

研究部会紹介

## 水素と力学特性研究部会

### The sectional meeting on hydrogen and mechanical properties

戸田 裕之\*

Hiroyuki TODA\*

#### 1. はじめに

自動車、鉄道、航空機などの輸送機器、土木建築関係の構造物などのアルミ化、高強度化、長期信頼性の確保にとって特に重要な水素と力学特性の関係を研究するため、研究部会を定期的に関いている。ここでは、アルミニウム合金の力学特性向上に焦点を絞り、アルミニウムに過飽和に固溶する原子状水素とそれが分子状水素として析出したポアやブリストアなどのマイクロ欠陥の生成、成長および消滅、およびそれらがアルミニウム合金の力学的性質に及ぼす影響を評価・説明している。これをもとに、水素や水素に関連するマイクロ欠陥を除去、ないしは制御することによる力学的特性改善法の可能性を議論している。また、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している。

具体的には、アルミニウム合金の力学特性に及ぼす水素の影響に関して、以下の事項の研究を行っている。

- ①高Mg (10%) 5000系合金の力学特性と水素の関係を解明する
- ②高Zn (10%) 7000系合金の力学特性と水素の関係を解明する
- ③水素存在状態と水素吸脱挙動の関係を解明する
- ④水素ポアやブリストアなどの欠陥の生成、成長、消滅挙動を解明する
- ⑤水素分析に関わる高精度化の追加的な検討を行い、力学特性評価に資する

これまでにアルミニウムだけではなく鉄鋼なども対象として水素脆化の研究を行ってきた研究者が会して、大学側は最新の研究成果、企業側は最新研究成果や同研究の企業ニーズなどを発表し、情報を交換している。また、上記①、②の共通試料の試作を企業委員が担当した。これを官学委員に配り、水素脆化感受性、応力腐食割れ感受性の高い材料の水素吸蔵、および水素脆化挙動について研究を行い、貴重なデータを蓄積している。これらの研究成果は、定例の研究会における中間報告のほか、後述のように、会誌「軽金属」の特集号、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しつつある。

官学委員には、材料工学以外に、材料力学などの機械工学を専門とする委員、第一原理計算などの計算科学を専門とする委員も多く含まれる点が、この部会の大きな特徴である。

様々な学術分野間の交流、実験と計算の融合などによる、アルミニウムの水素脆化研究の活性化を目指しており、軽金属学会としてはユニークな部会と思っている。

#### 2. 部会の活動概要

- 1) 活動開始：平成27年4月（4年間）
- 2) 平成29年5月現在の研究会活動：通常の研究会開催6回（年3回）
- 3) 部会長：九州大学 工学研究院 機械工学部門  
主幹教授 戸田裕之
- 4) 幹事：防衛大学校 山田浩之, UACJ 則包一成
- 5) 委員の構成：22名（産7名, 官3名, 学12名）  
伊藤吾朗（茨城大学）、岩下綱樹（KMアルミニウム）、海老原健一（日本原子力研究開発機構）、門野純一郎（京都市産業技術研究所）、倉本 繁（茨城大学）、小林純也（茨城大学）、坂本泰久（三菱アルミニウム）、清水一行（九州大学）、鈴木啓史（上智大学）、戸田裕之（九州大学）（部会長）、中井 学（神戸製鋼所）、永野隆敏（茨城大学）、則包一成（UACJ）、春山繁之（山口大学）、藤田剛志（日本軽金属）、北條智彦（東北大学）、堀川敬太郎（大阪大学）、堀川紀孝（旭川工業高等専門学校）、山口正剛（日本原子力研究開発機構）、山田浩之（防衛大学校）、吉井 章（三菱アルミニウム）、吉田勝起（昭和電工）

#### 6) 最近の研究会における話題提供：

第一回研究会（2015年6月8日）

- ①基調講演（外部講師）「アルミ中の水素に関する諸問題」（UACJ 吉田英雄）
- ②基調講演（内部講師）「超高強度低合金 TRIP 鋼の水素脆化特性」（岩手大学 北条智彦）
- ③上智大学・四ツ谷キャンパス・機能創造理工学科・鈴木研見学（昇温脱離分析装置、低温昇温脱離分析装置、極低速引張試験装置等）

第二回研究会（2015年10月14日）

- ①基調講演（外部講師）「アルミニウム合金における水素環境助長割れ感受性の低減に関する研究」（(元) 山口大学 崎田修平）
- ②基調講演（内部講師）「金属中の水素について」（京都産業技術研究所 門野純一郎）

\*九州大学 工学研究院 機械工学部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University (744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka 819-0395) E-mail: toda@mech.kyushu-u.ac.jp

受付日：平成29年3月24日

- ③中間報告「高水素 Al-Zn-Mg 合金の破壊挙動」(九州大学 清水一行)
- ④中間報告「湿潤環境予疲労材の引張特性」(防衛大学校 山田浩之)

