



# 軽量・高強度多機能型チタン合金

## ～航空機用, 自動車用から医療用途まで～

創造工学部 創造工学科 教授 松本 洋明

### 研究シーズの概要

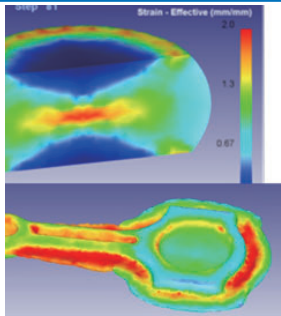
航空宇宙産業におけるチタン (Ti、Ti-6Al-4V) 合金は、最近では C/C コンポジットの相性の良さからアルミニウム (Al) 合金に代わり需要が急速に増加し (使用率で 1995 年に比べて 2 倍)、最近のエアバス A380 やボーイング 787 などの航空機用金属素材の主役となっています。また、硬組織生体医療材料にも広く使用されています。これは、チタン合金が軽量で高強度、更には耐食性に優れるなどの利点があるためです。しかし、素材コストが高い、SUS 等に比べて加工性 (塑性加工や切削加工) で劣るなどから、広範囲な分野には実用されていないのが現状です。そこで、当研究室のシーズとしてはチタン合金を基軸として、以下の対策方法を提供します。

- ① 低廉型で機能性を付与した新チタン合金
- ② 各種特性 (強度・伸び・超塑性などの機械的特性) を高度化させる組織制御技術
- ③ 加工過程における組織変化・材質予測技術

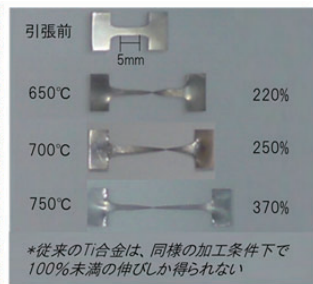
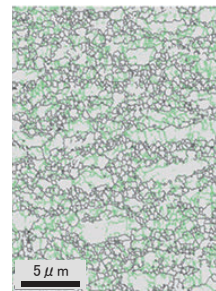
新しいチタン合金のデザイン、既存の合金系の研究開発

Ti-V-Al, Ti-V-Sn, Ti-Cu-Sn, Ti-Fe-Cu-Al  
Ti-64, Ti-6242, Ti-5553, Ti-171

有限要素解析・各種モデルを駆使した組織形成・材質予測の実現



加工・熱処理を駆使した組織制御法の提案 (各種解析を駆使した特性と組織因子の関係を明確化)



【利用が見込まれる分野】 航空機、自動車、医療・福祉、スポーツ用品

### 研究者プロフィール

松本 洋明 / マツモト ヒロアキ



メールアドレス matsumoto.hiroaki@kagawa-u.ac.jp  
所属学部等 創造工学部 創造工学科 材料物質科学コース  
職位 教授  
学位 博士 (工学)  
研究キーワード 金属材料、チタン合金、航空機・自動車用

問い合わせ番号: EN-15-002

本研究に関するお問い合わせは、香川大学産学連携・知的財産センターまで  
直通電話番号: 087-832-1672 メールアドレス: ccip-c@kagawa-u.ac.jp

## 技術の紹介

### ① 低廉型で機能性を付与した新チタン合金の研究開発での成果

チタン合金は、高強度化を目的として $\beta$ 安定化元素である高価な V, Nb, Mo が添加されると、加工性に優れた材料となります。材料特性を向上させるだけでなく、溶解などの製造性に優れるものになります。例えば、代表的な合金として Ti-6Al-4V, Ti-10V-2Fe-3Al, Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn, Ti-23Nb-2Zr-0.7Ta-1.20 また Ti-15V-3Sn-3Cr-3Al などが挙げられます。本研究は、相安定性およびマルテンサイト変態に注目した新しい合金設計であり、例えば世界最高レベルの超低弾性率 (50GPa 以下) - 高強度特性 (1000MPa 以上) を示す Ti-8V-4Sn, Ti-12V-2Al の開発に成功しました。本合金は、輸送機器のサスペンション系部品に応用が期待されています。また、低廉型の新規な合金開発として、

