

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月13日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26462874

研究課題名(和文) Xeエキシマランプを使用した象牙質接着システムの開発

研究課題名(英文) Development of dentin bonding system using Xe excimer lamp

研究代表者

礪波 健一 (TONAMI, Kenichi)

東京医科歯科大学・歯学部附属病院・講師

研究者番号：20334427

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：紫外線領域の光(172nm)を発生するXeエキシマランプを用いて象牙質の表面処理を行う新たな接着システムの開発を行うために、同ランプを照射した象牙質の表面性状の分析と、象牙質とコンポジットレジンとのせん断接着試験を行った。その結果として、Xeエキシマランプにより象牙質のぬれ性が向上し、また照射後の象牙質にボンディング処理することで、ボンディング材は一定の勾配をもって象牙質に含浸するハイブリッド層を形成することが明らかとなった。またせん断接着試験により、同法による象牙質とコンポジットレジンとの接着効果も確認され、Xeエキシマランプを用いた接着システムの開発が可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した接着手法は、乾燥下で紫外光を照射することで象牙質の表面エネルギーを上昇させ、さらにCOやCO(OH)などの官能基を付与することで接着界面として利用するものである。従来の液相下での処理と比べて接着界面の加水分解が少ない接着システムとなることが期待され、歯科修復治療の予後の向上に貢献する点で臨床的、社会的意義は大きい。また、本手法は象牙質だけでなく、金属、樹脂、無機材料といった様々な材料の接着に応用できる可能性を有する。今後は臨床のみならず歯科技工、さらには他領域の材料加工に有用であり、今後応用・発展の可能性が大きいことに学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to develop a new dentin bonding system using Xe Excimer lamp which irradiate UV light of 172nm wavelength. The analysis of irradiated dentin surface and the share bonding test were conducted. Obtained result is that wettability of dentin surface improve with the 172nm UV irradiation. Bonding agent penetrate into irradiated dentin surface in 250nm depth and forming a hybrid layer. Share bonding test demonstrated the bonding strength between dentin and composite resin. Thus, there is possibilities that dentin bonding system using Xe Excimer lamp will be put into practice.

研究分野：歯科保存学

キーワード：象牙質 接着 紫外光 コンポジットレジン せん断接着強さ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

現在、さまざまな種類のレーザー光が歯科臨床で用いられているが、すべて光エネルギーが照射部位で熱エネルギーに変換される光熱アブレーション機構によって作用するもので、特に硬組織に照射した場合の熱発生による為害性が指摘されている。紫外線領域の波長を有するエキシマレーザーは、1波あたりのエネルギー量が大きいため、光エネルギーが発熱することなく直接共有結合を切断する光化学アブレーションが可能である。照射部での熱の発生が少なく変性を生じないため、眼科領域ではLASIKなどの角膜の微細な手術などに用いられている<sup>6</sup>。また、同レーザーを照射した部位では表面が極性を帯びることが知られている。これにより濡れ性が向上するため接着に有利となり、産業界ではテフロン樹脂の接着などに応用されている<sup>7</sup>。歯科ではエキシマレーザーについて1990年代より研究報告がなされている<sup>8</sup>。報告者は、同レーザーの歯科応用の可能性を特に接着修復への応用に関して検討してきた。本研究開始当時、ArFエキシマレーザー(λ=193nm)照射により象牙質表面の濡れ性が向上すること、従来のセルフエッチングプライマー処理の代わりにArFエキシマレーザーによるレーザーエッチング処理した象牙質が、従来法と同等のコンポジットレジンとの接着強さを示すことを明らかにした。さらに、同法によって形成された象牙質-コンポジットレジン接着界面にはハイブリッド層は存在せず直接象牙質とレジンが接触しており、象牙質表層から2μmまでボンディングレジン由来と思われる炭素が侵入していることをエネルギー分散形X線分析装置(EDS)にて確認した

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、より簡便な装置でエキシマ光を発生するXeエキシマランプを用いて象牙質の表面処理を行う新たな接着システムの開発を行うことである。

