

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K04774

研究課題名(和文) Al-rich 相抑制による新奇高耐食性Mg-Al-X合金の探索

研究課題名(英文) Search for novel highly corrosion-resistant Mg-Al-X alloy by suppressing Al-rich alpha phase

研究代表者

畠山 賢彦 (Hatakeyama, Masahiko)

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授

研究者番号：30375109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：Al濃度を系統的に1～43wt%まで変化させた、Mg-Al合金に対して電気化学測定を行った。Al濃度が1～8wt%では、Al濃度の増加につれて腐食電位の上昇がみられるが、9wt%から腐食電位が低下する。また、相単相(43wt%Al)では-1.4V程度と5wt%Alと同程度の電位を示す。この腐食電位の変化は、単純なAl濃度による貴化では説明が出来ないことから、各相の表面に形成したマグネシウム水酸化皮膜Mg(OH)₂の厚さの違いなどが影響していると考えられる。Mg-Al-X合金の相を不安定化させる元素として(X=Zn, Ag)が見出された他、安定化する多数の元素(X=Sn, Bi等)が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Mg合金は単なる金属で耐食性が悪く、Alを添加した合金として用いられる。Alを添加することで合金は貴にシフトし、耐食性は向上するものの、Al濃度の高い金属間化合物である γ -Mg₁₇Al₁₂相や母相である α 相のなかにAl濃度が高い領域(Al-rich-相)が形成し、それらが耐食性を劣化する。

相を不安定化する添加元素を探索し、相の析出を抑え、相中のAl濃度を高く維持することで耐食性を向上する方法や、相の析出を逆に促進し、相の周囲に形成し、腐食の起点となるAl-rich-相の形成を抑制する手法を開発した。この応用によりモバイル機器等に用いられるマグネシウム合金の寿命向上が期待される。

研究成果の概要(英文)：Electrochemical measurements were performed on the Mg-Al alloy with the Al concentration systematically changed from 1 to 43 wt%. When the Al concentration is 1 to 8 wt%, the corrosion potential increases as the Al concentration increases, however the corrosion potential decreases from 9 wt%. In addition, the γ -phase single-phase (43wt% Al) shows a potential of about -1.4V, which is about the same as 5wt% Al. Since this change in corrosion potential cannot be explained by simple purification by Al concentration, it is said that the difference in the thickness of the magnesium hydroxide film Mg(OH)₂ formed on the surface of each phase has an effect. Conceivable. (X = Zn, Ag) was found as an element that destabilizes the α phase of the Mg-Al-X alloy, and a large number of stabilizing elements (X = Sn, Bi, etc.) were obtained.

研究分野：材料科学

キーワード：マグネシウム合金 腐食特性 防食技術 電気化学

1. 研究開始当初の背景

マグネシウム合金は軽量で比強度に優れるため、近年、携帯型の電子機器や輸送機器の構造材料としての用途が急速に広がっており、各種合金が開発されている。しかしながら、マグネシウムの卑な特性と、保護性を有する不動態皮膜が形成しないことなどにより、耐食性が悪く、また研究の上でも高精度の分極測定など電気化学的手法により耐食性を評価することが難しいという問題点がある。我々はこれらの問題点を、pH11~12の強アルカリ環境で薄く安定な水酸化皮膜 $Mg(OH)_2$ が形成した状態から分極測定を行うことで解決し、最近分極測定の精度が大きく向上したことで、マグネシウム合金の腐食因子が次第に明らかになり、世界的にも2019年頃から類似の条件での研究報告例が増えている。

例えば、AZ91合金は、Alを9wt%、Znを1wt%マグネシウムに固溶し、母相を貴にシフトさせることで、マグネシウム合金の中では比較的耐食性の良好な合金で、主にダイキャスト用の合金として広く用いられているが、鑄造や押し出し時の比較的短時間の凝固過程(冷却過程)でbcc構造の非常に硬くて脆い金属間化合物である β - $Mg_{17}Al_{12}$ 相が析出する。これがカソード極として作用し耐食性を劣化させるという報告が多くある[1]一方、 β 相が腐食のバリアーとして働き耐食性を向上するという説も有り議論がある。また、Raman[2]や我々の研究では、非平衡相であるhcpのAl-rich- α 相が β 相の周囲に隣接して形成し、その場合、Al-rich- α 相の内部が全面腐食の初期段階や、孔食の発生しやすい条件でも腐食の起点となることが報告されている[3]。しかし、Al-rich- α 相はマトリックスの α 相よりAl濃度は7%程高く、比較的貴なことが予想されることから、このような腐食挙動を示すことは学術的な疑問点である。このAl-rich- α 相は、X線回折測定においても α 相に対して同じhcpで格子定数の変化が見出せないこともあり、この相に着目した研究は少なく、非平衡相であるため単相の一般的な電気化学測定に用いるサイズの試料作製が困難なことから腐食特性が未知なままである。従って、Mg-Al-X系合金の腐食因子として最も重要なAl-rich- α 相の電気化学的性質を解明することは、学術的にも工業的なマグネシウム合金開発の上でも近々の重要な課題となっている。

