

21K-7

放射線遮へい設計の最適化に関する研究

研究テーマ代表者（東大院工）小佐古敏荘

研究参加者（東大環安本部）飯本武志、木村圭志、林恵理子

（東大院工）齊藤 勲、岡村和夫、吉廻智江、安見厚志、助川敏男、
間瀬幸雄、仲川 勉、早川和寿、阿部琢也、廣田昌大、
MOREV Mikhail、小川達彦、嶋田和真、鈴木ちひろ、
嶋田智昌、COOPER Alexandre、谷幸太郎、瀬戸口雄紀

（東大RIセ）小池裕也

【実験の背景と目的】原子炉建材等に用いられるコンクリートを放射性廃棄物として扱う場合、現状ではコンクリートが放射化する範囲を計算等で大きく見積もり、安全側での対応がなされている。ここでは、原子炉内コンクリートの放射化量と範囲をより現実的に評価するために、東京大学実験炉「弥生」の中性子束をコンクリートに照射し、コンクリート内の鉄筋が中性子束変化に与える影響を検討した。

【実験の概要】中性子照射場（東京大学研究炉「弥生」）に鉄筋分布を変えたコンクリートのサンプル（鉄筋を含まないものも含む）を置いて中性子照射を行い、その中の中性子束分布の測定を行った。

(1) コンクリート内中性子束変化の鉄筋分布依存性の把握

建屋コンクリートにおける放射化量に関する実測評価と計算評価の不一致を説明するために、コンクリート鉄筋含有量に着目した実測試験を実施した。東京大学研究炉「弥生」を用いてコンクリートに対する中性子照射実験を行い、4パターンの鉄筋分布ごとに中性子束の関係を実測した。この結果をベンチマーク問題として解析し、鉄筋の中性子束への影響を説明した。なお、コンクリートサンプルの概略図をFig.1、設置の様子をFig.2に示す。

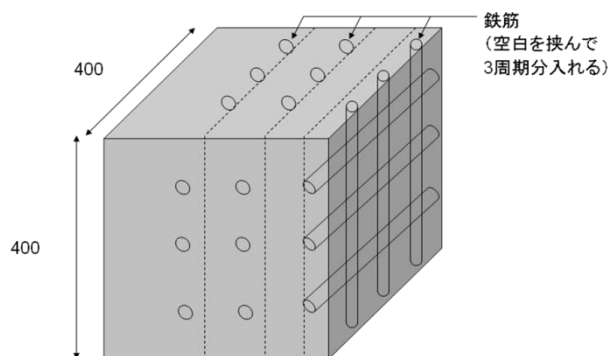


Fig.1 コンクリートサンプルの概略図



Fig.2 照射体系の写真。中央が積み上げられたコンクリートサンプル

【実験・計算】 Fig. 1 に示したように、鉄筋の入ったコンクリートサンプルと、同様の幾何形状を持つ鉄筋を含まないサンプルに中性子を照射して、その中の中性子束を箔放射化法により比較する。照射は約1時間で、積算出力500Wh。使用した箔は、Au箔、0.5mm厚のCdで包んだAu箔の2種類とした。箔はコンクリートサンプルの中心軸上に並べ、鉄筋のすぐ近くにおける影響、また、鉄筋による影響が数段のコンクリートで重複して受けた後、の両方の効果が見られるようにした。照射後に1時間程度の冷却を経て箔をとり出し、Ge半導体ガンマ線検出器を用いて、ガンマ線スペクトロメトリーを行った。この際に着目した反応は、 $^{197}\text{Au}(n,g)$ である。測定後に箔の元素の放射化反応率を逆算し、それを鉄筋がある場合とない場合で比較した。

計算は、実際の照射体系を可能な限り正確に近似したものとし、計算コードはMCNP-5を使用した。Track length tallyで中性子スペクトルを取得し、その中性子スペクトルをENDF-B/VI反応断面積と掛け合わせることで反応率を各点で導出した。

【実験の結果】 コンクリート中の反応率分布の例をFig. 3, 4に示す。

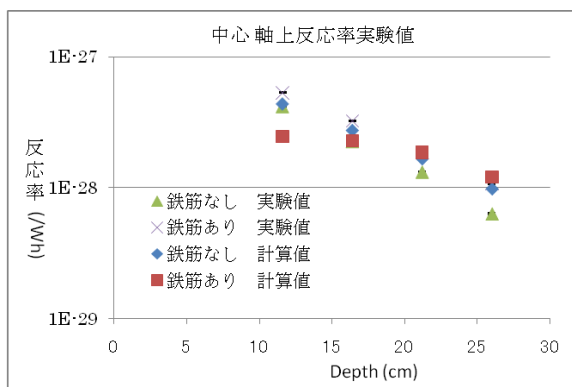


Fig. 3 Au箔の放射化反応率分布。計算値と実験値の比較。

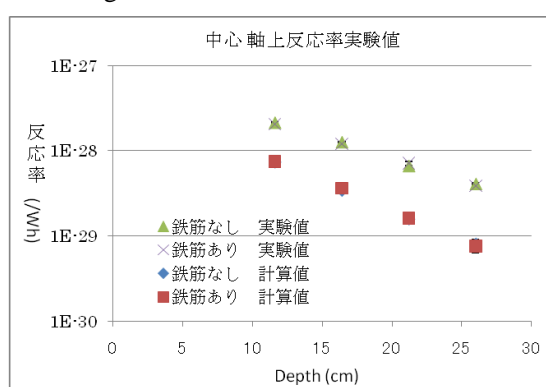


Fig.4 Cd で包んだ Au 箔の $^{197}\text{Au}(n,g)$ 放射化反応率分布。

Fig.3 から分かる通り、 $\text{Au}(n,g)$ 反応率は鉄筋がない方が深度に伴ってより急峻に低下する。一方、 $\text{Cd-Au}(n,g)$ 反応率は、鉄筋の存在に関係なく減衰する。前者は熱中性子・熱外中性子両方から、後者は熱外中性子のみから放射化を受けていることから、熱中性子のみが鉄筋によって影響を受けたと考えられる。

また、実験値と計算値の間に差異がみられる(特に Cd-Au 箔で顕著)が、この原因については調査中である。

本研究の結果、鉄筋は中性子の透過特性影響を与えると判明した。熱中性子に対しては、鉄筋の鉄が比較的大きな吸収断面積を持つことを反映したものと考えられる。一方で、熱外中性子に対する鉄筋の影響は確認できなかった。

今後の課題は、計算と実験の間に見られる差異の原因を見つけること、鉄筋による影響を定量的に評価し、実際の原子炉で役立つ知見として提供することである。