

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：30110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K09962

研究課題名(和文) Trace-elementsナノコンポジットを応用した新規多機能材料の開発

研究課題名(英文) The development multi functional materials by trace-element nanocomposite.

研究代表者

松田 康裕 (Matsuda, Yasuhiro)

北海道医療大学・歯学部・准教授

研究者番号：50431317

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ボンディング材に添加した亜鉛と銅を含むナノコンポジットの抗菌性とMMP抑制効果および、微小剪断試験について検討を行った。亜鉛と銅の比率を2:1および20:1にしたナノコンポジットを作成し、それぞれの効果を検討した。2.5%のフッ化物含有ナノコンポジットはS. mutansに対して抗菌効果を示し、5%のフッ化物含有ナノコンポジットはMMP抑制効果を示した。これらのナノコンポジットは象牙質の接着強度に影響を与えずに抗菌性とMMP抑制効果を示し、象牙質の劣化と細菌付着の抑制に寄与することが示唆された。今後、微量元素の効果を最大限に引き出すためのさらなる研究が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では高齢者の比率が世界で最も高く、高齢者における残存歯の割合や根面う蝕の罹患率が増加しています。本研究では、臨床で使用されるボンディング材にナノコンポジットを添加することで、接着性能を損なうことなく、抗菌性や抗MMP作用を得ることができました。これにより修復した歯面における象牙質の劣化や二次う蝕の予防が期待されます。特に、根面う蝕の予防および再発抑制は健康寿命にとって重要であり、この新規材料の開発によって、修復処置による根面の保護と健康寿命の延長が期待されます。このように、高齢者の口腔健康維持に貢献する新たな治療法の確立は、社会的にも大きな意義を持ちます。

研究成果の概要(英文)：The antimicrobial and MMP inhibitory effects of nanocomposites containing zinc and copper added to bonding materials and micro-shear tests were investigated. Nanocomposites with zinc-copper ratios of 2:1 and 20:1 were prepared, and their respective effects were investigated: nanocomposites with 2.5% fluoride showed antimicrobial effects against S. mutans, and nanocomposites with 5% fluoride showed MMP suppression effects. These nanocomposites showed antimicrobial and MMP inhibitory effects without affecting the bond strength of dentin, suggesting that they contribute to dentin degradation and bacterial adhesion control. Further studies to maximize the effects of trace elements are expected in the future.

研究分野：保存修復

キーワード：ナノコンポジット 抗菌性 接着 象牙質劣化抑制

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

初期の根面齲蝕は再石灰化が期待され、フッ化物を応用することにより活動性根面齲蝕が回復することが広く知られている。亜鉛は象牙質コラーゲンを分解する MMP を阻害し、コラーゲン繊維とアパタイト結晶核を保護することが報告されており、象牙質の劣化の抑制と再石灰化の促進が期待される。銅はコラーゲンの架橋構造に必要なリシンオキシダーゼやモノアミンオキシダーゼの必須元素であり、クロスリンク抑制剤のいくつかは銅キレート剤であることから、銅はコラーゲン構造の保存に重要であると考えられる。ストロンチウムにより歯質へのフッ素取り込みが促進され、脱灰抑制効果も高まること、フッ化チタンの脱灰抑制効果がフッ化ナトリウムより高いことが報告されている。このように、多くの微量元素が再石灰化に関与している。

さまざまな微量元素の生物学的活性は知られているが、歯髄-象牙質複合体のような有機・無機複合体に対する作用は未解明の部分が多く、微量元素の相互作用も明確にする必要がある。複数の金属からなるナノサイズの複合体であるナノコンポジットが広く研究されており、歯科領域では Ca-P04-F ナノコンポジットが齲蝕を予防し、ZnO/CuO ナノ粒子を添加したボンディング剤がコラーゲン保護効果を持つことが報告されている。我々は既に F、Zn、Cu からなる新しいナノコンポジットを開発し、その抗菌性を報告している。この手法の特徴は、異なる組成元素を用いて容易に数百 nm サイズのナノコンポジットを生成できることである。歯の延命化や根面齲蝕に対する効果的な予防および再発抑制治療法の開発は健康寿命に重要であり、これらの機能を持つ新規材料の開発には大きな社会的意義がある。

