

令和 5 年 5 月 2 日現在

機関番号：33703

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K10136

研究課題名(和文)チタン化合物によるアクティブなう蝕抑制への挑戦

研究課題名(英文)The active challenge for caries prevention by titanium compounds

研究代表者

奥山 克史 (Okuyama, Katsushi)

朝日大学・歯学部・准教授

研究者番号：00322818

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本ではあまり使用されていないフッ化チタンの歯科における幅広い応用を目指し、1)局所的応用における効果的な酸性度、濃度を確定すること、2)ガラスイオンマーセメントへ添加することによる効果、を検討することを目的とした。その結果、フッ化チタン水溶液の濃度が0.5%の場合にう蝕抑制に効果を示す下限である可能性が示唆され、弱酸性から中性では酸性度による差を認めなかった。同じ酸性度であれば、同じフッ素濃度のフッ化ナトリウムよりう蝕抑制効果があることも示された。またセメントへ添加することで機械的性質の向上は認められなかったものの、う蝕抑制効果が促進されることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科において様々なフッ化物が使用されているが、日本では余り使用されていないフッ化チタンの可能性に着目し、う蝕予防効果などを検討した。他の用途で高濃度の溶液が用いられているが、口腔内での使用を目指し低濃度における効果を検討し、濃度を提示することができた。また既存の材料に添加することで、さらなるう蝕抑制効果の促進が示唆された。これらの結果から、今後のう蝕予防の方法の一つとして提案できるものと思われる。

研究成果の概要(英文)：The study aims to develop a wide range of applications of titanium fluoride in dentistry, which is not widely used in Japan. The purpose of this study was 1) to estimate the effective concentration and pH of titanium fluoride for topical application to tooth structure and 2) to evaluate the effects of adding titanium fluoride to glass ionomer cement. The results of this study showed that 0.5% titanium fluoride solution may be the lowest concentration for caries prevention, and there was no significant difference between slightly acidic to neutral solutions. Titanium fluoride appeared to be more effective than sodium fluoride for caries prevention at the same fluoride concentration and pH. The addition of glass ionomer cement increased the caries-preventive effect compared with the original cement, but did not improve the mechanical properties.

研究分野：歯科保存学、歯科材料学

キーワード：フッ化チタン う蝕抑制 グラスイオンマーセメント

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

フッ素によるう蝕抑制効果は広く知られるところであり、特にフッ化ナトリウム、フッ化ジアミン銀などによる効果が認められる中、フッ化チタンの応用も考えられ、フッ化ナトリウムよりも優れた抗う蝕作用を示すことも報告されている^①。海外では一部歯面塗布剤として臨床応用されているが、酸性度が強く、国内での使用は見られない。安全に使用できかつ効果的な酸性度やフッ素濃度が不明であり、適切な濃度の確定が望まれる。また近年金属イオン(元素)によるう蝕抑制効果の促進が認められ、ストロンチウムや亜鉛が存在することで、フッ素単独よりも脱灰抑制が期待できることが報告されている^②。

我々はこれまでフッ化物局所応用による抗う蝕性、材料によるう蝕抑制効果を継続して検討しており、特にう蝕生成環境を、自動pHサイクル装置を使用することで^{③④}、様々な人工う蝕を作製するとともに、TMRによる脱灰、再石灰化の評価の他、マイクロPIXE/PIGEを使用して歯質内におけるフッ素や他元素の動態を評価してきた^{②④⑤}。

