

PHOTON FACTORY NEWS

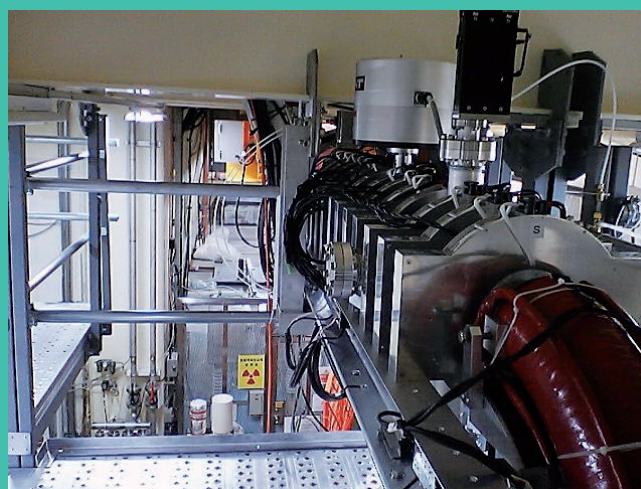
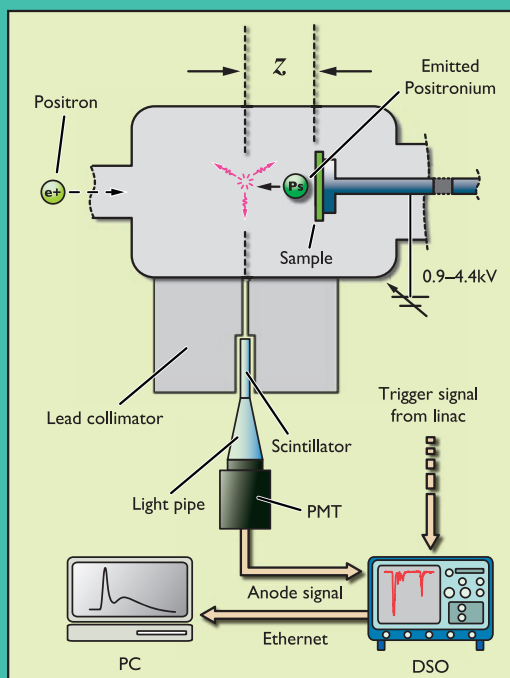
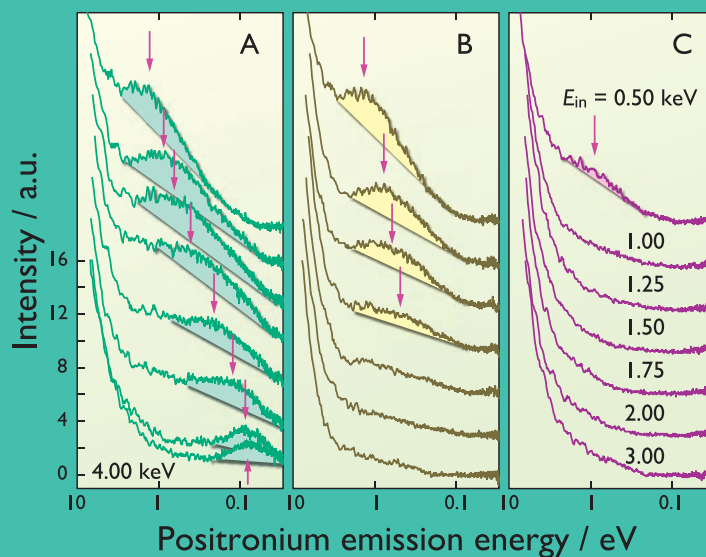
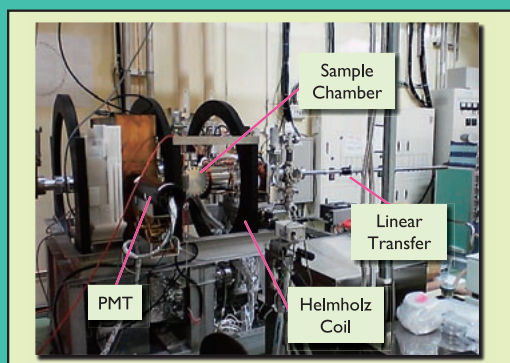
<http://pfwww.kek.jp/publications/pfnews/>

Vol.24 No.3
NOV 2006

■ 位相差X線マイクロCTと蛍光X線マイクロCTによる低コントラスト生体微細構造の可視化と3次元元素マッピングの試み



■ 高強度陽電子ビームを利用したポジトロニウム飛行時間分光法による先端材料ナノ空孔分析



目 次

施設だより	若槻 壮市	1
現 状		
入射器の現状	榎本 収志	3
PF光源研究系の現状	春日 俊夫	4
放射光科学第一・第二研究系の現状	野村 昌治	5
ERL計画推進室報告	河田 洋	7
SGUビームライン新BL-3A建設の現状	若林 裕助	8
新BL-16可変偏光軟X線ビームラインの建設	伊藤 健二	9
ERATO便り：その(7)	野澤 俊介, 足立 伸一	10
プレスリリース 創薬に向けたタンパク質X線結晶構造解析ビームラインの設置		11
お知らせ		
平成19年度前期フォトン・ファクトリー研究会の募集	若槻 壮市	11
人事異動・新人紹介／予定一覧		12
運転スケジュール		13
最近の研究から		
位相差 X 線マイクロ CT と蛍光 X 線マイクロ CT による低コントラスト生体微細構造の可視化と 3次元元素マッピングの試み	星野真人, 渡辺紀生, 青木真雄	14
Visualization and Three Dimensional Element Mapping of Low Contrast Biological Micro Tissues Using Phase Contrast X-ray Micro CT and X-ray Fluorescence Micro CT		
高強度陽電子ビームを利用したポジトロニウム飛行時間分光法による先端材料ナノ空孔分析	伊藤賢志, 于 潤升, 佐藤公法, 平田浩一, 小林慶規, 栗原俊一	19
Nanopore Analysis of Advanced Materials by Positronium Time-of-Flight Spectroscopy Based on An Intense Positron Beam		
研究会等の報告／予定		
第24回PFシンポジウムのお知らせ	間瀬 一彦	25
「埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ2006」報告	桜井 健次	25
「埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ2006」に参加して	矢代 航	27
「X線・中性子による quick 反射率法の展望－表面や埋もれたナノ構造の変化を追う(Ⅱ)」 シンポジウム報告	桜井 健次	27
「X線・中性子による quick 反射率法の展望－表面や埋もれたナノ構造の変化を追う(Ⅱ)」 に参加して1	矢代 航	28
「X線・中性子による quick 反射率法の展望－表面や埋もれたナノ構造の変化を追う(Ⅱ)」 に参加して2	矢野 陽子	29
第9回XAFS討論会の報告	脇田 久伸, 栗崎 敏	29
ユーザーとスタッフの広場		
ICESS10参加報告	解良 聡	30
第13回小角散乱国際会議に参加して～いち実行委員の立場から～	櫻井 伸一	31
PFトピックス一覧(7月～9月)		34
PF懇談会だより		
平成18年度PF懇談会講習会「放射光利用研究基礎講習会」の報告	足立 伸一	34
PF 懇談会入会のご案内		35
掲示板		
放射光セミナー・物構研セミナー		35
第13回物質構造科学研究所運営会議次第		35
施設留保ビームタイム採択課題一覧(2006年度前期)		36
内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧(2006年度前期)		36
編集委員会から		37
巻末情報		38

(表紙説明) [左図] KEK LINAC 低速陽電子実験施設に設置されたポジトロニウム飛行時間分光装置と測定原理。試料表面近くに打ち込まれた陽電子から形成した陽電子・電子の束縛状態であるポジトロニウムの放出エネルギーを測定できる。

[右上図] 陽電子注入エネルギーを変化させ測定した Low-k 膜表面から放出したポジトロニウムのエネルギースペクトル。開放ナノ空孔量増加 (A>B>C) に伴い、ポジトロニウムの放出強度および放出深さが増大し、空孔量が最も大きい膜 (A) では注入エネルギーが 4.0 keV のときの放出ポジトロニウムはほぼ熱化することが確認できた。

[右下図] 低速陽電子専用加速器(放射線発生装置の表示の奥, コンクリートの放射線シールドの内部) および低速陽電子ビームラインから分岐された透過型陽電子顕微鏡用拡張ライン (中二階)。
(最近の研究から「高強度陽電子ビームを利用したポジトロニウム-飛行時間分光法による先端材料ナノ空孔分析-」より)

施設だより

放射光科学研究施設長 若槻壮市

新執行部発足から早くも半年がたちました。今回は、前号でご報告しました放射光戦略ワーキンググループ (WG) やグループ化、ビームライン関係の進展等についてご報告させていただきます。

放射光戦略 WG

それまで PAC のもとにあった研究計画検討部会にかわり、本年 6 月の物質構造科学研究所運営会議で所長の諮問機関として了承された放射光戦略 WG の活動を開始するにあたり、まずは以前の研究計画検討部会内部委員を中心に放射光戦略 WG 内部委員会を立ち上げ、PF 内部での議論を進めることにいたしました。7 月から 9 月にかけて、Projects XYZ (前号参照) の公聴会も含めてこの内部委員会を計 6 回開催いたしました。この間、メンバーシップの変遷、また、私の不手際による関連ユーザーの方々との連絡不足等で若干の紆余曲折がございましたが、後に述べます製薬ビームラインの建設、ビームラインの新規建設・統廃合の考え方、Projects XYZ のプライオリティーづけなどについて活発な議論を重ねてまいりました。

10 月 20 日には外部委員の先生方にお越しいただき第 1 回放射光戦略 WG を開催し、それまでの経過報告と、製薬ビームライン建設プロポーザルについてご議論いただきました。日程の都合上、外部委員としては坂田誠先生、高田昌樹先生、雨宮慶幸先生、三木邦夫先生の 4 人にご参加いただきましたが、PF の運営体制、ビームライン統廃合の進め方、Projects XYZ などについて、重要なご指摘、アドバイスを数多くいただき、本 WG が今後の PF の方向性を議論していく上で非常に貴重な場となるであろうことを確信いたしました。

後述の新たなグループ体制発足後は、放射光戦略 WG の内部委員の見直しを行い、グループリーダーを中心とした比較的小規模なものとして再編成し、ビームライン建設・統廃合、協力ビームラインのあり方、PF 執行部の提案するアクションプランについての議論などを積み重ね、第 2 回以降の放射光戦略 WG に望みたいと思います。

グループ化

4 月以来 10 月発足を目標にして協議を続けてきている PF のグループ化はかなり時間がかかっていますが、ようやく最終段階の調整に入ってきました。光源系については既に、電子軌道、高周波加速、真空・ビームチャンネル、ビームインスツルメンテーション、挿入光源、に再編した上で新しく将来光源グループを設け、計 6 グループ構成とすることにしました。その第一弾としてビームインスツルメンテーション、挿入光源の各グループのグループリーダー

(教授)、電子軌道グループ助手のポストについて人事公募を行い、それぞれ、三橋利行、山本樹、宮島司氏の 3 氏が着任いたしました。将来光源グループについては、次のフェーズの光源系人事で整備していく予定です。

放射光科学第一、第二研究系 (利用系) についても、グループ化の最終段階に入っていますが、電子物性、構造物性、生命科学、イメージングやダイナミクスなど将来光源を積極的に利用するサイエンスを展開するグループと、大学共同利用機関として先端技術・基盤整備・安全を担当するグループ、さらに、共同利用・広報を担当するグループを新たにつくり、それぞれのスタッフの役割分担を明確にしながらかつて新体制を形成していきます。特に後者 2 グループについては大学共同利用機関としての PF の運営・維持・改良にとって極めて重要であることから、各グループのミッションを教員・技術職員の評価基準としても取り入れた人事運営を行っていきます。また、この 2 グループに所属する教員については各自の研究も遂行できるよう、必要に応じて電子物性、構造物性、生命科学、将来光源 (仮称) のいずれかにも所属し、共同利用と研究 (開発) のエフォート率を明確にした上で、利用系全体としてのグループ体制を築きたいと考えています。

PF 懇談会との連携、ユーザーグループとのディスカッション

こうして PF 内部の新グループ体制が動き始める過程で、PF 懇談会との連携が非常に重要と考えていることは前回述べさせていただきました。8 月 2 日のユーザーグループ代表者会議では、PF のグループ化に伴ってユーザーグループとの対応をどうとっていくか、ビームライン建設・統廃合の議論の進め方などについて活発な議論をいただきました。ビームライン統廃合の議論を進める上で、PF と 1 ユーザーグループとの間だけではなく、関連するユーザーグループもその議論に加わることで、PF の共同利用におけるサイエンスの重要性とバランスについてより広い視野から配慮できるのではないかという提案が、村上洋一 PF 懇談会会長からありました。具体的に、どのように関連グループをまとめていくかについての議論は次回以降ということになりました。3 月の PF 外部評価での重要な指摘である「ステーションの数を 69 から 30 ないし 40 にまとめることで、PF 全体の活性化を図る」という方針を今後どのように進めるかについてユーザーの方々との議論をしていく場を持つことは極めて重要と考えますので、11 月 8 日の PF 懇談会運営委員会でもこの点についての話し合いを継続していただければと思います。

また、これと並行して、いくつかのアクティビティ、ビームラインについては、PF 懇談会のユーザーグループもしくは、個々のビームラインユーザーの方々と PF 執行部でお話する機会を設けさせていただいております。これまで時間的制約もあり、なかなか多くのグループの方々と直接お話をさせていただく機会がありませんでしたが、今後は、PF 懇談会との連携をさらに強化して、国内外の放射光サイエンスの動向を踏まえながら、PF の共同利用研

究施設としての将来の発展を可能にするビームラインの統廃合の進め方について議論させていただく場を数多く設けさせていただきたいと思っております。

SPRING-8 との定期協議

9月13日に高エネ機構で今年度第1回目の定期協議が行われました。両放射光施設の現状と将来展望、X-FEL、ERLについての報告の後、両施設の連携について協議いたしました。人事交流については、研究者だけでなく技術者、事務職についても考慮し、まずは、短期の人事交流についてケーススタディを行うこと、また、運転時間の有効利用では両放射光施設の運転休止期間がなるべく重ならないようにする工夫について、それぞれの境界条件を理解しながら、あらかじめ情報交換をすることで運転時間の相補性に配慮することから始めることにしました。そのほか、課題選定における相互協力、東京大学放射光連携研究機構との連携、タンパク質基盤技術開発プロジェクトのビームライン開発における協力等について意見交換を行いました。

ビームラインと共同利用の成果

8～10月もビームライン関係で新たな進展がいくつもありました。詳細は本号の説明記事にもございますが、ここでは、2つだけ簡単にご紹介させていただきます。PF-ARのNW14A (ERATOプロジェクト)では、6月の実験開始以来、ヨーロッパやアメリカから、それまではESRFやAPSで実験をしてきている複数のグループが相前後してPF-AR NW14Aで実験を行い、それぞれ非常に良いデータが取れたとのことで、今期のビームタイムでも海外からのユーザーが多く訪れています。また、13-18 keVのX線のみが得られる熱負荷の低い(光学系にやさしい)2台目のアンジュレーターU18がインストールされ、一本目のU36との使い分けで、PF-AR NW14Aで行えるサイエンスの範囲がますます広がることを期待します。一方、PF直線部増強でできた短直線部を使った2本目のビームラインBL-3Aでは真空封止型ショートギャップアンジュレーター(U18)が挿入光源グループによりインストールされ、構造物性研究のためのビームラインのコミッションングが急ピッチで進められています。

また、既存ビームラインを使った共同利用の成果としても、東京大学の藤田誠教授グループによる、自己組織化で作成したナノサイズのカプセル内のフッ素液滴の構造解析(Science 9月1日, PF-AR NW2A)や、オーストラリアCSIROのColin Ward博士らのグループによるインスリン受容体エクストドメイン構造の解明(Nature 9月14日, BL-5A)、産業技術総合研究所の富田耕造博士と東工大の濡木理教授グループの共同研究によるCCA配列付加反応における動的変化の完全な結晶学的解析(Nature 10月26日, PF-AR NW12AとBL-5A)など、輝かしい成果が報告されています。

創業にむけたタンパク質X線結晶構造解析ビームラインの設置

現在、フォトンファクトリーの中では、タンパク質結晶構造解析用として大強度のX線ビームを用いた挿入光源ビームラインはPF-AR NW12AとPF BL-5Aの2箇所が広く大学や公的研究機関、民間企業等の数多くの研究者に利用され、フルに活用されています。さらに、本年度4月には直線部増強後初のショートギャップアンジュレーター(U16)を用いたBL-17Aが稼動を始めています。また、5月には製薬・化学・食品関係9社とつくば構造生物産学利用共同体を結成し、ビームタイムの有効利用だけでなく、最先端の構造解析手法を共有できる体制を作りました。他の会社の施設利用等も含めるとタンパク質結晶構造解析用ビームタイムの約8%が産業利用に使われていますが、大学共同利用としての挿入光源のビームタイムが絶対的に不足していることから、今後産業利用ビームタイムを格段に増やすことは困難です。このような状況の中、アステラス製薬株式会社(以下、アステラス製薬)から創業研究のためにコンスタントに一定以上のビームタイムを確保したいというお話がありました。

そこで、PFでは、アステラス製薬と慎重に協議を重ね、このたびタンパク質X線結晶構造解析用ビームラインを新たに設置することにいたしました。新ビームラインの完成は2009年3月の予定で、アステラス製薬には2009年4月から一定のビームタイムを継続して使用していただくことになります。一方、同社が使用しない期間は、全国の大学、公的研究機関および他の民間企業による共同利用・施設利用等に供することで、タンパク質X線結晶構造解析ビームラインの利用拡大を図ることが可能となり、PFの大学共同利用機関としてのアクティビティも格段に拡大できることが期待されます。本ビームラインは、PF-ARのNE3セクションに設置し、真空封止型アンジュレーターから発せられる大強度のX線ビーム、高精度回折計や高速X線二次元検出器を用いた回折実験装置、そして結晶交換ロボットに代表される自動化技術を組み合わせることで、多量の実験試料を高速に、かつ簡便に解析できるビームラインの設置を行います。ビームラインの性能としてはPF-AR NW12AやBL-5Aと同等以上となり、創業をはじめとする高度なタンパク質結晶構造解析の共同利用及び施設利用に資することが期待されます。本件について10月26日にプレスリリースをいたしましたところ、日本経済新聞、日経産業新聞、日刊工業新聞、常陽新聞、NHK(オンライン)等に掲載されました。

ERL計画

ERL推進室が中心になり実証機の検討作業を進めていますが、その中でも特に光源系の何人かのメンバーは高エネ機構加速器研究施設と共同でビームダイナミクスWG等を結成し、ほぼ毎月一回検討会を開きながら精力的に研究を進めています。同じくERLを計画し、前段加速部についてのプロジェクトを精力的に進めているコーネル大

学グループとの研究交流を進めています。たとえば、光源系の梅森健成助手が11月初旬から1週間ほどコーネル大学を訪問しCHESSの加速器グループにおける超伝導ケーブルテストに参加、視察研究打ち合わせを行ってくる予定です。一方、6月に集中的にコーネル大学で行われたERL関連のワークショップにも出席していたAPSのグループでも、APSの将来の拡張案としてERLの可能性も検討し始めているようです。高エネ機構も、実証機プロジェクト遂行のため、内部資金だけでなく、科研費等の外部資金の獲得も鋭意努力していく所存です。

AsCA'06/CrSJとAOF

11月には2つの放射光関連の国際会議・ワークショップが開かれます。11月20日から23日までつくば国際会議場で行われるAsCA'06/CrSJは、Asian Crystallographic Associationと日本結晶学会の合同ミーティングで400人から500人の参加が見込まれ、21のセッションと4人のキーノート講演、3人の結晶学会賞受賞講演等があります。特に、放射光関連では材料科学、構造物性、時分割、非弾性散乱、X線小角散乱、タンパク質構造解析等の分野で数多くの演題があり活発な議論が行われることと思います。引き続き24日と25日の両日は高エネ機構に会場を移し、AOF (Asia/Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research) が開催され、アジアとオーストラリア地域の放射光施設の連携について話し合う機会が持たれます。各国の放射光施設の現状と将来展望について講演とポスターセッションがあり、PFからはERLについての河田主幹による口頭発表が予定されています。

現 状

入射器の現状

電子・陽電子入射器

加速器第三研究系主幹 榎本收志

概況

7～9月の日程は以下の通りであった。

6月30日 KEKB 運転停止

7月2日 PF-AR 運転停止

7月3日 PF 入射器停止

8月29日 入射器立上げ

9月19日 KEKB 入射開始

9月25日 PF-AR 入射開始

10月2日 PF 入射開始

入射器の夏期保守は7月3日～8月29日で、定期保守、陽電子源の交換などを行なった。運転再開後、大きなトラブルなく順調に入射を続けている。

夏期保守

マイクロ波グループは全電源の保守点検、3本のクライストロン交換、2箇所のRF窓交換などを行った。交換したクライストロンのうち2本はソレノイド電磁石の不良、運転時間41,501時間の1台が電子銃陰極の出力減であった。8月29日からマイクロ波源を立上げ最大出力までコンディショニングを行なった後、運転出力でクライストロン利得調整、サイクロン動作調整、クライストロン寿命測定など所定の作業を終えた。

加速管グループは電磁石・真空系電源の保守、KEKB、PF、低速陽電子用電子源各高圧絶縁油の交換、A1電子銃陰極交換、陽電子源標的、パルスコイル交換などを行なった。また、PF用電子源のあるC-7には試験用にCNT陰極を組込んだ。陽電子源には従来の14mm厚多結晶標的に替えて10.5mm厚の単結晶タンゲステン標的を導入した。

制御グループは計算機保守、モニター系更新に伴うソフトウェアの整備、BPMデータ収集用オシロスコープの更新(半数)、トリガー系の保守などを行なった。

運転管理グループは安全系の保守を行った。また秋の運転再開に当って、入射器および低速陽電子実験用テストリアックの自主点検を行い、KEKB、PF-AR、PFの安全系総合動作試験を放射線管理室立合いで実施した。

単結晶標的を用いた陽電子源の実用化

PFリングに陽電子ビームを蓄積しなくなって久しいが、KEKBなどの素粒子実験のために強力な陽電子ビームの開発は不可欠である。単結晶における電子ビームのチャネリングやコヒーレント輻射の効果について、加速器第3研究系では、素核研、物構研、首都大学東京、佐賀県立九州シ

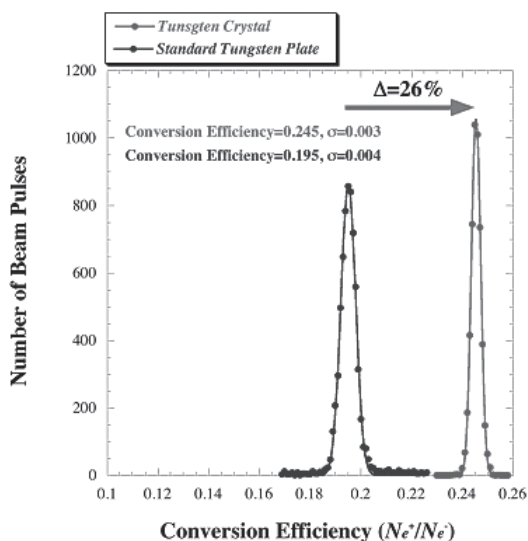
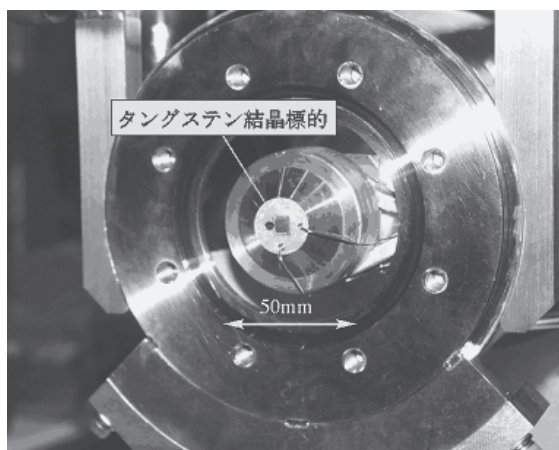


図1 (上) 陽電子生成部に組み込まれたタングステン結晶標的。(下) タングステン単結晶標的(右)と従来のタングステン標的(左)を用いた場合の陽電子生成の変換効率の比較を示す。結晶標的による変換率は、従来標的に比べ約26%向上している。

ンクロトン光研究センター，仏オルセー研究所，露トムスク工科大学等と国際的な共同研究を続けてきたが，その研究成果に基づいて，単結晶標的を用いた陽電子源の実用化を世界で初めて実現した。

図1上が，従来の14mm厚の多結晶タングステンを10.5mmの単結晶タングステン標的に置き換えた新標的である。入射電子エネルギー4GeVにおける電子ビームのチャネリング臨界角は0.6mradであるが，放射長(3.5mm)より十分厚い標的では，コヒーレント放射や多重散乱効果もあり，数mradの精度で電子ビームと結晶軸が一致すれば陽電子生成率が増加する結果が実験的に得られていた。従って，あらかじめベンチで結晶軸の測定を行い注意深く標的を設置すれば，ゴニオメータなどの複雑な機構を用いる必要がないことが，実用化の鍵となった。

新標的による陽電子生成効率の増加は約26%である。陽電子の収量は一次電子のエネルギーと電流の積に比例する。まず，最大電流をめざす。入射器では一次電子の最大電流はバンチ当たり約10ナノクーロンである。また，現

状では毎秒最大50パルスの加速を行なうが，1パルス当りのバンチ数は2バンチが限界となっている。このように，加速電流が限界になると，ビームエネルギーを増やさなければならないが，そのための費用は非常に大きいものとなる。標的の改善による陽電子の増強は非常にコストパフォーマンスにすぐれたものと評価できる。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

10月1日付けで山本樹，三橋利行の両氏が，放射光源系の教授に昇任されました。山本さんには挿入光源グループのリーダーに，三橋さんには光源制御を含むビームインストルメンテーショングループのリーダーに就任して頂きました。同日，技術職員であった宮島司氏が放射光源系の助手に配置換えされました。今まで通り電子軌道グループの一員として活動して頂きます。研究機関研究員のCheng Weixing氏が来年3月31日まで任期延長が認められました。各位のご活躍を期待します。

10月1日に上田明氏が技術職員の海外研修制度で1年間の予定でCERNに出発しました。CERNでの活躍を期待致します。

光源系のグループ化

今まで10グループに細分化されていた放射光源研究系を，下記6グループに再編しました。

- 電子軌道グループ (リーダー：小林幸則)
原田健太郎，宮島 司，上田 明，長橋進也
- 高周波加速グループ (リーダー：伊澤正陽)
坂中章悟，梅森健成，高橋 毅
- 真空/ビームチャンネルグループ (リーダー：前澤秀樹)
本田 融，谷本育律，宮内洋司，浅岡 聖二，内山隆司，野上隆史
- 制御/ビームインストルメンテーショングループ (リーダー：三橋利行)
朴 哲彦，芳賀開一，帯名 崇，三科 淳，佐藤佳裕，多田野幹人
- 挿入光源 (リーダー：山本 樹)
土屋公央，佐々木洋征，塩屋達郎
- 将来光源 (リーダー：春日俊夫)

再編により，より活発，柔軟かつ，機動的な活動が期待できます。放射光源系のメンバー間はもとより，他研究系とのコミュニケーションがよりスムーズになることを期待しています。

PF

夏季休止期間中に行った作業のうち主なものを列記します。①前号及び前々号でアブソーバーからの真空路中

への水漏れを報告しました。トラブルを起こしたものと同時期に製造されたアブソーバーの対策を行いました。②BL#3用に short-gap undulator を組み込みました。③それに伴いBL#3の基幹チャンネルを改造しました。④縦方向結合バンチ不安定抑制のための縦方向キッカーを組み込みました。

