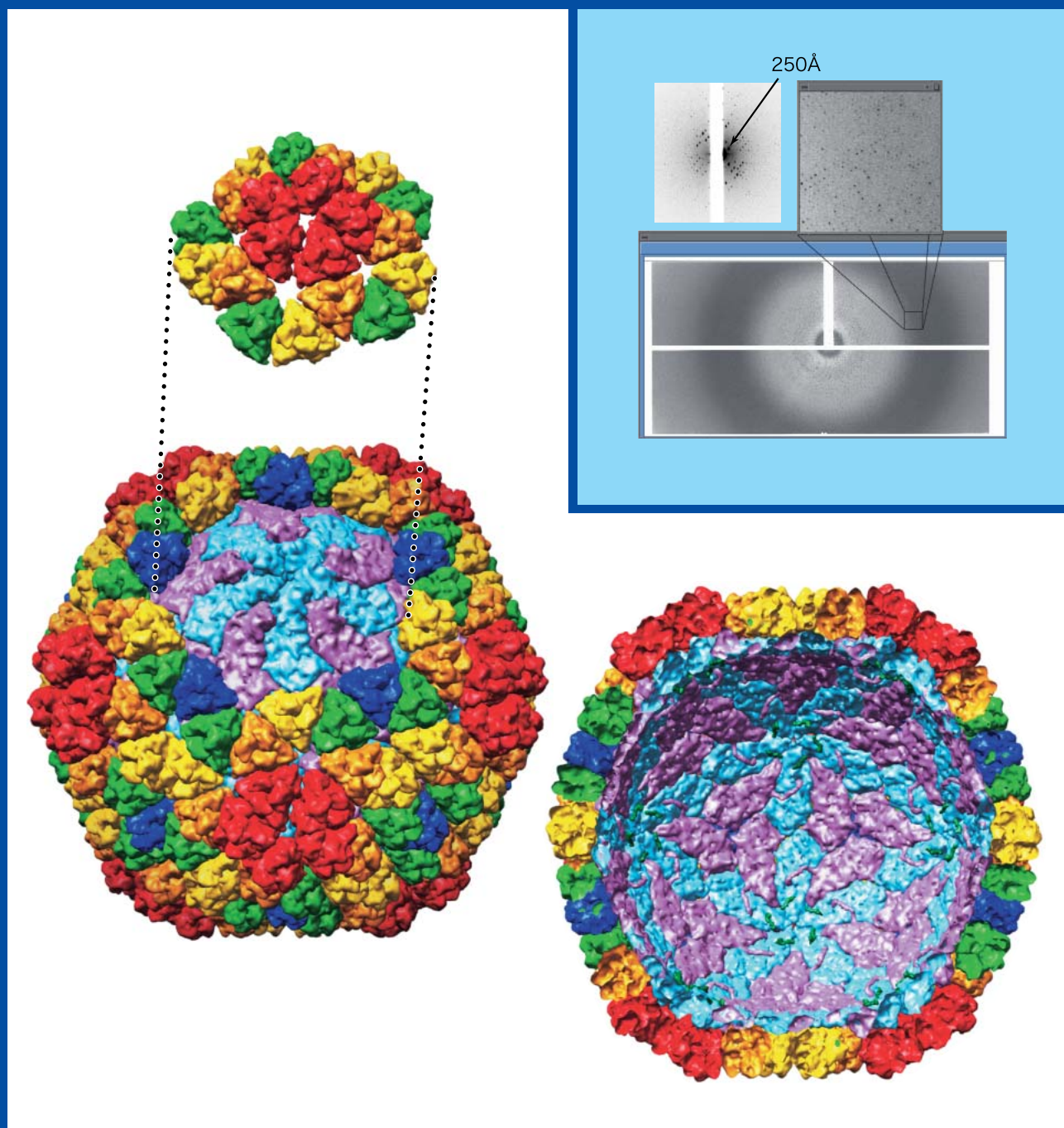


PHOTON FACTORY NEWS

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

Vol.22 No.3
NOV 2004

- イネ萎縮ウイルスの立体構造決定
- 全反射軟X線蛍光分光による多層膜表面・界面の拡散層の研究



目 次

施設だより	松下 正	1
現 状		
入射器の現状	榎本 収志	2
PF光源研究系の現状	春日 俊夫	2
放射光科学第一・第二研究系の現状	野村 昌治	3
PFリング直線部増強計画の進捗状況	本田 融	4
BL-14再設置が終了	岸本 俊二	5
BL-28の現状	小野 寛太	6
お知らせ		
平成17年度前期フォトン・ファクトリー研究会の募集	松下 正	8
研究補助員募集のお知らせ		8
人事異動・新人紹介		9
予定一覧		9
運転スケジュール		10
最近の研究から		
イネ萎縮ウイルスの立体構造決定	中川敦史、内藤久志、水野 洋、大村敏博	11
Structure Determination of Rice Dwarf Virus		
全反射軟X線蛍光分光による多層膜表面・界面の拡散層の研究	今園孝志、柳原美広	18
Study of Interdiffused Layers in the Surface and Interfaces of Multilayers by Total-reflection		
Soft-X-ray Fluorescence Spectroscopy		
研究会等の報告／予定		
第22回PFシンポジウムのお知らせ	岩住 俊明	23
物構研研究会「第3回粉末回折法討論会：粉末法だからできること／The 3rd Symposium on Powder Diffraction		
Method-New Aspects Achieved by Powder Method-」開催のお知らせ	田中 雅彦、井田 隆	23
PF研究会「マイクロビーム細胞照射装置を用いた低線量放射線影響研究に関するワークショップ」のご案内	小林 克己、宇佐美徳子	24
PF研究会「硬X線を用いたダイナミック構造解析の可能性」のご案内		24
PF・KENS合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率」報告	桜井 健次、平野 馨一、鳥飼 直也	24
PF・KENS合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」に参加して1	川北 至信	27
PF・KENS合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」に参加して2	香野 淳	28
第7回XAFS討論会報告	田中 庸裕	28
ユーザーとスタッフの広場		
in-situ Quick XAFSとNW10ビームライン	朝倉 清高	29
リングウ会議に参加して	久保田正人	32
VUV14に参加して	和達 大樹	33
NSRRC（台湾）を訪問して	宮内 洋司	34
◆スタッフ受賞記事		
間瀬一彦氏らが第29回真空技術賞を受賞		35
ビームタイム利用記録より	小林 克己	36
PF懇談会だより		
軟X線発光ユーザーグループ発足にあたって	手塚 泰久	37
構造物性グループミーティング報告	澤 博	37
PF懇談会拡大運営委員会開催のお知らせ	田中 雅彦	38
PF懇談会入会の電子化		38
平成16年度「放射光利用研究基礎講習会」の報告	間瀬 一彦	38
PFユーザーグループ代表者会議議事メモ	田中 雅彦	39
掲示板		
放射光セミナー・物構研セミナー		41
編集委員会から		42
巻末情報		43

(表紙説明) 分子質量 7000 万ダルトンの巨大な二重殻ウイルスであるイネ萎縮ウイルスの立体構造決定 (右上: イネ萎縮ウイルス結晶の回折イメージの例。今回の構造解析では通常の回折強度データに加えて、200 Å以下の超低分解能の回折強度データも利用した。左: ウイルス粒子を外側から見た図。外殻の一部をはずして内殻が見えるようにしてある。右下: イネ萎縮ウイルスの二重殻構造の断面。正二十面体対象の5回軸周りにRNA結合に関連したP7タンパク質の短いフラグメント(球殻内部にみえる緑色の部分)が見えている。(最近の研究から「イネ萎縮ウイルスの立体構造決定」より)

施設だより

物質構造科学研究所副所長 松下 正

来年の3月から9月のPFリング直線部増強のためのシャットダウンおよび立ち上げ期間中はPFでの放射光利用実験ができませんが、この期間中に米国 Stanford Synchrotron Radiation Laboratory においてPFユーザーを受け入れてもらうことが、2003年4月に結ばれたPFとSSRLの協力協定の中で合意されています。この件については、既に各共同利用実験課題の責任者の方々は、直接電子メールにて連絡いたしました。SSRLでの実験のご希望がありましたらご連絡ください。SSRLでの実験を希望すれば自動的に100%それがかなえられるわけでは必ずしもありませんが、PFでの共同利用実験課題をお持ちの方で実験を行うビームラインの適性、ビームタイムの長さ、実験実施時期などの調整ができれば新たにSSRLの実験課題申請を行うことなくビームタイムの配分を受けることができます。SSRLでは、2003年に約6ヶ月のシャットダウン期間をとり、リングを全面的に作り直して3 GeV、500 mA（当面は100 mA）、エミッタンス18 nm-radと、いわゆる第3世代リング（昨年SSRL名誉教授のWinickさんに会ったときに第3世代リングの定義は何かと聞いてみましたら、昔はエミッタンスがnm-radの単位で一桁のものを言っていたが、最近では挿入光源を主力として位置づけておりかつある程度エミッタンスが小さいものと言うようになっていて、ややあいまいな答えでしたが）として生まれ変わっています。SSRLのこのシャットダウンの時には、今回の場合とは逆にSSRLのユーザーをPFで受け入れました。PFのシャットダウンの場合に、多くのユーザーの方々は国内のSPRING-8、UVSOR、HiSORなどの施設の利用を考えていると思いますが、もうひとつの可能性としてSSRLの利用も検討する価値があると思います。またPFの施設にとっても、ユーザーの方々がこの機会に3 GeVクラスの第3世代リングをもつ施設のビームラインその他の使い勝手、ユーザー支援のあり方などを実際に経験して、PFのビームライン、施設と比較し、その結果をPFにインプットしていただければ、プラスの側面があると思います。

肝心のPFの直線部増強の準備作業ですが、昨年度には更新すべきQ-マグネット46台を製作し、今年度はリング2/3周分の真空ダクトの製作、Q-マグネット電源の製作などが進められています。直線部増強の結果、2.5 GeVリングでは最大13の挿入光源を設置することが可能となります。また、2.5 GeVリングのエミッタンスは28 nm-rad程度までは下げることが可能で、すでにそのようなマシンスタディーも光源系のグループによって行われています。特に、注目すべきは2.5 GeVという中程度のエネルギーでも短周期のアンジュレーターにより高輝度X線の利用を可能

とするビームラインが4本設置できる可能性が開かれることです。最近稼働し始めたあるいは建設中でリング周長がPFリング（周長186.7 m）と同程度のCanadian Light Source (CLS)（周長171 m, 2.9 GeV, 500 mA（目標値、現在は115 mA）, $\epsilon = 15$ nm-rad, 挿入光源用直線部11）やAustralian Synchrotron (AS)（周長212 m, 3 GeV, 200 mA, $\epsilon = 15.8$ nm-rad, 挿入光源用直線部11）と比べると、PFリングではエミッタンスが2倍程度である一方、挿入光源用直線部の数はPFの方がわずかに多く、蓄積電流はCLSの目標値と同等、ASの目標値あるいはCLSの現状と比べると2～4倍強となります。さらに、PFでは6.5 GeVリング（PF-AR）にも5本の挿入光源が設置できますので、2.5 GeVリングの13本と合わせて合計18本の挿入光源を設置することができます。PFは来年3月には稼働開始後23年を迎えようとしていますが、上述のような数字を見てお分かりいただけるように、もはや第2世代光源の域を脱し、第3世代と銘打って建設されるCLSやASに比べて十分な競争力を備えることのできる可能性をもっています。もちろん、そのためには複数のミニギャップ短周期アンジュレーターがある状態でのリング運転技術、ミニギャップアンジュレーターを有効に活かすビームライン技術、軟X線領域での円偏光スイッチング技術の開発など、PFでは未経験の技術・経験をものにする必要があります。これまで2.5 GeV直線部改造については何回か報告してきましたが、ここで繰り返す述べさせていただく理由は、この改造は古くなったリングを単にリフォームするといった性格のみではなく、種々の創意と工夫により23年の歴史を持つ放射光源が、再び世界の第一線級の光源と同等の性能を持つことができるということを強調したいためです。このような位置づけを理解して頂き、ユーザーおよび関係者の皆様のご支援をお願い致します。

リングの改造に伴うビームラインの整備は、既存のビームラインの整理・統合が必要なこと、予算的に十分な手当てが現段階では難しいことなど、課題が多いというのが現状です。幸い、PFの若槻教授を代表者とし科学技術振興機構の先端計測分析技術・機器開発事業の機器開発プログラム（特定領域型）の一つとして採択された「X線HARPを用いた生体超高分子構造機能解析装置」プロジェクトの一環としてBL-17にミニポールアンジュレータービームラインを整備することが、始められようとしています。また、ビームラインの整理・統合により生み出される余剰のビームラインコンポーネントの利用などで、構造物性研究用ミニポールアンジュレータービームラインの整備も検討が始められています。BL-16のX線関係のアクティビティをミニポールアンジュレータービームラインに移すことを前提に、BL-16に円偏光を高速に切り替えられる軟X線アンジュレータービームライン整備の議論も開始いたしました。これらを含めたビームライン計画を現実のものとしてゆくことは、ユーザーの皆様の直接的・間接的な関与・支援なしには実現できません。ユーザーの皆様のご理解とご協力をお願い致します。

現 状

入射器の現状

電子・陽電子入射器
加速器第三研究系主幹 榎本收志

概況

7～9月の日程は以下の通りであった。

7月 1日	PF, PF-AR, KEKB, 入射器停止
8月 19日	入射器立上げ
9月 9日	KEKB 入射開始
9月 21日	PF 入射開始 (低速陽電子ビーム調整開始)

(10月13日 PF-AR 入射開始予定)

入射器は約1か月半の夏期保守を終え、益明けから順調に秋期運転を開始した。9月21日、PF入射も順調に立上った。同時に低速陽電子リニアックの調整と2週間後のユーザ運転の準備を開始した。

夏期保守

特に大きな工事はなかったが、春期運転中修理のできなかった#1-2加速モジュールの真空漏れ、#2-2加速モジュール加速管の水漏れの改修作業のほか、盛り沢山の保守作業を行なった。電子銃および電子銃電源関係の保守、陽電子標的・パルスコイルの交換、ECS 偏向電磁石の真空容器拡幅(33→70 mm, 54→100 mm)等の真空系保守、集束電磁石関係の保守(端子増締め、精度チェック等)、高周波源低レベル系の保守(恒温槽の点検や交換、モジュールの点検、改修)、大電力モジュレータ関係の点検・保守、クライストロンやRF窓の交換、保守、制御・モニター系の保守、運転関係の保守などを行なった。

PF 入射の改善

この春から、入射器、PF、KEKB 合同で入射の改善に関する検討が行なわれているが、その一環として、PF入射に関する検討と改善が夏期保守中に行なわれた。PFリング側ではセプタム電磁石等の改善、入射器側ではトリガー系の変更による入射ビームのエネルギーの安定化が試みられた。

PF、PF-AR への入射ビームは KEKB とは独立した電子銃から出て加速されているが、ビームを加速するためのタイミング(トリガー)信号は、KEKB 入射ビーム用と共通で、加速周波数 2856MHz の 25 分の 1 の 114MHz に同期したものであった。また、この信号は KEKB 入射用 2 バンチビームの第 1 バンチと同じタイミングで、加速管にマイクロ波が完全に充填される数十ナノ秒前にビームを加速するための信号であった。これは、KEKB、PF 入射ビームを同時加速する可能性を配慮したものであった。その結果、PF 入射ビームのタイミングには 114MHz の 1 周期約 9ns

分の不確定さがあり、マイクロ波充填タイミングの事情と重なって、加速利得にジッターが生じていた(図1(上))。夏期保守で PF、PF-AR 用のビームタイミング系を加速周波数 2856MHz の 5 分の 1 の 571MHz に同期するように変更した。また、加速管にマイクロ波が完全に充填されてからビームが加速されるようにタイミングを変更した。このことによって、加速利得が安定して得られるようになった。(図1(下))

この他、Energy や軌道 Feedback の見直し、Software の追加も行った。また、リング一周の電荷量の平滑化を 25pps で行なえるように改善がなされた(従来は 12.5pps)。以上の結果、PF リングの蓄積率は 3mA/s 以上(25pps)を越えることもあり、大幅に向上した。

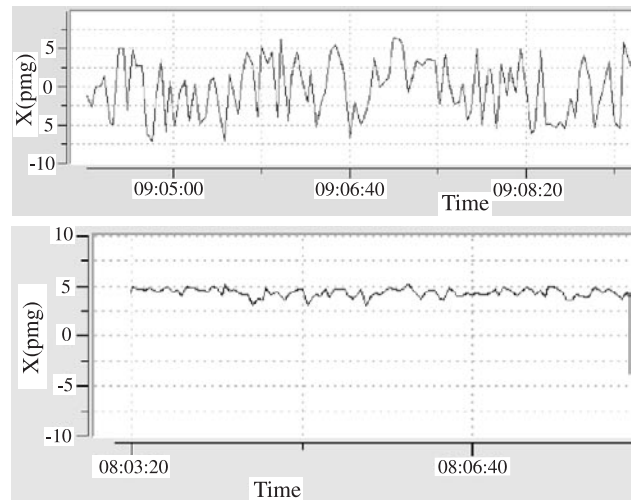


図1 PF 入射ビームのエネルギーの安定度を示すグラフ。横軸は時間で全体が約5分、縦軸はビームエネルギーを表し、大目盛間(数量5)がエネルギー差約0.1%に相当する。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

10月5日付で、Cheng Weixing(程 卫星)さんが研究機関研究員として着任されました。Chengさんは、上海応用物理学研究所の上海放射光施設に所属され、ビーム診断装置や制御装置の開発研究に従事されてこられました。放射光源研究系でも、同種の研究開発に従事して頂きたいと思っています。

PF

7月1日の運転停止後の夏季の作業の主なものは①真空系の制御装置の更新、②基幹チャンネル安全系制御装置四カ所の更新、③来年に予定されている直線部増強計画に先立つ二カ所の基幹チャンネル(BL-14,16)の改造、④直線部増強に伴い必要磁場が高くなるのに備えた、セプタム電磁石2台の更新、(うち一台分は真空槽の交換も含む)で

あった。直線部増強計画の詳細については、別項をご覧ください。

9月21日に行われた運転再開作業は概ね順調に推移した。入射用線形加速器のSLED（電子エネルギー増強のためのマイクロ波パルス圧縮装置）のタイミングを最適化したことにより、入射ビームのエネルギーのばらつきが小さくなった。入射の繰り返し周波数を12.5Hzから25Hzに上げたことと、前記のエネルギーばらつきの減少により入射率は、今までの0.8~1.2mA/sから2.5~3mA/s程度まで改善された。また、入射手順の見直しを行ったことにより、KEKBへの連続入射の状態からPF入射に切り替えてから、PF入射終了までの時間が従来の約10分から6分程度まで改善された。1日1回入射のユーザー運転時にはさしたる改善とは思われないであろうが、概ね月曜日にKEKBの連続入射と同時にされるマシンスタディを効率的に行うためには、この時間の更なる短縮が望まれる。

運転再開作業後は各種マシン調整及び真空系のビームによる焼きだしを行い、9月28日よりユーザー運転を再開している。なお、前期運転終了直前に4台の加速空洞のうち1台が不調となり、空洞3台での運転を余儀なくされビーム電流初期値を395mAに制限していたが、運転停止期間中に当該空洞のエイジングを行い、今期は空洞4台で運転を行っており、ビーム電流初期値も450mAとしている。

単バンチ運転時には、ビーム位置モニター（BPM）電極に現れる信号の波高値が高いため信号処理装置のダイナミックレンジ内に収めるために信号レベルの微妙な調整が必要であった。今までは多バンチ運転時と単バンチ運転時に信号減衰器を切り替えて対処してきた。信号処理装置の前にバンドパスフィルター（BPF）を挿入し、単バンチ運転時の波高値を下げればこの問題は解決する。今回単バンチ運転時のBPM系の減衰器の切り替えを不要とすべく、全モニター電極にBPFを挿入した。運転再開時のマシン調整時に、BPFの挿入が多バンチ運転時のビーム位置測定に悪影響を与えないことを確認した。

PF-AR

7月1日の運転停止後、西直線部の空洞のうち下流側の2台の空洞を撤去し、東直線部に2台の空洞を追加した。具体的には西の最下流の空洞と、予備として保存してあった空洞を東直線部に設置した。西直線部の上流側から3番目の空洞は運転中にトラブルを起こし高周波加速系から切り離してあった（Vol.21 No.1参照）ものであるが、この空洞は撤収した。今後この空洞のトラブルの原因追及を行う予定である。東直線部に設置した予備空洞は、設置後の測定の結果他の空洞よりQ値が低いことがわかり、別の予備空洞と再交換する作業を行った。再交換した空洞もQ値が低かったが、どうやら空洞各セル間のチューニングがずれていたためであったようで、現場での調整の結果問題が無いことがわかった。（最初に設置した予備空洞のQ値の問題も同じ原因かもしれない。）東直線部と西直線部の空洞数の変更に伴う、低レベル系の変更、ソフトウェアの

変更も順調に進んだ。また、東西の冷却水量の配分を変えるための工事も終了している。高周波加速系のもう一つの大きな作業は東西のクライストロン用高圧電源の改修である。前号で述べたように、電源のオイルタンク内で放電が起こった兆候が見られていた。改修に伴う解体の結果、東に設置してあったオイルタンク内の抵抗一個が破壊され、それに接続されていたコンデンサーの碍子も破損していたことがわかった。西に設置してあった電源には特に大きな問題はなかった。

PF-ARは10月13日に運転を再開をした。高周波系の変更、改修に伴う多くの作業が行われたことにより、運転再開時には高周波系の調整が必要になった。また、空洞移動に伴う作業等で、真空系の大気開放が行われたため、ビームによる真空系の焼きだしが必要となる。それ故、ユーザーランの再開は運転開始から約10日後の10月22日を予定していたが、13日の運転再開後いくつかのトラブルに遭遇し、22日は光軸確認とビームによる焼きだし運転兼“ボーナス運転”とし、正式なユーザーラン開始は10月25日にずれ込んでいる。

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

終盤にRFの障害等はありませんでしたが、平成16年度第一期（4～7月）の運転は、無事7月1日朝に終了しました。限られた停止期間中にBL-14、28の大改造を行う必要があり、運転終了前からこれらのビームラインの改造作業が開始されました。BL-14の改造は直線部増強に伴う基幹部の改造に適合させることと同時に各ブランチ間での放射光の取り合いの変更を目的としています（p5参照）。BL-28の再構成はアンジュレーターを光源とする高分解能光電子分光の研究の展開を柱とする整備で、挿入光源ビームライン増強の走りです（p6参照）。BL-28では6月中旬からBL-28Aを使った実験と平行してBL-28Bの解体作業が始まりました。両ビームラインとも機器類の納期遅れ等もありましたが、関係者の努力で何とか克服し、インターロック系の設置、安全検査を行い、無事放射光を出すことが出来ました。現在は各ラインの調整作業中です。なお、撤去した旧BL-28のコンポーネント類のいくつかは改造して新しいビームラインで使用することを予定しています。

夏の停止期間中には恒例のシャッター類の点検作業が行われました。また、運転再開に先立ち、インターロック系の総合動作試験も行われました。このような地道な作業によって安全を確保しています。

前号で報告しましたように来年のリングの直線部増強改造に合わせてミニポールアンジュレーターを光源とするビームライン（BL-17）建設計画が進んでいます。丁度、若槻教授が先端計測で予算を獲得したこともあり、BL-17

については構造生物学研究専用のビームラインとして整備し、その他のミニポールアンジュレーター光の特性を生かした研究推進のテストビームラインは別に建設することとしました。ミニポールアンジュレーターを設置する場所としてはBL-1, 3, 15の可能性があり、現在その比較検討作業中です。

別項にも記しましたが、直線部増強作業のために、PFリングは2005年2月28日から9月まで改造のために運転を停止します。この改造により、従来からある挿入光源を設置できる直線部7カ所に加え、新たにミニポールアンジュレーターを設置できる直線部4カ所を備えた第三世代光源に準じた光源に生まれ変わります。これらの直線部を活用するための予算要求を行っています。

PF-ARでもPF同様に多くの作業が停止期間中に行われました。ERATO 腰原非平衡ダイナミクスプロジェクトのビームラインNW14については光源系報告にあるようにRFキャビティの移設が行われ、来夏の挿入光源設置に向けての準備が整いました。またビームラインの方は各種主要コンポーネントが納入されました。また、前号で紹介されたようにNE9ビームライン上流の基幹部コンポーネントの撤去が行われ、来年度のNW10への転用をするための動作確認等が行われています。また、NE1A2では使用されなくなった二結晶分光器等のコンポーネントを撤去し、再利用に備えています。

人の動き

物構研04-4として公募をしていました時分割XAFS、XAFS関係の助教授として名古屋大学大学院理学研究科の稲田康宏さんを採用することとなりました。稲田さんは無機溶液化学を中心に研究活動をされ、実験室系およびPFでの時間分解XAFS法の開発、利用研究を活発にされてきた方です。11月16日には着任頂ける予定です。

X線精密構造解析の分野を中心にBL-3A, BL-4B2, BL-10A, そしてこの夏の改造後のBL14A再構築に関して腕を振ってくださっていました田中雅彦助手が12月1日付けで物質・材料研究機構の主席エンジニア（放射光担当）として異動される事が決まりました。田中氏はX線精密構造解析実験ステーションのきめの細かい整備から、最近東工大の八島助教授とともにプレス発表された「高温(1900K)精密X線構造解析測定の開発」という先端的な技術開発、そして物質・材料研究機構との協力関係で進められている新物質の精密構造解析という先端的物質科学の領域をカバーされてこられました。今後、物質・材料研究機構が整備しているSPring-8・BL15XUの整備において中核的な研究者として益々腕を振られる事と思います。今後の更なる発展をお祈りいたします。

再び安全に関する注意喚起のお願い

共同利用実験を再開した9月28日に、トランスが焼損する事故がありました。幸い実験ハッチ内に設置された火災報知器が鳴動し、迅速な対応がなされたため大事に至る

ことはありませんでしたが、停止期間中の夜間等に発生すると昨年の中性子実験施設での火災と同様の事態に至る恐れも否定できません。実験初日のトラブルで運転を中断したことをお詫びするとともに、ユーザーの皆様の迅速な対応に感謝致します。停止期間中は出来るだけ電源を停止する様にお願いします。また、持込み装置に関しても異常時に当番等が迷うことなく電源停止を出来るように機器類の電源が何処からとられているか明示をお願いします。同日、開いてきた実験ハッチ扉に当たり怪我をするという事故も発生しています。昨年度も事故に繋がりがかねないトラブルが秋期に急増していますので、ご注意ください。

PF リング直線部増強計画の進捗状況

放射光源研究系 本田 融

PFの2.5 GeV リングは2005年2月末まで運転を続けた後、約半年間の運転停止期間をもらって直線部増強の改造に入ります。この改造計画の目的は、既存直線部の延長と、BL-1, BL-3, BL-15, BL-17の光源部に短直線部を新設す

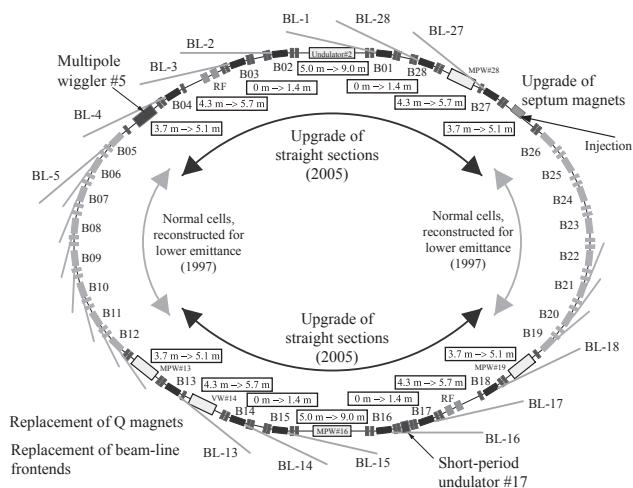


図1 PF リング直線部改造計画の概要



図2 セプタム電磁石更新作業



図3 偏向電磁石部真空ダクトの試作、組立て

ることです。図1に示すように改造範囲はリング全周の半分強にわたります。この範囲にある四極電磁石はすべて更新され、それに伴って偏向電磁石用を含めた真空ダクトもすべて更新されます。四極電磁石はボア径が小さく高い磁場勾配を発生する薄型のものに替わり、その設置場所を偏向電磁石にできるだけ寄せることによって挿入光源用のスペースが新たに生み出されます。外径の大きい新四極電磁石との干渉を避け、また光取り出し角度の変更にも対応するために該当部分の基幹チャンネルはすべて改造が必要となります。その他に入射用セプタム電磁石の増強も必要となります。

