

研究部会紹介

アルミニウム合金中の水素評価研究部会

The sectional meeting on assessment of hydrogen in aluminum alloys

清水 一行

Kazuyuki SHIMIZU

1. はじめに

アルミニウム合金中の水素は、原子状水素としては粒界や空孔といった特定のサイトにトラップされ、分子状水素としてはミクロンサイズのポアの形態で分散する。これらの原子状・分子状水素が力学特性を劣化させることは昭和の頃から知られているが、現在でも原因療法はなく、微量元素添加や加工熱処理を高度化させ、対症療法的な処置がされている。合金の力学特性に及ぼす水素の影響は極めて複雑で、その学術的・工業的関心は令和の時代になっても依然として高い。事実、軽金属学会における研究部会では、

・2011年6月～2015年3月：アルミニウム中の水素研究部会（部会長：兒島 洋一）

・2015年4月～2019年3月：水素と力学特性研究部会（部会長：戸田 裕之）

・2019年4月～2024年3月：アルミニウム中の水素と材料物性研究部会（部会長：堀川 敬太郎）

と、水素に関わる研究部会が継続しており、本研究部会是水素に関する後継部会との位置付けで2024年4月に発足した。

2. 研究部会の紹介

本研究部会を始めるにあたり、これまでの水素研究部会で深く討議されてこなかった課題や、消化不良となっている課題を抽出し、研究要旨として次を定めた。

（要旨）アルミニウム合金の特性向上に焦点を絞り、材料物性に及ぼす水素の影響を、実験やシミュレーションにより高精度でかつ多角的に評価・解明する。また、水素や水素に関連する欠陥を除去、ないしは制御することによる特性改善法の可能性を議論する。水素とアルミニウムの関係の基礎的な事項や最新の研究成果の情報交換、情報収集を通じてそれらの研究活動をサポートする。

具体的な研究テーマとしては、次の4つの項目を挙げて部会内で議論し、注力すべきテーマを絞った。

- (1) アルミニウム合金の水素脆化感受性に対する内部水素、外部水素の影響評価
- (2) 水素脆化感受性低減のためのプロセス制御の開発
- (3) アルミニウム中の水素状態評価のための高度分析技術の開発
- (4) 合金系による水素脆化感受性の違いの要因の解明
- (5) 脆性破壊機構に対する水素の作用の解明

表1 アルミニウム合金中の水素評価研究部会の構成メンバー
(2025年3月現在, 順不同)

氏名	所属	備考
清水 一行	鳥取大学	部会長 副部会長 幹事
藤田 剛志	日本軽金属株式会社	
藤原 比呂	九州大学	
堀川 紀孝	旭川工業高等専門学校	
大沼 正人	北海道大学	
柿沼 洋	東北大学	
北條 智彦	東北学院大学	
伊藤 吾朗	茨城大学	
倉本 繁	茨城大学	
小林 純也	茨城大学	
山口 正剛	日本原子力研究開発機構	
海老原 健一	日本原子力研究開発機構	
和田 健太郎	物質・材料研究機構	
土井 康太郎	物質・材料研究機構	
佐々木 泰祐	物質・材料研究機構	
石井 裕樹	豊橋技術科学大学	
松本 龍介	京都先端科学大学	
堀川 敬太郎	大阪大学	
福室 直樹	兵庫県立大学	
日野 実	広島工業大学	
平山 恭介	香川大学	
真中 俊明	新居浜工業高等専門学校	
戸田 裕之	九州大学	
高桑 脩	九州大学	
佐々木 大輔	久留米工業高等専門学校	
高谷 舞	株式会社UACJ	
小澤 敬祐	株式会社神戸製鋼所	
菅原 龍太郎	株式会社レゾナック	
久野 正明	住友精密工業株式会社	
中務 真一	住友精密工業株式会社	
平山 敏弘	住友精密工業株式会社	

メンバーの関心は、(1)、(4)、(5)が相対的に高かった。この結果を俯瞰すると、「水素が力学特性に及ぼす影響について、添加元素や環境といった因子ごとに分離して評価する」ことが関心事だと言える。

