

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03431

研究課題名(和文)電気化学的ホモ組織と幾何学的ヘテロ組織を兼備える高耐食高強度マグネシウム合金設計

研究課題名(英文) Development of high strength and high corrosion resistant Mg alloys by controlling geometrical and electrochemical heterogeneity

研究代表者

山崎 倫昭 (Yamasaki, Michiaki)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授

研究者番号：50343885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：Mg/LPSO二相合金の腐食およびSCC機構解明と、新規高耐食合金の創製に関する研究を行い、以下の結果を得た。

(1) Mg/LPSO二相合金の構成相間電位差と腐食挙動および電気化学的挙動の関係を明らかにした。(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で、SCC発生応力を検知する手法を開発した。Mg/LPSO二相合金押出材の耐力腐食割れ性の評価を行い、繊維状集合組織が応力腐食割れの進展抑制に有効であると示した。(3) アコースティックエミッション(AE)法を腐食研究に適用し、Mg/LPSO二相合金のアノード分極中に発生する物理的事象の解明を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、幾何学的な不均一性を意図的に導入することで強度と延性を兼ね備えた長周期積層構造型Mg合金展伸材の腐食・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。この研究の過程でいくつかの腐食研究に有効な新しい手法(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たSCC発生応力検知手法やアコースティックエミッション法による腐食素過程探索手法)を取り入れ、これらが腐食・SCC挙動解明に極めて有効であることを明らかにした。これら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考える。

研究成果の概要(英文)：Corrosion and stress corrosion cracking behavior of Mg/LPSO two-phase alloys have been investigated. Multifunctional Mg alloys with LPSO phase have been designed by heterogeneity integration method that considers geometrical and electrochemical viewpoints. (1) Relationship between corrosion behavior and Volta potential difference between alpha-Mg and LPSO phases was clarified. (2) New slow strain rate tensile testing integrated with direct current potential drop method has been developed. Coarse alpha-Mg and LPSO grains with strong fiber-texture are effective for prevention of SCC. (3) Acoustic emission method has been applied to Mg corrosion study. Application of adaptive sequential k-means analysis of AE signal revealed activity of few concurrently active processes during anodic and cathodic polarization measurements. Acoustic emission technique has a potential in corrosion science.

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 ヘテロ組織 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は最軽量であり古くから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 構造に起因する結晶塑性異方性が大きい加工性が悪い、(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、といった克服すべき明確な課題を残している。これらの課題により、用途のみならず製造プロセスも限定され、成形加工を施さなくても最終製品に近い形状を作り出せるダイカスト法及び射出成形法による部材生産が多勢を占めている。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おり、合金成分設計のみならず、新しい加工熱処理技術の開発が国内外で進められている。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のが現状であった。

申請者は、長周期積層構造 (LPSO) 相を有する新規 Mg 合金の研究開発に長く携わり、Mg 合金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。機械的性質の向上を目的とした研究では、LPSO 相を体積分率で約 25% 程度含む Mg-Zn-希土類 (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「 $\langle 10\bar{1}0 \rangle$  方向が押出方向に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「微細分散した LPSO 相繊維状集合組織粒領域」からなるヘテロ組織が形成され、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 [Acta Mater. 59 (2011) 3646]。これは結晶塑性異方性の強い Mg 金属において強度と延性を両立するためには、均質組織よりもむしろヘテロ組織の方が有効となる場合があることを示している。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ヘテロ組織が合金の電気化学的挙動や腐食挙動、応力腐食割れ (SCC) 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

