

SACLA BL1 共用開始について

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学総合研究センター
XFEL 研究開発部門 大和田 成起

1. はじめに

世界初のコンパクト XFEL である SACLA^[1] は、2011 年 6 月に光子エネルギー 10 keV で初のレーザー発振を観測した。2012 年 3 月からは、軟 X 線領域の自発放射光ビームライン BL1 と、XFEL ビームライン BL3 の 2 本のビームラインでユーザー運転を開始している。これまでに BL3 では SACLA の特色を生かした様々な研究成果が得られている^[2-5]。また 2015 年 4 月には、2 番目の XFEL ビームラインである BL2 のユーザー運転を開始した。BL2 と BL3 への高速振り分け運転試験など、さらなる利用拡大へ向けた取り組みが続けられている^[6]。一方で、自発光であること、高エネルギー電子ビームを必要としない軟 X 線領域での運転は XFEL 運転と排他的であること、などの理由から、これまで BL1 では積極的な利用運転が殆どなされてこなかった。軟 X 線 FEL (SXFEL) の本格利用を実現するために、2014 年度より、SACLA のプロトタイプ機として活用された SCSS 試験加速器 (SCSS)^[7] を増強しながら SACLA に移設し、SXFEL 専用加速器 SCSS+ として運用するための整備を開始した。2015 年 9 月からコミッショニングを開始し、同年 10 月には早くもレーザー発振が観測された。世界初となる XFEL と SXFEL の同時並行運転が可能となったことにより、FEL の利用機会の大幅な増加が見込まれている。

SCSS とは、世界初のコンパクト XFEL を実現するためのプロトタイプ機として、SPring-8 サイト内に 2005 年に建設された線形加速器である。2006 年には、光子エネルギー 25 eV でのレーザー増幅を達成し、2008 年からは加速器の R&D と並行して極端紫外 FEL の利用運転も行われた。コンパクト XFEL 加速器の検証と、FEL 利用の R&D という 2 つの重要なミッションを達成した SCSS は、2013 年に運用を一旦停止したが、今回の移設により再活用されることになった。

本稿では、SXFEL ビームラインとして新たに共用が開始された SACLA BL1 の現状について報告する。

2. SXFEL の構成

2.1 光源

SCSS は、SACLA 光源棟内の BL1 振り分け部上流の約 100 m の空きスペースに移設された (図 1)。さらに、2016 年夏季停止期間までに、計 3 台の C バンド加速ユニットを追加した。この結果、最大電子ビームエネルギーは 250 MeV から約 800 MeV へと増加した。また、3 台のアンジュレータがインストールされている。2017 年 1 月時点では、電子ビームエネルギー (400 MeV~800 MeV) と K 値 (1.5~2.1) を変えることにより、光子エネルギー ($h\nu$) として 20 eV~150 eV 程度の範囲が利用可能となっている。

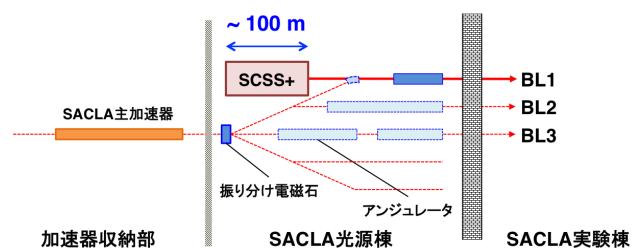


図 1 SACLA 振り分け部の図面。

2.2 光ビームライン

BL1 ビームラインには、光学ハッチ内に、YAG スクリーン、フォトダイオード、ガス強度モニター、スペクトロメーターなどのビーム診断機器やガスアッテネーター、基本波と高調波を選別するための金属薄膜フィルターなどの光学機器がインストールされている (図 2)。これらのビームライン機器は、BL2/3 と同様に実験ステーションから操作することが可能である。なお、ガス強度モニターおよびガスアッテネーターのチャンバーには、直径 6 mm の差動排気用オリフィスが設置されている。光子エネルギー $h\nu = 100$ eV では、オリフィスの透過率は約 90% であるが、長波長運転時は光の発散角が大き

