

## 第14回 APS-ESRF-SPring-8 三極ミーティング報告

独立行政法人理化学研究所 放射光科学総合研究センター  
 ビームライン基盤研究部 香村 芳樹  
 公益財団法人高輝度光科学研究センター 加速器部門  
 早乙女 光一  
 公益財団法人高輝度光科学研究センター 制御・情報部門  
 大端 通  
 公益財団法人高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
 藤原 明比古

## 1. はじめに

三極ワークショップは、第一回が ESRF で開かれてから、一年半おきに、欧州 (ESRF)、米国 (APS)、日本 (SPring-8) の三極をめぐる、持ち回りで開かれている。第12回が SPring-8 で開催された際、PETRA-III が招待され、それ以降は、欧州から2施設が参加する形となっている。この度、2013年8月1日から8月2日にかけて、第14回三極ワークショップが、米国 APS で開催された。また、本会議に先立ち、サテライトワークショップとして Optics ワークショップ (7月30日から7月31日)、Detector ワークショップ (7月31日)、User Services ワークショップ (7月31日) が開かれた。

初日午前の Opening Plenary セッションは、通常の三極ワークショップ同様に、Directors Reports で始まった。今回は、Opening Plenary セッションに、Facility Upgrades and Future Plans が盛り込まれた。Upgrade 計画は、施設ごとにロードマップが示され、今後の展開を期待させる内容であった。

初日午後と2日目午前は、4セッション (A、B、C、D) からなり、初日午後にセッション A (Accelerators and Sources) とセッション B (Automation and Control, Data Handling and Management) のパラレルセッション、2日目午前にセッション C (Advanced Beamline Design) とセッション D (Industrial Outreach) のパラレルセッションが開催された。最後に APS のスタッフによって、ワークショップのサマリー報告がなされ、discussion の後、次回のホスト施設である SPring-8 の石川哲也より、2015年3月頃の開催の決意表明、参加歓迎

の意が表明された。以下、三極ワークショップにおける発表内容を報告する。

## 2. Opening Plenary セッションの報告

Opening Plenary セッションでは、4施設の Director による Directors Reports と、4施設の研究者による Facility Upgrades and Future Plans の発表がなされた。以下、それぞれの施設ごとに発表の概要を報告する。

ESRF については、Francesco Sette (Director) が、グルノーブル・サイトでの研究活動の現状と、施設の運転状況ならびに Upgrade プランについて報告した。Upgrade プランに関しては、Phase I (2009-2015) で8本の新しい BL 立ち上げと、7本の BL のリニューアルを行い、続く Phase II (2015-2020) で蓄積リングを刷新して光源性能を大幅に改善し、4本の BL の Upgrade も行うというものである。Phase I の一環として、実験ホールの拡張 (EX2) が既に行われた。拡張された実験ホールでは、 $\pm 0.5$  度の温度安定性が達成されているとの報告があった。Phase I プランの詳細については BL の性能向上などを中心に、Harald Reichert が報告した。

SPring-8 については、石川哲也 (Director) が、西播磨サイトでの研究活動の現状と、施設の運転状況ならびに Upgrade プランについて報告した。前回の三極 WS からの進展として、2.4 nmrad のエミッタンスでマシンが運転できるようになったこと、XBST (Xfel to Synchrotron Beam Transport) が完成したこと、蓄積リングの冷却システムを刷新する予定で、これによって消費電力が

3/4倍に低減されることなどの発表を行った。また、SPring-8 II 計画のデザインと R&D を 2012 年から 2015 年にかけて行っているなどの報告があった。SPring-8 II 計画については、田中 均が詳細を報告し、現状の SPring-8 のエミッタンス 2.7 nrad から 100 pmrad 以下を目指して設計が進められているとの発表を行った。5 つのポリシー (1. 電磁石による偏向角を減少させる、2. 電子ビームのエネルギーを減少させる、3. dipole 磁場の最適化、4. Damping を増大させる、5. Damping partition 数制御) に基づいて設計が進んでいるが、基本となるデザインを 2014 年夏までに完成させる予定であるとの報告があった。

