

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K15321

研究課題名(和文) Mg合金板材の組織制御術の構築と高性能板材開発への展開

研究課題名(英文) Development of microstructure control technology and high-performance Mg alloy sheets

研究代表者

中田 大貴(Nakata, Taiki)

長岡技術科学大学・産学融合トップランナー養成センター・産学融合特任講師

研究者番号：80800573

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：優れた強度-延性バランスと良好な室温張出し成形性を有する析出強化型Mg-Zn系合金開発に成功した。開発合金はエリクセン値にして7mmを超える良好な張出し成形性を示し、時効処理後には0.2%耐力が220MPa程度にまで向上する。また、時効処理後でも20%程度の破断伸びを維持することから、開発合金はこれまでに提案された室温プレス成形型のマグネシウム合金よりも高い引張特性を持つことがわかった。以上のような高性能合金開発のほか、電子線後方散乱回折法を用いた再結晶メカニズム解明も進め、双晶を起点とした静的再結晶がマグネシウム合金の集合組織制御に重要な役割を持つことも見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的なマグネシウム合金は、強度や延性、室温成形性の同時改善が困難であることから、安価な輸送機器構造部材としての実用化は困難と考えられていたが、本研究の結果、時効析出を利用することで、マグネシウム合金でも優れた引張特性と成形性の同時付与が可能であることを見出した。また、双晶によってマグネシウム合金の集合組織を制御できることも実証した。これは、マグネシウム合金押出材や鍛造材の組織制御にも有効であり、マグネシウム展伸材の高性能化を目指した基盤技術になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have successfully developed a precipitation-hardenable Mg-Zn based alloy sheet with excellent strength-ductility balance and good room-temperature stretch formability. The newly developed alloy sheet shows good Index Erichsen value over 7mm, and the 0.2% proof stress was improved to 228MPa by a peak-aging treatment. Moreover, the peak-aged alloy sheet could keep moderate elongation to failure of about 20% and then it was found that the new sheet exhibits better tensile properties than those of previously designed room-temperature formable Mg alloy sheets. Besides, we have tried to elucidate the recrystallization mechanism via electron backscattered diffraction technique, and it could be understood that twinning-induced static recrystallization plays an important role for the texture formation in Mg alloys.

研究分野：材料加工・組織制御工学

キーワード：マグネシウム合金 圧延加工 時効析出 室温成形性 引張特性 電子線後方散乱回折 結晶塑性シミュレーション 電子顕微鏡

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

マグネシウム合金は構造用金属材料の中で最も軽い。このため、自動車や鉄道の構造部材としてマグネシウム合金を使うことができれば、車体重量の軽量化による燃費改善および温室効果ガスの排出削減につながる。一方、現状、マグネシウム合金の利用形態は小型鋳造部品に限定されている。これは、既存マグネシウム合金展伸材の成形加工性や強度特性が低いためである。例えば、室温張出し成形性の指標であるエリクセン値に注目すると、アルミニウム合金(Al-Mg系およびAl-Mg-Si系合金)は8~10mm程度の値を示すが、一般的な展伸マグネシウム合金(Mg-Al-Zn系合金)のエリクセン値はわずか~3mmしかない(図1)。

アルミニウム合金並みの室温張出し成形性を持つマグネシウム合金として、低濃度Mg-Zn-Ca合金がある。本合金は、2010年に提案された材料で、エリクセン値にして

~8mm以上の高い室温成形性を示す。一方、固溶強化能は小さく、時効処理による高強度化も困難であることから、この低濃度合金は強度特性が低く、構造材料としての利用は難しいと考えられる。近年では、時効処理可能な低濃度Mg-Al-Ca系合金も提案されつつあるが、圧延加工時には比較的高温(~450℃)での熱処理が必要であるため、圧延加工時のコストが増加しやすいという欠点は残されていた。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、大きな時効硬化が期待されるMg-6Zn-0.2Ca(mass%, ZX60)合金に注目し、比較的低温での圧延プロセスや微量元素添加によって、本合金圧延材の高成形性・高強度化を進めた。また、電子線後方散乱回折(EBSD)法を用いて熱処理中の組織形成メカニズム解明を行い、マグネシウム合金圧延材の集合組織制御手法確立も目指した。

