

学会便り

6000系アルミニウム合金の相変態挙動および材料物性に関する研究部会 7000系アルミニウム合金の時効硬化挙動研究部会 合同セミナー開催報告 アルミニウム合金系を横断した析出挙動の理解

Precipitation behavior and alloy design across aluminum alloy systems

廣澤 渉¹・成田 麻未²

Shoichi HIROSAWA¹ and Mami MIHARA-NARITA²

6000系アルミニウム合金の相変態挙動および材料物性に関する研究部会および7000系アルミニウム合金の時効硬化挙動研究部会の活動の一環として、2026年3月26日(木)13:30~15:30に合同セミナーを開催した。講師としてSINTEF IndustryのCalin D. Marioara博士およびTU WienのErnst Kozeschnik教授をお招きし、名古屋工業大学での対面参加に加えて、オンライン参加も事前に募集した。参加人数は、現地参加27名、オンライン参加約40名であり、多くの方々に参加いただいた(図1)。

1件目の講演「Understanding of precipitation behavior across alloy systems」では、アルミニウム合金における析出挙動を、複数の合金系に共通する原子構造の観点から統一的に理解することを目的として、Marioara博士がこれまでのご自身の研究をレビューした。対象はAl-Mg-Si系、Al-Zn-Mg系、Al-Cu-Mg系等の時効硬化型合金であり、それぞれの合金で形成するクラスターやGPゾーン、準安定相の原子配列を詳細に解析し、特にAl-Mg-Si系合金においては、特定の距離における原子間相互作用が析出物の形状を決定、Mg/Si比が1に収束する組成をもつクラスターおよびGPゾーンのみが針状析出物 β'' へと成長することを示した。これらの微細構造は、Frank-Kasper型の基本ユニットに基づいて構築されており、異なる合金系であっても共通の原理に従って、例えばAl-Mg-Si系の β'' ¹⁾とAl-Cu-Mg系のGPBゾーン²⁾、Al-Zn-Mg系のGPIゾーン³⁾が構造的に対応することを明らかにした。さらに講演では、Cu添加による構造安定化の理由などにも言及され、最後にAl-Mg-Si系合金中の析出物のHAADF-STEM画像を、半自動でラベリングするためのスタンドアロン型ソフトウェアツールAutomAl⁴⁾⁻⁶⁾についても紹介された。

2件目の講演「Impact of atomic couples and pairs on quenched-in vacancies in Al-Mg-Si-Cu alloys」では、Kozeschnik教授より、アルミニウム合金における焼入れ過剰空孔と溶質原子の相互作用が、拡散や析出挙動に与える影響についての説明がなされた。固相変態や析出現象は原子の拡散によって進行し、そ

の速度は空孔濃度に強く依存するため、初めにFSAKモデルに基づいて、粒界や転位などを起点とした空孔の生成、消滅過程を定量評価した後に、温度履歴が空孔濃度変化に及ぼす影響を調べた。その後、空孔と溶質原子間の相互作用としてのトラッピング効果を導入し、空孔が溶質原子に束縛されると拡散挙動が均一ではなくなることを示した。すなわち、通常空孔は原子との位置交換によって、結晶中をランダムに移動、拡散は空間的にはほぼ一様となるが、溶質原子との間に引力作用が存在すると、空孔は特定の溶質原子近傍に長時間滞在して分布が局所的に偏り、溶質原子周辺では空孔濃度が高く、それ以外の領域では低くなる。その結果、クラスター形成や析出挙動に影響が生じ、従来モデルではこの効果の取り込みが不十分であった。Kozeschnik教授は、溶質原子がpairやcoupleとして複合体を形成するモデルを導入することで、空孔との複雑な相互作用を再現し、実験結果との整合性を大きく改善することに成功した⁷⁾。

セミナーでは、いずれの講演においても活発な議論がなされ、合金系を横断したクラスター形成および析出挙動の理解に向けて、原子構造の観点からの整理や、合金組成ならびに時効温度の影響の解明、焼入れ過剰空孔やクラスターの形成挙動の理解についての必要性が共有された。今回のセミナーは、ノルウェー科学技術大学(NTNU)主催のUTFORSKプログラム「Norwegian-Japanese collaboration on Sustainability and Recycling in Aluminium alloy development (SuReAl)」(東京科学大学がメインパートナー。名古屋工業大学はパートナーとして参画)の一環でもあり、来日中であったNTNUやSINTEF Industry、Hydro Aluminiumの参加者も多数いたことから、非常に国際色豊かなものとなった。今後も継続して同様の企画を開催したいと考えている。

参考文献

- 1) C. D. Marioara, S. J. Andersen, C. Hell, J. Frafjord, J. Friis, R. Bjorge, I. G. Ring Dalen, O. Engler and R. Holmestad: Acta Materialia, **269** (2024), 119811.
- 2) M. Gazizov, C. D. Marioara, J. Friis, S. Wenner, R. Holmestad and R. Kaibyshev: Materials Science and Engineering A, **767** (2019), 138369.
- 3) E. Thronsen, J. Frafjord, J. Friis, C. D. Marioara, S. Wenner, S. J. Andersen and R. Holmestad: Materials Characterization, **185** (2022), 111675.
- 4) H. Tvedt, C. D. Marioara, E. Thronsen, C. Hell, S. J. Andersen and R. Holmestad: Ultramicroscopy, **236** (2022) 113493.
- 5) <http://automal.org/>
- 6) <https://youtu.be/wBv2JyNsqWI>
- 7) Y. Li, R. Kahlenberg, P. Retzl, Y. Shan, Y. Du and E. Kozeschnik: Scripta Materialia, **273** (2026), 117114.



図1 講師ならびに対面参加者の集合写真