

## 研究部会紹介

## 6000系アルミニウム合金の相変態挙動研究部会

The sectional meeting on phase transformations  
in 6000 series aluminum alloys

廣澤 渉一

Shoichi HIROSAWA

## 1. 研究部会設立の背景

本研究部会は、ともに富山大学松田健二先生が部会長を務めた「熱処理型アルミニウム合金の時効挙動に対するミュオンスピン緩和スペクトル法の適用部会（平成25～28年度）<sup>1)</sup>」および「アルミニウム合金の熱処理技術とミュオン測定検討部会（平成29～令和2年度）<sup>2)</sup>」の後継部会として、令和3年度から活動を開始、現在に至っている。各種輸送機器の軽量化に寄与する6000系Al-Mg-Si合金の相変態挙動については、古くから多くの研究がなされているが、近年の著しい解析技術ならびに計算科学的手法の発達によって「いよいよその複雑な挙動が明らかになる」との期待が高まっている。

本研究部会では、まず初めに

- ①二段時効の負の効果など、工業的にも問題となる本系合金特有の諸現象についての共通理解を図り、その後
- ②複数のクラスタを考える必要性や多くの種類の析出相が出現する理由、
- ③ナノクラスタの原子構造や形成過程、強化相である $\beta'$ 相との関係性

について、先進的な解析装置（HRTEMやHAADF-STEM, APT, ABF, XAFS, XANES, CDB, 陽電子消滅, ミュオン, 磁化率測定など）と広範な計算科学（第一原理計算, 分子動力学法, モンテカルロ法, 状態図計算など）を組み合わせることで明らかにすることを目的とする。さらに今年度からは、カーボンニュートラル実現に向けた

- ④時効析出の時間制御技術（時効温度の低温化や時効時間の短縮化）

をテーマアップし、予加工や予備時効による本系合金の時効硬化挙動促進に関する基盤技術を確立することも目的とした。以下に、本研究部会の構成と活動内容を紹介する。

## 2. 部会構成

現在の構成委員を表1に示す。委員は学側から17名、産側から6名の計23名からなっており、年3回のペースで研究部会を開催している。前身の2つの研究部会と同様、毎回参画委員または外部講師による話題提供をもとに議論を行うスタイルをとっており、今年度からは共通試料を用いた研究も実施する予定である。新型コロナウイルスの影響で、当初はオンラインでの開催が続いたが、昨年からは対面での開催も始

表1 6000系アルミニウム合金の相変態挙動研究部会の構成委員（令和5年4月現在、順不同、敬称略）

氏名	所属	備考	
廣澤 渉一	横浜国立大学	部会長	
芹澤 愛	芝浦工業大学		
池田 賢一	北海道大学		
足立 大樹	兵庫県立大学		
本間 智之	長岡技術科学大学		
松田 健二	富山大学		
西村 克彦	富山大学		
布村 紀男	富山大学		
松崎 禎市郎	理化学研究所		
渡邊 功雄	理化学研究所		
友野 大	大阪大学		アドバイザー
伊藤 吾朗	茨城大学		
荒木 秀樹	大阪大学		
水野 正隆	大阪大学		
阿部 英司	東京大学		
江草 大祐	東京大学		アドバイザー
里 達雄	東京工業大学		
宍戸 久郎	株式会社神戸製鋼所		
原 聡宏	株式会社UACJ	副部会長	
谷畑 弘之	YKKAP株式会社		
吉田 朋夫	アイシン軽金属株式会社		
青谷 繁	株式会社レゾナック		
海老原佑亮	MAアルミニウム株式会社		

まり、委員どうしの横のつながりの強化、ならびにさらなる連携の促進を図っている。

## 3. 活動内容

## ①第1回研究部会

（令和3年11月11日 オンライン）

- ・「Al-Mg-Si合金の溶質クラスタと時効硬化」（里委員）
- ・「時効硬化型アルミニウム合金の時効初期生成物の構造について」（松田委員）
- ・「アルミ合金のミュオン実験と溶質元素-水素原子の結合について」（西村委員）

## ②第2回研究部会

（令和4年3月31日 オンライン）

- ・「Al-Mg-Si合金に関するこれまでの研究とこれからの研究の紹介」(廣澤委員)
- ・「6000系アルミニウム合金の溶質クラスターについて」(阿部委員)
- ③第3回研究部会  
(令和4年6月9日 オンライン)
- ・「Al-Mg-Si合金中に形成するナノクラスタの形成挙動および転位との相互作用」(芹澤委員)
- ・「外力下での析出組織制御と内部応力場中の転位運動」(東京工業大学 村石信二先生)
- ④第4回研究部会(研究部会公開セミナー)  
(令和4年9月8日 富山国際会議場+オンライン)
- ・「自動車用6000系アルミニウム合金に関する話題提供」(Aluminium-Consulting-Königswinter Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch)
- ⑤第5回研究部会  
(令和5年1月6日 オンライン)
- ・「6000系アルミニウム押出型材の押出加工応力による組織制御」(YKKAP株式会社 小田省吾様)
- ・「Al-Mg-Si合金における添加Mg/Si比がクラスタおよび析出物と時効硬化挙動に及ぼす影響」(宍戸委員)
- ⑥第6回研究部会  
(令和5年5月15日 高松商工会議所+オンライン)
- ・「STEM/3DAP/DFTによるAl-Mg-Si合金溶質クラスタの構造解析」(江草委員)
- ・「6000系アルミニウム合金の粒界近傍における局所力学挙動」(池田委員)
- ・「XAFS測定を用いたAl-Mg-Si合金におけるクラスタリング挙動の観察」(足立委員)
- ・「時効析出の時間制御技術(予加工, 予備時効による時効硬化挙動促進の可能性)について」(廣澤委員, 横浜国立大学 大瀧光弘氏)

#### 4. これまでの成果と今後の活動予定

これまでに、Hirsch先生の公開セミナーを含む全6回の研



図1 第4回研究部会(研究部会公開セミナー)の様子

究部会を実施し、当該分野の最新の研究成果や新たに提案された概念・メカニズム、工業製品としての6000系アルミニウム合金の特徴・課題について議論を行ってきた。その際、各解析装置のエキスパートが取得した実験結果を、他の解析装置や各種計算科学的手法で得られた知見と比較しながら、委員全員で多面的・総合的に解釈しようとする雰囲気が溢れており、毎回「高いレベルでの議論ができています」と自負&嬉しく思っている。さらに、アドバイザーからの「過去の報告から見た当該成果の位置付け」に関するコメントや、産側の委員からの「新たな材料開発・生産技術としての実用可能性」に関するアドバイスも、多くの委員にとって有意義なものになっており、若手委員からも「自分の研究成果をきちんと議論、批評いただける場」として好評いただいている。このような本研究部会の強みを生かしながら、折り返し地点となる本年度以降も、引き続き活動を活発化、講演大会におけるテーマセッションの開催や軽金属誌での特集号の企画につなげていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 研究部会報告書No. 68「熱処理型アルミニウム合金の時効挙動に対するミュオンスピン緩和スペクトル法の適用」, 軽金属学会, (2018).
- 2) 研究部会報告書No. 80「アルミニウム合金の熱処理技術とミュオン測定検討部会」, 軽金属学会, (2021).