知られているのは一般的には O3 型の層状構造である。しかし、ナトリウム系層状材料は O3 型構造だけではなく Fig. 1 に示すような P2 型層状構造も合成することが可能である。P2 型層状構造においては、単位格子中に AB, BA の異なる酸素配列を持った 2 種類の MeO<sub>2</sub> 層が存在し、ナトリウムイオンは三角柱サイト (P2 型の “P” は三角柱サイト (prismatic site) に由来する) を占有する構造となっている。P2 型の層構造は経験的に Na イオンと遷移金属イオンの比が 2 : 3 程度となるときに安定となることが知られている。三角柱サイトはナトリウムイオンのように遷移金属イオンと比較してサイズが大きい場合に安定な構造であり、比較的小さいリチウムイオンでは観察されないナトリウム系に特徴的な積層様式である。また、P2 型の層状材料を合成するためには遷移金属イオンは 3 価と 4 価の混合状態で合成する必要があるが、4 価の鉄は平衡条件下では不安定であり P2 型鉄系層状材料 Na<sub>2/3</sub>FeO<sub>2</sub> の合成は報告されていない。一方、マンガンやコバルトは 3 価と 4 価の異なる酸化状態が安定であることから P2 型層状構造を合成できることが知られている。近年、我々のグループから P2 型の層状構造として鉄とマンガンを固溶させた Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub>

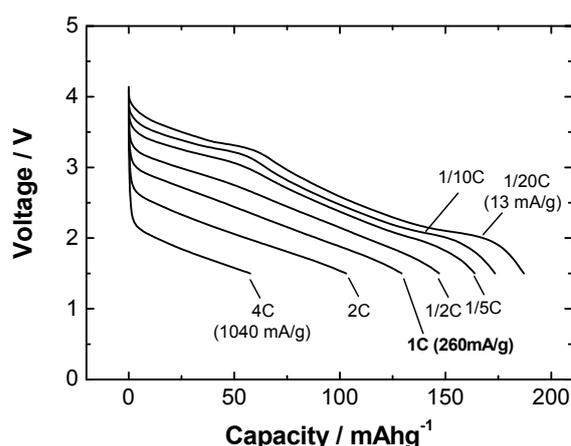


Figure 6 Rate-capability of the Na/Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub> cell at different rates from 1/20 C to 4 C (13 – 1040 mA g<sup>-1</sup>). Current density of 1C rate was defined on the basis of one electron reduction of formula unit, i.e., 260 mA g<sup>-1</sup> for one hour.

がナトリウムインサージョン材料として高容量を示すことを報告した [7]。Fig. 5 には Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub> の充放電曲線を示しているが、180 mAh g<sup>-1</sup> を超える可逆容量が得られることがわかる。ナトリウム金属基準での平均作動電圧は 3 V 以下となるが、エネルギー密度としては 500 mWh g<sup>-1</sup> を超え、正極材料ベースとしては Li 系電極材料と同程度を達成している。また、レート特性にも優れ Fig. 6 に示すように一時間率 (1C レート) 程度でも 70% 程度の容量が維持可能である [7]。ただし、Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub> を含め P2 型層状材料ではナトリウム含有量は遷移金属イオンに対して少ないことから、対極としてナトリウム金属を用いない場合には十分なエネルギー密度を得ることができない。ナトリウムイオン電池として高エネルギー密度を目指すためには、ナトリウムイオンのプレドープなど欠損するナトリウムの量を補償する手法の確立が期待される。

#### 4. X線吸収分光法を用いた反応機構の調査

インサージョン材料は充電時に遷移金属が酸化され、その電荷補償のためにアルカリ金属イオンを電解液に放出する。そのため充放電時の遷移金属の電子状態変化を観察するために放射光施設において X線吸収スペクトルの測定が広く行われてきた [8]。鉄・マンガン系ナトリウムインサージョン材料として上述した P2 型層状材料の Na<sub>2/3</sub>[Fe<sub>1/2</sub>Mn<sub>1/2</sub>]O<sub>2</sub> において充電深度を変えた試料についてフォトンファクトリーで X線吸収スペクトルを実測した結果を Fig. 7 に示す。マンガン K 吸収端におけるエックス線吸収端近傍構造 (XANES) の変化について観測を行なった結果、ナトリウム電池中で 3.8 V まで充電を行うとスペクトルが高エネルギー側へと 1 eV 程度シフトすることが確認され、マンガンが酸化されていることを示唆する結果が得られた。一方で充電を 4.2 V まで行なった試料については 3.8 V の試料とほぼ同じスペクトル形状であり、広域エックス線吸収微細構造 (EXAFS) から得られたマンガンの局所構造についてもこの領域では特に明確な変化は観

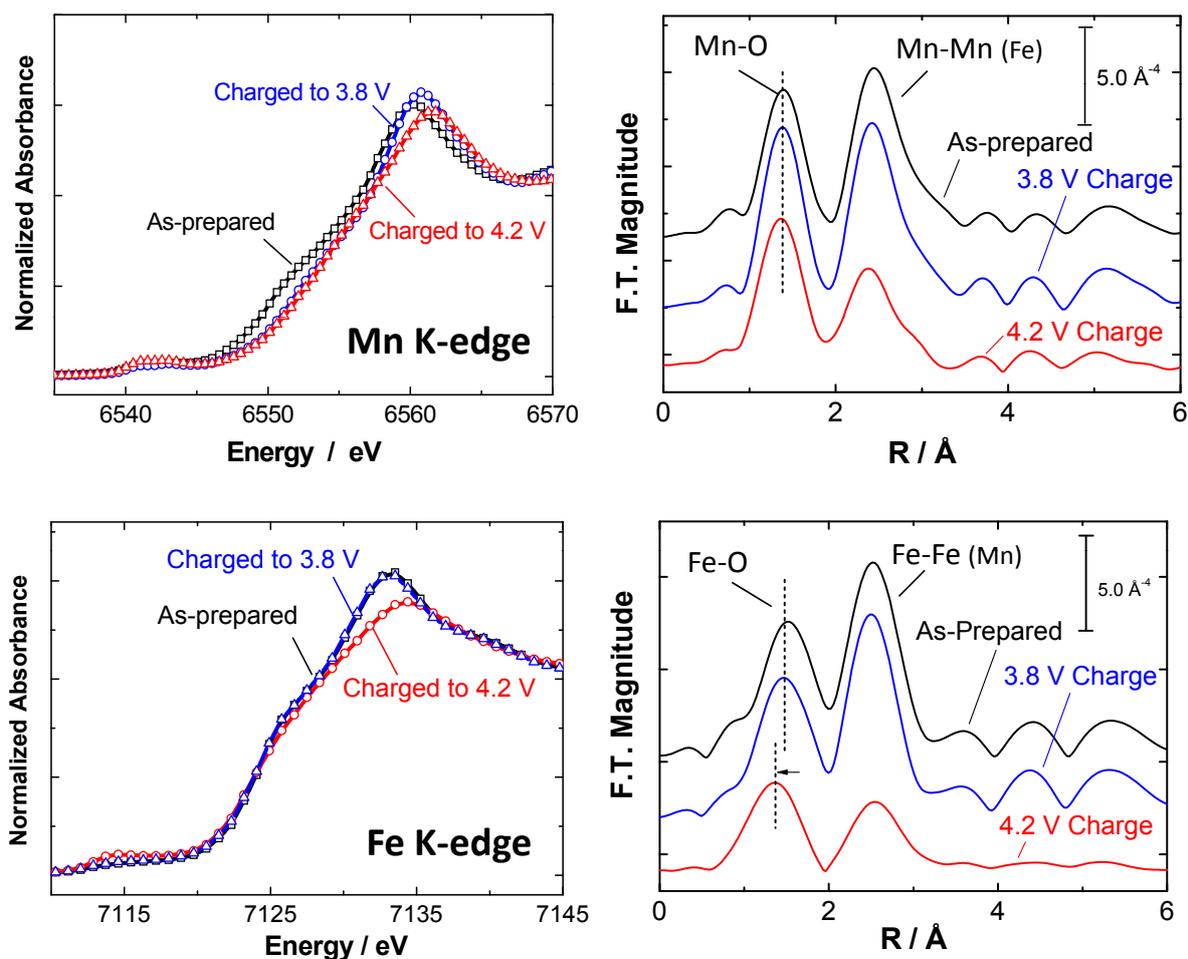


Figure 7 Change in XAS spectra of  $\text{Na}_x[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$  at (top) Mn and (bottom) Fe K-edge. (left) XANES and (right) radial distributions are compared for each element.

察されなかった。これは、3.8 Vまで充電することでマンガが4価まで酸化されるが、それ以上の領域でマンガは電荷補償を担わないことを示唆する結果である。さらに、鉄のK吸収端についても観測を行なった結果、このようなマンガの電子状態の変化と対応する形で変化することがわかった。鉄は合成時には3価の状態として存在しているが、Fig. 7に示すように3.8 Vまで充電することによる変化は観測されなかった。しかし、4.2 Vまで酸化することによりXANESスペクトル形状の変化、さらに、鉄の局所構造、特に第一近接における配位環境に明確な変化が観察された。これは鉄と酸素の結合状態が大きく変化することを示す結果であるが、鉄と酸素の結合距離が大きく低下すること、さらに、(みかけの)配位数が減少することから、ヤーン・テラーイオンである4価(d4)まで酸化されたと考えられる。この反応はナトリウム電池中で可逆的に進行し、また、この測定結果はメスbauer分光法によっても支持されている[7]。リチウム系では鉄が3価と4価の間で可逆的に酸化還元するという報告はこれまでに無く、ナトリウム系インサージョン材料における特徴的な反応であるといえる。

ナトリウムインサージョン材料はリチウムインサージョン材料と多くの共通点もある一方で、鉄が4価まで酸化さ

れるなどリチウム系では観察されなかった事象も次々と見つかっている。このようなナトリウムインサージョン材料に関して基礎的な理解が進めば、ナトリウムイオン電池の実用化ということだけではなく、リチウムインサージョン材料の研究における新たな展開に繋がることも期待できる。似て非なるリチウムとナトリウムという二種類のインサージョン材料の研究を協調的に進めることが求められ、そのためにはフォトンファクトリーのような施設の活用が必要不可欠であるといえる。

## 5. おわりに

これまでナトリウムインサージョン材料についてエネルギーデバイスを目指した研究は限られたものであった。しかし、昨今、世界中でエネルギー問題に関する認識が大きく変わっており、ナトリウムや鉄のような普遍的な資源を用いた蓄電池系実現への期待は急速に高まりつつある[9-11]。本稿では我々のグループで見つかった新規正極材料について紹介させていただいたが、実際に蓄電池としてのエネルギー密度を向上させるためには、それと組み合わせる高容量の負極材料も必要となる。また、電極材料だけではなく電解液や添加剤など、まだまだ研究の余地が残っており、現状では蓄電池として実用化するために解決すべき多

くの課題が残っているのも事実である。新たな蓄電池系としてのナトリウムイオン電池の実用化, それはリチウムイオン電池の実用化に世界で初めて成功した日本において実現されることを期待してやまない。

## 引用文献

- [1] S. Komaba, W. Murata, T. Ishikawa, N. Yabuuchi, T. Ozeki, T. Nakayama, A. Ogata, K. Gotoh, K. Fujiwara, *Advanced Functional Materials*, 21 (2011) 3859.
- [2] C. Delmas, C. Fouassier, P. Hagemuller, *Physica B & C*, 99 (1980) 81.
- [3] K. Mizushima, P.C. Jones, P.J. Wiseman, J.B. Goodenough, *Mater. Res. Bull.*, 15 (1980) 783.
- [4] C. Delmas, J.J. Braconnier, C. Fouassier, P. Hagemuller, *Solid State Ion.*, 3-4 (1981) 165.
- [5] 高橋祐典, 木藪敏康, 岡田重人, 山木準一, 中根堅次, 第45回電池討論会講演要旨集, (2004) 3B23.
- [6] N. Yabuuchi, H. Yoshida, S. Komaba, *Electrochemistry*, 80 (2012) 716.
- [7] N. Yabuuchi, M. Kajiyama, J. Iwatate, H. Nishikawa, S. Hitomi, R. Okuyama, R. Usui, Y. Yamada, S. Komaba, *Nature Materials*, 11 (2012) 512.
- [8] I. Nakai, K. Takahashi, Y. Shiraishi, T. Nakagome, F. Izumi, Y. Ishii, F. Nishikawa, T. Konishi, *J. Power Sources*, 68 (1997) 536.
- [9] B. Dunn, H. Kamath, J.-M. Tarascon, *Science*, 334 (2011) 928.
- [10] S.W. Kim, D.H. Seo, X.H. Ma, G. Ceder, K. Kang, *Adv. Energy Mater.*, 2 (2012) 710.
- [11] M.D. Slater, D. Kim, E. Lee, C.S. Johnson, *Advanced Functional Materials*, (2012) in-press.

(原稿受付日: 2012年12月21日)

## 著者紹介

藪内 直明 Naoaki YABUUCHI  
東京理科大学 総合研究機構 講師  
〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3  
TEL: 03-3260-4272  
e-mail: yabuuchi@rs.kagu.tus.ac.jp

略歴: 2006年大阪市立大学大学院後期博士課程修了, 2006年マサチューセッツ工科大学博士研究員, 2010年東京理科大学 総合研究機構 助教, 2012年同 講師。博士(工学)。

最近の研究: 固体電気化学, 構造無機化学, 蓄エネルギーデバイスに関する研究。

駒場 慎一 Shinichi KOMABA  
東京理科大学 理学部応用化学科 准教授  
〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3  
TEL: 03-5228-8749  
e-mail: komaba@rs.kagu.tus.ac.jp

略歴: 1998年早稲田大学大学院博士後期課程修了, 岩手大学助手, CNRS ボルドー固体化学研究所博士研究員を経て, 2005年東京理科大学講師, 2008年同 准教授。博士(工学)。

最近の研究: 次世代蓄電池, 電気・化学エネルギー変換材料。

## アボガドロ定数決定のための単結晶シリコンの完全性評価

藤本 弘之<sup>1</sup>, 早稲田 篤<sup>1</sup>, 張 小威<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所, 計測標準研究部門, <sup>2</sup>高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所

### Crystal evaluation of silicon crystals for the determination of the Avogadro constant

Hiroyuki FUJIMOTO<sup>1</sup>, Atsushi WASEDA<sup>1</sup>, Xiaowei ZHANG<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

<sup>2</sup>High Energy Accelerator Research Organization(KEK)・Photon Factory (PF)

#### Abstract

X線結晶密度 (XRCD) 法によるアボガドロ定数の決定では, 使用されている結晶完全性の評価が必須である。結晶格子の均一性を  $10^{-9}$  の分解能で評価するために, 新たに考案した放射光の波長選択性を生かした自己参照型格子コンパレータの原理を用い, BL-3C で結晶格子の評価システムを構築した。本報告では, アボガドロ定数を決める背景を説明し, 結晶格子の評価システムを解説した上で, いくつかのシリコン結晶の測定結果を紹介する。

#### 1. はじめに

2011 年に開催されたメートル条約の最高議決機関である度量衡総会で, 国際単位系 (SI) の 7 つの基本単位のうち, 質量と温度, 電流, 物質量の定義改定に向けた方向性が示された。質量の単位であるキログラムは, 現在もパリ郊外にある国際度量衡局 (BIPM) に保管されている国際キログラム原器 (IPK) が基準となっている。質量は他の基本単位と対照的に, いまだに IPK という「人工物」により定義されているため, これを, 基礎物理定数に基づく新しい質量の定義としようというものである。

質量の定義改定に向けた国際プロジェクト研究としては, X線結晶密度 (XRCD) 法によりアボガドロ定数を決定する方法と, 電気標準であるジョセフソン電圧と量子ホール抵抗からプランク定数を決定するワットバランス法が並行して進められている。アボガドロ定数が決定されれば, 原子の数から質量が定義でき質量の再定義が実現される。一方, アボガドロ定数とプランク定数の積がより高い精度の物理定数と連結されていることから, 並行して進められている両基礎定数の独立な計測は, 互いに両定数の正当性を保証することになる。産総研では, 2004-2010 年にかけて, 7 つの標準研究機関と研究覚書 (MoU) を結び, 同位体  $^{28}\text{Si}$  を濃縮した単結晶シリコンの密度, 格子定数, モル質量から XRCD 法によりアボガドロ定数を決定するアボガドロ国際プロジェクト (IAC) に参加し研究を進めてきた。

アボガドロ定数決定に際しては, 用いる単結晶シリコンの結晶完全性, 欠陥評価が必須である。産総研は, KEK での結晶格子面間隔の一様性評価, 新潟大学における低温超音波実験による欠陥評価, SPring-8 におけるコヒーレント X線による欠陥評価など, 国内諸研究機関の協力を得ながらプロジェクトを推進してきた。IAC は 2011 年には,

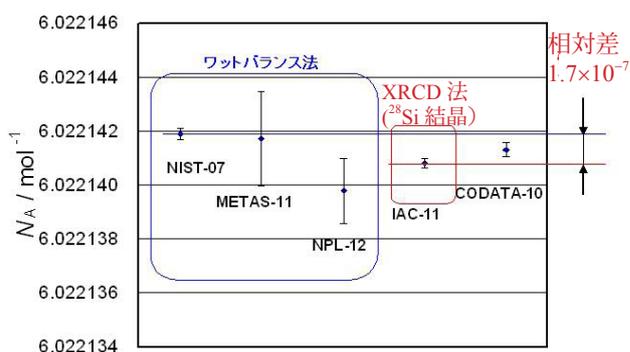


Figure 1 Avogadro number obtained by methods of x-ray crystal density and watt balances.

従来の精度より一桁良い  $3.0 \times 10^{-8}$  の世界最高精度でアボガドロ定数を決定した。しかし, 現在, XRCD 法とワットバランス法で導かれたアボガドロ定数は, Fig. 1 に示す通り, それぞれ測定の不確かさよりも大きい  $10^{-7}$  のオーダーで不一致が見られる [1]。このたびの国際度量衡総会での決議は, 将来この不一致が解消され, 両者が不確かさの範囲で一致することになれば, 質量の定義を IPK によるものから, 基礎物理定数による定義に変えるとなっている。

2011 年からは 7 つの標準研究機関が新たな MoU を結び, 更なる精度向上に向けた国際プロジェクトが始まった。さらに, 将来の定義改定に向けて, ワットバランスと XRCD 間の結果不一致の原因を解明するためのヨーロッパプロジェクト (EMRP) が 2012 年 9 月から始まっている。このプロジェクトは, プランク定数 (ワットバランス法) とアボガドロ定数 (XRCD 法) が協力して行うものであり, 産総研もアボガドロ定数に関する研究機関の一員として EMRP に参加している。

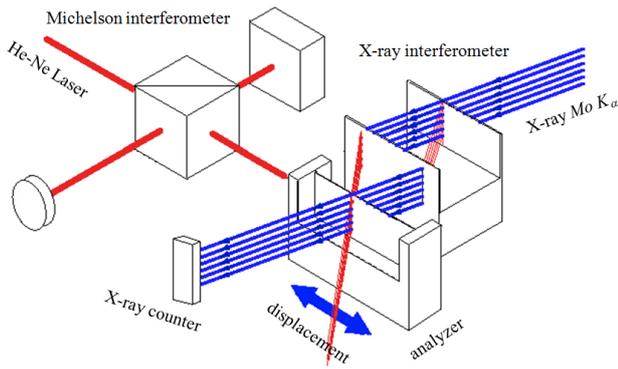


Figure 2 An illustration of a combined x-ray and optical interferometry.

XRCD法では、シリコン格子定数絶対値の測定は Fig. 2 のようなレーザー干渉計とX線干渉計を組み合わせた複合干渉計によって行われる [2]。シリコン格子定数の絶対値は、アナライザーと呼ばれる部分的に薄く削られた結晶から得られる。従って、薄く削られた部分で、格子定数の一様性やその格子の完全性が加工する前の状況（母材や、試料の厚い部分）と一致するかなど確認しなければならない。

X線回折に基づく本研究の測定方法は、絶対測定で用いられるX線・可視光複合干渉計に対し、異なる不確かさ要因を持ち、X線・可視光複合干渉計による格子定数の絶対値測定法のクロスチェックにとっても重要な手法である。さらには、加工によるひずみ、重力による変形の影響の評価、母材自体の格子定数の統計的分布評価を行なうために重要である。現行のアボガドロ国際プロジェクトでは、加工されたアナライザー結晶の  $10^9$  台の残留ひずみ有無の確認が期待されている。

## 2. 結晶の完全性の評価法とその実験装置

X線で結晶の完全性を評価する技術は、長年にわたって開発されている。X線トポグラフィは大きい結晶の評価に

適しており、広く使われる実験手法であるが、精度の高い平面波トポグラフィを利用しても、その分解能は  $1 \times 10^{-7}$  台で、それ以上の分解能は望めない。X線・可視光複合干渉計やX線コンパレータ法などは感度が  $1 \times 10^{-8}$  以上と高く、前者はX線波長によらない結晶格子面間隔の絶対測定を、後者は相対測定をすることができる。Fig. 3は2つ伝統的なコンパレータの例である。試料結晶の格子間隔に近い参照結晶を選ぶことにより、二つの回折ピークの位置間隔が小さくなり、僅かなピーク間隔の変化から、格子面間隔の差を精密に測定することができる。しかし、実験室のX線光源を使う両実験は、測定に時間がかかり、大面積にわたって結晶を評価することに適していない。マッピング計測はさらに高速な実験技術が必要である。高速なマッピング測定を行うためには、より強いX線光源が求められ、放射光の利用が最適である。

我々は超精密計測へ放射光利用のポテンシャルに着目し

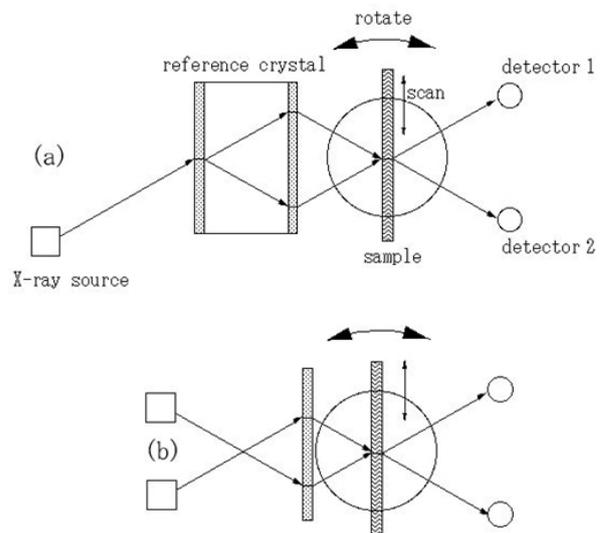


Figure 3 Illustration of traditional crystal lattice comparators. (a) one x-ray source type, (b) two x-ray source type.

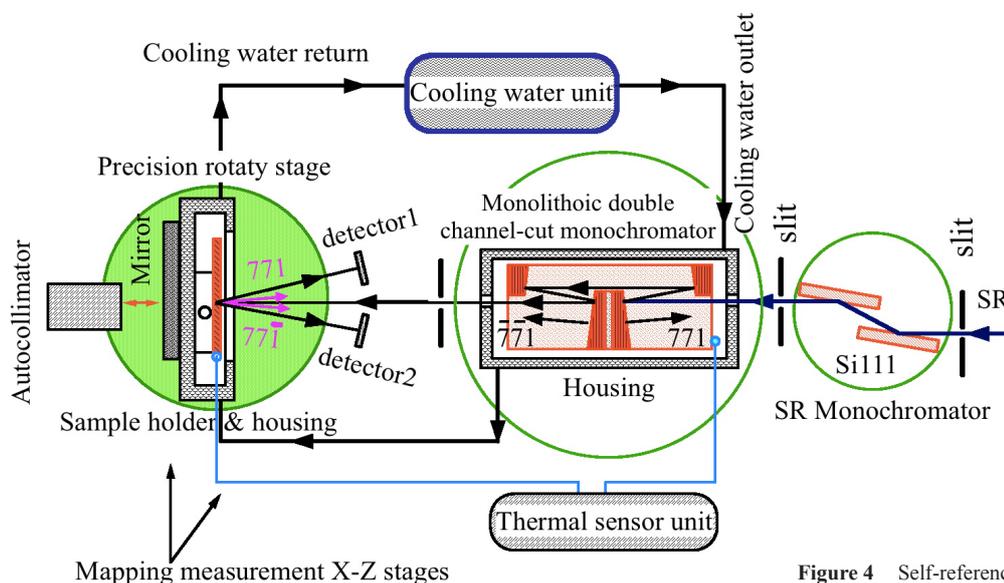
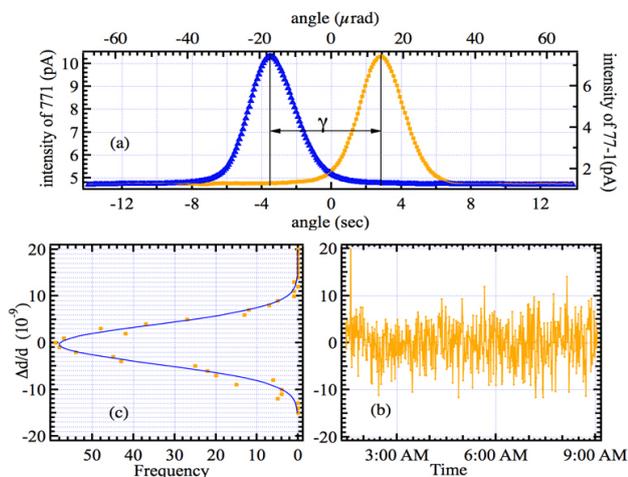


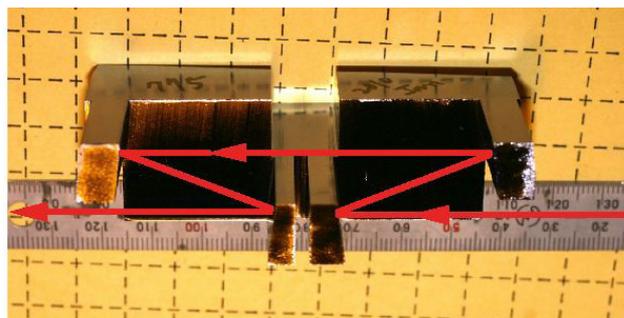
Figure 4 Self-referenced crystal lattice comparator.

て、自己参照型の格子コンパレータを考案した [3]。Fig. 3 に示した例と異なり、Fig. 4 に示したように参照格子面が試料結晶の内部にあるので、「自己参照」と名付けた。特定の X 線波長を選び、結晶内の二つ等価な格子面の同時反射を起こせば、自己参照型の格子コンパレータができる。従来型のものに比べて、新考案した方法では試料周りの空間が広く取れ、大口径試料の測定で大型のスキャンステージが利用できる。さらに、高強度の放射光の X 線を用いることにより、一回の計測時間も短くなり、マッピング測定も可能となる。

測定では、高分解能を得るために、回折角がなるべく高く、回折ピーク幅がなるべく狭く、色分散のない光学系配置を選ぶことが重要である。例えば、 $\langle 110 \rangle$  法線方向のシリコン結晶に対して、その方向に沿って結晶に 0.1086 nm の X 線を入射すると、ブラッグ角が  $84.23^\circ$  の  $(771)$  と  $(7\bar{7}\bar{1})$  がほぼ同時に回折条件を満たし、十数秒の角度測定範囲で Fig. 5(a) のような回折の強度曲線を得ることができる。Fig. 5(b) は (a) の観測された回折ピーク間の差を格子長変化になおしたものである。Fig. 5(c) は (b) の結果をヒストグラムになおしたものを示す。縦軸は分布区間であり、横軸はその区間に入った頻度を示している。測定結果が正規分布となっていることは、測定システムが正常に作動していることを意味し、その分布の幅は測定の分解能を表している。自己参照型格子コンパレータでは、結晶中の二つ反射面の同時反射を利用し、その二つの回折間角度の変化を精密に測定することにより、結晶面間隔の相対変化を測定することができる。この測定では、結晶の温度に加え、測定中の X 線波長も一定でなければならない。放射光源は連続スペクトルであり、X 線管球のような特性 X 線波長を持っていない。従って、放射光から持続的に同じ波長の X 線が取り出せるか否かが自己参照型格子コンパレータ成功の鍵を握る。モノクロメータに一体の結晶内の二つの格子面の  $(+, +)$  配置の連続反射を利用すれば、二つ



**Figure 5** (a) A record of semi-simultaneous twin-diffraction in a silicon crystal.  $\gamma$  is an interval angle of two diffractions. (b) A few hundreds measurements of the  $\gamma$  angle. (c) A histogram of the measurements of the  $\gamma$  angle.



**Figure 6** A photo of a monolithic double channel-cut monochromator.

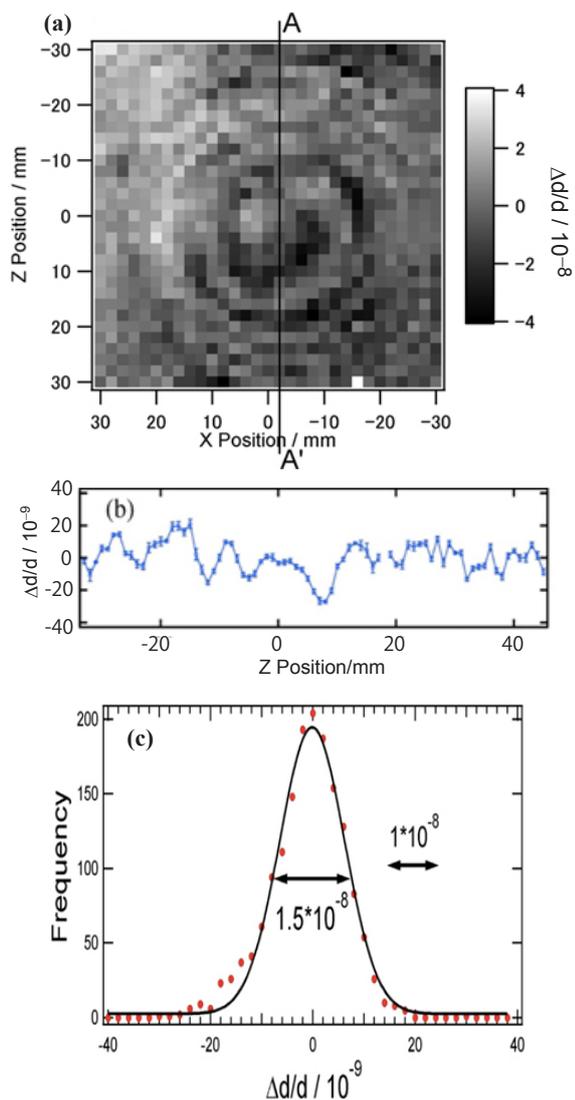
の回折面のブラッグ条件を同時に満たす条件により、原理的にある特定の波長を放射光から切り出すことができる。Fig. 6 にはそのような分光器の一例を示した。1つのシリコン単結晶から1体となった2組のチャンネルカットを切り出して、それを水平に置くとほぼ回折条件となるように加工されている。これが Monolithic Double Channel-cut Monochromator (MDCM) である [4]。この構造では単色化されたビームが元の光路に戻る特徴を持っており、実験上都合がよい。また、ダイレクト放射光を遮るために、2組のチャンネルカットの中間に 1 mm 厚の鉛板を挿入している。MDCM の結晶には温度センサーが直接取り付けられ、恒温化されたアルミハウジング内に設置される。

Fig. 5 に示された二つ回折ピーク間の角度の測定は、オートコリメータを用いる。試料のマッピング測定を行うために、試料を入れる恒温ハウジングの背面には 150 mm × 150 mm の平面ミラーが取り付けられている。ミラーホルダーと試料ハウジングとの間には 15 mm 厚の断熱材が挟み込んである。また、回折角度位置が異なる試料間の比較測定を行う場合に備えて、オートコリメータの姿勢を調整するためのステージが装備されている [5]。

### 3. 自然同位体 FZ シリコンと $^{28}\text{Si}$ 同位体濃縮 FZ シリコン結晶の評価

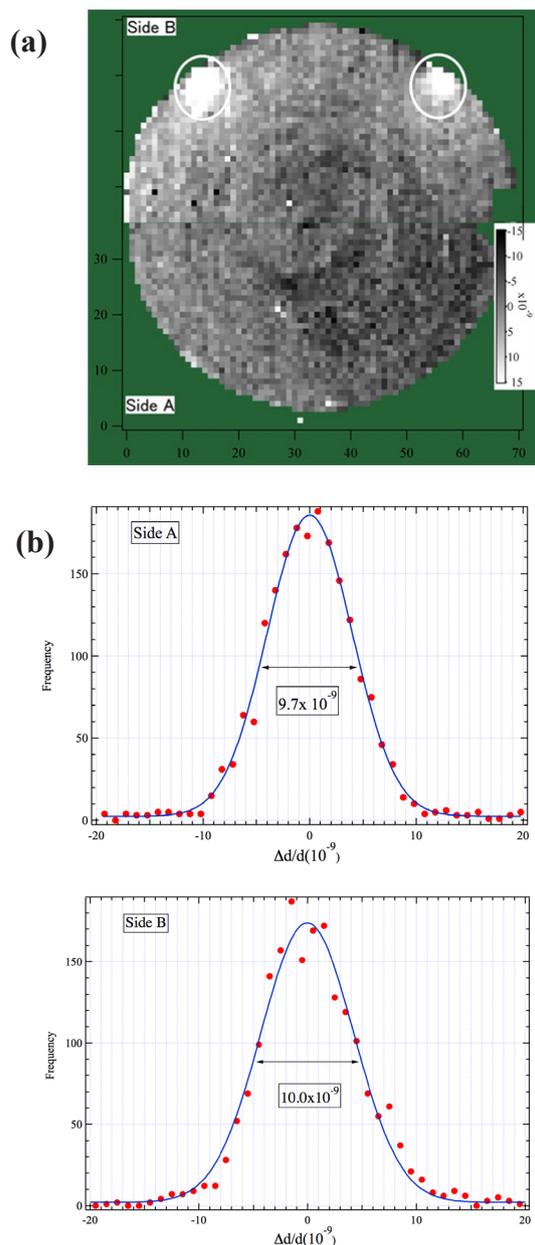
自己参照型コンパレータを用いて、自然同位体 FZ シリコン単結晶 (NRLM3, 信越半導体) および  $^{28}\text{Si}$  同位体濃縮結晶母材から切り出した半円板状試料 ( $^{28}\text{Si}$ -10Pr11), 干渉計アナライザ結晶 (格子定数の絶対測定用) について格子のマッピング測定を行った。Fig. 7(a) は  $\langle 100 \rangle$  法線方向の NRLM3 シリコン単結晶のマッピング測定例を示す。0.5 mm 高 × 2 mm 幅のビームをサンプルに入射して、試料上の各位置において 10, 0, 2 と 10, 2, 0 反射をそれぞれ 3 回測定し平均値をとっている。白黒のコントラストは、格子定数の変化に対応している。Fig. 7(a) の AA' 線上の一次元分布を Fig. 7(b) に、マッピング測定結果をヒストグラムで表現したものを Fig. 7(c) に示す。この結晶の格子定数分布はほぼ正規分布の形を成しているが、左裾のところにはすこし膨らみがあり、結晶中に格子が縮んでいる部分が多いことを示している。ヒストグラムの半値幅は  $1.5 \times 10^{-8}$  である。

$^{28}\text{Si}$ -10Pr11 単結晶試料は半円形の形をしており、厚みは



**Figure 7** (a) A  $d$ -spacing mapping measurement result of a FZ silicon crystal, white to black corresponds to  $-4 \times 10^{-8}$  to  $4 \times 10^{-8}$  relative  $d$ -spacing variation. (b)  $d$ -spacing along the line of AA'. (c) A histogram of the mapping measurement.

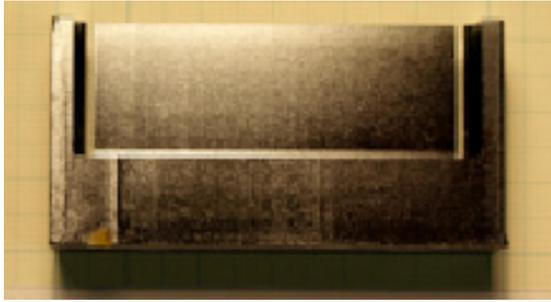
約 4 mm である。X線結晶密度 (XRCD) 法によりアボガドロ定数を決定するために、同位体  $^{28}\text{Si}$  を 99.995% までに濃縮した単結晶シリコンが 5 kg ほど作られた。二つの 1 kg のシリコン球の材料部分を挟んで、種結晶側に本測定に使われた半円板状試料 ( $^{28}\text{Si}$ -10Pr11) と中ほどに位置して格子定数を測るための干渉計アナライザ結晶、および母材結晶ボトムの方にある一枚の半円板状試料とがある。この三枚結晶格子分布の均一性を持って、二個の 1 kg シリコン結晶球の格子の均一性を保証するのである。測定した試料は結晶のヘッド (種結晶に近い) 部分で、密度測定に用いられる 1 kg のシリコン球に隣接している結晶の断面の半分である。Fig. 8 にこの試料の両側のマッピング測定を示す。試料の側面は斜めであるので、Side B の測定結果に試料の支持点に対応する大きく歪んだ領域 (Fig. 8(a) 白丸部分) が二つ現れた。A 面と B 面のヒストグラムの半値幅はそれぞれ  $9.7 \times 10^{-9}$  と  $1.0 \times 10^{-8}$  であり、同位体濃縮した結晶の均一性が自然同位体配合の結晶に比べてか



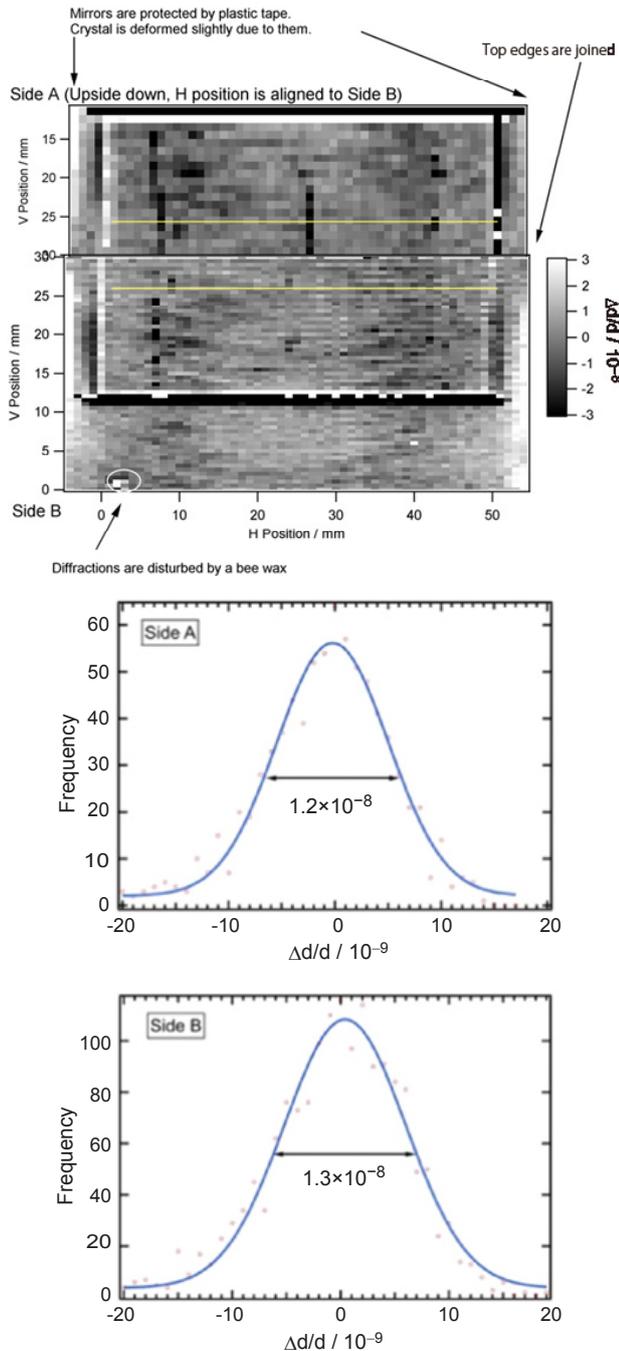
**Figure 8** (a) A and B sides  $d$ -spacing mapping measurement results of a  $^{28}\text{Si}$  enriched silicon crystal, where white to black color corresponds to  $-1.5 \times 10^{-8}$  to  $1.5 \times 10^{-8}$  relative  $d$ -spacing variation. (b) histograms of  $d$ -spacing of A and B sides.

なり良くなったことがわかる。

シリコン格子の絶対測定は Fig. 2 に示した X線・可視光複合干渉計を利用して行われる。実際に使われたアナライザ結晶を Fig. 9 に示す。試料の表面法線が  $\langle 110 \rangle$  であるので、反射面には前述した  $(771)$  と  $(\bar{7}\bar{7}\bar{1})$  を利用した。各点において、三回測定した平均値を Fig. 10 に示す。試料の A 面と B 面のマッピングステップサイズはそれぞれ  $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$  と  $0.5 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$  であった。アナライザ結晶の厚いフレーム部分に比べて、薄く加工された部分に格子定数のムラが見られ、加工によるひずみとダメージが残っていると考えられる。この薄く加工された部分両面の格子定数分布のヒストグラムを同じ Fig. 10 の中と下に示した。それらのヒストグラムは、正規分布の形を成している



**Figure 9** A photograph of the  $^{28}\text{Si}$  analyzer crystal for the absolute  $d$ -spacing measurement.



**Figure 10** Top:  $d$ -spacing distributions of two sides of the  $^{28}\text{Si}$  analyzer crystal, where white to black scare corresponds to  $-3 \times 10^{-8}$  to  $3 \times 10^{-8}$  relative  $d$ -spacing variation. Middle and bottom: histograms of the  $d$ -spacing of two sides of the analyzer.

が、半値幅は Fig. 8 の分布の  $1.0 \times 10^{-8}$  に比べて、それぞれ  $1.2 \times 10^{-8}$  と  $1.3 \times 10^{-8}$  と広く、結晶本来の状態が反映されていないことがわかる。

#### 4. まとめ

放射光連続スペクトルの特徴を利用して、自己参照型結晶格子コンパレータを考案して、 $3 \times 10^{-9}$  の分解能で結晶の格子定数を迅速に測定できるシステムを BL-3C で構築した。それを利用して X 線結晶密度 (XRCD) 法によるアボガドロ定数の決定に使用されているシリコンの結晶評価を行った。同位体を 99.95% までに濃縮した  $^{28}\text{Si}$  単結晶は完全性が高く、その均一分布の幅が従来の自然同位体シリコン結晶の  $1.3 \times 10^{-8}$  から  $1.0 \times 10^{-8}$  以下となり、測定の不確かさ抑制に大きく寄与している。コンパレータの評価手法では結晶格子定数の絶対値が得られないが、結晶の完全性を評価する手法として、最も高い分解能と測定速度を持っている。現在「アボガドロ定数決定のための単結晶シリコンの完全性評価」の S 型課題研究を行っており、さらなる測定精度の向上を目指している。

#### 引用文献

- [1] B. Andreas, Y. Azuma, G. Bartl, P. Becker, H. Bettin, M. Borys, I. Busch, M. Gray, P. Fuchs, K. Fujii, H. Fujimoto, E. Kessler, M. Krumrey, U. Kuetgens, N. Kuramoto, G. Mana, P. Manson, E. Massa, S. Mizushima, A. Nicolaus, A. Picard, A. Pramann, O. Rienitz, D. Schiel, S. Valkiers, and A. Waseda, *Phys. Rev. Lett.*, **106** (2011) 030801.
- [2] E. Massa, G. Mana, L. Ferroglio, E. G. Kessler, D. Schiel and S. Zakel, *Metrologia*, **48** (2011) S44.
- [3] X. Zhang, H. Sugiyam, M. Ando, Y. Imai and Y. Yada, *J. Appl. Cryst.*, **36** (2003) 188.
- [4] X. Zhang, Y. Okada, H. Sugiyama and M. Ando, *AIP Conf. Proc.*, **705** (2004) 1106.
- [5] X. Zhang, H. Sugiyama, H. Fujimoto, A. Waseda and T. Takatomi, *AIP Conf. Proc.*, **1234** (2010) 895.
- [6] H. Fujimoto, A. Waseda and X. Zhang, *Metrologia*, **48** (2011) S55.

(原稿受付日: 2013 年 1 月 16 日)

#### 著者紹介

藤本弘之 Hiroyuki FUJIMOTO  
産業技術総合研究所, 計測標準研究部門  
e-mail: h.fujimoto@aist.go.jp

早稲田篤 Atsushi WASEDA  
産業技術総合研究所, 計測標準研究部門  
e-mail: waseda.atsushi@aist.go.jp

張 小威 Xiaowei ZHANG

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  
e-mail: zhang.xiaowei@kek.jp

## 軟X線を利用した GISAXS 測定

奥田浩司<sup>1</sup>, 山本崇善<sup>1</sup>, 竹下浩樹<sup>1</sup>, 平井光博<sup>2</sup>, 櫻井伸一<sup>3</sup>, 北島義典<sup>4</sup>

<sup>1</sup>京都大学工学研究科, <sup>2</sup>群馬大学工学研究科, <sup>3</sup>京都工芸繊維大学, <sup>4</sup>物質構造科学研究所 PF

### Grazing-incidence Small-Angle Scattering in soft X-ray region

Hiroshi OKUDA<sup>1</sup>, Takayoshi YAMAMOTO<sup>1</sup>, Kohki TAKESHITA<sup>1</sup>, Mitsuhiro HIRAI<sup>2</sup>,  
Shin-ichi SAKURAI<sup>3</sup>, Yoshinori KITAJIMA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Kyoto University, <sup>2</sup>Graduate School of Engineering, Gunma University  
<sup>3</sup>Graduate School of Biobase Materials, Kyoto Institute of Technology, <sup>4</sup>Photon Factory KEK

#### Abstract

Grazing-incidence Small-Angle Scattering (GISAXS) measurements in soft X-ray region between 1.75 and 2.2 keV, i.e. K absorption edge of Si and P performed at beam-line 11B are shown. Depth- and element sensitive profiles were obtained.

