

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25463063

研究課題名(和文) 知覚過敏治療用機能性アパタイトシートの開発

研究課題名(英文) Development of functional apatite sheet for hyperesthesia treatment

研究代表者

本津 茂樹 (HONTSU, Shigeki)

近畿大学・生物理工学部・教授

研究者番号：40157102

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ハイドロキシアパタイト(HAp)シートに象牙質固着促進機能と耐酸性機能を付与した、機能複合フッ素化アパタイトシート(FHAp)シートを開発するとともに、このシートを象牙質上に早く、強く固着する技術を確立することにある。まず、パルスレーザーデポジション(PLD)法により、FHAp薄膜を作製する際の最適な成膜条件を明らかにした。続いて、FHApシート作製用単離基板としてレジスト塗布シリコン基板が最も優れていることを示した。さらにFHApシートはHApシートに比べ約5倍耐酸性を持つことを明らかにするとともに、FHApシートの象牙質上への早く、強く固着する貼付法も確立することができた。

研究成果の概要(英文)：A functional fluoridated hydroxyapatite (FHAp) sheet that promotes dentin fastening and provides acid resistance was developed, and the technology for rapidly and strongly fixing the FHAp sheet onto dentin was established. First, the optimal conditions for fabricating FHAp thin films using pulsed laser deposition (PLD) were determined. Next, it was shown that a resist coating silicon substrate was useful as an isolation substrate for manufacturing FHAp sheets. The FHAp sheets were found to have five-fold greater acid resistance compared with HAp sheets. Furthermore, we established a pasting method that rapidly and strongly fixed the FHAp sheet onto the dentin.

研究分野：機能材料工学

キーワード：生体材料 セラミックス 歯学 構造・機能材料

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えた日本では、加齢や歯周病による歯肉退縮から象牙質が露出し知覚過敏症を発症する患者が増加し、およそ1800万人が知覚過敏症と言われている。

象牙質上にエナメル質を再生できれば知覚過敏症を治療することができるが、エナメル質を形成するエナメル芽細胞は歯の萌出時には存在しないため、象牙質上に歯質の主成分と同じ素材であるハイドロキシアパタイト(以下 HAp と記す)で人工のエナメル質を形成しようとしても、非常に難しいとされてきた。現在の象牙質知覚過敏症の治療には、象牙質の表面にプラスチック様の膜を形成するレジン塗布法が主に用いられているが、有機成分によるアレルギー反応や剥離・クラックの問題がある。さらに、この方法は象牙細管を一時的に封鎖するだけで、象牙細管を永久に封鎖するものではない。

このような現状の中で、申請者らはレーザーアブレーション(以下 PLD と記す)法による薄膜作製技術、および基板溶解除去法による薄膜単離技術を用いて、透明で曲げられる極薄 HAp シートを開発し、歯科分野への応用を行ってきた。本研究ではこのシートに象牙質固着促進機能と耐酸性機能を付与した、機能複合フッ素化アパタイト(FHAp)シートを開発すれば、新規の象牙質知覚過敏症の治療材になるのではないかと考え、本研究を行った。

2. 研究の目的

象牙質上の象牙細管がむき出しになると、象牙質知覚過敏症を発症する。この疾病の理想の治療は、象牙質上にエナメル質を再生し象牙細管を封鎖することであるが、エナメル質は二度と再生しない組織であるため、これまでエナメル質と同素材の HAp による象牙細管の封鎖が試みられてきたが、HAp 粉体や微粒子を用いたとしても、面粗度の相違が大きく、細管の封鎖は不可能とされてきた。本研究では、新しく開発した HAp シートに象牙質固着促進機能と耐酸性機能を付与した、FHAp シートおよびリン酸三カルシウム(TCP)層をもつ機能複合 TCP/FHAp シートを開発するとともに、このシートの象牙質への「速く・強く」固着する技術を確立することで、知覚過敏症の治療に適用することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では以下に示す二つの項目(a)、(b)に絞って研究を実施した。

(a) 耐酸性に優れた FHAp シート作製と評価； FHAp 薄膜の成膜条件の確立

フッ化アパタイト(FAp)粉末及び HAp 粉末(太平洋化学産業株式会社)をそれぞれ 1g 秤量し、プレス機にて約 20MPa で加圧成形することにより、直径 16mm、厚さ約 3mm のバルク体を作製した。その後、750 -10 時間の焼成したものを、成膜用のターゲットとした。

