

インプラント用チタン合金の生体適合性の改善

東北大学金属材料研究所 正橋直哉、畠山美樹（現：住友金属鉱山）、花田修治、医学研究科 森優、栗島宏明、相澤俊峰、大阪府立大学工学研究科 井上博之、大阪府産業技術研究所 道山泰宏



インプラント用TiNbSn合金への陽極酸化処理

→ 高圧まで印加が可能な電気化学セットアップの構築

- TiNbSn合金の特徴
- (1) 低ヤング率・・・37GPa
 - (2) 高強度・・・1200 MPa
 - (3) 易加工性・・・冷間加工可能
 - (4) 低い細胞毒性・・・Ti, Nb, Sn
 - (5) 骨伝導性
 - (6) 生体活性
 - (7) 抗菌特性
 - (8) 耐摩耗性
- TiO₂コーティングで付与する
本研究の目的

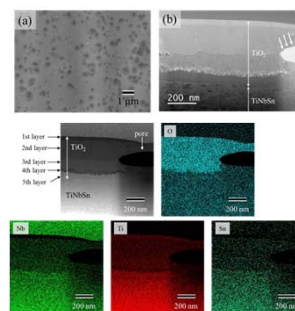
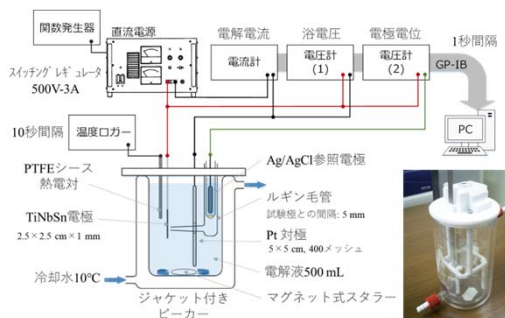
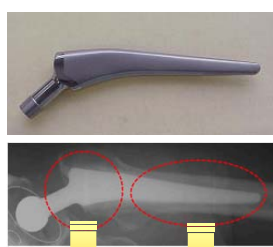


図1 陽極酸化実験に使用するセットアップ (写真は高圧印加可能な水冷ジャケット付き電気化学セル)

図2 酢酸電解浴で成膜したTiO₂の断面TEM像と組成マッピング

人工股関節ステムに使用し応力遮蔽を防ぐ

高強度が必要
低ヤング率が必要

骨伝導性

→ TiO₂はコーティングにより骨との密着強度が高く、TiO₂中に骨の主要構成元素のCaやPが浸透する

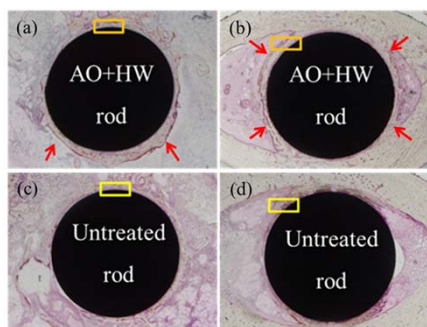


図3 陽極処理材 (a,b) と未処理材 (c,d) の近位部 (a,b) と遠位部 (b,d) の骨との界面近傍組織



図4 白色家兎の大腿骨にインプラントした陽極酸化TiNbSn合金 (a) と、ロッド引抜強度の飼育期間依存性 (b)

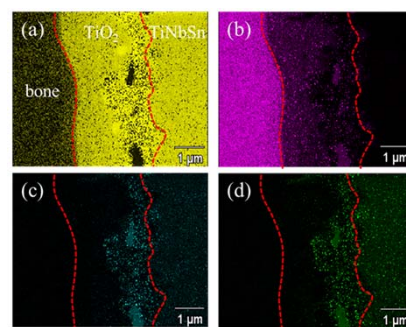
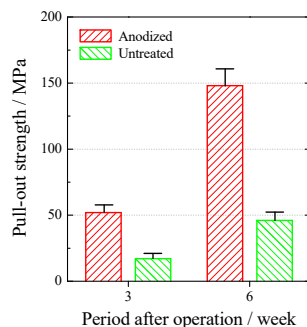


図5 陽極酸化TiNbSn合金と骨の界面近傍元素マッピング: Ti (a), O(b), P(c), Ca(d)

