

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11716

研究課題名(和文)再石灰化を効果的に促進するイオン種の特定と歯質接着システムへの応用

研究課題名(英文) Determination of Ions Having Remineralization Effect and Its Utilize for Adhesive Systems

研究代表者

宮崎 真至 (MIYAZAKI, Masashi)

日本大学・歯学部・教授

研究者番号：70239391

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：コンポジットレジと歯質との接着海面における耐久性を向上させる方法として、再石灰化を可能とするイオンに着目した。これらのイオンの効果を、再石灰化能を指標として超音波透過法、光干渉断層画像診断法(OCT)、走査電子顕微鏡を用いて詳細に検討した。その結果Si, SrおよびZrには、歯質の石灰化効果を期待できることが明らかになった。また、超音波測定ならびにOCTを用いることによって、歯質における初期の脱灰および石灰化の様相を検討できることが確認された。これらのイオンを、歯質接着システムに適量添加することによって、歯質の再石灰化を促進させ、耐久性に優れた接着システムが製作できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯質接着システムは、高い接着強さを示すものの、その接着耐久性に関しては議論が残っている。すなわち、脱灰されているもののレジンの浸透が不十分な層が残留し、この部がMMPの影響で劣化する。これに対して、MMP inhibitorを作用させることが提案されているが、その効果は短時間である。そこで、本研究では再石灰化を可能とするイオンの存在によって再石灰化を生じさせる「自己修復型接着システム」を構築するという学術的意義を有している。このように、自己修復型接着システムを臨床応用することによって、口腔内における健康の増進と医療経済面にも貢献するという社会的意義が望まれる。

研究成果の概要(英文)：The principal investigator focused on ions that can remineralize tooth substrate, and planned to utilize these ions as a method of improving the durability of the interface between resin composite and the tooth. The effects of these ions were examined in detail using ultrasonic transmission technique, optical coherence tomography, and scanning electron microscopy observations. As a result, it was clarified that Si, Sr and Zr can be expected to suppress demineralization and calcification of tooth structure. In addition, it was confirmed that it is possible to examine the appearance of early decalcification and calcification in the tooth structure by using ultrasonic measurement and OCT. It was suggested that by adding an appropriate amount of these ions to the dentin adhesive system, the remineralization of the dentin is promoted and an adhesive system might have excellent durability.

研究分野：歯科保存学

キーワード：歯質接着 イオン 再石灰化 超音波測定 光干渉断層法 走査電子顕微鏡

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 歯質接着性レジン象牙質接着機構において、ハイブリッド層の形成が重要であり、その形態的ならびに機能的検討は現在も国内外で積極的に続けられている。最近では、歯質接着性レジンシステムの長期耐久性を低下させる因子として、象牙質基質あるいは口腔内から放出される MMP がハイブリッド層に及ぼす影響について検討されている。すなわち、口腔内のバクテリアや唾液中の消化酵素などがレジンと象牙質との接合界面付近のコラーゲン線維に加水分解をもたらし接着構造を崩壊させるというものである。そこで、MMP inhibitor であるクロルヘキシジンなどを用いて、生じうる劣化を未然に防ぐことが考えられている。しかし、MMP inhibitor の効果は一時的なものであり、象牙質接合界面における劣化は恒常的に防げるものではない。したがって、単に MMP inhibitor を応用することだけでなく、歯質を強化することが接着耐久性を根本的に改善するための臨床的手法となるものと考えられる。

(2) 申請者は、象牙質接合界面にはレジンモノマーの傾斜移行性があり、その深部には脱灰露出コラーゲン繊維が存在することを明らかにしてきた。また、象牙質との接合界面における弾性率を測定し、接着の質について評価してきた。その結果から、象牙質接合界面に劣化が生じないようにするためには、この部の再石灰化による自己修復を行う方法を検討することが重要であると考えた。そこで、生物学的機能性(バイオアクティブ)を有する Pre-reacted Glass-ionomer Filler に着目し、このフィラーから象牙細管への石灰化物の沈着を誘発する作用を持つとされる様々なイオンが徐放されることを報告した。そこで、次の研究の段階として、再石灰化に最も有効であるとともに修復材に応用可能なイオン種を特定し、接着界面の劣化部が再石灰化によって修復されるかを的確に判定するモダリティを確立し、これを検証するとともに自己修復性修復材の開発を行うことを目標とした。

