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 dt^{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に及ぼすフープ応力の効果を 明らかにするために、被覆管が経験する温度にて引張応力を負荷出来るイオン照射用の専用ジグを 構築し、ジルカロイ-2 板材に 12MeV Zr⁺⁴ セルフイオン照射を実施した。結果、BWR 被覆管が経験す るフープ応力 35 MPa を負荷した状態で、最大 40dpa の損傷量まで照射に成功した。

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

<u>1. 目的</u>

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。炉内での被覆管中の照射欠陥蓄積、析出物溶 出、水素化物との相関をより明らかにするには、炉内で被覆管に掛かる"応力"を模擬する必要が ある。電中研は被覆管が経験する温度にて応力を負荷出来るイオン照射用ジグを構築し、BWR 燃料 が経験する引張応力負荷下で Zr イオン照射試験を実施した。

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)について試料表面に形成され た酸化皮膜を取り除くために機械研磨・酸洗し、照射試料とした。こ の試料を引張機構付きイオン照射用専用ジグ(図 1)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 セルフイオン照射を実施した。BWR 被覆 管に掛かるフープ応力 35 MPa にて 400℃で最大 1.1x10¹⁶ ions/cm²(損 傷量:40 dpa)まで照射を実施した。

3. 結果及び考察

本試験では、照射温度400°C、フープ応力35 MPa で最大1.1x10¹⁶ ions/cm² (損傷量:40 dpa)までの照射に成功した。光学顕微鏡観察から一様 に照射が行われていることを確認した。今後、FIB を用いて TEM 用試 料および3次元アトムプローブ測定用の針試料を作成し、TEM 観察・ EDS 分析・3次元アトムプローブ測定を行う事で、照射欠陥蓄積や析 出物溶出に及ぼす応力の効果を明らかにする。



図1 引張機構付きイオン照 射用ジグおよび照射試料

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.