

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

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℃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

前年度に引き続き、PHITS を用いたウラン標的照射時の放射線輸送計算を行った。今年度は計算領域を拡張し、電子ビームラインを加速器出口から標的まで追加し、より現実的なモデルになるようにした。図1に拡張した計算領域を示す。

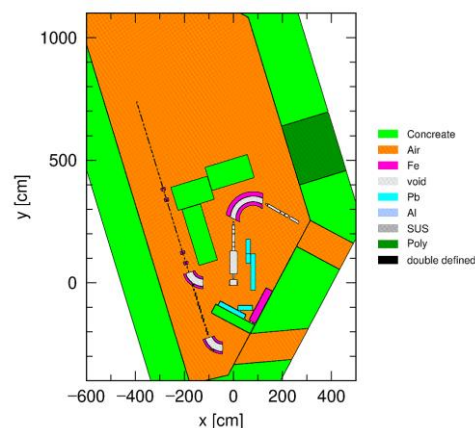


図1: 計算領域(RTM室)

次に、拡張した計算モデルを用いて、電子ビームラインに電子を実際に飛ばす計算を実行しようとしたが、PHITS における制限として、電子ビームに対する電磁場、特に磁場の向きに制限があることが判明した。開発元に問い合わせたところ、対応するには時間がかかるとの回答を得た。現在、PHITSの仕様に合わせたモデルの変更を検討しつつ、計算条件を変えることで対応しようとしているところである。

4. まとめ

PHITS 計算を進めるべく、計算モデルの拡張を行った。PHITS の計算に制限があることが分かったため、仕様に合わせるべくモデルの変更及び計算条件の変更を検討している。

5. 今後の計画・展望

電子ビームラインを取り入れた計算を行えるようにし、大強度電子ビームを用いた際の放射線遮蔽の検討やイオン源の耐放射線対策の検討を行っていく予定である。