2. 研究の目的

歯冠修復物の口腔内における予後を支える重要な因子の一つとして、歯質接着システムの長期接着耐久性が挙げられる。しかし、耐久性に関しては必ずしも安定したものではなく、象牙質基質から放出される Matrix Metalloproteinase (MMP) などによって歯質が劣化することが指摘されている。したがって、接着システムの予後を考えると、脆弱な接合界面を検知する手法を得るとともに、劣化を防止する臨床的手法に関する検討が必要と考えられる。そこで申請者は、接合界面近傍における象牙質を効果的に石灰化させるイオン種を同定することによって、象牙質接合界面における接着耐久性の向上をめざすとともに、石灰化に有効なイオンを徐放する自己修復性接着システムの開発を目指す。

3. 研究の方法

(1) イオン溶液の製作とイオン量の測定：歯質の再石灰化を促進するイオンとして、ケイ素イオン (Na_2SiO_3)、フッ素イオン (NaF)、リン酸イオン (KH_2PO_4)、カルシウムイオン (CaCl_2)、マグネシウムイオン ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) および亜鉛イオン (ZnO) を用いた (Saito et al. Caries Res 2003:37;445-449)。イオン濃度の確認には、ICP 発光分析装置 (CPS-8000, 島津製作所) を用いるとともに、またフッ素イオンの測定にはフッ化物電極 (9609BN, Orion Research) と pH/イオンメーター (720A, Orion Research) を用いた。

(2) pH (脱灰 再石灰化) サイクルの実施：ウシの下顎前歯の歯根を切断し、その歯冠部唇側歯質を $4 \times 4 \times 1$ mm のブロックとして切り出し、耐水性 SiC ペーパーの #2,000 まで順次研磨し、これを象牙質試片とする。これらの試片を 8% Methocel MC gel (Fluka, Switzerland) に浸漬し、37 恒温器中に 24 時間静置した。次いで、pH 4.6 の 0.1 mol/l 乳酸溶液を 70 ml に浸漬する、いわゆる乳酸 2 層法を用いて脱灰させた。その後、これらの試片を、濃度の異なるイオン溶液に保管する。また、コントロールとして、脱灰させることなく 37 人工唾液中 (pH 7.0) に浸漬した試片を製作した。

(3) 超音波パルス法による再石灰化状況測定：超音波測定を行うことによって得られた弾性率の変化を比較することによって、歯質の脱灰と再石灰化の状態を判定した。超音波の伝播時間の測定は、パルサーレーサー (Model 5800, Panametrics) システムを用い、音響レンズ前面に先端直径 3mm の超音波収束機構を有するコーン状チップを接続して行った。チップ先端を試片に接触させ、試片中を伝播する送信波と反射波との時間的な差を求め、得られた値と理論式とから音速、音響インピーダンス、ポワソン比および弾性率を求めた。

(4) 走査電子顕微鏡 (FE-SEM) 観察および EDX による元素分析：試片について、通法にしたがって金蒸着を施し、試片を走査型電子顕微鏡 (ERA 8800FE, Elionix) によって接合界面における脱灰ならびに再石灰化した部の形態を評価した。さらに、EDX を用いて元素分析を行うことで、再石灰化状態について比較検討を加える。さらに、微小領域に存在するイオンの種類を詳細に分析した。

(5) 光干渉断層装置 (Optical Coherence Tomography, OCT) の応用: これまで申請者が確立してきた歯質再石灰化の評価などで得られた結果を, 新たなモダリティである OCT を用い, 本装置で得られる画像と比較, 検討した。これによって, OCT で得られた情報が歯質の石灰化の判定に有効であることを検証するとともに, イオン溶液の種類によって, 再石灰化に最も効果的な濃度ならびに種類を確認した。

