

# 超伝導トカマク装置建屋におけるダンプ計算を用いたダクトストリーミング評価に関する研究

Duct Streaming Studies for Superconducting TOKAMAK Device Building by Monte Carlo Simulation using Dump Technique



田中聖一郎 Seiichiro TANAKA \*1・奥野功一 Koichi OKUNO \*1・助川篤彦 Atsuhiko SUKEGAWA \*2

## 研究の目的

近年、癌の治療に粒子線等を利用する放射線治療が増えている。放射線治療施設をはじめとした放射線発生施設では遮蔽壁に設けられた空調や設備機器のための貫通孔からの放射線ストリーミング（漏洩）が問題となり、これを適切に評価し設計を行う必要がある。一方で現在、日欧協力で実施している超伝導トカマク装置の組立に伴う既存建屋の新規貫通孔部における遮蔽構造の設計を行うために、3次元放射線輸送計算コードPHITSを用いた線量分布評価手法の検討が進められている。3次元計算を行う利点は、建屋貫通孔部を含めた建屋内の詳細な線量分布の評価が可能となり、建屋遮蔽設計の最適化を図れることである。しかし、核融合施設のような大規模で複雑な体系の場合、貫通孔部が中性子発生源からかなり遠く離れていて、かつ局所的な場所に位置するため、貫通孔の入口まで到達する中性子数を十分確保するのが難しく多大な計算時間が必要となるといった課題があった。本研究では、PHITSのダンプ機能を用いて建屋貫通孔部（ヘリウム冷媒配管用ダクト）におけるストリーミング評価を行うことにより、計算時間を含めた合理的な計算手法の改善を試みた。

## 研究の概要

計算効率の改善方法の一つに接続計算方法がある。従来の接続計算方法では、任意の接続場所におけるFluxを評価し、そのFluxを線源として再計算する方法であったが、この方法では接続前後の粒子間の相関を考慮した計算を行えなかった。この欠点を補うため、本研究ではPHITSのダンプ機能を用いて計算を行うとともに、ダンプ位置等の計算に係るパラメータに関する最適化検討を行った。具体的には、超伝導トカマク装置から約20m離れた位置にある建屋貫通孔部（直径1m、ダクト長2m）に到達した中性子やγ線の情報を貫通部入口（本体室側）にて蓄え（1段階目計算）、それをダンプ線源として貫通部の最初の出口の線量評価を行った（2段階目計算）（図-1）。ダンプする領域は貫通孔入口を中心とした半球形とし、球半径が、2 m, 5 m, 10 m及びダンプ計算なしの場合における貫通部出口の線量や誤差、計算時間等の比較を行った。

## 結論

図-2に、ダンプ球半径：2 m, 5 m, 10 m及びダンプ計算なしの場合におけるダンプ線源表面積と計算時間の関係を示す。ダンプ球半径（球表面積）が大きいほど、2段階目の計算に係る時間は長くなる傾向にある。そのため、ダンプする領域については、ダクト周辺の幾何条件等を考慮する必要があるが、中性子を貫通孔中に効率よく入射させるために、ダンプ領域は小さい（入口部に接近させる）ことが望ましいと考えられる。ダンプ計算の実施により、合計計算時間はダンプしない場合より伸びるものの、ダンプ位置から下流における遮蔽体系の最適化検討を、1段階目計算を省略して行うことが可能となる。PHITSによるダンプ計算は、核融合施設のような大規模でかつ装置が複雑な体系において非常に有効な手段であることが確認された。貫通孔部出口のより正確な線量分布の評価を行うためには、さらなる計算効率の改善（具体的には、分散低減手法を用いた工夫等）が必要であることがわかった。

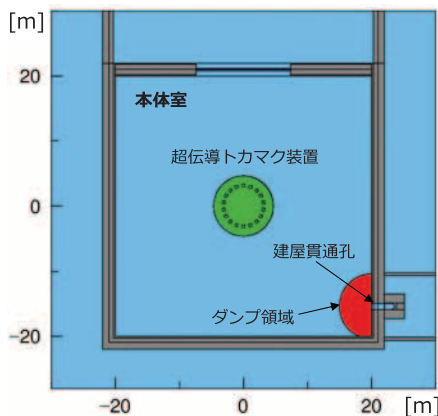


図-1 装置建屋本体室平面図

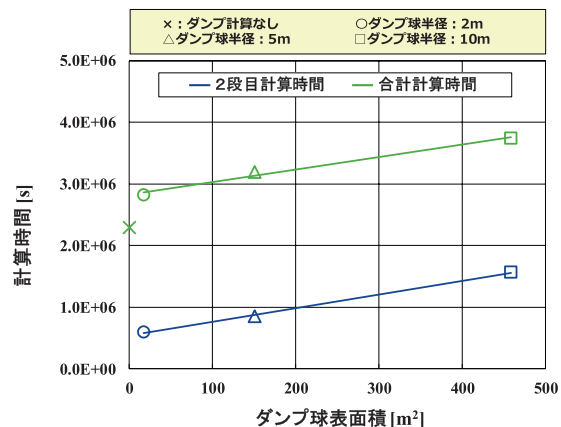


図-2 ダンプ半径による計算時間の比較

\*1 建築研究第二部 \*2 量子科学技術研究開発機構