これを真空チャンバー中に配置し、KrF エキシマレーザー(λ = 248 nm, パルス幅 = 20 nsec)を用いた PLD 法により、FHAp 薄膜および HAp 薄膜を成膜した。HAp 薄膜は各評価の比較対象用である。基板として Ti を用い、この基板上で成膜条件(ガス圧、成膜速度)を種々変えて、最適成膜条件を探索した。最適成膜条件は、FHAp 薄膜の X 線回折法による結晶性と配向性で決定した。また、X 線回折法では、F⁻ と OH⁻ イオンの半径の相違でフッ素が水酸基に置換されると、a、c 軸長に変化をもたらすため、FAp シートの X 線回折パターンの(002)および(004)面より c 軸の格子定数を求め、HAp の格子定数と比較することで評価した。さらに、エネルギー分散型 X 線分析(EDX)法による元素分析による評価は、O、P、Ca 元素以外に F 元素の EDX スペクトルの有無およびピーク値の大きさでフッ素の置換率の評価を行った。

FHAp 薄膜の耐酸性の評価

FHAp 薄膜の耐酸性の評価は酸性溶液による Ca イオン徐放性試験により評価する。溶出 Ca イオンの濃度は ICP により測定する。具体的には、寸法 0.5×0.5 cm²(厚さ 4 μm)の HAp と FHAp の各薄膜を、0.5 M リン酸二水素ナトリウム(NaH₂PO₄)水溶液と 0.5 M リン酸水素二ナトリウム(Na₂HPO₄)水溶液を、pH 5.8 になるように混合調整した 0.5 M リン酸ナトリウム緩衝液に浸漬し、浸漬 1、3、10、21 日後の薄膜からの Ca イオンの溶出量を誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法により測定することで評価した。

シートの膜厚、結晶性制御の確立

薄膜堆積用の基板を Ti から膜厚 1 μm のレジスト塗布した Si 基板に変え、FHAp 薄膜を 1~4 μm 成膜する。その後、成膜基板をアセトンに浸漬し、中間層であるレジストを溶解させることで薄膜を基板から単離し、シートとして回収した。シートの膜厚は薄膜成膜時間で制御し、結晶性は成膜後の電気炉を用いたポストアニール条件、すなわちアニール温度(350~750 °C)と時間(1~10 時間)により制御した。

(b) シートを「速く・強く」象牙質と固着し再石灰化させる技術の確立；シート固着用基材として、ヒト抜去歯エナメル質と、表面のスミヤー層を除去して象牙細管を開口させたヒト抜去歯から切り出した象牙質ディスク(厚さ 1 mm)を用いた。貼付(脱灰)液として、第一リン酸カルシウム溶液を、再石灰化液に人工唾液(中性)を選択した。また、象牙細管の封鎖の確認には Dental fluid として親ウシ血清を用いた象牙質透過抑制率の測定より評価した。さらに、固着強度については超音波洗浄器法により評価した。

4. 研究成果

FAp 粉末をプレス機にて加圧成形して得たバルク体を、750 -10 時間の焼成したものを図 1 に示す。

このターゲットを PLD 成膜装置内に固定し、ガス圧と成膜速度を種々変化させ Ti 基板の上に FHAp 薄膜を 2 μm 成膜した。その結果、表 1 に示す成膜条件が最もよいことが明らかになった。比較対象用の HAp 薄膜も同条件で成膜した。さらに、表 2 示したアニール条件で薄膜を結晶化した。

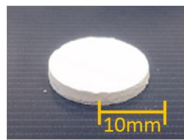


図 1. FAp ターゲット

表 1. FHAp および HAp 薄膜の成膜条件

ターゲット	FAp,HAp
基板	Ti
基板温度	室温
雰囲気ガス	O ₂ +H ₂ O
ガス圧	0.1Pa
膜厚	2 μm

表 2. 薄膜のアニール条件

アニール温度	400~600°C
アニール時間	10h
雰囲気ガス	大気中
昇温速度	30°C/h
降温速度	30°C/h

FHAp 薄膜のアニール温度の相違による XRD パターンの変化を図 2 に示す。図より、アニール温度が高くなるにつれて FHAp のピークが高くなっており、膜の結晶化が進んでいることがわかる。また、*c* 軸のピーク(002)が大きくなることからわかる。さらに、600 °C におけるアニール温度では TiO₂ のピークが見られ、これは Ti 基板表面が酸化されていることを示して

