

---

## ナノスケール組織制御によるハイブリッド新材料の創製に関する研究

研究代表者 理工学研究部(工学) 池野 進

---

### (1)プロジェクトの背景・目的

軽量合金は地球環境保全の立場から、材料輸送時のエネルギー消費の低減、軽量材料を使用することによる自動車や鉄道車両などの軽量化による燃費向上など波及効果が大いと考えられている。とくにアルミニウム合金は富山県の地場産業でもあり、日本国内で年間生産30万トンの市場である。この市場に対して新しい合金を開発していくことで、地域産業の活性化をも促すことを目的として、特に本年度は、(1)低価格化:高価な粒子や元素の有効活用、(2)高性能化:高充填化、高スペックの達成を最重点課題として実施し、前年度までのプロジェクトを継承し、より高い信頼性を持つ軽量材料の開発とその理論的解析を目指した。

### (2)研究成果

#### 【高延性・高強度軽量合金の開発】

従来、アルミサッシには6000系と呼ばれるAl-Mg-Si系アルミニウム合金を使用してきた。またこの合金は近年自動車用アルミ合金として注目されている。また、従来のアルミサッシにおいても、短時間の熱処理で十分な強度が得られる合金が求められている。この合金の機械的性質の改善方法として、従来は加工と熱処理の組み合わせや添加元素による方法がとられてきた。しかし、例えば加工と熱処理の組み合わせにおいては、実操業の工程を変える必要があり、大きな設備投資を伴うため、基本的に望まれない。研究グループは、6000系アルミ合金に原子状態で完全に溶解し、かつ実操業上も従来のAl-Mg-Si合金と同様に扱うことができること、さらに中間相の構造を母相と整合性を保つと推測される元素を適正な配合比で添加することで、両原子の添加の効果を最大限引き出すことに成功、特許出願した。強度と伸びが同時に改善されたとともに、熱処理時の強度の上昇速度も促進されており、とくに高温でも高い硬度を短時間で発現するなど、熱処理時間の短縮による省エネルギー熱処理も可能となる(図1参照)。

さらに招へい研究員米国バージニア大学 G. J. Shiflet 教授とは、遷移金属元素の析出に対する熱力学的検討を通して、特にこれまでに報告のないアルミニウムの稠密面である{111}結晶面への析出の可能性の高いことを考察した。この結果に基づき、中国・山東大学 Zou Yong 教授と、その析出モデルを構築し、最適な構造のシミュレーションを実施した(図2参照)。そしてこれらの推論を実証するため、ノルウェー工業科学技術研究所 C. D. Marioara 博士と添加元素の存在位置を直接観察することを試み、熱処理条件を最適化した試料を用いて、その観察に成功した(図3参照)。この図の白い部分にはアルミよりも原子番号の高い戦記金属元素が存在している可能性が高い。なお、本実験では遷移金属元素の単位体積当たりの割合が高くなるよう、比較的高温での熱処理を行ったため、今後は図2のモデルに近い低温での観察を実施し、我々の推論を実証することで、新規合金開発に対するナノ組織制御を、今まで以上に技術開発に直接使える方法にしたいと考えている。

(3)プロジェクト成果（特許，起業，技術移転等）

[特許出願等実績]

特許 4371379 号「漆黒を呈する食器用アルミニウム複合体およびその製造方法」、2009 年 9 月 11 日

特願 2009-276586、「アルミニウム合金」松田 健二、池野 進、川畑 常眞、西田 洋好、平成 21 年 12 月 4 日

[公表論文等]

1. Effect of Silver Addition on the  $\beta'$ -Phase in Al-Mg-Si-Ag Alloy, J. Nakamura, K. Matsuda, T. Kawabata, T. Sato, Y. Nakamura and S. Ikeno, MATERIALS TRANSACTIONS, 51, 310-316, 2010.
2. Superconductive property of Al- or Mg- based MgB<sub>2</sub> dispersed composite material, K. Matsuda et al., proceedings of European Conference of Applied Superconductivity (EUCAS 2009). 他

