

燃料中の FP 拡散移行・放出挙動評価に向けた複合反応素過程における 重畳効果の解明

Synergic effect elucidation of elementary processes compounding directed to
evaluation on FP diffusion transportation and release behavior in nuclear fuels

山下 真一郎¹⁾

井岡 郁夫¹⁾

山田 圭介²⁾

Shinichiro YAMASHITA

Ikuo IOKA

Keisuke YAMADA

¹⁾原子力機構 ²⁾量研機構

(概要)

実機照射中に燃料内に蓄積した FP の複雑なふるまいを理解することを目指して、複雑な重畳効果を解き明かすために、まず初めに FP 元素ごとの反応の素過程を明らかにする。次に、より実際の現象に近い環境条件として、複数の反応の素過程が同時進行した時の正味の反応過程（複合反応過程）について機構論的に理解を深める。これらは、量子科学研究機構の有するイオン照射研究施設での Cs 等 FP 元素のイオン注入試験と、試験後評価から実験的に明らかにすることが可能であり、将来的にこれら FP 元素について体系的にデータ整備できた場合は、原子炉照射でしか得られなかった実機データを、模擬実験で得られる実機相当データで拡充しモデル化に結び付けられる可能性が考えられ、燃料照射の研究分野において大きな前進となる。

キーワード：核分裂生成物、拡散移行、重畳効果、モデル化

1. 目的

原子炉運転中に核分裂反応によって生成した燃料中の核分裂生成物 (FP: Fission Product) は、燃料がさらされてきた環境条件（温度、圧力、各種の放射線照射等）に応じた複雑なふるまいをする。実機照射中に燃料内に蓄積した FP の複雑なふるまいを理解するためには、FP 元素ごとの反応の素過程（この素過程には、放射線照射により生成する照射欠陥と FP 元素の相互作用が含まれる）を明らかにするとともに、複数の反応の素過程が同時進行した時に見られる、正味の反応過程（複合反応過程）について、機構論的に理解を深めることが重要である。そこで、本研究では、燃料中の FP が拡散移行し放出する際の複合反応過程における重畳効果の解明を目的に、複合イオン照射施設等を用いた、FP 元素のイオン化注入とイオン注入試料のアニール実験を系統的に実施する。

2. 実施方法

イオン照射研究施設の低エネルギーイオン照射チェンバーにおいて、単結晶 CeO₂ (100) 薄膜試料に対して Cs イオン注入を室温で行い、イオン注入ままの薄膜試料の組織観察と元素分析によりアニール試験前の薄膜試料の状態を把握する。イオン注入した試料のアニール試験を行い、放出 Cs 量を質量分析装置で定量測定する。Cs イオン注入量、アニール温度・時間をパラメータにして試験データを整備する。

3. 結果及び考察、今後の展開等

前年度試験の再現性確認のため、再度 Cs イオンを 10¹⁶~10¹⁷ ions/cm² 注入した単結晶 CeO₂ (100) 薄膜試料の走査型電子顕微鏡観察を行い、イオン注入時に懸念されていたスパッタリングによる薄膜表面の経時変化が生じない事を確認するとともに、イオン注入面側からの EDS 分析により、Cs イオンがほぼ均一に分布している事を再確認した。今後は、イオン注入量を変えて注入した CeO₂ (100) 薄膜試料に対して、比較的高温でのアニール実験を行い、使用予定の質量分析装置で放出 Cs 量の検出が可能かどうかを確認する。

4. 引用(参照)文献等

- [1] H. j. Matzke, A. Turos, J. Nucl. Mater. 188 (1992) 285-292
- [2] W. H. Hocking, R. A. Verrall, I. J. Muir, J. Nucl. Mater. 294 (2001) 45-52