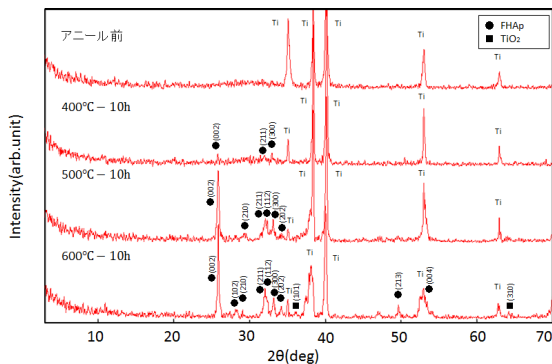


図 2. アニール温度の相違による FAp 薄膜の XRD パターンの変化

いる。

図 3 に 450 °C-10 時間のポストアニールで結晶化した FHAp および HAp 薄膜の XRD パターンを示す。HAp 薄膜はいずれも酸化層のピークもなく、結晶化している。また、F-HAp 薄膜は HAp 薄膜に比べ、*c* 軸優先配向を示すことがわかる。これは、HAp の OH 基が F イオンに置換されることにより、結晶が安定化することにより配向性を示すと考えられる。(002)および(004)面より求めた *c* 軸長は HAp 薄膜では 0.6884 nm、FHAp 薄膜では 0.6869 nm であった。

図 4 に EDX 法による元素分析結果を示す。0.677 keV 近傍に F のピークが見られることより、F が薄膜内に含有されていることがわかる。ピーク値から算出した F の OH 基に対する置換量は 17.4 % であった。

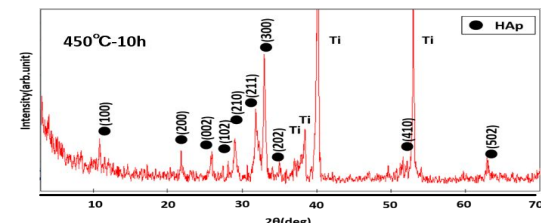
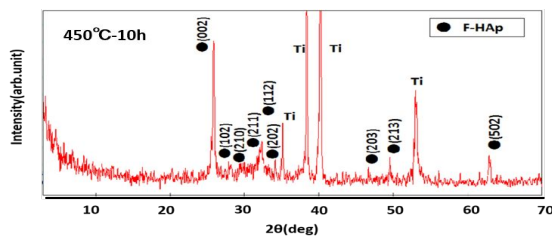


図 3. 450 °C-10 時間でポストアニールした FHAp および HAp 薄膜の XRD パターン

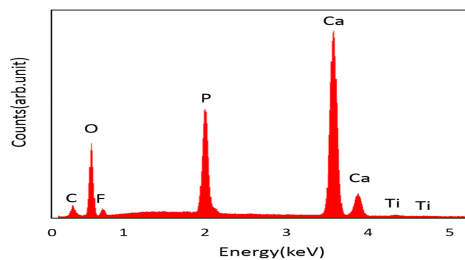


図 4. FAp 薄膜の EDX による元素分析結果

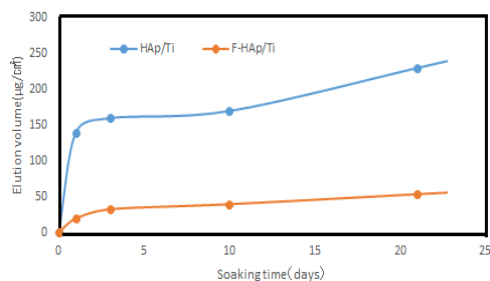
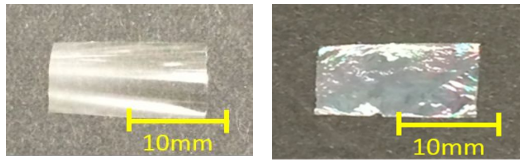