2. 研究の目的

本研究では、フッ化チタンの歯科における幅広い応用を目指し、将来へのさらなる歯科応用への基礎的知見を得ることのために以下の点を研究目的とした。

- (1) 局所的応用において安全かつ効果的な濃度および酸性度を確定すること。
- (2) 歯科材料へ混合させることによる、う蝕への影響を評価、検討すること。

3. 研究の方法

(1) 濃度および酸性度による影響

①適正な濃度および酸性度による影響の確認

ヒト抜去臼歯を用い、約200 μ mの厚さに調整し、頬側象牙質面を除くすべての面をワックスで被覆した。象牙質試料はう蝕発生環境をシミュレートした自動pHサイクル装置(pH:4.5-7.0)に4週間供した。サイクルの期間中1週間に1度、以下に示すフッ化チタン(TiF₄)溶液に5分間浸漬し、水洗後サイクルに戻した。使用した溶液は2, 1, 0.1%TiF₄溶液(2, 1%: pH1, 0.1%: pH3)と1%TiF₄溶液をpH4, 5または6に調製したものである。また1%TiF₄と同じフッ素濃度のフッ化ナトリウム(NaF)溶液(1.35%)も使用し、フッ化物処置を行わない群をコントロール(Cont)とした。

サイクル期間終了後、各試料の脱灰深さについて、偏光顕微鏡を用い倍率20倍で観察、撮影後、ソフトウェアImageJにて測定した。また高崎量子応用研究所所有大気マイクロPIXE/PIGE装置で、各試料におけるフッ素、カルシウムおよびチタンの分布を測定し、表層から深さ100 μ mまでのフッ素量とチタン量を評価、検討した。ヒト抜去歯使用については朝日大学倫理審査委員会承認を得た(承認番号30008)。

②低濃度フッ化チタンにおける影響の評価

上記実験①より大まかな適正濃度を推測できたため、さらに狭い濃度幅で評価検討した。使用した溶液は1, 0.75, 0.5, 0.25, 0.1% TiF₄溶液で、実験①と同様にサイクルの期間中1週間に1度5分間浸漬し、水洗後サイクルに戻した。ただ本実験ではサイクル期間を8週間に設定し、濃度における違いが明確に出るようにした。サイクル終了後実験①同様、カルシウム、フッ素、チタンの歯質内への浸透と、脱灰深さについて測定、濃度により影響を評価、検討した。また、本実験では各群の細胞毒性を評価するために、1, 0.75, 0.5, 0.25% TiF₄を添加した α -MEM培地にヒト歯肉上皮細胞(hEGP)を播種し、蛍光強度によりその生存数を測定し、毒性を評価した。

③フッ化チタンおよびフッ化ナトリウム溶液間におけるフッ素濃度および酸性度の影響

pH:5または7に調製した0.5% TiF₄(TP5, TP7)および同じフッ素濃度である0.675% NaF(NP5, NP7)水溶液を使用し、上記実験①、および②と同様の方法で実施した。ただし本実験ではウシ抜去前歯を使用している。8週間サイクルに供した後、カルシウム、フッ素、チタンの歯質内への浸透、および脱灰深さを測定し、溶液による違いなどを評価、検討した。

(2) 歯科材料への添加による効果

既存のガラスアイオノマーセメントにTiF₄を添加することによる効果を検討した。従来型ガラスアイオノマーセメント(Fuji IX Extra, GC)の粉末にTiF₄を重量比で0.1%(0.1T), 0.5%(0.5T), 1%(1T), および2%(2T)添加することで試作セメントの粉末とした。各試作セメントおよびTiF₄を添加しないセメント(G)の粉末を製品付属の液とメーカー指定の粉液比(P/L: 3.4)で練和した。

①フッ素徐放量の測定

直径9mm厚さ1mmのプラスチックモールドに上記セメントを填入し、モールド上下を、プラスチックフィルムを介してガラス板で圧接することで測定試料とした。各試料を3ml蒸留水に浸漬し37 $^{\circ}$ C中に保存し、セメント練和1, 2, 3, 7日後、それ以降は7日ごとに84日目まで試料を

浸漬した蒸留水中のフッ素濃度を、フッ素電極を用いて測定し単位面積あたりのフッ素量に換算した。

②表面硬さの測定

上記実験①と同様の試料を蒸留水に 37°C で保存し、練和 1 日、28 日および 84 日後に表面硬さ（ビッカース硬さ）を測定した。

③圧縮強さの測定

内径 6mm 長さ 12mm のテフロンモールドを用い上記実験①および②と同様の方法で測定試料を作製した。試料は蒸留水に 37°C で保存し、練和 1 日、28 日、および 84 日後に圧縮試験を行った。

