

知っておきたい

CAD/CAM インレーの ポイント



形成

加工

装着

Contents

1	CAD/CAMインレーとは	2
1-1	保険適用の概要	2
1-2	CAD/CAMインレーの診療報酬点数.....	3
1-3	CAD/CAMインレーの特徴.....	4
1-4	インレー市場	5
2	形成および設計のポイント	6
2-1	形成の注意点	6
2-2	推奨設計値	9
3	加工のポイント	11
3-1	予備加工テスト	11
3-2	咬合面部の設計値による削り残し量の検証	13
3-3	CAD/CAMインレーに適した加工条件.....	16
コラム	デジタル歯科におけるエンジニアの活躍	22
4	装着のポイント	25
4-1	内面のサンドブラスト処理条件	26
4-2	試適後の内面・歯面処理方法	27
4-3	歯面（支台歯および窩洞表面）の前処理	30
4-4	内面のシランカップリング処理	30
4-5	レジンセメント塗布	31
4-6	圧締・重合	32
5	CAD/CAMインレー向け材料紹介	33
5-1	材料ラインアップ	33
5-2	インレーに適した色調追加	34
5-3	大白歯用レジンブロックのサイズ追加	36
	おわりに	38

1

CAD/CAMインレーとは

1-1 保険適用の概要

日本歯科保存学会から技術提案された「CAD/CAMインレー修復」が2022年4月の診療報酬改定で「CAD/CAMインレー」（図1-1）の名称で保険適用された。2014年4月にCAD/CAM冠が小白歯に対して保険適用され、その後大白歯、前歯と適応範囲は拡大したものの、CAD/CAM冠用材料（ハイブリッドレジンブロック（以下、レジンブロック））を用いた歯冠修復物の種類は全部被覆冠に限られていた。



図1-1 CAD/CAMインレー

今回の診療報酬改定で初めてCAD/CAM冠用材料を用いた歯冠修復物に種類が追加された。

CAD/CAMインレーは、歯科用CAD/CAM装置を用いて、臼歯に対して歯冠修復物（全部被覆冠を除く）を設計・製作し、装着した場合に算定され、隣接歯との接触面を含む窩洞におこなうインレー（複雑なもの）に限られる。材料はCAD/CAM冠と同じで、小白歯にはCAD/CAM冠用材料（Ⅰ）およびCAD/CAM冠用材料（Ⅱ）、大白歯にはCAD/CAM冠用材料（Ⅲ）が用いられる。ヤマキンのCAD/CAM冠用材料「KZR-CAD HR ブロックシリーズ」のうち、CAD/CAMインレー対応製品を図1-2に示す。

小白歯用		大白歯用	
	小白歯 CAD/CAM冠用材料 材料点数 188点		大白歯 CAD/CAM冠用材料 材料点数 350点
	I		III
	小白歯 CAD/CAM冠用材料 材料点数 181点		
	II		

図1-2 「KZR-CAD HR ブロックシリーズ」CAD/CAMインレー対応製品

なおCAD/CAMインレーは、CAD/CAM冠に準じた施設基準に係る届け出をおこなった保険医療機関で歯科用CAD/CAM装置を用いて製作することが定められている。

1-2 CAD/CAMインレーの診療報酬点数

保険適用のインレーは、メタルインレー、レジンインレーに加え、今回新たにCAD/CAMインレーが追加され3種類になった。インレーに関わる診療報酬点数を表1-1にまとめた。

表1-1 インレーに関わる診療報酬点数（2022年5月1日現在）^{1,2)}

単位：点

	CAD/CAM インレー		レジン インレー		メタルインレー								
	複雑		単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑	単純	複雑	
使用材料	CAD/CAM冠用材料		歯冠用硬質レジン		金銀パラジウム合金		銀合金		金銀パラジウム合金		銀合金		
適応範囲	小白歯	大白歯*	-		小白歯・前歯		小白歯・前歯・乳歯		大白歯				
技術料	750	750	128	180	190	284	190	284	190	284	190	284	
材料料	CAD/CAM冠用材料(I) 188	CAD/CAM冠用材料(II) 181	350	29	40	279	555	14	29	410	759	22	38
合計	938	931	1,100	157	220	469	839	204	313	600	1,043	212	322

※ 上下顎両側の第二大臼歯が全て残存し、左右の咬合支持がある患者に対し、過度な咬合圧が加わらない場合等において第一大臼歯に使用する場合。
歯科用金属を原因とする金属アレルギーを有する患者において、大白歯に使用する場合（医科の保険医療機関又は歯科併設の医療機関の医師との連携の上で、診療情報提供（診療情報提供料の様式に準ずるもの）に基づく場合に限る。）

