

令和 2 年 5 月 14 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17119

研究課題名(和文)ユニバーサル接着システムにおけるリン酸処理に代わる新規歯質処理材の開発

研究課題名(英文) Study of alternative etchant to phosphoric acid etchant for universal bonding system

研究代表者

佐藤 隆明 (Sato, Takaaki)

東京医科歯科大学・歯学部附属病院・医員

研究者番号：90778432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、セルフエッチング系アドヒーズの前処理としてエッチャントを用いる歯面処理材として、従来のリン酸系エッチャントに代わる材料が歯質との接着へ及ぼす影響を検討した。結果として、近似したpHのエッチャントであってもその組成の違いにより歯質との反応が異なること、特に有機酸系エッチャントは象牙質への悪影響が少ない一方でエナメル質接着を向上させることが明らかになり、リン酸系エッチャントにとって代わる役目を果たすことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

「リン酸と1液性セルフエッチング材を用いたユニバーサル接着システム」において、象牙質との接着界面の耐酸性に問題が生じることを報告していた。本研究結果より、セルフエッチングシステムを用いる際には、象牙質接着に影響を及ぼすリン酸の代わりに有機酸を用いることによってこの問題の解決できることが示唆された点が学術的意義としてあげられる。本研究結果は、そのまま臨床に反映させることが可能であり日々行われているう蝕(むし歯)に対する歯科治療の質を向上させる点が社会的意義としてあげられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have succeeded in analyzing the difference of tooth etchant effectiveness by comparing to 3 types of tooth etchants. Etchant of organic acids showed high bonding performance on both enamel surface and dentin surface. This research demonstrated that etchant of organic acids is alternative to phosphoric acid etchant.

研究分野：歯科接着

キーワード：歯質接着 接着界面 エナメル質 象牙質 マルチモード

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

接着歯学の発展に伴い、従来の3ステップボンディングシステム、2ステップボンディングシステムと比べて、より簡便に使用できる1液性セルフエッチングタイプのボンディング材(1-SEA)が普及する一方で、歯質との接着界面における研究において、その接着性能の問題点が示唆されていた。それを補うため、症例によってリン酸と1-SEAの併用を行う「ユニバーサル接着システム」と呼ばれる使用法が提唱されたが、リン酸を象牙質接着へ用いることの悪影響が懸念されていた。

### 2. 研究の目的

ユニバーサル接着システムにおいては、セルフエッチングの前処理としてエッチャントを用いる。そのためリン酸よりマイルドな酸を用いることで過度な脱灰を抑制できると予想される。そこで本研究は、ユニバーサル接着システムの歯質処理材において、象牙質への影響が懸念されるリン酸に代わるエッチャントを検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

セルフエッチングの前処理として「リン酸系」「有機酸系」「酸性モノマー型」3種の歯科用エッチング材を、被着面として「エナメル質」「象牙質」を用いて接着評価を行った。具体的には、引張強さ試験にて接着強さおよび破壊形態の観察を調べ、電子顕微鏡を用いてエッチャント塗布面の歯質構造および接着界面観察を行い、酸塩基抵抗試験を行うことで酸塩基抵抗層 (ABRZ) およびその直下の界面の状態を評価した。

### 4. 研究成果

#### (1) 象牙質接着における評価

サーマルサイクル負荷後の微小引張接着強さ試験の結果から、リン酸系エッチャントを1-SEAの前処理材として用いると優位に低い値を示すことが明らかになった。各種エッチャントにて処理した後の象牙質被着面の形態を走査電子顕微鏡 (SEM) にて観察した結果を図1に示す。得られた像よりリン酸系エッチャントが歯質を過度に脱灰している様子が確認され、このことが接着に悪影響を及ぼしたと考えられる。一方で酸性モノマー型エッチャント、および有機酸系エッチャントにおいては、このような過度な脱灰を示すコラーゲン繊維の露出は認められなかった。また接着後の試料を脱灰液などで処理した後にSEMで接着界面を観察するという、人工的な2次う蝕 (治療後に再度発生するむし歯を想定した) モデル実験を行った。接着剤の浸透によって酸処理および塩基処理を行っても溶かされずに残存している歯質様構造物—酸塩基抵抗層 (ABRZ) の形成を評価した結果、リン酸系エッチャントを用いるとABRZ形成が部分的に認められない像が得られた (図2)。エッチャント不使用 (a)、酸性モノマー型エッチャント (b)、有機酸系エッチャント (c) と比較して、リン酸系エッチャント (d) ではABRZ形成が部分的に認められない (図2d No ABRZが指す部分)。これは歯質への接着材浸透による耐酸性が獲得されていないことを意味する。以上のように接着強さ試験と界面の形態的な評価は一致した。これらの結果から、象牙質に対する接着においてリン酸系エッチャントは過度な脱灰を起こすが、酸性モノマー型エッチャントおよび有機酸系エッチャントでは過度な脱灰を起こさないことが示唆された。

