

加速器を用いた軽水炉燃料被覆管の脆化機構の解明

Clarification of embrittlement mechanism of nuclear fuel claddings by use of ion accelerator

園田 健¹⁾ 澤部孝史¹⁾ 北島庄一¹⁾ 石川法人²⁾
Takeshi SONODA Takashi SAWABE Sho-ichi KITAJIMA Norito ISHIKAWA

¹⁾電力中央研究所 ²⁾原子力機構

(概要)

軽水炉燃料被覆管中の照射欠陥の蓄積過程および析出物の溶出挙動を明らかにすると共に、それらに及ぼすフープ応力の効果を明らかにするために、ジルカロイ-2 材に 12MeV Zr⁺⁴ セルファイオン照射を実施した。一部の試料にはフープ応力を負荷した状態で照射試験を行った。イオン照射を行ったジルカロイ-2 の高分解能観察の結果、金属析出物から溶出した Fe 原子が C 成分転位に偏析することを明らかにした。

キーワード：

軽水炉、燃料被覆管、ジルカロイ-2、照射欠陥、析出物、引張応力

1. 目的

原子力発電の安全性保持および安定的運用には、軽水炉燃料被覆管の健全性の維持が求められる。近年の高燃焼度化に伴い、被覆管では腐食・水素吸収が増大し、機械的性質に影響を及ぼす事例が報告されている[1]。軽水炉燃料被覆管の更なる健全性向上の為には、腐食・水素吸収挙動の解明が必要であり、これまでも被覆管の析出物挙動や照射欠陥蓄積過程の究明が行われてきた[2]。本研究では今まで照射欠陥の蓄積や水素化物との相互作用に関する情報を取得すると共に、Zr イオン照射が中性子照射環境の模擬に有効であることを確認した。2014 年度はジルカロイ-2 の腐食挙動に影響を及ぼすと考えられる Fe, Cr 原子と照射欠陥との相関を調べると共に、照射欠陥蓄積や析出物溶出挙動に及ぼすフープ応力の効果を明らかにするために BWR 燃料が経験する引張応力負荷下での Zr イオン照射試験を継続実施した。

2. 方法

試料として BWR 燃料被覆管として使用されているジルカロイ-2 を使用した。板材試料(5mm x 40mm x 0.6mm)について酸化皮膜を取り除くための機械研磨・酸洗を行い、照射試料とした。この試料をイオン照射専用ジグに装着し、JAEA 高崎量子応用研究所にある複合照射施設 TIARA のタンデム加速器 TA1 チャンバーにて 12 MeV Zr⁺⁴ セルファイオン照射を実施した。一部試料は BWR 被覆管に掛かるフープ応力 35 MPa にて照射を実施した。

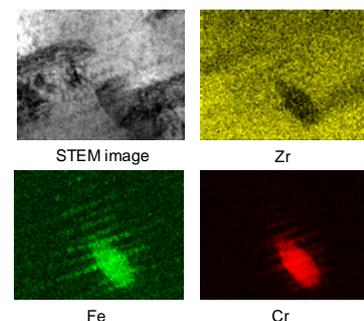


図 1 イオン照射したジルカロイ-2 の微細組織および Fe, Cr, Zr 元素マッピング。

3. 結果及び考察

図 1 に照射温度 400°C、照射量 1.1×10^{16} ions/cm² (損傷量：40 dpa) の 12MeV Zr⁺⁴ セルファイオンを照射したジルカロイ-2 を高分解能 TEM(HD-2700, Cs コレクター設置)/EDS で測定した。これより FeCr 系析出物から溶出した Fe, Cr 原子は C 成分転位に優先的に偏析することが解った。また、フープ応力を負荷した状態でのイオン照射試験を継続しており、今後、照射欠陥蓄積や析出物溶出に及ぼすフープ応力の効果を解明する予定である。

4. 引用(参照)文献等

- [1] 実務テキストシリーズ No. 3「軽水炉燃料のふるまい第 4 版」、(財)原子力安全研究協会(1998).
[2] Y. Etoh et al, J. Nucl. Mater., 200, 1993, p59.