基幹チャンネルは全部で13本の改造が必要ですが、2002年度以降通常の運転停止期間を利用して順次先行改造を進めており、2004年の夏季停止期間中に改造作業を行ったBL-14、BL-16をあわせると、すでに11本のラインで改造を終えています。BL-14については壁外のビームライン移設もこの夏に同時に完了しました。

この夏季停止期間中には2台のセプタム電磁石をより強い磁場を出せるものに入れ替えました。9月の立ち上げより新しいセプタム電磁石を用いて入射が行われています。キッカー電磁石を含めた入射用パルスマグネットの動作は良好で、入射タイミング系の調整によるLINACのエネルギー変動の改善やリングのバンチ選択システムの改良と相俟って入射レートが以前よりも高くなっています。

2003年度には改造に必要となる四極電磁石46台の製造を行いました。本年度は納入された四極電磁石の磁場測定、調整を行うとともに、新しい四極電磁石用電源の製作を進めています。昨年度にはまた偏向電磁石部の真空ダクトを試作し、予備の偏向電磁石と本番用の新四極電磁石を用いて組み立てテストを行いました。試作結果を踏まえて今年度ははじめには改造に必要となる真空ダクト一式の入札を行い、改造に間に合わせるべく製造が進められています。改造で新設される直線部は有効長が約1mの短い直線部ですが、短直線部用挿入光源の第一号機としてBL-17に真空封止の短周期アンジュレータを設置します。今年度はこの短周期アンジュレータ用の磁石列の製作と磁場調整を行っています。

来年秋の立ち上げ日程を確定するために、リング改造作業工程の具体的なつめを急いでいるところです。日程の決定には入射器を共有する他の電子加速器の立ち上げ予定ともかかわって来ますが、次号のPFニュースでは確実な運転再開予定をお知らせできると思います。

BL-14 再設置が終了

放射光科学第二研究系 岸本 俊二

超伝導垂直ウィグラービームラインBL-14で進めていた再設置作業が9月28日の2004年度第2期運転開始前にほぼ終了しました(写真1)。前号で報告したように基幹部改造に伴って既存ビームライン(光学系)の一時撤去、メインハッチ・ABモノクロハッチ新規建設、改修後の光学系(A・B)・ビームダクト再設置(Bハッチ移動、Aハッチ拡張含む)作業を6月末から開始しました。作業計画は7・8月の運転停止期間中に再設置作業のすべてを終えてインターロックシステムの更新、テストへ進めるという厳しいものでした。BBS設置作業が大幅に遅れるなどいくつかの問題がありましたが、関係者の方々の多大な協力を得てビームライン検査委員会による立会検査(9/15)、光導入試験(9/24)までたどりつくことができました。光導入試験ではABモノクロハッチ内などに放射線遮蔽の強化が必要な箇所が見つかり以後その手当てを行っています。追加の安全対策をとってビーム使用許可をいただきました。9/28の第2期運転開始からはビームを使っての立ち上げ・評価作業を慎重に進めています。

再設置後の14C2で観測した白色ビーム像を写真2に示します。14Cで得られるビームの大きさが垂直方向に70mm以上となるようにビーム取り出しの改造が行われましたが、縦幅が約73mmでほぼ設計値どおりの大きさが得られています(横幅はスリットで制限しています)。分



写真1 再設置後のBL-14(上流部)

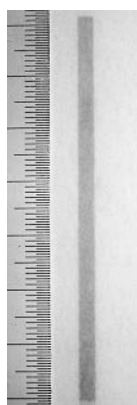
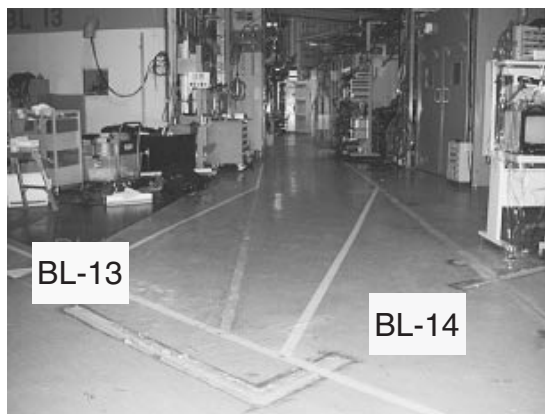


写真2 (左)
14C2 で記録された白色ビーム像 (撮影条件:
2.5 GeV 445 mA、リナグラフ 5 秒照射)

写真3 (下)
一部変更された通路 (BL-13B - 14C1)。



光器はまだこれから調整が必要ですが 14C1 で単色 X 線ビームが得られることを確認しています。これから光学系の立ち上げ調整、白色 X 線、単色 X 線ビーム強度分布や強度の変動測定などを経てユーザー実験に移行していく予定です。また今回の改造に伴い BL-13 と BL-14 の間の通路を一部変更させていただきました。目的は BL-14C1 での実験スペースの確保ですが、この通路が避難通路を兼ねることとユーザー実験上の安全性を考慮してビームライン下流側の実験ホール周回通路からビームライン上流側までを見通せること、通路の幅は従来と同じであることに配慮しています (写真3)。

14B は実験ハッチの移設も行いましたが光学系の調整も終わりすでに再配置以前の状態 (光が使える状態) まで復旧しています。ユーザー実験は 10 月中旬頃から開始予定で各種 X 線イメージング実験や精密 X 線光学実験などを行います。実験ハッチを約 1m 下流に移したことにより残念ながらユーザーの作業スペースがかなり狭くなりました。現在、二階屋を建設することも含めて実験環境を改善することを検討中です。近況についてはホームページ: <http://pfwww.kek.jp/hirano/14b.html> を参照してください。

14A では再設置前とビーム取り出しについての変更はありませんが、分光器オーバーホール (内部駆動機構の部品・配線交換など)、X 線ミラー交換などを行い制御系を全面更新しました。現在、新制御系による光学系・実験装置の軸駆動テスト、光学系調整、制御ソフト開発を行っています。今後 11 月中旬をめどにユーザー実験が再開できるように立ち上げ作業を進めます。

今回の BL-14 再設置作業はビームライン担当者 (A: 岸本, B: 平野, C1: 兵藤, C2: 亀卦川) のほか放射光科学系の森、岡本が担当しました。三菱電機システムサービスの方々には限られた期間内で多くの作業を進めてもらい心より感謝いたします。インターロックグループには設置作業の遅れによって迷惑をおかけしたことをお詫びするとともに、その後の作業を精力的に進めていただいたことについて深く感謝いたします。他の PF スタッフにもさまざまな面で助言と協力をいただきました。ここに感謝いたします。

BL-28 の現状

放射光科学第一研究系 小野寛太

前号の PF ニュースでも述べたとおり、BL-28 をアンジュレータ専用化し、主として高分解能角度分解光電子分光実験を行うための整備を行うため、旧ビームラインの撤去および新分光器の建設を 6 月下旬から 9 月にかけて行った。

分光器は、不等間隔平面回折格子を用いた可変偏角 Monk-Gillieson 型分光器である [1]。BL-28 の分光器では、高いエネルギー分解能と高い光子フラックスとを両立するために入射スリットの無いレイアウトになっている。また、超高真空中に設置した高精度ロータリーエンコーダにより、ミラーおよびグレーティングの角度を直読する機構を備えている。ビームライン制御は、ロータリーエンコーダの角度を読むための VME システム、および偏角・グレーティング角を制御するためのサーバで行っている。エンドステーションからはネットワーク経由で制御サーバに接続して制御を行う。エンドステーション側での制御は LabVIEW を用いて行っている。

BL-28 の立ち上げの現状について以下報告する。図 1 に完成したビームラインを示す。試料位置は旧クリーンルームの壁付近である。また、ビーム高さは 1,217 mm となっ



図 1 完成した BL-28 ビームライン

ている。図2は0次光をエンドステーションに導入したときの写真である(9月29日)。特に問題なく0次光を導入することが出来た。次にミラーおよびグレーティングを独立に駆動させる可変偏角メカを用いて実際に分光を行った。図3および図4はビームラインに分光した光を導入し、最初のスキャンで得られたKrおよびArの光イオン化スペクトルをそれぞれ示す。Krの光イオン化スペクトルから、エネルギー分解能 $\Delta E < 10$ meVであることが分かる。全く分光器の調整を行っていないものの、当初の目標に近い分解能が得られた。また、このときの光子フラックスは 1×10^{12} 以上であり、高いエネルギー分解能と高い光子フラックスが両立出来ていることが分かった。

今後は、分光器の調整を進めさらに高いエネルギー分解能を目指す。さらに、Gammadata Scienta SES-2002を中心とした高分解能角度分解光電子分光装置の立ち上げを固体分光I・II、量子ナノ分光ユーザグループと協力し行う予定である。今年度内には世界最高クラスの高分解能角度分解光電子分光実験ステーションとして完成させたいと思っている。



図2 BL-28に0次光を導入したときの様子

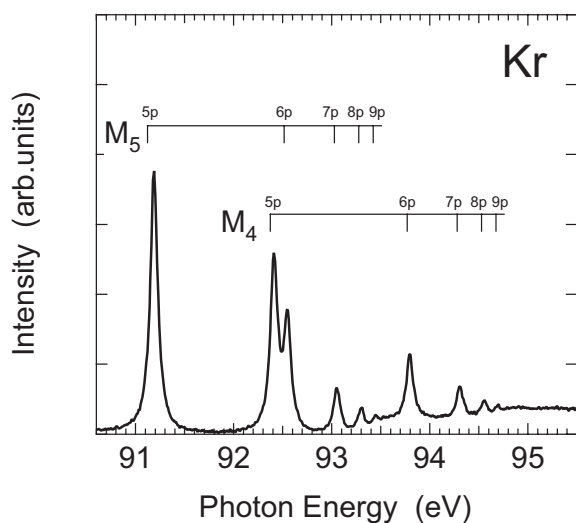


図3 Krの3d光イオン化スペクトル

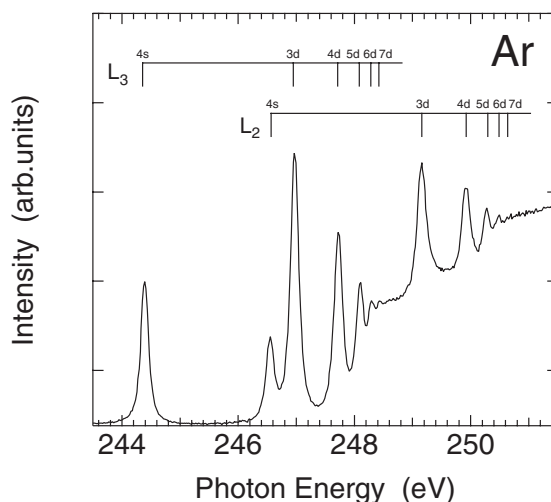


図4 Arの2p光イオン化スペクトル

BL-28の建設に当たり、PFスタッフ、三菱電機システムサービス、雨宮健太氏(東大理)、藤澤正美氏(東大物性研)には多大なご尽力を頂きました。感謝致します。

[1] K. Amemiya and T. Ohta, J. Synchrotron Rad. 11, 171 (2004).

お知らせ

平成 17 年度前期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

物質構造科学研究所副所長 松下 正

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

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

記

1. 開催期間 平成 17 年 4 月～平成 17 年 9 月
2. 応募締切日 平成 16 年 12 月 17 日（金）
〔年 2 回（前期と後期）募集しています〕
3. 応募書類記載事項（A 4 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。

研究補助員募集のお知らせ

間瀬グループにて研究補助員若干名を募集しております。皆様のお近くで興味をお持ちの方がおられたら、勧めただけだと幸いです。

時給： 1,030 円～1,450 円
（週 40 時間まで。科学技術振興機構の規定による。）

研究内容：

- ・放射光励起電子-イオンコインシデンス分光装置、
- ・放射光励起光電子-オージェ電子コインシデンス分光装置、
- ・電子ビーム励起オージェ電子-オージェ電子コインシデンス分光装置、

を開発する。

表面コインシデンス分光法に関してはホームページ <http://pfwww.kek.jp/eico/EICO-J.html> を参照ください。

提出書類：

- 1) 履歴書（写真貼付）
 - 2) 業績リスト
 - 3) これまでの研究概要（A4、1 枚程度）
 - 4) 照会者の連絡先
 - 5) 可能であれば指導教官の推薦書
- ※ pdf ファイルをメールに添付して送ってくださってもかまいません。

書類提出および連絡先：

間瀬一彦 〒 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、
放射光科学第一研究系、PF、PF 実験準備棟 201 号室
PHS: 代表：029-864-5200 + 音声案内 + PHS 番号：4440
TEL: 029-879-6107 FAX: 029-864-2801
E-mail: mase@post.kek.jp

予 定 一 覧

2004 年

- 12 月 1 日～ 2 日 PF 研究会「第 3 回粉末回折法討論会：粉末法だからできること／The 3rd Symposium on Powder Diffraction Method - New Aspects Achieved by Powder Method -」
- 12 月 17 日 平成 17 年度前期フォトン・ファクトリー研究会の公募締切
- 12 月 20 日 PF, PF-AR 平成 16 年度第二期ユーザー運転終了
- 12 月 20 日～ 21 日 PF 研究会「マイクロビーム細胞照射装置を用いた低線量放射線影響研究に関するワークショップ」
- 12 月 24 日～ 25 日 PF 研究会「硬 X 線を用いたダイナミック構造解析の可能性」

2005 年

- 1 月 7 日～ 9 日 日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム（サンメッセ鳥栖）
- 1 月 20 日 PF 平成 16 年度第三期ユーザー運転開始
- 1 月 24 日 PF-AR 平成 16 年度第三期ユーザー運転開始
- 2 月 28 日 PF 平成 16 年度第三期ユーザー運転終了
- 3 月 14 日 PF-AR 平成 16 年度第三期ユーザー運転終了
- 3 月 17 日～ 18 日 第 22 回 PF シンポジウム
- 3 月 18 日 平成 17 年度後期共同利用実験課題（S2 型）申請締切
- 5 月 6 日 平成 17 年度後期共同利用実験課題（G・P 型）申請締切

*2005 年 3 月から 9 月の間に PF 2.5 GeV リングの改造作業を行うため、2005 年度は今年と比較して 4 月から 6 月の実質約 2 ヶ月の実験時間（実質約 2.5 ヶ月の運転）が例年より少なくなる見込みです。

なお、PF-AR については例年並の運転を予定しています。

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. 2004~Mar., 2005)

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

2004年		2005年		2005年		2005年					
12月	PF	PF-AR	1月	PF	PF-AR	2月	PF	PF-AR	3月	PF	PF-AR
1 (水)			1 (土)			1 (火)	B	B	1 (火)		B
2 (木)			2 (日)			2 (水)			2 (水)		
3 (金)	E	E	3 (月)			3 (木)			3 (木)		
4 (土)			4 (火)			4 (金)	E	E	4 (金)		E
5 (日)			5 (水)			5 (土)			5 (土)		
6 (月)	M	M	6 (木)			6 (日)			6 (日)		
7 (火)	B	B	7 (金)			7 (月)	M	M	7 (月)		M
8 (水)			8 (土)	STOP	STOP	8 (火)	B (SB)	B	8 (火)		B
9 (木)			9 (日)			9 (水)			9 (水)		
10 (金)	E	E	10 (月)			10 (木)			10 (木)		
11 (土)			11 (火)			11 (金)	SB	E	11 (金)		E
12 (日)			12 (水)			12 (土)			12 (土)	STOP	
13 (月)	M	M	13 (木)			13 (日)			13 (日)		
14 (火)	B (3GeV)	B	14 (金)			14 (月)	MA/M	M	14 (月)		
15 (水)			15 (土)			15 (火)	B	B	15 (火)		
16 (木)			16 (日)			16 (水)			16 (水)		
17 (金)	E	E	17 (月)			17 (木)			17 (木)		
18 (土)	(3GeV)		18 (火)	T/M		18 (金)	E	E	18 (金)		
19 (日)			19 (水)			19 (土)			19 (土)		
20 (月)			20 (木)			20 (日)			20 (日)		
21 (火)			21 (金)		T/M	21 (月)	M	M	21 (月)		
22 (水)			22 (土)	E		22 (火)	B (3GeV)	B	22 (火)		STOP
23 (木)			23 (日)			23 (水)			23 (水)		
24 (金)			24 (月)	M	E	24 (木)			24 (木)		
25 (土)			25 (火)	B	B	25 (金)	E	E	25 (金)		
26 (日)	STOP	STOP	26 (水)			26 (土)	(3GeV)		26 (土)		
27 (月)			27 (木)			27 (日)			27 (日)		
28 (火)			28 (金)			28 (月)		M	28 (月)		
29 (水)			29 (土)	E	E				29 (火)		
30 (木)			30 (日)						30 (水)		
31 (金)			31 (月)	M	M				31 (木)		

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

最近の研究から

イネ萎縮ウイルスの立体構造決定

中川敦史¹, 内藤久志^{1,4}, 水野洋², 大村敏博³

¹大阪大学蛋白質研究所, ²農業生物資源研究所, ³中央農業総合研究センター, ⁴現・理化学研究所 播磨研究所

Structure determination of Rice dwarf virus

NAKAGAWA Atsushi¹, NAITOW Hisashi^{1,4}, MIZUNO Hiroshi², OMURA Toshihiro³

¹Institute for Protein Research, Osaka University, ²National Institute of Agrobiological Sciences, ³National Agricultural Research Center, ⁴Present Address: RIKEN Harima Institute

1. はじめに

ウイルスは、それ自身では自己複製できないが、宿主に感染しその生合成系を利用することで自己複製することができる。ウイルスには、形、大きさ、構成が多様なものが存在するが、今回我々が構造解析に成功したイネ萎縮ウイルス (*Rice dwarf virus*: RDV) [1] は、直径約 70 nm、分子質量が 7000 万ダルトンの巨大な球状ウイルスである。イネ萎縮ウイルスはレオウイルス科に属するが、レオウイルス科のウイルスは、動物、昆虫、植物の幅広い宿主に分布しており、これまでに、動物や昆虫に感染する Bluetongue virus (BTV) [2] やレオウイルスのコア構造 [3] が原子レベルの分解能で明らかとなっている。今回、RDV の構造が決定されたことにより、植物を宿主に持つレオウイルスの構造が初めて明らかとなった。

RDV は、二重殻構造を持つレオウイルス科に属すウイルスであり、7 種類のタンパク質コンポーネントと 12 本に分節した 2 本鎖 RNA を遺伝子として持つ、分子質量 7000 万ダルトンの巨大なタンパク質核酸複合体である (Fig. 1)。RDV のイネへの感染には、ツマグロヨコバイという昆虫の媒介を必要とし、感染した株は生育が障害され、

収量が激減する。RDV は、2 本鎖 RNA をゲノムとして持ち、宿主の防御機構から逃れるためにゲノムの複製をキャプシド内で行い、新たに転写した mRNA のみを細胞質に放出する。その為に、RNA 依存 RNA ポリメラーゼやキャッピング酵素および核酸結合タンパク質から成る転写複合体と呼ばれるタンパク質複合体をキャプシド内部に持っている。RDV のキャプシドは、P3 タンパク質 120 分子から作られる内殻と 780 分子から作られる外殻の二重の構造をもつ直径約 700 Å の球殻構造をとっている。今回、我々は RDV 全体の二重殻領域の原子構造を明らかにすることに成功し、その立体構造に基づいて、RDV が構造形成する際に利用する、階層的な構造構築の機構を明らかにした。

2. イネ萎縮ウイルスの結晶構造解析

2-1. 回折強度データ収集

イネ萎縮ウイルスは、現在までに構造解析されたもっとも大きなタンパク質核酸複合体の 1 つであり、その構造解析は容易ではなかった。結晶自身は、10 年以上前に得られていた [4] が、非常に壊れやすく取り扱いが難しかったこと、格子定数が 800 Å と非常に大きく (結晶は複合格子であるため回折点の間隔は 560 Å のものと同程度である)、また X 線による損傷が激しいために回折強度データ収集が難しいこと、取り扱うデータ量が膨大であるため多くの計算機資源を必要とすることなど、さまざまな理由により構造解析は難航した。特に、回折強度データ収集には非常に多くの労力と様々な工夫が必要であった。

RDV の結晶は、大きなものでは 1 mm くらいまで成長するが、外界の変化に非常に敏感で容易に壊れてしまう。通常のタンパク質結晶のようにガラスキャピラリーに結晶化母液とともに封入しようとしても、結晶の回りの母液を取り除こうとした途端に壊れてしまったり、回折像が得られなくなったりするため、キャピラリーの外壁に表面張力を利用して固定することができなかった。ましてや、結晶を凍結するということが不可能と考えられた (当時はまだクライオ条件下でのデータ収集があまり一般的ではなかったこともあったし、ウイルス結晶のクライオ条件下でのデータ収集の成功例もなかった)。このため、グルタルアルデヒドによる架橋処理も試みたがうまくいかなかった。これを解決する唯一の方法は、結晶を母液ごとキャピラリー

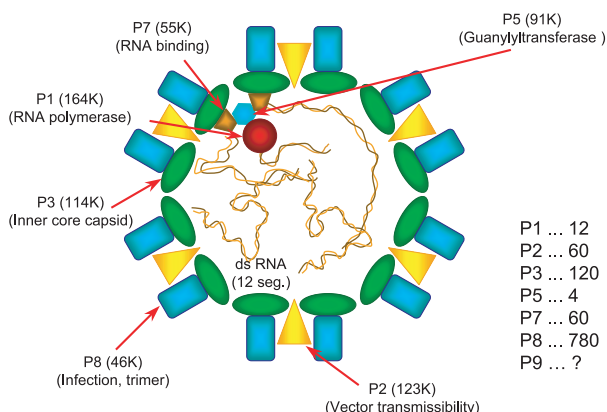


Figure 1 Schematic Model of *Rice Dwarf Virus* Structure. *Rice dwarf virus* (RDV) consists of two concentric layers of proteins that encapsidate 12 segments of double-stranded (ds)RNAs as genome. The core particle is composed of P1, a putative RNA polymerase; P5, a putative guanylyltransferase; and P7, a nonspecific nucleic acid binding protein. The core is encapsidated with a thin layer of P3 core capsid proteins. The outer layer of the virus is composed of mainly P8 proteins, with a small number of P2 proteins, which are required for vector transmission.

に入れ、母液を取り除かない状態（結晶が母液に浸かったままの状態）でデータ収集をすることであった。もちろん、単純に結晶を母液とともにキャピラリーに入れただけでは結晶は簡単に動いてしまい、データ収集を行うことはできない。このため、キャピラリーを先端にいくほど細くなるテーパ状に加工し、キャピラリー内径ぎりぎりの大きさの結晶を選ぶことによって物理的に固定してしまう方法をとった。この方法では、必ずしも確実に結晶を固定できる訳ではないので、回折データを処理してみると結晶が途中で動いていたことがわかって使うことができなかつたデータも数多くみられた。

データ収集時のもう1つの問題は、結晶がX線損傷を受けやすいために、1つの結晶から数フレームから多くても20～30フレームしかデータ収集ができなかつたということである。このため、膨大な数の結晶を使って、膨大な数の回折像を集め、その中から使えるものだけを選び出して、初めて1つのデータセットを得ることができた。結晶のモザイク幅が非常に小さかつたことも幸運であった。

当時PFでは、BL-6AとBL-18B、BL-6Bに設置された巨大分子用ワイセンベルグカメラとオフライン式のイメージングプレート読み取り装置（BA100, BAS2000, IPR4080）を利用していた。このため1つのフレームのデータをとる毎にイメージングプレートを取り外してオフラインの読み取り装置で読み出すという作業を人間が行う必要があった。最終データの多くは大型IP読み取り装置（IPR4080）を利用したが、読み取りに要する時間が1枚あたり10分程度であったのに対し、露光時間が1分であったので、IP読み取り装置を3～4台同時に使っていたにもかかわらず、データ収集が順調だと読み取りが間に合わなくなつてしまい、データ収集を待つこともしばしばあった。このためBL-6Bでデータ収集を行いながら、BL-18Bで読み取り装置が空いている時にはそれも平行して利用しながら作業を進めた、つまり実験ホールのほぼ半周を何度も往復しながらの実験であった。また、通常無視されることの多い100 Å以下の極低分解能のデータ収集も、ダイレクトビームストッパーを工夫することによって可能とした。このような努力の末に測定した膨大なデータ（X線を照射した結晶だけでも120個以上）の中から、構造解析には、最終的に86個の結晶から得られた全部で1488フレームの回折像を利用した。分解能やモザイク幅の問題でデータ収集に至らなかつたものや、回折像は得られたがデータ処理の時点で棄却したもの（結晶がデータ収集中に動いてしまったと考えられるものやX線損傷が激しく使い物にならなかつたもの）など、その何倍ものデータが使われないままになっている。

2-2. 位相決定

構造解析は、球状ウイルスの対称性を利用した、非結晶学的対称性平均化（Non-Crystallographic Symmetry Averaging: NCSA）法を用いて行った。RDVのような球状ウイルスでは、そのキャプシドは正二十面体の対称性を

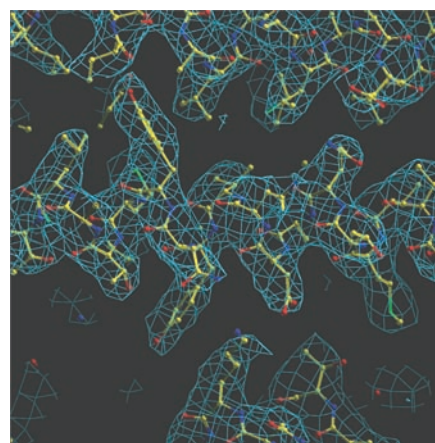


Figure 2 Electron Density Map of a Region Around P8. The contour of electron density are drawn at 1.0 times rms of the electron density.

保っている。この対称性を利用して、位相改良/位相拡張を行い、最終的に原子レベルの分解能の電子密度図を得るという方法である。今回の構造解析では、低温電子顕微鏡で得られた26Å分解能の電子密度図を初期モデルとして、NCSA法を適用した。その一方で、完全に一樣な球殻構造の電子密度を初期モデルとして、改良したNCSA法を適用することにより、正しい電子密度を得ることに成功している[5]。特に後者の方法は、初期モデルを必要としない、いわゆる*ab initio*法の1つとして、今後、さらに多くの球状ウイルスの構造解析に適用されていくことが期待される。

最終的に得られた3.5Å分解能の電子密度図は、はっきりとした側鎖の電子密度の形状を示す非常に良好なものであった（Fig. 2）。特に、3.5Å分解能に関わらず、内外殻のキャプシド構造だけではなく、正二十面体の内側、5回軸上付近の電子密度を（12残基という短い領域であったにも関わらず）、その形からRNA結合に関連したP7タンパク質であると同定できたことは、電子密度の質の高さを示すものである。通常の解析に比べて非常に良好な電子密度図が得られた最も大きな理由の1つは、精度の高い回折強度データを収集することができたことであろう。データ収集には膨大な時間と労力を費やしているし、また、ダイナミックレンジが広く、検出面の大きなイメージングプレートを利用できたことが、精度の高い回折強度データの収集につながり、最終的な解析の質の向上につながつたと言えるであろう。

2-3. 構造解析

RDVのキャプシド構造は正二十面体の対称性を保持しているため、構造解析は、その1/60の領域についてのみ行えば良い。すなわち、外殻を構成しているP8タンパク質13分子と内殻を構成しているP3タンパク質2分子の構造を決め、それを元に正二十面体の対称性に従って等価な分子を発生させれば、球殻構造を再構成することができる。

構造解析は、最終的に、ウイルスの2重殻を構成する

P3 および P8 タンパク質のほぼすべてと、P7 タンパク質の一部の領域の原子モデル（内殻を構成している P3 タンパク質 2,038 残基中 1,986 残基、外殻を構成している P8 タンパク質全 5,473 残基中 5,436 残基、P7 タンパク質 506 残基中 12 残基）を構築し、230 ~ 3.5Å の 3,001,937 反射 (Completeness: 97.7%) を用いて構造の精密化を行った結果、R 因子が 0.301 (free-R 因子は 0.305) となった。

3. イネ萎縮ウイルスの原子構造

3-1. 全体構造

構造解析に利用したサンプルは、精製中にウイルス粒子から欠落した昆虫への感染に関連した P2 タンパク質を除くすべてのタンパク質核酸コンポーネントを保持しており、結晶中も同様である。しかし、ウイルス粒子内部に関しては、正二十面体対称を保持していないため、一義的な原子モデルを作成することができなかった。Fig. 3 に、イネ萎縮ウイルスの全体像を示す。イネ萎縮ウイルスは、直径は約 700Å、外形は球と言うよりは正二十面体形に近い形をしている。内殻は、123kDa (1019 残基) の P3 タンパク質 120 個から、外殻は 46kDa (461 残基) の P8 タンパク質 780 個から構成されている。さらに、内殻の内側、正二十面体の 5 回軸に近いところに、P3 タンパク質と β シートを形成する形で、P7 タンパク質の一部が強く結合していた。

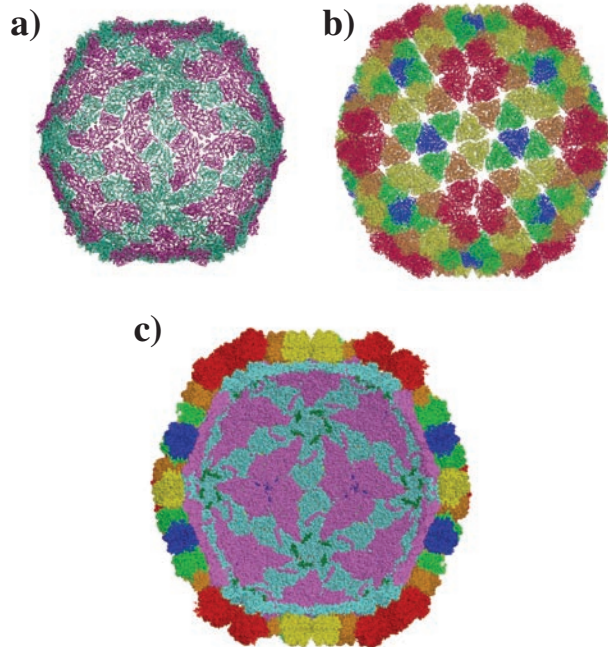


Figure 3 Structure of RDV.

