

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01718

研究課題名(和文)骨形成能と抗菌能を両立させた光機能性チタン表面の創製とインプラントへの応用

研究課題名(英文)Creation of optically-functional titanium surface with compatibility of bone forming ability and antibacterial activity and its application to implants

研究代表者

成島 尚之(Narushima, Takayuki)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：20198394

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,600,000円

研究成果の概要(和文)：歯科インプラントへの応用を念頭に、骨形成能と抗菌能を両立させたチタン表面の作製に成功した。熱酸化を基礎とした独自プロセスによりチタン表面に作製したAu含有TiO₂膜は可視光照射下で大腸菌に対して抗菌性を発現した。本研究で得られたAu含有TiO₂膜の光機能はインプラント自身が骨組織との再密着による「治癒」を担い、かつ患者自身による「予防」も可能にするという「セルフメンテナンス機能」を具現化するための成果である。これらの成果はTiO₂膜とチタン基材の優れた密着力と併せて、インプラント応用ばかりでなく新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の接触感染予防への展開も期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：可視光照射により抗菌活性値1以上を示し、かつ優れた密着力を有するTiO₂膜をインプラント用チタン表面に作製するプロセスを構築した。光照射がない場合にはTiO₂の優れた骨形成能が保持されることも示され、骨形成能・抗菌能・密着力を共立させたチタン表面の設計のための学術的基盤を構築することができた。
社会的意義：歯科において14%という高確率で発症するインプラント周囲炎に対して、「セルフメンテナンス機能」具現化への成果と考えられる。これらは輸入品が90%を占める歯科インプラント市場における日本発の技術となり得るものである。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in fabricating a Ti surface with both osteogenic and antibacterial properties for application to dental implants. The Au-containing TiO₂ layers prepared on the Ti surface by an original process based on Au-sputtering and thermal oxidation showed antibacterial activity against E. coli under visible-light irradiation. The photofunction of the Au-containing TiO₂ layers obtained in this study is considered to be an achievement to realize the “self-maintenance function” in which the implant itself plays a role in “healing” by reattaching to bone tissue and also enables “prevention” by patients themselves. These results, together with the excellent adhesion between the TiO₂ layers and the Ti substrates, are expected to be applied not only to dental implants but also to the prevention of contact infection of the new coronavirus (SARS-CoV-2).

研究分野：材料工学

キーワード：生体材料 チタン 抗菌性 光機能 骨形成能 酸化チタン 表面処理 酸化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科インプラントと歯肉との接合部は口腔内に曝されているので、術後感染や使用中におけるインプラント周囲炎発症の危険性が高い[1]。感染性炎症に継発する歯槽骨吸収は、インプラント体の抜去に繋がる。チタンはオッセオインテグレーションとして知られる骨適合性と優れた耐食性・機械的特性からインプラント材料として多用されている[2]。歯科インプラントはほぼ100%チタン製である。歯科用チタンインプラントの微細組織は所定の力学特性を發揮するように制御されているので[3]、インプラント表面に炎症の「治癒」と「予防」を可能とする機能を表面処理で付与できれば有効である。歯科インプラントでは埋入初期に骨形成能が要求されるので、細菌が付着した場合のみ抗菌性を発現させたい。抗菌性を発現させる方策には、細菌の接着抑制と抗菌物質の利用がある[4]。骨形成能と抗菌能の両立との観点から、優れた骨形成能を有しつつ、必要な際に抗菌性を発現するチタン表面設計指針として、チタン表面への可視光応答型光触媒活性を有するTiO₂膜の作製に着目した[5]。