また、Mg-Al-X系合金の分極測定などにより、Mg-Al系の三相を含む組成の詳細な腐食特性は明らかになりつつあるが、その特性を理論的に解明するまでには至っていない。そのため、合金の耐食性を向上するための対策は主に表面処理に依存したものに留まっており、合金そのものの耐食性をどのように向上するべきか未解決の問題である。最近、水溶液環境で表面に生成するマグネシウム水酸化皮膜 $Mg(OH)_2$ が β 相上で保護性が弱く α 相上では比較的安定に形成しているため、金属組織によって耐食性が変化する腐食モデルも予想として提案されているが、[4]透明なゲル状の $Mg(OH)_2$ を直接観察する方法が無く、走査電子顕微鏡で脱水後の非常に薄く全く異なる形状に変化した MgO の組織観察からゲル状の組織を推定するといった評価手法が限界であるため、その実態は把握出来ていない。従って、各相の腐食特性と保護膜の性質の関係は不明であるが、それらが異なる腐食特性を示し、形状や面積率が材料全体の腐食特性に影響していると考えられる。

2. 研究の目的

Al-rich- α 相による腐食促進のメカニズムについての先行研究は殆ど無く、 β 相についての腐食影響についても十分な知見が得られていないのが現状である。従って、 β 相、Al-rich- α 相の腐食電位や腐食電流密度などの基本的な腐食に関する物性を得た後、Al-rich- α 相が優先的に腐食する原因が、腐食速度の大きさによるのか、 β 相とのマイクロガルバニック腐食によるのかなど腐食機構を解明する。また、第一原理計算によるシミュレーションによるアプローチにより、 β 相、Al-rich- α 相の安定構造を調べ、逆にそれを不安定化させる添加元素をXとして加えることで、Al-rich- α 相を形成しにくくAl濃度の高い貴なMg-Al-X系の探索を行う。

3. 研究の方法

Mg-Al合金の鑄造材として、Mg-1, 2, 3, 5, 7, 9, 13, 16, 43wt%Al合金を作製した。銅製のY字ブロック鑄型により鑄造し、冷却速度は100 /s程度の一般的なダイキャスト鑄造時と同程度とした。Mg-Al-X合金として、各X元素を1at%に調整し、X=Sn, Zn, Bi, Agを作製した。Mg-Al合金の溶体化処理材は、各試料を437 (共晶温度)で3.6 ks間保持し、氷水焼入れにより作製した。観察前の処理として、表面を耐水エメリー紙#150~#2000を用いて研磨し、1 μ mのダイヤモンドペーストを用いてバフ研磨を行った。その後、アセトンを用いて超音波洗浄を300 s間施し、10 s間エッチングをおこなった。エッチングには1%硝酸と99%エタノールによって作製されたナイトール溶液を用いた。準備した試料を用いて、低真空SEMによる組織観察を行った。

基本的な各合金の腐食特性を調べるため電気化学測定として分極試験を行った。試料表面を耐水エメリー紙#150~2000を用いて研磨した後、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ の試料面積を残してシリコンゴムで絶縁し試料電極とした。試験溶液には0.1 M NaClを用い、液性をアルカリ性にするためにNaOHを添加しpH=11に調整した。温度298 Kに保持した恒温槽内で典型的な3電極法

を用い、作用電極には試料電極を、対極には Pt、照合電極には Ag/AgCl(3.33 kmol·m⁻³KCl) 電極をそれぞれ用いた。実験前に、試験溶液は 3.6 ks 間 N₂ 脱気をおこない、自然浸漬時間を 5.4 ks、初期電位-2.2 V で 1.8 ks 間保持後、走査電位範囲を-2.2 V~0 V とし、+10 mV·s⁻¹ で掃引し、電位と電流密度の対数値を記録した。