図 5. ICP-MS による F-HAp 薄膜、HAp 薄膜の Ca イオン溶出特性評価

FHAp および HAp 薄膜を 0.5 M リン酸ナトリウム緩衝液に浸漬したときの薄膜からの Ca イオンの溶出量を ICP-MS 法で測定した結果を図 5 に示す。図より、浸漬時間 1 日目までの HAp 薄膜の 1 cm² 当たりの Ca イオン溶出速度は 140 $\mu\text{g}/\text{day}$ であるのに対し、F-HAp 薄膜は 20 $\mu\text{g}/\text{day}$ であった。また、10 日目以降の 1 cm² 当たりの Ca イオン溶出速度は HAp 薄膜が 5.5 $\mu\text{g}/\text{day}$ 、F-HAp 薄膜が 1.3 $\mu\text{g}/\text{day}$ であり、FHAp 薄膜の耐酸性は HAp 薄膜の約 5 倍であることがわかった。

次に、レジスト塗布 Si 基板の上に FHAp 薄膜を作製し、その後薄膜のみを単離して FHAp シートを作製した。シートの膜厚が 2 μm 以下では、シートの内部応力による曲がりが大きかったため、膜厚は 4 μm とした。図 6 に単離直後の FHAp シートとポストアニール後の FHAp シートを示す。ポストアニールでは 450 °C (10 時間) 以上の条件で結晶化した。図(b)のアニール条件は 700 °C-10 時間である。700 °C-10 時間の高温アニールにおいても、わずかなアンデューレーションが見られるが、シートはほぼフラットであった。



(a) (b)

図 6. 単離後の FHaP シート(a)およびポストアニール後の FHaP シート(b)

図 7 に 700 °C で結晶化した FHaP シートの XRD パターンを示す。図より、FHaP の(002)面と(004)面の c 面のピークが見られることから、シートは c 軸配向したシートであることがわかる。

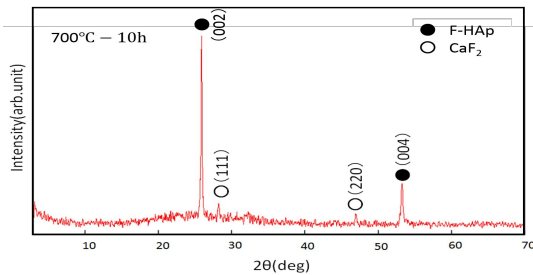


図 7. FHaP シートの XRD パターン

次に FHaP シートのエナメル質上への貼付実験結果を示す。貼付実験では FHaP シートに厚さ 0.5 μm の非晶質リン酸カルシウム (ACP) 接合層を PLD 法により成膜付与した二層構造の FHaP/ACP シートを用いた。当初の予定では TCP 薄膜を接合層に用いる予定であったが、Ca/P 比が HAp と同じである ACP 薄膜を用いることにした。この複合シートを pH 2.0 のリン酸カルシウム水溶液を用いてヒト抜去歯エナメル質上に貼付し、シートとエナメル質の界面を一度脱灰させた。その後、30 分後に人工唾液を塗布して界面の再石灰化を行った。貼付後 6 時間後に恒温槽から複合シートを取り出し、30 秒間超音波洗浄を行い、固着強度を確認した。その結果を図 8 に示す。図(a)は超音波洗浄前、(b)は超音波洗浄後である。シートは洗浄後もエナメル質上に残っており、強い固着力を持つことが確認できた。

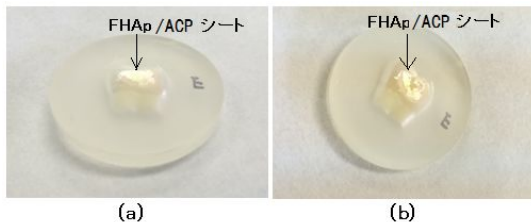


図 8. FHaP/ACP シートのエナメル質上の貼付試験

象牙質上への貼付と、象牙細管の封鎖性については、ACP シートでは確認したが、FHaP/ACP 複合シートについてはまだ確認していない。ACP シートでは、貼付前後の DF の移動量から算出した透過抑制率の平均ならびに標準偏差は 70.9 ± 4.77 % (n=3) であ

り、レジン系知覚過敏抑制材の 70~80 % とほぼ同様な結果となった。このことから、FHaP/ACP 複合シートにおいても同程度の透過抑制率になるものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

