

3-2 ビームライン・実験ステーション

3-2-1 ビームライン・実験ステーション・関連システムの開発と高度化

2015年度に実施された、ビームライン・実験ステーションに関する主な開発と高度化項目を下記に示す。

- a) BL1の整備と立ち上げ。詳細は(1)に示す。
- b) ビームスプリッタを用いたアライバルタイミング計測・スペクトル計測基盤の本格運用。
- c) 500 TW レーザーシステムの立ち上げ
- d) DAPHNISシステム等の共通実験基盤システムの高度化
- e) MPCCDの高度化
- f) DAQの高度化
- g) FX10の運用

(1) BL1の立ち上げ

2012年3月、SACLAは、XFELビームラインBL3と軟X線領域の自発放射光ビームラインBL1との2本のビームラインでユーザー運転を開始した。BL3では、短波長かつ10 fs以下の超短パルス特性、2色XFELの生成、二段集光システムなど、SACLAの特色を生かしたユニークな研究が実施されている。一方で、BL1においては自発放射光しか利用できず、さらにBL2・BL3の運転と排他的であるという制約が課せられていた。軟X線FELの本格的な利用を実現するために、2014年度補正予算により、硬X線FELと軟X線FELのデュアルオペレーションを実現するためのBL1の高度化が実施された。これは、SACLAのプロトタイプとしてR&Dに大きな貢献をした、SCSS試験加速器(SCSS)を増強しながらSACLAに移設することにより、軟X線FELの専用加速器として、SACLAの8 GeVライナックと独立した運用を可能にするものである。

加速器の整備と並行して、ビームラインについても高度化が実施された。特に、実験ステーションの設置とビームラインの延伸、並びにシングルショットスペクトロメータ等の光診断システムのインストールと立ち上げが行われた。これらのシステムを利用して、2015年9月からコミッショニングが行われ、3-1章に示すように10月にはファーストレージングを確認した。Fig. 1にスペクトルの計測結果を示す。2016年度に予定されている本格利用運転に向けて、コミッショニングを継続するとともに、集光ミラー、同期レーザー、DAQ等の整備を行っている。

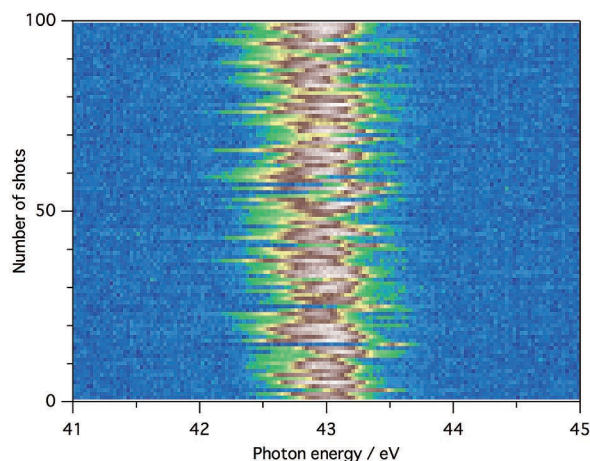


Fig. 1 シングルショットスペクトル(連続100ショットを表示)

3-2-2 SACLA産学連携プログラム

SACLAは極めて高い輝度、短いパルス幅、高い空間コヒーレンス特性を持つ、新しいX線光源であり、幅広い先端科学に革新をもたらすとともに、高度な産業の発展に貢献すると期待されている。一方で、既存光源の能力を遥かに超えたSACLAを駆使した研究活動を行うためには、利用装置・手法の検討と開発からはじめる必要があり、企業が主体となった利用を行うためのハードルは依然高い。

この状況を変革し、SACLAを使った産業イノベーションを進めて行くために、2014年度より、RSC(理化学研究所 放射光科学総合研究センター)は「SACLA産学連携プログラム」を実施している。これは、施設者・大学・研究機関・企業が連携しながら、SACLAの産業利用振興に必要な調査研究を行うものである。2年目となる2015年度は、公募、審査を経て、以下の2件が採択され、SACLAの実地研修を含むプログラムを実施した。企業の研究者に、SACLA利用を体験・評価して頂くことにより、実験中のみならず事前の試料準備、事後のデータ解析も含めたシステムを構築していく上で極めて有益な情報を得ることができた。2016年度以降も継続して実施する予定である。