CAD/CAMインレーは複雑（隣接歯との接触面を含む窩洞におこなうインレー）のみが対象であり、適応範囲は小白歯と大白歯に分かれているが、どちらも技術料が750点である。

また、CAD/CAMインレーの形成加算はないが、安定した装着のため、接着強さを高める目的でおこなわれる内面処理の加算はCAD/CAM冠と同様に認められた。

表1-2 CAD/CAM冠とCAD/CAMインレーの点数比較³⁾

単位：点

		CAD/CAM冠	CAD/CAMインレー
歯冠形成（失活歯）		166	-
インレー窩洞形成		-	(※1) 120
形成加算		470	-
印象採得		64	(※2) 64
咬合採得		18	18
技術料		1200	750
材料料	小白歯（I）	188	188
	小白歯（II）	181	181
	大白歯（III）	350	350
装着		45	(※3) 45
内面処理加算		45	45
装着材		17	17
クラウン・ブリッジ維持管理		100	-

(※1) う蝕歯インレー修復形成（120点）又は歯冠形成「3の口 複雑なもの（86点）」

(※2) 「1のイ 単純印象（32点）」又は「1のロ 連合印象（64点）」

(※3) 「1 歯冠修復」

1-3 CAD/CAMインレーの特徴

CAD/CAMインレーは、歯科用CAD/CAMシステムを使用して製作する。ソフトウェアと加工機を使用するため、ある程度デジタル技術に精通すれば作業者によらず一定のレベルのものが製作でき、また、切削加工のため重合収縮による材料の物性変化がなく安定した品質を得られやすいなどの特徴がある。CAD/CAMインレーの特徴を、コンポジットレジン充填（以下、CR充填）およびメタルインレーと比較した（表1-3）。

表1-3 CAD/CAMインレーの特徴（CR充填・メタルインレー比較）

	メリット	デメリット
対CR充填	<ul style="list-style-type: none"> ① 重合収縮なし ② 機械的性質・耐摩耗性 ③ 口腔外で作業可能 →仕上げ・研磨が容易 →適正な解剖学的形態を付与しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ① 窩洞形成による健全歯質の切削量大 ② レジンセメント部の摩耗，着色 ③ 印象採得，模型製作の工程増 ④ 歯科用CAD/CAMシステムが必須
対メタルインレー	<ul style="list-style-type: none"> ① 審美性 ② 金属アレルギーなし ③ レジンセメントで接着するため，保持形態にあまりとらわれる必要がない ④ 材料は貴金属相場の影響なし 	<ul style="list-style-type: none"> ① 物理的・機械的性質が劣る →厚み確保のため，健全歯質の切削量大 ② パットジョイントで表面に露出するレジンセメント部の摩耗，着色 ③ 歯科用CAD/CAMシステムが必須

このように、CAD/CAMインレーはCR充填、メタルインレーに対してメリットとデメリットを持つ。これらの特徴を理解して、適応症例を選択することが重要である。CAD/CAMインレーはメタルインレーに比べると物性が劣るものの、他のレジン材料に比べて物性が高く、審美性も高い。金属のような価格変動も少ないため、安定した価格を維持できる。窩洞に装着できる保険適用の歯科修復物として、これまでの歯科修復物と違った特徴を持つことから、選択の幅が大きく広がった。

1-4 インレー市場

社会医療診療行為別統計⁴⁾によれば、2020年6月に約55万回のインレー修復が実施されており、そのうち、約86%が歯科鑄造用金銀パラジウム合金（以下、金パラ）を用いている。適用部位では大臼歯が約64%で、単純と複雑では95%が複雑である（図1-3）。複雑が多いのは、単純窩洞はインレーのような間接修復ではなく、CR充填を用いた直接修復が多いためと考えられる。

金パラを用いたインレーの材料料は、金パラの告示価格をもとに設定されるが、これは素材（金、パラジウム、銀）の価格変動によって改定され、状況によっては、市場価格が告示価格を上回る状態（いわゆる逆ザヤ）になることがある。CAD/CAM冠の普及によりCAD/CAMインレーに対応できる環境が整っていること、金パラの告示価格が近年高止まりしていること、前項に示したCAD/CAMインレーのメリットなどから、今後はCAD/CAMインレーの増加が想定される。