3. 研究の方法

表1に示す合金を試作し、均質化処理後、圧延加工に供した。圧延加工時の材料加熱温度は350℃、ロール温度は200℃とした。厚さ1mmまで圧延加工を行った後、350℃にて溶体化処理を施し、170℃での時効硬化特性を評価した。室温プレス成形性の評価にはエリクセン試験を行い、機械的性質は引張試験により評価した。溶体化材や時効処理材の微細組織、溶体化処理中の組織形成メカニズム解明には、走査電子顕微鏡、透過電子顕微鏡(TEM)およびEBSD法を利用した。また、検討合金の高性能化メカニズム解明を目的として、結晶塑性シミュレーション(Elastic-viscoplastic self-consistent modeling, EVPSC modeling)も行った。

表1 検討合金の化学組成[mass%]

Alloy name	Zn	Ca	Al	Mn	Ce	Y
ZX60	5.6	0.2	---	---	---	---
ZXAM6000	5.6	0.2	0.1	0.1	---	---
ZXE600	5.5	0.2	---	---	0.2	---
ZXW600	5.8	0.2	---	---	---	0.4

4. 研究成果

図2に、溶体化材および時効処理材の引張応力-ひずみ曲線を示す。また、表2に、エリクセン値をまとめて示す。ZX60合金でも6.8mmの良好なエリクセン値を示すが、強度特性や延性は低く、また、時効処理後には延性が大きく劣化する。AlおよびMnを添加することで、溶体化処理時の引張特性は改善し、時効処理後でも10%程度の破断伸びを維持する。微量な希土類元素を添加すると、室温成形性および延性は大きく改善する。特に、Yを添加したZXW600合金は、時効処理後でも~20%の破断伸びを示し、近年開発された室温プレス成形型合金と比べても高い強度-延性バランスも持つことがわかった(図3)。

図4に、溶体化材の逆極点図マップと(0002)極点図を示す。いずれの試料でも、(0002)面が圧延方向および板幅方向に傾いた弱い集合組織を示す。この(0002)面の配向弱体化が、優れた張出し成形性に寄与したと考えられる。また、ZX60合金の結晶粒径は32μmであるが、ZXAM6000、

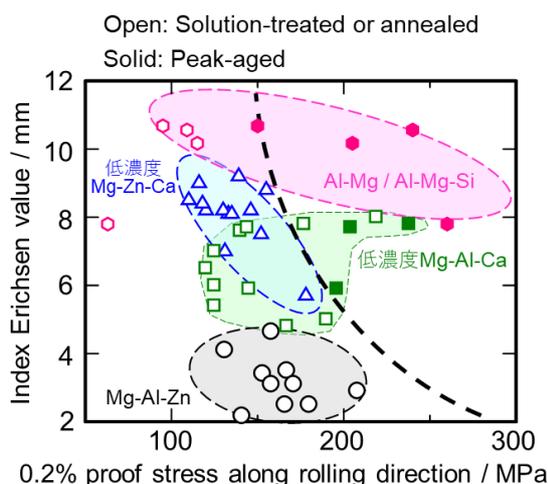


図1 各種アルミニウムおよびマグネシウム合金圧延材の室温張出し成形性と強度バランス比較

ZXE600 および ZXW600 合金の結晶粒径は、それぞれ 15 $\mu\text{m}$ 、20 $\mu\text{m}$  および 11 $\mu\text{m}$  であった。すなわち、微量元素添加に伴う強度・延性改善は、結晶粒径の微細化によるものと考えられる。この結晶粒径の微細化は、微量元素添加により高温でも安定なナノ粒子が粒界をピン止めしたためと考えられる。

