

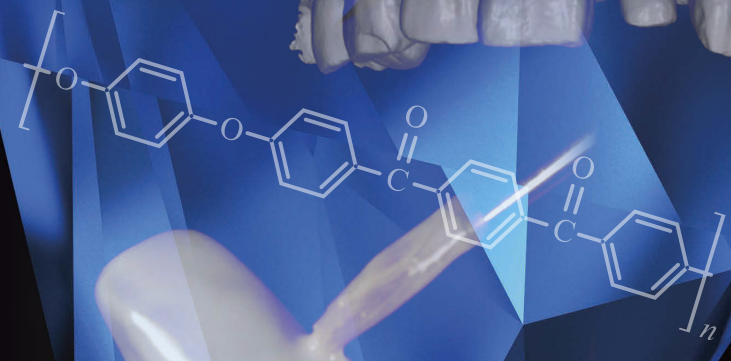
The International Journal of Dental Technology, EXTRA ISSUE

歯科技工 別冊

補綴装置製作のための

歯科材料学

UPDATE



末瀬一彦
宮崎 隆 編
木原琢也

医歯薬出版株式会社

補綴治療と歯科材料 2022

末瀬一彦

補綴装置は患者の口腔内において形態的、機能的、審美的に良好な役割を果たさなければならぬために、材料の選択、その特性に基づいた適切な加工操作は必須である。歯科材料は、時代に応じて要求される補綴装置のニーズに応えるべく、機械的強度、生体適合性、操作性、審美性などの向上とともに、適用に応じて差別化されて開発が行われている。

日常臨床で使用されている補綴装置の製作プロセスに関わる歯科材料は「金属系」「高分子系」「セラミックス系」に分類される。



1 金属系材料

歯科用金属材料の歴史は古く、縫製冠の時代には板金加工によるニッケルクロム合金が使用され、1907年に Taggart が空気圧迫鑄造機を開発したのが歯科鑄造の最初である。1950年代には多くの歯科用鑄造用合金が開発され、1956年には金銀パラジウム合金が医療保険に導入された。これはわが国の補綴治療においては現在も最も多く使用されている材料である。しかし、金やパラジウムの高騰によって医療経済の面から保険適用材料としての存続意義が問われている。

一方、近年ではCAD/CAMテクノロジーが補綴装置の製作に導入されているが、当初の目的は、生体適合性に優れるものの、鑄造ではきわめて扱いにくいチタンを切削加工することであった。鑄造では結晶構造の変化が生じやすく厚い不動態膜が形成されるチタン材料であ

るが、無垢なチタンを切削加工することによって、チタンの特性が損なわれることなく補綴装置を製作することが可能になった。現在は、コバルトクロム合金やチタン合金がCAD/CAM用ディスクとして販売されている(図1)。また、金属粉末にレーザーなどを照射し、溶融、凝固そして金属粉末の供給を繰り返して造形する粉末床溶融結合法によって補綴装置を製作する付加造形システムも開発され、金属断面を観察しても気泡などの欠陥は生じていない(図2)。

歯科用金属材料は、口腔内において咬合力や咀嚼力に耐えうるだけの強さと耐摩耗性が求められることから、多くの金属材料は純金属の所要性質を改善するために複数の貴金属元素や非貴金属元素を合わせて合金として使用されている。構成元素は貴金属元素として金、銀、白



図1 CAD/CAM 切削加工用チタン合金ディスクとインプラント上部構造のフレーム

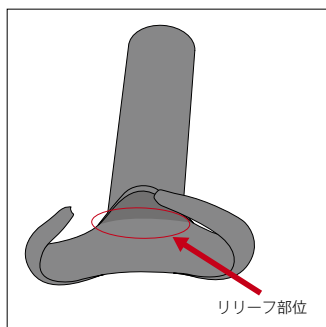


図8 リリースによる適合性の向上

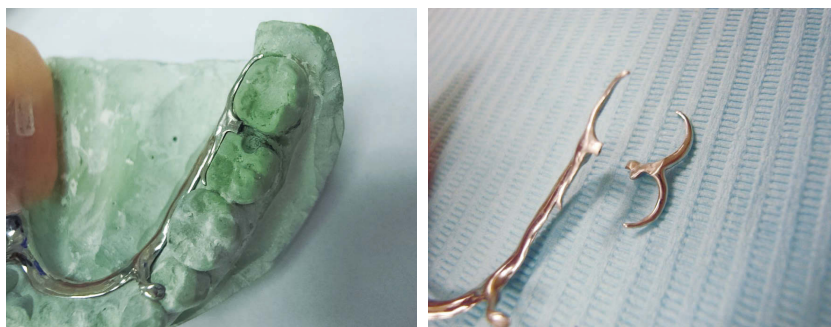


図9 形状のスキャン特性への影響
レストシートのアンダーカットによってスキャナーの光源が届かず、厚みが不足したことが原因でクラスプの早期破折を生じた。

角化やリリースするなど切削加工用の配慮を要する (図8)。さらにCAD/CAMによる補綴装置の製作すべてにできることではあるが、形状はスキャン特性にも大きく影響するため、スキャナーの光源が届かないようなアンダーカットは避けなくてはならない (図9)。



