

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：33703

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19079

研究課題名（和文）ゼオライト薄膜を用いたテーラーメイドな表面性状を有するインプラント体の開発

研究課題名（英文）Development of implant with tailor-made surface properties using a zeolite thin film

研究代表者

上野 恭平（Ueno, Kyohei）

朝日大学・歯学部・助教

研究者番号：70837848

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）：機能性材として知られるゼオライトをインプラント体の表面改質材料として使用し、チタン基板上にイオン交換法によりカルシウムやストロンチウムといった2価のイオンを導入したゼオライト薄膜層を形成させた。基板表面上のゼオライトの多結晶体層の存在は細胞接着に有利な大きな表面積を提供し、擬似体液中でのハイドロキシアパタイトの形成を促した。また、ゼオライト層から徐放される2価の陽イオンにより細胞増殖の促進、ALP活性の向上が確認され、基板上へのゼオライト薄膜層のコーティングは骨形成特性の改善に効果的であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯科領域では、歯の喪失に対する咬合回復治療としてインプラントを用いた補綴治療の需要が増加しており、インプラント治療の成功のためにインプラント体表面への骨形成に関与する細胞の早期接着・増殖および分化を促す環境を作り出す因子を探求することは重要な要素となる。本研究では、機能性材料として知られるゼオライトをインプラント体の表面改質材料として着目し、ゼオライト層の付与およびそこから徐放されるカルシウムやストロンチウムといった陽イオン種が骨結合の促進に効果的であることを明らかに、ゼオライト層のコーティングがインプラント材の表面改質方法の有効な手法のひとつとなりうる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：Zeolite, known as a functional material, was used as a surface modification material for the implant body, and a thin zeolite film layer with divalent ions such as calcium and strontium was formed on the titanium substrate by ion exchange method. The presence of a polycrystalline layer of zeolite on the substrate surface provided a large surface area favorable for cell adhesion and promoted the formation of hydroxyapatite in simulated body fluid solution. In addition, the divalent cations released from the zeolite layer promoted cell proliferation and enhanced ALP activity, indicating that the coating of a zeolite thin film layer on the substrate is effective in improving osteogenic properties.

研究分野：口腔生化学 歯科医用工学

キーワード：ゼオライト 薄膜 インプラント 陽イオン オッセオインテグレーション

1. 研究開始当初の背景

歯科領域では、歯の喪失に対する咬合回復治療としてインプラントを用いた補綴治療の需要が増加しており、今日では補綴治療の一選択肢として確立している。インプラント体表面への骨形成に關する細胞の早期接着・増殖および分化を促す環境を作り出すことは、オッセオインテグレーションの早期獲得のための重要な因子であり、ヒドロキシアパタイト (HA) の析出場となるインプラント体の表面性状を制御し、その役割を理解することが必要となる。現在までに、骨形成を促進させ、より早期のオッセオインテグレーション獲得を目的とした、インプラント体表面への官能基の導入、親水化処理等の表面改質研究が行われている。しかしながら、オッセオインテグレーションの早期獲得条件および獲得過程の生体組織応答については、いまだ十分な知見が得られておらず、表面性状の制御可能なインプラント体の開発が望まれている。

ゼオライトは、高い熱的・化学的・機械的安定性をもち、均一な微細構造を有する結晶性アルミノケイ酸塩材料であり、その骨格構造や構成元素組成によって吸着能・イオン交換能・形状選択性などを制御可能で、生体適合性も有することから工業的な利用のみならず生物医学分野に關しても大きな可能性を示している。その骨格構造は TO_4 (T=Si or Al など) の四面体から成り、図 1 に示すように骨格構造中に Al を含む場合、 Si^{4+} を Al^{3+} に同型置換しているため、電気的中性を保つための陽イオンが存在し、この陽イオン種はイオン交換法によりその量や種類を制御可能である。また、ゼオライト層をコーティングすることで、ゼオライト薄膜層を構成する多面体結晶により早期の骨結合の獲得に有利な粗い表面性状の付与につながる可能性がある。

このように、ゼオライトによる基板表面のコーティングは、インプラント体表面の物理化学的特性を自由に設計できることから、新たな表面改質材料としての十分な魅力を秘めている。

本申請研究では、このゼオライトをインプラント材表面に薄膜状コーティングし、その化学的特性を制御することで、テーラーメイド的に設計した表面性状を有するインプラント体の開発を試み、オッセオインテグレーションの早期獲得条件を見出す。