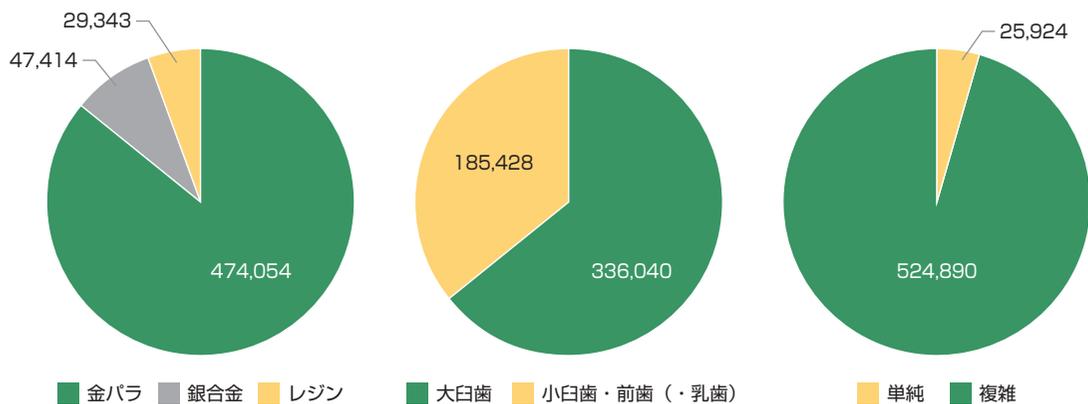


図1-3 インレー請求回数（左：材料別 中：部位別 右：単純複雑別）⁴⁾

2

形成および設計のポイント

CAD/CAMインレーは、歯科用CAD/CAMシステムを用いCAD/CAM冠用材料（レジンブロック）を切削して製作する。本章では、形成のポイントとして、応力だけでなく、スキャンや切削加工についても考慮したマージン、窩洞、角部の形状および設計値について紹介する。メタルインレーと共通する点、異なる点があるため、参考にさせていただきたい。

2-1 形成の注意点

1) マージンは対合歯および隣接歯との接触部位を避けて形成する

CAD/CAMインレーは対合歯および隣接歯との接触部位で応力が集中すると、メタルインレーに比べて破折しやすいため、マージンは対合歯および隣接歯との接触部位を避けて形成する。特に、対合歯と接触する箇所にはマージンを設定してしまうと、**図2-1**の左図のようにCAD/CAMインレーの厚みが薄く強度が弱い部分に応力がかかり、咬合時に破折してしまう。**図2-1**の右図のように対合歯がマージンに接触しないように形成するのが望ましい。

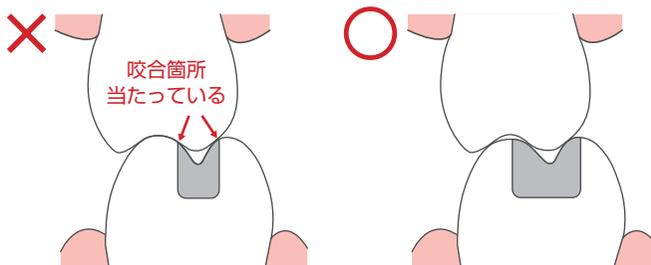


図2-1 対合歯との接触部位におけるマージン形成

2) 線角および点角は丸める

CAD/CAMインレーは、応力の集中による破折を避けるため、線角や点角を丸める必要がある（**図2-2**）。線角や点角を丸めることは、スキャンや切削加工をおこなう際にも有効である。

スキャンは、光源から窩洞部に光を照射して、センサーやカメラで形を読み取るが、角部が鋭角的に残っている場合に、正確に読み取れずに角が丸くなる場合がある（**図2-3**）。また、インレー内面の角部は切削加工時にミリングバーの刃先が入らないため、削り残ってしまい、手作業による調整が必要になって作業

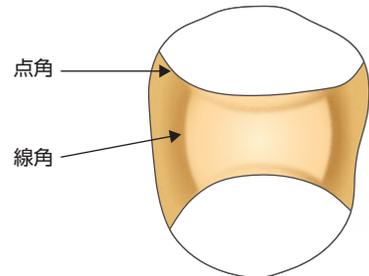


図2-2 線角や点角を丸めた形状

時間が増加する。ミリングバーの刃先が入る形状にCADソフトウェアの補正機能で補正もできるが、刃先が入るよう内面を広げたことで最低厚みを下回る場合、最低厚みを確保するため外形を膨らませる補正が入ってしまう（図2-4）。