2. 研究の目的

2-1: 脱灰を抑制または再石灰化を促進する微量元素の検討

歯のエナメル質、象牙質は発生時に規則性のある硬組織を形成する。象牙質はコラーゲンとヒドロキシアパタイト (HAP) の有機無機複合体である。生体内で硬組織が作られる場合、結晶を核として石灰化するだけでなく、コラーゲンなどの高分子を核とした非古典的結晶化 (NCC) による硬組織の成長が示される。根面齲蝕では、口腔内細菌から生じる酸やたんぱく分解酵素により象牙質の HAP が脱灰し、露出したコラーゲンが分解され進行する。しかし、唾液の pH 緩衝作用により歯質表面の pH は中性となる。Ca、P や歯磨剤に含まれる F とともに、様々な微量元素が中性時に象牙質に取り込まれ再石灰化が生じる。象牙質の再石灰化では、結晶を核とした古典的経路だけでなく、コラーゲン線維を核とした非古典的経路による石灰化も生じる。したがって、象牙質齲蝕の予防には、ヒドロキシアパタイトの脱灰抑制だけでなく、コラーゲン線維の保護も重要である。本研究では、脱灰させた象牙質にコラーゲンの保護作用が報告されている亜鉛、銅を作用させた後の再石灰化能を検討する。

2-2: ナノコンポジットの接着性に対する影響

接着剤の機械的特性や耐久性を低下させることなく、抗菌性や酵素阻害性を有する材料の開発が重要である。Matsuda らは、高い抗菌効果を有する新規フッ素含有 ZnO および CuO ナノコンポジット (ZCF) を紹介した。フッ素は象牙質とエナメル質の再石灰化プロセスを促進するために広く使用されている。したがって、これらのナノコンポジット (ZCF) を組み合わせることで接着システムに組み込むことを検討する必要がある。

微小剪断接着強さ (μ SBS) は、象牙質接着システムの接着能力を評価する改良法として提唱されており、微小引っ張り接着強さ試験と比較すると、 μ SBS 試験は試験片が小さいため、内部欠陥が少なく、界面での応力分布が均一であるという利点がある。我々が開発した新しい方法を用いてナノコンポジットによる接着システムの安定化の検討を行った。

3. 研究の方法

3-1: 脱灰を抑制または再石灰化を促進する微量元素の検討

ウシ抜去下顎乳前歯から作成した Single-section 試料は 48 時間脱灰し、初期齲蝕モデル試料を作製する。その後、2% 硫酸亜鉛溶液 (ZnSO₄ 群)、2% 硫酸銅溶液 (CuSO₄ 群)、2% 塩化マグネシウム溶液 (MgCl₂ 群) に浸漬し、自動 pH サイクル装置を用いて pH サイクル負荷試験を行う。得られた試料は In-air micro PIXE/PIGE 解析法により計測し、pH サイクル前後の表層から健全象牙質までのカルシウム量の変化 (ミネラル喪失量) を比較して脱灰抑制効果を検討した。

3-2 ナノコンポジットの接着性に対する影響

ナノコンポジットの作製

ZnO および CuO ナノコンポジット (ZC)、低銅含有 ZC (ZC low Cu)、フッ化物含有 ZnO および CuO ナノコンポジット (ZCF)、低銅含有 ZCF (ZCF low Cu) は、以前の研究 (Matsuda et al.) まず、ZnCl₂、CuSO₄ · 5H₂O、NaF、NaOH を蒸留水中で混合した後、80 °C で溶解させ 12 時間保温し、ナノコンポジット (ZCF) を作製した [1]。

