

3GeV エネルギー回収型加速器(ERL) 放射光源実証への R&D

SATテクノロジー・ショーケース2014

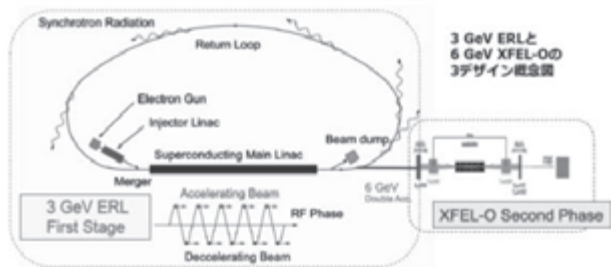
■はじめに

高エネルギー加速器研究機構では、次期光源としてナノサイズの不均一系の構造、電子状態を解明する事および超高速現象を捉える事が出来るエネルギー回収型加速器(ERL)の開発を進めている。その加速器技術を確立するために30MeV程度コンパクトERLの建設を進めてきたが、2013年度から試験運転を部分的に開始した。4月から6月に入射部の調整運転を開始し、その後、夏のシャットダウン時に残りの部分を建設し、12月から全体運転を開始する予定である。

展示では、ERL放射光源の特徴とそれが開くサイエンス、そしてそのR&D試験機の詳細を展示する。

■ ERL ～次世代の光源加速器～

エネルギー回収型リナック・ERL (Energy Recovery Linac) は、「先端性」と「多様性」を満足する新しい次世代放射光源である。KEK では2006 年4 月にERL 計画推進室を設置し、機構内で培ってきた最先端の加速器技術、および日本原子力研究開発機構、東京大学物性研究所、産業技術総合研究所をはじめとする内外の研究機関との協力の下、ERL の開発を進めている。



KEKでは次世代の光源加速器として3 GeV ERLを検討している。ERLは、超伝導加速器で加速した超高輝度電子ビームを利用して、超高輝度の放射光を発生する。放射光を出し終えて不要になった電子ビームのエネルギーは、超伝導加速器を通して回収され、次の電子ビームを加速するために利用される。線形加速器(Linac)をベースにしているため、蓄積リング型加速器のように広がりがない高品質の電子ビームを得ることができる。KEKのERL計画では、ERLの超高輝度電子ビームを用いることにより、現在各国で建設が進められているSASEXFEL(X線自由電子レーザー)をはるかに超えた共振器型XFEL

(XFEL-O) も射程に入れている。



現在の放射光
リングを何度も周回する蓄積型リングから作られる放射光は、電子ビームの広がりをもち、放射光の向きも不揃いになる。



ERLが作る次世代の放射光
ERLでは常に新品の電子が使われるので、現在の放射光より輝度が2～3桁高くなる。波面の揃った波は回折限界まで集光でき、ナノビームを可能にする。



XFEL-Oが作る人類未踏の放射光
X線の波長領域(約0.1nm)で波面の揃ったX線レーザー光は空間的・時間的コヒーレンスを持つ。平均輝度は現在の放射光を6～7桁上回る。

■ ERLが拓くサイエンス

ERLは、短パルス、コヒーレント光、ナノビームのX線を実現する光源加速器として、物質・生命科学にブレークスルーをもたらす事が期待されている。次世代の超高速通信デバイス、触媒、創薬研究、細胞小器官の機能解明、太陽エネルギーの有効利用など、広い分野への波及効果が期待される。

＜超高速のスナップショット「短パルス」＞

1周ごとに新品の電子を使うERLでは、良質な電子ビーム性能がそのまま保たれる。ERLでは現在の放射光(～100ピコ秒、100億分の1秒)より3桁短い100フェムト秒(10兆分の1秒)のパルス幅を実現できる。

＜わずかな違いを検出「空間コヒーレンス」＞

そろった波面(空間コヒーレンス)をもつERLの光は、物質に照射すると鮮明な干渉を起こす。波長が短いほど得られる情報の空間分解能が向上する。ERLでは回折限界の約0.1ナノメートルを目指す。

