

照射下での軽水炉燃料被覆管材の微細組織変化の解明

Clarification of microstructural changes of nuclear fuel cladding materials under ion irradiation

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)

燃料被覆管の炉内での微細組織変化を解明するために、ジルカロイ-4 への Zr^{+4} イオン照射を継続し、照射後試料の微細組織観察 (TEM/3 次元アトムプローブ測定 (3DAP)) を行った。低照射材では析出物近辺でのみ C 成分転位の形成が TEM 観察で確認され、母相への Fe や Cr 原子の溶出が観察された。加えて、近年の PWR 被覆管材で採用されている Zr-Nb 合金中の微細組織変化を解明するために Zr-1.0Nb へのイオン照射試験を開始した。

キーワード:

軽水炉燃料被覆管、ジルカロイ-4、Zr-1.0Nb 合金、3 次元アトムプローブ測定、TEM 観察、

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]。燃料被覆管の更なる健全性向上には、腐食・水素吸収挙動の解明が必要であり、被覆管の析出物挙動や照射欠陥蓄積過程の観察が進められている。本研究では昨年度から開始した PWR 用燃料被覆管であるジルカロイ-4 へのイオン照射試験と微細組織観察を継続すると共に Zr-1.0Nb 合金へのイオン照射試験を開始した。

2. 実施方法

ジルカロイ-4 および Zr-1.0Nb 合金の板材試料 (5mm x 40mm x 0.6mm) に酸化皮膜を取り除くための機械研磨・酸洗を行い、イオン照射用試料とした。QST 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} セルフイオン照射を行った。照射したジルカロイ-4 から FIB にて断面 TEM 試料および針状試料を作成し、TEM/3DAP 測定を行った。

3. 結果及び考察、今後の展開等

図 1(a) に照射温度 400°C、照射量 1.5×10^{15} ions/cm² (損傷量: 5 dpa) の 12MeV Zr^{+4} イオンを照射したジルカロイ-4 の TEM 像、そして (b) に 3DAP による Fe, Cr 原子分布像を示す。昨年度に 15dpa まで照射した試料に観察された c 成分転位は析出物近傍にのみ観察された。また母相部の 3DAP 測定から、低照射量でも Fe や Cr の溶出が発生していることが観察された。今後、40dpa まで照射した試料の微細組織も観察し、組織変化の照射量依存性を解明する。また、イオン照射試験を開始した Zr-1.0Nb 合金についても微細組織観察を行う予定である。

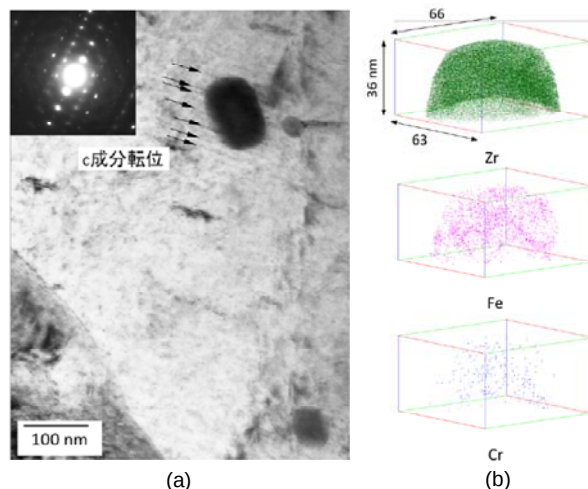


図 1 イオン照射したジルカロイ-4 の TEM 像 (a), および 3DAP による Zr, Fe, Cr 分布 (b)。(a) 中の黒矢印の方向 (図中中央上) に伸びる薄い線が空孔型欠陥 (c 成分転位)

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)。