



# 生体適用を目指した完全固溶型高強靱性チタン焼結材の基礎物性評価

大阪大学接合科学研究所 複合化機構学分野

## 本研究の背景と目的

汎用チタン(Ti)合金は、高強度化のために希少金属を合金元素として含むことでTiが有する優れた生体親和性の低下を招く。そこで本研究では、ジルコニウム(Zr)が $\alpha/\beta$ -Tiに対する全率固溶型元素であると共に、高い生体適合性を有することに着目し、純Ti粉末と酸化ジルコニウム( $ZrO_2$ )粒子の混合粉末からZrと酸素が固溶したTi(Zr, O)焼結体を作製し、その組織構造解析および力学特性評価を通じて、本Ti焼結材の強化機構について考察する。

Conventional Ti alloys show high-strength by addition of rare metals as alloying elements, causing less their biocompatibility required in application to medical devices. In this study, focusing on complete solid-solution of Zirconium (Zr) into  $\alpha$  and  $\beta$ -Ti, which is one of biocompatible elements, high-strength  $\alpha$ -Ti material with Zr & oxygen solute atoms (Ti (Zr, O)) is fabricated by powder metallurgy (PM) process via solid-state reaction between pure Ti powder and  $ZrO_2$  particles in sintering. The microstructural and mechanical properties of Ti (Zr, O) materials are investigated, and then its strengthening mechanism is clarified in detail.

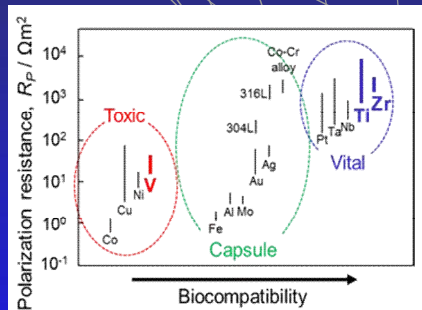
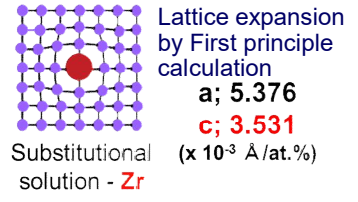
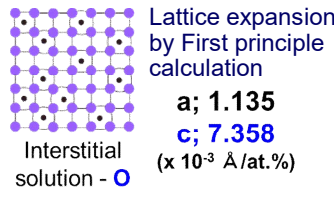
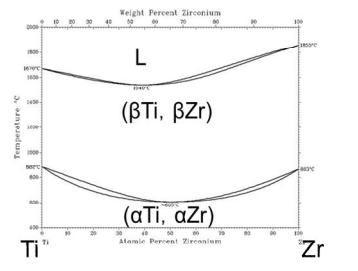
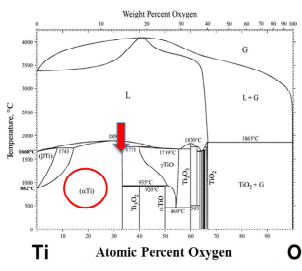
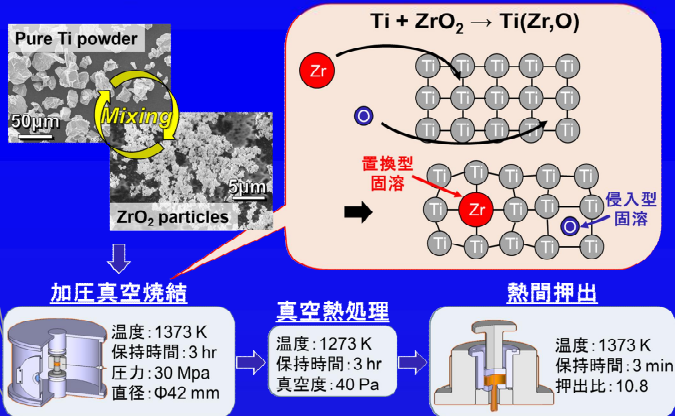
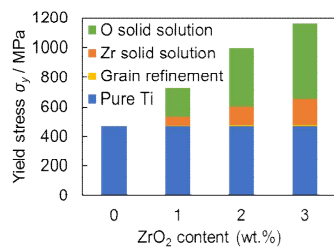
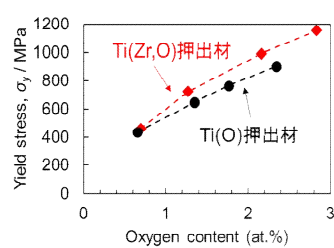
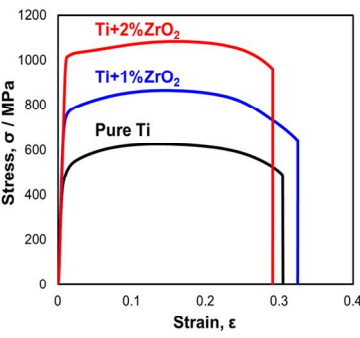
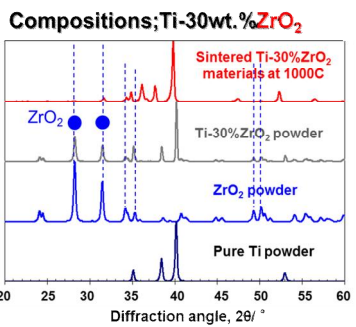


