

試作光重合型レプリカ材を用いたチェアサイド SEM 観察システム

小 竹 宏 朋¹⁾ 堀 田 康 明²⁾ 山 本 宏 治¹⁾

Chair-side Diagnostic SEM System using Light-cure-type Replica Materials

KOTAKE HIROTOMO¹⁾, HOTTA YASUAKI²⁾ and YAMAMOTO KOHJI¹⁾

This study was performed to evaluate new light-cure-type replica resin material, using a Tiny-SEM system. This test material was 60 : 40 Bis-GMA and TEGDMA resin containing a catalyst. The 4 tested replica materials were obtained from the laminate veneers of preparation teeth, amalgam restorations, composite resin restorations and metal inlay restorations in the oral cavity. SEM findings showed the exact surface properties of each tested material. It was possible to immediately obtain significant information about the oral cavity at the chair-side during dental treatment, and the object was reproduced accurately. Therefore, new light-cure-type replica material resin is very useful clinical situations.

Key words: Tiny-SEM, light-cure-type replica materials, chair-side.

緒 言

歯科治療において治療内容の説明を行う際、口腔内写真、レントゲン写真および顎模型などの資料を用いている¹⁾。しかし、近年ではより高度な一口腔単位の歯科治療を行う際、質の高い情報を患者に提供する必要がある。当教室ではこれまでチェアサイド SEM 観察システムについて検討し、修復材料をはじめとする歯科材料の SEM 観察システムの確立を行った²⁾。一方、SEM 領域では各種材料表面を観察する目的でレプリカ法がよく用いられており、歯科領域でも古くからその方法が応用されている³⁻¹⁴⁾。このレプリカ法はオリジナルの試料を非破壊で観察できることから口腔環境の状態を観察することが可能である。しかしながら、レプリカ法に使用する材料の多くは化学重合型の高分子材料であり、重合時間が長く、従来型の化学重合レプリカ材を用いて臨床の場で迅速に診査、診断を行うことは困難である。従って、歯科臨床に対応する独自の新しいレプリカ材料の開発が望まれる。

本研究ではチェアサイド SEM 観察システム下において、今回新しく開発した光重合型レプリカ材の歯科治療への応用の可能性を検討し、臨床応用への具現化を図るために歯の形成面、ホワイトニングにおける

エナメル質表面および各種歯冠修復物の適合性を SEM 観察し、その臨床的有用性を検討した。

材料および方法

1. 試作した光重合型レプリカ材

今回、試作した光重合型レプリカ材は Bis-GMA/TEGDMA (60/40) であり光触媒 (カンファーキノン) を含むため、これまでの化学重合型レプリカ材に比べ、短時間にレプリカを作製することが可能である。また、付加重合型シリコン印象材 (Extrude[®], Kerr, アメリカ) を一次レプリカとして用いた。レプリカ試料の作製に際してはオリジナル試料表面にシリコン印象を行い一次レプリカとし、内部に試作した光重合レプリカ材を流し込み、60秒間の光照射を行った。得られた重合体をレプリカ試料とした (以下、レプリカ試料と略す)。

1) レプリカ試料の表面性状の評価

光重合を行ったレプリカ試料表面の性状を観察するため、スライドガラスをオリジナル試料とし、そのレプリカ試料を作製して両者を比較検討した。表面性状の評価に際しては、従来型走査型電子顕微鏡 (S-4500 FE-SEM, 日立製作所, 東京) を用いて比較を行った。

¹⁾朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野

²⁾朝日大学歯学部口腔科学共同研究所
501-0296 岐阜県瑞穂市穂積1851

¹⁾Department of Oral Functional Science and Rehabilitation, Division Prosthodontics, Asahi University School of Dentistry

²⁾Central Research Laboratories of Oral Science, Asahi University School of

Dentistry

Department of Oral Functional Science and Rehabilitation, Division Prosthodontics,

Asahi University School of Dentistry

Hozumi 1851, Mizuho, Gifu, 501-0296, Japan

(平成17年12月20日受理)

2) レプリカ試料の変形量

重合の変形量の測定には TEM 用グリッドメッシュを用いた。グリッドをオリジナル試料とし、試作した光重合型レプリカ材と従来型化学重合型レプリカ材 (EPON 812 RESIN, TAAB, イギリス) を用いてレプリカを作製し、両者を S-4500 を用いて観察を行った。得られた画像からグリッドの格子間距離 (画素数) を縦横それぞれ 8 箇所、計 16 箇所測定した。距離の測定には Scion Image (Scion Corporation, アメリカ) を用い、分散分析法を用いて有意差検定を行った。

3) レプリカ法の SEM における再現性

ヒト抜去歯をオリジナル試料とし、そのレプリカを作製し比較検討を行った。ヒト抜去歯表面をモデルトリマー (Y230D, 株式会社ヨシダ, 東京) を用いて平面にし、一方はエナメル質を、もう一方は象牙質を色調と手指感覚を目安に露出させた。その後、両者を耐水研磨紙 (#2000) で研磨し、エナメル質表面に対しては 30% リン酸で 30 秒間酸処理を、象牙質表面は 15% EDTA で 30 秒間処理を行い、レプリカ試料を作製した。また、オリジナルの歯は通法に従い、2.5% グルタルアルデヒド (0.1M カコジル酸緩衝液, pH7.4) で 2 時間前固定 (4℃) を行い、1% 四酸化オスミウム (同一緩衝液) で 1 時間後固定を行った後、エタノール上昇系列で脱水を行った。次いで酢酸イソアミルを置換剤として用い、臨界点乾燥 (HCP-2, 日立製作所, 東京) を行い、導電処理を施し、SEM 観察用試料を作製した。得られた両者の試料を S-4500 で比較検討した。