④充填した材料による脱灰抑制効果および溶出イオン浸透の評価

ウシ抜去前歯唇側歯頸部に象牙質平滑面を作製し、窩洞形成後上試作材料を充填した。試料を脱灰溶液（pH:4.5）に 12 時間浸漬後再石灰化溶液（pH:7.0）に 12 週間保存し、その後試料を厚さ約 300 μm に切断した。各試料をデジタル顕微鏡で観察、撮影し、得られた画像より表層からの脱灰深さを測定した。その後各試料のフッ素、カルシウムおよびチタンの分布を上記実験（1）同様、大気マイクロ PIXE/PIGE 装置にて測定し、象牙質表層から 100 μm の深さまでのフッ素とチタン量を求めた。

4. 研究成果

(1) 濃度および酸性度による影響

実験①について、図 1 に各群の脱灰深さを示す。濃度による違いでは 1% および 2% TiF_4 が 0.1% よりも小さな脱灰深さを認めた。また pH による違いでは、pH1 である 1% TiF_4 が pH4, 5, および 6 に比べ小さい脱灰深さを認め、pH4, 5, 6 間では差を認めなかった。NaF と比較では TiF_4 が有意に小さい脱灰深さを認めた。図 2 に PIXE/PIGE により得られたカルシウム (Ca)、フッ素 (F)、チタン (Ti) の代表的なマッピング像を、図 3 および図 4 にはそれぞれ PIXE/PIGE 分析による各群のフッ素およびチタンの歯質への浸透を示す。濃度の比較ではフッ素、チタンともに 1%, 2% 群が 0.1% よりも大きな値を示した。pH による比較ではフッ素は pH1 と 6 に差を認めなかったが、pH4, 5 との間には差を認めた。チタンの取り込みでは pH1 が pH4, 5, 6 との間には差を認めた。フッ素の取り込みは TiF_4 と NaF 間に差を認めなかった。