Al-rich α 相の構造の第一原理計算によるシミュレーションは、Al-Mg の二元系で 144 原子のスーパーセルを用いて Al 原子 1-13 個を固溶した場合を計算した。 β 相を不安定化する元素については、同様に β 相に 1at%相当の X 原子を固溶した場合と β 相との全エネルギーの差分をとり、不安定化元素を調査した。

4. 研究成果

(1) Al 濃度を系統的に 1~43wt%まで変化させた、Mg-Al 合金に対して高精度の分極測定を行った。Al 濃度が 1~8wt%では、Al 濃度の増加につれて腐食電位の上昇がみられるが、9wt%から腐食電位が低下する。また、 β 相単相 (43wt%Al) では-1.4V 程度と 5wt%Al と同程度の電位を示す。この腐食電位の変化は、単純な Al 濃度による貴化では説明が出来ないことから、各相の表面に形成したマグネシウム水酸化皮膜 Mg(OH)₂ の厚さの違いなどが影響していると考えられる。Al 濃度が 1~3wt%の溶体化処理材では単相の α 相が得られ、 α 、Al-rich- α 、 β の三相で構成される金属組織のものと腐食特性を比較したが、同じ化学組成では三相と単相で大きな電位の差は認められず、 β 相の大きさや形態が腐食電位に影響を与えることが示唆される。各相の真の腐食電位は Al 濃度で決まるが、Mg(OH)₂ 皮膜は Mg 濃度の低い β 相上ではあまり形成されず薄い状態であり、 α 相上では比較的厚く形成されるため、 β 相のサイズや形状によって皮膜の薄い領域が生じ、複雑な挙動を示すのではないかと考えられる。

(2) VASP を用いた第一原理計算によるシミュレーションと、それに基づき作製した合金試料の電気化学測定 (分極測定) で行った。 β 相を不安定化させる元素として (X = Zn, Ag) や点欠陥として原子空孔が見出された他、逆に安定化する多数の元素 Sn や Bi 等が得られた。それに基づき X として 4 種類の元素を各 1wt%添加した試料の金属組織から得られた β , Al-rich- α の体積率を求めた。鑄造まま材では、非平衡状態の組織のため、計算結果とは傾向がずれたが、430 °C で 1h 熱処理後では、Mg-9Al の β 相体積率が高めの値となっているものの β 相の体積率の値は、定性的にシミュレーション結果と良い一致を得た。Bi 添加は β , Al-rich- α 両方がある程度抑制することが示唆された。Mg-Al-X 合金の腐食特性の各パラメータについては、 β 相体積率に対して複雑な挙動を示すことが分かった。

(3) Mg-Al 系合金と Mg-Al-Ag および Mg-Al-Zn 合金の β 相単相の腐食特性を明らかにした[5]。 β 相単相の腐食電位は、pH=6 で-1.357 V であったが、pH=11 でもほぼ同じ-1.377 V であった。pH=11 での β -2.0wt%Ag の腐食電位は-1.274 V であり僅かに貴であった。 β -1.3wt%Zn では-1.340 V であった。 β 相の腐食電位が高い場合、 α 相の腐食電位が-1.5 V 程度であるため、 β 相周囲の Al-rich- α や α 相との間でガルバニック腐食を起こす可能性が示唆される。このため、X 合金を添加した場合の β 相単相の腐食電位を考慮して β 相の析出を抑制するか、促進して Al-rich- α 相の晶出量を抑制するかを合金設計の段階で最適化する必要がある。

