

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：16101

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K19054

研究課題名（和文）オンデマンドで撤去可能な歯科用スマートセメントのインプラントへの応用

研究課題名（英文）Application of smart dental cement debonding-on-demand to implants

研究代表者

武川 恵美（TAKEGAWA, Emi）

徳島大学・大学院医歯薬学研究部（歯学域）・助教

研究者番号：50633872

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：非導電性素材に埋め込んだTiを介してスマートセメントに通電したとき、アノード界面では酸化チタンが発生し、カソード界面では気体が発生することが分かった。この気体発生により非導電性素とセメントの剥離が可能であるといえる。よって、非導電性素材の一部に設置した金属に通電するといったデザインが有効であることと考えられ、新たなインプラントの着脱様式開発の可能性を見出すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非導電性物質とスマートセメントの通電剥離が可能でデザインができた。このデザインがインプラントの上部構造に応用できれば、インプラントに負荷をかけることなく定期的に容易に着脱可能となり、審美性や耐久性を考慮したデザインの幅が広がり、衛生面の向上も期待できる。

研究成果の概要（英文）：It was found that when the smart dental cement was applied electric current through Ti embedded in a non-conductive material, titanium oxide was generated at the anode interface and gas was generated at the cathode interface. The non-conductive element and cement can be separated by this gas generation. Therefore, it is considered that the design that apply electric current to the metal embedded in a part of the non-conductive material is effective, and the possibility of developing a new implant attachment and detachment style was found.

研究分野：歯科理工学

キーワード：セメント インプラント 歯科 通電

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科臨床では歯が欠損した場合、補綴治療により咀嚼・発語機能や審美性の低下を回復し、患者の QOL (生活の質) の回復をはかる。様々な治療法の中で、インプラント治療は隣在歯の歯質削除が不要で、咀嚼能力は高く異物感は低い有効な治療法である。

インプラントの人工歯(上部構造)の固定様式には、スクリー固定式とセメント固定式がある。スクリー固定式はスクリーで土台(アバットメント)に固定するため、上部構造の着脱が容易で、上部構造及び周囲組織の定期的な洗浄に有利である。しかし、アクセスホールによっては審美性低下や上部構造の破壊が起こる可能性があり、また着脱時に上部構造を固定しているスクリーやドライバーを患者に誤飲させるリスクがある。対してセメント固定式は、アクセスホールがないため審美性や耐久性に優れ、上部構造の形態を比較的自由に付与できるといった利点がある。しかし着脱が容易ではなく、定期的に上部構造を外して洗浄することが困難である。そこで、セメント固定式インプラントの上部構造を簡単に着脱できる歯科用セメントが存在すれば、アクセスホールにより審美性・耐久性を損なうことなく、スクリーなしで上部構造が容易に着脱できるインプラントが可能となる。

2. 研究の目的

そこで研究代表者は、イオン液体(IL、常温で液体の塩)を成分とし、電気を流すと容易に分離可能な工業用解体性接着剤に着目し、市販の歯科用ガラスアイオノマーセメント(GIC)に IL を混ぜて電気伝導性を与えたセメントを試作した。この試作セメントは、通電により接着力を約 10% にまで低下させることができ、歯に接着した金属製被着物を通電により容易に除去できる可能性が示された¹⁾。しかし、インプラントの上部構造に用いられるセラミックスやハイブリッドレジン²⁾は非導電性であるので、上部構造とアバットメントの間に通電して接着力を低下させるには、工夫が必要である。そこで本研究では、セメント固定式のインプラントの上部構造とアバットメントの接着に歯科用スマートセメントを応用するため、非導電性素材(セラミックス、ハイブリッドレジン)である上部構造を介してセメントへ通電可能な上部構造のデザイン³⁾の考案と、その有効性の確認を行い、新たなインプラントの着脱様式を開発する。(図 1)

