

加速器結合型 TEM を用いた鉄基合金の照射欠陥形成 *in-situ* 観察

In-situ TEM observation of radiation defects in iron-based model alloys under ion irradiation

*村上 健太¹, 陳 東鉞², 陳 良², 阿部 弘亨², 関村 直人², 鈴木 雅秀¹

¹長岡技術科学大学, ²東京大学

加速器結合型顕微鏡を用いて数百 keV の Fe イオン及び W イオンを原子炉圧力容器モデル合金に照射し、照射欠陥発達の照射量依存性等を *in-situ* 観察した。照射欠陥の数密度は、照射後試験による既報値とよく一致したが、照射量の増加と共に、形成効率・消滅効率ともに高くなる傾向も見られた。

キーワード：照射脆化，原子炉圧力容器，はじき出し，その場観察，照射欠陥，イオン加速器，TEM

1. 緒言

原子炉圧力容器モデル合金に対する低温イオン照射実験では、カスケード損傷後に残留する格子欠陥の量が、溶質原子の添加によってかなり変化することが示唆されている[1]。カスケード損傷に対する溶質原子の影響をさらに詳しく知るために、照射下での空孔型欠陥の挙動を透過電子顕微鏡(TEM)で *in-situ* 観察することにした。本発表では、照射欠陥の数密度の照射量依存性を中心に報告する。

2. 実験方法

東京大学工学系研究科原子力専攻（茨城県東海村）の重照射損傷研究設備にある 1.7MV タンデム加速器と 200 kV TEM の結合装置 [2] を利用し、~1 MeV の Fe イオンおよび W イオンを室温で照射しながら、TEM による *in-situ* 観察を行った。照射速度は、 $\sim 10^{14}$ ions/m²s に制御した。試料は純鉄および Fe-Cu, Fe-Mn の二元系合金である。イオンの加速電圧は、照射されたイオンが試料を透過しない条件となるように設定した。これにより、1 個のイオン注入によって、一次はじき出し原子による 1 回のカスケード損傷を模擬することにした。

3. 結果と考察

[001]が表面になるようにリフトアウトした Fe-4wt.%Cu 合金に対して 680 keV の W イオンを照射すると、照射量の増加と共にドット状の照射欠陥が増加していく様子が観察された。回折条件を変えた TEM 観察及び先行研究[3]との比較から、この照射欠陥の大半は $b = a <100>$ の空孔型転位ループであると考えられる。照射欠陥の数密度は照射量に対して比例的に増加しており、比例定数は 5×10^{-3} 個/ion であった。これは照射後試験として実施された先行研究[3]とほぼ同じ値である。しかしながら、数密度の増加過程を *in-situ* でつぶさに追跡すると、照射欠陥の形成効率と、形成した照射欠陥の消失効率が、どちらも照射量と共に増加していた。このことは、周辺のマクロ組織が、カスケード損傷によって導入された欠陥の短距離・短時間の移動挙動に影響を与えることを示唆している。

参考文献

[1] K. Murakami, *et. al.*, Philosophical Magazine 95 (2015) 1680-1695.

[2] K. Murakami, *et. al.*, Nuclear Instrumentation and Method B 381 (2016) 67-71.

[3] M. L. Jenkins, *et. al.*, Philosophical Magazine A 38 (1978) 97-114.

*Kenta Murakami¹, Chen Dong Yue², Chen Liang², Hiroaki Abe², Naoto Sekimura², Masahide Suzuki¹

¹Nagaoka University of Technology, ²The University of Tokyo