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

1. 次世代の自動車等、高信頼性が要求される軽量合金と、多機能軽量合金の開発を展開する予定である。また核融合炉への応用を考慮した NIFS との共同研究を実施する。
2. SLEEM 検出器においては、今後データベースの構築とアプリケーションの充実を図り、引き続き各種実機への装着のための研究と、起業を展開していく予定である

(5)利用施設 SQUID, 年 10 回程度。

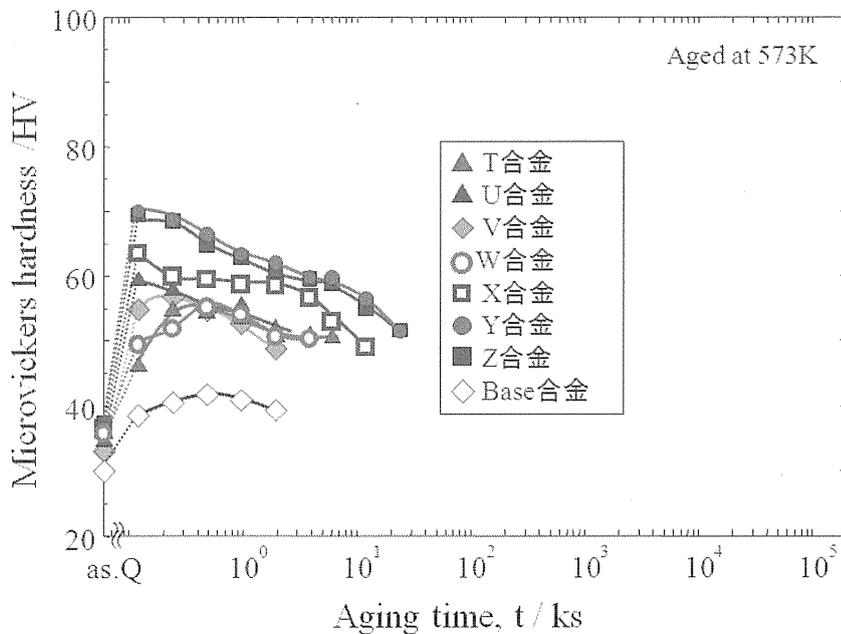


図 1. 開発した新合金を時効した時の硬さ変化曲線。

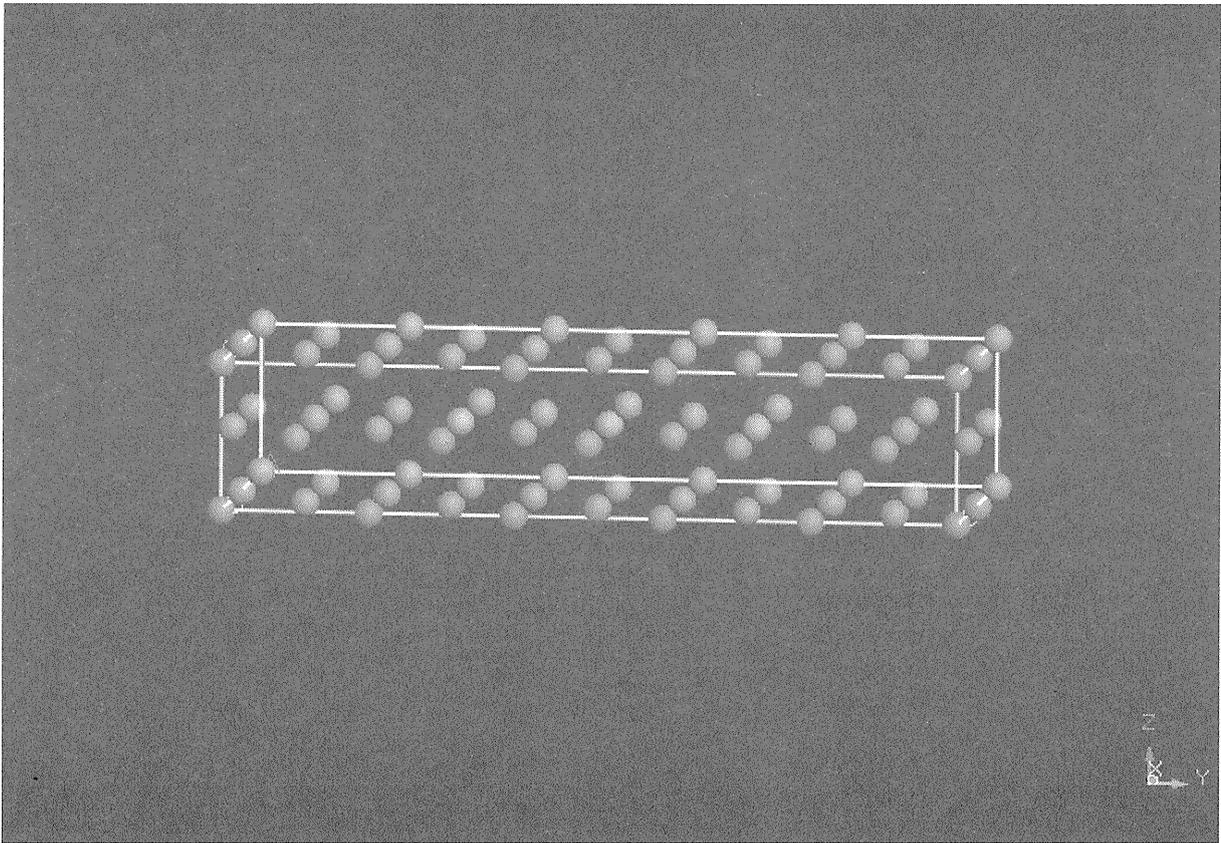


図 2. 推測された Al 合金における遷移金属元素の析出モデル

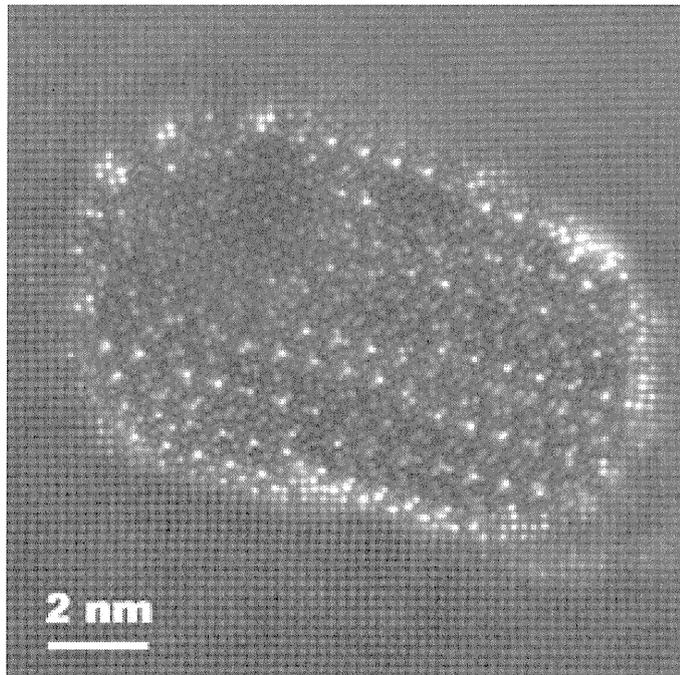


図 3. HAADF-STEM 法によりアルミニウム合金中に存在する析出物内部の遷移金属元素の分布を原子オーダーでの直接観察した結果。明るい部分ほど重元素の存在割合が高い。