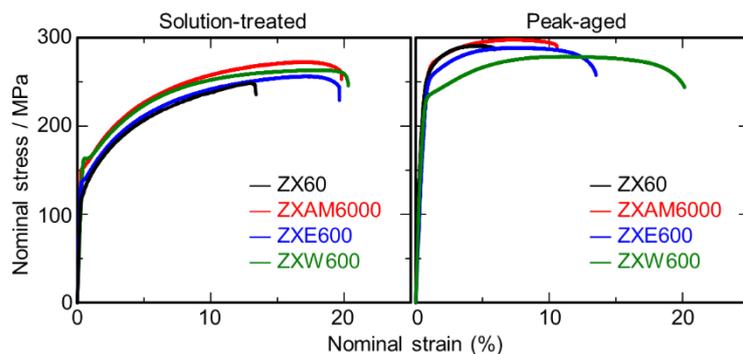


表 2 検討合金溶体化材のエリクセン値のまとめ

Alloy name	Index Erichsen value
ZX60	6.8mm
ZXAM6000	7.2mm
ZXE600	7.6mm
ZXW600	7.7mm

図 2 検討合金溶体化材および時効処理材の引張応力-ひずみ曲線

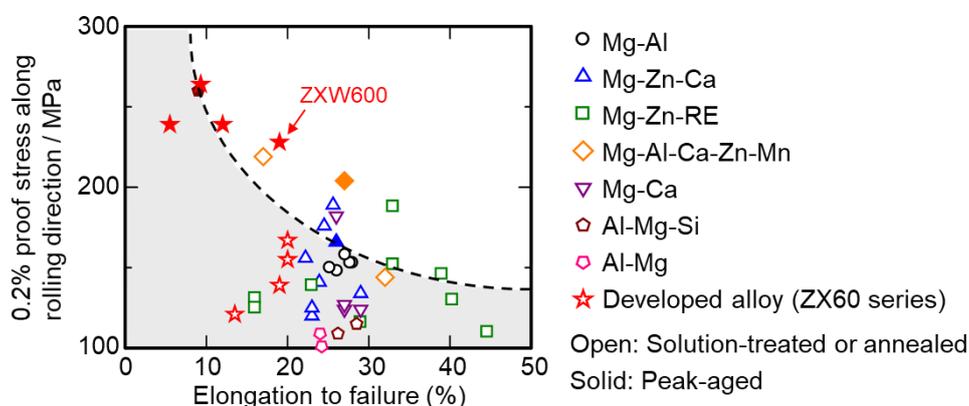


図 3 良好な室温張出し成形性を持つアルミニウムおよびマグネシウム合金圧延材(エリクセン値 6.5mm 以上)の 0.2%耐力と破断伸びのまとめ

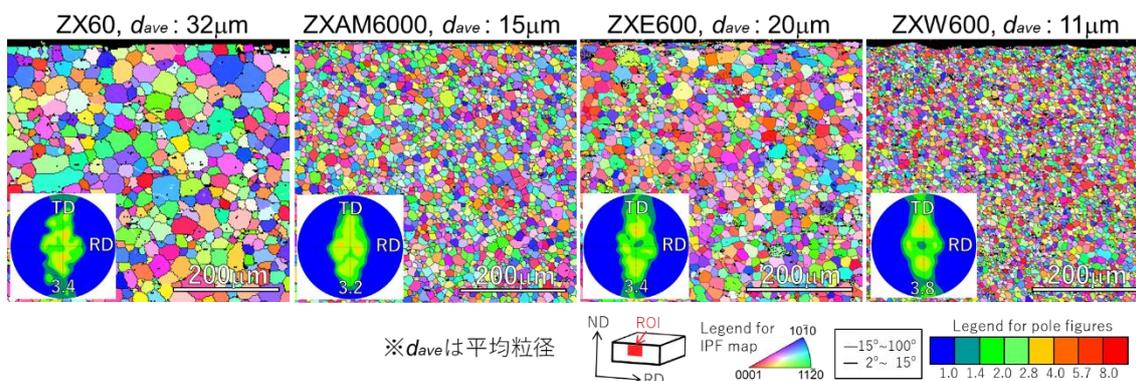


図 4 検討合金溶体化材の逆極点図マップと(0002)極点図

図 5 に、ZXAM6000 および ZXW600 合金時効処理材の透過電子顕微鏡像を示す。主な析出相は  $\text{MgZn}_2$  相であり、(0002)面に垂直に伸長した棒状であった。(0002)面すべりが主たる変形機構であるマグネシウム中では、(0002)面に垂直に伸長した析出物が転位の運動を有効に阻害することから、検討合金中の  $\text{MgZn}_2$  相が検討合金の高強度化に有効であったと考えられる。一方、時効処理後、ZXAM6000 および ZXW600 合金ともに析出相は同じであるにもかかわらず、ZXW600 合金は ZXAM6000 に比べて 2 倍程度の破断伸びを示した。この理由を明らかにするため、結晶塑性シミュレーションを利用して臨界分解せん断応力を算出した。表 3 に、ZXAM6000 および ZXW600 合金時効処理材の底面すべりおよび柱面すべりの臨界分解せん断応力( $\tau_0(\text{basal})$ )および $\tau_0(\text{prism})$ )とその比を示す。ZXAM6000 合金の $\tau_0(\text{prism})$ は 135 MPa と高いものの、Y の添加によって $\tau_0(\text{prism})$ は 112 MPa まで低下する。