4. 研究成果

(1) 試作した接着システムからの徐放された各イオンは, 溶媒量の増加に伴って, その徐放量も増加する傾向を示した。その傾向はイオンの種類によって異なるものであったが, 溶媒の種類による影響は認められなかった。各イオンの徐放量を比較すると, S-PRG フィラーからのイオン徐放量が最も多かったものは Sr であり, 次いで F, B, Na, Si および Al という順であった。また, 混合時間の延長にともなう徐放量の変化は, イオンの種類によって傾向が異なるものであった。イオンのうち Sr, B, Na および F においては, 混合時間の延長に伴ってその徐放量も増加する傾向を示した。一方, Si および Al においては, 混合時間にかかわらず, その徐放量の変化はきわめて小さいものであった。機能性ガラスを含有するコンポジットレジン, グラスアイオノマーセメントと同様のフッ化物徐放能およびフッ化物リチャージ能を有していると報告されている。すなわち, フッ化物の存在は, 酸性環境下では脱灰を抑制し, 中性環境下では再石灰化を促進する。したがって, 修復物に近接する象牙質に耐酸性を付与し, 脱灰を効果的に抑制することが考えられる。また, Al および Na の徐放量は, F におけるそれと同様に S-PRG フィラー量が多くなるのに伴って上昇した。Al の徐放は, 同様に徐放された F とともに結合体を形成するとされており, お互いの徐放量には相関があることが示唆されている。また, Na に関しては, F および Si に比べ極めて少ないにもかかわらず, その徐放量は比較的多いものであったが, Na がカチオンとして存在することによって, 徐放されるアニオンのうちでも F と電気的な平衡を保つためであると考えられた。

(2) 歯質の脱灰条件としては, 1.23% クエン酸溶液 ($\text{pH } 2.1, 6.4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$) を用いて 1 分間作用させ水洗と乾燥させる操作を 5 回繰り返した後, 人工唾液 ($\text{pH } 7.0, 14.4 \text{ mM NaCl}, 16.1 \text{ mM KCl}, 0.3 \text{ mM MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}, 2.0 \text{ mM K}_2\text{HPO}_4, 1.0 \text{ mM CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ および $0.10 \text{ g\% sodium carboxymethyl cellulose}$) に 1 分間保管し, これを直後群とした。また, 直後群と同様の処理を 1 日に 2 回, 7 日間行ったものを 7 日群とするとともに, 脱灰操作を行うことなく人工唾液に保管したものをコントロール群とした。これらの試片について, 超音波透過法を用いて試片を透過する縦波音速の測定を行った。この縦波音速の測定に関しては, 試片内を伝搬する超音波の変化を電気的に増幅することによって波形を検出し, 1 ns 単位で試片を透過する超音波の伝搬時間と試片の厚さとの関係から求めた。その結果, 脱灰条件における試験片の超音波縦波音速は経時的に低下したが, コントロール群では変化は認められなかった。この縦波音速の低下は, 歯質から無機質成分の流失を示し, エナメル質に構造的変化をもたらした結果と考えられた。

(3) OCT の信号強度分布から得られた $1/e^2$ 幅の経時的変化では, コントロール群および未処理群では実験期間を通して変化は認められなかったのに対して, イオンを作用させた条件では, 実験開始前と比較して 7 日以降で有意に高い値を示した。また, 7 日以降の $1/e^2$ 幅は, 未処理群と比較して NM3 倍希釈液で処理した条件で有意に高い値を示した。このように, 石灰化に關与する水温の再石灰化に及ぼす効果が認められた。これは, とくに calcium sodium phosphosilicate を主成分とするバイオアクティブガラスは水分存在下において可溶性イオンである Na^+ と水分中の H_3O^+ との置換反応 ($\text{Si-O}^-\text{Na} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Si-OH} + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$) が開始され, これによってバイオアクティブガラス表面に, 水を含み Na^+ と置換した水和変質層が形成される。次いで, 水和変質層内では加水分解によってシリカネットワークが水に溶解 ($\text{Si-O-Si} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2(\text{Si-OH})$) するとともにシラノール基の縮合 ($2(\text{Si-OH}) \rightarrow \text{Si-O-Si} + \text{H}_2\text{O}$) が生じ, シロキサン結合の緩やかなネットワークによる多孔質のゲル層が形成される。このゲル層のシラノール基が, 周囲環境から Ca^{2+} および PO_4^{3-} を誘導することで $\text{CaO-P}_2\text{O}_5$ となり, HAp の核形成を促すものである。

