

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：33902

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K09628

研究課題名（和文）オーダーメイドジルコニアインプラントのための表面改質法

研究課題名（英文）Surface modification for tailor-made zirconia implants

研究代表者

鶴田 昌三（Tsuruta, Shozo）

愛知学院大学・歯学部・准教授

研究者番号：40183488

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）：1.ジルコニアによってインプラントを作製し加熱処理を施した、ラット大腿骨ヘインプラント埋植試験を行い、 μ -CTや歯科用X線撮影により9週まで経過観察した。その結果、非加熱処理のインプラントと同等の親和性を示したが、加熱処理の優位を確認するには至らなかった。インプラントの形状や評価方法について今後の検討課題である。

2.加熱処理によってジルコニアは結晶相や、機械的性質が変化する可能性がある。オートクレーブによる加速劣化試験により、単斜晶が増加するが、衝撃強さには影響が少なかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

第一の意義は、歯科医院内のCAD/CAMの普及による、インハウスでのオーダーメイドのジルコニアインプラントの表面処理が可能になる。

第二の意義は、既存のインプラントメーカーも本方法を使用すればインプラントの表面処理を簡便化にしかも大量に不良品を少なく製作できる。

第三の意義は、ジルコニア表面は熱により活性化しているので、この特徴を利用して他の表面処理の併用も可能である。たとえばリン酸処理や、たんぱく質の吸着などより短時間に成功させることが出来ると考えられ、新たな研究の出発点が作られる。

研究成果の概要（英文）：Implants were prepared with zirconia and heat-treated. The implantation tests were performed on rat femurs, which were followed up to 9 weeks by μ -CT and dental radiography. As a result, it showed the same affinity as the non-heat-treated implant, but the superiority of the heat-treated implant could not be confirmed. The alternation of the shape of the implant and the evaluation method will be performed in the further study.

The crystal phase and mechanical properties of zirconia may change due to heat treatment. The accelerated aging test by autoclaving was carried out. Although monoclinic phase increased, the influence was less in the impact strength.

研究分野：歯科理工学

キーワード：ジルコニア 加熱処理 表面改質 インプラント

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

インハウスでジルコニア修復物を作製するために CAD/CAM 機器を有する歯科医院も見受けられるようになった。インプラント埋植に際し、CT によって皮質骨の厚さ、骨量、方向などを見極めることは当然のことになり、その結果から適したインプラントを市販品の中から選んでいる。現在ジルコニアインプラントが市販されているが、CAD/CAM 技術を用いれば、歯科医院内で症例に適した長さ、形状のインプラントの作製が可能である。この場合に壁となるのは、ジルコニアインプラントの滅菌処理と表面改質である。申請者はこの 2 つを同時に解決する方法を見出した。すなわち短時間加熱処理である。これまでに親水性の獲得を確認し、細胞増殖試験や XPS による表面分析を行い、その効果を確認した。本申請によってオーダーメイドジルコニアインプラントの実用に向けて、新しい表面処理法を提案する。

2. 研究の目的

本研究ではジルコニアを加熱することによって親水性を得るための表面処理を行い、実際に処理したインプラントを埋植することにより、生体適合性を明らかにする。

ジルコニアインプラントの表面処理を容易に短時間で行うことができ、補綴領域、インプラント領域に貢献できると考える。

3. 研究の方法

(1) ラットへのジルコニアインプラント試験

市販ジルコニア(Ceramill Zolid)を使用して、ジルコニアディスクからジルコニア棒状試料を切削、焼成し、最終的に径 1mm 長さ 5mm のになるよう調製した。電気炉中で 700 10 分間加熱し、研究課題である表面処理を行なった。所属大学へ動物実験計画の承認手続きをとり、ラット大腿骨へのインプラント埋植を実施し、埋植後 3, 6, 9 週に大学所有の μ -CT により新生骨の観察を行なった。