微小剪断接着強さ試験

新鮮な非齲蝕牛切歯を低速ダイヤモンドソーで象牙質ディスクを作成。研磨した象牙質試料にセルフエッチングプライマーを塗布し、ナノ粒子を混和したボンドを塗布後、光重合を行った。内径 0.79 mm、長さ 1 ± 0.2 mm のタイゴンチューブを固定し、コンポジットレジン充填後、光重合。試料を 37 °C の蒸留水中で保存し、保存後に接着強さを試験した。

抗 MMP 活性試験

4 種類 of ナノコンポジット粉末を蒸留水で調整し、リコンビナント MMP-2、MMP-8、MMP-9 を使用。ナノコンポジットと活性型 MMP を 96 ウェルプレートに混合し、FRET ペプチド基質アッセイバッファーを加え、1 時間インキュベート後、蛍光強度を測定。

抗菌活性試験

Streptococcus mutans を用い、ナノコンポジットの抗菌効果を評価。菌を洗浄後、光学密度を測定し、希釈液を調製。ナノコンポジット粉末を含む培地で菌を培養し、PMA 処理後、DNA を抽出し、qPCR 分析を行った。

4. 研究成果

：脱灰を抑制または再石灰化を促進する微量元素の検討

In-air micro PIXE/PIGE 法による二価イオンとカルシウムの分析で、コントロール群では Zn、Cu、F などの微量元素は検出されなかった。各材料群における元素の取り込みでは、pH サイクル前に ZnSO₄ 群では表層から深さ 30 μ m 付近に Zn のピークを、CuSO₄ 群、MgCl₂ 群では表層から 50 μ m に Cu と Mg のピークを認めた。すべての材料群で pH サイクル後では元素のピークは認められなかった。pH サイクル負荷試験後のミネラル喪失量は、コントロール群と比較して ZnSO₄ 群、CuSO₄ 群、MgCl₂ 群は有意に低い値を示した(図 1)。今回の結果から、亜鉛、銅は象牙質に取り込まれ、象牙質の脱灰抑制効果を持つことが明らかとなった。

Zn は象牙質へのカルシウムの沈着を増加させ、タンパク質のリン酸化を促進するため、結果として象牙質組織の再石灰化が促進されることが報告されている。コラーゲン線維を分解する MMP を抑制することによって象牙質の再石灰化が促進される可能性がある。バイオミネラリゼーションでは、生体高分子との複合体で、象牙質表面でもコラーゲンを起点としたバイオミネラリゼーションが生じることが報告されており、コラーゲン線維の保護は再石灰化において重要である。今回の結果から、F のみならず Zn²⁺、Cu²⁺、Mg²⁺ 群で再石灰化促進効果が得られたのは、二価のイオンにより非古典的石灰化が生じたことも一因と考えられる。

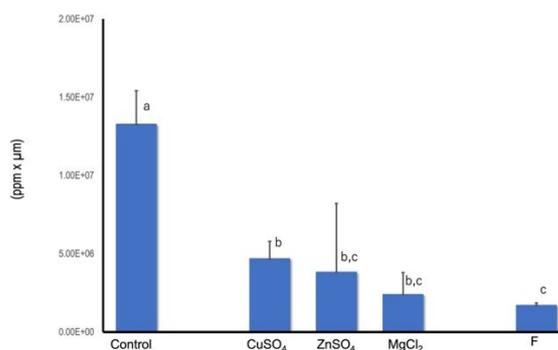


Figure 1. Calcium loss due to pH cycle loading

：ナノコンポジットの接着性に対する影響

- 1 微小剪断接着強さ

1mm マイクロブラシで塗布した 4 種類 of ナノコンポジットの 24 時間後の接着強さに有意差は認められなかったが、材料群の接着強さはコントロール群に比べ増加する傾向があった。ZC と ZCF は 1 ヶ月後に減少する傾向があり、対照群と有意差はなかった。ZCF も 3 ヶ月後には低下したが、その差は有意ではなかった。

一方、ZCF および ZCF 低 Cu の接着強さは、2mm マイクロブラシ群では 24 時間後にわずかに低下し、その他は 1 ヶ月後および 3 ヶ月後に上昇する傾向を示したが、有意差は認められなかった。しかし、すべての材料およびコントロール群の接着強さは、1 mm 群および 2 mm 群ともに 24 時間後と比較して 3 ヶ月後に有意に低下した。

- 2 抗 MMP 活性

MMP-2 活性レベルは、ZC-低 Cu 群が対照群より有意に低く、阻害活性を示した ($p < 0.05$)。その他は高い活性レベルを示し、特に ZCF はコントロールおよび ZC-低 Cu よりも有意に高い活性を示した。ZC-低 Cu 群および ZCF 低 Cu 群の MMP-8 活性レベルは、対照群に比べ有意に低かった ($p < 0.01$)。さらに、ZCF 低 Cu 群の活性レベルは ZC-低 Cu 群の活性レベルよりも

有意に高かった ($p < 0.05$)。最後に、4 群とも MMP-9 活性レベルは対照群より有意に低かった ($p < 0.05$)。

- 3 抗菌効果

増殖懸濁液中の *S. mutans* に対する 4 つのナノコンポジットの抗菌活性を調べた。4 つのグループともコントロールグループと比較して細菌の増殖は見られなかった。

