

プロジェクト名(タイトル):

不安定核生成における熱負荷と放射線損傷計算

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室 RI・電子散乱装置開発チーム

1. 本プロジェクトの研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

仁科加速器科学研究センター SCRIT 電子散乱施設では、世界初の電子・不安定核散乱実験を目指している。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°C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遮蔽による対策も検討する。それに加えて、高温となっている標的及びイオン源全体を計算することにより、機器の熱分布やひずみ等を評価し、より効果的な標的や機器の設計を目的とする。また、得られた熱分布を検討することにより、不安定核の引き出し法の効率化を目指す。

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、高温時における各機器の熱負荷計算に分かれる。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。後者の計算には、有限要素計算コード ANSYS を用いたモデリング計算を行い、各機器の熱分布やひずみなどを詳

細に計算している。特にヒーターに電流を流し、電気-伝熱-機械の連成計算を行うことで、より現実に近い計算を行う。より詳細な分布を得るために、大規模計算を行う必要がある。

3. 結果

本年は最新版の PHITS を整備し、ウラン標的照射時の放射線輸送計算を行った。計算領域は不安定核イオン源が設置されている RTM 室内のみとした。計算には現状のイオン源およびイオンビームライン、並びにローカル遮蔽を取り入れた計算を行った。図1にビームラインやローカル

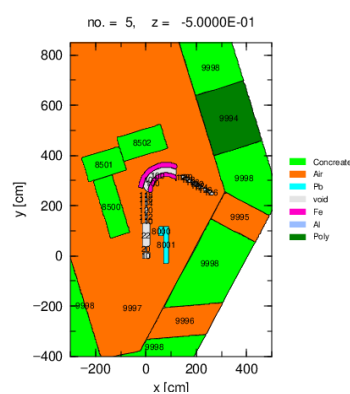


図1: 計算領域(RTM 室)

蔽が入った計算領域を示した。ビームは 150MeV 電子を使用し、ウラン標的はφ18 mm 長さ 60mm 重さ 30gU とし、直前に厚さ 5mm のタンタルコンバーターを設置した。計算は約 8×10^7 個のビームソースを用いて計算した。

電子、γ線及び中性子の軌跡分布を図2に示した。基本的には大量のγ線がでていることが分かる。

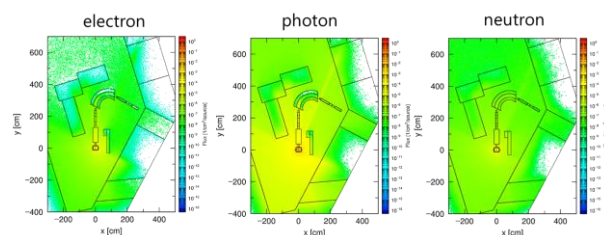


図2: 電子、γ線、中性子の軌跡分布(ビーム平面上)

また、放射線が大量に RTM 室外へ飛び出していくため、ローカル遮蔽を追加し、その効果の評価を行った。図3はローカル遮蔽を追加した計算領域を示している。図2計算時と同様の条件で計算を行い、得られた電子、γ線及び中性子の軌跡分布を図4に示した。ローカル遮蔽の効果で、特にγ線が大きく軽減できている事が分かる。さらに軽減するためには、より最適化が必要になるが、イオン源のメンテナンス計画にも関わってくるため、放射線損傷の評価も

加えた総合的な評価が必要である。

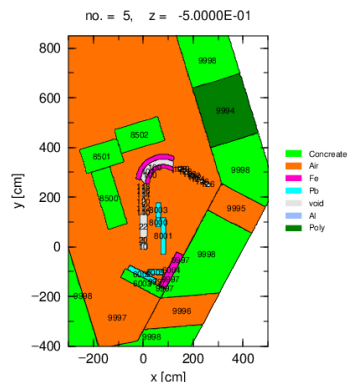


図 3: 計算領域(ローカル遮蔽追加)

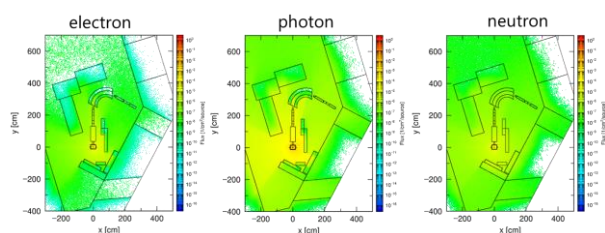


図 4: ローカル遮蔽追加時の電子、 γ 線、中性子の軌跡分布(ビーム平面上)

4. まとめ

本年度は PHITS を用いて、SCRIT 施設におけるウラン標的照射時の放射線輸送計算を行った。不安定核イオン源が設置されている RTM 室における放射線分布を評価し、新たに追加するローカル遮蔽を検討し、その効果を評価した。

5. 今後の計画・展望

今後も引き続き、放射線計算を行い、ローカル遮蔽の最適化を行っていく予定である。特に、各機器のメンテナンスシナリオと整合性を持たせるために、放射線損傷の評価も加えた総合的な評価を行っていく予定である。