

## イオンならびに電子線照射下における F82H 鋼中の微細析出物の照射下安定性

Instability of fine particles in F82H steel under electron and ion irradiation conditions

\*叶野 翔<sup>1</sup>, 楊 会龍<sup>1</sup>, 申 晶潔<sup>1</sup>, 趙 子寿<sup>1</sup>, John McGrady<sup>1</sup>,

濱口 大<sup>2</sup>, 安堂 正巳<sup>2</sup>, 谷川 博康<sup>2</sup>, 阿部 弘亨<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学, <sup>2</sup>量子科学技術研究開発機構

HVEM を用いた in-situ TEM 観察ならびにイオン照射材の TEM 観察を通し、F82H 鋼中の微細析出物の不安定化挙動を系統的に評価し、その現象と機構について議論する。

**キーワード:** 低放射化フェライト/マルテンサイト鋼, 照射効果, 相安定性, 超高压電子顕微鏡, イオン照射

低放射化フェライト/マルテンサイト鋼は核融合炉構造材料の第一候補材料であり、その中でも、F82H 鋼は照射硬化/脆化、高温特性等のデータベースが円熟した材料である。これまでに、本研究グループでは、当該材料の機械特性の要となる微細炭化物の照射下安定性に関する評価を進めており [1]、超高压電子顕微鏡 (HVEM) 照射環境下において、MX ないし TaC は照射量の増加に伴い収縮し、一方で、 $M_{23}C_6$  は照射温度に強く依存した不安定化挙動を示すことを明らかとした。このように、HVEM 照射下における炭化物の安定性評価は着実に進められつつあるが、カスケード損傷下における相安定性に関しては、未だ研究知見が乏しい。これらより、本研究では、照射下における炭化物の不安定化機構の精緻化を目的とし、F82H 鋼に対して、HVEM ならびにイオン加速器を用い、種々の照射場における炭化物不安定化を評価した。

供試材として F82H-BA07 ならびに F82H-BA12 鋼を使用した。これらの試料を大阪大学 H-3000 ならびに JAEA 高崎 3MV-タンデトロン加速器、東京大学 1.7MV-タンデトロン加速器を用い、673, 773 K において照射試験を実施した。なお、析出物の不安定化は、HVEM 照射では、その場観察実験ならびに照射後の高分解能 TEM 観察、イオン照射では、照射後の縦断面 TEM 観察ならびに STEM-EDS 分析によって評価した。

HVEM 照射では、673 K で約 4 dpa 照射した試料において  $M_{23}C_6$  / 母相との界面部で中心部に比べ低コントラスト化し、尚且つ、結晶性の失った外縁部が形成した。一方で、イオン照射では、673K で約 25 dpa の試料においても、この外縁部の形成は認められなかった。これまでに、Jin らは [2]、薄膜形状片の P92 鋼に対し、室温下において 115 KV-Ar イオンを照射し、 $M_{23}C_6$  と母相界面部がアモルファス化する現象を報告しており、HVEM 照射材の組織発達と類似した変化を示すことが分かっている。一般に、TEM 薄膜試験片においては、格子間原子は表面シンクで優先的に消滅し、空孔濃度が相対的に高い条件となる、と考えられている。結果、溶質原子の空孔型拡散が助長されることになり、炭化物/母相界面に流入した空孔が炭化物構成元素 (Cr) の母相への溶出を促進し、炭化物外縁部での物質密度の低下に起因したコントラストが形成されたと理解される。

このように、HVEM 内電子照射とイオン照射では、主として点欠陥シンク強度の多寡に起因して  $M_{23}C_6$  の不安定化挙動に差異が生じることが分かった。このことから、材料中のシンク強度に応じて照射組織形成が異なることが示唆される。

### 参考文献

[1] H. Abe, et al., Mater. Trans.55 (2014) 423-427

[2] S.X. Jin, et al., Mater. Characterization, 62 (2011) 136-142.

\*S. Kano<sup>1</sup>, H. Yang<sup>1</sup>, J. Shen<sup>1</sup>, Z. Zhao<sup>1</sup>, J. McGrady<sup>1</sup>, D. Hamaguchi<sup>1</sup>, M. Ando<sup>1</sup>, H. Tanigawa<sup>1</sup>, H. Abe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology