

アンジュレータ放射のエネルギーは、磁場周期長に比例して／電子ビームエネルギーの自乗に逆比例して増減する。これまでの放射光施設では数 cm のアンジュレータ周期長に対して、2GeV 程度の電子蓄積リングと組み合わせることで VUV-SX 光源を実現し、6-8GeV 程度のリングと組み合わせることで X 線光源を実現してきた[1, 2]。

近年は、真空封止型アンジュレータの技術を導入して、3-4GeV の高性能リングと周期長 2cm 程度のアンジュレータとを組み合わせることで X 線光源を建設することが計画され[3]、一部実現されつつある。上記に先駆けて我々も、2005 年より行った KEK-PF 直線部改造において、PF 電子蓄積リングに周期長 1-2cm の真空封止型短周期アンジュレータ (Short Gap Undulator: SGU) を 3 台導入し、これらの SGU が高輝度 X 線光源として有用であることを実証した。この成功は PF2.5GeV リングのような中規模エネルギーのリングにおいて X 線光源を建設するために、短周期真空封止アンジュレータを導入することの正しさを例証している[4, 5]。

本研究では、さらに進めてアンジュレータ磁場の周期長の“極短周期化”を図る。ここで、極短周期化とはこれまでの周期長を約 1/10 に圧縮することを意味する。このために、多極着磁法を応用して極短周期磁場を作成する。この方法では、極短周期のアンジュレータ磁場をパルス電磁石によって発生させ、これを磁石材料に“転写”する。当面周期長 4mm の磁気回路作成を試みる。この場合幅 20mm x 厚さ 2mm x 長さ 100mm の板状の磁石素材を、一对の電磁石によって厚さ方向に挿みこみ電磁石 (着磁コイル) をパルスの励起することで、約 25 周期分のアンジュレータ磁石列を作成する。上記の方法で着磁した板状磁石を対向させ 1-2mm 程度の狭いギャップ中にアンジュレータ磁場を発生することができる[6]。現在、1.6mm の狭小ギャップ間に 4100G のアンジュレータ磁場を生成し、磁場測定をおこなうことができるようになった(周期長 4mm x 周期数 25)。周期長 4mm を選んだ理由は、この周期長を達成できれば、2.5GeV 電子蓄積リングにおいて基本波で 12keV (波長 1Å) 領域の放射を生成することができるからである。実測磁場に基づくスペクトル計算 (2.5GeV・ゼロエミッタンス電子ビームに対する放射角密度) は、基本波のエネルギー領域においては同強度の理想磁場に対する放射輝度と等しい輝度特性が得られることを示している。

今後も、この様な極短周期磁場の狭小ギャップ間での精密測定法の開発、磁場の高強度化・高精度化、アンジュレータ端部磁場の調整法開発、長尺化のための板状磁石の長手方向への接続法開発等解決しなければならない問題点は数多い。もとより、極短周期であるが故に本質的に狭小ギャップを必要とするアンジュレータを許容する加速器の検討が非常に重要である。現状の到達点に就いて報告するとともに、本研究会を契機として、そのような加速器への展望を模索したい。

参考文献

- [1] S.Yamamoto, X.Zhang, H.Kitamura, T.Shioya, T.Mochizuki, H.Sugiyama and M.Ando, J. Appl. Phys. **74**, 500 (1993).
- [2] e.g. <http://www.esrf.eu/>, <http://www.aps.anl.gov/> and <http://www.spring8.or.jp/>
- [3] e.g. <http://www.psi.ch/sls/>, <http://www.bnl.gov/ps/nsls2/about-NSLS-II.asp>, and <http://www.lunduniversity.lu.se/research-and-innovation/max-iv-and-ess>
- [4] S.Yamamoto, K.Tsuchiya and T.Shioya, AIP Conf. Proc. **879**, 384 (2007).
- [5] S.Yamamoto, K.Tsuchiya, H.Sasaki, T.Aoto and T.Shioya, AIP Conf. Proc. **1234**, 599 (2010).
- [6] S.Yamamoto, J. Phys.: Conf. Ser. **425** 032014 (2013).