2. 光重合型レプリカ材の臨床応用

1) ラミネートベニア形成への応用

ヒト上顎中切歯抜去歯を用い削除量が約 0.5mm になるようにパテ状シリコン印象材をインデックスと

し、デブスカッターを用いてラミネートベニアの形成を行い、15% EDTA で 30 秒間処理を行った。次に、レプリカ試料を Tiny-SEM を用い象牙質の有無を中心に観察を行った。

2) 口腔内修復物の適合性

処置歯を有する医局員を対象に、各種歯冠修復物の適合性をレプリカ試料を用いて Tiny-SEM 下で観察を行った。また、デンタル X 線写真撮影を術前に行った。なお、試料の採取に関しては、本学倫理委員会の承諾を得たものである。

成績

1. 試作光重合型レプリカ材

1) レプリカ試料の表面性状の評価

スライドガラス表面は高倍率 (10,000 倍) で無構造であり、そのレプリカ試料の表面性状もほとんど無構造であった。しかし、ときとして顆粒状の異物を認めた (図 1)。

2) レプリカ試料の変形量

TEM 用グリッドの距離の平均は 213.81 ± 3.74 画素であった。また、試作光重合型レプリカ材は 212.69 ± 3.22 画素で、化学重合型レプリカ材は 213.75 ± 3.63 画素であり、3 者に有意差は認められなかった (図 2)。

3) レプリカ法の SEM 再現性

オリジナルのエナメル質はエナメル小柱の基本構造を認め、複雑な走行が観察された。レプリカ試料において同一部位の倍率 3,000 倍でエナメル小柱の構造を確認し、小柱の走行を再現することが可能であった (図 3)。

図 4 に示したように、オリジナルの象牙質では象牙細管の構造が観察され、レプリカ試料においても倍率 500 倍で類似の象牙細管像を観察することが可能であったが、倍率 1,000 倍、3,000 倍の所見で異物と象牙

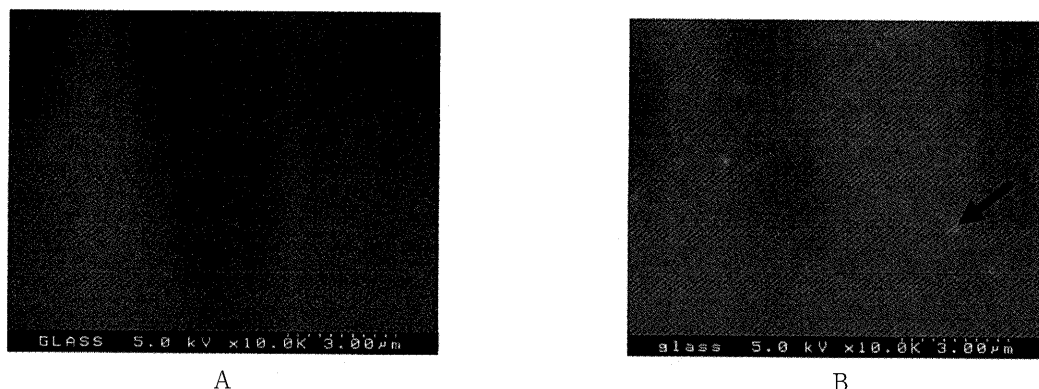


図 1 試作光重合型レプリカ材の表面性状

スライドガラス表面 (A)、レプリカ試料表面 (B) の SEM 像を示す。矢印に粒状の異物を認める。

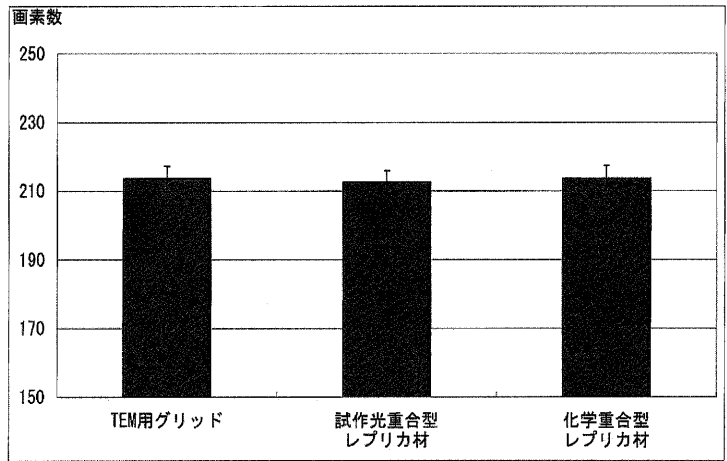
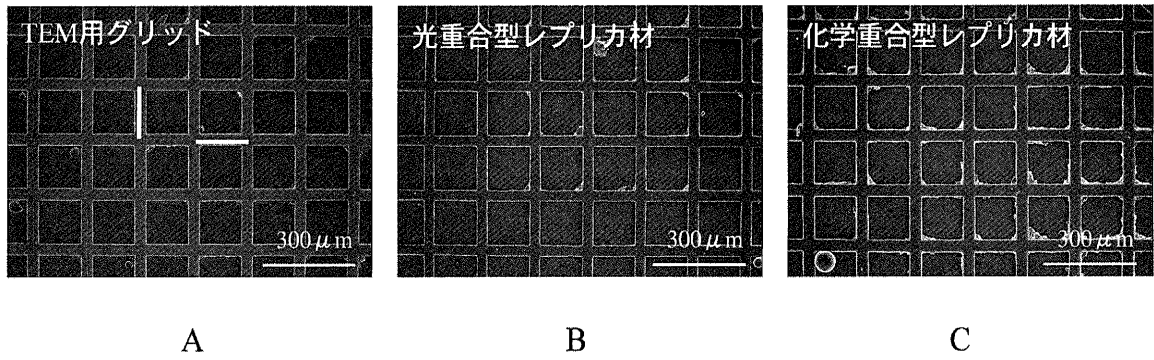