Fig. Relationship between polarization resistance and biocompatibility of pure metals, conventional Co-Cr alloy and stainless steel from a viewpoint of use of metals & their alloys as biomaterials and medical devices.

## 実験方法—試料作製および特性解析

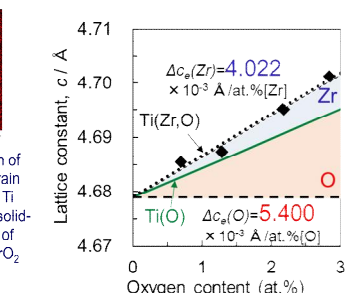
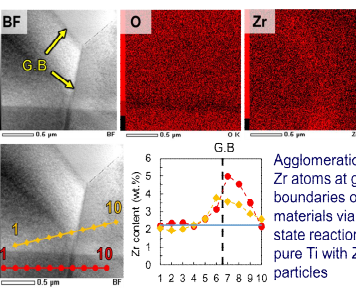


## 実験結果—Zr/O固溶Ti焼結材の組織構造および力学特性



**酸素による固溶強化**  
Labusch-model  
$$\Delta\sigma_y = \frac{\tau_0}{S_F} = \frac{1}{S_F} \left( \frac{F_m^2 c^2 w}{4Gb^2} \right)^{1/2}$$
  
 $\tau_0$ :せん断応力  $S_F$ :シェミット因子(測定値 0.4~0.45)  
 $F_m$ :溶質原子・転位相互作用の最大値  $c$ :固溶酸素濃度  
 $w$ :溶質原子・転位の相互作用が働く範囲( $\approx 5a$ )  
 $G$ :剛性率  $b$ :バーガースベクトル

**結晶粒微細化による強化**  
Hall-Petch equation  $\Delta\sigma_y = k(d^{-1/2} - d_0^{-1/2})$   
 $k$ :H.P.係数( $k = 18 \text{ MPa}\sqrt{\text{mm}^2}$ )  
0 wt.%  $ZrO_2$   $d_0 = 5.00 \mu\text{m}$   
3 wt.%  $ZrO_2$   $d = 4.56 \mu\text{m}$



純Ti粉末中の $ZrO_2$ 粒子は800°C以上の真空焼結により完全に熱分解し、解離した両原子の固溶により $\alpha$ -Tiの格子定数は増加する(高強度化の発現)  
3 wt.% $ZrO_2$ 粒子添加により $\alpha$ -Ti焼結押出材の0.2%YSは無添加Ti材に比べて約2.5倍に上昇し、強度上昇に占める割合のうち酸素原子による固溶強化量がZr原子による耐力増分よりも顕著に大きく、本材料における主たる強化因子である。