

## 第12回ESRF-APS-SPring-8三極ワークショップ (3WM2010) 報告

財団法人高輝度光科学研究センター  
利用研究促進部門 櫻井 吉晴

第12回ESRF-APS-SPring-8三極ワークショップ(3WM2010)が、4月13日～14日の2日間、春雨の中、SPring-8で開催された。前日には、“Three-way X-ray Optics Workshop”と“User Office Meeting”が3WM2010のサテライトとして開催された。三極ワークショップは、ESRF、APS、SPring-8の代表者が1～2年毎に集い、施設間の共通のテーマについて議論・情報交換を行う場である。今回の大きな特徴は、昨年運転を開始したPETRA がオブザーバーとして参加したことであり、参加者はESRF 13名、APS 19名、PETRA 6名、SPring-8から138名と多くの聴衆が参加したワークショップとなった。また、今回はサイエンティフィック・プログラムだけではなく三極ワークショップおよび大型放射光施設の運営方針についても話し合うことができた価値あるワークショップであった。

3WM2010の前日には、3施設の幹部が集まりエグゼクティブ・ミーティングが開催され、今後の三極ワークショップの運営について話し合われた。議事のひとつは、PETRA に代表されるように、今後三極の放射光施設に比肩する新しい施設ができた場合、如何に対応すべきかという点であった。その結果、新しい施設を受け入れることはESRF、APS、SPring-8が構成する国際的枠組みを今後も活動的かつ継続的に発展させる上で極めて重要との結論に達した。PETRA に関しては、PETRA が望む限りにおいて喜んで三極の枠組みに迎えたいとの結論に至った。また、SPring-8の石川理研播磨研究所長と白川JASRI理事長より、Sette ESRF所長とGibson APS所長に対して昨年の事業仕分け以降SPring-8が直面した諸般の問題について説明がされ、今日に至るまでの両施設からのサポートに対するお礼と今後のさらなるサポートの依頼がなされた。最後に、次回の三極ワークショップに関しては、

Sette所長の申し出により、2011年秋に予定されているアップグレード計画のためのシャットダウン期にESRFで開催されることが決まった。

### <会議内容>

3WM2010の主題は「高度化計画・将来計画」と「放射光利用研究を牽引するサイエンスと技術」であった。後者に関しては、Accelerator/Light Source、Detector/Data Handling、Nanofocusing/Imaging & Time-resolved、Industrial Applications/Energy and Environmentのテーマについてパラレル・セッションの場で議論された。セッション構成や講演者等については文末に掲載したプログラムをご覧ください。

3WM2010は石川所長、白川理事長、そして来賓として参加いただいた高谷浩樹量子放射線研究推進室長(文部科学省)の開会の挨拶でスタートした。高谷室長は挨拶の中でグリーン・サイエンスとライフ・サイエンスの推進を国策として重要視していることが紹介されたが、これに呼応するように“Energy and Environment”のパラレル・セッションが今回のワークショップでは用意されていた。開会の挨拶に続き、“2. Facility Status Report/Research Highlights”ではAPS、ESRF、SPring-8の現状、“3. New Light Source”ではPETRA の概要、また“4. Future Plan and Upgrade”では各施設の高度化と将来計画が報告された。

以下に、PETRA を含め各施設の現状と高度化・将来計画についてまとめる。

### <ESRF>

三極の施設のなかで最も早く運転を開始したESRFは、パープルブック(SCIENCE AND TECHNOLOGY PROGRAMME 2008-2017)に明記さ

れた放射光サイエンスの将来展望と高度化戦略に沿って、施設の高度化を進めている。パープルブックでは高度化をリードするサイエンス・テーマとして、

- (1) Nanoscience and Nanotechnology
- (2) Structural and Functional Biology and Soft Matter
- (3) Pump-and-Probe Experiments and Time-Resolved Science
- (4) Science at Extreme Conditions
- (5) X-ray Imaging

を掲げている。現在、第1フェーズ(2009-2015)の高度化計画が実行に移され、以下の8つの最新鋭ビームラインの新設に向けて高度化作業が行われている。

- (1) UPBL1: Diffraction imaging for nano analysis
- (2) UPBL2: High energy beamline for buried interface structures and materials processing
- (3) UPBL4: Nano-imaging and nano-analysis
- (4) UPBL6: Inelastic hard X-ray scattering for electronic spectroscopy
- (5) UPBL7: Soft X-rays for magnetic and electronic spectroscopy
- (6) UPBL9A/9B: Time-resolved ultra small angle X-ray scattering/Pump-probe and time resolved experiments
- (7) UPBL10: Massively automated sample selection integrated facility for macromolecular crystallography
- (8) UPBL11: Time resolved and extreme conditions X-ray absorption spectroscopy

