

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K11796

研究課題名(和文)細胞外基質認識機構による歯周組織の恒常性維持メカニズムの解明

研究課題名(英文)The biomaterials surface-mediated regulation of periodontal tissue homeostasis

研究代表者

野崎 浩佑 (Nozaki, Kosuke)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・助教

研究者番号：00507767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、歯周組織の恒常性の維持を担う歯根膜細胞を、生体材料を用いて制御することを目的とする。我々は、歯根膜において特異的に発現しているIII型コラーゲンの役割に注目し、生体材料への応用を検討した。その結果、III型コラーゲンは歯根膜細胞の骨芽細胞への再分化が抑制されることが明らかとなり、骨性癒着を予防する新たな生体材料としての利用が示唆された。また、歯科用インプラントの表面改質材として利用されているチタニアの高次構造制御を試みた。その結果、骨形成に関与すると報告されている活性酸素種の生成を制御することに成功し、今後、歯科用インプラントの表面改質材としての応用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯根膜の再生には細胞膜シートの利用が加速しているが、埋入後のキャラクターの損失などにより骨性癒着が生じることが報告されている。本研究結果より、歯根膜細胞の維持には、骨の有機主成分であるTypeIコラーゲンではなく、歯根膜に多く発現しているTypeIIIコラーゲンが有効であることが示され、細胞治療の予後の向上に寄与できると考えられる。また、チタニアの高機能化には、様々な異種元素の固溶や担持が報告されているが、生体材料として使用する際に、異種元素の影響が問題となる。本研究では、チタニアの高次構造を制御するのみで高機能化が発揮されたことから、生体材料として利用する際の優位性が担保されることが考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to control periodontal ligament cells, which are responsible for maintaining periodontal tissue homeostasis, using biomaterials. We focused on the role of type III collagen specifically expressed in the periodontal ligament and applied it to biomaterials as a surface modification material. As a result, type III collagen suppressed the redifferentiation of periodontal ligament cells into osteoblasts, suggesting its use as a new biomaterial to prevent bone formation around titanium implants. We also attempted to control the highly ordered structure of titania, which is used as a surface modifier for dental implants. As a result, we succeeded in controlling the production of reactive oxygen species that have been reported to be involved in bone formation and are expected to be applied as a surface modifier for dental implants in the future.

研究分野：生体材料学

キーワード：表面改質 歯根膜 恒常性 ハイドロキシアパタイト III型コラーゲン チタニア

1. 研究開始当初の背景

歯と歯槽骨を結合する歯根膜組織は、多種多様な細胞群を含む線維性結合組織であり、骨とセメント質の2つの硬組織に囲まれているにもかかわらず石灰化せず、その厚さが一定である生体内でも稀有な組織で、歯周組織の恒常性の維持を担う。歯科診療において近年、幅広く用いられているインプラント治療は、この歯根膜組織が存在しないため、インプラント体周囲の歯周組織のリモデリングが行われず、加齢等による生体反応への適応性が低い。また、天然歯において歯周組織は細菌感染に対するバリア機能を発揮するが、インプラントによる治療が細菌感染に対して抵抗性が低い原因も、歯周組織の欠損に由来する。

これら問題点を解決する為に、歯根膜を含む歯周組織をインプラント体表面で再生させることが急務とされている。歯周組織再生誘導を成功する為には、線維性結合組織の石灰化抑制とともに、歯槽骨と結合する部位においては、石灰化の誘導が必要となる。歯根膜組織の歯根膜線維芽細胞は、硬組織のリモデリングを担う骨芽細胞、セメント芽細胞をパラクライン的相互作用や細胞間相互作用により制御することが報告されており、歯根膜線維芽細胞が歯周組織再生の主たる役割を担うと考えられる。

また、インプラント表面での損傷治癒過程における細胞機能は、足場である材料表面の化学組成や表面構造、粘弾性などにより制御されることが報告されている。現在、臨床応用されている歯科用インプラントの表面改質は、骨との早期結合のために、骨芽細胞の骨形成能の促進を目指して設計されている。しかしながら、硬組織と軟組織の構造が高度に制御されている歯周組織の再生では、硬組織のみならず、軟組織の再生を同時に誘導する必要がある。

歯根膜は、主に有機成分のうち TypeI コラーゲンが 75%、TypeIII コラーゲンが 20%を占め、またセメント質、歯槽骨は無機成分としてハイドロキシアパタイト (HAp)、有機成分として TypeI および TypeIII コラーゲンが占めている。特に TypeIII コラーゲンは、生体内でも幼若な組織や歯根膜において高度に発現しているタンパク質で、メカニカルストレスに呼応して発現が制御されていることが報告されているが、その歯周組織における明確な機能は不明である。