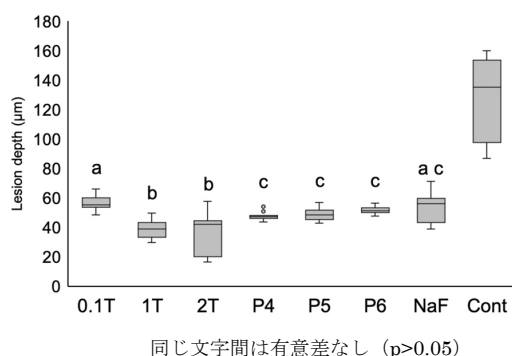


図 1 : 各群の脱灰深さ

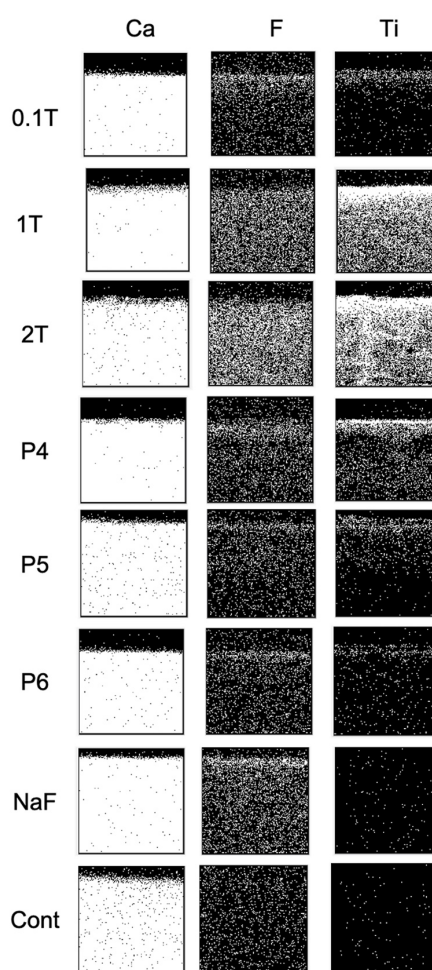
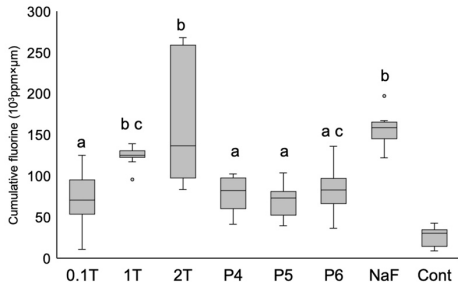
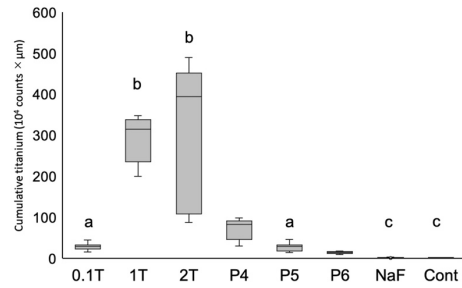


図 2 : 代表的な PIXE/PIGE のマッピング像



同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

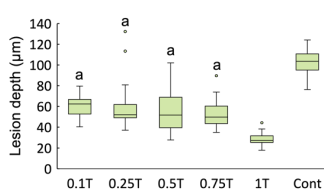
図 3 : フッ素の歯質内への浸透量



同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

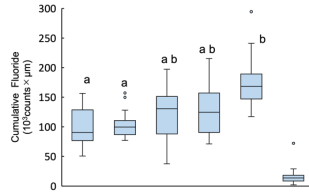
図 4 : チタンの歯質内への浸透量

実験①で1%と0.1%の間に大きな差を認めたため、この2つの濃度間でさらに詳細な検討を行ったのが、実験②である。図5に各群の脱灰深さを示す。1%群が他の濃度よりも小さい値を示し、その他の濃度間では有意差を認めなかった。図6および図7に各群のフッ素およびチタンの歯質への浸透を示す。フッ素、チタンいずれも1%, 0.75%, 0.5%群間で有意差を認めず、0.25%と0.1%は1%よりも小さい値を示した。図8に細胞毒性試験の結果を示す。1%と0.75%間に差を認めず、あとは濃度が小さくなるにつれ蛍光強度が大きくなる(生存数が多くなる)ことを示した。これらの結果より、0.5% TiF₄が脱灰抑制などに効果を発揮する最低濃度ではないかと推測できる。



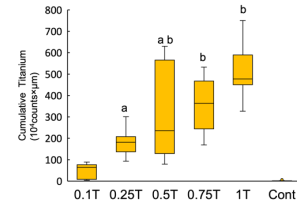
同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

図 5 : 低濃度における脱灰深さ



同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

図 6 : 低濃度におけるフッ素浸透量



同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

図 7 : 低濃度におけるチタン浸透量

実験③では、pH7のTiF₄溶液(TP7)がNaFの溶液よりも小さい脱灰深さを認め、pH7のNaFが他の溶液よりも小さなフッ素浸透を示した。またNP5とTP7との比較ではフッ素浸透で差を認めないが脱灰深さで差を認めたのは、含有するチタンの影響があったためと考えられる。

(2) 歯科材料への添加による効果

図9に材料からの累積溶出フッ素量の変化を、図10に試料作製84日後の累積フッ素量を示す。TiF₄の添加量が多くなるに従い、フッ素溶出量が多くなることが認められた。

