

1. 緒言 原子炉の経済性向上のために、現行燃料の燃焼度制限 55GWd/t を越える高燃焼度燃料が検討されている。しかし、高燃焼度燃料は燃焼初期に余剰反応度が高く、臨界安全の観点から可燃性毒物が必要となる。可燃性毒物としてはガドリニア( $Gd_2O_3$ )やホウ素などについても実機炉心での使用実績があるものの、燃焼の速度などの潜在的な問題を有している。そこで、より高燃焼度燃料に適した可燃性毒物の検討のため、可燃性毒物の要件を満たす元素が多いレア・アースに着目した。ただし、Gd を除くレア・アースは、核データの整備及び検証が不十分なため、実機炉心への適用性を検討する際には核データ計算手法などの信頼性を評価する必要がある。

本研究では、レア・アースの可燃性毒物としての基礎的な知見(レア・アース核データの妥当性、解析コードの適用性)の取得を目的とする。具体的には、京都大学臨界集合体(KUCA)においてレア・アース元素のうち Dy、Ho、Er、Tm を装荷した臨界実験の実施し得られたデータの数値解析を行った。

2. 実験 サンプルワース測定実験は、減速比が大きく中性子スペクトルが軟かい体系(B3/8\*P36EU(3)炉心)、減速比が小さく比較的中性子スペクトルが硬い体系(B1/8\*P60EU-EU(5)炉心)を用いて行った。各炉心の中性子スペクトルを Fig.1 に示す。これにより吸収効果の異なるデータを得ることができる。実験では炉心中心部にレア・アースを封入した Al ケースを装荷した。吸収効果はレア・アースを封入した Al ケースと空の Al ケースを装荷した体系の余剰反応度差(サンプルワース)により評価した。

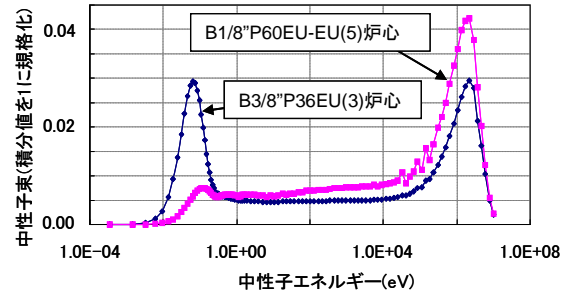


Fig.1 実験炉心の中性子スペクトル

3. MVP を用いた実験解析 連続エネルギーモンテカルロ計算コードである MVP は、炉心の幾何形状や断面積を近似することなく取り扱えるため信頼性の高い解析結果が得られる。このことから MVP をレア・アース核データの妥当性評価に使用した。MVP を用いた実験解析では、炉心の幾何形状をできる限り正確に再現した。総ヒストリー数は1億ヒストリー(20000 ヒストリー/バッチ、5050 バッチ、50 捨てバッチ)とした。KUCA の増倍率を評価するには十分な精度である。また、それぞれの解析において、5 種類の核データライブラリを用いて計算を行った。ここで、Tm は使用したライブラリに核データが収納されていないため、JAEA の協力で MVP 用に作成された JENDL-4 のプロトタイプデータと JENDL3.3 の組み合わせについて評価を行った。

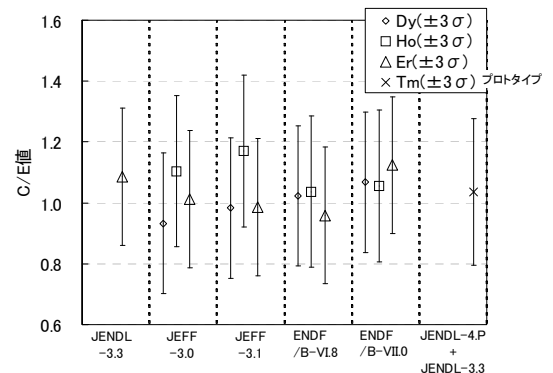


Fig.2 MVP を用いたサンプルワース解析結果

B3/8\*P36EU(3)炉心の解析結果例を Fig.2 に示す。Fig.2 より、解析の信頼性の高い MVP と測定値が統計誤差  $3\sigma$  の範囲内で一致したことから、使用したライブラリのレア・アースの核データは、実用に耐える精度を持つと考えられる。

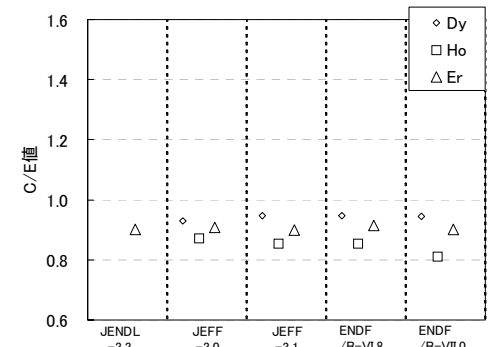


Fig.3 SRAC を用いたサンプルワース解析結果

4. SRAC を用いた解析結果 決定論的手法である SRAC は、解析結果に統計誤差を含まない。そのためライブラリ間の差をより明確に評価することができる。実験解析では、まず衝突確率法を用いて単位燃料セルのセル平均断面積を作成し、次に TWOTRAN を用いて二次元 RZ 体系で輸送計算を行った。使用した核データライブラリは、MVP の場合と同様 5 種類である。Tm については、SRAC 用の核データが整備されていないため計算対象から除外した。SRAC を用いた B3/8\*P36EU(3)炉心の解析結果例を Fig.3 に示す。Fig.3 よりレア・アースのライブラリ間のサンプルワースの違いを評価することができた。なお、SRAC による解析結果については、MVP の結果と異なる傾向も見られるため、解析手法の高度化など、更なる検討が必要である。

5. まとめ 本研究では、レア・アースを可燃性毒物として用いた高燃焼度燃料を実用化するための基礎的な知見を得ることができた。これにより本研究の成果は、将来、使用済燃料や燃料サイクルコストの削減に寄与すると期待できる。

公刊論文

- 1) 大河内豪蔵, 山本章夫他, “KUCA におけるレア・アースのサンプルワース測定,” 日本原子力学会 秋の大会, 東北大学, 2009年9/16-18, (2009).
- 2) H. Okochi et al., “Measurements of Reactivity Worth of Rare-Earth Elements at Kyoto University Critical Assembly,” American Nuclear Society 2009 Winter Meeting, Washington D.C., (November 17, 2009)
- 3) 大河内豪蔵, 山本章夫他, “KUCA におけるレア・アースのサンプルワース測定(3)核特性解析,” 日本原子力学会 春の年会, 茨城大学, 2010年3/26-28, (2010).