- (a) α -trace of the core structure. The icosahedrally independent molecules P3A and P3B are colored in light blue and pink, respectively.
- (b) α -trace of the outer shell of RDV. The icosahedral asymmetric unit contains 13 copies of P8 proteins, designated P, Q, R, S, and T and colored in red, orange, green, yellow, and blue, respectively.
- (c) Cross-section of an RDV particle shown as a CPK model. A short fragment inside the core, distributed around the icosahedral 5-fold axis, was identified as a fragment of P7 protein (shown in green).

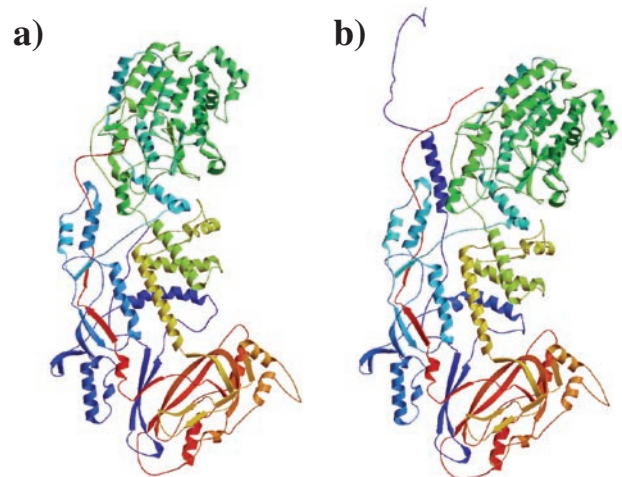


Figure 4 Structure of the Core Capsid Protein, P3.

- (a) Ribbon drawing of the P3A subunit views from the outside of the core particle. The polypeptide figure is colored from blue (amino terminus) to red (carboxyl terminus) via cyan, green, and yellow.
- (b) Ribbon drawing of the P3B subunit views from the outside of the core particle.

3-2. 内殻タンパク質 P3 の構造

P3 タンパク質は、 $45 \times 65 \times 150 \text{Å}$ の大きさで、三日月状にやや曲がった、非常に薄い板状の外形をしている。これまでに解析された他のレオウイルス科のウイルス (reovirus, Bluetongue virus, rotavirus) と比べて、2次構造の配置を保存しているなど、比較的よく似た形をしている。また、はっきりとしたドメイン構造を持っていないが、良く見ると BTV と同様に、apical domain, carapace domain, dimerization domain の3つのドメインに分けることができる (Fig. 4)。

内殻は、2通りの異なった環境にある P3 タンパク質から構成されている。同じポリペプチド鎖からできているサブユニットであるが、その環境の違いによって、若干異なった立体構造を取っている。すなわち、全体的に見ると P3A 分子に比べて P3B 分子の方が三日月状の曲がりが大きく、また、P3B 分子では N 末端まで構造を取っているのに対して、P3A 分子では、N 末端の 49 残基は一定の構造を取っていない。

3-3. 外殻タンパク質 P8 の構造

P8 タンパク質は、はっきりと2つに分かれるドメイン構造をとっており、内殻と相互作用するドメインは α ヘリックスからなり、外界の宿主細胞などと相互作用する領域は β シートからなるバレル構造を取っている (Fig. 5)。この2つのドメインを交換する形で強固な三量体構造を形成している。外界と相互作用する β バレルからなるドメインは、他のウイルスの外殻タンパク質などに良く見られる Jelly-roll motif とよばれる構造を取っている。P8 タンパク質は、正二十面体の対称を持つウイルス球殻上では 13 種類の異なった環境下にある。三量体を単位として考えると 5 種類 (うち1つは、正二十面体の3回軸上に存在している) の P8 タンパク質三量体が存在していることになる。いずれも非常によく似た構造を取っており、内殻と接する領域

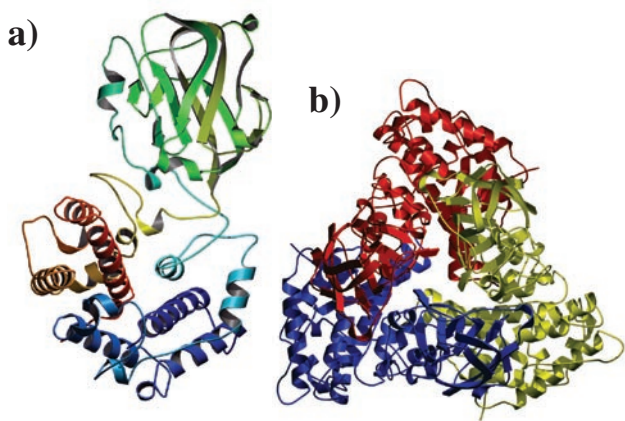


Figure 5 Structure of the Outer Capsid Protein, P8.
 (a) Ribbon drawing of the monomer structure of outer capsid protein P8. The polypeptide figure is colored from blue (amino terminus) to red (carboxyl terminus) via cyan, green, and yellow.
 (b) Trimer structure of P8, as observed from the outside of the viral particle. Individual subunits are colored red, yellow, and blue, respectively.

および横同士が接触する領域で一部構造が変化している以外は、ほとんど同じ構造を取っている。

4. イネ萎縮ウイルスの構造構築機構

4-1. 階層的な構造構築機構

イネ萎縮ウイルスの球殻構造は、内殻が 120 個、外殻が 780 個の合計 900 個のタンパク質によって形成されている。900 もの分子が自発的に会合し、1 つの規則正しい構造を形成するという事は、一見非常に難しいことのように思われる。しかし、自然界は階層的な構造構築という非常に巧妙な仕組みを使ってこの問題を解決しているようである。

イネ萎縮ウイルスの場合でも、P3 タンパク質だけを発現させた場合にも安定した球殻構造を形成することが知られているし、また、ウイルス粒子から順次外殻タンパク質を外していくということもできることなどからも、最も安定な構造から順次より高次な構造へと組み上げられていくという階層的な構造構築が行われるということが示唆されている。

この階層構造を直接観察することは難しいが、最終的に組み立てられた構造の中で、より強い結合を持っているものから先に組み立てられていったと考えるのはそれほど不自然なことではない。今回の構造解析は、RDV の二重殻構造を完全な形で明らかにしており、それぞれのサブユニット同士がどのような相互作用しているかということから、その構造構築機構を明らかにしていった。

4-2. 内殻構造の形成

この内殻を構成する P3 タンパク質は単独で内殻の構造に相当する球状の殻構造を形成する能力を持っている [6]。このことから、RDV の構造構築の際には、まず P3 タンパク質のみが会合することが強く示唆される。P3 は、薄い板状の構造をしていて、キャプシド内には 2 種類のコン

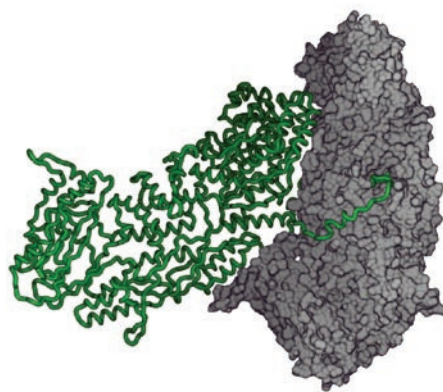


Figure 6 Pair of icosahedrally independent P3 molecules, which shows the tightest interaction between the neighboring P3 subunits. The P3A subunit is shown in a molecular surface model and the P3B subunit is shown in a green tube model.

フォメーションの異なる P3 タンパク質 (P3A と P3B) が存在している。これらの P3A と P3B タンパク質は、似てはいるが、全体的にはかなり異なった形をしている。内殻上での P3 タンパク質間の相互作用を見た時、Fig. 6 に示す P3A-P3B の 2 量体をもっとも強い相互作用をしていた。この二量体間では、P3B 分子の N 末端の 50 残基ほどの領域が P3A と強く相互作用し、それによって P3A に構造変化を生じさせ、球状構造を形成するのに適した構造を作り出している様子が明らかになった。しかも、N 末端のわずか 10 残基が相手の N 末端領域をブロックし、このことがポリペプチドレベルでは全く同じタンパク質が 2 つの異なる構造をとるきっかけとなっていることを示唆しており、この推測は、ミュータントを用いた実験により支持されている [7]。また、この強固に結合している二量体は、生化学的な解析により観測されている [8]。RDV の内殻構造は、この P3 の非対称二量体をジグソーパズルの 1 ピースとして使い、正二十面体の対称性を保つ形で構造形成をすと考えている。

4-3. 外殻タンパク質間の相互作用

P8 タンパク質は強固な 3 量体を形成し、さらに三量体

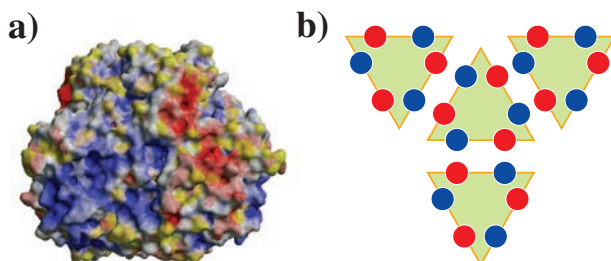


Figure 7 Interaction in the Outer Capsid among the P8 trimers.
 (a) Surface electrostatic potentials on a P8 trimer, as viewed from a P8 trimer-P8 trimer interface. Positive charged region are colored in blue, and negative charge regions are colored in red.
 (b) Schematic representation of side-by-side interactions among P8 trimers. Positively charged patches (shown in blue) and negatively charged patches (shown in red) make electrostatic pairs of the P8-P8 interface.

自身で会合し、チューブ状の2次元結晶を形成する能力、すなわち、横同士の相互作用で平面的に結合する能力を持っている [9]。P8 タンパク質 3 量体の表面電荷を計算すると、この結合面は片方ずつ正負逆に荷電しており、3 量体同士が隣り合うことによって、正に荷電した領域が負に荷電した領域と結合するような配置をとる。このことから、P8 タンパク質 3 量体は静電相互作用により自己会合することが明らかとなった (Fig. 7)。

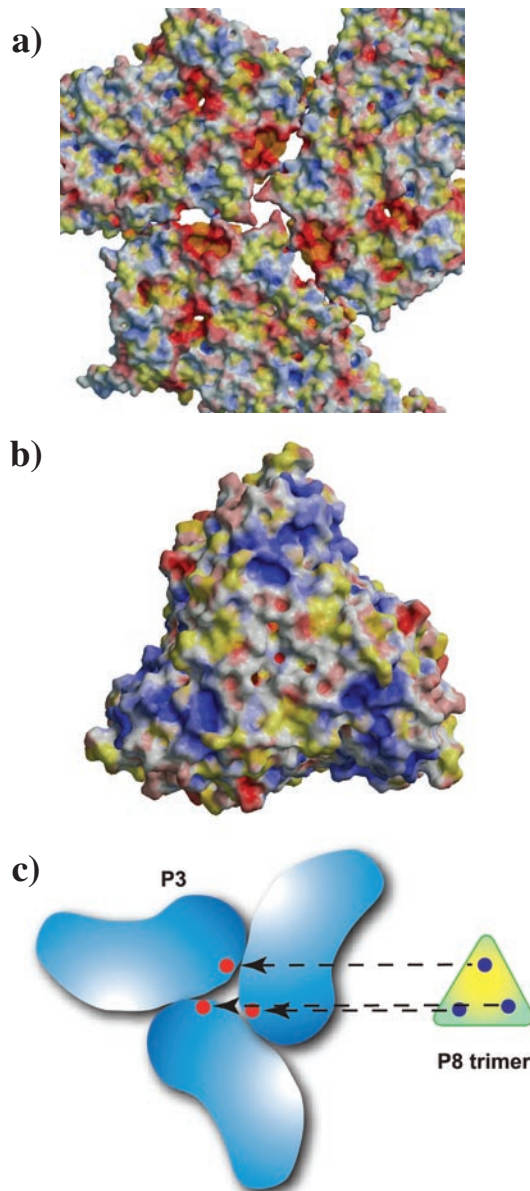


Figure 8 Interactions between the Core and the Outer Shell.

- Electrostatic potentials on the surface of the core at the icosahedral 3-fold axis, as views from the interface between the core and the outer shell.
- Electrostatic potentials on a P8 trimer as viewed from the interface between the core and the outer shell. Positively charged patches on the P8 trimer are clustered at positions that correspond to negatively charged patches on the core surface at the icosahedral 3-fold axis.
- Schematic representation of the interaction between the inner shell and a P8 trimer at an icosahedral 3-fold axis. Positively charged patches on the P8 trimer (shown in blue) correspond to negatively charged regions on the surface of the core (shown in red) at the icosahedral 3-fold axis.

4-4. 2 層のキャプシドタンパク質間の相互作用：異種タンパク質間の相互作用

P8 タンパク質 3 量体は、内殻の P3 タンパク質に対して 5 種類の異なった相互作用で結合している。通常、タンパク質の結合は 1 対 1 であるので、どの様にしてこの多様な結合が可能となっているのか興味深い。5 種類の位置での P8-三量体と P3 タンパク質との結合力を見積もったところ、最も強固に結合している 3 量体は、正二十面体の 3 回軸のところに存在する T-trimer とよばれるものであった。原子のゆらぎを示す温度因子も、T-trimer が最も低く、3 回軸から最も遠い P-trimer で最も高くなっている。このことも、T-trimer が内殻とより強固に結合し安定していることを示している。実際、ウイルス粒子は 0.8M の $MgCl_2$ の溶液中では T-trimer 以外が外れてしまうことがクライオ電子顕微鏡の単粒子解析において観測されている [10]。これらの結果から、ウイルス粒子はまず内殻粒子に T-trimer が結合した後に、他の P8 タンパク質 3 量体が 4-2. で述べた横同士の結合により順次結合していくものと考えられる。すなわち、3 回軸上の T-trimer が他の P8 タンパク質 3 量体の会合の為にアンカーの役割を果たしていると考えられる。

この強固に結合している T-trimer と内殻タンパク質 P3 との結合は、3 個所の正に荷電した T-trimer の領域と 3 箇所の負に荷電した P3 の領域による主に静電的な相互作用によりなされていて、この静電的な相互作用により T-trimer の内殻上での向きが規定されている (Fig. 8)。

4-5. 2 層のキャプシド間の対称性の不一致

RDV では、2 層のキャプシドが、それぞれ $T=1$ と $T=13$ l と異なった対称性で構築されている。この異なる対称性は T-trimer が結合する 3 回軸と P-trimer が取り囲む 5 回軸上で一致する。3 回軸上では、T-trimer が強固に内殻粒子に結合することにより、内殻粒子の 3 回軸に存在する大きな穴を塞ぎ、粒子を安定化させるとともに、異なる対称性を持つ 2 層目のキャプシドタンパク質がアセンブリする為のアンカーとなる。そして、2 層のキャプシド層が異なる対称性を持つことにより、キャプシド内に来る穴を完全に塞ぎ、イオンやラジカルなどの外界の攻撃からウイルスゲノムを保護しているものと考えられる。

その一方で、宿主に感染する際には、複製した RNA をキャプシド外へ送り出す機構があり、それが 5 回軸部分にあると考えられる。特に P-trimer の示す高い温度因子と、RNA 結合タンパク質 P7 が 5 回軸周りに存在することは、このことを強く支持している。

4-6. イネ萎縮ウイルスの構造構築

P3 タンパク質の非対称二量体と P8 タンパク質三量体は、その強い相互作用からウイルスの自己組織化においてそれらが構造構築のための単位として振舞っているように考えられる。外殻タンパク質の P8 の存在なしに内殻タンパク質 P3 は球殻構造を形成することが出来ることから、ウイルス粒子を構築する際には、内部の核酸や RNA ポリ

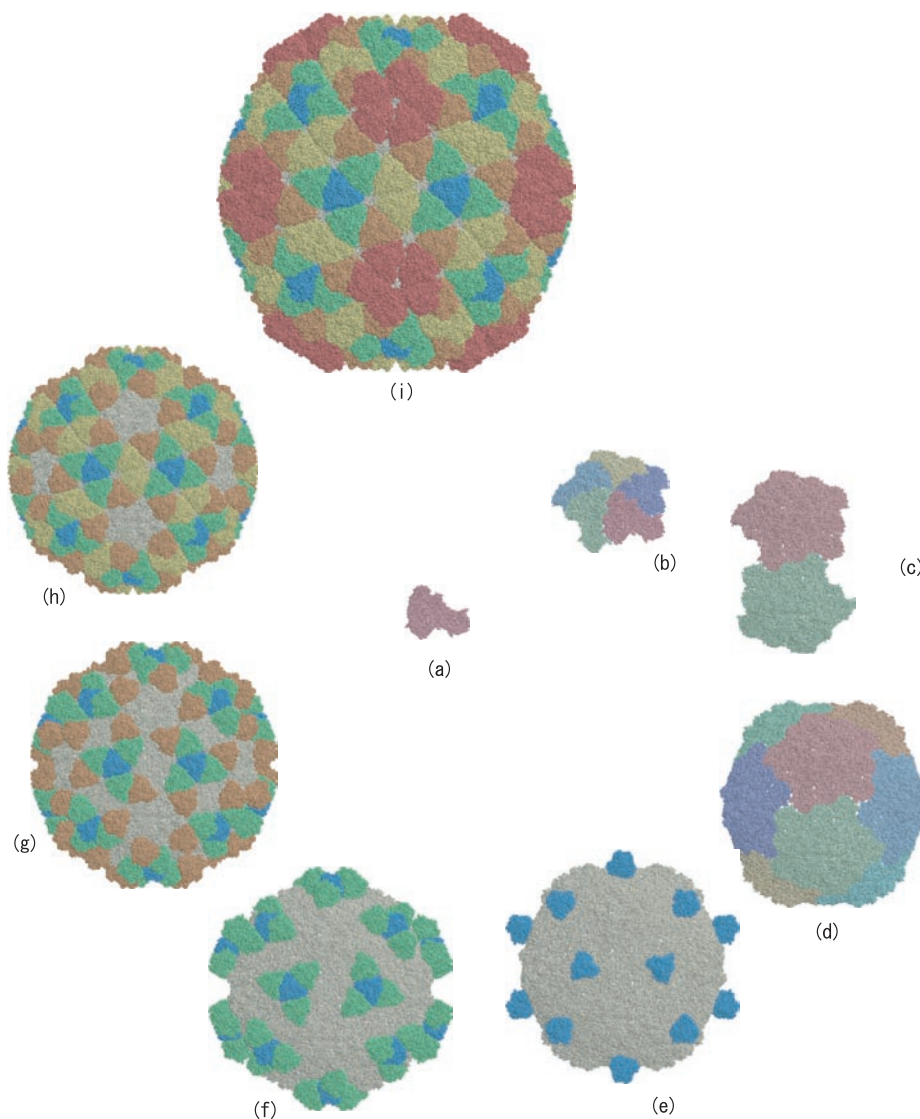


Figure 9. Proposed Hierarchy for the Assembly of RDV.

On the basis of the strength of interactions between the various subunits, we propose the following sequence of events. (a) Insertion of the amino-terminal arm of P3B into P3A initiates the assembly of a P3 dimer. (b) This P3A-P3B dimer acts as a unit piece in the jigsaw puzzle. (c-d) A pentameric structure of dimers of P3 protein forms around an icosahedral 5-fold axis, and then this pentameric structure assembles to form the core structure of the RDV particle. (e) The trimeric structure of P8 proteins acts as a unit piece of the assemblies and these trimers attach to the icosahedral three-fold axis at the T-site first. Orientation of the T-trimer on the surface of the core at the icosahedral 3-fold axis is defined by electrostatic complementarities. (f-h) R-, Q-, and S-trimers attach to the core surface and, at the final stage of viral assembly, (i) P-trimers attach at the icosahedral 5-fold axes to form the complete virus particle.

メラゼなどを取り込みながらまず内殻粒子ができると考えられる。P3 タンパク質の非対称二量体間の粒子内での結合力は、3 回軸周りと 5 回軸周りにおいてほぼ同じであるので、2 通りの会合モデルが考えられるが、5 回軸の内殻粒子の内側には P7 タンパク質や転写複合体が存在し P3 と相互作用しており、その相互作用により 5 回軸まわりでの会合が促進するものと考えられる (Fig. 9 (a-c))。内殻構造が形成された後 (Fig. 9 (d))、最も内殻粒子と強固に結合している T-trimer が静電相互作用により 3 回軸上に結合し (図 9 (e))、 $T=13$ の格子の方向が決定される。そして、P8 タンパク質 3 量体同士の相互作用により隣の R-trimer が結合し (Fig. 9 (f))、順次 Q, S, そして P-trimer が結合し、2 層目のキャプシド層が完全に構築される (Fig. 9 (g-i))。

P8 タンパク質 3 量体は、5 通りの内殻粒子表面を認識し結合しているのではなく、P3 の 3 回軸周りの一箇所を特異的に認識して結合しており (T-trimer)、それ以外の P8-三量体は、最初に結合した T-trimer とそれに続く P8-三量体との横同士の結合によりその位置が決定されて結合している。このように 900 のタンパク質からなる複雑なキャプシドは、階層的に構造を構築することにより他の助けなしで正確に粒子を形成することが出来ると考えられる。

ウイルスがごく限られた種類のタンパク質を用いて、対称性によって自己会合しながら巨大な超分子複合体を形成するためには、特異的な強い相互作用を使うとすると、全体としてすべての場所において安定な相互作用を作り出せないだけでなく、逆に場所によっては強い不安定性を引

き起こすことになる。このため、比較的あいまいな相互作用を使いながら、重要な鍵となる場所においては特異的な相互作用を使って全体として安定な集合体を作り出しているのであろう。

5. 終わりに

本研究は、10年以上の長い年月をかけた成果であるが、その成功は、放射光やイメージングプレートの利用なしには考えられない。イネ萎縮ウイルスの最後のデータ収集を行ってから既に5年以上が経過した。その間、放射光を取り巻く環境もさらに大きく変化し、光源から解析法に至るすべてのステップにおいての方法論が格段に進歩してきた。今後、さらに複雑なウイルスや生体超分子複合体の構造が、より精度良く決定されていくことが期待される。

謝辞

本研究は、大阪大学蛋白質研究所・月原富武教授、農業生物資源研究所・水野洋博士、中央農業総合研究センター・大村敏博博士、カロリンスカ研究所・Holland Cheng博士を中心としたグループにより、宮崎直幸、高潤一郎、小川輝（阪大・蛋白研）、藤本瑞（生物資源研）、東貴彦、渡邊康雄（中央農研）諸氏との共同研究として行われました。今回の構造解析は、放射光を利用した回折強度データ収集なしには不可能でした。ビームラインの利用にあたってお世話になった Photon Factory の坂部知平名誉教授、渡邊信久助手（現：北大助教授）、鈴木守助手（現：阪大助教授）に深く感謝します。また、タンパク質の静電ポテンシャルの計算は、木下賢吾博士（現：東大助教授）、中村春木教授（阪大）に行っていただきました。

本研究は、科学研究補助金、21世紀COEプログラム、タンパク3000プロジェクト、未来開拓事業の補助により進められました。

引用文献

- [1] A. Nakagawa, N. Miyazaki, J. Taka, H. Naitow, A. Ogawa, Z. Fujimoto, H. Mizuno, T. Higashi, Y. Watanabe, T. Omura, R. H. Cheng and T. Tsukihara, *Structure* **11**, 1227 (2003).
- [2] J. M. Grims, J. N. Burroughs, P. Gouet, J. M. Diprose, R. Malby, S. Zientara, P. P. Mertens and D. I. Stuart, *Nature* **395**, 470 (1998).
- [3] K. M. Reinisch, M. L. Nibert and S. C. Harrison, *Nature* **404**, 960 (2000).
- [4] H. Mizuno, H. Kano, T. Omura, M. Koizumi, M. Kondoh and T. Tsukihara, *J. Mol. Biol.* **219**, 665 (1991).
- [5] H. Naitow, Y. Morimoto, H. Mizuno, H. Kano, T. Omura, M. Koizumi and T. Tsukihara *Acta Cryst.*, **D55**, 77 (1999).
- [6] K. Hagiwara, T. Higashi, K. Namba, T. Uehara-Ichiki and T. Omura, *J. Gen. Virol.* **84**, 981 (2003).
- [7] K. Hagiwara, T. Higashi, N. Miyazaki, H. Naitow, R. H. Cheng, A. Nakagawa, H. Mizuno, T. Tsukihara and T. Omura, *J. Virol.* **78**, 3145 (2004).
- [8] S. Ueda, C. Masuta and I. Uyeda, *J. Gen. Virol.* **78**, 3135(1997).
- [9] Y. Zhu, A. M. Hemmings, K. Iwasaki, Y. Fujiyoshi, B. Zhong, J. Yan, M. Isogai and T. Omura, *J. Virol.* **71**, 8899 (1997).
- [10] Wu, B., Hammar, L., et al. : *Virology* **271**, 18-25, 2000.