図2 試作光重合型レプリカ材の変形量

A, B, Cは距離分析に用いたSEM画像である。それぞれA：TEM用グリッド，B：試作光重合型レプリカ材，C：化学重合型レプリカ材を示す。白線は距離分析をした直線を示す。表は距離を画素数で示した。

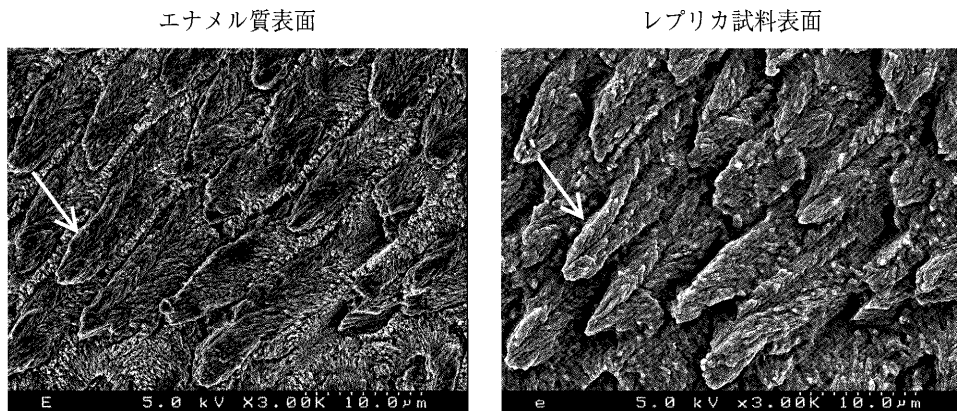


図3 エナメル質表面のSEM観察

左にオリジナル試料，右にレプリカ試料を示す。3,000倍で撮影した。矢印は同一のエナメル小柱を示す。

細管の亀裂を確認した。

2. レプリカ試料の臨床応用

1) ラミネートベニア形成への応用

ラミネートベニアの形成面において、エナメル質と象牙質との境界線を確認した。すなわち、○印はエナメル質を示す部分で近心部、遠心部、歯頸部および切端側唇面に局限して存在しており、一方、象牙質は*印に示しているように切削面に対して広範囲であった

(図5)。Aはエナメル質表面の拡大像であり，Bにエナメル質象牙質境の拡大像，Cは象牙質表面の拡大像を示しており，エナメル小柱，象牙細管の基本的な構造がチェアサイドにおいてTiny-SEM下で確認された。

