

## 令和 5 年度軽金属論文賞

- 受賞論文 「塗装焼付温度における 3104 アルミニウム合金冷間圧延板の微細組織変化と塗装焼付軟化性に及ぼす固溶原子の役割」

(軽金属, 第 72 巻 10 号 (2022), 585-592)

株式会社 UACJ	工藤 智行 君
超々ジュラルミン研究所	吉田 英雄 君
株式会社 UACJ	田中 宏樹 君

### ■表彰理由

本論文では、飲料缶胴材である 3104 アルミニウム合金冷間圧延板の塗装焼付時の軟化特性に及ぼす固溶・析出状態の影響について、高分解能の観察および分析装置を駆使して詳細に調査した。その結果、塗装焼付に伴う転位の回復による軟化とともに、異なる種類の化合物の析出を確認した。また溶体化処理を施すことにより材料中の Mg, Si, Cu 等の溶質元素の固溶量を高めると、塗装焼付時の軟化が遅滞することからこれら固溶原子が転位の回復を抑制することがわかった。さらに塗装焼付温度で得られた複雑な形状の軟化曲線は、析出形態の異なるそれぞれの化合物の析出速度曲線の重ね合わせで説明できることも示されている。

以上のように、学術的にも工業的にも有益な知見が得られ、今後の材料特性向上への応用も期待される。よって、軽金属論文賞に値すると判断し、ここに表彰する。

- 受賞論文 「XAFS 測定を用いた Al-Mg-Si 合金における二段時効の負の効果に及ぼす Sn の影響の解明」

(軽金属, 第 72 巻 10 号 (2022), 593-599)

兵庫県立大学大学院 (現 三菱重工業株式会社)	田中 芹奈 君
兵庫県立大学	足立 大樹 君

### ■表彰理由

Al-Mg-Si 合金における二段時効の負の効果は一段階目の自然時効中に形成されるクラスタが原因であるとされており、Sn の微量添加が負の効果の抑制に有効であることが報告されているが、本論文は、自然時効中のクラスタリング挙動に Sn 添加が及ぼす影響を、放射光を用いた In-situ XAFS 測定と第一原理計算を併用することにより明らかにしたものである。Sn 添加合金と無添加合金に対し、Mg 吸収端と Si 吸収端、Sn 吸収端エネルギーの自然時効時間変化を調べることにより、クラスタ形成段階の一つである Mg-空孔対の形成が Sn 添加により大幅に遅滞することを明らかにした。これは Sn-空孔対の形成が Mg-

空孔対形成よりも優先されるためであり、また、Sn はクラスタに積極的に取り込まれないことも見出した。

本論文の結果は XAFS 測定法のもつ元素選択制を活用し、第一原理計算結果とあわせて考察することにより、Al-Mg-Si 合金のクラスタ形成挙動に対する微量添加元素の影響をそれぞれの元素周りの変化から詳細に考察したものであり、アルミニウム合金における今後のクラスタリング挙動解析、時効挙動解析において大きな発展性が期待される。したがって、軽金属論文賞に値すると判断し、ここに表彰する。

- 受賞論文 「Suppression of Hydrogen Embrittlement due to Local Partitioning of Hydrogen to Dispersed Intermetallic Compound Particles in Al-Zn-Mg-Cu Alloys」  
(Materials Transactions, Vol. 63, No.10 (2022), 1406-1415)

九州大学	Hiro Fujihara 君
岩手大学	Kazuyuki Shimizu 君
九州大学	Hiroyuki Toda 君
高輝度光科学研究センター	Akihisa Takeuchi 君
高輝度光科学研究センター	Masayuki Uesugi 君

■表彰理由

アルミニウム合金の水素脆化に関する研究は古くから行われており、中でも高強度アルミニウム合金の1つである Al-Zn-Mg 系合金は重要な研究対象である。本論文では、高い水素トラップエネルギーを有する特定の金属間化合物粒子を添加することで Al-Zn-Mg 合金の水素脆化を支配している  $MgZn_2$  析出物への水素濃度が低減することに注目している。まず、Al-Zn-Mg-Cu 合金における  $Al_7Cu_2Fe$  粒子の水素脆化抑制効果を X 線マイクロトモグラフィーにより評価し、 $Al_7Cu_2Fe$  粒子の体積分率が比較的低い領域で擬へき開亀裂が発生することを明らかにしている。また、 $Al_7Cu_2Fe$  粒子の添加により、高水素濃度材料において  $MgZn_2$  析出界面への水素分配が抑制されることを示している。これらの結果から、微細な  $Al_7Cu_2Fe$  粒子が水素脆化の抑制に寄与している可能性を見出している。

