

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22991

研究課題名(和文) 過飽和液中レーザープロセスを利用した強化エナメル再生と初期う蝕制圧

研究課題名(英文) Strengthened enamel formation via laser irradiation in a supersaturated solution for the prevention of tooth caries

研究代表者

大矢根 綾子(OYANE, Ayako)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・研究グループ長

研究者番号：50356672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者らは近年、リン酸カルシウム過飽和溶液中でのレーザー照射プロセス(過飽和液中レーザー照射法)に基づくアパタイト成膜技術を開発した。本研究では、この成膜技術を生体歯牙由来のエナメル質基材に適用した。基材への前処理条件ならびに照射条件を検討・最適化した結果、わずか3分のレーザー照射によって、エナメル質基材の表面にフッ素含有アパタイト結晶層(厚さ約1.5マイクロメートル)を形成させることができた。得られた表面層は、エナメル質アパタイトの結晶軸方位を受け継ぎ、基材表面に対し垂直方向にc軸配向した針状ナノ結晶群からなるエナメル様のフッ素含有アパタイト結晶層であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯の最表面のエナメル質は、緻密に配向集積したアパタイト針状ナノ結晶からなる硬組織である。エナメル質の溶解はう蝕の原因となることから、アパタイトへのフッ素添加による耐溶解性向上を目的に、フッ素入り歯磨粉や歯面塗布剤等が使用される。本研究では、研究代表者らの過飽和液中レーザー照射法により、生体エナメル質基材の表面にフッ素含有アパタイト結晶層を迅速形成できることを実証した。得られた表面層はエナメル様の配向針状ナノ結晶からなり、フッ素を高濃度に含有していたことから、本法を、う蝕予防効果を持つ耐溶解性歯面の人工構築に応用できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：The human tooth enamel is comprised of well-organized apatite nanocrystals. Dissolution of enamel apatite (demineralization) can be a cause of dental decay. To prevent irreparable demineralization, fluoride ions are applied to a tooth surface to increase acid-resistance of enamel apatite through partial ionic substitution. In this study, we demonstrated rapid formation of a fluoride-incorporated apatite layer on a human enamel substrate via laser-assisted pseudo-biomineralization. In this process, pulsed laser or dental diode laser (in combination with light absorbing agent) was used to irradiate the enamel surface to accelerate pseudo-biomineralization in a supersaturated calcium phosphate solution supplemented with NaF. The thus-formed surface layers consisted of enamel-like needle-like apatite nanocrystals with c-axis orientation and contained fluoride ions throughout the layer. The present process would be a useful new tool to protect and strengthen the enamel surface.

研究分野：無機生体材料

キーワード：レーザー エナメル質 アパタイト コーティング フッ素 過飽和溶液 バイオミネラリゼーション

## 1. 研究開始当初の背景

ヒトの歯の最表面を構成するエナメル質は、高度に配向制御された水酸アパタイト針状ナノ結晶の集合体であり、その優れた力学強度・耐酸性により、過酷な口腔内環境で機能を維持している。しかし、エナメル質表面に病原細菌が付着・定着すると、それらの産生する酸によってエナメル質アパタイト結晶が溶解(脱灰)し、初期う蝕を生じる。初期う蝕が進行すると、やがてう窩(穴)を形成し、重症化すると抜髄となり、最終的には抜歯に至る。初期う蝕の発生・進行を防ぐため、エナメル質の耐酸性向上を目的として、フッ素入り歯磨粉や歯面塗布剤などが使用されている。フッ化物イオンは、アパタイトの水酸基の一部を置換することで、その溶解度を低減する(耐酸性を高める)効果を持つためである。