#### 1. はじめに

基板にすれすれの微小角,  $\alpha_i$  で入射して薄膜内部の小角散乱強度を測定する Grazing Incidence Small-Angle X-ray Scattering (GI-SAXS) 法は PF では 15 年ほど前のリング高輝度化の後測定されるようになり, 現在では薄膜の相分離や自己組織化など, バルク材料に対して透過小角散乱測定で評価されるようなナノ構造の薄膜材料版として比較的一般化した手法になりつつある。以前旧 BL-15A での GISAXS 測定を紹介させていただいた [1] 頃と比較すると, PF の旧 BL-15A 移転後の現 BL-6A では時間分解測定が問題なくおこなえ, 例えばブロック共重合体などの高分子薄膜の自己組織化過程をその場測定で追うなど, 薄膜の実時間構造変化も容易に追跡できる状況にある。2011 年には PF 研究会として GISAS のチュートリアルと研究発表会を組み合わせた研究会が開催された [2]。GISAS 法に関しては既にいくつかの解説 [3-5] や Review [6,7] が出版されている。また, 小角散乱国際会議のサテライト会議として GISAS 会議が 2009 年 (Hamburg) から開催されており, 昨年シドニーの小角散乱国際会議のサテライトとして京都で 2 回目が開催され [8], 次回は 2015 年にフランス開催の予定である。GISAXS 法は小角散乱法の手法の進歩とともにその知見を取り入れて発展しており, ここ数年ではコーレンスの利用が目ざされている。一方このような先端光源利用とは別に, この何年かで GISAXS 法に新たに出てきた流れが軟 X 線の利用である。PF での実験例は軟 X 線を利用した GISAXS 測定としてはかなり早期の結果に属する。一方, ALS ではさらに大幅に軟らかい C の吸収端での実験などが進められている。C の吸収端で観察される化学シフトによる原子散乱因子  $f$  の差を利用して高分子組織の中での結合状態の異なるブロックを色分けするなど,

興味深い研究が進められている。

ここでは筆者らの PF の BL-11B における Si の K 吸収端および P の K 吸収端の近傍での軟 X 線 GISAXS 測定の結果について紹介する。

#### 2. 軟 X 線の GISAXS の特徴

BL-11B での GISAXS 測定では, 結晶モノクロメータで分光可能な波長領域の X 線を利用する。具体的には最も軟らかいエネルギーで Si の K 吸収端の低エネルギー側, 1.77 keV 程度となる。このエネルギーは通常の小角散乱測定を行っている感覚からすれば十分に軟らかいが, 分光などの他分野から見れば軟 X 線と呼んでよいか違和感もあるとのことで, 米国の軟 X 線散乱グループは soft とよばずに最近 tender という言葉を使っているそうである。2 keV 程度の X 線の場合, 硬い X 線と比較すると (1) 透過能が低い (2) 軽元素の異常分散効果が利用できる という 2 つの特徴が挙げられる。

Si に対する線吸収係数の逆数,  $\mu^{-1}$  は  $\text{CuK}_\alpha$  程度の波長では 75  $\mu\text{m}$  程度あるが, SiK 吸収端直下の波長では 10  $\mu\text{m}$  程度しかない。透過小角散乱測定で十分な試料厚さ精度を持つ試料を作成するには厳しいが, 薄膜を反射配置で測定する場合には薄膜の膜厚と比べて丁度良い程度の侵入深さを与えるため, 2 keV 程度の軟 X 線は GISAXS 測定にはむしろ適している。一方, 吸収が大きいので, 試料を真空中に置く必要があり, さらに検出器を大気中に置いたり Be などの窓材を介したりできない。そのため現在は IP を真空槽の中に直接入れているが, 真空環境及び軟 X 線対応の二次元検出器 (Pilatus) の市販が始まっており, 新 15A に装備される計画であることは計測の効率とダイナミックレンジの観点から非常に期待が持てる。

11Bで測定可能な吸収端としてはSi, P, SなどのK吸収端が挙げられる。Siは基板, P, Sはソフトマター系の材料の評価に有効であると期待される。波長がCuK $\alpha$ の4倍強あるため、2 keV程度のエネルギーのGISAXSのプロファイルでは、硬X線では意識しないエバルト球の曲率の効果が顕になることがある[9]。プロファイルのゆがみは異方性の強い構造ほど顕著に現れ、例えば面内の粒子配列による干渉ピークはCuK $\alpha$ を利用したGISAXSでは基板垂直方向( $q_z$ 方向)に直線的に伸びるが、軟X線では $q_z$ の増加とともにピーク位置は面内方向で内側に寄り、最終的に左右の粒子間干渉ピークが中央( $q_y = 0$ )でつながってしまうという見かけ上おかしなGISAXSパターンを与える場合がある[9,10]。しかしGISAXSパターンがエバルト球面上の強度分布であるとして強度分布の対応を計算すると、硬X線の強度分布と一致する形状を与える事がSi基板上のGeナノドットで確認できており[9]、エバルト球の曲率の影響は比較的容易に説明できることがわかった。

### 3. 実験

測定はBL-11Bに試料位置制御ステージを含むGISAXSチャンバーを設置しておこなった。Si吸収端での測定の場合、上流のInSb分光結晶により単色化後、2つのスリットでビームを整形して小角散乱測定をおこなった。波長がCuK $\alpha$ の4倍強あることから、カメラ長が短くなり、チャンパー後部のIPホルダでの測定で十分な小角分解能が得られた。一方、11Bは小角散乱BLではないため、検出面上でのビームサイズがある程度大きくなる。そのため軟X線測定で用いられる事の多いCCDではなく、検出面積の大きなIPによる測定を採用した。

### 4. 高分子薄膜の深さ分解GISAXS測定

軟X線はX線の侵入深さを制御したGISAXS測定の実現に有利である。Fig. 1はX線の侵入深さの入射角依存性をCuK $\alpha$ と1.77 keVの場合について示している[11]。軟X

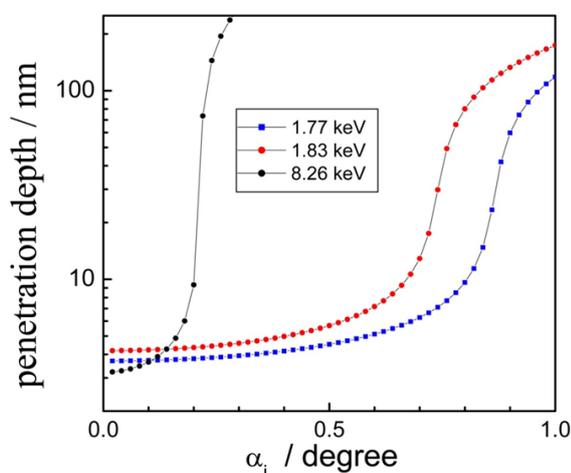


Figure 1 Penetration depth of X-rays as a function of photon energy for Si substrates.

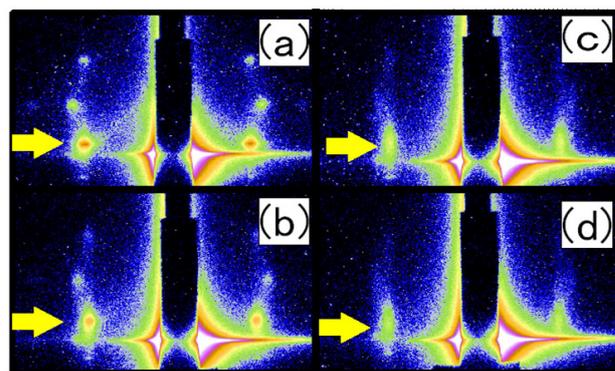


Figure 2 Change of GISAXS pattern with the angle of incidence. The Bragg spots in the figure correspond to the BCC lattice organized by microphase separation of triblock copolymer. Incident angles are (a)0.81 degree, (b)0.66 degree, (c)0.64 degree and (d) 0.61 degree respectively.

線領域では複素屈折率の値が大きくなるため、GISAXSの測定に関係する現象として吸収の増大と同時に全反射臨界角 $\alpha_c = \sqrt{2\delta}$ が増加する。全反射臨界角はほぼX線の波長に比例するため、Si吸収端ではCuK $\alpha$ 線と比較して4倍強の大きな値を持つ。高分子薄膜の構造が最表面近傍から深さ方向にどのように変化しているかを調べる上で、全反射臨界角から入射角を精密に制御する事によってX線の侵入深さを制御する事は硬X線でも可能である。しかし、Fig. 1からもわかるように、高分子の構造評価に適した10 nm程度の分解能で深さ制御をおこなうには硬X線の場合、小さな入射角に対して非常に小さな角度の制御が必要になる。これは試料の方位制御が難しいのみならず、試料表面のうねりやメニスカスといった試料の状態に測定結果が強く影響される事を意味しており、信頼性の高い測定のハードルは高い。一方、軟X線では図にあるように侵入深さの制御ははるかに容易である。深さ制御GISAXSの例としてトリブロック共重合体であるSEBS (polystyrene-block-poly(ethylenebutylene)-block-polystyrene)の薄膜をSi基板上の薄膜に展開した後熱処理によってマイクロ相分離組織を形成した試料の例をFig. 2に示す[11]。本試料はバルク状態ではマイクロ相分離によって形成した球状ドメインがBCC構造をとることが知られており[12]、深さ分解GISAXS測定によって表面近傍でbcc構造に緩和があるかを調べた。Fig. 2は膜厚約400 nmのSEBS膜に対して1.77 keVの入射X線を全反射臨界角よりやや浅い入射角から逐次大きな入射角に変化させていった場合のGISAXSプロファイルである。入射角が0.8°のプロファイルではマイクロ相分離でBCCの格子を組んでいる事に対応したスポットが明確に認められる。入射角が浅くなるにつれてスポットが基板垂直方向に伸びる。この変化はBCC格子を組んだ高分子膜に対して侵入深さが実効的な基板垂直方向の回折に寄与する格子数Nを決めていると考え、ラウエ関数類似の計算で半値幅の期待値を求める事ができる。入射角から計算される侵入深さとマイクロ相分離構造で形成される格子構造から計算した基板垂直方向のスポットの半値幅

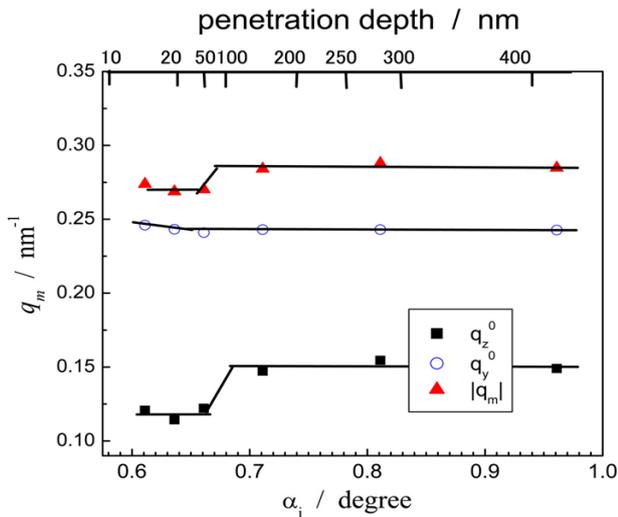


Figure 3 Change of the Bragg peak position with the angle of incidence, i.e., penetration depth.

は、各入射角に対して実験的に求められた半値幅と良い対応を示し、良好な深さ分解 GISAXS 測定が実現できたと結論付けられた。深さ分解が実現されているという前提で、深さの関数として SEBS 薄膜の構造が表面で緩和しているかどうかを調べた結果が Fig. 3 である。表面近傍 20-50 nm 程度の領域で格子定数がバルク中と異なっているという結果が得られた。原子間力顕微鏡 (AFM) などで観察できる最表面でなく、表面近傍の数十 nm ~ 百 nm 程度の領域の構造が緩和しているか否かを調べるうえで、深さ分解軟 X 線 GISAXS 法は有効なツールである事が示された。類似の試みは中性子を利用した GISAS 法でも Buschbaum らによる例 [13] がある。一方、より吸収の大きな金属表面に対して微小なクラスター、すなわちより大きな散乱ベクトル領域での測定が可能な場合には、硬 X 線によって同様な測定をすることも可能である [14]。

### 5. Si 吸収端での異常分散効果の利用

BL-11B の実験では Si ならびに P の K 吸収端を利用した散乱強度の変化を調べた。Fig. 4 は Si の K 吸収端近傍でのいくつかの物質の原子散乱密度の変化を示している [15]。Si 基板は GISAXS 評価用の試料としては標準的であり。多くの高分子試料などが Si 基板上に作成される。この際、薄膜の GISAXS 測定では基板と薄膜の界面での強い反射波による多重散乱効果が多くの場合認められ、その強度解釈には歪形波ボルン近似 (DWBA) による強度シミュレーションが必要となる。

DWBA のシミュレーションには層構造としての試料の厚さや界面粗さなどのパラメータが既知である必要があるが、必ずしも精度良く評価できるとは限らない。また高分子薄膜の評価を Yoneda 線の近傍で試みる時、Si 基板界面に起因する Yoneda 線が重畳すると強度の解析はさらに複雑になる。Fig. 4 において Si の吸収端近傍では Si の原子散乱因子の実部が高分子程度 (PE: 低密度ポリエチレ

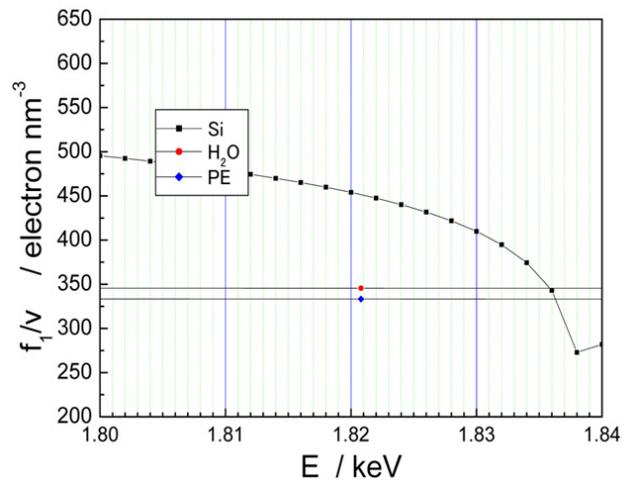


Figure 4 Atomic scattering factor density calculated for Si substrates and several substances at Si K absorption edge.

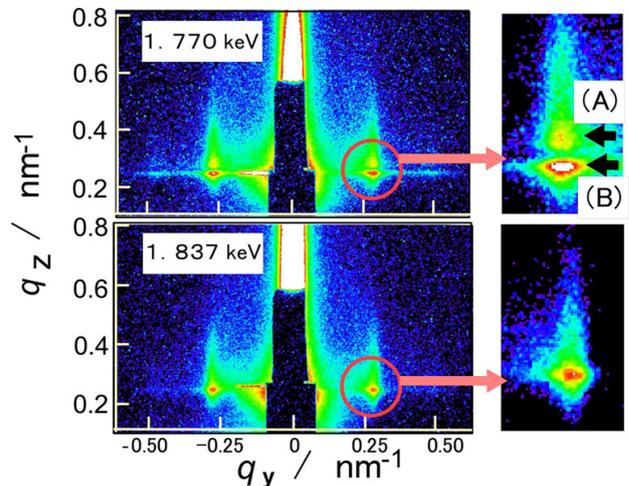


Figure 5 GISAXS pattern of SEBS thin film on a Si substrate showing contrast matching between them.

ン) にまで減少していることがわかる。この条件を使うと Si 基板の屈折率 (実部) を高分子や水の屈折率と一致させる事ができ、反射率としてはあたかも基板が膜と同じ物質になったように見える。したがって基板と薄膜の界面では反射は起こらず、GISAXS だけが膜部分から発生するという、基板と膜のコントラストマッチングの条件が成立する。Fig. 5 は SEBS 薄膜 / Si 試料の GISAXS 強度を入射 X 線のエネルギーをコントラストマッチングの条件と、通常 (非マッチング) の条件で測定したものである [16]。グラフの水平方向に伸びる線がマッチングの条件では一本、非マッチング (吸収端から離れた条件) では 2 本に分裂している事が認められる。この Yoneda 線の位置は入射角および Si と SEBS の屈折率によって決まるため、一本の線が観測されている場合 Si と SEBS の屈折率が一致している事を意味しており、ソフトマター薄膜 / Si 試料で基板と膜のコントラストマッチングが実現されたことを示している。このような条件が成立すれば、基板界面からの散漫散が GISAXS 強度に重畳したり Kiessig フリンジが GISAXS

強度を変調する事が避けられるなど、異常小角散乱で利用される内部構造のコントラストの変調とは異なる目的で利用することができる。

## 6. P 吸収端での異常分散効果の利用

軟X線領域での Si 以外のターゲットとして期待される元素として P と S が挙げられる。P の吸収端を利用した異常分散の利用はリン脂質膜のように P が原子番号の最も高い元素であるような有機材料の場合、P の強いコントラストに隠れて識別しづらいような不均一構造を評価するうえで有効であると期待される。リン脂質を含むモデルラフト膜の構造 [17] については水溶液中での構造を透過小角散乱測定によって解析する試みが平井ら [18] によって進められている。これらの精密な測定と比較すると現状の GISAXS 測定では Si 基板上への展開、真空保持など構造が変化する要因が多く含まれるため、試料環境の更なる精密な定義が必要とされている。现阶段ではデバイス・センサー構造評価への応用を想定してリン脂質膜を Si 基板上に展開し、真空中での試行測定を進めている。Fig. 6 は 2.16 keV での PC (フォスフォチジルコリン) - コレステロール-ガングリオシド混合膜の GISAXS パターンの例である。図中にあるように P 吸収端直下では P の原子散乱因子は C 程度まで下がるため、入射エネルギーを変化させることによって大きなコントラスト変化が期待される。Fig. 6 では 2 層膜の積層構造を示す基板垂直方向の回折ピークに対応する成分に重畳して面内方向から 30° 程傾いた別の構造を共存させた 2 相構造になっていることを示している。これらの相では波長を変えた場合の強度変化の振る舞いが異なっており、現在定量化を進めている。

これまで 11B で進めてきた 2 keV 領域の GISAXS 測定の最近の結果について紹介した。小角散乱用のビームライ

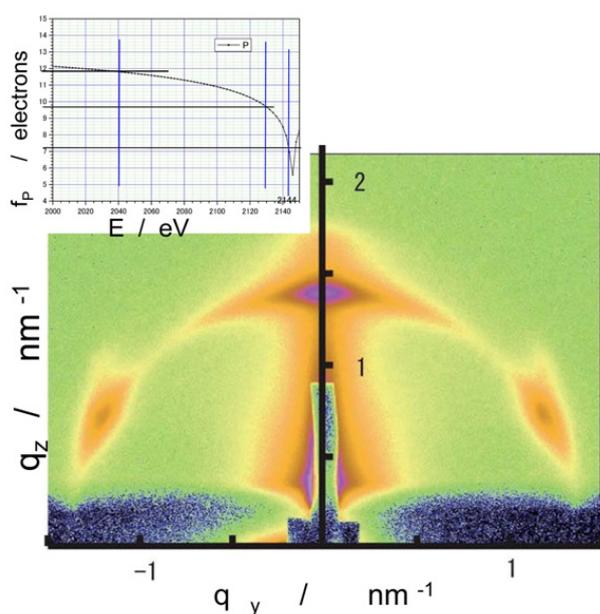


Figure 6 GISAXS at 2.144 keV from a PC/Cholesterol/GD mixtures spin cast on a Si substrate.

ンでない事からビームサイズなどいくつかの課題を抱えつつも、このエネルギー領域でどのようなことができるか、具体的な結果が見えてきている。今後新 BL-15A が立ち上がると P 吸収端以上のエネルギー領域で高輝度光による高分解能の実時間測定が実現の方向に進むと期待される。

## 引用文献

- [1] 奥田浩司, 落合庄治郎, PF ニュース, **20** (2003) 24.
- [2] 奥田浩司, 小泉智, 櫻井伸一, 山崎大 (編) KEK proceedings, 2011-11 (2011).
- [3] A. Naudon, *Modern Aspects of Small-Angle Scattering*, (2000) 181.
- [4] R. Lazzari, *X-ray and Neutron Reflectivity*, J.Daillant and A.Giabud eds., Springer Berlin, (2009) 283.
- [5] 奥田浩司, X線反射率入門 (櫻井健次編) (2000) 195.
- [6] G. Renaud, R. Lazzari and F. Leroy, *Surf. Sci. Report*, **64** (2009) 255.
- [7] P. M. Buschbaum, *Polymer Journal*, **45** (2013) 34.
- [8] <http://www.gisas2012.kit.ac.jp/>.
- [9] H. Okuda, M. Kato, S. Ochiai and Y. Kitajima, *Applied Physics Express*, **2** (2009) 126501.
- [10] H. Okuda, K. Takeshita, M. Kato, S. Ochiai and Y. Kitajima, *IOP. Conf. Ser. in Mater. Sci. Eng.*, **24** (2011) 012015.
- [11] H. Okuda, K. Takeshita, S. Ochiai, S. Sakurai and Y. Kitajima, *J. Appl. Crystall.*, **44** (2011) 380.
- [12] J. Kim, H. H. Lee, S. Sakurai, S. Aida, J. Masamoto, S. Nomura, Y. Kitagawa and Y. Suda, *Macromolecules*, **32** (1999) 6707.
- [13] H. Okuda, S. Ochiai and K. Ito, *Trans. MRSJ*, **28** (2003) 27.
- [14] P. M-Buschbaum, E. Mauer, E. Bauer and R. Cubitt, *Langmuir*, **22** (2006) 9295.
- [15] Chantler, C. T. (1997). NIST X-ray Form Factor, Attenuation and Scattering Tables, <http://physics.NIST.gov/PhysRefData/FFast/html/form.html>.
- [16] H. Okuda, K. Takeshita, M. Kato, S. Ochiai and Y. Kitajima, and H. Ogawa, *J. Appl. Crystall.*, **45** (2012) 119.
- [17] 例えば M. Edidin, *Ann. Rev. Biophys. Biomoel. Struct.*, **32** (2003) 257.
- [18] M. Hirai, H. Iwase, T. Hayakawa, M. Koizumi and H. Takahashi, *Biophysical Journal*, **85** (2003) 1600.

(原稿受付日: 2013年1月25日)

## 著者紹介

奥田浩司 Hiroshi OKUDA  
 京都大学大学院工学研究科 准教授  
 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町  
 TEL: 075-753-5193

e-mail: okuda@materials.mbox.media.kyoto-u.ac.jp

略歴：1988年京都大学工学研究科博士後期課程修了，1989年同工学部助手 1999年奈良先端科学技術大学院大学助教授，2001年京都大学助教授。工学博士。  
最近の研究：マグネシウム合金（LPSO），アルミニウム合金の組織形成。金属ガラスにおける組成 - 構造揺らぎ。薄膜の組織 - 機能構造解明のための散乱手法の開発。

山本崇善 Takayoshi YAMAMOTO

京都大学大学院 工学研究科 M1

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

TEL: 075-753-5194

e-mail: yamamoto.takayoshi.28z@st.kyoto-u.ac.jp

最近の研究：軟X線 GISAXS 法による薄膜構造解析。

竹下浩樹 Kohki TAKESHITA

京都大学大学院 修士課程（現大阪チタニウムテクノロジー）

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

略歴：2012年京都大学大学院工学研究科修士課程修了。

平井光博 Mitsuhiro HIRAI

群馬大学工学研究科 教授

〒371-8510 群馬県前橋市荒牧町

TEL: 027-220-7554

FAX: 027-220-7551

e-mail: mhirai@fs.aramaki.gunma-u.ac.jp

略歴：1985年東北大学大学院理学研究科博士後期課程修

了，1998年群馬大学大学院工学研究科教授。理学博士。  
最近の研究：crowding 環境下のタンパク質・生体膜の構造・ダイナミックス。生物物理学。

櫻井伸一 Shin-ichi SAKURAI

京都工芸繊維大学 教授

〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町

TEL: 075-724-7864

e-mail: shin@kit.ac.jp

略歴：1989年京都工芸繊維大学助手，1998年同准教授，2010年同教授。工学博士。

最近の研究：高分子物理学。

北島義典 Yoshinori KITAJIMA

物質構造科学研究所 放射光科学研究施設 講師

〒305-0801 茨城県つくば市大穂

TEL: 0298-64-5645

FAX: 0298-64-2801

e-mail: yoshinori.kitajima@kek.jp

略歴：1988年東京大学大学院理学研究科博士課程中退，高エネルギー物理学研究所助手，2012年高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所講師。

最近の研究：放射光軟X線分光法（光学系・計測系）および放射光軟X線を利用した固体や表面の構造及び電子状態の研究。

### 液体を強くはじく表面に半導体を塗布する 新しい製膜技術 –有機ポリマートランジスタ の高性能化を実現–

平成 24 年 10 月 31 日  
独立行政法人 産業技術総合研究所  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
独立行政法人 科学技術振興機構

独立行政法人 産業技術総合研究所【理事長 野間口 有】(以下「産総研」という)フレキシブルエレクトロニクス研究センター【研究センター長 鎌田 俊英】長谷川 達生 副研究センター長、フレキシブル有機半導体チーム 山田 寿一 主任研究員と、電子光技術研究部門【研究部門長 原市 聡】は、液体を強くはじく高はっ水性表面に有機ポリマー半導体溶液を塗布し、材料のロスなく均質に薄膜化する技術を開発した。この塗布技術によって、電子ペーパーなどの情報端末機器に不可欠の高性能な薄膜トランジスタ(TFT)を、従来法よりも著しく簡便に製造できる。

半導体薄膜をはっ水性の高いゲート絶縁膜表面に形成して TFT を作製すると、TFT 性能の安定性が向上するが、従来の塗布法では表面が液体を強くはじくため製膜が困難であった。今回、有機ポリマー半導体を溶解させた溶液を 3 層構造のシリコンゴムスタンプで圧着し、溶液をはっ水性の高い表面全体に均一に濡れ広がらせることによって製膜する新技術(プッシュコート法)を開発した。この技術により、はっ水性の極めて高い表面に、均質性と結晶性に優れた半導体薄膜を得ることができるとともに、従来の塗布法と異なり、材料の無駄をほぼゼロに抑えることができる。この半導体薄膜の結晶性の改善は、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構の放射光施設を用いて確認した。今回開発した新技術は、フレキシブルデバイスの研究開発を大きく加速するとともに、液体がなじみにくい表面への新しい塗布製膜技術として、さまざまな材料の薄膜化技術への応用が期待される。

この成果の詳細は、英国の学術誌 Nature Communications に 2012 年 11 月 13 日(日本時間)にオンライン掲載された。参考 URL <http://www.nature.com/ncomms/journal/v3/n10/full/ncomms2190.html>

論文名:「Simple push coating of polymer thin-film transistors」  
Article number:1176 (doi:10.1038/ncomms2190)

(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121031100000/> をご覧下さい)。

### 日立と KEK リチウム電池や永久磁石用材 料の開発に向けた放射光ビームラインを 新設

2012 年 11 月 1 日  
株式会社 日立製作所  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

株式会社日立製作所(執行役社長:中西 宏明/以下、日立)と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構は、KEK の放射光科学研究施設に、元素周期表のリチウム(Li)からカルシウム(Ca)までの幅広い元素について固体中の化学結合状態を解析できる軟 X 線ビームラインを共同で設置する契約を締結しました。本ビームラインは、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)などの磁性をもつ金属についても解析を行うことができるため、次世代の高性能リチウム電池や永久磁石の研究開発に幅広く適用することができます。

また、大学共同利用機関である KEK は、本ビームライン稼働後は一般の大学・公的研究機関などにも公開し、機能性酸化物や次世代デバイス材料などの基礎研究を推進します。新ビームラインは、2014 年度中に運用を開始する予定です。

最先端の材料開発では、物質の特性を決める要因となる原子の化学結合状態を解析し、これをコンピュータによる理論シミュレーションと比較しながら、材料の高機能化、高性能化に向けた研究が進められています。現在、原子の化学結合状態を解析する手法として、X 線吸収分光法や X 線を用いた光電子分光法が広く利用されていますが、いずれの手法も、対象とする元素に応じて特定のエネルギーを持つ X 線を利用する必要があるため、これまでフォトンファクトリーなど放射光実験施設では、研究目的に応じてビームラインを設置、運用してきました。

今回、日立と KEK が新設するビームラインは、1 本のビームラインで幅広いエネルギー範囲(30 ~ 4,000 eV)にわたる軟 X 線を利用し、元素周期表における Li から Ca までの元素の化学結合状態の解析を実現します。放射光の発生源に、偏光可変の放射光を発生させることのできる 6 列型アンジュレータを採用し、水平偏光、及び垂直偏光の高輝度軟 X 線の利用が可能となります。

これらの高輝度軟 X 線の利用により、リチウム電池の高性能・長寿命化に影響する電極材料中でのリチウムの化学結合状態の解析や、炭素(C)を含む有機化合物の計測に基づく生体細胞の解析が実現できます。また、本ビームラインは、Fe、Co、Ni など、各種モータで利用される永久磁石の性能の決め手となる材料の解析も行えるため、原子レベルの解析に基づいた材料の高性能化や新材料の開発に寄

与することが期待されます。また、広いエネルギー範囲を持つビームラインの利用によって、1回の実験で幅広い元素にわたる物質解析が可能となり、研究の効率化を図ります。(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121101140000/> をご覧ください)。

## 半導体炭化ケイ素 (SiC) に微量添加された窒素ドーパントの格子位置を決定 - 超伝導体で明らかにする半導体 SiC のナノ微細構造 -

平成 24 年 11 月 15 日  
独立行政法人 産業技術総合研究所  
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構  
株式会社 イオンテクノセンター

独立行政法人 産業技術総合研究所【理事長 野間口 有】(以下「産総研」という)計測フロンティア研究部門 大久保 雅隆 研究部門長らは、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構【機構長 鈴木 厚人】(以下「KEK」という)物質構造科学研究所、株式会社イオンテクノセンター【代表取締役社長 石垣 祐紀】(以下「イオンテクノセンター」という)と共同で、超伝導検出器を搭載した X 線吸収微細構造分光装置 (SC-XAFS) を開発し、ワイドギャップ半導体である炭化ケイ素 (SiC) の機能発現に必要な、イオン注入された窒素 (N) ドーパント (微量不純物原子) の微細構造解析に成功した。

ワイドギャップ半導体パワーデバイスは、電力損失の低減により、二酸化炭素排出の抑制に貢献すると期待されている。代表的なワイドギャップ半導体材料である SiC を使ってデバイスを作製するには、ドーパントをイオン注入により添加して、電気的特性を制御するドーピングを施す必要がある。注入されたドーパントは、結晶中で所定の格子位置を占める必要があるが、これまで格子位置を決定できる微細構造解析手法はなかった。今回、SC-XAFS により、SiC 結晶中の微量 N ドーパントの X 線吸収微細構造 (XAFS) スペクトルを測定し、第一原理計算との比較から N の格子位置を決定した。SC-XAFS は、従来不可能であった N などの微量軽元素が計測できるので、SiC、窒化ガリウム、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体、モーター用磁性体、スピントロニクスデバイス、太陽電池などの計測分析への応用が期待される。

この成果は、2012 年 11 月 14 日 (英国時間) に Nature 出版グループの学術誌「Scientific Reports」にオンライン掲載された。

(詳しくは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121115103000/> をご覧ください)。

## ビタミン B12 などに含まれるイミダゾールが強誘電性や反強誘電性を持つことを発見

平成 24 年 12 月 19 日  
科学技術振興機構 (JST)  
東京大学  
高エネルギー加速器研究機構  
理化学研究所

JST 課題達成型基礎研究の一環として、産業技術総合研究所フレキシブルエレクトロニクス研究センターの堀内 佐智雄研究チーム長、東京大学 大学院工学系研究科 賀川 史敬講師らは、生体物質であるイミダゾール系化合物が、電子材料として期待される強誘電性注 1) や反強誘電性注 2) といった分極反転機能を持つことを発見しました。

強誘電体は絶縁体の一種で、物質内部でプラスとマイナスの電荷に偏り (分極) が生じます。また、電圧の向きに応じて分極が反転する性質を持つため、電子機能や光機能を持った重要な電子材料として注目されています。現在、ジルコン酸チタン酸鉛 (PZT) 類などの無機のセラミックスが主に使われていますが、毒性の高い鉛を高濃度で含むため、早期の代替が求められています。一方、有害元素やレアメタルを一切含まず、軽量で形状自由度を持ち、印刷プロセスなどに適応できる有機物は、低環境負荷、省エネルギーの革新的機能材料の候補として期待されています。

本研究グループは、これまでに有機強誘電体として炭素、水素、酸素のみで構成されたクロコン酸分子により、無機材料に迫る特性を見いだしました。しかし、化学的安定性や有機溶剤への適応性に課題があったことから、今回はその動作原理を生かしつつ、さまざまな有機物について電気分極や誘電特性、温度特性などを詳細に調べました。その結果、数多くのイミダゾール結晶が、強誘電性などの分極反転機能を室温で示すことを発見しました。さらに、分子にさまざまな化学修飾をすることで変化に富んだ分子の集合形態が実現でき、分極の向きをそろえることにも成功しました。

イミダゾールは、ヒスタミンやビタミン B12 などの生体物質としても知られた有機分子であり、化学的に安定で溶解性も優れ、多くが市販品もしくは確立された合成法で入手できます。今回、遍在する物質群で多彩かつ高性能な強誘電性機能を発揮できたことは、次世代強誘電体材料として今後の機能展開の重要な一歩と考えます。

本研究は、東京大学 / 理化学研究所の十倉 好紀教授、高エネルギー加速器研究機構の熊井 玲児教授らと共同で行われ、本研究成果は、2012 年 12 月 18 日 (英国時間) にオンライン科学誌「Nature Communications」のオンライン速報版で公開された。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20121219122000/> をご覧ください)。

## 金属状態を示す純有機単成分導体の発見

平成 24 年 12 月 19 日  
科学技術振興機構 (JST)  
東京大学  
高エネルギー加速器研究機構  
理化学研究所

載され、その号の注目論文 (Papers of Editors' Choice) に選ばれました。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130221140000/> をご覧ください)。

東京大学物性研究所の森 初果 (もり はつみ) 教授、磯野 貴之 (いその たかゆき) 特任研究員、上田 顕 (うえだ あきら) 助教、加茂 博道 (かも ひろみち) 元大学院生のグループは、世界最高の室温伝導度 ( $19 \text{ Scm}^{-1}$ ) を持ち、約 1 万気圧というこれまでで最低の圧力下で金属状態となる純有機単成分導体の開発に成功しました。

この有機物質は、強い水素結合で結ばれた高い対称性の分子ユニットが、自己凝集して 2 次元伝導層を形成している新しいタイプの高伝導体であることを、高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の村上 洋一 (むらかみ よういち) 教授、熊井 玲児 (くまい れいじ) 教授のグループ、総合科学研究所の中尾 朗子 (なかお あきこ) 副主任研究員との共同研究で解明しました。

有機物質は一般に可溶性であるため、今回開発された純有機単成分導体は、印刷によって電子デバイスを作るプリンテッドエレクトロニクスへの応用が考えられます。これにより、単成分低抵抗配線のような次世代の有機エレクトロニクス材料として用いられることが期待されます。

この研究成果は、Nature Communications(1 月 8 日付け：日本時間 1 月 9 日) に掲載されました。

(続きは KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20130109010000/> をご覧ください)。

## 「光で作られた隠れた準安定相の発見」が注目論文に選出

平成 25 年 2 月 21 日  
筑波大学  
高エネルギー加速器研究機構

国立大学法人筑波大学【学長 山田信博】(以下「筑波大学」という) 数理物質系【系長 三明康郎】守友浩教授グループは、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構【機構長 鈴木厚人】物質構造科学研究所 足立伸一教授との共同研究により、熱では相転移を示さないコバルトプルシャンブルー類似体に対してフェムト秒レーザーで光励起を行い、コバルト原子の価数状態の時間発展を調べたところ、大きなスピンをもつ  $\text{Co}^{2+}$  の寿命が 32 ナノ秒と極端に長いことを見出しました。このような長寿命は、新しい磁気状態(準安定状態)の形成を強く示唆しています。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2013 年 3 月号に掲載

# 物構研におけるマルチプローブ利用研究のすすめ

～放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンを使って新しい世界を見てみよう～

PF News はユーザーの皆さまと施設スタッフが協力して発行する雑誌として、放射光コミュニティを盛り上げるのにお役に立てて来ていると思います。皆さまに日頃から面白い研究内容など多数ご執筆頂いているお陰とっており、ここに改めて感謝申し上げます。

さて、物構研の誇る他の量子ビームの特徴とその BL や実験装置の紹介記事を連載することになりました。皆さまが放射光実験に加えて、これらの量子ビームを使った実験も展開されるきっかけになれば幸いです。それでは、これら量子ビームの世界をお楽しみ下さい。

## 1. マルチプローブ利用に寄せて

### 「和して属さず」マルチプローブを利用しよう

物質構造科学研究所長 山田和芳

物構研は、放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンという4つのプローブが利用できる世界的に見てもユニークな研究所です。是非いろんなプローブを使い、「わあ、すごい！」あるいは「なんだ、この程度。」を体験しましょう。そのことで、自分が普段使っているプローブに対する見方も変わるはずで、4つのプローブの特徴を活かし、相補的に利用することによって、研究対象を多面的に捉え、新しいサイエンスを発掘できる可能性があります。物構研では複数のプローブを利用した協奏的研究を「マルチプローブ利用研究」と名付け、積極的な展開を推進したいと考えています。とは言っても「行方は難し」で、PFがあるKEKつくばキャンパスと、中性子、ミュオンを利用できる東海村のJ-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) は約80 km 離れており、実験の合間に気軽に立ち寄るのは困難です。そのため一般的なマルチプローブ研究は、サンプルのたらい回しによる研究になりがちです。しかし、いろんなプローブを自分で使うマルチプローブ体験も大変貴重だと思います。私も未踏の低速陽電子実験をいつかやってみたいと思っています。本連載では、PF ユーザーの皆さまになじみが薄いかもしれない中性子やミュオン、また、装置が整いつつある低速陽電子について、どのような装置でどのような実験ができるのか紹介していく予定です。初回は、中性子、ミュオンの特徴と物構研が運営する実験装置の簡単な紹介をします。

私が着任した際に座右の銘として掲げた言葉、「和して属さず、本質を語る」。この具現化の一つが、今回皆さまに提案するマルチプローブ利用研究です。それぞれの施設が、プローブとしての特徴を活かして和しつつも、互いに属さず切磋琢磨することで先端性の高い設備を整備し、PF ユーザーの皆さまにも新たなサイエンスが展開されることを期待しています。

### マルチプローブで協奏しよう

放射光科学研究施設長 村上洋一

物構研の山田所長より、PF News を通じて皆様に中性子、ミュオンを紹介して欲しいという申し出がありました。これは、物構研が掲げる、4つのプローブを協奏的に利用した「マルチプローブ利用研究」の推進に繋がるものです。PF 施設長としても、ユーザーの皆様に放射光や低速陽電子で得られた成果が中性子やミュオンを利用することによってさらに発展することは大きな喜びです。逆に中性子やミュオンを用いた研究が放射光によって大きく花開く可能性に大きな魅力を感じております。実際、私がセンター長を努めます構造物性研究センター (CMRC) でもマルチプローブ利用研究を積極的に展開すべしとしています。

物構研の誇る4つのプローブ、放射光、低速陽電子、中性子、ミュオンはそれぞれに特徴があり、互いに相補的な面を持ちます。1つのプローブで切り開いた研究を他のプローブでさらに切り出すことで、より立体感のある研究にできます。物構研の共同利用実験者の中で、放射光ユーザーの数は群を抜いて多くなっていますが、「マルチプローブ利用研究」により大きく発展する可能性を秘めた研究課題も数多く見られます。皆様が積極的に中性子やミュオンを利用した研究を展開して頂くことは、放射光コミュニティのみならず、広く量子ビーム利用研究コミュニティの活性化に繋がると期待しております。

そこで、中性子、ミュオンの特徴、その装置や実験手法等について、中性子、ミュオンの方々に紹介記事の連載をお願いすることにしました。また、装置の整備が飛躍的に進みつつある低速陽電子についてもこの機会に併せて紹介を致します。

既にお知らせしていますように、今年度の第30回PFシンポジウムは、物構研シンポジウム、KENS・MSLシンポジウムと発展的に統合し、物構研サイエンスフェスタとして3/14-15の日程で開催します。物構研サイエンスフェスタでは、中性子、ミュオンの方々と顔を合わせる機会があると思います。今号の記事がお互いのコミュニケーションのきっかけとなり、協奏の和が広がることを願っています。

## 2. 放射光との基本的な性質の違い

### 中性子と放射光の違い

中性子科学研究系研究主幹 大友季哉

#### はじめに

中性子は、回折や散乱により物質中原子の配列を解析するという点では、X線と比べて大きな違いはないと考えてよい。実験技術やデータ補正方法には様々な違いがあるが、原子核により散乱される中性子と、電子により散乱されるX線は相補性が高い量子ビームである。

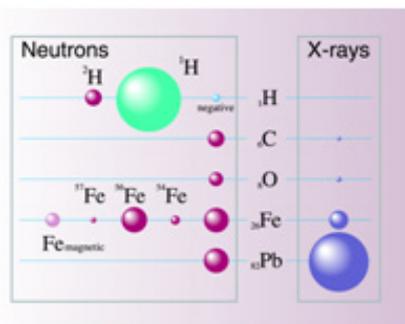


図1. 中性子とX線の散乱断面積の比較。

#### 中性子の特徴 – 波長とエネルギー –

中性子は、電氣的に中性であり、スピン 1/2, 磁気モーメント  $\mu_n = -1.913 \mu_N$ , ( $\mu_N = 5.051 \times 10^{-27}$  J/T: 核磁子), 質量  $m = 1.675 \times 10^{-27}$  kg をもつ。電氣的に中性であることから、物質内の原子核により散乱される。電子により散乱されないため、物質透過率が高く、バルク情報を得るのに適している。中性子はド・ブロイ波であるので、速さ  $v$  の中性子の波長は  $\lambda = h/mv$  ( $h = 6.626 \times 10^{-34}$  Js: プランク定数), 運動エネルギーは  $E = mv^2/2$  で与えられる。  $E = k_B T$  ( $k_B = 1.381 \times 10^{-23}$  J/K: ボルツマン定数,  $T$ : 温度) により、室温 ( $T = 300$  K) 程度のエネルギーを持つ中性子 (熱中性子) の波長は  $\lambda = 1.8 \text{ \AA}$  程度, エネルギーは  $E = 25 \text{ meV}$  程度である ((1) 式)。つまり、物質中の原子間距離程度の波長を有する中性子は、格子振動やスピン波などの固体中の素励起と同程度のエネルギーを有する。一方で、X線の場合は、 $\lambda = 1.8 \text{ \AA}$  のエネルギーは  $6.8 \text{ keV}$  となり、6桁高いエネルギーとなる ((2) 式)。

$$E = 81.8 / \lambda^2 \quad (1)$$

$$E = 1.24 \times 10^7 / \lambda \quad (2)$$

これより、中性子では原子相関や磁気スピン相関の空間的相関 (運動量に関する情報) または時間的相関 (エネルギーに関する情報) のいずれかを対象とする研究のみならず、その両方を同時に扱った時空相関の研究も比較的容易に実施できる。つまり、フォノンやスピン波の分散の測定が容易である。ただし、波長が  $1.8 \text{ \AA}$  の中性子の速度は  $2200 \text{ m/s}$  であり、伝播速度の速い素励起の分散関係の観測は難しくなる。

#### 中性子の散乱断面積

X線は電子によって散乱されるため、その散乱断面積は電子密度分布に起因した原子形状因子 (散乱モーメントの関数) の自乗に比例し、原子番号に従って単調に増加する。一方、中性子は原子核によって散乱され、その散乱断面積は散乱モーメントには依存しない。その際、中性子の散乱

断面積は原子核構造に依存し、水素やリチウムといった軽元素でも比較的大きな散乱断面積を有している他、原子番号が近い元素でも強いコントラストを得ることが可能である。また、磁気モーメントを持つことから、磁性原子と相互作用し、物質の磁気構造を調べることもできる (図1)。

また、同位体によっても散乱断面積が変化するため、特定の元素に着目した部分相関を実験的に得る「同位体置換法」も広く行われている。とくに水素については、軽水素と重水素で大きく散乱断面積が異なる。軽水素は、非干渉性散乱断面積が大きく、原子振動状態密度分布の測定には極めて有利であるが、干渉性散乱断面積が小さいため、個別原子間の相関を測定するのは不利である。このため、原子間相関を測定するためには重水素が用いられることが多い。元素毎の中性子散乱断面積の値については、<http://www.ncnr.nist.gov/resources/n-lengths/> を参照されたい。

表1. 水素の散乱断面積

	散乱長 [ $10^{-15}$ m]	干渉性散乱断面 積 [ $10^{-24}$ cm <sup>2</sup> ]	非干渉性散乱 面積 [ $10^{-24}$ cm <sup>2</sup> ]
<sup>1</sup> H	-3.7406	1.7583	80.27
<sup>2</sup> H	6.671	5.592	2.05

非干渉性散乱断面積の大きさは、水素原子核のスピン of 乱雑さに起因しており、水素原子核スピンを偏極できれば、非干渉性散乱をゼロにすることが可能である。紙面の都合で割愛するが、今後、中性子のスピンを利用した実験技術の開発を進め、新たな実験の可能性が開拓することが中性子を利用した物質科学研究に必須と考えている。

#### おわりに

中性子は、放射光と異なり、発散が非常に大きなビームを使う必要があり、電荷が無いため、中性子ビーム集光は容易ではない。現状では、マイクロメートル程度でエミッタンスの小さなビームを生成することは、世界トップクラスのビーム強度を誇る J-PARC においても困難である。ビームサイズの違いは、中性子と放射光X線における最も大

きな違いかも知れない。しかし、サブミリメートルサイズの試料を用いた実験は、J-PARCにおいて実施されており、さらに多くの実験が行われると期待される。この機会に

PFユーザーの方々にも、是非、中性子を研究に活用していただければ幸甚である。

## ミュオンと放射光の違い

ミュオン科学研究系研究主幹 門野良典

### ミュオンは「量子ビーム」？

X線や中性子線に慣れ親しんだ研究者にとって、ミュオンが何をみているのか分かりにくい理由の一つは、ミュオンが散乱や回折現象を通して情報をもたらす手法ではないことに由来しているようです。

「量子ビーム」という言葉に託された意味の一つとして、電磁波でない中性子、ミュオンといった有限の質量を持った粒子も量子力学的な「波」として振る舞うことが挙げられます。この性質が、X線や中性子線で物質内部の構造を探るための基本原理である波の干渉とそれによる回折現象

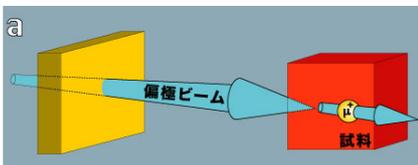
と表裏一体の関係にあることはよく知られています。

このような回折現象がきれいに見える（情報として取り出すことが出来る）状況では、対象となる物質の状態を「波」の波長やエネルギーといった物理量と直接関係する「逆格子空間」で記述・理解する方が便利であり、用いられる概念や専門用語もそれに最適化されています。

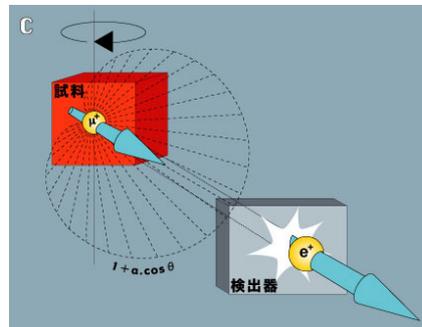
ところが、現在ミュオン利用で最もよく使われるミュオン・スピン回転法では、ミュオンを見たい試料物質の中に注入後、一旦そこで停止させてしまいます（図 a）。回折現象では、入射した波が原子との相互作用により変化しながら出てくる様子を（干渉効果を通して）見るわけですから、試料中に留まってしまうミュオンにこのような効果は期待できません。それでは、ミュオンをあえて「量子ビーム」と呼ぶ理由はあるのでしょうか？

### ミュオンスピン回転／緩和／共鳴 ( $\mu$ SR) の原理

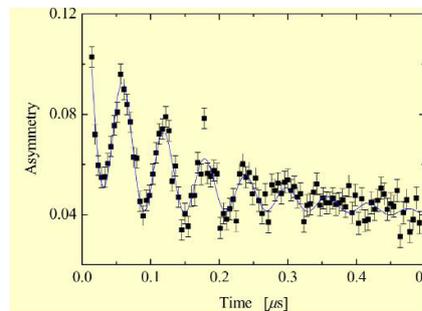
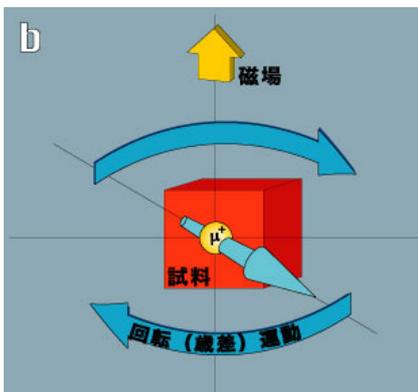
(a) ミュオンビームを試料に注入



(c) ミュオンの崩壊／陽電子の検出



(b) ミュオンスピンの歳差運動



(a) 陽子ビームを固体標的に照射すると大量の  $\pi$  中間子が発生し、その自然崩壊により得られるミュオンを集めてビームとして試料に注入します。この時すべてのミュオンのスピン（磁気モーメント）がほぼ完全に揃っているのが特徴です。(b) 試料に注入されたミュオンは原子の隙間に止まり、その瞬間からそれぞれ隣接する原子からの磁場（外部の磁場がある場合にはそれとの合成磁場）を感じて、その大きさに比例した周波数で回転（歳差）運動します。(c) ミュオンは平均約 2.2 マイクロ秒の寿命でいろいろな時刻に崩壊して高エネルギーの陽電子を放出します。陽電子はもとのミュオンのスピンの向きに飛び出しやすいため、それぞれのミュオンが崩壊した時刻でのミュオンスピンの向きを知ることができます。

### ミュオンスピン回転法

物質中に注入したミュオン（以後、正電荷を持つミュオン  $=\mu^+$  の場合に話を限りますが）は、単位格子の中で核の正電荷を避けた最も安定な格子間位置（ミュオンサイト）に停止し、その瞬間からミュオンのスピンがミュオンサイトでの内部磁場（専門的には「超微細相互作用」と呼ばれます）に比例した周波数で歳差運動を始めます（図 b）。そして、ミュオンが平均 2.2  $\mu$ s（マイクロ秒）で  $\beta^+$  崩壊する瞬間に、スピンの向いていた方向に高い確率で高エネルギーの陽電子を放出し、スピンの向きを教えてください（図 c）。自然の摂理によって、ミュオンは生成時に運動の進行方向に 100% スピンが偏極しているため、同じ偏極を持つミュオンを多数（繰り返し）試料に注入し、そこから  $\beta^+$  崩壊により放出される陽電子計数の時間変化を見ていけば、ミュオンスピンの運動を手にとるようになることが出来る、というわけです。

ここでのポイントは、ミュオンが陽子の約九分の一の重さと単位電荷 ( $e^+$ ) を持った素粒子であることで、これは例えば STM/STS 等で用いられる人工的な「探針」をどんなに小さく作ろうとしても数十 nm 程度のメソスコピックな大きさであるのに比べれば、文字通り「量子」である水素原子の同位体として、単位格子中の特定位置での情報を得ることが出来るわけです。従って、ミュオンが「量子ビーム」の一員と数えられる理由は放射光や中性子とは異なり、それ自身が物質中で「量子力学に従う（原子のような存在）」であるから、と言うことが出来ます。