(2004年10月8日原稿受付)

著者紹介

中川 敦史 NAKAGAWA Atsushi

大阪大学 蛋白質研究所 教授

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘3-2

TEL & FAX: 06-6879-4313

e-mail: atsushi@protein.osaka-u.ac.jp

略歴：1986年大阪大学大学院理学研究科無機及び物理科学専攻博士課程中退、1986年高エネルギー物理学研究所放射光実験施設助手、1989年学位取得（理学博士（大阪大学））、1994-1995年日本学術振興会特定国派遣研究者として英国MRC分子生物学研究所において研究に従事、1995年北海道大学大学院理学研究科生物科学専攻助教授、1999年大阪大学蛋白質研究所附属生体分子解析研究センター助教授、2002年大阪大学蛋白質研究所附属プロテオミクス総合研究センター助教授（改組による）、2003年大阪大学蛋白質研究所附属プロテオミクス総合研究センター教授、2002年よりタンパク3000プロジェクト「個別的分析プログラム」（脳・神経系）代表。

最近の研究：ウイルスを始めとする生体超分子複合体のX線結晶構造解析、脳・神経系の構造プロテオミクス

内藤 久志 NAITOW Hisashi

理化学研究所 播磨研究所 横山構造分子生物学研究室

先任研究員

〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL: 0791-58-2839 内線3278

FAX: 0791-58-2834

e-mail: naitow@spring8.or.jp

略歴：1997年3月大阪大学大学院理学研究科高分子学専攻博士課程後期修了（博士（理学））、1997年4月大阪大学たんぱく質研究所COE特別研究員、1999年4月The Scripps Research Institute（Research Associate）、2001年4月農林水産省農業生物資源研究所（博士研究員）、2001年12月理化学研究所播磨研究所研究技術開発室、2004年10月より現職。

最近の研究：イネ萎縮ウイルス、酵母のL-AウイルスのX線結晶構造解析

全反射軟X線蛍光分光による多層膜表面・界面の拡散層の研究

今園孝志¹, 柳原美広²

¹日本原子力研究所関西研究所光量子科学研究センター, ²東北大学多元物質科学研究所

Study of interdiffused layers in the surface and interfaces of multilayers by total-reflection soft-X-ray fluorescence spectroscopy

Takashi IMAZONO¹ and Mihiro YANAGIHARA²

¹Advanced Photon Research Center, Kansai Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute

²Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

1. はじめに

X線が全反射臨界角で入射する時、物質中へ浸入できる深さは制限される。この特性を蛍光X線分析に適用すると、半導体製造プロセスにおける表面汚染物質の評価等、試料表面における微量元素（一般に $Z = 16$ (S) 以上の元素）の定量分析が可能となる。このような計測法は全反射蛍光X線分析 [1,2] として知られ、X線光電子分光法 (XPS) やオージェ電子分光法 (AES) 等とともに表面分析法として広く用いられている。全反射蛍光X線分析は表面領域における物質の化学組成比に関する情報を与えてくれる。また、入射X線の入射角を走査することにより、試料表面だけでなく深さ方向に関する情報を非破壊的に得ることができる。XPS や AES も深さ方向分析は可能だが、光電子の脱出深さがX線に比べ短いためイオンエッチング等が必要となる（破壊測定）。このことは全反射蛍光X線分析がXPS や AES と大きく異なる点である。

軟X線蛍光分光法 (SXFS: soft-X-ray fluorescence spectroscopy) は、価電子帯電子が内殻正孔へ輻射遷移すること起因する軟X線蛍光 (SXF) を分光することによって物質の化学結合状態に関する知見を得ることができる計測法である。その研究対象は、金属から絶縁体、重元素から軽元素 (Be, B, C, N, O を含む) まで幅広い。通常の SXFS はバルクの評価法として一般に用いられている。しかし、全反射臨界角で励起軟X線を入射する場合、試料の表面近傍のみを励起することが可能となるため、表面構成物質の化学結合状態に関する研究にも有効であると考えられる。また、軟X線領域の全反射臨界角は硬X線領域のそれより広角であることから、全反射を利用した SXFS 測定において励起光の入射角を調整しやすいと言える。

磁氣的層間結合は、強磁性体/非磁性体の積層構造において強磁性体の磁化の向きが非磁性体を介して互いに平行または反平行に揃う相互作用である。これを積極的に利用した磁気ヘッド等の磁気デバイスが既に開発されている。とりわけ、Fe/Si 多層膜は薄い Si 層を介して強い磁氣的層間結合が出現する系として知られ、これまで多くの研究グループによって層間結合の媒介物質と結合発現メカニズムに関する研究報告がなされてきた [3-8]。しかし、Fe と Si

は多層膜界面で相互拡散しやすいため結合媒介物質を特定しにくく、結合発現メカニズムに関しても説得力のある解釈が得られていなかった。この問題を解決するためのポイントは Fe/Si 多層膜界面に形成された拡散層に関する知見を非破壊的に得ることである。この観点から、我々は通常の SXFS を用いて、強く層間結合した Fe (3.0 nm) /Si (1.3 nm) 多層膜 (Fe, Si 層厚ともに設計値) [9] の界面に関する詳細な研究を行った [10]。その結果、次のことを明らかにした。(1) 1.3 nm 厚であったアモルファス Si (*a*-Si) 層は、全て Fe との相互拡散によって強磁性金属 *a*-Fe₃Si 層 (0.5 nm 厚) に挟まれた非磁性絶縁体 *a*-FeSi₂ 層 (0.7 nm 厚) の構造に置き換わっている、(2) 結合媒介物質は *a*-FeSi₂ 層である、(3) 結合発現メカニズムは結合媒介物質である *a*-FeSi₂ のエネルギーギャップに起因する量子波の多重散乱による干渉効果で説明できる。なお、この研究により Fe/Si 多層膜中には SiO₂ 層も僅かながら存在していることも分かったが、その分布場所、すなわち、多層膜全体に一樣分布しているのか、あるいは表面付近のごく一部に局在しているのかまでを特定するには至らなかった。もし、多層膜全体に一樣分布するなら、励起光の入射角を変えても得られる SXF スペクトルには変化は現れないが、表面近傍に局在して分布するなら、斜入射励起ほど表面構成物質の化学結合状態を強く反映した情報を引き出すことができるので、得られる SXF スペクトルには SiO₂ のスペクトルが顕著に現れると期待される。

本研究において、この SiO₂ の分布場所を特定することが全反射軟X線蛍光分光法 (TR-SXFS: Total-Reflection SXFS) の開発の動機である。本稿では、臨界角から十分離れた入射角で励起する通常の SXFS の研究で得られた結果と明らかに異なる特徴について述べ、表面・界面分析法としての TR-SXFS の有用性を示す [11]。なお、本稿で述べる内容は、第一筆者が東北大学大学院博士課程在籍当時に行った研究の一部をまとめたものである。

2. 実験方法

本研究では、市販の Si 基板上に DC マグネトロンスパッタ装置を用いて製作した 3 種類の 22 周期 Fe (3.0 nm) /Si (*t*) 多層膜 (*t* = 1.0, 1.3, 1.5 nm) を用意した [9]。全ての

多層膜の Fe 層厚 (設計値) は 3.0 nm である。製作した Fe/Si 多層膜は全て層間結合を示し、中でも Fe/Si (1.3 nm) 多層膜の結合強度は最も大きく、その値は約 2.4 erg/cm² である。なお、全ての多層膜の最上層は Fe である。

TR-SXF 測定は KEK PF BL-3B で行った。このビームラインには 23.8 m ドラゴン型分光器が設置されている。励起エネルギーは 155 eV で、この時のエネルギー分解幅は約 1.3 eV と見積もった。このビームラインでは高分解能を達成できるが、拡散層から得られる軟 X 線蛍光強度が極めて微弱であると予想されることから、本研究では入射光の分解能をある程度犠牲にする代わりに、光量を稼ぐことを選択した。ただし、このことは、励起エネルギーを吸収スペクトルの構造に合わせて細かく変えていくラマン散乱測定とは異なり、励起状態が緩和し波数の情報を失った後に放出される SXF を測定するような場合には、価電子帯の SXF スペクトルを分解能よく取得できればよいことを主な理由としている。SXFS 測定には、平面結像型軟 X 線発光分光計 [12] を用いた。この軟 X 線発光分光計は、曲率半径 5.6 m、刻線密度 1200 本/mm のブレード型不等間隔溝回折格子 (日立製作所, 001-0437) と入射スリット (幅 0.1 mm)、及び空間分解幅 60 μm の二次元検出器 (Quantar 社, 3391A) により構成されており、エネルギー分解幅は 100 eV で約 0.4 eV である。また、入射スリット、回折格子及び検出器が光学基準台に固定されているため光軸調整や分光計の波長較正等を行い易く、また極めてコンパクトな設計となっている。同時に 4 つの試料を搭載できる試料マガジンが取り付けられた高精度コンピュータにより、試料の入射角を含む位置の微調整が可能となっている。さらに、付設のロードロックチェンバーにより、真空を破らずに迅速に試料交換も行うことができる。

エネルギー 155 eV における Fe の複素屈折率の実部は 0.972 である [13] ので、全反射臨界角 θ_c はスネルの法則から $\theta_c = 13.7^\circ$ 、この時の励起光の侵入深さは約 4 nm と見積もられる。励起光の入射角は試料表面から測って $\theta = 14^\circ$ と 30° を選んだ。前者は臨界角励起であり、探査深度は多層膜 1 周期分にも満たない。後者は通常励起であり、探査深度は Fe と Si に対してそれぞれ 16 nm, 23 nm 程度と評価され、少なくとも多層膜の約 5 周期分を励起可能である。なお、どちらの入射角でも Si 基板からの SXF は無視できる。

Fe/Si 多層膜界面に相互拡散により生成した Fe-Si 化合物層の膜厚を見積もるために次の 2 つの仮定を置いた。(1) Si 原子の化学結合状態によらず励起光は等率で吸収される、(2) SXF 強度は Fe-Si 化合物中の Si 原子の密度に比例する。もし、Fe-Si 化合物の SXF スペクトルが Si 原子密度で規格化されるなら、得られるスペクトル強度は各 Fe-Si 化合物の膜厚に比例する。 $\theta = 30^\circ$ の場合、このようなモデルは周期的な多層構造の膜厚を表すには極めて有効であるが、 $\theta = 14^\circ$ の場合、このモデルから得られる膜厚は表面から約 4 nm 以内の局所的構造を表している。

3. 実験結果

入射角 $\theta = 14^\circ$ (実線) 及び 30° (点線) に対する各 Fe/Si 多層膜からの Si $L_{2,3}$ SXF スペクトルを Fig. 1 に示す。全ての SXF スペクトルは 89.5 eV にある主ピークの強度で規格化されている。各多層膜試料からの SXF スペクトルは入射角 θ に対して強く依存しているのが分かる。 $\theta = 14^\circ$ の SXF スペクトルには Si 層厚 t に対して 94 eV 近傍に系統的な変化が顕著に現れている。 $\theta = 14^\circ$ に比べると小さいが、 $\theta = 30^\circ$ の SXF スペクトルにも同様の変化がみられる。そこで、特に θ 依存性が強く現れている Fe/Si (1.0 nm) 多層膜に関して $\theta = 14^\circ$ と 30° で得られた SXF スペクトル間の差をとり、SiO₂ のスペクトルと比較したものを Fig. 2 に示す。細線はスペクトル間の残差を、太線は SiO₂ の SXF スペクトルをそれぞれ表している。これらのスペクトルの 94.5 eV にあるピークがよく一致していることから、 $\theta = 14^\circ$ で得られる多層膜試料からの SXF スペクトルにおいて顕著に現れる 94 eV 付近の構造は SiO₂ に起因していることを強く示唆している。また、SXF スペクトルが各多層膜試料で異なっているのは、励起光が少なくとも各試料の最上 Si 層に到達する深さ程度の表面近傍のみに SiO₂ 層が局在分布していると定性的に解釈することができる、すなわち、最上 Si 層の Si あるいはシリサイドが各多層膜試料でそれぞれ異なっているのに対して、SiO₂ の含有量は各試料で等しい。

これに関する定量的な議論はカーブフィッティングによる解析が有効である [10]。Fig. 1 に示した各多層膜試料の SXF スペクトルは、Fig. 3 に示した *a*-Si のそれと全く異なる形状をしている。これは多層膜界面において Fe 層

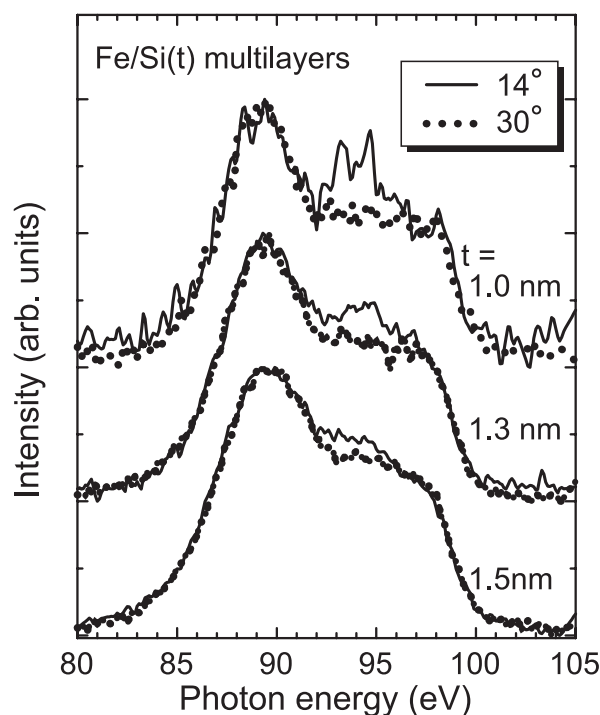


Figure 1 Measured Si $L_{2,3}$ SXF spectra of Fe/Si (t) multilayers for $\theta = 14^\circ$ (solid line) and 30° (dotted line).

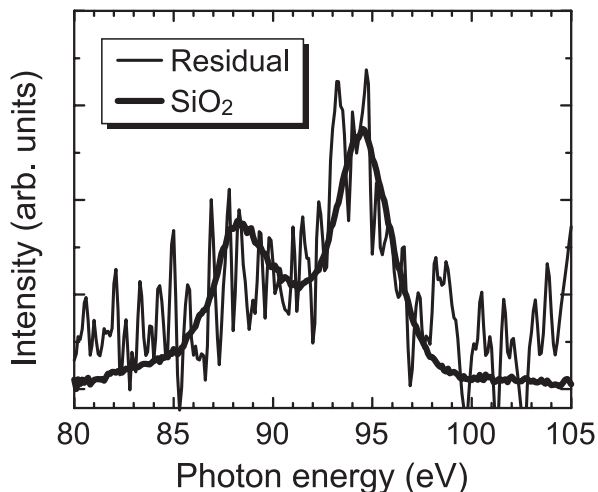


Figure 2 Difference between the Si $L_{2,3}$ SXF spectra for $\theta = 14^\circ$ and 30° of the Fe/Si (1.0 nm) multilayer. The bold line shows that of SiO_2 for comparison.

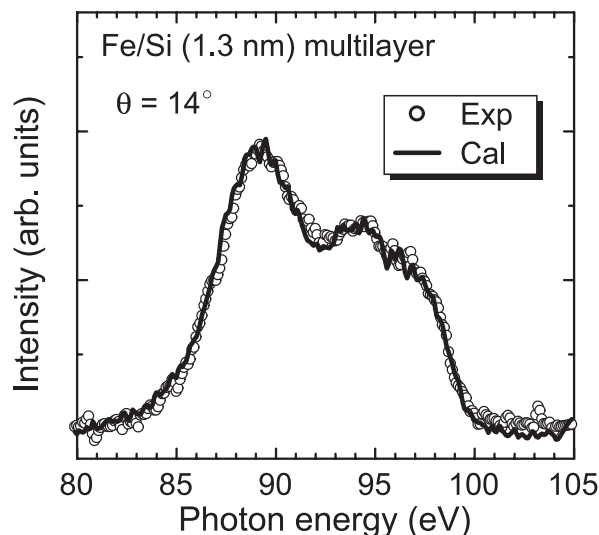


Figure 4 Result of curve-fitting analysis for the spectrum of the Fe/Si (1.3 nm) multilayer for $\theta = 14^\circ$.

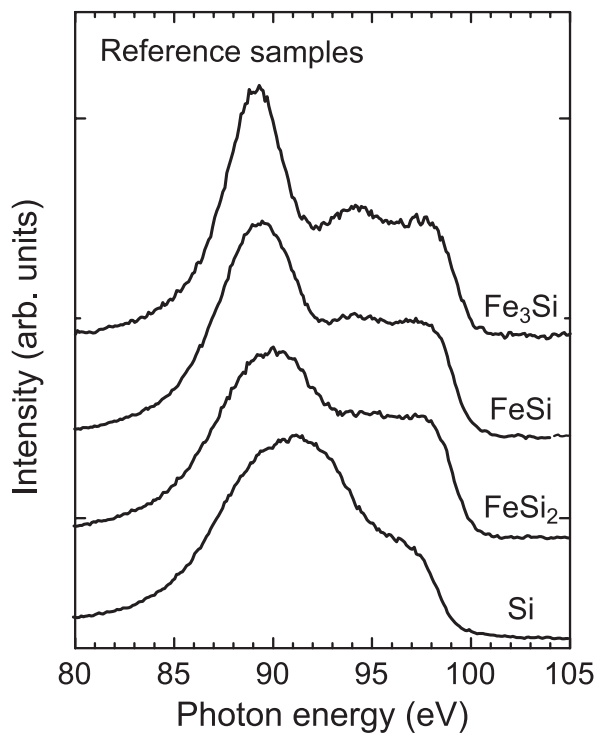


Figure 3 Si $L_{2,3}$ SXF spectra of α - Fe_3Si , FeSi, FeSi_2 , and Si single-layer reference samples.

と Si 層の相互拡散により Fe-Si 化合物が形成されていることを示しており、その候補としては室温で安定な Fe_3Si , FeSi 及び FeSi_2 が最も有力である [14]。したがって、Fe/Si 多層膜の SXF スペクトルはそれらのスペクトルの重ね合わせとして観測されるはずである。我々は、アモルファス Fe-Si 化合物の SXF スペクトルを用いて多層膜試料のスペクトルを再現することができること、及びカーブフィッティングには結晶性 Fe-Si 化合物の SXF スペクトルよりアモルファス化合物の SXF スペクトルを用いた方がフィッティングの一致度が良いことをこれまでの研究で確認している [10]。カーブフィッティングに用いた $\alpha\text{-Fe}_{1-x}\text{Si}_x$ 単

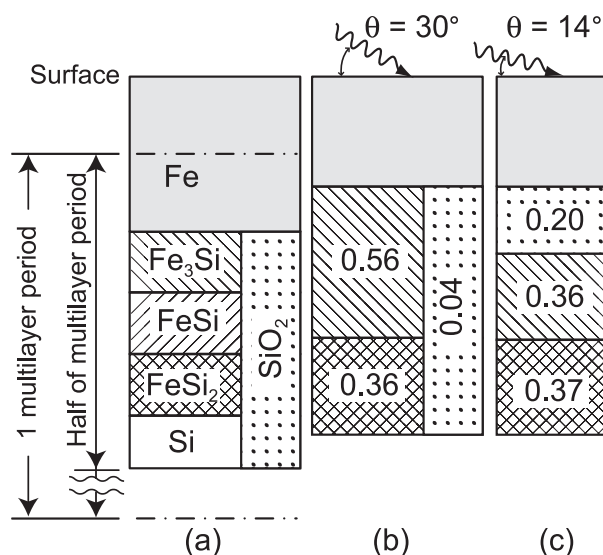


Figure 5 Schematic diagram of the interdiffusion model (a) and the interdiffused layers resulting from the normal excitation (b) and the total reflection (c). Every diagram shows the upper half of the multilayer period. The hatchings correspond to the respective silicides.

層膜 (Fe_3Si ($x = 0.25$), FeSi ($x = 0.50$), FeSi_2 ($x = 0.67$), Si ($x = 1.00$)) の SXF スペクトルを Fig. 3 に示す。これらの $\alpha\text{-Fe}_{1-x}\text{Si}_x$ 単層膜は多層膜試料の作製に用いた同じ装置を使って作製した。なお、カーブフィッティングの例として、 $\theta = 14^\circ$ で得られた Fe/Si (1.3 nm) 多層膜の SXF スペクトルに対するカーブフィッティングの結果を Fig. 4 に示す。フィッティング結果はよく一致しているのが分かる。そこで、Fig. 5 (a) に示すように、Fe 層に近いほど Fe リッチなシリサイドが、Si 層に近いほど Si リッチなシリサイドが形成されているような拡散層モデルを仮定し、これと、 $\theta = 30^\circ$ 及び 14° のフィッティング結果から評価した Fe/Si (1.3 nm) 多層膜に対する各シリサイドの膜厚 (表面から数えて第 1 周期目の上半分) を Table 1 に示す (Fig. 5

Table 1. Thickness of the interdiffused layers estimated for the Fe/Si (1.3 nm) multilayer for $\theta = 14^\circ$ and 30° in nm.

θ	Fe ₃ Si	FeSi	FeSi ₂	Si	SiO ₂
30°	0.56	0.0	0.36	0.0	0.04
14°	0.33	0.0	0.37	0.0	0.20

(b), (c) にもそれぞれ示してある)。まず, $\theta = 30^\circ$ の場合, FeSi と Si の膜厚は無視でき, Fe₃Si 及び FeSi₂ が支配的であることから, 上で述べたように反強磁性結合の媒介物質は FeSi₂ 層であると結論付けることができる。また, SiO₂ も無視できるくらい微量だが, 明らかに存在しているのが分かる。しかしながら, この場合 SiO₂ の分布場所を特定できないので, Fig. 5(b) では拡散層全体に一樣分布しているとした。一方, $\theta = 14^\circ$ の場合, $\theta = 30^\circ$ と較べて FeSi, FeSi₂ 及び Si 層厚には大きな違いは見られないが, Fe₃Si と SiO₂ 層厚が著しく異なっているのが分かる。すなわち, SiO₂ 層厚は無視できるくらい小さな膜厚から 0.2 nm に著しく増加し, 一方, Fe₃Si 層厚は 0.56 nm からおよそ半分の 0.33 nm に減少する。 $\theta = 14^\circ$ の時の励起光の探查深度は多層膜試料表面から測って約 4 nm であるため評価膜厚は表面から約 4 nm の範囲内について表しており(厳密な議論をするには多層膜界面における多重散乱や光吸収等を詳細に取り扱わなければならないが, 本研究では簡単のためにそれらを考慮していない), Fig. 5 (a) に示した多層膜半周期程度の深さにある拡散層が実質的に励起されたと言える。このことから, SiO₂ 層は最上 Fe 層の隣の Fe₃Si 層の酸化によって生成したと推測することができる。なお, Fe₃Si 層の酸化は, FeSi₂ 層厚が入射角に依らずほぼ一定であることから, 多層膜試料が成膜後大気中に暴露された時に表面から始まり, FeSi₂ 層に到達する前に止まったと考えられる。これと同様の傾向が他の多層膜試料 ($t = 1.0, 1.5$ nm) に対しても観測された。また, 多層膜表面をイオンエッチングすると酸化による Si 2p のピークシフトが観測されないことを XPS 解析によって確認しており, 本研究における SiO₂ の分布場所に関する結果を支持している。このことは, 本研究で採用した Fig. 5 の拡散層モデルの妥当性を示している。当然のことながら, 最上層の Fe 層もまた酸化していると考えられるが, このことは, Si 同様, Fe の SXF スペクトル (50 eV 近傍) を観測することによって確認することができる。なお, 拡散によりいくつかの Si 原子が最上 Fe 層を通り多層膜表面で酸化した可能性も十分あるが, FeSi₂ 層厚は変化せずに Fe₃Si 層厚の減少という事実だけからはこのことについて説明するのは難しい。

通常の SXFS の場合, 界面の研究には試料が等価な界面を多数もつような多層膜構造にする必要があるが, このことが逆に表面近傍に関する情報を得にくくさせている。一方, TR-SXFS は多層構造を必要とせず, 試料表面から

深さ数 nm の範囲に関する知見を得ることが可能な上, Be, B, C, N, O 等の軽元素の化学結合状態評価も可能であることから, TR-SXFS は表面・界面分析法として極めて有用な計測法であるといえる。

4. まとめ

Fe/Si 多層膜中に SiO₂ が僅かに含まれることは, 臨界角から十分離れた入射角で励起する通常の SXFS によるこれまでの研究で分かっていたが, その分布場所までを特定するには至っていなかった。そこで, 本研究では TR-SXFS を適用することにより次のことを明らかにした。(1) SiO₂ は多層膜の表面から約 4 nm の範囲内に局在分布している, (2) 最上 Fe 層に最も近い Fe₃Si 層の酸化が SiO₂ 層の起源であり, その結果として Fe₃Si 層厚が減少する。これらのことから, TR-SXFS は試料表面から深さ数 nm の範囲にある物質の化学結合状態を非破壊的に評価するための計測法として極めて有用であることが確かめられた。

謝辞

全反射軟 X 線発光分光測定の実行に当たり, 宮田登博士(現・宮城県産業技術総合センター)のご協力を頂いた。また, 北上修助教授(東北大学多元物質科学研究所)には試料の提供と貴重な助言を頂いた。ここに深く感謝いたします。本研究は PAC 承認の課題研究(2001G021)として実施されたものである。また, 本研究の一部は三菱財団自然科学研究助成によって行われた。

引用文献

- [1] Y. Yoneda and T. Horiuchi, *Rev. Sci. Instrum.* **42**, 1069 (1971).
- [2] H. Schwenke and J. Knoth, *Nucl. Instrum. Methods* **193**, 239 (1982).
- [3] S. Toscano, B. Briner, H. Hopster, and M. Landolt, *J. Magn. Magn. Mater.* **114**, L6 (1992).
- [4] E. E. Fullerton, J. E. Mattson, S. R. Lee, C. H. Sowers, Y. Y. Huang, G. Felcher, S. D. Bader, and F. T. Parker, *J. Magn. Magn. Mater.* **117**, L301 (1992).
- [5] K. Inomata, K. Yusu, and Y. Saito, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 1863 (1995).
- [6] Chaiken, R. P. Michel, and M. A. Wall, *Phys. Rev. B* **53**, 5518 (1996).
- [7] J. J. de Vries, J. Kohlhepp, F. J. A. den Broeder, R. Coehoorn, R. Jungblut, A. Reinders, and W. J. M. de Jonge, *Phys. Rev. Lett.* **78**, 3023 (1997).
- [8] Y. Endo, O. Kitakami, and Y. Shimada, *J. Magn. Soc. Jpn.* **21**, 541 (1997).
- [9] Y. Endo, O. Kitakami, and Y. Shimada, *Phys. Rev. B* **59**, 4279 (1999).
- [10] T. Imazono, Y. Hirayama, S. Ichikura, O. Kitakami, M. Yanagihara, and M. Watanabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43**,

4327 (2004).

- [11] T. Imazono, Y. Hirayama, S. Ichikura, O. Kitakami, M. Yanagihara, and M. Watanabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **43**, 4334 (2004).
- [12] M. Yanagihara, Y. Goto, N. Miyata, and M. Furudate, *Rev. Sci. Instrum.* **66**, 1595 (1995).
- [13] B. L. Henke, E. M. Gullikson and J. C. Davis, *At. Data & Nucl. Data Tables* **54**, 181 (1993).
- [14] T. B. Massalski, J. L. Murray, L. H. Bennett, and H. Baker, *Am. Soc. Met.* **2**, 1108 (1986).