APS については、Brian Stephenson (Director) が、アルゴンヌ・サイトでの研究活動の現状と、施設の運転状況ならびに Upgrade プランについて報告した。APS-U (Upgrade) で、300 倍のフラックス、20 meV のエネルギー分解能の非弾性 X 線散乱実験を目指しているとの発表を行った。また、プロトタイプの超電導アンジュレータの開発に成功し、蓄積リングに設置して利用実験を開始したとの報告があった。George Srajer が、APS の Upgrade では、9 本の新しい BL 立ち上げと、6 本の BL のリニューアルを行い、5 本は場所を変更する予定であるとの発表を行った。さらに次のステップとして、Multi-bend Achromat magnet lattice によって、回折限界光源を目指す計画も進めているとの報告があった。

PETRA-III については、Edgar Weckert (Director) が、ハンブルグ・サイトでの研究活動の現状と、施設の運転状況ならびに Upgrade プランについて報告した。Doris II が 2012 年 10 月にシャットダウンし、その研究活動の内の一部が PETRA-III に引き継がれているようである。Wolfgang Drube が、PETRA-III では Upgrade を 2015 年夏 (Phase I)、2015 年秋 (Phase II) までに行うとの発表を行った。Upgrade 計画には、現在放射光利用に供されているリング建屋の北側と東側部分の拡張や、XAFS BL の建設などが含まれ、スウェーデン、インド、ロシアの BL などが新設の建屋に入るとの報告があり、プロポーザル方法などについて質問があった。

### 3. Parallel セッション報告

#### セッション A “Accelerators and Sources”

このセッションでは加速器と挿入光源に関する報

告が ESRF、APS、SPring-8、PETRA- III の各施設から 2 件ずつ、合計 8 件あった。

SPring-8 からは早乙女光一と備前輝彦が報告を行った。早乙女は、昨年 12 月に導入した高電流シングルバンチ (5 mA) を含んだ H モードフィリングの紹介と、今年 5 月よりユーザー運転に適用されている低エミッタンス (2.4 nrad) オプティクスの報告を行った。新オプティクスによって放射光の輝度とフラックス密度が向上したが、2000 年に行われた長直線部の改造から現在に至るまで、電子ビームの安定性を損なわないように、いかに蓄積リングのラティスアップグレードを実施してきたかという点に焦点を当てて報告した。また備前は、SPring-8 におけるクライオアンジュレータの開発状況について、セル 34 直線部に設置したプロトタイプ機をとりあげて、磁場特性の温度依存性や低温状態での磁場測定、磁石架台の変形などについて詳細に報告した。また蓄積ビームを用いた試験結果についても、実際の入熱や真空度のデータを示しながら議論した。

ESRF の報告は、2015 年から 2019 年にかけて計画されている Phase II アップグレードに関してであった。この計画は、蓄積リングの大幅な改造を 1 年間で行い、電子ビームのエミッタンスを現在の 4 nrad から 0.15 nrad に低減させて放射光輝度と空間コヒーレンスを飛躍的に高めようというものである。加速器の改造計画全般 (Pantaleo Raimondi) と、電磁石の設計と挿入光源の検討 (Joel Chavanne) について報告があった。周回電子ビームの安定領域を確保しつつ極低エミッタンスを実現させるという難しい問題を、色収差補正のための 6 極電磁石配置の工夫と効果的なエネルギー分散部の確保、機能複合型および進行方向に曲率を変化させた偏向電磁石の導入などにより解決している。一部、強い磁場勾配を持った電磁石が必要となるが、既存の技術で対応できるとのことである。挿入光源は、基本的にはそのまま利用できるが、誤差磁場に対する許容値が厳しくなるため、補正の必要性を検討している。また短周期、狭ギャップのクライオアンジュレータの R&D も行っている。

ESRF が提案したラティス設計概念のいくつかは、そのメリット・デメリットを考慮して最新の SPring-8 次期計画案にも反映されているのだが (Plenary セッションでの田中の報告)、APS からもこの ESRF のラティス案をベースにした極低

