

■会議報告

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

田中義人 (理化学研究所・播磨研究所)
櫻井吉晴 (高輝度光科学研究センター)
鈴木基寛 (高輝度光科学研究センター)

1. 概要

三極ワークショップは、第三世代大型放射光施設のもつ共通テーマについて議論、情報交換を行うため、ESRF, APS, SPring-8の施設関係者が1~2年ごとに、ホスト持ち回りで催されている。第12回目になる今回はSPring-8がホストとなり、2010年4月13日~14日の2日間、SPring-8のキャンパス内にて開催された。また、昨年運転を開始したPETRA IIIからオブザーバーとしての参加があった。前日の4月12日には“Three-way X-ray Optics Workshop VI”と“User Office Meeting”がサテライトとして開催された。参加者数は総勢176名で、内訳はESRFから13名、APSから19名、PETRA IIIから6名、SPring-8から138名(参加登録者)であった。

本会議に先立ち、SPring-8蓄積リングの実験ホールにてビームライン見学、ならびに建設中のX線自由電子レーザー(XFEL)施設の加速器、アンジュレーターホールの見学会が行われた。本会議は石川理研播磨研所長、白川JASRI理事長、高谷量子放射線研究推進室長(文部科学省)の開会の挨拶で始まり、高谷室長の挨拶では、国策としてグリーン・テクノロジーとライフ・サイエンスが重視されていること、および昨今の事業仕分けについて触れられたのが印象的であった。会議の構成は、初日の全体セッションで、各施設の現状報告と研究成果および高度化・

将来計画について、さらに新光源としてPETRA IIIの報告があり、その後、パラレルセッションにて、加速器/光源、検出器/データ収集、ナノビーム集光/時間分解測定技術、エネルギー/環境の各テーマについて議論するというものであった。最後に、サテライト・ワークショップの報告、各パラレルセッションのまとめ・報告と、全体討論が行われた。以下、その進行順に報告する。

2. APS, ESRF, SPring-8 施設報告 (現状と高度化・将来計画)

APSについて、J. M. Gibson氏、D. Mills氏より報告があった。現状では60本のビームラインが稼働中で、昨年のV. Ramakrishnan氏らのノーベル賞受賞に象徴されるタンパク質構造解析や、ガス貯蔵、リチウムイオン電池、高効率ガスタービンエンジンなどグリーンエネルギー関連研究が推進されており、その施設運営費も順調に伸びているようである。高度化については、超伝導アンジュレーター、ピコ秒パルススライス用空洞についての技術開発、さらに将来的には共振器型XFEL(XFEL-O)も視野に入れられている。将来計画としては、“Real materials under real conditions in real time”をスローガンとして、硬X線を利用し、水素吸蔵などのエネルギー貯蔵をはじめとする実験研究を推し進め、コンピュータ高度化の先導



写真1 三極ワークショップ参加者の集合写真



写真2 APSのGibson氏



写真4 SPring-8の現状報告を行うJASRI大野氏



写真3 ESRFのSette氏

的役割も果たすという。特に25 keV以上の高エネルギーX線利用を特徴に掲げ、非破壊で高い分解能で広い領域を観測することが強調された。ちなみに、40%のユーザーが20 keVまたはそれ以上のエネルギーを利用しているとのことである。また、放射光のパワー向上を目指す、電力は最適化して高効率化を進めていくことが強調されたのも印象に残った。

ESRFについて、F. Sette氏、H. Reichert氏より報告があった。やはりここでも、昨年度のノーベル化学賞受賞者らがESRFのユーザーであったことに始まり、20ヶ国から参加、19ヶ国からの予算、2000のプロポーザルという、多くの国から広く利用されていることが強調された。稼働ビームラインは42本で、論文数も微増、詳細はHighlights 2009に掲載されている。最近のトピックスとして、南アフリカで発見された190万年前のアウストラロピテクスの頭蓋骨を医療用CTよりはるかに高精度高分解能で観察することに成功した例が紹介された。高度化計画については、2009年から2018年にかけて200 Mユーロ規模で進められているようだ。EX2 (Experimental hall extension) と命名された実験ホールの拡張工事により、ナノ集光系を目的とした長尺ビームラインが8本整備される。安定化も重視し、振動の低減化、試料位置付近での高い温度安定度 (± 0.1 度) を目指す。また、加速器の高度

化としては、半導体RFアンプの開発、クライオアンジュレーターなどを挙げ、高輝度化、安定化を目指すようだ。

SPring-8から、大野JASRI理事、高田理研播磨研副センター長による現状報告があった。52本のビームラインが稼働し、3本が建設中であり、小さい光源サイズを安定して供給できていること、供用ビームラインの20%が産業利用関連になっていることが報告された。これらのビームラインで超精密、超微小、超高速を意識した技術開発と利用・応用研究が進められている一方で、運転経費が年々少しずつ少なくなっている現状も報告された。また、石川理研播磨研所長より、将来計画としてSPring-8 IIの概要が示された。現時点では、100 keVまでのX線領域をカバーできる、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案が検討されている。まず縦横両方も回折限界となるような低エミッタンスビームを目指し、続いて1 ps以下の短バンチ運転も可能な加速器を目指す。改修実施は2019年、改修のための停止期間は約1年間が想定されている。SPring-8 II蓄積リング完成の暁には、SPring-8キャンパス内に建設されているXFELとのX線ビーム衝突位置にて、XFEL-ポンプ・SPring-8-プローブなどの前例のない実験が可能になり、X線励起状態などのサイエンスの展開が期待される。