2) 口腔における修復物の適合性

(1) アマルガム修復

図6は，臨床的に二次カリエスを認めない予後良好

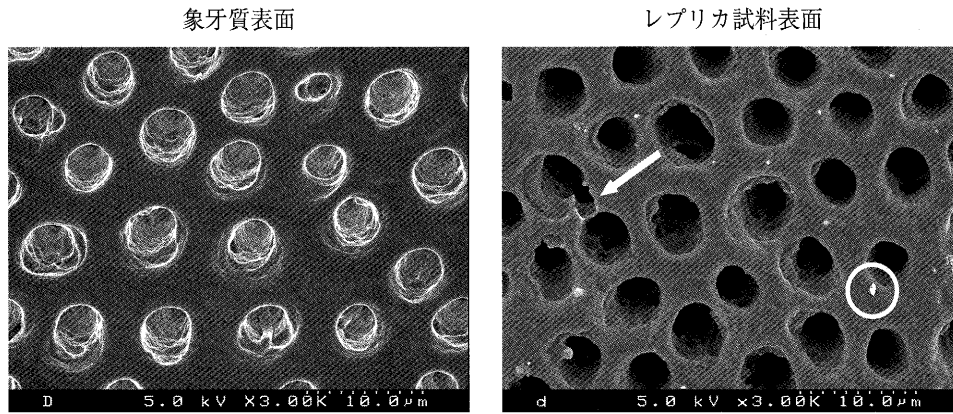


図4 象牙質表面のSEM観察

左にオリジナル試料，右にレプリカ試料を示す。
3,000倍で撮影した。矢印に亀裂と○印に異物を示す。

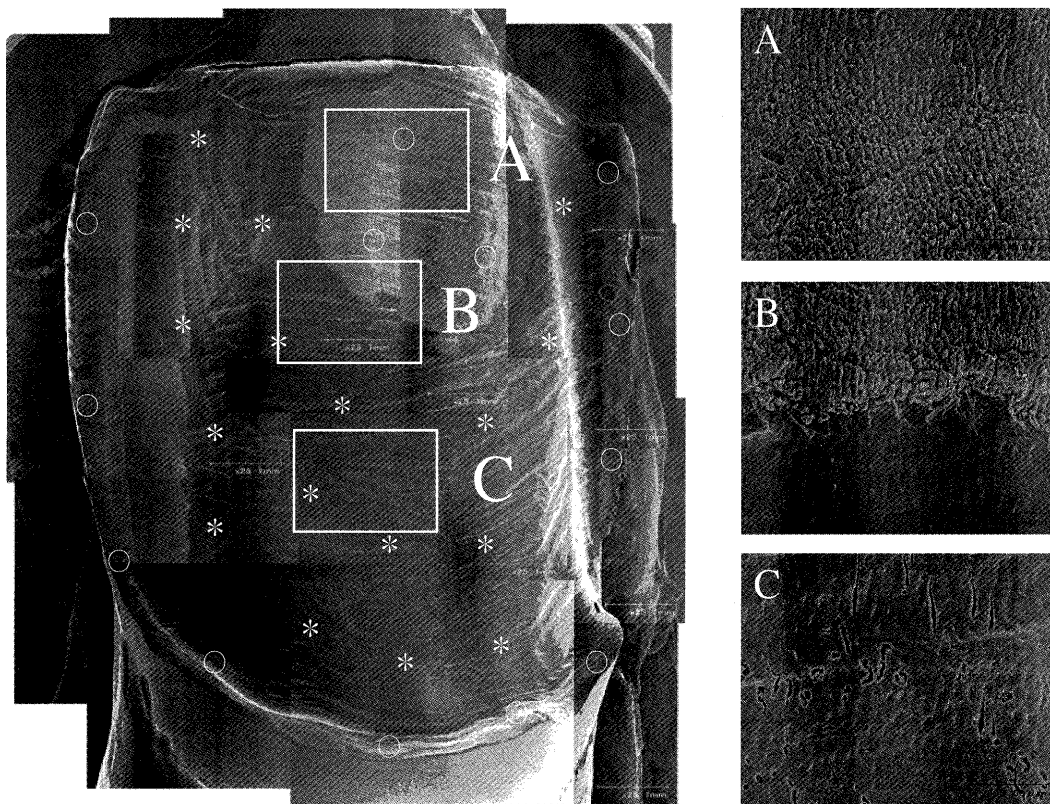


図5 ラミネートベニア形成面のレプリカ像

左図はラミネートベニア形成面の全体像であり，形成面の□A，B，Cの拡大像を右図に示す。

(A：エナメル質，B：エナメル—象牙境，C：象牙質) エナメル小柱，象牙細管が確認された。赤線はエナメル質と象牙質の境界を示す。

症例である。SEM所見ではアマルガム修復部の表面は粗造であったが，矢印に示したようにマージン部の適合性は良好であった。図7にアマルガム辺縁に亀裂を認めた症例を示した。臨床症状は認められなかったが，Tiny-SEM下で亀裂線を確認した。亀裂線はアマルガムに局限するものと，エナメル質まで達しエナメル質破折している所見を得た。

(2) コンポジットレジン修復

図8にコンポジットレジン修復の臨床的に良好な症

例を示した。2次カリエスは認められず辺縁部の適合性は良好であった。また，表面構造はアマルガム修復と比較して滑らかであった。図9にコンポジットレジン辺縁に破折を認めた大白歯咬合面充填症例を示した。デンタルX線写真上では2次カリエスは認めないが，Tiny-SEM下で多数の破折箇所を確認した。