ZnO と CuO ナノ粒子の添加は接着強度を低下させず、逆にナノ粒子の添加は接着強度を増加させる傾向があった。さらに、ナノ粒子は MMP の活性を阻害し、*S. mutans* に対して抗菌活性を有することがわかった。このように、ZnO および CuO ナノ粒子は、接着強度を低下させることなく象牙質を保護し、長期的に接着強度を安定化させることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Okuyama Katsushi, Matsuda Yasuhiro, Yamamoto Hiroko, Suzuki Kohtaku, Shintani Kohei, Saito Takashi, Hayashi Mikako, Tamaki Yukimichi	4. 巻 14
2. 論文標題 Fluoride Retention in Root Dentin following Surface Coating Material Application	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Functional Biomaterials	6. 最初と最後の頁 171 ~ 171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jfb14030171	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 Oguma Hidetoshi, Matsuda Yasuhiro, Yoshihara Kumiko, Okuyama Katsushi, Sakurai Masahiko, Saito Takashi, Inoue Satoshi, Yoshida Yasuhiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Prevention of Root Caries Using Oxalic Acid	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1454 ~ 1454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma16041454	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 Matsuda Yasuhiro, Altankhishig Bayarchimeg, Okuyama Katsushi, Yamamoto Hiroko, Naito Katsuaki, Hayashi Mikako, Sano Hidehiko, Sidhu Sharanbir K., Saito Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Inhibition of Demineralization of Dentin by Fluoride-Containing Hydrogel Desensitizers: An In Vitro Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Functional Biomaterials	6. 最初と最後の頁 246 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jfb13040246	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 Altankhishig Bayarchimeg, Matsuda Yasuhiro, Nagano-Takebe Futami, Okuyama Katsushi, Yamamoto Hiroko, Sakurai Masahiko, Naito Katsuaki, Hayashi Mikako, Sano Hidehiko, Sidhu Sharanbir K., Saito Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Potential of Fluoride-Containing Zinc Oxide and Copper Oxide Nanocomposites on Dentin Bonding Ability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1291 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12081291	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 H. Yamamoto, R. Uemura, K. Naito, K. Okuyama, Y. Matsuda, M. Sakurai, T. Saito, M. Hayashi, T. Satoh, N. Yamada and R. Yamagata.	4. 巻
2. 論文標題 Effects for distribution of elements and inhibition of demineralization by low concentration of titanium fluoride.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 QST Takasaki Annual Report 2020	6. 最初と最後の頁 97-97
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 K. Okuyama, Y. Matsuda, H. Yamamoto, K. Naito, M. Sakurai, T. Saito, M. Hayashi, Y. Tamaki, T. Satoh, N. Yamada and R. Yamagata.	4. 巻
2. 論文標題 Effects for distribution of elements and inhibition of demineralization by low concentration of titanium fluoride.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 QST Takasaki Annual Report 2020	6. 最初と最後の頁 94-94
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Altankhishig Bayarchimeg, Matsuda Yasuhiro, Nagano-Takebe Futami, Okuyama Katsushi, Yamamoto Hiroko, Sakurai Masahiko, Naito Katsuaki, Hayashi Mikako, Sano Hidehiko, Sidhu Sharanbir K., Saito Takashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Potential of Fluoride-Containing Zinc Oxide and Copper Oxide Nanocomposites on Dentin Bonding Ability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1291 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12081291	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 Naito Katsuaki, Kuwahara Yasutaka, Yamamoto Hiroko, Matsuda Yasuhiro, Okuyama Katsushi, Ishimoto Takuya, Nakano Takayoshi, Yamashita Hiromi, Hayashi Mikako	4. 巻 215
2. 論文標題 Improvement of acid resistance of Zn-doped dentin by newly generated chemical bonds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials & Design	6. 最初と最後の頁 110412 ~ 110412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matdes.2022.110412	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 YAGI Kyoko, UEMURA Reo, YAMAMOTO Hiroko, ISHIMOTO Takuya, NAITO Katsuaki, ITOH Shousaku, MATSUDA Yasuhiro, OKUYAMA Katsushi, NAKANO Takayoshi, HAYASHI Mikako	4. 巻 40
2. 論文標題 In-air micro-proton-induced X-ray/gamma-ray emission analysis of the acid resistance of root dentin after applying fluoride-containing materials incorporating calcium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 1142 ~ 1150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2020-273	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 Okuyama K., Tamaki Y., Matsuda Y., Saito T., Yamamoto H., Naito K., Hayashi M., Suzuki K.	4. 巻 29
2. 論文標題 Analysis of tooth-bound fluoride after the application of coating materials on the enamel surface with an in-air micro PIXE/PIGE	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of PIXE	6. 最初と最後の頁 7 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S0129083519500116	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 K. Okuyama, Y. Matsuda, H. Yamamoto, K. Naito, M. Sakurai, T. Saito, M. Hayashi, Y. Tamaki, T. Satoh and N. Yamada	4. 巻 QST-M-29
2. 論文標題 Effects of Titanium Fluoride to Inhibition of Demineralization and Distribution of Elements	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 QST Takasaki Annual Report 2019	6. 最初と最後の頁 112
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 OKUYAMA Katsushi, MATSUDA Yasuhiro, YAMAMOTO Hiroko, SAKURAI Masahiko, NAITO Katsuaki, SHINTANI Kohei, SAITO Takashi, HAYASHI Mikako, TAMAKI Yukimichi	4. 巻 40
2. 論文標題 Distribution of elements in teeth and inhibition of demineralization by titanium fluoride: Effects of concentration and pH in a titanium fluoride solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 736 ~ 742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2020-193	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 Matsuda Yasuhiro, Department of Oral Rehabilitation, School of Dentistry, Health Sciences, University of Hokkaido, Japan, Koshiro Kenichi, Fujita Mari, Saito Takashi	4. 巻 9
2. 論文標題 Antimicrobial Effect and Environmental Impact of Controlled Release Iodine Water Disinfectant	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 56 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijpmb.9.2.56-59	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 Yagi K, Uemura R, Yamamoto H, Ishimoto T, Naito K, Itoh S, Matsuda Y, Okuyama K, Nakano T, Hayashi M	4. 巻 -
2. 論文標題 In-air micro-proton-induced X-ray/gamma-ray emission analysis of the acid resistance of root dentin after applying fluoride-containing materials incorporating calcium	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 -
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 Keiko ONJI, Toshiyuki KOIKE, Mohammad Ali Akbor POLAN, Md Riasat HASAN, Bayarchimeg ALTERHISHIG, Yaxin RAO, Youjin QIU, Yasuhiro MATSUDA, Kazuhisa BESSHO, Takashi SAITO	4. 巻 18
2. 論文標題 Accelerated Effect of MatriStem on Dentin Regeneration in Rats	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oral Tissue Engineering	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11223/jarde.18.23	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 -