一方、 $\tau_0(\text{basal})$ は両合金ともほぼ同じであり、ZXW600 合金中の $\tau_0(\text{prism})/\tau_0(\text{basal})$ は 2.3 まで低減する。すなわち、ZXW600 合金中では柱面

すべりが活性化し、時効処理後も高い延性が実現したと考えられる。

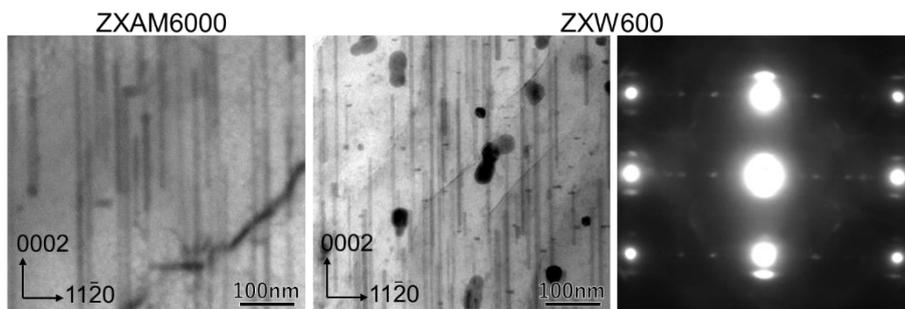


図 5 ZXAM6000 および ZXW600 合金時効処理材の TEM 明視野像と ZXW600 合金から得られた電子回折図形

表 3 結晶塑性シミュレーションにより得られた ZXAM6000 および ZXW600 合金時効処理材の底面すべりおよび柱面すべりの臨界分解せん断応力とその比

Alloy	$\tau_0(\text{basal})$	$\tau_0(\text{prism})$	$\tau_0(\text{prism})/\tau_0(\text{basal})$
ZXAM6000	52 MPa	135 MPa	2.6
ZXW600	48 MPa	112 MPa	2.3

最後に、検討合金が弱い集合組織を形成した理由を明らかにするため、EBSD 法によって溶体化処理時の再結晶挙動を調べた。図 6 に、45s 溶体化処理後の ZXE600 合金の逆極点図マップ(左上)を示す。なお、図中右上は再結晶粒の逆極点図マップである。また、母相(M1 および M2)とその中の双晶(T1-T5)から得た(0002)極点図を図中左下、再結晶粒(G1-G5)から得た(0002)極点図を図中右下に示す。検討合金中では、双晶内部もしくは近傍から静的再結晶が生じており、その再結晶粒は、再結晶の起点となった双晶と同様の(0002)面配向を示す。また、双晶の(0002)面は板面に対して大きく傾斜していたことから、双晶を起点とした静的再結晶が、検討合金の集合組織弱화에重要な役割を持つことがわかった。