(3) メタルインレー修復

図10の左写真には12%金銀パラジウム合金，右写真には金合金のメタルインレー修復症例を示した。メタ

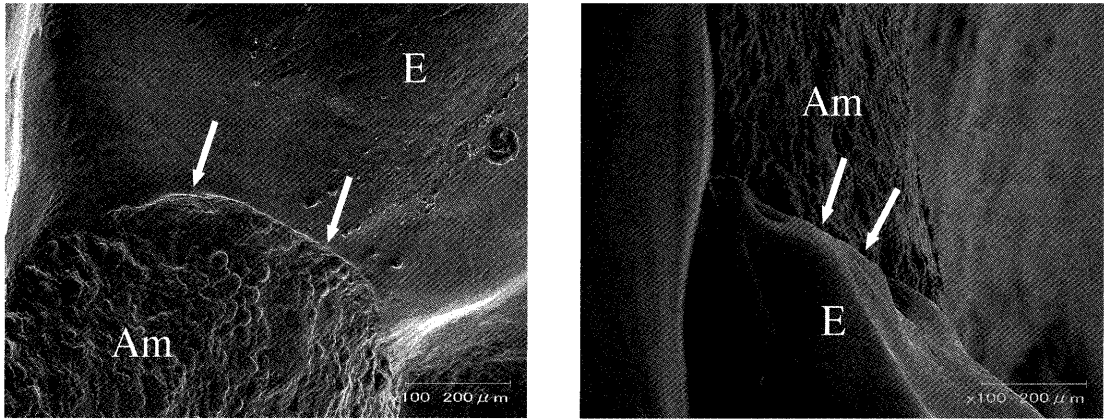


図6 アマルガム表面の構造

E：エナメル質，Am：アマルガム修復。
矢印に示すマージン部の適合性は良好であった。

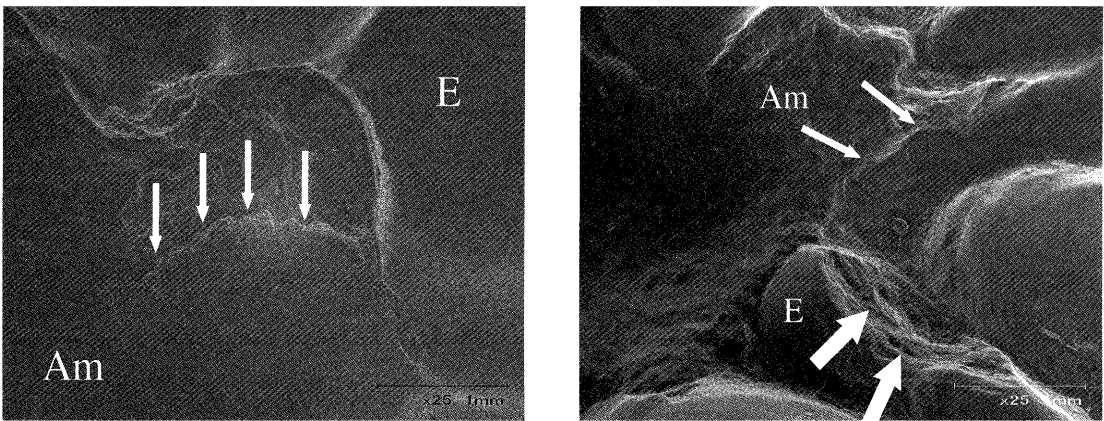


図7 アマルガム表面の構造

E：エナメル質，Am：アマルガム修復。
白矢印部にアマルガムの亀裂線を認めた。太矢印部にアマルガムの亀裂に連続するエナメル質の破折を認めた。

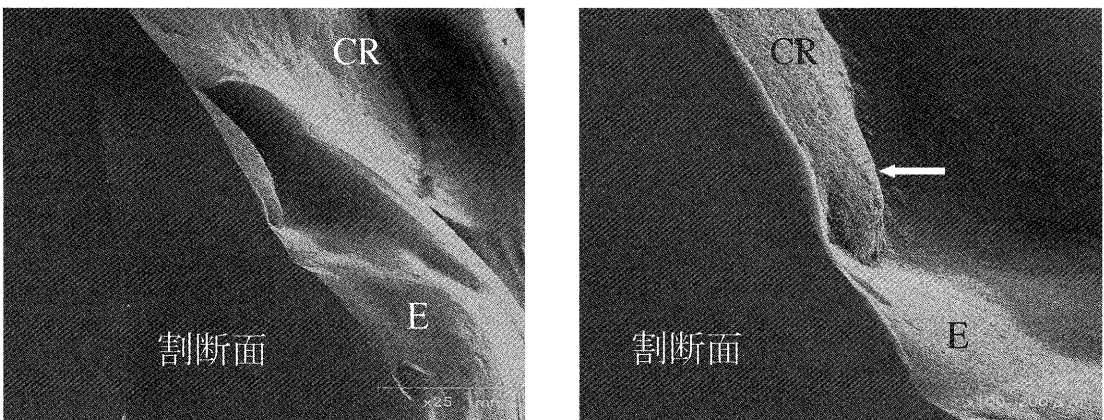


図8 コンポジットレジン表面の構造

E：エナメル質，CR：コンポジットレジン修復。
矢印部においてマージンの適合性を確認した。

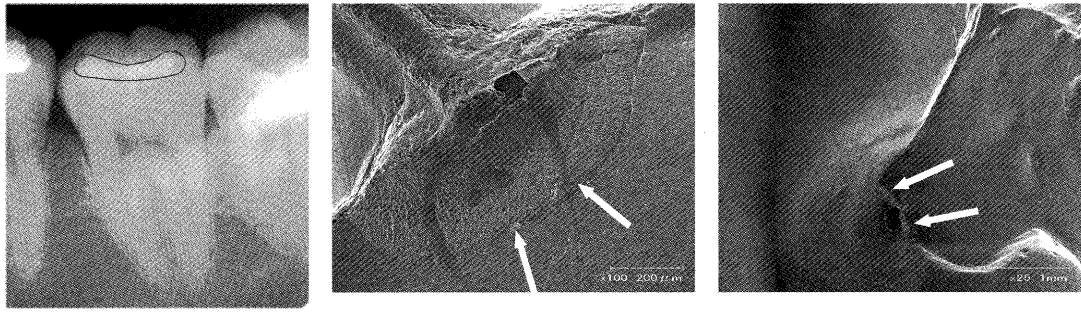


図9 コンポジットレジン周囲の破折

デンタルX線上に黒線で囲う部分に二次カリエスは認められないが、矢印部のコンポジットレジン辺縁に破折を認める。

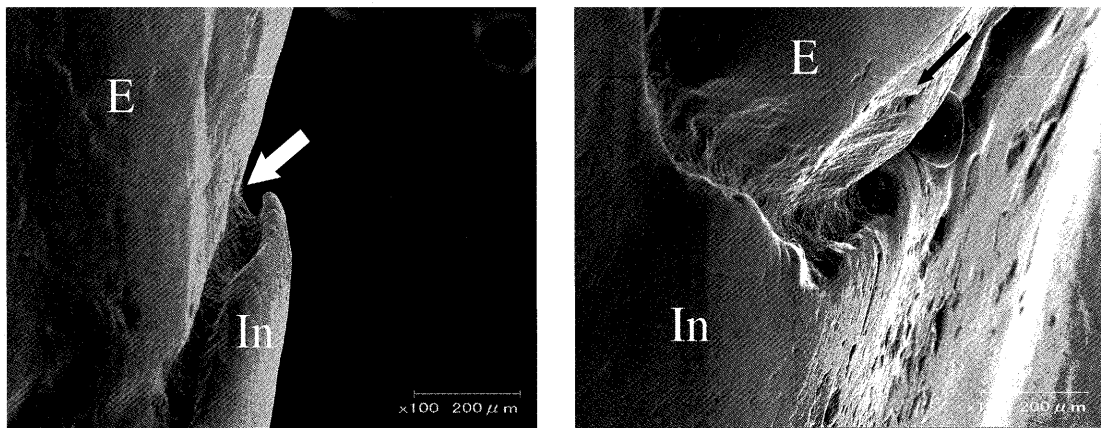


図10 コンポジットレジン表面の構造

E：エナメル質，In：インレー修復。

左写真：12%金銀パラジウム合金，右写真：金合金

白矢印にステップを認めた。黒矢印に切断面を覆わないインレー体を認めた。

ルインレー修復の金属表面は滑らかであったが、いずれの症例でも辺縁部の適合が良好であった症例は確認できなかった。辺縁部は全周にわたりステップを認め、一症例ではあるが、本来ならインレー体で覆われているべき切断面が露出した症例を確認した。

考 察

Minimal Intervention¹⁵⁻²¹⁾およびデンタルインプラント治療の普及^{22,23)}に伴い、予知性を有する歯科治療のあり方が注目されることから、口腔内から得られる情報の高度化が重要視される。このことから、口腔内環境を迅速かつ正確に知る目的でSEM観察法は有用である。本研究ではチェアーサイドSEM観察システムを用いて今回試作した光重合型レプリカ材の臨床応用に関する研究を行った。

成績で述べたように、スライドガラスを再現したレプリカ試料では高倍率(10,000倍)で無構造であり、時として現れる顆粒状の異物の存在を考慮しても表面性状は良好に再現されたものと考えられ、Bis-GMAとTEGDMAとの配合が適正であったと思われる。ま

た、変形量に関してはオリジナルのTEM用グリッドと従来型化学重合型レプリカ材を比較したところ、両者間で変形量に有意な差を認められなかった。一般に高分子材料は重合の際に収縮を伴うが、化学重合型レプリカ材においては、重合時の収縮が中央に向かって生じ、光重合型レプリカ材では、レプリカ底部に生じるといわれている。本研究では、光照射時の重合収縮を考慮して光照射の際、約5cmの距離を設け、予備重合を行った。このことにより重合収縮が補償され、収縮が少なく良好な結果が得られたものと考えられる。

