

日大におけるアンジュレーター減磁対策のための放射線モニター開発
 DEVELOPMENT OF A RADIATION MONITOR FOR UNDULATOR
 DEMAGNETIZATION AT NIHON UNIVERSITY

○岡崎大樹¹, 黒澤歩夢¹, 早川恭史², 境武志², 住友洋介², 早川建³, 野上杏子³, 田中俊成²
 *Hiroki Okazaki¹, Ayumu Kurosawa¹, Yasushi Hayakawa², Takeshi Sakai², Yoske Sumitomo²,
 Ken Hayakawa³, Kyoko Nogami³, Toshinari Tanaka²

It was found that the magnet array of the undulator device at Laboratory Electron Beam Research and Application (LEBRA), Nihon University was deteriorated due to radiation damage. The damaged magnet array was replaced by a new one for the repair of the undulator. To avoiding the radiation damage on the new magnet array, we have developed a radiation monitor for the radiation dose around the undulator. The radiation detector, which is constituted with a CsI(Tl) scintillator and a photomultiplier-tube, was calibrated using a small sealed-¹³⁷Cs source. Several detectors of the same specification will be prepared and be installed around the entrance of the undulator to analyze the source point of the radiation.

1. はじめに

日本大学電子線利用研究施設(LEBRA)では、125MeV電子線形加速器からの電子ビームを用いて、アンジュレーターと光共振器から構成される共振器型自由電子レーザー(FEL)[1, 2]を運用している。共振器型FELでは、アンジュレーター装置が作り出す周期磁場によって電子ビームが蛇行運動を行い、発生した放射光が光共振器に蓄積される。蓄積された光と後続の電子ビームを相互作用させることによって、単色かつ短いパルス幅の光が生成される。そのため、アンジュレーター装置の作り出す周期磁場の周期性が失われると、共振器型FELの強度の低下や発振の不安定性の要因となる。LEBRAのアンジュレーター装置は、20年以上にわたる放射線ダメージの蓄積により、上流側1/3が最大で30%ほど減磁していることが、アンジュレーター装置の磁石の表面磁場の測定により判明した(Fig. 1)[3]。そのため、令和元年度にアンジュレーター装置の磁石列の交換を行った。この磁石列の保護をするために、新

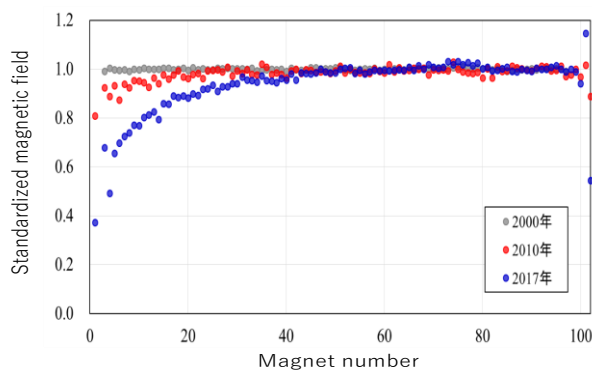


Figure 1. Reduction of the magnet field. The vertical and the horizontal axes indicate the normalized magnetic field and the magnet number from the undulator entrance, respectively.

たに放射線検出器を製作して設置し、線源の位置の特定や、遮蔽強化をすることにした。また、この検出器を用いて、リアルタイムでの線量測定を行い、加速器運転の指標とすることを目標としている。

2. 小型のシンチレータ式放射線検出器の制作

シンチレータを、光ガイドなどは使わずに直接光電子増倍管に固定して使用する(Fig.2)。実際に使用する際には、完全に遮光するためにアルミホイルを巻いてから設置した。光電子増倍管には、浜松ホトニクス社製のメタルパッケージ光電子増倍管と高圧電源回路、低雑音アンプを内蔵した型番号H10722-210[4]を、シンチレータには、4.51g/cm³という高い密度によりガンマ線に対する強い吸収係数を示すヨウ化セシウムCsI(Tl)固体シンチレータを採用した。



Figure 2. Photograph of the detector constituted with a CsI(Tl) scintillator and a photomultiplier-tube.