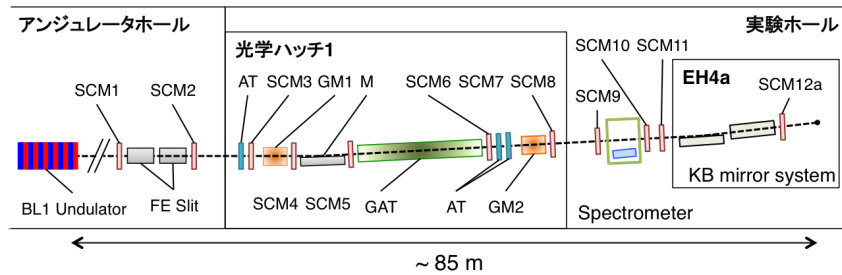


図2 BL1 ビームライン光学系配置図。FE slit: フロントエンドスリット、SCM: YAG スクリーン・PD 複合モニター、AT: 金属薄膜フィルター、GM: ガス強度モニター、GAT: ガスアッテネーター、M: 平面ミラー。

くなるため、例えば、 $h\nu = 40 \text{ eV}$ では透過率は約50%と低下する。

ビームライン最下流部には、実験ステーションを設置し、波長可変フェムト秒同期レーザーシステムおよびKB集光ミラーを基幹実験装置として常設した。金ワイヤーによるナイフエッジスキャン法による測定では、集光ビームサイズは約 $10 \mu\text{m}$ (FWHM)となっている。

2.3 光性能

2016年11月現在、電子ビームエネルギー800 MeV、K値2.1のときに、 $h\nu \sim 100 \text{ eV}$ ($\Delta E/E \sim 2\%$ in FWHM)の光が得られている。また、ガス強度モニターによる測定では、平均して約 $80 \mu\text{J/pulse}$ のエネルギーが得られている。なお、ガス強度モニターの較正には、産総研で開発された常温型カロリメーター^[8]を使用した。

3. まとめと将来計画

SACLA BL1は、2016年4月にSXFELビームラインと名称を変更し、2016年7月よりSXFELの共用運転を開始した。続く2016B期には7課題が採択されている。

今後の開発項目として、FELと同期レーザーのタイミングジッターによる時間分解能低下を補償するための到着時間モニター^[9]や、FELスペクトルの非破壊計測が可能なオンライン型スペクトロメーターなどのビーム診断機器の導入を予定している。本ビームラインの最新の情報は、SACLAホームページ (<http://xfel.riken.jp>) を通じて随時発信していくので、参照されたい。

謝辞

本プロジェクトは、理化学研究所放射光科学総合研究センター、および、高輝度光科学研究センターを中心とするタスクフォースによって実施された。

参考文献

- [1] T. Ishikawa *et al.*: *Nat. Photon.* **6** (2012) 540-544.
- [2] M. Suga *et al.*: *Nature* **517** (2015) 99-103.
- [3] H. Yoneda *et al.*: *Nature* **524** (2015) 446-449.
- [4] K. H. Kim *et al.*: *Nature* **518** (2015) 385-389.
- [5] E. Nango *et al.*: *Science* **354** (2016) 1552-1557.
- [6] T. Hara *et al.*: *Phys. Rev. Accel. Beams* **19** (2016) 020703.
- [7] T. Shintake *et al.*: *Nat. Photon.* **2** (2008) 555-559.
- [8] T. Tanaka *et al.*: *Rev. of Sci. Instrum.* **86** (2015) 093104.
- [9] T. Katayama *et al.*: *Struct. Dyn.* **3** (2016) 034301.

大和田 成起 *OWADA Shigeki*

(国)理化学研究所 放射光科学総合研究センター XFEL 研究開発部門
〒679-5148 兵庫県佐用郡佐用町光都1-1-1
TEL : 0791-58-0802 ext 7807
e-mail : osigeki@spring8.or.jp