アブソーバー交換について少し詳しく説明します。トラブルを起こしたものと同時期に製造したアブソーバー付き繋ぎ管11本とキッカー用セラミックスダクト1本を交換しました。旧タイプのもは真空ダクトにロウ付けされていたが、ICF034 フランジを介して交換可能なものに改良しました。繋ぎ管の下流のダクトにも同世代のアブソーバーが取り付けられていますが、この交換は困難です。これらの古いものを（放射光から）保護するために12本のアブソーバーを新造繋ぎ管に新設しました。これらにより同時期に製造されたアブソーバーはすべて対策が施されたこととなります。

10月2日より運転を再開し、10日に光軸確認後ユーザーランに入った。運転再開は概ね順調に進んだ。

PF-AR

夏季休止期間中に行った作業のうち主なものを列記します。①NW14の挿入光源2号機を組み込んだ。②スパッタイオンポンプを24台増強しました。

9月25日に運転を再開し、10月2日に光軸確認後ユーザーランに入りました。PF-ARの運転再開も概ね順調に進みました。

今まで何度も報告していますように、東直線部2番空洞の下流側からのリークが懸案でした。今回も、蓄積ビームを捨てると軽微なリークが起きました。これは、入射のためビームを捨てることによる当該部の急激な温度変化が原因と思われます。そこで、6.5 GeVのビームを入射エネルギーの3 GeVまで減速し、そこにビームを継ぎ足し、ビーム電流が零になることによる急激な温度変化を避けるようにしています。いずれにせよ、この問題は根本的な解決に至りません。当該空洞に繋がる、真空チェンバーをより柔軟なベローズのものに交換する予定です。

放射光科学研究施設を利用している学生、大学院生などの若い皆様へ

本施設でのご研究有り難うございます。面白い研究成果が出ているものと思います。シンクロトロン放射を利用したの研究だけでなく、シンクロトロン放射発生のための研究も興味深いものがあります。放射光源研究系は主に、この分野の研究を行っています。「放射光源系の人たちは何をしてるんだろなー」と思ったら、直ちに巻末の放射光源研究系のメンバーにコンタクトしてみてください。優しい青年達、概ね優しい旧青年たち、それなりに優しい旧中年達が優しく説明してくれると思います。是非光源系にも興味を持ってください。

放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第一研究系主幹 野村昌治

運転・共同利用実験

平成18年度第二期(9～12月)のPFリングの運転は10月2日に開始され、6日に予備光軸確認、10日に光軸確認をした後、共同利用実験を再開しました。夏の作業でリングの真空を破っているため、当面1日2回の入射で運転し、寿命の改善状況を見ながら入射間隔を調整します。

PF-ARは9月25日に運転を再開し、10月2日に光軸確認をした後、共同利用実験を再開しました。PF-ARではビーム寿命が短くなった時に放射線レベルが上昇する現象が観測されており、安全を確保するため、ホール外周部にある放射線のエリアモニターの閾値を下げて、早めにアラームを発報していました。停止期間中に、エリアモニターを上流側へ移設し、これに対応して閾値をKEKの一般管理区域で許容される20 $\mu\text{Sv/h}$ に設定し直しました。これらのエリアモニターが発報した時およびNE1, NW12で放射線量上昇によるディスタープが発生した時は、念のためホール外へ退出し運転当番に連絡して下さい。

光源系の報告にあるように、PFではBL-3用の short-gap undulator と対応する基幹チャンネルの、PF-ARではNW14用の2台目の挿入光源である short-gap undulator の設置を行いました。

運転再開に先立ち、各ビームラインとも停止期間中にシャッターの安全点検を、PF-ARでは9月21日、PFでは9月28日にインターロックの総合動作試験を行い、安全確認を行っています。

ビームラインの建設等

前号に記したように、いくつかの新しいビームラインが建設され、立ち上げ作業が進んでいます。

BL-3はBL-17と対称位置にあり、昨年の直線部増強改造で生み出された短直線部を活用してX線用の short-gap undulator(SGU)を設置できる場所です。夏の停止期間中に、偏向電磁石を光源とする旧BL-3Aを撤去し、SGUを光源とする新しいBL-3Aの建設が行われました。新BL-3AではこれまでBL-16Aで利用されていた四軸回折計と8T超伝導磁石付きの二軸回折計をタンデムに設置しました。BL-3Aでは既の実験ハッチに単色化されたX線を導入し、ビームラインの評価実験が行われています。BL-3Aの建設に当たり、BL-3B用のミラー槽や実験デッキ、BL-3Cの改造が必要となり、これらの作業も併せて行われました。

旧BL-3AはBL-6Cへ移転され、既に単色光を実験ハッチに導入し、ビームラインの評価が行われています。旧BL-6B, 6Cの撤去と新BL-6Cの建設を、他のビームライン建設と平行して夏の停止期間中に行うことは不可能なため、旧BL-6B, 6Cは3月末で運用を停止し、第一期の運転中に新ビームラインの建設が行われました。この移転は2005年5月にBL-3Aを利用するユーザーの方々と議論

PF ステーション別報文登録数

BL	V/X 光源	年別報文数									報文数 99-05	年平均 99-05
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006			
1 A	crystal structure anal.	X B	6	2	0	2	2	4	7	6	23	3.3
1 B	powder diffraction	X B	7	13	5	11	18	13	6	7	73	10.4
1 C	VUVSX photoelectron spectroscopy	GIM B	10	18	11	13	8	17	8	3	85	12.1
2 A	SX spectroscopy	SX U	4	1	1	0	3	2	2	0	13	1.9
2 C	SX spectroscopy	GIM U	1	10	7	15	10	20	23	7	86	12.3
3 A	diffraction & scattering <<moved to 6C>>	X B	13	21	21	18	14	10	9	5	106	15.1
3 B	VUVSX spectroscopy	GIM B	15	9	3	5	8	10	2	3	52	7.4
3 C	X-ray optics development, magnetic Bragg scatt.	X B	3	0	3	4	2	4	0	0	16	2.3
4 A	trace element analysis, microprobe	X B	19	14	17	16	19	8	7	3	100	14.3
4 B	microcrystal, powder diffraction	X B	9	5	16	3	6	6	9	7	54	7.7
4 C	diffraction and scattering	X B	13	13	7	19	15	9	8	7	84	12.0
5 A	macromolecular crystallography	X MPW	-	-	-	-	-	12	23	7	35	17.5
6 A	macromolecular crystallography	X B	65	37	46	42	41	62	44	10	337	48.1
6 B	macromolecular crystallography <<closed>>	X B	41	18	12	16	7	18	3	0	115	16.4
6 C	macromolecular crystallography <<closed>>	X B	1	3	1	0	0	3	0	0	8	1.1
7 A	SX XAFS, XMCD, XPS(RCS)	GIM B	1	2	13	9	14	12	9	1	60	8.6
7 B	XPS, ARPES (RCS)	NIM B	5	3	3	1	1	1	3	0	17	2.4
7 C	XAFS, scattering	X B	57	40	46	31	33	23	41	11	271	38.7
8 A	SX spectroscopy	GIM B	0	0	0	0	3	1	3	1	7	1.0
8 B	XAFS	X B	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0.4
8 C	tomography, microscopy	X B	2	2	0	2	3	0	2	0	11	1.6
9 A	XAFS	X B	2	10	26	27	36	14	40	14	155	22.1
9 C	SAXS, diffraction, DXAFS	X B	3	4	7	7	10	15	13	5	59	8.4
10 A	diffraction and scattering	X B	6	11	8	5	5	7	5	0	47	6.7
10 B	XAFS <<closed>>	X B	58	47	56	50	50	28	46	7	335	47.9
10 C	SAXS	X B	29	18	24	32	24	19	19	4	165	23.6
11 A	SX spectroscopy	GIM B	10	10	8	9	13	11	14	4	75	10.7
11 B	SEXAFS, SX spectroscopy	SX B	17	7	5	3	12	10	5	1	59	8.4
11 C	VUV spectroscopy	NIM B	9	6	6	5	3	3	4	0	36	5.1
11 D	PES	GIM B	7	1	0	5	3	5	7	3	28	4.0
12 A	characterization of VUVSX optical elements, SX	GIM B	4	3	4	8	1	3	0	1	23	3.3
12 B	VUV high-resolution spectroscopy <<closed>>	NIM B	0	5	2	3	3	1	2	1	16	2.3
12 C	PES	X B	30	20	30	21	30	28	42	19	201	28.7
13 A	high temp DAC	X MPW	0	4	4	8	7	17	13	6	53	7.6
13 B	XAFS, diffraction	X MPW	12	13	8	10	10	7	4	5	64	9.1
13 C	XPS, SX XAFS	GIM U	4	4	7	2	5	6	9	2	37	5.3
14 A	crystal structure anal.	X VW	15	15	18	8	8	13	6	4	83	11.9
14 B	high precision optics	X VW	9	10	9	11	11	13	21	13	84	12.0
14 C	medical, high pressure MAX-III	X VW	11	10	14	25	7	17	8	7	92	13.1
15 A	SAXS	X B	26	19	25	22	32	29	18	3	171	24.4
15 B	topography, magnetic scat., surface diff.	X B	9	9	8	7	8	6	6	2	53	7.6
15 C	high resolution diffraction	X B	8	13	18	8	11	14	9	6	81	11.6
16 A	versatile <<closed>>	X MPW	6	4	6	14	10	10	10	3	60	8.6
16 B	SX spectroscopy	GIM U	6	8	6	8	12	7	5	1	52	7.4
17 A	XAFS (Fujitsu)<<closed>>→ macromolecular crystallography	X SGU	2	2	3	1	1	1	0	0	10	1.4
18 A	ARPES (ISSP)	GIM B	10	5	5	11	6	4	7	0	48	6.9
18 B	macromolecular crystallography <<closed>>	X B	49	28	33	49	48	45	26	4	278	39.7
18 C	DAC	X B	10	10	20	14	12	13	4	1	83	11.9
19 A	spin-resolved PES (ISSP)	GIM U	4	1	5	6	1	3	2	2	22	3.1
19 B	SX emission (ISSP)	GIM U	3	7	11	11	11	7	4	0	54	7.7
20 A	VUV spectroscopy	NIM B	7	1	2	5	6	2	4	5	27	3.9
20 B	versatile (Australia)	X B	1	0	31	16	35	47	24	0	154	22.0
27 A	radiation biology, XPS	SX B	10	10	8	7	5	7	5	3	52	7.4
27 B	radiation biol., XAFS, diffraction, scattering VUVSX spectroscopy with Circularly polarized SR → high resolution ARPES	X B	10	7	6	8	5	11	13	2	60	8.6
28 A	XMCD <<closed>>	GIM EU	4	5	3	7	2	1	3	0	25	3.6
28 B	Compton scat., Angiography	X EMPW	5	5	5	4	4	1	3	0	27	3.9
NE1 A	VUVSX spectroscopy with Circularly polarized SR	X EMPW	7	4	6	2	0	6	3	3	28	4.0
NE1 B	nuclear resonant scat.	GIM EU	3	3	3	2	2	2	2	2	17	2.4
NE3 A	medial applications	X XU	0	3	0	0	6	0	2	2	11	1.6
NE5 A	high pressure (MAX80)	X B	4	5	7	7	2	2	8	1	35	5.0
NE5 C	time-resolved experiments	X B	1	2	7	14	7	5	7	0	43	6.1
NW2 A	high energy XAFS	X U	-	-	-	-	-	8	3	3	11	5.5
NW10 A	macromolecular crystallography	X B	-	-	-	-	-	-	-	2	0	
NW12 A	time-resolved experiments	X U	-	-	-	-	-	49	39	17	88	44.0
NW14 A	Photon Factory total	X U	-	-	-	-	-	-	-	0	0	
cf.	SPRing-8 total		581	497	596	542	590	621	521	203	3948	564.0
cf.	ESRF total		99	182	369	364	422	541	528	159	利用者情報	
cf.	APS total		910	1005	1304	1300	1456	1544	1601	1114		
cf.	ALS total		344	507	674	711	861	1057	1132	653		
cf.	NLSL total		345	352	400	385	444	537	561	256		
cf.	SRS			808	708	662	679	679			Act. Rep.	
cf.	Elettra total		182	375	475	460	518	530	557	239		
cf.			2	172	188	215	227	221	211	80		

2006/10/16

をし、大筋の理解を得た上で計画を進め、また今年8月にはビームライン改造の進捗状況、実験装置移設の状況等について打合せを行いました。移転に御協力を頂いたユーザーの方々に感謝致します。

BL-16はマルチポールウィグラーを光源とするBL-16Aとアンジュレーターを光源とするBL-16Bが時分割でビームを利用していましたが、上述した様にBL-16AのアクティビティをBL-3Aへ移転し、アンジュレーター利用専用となりました。前号に記したように、BL-16は2007年に可変偏光アンジュレーターを光源とする200～1500 eV域をカバーするビームラインとして生まれ変わる予定で、作業が進められています。

BL-28Bの建設作業が春の停止期から第一期の運転中に行われ、夏の停止期間に入るとともにビームラインの繋ぎ込み作業が行われました。秋の運転開始後速やかにビームライン末端まで光が導くことを確認しました。

これらの改造を施したビームラインについては、インターロック系の設置・動作確認はもとより、ビームライン検査委員会による安全検査、初めて放射光をビームラインに導く時に放射線安全等の観点からチェックする光導入試験等の安全確認を行っています。

今後へ向けて、上述したBL-16の整備を進めるほか、製薬会社から提案のあったビームラインをPF-ARのNE3に建設することをPF内部案とし、所長の諮問機関である放射光戦略WGで議論頂き、了解を頂きました。直線部増強をリングの改造に止めることなく、十分に競争力のある挿入光源ビームライン、実験装置を整備して、インパクトのある研究成果を出すことが重要です。皆様ご承知のように、PFの光源ポートは既に全て利用されていますので、今後のビームラインの再構築に当たっては、既存ビームラインの整理・統合を通してより良い研究環境の構築を目指してゆきます。

施設・設備関係の整備

光源、ビームライン等の整備と平行して、建屋等の老朽化対策等も進めています。今年度は、構造生物実験準備棟の増築、研究棟3～5階のトイレ改修、ユーザーの方には馴染みが薄いかも知れませんが、PF-AR北棟で挿入光源の設置前の調整を行っている部屋のカビ対策等が行われます。

実験をされている方には見えないでしょうが、安定に実験を行うためには、実験ホールや加速器の冷却水、空調が安定に稼働していることが必須です。このための冷温水発生器がPFエネルギーセンターにあります。老朽化のため重故障を起こすと入射器やPFの運転自体が行えない状況にあり、関係職員はその修理や調整に苦労しています。施設部や機構長の理解で、この度一部の更新を進めることが出来ることになりました。

また、バス停からPFへ来る道の途中、入射器棟付近から歩道が無くなり、歩行者・自転車と自動車とが分離できず事故の危険性が指摘されていました。歩道を整備することが望ましいのですが、予算的な制約もあり、歩行者・自

転車向けのルートを案内する標識を設置しました。また、PFからPF-ARへ向かう歩行者・自転車向けのルート案内標識も設置しました。

報文登録のおねがい

PFでは毎年、400件程度の課題が採択され、600報前後の報文が登録されています。平均して、1課題当たり1.5報の報文という計算になります。一方で、調査をすると報文が登録されていない課題も見られます。また、登録された報文数が著しく少ないビームラインも見られます。10月16日次点でのビームライン毎の登録報文数の表(前頁)に添付します。ビームラインに依っては既に用途が変更されたものもあることを御了解下さい。

仮に出版から登録まで1ヶ月かかると仮定すると、単純計算で、年間出版数の70%が10月中旬までに登録されることとなります。実際、ESRFやAPSでは年間報文数の60～70%程度がこの間に登録されています。一方、国内施設では30%程度と極めて登録が遅いことが特徴的です。報文・学位論文は高いレベルの研究がPFを用いてなされ、その成果が社会に還元されていることを示す重要な指標の一つです。貴重なビームタイムを使用しながら長期に亘って報文が出版されなかったり、報文が出版されてもPFの出版データベースへ登録されないことは好ましいことではありません。このため、課題審査に際して著しく報文数の少ない方には説明を求めることとなっています。各位の出版された論文がPF出版データベースに登録されているか、http://pfwww.kek.jp/users_info/users_guide/pubdb.htmlで確認し、未登録のものについては早急に登録をおねがいします。

人の動き

2005年4月から研究機関研究員として岩住助教と共に光磁性体研究を行ってきた石地耕太郎氏は、10月より(財)佐賀県地域産業支援センター九州シンクロトロン光研究センター(SAGA-LS)へ異動されました。SAGA-LSの装置の整備・運用が主たる任務で、当面は小角X線装置の立ち上げ・制御を担当されます。今後のご活躍を期待します。

研究機関研究員は2006年度より常勤の博士研究員に制度が変わりました。11月中旬には公募の案内を出来ると思います。本誌でご案内する時間がありませんので、webをご参照下さい。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

前号の8月から11月におけるERL計画推進室の活動状況は、基本的には4月からの活動方針である各開発要素の検討項目の調査及びその開発に向けての検討、具体的なスケジュール、予算等の多岐にわたる検討作業と、「KEKが

このような体制で ERL 計画を本格的にスタートした」と言うことを内外にアピールすると言う情報発信の作業を両輪として進めてきています。主な活動は以下の通りです。

活動報告

国内では 8 月 2～4 日に仙台で開催される加速器学会で ERL 計画の概要を報告し、加速器分野の研究者に KEK が ERL 計画を本格的にスタートしたことをアピールし、また、日本放射光学会の「先端的リング型光源計画特別委員会」の一環で行われました「第 3 回次世代光源計画ワークショップ—先端的リング型光源が開くサイエンス—」では、KEK・ERL 計画をベースにした話題提供をマシン・サイエンスの両方において発信すると同時に、ワークショップ参加者の皆さんからご助言をいただきました。9 月 3 日の一般公開では ERL のポスター展示を行い、同時にそのポスターをベースにした簡易のパンフレット（ホームページ <http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/index.html> 参照）を配布しました。配布枚数から想像しますと、約 200 名程度の方々が展示をごらんになったと推定しています。9 月 25～28 日に KEK で開催されました Tesla Technology Collaboration で来所されたコーネル大学の Maury Tigner 博士とコーネル大学の ERL 計画との情報交換を行いました。具体的には 9 月 26 日、27 日にこちらの検討状況を紹介するミニ報告会を行い、今後の協力関係に関して相談しました。コーネル大学では実証機の予算化が進んでおり、既に前段加速部の超伝導キャビティのテストが開始されつつあります。これを受けて 11 月上旬から中旬にコーネルで開発中の超伝導空洞のカプラー・テストにこちらから関係者を派遣し、技術的な視察及び研究打ち合わせを予定しています。また、1 月から 2 月ごろに、こちらの ERL 検討状況を報告しアドバイスを受けると同時にコーネルの進捗状況の視察を行うことを目的として、KEK の ERL 関係者チームを派遣することが打ち合わせされました。

今後の予定としては、11 月 24、25 日に KEK で開催予定の Asia/Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research



ERL 推進計画室のホームページで公開しているパンフレット。

- ・第 8 回 2006 年 10 月 10 日 (火) 14:00～
PF 研究棟 2 階会議室
- ・第 9 回 2006 年 11 月 14 日 (火) 14:00～
PF 研究棟 2 階会議室 (予定)

に全体計画と R&D の二つの講演を発表し、また 1 月 29 日から 2 月 2 日の APAC に KEK における ERL 計画を発表する予定です。

ERL 検討会

ERL 検討会はそれぞれの WG で行われている各論の検討結果を報告する形式で進めています。9 月からの検討会では、冷中性子実験棟に設計する際の実証機の形状、放射線シールドの検討、付帯設備（冷凍機、電源、クライストロン等々の配置）という具体的事項の検討に移ってきています。詳細は上記のホームページを参照してください。

SGU ビームライン新 BL-3A 建設の現状

放射光科学第二研究系 若林裕助

マルチポールウィグラーを利用した汎用硬 X 線ステーション BL-16A1 と、回折実験専用ステーション BL-16A2 が直線部増強計画の一環として今年度春の運転でシャットダウンし、代わって BL-3A のショートギャップアンジュレータ (SGU) のビームラインにこの BL-16 で使われていた四軸回折計と、磁場中 X 線回折装置 [1] が移動しました。6 月のシャットダウン直後から既存の BL-3A, C, 16A1, A2 の取り壊しを行い、また BL-3B のミラーに改造を施すために搬出を行いました。10 月の加速器運転開始までに新 BL-3A, 改造 BL-3B, 新 BL-3C の建設を終え、10 月 5 日に光導入試験を行い、SGU#3 のファーストビームを確認しました (図 1)。10 日よりハッチまで光を通して立ち上げ作業を続けています。BL-16A は、実験ハッチを取り壊し、モノクロメータやシャッターなど、いくつかの部品を BL-3A などで使うために取り外した状態で今も残っています。

新 BL-3A の光学系は以下の通りです：SGU (周期長 1.8 cm, 最小ギャップ 4 mm) - スリット (25 m) - Si(111) 平板二結晶モノクロ (26 m) - 移相子 (28 m) - トロイダルミラー (30 m) - 実験ハッチ (四軸回折計を 36 m 地点に、磁場中 X 線回折装置を 39 m 地点に設置)。既に昨年 8 月号の PF ニュースで紹介している通り、4 keV から 14 keV に狙いを絞った構造物性用回折ステーションとして設計し、調整を進めています (図 2)。

厳しい予算状況のため、モノクロメーターは BL-16A で使っていた水冷モノクロメーターに若干の改造を加えたものを、またミラーチェンバーは NE1 で以前使っていたものを流用しています。アンジュレータの局所的に高い熱負荷に水冷モノクロメーターが耐えられるのかという心配は最後までありましたが、既にハッチの中まで光が通っており、わずか 50 cm の挿入光源から出ているとは思えない、隣の BL-4C で使っているベンディングの光より桁違いに強い光を観測しました。図 3 に、この SGU から出た光のスペクトルを、計算値と共に示しました。まだあちこ

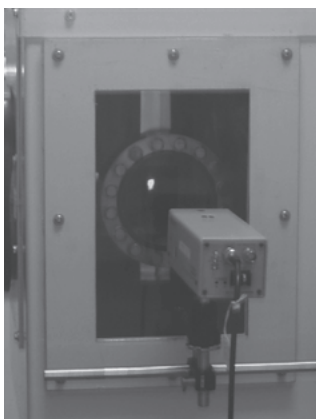


図1
10月5日、光導入試験で初めて見えたSGU#3からの放射光。



図2 10月17日のBL-3A

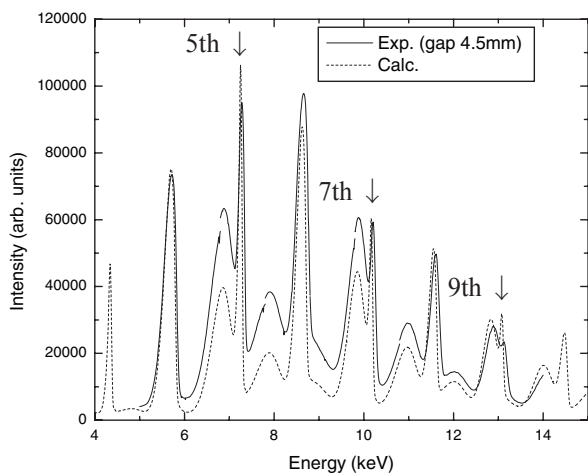


図3 10月13日に測定したスペクトル。実験値はイオンチェンバーの出力そのものであり、検出効率のエネルギー依存性の補正などは全く施していない。アンジュレータ光が取り出せていることがわかる。5, 7, 9次光のピークが観測されている。

ちの調整が完全ではありませんが、明らかにアンジュレータから出る光の特徴を備えたスペクトルを観測することができました。光源側のスタディの結果、ギャップは随時変更可能となっており、回折計と連動して動かすようにソフトウェアの準備も進めているところです。

今後、年内に移相子を除く光学系と二台の回折計の立ち

上げを行い、移相子を来年以降整備していく計画で進めています。

[1] この磁場中X線回折装置については、news@KEK 2006. 8.17 <http://www.kek.jp/newskek/2006/julaug/magnet.html>などを参照。

新 BL-16 可変偏光軟X線ビームラインの建設

放射光科学第一研究系 伊藤健二

PF 2.5 GeV リングの直線部増強工事はすでに 2005 年のシャットダウン中に終了し、従来の直線部は拡張され、また新たに短直線部が産み出されました。前者はアンジュレーター・ベースの VSX 分光ビームライン、後者はX線領域をカバーする SGU (short gap undulator) を設置して PF リングの有効利用を進める方向で物事が動き出しています。この考え方は、2006 年 3 月に行われた PF 国際評価委員会でも支持されました。特に VSX 領域に対しては、高輝度光源計画の経緯を踏まえ PF がその flag facility としての役目を果たすことが求められました。PF ではこれに先立ち、内殻吸収磁気円・線二色性 (XMCD/LD) による強相関電子系酸化物の電子状態・磁気状態や相転移・相転移近傍の研究、ナノクラスター、人工格子および超薄膜、室温強磁性体などを含むスピントロニクス用磁性体の研究および内殻吸収自然円二色性 (XNCD) によるカイラル対称性を有する生命体分子のカイラリティーと生命の起源の研究を主目的として、9 m の長直線部を利用した高速可変偏光 SX 分光ビームライン建設について検討が続けられてきました [1]。今年 6 月に開催された実験課題審査委員会研究計画検討部会で計画の妥当性が正式に承認され、ようやく実際の建設作業を進めることになりました。当初の計画は、アンジュレーター 2 台とキッカー電磁石 5 台を用いて約 10Hz で交流的左右円偏光を下流ビームラインに導くものでした。しかし予算の制約により、当面アンジュレーター 1 台とビームラインを建設することでこの計画をスタートすることになりました。今年の夏季シャットダウン中に、BL-16A は撤去され、BL-16 はすでに VSX 領域に専用化されています。現在、ビームラインおよび挿入光源共に製作者が決定し、2007 年夏季シャットダウン中に設置する予定で準備を進めています。ビームラインは 200 - 1200 eV 領域に最適化された VLSG 分光システムを採用し、このエネルギー領域で約 10^4 の高分解能を考えています。アンジュレーター 2 台を備えて、試料位置における 2 台の光源からの光強度、光スポットのサイズと位置などが可能な限り等しくなるような分光光学系が工夫されています。詳細は [1] をご覧下さい。なお、アンジュレーターは APPLE II 型 (周期長: 56 mm, 周期数: 43) を採用しますので、左右 (楕) 円偏光のほか直線偏光も得られます。当面は、1 台のアンジュレーターでの運転ですので、必ずしも高速可変偏光スイッチングを用いない、XMCD で大きなシグナルが期待される強相関電子系酸化物やス

ピントロニクス用磁性体の研究、軟X線共鳴散乱・回折実験によるナノ構造と電子状態の相関の研究、エネルギー分散型の内殻吸収分光法などを用いた表面吸着系の化学反応・表面磁性ダイナミクス、光電子顕微鏡 (PEEM) による磁気イメージングを用いたメゾスコピック磁性体の研究などで成果を示し、可能な限り早期に2台目のアンジュレータを設置することを目指しています。

[1] 伊藤健二 Photon Factory News, 23 (2) p10; 伊藤健二・小出常晴編集 「新 BL-16 高速可変偏光スイッチング軟X線分光ビームラインの検討」 KEK Internal 2005-7

ERATO 便り：その (7)

腰原非平衡ダイナミクスプロジェクト研究員 野澤俊介
放射光科学第二研究系 足立伸一

半年のご無沙汰です。

前回の「ERATO 便り：その (6)」では、実験の進行状況について次回以降にご報告いたしますと予告しましたが、現在論文作成・投稿中の内容なども一部含まれますので、その紹介についてはもう少し先延ばしさせていただきます、今回は 2006 年夏以降の装置立ち上げについてご報告いたします。

PF-AR の NW14 では周期長の異なる 2 台のアンジュレータが利用できます。1 台目は 2005 年に設置された周期長 36 mm のアンジュレータ (U36) です。そのスペクトル分布は前回の PF ニュース等でも報告した通り 5-25 keV 領域で幅広い分布を持ち、X線回折だけでなく、X線分光や、回折と分光を組み合わせた実験など、多くの時間分解 X線実験に威力を発揮します。もう一方の 2 台目のアンジュレータ (U20) は、周期長 20 mm で、1 台目の約 5 m 上流に位置し、2006 年夏期シャットダウン中に設置されました。このアンジュレータの特徴としては、以下の 3 点を挙げることができます。

1. ビーム軌道のエネルギー分散がゼロの位置に設置され、ギャップを 8 mm まで閉める事が可能。これにより PF-AR で短周期アンジュレータを実現した。
2. 1 次光を 13-18 keV の領域に発生する。最大 K 値は 1.2 で、熱負荷は U36 の 1/6 以下 (光学素子にやさしい)。
3. 利用する X線領域では、1 次光だけの比較的シンプルなスペクトル分布を持つ。

1 台目の U36 はウィグラー的なアンジュレータ光源、それに対して 2 台目の U20 は欲しいエネルギーのところだけに光が来る、よりアンジュレータ的な光源といえます。特に時間分解実験においては、エネルギー分解能を落とすでも試料位置での絶対的な光子数が必要な場合が多く、このような場合には白色 X線を多層膜で分光したり、または白色光をそのまま使用したりといった測定セットアップが必要となりますので、U20 は欲しいエネルギー域のところだけに光が来て熱負荷が小さい、理想的な白色光源と言



図 1
U20 のファースト
ビームを観測!

