

令和 6 年 6 月 8 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01673

研究課題名(和文)不均一組織制御された高強度マグネシウム合金の腐食および応力腐食割れ挙動の解明

研究課題名(英文) Studies on corrosion and stress corrosion cracking of Mg alloys designed by heterogeneous microstructure control

研究代表者

山崎 倫昭 (Yamasaki, Michiaki)

熊本大学・先進マグネシウム国際研究センター・教授

研究者番号：50343885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：Mg/LPSO二相合金の腐食およびSCC機構解明に関する研究を行い、以下の知見を得た。(1) Mg/LPSO二相Mg-Zn-Y合金押出材の腐食挙動の結晶方位依存性を明らかにし、この依存性は露出結晶面の面内原子密度に大きく影響を受けることを示した。(2) 低歪み速度引張試験に直流電流電圧変化法を組み合わせることによって、SCC発生応力を検知する手法を開発し、SCC感受性とSCC進展速度について調査したところ、LPSO型Mg-Zn-Y合金は、AZ31B合金よりもSCC感受性は高いものの、SCC進展速度についてはAZ31B合金の約1/3と極めて低い値を示すことがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は力学特性を多機能化するために不均一組織制御されたMg合金の腐食挙動とSCC挙動の解明を目指すとともに、新規耐SCC性Mg合金の設計指針を得ることを目的に実施された。幾何学的な不均一性が腐食挙動にどのような影響を及ぼすかを明らかにした点、不均一組織制御により導入された繊維状集合組織加工粒のSCC抑制効果を明らかにした点が研究成果である。この組織不均一性の腐食挙動に与える影響を明確にした基礎的知見は、他の金属系へも展開できることから学術的に重要であり、また防食技術向上への寄与は安全な社会構築に貢献すると思われる。

研究成果の概要(英文)：Corrosion and stress corrosion cracking behavior of Mg/LPSO two-phase Mg-Zn-Y alloys were investigated. (1) The crystal orientation dependence of the corrosion behavior of extruded Mg/LPSO two-phase Mg-Zn-Y alloys was clarified. This crystal orientation dependence is significantly affected by the in-plane atomic density of the exposed crystal planes. (2) A method to detect the SCC initiation stress by combining a direct current voltage change method with a slow strain rate tensile test, was developed; the SCC susceptibility and SCC growth rate were estimated. It was found that the LPSO Mg-Zn-Y alloy had a higher SCC susceptibility than the AZ31B alloy, but showed an extremely low SCC growth rate, approximately one-third that of the AZ31B alloy.

研究分野：金属工学

キーワード：マグネシウム合金 長周期積層構造 不均一組織制御 腐食防食

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

マグネシウム (Mg) 合金は構造材料用金属として期待されている素材の一つであるが、(1) 比強度は他の軽金属材料に比べても高いものの絶対値としての強度値は低い、(2) hcp 構造に起因して加工性が悪い、(3) 電気化学的に活性な金属であることから耐食性が低い、といった明確な課題を持つ。この現状を打開するために、従来 Mg 合金の強度及び耐食性を凌駕する新しい合金、特に展伸材の開発が国内外で望まれている。しかしながら、機械的特性と耐食性の同時改善のための明確な指針を持った研究は少ない。

申請者はこれまでに、長周期積層構造 (Long-Period Stacking Ordered: LPSO) 相を有する新規 Mg 合金の研究開発に携わり、押出材等の展伸材の機械的特性と耐食性の向上に関する研究を行ってきた。機械的特性向上を目的とした研究では、LPSO 相を 25% 程度含む Mg-Zn-希土類 (Rare Earth: RE) 合金に押出加工を施すことで、延性を担うランダム配向した微細  $\alpha$  相再結晶粒領域と、強度を担う押出方向に  $\langle 10\bar{1}0 \rangle$  方向が揃った繊維状集合組織を持つ粗大  $\alpha$  相加工粒領域および LPSO 相粒領域からなる不均一組織が形成され、延性と強度という一見相反する機械的特性を同時に発現することを明らかにしてきた [M. Yamasaki et al. *Acta Mater.* 59 (2011) 3646-3658.]。これは結晶塑性異方性の強い hcp-Mg においては、強度と延性を両立するためには、均一組織よりもむしろ不均一組織の方が有効となる場合があることを示しており、マルチモーダル組織制御による力学特性改善という新しい考えを提示するに至っている [山崎倫昭ほか, *日本金属学会会報* 63 (2024) 9-17.]。一方で腐食防食学の観点からは、機械的特性向上に有効な幾何学的な不均一組織が合金の電気化学的挙動や腐食挙動にどのような影響を与えるのかは不明であった。