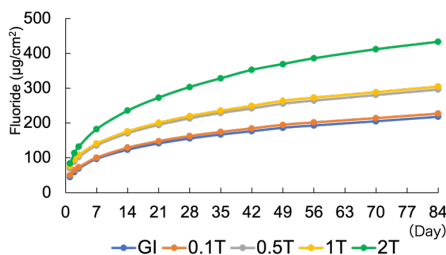
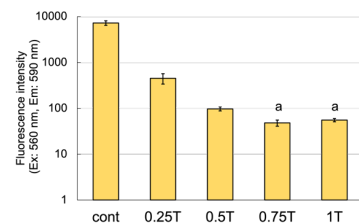
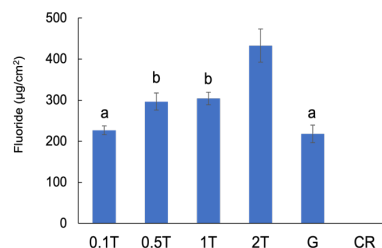


図 9 : セメントからのフッ素溶出の変化



同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

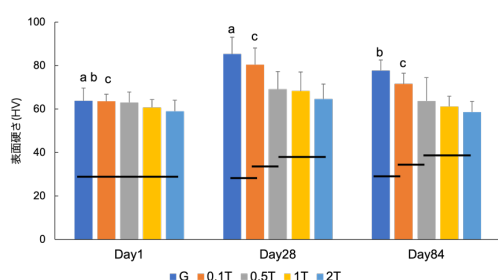
図 8 : 細胞毒性試験の結果



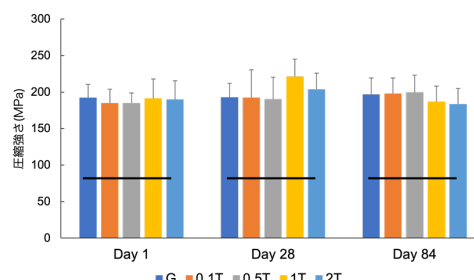
同じ文字間は無意味差なし (p>0.05)

図 10 : 試料作製 84 日後の累積フッ素溶出量

図 11、図 12 にはそれぞれ各材料の 1 日後、28 日後、84 日後の表面硬さおよび圧縮強さを示す。表面硬さは時間が経つにつれ、TiF₄ 添加量が多くなるほど値が小さくなっていくことが認められた。圧縮強さはいずれの時期においても材料間に差を認めなかった。



線で結んである群間は無差なし ($p>0.05$)
 同じ文字間は無差あり ($p<0.05$)

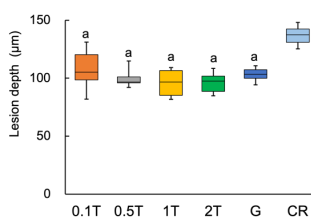


線で結んである群間は無差なし ($p>0.05$)
 期間による差はなし ($p>0.05$)

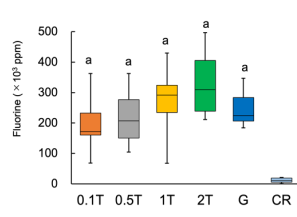
図 11: セメントの表面硬さ (ピッカース)

図 12: セメントの圧縮強さ

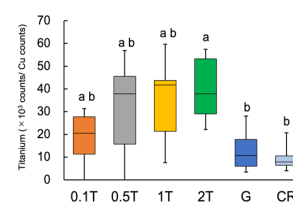
図 13 に象牙質表層からの脱灰深さを示す。試作品を含むすべてのセメント間に有意差は認めないが、TiF₄ の添加量が多くなるほど小さくなる傾向が示された。図 14、図 15 にはそれぞれフッ素およびチタンの歯質への浸透を示す。フッ素およびチタンの浸透について、試作セメント間に有意差は認めないものの、TiF₄ 添加量が多くなるに従い浸透する元素の量が多くなる傾向を示した。実験 (1) のような溶液を適用する場合に比べ、各元素の成分が一旦浸漬溶液に溶出した後歯質へ取り込まれるため、濃度が小さくなり効果も余り認められないが、わずかながら TiF₄ 添加のグラスアイオノマーセメントはう蝕抑制効果を示しているものと思われる。