2. 研究の目的

TiO₂膜への元素添加による可視光応答化を図る。歯科用インプラントでは、可視光照射下における抗菌性発現に加えて、優れた骨適合性とチタン基板との高い膜密着力も要求される。以上を共立するTiO₂膜をチタン表面に作製するための設計とプロセスの提案を目的とする。炭素や窒素を添加したTiO₂膜の作製と評価[6]も行ったが、本報告書ではまとまった成果が得られたAu添加TiO₂膜作製と評価に関して述べる。TiO₂膜へのAu添加のために、チタン表面へのAuスパッタリングと熱酸化を組み合わせた独自プロセスを用いる。

3. 研究の方法

(1) Au添加TiO₂膜の作製

チタン表面へのスパッタリングと大気酸化を組み合わせたプロセスを構築した(図1)。まず、工業用純チタン(CPTi、以下チタン)基板表面にAuスパッタ膜またはAu-Tiスパッタ膜(Au濃度:60 mol%および40 mol%)を作製する。スパッタ膜厚は10-46 nmとした。その後、873 Kにおいて大気酸化を1.8 ks施した。XRD分析よりTiO₂膜はルチル型であること、XPS分析よりTiO₂膜中にAuが金属粒子およびAu³⁺として存在することが明らかになった。これ以降、スパッタリングと大気酸化により作製されたAu添加TiO₂膜をスパッタ膜のAu濃度と膜厚を使用して、例えばAu(60 mol%, 46 nm)のように表す。

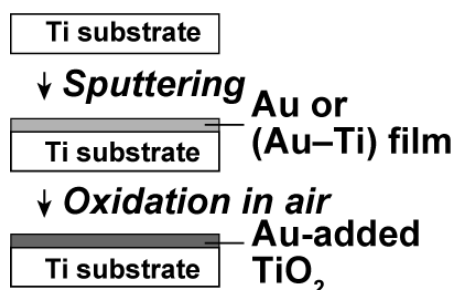


図1 Au含有TiO₂膜作製プロセス

(2) Au添加TiO₂膜の評価

(1)で作製したAu添加TiO₂膜について、可視光照射下における大腸菌を用いた抗菌性評価(ガラス密着法、JIS R 1752を参照)、ピン引き抜き法によるチタン基板との膜密着力測定およびマウス由来骨芽細胞様細胞(MC3T3)を用いた細胞増殖試験を行った。なお、細胞増殖試験ではNagayら[7]の手法を参考に、TiO₂膜表面に細胞を単層培養し、そこに可視光を照射した後、24時間の培養に伴う細胞増殖を測定することでTiO₂膜への可視光照射が細胞増殖に及ぼす影響を調査した。可視光($\lambda \geq 400$ nm)照射条件は抗菌性評価実験では1 mW·cm⁻²、14.4 ksとし、細胞培養試験では15 mW·cm⁻²、1.8 ksとした。

4. 研究成果

(1) Au添加TiO₂膜の抗菌性と密着力

大腸菌に対する抗菌性は(1)式で表される抗菌活性値で評価した。

$$R = -\log(N_{\text{vis}}/N_0) \quad (1)$$

ここで N_{vis} は14.4 ks可視光照射後の生菌数、 N_0 はカバーガラス設置後直ちに菌液を回収した際の生菌数であり初期の生菌数を意味する。なお、14.4 ks暗所静置した場合の生菌数は N_0 から変化がないことを確認している。図2にAu添加TiO₂膜の抗菌活性値と密着力の関係を示す。高い抗菌活性値を示す条件では、膜密着力が低値を示す傾向が得られた。Au添加TiO₂膜の可視光応答化機構はAu³⁺のTiO₂への固溶に伴う不純物準位の形成である[8]。すなわち、AuまたはAu-Tiスパッタ膜中のAu量増加(スパッタ膜中のAu濃度や膜厚の増加)に伴い、光触