### 3. 研究の方法

#### (1). ぬれ性の計測

象牙質表面にXeエキシマランプを20秒から180秒照射し、水の接触角の変化を計測した。

#### (2). 電子顕微鏡観察および元素分析

Xeエキシマランプ照射象牙質面および照射後ボンディング処理を行った象牙質面について走査型電子顕微鏡(SEM)と透過型電子顕微鏡(TEM)で形態観察を行い、さらに接着界面横断面についてエネルギー分散型X線分析(EDS)を用いて元素分析を行った。

#### (3). せん断接着試験

Xeエキシマランプにて大気中で表面処理を行った象牙質にボンディング処理後、コンポジットレジンを築盛し、せん断接着試験を行った。

### 4. 研究成果

#### (1). ぬれ性の計測 (Fig. 1)

Xeエキシマランプ照射後の接触角は照射前と比べて小さくなり、その差はすべての照射条件で統計的に有意なものとなった(P<0.01)。また、照射時間が長くなるほど、接触角は小さくなる傾向を示した。

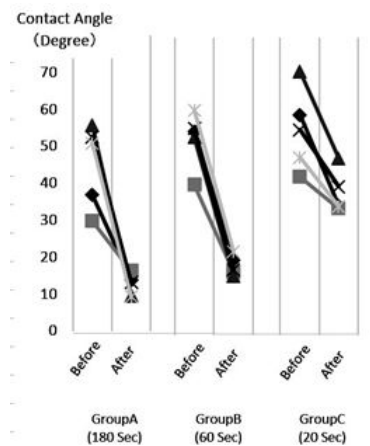


Fig. 1 Contact angle of dentin surface before and after Xe excimer lamp illumination

#### (2). 電子顕微鏡観察および元素分析

TEM観察により、Xeエキシマランプ180秒照射後の象牙質表面に厚さ250nmの境界明瞭な層が形成されているのが明らかとなった。同層の内部はコラーゲン線維などの構造は観察されなかった(Fig. 2)

また、Xeエキシマランプ180秒間紫外光照射後にボンディング処理を行った条件では、表層の電子密度は大きくなっていることが確認され、層の境界は不明瞭となり、またその層の厚さは250nmより厚くなっていた。

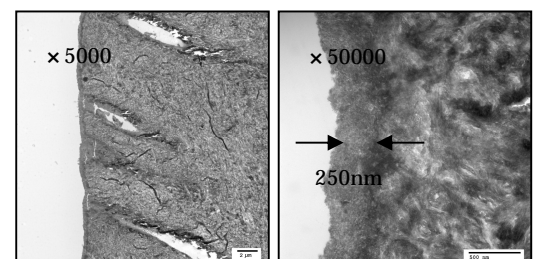


Fig. 2 TEM image of dentin surface after Xe excimer lamp illumination

EDSでは象牙質表面の炭素の量がボンディング層より移行的に変化していることが確認され、ボンディング材が象牙質内に侵入していることが推測された (Fig. 3)。

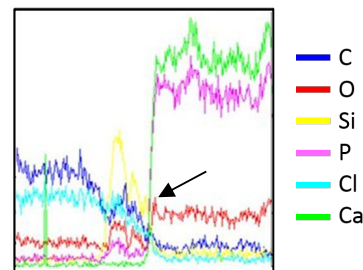


Fig. 3 EDS profiles of dentin surface after Xe excimer lamp illumination and bonding treatment