(4) OCT イメージ像は, 照射光線の歯質表層あるいは内部での反射性の強弱を段階ごとにカラー表示することで, 透過率の高い部分は照射された光線の反射光強度が少なく暗部として, 逆に散乱の強い部分では明部として可視化される。精製水保管条件の OCT イメージ像において, pH サイクル適用後にエナメル質表層のシグナル輝度が上昇したが, 人工唾液保管条件では, 28 日後ではエナメル質表層のシグナル輝度に変化は認められず, 内部断層像の色調に変化が認められた。また, レーザ顕微鏡像では, 精製水保管条件と比較して平坦な表面性状が観察された。このように, 人工唾液保管条件においてエナメル質内部の変化が観察された理由としては, エナメル質表面の脱灰が抑制されたために, 試片内部への光線透過性が増大し, OCT イメージ像の色調変化として表れたものと考えられた。以上のように, OCT を用いた歯質断層像の解析では, エナメル質が脱灰することによって生じた基質的变化が光線反射性および透過性に及ぼす影響を, OCT イメージ像の変化として捉えられることが示された。さらに, ピーク強度値および $1/e^2$ 幅を測

定することで、より詳細な解析が可能であることが示された。

今後、この再石灰化促進効果を有する試作材料に関して、臨床使用を向けての検討を継続する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計56件（うち査読付論文 55件 / うち国際共著 42件 / うちオープンアクセス 51件）

1. 著者名 Suzuki S, Takamizawa T, Imai A, Tsujimoto A, Sai K, Takimoto M, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 22
2. 論文標題 Bond durability of universal adhesive to bovine enamel using self-etch mode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clin Oral Investig	6. 最初と最後の頁 1113-1122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00784-017-2196-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 Nagura Y, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Watanabe H, Jhonson WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 126
2. 論文標題 Relationship between enamel bond fatigue durability and surface free energy characteristics with universal adhesives	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 135-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12398	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 Takamizawa T, Barkmeier WW, Sai K, Tsujimoto A, Imai A, Erickson RL, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 36
2. 論文標題 Influence of different smear layers on bond durability of various types of self-etch adhesive	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dent Mater	6. 最初と最後の頁 246-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2017.11.002	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 該当する
1. 著者名 Sai K, Takamizawa T, Imai A, Tsujimoto A, Ishii R, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 20
2. 論文標題 Influence of application time and etching mode of universal adhesives on enamel adhesion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Adhes Dent	6. 最初と最後の頁 65-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3290/j.jad.a39913	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 Suda S, Takamizawa T, Takahashi F, Tsujimoto A, Akiba S, Nagura Y, Kurokawa H, Miyazaki M	4. 巻 43
2. 論文標題 Application of the self-assembling peptide P11-4 for prevention of acidic erosion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 e166-e172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-385-L	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 60
2. 論文標題 Simulated localized wear of resin luting cement for universal adhesive systems with different curing mode	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 29-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2334/josnusd.16-0815	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 Suda S, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 37
2. 論文標題 Comparison of enamel bond fatigue durability between universal adhesives and two-step self-etch adhesives: Effect of phosphoric acid pre-etching	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 244-255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2017-059	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Fisher NG, Nojiri K, Nagura Y, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 54
2. 論文標題 Wear of resin composites: Current insights into underlying mechanisms and evaluation methods	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Jpn Dent Sci Rev	6. 最初と最後の頁 76-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jdsr.2017.11.002	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 該当する

