

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 cladding tube of LWR nuclear fuels by means of ion accelerator

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

¹⁾電力中央研究所 ²⁾原子力機構

(概要)

近年のPWR被覆管材で採用されているZr-Nb系合金中の微細組織変化を解明するためにZr-1.0NbおよびZr-0.5Nb合金へのイオン照射試験を行った。高照射になるに従い、Zircaloy-2で観察された母相へのFe原子の溶出と同様にNb原子も母相に溶出し、c成分転位に平行に偏析する傾向が観察された。Nb原子とFe原子の挙動変化を調べるため、Zr-Fe合金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、Zr-1.0Nb合金、Zr-0.5Nb合金、TEM観察、EDS測定

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。今年度はPWR用燃料被覆管材で採用されているZr-Nb系合金にイオン照射試験を行い、微細組織観察を行う。また、照射済BWR用被覆管材の照射下での挙動を詳細に調べるためZr-Fe合金へのイオン照射試験を開始する。

2. 実施方法

Zr-1.0Nb、Zr-0.5Nb、Zr-0.2Fe二元系合金の円盤試料(3mmφ x 0.6mmt)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チャンパーにて12 MeV Zr⁴⁺セルフイオン照射を行った。照射した試料からFIBにて断面TEM試料を作成し、TEM/EDS測定を行った。

3. 結果及び考察、今後の展開等

図1に照射温度400℃、照射量 3.0×10^{15} ions/cm² (損傷量：10 dpa)の12MeV Zr⁴⁺イオンを照射したZr-1.0Nb合金のTEM像、そしてEDSによるZr, O, Fe, Nb測定結果を示す。TEM像よりドット状コントラストのa成分転位と共に線状コントラストのc成分転位が観察された。加えてEDS測定から、Zircaloy-2で観察されたFe原子の母相への溶出およびc成分転位と平行に偏析する傾向[2]がNb原子でも観察された。今後、照射した試料の微細組織をより詳細に観察し、組織変化の照射量依存性などを解明する。また、イオン照射試験を開始したZr-0.2Fe合金についても微細組織観察を行う予定である。

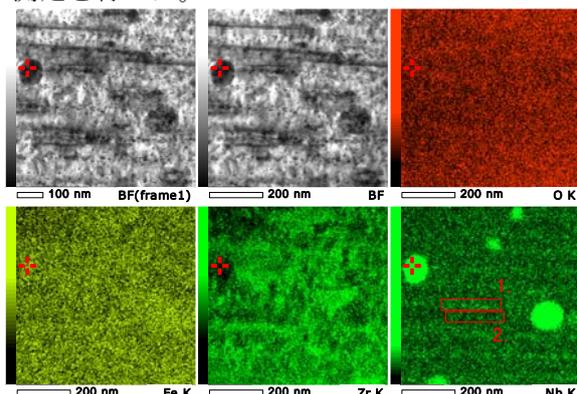


図1 イオン照射したZr-1.0NbのTEM像およびO, Fe, Zr, Nb分布. 右下図中の1. 領域のNb濃度は0.97wt%, 2. 領域は0.53wt%.

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] Takeshi, Sonoda et al., WRFPM2014 Paper num. 100091.