本論文は、X 線イメージング技術を駆使して、材料内部のミクロ組織や破壊挙動を 3D/4D 可視化し、Al-Zn-Mg 合金における水素脆化の抑制方法を考察したものであり、今後の水素脆性に関する研究の発展に大きく寄与するものである。よって、軽金属論文賞に値すると判断し、ここに表彰する。

## 令和5年度軽金属論文新人賞

■受賞者 藤原 比呂 君 九州大学

■論文名 「Suppression of Hydrogen Embrittlement due to Local Partitioning of Hydrogen to Dispersed Intermetallic Compound Particles in Al-Zn-Mg-Cu Alloys」

(Materials Transactions, Vol. 63, No.10 (2022), 1406-1415)

### ■表彰理由

アルミニウム合金の水素脆化に関する研究は古くから行われており、中でも高強度アルミニウム合金の1つであるAl-Zn-Mg系合金は重要な研究対象である。本論文では、高い水素トラップエネルギーを有する特定の金属間化合物粒子を添加することでAl-Zn-Mg合金の水素脆化を支配しているMgZn<sub>2</sub>析出物への水素濃度が低減することに注目している。まず、Al-Zn-Mg-Cu合金におけるAl<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>Fe粒子の水素脆化抑制効果をX線マイクロトモグラフィーにより評価し、Al<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>Fe粒子の体積分率が比較的低い領域で擬へき開亀裂が発生することを明らかにしている。また、Al<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>Fe粒子の添加により、高水素濃度材料においてMgZn<sub>2</sub>析出界面への水素分配が抑制されることを示している。これらの結果から、微細なAl<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>Fe粒子が水素脆化の抑制に寄与している可能性を見出している。

本論文は、X線イメージング技術を駆使して、材料内部のミクロ組織や破壊挙動を3D/4D可視化し、Al-Zn-Mg合金における水素脆化の抑制方法を考察したものであり、今後の水素脆性に関する研究の発展に大きく寄与したものである。よって、本論文の第一著者に対して、今後一層の活躍と研究活動の進展を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。

■受賞者 Amalina Aina Binti Kaharudin 君 長岡技術科学大学大学院

■論文名 「Influence of Initial Extruded Microstructures of Al-4.4Zn-1.4Mg Alloy Flat Bar on VDA Bendability」

(Materials Transactions, Vol.64, No.2 (2023), 421-428)

### ■表彰理由

VDA曲げ試験は、自動車部品の局所延性あるいは車体衝突時の耐割れ性を評価するために開発され、ドイツ自動車工業会で規格化されている。しかし、これまでVDA曲げ性に及ぼす材料内部および表層のミクロ組織の影響については議論が進んでいなかった。本論文では、繊維状および再結晶組織を有するAl-4.4Zn-1.4Mg合金(7204合金)押し出し板材のVDA曲げ性に対するミクロ組織の影響を調査した。その結果、再結晶組織は繊維状組織よりもVDA曲げ性が良好であり、両組織で結晶方位の配向、せん断帯の分布、ミクロボイドの数が異なることを見出した。このことから、最表層において集合組織制御とミクロボイドの抑制が重要であり、Cube方位の配向がVDA曲げ性の向上に有効であることを示した。

本研究の成果は、組織制御の重要性を強く認識するものであり、製造工程設計にも有益な情報を与える。よって、今後の一層の研究活動の発展と活躍を期待し、本論文の第一著者に対し軽金属論文新人賞を授与する。

■受賞者 八重樫 祥之 君 岩手大学大学院

■論文名 「高純度アルミニウムおよび A6061 アルミニウム合金におけるポアの成長挙動と水素脱離挙動」

(軽金属, 第 73 巻 5 号 (2023), 212-217)

■表彰理由

アルミニウム合金中のポア体積率の増加により引張強さや延性が低下することが実験的に明らかにされている。そこで本論文では、ポアのサイズや分散状態が均質化処理や溶体化処理のような高温曝露中に変化することに注目し、高温における A6061 合金および純アルミニウム (4N) のポアの成長・収縮挙動と水素脱離挙動について、昇温脱離分析および放射光 X 線トモグラフィーを用いて解析している。純アルミニウムでは、500℃以上で微細なポアが消滅し、比較的大きなポアが粗大化する。一方、A6061 合金では、ポアは温度の上昇とともに数密度が低下することを明らかにした。さらに、これら純アルミニウムと A6061 合金の高温におけるポアの性質の違いを、第二相粒子の存在の有無から緻密に考察している。