現在の適用状況

切削加工は材料の物性変化がないため、高い精度と均一性、強度を確保することができる。しかし、その適合性には切削角度を決定する軸の数や切削工具の種類が大きく影響するため、アンダーカットの少ない固定性補綴装置やパーアタッチメントに応用されている。一方、有床義歯のフレームワークは補綴装置の大きさ(高さ)が



図10 レジンブロックから削り出された義歯フレームワークパターン

さまざまであり、金属ブロックの大きさに制限のある切削加工では対応できないだけでなく生産効率も悪いため、レジンやワックスブロックからパターンを削り出し、鋳造加工しているのが現状である (図10)。

2

付加造形の補綴装置

付加造形 (additive manufacturing) (積層造形) 法は3Dプリンターを使用し、CADデータをもとに積層材料を1層ずつ重ねて三次元的に造形する加工法である。金属加工3Dプリンターに用いられている造形法は粉末床溶融結合法 (powder bed fusion) と呼ばれ、スライスしたCADデータをもとに50 μm 以下の金属粉末にレーザーを照射し、溶融、凝固、そして金属粉末の供給を繰り返す加工技術である (図11)¹¹⁾。

わが国でも2018年4月にはコバルトクロム合金粉末 (Co-Cr-Mo) の積層造形物が薬機法認証申請から1年未満という異例の速さで医用造形物として認証されてお

り、注目の高さがかがえる¹²⁾。



材料の適用範囲

あらゆる三次元形状を再現できる積層造形は、補綴装置の形状や大きさに制限がなく、複雑な義歯フレームワークを含めて適応範囲は広い。しかし、積層造形における最大の問題点として表面性状の粗さが挙げられる (図12)。そのため、インプラント上部構造のように鏡面仕上げ後の適合精度が50 μm 未満を要求される補綴装置には不向きであり、歯科応用のためのガイドライン

II CAD/CAM 用高分子系材料

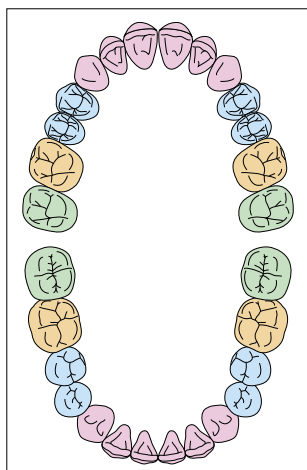


図1 保険治療における機能区分ごとの適用部位

前歯群（ピンク：Ⅳ）、小臼歯（青：Ⅰ、Ⅱ）、第一大臼歯（オレンジ：咬合条件あり・Ⅲ）、第二大臼歯（緑：歯科用金属アレルギー患者のみ・Ⅲ）

表3 CAD/CAM 冠用レジブロックの現状（2021年7月時点）

機能区分	製品名	メーカー	曲げ強さ (MPa)
CAD/CAM 冠用材料 (Ⅰ)	カタナ アベンシア ブロック	クラレノリタケデンタル	192
	アルタイルブロック	クエスト	198
	松風 ブロック HC	松風	117
	松風 ブロック HC 2 レイヤー	松風	117
	KZR-CAD HR ブロック 2 プラス	YAMAKIN	—
	KZR-CAD HR ブロック 2 プラス GR	YAMAKIN	—
	ブリージョ CAD S ブロック	デンケン・ハイデンタル	194
CAD/CAM 冠用材料 (Ⅱ)	エステライトブロックⅡ	トクヤマデンタル	204
	カタナ アベンシア ブロック 2	クラレノリタケデンタル	192
	松風 ブロック HC ハード Ⅱ	松風	228
	KZR-CAD HR ブロック 2 BG	YAMAKIN	200
	KZR-CAD HR ブロック 2 BG GR	YAMAKIN	200
	ブリージョ CAD PREMIUM ブロック	デンケン・ハイデンタル	269
	セラスマート プライム	ジーシー	246
CAD/CAM 冠用材料 (Ⅲ)	テトリック CAD	Ivoclar Vivadent	272
	エステライト P ブロック	トクヤマデンタル	276
	カタナ アベンシア P ブロック	クラレノリタケデンタル	265
	松風ブロック HC スーパーハード	松風	288
	KZR-CAD HR ブロック 3 ガンマシート	YAMAKIN	270
	ブリージョ CAD H ブロック	デンケン・ハイデンタル	290
	セラスマート 300	ジーシー	292
CAD/CAM 冠用材料 (Ⅳ)	カタナ アベンシア N	クラレノリタケデンタル	207
	松風ブロック HC ハード AN	松風	222
	KZR-CAD HR ブロック 4 イーバ	YAMAKIN	200
	セラスマート レイヤー	ジーシー	231