3. 新光源の紹介 (PETRA III)

今回オブザーバーとして参加したPETRA IIIの紹介がE. Weckert氏、H. Franz氏により行われた。PETRA IIIはDESY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リング型加速器を改良した低エミッタンスの第3世代放射光施設である。周長が2304 mの巨大リングで、その一部に放射光利用専用の建屋を建設し、そこに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でトップアップ運転を行う。既に4本のビームラインで実験ハッチにビームが導かれており、8本のビームラインが2010年末までにユーザー運転に入る予定だそうだ。DESY研究所には、PETRA IIIの他、1



写真5 PETRA IIIの説明をするH. Franz氏

GeV線形加速器から成るVUV-FEL施設FLASHが稼働している。また、新たにビームラインを建設するFLASH II計画も進行しており、European XFEL施設も建設中である。FLASHでの利用研究のトピックスとして、92 eVの光をアルミニウム箔上で 10^{16} W/cm²以上のパワー密度になるように集光し、内殻ホール生成に起因する吸収端シフトによる透過率変化の観測が紹介された。DESY研究所内の各施設の役割として、PETRA IIIは、極小ビームサイズをもつ硬X線利用実験が可能な低エミッタンス光源であること、FLASHは高輝度を活かした時間分解実験を主目的としたVUV・軟X線領域のFELであること、European XFELは、原子、分子の本来のサイズ・実時間観測を行うための装置であること、を意識しながら総合的に進めていく方針が示された。

4. 技術開発、放射光サイエンスの展開についてのテーマごとの議論

4.1 加速器/光源

加速器に関しては、ビーム安定化技術、蓄積電流の増大化、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について議論された。光源については、高強度の硬X線アンジュレーターとして、クライオ真空封止アンジュレーター、超伝導アンジュレーターが議論され、挿入光源の磁石のアライメント技術についての話題があった。また、省電力についての課題も報告・議論された。なお、発表は、APSのG. Decker氏とY. Ivanyushenkov氏、ESRFのP. Elleaume氏とK. Scheidt氏、SPring-8のK. Soutome氏とT. Tanaka氏、PETRA IIIのM. Tischer氏により行われた。

4.2 検出器/データ収集系

検出器については、市販のX線検出器や測定機器などを共通品として確保する試み、イメージ検出器からのデータ転送の高速化、CMOSフラットパネル検出器の蛋白質

構造解析への応用が報告された。また、高速X線CCD、超伝導センサーの開発について議論された。また、DESYでは、PETRA III用Ge, GaAs, CdTeなどの高エネルギーX線検出器、高速イメージング検出器の他、FLASH用pnCCD検出器、European XFEL用検出器の開発が進められていることが報告された。また、データ収集系については、増大しつづけるデータを効率的に取り扱うための共通データフォーマットや、CT再構成のソフトウェアについて議論された。なお、発表者は、APSからは、A. Miceli氏とP. Jamian氏、ESRFからは、A. Homs氏とR. Dimper氏、SPring-8からは、K. Hasegawa氏とK. Uesugi氏、PETRA IIIからは、H. Graafsma氏であった。

4.3 ナノビーム集光・イメージング/時間分解測定

ここでは、第三世代放射光施設の特徴を活かす時間・空間分解測定法についての現状と展望について、報告・議論がなされた。これらの測定に関連するナノ集光光学系、X線回折顕微鏡法、光源、放射線損傷、検出器などの研究開発や将来展望が議論された。また、空間分解測定に関しては電子顕微鏡との比較が意識され、空間分解能という点では電子顕微鏡が勝るが、より広い空間領域で現れる複雑系の観察では放射光が勝るという認識が示された。なお、APSからは、C. Jacobsen氏とL. Young氏、ESRFからは、T. Martin氏とR. Barret氏、SPring-8からは、C. Song氏とO. Sakata氏の発表があった。

4.4 産業利用/新エネルギー & 環境

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応用されており、これからは高分解能化、in-situ測定、時分割測定が重要になる。技術開発や装置整備とともに、関連するコミュニティとの良好な関係の構築や研究成果を効率的に得るためのテーマ設定の手続きなど、マネジメントの重要性が示された。なお、発表は、APSのP. Chupas氏とG. Srajer氏、ESRFのH. Reichert氏、SPring-8のI. Hirose氏とT. Uruga氏からであった。

5. まとめと全体討論

最終日の後半でパラレルセッション（内容は4章に記載）のまとめが、P. Elleaume氏、A. Miceli氏、S. Kimura氏、A. Fujiwara氏により行われ、また、サテライト・ワークショップについてS. Goto氏、T. Makita氏よりまとめの報告があった。その後、鈴木昌世氏(JASRI)の軽快なMCで全体討論が行われた。若手育成の必要性、産業利用の成功の秘訣、検出器・データ処理法についての共同開発を探るためのワークショップ開催の提案な



写真6 全体討論の会場

ど、今後の進め方についての議論が印象に残った。

6. おわりに

この会議は施設関係者が集まってその将来展望を含めた議論を行うものであるため、マネージメントについての話題など、通常の学会会議とは異なる特徴が随所にみられた。全体討論の他、文化交流もあり、互いに環境は違いつつも、状況を把握し、密に意見交換をすることが重要であ

ることが再認識された会議であった。また、第三世代放射光施設が成熟し、高度化計画がついに実行段階に移行しつつある状況であると同時に、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 III の報告も刺激となり、今後より一層、将来計画も含めた議論が白熱する予感を感じ取ることができた。次回のワークショップは、2011年秋にフランス・グルノーブルで行われる予定である。