また、近年、チタニア (TiO₂) は歯科領域において、義歯洗浄剤やホワイトニング用材料、インプラントのコーティング材料として利用されている。チタニアの高機能性は、光触媒作用による酸化還元反応によるものと考えられている。紫外線照射によりチタニア内部で生成した電子と正孔により液相中では、スーパーオキシドやハイドロキシルラジカルなどの活性酸素種 (ROS) を生成し、汚染物質など有機質が分解される。また、同様のメカニズムで抗菌性を発揮することも可能である。

光触媒作用は、チタニア粒子の露出する結晶面に依存することが報告されており、主に {101} 面と {001} 面の割合が重要な因子となる。チタニアの {101} 面と {001} 面の結晶成長の制御方法が検討されており、フッ素イオンを {001} 面に吸着させ、結晶成長を抑制することにより {001} 面が多く露出したチタニア粒子の作製に成功している。このように作製したチタニアナノシートは、メチレンブルーを用いた色素分解試験において、市販されているチタニアナノ粒子と比較して優れた色素分解性を有していることが報告されている(1)。

2. 研究の目的

そこで本研究は、歯周組織恒常性維持のメカニズムのうち、生体内での足場 (細胞外基質) の違いが細胞機能に及ぼす影響を明らかにすることにより、歯周組織再生を促進する歯科用インプラント材料の開発の基盤となる基礎的研究を行う。また、高次構造制御したチタニアを、抗菌性生体材料として利用するためには、最も効果的な結晶面を有するチタニアナノシートの開発が必要と考えられる。そこで本研究では、高次構造制御したチタニアナノシートを抗菌性生体材料として応用する為に、種々の {101} {001} 面の割合を有する高次構造制御チタニアナノシートを作製し、その光触媒活性を評価することを目的とする。

3. 研究の方法

歯周組織における TypeIII コラーゲンの役割とその生体材料への応用

水酸化カルシウム水溶液にリン酸水溶液を Ca/P=1.67 になるように滴下し、攪拌・熟成をそれぞれ 24 時間行った。真空濾過を行い 800℃にて仮焼後、粉体を一軸加圧成形した。試料は水蒸気雰囲気下で 1250℃にて焼結させた。作製した HAp は X 線回折 (XRD) およびフーリエ変換型赤外分光 (FT-IR) にてキャラクタリゼーションを行った。Type I コラーゲンおよび TypeIII コラーゲンに作製した HAp を浸漬し、ディップコーティングを施した。24 時間、室温にて乾燥後、各試料のキャラクタリゼーションとして走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面構造解析と、FT-IR による成分分析を行った。Wistar Rat (6 週齢、雄) の上顎第一、第二臼歯を抜歯し歯根膜細胞を単離・継代培養した。各試料上に細胞を播種し、1, 3 日後に MTT assay を用いて細胞増殖能の評価を行った。また、細胞播種後、コンフルエントになった後に、骨芽細胞分化培地に交換し 7, 10, 14 日後に alizarin red S にて染色を行った。歯根膜細胞の石灰化能の定量評価として染色された石灰化化合物を、塩酸を用いて溶解し、415nm の吸光度を測定した。また、4,

7日後にリアルタイムPCRを用いて alkaline phosphatase (ALP) と collagen type I alpha I (Colla1) の遺伝子発現量を解析した。

結晶方位を制御したチタニアナノシートの作製と生体材料への応用

ヘキサフルオロチタン酸アンモニウムおよびチタンブトキシドを開始剤として使用した。ヘキサフルオロチタン酸アンモニウムを HCl に溶解し、チタンブトキシドと混合した。{001} / {101} ファセット比を制御するために、混合物中のフッ素/チタンモル比を 1.0 (NS1.0), 1.2 (NS1.2), 1.5 (NS1.5), 1.8 (NS1.8) および 2.0 (NS2.0) に設定した。溶液を高圧反応容器に入れ、水熱合成を行なった後、沈殿物を蒸留水とメタノールで洗浄し、蒸留水に分散させた。

物質の結晶構造、形態、および化学成分を、X線回折計、走査型電子顕微鏡、透過型電子顕微鏡、およびエネルギー分散型 X 線分光計を使用して特徴付けた。ナノシートの長さおよび厚さは、TEM 画像から測定した。{001} ファセット比を算出した。

