

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

2022 年度
年次報告書

2020 年度採択研究代表者

山崎 倫昭

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター
教授

機能マルチモーダル制御の材料科学と材料創製

主たる共同研究者:

萩原 幸司 (名古屋工業大学 大学院工学研究科 教授)

松本 龍介 (京都先端科学大学 工学部 准教授)

研究成果の概要

本研究では、Mg/LPSO 二相および擬単相 Mg-Zn-Y 合金展伸材をモデル合金として、不均一組織を有する材料における力学特性発現機構を解明した上で、機能マルチモーダル制御による Mg 合金の力学特性多機能化に関する指導原理を確立し、材料創製へ応用展開することを目的としている。研究推進のために、マルチモーダル組織を構成する各領域の単体力学特性の支配因子・作用機構を解析する離散的解析グループ、集団挙動と相互作用が重畳するマルチモーダル組織の力学特性発現機構を連続体的観点から理解する連続体的解析グループ、不均一系における変形機構の基礎的知見をもって金属材料全般に適用可能な機能マルチモーダル制御技術を確立し、広く材料創製に展開する材料創製グループを設定した。

材料創製グループでは、複数種類のモデル合金を試作して各グループへ供給するとともに、それらの機械的特性と組織の関係を調査した。2022 年度は擬単相 Mg-Zn-Y 合金を低速押出加工を施すことで 370 MPa を超える耐力と 10%近い延性を両立する展伸材を得た。

連続体的解析グループでは、引張その場中性子回折実験により、底面 $\langle a \rangle$ 迂りが微視的降伏現象に、非底面迂りの活動が巨視的降伏現象に大きく関与していることを示唆する結果が 2021 年度に引き続き得られた。引張試験中の格子ひずみ変化より、複相合金中の各結晶粒個々が示す応力ひずみ応答、いわゆる「粒応力」の解析を進め、再結晶粒領域と加工粒領域の強度発現に対する寄与を議論するに至った。

離散的解析グループでは、実験において Mg₉₇Zn₁Y₂ 合金押出材の動的再結晶粒領域と加工粒領域のみを FIB にて切り出したマイクロスケール試験片を用いた引張試験を実施し、応力-ひずみ応答のデータを得た。計算においては、底面から柱面への迂り伝播の詳細を解析するための大規模な分子動力学シミュレーションを実施した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) "Relationship between Cluster-Arranged Nanoplate Formation and Mechanical Properties of Dilute Mg-Y-Zn Alloys Prepared by Combination of Low-Cooling-Rate Solidification and Extrusion Techniques", S. Ishizaki, M. Yamasaki, K. Hagihara, S. Nishimoto, T. Nakamura, Y. Kawamura, Materials Transactions 64 (2023) 756-765.
- 2) "Kink-band formation in the directionally-solidified Mg/LPSO two-phase alloys", T. Tokunaga, K. Hagihara, M. Yamasaki, T. Mayama, K. Yamamoto, H. Narimoto, Science and Technology of Advanced Materials, 23 (2022) 752-766.
- 3) "Unified Understanding of Strengthening Mechanisms Acting in Mg/LPSO Two-Phase Extruded Alloys with Varying LPSO Phase Volume Fraction", K. Hagihara, T. Tokunaga, K. Yamamoto, M. Yamasaki, T. Mayama, T. Shinoyama, Y. Kawamura, T. Nakano, Materials Transactions 64 (2023) 720-729.
- 4) "Effect of Extrusion Ratio in Hot-Extrusion on Kink Deformation during Compressive Deformation in an α Mg/LPSO Dual-Phase Magnesium Alloy Monitored by In Situ Neutron Diffraction", S. Harjo, W. Gong, K. Aizawa, T. Kawasaki, M. Yamasaki, T. Mayama, Y.

Kawamura, *Materials Transactions*, 64 (2023) 766-773.

- 5) "Exploring the basal/prismatic slip transfer at grain boundaries in magnesium: A molecular dynamic simulation", S. T. Oyinbo, S. Singhaneka, R. Matsumoto, *Vacuum* 212 (2023) 111995.
- 6) "Electronic origin of phase stability in Mg–Zn–Y alloys with a long-period stacking order", T. Tsumuraya, H. Homida, T. Oguchi, *Applied Physics Express*, 15(2022) 075506.