〔学会発表〕 計25件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Bayarchimeg Altankhishig, Yasuhiro Matsuda, Takashi Saito.
2. 発表標題 The addition of ZnO and CuO nanocomposites in adhesive system may protect dentin and improve bonding ability
3. 学会等名 A Real Innovative Science and Technology of Dentals Long-term Evolution (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bayarchimeg Altankhishig, Yasuhiro Matsuda, Yaxin Rao Takashi Saito.
2. 発表標題 Anti-demineralization and antibacterial effect of novel Bioactive Universal bond with calcium salt monomer
3. 学会等名 he 157th Annual Meeting of the Japanese Society of Conservative Dentistry
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bayarchimeg Altankhishig, Yasuhiro Matsuda, Takashi Saito
2. 発表標題 nti-demineralization and antibacterial effect of novel Bioactive Universal bond with calcium salt monomer
3. 学会等名 The 20th Annual Meeting of Japanese Society of Regenerative Dentistry.
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bayarchimeg Altankhishig, Yasuhiro Matsuda, Takashi Saito.
2. 発表標題 ZnO and CuO nanocomposites addition in adhesive system inhibits matrix metalloproteinases
3. 学会等名 ribhuvan University Institute of Medicine Kathmandu (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内藤 克昭, 山本 洋子, 松田 康裕, 奥山 克史, 林 美加子.
2. 発表標題 フッ化物イオンの拡散過程解明に向けたマルチフィジックス解析モデルの構築.
3. 学会等名 第157回日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Altankhishig Bayarchimeg, 松田 康裕, Rao Yaxin, 斎藤 隆史.
2. 発表標題 カルシウム塩モノマーを用いた新規バイオアクティブユニバーサルボンドの抗脱灰・抗菌作用
3. 学会等名 第157回日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Rao Yaxin, Altankhishig Bayarchimeg, 松田 康裕, 斎藤 隆史.
2. 発表標題 カルシウム塩モノマーを含有する新規Bioactive Universal Bondがin vitroで象牙芽細胞分化に与える影響
3. 学会等名 第157回日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神田 ひかる, 山本 洋子, 内藤 克昭, 上村 怜央, 松田 康裕, 奥山 克史, 林 美加子.
2. 発表標題 PIXE/PIGEによるう蝕評価法のin vivoモデルの構築.
3. 学会等名 第156回日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井 雅彦, 松田 康裕, 奥山 克史, 山本 洋子, 内藤 克和, 泉川 昌宣, Altankhishig Bayarchimeg, 斎藤 隆史.
2. 発表標題 亜鉛による象牙質脱灰抑制効果のIn-air micro PIXE/PIGE分析.
3. 学会等名 第20回日本再生歯科医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 油井 知雄, 伊藤 修一, 松田 康裕, 疋田 一洋, 齋藤 隆史.
2. 発表標題 インレー窩洞スライスカット幅が口腔内スキャナーの再現性に及ぼす影響.
3. 学会等名 日本歯科審美学会第 32 回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田康裕
2. 発表標題 象牙質歯髄治療の新たな展開をめざす
3. 学会等名 第 3 回象牙質歯髄治療学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤隆史, 松田康裕
2. 発表標題 石灰化誘導性接着性モノマーCMETは象牙芽細胞分化を誘導する.
3. 学会等名 第40回接着歯学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 油井 知雄, 伊藤 修一, 松田 康裕, 疋田 一洋, 齋藤 隆史.
2. 発表標題 CAD/CAMインレー窩洞に対するIntra Oral Scannerの精度に関する研究.