ヒドロキシルラジカル(HR)の発生量を測定するため、20mMNaTA 溶液に分散した TiO₂ ナノシート (NS1.0, NS1.2, NS1.5, NS1.8, NS2.0) を入れ、波長 365 nm の紫外線を強度 2.5 mW/cm² で 60 分間照射した。この研究では、TiO₂ ナノ粒子を対照群として使用した。照射後、溶液を遠心分離(8000×g)、上清を収集し、蛍光マイクロプレートリーダーを使用して蛍光強度 (Ex 340 / Em 460 nm) を測定した。HR の検量線を作成するために、2-ヒドロキシテフタル酸を蒸留水に溶解し、代表的な濃度まで希釈した。溶液の吸光度を測定した。対応する HR 濃度の推定を行なった。同様に、スーパーオキシド(SO)の発生量を測定した。1mM NBT 溶液に分散した TiO₂NS と NP をプレートに注ぎ、同条件にて 60 分間光照射した。UV 照射後、溶液を遠心分離し、上清を廃棄した。沈殿物をジメチルスルホキシドに溶解し、マイクロプレートリーダーを使用して溶液の吸光度を測定した。SO の検量線を作成するために、50mM リン酸カリウムバッファー (pH 7.8) 中に 27 μM リボフラビン、17mM メチオン、および 1 mg / mL NBT を含む反応混合物を室温で 1 時間インキュベートした。紫色の沈殿物を蒸留水とエタノールで洗浄し、60°C で一晚乾燥させて重量を測定した。標準溶液は、純粋なホルマザンを DMSO に溶解し、代表的な濃度まで希釈することにより調製し、580nm の吸光度を測定した。

4. 研究成果

歯周組織における TypeIII コラーゲンの役割とその生体材料への応用

作製した試料は、XRD 解析により HAp に一致するピークが観察された (図 1)。また、FT-IR 測定よりリン酸イオンおよび水酸化物イオンの振動が観察された。SEM より、HAp は緻密な多結晶体であり、Type I, Type III コラーゲンをコートした試料では線維状の構造が観察された (図 2)。FT-IR 測定より、コラーゲンの特徴である Amide I, II, III バンド、CH₂, CH₃ に帰属するピークが観察され、適切にコーティングされたことが示唆された (図 3)。

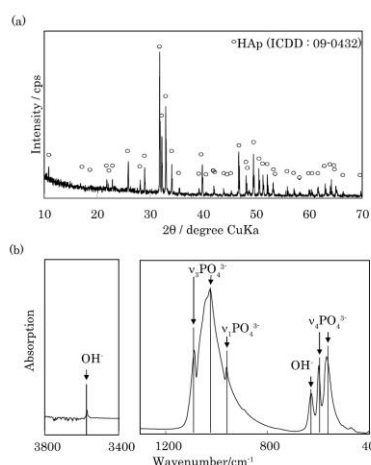


図 1 HAp の作製

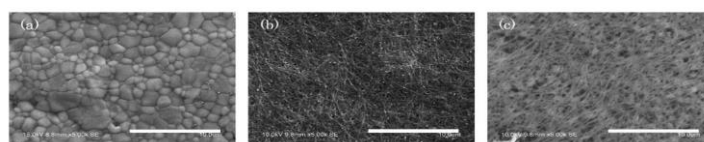


図 2 HAp と TypeI, TypeIII コラーゲンをコートした HAp 表面

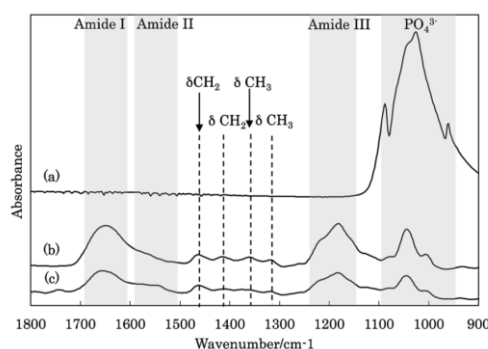


図 3 コートした HAp の FT-IR 解析

歯根膜細胞の細胞増殖能の評価では、HAp および Type I と比較し、Type III では有意に高い増殖能を示した (図 4)。石灰化試験およびリアルタイム PCR の結果より、HAp および Type I コラーゲンにおいて骨芽細胞への分化と骨形成能が促進され、Type III コラーゲンでそれぞれ抑制された (図 5)。Type I コラーゲンに接着した歯根膜幹細胞は硬組織形成細胞に分化し硬組織を形成するが、type III collagen は接着能を促進し石灰化抑制のために未分化の状態を維持することを示した。歯根膜組織の再生足場として TypeIII コラーゲンの有用性が示唆された。