### 2. 研究の目的

研究開始当初の背景で述べた通り、hcp 構造であり結晶塑性異方性の強い Mg 合金の強度と延性を同時に高めるためには不均一組織制御が有効であることがわかってきた。そこで機械的特性を制御する幾何学的要素と耐食性を制御する電気化学的均質性を同時に制御することで、優れた機械的特性と耐食性を兼ね備える Mg 合金展伸材を開発することが可能ではないかとの考えに至った。よって本研究では、力学特性と耐食性に優れた Mg 合金展伸材の開発を目的として、「不均一組織制御された高強度マグネシウム合金の腐食および応力腐食割れ挙動の解明」と題する研究を推進することとした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 合金作製

重力鋳造と直接押出加工により、所定の合金組成を持つ展伸材を作製し、機械的特性評価、腐食挙動評価、組織観察実験に供した。

#### (2) 腐食特性評価

塩水浸漬試験により腐食挙動を調査した。腐食速度は、水素ガス発生量測定法、重量減少測定法、電気化学的測定方によりそれぞれ個別に算出し、比較評価した。電気化学的挙動については、腐食電位測定、分極曲線測定、交流インピーダンススペクトル測定を行い評価した。

#### (3) 機械的特性評価

引張試験により評価した。応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking: SCC) 挙動調査においては、溶液浸漬低歪速度引張試験 (初期ひずみ速度  $5 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ ) を行うことで評価した。

#### (4) 組織観察

合金の内部組織観察については、光学顕微鏡 (OM)、走査電子顕微鏡 (SEM)、透過電子顕微鏡 (TEM) を用いて行なった。結晶方位解析は電子線後方散乱回折法 (SEM-EBSD) を用いて行なった。合金組織の電位分布を明らかにするために、走査ケルビンプローブフォース顕微鏡 (SKPFM) を用いて、SKPFM 表面電位分布測定を行なった。

#### (5) アコースティックエミッション法による腐食挙動調査

分極中の腐食挙動を物理的観点から調査する目的でアコースティックエミッション (AE) 法による腐食事象の検知を試みた。得られた AE 波形は Adaptive Sequential  $k$ -means (ASK) クラスタ解析を行うことで特徴付けを行い、塩水浸漬中の腐食事象の素過程の解明を試みた。

### 4. 研究成果

Mg/LPSO 二相  $\text{Mg}_{97}\text{Zn}_1\text{Y}_2$  合金押出材の腐食挙動および SCC 挙動の解明を行い、以下の結果を得た。

#### (1) マルチモーダル組織を有する Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材の腐食挙動解明

Mg-Zn-Y 合金押出材は、結晶方位に依存する腐食挙動を示し、図 1 のように、縦断面は横断面よりも高い腐食速度を示すことを明らかにした。マルチモーダル組織形成により縦断面は加工粒の  $\langle 10\bar{1}0 \rangle$  面が主に露出しており、横断面は  $\langle 10\bar{1}0 \rangle$  軸を晶帯軸とした結晶面が露出する傾向が、図 2(a, b) に示す EBSD の測定結果より明らかになり、結晶方位依存性は縦断面と横断面の結晶面の面内原子密度が異なることに起因することが示唆された。図 2(c) には、様々な結晶面の面内原

子密度を計算した結果を示しているが， $\{10\bar{1}0\}$ 面は $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ 軸を晶帯軸とした結晶面よりも面内原子密度が高いことがわかる[M. Yamasaki et al. Corros. Sci. 200 (2022) 110237.] .