### 実空間の局所プローブとは？

物質中に注入されたミュオンが、「局在」した水素原子同位体と見なされることは前述の通りですが、実はこれだけで探針としての「局所性」が担保されるわけではありません。実際、類似の実験手法である核磁気共鳴(NMR)では、格子点にいる核スピンと伝導電子の間の相互作用（フェルミ接触項）が大きく、これにはフェルミ面全体の情報が関わっています。

一方、ミュオンはスピン 1/2 で単位電荷しか持たず、しかも格子間位置にいることから、内部磁場の起源はほとんどの場合に磁気双極子相互作用のみに帰せられます。よく知られているように、磁気双極子からの磁場は距離の三乗に比例して減衰します。従って、ミュオンは主に最隣接の局在電子が持つ磁気モーメントからの双極子磁場しか感じない、つまり「単位格子内の最隣接原子の磁気状態」という実空間における局所的な情報を与えます。

ミュオンが単位格子内のどの位置に居るかを知らずともそれほど容易ではありませんが、実験的にある程度絞り込むことは可能です。また、この情報と内部磁場の大きさから最隣接の原子が持つ「局所的な」磁気モーメントの大きさを評価することが出来ます。放射光や中性子の磁気弾性散乱では、これらの「波」が通過した試料で生起している「向きの揃った」磁気モーメントの全体積での平均値しか知ることが出来ないわけですが、ミュオンでは「観測時間（マイクロ秒程度）中に最隣接原子の磁気モーメントがほぼ静止している」場合、その原子が持つ磁気モーメントを、その向きに関わらずフルに見ることに出来ます。

### 水素原子同位体としてのミュオン

先にも触れたように、ミュオンはその質量が陽子の約九分の一ですが、これは原子を構成するもう一方の荷電粒子である電子に比べると、およそ二百倍も重いことが分かります。つまり、同じ正電荷をもつ粒子を比べた場合、ミュオンは陽電子 ( $e^+$ ) よりも陽子 ( $p^+$ ) の方に圧倒的に近いというわけです。

非金属材料に注入されたミュオンは、周りの電子を一つ束縛して「ミュオニウム」と呼ばれる水素原子と同じような原子状態を形成する場合があります。これは、端的には金属中と異なって伝導電子による静

電遮蔽効果が弱いのですが、この点も含め、物質中でのミュオンの振る舞いは、同じサイトにいる陽子と基本的に同じであると考えることが出来ます。なぜならば、ミュオニウムに束縛された電子の換算質量と水素原子のそれとはわずかに 0.4% の違いしかなく、水素原子の「電子状態」とミュオニウムのそれとは実質的に同じであると見なせるからです（一方、陽電子と電子の束縛状態であるポジトロニウムでは全く事情が変わります）。

従って、注目している物質中で、特に「格子間位置」での水素（陽子）がどのような電子状態を取っているかを知りたいと思った場合、その物質中に注入したミュオンがどのような電子状態を取っているかを調べるのが有力な情報源となります。これは、放射光にとって水素が最も見えにくい元素であることを考えると、放射光の利用者にとってもミュオンが重要な相補的手法となりえることを意味します。

### ついでに中性子との違いも少々

現在、水素を見る手段としてよく語られるのは中性子の利用です。実際、中性子は物質中で水素が占める位置やその運動を知るための強力な手段であることは間違いありません。しかしながら、中性子にもいろいろと弱みはあります。

例えば、水素（陽子）自身は中性子に対して大きな非干渉性散乱の断面積を持っており、実際に中性子で水素の状態を見ようとする場合、これによるバックグラウンドを避けるために、往々にして見たい物質中の水素を重水素で置き換える必要に迫られます（つまり、水素「そのもの」を見ることが出来ない、という皮肉な状況になります）。また、中性子散乱・回折の感度を考えると、対象物質中には最低でも数%の量の水素が含まれている必要があり、微量の水素を見たいとなった場合には対応することが難しくなります。加えて、水素の位置や運動状態はよく分かる一方で、残念ながら水素がどのような電子状態を取っているかについての情報は得られません。

その点、ミュオンは自分自身で水素の状態をシミュレートしてくれる上に、「放射性」同位体として原理的には 100% の検出効率を持っています。つまり、物質中のミュオンの電子状態を調べれば、「希薄濃度極限」での格子間水素の電子状態を知ることが出来るというわけです。もちろん、ミュオンは重水素に比べても水素との質量差が大きく、拡散といったダイナミクスが絡む現象では大きな同位体効果を背負うことは言うまでもありません。

### おわりに

以上、PF ユーザーを念頭に、そもそも「量子ビーム」プローブとしてのミュオンをどう理解すればよいのかについて、放射光や中性子と比較しながらの簡単な説明を試みました。これによって読者が少しでもミュオンを使ってみよう、という気になって頂ければと思います。

## 低速陽電子と放射光の違い

放射光科学第一研究系 兵頭俊夫

### 陽電子の基本的性質

陽電子は電子の反粒子である。物質中に入射すると、そのうちに電子と対消滅して $\gamma$ 線になる。「そのうちに」がミソで、陽電子は電子と衝突しても（弾性／非弾性）散乱されるだけでなかなか消滅しない。消滅する前に非局在状態の基底状態に落ち着いたり、動き回っているうちに格子欠陥や不純物クラスターにトラップされたりする。

このために消滅 $\gamma$ 線の運動量分布から金属のフェルミ面や、格子欠陥の生成エネルギーなどの情報が得られる。

### 発生法

放射光は、電子を加速したときに生じる光である。陽電子はコンバータと呼ばれる重金属（たとえば Ta）に高速の電子を当てて作る。コンバータ内ではまず電子が制動放射 X 線を生じ、その X 線が同じコンバータ内で電子陽電子対生成を起こすので、そこからの陽電子を利用する（図 1）。

### 単色化

放射光の単色化には分光器を用いるが、陽電子は分光や静電場でエネルギーをそろえようとすると強度が極端に減少する。そこで、陽電子に対する仕事関数が負であるような金属（たとえば W）をモデレータとして用いて単色化する。モデレータ内でエネルギーを散逸して熱化した陽電子のうち表面に戻ってきたものが、仕事関数の絶対値（1 eV 程度）のエネルギーをもって自発的に放出される。図 2 には、そのような金属に入射した陽電子が、内部で消滅したり原子空孔にトラップされてから消滅したりして $\gamma$ 線になる過程のほか、表面に戻ってきて低速陽電子

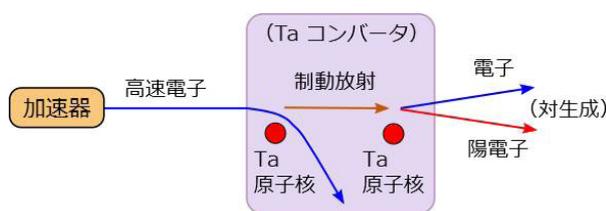


図 1 加速された電子が Ta コンバータ中で陽電子を生成する過程。

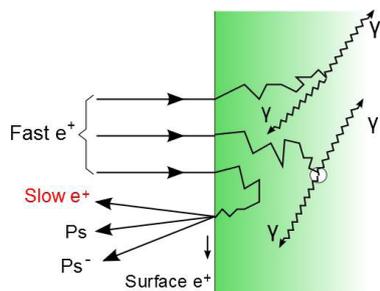


図 2 陽電子仕事関数が負の金属に入射した陽電子のたどる過程の例。

(slow  $e^+$ ), ポジトロニウム (Ps), ポジトロニウム負イオン ( $Ps^-$ ) などとして放出される様子を描いてある。このうちの低速陽電子を任意のエネルギーに加速することで、エネルギー可変単色陽電子ビームが得られる。

### DC ビームとパルスビーム

一般に実験に用いられる陽電子ビームには DC ビームとパルスビームがある。DC ビームとは、陽電子が時間的に一様に試料に入射するビームであり、大学の実験室等で用いられている放射性同位元素  $^{22}\text{Na}$  を陽電子源とするビームはその典型である。

電子ライナック（電子線形加速器）を用いて作る陽電子ビームは基本的にパルスビームであり、そのパルス構造は、放射光と同じく、ライナックのパルス構造で決まる。CW (continuous wave) 運転のライナックでは周波数の非常に高い高周波で電子を加速するので、生成した陽電子も、パルス幅とパルス間隔が同程度の規則正しいパルス状になっている。しかしこれは陽電子の寿命 ( $\sim 100$  ps) のスケールで見ると一様なので、DC ビームとみなせる。一方、パルス運転のライナックからは、幅に比べて間隔が非常に長いパルスの陽電子ビームが得られる。現在、低速陽電子実験施設では、繰り返し周波数最大 50 Hz (パルス間隔最小 20 ms) のパルス運転で陽電子を生成している。パルス幅はロングパルスモードで 1  $\mu\text{s}$ 、ショートパルスモードで 1~10 ns 可変である。前者で世界最大級の低速陽電子ビーム強度  $5 \times 10^7/\text{s}$  が得られている。後者では  $5 \times 10^6/\text{s}$  程度になる。

残念ながら、現在のこのようなパルスビームは、そのままでは、冒頭に述べたフェルミ面の研究や格子欠陥の研究には使えない。というのは、基本的な手法である 2 光子角相関法 ( $\gamma$  線の同時計測) や消滅光子のドップラー広がり法 (Ge 検出器による  $\gamma$  線のエネルギー分析) のためには DC ビームが必要だからである。パルスビームで同時計測をすると偶然同時計測のバックグラウンドが大きくなりすぎる。また、パルスビームでエネルギー分析をしようとすると、一度に 2 個以上の  $\gamma$  線が検出器に入りパイルアップのために正確な分析ができない。

もう一つの典型的な手法である陽電子寿命法にも使えない。この手法のためには、パルス幅が 100 ps を切るパルスが必要であり、現在のパルス幅は長すぎる。

そこで、現在は、パルス構造に関係なく強度の大きさを活かす実験か、パルス幅が 1 ns 以上でも可能な実験を選ぶ工夫をしている。

施設では、なるべく早い将来に、ビームの DC 化と短パルス化のための予算を得て、これらを実現したいと希望している。DC 化は、1 パルスごとの陽電子をペニングトラップ（軸方向に磁場がある長い空間に電場で閉じ込める）にトラップして次のパルスが来る 20 ms 後までの間に少しずつ下流に放出することで可能である。ビームライン建設当初から将来の DC 化は想定されていたようであり、そのための電極はすでに組み込んである。また、短パルス化は、DC 化したビームを再バンチすることで容易に実現できる。

## 低速陽電子実験施設で現在使用可能なビーム

本施設は KEK 入射器棟にあり、テストホールと呼ばれる地下の実験室に、他からは独立した専用の電子ライナックが置かれている。このライナックに始まるビームラインは、基本的に 1 本で、ライナックの運転モードを切り替えることによって、ロングパルスまたはショートパルスの低速陽電子ビームがソレノイドコイルまたはヘルムホルツコイルによって輸送される。真空中では直進しかしない放射光に比べて、ビームの輸送ははるかに容易である。下流でそれを分岐して、分岐ごとに特徴のあるステーションを接続し、マシンタイムごとに切り替えて利用している。

高強度であることと並んで強調されるべき本施設のビームラインの特徴は、陽電子をその発生部で設定した最高 35 keV までのエネルギーで輸送できることである。このためビームラインのダクト（真空度は  $10^{-9}$  Torr 台）と実験ステーションはすべて接地電位であり、真空焼きだしが容易であるほか、自由な発想で任意の実験装置を気楽に接続できる。また、5 keV 程度のエネルギーでの入射を必要とする、陽電子特有の輝度増強にも便利である。このような高強度ビームは、世界唯一である。ほかの施設の高強度ビームはこの特性がないために、数 keV 以上のエネルギーで陽電子を入射するときは試料に負電圧をかけることになる。この時に実験槽を接地電位に保とうとすると、光子（消滅  $\gamma$  線）を検出する実験しかできない。陽電子、電子、イオンなどの荷電粒子を検出する実験をするには、ビームダクトの途中に絶縁管を配置して、ステーション自体を高圧に浮かせる大がかりな工夫が必要になる。

本施設では、2012 年度冬の停止期間に、新しい分岐の製作とステーションの再配置を行った。ライナックが置かれた空間であるテストホールのビームライン分岐は、SPF-A1 と SPF-A3 である。新配置では SPF-A3 に全反射陽電子回折ステーションが接続されている。他にひとつの分岐テストホールから上に向かって伸びており、途中で分岐して、以前透過型陽電子顕微鏡がつながっていた分岐 SPF-A2 に至る。上向きのビームラインはそのまま天井を貫いて 1 階のクライストロンギャラリー実験室に導かれる。そこには以前からの分岐 SPF-B1 と新しく作られた分岐 SPF-B2 がある。新配置では前者にポジトロニウム負イオン実験ステーション、後者にポジトロニウム飛行時間ステーションが接続されている。

なお、ここではビームライン構造を明確にするために「分岐」と呼んだが、ビームライン管理上は、それぞれの分岐を陽電子発生部に始まる個別の「ビームライン」として扱っている。一部を共有する複数のビームラインという位置づけである。これらのビームライン+ステーションで、前述のように、高強度を活かす実験か、現在のパルス幅を有効に利用できる実験を工夫して行っている。

### (1) パルス構造に関係なく、高強度だけを利用する実験

SPF-A3 の全反射陽電子回折はその例である（図 3）。ここでは、再減速・再放出という陽電子特有の方法を用いた輝度増強を行って、回折実験に適した陽電子ビームをつく

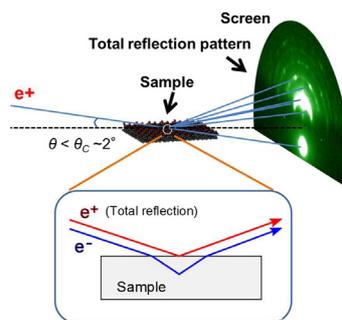


図 3 全反射陽電子回折。

る。それを臨界角以下の視射角で表面に入射すると、陽電子に対しては結晶ポテンシャルが負であるために、全反射が生じ、表面から 0.1 nm 程度しか侵入しない。このため、表面第 1 層のみからの回折像を明確に観測できる。放射光も結晶表面で全反射するが、その際、どうしても結晶表面下に数十 nm 程度侵入してしまう。また、電子線では結晶ポテンシャルが正であるために全反射は起こらず、むしろ、すれすれの視射角で入射しても 1 nm 程度侵入する。

この全反射陽電子回折は、反射高速電子回折（RHEED）の陽電子版である反射高速陽電子回折（RHEPD）の、全反射を積極的に活かす使い方であるが、低速電子回折（LEED）の陽電子版である低速陽電子回折（LEPD）ステーションも 2013 年度に整備する予定である。

### (2) 現状のパルスビームが有効に使える実験

電子と陽電子が水素原子のようにクーロン力で束縛しあった「原子」をポジトロニウム (Ps) という。ポジトロニウムには、電子と陽電子のスピンのによって、全スピンの 3 (3 重項状態) のオルソポジトロニウム (o-Ps) と 0 (1 重項状態) のパラポジトロニウム (p-Ps) がある。真空中では、前者は寿命 142 ns で  $3\gamma$  に、後者は寿命 125 ps で  $2\gamma$  に消滅する。これらの生成の割合は、特殊な事情がないかぎり 3:1 である。このうち、o-Ps の寿命はショートパルスモードの陽電子ビーム幅より十分長い。そこで、SPF-B2 では、10 ns 幅の陽電子パルスを試料に入射したときに生成し表面から放出される o-Ps の飛行時間を測定する Ps 飛行時間法の実験を行っている。物質中では o-Ps の寿命は短くなるが、1 nm 程度以上のサイズの孔を持つ多孔性物質では依然として 1 ns より十分長い。そこで、幅 1 ns のショートパルスモードのビームを用いれば、o-Ps の寿命を利用する細孔サイズ評価が可能である。2013 年度にはこの種の測定もできるように整備する。

o-Ps 飛行時間測定と同じく 10 ns 幅の陽電子パルスを活用する実験として、Ps<sup>-</sup> イオンを生成し、パルス・レーザー光を照射して起こす光脱離、すなわち電子を 2 個持つ Ps<sup>-</sup> イオンから電子を 1 個はがして Ps を作る実験がある。SPF-B1 で行われているこの実験では、光脱離過程の断面積の測定とともに、荷電粒子であるイオンの間に加速してから光脱離することによる、エネルギー可変 Ps ビーム生成も実現された。ただし、現在はまだこのビーム自体の基礎的な研究を行っている段階であり、それを物質科学に応用するのは今後の課題である。

### 3. 各ビームライン／ステーション紹介

#### BL08: 粉末中性子回折装置 (SuperHRPD)

中性子科学研究系 神山 崇, 鳥居周輝

J-PARC には分解能や目的の異なる 6 台の粉末 (多結晶) 中性子回折装置が稼働している [1-3]。すなわち世界最高の分解能  $\Delta d/d = 0.035\%$  を持つ SuperHRPD (KEK) [4], 産業利用促進を目的に開発された iMATERIA (茨城県 & 茨城大, 最高分解能 0.15%), 最高強度を持ち液体や非晶質の構造解析を得意とする高強度全散乱装置 NOVA (KEK, 0.5%), 残留応力解析等を目的とした工学回折装置 TAKUMI (JAEA), 超高压下での回折実験に特化した超高压回折装置 PLANET (JAEA), 蓄電池研究を目的に開発された SPICA (KEK) である。これらのうち iMATERIA は茨城県, NOVA と SPICA は NEDO, PLANET は科研費で建設された。SuperHRPD はこれらの粉末装置の中でもっとも高い分解能を持つ装置であり, 複雑な構造の解析や僅かな構造変化の解明に従来の装置以上に威力を発揮する。

SuperHRPD で得られた回折データ (シリコン) をつくばで稼働していた中性子回折装置 *Sirius* のデータとの比較した図を示す (図 1)。世界的にも高分解能装置として知られた *Sirius* と比較して, SuperHRPD は分解能 1/3 以下を達成しただけでなく, ブラッグ回折線に大きな裾がなくなり, 1/10 線幅では 10 倍以上改善されている。図 2 には開発を進めてきた粉末回折データ解析ソフトウェア Z-Code によるリートベルト解析結果を示す。SuperHRPD の実現により, PF BL-4B2 多連装型粉末回折装置並の分解能で, SPring-8 BL02B2 並の広い  $Q$  範囲, 広い温度領域 (現状で 4 K-1273 K (1000°C)), 標準測定時間 1-5 時間 (1 MW 達成時にはさらに 5 分の 1) での中性子回折実験が可能になった。

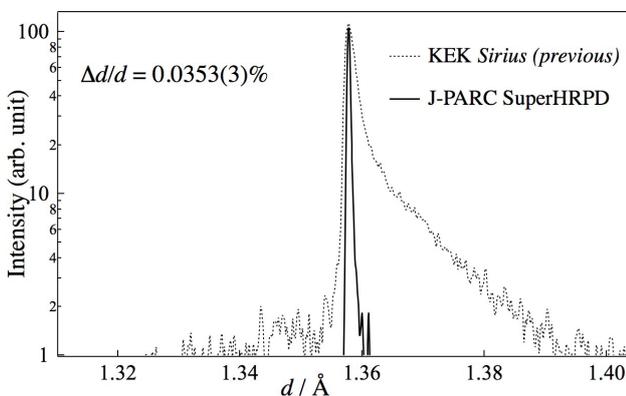


図 1 SuperHRPD 及び旧粉末回折装置 *Sirius* を用いて測定されたシリコンのブラッグ反射。SuperHRPD は *Sirius* と比較して分解能 1/3 以下を達成した。従来のパルス中性子回折装置では, *Sirius* のブラッグ反射回折パターンに見られるように非対称で大きな裾があるのが常であるが, SuperHRPD ではそれがなく, 1/10 線幅では *Sirius* に比べて 10 倍以上改善されている。

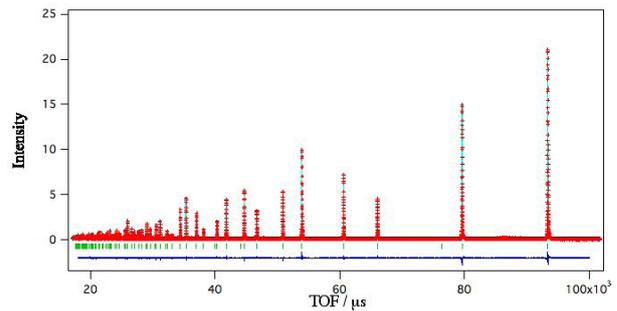


図 2 シリコンの回折パターンの Rietveld 解析。SuperHRPD で測定されたデータを Z-Rietveld で解析した。

SuperHRPD の高分解能と高強度による高い測定精度を利用して, 相転移等による極めて微小な歪みの検出が可能である。しかし, 結晶性の悪化 (歪み, 欠陥, 有効結晶子サイズが小さい等) によりブラッグ反射がブロードニングを起こさないように, 結晶性の高い試料の準備に十分な留意が必要である。実際, 持ち込まれる試料の多くはブロードニングを起こして SuperHRPD の分解能を利用できていない。ブロードニングによるピーク強度の低下が著しい場合には, 強度の強い iMATERIA や NOVA, SPICA 等を用いる方が賢明である。一方で, プロファイル解析等の研究を行うには分解能の高い SuperHRPD は有効である。これは単に分解能が高いだけではなく, ブラッグ反射のプロファイルの対称性が高くシンプルであるためである。

SuperHRPD の理想的な試料サイズは直径 6 mm, 高さ 30 mm であるが, 加速器パワーが増大するまでは直径 10 mm, 高さ 40 mm を標準的試料サイズとしている。

**測定例:** 世界最高のリチウムイオン導電率 (室温で  $12 \text{ mS cm}^{-1}$ ) を持つ  $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$  の結晶構造を解明し導電機構を明らかにした [5]。

**測定例:** 非鉛強誘電体 BFO-BKT の開発において相境界, 結晶構造等を解明した [6]。

不明な点は装置責任者の神山 <takashi.kamiyama@kek.jp> までご相談ください。

#### 文献

- [1] 神山 崇: 日本結晶学会誌, 50 (2008) 306.
- [2] 石垣 徹, 他: 日本結晶学会誌, 50 (2008) 18.
- [3] 社本真一, 他: プラズマ・核融合学会誌, 84 (2008) 323.
- [4] S. Torii, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) SB02.
- [5] N. Kamaya, *et al.*, Nature Materials 10 (2011) 682.
- [6] Y. Ohshima *et al.*, ECS Transactions, 45 (2012) 195, H. Matsuo, *et al.*, Journal of Applied Physics 108 (2010) 104103.

## BL12: 高分解能チョッパー分光器 (HRC)

中性子科学研究系 伊藤晋一

HRCはフェルミチョッパーと呼ばれるデバイスでパルス中性子を単色化して実験試料に入射し、飛行時間法により、マグノンやフォノン等の中性子非弾性散乱を測定するための装置です。

- ◆ 10 meV – 2.5 eV の範囲のエネルギーで入射中性子を単色化して利用できる (入射中性子エネルギー:  $E_i$ )。
- ◆ 散乱角: 水平方向  $-10^\circ - 42^\circ$ , 垂直方向  $\pm 20^\circ$  をカバーする位置敏感型中性子検出器を搭載。
- ◆ フェルミチョッパーは、中性子発生に同期してスリットが回転するデバイスであり、スリット幅の違いにより、大強度用と高分解能用の2台がある。大強度用・高分解能用の選択、及び、回転数 (100 – 600 Hz) の選択により、エネルギー分解能 ( $\Delta E$ ) 及び中性子束を調節する。

### 測定方法 1 (図 1(a))

- ◆ 散乱角が  $3^\circ$  から  $42^\circ$  に設置された検出器 (直径 3/4 インチ長さ 2.8 m の位置敏感型検出器 128 本を搭載) を用いて、連続した広いエネルギー運動量空間を観測。
- ◆  $E_i = 10 - 500$  meV では  $\Delta E/E_i = 3 - 10\%$ ,  $E_i > 500$  meV では  $\Delta E/E_i$  はそれ以上。
- ◆ 測定例: 単結晶磁性体の磁気励起, 粉末反強磁性体の磁気励起, フォノンや原子・分子の振動モード。

### 測定方法 2 (図 1(b))

- ◆ 散乱角が  $0.5^\circ$  から  $2.8^\circ$  に設置された検出器 (直径 1/2 インチ長さ 0.8 m の位置敏感型検出器 20 本を搭載) を用いて、比較的高い  $E_i$  を用いて、運動量 (波数) 領域が  $Q = 0.1 - 0.5 \text{ \AA}^{-1}$  で、数 – 10 数 meV のエネルギー領域を観測 (いわゆる中性子ブリルアン散乱)。
- ◆  $E_i = 100 - 300$  meV で  $\Delta E/E_i = 2\%$
- ◆ 測定例: 粉末強磁性体のスピン波, 液体・非晶質物質の音響フォノン。

不明な点は装置責任者の伊藤 <shinichi.itoh@kek.jp> までご相談ください。

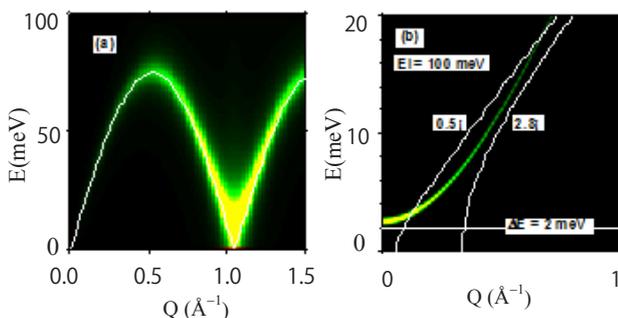


図 1 HRC でのスピン波の測定例: (a) 単結晶低次元反強磁性体, (b) 粉末強磁性体。

## BL16: ソフト界面解析装置 (SOFIA)

中性子科学研究系 山田悟史

SOFIA は試料水平型の中性子反射率計で、試料表面で反射された中性子の干渉を解析することによって散乱振幅密度の深さ分布を観測することができます (装置名は「ソフト界面」となっていますが、高分子薄膜だけでなく金属薄膜も測定可能です)。観測可能な空間スケールは数 nm~数百 nm 程度で、以下のように中性子の長所を生かした測定が可能です。

- ◆ 同位体置換 (H/D 置換など) により観測したい箇所のラベリングが可能。
- ◆ 中性子の高い透過率を利用し、深く埋もれた界面の構造を観察することが可能。
- ◆ 中性子飛行法を用いて広い波長幅の中性子を使用するため、一度に広い  $Q$  空間を走査することが可能。
- ◆ ビームを下向きに取り出しているため、液体のような自由界面の測定も可能。
- ◆ 2次元検出器による多次元構造解析が可能。

試料は固体の場合、通常 2 インチか 3 インチのシリコン基板上に作成した薄膜を使用します。試料作成にあたっての注意点としては

- ◆ 試料は大きいほど測定時間が短い (10 mm 角でも時間さえかければ測定は可能)。
- ◆ 平滑かつ均一な試料が望ましい (試料の一部のみに照射するような場合、測定時間が長くなる)。
- ◆ 基板が薄いと応力でたわむ可能性があるので注意 (特に蒸着膜)。

といったことが挙げられます。

また、気液界面、固液界面については備え付けの試料セルが利用可能です (気液界面については 2012 年冬以降)。200 kW 運転時の典型的な測定時間は以下の通りです。

- 重水素化高分子 (3 インチ) : 5 分 ( $Q_z < 1 \text{ nm}^{-1}$ ), 15 分 ( $Q_z < 2 \text{ nm}^{-1}$ ), 1 時間 ( $Q_z < 4 \text{ nm}^{-1}$ )
- 軽水素高分子 (3 インチ) : 2 時間 ( $Q_z < 2 \text{ nm}^{-1}$ )
- シリコン/重水界面 (3 インチ) : 2 時間 ( $Q_z < 2 \text{ nm}^{-1}$ )

不明な点は装置責任者の山田 <norifumi.yamada@kek.jp> までご相談ください。

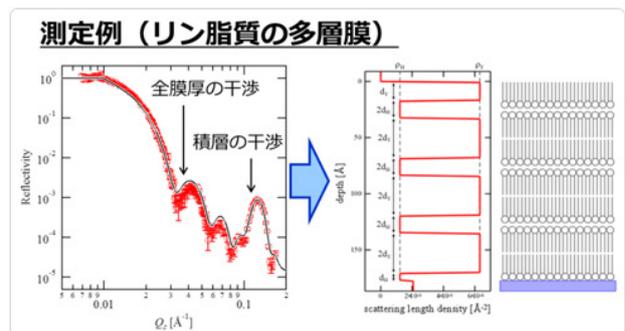


図 1 実験により得られた中性子反射率プロファイルと解析により得られる散乱振幅密度プロファイルの例。

## BL21: 高強度中性子全散乱装置 (NOVA)

中性子科学研究系 大友季哉

中性子全散乱法は、静的構造因子  $S(Q)$  を測定し、 $S(Q)$  のフーリエ変換によって得られる実空間二体分布関数 ( $g(r)$ ) により構造解析を行う回折法です。ここで、 $Q$  は逆格子空間における波数ベクトル  $k$  の変化 (運動量遷移) を表す散乱ベクトルです。 $g(r)$  は、原点に位置する原子から距離  $r$  だけ離れた位置に他の原子を見出す確率を表し、この関数の解析によって、液体やガラスにおいても原子間距離や配位数などの局所構造決定が可能です。 $g(r)$  における  $r$  分解を高めるため、主に熱外中性子領域 (0.5 ~ 10 eV, 0.09 ~ 0.4 Å) 迄の比較的エネルギーの高い (波長の短い) 中性子を利用することによって、可能な限り大きな  $Q$  まで正確に測定することが装置の特徴です。なお、結晶の場合には、原子対相関関数 (Pair Distribution Function, PDF) が用いられることが一般的です。構造解析には、リートベルト解析, PDF 解析 (大雑把には PDF によるリートベルト解析), リバースモンテカルロ法などを用います。NOVA の特徴を以下にまとめます。

- ◆一度に測定できる検証済みの  $Q$  領域は、 $0.026 \text{ \AA}^{-1} \leq Q \leq 60 \text{ \AA}^{-1}$  です。装置スペックとしては、 $0.01 \text{ \AA}^{-1} \leq Q \leq 100 \text{ \AA}^{-1}$  となっています。
- ◆標準的な試料容器は直径 6 ミリ、ビーム高さは 20 ミリなので、試料容積としては約 0.6 cc です。容器としては、直径 3 ミリ及び直径 10 ミリも用意されています。
- ◆実験に必要な試料量については、上記の容積に重点さ

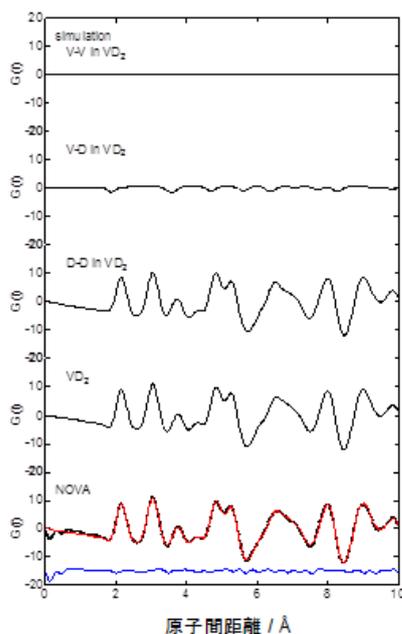


図1 NOVA による VD2 の原子対相関導出例。一番下が実測値 (黒) と PDF 解析結果 (赤)。PDF 解析により得られた構造パラメータから、重水素-重水素 (D-D) 等の部分相関の導出が可能。なお、中性子散乱断面積から、バナジウム-バナジウム (V-V) 相関はほとんど観測されない。

れることが目安ですが、試料組成、実験目的や試料作製の困難さにより変わります。ブラッグ反射の位置の観測が目的の場合には、1 mg での実績があります。また  $S(Q)$  解析を目的とする場合、60 mg が最小実績となります。

◆1条件あたりの測定時間も、試料の散乱強度や実験目的により大きく変わり、最大で8時間、最小では数秒です。

試料環境としては、試料交換器 (室温のみ。最大 10 試料の自動測定が可能)、水素ガス (H/D) 雰囲気 (最大水素ガス圧力: 10 MPa, 温度範囲: 50 K ~ 473 K)、高温炉 (最高測定温度: 1373 K) 等が整備されています。いずれの試料環境においても、経時変化測定が可能です。

不明な点は装置責任者の大友 <toshiya.otomo@kek.jp> までご相談ください。

## D1: ミュオン物質生命科学実験装置

ミュオン科学研究系 小嶋健児

D1 実験エリアには、DQ-1 と名付けたミュオンスピン緩和分光器があります。これは、バルク試料 (物質質量=比重×厚さ ~100 mg/cm<sup>2</sup> 程度以上) のミュオンスピン緩和 ( $\mu$ SR) を測定できる装置です。 $\mu$ SR は物質中のミュオンスピンの時間発展が計測出来る手法で、これによって、試料中の

- 水素状態と
- 磁性の発現に関する情報

を得ることができます。ただし、回折法と異なり局所スピンプローブなので、波数空間を分解した情報は得られませんが (Q 積分)、核磁気共鳴 (NMR) と違ってスピン偏極の絶対量が分かっているため、磁性領域と非磁性領域が入り交じった不均一磁性体の磁性領域の体積分率など、実空間の分布を分解する能力があります。

具体的に、磁性に関して、銅酸化物高温超伝導体 YBCO の不足ドーパ試料の  $\mu$ SR スペクトルを図1に

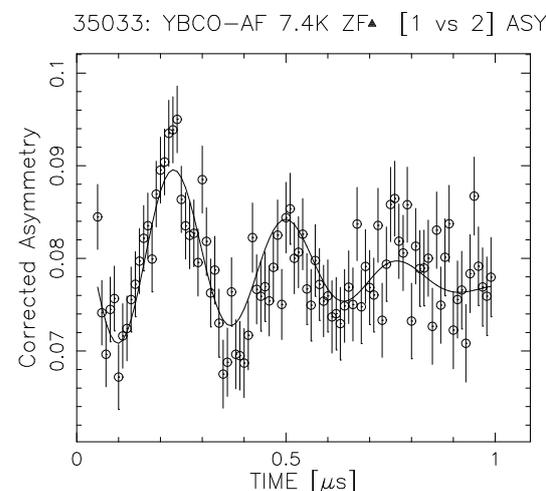


図1 実際の  $\mu$ SR スペクトル。銅酸化物高温超伝導体 YBCO の磁性による、ゼロ磁場中のミュオンスピン回転が観測される。

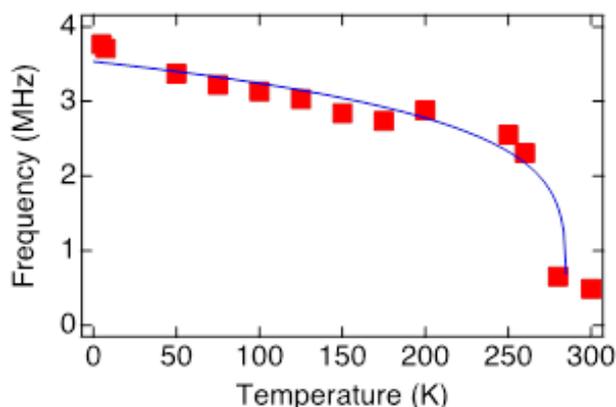


図2 図1の回転周波数(∞秩序化した磁気モーメント長さ)の温度変化。実線は臨界発散指数モデル(1-T/T<sub>N</sub>)<sup>β</sup>による解析。

載せます。反強磁性秩序により、ミュオンサイトに磁場が立ち、ミュオンスピンのラーマー歳差運動が観測されます。その回転周波数の温度変化を図2に載せました。ラーマー回転周波数は秩序化したモーメントの長さに比例するので、反強磁性秩序変数の温度変化を追いかけることができます。このミュオンの使い方は磁気散乱ブラッグピーク強度(∝モーメント長さの自乗)と似ています。実線は臨界発散モデルによる解析です。

### 必要な試料サイズと形状

今のところ、直径10 mm ぐらひは必要です。中性子・放射光回折と異なり、ミュオンを試料中に止めるので、円柱状より板状の形状がビームに対する表面積を稼ぐことができ測定しやすいです。粉末試料の場合は、アルミフイルで簡易パックして円盤ペレット状にして測定します。

### 試料環境

4 K~300 K のミニクライオスタットが簡便ですが、試料を熱伝導で冷やすため、試料に平らな面とある程度の熱伝導性が必要です。また、同じく熱伝導型の希釈冷凍機(最低温度20 mK)もあります。試料が熱交換ガス中に置かれるタイプのクライオスタットとしては、2 K~300 K のものと10 K~300 K のものがあり、後者はレーザーのような光励起を導入する窓が付いています。

高温は、ミニクライオスタットで400 K ぐらひまで到達でき、それ以上は800 K までの電気炉があります。NMR と異なり、高温でも信号強度が変わらないのがμSR の利点です。

### 測定時間

200 kW 運転時の典型的な測定時間は、必要な統計量と試料サイズによりますが、1点20分~2時間程度です。

不明な点は装置責任者の三宅 <yasuhiro.miyake@kek.jp> か、μSR 実験グループの小嶋 <kenji.kojima@kek.jp>、幸田 <akihiro.koda@kek.jp> までご相談ください。

## D2: ミュオン基礎科学実験装置

ミュオン科学研究系 三宅康博

D2 エリアでは、固定した汎用スペクトロメータを設置せず、実験によって装置を入れ替えることができる自由度の高いビームエリアである。

### 実験例1: 負ミュオンの利用, 非破壊分析

負の電荷をもつμ<sup>-</sup>は、電子より200倍も重いので、原子に捕獲・束縛される過程で、電子の場合に比べて200倍もの高いエネルギーの特性X線を放射する。この特性X線は元素の種類に応じたエネルギーを示すため、蛍光X線分析のように元素分析を行うことが可能で、以下のような特徴を有している。

1. ミュオンが物質の奥深くで反応した場合でも、特性X線はエネルギーが高いため透過力が高く、検出が可能。
2. 軽い元素から重い元素に至るまで、非破壊で同時に調べる事が可能。
3. μ<sup>-</sup>の入射エネルギーを調節することによって、深さ方向の元素の分布を調べる事ができるため、物質内部の3次元的元素分析が可能。

J-PARC/MUSE では、ミュオン原子X線法の非破壊分析手法としての性能を調べる為に、天保小判や青銅銭の非破壊元素分析[1]の試験研究などを始めている。隕石や、考古学上、壊すことができない貴重な遺物の非破壊検査法として期待されており、実際に中国の古銭「半両」の測定を行った。図1は得られたミュオン特性X線スペクトルで、ここから半両の内部の組成比を決定することができる。

### 実験例2: 熱 Mu, Mu<sup>-</sup> 発生実験

D2 エリアでは、大強度超低速ミュオン源に向けて、金属箔等からのMuならびにMu<sup>-</sup>生成の研究も行われている。図2は、D2 エリアに設置された熱ミュオニウム(μ<sup>+</sup>と電子が結合した水素原子の同位体)発生チェンバーである。超高真空(~10<sup>-8</sup> Pa)中で、タングステン箔を約2000 K にまで昇温し(図2右下)、その金属表面から熱エネルギーで蒸発してくるミュオニウムをとらえる装置である。本チェンバーの側面は薄いAl窓となっており、崩壊陽電子をホドスコープ(すだれ状のシンチレータアレイ)

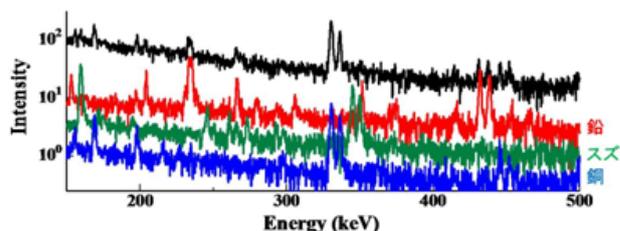


図1 青銅銭試料から得られたミュオン特性X線スペクトル。半両の内部の組成比を銅:72±3%, スズ:9±2%, 鉛:19±3%と決定することができた。

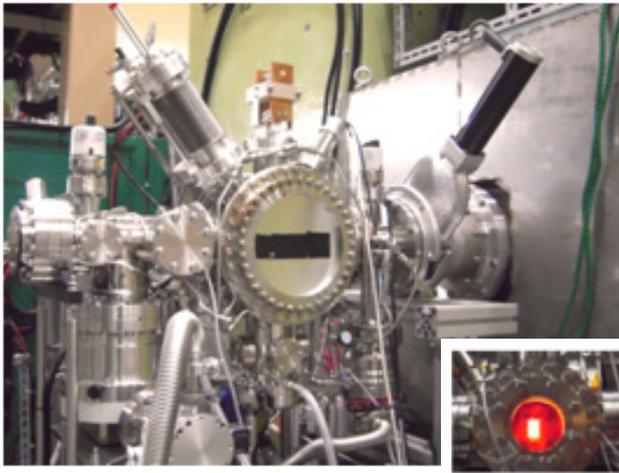


図2 D2 エリアに設置された熱ミュオニウム ( $\mu^+$  と電子が結合した水素原子の同位体) 発生チェンバー。

で測定し熱ミュオニウムの崩壊位置を決定することで、真空中へ拡散の様子を観察する。

その他にも、実験に応じて自作の測定機器を持ち込むことができます。D2 実験エリアの詳細については、装置責任者の三宅 <yasuhiro.miyake@kek.jp>, 実験グループの下村 <koichiro.shimomura@kek.jp>, 河村 <naritoshi.kawamura@kek.jp> までご相談ください。

## 低速陽電子の装置紹介

放射光科学第一研究系 兵頭俊夫

### SPF-A3 全反射陽電子回折装置

この装置は原子力機構の河裾グループの協力を得て入射器棟地階テストホールに設置したもので、反射高速電子線回折 (RHEED) の陽電子版である反射高速陽電子回折 (RHEPD) 測定に用いられる。ライナックのロングパルスモード運転で得られる  $1 \mu\text{s}$  幅の陽電子ビームを利用して、これは最大の陽電子強度を得るためであり、現在のところパルスビームの特性は利用していない。

#### 何がわかるか

どのような固体でも陽電子に対する結晶ポテンシャルは正であるため、高速陽電子を表面にすれすれの視斜角で入射すると、ある角度以下で全反射が起きる。この全反射条件下では、他の量子ビームでは不可能な、最表面の原子のみからの回折パターンが得られる。視斜角を次第に増加させて全反射条件を外すと、第2層、第3層からの情報も含む回折パターンが得られる。高輝度陽電子ビームを用いた RHEPD 実験で初めて可能になったこのユニークな表面解析法を、全反射陽電子回折 (total reflection positron diffraction, TRPD) 法と命名した。

#### 原理

明瞭な TRPD パターンを得るには、高輝度の陽電子ビームが必要である。リュービウの定理により保存場では荷電粒子ビームの輝度を変えられないが、陽電子の場合には、陽電子に対する仕事関数が負である W, Ni などの薄膜中での不可逆過程を利用した輝度増強が可能である。本装置では、15 keV 程度のエネルギーで輸送した陽電子ビームを磁界レンズで絞り、10 kV の電位にした W 薄膜に入射する。陽電子は薄膜中でのエネルギー散逸で熱化した後、ほぼ同じ径を保って反対側の面に拡散し、その一部が、負の仕事関数で決まるエネルギーで放出される。これにより高輝度化された陽電子ビームは、アース電位に対して 10 keV に加速され、磁気レンズで細いビームにして試料に入射される。

得られる回折パターンを用いた表面原子配置の標準的解析法は、ロッキング曲線 (正反射強度の視斜角依存性)、ラウエゾーンに沿った回折スポットの強度変化、全反射条件の回折パターンなどを、モデルを仮定した理論計算と比較する。

#### 装置の特性

- ◆陽電子ビームエネルギー：~10 keV
- ◆輝度増強後のビーム強度：~ $5 \times 10^5 \text{ e}^+/\text{s}$
- ◆装置内真空度：~ $10^{-8} \text{ Pa}$
- ◆試料角度調整：視斜角  $< 5^\circ$  程度, 方位角  $\pm 60^\circ$  程度
- ◆回折パターン測定：蛍光板付 MCP + CCD カメラ
- ◆測定時間：~1 hour (回折パターン) ~3 hours (ロッキング曲線)
- ◆試料サイズ：10 mm  $\times$  5 mm  $\times$  ~0.5 mm (短冊形)
- ◆試料測定温度：30 K~600 K 程度 (GM 冷凍機, 液体窒素冷却および試料通電加熱)
- ◆試料作製機構 (RHEED, EB 蒸着源, Ar イオンスパッタリング, 試料交換用ロードロック)

### SPF-B1 低速陽電子ビーム汎用ステーション

このビームライン (分岐) は入射器棟1階のクライストロンギャラリー実験室にある。共同利用グループが装置を持ち込んで使用するためのビームラインである。ほかのビームライン同様、基本的には、現在のパルスビームで可能なような実験のステーションも接続可能である。ただし、クライストロンギャラリー実験室のビームラインである SPF-B1 と SPF-B2 は、ショートパルスモードを用いる実験を優先することになっている。

現在は、東京理科大学長嶋グループのポジトロニウム負イオン実験ステーションが接続されている。ここでは、この装置について説明する。

#### 何のための装置か

ライナックをショートパルスモードで運転して得られる

パルス幅 10 ns の低速陽電子を用いて、ポジトロニウム負イオン ( $\text{Ps}^-$ , 電子 2 個と陽電子 1 個の束縛状態) を生成し、それにレーザー光を照射し光脱離させてその断面積を測定する研究と、光脱離によってエネルギー可変ポジトロニウムビームを生成する研究に使われている。

## 原理

陽電子を金属に入射すると、熱化したのちに表面に戻ってきたものが、低速陽電子として放出されるか、ポジトロニウム ( $\text{Ps}$ ) として放出されるか、表面状態にトラップされるかのいずれかの過程をたどる。ただし、低速陽電子が放出されるのは、陽電子に対する仕事関数が負であるような金属のみであり、放出エネルギーは仕事関数の符号を変えた値である。 $\text{Ps}$  の放出エネルギーは、電子の仕事関数と、陽電子の仕事関数と、 $\text{Ps}$  の束縛エネルギーで決まり、それが正であれば放出される。同様に  $\text{Ps}^-$  の放出エネルギーを計算すると、ある種の金属で正である（すなわち  $\text{Ps}^-$  が放出されるはずである）ことがわかる。タングステンはそのような金属のひとつであり、長嶋らが実際に測定してみると、確かに、ごくわずかであるが  $\text{Ps}^-$  が生成した。さらに、タングステン表面にアルカリ金属を蒸着して仕事関数を変化させたところ、収率が 1% を超えた。

この大量に生成できるようになった  $\text{Ps}^-$  イオンを本施設のショートパルスモードの幅 10 ns の低速陽電子ビームを用いて生成し、同じく幅 10 ns の YAG レーザーパルス同期して照射し光脱離を起こす。この過程の原子物理学的研究を実施する他、荷電粒子である  $\text{Ps}^-$  の間に電場で任意のエネルギーに加速し、その後光脱離することで、エネルギー可変  $\text{Ps}$  ビームをつくる。

## 装置の特性

- ◆陽電子輸送エネルギー：4.2 keV
- ◆入射陽電子パルス幅：10 ns, 繰り返し周波数 50 Hz
- ◆レーザー：Nd:YAG レーザー（スペクトラフィジックス GCR290）
- ◆レーザーパルス：幅 10 ns, 繰り返し周波数 25 Hz
- ◆ $\text{Ps}^-$  イオン検出：青方変移消滅  $\gamma$  線スペクトル測定（2 台の Ge 検出器による）
- ◆エネルギー可変  $\text{Ps}$  ビーム検出：検出器に MCP もしくは 2 次元 PSD を用いた飛行時間法
- ◆基準時刻：試料内での消滅からの消滅  $\gamma$  線の MCP による検出

## SPF-B2 ポジトロニウム飛行時間測定装置

この装置は東京理科大学長嶋グループの協力を得て完成されたもので、入射器棟 1 階のクライストロンギャラリー実験室に設置されている。ライナックのショートパルスモード運転で得られる 10 ns 幅の陽電子ビームを利用する。

## 何がわかるか

固体表面から放出されたポジトロニウム ( $\text{Ps}$ , 電子と陽電子の水素原子様束縛状態) のエネルギー分布を  $\text{Ps}$  の飛行時間を通じて測定する。

金属では  $\text{Ps}$  は表面でしか生成しないので、陽電子と 2 次元電子気体との相互作用の情報が得られる。絶縁体では内部で生成して表面から放出された  $\text{Ps}$  と表面で生成した  $\text{Ps}$  の両方、あるいは片方が観測される。内部で生成した  $\text{Ps}$  は励起子に類似の複合粒子なので、絶縁体中の複合粒子の相互作用を統一的に理解するのに必要な情報が得られる。多孔性物質では孔が外部に通じているかどうか、その割合はどの程度かなどの情報が得られる。