また、ナノ集光関係の長尺ビームラインを収納するために、実験ホールの一部において外側への拡張工事が進められている。加速器の高度化項目として、半導体RFアンプの開発、300 mA運転の実現、ビーム位置モニター、トップアップ運転、クライオ・アンジュレータ、長尺アンジュレータの導入などが挙げられている。ビームライン光学系や実験ステーションの高度化開発として、Real Materials Under Real Conditionsの測定を実現する検出器、ソフトウェアなどの要素技術やナノ集光技術などが項目として挙げられている。

ESRFのユーザー運転に関する近年の統計として、年間約2000件のプロポーザル、7000人のユーザーがあり、1700件の実験が行われ、1600編の査読付

き論文を発表している。ESRFではサイエンス・パートナーシップの強化に力を入れ、材料科学、ソフトマター、高磁場などの極端条件の分野でオピニオンリーダー的役割を果たす研究機関との協力体制を整えている。また、Sette所長のもと組織の改編があり、“Instrumentation Services and Development Division”などの新部門が設置された。

< APS >

Hard X-ray Scienceを戦略として掲げるArgonne National Laboratoryのもと、APSでは現在60本のビームラインが稼働している。蛋白質構造解析に力を入れ、継続的経済成長に資するグリーンエネルギー関連サイエンス(バッテリー、ガス吸蔵、タービン材料の研究等)を推進している。ビームライン数、スタッフ数とも増加傾向にあり、APSはESRF、SPRING-8、PETRAの後塵を拝すことはしないとの意気込みである。ユーザー運転の統計として、年間3537人のユーザーがAPSを利用し、1185編の査読付き論文を発表している。経済刺激策と高度化R&Dのため施設運営費は増加し、ユーザーもエネルギーサイエンスを推進するAPRA-Eプログラムによる研究資金面での恩恵を受けているとの報告であった。

APSの高度化のドライバーはBESACレポート“Directing Matter and Energy: Five Challenges for Science and the Imagination”に記述されている。同レポートではエネルギー関連の基礎科学における今後の重要課題として以下の5つの問いかけを設定している。

- (1) How do we control materials processes at the level of electrons?
- (2) How do we design and perfect atom- and energy-efficient syntheses of revolutionary new forms of matters with tailored properties?
- (3) How do remarkable properties of matter emerge from complex correlations of the atomic or electronic constituents and how we control these properties?
- (4) How can we master energy and information on the nanoscale to create new technologies with capabilities rivaling those of living things?
- (5) How do we characterize and control matter away - especially very far away - from

equilibrium?

このBESACレポートのもと、APSは高度化の指針として、

- (1) Mastering Hierarchical Structures through Imaging
- (2) Real Materials under Real Conditions in Real Time

の2つを掲げている。

技術的なゴールとして、1 psecの時間分解能、25 keV以上の硬X線のナノ集光をあげ、25 keV以上の硬X線を用いたイメージング、散乱、スペクトロスコピー技術の高度化と重点化されたサイエンスへの応用を目指す。高度化の実施にあたっては、ユーザー実験への影響を最小限にとどめ、高度化の恩恵は全てのビームラインにおける全てのサイエンスにあることを目標としている。具体的には、超伝導アンジュレータ技術、ピコ秒技術、RFの省力化などを高度化項目としている。また、これらの高度化計画はより大きな施設高度化計画の一部であり、DOEの指導のもと、XFEL-Oなどの新型光源の可能性も検討している。

< SPring-8 >

SPring-8からは新しいビームライン (BL33XU豊田、BL07LSU東京大学放射光アウトステーション物質科学、BL03XUフロンティアソフトマター開発産学連合) と計画中のビームライン (BL28XU京都大学革新型蓄電池先端基礎科学、BL32XU理研ターゲットタンパク、BL43LXU理研量子ナノダイナミクス) の紹介があった。トッパアップ運転も蓄積電流変動幅0.03%と非常に安定した運転を実現し、産業利用ユーザーは全体の約20%に達している。

SPring-8キャンパスでの将来計画として、SPring-8 の計画概要が報告された。現在の案では、100 keVまでの硬X線領域をカバーする蓄積エネルギー6 GeV以下の超低エミッタンスリングへの改修である。応用研究の一例として、ピコ秒の時間分解能でのポンプ・プローブ実験分野の開拓を目指す。蓄積リングについては挿入光源ビームラインの位置は動かさず、約1年間の停止期間を想定し、2019年に改修実施を目指す。SPring-8 蓄積リングの完成後には、2012年に運転を開始するXFELとの協同的実験が可能になり、SPring-8 とXFELのX線ビーム衝突点において、XFEL-pump and SR-probeな

