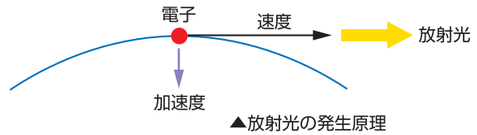
放射光とは

◆ 放射光発生原理

ほぼ光速で直進する荷電粒子が、その進行方向を磁石などによって変えられた際に発生する電磁波を放射光と呼び、1947年に電子シンクロトロンで初めて観測されました。放射光は、電子のエネルギーが高いほど指向性の良い明るい光となり、また電子のエネルギーが高く、進む方向の変化が大きいほど、X線などの短い波長の光を含むようになります。
電子は負の電荷をもっているため、その周りに電場を作っていますが、これは仮想の光子を雲のようにまとっていると考えられます。高エネルギーの電子が磁場で曲げられると仮想の光子が振り落とされて、現実の光子となって放出される、これが放射光のイメージです。



▲放射光の発生原理

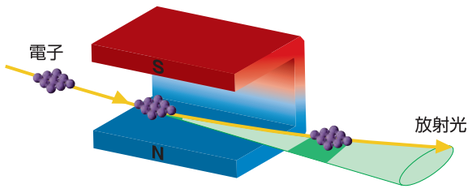
◆ 放射光を発生させるための磁石

電子の進行方向を変えるために用いる磁石のタイプとしては、電子をリング状の加速器に閉じこめるために必要な偏向電磁石と、特定の形に組み合わせた磁石（アンジュレータ、ウィグラーの2種があり、これらは電子の進路に挿入して用いられるため、挿入光源とも呼ばれる）があり、それぞれ特徴ある放射光が得られます。

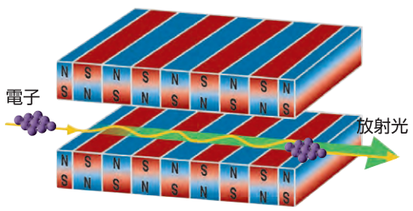
偏向電磁石 (Bending Magnet)
- 赤外線からX線までの連続した波長の光（白色光）が得られます。

