

## 研究部会紹介

## 高強度アルミニウム合金研究部会

### Sectional meeting on high-strength aluminum alloys

倉本 繁

Shigeru KURAMOTO

#### 1. 研究部会設立の背景

本研究部会は平成29年度の研究委員会における研究部会新設WGによって設置が企画されたものであり、平成30年度より活動を開始した。本研究部会では、アルミニウム合金の高強度化に及ぼす合金組成・プロセス因子を系統的に整理し、実用高強度合金の開発に資する基礎的知見として体系化することを目的としている。以下、部会の構成と活動内容について紹介を行う。

#### 2. 部会構成

令和2年7月現在の委員構成を表1に示す。委員は、学側から16名、産側から6名、アドバイザー6名、合計28名により構成される。また、このほかに2名の大学院生が学生委員として登録されている。本部会では、具体的な製品への応用技術に限定せず、アルミニウム合金の高強度化に必要な技術について検討することが目的であり、高強度化技術や高強度材料の評価技術を有する学側委員に、部会長から委員就任を依頼した。また、本部会では高強度化に関する基礎的知見を体系化することを主眼に置きながらも、将来的な実用化も見据えた活動を行いたいとの思いから、材料ユーザー企業にアドバイザーとしての参加をお願いしている。これらに公募により参加している学側、産側委員を加えて現在の構成となっている。

本研究部会は平成30年4月よりスタートし、年4回の頻度で会議を開催している。会議では2件程度の話題提供を委員または外部講師に依頼して、高強度化技術やその評価手法等に関する情報共有を行うとともに、共通試料を用いた研究活動も行っている。高強度化技術に関しては、HPT (High Pressure Torsion), ARB (Accumulative Roll Bonding), MDF (Multi Directional Forging) のような強加工手法だけでなく従来の時効析出手法も検討対象とする。評価技術に関しては、従来のTEM, DSCなどによる解析のほかに、SAXS (Small Angle X-ray Scattering), APT (Atom Probe Tomography), 放射光施設やTEM内でのその場観察手法等を用いて高強度化に必要な組織解析を行う。これらに関しては学側委員が先導して議論を進めるが、高強度材の将来的な応用可能性を見据えた検討に関しては、産側委員およびアドバイザーからの意見を取り入れながら運営を行っている。

表1 高強度アルミニウム合金研究部会の構成委員およびアドバイザー (令和2年度7月現在, 順不同)

氏名	所属	備考
倉本 繁	茨城大学	部会長
邢 劫	日本軽金属(株)	副部会長
寺田 大将	千葉工業大学	幹事
堀川 敬太郎	大阪大学	
小椋 智	大阪大学	
堀田 善治	九州大学	
小林 郁夫	東京工業大学	
青葉 知弥	木更津工業高等専門学校	
井 誠一郎	物質・材料研究機構	
大沼 正人	北海道大学	
廣澤 渉一	横浜国立大学	
足立 大樹	兵庫県立大学	
真中 俊明	新居浜工業高等専門学校	
山田 隆一	山梨大学	
増田 高大	横浜国立大学	
伊藤 吾朗	茨城大学	
西田 政弘	名古屋工業大学	
箕田 正	(株)UACJ	
田淵 佳明	(株)神戸製鋼所	
鈴木 貴史	三菱アルミニウム(株)	
大橋 嘉公	昭和電工(株)	
鈴木 健	日本発条(株)	
風間 仁	本田技研工業(株)	アドバイザー
塩月 克彦	本田技研工業(株)	アドバイザー
嬉野 欣成	トヨタ自動車(株)	アドバイザー
浅井 千尋	トヨタ自動車(株)	アドバイザー
鷲尾 宏太	トヨタ自動車(株)	アドバイザー
惣田 裕司	日産自動車(株)	アドバイザー

#### 3. 活動内容

##### 3.1 本研究部会で実施する3つの項目

本研究部会では、以下の3つの項目について活動を行う。

(1) 巨大ひずみ加工による高強度化に寄与する金属組織学的因子を整理する。

(2) Al-Zn-Mg-Cu, Al-Cu-Mg系合金等を対象として、高強度化に及ぼす合金組成・プロセス因子を調べる。

(3) 高強度化が、破壊靱性、疲労特性、耐環境脆化特性等に及ぼす影響について検討する。

(1) に関しては、これまでに市販合金等を用いて巨大ひずみ加工による高強度化を図った事例を系統的に整理して、金属組織学的因子が高強度化に及ぼす影響を理解することが目的である。これまでの報告例を見ると、従来の時効熱処理に比べて、巨大ひずみ加工によって著しい高強度化が実現されるが、その機構に関しては不明な点が多い。また特定の合金に関する断片的な検討は多くなされているものの、複数の合金系における高強度化機構を系統的に取り扱って、普遍的な知見を得るところまでは至っていない。本研究部会において、巨大ひずみ加工による高強度化に関する従来知見を横断的に整理して、高強度化に及ぼす金属組織学的因子に関する程度の整理をすることが可能となれば、巨大ひずみ加工に頼らずに、従来プロセスで高強度化を目指す道も開かれると考えている。