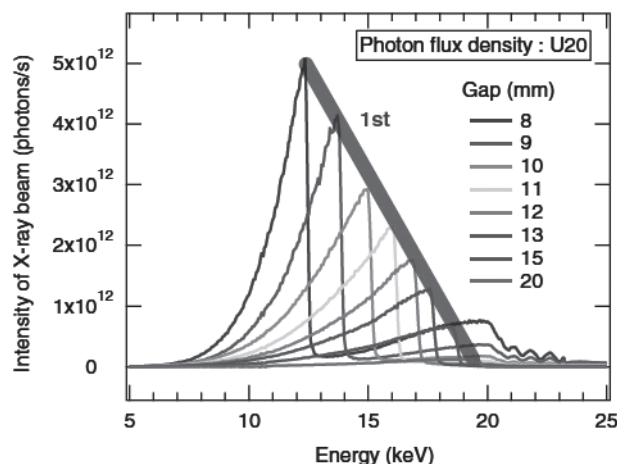


図 2 U20 のフォトンフラックススペクトル。基幹部スリットサイズ (光源から 24 m 地点) : 6 mm(H)×1 mm(V) (取り込み角度 0.25 mrad(H)×0.042 mrad(V))。蓄積電流値を 60 mA に規格化した。ちなみに 20 keV 以上に見られる微細構造は、Rh コートした集光ミラー (入射角 3 mrad) の反射率を反映している。

えます。また時間分解測定分野では白色 X線回折 (ラウエ回折) を用いた測定も盛んに行われていますが、ラウエ回折データを用いて精密な構造解析を行うためには、バックグラウンドを可能な限り低下させ、反射の重なりを避け、かつスペクトル分布の正確な推定を行うために、狭いエネルギー範囲でシンプルなスペクトル分布を持つアンジュレータ光源が不可欠となっています。以上のような目的で、2 台のアンジュレータが NW14 に設置されています。

NW14 において 9 月 28 日に光導入を行い、U20 からの初ビームが無事ビームラインに導かれました (図 1)。その後、10 月 2, 3 日にアンジュレータのスペクトル測定 (図 2) および試料位置での集光ビームサイズ測定を行い、集光ビームサイズを、半値幅で 0.45 mm (横) × 0.25 mm (縦) と見積もりました。今後、U20 は白色 X線回折実験や時間分解溶液散乱実験など様々な時間分解実験に利用される予定です。

最後になりましたが、挿入光源 U20 の仕様決定、立ち上げ、設置、光導入にご尽力いただいたすべての方々、特に山本 樹氏をはじめとする挿入光源グループの方々へ深く感謝いたします。

●●●●● プレスリリース ●●●●●

**創薬に向けたタンパク質X線結晶構造解析
ビームラインの設置**

2006年10月26日
高エネルギー加速器研究機構
アステラス製薬株式会社

高エネルギー加速器研究機構は、アステラス製薬株式会社の受託研究のためのタンパク質X線結晶構造解析用ビームラインを、放射光科学研究施設に新たに設置することを決定した。

本ビームラインは、KEKにあるフォトンファクトリーの65億電子ボルト(6.5 GeV)リングPF-ARのNE3セクションに設置し、アンジュレータと呼ばれる光源から発せられる大強度のX線ビームを用いる。この大強度光源に高精度回折計や高速X線二次元検出器を用いた回折実験装置、そして結晶交換ロボットに代表される自動化技術を組み合わせることで、多量の実験試料を高速に、かつ簡便に解析できるビームラインの設置を行う。現在、フォトンファクトリーの中で、タンパク質結晶解析用として同様に大強度のX線ビームを用いたビームラインは2箇所あるが、すでに大学や公的研究機関、民間企業の数多くの研究者に利用され、フルに活用されている。本ビームラインはそれらと同等以上の性能を有し、創薬をはじめとする高度なタンパク質結晶解析の共同利用及び施設利用に資することが期待される(続きは下記の「KEK プレスリリース」を参照)。

また、この記事は10月27日付けの日本経済新聞、日経産業新聞、常陽新聞、日刊工業新聞に掲載された。

(参照 URL)

★ KEK プレスリリース

<http://www.kek.jp/ja/news/press/2006/PFbeamline.html>



記者会見の後に行われた見学会の様子。

お知らせ**平成19年度前期
フォトン・ファクトリー研究会の募集**

放射光科学研究施設長 若槻壮市

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

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

記

1. 開催期間 平成19年4月~平成19年9月
2. 応募締切日 平成18年12月15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

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所事務室
TEL: 029-864-5635

* 封筒の表に「フォトン・ファクトリー研究会応募」と朱書のこと。

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

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

予 定 一 覧

2006 年

- | | |
|-----------------|--|
| 11 月 20 日～ 23 日 | Asian Crystallographic Association and the Crystallographic Society of Japan (エポカルつくば) |
| 11 月 24 日～ 25 日 | 1st Asian/Oceanic Forum for Synchrotrory Radiation Research (KEK・3 号館セミナーホール) |
| 12 月 15 日 | 平成 19 年度前期フォトン・ファクトリー研究会公募締切 |
| 12 月 25 日 | PF, PF-AR 平成 18 年度第二期ユーザー運転終了 |

2007 年

- | | |
|----------------|---|
| 1 月 12 日～ 14 日 | 第 20 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (広島国際会議場) |
| 1 月 17 日 | PF 平成 18 年度第三期ユーザー運転開始 |
| 1 月 19 日 | PF-AR 平成 18 年度第三期ユーザー運転開始 |
| 3 月 5 日 | PF-AR 平成 18 年度第三期ユーザー運転終了 |
| 3 月 12 日 | PF 平成 18 年度第三期ユーザー運転終了 |
| 3 月 14 日 -15 日 | 第 24 回 PF シンポジウム |

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

運転スケジュール(Dec./2006~Mar./2007)

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

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

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

最近の研究から

位相差 X 線マイクロ CT と蛍光 X 線マイクロ CT による低コントラスト生体微細構造の可視化と 3 次元元素マッピングの試み

星野真人, 渡辺紀生, 青木貞雄
筑波大学大学院数理物質科学研究科

Visualization and Three Dimensional Element Mapping of Low Contrast Biological Micro Tissues Using Phase Contrast X-ray Micro CT and X-ray Fluorescence Micro CT

Masato HOSHINO, Norio WATANABE and Sadao AOKI
Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

1. はじめに

X線を用いた顕微的手法は、高輝度放射光源の出現や微細加工技術の進歩に伴い急速な発展を遂げており、現在までに軟X線領域における結像型顕微鏡で約 15 nm の空間分解能が得られている[1]。X線は電子線に比べてはるかに透過力が大きいので、電子顕微鏡観察における試料作製のような何段階にも及ぶ試料加工が不要であり、試料を自然のままの状態を観察するという、いわゆる非破壊観察が可能である。また光学顕微鏡における観察方法、例えば位相差法や微分干渉法などの手法を応用することが可能であり、X線の蛍光作用を利用した微小領域の元素特定およびそのマッピングも大きな利点の1つである。さらに、Hounsfieldによって実用化されたX線CT(Computed Tomography)技術は、医学の分野でこそ汎用的手法になっているが、X線顕微鏡においてもその技術は適用可能であり、マイクロCTさらにはナノCTとして非破壊で試料の3次元構造を知ることができる。本稿ではまず、BL-3C2にて開発を行ったX線位相差顕微鏡[2,3]とCTを組み合わせた、低コントラスト試料のマイクロCTについて解説を行い、実際に得られた3次元像を示す。また、同じBL-3C2で開発した蛍光X線顕微鏡[4-7]とCTを組み合わせた、生体試料の3次元元素マッピングについても解説を行い、その測定結果を示す。

2. X線用光学素子

X線領域では、可視光領域で用いられているような単体の屈折型レンズでは、集光・結像を行うことはできない。その代わりに、X線の回折を用いた素子や反射型の素子が提案された。回折型の代表的な素子として、本研究で位相差顕微鏡の対物素子としても用いたFresnel Zone Plateがある。Zone Plateは、透明・不透明の同心円の輪帯を交互に並べたもので、円形の透過型回折格子である。Zone Plateの理論分解能は $1.22d_r$ として与えられ、ゾーンの最外輪帯幅 d_r に依存する。放射光施設におけるX線顕微鏡の多くが、Zone Plateを集光・対物素子として用いている。Zone Plateは、ホログラフィー法や電子ビームリソグラフ

イー法によって製作される。

また、反射型の光学素子としては、Kirkpatrick-Baez mirrorやWolter mirrorなどがある。本研究で蛍光X線顕微鏡の結像素子として用いたWolter mirrorは、非点収差やコマ収差の影響が少なく数nmの理論分解能が得られるということで、古くからその有用性が示されてきた。提案当時の加工技術では作製が不可能であったWolter mirrorであるが、近年の微細加工技術の進歩により、X線領域で使用できるものが作製されるようになってきた。顕微鏡用のWolter mirror(Type 1)は、金型の母材を超精密加工し、その形状をパイレックスガラスに転写させるレプリカ法によって製作した[8]。

3. 位相差X線マイクロCT

位相差顕微鏡は、光学顕微鏡においてZernikeによって提案された。この方法を同じ原理でX線領域に応用したものがX線位相差顕微鏡である。試料を透過したX線は、そのまま直進する直接光と回折光に分かれる。その後、直接光はZone Plateの後焦点面に集光され、その集光点に位相板と呼ばれる位相変調物体を設置することによって、直接光のみの位相を変調し、像面で強度差として検出する。位相変化は複素屈折率 $n=1-\delta-i\beta$ の位相項 δ と試料の厚みに依存する。Fig. 1にたんぱく質($C_{94}H_{139}N_{24}O_{31}S$, $\rho=1.35\text{g/cm}^3$ [9])の δ および吸収項 β を示す[10]。生体試料を主に構成する軽元素の δ は、5 keV以上の硬X線領域では β に比べて数桁高い値を持つので、吸収コントラストで観察するよりも δ を利用した位相コントラストによる観察法が適しているといえる。試料による吸収が少ないということは、試料に与える放射線ダメージが少ないということと等価であるので、生体細胞などの繊細な試料の観察には、非常に理にかなった観察法だといえる。

X線位相差顕微鏡の光学系概略図をFig. 2に示す。光学素子には、最外輪帯幅50 nmのFresnel Zone Plateを用いた。よって光学系の理論分解能は約60 nmとなる。Zone Plateで集光・結像を行うためには、Zone数と同程度の単色性が光源に要求される。そこで2結晶分光器によって

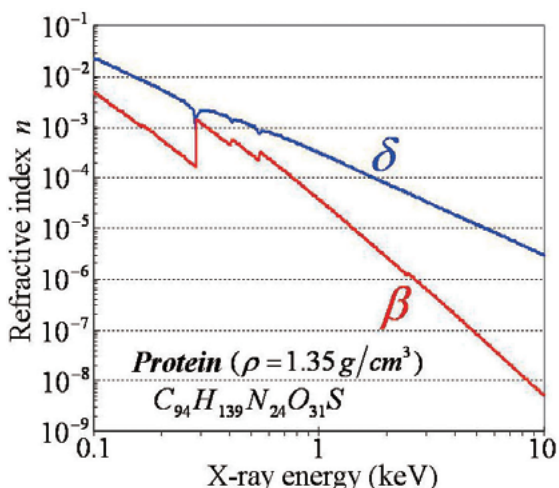


Figure 1 Refractive index of a protein.

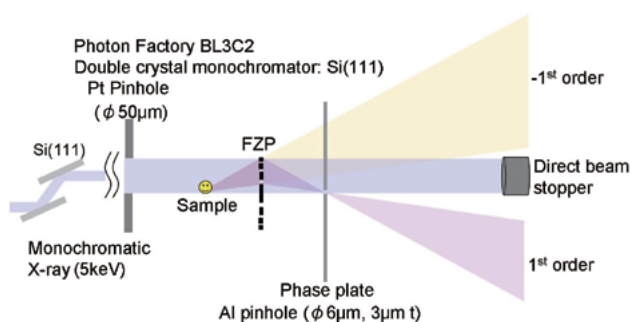


Figure 2 Schematic diagram of phase contrast X-ray microscope with Zone plate.

単色化された 5 keV の X 線を用いた。使用した Zone Plate の 5 keV の X 線エネルギーにおける回折効率約 4% である。試料手前の直径 50 μm プラチナ製ピンホールによって、2 結晶分光器からの単色 X 線を整形し試料に照射した。Fig. 2 のように Zone Plate の半分のみを照明することにより、Zone Plate による +1 次の回折光と -1 次の回折光を分離して観察することができる。試料は、Zone Plate の前焦点に設置し、後焦点には位相板を設置した。先の記述で、位相板によって直接光の位相を変調させるとしたが、実際に光学系で使用したものは、直接光の位相は変化させず試料からの回折光の位相を変調させる、ピンホール型の位相板を使用した。アルミニウムピンホール型位相板の直径は 6 μm で厚さが 3 μm であるので、5 keV の X 線が位相板を通過したときの位相変化は約 $\lambda/4$ である。検出器には、直接撮像型の CCD カメラ (TC-215, 浜松ホトニクス社製, 1000(H) \times 1018(V) pixels, 12 $\mu\text{m}/\text{pixel}$) を用いた。

位相差顕微鏡の試料として珪藻 (*Cymbella*)、およびハルジオン (*Erigeron philadelphicus*) の花粉を用いた。珪藻の位相差像および比較のための吸収像を Fig. 3 に示す。珪藻は単細胞藻類で、主にケイ素からなる硬い殻に覆われている。その殻には回折格子状の条線と呼ばれる微細な模様があり、古くから顕微鏡の分解能評価などに用いられてきた。位相差像では、その条線まで観察できているのに対して、位相板を抜いた状態で撮影した吸収像では、ほとんど

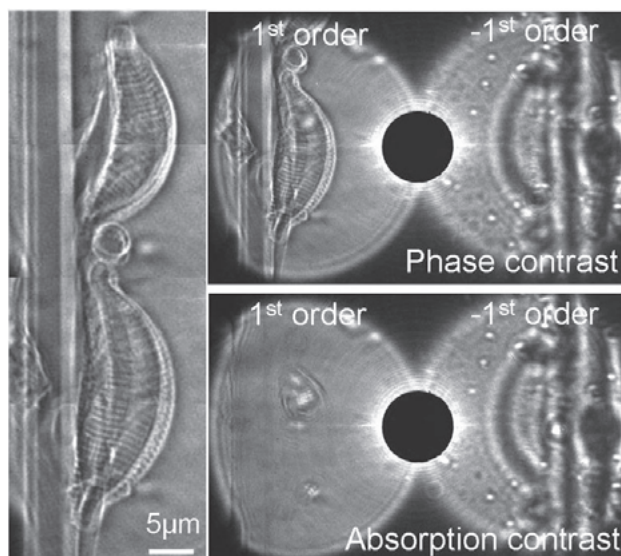


Figure 3 Phase contrast X-ray image of diatom. Exposure: 1 min \times 60 integration (Left). Phase contrast mode (Upper right). Absorption contrast mode (Lower right).

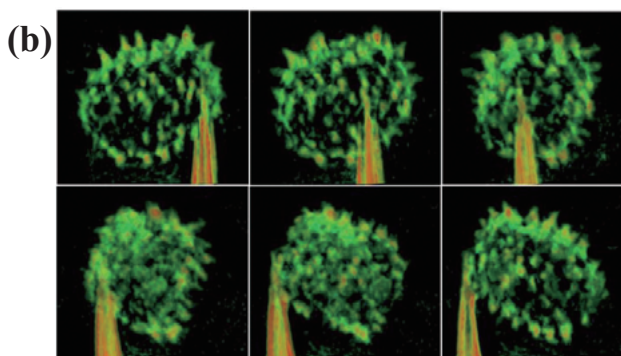
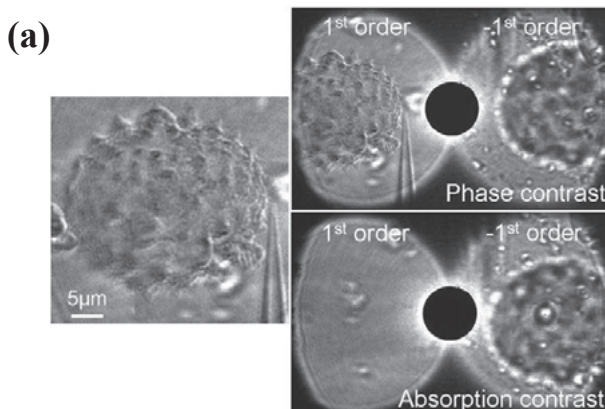


Figure 4 (a) Phase contrast X-ray image of pollen (*Erigeron philadelphicus*). Exposure: 1 min \times 30 integration (Left). Phase contrast mode (Upper right). Absorption contrast mode (Lower right). (b) Three-dimensional volume rendering images. Voxel size: 162 nm \times 162 nm \times 162 nm.

像コントラストが得られていない。位相差顕微鏡の利点が最大限に活かされている事が分かる。次に、花粉の位相差像およびその吸収像を Fig. 4(a) に示す。珪藻同様、位相差像にすることで初めてその形を捕らえることができる。また、花粉では位相差マイクロ CT を行った。撮影条件は

3.6° ステップで 100 投影である。再構成は、Shepp-Logan フィルターを用いたパラレルビームにおける畳込積分法 (Convolution Back Projection) を適用した。3 次元再構成像を Fig. 4(b) に示す。再構成像中の円錐状の物体は、花粉を固定したキャピラリーチューブの先端である。花粉表面に無数の棘を見て取ることができる。

4. 蛍光 X 線マイクロ CT

前章までは Zone Plate を対物素子に用いた位相差顕微鏡を紹介した。この章では試料から発せられる蛍光 X 線を結像するような結像型の蛍光 X 線顕微鏡について述べる。

各元素には吸収端と呼ばれる固有のエネルギーが存在し、一般的にその吸収端よりも高いエネルギーの X 線を照射すると、蛍光 X 線と呼ばれる元素に固有なエネルギーの X 線が放射される。この蛍光 X 線のエネルギーを半導体検出器等で調べることで試料の元素マッピングを行うことが可能である。この蛍光 X 線を用いた元素マッピングは、試料を走査させながら全体像を得る走査型蛍光 X 線顕微鏡が一般的なスタイルである。走査型蛍光 X 線顕微鏡では、Zone Plate 等の集光素子を用いてマイクロビームを生成し、試料の微小領域に照射してそこから発せられる蛍光 X 線を SDD (Silicon Drift Detector) 等で検出する。我々のグループでは、走査型顕微鏡に併行して、一度の露光で試料全体の蛍光 X 線像を得ることができる結像型の蛍光 X 線顕微鏡を開発している。

結像型蛍光 X 線顕微鏡の概略図を Fig. 5 に示す。弾性散乱の影響を極力抑えるために、結像光学系は励起 X 線に対して直角を成す方向に構築した。蛍光 X 線を励起するための照明光には、発生する蛍光 X 線の積分強度を大きくし露光時間を短縮する目的で、偏向電磁石からの白色 X 線を、特に分光することなくそのまま用いた。試料に照射する際には、ハッチ直前のスリットで 1 mm² に整形した。試料から発せられた蛍光 X 線を結像するために斜入射光学素子である Wolter type-1 mirror (×10, 斜入射角 7 mrad) を用いた。ミラー内面にはプラチナがコートしてあるの

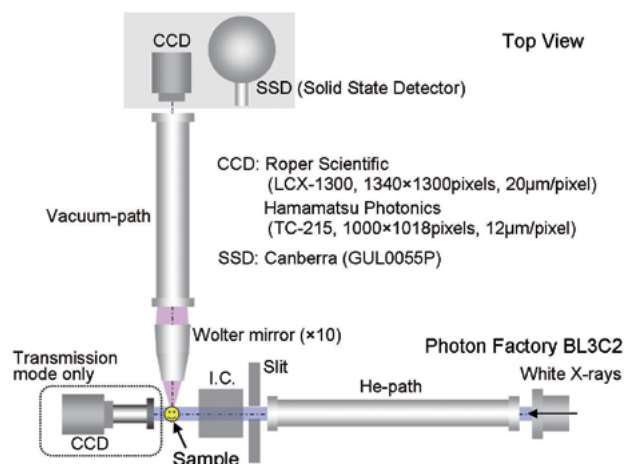


Figure 5
Schematic diagram of full-field X-ray fluorescence imaging microscope with a Wolter mirror.

で、約 12 keV のエネルギーの X 線まで反射することができる。Wolter mirror は Zone Plate とは異なり色収差がないので、同一光学系で複数のエネルギーの X 線を結像することが可能である。検出器には先程紹介した CCD のほかに、8 keV 付近で検出感度が 1 桁ほど高い Deep-depletion タイプの CCD カメラ (LCX-1300, Roper Scientific, 1340(H) × 1300(V) pixels, 20 μm/pixel) を用いた。また、像面での蛍光 X 線エネルギーを測定するために SSD (Solid State Detector, Canberra, GUL0055P) も併せて用いた。

蛍光 X 線顕微鏡の試料には、アルファルファと呼ばれる多年生植物の種子を用いた。アルファルファは、その構成元素が人体のそれに比べて類似しているということから、栄養食品としても注目されている植物である。まず、アルファルファ種子を前章で示した Zone Plate 位相差光学系で撮影したものを Fig. 6(a) に示す。ここでは最外輪帯幅 100 nm の Zone Plate を用いた。所々に X 線が強く吸収されている箇所が存在していることがわかる。次に種子の蛍光 X 線像を Fig. 6(b) に示す。所々に非常に強い発光箇所を見て取ることができる。透過像における強い吸収体に相当する部分ではないかと思われる。特に種子のくぼみ部分に比較的大きな発光点があるのが特徴的である。このアルファルファ種子は水を与えてから 24 時間以内に発芽するという特徴をもっているため、種子の経時変化の観察を試みた。残念ながら、白色光を用いたことによる放射線損傷により、同一の種子による経時観察は不可能であった。しかし、種子間に大きな違いはないものとして、複数の種子を同時に成長させて、ある経過時間における種子を取り出し観察することにより、仮想的な経時変化観察を行った。水を与えてから 0, 1, 2, 4, 8, 15, 30 時間後の種子の蛍光 X 線像を Fig. 7 に示す。それぞれの蛍光 X 線像の左下に示した数字が経過時間である。15 時間を経過すると、根が分離してくる様子を見て取ることができる。また半分以上の種子で、種子のくぼみ部分に強い発光点が存在していることがわかる。次に、アルファルファ種子の蛍光 X 線 3 次元分布を Fig. 8 に示す。これは、蛍光 X 線で CT を行って再構成

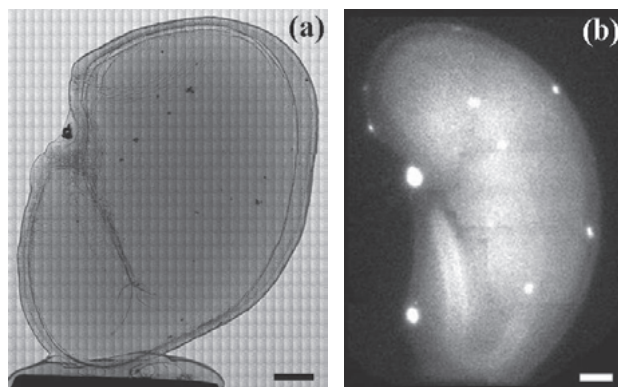


Figure 6
(a) X-ray image of Alfalfa seed taken with phase contrast X-ray microscope. X-ray energy: 7 keV. Exposure: 6 sec/image. Bar: 0.2 mm.
(b) X-ray fluorescence image of Alfalfa seed. Exposure: 30 sec×10 integration. Bar: 0.2 mm.

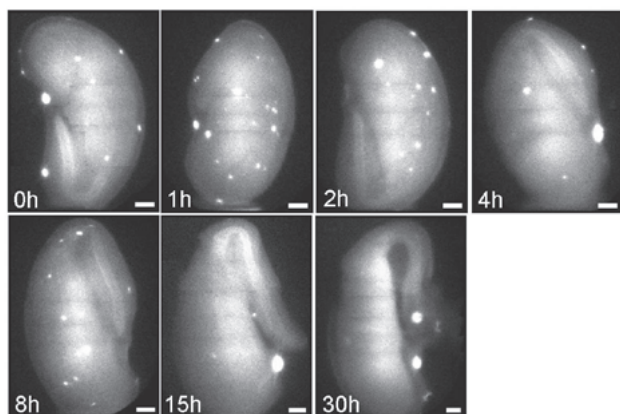


Figure 7
Time-lapse observation of Alfalfa seeds. Exposure: 30 sec × 10 integration. Bar: 0.2 mm.

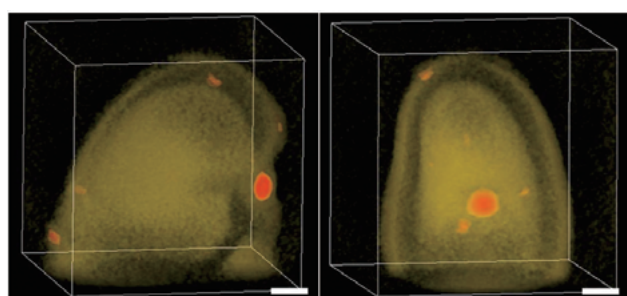


Figure 8
Three-dimensional X-ray fluorescence images of Alfalfa seed. Exposure: 1 min/projection. Bar: 0.2 mm. Voxel size: 8 μm × 8 μm × 8 μm.