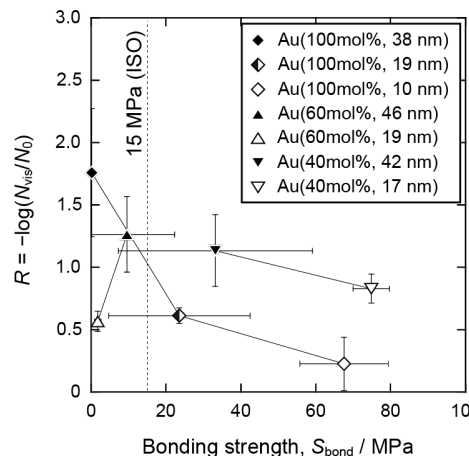


図2 Au含有TiO₂膜の抗菌活性値と密着力の関係

媒活性は強化されると考えられる。一方、スパッタ膜中の Au 量増加は、TiO₂ 膜とチタン基板界面における Ti₃Au 金属間化合物形成を促進する。Ti₃Au 金属間化合物の熱膨張係数は TiO₂ 膜やチタンと比較して大きいため、Ti₃Au 金属間化合物形成は膜密着力を低下させる。図 2 より最大の抗菌活性値 1.8 が Au(100 mol%, 38 nm) で得られているが、その膜密着力は ISO 13779-2 に規定される 15 MPa (図 2 中での点線表示) に到達していない。一方、Au(40 mol%, 42 nm) は抗菌活性値 1.1、膜密着力 33 MPa と優れた抗菌性-膜密着力バランスを示した。

(2) Au 添加 TiO₂ 膜の骨適合性

MC3T3 の細胞増殖に及ぼす可視光照射の影響を図 3 に示す。細胞増殖は、可視光照射または暗所静置の後、alamarBlue 試薬を添加して 24 時間培養後の波長 560 nm と 600 nm における吸光度の差 ($A_{560\text{ nm}} - A_{600\text{ nm}}$) で評価した。試料の Au 添加 TiO₂ 膜としては、高い抗菌活性値を示した Au(100 mol%, 19 nm) および Au(100 mol%, 38 nm) を選択した。加えて、比較材として研磨ままチタン基板 (as-polished CP Ti) および試料も細胞も含まない培養液のみの Blank (without cells) も用いた。なお、図 3 中の同一のアルファベットは有意差 ($p < 0.05$) が無いことを示している。

研磨ままチタン基板の細胞増殖では可視光照射による低下は観察されておらず、可視光照射そのものは MC3T3 の細胞増殖へ大きな影響を与えないと判断出来る。Au 添加 TiO₂ 膜への可視光照射は Au(100 mol%, 19 nm) および Au(100 mol%, 38 nm)、いずれにおいても研磨ままチタン基板への可視光照射と比較して有意に減少している。Au 添加 TiO₂ 膜は可視光照射下において細胞毒性を示す可能性が高いことを示唆する。これに対して、Au 添加 TiO₂ 膜を暗所静置した場合には、暗所静置した研磨ままチタン基板と比較して有意に大きな細胞増殖が観察されている。Au 添加 TiO₂ 膜は暗所で細胞毒性を示さず、むしろ細胞増殖を促進することが分かる。TiO₂ 膜は従来から歯科用インプラントの表面処理に用いられているように優れた骨適合性を有することが知られており [9]、Au 添加 TiO₂ 膜においても暗所では優れた骨適合性発現が期待出来る。