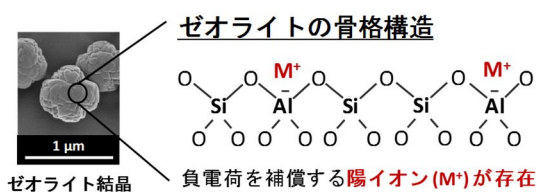


図 1 ゼオライト結晶とその骨格構造

2. 研究の目的

本研究は、ゼオライトをインプラント材表面に薄膜状にコーティングし、イオン交換法によりゼオライトに担持する陽イオン種を変化させることで、テーラーメイド的に設計した表面性状を有するインプラント体を開発し、オッセオインテグレーションの早期獲得条件を見出すとともに、獲得過程で作用する因子を探索することを目的とした。

3. 研究の方法

1) ゼオライトコーティングインプラント体の調製と理工学的解析

インプラント基材としてチタン基板を使用し、基板表面へのゼオライト薄膜の形成は水熱合成法を用い、ゼオライト薄膜合成のための原料の種類や合成組成、合成時間、合成温度の影響を検討した。ゼオライト種としては高い化学的安定性を有する MFI 型ゼオライトを選択し、合成溶液中の Si/Al 比を変化させることで、純シリカで構成され陽イオンをほとんどもたないゼオライトである silicalite-1 層、骨格構造内に Al を含み電荷補償で陽イオンをもつゼオライトである ZSM-5 層を基板の上にコーティングした。水熱合成後のサンプルは蒸留水で十分に洗浄し、形成したゼオライト薄膜層の骨格構造内の有機物を除去するために 550 °C で焼成を行った。

次に、目的とする陽イオン種を含有したゼオライトコーティング層を調製するため、異なる濃度の塩化カルシウム水溶液、塩化ストロンチウムもしくは硝酸ストロンチウム水溶液を用いてイオン交換を行った。水熱合成法により合成したナトリウムイオンが担持された Na-ZSM-5 層がコーティングされた基板を各種水溶液中に任意の時間浸漬することで、ゼオライトに担持されたナトリウムイオンの交換を行い、骨芽細胞の増殖、分化、石灰化の促進効果が期待される 2 価の陽イオンであるカルシウムイオンやストロンチウムイオンの導入を行った。

これらの調製したサンプルの結晶構造は XRD、表面形態は SEM、各種イオンのゼオライト薄膜層への取り込みは EDX により評価した。また、ゼオライト薄膜層からの各種イオンの徐放性は、調製したサンプルを擬似体液に浸漬し、放出されたイオン量を ICP 発光分析装置を用いて測定することで評価した。

2) ゼオライトコーティングサンプルの細胞動態評価

ゼオライトコーティングをしていない未処理のチタン基板、ゼオライト (silicalite-1、Na-ZSM-5) をコーティングした基板、イオン交換を実施したゼオライト (Ca-ZSM-5、Sr-ZSM-5) コ

ーティング基板を用いて以下の実験を行った。まず、各種サンプルを擬似体液（SBF）に浸漬して、基板表面上へのヒドロキシアパタイトの析出評価を行った。さらに、作成したインプラント体上にインプラントを埋入した際に関わってくるであろう細胞を想定して、ヒト歯髄由来幹細胞（hDPSC）を播種し、それぞれのインプラント体サンプルに対する接着、増殖、分化動態について解析した。

4．研究成果

チタン基板、およびゼオライトをコーティングしたチタン基板の XRD 測定を行った結果、チタン基板由来のピークの他に MFI 型ゼオライト特有の回折ピークが検出された。また、SEM 像観察により基板上にゼオライト結晶がよく相互成長したゼオライト層が均一かつ連続的に形成していることを確認し、簡単な水熱合成法によってチタン基板上に目的とした MFI 型ゼオライト薄膜層を形成することができた。

次に、作製した Na-ZSM-5 ゼオライト層を有するインプラント体サンプルに対して、各種イオン含有溶液を用いてイオン交換を行ったところ、イオン交換の前後で XRD 測定や SEM 観察より基板上のゼオライト層の結晶構造や結晶形態に大きな変化はみられないことを確認した。さらに、ゼオライトコーティング層に対する元素分析を EDX により解析したところ、Na イオンを含有したゼオライト層がイオン交換後に Ca イオン、Sr イオンを主に含有するゼオライト層に変化した。また、ゼオライト層からの陽イオン徐放能を擬似体液への浸漬試験により調査したところ、Ca や Sr イオンの放出は最初の 24 時間程度で急速に起こり、その後も徐々に放出され、7 日後にも多少の放出が確認され、Ca イオンや Sr イオンといった陽イオン徐放型のゼオライト薄膜層をチタン基板上に形成することができた。

