

## 蛍石構造酸化物中のイオントラック構造と微細組織発達 (1) $\text{CeO}_2$ と $\text{ZrO}_2$ の比較

Structure of Ion tracks and microstructure evolution in Fluorite-type oxides

(1) comparison with  $\text{CeO}_2$  with  $\text{ZrO}_2$

\*高木 聖也<sup>1</sup>, 安田 和弘<sup>2</sup>, 松村 晶<sup>2</sup>, 石川 法人<sup>3</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院工学府, <sup>2</sup>九州大学工学研究院

<sup>3</sup>日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター

蛍石構造の  $\text{CeO}_2$  と立方晶  $\text{ZrO}_2$  に高速重イオン照射を行い、高密度電子励起損傷により誘起されるイオントラックの構造と微細組織変化を透過型電子顕微鏡観察により比較した。

**キーワード** : 蛍石構造酸化物, 核分裂片, 高密度電子励起損傷, イオントラック, 透過型電子顕微鏡

### 1. 緒言

蛍石構造酸化物は、次世代核燃料や核変換処理の母相の有力な候補材料であり、放射線照射に伴う照射欠陥の構造や微細組織変化の形成機構を明らかにすることは重要である。本研究では、蛍石構造酸化物中の核分裂片による高密度電子励起損傷に関する知見を得ることを目的とし、高速重イオンを照射した  $\text{CeO}_2$  中に形成されるイオントラック構造およびその重量に伴う微細組織発達過程を調べた。さらに、イナータマトリクス燃料など次世代原子力燃料として期待されている立方晶  $\text{ZrO}_2$  に関して、イオントラックを  $\text{CeO}_2$  中のものと比較し、その構造の違いについて検討した。

### 2. 実験方法

直径 3 mm の  $\text{CeO}_2$  焼結体および 9.8mol% $\text{Y}_2\text{O}_3$  doped  $\text{ZrO}_2$ (YSZ)に日本原子力研究開発機構のタンデム加速器を用いて、室温で 200 MeV  $\text{Xe}^{14+}$ イオンを  $3 \times 10^{11} \sim 1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  の範囲で照射した。試料表面における電子的阻止能の大きさはいずれの試料でも 27 keV/nm である。照射による微細組織変化を、イオン入射方向および垂直な方向から透過電子顕微鏡法(TEM)および走査透過電子顕微鏡法(STEM)により観察した。

### 3. 結論

照射した  $\text{CeO}_2$  の TEM 像中には、フレネルコントラストを示す直径約 2 nm のイオントラックが形成されていた。このようなイオントラック中心領域では空孔密度が増加しており、さらに酸素イオン配列が優先的に不規則化していることを明らかにした。また、損傷の重量に伴って高密度の転位組織が発達することがわかった。これは、高密度の空孔あるいは空孔クラスターを含むイオントラックが照射量の増大に伴って形成と回復を繰り返す間に格子間原子の蓄積が生じ、転位組織が発達したためと考えられる。

照射した YSZ 中には、フレネルコントラストとしてイオントラックが観察されたが、 $\text{CeO}_2$  中に形成されるものに比べて、そのサイズおよび面密度が小さいことがわかった。加えて、フレネルコントラストを示さずにドット状の歪コントラストを示す領域も形成されていた。このような領域はフレネルコントラストを示すイオントラック中心領域に比べて空孔密度の増加量が小さいことが示唆された。以上の  $\text{CeO}_2$  と YSZ のイオントラック構造の違いは YSZ 中に存在する酸素イオン構造空孔に起因していると考えられる。

\*Seiya Takaki<sup>1</sup>, Kazuhiro Yasuda<sup>2</sup>, Syo Matsumura<sup>2</sup> and Norito Ishikawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engineering, Kyushu Univ., <sup>2</sup>Department of Applied Physics and Nuclear Engineering, Kyushu Univ., <sup>3</sup>Nuclear Science and Engineering Center, JAEA.