なお、ヒト由来歯肉線維芽細胞 (hGF) でも細胞増殖に及ぼす可視光照射の影響を調査しているが、MC3T3 と同様の結果が得られている。

(3) まとめと今後の展開

- ① Au または Au-Ti スパッタリングと大気酸化を組み合わせたプロセスによりチタン基板上に作製した Au 添加 TiO₂ 膜は Au³⁺ の固溶により可視光応答化し、可視光照射下で抗菌性を発現することが確かめられた。
- ② 抗菌性と膜密着力のバランス向上には Au³⁺ を固溶させつつ、TiO₂ 膜とチタン基板の界面の Ti₃Au 金属間化合物形成を抑制する必要がある。今後、スパッタリングや大気酸化条件の検討が必要である。著者らのグループでは CO 含有雰囲気における TiC 形成と大気酸化を組み合わせた二段階熱酸化法によりチタン基板に作製された炭素含有 TiO₂ 膜において抗菌活性値 2 および膜密着力 70 MPa を得ており [6]、これらの値が目標になる。
- ③ Au 添加 TiO₂ 膜への可視光照射に伴う細胞毒性の発現は強い抗菌性と表裏一体の関係であり、学術的に興味深い。一方、今回の細胞増殖試験では照射強度が 15 mW·cm⁻² と比較的高いので、可視光照射条件の最適化も今後の課題である。
- ④ 抗菌性の発現は抗ウイルス発現も期待させる。新型コロナウイルス (SARS-Cov-2) ばかりでなく、今後も未知のコロナウイルスによる感染症への備えが必要である。本研究成果をコロナウイルス不活化へ応用することも検討する必要がある。

参考文献

- [1] P.A. Norowski Jr. et al.: J. Biomed. Mater. Res. B 88 (2009) 530–543.
- [2] 成島尚之: 軽金属, 55 (2005) 561–565.
- [3] 成島尚之: 軽金属, 58 (2008) 577–582.
- [4] J. Grischke et al.: Dent. Mater. J., 35 (2016) 545–558.
- [5] 成島尚之, まてりあ, 56 (2017) 215–219.
- [6] T. Ueda et al.: Dent. Mater., 37 (2021) e37–e46.
- [7] B.E. Nagay et al.: ACS Appl. Mater. Interfaces 11 (2019) 18186–18202.
- [8] T. Ueda et al.: J. Biomed. Mater. Res. A., 107 (2019) 991–1000.
- [9] 成島尚之ら: 材料と環境, 63 (2014) 295–300.

