

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 15 日現在

機関番号：33703

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11722

研究課題名(和文)口臭抑制と歯周病減弱能を備えた、新たな硫化物吸着セラミック多孔体の開発

研究課題名(英文)Development of new sulfide adsorption micro-porous ceramics with halitosis inhibition and periodontal disease attenuation ability

研究代表者

堀田 正人(Hotta, Masato)

朝日大学・その他部局等・教授

研究者番号：10157042

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：セラミック多孔体ハイドロタルサイトを 500 で熱処理したMgHDT500とMgをZnに置換したZnHDTを合成した。4種類の偏性嫌気性菌を用い、菌培養下にMgHDT500とZnHDTを混入し、硫化水素濃度をガスクロマトグラフで測定した。偏性嫌気性菌の増殖度からZnHDTの抗菌作用を検討した。その結果、最も硫化水素産生量の多かったF.nucleatumにZnHDTを混入した場合の硫化水素濃度は混入後2時間で検出されず、菌発育に与える影響の検討から、CFUにおけるコロニー数の低下を認めた。このことから、ZnHDTには硫化物に対する吸着性と細菌の増殖を抑制する作用があ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

吸着性の優れたセラミック多孔体であるZnHDTは歯周病関連細菌から発生する硫化水素と歯周病関連細菌の増殖を抑制する効果があることが本研究により示唆された。したがって、ZnHDTは本研究の目的である口臭抑制と歯周病減弱能を備えた新たな材料であり、歯科臨床応用が可能な材料であることが期待され、学術的意義は大きい。また、社会的意義も大きく、今後はこのZnHDT含有の歯冠修復材料や口腔ケア用品の開発を目的とした研究を進め、口臭・歯周病で悩んでいる患者に福音をもたらしたいと考えている。

研究成果の概要(英文)：MgHDT500 (heat-treated Mg-Al hydrotalcite at 500 degrees Celsius) and ZnHDT (substituting Zn for Mg-Al hydrotalcite) was synthesized. Using obligate anaerobic bacterial cultures, the concentrations of hydrogen sulfide in mixtures with MgHDT500 and ZnHDT were measured by gas chromatography to examine their inhibitory effects on hydrogen sulfide production and their antibacterial effects on the growth of anaerobic bacteria. As a result, hydrogen sulfide was produced in all the bacterial cultures with the highest hydrogen sulfide production with F. nucleatum. The hydrogen sulfide concentration changes in the F. nucleatum cultures mixed with ZnHDT demonstrated that no hydrogen sulfide was detected at 2 hours. The growth of F. nucleatum demonstrated a reduced colony-forming unit with ZnHDT. Thus, the significantly reduced concentrations of hydrogen sulfide produced by F. nucleatum were caused by the sulfide adsorption and antibacterial effects of ZnHDT.

研究分野：歯科保存学分野

キーワード：口臭 揮発性硫黄化合物 亜鉛置換ハイドロタルサイト 吸着 抗菌効果 歯周病関連細菌 硫化水素 層状複水酸化物

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、人とのコミュニケーションが避けられない社会生活において、口臭に対する関心が深まってきており、口臭を主訴として歯科を受診する患者は年々増加する傾向にある。各種口臭消臭剤がドラッグストアやマーケットで市販されており、口臭で悩んでいる人は潜在的に多いと考えている。中には心身症を疑われるほど深刻に悩む患者もみられ、QOL に与える影響は大きい。

口臭には口腔常在菌のアミノ酸代謝に由来する生理的口臭の他、歯周病、う蝕などの口腔内病変に起因するものと全身疾患などの口腔外由来とされるものがあるが、ほとんどは口腔内由来のものである。その主要原因物質は揮発性硫黄化合物 (VSC: Volatile Sulfur Compounds) である硫化水素(H_2S)、メチルメルカプタン(CH_3SH)、ジメチルスルフィド($(\text{CH}_3)_2\text{S}$)であり、 H_2S と CH_3SH が約 90% を占める。