どの前例の無い実験が可能になり、超非平衡下のサイエンスなどの展開が期待される。

< PETRA >

“3. NEW LIGHT SOURCE” では、オブザーバーとして参加したPETRA の紹介が行われた。PETRA は DESY ( Deutsches Elektronen-Synchrotron ) 研究所の放射光施設で、HERAの前段加速器として利用されていた円型加速器を、ダンピング・ウィグラーを導入することで低エミッタンスを実現した新しい第3世代放射光施設である。DESY研究所には、現在、PETRA のほかに円型放射光施設DORIS 、VUV自由電子レーザー施設FLASHを有し、年間5500時間の運転をしている。さらに近い将来European XFEL施設も加わり、放射光サイエンスの分野で注目されている研究所のひとつである。また、新しい実験ビームラインを建設するFLASH 計画も進行している。さて、PETRA

であるが、周長2304 mのリングの一部に放射光利用専用の建屋を建設し、その建屋に14本のビームラインを建設する。蓄積エネルギーは6 GeV、電流は100 mAでトッパアップ運転を行う。2010年6月までコミッショニングを行い、14本中8本のビームラインは2010年末までにユーザー運転に入る。さらに別の建屋を建設しその中に10本のビームラインを建設することも予定されている。この追加10本のビームラインが完成された暁には、DORIS はシャットダウンするとのことである。

初日の午後後半と2日目の午前にはパラレル・セッションが設けられ、4テーマについて議論された。

< Accelerator/Light Source >

“ Accelerator/Light Source ” では、ビーム安定化技術、蓄積電流の増大化とこれに関連する問題点、高出力RF技術、エミッタンスの向上、挿入光源用長直線部の長尺化とその有効利用、高エネルギー用アンジュレータ、挿入光源磁石のアライメント技術について議論された。Real Materials under Real Conditionsの実験で必要とされる高強度の硬X線アンジュレータとして、クライオジェニック真空封止アンジュレータ、NbTiを用いた超伝導アンジュレータが議論された。また、電力にかかる費用はESRFで全運営費の5%、APSで10%、SPring-8で20%とかなりの割合を占めており、消費電力の低減

は今後の大きな課題であることが報告された。

#### < Detector/Data Handling >

“Detector/Data Handling”では放射光実験で不可欠なX線検出器と増大化を続けるデータ量の問題について議論された。商業ベースで入手可能なX線検出器や測定機器などを共通品としてプールする試み、イメージ検出器からのデータ転送の高速化、フラットパネル検出器の蛋白質構造解析測定への応用が報告された。検出器のR&Dとしては、高速硬X線用CCD、超伝導センサーが議論された。また、DESYでの検出器開発に関する報告があった。PETRA では、当面、用途に合った検出器を購入するとしながらも、将来に向けて、Ge、GaAs、CdTeなどの高エネルギーX線検出器、高速イメージング・タイミング検出器、FLASH用pnCCD検出器、European XFEL用の検出器の開発を進めている。Data handlingとソフトウェア開発では、大量データの取り扱いに対する共通データフォーマット、CT再構成のソフトウェアが議論された。

#### < Nanofocusing/Imaging, Time-resolved >

“Nanofocusing/Imaging, Time-resolved”では三極の放射光施設で力を入れている利用推進テーマについて議論された。これらの測定に関連する光学系、光源、放射線損傷、検出器などの研究開発や将来展望が討論された。本セッションの主題は、X線回折イメージングやピコ秒以下の時分割実験に代表されるように、XFELの利用や蓄積リングの高度化を押し進める重要なテーマであり、今後継続的に情報交

換を進めるべき領域のひとつである。また、ナノ集光応用では電子顕微鏡がライバルとなるが、電子顕微鏡は空間分解能の点で勝り、放射光はより広い空間領域で現れる複雑系の観察に勝るという認識が示された。

#### < Industrial Applications/Energy & Environment >

“Industrial Applications/Energy & Environment”では、現在と近未来において、放射光利用研究を牽引する産業分野での利用とエネルギー・環境関連分野での利用について議論された。短期間で研究結果の創出が求められる産業利用と地球規模での課題解決を目指すエネルギー・環境関連の利用研究について、現状と将来展望が報告された。これらの研究には、多くの放射光実験手法が用いられており、将来的には、高分解能化測定、in-situ測定、時分割測定が重要になり、未開拓の領域への利用の拡張が重要になる。実験技術の向上と実験ステーションの整備とともに、関連するコミュニティーとの良好な関係の構築や研究成果を効率的に創出するためのテーマ設定プロセスなど、マネジメントの重要性が示された。