(2) に関しては、研究部会独自の共通試料を用いた検討を行い、合金組成やプロセス条件が高強度化に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。この部分が本研究部会の主要な活動にあたるものであり、次節で実施状況を詳述する。

(3) に関しては、高強度化したアルミニウム合金を実用化するために必要となる実用強度特性に関する検討を行うことを目的としている。具体的には、破壊靱性、疲労特性、耐環境脆化特性を想定しているが、これに関しては(2)の共通試料を用いた検討の進捗を見ながら、決める予定である。研究部会の実施期間内に、網羅的に検討することは時間的な制約から不可能であるため、これに関してはある程度対象とする実用強度特性と合金系を絞って検討を行う予定である。

### 3.2 共通試料を用いた検討について

本部会では、初年度の平成30年度に共通試料の組成に関する検討を行った。部会の方針について委員間で共通認識を形成した後に、アンケートを実施して各委員の希望調査を行った。初年度の研究会において共通試料の合金組成の選定に関する検討を実施し、表2に示す9つの共通試料を作製することを決定した。溶質元素の種類や濃度の影響を検討するために、種々の合金組成案を検討したが、部会の期間や共通試料を作製する産側委員の負担を考慮して、これらの組成の共通試料を用いて検討することにした。試料を提供して下さった産側委員に大変感謝している。

Al-Cu-Mg系に関しては、2024合金に近い組成の合金をベースに合金組成を選定した。これは、これまでに強加工による高強度化に関しては、2219合金のようなAl-Cu系合金よりも、2024合金のようなAl-Cu-Mg系合金の方が顕著な高強度化を示す<sup>1),2)</sup>ことが知られているからである。CuとMgの添加量に関しては、2024をベースにしてそれぞれを増加させた組成を選定した。

Al-Mg-Si系に関しては、Al-Cu-MgおよびAl-Zn-Mg-Cu系に比べると強度の絶対値は劣るものの、実用的な観点からは重要な組成であるとの認識から選定した。高強度化元素として

表2 高強度アルミニウム合金研究部会の共通試料 (mass%)

合金系	目標組成
Al-Cu-Mg系	Al-4Cu-1.5Mg-0.15Cr
	Al-4Cu-3Mg-0.15Cr
	Al-5Cu-3Mg-0.15Cr
Al-Mg-Si系	Al-0.6Mg-1Si-0.5Cu-0.15Cr
	Al-0.6Mg-1Si-1Cu-0.15Cr
	Al-0.6Mg-1Si-0.5Cu-0.15Cr-0.7Fe
Al-Zn-Mg-Cu系	Al-4.5Zn-2Mg-2.5Cu-0.15Cr
	Al-5.5Zn-2Mg-2.5Cu-0.15Cr
	Al-8Zn-2Mg-2.5Cu-0.15Cr

は強加工材の強度向上に有効である<sup>3)</sup>ことが報告されているCu量を増加させた組成を選定するとともに、不純物としてのFe量を増加させた組成も選定した。

Al-Zn-Mg-Cu系に関しては、7075合金に近い組成の合金をベースに合金組成を選定した。強加工材の強度に大きな影響を与える<sup>4)</sup>ことが報告されているZn量を増減させた合金組成を選定し、高強度化に及ぼすZn量の影響を検討することとした。

結晶粒微細化の目的で、すべての試料に0.15Crを添加している。微細化元素の種類や添加量も強度に影響を及ぼす可能性があるが、本部会ではその影響を検討することは見送った。また、表2以外にAl-Fe系合金も検討に上がったが、他の試料と製造プロセスが異なることもあり、今回の共通試料には含めなかった。

## 4. おわりに

研究部会発足から2年が経過し、共通試料の製造・配布も実施済みであり、あとは高強度材の作製とその評価をする段階にある。しかし、コロナウィルスの影響で研究活動が遅延しており、当初の想定通りには検討が進んでいないのも事実である。幸い、共通試料は各委員の手元にあるので、それを可能な範囲で取り扱って、部会の成果を出すしかない。

本研究部会の長期的な目標としては、アルミニウム合金の高強度化だけでなく、構造用途に必要な機械的特性と金属組織との関係を、継続的に検討する場を設けることが挙げられる。今後、部会の成果を幅広くアピールし、若手研究者に興味を持ってもらうことも必要であり、テーマセッション等により、積極的な情報発信を行っていきたいと考えている。本研究部会に興味を持たれた方は、ご連絡頂ければ幸いである。

## 参考文献

- 1) 増田高大, 堀田善治: 軽金属, **67** (2017), 519-520.
- 2) 豊田章嵩, 藤澤竜星, 小林純也, 倉本 繁, 伊藤吾朗: 軽金属学会第134回春期大会講演概要, (2018), 159-160.
- 3) 渡邊克己, 丸野 瞬, 松田健二, 李 昇原, 堀田善治, 寺田大将, 才川清二, 廣澤渉一: 軽金属, **63** (2013), 406-412.
- 4) 蓼沼宏樹, 倉本 繁, 小林純也, 伊藤吾朗, 青井一郎, 清水吉広: 軽金属, **69** (2019), 312-314.