1. 「創薬ターゲット蛋白質のシリアルフェムト秒X線結晶構造解析」

課題代表者：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

SACLA利用技術開拓グループ
グループディレクター 岩田 想

参画機関：第一三共RDノバーレ株式会社、
東レ株式会社、
創薬産業構造解析コンソーシアム

2. 「XFELを用いた自動車用ナノマテリアルの形態や状態の把握」

課題代表者：国立大学法人北海道大学
電子科学研究所 教授 西野 吉則

参画機関：トヨタ自動車株式会社

3. 「光触媒反応に関わる電子・構造ダイナミクス」

課題代表者：国立大学法人東北大学
多元物質科学研究所 教授 上田 潔

参画機関：株式会社豊田中央研究所

3-2-3 成果の概要

2015年度に報告された主な成果を下記に示す。

- ・「国際学術雑誌 Journal of Synchrotron Radiation の自由電子レーザー特集号に SACLA に関する4本の論文が一挙掲載」(理研 矢橋 牧名グループディレクターら)

SACLA のファシリティ・基盤システムに関する4本の論文が、Journal of Synchrotron Radiation の自由電子レーザー特集号に掲載された (Journal of Synchrotron Radiation 第22巻第3号)。

- ・「世界最短波長の原子準位レーザーを実現」(電通大 米田仁紀教授ら)

SACLA の超高強度フェムト秒X線パルスを用いて、銅のK殻準位に反転分布をつくることにより、硬X線領域の原子準位レーザーを世界ではじめて実現した (Yoneda et al.: Nature Methods, doi:10.1038/NMETH.2962)。

- ・「SACLAを用いた新規タンパク質立体構造決定に成功」(京大 中津亨准教授ら)

異常分散効果を利用した重原子同型置換 (SIRAS) 法により、立体構造未知であったルシフェリン再生酵素の立体構造を明らかにした (Yamashita et al.: Sci. Rep. doi: 10.1038/srep14017)。

- ・「SACLAを利用して、自動車用触媒材料のナノレベル観察に成功」(北大 西野吉則教授、トヨタ自動車 山重寿夫主任ら)

SACLAを利用して自動車排ガス浄化用触媒材料のナノレベル観察に成功した。SACLA産学連携プログラムのもとで実施 (Yoshida et al.: J. Phys. B, <http://dx.doi.org/10.1088/0953-4075/48/24/244008>)。

- ・「タンパク質の硫黄原子を利用した結晶構造に成功」(理研 菅原道泰特別研究員ら)

硫黄原子を利用した単波長異常分散法 (S-SAD 法) をSFXに適用することにより、微結晶の結晶構造解析が効率よく実施可能なことを実証した (Nakane et al.: J. Acta Crystal. D, doi: 10.1107/S139900471501857X)。

- ・「酸化タングステン光触媒の光キャリア超高速構造追跡に成功」(分子研 上村洋平助教ら)

時間分解X線吸収スペクトル法を用いて、酸化タングステン光触媒の光キャリア超高速構造の追跡に成功した (Angew. Chem. doi: 10.1002/anie.201509252)。

- ・「フェムト秒で起こるX線損傷過程の観測に成功」(東大 井上伊知郎大学院生ら)

2色XFEL発振によるX線ポンプ・X線プローブ法を利用して、X線照射後のフェムト秒スケールの原子のダイナミクスの可視化に成功した。SACLA大学院生研究支援プログラムのもとで実施された成果 (Inoue et al.: PNAS, doi: 10.1073/pnas.1516426113)。

- ・「XFELのアライバルタイミングを非破壊で評価する手法を開発」(JASRI 片山哲夫研究員ら)

SACLAのXFELパルスと光学レーザーパルス間のアライバルタイミングを非破壊で計測する手法を確立し、装置を開発した (Struct. Dyn. doi: 10.1063/1.4939655)。

XFEL研究開発部門

田中 均

矢橋 牧名