## 測定の原理

低速陽電子ビームを物質に入射すると、熱化した後に一部が表面に戻ってくる。さらにその一部が表面で 1 個の電子と結合して  $\text{Ps}$  になり、真空中に放出される。このとき合成スピンの 1 (3 重項状態) のオルソポジトロニウム ( $o\text{-Ps}$ ) と 0 (1 重項状態) のパラポジトロニウム ( $p\text{-Ps}$ ) が 3 : 1 の割合で生成する。前者の真空中の寿命は 142 ns, 後者の寿命は 125 ps である。 $o\text{-Ps}$  の寿命は十分長いので、10 ns 幅のパルス陽電子ビームを用いて  $\text{Ps}$  を生成すれば、TOF 測定が可能になる。1 eV の  $\text{Ps}$  は 142 ns の間に約 6 cm 進む。そこで、試料位置から数 cm の位置に設置したスリットの前を通る時に消滅した  $o\text{-Ps}$  からの  $\gamma$  線を検出して、その時間分布を解析する。

## 装置の特性

- ◆パルス幅：1 ns~10 ns 可変
- ◆陽電子輸送エネルギー：4 keV 以上（低エネルギーで輸送するとパルス幅が広がる。）
- ◆時間分解能：10 ns（入射陽電子パルス幅 10 ns, 輸送エネルギー 4.2 keV のとき）
- ◆スリット位置と幅：試料から 4 cm の位置のスリットの幅は 2 mm, 12 cm の位置のスリットの幅は 6 mm
- ◆基準時刻：試料内での消滅による消滅  $\gamma$  線の一部を鉛シールドを通して検出。
- ◆ $\gamma$  線検出器：10 × 10 × 1 cm<sup>3</sup> のプラスチックシンチレータと HAMAMATSU-H6614-70（高磁場対応 PMT）
- ◆データ収集・保存：ライナックのタイミング信号をトリガーとして光電子増倍管からの信号をデジタルオシロスコープ（Lecroy WaveRunner 64Xi-A）で収集し、ハードディスクに保存する。収集の後、オフラインで解析してポジトロニウム飛行時間スペクトルを得る。
- ◆エネルギー E のポジトロニウムの速さ

$$v = 4.2 \times 10^5 \sqrt{E/\text{eV}} \text{ [m/s]}$$

※いずれの装置についても、不明な点はビームライン責任者の兵頭俊夫 <toshio.hyodo@kek.jp> までご相談下さい。

## 4. 中性子、ミュオン、低速陽電子の実験装置利用手引き

### 中性子、ミュオンの実験装置の利用

今回ご紹介しました中性子、ミュオンのビームラインは J-PARC の MLF に設置された装置で、PF と同様に実験課題を申請することによって利用が可能です。課題にはいくつもの区分がありますが、ここでは通常の利用方法である「一般利用課題」について、その申請手順を簡単に説明いたします。

### 装置の選定

J-PARC/MLF では 16 台の中性子実験装置、2 台のミュオン実験装置が利用可能です (2013 年 2 月現在)。今回は KEK の物性実験用ビームラインをご紹介しましたが、他にも日本原子力研究開発機構 (JAEA)、総合科学研究機構 (CROSS)、茨城県により運営されているビームラインを利用することが可能です。

#### ◆中性子実験装置のスペック一覧

[http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/instrumentation/ns\\_spec.html](http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/instrumentation/ns_spec.html)

#### ◆ミュオン実験装置のスペック一覧

[http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/instrumentation/ms\\_spec.html](http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/instrumentation/ms_spec.html)

運営する組織によって細かな違い (KEK のビームラインは大学共同利用制度の適用により旅費の補助があるが、他では自己負担) がありますが、窓口は一元化されています。また、装置によって利用可能な実験オプション等が異なりますので、申請する際は装置担当者に事前相談されることをお勧めします。

### 利用区分の選定

J-PARC/MLF では、成果を公開し社会に還元することをもってビーム利用料金を無償とする概念に基づく「成果公開」型利用と、利用者が経済的に利益を得ることを想定し、成果を専有できる対価としてビーム利用料金を支払う「成果非公開」型利用の 2 種類の利用区分が設けられています。ここで言う「成果の公表」の定義は PF とほぼ同じで、企業秘密に関わる実験など、実験成果の取り扱いに注意を要する場合は後者の成果非公開型利用に申請されることをお勧めします。なお、成果公開型利用の場合には、実験終了日の翌日から起算して 60 日以内に J-PARC センターに実験報告書を提出していただくことが義務づけられます。

### 実験課題の申請

実験課題の公募は年に 2 回 (通常は 5 月頃と 11 月頃) 行われており、J-PARC 課題申請システム < <https://gamusha1.j-parc.jp/j-pas/auth/menu.jsp> > を利用して電子申請していただくことになります。詳細は公募要領のページ < <http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/applying/koubo.html> > に記載されていますので、こちらをご参照ください。

### 実験課題の審査

J-PARC/MLF に申請された成果公開型利用課題は全て課題審査部会で審査を行い、その結果に応じて以下のように区分されます。

- 採択課題：実験に必要なビームタイムが配分され、申請者の希望に応じて実験が可能な課題。
- 留保課題：決まったビームタイムは配分されないが、運転状況に応じて実験が可能な課題。
- 不採択課題：ビームタイムが配分されない課題。

成果非公開型利用については、J-PARC センターが安全性の確認及び実施の技術的可能性を確認しますが、審査部会による課題審査は受けません。

詳細は PF と異なる箇所もありますが、課題を出して実験を行うという一連の流れはほぼ同じです。一般利用課題以外の区分や審査、利用の流れについての詳細については <http://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/applying/index.html> をご参照ください。

### 低速陽電子実験施設の利用

今回ご紹介した低速陽電子実験施設の装置は、共同利用に公開されています。申請された実験課題は、PF のビームラインと同様に、放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC) で審査されます。また、低速陽電子実験の経験のない方は、PF の経験者であっても、P 型 (初心者型) 課題を申請することができます。

詳しくは「放射光共同利用実験課題募集要項 (低速陽電子実験施設も含む)」< [http://pfwww.kek.jp/users\\_info/pac\\_application/index.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/pac_application/index.html) > を参照ください。

## CMRC 研究会「ARPES, 中性子散乱, $\mu$ SR を用いた強相関系研究の最近の発展」開催報告

東京大学大学院理学系研究科 吉田鉄平

2012年12月6日(木), 7日(金)の2日間, CMRC 研究会「ARPES, 中性子散乱,  $\mu$ SR を用いた強相関系研究の最近の発展」が4号館セミナーホールにて開催され, 53名の参加がありました。

講演では, 近年, 急速な研究進展が見られるトポロジカル絶縁体と, 銅酸化物, 鉄系超伝導体などの強相関電子系の物理を軸に, 新しい研究展開について講演と議論が行われました。電子構造のプロブである角度分解光電子分光(ARPES)の研究者と磁気構造のプロブである中性子散乱,  $\mu$ SRの研究者が集うことで, 有意義な議論が交わされることが期待され, 実際, 活発な質疑応答が繰り返されました。

1日目は鉄系, 銅系の高温度超伝導体を中心とした強相関電子系についての研究成果の講演が行われました。そのうちの幾つかの講演は, 鉄系超伝導体のペアリング機構についてそれぞれの実験手法から議論するもので, 今後, 実験結果の整合性を突き詰めることで, 真実に迫ることが可能であると感じられる議論でした。

2日目は重い電子系の「隠れた秩序」, マルチフェロイクス, スキルミオンなどの最新のトピックスが網羅され, 小規模な研究会ながら, 物性物理の最先端を概観することができる密度の濃い講演が続きました。特にトポロジカル絶縁体の研究では初期にはアメリカが先行していましたが, 近年のスピ分解光電子分光などの発展で, 日本からの発信力が強くなっていることを感じさせるものでした。研究会1日目の夜には懇親会がKEK近くの居酒屋「月の華」にてアットホームな雰囲気で開催され, 学生も参加して研究者同士の親睦を深めることができました。今後もPFのユーザーグループを含む量子ビームを軸とした物性研究者が広く活発に議論を行う場として, 研究会を開催することが必要であると感じました。

### プログラム

<第1日> 2012年12月6日(木)

13:10 はじめに 村上洋一 (KEK)

銅酸化物, 鉄系【座長: 佐藤正俊】

13:15 「鉄系超伝導体, 銅酸化物の超伝導ギャップ, 擬ギャップ」吉田鉄平 (東大理)

13:45 「Bi系銅酸化物超伝導体における低エネルギー準粒子状態のホール濃度依存性」井野明洋 (広大院理)

14:15 「低エネルギーミュオンで見た  $T^*$ -(La,Y)<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>-MBE 薄膜の表面磁性」門野良典 (KEK)

14:45 休憩

強相関酸化物【座長: 組頭広志】

15:00 「強相関酸化物量子井戸における低次元電子状態」吉松公平 (KEK-PF, 東大理)

15:30 「Electronic structure of thermoelectric/multiferroic delafossite oxides CuCr<sub>1-x</sub>Mg<sub>x</sub>O<sub>2</sub>」斎藤智彦 (東京理科大学)

16:00 「共鳴軟X線散乱による研究の最近の展開」中尾裕則 (KEK)

16:30 休憩

鉄系超伝導体【座長: 吉田鉄平】

16:45 「 $\mu$ SRによる鉄系超伝導体 (Ba,K)Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>の磁束状態」大石一城 (CROSS)

17:15 「鉄カルコゲナイドとランタン系銅酸化物における磁性と超伝導の $\mu$ SRによる研究」足立匡 (東北大)

17:45 「鉄系超伝導体への興味と問題点」佐藤正俊 (CROSS)

18:30 ~ 懇親会

<第2日> 2012年12月7日(金)

強相関系あるいは鉄系・マルチフェロイクス・トポロジカル励起【座長: 相馬清吾】

9:00 「URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>の高分解能放射光電子分光」横谷尚陸 (岡山大)

9:30 「マルチフェロイクスと量子ビーム」有馬孝尚 (東大)

10:00 「MnGeにおける3次元スキルミオン結晶とトポロジカル物性」金澤直也 (東大工十倉研)

10:30 休憩

トポロジカル絶縁体・ラシュバ【座長: 藤森淳】

10:45 「Topological Insulator」永長直人 (東大工)

11:15 「放射光を用いたトポロジカル絶縁体の高分解能ARPES」相馬清吾 (東大理)

11:45 「極性半導体の巨大ラシュバ分裂: ARPESによる研究」石坂香子 (東大工)

世話人: 藤森淳 (東大), 吉田鉄平 (東大), 組頭広志 (KEK), 伊藤晋一 (KEK), 門野良典 (KEK), 小野寛太 (KEK)



図1 研究会での様子

## 「第1回先進的観測技術研究会 一局所構造解析、イメージングの最前線」開催報告

放射光科学第二研究系 中尾裕則, 足立伸一

近年の観測技術の進展は目覚ましいものがあり、今まで不可能と思われてきた事が当たり前ようになってきています。一方、先端的技術であるが故、部外者が入りにくかったり、他の研究分野から見えにくくなっている点も否めません。しかしながら、近未来の観測技術の発展には、広く先端的観測技術の現状を知るとともに、その上で議論することが必須と言えます。また、現在の観測技術の相補利用によるブレイクスルーも期待されるところです。そこで、今回『先進的観測技術研究会』を始めることとなりました。また、放射光の関連する観測技術の方向性は多岐にわたっており、全てを網羅するような研究会を組むよりは、テーマを設定して集中議論の方が良いとの判断で、第1回は局所構造解析・イメージングをテーマとしました。開催は12月26日となり、師走の忙しい時期となりましたが、64名の方々に参加頂きました。

最初に、共催頂いたPF-UAの佐藤会長よりご挨拶頂き、研究会をスタートしました。続いてPFの野澤氏より、PFの将来計画であるERL、また来年度ビーム利用が可能となるcERLの話、さらにはそこで展開される先端的研究を紹介頂きました。局所・表面構造解析の最前線のセッションのトップバッターは、東北大の平田氏で、Åサイズに絞った電子ビームを利用した電子線回折手法を紹介頂きました。将来の放射光X線でも実現できないサイズで、放射光との相補利用した研究の可能性を感じました。また、利用例で示された金属ガラスの局所構造を反映した回折パターンは印象的でした。2番目の講演はJAEAの樹神氏で、中性子・X線を用いた原子対相関関数(PDF)解析について紹介頂きました。結晶性物質に適用することで、結晶周期をもっていない構造の歪みを観測でき、具体的に得られた局所構造歪みと物質の機能・物性の関係は、興味深いものでした。EXAFSとの相補利用や、コヒーレントX線の空間相関観測など、今後の接点が期待されることです。前半のセッション最後は、JAEAの深谷氏で、物質の表面構造を決定できる陽電子回折法について紹介頂きました。最表面原子層のみからの回折像が得られる極めて高い表面感性は、新たな研究の可能性を強く感じられました。今後、KEKの低速陽電子施設の利用で、より大強度の陽電子が利用可能となり、研究が進むとのことでした。

イメージングの最前線の最初の講演は、阪大の高橋氏で、コヒーレントX線を用いたイメージング研究の発展を紹介頂きました。1段1段と観測・解析技術を向上させ、次々と困難を克服して、新たなイメージング法を確立していく話で、興味深く聞かせて頂きました。また、試料結晶の転位を利用して生成されるという「X線うずビーム」には、将来を感じさせて頂きました。続いて二番目の講演では、



図1 研究会での様子

理研生命システム研究センターの渡邊氏に、光学顕微鏡を用いた生きたままの細胞イメージング手法について紹介頂きました。光の回折限界による制限から、可視光を用いたイメージングの空間分解能は数百ナノメートル程度が限界ですが、蛍光タンパク質を巧みに用いることで、ナノメートルオーダーの空間分解能で、生きた細胞内部を可視化した測定例が示されました。三番目の講演では、金沢大学の内橋氏に、液中環境下のタンパク質の動きをミリ秒の時間分解能とナノメートルオーダーの空間分解能で観測できる高速原子間力顕微鏡について紹介いただきました。この顕微鏡で測定したアクチンフィラメント上を歩くように移動するキネシン分子や回転するATP合成酵素の動画はとても印象的で、この手法の威力を感じさせました。四番目の講演では、理研播磨研究所XFEL研究開発部門の徳久氏に、コヒーレントX線を用いた単分子構造解析の計算アルゴリズム開発に関する話題を紹介していただきました。微弱なコヒーレント回折イメージから生体分子の電子密度分布を得るためには、多数の回折イメージを測定し、イメージの分類と平均化が必須となります。徳久氏らにより、イメージを高速に処理するためのアルゴリズムがすでに開発されており、今後のSACLAを利用した単分子構造解析の実現が期待されます。

最後に、様々な分野で利用される先進的観測技術を一堂に会した今回のような研究会は、これまであまり例がなく、参加された方々からは大変好評を頂きました。すでに、第二回先進的観測技術研究会の企画が始まっております。今後にも、ご期待ください。

なお、研究会ホームページ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/AOTI/index.html>) には講演資料も掲載しておりますので、是非ご覧下さい。

### <プログラム>

#### 2012年12月26日(水) 研究会小林ホール

- 12:00- 受付開始
- 12:55-13:00 PF-UA 会長挨拶 佐藤 衛 (横浜市立大学)
- 13:00-13:20 「はじめに - 次世代の放射光源: ERL が目指す先端的観測技術 -」 野澤俊介 (KEK)
- 局所・表面構造解析の最前線【座長: 中尾裕則】
- 13:20-14:00 「オングストロームビーム電子回折法による

## 国際会議 GISAS 2012 Kyoto を主催して

京都工芸繊維大学 櫻井伸一



図2 講演者。(上段左より) 平田秋彦氏, 樹神克明氏, (2段目左より) 深谷有喜氏, 高橋幸生氏, (3段目左より) 渡邊朋信氏, 内橋貴之氏, (4段目左) 徳久淳師氏。

金属ガラスの局所構造解析」平田秋彦（東北大学原子分子材料科学高等研究機構）

- 14:00-14:40 「X線中性子 PDF 解析による結晶性物質の局所構造解析」樹神克明 (JAEA・量子ビーム応用研究部門)
- 14:40-15:20 「反射高速陽電子回折 (RHEPD) 法による物質最表面構造解析」深谷有喜 (JAEA・先端基礎研究センター)
- 15:20-15:40 Coffee break
- イメージングの最前線 【座長：足立伸一】
- 15:40-16:20 「コヒーレント X線回折を利用したイメージング研究」高橋幸生 (大阪大学)
- 16:20-17:00 「光学顕微鏡で生細胞の内部を観て測る」渡邊朋信 (理研・生命システム研究センター)
- 17:00-17:40 「高速原子間力顕微鏡による生体分子のダイナミクス解析」内橋貴之 (金沢大学・理工研究域・バイオ AFM 先端研究センター)
- 17:40-18:20 「X線自由電子レーザーによる生体高分子の高分解能構造解析法に向けて」徳久淳師 (理研・XFEL 計画推進本部)
- 19:00- 懇親会

先進的観測技術研究会実行委員

足立純一, 足立伸一, 雨宮健太, 篠原佑也 (東大・PF-UA), 清水伸隆, 中尾裕則, 野澤俊介, 和田 健

昨年の京都の紅葉は 10 年に一度あるかないかというぐらい見事であった。その初秋の彩りが素晴らしい 11 月 13 日～ 16 日の 4 日間に渡って、京都工芸繊維大学 60 周年記念館において国際会議 GISAS 2012 Kyoto を開催させて頂いた。本国際会議は、ソフトマターやハードマターの表面構造を解析するための有力なツールである、X線や中性子による微小角入射角散乱 (GISAS) 法を手法として用いている研究者や技術者が一堂に会し、相互の交流をはかるとともに、これから GISAS 法を用いていこうと積極的に考えている人たちに、基礎から最先端の研究事例に至るまで、幅広い知見と情報を提供することが目的であった。

第 1 回目の GISAS 会議は 2009 年 9 月にドイツのハンブルグで「小角散乱国際会議 (SAS2009@Oxford)」のサテライトとして開催された。今回の実行委員長である京都大学の奥田浩司先生と筆者がハンブルグでの GISAS 会議に出席し、主催者であったドイツ電子シンクロトロン (DESY) の Roth 博士とミュンヘン工科大学の Buschbaum 教授との歓談中に、彼らから「京都開催」を要請された。会議閉会時に参加者の満場一致の賛同が得られ (実は韓国開催を希望された方がお一人だけおられたが)、今回の開催に至った。前回にない、今回も「小角散乱国際会議 (SAS2012@Sydney)」のサテライト会議として開催した。ドイツ、フランス、イギリス、アメリカ、韓国、サウジアラビア、中国、日本の合計 8 カ国、85 名の参加者を集め (図 1)、盛会裡に終了することができた。これも献身的にご協力頂いた実行委員の方々のご尽力のおかげである。紙面の都合、ここでお名前を述べさせて頂くことができないので、詳しくは web サイト (<http://www.gisas2012.kit.ac.jp/>) をご覧頂きたい。

11 月 13 日は welcome party を開催した。また、翌日からの本会議に先立ち GISAS の基礎を学んで頂くためのチュートリアルとして、数名の日本人講師による日本語の講義とフランスのメーヌ大学 (ルマン大学) の Gibaud 教授に英語の講義を行って頂いた。14 日は、開会式での京都工芸繊維大学 古山正雄学長の挨拶と奥田実行委員長の挨拶に引き続き、韓国ポーハン工科大学 Ree 教授の基調講演を皮切りに 4 件の講演 (招待講演と依頼講演) を行い、ランチタイムを迎えた。午後はフランス原子力庁グルノーブル原子力研究センターの Renaud 博士による基調講演 (質疑応答込みで 1 時間) に始まり、6 件の講演 (30 分の招待講演と 20 分の依頼講演) のあと、口頭発表会場 (60 周年記念館 2F 大セミナー室) のすぐ外のフリースペースでポスターセッション (合計 22 件; 若手最優秀ポスター賞 1 件をバンケットで表彰) を行った。その最中に口頭発表会場のレイアウトを変更して、ケータリング業者とともにオードブルもセットしておき、ポスターセッション終了後、バンケットを行った。本会議 2 日目の 15 日は、Buschbaum 教授の基調講演から始まり、14 件の講演 (招



図1 集合写真

待講演と依頼講演)のあと、閉会した。

基調講演では、韓国ポーン加速器研究所所長でもあるRee教授がアジア・オセアニア地域におけるシンクロトロン施設の現状をレビューしたあと、X線を用いたGISAS法(GISAXS)によるご自身の研究をレビューされた。Renaud博士は、分子線エピタキシー法や化学蒸着法によって基板上に作製されるナノドットやナノワイヤーの形成過程、結晶成長過程、ナノ粒子の形成過程をGISAXSと微小角入射X線回折測定によってその場観察した結果や、これらの測定のために彼らが開発した超高真空の試料チャンバーについて講述された。また、Buschbaum教授は、中性子を用いたGISAS法(GISANS)によるご自身の研究を講演されたが、実はBuschbaum教授はシンクロトロン放射光によるGISAXSでも著名な成果を挙げておられる。今回の講演では、世界的に先駆けてGISANSを精力的に行っておられる同教授に、この方法でなければできないこと、その優位性を強調するご講演をお願いした。我々からのこのような要請にしたがって、中性子照射による試料ダメージが全くないこと(高輝度X線の場合は試料ダメージが顕著でこれをどう回避するかが大問題)などについてわかりやすく解説下さった。このように、基調講演ではX線と中性子の相補的利用の重要性を学ぶことができた。招待講演や依頼講演では半導体、EL素子や太陽電池材料に関する内容が多数あり、これらの関連の材料開発の基盤技術の向上のためにGISAS法による構造解析が果たす役割の重要性を認識することができた。産業利用の観点からもGISAS法の有効性が印象づけられた。

ポスターセッション中に本国際会議のInternational Advisory Boardのメンバーと実行委員、そして、基調講演の講師が出席して、今後の運営方針を話し合った。その結果、次回はGibaud教授のお世話で2015年にフランスで「小角散乱国際会議(SAS2015@Berlin)」のサテライト会議として開催することが決まった。さらに次々回はRee教授のお世話で2018年に韓国で「小角散乱国際会議(SAS2018@Traverse City, Michigan USA)」のサテライト会議として開催することも決まった。

最終日の16日はエクスカージョンで京都市内観光を行った。参加者は21人で全員外国人、実行委員の山本勝宏氏(名工大)に添乗して頂き、適宜、ツアーガイドもして頂いた。朝9時に集合し、たっぷり1日かけて市内名所を観光した後、午後5時ごろに終了。翌日、参加者のひとりから、金閣寺など素晴らしかった、との感想を漏れ伺った。

末筆ながらPhoton Factoryからも協賛を頂いた(合計14団体の協賛)ことに、この場を借りて御礼申し上げる。

## 15th International Small-Angle Scattering Conference (SAS2012) に参加して

名古屋工業大学 山本勝宏

第15回小角散乱国際会議 International Small-Angle Scattering Conference (SAS2012)がオーストラリアシドニー(Sydney Convention & Exhibition Center)で昨年の11月18-23日の間に開催された。当然ながら、気候は日本と正反対で夏に向かう初夏の様相で、温かくなり始めるとも過ごしやすい時期であった。この国際会議の目的は、ソフトマターおよびハードマターの構造解析に関わる研究分野において、光、X線や中性子による小角散乱や反射率測定の手法を利用する世界各国の研究者、技術者が集まり、最新の研究動向や技術発展などについて情報交換し、相互交流を持つことにある。

1965年に第一回のSAS Conferenceが英国で開催されて以来、ほぼ3年ごとに開催され、今回が15回目となった。前回(2009年)、オックスフォードで開催した際に本開催地と次期開催地(2015年ベルリン・ドイツ)が決定されており、本会議中に次々回(2018年10月)の開催場所としてミシガン(アメリカ)での開催が了承された。

SAS2012における研究発表分野は複合流体、構造生物学、多孔質物質、高分子、応用と技術開発、ネットワーク構造、膜、磁性流体、計測機器と手法、表面、構造生物学、金属、

理論とモデリング、時間分割、液晶、コントラスト法、医薬、コヒーレント散乱とイメージングと多岐にわたった。参加者は350人程度と例年に比べ少ない感じであった。開催地が欧米から遠いことや参加費が意外と高かった？ことも原因であろうか。そのような状況でも、日本からの参加者が60名あまりと開催国であるオーストラリアからの参加者とほぼ同数であり、2番目の多さであった。アジア諸国からの参加において、日本は群を抜き、依然と日本がこの分野を牽引していることを実感した。当然、中国、韓国、台湾の研究グループの発表も洗練され刺激を受けるものが多くあった。各パラレルセッションが開催される会場はコンパクトに集められており、講演会場間をスムーズに行き来でき、数多くの講演を効率よく拝聴できたことはありがたかった。

基調講演9件のうち4件が中性子散乱に関わるものであったが、会議全体を通して、中性子散乱の利用に関する研究発表は2、3割であった。中でも詳細な構造解析として中性子とX線との相補利用による手法がその半分以上を占めていた。双方の手法の特徴を生かし、また双方の手法の欠点を補うことで、複雑な構造解析には大変有用であることがあらためて示されたと感じた。特にソフトマターにおける多成分複合系の構造解析には、散乱長密度のコントラスト変調法が有効であることは言うまでもないが、X線利用では、特定元素のX線の吸収端近傍のエネルギーを利用した異常小角X線散乱法（共鳴散乱）（Anomalous SAXS: ASAXS）やSoft X-rayを利用した従来のX線散乱とX線吸収分光の組み合わせによる構造解析に関する発表は興味深かった。

近年は、散乱データを二次元検出器で取得することが一般的あり、かつ高速時間分割測定が行われている。即ち、場合によっては一条件の実験を通して数千以上のデータ（1GB以上）の解析が求められる。膨大な量のデータを取り扱うためのソフトウェア開発およびその必要性に関する発表もなされていた。加えて、生データをブラックボックス（解析ソフト）に投げて、自分に都合のよい形で受け取るルーティン処理のため、エラーを見つけにくいこと、あるいは見逃してしまうことなどの問題点が懸念されることも強調されていた。

コーヒーブレイクは適宜とっており、適当な休憩時間は重要であると感じた。ブレイクの回数や時間、ポスター発表時間も十分な時間がとっており、また会場のすぐそばの一つの空間で行われたこともあり、口頭発表の時間では聞けなかった実験の詳細について十分議論することができた。研究講演以外に、チュートリアル講演として小角散乱入門が行われ学生にとっては、有意であったと思われる。

本会議では小角散乱における特別功労賞としてGuinier（小角散乱の“父”である偉大な科学者）賞がオーストラリアグラーツ大学のOtto Glatter教授に授与された。Otto Glatter教授の業績は、40年以上におよぶ小角X線散乱、光散乱、中性子散乱法の開発、その発展、応用と普及に献身的に携わってこられたことである。Indirect フーリエ変



図1 Conference Partyにて。(上)バンドに合わせてダンスするOtto Glatter教授。(下)左から筆者、Cheng Wang博士（米・ローレンス・バークレー国立研究所Advanced Light Source）、Eva M. Herzig博士（独・ミュンヘン工科大学）、Mr. Gunthard Beecke（独・ドイツ電子シンクロトロン）、Kang Wei Chou博士（サウジアラビア・アブデュラ王立工科大学）。

換法の開発の先駆者であり、多くの分野（特に高分子科学、ソフトマターとナノ粒子系、濃縮系への拡張など）にわたって、材料の実質的問題解決のための応用開発などを手掛けてこられた。さらに、教育・訓練、ソフトウェア開発、出版、計測機器の開発、教材・テキストの執筆を通じ国際小角散乱のコミュニティー構築などを行ってこられたGlatter先生の業績は多方面で認められている。

カンファレンスパーティは、非常に印象的だった。学会会場からは徒歩で15分ほどのDarlingハーバーのJones Bay Wharfの倉庫のようなライブハウスのような会場でおこなわれた。会場は参加者で満員、立食形式で何の挨拶もなく始まった。ワインやビールを片手に、何処も彼処も会話を楽しんでいる様子であった。生バンドの演奏が始まると、曲に合わせてダンスが始まった。あのGlatter先生もノリノリで踊っていたことは忘れられない。日本の中性子散乱の分野で著名な先生方も、日本では見られない(?)様子で楽しんでおられ、必然的に筆者もその輪に加わっていた。さらに世界の著名な先生方、研究者との親睦を図ることができたことは言うまでもなかった。

SAS2012全体を通して、大変有意義な会議であり、独特で印象的な会議だった。オーガナイザーおよび会議関係者に感謝申し上げたい。

### 和達大樹氏、日本放射光学会奨励賞を受賞

2013年1月17日

1月13日、名古屋大学にて開催された第26回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムにて、和達大樹（わだち ひろき）氏（東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究センター）が日本放射光学会奨励賞を受賞しました。この賞は、日本放射光学会員である35歳未満の若手研究者を対象に、放射光科学に関する優れた研究成果に対して授与されるものです。されたバナジウムの化学状態をそのまま観測したり、植物による重金属汚染土壌を浄化するメカニズムの解明など、放射光X線分析の可能性を広げました。これら分析技術の開発に加え、1998年より蛍光X線分析と粉末X線解析の講習会を開催し、分析技術の普及に貢献していることも高く評価されました。

受賞対象となった研究は「遷移金属酸化物薄膜の共鳴軟X線散乱による研究」です。X線散乱は原子配列を調べる手法の一つで、特に放射光軟X線では特定の元素を選択した測定ができ、遷移金属酸化物薄膜の電子スピン・軌道秩序、格子構造を調べることができます。近年関心の高い、磁石の性質（強磁性）と誘電性を併せ持つマルチフェロイック性を示す薄膜について、和達氏はKEK物構研の村上洋一教授らのグループと共に、マンガン酸化物薄膜の磁気構造を直接観測、決定しました。この業績は、世界に類のない画期的な成果として高く評価されました。

また和達氏はカナダのCanadian Light Sourceで共鳴軟X線散乱装置の建設、実験を行い、帰国後は村上氏のグループと共同でフォトンファクトリー（PF）のビームラインBL-16Aの軟X線やBL-3A、4Cの硬X線を利用し研究を行っています。今後は磁場中での遷移金属酸化薄膜の振る舞いや、ナノビームを用いた空間分解能測定、X線自由電子レーザー（XFEL）を用いた時間分解能測定を行ってい

きたいと語っています。

同時に奨励賞を受賞した篠原佑也氏（東京大学大学院新領域創成科学研究科）は、SPring-8の高輝度放射光源からの高コヒーレントX線を利用したX線光子相関分光法（XPCS）を本格的に立ち上げ、ソフトマテリアル、特にゴム中に埋入したナノ粒子のダイナミクスを観察し、タイヤなどの実用材料の挙動をミクロな観点から解明したことが高く評価されました。PFの次世代放射光源として検討しているエネルギー回収型ライナック（ERL）のコヒーレント光源はまさにこの手法に適した光源で、展開されるサイエンスに期待がもたれています。篠原氏は、2011年6月に米国コーネル大学にて行われた「回折限界X線利用のサイエンス」ワークショップでの招待講演が、この研究を進めるにあたって重要な役割を果たしたことについて受賞講演中で言及し、PFのサポートに対しても謝辞を述べられました。

### 丹羽 尉博氏、KEK 技術賞を受賞

2013年2月19日

2月19日、機構内にて平成24年度KEK技術賞の表彰式が行われ、放射光科学第二研究系の丹羽 尉博（にわ やすひろ）技師が受賞しました。同賞は平成12年度に発足し、機構の技術開発の中でも特に優れた技術に授与されるもので、創造性・具体化・研究への貢献・技術伝承の努力などの項目について審査、決定されます。

受賞対象となった技術は「二結晶型波長分散 XAFS システムの開発」です。波長分散型 XAFS（ザフス、X-ray Absorption Fine Structure / X線吸収微細構造）は、放射光を利用した実験手法の一種で、入射するX線のエネルギーを変えながら物質による吸光度を測定し、注目した原子の周囲の局所的な構造や化学状態を調べる手法です。



図1（左から）篠原佑也氏、日本放射光学会長・水木純一郎氏（関西学院大学教授）、和達大樹氏。



図1 鈴木厚人 KEK 機構長（前列中央）と受賞者ら。左から一人目が丹羽 尉博氏。

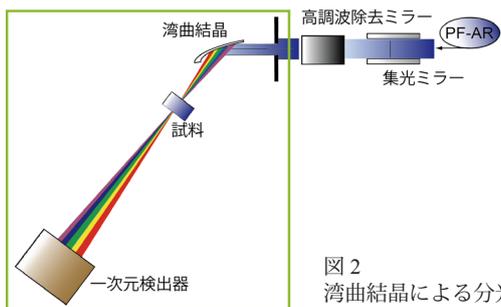


図2 湾曲結晶による分光の模式図。

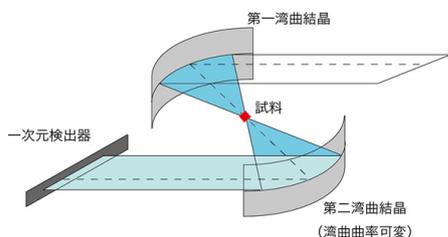
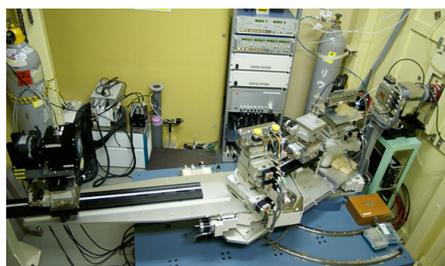


図3 NW2A に設置された二結晶型波長分散 XAFS 装置 (上) とその模式図 (下)。

通常の XAFS 測定では、X 線エネルギーを連続的に変えながら数秒ずつ照射して、1 本のスペクトルを得るのに数分から数 10 分かかります。これは時間分解能が数分～数 10 分であることを意味しており、化学反応過程など、物質の変化する様子を捉えるには不向きです。そこで開発されたのが、波長分散 XAFS です。この手法は入射 X 線を湾曲結晶に当てることで分光した X 線を試料に照射し、一度に幅広い波長領域のシグナルを得ることができます。この手法では、時間分解能は検出器の性能によって決定され、PDA 検出器などを利用することで時間分解能はミリ秒～サブナノ秒にまで向上されました。

もう 1 つの開発要素は、試料の後ろ側にも一枚湾曲結晶を配置したことです。検出器では、試料から散乱された X 線以外にも、試料周りの大気などのガス、粉末試料の場合には試料自体による余計な散乱光も検出するため、ノイズとなってしまいます。試料背面の湾曲結晶上では、余計に散乱された X 線は回折条件を満たさないためほとんど検出されず、目的の X 線だけをクリアに取り出すことができるようになりました。

二結晶型波長分散 XAFS 装置はフォトンファクトリー AR のビームライン NW2A で 2008 年から利用されています。これまで見分けることのできなかった金属触媒の酸化還元反応の様子を捉えるなどの成果を輩出、XAFS 利用研究の拡大に貢献したことも高く評価されました。

## PF トピックス一覧 (10 月～12 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。

- 2012 年 10 月～12 月に紹介された PF トピックス一覧
- 10. 2 中井 泉氏, 日本分析化学会 学会賞を受賞
- 10. 4 人工カプセルでタンパク質の生け捕りに成功
- 10. 4 胃がんを引き起こすピロリ菌由来の発がんタンパク質
- 10. 11 KEK の提供する小中学生・高校生向けプログラム
- 10. 18 XAFS 講習会 入門編を開催
- 10. 19 高木 宏之氏, 日本加速器学会 奨励賞を受賞
- 10. 19 第 4 回北海道大学・KEK 連携シンポジウム開催
- 10. 19 プラセオジウム・ニッケル酸化物の高い酸素透過率の原因を解明—燃料電池など、性能向上へ—
- 10. 29 第 3 回日印シンポジウムで KEK 研究者らが発表
- 10. 31 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第 2 話「まんが宇宙むかしばなし」が公開されました。
- 10. 31 液体を強くはじく表面に半導体を塗布する新しい製膜技術 —有機ポリマートランジスタの高性能化を実現—
- 11. 1 日立と KEK リチウム電池や永久磁石用材料の開発に向けた放射光ビームラインを新設
- 11. 8 着々と進む cERL 開発棟の作業
- 11. 9 大学共同利用機関シンポジウム 2012 「万物は流転する - 誕生の謎 -」を開催 (11/17)
- 11. 15 半導体炭化ケイ素 (SiC) に微量添加された窒素ドーパントの格子位置を決定 超伝導体で明らかにする半導体 SiC のナノ微細構造
- 11. 29 シリーズ 大学共同利用のススメ【第 1 回】奈良女子大学 高エネルギー物理学研究室
- 11. 30 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第 3 話「物質ってナンダ？」が公開されました。
- 11. 30 量子ビーム実験を体験, サマーチャレンジ秋の実習
- 12. 11 大学共同利用のススメ【第 2 回】東京理科大学 長嶋研究室
- 12. 19 ビタミン B12 などに含まれるイミダゾールが強誘電性や反強誘電性を持つことを発見
- 12. 27 【連載科学マンガ】カソクキッズ セカンドシーズン第 4 話「生命ってナンダ？」が公開されました。

## 修士論文紹介コーナー

### X線吸収分光による磁性薄膜の磁気異方性の研究

日立製作所 中央研究所 中山文嗣

#### 【修士号取得大学】

慶應義塾大学

#### 【実験を行ったビームライン】

BL-7C, 11A



#### 【論文要旨】

磁性薄膜に特異的な物性として、垂直磁気異方性 (PMA) がある。PMA は磁気記録媒体等へも応用され注目されているにも関わらず、起源の詳細については未だ明らかになっていない。

磁性薄膜の磁化容易軸が面内方向と面に垂直な方向のどちらに向くかは、次式で現象論的に理解されている。

$$\Delta E = -2\pi M_s^2 + K_{cr} + K_{me} + (K_s + K_i)/d \quad (1)$$

ここで  $-2\pi M_s^2$ ,  $K_{cr}$ ,  $K_{me}$  はそれぞれ形状磁気異方性、結晶磁気異方性、磁気弾性異方性、また  $K_s$ ,  $K_i$  は表面・界面磁気異方性を表す。 $d$  は膜厚を表す。磁性薄膜は  $\Delta E > 0$  の場合に面直磁化を示す。

Fe/Co/Pd(111) 磁性薄膜は Fe 層の膜厚変化に対応し、2 度のスピン再配列転移 (SRT) を起こす [1]。本研究では Fe/Co/Pd(111) 磁性薄膜において、SRT 前後における磁化容易軸の変化と構造変化を XAFS により対応付ける事を目的とした。

実験は KEK-PF BL-7C と 11A で行った。7C では Fe 及び Co の K-EXAFS, XANES 測定, 11A では深さ分解 XMCD 及び L-EXAFS 測定を行った。いずれの実験もビームライン末端に MCD 実験用真空槽を設置し、*in situ* で測定を行った。

XANES・EXAFS 測定より SRT を 2 度引き起こす Fe 蒸着過程において Co 層は fcc 構造を保ち (図 1), EXAFS の

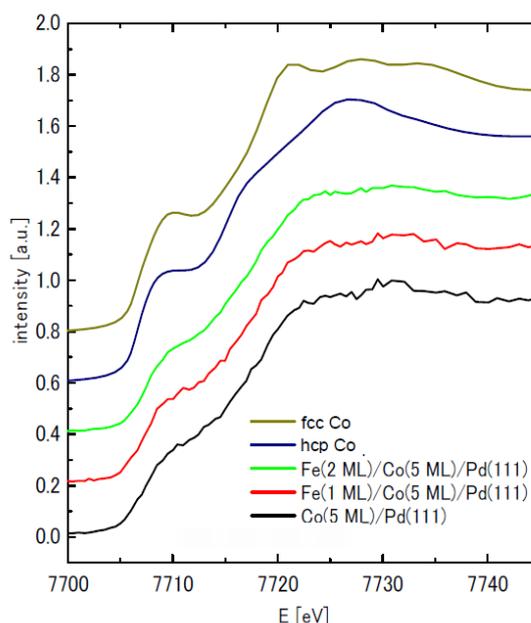


図 1 Fe/Co(5 ML)/Pd(111) の Co-K edge XANES と FEFF を用いた理論スペクトルの比較。

検出誤差内で結合長は変化していなかった。これより SRT の起源は fcc 型の成長様式を保った Fe 層に起因すると考えられる。また XMCD 実験からも構造モデルを支持する結果が得られた。

[1] H. Abe, et al, Phys. Rev. B **78**, (2008) 014424.

## PF-UA のこの1年

PF-UA 会長 佐藤 衛 (横浜市立大学)

PF-UA がスタートして1年が過ぎようとしています。そこで、この1年の活動を振り返ってみたいと思います。まず、PF-UA と PF 施設との間で覚書を交わし、事務局および連絡協議会の設置や会員名簿の管理、旅費支援、運営委員会、幹事会、小委員会、PF シンポジウム、PF ニュースなどについて PF-UA と PF 側の役割を取り決めました。次に、昨年3月の PF シンポジウムにおいて、PF の予算が例年より大幅に(1.5億円)削減される一方で、電気代が大幅に上昇している厳しい状況であるとの報告がありましたので、PF-UA として全 PF ユーザーの声をまとめ、来年度以降の状況改善に向けた要望として関係各所に訴えていくためにアンケート調査を行いました。そして、その結果と要望書を持参して鈴木厚人 KEK 機構長および文科省量子放射線研究推進室の原 克彦室長と面談し、このような状況が来年度以降も続かないための予算措置を強くお願いしてきました。

一方、PF の次期光源計画である ERL 計画については、昨年5月12日(土)に放射光将来計画公開シンポジウムが東大工学部で開催され、PF の次期光源計画である ERL 計画と一昨年の暮れに東北国立7大学の研究者によって文部科学省に提出された「東日本中型高輝度放射光施設」計画が紹介され、これに基づいて放射光将来計画特別委員会が中間まとめを執り行いました。それによれば、ERL 計画は、将来における世界の放射光を牽引する可能性を持つチャレンジングな計画であるが、その実現にはオールジャパンでの建設的な議論を進めていく必要があるとのことで、PF-UA の役割の重要性が改めて認識されました。また、11月13日には9月5日に公開された「KEK ロードマップ2013 中間まとめ」について、PF-UA 戦略・将来計画検討小委員会(委員長:腰原伸也東工大教授)と PF 施設側とが直接意見交換を行い、その内容を要望書としてまとめ、11月30日に提出しました。要望書の内容は Web で公開されていますが(<http://pfwww2.kek.jp/pfua/katsudo/2013roadmap.pdf>)、この PF-UA だよりも掲載されていますのでご参照下さい。人事面では、千田俊哉行事幹事・運営委員が1月に産業技術総合研究所臨海副都心センターから PF に異動され、若槻壯市教授の後任に着任されました。千田先生は PF 懇談会のときから長く PF のユーザー活動にご協力されてきましたので、今後は立場の違いはありますが、引き続き PF-UA の活動にご協力していただけるものと期待しております。なお、後任の行事幹事は清水敏之先生(東京大学大学院薬学系研究科)にお願いしました。また、後任の運営委員には前回の選挙結果を踏

まえて船守展正先生(東京大学大学院理学系研究科)が選任されました。

以上のように、この1年を振り返ってみますと、今はまさに PF が建設されて以来の最大の変革期ということで、予想されたとはいえ、様々なことがあった激動の1年でした。この1年の活動の詳細については、従来の「PF シンポジウム」に代わって新しく開催される「物構研サイエンスフェスタ」2日目(3月15日)の PF-UA の総会で報告させていただきますので、多くのユーザーのご参加をお待ちしています。PF-UA の運営委員で戦略・将来計画検討小委員会委員をお願いしている雨宮慶幸先生のたとえの言をお借りすれば、PF-UA は昨年4月に新しくスタート(Take-off)しましたが、まだまだシートベルトを外せるような安定飛行には達していません。1日も早く安定飛行に達することが PF ユーザーのみなさんのサイエンスの進展に非常に重要ですので、引き続きユーザー各位のご協力をお願いする次第です。

## 「KEK ロードマップ2013 中間まとめ」に関する要望書

PF-UA 会長 佐藤 衛

今回の KEK ロードマップ中間とりまとめ(案)は、施設のおかれた状況を様々な点から注意深く検討されて練り上げられたものとなっており、そのとりまとめのご苦労に深く感謝をいたします。

なお、本要望書は、PF-UA 戦略小委員会(委員長:腰原伸也 東工大教授)での検討、「KEK ロードマップ2013 中間まとめ」公開後に PF-UA 会員から寄せられた意見、並びに「KEK ロードマップ2013 中間まとめ」に関する施設側と PF-UA 担当幹事との意見交換会(2012年11月13日に KEK 東京事務所で開催)での議論に基づいてまとめられたものです。

注: KEK ロードマップ中間まとめ(案)に関する意見交換会出席者(敬称略)

### 施設(KEK)側

山田和芳(物構研・所長)、村上洋一(PF・施設長)、伊藤健二(PF・主幹)、足立伸一(PF・主幹)、河田 洋(PF、ERL 推進室長)、小林幸則(加速器7系・主幹)、

### PF-UA 側

佐藤 衛(横浜市立大学)、腰原伸也(東京工業大学)、尾嶋正治(東京大学)、雨宮慶幸(東京大学)、三木邦夫(京都大学)、朴 三用(横浜市立大学)

## 要望事項：

**1：**KEK が有する放射光，中性子，ミュオン各量子ビーム施設に共通する目標を掲げることは，各量子ビーム施設の今後の存続と発展のために非常に重要です。加えて，KEK の基盤的共用施設および先端的研究施設としての役割の両立を図ることは，法人のミッションとしてのみならず，今後のわが国の科学技術の発展にとってもきわめて重要であります。この点はわれわれも十分に理解し，基盤的共用施設としての役割がユーザーが今後の研究計画を考えて行く上での信頼感，安心感の醸成に必須の要素と考えています。しかしながら，KEK 全体が各量子ビーム施設に共通する目標を達成させるためにミッションを集中させると，KEK が幅広い支持を集めてきたユーザーの創意・工夫によるボトムアップ的な研究の発展を妨げることが危惧されます。この点について KEK は「むしろ，逆に幅広い共同利用研究を今後も引き続き支えていくためにも，施設共通の目標としての先端的研究が重要である」と認識されているとのことですので，この点を明確化するために，ロードマップの前文等において対応されることをお願いしたいと思います。

**2：**1 と関連しますが，今後の各量子ビーム施設の運営上における共同利用研究を強力に推進していくために，それぞれの量子ビーム（放射光，中性子，ミュオン）間に共通する先端利用のサイエンス，さらには，量子ビーム開発のサイエンスを目指すといった形の文章を中間とりまとめに取り入れていただきたいと思えます。これと関連して，放射光，中性子，ミュオンの3つの量子ビームに共通するキーワードを挙げることも必要です。しかしながら，ご提案の「水素とスピン」だけでは3つの量子ビームが共通を目指すサイエンスのキーワードとしては不十分であると思えます。サイエンスの分野が多岐にわたり，1つのキーワードで表現することが困難な場合は複数のキーワードを用いることも一案で，再考をお願いいたします。

**3：**PF の将来光源としての ERL 計画については，東北放射光計画や世界（特にアジア地域）の放射光源とのバランスや相補性，さらには具体的な予算の問題等，未確定な要素が多いため，具体的な結論は得られていません。ただ，（1）ERL 完成後もこれまでの共同利用の放射光実験が連続的かつスムーズに継続できること，（2）ユーザーと施設の双方が今後の利用サイエンスを含めた実質的な必要性の相互理解と夢のある具体的利用計画を立てる活動を加速すること，（3）国内の他の施設と KEK との対話を積極的かつ迅速に進める必要があること，などをお願いしたいと思います。

以下の4～6は文章技法上の問題でもありますが，具体的問題点として指摘させていただきます。

**4：**3.5 節（フォトンサイエンス）のコヒーレント分光研

究で扱うものと重点領域を比較すると，物質面ではかなり限定的な印象を与える恐れがあります。この点での一貫性をどのように確保し，新光源に向けての持続的ユーザー確保策とされるのか，ご検討ください。

**5：**最後のミュオン，陽電子への重きの置き方など一貫した（付帯事項とは異なる）表現の調整が必要と考えます。

**6：**まとめでは，PF や PF-AR の高度化が，フォトンサイエンス（3.5 節）の一貫として登場しますが，この節自身には登場していないので，加筆の必要があると思われます。

## PF-UA のつどい議事録

日時：2013 年 1 月 12 日（火）12 時 30 分～13 時 30 分  
場所：名古屋大学 ES 館

### 1. PF-UA 会長の挨拶

### 2. PF からの報告（村上施設長）

- (1) PF の来年度の運転時間・員等旅費等について
- (2) BL 改編統廃合について
- (3) KEK ロードマップと ERL 計画の進捗状況について
- (4) 優先課題について

### 3. 各幹事からの報告

#### (1) 朝倉庶務幹事

- ・物構研サイエンスフェスタが 2013 年 3 月 14・15 日につくば市 エポカル国際会議場で開催されるが，その中で，3 月 13 日にユーザーグループミーティングを開催することと，企業展示と学生賞を PF-UA が所掌することが報告された。今年からは物構研サイエンスフェスタとなり，PF-UA に加えて，中間子，中性子のコミュニティも加わるため，学生賞は PF-UA 3 名，中間子 1 名，中性子 2 名，物構研所長賞 1 名の割合で選出する。企業展示と広告の収益を使い，PF-UA が学生賞や朝食・コーヒーなど，物構研サイエンスフェスタの支援を行う。
- ・第 1 回 先進的観測技術研究会の報告があった。2012 年 12 月 26 日，KEK 研究本館 小林ホールにて，「第一回先端の観測技術研究会として，局所 構造 解析，イメージングの最前線」を開催した。多数の参加者のもと，最先端の研究技術の報告と活発な議論があった。