研究代表者らは近年、フッ化物イオンを添加したリン酸カルシウム過飽和溶液中に浸漬された焼結水酸アパタイト基材(歯質のモデル物質)に低エネルギーパルスレーザー光を30分照射するだけで(過飽和液中レーザー照射法[1,2])、エナメル様の配向構造を有するフッ素含有アパタイトナノ結晶層を同基材上に迅速形成できることを見出した[3]。さらに、このエナメル様結晶層が、焼結水酸アパタイトを上回る耐酸性を示すだけでなく、う蝕原因菌(*S. mutans*)に対し抗菌性を示すことを *in vitro* 試験により明らかにした[3]。すなわち、本法により得られるフッ素含有アパタイト結晶層は、単に形態的にエナメル質に類似しているだけでなく、う蝕予防に有効な耐酸性と抗菌性を示すことが期待される。研究代表者らは、同様のフッ素含有アパタイト結晶層を天然エナメル質の表面に迅速形成できれば、初期う蝕の予防に有効なエナメル質歯面の保護・強化技術になり得ると着想し、ヒトの歯牙より作製されるエナメル質基材に対し、上記の過飽和液中レーザー照射法[3]を適用した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、研究代表者らの過飽和液中レーザー照射法[1-3]をヒト歯牙より作製されるエナメル質基材に適用し、同基材表面にフッ素含有アパタイト結晶層を迅速形成する技術を確立すると共に、得られた結晶層の微細構造を分析し、エナメル質との構造類似性ならびに接合状態を明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

患者より提供された歯牙を使用する本研究の計画については、国立研究開発法人産業技術総合研究所の生命倫理委員会ヒト由来試料実験部会および北海道大学病院自主臨床研究審査委員会での審査と両機関の承認を得た上で、以下に示す方法で実施した。

下記(2)で使用するレーザー機器としては、これまでの研究で使用されてきた Nd:YAG パルスレーザーに加えて、医療機器として承認済みの 歯科用半導体レーザーを用いることとした。の歯科用半導体レーザーは、昭和薬品化工株式会社(現株式会社ジーシー昭和薬品)より無償貸与を受けた。

### (1) エナメル質基材の作製

研究分担者の所属機関である北海道大学病院において、患者の同意を得て抜去歯牙(通常の治療目的で抜去された歯牙)の提供を受けた。エナメル質が表面に露出するよう歯牙をカッティングした後、超音波洗浄に付し、エナメル質基材(図1)を作製した。

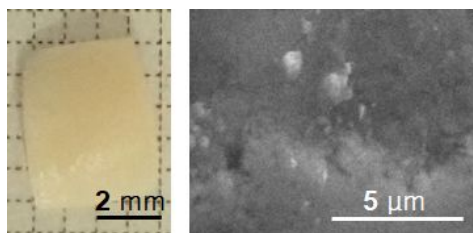


図1 エナメル質基材の全体像(左)および表面 SEM 像(右)

### (2) フッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液の調製

既報[3]に従い、まずフッ素無添加のリン酸カルシウム過飽和溶液(pH=7.40, 25°C)を調製した。次項(3)の過飽和液中レーザー照射の直前に、上記溶液にフッ化ナトリウム(1 mM)を添加・溶解し、フッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液を得た。

### (3) 過飽和液中レーザー照射

#### Nd:YAG レーザー照射

前項(2)で調製されたフッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液中に、前々項(1)で作製されたヒトエナメル質基材を設置した。ヒト象牙質基材に対する検討結果[4]を参考に、同基材の表面にナノ秒パルス Nd:YAG レーザー(Spectra-Physics 製 Quanta-Ray LAB-150-30, 30 Hz)の3倍高調波(355 nm、非集光)を、直径5 mmの孔(金属製マスク)を通し10分間照射した(図2左)。照射面のエネルギー密度は6 W/cm<sup>2</sup>とした。照射後の基材を過飽和溶液から速やかに取り出し、超純水で洗浄後、風乾した。

## 歯科用半導体レーザー照射

波長 808 nm の歯科用半導体レーザー（株式会社ジーシー昭和薬品製 S レーザー）に、直径 300  $\mu\text{m}$  の光ファイバーをセットした。ヒト象牙質基材に対する検討結果[5]を参考に、照射に先立つ前処理として、同レーザー光波長付近に吸収帯を持つシアニン色素系診断薬、インドシアニングリーン (ICG) の溶解液をエナメル質基材上に塗布し、同基材表面にレーザー光吸収性を付与した。

前項 (2) で調製されたフッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液中に、ICG 前処理を施したヒトエナメル質基材を設置し、歯科用半導体レーザー光を 3 分間照射した (図 2 右)。基材表面と光ファイバー先端間の距離は 10 mm、レーザー光の出力は 3 W (照射面のエネルギー密度: 17  $\text{W}/\text{cm}^2$ ) とした。照射後の基材を過飽和溶液から速やかに取り出し、超純水で洗浄後、風乾した。

