

エネルギー回収型リニアック (ERL) の現状と将来

羽島良一、日本原子力研究所 光量子科学研究センター

蓄積リングの限界を超える高い輝度と超短パルスの放射光を発生することができる次世代光源として、エネルギー回収型リニアック (Energy-Recovery Linac; ERL) が注目されている [1]。ERL は、超伝導リニアックで加速した電子を周回軌道に導き放射光発生を行い、その後の電子バンチを減速位相でリニアックに再入射することによって、電子エネルギーを RF エネルギーとして回収、後続電子の加速に利用する装置である (図 1)。このように ERL では (1) リニアックへの RF 供給を節約できるので電力使用量を小さくでき、(2) ビームを減速後にダンプへ捨てるので放射線の発生が減らせることから、高エネルギーの大電流電子ビームを連続的に生成するのに適した装置であり、シンクロトロン放射光、自由電子レーザーなどに利用が可能である。

また、蓄積リングでは、電子バンチの横方向分布 (エミッタンス)、縦方向分布 (バンチ長) が多数の周回を経た平衡状態で決まるのに対して、電子が一度しか周回しない ERL では、エミッタンス、バンチ長を蓄積リングよりも小さくできる利点があり、回折限界に迫るエミッタンスとサブピコ秒の電子バンチによって生成される干渉性の高い、高輝度、超短パルス X 線、すなわち、次世代放射光源の実現が期待できる。すでに、世界中で多数の ERL 型 X 線放射光施設の提案がなされ、予算獲得へ向けた設計研究が始まっている。主な提案は、Cornell 大学 (5–7GeV)、Brookhaven 研究所 (3–7GeV)、Daresbury 研究所 (0.6GeV) などである [2]。

さて、ERL の装置開発については、赤外 FEL 用として、Jefferson 研究所の IR-demo (48MeV) と原研の JAERI-ERL (17MeV、写真 1) がこれまでに完成し運転されている。また、超伝導電子リニアックの分野では、CEBAF、TESLA において集中的な研究が続いている。これらの成果を踏まえた上で、ERL 型次世代放射光源を実現するために今後解決すべき課題は、(1) 100mA 級の低エミッタンス CW 電子銃、(2) 電流値の上限を決める HOM 不安定性現象の理解とその対策、(3) 入射合流部、周回軌道におけるエミッタンス増大のメカニズムとその抑制、(4) バンチ圧縮の方法、(5) 光源の時間 / 空間安定度と密接に係る電子バンチの安定制御などがある。次世代放射光源を待ち望む放射光ユーザーの期待に応えられるように、国内外の諸研究機関の協力 (と良い意味での競争) のもと、ERL 開発を進めていくことが必要であろう。

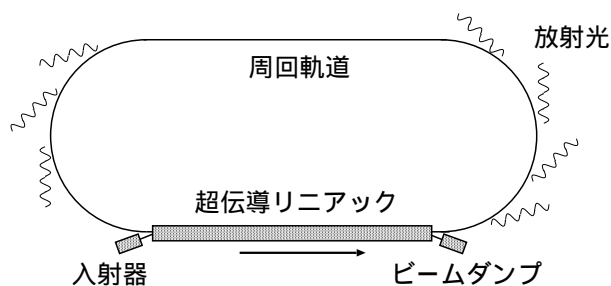


図 1. ERL 放射光源



写真 1. JAERI-ERL (原研)

[1] 羽島, 放射光, 第 14 巻 (2001) 323 – 330.

[2] Cornell ERL の web page <<http://erl.chess.cornell.edu/>> に提案中の ERL のリストがある。