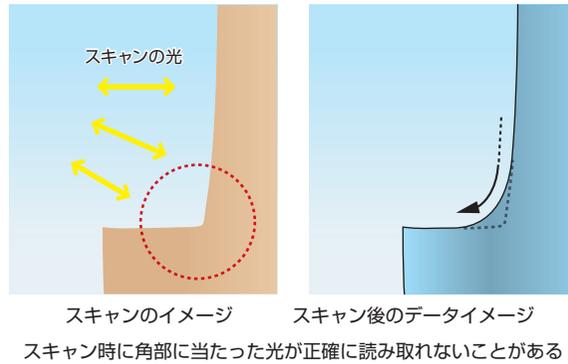


図2-3 角部のスキャンエラー例

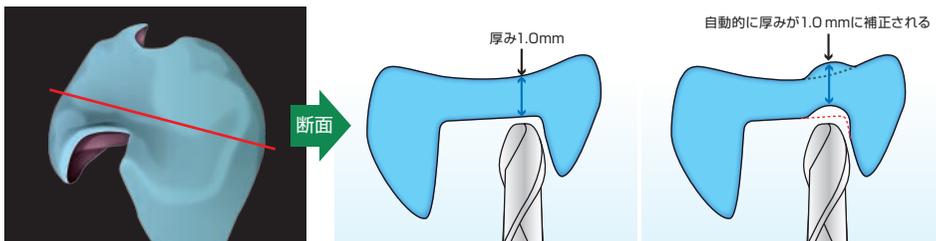


図2-4 厚み補正の例（最低厚み設定が1.0 mmの場合）

3) イスムスは1.5 mm以上の幅を設ける

窩洞で狭窄部にあたるイスムスは、幅が狭くなるため破折しやすい部分である。「KZR-CAD HR ブロックシリーズ」の場合は、大臼歯、小臼歯を問わず1.5 mm以上の幅を設ける（図2-5）。2次う蝕などの処置でメタルインレーからCAD/CAMインレーに入れ替える場合など、メタルインレーを想定した窩洞形成ではイスムスの幅が狭い可能性があるため注意が必要である。

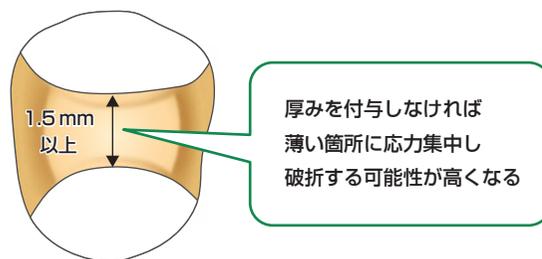


図2-5 イスムス幅について

4) 窩洞側壁の勾配角をメタルインレーより大きめにする
(4~6°)

CAD/CAMインレーは、メタルインレーに比べて着脱時に割れや欠けが生じる可能性が高いため、スムーズに着脱できるように、窩洞側壁の勾配角をメタルインレーよりも大きめ（目安角度4~6°）に設定する（図2-6）。

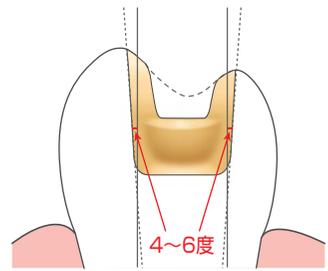


図2-6 窩洞側壁の勾配角

5) 窩縁斜面（ベベル）を付与せず、バットジョイント（ノンベベル）にする

窩縁斜面（ベベル）を付与することで辺縁封鎖性の向上などのメリットがあるが、CAD/CAMインレーでは辺縁の薄い箇所がチップングする場合があるため、バットジョイント（ノンベベル）にする（図2-7）。その場合、表面にレジンセメント層が露出するので、レジンセメント層の経時的な着色、摩耗の可能性にも注意をしたい。

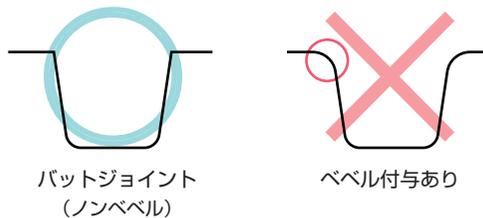


図2-7 窩縁斜面（ベベル）のデザイン

6) ラフマージンにしない

CAD/CAMインレーは切削加工、または研削加工という手法で加工し、切削加工ではミリングバー、研削加工ではグライディングバーを用いる。いずれもバーの先端の径がラフマージンのラインよりも太いケースが多く、先端が入らずに削り残ってしまう（図2-8）ため、ラフマージンにはしない。

