

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K09972

研究課題名（和文）固体NMR測定によるフッ化物効果解析、う蝕予防方法確立へのエビデンス提供

研究課題名（英文）Solid-state NMR investigation on the mineral structure in de- and remineralized dentin. Solid-state NMR investigation to provide evidence of fluoride-effect for caries prevention

研究代表者

平石 典子 (Hiraishi, Noriko)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・講師

研究者番号：20567747

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）：異なる濃度とpHのフッ化物が、ウシおよびヒトのエナメル質と象牙質に与える影響を固体NMRで評価した。一方、エナメル質は高結晶性ミネラル、象牙質は低結晶性でリン酸水素カルシウムを含むことが分かり、XRD解析で象牙質の結晶サイズが小さく、微小ひずみが多いことが確認された。19F NMR分析では、象牙質での反応性が高く、フルオロアパタイト（FAp）とフッ化カルシウム（CaF₂）が生成された。酸性フッ化物は反応性が高く、CaF₂が生成されやすい一方、フッ化ジアンミン銀はCaF₂の生成が顕著だった。フッ化物のpHと濃度により歯質アパタイトへの作用が異なり、虫歯予防効果に新たな知見が得られました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

う蝕予防のためのフッ化物の応用については、エナメル質初期う蝕予防のみならず、成人期以降に見られる歯根面う蝕の予防においても、フッ化物の応用効果が期待される。前者には1450ppm以上のフッ化物、後者にはフッ化ジアンミン銀塗布が広く使用されるが、どのような生成物が生じるかを、固体NMRの高度分析技術を駆使して、分子、原子レベルでの的確な分析を行った。結果、酸性フッ化物は反応性が高いが、高濃度の場合、フルオロアパタイト以外にフッ化カルシウムが多く生成される傾向があった。エナメル質と象牙質で、フッ化物の反応性が違うため、臨床での使用にその特徴に合わせた使用方法が望ましいと考えた。

研究成果の概要（英文）：Various fluorides were applied to bovine and human enamel and dentin and the effect of fluoride treatment was assessed by solid-state NMR. Bovine tooth bioapatite was used in preliminary experiments and its crystallinity was investigated to compare with human tooth. Enamel was found to be a highly crystalline mineral. Rietveld analysis of X-ray diffraction confirmed smaller crystal sizes and greater microstrain in dentin. 19F NMR analysis of fluoride showed that it was highly reactive in dentin, producing fluoroapatite (FAp) and calcium fluoride (CaF₂). Acid fluoride is reactive, but the by-product CaF₂ is mainly formed. The formation of CaF₂ was found by silver diammine fluoride as well as FAp. Solid-state NMR and XRD analysis allowed the action of fluoride on dentine apatite and the identification of its products, suggesting that the reactivity varies with the acidity and concentration of fluoride, providing new insights into its caries-preventive effect.

研究分野：保存修復

キーワード：フッ化物 回折装置 フルオロアパタイト 固体核磁気共鳴装置 エナメル質 象牙質 フッ化カルシウム X線

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

う蝕予防のためのフッ化物の応用については、エナメル質初期う蝕予防のみならず、成人期以降に見られる歯根面う蝕の予防においても、フッ化物の応用効果が期待され、高齢化社会のわが国では、ライフステージ別のフッ化物応用は必須である。近年、厚生労働省がフッ化物配合歯磨剤の上限を 1450ppm と認可したが、15 歳未満の子どもには使用を控えるとの、注意勧告が付記されている。一方、成人の罹患率は依然高く、社会の高齢化に伴う、根面う蝕の高発症率が注視されている。「う蝕治療ガイドライン」では、初期根面う蝕は、侵襲的治療を実施せず、フッ化物応用による慢性化療が第一選択であり、高濃度フッ化物塗布、フッ化物配合歯磨剤、フッ化物洗口、フッ化ジアンミン銀塗布などの応用が提案されている。このように、小児、成人～高齢者への、フッ化物応用による脱灰抑制、再石灰化効果は期待が高い。推奨のために、高度分析技術を応用したエビデンスを提供する必要があるが、フッ化物効果を、分子、原子レベルでの的確な分析は少なく、エナメル質と、象牙質への反応性の違いについて解明する必要性があった。