エミッタンスリングの設計例がいくつか示された (Michael Borland)。しかし エネルギー 6 GeV で 0.08 ~ 0.06 nrad のエミッタンスを持つ APS のラティス案では、ビームの安定領域が + (1 ~ 2) mm 程度しかなく、ESRF に比べてラティス設計の最適化がまだ不十分との印象を受けた。安定領域が狭いため通常の off-axis 入射 (継ぎ足し入射) ができず、電子ビームをバンチごとに入れ替える on-axis swap-out 入射を検討している。また周長 1.5 km で 0.02 nrad というラティス案も示されてはいたが、いずれも検討の初期段階で、入射器も含めた具体的な加速器要素の設計など、課題が残されている。また APS での最近の話題として、超伝導アンジュレータの試験機 (周期長 16 mm、磁石長 330 mm) が昨年 12 月に蓄積リングに設置され、100 keV 領域の放射光を使った実験などに利用されて成果が出ているとの報告があった (Yury Ivanyushenkov)。

PETRA-III では、昨年 12 月まで陽電子を蓄積して放射光を供給していたが、ビームのまわりに集積する電子雲の効果で垂直エミッタンスがブローアップするなどの影響が観測され、フィリングパターンや蓄積電流値が制限されていた。今年 1 月からは電子を蓄積するようにしたが、今度はイオンによるビーム不安定性が観測された。現在、これらの不安定性発生メカニズムを解明しようと努力している。また、通常 6 GeV で運転している蓄積リングを 3 GeV で試験的に運転した結果も報告された。設計エミッタンスは 1 nrad から 0.16 nrad まで下がるが、実際にはバンチ内電子-電子散乱の影響で、例えばバンチ電流値 0.1 mA のエミッタンスは 0.31 nrad とほぼ 2 倍になった (Rainer Wanzenberg)。挿入光源に関しては、いくつかのアンジュレータで放射線による永久磁石列へのダメージが観測されている、との報告があった (Markus Tischer)。放射光スペクトルに劣化が見られ、実際に磁場分布を測定してみると、部分的に最大 2% 程度の減磁が見られた。放射線モニターも設置しているが、整合性のある一貫した説明が、まだできていないそうである。この他、2014 年に予定されている拡張計画 (PETRA-III Extension) のためのアンジュレータやダンピングウィグラー (周期長 0.2 m、ピーク磁場 1.5 T、全長 40 m) が紹介された。

セッション B “Automation and Control, Data Handling and Management”

7 件の発表が行われた。2 件はタンパク質結晶解析 (MX) ビームラインの自動化に関する発表で、5 件がデータ収集およびデータ管理に関する発表であった。各施設とも、実験計測の自動化による効率化やデータ管理の枠組みの構築が、成果創出を最大化するために必要不可欠ととらえていた。

ESRF の Daniele D. Sanctis から、MX ビームラインの自動化のため、MAX IV、BESSY、SOLEIL など共同開発で、実験計測システムの共通化を図っているとの報告がなされた。現在も、制御フレームワーク、ビームライン、計測機器の種別によらず、リモート実験に対応した MX 実験計測用ソフトウェアの開発を進めているとのことであった。APS の Mark Hilgart は、実験計測から解析までを一元的に取り扱う仕組みとして「JBlulce MX Experiment Workflow」の開発、サンプルのセンタリング機能の高速化などの、現在の開発状況を示した。

データ収集およびデータ管理に関する全ての発表で、新世代の検出器の普及や、計測システムの自動化により、取り扱うデータ量が膨大になったため、データの管理機構の構築が重要であるとの指摘があった。具体的な対応策として、APS の Nicholas Schwars は、1 ヶ月あたり平均で 112 TByte 生成されるデータを効率的に処理するために、アルゴンヌ国立研究所を中心に開発を進めている広域分散計算機資源 (グリッドコンピューティング) Globus を利用し、データ収集から解析まで行う手続きの規格化を提案した。ESRF の Alejandro Homs-Puron は、FPGA、10GbE、PCI Expressなどを共通基盤として、RASHPA という大容量データを円滑に取り扱うためのフレームワークを構築し、データ処理のスループットを向上させることを目指していた。これらの発表のように、基盤技術の共通化について活発な意見交換がなされた。PETRA-III の Thorsten Kracht は、ヨーロッパを中心に進められている共同研究プロジェクトである PaN-DATA (Photon and Neutron data initiative) や PNI-HDRI (High Data Rate Processing and Analysis Initiative for Photon, Neutron and Ion) の共通データフォーマットとして「NeXus Scientific Data Format」を採用するという発表を行った。時間の都合で総合討論が行われなかったが、セッション後の情報交換によれば、各施設とも膨大なデータの取り扱いについ