(2004年9月13日原稿受付)

著者紹介

今園孝志 Takashi IMAZONO



日本原子力研究所関西研究所光量子科学研究センター 博士研究員

〒619-0215 京都府相楽郡木津町梅美台8-1

TEL: 0774-71-3372

FAX: 0774-71-3316

e-mail: imazono@apr.jaeri.go.jp

略歴：2003年東北大学工学研究科博士課程修了，同年日本原子力研究所関西研究所光量子科学研究センター博士研究員。博士（工学）。

最近の研究：1-2 keV 領域で機能する軟X線偏光素子の開発と評価研究。

柳原美広 Mihiro YANAGIHARA

東北大学多元物質科学研究所 教授

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

TEL: 022-217-5376

FAX: 022-217-5379

e-mail: m.yanagi@tagen.tohoku.ac.jp

略歴：1982年高エネルギー物理学研究所非常勤講師，1984年東京都立大学理学部物理学科助手，1987年東北大学科学計測研究所助手，1994年同助教授を経て2004年より現職。理学博士。

最近の研究：多層膜素子を基礎にした軟X線光学の基礎技術の開発とそれらの軟X線分光光学，顕微分光学への応用。

研究会等の報告／予定

第22回PFシンポジウムのお知らせ

PFシンポジウム実行委員長 岩住俊明 (KEK・PF)

10月20日に第22回PFシンポジウムの第1回実行委員会が開催され、今年度のPFシンポジウムは2005年3月17日(木)～18日(金)の2日間にPFに於いて行われることが決まりました。4年連続の年度末の開催となりますが、できるだけ多くの方にご参加頂きたいと考えています。内外の状況変化に対応してPFのより良いあり方を議論している現在、多くの方に議論に参加して頂くことが重要です。是非皆様の予定表に加えて頂きますようお願い致します。すでに実行委員会内で企画や招待講演について議論を始めておりますので、ご意見やご希望のある方は至急下記の実行委員までご連絡下さい。尚最新情報は下記ホームページに掲載致しますので、そちらもご覧下さい。

開催時期：2005年3月17日(木)～18日(金)

開催場所：高エネルギー加速器研究機構

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

第22回PFシンポジウム実行委員(五十音順・敬称略)：

足立伸一 (PF), ◎岩住俊明 (PF), 岩野 薫 (PF), 近藤寛 (東大), ○佐藤 衛 (横浜市大), 高桑雄二 (東北大), 竹村謙一 (物材機構), 張 小威 (PF), 原田健太郎 (PF), 松垣直宏 (PF), 若林裕助 (PF)

(◎委員長, ○副委員長)

物構研研究会

**「第3回粉末回折法討論会：粉末法だからできること／The 3rd Symposium on Powder Diffraction Method – New Aspects Achieved by Powder Method –」
開催のお知らせ**

放射光科学第二研究系 田中雅彦
名古屋工業大学 井田 隆

開催日時：12月1日(水)～2日(木)

開催場所：高エネルギー加速器研究機構

3号館セミナーホール

詳細については決定次第、当研究会ホームページ(<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/powder3.html>)にてお知らせいたします。

開催の目的：

粉末回折法は伝統的で汎用性の高い構造評価の手法であり、基礎科学から材料科学に至る広い範囲で応用されています。近年では、軌道放射光や中性子線の利用など、実験技術の進歩に加え、リートベルト法や最大エントロピー法をはじめとする構造解析技術の高度化によって、粉末回折法から得られる情報が急激に拡大しつつあります。

粉末回折法のPF研究会としては、1997年12月と2001年5月にそれぞれ第1回、第2回の粉末回折法討論会が開催され活発な議論が行われましたが、第2回の開催から既に3年が経過しました。この間の最新の研究成果、実験技術、解析技法の発展を総括し議論を行う場として、粉末回折法討論会の開催が粉末回折法研究の更なる発展のために必要と考えられます。

本、第3回粉末回折法討論会においては「粉末法だからできること」とのテーマのもとに粉末回折法の優位性を生かした研究、実験技術、解析技法に焦点をあて、X線および中性子線を用いた粉末回折の方法論とその応用についての議論を行える研究会を開催したいと考えております。また、J-PARC計画での中性子粉末回折装置計画および、この計画を見据えたX線および中性子粉末回折相互の相補的役割についても大きな柱として議論を行う予定ですので、多数ご参加いただきますようお願いいたします。

(文責：世話人)

提案代表者：井田 隆 (名古屋工業大学)

世話人及び問い合わせ先：

森作久子 (物質構造科学研究所・

中性子科学研究施設事務室)

E-mail: morisaku@post.kek.jp

FAX: 029-864-3202

田中雅彦 (物質構造科学研究所・放射光科学研究施設)

E-mail: masahiko.tanaka.pf@kek.jp

FAX: 029-864-2801

井田 隆 (名古屋工業大学・

セラミックス基盤工学研究センター)

E-mail: ida.takashi@nitech.ac.jp

FAX: 0572-27-6812

参加申し込み方法：

当研究会のホームページ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/powder3.html>) の参加申し込みフォームよりお申し込みください。

PF 研究会**「マイクロビーム細胞照射装置を用いた低線量放射線影響に関するワークショップ」
のご案内**放射光科学第一研究系 小林 克己
宇佐美徳子

個々の細胞を認識し、それらの核、あるいは細胞質に、決められた量の放射線を照射するマイクロビーム細胞照射は低線量放射線の生物影響を研究する有力な手法です。これまでに海外で建設された粒子マイクロビーム照射装置を用いた研究からは、バスタンダー効果（粒子照射を受けた細胞の近傍にいて、照射されていない細胞にみられる効果）等の存在が実証され、低線量放射線の生物影響あるいはリスク評価に大きく寄与しています。われわれは、通常的环境下では粒子線よりもガンマ線などの光子放射線（それによる二次電子）にさらされる機会の方が多いということに着目し、指向性が高くマイクロビーム形成には最適な放射光X線を用いて、低線量光子放射線の生物効果を調べるための放射光X線マイクロビームによる細胞照射装置を開発して、生物影響の研究を開始しました。日本でもPFの放射光X線マイクロビーム照射装置以外に、原研・高崎研と放医研に粒子マイクロビーム照射装置が稼働しています。これらの装置のユーザーは低線量放射線の生物影響を研究するという点で共通の興味を持っているので、それぞれのデータを持ちより、研究に関する討論を行なうとともに、これらのマイクロビーム照射装置で共通するノウハウの交換を通じて、装置の改良に役立てることを目的としたワークショップを企画しました。詳しくは研究会ホームページ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/rb-microbeam.html>) をご参照下さい。

皆さまの参加をお待ちしています。

日 時：平成 16 年 12 月 20 日（月）、21 日（火）**場 所**：高エネルギー加速器研究機構
4 号館セミナーホール**世話人**：物質構造科学研究所 放射光科学研究施設
小林 克己 (katsumi.kobayashi@kek.jp)
宇佐美徳子 (noriko.usami@kek.jp)**PF 研究会****「硬 X 線を用いたダイナミック構造解析の可能性」のご案内**

趣旨：PF-AR 偏向電磁石光源からの放射光の臨界エネルギーは 26keV であり、高エネルギー域の XAFS, AXS 実験に適した光源です。PF-AR 高度化により寿命、安定性

も改善され物質科学研究用の光源として利用可能となりました。硬 X 線領域に目を転じると、たとえば、触媒においては、Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Ag, Sb, Te, Cs など重要な元素の K 吸収端がありますし、他の材料・物性的に重要な研究対象が多数存在する領域です。こうした高エネルギー X 線を放射するという PF-AR の特徴を生かした新しい Beam line の建設が PF-AR の NW10 に計画されています。このビームラインでは、硬 X 線 XAFS, X 線異常散乱実験のほか高速測定用の Quick XAFS, in-situ XAFS, などが time sharing で可能になるように計画しています。そこで、この新光源を利用して、どういった新しいサイエンスが切り開かれるかを硬 X 線領域のダイナミック構造解析を中心に議論したいと思います。ダイナミックな構造解析のみならず、硬 X 線による構造解析の可能性について、広く発表を公募したいと思いますので、奮ってご応募ください。発表時間は、5 分から 20 分程度皆さまのご要望に合わせてと思います。よろしくお願ひします。

日 時：12 月 24 日 13 時より 25 日 15 時まで**場 所**：高エネルギー加速器研究機構**世話人**：朝倉清高（北大触媒センター）
松原英一郎（東北大学金材研）
野村昌治（PF）**講演申込先／問い合わせ先**：朝倉清高 北海道大学触媒化学研究センター
FAX：011-706-9113
Email：askr@cat.hokudai.ac.jp**PF・KENS 合同研究会****「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／
中性子反射率」報告**物質・材料研究機構 桜井健次
放射光科学第一研究系 平野馨一
中性子科学研究系 鳥飼直也

2004 年 7 月 20 日（火）～21 日（水）の 2 日間、PF・KENS 合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」(Synchrotron radiation and neutron reflectometry for nano sciences and technologies) が KEK 4 号館セミナーホールで開催されました。PF 懇談会 X 線反射率ユーザーグループのメンバーを中心に、44 名の方が受付で参加登録をされました。プログラムを本文の最後につけておきます。同種の研究会はほぼ毎年開催されており、4 回目を迎えた今回では、レギュラーな講演時間が 1 件 40 分とやや長めで（20 分の講演も一部あるが）、休憩や食事の時間もディスカッションができるように比較的ゆったりであること、懇親会の終わった後に夜の部として 1 件 5～10 分の話提供を受けて行う討論企画があること等、反



写真1 講演に聞き入る参加者

射率ユーザーグループらしいディスカッション重視のスタイルが定着してきました。

X線反射率法といえば、全反射現象を利用して薄膜・多層膜の層構造・界面構造をルーチン分析する方法として知られています。各層の厚さや各界面のラフネスをパラメータとするモデルをもとに解析し何がしかの議論をしようという手法は、金属・半導体からソフトマテリアルや生体系まで、広範な分野で用いられてきており、個々の応用における解析の流儀に違いが残っていることや、標準化の議論が未整備であること等を脇におけば、すでに十分に establish された技術であると考えられます。報告されている反射率法の応用の多くは、X線管等の実験室系X線源を用いるものですが、放射光や中性子を用いることにより、反射率法をもう一段上の解析ツールとしてアップグレードして活用できる可能性があります。そのような高度利用により、社会的ニーズの高いナノサイエンス・テクノロジーの課題に積極的な役割を果たせないか、という点に、放射光・中性子共通の問題意識があります。

今年の研究会でも、反射率法の高度化への実際的な道筋と、それによって可能となる一層高度で挑戦的なサイエンスへのアプローチが主な関心事となりました。具体的には、特に、放射光の利用については、面内均一な試料の安定・静的な層構造を暗黙の前提とする現在のX線反射率法に対し、不均一試料の場所の違いを理解しようとし（微小領域のX線反射率法、 μ -XR）、また不安定構造や試料環境パラメータを積極的に変化させたときの変化を議論しようとし（時間的に高速なX線反射率法、Q-XR）、更には、光源の高輝度性、ビームの高品位さを生かして反射スポットの周囲に現れる散漫散乱（反射小角散乱）データをも含めた統合解釈をもとに情報の質を変えること（拡張されたX線反射率法、E-XR）を提案し、これまでの反射率法とは異なる応用展開をめざそうとしています。中性子の場合も、J-PARC 大強度パルス中性子源の登場等により、サイエンスの質を変える機運が高まっています。諸外国の状況を見ても、ワンパターンの反射率実験から脱却する方向が鮮明になりつつあり、わが国としても、技術開発、サイエンスとともに、いっそうチャレンジングな取り組みを強めてゆきたいところです。

他方、ユーザーグループでしばしば議論されてきていることですが、いわゆるごく普通の反射率測定とそのデータに対するワンパターンの解析ですむようなサイエンス（あるいは産業応用を含む社会的な応用）であっても、もし、非常によく洗練されたビームライン運営体制の下で、きわめてハイスループットなルーチン解析を実際に達成することができれば、上記の高度利用とは違った意味で、ナノサイエンス・テクノロジーへの相当に大きな貢献が期待されます。

また、私たちが、過去4回の研究会を通し、重視してきたもう1つの側面は、反射率法の概念や解析法の基礎にかかわる諸問題に関するディスカッションです。例えば、「ラフネスとはなにか」とか、「極端に薄い層における界面とはなにか」といったこと、あるいはパラメータフィッティングへの過度の依存がもたらす弊害とそれを打開するための指針等について、さまざまなデータや独自に開発された解析ソフトウェア等の事例を通して議論を深め、共通の財産を増やす努力を続けてきています。

反射率を共通のキーワードとし、放射光と中性子のできるだけセットにして研究内容を交流する試みは、私たちの場合、2001年に開始しましたが（このときは初めて KENS 見学をしました。そのこと自体がとても新鮮だったことが思い出されます）、PF・KENS 合同研究会になった今回が中性子ゆかりの方が最も多くなった研究会であろうかと思えます。またX線・放射光のユーザーが中性子反射率計 PORE を活用し、中性子のデータとの対比や磁気構造の解析に取り組んでいる話題等が報告されたことは、以前の研究会にはなかった進歩です。放射光・中性子連携については、特に、KEK KENS スタッフの皆様の熱心なご努力に依るところが大きいのが現状ですが、今後、具体的な研究成果の面で前進することにより、放射光と中性子の両方をこだわりなく上手に使いこなす新しいユーザー群が登場することを期待したいものです。そのためにも、必ずしも現時点で反射率法を使っておられなくても、薄膜の表面、界面に関連する重要な研究をされている研究グループに、もっと参画していただけるようにしなくてはいけないと考えています。

研究会を終え、2日間の講演全体を振り返ると、異分野



写真2 熱心に質問する参加者



写真3 KEK 国際交流会館で開かれた懇親会

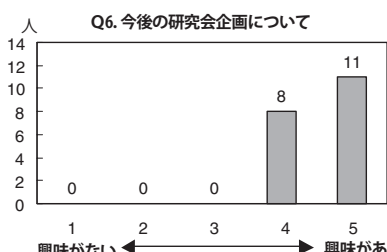
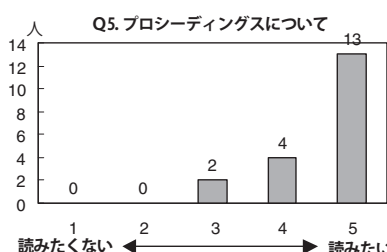
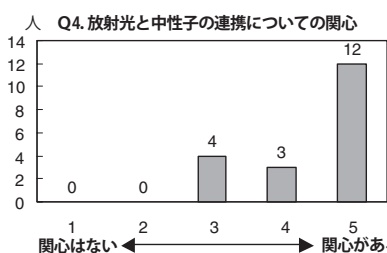
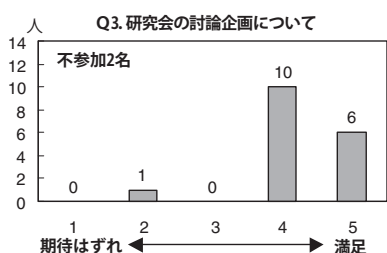
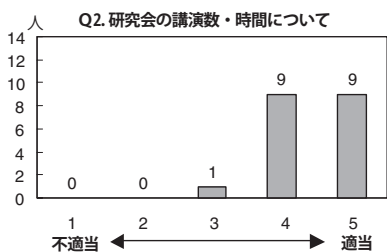
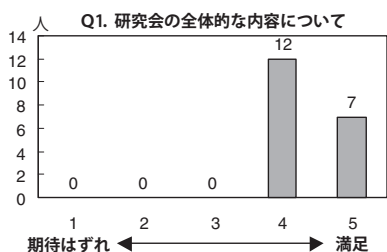
への啓蒙・解説に偏りがちな講演が散見されたことが多少気になります。もちろん、新しい人々を迎える観点ではそれも有意義ですが、すでに4回目の研究会であり、また放射光、中性子ともに新ビームラインの提案や関連する予算要求等も現に行っている状況を考慮すると、本来は、もっともっと未来志向のいろいろな新しい試み、特に困難な実

験へのチャレンジの最新データ、いままでわからなかったことをわかるようにするためのアイデアや工夫、準備状況等の報告が求められるところではないでしょうか。次回以後の研究会では、企画に思い切った工夫が必要であると感じました。他方、1日目の夜の討論企画で話題提供をいただいた内容の多くは、新しいサイエンスの芽を含んでおり、充実したディスカッションを満喫することができました。討論企画はもともと多くのテーマをサーベイするのに効果的ですが、そのなかで見出された重要なトピックスを、いろいろな機会にしていねいに深めてゆく努力が、今後の課題であろうかと思っています。

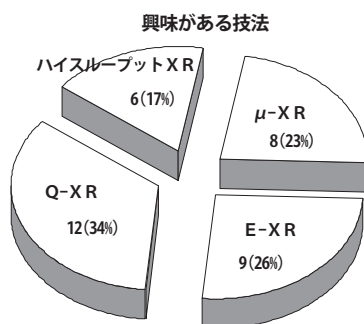
本研究会での詳細な内容は、KEK Proceedings 2004-5 が既に刊行されておりますので、関心のある方はPF秘書室(Tel:029-864-5196)までご連絡下さい。また、参加者に対して行ったアンケートの結果をまとめましたので参考にさせていただけると幸いです。

最後に、本研究会のさまざまなサポートをしてくださった物質構造科学研究所事務室の皆様はじめ、KEK 職員の皆様に深く感謝申し上げます。

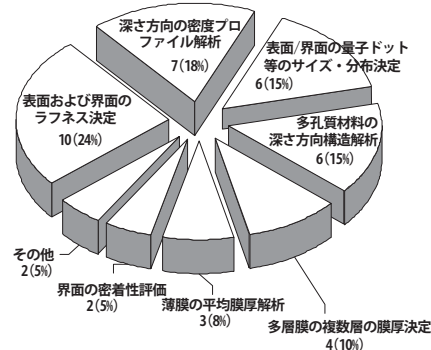
アンケート結果 (回答数: 19)



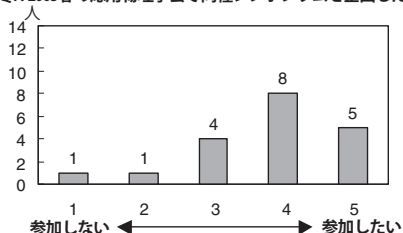
Q埋もれた界面の科学ビームラインについて



反射率法をどのように利用したいか



Q7. 2005春の応用物理学会で同種シンポジウムを企画したら?



プログラム

7月20日(火)

9:00～9:10 イントロダクション 桜井健次 (NIMS)

X線・放射光反射率法によるナノサイエンスの最近の進歩
座長：奥田浩司 (京大)

9:10～9:50 「X線 CTR 散乱法と断面 STM によるヘテロ界面の解析」田淵雅夫 (竹田美和代理, 名大)

9:50～10:30 「水面高分子単分子膜のナノ構造」

松岡秀樹 (京大)

10:30～10:50 休憩

10:50～11:30 「中性子・X線反射率による磁性多層膜の磁気構造解析」平野辰巳 (日立)

11:30～12:10 「斜入射X線散乱／回折による低次元半導体ナノ構造の real-time 観察」川村朋晃 (NTT)

12:10～13:30 昼休み

新ビームライン構想と埋もれた界面の科学**座長：平野馨一 (PF)**13:30～14:10 「反射率法の高度化と埋もれた界面の科学」
桜井健次 (NIMS)

14:10～14:50 「半導体デバイス多層構造のナノレベル解析」田淵雅夫 (名大)

14:50～15:10 休憩

15:10～15:50 「GI-SWAXS による埋めこまれた半導体アイランド構造の解析」奥田浩司 (京大)

15:50～16:30 「中性子・X線を用いた有機・高分子組織体の表面・界面ナノ構造解析」高原淳 (九大)

16:30～17:10 「X線・中性子反射率法の相補的特徴と最近の研究動向」鳥飼直也 (KENS)

17:10～19:30 懇親会

反射率法の現在と将来 (討論企画, 1件 5～10分)**座長：桜井健次 (NIMS)**

1. 「ブロックコポリマーテンプレートと超臨界二酸化炭素によるナノ多孔体構造」横山英明 (産総研)

2. 「Wavelet transform of X-ray reflectivity data」Oleksiy Starykov (NIMS)

3. 「最近の表面散乱シミュレーション」上田和浩 (日立)

4. 「X線散漫散乱を用いた反射率 XAFS 実験」渡部孝 (コベルコ科研)

5. 「X線反射率による熱膨張測定」表和彦 (リガク)

6. 「Quick XR - 初期的な実験」水沢まり (NIMS)

7. 「X線コヒーレント散乱顕微鏡によるエレメントマッピング」平野馨一 (PF)

8. 「液体金属分野への grazing angle scattering の応用の可能性」川北至信 (九大)

9. 「水素界面の評価と薄膜成長機構」朝岡秀人 (原研)

7月21日(水)

中性子反射率法によるナノサイエンスの最近の進歩**座長：鳥飼直也 (KENS)**

9:00～9:40 「組成分布が広いブロックポリマーのドメイン構造 - AB と ABA の比較」松下裕秀 (名大)

9:40～10:20 「中性子反射率法による固体-固体界面の面粗さの評価」井上和子 (龍谷大)

10:20～10:40 休憩

10:40～11:20 「偏極中性子を利用した新しい反射率測定法について」武田全康 (原研)

反射率法ナノテクノロジーの新しい応用展開をめざして**座長：田淵雅夫 (名大)**

11:20～11:40 「金属系材料の表面解析」木村正雄 (新日鉄)

11:40～12:00 「液晶性高分子ポリフルオレン高配向膜のその場 GIXD 観察」三崎雅裕 (神戸大)

12:00～13:20 昼休み

13:20～13:40 「固相エピ成長 SOS における格子歪みの原因解明」松野信也 (旭化成)

13:40～14:00 「放射光反射率法による先端半導体デバイスの界面構造の評価」淡路直樹 (富士通)

14:00～14:20 「強誘電体薄膜および薄膜／シリコン界面の構造とデバイス特性」香野淳 (福岡大)

14:20～14:30 連絡 桜井健次 (NIMS)

14:30 解散

PF・KENS 合同研究会**「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」に参加して1**

九州大学大学院理学研究院 川北至信

7月20日, 21日と KEK 4号館セミナーホールで開催された PF・KENS 合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光／中性子反射率法」に参加する機会を得た。私自身は放射光や中性子を用いてバルク液体の構造やダイナミクスの研究をしているが、反射率測定や斜入射回折などの実験の経験はまったく無く、反射率に関する研究会に参加するのは初めての経験であった。液体の構造を調べる回折測定の手段は、中性子では透過法、X線では反射法というのが一昔前の常識であったが、両回折により得られた構造因子が低波数側であまりにも大きく異なるという問題があった。最近放射光からの高エネルギーX線を用いた透過法による回折実験が可能になり、低波数側でも十分良く中性子回折データと合うことが分かり、試料水平型ゴニオメーターによるX線構造解析の難しさをあらためて認識している。逆に液体表面にスポットを当てると、その構造はバルク液体とは異なっているであろうということは、表面融解という現象があることから容易に想像できる。また液体表面では原子数層に亘って密度の振動があることが理論的に予測されている。そこで、今後の自分の視点を広げる観点からも、反射率や斜入射による構造解析手法に興味を抱き、勉強のつもりで参加させて頂いた次第である。

専門的な部分は桜井先生の報告に任せるとして、初めて参加した表面・界面の素人研究者として、研究会の全般的な印象についてだけ触れたい。まず挙げられるのが、研究

会が単なる研究成果発表会にとどまらず、まさしく議論の場となっており、発表者や聴衆全員が何かしらひとつの発表からアイデアやヒントを得て帰ろうという姿勢が感じられたことである。固体表面の反射率や GIXD (斜入射回折) は電子デバイスの開発と直結しており、また固液界面の研究は錆のメカニズムの解明と長寿命の材質の開発と結びつき、さらに有機薄膜に関する研究は高機能性の実現を視野に入れている、という風に研究がすぐに応用に繋がるという点で 一種の緊迫感を生み出していることを非常に印象強く感じた。産業からの参加者が多いことは、この独特の緊迫感を生み出す上で欠かせない要因だと思われる。この研究会はほぼ毎年開催されているという。一年というタイムスパンでどんどん研究が進んでいっているからこそ、また、その間にさらに新しい実験手段や解析手法が見出され続けているからこそ、毎年多くの参加者が集まるのであろうと思う。そういう意味では、放射光を用いた専用ビームラインの機運や、J-PARC と関連した中性子反射率法の 2 桁、3 桁にも及ぶ強度増強、そこから生まれるであろうさらに高度な測定方法の開発と、ここ数年さらに大きな展開が期待される。その中心的役割を果たしているこの研究会からは今後も目が離せない。

PF・KENS 合同研究会 「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光/ 中性子反射率法」に参加して 2

福岡大学理学部 香野 淳

2004 年 7 月 20 日から 21 日に KEK 4 号館セミナーホールにおいて開催された PF・KENS 合同研究会「ナノサイエンス・テクノロジーと放射光/中性子反射率」に参加させていただいた。昨年の同種の研究会に引き続き 2 回目の参加であったが、金属・半導体から高分子・生体系まで反射率法を利用した様々な分野の研究について話を聴くことができ、前回同様に非常に勉強になった。また、何よりも、反射率法にかかわっておられる多くの方々と交流をもてるようになったことに幸せを感じている。

私自身は誘電体薄膜やシリコン系ナノ構造の研究をしているが、これまでに放射光での反射率測定の経験はなく、実験室系で X 線反射率を測定・解析し、薄膜と界面の構造評価をしている。現在の反射率測定の主な対象はシリコン基板上の多結晶薄膜であり、エピタキシャル成長したような膜に比べれば表面や界面のラフネスが大きく、定量評価に難しさを感じることもある。今回の研究会でも半導体デバイスに関連する講演がいくつかあり、直接的に参考になる部分が多々あった。少し違う観点から、金属の腐食過程に関する講演は、その場観察に関する研究内容もさることながら、産業応用の視点からも興味深い内容であった。さらに、中性子反射率法に関する講演では、海外の動向を含めて、放射光と中性子の相補性と競合に関する話題や中性

子スピンエコーを利用した新しい測定法に関する話題を提示していただき、今後の研究の計画を考える上でも非常に参考になった。

薄膜やナノ構造 (wire, dot) の物性研究と電子デバイス開発においては、薄膜・ナノ構造それ自体の物性を明らかにするのみならず、表面・界面の構造的乱れを定量的に評価し、電子物性との相関を明らかにすることが重要であり、また、物性制御のためのプロセス技術を確立することが必須である。この観点から、その場観察、リアルタイム観察、および (新たな構造情報を得るという意味で) 散漫散乱の測定と解析法の開発は重要になると考えられる。桜井先生を中心とする X 線反射率ユーザーの研究会では、反射率法の高度化と新しい展開 (μ -XR, Q-XR, E-XR) について継続的な議論がなされており、薄膜・ナノ構造の分野の重要な計測手法・技術が生み出されると期待できる。放射光を使ってどこまで空間分解能・時間分解能を上げられるのか、またナノ構造の何がどこまで分かるのかということを考えていると、単に「見えなかったものが見えるようになる」ということにとどまらず、「見方の転換」を促すような何かがあるように感じられ、今後の展開が楽しみである。

反射率法に関するこの研究会では、研究成果の発表のみならず、新しいアイデア、新しい測定法の開発、装置技術や実験状況、測定・解析で苦労した (している) ことなどを自由闊達に議論することができ、この点は非常に優れた特徴であると感じた。今後、ナノサイエンスにおいて放射光/中性子反射率法が果たす役割はますます大きくなっていくと考えられる。この議論の場 (研究会) がますます発展していくことが重要であると思う。そして、私も自由闊達な議論の場で話題提供ができるよう努力を続け、放射光・中性子反射率法を用いた研究にチャレンジしていきたい。

第 7 回 XAFS 討論会報告

京都大学大学院工学研究科 田中庸裕

2004 年 7 月 29, 30, 31 日の 3 日間、第 7 回 XAFS 討論会が京都大学で開催された。会場は京大正門を入ってすぐの時計台記念館である。この記念館は京都大学 100 周年記念 (1997 年) で改装され昨年 12 月にオープンした京大の名所の一つ (と京大関係者は勝手に思っているの) であり、京大のロゴマークになっている大きなクスノキを従えた意外と立派な建物である。XAFS 討論会は、現在の日本 XAFS 研究会が成立する前から関西 XAFS 研究会と関東 XAFS 勉強会がユニオンとなって運営してきた討論会であり、経緯上 1 年ごとに東日本・西日本で交互に開催されてきた。今年は京都に順番が廻って来て、工学研究科の 3 研究室、「高岡昌輝、大下和徹 (都市環境工学専攻)、河合潤、石井秀司 (材料工学専攻)、田中庸裕 (筆者)、人見 穰 (分



会場の様子

子工学専攻」]、でお世話をさせていただいた。来年は宇田川先生を中心に仙台（東北大学）で開催される予定である。

今年は45件の一般発表と従来どおり3件の依頼講演（長井康貴氏（豊田中研）、足立純一氏（KEK-PF）、田中 功氏（京大院工））があり、これらに加え触媒研究とXAFS研究の発展に尽力され昨年紫綬褒章を受けられた岩澤康裕教授（東大院理）に特別講演をお願いした。また、大変悲しいことであるが黒田晴雄先生のご他界を悼み朝倉清高氏（北大触媒研究センター、本会太田会長の代理）には追悼講演をお願いした。また、通常45分間である依頼講演、特別講演は、今年はすべて1時間の講演に変更した。このように、本討論会は、講演数、講演時間も大きなものとなり、スケジュールが大変タイトであった。時間割や講演方法については再考せねばならないかもしれない。会期の3日間は小雨がぱらついた程度であったが、なにせ京都の夏であるから気温・湿度とも高く会場を一步出れば汗一升といった状態となる。そういう中にもかかわらず総計108名の参加があり大変盛況であった。添付の写真は長井氏の自動車触媒に関する講演の一コマである。さらに大変面白く感じたのは講演数こそ6件と少なかったが生物・環境のセッションであった。物理・化学プロパーの研究者からは思いもしないような分野でXAFS研究が進められていることである。今後は現在状況に鑑みこれらの研究は増加するものと思われるがXAFS討論会での発表を是非促して行きたいと思う。

昨年の第6回討論会から始まったことであるが、学生諸氏のブリアントな講演に対しSTUDENT奨励賞の選考が行われた。18人の選考委員により、東京大学大学院理学系研究科の阿部 仁氏「Ni/Cu (001) 薄膜のFe蒸着にともなうスピン再配列転移とその要因」および大阪大学大学院工学研究科の仁谷浩明氏「XAFSによる γ -Fe₂O₃担持Au/Pd二元系ナノ粒子の構造評価」が選ばれたことを最後に記しておく。

ユーザーとスタッフの広場

in-situ Quick XAFS と NW10 ビームライン

北海道大学触媒化学研究センター 朝倉清高

現在（2004年9月1日）、PF-ARのNW10に、高エネルギー領域のXAFS、in-situ Quick XAFS およびX線異常分散を目指した新しいビームライン建設が計画されています。その建設に対する責任の一端を分担する者として、PFニュースの誌面を利用させて頂き、この建設計画に関する経緯とビームラインの性格、目的を皆さんにご紹介し、皆さんからのご理解とご支援を賜りたく思います。なお、さらに詳細につきましては、第7回日本XAFS討論会のナイトセッション（homepage = http://pfwww.kek.jp/nomura/pfxafs/news/NW10/NW10_const.html）を参考にして頂ければと思います。