#### (2) 近藤教育担当幹事

現在検討中の院生奨励課題（E 型）（仮称）について報告があった。本課題は，PF を利用して学問的に高く評価できる研究を主体的に推進しようとする大学院生の研究を推進するための分類であり，希望により PF 側教員による指導・支援を提供するとともに，実験準備や PF 側教員との打ち合わせのための旅費を一定範囲で支給して，課題の

推進を支援する。

課題の有効期間は最長3年とし、「終了届」を提出することにより、期限以前に課題を終了することが出来る。また、再申請も可能とする。基本的にG型と同様の基準で審査する。ただし、申請者が主体的に申請していることを前提とする。チームタイム配分の際には、同じ評点の場合には優先して配分する。本課題へ採択された課題の申請者とその内容をWebおよびPFシンポジウム等を通じて広報する。

### (3) 篠原共同利用担当幹事

PFの予算削減に関して、2012年6月29日～7月13日で行ったPF-UA会員へのアンケートの結果について報告があった。この結果はPF NEWSで報告した他、将来計画へのPF-UAの希望として機構長に提出した。

### (4) 沼子推薦・選挙管理担当幹事

千田行事幹事(名簿管理担当庶務副幹事)がPFに異動となったことをうけて、清水敏之氏を行事幹事、名簿管理担当庶務副幹事、行事委員会委員長とした。

また、千田氏は運営委員でもあったので、昨年度に行った運営委員選挙の結果がまだ有効であるとし、船守展正氏に運営委員への着任を要請した。

また、若槻運営委員が異動となったので、そのあとのPF側運営委員として千田氏に着任を要請した。

## 4. ユーザーとの意見交換

### ・PFの来期の運転時間について

2012年7月31日に機構長への要望提出、9月5日に文科省への要望提出を行った。施設や佐藤会長の努力で、計画値ではあるが、当初の3600時間よりは4000時間に近い時間を確保することができた。今後も、運転時間確保に協力して欲しい。

### ・E課題について

教員・学生が共同研究できるPFスタッフを見つけることを促進するようなしくみを作るべきとの意見があり、そのような工夫をすることとした。学生が主体的に進めているかどうかを見極める審査システムについて質問があり、そのような審査基準をしっかりと作るべきということになった。G課題との併用を認める項目を設けた経緯への確認があり、E課題のみで学位をとることが難しいことが予測されるためとの回答がされた。E課題においては、指導教員が最終的な責任者であることが確認された。E課題における研究の学位は所属大学が出すことが確認された近藤先生・教育小委員会でこれから詰めてもらう。早ければ、2013年11月から始動。

### ・成果非占有課題について(野村理事)

成果非占有の定義について、きちんとPF-UAの中で議論したすべきとの意見があった。論文として成果発表され

ている率が低いこともあり、今後、PFやPF-AR共同利用における成果非占有の意義について、PF-UAで検討を行っていくこととした。

### ・PF将来計画について(ロードマップとcERLなど)

ERL以降まで、共同利用に不連続が生じないように移行を希望するとの意見があった。これに対して、村上施設長、PF側もそれは重要であると考えている、というコメントがあった。

### ・佐藤会長

この数年、KEKやPFは非常に重要な時期が続いている。引き続きこれらを検討して行くために、2013年3月15日に物構研サイエンスフェスタにて開催予定のPF-UA総会には、是非出席して欲しい。

## PF-UA 第三回幹事会議事録

日時：2013年1月12日(火) 12時30分～13時30分

場所：名古屋大学ES館

出席者：佐藤衛、朝倉清高、篠原佑也、沼子千弥、近藤寛、腰原伸也、植草秀裕、清水敏之、伊藤健二、河田洋、村上洋一

### 1. 佐藤会長の挨拶

### 2. PF-UAのつどいについての打ち合わせを行った。

各項目の内容については、PF-UAのつどい(1/12)議事録を参照。

PF-UA会長の挨拶

PF施設報告(村上施設長)

物構研サイエンスフェスタ(朝倉庶務幹事)

第一回先進的観測技術研究会(朝倉庶務幹事)

院生奨励課題(近藤教育担当幹事)

PFの予算削減に関するアンケート

(篠原共同利用担当幹事)

幹事・運営委員の交代について

(沼子推薦・選挙管理担当幹事)

PF-UA会員の意見交換

## ユーザーぐるーぶ紹介シリーズ 動的構造ユーザーグループ紹介

東京工業大学 腰原伸也

物質に赤外から紫外域の光を照射することによって引き起こされる現象は、近年基礎・応用科学の様々な分野において注目されています。例えば、短パルスのレーザー照射によって物質の伝導性や磁性を変化させる光誘起相転移は新規の記録媒体開発として関心を集めており、物質（分子）が吸収した光のエネルギーを化学エネルギーに変換する光触媒は持続可能な次世代エネルギー創出方法として期待されています。これらのような光誘起現象を詳細に理解するためには、光照射直後から光誘起現象が発現するまでの短時間に起こる物質中の動的な構造変化の知見を得ることが、カギを握っていると言っても過言ではありません。

動的構造ユーザーグループは、上記のような光誘起現象に関係した物質中の動的構造変化を、X線を用いて直接的に“観る”ことを目的にした様々な分野の研究者が集まって結成された新しいユーザーグループです。研究対象は光誘起相転移や光触媒だけでなく、タンパク質や発光性分子の光励起構造変化や、レーザー衝撃圧縮に対する物質応答など、多岐に渡っています。そのためグループ構成員は、日本物理学会、応用物理学会、日本化学会、日本生物物理学会、日本結晶学会、日本放射光学会など、極めて多彩な場で活躍しています。

ビームラインはPF-AR NW14Aを使用しています。写真は典型的な時間分解単結晶X線回折実験装置です。試料励起用のフェムト秒レーザーパルス光と、100ピコ秒の時間幅を持ったパルスX線が試料位置で同期して照射されるようになっています。回折実験は一例に過ぎず、X線吸収(XAFS)やX線散乱実験を行う構成員も多くいます。励起光（フェムト秒レーザー、ナノ秒レーザー）、X線のエネルギー幅（単色、白色）、試料形態（固体、液体）などの自由度も高く、目的の動的構造変化観察に最適な実験条件の実現がビームラインスタッフの尽力によって達成されています。

グループ構成員が報告した時間分解X線実験の結果は、直接的に光誘起動的構造変化の情報を与える成果として非常に高い注目を集めています。最近では、韓国科学技術院(KAIST)のHyotcherl Ihee教授らのグループが、水中でタンパク質分子が光を吸収してねじれ運動する様子を時間分解X線溶液散乱実験から解明しました。また、KEKの佐藤篤志博士、野澤俊介准教授、足立伸一教授らのグループでは、光増感分子の一つであるルテニウム錯体が光励起状態に到達したときの構造変化を、時間分解XAFSを用いて明らかにしました。著者らの研究グループでも、有機光触媒の一つである9-メシチル10-メチルアクリジニウムイオンが、吸収した光のエネルギーを化学エネルギーに変換した瞬間の3次元的な分子構造変化を、大阪大学の福住俊一教授らのグループと共同で時間分解単結晶X線構造解

析を用いて観察することに成功しました。これらの成果はプレスリリースを行い、いくつかの新聞で記事として紹介されました。この他にも東京大学の一柳光平助教は、金ナノ結晶の光誘起格子振動と緩和過程のダイナミクスについて時間分解X線回折を用いて解明し、ナノ学会第10回大会において若手優秀ポスター発表賞を受賞しています。

時間分解X線実験はレーザーの調整やX線との同期など、通常の放射光X線実験とは異なる点で複雑な実験条件をクリアする必要があります。また実験中に同期条件が保持されるためには安定したリング運転が不可欠になります。加えて、このような新実験技術の特徴でもあるのですが、前述したように実験手法も多岐に渡りその都度実験ハッチ内は装置変更により大幅に様変わりします。そのため、ビームラインスタッフはじめ関係者の皆様との密接な連携が欠かせません。この新分野の育成に向けて、今後も変わらぬご協力を心よりお願い申し上げます。

なお本文はユーザーグループの星野学氏(東京工業大学)との共著によるものです。

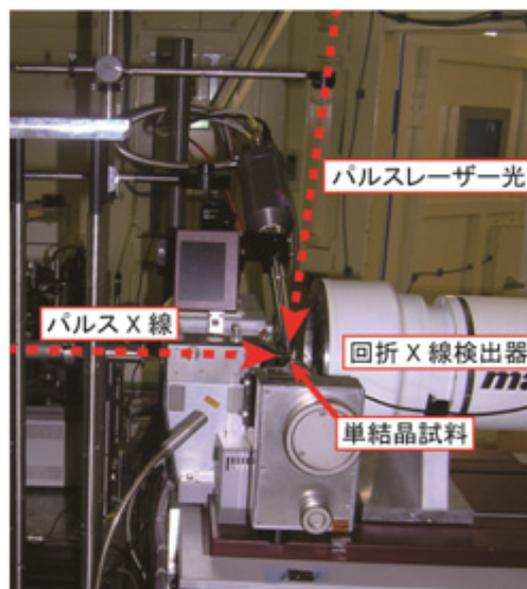


図1 時間分解単結晶X線回折実験の装置写真

## ゆーぎーぐるーぷ紹介シリーズ 原子分子科学ユーザーグループ紹介

新潟大学 副島浩一

原子分子科学ユーザーグループ (UG) は、主に物理と化学の境界領域である物理化学を専門にしている研究者で構成されており、この分野に物理学科の教育を受けて入った研究者と化学学科の教育を受けて入った研究者がほぼ同数混じっているユニークな集団です。この UG に属する研究者の大きな特徴は、独自に設計・開発した実験技術・装置を使って実験を進めることです。そのため、モノづくりに関する高いスキルを備えた研究者が多く、実験中でも旋盤などの機械工作を自らおこなって装置の改良を進めることがよくあります。実験ホールで手袋をして難しい顔で分析機器を調整している、工作室で旋盤やボール盤を回しているなどのちょっと変わったユーザーの姿を目にされた方もおられると思いますが、大概それは当 UG の構成研究者だと思われまふ。我々の研究対象は原子・分子・イオン・クラスターなどの少数多体系で、光子との相互作用による反応ダイナミクスの知識の拡充や新規現象の発見を目指しています。日本における原子分子科学の研究環境は最近先細りしてきた感がありますが、その中であって放射光を使っている研究者は精力的な活動をおこなっています・・・最近の超蛍光現象の発見は記憶に新しいところです。

UG 構成研究者の大部分は原子衝突学会 (<http://www.atomiccollision.jp>) に所属しております。この学会は年一回 8 月に研究会を開催しており、これに参加すればコンタクトを取ることや、研究内容を詳しく知ることができます。また、興味が反応ダイナミクスであることから、化学反応討論会 (<http://sckd.jp>) や分子科学討論会 (<http://www.molsci.jp>) を主要な研究成果発信の場にされている研究者も多数おりますので、そちらで交流することも可能です。

研究対象が少数多体粒子系 (気相) であるため、光のエネルギー領域は VUV-SX となります。PF では主に BL-2C, 16A, 20A, 28B を使用しており、そこで独自開発した多重同時計測運動量画像分光法や磁気ボトル型電子分光装置を使って光多重電離過程や多電子光励起過程の研究を行っています。今回は多々あるユニークな研究のうちから、多数の先端的成果を上げている磁気ボトル型電子分光装置をつかった研究を、この装置を利用して実験をおこない今年度東工大で学位取得予定の中野さんに紹介していただきたいと思ひます。実験の詳細は中野さんが書かれた論文 (Phys. Rev. A, 85 (2012) 043405) を参照して下さい。

磁気ボトル型電子分光装置を用いた実験は BL-16A のシングルパンチモードにて行われています。この装置は 2.5 m と非常に長い飛行管を備えており、ビームラインに設置すると 3 m 程度 BL-15 側に突き出してしまいます。この装置を含め、当 UG の研究者は各々が独自の装置をビームタイムのときだけビームラインに設置するため、この不恰好 (?) な装置を見かけたことのある方は少ないかもし

れません。

原子や分子が軟 X 線領域の光を吸収すると主に内殻電子のイオン化が起きます。ここで生じる内殻に空孔をもった 1 価イオンは内部エネルギーの高い不安定な状態であるため、光 (特性 X 線) を放出するか電子 (オージェ電子) を放出してエネルギーを緩和させます。軽元素から内殻電子がイオン化した場合、オージェ電子を放出する緩和過程が主となり、またエネルギー関係が許せば複数のオージェ電子を放出して多価イオンが生じることが知られています。では、そのような多価イオンはどのような経路を経て生成しているのでしょうか? 一般に、複数の多価イオン生成過程が競合しているため、この間に答えるためには、放出されるオージェ電子を 1 つだけ観測する通常のオージェ電子分光法では力不足となりがちです。そのため、特定の多価イオン生成過程において放出される複数の電子を検出し、それらのエネルギーを定め、各々がどのような経路に対応しているかを決定する方法が求められています。

電子分光に広く用いられている静電半球型の電子分光装置はせいぜい全立体角の 1% の立体角しか観測できません。そのため、この電子分光装置を 2 つ用いて 2 つの電子を検出しようとした場合、異方性を無視した場合 1% の二乗の 0.01% 程度しか観測されません。3 つ、4 つと観測する電子が増えると指数関数的に観測される割合が減ってしまいます。一方、磁気ボトル型電子分光装置は、特殊な磁場勾配により放出された電子を全立体角にわたって捕集できます。そのため、上記の場合と比べて非常に高効率な測定が行えるのです。電子のエネルギーは飛行管の先にある検出器までの飛行時間から換算しています。これにはシングルパンチでのパルス性を利用しており、放射光パルスと電子検出の時間差から飛行時間を決定しています。従って、電子のエネルギー分解能を高くするためには飛行区間を長くすれば良いのです。一方、電子の飛行時間に比べて放射光パルスの間隔が十分長くない場合には、イオン化を起こした放射光パルスを判別できなくなってしまいます。そのため、PF のパルス間隔 624 ns から勘案し 2.5 m の飛行管が用いられています。

このようにこの実験装置を用いて、標的となる原子や分子が軟 X 線領域の光を吸収して複数の電子を放出する過程である光多重電離過程の研究をしており、数々の成果を出してきました。そのうちの 1 つが Ar の 2p サテライト状態を経由した光多重電離過程の研究です。原子や分子が X 線領域の光を吸収して内殻電子のイオン化が起る際に、しばしば、同時に価電子が励起した 1 価イオンが生じます。この状態をサテライト状態と呼びます。このようなサテライト状態は、内殻電子のイオン化によって生じる主状態と比べて 2 ケタ程度生成比が小さく、高分解能な光電子分光法などにより生成過程に関しては議論されてきました。しかし、通常のオージェ電子分光法では主状態が放出するオージェ電子の寄与が圧倒的であるため、サテライト状態を経由してどのような多価イオンが生じるのかは分かっていませんでした。この実験手法では磁気ボトル型電

子分光装置を用い、1つのイベントから生じる光電子とオージェ電子とを同時計数することにより、サテライト状態を経由していることを保証しています。この研究により、Arの2pサテライト状態のうち、3p価電子が励起した $Ar^+(2p^{-1}3p^{-1}np)$ 状態は、励起されたnp電子を放出して $Ar^{2+}(3p^{-3})$ 状態や $Ar^{2+}(3s^{-1}3p^{-1})$ 状態になる過程の分岐比が小さく、励起されたnp電子を残したままオージェ電子を放出して $Ar^{2+}(3p^{-3}np)$ 状態になる過程が主であることが明らかになりました。図1に一例として、 $Ar^+(2p^{-1}3p^{-1}4p)$ 状態を経由して生成した2価イオン状態の束縛エネルギースペクトルを示します。この図から $Ar^+(2p^{-1}3p^{-1}4p)$ 状態を経由して $Ar^{2+}(3p^{-3})$ 状態や $Ar^{2+}(3s^{-1}3p^{-1})$ 状態になる過程と比べて $Ar^{2+}(3p^{-3}4p)$ 状態になる過程の方が起きやすいことが分かります。一方、Arの2pサテライト状態のうち、3s価電子が励起した $Ar^+(2p^{-1}3s^{-1}4s)$ 状態は、内殻に開いた2p空孔を埋めるよりも先に価電子の3s空孔を埋めてオージェ電子を放出してまず2価の $Ar^{2+}(2p^{-1}3p^{-1})$ 状態になり、その後もう一度オージェ電子を放出して3価の $Ar^{3+}(3p^{-3})$ 状態になる過程が選択的に起きていることが明らかとなりました。図2に $Ar^{2+}(2p^{-1}3p^{-1})$ 状態が生成する際に放出される2つの電子のエネルギー相関図を示します。図中の斜め

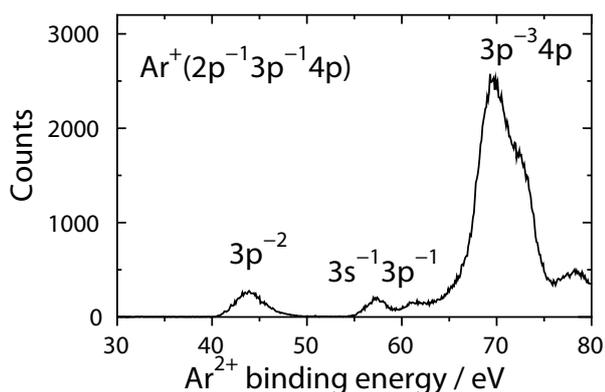


図1  $Ar^+(2p^{-1}3p^{-1}4p)$ 状態を経由した $Ar^{2+}$ イオンの束縛エネルギースペクトル。

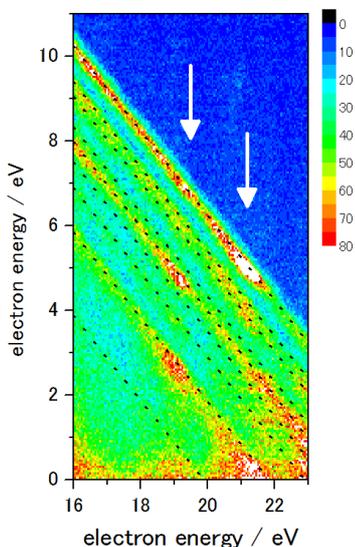


図2  $Ar^{2+}(2p^{-1}3p^{-1})$ 状態が生成する際に放出される2つの電子のエネルギー相関図。

の構造は各 $Ar^{2+}(2p^{-1}3p^{-1}, 2s^{-1}L_i)$ 状態の生成に対応していません。そして、矢印にて示したエネルギーに強く出ている部分が $Ar^+(2p^{-1}3s^{-1}4s)$ 状態を経由して $Ar^{2+}(2p^{-1}3p^{-1})$ 状態を生成していることを示しています。このように、高効率な実験装置を用いることにより、様々な多価イオン生成過程を明らかにしています。

そして、近年は1光子吸収によって2つの内殻電子が同時に放出されて生じる2価イオンである「内殻二重空孔状態」に着目し実験を行っています。

## PFへの要望

ここに例として示した磁気ボトル型電子分光装置をつかった研究を含め、当UGにはシングルバンチモードを利用しているユーザーが少なくありません。しかし、残念なことに2012年はシングルバンチモードのビームタイムがありませんでした。そのため、年間に少なくとも1週間はシングルバンチモードのビームタイムを確保していただくことを切に願います。

旅費の補助制度は、地方大学所属の利用者にとって非常に大切な制度です。研究の多様性の維持という観点からも是非この制度を維持していただきますよう希望いたします。

## ⇒ PFからの回答

シングルバンチモードのビームタイムですが、ご存じのように、PFリングのより有効な利用を目的として、ハイブリッドモードの採用を決めました。同時に光チョッパーの開発を行い、数十kHzの光パルスを提供する準備を進めています。ご指摘のように、ハイブリッドモード運転を年2回×6日間、シングルバンチモード運転を年1回×6日間についても検討を進めているところです。しかしながら、2011年度以来、震災、予算減少などで十分なユーザー運転が行なうことが出来ていません。このような状況では、より多くの方に使っていただけるハイブリッドモードを優先して運転しています。光チョッパー開発と運転時間増加を見ながら、ご要望に応えられるよう検討を進めさせていただきます。

出張旅費は、共同利用を推進するための必須アイテムであることは理解しているところです。しかしながら、現実にPFの運営交付金は減少している状況は皆さんにもご理解いただきたいところです。PFでも外部資金を獲得し、旅費枠を確保する努力をしております。ユーザーの皆さんに置かれまして、科研費等を獲得していただき、旅費を確保していただければ有り難いところです。遠方から来ていただくユーザーの方々には、旅費の確保は大きな問題ですので、ぜひPF-UAを中心に旅費サポートのシステムについて検討を進めていただきたいと思います。

## 人事異動・新人紹介

	発令年月日	氏 名	現 職	旧 職
(辞職)	H25. 1. 1	若槻 壮市	Stanford University 教授 物構研 構造生物学研究センター 研究員	物構研 放射光科学第二研究系 教授
(昇任)	H25. 1. 1	島田 美帆	加速器研究施設 加速器第七研究系 研究機関講師	加速器研究施設 加速器第七研究系 助教
(採用)				



## 物構研サイエンスフェスタ開催のお知らせ

物構研サイエンスフェスタ実行委員長 雨宮健太  
伊藤晋一

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）を大学共同利用として多くの利用者に提供してきております。各施設は日夜、実験研究を推進しております。その現状及び成果について発表し、将来展望についても議論するため、物構研サイエンスフェスタを下記のように開催いたします。

昨年まで物構研では、物構研シンポジウムと PF シンポジウムを開催してきましたが、今年度から KENS, MSL シンポジウムを加えた上で、これらを統合して開催することといたしました。物構研サイエンスフェスタでは、初日はすべて合同セッションとして、サイエンスセッション、ポスター発表、懇親会を計画しております。また二日目は、放射光（低速陽電子を含む）、中性子、ミュオンの各施設に分かれて議論を行います。皆様には、是非ご参加いただけますよう、ご案内申し上げます。

また、PF のユーザーグループに関しては、例年通り前日の 3 月 13 日（水）夕方にユーザーグループミーティングを開催していただきます。

前日の 3 月 13 日午後から、サイエンスフェスタのサテライトミーティングとして、構造物性研究センター（CMRC）全体会議と、加速器を利用した物質材料研究を若い人達に紹介する「西川シンポジウム」（<http://nishikawa-sympo.kek.jp/>）を開催いたしますので、是非そちらにもご参加下さい。

**主催：**物質構造科学研究所

**共催：**PF-UA

**協力：**（社）つくば観光コンベンション協会

**協賛：**日本中間子科学会，日本表面科学会，日本陽電子科学会，日本結晶学会，日本中性子科学会，日本放射光学会，日本物理学会，J-PARC センター，J-PARC/MLF 利用者懇談会

**会期：**2013 年 3 月 14 日（木）～ 15 日（金）

**場所：**つくば国際会議場（エポカルつくば）  
茨城県つくば市竹園 2-20-3

**参加申し込み方法：**

ホームページ（<http://imss-festa.kek.jp/2012/>）より参加申込フォームにてお申し込み下さい（ウェブでの参加申し込みは 2 月 28 日まで。その後は当日会場にて）。

**参加費：**無料

**懇親会：**3 月 14 日（木） 18：30～ エポカル大ホール前  
会費：当日払い 6,000 円（一般），4,000 円（学生）

**プログラム：**

**【3 月 14 日（木）（1 日目）】**

**物構研サイエンスフェスタ（大ホール）**

08:30- 受付開始

09:00-09:10 物構研所長挨拶

09:10-12:00 サイエンスセッション I：マルチプローブが

拓く 物性研究の最前線

09:10-09:35 「放射光， 中性子を用いた固体酸化物型燃料電池材料の評価」

伊藤孝憲（AGC セイメケミカル）

09:35-10:00 「マルチプローブを利用した層状ニッケル酸化物の多角的研究」

打田正輝（コーネル大）

10:00-10:25 「マンガン系人工超格子における電荷・磁気状態の研究」

中尾裕則（KEK 物構研）

10:25-10:40 休憩

10:40-11:05 「表面の電子， スピン， 構造—光と陽電子を用いた相補的研究」

河裾厚男（原子力機構）

11:05-11:30 「銅酸化物高温超伝導体における電荷・スピン状態のミュオンスピン緩和／中性子散乱／ ARPES による相補的研究」

足立 匡（東北大）

11:30-13:00 写真撮影／昼食

13:00-13:10 文部科学省来賓挨拶

13:10-13:20 高エネルギー加速器研究機構 理事挨拶

13:20-16:00 サイエンスセッション II：量子ビームを用いた

たソフトマター研究の展望

13:20-14:05 「加速器をベースにした構造生命科学の国際展開にむけて」

若槻壮市（スタンフォード大／ KEK 物構研）

14:05-14:30 「細胞分裂におけるメンブレントラフィックの役割：細胞生物学と構造生物学の融合研究」 中山和久（京大）

14:30-14:45 休憩

14:45-15:10 「タンパク質複合体の結晶構造から解き明かす細胞機能」

千田俊哉（KEK 物構研）

15:10-15:35 「ブロックコポリマーの形成するナノ迷宮」

竹中幹人（京大）

15:35-16:00 「生命現象の謎を物質科学から解く～界面の自発運動と構造形成」

瀬戸秀紀（KEK 物構研）

16:00-18:30 ポスターセッション（多目的ホール）

18:30-20:30 懇親会（大ホール前ホワイエ）

**【3月15日（金）（2日目）】**

**第30回 PF シンポジウム（中ホール 300）**

09:00-10:10 施設報告

- 09:00-09:30 施設報告（村上洋一）
- 09:30-09:40 構造生物学研究センター報告（千田俊哉）
- 09:40-09:50 構造物性研究センター報告（村上洋一）
- 09:50-10:00 低速陽電子実験施設報告（兵頭俊夫）

10:00-10:10 質疑・討論

10:10-10:25 休憩

10:25-11:15 光源・加速器の開発状況と整備計画

- 10:25-10:35 「PF-Ring, PF-AR 運転報告」  
帯名 崇（KEK 加速器）
- 10:35-10:55 「PF リング挿入光源更新計画」  
土屋公央（KEK 加速器）
- 10:55-11:15 「PF-AR 直接入射路増強計画」  
高木宏之（東大）

11:15-12:00 ビームライン・測定装置の開発状況と整備計画

- 11:15-11:25 「ビームライン開発・整備計画の概要（仮題）」  
伊藤健二（KEK 物構研）
- 11:25-11:40 「PF X線ビームラインの整備計画」  
五十嵐教之（KEK 物構研）
- 11:40-11:55 「軟X線・真空紫外ビームラインの整備計画」  
雨宮健太（KEK 物構研）

11:55-12:00 質疑・討論

12:00-13:00 昼食

（12:45-13:00 ポスター賞表彰式【中ホール 300】）

13:00-14:00 PF 将来光源 ERL 計画

- 13:00-13:15 「ERL 推進室のこの一年と今後」  
河田 洋（KEK 物構研）
- 13:15-13:35 「cERL 建設現状と今後」  
坂中章悟（KEK 加速器）
- 13:35-11:50 「3 GeV-ERL で展開するサイエンス」  
足立伸一（KEK 物構研）
- 13:50-14:00 総合討論

14:00-15:15 PF における国際協力

- 14:00-14:30 「BL-20B: The Australian National Beamline Facility. Celebrating over 20 years of Australia-Japan Research Collaboration at the Photon Factory」 Richard Garrett (Australian Nuclear Science and Technology Organisation)
- 14:30-15:00 「Bioinorganic Chemistry at the Australian National Beamline Facility, Photon Factory」 Peter A. Lay (The University of Sydney)
- 15:00-15:15 「Indian beam-line at Photon Factory - Present Status」 Milan K. Sanyal (Saha Institute of Nuclear Physics)

15:15-15:30 休憩

15:30-16:30 PF-UA 総会

16:30-17:30 PF の運営についての意見交換

17:30 閉会

**第1回 KENS シンポジウム（中会議室 202）**

- 09:00-09:30 「高分解能チョッパー分光器による物質のダイナミクスの研究（2012S01）」  
伊藤晋一（KEK 物構研）

- 09:30-10:00 「パルス冷中性子を用いた中性子基礎物理研究（2009S03）」  
清水裕彦（名大）

- 10:00-10:30 「小型集束型中性子小角散乱装置の技術実証研究（2009S04）」  
大沼正人（物材研）

10:30-10:40 休憩

- 10:40-11:10 「SuperHRPD を用いた機能性物質の構造研究と方法論の開発（2009S05）」  
野田幸男（東北大）

- 11:10-11:40 「特殊環境中性子回折装置を使った蓄電池材料の構造学的研究（2009S10）」  
福永俊晴（京大）

- 11:40-12:10 「中性子スピネコー分光器群（VIN ROSE）のための高輝度ビームラインの建設（2009S07）」  
日野正裕（京大）

12:10-13:10 昼食

（12:45-13:00 ポスター賞表彰式【中ホール 300】）

- 13:10-13:40 「中性子反射率計 SOFIA を用いたソフト界面の研究」  
山田悟史（KEK 物構研）

- 13:40-14:10 「機能性材料中性子散乱解析システム」での3次元偏極度解析による静的・動的スピン構造物性の研究（2009S09）」  
大山研司（東北大）

14:10-14:20 休憩

- 14:20-14:50 「高強度全散乱装置による水素貯蔵機構の基本原理解明（2009S06）」  
大友季哉（KEK 物構研）

- 14:50-15:20 「中性子透過撮像（2009S11）」  
鬼柳善明（北大）

15:20-15:40 全体討論

※講演時間には10分の質疑応答が含まれます。

**第1回 MSL シンポジウム（中会議室 201）**

**「ミュオン新規ビームラインにおける研究検討会」**

- 09:30-09:40 はじめに 門野良典（KEK 物構研）
- 09:40-10:00 「J-PARC MUSE におけるミュオンビームライン（D&U & S&H）の現状」

三宅康博（KEK 物構研）

- 10:00-10:20 「Hライン 建設と開発の進捗」  
河村成肇（KEK 物構研）

- 10:20-10:40 「Sライン 動き出す低速ミュオンビームライン」  
幸田章宏（KEK 物構研）

10:40-11:00 休憩

- 11:00-11:20 「Sライン汎用分光器」  
小嶋健児（KEK 物構研）

11:20-11:40 「S ライン高磁場分光器」  
幸田章宏 (KEK 物構研)

11:40-12:00 「S ライン極低温分光器」  
髭本 亘 (JAEA 先端研)

12:00-13:00 昼食  
(12:45-13:00 ポスター賞表彰式【中ホール 300】)

13:00-13:20 「H ライン MuHFS」 松田恭幸 (東大)

13:20-13:40 「H ライン DeeMe」 青木正治 (阪大)

13:40-14:00 「H ライン g-2」  
齋藤直人 (KEK 素核研・東大・J-PARC)

14:00-14:10 休憩

14:10-14:30 「電池等の材料研究に必要な  $\mu$ SR チャンネル・分光系」  
杉山 純 (豊田中研)

14:30-14:50 「ミュオンによる銅酸化物高温超伝導体母物質の特異な磁性の研究」  
藤田全基 (東北大)

14:50-15:00 「4f・5f 電子系研究の最近の展開と  $\mu$ SR」  
網塚 浩 (北大)

15:00-15:20 休憩

15:20-15:40 「大強度パルス状表面ミュオンビームによるミュオン化学の新しい展開」  
久保謙哉 (ICU)

15:40-16:00 「物構研におけるパルス量子ビームを用いた光誘起ダイナミクスの研究展開」  
野澤俊介 (KEK 物構研)

16:00-16:20 「レーザー照射  $\mu$ SR」  
下村浩一郎 (KEK 物構研)

16:20-17:00 ディスカッション  
司会：小嶋健児 (KEK 物構研)

17:00 閉会

### 物構研サイエンスフェスタ実行委員

阿部仁 (放射光), ◎宮宮健太 (放射光), ◎伊藤晋一 (中性子), 猪野隆 (中性子), 熊井玲児 (放射光/構造物性), 小池洋二 (東北大工), 小嶋健児 (ミュオン), 清水敏之 (東大薬), 谷本育律 (加速器七), 濁川和幸 (放射光), 朴三用 (横浜市大), 横山英明 (東大新領域), Leonard Chavas (放射光/構造生物) (◎: 実行委員長)

## CMRC 研究会「構造物性研究の現状と今後の展開ー共鳴軟 X 線散乱を中心にー」開催のお知らせ

開催日：2013 年 3 月 12 日, 13 日

場所：KEK 4 号館 2 階輪講室 1, 2

### 【プログラム】

#### < 3 月 12 日 >

10:15-10:20 村上洋一 (KEK-PF/CMRC) 「はじめに」  
10:20-10:45 「ペロブスカイト型  $\text{LaCoO}_3$  薄膜における

ストレイン誘起フェリ磁性とスピン・軌道秩序の観測」藤岡 淳 (東大)

10:45-11:10 「斜入射軟 X 線共鳴散乱による  $\text{LaCoO}_3$  薄膜の磁気・軌道秩序の観測」  
山崎裕一 (KEK-PF/CMRC)

11:10-11:35 「希薄不純物置換や電子ドープで作る  $\text{LaCoO}_3$  の新たなスピントロニクスオーバー」  
富安啓輔 (東北大学高等教育開発推進センター)

11:35-12:00 「共鳴 X 線散乱による室温強磁性  $\text{Sr}_3\text{YCo}_4\text{O}_{10.5}$  の電子状態研究」  
岡本 淳 (KEK-PF/CMRC)

Lunch (12:00-13:30)

13:30-13:55 「共鳴 X 線散乱による層状ペロブスカイト型 Ni 酸化物の磁気・軌道秩序の観測」  
打田正輝 (コーネル大)

13:55-14:20 「磁場下共鳴軟 X 線散乱による人工超格子 Mn 薄膜の研究」  
須田山貴亮 (KEK-PF/CMRC)

14:20-14:45 「ペロブスカイト Mn 酸化物超格子のラウエフリッジの減衰として観測されるマイクロサイズの電荷軌道秩序/無秩序相分離」奥山大輔 (理化学研究所交差相関物性科学研究グループ)

14:45-15:10 「ペロブスカイト型バナジウム酸化物におけるランダムネスによる磁気・軌道秩序制御とキャリアドーピングによるモット転移近傍の 2 次元スピンゆらぎによる臨界異常」  
宮坂茂樹 (大阪大学大学院理学研究科)

15:10-15:30 「擬三角格子にある  $t_{2g}$  軌道が生み出す新奇物性」勝藤拓郎 (早稲田大学)

15:30-15:55 「面共有三量体構造をもつ遷移金属酸化物の構造と機能」寺崎一郎 (名古屋大学)

Coffee break (15:55-16:15)

16:15-16:40 「プロトナー電子相関系分子性物質の構造物性」森 初果 (東大物性研)

16:40-17:05 「共鳴軟 X 線散乱でみた有機導体  $\beta\text{-(ET)}_2\text{PF}_6$  の電荷秩序状態」小林賢介 (KEK-PF/CMRC)

17:05-17:30 「共鳴軟 X 線散乱による有機強誘電体 TTF-CA の電子状態観測の試み」  
高橋由香利 (KEK-PF/CMRC)

17:30-17:55 「有機強誘電体 TTF-CA 他における XANES スペクトル計算」石橋章司 (産総研ナノシステム)

17:55- 「J-PARC の単結晶回折計による中性子構造解析の現状」中尾朗子 (CROSS)

19:30 ~ 懇親会 (つくばセンター付近)

#### < 3 月 13 日 >

9:00-9:25 「パイロクロア型ニオブ酸化物のニオブ変位の局所秩序」  
花咲徳亮 (大阪大学理学研究科物理学専攻)

9:25-9:50 「全対称型 f 電子自由度による相転移と揺らぎの効果」岩佐和晃 (東北大院理物理)

9:50-10:05 「共鳴 X 線散乱による  $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$  の金属・非金

属転移の研究」中尾裕則 (KEK-PF/CMRC)  
 10:05-10:30 「X線共鳴磁気散乱実験によるパイロクロ  
 ア型イリジウム酸化物の磁気構造の決定」  
 佐賀山基 (東大新領域)  
 10:30-10:55 「共鳴・非共鳴X線回折による  $URu_2Si_2$  の  
 隠れた秩序相の解明」  
 網塚浩 (北海道大学大学院理学研究院)  
 ※参加をご希望の方はホームページ (<http://cmrc.kek.jp/>) の参加フォームにてお申し込み下さい。

16:30 「遷移金属元素と軽元素の挙動から見る地球惑星  
 内部の構造と物性」近藤忠 (阪大) (25分)  
 16:55 「元素戦略 (電子材料)」村上洋一 (KEK) (25分)  
 17:20 「元素戦略 (磁性材料)」小野寛太 (KEK) (25分)  
 17:45 「水素吸蔵プロジェクト計画」  
 大友季哉 (KEK) (10分)  
 17:55 終了  
 ※参加をご希望の方はホームページ (<http://cmrc.kek.jp/>) の参加フォームにてお申し込み下さい。

## CMRC 全体会議 開催のお知らせ

**開催日:** 平成 25 年 3 月 13 日 (水) 13:30 ~ 17:55  
**場所:** つくば国際会議場 (エポカルつくば)  
 小会議室 406

### 【プログラム】

13:30 オープニング 村上洋一 (KEK) (10分)  
 13:40 「幾何学的電子相関がもたらす異常金属相の解明」  
 門野良典 (KEK) (25分)  
 14:05 「強相関電子系における軌道混成秩序とその外場  
 応答」中尾裕則 (KEK) (25分)  
 14:30 「分子性結晶における構造の外場応答と相制御」  
 熊井玲児 (KEK) (25分)  
 14:55 「強相関酸化物超構造を用いた新奇量子状態の観  
 測と制御」組頭広志 (KEK) (25分)  
 ----- 休憩 (15:20-15:40) -----  
 15:40 「磁性薄膜・多層膜における表面・界面の原子構造、  
 磁気状態および電子状態」  
 雨宮健太 (KEK) (25分)  
 16:05 「自発的に運動する界面の構造のマイクロビーム  
 SAXS とミリビーム SANS による測定」  
 瀬戸秀紀 (KEK) (25分)

## 第 2 回西川シンポジウム

～若手研究者の夢が拓く物質科学フロンティア～

KEK では、旧高エネルギー物理学研究所を創設し、  
 加速器科学の振興に尽力された元所長、西川哲治氏を  
 記念し、未来を担う大学学生等若い聴衆を対象に、加  
 速器を基盤にした科学研究の最先端を紹介するための  
 講演会を定期的に行っています。今回はその第2回目で、  
 特に聴衆と世代の近い若手研究者に、自らの体験を交  
 えて物質科学への夢を語って頂きますので、将来の研  
 究者を目指す学部学生、大学院生の皆さんは奮ってご  
 参加下さい。

**開催日:** 3 月 13 日 (水) 13:00 ~  
**場所:** つくば国際会議場 (エポカルつくば)  
 茨城県つくば市竹園 2-20-3

### プログラム:

13:00-13:05 開会の挨拶 野村昌治 (KEK)  
 13:05-13:40 「小惑星と彗星の砂に秘められた初期太陽  
 系進化」中村智樹 (東北大学 理学部)  
 13:45-14:20 「ビームラインの中の地球—高温高圧実験  
 で迫る地球物質科学」  
 佐野亜沙美 (JAEA)

## 予 定 一 覧

2013 年

3 月 12 日	CMRC 研究会「構造物性研究の現状と今後の展開—共鳴軟X線散乱を中心に—」 (KEK つくばキャンパス 4 号館 2 階輪講室)
3 月 13 日	西川記念シンポジウム (エポカルつくば) CMRC 全体会議 (エポカルつくば)
3 月 14 日～15 日	物構研サイエンスフェスタ (エポカルつくば)
4 月 12 日	PF 平成 25 年度第一期ユーザー運転開始
4 月 16 日	PF-AR 平成 25 年度第一期ユーザー運転開始
4 月 26 日	PF, PF-AR 平成 25 年度第一期ユーザー運転停止
5 月 9 日	PF 平成 25 年度第一期ユーザー運転再開
5 月 10 日	PF-AR 平成 25 年度第一期ユーザー運転再開
6 月 21 日	平成 25 年度前期フォトン・ファクトリー研究会公募締切
6 月 28 日	PF, PF-AR 平成 25 年度第一期ユーザー運転終了

※最新情報は <http://pfwww.kek.jp/spice/getscht.txt> をご覧下さい。

- 14:25-15:00 「持続可能社会へ向けての放射光が拓く触媒材料科学」 稲田康宏（立命館大学）
- 15:05-15:25 休憩
- 15:25-16:00 「加速器中性子技術の高度化による工学材料研究の新展開」 佐藤 博隆（北海道大学）
- 16:05-16:40 「 $\text{RFe}_2\text{O}_4$  の電荷秩序型誘電性と最近の誘電体の話題」 池田 直（岡山大学）
- 16:45-17:20 「ミュオンスピン回転法による物性研究の最前線」 伊藤 孝（JAEA）
- 17:30-19:00 懇親会
- 参加申し込み方法等については、ホームページ (<http://nishikawa-sympo.kek.jp/>) をご覧ください。

## 平成 25 年度後期 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 村上 洋一

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 25 年 9 月～平成 26 年 3 月
2. 応募締切日 平成 25 年 6 月 21 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@pfqst.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）。開催日程については、採択後に PAC 委員長と相談して下さい。

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

## 平成 25 年度後期共同利用実験課題公募 について

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所の放射光科学研究施設（フォトン・ファクトリー）は、電子蓄積リングから放出される放射光を用いて研究を行うための全国共同利用研究施設です。下記の要領で共同利用実験課題を公募します。なお、低速陽電子実験施設の共同利用実験課題を併せて公募します。課題審査等は放射光共同利用に準じて行われます。

今回の公募は 4 月上旬から受付開始し、締切は 5 月中旬を予定しております。申請は専用 Web ページ (<https://pmsweb.kek.jp/k-pas>) にアクセスして、必要事項を入力して下さい。これまで PF を利用されていない方は新規にユーザー登録が必要になりますので、余裕を持って申請ください。締切時間は Web システムで設定されており、少しでも締切時間をすぎますと受け付けられなくなりますので十分ご注意ください。7 月に審査結果の速報が電子メールで送られる予定です。採択された課題は 10 月に有効となり、実験が開始できます。

### 【概要】

応募資格者は国立、公立及び私立大学、国立、公立研究所等の研究機関の研究者、又はこれらに準ずる研究者に加えて、科学研究費補助金の申請資格を有する機関に所属する研究者が研究成果を無償で社会に還元することを主目的とする研究等も含まれます。軍事目的の研究はできません。

所定の手続きに従って共同利用実験申請書を提出し、課題審査委員会で採択された場合は無償で実験を行うことが出来ます。原則として評点の高い課題から順に**ビームタイムが配分されます**。実験参加者（研究者および大学院生）は規程に従い、図書室の利用等の便宜供与を受けるとともに、機構内の宿泊施設を利用し、旅費、宿泊費等の支給を受けることができます。

利用できるビームライン・実験装置については「フォトンファクトリーの実験ステーション・実験装置」([http://pfwww.kek.jp/users\\_info/station\\_spec/index.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/station_spec/index.html)) を参照下さい。

### 【研究成果の公表】

実験の結果は公表（学術論文、学位論文、Activity Report、学会口頭発表等）していただきます。論文には使用した施設名、ビームライン名を明記して下さい。謝辞には以下の様に課題番号を記載して下さい：This work has been performed under the approval of the Photon Factory Program Advisory Committee (Proposal No. 2006G123)。

放射光共同利用実験結果が少しでも含まれる学術論文、学位論文などを発表された場合にすみやかに PF 出版データベース ([http://pfwww.kek.jp/users\\_info/users\\_guide/pubdb.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/pubdb.html))、学位論文データベース ([http://pfwww.kek.jp/users\\_info/users\\_guide/thesispubl.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/thesispubl.html)) に登録し、別刷りまたは PDF ファイルをお送りください。成果を記者発表する場

合には事前に広報担当者(宇佐美徳子:noriko.usami@kek.jp)にご連絡ください(参考:「プレスリリース等成果発表について」<http://imss.kek.jp/howtopress/index.html>)。

実験の成果およびそれにかかわる知的財産権の専有を希望される場合は、下記研究協力課共同利用支援室共同利用係にご相談下さい。本共同利用実験により得られた知的財産権の帰属については、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構知的財産取扱規程に基づき、その都度協議することになります。

**過去に採択され、実施された課題が複数ある場合には、それらの課題によるPF出版データベースへの登録状況が審査に際して考慮されます。**その基準は以下の通りです。

申請課題の採択時から遡って2.5年前から8.5年前に採択された課題が2件以上ある場合について、

1. 採択課題数の1/3以上の課題について論文が登録されていない実験責任者に事情を照会する(yellow card 調査対象)。
2. 調査の回答に基づき、問題点の解析を行う。
3. 回答がない実験責任者の申請課題は不採択とする。
4. 論文登録の少ない実験責任者の申請については、実験責任者からの回答、該当期間の課題に関する論文登録状況、学位論文等の登録状況を考慮し、PAC分科会で評点の減点を提案し、PACで決定する。減点は以下の基準で行う。

\* 2/3以上の課題について論文登録がない場合は、-1.0を基準とする。1/3を越える課題について論文登録がない場合は、-0.5を基準とする。

#### 【課題のカテゴリー】

課題のカテゴリーには、一般的な実験(G型)、初心者による実験や予備実験(P型)、緊急かつ重要な実験(U型)、特別型(S1, S2型)等があります。それぞれのカテゴリーの特徴、審査基準などの詳細はPFのWeb([http://pfwww.kek.jp/users\\_info/pac\\_application/category.html](http://pfwww.kek.jp/users_info/pac_application/category.html))をご覧ください。

#### 【審査について】

◆申請のあった実験課題は、当研究所に設置された放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)で審査し、運営会議の議を経て、所長が採否の決定をします。なお、緊急かつ重要な実験課題(U型)については、申請書受理後、直ちにレフェリーの意見を徴し、その意見を参考にして、その都度、採否を決定します。

◆申請書には一つの研究課題に関する研究内容・計画を記し、関連性の薄い複数の研究課題を列記しないでください。審査は申請書に記述された研究の内容について行ないますので申請書は具体的に記述して下さい。

◆すでに述べましたが、これまでに実験をされた方からの申請については、それらの課題に関する論文登録状況も審査の対象となります。PF出版データベースおよび学位論文データベースへの登録を予め確認してください。登録状

況が宜しくない場合は、課題審査に先立ち電子メールで事情説明を求めます。回答がない場合は、不採択となります。速やかに回答してください。

◆審査結果は、実験責任者およびContact Person in Japan(国外からの申請の場合)にお知らせします。

◆S2型の審査は、書面審査の後、評定者(5人以上)等を対象に口頭説明を行いません。採択の後には、毎年PFシンポジウムで進行状況を報告して頂き、PF-PACで評価します。採択されたU型課題はPFシンポジウムで報告していただきます。

◆P型(予備実験・初心者実験)の申請に当たっては、実験ステーション担当者との事前打ち合わせが必須です。十分な時間的余裕をみた上で、実験ステーション担当者と技術的なことについて緊密に打ち合わせて下さい。また、初心者型の実験には経験者を加えることが出来ません。

◆本公募により提供された個人情報、課題審査および課題採択後に共同利用実験を円滑に実施するための連絡等の目的で利用いたします。また、採択課題については、本機構のホームページ及び刊行物に実験責任者氏名・所属及び実験課題名等を掲載することをご了承下さい。

#### 【チームタイム配分】

課題審査では学問上の価値、技術的な実行の可能性に重点を置いて申請書の評価を行い、最高5点で評点を付けます。このため、課題が採択されたことは必ずしもチームタイムを申請されたチームタイムの配分を約束するものではありません。チームタイムの配分は、課題の評点を考慮して、運転期毎に行われますので、使用するチームラインの担当者と連絡をとってください。今回採択されたG型課題の評点分布はp.65に掲載しています。

#### 【その他】

◆実験を行うに当たり、放射線業務従事者として登録していただく必要があります。

◆実験を実施する時は、安全確保のため、放射線、化学薬品、有害物質等に関する当機構の諸規則その他の関係法令の規制を受けます。

◆国内の大学等からの利用に当たり、PFのルールに基づき旅費、滞在費のサポートを行います。また、宿舎等は空きのある範囲で利用可能です。

◆(課題の再申請)採択されたけれども評点が低いためにチームタイムが配分されない課題について、より高い評価を得るために再申請を行うことができます。このような申請を提出する場合には申請書の中に再申請であることを明記して下さい。再申請が採択された場合には、いずれかの課題を取り下げさせていただきます。

不明な点は下記までお問い合わせ下さい。

**研究協力課共同利用係**

**Tel: 029-864-5126 Fax: 029-879-6137**

**Email: kyodo1@mail.kek.jp**

# 運転スケジュール(April ~ July 2013)

E : ユーザー実験    B : ボーナスタイム  
 M : マシスタディ    T : 立ち上げ  
 MA : メンテナンス    HB : ハイブリッド運転

