

2023 年度年次報告書

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

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

主たる共同研究者:

梅野 宜崇 (東京大学 生産技術研究所 教授)

島 弘幸 (山梨大学 大学院総合研究部 教授)

研究成果の概要

本研究では、マクロ材とは大きく異なることが予測されるナノ～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。

2023 年度は、①マイクロ疲労試験の実施、②ナノ疲労試験の実施、③ナノ・メゾ・マイクロ統合、④疲労基礎メカニズム解明、⑤マイクロ疲労の基礎理論の構築、及び、⑥ナノ転位構造形成の基礎理論の構築、を目標とした。

上記①では、マイクロ疲労現象を示すニッケル単結晶試験片内での疲労転位構造の発達過程の解明、粒界を有するマイクロ銅双結晶の疲労挙動の特定、および、マイクロ疲労現象に及ぼす積層欠陥エネルギーの影響の検証、を実験によって行った。②では、ナノ疲労試験に用いる 10 nm オーダーの単結晶金属試験片の作製に成功した。③では、演繹-帰納統合型マルチスケール解析システム(DIMS)を構成する反応パラメータをボトムアップ的に求めるための方法論の構築を行った。④では、ナノ疲労挙動に及ぼす積層欠陥エネルギーの影響について検討を行った。⑤では、弱非線形解析による転移パターン相図を構築した。⑥では、表面近傍転位に作用する鏡像力への試料表面凹凸効果を求めるための基礎理論整備を実施した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Shima, H. Umeno, Y. Sumigawa, T. Spot-Ladder Selection of Dislocation Patterns in Metal Fatigue Using Artificial Neural Network, *Symmetry*, **15(5)**, 1028, (2023).
- 2) Tobise, A. Shima, H. Akiba, Y. Umeno, Y. Kawai, E. Kubo, A. Abe, M. Sumigawa, T. Surface outflow effect on dislocation structures in micrometer-sized metals, *Extreme Mechanics Letters*, **65**, 102094, (2023).
- 3) Kubo, A. Kawai, E. Sumigawa, T. Shima H. Umeno, Y. Defect formation mechanisms in metal nanowire under cyclic loading: a molecular dynamics study, *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*, **31(6)**, 065020, (2023).
- 4) 久保淳, 河合江美, 梅野宜崇, 繰り返し荷重を受ける銅ナノワイヤの塑性変形に関する分子動力学法解析: 結晶方位の影響, *材料*, **73(2)**, 115-120, (2024).
- 5) 河合江美, 久保淳, 梅野宜崇, 銅単結晶ナノワイヤにおける転位発生強度の支配因子に関する定量的検討, *材料*, **73(2)**, 121-128, (2024).