3. 線量測定

まず初めに、¹³⁷Csのチェックソースを使用して放射線検出器の特性評価を行った。¹³⁷Csの γ 線は

661.7 keV の単色線なので、そのピークの位置を基準として検出器のエネルギーに対する応答を校正していく。アンプとマルチチャンネルアナライザの線形性が良いと仮定し光電子増倍管で得られた電気信号を外部のアンプで増幅し、マルチチャンネルアナライザを用いてスペクトル測定を行った(Fig. 3)。そこから線量率を計算し、同じ条件で市販の NaI サーベイメーターの線量率と比較し、製作した検出器と市販のサーベイメーターの間で相対的な校正を行った。この校正では、CsI と NaI, シンチレーション効率の異なる物質を使用しているので、その違いを補正する。

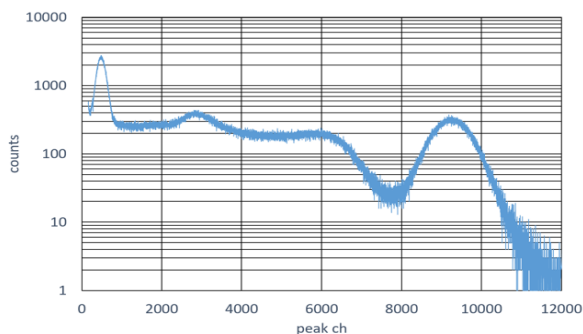


Figure 3: Typical spectrum of γ -rays from ^{137}Cs source taken by the detector.

次に、校正した検出器を用いて、加速器のパルス当たりの線量測定を試みる。 ^{137}Cs の波形の面積を基準として、加速器運転中に測定した波形の面積と比較する(Fig.4)。この際、光電子増倍管の制御電圧の違いによる信号増幅率の違いの補正をする。測定の結果、運転中の波形の面積の方が約3倍大きくなり、ここに制御電圧による補正を加えると、実際のエネルギーの差は約10000倍となる。

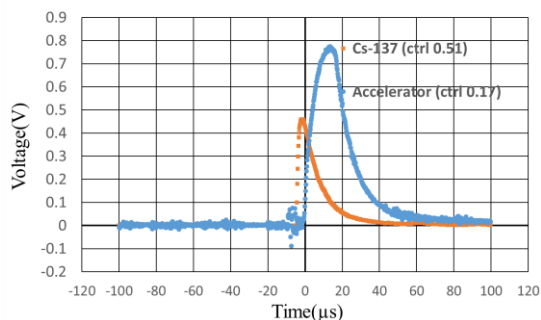


Figure 4: Comparison of waveforms during ^{137}Cs and accelerator.

4. 検出器の設置場所

今回製作した放射線検出器は、アンジュレーターにダメージを与える放射線を測定するためのものである。主な放射線源と推定されているのがビームライン偏向部にあるスリット(Fig. 5)であるのを考慮し、今回の検出器を Fig. 6 の赤四角の場所に設置した。また、Fig. 6

の黄色丸の部分にも検出器を設置して、アンジュレーター周辺以外での放射線の検出を行う予定である。



Figure 5: Explanation of the radiation source point affecting the undulator device.

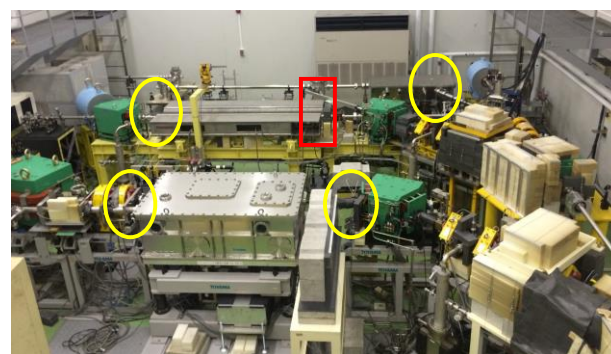


Figure 6: Installation points of the detectors for radiation monitoring.

5. 今後の計画

校正した複数台の検出器を使用して、加速器本体室内で加速器運転中の測定を行う。それぞれの場所での測定値から、アンジュレーター周辺で放射線源となっている場所の特定を試みる。この結果を参考にして、アンジュレーター周辺の遮蔽強化を検討していく。遮蔽強化後も、設置した放射線検出器は常時モニターとして運用し、アンジュレーター磁石列の放射線損傷のリスクを減らす運転調整に役立つ予定である。

6. 参考文献

- [1] K. Hayakawa *et al.*, "Operation of Near-infrared FEL at Nihon University", Proceedings of FEL 2007, Novosibirsk, Russia, pp. 114-117, 2007.
- [2] Y. Hayakawa *et al.*, "First lasing of LEBRA FEL at Nihon University at a wavelength of 1.5 μm ", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., A 483, pp. 29, 2002.
- [3] 野上杏子. アンジュレーター永久磁石による FEL 発進への影響. 第 24 回 FEL と High Power Radiation 研究会.
- [4] <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/type/H10722-210/index.html>
- [5] <https://www.crystals.saint-gobain.com/products/csitl-cesium-iodide-thallium>