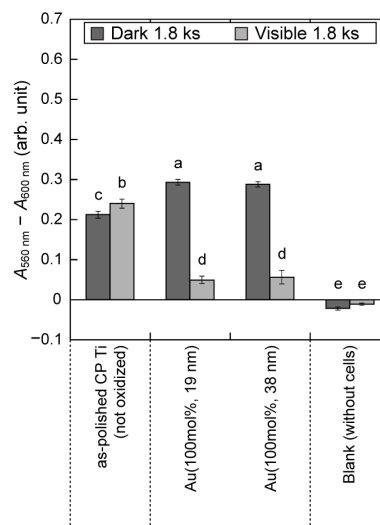


図 3 MC3T3 の細胞増殖に及ぼす可視光照射の影響 ($p < 0.05$)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ueda Takatoshi, Sato Naoki, Koizumi Ryusuke, Ueda Kyosuke, Ito Koyu, Ogasawara Kouetsu, Narushima Takayuki	4. 巻 37
2. 論文標題 Formation of carbon-added anatase-rich TiO ₂ layers on titanium and their antibacterial properties in visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials	6. 最初と最後の頁 e37 ~ e46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2020.10.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Gokcekaya Ozkan, Ueda Kyosuke, Narushima Takayuki, Nakano Takayoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Using HAADF-STEM for atomic-scale evaluation of incorporation of antibacterial Ag atoms in a -tricalcium phosphate structure	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 16596 ~ 16604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0nr04208k	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Bhattacharya Somesh Kr., Sahara Ryoji, Narushima Takayuki	4. 巻 94
2. 論文標題 Predicting the Parabolic Rate Constants of High-Temperature Oxidation of Ti Alloys Using Machine Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oxidation of Metals	6. 最初と最後の頁 205 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11085-020-09986-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Wu Jun, Ueda Kyosuke, Narushima Takayuki	4. 巻 321
2. 論文標題 Fabrication and bioresorbability of Ag- and Ta-containing amorphous calcium phosphate films formed on titanium substrates by RF magnetron sputtering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 05007 ~ 05007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/mateconf/202032105007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Narushima Takayuki、Sugizaki Yasuaki	4. 巻 321
2. 論文標題 Recent activities of titanium research and development in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATEC Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 01004 ~ 01004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/mateconf/202032101004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueda Kyosuke、Ueda Takatoshi、Narushima Takayuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Antibacterial Functionalization of Ti-based Biomaterials Based on the Understanding of the Inactivation Mechanisms of Bacteria via Photocatalytic Activity of Titanium Oxide: Visible-light Responsive Reaction of Titanium Oxide Coating	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materia Japan	6. 最初と最後の頁 612 ~ 617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/materia.59.612	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 成島尚之、上田恭介、佐原亮二、S.K. Bhattacharya	4. 巻 68
2. 論文標題 Si添加Ti-6Al-4V合金の高温酸化に関する実験的・計算材料学的研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 チタン	6. 最初と最後の頁 328 ~ 335
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上田恭介、成島尚之	4. 巻 38
2. 論文標題 非晶質リン酸カルシウムの生体内溶解性制御とAg担体として利用したチタンへの抗菌性付与	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオマテリアル生体材料	6. 最初と最後の頁 242 ~ 247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wu Jun, Ueda Kyosuke, Narushima Takayuki	4. 巻 109
2. 論文標題 Fabrication of Ag and Ta co-doped amorphous calcium phosphate coating films by radiofrequency magnetron sputtering and their antibacterial activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 110599 ~ 110599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2019.110599	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sado Shota, Ueda Takatoshi, Tokuda Yosuke, Sato Naoki, Ueda Kyosuke, Narushima Takayuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Formation of photocatalytic active TiO ₂ layers on Ti-Nb alloys by two-step thermal oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1814 ~ 1820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.ME201901	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 上田恭介, 上田隆統志, 成島尚之	4. 巻 55
2. 論文標題 熱酸化により作製したチタニアコーティング膜の可視光応答光触媒活性による抗菌機能化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 146-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 成島尚之	4. 巻 68
