(原子力技術部)

Shielding Design for Steam Generator of Advanced Marine Reactor MRX

改良船用炉MRXの蒸気発生器に対する遮蔽設計

小田野直光、山路昭雄、石田紀久

平成11年10月

Special Issue of the Journal of Nuclear Science and Technology

船用炉にとって軽量小型化は経済性等の観点から重要な課題である。日本原子力研究所で工学設計が進められている改良船用炉MRXは一体型炉と水漬け格納容器を採用することにより、受動安全性と軽量小型化を兼ね備えた原子炉を達成している。MRXの遮蔽設計は、格納容器の厚さおよび直径、原子炉容器の軸方向長さの決定等に重要な役割を果たし、軽量小型化に大いに貢献している。すなわち、①水漬け格納容器の形状を主として遮蔽の観点から適切に決定することにより、通常格納容器外側に設置され原子炉プラント重量・容積の大きな部分を占めているバルク遮蔽を不要としたこと、②蒸気発生器に適切な遮蔽を施すことにより蒸気発生器を炉心近傍斜めに設置して原子炉容器の軸方向寸法を短くし、プラントを小型化するとともに、蒸気発生器からの二次系配管が通じている機関室の線量当量率を配管遮蔽を施すことなしに周辺監視区域に設定できるまで低減させ乗組員の作業性の向上と被曝低減を図ったこと、等である。MRXでは遮蔽のみを目的としたバルク遮蔽体は設けず、遮蔽、受動安全性の確保、原子炉容器の支持等の役割を有する多目的の構造物として設け、プラント軽量小型化を図っている。蒸気発生器に対する遮蔽では、蒸気発生器内の二次系での¹⁶Nの発生を低減させる目的で炉心層を厚くするとともに炉心と蒸気発生器の間に鋼製遮蔽体を設け、蒸気発生器に到達する10MeV以上の高速中性子を低減させている。同遮蔽体は原子炉停止時に格納容器内作業を行う場合の被曝防止にも役立つ。MRXは熱出力が原子力船「むつ」の2.8倍であるが、原子炉プラントの重量は「むつ」の0.5倍、格納容器の大きさは0.7倍（「むつ」では格納容器の外側に大きな二次遮蔽体があり、MRXは格納容器外側の体積、「むつ」は二次遮蔽体外側の体積で比較すると、MRXは「むつ」の1/4となる）となり、大幅な軽量小型化が達成されている。

Measurement of Dose-Equivalent Rates around Cask and Monte Carlo Analysys with Actual Configuration of Fuel Basket

キャスク周囲の線量当量率の測定と実形状燃料

バスケットを用いたモンテカルロ解析

植木紘太郎、成山展照、大橋厚人、山路昭雄

平成11年10月

Proceedings of the 9th International Conference on Radiation Shielding

本研究は、TN-12A使用済燃料輸送容器周囲のガンマ線及び中性子線量当量率を電離箱型サーベイメータ及び減速型中性子サーベイメータを用いてそれぞれ測定し、その結果をモンテカルロ法によって解析したものである。

モンテカルロ計算コードMCNP4Bを用い、アルミ合金製の燃料バスケットに関し、2つのモデル化を行った。一つは、12本の使用済燃料を収納するバスケットを詳細にモデル化した計算であり、もう一つは、SnコードDOT3.5で採用されている様な均質モデルである。さらに、両方の計算とも、使用済燃料集合体のZ軸方向の燃焼度分布を考慮した中性子及びガンマ線線源の発生が考慮されている。例として、使用済燃料集合体の上下両端部燃焼度が中央の85%であれば、そのおける線源強度はガンマ線は中央の85%であるのに対し、中性子線源強度は1/2に低減する。

燃料バスケットの均質モデルと実形状モデルを用いてモンテカルロ計算を行ったところ、両者の計算結果に本質的な相違が見られた。そして、実形状モデルを用いた計算ではガンマ線線量当量率に対しては67%、中性子線量当量率に対しては80%それぞれ均質モデルよりも低い値を示した。この主な要因は、均質モデルでは線源の発生が使用済燃料とアルミ合金を均質に混ぜた全領域から一様に発生するのに対し、実形状モデルではアルミ合金で造られたバスケットの内側から発生するので、このアルミ合金の遮蔽効果が考慮されるからである。そして、アルミ合金の遮蔽効果は中性子よりもガンマ線に対してより大きいので、ガンマ線線量当量率に対しては67%、中性子線量当量率に対しては80%という相違が現れたものと推論される。

燃料バスケットの実形状モデルを用いた計算を行ったことにより、実験値と良い一致を得ることが出来た。輸送容器の中央におけるC/Eは中性子に対してはほぼ1.0であり、ガンマ線ではおよそ1.25であった。このように、中性子に対して特に優れた結果になっているが、これは、使用済燃料集合体のZ軸方向の燃焼度分布を考慮したことに因るものと考えられる。