波床侑果, 西川博昭, 古園勉, 本津茂樹, カリウム含有 HAp 薄膜の作製および溶解性, バイオインテグレーション学会誌, 査読有, 5 巻, 2015, 69-72

N. Kato, A. Isai, E. Yamamoto, H. Nishikawa, M. Kusunoki, K. Yoshikawa, K. Yasuo, K. Yamamoto and S. Hontsu, Evaluation of dentin tubule sealing rate improved by attaching ultrathin amorphous calcium phosphate sheet, Key Engineering Materials, 査読有, 631 巻, 2015, 258-261, 10.4028/www.scientific.net/KEM.631.258

M. Kusunoki, T. Matsuda, N. Fujita, Y. Sakoishi, R. Iguchi, S. Hontsu, H. Nishikawa and T. Hayami, Control of Crystallinity of Hydroxyapatite Sheet, Key Engineering Materials, 査読有, 583, 2014, 47-50, 10.4028/www.scientific.net/KEM.583.47

N. Kato, E. Yamamoto, A. Isai, H. Nishikawa, M. Kusunoki, K. Yoshikawa and S. Hontsu, Ultrathin amorphous calcium phosphate freestanding sheet for dentin tubule sealing, Bioceramics Development and Applications, 査読無, 2013, 4pages, 10.4172/2090-5025.S1-007

E. Yamamoto, N. Kato, A. Isai, H. Nishikawa, M. Kusunoki, K. Yoshikawa and S. Hontsu, Restoration of Tooth Enamel Using a Flexible Hydroxyapatite Sheet Coated with Tricalcium Phosphate, Bioceramics Development and Applications, 査読無, 2013, 4 pages, 10.4172/2090-5025.S1-006

本津茂樹, 西川博昭, 楠正暢, 橋本典也, レーザーアブレーション法を用いたフッ素化アパタイト薄膜の作製と in vitro 評価, バイオインテグレーション学会誌, 査読有, 3, 2013, 67-70

[学会発表](計 26 件)

井戸雄基, 山本衛, 加藤暢宏, 保尾謙三, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 小孔をもつ極薄非晶質リン酸カルシウムシートの象牙質固着特性の評価, 日本歯科理工学会 平成 28 年度春季第 67 回学術講演会, 2016 年 4 月 16 日~17 日, 福岡県福岡市

(九州大学医学部百年講堂)
小比賀優, 波床侑果, 加藤暢宏, 山本衛, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 歯質修復用フッ素化アパタイトシートの作製と評価, 日本歯科理工学会 平成 28 年度春季第 67 回学術講演会, 2016 年 4 月 16 日 ~ 17 日, 福岡県福岡市(九州大学医学部百年講堂)
小比賀優, 波床侑果, 本津茂樹, 耐酸性を有する歯質修復用フッ素化アパタイトシートの作製, 日本セラミックス協会 2016 年年会, 2016 年 3 月 14 日 ~ 16 日, 東京都新宿区(早稲田大学西早稲田キャンパス)
小比賀優, 波床侑果, 本津茂樹, レーザーアブレーション法を用いたフッ素化アパタイト薄膜の作製と耐酸性の評価, バイオインテグレーション学会第 6 回学術大会・総会, 2016 年 3 月 12 日 ~ 13 日, 大阪府大阪市(大阪歯科大学)
井戸雄基, 山本衛, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 象牙質固着性への極薄非晶質リン酸カルシウムシートの小孔の効果, バイオインテグレーション学会第 6 回学術大会・総会, 2016 年 3 月 12 日 ~ 13 日, 大阪府大阪市(大阪歯科大学)
本津茂樹, ハイドロキシアパタイトによる新規歯科治療の提案, 日本歯科人間工学会 第 31 回研究発表会(招待講演), 2015 年 12 月 12 日, 大阪府大阪市(大阪歯科大学)
Y. Hatoko, E. Yamamoto, N. Kato, T. Furuzono, S. Hontsu, Evaluation and adhesion test of potassium-containing hydroxyapatite sheet, The 15th Asian Bioceramics Symposium (ABC2015) (国際学会), 2015 年 12 月 9 日 ~ 11 日, 東京都文京区(東京医科歯科大学)
N. Kato, T. Ido, E. Yamamoto, K. Yasuo, K. Yoshikawa, S. Hontsu, Overlaid ultrathin amorphous calcium phosphate sheet improves dentinal tubule sealing rate, 27th Symposium and Annual Meeting of the International Society for Ceramics in Medicine (BIOCERAMICS 27) (国際学会), 2015 年 10 月 27 日 ~ 29 日, インドネシア(バリ島)
波床侑果, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 吉川一志, 古蘭勉, 山本一世, 本津茂樹, 象牙質知覚過敏治療用カリウム含有ハイドロキシアパタイトシートの作製と評価, 日本歯科理工学会第 66 回学術講演会, 2015 年 10 月 3 日 ~ 4 日, 東京都江戸川区(タワーホール船堀)
本津茂樹, 井戸雄基, 山本衛, 加藤暢宏, 保尾謙三, 吉川一志, 山本一世, 極薄非晶質リン酸カルシウムシート重ね貼りによる象牙細管の封鎖効果, 第 142 回日本歯科保存学会 2015 年度春季学術大会, 2015 年 6 月 25 日 ~ 26 日, 福岡県北九州