同じ文字間は無差なし ($p>0.05$)



同じ文字間は無差なし ($p>0.05$)



同じ文字間は無差なし ($p>0.05$)

図 13: セメントを充填した歯質の脱灰深さ

図 14: セメントを充填した歯質のフッ素浸透量

図 15: セメントを充填した歯質のチタン浸透量

これらの結果より、グラスアイオノマーセメントにフッ化チタンを添加することで、機械的強度は変わらないものの蝕抑制効果が期待できることが示された。今後はこの材料の細胞毒性や接着性の変化など他の性質について検討する必要がある。

<引用文献>

- ① Hove LH, Holme B, Young A, Tveit AB. The protective effect of TiF₄, SnF₂ and NaF against erosion-like lesions in situ. Caries Res 42(1): 68-72, 2008.
- ② Funato Y, Matsuda Y, Okuyama K, Yamamoto H, Komatsu H, Sano H. A new technique for analyzing trace element uptake by human enamel. Dent Mater J 34(2): 240-245, 2015.
- ③ Matsuda Y, Komatsu H, Murata Y, Tanaka T, Sano H. A newly designed automatic pH-cycling system to simulate daily pH fluctuations. Dent Mater J 25(2): 280-285, 2006.
- ④ Matsuda Y, Okuyama K, Yamamoto H, Komatsu H, Koka M, Sato T, Hashimoto N, Oki S, Kawamoto C, Sano H. Fluoride uptake into the human enamel surface from fluoride-containing sealing materials during cariogenic pH cycling. Nucl Instr and Meth B 348: 156-159, 2015.
- ⑤ Okuyama K, Kadowaki Y, Matsuda Y, Hashimoto N, Oki S, Yamamoto H, Tamaki Y, Sano H. Efficacy of a new filler-containing root coating material for dentin remineralization. Am J Dent 29(4): 213-218, 2016.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Okuyama K, Matsuda Y, Yamamoto H, Suzuki K, Shintani K, Saito T, Hayashi M, Tamaki Y	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
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 Y, Matsuda Y, Yoshihara K, Okuyama K, Sakurai M, Saito T, Inoue S, Yoshida Y	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
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 Y, Altankhishig B, Okuyama K, Yamamoto H, Naito K, Hayashi M, Sano H, Sidhu SK, Saito T	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
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 -
1. 著者名 Altankhishig B, Matsuda Y, Nagano-Tatebe F, Okuyama K, Yamamoto H, Sakurai M, Naito K, Hayashi M, Sano H, Sidhu SK, Saito T	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
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 K, Kuwahara Y, Yamamoto H, Matsuda Y, Okuyama K, Ishimoto T, Nakano T, Yamashita H, Hayashi M	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 Yagi K, Uemura R, Yamamoto H, Ishimoto T, Naito K, Itoh S, Matsuda Y, Okuyama K, Nakano T, Hayashi M	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 Okuyama K, Matsuda Y, Yamamoto H, Sakurai M, Naito K, Shintani K, Saito T, Hayashi M, Tamaki Y	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsuda Y, Okuyama K, Yamamoto H, Fujita M, Abe S, Sato T, Yamada N, Koka M, Sano H, Hayashi M, Sidhu SK, Saito T	4. 巻 458
2. 論文標題 Antibacterial effect of a fluoride-containing ZnO/CuO nanocomposite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 184-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.06.039	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 K, Matsuda Y, Yamamoto H, Tamaki Y, Saito T, Hayashi M, Yoshida Y, Sano H, Sato T, Koka M	4. 巻 456
2. 論文標題 Fluorine distribution from fluoride-releasing luting materials into human dentin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms	6. 最初と最後の頁 16-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nimb.2019.06.047	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 Uemura R, Miura Jun, Ishimoto T, Yagi K, Matsuda Y, Shimizu M, Nakano T, Hayashi M.	4. 巻 19
2. 論文標題 UVA-activated riboflavin promotes collagen crosslinking to prevent root caries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-38137-7	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 -