2. 研究の目的

フッ化物は最終的に、エナメル質と象牙質に反応し、より酸に強くむし歯になりにくいフルオロアパタイト (FAP) と、フッ化カルシウム塩(CaF_2)を算出すると考えられる。一般的に FAP は酸抵抗性が高く、その算出が虫歯予防に最適との概念がある。しかし、結晶学分析的観点からの X 線回折法、赤外線分光法などでは、低結晶相でフッ素原子の状態の推定は困難で、特に低濃度フッ化物の場合は不可能である。そこで本研究は、FAP と CaF_2 の分子、原子レベルでの同定に、固体核磁気共鳴 (NMR) 測定法を用いた。固体 NMR による、歯質エナメル質および象牙質のフッ素の取り込みプロセスの分析は、歯科研究分野では少ない。固体 NMR 法は、測定技術の進歩で汎用性が広がり、化学構造、組成分析が可能である。また、分子運動性が反映される緩和時間を測定することで、結晶性や結晶化度、配向度、架橋度などの相対評価も可能となっている。フッ素核においては、 ^{19}F -NMR 分析、またリン核においては、高分解能固体 CP/MAS NMR 法(注 1)および二次元 ^1H - ^{31}P HETCOR NMR 測定法にて、フッ化物効果と再石灰化プロセスを、アパタイト中の高結晶性のコア、またはアモルファス的な低結晶性の表層(つまり反応性に富む水分子が多い表層部位)へ取り込まれるかの識別を試みた。

(注 1) 測定サンプルを高速で回転させ、主磁場の向きと角度を一定の角度に保持し(マジック角回転、MAS = Magic Angle Spinning)、交差分極 (CP = Cross Polarization)にて ^1H の磁化を測定する核に移動させることで感度増大させ、デカップリング(decoupling)で ^1H - ^{31}P 間相互作用を消去し、高分解能スペクトルを得る手法

3. 研究の方法

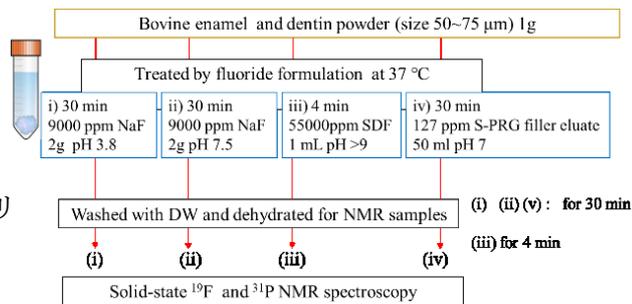
準備する各種フッ化物は、濃度 (100~55,000ppm)、pH (3.5~10) で使用する。ウシとヒト、エナメル質と象牙質粉碎試料と用い、基質アパタイト試料とし、フッ化物処理を行う。フッ化物効果解析のために予備実験では、ウシ牛歯由来の生体アパタイトを試料として使用したが、ヒト抜去歯を対象にするため、まずは固体 NMR にて、ヒトとウシ歯の結晶性の差異の確認を必要とした。1D ^1H - ^{31}P CP/MAS、と二次元 ^1H - ^{31}P HETCOR NMR 分析を行い、エナメル質、象牙質ともに、ミネラル(ハイドロキシアパタイト)の、組成的評価を行った。さらに XRD (X 線回折装置)による、リートベルト解析(注 2)を行い、結晶構造のさらなる解明を試みた。

(注 2) リートベルト解析 (Rietveld analysis) は、X 線回折データを解析するための強力な手法の一つ。この解析法は、結晶構造の詳細な情報を得るために用いられます。具体的には、粉末試料の XRD パターンから結晶構造、格子定数、原子位置、配向、結晶サイズ、歪みなどを精密に決定することが可能である。