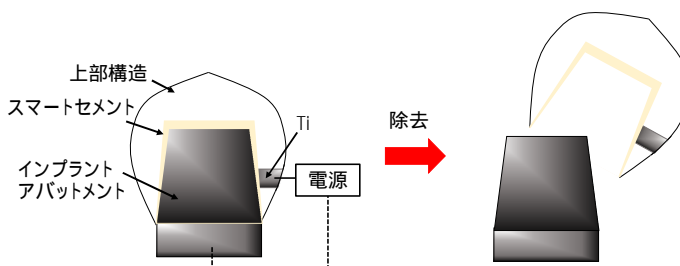


図 1 : スマートセメントで接着したインプラント上部構造

3. 研究の方法

Ti 板、数か所に凹凸の形状を付与した Ti 板を、それぞれアクリルレジンに包埋し、図 2 のように Ti 板とアクリルレジンが同一平面となるよう研磨した。を Ti 試料、を凹凸 Ti 試料とする。IL10% のスマートセメント (RX10) を用いて、前述の 2 つの試料と導電性ガラスを接着した。Ti 試料および凹凸 Ti 試料をアノード、導電性ガラスをカソードとしたときの 0.02mA 定電流条件下におけるセメント界面で起こる電気伝導の様子を図 2 の矢印方向から観察した。

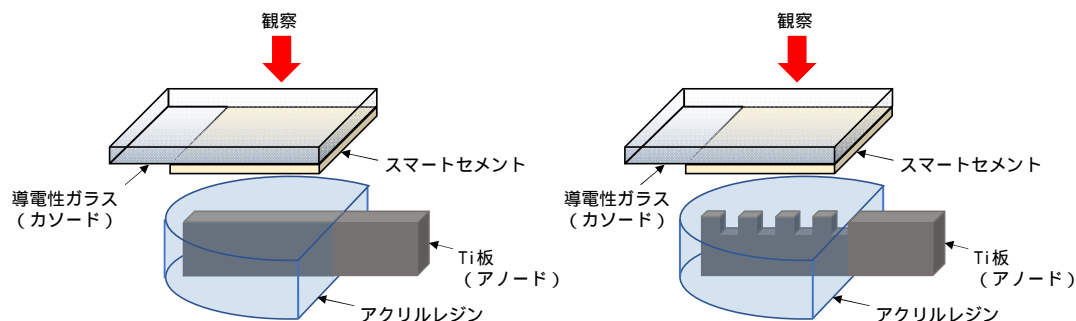


図 2 : RX10 で接着した Ti 試料 (左図) および、凹凸 Ti 試料 (右図)

4. 研究成果

(1) 結果

0.02mA の定電流下における Ti 試料、凹凸 Ti 試料の電圧は 20V 以上を示し、通電時間が増加するに伴い電圧は 30V まで上昇した。同じ通電時間における電圧は凹凸 Ti 試料の方が Ti 試料よりも高い値を示した。

両試料とも通電時間が増加するにともない Ti 表面が黄色に変色すると同時に気体が発生した。Ti 試料では発生した気体が Ti 周囲に留まる (図 3) のに対し、凹凸 Ti 試料では発生した気体が通電時間とともに Ti の外側に向かって広がっていく (図 4) のを確認した。

(2) 考察

以上の結果から、0.02mA 定電流下で起こった電気伝導によりアノード側で Ti イオンが発生し、水中の溶存酸素と反応し酸化チタンが生成したと考えられる。カソード側ではセメントに含有している水の電気分解が起こり、水素が発生し、カソード側のセメント界面に広がったと推測できる。水素発生により、カソード側でセメントと導電性ガラスの剥離が起こると考えられる。

また、Ti 試料の方が凹凸 Ti 試料よりも表面積が大きいにも関わらず、水素発生量が少ない(図 3, 4: 電後) のは、発生した水素の流出、酸化チタンの水素吸収、のいずれかまたは両方の可能性が考えられる。

まず、では、凹凸 Ti 試料は Ti 周囲のアクリルと導電性ガラスがセメントで完全に封鎖されていたのに対し、Ti 試料では Ti 周囲の一部が完全に封鎖されていなかったため、発生した水素が図 3 右図の矢印部分から流出したと考えられる。

次に、では、凹凸 Ti 試料よりも Ti 試料の方が Ti の表面積が大きいことから、発生した酸化チタンによる水素吸収量が多かった、ことが考えられる。については今後検証していく必要がある。

以上より、非導電性素材の一部に設置した金属に通電することにより、非導電性素材の剥離が可能であることが示唆された。これは非導電性素材であるインプラント上部構造を介してスマートセメントへ通電可能な上部構造のデザインとして有効であると考えられ、新たなインプラントの着脱様式開発の可能性を見出すことができた。