#### (2) エナメル質接着における評価

微小せん断接着強さ試験の結果から、有機酸系エッチャントまたはリン酸系エッチャントを前処理材として用いることで有意に高い値を示すことが明らかになった。一方、酸性モノマー型エッチャントではそのような効果は認められなかった。象牙質接着における評価と同様にABRZの形成を評価した結果、有機酸系エッチャントまたはリン酸系エッチャントを前処理材として用いるとABRZ形成直下のErosionが改善した像が得られた (図3)。このErosion形成は、接着界面付近に2次う蝕が発生しやすいことを意味する。図3において、エッチャント不使用 (a) で認められるABRZ直下のErosion (図中 破線三角部) は、リン酸系エッチャント (b)、酸性モノマー型エッチャント (c) において改善している。一方、有機酸系エッチャント (d) ではErosionの改善は認められない。以上のように接着強さ試験と界面の形態的な評価は一致していた。すなわち、酸性モノマー型エッチャントでは1-SEAが抱える問題点 (人工う蝕モデルにおけるErosion領域) を克服できず、リン酸系エッチャントまたは有機酸系エッチャントを用いることで解決されることが示唆された。

このようにエナメル質に対する接着においては象牙質とは異なる結果を示した。臨床において、厳密にエナメル質と象牙質を区別してセレクトティブエッチングを行うことは困難であり、一括で歯面処理可能なエッチング材が求められる。よって本研究の成果から、有機酸系エッチャントは象牙質への悪影響が少ない一方でエナメル質接着を向上させることが明らかになり、リン酸系エッチャントにとって代わる役目を果たすことが示唆された。