各種フッ化物に関しては、それら歯質への反応性の違いを評価するために、生成物による ^{19}F -NMR 法分析で検証実験を行った。フッ化ナトリウム (NaF)、リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液 (9000ppm、酸性バトラーフローデンフォーム A2%、サンスター社) 及びリン酸中性フッ化ナトリウム溶液 (9000ppm、中性バトラーフローデンフォーム N2%、サンスター社)、フッ化ジアンミン銀 (SDF、55,000 ppm pH10 以上)、またフッ化物徐放 S-PRG

(surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer) フィラーを対象にした。処理方法は図1参照。なお、固体NMRによる解析は、理化学研究所NMR研究開発部門、早稲田大学物性計測センターラボ、物質・材料研究機構にて、また、XRD解析は東芝ナノアナリシス株式会社にて実施した。

図1



4. 研究成果

ウシとヒト、エナメル質と象牙質比較

NMR スペクトルでは、アパタイト試料の、高結晶性コアと、低結晶性表層の分布など、ヒトとウシと比較した場合、顕著な違いが見られなかった。一方、エナメル質と象牙質では、高結晶性コアと、低結晶性表層の分布に大きな違いが現れ、エナメル質では高結晶ミネラルであるが、象牙質は、リン酸水素カルシウム類 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ と考えられる非ハイドロキシアパタイトを含む、低結晶性のミネラルであることが分かった(図2)。XRDのリートベルト解析では、象牙質はエナメル質よりも結晶サイズが小さく(すなわち表面積が大きく)、微小ひずみ(すなわちイオンの空孔や障害)が大きかった(表1と図3)。表面層は、エナメル質よりも象牙質の方が結晶核の周りに明らかに存在していた。種間で比較すると、ウシの歯はヒトの歯よりも結晶サイズが小さく、微小ひずみが大きく、表面層が大きい。ウシの歯をヒトの歯に置き換えた場合、歯の研究結果は慎重に解釈されるべきであるが、エナメル質と象牙質の顕著な差に比較すれば微差であると考えた。よって、本研究では、ウシをヒトサンプルの代替品として使用することとした。

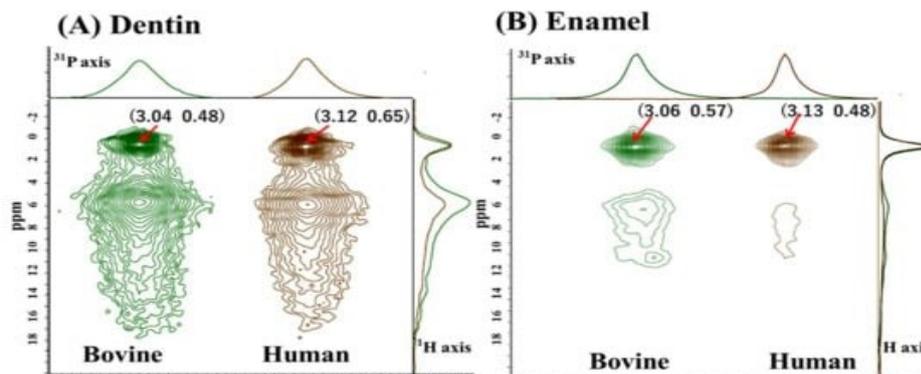


図2

A) 象牙質と (B) エナメル質の2次元 ¹H-³¹P HETCOR

表1 ウシ象牙質、ウシエナメル質、ヒト象牙質、ヒトエナメル質の結晶子サイズと微小ひずみ。

	Crystallite size (nm)	Microstrains(%)
Bovine dentin	5.5	0.90%
Bovine enamel	22.1	0.14%
Human dentin	5.9	0.25%
Human enamel	36.7	0.08%