以上の成果は、アルミニウム合金の機械的特性に影響するポアの成長・収縮機構の解明に大きく寄与するものである。よって本論文の第一著者に対し、今後の一層の研究活動の発展と活躍を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。

■受賞者 中村 優希 君 MA アルミニウム株式会社

■論文名 「ろう付熱処理した Al-Mn-Si-Cu 合金の粒界腐食感受性に及ぼす Mg の影響および Ti による粒界腐食抑制効果」

(軽金属, 第 73 巻 6 号 (2023), 266-272)

■表彰理由

自動車用などのアルミニウム製熱交換器用材料には、従来から耐食性や成形性に優れる Al-Mn-Si-Cu 系合金が使用されているが、近年では高強度化のために Mg が添加されることがある。Al-Mn-Si-Cu 合金に Mg を添加すると粒界腐食感受性が高まることは知られているものの、その詳細は明らかにならなかった。本論文では、電気化学的手法および粒界近傍の詳細な金属組織観察により、粒界上での Q 相の優先析出とそれに伴う Si, Cu, Mg 欠乏層の形成によって粒界腐食が発生することを明瞭に示している。加えて、Ti 添加により粒界をまたぐ形で Ti 分布の濃淡に起因する電位差層を設けることで、粒界の連続的な優先溶解を抑制して粒界腐食感受性を改善できることを示している。

以上の結果は、学術的な価値だけでなく工業的にも非常に重要な知見を得ており、本論文で取り上げた Al-Mn-Si-Cu-Mg 系合金にとどまらず、固溶元素欠乏層優先溶解型の粒界腐食が発生する様々な実用合金についても粒界腐食改善のための具体的な設計指針を示している。

よって、本論文の第一著者に対して、今後一層の活躍と研究活動の進展を期待し、軽金属論文新人賞を授与する。

## 第 58 回小山田記念賞

■受賞技術 「アルミニウム製内面螺旋溝付伝熱管の製造方法(TT法<sup>®</sup>)の開発と実用化」

■受賞者 中浦 祐典 君 (MA EXTRUSION INDIA PVT. LTD.)  
福増 秀彰 君 (MA アルミニウム株式会社 研究開発部)  
波照間 勇樹 君 (MA アルミニウム株式会社 研究開発部)  
中本 将之 君 (MA アルミニウム株式会社 研究開発部)

### ■表彰理由

世界的にヒートポンプ型空調機は需要の大幅な増加が見込まれ、同機に使用される内面螺旋溝付伝熱管の需要も増加が予測されている。現在の伝熱管の素材である銅の資源リスクを回避するため、安価かつ安定供給が可能なアルミニウムへの素材置換が期待されている。しかし、従来の銅製内面螺旋溝付伝熱管の製法である溝転造法をアルミニウムに適用すると、フィン先端の欠損やアルミ滓が生じやすく、伝熱管としての伝熱性能を得ることが困難であった。

これらの課題に対し、より柔らかく押出加工が容易なアルミニウム素材の利点を活かし、押出加工によって内面直線溝付素管を製造し、得られた素管を引抜き加工と同時にねじり加工を施すことで、ねじり座屈を抑制しつつ内面溝を螺旋化し、アルミニウム製内面螺旋溝付伝熱管を製造する独自製法を開発した。押出素管を用いることで、形状自由度が高くアルミ滓の無い内面溝が得られ、ねじり角が高い伝熱管の製造が可能となった。本技術を適用したアルミニウム製伝熱管は従来の銅管から置換され、すでに複数メーカーに採用され量産機種に実用化された。ヒートポンプ型空調機の需要増加に対して、現行の銅管に近い伝熱性能を有した安価で軽量のアルミニウム製伝熱管を提供でき、さらなる拡大が見込まれ、かつ、空調性能向上と消費電力低減への貢献が期待できる。

