Nb 添加ジルコニウム合金の微細組織と元素分布に及ぼす照射の影響 (5) Zr イオン照射 Zr-0.5Nb モデル合金中の析出物の元素濃度に及ぼす照射温度の影響

Evaluation of irradiation effects on microstructure and element distribution in Nb-doped Zr alloys (5) Effect of temperature on element concentration in SPPs of Zr-0.5Nb model alloy under Zr ion irradiation

*澤部 孝史1, 中森 文博1, 園田 健1

1電力中央研究所

Zr-0.5Nb モデル合金の微細組織へのイオン照射温度の違いによる影響を調査した。400℃照射と比較して 350℃照射では、比較的低い損傷量において析出物中のFeの割合が大きく低下した。

キーワード:燃料被覆管、Zr-Nb 合金、イオン照射、析出物、TEM-EDS 分析

1. 緒言

国内外のPWRで使用されるNb添加Zr合金被覆管は、従来ジルカロイ材と比較して水素吸収量が少ない ことが知られる。この現象の科学的理解を深め、照射下での挙動を推定するため、Nb添加Zr被覆管の合金 元素分布および照射欠陥等の微細組織を調査している。本発表では、Zrイオン照射したZr-0.5Nbモデル合金 について、主に析出物の元素濃度変化に及ぼす照射温度の影響をTEM-EDS分析結果より比較した。

2. 実験と結果

2-1. 試料とイオン照射

ボタン溶融により作製した Zr-0.5Nb モデル合金の板材を機械研磨および化学研磨し、3mm 径のディスク型 試料に打ち抜いた。イオン照射は高崎量子応用研究所のイオン照射研究施設(TIARA)にて実施し、ディス ク試料へ12MeVの Zrイオンを照射した。照射温度は350℃(前回:400℃^{III})とし、最大損傷量が10 dpa と 20 dpa の二つのイオン照射材を得た。

2-2. TEM-EDS 分析方法

TEM 観察用試料の作製には集束イオンビーム装置 NX2000(日立ハイテク)を用い、イオン照射材の試料 表面から TEM 試料を採取し、Ga イオンにより薄片化した。TEM-EDS 分析には ARM-300F(日本電子)を用 い、試料表面から深さ 2-3 µm の最大損傷量領域を含む範囲を観察した。EDS 元素分析では、主成分の Zr、 Nb に加えて、Zr 基材に不純物として含まれる Fe、Cr を評価対象とした。

2-3. イオン照射後の微細組織と照射温度の影響

未照射材の母相には Nb, Fe, Cr を含む析出物が存在する^{II}。350℃照 射後、析出物での Fe/Nb 比および Cr/Nb 比は低下した。右図に示す 400℃照射の結果^{II}との比較から、10dpa 照射後の Fe/Nb 比の低下は 350℃照射において大きいが、20dpa 照射後では Fe/Nb 比は同程度と なった。一方、Cr/Nb 比の変化には、350℃照射と 400℃照射におい て有意な違いは認められなかった。Zr-0.5Nb モデル合金において、 イオン照射下での Fe 分布への照射温度の影響は、比較的低い損傷量 で現れることが示唆される。



図 析出物中の Fe/Nb, Cr/Nb 比の照射による変化

参考文献 [1] 澤部孝史、中森文博、園田健、日本原子力学会 2021 秋の大会,2D01,2021 年9月. 謝辞 イオン照射試験は、量子科学技術研究開発機構殿の施設共用制度を利用した。

^{*}Takashi Sawabe¹, Fumihiro Nakamori¹ and Takeshi Sonoda¹ ¹CRIEPI.