て継続的に議論が行われており、試行錯誤が続いているそうである。

#### セッション C “Advanced Beamline Design”

8件の発表が行われた。3件は非弾性X線散乱ビームラインの新設や、アップグレードに関する発表で、2件がX線集光に関する発表だった。PETRA-IIIを除く三極の大型放射光施設から、非弾性X線散乱ビームラインの発表が盛り込まれ、大規模な投資がなされている現状が示された。この研究分野が、近未来の三極の科学研究の目玉と考えられている様子が浮かび上がった。

非弾性X線散乱ビームラインについて、APSのT. Gogが、APSで2本目の非弾性X線散乱ビームラインの検討を進めているという発表を行った。5～20 meVのエネルギー分解能と、5ミクロン×5ミクロンの集光スポットサイズを目標にしている。また、ESRFのK. Martelは、ESRFの非弾性X線散乱ビームラインでは、曲率半径が1 mのアナライザー結晶12個によって、5～20 meVのエネルギー分解能が達成されたという発表を行った。検出器としては、ピクセルサイズ55ミクロン、視野14 mm×14 mmのMaxipix Detectorを使用している。SPring-8のA. Baronは、SPring-8の非弾性X線散乱ビームラインBL43XUで、曲率半径10 mで、Si(11, 11, 11)面を用いたアナライザー結晶を24個導入することによって、約1.25 meVのエネルギー分解能が達成できたという発表を行った。3本の5 m長、最小ギャップが5.3 mmのアンジュレータをインストールしたという報告を行った。SPring-8が最先端を歩んでいると言える。

X線集光に関係した話題として、SPring-8の湯本博勝は、SPring-8の8本のビームラインで50 nm集光が達成され、SACLAのステーションでも1ミクロン集光が達成されたという発表を行った。SPring-8のビームラインで3.5時間の間の集光点のドリフトを調べた所、水平方向±50 nm、垂直方向±75 nmの安定性が維持されたという報告はインパクトが大きく、多数の質問が寄せられた。PETRA-IIIのG. Falkenbergは、P06というビームラインで、高速走査による三次元蛍光X線顕微鏡研究が進められているという発表を行った。MAIA検出器という検出器を使うという内容だった。tomographic ptychography法研究なども実施していきたいという報告をした。

その他の話題を列挙する。APSのR. Reiningerが、2～70ピコ秒分解能で時分割測定を行うビームライン設計について発表を行った。時間スライスをするためスリットを用いるという報告だった。ESRFのR. Barrettは、ESRFのUpgradeに伴うビーム輝度や、コヒーレンスの向上に対応するため、安定度の高い汎用定盤の設計を行っているという発表を行った。3段の大理石を重ねて用い、粗動のティルトステージを1段目、精密回転ステージを2段目、チェンバーを3段目の大理石に載せる構成となっており、安定度が高い定盤が実現されると述べた。PETRA-IIIのA. Meentsは、生命科学用に、ナノ回折、X線回折顕微鏡、ptychography法研究を実施するためのビームライン開発を行っているという発表を行った。4 keVのX線の利用を考え、ダイヤモンドの射出窓を用意しており、 $8 \times 10^{12}$  photons/s程度のフラックスを期待している。2015年初めに実験開始を想定している。

#### セッション D “Industrial Outreach”

6件の発表と総合討論があった。講演では、産業利用促進への取り組み方、事例について報告があった。各施設の置かれている環境、状況により課題は異なり、報告内容はさまざまであった。最後の総合討論では共通の課題について議論がなされた。

産業利用促進の取り組み方は、4施設で大きく異なることが分かった。ESRFのEd Mitchellは、産業界からの利用を促進するためCALIPSO、GIANT、NanoElecなどのパートナーシップ、コンソーシアムを形成している様子を紹介した。Hermann Franzは、PETRA-IIIにおいて、基礎的な部分から技術移転までの階層的な組織づくりが計画されていること、また、行政の支援を検討していることを報告した。SPring-8の高田昌樹は、行政や施設主導のもと、利用ニーズの高い研究・開発分野に注目し、企業戦略にとって放射光利用が要となるようなコンソーシアム形成を行った成果を示した。APSのJyotsana Lalは、Collaborative Access Team (CAT)が産業利用の推進や支援を、地道に行っている様子を報告した。