また、これら VSC は口腔内に生息している嫌気性菌が唾液、血液、剥離性上皮細胞、食物残渣中の含有アミノ酸(システインやメチオニン)を分解・腐敗することで産生される外毒素でもある (Armstrong BL, et al., J Dent Hygiene, 2010)。産生部位としては辺縁歯周炎、口内炎、壊死性軟組織疾患、口腔癌などの疾患病巣、あるいは舌苔や貯留唾液が挙げられる。 H_2S と CH_3SH を多量に産生すると考えられるものとして *Fusobacterium*, *Bacteroides*, *Veillonella* 等の口腔内微生物が挙げられるが、口臭、歯周病予防のための洗口剤や歯磨剤の成分は主として、抗菌成分、抗炎症成分であり、外毒素除去能を有するものは見当たらない。

したがって、申請者らは抗菌作用に加え、外毒素除去能を有する新規材料の開発を試みてきた。ハイドロタルサイト(MgHDT)は Mg を含有する層状複水酸化物であり、ミクロ孔をもつ、化学的に安定なセラミック多孔体であり、低分子 VSC をインターカレーション能力により効果的に吸着する。そこで、Mg を Zn に置換することで抗菌性但荷させ、さらに効果的な外毒素除去能をもたせた Zn 置換型ハイドロタルサイト(ZnHDT)を合成し、歯科臨床に応用することによって、VSC の吸着除去による口臭の抑制、抗菌作用による VSC 産生量の減少、歯周病等の減弱、金属の歯冠修復物の変色防止等が期待できると考えた。

2. 研究の目的

口臭の主要原因物質である揮発性硫黄化合物 (VSC: Volatile Sulfur Compounds) は細胞組織に対する毒性が強く、線維芽細胞の DNA やたんぱく質合成を阻害する歯周病増悪因子として報告されている。申請者らは抗菌・解毒作用を有し、VSC のような低分子を吸着する材料として Zn を含有する層状複水酸化物であるセラミック多孔体を開発した。本研究では毒性をもつ口臭原因物質の除去剤として新たな歯科材料となりうる Zn 置換型ハイドロタルサイトの機能について歯工連携によって多面的に実証することを目的として歯科臨床への応用を目指した。

3. 研究の方法

1) ハイドロタルサイトの合成

$[\text{Mg}_{1-x}\text{Al}_x(\text{OH})_2][\text{A}^{n-}{}_{x/n} \cdot m\text{H}_2\text{O}] (\text{A}^{n-}: \text{CO}_3^{2-}, x=0.33)$, $[\text{Zn}_{1-x}\text{Al}_x(\text{OH})_2][\text{A}^{n-}{}_{x/n} \cdot m\text{H}_2\text{O}] (\text{A}^{n-}: \text{CO}_3^{2-}, x=0.33)$ を共沈法により以下の手順で合成した。Milli-Pore 製 Direct-Q より採取した超純水 (MilliQ 水) 300 mL に炭酸ナトリウム (Na_2CO_3 , 特級, 和光純薬工業, 大阪) を溶解した炭酸ナトリウム溶液を調製し、MilliQ 水 100 mL に水酸化ナトリウム (NaOH , 特級, 和光純薬工業, 大阪) を溶解した水酸化ナトリウム溶液を調製した。さらに MgHDT を合成するには MilliQ 水 100 mL に硝酸マグネシウム六水和物 ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 特級, 和光純薬工業, 大阪) と硝酸アルミニウム九水和物 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 特級, 和光純薬工業, 大阪), ZnHDT を合成するには硝酸亜鉛六水和物 ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 特級, 関西触媒化学, 堺) と硝酸アルミニウム九水和物 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 特級) を溶解した硝酸塩溶液をそれぞれ調製した。炭酸ナトリウム溶液を攪拌しながら硝酸塩溶液を加え、さらに水酸化ナトリウム溶液を添加し、溶液の pH が 10.0 になるよう調整した。混合溶液を室温で 24 時間攪拌して熟成させた。得られた生成物を吸引ろ過にてろ別し、得られた生成物を 80℃ で 12 時間乾燥した。乾燥処理後、めのう乳鉢で解砕し、得られた試料をそれぞれ MgHDT 試料, ZnHDT 試料とした。また、MgHDT 試料を電気炉で、処理温度 500℃, 保持時間 30 分で熱処理し、得られた試料を MgHDT500 とした。

