

## 高エネルギー放射線環境構築に向けた実照射時間の評価システム線量評価 Evaluation of Actual Irradiation Time for Energy Irradiation Environment

○大和紗也香<sup>1</sup>, 倉田瑞希<sup>1</sup>, 日南健<sup>2</sup>, 土屋颯太<sup>2</sup>, 住友洋介<sup>3</sup>, 境武志<sup>4</sup>, 早川建<sup>4</sup>, 早川恭史<sup>4</sup>

\*Sayaka Yamato<sup>1</sup>, Mizuki Kurata<sup>1</sup>, Ken Hinami<sup>2</sup>, Sota Tutiya<sup>2</sup>, Yoske Sumitomo<sup>3</sup>, Takeshi Sakai<sup>4</sup>, Ken Hayakawa<sup>4</sup>, Yasushi Hayakawa<sup>4</sup>

### Abstract:

Assessments of radiation tolerances for material developments would become seriously important near future, due to the developments of radiation-resistant materials and space developments. Especially in space, since we are exposed to high-energy radiations, we should know how radiations cause damages on various devices. Therefore, it is important to create an environment where irradiation evaluations can be performed using accelerators that can generate high-energy radiations. We report on developments of a detection system so as to evaluate actual irradiation times.

### 1. はじめに

現在、放射線耐性素材の開発や宇宙開発への関心が高まっている。放射線耐性素材を使用した機器は高エネルギーの放射線を扱う施設で多く使われている。しかし、耐えきれず故障してしまうこともあり、放射線耐性素材の開発は重要である。また、宇宙開発は研究機関だけでなく、一般企業も注目を集めている。今年1月に発表された変形型月面ロボットによる小型月着陸実証機 SLIM (スリム) の撮影の成功にはタカラトミーやソニーグループといった一般企業も関わっていた [1]。そのような中、宇宙開発をする上で考える必要があることの一つに宇宙空間で使用する機器の放射線耐性がある。宇宙空間では放射線にさらされるため、そこで使用される機器などがどのように放射線損傷するか知ることは重要である。

このように材料開発や宇宙開発で物質の放射線耐性を調べたいという要望はこれから増加していくと考えられる。それに伴い、高エネルギーの放射線を発生させられる加速器を用いて放射線耐性評価を行える環境を整えていくことが必要となる。本研究は日本大学電子線利用研究施設 (Laboratory for Electron Beam Research and Application : LEBRA)の加速器を使用し、放射線環境構築を進めることが目的である。現在はシンチレーション検出器やガラス線量計を使い、環境構築に向けた線量評価を行っている。

本研究では Fig.1 のようにシンチレーション検出器とガラス線量計を設置し、測定を行っている [2]。

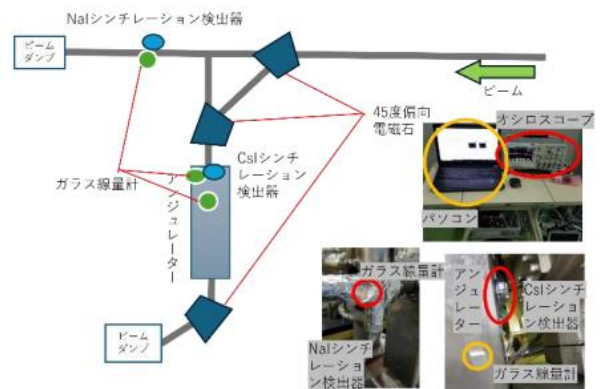


Figure 1: The outline of accelerator and photographs of the installation. [2]

### 2. シンチレーション検出器による測定

日本大学の加速器では RF 放電が起こり、回復エージングプロセスの間はビームが出なくなることがある。放射線環境構築を整える上でこの現象を把握しておくことは重要と考えられる。

Fig.2 は NaI シンチレーション検出器で Area 値を測定したときのグラフである [2]。この時の運転状況は電子エネルギーが 86.6MeV、マクロパルス幅が 11μs だった。なお、ビームは自由電子レーザーラインの方を通過している。

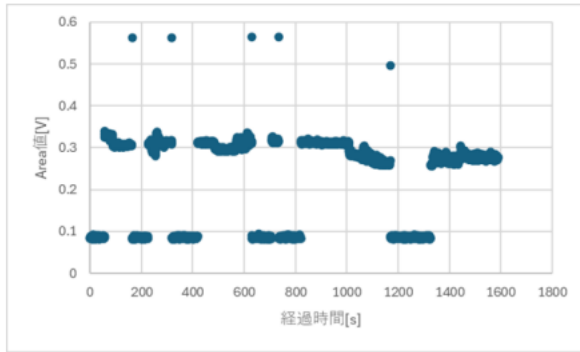


Figure 2: An illustration of measured values with the beam operation in the presence of discharges. (FEL line)[2]