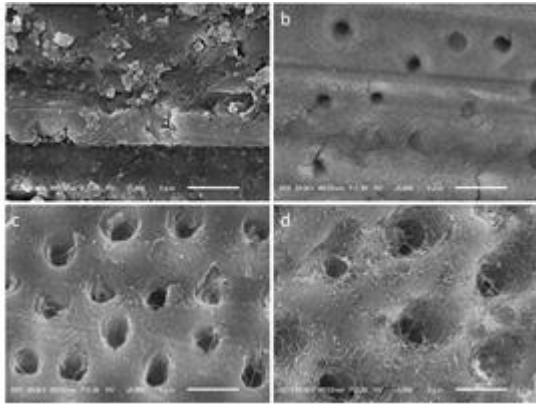


図 1 耐水研磨紙にて平坦にした切削後象牙質に対して各種エッチャントを塗布した後の表面 SEM 像

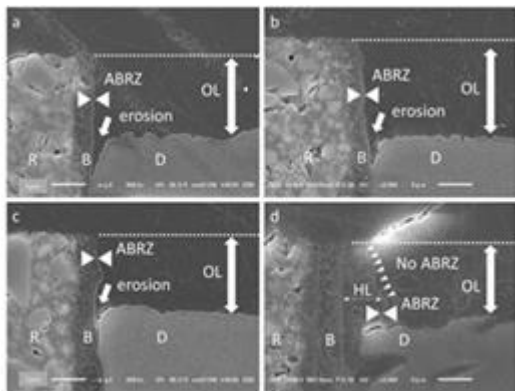


図 2 象牙質接着界面における酸塩基抵抗層 (ABRZ) の形成評価

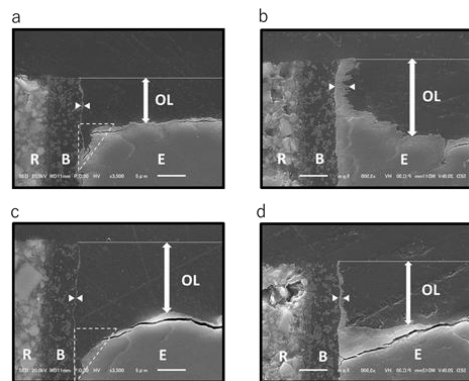


図 3 エナメル質接着界面における酸塩基抵抗層 (ABRZ) の形成評価

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sato T, Takagaki T, Ikeda M, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Effects of Selective Phosphoric Acid Etching on Enamel Using "No-wait" Self-etching Adhesives.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Adhesive Dentistry	6. 最初と最後の頁 407-415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.3290/j.jad.a41359.	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 Naruse Y, Takagaki T, Matsui N, Sato T, Ali A, Ikeda M, Nikaido T, Tagami J.	4. 巻 57
2. 論文標題 Effect of alumina-blasting pressure on adhesion of CAD/CAM resin block to dentin.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dental Materials Journal	6. 最初と最後の頁 805-811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.4012/dmj.2017-237.	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 Kakiuchi Y, Takagaki T, Ikeda M, Sato T, Matsui N, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J.	4. 巻 20
2. 論文標題 Evaluation of MDP and NaF in Two-step Self-etch Adhesives on Enamel Microshear Bond Strength and Morphology of the Adhesive-Enamel Interface.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Adhesive Dentistry	6. 最初と最後の頁 527-534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.3290/j.jad.a41632.	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 Sato T, Takagaki T, Baba Y, Vicheva M, Matsui N, Hiraishi N, Ikeda M, Nikaido T, Tagami J.	4. 巻 21
2. 論文標題 Effects of Different Tooth Conditioners on the Bonding of Universal Self-etching Adhesive to Dentin.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Adhesive Dentistry	6. 最初と最後の頁 77-85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.3290/j.jad.a41917.	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 Nakamoto A, Sato T, Matsui N, Ikeda M, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J.	4. 巻 61
2. 論文標題 Effect of fluoride mouthrinse and fluoride concentration on bonding of a one-step self-etch adhesive to bovine root dentin.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oral Science	6. 最初と最後の頁 125-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi: 10.2334/josnusd.17-0466.	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8件(うち招待講演 0件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Sato T, Takagaki T, Rui G, Nikaido T, Tagami J.
2. 発表標題 Evaluation of the enamel/bond interfaces of Multimode One-bottle Self-etching Adhesives
3. 学会等名 Brazil-Japan Joint Research Workshop on ADHESIVE DENTISTRY (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 馬場雄大、佐藤隆明、高垣智博、ピチェバ マルティナ、池田正臣、二階堂徹、田上順次.
2. 発表標題 各種酸処理材がエナメル質接着性能へ及ぼす影響
3. 学会等名 日本歯科保存学会 平成30年度春季大会(第148回) 横浜
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Kakiuchi, Tomohiro Takagaki, Masaomi Ikeda, Takaaki Sato, Naoko Matsui, Toru Nikaido, Junji Tagami.
2. 発表標題 Roles of MDP and NaF on Enamel Bonding
3. 学会等名 96th General Session & Exhibition of the IADR in London, England (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上田 菜々子、高垣 智博、佐藤 隆明、松井 七生子、池田 正臣、二階堂 徹、田上 順次
2. 発表標題 ニケイ酸リチウムに対する各種表面処理材が微小せん断接着強さへ及ぼす影響
3. 学会等名 日本歯科保存学会 平成30年度春季大会（第149回） 京都
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 VICHEVA Martina, SATO Takaaki, TAKAGAKI Tomohiro, BABA Yuuta, IKEDA Masaomi, NIKAIDO Toru, TAGAMI Junji
2. 発表標題 Effect of Repair Systems on Dentin Bonding Performance
3. 学会等名 日本歯科保存学会 平成30年度春季大会（第149回） 京都
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 各種酸処理が1ステップセルフエッチングシステムの象牙質接着性能へ及ぼす影響
2. 発表標題 佐藤 隆明,高垣 智博,松井 七生子,馬場 雄大,ピチェバ マルチナ,池田正臣, 二階堂 徹,田上 順次
3. 学会等名 第37 回日本接着歯学会学術大会 新潟
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Martina V, Sato T, Takagaki T, Baba Y, Ikeda M, Nikaido T, Tagami J.
2. 発表標題 Effect of Repair Systems on Dentin Bonding Performance
3. 学会等名 97th General Session & Exhibition of the IADR (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 綾花, 馬場 雄大, 佐藤 隆明, 高垣 智博, ピチェバ マルティナ, 二階堂 徹, 田上 順次
2. 発表標題 各種歯面処理材が非切削エナメル質接着界面へ及ぼす影響
3. 学会等名 日本歯科保存学会 2019年度春季大会 (第150回)
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
--	---------------------------	-----------------------	----