2. 論文標題 金属系バイオマテリアルの表面処理	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 特殊鋼	6. 最初と最後の頁 45-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 成島尚之	4. 巻 587
2. 論文標題 金属の表面処理で生体用素材を多機能化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 現代化学	6. 最初と最後の頁 50-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueda Takatoshi, Ueda Kyosuke, Ito Koyu, Ogasawara Kouetsu, Kanetaka Hiroyasu, Mokudai Takayuki, Niwano Yoshimi, Narushima Takayuki	4. 巻 107
2. 論文標題 Visible-light responsible antibacterial activity of Au-incorporated TiO ₂ layers formed on Ti-(0-10)at%Au alloys by air oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part A	6. 最初と最後の頁 991 ~ 1000
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.a.36624	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gokcekaya Ozkan, Ueda Kyosuke, Ogasawara Kouetsu, Narushima Takayuki	4. 巻 223
2. 論文標題 Antibacterial activity of Ag nanoparticle-containing hydroxyapatite powders in simulated body fluids with Cl ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 473 ~ 478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matchemphys.2018.11.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Maeda Kodai, Suzuki Satoshi, Ueda Kyosuke, Kitashima Tomonori, Bhattacharya Somesh Kr., Sahara Ryoji, Narushima Takayuki	4. 巻 776
2. 論文標題 Experimental and theoretical study of the effect of Si on the oxidative behavior of Ti-6Al-4V alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 519 ~ 528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2018.10.291	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Bhattacharya Somesh Kr., Sahara Ryoji, Suzuki Satoshi, Ueda Kyosuke, Narushima Takayuki	4. 巻 463
2. 論文標題 Mechanisms of oxidation of pure and Si-segregated -Ti surfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 686 ~ 692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2018.08.253	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 成島尚之	4. 巻 68
2. 論文標題 チタンの高温酸化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 軽金属	6. 最初と最後の頁 354-365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 NARUSHIMA Takayuki, UEDA Kyosuke, KOIZUMI Ryusuke	4. 巻 72
2. 論文標題 Antibacterial Surface Treatment of Titanium Alloys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of The Surface Finishing Society of Japan	6. 最初と最後の頁 616 ~ 621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4139/sfj.72.616	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 K. Ueda, J. Wu, K. Ito, K. Ogasawara, H. Kanetaka, T. Narushima
2. 発表標題 Antibacterial activity of Ag-Ta co-containing amorphous calcium phosphate coating films
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. Ueda, J. Wu, K. Ito, K. Ogasawara, M. Furuya, K. Yokota, H. Kanetaka, T. Narushima
2. 発表標題 Effect of Ta addition on the antibacterial activity and cytotoxicity of Ag-containing amorphous calcium phosphate coating film
3. 学会等名 International Joint Symposium 2020, The 15th International Workshop on Biomaterials in Interface Science, The 11th Symposium on Innovative Dental-Engineering Alliance (IDEA) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, T. Narushima
2. 発表標題 Visible-light-induced antibacterial activity of TiO ₂ layer formed by the two-step thermal oxidation
3. 学会等名 The 4th Symposium for The Core Research Cluster for Materials Science (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 成島尚之
2. 発表標題 金属系バイオマテリアルの表面・組織制御
3. 学会等名 東北大学材料科学ウェビナー, セッションB
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古泉隆祐、上田隆統志、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、成島尚之
2. 発表標題 チタン表面に作製した炭素・窒素含有TiO ₂ 膜の可視光照射下における抗菌能
3. 学会等名 日本金属学会第167回大会(2020年秋期)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田恭介、上田隆統志、佐藤直生、古泉隆祐、目代貴之、伊藤甲雄、小笠原康悦、金高弘恭、成島尚之
2. 発表標題 2段階熱酸化法による窒素添加酸化チタン膜の作製とその抗菌性評価
3. 学会等名 学際・国際の人材養成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト 第5回公開討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jun Wu, 上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、金高弘恭、成島尚之