このグラフから数分に1度RF放電が起こったことでビームが出なくなり、Area値が0.1Vまで落ちていることが分かる。また、ビームが出なくなる直前にArea値が0.5Vを超える値が見られる。これはRF放電に伴うビームロスにより瞬間的に高線量のγ線が測定されたためと考えられる。

Fig.3はビームをPXRラインにビームを通した時のArea値を表したグラフである。この測定にはFig.2と同様にNaIシンチレーション検出器を使用した。

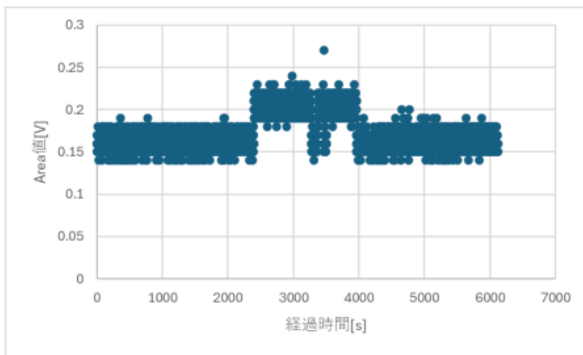


Figure 3: An illustration of measured values with the beam operation in the presence of discharges. (PXR line)

この測定では約2500sからビームを出し、約4000sでビームを止めている。このグラフから3200s~3500sあたりでビームが出ていないことが分かる。これは約3200sでビームを止め、再度ビームを出し、その後RF放電によってビームが出なくなっているためである。これは3400sあたりで他より高い値が出ていることから分かる。また、ビームが出ている時の値をFELラインの場合と比べると値が低くなっている。これはPXRラインよりFELラインの方がNaIシンチレーション検出器の場所に近いためと考えられる。

今後は運転状況を変えた測定や波形のパルス幅の測定も行っていく予定である。

### 3. ガラス線量計による照射線量評価

日本大学の加速器では、電子を2つのモードで加速している。クライストロンの加速周波数に従うフルバ

ンチモードと電子ビームを間引いてバンチ当たりの電荷量を増やしたバーストモードである。今回はバーストモードで電子を加速させ、電子エネルギー等を変えてガラス線量計による測定を行った。

	11月28日	2月13日~15日	5月27日~28日
運転モード	バースト	バースト	バースト
電子エネルギー [MeV]	78.1	96.9	68.1
メインコイルの電流値 [A]	55.4	68.8	48.4
FELラインの電流値 [mA]	30.6 (153)	13日 28.6(143) 14日 29.4(147) 15日 29.4(147.2)	記録なし
マクロパルス幅 [ $\mu$ s]	12	11	11
線量値 (側面) [mGy/h]	4.806	記録なし	3.941
線量値 (上面) [mGy/h]	7.197	5.732	10.819

Figure 4: Irradiation dose evaluations using glass dosimeters.[2]

Fig.4は運転条件とアンジュレーターの上面と側面の線量値をまとめたものである[2]。なお、FELラインの電流値のカッコ内はストレートラインの電流値である。

11月28日と2月13日~15日の線量値(上面)を比較すると電子エネルギーが11月28日の方が小さいが、線量値は大きいことが分かる。これはFELラインの電流値が2月の時より大きいと考えられる。

この実験で使用したガラス線量計は3MeV程度で校正させているものなので高エネルギー下で正確に測定できているか不明である。そこでニュースバル放射光施設で予め線量が分かっているγ線を照射し、ガラス線量計の測定結果と放射線計算コード「PHITS」[3]を用いて高エネルギー下でのガラス線量計の校正を行っていく。

### 4. 参考文献

- [1] JAXA「変形型月面ロボットによる小型月着陸実証機 (SLIM) の撮影およびデータ送信に成功」, [https://www.jaxa.jp/press/2024/01/20240125-4\\_j.html](https://www.jaxa.jp/press/2024/01/20240125-4_j.html)
- [2] S. Yamato *et al.*: “Development of Dose Assessment around Accelerator for high-energy irradiation experiments”, J Proceedings of the 21th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, July 30 - August 2, 2024, Yamagata.
- [3] PHITS, <https://phits.jaea.go.jp/indexj.html>