

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

(6) Zr イオン照射 Zr-0.5Nb モデル合金の母相中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

(6) Effect of irradiation temperature on element concentration in a matrix of Zr-0.5Nb model alloy under Zr ion irradiation

*中森 文博¹, 澤部 孝史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。アトムプローブ (APT) 分析の結果、350 °C照射材における母相の Nb の固溶濃度は、400 °C照射材と同程度であった。

キーワード: 燃料被覆管、Zr-Nb 合金、イオン照射、アトムプローブ

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、主に母相の元素濃度変化に及ぼす照射温度の影響を APT 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、3 mm 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 12 MeV の Zr イオンを照射した。照射温度は 350 °C (前回: 400 °C^[1]) 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. APT 分析

APT 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微小片を採取し、Ga イオンにより針状試料に加工した。損傷ピーク位置付近の領域を観察するために、針状試料の先端が試料表面から深さ約 2 μm の位置となるように加工した。分析には LEAP5000XR (CAMECA) を用いて、レーザーパルスモードで実施した。

2-3. 母相中の元素濃度に及ぼす照射温度の影響

母相の Nb の固溶濃度は、400 °Cでの Zr イオン照射によって Nb ナノクラスターが形成されることで減少する^[1]。350 °C照射材でも Nb ナノクラスターが形成され、Nb の固溶濃度の減少が認められた (右図)。10 dpa および 20 dpa 照射後の Nb の固溶濃度は同程度であった。また、350 °C照射材と 400 °C照射材の Nb の固溶濃度には、有意な差は認められなかった。発表では Fe, Cr 分布の照射温度の影響についても報告する。

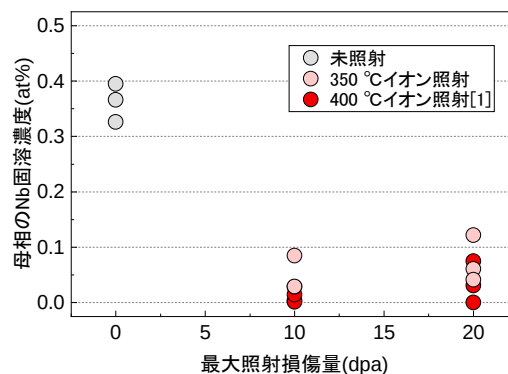


図 母相の Nb の固溶濃度と照射損傷量との関係

参考文献 [1] 中森文博, 澤部孝史, 園田健, 日本原子力学会 2021 年秋の大会, 2D02, 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。

*Fumihiko Nakamori¹, Takashi Sawabe¹ and Takeshi Sonoda¹

¹CRIEPI.