背景で述べた通り、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ヘテロ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パラメータと耐食性を制御する電気化学的均質性との関係を明らかにした上で、これらを結びつけて考えることは、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ために重要であるとの考えに至った。よって本研究では、優れた機械的特性を発現させる幾何学的不均質性と耐食性に関する電気化学的均質性を兼ね備える高強度高耐食 Mg 合金展伸材の開発を目的として、『電気化学的ホモ組織と幾何学的ヘテロ組織を兼ね備える高耐食高強度マグネシウム合金設計』と題する研究を推進することとした。合金開発と並行して、Mg/LPSO 二相合金の腐食挙動の把握に努め、その基礎的知見を材料創製、特に耐 SCC 性を有する LPSO 型 Mg 合金展伸材の創製に役立てることとした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 合金作製

重力鋳造法と押出加工法により、所定の合金成分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。また、必要に応じて、鋳造まま材、急速凝固材、急速凝固薄片固化成形材を作製し、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結果、重量減少測定結果、電気化学的測定結果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、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。なお、SCC 挙動調査においては、溶液浸漬低歪速度引張試験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、SEM、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) クラスタ解析により特徴付けを行い、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 二相合金の腐食機構および SCC 機構の解明と、新規高耐食 Mg 合金の創製に関する研究を行い、以下の結果を得た。

#### (1) Mg/LPSO 二相合金鋳造材を用いた電気化学的均質性と腐食挙動の関係解明

Mg-Zn-Y 系および Mg-Zn-Gd 系合金の表面電位分布を SKPFM 法により調査し、構成相間の電

位差と腐食挙動および電気化学的挙動の関係を明らかにした。Mg-Zn-Y 系合金においては LPSO 相と  $\alpha$ -Mg 母相との相間電位差により LPSO 相に接する  $\alpha$ -Mg 母相部分が選択的にアノード溶解する現象がみられたが、Al を微量添加することで相間電位差は変わらないものの腐食中に形成される皮膜の緻密化により耐食性が向上することが明らかになった。Mg-Zn-Gd-Al 合金においては、Al を添加すると LPSO 相中の Zn が Al に置換されることにより LPSO 相の電位が母相の電位に近づき、結果として耐食性が向上することがわかり、同じ Mg/LPSO 二相合金への Al 添加であってもその耐食性向上のメカニズムが異なることが明らかになった。

### (2) SCC 発生応力検知手法の開発と Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材の SCC 挙動解明

低歪み速度引張 (SSRT) 試験に直流電流電圧変化(DCPD)法を組み合わせることで、SCC 発生応力を検知する手法を開発した。開発した手法を用いて Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材および Mg-Zn-Y-Al 合金押出材を作製しその耐食性と耐応力腐食割れ性の評価を行い、LPSO 相および  $\alpha$ -Mg 相加工粒の繊維状集合組織が応力腐食割れの進展抑制に大きく寄与していることを明らかにした。研究成果の一例として図 1 及び図 2 に  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ (at%) 合金押出材と  $Mg_{96.75}Zn_{0.85}Y_{2.05}Al_{0.35}$  合金押出材の大気中および  $Mg(OH)_2$  飽和 0.1 mol/l NaCl 水溶液中の SSRT 試験結果を示す。 $Mg_{96.75}Zn_{0.85}Y_{2.05}Al_{0.35}$  合金押出材の SCC 発生応力の方が  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  合金押出材よりも高く、Al 添加による皮膜の改質と LPSO 相および  $\alpha$ -Mg 相加工粒の繊維状集合組織の体積分率上昇が耐 SCC 性を向上させることがわかった。