図3 リートベルト解析結果
三次元可視化プログラム VESTA
による多面体モデル
注: Ca (青)、P (黒)、O (赤)

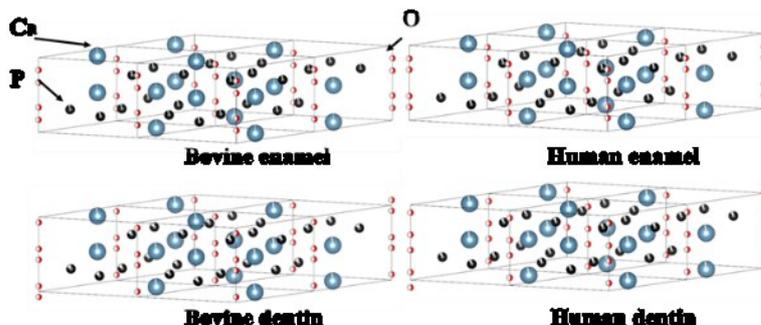


図1のように各フッ化物をエナメル質と象牙質に作用させ、フッ化物の取り込みを ¹⁹F-NMR法分析を行った。¹⁹F-NMR法はフルオロアパタイトとフッ化カルシウム塩の同定が可能であるが、エナメル質の場合、フッ化物のシグナル強度は象牙質より低かった。象牙質では、¹⁹F核のシグナルが確認され、フルオロアパタイトとフッ化カルシウム塩が同定

できた。フッ化物処理により、フルオロアパタイトが即時に生成できると考えられるが、NMRのシグナル的には微小であるが、波形分離により、興味深い情報が得られた(図4)。

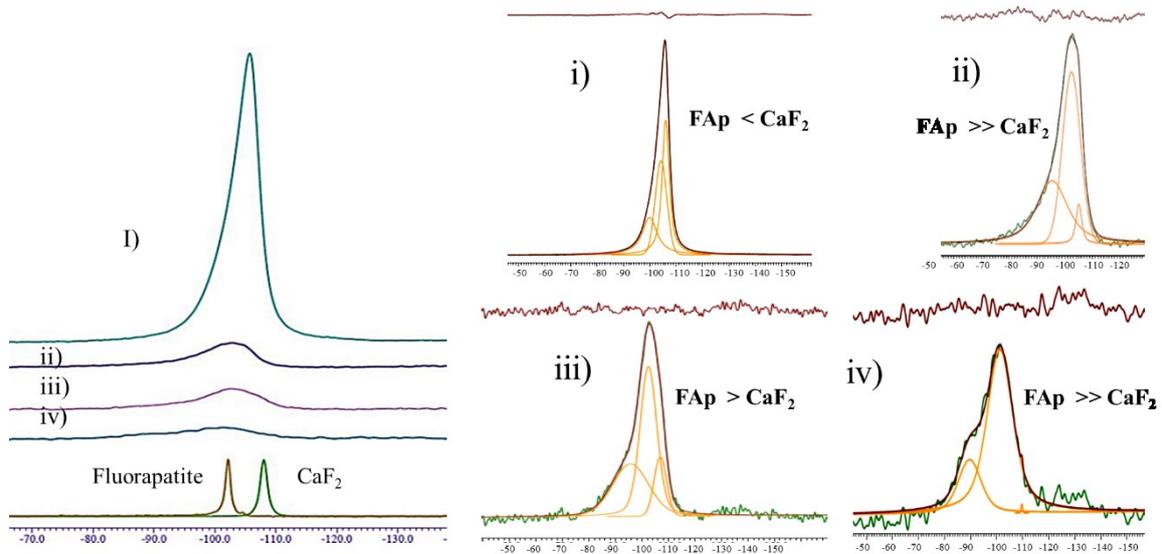


図4

i) リン酸酸性フッ化ナトリウム溶液(9000ppm), ii) リン酸中性フッ化ナトリウム溶液(9000ppm), iii) フッ化ジアンミン銀(SDF, 55,000 ppm), iv) フッ化物徐放 S-PRG (surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer) フィラー溶液(127ppm)

