

放射線環境における構造材近傍のエネルギースペクトル評価

Evaluation of energy spectrum around structural materials in radiation environments

*松村 太伊知^{1,2}, 永石 隆二¹, 片倉 純一², 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

構造材近傍の放射線や放射線分解生成物は、腐食をはじめとする構造材の劣化に影響する。ここで、構造材近傍の放射線の線質（種類・エネルギー）及び量は構造材の種類や厚さによって変わるため、これを系統的かつ詳細に調べることは、設置場所等によって異なる構造材（材質・サイズ）を利用する実情に応じた細やかな指針等を与えられる点からも重要である。そこで本研究では、水中の金属構造材（SUS304, SUS316L 等）への放射線（ β 線・ γ 線）照射をモンテカルロ計算コード（PHITS）で模擬して、その構造材近傍の放射線のエネルギースペクトルを入射放射線、構造材の種類や厚さを変えながら評価した。

キーワード：金属板構造材・水・放射線・モンテカルロ計算コード・エネルギースペクトル

1. 緒言

これまで汚染水処理に用いた吸着塔内部のゼオライト充填層中の β ・ γ 線放出核種の吸着分布を考慮した吸収線量評価[1]や、燃料デブリから放出される経過時間毎の線種（ α ・ β ・ γ 線）に依存した放射線エネルギー分布評価[2]を解析的に行ってきた。これらは今後、1Fから発生した使用済み吸着塔の処理・処分やデブリの取り出し時に必要な情報を与える。一方、原子炉構造材の放射線照射による影響では構造材や水に与えられる吸収線量に加えて、構造材の種類や厚さが異なるとその近傍の線種やそれらのエネルギーが変化すると考えられるため、構造材の腐食等の劣化評価にはこれらを考慮することが重要である。

本研究では PHITS を用いて入射線種、構造材の種類や厚さを変えながら水中の構造材近傍の放射線環境の再現を行い、これらの結果をもとに構造材近傍の光子・電子のエネルギー分布を解析・評価した。

2. 解析

図1に本解析条件の模式図を示す。水中にセットした金属構造材に線源からの放射線を照射して、その近傍に設置した観測領域中の放射線のエネルギースペクトルを入射放射線、構造材の種類や厚さを変えながら取得した。線源はCs-137 (Ba-137m) から放出される γ 線（単色 662 keV）や、Sr-90 とその娘核種の Y-90 から放出される β 線（連続エネルギー分布）とした。構造材から線源の位置①はSr-90 の場合には 0.0 mm, 0.5 mm を設定し、他の場合は 1.0 mm も設定した。金属構造材は SUS304, SUS316L, 炭素鋼を対象にした。構造材の厚さ②は 1 mm, 2 mm, 以降 2 mm ステップで 20 mm までを設定した。放射線と構造材の相互作用後の光子・電子の観測領域③は構造材の表と裏の両側の水の厚さ 1 mm に加えて、電子の外挿飛程等を考慮して、裏側のみの 10 mm、表裏両側の構造材表面からの内部 1 mm に設定した。

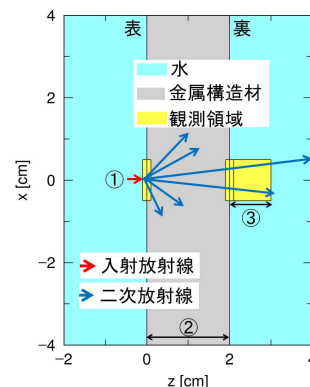


図1 解析条件の模式図

3. 結果と議論

解析結果の一例として、図2に 2.5 mm 離れた位置にある Y-90 線源の β 線（最大 2.28 MeV）を SUS304 に入射したときの裏側の水中のエネルギースペクトルを示す。左右の図はそれぞれ観測領域を水中の厚さ 1 mm (a), 10 mm (b)とした結果である。実線は相互作用後の光子、破線は電子を表す。また、構造材の厚さの違いを線の色（赤：1 mm, 青：20 mm）で示した。光子は主に減速した入射 β 線の制動放射であるため、その最大エネルギーよりも低いエネルギーが最大の連続エネルギーで観測された。電子は主に光子の相互作用で放出した二次電子であるため、低エネルギー側で観測される。これらスペクトルの平均エネルギーは、構造材の厚さが増加する（1 mm→20 mm）と、光子は高エネルギー側にシフトするのに対して、電子は低エネルギー側にシフトした。

本報告では、構造材に対する線源の位置（距離）の違いがエネルギースペクトルに及ぼす影響等についても述べる。

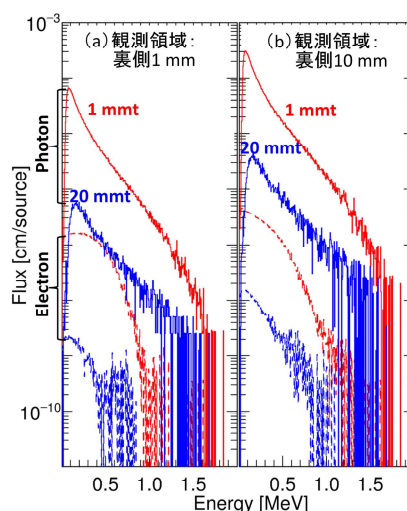


図2 SUS304 の裏側の水中のエネルギースペクトル

参考文献

- [1] 松村太伊知ほか, 原子力学会 2016 年春の年会, 2I23 (2016).
[2] 松村太伊知ほか, 原子力学会 2017 年秋の大会, 1F06-07 (2017).

*T. Matsumura^{1,2}, R. Nagaishi¹, J. Katakura² and M. Suzuki²

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