

革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機  
構の解明

2020 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書
------------------

澄川貴志

京都大学大学院 エネルギー科学研究科  
教授

ナノ・マイクロ疲労学理の開拓と超高疲労強度金属の実現

## § 1. 研究成果の概要

構造物の破壊原因の大半は金属疲労に起因するが、材料寸法がマイクロ～ナノレベルまで小さくなると、許容寸法の観点から疲労き裂発生の原因となる疲労組織は形成され得ないため、マクロとは全く異なる疲労現象とメカニズムが予測される。本研究では、ナノ～マイクロ寸法の金属材料の疲労メカニズムを解明して「ナノ・マイクロ疲労学」を構築することを目的とし、加えて超高疲労耐性材料および新奇機能材料の開発を目指す。

2020年度では、①マイクロ材に対する疲労試験の実施、②ナノ疲労試験システム開発、③単転位挙動の分子動力学解析、④各スケール階層の解析手法の整備、および、⑤ゲージ場理論に基づく隣接転位間相互作用の定式化、を目標とした。①については、寸法が異なり単一すべり方位を有するマイクロサイズのニッケル(Ni)試験片を用いて疲労試験を行い、寸法が大きくなるにつれてマクロ材の疲労に近い挙動を示すことを確認した。さらに、多重すべり方位を有する銅(Cu)試験片に対する疲労試験から、マクロ材のような加工硬化を生じないことがわかった。②については、ナノサイズの試験片を対象とした引張圧縮繰返し負荷試験を実現するための負荷用カートリッジ設計した。③については、Cu単結晶モデルについてせん断応力を受ける刃状(拡張)転位の挙動を分子動力学解析によって評価し、空孔が及ぼす転位のピン止め効果と空孔間距離の関係を求めた。④については、転位ネットワーク形成のフェーズフィールドモデルのコード整備に着手し、DIMS(Deduction-Induction integrated Multiscale analysis System)に組み込むためのインターフェース設計を行った。また、⑤については、局所ゲージ不変性を課した際に導出される力学特性テンソルを用いることで、単一らせん転位近傍の特異性を特徴づける長さスケールを定式化した。

## § 2. 研究実施体制

### (1)「澄川」グループ

- ① 研究代表者: 澄川 貴志 (京都大学大学院エネルギー科学研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・マイクロ疲労試験の実施
  - ・ナノ疲労試験システム開発

### (2)「梅野」グループ

- ① 主たる共同研究者: 梅野 宜崇 (東京大学生産技術研究所、准教授)
- ② 研究項目
  - ・単転位挙動の分子動力学解析
  - ・各スケール階層の解析手法の整備

### (3)「島」グループ

- ① 主たる共同研究者: 島 弘幸 (山梨大学大学院総合研究部、教授)

② 研究項目

- ・転位の動的・非線形挙動の基礎理論の構築