

核融合炉設計のための材料劣化予測技術の開発 Development of Methodology to Predict Materials Damage under Irradiation for Fusion Power Plant Design

中筋俊樹¹, 山本泰功¹, 森下和功², 渡辺淑之³
Toshiki Nakasuji¹, Yasunori Yamamoto¹, Kazunori Morishita², Yoshiyuki Watanabe³

¹京大エネ科, ²京大エネ研, ³原子力機構

¹Graduate School of Energy Science, Kyoto Univ., ²Institute of Advanced Energy, Kyoto Univ.,
³Japan Atomic Energy Agency

1. 緒言

核融合炉のプラズマ対向材料（ダイバータや第一壁）は中性子等の高エネルギー粒子の照射を受け、それらの機械特性や熱伝導特性、電気伝導特性が変化する。そのため、材料の照射損傷挙動を把握し、材料の諸特性の変化を考慮して核融合炉を設計することが重要である。しかし、核融合炉は現存しないため、異なる照射施設を用いて核融合炉環境下での照射損傷を予測しなければならない。各照射施設によってその損傷能力は桁違いであり、代替照射場において取得した照射データをもとに、必要とする照射環境下における材料劣化を精度よく予測するためには、材料劣化と損傷能力などの照射条件の関係を正しく理解する必要がある。

本研究では、反応速度論により材料照射損傷過程のモデル化を行い、損傷速度(dpa/s)や照射温度などの照射条件の違いが材料照射損傷プロセスに及ぼす影響の評価を行った。

2. 数値計算手法

材料は純鉄とし、単欠陥である格子間原子(SIA)および空孔のみが移動すると仮定して、それらの集合化や消滅、熱的解離を表現できる反応速度式を立て、それぞれの欠陥濃度の経時変化を解いた。欠陥集合体は2000個までを個々として取り扱い、それ以上のサイズの集合体は平均値を取り扱った。また、空孔集合体は球状、SIA集合体は円盤状を仮定した。機械特性の変化としてスエリングを評価した。スエリングは空孔集合体が安定成長する最小のサイズ（臨界サイズ）以上の空孔集合体の濃度和から算出した。

3. 結果と考察

図1に各欠陥濃度の経時変化を示す。損傷速度は 1×10^{-5} dpa/sであり、照射温度は350 Kの条件である。照射により単欠陥濃度が上昇した後に、シンク源への吸収や集合体が生成、成長していることがわかる。図2には1 dpaにおける照射温度とスエリングの関係を示す。損傷速度は 1×10^{-3} dpa/s, 1

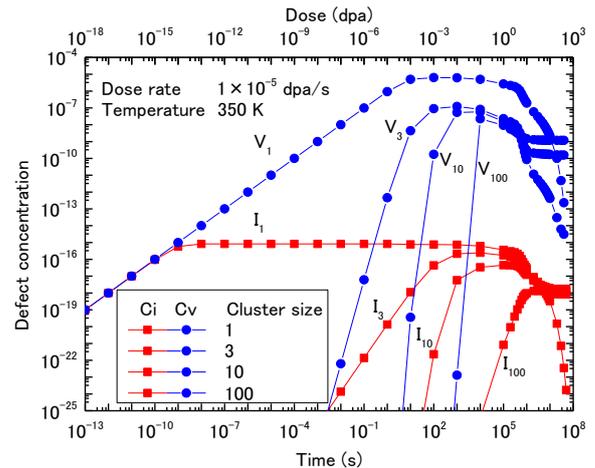


図1 各欠陥濃度の経時変化

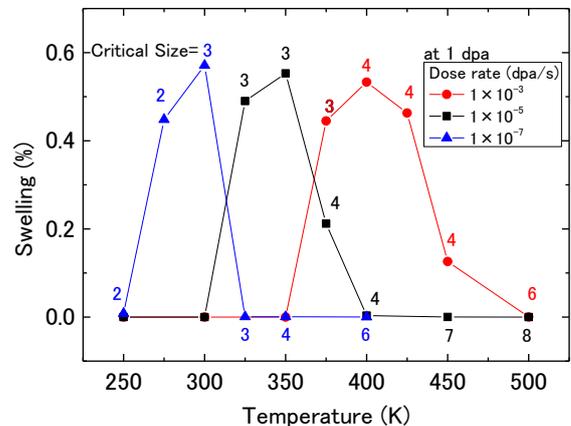


図2 スエリングと照射温度、損傷速度の関係

$\times 10^{-5}$ dpa/sおよび 1×10^{-7} dpa/sであり、図中には臨界サイズを示した。スエリングは温度に対してピークを持ち、損傷速度が増加するにつれてピークは高温側に移行している。温度によるスエリングピークが見られた原因としては、高温では熱的解離が生じやすく、低温では空孔が動きにくいと考えられる。

以上の結果より、空孔集合体が成長する条件は損傷速度の高い条件ほど高温側に移行する。これは、核融合炉より損傷速度が低い照射施設では、温度を低く設定することで核融合炉環境下における空孔の挙動を模擬できることを示唆している。