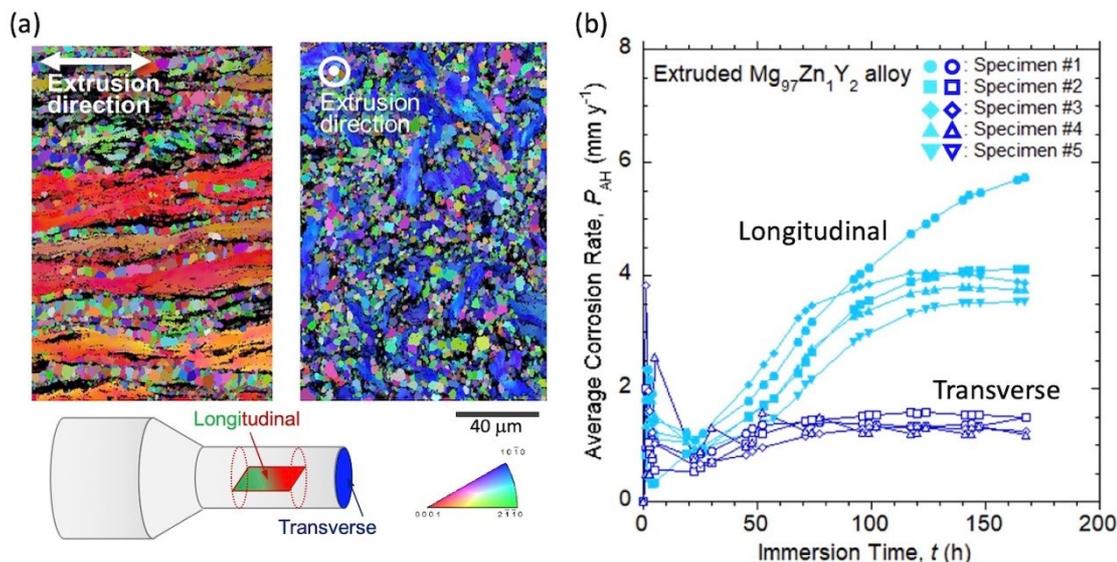


Fig. 1 (a) Invers Pole Figure Maps of extruded Mg-Zn-Y alloy. (b) Corrosion rates of extruded Mg-Zn-Y alloys in 3.5 wt% NaCl solution saturated with  $Mg(OH)_2$ .

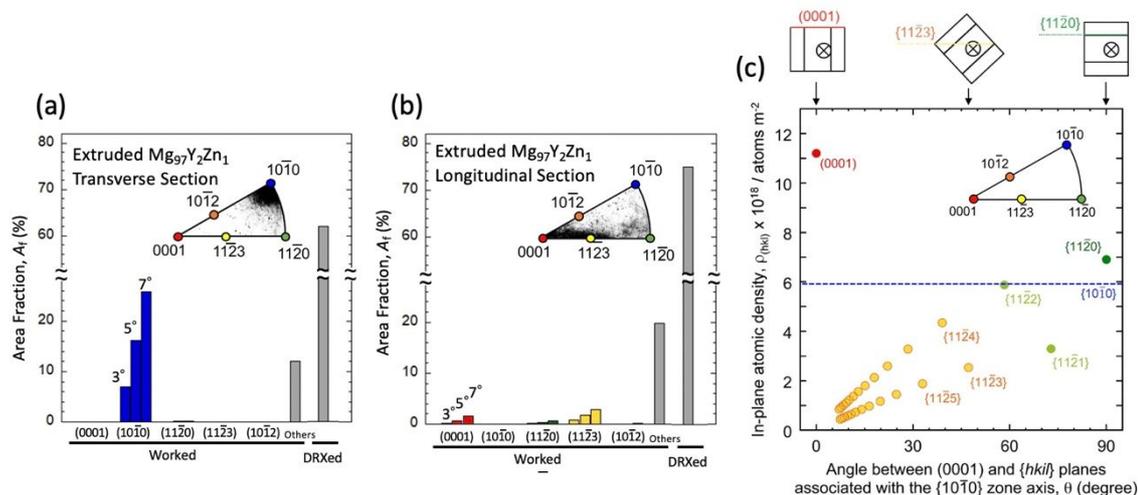


Fig. 2 (a, b) Area fractions of the five distinct exposed crystallographic planes in the worked  $\alpha$ -Mg grains of extruded Mg-Zn-Y alloys: (a) Transverse section, (b) Longitudinal section. (c) In-plane atomic densities of the crystal planes associated with the  $\langle 10\bar{1}0 \rangle$  zone axes.