した結果である。撮影条件は、1.8°ステップで200投影である。また再構成法は位相差顕微鏡CTと同様に、Shepp-Logan フィルターを用いた畳込積分法で行った。このとき、励起光および蛍光X線の吸収補正は特に行ってない。種子の表面部分および種子内部の胚珠部分に蛍光X線分布を見ることができる。

上で述べた蛍光X線像およびその再構成像は、積算露光およびそのデータを元にした再構成像であるので、種子に含まれている元素の情報は得られていない。SSDを用いれば何の元素が含まれているか知ることはできるが、それがどこに分布しているのかは、Wolter mirror 顕微鏡による積算露光像からでは読み取ることはできない。そこで、主に天文学で用いられる手法であるが、CCDをフォトンカウンティング条件下で用いることにより、位置情報とともにエネルギー情報も得ることができる方法を用いた。このフォトンカウンティング条件では、1つのX線光子がCCD1ピクセルに入射したときに、光電吸収によって発生する電子数は $N=E(\text{eV})/3.65$ で与えられ、これは各エネルギーに固有である。よって、発生した電子数を調べることで、入射した蛍光X線エネルギー、つまり元素の種類を特定することが可能である。この処理を画像全体もしくは特定領域の全ピクセルに対して行い、さらに統計的ノイズを低減させるために多数の画像からエネルギー情報を得ることにより、結果として像面における蛍光X線エネルギースペ

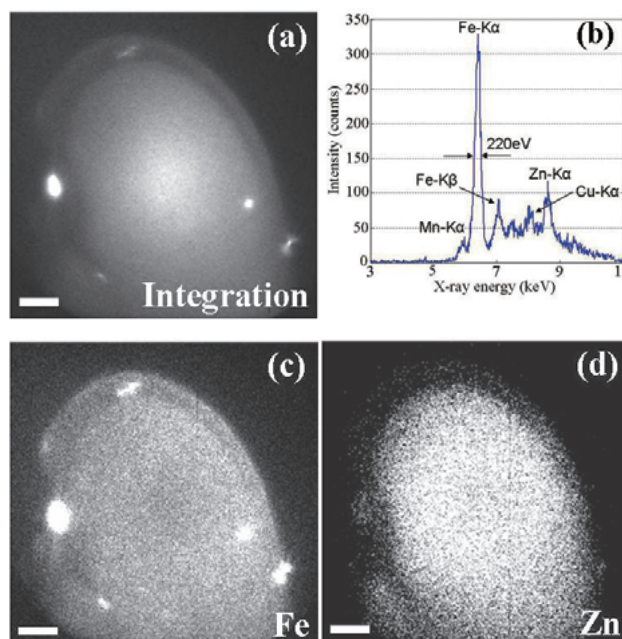


Figure 9
(a) Integration image of 1000 photon counting dataset. Exposure: 1 sec/image. Bar: 0.2 mm. (b) X-ray fluorescence energy spectrum obtained from photon counting calculation. (c) Iron image. Bar: 0.2 mm. (d) Zinc image. Bar: 0.2 mm.

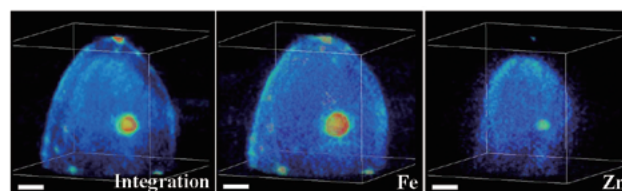


Figure 10
Three-dimensional element mappings. Integration image (Left). Iron image (Center). Zinc image (Right). Exposure: 1 sec/image, 500 photon counting images/projection. Bar: 0.2 mm. Voxel size: 4.8 μm × 4.8 μm × 4.8 μm.

クトルを得ることができる。さらに、ある特定のエネルギーを検出したピクセルの位置情報を積算することにより、その蛍光X線エネルギーのマッピング、つまり元素マッピングを得ることができる[6]。この元素マッピングと、CTの技術を合わせることで、3次元元素マッピングを行うことが可能になる。

ではまず、フォトンカウンティングによって得られた像面での蛍光X線エネルギースペクトルについて示す。Fig. 9(a)に1000枚のフォトンカウンティング積算像、Fig. 9(b)にフォトンカウンティング計算によって得られたエネルギースペクトルを示す。主に鉄と亜鉛が多く検出されており、鉄のKα線ではエネルギー分解能220 eVを得ることができた。続いて2次元の元素マッピングの結果について示す。鉄と亜鉛のマッピング結果をそれぞれFig. 9(c)と9(d)に示す。この結果より、強い発光点には鉄が豊富に含まれているということがわかる。また、亜鉛は主に胚珠部分に分布していることが見て取れる。続いて、このフォトンカウンティングによる2次元元素マッピングとCT再構

成法を組み合わせることで3次元の元素マッピングを行った。撮影条件は、7.2°ステップで50投影、そして1投影500枚のフォトンカウンティング像を撮影した。Fig. 10に500枚の積算、鉄および亜鉛の3次元再構成像を示す。鉄と亜鉛の再構成像に関しては、2次元の元素マッピングを求めてからCT再構成を行った。光源のエネルギースキャンや試料の走査を行わずに3次元の元素マッピングが得られるということは、非常に画期的な方法であるといえる。

おわりに

本稿では、位相差顕微鏡による低コントラスト生体試料の3次元像および、蛍光X線顕微鏡によるアルファルファ種子の3次元元素マッピングについて紹介した。位相差CTは、試料への放射線ダメージを最小限に抑え、かつ試料の3次元形状を得ることができるということから生物学や医学の分野への応用が期待できる。また蛍光X線による元素マッピングは、生体試料のみならず半導体等の産業用素子や様々な材料成分の分析への応用が可能であり、測定時間や空間分解能の向上により非常にすぐれた分析ツールになりうる可能性を持っている。現状では2つの光学系を別々に構築しているが、将来的には2つの顕微鏡モードで同時に試料を測定することができるようなシステムの構築を目指している。

引用文献

- [1] W. Chao, B. D. Harteneck, J. A. Liddle, E. H. Anderson and D. T. Attwood, *Nature* **435**, 1210 (2005).
- [2] H. Yokosuka, N. Watanabe, T. Ohigashi, Y. Yoshida, S. Maeda, S. Aoki, Y. Suzuki, A. Takeuchi and H. Takano, *J. Synchrotron Rad.*, **9**, 179 (2002).
- [3] H. Yokosuka, N. Watanabe, T. Ohigashi, S. Aoki and M. Ando, *J. Phys. IV France*, **104**, 591 (2003).
- [4] A. Takeuchi, S. Aoki, K. Yamamoto, H. Takano, N. Watanabe and M. Ando, *Rev. Sci. Instrum.*, **71**, 1279 (2000).
- [5] N. Watanabe, K. Yamamoto, H. Takano, T. Ohigashi, H. Yokosuka, T. Aota and S. Aoki, *Nucl. Instrum. & Methods A*, **467-468**, 837 (2001).
- [6] T. Ohigashi, N. Watanabe, H. Yokosuka, T. Aota, H. Takano, A. Takeuchi and S. Aoki, *J. Synchrotron Rad.*, **9**, 128 (2002).
- [7] T. Ohigashi, M. Hoshino, Y. Takeda, N. Yamada, T. Namiki, T. Ishino, N. Watanabe and S. Aoki, *Proc. 8th Int. Conf. X-ray Microscopy*, eds. S. Aoki, Y. Kagoshima and Y. Suzuki (IPAP Conf. Series **7**, 2006) p.154.
- [8] Y. Sakayanagi and S. Aoki, *Appl. Opt.* **17**, 601 (1978).
- [9] D. Weiß, G. Schneider, B. Niemann, p. Guttman, D. Rudolph and G. Schmahl, *Proc. 6th Int. Conf. X-ray Microscopy*, 1999, ed. W. Meyer-Ilse, T. Warwick and D. Attwood (American Institute of Physics, New York, 2000) p.123.

[10] Calculated using following database. http://www-cxro.lbl.gov/optical_constants/

(原稿受付：2006年9月8日)

著者紹介

星野真人 Masato HOSHINO



筑波大学大学院数理物質科学研究科 一貫制博士課程4年次
〒305-8573
茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL: 029-853-5044
FAX: 029-853-5205
e-mail: hoshino@aokilab.bk.tsukuba.ac.jp

略歴：2005年筑波大学大学院数理物質科学研究科 修士課程修了。

最近の研究：硬X線および軟X線顕微鏡による生体試料の3次元イメージング。

趣味：ドライブ

渡辺紀生 Norio WATANABE



筑波大学大学院数理物質科学研究科講師
〒305-8573
茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL: 029-853-5318
FAX: 029-853-5205
e-mail: watanabe@bk.tsukuba.ac.jp

略歴：1991年名古屋大学大学院理学系研究科修了。1992年筑波大学物理学系助手。1994年博士(理学)(名古屋大学)。1999年筑波大学物理学系講師。最近の研究：ゾーンプレートを用いたコモンパス干渉顕微鏡の開発。

趣味：登山, ピアノ

青木貞雄 Sadao AOKI



筑波大学大学院数理物質科学研究科教授
〒305-8573
茨城県つくば市天王台1-1-1
TEL: 029-853-5299
FAX: 029-853-5205
e-mail: aoki@bk.tsukuba.ac.jp

略歴：1974年東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。1978年～現在、筑波大学物理学系。最近の研究：X線顕微鏡による3次元計測法の研究。

趣味：知らない町をブラブラ歩くこと。

高強度陽電子ビームを利用したポジトロニウム 飛行時間分光法による先端材料ナノ空孔分析

伊藤 賢志¹, 于 潤升², 佐藤 公法³, 平田 浩一¹, 小林 慶規¹, 栗原 俊一⁴

¹産業技術総合研究所, ²中国科学院高能物理研究所, ³東京学芸大学, ⁴高エネルギー加速器研究機構

Nanopore Analysis of Advanced Materials by Positronium Time-of-Flight Spectroscopy Based on An Intense Positron Beam

Kenji ITO¹, Runsheng YU, Kiminori SATO², Kouichi HIRATA¹, Yoshinori KOBAYASHI¹, Toshikazu KURIHARA³

¹National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),

²Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences (IHEP), ³Tokyo Gakugei University,

⁴High Energy Accelerator Research Organization (KEK),

1. はじめに

陽電子は電子の反粒子であり、物質中では電子と対消滅してほぼ反対方向に2つの消滅 γ 線光子を放出する(2光子消滅)。陽電子が絶縁体に入射するとその一部が電子と結合してポジトロニウム(Ps)を形成する。陽電子やPsは物質のバルク表面や電子密度の低い欠陥・空孔などに局在しやすく、その寿命は消滅サイトの電子密度が低いほど長くなる。陽電子と電子が互いに平行なスピンを持つオルト-ポジトロニウム(o-Ps)はナノ空孔に捕獲されると、数ナノ秒以上の比較的長い寿命を持つ。このためo-Psは原子・分子レベル空孔を探るプローブになる[1, 2]。最近では、エネルギー可変な陽電子ビームと組み合わせた低速陽電子消滅法による薄膜のナノ空孔分析が注目されている[3-6]。

低速陽電子を物質表面に注入したときに形成されるo-Psの一部は表面から真空中へ飛び出し、内部の陽電子-電子同士で3つの γ 線光子を放出して自己消滅する(3光子消滅)。ポジトロニウム飛行時間(Ps TOF)分光法ではo-Psが再放出したときの運動エネルギーを測定する。この方法によりPsと物質表面との相互作用や表面近傍の極微構造に関する情報を得ることができ[7-12]。最近、我々はこの方法を次世代絶縁膜(Low- k 膜)の細孔構造評価に応用し、多孔質薄膜中のナノ空孔の屈曲性に関する知見が得られることを示した[10]。

高エネルギー加速器研究機構では、数年前より線型加速器で発生させた高強度低速陽電子ビームを利用したPs TOF実験を行ってきた[11-16]。Ps TOF法では、試料表面から出たo-Psの真空チェンバー内の飛行距離と飛行時間により放出エネルギーを算出する。実際の測定では試料と検出器の距離を一定にして、陽電子の入射時刻とo-Psの3光子消滅時刻の差から飛行時間を求める。真空中のo-Psの平均寿命は142 nsであるが、個々のo-Psはさまざまな時間で消滅するため、Ps TOF法では試料表面から放出されたo-Psのごく一部しか検出されない。従って、Ps TOFデータはノイズの影響をうけやすく、これまでのTOF信号積算方式では、Psの放出量が少ない試料について定量的な測定を行うことが困難であった。

最近、デジタルオシロスコープ(DSO)による陽電子消

滅寿命計測法が斎藤らにより開発された[17]。これは従来のNIMモジュールを用いたハード的な時間差解析の代わりに、検出信号を全てデジタルデータ化しパーソナルコンピュータ(PC)に取り込んだ後、オフラインで行う方法である[17]。この原理をPs TOFデータ解析に応用することにより、測定システム全体の安定性の向上および低バックグラウンド化が達成できた[18]。また、検出信号の波形データをデジタル化して記録媒体に保持することにより、従来のハードウェアモジュールによる測定とは異なり、様々なパラメータを用いた再解析が可能となる利点も有する。

本報告では、KEKのPs TOF分光器のためのデジタル処理データ解析法及び高分子材料と多孔質薄膜への適用性を評価し、さらに、開発されたデジタル方式Ps TOF法を応用したナノ空孔導入型Low- k 膜中のナノ空孔構造分析例について紹介する[19]。

2. デジタル方式によるPs TOF測定

2.1 高強度陽電子ビームおよびPs TOF分光装置

Ps TOF実験は高エネルギー加速器研究機構の低速陽電子実験施設にて行った[13, 16]。陽電子の生成は50 MeVのS-バンド直線加速器からのパルス電子を水冷式2 mm厚のタンタルコンバータへ照射することにより行われる。さらに焼鈍した25 μ m厚のタングステンモデレータにて減速された陽電子を4.9 keVに加速した後、6 mTの磁場で誘導して、パルス幅22 nsおよび50 Hzのビームを形成して試料中へ注入した。陽電子ビームの強度は 2×10^5 e⁻/パルスであった。測定には可動式アルミニウム試料ホルダーおよび5 mm幅の鉛コリメータ越しに設置されたプラスチックシンチレータと光電子増倍管(PMT)とを組み合わせた陽電子消滅 γ 線検出器からなるPs TOF分光器を使用した(Fig. 1)。加速器のパルス信号をトリガにして、陽電子およびPsの消滅 γ 線によるPMTアノード信号をDSOで読み込み、波形データをデジタル処理した後、メモリに記憶する。蓄積された波形データをイーサネットを介して、PCに転送し、ハードディスクに記憶して、オフラインデータ処理した。

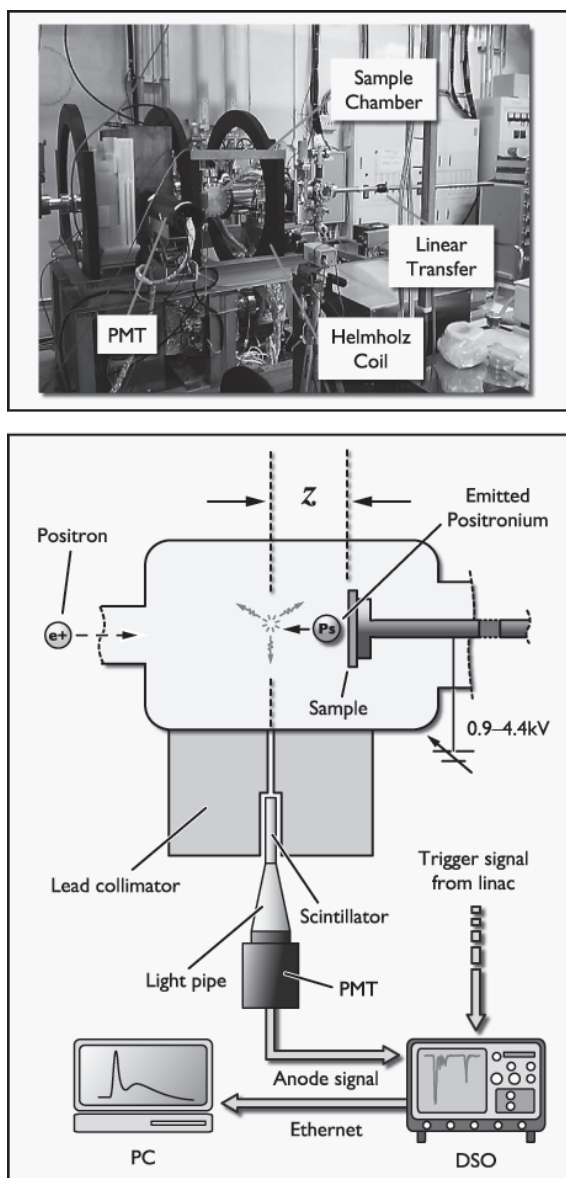


Figure 1 Experimental setup. (Upper) View of the Ps TOF chamber, (Bottom) Schematic diagram of the Ps TOF measurement system.

2.2 データ処理

PC 上に記憶された波形データを C++ 言語によるアルゴリズムを利用して解析処理した。解析処理の概要を Fig. 2 に示した。各波形データをスムージング処理した後、波高弁別によりバックグラウンドを除去し、 γ 線パルスのピーク位置からその検出時刻を決定した。弁別を行わずに得られたパルス波高分布に基づいて、弁別しきい電位を 60 mV に設定してバックグラウンドノイズ成分の除去を行った。また、パルス波形のスムージングは以下の加重移動平均により行った。

$$X'_{i+1} = \sum_{j=0}^n a_j X_{i+j} \tag{1}$$

ここで、 X_i , X'_i , n , a_j は、それぞれ、処理前後の波形データ、項数、および、加重係数を表す。本研究ではパラメータ n および a_j ($j=0, 1, 2$) をそれぞれ 2, 0.25, 0.5, 0.25 とした。

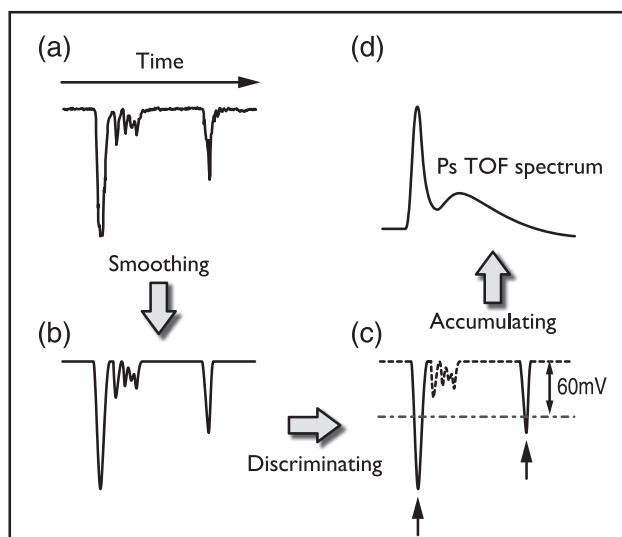


Figure 2 Procedure of the data analysis.

弁別されたパルス信号をそれぞれ 1 イベントとして、それらイベントを検出時刻に対応するチャンネルごとに積算することにより頻度分布 (TOF データ) を得た。

2.3 テスト試料

試料として、シリコン基板の上にスピナーコーティングで堆積した無機シルセスキオキサン多孔質薄膜 (HSQ 膜) [10], および、高温にてプレス成形後、氷浴中でクエンチして得たポリスチレンおよびポリテフタル酸エチル (PET) を用いた。

Ps TOF 測定は、飛行距離 (z) を 30 mm, 40 mm, 50 mm と 60 mm, 陽電子の注入エネルギー (E_{in}) を 0.50 keV から 3.00 keV と変化させて行った。DSO の時間スケールとサンプリング速度をそれぞれ 500 ns および 2 GS/s とし、 1.25×10^5 回掃引した。陽電子注入エネルギーの調整は試料ホルダーの電位を 1.9 kV-4.4 kV 間で変化させることにより行った。

2.4 データ処理の効果および *o*-Ps 放出エネルギーの算出

デジタル方式の効果を検討するため、はじめに高分子試料による評価試験を行った。高分子中の *o*-Ps 拡散長は 0.7 nm-1.0 nm であることが知られている [20]。陽電子の平均注入深さ L [nm] は

$$L = \left(\frac{40}{\rho} \right) E_{in}^{1.6} \tag{2}$$

で与えられる [21]。ここで、 ρ [g/cm³] は試料密度で、高分子材料の場合は $\rho \sim 1$ で、陽電子注入エネルギーが 0.08 keV-0.10 keV のとき、上記の拡散長は平均打ち込み深さに相当する。よって、これよりも注入エネルギーが十分大きいときは試料中で形成した *o*-Ps の大部分は試料表面から放出することなく試料中で消滅すると考えられる。

Fig. 3 は、 $E_{in} = 1.00$ keV および $z = 60$ mm で得られたポリスチレンの TOF データである。この図には DSO に取り

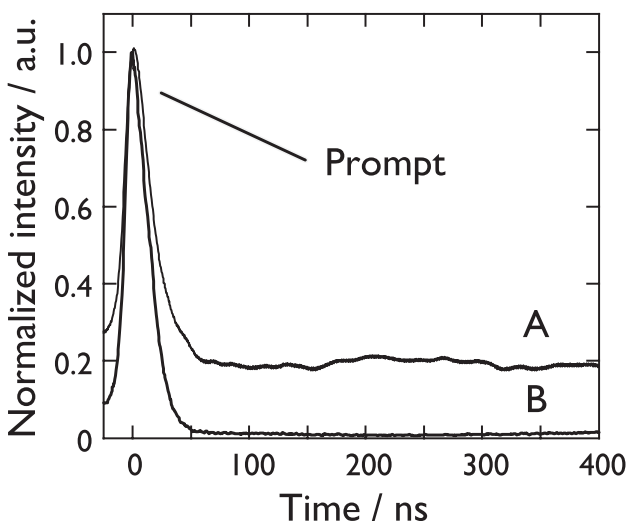


Figure 3
Comparison of positronium time-of-flight (Ps TOF) spectra obtained for polystyrene at $E_m=1.00$ keV and $z=60$ mm before and after the data analysis. Spectrum B was obtained through the discrimination process (see the text for the details), while spectrum A was obtained by averaging anode signals from a photomultiplier tube. The peak at $t=0$ is due to the γ rays which originate from prompt positron annihilation.

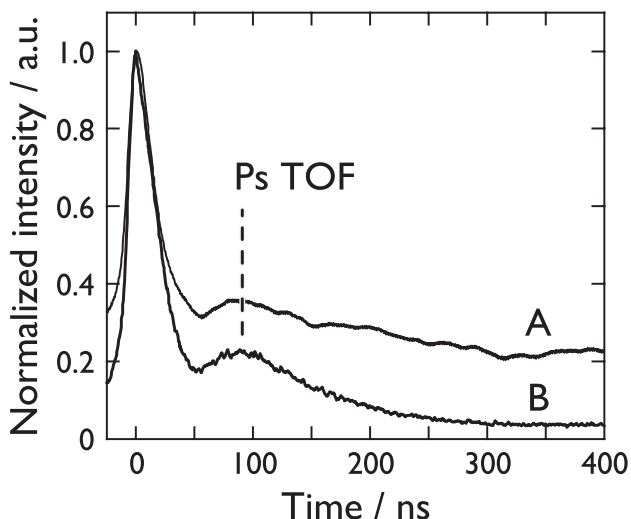


Figure 4
Comparison of positronium time-of-flight (Ps TOF) spectra obtained for a HSQ highly porous film at $E_m=0.50$ keV and $z=40$ mm before and after the data analysis. The legends are as in Fig. 3.

込まれた PMT からのパルス波形をすべての時間チャンネルごとに積算し、掃引回数で平均化して得たデータ処理前（積算方式）と処理後の2つのデータが示されている。左の大きなピークは陽電子が試料に打ちこまれた際に放出される消滅 γ 線によるプロンプトピークである。バックグラウンドが除去されていない積算方式のデータでは、50 ns 以上の時間の信号強度が高くなっているが、ノイズの影響が大きいためこの領域に TOF 信号が含まれているかどうかは判然としない。バックグラウンドが除去された処理後のデータでは、50 ns 以上の信号強度はほとんどゼロであり、上述の拡散長からの予想通り、本条件ではポリ

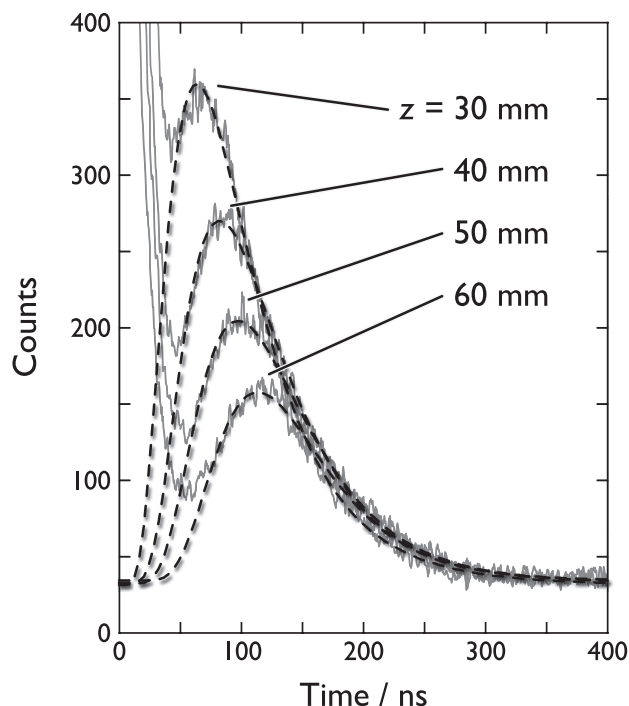


Figure 5
Ps TOF spectra for the HSQ film at different flight lengths z . Incident positron energy E_m was fixed to 0.50 keV. Large prompt peaks around $t=0$ are not shown. The spectra were obtained after the data analysis.

スチレン表面から o -Ps が放出されていないことが明らかとなった。処理前後のデータ中のプロンプトピーク半値幅 (FWHM) を比較してみると、処理前の値が 37.2 ns であるのに対し、処理後は 32.0 ns と減少しており、データ処理により TOF 測定的时间分解能が向上していることもわかる。なお PET についても同様の傾向が確認された。

HSQ 膜試料について $E_m=0.50$ keV および $z=40$ mm の条件で得られた TOF データを Fig. 4 に示した。 $t=0$ のプロンプトピークとは異なる $t=90$ ns 付近にピークが観測された。これは飛行中の o -Ps の 3 光子消滅による TOF ピークと帰属できる。処理前後のデータを比較すると、データ処理を行うことで TOF ピークが単一成分としてより明瞭に観測され、また、上述同様にバックグラウンドレベルが減少している。そして、Fig. 5 の飛行距離依存性からわかるように、 z の増加に伴いピーク観測時間が遅延することも確認でき、このデータから o -Ps 放出エネルギーを定量的に求めることができる。

o -Ps の固有寿命 (142 ns) の効果と鉛コリメータ開口部上で消滅 γ 線が検出可能な領域を o -Ps が通過することによる時間依存性の影響 [8, 10] をデータ処理後のスペクトル上の各点に

$$\frac{1}{t} \exp\left(-\frac{t}{142}\right) \tag{3}$$

を乗じて補正したスペクトルから得られた TOF ピーク位置 t_p と飛行距離 z の関係を Fig. 6 にプロットした。 t_p は z に比例して増大しており、 o -Ps の放出が再現性よく観測さ

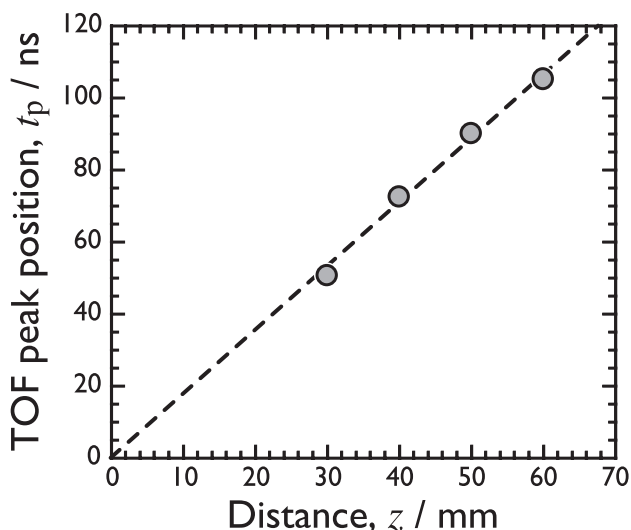


Figure 6
Plot of the TOF peak position versus z for the HSQ film obtained at $E_{in} = 0.50$ KeV.