1. 著者名 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 43
2. 論文標題 Influence of thermal stress on simulated localized and generalised wear of nanofilled resin composites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 380-390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-206-L	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Erickson RL, Fischer NG, Markham MD, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 126
2. 論文標題 Shear fatigue strength of resin composite bonded to dentin at physiological frequency	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 316-325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12537	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 Tsujimoto A, Nagura Y, Barkmeier WW, Watanabe H, Johnson WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 87
2. 論文標題 Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Mech Behav Biomed Mater	6. 最初と最後の頁 111-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2018.07.013	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 高見澤俊樹, 鈴木崇之, 高橋奈央, 河津真美, 斎藤達郎, 武田光弘, 辻本暁正, 宮崎真至	4. 巻 36
2. 論文標題 酸性モノマーの有無がセルフエッチングアドヒージブのエナメル質接着耐久性および表面自由エネルギーに及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 接着歯学	6. 最初と最後の頁 47-56
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 辻本暁正, 嶋谷祐輔, 名倉侑子, 野尻貴絵, 左 敏愛, 氏家真穂, 高見澤俊樹, 宮崎真至, 日野浦 光	4. 巻 36
2. 論文標題 ユニバーサルアドヒーズの表層低重合層が象牙質接着疲労耐久性に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 接着歯学	6. 最初と最後の頁 57-65
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kurokawa H, Shiratsuchi K, Suda S, Nagura Y, Suzuki S, Moritake N, Yamauchi K, Miyazaki M	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of light irradiation and primer application on polymerization of self-adhesive resin cements monitored by ultrasonic velocity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 534-541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2017-215	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 Yabuki C, Rikuta A, Murayama R, Akiba S, Suzuki S, Takamizawa T, Kurokawa H, Miyazaki M	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of acid erosion on enamel bond strength of self-etch adhesives and sonic velocity measurement of enamel	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 542-548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2017-117	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 Murayama R, Nagura Y, Yamauchi K, Moritake K, Iino M, Ishii R, Kurokawa H, Miyazaki M, Hosoya Y	4. 巻 60
2. 論文標題 Influence of a coating material containing surface reaction-type pre-reacted glass-ionomer filler on the prevention of primary enamel demineralization detected by optical coherence tomography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 367-373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2334/josnusd.17-0256	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Influence of thermal cycling on flexural properties and simulated wear of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin composites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dentt	6. 最初と最後の頁 101-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-046-L	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 36
2. 論文標題 Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill comomers and resin composites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 205-213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2016-131	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 Kanazawa C, Murayama R, Furuichi T, Imai A, Suda S, Kurokawa H, Takamizawa T, Miyazaki M	4. 巻 36
2. 論文標題 Ultrasonic monitoring of the setting of silicone elastomeric impression materials	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 63-68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2016-131	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Wilwerding TM, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Interfacial characteristics and bond durability of universal adhesive to various substrates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 e59-e70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/15-353-L	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 Matsuyoshi S, Murayama R, Akiba S, Yabuki C, Takamizawa T, Kurokawa H, Miyazaki M	4. 巻 75
2. 論文標題 Enamel remineralization effect of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate: an optical coherence tomography observation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Odontol Scand	6. 最初と最後の頁 191-197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00016357.2016.1277588	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 Tsuji moto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 125
2. 論文標題 Comparison between universal adhesives and two-step self-etch adhesives in terms of bond fatigue durability in self-etch mode	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 215-222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12346	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 Shibasaki S, Takamizawa T, Suzuki T, Nojiri K, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Influence of different curing modes on polymerization behavior and mechanical properties of dual-cured provisional resins	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 526-536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-335-L	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 Tsuji moto A, Fischer NG, Barkmeier WW, Baruth AG, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of reduced phosphoric acid pre-etching times on enamel surface characteristics and shear fatigue strength using universal adhesives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J Adhes Dent	6. 最初と最後の頁 267-275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3290/j.jad.a38437	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 Hirai K, Tsujimoto A, Nojiri K, Ueta H, Takamizawa T, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 36
2. 論文標題 Influence of photoirradiation conditions on dentin bond durability and interfacial characteristics of universal adhesives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 747-754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2016-019	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 陸田明智, 秋葉俊介, 今井亜理紗, 須田俊一, 矢吹千秋, 鈴木崇之, 古市哲也, 宮崎真至	4. 巻 60
2. 論文標題 ユニバーサル接着システムの酸蝕エナメル質に対する接着性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日歯保存誌	6. 最初と最後の頁 153-561
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11471/shikahozon60.153	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 30
2. 論文標題 Effect of oxygen inhibition in universal adhesives on dentin bond durability and interfacial characteristics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Am J Dent	6. 最初と最後の頁 71-76
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 該当する

