

核融合中性子源A-FNS施設の遮蔽設計 Shielding Design for Fusion Neutron Source A-FNS Facility

太田 雅之, 権 セロム, 石垣 重明, 佐藤 聡
Masayuki OHTA, Saerom KWON, Shigeaki ISHIGAKI, Satoshi SATO

量研 六ヶ所研究所
QST, Rokkasho Fusion Institute

核融合中性子源A-FNS に関する遮蔽設計において、照射を実施する試験セルの横に設置される側方アクセスセルでは遮蔽プラグのスリット部やヘリウムガス配管を通した放射線ストリーミングが問題となりうる。また、加速器のビームダクトは、リチウムターゲットを直視しており、発生した中性子の後方へのストリーミングによる線量上昇が懸念される。試験セルの周囲の部屋におけるゾーニングや設置機器の耐放射線性の検討などのためには、これらの線量評価が必要である。自動分散低減パラメータ生成コードADVANTGのA-FNS遮蔽計算へ適用した手法[1]を用いて、モンテカルロ計算コードMCNP 6.2 により、これらの解析を実施した。

試験セル横に設置される側方アクセスセルの線量を評価するために、リチウムターゲットから発生した放射線の遮蔽プラグのヘリウムガス配管からのストリーミングについて解析を行った。ヘリウム配管は段差幅が配管直径の3～4倍あるドッグレッグ構造とし、図1に示すように、ストリーミングに対して配管同士の相関が小さくなるような配管配置とした上で、側方アクセスセルの実効線量率を計算した。配管出口位置での実効線量率は、最も高い位置で66 $\mu\text{Sv/h}$ であり、現在検討しているA-FNSのゾーニングとして運転中の側方アクセスセルをYellow zone (立ち入り制限区域: 25 $\mu\text{Sv/h}$ ～2 mSv/h) とすることが可能であることがわかった。

別の懸念として、加速器ビームダクトからの放射線ストリーミングによる事業所境界の線量率の上昇が考えられる。A-FNSでは、重陽子ビームがビームダクトを通して、リチウムターゲットに垂直に入射するが、その際に発生する放射線の後方ストリーミングを評価する必要

がある。そこで、ビームダクトを通り抜けた放射線の後方ストリーミングによるA-FNS本体棟建屋内及び建屋外の実効線量率を計算した。図2にビームダクトを透過した中性子による実効線量率の分布の計算結果を示す。加速器室を仕切る幅1.5 mの建屋隔壁は約83 mに及び、後方ストリーミングによる直接的な中性子を遮蔽するのに十分である。A-FNS本体棟の外側では、本体棟内に比べ中性子線量率は約6桁減衰し、中性子による実効線量率は 6×10^{-8} $\mu\text{Sv/h}$ であった。試験セル天井を透過して地上に降り注ぐ放射線(スカイシャイン)による事業所境界での線量率と比較しても、この値は約3桁低く、後方ストリーミングの影響は小さいことが明らかになった。

参考文献

[1] M. Ohta et al., to be presented in 32nd Symposium on Fusion Technology (SOFT2022).

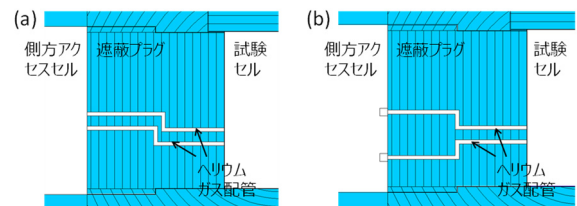


図1 ヘリウム配管配置の工夫: (a)相関が大きい配置, (b)相関が小さい配置

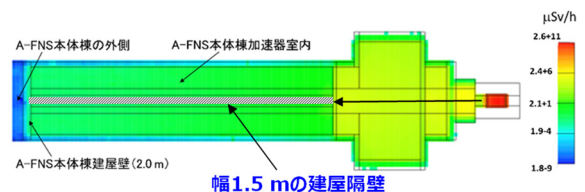


図2 中性子による実効線量率の分布