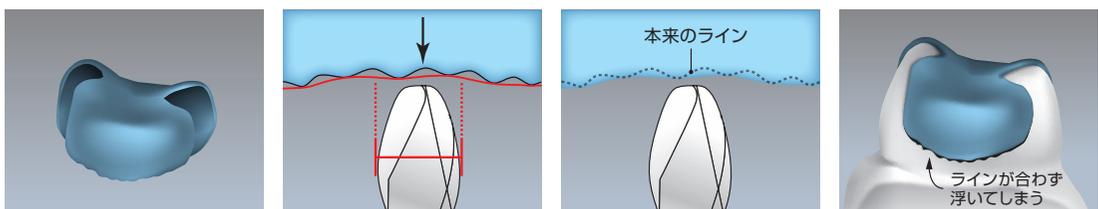


図2-8 ラフマージンの削り残し

7) 歯肉側マージンはラウンドショルダー、ディープシャンファーにする

マージン強度やスキャン、切削加工の観点より、歯肉側のマージンはCAD/CAM冠同様にラウンドショルダーやディープシャンファーにする必要がある(図2-9)。

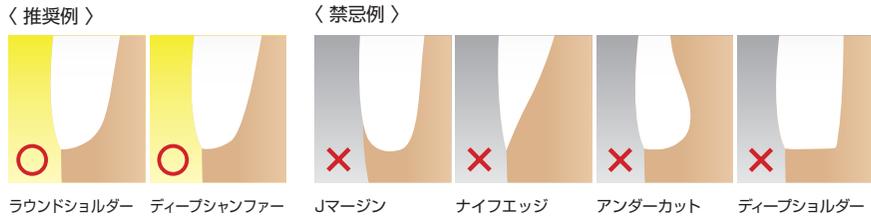


図2-9 歯肉側マージンの形成例

2-2 推奨設計値

CAD/CAMインレーの推奨設計値を図2-10に示す。小窩裂溝部は、小白歯で1.0 mm以上、大臼歯で1.5 mm以上の厚みが必要である。咬頭頂は、小白歯部で1.3 mm以上、大臼歯部で1.5 mm以上を推奨値としており、咬合圧が高くなる大臼歯は、小白歯に比べて厚みが必要である。イスマスは1.5 mm以上、歯肉壁は1.0 mm以上としており、小白歯と大臼歯で共通である。

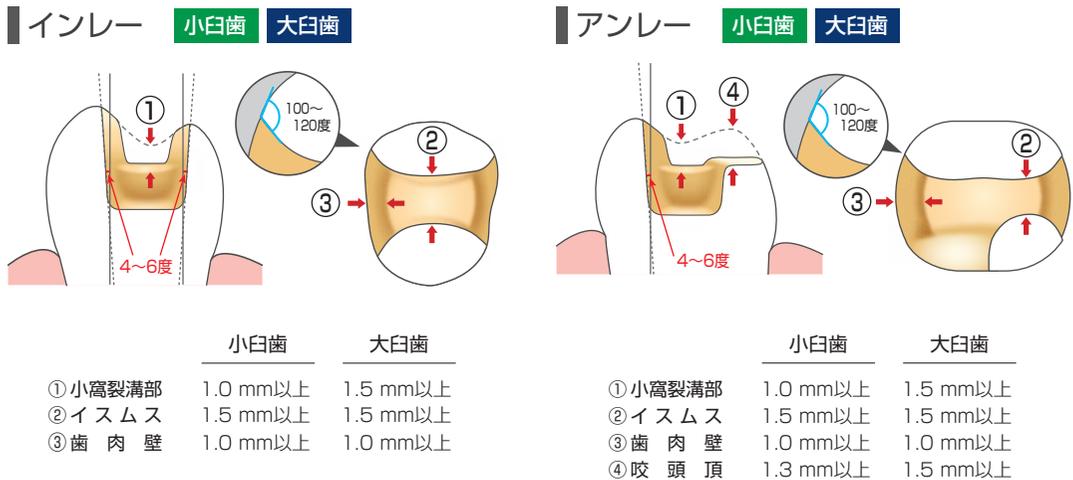


図2-10 CAD/CAMインレーの設計値



CAD/CAMインレー形成の ポイントまとめ

- 1 マージンは対合歯および隣接歯との接触部位を避ける
- 2 すべての線角および点角は丸める
- 3 イスムス(狭窄部)で破折しやすいため、1.5 mm以上の幅を設ける
- 4 装着時の破折を防ぐために、窩洞側壁に勾配をつける(4 ~ 6°)
- 5 窩縁斜面(ベベル)を付与せず、バットジョイント(ノンベベル)にする
- 6 ラフマージンにしない
- 7 歯肉側マージンは、ラウンドショルダー、ディープシャンファーにする
- 8 小窩裂溝部の厚みは小白歯1.0 mm以上、大白歯1.5 mm以上、
咬頭頂は小白歯で1.3 mm以上、大白歯1.5 mm以上を確保する



3

加工のポイント

CAD/CAMインレーはCAD/CAM冠の材料であるレジブロックから削り出すため、製作工程はCAD/CAM冠とほぼ同じである。しかしながらヤマキンの先端デジタル技術研究所（以下、デジ研）でCAD/CAMインレーをCAD/CAM冠製作時と同様の加工条件でテスト加工したところ、良好な適合が得られず、適合させるには手作業による大幅な調整が必要であった。そこで、デジ研ではCAD/CAMインレーの加工に関する検証を実施し、その結果、いくつかの注意すべき点が見つかった。本章では、検証結果とともに加工のポイントについて紹介する。

