

圧力容器鋼中の欠陥集合体形成過程の モンテカルロシミュレーション

Monte-Carlo simulation of defect clusters formation in RPV steel under irradiation

*建部 尚道, 中筋 俊樹, 陳 昱婷, 森下 和功

京都大学

圧力容器鋼の脆化の原因は、照射によって材料内にできるボイドや銅、ニッケルといった析出物などの欠陥集合体である。特に多元素からなる析出物がどのような過程で形成されるかは、わからないことも多い。そこで欠陥エネルギー論をもとに構築したモンテカルロモデルで、ボイドや析出物が核生成する過程をシミュレーションし、欠陥集合体の核生成速度や組成の照射条件依存性について解析を行った。

キーワード：照射脆化, 圧力容器鋼, 析出物, 核生成, モンテカルロシミュレーション

1. 緒言

圧力容器鋼は中性子などの放射線を受けて照射脆化を起こす。それは原子炉を長期運用していく上で避けられない現象であり、原子力発電の安全性にも深く関わっている現象である。脆化の原因は、照射によって材料内にできるボイドや銅、ニッケルといった析出物などの欠陥集合体である。それらが結晶粒内の転位運動を阻害することで、材料の脆化が生じている。しかし欠陥集合体の中でも特に多元素からなるものは、その形成過程がわからないことも多い。そこで本研究では欠陥エネルギー論をもとに構築したモンテカルロモデルで、欠陥集合体の形成過程をシミュレーションし、照射条件に対する欠陥集合体の形成過程の違いについて解析した。

2. モンテカルロシミュレーション

本研究では1つの空孔が銅-空孔集合体を形成していく過程に着目し、銅原子、空孔、格子間原子の流入・流出フラックスをもとに、銅-空孔集合体が成長、収縮のどちらの現象が起こるか乱数により決定した。また点欠陥の流入・流出の時間進展についても乱数によって決定した。今回は銅-空孔集合体がある一定のサイズに到達するまでの過程を繰り返しシミュレーションし、その際の核生成率や平均潜伏時間などを求めた。

3. 結果と考察

今回は銅-空孔集合体が核生成する過程を10000回シミュレーションし、それぞれの平均潜伏時間と核生成率を求めた。図1は照射条件として損傷速度が 10^{-4} dpa/sの場合の、各照射温度における平均潜伏時間と核生成率を表したグラフである。図1を見ると、核生成率と平均潜伏時間の両方とも温度に対してピークを持つことがわかる。これは低温では空孔などの点欠陥が動きづらいこと、また高温では点欠陥が移動しやすくなり、核が不安定になるという二つの性質により、その間の温度でピークを持つと考えられる。

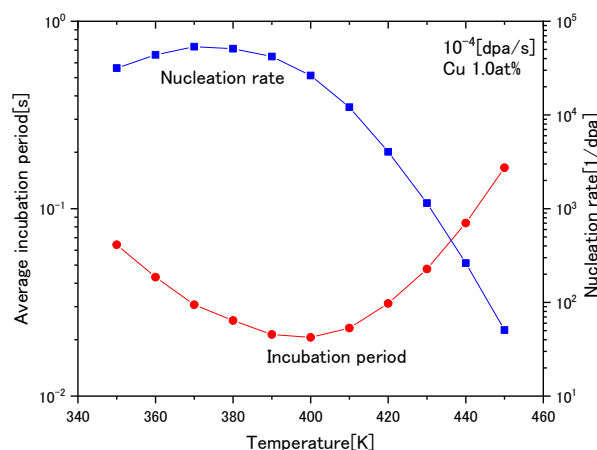


図1 銅-空孔集合体の平均潜伏時間及び核生成率の温度依存性

*Naomichi Tatebe, Toshiki Nakasuji, Chen Yuting and Kazunori Morishita

Kyoto Univ.