### (3). せん断接着試験

大気圧下で Xe エキシマランプ照射を行った後ボンディング処理を行った条件 (Condition 1) ではせん断接着強さは 3.2MPa となり、また約 40% の試験片の荷重変位曲線上に Fig.4A にしめすような著しい塑性変形後に低強度破断が生じていることが観察された。せん断接着試験後の破断面を光学顕微鏡での観察・分析の結果、ボンディング材が重合不完全となっていることが明らかとなった。その原因としては Xe エキシマランプ照射により発生するオゾンの重合阻害作用が考えられたため、Xe エキシマランプ照射野をポンプで吸引し、陰圧下で Xe エキシマランプ象牙質表面処理を行った後にボンディング処理を行ったところ (Condition 2)、せん断接着強さは 4.6 MPa となり、著しい塑性変形挙動を示す試片は無くなり、すべて Fig.4B に示す荷重変位曲線となった。一方、せん断接着強さは従来のプライマーとボンディング材を用いた条件 (Condition 3) のせん断接着強さ 9.0 MPa の 1/2 にとどまり (Fig. 5) 接着強さを低減させている要因がすべては解決されていないことが考えられた。さらなるオゾン除去のために、活性炭や薬液を用いる方法を検討したが、口腔内で使用可能で有効なものが現在までのところ見つかっておらずひきつづき検索中である。またオゾンの吸着は露出した象牙細管、多孔質でちょうど活性炭がオゾン进行吸着するのと同じ原理で生じると思われる。したがって、本法は多孔質ではない材料の接着に有用である可能性が示唆されたため、今後は象牙質以外の接着表面処理の可能性について検討する予定である。

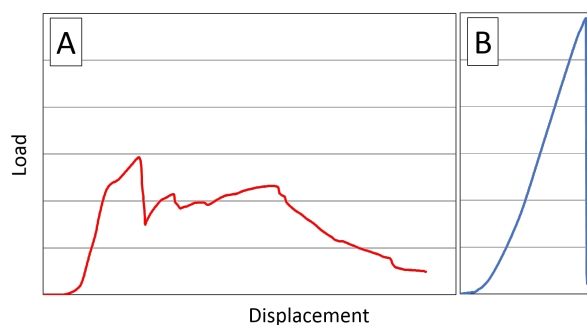


Fig. 4 Load-displacement curve

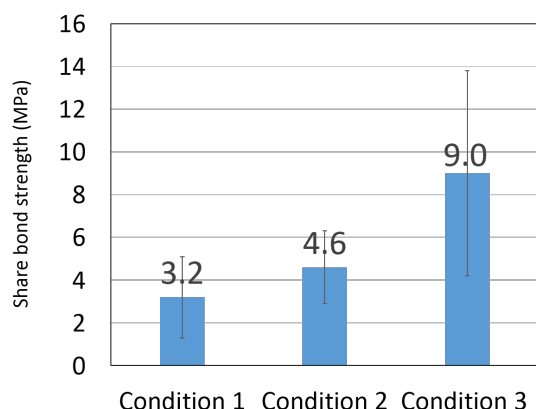


Fig. 5 Share bond strength

Difference between data connected with horizontal bar are not significant ( $P > 0.05$ , Welch's ANOVA and Games-Howell test)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 礪波健一, 佐野和信, 岩崎直彦, 高橋英和, 荒木孝二. Xe エキシマランプ照射による象牙質ぬれ性の変化. 日本歯科理工学会春季学術講演会 2015.04.12
2. 礪波健一, 佐野和信, 岩崎直彦, 高橋英和, 荒木孝二. Xe エキシマランプ照射象牙質表面の T E M 像. 日本歯科保存学会 2016 年度春季学術大会 (144 回) 2016.06.09 宇都宮
3. Ken-ichi Tonami, Shizuko Ichinose, Kazunobu Sano, Naohiko Iwasaki, Hidekazu Takahashi, Shiro Mataka, Kouji Araki. Analysis of the dentin surface after Xe excimer lamp irradiation. The 95th General Session & Exhibition of the IADR 2017.03.22 San Francisco

4. 礪波健一, 佐野和信, 岩崎直彦, 高橋英和, 荒木孝二. Xe エキシマランプ照射処理後の象牙質のコンポジットレジンとのせん断接着強さ. 日本歯科保存学会 2018 年度秋季学術大会(第 149 回) 2018.11.01

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：

権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：岩崎 直彦

ローマ字氏名：IWASAKI, Naohiko

所属研究機関名：東京医科歯科大学

部局名：歯学部

職名：助教

研究者番号(8桁): 20242216

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：佐野 和信

ローマ字氏名：SANO, Kazunobu

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。