なお、この検証結果はヤマキンで使用している切削加工機、加工条件、材料などによるものであり、お使いの機器などにより生じる影響が異なる可能性がある点をご留意いただきたい。本章で使用した機器などを表3-1に示す。

表3-1 使用機器など一覧

レジブロック	KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ (YAMAKIN株式会社)
切削加工機	DWX-52D (DGSHAPE 株式会社)
CAMソフト	WorkNC Dental (Hexagon Manufacturing Intelligence)
CADソフト	Power Shape (オートデスク株式会社)
マイクロスコープ	VHX-6000 (株式会社キーエンス)

3-1 予備加工テスト

CAD/CAMインレーは、使用する材料がCAD/CAM冠と同じであることから、CAMソフト「WorkNC Dental」に登録しているデジ研オリジナルのCAD/CAM冠用のシーケンス（加工条件プログラム）で加工パスを作成した。このシーケンスは、「WorkNC Dental」のシーケンスを編集できる有償オプション機能の「TemplateEdition」を使用し、デジ研で作成したものである。レジブロック「KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ」（以下、ガンマシータ）を、切削加工機「DWX-52D」で加工したところ、良好な適合が得られず、適合させるには手作業による大幅な調整が必要であった（図3-1）。

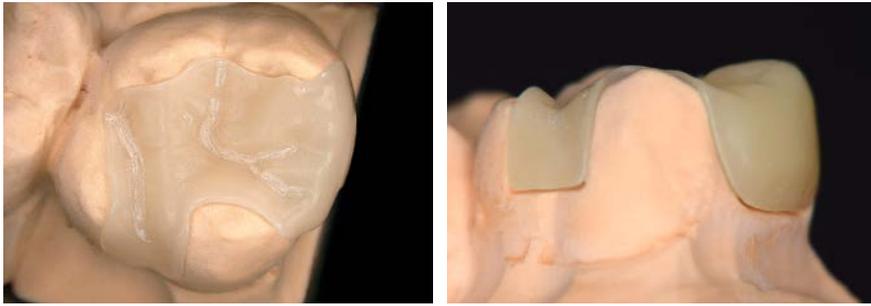


図3-1 CAD/CAM冠用シーケンスで加工したCAD/CAMインレーの適合

テスト加工したCAD/CAMインレーの適合を調整したところ、サポートピン側の内面は調整量が少なく、サポートピンの反対側の内面は調整量が多くなっていた。ために、加工後のインレーを半分に切断し、それぞれの適合を確認すると、サポートピンの反対側の適合が著しく劣っていることがわかった（図3-2, 3-3）。

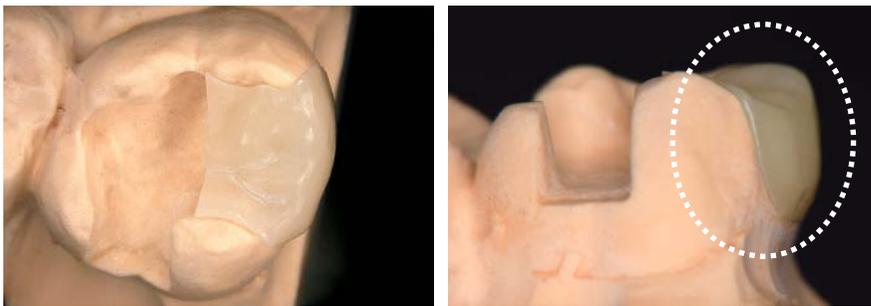


図3-2 サポートピン側の適合

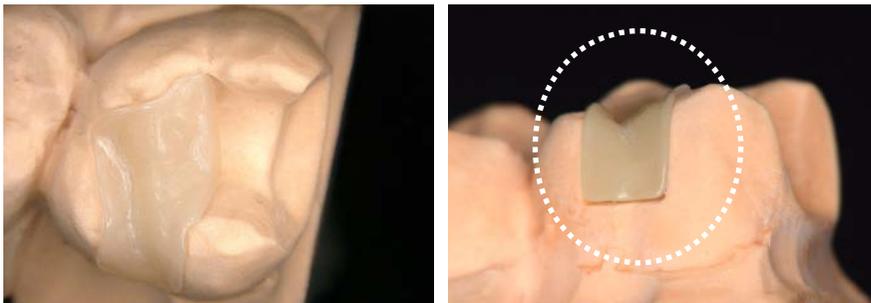


図3-3 サポートピン反対側の適合

CAD/CAM冠製作時と同様の加工条件では、サポートピンの反対側で適合不良が生じた。これは、切削時にかかる負荷によって咬合面部の薄い箇所がたわんで逃げてしまい、削り残しが生じたためと考察される（図3-4）。サポートピン側の加工はクラウンと同様に隣接面部が支えとなり、切削時にたわみにくく、咬合面部の加工に対して切削負荷の影響を受けづらいつと考えられる。