比較実験として、ヒトエナメル質基材 (ICG 前処理なし) をフッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液に浸漬し、レーザー光を照射せずに 25°C で 20 時間保持した。浸漬 20 時間後、過飽和溶液から基材を取り出し、超純水で洗浄後、風乾した。

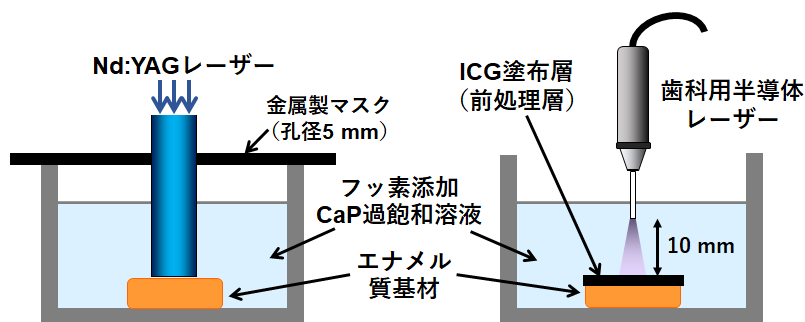


図 2 Nd:YAG レーザー (左) および 歯科用半導体レーザー (右) による過飽和液中レーザー照射の模式図

### (4) 基材表面の組成・構造分析

前項 (3) で得られたエナメル質基材の表面形態、結晶構造、および化学組成を、走査電子顕微鏡 (SEM) 分析、エネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析、透過電子顕微鏡 (TEM) 分析、および制限視野電子回折法 (SAED) により調べた。TEM 分析用のサンプルは、集束イオンビーム加工観察装置によるマイクロサンプリング法により、エナメル質基材表層より断面組織を採取、薄膜化して作製した。

## 4. 研究成果

### (1) Nd:YAG レーザーによる過飽和液中レーザー照射法

図 3 に、Nd:YAG レーザーによる過飽和液中レーザー照射後のエナメル質基材表面の SEM 像を示す。未処理の基材表面 (図 1 右) に対し、レーザー光非照射域 (図 3 左) には顕著な構造変化は認められなかった。一方、レーザー光照射域 (図 3 右) にはサブミクロンスケールの凹凸構造の形成が認められた。EDX 等の分析結果から、エナメル質基材の照射域にフッ素含有アパタイト結晶層が形成したと考えられた。

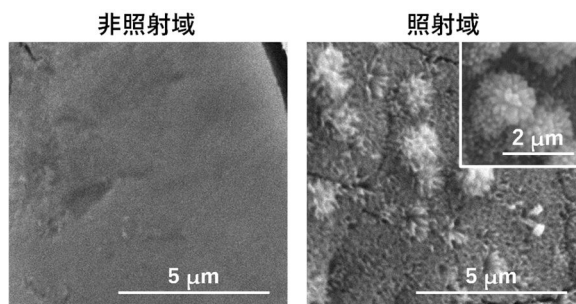


図 3 Nd:YAG レーザーによる過飽和液中レーザー照射 (10 分) 後のエナメル質基材表面 (左: 非照射域、右: 照射域) の SEM 像

### (2) 歯科用半導体レーザーによる過飽和液中レーザー照射法

図 4 に、歯科用半導体レーザーによる過飽和液中レーザー照射後のエナメル質基材表面の SEM 像を示す。レーザー照射域には、Nd:YAG レーザー照射域 (図 3 右) と同様の、サブミクロンスケールの凹凸構造の形成が認められた。基材表層部断面の形態・化学組成を TEM-EDX により (図 5) 結晶構造を SAED により分析した結果、生成した表面層は 1.5  $\mu\text{m}$  程度の厚みを持つフッ素含有アパタイト結晶層であり、エナメル質基材のアパタイト結晶軸方位を受け継ぎ、基材表面に対し垂直方向に c 軸配向した針状結晶群からなることを明らかにした。フッ素含有アパタイト結晶層、およびエナメル質基材との界面領域に ICG の残存は認められず (ICG の構成元素である硫黄不検出)、レーザーアブレーションにより消失したと考えられた。