れたことを示している。このプロットの傾きから、関係式

$$E_{Ps} = m_e \left(\frac{z}{t_p} \right)^2 \quad (4)$$

(ここで、 m_e は電子の質量) を用いることにより、 $E_{in} = 0.50$ keV での o -Ps 放出エネルギーが 1.8 ± 0.1 eV と求められた。この結果は異なる測定系で得られた以前の結果[10]と一致しており、本研究で開発した解析方法の妥当性が確認できた。

3. Ps TOF 分光法を応用した先端材料分析

最小配線ピッチ 45 nm (hp65) による次世代半導体 ULSI 開発では信号遅延の原因となる寄生容量を減少させるために絶縁膜の低誘電率 (Low- k) 化が必要不可欠であり、絶縁材料 (これまで用いられた非多孔質シリカでは比誘電率 $k \sim 4.3$) にナノ空孔を導入し Low- k 化する技術開発が進んでいる。半導体デバイスのインテグレーションプロセスでは化学機械研磨やプラズマエッチングなどが行われるため、機械強度および化学物質耐性の観点から Low- k 膜中の空孔は閉鎖していることが好ましいとされている。ここでは Ps TOF 法を応用した Low- k 薄膜のナノ空孔分析についての研究例を述べる。

3.1 空孔導入型 Low- k

ケイ酸エチルから得た前駆体粒子とアルコキシシランとを混合することによりナノクラスターシリカ (NCS) 溶液を調製し、この溶液をシリコン基板上にスピコートし製膜、150°C で乾燥後、400°C にて熱処理して得た、10 nm から 17 nm の範囲で異なる二次粒子サイズをもつ NCS 多孔質 Low- k 薄膜を用いた (Table 1) [5]。各薄膜試料内での o -Ps の平均寿命から見積もられた空孔半径は 1.2 nm から 2.2 nm の範囲であった [22]。

Table 1 Thickness (T), relative dielectric constant (k), secondary particle diameter (d), and open porosity (V_p) for nano-clustering silica (NCS) porous films.

ID	T / nm	k	d / nm	V_p / %
A	401	2.3	17	29
B	456	2.5	15	26
C	296	3.2	10	16

3.2 o -Ps 放出エネルギーとナノ空孔連結性

各 Low- k 膜試料の Ps TOF データ ($z = 30$ mm) から上述の方法で変換して得た o -Ps エネルギースペクトルの E_{in} 依存性を Fig. 7 に示した。 $E_{in} = 0.50$ keV ($L \sim 10$ nm) では、いずれの Low- k 膜においても o -Ps 放出ピークが観測され、 o -Ps エネルギーは 1 eV よりも大きいことが確認された。また、そのピーク強度は試料 A, B, C の順となり、対応する空孔率 V_p と相関することがわかった。そして、 E_{in} の増大とともに放出ピーク位置は低エネルギー側へとシフトし、その強度は徐々に減少した。

試料中に打ち込まれた陽電子が o -Ps を形成しナノ空孔内に捕獲されたとき、 o -Ps のエネルギーは数 eV 程度と推定できる [9-11, 23]。半径 1 nm 以上のナノ空孔内での o -Ps は古典粒子と見なすことができ [24, 25]、その一部は表面に連結した開放空孔を通して移動し、真空中へ放出する。その際 o -Ps は空孔壁と衝突を繰り返しながらエネルギーを失うと考えられる。表面に達するまでに失う総エネルギー E_{loss} は、衝突回数 N と一回あたりの衝突で失うエネルギー ΔE との積 $E_{loss} \sim N\Delta E$ で近似できる。ここで ΔE は一定とみなせるため、放出時の運動エネルギーは N に依存すると考えることができ、また、 N は空孔内の o -Ps の平均自由行程と移動距離で決まる。つまり、物質内部のより深くで形成し、より長く移動して放出した o -Ps ほど、そのエネルギーは低くなる。

Fig. 7 のピーク位置における o -Ps エネルギー (E_{ps}) の E_{in}

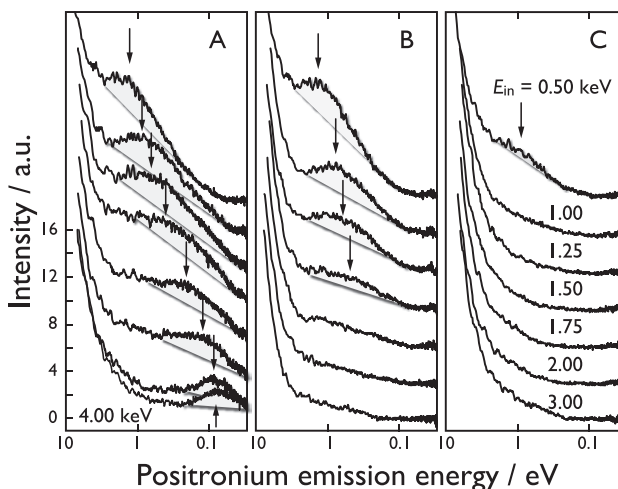


Figure 7
Variations of the o -Ps emission energy spectra for NCS films with E_{in} observed at a fixed flight distance of 30 mm. The data were quoted from Ref.[19].

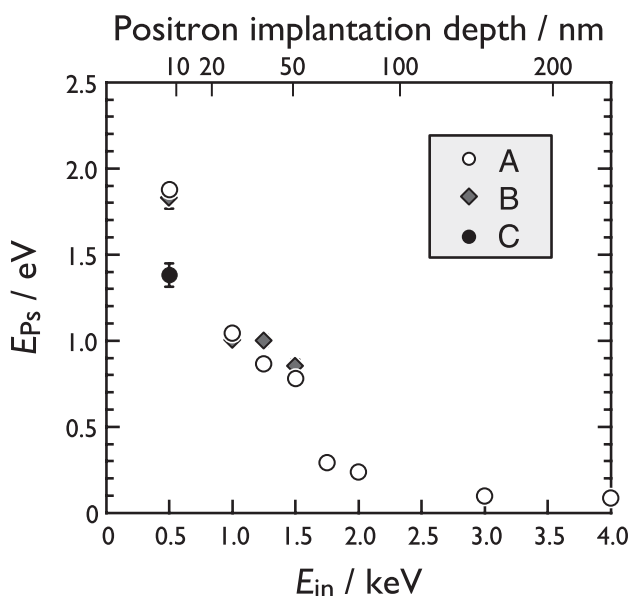


Figure 8
Variations of the *o*-Ps emission energy at the TOF peak for NCS films with E_{in} . The upper horizontal axis represents the mean positron implantation depth (L) calculated by $L = \frac{40}{\rho} E_{in}^{1.6}$ for films A and B. The data were quoted from Ref. [19].

依存性を Fig. 8 に示した。図の上横軸には平均注入深さ L を示した。 $E_{in} \leq 1.50$ keV ($L \sim 55$ nm) では試料 A, B の E_{Ps} はほぼ一致し, E_{in} , すなわち, L の増加と共に徐々に減少した。上述の考察および本結果から, より深くで形成した *o*-Ps がより多くのエネルギーを失いながら, 二次粒子間に存在する開放ナノ空孔を通して放出したことが推察される。さらに試料 A については, 打ち込みエネルギーの最も高い $E_{in} = 4.00$ keV ($L \sim 300$ nm) においても *o*-Ps の放出が観測され, その E_{Ps} は熱エネルギー程度の 0.05 eV となることがわかった。

Fig.7 の結果のとおり $E_{in} = 0.50$ keV ($L \sim 10$ nm) での Ps TOF ピーク強度は各薄膜試料の空孔率の大小関係に一致した。二次粒子径が 10 nm-17 nm であることから, $L \sim 10$ nm 程度の表面近傍のナノ空孔はすべて表面に繋がった開放空孔であると考えられる。このため, *o*-Ps はほとんど消滅することなく表面から放出され, その結果, ナノ空孔量 (= 空孔率) に相関したと考えられる。一方, より深くで形成した *o*-Ps の一部は, 閉鎖空孔内に閉じこめられ, 膜外へ放出することなく消滅する。このときの *o*-Ps の放出は全空孔量に対する開放空孔量, すなわち, ナノ空孔の連結性に依存する。つまり, E_{in} の増加に伴い *o*-Ps の放出量が減少するのは連結空孔が減少することを示しており, また, 試料 B および C が $E_{in} \geq 2.00$ keV および 1.00 keV でそれぞれ *o*-Ps の放出が観測されなかったことから膜中における空孔連結性は $A > B > C$ の順であることを示唆している。

4. まとめ

KEK 高強度陽電子ビームを利用した Ps TOF 分光装置のためのデジタル方式データ解析法, および, この方式を

応用した多孔質 Low- k 薄膜のナノ空孔評価例を紹介した。デジタル化した *o*-Ps 3 光子消滅 γ 線の検出信号処理により, TOF スペクトルの安定性, 時間分解能, および, S/N 比を改善することに成功した。この方法を異なる比誘電率を持つ空孔導入型 Low- k 膜のナノ空孔構造分析に適用した。本測定法により開放ナノ空孔を通して放出した *o*-Ps を調べることでナノ空孔連結性を評価できることが示された。

謝辞

本稿で紹介した研究成果は触媒化成工業株式会社との共同研究により得たので, ここに感謝の意を表す。また, プログラム作成に関して助言をいただいた, 東北大学 永井 康介助教授, 東京大学 斎藤 晴雄博士および同 兵頭 俊夫教授に感謝する。本研究は NEDO 委託研究「ナノテクノロジープログラム - ナノ計測基盤技術プロジェクト」の一部として行われた。

(原稿受付: 2006 年 9 月 19 日)

引用文献

- [1] K. Ito, Y. Saito, T. Yamamoto, Y. Ujihira and K. Nomura, *Macromolecules*, **34**, 6153 (2001).
- [2] Y. Kobayashi, K. Haraya, S. Hattori and T. Sasuga, *Polymer*, **35**, 925 (1994).
- [3] R. Suzuki, Y. Kobayashi, T. Mikado, H. Ohgaki, M. Chiwaki, T. Yamazaki and T. Tomimasu, *Jpn. J. Appl. Phys. Pt. B Lett.*, **30**, L532 (1991).
- [4] Y. Kobayashi, W. Zheng, T. B. Chang, K. Hirata, R. Suzuki, T. Ohdaira and K. Ito, *J. Appl. Phys.*, **91**, 1704 (2002).
- [5] K. Ito, Y. Kobayashi, K. Hirata, H. Togashi, R. Suzuki and T. Ohdaira, *Radiat. Phys. Chem.*, **68**, 435 (2003).
- [6] K. Ito and Y. Kobayashi, *Acta Phys. Pol. A*, **107**, 717 (2005).
- [7] A. P. Mills Jr., L. Pfeiffer and P. M. Platzman, *Phys. Rev. Lett.*, **51**, 1085 (1983).
- [8] R. H. Howell, I. J. Rosenberg, M. J. Fluss, R. E. Goldberg and R. B. Laughin, *Phys. Rev. B*, **35**, 5305 (1987).
- [9] P. Sferlazzo, S. Berko and K. F. Canter, *Phys. Rev. B*, **35**, 5315 (1987).
- [10] R. S. Yu, T. Ohdaira, R. Suzuki, K. Ito, K. Hirata, K. Sato, Y. Kobayashi and J. Xu, *Appl. Phys. Lett.*, **83**, 4966 (2003).
- [11] Y. Nagashima, Y. Morinaka, T. Kurihara, Y. Nagai, T. Hyodo, T. Shidara and K. Nakahara, *Phys. Rev. B*, **58**, 12676 (1998).
- [12] 佐藤公法, 伊藤賢志, 平田浩一, 小林慶規, 栗原俊一, 第 43 回アイソトープ・放射線研究発表会 2a-III-05 (2006).
- [13] T. Kurihara, Y. Nagashima, T. Shidara, H. Nakajima, S. Ohsawa, M. Ikeda, T. Oogoe, K. Kakihara, Y. Ogawa, A.

- Shirakawa, T. Sanami and A. Enomoto, *Mater. Sci. Forum*, **445-446**, 486 (2004).
- [14] H. K. M. Tanaka, T. Kurihara and A. P. Mills Jr., *Photon Factory Activity Report*, **22A**, 23 (2005).
- [15] Y. Kobayashi, K. Ito, K. Hirata, K. Sato, R. S. Yu, T. Kurihara, *Photon Factory Activity Report*, **22A**, 28 (2005).
- [16] URL: <http://www-linac.kek.jp/slowpos/>
- [17] H. Saito, Y. Nagashima, T. Kurihara and T. Hyodo, *Nucl. Instrum. Meth. A*, **487**, 612 (2002).
- [18] 斎藤晴雄, 兵頭俊夫, 第39回理工学における同位元素・放射線研究発表会 2a-II-5 (2002).
- [19] K. Ito, R. S. Yu, K. Sato, K. Hirata, Y. Kobayashi, T. Kurihara, M. Egami, H. Arao, A. Nakashima and M. Komatsu, *J. Appl. Phys.*, **98**(9), 094307 (2005).
- [20] K. Hirata, Y. Kobayashi and Y. Ujihira, *J. Chem. Soc.-Faraday Trans.*, **92**, 985 (1996).
- [21] P. J. Schultz and K. G. Lynn, *Rev. Modern Phys.*, **60**, 701 (1988).
- [22] K. Ito, Y. Kobayashi, R. Suzuki, T. Ohdaira, R. S. Yu, K. Sato, K. Hirata, H. Togashi, M. Egami, H. Arao, A. Nakashima and M. Komatsu, *MRS Sym. Proc.*, **788**, 397 (2004).
- [23] Y. Nagashima, M. Kakimoto, T. Hyodo, K. Fujiwara, A. Ichimura, T. Chang, J. Deng, T. Akahane, T. Chiba, K. Suzuki, B. T. A. McKee and A. T. Stewart, *Phys. Rev. A*, **52**, 258 (1995).
- [24] K. Ito, H. Nakanishi and Y. Ujihira, *J. Phys. Chem. B*, **103**, 4555 (1999).
- [25] K. Ito and Y. Kobayashi, *Mater. Sci. Forum*, **445-446**, 307 (2004).

小林 慶規 Yoshinori KOBAYASHI
産業技術総合研究所 研究室長。

栗原 俊一 Toshikazu KURIHARA
高エネルギー加速器研究機構 研究機関講師。

著者紹介

伊藤 賢志 Kenji ITO
産業技術総合研究所 研究員
〒305-8565 つくば市東 1-1-1 つくば中央第五
TEL/FAX: 029-861-4628
e-mail: k-ito@aist.go.jp

略歴：1999年東大博士課程修了，学振特別研究員，MIT客員研究員，産総研特別研究員を経て，2003年より現職。博士（工学）。
最近の研究：ナノ空孔計測標準開発。

于 潤升 Runsheng YU
中國科學院高能物理研究所 準教授。

佐藤 公法 Kiminori SATO
東京学芸大学 助教授。

平田 浩一 Kouichi HIRATA
産業技術総合研究所 主任研究員。

研究会等の報告／予定

第 24 回 P F シンポジウムのお知らせ

PF シンポジウム実行委員長 間瀬一彦 (KEK・PF)

第 24 回 PF シンポジウムの第 1 回実行委員会が 10 月 19 日 (木) に開かれ、今年度の PF シンポジウムは 2007 年 3 月 14 日 (水) ～ 15 日 (木) の 2 日間に KEK 国際交流ラウンジ 1, 2 において開催されることが決まりました。今回は、前回参加者の皆様からいただいたご意見を元に、3 月中旬の開催といたしました。昨年度末に行われた PF 外部評価の報告を受けて、PF は新しいアクションプランを作成しようとしております。PF のより良いあり方を議論していただくために、多くの方にシンポジウムに参加していただきたく存じます。是非皆様の予定表に加えてくださるようお願いいたします。すでに実行委員会内で企画や招待講演に関する議論を始めておりますので、ご意見やご要望のある方は下記の実行委員まで至急ご連絡ください。なお最新情報は下記ホームページに掲載いたしますのでご参照ください。

開催時期: 2007 年 3 月 14 日 (水) ～ 15 日 (木)

開催場所: 高エネルギー加速器研究機構 (KEK)
国際交流ラウンジ 1, 2

PF シンポジウム HP: <http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/>

第 24 回 PF シンポジウム実行委員 (五十音順・敬称略):

東善郎 (PF), 梅森健成 (PF), 亀卦川卓美 (PF), ○組頭 広志 (東大), 桜井健次 (物材機構), 田淵雅夫 (名大), 中尾朗子 (PF), 平井光博 (群馬大), 兵藤一行 (PF), ◎間瀬一彦 (PF), 山田悠介 (PF)
(◎委員長, ○副委員長)

PF シンポジウムに関するご意見ご要望の連絡先:

間瀬一彦 (mase@post.kek.jp)

「埋もれた界面の X 線・中性子解析に関するワークショップ 2006」報告

物質・材料研究機構 桜井健次

2001 年 12 月以来、X 線・中性子反射率法に関連する研究会がほぼ毎年開催されており、今年は 7 月 3 日～4 日の 2 日間、横浜で以下の通り開催致しました。英文のプロシーディングスが KEK Proceedings 2006-3 として発行されております。ご関心のある方は、KEK 研究協力課 (029-864-5124 irdpub@mail.kek.jp) にお求めください。筆者の手元にも残部があり、お分けすることができ

ます。また全論文を PDF ファイルにしておさめた CD もあります。必要な方はご遠慮なくご連絡ください (e-mail sakurai@yuhgiri.nims.go.jp または sakurai@pas.tsukuba.ac.jp, 電話 029-859-2821)。

名称: 埋もれた界面の X 線・中性子解析に関するワークショップ 2006

日時: 2006 年 7 月 3 日 (月) ～ 4 日 (火)

場所: マルコー・イン新横浜

<http://www.darwin.ne.jp/hotel/yokohama/>

主催: (社) 応用物理学会

埋もれた界面の X 線・中性子解析グループ

協賛: (社) 日本化学会, (社) 日本顕微鏡学会, 日本材料科学会, 日本中性子科学会, (社) 日本分析化学会, 日本放射光学会, 日本 MRS

後援: (財)池谷科学技術振興財団, 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

プログラム:

2006 年 7 月 3 日 (月)

(午前の座長 1) 桜井健次

09:00 ～ 09:40 「X 線で明かす埋もれた界面の構造—分かった事, 知りたい事—」 竹田美和 (名大)

09:40 ～ 10:20 "Analysis of Surface and Interface Structure of Polymer Ultrathin Films by X-ray and Neutron Reflectivity Measurements" 高原 淳 (九大)

10:20 ～ 10:40 休憩 (コーヒープレーク)

(午前の座長 2) 竹田美和

10:40 ～ 11:20 「生分解性高分子の表面界面構造とその時間・温度発展」 高橋 功 (関学大)

11:20 ～ 12:00 「半導体ナノドット成長過程のリアルタイム X 線回折」 高橋正光 (原子力機構)

12:00 ～ 13:30 昼食休憩

13:30 ～ 14:10 反射率のデータ解析に関する意見交換

1. "International standards and software in X-ray reflectometry" 桜井健次 (物材機構)



講演に対して白熱した討論が行われた。

2. "Fourier Transform Analysis of X-ray Reflectivity from Thin-Film Stacks using the Anomalous Dispersion Effect" 上田和浩 (日立)

(午後の座長 1) 高橋正光

14:10 ~ 14:30 "Interfacial Science of Soft-Material on the J-PARC Pulsed-Neutron Reflectometer" 鳥飼直也(KEK)

14:30 ~ 14:50 「軟 X 線 MCD による Fe/Si 多層膜界面の磁性状態の研究」 柳原美広 (東北大)

14:50 ~ 15:10 休憩 (コーヒープレーク)

(午後の座長 2) 林 好一

15:10 ~ 15:30 「偏極中性子鏡面／非鏡面反射法による磁気デバイス用薄膜の磁気構造および磁区構造解析について」 武田全康 (原子力機構)

15:30 ~ 15:50 「GISAXS による Si(113) 上 Ge ナノワイヤーの構造解析」 表 和彦 (リガク)

15:50 ~ 16:10 「GISAXS による高分子ナノ多孔体の解析」 横山英明 (産総研)

16:10 ~ 16:30 「埋もれた界面内のナノメートル位置分解分光分析」 石井真史 (JASRI)

16:30 ~ 19:00 懇親会

(夜の討論企画の座長) 桜井健次

話題提供 (5 分講演)

- 1) 新しい実験・装置技術およびデータ解析技術
- 2) 新しい応用分野

19:00 ~ 21:30

"In-situ X-ray measurement of phase separation process of polymer/plasticizer mixture" 松野信也 (旭化成)

「実験室反射率装置の高分解能化」 谷 克彦(リコー)

「全反射 XAFS 法の水溶液表面への適用」

谷田 肇 (JASRI)

「ルテニウム表面における酸素分子の解離吸着過程」 高橋 真 (京大)

「中性子反射率計を用いたリン脂質薄膜の観測」

山田悟史 (KEK)

「強磁場マグネトロンスパッタ装置による Mo/Si 多層膜の作成」 山口 隆 (JST 東海プラザ)

「X 線 CTR 散乱測定による GaInN 系多層構造界面の解析」 田淵雅夫 (名大)

「強誘電体薄膜／Si 構造の構造物性研究と構造評価法としての X 線反射率解析」 香野 淳 (福岡大)

「メソ多孔体薄膜の作成とナノ微粒子の配列制御への展開」 田尻恭之 (福岡大)

「高分子修飾微粒子が気水界面で形成する単粒子膜に対する X 線反射率測定」 毛利恵美子 (九工大)

2006 年 7 月 4 日 (火) (国際セッションとして全講演, 討論が英語で行われた)

Chair: K.Sakurai

09:10 ~ 10:10 "Analysis of mesostructured thin films by x-ray reflectivity and GISAXS" Alain Gibaud (Université du Maine, France)



懇親会

Chair: A.Gibaud

10:10 ~ 10:40 "In-situ GI-SAXS on self-organization process of Fe-based alloy films" Hiroshi Okuda (Kyoto Univ.)

10:40 ~ 11:00 Coffee Break

Chair: O.Sakata

11:00 ~ 11:30 "Surface structure analysis with using X-ray Multiple-Wave Diffraction", Wataru Yashiro (Tokyo Univ.)

11:30 ~ 12:00 "Strain distribution at buried interfaces revealed by extremely asymmetric X-ray diffraction"

Koichi Akimoto (Nagoya Univ.)

12:00 ~ 13:30 Lunch Break

Chair: K.Sakurai

13:30 ~ 14:00 "X-ray spectrometry in the PTB lab at BESSY used for wafer contamination analysis and speciation as well as for reference-free nano layer characterization", Burkhard Beckoff (PTB, Germany)

Chair: K.Akimoto

14:00 ~ 14:20 "Reciprocal-lattice-space imaging of 1D and 2D nanostructures by the obvious-at-a-glance X-ray diffraction method" Osami Sakata (JASRI/SPring8)

14:20 ~ 14:40 "Structural analysis of semiconductor on insulators for next generation semiconductor devices" Tomoaki Kawamura (NTT)

Chair: N.Torikai

14:40 ~ 15:00 "Film structure analysis using X-ray waveguide phenomenon" Kouich Hayashi (Tohoku Univ.)

15:00 ~ 15:20 "Green Molecular Engineering using Supercritical Carbon Dioxide" Tadanori Koga (Stony Brook Univ., USA)

15:20 ~ Closing

「埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ2006」に参加して

東京大学新領域創成科学研究科 矢代 航

2006年7月3日および4日の両日にわたりマルコー・イン新横浜において開催された「埋もれた界面のX線・中性子解析に関するワークショップ2006」にご招待いただきました。海外からも招待講演者を迎え、一日目は日本語セッション、二日目は英語による国際セッションといった内容で、各人のご講演のレベルは高く、また討論も活発で、たいへん中身の濃いワークショップでした。英文プロシーディングズ（製本版およびCD版）はワークショップ終了からわずか52日で印刷完了するという迅速さで、その一点からも本ワークショップのアクティビティの高さが垣間見られます。本ワークショップが成功裡に終わったことは、チェアマンであるNIMSの桜井健次さんおよびスタッフの方々のご尽力の賜であり、一出席者としてここに感謝の意を表したいと思います。

2001年12月以来、X線・中性子反射率法に関連する研究会はほぼ毎年開催されており、今回のワークショップは6回目にあたるとのことですが、私はやや異なるフィールドで研究活動を続けてきたという事情で、今回の出席が初めてでした。率直な印象として、放射光や中性子による反射率法が実社会の広い分野で非常に役に立っているということを強く感じさせられる内容でした。2003年の「X線・中性子による薄膜ナノ界面構造および埋もれた界面の先端解析技術に関するワークショップ」の報告記事[1]の時点では、「昨今、社会的ニーズの高まっているナノサイエンスやナノテクノロジーの基本ツールとして反射率法を本格活用していく方向性を概観したいという問題意識で開催され」とありますが、それからわずか三年の間で、半導体、金属、セラミック、ソフトマテリアル、磁性体など多様な材料で多くの成果が上がっていることは特筆に値すると思います。放射光による埋もれた界面の研究を例に挙げれば、化合物半導体の結晶成長の制御については着々とデータやノウハウが蓄積され、それがさらなるデバイスの改良に活かされるレベルに達していますし、低次元構造（量子ドットや量子細線、回折格子など）の解析については、その場観察も含め、これまで知られていなかった様々な情報が高い信頼性で得られています。シリコン半導体中のひずみの研究については三件の発表がありましたが、それぞれの特色を活かしつつ、デバイス設計に役立つであろう基礎的なデータが徐々に集まりつつあるといった状況にあります。また材料の「機能」につながる研究が目立ったのが特に注目されます。PS/POSS系ブレンド薄膜や生分解性ポリマー、高分子ナノ多孔体の構造と機能に関する研究はいずれも興味深いものでした。さらに私にとっては中性子による反射率法の活躍ぶりがとても新鮮でした。磁気体薄膜（多層膜）やPS/POSS系ポリマーブレンド薄膜の「濡れ」に関する研究では、中性子およびX線

それぞれの特色を活かした研究の重要性を改めて認識させられました。J-PARCに関する報告をうかがうのも実は今回が初めてでした。これまでKENSで反射率測定に約1日かかっていたのが、J-PARCでは分のオーダーで測定可能となるということで、今後が大いに楽しみです。

手法の開発および高度化についての講演もバランスよく組み立てられていました。静電容量プローブ顕微鏡によるX線吸収分光法、X線ウェーブガイド現象を利用した白色X線による薄膜の評価法、リファレンスフリーで100 fgまで定量測定できるTXRF（Total-reflection X-Ray Fluorescence analysis）、あるいはTXRF-NEXAFSなどとてもおもしろかったです。新しい手法の開発は、他の手法では明らかにできなかった新しい発見があって初めて価値が与えられるというのが私の持論ですが、これらの方法はすべて将来の重要な発見につながる期待感が大いに感じられました。

「反射率のデータ解析に関する意見交換」と題して、反射率法の国際標準化についての報告と、それに伴う問題提起として、反射率データの解析方法（解析結果）の徹底的な検証の必要性についての話、および意見交換の場がありました。私の考えでは、この問題はたいへん重要で、十分時間をかけてじっくり議論していくべきだと思います。何かと新しい成果を求められる昨今、このような検証を時間をかけて行うのは難しい状況となっていますが、最終的にははっきりした結論が得られることを望んでいます。

最後に、本ワークショップは全体としてたいへん雰囲気の良い研究会でした。私自身、興味深い講演や懇親会でもとても楽しい思いをさせていただきました。もし今後もあれば継続的に参加していきたいと考えています。夜の討論会など気軽に意見交換が行える場も企画されていて、材料開発は行っているけれども反射率法には詳しくないような方々に対しても決して敷居の高くない研究会です。興味のある方がいらっしゃいましたらぜひとも足をお運びになられることをお勧めいたします。

[1] PHOTON FACTORY NEWS Vol. 21 No. 3 NOV (2003) p40.