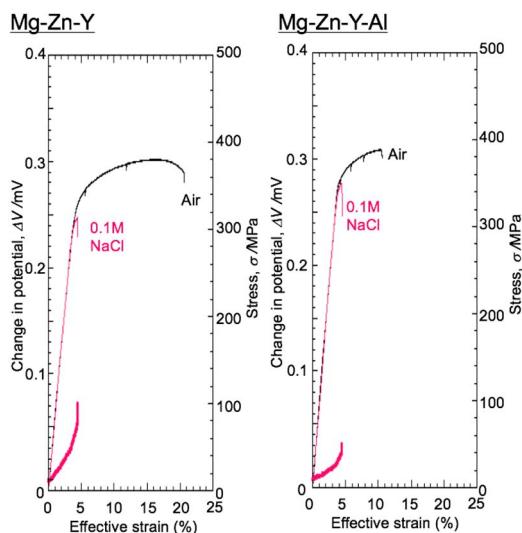


Fig. 1 Stress-Strain curves and DCPD curves in SSRT test for extruded  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  and  $Mg_{96.75}Zn_{0.85}Y_{2.05}Al_{0.35}$  alloys in air and immersed in 0.1 mol/l NaCl saturated with  $Mg(OH)_2$ .

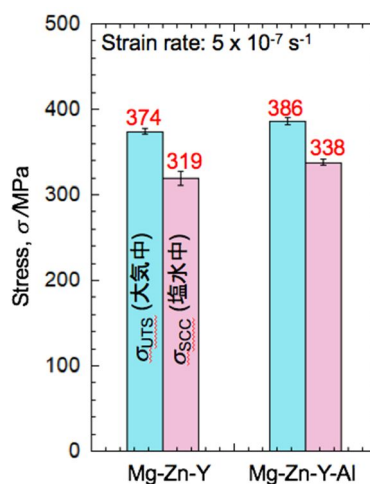


Fig. 2 Ultimate tensile stress and SCC threshold stress of extruded  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  and  $Mg_{96.75}Zn_{0.85}Y_{2.05}Al_{0.35}$  alloys in air and immersed in 0.1 mol/l NaCl saturated with  $Mg(OH)_2$ .

### (3) アコースティックエミッション(AE)法の腐食研究への適用

アコースティックエミッション(AE)法を Mg/LPSO 二相 Mg-Zn-Y 合金押出材の腐食挙動解明に適用し、アノード分極中に発生する AE 波形の ASK クラスタ解析により物理的事象の解明を行った。これにより、重畳して発生する複数の腐食事象を分割して議論することが可能となった。測定結果の一例として  $Mg_{97}Zn_1Y_2$ (at%)合金押出材のアノード分極中の AE シグナルの浸漬時間展開を図 3 に示す。アノード電流密度の上昇率増加がある値を超えたところで、AE の amplitude と count rate 共に急激に増大することがわかり、電気化学測定と AE シグナルの同時取得は極めて有効であることが示された。

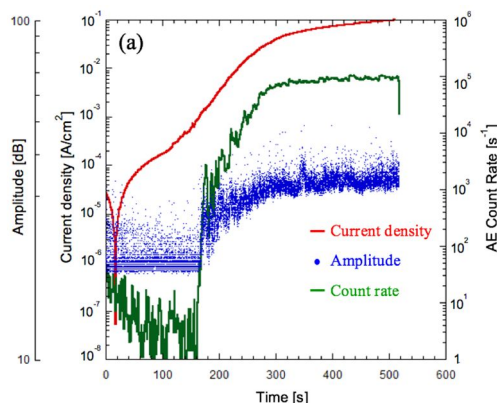


Fig. 3 Dynamically anodic polarization curve (sweep rate: 1 mV/s) and time evolution of the AE amplitude and count rate of extruded  $Mg_{97}Zn_1Y_2$  alloy immersed in 0.1 mol/l NaCl saturated with  $Mg(OH)_2$ .