比較実験の結果、未処理のエナメル質基材をレーザー非照射下でフッ素添加リン酸カルシウム過飽和溶液中に浸漬した場合にも、基材表面にフッ素含有アパタイト結晶層が形成されるものの、ミクロン厚の結晶層を得るためには 20 時間

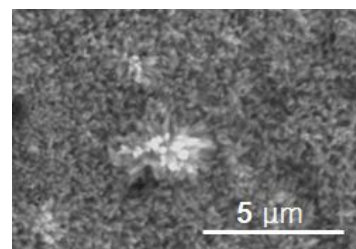


図 4 歯科用半導体レーザーによる過飽和液中レーザー照射 (3 分) 後のエナメル質基材表面の SEM 像



もの浸漬時間を要することを確認した。本過飽和液中レーザー照射では、基材表面に塗布された ICG 層がレーザー光を吸収し、表面および周囲の溶液を加熱したことで、アパタイト結晶の生成・成長を加速したものと考えられる。

### (3) まとめ

過飽和液中レーザー照射法によれば、わずか 3~10 分の照射時間で、エナメル質基材の表面にフッ素含有アパタイト結晶層を形成できることを明らかにした。これより、本過飽和液中レーザー照射法による成膜技術が、焼結水酸アパタイト基材[3]およびヒト象牙質基材[4,5]だけでなく、ヒトエナメル質基材にも有効であることを実証した。

歯科用半導体レーザー照射(3分)で得られた表面層は、エナメル質基材のアパタイト結晶軸方位を受け継ぎ、基材表面に対し垂直方向に c 軸配向した針状ナノ結晶群からなるエナメル様のフッ素含有アパタイト結晶層であった。フッ素含有アパタイトは耐酸性と抗菌性を併せ示すことから [3, 4]、本成膜技術を、う蝕予防効果を持つ耐酸性歯面の人工構築に応用できる可能性がある。

### 引用文献

- [1] A. Oyane et al., *J. Biomed. Mater. Res. A*, 2012, **100A**, 2573.
- [2] Nakamura et al., *J. Mater. Chem. B*, 2016, **4**, 6289.
- [3] A.J. Nathanael et al., *Acta Biomaterialia* 2018, **79**, 148.
- [4] A. Oyane et al., *Mater. Sci. Eng. C*, 2020, **116**, 111170.
- [5] A. Oyane et al., *Inter. J. Mol. Sci.*, 2022, **23**, 15981.

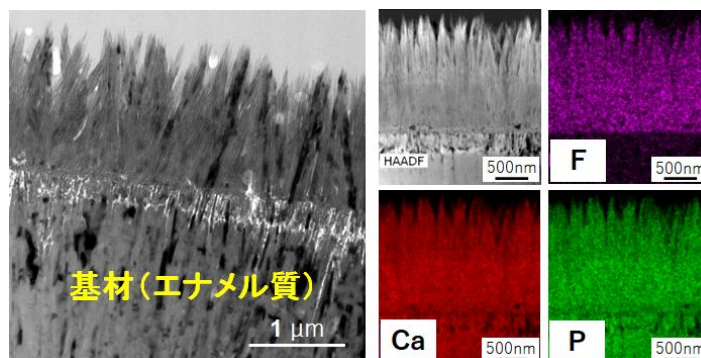


図5 歯科用半導体レーザーによる過飽和液中レーザー照射(3分)後のエナメル質基材表層部の断面 TEM 像(左)、HAADF 像(中上)および走査 TEM-EDX による F(右上)、Ca(中下)、P(右下)の分布図