事例としては、放射光散乱実験による様々な産業分野の課題解決 (Randy Winans, APS)、X線回折イメージングによる材料評価 (Tamzin Lafford, ESRF)、放射光散乱実験とシミュレーションの協奏によるタイヤの開発 (Masaki Takata, SPring-8)

などが報告された。APS と ESRF では、産業利用における創薬研究の利用の割合が非常に高い特徴が報告された。この傾向は研究分野による特徴ではなく、実験の自動化、解析手法のルーチン化など、利用技術の簡便さによる所が大きいことに由来する。今後の産業利用全般に通じる課題であろう。

セッション最後には総合討論の時間が設けられ、産業界研究者によるアクセスの向上、研究者の教育、成果の評価方法について議論がなされた。どの施設においても関心が高いテーマであったため、多くの質疑応答があった。今後、情報共有と活発な意見交換の場を作るため、3極ワークショップでサテライト会議を開催するという提案がなされた。

#### 4. 最後に

初日8月1日の会議終了後、Art Institute of Chicago でバンケットが行われた。APS からバスで移動し、美術館では、数々の名画をガイドによる解説付きで観賞し、文化的交流も図った。その後、一面のガラス窓に広がる個性的なビル群からのまばゆい夜景を楽しみながら、他施設からの参加者と意見交換の時間を過ごした。大型放射光施設からの参加者のみによる焦点を絞ったワークショップを通して、フォーカスしたトピックスに関する情報交換ができ、他の会議では得られない有益な時間を過ごした。次回開催地は SPring-8 と決定した。次回を楽しみにしていると言った他施設からの参加者の期待を裏切らない、実りある会議にしたい。

**Friday August 1, 2013**

#### **OPENING PLENARY SESSION**

#### **Facility Directors' reports, facility upgrades, and future plans**

- 8:30 Welcome  
*Brian Stephenson, APS Director*
- 8:35 Session Chair  
*Rod Gerig*
- 8:40 Director's Report  
*Francesco Sette, Director General (ESRF)*
- 9:10 Director's Report  
*Tetsuya Ishikawa, Director of RIKEN Harima Institute (SPring-8)*
- 9:40 Director's Report  
*Brian Stephenson, Director (APS)*

- 10:10 Director's Report  
*Edgar Weckert, Director, Photon Sciences (DESY)*

- 10:40 Coffee Break

#### **Facility upgrades and future plans**

- 11:00 Welcome by Chair  
*Denny Mills*
- 11:05 ESRF  
*Harald Reichert*
- 11:25 PETRA-III  
*Wolfgang Drube*
- 11:50 APS  
*George Srajer*
- 12:15 SPring-8  
*Hitoshi Tanaka*

- 12:40 Lunch

#### **Parallel Session A - Accelerators and Sources**

- 13:45 Welcome by Chair  
*Alexander Kling*
- 13:45 APS Superconducting Undulator  
*Yury Ivanyushenkov*
- 14:05 Possible Ultra-low-emittance Lattice for the APS  
*Michael Borland*
- 14:25 ESRF Phase 2 Upgrade Progress Report  
*Pantaleo Raimondi*
- 14:45 Lower Emittance Optics and Storage Ring Beam Performance  
*Kouichi Soutome*
- 15:05 Coffee Break
- 15:30 Magnets for Ultra-small Emittance at the ESRF  
*Joel Chavanne*
- 15:50 Development of Cryogenic Permanent Magnet Undulator at SPring-8  
*Teruhiko Bizen*
- 16:10 Observation of Collective Effects during Positron and Electron Operation at PETRA-III  
*Rainer Wanzenberg*
- 16:30 Undulators at PETRA-III: Experience and Perspectives  
*Markus Tischer*
- 16:50 Closing

**Parallel Session B - Automation and control, data handling and management**

- 13:45 Welcome by Chair  
*Bauke Dijkstra*
- 13:45 Data Management and Automation at the APS  
*Nicholas Schwarz*
- 14:05 Automation on MX Beamlines at the ESRF  
*Daniele De Sanctis*
- 14:25 Automation of GM/CA MX Beamlines at the APS  
*Mark Hilgart*
- 14:45 SPring-8 Experimental Data Repository  
*Toru Ohata*
- 15:05 Coffee Break
- 15:30 Data Acquisition with Imaging Detectors at the ESRF  
*Alejandro Homs*
- 15:50 Experiment Control at PETRA-III  
*Thorsten Kracht*
- 16:10 Data Management and Data Processing at PETRA-III  
*Andre Rothkirch*
- 16:30 OPEN
- 16:50 Closing
- 17:00 Buses Depart for Chicago
- 18:00 Reception, Guided "Highlights Tour" of the Art Institute and Banquet
- 22:00 Buses Depart for APS

