

## BWR 炉心における三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心核計算手法のエネルギー群構造に関する検討

名古屋大学工学部物理工学科量子エネルギー工学コース 大塚一将

**緒言** 原子力発電所を稼働するためには、事前に原子炉の安全性を確認することが重要であり、確認する手段として、炉心解析がある。炉心解析の中には、炉内の中性子の挙動を評価する核計算が含まれている。中性子の挙動はボルツマン輸送方程式で表されるが、炉心のような大型体系に対して厳密に解くことは非常に困難である。従って、様々な近似が行われており、その一つに中性子エネルギーの離散化がある。断面積の中性子エネルギー依存性が複雑なために、離散化したエネルギー群として扱うものである。この際、非常に多くの群数を用いて計算を行うのは、計算コストの観点から非現実的である。よって、断面積のエネルギー依存性を精度良く扱い、かつエネルギー群数を少なくすることが重要である。現行の炉心核計算では、このエネルギー群構造は経験的に決定されており、理論的な検討は行われていない。本研究では、今後の実用化が期待される、BWR炉心における三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心核計算手法のエネルギー群構造に関して、理論的な検討を行った。

**検討手法** 本研究では、単一集合体体系において反応率の保存を行うように群縮約を行った。炉心内には様々な燃料集合体が装荷されているので、隣接する燃料集合体による中性子スペクトルの影響を考慮しなければならない。従って、2×2燃料集合体体系を想定し、異なる燃料集合体が中性子スペクトルに及ぼしあう影響を考慮して、エネルギー群縮約

$$\sum_k \sum_G \left[ \sum_{g \in G} \left( \frac{w'_{k,g}}{\sum_{g' \in G} w'_{k,g'}} - \frac{w_{k,g}}{\sum_{g' \in G} w_{k,g'}} \right) \left( \nu \Sigma_{f,k,g} - \Sigma_{a,k,g} \right) \left( \frac{\sum_{g \in G} w_{k,g}}{\sum_{g \in All} w_{k,g}} \right) \right] \quad (1)$$

$k$  : 着目するセル  $G$  : 少数群

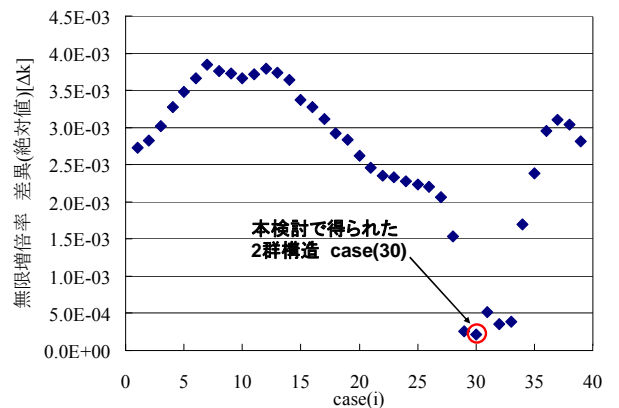
$w'_{k,g}$  : 2×2燃料集合体体系における $g$ 群の中性子スペクトルの割合

$w_{k,g}$  : 単一集合体体系における $g$ 群の中性子スペクトルの割合

前後での反応率の変化を評価した。本検討では、異なる燃料集合体が隣接する体系において、核燃料集合体の最外周セルにおける反応率の変化を評価した。そして、反応率の変化が最小となるような群構造を探索した。本検討において用いた理論式を式(1)に示す。これは、中性子数の増減に関する反応率の差異を評価するものである。

**計算体系** 計算体系は、濃縮度の異なる $UO_2$ 燃料集合体のみを装荷した2×2燃料集合体体系と、 $UO_2$ 燃料集合体及びMOX燃料集合体を装荷した2×2燃料集合体体系、の2つである。なお、冷却材ボイド率は全て40%とした。また、計算には、三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心計算コードSUBARUを用いた。エネルギー群の縮約は十分に詳細な40群から行った。

**検討結果** 検討の結果、 $UO_2$ 燃料集合体のみを装荷した体系よりも、MOX燃料集合体を装荷した体系の方が、高速群を詳細に分割するエネルギー群構造となった。これは、MOX燃料集合体が装荷された体系においては、高速中性子の割合が増えるために、より詳細に高速中性子の挙動を評価する必要があるからだと考えられる。次に、得られたエネルギー群構造の妥当性を確認した。40群計算を参照解とし、様々なエネルギー群構造の2群計算との無限増倍率の差異を評価した。 $UO_2$ 燃料のみを装荷した体系で得られた2群構造に関する計算結果を図1に示す。Case(i)は、40群において、 $i$ 群と $i+1$ 群の境界を2群構造の境界としたことを示す。これより、本検討で得られた2群構造は、40群計算との無限増倍率の差異が最小となる群構造であることが確認できた。よって、本検討手法は、40群計算との無限増倍率の差異が小さくなるような群構造を探索できる手法だと確認出来た。



Case(i)は、40群において、 $i$ 群と $i+1$ 群の境界を2群構造の境界としたことを示す。これより、本検討で得られた2群構造は、40群計算との無限増倍率の差異が最小となる群構造であることが確認できた。よって、本検討手法は、40群計算との無限増倍率の差異が小さくなるような群構造を探索できる手法だと確認出来た。

**結言及び今後の課題** BWR炉心における三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心核計算手法のエネルギー群構造に関して、理論的な検討を行った。その結果、エネルギー群縮約に伴う誤差を低減できるエネルギー群構造が得られた。なお、本検討では、体系の冷却材ボイド率を全て40%としている。今後は、ボイド率を変化させた体系でも検討を行う必要がある。また、反応率の変化を評価するセルについて、本検討手法では燃料集合体の最外周セルのみで評価したが、その1層内側の燃料部分も含めて評価することも検討する価値がある。