(2) 加熱処理の機械的性質への影響

ジルコニアは低温劣化により強さが低下することが知られている。3 種のジルコニア試料(Ceramill Zi, Ceramill Zolid, NanoZR)をオートクレーブにより加熱し(134 , 30 時間)、低温劣化の影響を検討した。評価にはシャルピー衝撃強さ試験を利用した。

4. 研究成果

(1) ラットへのジルコニアインプラント埋植試験

得られたCT画像と歯科用X線写真を図1と2に示す。



図1 9週後CT画像 左:control, 右:加熱処理



図2 9週後歯科用X線写真
左:control, 右:加熱処理

ジルコニアのアーチファクトのため新生骨の観察が難しかった。このため歯科用X線撮影を行った。歯科用デンタルX線写真はアーチファクトを軽減し観察できることがわかった。しかし非加熱処理インプラントとの差を認めるに至っていないため、さらに条件を模索中である。

(2) ジルコニアへの加熱処理の結晶相への影響

オートクレーブ後は肉眼で試料の変化は観察されない。X線回折図形を図3に示す。また Garvie and Nicholson¹⁾の式および Toraya²⁾の式によって単斜晶の割合を計算した結果を図4に示す。

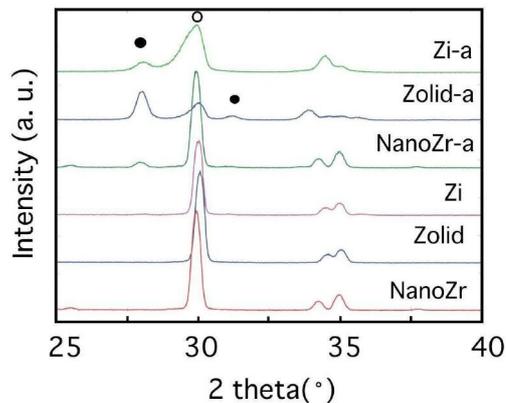


図3 X線回折図形 -a:オートクレーブ後, ○:正方晶, ●:単斜晶

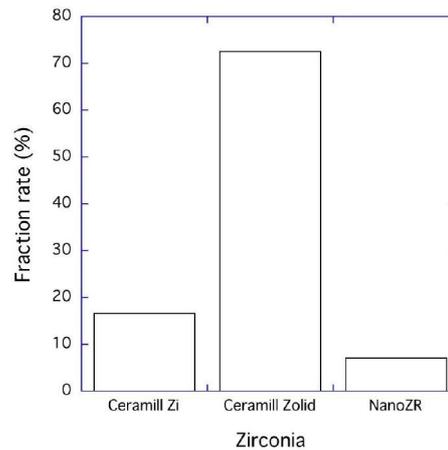


図4 単斜晶の体積分率

X線回折の結果から単斜晶への転換が顕著であった。

(2) 加熱処理による機械的性質への影響

シャルピー衝撃試験の結果を図5に示す。

三点曲げ試験による曲げ強さはオートクレーブ後に低下することが知られているが、衝撃強さに影響はみられなかった。単斜晶への転換が衝撃強さに有利に働いたことや、衝撃試験には薄く細い試料を使用するので、試料結晶相の転換が影響しなかったことが考えられるが今後の研究課題である。