**Friday August 2, 2013**

**Parallel Session C - Advanced Beamline Design**

- 9:00 Welcome by Chair  
*Edgar Weckert*
- 9:00 Optical Design of the Picosecond Beamlines for the APS Upgrade  
*Rubin Reininger*
- 9:20 Generic Solutions for ESRF Beamlines  
*Raymond Barrett*
- 9:40 The New Resonant Inelastic X-ray Scattering (RIXS) Beamline at the APS  
*Thomas Gog*
- 10:00 K-B optics development at SPring-8: Spectroscopic analysis and protein crystallography beamlines  
*Hirokatsu Yumoto*
- 10:20 Coffee Break

- 10:50 Scanning Hard X-ray Microscopy at Beamline P06  
*Gerald Falkenberg*
- 11:10 Design of the Upgrade Beamline UPBL6: Inelastic X-ray Scattering  
*Keith Martel*
- 11:30 Commissioning of a High-flux Beamline for Non-resonant Inelastic X-ray Scattering  
*Alfred Baron*
- 11:50 Beamline P11 at PETRA-III: A Versatile Instrument for Structural Investigations of Biological Samples  
*Alke Meents*
- 12:10 Lunch

**Parallel Session D - Industrial Outreach**

- 9:00 Welcome by Chair  
*Akihiko Fujiwara*
- 9:00 Use of X-ray Scattering to Elucidate Industrial Problems in the Energy, Polymer, and Medical Fields  
*Randy Winans*
- 9:20 ESRF Open for Business: Status, Challenges, and Opportunities  
*Ed Mitchell*
- 9:40 Industry Today at the APS  
*Jyotsana Lal*
- 10:00 Industrial Outreach at PETRA-III  
*Hermann Franz*
- 10:20 Coffee Break
- 10:50 Shaping the Future of the SR Applications by the Industry-Academia Alliance  
*Masaki Takata*
- 11:10 ESRF Techniques to Solve Industrial Problems  
*Tamzin Lafford*
- 11:30 OPEN
- 11:50 Discussion led by *Jyotsana Lal*
- 12:10 Lunch

**CLOSING**

**PLENARY SESSION**

**Plenary Session - wrap up**

- 13:20 Opening Remarks  
*Brian Stephenson, APS Director*
- 13:25 Optics Workshop Report  
*Lahsen Assoufid*

- 13:35 Detectors Workshop Report  
*Nino Micelli*
- 13:45 User Office Workshop Report  
*Susan Strasser*
- 13:55 Parallel Session A Report  
*Louis Emery*
- 14:05 Parallel Session B Report  
*Bob Fischetti*
- 14:15 Parallel Session C Report  
*Dean Haeffner*
- 14:25 Parallel Session D Report  
*Jyotsana Lal*
- 14:35 Group Picture on APS front steps  
Coffee Break
- 15:15 Facility Tour
- 16:15 Discussion: Opportunities for Collaborations  
*Brian Stephenson, APS Director*
- 16:30 Closing Remarks  
*Brian Stephenson & Director of next Three-way Meeting host facility*
- 16:45 Closing of the Three-Way Meeting

香村 芳樹 KOHMURA Yoshiki

(独)理化学研究所 放射光科学総合研究センター  
ビームライン基盤研究部  
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-3839  
e-mail : kohmura@spring8.or.jp

早乙女 光一 SOUTOME Kouichi

(公財)高輝度光科学研究センター 加速器部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0851  
e-mail : soutome@spring8.or.jp

大端 通 OHATA Toru

(公財)高輝度光科学研究センター 制御・情報部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-0844  
e-mail : ohata@spring8.or.jp

藤原 明比古 FUJIWARA Akihiko

(公財)高輝度光科学研究センター 利用研究促進部門  
〒679-5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1-1-1  
TEL : 0791-58-2750  
e-mail : fujiwara@spring8.or.jp