2) ハイドロタルサイト合成物の評価

合成物の評価方法として粉末の X 線回折 (XRD) を X 線回折装置 (RINT2200, リガク) で測定し、典型的な HDT の Powder Diffraction File (PDF) データと比較した。さらに、電界放射型走査型電子顕微鏡 (FE-SEM, JSM-6500F, 日本電子, 東京) で観察し、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS, JED-2300F, 日本電子, 東京) を用いて組成分析した。また、フーリエ変換赤外分光装置 (FT/IR-430, 日本分光, 東京) と分析ソフト (Spectra Manager, 日本分光, 東京) にてスペクトル解析を行った。さらに、MgHDT と MgHDT500 は Mg と Al の二元素、ZnHDT は Zn と Al の二元素について Atomic% を求めた。

3) H_2S 濃度の測定

H_2S は標準物質を用いて気体を真空のテトラバックに捕集して N_2 で希釈し、濃度を 1,000,

500, 200, 100, 50, 20, 10ppm となるように調整した。その後、各濃度の H₂S ガスをガスタイトシリンジにて 3 mL 採取し、ガスクロマトグラフに注入し、定量分析を行った。

細菌由来の H₂S 濃度を測定するために、供試細菌は歯周病関連細菌の *Fusobacterium nucleatum* ATCC25586 (*F.nucleatum*) , *Porphyromonas gingivalis* ATCC33277 (*P.gingivalis*) , *Prevotella intermedia* ATCC25611 (*P.intermedia*) , 齧蝕病原性菌の *Streptococcus mutans* ATCC25175 (*S.mutans*) を用いて H₂S 濃度を測定した。一般的な細菌増殖曲線を参考にして最初の 2 日間は 8 時間おきに、その後は 1 日おきに 1 週間測定した。

最も H₂S を産生した菌 (*F.nucleatum*) のみについて、同様の方法で培養した菌液を 2 mL ずつアシストチューブに分注し、37 °C で嫌気培養を行った。次に MgHDT 試料, MgHDT500 試料, ZnHDT 試料を 0.02g 加えたものと HDT なしの 4 種類を供試し、H₂S 濃度の測定を行った。測定時間は 2 時間おきに 8 時間行い、合計 3 回繰り返した。また、8 時間後の各試料の H₂S の産生量について一元配置分散分析と Fisher's PLSD test の多重比較検定による有意差検定 ($\alpha = 0.05$) を行った。

4) 細菌増殖試験

MgHDT, MgHDT500, ZnHDT 試料の細菌発育への影響を検討するために *F.nucleatum* の増殖試験を行った。H₂S 濃度の測定と同様に菌液を培養し、アシストチューブに 4 mL ずつ分注後、0.04 g の MgHDT, MgHDT500, ZnHDT 試料を別々に加えて 37 °C で嫌気培養を行った。菌液を接種後、培養液の OD 値を分光光度計にて 600nm の波長により、4 時間おきに 30 時間まで測定し、経時的な増殖曲線を求めた。また、細菌増殖曲線にて 12 時間経過した時間における菌液の生菌数を Colony Forming Unit (CFU/ml) にて算出した。

4. 研究成果

1) ハイドロタルサイトの XRD 分析結果

MgHDT 試料粉末の XRD は典型的な MgHDT の Powder Diffraction File (PDF) データ (PDF#35-0964) と比較するとピークの回折角と強度はほとんど一致しており、MgHDT の構造をもっていた。MgHDT500 の試料粉末はいずれもピークはブロードであり、MgHDT ではなく、MgO の PDF データ (PDF#45-0946) のピーク位置、強度と比較的よく一致していた。しかし、(111) に相当するピークは低角であった。そのため、MgO の (111) ピークとして指数づけるより、アモルファス相のハローの存在を示唆した。すなわち、MgHDT を加熱すると、層間の水分子、炭酸イオンが除去され、結晶性が低下して、アモルファス相と MgO の生成が示唆された。得られた ZnHDT 試料粉末の X 線回折図形は典型的な ZnHDT の PDF データ (PDF#48-1025) と比較すると、ピークの回折角と強度はほとんど一致しており、ZnHDT 型層状複水酸化物の構造を持つと考えられた。また、MgHDT 試料に比べ、すべてのピークにおいて回折線の半値幅が小さく、結晶子が大きく結晶性が高かった。