酸性化した NaF 9000ppm はエナメル質と積極的に反応したが、酸性度が強すぎたため、格子の取り込みよりも、代わりに CaF_2 様析出が生成した。中性 NaF 9,000ppm は、 CaF_2 よりも比率的に FAp を生成した(格子の取り込みがより自発的に起こった)。55,000ppm のフッ化ジアンミン銀(SDF)はそのアルカリ性の為か、高濃度フッ化物にもかかわらず、その取り込みは少なかった。SDF の虫歯効果は、高濃度フッ化物ではなく恐らく銀イオンの効果に帰すると考えられた。

SDF のエナメル質・象牙質との反応性の違いにつき ^{19}F MAS で取得したスペクトルを、波形分離し、フルオロアパタイト、フッ化カルシウム塩などに同定した(図5)。

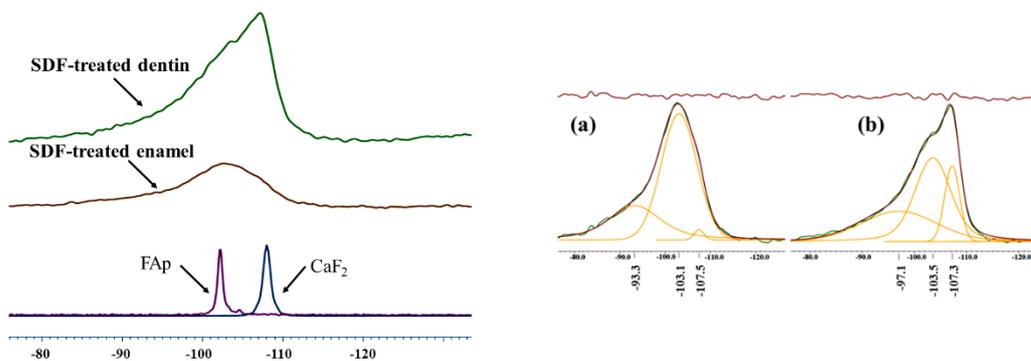


図5

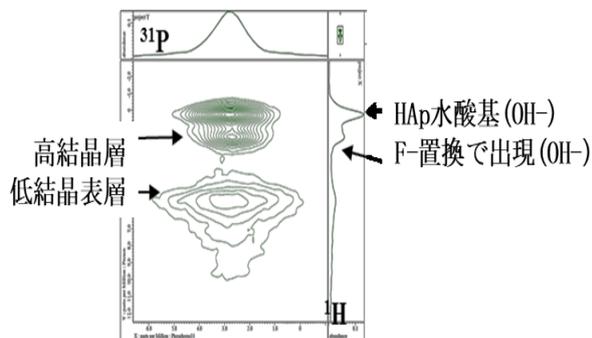
左: SDF 処理したエナメル質と象牙質の ^{19}F MAS-NMR スペクトル。フルオロアパタイト (FAp) およびフッ化カルシウム (CaF_2) のスペクトルを呈示

右: ^{19}F NMR スペクトルの波形分離。(a)SDF 処理エナメル質と(b)SDF 処理象牙質。

^{19}F MAS-NMR 分光法を用いて、SDF で処理したウシエナメル質および象牙質におけるフッ化物化合物の生成を調べた。エナメル質よりも、象牙質のシグナル強度が高く、反応性が高いことを示し、フルオロキシアパタイト (FAp)、 CaF_2 が同定された(図5)。象牙質には比較的 FAp の形成より CaF_2 が有利的に生成されることが分かった。

