

課題名 (タイトル) :

仁科加速器研究センターの放射線安全評価

利用者氏名 : ○田中 鐘信*、吉田 光一**、奥野 広樹***、赤塩 敦子*、小林 知洋****、
見原 俊介****、Korkulu Zeren**

理研での所属研究室名 : *仁科加速器研究センター 安全業務室

**仁科加速器研究センター RI ビーム分離精製装置チーム

***仁科加速器研究センター 加速器基盤研究部

****量子技術基盤開発グループ 中性子ビーム技術開発チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

仁科加速器研究センターの運用する RIBF 加速器施設では、水素からウランに至る幅広い核種の重イオンビームを、核子当たり 350MeV まで加速することができる。ビーム強度は世界最高を誇り、施設の目標強度は 6×10^{12} particle per second (pps) である。これらの重イオンビームによる核反応から、様々な RI ビームを生成し、原子核物理学等の様々な実験を行う。

大強度ビームによる核反応から、大量の放射線が発生する。それにより、高放射線量、装置への熱負荷、放射線損傷、物質の放射化によるビーム停止後の残留線量、などの様々な放射線影響が生じる。RIBF は世界に類を見ない施設であり、これまでの経験のみで放射線影響を予想することは困難である。よって、モンテカルロシミュレーション計算と、実際の測定を組み合わせ放射線影響を評価し、生じた問題の原因究明や改善、将来予測、新しい装置の設計などを行う。

2. 具体的な利用内容、計算方法

放射線輸送コード PHITS を用い、並列計算を行った。2017 年度は、主に以下の検討を行った。

- ① RIBF の F2 焦点面チェンバーの絶縁フランジの損傷原因調査
- ② 開発中の小型中性子源 RANS2 の中性子工学棟への移設検討

3. 結果

- ① 加速器のビームライン装置の内部は、真空状態

である。そのために、真空フランジや真空シール素材等を用いて真空チェンバーや電磁石などを互いに結合しており、その一部には樹脂材料を用いる。樹脂材料は真空シール素材として取扱が容易で一般的であるが、放射線損傷に弱いため、高放射線環境では可能な限り使用を避ける。

RIBF 稼働中に、低放射線環境である F2 焦点面付近の樹脂製の真空部品に放射線損傷による真空トラブルが発生した。原因究明のために PHITS によるシミュレーション計算を行うと、標的から高エネルギーの三重水素が RI ビームと共に磁場を通じて輸送され、F2 付近の樹脂に集中的に放射線損傷を与えていることが判った。対策として、三重水素を止めるために、標的と F2 間のコリメーターを厚くすることが有効であることも判った。これらの計算評価から新たなコリメーターを設計製作し、設置することにより、問題を解決した。

② 開発中の小型中性子源 RANS2 を、近い将来に中性子工学棟の RANS と同じ部屋に設置し、遮蔽で区切り独立して運用できないか PHITS を用いて線量計算評価を行った。RANS が稼働中に発生する放射線を遮蔽で低減し、RANS2 側には人が近寄り作業できるように、遮蔽を設計することが目標である。

RANS は陽子を 7MeV まで加速し、最大 100 particle micro Ampere (6×10^{14} pps) のビーム強度で標的に照射する。図 1 に PHITS による計算評価例を示す。RANS の標的から発生した中性子による、中性子工学棟内の放射線管理区域内の放射線量分布を示している。コンクリートブロックを

重ねて遮蔽を作り、RANS からの中性子線量を低減している。計算評価で RANS2 周辺を $1 \mu\text{Sv/h}$ 程度になるように遮蔽の配置を工夫したが、遮蔽を配置しても約 $100 \mu\text{Sv/h}$ の線量率があることが判る。

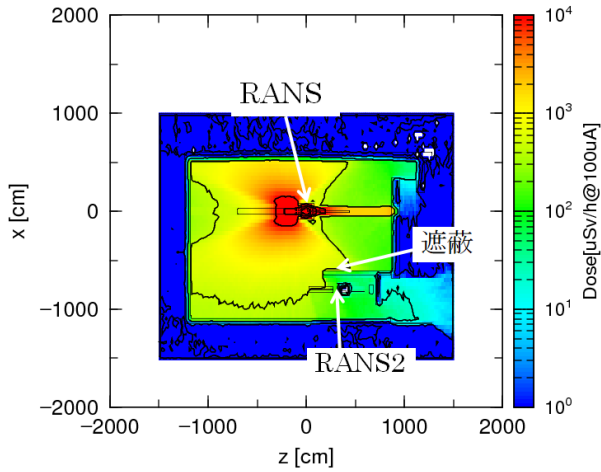


図 1 RANS からの中性子線量

評価の結果、現在用意している遮蔽量では、どのように配置しても RANS 稼働中に RANS2 そばに人が近寄るには不十分であることが判明した。新たに遮蔽を製作し、条件を満たせるように配置できるように、引き続き評価を行っている。

4. 今後の計画・展望

引き続き、RIBF 加速器施設における放射線影響を評価し、問題の原因究明や対策を行う。将来の装置開発においては、精度の高い放射線影響予測が必要である。シミュレーション計算と実際の測定を比較してベンチマークを多く集め、将来への布石とする。

平成 29 年度 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

A. Akashio et al., “Measurement of activation of helium gas by ^{238}U beam irradiation at about 11A MeV”, EPJ web of conferences 153, 01022(2017).

【国際会議、学会などでの口頭発表】

赤塩 敦子, 田中 鐘信, 今尾 浩士, 上菘 義朋

「ヘリウムガスへのウランビーム 11MeV/u 照射による残留放射能の評価」

日本原子力学会 2017 年春の年会, 平塚 (2017 年 3 月 27 日)