参考文献

- [1] M. Hatakeyama et al. Arch. Metall. Mater., 62 (2017) 155-158.
- [2] R. Raman, Metall. Mater. Trans. A, 35, 2525-2531 (2004).
- [3] M. Kaido et al. Materials Science Forum, 879 (2016)1895-1898.
- [4] D. Liu et al., Electrochim. Acta, 323 (2019) 134796.
- [5] K. Sarayama et al., Materials Transactions, 63 (2022) in press.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Hatakeyama Masahiko, Nakano Kenichi, Yoshita Ryosuke, Nakato Daichi, Sunada Satoshi, Nose Masateru	4. 巻 63
2. 論文標題 Improvement of Corrosion Resistance of the AZ91 Magnesium Alloys with Sputtered Aluminum Layer Using Interdiffusion Treatment, Anodic Oxidation Treatment and Sealing Process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 in press
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sarayama Kaede, Nakano Kenichi, Shimada Yusuke, Morihiro Ami, Hatakeyama Masahiko, Sunada Satoshi, Sato Koichi	4. 巻 63
2. 論文標題 Corrosion Properties of the β -Mg ₁₇ Al ₁₂ Phase in NaCl Solutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MA2022023	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 Nakano Kenichi, Naganawa Masaki, Morihiro Ami, Sunada Satoshi, Hatakeyama Masahiko	4. 巻 63
2. 論文標題 Reduction of Experimental Error by Surface Treatment in the Measurement of Polarization Curves of Magnesium Alloys	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MA2022013	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 Hatakeyama Masahiko, Okada Kai, Sunada Satoshi, Sato Koichi	4. 巻 31
2. 論文標題 Effect of dispersion particles and precipitates on the corrosion properties of ODS-Cu, Cu-Cr-Zr and Cu-Cr alloys in Na ₂ S ₂ O ₄ solutions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 101159 ~ 101159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2022.101159	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 Hatakeyama M., Yamamoto T., Yasuda K., Matsumura S., Yasunaga K., Sato K.	4. 巻 30
2. 論文標題 In-situ observation of damage structure in Cu-Cr-Zr and Cu-Cr alloy during 1.25 MeV electron irradiation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 101144 ~ 101144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2022.101144	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 Hatakeyama Masahiko, Tsuchiya Taiki, Lee Seung-won, Matsuda Kenji, Aoi Yoshifumi, Nose Masateru	4. 巻 63
2. 論文標題 Influence of Iron Diffusion on the Oxidation Resistance of CrSiCN Hard Coatings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 422 ~ 429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MA2022014	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 Nagae Koichiro, Ejiri Kento, Hirabayashi Jyunichi, Yamamoto Yuichi, Hatakeyama Masahiko, Sunada Satoshi	4. 巻 63
2. 論文標題 Effect of Sigma Phase on Corrosion Behavior of Duplex Stainless Steel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 726 ~ 729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MA2022002	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 Kume Mochisuke, Iwashima Daisuke, Hatakeyama Masahiko, Sunada Satoshi	4. 巻 63
2. 論文標題 The Effect of Base Oil Viscosity on the Corrosion Preventive Properties of the Rust Preventive Oils	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 716 ~ 719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MA2022001	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 Hatakeyama M., Shimada Y., Kawate N., Sarayama K., Sunada S.	4. 巻 67
2. 論文標題 The role of (Al12Mg17) phase on corrosion behavior of the AM90 alloy in NaCl aqueous solution	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Archives of Metallurgy and Materials	6. 最初と最後の頁 759 - 766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24425/amm.2022.137815	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 M. Hatakeyama, Y. Shimada, N. Kawate, K. Sarayama and S. Sunada	4. 巻 in press
2. 論文標題 The role of (Al12Mg17) phase on corrosion behavior of the AM90 alloy in NaCl aqueous solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Archives of Metallurgy and Materials	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sato Koichi, Kondo Yohei, Ohta Masakiyo, Xu Qiu, Yabuuchi Atsushi, Kinomura Atsushi, Onoue Masahira, Onitsuka Takashi, Hatakeyama Masahiko, Iwakiri Hiroto, Kato Daiji, Watanabe Yoshiyuki, Tanigawa Hiroyasu	4. 巻 1024
2. 論文標題 Change in the Positron Annihilation Lifetime of Vacancy Clusters Containing Hydrogen Atoms in Electron-Irradiated F82H	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 71-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.1024.71	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. Sunada, M. Hatakeyama, K. Hibino, K. Tagishi, Y. Mizukoshi, S. Takeuchi, Y. Maekawa and N. Nagase	4. 巻 985