1. 著者名 Tamura Y, Takamizawa T, Shimamura Y, Akiba S, Yabuki C, Imai A, Tsujimoto A, Kurokawa H, Miyazaki M	4. 巻 36
2. 論文標題 Influence of air-powder polishing on bond strength and surface-free energy of universal adhesive systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 762-769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2016-185	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 Imai A, Takamizawa T, Sai K, Tsujimoto A, Nojiri K, Endo H, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 125
2. 論文標題 Influence of application method on surface free-energy and bond strength of universal adhesive systems to enamel	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 385-395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12361	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Relationship between simulated gap wear and generalized wear of resin luting cements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 e148-e158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-270-L	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Hosoya Y, Nojiri K, Nagura T, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 30
2. 論文標題 Comparison of enamel bond fatigue durability of universal adhesive and two-step self-etch adhesive in self-etch mode	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Am J Dent	6. 最初と最後の頁 279-284
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 該当する

1. 著者名 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Erickson RL, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 37
2. 論文標題 Influence of the number of cycles on shear fatigue strength of resin composite bonded to enamel and dentin using adhesives in self-etch mode	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 113-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2017-012	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 Shibasaki S, Takamizawa T, Nojiri K, Imai A, Tsujimoto A, Endo H, Suzuki S, Suda S, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Polymerization behavior and mechanical properties of high-viscosity bulk fill and low shrinkage resin composites	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 e177-e187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-385-L	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 Ouchi H, Tsujimoto A, Nojiri K, Hirai K, Takamizawa T, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 42
2. 論文標題 Effect of oxygen inhibition layer of universal adhesives on enamel bond fatigue durability and interfacial characteristics with different etching modes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 636-645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-255-L	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 Fujiwara S, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Imai A, Watanabe H, Erickson RL, Latta MA, Nakatsuka T, Miyazaki M	4. 巻 77
2. 論文標題 Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J Mech Behav Biomed Mater	6. 最初と最後の頁 501-509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2017.10.008	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Erickson RL, Fischer NG, Markham MD, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 20
2. 論文標題 Influence of application time and etching mode of universal adhesives on enamel adhesion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 65-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12537	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 126
2. 論文標題 Shear fatigue strength of resin composite bonded to dentin at physiological frequency	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 316-325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2334/josnugd.16-0815	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 Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 43
2. 論文標題 Influence of thermal stress on simulated localized and generalised wear of nanofilled resin composites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 380-390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/16-206-L	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 Tsujimoto A, Nagura Y, Barkmeier WW, Watanabe H, Johnson WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 87
2. 論文標題 Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Mech Behav Biomed Mater	6. 最初と最後の頁 111-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmbbm.2018.07.013	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 Kurokawa H, Shiratsuchi K, Suda S, Nagura Y, Suzuki S, Moritake N, Yamauchi K, Miyazaki M	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of light irradiation and primer application on polymerization of self-adhesive resin cements monitored by ultrasonic velocity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 534-541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4012/dmj.2017-215	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 Imai A, Takamizawa T, Sugimura R, Tsujimoto A, Ishii R, Kawazu M, Saito T, Miyazaki M	4. 巻 89
2. 論文標題 Interrelation among the handling, mechanical, and wear properties of the newly developed flowable resin composites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Mech Behav Biomed Mater	6. 最初と最後の頁 72-80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1016/j.jmbbm.2018.09.019	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 Nagura Y, Tsujimoto A, Fischer NG, Baruth AG, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 44
2. 論文標題 Effect of reduced universal adhesive application time on enamel bond fatigue and surface morphology	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 42-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/17-261-L	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 Sugimura R, Tsujimoto A, Hosoya Y, Fischer NG, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 32
2. 論文標題 Surface moisture influence on etch-and-rinse universal adhesive bonding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Dent	6. 最初と最後の頁 33-38
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 Tsujimoto A, Shimatani Y, Nojiri K, Barkmeier WW, Markham MD, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 127
2. 論文標題 Influence of surface wetness on bonding effectiveness of universal adhesives in etch and rinse mode	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 162-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12596	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 Takamizawa T, Tsujimoto A, Ishii R, Ujiie M, Kawazu M, Hidari T, Suzuki T, Miyazaki M	4. 巻 61
