

使用済燃料等の輸送・貯蔵の許認可における モンテカルロ遮蔽解析の評価に係る研究

Studies on the assessment of Monte-Carlo shielding analysis
in the licensing of spent fuel transport and storage

*後神 進史¹

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

使用済燃料等の輸送・貯蔵の許認可申請においてモンテカルロコードによる遮蔽解析結果が示された際に、コード検証と妥当性確認（V&V）に対する評価、及び評価結果の信頼性確認を迅速かつ適切に実施するために、各分野の有識者による検討会を組織し、両者の方法論を確立するための研究を今年度から実施している。計画の概要、スケジュール、進捗状況等について報告する。

キーワード：V&V, モンテカルロ, 遮蔽解析, 輸送, 貯蔵

1. 緒言

我が国の使用済燃料等の輸送・貯蔵の許認可申請の際の遮蔽解析では、これまでは離散座標 Sn コードの利用が主流であったが、近年ではモンテカルロコードの活用例も増加傾向にある。許認可審査においてはコードの適用性及び評価結果の信頼性を確認する必要があり、特に新規コードや実績の乏しいコードとしてモンテカルロコードが使用された際を想定した V&V 手法等の検討を進めている。

2. V&V 手法案の検討

本研究では、学会標準[1]の考え方を基本とした検討を行い、V&V 手法に基づいてコードの適用性を確認するためには、以下の 4 段階の手順を網羅的に実施することでコードの予測性能を定量化する必要があると考え、各項目の詳細について検討を続けている。

①概念モデルの整理：解析対象の特徴、解析に関連する物理現象、境界条件等の整理。

②数学的モデル化（Verification に相当）：概念モデルの数理モデル化、コーディングの正確性、数値解法の精度等に対する確認のプロセスによる、数値的な解法に起因する不確かさの評価。

③物理的モデル化（Validation に相当）：各遮蔽体素材に対する透過実験及びストリーミング等の現象に対する実験も含むベンチマーク実験と解析との網羅的な比較による不確かさの評価。

④予測性能の判断：上記で評価した各要素の不確かさを定式化ができるレベルにまで整理を行い、自乗平均を取る等の手法を用いて集約することによるコードの予測性能の定量化。

3. 評価結果の信頼性確認手法案の検討

申請対象に対する個別の評価結果の信頼性を確認するポイントを明確にするために、体系のモデル化や物質情報等のインプットデータ、線量率といった評価結果等に対する妥当性の判断基準について検討を行っている。後者については、先行研究[2]等を参照すると、モンテカルロコードによる評価結果に付随する統計指標を参照することが適切と考えられているが、評価点における統計誤差だけでなく、評価点に到達する透過経路も含めた線量及び統計誤差の空間分布や、計算の進展に対する評価値や統計誤差の収束状況等の確認の必要性について検討している。

4. まとめ

本発表では、研究の目的や概要、検討会議論の進捗状況等を報告する。今後は、検討した各手法案の適用性を令和 3 年度より PHITS コードを対象として検証した上で令和 5 年度内に最終化を予定している。

参考文献

[1] 日本原子力学会標準 シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン：2015

[2] 日本原子力学会「モンテカルロ法による放射性物質輸送容器の遮蔽安全評価手法の高度化」平成 23 年度報告書

*GOKO Shinji¹

¹Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)