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電気化学的ホモ組織と幾何学的ヘテロ組織を兼ね備える高耐食高強度マグネシウム合金の開発設計指針を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Lee Taekyung, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Go Jongbin, Park Sung Hyuk	4. 巻 25
2. 論文標題 High-Strength AZ91 Alloy Fabricated by Rapidly Solidified Flaky Powder Metallurgy and Hot Extrusion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Metals and Materials International	6. 最初と最後の頁 372 ~ 380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12540-018-0204-6	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 該当する
1. 著者名 Hagihara Koji, Li Zixuan, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Nakano Takayoshi	4. 巻 163
2. 論文標題 Strengthening mechanisms acting in extruded Mg-based long-period stacking ordered (LPSO)-phase alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 226 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2018.10.016	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 El-Tahawy Moustafa, Mathis Kristian, Garces Gerardo, Matsumoto Tsubasa, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Gubicza Jenő	4. 巻 771
2. 論文標題 Type and density of dislocations in a plastically deformed long-period stacking ordered magnesium alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 629 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2018.08.313	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 該当する
1. 著者名 Matsushita Masafumi, Nagata Takafumi, Bednarcik Jozef, Nishiyama Norimasa, Kawano Shoya, Iikubo Satoshi, Kubota Yuji, Morishita Ryo, Irifune Tetsuo, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Enoki Masanori, Ohtani Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Key Factor for the Transformation from hcp to 18R-Type Long-Period Stacking Ordered Structure in Mg Alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 237 ~ 245
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.M2018213	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 該当する

1. 著者名 Matsumoto Tsubasa, Yamasaki Michiaki, Hagihara Koji, Kawamura Yoshihito	4. 巻 151
2. 論文標題 Configuration of dislocations in low-angle kink boundaries formed in a single crystalline long-period stacking ordered Mg-Zn-Y alloy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 112 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2018.03.034	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 Drozdenko Daria, Mathis Kristian, Harjo Stefanus, Gong Wu, Aizawa Kazuya, Yamasaki Michiaki	4. 巻 1
2. 論文標題 Investigation of the Evolution of the Microstructure in the Directionally Solidified Long-Period Stacking-Ordered (LPSO) Magnesium Alloy as a Function of the Temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Magnesium Technology 2019	6. 最初と最後の頁 33 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-05789-3_6	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 該当する

1. 著者名 M. Yamasaki, Z. Shi, A. Atrens, Y. Kawamura	4. 巻 1
2. 論文標題 Influence of Multimodal Microstructure Evolution on Corrosion Behaviour of Extruded Mg-Zn-Y Alloys with LPSO Phase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018)	6. 最初と最後の頁 350-355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 該当する

1. 著者名 K. Shiraiishi, T. Mayama, M. Yamasaki, Y. Kawamura	4. 巻 1
2. 論文標題 Inelastic Unloading Behaviour of Dual Phase Mg-Zn-Y Alloys with LPSO Phase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018)	6. 最初と最後の頁 177-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 T. Matsumoto, M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura	4. 巻 1
2. 論文標題 Dislocation Configuration of Low Angle Kink Boundaries Formed in a Mg85Zn6Y9 LPSO Single Crystal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018)	6. 最初と最後の頁 198-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Hosokawa Shinya, Kimura Koji, Stellhorn Jens Rudiger, Yoshida Koji, Hagihara Koji, Izuno Hitoshi, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Mine Yoji, Takashima Kazuki, Uchiyama Hiroshi, Tsutsui Satoshi, Koura Akihide, Shimojo Fuyuki	4. 巻 146
2. 論文標題 Phonon excitations in a single crystal Mg85Zn6Y9 with a synchronized long-period stacking ordered phase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 273 ~ 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2017.12.053	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 Hagihara Koji, Li Zixuan, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Nakano Takayoshi	4. 巻 214
2. 論文標題 Strain-rate dependence of deformation behavior of LPSO-phases	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 119 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2017.11.117	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 Tane Masakazu, Suzuki Shogo, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Hagihara Koji, Kimizuka Hajime	4. 巻 710
2. 論文標題 Insignificant elastic-modulus mismatch and stress partitioning in two-phase Mg-Zn-Y alloys comprised of -Mg and long-period stacking ordered phases	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 227 ~ 239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2017.10.069	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 Okuda Hiroshi, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 139
2. 論文標題 Transition to long period stacking ordered structures in Mg 85 Gd 9 Zn 6 alloys from amorphous ribbons examined by synchrotron radiation scattering: Comparison with Mg 85 Y 9 Zn 6 alloys	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 26 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2017.06.013	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 Inoue Shin-ichi, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito	4. 巻 122
2. 論文標題 Formation of an incombustible oxide film on a molten Mg-Al-Ca alloy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Corrosion Science	6. 最初と最後の頁 118 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.corsci.2017.01.026	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 Suzawa Kazuha, Inoue Shin-ichi, Yamasaki Michiaki, Kawamura Yoshihito, Miyanaga Michimasa, Yoshida Katsuhito, Kawabe Nozomu	4. 巻 1
2. 論文標題 Superplasticity in a Chip-Consolidated Mg97Zn1Y2 Alloy with LPSO Phase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Magnesium Technology 2018	6. 最初と最後の頁 245 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-72332-7_38	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 S. Inoue, M. Yamasaki, Y. Kawamura	4. 巻 1
2. 論文標題 Effect of Y on reducing flammability of molten Mg-Zn-Y alloy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018)	6. 最初と最後の頁 36-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計31件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 15件）