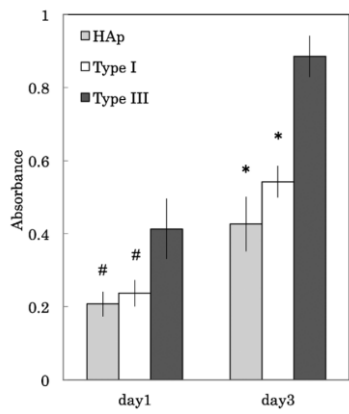


図4 細胞増殖性評価

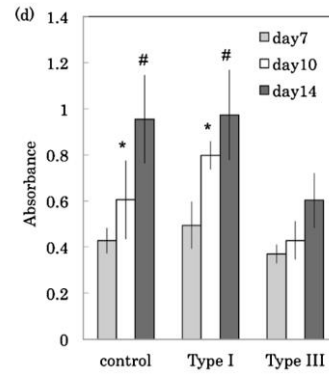
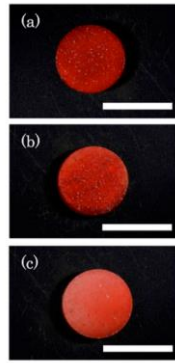


図5 石灰化能評価

結晶方位を制御したチタニアナノシートの作製と生体材料への応用

XRD 測定により、作製した試料はいずれもアナターゼ型チタニアであった。また、EDS 測定より、酸化チタン表面にはフッ素が残存していた。TEM 観察により各試料の大きさを測定したところ、F/Ti 比の増加に伴いナノシートの大きさが増加した。また、過去の報告を参考に(001)面の割合を求めたところ、52.6(NS1.0)、60.3(NS1.2)、74.9(NS1.5)、89.2(NS1.8)、92.9(NS2.0)%であった(図6)。

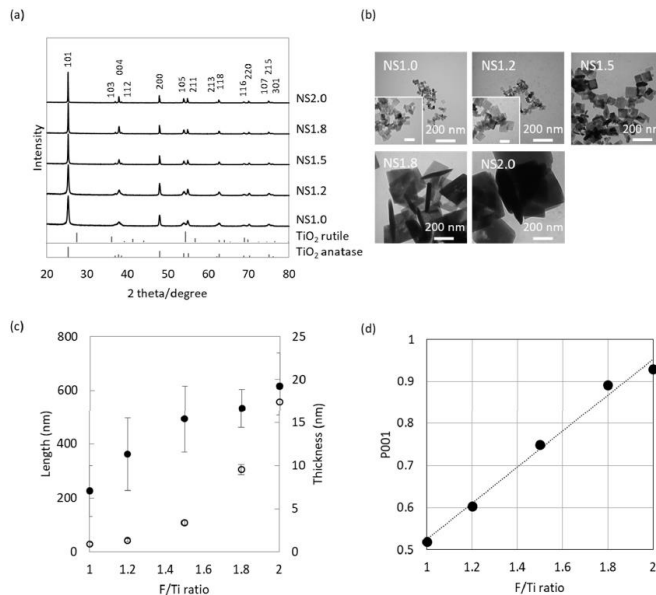


図6 チタニアナノシートのキャラクタリゼーション

UV 照射により、それぞれの試料においてヒドロキシルラジカル及びスーパーオキシドが生成した。ヒドロキシルラジカル及びスーパーオキシドはそれぞれ NS1.5、NS1.0 において最大の発生量を示した(図7)。ヒドロキシルラジカルは酸化反応、還元反応両方の過程において発生するので紫外線照射により励起された電子が正孔と再結合されにくい場合においてより大きい値を示すと考えられ、スーパーオキシドは還元反応の過程においてのみ発生するので、(101)面が占める割合が大きい NS1.0 において最大量発生すると考えられた。