PF および日本におけるXAFSの現状認識

1982年にPFが完成するとBL-10Bにおいて、本格的なXAFS実験が我が国においてもできるようになりました。その後、BL-7C、BL-6B（1995年閉鎖）、BL-12C、BL-9A、BL-9Cなどの中低エネルギー領域のXAFSビームラインが整備されて行くに伴い、BL-10Bは10 keVをこえる中高エネルギー領域のXAFS専用ビームラインとして使われ続けました。Si (311) チャンネルカットモノクロメータと非集光光学系というシンプルなビームラインですから、ある意味で使い勝手がよいという面もあります。一方で、利用開始から20年を超え、モノクロメータなどの老朽化はいかんともしがたく、ハッチも手狭であり、X線強度も他のビームラインに比べて小さいので、かねてより、代替高エネルギー新XAFSビームライン建設の要望がありました。そのなかで、SPring-8が建設されると高エネルギー域XAFSのactivityは臨界エネルギーの高いSPring-8へ移っていきました。こうした状況のもとで、PF-XAFSユーザグループでは、長いことBL-10Bをどうするのか議論して参りました。その中で、PFにBL-10Bに代わる集光系、高次光抑制システムを備えた新しい中高エネルギー域ビームライン建設を望む声は触媒反応をin-situ XAFSで研究しているグループ中心に絶えることはありませんでした。その理由は、① in-situ 実験を行うにあたり、長い年月にわたりガスのハンドリング、処理装置をPF内に整備し、その方法論を確立してきたこと。② 研究を発展させるためには試料処理だけでなく各種の評価システムの整備も必要であり、PFを拠点化することが安全でかつ安価にin-situ 実験を展開するのに都合がよいこと。③ PFはこの種の研究に対する経験の蓄積があり、実験に用いるガスの排気系の整備が進んでいる点にあります。

しかし、PFに新たにビームラインを建設しようとする、資金面等で難しい問題があり、ユーザグループとして

は、外部資金を導入して建設を推進する方向で合意を見ました。そこで、科研費を中心にいくつかの提案がなされましたが、以下で詳述する in-situ Quick XAFS による新規金属燐化物脱硫触媒の機能と構造解明という題目で、科学研究費基盤研究 S が採択され、この資金を用いて建設の一部にあてると言うことで、PF-AR に新ビームライン建設の計画が急浮上して参りました。

PF-AR

PF-AR (Photon Factory Advanced Ring) は、トリスタン計画において、Accumulation ring として建設され、KEKB リング建設後、放射光専用の単バンチ大強度リングとして高度化され、ビームの安定性や寿命等において放射光源として大幅に改善されました。その性能は、表 1 (PF の homepage より) にまとめましたが、6.5 GeV - 55 mA で、常時単バンチ運転するという世界で唯一のリングです。6.5 GeV のリングであるため、臨界エネルギーが 26 keV と PF 2.5 GeV リングの 4 keV と比較して高いことが特徴です。エミッタンスが大きいので輝度は小さいのですが、得られる Flux は高エネルギー領域において SPring-8 並であり、XAFS のようなある程度広い面積に X 線を照射できるような分光法ではサンプルダメージが小さくなる点有利な光源といえます。また、PF や SPring-8 と異なり、電子は時計方向に回っています。現在 XAFS 関係のビームラインとしては時間分解 dispersive XAFS のためのビームラインが完成し、時分割 X 線回折と時分割 (タイムシェア) で稼働しています。

表 1 PF-AR の性能

Energy	6.5/5.0 GeV
Circumference	384 m
Initial current	55 mA
Emittance	290 nm-rad
Beam lifetime	14 - 20 hrs
Bunch	1

in-situ Quick XAFS による新規金属燐化物脱硫触媒の機能と構造解明

現在、ガソリンやディーゼル油中に含まれる硫黄分はエンジンの中で酸化され、SO_x になることで、大気中に放出されると硫酸雨の原因となります。また NOX 除去触媒を被毒するため、ガソリンやディーゼル油中の硫黄分を極限まで除去する触媒開発が求められています。これは従来のエンジンだけでなく燃料電池としての化石燃料の利用に当たっても深刻な問題となっています。従来の Mo 系触媒の性能を高める方法がありますが、それにも限りがあります。一方 Pt-Pd 触媒など貴金属触媒は確かに高活性であります。貴金属を使うため、触媒が高価となり、この価格はすぐに燃料の価格に転嫁されますから、貴金属を使わない安価な材料が求められます。このため、ネプラ触媒など新しい触媒材料開発が研究されています。米国の Virginia

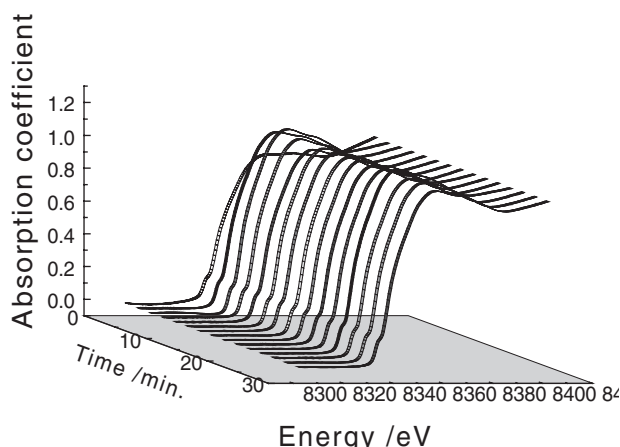


図 1 反応開始直後の XANES の変化、反応開始後数分が最も大きく変化していることがわかる。

Polytech 大学 S. Ted Oyama 教授は、遷移金属燐化物触媒が Mo 系触媒をしのぐ活性を示すことを発見しました。特に USY に担持した Ni 燐化物が高い活性を示し、長寿命です。筆者らのグループは、S. Ted Oyama 教授や産総研の阪東恭子博士、原研の河合寿秀博士らと共同し、その触媒構造解明を行って参りました。その結果燐化物が数 nm 程度の Ni₂P 構造であることを突き止め、さらに高温高圧の in-situ XAFS 測定の結果、その構造が反応中も安定に保たれることが長寿命の原因であることを明らかにしました。しかしながら、Ni₂P にどのように硫黄化合物が吸着し、反応生成物に転換されるかについての詳細はわかっていません。

さて、図 1 は、脱硫反応開始直後の XANES の変化を追ったものです。先にも述べたように Ni₂P 構造は安定ですから定常条件下では、XAFS の変化はほとんどありません。しかし、反応直後には XANES 構造が大きく変化し、その後元の Ni₂P 構造にもどることが観測されます。これは、ガスを導入すると、すべての活性点が同時に変化を始め、触媒構造が一度に変化を起こしたため、XANES が変化したと解釈されます。もし反応開始後短時間で EXAFS 領域まで測定を行うことができれば、反応中間体を直接捉えることができることになります。そこで、EXAFS, XANES 領域の測定が数秒で終了する Quick XAFS を開発することを目的に 2004 年度の科学研究費基盤 S に申請しました。その結果、運良く採択されることになり、その資金を使い、in-situ Quick XAFS ビームラインの建設を行うことになりました。また、MoP や NiMoP など高い活性を示すことが期待されますから、20 keV を超えるような高エネルギー領域の Quick XAFS も重要です。

Quick XAFS

ここで、Quick XAFS について簡単に説明します。通常 XAFS を測定する場合、モノクロメータを掃引して、所定のエネルギーでモノクロメータを止め、データの蓄積を行い、又次のエネルギーを測定するということを繰り返しながら、測定を行っていきます。したがって、全領域のスペ

クトルの測定には、早くても十分程度を要し、早い構造変化を逐次的に追うことは難しいとされています。最近の集光系を備えたビームラインでは 10^{10} ph/s 以上の光子束が得られるため、1測定点当たり数 ms の蓄積を行えば、十分な S/N 比を持った XAFS スペクトルを得られるはずで、従来のビームラインではデータ蓄積時間を短縮すると、モノクロメータの角度変化に要する時間やデータ転送に要する時間が支配的になり、短時間での測定は容易ではありませんでした。

触媒反応を何百回も高い再現性を持って繰り返すことは現実的ではないので、一回の反応を追跡できる手法が必要となります。このような時間変化を追跡する XAFS 法として、これまで、おもに 2 通りの手法が提案されています。

1. 分散型 XAFS 法 — これは、1980 年はじめに松下先生が提案したエネルギー分散ポリクロメータと位置敏感検出器を組み合わせて、XAFS 全領域を同時に測定してしまう手法です。その後、改良が加えられて ms オーダの XAFS 測定が可能になってきています。全領域を同時に測定できることから、非常に早い XAFS 測定が可能となります。一方で、試料の厚みムラの影響を受けやすく、サンプル調製に細心の注意が必要なことや測定モードが透過法に限られてしまうなどの制限が付きまします。
2. 高速掃引 XAFS 法 (Quick XAFS) — 通常のステップスキャンの光学系で、モノクロメータを連続回転させている間測定を繰り返し行うという手法です。機械的な掃引を伴うので、時間分解能は秒オーダです。しかし、通常の光学系が用いられることから、一般的な XAFS と共存可能であり、サンプル調製に対する条件が和らいだり、透過法以外の測定も可能になります。また最近では、 piezo 素子を用いて角度掃引することでさらに高時間分解能化が可能になりつつあります。また、比較的高エネルギー分解能 XAFS 測定がしやすい手法です。なお、XAFS 討論会のナイトセッションにおいて、PF の鈴木あかね博士がレビューをされていますので、ホームページ (http://pfwww.kek.jp/nomura/pfxafs/news/NW10/NW10_const.html) をご参照ください。

NW10 ビームラインとその計画概略

第 7 回 XAFS 討論会 (京都大学) のナイトセッションにおける PF の野村昌治教授の話に基づき、現在の計画概略を説明します。特定の目的をもった科学研究費でその一部が建設されますが、基本的には、全国共同利用機関である PF との協力体制のもと建設が進められ、日本全体の科学技術への貢献という観点およびビームタイムの有効利用という観点から、広く一般ユーザーに開放されたビームラインとして計画しています。したがって、通常通りの規定に従い PAC の審査が行われ、ビームタイム配分がなされます。

光学系の基本は現在の BL-12C と同じで Si の二結晶分

光器と Pt コートの湾曲円筒ミラーであります。ただし、高エネルギーをねらうことから結晶として Si (311) を用い、湾曲ミラーの臨界角を 2 mrad 以下とすることで、最大 40 keV (希土類の入り口) までとしています。遷移金属等比較的低いエネルギー域での高次光抑制の為に、予算が許せば高次光抑制鏡システムの導入を検討しています。一方、Quick XAFS の方式として広いエネルギー範囲を測定できるウォームギア方式と狭いエネルギー範囲を短時間で測定する piezo 素子駆動方式を併用し、前者で 10 秒程度、後者で数 ms 程度の時間分解能をねらいます。また、同様に 20 ~ 30 keV 付近の高エネルギー X 線を必要とする X 線異常散乱実験との共存をはかり、タイムシェアすることになります。in-situ 反応 XAFS 用の搬送可能な組み立て式のガスラインと温度調節器を NW10 に常時据え置き、in-situ XAFS 法の拠点とすることも計画されています。

期待される科学

第 7 回 XAFS 討論会において、産総研の阪東恭子博士は PtPd 系の脱硫触媒における Quick XAFS への期待を述べられています。分散 XAFS とともに今後の in-situ 触媒研究の有力な手法となり、触媒化学において XAFS がますます重要な位置を占める様になると考えられます。そのほかにも表面腐食の問題、粘土鉱物への吸着問題、電気化学反応、光触媒、ナノ粒子合成、相転移研究など、幅広い応用が考えられ、こうした新しい科学分野が育つことが期待されます。時間変化の追跡だけでなく、UV-Vis や IR スペクトルに見られるように XAFS スペクトルを数分の内に測定できるようになれば、日常的な分析手法の一つとして使えるようになるでしょう。

先にも述べましたが、触媒の in-situ XAFS に限られたビームラインではありません。多くの方が計画当初から興味を持たれ、計画に対していろいろなアイデアを出して頂き、それぞれの分野で使い勝手のよいステーションとして、作っていきたいと思います。どうぞ協力お願い申し上げます。また、NW10 に関する PF 研究会を 12 月 24 日、25 日に企画しております。多数の方の参加を期待しております。

謝辞

本稿を原稿で読んで頂き、貴重なコメントをいただいた阪東恭子博士、野村昌治先生に感謝いたします。また、鈴木あかね博士には、Quick XAFS に関する最新の情報をいただきました。

リンダウ会議に参加して

放射光科学第一研究系 久保田正人

第54回ノーベル賞受賞者会議（リンダウ会議）に出席のため、6/26-7/4の日程でドイツのリンダウを訪ねました。数多くのノーベル賞受賞者の講演、討論・会話といった貴重な機会を得ることができたので、本稿ではリンダウ会議に出席した感想等を含め、会議出席の報告を行います。

ドイツの南西に位置するリンダウは、ドイツ、オーストリア、スイスの3カ国の国境線が接するボーデン湖（琵琶湖の約80%の大きさ）東岸に位置する島であり、ヨーロッパの著名な観光地の1つです。リンダウ会議は、スウェーデンのレナート・ベルナドッテ伯爵が創設し、1951年に第1回が開催されました。原則として物理、化学、生理学・医学に関するテーマが設定され、その分野のノーベル賞受賞者の中から、毎回十数名が出席することになっています。現代を代表する著名なノーベル賞受賞者による講演・パネルディスカッション等が行われますが、特に、会議出席者（約400名）が少人数グループに分かれてのノーベル賞受賞者との直接的な科学討論は、この会議出席の醍醐味と言えるでしょう。

今年のテーマは物理分野だったのですが、特に素粒子、宇宙・天文分野に関する講演が多く行われました。会議で行われた講演内容について、幾つか記します。ノーベル賞受賞者の講演の中でも、特に興味深く聴いたのは、オシエロフ教授の講演でした。彼は、「ヘリウム3の超流動性の発見」の研究により1996年にノーベル物理学賞を受賞し、現在ではNASAに移られ研究活動を行っています。（超流動現象が、宇宙の起源の探索を行うNASAにおける研究活動と関連を持ちうるといったことは、科学の研究の奥深さ・不思議さを再認識させられました。）オシエロフ教授は、NASAが打ち上げたコロンビアの墜落事故の原因究明に関して、ビデオ映像を交え詳細な説明が行われました。我々

が行っている研究成果の発表は言うまでもなく、たとえ当初の目的が達成されなかった場合においても、その原因究明を徹底的に行い、今後の研究に生かしていくという姿勢を持つ必要があるのだと思いました。

また、基礎科学と応用科学に関するパネルディスカッションでは、最近の研究は、2つの領域分野の境界がなくなってきたことが議論されました。こういった講演を聞くと、日々研究活動をすることで得られた成果は、個人的な研究の解明、そのみに行われるべきではなく、社会に対して説明することの重要性が今後ますます重要であることにあらためて気づかされます。

本会議に出席したことにより講演を聞くだけではなく、各国の研究者と議論を重ね交流を深めることもできました。エコマテリアルの研究を行っているアメリカの研究者と話す機会があったのですが、博士号取得後は、就職が必ずしも容易ではないと言っていました。ナノテクノロジー研究関連予算が非常に多いアメリカにおいても、研究を続けていくことが、困難な状況にあるのは日本と同じなのだと感じました。3日目には江崎先生、小柴先生との夕食を共にすることができ、「日本では、多くの分野で世界的にみても優れた科学の研究成果を輩出しているが、そのことをもっと世界に対してアピールする必要がある」という話しは、印象的でした。

最終日には、ボーデン湖の西岸に位置するコンスタンツに近いマイナウ島までのボートトリップが行われました。片道約2時間の船上では、より自由にノーベル賞受賞者と交流を図ることができます。私は、フォン・クリツィンク教授（1985年、量子ホール効果によりノーベル物理学賞受賞）とテーブルをご一緒することができました。フォン・クリツィンク教授は、つくばにもいらしたことがあるそうで、日本とドイツのそれぞれの研究環境に関して話しが盛り上がりました。会場を離れ、きれいな光景が広がる船上では、和やかな雰囲気の中で研究やそれ以外のことについても質問ができ、ノーベル賞受賞後もチャレンジ精神



Fig.1 リンダウ島からボーデン湖を望む。港の入り口には守り神のライオン像が船の行き来を見守っています。



Fig.2 ノーベル賞受賞者によるラウンドテーブル・ディスカッション（写真中央は、小柴昌俊東京大学名誉教授）



Fig.3 少人数グループに分かれてのノーベル賞受賞者との直接的な科学討論（講演者はオシエロフ教授）各国の研究者・大学院生の質問に対して、受賞者が懇切丁寧に答えていたのが印象的でした。

を失わず、絶えず新たな問題に取り組む姿勢、教授の人柄にまで深く接することができました。また、「科学に取って、実験と理論の役割は」という質問に対し、小柴先生が「科学は最終的に実証して、初めて意味がある」と答えられたのは、実験家としてはうれしい言葉でした。目的地のマイナウ島は、レナート・ベルナドッテ伯爵家の居城で、きれいで素晴らしい庭園や植物園を散策、鑑賞することができます。閉会式はこの島で行われ、感銘することが多かったリンダウ会議の日程も終了となりました。

現在の研究活動は、どうしても専門化された研究分野を扱うこととなります。リンダウ会議への参加は、自分とは異なる分野の研究者と日ごろの研究生活の話し合いをもつことにより、視野を広げることができ、今後研究を進めていく上で、有意義なものとなりました。最後になりましたが、本会議出席に際し、日本学術振興会の支援を受けたことに感謝の意を表します。

VUV14に参加して

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻藤森研究室
博士課程1年 和達大樹

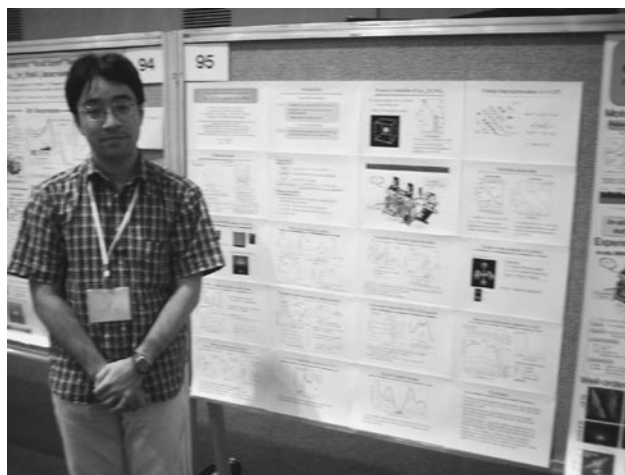
私はこの夏オーストラリアのケアンズで開かれたVUV14（14th International Conference on Vacuum Ultraviolet Radiation Physics 会期：7/19-23）に参加しました。そこでその雑感を書いてみます。

ケアンズまでの直行便が取れなかったため、ニューギニア航空を使い、パプアニューギニアのポートモレスビーで乗り継いでケアンズまで到着しました。ポートモレスビーの空港は、一応「Duty Free」と書いてある小さな店一軒と、どう見ても営業熱心とは言えない食べ物を売るスタンドが一つしかなく、乗り継ぎの5時間はかなり退屈なものでし

た。VUV参加者で聞いてみた限り、この経路で来た人はさすがに我々だけのようでした。

いよいよ会議初日となり、初めての国際会議への出席ということで私はやや緊張しておりましたが、会場に行ってみると参加者は日本人が多く、逆に驚きました。まあとにかく、日本人が多いということは安心なことです。ポスター会場では日本語で議論している風景もかなり多かったので、私は無理にでも英語を話そうと、自分の研究とあまり関係のないポスターまで質問してみました。また、ポスター全体をデジタルカメラで撮っている人がかなり見受けられました。便利な方法であると思い、感心しました。私自身は自分の研究テーマである「*In-situ* photoemission study of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ epitaxial thin films ($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$ エピタキシャル薄膜の *in-situ* 光電子分光)」と題してポスター発表を行いました。日本からの研究者の質問に加えて、海外の研究者からもかなりの質問を受けることができ、大変有意義でした。私はポスターの縮刷版などを持っていなかったもので、会場で配るものがありませんでした。やはり、縮刷版などを持っていくと便利だと感じました。口頭発表については、これももちろん英語なわけですが、発表よりも特に質疑応答を聞き取るのが大変でした。口頭発表においても日本人研究者の活躍が目立ちましたが、海外の研究者の発表の中では、Mn 酸化物の光電子分光に関する N. Mannella の発表が大変興味深く、印象に残りました。そう言えば、ポスター会場でも朝や夕方にお茶とともにスコーンが出されていましたが、これはイギリスの雰囲気を感じさせるものでした。

3日目にバンケットが行われ、ドイツ人の研究者達と同じテーブルにつきました。彼らは固体物理ではなく気体(原子分子)の専門であったようで、研究の話はあまりしませんでした。そのほかのことは大いに話しました。彼らは会議終了後も数日ケアンズに滞在し、観光などを楽しむようでした。欧米にはそういう人が多いのでしょうか。会議終了後にすぐ帰っていく日本の研究者達とはだいぶ違うようです。また、次のVUVの会場がベルリンに決まったということで、彼らは大変喜んでおりました。料理について



ポスターセッションでの著者

は、量も十分あり、大変おいしかったのを覚えています。特に、ケーキの種類が豊富だったのが印象的でした。

会議以外のことも印象に残っているので、そちらの話題に移りましょう。1日かけて、世界遺産に登録されているグレートバリアリーフを見て来ました。グレートバリアリーフの中でも最も名高い「ミコマスケイ」に行ってきました。珊瑚や魚が綺麗だったのはもちろんのこと、島に鳥がたくさんいたことが非常に印象的でした。行き帰りの船も素晴らしいものでした。船上での昼食ということであまり期待していなかったのですが、昼食はかなりおいしかったです（食べ放題でした）。船の行き帰りに多くのオーストラリア人とも話すことが出来ました。ケアンズは保養地として年配の方に人気があるのでしょうか。老夫婦が意外に目に付きました。

熱帯雨林の街キュランダにも行って来ました。行きはキュランダ観光鉄道でケアンズからキュランダへ向かいました。ゆっくり進む列車ですが、私のような鉄道好きには堪らないものでした。キュランダでは、コアラを抱ける「コアラガーデン」、鳥と触れ合える「バードワールド」などがありました。コアラガーデンでは14ドル払うとコアラを抱いて写真を取ることが出来ます。その他カンガルーを直に触って餌がやれるなど、人と動物の距離の近い動物園でした。かわいいうおんバットは夜行性ということで、残念ながら動いているのを見ることは出来ませんでした。バードワールドでは鮮やかな色の鳥を多く見たり触ったりすることが出来ます。鳥は人になつくというより餌になつくといった感じでしたが。下山に使ったケーブルカーの「スカイレール」からの景色も素晴らしいものでした。

ケアンズの街中にあり、やや期待はずれであったものが「ケアンズ博物館」です。日本語のガイドブックによると、2時間かけてじっくり見るべきものらしいですが、いくら頑張っても30分くらいが限界ではないでしょうか。博物館の老人が「ケアンズに移住した日本人達の写真」を2回も見せてくれました。確かに2時間かけるほどではないかもしれませんが、それなりに楽しめる場所ではありました。VUV参加者で行った人はほとんどいなかったようですが。

食に関しても色々と感じるところがありました。野外の道路に面したテーブルで食べるというスタイルの店が多かったのが印象的でした。やはり多いのは「オージービーフ」のステーキです。1度「プライムリブ」とメニューに書いてあったものを頼んでもステーキだったこともあるくらいです。正直なところ、ステーキ以外はこれといったものはなかった気がします。ステーキには改めて注文しないとパンもサラダも付かないのは意外でした。パンはなぜかガーリックトーストが多かった気がします。サラダは量が多くありませんでした。オーストラリアは野菜のあまり取れない国なののでしょうか。また、魚介類はケアンズではあまり売り物ではないようでした。その他、ワニやカンガルーも一度は食しましたが、あまり印象に残らない味でした。ワニは焼き鳥のようなものでした。食に関しては、ケ

アンズはもう少し向上の余地があるのではないかと感じています。

といったところで、私のVUV14雑感を終わらせたいと思います。会議自体の話がやや少なかったですが、やはり海外の国際会議ということで、どうしても印象に残ったのが会議以外のことになってしまいました。とは言え、私の研究生活にとって大変印象に残る有意義な国際会議でした。これからも積極的に国際会議に出席して、多くの海外研究者と交流していきたいと思っています。

NSRRC（台湾）を訪問して

放射光源研究系 宮内洋司

2004年2月に台湾放射光施設に短期間滞在する機会を得ました。台湾の放射光施設についての情報をあまり耳にする機会が少ないので、記事を書いてほしいとの依頼を受けましたので、簡潔に報告させていただきます。

NSRRC (National Synchrotron Radiation Research Center) は台北空港から南西60kmの新竹市の郊外にあります。新竹市は、研究学園都市となっていて、古い寺などの旧跡が残る旧市街と公立研究機関ならびに民間半導体メーカー工場を中心とする工業団地からなる新市街があり、筑波と状況は良く似ています。

NSRRC敷地内にあるTLS (Taiwan Light Source) はLinac (150 MeV)、入射用ブースターリング (150 MeV - 1.5 GeV)、周長120mのストレージリング (1.5 GeV) からなり、現在は1.5 GeV、200 mAで運転を行っています。現在は常伝導高周波空洞2台で運転していますが、ドイツのアクセル社で製作中の超伝導高周波空洞1台への交換を予定しており、そうすれば1.5 GeV、400 mA運転が可能になるとのことです。

実験ホールの建屋はほぼ円形です。その天井に7.5トン・クレーンが1台設置されていてこれが建屋一周360度移動可能です。そのため実験ホールのほぼすべての位置でこのクレーンのアクセスが可能となっています。リングトンネルの壁の一部もこのクレーンで吊り上げて撤去できる構造となっていて、リングトンネル内に装置を出し入れするのを容易にしています。実験ホールでは2階デッキが原則として設置されていないので、PFと比べて頭上が広々している印象を受けました。TLSの稼働中のビームラインは合計26本で、内訳は赤外線が1本、VUV-SXが17本、硬X線が8本となっています。

TLSの直線部は6箇所あり、現在その全てに挿入光源が設置されています。そのうち最後にインストールされた2台の挿入光源 (1台は電子ビーム入射直線部、もう1台は高周波空洞直線部にインストールされている) は超伝導ウィグラーです。このうち高周波空洞直線部に設置され



TLS 実験ホール内に新たに建設された 2 階デッキとその上に設置されたヘリウム液化装置。ここから液化ヘリウムが超伝導多極ウィグラーと将来設置予定の超伝導高周波空洞に供給される。写真上方の『安全第一』と書いてあるレールは 7.5 トン実験ホール周回クレーン。

た超伝導多極ウィグラーを光源とする構造生物ビームライン 3 本の建設を同時に行っていました。すでに NSRRC は SPring-8 と TLS に 1 本ずつ構造生物ビームラインを稼働させていることを考えると、構造生物にける意気込みが感じられます。

上記の 2 台の超伝導ウィグラー以外の 4 台の挿入光源は永久磁石を使用した挿入光源です。設置当初は挿入光源ギャップ変更による軌道変動に悩まされたが、各挿入光源のまわりをプラスチックシートで覆って個別空調を設置し、挿入光源架台に何箇所も歪みゲージを取り付けて監視と調整を行い、やっと軌道変動をユーザー実験に問題ないレベルに押さえ込んだそうです。

基幹チャンネルについては、基本的な構成要素は PF のものと同じでしたが、TLS ではチャンネル部に使用している圧空駆動式ゲートバルブは、PF で使用しているバイトンシールのものでなく、放射線に強い高価なオールメタルのものを使用しているそうです。

ユーザーについてですが、ほとんどは台湾のユーザーでしたが、ドラゴンビームラインで韓国のユーザーが軟 X 線領域の磁気円二色性の実験を行っていました。このビームライン担当者に聞いたところ、「このドラゴンビームラインは所長の C.T.Chen が開発し NSLS に設置したオリジナルを買い取って台湾まで運んできたもので、中国語で『元龍』と名付けられている。」と説明を受けました。ちなみに他の軟 X 線ビームラインもすべてこのドラゴン型でした。

以上、話がとびとびになってしまいましたが、読者の皆さんの参考になれば幸いです。

最後に、滞在中対応していただいた NSRRC 関係者の方々にはこの場を借りて感謝いたします。特に私の NSRRC 訪問を許可してくださった C. T. Chen 所長ならびに、多忙にもかかわらず私の滞在中のホストを勤めていただいた真空グループ・リーダーの G. Y. Hsiung 博士には深く感謝いたします。

◆スタッフ受賞記事

間瀬一彦氏らが第 29 回真空技術賞を受賞

放射光科学第一研究系の間瀬一彦助教授と小林英一氏 (PF 協力研究員, 井上フェロー), 漁剛志氏* (2002 年 10 月まで PF 特別共同利用研究員, 現所属は広大ナノデバイス・システム研究セ), 森正信氏* (千葉大工, 現所属はトヨタ), 奥平幸司氏* (千葉大工), 田中健一郎氏* (広大院理), 上野信雄氏* (千葉大工), 吉田啓晃氏 (広大院理), 長岡伸一氏* (愛媛大理) の 9 名 (* は PF ユーザー) が第 29 回真空技術賞を受賞されました。

真空技術賞は真空技術の向上と発展に寄与した顕著な業績に対して日本真空協会が表彰するものです。受賞題目は「電子-イオンコインシデンス分光装置の開発」であり、その対象は、昨年度の真空誌に掲載された 2 つの論文 [1,2] です。

電子-イオンコインシデンス (electron-ion coincidence, EICO) 分光法は、表面に放射光を照射して、光電子あるいはオージェ電子をエネルギー分析して検出するとともに、電子と同時に脱離するイオンを質量分析して検出し、両者の相関を測定する手法です。このため、光電子分光、オージェ電子分光の特長を併せ持つとともに、

- 1) 化学的状態の異なる個々の原子サイトを内殻励起した際のイオン脱離確率を定量的に求めることができる。この結果から個々のサイトの電子状態とイオン脱離の相関に関する情報が得られる。
- 2) オージェ終状態を選別してイオン脱離確率を定量的に求めることができる。この結果からオージェ過程由来のイオン脱離機構の詳細に関する情報が得られる。

という特色があります。間瀬氏は 1996 年に円筒鏡型電子エネルギー分析器の内部に飛行時間型イオン質量分析器 (TOF-MS) を組み込んだ EICO 分光装置を世界に先駆けて開発し、これまで改良を繰り返してきました。昨年、同軸対称鏡型電子エネルギー分析器とミニチュア TOF-MS を開発して新しい EICO 装置を製作し、コインシデンスシグナルの検出効率を従来の装置より 1 桁改善しました [1]。さらに、ミニチュア極角分解 TOF-MS を開発して電子-極角分解イオンコインシデンス分光装置を製作しました [2]。その結果、コインシデンスイオンの運動エネルギー分布と脱離極角まで測定できるようになり、得られる情報の質が飛躍的に高まりました。

今回の受賞では、EICO 分光法開発の技術面が取り上げられていますが、間瀬氏は EICO 分光法を用いたイオン脱離機構の系統的な研究やオージェ-光電子コインシデンス分光法の開発 [3]、サイト選択的オージェ、カスケードオージェの研究も進めています。また、CF70 マウント型オージェ電子分光器の開発研究も行なっていて、技術移転先の (株) テックサイエンスから販売されています (<http://www.techsc.co.jp/products/leed/cma.htm>)。さらに、戦

略的創造研究推進事業個人型研究（さきがけタイプ）平成16年度研究領域「構造機能と計測分析」に間瀬氏が申請していた研究課題「コインシデンス分光法による複合表面解析」も採択されました。今後ますますのご活躍を期待する次第です。（放射光科学第一研究系 野村昌治）

- [1] 漁, 吉田, 下條, 小林, 間瀬, 長岡, 田中, 「高感度同軸対称鏡型電子エネルギー分析器の製作と評価, コインシデンス分光への応用」, 真空 46 (2003) 377-384.
- [2] 小林, 漁, 森, 間瀬, 奥平, 田中, 上野, 「極角分解ミニチュア飛行時間型イオン質量分析器の製作と評価, 電子ーイオンコインシデンス分光への応用」, 真空 47 (2004) 14-21.
- [3] 間瀬, Photon Factory NEWS 21 (3) (2003) 51.