2) ハイドロタルサイトの FT-IR 分析結果

合成した MgHDT 試料の赤外吸収スペクトルにおいて 3400cm⁻¹ 近傍、900-1100 cm⁻¹ 付近の吸収ピークがそれぞれ水酸基の水素結合の伸縮振動および変角振動による。また、3000cm⁻¹ 付近の吸収ピークは層間水とアニオンの水素結合である。炭酸イオンは、炭酸イオンの吸収ピーク (1340-1380cm⁻¹, 850-880cm⁻¹, 670-690cm⁻¹) に近いところにも吸収ピークが確認される。さらに、1400cm⁻¹ 近傍、1340-1400cm⁻¹ のダブルバンドも見られるが、炭酸イオンの対称性低下を示唆している。1625cm⁻¹ 付近の吸収ピークは層間水の伸縮振動、400-560 cm⁻¹ および 785cm⁻¹ は Al-O 結合の振動である。MgHDT500 試料の赤外吸収スペクトルは炭酸イオンの吸収ピーク (1340-1380cm⁻¹, 850-880cm⁻¹, 670-690cm⁻¹) はほとんど確認されなかった。また、3400cm⁻¹ 近傍、900-1100 cm⁻¹ 付近の水の吸収ピークが確認された。また、400-800 cm⁻¹ は M-O, O-M-O (M: Zn, Al) の格子振動の吸収ピークである。ZnHDT 試料の赤外吸収スペクトルは MgHDT 試料と同様に、3400cm⁻¹ 近傍、900-1100 cm⁻¹ 付近の吸収ピークは水酸基の水素結合の伸縮振動および変角振動、3000cm⁻¹ 付近の吸収ピークは層間水とアニオンの水素結合、1500, 1625cm⁻¹, 1340-1380cm⁻¹, 850-880cm⁻¹, 670-690cm⁻¹ 付近の吸収ピークは層間水の伸縮振動および炭酸イオンの吸収ピークが確認された。また、1737cm⁻¹ に C=O の吸収ピークが確認された。400-800 cm⁻¹ には M-O, O-M-O (M: Zn, Al) の格子振動の吸収ピークが見られ、552 cm⁻¹ は Al-OH, 615cm⁻¹ は Zn-OH の吸収ピークである。

3) ハイドロタルサイトの SEM 像と EDS 分析結果

MgHDT 試料の SEM 像から、得られた合成試料は 0.2-0.3μm 程度の粒子が凝集し、数 μm 程度の二次粒子を形成していた。EDS 元素分析の結果 (n=5, atomic%), Mg は 66.2±1.1, Al は 33.8±1.1, Mg/Al 比は 2.0±0.1 であり、[Mg_{1-x}Al_x(OH)₂][Aⁿ⁻_{x/n}·mH₂O] (Aⁿ⁻: CO₃²⁻, x=0.33) 組成のものが得られた。合成した MgHDT500 試料の SEM 像から熱処理前の MgHDT 試料で確認された 0.2-

0.3 μm 程度の粒子の凝集はなくなり、粒子同士が接着し、粒子間の隙間が小さくなっていた。EDS 元素分析の結果 (n=5, atomic%), Mg は 65.8 ± 0.9 , Al は 34.2 ± 0.9 , Mg/Al 比は 1.9 ± 0.1 であり、熱処理前の Mg/Al 比は 2.0 ± 0.1 とほぼ変化はなかった。合成した ZnHDT 試料の SEM 像からは 0.2-0.3 μm 程度の板状晶であることが確認された。MgHDT と異なり、粒子の凝集もなく、均一な粒子が得られた。EDS 元素分析の結果 (n=5, atomic%), Zn は 66.3 ± 2.0 , Al は 33.7 ± 2.0 , より Zn/Al 比は 2.0 ± 0.2 であり、 $[\text{Zn}_{1-x}\text{Al}_x(\text{OH})_2][\text{A}^{n-} \cdot x/n \cdot \text{mH}_2\text{O}]$ ($\text{A}^{n-} : \text{CO}_3^{2-}$, $x=0.33$) 組成のものが得られた。