表 1 Ti 合金特性表

純チタンおよび合金	組成	ヤング率 (GPa)	引張強度 (MPa)	引張伸び (%)
純チタン (1種)	Ti-0.2Fe-0.180	100~145	240	24
Ti-6-2-4-2-S	Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si	114	1010	13
Ti-6-4	Ti-6Al-4V	110~140	900~1200	13~16
Ti-6-6-2	Ti-6Al-6V-2Sn	110~117	1000~1100	10~19
Ti-10-2-3	Ti-10V-2Fe-3Al	110	1000~1400	6~16
Ti-15-3	Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn	80~100	800~1100	10~20
開発合金				
Ti-8-4	Ti-8V-4Sn	62	1040	6
Ti-12-6	Ti-12V-6Sn	57	1024	10
Ti-2-2	Ti-2Cu-2Sn	100~110	600~890	8~27

同様なコンセプトで添加元素として電子材料に多用されている Cu および Sn に注目した Ti-2Cu-2Sn を開発しました。本合金は、既存の Ti-3Al-2.5V と同等以上の強度 - 加工性バランスを示し、新規な合金として期待できます。(表 1)

### ② 加工 - 熱処理を駆使した組織制御法の提案

「Ti 合金の組織を変える。そして強く、加工性に優れる特性へ」

これまで培った組織学・強度学をベースとして“準安定組織”を利用した新しい組織制御法を提案します。具体的には材料の種類に応じて加工温度・時間・方法を最適に変化させて、“強く、加工性も良い”組織造りを行い、それを提案します。

#### (i) 強度 - 加工性バランスに優れる ( $\alpha + \alpha'$ ) 組織の提案 (図 1)

これまで注目されなかった Ti のマルテンサイトを活用した新しい組織設計 ⇒ 強度 1150MPa - 伸び 15% の良好な高強度 - 高延性を実現

#### (ii) 世界最高レベルの低温・高速超塑性を実現する超微細粒組織の創製

マルテンサイトを利用したシンプルな加工で、 $1\mu\text{m}$  以下の超微細粒組織の形成に成功しています。これにより世界最高レベルの高速超塑性を実現し、航空機だけでなく自動車など広範囲な応用が期待されます。

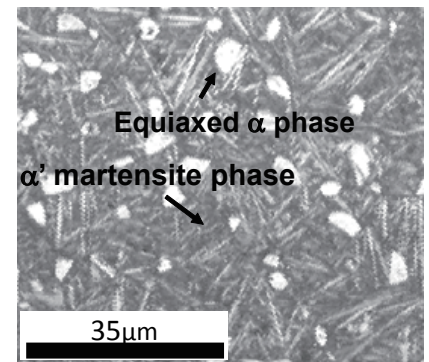
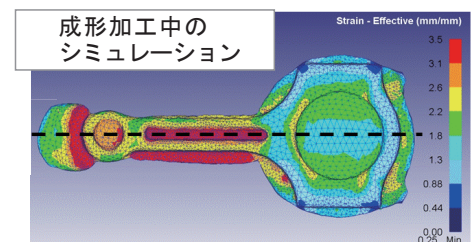


図 1 新しいタイプの ( $\alpha + \alpha'$ ) duplex 組織



組織予測

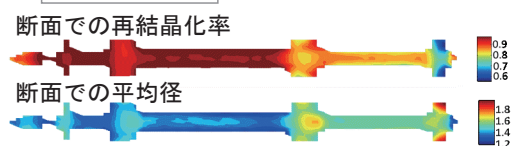


図 2 Ti 合金製コネクティングロッド成形過程シミュレーションと組織予測

### ③ シミュレーションを駆使した加工中の組織形成・材質予測の実現

Ti 合金の部品製造において、単に目的形状に成形するだけでなく、目的の特性を発揮するための内部の組織制御が重要となります。これまで培った金属組織学の知識を駆使して組織変化の新しい構成モデルを構築し、それをシミュレーション (有限要素解析) に組み込むことで、加工過程の組織変化とそれに伴う材質の予測モデルを構築しています。

⇒ Ti 合金の部品製造において、最適な加工条件の選定を提案します。(図 2 は、一例として自動車用コネクティングロッドの鍛造シミュレーションを示しています。)