2. 発表標題 Evaluation of long-term antibacterial activity of Ag-containing amorphous calcium phosphate films with various Ta contents
3. 学会等名 第3回 日本金属学会第7分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(III)」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田恭介、Wu Jun、伊藤甲雄、小笠原康悦、古谷真衣子、金高弘恭、成島尚之
2. 発表標題 Ag, Ta共添加非晶質リン酸カルシウム膜からのAgイオン放出制御と抗菌性
3. 学会等名 日本金属学会第168回大会(2021年春期)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古泉隆祐、島田啓太、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、古谷真衣子、金高弘恭、成島尚之
2. 発表標題 二段階熱酸化により作製した窒素含有TiO ₂ 膜の可視光照射誘起抗菌性および細胞毒性評価
3. 学会等名 日本金属学会第168回大会(2021年春期)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Narushima
2. 発表標題 Preparation of bioceramic coatings on Ti and its alloys by dry processes and their antibacterial activity
3. 学会等名 The 10th Pacific Rim International Conference on Advance Materials and Processing (PRICM-10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成島尚之
2. 発表標題 金属チタン研究の最先端
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成島尚之
2. 発表標題 日本チタン研究の最先端
3. 学会等名 一般社団法人日本チタン協会, 2019年度通常総会記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 R. Koizumi, N. Sato, T. Ueda, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2. 発表標題 Formation of carbon/nitrogen-added TiO ₂ layers on Ti via two-step thermal oxidation and their visible-light photocatalytic activity
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-4) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda and T. Narushima
2. 発表標題 Fabrication and bioresorbability of Ag- and Ta-containing amorphous calcium phosphate films formed on titanium substrates by RF magnetron sputtering
3. 学会等名 The 14th World Conference on Titanium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.K. Bhattacharya, R. Sahara, K. Ueda and T. Narushima
2. 発表標題 Mechanisms of oxidation of pure and Si-segregated Ti surfaces
3. 学会等名 The 14th World Conference on Titanium (Ti-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古泉隆佑、佐藤直生、上田隆統志、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、成島尚之
2. 発表標題 実用歯科用チタン・チタン合金表面に作製した炭素・窒素含有TiO ₂ 膜の可視光応答型光触媒活性
3. 学会等名 日本金属学会第166回大会(2020年春期)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古泉隆佑、佐藤直生、上田隆統志、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、成島尚之
2. 発表標題 実用歯科用チタン合金表面に作製した炭素・窒素含有TiO ₂ 膜の可視光応答性評価
3. 学会等名 第2回日本金属学会第7分野講演会「金属系バイオマテリアルサイエンスの新展開(II)」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古泉隆佑、佐藤直生、上田隆統志、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、成島尚之
2. 発表標題 二段階熱酸化によるチタンへの炭素・窒素含有TiO ₂ 膜の作製と可視光応答型光触媒活性
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会「バイオマテリアル研究を牽引する研究者との対話」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田隆統志、上田恭介、伊藤甲雄、小笠原康悦、金高弘恭、目代貴之、庭野吉己、成島尚之
2. 発表標題 Ti-Au合金表面に作製したAu添加TiO ₂ 膜の可視光照射下における抗菌能
3. 学会等名 日本防菌防黴学会 第46回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2. 発表標題 Evaluation of antibacterial activity of Ag- and Ta-containing amorphous calcium phosphate films
3. 学会等名 日本金属学会第165回大会(2019年秋期)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田恭介、成島尚之
2. 発表標題 骨形成能向上を目的としたリン酸カルシウムコーティングとその展望
3. 学会等名 第39回日本骨形態計測学会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 T. Narushima, T. Ueda, N. Sato, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and H. Kanetaka
2 . 発表標題 Antibacterial activity of TiO ₂ layers formed on Ti-Au alloys by thermal oxidation
3 . 学会等名 Finland-Japan Workshop: The next generation medical engineering in biomaterials, Joint with 3rd Bone and Biomaterials Workshop (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Narushima, K. Ueda, T. Ueda and N. Sato
2 . 発表標題 Formation and antibacterial activity of TiO ₂ layers on Ti-Au alloys
3 . 学会等名 15th International Symposium on Functionally Graded Materials, (ISFGMs2018) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Ueda, N. Sato, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, T. Mokudai, H. Kanetaka and T. Narushima
2 . 発表標題 Visible-light-driven antibacterial properties of Au-added TiO ₂ layers formed by thermal oxidation
3 . 学会等名 The 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-3) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Ueda, J. Wu, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2 . 発表標題 Bio-functionalization of amorphous calcium phosphate films by element addition