Mg/LPSO二相Mg-Zn-Y合金押出材のアノード分極中にAE測定およびASKクラスタ解析を行うことで，腐食進行中に起こる物理的事象の検知を試みたところ，図3に示す通り，三つの特徴的なクラスタの形成を観測した．クラスタA01はBreakdown Potential直後に発生し，低いAEエネルギーと比較的広範囲な周波数帯に分布していたことから水素ガスの離脱に起因するものと考えられた．A02はA01と同時に発生するが比較的高いAEエネルギーを持っており，不動態皮膜の微視的な破壊に対応するものと思われた．A03は極めて大きなAEエネルギーを有しており，Breakdown Potentialから離れていることから巨視的な皮膜破壊に対応するものと考えられた．

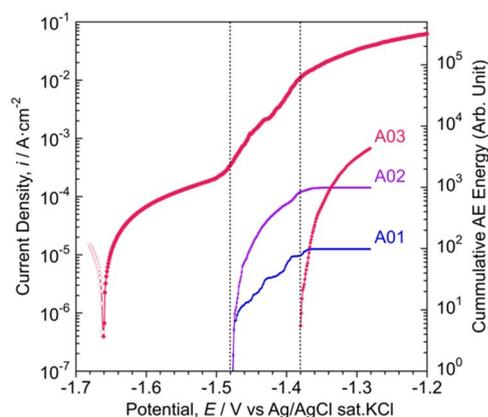


Fig. 3 Anodic polarization curve for extruded Mg-Zn-Y alloy in 3.5 wt% NaCl solution saturated with  $Mg(OH)_2$  and applied potential evolution of cumulative AE energy for three kinds of clusters.

(2) マルチモーダル組織を有する Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材の SCC 挙動

Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材の塩水中における SCC 挙動を低ひずみ速度引張試験と直流電流電圧変化(DCPD)測定法を組み合わせることで調査した。図4に低ひずみ速度引張試験で得られた大気中と 0.1 M NaCl 水溶液中での応力-ひずみ曲線と DCPD 曲線を示す。比較のため、同条件で押し出した AZ31 合金の結果も示す。DCPD 曲線の屈曲点より SCC 強度 $\sigma_{SCC}$ を求めたところ、Mg-Zn-Y 合金は約 319 MPa、AZ31 合金は約 283 MPa であり、最大引張強度との比較ではそれぞれ、約 85% と約 92% となり、Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材が比較的低い応力レベルで SCC が発生することがわかった。

塩水中低ひずみ速度引張試験後の破面を観察した結果を図5に示す。SCC 最大長さ $\Delta a$ の平均は Mg-Zn-Y 合金で  $654 \pm 145 \mu\text{m}$ 、AZ31 合金では  $1236 \pm 126 \mu\text{m}$  であった。SCC 最大長さ $\Delta a$ を SCC 発生から破断までの時間で除して得た SCC 進展速度  $V_{SCC}$  は Mg-Zn-Y 合金で  $1.1 \pm 0.2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、AZ31 では  $2.8 \pm 0.4 \times 10^{-7} \text{ m/s}$  と算出された。これにより LPSO 型 Mg-Zn-Y 合金は、AZ31B 合金よりも SCC 感受性は高いものの、SCC 進展速度については AZ31B 合金の約 1/3 と極めて低い値を示すことがわかり、繊維状 LPSO 相および $\alpha\text{Mg}$  加工粒の効果的な分散は、SCC 進展を抑制する効果が高いことを示唆する結果を得た。

以上、本研究では Mg/LPSO 二相合金の腐食挙動および SCC 挙動についての基礎的知見を得るとともに幾何学的不均一組織を有する高強度耐 SCC マグネシウム合金の開発設計指針を得ることができた。

