

課題名 (タイトル) :

**RIBF 大強度ビームによる放射線強度計算**

利用者氏名 : ○田中 鐘信

所属 : 和光研究所 仁科加速器センター 実験装置運転・維持管理室

## 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

理化学研究所仁科加速器センターでは、RI ビームファクトリー (RIBF) 加速器を運用している。RIBF においては、超伝導磁石を用いたビームライン BigRIPS において標的にビームを入射し、核反応により放射性同位元素原子核を生成し、実験を実施している。大強度の重イオンビームを供給するため、核反応により装置周辺に大量の放射線が発生する。ビームライン上には超伝導磁石や真空装置などが設置されており、装置に対する放射線損傷や放射線熱負荷などへの対応が必要である。また、保守点検時の人間に対する被曝も問題である。

RIBF は年々ビーム強度が上昇するため、装置の防護もそれに沿い強化が必要である。最終的には RIBF 施設の目標ビーム強度に対応する装置を開発するが、大規模装置のために短期間にすべて対応することは困難であり、施設の中期・長期スケジュールに合わせて継続的に開発を行う。

RICC を用いて、放射線の影響をシミュレーション計算し、遮蔽機構などを設計した際には効果の評価を行う。RIBF では、 $^{18}\text{O}$ ,  $^{48}\text{Ca}$ ,  $^{124}\text{Xe}$ ,  $^{238}\text{U}$  など、多核種のイオンビームを加速できる。また、それぞれの核種においても、BigRIPS での標的の種類や磁場の組み合わせにより、装置への負担は大きく変動するため、体系的に計算を行う必要がある。最終的に全てのビームに耐えうる設計を施す必要がある、大規模な計算が必要となる。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) 放射線輸送シミュレーションコードを用いて計算を行った。BigRIPS ビームコースおよび周辺環境を PHITS のモデル空間に再現し、重イオンビームの核反応による放射線量・熱

負荷など評価を行った。装置への負荷を考慮するためには、十分な統計を得る必要があり、一度の計算で 100 万個以上のビーム粒子を標的に入射させた。

## 3. 結果

加速器から供給されるビームのうち、主に  $^{48}\text{Ca}$  ビームについて計算を行い、BigRIPS 標的そばの超伝導電磁石への熱負荷および放射線損傷を評価した。これらは核反応により生成する中性子や荷電粒子放射線により負荷が生じる。

超伝導磁石は低温状態を保持する必要があるため、低温領域への熱負荷は一定以下に抑える必要がある。また、放射線損傷から超伝導電磁石の寿命予測を行った。両者とも、放射線の影響は深刻で、放射線遮蔽や排熱機構が必要であることが判明した。ただし、標的近傍であるため追加遮蔽などの設置可能場所も狭く、実験に必要な原子核は遮蔽に吸収させてはいけないため、定量的な評価に基づく高度な設計が必要である。遮蔽設計にも PHTIS を用いて効果の検証を行った。

RIBF の目標ビーム強度に耐える遮蔽・排熱機構の開発は困難であり、今だ達成できていないが現状の数倍強度のビームに耐え得る装置を考案した。

## 4. まとめ

RICC 上で PHITS コードを用いて、BigRIPS ビームコース上の、特に超伝導磁石に対する放射線負荷のシミュレーション評価を行った。装置に対する深刻な影響が判明し、対応する遮蔽装置などの検討評価も行った。

## 5. 今後の計画・展望

今回評価を行った  $^{48}\text{Ca}$  ビーム以外の核種についても放射線評価を行う。ビームコース上で、間

## 平成 23 年度 RICC 利用報告書

題のある箇所を特定し、対応する装置の開発を行い、さらに強度の高いビームに備える。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容

今回評価を行った  $^{48}\text{Ca}$  ビーム以外の核種についても放射線評価を行う。また、放射線対策が必要な箇所は他にも多くあり、引き続き RICC でシミュレーション計算を行い、装置の設計などを行う。さらに、BigRIPS は将来必ず保守点検作業が必要であり、高放射線環境での作業被曝を低減する装置や手順などが必要となる。これらの具体的な考案にも精度の高いシミュレーション計算が必要である。また、計算と実測の比較も行い、シミュレーションそのものの精度向上も行う。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

本年は他種類の重イオンビームのうち、装置に対する負荷が比較的弱いと思われる  $^{48}\text{Ca}$  のみ評価を行った。それでも放射線による負荷が深刻であることが判明し、急ぎ遮蔽装置の詳細な開発に移行したため、他核種の計算を実施せず、演算時間を残すこととなった。来年度は他核種についても、またビームコースの他装置についても評価を行うため、当初予定の計算時間が必要となる。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

**【国際会議などの予稿集、proceeding】**

K. Tanaka , N. Inabe, T. Ohnishi, and T. Kubo, "Radiation transport calculation using PHITS code for the activation of BigRIPS separator at RIKEN Radioactive Isotope Beam Factory and comparison with the measurement", Progress in Nuclear Science and Technology, Vol. 2, p 955 (2011)

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

**【その他】**