

## 高速炉燃料被覆管用 ODS 鋼の耐スエリング性評価

Swelling resistance of ODS steel for fuel cladding tube of fast reactor

\*丹野 敬嗣<sup>1</sup>, 岡 弘<sup>1,2</sup>, 矢野 康英<sup>1</sup>, 大塚 智史<sup>1</sup>, 皆藤 威二<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構, <sup>2</sup> 現: 北海道大学

原子力機構が開発を進める、ODS 鋼を含めた高速炉燃料被覆管候補材料に Fe+He デュアルイオンビーム照射を実施し、耐スエリング性を評価した。ODS 鋼は約 95dpa の照射後もスエリングは極めて小さく、酸化物分散粒子の高いスエリング抑制効果が明らかとなった。

**キーワード:** ODS 鋼, 高速炉, 燃料被覆管, スエリング

### 1. 緒言

高速炉燃料被覆管は、最高 250dpa に及ぶ中性子照射損傷を受ける。また、中性子照射により材料中には He が生成し、スエリングが促進される。高速炉の安全性確保のためには、燃料集合体中の Na 冷却材流路を妨げるような形状変化がないこと、すなわちスエリングが抑制されている必要がある。本研究では、原子力機構が開発を進めている酸化物分散強化型(ODS)鋼について、その他の鋼種とともに Fe+He デュアルイオンビーム照射を行い、耐スエリング性の差異を明らかにするとともに、ODS 鋼の優れた耐スエリング性を発現する機構を考察した。

### 2. 実験

試料は 9Cr-ODS 焼戻しマルテンサイト鋼、12Cr-ODS フェライト鋼それぞれの被覆管材及び棒材、及び 11Cr 焼戻しマルテンサイト鋼 (PNC-FMS) 板材、並びに 20%冷間圧延 SUS316 相当鋼(PNC316)被覆管材及び棒材である。これらに対し、Fe<sup>3+</sup>+He<sup>+</sup>デュアルイオンビーム照射を実施した。照射温度は 470°C、照射損傷量は表面からの深さ 1.3μm にて約 95 dpa である。He は高速炉で想定される 0.2appmHe/dpa に対し、スエリングをより促進するため 1.0appmHe/dpa の割合が深さ 1.3μm にて得られるように照射した。照射後の試料から収束イオンビーム(FIB)加工装置を用いて薄膜試料を採取し、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて Fe<sup>3+</sup>イオンによる照射損傷導入領域の微細組織観察を行った。

### 3. 結果・考察

代表例として、照射後の 9Cr-ODS 鋼被覆管、PNC-FMS 板材及び PNC316 被覆管の表面から深さ 1.3 μm 付近を観察した写真を図に示す。9Cr-ODS 鋼被覆管では粗大なボイドが見られなかったのに対し、PNC-FMS 板材と PNC316 被覆管は粗大なボイドが観察された。これは、BCC 構造と FCC 構造の違い、あるいは照射欠陥や He のシンクサイトとしての加工転位や焼き戻しマルテンサイト組織の働き以上に、ODS 鋼中にナノスケールで分散制御した酸化物粒子によるスエリング抑制効果が高いことを示している。発表では、12Cr-ODS 鋼も含めたボイド数密度やスエリングの定量評価、酸化物分散粒子の分散状態の変化について報告する。

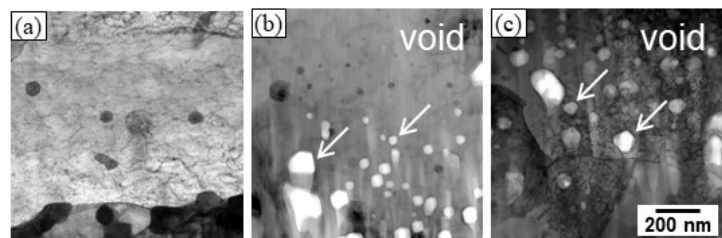


図 デュアルイオンビーム照射後の微細組織

(a) 9Cr-ODS 鋼被覆管 (b) PNC-FMS 板材 (c) PNC316 被覆管

\*Takashi Tanno<sup>1</sup>, Hiroshi Oka<sup>1,2</sup>, Yasuhide Yano<sup>1</sup>, Satoshi Ohtsuka<sup>1</sup> and Takeji Kaito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>Current: Hokkaido University