1. 発表者名 M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Kink deformation bands formed in a Mg-based long-period stacking ordered structure
3. 学会等名 NCKU and KU Joint Workshop on Materials Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Configuration of dislocations in low-angle kink boundaries formed in a long-period stacking ordered Mg-Zn-Y alloy
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-feuille Structure, LPSO2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Hierarchically multimodal microstructure evolution in wrought Mg alloys
3. 学会等名 2018 KU and NTU Workshop on Frontier Metals and Alloys, Department of Materials Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Yamasaki, Z. Shi, A. Atrens, Y. Kawamura
2. 発表標題 Influence of Multimodal Microstructure Evolution on Corrosion Behaviour of Extruded Mg-Zn-Y Alloys with LPSO Phase
3. 学会等名 The 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 S. Inoue, M. Yamasaki, Y. Kawamura
2. 発表標題 Effect of Y on reducing flammability of molten Mg-Zn-Y alloy
3. 学会等名 The 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Shiraishi, T. Mayama, M. Yamasaki, Y. Kawamura
2. 発表標題 Inelastic Unloading Behaviour of Dual Phase Mg-Zn-Y Alloys with LPSO Phase
3. 学会等名 The 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Matsumoto, M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Dislocation Configuration of Low Angle Kink Boundaries Formed in a Mg85Zn6Y9 LPSO Single Crystal
3. 学会等名 The 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daria Drozdenko, Kristian Mathis, Michiaki Yamasaki, Yoshihito Kawamura
2. 発表標題 Microstructure evolution during uniaxial compression with respect to the lamellar structure of a directly solidified Mg-LPSO alloy
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-feuille Structure (LPSO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Soya Nishimoto, Michiaki Yamasaki, Shin-ichi Inoue, Yoshihito Kawamura
2. 発表標題 Development of rapidly solidified Mg-Zn-Y-Al alloys with high fracture toughness
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-feuille Structure (LPSO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Kawakami, Michiaki Yamasaki, Yoshihito Kawamura
2. 発表標題 SCC behavior of extruded Mg-Zn-Y alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-feuille Structure (LPSO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsubasa Matsumoto, Michiaki Yamasaki, Yoshihito Kawamura
2. 発表標題 Dislocation configuration of low angle kink boundaries formed in a Mg-Zn-Y 18R-LPSO crystal
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on Long-Period Stacking Ordered Structure and Mille-feuille Structure (LPSO2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎倫昭
2. 発表標題 多様なミルフィーユ構造有するMg合金とそのキンク形成
3. 学会等名 日本金属学会キンク研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎倫昭, 萩原幸司, 眞山剛, 河村能人
2. 発表標題 Mg/LPSO二相合金一方向凝固材の圧縮時のキンク変形挙動
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第134回春期講演大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daria Drozdenko, Kristian Mathis, 山崎倫昭, 河村能人
2. 発表標題 Microstructure evolution during uniaxial compression with respect to the structure of a direct solidified Mg-LPSO alloy
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2018年秋期講演(第163回)大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本宗矢, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 Multimodal組織制御によるMg-Zn-Y-Al合金急速凝固薄帯固化成形材の高靱性化
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第135回秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本宗矢, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 Mg-Zn-Y系急速凝固合金の微細組織が破壊靱性に及ぼす影響