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>中村 真紀、大矢根 綾子  | 4. 巻<br>41            |
| 2. 論文標題<br>薬物送達のためのリン酸カルシウムナノ粒子・薄膜の液相合成   | 5. 発行年<br>2023年       |
| 3. 雑誌名<br>FCレポート  | 6. 最初と最後の頁<br>22-26   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし   | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>A. Oyane, I. Sakamaki, M. Nakamura, K. Koga, K. Shitomi, S. Tanaka, H. Miyaji   | 4. 巻<br>23            |
| 2. 論文標題<br>Fluoridated apatite coating on human dentin via laser-assisted pseudo-biomineralization with the aid of a light-absorbing molecule | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Int. J. Mol. Sci  | 6. 最初と最後の頁<br>15981   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.3390/ijms232415981  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>H. Miyaji, A. Oyane, A. Narazaki  | 4. 巻<br>64            |
| 2. 論文標題<br>Biological Modification of Tooth Surface by Laser-Based Apatite Coating Techniques   | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>J. Oral Biosci.   | 6. 最初と最後の頁<br>217-221 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1016/j.job.2022.03.004  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |
| 1. 著者名<br>宮治裕史、奈良崎愛子、大矢根綾子  | 4. 巻<br>36            |
| 2. 論文標題<br>レーザーを用いたアパタイトコーティング技術による歯表面の生物学的改質   | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>New Glass（ニューガラスフォーラム）  | 6. 最初と最後の頁<br>15-17   |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし   | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>大矢根綾子、奈良崎愛子、宮治裕史                | 4. 巻                |
| 2. 論文標題<br>レーザープラズマによる人工バイオミネラリゼーションと歯面改質 | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>JSPSプラズマ材料科学第153委員会第152回研究会資料   | 6. 最初と最後の頁<br>41-48 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし            | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>大矢根綾子、中村真紀、宮治裕史                       | 4. 巻<br>28            |
| 2. 論文標題<br>歯科応用のための抗菌性リン酸カルシウム薄膜・ナノ粒子の迅速合成技術の開発 | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>J. Soc. Inorg. Mater., Japan          | 6. 最初と最後の頁<br>164-169 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>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<br>-             |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>A. Oyane, I. Sakamaki, K. Koga, M. Nakamura  | 4. 巻<br>10         |
| 2. 論文標題<br>Formation of a calcium phosphate layer immobilizing cobalt chromite nanoparticles on cobalt-chromium alloy by a laser-assisted biomimetic process | 5. 発行年<br>2020年    |
| 3. 雑誌名<br>Appl. Sci.   | 6. 最初と最後の頁<br>5584 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3390/app10165584  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>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<br>-          |

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名<br>A. Oyane, I. Sakamaki, K. Koga, M. Nakamura, K. Shitomi, H. Miyaji   | 4. 巻<br>116                 |
| 2. 論文標題<br>Antibacterial tooth surface created by laser-assisted pseudo-biomineralization in a supersaturated solution | 5. 発行年<br>2020年             |
| 3. 雑誌名<br>Mater. Sci. Eng. C   | 6. 最初と最後の頁<br>111170-111180 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.msec.2020.111170   | 査読の有無<br>有                  |
| オープンアクセス<br>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<br>-                   |