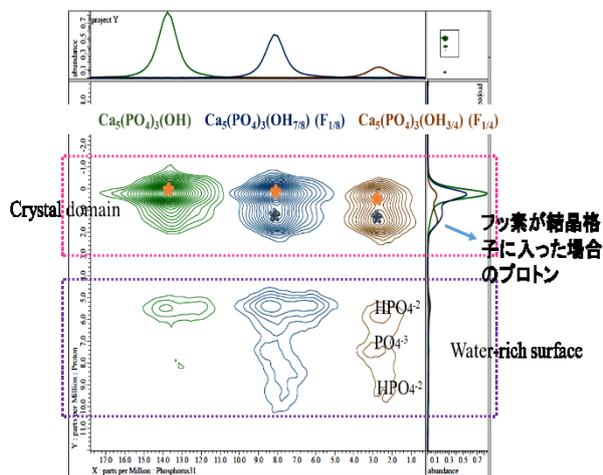
^{19}F と ^{31}P -固体 NMR を使うことによって、今までの方法ではできなかった FAp と CaF_2 の生成物の同定が可能となり、また歯質アパタイトの高結晶性またはアモルファス相の同定が結果としてえられ、フッ化物効果の精査が可能であった。加え、2次元 ^1H - ^{31}P HETCOR

測定法では、アパタイト結晶格子の水酸基 (OH-) イオンとフッ素イオンの置換生成物の同定が可能である (図6)。¹⁹F-NMR 法だけでなく、プロトンの情報、特に結晶格子中の水酸基が水素結合せずに電荷的に C チャネルに留まっていることに注目し、ハイドロキシアパタイトの結晶格子の水酸基サイトにフッ素が置換されるエビデンスとして有効であった。 図6



フッ化物の作用とその反応生成物を調べるために、2次元 ¹H-³¹P 異核相関 (HETCOR) NMR 分光法を実証し、アパタイト結晶中の [OH-] 特性を議論した。[F-] が [OH-] に影響した ¹H-³¹P NMR クロスピークを確認する為に、結晶性ナノヒドロキシアパタイト (HAp) の沈殿生成物を、pH7.4 のトリス緩衝食塩水 (50mM Trizma base と 150mM NaCl) 中に行った (Habraken et al. 2013 より改変)。