< 引用文献 >

- 1) Kajimoto N, Uyama E, Sekine K and Hamada K: Electrical shear bonding strength reduction of resin-modified glass-ionomercement containing ionic-liquid: Concept and validation of a smart dental cement debonding-on-demand. Dent Mater J 37, 2018, 768-774

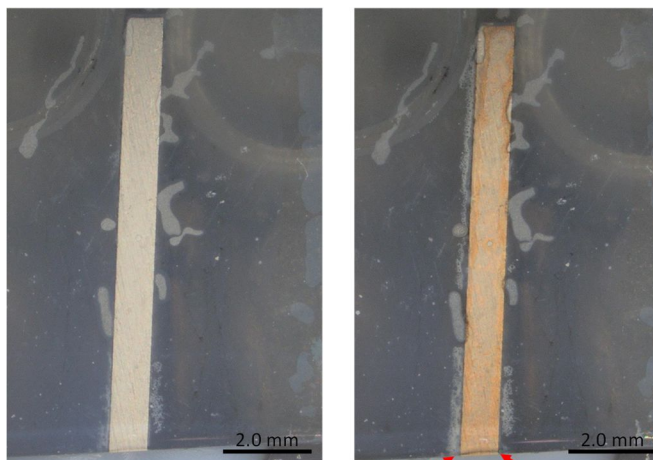


図 3 : Ti 試料のセメント界面の変化
通电前 (左図) , 46 分通电後 (右図)

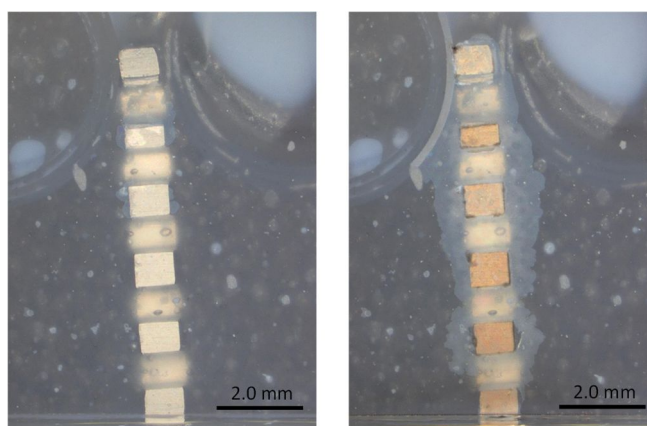


図 4 : 凹凸 Ti 試料のセメント界面の変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Hiroko SATO, Yuta MATSUKI, Noboru KAJIMOTO, Emi UYAMA, Shinya HORIUCHI, Kazumitsu SEKINE, Eiji TANAKA, and Kenichi HAMADA	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of water immersion on shear bond strength reduction after current application of resin-modified glass-ionomer-cements containing and not containing an ionic liquid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 DENTAL MATERIALS JOURNAL	6. 最初と最後の頁 35-43
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4012/dmj.2019-371	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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Kenichi Hamada, Hiroko Sato, Noboru Kajimoto, Emi Takegawa, Shinya Horiuchi, Kazumitsu Sekine and Eiji Tanaka
2. 発表標題 Change of electric and mechanical properties of ionic-liquid containing "smart" resin-modified glass-ionomer-cement with water immersion
3. 学会等名 Thermec 2021, Wien, June, 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenichi Hamada, Hiroko Sato, Noboru Kajimoto, Emi Takegawa, Shinya Horiuchi, Kazumitsu Sekine and Eiji Tanaka
2. 発表標題 Water immersion effects on bonding strength of dental cement containing ionic-liquid
3. 学会等名 11th World Biomaterials Congress, Glasgow, Dec, 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta Mastuki, Hiroko Sato, Emi Takegawa, Shinya Horiuchi, Kazumitsu Sekine, Eiji Tanaka and Kenichi Hamada
2. 発表標題 Electrolytic solution immersion effects on novel glass ionomer cement- Change of conductivity and shear bonding reduction after current application-
3. 学会等名 9th IOC, Yokohama, Japan, Oct, 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroko Sato, Yuta Mastuki, Noboru Kajimoto, Emi Takegawa, Shinya Horiuchi, Kazumitsu Sekine, Eiji Tanaka and Kenichi Hamada
2. 発表標題 Water immersion effects on novel glass ionomer cement containing ionic liquid Changes of electric effects on novel glass ionomer cement containing ionic liquid
3. 学会等名 9th IOC, Yokohama, Japan, Oct, 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020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