調製したサンプルを擬似体液に浸漬し、ヒドロキシアパタイトの析出能を評価した。ゼオライト層をコーティングしていない基板では擬似体液中への 14 日間の浸漬でもヒドロキシアパタイトの形成はほとんど見られなかったが、ゼオライト層をコーティングしたいずれのサンプルにおいてもヒドロキシアパタイトの形成がみられた。これは、ゼオライトをコーティングしたことによる基板表面への微細構造の付与によるものであると考えられる。

また、いずれのゼオライトコーティング基板もコントロールのチタン基板と比較して細胞毒性に有意な差はなく、優れた細胞適合性を有していた。ヒト歯髄由来幹細胞を用いた細胞増殖試験では、チタン基板と比較して、いずれのゼオライトコーティング基板でもその増殖が有意に向上し、特にカルシウムやストロンチウムイオン含有ゼオライトコーティング基板で増殖が促進された。さらに、ヒト歯髄由来幹細胞を用いたアルカリフォスファターゼ活性試験においても、カルシウムやストロンチウムイオン含有ゼオライト層をコーティングしたサンプルでその活性が他のゼオライトコーティングサンプルと比較して有意に高かった。

これらの結果から、従来のチタン基板と比較して、カルシウムやストロンチウムイオンを組み込んだゼオライト層をコーティングすることは、優れた骨形成活性場を提供し、インプラント体の表面改質材料としての可能性があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 ISHIGURE Hiroshi, KAWAKI Harumi, SHINTANI Kohei, UENO Kyohei, MIZUNO-KAMIYA Masako, TAKAYAMA Eiji, HOTTA Masato, KONDOH Nobuo, NIKAIIDO Toru	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of multi-components released from S-PRG filler on the activities of human dental pulp-derived stem cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 1329 ~ 1337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2020-390	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 Matsunami Akihiro, Mizuno-Kamiya Masako, Kawaki Harumi, Takayama Eiji, Ueno Kyohei, Ando Megumi, Morimoto-Ito Hiroe, Muramatsu Yasunori, Sumitomo Shinichiro, Kondoh Nobuo	4. 巻 63
2. 論文標題 Augmented secretion of IL-1 from mouse oral squamous cell carcinoma (OSCC) vcells caused by serum deprivation and hypoxia promotes immune suppressive activity of mesenchymal stromal cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Biosciences	6. 最初と最後の頁 284 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.job.2021.06.001	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 Kyohei Ueno, Saki Yamada, Hideyuki Negishi, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Manabu Miyamoto, Shigeyuki Uemiya, Yasunori Oumi	4. 巻 247
2. 論文標題 Fabrication of pure-silica *BEA-type zeolite membranes on tubular silica supports coated with dilute synthesis gel via steam-assisted conversion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Separation and Purification Technology	6. 最初と最後の頁 116934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.seppur.2020.116934	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 Ueno Kyohei, Negishi Hideyuki, Okuno Takuya, Tawarayama Hiromasa, Ishikawa Shinji, Miyamoto Manabu, Uemiya Shigeyuki, Oumi Yasunori	4. 巻 9
2. 論文標題 Effects of Silica-Particle Coating on a Silica Support for the Fabrication of High-Performance Silicalite-1 Membranes by Gel-Free Steam-Assisted Conversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Membranes	6. 最初と最後の頁 46 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/membranes9040046	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 Ueno Kyohei, Yamada Saki, Watanabe Toshinari, Negishi Hideyuki, Okuno Takuya, Tawarayama Hiromasa, Ishikawa Shinji, Miyamoto Manabu, Uemiya Shigeyuki, Oumi Yasunori	4. 巻 9
2. 論文標題 Hydrophobic *BEA-Type Zeolite Membranes on Tubular Silica Supports for Alcohol/Water Separation by Pervaporation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Membranes	6. 最初と最後の頁 86 ~ 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/membranes9070086	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 Inoue Reina, Ueno Kyohei, Yamada Saki, Negishi Hideyuki, Miyamoto Manabu, Uemiya Shigeyuki, Oumi Yasunori	4. 巻 285