「X線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う(II)」シンポジウム報告

物質・材料研究機構 桜井健次

X線および中性子による反射率法は、物質表面での全反射現象を利用して非破壊に薄膜・多層膜の表面や埋もれたナノ構造の情報を与える手法である。通常、平行化させた細束ビームにより微小角域で精密な $\theta/2\theta$ 走査を行う方法が用いられており、他の多くの回折・散乱技術と同様、研究対象が安定な系、あまり変化しない系に限られていたが、最近、こうした角度走査を行わず、きわめて迅速にデータを取得する技術への期待感が高まっている。8月29

日(火), 2006 年秋の応用物理学会(立命館大学)において、「素早い」「時分割」(quick)あるいは「試料をほとんど動かさない」(quiet) 反射率法および関連技法を用いた解析の現状と今後の課題が議論された(平均参加者数, 約 60 名)。

本シンポジウムは, (社) 応用物理学会新領域グループ「埋もれた界面の X 線中性子解析グループ」により企画された。同グループは, PF 懇談会 X 線反射率ユーザーグループの主要メンバーを母体とし, より広範囲の活動をめざし, 2005 年 11 月に設立されたものである。今後も同種の研究会が連続企画される予定であるので, 関心のある方は, ホームページ (<http://www.nims.go.jp/xray/ref/>) を参照してほしい。

プログラム:

2006 年 8 月 29 日 (火)

午前の部の座長 矢代航(東大新領域)

09:30 ~ 09:50 インタロダクトリートーク: X 線・中性子による quick 反射率法の展望 (20 分)

物材機構 ○桜井健次

09:50 ~ 10:30 リアルタイム計測: 極薄 SOI 基板における酸化プロセスの観察 (40 分)

NTT 物性基礎研 ○尾身博雄, 川村朋晃

10:30 ~ 10:50 休憩

10:50 ~ 11:30 リアルタイム計測: 半導体ナノドット成長過程における構造変化 (40 分)

原子力機構 ○高橋正光, 海津利行

11:30 ~ 12:10 リアルタイム計測: GIXD によるポリイミド薄膜結晶化過程の in-situ 計測 (40 分)

旭化成基盤技術研究所¹, 旭化成実装表示材料 MC²

○松野信也¹, 菊間 淳¹, 浅野剛司², 名雪健史¹

12:10 ~ 13:30 昼食

午後前半の部の座長 田淵雅夫(名大工)

13:30 ~ 14:10 動かさない試料の計測: 液体表面の構造研究 (40 分) 立命館 SLLS ○矢野陽子

14:10 ~ 14:50 動かさない試料の計測: SPring-8 における溶液の反射率実験 (40 分)

JASRI¹, 九大理², 福岡女大人³, 宇都宮大工⁴

○宇留賀朋哉¹, 谷田 肇¹, 瀧上隆智², 池田宜弘³, 飯村兼一⁴, 廣沢一郎¹

14:50 ~ 15:10 休憩

午後後半の部の座長 坂田修身(JASRI)

15:10 ~ 15:50 quick 反射率法のための装置技術: 高温加工単結晶を利用した光学素子の可能性 (40 分)

京大 IIC¹, 東北大金研²

○奥田浩司¹, 中嶋一雄², 藤原航三², 落合庄治郎¹, 宇佐美憲隆²

15:50 ~ 16:30 中性子反射率法による研究: 埋もれた水素, 重水素ヘテロ界面構造 (40 分)

原子力機構¹, エイコー², 高工機構³

○朝岡秀人¹, 武田全康¹, 曾山和彦¹, 社本真一¹, 山崎竜也^{1,2}, 鳥飼直也³

16:30 ~ 17:10 中性子反射率法による研究: JRR-3 新中性子反射率計 SUIREN (40 分)

原子力機構量子ビーム

○山崎 大, 曾山和彦, 海老澤 徹, 丸山龍治, 武田全康

17:10 ~ 17:30 サマリー & ディスカッション (20 分)

○全員

「X 線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う (II)」に参加して 1

東京大学新領域創成科学研究科 矢代 航

2006 年秋季の第 67 回応用物理学会学術講演会のシンポジウム「X 線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う (II)」(2006 年 8 月 29 日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス) に午前の部の座長として参加させていただきました。本シンポジウムは 2005 年春に開催されたシンポジウム「X 線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う (I)」に引き続き, 第二回目であり, 「素早い」「時分割」(quick), 「試料をほとんど動かさない」(quiet) 反射率法およびその関連手法を用いた解析の現状と将来について議論することを趣旨として開催されたものです。私は今回が初めての参加でしたが, 終日にわたってたいへん価値のある時間を過ごさせていただきました。

測定に膨大な時間を要する(要していた?) X 線による結晶表面の構造解析に学生時代に長いこと携わってきた私にとって, シンポジウムの“quick”という方向づけには大いに賛成です。迅速測定の必要性を現場にいて肌で感じていたため, どうしたらそれが実現できるのか当時はあれこれ思案したものです。しかしながら, 結局はさらに大強度の放射光源の出現, 新しいタイプの X 線オプティクスや回折計の開発, あるいは検出器の開発などに行き着いてしまい, その当時の知識と身分ではとても解決できるような問題ではありませんでした。そのような経験があったものですから, 本シンポジウムのような形で, 反射率法にかかわる多くの方が“quick”という同じベクトルに沿って, 協力しながら問題の解決に向かっていくことはたいへん有意義であると思います。

“quick”と一口にいても, 従来の方法で得られていた情報と同質の情報をより短い時間で得るいわば「本質的な”quick”化と, 何らかの情報あるいは精度を犠牲にして短時間に測定する「トレードオフによる”quick”化があると思います。前者は, 最近では中性子反射率法における J-PARC の出現がその実現のための代表例ですし, また, 希に画期的な光学素子や検出器の出現によって実現されることもあると思います。後者は目的, すなわち対象となっている材料に対してどのような環境で何を調べるかな

どに応じて使い分けるものだと考えられます。本シンポジウムでは、主に後者について多彩な「進化」の様相を目の当たりにしました。“quiet”も含めて、反射率法という「種」の「環境」適応能力の高さに改めて感心させられた次第です。

個々の講演については、極薄 SOI 基板の高温熱酸化プロセス、InAs/GaAs(001) ナノドットの成長過程、およびポリミド薄膜の結晶化過程のその場観察、あるいは液体表面など動かさない試料を対象とした新しい光学素子や実験ステーションの整備状況、さらに湾曲結晶モノクロメータによる反射率法の高度化の可能性の検討などどれもたいへん興味深いものでした。私の印象では、その中でも特に中性子反射率法による埋もれた水素、重水素ヘテロ界面構造（ファンデルワールスエピタキシー）の研究がサイエンスとしてとてもおもしろかったです。このような中性子反射率法の特徴を活かした成果が J-PARC の出現で今後数多く発表されることが期待されます。今後が大いに楽しみです。

このようなシンポジウムが今後継続的に開催されるのであれば、私としてはぜひとも参加していきたいと考えています。参加されていた方々については、私の見る限り、お顔を拝見したことのある X 線や中性子関係の方、あるいはそれをういた材料評価をやっていらっしゃる方が多かったように思われたのですが、応用物理学会でのシンポジウムですので、X 線・中性子を全く知らない材料研究者や光学素子、回折計、検出器の開発をやっていらっしゃる方々にも足を運んでいただければ（あるいは講演していただければ）、きっとよい研究のネタを持ち帰っていただけたらと思います。

「X 線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う (II)」に参加して 2

立命館大学 COE 推進機構 矢野陽子

8 月 29 日の応用物理学会のシンポジウムとして催された『X 線・中性子による quick 反射率法の展望 - 表面や埋もれたナノ構造の変化を追う (II)』に参加しました。今回は 2005 年春に行われた 1 回目のシンポジウムに引き続き 2 度目の参加となりました。これまで自分の専門は static な気液界面の X 線反射率測定であったので、quick 測定とは無縁でしたが、前回のシンポジウムをきっかけに quick 測定に興味を抱き、近い将来には測定系を立ち上げたいと思っております。そういう意味で、今回のシンポジウムは、quick 測定の現状と課題が整理できた非常に有意義な機会となりました。

Quick 反射率測定法は、広い q 領域を同時に測定するという必要性から、単色発散ビームを使う角度分散型と白色 X 線を使うエネルギー分散型の 2 種類が考えられます。前者は高輝度の単色発散ビームを得ることが難しく、後者は

エネルギー分解の機能を持つ高計数率の検出器がないことがネックとなっております。現状では、放射光の輝度を十分に生かした測定が行われていないようです。よって、今後はこの 2 つの手法と放射光源をどう組み合わせるかということが課題となるようだという感想を抱きました。

一方、講演の中で私自身が非常に興味をそそられたのは、自分の専門柄、SPring-8 で液体界面の測定が試み始められたという報告です。放射光源を利用する時には、常に同じポイントにビームを誘導するような監視システムが必要だという話は、もっぱら実験室の光源を使った測定系を扱うだけだった自分にとっては、新鮮に聞こえました。現在、この測定はアンジュレタ光源をもつビームライン BL37XU に試料水平型の反射率測定システムを持ち込むという形で行われています。JASRI の宇留賀氏に伺ったところ、ビームタイムせいぜい 3 日間のうち、そのほとんどの時間がアラインメントに当てられるため、新しい研究成果を得るまでには時間がかかりそうだという事でした。

現在、国内の放射光施設には反射率専用のビームラインが存在せず、このシンポジウムに参加しているような、いわば手法の開拓者とも言えるパワーユーザーが、個々にシステムを持ち込んで試行錯誤をする状況にあると思います。このシンポジウムは、そんなパワーユーザー達の試行錯誤の過程を生々しく伺い知ることができ、意見交換の場としては、世界的に見ても最高水準にあると言って良いでしょう。そこから一步踏み込んで、例えば、我々自身が今回宇留賀氏らが立ち上げたシステムを利用する課題申請をして、個々のビームタイムの中で各人の経験に基づくアイデアを出してゆけば、システムの向上のみならず専用ビームライン建設への発展へつながる可能性があるような気がしています。

第 9 回 XAFS 討論会の報告

福岡大学理学部 脇田久伸 栗崎 敏

第 9 回 XAFS 討論会 (XAFS9) が 2006 年 9 月 7 日 (木) から 9 日 (土) にかけて福岡大学七隈キャンパス (福岡市城南区) において 104 名の参加者を得て開催された。今年度は 7 月 9-14 日に第 13 回 XAFS 国際会議がスタンフォードで開催されることになっており、このため例年の開催時期であった 7 月下旬から 8 月初旬を避け、上記の期間に本会を設定した。今回の討論会では従来どおり招待講演、一般講演、学生賞講演をプログラムに組み入れたが、これらの外に 5 分のオーラルを課したポスター講演を設けてみた。これは XAFS のユーザー数が多いわりには本討論会への参加者数が少ないと感じていたからである。スタンフォードの国際会議があったにもかかわらず、結局、講演件数は、招待講演 3 件、一般講演 32 件、学生賞講演 14 件、ポスター講演 19 件となり、前回に較べてポスター講演が増えたことになり、当初の狙い通りとなった。

まず、開催日前日の6日(水)午後、佐賀県立九州シンクロトン光研究センター施設見学会が、センター職員の岡島敏浩実行委員による案内で行われた。九州で初めてで、かつ、日本で初めての県立シンクロトンであることも興味を集めたらしく12名の参加者があった。

初日は10時30分からSPring-8ユーザーグループ会合が行われた。次いで午後から討論会が始まり、SPring-8の寺田靖子氏の招待講演「放射光マイクロビームを用いたXAFS分析と環境試料への応用」があった。次いで一般講演14件が行われた。講演終了後、PFのユーザーグループ会合があり、XSJの今後などをめぐって活発な議論があった。

翌日は千葉大の藤川高志氏による招待講演「XAFS理論の発展-実験結果を解析するには」から始まった。その後、学生賞講演が14件あり、審査の結果、新田清文氏(弘前大)が「 $\text{PrOs}_5\text{Sb}_{12}$ のEXAFS温度因子解析」についての講演で学生賞を受賞された。その後、ポスター講演の5分間オーラル講演が19件行われた。初めての試みであったが混乱もなくスムーズに講演と質疑が行われた。さらにポスターセッションが会場外の休憩場で行われた。参加者のほとんど全員がこのセッションに参加され、熱心な議論があちこちのポスターの前で見られた。今回のポスターセッションは他学会のものより中味が濃いように感じられ、ひとまず成功したという印象を持った。最後に総会が会場に戻って行われ、PF野村昌治氏が次期会長に選出された。

3日目はまず、11件の一般講演があり、昼食後、九州シンクロトン光研究センターの岡島敏浩氏の招待講演「九州シンクロトン光研究センターのこれまでとこれから」があった。その後7件の一般講演があり予定の16時を少し過ぎて閉会した。

今回は、討論会への参加者の顔ぶれが固定化しているようにも感じられたので本討論会として初めてポスター講演を取り入れてみた。これが新しい参加者獲得となっていけば幸いである。会長、次期会長の希望である出来るだけ若い人が質問をし易い雰囲気作りを今後も続けていくことも大切であろう。今回、国際会議の関係で招待講演者の決定が遅れ、本討論会の宣伝に寄与できなかったことは反省材料である。

次回は北海道大学の朝倉先生により北海道で開催される予定である。多数の方の参加を希望いたします。

ユーザーとスタッフの広場

ICESSE10 参加報告

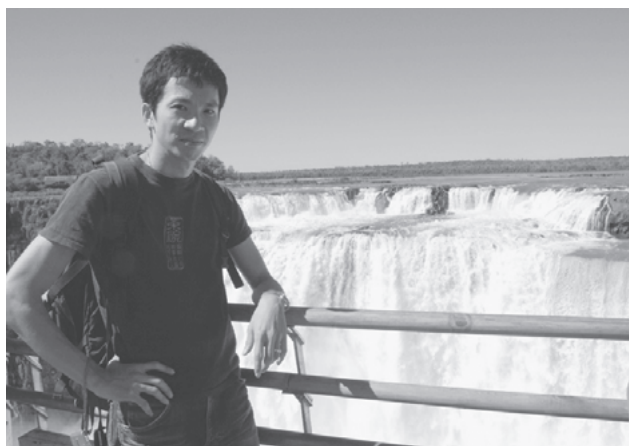
千葉大院自然科学研究科 解良 聡

第10回 International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICESSE-10)が2006年8月28日～9月1日にかけてFoz do Iguacu (Brazil)にて開催されました。会議は45分の基調講演(10件)、30分の招待講演(36件)、20分の一般口頭(46件)(講演は2会場平行)、ポスター発表(175件)で構成されました。参加者は23ヶ国207名で、ブラジルと日本からが多勢を占めました。各国の分布は次の通りです。南米62(ブラジル57)、北米20(アメリカ17)、欧76(ドイツ19、スウェーデン15、ロシア7)、アジア46(日本36、台湾7)、企業3。例年と比較して、参加者がずいぶん少なく、こぢんまりとした学会であったように思います。

フォス・ド・イグアスはブラジル、アルゼンチン、パラグアイ三国が国境を接する小さな町で、世界三大瀑布として知られるイグアス滝による観光町で知られます。会場が町郊外に設定されたため、宿泊、食事、会議と全てリゾートホテルに缶詰になる形で行われました。場所柄、若干観光色の強い会議になった感があり、良くも悪くもブラジルのお国柄を反映していたのではないのでしょうか。会議は大門先生(奈良先端)の基調講演にはじまり、立体原子顕微鏡による立体像のリアルタイム観測の可能性に多くの関心を集められました。会場で聴取していた150余名のうちお一人だけ3D立体像の視認に成功していらっしゃいました。会議内容に関しては、私の語るには無いと思うので、会場を抜け出して体験してきた事について少しご紹介します。イグアスの滝は、ニュース等でご存じの方もいらっしゃるかとおり25～30年に一度おとずれる渇水期で、本来の豪瀑ではなく大半の崖が岩肌を露出し、滝全体の雰囲気は通常とは大きく異なるものでした。ある意味めったに見られない風景だったことを考えると貴重な体験だっ



ICESSE 参加者集合写真



イグアス滝（悪魔の喉笛）と著者

たのかもしれませんが。それでも「悪魔の喉笛」とよばれる主瀑布の水量は変わらないそうで、確かに自然のすさまじい力を感じさせる圧倒的なものでした。日本からは地球の真裏にあたり、乗継ぎ含めて約 40 時間の移動時間は閉口するものがありましたが、多くの珍しい動植物に代表されるように、南米の豊かな自然に触れることもでき、学術面のみならず貴重な体験ができました。個人的には黄色い大きなくちばしが特徴の鳥「トゥカーノ」の愛くるしい姿の虜になりました。

今回は 3 年後の 2009 年、日本（奈良）で開催されることが決まり、会議の最後に大門先生から奈良周辺の観光案内を含めた紹介がありました。本会議のプロシーディングスは Elsevier の J. Electron Spec. Relat. Phenom. から発行される予定です。またプログラム等の詳細はホームページ (<http://www.lnl.br/icess10/>) にて閲覧可能です。

第 13 回小角散乱国際会議に参加して ～いち実行委員の立場から～

京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 櫻井 伸一

第 13 回小角散乱国際会議 (SAS2006 Kyoto) は、京都大学名誉教授・橋本竹治先生を組織委員長に本年 7 月 10 日～13 日、国立京都国際会館で行われました。アジア地域で初めての開催ということもあって、盛大に催され、参加者数（海外から 260 名、国内から 253 名）、参加国数（33 カ国）、セッション数（24）、プレナリー招待講演者数（7）、オーラル講演数（125 件）、ポスター件数（413 件）、いずれも過去の小角散乱国際会議の規模を上回る史上最大数を記録しました。本国際会議は、小角散乱を共通のツールとして用いている研究者を対象としていますので、高分子やコロイド、サーファクタント、生物といったソフトマター分野から、金属やセラミックス、磁性材料などのハードマター分野まで、さらには産業利用に至る非常にスペクトルの幅広い研究成果をまのあたりにすることができました。新

しい実験手法や解析理論、あるいは各分野に特化した理論や計算機シミュレーション／モデリングなどの発表もあり、今後の研究活動を展開して行くうえで、大いに参考になる有意義な情報収集、交流をすることもできたと思います。恐らくほとんどの参加者が同様の印象を持ったことと思いますが、普段、研究分野を同じくする研究者が集う学会等での研究発表会では得られない、貴重な機会であったと思います。写真 1 はドイツ・ハンブルグの D. I. Svergun 博士のプレナリー講演風景を撮影したのですが、日進月歩の放射光技術革新が象徴的で印象に残っています。

前述のように、今回はアジア地域初の開催ということもあり、全世界の小角散乱分野の研究者に向けて日本から情報発信すること、これを使命として企画されました。特徴ある分野を特に取り上げ、今後の小角散乱分野のトレンドにして行こう、ということで、学際 (interdisciplinary) をキーワードに、ダイナミクス、階層構造、外場、新手法、以上 4 部門をスペシャルセッションとして新設したことが今回の特徴でもあります。これらスペシャルセッションのオーラル会場は常に立ち見ができるほどの活況を呈し、企画は成功を修めたものと思います。写真 2 は、スペシャルセッション「ダイナミクス」で招待講演されているドイツ・ユーリッヒ中性子科学研究所所長の D. Richter 教授です。

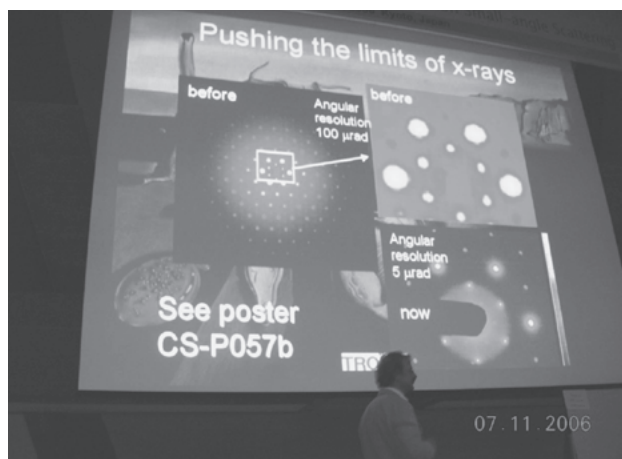


写真 1

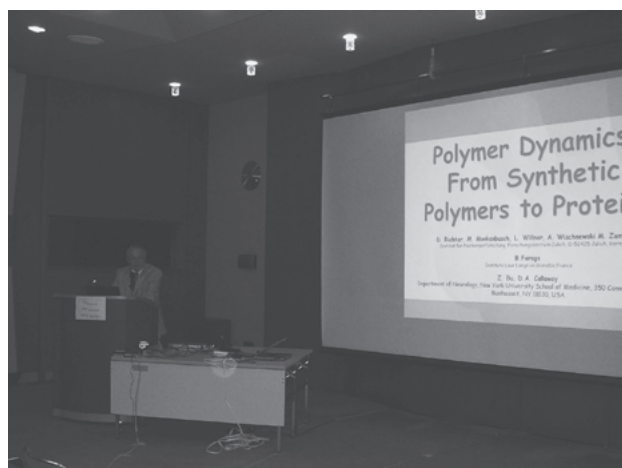


写真 2

もう一つのキーワードは、ALL JAPAN でした。小角散乱は日本が世界に誇ることでできる分野ですので、この機会に小角散乱分野の研究者の結束を強化して会の運営に当たることが目指され、たくさんの方々の尽力のもと開催されました。その責務として、アジアからの参加を積極的に奨励し、また、若手研究者の育成も念頭に、「アジア枠」と「若手枠」を設け、旅費支援を行いました。

会期半ばの12日には次回開催地決定のための誘致プレゼンテーションと投票が行われました。これは毎回恒例で、参加者全員の投票によって次回開催地が決定されます。英国 Oxford, ドイツ Hamburg, 米国 Chicago のあいだで争われ、僅差（決選投票）の結果、英国 Oxford が選ばれましたので、次回の第14回小角散乱国際会議は、2009年夏に新しい放射光施設 Diamond Light Source のお膝元の Oxford で開催される運びとなりました。

SAS2006 Kyoto は、13日に全会の日程を滞りなく終了しました。写真3は、閉会後に現地実行委員の方々とお手伝い頂いた皆様が有志一同で記念撮影をしたものです。みな、ALL JAPAN の一員として会議をやり遂げた達成感でいっぱいでした。

以上が、開催期間中のテクニカルセッションの概要ですが、前述のような次第で、到底すべての分野を網羅するような体験記をしたためることはできませんので、筆者が専門にしています高分子のセッションと、産業利用のセッション（ベルギー・ルーバン大学の H. Reynaers 教授と筆者で主催）を紹介します。小角散乱分野では、光散乱や中性子散乱を用いた研究が活発に行われていますが、やはり放射光を利用した小角 X 線散乱による研究発表数が群を抜いていました。高分子のセッションは、口頭招待講演が15件にのぼり、またポスター発表件数も他の分野を凌駕する数字（100件超）でした。高分子というよりは生物試料を対象とした発表もかなり含まれており、また、装置開発に関係する発表もありましたが、それを割り引いてもダントツの発表件数です。純粋に高分子を対象にした研究発表のトレンドは、結晶性高分子の高次構造形成やそれら高次構造の外場（伸長など）による変形や破壊過程をリアルタイムで放射光で捉える、あるいは、ブロックコポリマーのミクロ相分離構造の外部刺激応答や配向メカニズムの

解析を放射光を利用して行う、というような研究でした。また、環境問題を配慮した研究も複数あり、特に生分解性の高分子材料に注目が集まっていました。さらには、マイクロビームを用いた小角 X 線散乱や視射角入射小角 X 線散乱、同時測定（小角 X 線散乱/広角 X 線散乱の同時測定あるいは小角 X 線散乱/広角 X 線散乱/DSC の同時測定）による研究といった、ここ10年ぐらいのあいだに確立された測定技法による研究成果も多々あり、それらは研究技法として定着している感を受けました。

新規に整備された放射光ビームラインについての発表や、整備されつつある中性子用原子炉施設についての発表もあり、それらの実験ステーションにおいて目指すサイエンスや測定オプションのスペックが紹介され、視射角入射小角 X 線散乱測定装置や反射率測定装置が整備されている状況を知ることができました。これらの測定手法は比較的新しいにもかかわらず、標準準備されようとしていることは、画期的なことです。それらの有用性が認識され、広く浸透しつつあるゆえんでありましょう。

とはいえ、高分子関係の発表においては、全般的には、測定技法の開発にかかわるテーマよりも、前述したような比較的新しい技法やオーソドックスな小角散乱手法により、いわゆるナノ構造を解析するという研究が主流でした。ソフトマター全般に研究対象が広がり、高分子分野においても実に様々な研究に対して「小角散乱」が有効に活用されている、という印象を強く持ちました。「小角散乱」研究人口が激増し、研究対象のすそ野が飛躍的に広がっていることを裏付ける結果でしょう。その具体例をあげれば枚挙にいとまがありませんが、対象とする系は、結晶性高分子、ブロック共重合体、ポリマーブレンド、 dendrogram, ゲル、ナノフィラー充填ゴム材料、ソフト/ハードセグメントからなるエラストマー、高分子溶液（高分子鎖の広がり）、高分子媒体中にナノパーティクルやカーボンナノチューブを分散させた系、有機（高分子）薄膜、誘電材料、有機/無機ハイブリッド材料、等々です。また、対象とするサイエンスは、相転移、構造転移、構造変形、構造再編・再構築、破壊、シシカバブのような特徴ある高次構造形成、拘束空間における結晶化、モルホロジー転移、磁場配向、流動場下での構造形成、等々でありました。このように、基礎的なテーマばかりでなく、新規材料開発をにらんだ研究もかなりのウェイトを占めています。その意味で、産業利用セッションに含めても違和感のないような発表も多くあり、高分子分野における研究の特徴が如実にあらわれたものと言えます。

地域性なのかどうか分かりませんが、日本人の研究者による発表では、重合反応の最中に高分子がどのように作り出されて行くか、あるいは重合反応にともなって凝集構造が形成される場合にはその形成過程の解明というようなテーマが見られたのに対して、韓国の研究者による発表では、誘電材料の創成にかかわるテーマが数多く見受けられました。

一方、産業利用のセッションでは、東洋紡の村瀬浩貴博士による招待講演が特に印象深いものでした。高分子材料



写真3

を成形加工する過程で、内部の微視的構造が形成されていく様子を、放射光を用いた小角 X 線散乱によってリアルタイムで観測するという研究です。また、ドイツ・ドレスデンのライブニッツ高分子研究所の M. Stamm 教授による、放射光マイクロビームを用いた結晶性高分子材料の構造変形と破壊に関する招待講演がなされ、放射光が可能にした構造変形と破壊のリアルタイム観察が紹介されました。ポスターセッションでは、150 m のロングパスを用いた超小角 X 線散乱による研究発表が複数件あり、今後、様々な研究対象への展開が期待されました。さらには、フォトリソグラフィ材料の創成を目指した超高分子量のブロック共重合体の構造解析をはじめ、興味深い発表が目白押しで、筆者も産業利用セッションで高分子試料を対象に PF (BL-9C, BL-10C, BL-15A) で得られた成果をポスター発表しました。高分子以外でも、毛髪の構造解析や、金属、エマルジョン、脂質に関する発表があり、ソフトマター関連のみならず、種々の産業分野で「小角散乱」が有効な研究手段になっていることを実感することができました。

国際会議に参加してのお楽しみは、何といても色々なイベントです。参加者に京都らしさを印象付けるのも主催者の使命であるとの認識のもと、さまざまな趣向が凝らされました。会期前日の 9 日に行われたレセプションでは、ちょうど祇園祭の時期でもあり、スライドと司会の長谷川博一先生（京大院）の英語のナレーションによる祇園祭の紹介（写真 4）と、祇園祭長刀鉾保存会の奏者による臨場感あふれる祇園囃子の生演奏（写真 5）がありました。また、12 日のセッション終了後の夕刻に行われたバンケット（宝が池プリンスホテルにて開催）では、祇園の舞妓さんによる小唄と舞の披露と、海外公演もこなし国際的にも高い評価を受けているグループ（BATI・HOLIC）による迫力満点の和太鼓の演舞があり、われわれ日本人の参加者のみならず、むしろ海外の参加者から大変な反響がありました。写真 6 はバンケットで挨拶する実行委員長の長村光造先生（京大名誉教授）、また、写真 7 は、組織委員長の橋本竹治先生とイギリス・シェフィールド大学の A. Ryan 教授