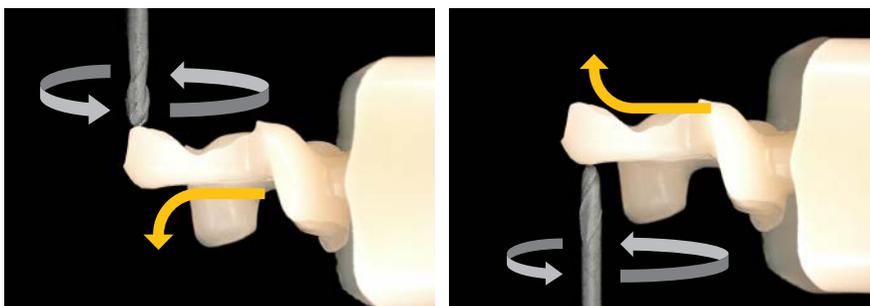


図3-4 咬合面部の加工（左：咬合面側 右：内面側）

3-2 咬合面部の設計値による削り残し量の検証

前項のテスト加工により、CAD/CAMインレーの削り残しが咬合面部のたわみによるものと考察されたため、咬合面部の設計値と削り残し量について検証した。

3-2-1 厚みの違いによる削り残し

はじめに、咬合面部の厚みの違いにより削り残し量が異なるかについて検証した。

CAD/CAMインレーを模した0.5 mm、1.0 mm、1.5 mmの3種類の厚みの試験片をCADソフト「Power Shape」でデザインした（図3-5）。

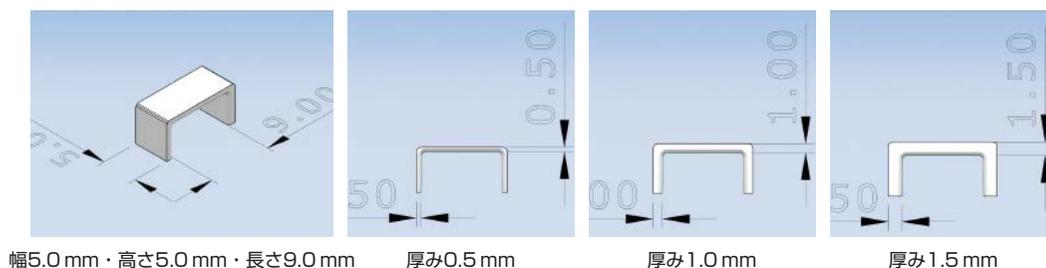


図3-5 試験片の設計値（厚み3種）

それぞれの試験片を前項と同条件で切削加工し、マイクロ스코プ「VHX-6000」で試験片の撮影および計測をおこなった（図3-6）。なお、計測は咬合面にあたる平面の両端とし、サポートピンの反対側をA点、サポートピン側をB点とする。試験結果を表3-2に示す。

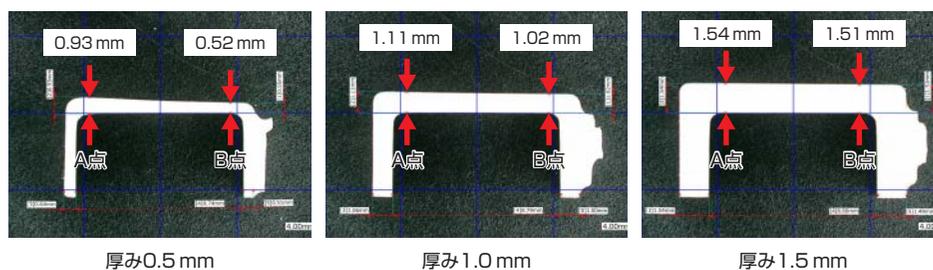


図3-6 試験片の実測値（厚み3種）

表3-2 厚みを変更した試験片の測定結果一覧

	厚み0.5 mm		厚み1.0 mm		厚み1.5 mm	
	A点	B点	A点	B点	A点	B点
設計値	0.50	0.50	1.00	1.00	1.50	1.50
実測値	0.93	0.52	1.11	1.02	1.54	1.51
差異	0.43	0.02	0.11	0.02	0.04	0.01