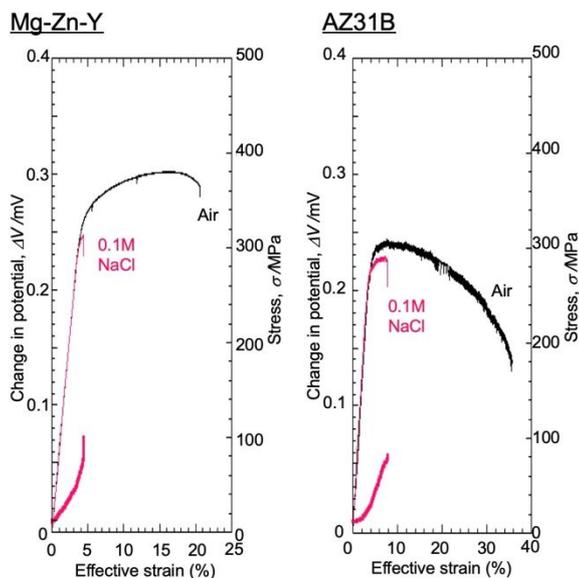


Fig. 4 Stress-Strain curves and Direct Current Potential Drop curves in the Slow strain rate tensile test for extruded Mg-Zn-Y and AZ31B alloys in air and 0.1 M NaCl aqueous solution.

