

論 文 要 旨

2018 年 3 月 15 日

※報告番号	甲 第 216 号	氏 名	大庭 圭祐
主論文題名			
チタンの表面皮膜性状と耐食性に関する研究			
内容の要旨			
<p>チタンは構造材料としては比重が低いため、軽量化部材としての候補材料として多くの産業で期待されている。チタンの利用については、合金化も含め高強度、あるいは高比強度など機械的特性に優れ、また極めて良好な耐食性を有する材料であるため、多くの構造物、工業用、医科歯科用など幅広く実用がなされているが、環境条件、たとえばハロゲン化物や、摩耗環境などにおいては、十分な寿命が得られない可能性を有している。耐食性に関しては多くの研究報告もあるが、いずれも、特定の環境条件での検証がほとんどである。さらに、チタン表面には安定な酸化皮膜が生成することが報告されているが、これらも構造的解析がその場測定されていない結果が主であり、十分に表面の電気化学反応を精査した例は乏しいのが実状である。また、チタンの特性からの実用も、優れた性質がゆえに利用拡大が期待されているが、環境条件や実用環境に対する研究では寿命評価には不十分であり、皮膜性状に起因した解析が少ないことも現状である。</p> <p>そこで、各種環境変動や材料劣化に起因するチタンの耐食性を評価し、寿命予測を行うことが急務となっており、本論文ではチタンの実用環境を想定しつつ、表面の酸化皮膜条件を電位により制御し、電気化学測定により環境対応あるいは環境安定性について検討した。本論文の構成は、第 1 章「緒論」では一般的なチタンの特性を整理し、これまでの論文を解説するとともに、本研究の目的および意義を明確にした。第 2 章「チタンの耐食性に及ぼす NaCl 濃度の影響」では、局部腐食発生源となりうるハロゲン化イオン存在下におけるチタンの耐食性について検討した。第 3 章「Ti の耐食性に及ぼす皮膜性状の影響」では、電位制御したアノード酸化皮膜について、皮膜ごとの共存状態における反応性を検討した。</p> <p>ほう酸-ほう酸ナトリウム緩衝溶液および塩化物イオン存在下の定電位電流測定、分極曲線測定、接触電流測定を行い、表面の皮膜生成・成</p>			

長、皮膜の安定性評価、分極挙動、異なる皮膜厚さを有する試料間の異種金属接触腐食、皮膜の修復について検討した。その結果、チタンの表面には安定な酸化皮膜が生成し、電位により厚さが変化することに加え、結晶構造が変化することが示された。また、バルブメタルの比較としてチタン以外のアルミニウム、ジルコニウムと比較し、チタンは塩化物イオン存在化においても局部腐食性が極めて低いことがわかった。また、生体材料候補材料であるステンレス鋼やコバルト-クロム合金との比較においても、不働態皮膜の破壊条件が高度であることがわかった。さらに、皮膜厚さが異なる個所の存在は、チタン材料内でのマイクロセルを形成することがないため、欠陥や摩耗によるマクロ/マイクロなセルに起因する腐食が抑制されることを見出した。

本研究および論文は、これまで明確にできなかった次の項目を多くの実験データにより検証した内容をまとめたものである。①電気化学反応を精度良く解析したこと、②従来、別々に議論されてきたバルブメタルあるいは生体材料候補材の比較・整理を行ったこと、③想定される実用環境に近い模擬環境を用いたこと、④皮膜生成環境のその場 (*in-situ*) 測定による評価がなされたことに、新規性を有するものである。①は、従来の腐食研究に用いられる電気化学測定に、接触電流測定を加えたことが極めて斬新である。②については、バルブメタルとしてジルコニウムやアルミニウムがそれぞれ研究されているが、チタンとの比較として検討できたことは、原子力分野や生体材料(医療材料)分野においては重要な結果である。また、生体材料として実用されているコバルト-クロム合金やステンレス鋼との比較を行うことで、それぞれの材料の利点等が整理でき、今後の実用に繋がる成果である。③については、生体模擬環境といっても、一応ではなく、体内だけではない環境変化等に追従する評価が行えたことは、実用上極めて優れた結果である。④については、これまでに多くの研究者が想定、解釈してきた状態や構造を整理しつつ、電気化学反応をもとに新たな評価がなされたことは意義深いものである。上述したように、一般的にあるいは実績的に評価されてきたチタン(およびチタン合金)とその利用について、電気化学測定を用い明確な反応性、環境安定性、実用範囲想定を行ったことが、論文としてあるいは研究としての位置づけとして評価に値すると考える。

このように、環境を模擬した条件による研究、精度の高い電気化学測定結果の解析、本手法の有効性、皮膜欠陥を想定した解析などから、新規性が高く学術的にも、工学としても意義深い成果といえ、今後の実用範囲拡大に貢献できる結果といえる。