#### 第三回研究会 (2016年3月15日)

- ①基調講演 (外部講師)「第一原理計算を用いたアルミニウム中の水素存在状態評価」(京都大学大学院 工学研究科 松本龍介)
- ②基調講演 (内部講師)「強加工した Al-Zn-Mg 系合金の機械的特性」(茨城大学 倉本 繁)
- ③中間報告「X線CTを用いたアルミニウム合金の破壊挙動の調査」(岩手大学 北條智彦)
- ④中間報告「水素の存在状態の特性とその制御技術」(九州大学 戸田裕之)

#### 第四回研究会 (2016年7月29日)

- ①基調講演 (外部講師)「水素関連欠陥の構造と挙動のTEM観測」(島根大学 荒河一渡)
- ②基調講演 (内部講師)「アルミニウム合金の水素脆化感受性におよぼす変形組織の影響」(大阪大学 堀川敬太郎)
- ③中間報告「X線マイクロトモグラフィーを用いた A7075 合金, A5052 合金の破壊挙動解析」(岩手大学 北條智彦)
- ④中間報告「共通試料ピレットの内部品質調査」(日本軽金属 藤田剛志)
- ⑤中間報告「共通試料ピレットを圧延した材料より採取した試料の昇温水素脱離分析結果の報告」(大阪大学 堀川敬太郎)
- ⑥中間報告「高 Mg5000 系合金の破壊挙動 (速報)」(九州大学 戸田裕之)
- ⑦大阪大学・豊中キャンパス・基礎工学研究科・堀川研究室の見学 (昇温水素脱離分析装置, 真空溶解炉, 極低速引張試験装置等)

#### 第五回研究会 (2016年11月30日)

- ①基調講演 (外部講師)「Recent Progress in Microstructural Hydrogen Mapping: Viewpoint of Scanning Kelvin Probe Force Microscopy」(九州大学 機械工学部門 小山元道)
- ②基調講演 (内部講師)「第一原理計算による Al-Zn-Mg 合金中の水素の存在位置の評価」(日本原子力研究開発機構 山口正剛)
- ③中間報告「昇温水素脱離分析, 陽電子消滅測定」(上智大学 鈴木啓史)
- ④中間報告「高 Mg5000 系試料における応力腐食割れの X線マイクロトモグラフィーによる 3D/4D その場観察試験結果」(九州大学 戸田裕之)
- ⑤中間報告「高水素共通試料の疲労試験結果」(茨城大学 伊藤吾朗)

- ⑥中間報告「インデンテーションによるひずみ速度の影響に関する調査」(防衛大学校 山田浩之)
- ⑦中間報告「7000 系共通試料の熱処理前後での昇温水素脱離分析および機械的特性の調査結果の報告」(大阪大学 堀川敬太郎)
- ⑧中間報告「7000 系試料のひずみ速度を変更した引張試験結果」(岩手大学 北條智彦)

#### 第六回研究会 (2017年3月13日)

- ①基調講演 (外部講師)「めっき膜における水素共析と水素誘起現象」(兵庫県立大学 福室直樹)
- ②基調講演 (内部講師)「Al 中の格子欠陥における水素トラップエネルギー及び水素誘起粒界破壊に関する第一原理計算」(茨城大学 永野隆敏)
- ③中間報告「10mass%Zn-7075 合金, 10mass%Mg-5083 合金, および市販の 7075 合金, 5083 合金の水素分析と引張試験結果」(上智大学 鈴木啓史)
- ④中間報告「高水素および低水素を含有する 7075 合金の引張試験結果: 歪み速度を変化させた場合」(岩手大学 北條智彦)
- ⑤中間報告「7000 系合金の共通試料 (均質化処理材と T6 時効処理材) の引張試験と試料から放出された水素分析結果」(大阪大学 堀川敬太郎)

### 3. これからの活動方針

当研究部会は, 当初の4年間の活動期間のほぼ中間にさしかかっている。市販品として入手できず, かつ铸造性の悪さや圧延時の割れの問題から実験室レベルでの試作も難しい高 Mg 5000 系合金および高 Zn 7000 系合金を試作し, 共通試料として配付して研究活動を推進している。共通試料の作製にはほぼ1年を所要し, それから約1年間を経て, ようやく各所で研究成果が上がりつつあると感じている。実験結果の整理・解析のほか, 平行して成果公表の準備も進めている。その一環として, 来年11月号には「軽金属」に特集号を組むことになっており, また同時に秋期大会でのテーマセッションも企画している。

近年, アルミニウム合金の強度は頭打ちになっており, また長期信頼性など求められる特性も高度化している。このための学術的な対策として, アルミニウム中の水素存在状態およびアルミニウムの水素脆化機構の根本的な理解が期待される。また, それに基づき, 水素脆化を防止する技術の開発や, さらに一歩進めて, 水素を積極的に活用する手法の模索まで, アルミニウムの新たな水素制御技術の創成が期待される。アルミニウムの水素脆化の研究は, 本研究部会の活動とともに, 今後も一層活発になると期待される。そのために, これまでアルミニウムの水素脆化を研究してこなかった, 様々な周辺分野の専門家をも巻き込み, この分野の研究の一層の加速を図りたい。