

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

2022年度
年次報告書

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¹⁾、変形中に変形双晶が発生する TWIP 鋼²⁾、変形誘起マルテンサイトが発生する TRIP 鋼³⁾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。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。TEM 内でのその場引張観察動画を機械学習法に基づいて解析するためのツールの開発⁴⁾や、Ti-O 合金のバルクナノメタル化による酸素起因の低温脆性の抑制⁵⁾など、当初計画にはなかった興味深い成果も獲得できている。

【代表的な原著論文情報】

- 1) M.H. Park*, Y. Tagusari, N. Tsuji. Characterization of local deformation and fracture behavior in ferrite + martensite dual-phase steels having different grain sizes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1249 (2022), No.012041. DOI: 10.1088/1757-899X/1249/1/012041
- 2) Jesada Punyafu, Sukyong 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. DOI: 10.1016/j.msea.2022.144506
- 3) 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, Yu Bai, Stefanus Harjo, Myeong-heom Park, Akinobu Shibata, Nobuhiro Tsuji *Acta Materialia*, submitted and corresponding to the 2nd review results (2023)
- 4) S. Ihara, H. Saito, M. Yoshinaga, L. Avala, M. Murayama. Deep learning-based noise filtering toward millisecond order imaging by using scanning transmission electron microscopy. *Scientific Reports*. 12 (2022) 13462. DOI: 10.1038/s41598-022-17360-3
- 5) Grain refinement in titanium prevents low temperature oxygen embrittlement. Yan Chong, Reza Gholizadeh, Tomohito Tsuru, Ruopeng Zhang, Koji Inoue, Wenqiang Gao, Andy Godfrey, Masatoshi Mitsuhashi, J. W. Morris Jr., Andrew M. Minor, Nobuhiro Tsuji *Nature Communications*, 14, 404 (2023)