図7



フルオロヒドロキシアパタイト (FHAp) 沈殿は、フッ化物 (NaF) を $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}_{3/4}) (\text{F}_{1/4})$ と $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}_{7/8}) (\text{F}_{1/8})$ になるように添加し、NMR 試料とした。配分量によって図7に示すように、2次元 ¹H-³¹P HETCOR 測定法で、アパタイト結晶格子の水酸基 (OH-) より低磁場にプロトンのシグナルが現れ、フッ化物添加量と相関がみられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Akabane Kodai, Hiraishi Noriko, Shimojima Mika, Nassar Mohannad, Qi Feng, Otsuki Masayuki, Shimada Yasushi	4. 巻 -
2. 論文標題 The bleaching effect of office bleaching agents containing S-PRG filler evaluated by pH value and electron spin resonance	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Clinical Oral Investigations	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) 10.1007/s00784-023-05031-0	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 Hiraishi Noriko, Gondo Tadamu, Shimada Yasushi, Hill Robert, Hayashi Fumiaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Crystallographic and Physicochemical Analysis of Bovine and Human Teeth Using X-ray Diffraction and Solid-State Nuclear Magnetic Resonance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Functional Biomaterials	6. 最初と最後の頁 254 ~ 254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jfb13040254	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 Ogawa Yuko, Sayed Mahmoud, Hiraishi Noriko, Al-Haj Husain Nadin, Tagami Junji, ?zcan Mutlu, Shimada Yasushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of Surface Pre-Reacted Glass Ionomer Containing Dental Sealant on the Inhibition of Enamel Demineralization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Functional Biomaterials	6. 最初と最後の頁 189 ~ 189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jfb13040189	査読の有無 無
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 Hiraishi Noriko, Sayed Mahmoud, Hill Robert, Shimada Ysushi	4. 巻 38
2. 論文標題 Solid-state NMR spectroscopy measurement of fluoride reaction by bovine enamel and dentin treated with silver diammine fluoride	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dental Materials	6. 最初と最後の頁 769 ~ 777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2022.04.017	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 Hiraishi Noriko, Sayed Mahmoud, Takahashi Motoi, Nikaido Toru, Tagami Junji	4. 巻 58
2. 論文標題 Clinical and primary evidence of silver diamine fluoride on root caries management	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Dental Science Review	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jdsr.2021.11.002	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 Hiraishi Noriko, Sayed Mahmoud, Hill Robert, Tagami Junji, Hayashi Fumiaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Interactions of boron released from surface pre-reacted glass ionomer with enamel/dentin and its effect on pH	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-95279-x	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 ThanNaing SoeKayThee, Abdou Ahmed, Sayed Mahmoud, Sumi Yasunori, Tagami Junji, Hiraishi Noriko	4. 巻 26
2. 論文標題 Dentin anti-demineralization potential of surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer filler containing self-adhesive resin cement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Oral Investigations	6. 最初と最後の頁 1333~1342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00784-021-04107-z	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 TAKAHASHI Motoi, MATIN Khairul, MATSUI Naoko, SHIMIZU Miyuki, TSUDA Yuka, UCHINUMA Shigeki, HIRAISHI Noriko, NIKAIIDO Toru, TAGAMI Junji	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of silver diamine fluoride preparations on biofilm formation of <i>Streptococcus mutans </i>;	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 911~917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2020-341	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 Nishimaki Mayuri, Nassar Mohannad, Tamura Yukihiko, Hiraishi Noriko, Dargham Ahmad, Nikaido Toru, Tagami Junji	4. 巻 129
2. 論文標題 The effect of surface pre reacted glass ionomer filler eluate on dental pulp cells and mineral deposition on dentin: In vitro study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Oral Sciences	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12777	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 Zhou Yuan, Hiraishi Noriko, Shimada Yasushi, Wang Guoqing, Tagami Junji, Feng Xiping	4. 巻 37
2. 論文標題 Evaluation of tooth demineralization and interfacial bacterial penetration around resin composites containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials	6. 最初と最後の頁 849 ~ 862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2021.02.009	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 Hiraishi Noriko, Gondo Tadamu, Shimada Yasushi, Hayashi Fumiaki	4. 巻 40
2. 論文標題 Effect of borate, fluoride and strontium ions on biomimetic nucleation of calcium phosphate studied using solid-state nuclear magnetic resonance and X-ray diffraction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Dental Materials	6. 最初と最後の頁 210 ~ 218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2023.11.010	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 Ubolsa-ard Panchanit, Sanon Kittisak, Hiraishi Noriko, Sayed Mahmoud, Sakamaki Yuriko, Yiu Cynthia Kar Yung, Shimada Yasushi	4. 巻 150
2. 論文標題 Influence of surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler eluate on collagen morphology, remineralization, and ultimate tensile strength of demineralized dentin	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	6. 最初と最後の頁 106295 ~ 106295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2023.106295	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 ThanNaing SoeKayThwe、Hiraishi Noriko、Chen Xuefei、Foxton Richard、Shimada Yasushi	4. 巻 135
2. 論文標題 In vitro remineralization assessment of enamel subsurface lesions using different percentages of surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer containing gum-based material	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Dentistry	6. 最初と最後の頁 104602 ~ 104602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jdent.2023.104602	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

