

MOX 燃料ペレットの微細組織の非均質性を考慮した核分裂生成ガス放出モデルの検討

Preliminary Study of Fission Gas Release Model for MOX Fuels with Treatment of Heterogeneous Microstructure

*田崎 雄大¹, 宇田川 豊¹, 天谷 政樹¹

¹ 日本原子力研究開発機構

燃料微細組織の非均質性が大きい混合酸化物燃料(MOX 燃料)に対して、高 Pu 含有領域のガス移行を独立して評価する核分裂生成ガス放出(FP ガス放出)モデルを開発し、非均質性に違いのある 2 種の MOX 燃料の検証解析によって、非均質性のモデリングへの取り込みが FP ガス放出評価に与える影響を調べた。

キーワード：MOX 燃料, FEMAXI-8, FP ガス放出, Pu スポット

1. 背景・目的

UO₂粉末とPuO₂粉末を混合し焼成する MOX 燃料ペレットは、その微細組織の結晶粒径や Pu 含有率が製造方法に拠っては非均質になり、FP ガス移行、放出挙動に影響する可能性がある。日本原子力研究開発機構が開発、公開している燃料ふるまい解析コード FEMAXI-8^[1]の FP ガス放出モデルでは、燃料ペレットを 1 種類の結晶粒の集合体と仮定しているため、上記非均質性の効果を定量的に評価することができず、従って Pu の介在による他の効果との弁別が出来ず、MOX 燃料挙動評価モデルの高度化や信頼性向上の妨げとなってきた。そこで本研究では、MOX 燃料における FP ガス移行挙動評価の高度化を目的として、燃料要素素中に含まれる高 Pu 含有領域(所謂 Pu スポット)と中間相のそれぞれについて、独立に FP ガス移行・放出挙動を取り扱い可能なモデルを開発した。非均質性に違いのある 2 種の MOX 燃料照射試験データの解析に、開発したモデルを適用し、FP ガス放出挙動に及ぼす微細組織の非均質性の影響を検討した。

2. 解析手法・解析対象

FEMAXI-8 の従来の FP ガス放出モデルでは、ある燃料要素を均質と仮定して粒内・粒界ガス移行挙動を評価するが、本研究で開発したモデルでは、同じ燃料要素を Pu スポットとそれを取り巻く中間相の 2 つの領域に分け、個別の初期 Pu 含有率と結晶粒径を用いてガス移行挙動を評価する。開発したモデルの検証解析の対象とした照射試験(IFA-626)では、微細組織の非均質性が大きくなる Micronized Master Blend (MIMAS) と、均質に近い微細組織を示す Short Binderless Route (SBR)の手法で作られた MOX 燃料がそれぞれ照射されている。前者の方が出力が小さく、燃料温度が低かったにも関わらず、試験後に測定された FP ガス放出率では、MIMAS-MOX 燃料の方が大きかった。

4. 解析結果・考察

非均質性を考慮しない場合、解析で評価された FP ガス放出率は、MIMAS-MOX 燃料で小さくなった。これは MIMAS-MOX 燃料の方で燃料温度が低くなることによる。一方、新たに開発したモデルを用いた解析では、MIMAS-MOX 燃料の高 Pu 含有領域で、早い燃焼度進行と小さい結晶粒径に起因して粒内・粒界の FP ガス移行が促進された。結果として FP ガス放出率が増大し、解析値の大小関係が実測値に一致した(図 1)。以上より、同燃料の FP ガス放出においては、非均質性に起因する放出促進の効果があったこと、及び、非均質性を有する燃料一般の挙動予測性能が開発モデルにより改善する可能性が示唆された。

参考文献

[1] Yutaka Udagawa et al., "Model updates and performance evaluations on fuel performance code FEMAXI-8 for light water reactor fuel analysis", JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY 2019, VOL. 56, NO. 6, 461-470.

*Yudai Tasaki¹, Yutaka Udagawa¹ and Masaki Amaya¹ Japan Atomic Energy Agency.

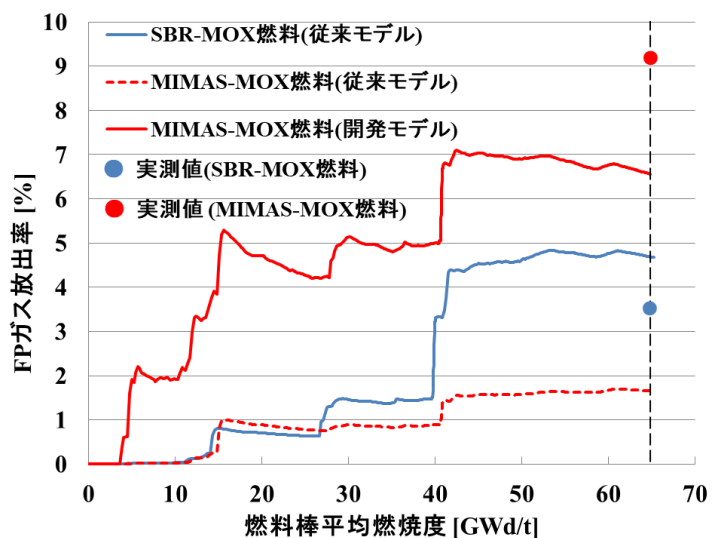


図1 IFA-626によるFPガス放出モデルの検証