

インプラント用新規チタン合金の表面改質による高機能化

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）、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



インプラント用TiNbSn合金への陽極酸化処理による高機能化 → 陽極酸化TiO₂によるTiNbSn合金の高機能化

TiNbSn合金システムが令和3年6月16日に厚生労働大臣の表彰承認を得た。 この合金は生体に安全な元素からなり、大腿皮質骨のヤング率(10~30 GPa)に近い36 GPaというTi合金としては世界最小値を示すことから、応力遮蔽による廃用性骨萎縮抑制が可能となる。

さらに安全・安心なインプラント治療を実現には、**骨伝導性・生体活性・耐摩耗性・抗菌性**等の金属にはない機能が求められ、TiO₂コーティングで課題解決を目指す。

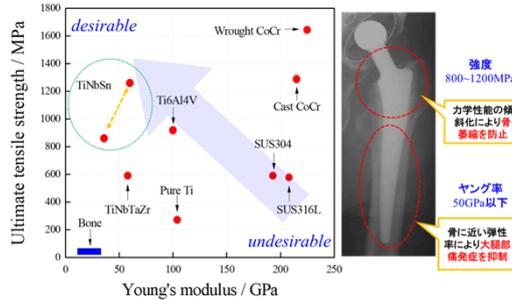


図1 金属系バイオマテリアルの引張強度とヤング率の相関 → TiNbSn合金は同一素材で高強度部と低ヤング率部を兼ね

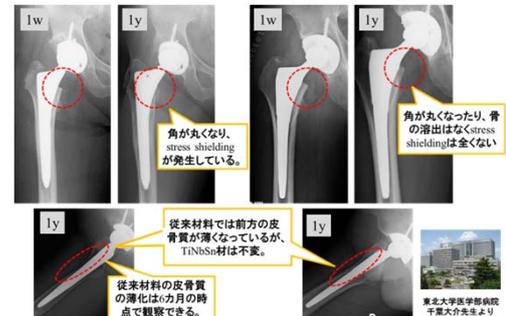


図2 インプラント手術1週間および1年経過後のTi6Al4V合金とTiNbSn合金のレントゲン写真(治験結果)

耐摩耗性

→ Wet (人工体液中) での耐摩耗性は基板との密着強度や硬度の高い陽極酸化TiNbSnの方が密着強度や硬度の低いTi6Al4Vより優れる

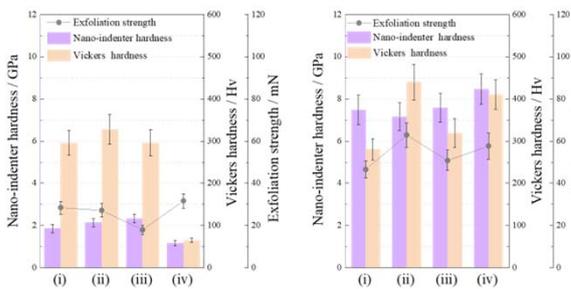


図3 陽極酸化Ti6Al4V (左) とTiNbSn (右) 合金の硬度と基板密着強度 → 硬度も密着強度もTiNbSn基板陽極酸化材がTi6Al4V基板材より高い

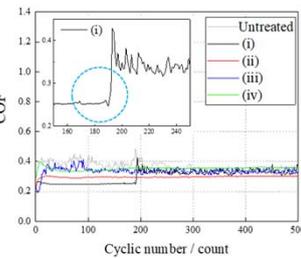


図4 陽極酸化Ti6Al4V (左) とTiNbSn (右) の湿潤下での摩擦試験 → 摩擦係数はTiNbSn基板陽極酸化材の方が低く安定に推移する

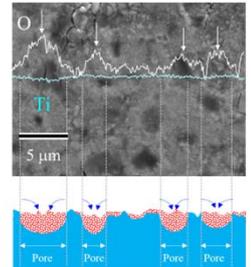
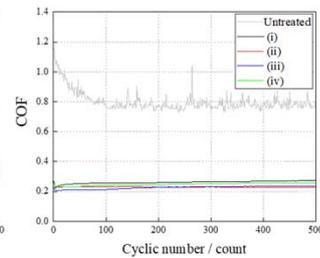


図5 TiNbSnの湿潤摩耗試験後のSEM像(上)と物質移動図(下)

