

「革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」

# 固溶原子と相変態を利用したマルチスケールでのヘテロ構造化によるチタン焼結材の高強度・高延性同時発現機構の解明と高次機能化

研究機関名：国立大学法人大阪大学

所属名：接合科学研究所

代表研究者：教授 近藤勝義、終了 2018年度（平成30年度）

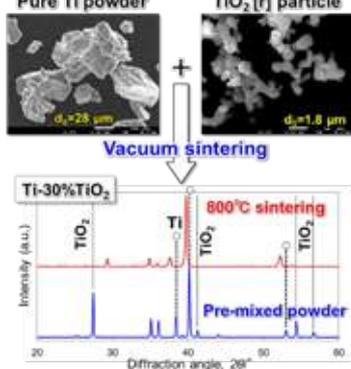
共同研究者：砂田聡（富山大学）、吉矢真人（大阪大学）、梅田純子（大阪大学）、Jianghua Shen（大阪大学）

## 研究・成果概要

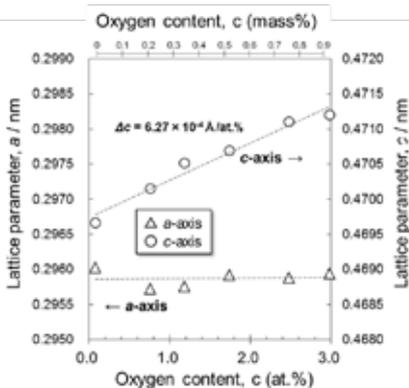
【目的】 固溶現象と相変態を利用した特異なヘテロ組織構造制御によって、高強度・高延性・高耐腐食性を兼ね備えた完全レアメタルフリー・チタン焼結材の創製に向けた新たな材料指導原理の提案・実証  
～負の元素とされる「酸素・窒素」の固溶強化と廉価元素（Fe, Siなど）を活用した新規Ti合金開発～

### ● 実験解析および理論計算によるTi中の酸化物・窒化物の熱分解とα-Ti結晶内へのO/N原子の固溶機構の解明

Ti粉末+TiO<sub>2</sub>粒子 → Ti(O): 酸素固溶Ti材  
Ti粉末+TiN粒子 → Ti(N): 窒素固溶Ti材

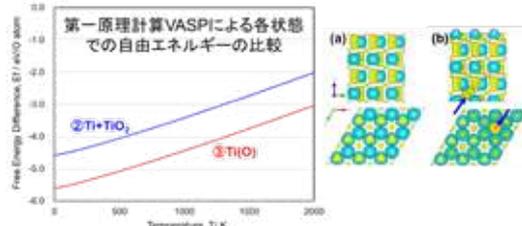


α-Ti結晶内へのO/N原子固溶現象における結晶異方性(c軸方向への伸長)



第一原理計算を用いたTiO<sub>2</sub>の熱分解とα-Ti結晶内へのO原子固溶現象の検証

- ① Ti+O<sub>2</sub>: O<sub>2</sub> gasとなり金属Tiから脱出〔基準〕
- ② Ti+TiO<sub>2</sub>: TiO<sub>2</sub>粒子は分解せずにα-Tiに残存
- ③ Ti(O): 固溶O原子としてTi結晶内に存在

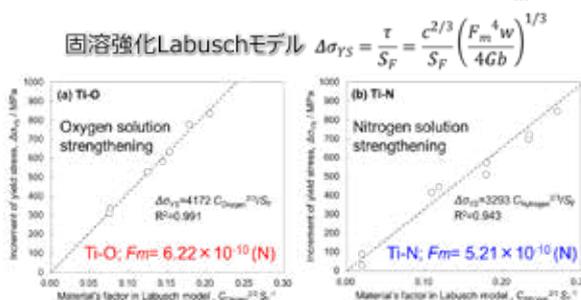


→ 最安定固溶状態: α-Ti結晶内の八面体サイト (XRD解析結果(底面間隔)の増加とも一致)

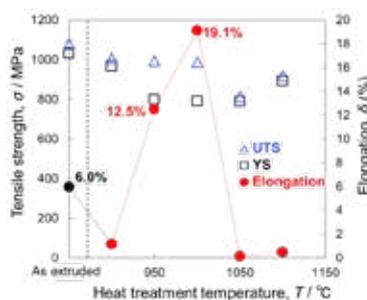
### ● 酸素・窒素固溶チタン材の力学特性 – 固溶強化Labuschモデルの適用とヘテロ組織構造形成による延性向上

結晶異方性を有するα-Ti材における固溶強化量の解析  
→ 実験データベースを用いた最大相互作用力F<sub>m</sub>の導出

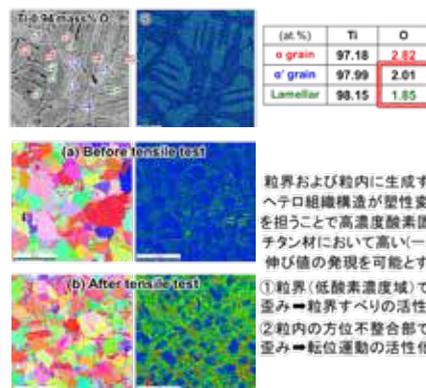
高濃度酸素固溶Ti材 (Ti-0.94wt%O)におけるα+β域での急冷熱処理による酸素の再分配 → 低酸素固溶域での高塑性変形能(高延性発現に寄与)



→ 酸素・窒素共存状態での固溶強化量の定量予測\*  
\* S. Kariya et al., Mater. Trans., 60 (2019) 263-268.



T = 900°C(α) & 1050/1100°C(β) ⇒ 0.1~1.2%  
T = 950/1000°C(α+β) ⇒ 12.5-19.1%に増大



## 想定する分野・用途

- 航空機用部材や医療機器・デバイスなど現行のチタン合金 (α, α+β, β合金) が使用されている分野への適用
- 本成果はJST未来社会創造事業および戦略的イノベーションプログラムSIP (統合型材料開発システムによるマテリアル革命) に展開

## 最終目標

- 力学特性に関する目標値 – 常温での引張強さσ ≥ 1200 MPa以上, 破断伸びε ≥ 20% (Ti-Fe-O系合金にて達成)
- 積層造形法 (SLM) においても上記特性を目指す (現在, Ti-O/N系にて σ=1050 MPa, ε=18~20%)

## 産業界への期待・要望

- 固相焼結材のみならず, 射出成型(MIM)材や積層造形材, さらには溶解鋳造材での本原理の検証を実施
- チタン材の高機能化や低コスト化などに関する課題に対する取組み (共同研究) と情報共有