

## 高エネルギー中性子による放射化ベンチマーク実験

Benchmark experiment for activation induced by high-energy neutrons

\*萩原 雅之<sup>1,2</sup>, 長畔 誠司<sup>1,2</sup>, 西川 功一<sup>1,2</sup>, 金井 敦史<sup>3</sup>, 光野 冬樹<sup>3</sup>, 渡辺 丈晃<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>高エネルギー加速器研究機構, <sup>2</sup>J-PARC センター, <sup>3</sup>東京ニュークリアサービス

30 GeV 陽子を金標的に当てて、16° 方向に放出される中性子を様々な金属試料に照射することで、高エネルギー中性子による放射化ベンチマーク実験を行った。得られた結果について、高エネルギー加速器の遮へい設計に用いられるシミュレーションコード PHITS による計算値と比較を行った。

**キーワード：**高エネルギー加速器、放射化、モンテカルロシミュレーション、J-PARC、ハドロン実験施設

### 1. 緒言

高エネルギー加速器施設の遮へい設計では、透過力が強く人体に大きな影響を与える高エネルギー中性子の評価が重要である。また、高エネルギー中性子は加速器構成機器や遮へい体等を放射化させるため、その放射化の状況を正しく把握することは作業者の被ばく低減や規制対象物としての放射化物を正しく管理するためにも重要である。J-PARC では、モンテカルロシミュレーションコード PHITS[1] や MARS[2] を用いて遮へい体透過線量や放射化の評価を行っているが、高エネルギー中性子に対する放射化の系統的なコードの再現性については実験データの不足から十分検証されていない。そのため、本研究では、30 GeV 陽子を金標的に当てて、16° 方向に放出される中性子を様々な金属試料に照射することで、高エネルギー中性子による放射化ベンチマーク実験を行った。

### 2. 実験・結果

実験は J-PARC ハドロン実験施設の KL ビームラインを用いて行った。KL ビームラインは、30 GeV 陽子と金標的の反応によって生じた二次粒子のうち電磁石によって電荷をもつ粒子を取り除き、中性子粒子を二台の金属コリメータで口径 7.8 μsr のペンシルビームとして取り出して中性 K 中間子稀崩壊実験(E14 KOTO 実験)[3]を行うための二次粒子ビームラインである。KL ビームラインに導かれるペンシルビームの主要成分は中性子であるため、この中性子ビームを 50×50×1 mm のニオブ、鉄、鉛、タンタル板、50×50×2 mm のアルミニウム板、10×10×2 mm の金板に約 1 ヶ月間照射して、高純度ゲルマニウム検出器を用いて試料中に生成した放射能の測定を行った。得られた結果について、高エネルギー加速器の遮へい設計に用いられるシミュレーションコード PHITS による計算値と比較を行った。

### 参考文献

- [1] T. Sato et al., Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52, *J. Nucl. Sci. Technol.* 50:9, 913-923 (2013).
- [2] N.V. Mokhov, Recent Mars15 developments: nuclide inventory, DPA and gas production, Fermilab-Conf-10-518-APC (2010), Fermi National Accelerator Laboratory (2003). Available on <https://mars.fnal.gov/>
- [3] K. Shiomi et al., Measurement of  $K^0_L$  flux at the J-PARC neutral-kaon beam line, *Nucl. Instrum. Meth. A* 664 (2012) 264-271

---

\*Masayuki Hagiwara<sup>1,2</sup>, Seiji Nagaguro<sup>1,2</sup>, Kouichi Nishikawa<sup>1,2</sup>, Atsushi Kanai<sup>3</sup>, Fuyuki Kouno<sup>3</sup> and Hiroaki Watanabe<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>High Energy Accelerator Research Organization, <sup>2</sup>J-PARC Center, <sup>3</sup>Tokyo Nuclear Services..