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

スケジュールは変更されることがありますので、最新情報はPFホームページ(<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)の「PFの運転状況／長期スケジュール」(<http://pfwww.kek.jp/unten/titlej.html>)をご覧ください。

## 放射光共同利用実験審査委員会速報

実験企画調整担当 兵藤 一行  
宇佐美徳子

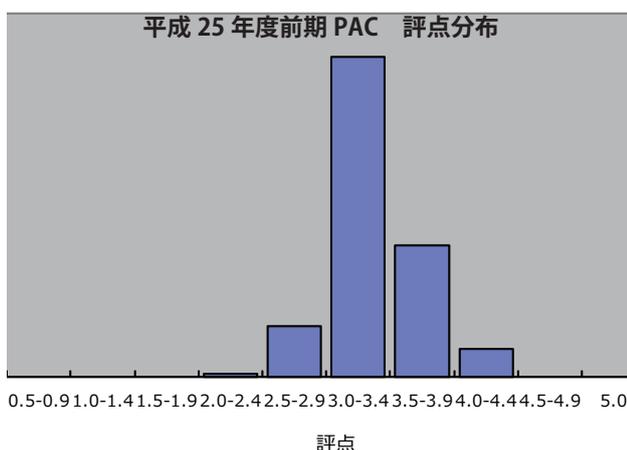
1月24日、25日に放射光共同利用実験審査委員会が開かれました。審議の結果、以下のような実験課題が採択されました。

### 1. G型, P型の審査結果

昨年11月2日に締め切られた平成25年度前期のG型, P型の共同利用実験課題公募に申請された課題, G型230件, P型8件が審査され, G型222件, P型11件(うち3件はG型として申請されたがP型として採択されたもの), 計233件の課題が採択されました。不採択課題は5件ありました。採択された課題の中で条件付きとされたものは15件でした。採択課題名および申請課題に対する評価の分布は別表を参考にして下さい。採択基準は評点2.5以上と設定されています。

条件付き採択課題は, 申請者からの補足説明に対するPAC委員長の判断により条件が解除されて実施可能となります。この中には試料名, その安全性に関する記述が十分でないために条件付きとなった課題が多数ありました。試料の安全性や安全確保策がわかるように申請書のVの欄に記述してください。また, 条件付きとはならなくても, 申請書のV欄の記述が不十分な申請書が多く見受けられています。この欄には実験に使用する試料名とその安全性について記入していただくことになっています。施設の安全担当者が判断しやすいように, この欄に必ず記述していただくようお願いいたします。特に生物由来の試料は由来生物種もご記入ください。

条件付き採択課題となった課題の決定通知書には, 条件に関する最初の返答(最終返答でなくても結構です)に関



する期限(3月15日)を明記してあります。それまでに何の返答も無かった場合には不採択となりますのでご注意ください。

PFを利用して出版された論文の登録を促進するために, これまでに採択・実施された課題からの報告論文数が少ない課題申請者に対して, 調査・問い合わせをして, その結果を課題評価に加味してきました。現在の基準を改めて下記に示します。このルールでは, 論文登録に関する問い合わせに対して, 何も回答が無い場合には「不採択」となります。回答をいただいた場合でも, 下記のルールに従い回答内容をPACで検討して減点する場合があります。課題申請される時にこのようなことが起きないように, 論文出版時には登録を忘れずに, かつ速やかにしていただきますよう改めてお願いします。

#### 論文発表の課題審査への反映基準

申請課題の採択時から遡って2.5年前から8.5年前に採択された課題が2件以上ある場合について,

1. 採択課題数の1/3以上の課題について論文が登録されていない実験責任者について, 事情を照会する。
  2. 調査の回答に基づき, 問題点の解析を行う。
  3. 回答がない実験責任者の申請課題は不採択とする。
  4. 論文登録の少ない実験責任者の申請については, 実験責任者からの回答, 該当期間の課題に関する論文登録状況, 学位論文等の登録状況を考慮して, PAC分科会で評点の減点を提案し, PACで決定する。減点は以下の基準で行う。
- \* 2/3以上の課題について論文登録がない場合は, -1.0を基準とする。
  - \* 1/3を越える課題について論文登録がない場合は, -0.5を基準とする。

### 2. S2課題の審査結果

S2課題として3件申請があり, 2件が採択, 1件が条件付き採択となりました(その後, 条件は解除済み)。採択された課題は以下の通りです。

#### 課題番号 2013S2-001

課題名:「X線反射率曲線の時分割測定法の開発と応用」

責任者: KEK 松下正(有効期間3年)

#### 課題番号 2013S2-002

課題名:「元素戦略プロジェクト・電子材料領域における放射光利用研究: 軽元素アニオン系における機能発現機構の解明」

責任者: KEK 村上洋一(有効期間3年)

#### 課題番号 2013S2-003

課題名:「走査型透過X線顕微鏡(STXM)を用いたサステナブル科学の推進」

責任者: 広島大 高橋嘉夫(有効期間3年)

### 3. PF 研究会

今期は以下の研究会が採択されました。

「新しい高性能光源加速器の開発と極短周期アンジュレータ」

**提案代表者:** 山本 樹 (KEK), 熊谷教孝 (JASRI)

**開催予定時期:** 2013 年 8 月

### 4. その他

以下の事項が PAC で確認, 承認されました。

- ・若槻壮市委員の人事異動に伴う役職指定委員 (物質構造科学研究所・副所長) の村上洋一委員への変更および千田俊哉委員の所属変更。

## 物構研談話会

日時: 11/21 (水) 16:30 ~

題名: Investigation of deformation twinning in Mg alloys;  
combined in situ neutron diffraction and acoustic emission  
講師: Ondrej Muransky 博士 (ANSTO)

日時: 12/13 (木) 16:00 ~

題名: 近藤半導体 YbB<sub>12</sub> の超強磁場および超高压力による  
誘起 - 非金属金属転移と新規ホウ化物の高圧合成  
講師: 伊賀 文俊氏 (茨大)

日時: 1/7 (月) 13:30 ~

題名: Diluted Ferromagnetic Semiconductors (Ga,Mn)  
As, Li(Zn, Mn)As, (Ba,K)(Zn,Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>: Materials  
development, MuSR, and future  
講師: 植村 泰朋先生 (コロンビア大学)

日時: 1/17 (木) 16:00 ~

題名: エアロゾルデポジション (AD) 法によるセラミック  
クス微粒子の常温衝撃固化現象とその産業応用  
講師: 明渡 純氏 (産業技術総合研究所)

日時: 1/18 (金) 13:30 ~

題名: Recent Technical and Scientific Advances in High  
Pressure Neutron Scattering  
講師: Chris A. Tulk 氏 (SNS)

日時: 2/12 (火) 16:00 ~

題名: PDF 解析を用いた結晶性物質の局所構造解析  
講師: 樹神克明氏 (日本原子力研究開発機構)

日時: 2/18 (月) 10:30 ~

題名: X-ray Fluorescence Microscopy Beamline at the  
Australian Synchrotron  
講師: Ms. Kathryn Spiers (ANBF-PF)

日時: 2/21 (木) 16:00 ~

題名: 陽電子による物質科学  
講師: 兵頭俊夫氏 (KEK 物構研)

## 第 49 回 物質構造科学研究所運営会議議事次第

日時: 平成 25 年 2 月 19 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】協議事項

- ① 教員人事 物構研 12-5 物質化学 教授 1 名
- ② 教員公募 物構研 12-7 中性子 准教授 1 名
- ③ 教員公募 物構研 12-8 元素戦略 特任准教授 1 名
- ④ 教員公募 物構研 12-12 低速陽電子 特別助教 1 名
- ⑤ 教員公募 物構研 12-13 生命科学 特別助教 1 名
- ⑥ 教員公募 物構研 12-14 軟 X 線 特任助教 2 名
- ⑦ 教員公募 物構研 12-15 生命科学 特任助教 1 名
- ⑧ 教員公募 物構研 12-16 磁性材料 特任助教 1 名
- ⑨ 教員公募 物構研 12-17 結晶構造解析 特任助教 1 名
- ⑩ 名誉教授候補者について
- ⑪ 放射光科学第一研究系研究主幹の選考について
- ⑫ 客員研究員の選考について
- ⑬ 教員公募 構造物性 准教授 1 名
- ⑭ 中性子共同利用実験審査委員会委員の改選について
- ⑮ 平成 25 年度中性子共同利用 S 型実験課題審査結果
- ⑯ 平成 25 年度ミュオン共同利用 S 型実験課題審査結果
- ⑰ 放射光共同利用実験審査委員会委員の改選について
- ⑱ 平成 25 年度前期放射光共同利用実験課題審査結果

### 【2】報告事項

1. 所長報告
  - ① 人事異動について
  - ② 研究員の選考結果について
2. 施設報告
  - ① 放射光報告
  - ② 中性子報告
  - ③ ミュオン報告
  - ④ 構造物性研究センター報告
  - ⑤ 構造生物学研究センター報告
  - ⑥ ERL 計画推進室報告
3. その他
  - ① 博士研究員 (物構研 12-11) の選考結果について
  - ② 教員の人事選考手続き等の一部改正について
  - ③ 平成 24 年度放射光共同利用実験課題の審査結果 (U 型) 一覧
  - ④ 平成 25 年度概算要求について
  - ⑤ 平成 24 年度補正予算について
  - ⑥ 覚書等の締結について (資料配布のみ)

### 【3】研究活動報告 (資料配布のみ)

- 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

**お詫びと訂正)** 前号で第 44 回の議事録と記載した議事次第は第 46 回の誤りでした。ここにお詫びして訂正致します。なお、第 44 回, 45 回, 47 回, 48 回はメール審議のため議事次第はありませんでした。

## 平成25年度前期放射光共同利用実験採択課題一覧

受理番号	課題名	所属	実験責任者	ビームライン
<b>1. 電子物性</b>				
2013G002	多電子同時計測による原子分子の光多重電離過程の研究	KEK/PF	伊藤 健二	16A, 2C
2013G010	リン偏析による遷移金属リン化合物表面の電子状態変化	立教大学	枝元 一之	13A, 3B
2013G019	Si(110)表面上に作製した誘電体・金属シリサイド超薄膜の表面界面局所電子状態の研究	愛媛大学	垣内 拓大	11D, 13A
2013G021	軌道揺らぎと超伝導を示す遷移金属カルコゲナイドの3次元フェルミ面の観測	東京大学	溝川 貴司	28A/B
2013G078	変角振動励起分子からの真空紫外吸収断面積の精密測定	上智大学	星野 正光	20A
2013G081	Core-Hole Clock分光による有機半導体/金属界面の電荷移動解析	筑波大学	櫻井 岳暁	13A, 3B
2013G086	Temperature dependent circular dichroism ARPES studies on 4d & 5d perovskite materials.	Yonsei Univ.	Changyoung Kim	28A/B
2013G100	コインシデンス分光法によるグラファイトおよびグラフェンの2次電子放出過程の研究	大阪大学	田中慎一郎	11D, 13A
2013G105	Charge transport properties and electronic structure modification of metal doped InSnO semiconductor films with ultra-high mobility	Dankook Univ.	Kwun-Bum CHUNG	7A
2013G109	The Study on electronic structure of novel chalcogenide semiconductor by analyzing band edge defects and conduction band structure	Dankook Univ.	Jin-Seong PARK	11A, 11B, 7A
2013G119	軟エックス線発光分光によるイオン液体の電子構造の解明	東京理科大学	金井 要	2C
2013G121	コインシデンス分光による有機分子/シリコン単結晶表面の局所電子状態, ダイナミクス研究	KEK/PF	間瀬 一彦	11D
2013G132	軟X線分光によるSi-C-O長繊維および焼成ポリカルボシランの多層構造の観察	日本原研機構	鈴谷賢太郎	27A
2013G134	Li二次電池用電極反応における銅酸化物の電子状態	関西大学	荒地 良典	11A
2013G135	有機半導体単結晶およびその界面における異方的な価電子バンド構造の精密評価	千葉大学	中山 泰生	13A
2013G143	有機半導体/遷移金属酸化物の構造と電子状態の解明	千葉大学	奥平 幸司	11D, 13A
2013G157	強磁性と強誘電が接合したFe/BaTiO <sub>3</sub> 界面における電子・磁気状態の深さ分解XAFSによる観察	KEK/PF	雨宮 健太	16A
2013G160	希薄磁性体における磁性元素の電子状態解析	早稲田大学	山本 知之	11A
2013G170	角度分解X線光電子分光法と多変量解析による有機半導体の表面とバルクのエネルギー差の精密解析	京都大学	吉田 弘幸	13A
2013G179	Si(001)表面上のCO吸着脱離過程のin-situリアルタイム解析	横浜国立大学	大野 真也	13A, 16A, 7A
2013G184	X線遠望鏡に用いるX線反射鏡の光学特性測定	名古屋大学	古澤 彰浩	11A, 11B
2013G185	強誘電体/半導体ヘテロ接合におけるバンドオフセットの解析	大阪府立大学	吉村 武	27A
2013G190	Pt原子によって誘起されたGe(001)表面一次元原子鎖の一次元金属バンドのスピン構造の研究	東京大学	矢治光一郎	19A
2013G195	X線磁気円二色性による磁性スタック構造への外場印加時の磁気異方性変調の観測	東京大学	岡林 潤	16A, 7A
2013G218	3次元遷移金属酸化物の角度分解光電子分光	東京大学	吉田 鉄平	28A/B
2013P010	構造変化を起こすマンガナイト磁気ナノ微粒子のXMCD測定	横浜国立大学	一柳 優子	7A
2013P011	Mn, Fe L-edge XMCD Study for MnFe(P,Si)Compounds with First-Order Phase Transition	Inner Mongolia Normal Univ.	Gusi TE	16A, 7A
2013P012	Early stage damage detection of irradiated steel 316 via changes of magnetic structure	ANSTO	ROBERT JOHN	16A
<b>2. 構造物性</b>				
2013G001	Na <sub>x</sub> MO <sub>2</sub> 固溶体のナトリウム濃度と構造物性との相関	筑波大学	守友 浩	8B
2013G017	常温イオン液体の高圧相転移	防衛大学校	阿部 洋	18C
2013G031	単層カーボンナノチューブに内包されたポリヨウ化物イオンの高圧下の構造	名古屋工業大学	川崎 晋司	18C
2013G032	X線回折干渉縞の異常な時間・空間振動の研究	KEK/PF	吉村 順一	14B
2013G033	高誘電性新規酸化物ナノシートの構造解析	物質・材料研究機構	佐々木高義	6C
2013G040	原子対分布関数(PDF)法によるフェリハイドライトの結晶構造に及ぼすヒ素吸着の影響についての研究	筑波大学	興野 純	8B
2013G045	マルチフェロイック物質SmMn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> およびGdMn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> における磁気構造と強誘電性	東北大学	木村 宏之	13A, 16A, 4C
2013G046	ヤーン・テラー効果の高圧下でのスピネル構造に及ぼす影響	筑波大学	興野 純	10A
2013G053	粉末X線結晶構造解析による新規CuMoO <sub>4</sub> 型サーモクロミック材料の物性解明	東京工業大学	藤井孝太郎	4B2
*2013G058	硬・軟X線回折で探す新しいスピン秩序状態とその制御	東京大学	和達 大樹	16A, 3A, 4C
2013G063	超重力下で変化したSrTiO <sub>3</sub> ペロブスカイト単結晶の構造解析	熊本大学	吉朝 朗	10A
2013G071	マルチフェロイック物質Ym <sub>2</sub> O <sub>3</sub> の強誘電相における反転対称性の破れの検証と精密結晶構造解析	東北大学	木村 宏之	14A, 4C

2013G074	高温高压下における新Si化合物探索	物質・材料研究機構	今井 基晴	NE5C
2013G079	炭酸塩鉱物の相転移の観察	海洋研究開発機構	小野 重明	NE1A
2013G082	スピネル型FeV <sub>2</sub> O <sub>4</sub> におけるVイオンの軌道角運動量の研究	東京大学	有馬 孝尚	16A, 7A
2013G091	低結晶度メタミクト鉱物の結晶構造解析	国立科学博物館	宮脇 律郎	10A
2013G095	表面X線散乱法による固液界面構造ダイナミクスのその場追跡	お茶の水女子大学	近藤 敏啓	3A
*2013G106	X線回折・磁気散乱・散漫散乱による密度波と磁気秩序の相関の研究	京都産業大学	下村 晋	11A, 6A, 3A, 4C, 8B
2013G116	X線デジタルトポグラフィによるタンパク質結晶の欠陥像の解析とリアルタイム観察	横浜市立大学	橘 勝	15B1, 20B
2013G120	2電子反応系リチウムイオン電池正極材料の放射光粉末X線回折	産総研	朝倉 大輔	4B2, 8B
2013G124	高温高压下X線その場観察による希土類三硫化物の温度-圧力相図の研究	室蘭工業大学	関根ちひろ	NE5C
2013G127	新規に合成されたAlに富む含水地球深部鉱物の結晶構造解析	東北大学	栗林 貴弘	10A
2013G131	ナトリウムおよびリチウムイオン伝導体の非調和ポテンシャル解析	東京大学	西村 真一	14A
2013G140	地球深部含水相の熱弾性的性質の解明	愛媛大学	井上 徹	NE5C
2013G171	反射型粉末回折測定システムの粒子統計	名古屋工業大学	井田 隆	4B2
2013G172	SiC溶液成長における欠陥変換メカニズムの解明	名古屋大学	宇治原 徹	20B, 3C
2013G176	ナノ結晶金属薄膜における繰返し変形および疲労損傷の微視機構	名城大学	田中 啓介	4C
2013G186	放射光X線回折プロファイル解析による鉄鋼材料の転位特性評価	東京都市大学	今福 宗行	4C
2013G204	酸化物ガラスの偏差歪みと残留異方性	広島大学	佐藤 友子	NE1A, NE7A, 18C
2013G205	高压力下における魚類由来凍タンパク質と氷の相互作用	産総研	坂下 真実	18C
2013G211	非充填スクッテルダイト化合物の高压下における構造不安定性	室蘭工業大学	武田 圭生	18C
2013G216	新しいクラスの構造を持つ新イオン伝導性AA'BO <sub>4</sub> 系材料の構造決定, 構造変化と電子密度分布	東京工業大学	八島 正知	4B2
2013G225	時間分解X線回折による多結晶体の構造相転移ダイナミクス	東京工業大学	中村 一隆	NW14A
*2013G226	Time-resolved X-ray diffraction of a coumarin dye used in dye sensitized solar cells	University of Cambridge	COLE M. Jacqueline	NW14A
2013G227	structural study of natrolite as a function of gas insertion under high-pressure	Yonsei Univ.	Yongjae LEE	8B
2013P001	圧力誘起金属絶縁体転移を示す層状コバルト酸フッ化物の結晶構造の圧力依存性	物質・材料研究機構	辻本 吉廣	NE1A, 18C
2013P007	スピネル酸化物FeV <sub>2</sub> O <sub>4</sub> の構造相転移と結晶学的ドメインの磁場効果	大阪府立大学	石橋 広記	3A, 4C

### 3. 化学・材料

2013G005	フロー型反応条件下でのマイクロ波加熱を用いたナノ粒子の合成とin situ XAFS解析	奈良女子大学	原田 雅史	NW10A, 12C
2013G006	シリカ骨格に組込まれたカチオン種周りの微細構造と高活性触媒機能発現機構	徳島大学	杉山 茂	NW10A, 7C
2013G009	遷移金属含有イオン液体系のEXAFSによる遷移金属配位構造の研究	奈良女子大学	原田 雅史	NW10A, 12C
2013G011	ガラスに含まれる遷移金属酸化物の状態と局所構造解析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	NW10A, 12C
2013G041	金属錯体を固定化した可視光応答型MOF光触媒の局所構造解析	大阪府立大学	堀内 悠	7C
2013G042	XAFS法による環境中の6価クロム還元速度の定量的評価	東京大学	松尾 基之	9A
2013G043	XAFSによる構造制御されたバイメタリックナノ粒子触媒活性点の解明	九州大学	永長 久寛	NW10A, 7C
2013G049	強相関電子系酸化物Ca,Sr添加PrCoO <sub>3</sub> の電子状態の温度依存性の解析	早稲田大学	山本 知之	12C
2013G052	バングラデシュの深部地下水のヒ素濃度が低い理由の解明とその将来予測	広島大学	高橋 嘉夫	12C, 4A, 9A
2013G056	放射光蛍光X線分析を用いた自動車アルミホイール片の非破壊異同識別	高知大学	西脇 芳典	4A
2013G068	Na <sub>x</sub> MO <sub>2</sub> 固溶体のナトリウム濃度と電子状態/局所構造との相関	筑波大学	守友 浩	9A, 9C
2013G070	ヨウ素ドーパしたカーボンナノチューブの水中での分散性に関するXAFS研究	名古屋工業大学	川崎 晋司	NW10A, 9A
2013G080	イオン交換樹脂中のイオンの水和構造に及ぼす温度および共存対イオンの効果	埼玉大学	渋谷 雅美	9C
2013G083	無機イオン液体を用いたウランの無電解析出	京都大学	上原 章寛	27B
2013G087	In-situ偏光全反射蛍光XAFS法によるPd単原子層の構造解析	物質・材料研究機構	増田 卓也	NW10A
2013G088	ゼオライト中でナノ粒子化した鉄酸化物のXAFSによる局所構造解析	弘前大学	宮永 崇史	12C
2013G092	固定化微生物によるPdナノ触媒の形成過程とその触媒反応のXAFS分析	東京工科大学	鈴木 義規	NW10A
2013G096	Multi-edge X-ray Absorption Spectroscopic Support to Homogeneous Catalyst Design and Optimization	Montana State University	Robert Karoly Szilagyi	11A, 11B, 12C, 9A
2013G098	Fe系混合導電性層状ペロブスカイトの局所構造解析	名古屋工業大学	柿本 健一	12C
2013G117	放射光XAFS測定による模擬放射性廃棄物を含む酸化物の局所構造解析	日本原研機構	永井 崇之	27B
2013G123	一原子単位で厳密に原子数選別した金属クラスターの酸化物表面上における構造と電子状態の解明	豊田中央研究所	渡邊 佳英	9A

2013G125	XAFSを用いた琵琶湖湖底堆積物中のMn・Asのスペシエーション～大量溶出仮説の検証～	愛媛大学	板井 啓明	12C, 4A, 9A
2013G128	XAFSによる接着材/歯質反応界面の状態分析	東京医科歯科大学	和田 敬広	9A
2013G130	無機EL発光機構解明のためのin situ XAFS及びXRD同時測定法の開発	産総研	阪東 恭子	9A
2013G136	放射光イメージングおよびXAFS法による廃棄物熔融スラグ中における鉄の化学挙動分析	日本原研機構	大杉 武史	27B
2013G153	XAFSによる希土類ドーパLiCaAlF <sub>6</sub> 結晶のドーパント周辺構造の研究	東北大学	越水 正典	9A
2013G154	希薄磁性半導体(TiTM)O <sub>2</sub> の酸素空孔	鳥取大学	中井 生央	12C, 9A
2013G159	その場で水素を得る白金を用いない光燃料電池の作用追跡	千葉大学	泉 康雄	NW10A, 9C
2013G166	ポンプ-プローブXAFS法による光触媒の電子移動ダイナミクスの解明	北海道大学	朝倉 清高	NW14A
2013G167	メソ細孔構造内でサイズ制御された金属ナノ粒子の構造解析と表面プラズモン共鳴の評価	大阪大学	山下 弘巳	7C
2013G169	X線吸収分光によるLiおよびNaイオン電池材料の電子状態評価	産総研	細野 英司	7A, 7C, 9A
2013G173	電気化学XAFS分光に基づくCu多核錯体担持触媒における酸素還元活性の向上	北海道大学	八木 一三	9A
2013G177	高エネルギーX線回折とAXS, XAFSを用いた潜晶質酸化物の中距離構造解析	東北大学	有馬 寛	NW10A, 7C
2013G178	シリカガラス中のチャージバランス効果による不純物価数固定の仮説検証	大阪大学	藤本 靖	9A
2013G187	Geで構成された骨格構造を持つリチウムイオン伝導酸化物の中距離構造解析	東北大学	藤枝 俊	NW10A, 7C
2013G197	K-アルミナ固定化Ruクラスターにおけるニトリル水素化触媒活性種形成過程の時間分解XAFS解析	自然科学研究機構	唯 美津木	NW10A
2013G198	Li二次電池用電極反応における銅酸化物の化学および電子状態	関西大学	荒地 良典	7C
*2013G199	機能性分子磁性錯体の構造と磁気物性の相関に関する研究	東京大学	岡林 潤	12C, 9A, 9C
2013G200	EV用LIB正極材料のXAFS法を用いた局所構造解析	産総研	小林 弘典	7C
2013G201	重金属と半金属を同時に不溶化可能な土質の物理的・化学的特性の解明	岐阜大学	加藤 雅彦	NW10A, 12C,
2013G210	Selective oxidation of lower hydrocarbons with molecular oxygen over supported nanoparticles	IIP, CSIR	Rajaram BAL	NW10A, 12C, 9C
2013G217	ジオポリマー法による廃棄物焼却残渣中セシウム及び鉛の固定化機構の解明	京都大学	高岡 昌輝	NW10A, 12C
2013G222	メソポーラス有機シリカ固定化触媒のXAFS構造解析	北海道大学	原 賢二	NW10A, 12C
2013G224	Al基非晶質合金の中距離領域構造とプレバークの起源	東北大学	杉山 和正	NW10A, 7C
2013G229	Study of Interfacial Interaction between Metallic Nanoparticles and Biological Systems Using Synchrotron Techniques	National Center for Nanoscience and Technology	CHEN Chunying	NW10A, 11B, 4A, 9A
2013G233	High temperature XAFS in molten actinide fluoride mixtures: uranium speciation in molten UF <sub>4</sub> -LiF system	Centre National de la Recherche	BESSADA Catherine	27B
2013P002	口腔粘膜疾患組織内の微量金属元素の蛍光X線分析	東京医科歯科大学	宇尾 基弘	4A
*2013P008	生体物質に関連する1次元系の構造と電子状態	東京大学	和達 大樹	9A
*2013P009	高分子多孔質体に固定化されたPAMAM dendrimer-Pdナノ粒子複合体のXAFSによる局所構造の解析	川村理化学研究所	小笠原 伸	27A

#### 4. 生命科学 I

2013G003	超好熱菌由来色素依存性デヒドロクナーゼ・オキシダーゼの結晶構造解析	香川大学	櫻庭 春彦	NW12A, 5A
2013G004	アミノ酸定量用酵素群の合理的改良を目指した構造学的研究	富山県立大学	岡崎 誠司	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G007	structure study of functional important proteins involved in mycobacterium tuberculosis survival for drug design	Institute of Biophysics	Li Xuemei	17A, 1A
2013G008	耐熱性好冷化変異体酵素の精密X線結晶構造解析	福井県立大学	日比 隆雄	NE1A, NE3A, 17A
2013G013	リボソーム結合性GTPase・リボソームタンパク質P1複合体の網羅的構造解析	新潟大学	伊東 孝祐	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G014	Structure determination of the enzymes in the purine catabolic pathway	Seoul National Univ.	Sangkee	17A, 1A
2013G015	Structural study on essential proteins from Mycobacterium tuberculosis as templates for structure-based drug development.	Seoul National Univ.	Bong-Jin LEE	NW12A, 17A, 1A
2013G016	放射光を利用した新規アミロイド線維形成阻害剤の開発	富山大学	横山 武司	NE3A, NW12A, 5A
2013G018	Structural studies of Stim1-Orai1 complex	Nankai Univ.	SHEN Yuequan	17A
2013G020	温室効果ガス削減に貢献する難分解性動物タンパク質分解酵素の精密立体構造解析	兵庫医療大学	中野 博明	5A
2013G022	Crystal structure of sEGFR and anti-EGFR monoclonal antibody complex	Yonsei Univ.	Hyun-soo CHO	1A, 5A
2013G023	膜タンパク質オリゴ糖転移酵素の基質複合体の構造決定	九州大学	神田 大輔	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A

2013G024	モデルタンパク質を用いたクロスβ構造形成機構の解明	山形大学	真壁 幸樹	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G025	Structural studies on Mycobacterium tuberculosis proteins	Nankai Univ.	XIN Li	17A, 5A
2013G026	インドールプレニル基転移酵素のX線結晶構造解析	富山大学	森田 洋行	5A
2013G034	X-ray Crystallographic Studies on DNA polymerase Ternary Complex	Gwangju Institute of Science and Technology	EOM Soo Hyun	NW12A, 17A, 5A
2013G035	Structural studies for the functional implication of Type I restriction enzymes	Chonnam National Univ.	Jeong-Sun KIM	17A, 1A
2013G036	タンパク質品質管理に関わるジスルフィド結合形成因子と小胞体関連分解因子の構造生物学	九州大学	稲葉 謙次	1A, 5A
2013G037	新規な2機能性アミノ酸化酵素の構造解析	東京大学	伏信 進矢	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G044	自然免疫系受容体の結晶構造解析	東京大学	大戸 梅治	NE3A, 1A
2013G047	病原細菌が産生するβ-ラクタマーゼの基質認識と反応機構に対する構造的基盤の解明	熊本大学	山口 佳宏	5A
2013G048	Structural studies of pneumococcal virulence factors	Sungkyunkwan Univ.	Sangho Lee	NE3A, NW12A, 1A, 5A
*2013G051	Structural study on condensin complexes mediating chromosome condensation and segregation	Korea Advanced Institute of Science and Technology	Byung-Ha OH	1A
2013G055	抗トリパソーマ薬の開発に向けたシアン耐性酸化酵素(TAO)の構造生物学的研究	京都工芸繊維大学	志波 智生	17A, 1A, 5A
2013G059	ヒトポリADPリボース分解酵素のX線結晶構造解析	京都産業大学	津下 英明	17A, 5A
2013G061	X-ray structural studies of proteins and protein complexes in the DNA repair system	Institute of Biophysics	Liang Dongcai	NW12A, 17A
2013G062	Structural and functional study of protein DEPTOR in mTOR signaling pathway	Beijing Normal University	Jimin Zheng	NW12A
2013G064	抗生物質バチライシン合成酵素群の結晶構造解析	学習院大学	津田 岳夫	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G067	新規過酸化アルキル分解酵素の立体構造解析	東京農業大学	矢嶋 俊介	NE3A, 1A, 5A
*2013G069	自然免疫に関わるC型レクチン受容体の糖鎖認識機構の構造生物学的研究	理化学研究所	山口 芳樹	NE3A, NW12A, 17A, 1A
2013G075	ケミカルシャペロンの開発を目指したリソソーム病原因タンパク質の構造解析	徳島大学	真板 宣夫	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G084	イネより単離したヒト病原菌に対する増殖抑制タンパク質の構造生物学	新潟大学	落合 秋人	17A, 5A
*2013G085	スフィンゴ脂質合成を制御する酵素のX線構造解析	大阪市立大学	宮原 郁子	NW12A, 17A,
2013G089	反応機構の詳細を解明するための超高分解能構造決定をめざして	日本医科大学	岡本 研	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G090	TRAF結合タンパク質によるシグナル伝達機構の構造学的解明	熊本大学	中村 照也	1A
2013G093	イネ顆粒結合型デンプン分解酵素のデンプン合成反応機構の解明	農業生物資源研究所	藤本 瑞	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
*2013G097	Structures and Functions of key cytochrome P450 proteins from Mycobacterium tuberculosis	Nankai Univ.	ZHOU weihong	17A, 5A
2013G102	植物由来芳香族ポリケタイド合成酵素のX線結晶構造解析	東京大学	阿部 郁朗	5A
*2013G104	FAAP20とK63結合型Ub2量体複合体の立体構造解析	東京大学	佐藤 裕介	NW12A, 1A
2013G107	抗トリパソーマ薬開発のためのピリミジン合成に関係する酵素群の構造生物学的研究	京都工芸繊維大学	志波 智生	17A, 1A, 5A
*2013G108	Structural analysis of the signaling mechanisms of cerebral cavernous malformation pathogenesis	Institute of Biophysics	WANG Da-Cheng	17A, 5A
2013G110	Structural analysis of human mitochondria Lon and its homologues	Academia Sinica	Chung-I CHANG	NE3A, NW12A, 17A, 1A
2013G115	DNA複製開始因子と修復酵素の複合体の結晶構造解析	山梨大学	大山 拓次	NE3A, NW12A, 5A
2013G122	X線と中性子を相補的に用いて決定する高精度構造に基づく蛋白質の分子認識・反応機構解明	日本原研機構	玉田 太郎	1A
2013G126	心筋特異的サイトカインBMP-10の高分解能結晶構造解析	東京医科歯科大学	沼本 修孝	NE3A, 5A
2013G133	ヘテロシーディング法を用いた DengE3D の抗体認識部位の解析	東京農工大学	黒田 裕	NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G137	放線菌由来の転写調節因子AdpAのX線結晶構造解析	東京大学	田之倉 優	NE3A, NW12A, 5A
2013G138	細菌由来ジペプチジルアミノペプチダーゼの構造解析	岩手医科大学	阪本 泰光	17A, 1A
2013G139	ピフィズス菌特異的な糖代謝酵素群の結晶構造解析	東北大学	日高 将文	5A
2013G141	緊縮応答に関わるRSHのppGpp分解・合成の触媒機構の解析	愛媛大学	泉 厚志	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A

2013G142	シナプス形成を誘導する膜受容体の結晶構造解析	東京大学	深井 周也	1A
2013G146	オオハネモ由来集光性クロロフィルa/bタンパク質複合体(LHC II)の結晶構造解析	東邦大学	内田 朗	NW12A, 5A
2013G147	Structural studies of Cas protein complexes and their components in the CRISPR-mediated bacterial immunity	Seoul National Univ.	Euiyoung BAE	1A
2013G148	天然変性タンパク質をハブとするカルビン回路複合体のX線構造解析	大阪大学	松村 浩由	1A
2013G149	SMP30の生理学的機能解明に向けた構造解析	産総研	千田 俊哉	NE3A, 17A
2013G151	Structural analysis of the multi-functional CCR4-NOT complex	Nankai Univ.	Mark BARTLAM	17A
2013G152	菌周病原菌由来新規ペプチダーゼ群の結晶構造解析	昭和大学	田中 信忠	1A
2013G155	グラム陽性菌細胞分裂因子の立体構造解析	横浜市立大学	林 郁子	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G156	黄色ブドウ球菌ジャイレース-DNA-阻害剤の三者複合体の結晶構造学的解析	微生物化学研究会	的場 一晃	NE3A, NW12A, 17A
2013G161	構造情報に基づくFMN結合機構の解析	大阪市立大学	中西 猛	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G162	多様な糖結合能をもつレクチンZG16pの結晶構造学的研究	理化学研究所	山口 芳樹	NE3A, NW12A, 17A
2013G163	R体選択的なアミノピルビン酸アミノトランスフェラーゼの結晶構造解析	東京大学	田之倉 優	NE3A, NW12A, 5A
*2013G164	Structure determination of influenza hemagglutinin mutants and ternary norovirus polymerase complexes	Korea Univ.	Kyung Hyun KIM	17A
2013G165	ヘモシアニンの結晶構造解析	北海道大学	田中 良和	17A, 1A
2013G168	微小管依存的な逆行性輸送の制御因子複合体のX線結晶構造解析	群馬大学	寺脇 慎一	17A, 1A
2013G174	翻訳開始因子キナーゼを水酸化するOGFOD1のX線結晶構造解析	福島県立医科大学	五十嵐城太郎	NE3A, NW12A, 17A, 5A
2013G180	カイコガの脱皮・変態を制御する前胸腺刺激ホルモンの結晶構造解析	東京大学	永田 宏次	NW12A, 1A
2013G181	カイコガの性フェロモン生合成活性化神経ペプチド受容体のリガンド認識機構解明のためのX線結晶構造解析	東京大学	永田 宏次	1A
2013G183	南極海氷細菌由来不凍タンパク質の水結晶結合機構の解析	産総研	近藤 英昌	17A, 5A
2013G188	小胞体品質管理システムにおける協奏的分子メカニズムの構造基盤	自然科学研究機構	加藤 晃一	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G191	セルロースからのバイオリファイナーを旨とした糸状菌由来酸化還元酵素のX線結晶構造解析	東京大学	五十嵐圭日子	NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G192	ヒト胃がん遺伝子産生蛋白質RegIVと基質糖鎖複合体の結晶構造解析	広島大学	片柳 克夫	NE3A, NW12A,
2013G194	真菌由来セルラーゼPcCel45Aの高分解能X線結晶構造解析	東京大学	五十嵐圭日子	1A
2013G206	難溶性蛋白質の構造解析	東京大学	佐々木大輔	NE3A
2013G213	ピロリ菌発がん因子TipaによるDNA捕獲機構	京都産業大学	鶴村 俊治	NW12A
2013G215	リボ蛋白質受容体ファミリー分子によるリガンド認識・解離機構の解明	大阪大学	高木 淳一	17A, 1A
2013G219	カルシウム結合によって誘起されるヒトPAD4の活性部位形成の時分割解析	横浜市立大学	菱木 麻美	NE3A, NW12A, 17A, 1A, 5A
2013G220	二段階反応を一挙に行うポリシアル酸合成酵素の構造生物学的研究	理化学研究所	長江 雅倫	NE3A, NW12A, 17A, 1A
2013G221	SecトランスロコンマシーナリーのX線結晶構造解析	東京大学	塚崎 智也	NE3A, NW12A
2013G223	抗体等バインダーの効果的利用によるフレキシブルモジュラータンパク質の精密構造解析	大阪大学	高木 淳一	17A, 1A
2013G228	変異アクチンの結晶解析	帝京大学	若林 健之	NW12A
2013G230	Structural studies on the DNA damage signaling protein complex	Pohang Univ. of Science and	Yunje CHO	17A, 1A
2013G231	Structural Studies of Ago Mediated Gene Silencing	Institute of Biophysics	Yanli Wang	17A, 1A
2013G234	New inhibitors targeting Influenza virus neuraminidase	Institute of Microbiology	GAO George	NE3A, 17A, 1A
2013P006	NiイオンによるTarペリプラズム領域の構造変化	沖縄科学技術大学院大学	三瀬 武史	5A

## 5. 生命科学II

2013G027	孔形成タンパク質の溶液構造解析	長崎大学	郷田 秀一郎	10C
2013G028	医療等で利用可能な放射線検出器のX線照射特性評価	富山高等専門学校	高田 英治	14C
2013G029	コラーゲンペプチダーゼAM-1のX線小角散乱による基質認識・反応機構の解明	兵庫医療大学	中野 博明	10C
2013G038	crowding環境下に於けるラフトモデル膜とタンパク質の相互作用に関する研究	群馬大学	平井 光博	10C

2013G039	Tracking Metals in Cells by Metallomics: Insights into the Metal-associated Pathophysiological Processes	Institute of High Energy Physics	GAO Yuxi	4A
2013G054	X線拡大・縮小素子のX線ラミノグラフィへの応用	KEK/PF	平野 馨一	14B, 3C
2013G057	ポリフェノール添加によるキシログルカンのゲル形成機構の解明	大阪電気通信大学	湯口 宜明	10C
2013G072	X線マイクロビーム細胞質限定的に対する細胞応答 (バイスタンダー効果) 解析	放射線医学総合研究所	鈴木 雅雄	27B
2013G073	常温イオン液体混合液におけるCO <sub>2</sub> 吸収・脱離過程のその場観察	防衛大学校	阿部 洋	6A
2013G076	膜タンパク質結晶化の効率化への利用を目指した脂質立方相の光誘起相転移の研究	群馬大学	高橋 浩	6A
2013G077	四次元X線位相トモグラフィによる高分子ブレンド相分離の動的観察	東北大学	百生 敦	14C
2013G094	ポリ-L-グルタミン酸の局所構造に与える第4級アンモニウム塩の影響	日本大学	清水 繁	10C
2013G099	ドデシル硫酸ナトリウム存在下の食品関連蛋白質の構造特性評価	農業・食品産業技術総合研究機構	渡邊 康	10C
2013G101	protein A とその誘導体の溶液内構造	立命館大学	木原 裕	6A
2013G103	β構造蛋白質のフォールディングーSBD(グルコアミラーゼ)とProtein G	立命館大学	木原 裕	6A
2013G111	次世代半導体検出器MPPCを用いたガンマ線バースト偏光観測装置の性能評価	金沢大学	米徳 大輔	14A
2013G113	超臨界二酸化炭素中におけるブロックポリマーの逆秩序無秩序転移	東京大学	横山 英明	6A
2013G118	ステレオコンプレックスポリ乳酸/シリカナノハイブリッドフィルムの作製と微細構造	日本大学	伊掛 浩輝	10C
2013G129	Monitoring of folding state and oligomeric properties of retro-proteins by synchrotron small-angle X-ray scattering	Kansai Medical University	ALEXANDER Alexandrov Timchenko	6A
2013G144	小角散乱X線コントラスト変調法によるポリジメチルシロキサン系ハイドロゲルの相分離構造解析	名古屋工業大学	山本 勝宏	10C, 6A
2013G150	哺乳類卵外被糖タンパク質および金属結合タンパク質のX線小角散乱による構造解析	千葉大学	米澤 直人	10C
*2013G175	脂質メソフェーズ法の結晶化過程の解明	理化学研究所	羽藤 正勝	4A
2013G182	Teナノの階層構造とサイズ分布	富山大学	池本 弘之	6A
2013G189	X線散乱による多糖類混合ゲルの構造解析	群馬大学	榎 靖幸	10C
2013G193	二酸化炭素を吸蔵したイオン液体のゆらぎと吸蔵サイトに関する研究	千葉大学	西川 恵子	6A
2013G196	手部X線像 (RA法) での骨密度検査法に関する単色X線と診断用X線の比較	帝京大学	木村 千里	14C
2013G202	ポリエチレングリコール類を包接した高分子結晶錯体の形成過程に関する研究	大阪大学	金子 文俊	6A
2013G203	多量体化するアルギニンメチル化酵素の構造科学的解明	東京大学	清水 敏之	10C, 6A
2013G208	重質油凝集成分の溶媒中混合ゆらぎの解明	千葉大学	森田 剛	6A
2013G212	横紋筋筋節内のミオシン頭部固有の突出状態によるアクチン-ミオシン架橋の筋活性化能の変調	東京慈恵医大	竹森 重	6A
2013G214	マイクロビームを用いたミトコンドリアに対するX線照射効果の研究	長崎大学	鈴木 啓司	27B
2013G232	High energy DEI with model samples and lung tissues	Institute of High Energy Physics	CHEN Yu	14C
2013P003	ポリ乳酸のステレオコンプレックス晶・ホモ結晶からなる球晶構造のマイクロビームX線回折を用いた解析	山形大学	松葉 豪	4A
2013P004	タンパク質の粒子間に由来する散乱の観測	富山県立大学	磯貝 泰弘	10C

課題名等は申請時のものです。\*印は条件付き採択課題。

# 平成 24 年度第 2 期配分結果一覽

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14
1A	stop	T/M	T/M	T/M	T/M	T/M	T/M
2A/2C							
3A							
3B							
3C							
4A							
4B2							
4C							
5A							
6A							
6C							
7A							
7C							
8A							
8B							
9A							
9C							
10A							
10C							
11A							
11B							
11D							
12C							
13A							
14A							
14B							
14C							
15B1/15B2							
15C							
16A							
17A							
18A							
18B							
18C							
19A/19B							
20A							
20B							
27A							
27B							
28A/28B							
	stop	stop	stop	stop	stop	stop	stop
NE1A							
NE3A							
NE5C							
NE7A							
NW10A							
NW12A							
NW14A							
NW2A							
SPF							

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21
1A	E	E	E	E	E	E	E
2A/2C	調整	12G180	12G177	12G173	12G172	12G171	12G170
3A	調整	11G189	12G177 村松 康明	11G520 細川 伸也	11G128	12G625 中島	12G721 島
3A	12S2-005 中尾 裕剛	調整					12G693 中村
3B	11G599 坂間 弘						
3C	12G169 張 小威						
4A	12C212	調整	12G145 保倉 明子	11G006 上原 俊幸	12G160 江崎 美典		
4B2	12R-21 井田 隆	11G015 井田 隆		11G640 八島 正知			
4C	調整			12S2-005 中尾 裕剛			
5A	調整 12Y001 天野 靖士		12G902	12C209	11G	12G154 大	11G108 島
6A	調整	11G613 櫻井 伸一	11G123 金子 文俊	11G589 藤田 賢	11G602	11G0	
6C	調整		11G513 佐々木 聡				
7A	調整	11G657 岡林 潤		12G004 木口 学			
7C	11G666 杉山 和正	11G171 志村 玲子	12G598 香山 修身				
8A	調整		12S2-005 中尾 裕剛			10S2-004 中	
8B	12G067 藤田 賢	12P001 後藤 博正		12G091 若林 裕助			
9A	調整	11G635 柏原 輝彦	12Y020 竹内 久雄	12Y014 藤松 浩	12G158 田中 万也		
9C		12C211		12G092 一宮 優子	12G537 Hong HE		
10A	調整	12G056 栗林 貴弘					
10C	調整	12G628 川口 大樹	12G533 松村 清由	12G686 竹下 望樹	11G642 吉岡 進	12G710 吉岡 進	11G160 早井 光緒
11A	11G597 山崎 裕一						12PF-18 岡才
11B	11G622 遠藤 理					12G714 奥田 浩司	
11D	11G661 羽多野 忠						
12C		12B008 安藤 裕	12C210	11G159	11G102 鈴木 義規	11G687 山内	
13A	調整	12S2-006 吉備 淳	調整	調整	12S2-006 吉備 淳		
14A	調整 12R-22	12G156 岸本 俊二	12G184 藤原 健			11G695 田中	
14B	調整		11I008 藤森 直治				
14C	調整						
15B1/15B2	12G625 中島 伸夫					12G135 岩谷	
15C	12G624 水野 薫						
16A	調整 11G105	調整 11G105	10S2-00	11G105	10S2-00	11G105	10S2-00
17A	調整	11G027 大	12Y	12Y005	12Y011 島	11G088 島	11G
18A		12G136 松田 謙					
18B	立ち上げ実験						
18C	12G728 中山 敏子	12G889	11G584 中野 智志	11G001 川崎 晋司			
19A/19B				11G126 中村 仁			
20A	12G516 北島 昌史						
20B					P5288 KELLER Jurg	P5531 Pete	
27A	調整	11G175 平尾 法憲		12G068 下山 謙			
27B	12G732 小杉 直也	11G572 鈴木 雅雄	12G599 藤田 賢	11G572 鈴木 雅雄	12G599 藤田 賢	11G679 宇佐良 昌	
28A/28B		12G536 組頭 広志				11S2-003 尾	
	stop	T/M	T/M	T/M	E	E	E
NE1A					調整		
NE3A					調整 12G103	11G	12G544
NE5C					12G737 草場 啓治		11G648 平岡 典
NE7A					12G062 岸本 俊二		
NW10A					調整		11G183 中井 康
NW12A	調整				調整	11G570	調整 12G544
NW14A					11G608 佐々木 裕次		
NW2A					調整	12G825 尾崎 智二	12G017 KAW
SPF					10S2-003 長嶋 泰之		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28
	E	E	B	M	E	E	E
1A	調整 11G132 藤 11G5 12G985 藤 12G555 ZHANG			12G141 藤 12C 11G940 BAE Eun 11G231 RHEE Sa 12G570 藤			
2A/2C	12G625 中島 伸夫	調整 12G739		12G759 石渡 洋一			
3A	12G693 中村 将志	11G689 近藤 敏彦		11G089 近藤 敏彦 12G506 魚崎 浩平			
3B	11G599 坂間 弘			11G017 枝元 一之			
3C	12G169 張 小威			12S2-004 早稲田 篤			
4A	12P104 藤 12Y01 調整			12G652 三河内 岳		12G640 光延 聖	
4B2	11G650 三宅 亮			11G650 三宅 亮			
4C	11G597 山崎 裕一			11G597 山崎 裕一 12G128 柳原 英人			
5A	11G 12G647 藤 12Y0 11G190 藤之倉 勇			調整 12G 12G019 藤 12G587 藤原 雅夫 12G609 HEO Nam			
6A	11G029 山本 浩司 12G673 清水 祥一			12G117 奥田 浩司 12P004 池本 基之 11G682 高橋 勇			
6C	11G513 佐々木 聡			12G038 佐々木 聡			
7A	12G004 木口 12G080 富永 崇史			11G621 遠藤 理			
7C	調整 12G110 大久保 野 12G007			11G151 小松 弘典 11G164 藤山 雄之 11G510 原田			
8A	10S2-004 中尾 朗子			10S2-004 中尾 朗子 12G706 真庭 量			
8B	12G091 若村 12G552 秋津 貴城			10S2-004 中尾 朗子			
9A	12G102 松嶋 雄太	12Y013 藤原 正男		11G537 田淵 雅夫			
9C	12G705 藤井 健次 12G204			11G251 松尾 基之			
10A	12G056 栗村 12G130 宮脇 律郎			12G130 宮脇 律郎			
10C	12G572 平井 光博	11G612 藤井 伸一		調整 12G041 野島 夢一 11G633 大越 研人 11G098 藤原 康			
11A	12PF-18 岡本 淳			12G622 幸村 孝由			
11B	12G714 奥田 浩司			12S2-005 中尾 裕則			
11D	11G661 羽多野 忠			11G013 間瀬 一彦			
12C	11G687 山元 調整			12G127 越水 正典			
13A	12S2-006 吉信 淳	調整		調整 12G716 金井 夏			
14A	11G695 田中 清明			12PF-14 12G018 門叶 冬樹			
14B	12I004 蛇石 貴宏			12G521 鳥雄 大介			
14C	調整			12G699 松下 昌之助			
15B1/15B2	12G135 岩住 俊明			12G135 岩住 俊明 12G738 手塚 泰久			
15C	11G247 宇治原 徹			12G159 山口 博隆			
16A	12G588 11G105 12PF-13 11G105 調整 11G105			調整 11G678 志岐 成友			
17A	11G 11G645 藤 12G555 ZHANG 調整 11G234 K			12G132 12Y0 11G929 久 12G 11G571 藤 11G			
18A	12G136 松田 巖			12G646 望月 出海			
18B	立ち上げ実験			12-IB-012 SINGH BRAJENDRA			
18C	11G001 川崎 11G127 船守 展正			11G127 船守 展正 11G147 佐藤 友子			
19A/19B	調整			調整 11G024 福永 正則			
20A	12G516 北島 昌史			12G516 北島 昌史			
20B	P5531 Peter LAY			P5313 Barry NOLLER P5401 Mark			
27A	12G175 石山 新太郎			調整 12G732 小林 克己 11G679 宇佐			
27B	12G745 菅原 博 12G599 藤原 明雄 11G548 小島 周二			12G084 岡本 芳浩 11G034 上原 孝寛 12G723 大友 敏彦			
28A/28B	11S2-003 尾嶋 正治			11S2-003 尾嶋 正治 12G688 塚崎			
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A	調整			12G082 小林 寿夫			
NE3A	12Y0 12Y001 天野 靖士			11G548 調整 11G669 12G9 11G595 11G9 11G504			
NE5C	12G015 浜谷 望					11G652 浦川	
NE7A	11G068 松下 正			12G031 鈴木 昭夫			
NW10A	12G145 保倉 明子 11G585 12G749 日原 健士 12Y019 三浦 和也 12G655 12G644 新倉 清高						
NW12A	12G9 12Y0 12G059 藤川 博樹 11G193 12C209 11G 11G158 12G9 11G574 12G648 藤原 康						
NW14A	11G632 一柳 光平			12PF-17 藤 小威 12G778 Hyotcherl IHEE			
NW2A	12G017 KAWANO Masaki 11G505 小林 厚志			12G017 KAWANO Masaki			
SPF	10S2-003 長嶋 泰之						