写真 4



写真 5



写真 6



写真 7

（次回開催地 Oxford のプレゼンテーションを行った方）を中心に、別の social program の機会に記念撮影をしたものです。これらの写真を見るにつけ、楽しい一時がよみがえってきます（僭越ながら真ん中に写っていますのが筆者）。会期中の 11 日には、同伴家族を対象に日本文化教室が開かれ、12 日には京都市内観光が行われました。日本文化教室では、お琴や茶の湯、生け花、和服の着付けと試着などが行われ、たくさんの参加者で会場は超満員になるほどの賑わいでした。和服を試着して記念撮影をするなど、参加者は思い思いに日本文化に触れそれを満喫していたよう

でした。これらの企画を通して、京都らしさ、日本らしさを十分にアピールすることができたのではないのでしょうか。

以上のように、実行委員のひとりとして自画自賛ではありますが、scientific program と social program の両面から、参加者の交流を深め、小角散乱分野の発展に貢献できたものと自負しています。

最後になりましたが、第13回小角散乱国際会議(SAS2006 Kyoto)開催にあたり、ご寄付頂きました(財)高エネルギー加速器科学研究奨励会、ご協賛頂きました日本放射光学会、ならびに多方面にわたりお世話になりましたPF懇談会に対しまして、この場をお借りして実行委員の立場から感謝申し上げます。ありがとうございました。

PFトピックス一覧 (7月～9月)

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

各トピックスの詳細はPFホームページ(<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)の「これまでのトピックス」(<http://pfwww.kek.jp/topics/index.html>)をご覧ください。

また、広報室ではKEKのWebサイトに掲載する毎週のニュース記事やトピックスなどをメールマガジンでご案内しています。メールマガジンへの登録をご希望のかたは「news-at-kek 希望」と明記の上、proffice@kek.jp までお送り下さい。

2006年7月～9月に紹介されたPFトピックス一覧

- 2006.7.20 世界一のフェノール合成触媒
～ XAFS でみえたレニウムクラスター～
- 2006.7.25 南極氷中のエアハイドレートの三次元的な可視化に初めて成功
～ 過去数十万年の地球環境の変動をキャッチ～
- 2006.8.17 磁石に近づけると電気が流れる～超巨大磁気抵抗効果の新たなしくみ～
- 2006.8.25 多電子同時計測手法を用いて内殻外殻光二重イオン化過程の直接観察に成功
- 2006.9.05 自己組織化で作成したナノサイズのカプセルにフッ素液滴の閉じ込めに成功～PF-AR NW2A において構造決定～
- 2006.9.20 オーストラリアのグループがインスリン受容体の構造解析に成功
～ BL-5A を用いた結晶構造解析～

PF 懇談会だより

平成18年度PF懇談会講習会 「放射光利用研究基礎講習会」の報告

PF 懇談会行事幹事 足立伸一 (KEK・PF)

9月19日(火)～20日(水)の2日間にわたってPF懇談会主催の平成18年度「放射光利用研究基礎講習会」をKEK国際交流センター交流ラウンジ1において開催しました。本講習会は、学部から修士1年程度で、新たに放射光実験を始めようとしている方を主な対象として、最新の放射光技術と利用研究について、専門の方々にわかりやすく解説していただくことを主旨としています。本講習会は日本放射光学会、SPRING-8利用者懇談会、SPRING-8利用推進協議会、立命館大学SRセンター、九州シンクロトロン光研究センター、VUV・SX利用者懇談会、日本表面科学会、広島大学放射光科学研究センター、産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門、日本応用磁気学会、日本分析化学会に協賛していただきました。

参加費はPF懇談会会員および高エネルギー加速器研究機構メンバーは無料、協賛団体会員：2000円(テキスト代を含む。学生は1000円)、非会員：4000円(テキスト代を含む。学生は1000円)としました。合計28名の方が参加しました。

プログラムは以下のとおりです。

- 9月19日(火)
 - 13:00 受付
 - 13:15 「放射光入門」, 松下 正 (35分)
 - 14:00 「放射光源の概要」原田健太郎(物構研) (75分)
 - 15:30 「VSX ビームラインと分光研究」
小野寛太(物構研) (75分)
 - 17:00 参加者と講師・スタッフとの談話会
 - 18:30 1日目終了
- 9月20日(水)
 - 9:00 「X線ビームラインとイメージング研究」
平野馨一(物構研) (75分)
 - 10:30 「放射光利用構造生物研究」加藤龍一 (75分)
 - 12:00 昼食
 - 13:00 「放射光利用回折・散乱研究」
澤 博(物構研) (75分)
 - 14:30 PF見学(希望者のみ)

プログラムに関して、今回から新たに3つの試みを行いました。1つ目は、講習会を2日に分けて、初日を13時開始とし、遠方の方も参加しやすくなるよう配慮しました。実際に東北大学、愛知教育大学など関東地方以外の大学からもご参加いただきました。来年度もこの方式をとりますので、ぜひ関東地方以外からも奮ってご参加いただ

きたいと思います。2つ目は、PF 懇談会幹事からの提案で、専門的な解説に入る前にイントロダクションがあったほうがよいという意見を頂きましたので、松下先生による「放射光入門」の講義を設けました。放射光の入門編として、各国語による放射光の呼び方や放射光が社会に対して果たしている役割など幅広い話題についてお話いただき、好評でした。3つ目は、初日の最後に参加者と講師・スタッフとの談話会を設け、参加者と企画側が交流する時間を作りました。講義中には質問しにくい参加者も、軽食を食べながらの談話会では講師・スタッフに対して比較的気軽に質問でき、また参加者間の交流もできたようです。

講習会後のアンケートでは、講義の図や映像が豊富でわかりやすく、とても為になったという意見の反面、あまりに専門的すぎてわかりにくい部分があったなどの意見も見られました。また昨年度のテキストをそのまま流用したために、講義の流れと一致しない部分があったことについても不評でした。講義内容について、満足していただいた部分は残しつつ、参加者が不満を感じた部分については、率直に反省し、改善していきたいと考えています。

最後になりましたが、お忙しい中、熱心な講義をしていただいた講師のみなさま、すべての準備と受付をしていただいた秘書室の森史子さん、限られた予算の中で、談話会用の食べ物、飲み物のためにカンパをしてくださった主幹の皆様がこの場をお借りして御礼申し上げます。

PF 懇談会入会のご案内

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

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

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

詳しくは PF 懇談会ホームページをご覧ください。

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

(URL が新しくなりました。)

〈お問い合わせ〉

PF 懇談会事務局 森史子

029-864-5196 fumiko@post.kek.jp



掲示板

放射光セミナー

題目：高エネルギー分解能逆光電子分光装置の開発
講師：朝倉 大輔 氏 (物構研 放射光 博士研究員)
日時：2006 年 8 月 11 日 (金) 14:20 ~ 15:20

題目：軟 X 線角度分解光電子分光による Ni のバルク・バンド構造
講師：鎌倉 望 氏 (物構研 放射光 博士研究員)
日時：2006 年 8 月 11 日 (火) 16:00 ~ 17:00

題目：XAS study of lithium battery materials
講師：Professor Guy OUVARD (Associate Director, Institut des Materiaux Jean Rouxel Nantes, France)
日時：2006 年 9 月 8 日 (金) 15:00 ~ 16:00

題目：MOSTAB による放射光 X 線ビームの安定化
講師：工藤 統吾 氏 (高輝度光科学研究センター (JASRI) ビームライン技術部門)
日時：2006 年 10 月 16 日 (月) 16:00 ~ 17:00

物構研セミナー

題目：コバルト酸化物 $\text{Na}_x\text{CoO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ での三角格子上の超伝導：実験と理論
講師：小形 正男 氏
(東大大学院理学系研究科助教授、物構研客員助教授)
日時：2006 年 9 月 13 日 (水) 16:00 ~ 17:00

題目：放射光と MEMS, GA を用いた構造研究
講師：西堀 英治 氏 (名古屋大学大学院工学研究科・マテリアル理工学専攻 助教授)
日時：2006 年 9 月 27 日 (水) 14:00 ~ 15:00

最新の情報はホームページ

(<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/>) をご覧下さい。

第 13 回物質構造科学研究所運営会議次第

日時：平成 18 年 9 月 12 日 (火) 13:30 ~ (管理棟大会議室) 議事：

1. 協議
 - ① 教員の人事について 放射光源研究系 教授 1 名
 - ② 教員の人事について 放射光源研究系 教授 1 名
 - ③ 教員の人事について 放射光源研究系 助手 1 名
 - ④ その他
 - ・ 研究員 (非常勤) の人事委員会委員選出について
2. 所長・施設長報告
 - ① 所長報告
 - ② 放射光報告
 - ③ J-PARC センター報告
 - ④ 中性子報告
 - ⑤ ミュオン報告
 - ⑥ ERL 計画報告
 - ⑦ 各 PAC 報告
 - ・ 放射光共同利用実験課題審査結果について
 - ・ 中性子共同利用実験課題審査結果について
 - ・ ミュオン共同利用実験課題審査結果について
 - ⑧ その他
3. 報告
 - ① 人事異動
 - ② 海外機関との協定・覚書締結状況について
 - ③ 平成 19 年度概算要求について

施設留保ビームタイム採択課題一覧 (2006 年度前期)

課題番号	申請者	所属	カテゴリー	課題名	ステーション
06留-01	石澤 伸夫	名古屋工業大学	B	Si311+ ミラーによる 20 keV 領域での単結晶精密結晶構造解析	14A
06留-02	山口 紀子	農業環境技術研究所	D	土壌有機物に配位した Al の局所構造	11A
06留-03	永野 正光	佐賀大学理工学部	D	シリコン基板上にプラズマ CVD により調製した BCN 薄膜の電子構造解析	27A
06留-04	野村 昌治	PF	B, D, E	蛍光 XAFS 用触媒反応セル設計の為に基礎データ測定等	12C
06留-05	中井 泉	東京理科大学	A	XAFS と XRF イメージングによるファイトレメディエーション用植物におけるヒ素及び鉛の蓄積メカニズムの解明 (04G332)	12C
06留-06	河野 正規	東京大学大学院	B	自己集合性巨大金属錯体の結晶構造解析と光誘起不安定中間体のその場観察	NW2A
06留-07	澤 博	PF	D, E	Si 三重結合を有するジシリンの構造解析	1B
06留-08	澤 博	PF	B	分光器の $\Delta\theta$ 調製用ピエゾ素子の交換と光学系の調製	1B
05留-09	丹羽 尉博	PF	A	DXAFS による金属/液体界面近傍での金属化学種の動態解析	NW2A

【施設留保ビームタイム申請カテゴリー】

- A. 故障等に対するビームタイムの補填。やり残した実験の補充。
 B. ビームライン・実験装置の性能向上を速やかにする。
 C. U 型課題の受付をし、重要な研究の計画から成果公表までの時間を短縮する。
 D. 新規ユーザー開拓への活用（実習、試行実験等）。
 E. 受身の共同利用から能動的な共同利用へ。
 F. 施設としての柔軟性の確保。

内部スタッフ・大学院生優先ビームタイム採択課題一覧 (2006 年度前期)

課題番号	申請者	所属	課題名	希望ステーション	希望ビームタイム
2006PF-01	鈴木 証朗	総研大	Fe_3O_4 , BaTiO_3 ナノクラスターの $\text{FeL}_{2,3}$ と OK の XAS 検出の試み	NE1B	170 時間
2006PF-02	橋本 英子	総研大	屈折原理に基づく X 線 CT の生体試料への応用	14B	4/18 ~ 4/24 5/13 ~ 5/19 6/6 ~ 6/12
2006PF-03	石地耕太郎	研究機関研究員	プルシアンブルー類似錯体 $\text{CsMnFe}(\text{CN})_6$ の X 線誘起相転移の観測	9A, 9C, 7C, 12C	3 日間
2006PF-04	五十嵐教之	PF	FEA 方式 X 線 HARP 検出器試作機の評価実験	5A	6/27 ~ 6/30 6/27 ~ 6/30 6/27 ~ 6/30
2006PF-05	中尾 朗子	PF	新規分子性導体における構造解析	14A	4 日間
2006PF-06	垣内 徹	総研大	1/4 filled 有機導体における電荷秩序相での電子密度分布解析	14A	6 日間
2006PF-07	橋本 英子	総研大	屈折原理に基づく X 線 CT の生体試料への応用 IV	14B	一週間
2006PF-08	松下 正	PF	エネルギー分散型 X 線反射率計の開発	NW2A	NW2 で 6 日間 8C, 15B 等で 4 日間 ~ 8 日間
2006PF-09	Mogens Lebeck	学振特別研究員	Electron-photon coincidence measurement of helium and lithium	16B	1week (single) 3days (multi)
2006PF-11	寺本 高啓	特別共同利用研究員	Xe 原子の continuum dressing states の観測	28A	1week (single) 4days (multi)
2006PF-12	鈴木 証朗	総研大	CeO_2 ナノクラスターの $\text{CeM}_{4,5}$ と OK 内殻 XAS 測定, 及び MgFe_2O_4 ナノクラスターの $\text{FeL}_{2,3}$ と OK 内殻 XAS と XMCD 測定	11A	一週間
2006PF-13	久保田正人	PF	遷移金属酸化物ナノシート材料の粉末回折実験	1B	3 日間
2006PF-14	久保田正人	PF	CoFe/MnIr 交換結合膜を用いた放射光測定	4C	3 日間

編集委員会から

PF ニュース送付希望の方へ

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

今まで自動的に送付されていた過去の課題責任者並びに課題参加者、現在有効課題に参加している方は登録が必要ですが、下記の方々にご登録いただかなくても自動的に送付されます。

1) PF 懇談会会員

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

2) 共同利用実験課題責任者

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

3) 図書館や図書室等

これまで通り寄贈いたします。

4) 物構研運営会議委員、放射光共同利用実験課題審査委員

委員任期中はPF ニュースを送付致します。

5) 加速器奨励会役員・評議員・賛助会員

これまで通り加速器奨励会事務局より送付致します。

6) PF にメールボックスをお持ちの方

これまで通りメールボックスに配布致します。

また、PF ニュースでは皆様からの投稿をお待ちしております。詳細は事務局またはPF ニュースHPをご覧ください。

【最近の研究から】

PF で行われた実験、研究の成果をお寄せ下さい。

【建設・改造ビームラインを使って】

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

【ユーザーとスタッフの広場】

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、どうぞご投稿下さい。またPF に対するご意見等がありましたら是非ご投書下さい。

【PF 懇談会だより】

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

宛 先

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

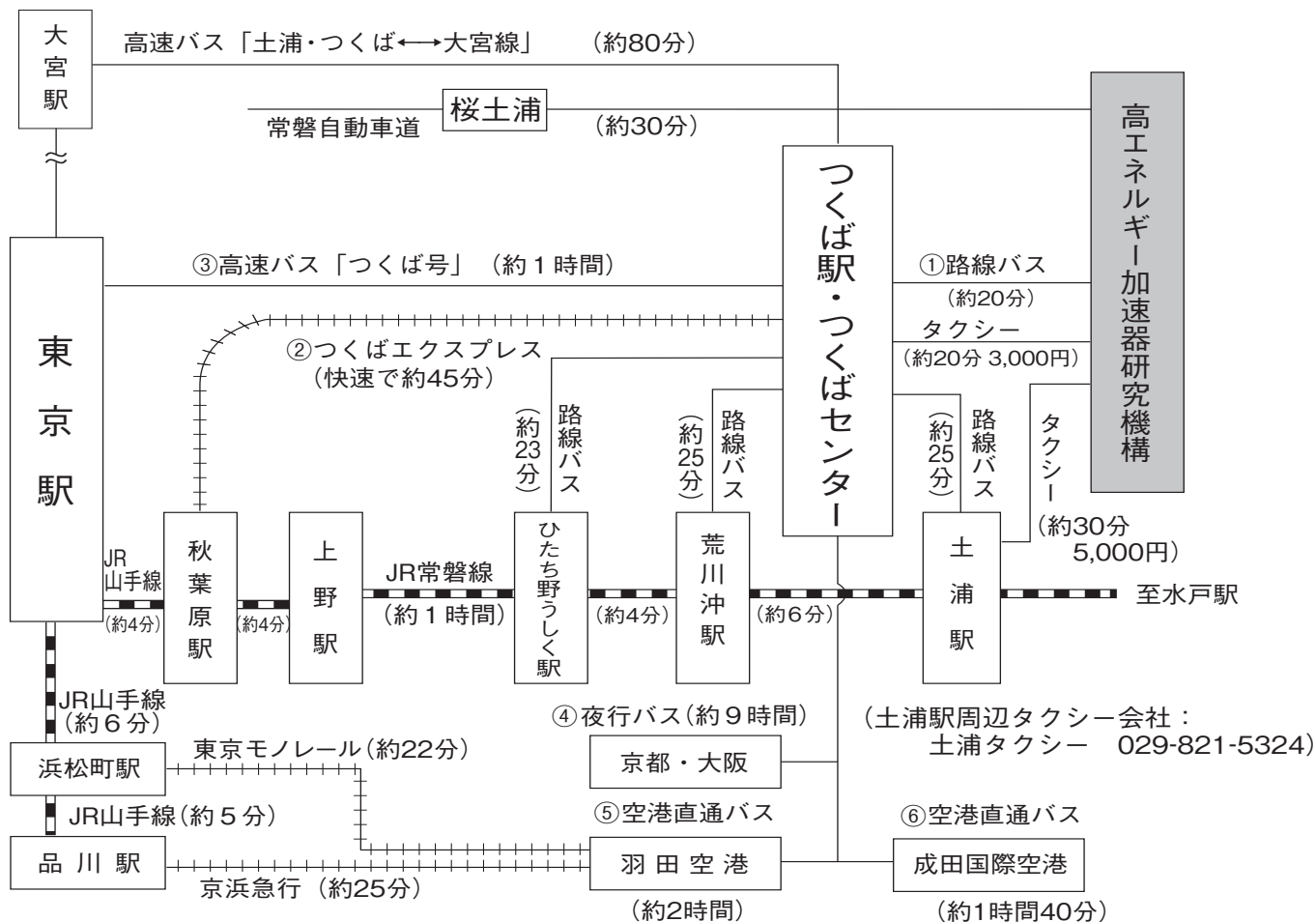
編集後記

私がPF に入入りさせてもらい始めてから早くも19年近く経ちました。たまに実験にくる初期の頃は、自分の実験のことだけで頭が一杯で回りを見る余裕もありませんでした。しかし、最近実験頻度が増え、かつ実験以外にも先生やスタッフの方々と接するようになって、改めて、ユーザーの放射光実験を円滑に進めるためにいかに多くの努力がなされているかがよくわかるようになり、そのありがたさに深く感謝しています。このPF NEWS も同じで、編集委員になるまでは、定期的に送られてきて当然、なんて思っていたが、多くの労力をかけユーザーのことを考えて作られていることを知りました。これからは、もらいっぱなしではなく、ユーザーからも要望・情報を編集委員の方へ発信していくことが大切だと、反省しています。(M.K)

委員長	伏信 進矢	東京大学大学院農学生命科学研究科			
副委員長	加藤 龍一	物質構造科学研究所			
委員	五十嵐教之	物質構造科学研究所	江島 丈雄	東北大学多元物質科学研究所	
	岸本 俊二	物質構造科学研究所	木村 正雄	新日本製鉄(株)	
	久保田正人	物質構造科学研究所	香野 淳	福岡大学理学部応用物理学科	
	坂本 一之	千葉大学大学院自然科学研究科	高橋 嘉夫	広島大学大学院理学研究科	
	竹下 宏樹	長岡技術科学大学物質・材料系	谷本 育律	物質構造科学研究所	
	張 小威	物質構造科学研究所	平田 浩一	産総研計測標準研究部門	
事務局	高橋 良美	物質構造科学研究所			

巻末情報

KEK アクセスマップ・バス時刻表



(KEK周辺タクシー会社：大曾根タクシー029-864-0301)

※高速バス「ニューつくばね号」(東京駅～筑波山)は9月30日で廃止になりました。

(確認日：2006. 10. 1)

① つくばセンター ↔ KEK (2006年10月1日改正)

所要時間 約20分 運賃 430円 (KEK-土浦駅間の料金は760円) つくばセンター乗り場1番

18系統：土浦駅東口～つくばセンター～KEK～つくばテクノパーク大穂 C8A系統：つくばセンター～KEK～つくばテクノパーク大穂
71系統：つくばセンター～(西大通り)～KEK～下妻駅(筑波大学は経由しません)

系統	土浦駅東口	つくばセンター	KEK	系統	土浦駅東口	つくばセンター	KEK
C8		× 7:22	× 7:37	71		13:55	14:08
18	7:50	8:07	8:25	71		14:45	14:58
71		○ 8:40	○ 8:53	C8		× 14:50	× 15:05
71		× 8:43	× 8:56	C8		16:25	16:40
71		9:20	9:33	71		16:40	16:53
C8A		9:35	9:51	C8		× 17:20	× 17:35
71		10:00	10:13	71		17:30	17:43
71		× 10:30	× 10:43	C8		17:55	18:10
C8		10:55	11:10	C8		× 18:45	× 19:00
71		11:00	11:13	71		18:50	19:03
71		12:00	12:13	71		19:40	19:53
C8		13:20	13:35	C8		× 20:05	× 20:20

系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口	系統	KEK	つくばセンター	土浦駅東口
71	× 5:42	× 6:00		C8	× 15:40	× 16:00	
71	7:43	8:05		71	15:43	16:05	
71	8:48	9:10		71	16:58	17:20	
C8	9:05	9:29		C8	17:20	17:45	
71	10:18	10:40		C8	× 18:05	× 18:35	
C8	10:25	10:49		71	18:18	18:40	
71	11:31	11:53		C8	× 18:50	× 19:20	
C8	11:40	12:00		18	○ 18:50	○ 19:10	○ 19:32
71	13:23	13:45		71	19:13	19:35	
71	14:18	14:40		C8	× 19:35	× 19:55	
C8	14:20	14:40		18	× 20:50	× 21:10	× 21:32

(×は土曜・休日運休、○は土曜・休日運転)

② つくばエクスプレス

(2006年11月1日現在)

所要時間 つくば駅-秋葉原駅(快速)約45分 [1,150円]

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

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

平日・下り					
秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着	秋葉原発	つくば着
*5:30	6:27	9:45	10:37	19:20	20:12
○6:05	6:50	○10:00	10:45	○19:30	20:15
6:20	7:14	10:15	11:07	19:40	20:32
6:43	7:35	○10:30	11:15	○20:00	20:45
○7:00	7:45	10:45	11:37	20:12	21:04
7:12	8:04	(10時~16時まで同じ)		20:36	21:28
7:24	8:17	○17:00	17:45	○21:00	21:45
○7:36	8:21	17:17	18:09	21:12	22:04
7:47	8:39	○17:30	18:15	21:36	22:28
○8:01	8:46	17:40	18:32	○22:00	22:45
8:09	9:01	18:00	18:52	22:15	23:07
○8:24	9:09	○18:10	18:55	22:45	23:37
8:32	9:24	18:20	19:12	○23:00	23:45
8:46	9:39	○18:30	19:15	23:15	0:07
○9:01	9:46	18:40	19:32	*23:30	0:27
9:15	10:07	19:00	19:52		
○9:30	10:15	○19:10	19:55		

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
5:07	5:59	9:48	10:41	19:02	19:54
○5:28	6:13	○10:11	10:56	○19:20	20:05
5:42	6:35	10:18	11:11	19:25	20:18
6:12	7:05	○10:41	11:26	19:38	20:31
6:34	7:26	10:48	11:41	○19:57	20:42
○6:56	7:41	(10時~15時まで同じ)		20:01	20:54
6:57	7:49	○16:11	16:56	○20:18	21:03
7:12	8:04	16:18	17:11	20:24	21:17
○7:26	8:11	16:39	17:32	20:49	21:42
7:27	8:19	16:52	17:44	○21:08	21:53
7:42	8:34	○17:09	17:54	21:16	22:09
○7:56	8:41	17:12	18:04	21:45	22:38
8:12	9:04	17:32	18:24	○22:08	22:53
○8:26	9:11	○17:49	18:34	22:15	23:08
8:32	9:25	17:52	18:44	22:40	23:33
8:47	9:40	18:02	18:54	○23:05	23:50
○9:07	9:52	○18:19	19:04	*23:14	0:11
9:18	10:11	18:22	19:14		
○9:41	10:26	18:42	19:34		

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	10:37	19:12	20:05
○6:05	6:50	○10:00	10:45	○19:36	20:21
6:20	7:12	10:15	11:07	19:48	20:40
6:43	7:35	○10:30	11:15	○20:00	20:45
○7:00	7:45	10:45	11:37	20:12	21:04
7:12	8:04	(10時~16時まで同じ)		20:36	21:28
7:24	8:16	○17:00	17:45	○21:00	21:45
7:48	8:40	17:17	18:09	21:12	22:04
○8:00	8:45	○17:30	18:15	21:36	22:28
8:10	9:02	17:40	18:32	○22:00	22:45
○8:30	9:15	○18:00	18:45	22:15	23:07
8:40	9:32	18:12	19:04	22:45	23:37
○9:00	9:45	○18:36	19:21	○23:00	23:45
9:10	10:02	18:48	19:40	23:15	0:07
○9:30	10:15	○19:00	19:45	*23:30	0:27

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
5:07	5:59	○10:11	10:56	18:49	19:42
○5:28	6:13	10:18	11:11	19:13	20:05
5:42	6:35	○10:41	11:26	19:37	20:30
6:12	7:05	10:48	11:41	○19:57	20:42
6:34	7:26	(10時~15時まで同じ)		20:01	20:54
○6:57	7:42	○16:11	16:56	○20:18	21:03
7:00	7:53	16:18	17:11	20:25	21:18
7:20	8:13	16:39	17:32	20:49	21:42
○7:38	8:23	16:52	17:44	○21:08	21:53
7:40	8:33	○17:09	17:54	21:16	22:09
○7:58	8:43	17:12	18:04	21:45	22:39
8:11	9:04	17:25	18:17	○22:08	22:53
○8:28	9:13	○17:44	18:29	22:15	23:08
8:47	9:40	17:49	18:42	22:40	23:33
○9:10	9:55	18:02	18:54	○23:05	23:50
9:18	10:11	○18:20	19:05	*23:14	0:11
○9:41	10:26	18:25	19:17		
9:48	10:41	○18:44	19:29		

○：快速 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]

2006年10月1日改正

運賃 東京駅↔つくばセンター(↔筑波大学)：1150円(5枚綴り回数券4800円)

●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)

東京駅八重洲南口→つくばセンター行 △筑波大学行			
△ 7:00	11:30	17:30	20:50
7:20	△ 12:00	17:50	△ 21:00
7:40	12:30	△ 18:00	21:20
△ 8:00	△ 13:00	18:20	21:30
8:20	13:30	18:30	21:50
8:30	△ 14:00	18:50	△ 22:00
8:50	14:30	△ 19:00	22:20
△ 9:00	△ 15:00	19:20	22:30
9:20	15:40	19:30	22:50
9:40	△ 16:00	19:50	△ 23:00
△ 10:00	16:30	△ 20:00	● 23:50
10:30	△ 17:00	20:20	● 24:10
△ 11:00	17:20	20:30	● 24:30

つくばセンター→東京駅日本橋口行 (▼筑波大学始発 [15分前])			
▼ 5:00	9:20	13:40	▼ 18:00
5:20	9:40	▼ 14:00	18:20
5:40	▼ 10:00	14:20	18:40
▼ 6:00	10:20	14:40	▼ 19:00
6:20	10:40	▼ 15:00	19:20
6:40	▼ 11:00	15:20	19:40
▼ 7:00	11:20	15:40	▼ 20:00
7:20	11:40	▼ 16:00	20:20
7:40	▼ 12:00	16:20	20:40
▼ 8:00	12:20	16:40	▼ 21:00
8:20	12:40	▼ 17:00	21:20
8:40	▼ 13:00	17:20	21:40
▼ 9:00	13:20	17:40	▼ 22:00