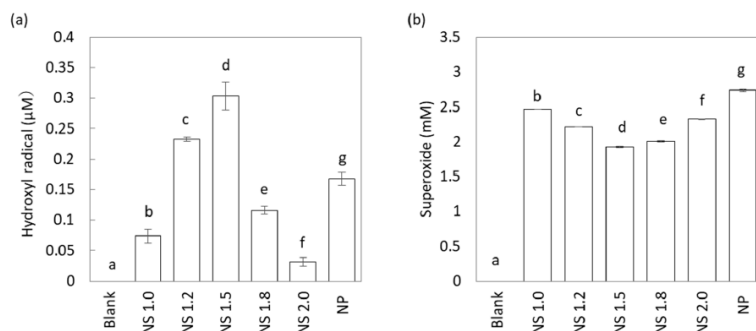


図7 活性酸素の発生量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hayashi Kenichiro, Nozaki Kosuke, Tan Zhenquan, Fujita Kazuhisa, Nemoto Reina, Yamashita Kimihiro, Miura Hiroyuki, Itaka Keiji, Ohara Satoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Enhanced Antibacterial Property of Facet-Engineered TiO2 Nanosheet in Presence and Absence of Ultraviolet Irradiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 78 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma13010078	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 該当する
1. 著者名 Shimabukuro Masaya, Tsutsumi Yusuke, Yamada Risa, Ashida Maki, Chen Peng, Doi Hisashi, Nozaki Kosuke, Nagai Akiko, Hanawa Takao	4. 巻 5
2. 論文標題 Investigation of Realizing Both Antibacterial Property and Osteogenic Cell Compatibility on Titanium Surface by Simple Electrochemical Treatment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Biomaterials Science & Engineering	6. 最初と最後の頁 5623 ~ 5630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsbmaterials.8b01058	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 Shimabukuro Masaya, Tsutsumi Yusuke, Nozaki Kosuke, Chen Peng, Yamada Risa, Ashida Maki, Doi Hisashi, Nagai Akiko, Hanawa Takao	4. 巻 9
2. 論文標題 Chemical and Biological Roles of Zinc in a Porous Titanium Dioxide Layer Formed by Micro-Arc Oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coatings	6. 最初と最後の頁 705 ~ 705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/coatings9110705	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 Wint Wit Yee, Horiuchi Naohiro, Nozaki Kosuke, Nagai Akiko, Yamashita Kimihiro, Miyashin Michiyo	4. 巻 30
2. 論文標題 Plate-like hydroxyapatite synthesized from dodecanedioic acid enhances chondrogenic cell proliferation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bio-Medical Materials and Engineering	6. 最初と最後の頁 375 ~ 386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/BME-191060	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 Komuro Hiroaki, Wint Wit Y., Horiuchi Naohiro, Nozaki Kosuke, Sasano Tetsuo, Miyashin Michiyo, Yamashita Kimihiro, Nagai Akiko	4. 巻 108
2. 論文標題 An oriented hydroxyapatite film with arrayed plate like particles enhance chondrogenic differentiation of ATDC5 cells	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 537 ~ 544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.a.36834	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 Horiuchi Naohiro, Shibata Kotaro, Saito Hironori, Iwabuchi Yuki, Wada Norio, Nozaki Kosuke, Hashimoto Kazuaki, Tanaka Yumi, Nagai Akiko, Yamashita Kimihiro	4. 巻 18
2. 論文標題 Size Control Synthesis of Hydroxyapatite Plates and Their Application in the Preparation of Highly Oriented Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 5038 ~ 5044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.8b00480	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 Fujita Kazuhisa, Nozaki Kosuke, Horiuchi Naohiro, Yamashita Kimihiro, Miura Hiroyuki, Nagai Akiko	4. 巻 29
2. 論文標題 Regulation of periodontal ligament-derived cells by type III collagen-coated hydroxyapatite	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bio-Medical Materials and Engineering	6. 最初と最後の頁 15 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/BME-171709	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 Yamada Risa, Nozaki Kosuke, Horiuchi Naohiro, Yamashita Kimihiro, Nemoto Reina, Miura Hiroyuki, Nagai Akiko	4. 巻 78
2. 論文標題 Ag nanoparticle-coated zirconia for antibacterial prosthesis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 1054 ~ 1060
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2017.04.149	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 Iwata Natsuko, Nozaki Kosuke, Horiuchi Naohiro, Yamashita Kimihiro, Tsutsumi Yusuke, Miura Hiroyuki, Nagai Akiko	4. 巻 105