受賞者 (PF スタッフ, ユーザー)



間瀬一彦氏



小林英一氏



漁 剛志氏



森 正信氏



奥平幸司氏



田中健一郎氏



上野信雄氏



長岡伸一氏

ビームタイム利用記録より

実験企画調整担当 小林克己 (KEK・PF)

最近のビームタイム利用記録に書かれていた PF に対する要望と、それに対するお答えをまとめました。ご希望はなるべく具体的にお書き下さい。また運転当番あるいは担当者（ビームラインおよび準備室）に相談していただければすぐに解決する場合がありますので気楽にご相談下さい。

AR-NW 棟に自動販売機が欲しい。

⇒放射光 AR 地区に自動販売機を設置する手続きを進めます。

化学試料準備室のドラフト内部で鉄さびが落ちてくる。

⇒さび落とし・再塗装の見積を取り、今年度または来年度に実施したいと考えています。

化学準備室のドラフト内で純水が使いたい。

⇒ milli-Q 水を汲んでドラフト内で使うための容器の購入を検討します。

発光分光装置は公開されているのか？

⇒ BL-2C の装置は公開されています。性能などに関する資料を準備します。整備・運用は軟 X 線発光ユーザーグループ（代表者：弘前大手塚氏、次頁の記事参照）の協力で行いますので、詳しくは代表者にお問い合わせ下さい。

暗室 2 に純水製造装置が欲しい。

⇒暗室はフィルムの現像を目的とした部屋です。使用法などを担当者にお知らせ下さい。

宿泊予約のキャンセル待ちを前日迄としてほしい。それ以降に取れたとしても利用者にはその知らせは伝わらない。

⇒ユーザーズ・オフィスで、その様な対応にしました。

ユーザー控室で携帯電話が繋がらない。

⇒研究棟 1 階のユーザー控室は建物の中心部にあるため電波が届きません。中継器の設置は設置免許および費用の点から考えておりません。

自動販売機のおつりが出なかった。

⇒自販機に表示されている苦情窓口に連絡して下さい。

光源棟 2 階のシャワー室が汚い。

⇒清掃を委託している業者に注意しました。

25μm 解像度の IP 読取装置を設置して欲しい。

⇒費用の問題があるので、現状ではすぐには対応できません。ご了解下さい。

PF 懇談会だより

軟X線発光ユーザーグループ発足にあたって

弘前大学理工学部 手塚泰久

このたび、PF 懇談会の中に「軟X線発光」ユーザーグループを新たに立ち上げる事となりました。以下にその経緯をご説明します。

発光分光は光電子分光などと比肩する有効な測定であるにもかかわらず、測定は一部の施設に限られています。発光分光の装置はPFと、SPring-8で稼動中ではありますが、需要に比べて装置数・マシンタイムが少ないのが現状です。加えて、昨今の人員削減などで維持管理するスタッフの減少も影を落としています。他の分野同様に、新たな運営の形態を模索せねばならない状況にあります。

現在BL-2Cに設置してある発光分光器は、98年のS課題で建設されました。当初は専任スタッフおよび十分なパワーユーザーが存在し、これまで多くの成果をあげています。しかし、S課題は既に終了し、専任スタッフも不在となったことで、ここ数年は一部ユーザーが有志で維持管理をせざるを得ない状況になっていました。年々維持管理が難しくなっていく状況の中で、昨年、内々に運営責任者を打診され、手塚が当座の維持管理を引継ぎました。ただ、維持管理を行うにしても責任の所在がはっきりしていませんし、ユーザーの承認も得ていない状況での活動は制限されます。そこで、今後の運営の方針を話し合う目的で、去る8月11日に発光ユーザーのミーティングを研究棟2階会議室において開催しました。ミーティングには、現在課題を持っているユーザーを中心に、6グループ7名の参加がありました。また、物構研からは柳下明教授が参加されました。

まず、発光分光器の運営に関しては、ユーザーが主体となって行っていく事が確認されました。そして、維持管理は手塚が代表して行うことが承認されました。発光分光器にはPFの内部スタッフがついていませんので、ユーザーが主体となって運営する形態を取ることになります。ユーザー同士が協力して運営していく事が必要です。

発光分光器には16年度予算として250万円が配分されています。ミーティングでは、修理等で既に使ってしまった分の承認を得るとともに、残予算の用途について議論しました。ここでは、蛍光収量測定のためのフォトダイオードの更新、真空バルブの設置等、現有装置の修理・更新に重点を置く事としました。

ミーティングでは更に、参加グループごとに簡単な研究計画を発表していただき、ユーザー間の問題の共有を図りました。各ユーザーから出された要望で一番大きいことは、発光の偏光依存性測定の必要性です。現在使用している発光分光器は、差動排気のロータリーフィードスルーを用いた回転によって、励起光の偏光に対してpolarizeと

depolarizeの配置で発光を測定できる設計になっています。しかし、経年による老朽化で、回転時の真空の保持が難しくなってきました。また、未使用時も差動排気を動かさざるを得ず、内部スタッフが不在の状況では維持管理が難しくなってきました。そのような理由から、マシンタイム中の回転は行わない事とし、既にロータリーフィードスルーを取り外しました。マシンタイム外での回転は可能ですが、偏光実験自体は可能ですが、マシンタイムを分けて行う必要があります。現状では、マシンタイムは年2回程度が限度ですので、一つの偏光実験には1年かかることとなります。ただ、一回のマシンタイム中は偏光方向が固定になりますので、ユーザー間の意思の疎通が重要となります。今後の運営には、ユーザー間のコミュニケーションを十分とっていくことが必要です。また、マシンタイムの申請に際しても、予めユーザー間で意志を統一しておかないと、必要な実験ができなかったり、無駄な実験になったりします。今後発光実験を行う予定の方は、予めご相談いただきたく思います。

以上が大まかな経緯ではありますが、今後、継続的に運営を行っていくためには、正式なユーザーの組織が必要であると考え、PF懇談会のユーザーグループを立ち上げる事になった次第です。このグループの当初の目的はBL-2Cの発光分光器の運営を協議することだったわけですが、今後はBL-19B設置の発光分光器ユーザーも含めた軟X線発光ユーザーグループとして、発光ユーザーの意見を集約していければと考えています。新規ユーザーの方を含め、多くのご参加をお待ちしています。

構造物性グループミーティング報告

放射光科学第二研究系 澤 博

青森大学で開催された物理学会にあわせて、PF構造物性グループミーティングを実施した。約30名が集まって以下の内容の報告・議論を行ったので報告する。

日時 9月12日 19:00～

場所 じょんがら亭(青森駅前)

(0) 始めに河田主幹より挨拶と来年のPF長期シャットダウンについての説明があった。

(1) PF・BL-1A, 1B, 4C, 9C, 16Aの各ステーションの報告

4C: ダウンストリームシャッター老朽化対策完了、現在は問題なし。

9C: Huber 回折計の設置については利用ユーザーと業務委託で行う運営体制に移行した

16A: 光学素子関連の冷却ホースの経年変化による破損が生じ、大規模な水漏れが起こった。現在は全てのホースを交換してあるが、老朽化による事故なので他のBLでも注意が必要。

1B：冬季シャットダウン中にリガク回折計が搬入され、立ち上げ作業にかかる。BL-1Bの共同利用に及ぼす影響を最小限にするため、年末に1Aで稼働中の同型の回折計を1Bハッチに移動し、来年納入される新回折計は1Aハッチに設置し立ち上げる。直線部増強に伴うBL-1の再構成時にこのねじれは解消する予定。

1A：ERATOプロジェクトとの協力研究を行うためにBL-1Aで稼働中のHuber7軸回折計をPF-AR NW-14へ移設する予定。但し、NW-14の本格運転は来年秋以降。

(2) 報告

青山学院大の秋光教授を代表者とした科研費特定領域が採択され、放射光散乱実験用の超伝導磁石の導入が計画されている。これに伴い、S2課題を申請して磁場下の散乱実験のプロジェクトを計画している。共同研究で参加希望者を募る予定。設置BLは現在未定ではあるが、当面はBL-16A1、BL-9Cなどの汎用ハッチを利用し、将来的にはmPU(ミニポールアンジュレータ)のBLに持ち込む計画。

● ERATO 腰原プロジェクト (腰原)

時間分解実験専用ステーションPF-AR NW-14が来年完成予定。こちらでも共同研究を募集中。

● 原研 中性子4軸回折計 FONDER (野田)

順調に運転中。有機 π 電子系の磁気散乱らしい反射を初めて観測できた。マシンタイムにある程度の余裕があるので実験テーマ募集中。

● SPring-8 だより (下村)

台風16号と18号により約千坪の面積の屋根が吹き飛ばされた。9月23日からの運転に向けて調整中。巨額の修理費を補正予算に申請する予定。課金問題について：BT利用料金は原則無料の方向だが、消耗品に関してはユーザー負担となる方向で検討が進んでいる。なお、日経新聞の記事は、一般共同利用とは別枠のプロジェクト的BTを文科省で買い取るための資金について書かれており、現在議論されているBT利用に対する課金問題ではない。

以上、敬称略。なお、報告者の名前がないものはPFスタッフによる。

PF 懇談会拡大運営委員会開催のお知らせ

PF 懇談会庶務幹事 田中雅彦 (KEK・PF)

第18回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムが、2005年1月7～9日に佐賀県鳥栖市の「サンメッセ鳥栖」にて開催されます。この期間中の、初日1月7日(金)15:00～16:00の一時間の予定で、PF懇談会拡大運営委員会を開催する事になりました。「拡大」運営委員

会とすることで、懇談会運営委員だけでなくPFスタッフやPFユーザーが自由に参加できる形式として、スタッフとユーザーの意見交換の機会としたいと考えています。

現在、PFにおいては直線部増強計画が進行しつつあり、その改造のため2005年には半年の停止も予定されています。直線部増強からPFの10年後までを見据えた議論の場としたいと考えておりますので運営委員以外の多くのユーザーの参加をお待ちしております。

日時：2005年1月7日(金)15:00～16:00

場所：サンメッセ鳥栖(佐賀県鳥栖市)

議題(予定)：

- ・PFからの施設報告(直線部、挿入光源BL増強、ビームライン整備等)
- ・将来計画
- ・総合科学技術会議による評価について

第18回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムについては、日本放射光学会ホームページを参照ください(<http://www.jssrr.jp/>)。

PF 懇談会入会の電子化

このたびPF懇談会入会の手続きを電子化しました。PF懇談会ホームページ<http://www.nims.go.jp/xray/pf/>の中の「PF懇談会入会登録」というメニューをクリックしていただけますと、入力フォームがあります。全てに入力して「送信」ボタンを押すことで、入会の申込みは完了します。

質問等がございましたら、事務局(pf-sec@pfqst.kek.jp)までお問い合わせ下さい。

PF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。皆様のご入会をお待ちしています。

平成16年度「放射光利用研究基礎講習会」の報告

PF 懇談会行事幹事 間瀬一彦 (KEK・PF)

PF懇談会主催の平成16年度「放射光利用研究基礎講習会」を9月24日(金)に開催し、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きました。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、SuperSOR利用者懇談会、UVSOR利用者懇談会、兵庫県立大学高度産業科学技術研究所、佐賀県立九州シンクロトン光研究センター、産業技術総合研究所、広島大学放射光科学研究センター、立命

館大学 SR センターにも協賛していただきました。参加費は PF 懇談会会員および KEK メンバーは無料、協賛団体会員 2000 円 (学生 1000 円)、非会員 4000 円 (学生 1000 円) としました。合計 42 名 (講師, 行事幹事, 短時間参加の PF メンバーを含めると 52 名) が参加しました。所属の内訳は大学教官・技術員 7 名, 原研 1 名, 民間 7 名, 学生 23 名, 中性子 1 名, PF13 名です。また, 当日都合のつかない人にはテキストを 1000 円で販売することにしたところ, 4 件の申し込みがありました。

講演は

- ・「放射光源の概要」本田 融 (物構研)
- ・「真空紫外・軟 X 線ビームラインと利用研究」雨宮健太 (東大院理)
- ・「X 線ビームラインとイメージング研究」平野馨一 (物構研)
- ・「放射光利用分光研究」尾嶋正治 (東大院工)
- ・「放射光利用回折・散乱研究」澤 博 (物構研)

の 5 件で, 各講義 75 分でした。また, 講習会後の PF 見学 (40 分) には

- ・X 線ビームラインコース: 十数名
- ・VSX ビームラインコース: 3 名
- ・放射線生物コース: 1 名

が参加しました。

講義, テキストともに大多数の参加者に満足していただけたと思います。今後も定期的に基礎講習会を開催してまいりたいと考えております。最後になりましたが, 充実したテキストをまとめ, わかりやすい講演をしてくださった講師の方々に感謝いたします。また, 準備と受付を引き受けてくださった秘書の皆様に御礼申し上げます。

PF ユーザーグループ代表者会議議事メモ

PF 懇談会庶務幹事 田中雅彦 (KEK・PF)

日時: 2004 年 7 月 28 日 10:00 ~ 12:30

場所: PF 研究棟 2 階会議室

出席者:

ユーザーグループ代表者および代理者

尾嶋正治 (東大・量子ナノ分光), 河内宣之 (東工大・原子分子科学), 桜井浩 (群馬大・コンプトン散乱), 渡邊康 (食総研・酵素回折計測/猪子代理), 百生敦 (東大・位相計測), 竹村謙一 (物材機構・高圧物性), 岸本俊二 (PF・核共鳴散乱/瀬戸代理), 奥平浩司 (千葉大・表面化学), 村上洋一 (東北大・構造物性), 阪東恭子 (産総研・XAFS/島田代理)

PF

河田洋主幹, 野村昌治主幹, 松下正副所長

PF 懇談会会長および幹事

雨宮慶幸会長 (東大・小角散乱/若林代理), 佐々木聡 (東

工大・利用幹事), 高橋敏男 (東大・利用幹事)・斉藤智彦 (東理大・利用幹事・固体分光 I / 藤森代理), 宇佐美徳子 (PF・利用幹事・放射線生物/前沢代理), 佐藤衛 (横浜市大・行事幹事・蛋白構造解析/三木代理), 一國伸之 (千葉大・編集幹事)・桜井健次 (物材機構・広報幹事・X 線反射率), 田中雅彦 (PF・庶務幹事)

欠席されたユーザーグループ代表者

井田隆 (粉末回折), 高桑雄二 (固体分光 II), 中井泉 (蛍光 X 線分析), 上殿明良 (低速陽電子), 山口巖 (医学利用)

1. 雨宮 PF 懇談会会長より PF ユーザーグループ代表者会議の趣旨説明があった。
2. 野村主幹より PF の現状報告があり議論が行われた。

●直線部増強計画

直線部増強計画を実施中であり, 第二世代リングを準第三世代リングへのバージョンアップを図っている。V・SX ~ X までの広いエネルギー範囲をカバーし, ミニポールアンジュレータ (mPU) を活用する。VUV・SX で 5 本 (BL-2, 16, 13, 19, 28) の挿入光源ビームライン, うち BL-28 は高分解能光電子分光ですすでに建設中。デザインレポート作成を行っている。

質疑応答, 議論が行われ, 2005 年 3 月からシャットダウンで大幅な改造作業, その後は長い停止は行わない予定であること, mPU ビームラインとして BL-1, 3, 15, 17 のスクラップアンドビルドを予定していること, が示された。また, ユーザーおよび PF 側の予算の獲得方法, その時期の調整法, 実験ステーションの移動・統廃合の基準, が議論された。

現在, デザインレポートを作成中であるので, 完成後はそれを基に研究会を開催し, 直線部増強計画やミニポールアンジュレータでのサイエンスについて議論する。

●報文数減少について

論文数が日本の放射光施設のみここ数年減少している。PF は論文登録が遅い。積極的に登録してもらえるような方法はないか? との報告があった。

報告を基に議論が行われ, 論文数の統計資料をグループ代表者が持ち帰り各グループで議論することとした。

●PF- ユーザー間のコミュニケーション手段に関する議論 PF としてはインパクトのある研究成果を的確に把握して, 各種広報活動等に活用したい。ユーザー側の情報が現在 PF に伝わり難いようなので, 各ユーザーグループにはユーザーの活動を把握して PF に伝える手段となしてほしい。との要請があり, 方法を議論した。

●ユーザーグループの利点・問題点の個別報告

・量子・ナノ分光 (尾嶋・東大)

固体分光 I, 固体分光 II とよく議論する。BL-28 のリビルドや成果新聞発表に際しても議論を行った。アンジュレーター BL での PEEM の提案を CREST に申請中。

・原子分子化学 (河内・東工大)

現メンバーは, 35 名。物理系, 化学系の両分野からユーザーが参加している。共通の装置という概念が成立しにく

く、各自が独自の装置を持ち込んで実験を行っている。そのため、実験装置を媒介とした、ユーザーグループ内での接点が少ないと感じる。

・コンプトン散乱 (桜井・群馬大)

学会のときミーティング (年2回)。SP8のユーザーとオーバーラップが多いのが特徴。応用材料への展開を検討している。

・固体分光 I (齊藤・東京理科大)

I, IIの違いは内部と表面。実験がアメリカのBLで行われることが多い。BL-28のリビルドで状況が変わると期待している。PF, SP8, HiSORとユーザーが分散している。

・小角散乱 10C (渡辺・食総研)

メイリングリストがあり、PFの情報はBL担当の小林氏から、装置の情報に関しては直接協力ビームラインメンバーに来る。ベテランユーザーが多い。

・位相コントラスト (百生・東大)

20名くらい。1年半前に研究会開催。特定BL, 装置が無い。研究会的なユーザーグループ。名前が悪いので「位相計測」に改名して人数を増やしたい。

・高圧物性 (竹村・物材機構)

30名程度。物理, 化学, 地球科学の分野がある。SP8に移った人が多く人数が減った。PFは旅費が出るのがメリット。

・核共鳴散乱 (岸本・PF)

AR-NE3のユーザー。2年くらい前に立ち上げ20数名。2003年10月に研究会を行いハード, ソフト両面の問題を洗い出し改善すべく努力中。科研費もグループで申請している。会合は少ないがSP8で年一回行っている。

・表面科学 (奥平・千葉大)

20名程度。メイリングリストが不備, コアメンバーとそうでないメンバーが分離している。年一回放射光学会でミーティングを行う。PFスタッフ(間瀬, 北島)とのコンタクトは密にするようにしている。掲示板を作りたい。

・構造物性 (村上・東北大)

以前の磁性グループから引き続き活動。72名。年2回の物理学会のとき, ミーティングを開き, スタッフよりPFの現状報告やPF実験装置のアクセサリ整備など各種議論をしている。3年に一回研究会を開催。PFの構造物性分野は, BLの数に比べてスタッフ数が少ない。

・XAFS (阪東・産総研)

119名。各人の研究におけるツールの一つとして捉えているユーザーが多く, グループ全体がまとまった活動をするのは困難なことが多い。ミーティングは年1回だが, 参加者はあまり多くない。研究内容の情報交換は日本XAFS研究会主催のXAFS討論会(年1回)にて行われている。ARの新XAFSビームラインの建設計画が始動している。ユーザーグループとしてどう関わってゆくか検討中であるが, グループ全体の意見の集約は容易ではない。

・放射線生物 (宇佐美・PF)

学会のとき「放射光利用者の会」を開催。興味を持ってくれる人は居るがユーザーになってくれない。研究会+講

習会を試みてユーザーを増やしたい。

・X線反射率 (桜井・物材機構)

45名。PF・KENS合同研究会を毎年開催。メイリングリスト有り。PFシンポ, 放射光学会のとき集合。特定BLが無い。mPUビームラインを作りたい。デザインレポートを作成し, 科研費も申請。

・蛋白構造解析 (佐藤・横浜市大)

SP8と非常に大きくオーバーラップ。科研費などの会合が年2から3回。阪大タンパク研での会合年1回。論文が減っているのはSP8への移行のためか?

・小角散乱 /15A (雨宮・東大)

BL-15A協力ビームラインで何とか運営している。PF内部スタッフが居ない。

・PFより

PF研究会を是非活用してほしい。年5から6回の研究会を行える準備がある。2004年7月のPACでも, 放射線生物, XAFS (ARの新BLを議論), 粉末回折が認められた。

●直線部増強後のPF将来計画

直線部増強後の計画はPF内部で検討中である。ERLは2002年に検討したがまだまだ技術的問題が多い。またXはERLでよいがVはFELが必要など意識の違いがある。とPF側より報告があり議論を行った。

次はSP8に比較して大きな飛躍をするように目指すべきである。この予算困難な状況ではPF直線部増強に賛成であり, Vユーザーの立場ではFELに賛成。直線部増強後のPF将来計画に関してはPF懇談会利用幹事4名で議論している。KEK(高エネルギー)の計画として, リニアコライダーやスーパーKEKBがあるので放射光コミュニティとして, はっきりとした将来計画のイメージを持つことが必要。次の飛躍を検討して宣言しなければならない, などの意見が出た。

3. 講習会について

懇談会主催のPF講習会について資料をもとに説明があった。間瀬行事幹事, 佐藤幹事の担当で実施する。

4. 各種シンポジウムについて

PFシンポ, 合同シンポ, 実行委員会に佐藤幹事が入っている。企画があったら要望を伝えてほしい。



放射光セミナー

題目：Watching proteins function with 150-picosecond time-resolved X-ray crystallography
 講師：Dr. Philip A. Anfinrud (Laboratory of Chemical Physics/NIDDK, National Institutes of Health, USA)
 日時：2004年9月6日(月) 13:30～14:30

題目：8の字アンジュレータ
 講師：田中隆次氏 (SPring-8, 理化学研究所X線超放射物理学研究室)
 日時：2004年9月22日(水) 13:30～14:30

題目：SPring-8・BL27SU軟X線光化学ビームライン建設
 講師：大橋治彦氏 ((財)高輝度光科学研究センター ビームライン技術部門)
 日時：2004年9月22日(水) 15:10～16:10

題目：「分子軌道トモグラフィー」～高強度超短パルスレーザーによる気相分子の動的イメージング～
 講師：板谷治郎氏 (科学技術振興機構 腰原非平衡ダイナミクスプロジェクト 研究員)
 日時：2004年9月27日(月) 14:00～15:00

題目：Effect of light irradiation on ferromagnetism and photoinduced spin dynamics in III-V-based ferromagnetic semiconductors
 講師：大岩 颯氏 (科学技術振興機構 さきがけ 専任研究員)
 日時：2004年10月22日(金) 14:00～15:00

題目：新しい構造解析手法
 講師：坂田 誠氏 (名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻)
 日時：2004年10月29日(金) 14:00～16:00

題目：Diffraction physics with polarized x-rays:Recent developments and current challenges
 講師：Dr. C. Detlefs (European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble)
 日時：2004年11月4日(木) 10:00～11:00

物構研セミナー

題目：The recent research progress of ions self-irradiation effects and related phase transformations in nanostructures
 講師：Prof. Zhu Zhiyuan (中国科学院上海応用物理学研究所 副所長)
 日時：2004年8月3日(火) 16:00～17:00

題目：中性子光学
 講師：清水裕彦氏 (理化学研究所イメージ情報研究ユニットリーダー)
 日時：2004年10月13日(水) 13:30～16:00

題目：Revealing the Nature of Double Band Superconductivity in MgB₂ with Neutrons
 講師：Dr. Robert Cubitt (ILL, France)
 日時：2004年10月20日(水) 13:30～14:30

題目：Observation of quantum interference arising from a superposition of macroscopically distinct tunneling states for protons in the KHCO crystal from 14 to 300 K
 講師：Dr. F. Fillaux (LADIR-CNRS, rue H. Dunant, 94320 Thiais, France.)
 日時：2004年12月7日(火) 10:00～

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

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、下記の方々のご登録いただかなくても自動的に送付されます。

1) PF 懇談会会員

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

2) 共同利用実験課題責任者

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

3) 図書館や図書室等

これまで通り寄贈いたします。

4) 物構研運営会議委員、放射光共同利用実験課題審査委員

委員任期中は PF ニュースを送付致します。

5) 加速器奨励会役員・評議員・賛助会員

これまで通り加速器奨励会事務局より送付致します。

6) PF にメールボックスをお持ちの方

これまで通りメールボックスに配布致します。

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 ニュースホームページをご覧ください。

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

暑い夏が過ぎ、落ち着いて研究に打ち込める季節になりました。今年の夏は記録的な猛暑で、発生した台風の数も多かったようです。8月の終わりに発生した16, 17号台風の影響で、楽しみにしていた旅行を取りやめるはめになりました。

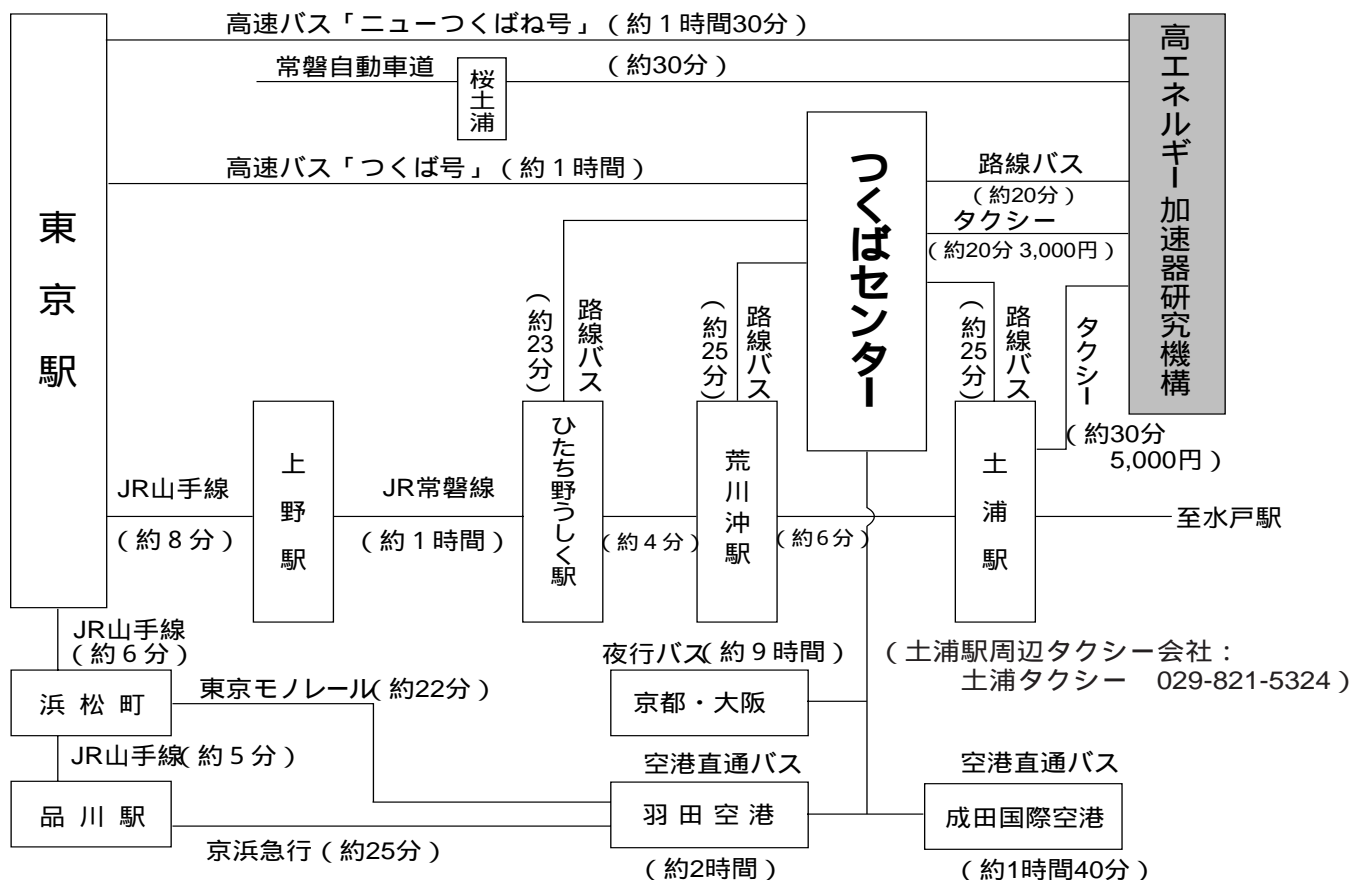
私が KEK に入出入りするようになってから、すでに20年が経ちました。その間、いくつかのグループを渡り歩きました。今回 PF ニュースの編集委員をやらせていただいて、あらためて KEK が日本における研究活動の重要拠点となっていることを感じています。今後の更なる発展に期待したいと思います。(Y.N.)