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 4件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子、奈良崎愛子、中村真紀、宮治裕史        |
| 2. 発表標題<br>バイオメティック法と光技術の融合による高機能化歯面の構築 |
| 3. 学会等名<br>第21回LS-BT合同研究発表会             |
| 4. 発表年<br>2023年                         |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子                                   |
| 2. 発表標題<br>生体に倣ったモノづくりとバイオメディカル応用                   |
| 3. 学会等名<br>一般社団法人日本歯科理工学会令和5（2023）年度第81回学術講演会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2023年                                     |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子                   |
| 2. 発表標題<br>バイオセラミックスの基礎～異分野融合研究の最前線 |
| 3. 学会等名<br>第44回日本バイオマテリアル学会大会       |
| 4. 発表年<br>2022年                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子   |
| 2. 発表標題<br>液相レーザープロセスを利用したアパタイト成膜技術                       |
| 3. 学会等名<br>第20 回 五セラミックス研究機関(東工大-名工大-JFCC-AIST-NIMS)合同講演会 |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子  |
| 2. 発表標題<br>バイオミネラリゼーションの光制御による高機能化歯面の構築                                |
| 3. 学会等名<br>2022年度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 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>A. Oyane, A. Narazaki, H. Miyaji  |
| 2. 発表標題<br>Laser-assisted pseudo-biomineralization for tooth surface functionalization |
| 3. 学会等名<br>The 2022 CLEO Conference and Exhibition (招待講演) (国際学会)                       |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子、牧野 雅、坂巻 育子、中村 真紀、田中 佐織、宮治 裕史     |
| 2. 発表標題<br>過飽和溶液中での歯科用半導体レーザー照射による歯面へのフッ素含有アパタイト成膜 |
| 3. 学会等名<br>第44回日本バイオマテリアル学会大会                      |
| 4. 発表年<br>2022年                                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根 綾子、坂巻 育子、Santhakumar Syama、宮治裕史   |
| 2. 発表標題<br>Tooth surface functionalization via laser-assisted pseudo-biomineralization |
| 3. 学会等名<br>日米バイオマテリアル学会ジョイントシンポジウム2022 (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2022年  |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>A. Oyane   |
| 2. 発表標題<br>Laser-assisted biomineralization for biofunctional surface engineering |
| 3. 学会等名<br>11th India-Japan Science and Technology Seminar (招待講演) (国際学会)          |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子、坂巻育子、中村真紀、田中佐織、田中享、宮治裕史             |
| 2. 発表標題<br>過飽和液中レーザー照射法による セメント質・エナメル質へのフッ素含有アパタイト成膜 |
| 3. 学会等名<br>第43回日本バイオマテリアル学会大会                        |
| 4. 発表年<br>2021年                                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子                        |
| 2. 発表標題<br>歯工連携によるバイオミネラリゼーションの光制御と歯面改質 |
| 3. 学会等名<br>第30回日本コンピュータ外科学会大会 (招待講演)    |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子、坂巻育子、中村真紀、部佳奈子、田中佐織、宮治裕史  |
| 2. 発表標題<br>歯科用半導体レーザーによるヒト象牙質基材への迅速アパタイト成膜 |
| 3. 学会等名<br>日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム          |
| 4. 発表年<br>2021年                            |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子、奈良崎愛子、宮治裕史                     |
| 2. 発表標題<br>レーザープラズマによる人工バイオミネラリゼーションと歯面改質       |
| 3. 学会等名<br>日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会第152回研究会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2021年                                 |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子                          |
| 2. 発表標題<br>リン酸カルシウム薄膜・ナノ粒子合成とバイオメディカル応用   |
| 3. 学会等名<br>日本材料学会ナノ材料部門委員会2021年度研究会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2021年                           |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子、坂巻育子、中村真紀、奈良崎愛子、薮佳奈子、田中佐織、宮治裕史 |
| 2. 発表標題<br>レーザーを利用した迅速・部位選択的なアパタイト成膜技術と歯面高機能化   |
| 3. 学会等名<br>産総研・産技連LS-BT合同研究発表会                  |
| 4. 発表年<br>2021年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子   |
| 2. 発表標題<br>過飽和液中レーザープラズマ処理による高機能化歯面の構築                                 |
| 3. 学会等名<br>第38回プラズマプロセッシング研究会(SPP-38)/第33回プラズマ材料科学シンポジウム(SPSM33)（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>大矢根綾子                     |
| 2. 発表標題<br>過飽和溶液法による表面機能化とバイオメディカル応用 |
| 3. 学会等名<br>2019年日本表面真空学会学術講演会（招待講演）  |
| 4. 発表年<br>2019年                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>A. Oyane   |
| 2. 発表標題<br>Laser plasma processing for biofunctional surface engineering                                  |
| 3. 学会等名<br>The 12th Asian-European International Conference on Plasma Engineering (AEPSE2019)（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2019年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

|  |
|--|
| <p>研究代表者のホームページ<br/> <a href="https://staff.aist.go.jp/a-oyane/">https://staff.aist.go.jp/a-oyane/</a><br/>         研究代表者のグループ（産総研 ナノ材料研究部門 ナノバイオ材料応用グループ）のホームページ<br/> <a href="https://unit.aist.go.jp/nmri/nb-md/">https://unit.aist.go.jp/nmri/nb-md/</a></p> |
|--|

6. 研究組織

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                        | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                | 備考 |
|-------|--|--------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 宮治 裕史<br><br>(MIYAJI Hirofumi)<br><br>(50372256) | 北海道大学・大学病院・講師<br><br><br><br>(10101) |    |

6. 研究組織（つづき）

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)    | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|-------|------------------------------|-----------------------|----|
| 研究協力者 | 中村 真紀<br><br>(NAKAMURA Maki) |                       |    |

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 |
|---------|---------|
|         |         |