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第134回春期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古田智, 萩原幸司, 中野貴由, 山崎倫昭
2. 発表標題 六方晶系Mg, Zn, MgZn <sub>2</sub> 単結晶の溶解挙動の結晶方位依存性比較
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2018年秋期講演(第163回)大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本宗矢, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 Mg-Zn-Y系急速凝固合金の破壊韌性に影響を及ぼす組織因子の解明
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2018年秋期講演(第163回)大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川上智大, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 LPSO型Mg-Zn-Y系合金押出材の応力腐食割れ挙動
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第135回秋期講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本宗矢, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 高強度Mg-Zn-Y-Al 合金急速凝固薄帯固化成形材の破壊韌性向上
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2019年春期講演(第164回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上智大, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 LPSO 型Mg-Zn-Y 系合金押出材の応力腐食割れ挙動
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2019年春期講演(第164回)大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Yamasaki, K. Hagihara, Z. Shi, A. Atrens, Y. Kawamura
2. 発表標題 Mechanical and corrosion properties of wrought Mg-Zn-rare earth alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 7th Asian Symposium on Magnesium Alloys, ASMA7 (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Yamasaki, T. Matsumoto, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Dislocation configuration in low angle kink boundaries formed in a single crystalline long-period stacking ordered Mg85Zn6Y9 alloy under bending: Part 2
3. 学会等名 The 3rd International Workshop on the Structure and Mechanisms of Plasticity of Advanced Magnesium Alloys and Related Materials (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Yamasaki, K. Hagihara, Y. Kawamura
2. 発表標題 Ongoing research for the LPSO-typed Mg alloys with multimodal microstructure
3. 学会等名 18th International Conference of the Union of Materials Research Societies in Asia (IUMRS-ICA 2017) (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Yamasaki
2. 発表標題 Ongoing research for the LPSO-typed Mg alloys in Japan
3. 学会等名 NTU and KU Inaugural Seminar on Advanced Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎倫昭
2. 発表標題 LPSO 型Mg 合金におけるキンク変形とキンク界面の幾何学的特徴
3. 学会等名 高性能Mg 合金創成加工研究会 第68 回講演会「マグネシウムの塑性挙動を対象とする実験力学と計算力学」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎倫昭, 松本翼, 萩原幸司, 眞山剛, 河村能人
2. 発表標題 多様なミルフィーユ構造を有する新規Mg合金とそのキンク変形
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2018年春期(第162回)講演大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎倫昭, 萩原幸司, 河村能人
2. 発表標題 結晶塑性異方性を考慮したマルチモーダル微細組織制御によるマグネシウム合金設計
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2018年春期(第162回)講演大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎倫昭, 幸口祐大, 西本宗矢, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 急冷Mg-Zn-Y 合金の破壊靱性と微細組織の関係
3. 学会等名 公益社団法人日本金属学会2017年秋期(第161回)講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山崎倫昭, Zhiming Shi, Andrej Atrens, 河村能人
2. 発表標題 長周期積層構造型Mg-Zn-Y合金押出材の異方性が腐食挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第133回秋期講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川上智大, 山崎倫昭, 井上晋一, 河村能人
2. 発表標題 LPSO型Mg-Zn-Y系合金押出材の応力腐食割れ挙動
3. 学会等名 一般社団法人軽金属学会第135回秋期講演大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>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">www.mrc.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">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・大学院先端科学研究部(工)・准教授    (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・特任助教    (17401)	