

### 世の中に絶えて SACLA のなかりせば

石川哲也 (理化学研究所・放射光科学総合研究センター)



2006年度からの第三期科学技術基本計画の中で、X線自由電子レーザー (XFEL) が国家基幹技術として推進されることとなり、筆者はその統括推進役を仰せつかった。2010年度に、建設期間、予算ともに当初の予定範囲内に収めて完成し、SACLA (SPring-8 Angstrom Compact free electron LAsEr) と名付けられた施設は、その次年度の年度末近い2012年3月に供用を開始し、爾来世界中の多くのユーザーにご利用いただいている。

自己増幅自発放射 (Self-Amplified Spontaneous Emission; SASE) 原理による、XFEL は、Claudio Pellegrini が SLAC の線形加速器を利用して建設することを提案して以来、1990年代にアメリカを中心に真剣な検討が続けられ、一方ドイツでは TESLA 計画として、電子・陽電子リニアコライダーに併設された形での X 線自由電子レーザー施設整備が検討されていた。1990年代末にそれらの議論が佳境に入ったころ、日本では SPring-8 が完成し、その立ち上げ作業や、ビームライン整備にかなりの放射光研究者が忙殺されており、とても XFEL まで考える余裕はなかったように思われる。しかしながら、我が国の加速器研究者はたいしたもの、早くも1998年の文部省審議会報告に X 線自由電子レーザー推進の必要性が謳われていた。

SPring-8 では、30 m 長尺ビームライン建設や、1000 m ビームライン建設によって、強くはないがコヒーレントな X 線利用が可能であったこともあり、筆者は米欧での XFEL 検討のためのワークショップにしばしば招聘された。そこでの様々な議論を聞いていると、SPring-8 で標準的に用いられている真空封止型アンジュレータで、磁場周期長を短くすると、必要な電子線形加速器のエネルギーを抑えることが可能であり、全体として施設の小型化が可能になるのではないかという疑問がわいた。帰国してアンジュレータを開発していた北村英男博士と議論したところ、確かに可能性はあるということで、2001年から理化学研究所の内部で要素技術研究開発プロジェクトを開始した。

コヒーレント X 線は従来の X 線にはない様々な新しいサイエンスの可能性を拓くものである。多くの電子がコヒーレントに発光する X 線自由電子レーザーは、コヒーレント X 線源として非常に良いものではあるが、線形加速器をベースとするため、一つの施設で設置可能な FEL ビームライン数が少ない。また仮に多くの FEL ビームラインが建設可能であっても、線形加速器の電子ビームをそれらに振り分ける必要があるため、リング型光源のような高い効率を得られない。そのため、XFEL では一つの実験のために必要なコストが大きくなりすぎるといった批判は常にあった。この批判に対して、放射光と同様なインコヒーレント X 線源から伝搬によるコヒーレンス向上により、見かけ上コヒーレンスの高い X 線を得ることによって解を与えようとしたのが Energy Recovery Linac (ERL) である。これは、コヒーレント光を得る原理として

---

は、SPring-8の1000 m ビームラインと同様で、小さな光源を遠くで見るとは、光源サイズを縮小することにより、通常のビームラインでコヒーレント X 線を得るものである。小さな光源サイズを保つため、蓄積リングのように電子ビームを周回させることなく、1 周あるいは多くても数周でビームを捨てて新しいビームを入射する。高エネルギーの電子をそのまま捨てると、加速のために必要なパワーが膨大なものになるので、エネルギーを回収して新たな加速に利用するというストーリーである。この方向での努力は世界中で続けられているが、現時点ではまだ進行中の研究開発と言って良いだろう。

前述の実験機会の増大とコスト低減の問題に対して我々は、施設規模を小さくすることにより、建設コストを抑えると、多数の XFEL 建設が可能となることを主張した。これは、第三代大型放射光の歴史が辿った道である。当初 X 線を出すには大型蓄積リングが必要ということで、6 GeV の ESRF、7 GeV の APS、そして 8 GeV の SPring-8 が建設されたが、その後 SPring-8 で開発された真空封止型アンジュレータによる磁場周期長の短縮や高次光の利用により、3 GeV 程度の中規模施設でもアンジュレータ X 線の利用が可能になり、もはや大型放射光施設をさらから建設しようとする者はいなくなった。これが、SPring-8 が稼働後17年間世界一高エネルギーの放射光リングであり続けた理由でもある。コンパクト XFEL としての SACLA は XFEL の世界で同様な小型化へのターニングポイントとなった。SACLA の成功によって、XFEL は超大国のみが保有しうる大規模研究施設から、中小国でも建設可能な施設に変わった。スイス、韓国が同様なコンパクト XFEL の建設を進めており、中国、スウェーデンをはじめとする数か国で建設計画の検討が始まっている。

さて、本稿の題目はご存じのように在原業平の和歌の「桜」を、「SACLA」に詠み変えたものである。この後は「春のころはのどけからまし」と続く。LCLS がフォトンサイエンスの先端を切り拓き、また SACLA も別の箇所でフォトンサイエンスの先端を切り拓いている現状を鑑みれば、「なかりせば」世界の後塵を拝していたのは必須であり、この施設整備決定に当たって非常に適切にご判断を頂いた関係各位に改めて御礼申し上げたい。世界の一流の施設に来ると、世界の一流の風にあたることができる。我はと思う若者は、是非この風を受けてみられたい。