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2	11/3	11/4
	E	E	B	M	HB	HB	HB
1A		11G5 11G009 藤 11G593 Hye-Yoo		12R-50 松塚 直宏			
2A/2C	調整	12P110 伊藤 敏		12PF-20 足立 純一			
3A	12G506 魚崎 11G691 中村 智樹			11G691 中村 智樹 11G610 村上			
3B	11G017 枝元 一之			11G017 枝元 一之			
3C	12S2-004 早稲田 篤			12S2-004 早稲田 篤			
4A	12G640 光延 聖 11G590 藤之倉			11G590 藤之倉 12G160 江崎 崇典 11G152 藤井 智明			
4B2	11G185 八島 正知			12G171 村本 健一			
4C	11G064 富藤 敏久			11G532 若林 祐助			
5A	12Y0 11G080 藤 12G561 藤之倉 隆 12G 11G010 藤			12G001 12G691 藤 12G139 藤 11G 11G560 藤			
6A	12G055 小嶋 智子 11G199 高橋 勇 12G209 藤原 健次			12G620 藤原 健次 12G663 藤原 佑也 調整			
6C	12G038 佐々木 聡			11G517 奥部 真樹			
7A	11G5 11G622 藤原 康 12G004 木口 学			12G004 木口 学 12G616 PANDEY Avinas			
7C	11G510 原田 12G126 龜川 孝			11G063 山田 洋次 11G619 池上 啓太 11G523 奥 康雄			
8A	12G115 藤井 瑋児			10S2-004 中尾 朗子			
8B	12G115 藤井 瑋児 11G140 池本 基之			11G643 小林 賢介			
9A	11G537 田淵 雅夫			12G152 津野 宏 11G174 高岡 昌輝			
9C	12G027 吉川 浩史 12G003 松 島太郎			11G074 藤井 昌樹			
10A	12G130 宮脇 律郎			12G130 宮脇 律郎 12G112 門島			
10C	12G735 佐藤 敏彦 12G573 田中 健史 12P007 藤原 敏彦			調整 12P105 藤原 敏彦 調整 12G545 清水 伸雄			
11A	12G622 幸村 孝由			12G058 北本 俊二			
11B	12S2-005 中尾 裕則			12S2-005 中尾 裕則			
11D	11G013 間瀬 一彦			調整			
12C	12P007 藤原 敏彦 12PF-19 藤原 祐岡			12G625 中島 伸夫 11G246 村本 健一			
13A	11G569 江島 文雄 12G670 小澤 健一			11G569 12G610 11G569 12G610 11G569 12G610 FRJ			
14A	12G063 岸本 俊二			12G062 岸本 俊二			
14B	12G521 鳥雄 大介			12P106 岩住 俊明			
14C	12G713 柳原 康 12G776 藤嶋 英夫			12G695 兵藤 一行			
15B1/15B2	12G738 手塚 泰久			12G759 石渡 洋一			
15C	12G007 加藤 有香子			12G606 深町 共榮			
16A	調整 12G128 柳原 英人 10S2-001 雨宮 健二			10S2-001 雨宮 健二 12G667 藤原 淳			
17A	12Y0 12G542 Z 11G 11G554 藤 12G542 Zhiyong			調整 12G 12G502 藤 11G 12G584 藤 12G691 Sun-Shu			
18A	12G646 望月 出海						
18B	12-IB-012 SINGH BR			12-IB-011 CHIRAM			
18C	11G147 佐藤 11G584 中野 智志			調整 12G754 藤 裕之			
19A/19B	調整			調整			
20A	12G516 北島 昌史 12G045 藤原 康一			12G045 藤原 康一			
20B	P5401 Mark RIDGWAY P5540 SALAMA			P5540 SALAMA Hazar P5433 DOC			
27A	11G679 宇佐 12G129 富田 雅典			12G079 豊田 昌宏 12G113 本田			
27B	12G627 菅原 康 12G086 岡本 芳浩 11G641 中野 正典			12G114 越 新為 12G081 岩瀬 彰宏			
28A/28B	12G688 塚崎 12G137 松田 巖			調整 11G649 東 善郎			
	E	E	B	M	E	E	E
NE1A	12G082 小林 寿夫				12G603 河内 泰三		
NE3A	11G9 12Y001 天野 靖士 12G155			12G524 12G9 11G148 11G9			
NE5C	11G652 浦川				11G245 平山 朋子		
NE7A	12G031 鈴木 昭夫			11G503 小野 宣明 12G031 鈴木 昭夫			
NW10A	12G749 日原 健士 12G032 中井 生央			12G057 柿沼 藤雄 12G526 吉朝			
NW12A	11G156 岡本 芳 12Y0 11G096 11G522 佐藤 敏彦			調整 11G158 12G748 11G9			
NW14A	12G778 Hyotcherl IHEE			12G778 Hyotcherl IHEE			
NW2A	12G017 KA 12G187 中林 耕二			11G505 小林 厚志 12G029 藤原 健二			
SPF	10S2-003 長嶋 泰之				10S2-003 長嶋 泰之		

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/5	11/6	11/7	11/8	11/9	11/10	11/11
	HB	HB	HB	M	E	E	E
1A	12R-50 松理 調整			11G180 山田 樹	11G008 藤	12G 12G093 藤	12G 12G543 X
2A/2C	12PF-20 足立 純一			11G512 柳下 明			
3A	11G610 村上 洋一		12S2-006 中尾 裕則	12S2-005 中尾 裕則			
3B	11G017 祐元 一之			12G685 遠田 義晴			
3C	12S2-004 早稲田 篤			12S2-004 早稲田 篤			
4A	12G111 高橋 嘉夫	11G016 山口 紀子		11G183 中井 泉		11006 上野 俊彦	
4B2	12G171 柿本 健一			12G140 石橋 広記			
4C	11G532 若林 祐助			12G091 若林 祐助			
5A	12R-50 松理 重典	12Y005 加藤	12G 11G067 E	調整			
6A	11G578 伊藤 耕三	11G160 鎌山 英明		12G686 竹下 宏樹	12G096 堀谷 正樹	12G668 小林	
6C	11G517 奥部 真樹			12G709 奥部 真樹			
7A	11G622 遠藤 理			調整	12G004 木口 学		
7C	12G694 早川 慎二郎	12C206		12G100 井手 本星	11G119 中川 健三	11G093 宮成 英明	
8A	10S2-004 中尾 朝子			10S2-004 中尾 朝子			
8B	11G101 下村 晋			12G140 石橋 広記			
9A	11G174 高岡 昌輝			12C202			
9C	12G181 平岡 耕一			11G176 藤沢 智	11G163 高堰 敏		
10A	12G112 門馬 綱一			12G112 門馬 綱一		12G182 長瀬	
10C	調整	11G145 郷田 秀一郎		調整	12P005 米澤 寛人	11G070 伊藤 浩明	12G554 星 敏
11A		12G135 岩住 俊明		12Y021 工藤 喜弘	11G587 宮永 崇史		
11B	12S2-005 中尾 裕則		10S2-004 中尾 朝子	10S2-004 中尾 朝子			
11D	調整			11G013 間瀬 一彦			
12C	11G246 柿本 健一	12I002 佐野 篤史		11G200 八木 一三			
13A	12G610 FRIEDLEIN Rainer			12S2-006 吉備 淳			
14A	12G062 岸本 12PF-11 井上 圭介			11G549 野田 幸男			
14B	12P106 岩住 俊明			12G134 岡本 博之			
14C	12G695 兵藤 一行			11G672 湯浅 哲也			
15B1/15B2	12G759 石渡 洋一			11G654 白澤 徹郎			
15C	12G606 深町 共榮			12G551 秋本 晃一			
16A	12G667 藤森 淳			10S2-001 兩宮 健太			
17A	11G 12G051 S 12U	12G 11G042 C		11G042 12Y0 12G189 K 12G 12G543 Xiaodan 12G139 勇			
18A							
18B	12-IB-013 BANERJEE Aritra			12-IB-013 BANERJEE		12-IB-014 M	
18C	12G679 余 瑞			12G679 余 瑞	調整	11G584 中野 智志	
19A/19B	調整			調整			
20A	12G045 藤坂 綱一			12G045 藤坂 綱一			
20B	P5433 DOONAN Christij						
27A	12G113 本田 充紀			12G079 豊田 昌宏	12G741 園谷 志郎		
27B	12G150 松浦 治明			調整	11G541 Carl SPRUNG		
28A/28B	11G649 東 善郎			12G730 石坂 香子			
	E	E	E	E	E	E	E
NE1A	12G603 河内 義三			調整			
NE3A	12Y0 12Y001 天野 靖士			11G623 12G 12G579 12G 11G087 12G			
NE5C	11G245 平山 朋子			調整		11G553 大高	
NE7A	12G031 鈴木 12G002 湯浅 哲也			11G245 平山 朋子			
NW10A	12G526 吉朝 翔		11G177 藤沢 智	11G586 宮永 崇史			
NW12A	12G 11G 12G345 11G		12C209 12Y009 12G501 Sewon		12G 11G529		
NW14A	12G520 岡 俊彦		11G607 冨田 文策				
NW2A	調整	12G705 櫻井 健次		12G160 江崎 宏美			
SPF	12G653 深谷 有雪			12G653 深谷 有雪			

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/12	11/13	11/14	11/15	11/16	11/17	11/18
	E	E	B	MA/M	E	E	E
1A	12G 11G629 12G 12G721 12G 12G132 水			11G009 12Y0 12G003 山 11G			
2A/2C	11G189 11G512 柳下 明			11G512 柳下 明			
3A	12S2-005 中尾 裕則			12G772 Nikolai SOKOLOV			
3B	12G685 遠田 義晴			11G026 櫻井 岳暁			
3C	12S2-004 早稲田 篤			12S2-004 早稲田 篤			
4A	12C212		12G652 三河内 岳	12G652 三河内 岳		12G626 伊藤 敏	
4B2	11G544 米持 悦生			11G551 植草 秀裕			
4C	12S2-005 中尾 裕則			12G128 柳原 英人		12G047 佐久	
5A	調整		12G697 勇	調整			
6A	12G 12P102 入野 寿平 12G144 曾根 隆司 調整			11G128 西川 恵子	12G121 武野 聖志	11G663 杉本 崇伸	
6C	12G709 奥部 真樹			12C202			
7A	12G173 近松 彰	11G636 大伴 真名步		11G636 大伴 真名步			
7C	12G022 大久保 貴広			12G160 江崎 宏美	11G558 朝倉 清高		
8A	10S2-004 中尾 朝子			10S2-004 中尾 朝子			
8B	11G643 小林 賢介			12G636 齋藤 一弥	12G706 真庭 豊		
9A	12C202	12G680 朝倉 清高		12G750 12G739 橋名 康史	11G250 太田 光輝	12G656	
9C	12G073 Petr KRITIL		11G116 岡部 仁	12Y023 12G749 日原 健志	11G005 原田 雅史		
10A	12G182 長瀬 敏郎			12G182 長瀬 敏郎	11G680 志村 玲子		
10C	11G509 齋藤 嘉夫	12G628 川口 大樹	12G041 野島 修一	調整	11G006 湯口 宣明	11G535 藤田 骨一	11G573 鈴木 裕平
11A	12G021 高岡 昌輝	12PF-13 武野 聖志		11G678 志岐 成友			
11B	10S2-004 中尾 朝子			10S2-004 中尾 朝子			
11D	11G013 間瀬 一彦			11G013 間瀬 一彦			
12C	11G 11G559 12G742 久貝 潤一郎			12G007 12G750 11G149 原 賢二			
13A	12S2-006 吉備 淳			12G756 山田 洋一		12S2-00	
14A	11G549 野田 幸男			11G022 石澤 伸夫			
14B	12G715 水野 薫			12G551 秋本 晃一			
14C	11G672 湯浅 哲也	12G562 安藤 正海		12G106 鈴木 芳文			
15B1/15B2	11G654 白澤 徹郎			12G122 高橋 敏男			
15C	12G551 秋本 晃一			11G032 平野 馨一			
16A	調整	10S2-001 兩宮 健太		調整			
17A	12Y0 12G180 藤	12G 12G090 竹	12R-50 松理 重典	11G123 12Y0			
18A							
18B	12-IB-014 MUKHERJEE Manabendra			12-IB-014 MUKHE		立ち上げ実験	
18C	11G620 久米 徹二			12G509 平井 寿子			
19A/19B	調整			調整			
20A	12G045 藤坂 綱一		12G089 小田切 丈	12G089 小田切 丈			
20B							
27A	12G553 馬場 祐治			12C214	12G081 岩瀬 彰宏		
27B	11G541 Carl SPRUNG			12G129 冨田 雅典			
28A/28B	11G086 横谷 尚睦			12S2-001 高橋 隆		12G075 藤森 淳	
	E	E	B	MA/M	E	E	E
NE1A	12G123 近藤 忠			調整	12G123 近藤 忠	12G162 大村	
NE3A	12G 12Y001 天野 靖士		12G065	調整	12G177 3 11G 11G148 3	12G632 Zho	
NE5C	11G553 大高			11G553 大高	11G100 井上 徹		
NE7A	11G 11G609 後藤 弘臣			11G553 大高			
NW10A	12G783 大山 剛	11G575 吉田 寿雄		調整	12G085 岡本 芳浩	12G08	
NW12A	11G 12G090 12Y0 12G 12G595			11G604 岡之倉 孝	11G 12G006 12G		
NW14A	11G607 冨田 文策	12G580 足立 伸一		12G580 足立 伸一			
NW2A	調整	12G094 朝倉 清高		12G094 朝倉 清高			
SPF	12-IMSS-1					12G725 平山 孝人	

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/19	11/20	11/21	11/22	11/23	11/24	11/25
	E	E	B	M	E	E	E
1A	12R-50 松塚 直宏			12R-50 12G		11G 11G252 堀	12G918 DOBSON
2A/2C	11G512 柳下	11G603 吉田 啓晃				12G536 組頭 広志	
3A	12G772 Nikolai SOKOLOV	11G962 和道 大樹		11G062 和道 大樹			
3B	11G026 櫻井 岳暁			11G026 櫻井 岳暁			
3C	12S2-004 早稲田 篤			12G169 張 小威			
4A	12G145 藤倉 明子	11G006 上野 敏智	12C212	12C212		12G635 飯田 厚夫	
4B2	11G551 植草 秀祐				11G015 井田 隆		
4C	12G047 佐久間 博			12G168 中村 得志			
5A	12G	12C209	12G111	11G	12G922 堀	12G614 ZHANG	
5A	12G	11G135 堀	12G614 ZHANG	12R-50 松塚 直宏	調整	11G	12G154 堀
6A	12G704 上野 敏	12G769 吉川 健作	12G704	12G166	12R-36 伊藤 健二	12G166 上野 敏	11G692 竹島 重
6A	11G689	12G228 松塚 直宏	12G514 松塚 直宏	12G119	調整	12G119 藤田 秀司	調整
6C	12C202			12C202			
6C	12C202			12C202			
7A	11G636 大伴 真名步			10S2-001 雨宮 健太			
7A	12G119 大久保 裕	12G069 永長 久寛		12G099 鈴木 秀士			
7C	12Y022 阿部 敏行	調整		10S2-004 中尾 朋子			
7C	12Y022 阿部 敏行	調整		10S2-004 中尾 朋子			
8A	12G115 熊井 玲児	12S2-005 中尾 裕則		12S2-005 中尾 裕則		11G501 守志	
8A	12G115 熊井 玲児	12S2-005 中尾 裕則		12S2-005 中尾 裕則		11G501 守志	
8B	12C203	12C206	12G911	12C204			
8B	12G705 藤井 健次	12G763 大山 剛也	11G576 吉田 寿雄		11G537 田淵 雅夫		
8B	12G705 藤井 健次	12G763 大山 剛也	11G576 吉田 寿雄		11G537 田淵 雅夫		
9A	11G680 志村 玲子			11G680 志村 玲子			
9A	11G680 志村 玲子			11G680 志村 玲子			
9C	12G705 藤井 健次	12G763 大山 剛也	11G576 吉田 寿雄	11G033	11G151 小林 弘典	12G992 一瀬 優子	
9C	12G705 藤井 健次	12G763 大山 剛也	11G576 吉田 寿雄	11G033	11G151 小林 弘典	12G992 一瀬 優子	
10A	11G160 平井 光博	12G572 平井 光博		12G604	12G686 松下 宏樹	12G605 藤井 敏夫	11G021 中野 博明
10A	11G160 平井 光博	12G572 平井 光博		12G604	12G686 松下 宏樹	12G605 藤井 敏夫	11G021 中野 博明
10C	11G678 志岐 成友			11G610 村上 洋一			
10C	11G678 志岐 成友			11G610 村上 洋一			
11A	10S2-004 中	11G690 須田山 貴亮		11G690 須田山 貴亮		12G626 伊藤	
11A	10S2-004 中	11G690 須田山 貴亮		11G690 須田山 貴亮		12G626 伊藤	
11B	11G013 間瀬 一彦			12G765 江島 文雄			
11B	11G013 間瀬 一彦			12G765 江島 文雄			
11D	12G971 CHUN WU	12C207		12R-35		12G111 高橋 嘉夫	
11D	12G971 CHUN WU	12C207		12R-35		12G111 高橋 嘉夫	
12C	調整	11G161 中山 義生		12S2-00	11G699	12S2-00	11G699
12C	調整	11G161 中山 義生		12S2-00	11G699	12S2-00	11G699
13A	11G022 石澤 伸夫			12G692 坂倉 輝俊			
13A	11G022 石澤 伸夫			12G692 坂倉 輝俊			
14A	12G551 秋本 晃一			11G032 平野 馨一			
14A	12G551 秋本 晃一			11G032 平野 馨一			
14B	12G106 鈴木 12G558 GUPTA Rajiv			12G773 関根 紀夫		11G081 渡戸	
14B	12G106 鈴木 12G558 GUPTA Rajiv			12G773 関根 紀夫		11G081 渡戸	
14C	12G122 高橋 敏男			11G530 細川 伸也			
14C	12G122 高橋 敏男			11G530 細川 伸也			
15B1/15B2	11G073 横 勝			11G073 横 勝			
15B1/15B2	11G073 横 勝			11G073 横 勝			
15C	調整	12C211	12Y023	調整	12S2-005 中尾 裕則		
15C	調整	12C211	12Y023	調整	12S2-005 中尾 裕則		
16A	調整			11G180 山田 隆	12G510 堀	12G	11G108 堀
16A	調整			11G180 山田 隆	12G510 堀	12G	11G108 堀
17A				11G	12G048 伊		
17A				11G	12G048 伊		
18A							
18A							
18B	立ち上げ実験			立ち上げ実験			
18B	立ち上げ実験			立ち上げ実験			
18C	12G509 平井 寿子	12G660 高橋 博樹		12G660 高橋 博樹			
18C	12G509 平井 寿子	12G660 高橋 博樹		12G660 高橋 博樹			
19A/19B	調整						
19A/19B	調整						
20A	12G089 小田切 文			12G089 小田切 文			
20A	12G089 小田切 文			12G089 小田切 文			
20B	P5437 Brendan KENN			P5440 Barry NOLLER			
20B	P5437 Brendan KENN			P5440 Barry NOLLER			
27A	11G079 田中 正俊			11G638 松井 利之			
27A	11G079 田中 正俊			11G638 松井 利之			
27B	12G746 渡戸 健	12G599 横 敏行	11G546 小島 周二	12G084 岡本 芳浩	11G103 岩瀬 彰宏		
27B	12G746 渡戸 健	12G599 横 敏行	11G546 小島 周二	12G084 岡本 芳浩	11G103 岩瀬 彰宏		
28A/28B	12S2-001 高橋 隆			12S2-001 高橋 隆			
28A/28B	12S2-001 高橋 隆			12S2-001 高橋 隆			
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A	12G162 大村 彰子			12G535 渡 暁	12Y022 阿部 敏行	11G545 渡 佐 秀	
NE1A	12G162 大村 彰子			12G535 渡 暁	12Y022 阿部 敏行	11G545 渡 佐 秀	
NE3A	12G 12Y001 天野 靖士			11G253 伊藤 健二	12G7	11G524	11G987
NE3A	12G 12Y001 天野 靖士			11G253 伊藤 健二	12G7	11G524	11G987
NE5C	11G100 井上	11G065 山田 明寛				11G094 今井 基晴	
NE5C	11G100 井上	11G065 山田 明寛				11G094 今井 基晴	
NE7A	11G553 大高 理			12G695 兵藤 一行			
NE7A	11G553 大高 理			12G695 兵藤 一行			
NW10A	調整	11G177 藤次 智	12G023 大久保 貴広	12R-36 伊藤 健二		11G619 村上 智太	
NW10A	調整	11G177 藤次 智	12G023 大久保 貴広	12R-36 伊藤 健二		11G619 村上 智太	
NW12A		12G	12G545	11G	12G188	12Y009 堀	12R-36 伊藤 健二
NW12A		12G	12G545	11G	12G188	12Y009 堀	12R-36 伊藤 健二
NW14A	12G580 足立	11G632 一柳 光平		12R-36 伊藤 健二	11G591 星野 学		
NW14A	12G580 足立	11G632 一柳 光平		12R-36 伊藤 健二	11G591 星野 学		
NW2A	12G094 新	調整					
NW2A	12G094 新	調整					
SPF	12G725 平山 孝人			12G725 平山 孝人			
SPF	12G725 平山 孝人			12G725 平山 孝人			

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/1	12/2
	E	E	B	M	E	E	E
1A	12R-50 松塚 直宏	12Y9	12R-50 松塚 直宏	11G9	11G943 G		12Y9 12R-50 松塚 直宏
1A	12R-50 松塚 直宏	12Y9	12R-50 松塚 直宏	11G9	11G943 G		12Y9 12R-50 松塚 直宏
2A/2C	12G536 組頭 広志						11S2-003 尾崎 正治
2A/2C	12G536 組頭 広志						11S2-003 尾崎 正治
3A	12G123 近藤 忠						12S2-005 中尾 裕則
3A	12G123 近藤 忠						12S2-005 中尾 裕則
3B	11G026 櫻井 岳暁						大学運営ST(3B)
3B	11G026 櫻井 岳暁						大学運営ST(3B)
3C	12G169 張 小威						12G643 伊藤 正久
3C	12G169 張 小威						12G643 伊藤 正久
4A	12G105 高西 陽一						12G105 高西 陽一
4A	12G105 高西 陽一						12G105 高西 陽一
4B2	11G683 西村 真一						11G683 西村 真一
4B2	11G683 西村 真一						11G683 西村 真一
4C	12R-27 山崎 裕一						12S2-005 中尾 裕則
4C	12R-27 山崎 裕一						12S2-005 中尾 裕則
5A	12G	11G135 堀	12G614 ZHANG	12R-50 松塚 直宏	調整	11G	12G154 堀
5A	12G	11G135 堀	12G614 ZHANG	12R-50 松塚 直宏	調整	11G	12G154 堀
6A	11G689	12G228 松塚 直宏	12G514 松塚 直宏	12G119	調整	12G119 藤田 秀司	調整
6A	11G689	12G228 松塚 直宏	12G514 松塚 直宏	12G119	調整	12G119 藤田 秀司	調整
6C	12C202						
6C	12C202						
7A	10S2-001 雨宮 健太						
7A	10S2-001 雨宮 健太						
7C	12G099 鈴木 秀士						
7C	12G099 鈴木 秀士						
8A	10S2-004 中	12G036 大塚 真紀					
8A	10S2-004 中	12G036 大塚 真紀					
8B	11G501 守志	10S2-004 中尾 朋子					
8B	11G501 守志	10S2-004 中尾 朋子					
9A	11G537 田淵 雅夫						
9A	11G537 田淵 雅夫						
9C	12G101 一瀬 伸之	12C204					
9C	12G101 一瀬 伸之	12C204					
10A	11G680 志村 玲子						
10A	11G680 志村 玲子						
10C	12G043 上久保 裕生	12G604 尾崎 健二					
10C	12G043 上久保 裕生	12G604 尾崎 健二					
11A	11G610 村上 洋一						
11A	11G610 村上 洋一						
11B	12G626 伊藤 敏	11G014 橋本 昇野					
11B	12G626 伊藤 敏	11G014 橋本 昇野					
11D	12G765 江島 文雄						
11D	12G765 江島 文雄						
12C	12I002 佐野 真史						
12C	12I002 佐野 真史						
13A	11G699	12S2-00	11G699	12S2-00	11G699	12S2-00	
13A	11G699	12S2-00	11G699	12S2-00	11G699	12S2-00	
14A	12G692 坂倉 輝俊						
14A	12G692 坂倉 輝俊						
14B	11G658 三好 敏喜						
14B	11G658 三好 敏喜						
14C	11G081 渡戸	12P111 佐藤 友子					
14C	11G081 渡戸	12P111 佐藤 友子					

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	12/3	12/4	12/5	12/6	12/7	12/8	12/9
	E	E	B	M	E	E	E
1A	12R-50 松塚 直宏				12R 11G645 馬	11G 12G550 神	12G083 西中 健彦
2A/2C	11S2-003 尾嶋 正治					11S2-003 尾嶋 正治	
3A	12S2-005 中	12G634 有馬 孝尚		12G634 有馬 孝尚		12S2-005 中	
3B	12G172 小澤 健一			12G172 小澤 健一			
3C	12G643 伊藤 正久			12G698 渡辺 紀生			
4A	11G581 高野	12G166 上野 聡		12G165 上野 聡	12G663 橋原 佑也		
4B2	11G015 井田 隆			11G196 朝倉 大輔	11G683 西村		
4C	12S2-005 中尾 裕則			12G096 志村 考功	10S2-004 中		
5A	12R-50 松塚 直宏		11G 11G087 田	11G107	12Y 12G191 田	12R 11G236 田	11G 11G071 田
6A	11G508 原田 雅史	12G628 川口 大輔		調整	11G119 藤崎 幸	12G034 川崎 隆平	12G053 川崎 隆平
6C	12G661 寺井 智之			11G530 細川 伸也			
7A	12G174 早川 鉄一郎			12G174 早川 鉄一郎		調整	
7C	12G625 中島 伸夫			12G738 手塚 泰久			
8A	12G115 熊井 玲児			12S2-005 中尾 裕則			
8B	12G583 赤坂 健			12G115 熊井 玲児		12G706 真藤	
9A	11G531 稲田 康宏			12C203	12G591 雨宮 健太		
9C		11G029 山本 勝宏		11G123 金子 文俊	11G199 高橋 浩		
10A	12G592 永島 真理子			12G538 中山 敬子			
10C	11G099 藤原 直人	11G557 寺島 直	12G528 橋本 秀樹	調整	12G548 清水 伸哉	11G116 藤崎 幸	12G630 武野 愛之
11A	12G120 伊藤 敬			12C211			
11B	12Y021 工藤 喜弘	11G618 土山 明		12G564 田中 隆宏			
11D	11G099 堀内 拓大			11G099 堀内 拓大			
12C	12R-23	12G687 堀 治		12C210		11G153	
13A	11G073	12G613	11G073	12G613	12S2-006 吉備 淳		
14A	11G658 三好 敏喜			12G733 林田 清			
14B	12G046 平野 穂一			12G170 張 小威			
14C	11G037 百生 敏			12G138 山田 重人			
15B1/15B2	11G675 水野 薫			12G504 小泉 晴比古			
15C	12G007 加藤 有香子			12P113 飯塚 亮			
16A	12S2-005 中尾 裕則			12PF-13	12S2-005 中尾 裕則		
17A	11G 12G742 田	12C 11G193 田	12R-50 松塚 直宏	調整	12G 11G629 田	12G 11G 12G588 田	
18A	12G639 大野 真也			11G671 重田 諭吉			
18B	立	12-IB-016 PARUKUTTYA		12-IB-016 PARUKUTTYAMMA SUJA	12-IB-0		
18C	11G147 佐藤 友子			11G147	11G127 船守 展正		
19A/19B	12G136 松田 康				11G085 矢治 光一郎		
20A	12R-19 河内 宣之		12R-20 河内 宣之		11G091 星野 正光		
20B	P5392 Chr	P5393 Rosalie HOCKING		P5393 Rosalie H	P5480 TAVAKKOLI Ehs		
27A	12G129 富田 雅典			12G113 本田 亮紀			
27B	12G599 横谷	12G129 富田 雅典		調整	11G572 鈴木 雅雄	11G679 宇佐美 啓	
28A/28B	12S2-001 高橋 隆			12G611 Walid MALAEB			
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A	12G512 陰山 洋			11G580 財部 健一	12G050 永井 隆敏		
NE3A	12G 12Y001 天野 靖士	調整		11G 12G658	11G 11G148	12R 11G092	
NE5C	11G652 浦川 啓			11G139 関根 ちひろ			
NE7A	12G015 浜谷 望			12G659 久保 友明			
NW10A	12G089 永島 久	11G579 池本 弘之			12G659	11G174 高岡	
NW12A	12G017 SONG	11G598	12G 11G025	12C209	12G 12G061 Soo Hyun	12G577	12G582 Jije Ch
NW14A	11G655 佐藤 隆	12G779 Hyotcherl IHEE					
NW2A	11G531 稲田 康宏			調整	12G077 中川 貴		
SPF	12G653 深谷 有喜			12G653 深谷 有喜			

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15	12/16
	E	E	B	M	E	E	E
1A	12R 11G680 青	12C 11G132 青	12G 12G721 青	12G531	12R 12R-50 松塚 直宏		11G012 青
2A/2C	11S2-003 尾嶋 正治				11S2-003 尾嶋 正治	12G759 石渡 洋一	
3A	12S2-005 中尾 裕則		11G683 西村 真一		11G683 西村 真一		
3B	12G172 小澤 健一				12G172 小澤 健一		
3C	12G698 渡辺 紀生				12G643 伊藤 正久		
4A	12G747 泉山 健之	11G131 朝藤 正典	12G 11G096		12P109 松浦 晃洋	12G770 水沢 多助	12G705 榎井
4B2	11G683 西村 真一	11G185 八島 正知			11G650 三宅 亮		
4C	10S2-004 中尾 朝子				12S2-005 中尾 裕則		
5A	12Y 11G248 青	12C 11G685 青	11G 12G191 青	調整	12G009 LIU Zhen	11G	12G642 青
6A	12G164 川崎 隆平	11G559 加藤 直	11G130 堀尾 友樹	調整	12G153 小島 正樹	11G185 野田 正典	11G054 Timchen
6C	11G530 細川 伸也				11G601 八方 直久		
7A	12G107 飯島 大輔	12C211			11G539 丸山 隆浩	調整	
7C	12G738 手塚 泰久				12G135 岩住 俊明		
8A	12S2-005 中	10S2-004 中尾 朝子			12G115 熊井 玲児		
8B	12G706 真藤	11G505 小林 厚志			12G718 寺嶋 一郎		11G511 美藤
9A	12G008 安藤 敏	調整	12Y	12G003 杜 良太郎	12C210	12C203	12G192 原田 誠
9C	11G 12G178 山本 勝宏		11G612 藤井 伸一		11G612 藤井 伸一	11G123 金子 文俊	11G682 高橋
10A	12G538 中山 敬子				11G662 大川 真紀雄		
10C	12G571 藤崎	11G114 清水 康	12G533 松村 清由		調整	11G087 清水 健之	11G136 杉山 正明
11A	12C211				12G117 奥田 浩司		
11B	12G564 田中 隆宏				11G656 近藤 寛		
11D	11G099 堀内 拓大				11G072 奥平 幸司		
12C	12G752 吉田 真明				12G752 吉田 真明	12G111 高橋 嘉夫	
13A	12S2-006 吉	12G568 長谷川 幸雄		12R-00	12G568	12S2-00	12G568 長谷川 幸
14A	12G733 林田 清	12G062 岸本 俊二			11G106 谷津 陽一		
14B	12G170 張 小威				12G170 張 小威		
14C	12G044 飯田 敏	12G148 竹谷 敏			12I001 佐野 健一		12G549 中村
15B1/15B2	12G504 小泉 晴比古				11G073 橋 勝		
15C	12P113 飯塚 亮				11G247 宇治原 徹		12G097 志村
16A	12S2-005 中	11G062 和達 大樹			11G597 山崎 裕一		
17A	12Y 11G117 青	12G141 青	12R-50 松塚 直宏		11G029	12Y 12Y005 加藤	12G014 木下 智樹
18A	11G671 重田 諭吉				11G671 重田 諭吉		
18B	12-IB-010 SHRIPATHI Thoudinja				12-IB-015 BASU Jaydeep		
18C	11G082 坂下 真実				11G095 武田 圭生		
19A/19B	11G085 矢治 光一郎				11G576 八田 薫一郎		
20A	11G091 星野 正光				11G091 星野 正光		
20B	P5480 TA						
27A	12G068 下山 康				11G175 平尾 法意		12G553 馬場
27B	12G088 岡本 芳雄	11G641 中田 正典	11G111 永井 隆敏		12G114 越 新為	11G103 藤原 彰彦	12G527 齊藤 量
28A/28B	12G771 Donglai FENG				12S2-001 高橋 隆		12G751 下志
	E	E	B	E	E	E	E
NE1A	11G584 中野 智志			12G123 近藤 忠			
NE3A	11G 12Y001 天野 靖士			12C116	11G 11G002	11G 11G078	12G009 LIU Zhen
NE5C	11G139 関根 ちひろ				12G015 浜谷 望		
NE7A	12G133 西原 遼				11G068 松下 正		
NW10A	11G174 高岡 昌輝	12C207		11G007 杉山 茂	12G111	調整	
NW12A	12G 12G665	12Y 12G559 豊川 豊雄	11G179	11G 11G129	調整	11G525	12G678
NW14A	12G779 Hyg	11G631 一柳 光平			11G591 星野 学		
NW2A	12G077 中川 貴	調整					
SPF	12G666 立花 隆行						

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21	12/22	12/23
	E	E	E	E	stop	stop	stop
1A	12R-50 松塚 直宏 12G748						
2A/2C	12G7	11G582 藤森 淳	12G758 豊田 智史				
3A	11G532 若林 祐助						
3B	12G172 小澤 健一						
3C	12G643 伊藤 正久						
4A	12G705 櫻井 12P112 伊藤 彰英						
4B2	11G185 八島 正知						
4C	調整						
5A	12G	12R-50 12C209	12Y008 11G	12G188 12C118			
6A	11G953 Timchen	11G550 武仲 純子	11G516 黒田 真史	12G178 山本 謙史			
6C	11G601 八方 直久						
7A	調整 11G218 PARK Jin-Seong						
7C	12G135 岩住 俊明						
8A	11G683 西村 真一	12G036 大塚 寛紀					
8B	11G511 美濃	12S2-005 中尾 裕則	11G196 藤倉 大樹				
9A	12G145 藤倉 朝子	12G752 11G644	12G111 高橋 嘉史	12R-55 黒川 貴明			
9C	11G682 高橋		11G613 櫻井 伸一				
10A	11G8 12G024 興野 純						
10C	調整	12G041 野島 修一	11G633 大城 啓人	11G099 渡邊 康			
11A	12G1 11G618 土山 明						
11B	11G656 近藤 寛						
11D	11G072 奥平 幸司						
12C	11G016 山口 紀子	12G145 藤倉 朝子	12Y013 國須 正洋				
13A	12S2-006 吉備 淳		12G568 12Y	12G568			
14A	11G106 谷津 陽一						
14B	11G166 杉山 弘						
14C	12G549 中村	12I006 小平 法美	12C211				
15B1/15B2	11G073 橋 勝						
15C	12G097 志村	11G032 平野 馨一					
16A	12G720 岩瀬 彰宏		10S2-001 兩宮 健太				
17A	11G	12G502 12Y01	11G097 12G	11G515 秀	12G083 田中 健雄		
18A	11G674 重田 諭吉						
18B	12-IB-015 BASU Jaydeep						
18C	11G555 川村 幸裕			調整			
19A/19B	11G576 八田 振一郎						
20A	11G091 星野 正光						
20B							
27A	12G553 馬場	12G741 圓谷 志郎					
27B	12C214		12G150 松浦 治明				
28A/28B	12G751 下志万 貴博		12G075 藤森 淳				
	E	E	E	E	stop	stop	stop
NE1A	12G123 近藤 忠		11G507 小野 重明				
NE3A	12	12Y001 天野 靖士			12G065		
NE5C	12G015 浜谷		12G049 永井 隆哉				
NE7A	11G068 松下 正						
NW10A	11G666 杉山 和正		11G171 志村 玲子				
NW12A	11G237 LEE Bo	12G647 武仲 純子	12Y	12Y009 鈴木	12U0		
NW14A	11G591 星野		11G608 佐々木 裕次				
NW2A	調整	11G116 阿部 仁					
SPF	12G768 和田 健						

## PF ニュースより冊子送付終了のお知らせ

平成 24 年度からの PF-UA の発足に伴い、Vol. 30 No. 1 からは PF ニュースはウェブが主体となり、PF-UA 会員への冊子の発送は行わないこととなっています。内容につきましては、今まで通り、「施設だより」や「現状」、「最近の研究から」、「研究会等の開催・参加報告」等を掲載していきますので、どうぞウェブ版となりましても、引き続きご愛読の程、宜しくお祈り致します。

発行の間隔は現状のまま年 4 回（5 月、8 月、11 月、2 月）となり、希望者には、掲載時にメールで掲載をお知らせいたしますので、どうぞ登録下さい。PF ニュースウェブページにフォームを掲載しています（※ KEK の共同利用者支援システムでユーザー登録をされた皆様には、PF メールマガが配信され、そちらにも PF News 発行のお知らせが載りますので、その方はお知らせメールの登録は必要ありません）。

PF ニュースではウェブ主体となりました今年度からウェブページをリニューアルしております。どうぞ、是非ご活用下さい。誌面は白黒印刷となりますが、ウェブ版ではオリジナル原稿を掲載しておりますので、多くの原稿がカラーで掲載されています。

PF ニュース編集委員一同

### 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 : 029-864-3202  
E-mail : pf-news@pfqst.kek.jp  
URL : <http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

## 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。

## 編集後記

今号から放射光と中性子、ミュオンを併用・融合した研究を推進するための特集記事「物構研におけるマルチプロブ研究のすすめ」が掲載されます。新たな分光手法の開発は物質科学、生命科学の分野に大きな進展をもたらし、ひいては日本の科学技術、産業の屋台骨を支える有形・無形の知的財産になるものと確信しています。PF ニュースが最新の情報を発信する役割を担えれば編集に携わったものとして嬉しい限りです。

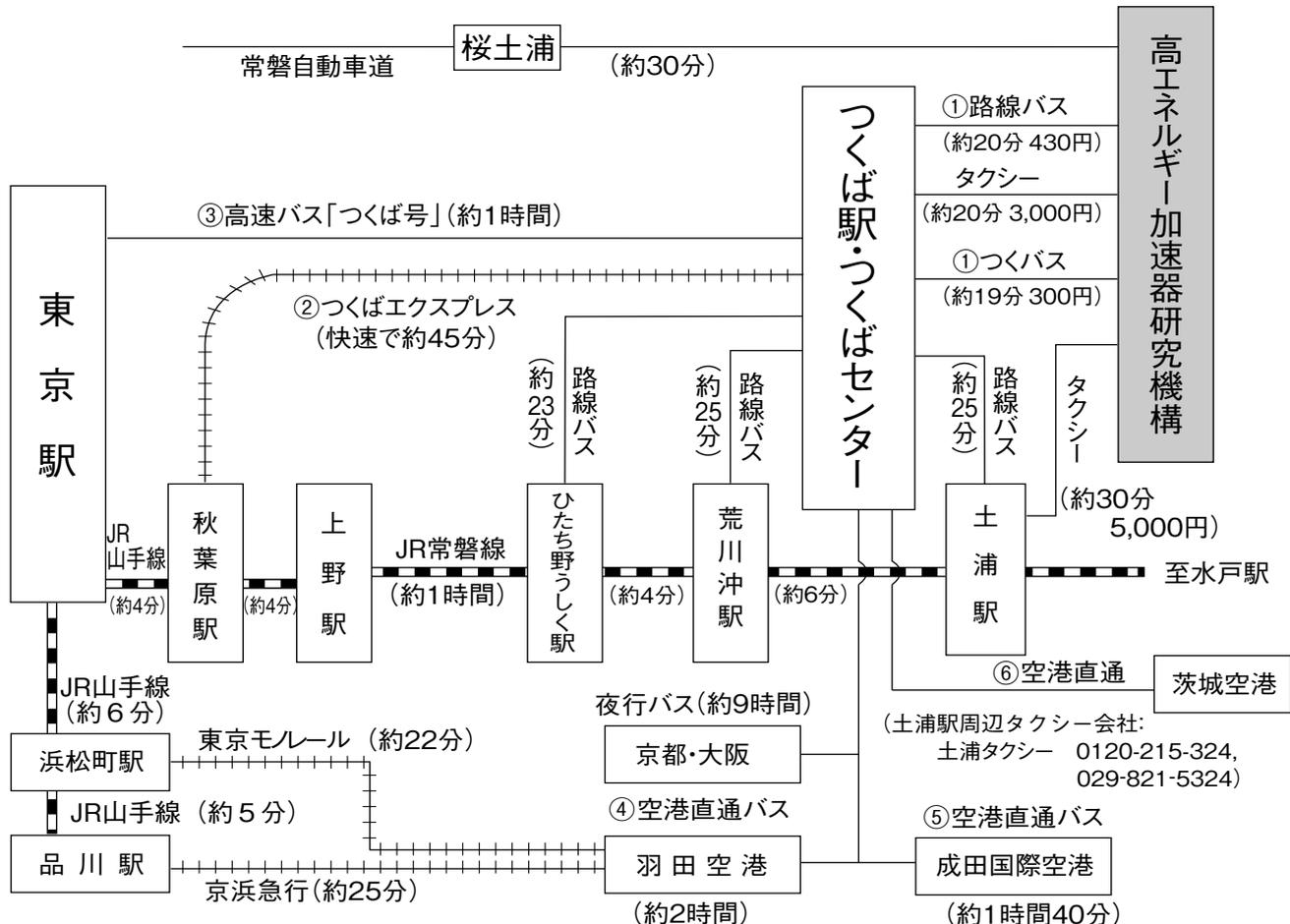
PF ニュースは最新の研究動向から放射光施設の整備状況、研究会報告、ビームライン担当者の連絡先、福利厚生施設に関することまで様々な情報が（しかも無料で）手に入るのです。なんと便利なものではありませんか。来年度からは一ユーザーとして活用させていただく予定です。

昨年度来、編集委員会に参画するようになり、如何に平素から PF スタッフの皆様にお世話頂いているか、改めて知ることとなりました。最後にこの場を借りて御礼申し上げます。（H.E.）

## \*平成 24 年度 PF ニュース編集委員\*

委員長	永長 久寛	九州大学大学院総合理工学研究院
副委員長	阿部 仁	物質構造科学研究所
委員	岡林 潤	東京大学スペクトル化学研究センター
	小野 寛太	物質構造科学研究所
	近藤 次郎	上智大学理工学部
	立花 隆行	立教大学理学部
	千葉 文野	慶應義塾大学理工学部
	野澤 俊介	物質構造科学研究所
	松垣 直宏	物質構造科学研究所
	山本 勝宏	名古屋工業大学大学院工学研究科
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所
	宇佐美徳子	物質構造科学研究所
	帯名 崇	加速器研究施設
	杉山 弘	物質構造科学研究所
	田中 万也	広島大学サステナブル・ディベロップメント実践研究センター
	濱松 浩	住友化学株式会社・先端材料探索研究所
	山崎 裕一	物質構造科学研究所

## KEK アクセスマップ・バス時刻表



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

(確認日：2013. 1. 20)

### ①つくばセンター ↔ KEK (2012年6月18日改正)

関東鉄道バス 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 C8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)

つくバス 所要時間 約20分 運賃 300円 つくばセンター乗り場3番  
HB/HA (北部シャトル)：つくばセンター→KEK→筑波山口 (筑波大学には停まりません)

下り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK	系統	つくばセンター	KEK
HB	6:55	7:13	HB	10:25	10:43	HB	14:25	14:43	C8	× 18:30	× 18:45
C8	× 7:22	× 7:37	71	× 10:30	× 10:49	HB	14:55	15:13	HB	18:55	19:13
HB	7:30	7:48	C8	10:55	11:10	71	15:00	15:19	71	× 19:05	× 19:24
C8	× 7:50	× 8:05	HB	10:55	11:13	HB	15:25	15:43	HB	19:25	19:43
HB	7:55	8:13	71	11:00	11:19	HB	15:55	16:13	71	○ 19:30	○ 19:49
18	8:10	8:32	HB	11:25	11:43	C8	16:25	16:40	71	× 19:45	× 20:04
HB	8:30	8:48	HB	11:55	12:13	HB	16:25	16:43	HB	19:55	20:13
71	8:45	9:04	71	12:00	12:19	71	16:35	16:54	C8	× 20:05	× 20:20
HB	8:55	9:13	HB	12:25	12:43	HB	16:55	17:13	HB	20:25	20:43
71	9:00	9:19	HB	12:55	13:13	C8	× 17:00	× 17:15	HB	20:55	21:13
HB	9:20	9:38	C8	○ 13:20	○ 13:35	HB	17:25	17:43	HB	21:25	21:43
C8	○ 9:35	○ 9:50	HB	13:25	13:43	71	17:30	17:49	HB	21:55	22:13
71	× 9:55	× 10:14	HB	13:55	14:13	C8	17:55	18:10	HB	22:20	22:38
C8A	× 10:00	× 10:15	C8	× 14:00	× 14:15	HB	17:55	18:13			
HB	10:00	10:18	71	14:00	14:19	HB	18:25	18:43			