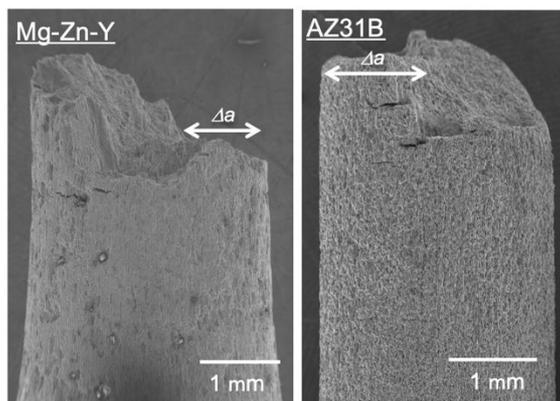


Fig. 5 SEM images of fracture surfaces of extruded Mg-Zn-Y and AZ31B alloys after SSRT test in 0.1 M NaCl aqueous solution.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Okuda Hiroshi, Kintsu Kohei, Kurokawa Shu, Tabuchi Masao, Nitani Hiroaki, Kimizuka Hajime, Inoue Shin-ichi, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 253
2. 論文標題 Nanoclusters in stacking faults in Mg-Y-Zn alloys examined by small-angle X-ray scattering and extended X-ray absorption fine structure analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 118963 ~ 118963
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2023.118963	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 HARJO Stefanus, GONG Wu, AIZAWA Kazuya, KAWASAKI Takuro, YAMASAKI Michiaki	4. 巻 255
2. 論文標題 Strengthening of Mg and long-period stacking ordered phases in a Mg-Zn-Y alloy by hot-extrusion with low extrusion ratio	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 119029 ~ 119029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2023.119029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Hagihara Koji, Mayama Tsuyoshi, Yamasaki Michiaki, Harjo Stefanus, Tokunaga Toko, Yamamoto Kazuki, Sugita Mika, Aoyama Kairi, Gong Wu, Nishimoto Soya	4. 巻 173
2. 論文標題 Contributions of multimodal microstructure in the deformation behavior of extruded Mg alloys containing LPSO phase	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 103865 ~ 103865
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijplas.2023.103865	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山崎倫昭、萩原幸司、松本龍介、眞山剛、ハルヨ ステファヌス	4. 巻 63
2. 論文標題 機能マルチモーダル制御による高強度と高延性を兼ね備える軽合金展伸材設計	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 あたりあ	6. 最初と最後の頁 9 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.63.9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishimoto Soya, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 63
2. 論文標題 The Effects of Pre-Consolidation Heat Treatment on the Tensile and Fracture Toughness Behavior of the Rapidly Solidified Mg <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub> Y <sub>2</sub> Al Alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1396 ~ 1405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-L2022008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mayama Tsuyoshi, Agnew Sean R., Hagihara Koji, Kamura Kentaro, Shiraishi Kazuma, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 154
2. 論文標題 -Mg/LPSO (Long-Period Stacking Ordered) phase interfaces as obstacles against dislocation slip in as-cast Mg-Zn-Y alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 103294 ~ 103294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijplas.2022.103294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nishimoto Soya, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 10
2. 論文標題 Inherited multimodal microstructure evolution of high-fracture-toughness Mg-Zn-Y-Al alloys during extrusion for the consolidation of rapidly solidified ribbons	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium and Alloys	6. 最初と最後の頁 2433 ~ 2445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jma.2022.05.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Michiaki, Shi Zhiminig, Atrens Andrej, Furukawa Akito, Kawamura Yoshihito	4. 巻 200
2. 論文標題 Influence of crystallographic orientation and Al alloying on the corrosion behaviour of extruded -Mg/LPSO two-phase Mg-Zn-Y alloys with multimodal microstructure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 110237 ~ 110237
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2022.110237	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hagihara Koji, Ueyama Ryohei, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Nakano Takayoshi	4. 巻 209
2. 論文標題 Surprising increase in yield stress of Mg single crystal using long-period stacking ordered nanoplates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 116797 ~ 116797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2021.116797	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Drozdhenko Daria, Yamasaki Michiaki, Mathis Kristian, Dobron Patrik, Inoue Shin-ichi, Kawamura Yoshihito	4. 巻 14
2. 論文標題 Revealing the Microstructural Aspects of the Corrosion Dynamics in Rapidly Solidified Mg-Zn-Y Alloys Using the Acoustic Emission Technique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 7828 ~ 7828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14247828	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Nishimoto Soya, Koguchi Yuta, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 832