3 . 学会等名 The 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-3) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 上田恭介, J. Wu, 成島尚之, 小笠原康悦
2. 発表標題 RFマグネトロンスパッタリング法による元素添加生体内溶解性非晶質リン酸カルシウム膜の作製とその評価
3. 学会等名 スパッタリングおよびプラズマプロセス研究部会(SP部会)、第160回定例研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Sahara, S. K. Bhattacharya, S. Suzuki, K. Ueda and T. Narushima
2. 発表標題 Mechanisms of oxidation of pure and Si-segregated Ti surface
3. 学会等名 International Workshop on Evolution of Electronic Structure Theory & Experimental Realization (EESTER-2018)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Sahara, S. K. Bhattacharya, K. Ueda, T. Narushima, T. Osada, S. Bhattacharyya and K. Ohno
2. 発表標題 Design of High Temperature Materials by First Principles Based Thermodynamic Calculations
3. 学会等名 16th Discussion Meeting on Thermodynamics of Alloys (TOFA2018)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2. 発表標題 Fabrication and bioresorbability of Ag-containing amorphous calcium phosphate films with various Ta contents
3. 学会等名 2018 13th International Workshop on Biomaterials in Interface Science(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤直生, 上田隆統志, 上田恭介, 伊藤甲雄, 笠原康悦, 成島尚之
2. 発表標題 二段階熱酸化による歯科用Ti合金上へのTiO ₂ 膜作製と抗菌性評価
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2. 発表標題 Fabrication of Ag and Ta-containing amorphous calcium phosphate films by RF magnetron sputtering and their bioresorbability
3. 学会等名 東北大学金属材料研究所共同研究ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤直生, 上田隆統志, 上田恭介, 伊藤甲雄, 小笠原康悦, 成島尚之
2. 発表標題 二段階熱酸化により実用Ti合金上に作製したTiO ₂ 膜の性状と処理条件の関係
3. 学会等名 日本金属学会第163回大会(2018年秋期)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Meng, T. Ueda, N. Sato, K. Ueda and T. Narushima
2. 発表標題 Noble metal containing TiO ₂ layers formed by air oxidation and their photocatalytic activity under visible-light irradiation
3. 学会等名 日本金属学会第163回大会(2018年秋期)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara and T. Narushima
2. 発表標題 Fabrication of Ag containing amorphous calcium phosphate films with various Ta contents by RF magnetron sputtering and their bioresorbability
3. 学会等名 日本金属学会第163回大会(2018年秋期)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤直生, 上田隆統志, 上田恭介, 成島尚之, 伊藤甲雄, 小笠原康悦
2. 発表標題 熱酸化法を用いた歯科用チタン合金の抗菌化表面処理
3. 学会等名 軽金属学会第135回秋期大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田恭介, J. Wu, 成島尚之
2. 発表標題 Ta, Ag含有非晶質リン酸カルシウム薄膜の作製と擬似体液中における溶解挙動
3. 学会等名 第40回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田恭介, 佐藤直生, 上田隆統志, 成島尚之, 伊藤甲雄, 小笠原康悦, 目代貴之
2. 発表標題 二段階熱酸化法による歯科用チタン合金への可視光応答型抗菌化表面処理
3. 学会等名 学際・国際の人材養成ライフイノベーションマテリアル創製共同研究プロジェクト 生体医療・福祉材料分野 平成30年度分科会(全体会議)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田隆統志, 佐藤直生, 上田恭介, 伊藤甲雄, 小笠原康悦, 目代貴之, 金高弘恭, 成島尚之
2. 発表標題 Au蒸着Ti基板の大気酸化によるAu添加TiO ₂ 膜の作製およびその可視光誘起抗菌能
3. 学会等名 日本金属学会第164回大会(2019年春期)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Wu, K. Ueda and T. Narushima
2. 発表標題 Dissolution behavior of Ag- and Ta-containing amorphous calcium phosphate films in simulated body fluids
3. 学会等名 日本金属学会第164回大会(2019年春期)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 成島尚之, 上田恭介, 廣瀬祐介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 軽金属学会	5. 総ページ数 139
3. 書名 チタンの準安定相・析出相研究部会報告書: 研究部会報告書 77	

1. 著者名 上田恭介, 佐藤直生, 成島尚之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 315
3. 書名 無機/有機材料の表面処理・改質による生体適合性付与	

1. 著者名 T. Narushima	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Woodhead Publishing	5. 総ページ数 596
3. 書名 Metals for biomedical devices, Second Edition	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	佐原 亮二 (Sahara Ryoji) (30323075)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・構造材料研究拠点・グループリーダー (82108)	
研究分担者	小笠原 康悦 (Ogasawara Kouetsu) (30323603)	東北大学・加齢医学研究所・教授 (11301)	
研究分担者	上田 恭介 (Ueda Kyosuke) (40507901)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	金高 弘恭 (Kanetaka Hiroyasu) (50292222)	東北大学・歯学研究科・教授 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------