



ドイツの XFEL 施設の紹介

European XFEL GmbH 佐藤篤志

私の住んでいるドイツでは環境問題に対する関心が高く、環境関連のデモなどへの参加が推奨されており、職場では公式に有給休暇を取ることが可能です。この辺りに、日本とドイツの環境問題への取り組み方に違いを感じます。そのような環境問題に関心の強いドイツで、およそ 3 km にわたる線形加速器を 2 k まで冷却するために大量に電力消費をする大型の研究施設が建設され、2017 年から運転が開始されましたので、紹介させて頂きたいと思います。

ドイツ、ハンブルクにある X 線自由電子レーザー (XFEL) 施設、European XFEL GmbH (EuXFEL) では、軟 X 線用に一つ、硬 X 線用に 2 つのアンジュレーターが整備されています。その一つのアンジュレーターを二つの実験ハッチで 12 時間交代で使用できるようビーム振り分け用のミラーが整備されており、放射光施設のような一つの実験ハッチが 24 時間運転をしない点の一つの特徴かと思えます。この施設内で、現状 6 本あるビームライン (こちらでは instrument と呼んでおります) の一つである Single Particles, Clusters, and Biomolecules and Serial Femtosecond Crystallography (SPB/SFX) instrument^[1] に私は所属しており、主にポンプ・プローブ実験を担当しております。SPB/SFX の名前からわかるように、このビームラインは二つの実験ができるように設計されました。SPB では、主にマイクロ、ナノメートルサイズのウイルスなどの粒子の X 線コヒーレント回折イメージング実験を行っており、SFX では、タンパク質結晶のシリアル X 線回折実験を行っております。

X 線自由電子レーザーの特徴としては、高い空間コヒーレンス、高強度、短パルスなどが挙げられ、EuXFEL においては高繰り返し特徴となっております。特に短パルス性能は、時間分解測定に向いており、パ

ンプ・プローブ実験が行えるよう、6 本のビームライン全てに 15 fs 程度の光学レーザーが配備されております。また、SPB/SFX では、高いコヒーレンスを実現するため、光源サイズはおよそ 30 μm 、ビームの広がり角は、3 μrad と非常に小さく、サンプル位置までの距離がおよそ 1 km と長く設計されました。ビームは 2 つの Transportation mirror でサンプル位置までの光軸調整を行っておりますが、これもビームの質を保つため、原子レベル (1 nm 程度) の表面精度のミラーを使用しております。また、ビーム集光にも同程度の表面精度のミラーを使用しており、1 μm 集光では、25 m の集光距離、100 nm 集光では 3 m 程度の集光距離で設計され、高い Straightness、高い光子密度が必要な実験に対応できるように設計されました。SPB/SFX の研究対象は、様々ですが^[2]、Photo system II (PSII) のような光合成タンパク質の研究も行っており、その結果が最近出版され^[3]、今後の更なる発展が期待されております。

2019 年に 6 本すべてのビームラインが整備され、Femtosecond X-Ray Experiments (FXE) では光化学、High Energy Density Matter (HED) では高圧物、プラズマ物理、Materials Imaging and Dynamics (MID) では物質科学、Spectroscopy and Coherent Scattering (SCS) では、磁性体、Small Quantum Systems (SQS) では、原子物理を主なテーマとしております。2017 年の運転から、1200 名のユーザーが来所しており、FXE での光化学に関連した結果も出始めております。ですが、日本のユーザーはまだ 10 名に届いておりません。施設利用は無料です、是非ともビームタイムの応募を検討して頂ければと思います。(私は FXE の担当者ではありませんが)

[1]. A.P. Mancuso *et al.*, *J. Synchrotron Rad.* **26** (3), 1-17 (2019)

[2]. P. Vagovič, T. Sato *et al.* *Optica* **6** (9), 1106 (2019)

[3]. C. Gisriel *et al.*, *Nat. Commun.* **10** (1), 5021 (2019)