2. 論文標題 Laboratory evaluation of dentin tubule occlusion with stannous fluoride containing dentifrice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 276-283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2334/josnugd.18-0176	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 Takeda M, Takamizawa T, Imai A, Suzuki T, Tsujimoto A, Barlmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 127
2. 論文標題 Immediate enamel bond strengths of universal adhesives to unground and ground surfaces in different etching modes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 351-360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/eos.12626	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 Shimatani Y, Tsujimoto A, Nojiri K, Shiratsuchi K, Takamizawa T, Barkmeier WW, Latta M, Miyazaki M	4. 巻 21
2. 論文標題 Reconsideration of enamel etching protocols for universal adhesives: Effect of etching method and etching time	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Adhes Dent	6. 最初と最後の頁 315-354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3290/j.jad.a42933	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 Tsujimoto A, Jurado C, Villalobos-Tinoco J, Barkmeier W, Fischer N, Takamizawa T, Latta M, Miyazaki M	4. 巻 11
2. 論文標題 Reconsideration of enamel etching protocols for universal adhesives: Effect of etching method and etching time	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Adv Prosthodont	6. 最初と最後の頁 232-238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4047/jap.2019.11.4.232	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 Akiba S, Takamizawa T, Tsujimoto A, Moritake N, Ishii R, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 38
2. 論文標題 Influence of different curing modes on flexural properties, fracture toughness, and wear behavior of dual-cure provisional resin-based composites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dent Mater J	6. 最初と最後の頁 728-737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) :10.4012/dmj.2018-300	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 Yamauchi K, Tsujimoto A, Jurado CA, Shimatani Y, Nagura Y, Takamizawa T, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 61
2. 論文標題 Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Oral Sci	6. 最初と最後の頁 549-553
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.2334/josnusd.18-0433	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 Takamizawa T, Imai A, Hirokane E, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Erickson RL, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 35
2. 論文標題 SEM observation of novel characteristic of the dentin bond interfaces of universal adhesives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dent Mater	6. 最初と最後の頁 1791-1804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.dental.2019.10.006	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 Wong J, Tsujimoto A, Fischer NG, Baruth AG, Barkmeier WW, Johnson EA, Samuel SM, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 45
2. 論文標題 Enamel etching for universal adhesives: Examination of enamel etching protocols for optimization of bonding effectiveness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 80-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/18-275-L	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 Saito T, Takamizawa T, Ishii R, Tsujimoto A, Hirokane E, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 45
2. 論文標題 Influence of application time on dentin bond performance in different etching modes of universal adhesives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 183-195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/19-028-L	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 Ouchi H, Takamizawa T, Tsubota K, Tsujimoto A, Imai A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 45
2. 論文標題 The effects of aluminablasting on bond durability between universal adhesives and tooth substrate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 196-208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/18-170-L	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 Ishii R, Takamizawa T, Tsujimoto A, Suzuki S, Imai A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 45
2. 論文標題 Effects of finishing and polishing methods on the surface roughness and surface free energy of bulk-fill resin composites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oper Dent	6. 最初と最後の頁 e91-e104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2341/18-246-L	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 Ujiiie M, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Jurado CA, Villalobos-Tinoco J, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M	4. 巻 33
2. 論文標題 Comparison of occlusal wear between bulk-fill and conventional flowable resin composites	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Am J Dent	6. 最初と最後の頁 74-78
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Iino M, Imai A, Sai K, Tsujimoto A, Takamizawa T, Miyazaki M
2. 発表標題 Influence of application method on enamel bond of universal adhesives
3. 学会等名 93th General Session & Exhibition of the IADR (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsujimoto A, Shimatani Y, Nagura Y, Nojiri K, Hosoya Y, Takamizawa T, Miyazaki M
2. 発表標題 Depth of cure of resin composites using varying light irradiance exposures with LED curing unit
3. 学会等名 93th General Session & Exhibition of the IADR (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shiratsuchi K, Tsujimoto A, Shimatani Y, Nagura Y, Nojiri K, Takamizawa T, Miyazaki M
2. 発表標題 Simulated localized wear of resin cements for universal adhesives with different curing mode
3. 学会等名 93th General Session & Exhibition of the IADR (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Miyazaki M
2. 発表標題 Symposium 4: Advances in clinical dentistry resulting from basic science discoveries -Lessons from dental materials research: Durability of adhesive bond and clinical success of composite restorations
3. 学会等名 66th annual meeting of JADR (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nojiri K, Tsujimoto A, Shimatani Y, Nagura Y, Shii R, Takamizawa T, Miyazaki M
2. 発表標題 Dentin bond fatigue durability and surface free energy characteristics with universal adhesives
3. 学会等名 66th annual meeting of JADR (国際学会)
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