以上より、本技術は、小山田記念賞にふさわしいと判断する。

## 第46回高橋記念賞

■受賞者 秋田 郁夫 君 YKK AP 株式会社

■表彰理由

秋田 郁夫 君は、1984年吉田工業株式会社（現 YKK AP 株式会社）に入社以来、現在に至るまでの39年間アルミニウム合金の溶解、鑄造作業に従事してきた。この間積極的に品質、生産性、安全と職場環境の向上に取り組み顕著な業績を挙げてきた。特に1997年、黒部鑄造工場の再構築においては、「21世紀に通ずる鑄造工場」をコンセプトに溶解炉への材料投入をはじめとした自動化ラインを実現するため様々な検証を行い、他に類を見ないライン設計を具現化した。また現在では一般的なリジエネバーナーを先駆けて導入し、エネルギー原単位を大幅に改善した。再構築後も炉底式電磁スターラーを導入し燃料原単位を削減するとともに、大型型材の増販に伴う14インチビレット増産に対し、鑄造テーブルの更新、自動吊出機などライン設備も合わせた改造を行っており、鑄造工程の技術発展に大いに貢献した。近年においてはSDGs、カーボンニュートラルの実現に向けて、アルミリサイクルの推進およびエネルギー使用量の削減に努めており、現在もアルミリサイクルや環境改善業務に携わりながら、公害防止管理者、エネルギー管理士の有資格者として科学的基礎知識に裏付けされた広範な技能を駆使し、次の時代を担う若手作業者の育成や鑄造技能の伝承に尽力している。

■受賞者 中川 和之 君 株式会社 UACJ

■表彰理由

中川 和之 君は、1991年に古河アルミニウム工業株式会社（現 株式会社 UACJ）に入社以来、一貫して圧延用アルミニウムスラブの製造に従事してきた。機械の原理や現象の真因の理論的な把握に優れ、入社前年度に立ち上がった最新鋭の鑄造機にてスラブの生産に従事し、生産量増に大きく貢献した。さらに、生産活動の基本は『人』であり『人を育てる』に重きを置き人材育成のための業務を遂行した。標準書の改訂・作成を進め、それを基にしたOJT教育を実施して職場メンバーの知識・技量向上に努め、その結果、生産性向上に大きく寄与した。2018年からは鑄造職場の職場長として、幅広い知識・経験を生かし積極的に各種改善に取り組み多くの成果を上げている。特筆すべきは、よりよい鑄造現場の実現に向けて、鑄造職場内の垣根を超えた安全に対するコミュニケーションを重視した活動を進めている。

■受賞者 野崎 進一 君 日軽松尾株式会社

■表彰理由

野崎 進一 君は、1985 年から日本軽金属株式会社の鋳造業務（現 日軽松尾株式会社）に携わり続け 38 年間、アルミニウム合金の鋳造における溶解、鋳造、後工程、熱処理、検査、金型など多くの業務に従事してきた。鋳造の実務作業を行うだけでなく、品質改善や生産性の改善、また自分自身が先頭に立ち組織のリーダーとして周囲を引っ張り、日本軽金属の鋳造部門の中心的な役割を担ってきた。特に、2000 年に量産立上げとなったパイプ鋳包みブレーキキャリアパーにおいては、開発メンバーの 1 人として活躍するだけでなく、立上げ後の量産品質の安定まで関わった。このパイプ鋳包みブレーキキャリアパーは、従来加工で形成していた油路をアルミパイプを鋳包むことにより形成するという世界初量産となる高い技術を有した鋳造品である。さらに、独自の鋳造技術を活かし難鋳造品の高品質、高生産性の達成に貢献してきた。近年は、金型のメンテナンス業務に従事しながらこれまでの経験と知識を基礎に後進の指導に力を注いでいる。

■受賞者 八木 浩一 君 株式会社アーレスティ

■表彰理由

八木 浩一 君は、2001 年に株式会社アーレスティに入社した。鋳造課での実務経験を経て、鋳造技術一筋で業務に邁進してきた。ダイカストの課題解決に統計解析の手法を取り入れ、従来の鋳造技術スキル（方案や条件）と併せて、数々の問題を解決しダイカストの進歩と発展に貢献をした。2017 年には、ダイカスト肉厚部の鋳巣不良の対策に取り組み、統計解析の手法の 1 つである応答局面法を用いて、不良低減に影響がある 2 条件の水準を最適化し、不良率の低減と安定化を達成した。2018 年には、ダイカストの減圧法において、スリーブチップからの空気の吸い込みが品質に悪影響を与えていることを見出し、リングチップを用いるなどをした空気の吸い込みをなくす対策を実施して不良率の低減を達成した。また、リングチップのメンテナンス方法の標準化を行い、リングチップの寿命延長などの改善による原価低減にも貢献した。さらに、日本国内での活躍だけでなく、メキシコ工場の立ち上げと生産性改善にも携わり、グローバルにダイカスト技術の進歩、発展に貢献している。