パラレル・セッションの後は、サテライト・ワークショップ報告、パラレル・セッション報告、そして全体討論と続いた。三極ワークショップは、施設者に限定された大型放射光施設のワークショップという特徴をもつ。施設者として、施設のあるべき姿、持つべき観点等について、各施設の取り組み、特色等を紹介しながら討論が行われ、最後は、大野JASRI専務理事の閉会の挨拶で幕を閉じた。



The 12th APS, ESRF, SPring-8 Workshop 12-14 April 2010, SPring-8, Japan

前回のAPSで開催された三極ワークショップ(2008年3月18日~19日)の時点では、各施設の高度化計画は案の状態であった。あれから2年、先行するESRFの高度化計画は実行に移された。高度化というコーナーを回ったESRFがアクセル全開で加速するのはそう遠くないと思われる。ESRF、SPring-8、PETRAの後塵を拝せずのAPSも高度化案の実行に向け準備万端整っている。一方で、三極の施設と同等あるいはそれ以上の光源性能が期待されるPETRAの本格的ユーザー運転開始も近い。SPring-8キャンパスでは2012年にXFELの供用が開始され新たな研究領域が拓かれると期待されるが、SPring-8蓄積リングの大掛かりな高度化改修は2019年まで待たなければならない。それまでの期間、高度化されたESRF、APS、そしてPETRA、また3WM2010では話題に上らなかった中型放射光施設を相手に、SPring-8は硬X線を利用した放射光サイエンス分野でどのように競争するのか、ユーザーと施設で知恵を絞る必要があることを切に感じたワークショップであった。

## 第12回 三極ワークショップ プログラム

【4月13日(火)】

### 1. OPENING (09:00 - 09:15)

*Chair: H. Ohno / SPring-8*

- 9:00 1.1 Opening Address  
T. Ishikawa / Director,  
RIKEN Harima Inst. / SPring-8
- 1.2 Opening Address  
T. Shirakawa / President, JASRI / SPring-8
- 1.3 Address by Guest of Honour  
H. Takaya / Director,  
Ministry of Education, Culture, Sports,  
Science and Technology JAPAN

### 2. FACILITY STATUS REPORT/RESEARCH HIGHLIGHTS (09:15 - 10:45)

*Chair: T. Ishikawa / SPring-8*

- 9:15 2.1 Update on the Advanced Photon Source  
J. M. Gibson / APS

- 9:45 2.2 Status/Highlights of ESRF  
F. Sette / ESRF
- 10:15 2.3 Status of SPring-8  
H. Ohno / SPring-8  
Science Highlights & Activities at SPring-8  
M. Takata / SPring-8

Coffee Break (10:45 - 11:00)

### 3. NEW LIGHT SOURCE (11:00 - 11:30)

*Chair: F. Sette / ESRF*

- 11:00 3.1 News and Highlights from DESY  
E. Weckert / PETRA
- 3.2 DESY's High Brilliance Light Source  
H. Franz / PETRA

Workshop Photo (11:30 - 11:40)

Lunch (11:40 - 13:00)

### 4. FUTURE PLAN and UPGRADE (13:00 - 14:15)

*Chair: J. M. Gibson / APS*

- 13:00 4.1 The APS Upgrade  
D. Mills / APS
- 13:25 4.2 The Upgrade of the ESRF  
H. Reichert / ESRF
- 13:50 4.3 The SPring-8 Upgrade toward SPring-8  
T. Ishikawa / SPring-8

Coffee Break (14:15 - 14:30)

### 5. PARALLEL SESSIONS (14:30 - 17:50)

#### 5A. Accelerator/Light Source

*Chair: P. Elleaume / ESRF*

- 14:30 5A.1 APS Beam Stability Improvements and Plans  
G. Decker / APS
- 14:50 5A.2 ESRF Accelerator and Source Status  
P. Elleaume / ESRF
- 15:10 5A.3 Accelerator Developments in SPring-8  
K. Soutome / SPring-8

Short Break (15:30-15:40)

- 15:40 5A.4 RF Developments at the ESRF(Jörn Jacob)  
P. Elleaume / ESRF

16:00 5A.5 Diagnostic Developments at the ESRF Storage Ring

K. Scheidt / ESRF

16:20 5A.6 Undulator Development and Commissioning for PETRA

M. Tischer / PETRA

Short Break (16:40-16:50)