生体活性

→ 疑似体液浸漬でハイドロキシアパタイト析出

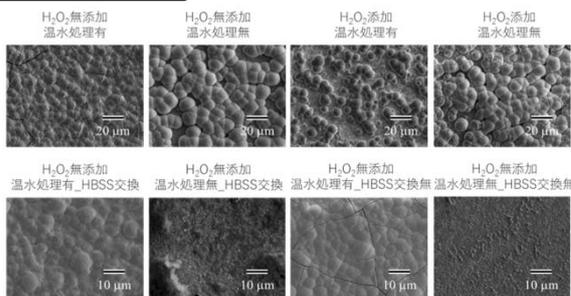


図6 各種処理を施した陽極酸化TiNbSn合金の疑似体液浸漬後のハイドロキシアパタイト析出を示すSEM像

抗菌特性

→ UV照射により抗菌活性値が2を超える高い抗菌性を示す

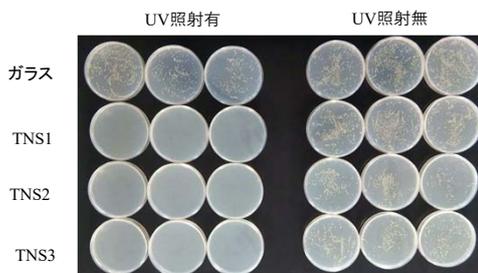


図7 陽極酸化TiNbSn合金とガラス(コントロール)に対して行った寒天培地に生えた菌コロニー

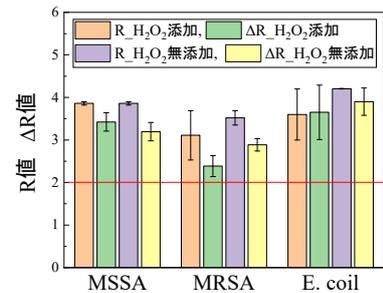


図8 黄色ブドウ球菌、大腸菌、MRSAのRとΔR値→すべて2を超える

光触媒活性

→ UV照射により生成するヒドロキシルラジカル量はTiNbSn基板陽極酸化材の方がTi6Al4V材より多く、光触媒活性も優れる

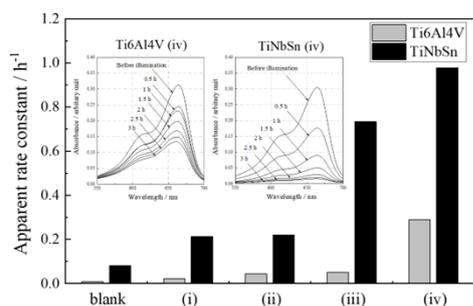


図9 陽極酸化TiNbSnとTi6Al4VのMB脱色試験の反応速度とMBスペクトルの経時変化

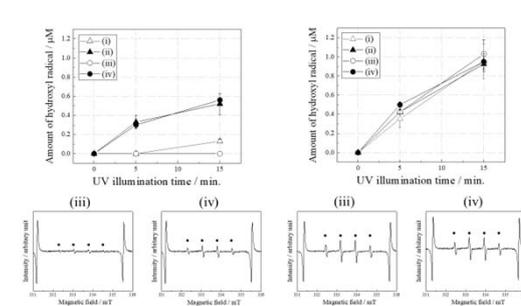


図10 陽極酸化Ti6Al4V (左) とTiNbSn (右) のヒドロキシルラジカル生成量の照射時間依存性とESRスペクトル

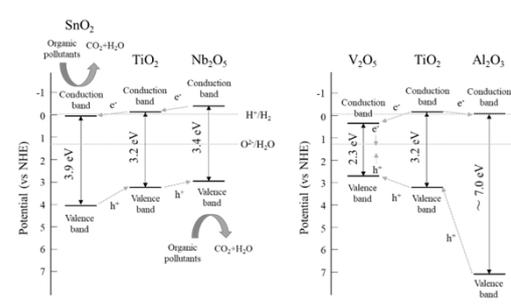


図11 陽極酸化TiNbSn (左) とTi6Al4V (右) のヘテロジャンクションモデル模式図

【謝辞】

本研究のうち動摩擦摩耗試験は(独)大阪府立産業技術総合研究所 道山康宏氏の協力のもとに遂行されました。また電子スピン共鳴分析は、金属材料研究所目代貴之助教の協力を頂きました。治験写真は医学研究科整形外科千葉大介講師から提供いただきました。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: 202112-CRKEQ-0406)、(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。