※平日・土日祝日とも同じ。上りは、平日・土曜のみ上野駅経由

※つくば市内のバス停(上下便とも) 筑波大学, 学生会館, 筑波大学病院, つくばセンター, 竹園二丁目, 千現一丁目, 並木一丁目, 並木二丁目, 並木大橋, 下広岡

※ミッドナイトつくば号の乗車券は乗車日の1カ月1日前から発売。

●発売窓口：学園サービスセンター(8:30~19:00) 東京営業センター(東京駅乗車場側/6:00~発車まで)

新宿営業センター(新宿駅新南口JRバス新宿営業センター内/6:00~23:00)

●電話予約：JRバス関東03-3844-0489(10:00~18:00) ●ネット予約：決済 <http://www.kousokubus.net/> (高速バスネット)

④夜行バス

よかつ関西号 [水戸・つくば ↔ 京都・大阪]

運行時刻表 (2004年12月22日改定)

大阪・京都→つくば・水戸		水戸・つくば→京都・大阪	
あべの橋駅 (JR天王寺駅)	21:30	土浦駅東口	22:24
近鉄なんば駅西口 (OCATビル)	21:43	つくばセンター	22:53
大阪駅前 (地下鉄東梅田駅)	22:00	並木大橋	23:00
名神茨木インター	22:25	京都駅八条口 (近鉄改札前)	6:40
名神高槻	22:30	名神大山崎	7:00
名神大山崎	22:39	名神高槻	7:09
京都駅八条口 (近鉄改札前)	23:03	名神茨木インター	7:14
並木大橋	6:34	大阪駅前 (地下鉄東梅田駅)	7:39
つくばセンター	6:41	近鉄なんば駅西口 (OCATビル)	7:54
土浦駅東口	6:59	あべの橋駅 (JR天王寺駅)	8:15

乗車券 水戸・土浦間の時刻、料金、詳しい搭乗場所については下記問い合わせ先へ。

- ・予約制。1ヶ月前より予約受付。乗車券は4日前までに購入。
- ・予約・問い合わせ先：関鉄学園サービスセンター 029-852-5666 予約受付時間 (毎日8:30~17:00)
- 近鉄バス 06-6772-1631 予約受付時間 (毎日9:00~19:00)
- インターネット予約 <http://www.kintetsu-bus.co.jp/>
- <http://www.j-bus.co.jp/>

JRバス“ドリーム大阪81, 82号” [2005/9/2以降の金・土・日・祝日・祝日の前日・12/22-1/4・3/17-4/9・4/28-5/7・7/21-8/31運転]
 問い合わせ：03-3844-1950 (JRバス関東) 06-6466-9990 (西日本JRバス)

⑤⑥空港直通バス

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。) (2004年12月1日改定)

運賃：1,800円

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

つくばセンター → 羽田空港		
つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル
4:40	6:17	6:22
5:30	7:07	7:12
6:40	8:37	8:42
8:00	9:57	10:02
9:30	11:27	11:32
11:00	12:57	13:02
12:30	14:07	14:12
14:00	15:37	15:42
15:00	16:37	16:42
16:00	17:37	17:42
17:15	18:52	18:57
18:15	19:42	19:47

- ※ 平日日祝日とも上記時刻表
- ※ 羽田空港乗り場：1階到着ロビーバス乗り場13番
- ※ 上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目、千現一丁目、並木一丁目、並木二丁目、並木大橋
- ※ 問い合わせ：029-836-1145 (関東鉄道) / 03-3765-0301 (京浜急行)

成田空港 ↔ つくばセンター (土浦駅東口行)

(AIRPORT LINER NATT'S)

(2006年5月27日改定)

所要時間：約1時間40分 運賃：2,540円

乗車券購入方法：

- 成田空港行：予約制。1カ月前から予約受付。乗車券は3日前までに購入。KEKの売店でも購入可。
- 予約センター電話：029-852-5666 (月~土：8:30~19:00 日祝日9:00~19:00)
- つくばセンター方面土浦駅東口行：成田空港1F京成カウンターにて当日販売

成田空港 → つくばセンター		
第2ターミナル	第1ターミナル	つくばセンター
7:20	7:25	9:00
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 → 成田空港		
つくばセンター	第2ターミナル	第1ターミナル
6:20	8:00	8:05
7:20	8:55	9:00
8:50	10:25	10:30
10:20	11:55	12:00
11:55	13:30	13:35
13:25	15:00	15:05
14:35	16:10	16:15
15:50	17:25	17:30
17:35	19:10	19:15

- ※ 平日日祝日とも上記時刻表
- ※ 上下便の全バス停：土浦駅東口、つくばセンター、ひたち野うしく駅、牛久、龍ヶ崎ニュータウン、新利根、成田空港

つくば市内宿泊施設

(確認日：2006. 10. 25) ※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 トレモントホテル
TEL (029) 851-8711 7,854円～
- ④ 筑波研修センター
TEL (029) 851-5152 3,600円～
- ⑤ 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～
- 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(新館) 6,500円～
TEL (029) 856-1191 (和) 6,800円(3人～)
(風呂・2食付)
(本館) 6,000円～
(和) 6,300円(3人～)(2食付)
- ⑫ ホテルグランド東雲 (新館) 7,350円～
TEL (029) 856-2212 (本館) 6,300円～
- ⑬ つくばスカイホテル
(<http://www.yama-nami.co.jp/>)インターネット予約5%引き
TEL (029) 851-0008 6,300円～
- ⑭ 学園桜井ホテル
(<http://www.gakuen-hotel.co.jp/>)
TEL (029) 851-3011 6,878円～
- ⑮ ビジネス旅館二の宮
TEL (029) 852-5811 5,000円～
(二人部屋のみ 2食付)
- ⑯ ペンション学園
TEL (029) 852-8603 4,700円～ (税込)
21,000円 (7日以内)
- ⑰ ホテルスワ
TEL (029) 836-4011 6,825円～
6,090円 (会員)

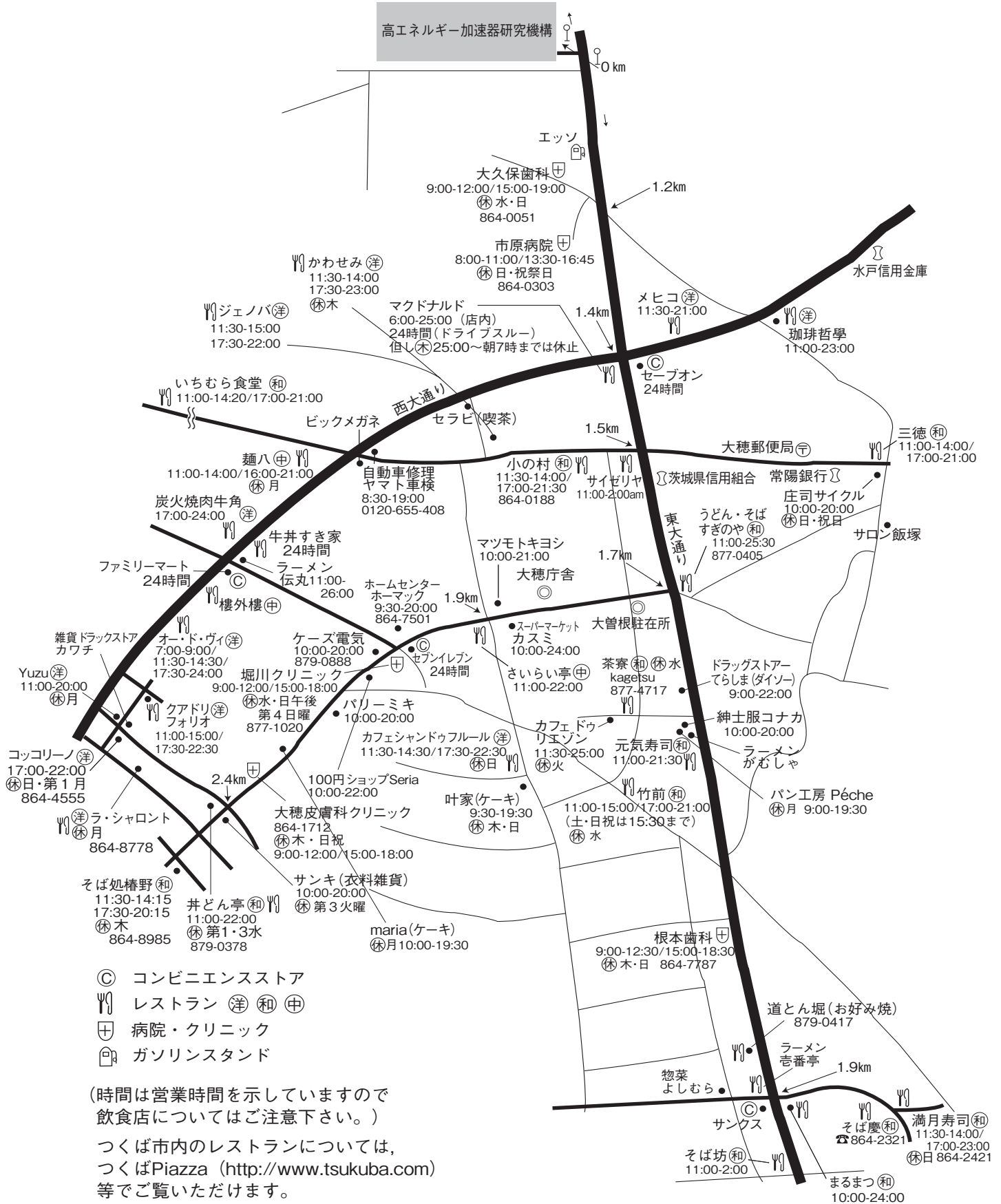
KEK 周辺生活マップ

(確認日：2006. 10. 25)

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



KEK内福利厚生施設

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

●図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00

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

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

●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 管理棟1階

開室時間 8:30～17:00（月曜日～金曜日）

●食 堂「カフェテリア」（内線 2986）

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:10～9:30

昼食 11:30～13:30

夕食 17:00～19:00

●レストラン「くらんべりい」（内線 2987）

場 所 職員会館1階

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

昼食 11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

夕食 17:00～20:30（オーダーストップ 20:00）

昼の弁当配達サービス

月曜日～金曜日及び営業している土曜日

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

土曜日の食事

上記の食堂とレストランが隔週交替で営業しています。朝食 8:00～9:30（オーダーストップ 9:15）

昼食11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

●理容室（内線3638）

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

場 所 職員会館1階

営 業 月～金 9:00～17:00

第二、第四土曜日 9:00～17:00

ただし祝日及び年末年始は休業

予約受付 9:00～16:30

料 金 カット 2,200円

●売 店（内線3907）

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

場 所 職員会館1階

営 業 月～金 9:00～19:00

ただし祝日及び年末年始は休業

●書 店（内線2988）

書籍・雑誌。

場 所 国際交流センター

営 業 月～金 10:00～17:00

ただし祝日及び年末年始は休業

●自転車貸出方法（受付〔監視員室〕内線3800）

自転車の貸出方法が下記の通り変更になっていますので、ご注意ください。

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

●常陽銀行ATM（食堂入口脇）

取扱時間：9:00～18:00（平日）

9:00～17:00（土）

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

●郵便ポスト（計算機棟正面玄関前）

収集時間：10:30（平日・土曜）、10:00（休日）

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

Tel : 029-879-6135, 6136

Fax : 029-879-6137

Email : users.office@post.kek.jp

ビームライン担当一覧表 (2006. 11. 1)

ビームライン	光源	BL担当者
ステーション	形態 ステーション/実験装置名 (●共同利用, ○建設/立ち上げ中, ☆所外, ★協力BL)	担当者 担当者 (所外)
BL-1	B M	小野
BL-1A	☆● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	澤
BL-1B	● 多目的極限条件下ワンセンベルグカメラ	澤
BL-1C	● VUV不等間隔平面回折格子分光器	小野
BL-2	U	北島
BL-2A	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-2C	● 軟X線不等間隔平面回折格子分光器	柳下
BL-3	U (A) / B M (B, C)	東
BL-3A	○ 結晶分光型6軸回折計+超伝導磁石2軸回折計	若林
BL-3B	○ VUV 24m球面回折格子分光器 (SGM)	東
BL-3C	○ X線光学素子評価/白色磁気回折ステーション	張/安達
BL-4	B M	澤
BL-4A	● 蛍光X線分析/マイクロビーム分析	飯田
BL-4B1	● 極微小結晶・微小領域回折実験ステーション	中尾
BL-4B2	●★ 多連装粉末X線回折装置	中尾
BL-4C	● 結晶分光型六軸回折計	若林
BL-5	M P W	山田
BL-5A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	山田
BL-6	B M	五十嵐
BL-6A	● タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐
BL-6C	○ X線回折/散乱実験ステーション	澤
BL-7	B M	雨宮 (近藤: 東大 03-5841-4418)
BL-7A	☆● 軟X線分光 (XAFS, XPS) ステーション (東大・スペクトル)	雨宮
BL-7B	☆● 角度分解真空紫外光電子分光ステーション (東大・スペクトル)	雨宮
BL-7C	● XAFS/異常散乱/汎用X線ステーション	岩住
BL-8	B M	間瀬
BL-8A	● 軟X線平面回折格子分光器 (SX700)	間瀬
BL-8B	● 広帯域XAFSステーション	間瀬
BL-8C2	● 白色X線ステーション	平野
BL-9	B M	野村
BL-9A	● XAFS実験ステーション	稲田
BL-9C	● 六軸回折計/小角散乱/XAFSステーション	野村
BL-10	B M	小林 (克)
BL-10A	● 垂直型四軸X線回折装置	中尾
BL-10C	●★ 溶液用小角散乱実験ステーション	小林 (克)
BL-11	B M	北島
BL-11A	● 軟X線不等間隔回折格子分光器	北島
BL-11B	● 軟X線2結晶分光ステーション	北島
BL-11C	● 固体用瀬谷波岡分光器 (SSN)	小野
BL-11D	● 軟X線可変偏角分光器	伊藤
BL-12	B M	伊藤
BL-12A	● 軟X線2m斜入射分光器 (GIM)	柳下
BL-12C	● XAFS実験ステーション	野村
BL-13	M P W / U	間瀬
BL-13A	● レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
BL-13B1	● XAFS測定装置	亀卦川
BL-13B2	● 白色・単色X線ステーション	亀卦川
BL-13C	●★ 軟X線50m-CGM分光器	間瀬

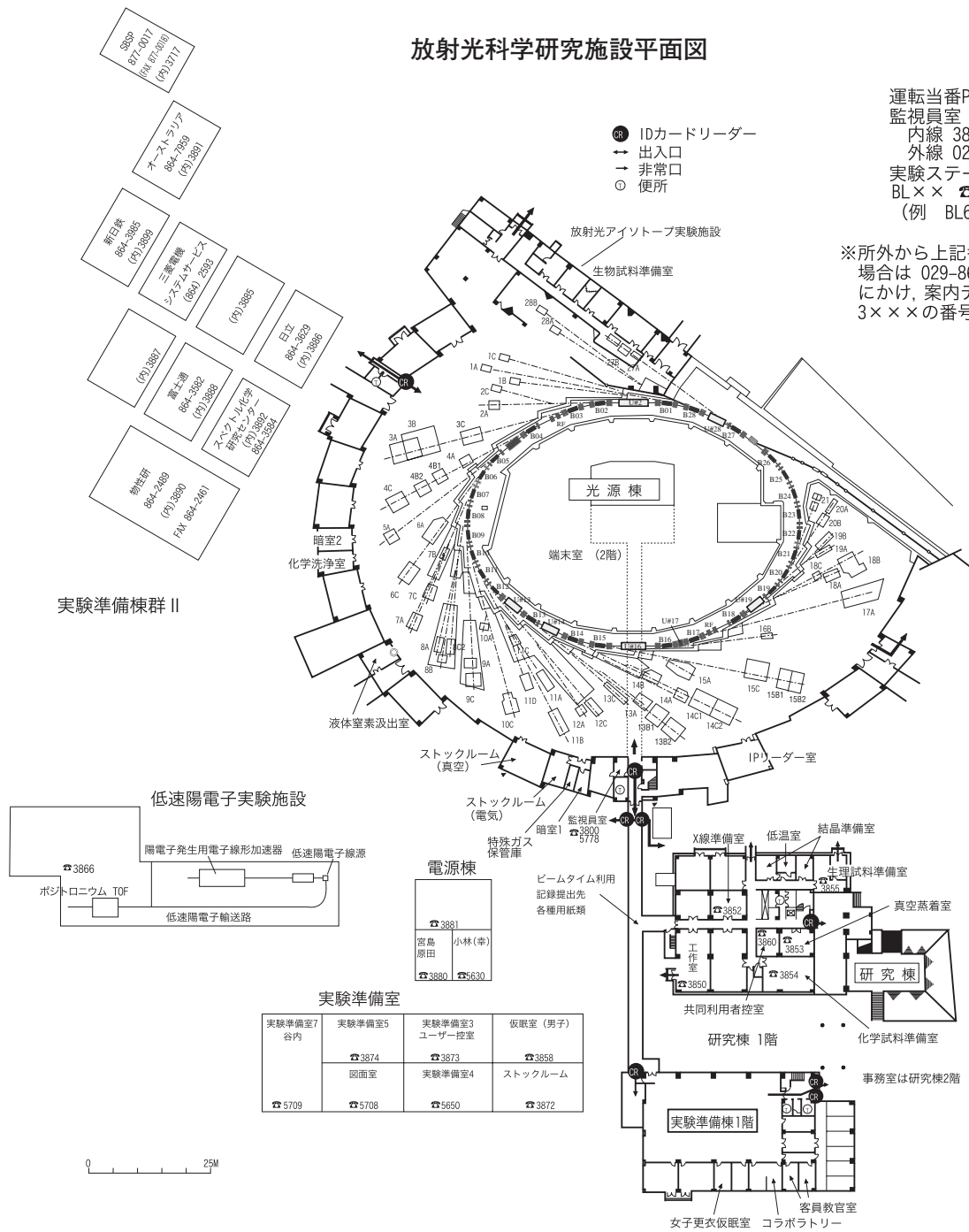
島田 (産総研)

BL-14		VW	岸本
BL-14A	●	単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	●	精密X線回折実験ステーション	平野
BL-14C1	●	白色・単色 X 線ステーション	兵藤
BL-14C2	●	高温・高圧実験ステーション	亀卦川
BL-15		BM	平野
BL-15A	●★	X線小角散乱ステーション	加藤 奥田 (京大)
BL-15B1	●	白色X線トポグラフィおよび汎用X線実験ステーション	杉山
BL-15B2	●	表面界面 X 線回折実験ステーション	杉山
BL-15C	●	精密 X 線回折ステーション	平野
BL-16		U	足立 (純)
BL-16B	●	VUV高分解能球面回折格子分光器(H-SGM)	足立 (純)
BL-17		U	五十嵐
BL-17A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐
BL-18		BM	柳下 (柿崎:東大物性研 029-864-2489)
BL-18A	☆●	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下 柿崎 (東大物性研)
(東大・物性研)			
BL-18B	○	白色・単色 X 線ステーション	飯田
BL-18C	●	超高压下粉末 X 線回折計	亀卦川
BL-19 (東大・物性研)		U	柳下 (柿崎:東大物性研 029-864-2489)
BL-19A	☆●	スピン偏極光電子分光実験ステーション	柳下 柿崎 (東大物性研)
BL-19B	☆●	分光実験ステーション	柳下 辛 (東大物性研)
BL-20		BM	伊藤
BL-20A	●	3 m直入射型分光器	伊藤
BL-20B(ANBF)	☆●	多目的単色・白色X線回折散乱実験ステーション	河田 G. Foran(Australia) 029-864-7959
BL-27		BM	小林 (克)
BL-27A	●	放射性試料用軟 X 線実験ステーション	小林 (克)
BL-27B	●	放射性試料用 X 線実験ステーション	宇佐美
BL-28		HU	小野
BL-28A/B	●	可変偏光 VUV-SX 不等間隔平面回折格子分光器	小野
PF-AR			
AR-NE1		EMPW/HU	河田
AR-NE1A1	●	磁気コンプトン散乱・高分解能コンプトン散乱ステーション	河田
AR-NE1A2		臨床応用	兵藤
AR-NE1B	●	円偏光軟 X 線分光ステーション	小出
AR-NE3		U	張
AR-NE3A	●	時間域メスバウアー分光装置	張
AR-NE5		BM	兵藤
AR-NE5A	●	医学診断用 2 次元撮像装置	兵藤
AR-NE5C	●★	高温高圧実験ステーション /MAX80	亀卦川 草場 (東北大金研)
AR-NW2		U	稲田
AR-NW2A	●	時分割 XAFS 及び時分割 X 線回折実験ステーション	稲田
AR-NW10		BM	野村
AR-NW10A	●	XAFS 実験ステーション	野村
AR-NW12		U	松垣
AR-NW12A	●	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣
AR-NW14		U	足立 (伸)
AR-NW14A	○	時間分解 X 線回折実験ステーション	足立 (伸)
低速陽電子			栗原
Ps-TOF	●	ポジトロニウム飛行時間測定装置	栗原

放射光科学研究施設平面図

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

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



実験準備室

実験準備室7 谷内 ☎ 5709	実験準備室5 ☎ 3874 図面室 ☎ 5708	実験準備室3 ユーザー控室 ☎ 3873 実験準備室4 ☎ 5650	仮眠室 (男子) ☎ 3858 ストックルーム ☎ 3872
------------------------	-----------------------------------	--	---



PF-AR平面図

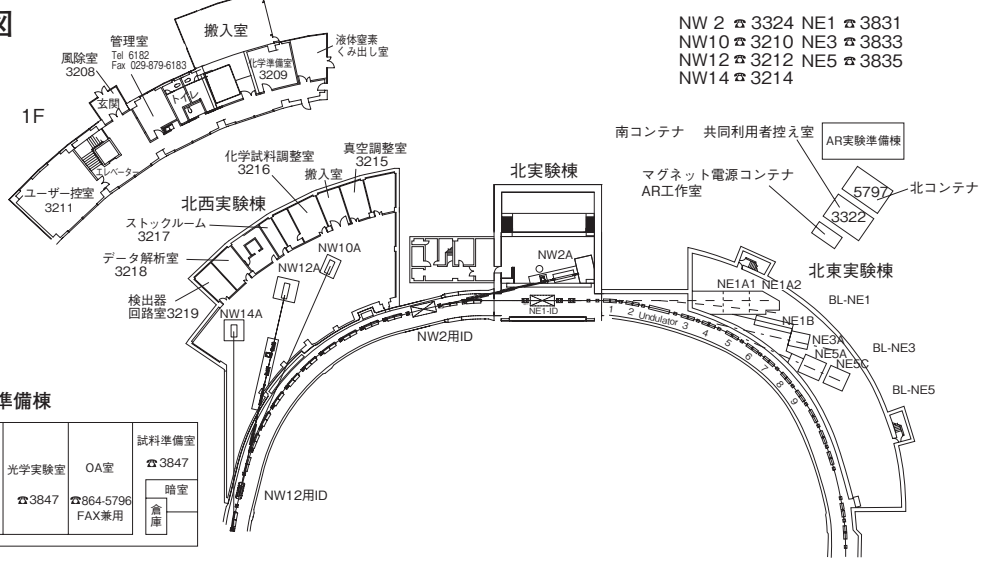
**PF-AR共同
研究棟**
 ERATO事務所
 大門、楠田
 野澤、高橋(淳)
 板谷、妹尾、田崎
 佐藤(剛)、富田(文)、一柳、坂本
 6185、6186
 Fax: 6187

PF-ARコンテナ

張 ☎ 5797	ユーザー控室 ☎ 3322
-------------	------------------

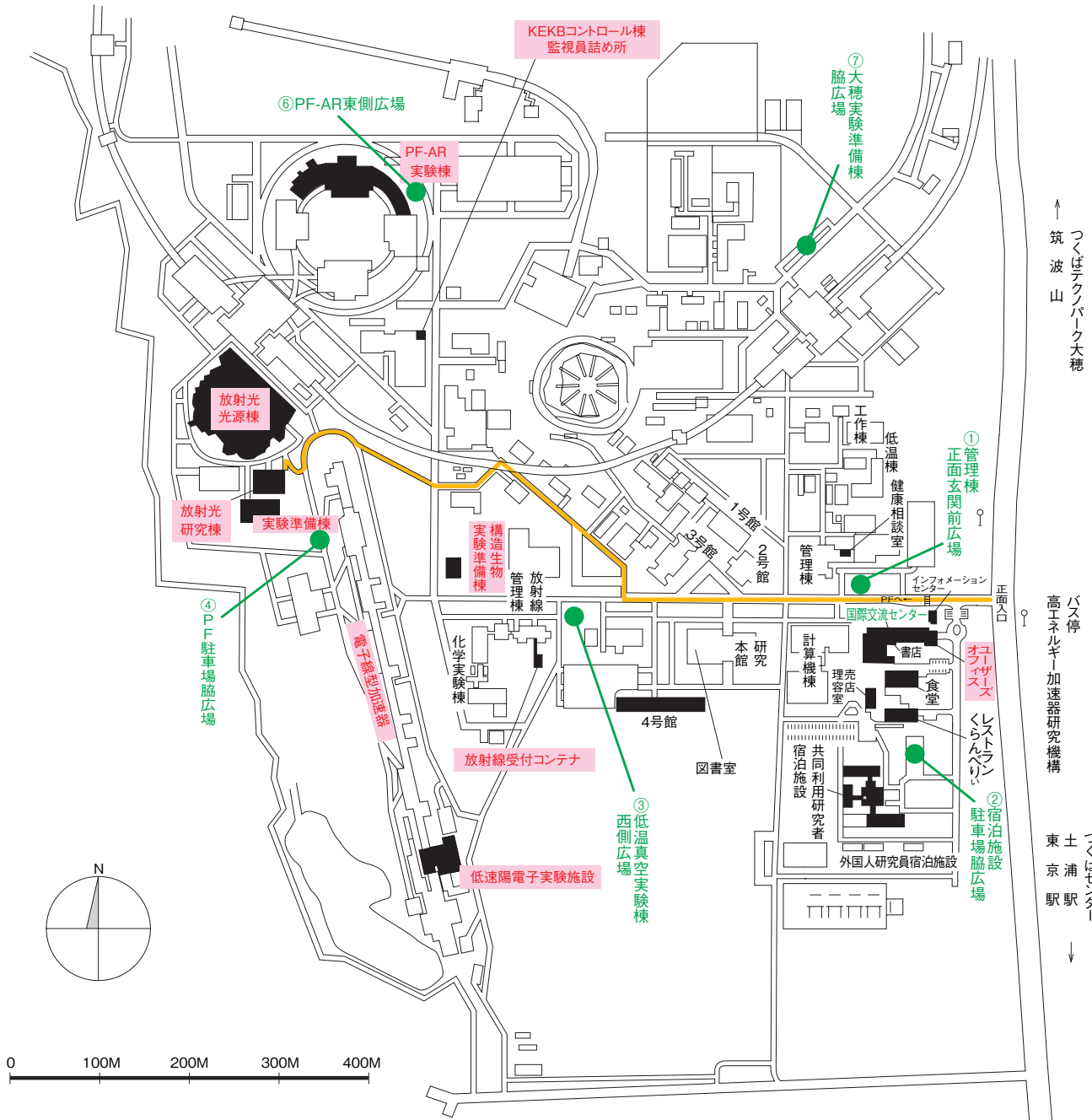
PF-AR実験準備棟

真空装置 調整室 ☎ 3846	結晶加工室 ☎ 3846	光学実験室 ☎ 3847	OA室 ☎ 864-5796 FAX兼用	試料準備室 ☎ 3847 暗室 倉庫
-----------------------	-----------------	-----------------	----------------------------	-----------------------------



高エネルギー加速器研究機構平面図

(物質構造科学研究所 放射光科学研究施設関係分)



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

非常の際は、運転当番 4209 インフォメーションセンター 3399