2. 論文標題 Preparation of novel hydrophilic microporous material PML-1 membrane by topotactic transformation of layered silicate SSA-1 and applicability to the dehydration of aqueous acetic acid	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials	6. 最初と最後の頁 241 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2019.05.022	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 Ueno Kyohei, Negishi Hideyuki, Okuno Takuya, Tawarayama Hiromasa, Ishikawa Shinji, Miyamoto Manabu, Uemiya Shigeyuki, Oumi Yasunori	4. 巻 289
2. 論文標題 Effects of seed crystal type on the growth and microstructures of silicalite-1 membranes on tubular silica supports via gel-free steam-assisted conversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials	6. 最初と最後の頁 109645 ~ 109645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2019.109645	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26件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 巽 勇介、川木 晴美、上野 恭平、新谷 耕平、梅村 直己、神谷 真子、高山 英次、堀田 正人、二階堂 徹、近藤 信夫
2. 発表標題 陰イオン交換により作製した異なるホウ素濃度の S-PRG フィラー抽出液のヒト歯髄由来幹細胞への影響
3. 学会等名 第63回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合寛樹、上野恭平、根岸秀之、奥野拓也、俵山博匡、石川真二、宮本 学、上宮成之、近江靖則
2. 発表標題 Dry gel conversion法を用いたpure-silica *BEA型ゼオライト膜合成における種結晶の影響
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣恒希、落合寛樹、上野恭平、根岸秀之、奥野拓也、俵山博匡、石川真二、宮本 学、上宮成之、近江靖則
2. 発表標題 Gel-free SAC法を用いたsilicalite-1膜合成における配向性制御
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 巽 勇介、川木 晴美、上野 恭平、新谷 耕平、梅村 直己、神谷 真子、高山 英次、堀田 正人、二階堂 徹、近藤 信夫
2. 発表標題 陰イオン交換により作製した異なるホウ素濃度の S-PRG フィラー抽出液のヒト歯髓由来幹細胞への影響
3. 学会等名 第63回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 落合寛樹、上野恭平、根岸秀之、奥野拓也、俵山博匡、石川真二、宮本 学、上宮成之、近江靖則
2. 発表標題 Dry gel conversion法を用いたpure-silica *BEA型ゼオライト膜合成における種結晶の影響
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣恒希、落合寛樹、上野恭平、根岸秀之、奥野拓也、俵山博匡、石川真二、宮本 学、上宮成之、近江靖則
2. 発表標題 Gel-free SAC法を用いたsilicalite-1膜合成における配向性制御
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾池和樹, 川木晴美, 上野恭平, 新谷耕平, 作誠太郎, 中川豪晴, 二階堂徹, 横川善之, 堀田正人
2. 発表標題 亜鉛置換型ハイドロタルサイト含有EVAシートの試作と評価
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 安藤 恵, 松並 晃弘, 神谷 真子, 池野 久美子, 上野 恭平, 梅村 直己, 川木 晴美, 高山 英次, 中村 源次, 近藤 信夫
2. 発表標題 腫瘍微小環境における間質細胞の免疫抑制作用に対するブラジル産プロポリス (BP) の作用
3. 学会等名 第62回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神谷 真子, 松並 晃弘, 安藤 恵, 上野 恭平, 梅村 直己, 川木 晴美, 高山 英次, 村松 泰徳, 智原 栄一, 近藤 信夫
2. 発表標題 癌組織における免疫抑制環境の形成におよぼすミダゾラムの影響
3. 学会等名 第62回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 落合 寛樹、飯坂 彩加、上野 恭平、根岸 秀之、奥野 拓也、俵山 博匡、石川 真二、宮本 学、上宮 成之、近江 靖則
2. 発表標題 Gel-free SAC法を用いたMFI型膜合成における種結晶の影響
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新谷 耕平、川木 晴美、上野 恭平、鶴田 はねみ、神谷 真子、池野 久美子、中村 源次郎、玉置 幸道、堀田 正人、近藤 信夫
2. 発表標題 ヒト骨髄由来幹細胞に対するブラジル産グリーンプロポリスのエタノール抽出液の作用
3. 学会等名 第62回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 恭平、川木 晴美、巽 勇介、新谷 耕平、梅村 直己、神谷 真子、高山 英次、堀田 正人、二階堂 徹、近藤 信夫
2. 発表標題 イオン交換材を用いた改変型S-PRG フィラー抽出液の評価
3. 学会等名 第62回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶浦 久仁洋、梅村 直己、上野 恭平、川木 晴美、高山 英次、河野 哲、近藤 信夫
2. 発表標題 Shikonin はCD44 存在下でAKT-mTOR を介して歯髄幹細胞を象牙芽細胞へと分化誘導する