18系統の土浦駅東口→つくばセンターは20分間です。

上り (×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター	系統	KEK	つくばセンター
HA	6:20	6:43	71	10:18	10:40	71	14:28	14:50	HA	18:15	18:38
71	×6:28	×6:50	C8	○10:25	○10:45	HA	14:45	15:08	71	○18:28	○18:50
HA	6:50	7:13	HA	10:45	11:08	C8	×14:50	×15:10	18	○18:45	○19:05
HA	7:15	7:38	C8	×10:55	×11:19	HA	15:15	15:38	HA	18:45	19:08
71	7:33	7:55	HA	11:15	11:38	71	15:28	15:50	C8	×18:45	×19:15
HA	7:45	8:08	71	11:28	11:50	HA	15:45	16:08	HA	19:15	19:38
HA	8:10	8:33	HA	11:45	12:08	HA	16:10	16:33	71	×19:18	×19:40
71	8:28	8:50	C8	11:50	12:10	HA	16:35	16:58	C8	×19:30	×19:50
HA	8:45	9:08	HA	12:15	12:38	71	16:58	17:20	HA	19:45	20:08
C8	×8:50	×9:14	HA	12:45	13:08	HA	17:10	17:33	HA	20:10	20:33
C8	○9:05	○9:25	HA	13:15	13:38	C8	○17:20	○17:40	HA	20:35	20:58
HA	9:20	9:43	71	13:23	13:45	C8	×17:20	×17:45	18	×20:50	×21:10
C8	×9:25	×9:49	HA	13:45	14:08	HA	17:40	18:03	HA	21:10	21:33
HA	9:45	10:08	HA	14:15	14:38	C8	×17:50	×18:15	HA	21:40	22:03
HA	10:15	10:38	C8	○14:20	○14:40	71	×17:58	×18:20			

18系統のつくばセンター→土浦駅東口は22分間です。

## ②つくばエクスプレス

(2012年10月15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	11:08	○20:00	20:46
*5:45	6:43	○10:30	11:15	20:10	21:03
○6:05	6:50	10:45	11:38	20:20	21:13
6:18	7:11	(10時~16時まで同じ)		○20:30	21:16
6:30	7:23	○17:00	17:45	20:40	21:33
6:46	7:38	17:10	18:03	20:50	21:43
○7:00	7:45	17:20	18:13	○21:00	21:46
7:12	8:05	○17:30	18:16	21:12	22:05
7:24	8:19	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	18:49	21:48	22:41
8:02	8:57	18:10	19:03	○22:01	22:47
○8:11	8:59	18:20	19:13	22:15	23:07
8:18	9:14	△18:30	19:19	22:30	23:23
○8:30	9:17	18:40	19:33	22:45	23:38
8:41	9:37	18:50	19:43	○23:00	23:45
8:56	9:50	△19:00	19:49	23:15	0:08
○9:09	9:54	19:10	20:03	*23:30	0:28
9:17	10:10	19:20	20:13	*23:45	0:43
○9:30	10:16	△19:30	20:19		
9:45	10:38	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	○9:24	10:10	○17:18	18:03	21:26	22:19
○5:28	6:13	9:31	10:25	17:20	18:13	21:41	22:34
5:32	6:24	○9:55	10:40	17:32	18:25	21:57	22:50
5:51	6:43	10:00	10:53	○17:49	18:34	22:13	23:06
6:12	7:05	○10:25	11:10	17:51	18:44	*22:27	23:25
6:32	7:26	10:30	11:23	18:01	18:54	22:40	23:33
6:40	7:33	○10:55	11:40	○18:20	19:06	22:56	23:49
△6:52	7:43	11:00	11:53	18:23	19:15	*23:14	0:11
6:56	7:51	○11:25	12:10	18:32	19:25		
7:04	7:59	11:30	12:23	○18:50	19:36		
7:11	8:07	○11:55	12:40	18:53	19:46		
△7:24	8:16	12:00	12:53	19:02	19:54		
7:27	8:23	○12:25	13:10	○19:20	20:06		
7:35	8:30	12:30	13:23	19:23	20:16		
7:43	8:38	○12:55	13:40	○19:50	20:36		
△7:53	8:46	(12時~15時まで同じ)		19:53	20:46		
7:57	8:52	16:00	16:53	○20:18	21:03		
8:12	9:05	○16:27	17:12	20:24	21:17		
△8:25	9:14	16:31	17:24	20:38	21:31		
8:31	9:24	16:42	17:35	20:51	21:44		
8:47	9:40	16:52	17:45	○21:08	21:53		
9:01	9:54	17:01	17:54	21:11	22:03		

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	9:45	10:38	○20:00	20:45
*5:45	6:42	○10:00	10:45	20:15	21:09
○6:05	6:50	10:15	11:08	○20:30	21:15
6:18	7:11	○10:30	11:15	20:45	21:39
6:31	7:24	10:45	11:38	○21:00	21:45
6:43	7:35	(10時~16時まで同じ)		21:11	22:04
○7:00	7:45	○17:00	17:45	21:24	22:17
7:12	8:05	17:15	18:09	21:36	22:29
○7:24	8:09	○17:30	18:15	21:48	22:41
7:35	8:27	17:45	18:39	○22:03	22:48
7:48	8:41	○18:00	18:45	22:15	23:08
○8:00	8:45	18:15	19:09	22:30	23:23
8:20	9:12	○18:30	19:15	22:45	23:38
○8:30	9:15	18:45	19:39	○23:00	23:45
8:50	9:42	○19:00	19:45	23:15	0:08
○9:00	9:45	19:15	20:09	*23:30	0:28
9:19	10:12	○19:30	20:15	23:45	0:43
○9:30	10:15	19:45	20:39		

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	○7:58	8:43	10:29	11:22	21:00	21:53
○5:28	6:13	8:02	8:54	○10:55	11:40	○21:28	22:13
5:32	6:24	○8:28	9:13	11:02	11:54	21:40	22:33
5:51	6:43	8:32	9:25	○11:25	12:10	21:56	22:49
6:13	7:06	8:47	9:39	11:30	12:23	22:15	23:08
6:33	7:26	○9:10	9:55	○11:55	12:40	*22:27	23:25
○6:57	7:42	9:17	10:10	12:00	12:53	22:40	23:33
7:01	7:53	9:31	10:24	○12:25	13:10	22:56	23:49
○7:28	8:13	○9:54	10:39	12:30	13:23	*23:14	0:11
7:31	8:23	10:01	10:54	○12:55	13:40		
7:41	8:34	○10:25	11:10	(12時~20時まで同じ)			

○:快速

△:通勤快速(研究学園駅にも停まります。)

無印:区間快速 \*:普通

### ③ 高速バス

### 高速バス発車時刻表 [つくば号]

(2011年6月1日改正)

運賃 東京駅 ↔ つくばセンター (← 筑波大学) : 1150円 (3枚綴り回数券3100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)

### ④⑤⑥ 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)

所要時間: 約1時間40分 運賃: 2,540円 (2008年11月20日改定)

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

(2012年10月1日改定)

所要時間: 約1時間 運賃: 1,000円 問い合わせ 029-836-1145 (関東鉄道)

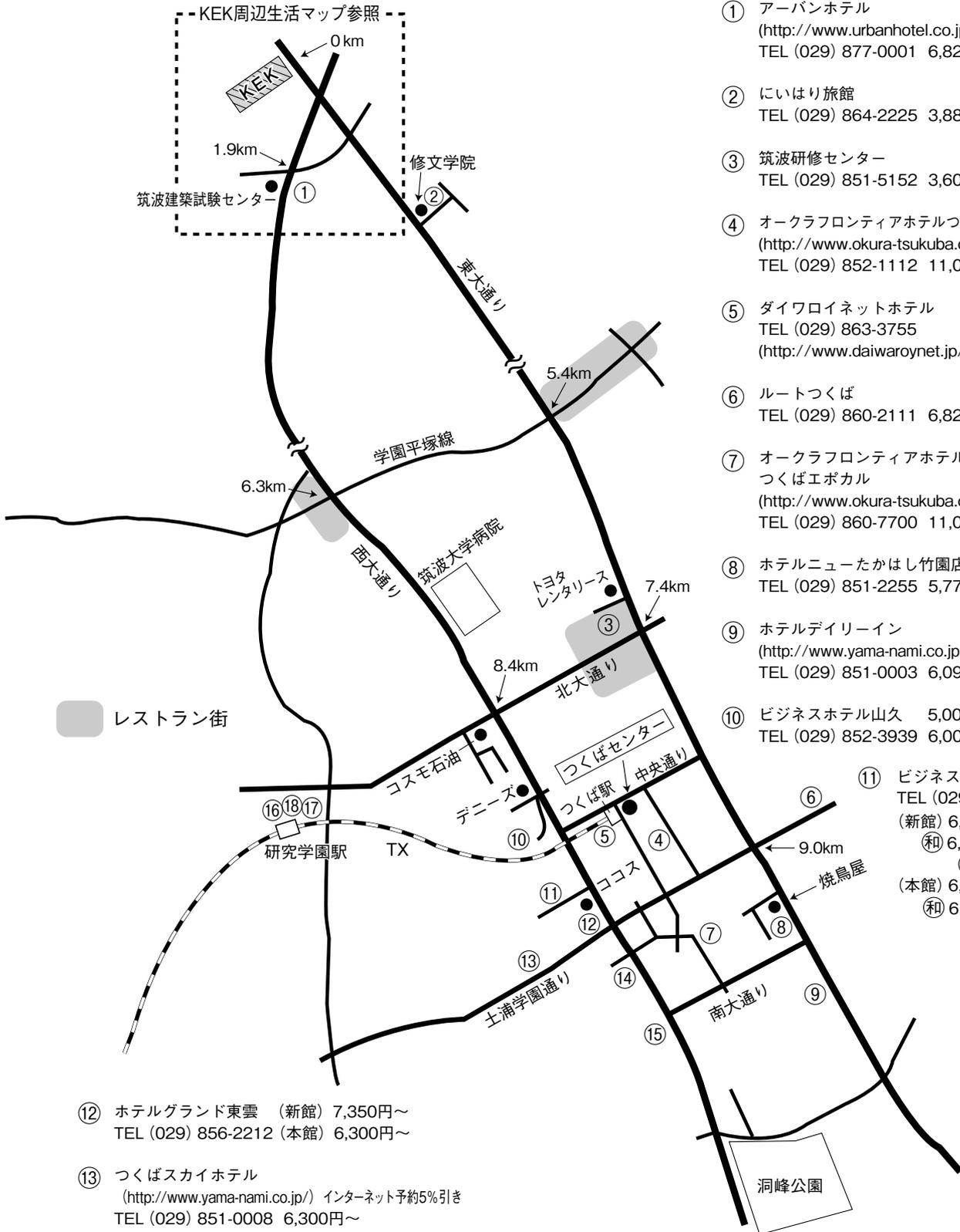
11:40	12:40
18:00	19:00

9:00	10:00
15:30	16:30

※航空便の運行状況によって、運休/時刻変更の場合があります。

# つくば市内宿泊施設

(確認日：2013. 1. 20) ※ 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～  
(和) 6,800円 (3人～)  
(風呂・2食付)  
(本館) 6,000円～  
(和) 6,300円(3人～)(2食付)

- ⑫ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～  
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑬ つくばスカイホテル  
(<http://www.yama-nami.co.jp/>) インターネット予約5%引き  
TEL (029) 851-0008 6,300円～
- ⑭ 学園桜井ホテル  
(<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>)  
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑮ ビジネス旅館二の宮  
TEL (029) 852-5811 5,000円～  
(二人部屋のみ 2食付)

- ⑯ 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
- ⑱ ホテルマークワン  
(<http://www.mark-1.jp/>)  
TEL (029) 875-7272

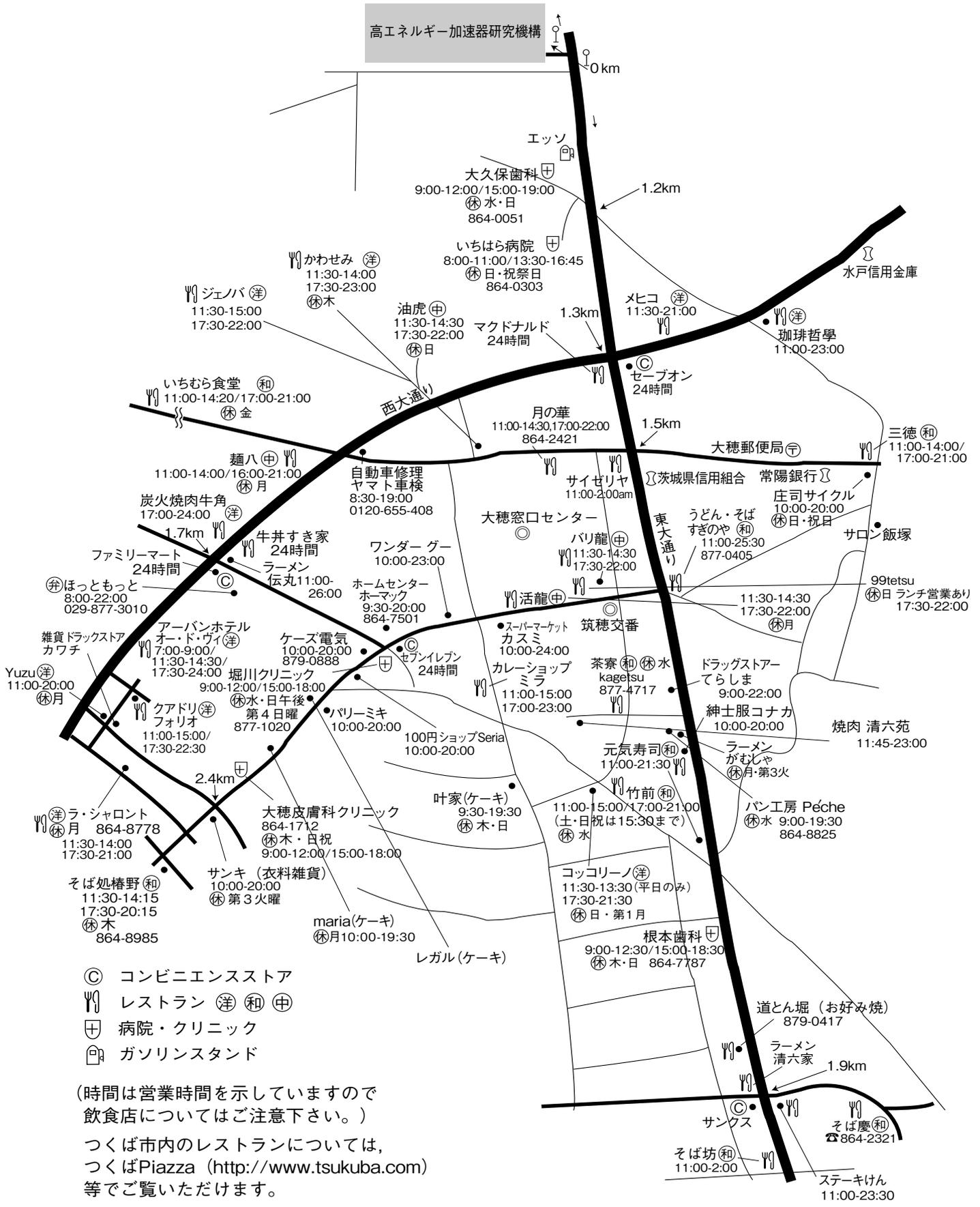
# KEK 周辺生活マップ

(確認日: 2013. 1. 20)

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22時から朝の8時までは施錠されます。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、管理人による現金での領収も可能です。

### ●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（内線 2986）

営 業 月～金 ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～13:30 夕食 17:30～19:00

### ●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）

### ●喫茶店「風来夢（プライム）」（内線 3910）

営 業 日：毎日（年末年始、夏季休業日を除く）

営業時間：7時30分～21時00分（土・休は8:00～）

（朝食）7時30分～9時30分

（昼食）11時30分～13時30分

（夕食）17時30分～21時00分

上記以外は喫茶での営業

（※清掃作業のため10時～11時は入店出来ません。）

### ●売 店（内線3907）

弁当、パン、食料品、菓子類、日用品、タバコ、お酒、雑誌、切手等、素粒子グッズの販売、クリーニング、DPE、宅配便の取次ぎ。

営 業 月～金 9:00～19:00

### ●宅配便情報

① PF に宅配便で荷物を送る場合には、下記宛先情報を宅配便伝票に必ず記載する。

【PF への荷物の宛先】 PF 事務室気付 BL-○○○（ステーション名）+受取者名

【PF-AR への荷物の宛先】 PF 事務室気付 PF-AR 共同研究棟 N○○○（ステーション名）+受取者名  
以下の情報を [shipping@pfqst.kek.jp](mailto:shipping@pfqst.kek.jp) 宛てに送る。

1. 発送者氏名、2. 所属、3. KEK 内での連絡先（携帯電話等）、4. 発送日、5. 運送業者、6. PF への到着予定日時、7. 荷物の個数、8. ステーション名

② PF-AR 地区宅配便荷物置場の移動について

2010年9月24日より、宅配便荷物置場が従来使用してきたPF-AR南コンテナハウスから、PF-AR共同研究棟（旧ERATO事務所）に移動しました。研究棟入口は、20:00～翌日8:00までの間は自動施錠されますが、ユーザーカードによる解錠は可能です。

### ●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、<http://usersoffice.kek.jp/>をご覧ください。

Tel : 029-879-6135, 6136 Fax : 029-879-6137

Email : [usersoffice@mail.kek.jp](mailto:usersoffice@mail.kek.jp)

## ビームライン担当一覧表 (2013. 2. 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</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	
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</b>	
BL-4A	●	蛍光X線分析/マイクロビーム分析	飯田	
BL-4B2	●★	多連装粉末X線回折装置	中尾	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	
<b>BL-5</b>		<b>M P W</b>	<b>Chavas</b>	
BL-5A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	Chavas	
<b>BL-6</b>		<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-6A	●	X線小角散乱ステーション	五十嵐	
BL-6C	●★	X線回折/散乱実験ステーション	河田	佐々木 (東工大)
<b>BL-7</b>		<b>B M</b>	<b>雨宮 (岡林: 東大)</b>	
BL-7A (東大・スペクトル)	◇●	軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション	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>熊井</b>	
BL-8A	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	熊井	
BL-8B	●	多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	熊井	
<b>BL-9</b>		<b>B M</b>	<b>阿部</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	阿部	
<b>BL-10</b>		<b>B M</b>	<b>五十嵐</b>	
BL-10A	●★	垂直型四軸X線回折装置	山崎	吉朝 (熊本大)
BL-10C	●	溶液用小角散乱実験ステーション	清水	
<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>菊地</b>	
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-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
<b>BL-17</b>		<b>U</b>		<b>山田</b>
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション		山田
<b>BL-18</b>		<b>B M</b>		<b>柳下 (矢治 : 東大物性研)</b>
BL-18A	◇●	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下	矢治 (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	VELAGA, Srihari (DST)
BL-18C	●★	超高压下粉末X線回折計	亀卦川	中野 (物材機構)
<b>BL-19 (東大・物性研)</b>		<b>U</b>		<b>柳下 (矢治 : 東大物性研)</b>
BL-19A	◇●	スピン偏極光電子分光実験ステーション	柳下	矢治 (東大物性研)
BL-19B	◇●	分光実験ステーション	柳下	矢治 (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	J. B. Aitken (Australia)
<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>B M</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>Chavas</b>
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	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>
SPF-A3	○	全反射陽電子回折装置	兵頭	
SPF-B1	●	低速陽電子ビーム汎用ステーション	兵頭	
SPF-B2	●	ポジトロニウム飛行時間測定装置	兵頭	

<b>【所外ビームライン】</b>	BL-7A	東大 RCS	岡林		jun@chem.s.u-tokyo.ac.jp
	BL-18A, 19	物性研	矢治	029-864-2489	yaji@issp.u-tokyo.ac.jp
	BL-18B	インド DST	VELAGA, Srihari	029-864-6237 [2628]	srihari.v@saha.ac.in
	BL-20B	オーストラリア	K. Spiers	029-864-7959 [2631]	kathryn.spiers@synchrotron.org.au

# 職 員 名 簿

2013年2月1日現在

## 物質構造科学研究所

所 長 山田 和芳 5604 [4026] kazuyoshi.yamada@kek.jp  
副所長 村上 洋一 5589 [4881] youichi.murakami@kek.jp

## 放射光科学研究施設

施設長 村上 洋一 5589 [4881] yoichi.murakami@kek.jp ◎印はグループリーダー  
放射光科学第一系主幹 伊藤 健二 5634 [4418] kenji.ito@kek.jp ○印はサブグループリーダー  
放射光科学第二系主幹 足立 伸一 6022 [4737] shinichi.adachi@kek.jp ( )は兼任メンバー  
加速器第七研究系主幹 小林 幸則 5632 [4551] yukinori.kobayashi@kek.jp  
ERL計画推進室長 河田 洋 6193 [4363] hiroschi.kawata@kek.jp

## 放射光科学第一・第二研究系

### 電子物性グループ

◎ 組頭 広志 教授 5584 [4917] hiroschi.kumigashira@kek.jp 森 丈晴 技 師 5647 [4361] takeharu.mori@kek.jp  
○ 雨宮 健太 教授 5656 [4729] kenta.amemiya@kek.jp 濁川 和幸 技 師 6196 [4434] kazuyuki.nigorikawa@kek.jp  
柳 明 教授 5660 [4449] akira.yagishita@kek.jp 豊島 章雄 技 師 5649 [4381] akio.toyoshima@kek.jp  
間瀬 一彦 准教授 6107 [4440] kazuhiko.mase@kek.jp 内田 佳伯 技 師 5644 [4599] yoshinori.uchida@kek.jp  
小野 寛太 准教授 5659 [4205] kanta.ono@kek.jp 菊地 貴司 技 師 5649 [4420] takashi.kikuchi@kek.jp  
堀場 弘司 特任准教授 5586 [2511] horiba@post.kek.jp 斉藤 裕樹 技 師 6196 [4462] yuuki.saito@kek.jp  
足立 純一 研究機関講師 5594 [4348] jun-ichi.adachi@kek.jp 田中 宏和 准技師 5644 [4799] hirokazu.tanaka@kek.jp  
岩野 薫 研究機関講師 5593 [4658] kaoru.iwano@kek.jp 永谷 康子 特別技術専門職 6196 [2654] yasukon@post.kek.jp  
酒巻 真壯 特任助教 5588 [4948] masako.sakamaki@kek.jp 前澤 秀樹 シニアフェロー 5674 [4356] hideki.maezawa@kek.jp  
井波 暢人 特任助教 5586 [4933] nobuhito.inami@kek.jp (雨宮健太, 兵藤一行, 清水伸隆, 平木雅彦, 丹羽尉博)  
豊田 智史 特任助教 5586 [4985] stoyoda@post.kek.jp  
小林 正起 特任助教 5586 [2533] masakik@post.kek.jp  
小出 常晴 シニアフェロー 5674 [4208] tsuneharu.koide@kek.jp

### 共同利用・広報グループ

◎ 兵藤 一行 准教授 6109 [4374] kazuyuki.hyodo@kek.jp  
宇佐美徳子 研究機関講師 5643 [4581] noriko.usami@kek.jp

### 低速陽電子

兵頭 俊夫 特別教授 5658 [4913] toshio.hyodo@kek.jp  
和田 健 特別助教 5661 [4914] ken.wada@kek.jp

## 加速器第七研究系

### 光源第一グループ

◎ 中村 典雄 教 授 5654 [4918] norio.nakamura@kek.jp  
小林 幸則 教 授 5632 [4551] yukinori.kobayashi@kek.jp  
神谷 幸秀 教 授 5652 [4025] yukihide.kamiya@kek.jp  
尾崎 俊幸 講 師 5241 [4230] ozaki@post.kek.jp  
土屋 公央 講 師 5675 [4596] kimichika.tsuchiya@kek.jp  
島田 美帆 研究機関講師 5611 [4614] miho.shimada@kek.jp  
原田健太郎 助 教 3880 [5630] kentshi.takahashi@kek.jp  
塩屋 達郎 専門技師 5671 [4415] tatsuro.shioya@kek.jp  
上田 明 技 師 5670 [4327] akira.ueda@kek.jp

### 光源第二グループ

◎ 坂中 章悟 教 授 5668 [4371] shogo.sakanaka@kek.jp  
梅森 健成 准教授 5653 [4733] kensei.umemori@kek.jp  
阪井 寛志 助 教 5665 [4911] hiroschi.sakai.phys@kek.jp  
高橋 毅 専門技師 5585 [4477] kentshi.takahashi@kek.jp  
篠江 憲治 技 師 3829 [4892] kenji.shinoe@kek.jp

### 光源第三グループ

◎ 本田 融 准教授 6029 [4642] tohru.honda@kek.jp  
谷本 育律 准教授 [4713] yasanori.tanimoto@kek.jp  
佐々木洋征 助 教 5585 [4743] hiroyuki.sasaki@kek.jp  
浅岡 聖二 前任技師 5667 [4367] seiji.asaoka@kek.jp

野上 隆史 技 師 5672 [4276] takashi.nogami@kek.jp

### 光源第四グループ

◎ 帯名 崇 准教授 5662 [4526] takashi.obina@kek.jp  
芳賀 開一 講 師 [4366] kaiichi.haga@kek.jp  
高井 良太 助 教 5651 [4758] ryota.takai@kek.jp  
多田野幹人 技 師 5651 [4083] mikito.tadano@kek.jp  
下ヶ橋秀典 技 師 5673 [4081] hiddenori.sagehashi@kek.jp

### 光源第五グループ

◎ 宮内 洋司 研究機関講師 5666 [4412] hiroschi.miyouchi@kek.jp  
伊澤 正陽 教 授 5669 [4370] isawa@post.kek.jp  
佐藤 佳裕 技 師 5790 [4417] yoshihiro.sato@kek.jp  
長橋 進也 技 師 5670 [4199] shinya.nagahashi@kek.jp  
田原 俊央 技 師 5666 [4508] ttahara@post.kek.jp

### 光源第六グループ

◎ 宮島 司 助 教 3880 [4647] tsukasa.miyajima@kek.jp  
本田 洋介 助 教 5665 [4927] yosuke@post.kek.jp  
山本 将博 助 教 5673 [4912] masahiro@post.kek.jp  
内山 隆司 技 師 5672 [4714] takashi.uchiyama@kek.jp

## 構造物性グループ

◎ 熊井 玲児 教 授 6024 [4977] reiji.kumai@kek.jp  
村上 洋一 教 授 5589 [4881] youichi.murakami@kek.jp  
中尾 裕則 准教授 6025 [4868] hironori.nakao@kek.jp  
亀封川卓美 講 師 5698 [4359] takumi.kikegawa@kek.jp  
山崎 裕一 助 教 6027 [4941] yuichi.yamasaki@kek.jp  
岡本 淳 特任助教 6023 [4902] jun.okamoto@kek.jp

## 物質化学グループ

◎ 村上 洋一 教 授 5589 [4881] youichi.murakami@kek.jp  
○ 阿部 仁 准教授 5683 [4972] hitoshi.abe@kek.jp  
仁谷 浩明 助 教 5444 [4900] hiroaki.nitani@kek.jp  
丹羽 尉博 技 師 5444 [4942] yasuihiro.niwa@kek.jp  
飯田 厚夫 シニアフェロー 5655 [4355] atsuo.iida@kek.jp

## 生命科学グループ

◎ 千田 俊哉 教 授 6178 [4905] toshiyu.senda@kek.jp  
加藤 龍一 准教授 6177 [4357] ryuichi.kato@kek.jp  
川崎 政人 准教授 6176 [4347] masato.kawasaki@kek.jp  
清水 伸隆 特任准教授 5595 [4937] nobutaka.shimizu@kek.jp  
史明 特任准教授 6176 [4716] fumiaki.yumoto@kek.jp  
湯本 雅明 研究機関講師 5640 [4732] masahiko.hiraki@kek.jp  
平木 史彦 助 教 5647 [4340] naohiro.matsugaki@kek.jp  
山田 悠介 助 教 5642 [4738] yama@post.kek.jp  
CHAVAS, Leonard 助 教 5642 [4901] leonard.chavas@kek.jp  
小林 克己 シニアフェロー 5655 [4353] katsumi.kobayashi@kek.jp  
(五十嵐教之, 宇佐美徳子)

## 次期光源利用グループ

◎ 河田 洋 教 授 6193 [4363] hiroschi.kawata@kek.jp  
足立 伸一 教 授 6022 [4737] shinichi.adachi@kek.jp  
平野 馨一 准教授 5596 [4572] keiichi.hirano@kek.jp  
野澤 俊介 准教授 6020 [4903] noz@post.kek.jp  
張 小威 研究機関講師 5592 [4212] zhang.xiaowei@kek.jp  
VOEGELI Wolfgang 特任助教 5707 [4932] wolfgang.voegeli@kek.jp  
(岸本俊二, 岩野 薫, 杉山 弘)

## 先端技術・基盤整備・安全グループ

◎ 五十嵐教之 准教授 5641 [4712] noriyuki.igarashi@kek.jp  
○ 小山 篤 前任技師 5646 [4362] atsushi.koyama@kek.jp  
技術副主幹  
伊藤 健二 教 授 5634 [4418] kenji.ito@kek.jp  
山本 樹 教 授 5663 [4380] shigeru.yamamoto@kek.jp  
岸本 俊二 准教授 6108 [4439] syunji.kishimoto@kek.jp  
北島 義典 講 師 5645 [4279] yoshinori.kitajima@kek.jp  
杉山 弘 助 教 5657 [4421] hiroschi.sugiyama@kek.jp  
小菅 隆 技 師 6196 [4358] takashi.kosuge@kek.jp  
技術副主幹

## 構造生物学研究センター

センター長	(併)千田 俊哉	教授	6178	[4905]	toshiya.senda@kek.jp
	(併)加藤 龍一	准教授	6177	[4357]	ryuichi.kato@kek.jp
	(併)五十嵐 教之	准教授	5641	[4712]	noriyuki.igarash@kek.jp
	(併)川崎 政人	准教授	6176	[4347]	kawasaki@pfweis.kek.jp
	(併)清水 伸隆	特別准教授	5657	[4937]	nobutaka.shimizu@kek.jp
	(併)湯本 史明	特任准教授	6176	[4716]	fumiaki.yumoto@kek.jp
	(併)平木 雅彦	研究機調講師	5640	[4732]	masahiko.hiraki@kek.jp
	(併)松垣 直宏	助教	5647	[4340]	naohiro.matsugaki@kek.jp
	(併)山田 悠介	助教	5642	[4738]	yama@post.kek.jp
	(併)CHAVAS, Leonard	助教	5642	[4901]	leonard.chavas@kek.jp
	牧尾 尚能	ポスドク	6176	[2677]	makio@post.kek.jp
	MILLER, Simon	ポスドク	6181	[4965]	simon.miller@kek.jp
	GALLAT, Francois-Xavier	ポスドク	6181	[2534]	gallat@post.kek.jp
	小川 直人		6181		
	原田 彩佳		6181		aharada@post.kek.jp
	岸田 康平		6181		kkishida@post.kek.jp
	桑原 直之	研究員	3240	[2684]	naoyuki.kuwabara@kek.jp
	若槻 壮市	研究員	5631		soichi.wakatsuki@kek.jp
	千田 美紀	研究員	6181		miki.senda@kek.jp
	鈴木 喜大	研究員	6181		nobuhiro.suzuki@kek.jp
	赤井 祐介	研究員	6181		yusuke.akai@kek.jp
	羅 羽華	研究員	6181		yuhua.lo@kek.jp
	(併)中村 健介	総研大	6181	[2706]	kensuke@post.kek.jp
	櫻井 哲也	講義大学院生	3240	[2721]	Sakurait@post.kek.jp
	銭谷 智子	研究支援	5648	[2671]	tomoko.zeniya@kek.jp
	青木 民枝	研究支援	6181		tamie@post.kek.jp
	笹島久美子	研究支援	5648	[2629]	sasajima@post.kek.jp
	渡部 正景	研究支援	5714	[2683]	shokei@post.kek.jp
	海老沢律子	研究支援	5648	[2510]	ebisa@post.kek.jp
	鮎川理恵子	研究支援	6178	[2513]	rieko.sukegawa@kek.jp
	太田 智弥	研究支援	6181	[2606]	oota@post.kek.jp
	内藤 眞志	研究支援	5714	[2681]	in-naito@post.kek.jp
	石川 銀	研究支援	5631	[2690]	gin.ishikawa@kek.jp
	田中 牧子	研究支援	5648	[2618]	tmakiko@post.kek.jp
	佐々木妙子	研究支援	6181	[2660]	taekos@post.kek.jp

## 構造物性研究センター

センター長	(併)村上 洋一	教授	5589	[4881]	youichi.murakami@kek.jp
	(併)河田 洋	教授	6193	[4363]	hiroshi.kawata@kek.jp
	(併)瀬戸 秀紀	教授	6228	[4039]	hideki.seto@kek.jp
	(併)神山 崇	教授	5612	[4272]	takashi.kamiyama@kek.jp
	(併)大友 季哉	教授	5615	[4333]	toshiya.otomo@kek.jp
	(併)門野 良典	教授	5625	[4715]	ryosuke.kadono@kek.jp
	(併)足立 伸一	教授	6022	[4737]	shimichi.adachi@kek.jp
	(併)熊井 玲児	教授	6024	[4977]	reiji.kumai@kek.jp
	(併)組頭 広志	教授	5584	[4917]	hiroshi.kumigashira@kek.jp
	(併)雨宮 健太	教授	5656	[4729]	kenta.amemiya@kek.jp
	(併)小野 寛太	准教授	5659	[4205]	kanta.ono@kek.jp
	(併)中尾 裕則	准教授	6025	[4868]	hironori.nakao@kek.jp
	(併)伊藤 晋一	准教授	5616	[4451]	shimichi.itoh@kek.jp
	(併)小嶋 健児	准教授		[4613]	kenji.kojima@kek.jp
	(併)阿部 仁	准教授	5683	[4972]	hitoshi.abe@kek.jp
	(併)堀場 弘司	特任准教授	5586	[2511]	horiba@post.kek.jp
	(併)亀卦川卓美	講師	5592	[4359]	takumi.kikegawa@kek.jp
	(併)岩野 薫	研究機調講師	5593	[4658]	kaoru.iwano@kek.jp
	(併)横尾 哲也	研究機調講師	6191	[4329]	tetsuya.yokoo@kek.jp
	(併)幸田 章宏	研究機調講師	5603	[4585]	coda@post.kek.jp
	(併)山田 悟史	助教		[4274]	yamadan@post.kek.jp
	(併)山崎 裕一	助教	6027	[4941]	yuichi.yamasaki@kek.jp
	(併)岡本 淳	特任助教	6023	[4902]	jun.okamoto@kek.jp
	(併)貞包 浩一朗	博士研究員		[4720]	sadakane@post.kek.jp
	(併)須田山貴亮	博士研究員	6023	[4938]	takaaki.sudayama@kek.jp
	川名 大地	研究員	6026	[4176]	kawanad@post.kek.jp
	小林 賢介	研究員	6026	[4961]	kensuke.kobayashi@kek.jp
	高橋由香利	研究員	6256	[2687]	yukari.takahashi@kek.jp
	竹村 謙一	研究員	6027	[2504]	takemura.kenichi@nims.go.jp
	平石 雅俊	研究員	6028	[4665]	hiramasa@post.kek.jp
	(併)小出 常晴	シニア	5674	[4208]	tsuneharu.koide@kek.jp
	(併)和達 大樹	共同研究員	6027	[2632]	
	山浦 淳一		5633	[2531]	
	小糸 由希子	研究支援	5589	[2635]	koito@post.kek.jp

## ポスドク等

米村 博樹	博士研究員	5699	[4677]	Hiroki.yonemura@kek.jp
須田山貴亮	博士研究員	6023	[4938]	takaaki.sudayama@kek.jp
坂井 延寿	博士研究員	5586	[4956]	enju@post.kek.jp
武市 泰男	博士研究員		[4909]	yasuo.takeichi@kek.jp
藤 篤志	研究員		[4904]	tosato@post.kek.jp
松本 正	研究員	6106	[4210]	tadashi.matsushita@kek.jp
富田 文菜	学振特別研究員	6185	[2698]	atomita@post.kek.jp
日隈 聡士	学振特別研究員	6105	[2617]	hinokuma@post.kek.jp
竹村 謙一	研究員	6027	[2504]	takemura.kenichi@nims.go.jp
高橋由香利	研究員	6256	[2687]	yukari.takahashi@kek.jp
SPIERS, K	招聘研究員	3891	[2631]	kathryn.spiers@synchrotron.org.au
望月 出海	研究員	5661	[2514]	mochizu@post.kek.jp

## 総研大大学院生

中村 健介	D5	6181	[2706]	kensuke@post.kek.jp
Wu, Yanlin	D3	5568	[2702]	wuyanlin@post.kek.jp
井上 圭介	D1	5568	[2977]	keisuke@post.kek.jp

## 特別共同利用研究員

八巻 佑樹	東北大		[2675]	
中野 元善	東工大	5568	[2694]	
鈴木 尉浩	弘前大		[2515]	
玉光 雅智	東大	5586		

## 共同研究員

小谷 章雄	5639			kotani@post.kek.jp
鈴木 功	5639	[2692]		suzukii@post.kek.jp
佐古 惠理香				erika@post.kek.jp
星野 学	6185			
和達 大樹	6027	[2632]		
上原 広充	5636	[2507]		uehara@cat.hokudai.ac.jp
吉村 順一	5639			junyoshi@post.kek.jp
上村 洋平	5636	[2688]		yuemura@post.kek.jp
上松 公平	5586			
山浦 淳一	5633	[2531]		
原田 彩佳	6181			aharada@post.kek.jp
岸田 康平	6181			kkishida@post.kek.jp

## 協力研究員

深井 有	5639			fukai@iis.u-tokyo.ac.jp
門野 利治	5707	[2509]		
坂部 知平	3718	[2641]		sakabe.dsb@sbsp.jp
坂部 貴和子	3719			
小川 直人	6181			

## 先端研究施設共用促進事業

古室 昌徳	5298	[2506]		komurom@post.kek.jp
西野 潤一	5299	[4946]		nishinoj@post.kek.jp
高橋由美子	5299	[4940]		yumikot@post.kek.jp
脇坂 祐輝	5299	[2686]		ywaki@post.kek.jp

## 研究支援

鈴木 和恵	5584	[2621]		ksuzuki@post.kek.jp
飯塚 敏江	5643	[2611]		toshie@post.kek.jp
廣岡 京子	5658			kyohiro@post.kek.jp
北村 未歩	5586			mkita@post.kek.jp

## 物構研事務室

永田 直美	(4号館)	5602	[4675]	naomi.nagata@kek.jp
菊池 明美	(放射光)	5635		akemi@mail.kek.jp
渡辺ゆり子	(放射光)	5635		yuriko.watanabe@kek.jp
外山 久子	(放射光)	5635	[2627]	htoyama@post.kek.jp
三隅 容子	(4号館)	5602	[2668]	misumi@post.kek.jp

## 秘書室

山崎多鶴子	(放射光)	5635	[2669]	tazukoy@post.kek.jp
森 史子	(4号館)	5196	[2626]	fumiko@post.kek.jp
高橋 良美	(4号館)	5196	[2619]	tyoshimi@post.kek.jp
平田亜紀子	(4号館)	5602	[2679]	akiko.hirata@kek.jp

## 物構研広報コーディネイター

餅田 円	(4号館)	6256	[4721]	madoka.mochida@kek.jp
------	-------	------	--------	-----------------------

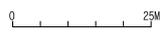
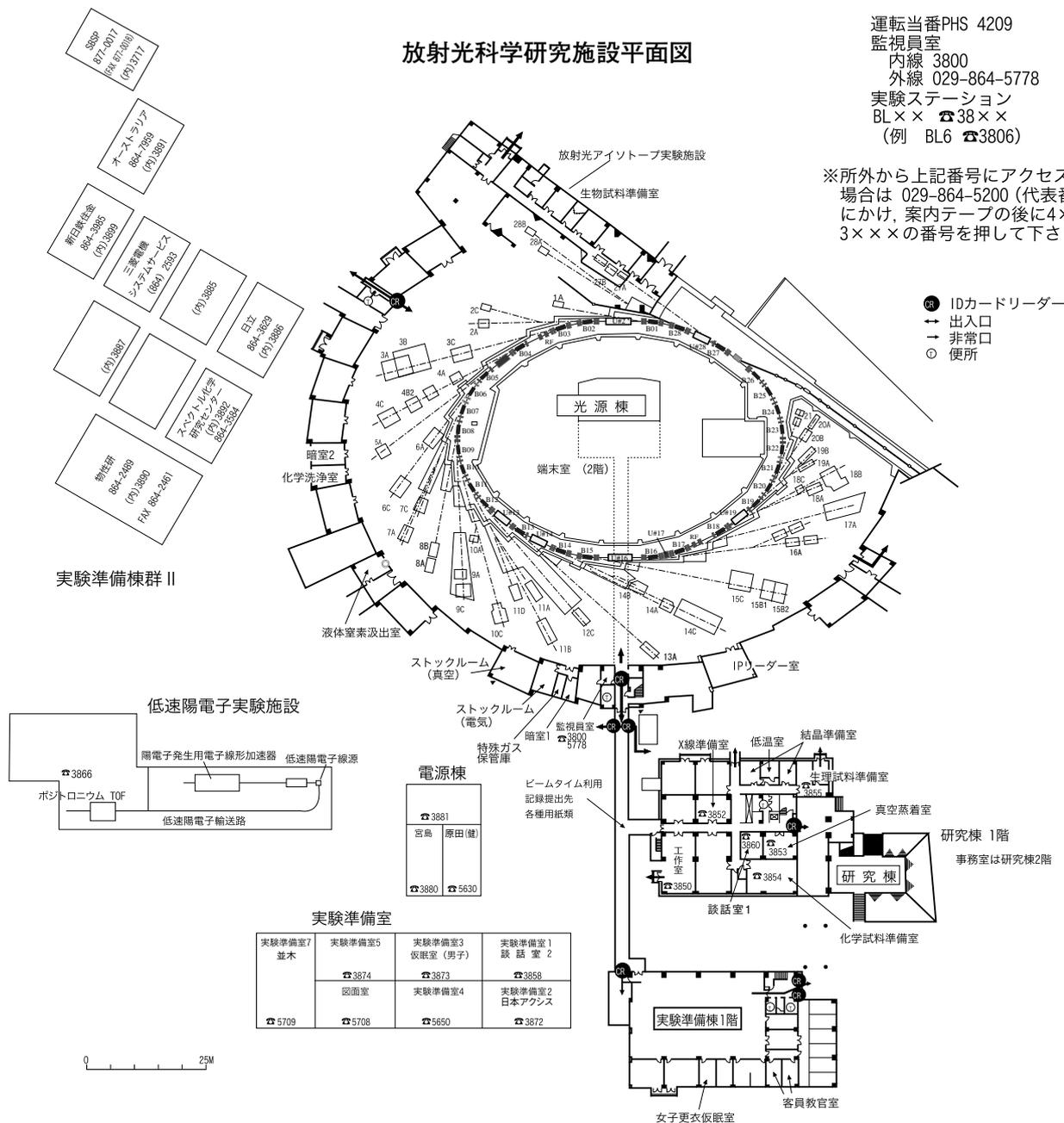
- 注1. 5XXX及び6XXXの4桁の数字は居室の電話番号です。所外から居室に電話をかける場合には、029-864-5XXXまたは029-879-6XXXになります。
2. 3XXXは内線番号です。所外からの場合は029-864-5200に続けてダイヤルするとつながります。
3. かつこ内の4桁の数字はPHSの番号です。所内では内線番号と同じ扱いですが、所外からの場合は代表番号の029-864-5200にかけると案内テーブルが流れますのでその案内に従ってPHSの番号を押して下さい。

# 放射光科学研究施設平面図

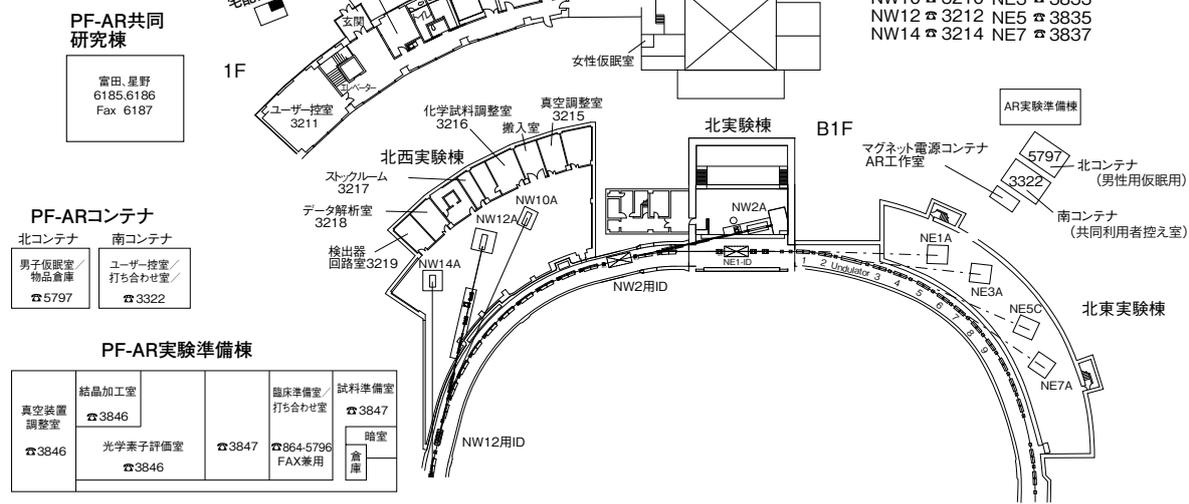
運転当番 PHS 4209  
 監視員室  
 内線 3800  
 外線 029-864-5778  
 実験ステーション  
 BL×× ☎ 38××  
 (例 BL6 ☎ 3806)

※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。

- IDカードリーダー
- ↔ 出入口
- 非常口
- 便所

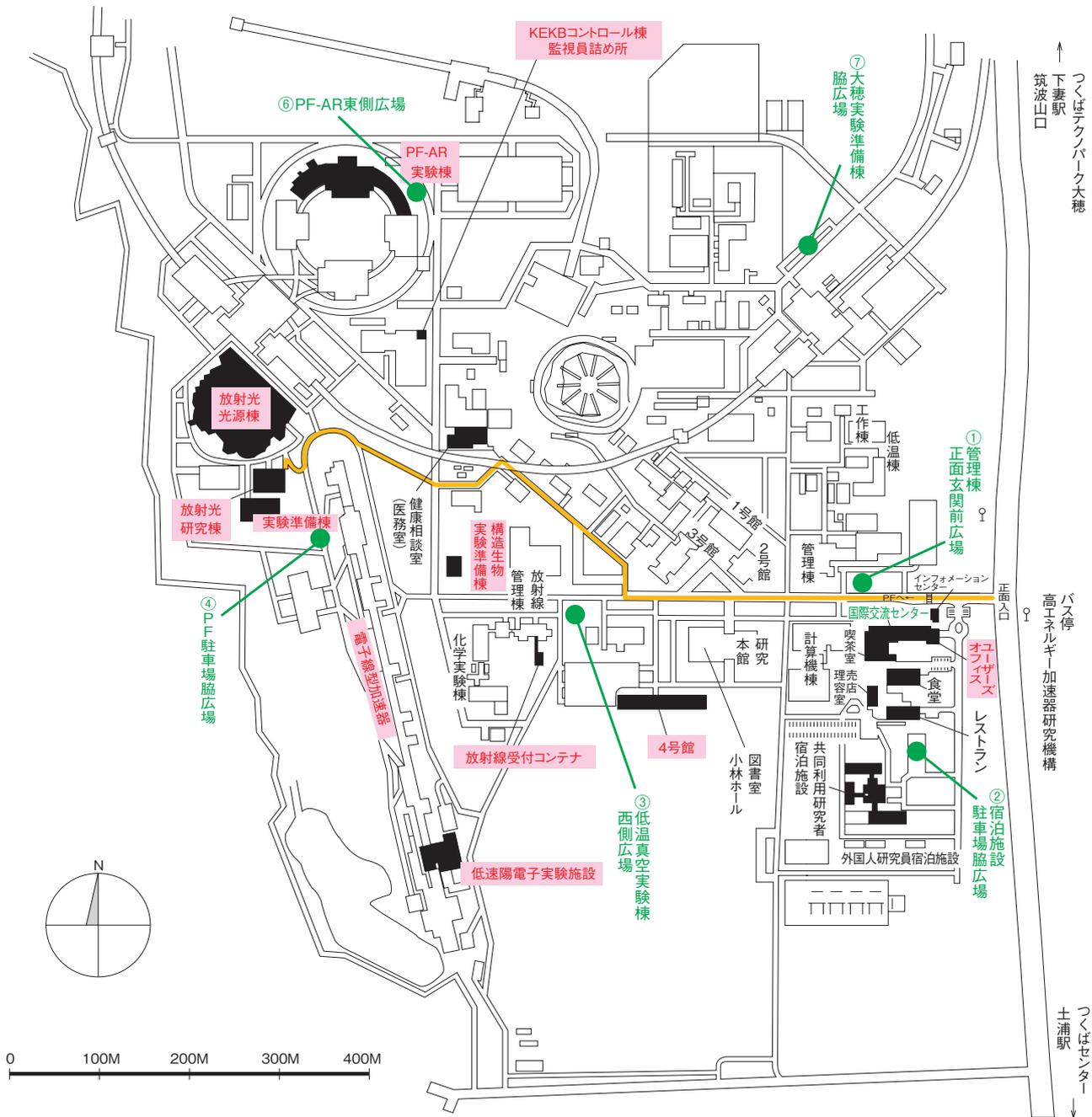


## PF-AR平面図



# 高エネルギー加速器研究機構平面図

(物質構造科学研究所 放射光科学研究施設関係分)



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

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

