

課題名 (タイトル) :

不安定核生成における熱負荷および放射線損傷計算

利用者氏名 :

大西 哲哉

所属 :

和光研究所 仁科加速器研究センター RIBF 研究部門 実験装置運転・維持管理室
R I ビーム分離生成装置チーム

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

2007 年度に稼働した RI ビームファクトリーには、超伝導 RI ビーム生成装置 BgIRIPS を用いて放射性同位元素ビーム (RI ビーム) を生成し、様々な実験が行われている。BgIRIPS は超伝導四重極電磁石、常伝導双極電磁石、生成標的システム、ビームダンプシステム、真空チェンバー及び各種ビーム診断用機器で構成されている。RI ビーム生成時には多量の荷電粒子、中性子が生成されるため、標的直後の超伝導電磁石に対して多大な熱負荷を与えたり、各機器に対しても放射線損傷を与えたりする。本研究では、シミュレーション計算を用いて、熱負荷の分布や放射線の発生場所及び軌跡を調査し、遮蔽物による対策について検討を行うことを目的としている。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算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行っている。入射粒子による標的や機器との反応だけでなく、生成された粒子の輸送及び物質との反応する過程についても取り込んでいる。不安定核の生成という統計事象を取り扱っているため、様々な核種の影響及び電磁石コイルの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 RICC のクラスタシステムを利用して計算を行っている。

3. 結果

本年度は実際に遮蔽スクレーパーのテスト機を制作し、生成標的直後に設置した。このテスト機を用いた場合の計算と測定との比較を行い、本番機への制作へと続ける予定である。今年度は大強度ビームでの実験が行われる ^{48}Ca ビームのケースで計算を行い、また、

昨年度より比較してモデル空間を拡張し、より系全体の計算ができるようにした。計算条件としては、核子当たり 345MeV (34.5 億電子ボルト) の ^{48}Ca ビームをベリリウム標的 15mm に毎秒 6×10^{12} 個照射した場合の熱負荷計算を行った。2 次ビームの設定としては ^{31}Ne 原子核を生成する場合とし、最初の双極電磁石の出口に設置されたビームダンプに停止するようにした。その結果、ビームダンプ背後にある超伝導四重極電磁石にも熱負荷を与えることができています。

熱負荷が一番厳しい生成標的直後の超伝導電磁石におけるビーム水平面での熱負荷分布を図 1 に示す。

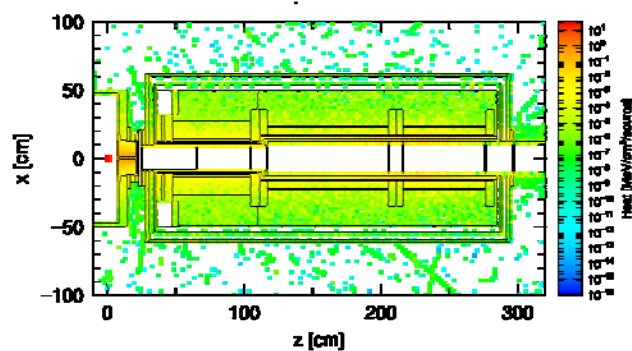


図 1 生成標的直後の超伝導電磁石における熱負荷分布

単位 MeV/source は 6×10^{12} 個のとき 1W となる。

ビームは図中左からやっていく。

図 1 において熱負荷が標的直後の遮蔽スクレーパーでかなり落ちているのがわかる。しかし、真ん中から出口近辺の内筒にも多く熱負荷があるのがわかる。これらに対処するには遮蔽スクレーパーなどの最適化がさらに必要である。今回のテスト機では全体の熱負荷として、 ^{48}Ca の場合元々の 500W から 298W まで落とすことができた。

本年度予定されていた実験は熱負荷として比較できるビーム強度での測定が行われなかった。そのため、他の物理量を用いた比較が進行中である。

4. まとめ

今年度は遮蔽スクレーパーを制作し、実地に設置を行った。その計算を行い、ある程度まで効果が有ることがわかった。本番機制作に向けて、実際の測定と計算の比較が進行中である。

5. 今後の計画・展望

今後は実験データとの比較を進めていきたい。まだ計算コード内に取り込まれている反応機構が不十分なため、開発元と協力して進めていく予定である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況や、継続して利用する際に行う具体的な内容

これまでの研究において得られた計算結果と実際の測定との比較が多少なりとも行えるようになってきた。しかしながら、現実と精度良く比較するには取り込んでいない効果があるため、今後とも計算の改良を行いつつ研究を続けていきたい。また、熱負荷だけでなく放射線損傷についてもより細かいところまでシミュレーションに取り込み対策を練っていく予定である。

7. 利用研究成果が無かった場合の理由

計算結果の発表というよりも実機の制作を主にしてきたためである。来年度以降は測定との比較が行えるようになるため、研究成果という形でまとめていきたい。