

高齢インプラント患者の在宅治療ニーズに応える 抗菌活性光触媒インプラント表面の創製

[1] 組織

代表者：上田 隆統志

(東北大学大学院工学研究科)

対応者：伊藤 甲雄

(東北大学加齢医学研究所)

分担者：上田 恭介

(東北大学大学院工学研究科)

成島 尚之

(東北大学大学院工学研究科)

研究費：物件費 15 万 6 千円，旅費 4 万 4 千円

[2] 研究経過

歯科用インプラントは保有歯数が減少した高齢者の身体能力低下のリスク低減およびフレイル予防・改善に有効と考えられている。一方で、高い感染症リスクを有しており、適切なメンテナンスによりバイオフィルムの形成を抑制することが重要である。在宅においても抗菌能を発現するような機能の付与は、特に通院が困難な患者に対して有用と考えられる。そこで本課題では、光殺菌インプラントを実現する表面処理プロセスの開発(図 1)を目的として、歯科用インプラントの主要な材料である Ti 基板の表面に可視光応答型光触媒活性 TiO_2 膜を作製し、その可視光照射下における抗菌性の評価を行った。

以下、研究活動状況の概要を記す。

- (A) 研究打ち合わせ (月 1 回、1 時間程度)
- (B) 長時間低強度の可視光照射による抗菌性試験 (平成 31 年 4 月～令和 1 年 9 月)
- (C) 短時間高強度の可視光照射による抗菌性試験 (令和 1 年 10 月～令和 2 年 2 月)

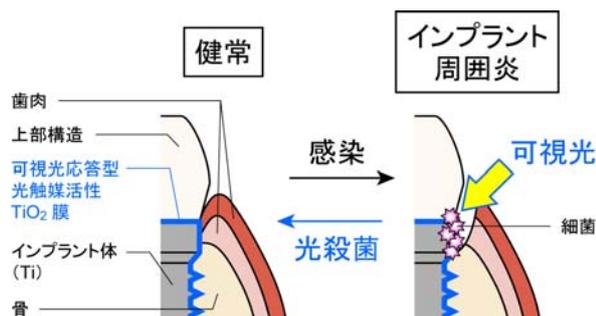


図 1 光殺菌の歯科用インプラント応用の概念図

[3] 成果

(3-1) 研究成果

研究経過(B)に関連して以下の研究成果を得た。

(イ) Ti-Au 合金、および Au スパッタリングにより表面に Au 膜を付与した工業用純(CP) Ti (Au/CP Ti)に大気酸化を施して得られた Au 添加 TiO_2 膜

(ロ) 二段階熱酸化 (Ar-CO 雰囲気中炭化処理+大気中酸化処理) により CP Ti、Ti-6Al-4V、および Ti-6Al-7Nb 合金表面に作成した 炭素添加 TiO_2 膜 が可視光照射下にて大腸菌に対する抗菌能を示した。可視光応答化は Au イオンおよび炭素イオンによるバンドギャップ狭窄に起因することが示唆された。

プロセス条件の最適化により、(イ)、(ロ) いずれの TiO_2 膜においても、照射時間 14.4 ks、放射照度 $1 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ の可視光照射条件において、大腸菌生菌率を $\sim 99\%$ 低減することに成功した。

研究経過 (B) においては、JIS R 1752: 2013 を参考に照射時間を設定したが、歯科応用に向けてはより短時間で優れた抗菌能を示すことが求められる。そこで、研究経過(C)ではより短時間での抗菌能の評価を試み、以下の成果を得た。照射時間 1.8 ks、放射照度 $15 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ の可視光照射条件において抗菌能の評価を行い、Au/CP Ti の大気酸化により作製した Au 添加 TiO_2 膜において、99%を上回る大腸菌生菌率の減少を確認した。

(3-2) 波及効果と発展性など

上述の成果に関連して、海外論文誌に 1 報の論文が採択された他、海外論文誌への投稿に向けて現在 2 報の論文を執筆中である。

実用化に向けては膜密着力や細胞毒性の評価が要求される。新たに東北大学歯学部と連携しつつ更なる評価を実施する計画である。本共同研究において検討した熱酸化法は、ISO の規格においてインプラント体のコーティングに要求される値(15 MPa)以上の膜密着力を有する TiO_2 膜の作製が可能であり、コーティングの安定性の観点からも実用化は十分可能と考えられる。バンドギャップ測定の手法についても構築が進んでおり、今後は可視光下での抗菌能発現機構の解明にも取り組む。

[4] 成果資料

- (1) **T. Ueda**, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, H. Kanetaka, T. Mokudai, Y. Niwano, and T. Narushima: “Visible - light - responsive antibacterial activity of Au - incorporated TiO₂ layers formed on Ti - (0 - 10)at%Au alloys by air oxidation,” J. Biomed. Mater. Res. Part A, **107** (2019) 991–1000. (査読あり)

参考

- (1) **T. Ueda**, R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, H. Kanetaka, H. Yamane, and T. Narushima “Formation of Au-added TiO₂ layers on Au-sputtered Ti by thermal oxidation and evaluation of their antibacterial properties and cytotoxicity in visible light for the coatings of dental implants.” (執筆中)
- (2) **T. Ueda**, N. Sato, R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, and T. Narushima: “Formation of carbon-added anatase-rich TiO₂ layers on titanium and their antibacterial properties in visible light.” (執筆中)