低温で核融合中性子照射した金属のクライオ・トランスファー電子顕微鏡観察

広島大学工学部 下村 義治*

広島工業大学 桐谷 道雄**

Fig. 1 純金を低温で核融合中性子照射後にクライオ・トランスファー法により観察された格子間原子集合体.

Fig. 2 (a) 純金にて低温照射後に 27 K で観察された格子間原子集合体. (b) 200 K にて 200 keV 電子線照射中の変化. 格子間原子集合体が消滅してボイドが現れた.

核分裂型原子炉や将来のエネルギー源として開発の進んでいる“核融合炉”では発生する中性子が原子炉の構造材料原子と衝突して高速一次ノックオン原子を作る。それが他の原子を格子位置から弾き出し、“変位カスケード損傷”が発生する。この損傷が基本単位となりそれらの重ねあわせで損傷組織は発達する。この変位カスケード損傷は中心部には高濃度原子空孔が存在しその周囲を格子間原子が取り囲んでいる構造をしている。我々はこの変位カスケード損傷の形成直後の状態を電子顕微鏡で直接観察するために金属材料を 20 K 以下の低温で 14 MeV 核融合中性子照射して、これを温度上昇なしおよび空気にさらす事無しに電子顕微鏡にクライオ・トランスファーして観察した。**Fig. 1** は低温で観察された純金における欠陥を示す。丸で囲んだような多数の欠陥が集合しているものが観察される。金属の種類によっては照射後に電子顕微鏡では観察できるようなサイズの欠陥のないものもある。この試料は低温 18 K で 5×10^{19} n/m² 中性子照射したものである。観察されている欠陥はカスケード

・コラプスによる原子空孔型のものではなく、すべて格子間原子集合体である事が判明した。さらにこれら集合体の集まった Fig. 1 にて丸で示したグループのサイズが照射量と共に増加する事が判明した。勿論この丸の中に含まれているドット状の格子間原子集合体の数は照射量と共に増加する。これは格子間原子集合体が非常に動き易い平行な<110>クラウドオンの束になっている事により変位カスケード損傷より離れて集まったものと考えられる。このような欠陥の観察される場所に変位カスケード損傷が形成したのではない事はこれらの試料を低温で電子線照射して電子励起拡散により原子空孔集合体を観察できるボイドに緩和させることにより明らかになった。この現象を **Fig. 2** に示している。このように観察できるサイズの欠陥がなかった金属では格子間原子が動き易い<110>クラウドオンの束になる事が困難である事によっている。現時点ではこのような電子顕微鏡観察と分子動力学シミュレーションからイオン・中性子照射損傷形成・発達の原子レベル過程が明らかになってきている。

(1998年3月10日受理)

Cryotransfer Electron Microscope Observation of Displacement Cascade Damage in Fusion Neutron Irradiated Metals at Low Temperature; Yoshiharu Shimomura*, Michio Kiritani** (*Faculty of Engineering, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima. **Hiroshima Institute of Technology, Hiroshima)

Keywords: damage due to fusion neutron irradiation, nascent displacement damage cascade, Mobile interstitial clusters

TEM specimen preparation: electropolishing TEM utilized: JEM-200CX