

## ■会議報告

### IPAC12報告

谷本育律 (高エネルギー加速器研究機構)

加速器の国際会議 The 3rd International Particle Accelerator Conference (IPAC12) が、5月20日から25日にかけてルイジアナ州ニューオーリンズのモリアルコンベンションセンターで開催された。長年、加速器の国際会議は、北米では PAC, 欧州では EPAC, アジアでは APAC としてそれぞれ開催されていたが、2010年に IPAC として統合され、年1回各地域の持ち回りで開催されるようになった。今回はその3回目となる。参加人数は学生や企業展示の方も合わせて1160人、地域ごとの比率は北米が44%、欧州が37%、アジアが19%と発表されていた。会議のホストは CAMD と呼ばれる放射光施設を運営するルイジアナ州立大学であった。

セッションは、基本的に午前中が招待講演、午後が一般講演、夕方がポスター発表というスケジュールで組まれていた。ポスターセッションでは今回から新しく電子ポスター (ePoster) という発表手段が導入され、ポスター会場の一角に列べられた15台のノート PC と大画面液晶ディスプレイを利用して、動画を用いたプレゼンも行われていた。ポスター発表の申請時に希望を出し、審査に通れば利用できるとのことである。

IPAC は、その名の示すとおり世界中のあらゆる加速器の要素開発や研究成果、および計画進捗状況が発表される国際会議である。加速器の用途別では、放射光利用、高エネルギー物理実験、中性子源、医療・検査用、重力波検出器など幅広い範囲に及ぶ。放射光源加速器では、従来型の電子貯蔵リング光源に加え、最近では Free Electron Laser (FEL) や Energy Recovery Linac (ERL) といった次世代光源に関する発表が活発であった。また、高エネルギー物理実験で今回最も注目されたのは CERN の LHC であり、所長の R. Heuer 氏と加速器部門長の S. Myers 氏がともに特別招待講演で、LHC の性能向上によって Higgs 粒子など新しい物理の発見が近づいていることを強調していた。加速器の要素別でみると、超伝導加速空洞や高輝度電子源など加速器の高性能化に重要な役割を果たす分野の発表件数が増えているという印象を受けた。本稿では、放射光源加速器の最近の動向を中心にレポートしたい。

まず、電子貯蔵リング型の光源加速器では、3 GeV クラス中規模第3世代光源の建設ラッシュが一段落し、最近では水平エミッタンスが  $1 \text{ nm} \cdot \text{rad}$  以下の高輝度リングの運転や建設も進んでいる。2010年よりユーザー運転が開始された DESY (ハンブルク) の PETRA III ( $6 \text{ GeV}$ ,  $1 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ ) では、2011年11月より14本のアンジュレータ



写真1 電子ポスター発表の様子。



写真2 ニューオーリンズはジャズ発祥の地と言われており、気軽に生演奏を聞くことのできるレストランやバーも多い。

ビームラインが稼働中とのことであった。2012年末に DORIS III の運転が終了することもあり、2013年に6ヶ月間の停止期間を設け、10本のビームラインを増強する予定である。BNL (ニューヨーク) で建設中の NSLS-II ( $3 \text{ GeV}$ ,  $0.55 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ ) では、2012年3月に Linac とブラスターを結ぶラインの設置が一部完了してコミッショニングを開始した。主リングのコンポーネントの組み立ても開始されており、2015年の運転開始を目指す。Max-lab (スウェーデン) の MAX IV は  $3 \text{ GeV}$  ( $0.3 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ ) と  $1.5 \text{ GeV}$  ( $6 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ ) の2リングと  $3 \text{ GeV}$  の Linac からなる複合施設で、2014年の運転開始予定で建設が進んでいる。SOLARIS と呼ばれる MAX IV の  $1.5 \text{ GeV}$  リングと同じ加速器がポーランドのクラクフに建設中で、2014年に運

転が開始されるとのことである。

アジアに目を向けると、台湾では既存の TLS リング (1.5 GeV) の隣で TPS リング (3 GeV, 1.6 nm•rad) の建設が2014年の運転開始を目指して進められている。IPAC12では若手を中心に約30件のポスター発表を行っており、非常に活動的な印象を与えていた。韓国では、14年間運転した2.5 GeV の PLS リングが 3 GeV の PLS-II リングに改造された。2011年夏にコミッシュニングを開始し、その後 top-up 運転と 5.8 nm•rad のエミッタンスも達成され、2012年3月からユーザー運転を再開したとのことである。2012年夏に2台の超伝導空洞を設置して、電流を300 mA まで増やす予定である。