また、試作光重合型レプリカ材の重合時間が短時間で完了するため、印象採取から導電処理までがおおよそ15分で完了した。試作光重合型レプリカ材のSEM再現性に関しては歯の基本構造であるエナメル小柱、象牙細管が再現され、エナメル小柱に関しては複雑な走行が確認され、倍率3,000倍で同一のエナメル小柱を認めた。象牙質のSEM所見では象牙細管を再現することができたが、倍率3,000倍の所見からは水分が原因と思われる顆粒状の異物に加え、象牙細管部周囲に亀裂を認めた。これは象牙細管の水分が影響したもの

と推測される。いずれにせよエナメル質と象牙質の基本構造がレプリカ試料で確認できたことから、口腔内でヒト歯牙を観察することが可能であると判断される。以上の成績から、今回試作した光重合型レプリカ材の臨床応用を試みた。

近年、前歯部を中心に審美性の要求が高まる傾向にあり、接着修復を応用したラミネートベニア修復が期待されている²⁵⁾。この修復法は出来るだけ唇側部のエナメル質の切削量を少なくし象牙質を保護することが望まれる²⁶⁻²⁹⁾。しかしながら、臨床の間では適切なエナメル質の切削量の確認は難しく、エナメル質の残存量が修復後の接着状態に影響を与えることにより詳細に形成面の状態を知る必要がある。図5に示したラミネートベニア形成面のレプリカ試料のSEM所見は、残存エナメル質と広範囲におよぶ象牙質を確認した。ラミネートベニア修復は成人に应用される頻度が高いことから、歯牙年齢が高くなるとエナメル質が被薄であり、形成面におけるエナメル質の残存量を知ることが予知性の高いラミネートベニア修復の確立に重要な役割を示すものと推測する。以上、ラミネートベニア修復について述べてきたが、形成時のみならず歯冠修復後の診査にも詳細な情報は不可欠である。我が国においても歯科検診の受診率は高く、このことにより早期の二次カリエス治療が多くなる傾向にあり、また、患者の口腔に対する意識の向上に伴い、修復後の状態をより詳細に患者に伝える必要があることから各種歯冠修復の口腔内での適合性を検討した。アマルガム修復のレプリカ試料においてはその表面は粗造であり、臨床症状の認めない症例において亀裂線を確認したことから、アマルガム修復のリトリートメントの診断にレプリカ法が有用であると考えられる^{7,8)}。アマルガム修復はその構成成分に水銀を含むため再充填される例は少なく、現在ではコンポジットレジン修復やメタルインレー修復を選択する症例が多くなってきている。なかでもコンポジットレジン修復は歯冠色を呈しているため前歯部に应用され、近年では物性の向上により臼歯部咬合面にも用いられる。また、抗プラーク性を付与した上で根面う蝕に使用する^{33,34)}など幅広く臨床で応用されている。アマルガム修復と比較して表面性状は滑沢であり、辺縁部は適合していたことから、アマルガム修復のリトリートメント用修復材料として有用であると確認できた。しかしながら、コンポジットレジン修復が口腔内の咬合圧が加わる臼歯部咬合面などで長期間存在すると微細な破壊が起きることも確認した。臨床症状を認めず、X線写真上にカリエスを認めない症例においてコンポジットレジン辺縁の破折を認めたことから、定期的にコンポジットレジン修復辺

