

<第41回炉物理夏期セミナー報告>

若手研究会報告

ガンマスミアリングに関する研究

大阪大学 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
修士課程1年(北田研究室) 大矢 賢太郎

1. 背景

炉心における核種の反応によるエネルギー放出には、ガンマ線による影響が少なからず存在する。核種の反応によって放出されたエネルギーのうち、その大部分はエネルギーが放出された位置で材料に付与される。しかしガンマ線は透過性が高く、その発生点で物質にエネルギーを付与しないで離れた位置でエネルギーを付与することが多く、それにより核分裂を起こさない減速材や核分裂を起こさない材料中においても熱が発生する。炉心の出力分布を求める方法として核分裂率を用いて出力分布を求める方法が一般的であるが、核分裂率から炉心の出力を求めると、核分裂を起こす核種のみ熱を発生させると評価するので、燃料棒領域において出力のピークが大きくなる。実際は中性子の減速や捕獲反応でガンマ線が発生しており、ガンマ線が発生位置と離れた位置で熱化することによって、燃料棒領域での出力のピークは小さくなる。このようにガンマ線による熱の輸送によって出力分布が平坦になる効果をガンマスミアリングという。

炉心の正確な出力分布を評価するためにはガンマ線を正確に評価できる計算コードが必要であり、その一例として、中性子・光子結合計算が可能である MCNP や MVP などの連続エネルギーモンテカルロコードが利用可能である。しかし、モンテカルロコードには計算コストと計算時間がかかるという問題がある。決定論的手法の計算コードの計算速度はモンテカルロコードよりも速いが、その多くにおいては、一般的に出力分布は核分裂率によって求められているためガンマスミアリングの効果を考慮できていない。決定論的手法の計算コードを用いて正確な出力分布を得るためには新たな手法が必要となる。

2. 目的

本研究では、核分裂率からガンマ線の発熱を考慮した出力分布を評価できるような手法を開発し、決定論的手法の計算コードに導入することを目的とする。

3. 計算方法

参照解とするために計算は連続エネルギーモンテカルロコードを用いた。計算で得られた核分裂分布を用いて求められた出力分布と、中性子・光子結合計算によって求められた出力分布を比較して、ガンマスミアリングの効果について検討した。

4. 計算体系

計算は図1のような UO₂ 燃料棒集合体で行った。境界はすべて完全反射とした。

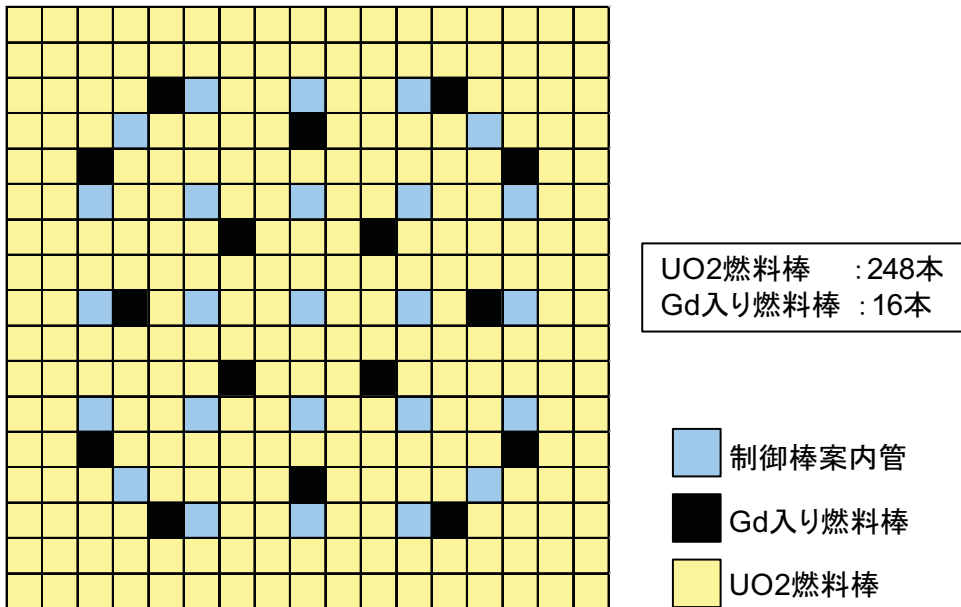


図1. 17X17UO₂ 燃料棒集合体

5. 計算結果

ガドリニア入り燃料棒セルでは核分裂率により求めた出力分布と、ガンマ線の発熱を考慮した出力分布との間に顕著な差異が見られた。ガドリニア入り燃料棒は UO₂ 燃料棒集合体に比べて核分裂率が小さく捕獲率が大きいので、ガンマスミアリングの影響を大きく受けたと考えられる。そこで核分裂率だけでなく、捕獲率を考慮して出力分布を求めたところ、ガドリニア入り燃料棒セルにおいて大きな改善がみられた。

6. まとめ

核分裂率により求められた出力分布とガンマ線による発熱を考慮した出力分布を比較し、核分裂率分布から実効的な出力分布を評価する方法を検討した。捕獲率を考慮することによって出力分布の改善が見られた。