2. 論文標題 Corrosion Resistance of the Sintered Fe-Cu-C, Fe-Cu-Ni-Mo-C and Fe-Cr-Mo-C Alloys Coated with a Rust Preventive Oil	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 54-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.985.54	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 Koichi SATO, Yohei KONDO, Masakiyo OHTA, Akira HIROSAKO, Masahira ONOUE, Masahiko HATAKEYAMA, Satoshi SUNADA, Qiu XU	4. 巻 28
2. 論文標題 Change in the Positron Annihilation Lifetime of Vacancies Containing Hydrogen Atoms in Electron-irradiated Tungsten	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceeding	6. 最初と最後の頁 061001 - 061004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JSPSC.28.061001	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 Shimada Yusuke, Hatakeyama Masahiko, Hirabayashi Jyunichi, Yamamoto Yuichi, Sato Koichi, Sunada Satoshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Effects of Sigma Phase on the Embrittlement Behavior of Super Duplex Stainless Steel F55 under SSRT with a Cathodic Charge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 2378 ~ 2386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-MAW2019006	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 Satoshi Sunada, Yoshitaka Matsui, Syogo Takeuchi, Taku Iwaoka, Koichi Sato, Masahiko Hatakeyama	4. 巻 941
2. 論文標題 Effect of Sn, Zn and Bi Addition on Corrosion Characteristics of Magnesium Alloys Sintered by Spark Plasma Sintering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 1760 - 1765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/MSF.941.1760	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14件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 M. Hatakeyama, T. Yamamoto, K. Yasuda, S. Matsumura, K. Yasunaga, K.Sato
2. 発表標題 In-situ Observation of Damage Structure in Cu-Cr-Zr and Cu-Cr Alloy During 1.25 MeV Electron Irradiation
3. 学会等名 20th International Conference of Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Hatakeyama, Kai Okada, Satoshi Sunada, Koichi Sato
2. 発表標題 Evaluation of the Corrosion Resistance of ODS-Cu, Cu-Cr-Zr and Cu-Cr Alloys by Electrochemical Methods
3. 学会等名 20th International Conference of Fusion Reactor Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mochisuke Kume, Daisuke Iwashima, Masahiko Hatakeyama, Satoshi Sunada
2. 発表標題 The effect of base oil viscosity on the corrosion preventive properties of the rust preventive oils
3. 学会等名 15th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koichiro Nagae, Kento Ejiri, Jyunichi Hirabayashi, Yuichi Yamamoto, Masahiko Hatakeyama, Satoshi Sunada
2. 発表標題 The effect of δ phase on corrosion behavior of duplex stainless steels
3. 学会等名 15th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kaede Sarayama, Kenichi Nakano, Ami Morihiro, Masahiko Hatakeyama, Satoshi sunada and Koichi Sato
2. 発表標題 Corrosion properties of the δ -Mg17A12 phase in NaCl solutions
3. 学会等名 15th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenichi Nakano, Masaki Naganawa, Ami Morihito, Satoshi Sunada, Masahiko Hatakeyama
2. 発表標題 Accuracy Improvement of Electrochemical Measurements in Magnesium Alloys
3. 学会等名 15th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiko Hatakeyama, Kenichi Nakano, Ryosuke Yoshita, Satoshi Sunada, Masateru Nose
2. 発表標題 Improvement of corrosion resistance of the AZ91 magnesium alloys with sputtered aluminum film using heat treatment, anodic oxidation treatment, and sealing process
3. 学会等名 15th International Conference on the Physical Properties and Application of Advanced Materials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森廣あみ、更山楓、中野健一、佐藤紘一、砂田聡、畠山賢彦
2. 発表標題 Mg-Al系合金の腐食特性に及ぼすAg添加の影響
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会北陸信越支部 令和3年度連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 更山 楓、島田 裕介、川手 直樹、中野 健一、安永 和史、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 Mg-Al系合金の腐食挙動に及ぼす第三元素添加の影響
3. 学会等名 令和二年度日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島田 裕介、更山 楓、川手 直樹、中野 健一、佐藤 紘一、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 -Mg17Al12化合物单相の作製および腐食特性評価
3. 学会等名 令和二年度日本金属学会・日本鉄鋼協会北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島田 裕介、中田 晴子、佐藤 紘一、川手 直樹、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 Mg-Al 系合金の腐食特性に及ぼすアルミニウム含有量の影響
3. 学会等名 腐食防食学会第66回材料と環境討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江藤 大樹、佐藤 紘一、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 耐食性向上を目的としたMg-Al合金のAl-rich-相と相の第一原理計算による構造解析
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田 晴子、竹内 彰吾、佐藤 紘一、川手 直樹、島田 裕介、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 AM系マグネシウム合金の腐食挙動に及ぼすアルミニウム含有量の影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田 晴子、竹内 彰吾、畠山 賢彦、砂田 聡
2. 発表標題 AM系マグネシウム合金の腐食挙動に及ぼすAl-rich- 相の影響
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会北陸信越支部 平成30年度総会・連合講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	砂田 聡 (Sunada Satoshi) (00206575)	富山大学・学術研究部都市デザイン学系・特別研究教授 (13201)	
研究分担者	佐藤 紘一 (Sato Koichi) (30378971)	鹿児島大学・理工学域工学系・教授 (17701)	

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
---------	---------