＜不均一な物質の観察に最適「ナノビーム」＞

X線領域で回折限界に到達するERLの放射光は、原理的にその波長約0.1ナノメートルまで集光できる。現在の放射光より2～3桁高い輝度の光を集光したナノビームが実現する。

■ 放射光源実証へ(コンパクトERLの建設)

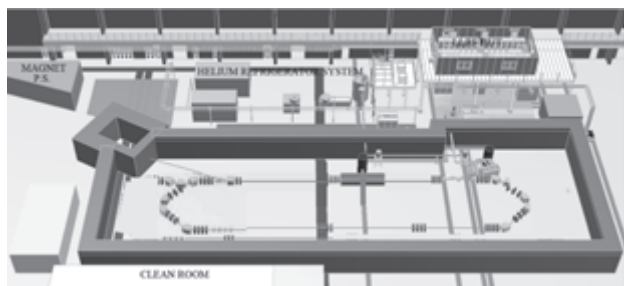
代表発表者 **河田 洋 (かわた ひろし)**
所 属 **高エネルギー加速器研究機構
ERL 計画推進室**

問合せ先 **〒305-0801 つくば市大穂 1-1
TEL:029-879-6193 FAX:029-864-2801**

■キーワード: (1) 次世代放射光源
(2) 先端加速器開発
(3) 不均一系のダイナミクス研究

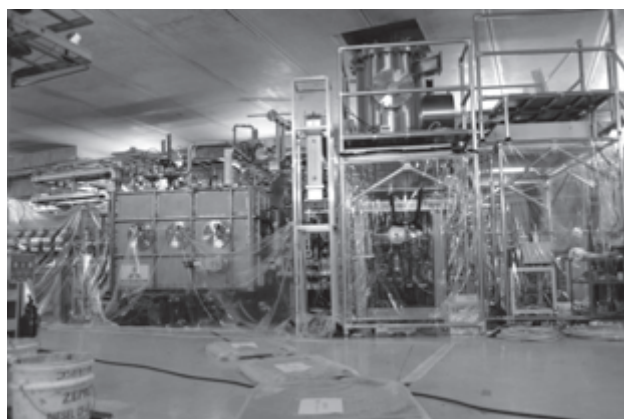
SATテクノロジー・ショーケース2014

現在、GeV クラスの ERL 加速器は世界のどこでもまだ実現していない。実際に ERL をX線領域の光源加速器として実現するためには、多くの要素技術～超高輝度電子、前段加速器用および主加速器用の超伝導加速空洞など～を開発していく必要がある。KEK ではこういった新しい技術の開発のために、まず小型の ERL 加速器を作ることから最初の一步を踏み出した。この ERL 実証機「コンパクト ERL (cERL)」は、2013 年春から入射部の試運転を開始し、順調に結果をあげている。現在、周回部の建設を進め、12 月から周回運転のコミッショニングを開始する予定である。



<cERL入射部>

電子ビームを発生する超高輝度電子銃と、その電子ビームを初段で加速する前段加速器から構成されている。すでに 2013 年春から、試運転が順調に進



められた。

<主リニアック超伝導空洞開発>

ERL の主加速部は「エネルギー回収」という役割を果たす心臓部である。2010 年秋には 25MV/m の加速勾配を達成。2012 年冬には、cERL で加速空洞を 2 台収容したクライオモジュールのパワーテストを終了。2013 年冬に電子ビーム運転を開始する。

<周回部>

電子ビームを周回させるために、夏からマグネット等の設置が進め、12 月から運転予定である。



<cERL から得られる光は？>

cERL からは、テラヘルツ・遠赤外領域の大強度のコヒーレント放射光が得られる。また、レーザー逆コンプトン散乱を利用して、微小光源でフェムト秒 X 線を発生させることができる。医学用イメージング研究や、時間分解・ダイナミクス研究への応用が期待されている。

■ 関連情報

ERL 推進室のホームページアドレス:

<http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/index.html>

“Energy Recovery Linac Conceptual Design Report”

http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/database/ERL_CDR_full_text.pdf