2. 論文標題 Effect of hierarchical multimodal microstructure evolution on tensile properties and fracture toughness of rapidly solidified Mg-Zn-Y-Al alloys with LPSO phase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 142348 ~ 142348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2021.142348	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計45件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 山崎倫昭, 古川章人, 石嶺伝泰, 西本宗矢, DROZDENKO Daria, MATHIS Kristian
2. 発表標題 不均一組織制御した Mg-Y-Zn合金押出材の腐食挙動とその方位異方性
3. 学会等名 日本金属学会2023年秋期(第173回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林拓海, 圓谷貴夫, 山崎倫昭
2. 発表標題 第一原理計算による LPSO型Mg-Y-Zn合金へのAl置換効果の影響
3. 学会等名 日本金属学会2023年秋期(第173回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀口皓匠, 山崎倫昭, 眞山剛, 萩原幸司, 徳永透子
2. 発表標題 不均一組織を有する Mg-Y-Zn 合金押出材の引張・圧縮変形挙動の調査
3. 学会等名 日本金属学会2023年秋期(第173回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西本宗矢, 保田大河, 山崎倫昭, 萩原 幸司
2. 発表標題 Mg-Y-Zn 系合金押出材に形成される不均一組織と破壊靱性挙動の関係
3. 学会等名 日本金属学会2023年秋期(第173回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉田那優, 山崎倫昭
2. 発表標題 LPSOナノプレート分散型Mg-Y-Al系合金の組織形成と機械的特性の調査
3. 学会等名 軽金属学会2023年春季(第144回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀口皓匠, 山崎倫昭, 眞山 剛, 萩原幸司, 徳永透子, Harjo Stefanus, Daria Drozdenko
2. 発表標題 再結晶粒 / 加工粒からなるバイモーダル組織を有するMg-Y-Zn合金押出材の引張変形挙動
3. 学会等名 軽金属学会2023年春期(第144回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石崎誠太郎, 山崎倫昭, 萩原幸司, 中村太亮, 西本宗矢, 河村能人
2. 発表標題 クラスタ配列層分散制御による高強度Mg-Y-Zn希釈合金押出材の開発
3. 学会等名 軽金属学会2023年春期(第144回)講演大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Michiaki Yamasaki, Akito Furukawa, Soya Nishimoto, Daria Drozdenko, Kristian Mahis
2. 発表標題 Acoustic emission study on corrosion behaviour of extruded Mg-Y-Zn alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 LMT2023, Light Metals Technology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soya Nishimoto, Taiga Yasuda, Koji Hagihara, Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 Effect of multimodal microstructure on fracture toughness behavior of extruded Mg-Zn-Y alloys
3. 学会等名 LMT2023, Light Metals Technology (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Michiaki Yamasaki, Kosho Horiguchi, Daria Drozdenko, Koji Hagihara, Toko Tokunaga, Soya Nishimoto, Stefanus Harjo, Wu Gong
2. 発表標題 Tensile deformation behavior and multimodal microstructure evolution of extruded Mg-Y-Zn alloys of multimodal microstructure
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soya Nishimoto, Taiga Yasuda, Koji Hagihara, Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 Fracture toughness in extruded Mg-Zn-Y alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ShengXiong Tang, Soya Nishimoto, Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 Tensile properties and fracture toughness of extruded AZ31B alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 Influence of electrochemical and geometrical heterogeneities on corrosion behaviour of LPSO phase-containing Mg-Y-Zn alloys
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Long-Period Stacking/Order Structure and Mille-feuille Structure, LPSO2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taiga Yasuda, Michiaki Yamasaki, Koji Hagihara
2. 発表標題 Investigation of fracture toughness of extruded Mg-Zn-Y alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Long-Period Stacking/Order Structure and Mille-feuille Structure, LPS02022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seitaro Ishizaki, Michiaki Yamasaki, Koji Hagihara, Yoshihito Kawamura
2. 発表標題 Mechanical properties and microstructure of dilute Mg-Y-Zn alloys prepared by combination of low cooling rate solidification and extrusion techniques
3. 学会等名 The 5th International Symposium on Long-Period Stacking/Order Structure and Mille-feuille Structure, LPS02022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖能瑠、山崎倫昭、Drozdenko Daria
2. 発表標題 アコースティックエミッション法を用いたMg-Al 合金の塩水環境におけるアノード分極時の腐食挙動調査
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期講演(第171回)大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎倫昭、眞山剛、染川英俊、萩原幸司、松本翼、石崎誠太郎、河村能人
2. 発表標題 Mg-Zn-Y合金におけるミルフィーユ構造制御とキンク変形帯導入
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期講演(第171回)大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石崎誠太郎、山崎倫昭、萩原幸司、河村能人
2. 発表標題 ミルフィーユ構造制御による高強度Mg-Zn-Y 希釈合金の開発
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期講演(第171回)大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀口皓匠、山崎倫昭、真山剛、萩原幸司、徳永透子
2. 発表標題 AE 測定によるLPSO 型Mg-Zn-Y 合金の引張変形挙動の解明
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期講演(第171回)大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林拓海、圓谷貴夫、山崎倫昭
2. 発表標題 表面電位測定と第一原理計算の連携による -Mg/LPSO二相Mg系合金における相間電位差の制御
3. 学会等名 日本金属学会2023年春期講演(第172回)大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 保田大河、山崎倫昭、萩原幸司
2. 発表標題 Multimodal 微細組織を有するMg-Y-Zn 系合金押出材の破壊 靱性