3. 学会等名 第31 回日本歯科審美学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥山 克史, 松田 康裕, 山本 洋子, 新谷 耕平, 駒田 裕子, 堀口 敬司, 斉藤 隆史, 林 美加子, 玉置 幸道
2. 発表標題 低濃度フッ化チタン溶液処理における各種イオンの歯質への分布と脱灰抑制効果.
3. 学会等名 第77回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田康裕、櫻井雅彦、泉川昌宣、油井知雄、奥山克史、佐野英彦、齋藤隆史
2. 発表標題 フッ化物含有知覚過敏抑制材による抗菌効果の検討
3. 学会等名 第154回 日本歯科保存学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ALTANKHISHIG Bayarchimeg, MATSUDA Yasuhiro, IZUMIKAWA Masanobu, SAN0 Hidehiko, SAITO Takashi
2. 発表標題 Influence of ZnO and CuO nanoparticles on dentin bonding ability.
3. 学会等名 第155回 日本歯科保存学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田康裕、 Bayarchimeg Altankhishig、泉川昌宣、油井知雄、奥山克史、佐野英彦、齋藤隆史
2. 発表標題 フッ化物含有金属複合ナノ粒子による抗菌性の検討
3. 学会等名 第154回 日本歯科保存学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ALTANKHISHIG B, MATSUDA Y, QIU Y, SAITO T
2. 発表標題 ZnO/CuOナノコンポジットによるマトリックスメタロプロテアーゼ抑制
3. 学会等名 第18回日本再生歯科医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田康裕, 櫻井雅彦, 奥山克史, 山本洋子, 佐野英彦, 林美加子, 齋藤隆史.
2. 発表標題 フッ素含有知覚過敏抑制材を塗布した歯質中のフッ素分布測定
3. 学会等名 日本歯科保存学会2020年度秋季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井雅彦, 松田康裕, 泉川昌宣, 佐野英彦, 齋藤隆史
2. 発表標題 ガラスアイオノマーセメントによるマトリックスメタロプロテアーゼ抑制
3. 学会等名 日本歯科保存学会2020年度秋季学術大会 (第153回)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥山克史, 松田康裕, 山本洋子, 内藤克昭, 櫻井雅彦, 齋藤隆史, 林美加子, 玉置幸道, 佐藤隆博, 山田尚人.
2. 発表標題 フッ化チタン溶液による歯質脱灰への影響と歯質への元素の浸透
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sakurai M, Matsuda Y, Okuyama K, Yamamoto H, Hayashi M, Saito T.
2. 発表標題 Evaluation of the effect of zinc-containing oral materials on remineralization using in-air microbeam PIXE/PIGE.
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of JADR, online meeting, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 NAITO K, YAMAMOTO H, MATSUDA Y, OKUYAMA K, HAYASHI M.
2. 発表標題 Dynamics of ions artificially introduced into caries-affected dentin.
3. 学会等名 The 68th Annual Meeting of JADR, online meeting, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥山克史, 松田康裕, 山本洋子, 櫻井雅彦, 内藤克昭, 新谷耕平, 齋藤隆史, 林美加子, 玉置幸道
2. 発表標題 フッ化チタン処理における各種イオンの歯質への分布と脱灰抑制効果 -;溶液の濃度およびpHによる影響-
3. 学会等名 本歯科保存学会2020年度春季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 櫻井雅彦, 奥山克史, 山本洋子, 松田康裕, 林美加子, 齋藤隆史
2. 発表標題 フッ素含有知覚過敏抑制材を塗布した歯質中のフッ素分布測
3. 学会等名 日本歯科保存学会2020年度春季学術大会
4. 発表年 2020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	奥山 克史 (Okuyama Katsushi) (00322818)	朝日大学・歯学部・准教授 (33703)	
研究分担者	斎藤 隆史 (Saito Takashi) (40265070)	北海道医療大学・歯学部・教授 (30110)	
研究分担者	邱 友靖 (Qui YOUJING) (90845421)	北海道医療大学・歯学部・研究員 (30110)	
研究分担者	油井 知雄 (Yui Tomoo) (80548438)	北海道医療大学・歯学部・助教 (30110)	

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