

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

2019 年度採択研究代表者

辻 伸泰

京都大学 大学院工学研究科
教授

異種変形モードの核生成制御による高強度・高延性金属の実現

主たる共同研究者:

志澤 一之 (慶應義塾大学 理工学部 教授)

下川 智嗣 (金沢大学 理工研究域 教授)

村山 光宏 (九州大学 先導物質化学研究所 教授)

研究成果の概要

軟質相と硬質層から成る二相鋼、変形中に変形双晶が発生する TWIP 鋼、変形誘起マルテンサイトが発生する TRIP 鋼の三種類の鉄鋼材料のバルクナノメタル材(超微細結晶粒多結晶金属)を対象として、マクロ～マイクロ～ナノスケールにわたる変形中の組織変化を観察するとともに、原子シミュレーションを行って、粒界からの変形機構の核生成過程を解明し、さらに異なる変形モードの核生成が材料全体の加工硬化の再生にどのようにつながるかを明らかにしつつある。加えてこれらの成果をもとに Phase Field-転位-結晶塑性解析モデルを構築して、最適な組織の探索と材料設計に繋げる試みも進展している。2023 年度に獲得した顕著な成果としては、TWIP 鋼における変形双晶の核生成および TRIP 鋼における変形誘起マルテンサイトの核生成のその場観察と原子シミュレーション解析の進展、TRIP 鋼における加工硬化の再生に及ぼす種々の因子の定量解析、実験結果と原子シミュレーションにより得られた情報を包含した Phase Field-転位-結晶塑性解析マクロ力学シミュレーションの構築、異種変形モードの順次核生成により加工硬化率が再生される鉄系合金の発見がある。実験グループと計算グループが本研究の目標に向かって一体となって研究を進める体制が構築できている。研究は計画通り順調に進展し、社会の需要に応える超高強度と高延性・靱性を両立した構造用金属材料の実現に資するとともに基礎研究の発展に寄与する研究成果が継続的に獲得できている。また一連の研究の中から、変形中の材料中の局所ひずみ・局所応力を定量評価し可視化する技術を構築し、特許出願を行なった。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Unique microstructure formations during low-temperature partitioning after intercritical annealing in low alloy multi-phase TRIP steel and their mechanical behavior clarified by in-situ synchrotron X-Ray diffraction. Avala Lavakumar, Myeong-heom Park, Reza Gholizadeh, Ranjit Kumar Ray, Mitsuhiro Murayama, Nobuhiro Tsuji: ***Materials Science and Engineering A***, 878 (2023), No.145214
- 2) Jesada Punyafu, Sukyoung Hwang, Shiro Ihara, Hikaru Saito, Nobuhiro Tsuji, Mitsuhiro Murayama. Microstructural factors dictating the initial plastic deformation behavior of an ultrafine-grained Fe-22Mn-0.6C TWIP steel. ***Materials Science and Engineering A*** 862 (2023) 144506.
- 3) Atomistic study on dislocation emission from segregated grain boundaries in high-entropy alloys. Kohei Shiotani, Tomoaki Niiyama, Tomotsugu Shimokawa: ***Physical Review Materials***, 7(2023), 12606(1-14).
- 4) Quantitatively evaluating respective contribution of austenite and deformation-induced martensite to flow stress, plastic strain, and strain hardening rate in tensile deformed TRIP steel. Wenqi Mao, Si Gao, Wu Gong, Myeong-heom Park, Akinobu Shibata, Nobuhiro Tsuji: ***Acta Materialia***, 256 (2023), No.119139.
- 5) Atomic simulation study of the factors affecting nucleation in deformation-induced martensitic transformation in grains and at grain boundaries in pure iron. Tomotsugu Shimokawa, Kodai Fujii, Tomoaki Niiyama: ***Acta Materialia***, 265 (2024) 119629.