〔学会発表〕 計29件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 櫻井雅彦, 松田康裕, 奥山克史, 山本洋子, 内藤克昭, 神田ひかる, 林美加子, 斎藤隆史, 玉置幸道, 佐藤隆博, 山田尚人, 山縣諒平, 石井保行
2. 発表標題 亜鉛含有口腔ケア剤による再石灰化効果の検討
3. 学会等名 QST量子機能創製拠点シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥山克史, 松田康裕, 山本洋子, 内藤克昭, 神田ひかる, 櫻井雅彦, 佐藤隆博, 山田尚人, 山縣諒平, 石井保行, 斎藤隆史, 林美加子, 玉置幸道
2. 発表標題 フッ化チタンによるう蝕抑制効果と元素の浸透 - 同濃度、pHにおけるフッ化ナトリウムとの比較 -
3. 学会等名 第36回PIXEシンポジウム
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, 林美香子
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 日本歯科保存学会2022年度秋季学術大会 (第157回)
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 日本歯科保存学会2022年度春季学術大会 (第156回)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥山克史, 新谷耕平, 堀口敬司, 玉置幸道
2. 発表標題 フッ化チタン配合試作ガラスアイオノマーセメントの物性の研究
3. 学会等名 令和4年春期第79回日本歯科理工学会学術講演会
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, 内藤克昭, 泉川昌宣, Bayarchimeg Altankhishig, 齋藤隆史
2. 発表標題 亜鉛による象牙質脱灰抑制効果効果の In-air micro PIXE/PIGE 分析
3. 学会等名 第19回日本再生歯科医学会学術大会
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 フッ素含有知覚過敏抑制材による抗菌効果の検討
3. 学会等名 日本歯科保存学会2021年度春季学術大会 (第154回)
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 日本歯科保存学会2021年度春季学術大会 (第154回)
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, 齋藤隆史, 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 令和3年春期第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 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 (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 (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 日本歯科保存学会2020年度春季学術大会 (第152回)
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定
3. 学会等名 日本歯科保存学会2020年度春季学術大会 (第152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、斎藤隆史、林美加子、玉置幸道、佐藤隆博、山田尚人
2. 発表標題 フッ化チタン処理による各種イオンの歯質への分布 溶液のpHによる影響
3. 学会等名 QST高崎サイエンスフェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山克史、松田康裕、山本洋子、新谷耕平、堀口敬司、斎藤隆史、林美加子、玉置幸道
2. 発表標題 PIXE/PIGE法による歯質接着システムを介したフッ化物含有材料から歯質内へのフッ素浸透の評価
3. 学会等名 令和元年秋期第74回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 櫻井雅彦、松田康裕、斎藤隆史、奥山克史、山本洋子、岩見行晃、林美加子、能町正治、山田尚人、佐藤隆博、安田啓介
2. 発表標題 フッ素含有知覚過敏抑制剤を塗布した歯質中の元素分布測定
3. 学会等名 第14回先進原子力科学技術に関する連携重点研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naito K, Uemura R, Yamamoto H, Iwami Y, Matsuda Y, Okuyama K, Hayashi M
2. 発表標題 Carious preventive effect of zinc ion penetrated into dentin
3. 学会等名 The 97th General session of IADR (国際学会)
4. 発表年 2019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	松田 康裕 (Matsuda Yasuhiro) (50431317)	北海道医療大学・歯学部・准教授 (30110)	
研究分担者	玉置 幸道 (Tamaki Yukimichi) (80197566)	朝日大学・歯学部・教授 (33703)	

	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
研究協力者	山本 洋子 (Yamamoto Hiroko)		
研究協力者	川木 晴美 (Kawaki Harumi)		
研究協力者	新谷 耕平 (Shintani Kohei)		

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