この研究方針で舵を取るため、共通試料には比較的単純な組成で、特定元素の有無による分離評価を実施しやすいものと設定した。さらに、共通試料の合金系として、水素脆化が

問題視される Al-Zn-Mg 系だけでなく、Al-Mg-Si 系、Al-Mg 系も含め、合計で 7 組成を準備する運びとなった。共通試料の製作は産側部会員が分担し、2 年度目にこれを学側部会員が受け取って研究を行い、データを蓄積する予定である。

2025 年 3 月現在の本研究部会の構成メンバーを表 1 に示す。学側 24 名、産側 7 名、合計 31 名で構成される。学側には、水素をキーワードに気鋭の研究者の皆様に参画を頂いている。学術的観点からは材料・化学・機械、実験手法ではナノ分析・メゾ評価・マクロ試験、解析・計算での手法からは第一原理計算・分子動力学計算・拡散解析と、実に多様性にあふれるメンバー構成であることがわかる。これは、学術分野間の交流および実験・計算の融合によるアルミニウムにおける水素研究の活性化を意識しており、他の研究部会と見比べてもユニークだと自負できる。

メンバー間の交流促進を目的とし、初年度は各部会員から自己紹介と最近の研究トピックのプレゼンを実施した。2 年度目以降、共通試料を用いた研究成果についての報告を実施する予定である。共通試料をセンターピンとして個々の研究テーマには自由度をもたせ、各部会員が得意とする手法で研究を進めている。蓄積された知見を包括することで、アルミニウム中の水素の振る舞いが高い解像度で詳らかになると期待している。同時に、研究方針が過度に学側偏重とならぬよう、産側の意見には適当な重み付けをし、研究部会運営を進めている。得られた研究成果は、会誌「軽金属」の特集、研究部会報告書、軽金属学会春期・秋期講演大会での講演等を通じて広く公開する予定である。

3. これまでの活動実績

- 1) 活動開始：2024 年 4 月（4 年間）
- 2) 研究会活動：ハイブリッド開催 3 回（年 3 回）
- 3) これまでの活動内容
 - ① 第 1 回（2024 年 5 月 28 日）
 1. 研究部会メンバーの確認と副部会長について
 2. 研究部会の活動目的・方針・内容について
 3. 自己紹介

② 第 2 回（2024 年 9 月 9 日）

1. 外部講師の講演 九州大学 高桑 脩 先生
2. 共通試料について
3. 自己紹介

③ 第 3 回（2025 年 3 月 27 日）

1. 外部講師の講演 関西大学 春名 匠 先生
2. 共通試料について
3. 自己紹介

4. おわりに

アルミニウム合金は、その軽量性と高強度性から、航空機、自動車、鉄道、電子機器といった広範な産業において不可欠な材料である。しかしながら、近年、より過酷な環境下での利用や製品の長寿命化への要求が高まっており、耐水素脆性および応力腐食割れ性の向上は、喫緊の課題となっている。

この課題を克服するためには、アルミニウム中の水素の挙動に関する根本的な理解が不可欠である。具体的には、水素の拡散、粒界・転位・析出物といった材料欠陥や組織との相互作用、さらには応力下での水素の移動・集積といった現象を詳細に解析する必要がある。このような基礎研究の進展を通じて、原理原則に立脚したメカニズムに基づき、マクロな水素脆性および応力腐食割れが発生する要因を理解することが期待される。さらに、得られた基礎的知見を基盤として、実用的な水素脆性・応力腐食割れの防止技術を開発することが求められる。これには、合金組成の最適化、組織制御、表面処理、あるいは水素トラップ制御といった多様なアプローチが考えられる。

本研究部会では、機械工学、材料科学、物理化学、計算科学、表面工学など、広範な分野の研究者に参画いただいている。異分野の視点を取り入れることで、単一の専門分野では到達し得なかった革新的な発想や研究手法が生まれることも期待される。多分野の専門家が協働することで、水素問題の解決に向けた研究を加速させ、高性能で信頼性の高いアルミニウム合金の開発に貢献したい。