曲げ強さはメーカー公表値



図2 光重合型レジン表面滑沢キャラクタライズ材（セラスマートコート；ジーシー）

ているため、保険医療機関と歯科技工所双方で注意が必要である。

CAD/CAM 冠用ブロック

2021年7月時点、CAD/CAM 冠用ブロックは、8メーカーからCAD/CAM 冠用材料 (Ⅰ) が7種類、(Ⅱ) 8種類、(Ⅲ) 6種類、(Ⅳ) 4種類が市販されている (表3)。

また、審美性の改善が必要なケースに対して、口腔内外を問わず色調を改善することが可能となる光重合型レジン表面滑沢キャラクタライズ材「ジーシー セラスマートコート (ジーシー：図2)」が保険医療材料として承認され、2020年11月からCAD/CAM 冠に使用可能となり、CAD/CAM 冠の臨床応用の可能性が広がった。しかし、本製品を使用してCAD/CAM 冠の審美性を向上させたとしても保険点数の加算などの評価がな

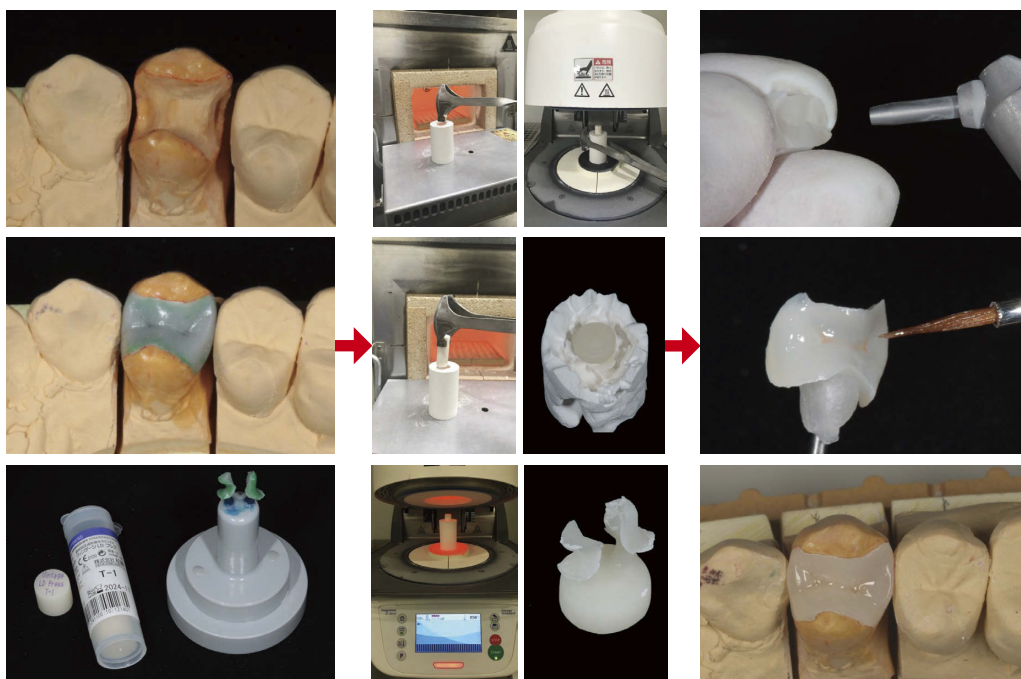


図8 ニケイ酸リチウム系ガラスセラミックスのプレスによる製作工程

プレスの製作工程は金属の鋳造技法に類似している。ワックスアップを行い埋没後にセラミックスのインゴットを加熱加圧する。その後注意深く掘り出し、模型上で仕上げを行う。