3. 学会等名 日本金属学会2023年春期講演(第172回)大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀口皓匠、山崎倫昭、真山剛、萩原幸司、徳永透子
2. 発表標題 Acoustic Emission 測定による不均一組織制御型Mg-Y-Zn 合金押出材の引張変形挙動の調査
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季講演(第172回)大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 沖能瑠、山崎倫昭、Drozdenko Daria
2. 発表標題 Mg-Al 合金の鋳造材及び溶体化処理材の塩水環境におけるアノード分極時のAE 法を用いた腐食挙動調査
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季講演(第172回)大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林拓海、圓谷貴夫、山崎倫昭
2. 発表標題 表面電位測定と第一原理計算の連携による -Mg/LPSO二相Mg系合金における相間電位差の制御
3. 学会等名 日本金属学会2023年春季講演(第172回)大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎倫昭、古川章人、Atrens Andrej, Shi Zhiming, Drozdenko Daria, 河村能人
2. 発表標題 -Mg/LPSO二相Mg-Zn-Y合金押出材の希釈化/MFS組織化による耐食性向上
3. 学会等名 軽金属学会第142回春期大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖能瑠、古川章人、Drozdenco Daria, 山境倫昭
2. 発表標題 AE法を用いた /LPSOおよび / 二相Mg合金の水溶液腐食挙動調査
3. 学会等名 軽金属学会第142回春期大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎倫昭
2. 発表標題 押出加工により形成されるマルチモーダル組織の制御
3. 学会等名 第253回塑性加工技術セミナー「塑性加工による材料組織の制御」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎倫昭
2. 発表標題 徐冷プロセスによるミルフィーユ構造型Mg-Zn-Y合金の作製
3. 学会等名 軽金属学会2021年第140 回春期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西本宗矢
2. 発表標題 LPSO型急冷Mg-Zn-Y-Al合金の強靱化のための急冷プロセス条件の最適化
3. 学会等名 軽金属学会2021年第140 回春期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川章人
2. 発表標題 LPSO型Mg-Zn-Y系合金押出材のアカースティックエミッションを用いた水溶液腐食挙動調査
3. 学会等名 軽金属学会2021年第140 回春期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Soya Nishimoto
2. 発表標題 Relation between fracture toughness and microstructure of rapidly solidified ribbon-consolidated Mg-Zn-Y-Al alloys
3. 学会等名 International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials, Processing, Fabrication, Properties, Applications, THERMEC ' 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 Influence of Crystallographic Orientation on Corrosion Behavior of Mg-Zn-Y Alloys with Multimodal Microstructure
3. 学会等名 12th International Conference on Magnesium Alloys and their Applications, Mg 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daria Drozdenko
2. 発表標題 Highstrength Ductile Rapidly Solidified Mg-Zn-Y Alloys with Low Amount of LPSO Phase
3. 学会等名 12th International Conference on Magnesium Alloys and their Applications, Mg 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akito Furukawa
2. 発表標題 Acoustic Emission Characteristics of Aqueous Corrosion in Mg-Zn-Y Alloys with Long-period Stacking Ordered Phase
3. 学会等名 12th International Conference on Magnesium Alloys and their Applications, Mg 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Soya Nishimoto
2. 発表標題 Investigation of Microstructural Factors Affecting the Planestrain Fracture Toughness of Mg-Zn-Y-Al Alloys Processed by Consolidation of Rapidly Solidified Ribbons
3. 学会等名 12th International Conference on Magnesium Alloys and their Applications, Mg 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石崎誠太郎
2. 発表標題 徐冷プロセス適用によるミルフィーユ構造型Mg-Zn-希土類合金の開発
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川章人
2. 発表標題 LPSO型Mg-Zn-Y合金押出材の結晶方位異方性が耐食性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋期第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西本宗矢
2. 発表標題 Mg-Zn-Y-Al急冷合金の破壊挙動に及ぼす金属組織因子の影響
3. 学会等名 軽金属学会2021年第141回秋期大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Michiaki Yamasaki
2. 発表標題 High Mechanical Performance Magnesium Alloys Developed by Multimodal Microstructure Design Concept
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (MRM2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎倫昭
2. 発表標題 Mg-Zn-Y合金押出材の腐食挙動における結晶方位異方性
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季第170回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀口皓匠
2. 発表標題 AE測定によるbimodal組織を有するMg合金の引張変形挙動の解明
3. 学会等名 日本金属学会2022年春季第170回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石崎誠太郎
2. 発表標題 徐冷プロセス適用によるミルフィーユ構造型Mg-Zn-Y希釈合金の開発
3. 学会等名 日本金属学会2022年春期第170回講演大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>熊本大学工学部 材料・応用化学科 物質材料工学教育プログラム 材料設計学講座  <a href="http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/~kankyo/index-j.htm">http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/~kankyo/index-j.htm</a>          熊本大学工学部 材料・応用化学科 物質材料工学教育プログラム  <a href="http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/">http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/</a>          熊本大学先進マグネシウム国際研究センター  <a href="http://www.mrc.kumamoto-u.ac.jp/">http://www.mrc.kumamoto-u.ac.jp/</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	眞山 剛  (Mayama Tsuyoshi)  (40333629)	熊本大学・先端科学研究部・教授   (17401)	
研究分担者	井上 晋一  (Inoue Shin-ichi)  (30792585)	熊本大学・先進マグネシウム国際研究センター・助教   (17401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
チェコ	Charles University			