

1. 緒言 原子炉炉心の安全性は、計算機上でのシミュレーション(炉心解析)により炉心特性を予測し、その結果が安全上の制限値を満たすことにより担保されている。ただし、シミュレーションにより得られる結果には必ず不確かさが存在するため、制限値との間に大きな安全余裕を設けている。そのため、炉心解析における不確かさの定量評価は、解析結果の信頼性の向上や設計における安全余裕の適正化に資することができる。炉心解析に付随する不確かさの要因の一つに、入力パラメータとして用いられる核反応断面積がある。測定誤差等により断面積の評価値には不確かさが存在するため、炉心解析で得られる炉心特性には断面積の不確かさが伝播する。しかし、軽水炉の炉心解析は核熱フィードバック等を含む非常に複雑な計算フローを有していること、なおかつ炉心解析に使用する断面積は膨大なパラメータ量になることから、感度解析による不確かさ評価には多大な困難が伴う。そこで本研究では、断面積をランダムサンプリングし、統計的に炉心特性を評価することにより、断面積起因の炉心特性の不確かさの定量評価を行った。

2. 不確かさ評価手法 はじめに、評価済み核データファイル JENDL-4.0 に評価されている微視的断面積の共分散データを核データ処理コード NJOY により処理し、微視的多群断面積の相対共分散行列を作成した。次に、この相対共分散行列に従い、なおかつ平均が 1 に規格化された多変量正規乱数を 500 セット発生させた。この多変量正規乱数はサンプルごとの断面積評価値からの摂動率に相当し、これを炉心解析に用いる断面積ライブラリに作用させることで、500 個の摂動後断面積ライブラリを作成した。そして、作成した個々の摂動後断面積ライブラリを入力として、集合体計算コードおよび炉心計算コードを用いて、炉心解析を 500 ケース行い、各ケースで得られた炉心特性を統計処理することにより、その不確かさを算出した。

3. 結果・考察 Fig. 1 に示した 4 ループ PWR 炉心を対象に、炉心特性の不確かさ評価を行った。一例として、相対出力と制御棒価値の結果を示す。Fig. 2 に平均値、Fig. 3 に相対標準偏差を示す。Fig. 3 より、相対出力の不確かさは最大約 4%、制御棒価値の不確かさは最大約 11%であった。また、不確かさの分布は、相対出力と制御棒価値ともに炉心中央付近および外周部で比較的大きく、その中間位置で小さくなった。この傾向から、相対出力の不確かさと制御棒価値の不確かさは相互に関係している可能性が高い。そこで、Fig. 4 に 2 つの集合体位置における 500 ケースの解析で得られた相対出力と制御棒価値について、それらを軸とした散布図を作成した。Fig. 4 より相対出力と制御棒価値の間に正の相関が存在しており、これにより相対出力と制御棒価値の不確かさ間に相関関係が生じていることが確認できた。

4. 結言 本研究により、軽水炉炉心解析において、断面積起因の炉心特性の不確かさを定量的に評価する手法を確立することができた。

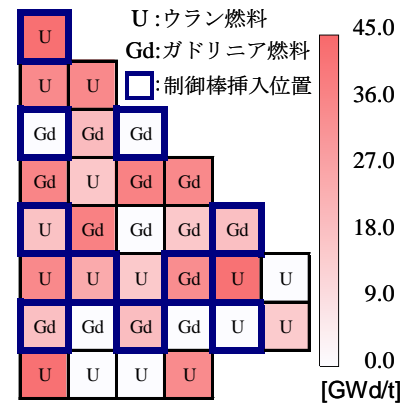


Fig. 1 燃料配置および燃焼度分布 (1/8 炉心, 左上中心)

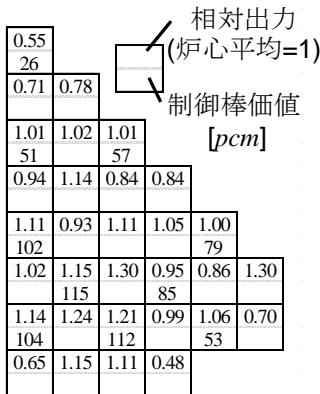


Fig. 2 平均値

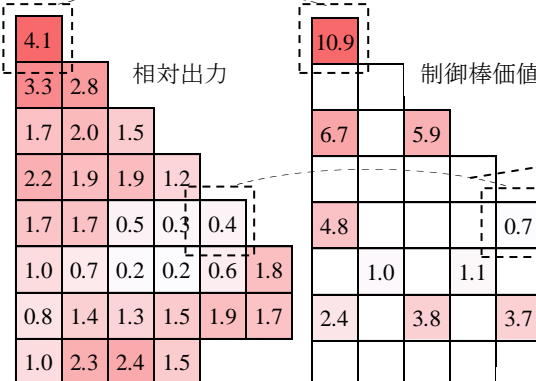


Fig. 3 相対標準偏差 [%]

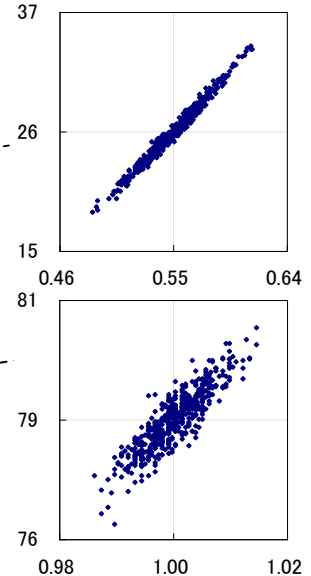


Fig. 4 相対出力と制御棒価値の関係 (横軸:相対出力、縦軸:制御棒価値)