

遮蔽解析コード V&V における妥当性確認実験

Validation experiments in V&V for shielding analysis codes

*後神 進史¹, 川口 真穂¹, 松本 哲郎², 増田 明彦², 真鍋 征也², 原野 英樹², 佐藤 理³,
奥野 功一⁴, 佐波 俊哉⁵

¹原子力規制庁, ²産業技術総合研究所, ³ニュークリア・テクノロジー・コンサルティング,
⁴安藤ハザマ, ⁵高エネルギー加速器研究機構・総合研究大学院大学

使用済燃料等の輸送・貯蔵の許認可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、解析コードの検証と妥当性確認(V&V)に対する評価を迅速且つ適切に実施するための研究を行っている。V&VのValidationに係る作業では、不確かさを詳細評価した測定データを準備することが重要であるため、それらを得るための実験方法や、V&V手法における実験データの活用方法について検討した。また、前述の方法の適用性を確認するために妥当性確認実験を実施しており、その概要についても報告する。

キーワード：遮蔽, V&V, モンテカルロコード, ベンチマーク実験

1. 緒言

使用済燃料等の輸送・貯蔵の許認可審査において、遮蔽解析コードとして近年活用が増加傾向にあるモンテカルロコードの適用性確認を迅速かつ適切に実施する必要があるため、解析コードのV&V手法等の研究を進めている。V&Vの重要な要素の一つに妥当性確認実験の測定値と解析コードによる計算値との比較評価があり、最終的に解析コードの不確かさを定量化するためには高精度な測定値はもとより、実験に付随する不確かさが詳細に評価された測定値が必要となる。それらを取得する手法を確立するための検討を進め、V&Vの観点から妥当性確認実験に対する総合的な不確かさを定量化するための要件(妥当性確認実験の要件)を検討した。

2. 妥当性確認実験の要件

使用済燃料の輸送・貯蔵に供する金属キャスクを例にとると、その許認可プロセスにおいて遮蔽解析コードの適用性を示すために用いられる妥当性確認実験のデータは使用済燃料を収納した実際の金属キャスク(実機)に対する測定結果がほとんどである。このような複雑体系である実機を用いた測定では不確かさの発生源が多くなり、それらが相互に干渉しあうため、実験に付随する総合的な不確かさを詳細に評価することは極めて困難となる。本研究では既存実験データや過去の許認可資料等を精査した上で遮蔽解析や放射線測定に専門家との議論を行い、それらを解決する対応策の一つとして実験の対象を遮蔽材の透過やストリーミング経路に対する評価精度等の基本要素に分割した実験(要素実験)を実施することを提案し、実験による検証も並行しながら検討を続けている。測定体系を単純化することで実験に付随する不確かさを低減させ、且つそれぞれの不確かさの詳細評価が期待される。このような実験を行う際には、高精度な測定値を導出するためのデータや実験ログだけでなく、不確かさを評価するための情報(線源や測定器の設置精度、周辺散乱体等)を記録することも重要である。それらを精査して得られた評価結果と金属キャスク体系の特徴の分析から妥当性確認実験の要件として、要素実験を網羅することの必要性や実験計画段階から予想される不確かさ因子を事前評価により洗い出して分析した上で測定時に情報を記録すること等を整理した。また、上記の検討における要素実験として金属キャスクの遮蔽構造を想定した以下の体系に対する中性子及び二次ガンマ線の遮蔽実験を実施しており、不確かさの発生要因や測定値への影響の強さ等の検証を進めている。

- ① 平板又は球形状の鉄(厚さ3~24cm)又は中性子遮蔽材(厚さ3~15cm)の単層遮蔽体
- ② 平板又は球形状の鉄(厚さ6~24cm)及び中性子遮蔽材(厚さ3~15cm)の二重層遮蔽体
- ③ 中性子遮蔽材欠損部であるトラニオン部を想定したモックアップ

3. まとめ

遮蔽解析コードに対するV&V手法の確立に向けて、不確かさを詳細に評価した実機の測定データを用意することが困難な場合は、実験の対象を遮蔽材の透過等の要素実験として行うことを提案し、妥当性確認実験の要件として、予想される不確かさ因子を事前評価したうえで測定時に記録すること等を整理した。検討結果を確認するために実施している遮蔽実験の概要と併せて報告する。

*GOKO Shinji¹, KAWAGUCHI Maho¹, MATSUMOTO Tetsuro², MASUDA Akihiko², MANABE Seiya², HARANO Hideki², SATO Osamu³, OKUNO Koichi⁴, SANAMI Toshiya⁵

¹Nuclear Regulation Authority (NRA), ²The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³Nuclear Technology Consulting, ⁴Hazama Ando Corporation, ⁵High Energy Accelerator Research Organization / The Graduate University for Advanced Studies