

課題名(タイトル):

Radiation calculation in the RI production

利用者氏名:○大西 哲哉 (1)

理研における所属研究室名: (1) 仁科加速器科学研究センター 実験装置開発部

1. 本課題の研究の背景、目的、関係する課題との関係
仁科加速器科学研究センター SCRIT 電子散乱施設では、世界唯一の電子・不安定核散乱実験が行われている。施設の基幹装置の一つとして、ウランの光核分裂反応を用いた不安定核イオン源が開発されている。このイオン源では、2000℃近くに熱したウラン標的に電子ビームを照射することで、寿命の短い(数十ミリ秒から数十秒)不安定核を生成する。生成された不安定核は熱運動によって標的から引き出され、イオン化した後にビームとして活用される。

本研究ではシミュレーション計算を用いて、照射時の生成粒子や γ 線等の発生場所及び軌跡を導出し、機器への熱負荷や放射線損傷の評価を目的とする。また、機器メンテナンスを考慮した放射線遮蔽も検討する。特に、ウラン標的内には長い寿命を持つ RI が生成される。そのような RI からの残留放射線が、標的交換などのイオン源周りの作業時間に大きく制限を与える。そのためメンテナンスシナリオを検討する際には、照射後の残留放射線量およびその時間トレンドが必須であり、本研究結果が非常に有用なものとなる。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算は、ウランの光核分裂反応による不安定核生成及び各種粒子の輸送計算と、生成不安定核による残留放射線計算となる。前者は、原子力科学研究所にて開発されている重イオン輸送総合コード PHITS を使用し、MPI ライブラリを用いた並列計算でモンテカルロシミュレーションを行う。計算では、生成された不安定核だけでなく生成時に発生する γ 線やその他の粒子の輸送計算を行い、様々な機器との反応過程を取り込んでいる。不安定核生成という統計事象を取り扱っているため、様々な核種の影響(放出する放射線や与えるエネルギー)及び局所分布などをみるためには計算回数(統計)を上げる必要がある。そのためクラスタシステムを利用した大規模計算を行っている。後者の残留放射線の計算は、次の 3 ステップに分けて行う。
1:PHITS を用いた RI 生成分布計算 2: PHITS に入っている残留放射線計算プログラムを用いた γ 線エネルギー及び強度分布計算。ここには各生成 RI 毎の γ 線の情報が入

っている。そして、得られた分布の照射後経過時間依存性の導出も行う。3: 前のステップで得られた γ 線分布をソースとした PHITS による放射線(線量当量)分布計算。以上のプロセスでもって、照射後の任意の経過時間及び任意の場所での放射線(線量当量)の評価を行う。

3. 結果

今年度は残留放射線計算の妥当性を評価するために、 ^{137}Cs 生成時における残留放射線測定との比較を行った。測定では、炭化ウラン標的が用いられ、ウラン当量で 28g、照射電子ビームエネルギーは 150 MeV、平均 15W、照射期間は約 2 週間だった。これらの条件を考慮した計算結果及び測定値を図 1 に示した。

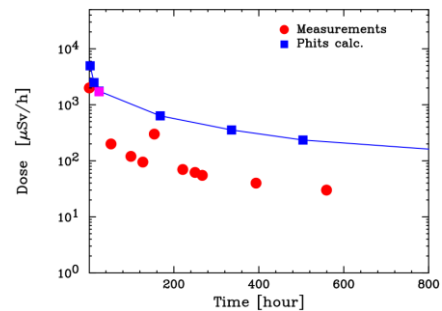


図 1: 残留放射線の時間変化。赤は測定結果。測定点はイオン源真空チェンバー直近(標的から 20cm)。測定点の一つが大きくなっているのは、再照射を行ったため。青点は計算結果。簡易的に直線で結んでいる。

計算結果と測定値を比較すると、時間変化については、ある程度再現できたものの、絶対値については、計算が約 10 倍大きい値となった。長寿命を持つ核種の再現がうまくいったため、時間変化が再現できたと思われる。絶対値の違いについては、PHITS に取り入れられている光核分裂反応の評価が不十分ではないかと考えている。

4. まとめ

PHITS を用いた残留放射線の計算を行い、測定値と比較した。時間変化は再現したものの、絶対値には大きな開きがあった。

5. 今後の計画・展望

PHITS に取り入れられているモデルの妥当性についての検証を進めていく予定である。また、別の条件での測定とも比較を行っていきたい。その後、より精度を上げた計算を用いて、メンテナンスシナリオを本格的に整備する予定である。

2024 年度 利用研究成果リスト

【その他(著書、プレスリリースなど)】

T. Ohnishi et al., “Evaluation of residual radiation from production target at ERIS”, RIKEN Accelerator Progress Report vol. 58 (2025), submitted.