

## 産学共創プログラム「ヘテロ構造」事後評価結果

1. 研究課題名：鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と  
3D 構造解析

2. 研究代表者：里 達雄（東京工業大学 精密工学研究所 教授）

### 3. 研究概要

鉄はアルミニウム合金にとって不純物であり、極力含有を避けたい元素として扱われてきた。本研究では、従来の発想を転換し、鉄を多く含むアルミニウム合金の可能性に着目して、力学特性が飛躍的に優れる合金の創製に挑戦した。結晶粒、粒界構造、鉄系化合物相、粒内析出組織、転位ネットワーク構造などの空間的スケールの異なる階層構造からなる新規のナノヘテロ構造を創出するプロセスとして、加工一半溶融成形（D-SSF）プロセスを創案し、このプロセスで力学特性に優れた鉄を含む新規アルミニウム合金が創製できた。また、ナノヘテロ構造形成の基礎現象の解明、ならびに実用プロセス構築の提案も行った。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

本研究では、アルミニウム産業の重要課題の一つである不純物鉄の無害化と有効活用に対して、D-SSF プロセス、ヘテロ構造の三次元解析、新規アルミニウム合金の力学特性評価の観点から精力的に取り組んだ結果、目標通りの貴重な成果が得られた。すなわち、1) D-SSF プロセス中に起こる過程と現象を明らかにした。2) 通常よりも高い鉄濃度のアルミニウム合金でも、鉄の晶出物、析出物の分散状態の制御により延性が改善できることを示し、その製造プロセスも明確にした。3) 鉄を有効な合金元素とする可能性を追究し、多彩な合金系について、力学特性とその安定性をさらに改善する手法を見出した。このように、D-SSF プロセスおよびそれによって創出されるナノヘテロ構造をもつ新しいアルミニウム合金の優れた力学特性を実証したことは、高く評価される。さらに、D-SSF プロセスにおける成分、加工温度、加工量などの因子の制御指針までが提案されていることは、このプロセスの実用化があまり遠くない将来であることを予想させる顕著な成果である。

また、産学共創の場を、テーマ企画、キックオフ、中間および終了の重要なタイミングで多数開催し、産学の間で方向性や成果の展開に関する意見交換や深い技術論を行い、この場を積極的に有効活用し有益な研究成果につなげた点も、産学共創基礎基盤研究プログラムのお手本となる活動として特筆される。

微細な鉄系化合物に起因する  $\alpha$ -Al 相の変形の一様性や再結晶粒成長の抑制機構とそれに基づく力学特性改善のための指導原理は、未だ定性的な議論の域に留まっており、今後は転位論やマイクロメカニクスなどによる学術的、理論的な裏付けを基にした定量化を

行って、真の指導原理の構築に発展させることを期待したい。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

膨大な量の実験によって鉄の有用性が示され、素材の化学組成、D-SSF プロセス条件と金属組織および特性の関係を定量的に明確にした点が本研究の最も大きな成果である。今後は実用化に向けた産業界との共同研究が決定しているとのことで、この点も本産学共創基礎基盤研究プログラムとして理想的な展開になっている。

「ヘテロ構造制御」の研究課題としては、上記した学術的、理論的な裏付けが今後の課題として残っている。さらに、強度とナノ析出相との関係、加工硬化係数が極めて小さいこと、延性改善の大部分が局部伸びの増加によることなど、学術的に興味ある課題も多く見つかっている。実用化とは一線を画すかもしれないが、これらの基礎研究についても継続し、この分野の材料学の深化に貢献していただきたい。そのためには理論や計算を行っている研究者との連携も有効と考える。

#### 4-3. 総合評価

##### 総合評価 A

アルミニウム合金中の鉄の挙動について、無害化から機械的性質の改善への有効性を立証できたことは、大きな成果として高く評価される。産学共創の場の一環として、産業界との意見交換を頻繁に行って、研究計画に反映させたことも、本プログラムの研究課題として理想的なものである。

今後の実用化に向けての産業界との共同研究、および新指導原理の構築のための学術的な基礎研究の発展を大いに期待する。

以上