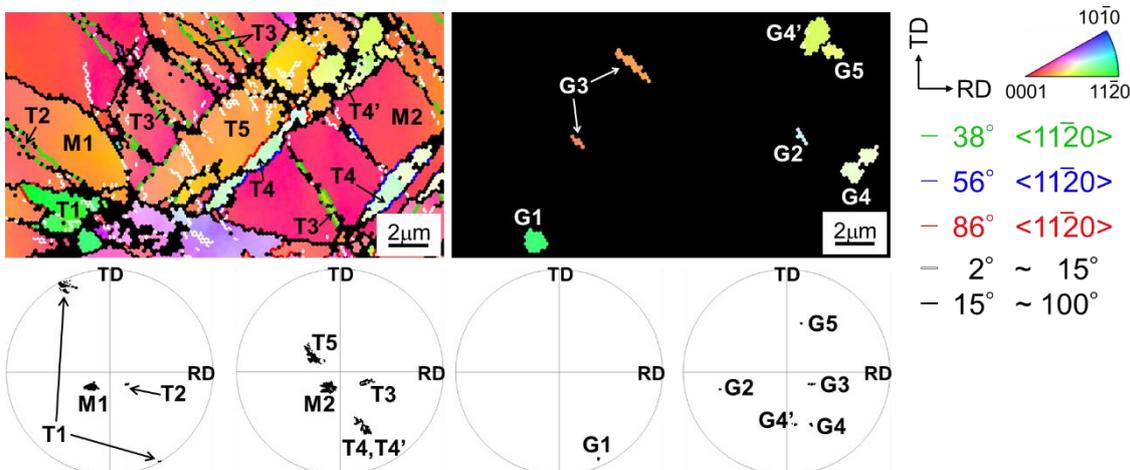


図 6 45s 溶体化処理後の ZXE600 合金の逆極点図マップ(左上:全領域、右上:再結晶領域)と母相(M1 および M2)、双晶(T1-T5)および再結晶粒(G1-G5)から得た(0002)極点図

