

## 高効率 TRU 燃焼を可能とする革新的水冷却炉 RBWR の研究開発 (4)Zr合金の照射効果(2)

Research and Development of RBWR for High Efficiency Transuranium Elements Burner

(4)Effects of ion irradiation on Zr alloys(2)

\*渡邊英雄<sup>1</sup>, 高橋克仁<sup>2</sup>, 丸野祐策<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>NFD, <sup>3</sup>日立製作所

照射環境下におけるジルカロイ 2 合金の Fe 元素の影響を追求する目的で重イオン照射を実施し、高照射領域における Fe 析出物の相安定性、C型転位ループの形成挙動、水素化物の形成に関する知見を得た。

**キーワード**：水素化物，析出物再固溶，C型転位ループ，イオン照射，収差補正電子顕微鏡

### 1. 緒言

RBWR では、中性子照射量は BWR よりも局所的に増えるものの、炉内の滞在時間は BWR と同等である。従って、照射環境での水素吸収および水素脆化を評価するために、照射量と炉内滞在時間の影響を分離して評価することが必要である。また、高照射領域では、照射により形成される空孔型の C 型転位ループが水素化物の形成と密接な関係があることが報告されている。本研究では、イオン照射試験により C 型転位ループ並びに水素化物の形成挙動を明らかにし、RBWR 適用への指針を得る。

### 2. 実験方法

本研究では、ジルカロイ 2 (46ppm 水素含有) 及びそのモデル合金として 2 種類の Sn 及び Fe を添加した合金を作成した。これらの試料に対して、九州大学応用力学研究所タンデム加速器にて、400°C、50dpa までの Ni イオンを照射し、FIB を用いて断面試料を作成した。照射後組織の STEM-EDS 観察及び分析には、収差補正機能を有する ARM200FC を用いた。また、60, 300ppm の水素を予注入した試料を作成し、同様の条件にてイオン照射し、照射後の組織・組成の分析を実施した。

### 3. 実験結果

図 1 にジルカロイ 2 に 400°C、50dpa まで照射後の STEM-EDS による元素マッピングの結果を示す。(a) に示す様に照射領域に存在した Zr-Cr-Fe 系の析出物から Fe は既に消失している。また、(b) により析出物から消失した Fe は C 型転位ループ上に濃縮していることが分かる。図 2 は 300 ppm 水素予注入後の内部組織の元素マッピング像及び STEM-BF 像を示す。矢印で示す様に成長した板状水素化物は主に Zr-Cr-Fe 系の析出物の界面上で優先的に形成され、析出物周辺には転位組織が発達している。以上の事から、RBWR 照射条件下では Zr-Cr-Fe 系の析出物は、水素化物の形成場所としても重要な役割を果たすが、照射により消失し、Fe は C 型転位ループ界面に偏析することが明らかになった。実機被覆管では、複雑な応力が働くことが多く、水素化物は外部応力や試料内の微小歪場の存在により、その形態が大きく変化することが予測される。今後はより実機環境に近い水素導入・照射法の開発が求められる。

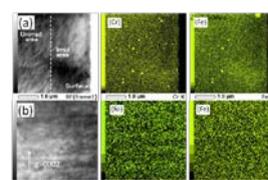


図 1

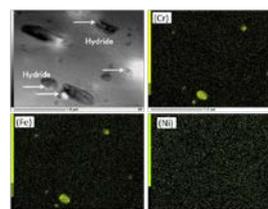


図 2

図 1. 400°C、50dpa 照射後の STEM-EDS 結果      図 2. 300ppm 水素予注入後の STEM-EDS 結果

\*Hideo Watanabe<sup>1</sup>, Katsuhito Takahashi<sup>2</sup> and Yusaku Maruno<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>NFD, <sup>3</sup>Hitachi Co..