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 権藤理夢、平石典子、島田康史
2. 発表標題 牛歯とヒト抜去歯のX線回折におけるリートベルト解析による結晶学的比較
3. 学会等名 第87回口腔病学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 権藤理夢、平石典子、黒厚子璃佳、岩本勉、島田康史
2. 発表標題 歯冠・根面う蝕からの細菌叢DNAの抽出と細菌構成の比較
3. 学会等名 第157回日本歯科保存学会秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牛島啓、平石典子、池田正臣、島田康史
2. 発表標題 水ガラス浸透ジルコニアとレジンセメントとの引張り接着強さ
3. 学会等名 第157回日本歯科保存学会秋季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下島美夏, 平石典子, 赤羽根広大, Feng QI, 大槻昌幸, 島田康史
2. 発表標題 S-PRGフィラー配合によるオフィス漂白剤のエナメル質に及ぼす影響
3. 学会等名 第156回日本歯科保存学会春季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤羽根広大, 平石典子, 下島美夏, Feng QI, 大槻昌幸, 島田康史
2. 発表標題 S-PRGフィラー配合によるオフィスブリーチ剤の漂白効果
3. 学会等名 第156回日本歯科保存学会春季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noriko Hiraishi
2. 発表標題 Bioactive Effect of S-PRG released ions on mineral precipitation and reaction with enamel and dentin
3. 学会等名 International Dental Materials Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Noriko Hiraishi, Fumikai Hayashi, Junji Tagami
2. 発表標題 19F and 31P solid state NMR study on fluoridate apatite in human dental calculus
3. 学会等名 The 98th, the IADR/AADR/CADR General Session & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川友子、平石典子、田上順次
2. 発表標題 セルフエッチングプライマー採用S-PRGフィラー含有シーラントによる、エナメル質脱灰/再石灰化への影響
3. 学会等名 第154回日本歯科保存学会春季学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川友子、林文晶、平石典子、田上順次
2. 発表標題 歯石に含まれるフッ素性アパタイトの19F-MASおよび 1H-31P CP/MAS固体NMRによる解析
3. 学会等名 日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Panchanit Ubolso-ard, Mahmoud Sayed, Noriko Hiraishi, Yasushi Shimada
2. 発表標題 Collagen Morphology And Remineralization Using S-PRG On Demineralized Dentin
3. 学会等名 The 100th, the IADR/APR General Session & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 SoeKay Thwe ThanNaing, Ahmed Abdou, Noriko Hiraishi, Junji Tagami
2. 発表標題 Anti-Demineralization potential of SPRG containing Self Adhesive Resin Cement
3. 学会等名 第68回JADR総会・学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Soe Kay Thwe Than Naing, 平石典子, 陳雪霏, 島田康史
2. 発表標題 S-PRGフィラー配合ガムベース材によるエナメル質表層下脱灰の再石灰化in vitro評価
3. 学会等名 第158回日本歯科保存学会春季学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平石典子
2. 発表標題 Scientific Evidence on Restorative Ability of S-PRG Filler for Enamel and Dentin Industry-sponsored Symposium
3. 学会等名 The 102nd 2024 IADR/AADOCR/CADR General Session & Exhibition the IADR/APR General Session & Exhibition (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Nader Ahmed Elseoudy, Kittisak Sanon, Noriko Hiraishi, Yukihiko Tamura, Yasushi Shimada
2. 発表標題 Chemical, Biological, and Mechanical Properties of a Novel Glass Ionomer
3. 学会等名 The 102nd 2024 IADR/AADOCR/CADR General Session & Exhibition the IADR/APR General Session & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Noriko Hiraishi, Fumiaki Hayashi Tadamu Gondo, Toru Nikaido, Yasushi Shimada
2. 発表標題 19F-NMR Study of Fluoride Reaction of Various Formulations on Enamel
3. 学会等名 The 102nd 2024 IADR/AADOCR/CADR General Session & Exhibition the IADR/APR General Session & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tadamu Gondo, Noriko Hiraishi, Azusa Takeuchi, David Moyes, Yasushi Shimada
2. 発表標題 Comparative Analysis of the Coronal and Root Caries Microbiome
3. 学会等名 The 102nd 2024 IADR/AADOCR/CADR General Session & Exhibition the IADR/APR General Session & Exhibition (国際学会)
4. 発表年 2024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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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		
英国	キングスカレッジ ロンドン	ロンドン大学 クイーンマリー	