編集委員会の末席に2年間座らせていただきました。何もかもが初めてで頓珍漢な事もやったかもと赤面の至りです。編集会議を通して編集委員長や事務局を初めとするスタッフの方々により多大な労力が払われている事を実感いたしました。これまで何気なく眺めていた表紙や記事が1つ1つ丁寧に取られ抜かれていく様子を見ながら、もう少しちゃんと記事を読まなくてはと痛感いたしました。近々、長期のシャットダウンもあり、PF ニュースの情報発信源としての役割は大きいと思います。私はお役には立てなかったのですが、編集委員会に参加できて色々な面で大変勉強になりました。(K.H.)

委員長	一國伸之	千葉大学工学部	
副委員長	澤 博	物質構造科学研究所	
委員	東 善郎	物質構造科学研究所	上田和浩 (株) 日立製作所日立研究所
	小野寛太	物質構造科学研究所	川崎政人 物質構造科学研究所
	富田憲一	物質構造科学研究所	中島伸夫 広島大学大学院理学研究科
	長嶋泰之	東京理科大学理学部	永田宏次 東京大学大学院農学生命科学研究科
	中辻 寛	東京大学物性研	原 一広 九州大学大学院工学研究院
	宮内洋司	物質構造科学研究所	綿岡 勲 信州大学繊維学部
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：大曽根タクシー029-864-0301) (確認日：2004. 10. 16)

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

高速バス時刻表 [ニューつくばね号]

所要時間 約1時間30分 2002年10月15日改正
 運賃 東京駅 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) : 1,470円 (5枚綴り回数券 6,100円)

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

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

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

高速バス発車時刻表 [つくば号]

2004年7月1日改正

運賃 東京駅 つくばセンター：1250円（5枚綴り回数券5200円）
 ミッドナイトつくば号 東京駅 つくばセンター：2000円（回数券は使用不可）
 所要時間 東京 つくば65分 つくば 上野90分（平日） つくば 東京110分（平日）
 つくば 東京80分（日祝日）

東京駅八重洲南口 つくばセンター行		
時	平日・土曜	日 祝 日
6	00 30	00 30
7	00 10 20 40 50	00 20 40
8	00 10 20 30 40	00 10 30 40
9	00 10 20 30 40	00 10 30 40
10	00 10 30 40	00 10 30 40
11	00 10 20 30 40	00 10 30 40
12	00 10 30 40	00 10 30 40
13	00 10 30 40	00 10 30 40
14	00 10 30 40	00 10 30 40
15	00 10 30 40	00 10 20 30 40 50
16	00 10 30 40 50	00 10 20 30 40 50
17	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
18	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
19	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
20	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
21	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
22	00 10 20 30 40 50	00 10 20 30 40 50
23	00 50	00 50
24	30	30

つくばセンター 東京駅日本橋口行		
時	平日・土曜	日 祝 日
4	40	40
5	00 20 40	00 20 40
6	00 12 24 36 48	00 15 30 45
7	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
8	00 12 24 36 48	00 10 20 30 40 50
9	00 12 24 36 48	00 10 20 30 40 50
10	00 12 24 36 48	00 10 20 30 40 50
11	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
12	00 15 30 45	00 12 24 36 48
13	00 15 30 45	00 12 24 36 48
14	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
15	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
16	00 12 24 36 48	00 12 24 36 48
17	00 10 20 30 40 50	00 12 24 36 48
18	00 10 20 30 40 50	00 15 30 45
19	00 12 24 36 48	00 15 30 45
20	00 12 24 36 48	00 15 30 45
21	00 15 30 50	00 15 30 50
22	10 30	10 30

上りは、平日のみ上野駅経由

上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目、千現一丁目、並木一丁目、並木大橋

ミッドナイトつくば号の乗車券は当日発売。乗車券発売所：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）

JR常磐線 (土浦駅発着) (問い合わせ先：土浦駅 029-822-9822) (2004年3月13日改定)

所要時間 土浦駅 - 上野駅 (普) 約70～80分 [1,110円] (快) 約60分 (特) 約50分 [1,110円 + 950円(特急料金)]
 (運賃) 土浦駅 - 荒川沖駅 約6分 [190円] 土浦駅 - ひたち野うしく駅 約10分 [190円]

JR常磐線上り					
土浦発	上野着	種別	土浦発	上野着	種別
5:20	6:28		9:44	10:28	特
5:45	6:54		9:58	11:08	
6:06	7:06	特	10:10	11:24	
6:09	7:20		10:21	11:04	特
6:24	7:41		10:28	11:41	
6:31	7:28	特	10:36	11:50	
6:41	7:59		10:47	12:08	特
6:45	7:57		11:07	12:22	
6:50	7:52	快	11:21	12:04	特
6:58	8:11		11:27	12:40	
7:02	8:04	快	11:37	12:53	
7:03	8:18		11:48	13:09	特
7:08	8:17		11:54	12:34	特
7:12	8:23		12:07	13:25	
7:15	8:22		12:16	13:31	
7:20	8:33		12:21	13:04	特
7:24	8:36		12:33	13:49	
7:29	8:40		12:48	14:09	
7:34	8:43		13:07	14:22	
7:35	8:53		13:21	14:04	特
7:45	8:46	快	13:26	14:42	
7:45	8:52		13:35	14:50	特
7:59	8:55	特	13:49	15:01	
8:04	9:17		14:07	15:21	
8:19	9:10	特	14:21	15:04	特
8:26	9:40		14:26	15:40	
8:34	9:25	特	14:48	16:01	
8:52	10:07		15:07	16:20	特
9:09	9:59	特	15:21	16:05	特
9:12	10:20		15:24	16:33	
9:28	10:40		15:35	16:53	特
9:35	10:50		15:48	17:02	
9:38	10:50		15:53	16:35	特

JR常磐線下り					
上野発	土浦着	種別	上野発	土浦着	種別
5:10	6:14		11:16	12:28	
6:03	7:13		11:30	12:12	特
6:30	7:36		11:33	12:50	
6:46	7:57		11:50	13:01	
7:00	7:40	特	12:03	13:20	
7:02	8:09		12:16	13:28	
7:30	8:17	特	12:30	13:14	特
7:35	8:42		12:33	13:47	
7:49	9:00		12:50	14:01	
8:00	8:50	特	13:03	14:19	
8:07	9:14		13:16	14:29	
8:12	9:27		13:30	14:14	特
8:14	9:27		13:33	14:50	
8:20	9:36		13:50	15:01	
8:30	9:21	特	14:03	15:09	
8:32	9:40		14:16	15:28	
8:36	9:41		14:30	15:15	特
8:42	9:56		14:33	15:47	
8:45	9:56		14:50	16:02	
8:48	10:04		15:03	16:18	
9:02	10:10		15:16	16:28	
9:10	10:23		15:30	16:13	特
9:13	10:25		15:33	16:45	
9:25	10:44		15:50	17:02	
9:30	10:16	特	16:16	17:28	
9:49	11:02		16:30	17:13	特
10:03	11:19		16:38	17:49	
10:16	11:28		16:50	18:01	
10:30	11:13	特	17:11	18:23	
10:33	11:46		17:30	18:13	特
10:50	12:01		17:33	18:45	
11:03	12:19		17:48	19:01	

土・休日運休 土・休日運転
 特 特急 快 通勤快速 (荒川沖駅, ひたち野うしく駅には止まりません。)
 (土浦駅23:25発の「我孫子行き」を利用すると、取手駅または我孫子駅乗り換えて上野駅に24:36到着。)

つくばセンター KEK間

2004年7月16日改正

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

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

(×は土曜・休日運休、 は土曜・休日運転)

土浦駅 つくばセンター

(2003年3月16日改正)

所要時間 約25分 (特急バス 土浦 つくばセンター約15分 つくばセンター 土浦約20分)
 運賃 510円 つくばセンター乗り場3番
 の時刻表にも土浦駅 つくばセンター間の(18系統)が掲載されていますので、ご参照下さい。

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

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

ひたち野うしく駅 つくばセンター

(2003年7月16日改正)

所要時間 約23分 運賃 500円 (発時刻のみ)

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

ひたち野うしく駅 つくばセンター(直行バス)

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

(凡例)

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

夜行バス

よかっぺ関西号〔水戸・つくば 京都・大阪〕

運行時刻表

2001年12月19日改定

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

料金表 (大人)

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

乗車券

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

空港直通バス

羽田空港 つくばセンター

1999年6月1日開業

所要時間：約2時間 (但し、渋滞すると3時間以上かかることもあります。)

運賃：1,800円

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

平日日祝日とも上記時刻表

羽田空港乗り場：1階到着ロビーバス乗り場12番

上下便、つくば市内でのバス停：竹園二丁目、千現一丁目、並木一丁目、並木大橋

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

成田空港 つくばセンター (土浦駅東口行)

(AIRPORT LINER NATTS)

1999年12月16日改正

所要時間：約1時間40分 運賃：2,540円

乗車券購入方法：

成田空港行：予約制。1カ月前から予約受付。乗車券は3日前までに購入。

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

つくばセンター方面土浦駅東口行：成田空港 1F 京成カウンターにて当日販売

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

平日日祝日とも上記時刻表

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

つくば市内宿泊施設

(確認日: 2004. 10. 28) 料金は全て税込。



アーバンホテル
<http://www.urbanhotel.co.jp/uhotel.html>
 TEL(029)877-0001 6,825円~
 (6/1新館オープン 38部屋 うち12部屋は喫煙可 7,875円~)

にいはり旅館
 TEL(029)864-2225 3,885円~

トレモントホテル
 TEL(029)851-8711 7,854円~

筑波研修センター
 TEL(029)851-5152 3,600円~

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

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

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

ホテルニューたかはし竹園店
 TEL(029)851-2255 5,775円~

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

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)

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)

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

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~

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

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)

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

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

KEK内福利厚生施設

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

図書室（研究本館1階 内線3029）

開室時間：月～金 9:00～17:00

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

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

保健室（医務室）（内線 5600）

勤務時間中に発生した傷病に対して、応急処置を行うことができます。健康相談も行っていますので、希望者は事前に保健室へ申し込んでください。

場 所 管理棟 1 階

開室時間 8:30～17:15（月曜日～金曜日）

食 堂「カフェテリア」（内線 2986）

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:10～9:30

昼食 11:30～13:30

夕食 17:00～19:00

レストラン「くらんべりい」（内線 2987）

場 所 職員会館 1 階

営 業 月曜日～金曜日

ただし祝日及び年末年始は休業

朝食 8:00～9:30（オーダーストップ 9:15）

昼食 11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

夕食 17:00～20:30（オーダーストップ 20:00）

昼の弁当配達サービス

月曜日～金曜日及び営業している土曜日

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

＊ ＊ 土曜日の食事 ＊ ＊

上記の食堂とレストランが隔週交替で営業して

います。朝食 8:00～9:30（オーダーストップ 9:15）

昼食 11:30～13:30（オーダーストップ 13:15）

軽食コーナー（Do Do Cafe）（内線 2195）

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

場 所 国際交流センター

営 業 月～金 8:00～20:00

ただし祝日及び年末年始は休業

・モーニングタイム 8:00～11:00

・ランチタイム 11:00～14:00

・ナイトタイム 17:00～20:00

理容室（内線 3638）

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

場 所 職員会館 1 階

営 業 月～金 9:00～17:00

第二、第四土曜日 9:00～17:00

ただし祝日及び年末年始は休業

予約受付 9:00～16:30

料 金 カット 2,200 円

売 店（内線 3907）

日用品、雑貨、弁当、牛乳、パン、菓子類、タバコ、切手等を販売しています。また、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、ご注意下さい。

- ・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：9:30（平日・休日とも）

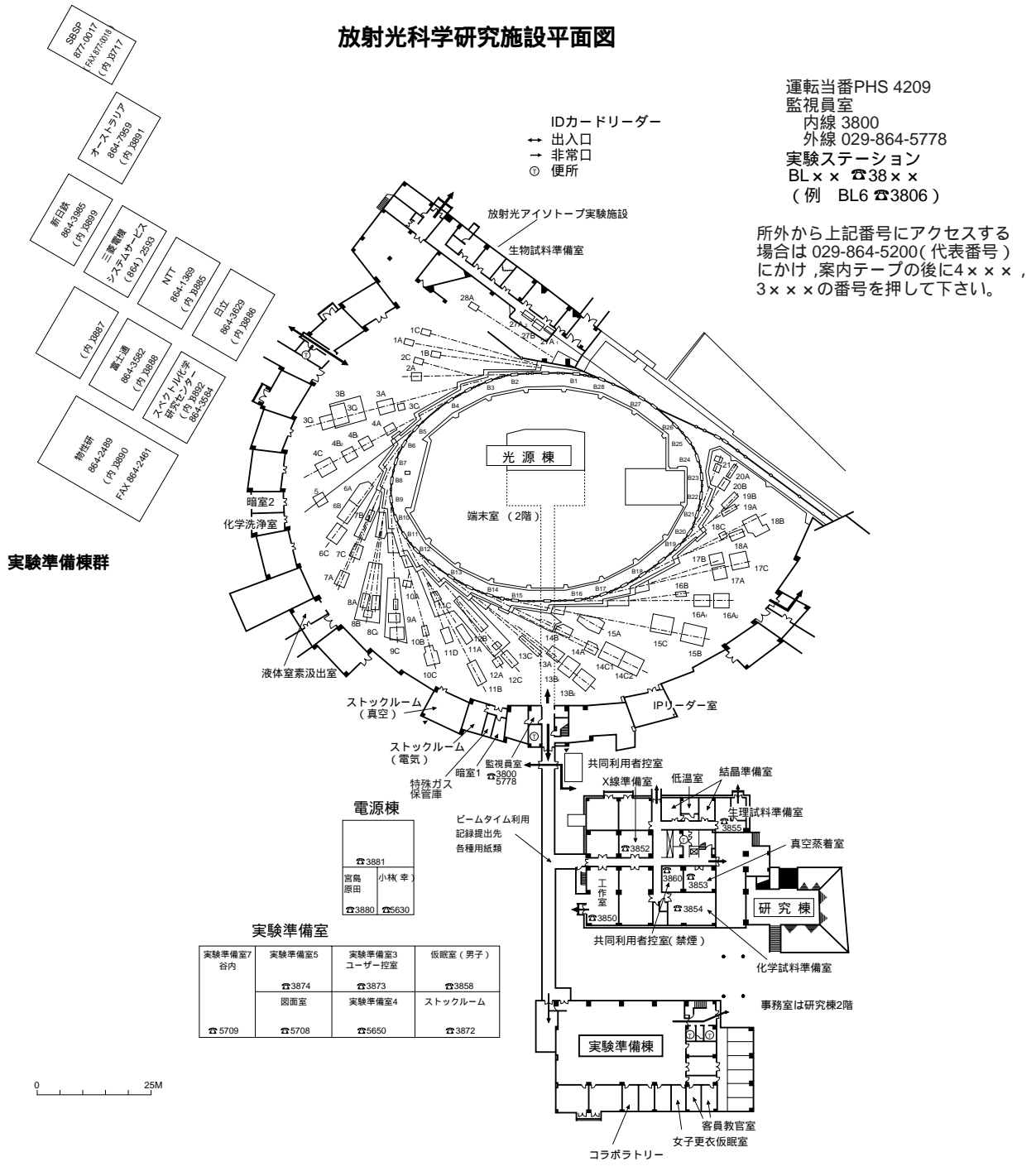
ドミトリー、ユーザーズオフィスについては、KEK ホームページ「施設案内」(<http://www.kek.jp/intra-j/map/annai/uoffice.html>) をご覧ください。

ビームライン担当一覧表 (2004. 11. 1)

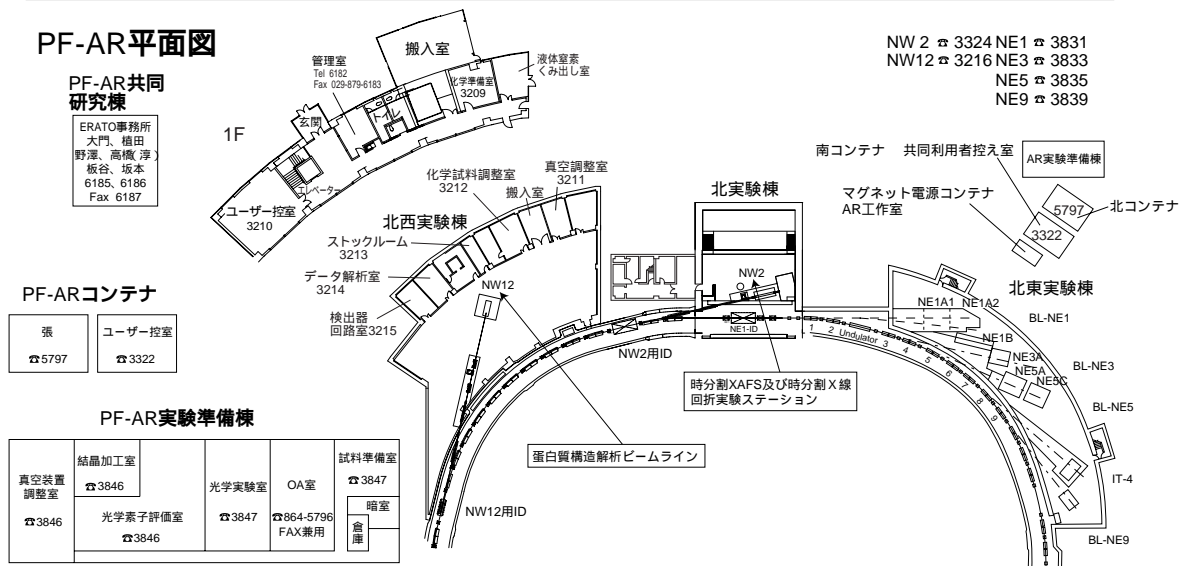
ビームライン ステーション	形態	光源	BL担当者	
		ステーション/実験装置名 (共同利用, 建設/立ち上げ中, 所外, 協力BL)	担当者	担当者 (所外)
BL-1		B M	小野	
BL-1A		結晶分光型六軸回折・極限条件下ワイセンベルグカメラ	澤	
BL-1B		極限条件下粉末X線回折装置	澤	
BL-1C		VUV不等間隔平面回折格子分光器	小野	
BL-2		U	北島	
BL-2A		軟X線 2 結晶分光ステーション	北島	
BL-2C		軟 X 線不等間隔平面回折格子分光器	柳下	
BL-3		B M	東	
BL-3A		収束単色 X 線回折/散乱実験ステーション	田中	
BL-3B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

BL-13	MPW / U	間瀬
BL-13A	レーザー加熱超高压実験ステーション	亀卦川
BL-13B1	XAFS測定装置	亀卦川
BL-13B2	白色・単色X線ステーション	亀卦川
BL-13C	軟X線50m-CGM分光器	間瀬 島田（産総研）
BL-14	VW	岸本
BL-14A	単結晶構造解析・検出器開発ステーション	岸本
BL-14B	精密X線回折実験ステーション	平野
BL-14C1	白色・単色X線ステーション	兵藤
BL-14C2	高温・高压実験ステーション	亀卦川
BL-15	BM	平野
BL-15A	X線小角散乱ステーション	加藤 若林（阪大）
BL-15B1	高速X線トポグラフィ・X線磁気散乱	杉山
BL-15B2	表面X線回折実験ステーション	杉山
BL-15C	精密X線回折ステーション	平野
BL-16	MPW / U	澤
BL-16A1	白色・単色多目的強力X線実験ステーション	若林
BL-16A2	結晶分光型六軸回折計	若林
BL-16B	VUV高分解能球面回折格子分光器(H-SGM)	足立（純）
BL-17（富士通）	BM	飯田（淡路：富士通 029-864-3582）
BL-17A	単色X線/六軸回折計	飯田 淡路（富士通）
BL-17B	白色VUVステーション	飯田 淡路（富士通）
BL-17C	白色・単色X線/表面回折/蛍光X線	飯田 淡路（富士通）
BL-18	BM	柳下（木下：東大物性研 029-864-2489）
BL-18A （東大・物性研）	表面・界面光電子分光実験ステーション	柳下 木下（東大物性研）
BL-18B	タンパク質結晶構造解析ステーション	五十嵐
BL-18C	超高压下粉末X線回折計	亀卦川
BL-19（東大・物性研）	U	柳下（木下：東大物性研 029-864-2489）
BL-19A	スピン偏極光電子分光実験ステーション	柳下 木下（東大物性研）
BL-19B	分光実験ステーション	柳下 辛（東大物性研）
BL-20	BM	伊藤
BL-20A	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	大隅 G. Foran(Australia) 029-864-7959
BL-27	BM	小林（克）
BL-27A	放射性試料用軟X線実験ステーション	小林（克）
BL-27B	放射性試料用X線実験ステーション	宇佐美
BL-28	EPU	小野
BL-28A	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	軟X線10m縦分散斜入射分光器	小出
AR-NE3	U	張
AR-NE3	時間域メスバウアー分光装置	張
AR-NE5	BM	兵藤
AR-NE5A	医学診断用2次元撮像装置	兵藤
AR-NE5C	高温高压実験ステーション/MAX80	亀卦川 草場（東北大金研）
AR-NW2	U	足立（伸）
AR-NW2	時分割XAFS及び時分割X線回折実験ステーション	足立（伸）
AR-NW12	U	松垣
AR-NW12	タンパク質結晶構造解析ステーション	松垣

放射光科学研究施設平面図

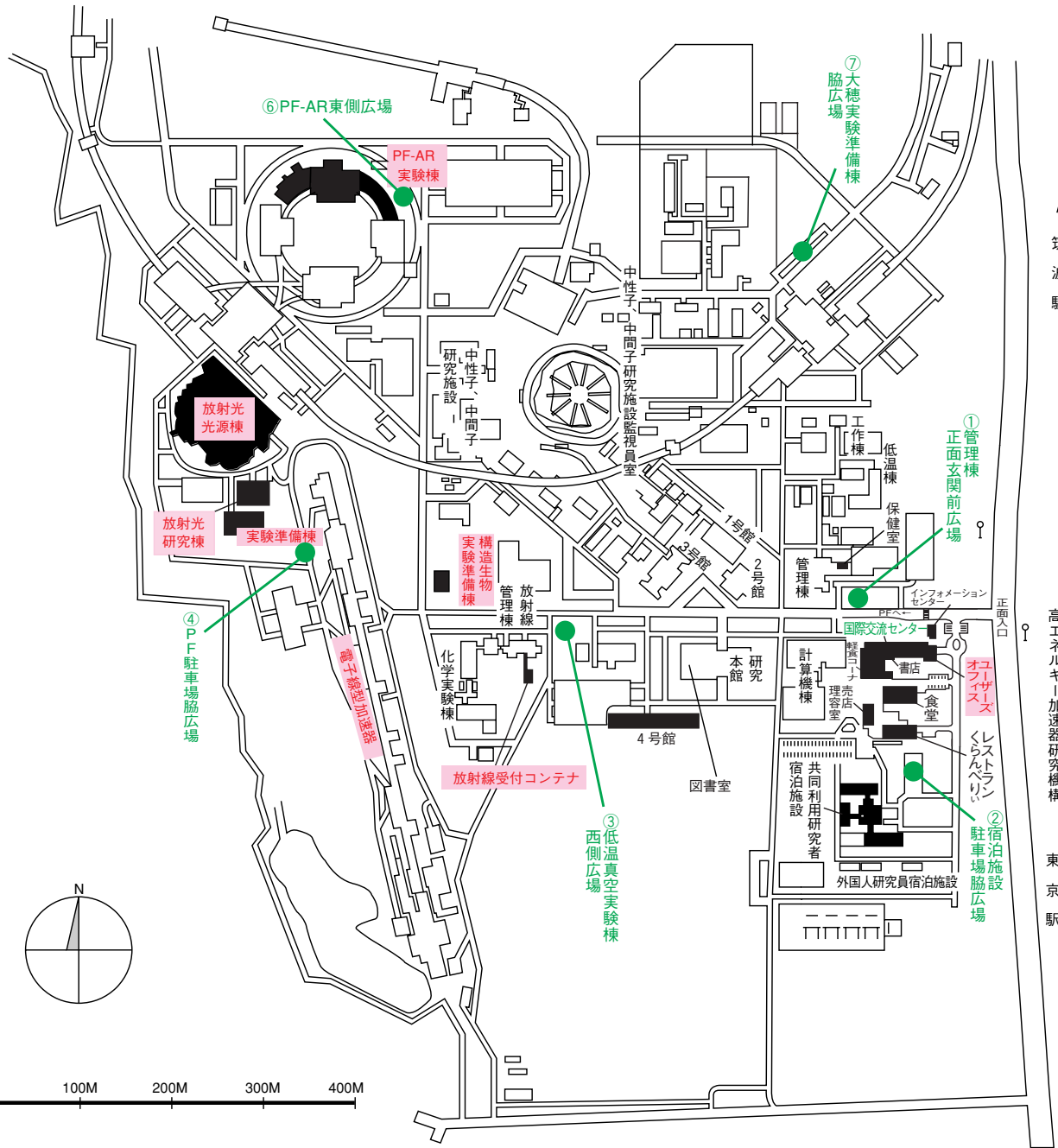


PF-AR平面図



高エネルギー加速器研究機構平面図

(物質構造科学研究所 放射光科学研究施設関係分)



● 緊急時避難場所
Emergency Assembly Area

