

力学機能のナノエンジニアリング
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

柴沼 一樹

東京大学 大学院工学系研究科
准教授

高温クリープ損傷のマルチスケールフィジックス

研究成果の概要

高温環境下における多結晶体のクリープ変形は、粒界のポテンシャルエネルギーを最小化する「Grain boundary migration」と、粒界上の原子の吐き出し/吸い込みを伴う「Grain boundary diffusion」の2つのメカニズムに起因する。そこで、クリープ変形のユニットセルである「微視組織モデル」を開発し、さらに、それに対して2つの変形機構を表現するモデルを組み込むことで「高温クリープ変形モデル」の開発を行った。粒界拡散クリープの変形における粒径等の諸因子の影響を記述した理論式との比較による開発モデルの妥当性検証を行った結果、開発したモデルは理論式に含まれる各因子の影響を正確に再現可能であることが示された。さらに、従来の理論式では考慮できない多結晶体の幾何学的因子の影響を評価し、材料設計ツールとしての開発モデルの有効性を示した。

さらに、多結晶体クリープ変形モデルに「ボイド生成・成長モデル」を実装した統合化モデルの開発を試みた。ボイド生成・成長の定式化については、高温クリープ変形モデルより得られる粒界間の拡散流速および粒界相対速度に基づくモデルの連成、粒界ファセットの幾何形状を考慮し、各粒界ファセットを計算単位としたモデル開発を行った。簡単のため、表面の拡散係数が粒界の拡散係数より十分に大きいと仮定し、ボイドの形状は球帽を仮定した。開発したモデルによるシミュレーションの結果、実装した確率的な因子の影響により、同じ温度・荷重条件であってもボイド面積率の時刻歴変化には大きなばらつきが生じ、実験結果に現れるようなクリープ寿命のばらつきと同様の傾向が再現された。ただし、単調増加が期待されるにも関わらず、一時的な減少が確認され、その定性的な傾向に関してもまだ実現象の再現性には解決すべき課題が明確となった。

【代表的な原著論文情報】

1) K. Shibamura*, T. Fukada, H. Yasumoto, K. Tokuda, B-N. Kim, K. Nikbin, “Representative volume element model for quantitatively predicting the influence of 3D polycrystalline morphology on Coble creep deformation”, *Materials & Design* 226 (2023), 111635.