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yamamoto K., Takahashi M., Kamikubo Y., Sugiura Y., Iwasawa S., Nakata T., Kamado S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Optimization of Cu content for the development of high-performance T5-treated thixo-cast Al-7Si-0.5Mg-Cu (wt.%) alloy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science & Technology	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) 10.1016/j.jmst.2021.03.036	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 Nakata Taiki, Xu Chao, Fujii Takumi, Yoshida Yu, Yoshida Katsuhito, Kamado Shigeharu	4. 巻 -
2. 論文標題 Improving Room-Temperature Stretch Formability of Mg-4.9Al-0.16Mn (mass%) Alloy Sheet via Optimizing Rolling Temperature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JOM	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) 10.1007/s11837-021-04610-4	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 Wu S.Z., Nakata T., Tang G.Z., Xu C., Wang X.J., Li X.W., Qiao X.G., Zheng M.Y., Geng L., Kamado S., Fan G.H.	4. 巻 73
2. 論文標題 Effect of forced-air cooling on the microstructure and age-hardening response of extruded Mg-Gd-Y-Zn-Zr alloy full with LPSO lamella	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science & Technology	6. 最初と最後の頁 66 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmst.2020.09.020	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 Nakata T., Li Z.H., Sasaki T.T., Hono K., Kamado S.	4. 巻 804
2. 論文標題 Room-temperature stretch formability, tensile properties, and microstructures of precipitation hardenable Mg-6Zn-0.2Ca (mass%) alloy sheets micro-alloyed with Ce or Y	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 140563 ~ 140563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.140563	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 Nakata T., Xu C., Yoshida Y., Yoshida K., Kamado S.	4. 巻 801
2. 論文標題 Improving room-temperature stretch formability of a high-alloyed Mg-Al-Ca-Mn alloy sheet by a high-temperature solution-treatment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 140399 ~ 140399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.140399	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 Yang Zhao, Xu Chao, Nakata Taiki, Kamado Shigeharu	4. 巻 800
2. 論文標題 Effect of extrusion ratio and temperature on microstructures and tensile properties of extruded Mg-Gd-Y-Mn-Sc alloy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 140330 ~ 140330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.140330	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 Nakata Taiki, Xu Chao, Ohashi Hideaki, Yoshida Yu, Yoshida Katsuhito, Kamado Shigeharu	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of a Low-Cost and Room-Temperature Formable Mg Alloy Sheet with In-Plane Isotropic Tensile Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Magnesium Technology 2021	6. 最初と最後の頁 13 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-65528-0_3	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 中田 大貴、鎌土 重晴	4. 巻 4
2. 論文標題 自動車用マグネシウム合金展伸材の研究開発動向	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ぶらすとす	6. 最初と最後の頁 29 ~ 33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32277/plastos.4.37_29	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 鎌土 重晴、中田 大貴	4. 巻 90
2. 論文標題 軽量構造部材創製のための革新的汎用マグネシウム合金の開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 571 ~ 577
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 無
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 Li Z.H., Sasaki T.T., Bian M.Z., Nakata T., Yoshida Y., Kawabe N., Kamado S., Hono K.	4. 巻 847
2. 論文標題 Role of Zn on the room temperature formability and strength in Mg-Al-Ca-Mn sheet alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 156347 ~ 156347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.156347	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 Yamamoto K., Takahashi M., Kamikubo Y., Sugiura Y., Iwasawa S., Nakata T., Kamado S.	4. 巻 798
2. 論文標題 Effect of Mg content on age-hardening response, tensile properties, and microstructures of a T5-treated thixo-cast hypoeutectic Al-Si alloy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 140089 ~ 140089
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.140089	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 Jiang M.G., Xu C., Yan H., Nakata T., Chen Z.W., Lao C.S., Chen R.S., Kamado S., Han E.H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Quasi-in-situ observing the rare earth texture evolution in an extruded Mg-Zn-Gd alloy with bimodal microstructure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium and Alloys	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) 10.1016/j.jma.2020.09.001	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. Yamamoto, M. Takahashi, Y. Kamikubo, Y. Sugiura, S. Iwasawa, T. Nakata, S. Kamado	4. 巻 834
