

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

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、エミッタンスが 10-20pmrad, 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初めとする

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、新たな研究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

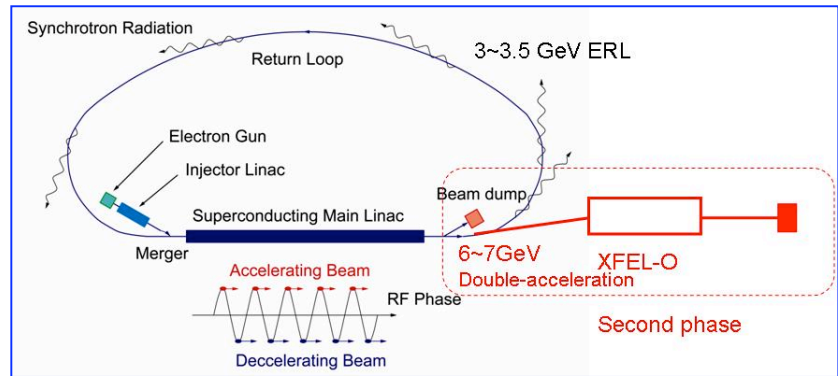


図 1 ERL 放射光源と XFEL-O の概念設計

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。従来、5GeV-ERL を加速器の加速エネルギーのターゲットとして掲げて来ていたが、日本国内に 3GeV クラスの高輝度光源が存在せず、軟 X 線領域の高輝度光源が不足していること、3GeV クラスでも挿入光源の技術開発により、X 線領域での光源としても十分な性能が期待されること、そして建設コスト、運転コストが削減でき、その建設開始が現実的なものとなること等の理由から、3GeV-ERL 計画に軌道を修正した。また XFEL-O は第 2 期計画という位置付けで提案している。

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

	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

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。

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 (cERL) の建設を進めている。

写真にあるように、既に建設場所 (ERL 開発棟 (旧東カウンタホール)) 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



写真1 ERL 開発棟で建設中の cERL

の実現を確認すると同時に、実機である 3GeV 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関係各位に働きかけている。そのために、同じく超伝導加速器をベースにして技術開発を進めて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検討し、上記の cERL のエネルギー増強に関して LC グループと協力して進めることが ERL および LC の両推進委員会で合意されている。

ERL のサイエンス検討では、2009 年に第 1 回、そして 2011 年 4 月に第 2 回の ERL サイエンスワークショップ^{1,2)} を開催し、多くの方々にそのサイエンスの方向性を議論頂きました。その発表資料・報告書も関係ホームページに掲載してあります。また、ERL に関する情報サイト³⁾ および ERL 推進室のホームページ⁴⁾ には諸々の情報を掲載していますので、是非参照頂き、ERL への期待に花を咲かせて頂きたい。

- 1) <http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/workshop/index.html>
- 2) http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/science_workshop/index.html
- 3) http://pfwww.kek.jp/erl_info/
- 4) <http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/index.html>