

ERL 計画の概要

河田 洋

ERL 計画推進室、先端加速器推進部、高エネルギー加速器研究機構

Present status of ERL project

Hiroshi Kawata

<Synopsis>

5 GeV class Energy Recovery Linac (ERL) is the most promising candidate for a future light source to progress the new synchrotron radiation activities which are based on sub-pico second pulses and/or spatially coherence of the synchrotron radiation, as well as to support a large variety of user needs from VUV to X-rays. To establish the accelerator technology of the ERL, so called compact ERL is going to be constructed in KEK and the electron beam operation will start at the end of the 2012 fiscal year. I will have a talk about the present status of the ERL project.

ERL [エネルギー回収型リニアック] はリニアックであることから、蓄積リング型加速器において定常 (平衡) 状態で形成される電子ビームの広がりが無く、5GeV クラスの ERL ではエミッタンスが 10pmrad, バンチ幅は 0.1~1psec が実現できると期待される。すなわち、現状の第 3 世代光源と比較して輝度で約 2~3 桁の増大、光パルス幅で約 2~3 桁の短パルス化という非常に高品位の電子ビームを得ることが出来る。その結果、軟 X 線、X 線領域においてコヒーレント光が可能である

と同時に、サブピコ秒の短光パルスの利用が可能となり、ナノメートル領域のイメージング、フェムト秒サイエンス、ナノビームによる局所状態、超極端条件化での物質科学研究等を始めとする従来の第 3 世代光源の延長線上の研究

はもちろんであるが、新たな展開が大きく期待される。また、ERL の超高輝度電子ビームは、最近提案された共振器形 FEL (XFEL-O) を可能とし、それも射程に入れた計画を図 1 に示すように立案している。

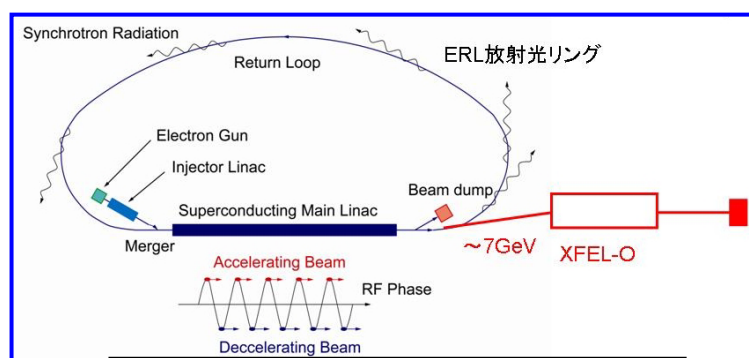


図 1 ERL 放射光源と XFEL-O の概念設計

表1は ERL および XFEL-O から期待される光源特性をまとめたもので、第3世代放射光源および現在世界中で建設・稼動を開始している SASE-FEL と比較である。ERL は第3世代光源に比べて2~3桁の平均輝度の向上を実現し、高い繰り返しとあいまって、高輝度・短パルスの非破壊分析の放射光としての役割を担い、XFEL-O はその超高輝度と高エネルギー分解能はもとより、時間方向においても完全にコヒーレントなシングルモードの X 線レーザーを実現するものである。

	average brilliance	peak brilliance	repetition rate (Hz)	coherent fraction (vertical)	coherent fraction (longitudinal)	bunch Width (ps)	# of BLs	Remark
ERL	$\sim 10^{23}$	$\sim 10^{26}$	1.3G	$\sim 20\%$	non	0.1-1	~ 30	Non-perturbed measurement
XFEL-O	$\sim 10^{27}$	$\sim 10^{33}$	$\sim 1M$	100%	100%	1	~ 1	Single mode FEL (few meV)
SASE-FEL	$\sim 10^{22-24}$	$\sim 10^{33}$	50-10K	100%	few %	0.05	~ 1	One-shot measurement
3 rd .SR	$\sim 10^{20-21}$	$\sim 10^{22}$	$\sim 500M$	0.1%	non	10-100	~ 30	Non-perturbed measurement

表1 ERL、XFEL-O と SASE-FEL、第3世代放射光源との光源性能

このような ERL、XFEL-O を実現するためには、超高輝度電子銃、連続的 (CW) な電子パルス列による超伝導加速器 (減速器(エネルギー回収モードでは)) の技術開発が必須であり、その性能を実証するための 35-200MeV クラスのコンパクト ERL の建設を進めている。写真にあるように、既に建設場所 (東カウンターホール) にはヘリウム冷凍設備、超伝導空洞組み立て用のクリーンルーム、一部の RF 源の設置が完了し、今年度放射線シールドの建設、超伝導空洞の組み立て、高輝度電子銃の組み立てを開始し、2012 年度末には 35MeV の加速エネルギーで加速器の運転を開始する予定である。

その後、エネルギー増強を図り、高輝度電子ビームの実現を確認すると同時に、実機である 5GeV クラスの ERL の建設を KEK 内で現在進められているスーパーKEKB の後のプロジェクトとして 2015 年に建設が実現できるべく進めている。そのために、KEK の全体プロジェクトとなるべく、同じく超伝導加速器をベースにして技術開発を進めて

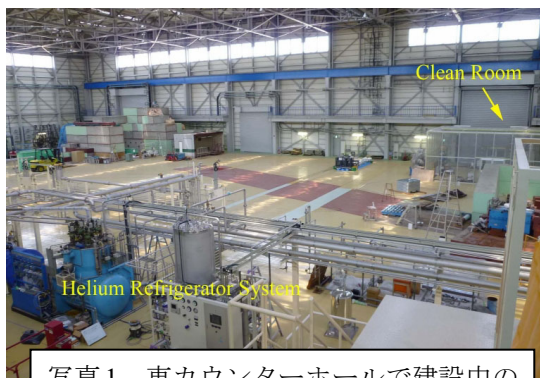


写真1 東カウンターホールで建設中のコンパクト ERL

きているリニアコライダー (LC) グループとの有機的な協力関係を構築することを模索している。これは、諸々の加速器要素のコストダウンを含めて大きな効果があるものと期待している。他方は、建設および運転のコストダウンを図るとともに、放射光コミュニティー全体の要望を加味して、例えば 3~3.5GeV クラスまで加速エネルギーを下げるができるか否かの検討を関係者で開始している。本研究会では、第1回の ERL サイエンスワークショップ^{1,2)}をアップデートすることにとどまらず、ERL のサイエンス分野の図式がより鮮明になることを期待したい。そして、上記のマシンのパラメータへ反映できることを期待する。

- 1) <http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/workshop/index.html>
- 2) <http://ccdb4fs.kek.jp/tiff/2009/0925/0925004.pdf>