APS の M. Borland 氏が招待講演で次世代リング光源についての解説を行い、貯蔵リング型光源にも未来があることを強調していた。いわゆる Ultimate Storage Ring (USR) または Diffraction Limited Storage Ring (DLSR) と呼ばれている光源加速器で、X線領域での回折限界光の生成を目指すため、水平垂直ともに10 pm•radレベルの超低エミッタンスビームを周回し、第3世代光源よりも2~3桁高い  $10^{23}$  photons s<sup>-1</sup> mm<sup>-2</sup> mrad<sup>-2</sup> 0.1% BW<sup>-1</sup> を超える放射光輝度が得られるというものである。提案されている計画としては、XPS7 (APSの後継機)、USR7 (7-GeV USR)、IU USR (インディアナ大学)、PEP-X (PEP-II トンネル利用)、Spring-8 II、 $\tau$ USR (Tevatron サイズ USR) などがあり、それぞれの特徴を解説していた。Multi-Bend Achromat セルによる超低エミッタンスリングの初めての検証として MAX IV の成功を期待しているとのことであった。

FEL に関しては、まず会議の冒頭に「The Future of X-ray Science」というタイトルで、SLAC LCLS の施設長 J. Stöhr 氏による特別招待講演が組まれていた。このことは、LCLS が世界で初めて0.15 nm での FEL 発振に成功し、その後ユーザー運転も順調にスタートしたことが、最近の北米の加速器施設において最も大きな業績に位置づけられているとも受け取れる。LCLS で展開されている研究分野として、フェムト秒 X 線タンパク質ナノ結晶学などが紹介されていた。LCLS に関する招待講演では他に、LBNL の P. Emma 氏が2012年1月に Self-seeded FEL の発振に成功したことを発表していた。Self-Amplified Spontaneous Emission (SASE) モードに比べ、波長0.15 nm においてスペクトルのバンド幅を約40倍狭めることができたとのことである。

日本の XFEL 施設 SACLA の現状については、理研の田中均氏が招待講演で発表されていた。2011年6月に0.12 nm での発振に成功し、その後、最短波長を0.06 nm

まで短縮した。エミッタンス測定手法の改良などにより、パルスエネルギーは広い波長範囲で目標値レベルのサブ mJ を達成し、正式なユーザー運転が2012年3月より開始された。

イタリアの FERMI@ELETTRA に関する講演では、波長領域の異なる FEL-1 (20-80 nm) と FEL-2 (4-20 nm) のコミッシュニング状況についての報告があり、それぞれ2012年と2013年にユーザー運転を開始するとのことであった。

最終日にも「The Future of X-ray FELs」と題する特別招待講演が PSI の H. H. Braun 氏により行われた。XFEL は現在、上記3施設に FLASH (DESY) を加えた4施設が運転状態にあり、今後3~4年のうちに、European XFEL (DESY)、韓国 PAL XFEL、上海 SXFEL、SwissFEL (PSI) がコミッシュニングを開始する予定とのことである。さらには、NGLS (LBNL) や Marie (LANL) と呼ばれる XFEL 施設も北米で計画されている。

ERL 光源に関しては、各国の ERL 計画のレビューが KEK 中村典雄氏の招待講演でまとめられていた。KEK では30年にわたって運転を続けてきた PF-ring と PF-AR の次期計画として 3 GeV ERL の建設が計画されており、その試験加速器 cERL の運転が2013年から開始される。

Jefferson Lab では2010年より赤外および紫外光の FEL 用として ERL が利用されており、さらに FEL オシレーター (FELO) による VUV-SX 光源としてのアップグレードも計画されているなど、ERL の光源利用として先駆的な役割を果たしている。ノボシビルスクの BINP では、現在 THz FEL として利用されている常伝導 ERL があり、平均電流30 mA でのエネルギー回収を記録している。さらに、MARS と呼ばれる Multi-turn ERL X-ray Source も計画されている。Daresbury の ALICE も THz FEL やレーザーコンプトン X 線光源として利用されている。

コーネル大学には 5 GeV ERL 計画があり、入射器プロトタイプにおいて R&D が精力的に進められている。特に ERL の主要開発要素である電子銃や超伝導加速空洞は、ほぼ実用レベルに到達しているとのことである。

その他、建設、計画中の ERL 試験機として、BERLin-Pro (HZB)、ERL-TF (IHEP)、Peking Univ. ERL がある。

IPAC12では、大規模な光源加速器だけでなく、小規模の加速器を用いた THz 光やレーザーコンプトン  $\gamma$  線や X 線の実験施設に関する発表も少なくなかった。加速器技術の発展に伴い、光科学への応用範囲も広がってきているという印象を受けた。来年の IPAC13は開催地域が再びアジアに戻り、5月13日から上海で開催される。