16:50 5A.7 Superconducting Undulator Development at the APS

Y. Ivanyushenkov / APS

17:10 5A.8 Status of Undulator Development at SPring-8

T. Tanaka / SPring-8

17:30 5A.9 Discussion

#### 5B. Detector/Data handling

*Chair: H. Reichert / ESRF*

14:30 5B.1 Detector Development at APS

A. Miceli / APS

14:50 5B.2 High Throughput Data Transfer from Imaging Detectors

A. Homs / ESRF

15:10 5B.3 Protein Crystallography Using a CMOS Flat Panel Detector

K. Hasegawa / SPring-8

Short Break (15:30-15:40)

15:40 5B.4 Detector Developments at DESY

H. Graafsma / PETRA

16:00 5B.5 Data Handling and Software Development in APS

P. Jemian / APS

16:20 5B.6 Challenges in Data Storage, Curation and Formats

R. Dimper / ESRF

Short Break (16:40-16:50)

16:50 5B.7 Software for CT Reconstruction and Basic 3-D Analysis

K. Uesugi / SPring-8

17:10 5B.8 Discussion

【4月14日(水)】

#### **6. MINI-TOPIC (an ad-hoc session): Liquid Nitrogen Pumps (8:45 - 9:45)**

*Chair: P. Jemian / APS*

#### **7. PARALLEL SESSIONS (9:45 - 12:20)**

##### 7A. Nanofocusing/Imaging, Time-resolved

*Chair: M. Takata / SPring-8*

9:45 7A.1 Nanofocusing and Imaging at the Advanced Photon Source

C. Jacobsen / APS

10:05 7A.2 High Resolution Imaging Detectors

T. Martin / ESRF

10:25 7A.3 X-ray Diffraction Imaging at SPring-8

C. Song / SPring-8

Coffee Break (10:45-11:00)

11:00 7A.4 Time-resolved Experiments at the Advanced Photon Source

L. Young / APS

11:20 7A.5 NanoFOX & Nano-Engineering: 2 aspects of the ESRF Nanotechnology Platform

R. Barret / ESRF

11:40 7A.6 Determination of the Electrostrictive Coefficient of a ferroelectric thin film by nano-second time-resolved diffraction and electric polarization measurement

O. Sakata / SPring-8

12:00 7A.7 Discussion

##### 7B. Industrial Applications/Energy and Environment

*Chair: D. Mills / APS*

9:45 7B.1 Industrial Utilization at the Advanced Photon Source

P. Chupas / APS

10:05 7B.2 Industrial Application in SPring-8 "HAX-PES Application to LSI"

I. Hirosawa / SPring-8

10:25 7B.3 Industrial Applications at the Advanced Photon Source: Imaging and Diffraction

G. Srajer / APS

Coffee Break (10:45-11:00)

11:00 7B.4 Research in Energy and Environment at the ESRF

H. Reichert / ESRF

11:20 7B.5 Energy and Environmental Studies in SPring-8

T. Uruga / SPring-8

11:40 7B.6 Discussion

櫻井 吉晴 *SAKURAI Yoshiharu*

(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 FAX : 0791-58-0830

e-mail : sakurai@spring8.or.jp

Lunch (12:20 - 13:30)

## **8. SUMMARY OF SATELLITE WORKSHOP**

**(13:30 - 14:00)**

*Chair: H. Ohkuma / SPring-8*

13:30 8.1 3Way X-ray Optics Workshop

S. Goto / SPring-8

13:45 8.2 Summary of User Office Workshop

T. Makita / SPring-8

Coffee Break (14:00 - 14:15)

## **9. FEEDBACK FROM SESSIONS (14:15 - 15:03)**

*Chair: Motohiro Suzuki / SPring-8*

14:15 9.1 Summary of Session on Accelerator / Light Source

P. Elleaume / ESRF

14:27 9.2 Feedback from Detector / Data Handling Session

A. Miceli / APS

14:39 9.3 Nanofocusing/Imaging, Time-resolved

S. Kimura / SPring-8

14:51 9.4 Industrial Applications/Energy & Environment

A. Fujiwara / SPring-8

## **10. DISCUSSION (15:05 - 15:45)**

*Chair: Masayo Suzuki / SPring-8*

15:05 10.1 Panel Discussion

## **11. SUMMARY AND CLOSING (15:45 - 15:55)**

15:45 11.1 Summary and Closing

H. Ohno / SPring-8