2. 論文標題 Effects of controlled micro-/nanosurfaces on osteoblast proliferation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Materials Research Part A	6. 最初と最後の頁 2589 ~ 2596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jbm.a.36118	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16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 野崎浩佑, 林建一郎, 小若泰之, 三原朋之, 根本怜奈, 三浦宏之
2. 発表標題 暗所下におけるチタニアナノシートのレドックス活性効果
3. 学会等名 日本補綴歯科学会 東京支部第23回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高次構造制御チタニアナノシートによる暗所下における抗菌活性の向上
2. 発表標題 野崎浩佑, 林建一郎, 譚振権, 山下仁大, 三浦宏之, 大原智, 位高啓史
3. 学会等名 第41回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Antibacterial effect of highly oriented TiO ₂ nanosheet in dark conditions
2. 発表標題 Kosuke Nozaki, Kenichiro Hayashi, Zhenquan Tan, Kimihiro Yamashita, Hiroyuki Miura, Satoshi Ohara, and Keiji Itaka
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高次構造制御によるチタニアナノシートのレドックス活性の最適化
2. 発表標題 林建一郎, 野崎浩佑, 小若泰之, 三原朋之, 根本怜奈, 大原智, 三浦宏之
3. 学会等名 日本補綴歯科学会 第128回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高次構造制御による抗菌性チタニアの高機能化
2. 発表標題 野崎浩佑, 林建一郎, 小若泰之, 三原朋之, 根本怜奈, 三浦宏之, 大原智
3. 学会等名 日本補綴歯科学会 第128回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高次構造制御によるチタニアナノシートのレドックス活性と抗菌活性制御
2. 発表標題 林建一郎, 野崎浩佑, 根本怜奈, 山下仁大, 三浦宏之
3. 学会等名 日本歯科理工学会平成31年度春季第73回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野崎 浩佑, 林 建一郎, 譚 振権, 堀内 尚紘, 山下 仁大, 三浦 宏之, 大原 智, 位高 啓史
2. 発表標題 高次構造制御による抗菌性チタニアナノシートの最適化
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 Kenichiro Hayashi, Kosuke Nozaki, Zhenquan Tan, Naohiro Horiuchi, Kimihiro Yamashita, Hiroyuki Miura, Keiji Itaka and Satoshi Ohara
2. 発表標題 Antibacterial property of titania nanosheet synthesized by organic ligand-assisted hydrothermal reaction
3. 学会等名 The 3rd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials for Interdisciplinary and International Researcher Development (iLIM-3) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林建一郎, 野崎浩佑, 山田理沙, 根本伶奈, 三浦宏之, 大原智
2. 発表標題 高次構造制御したチタニアナノシートの抗菌活性評価
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第127回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野崎 浩佑, 藤田和久, 山下 仁大, 三浦 宏之, 永井 亜希子
2. 発表標題 III型コラーゲンコートアパタイトによる歯根膜の石灰化制御
3. 学会等名 第69回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤田和久, 野崎浩佑, 三浦宏之, 永井亜希子
2. 発表標題 III型コラーゲンコートハイドロキシアパタイトによる歯根膜幹細胞挙動の制御
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第126回学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野崎浩佑, 藤田和久, 三浦宏之, 永井亜希子
2. 発表標題 埋入部位が吸収性骨補填材の骨形成および吸収性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第126回学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kosuke Nozaki, Takayuki Endo, Naohiro Horiuchi, Kimihiro Yamashita, Kazuaki Hashimoto, Keiji Itaka, Akiko Nagai
2. 発表標題 Electrical and structural evaluation of sodium ion doped beta-tricalcium phosphate
3. 学会等名 The Tenth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-10) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野崎浩佑, 遠藤敬幸, 堀内尚紘, 山下仁大, 橋本和明, 位高啓史, 永井亜希子
2. 発表標題 ナトリウムイオン固溶 型リン酸三カルシウムの電気特性と構造評価
3. 学会等名 第26回無機リン化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Nozaki, K. Fujita, N. Horiuchi, K. Yamashita, H. Miura, A. Nagai, K. Itaka
2. 発表標題 Regulation of periodontal ligament-derived cell morphology by type III collagen-coated hydroxyapatite
3. 学会等名 2nd International Symposium on Creation of Life Innovation Materials (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野崎浩佑, 山下仁大, 永井亜希子
2. 発表標題 表面電荷を有する 型リン酸三カルシウムエレクトレットの構造と特性
3. 学会等名 日本歯科理工学会平成29年度秋期第70回学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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	永井 亜希子 (Nagai Akiko) (40360599)	愛知学院大学・歯学部・准教授 (33902)	
研究分担者	堀内 尚紘 (Horiuchi Naohiro) (90598195)	東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・助教 (12602)	

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
---------	---------