

2024 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。

2024 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・マイクロ解析モデルの統合、④マルチスケール解析による疲労基礎メカニズム解明、⑤転位挙動ならびにマイクロ疲労の基礎理論構築、及び、⑥超高疲労強度材料実現のための方針策定と実証、を目標とした。

上記①および⑤では、これまでに構築したマイクロ疲労の基礎理論に及ぼす断面アスペクト比の影響についての検証を行った。②では、10 nm～数百 nm オーダーの単結晶金属への引張圧縮繰り返し負荷試験及びその現象の解明に成功した。③では、DIMS の定量性向上のため、マッピングすべきパラメータ数および学習データ数が増えた場合にも機械学習を効率よくかつ高精度で行うためのアルゴリズム改良を行うとともに、転位拡散係数の演繹的推定法の改良を行った。④では、Al および Cu ナノワイヤ疲労変形挙動の分子動力学解析を実施し、突出し・入込み形成メカニズムに積層欠陥エネルギー・空孔形成・双晶変形が寄与していることを示した。⑤の一部では、複素関数論を駆使した非平坦形状内部転位の安定性理論を展開し、表面形状の視点に基づく転位の安定性制御理論を構築した。⑥では、ナノスケール領域特有の疲労特性を活用した機能材料の創製の基礎概念を考案・実証した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kim, B. Yasui, C. Abe, M. Shima, H. Umeno, Y. Sumigawa, T. Characteristic Fatigue Damage near the $\Sigma 3(111)$ Coherent Twin Boundary in Micron-Sized Copper Specimen, *Materials Science and Engineering A*, **899**, 146470, (2024).
- 2) Kubo, A. Kawai, E. Sumigawa, T. Shima, H. Umeno, Y. Dislocation Random Walk under Cyclic Deformation, *Physical Review E*, **109**, 065001, (2024).
- 3) Sumigawa, T. Onozuka, S. Kim, B. Abe, M. Kitamura, T. Unique damage process in a microscale copper single crystal with double-slip orientation in response to near [112] tension-compression fatigue, *Materials Science and Engineering A*, **909**, 146842, (2024).
- 4) Sumigawa, T. Kawakatsu, N. Tobise, A. Sugisaka, K. Takahashi, Y. Arai, S. Abe, M. Shima, H. Umeno, Y. *Acta Materialia*, 120208, (2024).
- 5) Leelaprachakul, T., Kubo, A., Umeno, Y., Degradation of molecular structure and residual strength of polycarbonate under fatigue: Insights from coarse-grained molecular dynamics simulation, *Computational Materials Science*, **240**, 113028, (2024).