2. 論文標題 Influence of process conditions on microstructures and mechanical properties of T5-treated 357 aluminum alloys	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 155133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.155133	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. Nakata, C. Xu, H. Ohashi, Y. Yoshida, K. Yoshida, S. Kamado	4. 巻 180
2. 論文標題 New Mg-Al based alloy sheet with good room-temperature stretch formability and tensile properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 16-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2020.01.015	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 T. Nakata, C. Xu, T. Sakai, T. Miyamoto, J. Liao, S. Kamado	4. 巻 776
2. 論文標題 Effect of Si content on microstructures, tensile properties, and creep properties in a cast Mg-6Al-0.4Mn-2Ca (wt.%) alloy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 139018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.139018	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. Sakai, T. Nakata, T. Miyamoto, S. Kamado, J. Liao	4. 巻 774
2. 論文標題 Tensile creep behavior of a die-cast Mg-6Al-0.2Mn-2Ca-0.3Si (wt.%) alloy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 138841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2019.138841	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. Nakata, C. Xu, S. Kamado	4. 巻 772
2. 論文標題 Improving tensile properties of a room-temperature formable and heat-treatable Mg-6Zn-0.2Ca (wt.%) alloy sheet via micro-alloying of Al and Mn	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering A	6. 最初と最後の頁 138690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2019.138690	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 C. Xu, T. Nakata, G.H. Fan, X.W. Li, G.Z. Tang, S. Kamado	4. 巻 7
2. 論文標題 Enhancing strength and creep resistance of Mg-Gd-Y-Zn-Zr alloy by substituting Mn for Zr	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Magnesium Alloys	6. 最初と最後の頁 388-399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jma.2019.04.007	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 C. Xu, T. Nakata, G.H. Fan, X.W. Li, G.Z. Tang, L. Geng, S. Kamado	4. 巻 54
2. 論文標題 Microstructure and mechanical properties of extruded Mg-Gd-Y-Zn alloy with Mn or Zr addition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science	6. 最初と最後の頁 10473-10488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10853-019-03607-4	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 T. Nakata, J.J. Bhattacharyya, S.R. Agnew, S. Kamado	4. 巻 169
2. 論文標題 Unexpected influence of prismatic plate-shaped precipitates on strengths and yield anisotropy in an extruded Mg-0.3Ca-1.0In-0.1Al-0.2Mn (at.%) alloy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scripta Materialia	6. 最初と最後の頁 70-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scriptamat.2019.05.015	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 J.J. Bhattacharyya, T.T. Sasaki, T. Nakata, K. Hono, S. Kamado, S.R. Agnew	4. 巻 171
2. 論文標題 Determining the strength of GP zones in Mg alloy AXM10304, both parallel and perpendicular to the zone	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Acta Materialia	6. 最初と最後の頁 231-239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actamat.2019.04.035	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 中田大貴, 鎌土重晴	4. 巻 71
2. 論文標題 マグネシウム合金の研究開発動向	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 200-204
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 無
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28件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 T. Nakata, C. Xu, H. Ohashi, Y. Yoshida, K. Yoshida, S. Kamado
2. 発表標題 Development of a low-cost and room-temperature formable Mg alloy sheet with in-plane isotropic tensile properties
3. 学会等名 TMS 202114 150th ANNUAL MEETING & EXHIBITION (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nagai, B. Rennuit, H. Onozuka, R. Sanada, M. Inoue, M. Kimura, T. Nakata, N. Aoyagi, S. Kamado
2. 発表標題 Microstructure and Interfacial Characteristics of Biodegradable Mg-Ti Bonding Materials for Biomedical Applications
3. 学会等名 5th STI-GIGAKU 2020, Nagaoka University of Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永井秦稀, 小野塚悠, 井上誠, 青柳成俊, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 チタン表面にマグネシウム粉末を焼結した接合体の組織と界面強度
3. 学会等名 日本材料学会第2回生体・医療材料部門委員会学生研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野塚悠, 永井秦稀, 青柳成俊, 井上誠, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 生体医療用としての純チタン/マグネシウム焼結接合体の組織と界面強度
3. 学会等名 日本金属学会・日本鉄鋼協会 北越信越支部 令和二年度総会・連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菊池海斗, 中田大貴, 宮下幸雄, 鎌土重晴
2. 発表標題 Mg-Zn-Ca-Al-Mn合金圧延板材の諸性質に及ぼす亜鉛およびカルシウム添加量の影響
3. 学会等名 軽金属学会第139回秋期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋秀亮, 中田大貴, 鎌土重晴, 吉田雄, 吉田克仁