市(北九州国際会議場)
井戸雄基, 以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 保尾謙三, 橋本典也, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 小孔をもつ極薄非晶質リン酸カルシウムシート貼付法による象牙細管封鎖効果の評価, 第 65 回日本歯科理工学会術講演会, 2015 年 4 月 11 日 ~ 12 日, 宮城県仙台市(仙台市情報・産業プラザ)
本津茂樹, 以西新, 加藤暢宏, 山本衛, 西川博昭, 保尾謙三, 吉川一志, 極薄非晶質リン酸カルシウムシートの象牙細管封鎖性の評価, バイオインテグレーション学会第 5 回総会・学術大会, 2015 年 3 月 29 日, 東京都港区(国際医療福祉大学青山キャンパス)
以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 保尾謙三, 橋本典也, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 多層非晶質リン酸カルシウムシート貼付法による象牙質透過抑制率効果の評価, 第 64 回日本歯科理工学会術講演会, 2014 年 10 月 4 日 ~ 5 日, 広島県広島市(アステールプラザ)
以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 本津茂樹, 保尾謙三, 吉川一志, 知覚過敏症罹患モデル象牙質への極薄非晶質リン酸カルシウムシートの貼付が透過抑制に与える影響について, 日本セラミックス協会 第 27 回秋季シンポジウム, 2014 年 9 月 9 日 ~ 11 日, 鹿児島県鹿児島市(鹿児島大学)
以西新, 保尾謙三, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 吉川一志, 山本一世, 本津茂樹, 知覚過敏治療用極薄非晶質リン酸カルシウムシートの象牙質透過抑制効果の評価, 第 8 回ナノ・バイオメディカル学会大会, 2014 年 5 月 2 日, 和歌山県和歌山市(ホテルグランヴィア和歌山)
本津茂樹, 以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 楠正暢, 保尾謙三, 吉川一志, 極薄非晶質リン酸カルシウムシートによる象牙質透過抑制効果の評価, 日本セラミックス協会 2014 年年会, 2014 年 3 月 17 日 ~ 19 日, 神奈川県横浜市(慶応義塾大学 日吉キャンパス)
本津茂樹, 加藤暢宏, 山本衛, 西川博昭, 楠正暢, 橋本典也, レーザーアブレーション法を用いたフッ素化アパタイト薄膜の作製と invitro 評価, 第 4 回バイオインテグレーション学会学術大会, 2014 年 2 月 23 日, 東京都文京区(東京大学)
S. Hontsu, A. Isai, E. Yamamoto, N. Kato, K. Yoshikawa, H. Nishikawa, M. Kusunoki and K. Yamamoto, Application of Ultrathin Amorphous Calcium Phosphate Sheet in the Curative Treatment of Dentin Hypersensitivity in vitro, 13th Asian BioCeramics Symposium, 2013 年 12 月 4 日 ~ 6 日, 京都府京都市(京都大学)

