

# 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

## 2018年度 研究開発成果等報告書

課題名：統合型材料開発システムによるマテリアル革命

チーム番号：C4

研究開発課題名：高性能TiAl基合金動翼の粉末製造プロセス開発と基盤技術構築

研究期間：2018年11月1日 ～ 2019年3月31日

研究 責任者	氏名	竹山 雅夫
	所属機関	東京工業大学
	部署	物質理工学院
	役職	教授

## 研究開発成果等の概要

2018 年度は、中間目標(高温引張強さ、破壊靱性)達成に向けた指針を得るためのモデル合金3成分(以降、合金1~3)を東工大が設計・提案した。そのモデル合金の溶解(神鋼)、粉末化(大阪冶金)、MIM プロセスによる成形(大阪冶金)、AM プロセスによる造形(阪大)を行い、フィジカル空間における実プロセス上の課題(成型体密度や酸素量等)を抽出するとともに、MI 基盤構築に資するプロセスパラメータと組織の関係を評価した。各機関の成果を以下に記す。

### (東工大)

東工大がこれまでに構築した独自の状態図データベース(DB)に基づき、中間目標達成に向けた指針を得る事を目的としたモデル合金(合金1~3)を設計・提案した。これら合金について、大阪冶金およびMHIAELにて実施する焼結・HIP・熱処理の各条件を状態図に基づき設定した。また、MHIAELと協力し、MIM材のマクロな機械試験を実施し、組織と特性の関係を明らかにした。

加えて、状態図DBに酸素の影響を反映させるため、上記モデル合金に意図的に酸素を添加した基礎研究用合金を準備し、組織制御において最も重要となる $\beta+\alpha+\gamma$ 3相共存領域の酸素添加に伴う変化、および各相中の酸素固溶量を定量評価した。

### (MHIAEL)

大阪冶金と連携し、MIMプロセスの焼結工程における条件出しおよびHIP/熱処理の条件出しを行い、MIM工程における相対密度変化および組織形成を東工大と連携して評価した。得られた適正成形条件にてモデル合金のMIM成形素材を作製し、その引張強度・破壊靱性等の基本特性を取得し東工大と連携して成形条件-組織-機械的性質の関係を評価した。

また、大阪冶金と連携し、MIMプロセスにおける焼結シミュレーションおよび射出成形シミュレーションの構築に必要な物性を取得・整備した。焼結シミュレーションでは動翼の焼結変形挙動を計算し、収縮と自重による変形挙動を計算できることを確認した。

### (神戸製鋼所)

粉末用合金の後工程における成分変動の定量化を目標に、CCIM溶解技術を活用し、成分制御指針の抽出を行った。東工大が提案した合金組成に基づき、20本超の鋳塊試作を実施し、拠点内に試験片作製/評価用の素材として速やかに提供した。今年度の試作を通じて、粉末用TiAl基合金特有の成分挙動を課題として抽出した。

### (大阪冶金)

神戸製鋼所が作製したモデル合金3成分について、ガスアトマイズにより粉末を作製し、45 $\mu$ m以下にふるい分けた粉末をMIMプロセスに供し、合金3については45 $\mu$ m以上250 $\mu$ m以下にふるい分けた粉末をAM用粉末として大阪大学に提供した。

また、各合金粉末についてMIM用フィードストックを作製し、研究開発に供してそれぞれ焼結試験を実施した。その結果、合金1は92%以上、合金3は98%以上の焼結体の相対密度を得ることができ、HIPで緻密化が可能な密度として設定した目標値(相対密度90%以上)を達成した。

また、各製造工程での酸素量を分析し、酸素量が増加する工程を明確化した。

(阪大)

MIM/AM 兼用である合金 3 のサイズ分布、流動性、酸素濃度を評価し、AM (電子ビーム) に適用できる粉末を抽出した。得られた粉末を用いて、電子ビーム三次元積層造形装置により、小型角柱試料を造形可能な条件 (プロセスウィンドウ) を決定した。得られた造形体の組織と力学特性を評価し、その健全性 (寸法誤差  $\pm 0.5\text{mm}$  以下, 造形密度 95%以上) を確認した。さらに、AM プロセスの逆問題 MI に向けたデータベース構築のためのひな形を作成した。