4) 各種供試菌の H₂S 濃度

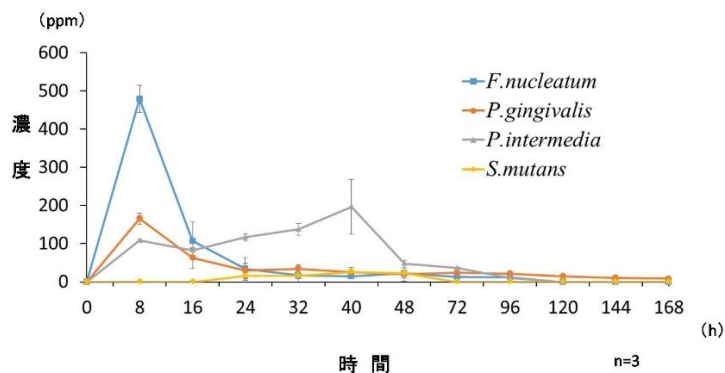


図1 各種供試菌の H₂S 濃度の平均値の経時的変化

図1に示すように各菌液とも H₂S の産生を認めたが、*P.gingivalis* と *F.nucleatum* が最初の 8 時間で最も産生し、その後、経時的に減少した。*P.intermedia* は 40 時間後でピークに達し、その後減少した。*S.mutans* も 40 時間後でピークに達したが、H₂S の産生は非常に少なかった。最も H₂S を産生したのは *F.nucleatum* であった。

5) *F.nucleatum* に各種 HDT を混入した試料の H₂S 濃度

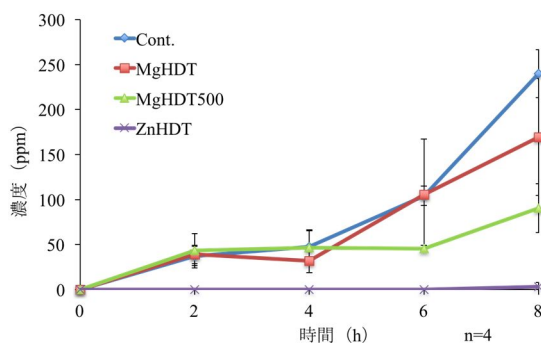


図2 *F.nucleatum* に各種 HDT を混入した試料の H₂S 濃度の経時的変化

図2に示すように HDT なし (Cont.) の場合と比較すれば、各種 HDT を混入した試料の H₂S 濃度の経時的変化は、熱処理なしの MgHDT 試料と 500 で熱処理した MgHDT500 試料が 2 時間を経過したところでは両試料とも H₂S 濃度の減少は見られなかった。しかし、6 時間経過すると、MgHDT500 試料の H₂S 濃度の減少は著明となり、8 時間後では Cont. の試料の H₂S 濃度を 100% とすると 50% 以下の減少を示した。一方、ZnHDT 試料は 2 時間を経過したところではほぼ 100% の減少を示し、8 時間経過後でもほぼ 100% に近い H₂S を吸着した。

