

放射線輸送・遮蔽計算による汚染水処理装置の吸収線量評価

Dose evaluation of adsorption vessels for contaminated water treatment by using radiation transport and shielding calculation codes

*松村 太伊知^{1,2}, 永石 隆二¹, 片倉 純一^{1,2}, 鈴木 雅秀²

¹日本原子力研究開発機構, ²長岡技術科学大学

福島第一原子力発電所事故における汚染水処理では、外部放射線の測定や解析によって内部の吸着核種や吸収線量の分布を評価することが期待される。本研究では汚染水処理の代表例として情報が広く公開されているTMI-2事故時の汚染水処理に用いた水没式脱塩システム(SDS)に対して、吸着塔内のゼオライト充填層の吸収線量率及び吸着塔の γ スキヤニングと充填層内の核種分布との関係の評価を試みた。

キーワード：TMI-2 事故・水没式脱塩システム吸着塔・吸収線量率・放射性核種・ γ スキヤニング

1. 緒言

放射線輸送・遮蔽計算コードは解析対象によって様々なものがあり、原子力分野では決定論的計算手法である点減衰核計算コード(QAD)、二次元輸送計算コード(DOT)等が許認可での使用実績がある。近年、確率論的計算手法であるモンテカルロ法に基づく計算コードが核燃料施設・装置での遮蔽計算に使われるようになってきた。その一つにPHITS^[1]があり、加速器の遮蔽計算等の高エネルギー分野において使用の実績を有し、MCNP等の他のコードと比較しても多様な放射線・エネルギー領域での計算が可能であり、廃棄物処理処分での応用が期待できる。

そこで本研究では、TMI-2 事故の汚染水処理に関する報告書^[2]及びそれらを基にした先行研究^[3]を参考に、まずPHITSを用いて混合ゼオライト充填層での吸収線量及び γ スキヤニングについての解析を試みた。

2. 解析

吸着塔内の異なる2種類のゼオライトを混合した充填層(IE-96:A-51=3:2)^[2]の水分率は、吸収線量率の計算時には20wt%(100%相対湿度状態)と39wt%(浸水状態)、¹³⁷Csの γ スキヤニング時には17wt%(乾燥後)^[2]と設定した。放射線源として吸着核種の β 線(エネルギースペクトルの考慮の有無)・ γ 線のエネルギー、放射線量及び核種分布の有^[3]・無を充填層内に設定した。吸収線量率の計算では、各吸着核種によって放出した崩壊熱225W^[3]から充填層に付与された吸収エネルギー率を計算し、それとゼオライトの重量から吸収線量率を計算した。 γ スキヤニングによる充填層内の核種分布の推定では、まず、線源が均一に分布した補正用の吸着塔を設定し、吸着塔を上下に移動させた各位置においてコリメータを通り検出器に入射したフラックスを求めた。このフラックスは均一分布時においても測定系に依存して充填層の各位置で大小するため、次に、このフラックスから均一分布を推定できる補正係数を測定系毎に求めた。最終的に、その係数と γ スキヤニングの実測定値^[2]から本来の核種分布を推定した。

3. 結果と議論

解析結果の一例として、表1に吸着塔内の充填層の吸収エネルギー率・吸収線量率を示す。水分率の上昇とともに吸収エネルギー率は増加し、吸収線量率は減少した。増加と減少の相反する原因は水分率の上昇に伴う密度の増加であり、その増加率(1.28)が吸収エネルギー率の増加率(1.08)よりも大きいため、結果として吸収線量率が減少する。また、 β 線のエネルギースペクトルを考慮した場合としない場合(平均値)で結果にほとんど違いはみられなかった。しかし、核種分布の有無は統計誤差の範囲を超えて有意な違いを与えた。さらに、先行研究^[3]と比較した場合、吸収エネルギー率は6~8%低い値になった。

本報告では、 γ スキヤニング時の吸着塔-Pb遮蔽体間の距離が、核種分布の推定値に及ぼす影響についても述べる。

表1 充填層の吸収エネルギー率

核種分布	有 ^[3]	無(均一)
水分率 (wt%)	吸収エネルギー率 (W)	
20	162	155
39	175	168
水分率 (wt%)	吸収線量率 (kGy/h)	
20	3.22	3.09
39	2.71	2.60

参考文献

- [1]T. Sato et al., Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52, J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913-923 (2013)
 [2]G.H.Bryan et al., Summary of radioactive operations for zeolite vitrification demonstration program, GEND-038, PNL(1984)
 [3]R.Nagaishi et al., Reevaluation of Hydrogen Generation by Water Radiolysis in SDS Vessels at TMI-2 Accident, NPC2014(2014)

*Taichi Matsumura^{1,2}, Ryuji Nagaishi¹, Junichi Katakura^{1,2} and Masahide Suzuki²

¹Japan Atomic Energy Agency(JAEA), ²Nagaoka University of Technology