アンジュレータ (Undulator)
- 電子を周期的に小さく蛇行させ、蛇行の都度発生する放射光を干渉させることにより、極めて明るい特定波長の光が得られます。

ウィグラー (Wiggler)
- 電子を大きく複数回蛇行させることにより、より明るく波長の短い白色光が得られます。



▲偏向電磁石からの放射光



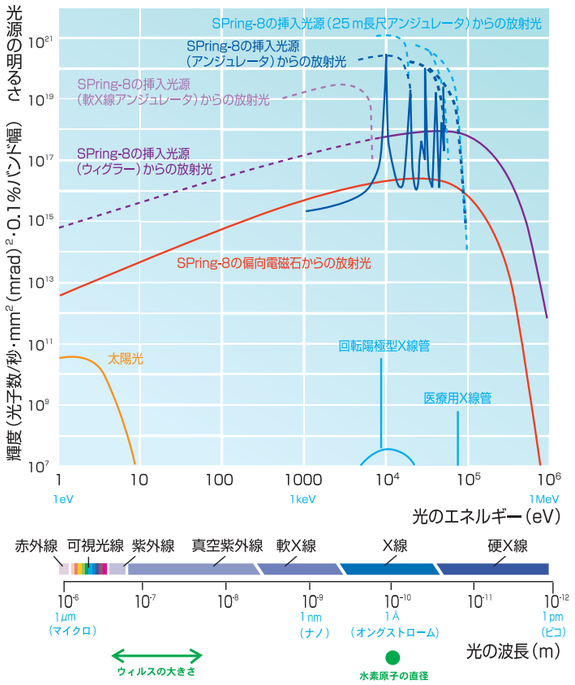
▲アンジュレータからの放射光

◆ 放射光の特徴

- 極めて明るい
- 細く絞られ拡がりにくい
- X線から赤外線までの広い波長領域を含む
- 偏光している
- 短いパルス光の繰り返し

◆ SPring-8の放射光の波長と明るさ

SPring-8からの放射光の明るさ（輝度）は、従来のX線発生装置から得られる光の明るさに比べ、10億倍となっています。

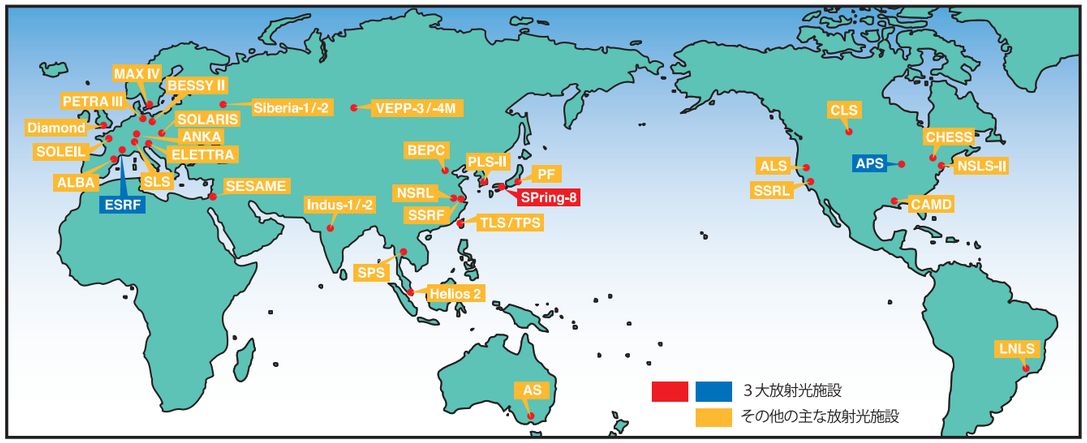


◆ SPring-8施設の特徴

- 硬X線（300 keV）から軟X線（170 eV）までの広い波長範囲で世界最高クラスの輝度、そのうえ、ガンマ線や赤外線も利用が可能です。
- 挿入光源を多数設置でき（最大38台）、これらの光を同時に利用可能です。
- 長い磁石列（通常の4.5 mに対し25 m）を持つ挿入光源の設置が可能です。
- 他放射光施設には見られない特徴ある実験施設（中尺ビームライン実験施設、RI実験棟、長尺（1 km）ビームライン実験施設）に導入された放射光の利用が可能です。
- 高エネルギーガンマ線専用のレーザー電子光ビームライン（LEP）を備えています。

◆ 第3世代の大型放射光施設

放射光の発生装置は、電子ビームを発生させ光速近くまで加速するための加速器（入射系加速器）と、その電子ビームを円形の軌道に貯めておくための加速器（蓄積リング）から成っています。第3世代と呼ばれる放射光施設は、専用の加速器にアンジュレータ主体の挿入光源を多数設置できるように設計された施設のことです。3大施設として、世界ではSPring-8、APS、ESRFの3つが知られています。
（第1世代は、放射光の専用施設ではなく、素粒子物理学研究用として建設された加速器の放射光利用を行った時代のもの。第2世代は、放射光専用施設ですが、偏向磁石からの放射光利用が主なもの。）

◆ 3大放射光施設とその他の主な放射光施設

施設名称	SPring-8	APS Advanced Photon Source	ESRF European Synchrotron Radiation Facility
設置場所	播磨科学公園都市	アルゴンヌ（米）	グルノーブル（仏）
エネルギー	8 (GeV)	7 (GeV)	6 (GeV)
ビームライン	62本	68本	56本
周長	1436 m	1104 m	844 m
準備	1987～1989	1986～1988	1986～1987
建設	1991～1997	1989～1994	1988～1994
利用	1997～	1996～	1994～