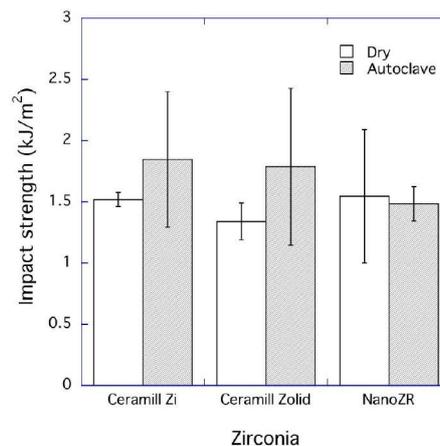


図5 シャルピー衝撃試験

<引用文献>

- 1) Garvie RC, Nicholson PS: Phase analysis in zirconia systems. J. Amer. Ceram. Soc.. 55(6): 303-305, 1972.
- 2) Toraya H, Yoshimura M, Somiya S: Calibration curve for quantitative analysis of the monoclinic-tetragonal ZrO₂ systems by X-ray diffraction. J. Amer. Ceram. Soc.. 67(6): C119-C121, 1984.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 鶴田昌三, 水野正宣, 植松康明, 相武幸樹, 藤本耕太郎, 山本伊一郎, 河合達志	4. 巻 58
2. 論文標題 CAD/CAM用ディスクワックスの熱分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 愛院大歯誌	6. 最初と最後の頁 152-160
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 伴 清治	4. 巻 84
2. 論文標題 3Dプリンティングの歯科医療への応用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学工学	6. 最初と最後の頁 224-227
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 41
2. 論文標題 ジルコニアの材料選択	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日歯技工誌	6. 最初と最後の頁 150-151
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの "常識" 大丈夫? vol.7	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 90-100
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの”常識”大丈夫? vo1.8	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 147-159
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの”常識”大丈夫? vo1.9	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 275-285
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの”常識”大丈夫? vo1.10	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 411-422
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの”常識”大丈夫? vo1.11	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 579-595
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 ジルコニア修復 あなたの”常識”大丈夫? vo1.12	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 633-652
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 53
2. 論文標題 IDS2019のすべて 最新器材から占うこれからの歯科医療 下編 デンタルマテリアルのこれから	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 12-19
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫? -臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 19-30
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫? -臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 140-152
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫?－臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 349-361
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫?－臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 459-468
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫?－臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 544-552
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 52
2. 論文標題 ジルコニアの修復 あなたの”常識”大丈夫?－臨床の疑問を明解 ×判定!	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 683-693
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 79
2. 論文標題 ブラキシズムを有する患者へ モノリシックジルコニアの適用は可能か? Part1 基礎研究から適用の可否を検討する	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本歯科評論	6. 最初と最後の頁 76-88
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 5
2. 論文標題 歯科用ジルコニアの最前線ー強度と透光性の追求ー	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dental Diamond	6. 最初と最後の頁 100-105
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 72
2. 論文標題 デジタルデンティストリーにおけるインプラント上部構造の材料選択	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 九州歯会誌	6. 最初と最後の頁 36-41
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 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 -

1. 著者名 Iwata Junji, Asakura Masaki, Hayashi Tatsuhide, Tsuruta Shozo, Hori Miki, Nagase Yoshinori, Mieki Akimichi, Ban Seiji, Kawai Tatsushi	4. 巻 63
2. 論文標題 Leaching behaviors of computer-aided design/computer-aided manufacturing composite resin component elements immersed in water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 221 ~ 226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpor.2018.12.001	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 Ban Seiji	4. 巻 10
2. 論文標題 Material selection in digital dentistry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Annals of Japan Prosthodontic Society	6. 最初と最後の頁 209 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2186/ajps.10.209	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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 8
2. 論文標題 歯科用ジルコニアの透光性と審美性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 デジタル歯科学会誌	6. 最初と最後の頁 95-102
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 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 -

1. 著者名 伴 清治	4. 巻 23
2. 論文標題 薬事工業動態統計から見た歯科医療の変遷	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 歯機器誌	6. 最初と最後の頁 12 ~ 18
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 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 -

1. 著者名 伴 清治, 植松厚夫, 武義 弘	4. 巻 51
2. 論文標題 CAD/CAMマテリアルの再検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 7 ~ 20
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 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 -

1. 著者名 伴 清治, 植松厚夫, 武義 弘	4. 巻 51
2. 論文標題 CAD/CAMマテリアルの再検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 169 ~ 181
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 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 -