縁を診査する必要性が示唆された。一方、メタルインレー修復は物性に優れ、臼歯部咬合面を中心として臨床応用されている。臨床的に良好と判断されるものを観察したにもかかわらず、全周にわたりステップを確認したことは、この情報を患者に提供することにより歯面清掃へのモチベーションを高め、う蝕予防に活用できると考えられる。また、形成面が完全に覆われていない症例が観察されたことから、リトリートメントの判断にレプリカ法は有用であると考えられる。

以上のことから、光重合型レプリカ材とチェアーサイド SEM 観察システムが臨床の間で正確かつ迅速に活用されることが考えられる。

結 論

本研究では口腔内環境を迅速、かつ正確に SEM 観察することが、より高度な歯科治療を行う上で極めて重要であると考え、チェアーサイド SEM 観察システムを用いて試作光重合型レプリカ材を試作し、その応用性を検討した。

得られた成績は以下のとおりであった。

1. 試作した光重合型レプリカ材については、表面再現性面で歯表面を観察することが可能であった。また、従来型の化学重合レプリカ材と比較して、変形量において有意差が認められなかった。
2. レプリカ法を臨床応用した結果、ラミネートベニア修復を行う際に重要となるエナメル質と象牙質の境界が明瞭になり、予知性の高い治療に有用であると判明した。各種歯冠修復の表面性状および辺縁の形態を観察し、辺縁破折などリトリートメントの診断に必要な所見が得られるとともに、う蝕予防に有用な情報を患者に提供することが可能であると判明した。

以上のことから、今回試作した光重合型レプリカ材に関しては再現性を有し、レプリカ試料採得から SEM 観察までの過程が非常に短時間であるため、チェアーサイド SEM 観察から得られる口腔内情報を患者に対し迅速に提供できるものと考えられる。よって、レプリカ法を用いたチェアーサイド SEM 観察システムは臨床における形態観察法の一つとして非常に有用であると示唆された。