- 本津茂樹, 以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 吉川一志, 山本一世, 極薄アパタイトシートを用いた象牙細管の封鎖効果についての検討(第2法), 日本歯科保存学会, 2013年10月17日~18日, 秋田県秋田市(秋田県総合生活文化会館) 藤田尚希, 松田太陽, 森田知樹, 西川博昭, 本津茂樹, 楠正暢, 歯科用 HA シートへのスルーホール作製法の検討, 日本セラミックス協会第26回秋季シンポジウム, 2013年9月4日~6日, 長野県長野市(信州大学工学部)
- ② 以西新, 松本明子, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 楠正暢, 本津茂樹, 吉川一志, 象牙質 - 極薄アパタイトシート界面における固着特性の評価, 日本セラミックス協会第26回秋季シンポジウム, 2013年9月4日~6日, 長野県長野市(信州大学工学部)
- ③ 本津茂樹, 以西新, 山本衛, 加藤暢宏, 西川博昭, 吉川一志, 山本一世, 極薄アパタイトシートを用いた象牙細管の封鎖効果についての検討, 日本歯科保存学会 2013年度春季学術大会, 2013年6月27日~28日, 福岡県福岡市(福岡国際会議場)
- ④ 本津茂樹, 西川博昭, 楠正暢, 橋本典也, レーザーアブレーション法を用いたフッ素化アパタイト薄膜の作製と in vitro 評価, 第3回バイオインテグレーション学会学術大会, 2013年6月23日, 北海道札幌市(アスティー45)
- ⑤ 本津茂樹, 吉川一志, 以西新, 加藤暢宏, 西川博昭, 楠正暢, 橋本典也, 山本一世, 極薄アパタイトシートを用いたエナメル質修復法の検討(第2報), 第3回バイオインテグレーション学会学術大会, 2013年6月13日~14日, 北海道札幌市(アスティー45)
- ⑥ E. Yamamoto, N. Kato, A. Isai, H. Nishikawa, M. Kusunoki, K. Yoshikawa and S. Hontsu, Restoration of Tooth Enamel Using a Flexible Hydroxyapatite Sheet Coated with Tricalcium Phosphate, The 6th International Symposium on Apatite and Correlative Biomaterials (ISACB 2013 Symposium), 2013年6月6日~7日, France(Nantes)
- ⑦ N. Kato, E. Yamamoto, A. Isai, H. Nishikawa, M. Kusunoki, K. Yoshikawa and S. Hontsu, Ultrathin amorphous calcium phosphate freestanding film for dentin tubule sealing, The 6th International Symposium on Apatite and Correlative Biomaterials (ISACB 2013 Symposium), 2013年6月6日~7日, France(Nantes)

〔図書〕(計3件)

本津茂樹, 吉川一志, シーエムシー出版,

歯科再生・修復医療と材料(第20章フレキシブルアパタイトシートによるエナメル質修復), 2015, 270

S.Hontsu, K. Yoshikawa, Woodhead Publishing Series, Hydroxyapatite (HAp) for Biomedical Applications (Chapter6 Ultra-thin hydroxyapatite sheets for dental applications), 2015, 404

本津茂樹, ニュートンプレス, ニュートン別冊(社会を一変させる新材料 100-注目のスーパーマテリアル), 2013, 160

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称: 歯科治療用シート

発明者: 本津茂樹, 古菌勉

権利者: 学校法人近畿大学

種類: 特願

番号: 2014-167649

出願年月日: 2014年8月20日

国内外の別: 国内

名称: 薄膜形成装置およびこの薄膜形成装置を用いたアパタイト薄膜形成方法

発明者: 本津茂樹, 西川博昭, 楠正暢,

吉川一志, 山本一世

権利者: 学校法人近畿大学, 大阪歯科大学

種類: 特願

番号: 2013-195449

出願年月日: 2013年9月20日

国内外の別: 国内

取得状況(計1件)

名称: 硬組織再生材料及び硬組織再生方法

発明者: 本津茂樹, 西川博昭, 楠正暢,

吉川一志, 山本一世

権利者: 学校法人近畿大学, 大阪歯科大学

種類: 特許

番号: 9205030

取得年月日: 2015年12月8日

国内外の別: 外国

〔その他〕 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本津茂樹 (HONTSU, Shigeki)

近畿大学・生物理工学部・教授

研究者番号: 40157102

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者

山本衛 (YAMAMOTO, Ei)

近畿大学・生物理工学部・准教授

研究者番号: 00309270

吉川一志 (YOSHIKAWA Kazushi)

大阪歯科大学・歯学部・准教授

研究者番号: 30309182

(4) 研究協力者

なし