1. 著者名 伴 清治, 植松厚夫, 武義 弘	4. 巻 50
2. 論文標題 CAD/CAMマテリアルの再検証	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 補綴臨床	6. 最初と最後の頁 287 ~ 299
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 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20件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 松原正和, 伴 清治, 朝倉正紀, 河合達志
2. 発表標題 プレス用ニケイ酸リチウムの結晶配向性と3点曲げ強さ
3. 学会等名 第75回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴田昌三, 水野正宣, 植松康明, 相武幸樹, 河合達志
2. 発表標題 身元不明死体の歯科修復物の分析
3. 学会等名 第75回日本歯科理工学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴田昌三, 加藤彰子, 久保勝俊
2. 発表標題 身元不明死体の歯科修復物の分析からわかること
3. 学会等名 愛知学院大学歯学会第96・97回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 歯科用ジルコニア 最高の特性のつくり方
3. 学会等名 日本補綴歯科学会第129回学術大会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伴 清治, 岩田純士, 朝倉正紀, 河合達志
2. 発表標題 高透光性ジルコニアの低温劣化に与えるイットリア含有量の影響
3. 学会等名 第73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 水野正章, 鶴田昌三, 河合達志
2. 発表標題 PEEKの衝撃強さ
3. 学会等名 第73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 鶴田昌三, 相武幸樹, 河合達志, 山本伊一郎
2. 発表標題 リングライナーの熱分析
3. 学会等名 第73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 鶴田昌三, 水野正宣, 植松康明, 相武幸樹, 長谷川彰人, 藤本耕太郎, 河合達志
2. 発表標題 CAD/CAM用ディスクワックスの熱分析
3. 学会等名 第94回愛知学院大学歯学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原正和, 朝倉正紀, 鶴田昌三, 河合達志
2. 発表標題 光重合型2ステップボンディング材の剪断接着強さ
3. 学会等名 日本歯科審美学会第30回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 3D printing of dental prostheses made of zirconia
3. 学会等名 第5回国際デジタル歯科学会(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 積層型ジルコニアの最新情報
3. 学会等名 日本歯科臨床CAD/CAM学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawamura R, Sumi T, Takeshita K, Asakura M, Tsuruta S
2. 発表標題 Discussion on retentive force attenuation and replacement timing of LOCATOR male
3. 学会等名 Academy of Osseointegration 2018 Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鶴田昌三, 水野正宣, 植松康明, 岩田純士, 河合達志, 山本伊一郎
2. 発表標題 歯科用ワックスの熱分析
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 阿部俊之, 橋本和佳, 佐久間重光, 尾関 創, 池田大恵, 山口智大, 伊藤 裕, 武部 純, 鶴田昌三, 朝倉正紀
2. 発表標題 新規保険導入されたハイブリッドレジンとコア用レジンとの接着強さ 第5報
3. 学会等名 第92回愛知学院大学歯学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 盛口敬一, 朝倉正紀, 鶴田昌三, 河合達志
2. 発表標題 金箔, 銀箔上でのヒト他形核白血球の活性酸素生成
3. 学会等名 第72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 岩田純士, 朝倉正紀, 鶴田昌三, 伴 清治, 三枝樹明道, 河合達志
2. 発表標題 CAD/CAM用コンポジットレジン(大白歯用)の水中保管による表面劣化
3. 学会等名 第72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 伴 清治
2. 発表標題 デジタルデンティストリーにおけるインプラント上部構造の材料選択
3. 学会等名 九州歯科大学第9回学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 モノリシックジルコニア冠の特徴とその活用
3. 学会等名 日本臨床歯科CAD/CAM学会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 デジタル技工の最前線, ジルコニアの透光性と審美性
3. 学会等名 日本デジタル歯科学会第9回学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伴 清治
2. 発表標題 歯科用CAD/CAMテクノロジーの最前線, ジルコニア冠の審美性の向上
3. 学会等名 日本補綴歯科学会 第127回学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 一般社団法人日本歯科理工学会編 浅岡憲三, 鶴田昌三, 伴 清治ほか	4. 発行年 2018年
2. 出版社 医歯薬出版株式会社	5. 総ページ数 167
3. 書名 歯科理工学教育用語集第3版	

〔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	伴 清治 (Ban Seiji) (10159105)	愛知学院大学・歯学部・歯学部研究員 (33902)	

6. 研究組織（つづき）

	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	岩田 純士 (Iwata Junji)		
研究協力者	松原 正和 (Matsubara Masakazu)		

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