3. 学会等名 第62回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上野 恭平, 川木 晴美, 新谷 耕平, 巽 勇介, 堀田 正人, 二階堂 徹, 近藤 信夫
2. 発表標題 Sr ²⁺ 量が異なる改変型S-PRGフィラー抽出液のヒト歯髄由来幹細胞に対する作用 -ゼオライトによるSr ²⁺ 濃度の制御-
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 巽 勇介, 川木 晴美, 上野 恭平, 新谷 耕平, 近藤 信夫, 堀田 正人, 二階堂 徹
2. 発表標題 低ホウ素濃度S-PRGフィラー抽出液がヒト歯髄由来幹細胞の動態に及ぼす影響 -陰イオン交換材によるホウ素濃度の制御-
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 上野恭平, 根岸秀之, 奥野拓也, 依山博匡, 石川真二, 宮本学, 上宮成之, 近江靖則
2. 発表標題 Gel-free条件下でのsilicalite-1膜の調製
3. 学会等名 分離技術会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石樽大嗣, 川木晴美, 上野恭平, 巽勇介, 井殿泰鳳, 尾池和樹, 二階堂徹, 近藤信夫, 堀田正人
2. 発表標題 イオン交換後のS-PRGフィラー抽出液によるヒト骨髄およびヒト歯髄由来細胞の動態
3. 学会等名 日本歯科保存学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Hideyuki Negishi, Kyohei Ueno, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Takehiro Yamaki, Yasunori Oumi
2. 発表標題	Preparation of Silicalite-1 Membrane by Secondary Growth Method on a Tubular Silica Support via Gel-free Steam-assisted Conversion and Its Separation Performance of Ethanol/water Mixtures
3. 学会等名	8th International Zeolite Membrane Meeting, IZMM2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Kyohei Ueno, Hideyuki Negishi, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Manabu Miyamoto, Shigeyuki Uemiya, Yasunori Oumi
2. 発表標題	Fabrication of silicalite-1 membranes on porous tubular silica support using by gel-free steam-assisted conversion method
3. 学会等名	19th International Zeolite Conference (IZC ' 19) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Kyohei Ueno, Hideyuki Negishi, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Manabu Miyamoto, Shigeyuki Uemiya, Yasunori Oumi
2. 発表標題	Effects of silica-particle coating on a tubular silica support for the preparation of silicalite-1 membranes by gel-free steam-assisted conversion
3. 学会等名	18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Saki Yamada, Kyohei Ueno, Hideyuki Negishi, Takuya Okuno, Hiromasa Tawarayama, Shinji Ishikawa, Manabu Miyamoto, Shigeyuki Uemiya, Yasunori Oumi
2. 発表標題	Preparation of pure silica *BEA-type zeolite membrane on a silica support for the concentration of bio-alcohol
3. 学会等名	18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCChE 2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 Mio Takeyama, Kyohei Ueno, Manabu Miyamoto, Shigeyuki Ueniya, Yasunori Oumi
2. 発表標題 Interzeolite conversion of high-silica CHA zeolite from FAU zeolite
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCHE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新谷耕平, 川木晴美, 上野恭平, 石樽大嗣, 堀口敬司, 西川元典, 奥山克史, 近藤信夫, 二階堂 徹, 玉置幸道, 堀田正人
2. 発表標題 ゼオライトを用いたイオン交換による S-PRG フィラー抽出液の評価
3. 学会等名 第74回日本歯科理工学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上野恭平, 川木晴美, 巽 勇介, 井殿泰鳳, 梅村直己, 神谷真子, 高山英次, 二階堂 徹, 堀田正人, 近藤信夫
2. 発表標題 ゼオライトによる陽イオン交換後の S-PRG フィラー抽出液の評価
3. 学会等名 第61回歯科基礎医学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川木晴美, 新谷耕平, 上野恭平, 石樽大嗣, 玉置幸道, 二階堂 徹, 近藤信夫, 堀田正人
2. 発表標題 S-PRG フィラー由来イオンの MAPK 経路を介した細胞増殖促進効果の検討
3. 学会等名 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 石樽大嗣, 川木晴美, 上野恭平, 清水翔二郎, 梅村直己, 神谷真子, 高山英次, 二階堂 徹, 堀田正人, 近藤信夫
2. 発表標題 MAPK シグナル伝達経路を介した S-PRG フィラー抽出液由来の多機能イオンの評価
3. 学会等名 第61回歯科基礎医学会学術大会
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

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