図9 ニケイ酸リチウム系ガラスセラミックスのプレス技法の臨床例

図8で製作されたプレスセラミックスの口腔内装着時の咬合面観

臨床でも多用されているため、仮着材の除去法を中心に歯面清掃について解説する。

仮着材の除去を含む歯面清掃は、機械的清掃と化学的清掃に大別される。機械的清掃では、エキスカベーターや探針などでの除去では十分ではなく、エアスケーラーなどの振動系器具で清掃後、フッ素成分を含まない歯面清掃・研磨ペーストを使ってラバーカップや回転ブラシで清掃するか、アルミナサンドブラストの粒子を触媒としたブラシでの清掃が有効とされている¹⁰⁻¹²⁾ (図10)。

化学的清掃は、われわれ臨床医ができる代表的な方法としては、藤田らが提唱したリン酸処理後に露出した表層のコラーゲン層に有機質溶解剤(10% NaClO水溶液)で除去する方法がある¹³⁾。その後、10% NaClO水



図10 歯面清掃の機械的清掃の一例

筆者が行っている機械的清掃は、まずエアスケーラーを用いて肉眼で可視できる範囲で仮着用セメントの除去を行う。その後アルミナ粒子を水に溶き泥状にしてSUSブラシで歯面清掃を行っている。最後に拡大視野下で確認し、接着操作に移行する。

溶液では必要な量を一定期間作用させることは困難なため、増粘剤を添加し支台歯に使用しやすく改良されものが製品化された¹⁴⁾ (図11)。使用上の注意点として、ADゲルの残存が接着阻害因子になる可能性があるため、十分な水洗が必要である(特にMMA系レジン装着材料では注意が必要)。このリン酸エッチングと次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄法(ADゲル法)による仮着材の除去の効果は、根管内のポスト孔における有効性が阿部により報告されているが、これはあくまでも仮着材の除去という観点での報告である¹⁵⁾。一方で、象牙質の接着耐久性の観点からすると、エナメル質や次亜塩

II CAD/CAM 用セラミックス系材料

	従来型ジルコニア TZP +レイヤリング陶材 デジタル&アナログ/バイレイヤー	曲げ強さ1,100~1,400 MPa 光透過率30~35%程度	single 前歯 小白歯 大白歯 multiple 前歯 小白歯 大白歯
	高透光性ジルコニア TZP デジタル/モノリシック	曲げ強さ900~1,200 MPa 光透過率40%程度	single 前歯 小白歯 大白歯 multiple 前歯 小白歯 大白歯
	高透光性ジルコニア PSZ デジタル/モノリシック	曲げ強さ500~800 Mpa 光透過率45~50%程度	single 前歯 小白歯 大白歯 multiple 前歯 小白歯 大白歯
	混合組成積層型ジルコニア TZP + PSZ デジタル/モノリシック	曲げ強さ800~1,300 Mpa 光透過率40~50%程度	single 前歯 小白歯 大白歯 multiple 前歯 小白歯 大白歯

図1 ジルコニア材料の分類と適用範囲



図2 ジルコニア+レイヤリング陶材（バイレイヤー）で製作された前歯部クラウン

ただしレイヤリング陶材による前装が必要であり、普及してまもなくフレーム表層に築盛されるレイヤリング陶材の破折・剥離（チッピング）（図4）という問題が、ジルコニア修復関連のトラブルとして頻繁に報告された¹⁾。

2. フルジルコニアクラウン（モノリシック）

初期に市販されフレーム材料として用いられていた従来型 TZP においても、これをそのままフルジルコニアクラウン（モノリシック）として臨床応用する試みはあったが（図5）、前歯部はいうに及ばず、白歯部の歯冠補綴装置としても、審美的に受け入れられるような色調ではなかった。

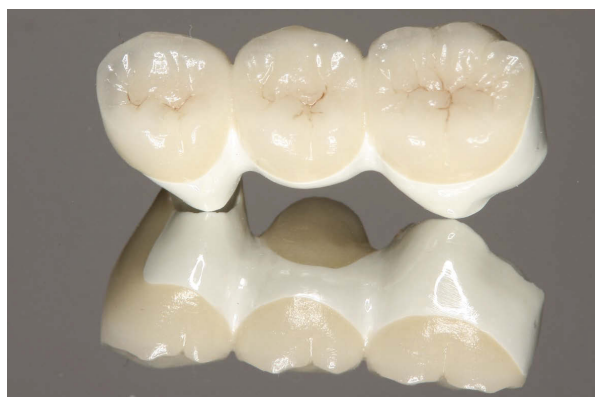


図3 ジルコニア+レイヤリング陶材（バイレイヤー）で製作された白歯部ブリッジ



図4 レイヤリング陶材の破折・剥離（チッピング）