生体活性

→ 疑似体液への浸漬でハイドロキシアパタイト析出

抗菌特性

→ MRSAでもR=3.381の高い抗菌性を示す

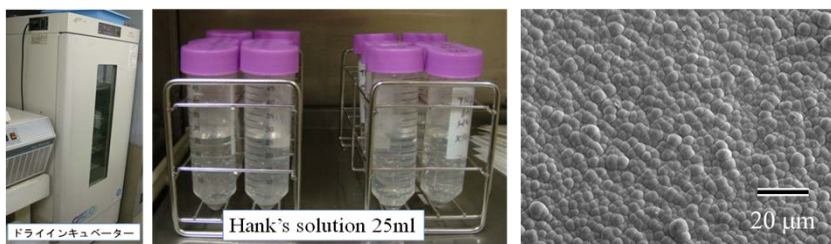


図6 ドライインキュベーター内で36.5°Cの疑似体液Hank's液への浸漬写真(左)と、酢酸電解浴で成膜した陽極酸化膜表面に析出したハイドロキシアパタイトのSEM像(右)

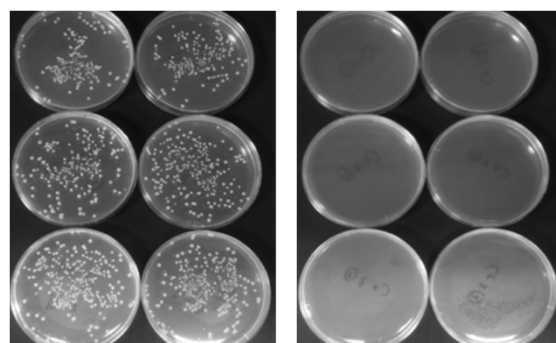


図7 MRSA (メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)を用いた抗菌試験 (JIS R 1702に準じる): コントロール (左) と陽極酸化TiNbSn合金 (右)

耐摩耗性

→ DryでもWet (人工体液中)でもTiO₂コーティング材が最も高い摩耗特性を示し、abrasion摩耗が抑制される

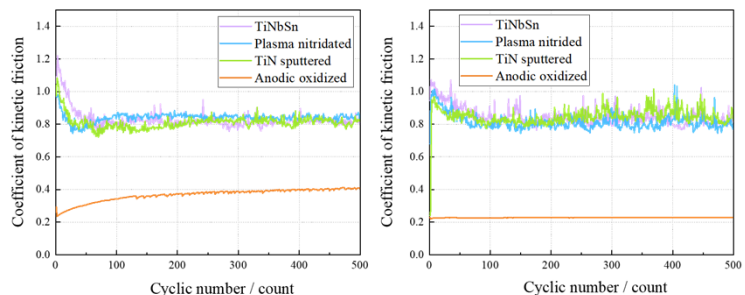


図8 Dry (左) とWet (右) 環境下での各表面処理を施したTiNbSn合金の摩擦摩耗試験

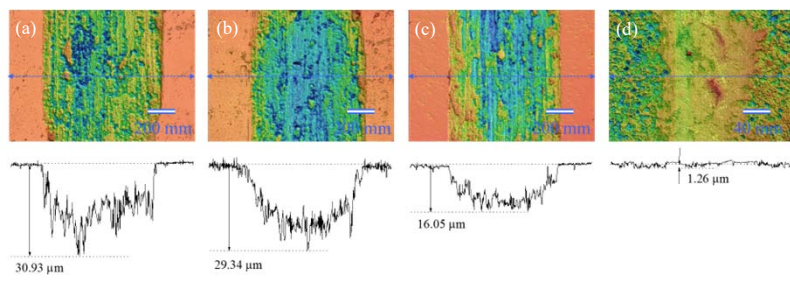


図9 未処理(a)、プラズマ窒化(b)、TiNコーティング(c)、陽極酸化材(d)の摩耗痕

謝辞

動摩擦摩耗試験は(独)大阪府立産業技術総合研究所の協力のもとに遂行されました。研究の実施にあたり、東北大学金属材料研究所GIMRTプログラム(課題番号:202012-CRKEQ-0409)、(独)日本学術振興会科学研究費助成(課題番号:15H04138,15K10428,20H02458)、および経済産業省医工連携事業化推進事業助成に感謝いたします。