本論文中に記された筆者らの研究は、以下の研究助成金を受けたものです。2005年度宮田研究助成金 (A) (研究代表者：山本宏治)。

引用文献

- 1) 岡崎卓司. 見せるインフォームド・コンセント 目は口ほどにモノを言い インフォームド・コンセントに

- 欠かせぬ機器のシステム化. *デンタルダイヤ*. 2000 ; 25 : 38-44.
- 2) 高木誠司, 山本宏治. チェアーサイドにおける SEM 観察法. *岐歯学誌*. 2006 ; 32 : 47-59.
 - 3) 山内六男, 川野襄二, 有住和浩, 瀬川 良, 安藤雅康, 堺 誠, 中里剛一郎. 接着ブリッジにおける辺縁適合度の走査型電子顕微鏡による観察. *岐歯学誌*. 1986 ; 13 : 333-339.
 - 4) 山内六男, 滝川博嗣, 上松謙介, 川野襄二, 堺 誠, 中里剛一郎, 安藤雅康. 表面滑沢硬化処理を行ったレジン床義歯の経過観察とくに表面性状の走査型電子顕微鏡による観察. *岐歯学誌*. 1986 ; 13 : 340-350.
 - 5) Hisashi Y, Yasuko N, Katsujiro Y and Joh M. Application of Replica Technique for Scanning Electron Microscopic Study of Exposed Root Surfaces. *J Showa Univ Dent Soc*. 1984 ; 3 : 185-191.
 - 6) 河江明美, 伊藤和雄, 和久本貞雄. アマルガム修復物辺縁観察のためのレプリカ法の開発とその応用について. *昭歯誌*. 1982 ; 1 : 159-169.
 - 7) 山口竜司. アマルガム修復物における辺縁部適合性の経時の変化に関する臨床的研究 (第2報) 3 および 6 か月間経過所見. *日歯保存誌*. 1982 ; 5 : 263-278.
 - 8) 東光昭夫, 千葉幹男, 伊藤和雄. レプリカ法によるアマルガム修復物の臨床的観察 (第3報) 各種アマルガムの2年10か月に及ぶ観察結果. *日歯保存誌*. 1984 ; 27 : 98-108.
 - 9) 平田茂則, 北澤良次, 吉田 穰, 福島忠男, 宮崎光治, 堀部 隆. 小窩裂溝封鎖材に関する研究. *福歯大誌*. 1982 ; 9 : 227-236.
 - 10) 神山卓久, 笠倉達雄, 乙貫典子, 中山 晃, 橋本 等, 村本 明. 光重合小窩裂溝充填材を用いた SEM レプリカ法について. *栃歯学誌*. 1989 ; 41 : 47-54.
 - 11) 神山卓久, 笠倉達雄, 乙貫典子, 中山 晃, 橋本 等, 村本 明. 光重合小窩裂溝充填材を用いた SEM レプリカ法について (第2報). *栃歯学誌*. 1990 ; 42 : 13-23.
 - 12) 高田恒彦. 白歯修復用レジンの咬耗に関する研究 (第1報) 咬耗量測定法について. *日歯保存誌*. 1993 ; 36 : 441-451.
 - 13) 佐藤範幸, 小林邦彦, 疋田一洋, 稲田潤一, 伊藤省吾, 内山洋一. 口腔内修復物の表面性状を評価するための新しいレプリカ法. *歯材器*. 1997 ; 6 : 270-275.
 - 14) Leonard RH Jr., Van Haywood B, Caplan DJ and Tart ND. Nightguard vital bleaching of tetra-cycline-stained teeth 90 months post treatment. *J Esthet Restor Dent*. 2003 ; 15 : 142-152.
 - 15) Zanata RL, Navarro MF, Barbosa SH, Lauris JR and Franco EB. Clinical evaluation of three restorative materials applied in a minimal intervention caries treatment approach. *J Public Health Dent*. 2003 ; 63 : 221-226.
 - 16) Mount GJ. Minimal intervention dentistry rationale of cavity design. *Oper Dent*. 2003 ; 28 : 92-99.
 - 17) Mount GJ. Minimal treatment of the carious lesion. *Int Dent J*. 1991 ; 41 : 55-59.
 - 18) Wilson HF. Minimal Intervention: Future Management of Early Caries. *接着歯学*. 2002 ; 19 : 246.
 - 19) 眞木吉信. Minimal Intervention Dentistry とは一必要最小限の侵襲に基づく新しい歯科医療の形一. *歯科衛生士*. 2002 ; 26 : 38-40.
 - 20) Imazato S. ミニマムインターベンション抗菌性モノマー MDPB セルフエッチングプライマーの効能と生体親和性. *接着歯学*. 2002 ; 19 : 253.
 - 21) Katoh Y, Sunico M, Shinkai K and U Medina III. ミニマムインターベンションのための新規開発ダイヤモンドポイントについて. *接着歯学*. 2002 ; 19 : 247.
 - 22) Bräochnemark P-I, Adell R, Albrektsson T, Lekholm U, Lundkvist S and Rockler B. Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness. *Biomaterials*. 1983 ; 4 : 25-28.
 - 23) Bräochnemark R, Bräochnemark P-I, Rydevik B and Myers RR. Osseointegration in skeletal re-construction and rehabilitation: a review. *J Rehabil Res*. 2001 ; 38 : 175-181.
 - 24) 松田智彦, 土井賢司, 池田康憲, 竹花庄司. エナメル質の研削研磨による表面あらかの推移について. *愛院大歯誌*. 1982 ; 19 : 498-502.
 - 25) Magne P and Belser U. 山崎長郎監修. ボンディッドポーセレン レストレイションズ—バイオミメティック・アプローチ—. 1版. 東京: クインテッセンス出版. 2002 : 24-55.
 - 26) 中林宜男. レジンを「歯にくっつける」接着からレジんで「歯を守る」接着へ—う蝕症追放への挑戦. *接着歯学*. 2001 ; 19 : 26-37.
 - 27) 宮越照一, 井上 孝, 村上 聡, 松坂賢一, 下野正基. 有機溶液及び含水有機溶液の象牙質/歯髄複合体への浸透について. *日歯保存誌*. 2001 ; 44 : 401-407.
 - 28) 井上 孝, 松坂賢一, 下野正基. 4-META 系ボンディング材/TMPT フィラー含有コンポジットレジンと象牙質・歯髄複合体の反応—ビーグル犬を用いた実験的研究. *接着歯学*. 2001 ; 19 : 188-199.
 - 29) 中澤祐一, 平井義人, 石川達也. 生活象牙質接着界面の観察. *接着歯学*. 2002 ; 20 : 119-127.
 - 30) Saito T, Ibaraki Y, Kawakami T and Matsuda K. Clinical results of vital tooth bleaching : 1. In-office bleaching. *東日本歯誌*. 2003 ; 22 : 51-56.
 - 31) Saito T, Ibaraki Y, Shirai S, Ito H, Kawakami T, Ochi M and Matsuda K. Clinical Results for Vital Tooth Bleaching: Predicting Effects of Bleaching Based on Color Difference. *歯科審美*. 2003 ; 16 : 19-26.
 - 32) Spalding M, Taveira LA and Assis GF. Scanning electron microscopy study of dental enamel surface exposed to 35% hydrogen peroxide: alone, with saliva, and with 10% carbamide peroxide. *J Esthet Restor Dent*. 2003 ; 15 : 154-164.
 - 33) 西尾政文, 山本宏治. フッ化アルミノシリケートガラ

ス配合コンポジットレジンの抗ブランク性. 日歯保存誌. 2002; 45: 459-468.

合レジン界面に形成されるフィルム様構造物. 日歯保存誌. 2004; 47: 391-402.

34) 本多忠之, 作誠太郎, 山本宏治. S-PRG フィラー配