6) 各種 HDT の *F.nucleatum* 発育に与える影響

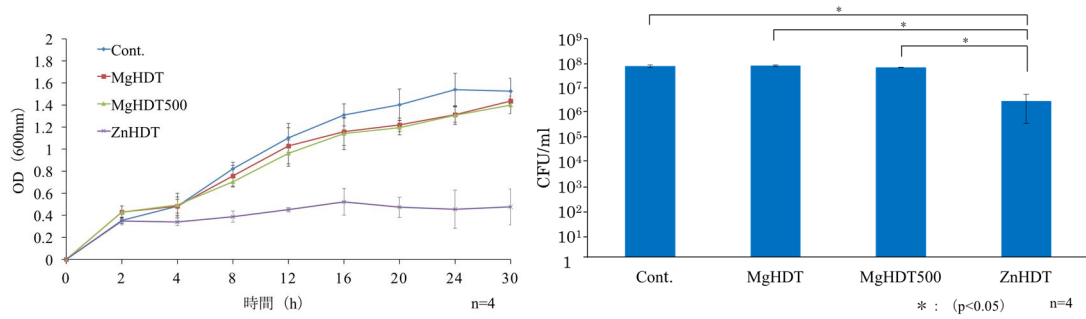


図3 *F.nucleatum* の発育(増殖)に与える影響と生菌数に与える影響

図3に示すように細菌増殖への影響ではHDTなし(Cont.)の場合の*F.nucleatum*は8時間程度から対数増殖期を迎え、約24時間まで吸光度の増加を認めてその後は緩やかに低下していった。MgHDTとMgHDT500試料を加えることによる曲線の変化は少なく、菌への発育への影響は少なかった。しかし、ZnHDT試料を加えた場合は曲線の変化を認め、2時間経過以降は顕著な増殖を認めず、30時間経過後まで持続して、*F. nucleatum*発育に対して抑制していた。30時間経過後の細菌増殖について各試料の有意差検定を行ったところ、ZnHDT試料は他の3種類の試料に比べて有意に菌の増殖を抑制していた。また、細菌増殖曲線にて12時間経過した時間における*F.nucleatum*の生菌数をCFU/mlにより測定したところ、HDTなし(Cont.)が 9.6×10^7 、MgHDTが 1.0×10^8 、MgHDT500が 8.6×10^7 に対してZnHDT試料は 3.4×10^6 と有意にコロニー数は低下しており、*F.nucleatum*の発育抑制を認めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yokogawa Yoshiyuki, Kakehashi Kodai, Wakabayashi Hidemitsu, Oike Kazuki, Morita Yuki, Fujii Kazuo, Hotta Masato, Doi Yutaka	4. 巻 782
2. 論文標題 VSC Adsorptive Property of Zinc or Iron Oxide in Comparison with that of Layered Double Hydroxide Containing Zinc of Iron	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Key Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 250 ~ 255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/www.scientific.net/KEM.782.250	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 該当する

1. 著者名 Yoshiyuki Yokogawa, Shota Namba, Junichiro Kinoshita, Yuki Morita, Kazuo Fujii, Masato Hotta, and Yutaka Doi	4. 巻 720
2. 論文標題 VSC Sorption onto Mg-Fe-F Layered Double hydroxide and its Fluoride Release in Aqueous Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Key Eng. Mater.	6. 最初と最後の頁 37-40
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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yokokawa Y, Kakehashi K, Wakabayashi H, Morita Y, Oike K, Fujii K, Hotta M, Doi Y.
2. 発表標題 VSC adsorptive property of Zinc or Iron Oxide in comparison with that of Layered Double Hydroxide containing Zinc of Iron.
3. 学会等名 Bioceramics 30 30th Symposium and Annual Meeting of the International Society for Ceramics in Medicine (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾池和樹、井殿泰鳳、越智葉子、清水翔二郎、石樽大嗣、村瀬由起、藤井和夫、日下部修介、横川善之、堀田正人
2. 発表標題 揮発性硫黄化合物吸着セラミックス材料の口臭抑制効果
3. 学会等名 第71回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石樽大嗣、森田侑宜、川木晴美、新谷耕平、尾池和樹、井殿泰鳳、越智葉子、横川善之、堀田正人、近藤信夫
2. 発表標題 亜鉛置換型ハイドロタルサイト（HDT）セラミックス多孔体の揮発性硫黄化合物（VSC）吸着効果の検討
3. 学会等名 第60回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾池和樹、井殿泰鳳、越智葉子、作誠太郎、石樽大嗣、川木晴美、横川善之、堀田正人
2. 発表標題 ヒト唾液中での揮発性硫黄化合物吸着セラミックス材料のZn溶出量
3. 学会等名 日本歯科保存学会2018年度秋季学術大会（第149回）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横川善之、梯 広大、若林秀光、尾池和樹、森田侑宜、藤井和夫、土井 豊、川木晴美、堀田正人
2. 発表標題 亜鉛を含む層状複水酸化物への揮発性硫黄化合物の吸着とその溶解挙動
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会大会（第40回・神戸）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梯広大、若林秀光、横川善之
2. 発表標題 亜鉛、鉄を含む層状複水酸化物の硫化物吸着特性
3. 学会等名 ニューセラミックス懇話会第235回
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 若林秀光, 梯広大, 横川善之
2. 発表標題 亜鉛,鉄を含む層状複水酸化物と亜鉛,鉄の酸化物の硫化物吸着特性
3. 学会等名 ハイインターフェース先端マテリアルの創生第9回シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾池和樹, 森田侑宜, 藤井和夫, 作誠太郎, 横川善之, 堀田正人
2. 発表標題 Zn置換Hydroxalcalciteの歯周関連細菌に対する抗菌性
3. 学会等名 日本歯科保存学会2017年度春季学術大会(第146回、6月、青森)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梯広大, 若林秀光, 横川善之
2. 発表標題 亜鉛,鉄を含む層状複水酸化物の硫化物吸着特性
3. 学会等名 市大-フェース先端マテリアルの創生(第8回シンポジウム、2月、大阪)
4. 発表年 2018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	横川 善之 (Yokogawa Yoshiyuki) (20358310)	大阪市立大学・大学院工学研究科・教授 (24402)	

