

氏 名	柳 星竹
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	学 術
学位授与番号	博甲第6057号
学位授与の日付	2019年 9月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 生命医用工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Preparation and characterization of nanostructured titania for biomedical application (生医学応用のためのナノ構造を制御したチタニアの作製とキャラクター化に関する研究)
論文審査委員	教授 早川 聡 教授 妹尾昌治 教授 岸本 昭 准教授 吉岡朋彦
<b>学位論文内容の概要</b>	
<p><b>Introduction</b></p> <p>In introduction, a brief introduction of background history of bioactivity and apatite-forming ability, and <i>in vitro</i> apatite-forming ability of titania and titanates followed by a statement on the biomedical application of titanium and its alloys were described. Previously developed methods for improving the bioactivity and antibacterial property of titania were also described.</p> <p><b>Chapter I:</b> Chemical deposition of rutile nanorods on titanium substrates from titanyl sulfate and hydrogen peroxide solution at low temperature</p> <p>This chapter describes a chemical treatment combining the aging treatment to prepare rutile nanorod arrays on the titanium substrates. The effect of titanyl sulfate concentration in the treating solution on the growth of rutile nanorod arrays on the surface of cpTi substrates was investigated. A possible model for the growth of rutile rods was proposed.</p> <p><b>Chapter II:</b> Chemical deposition of rutile on various metallic substrates from titanyl sulfate and hydrogen peroxide solution at low temperature</p> <p>In this chapter various metallic substrates such as niobium, zirconium, tantalum and Ti6Al4V alloys were employed to deposit the titania layer via a chemical treatment. The influence of metallic substrates on the growth of titania layers was studied.</p> <p><b>Chapter III:</b> <i>In vitro</i> apatite formation on highly ordered rutile nanorod arrays fabricated on cpTi and Ti6Al4V alloy substrates</p> <p>In this chapter the difference in rutile nanorod arrays on Ti6Al4V alloy and cpTi substrates was investigated and the <i>in vitro</i> apatite-forming ability of rutile nanorod arrays fabricated on cpTi substrates and Ti6Al4V alloys was comparatively studied. The possible factors to affect the <i>in vitro</i> apatite deposition on the rutile nanorod arrays of cpTi substrates and Ti6Al4V alloys were analyzed.</p> <p><b>Chapter IV:</b> Photo-deposition behaviors of Ag on highly ordered rutile nanorod arrays</p> <p>This chapter describes the photo-deposition behavior of Ag on rutile nanorod arrays on the cpTi substrates. In addition, the effect of various metallic substrates (niobium, zirconium, tantalum, titanium) in the deposition of Ag under UV irradiation was discussed.</p>	

## 論文審査結果の要旨

本研究論文は整形外科用チタン系インプラントについて、骨組織に対する早期固定化を達成するための表面処理の技術開発に関するものであり、チタン及びチタン合金上にルチルナノロッドアレイからなる緻密な酸化チタン層を作製するための化学処理法を開発して、各種金属基板表面でのルチルナノロッドの成長メカニズムやルチルナノロッドアレイの体内環境下におけるアパタイト形成能について基礎的に検討したものである。

第1章では、低温での硫酸チタニルおよび過酸化水素溶液による化学処理及びそれに続く 80℃での超純水中でのエージング処理を組み合わせることによって、チタン基板表面上に高規則性のルチルナノロッドアレイの作製に成功し、チタン基板表面でのルチルナノロッドアレイの成長メカニズムを提案した。

第2章では、ニオブ、ジルコニウム、タンタルおよび Ti6Al4V 合金の基板表面に同化学処理を適用して、各種金属表面の構造を調査した。ニオブ基板表面上にはアナターゼ型酸化チタン層が形成し、一方、タンタル基板と Ti6Al4V 合金表面にはルチル型酸化チタン層が形成することを確認した。

第3章では、同化学処理によりチタンおよび Ti6Al4V 合金基板の表面上に高規則性のルチルナノロッドアレイを作製した。各基板表面に作製したルチルナノロッドの密度を比較すると、チタンの方が Ti6Al4V 合金よりも高かった。チタンと Ti6Al4V 合金基板上の両方のルチルナノロッドアレイは、Kokubo の擬似体液 (SBF) 浸漬後 1 日以内にアパタイト粒子を析出することを確認した。チタンは Ti6Al4V 合金よりも優れたアパタイト核形成速度を示し、多数のアパタイト粒子を析出することを明らかにした。ルチルナノロッドアレイの構造と SBF 中でのアパタイト形成能の評価結果から、優れたアパタイト形成能の発現には、高いルチルナノロッド密度を有する緻密で厚い酸化チタン層が寄与していると結論した。

第4章では、術後感染症の対策として抗菌性が期待される金属粒子である Ag を金属基板表面に堆積させるため、光析出法を用いてルチルナノロッドアレイまたはニオブ、ジルコニウム、タンタル基板への Ag の光析出挙動を論じた。

以上のように、本研究は整形外科用チタン系インプラントの表面化学処理方法を開発して、早期固定性及び骨組織結合性を改善するため手法を提案するもので、学術的にも生医学応用的にも意義があるものとして高く評価される。よって、本研究論文は、博士 (学術) の学位論文として価値あるものと認める。