2. 発表標題 Mg-3Al-0.4Mn(mass%)合金圧延板材の微細組織、引張特性および室温成形性に及ぼす圧延プロセス条件の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本健介, 高橋正詞, 上久保佳則, 杉浦泰夫, 岩澤秀, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 T5処理したAl-7%Si合金半溶融成形材のミクロ組織と機械的性質に及ぼすMg量の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清水和紀, 小川正芳, 中田大貴, 鎌土重晴, 田口真, 石川武, 上田光二, 千野靖正
2. 発表標題 Mg-4Al-1Ca合金押出中空型材の高速車両構体への適用技術開発
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中田大貴, 河越大典, 鎌土重晴, 松本泰誠, 小川正芳, 清水和紀
2. 発表標題 微細組織制御によるMg-4.0Al-1.0Ca-0.2Mn (mass%) 合金押し材の降伏異方性低減
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 LiZehao, 佐々木泰祐, Bian Ming Zhe, 中田大貴, 吉田雄, 河部望, 鎌土重晴, 宝野和博
2. 発表標題 Mg-Al-Ca合金圧延材の特性と組織に及ぼすZn添加の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉谷謙太, 菊池海斗, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 Mg-Zn-Ca-Al-Mn合金板材の引張特性および室温成形性に及ぼすZn添加量の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村倫朗, 中田大貴, 鎌土 重晴
2. 発表標題 Mg-Al-Ca-Mn希薄合金押し材の微細組織および機械的性質に及ぼすMnとAl添加比の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森陽一朗, 中田大貴, 鎌土 重晴, Zehao Li, 佐々木泰祐, 宝野和博
2. 発表標題 Mg-Gd-Y合金押し材の機械的性質および微細組織に及ぼすGd/Y添加量比の影響
3. 学会等名 軽金属学会第138回春期大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Nakata, H. Ohashi, S. Kamado
2. 発表標題 Development of room-temperature formable Mg alloy sheets with high strengths
3. 学会等名 44th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Z.H. Li, T.T. Sasaki, M. Bian, T. Nakata, Y. Yoshida, N. Kawabe, S. Kamado, K. Hono
2. 発表標題 Effects of Zn additions on the room temperature formability and strength in Mg-1.2Al-0.5Ca-0.4Mn alloy sheets
3. 学会等名 Magnesium Technology 2020, TMS 2020 149th ANNUAL MEETING & EXHIBITION (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Mori, T. Nakata, S. Kamado
2. 発表標題 Effect of Gd and Y contents on the age-hardening response and tensile properties of extruded Mg-Gd-Y based alloys
3. 学会等名 44th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Ohashi, T. Nakata, S. Kamado
2. 発表標題 Enhancing room-temperature formability of a Mg-Al alloy sheet via micro-alloying
3. 学会等名 44th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC 2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河越大典, 中田大貴, 鎌土重晴, 松本泰誠, 清水和紀
2. 発表標題 AXM4102合金押し出し材のミクロ組織と機械的性質に及ぼす押し出し条件の影響
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会 令和元年度北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉谷謙太, 中田大貴, 鎌土重晴, 菊池海斗
2. 発表標題 優れた室温張出し成形性を持つ高強度Mg-Zn-Ca-Al-Mn基合金板材の開発
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会 令和元年度北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村倫朗, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 希薄Mg-Al-Ca-Mn合金押し出し材の微細組織および機械的性質に及ぼすAl添加量の影響
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会 令和元年度北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 園田雄基, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 Mg-Al基合金の高温変形挙動に及ぼす金属間化合物の影響
3. 学会等名 日本金属学会北陸信越支部・日本鉄鋼協会 令和元年度北陸信越支部連合講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田大貴, 大橋秀亮, 鎌土重晴, 吉田雄, 吉田克仁
2. 発表標題 優れた室温成形性を持つMg-Al基合金圧延板材の開発
3. 学会等名 軽金属学会第137回秋期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森陽一朗, 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 GdおよびYの添加量の最適化によるMg-Gd-Y合金押出材の高強度化
3. 学会等名 軽金属学会第137回秋期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大橋秀亮, 中田大貴, 鎌土重晴, 吉田雄, 吉田克仁
2. 発表標題 Mg-3Al-0.4Mn(mass%)合金圧延板材の機械的性質に及ぼすプロセス条件の影響
3. 学会等名 軽金属学会第137回秋期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鎌土重晴, 中田大貴
2. 発表標題 優れた加工性と強度を持つマグネシウム合金の開発とその応用
3. 学会等名 SPring-8 Seminar (第292回) 公益財団法人高輝度光科学研究センター(JASRI) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 優れた室温成形性を持つ高強度Mg-Zn-Ca基合金板材の開発
3. 学会等名 日本金属学会第165回春期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Z. Li, T. Sasaki, M.-Z. Bian, T. Nakata, Y. Yoshida, N. Kawabe, S. Kamado, K. Hono
2. 発表標題 Effects of Zn additions on the room temperature formability and strength in Mg-1.2Al-0.5Ca-0.4Mn alloy sheets
3. 学会等名 日本金属学会第165回春期大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田大貴, 鎌土重晴
2. 発表標題 優れた成形加工性と強度を持つ汎用・熱処理型マグネシウム合金展伸材の開発
3. 学会等名 第27回マグネシウム技術研究発表会 日本マグネシウム協会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 河村能人, 千野靖正	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 338
3. 書名 マグネシウム合金の最先端技術と応用展開	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 マグネシウム合金押出材	発明者 吉田雄, 水谷学, 城野百合, 諏澤和葉, 吉田克仁, 中田大貴, 鎌土重晴	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-192034	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 マグネシウム合金板材、プレス成形体、及びマグネシウム合金板材の製造方法	発明者 吉田雄, 吉田克仁, 中田大貴, 大橋秀亮, 鎌土重晴	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/17258	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 マグネシウム合金板材、プレス成形体、及びマグネシウム合金板材の製造方法	発明者 吉田雄, 吉田克仁, 中田大貴, 大橋秀亮, 鎌土重晴	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/17259	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

先端軽金属材料研究室  
<https://mcweb.nagaokaut.ac.jp/~mgcenter/>

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

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			
米国	University of Virginia			
中国	Harbin Institute of Technology			