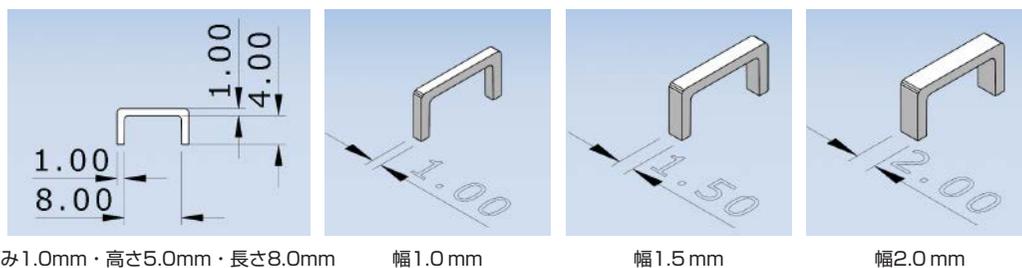
削り残しが最も多かったのは、厚み0.5 mmの試験片のA点で、設計値と実測値の差異が0.43 mmであった。A点に注目すると、厚み1.5 mmと1.0 mmの試験片では、A点同士の削り残しの差が0.07 mmであるのに対し、厚み1.0 mmと0.5 mmの試験片では差が0.32 mmと、厚みが薄い方が差が大きかった。B点については、すべての試験片において設計値と実測値の差異が0.02 mm以下で、ほぼ削り残しがない状態であった。

また、すべての試験片で、B点からA点にかけて徐々に削り残しが増えていた。中でも、厚さ0.5 mmの試験片は2点間の差が0.41 mmと、他の試験片に比べて大きな差が生じていた。

以上の結果から、CAD/CAMインレーは咬合面部の厚みが薄いと、切削時の負荷によりたわみが生じると考察できる。2章で紹介したCAD/CAMインレーの推奨設計値では、小窩裂溝部の厚みは小臼歯で1.0 mm以上、大臼歯で1.5 mm以上を推奨している。この値は破折防止などのさまざまな理由を含んでいるが、この厚みを確保することで、加工時のたわみによる削り残しを抑制できることが示唆された。

3-2-2 幅の違いによる削り残し

次に、ISMの幅の違いにより削り残し量が異なるかについて検証するため、1.0 mm、1.5 mm、2.0 mmの3種類の幅の試験片を「Power Shape」でデザインした（図3-7）。



厚み1.0mm・高さ5.0mm・長さ8.0mm

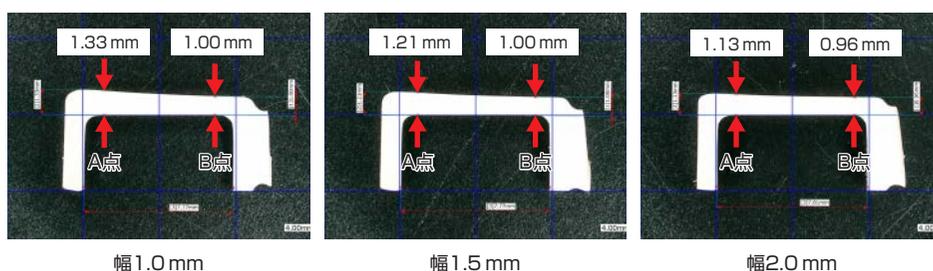
幅1.0mm

幅1.5mm

幅2.0mm

図3-7 試験片の設計値（幅3種）

前項と同条件で切削加工，撮影，計測した（図3-8）．試験結果を表3-3に記載する．



幅1.0mm

幅1.5mm

幅2.0mm

図3-8 試験片の実測値（幅3種）

表3-3 幅を変更した試験片の測定結果（mm）

	幅1.0mm		幅1.5mm		幅2.0mm	
	A点	B点	A点	B点	A点	B点
設計値	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
実測値	1.33	1.00	1.21	1.00	1.13	0.96
差異	0.33	0.00	0.21	0.00	0.13	-0.04

最も削り残しが多かったのは幅1.0mmの試験片のA点で、0.33mmの削り残しが発生していた。A点では、幅2.0mmと1.5mmの試験片においても削り残しが発生しており、幅が狭まるにつれて削り残しが増加する傾向がみられた。B点については、すべての試験片において設計値との差異は0.04mm以下で、ほぼ削り残しがない状態であった。また、前項の厚みの検証と同じく、すべての試験片で、B点からA点にかけて徐々に削り残しが増える結果となった。

以上の結果から、CAD/CAMインレーはイスムス幅が狭いと、切削時に負荷がかかりたわみが生じると考察できる。2章で紹介したCAD/CAMインレーの推奨設計値では、イスムスの幅は1.5mm以上を推奨している。本項の試験片の厚みは1.0mmで、幅1.5mmの試験片と2.0mmの試験片は、CAD/CAMインレーの推奨値を満たしているが、CAD/CAM冠と同じ加工条件では、削り残しが生じる結果となった。

3-3 CAD/CAMインレーに適した加工条件

前項までの結果より、CAD/CAM冠と同じ加工条件でCAD/CAMインレーを加工した場合、咬合面部のたわみにより削り残しが生じることが示唆された。そこで、本項では削り残しを抑制できる加工条件について検証した。

3-3-1 サポートピンの検証

はじめに、サポートピンのデザインについて検証した。3-1でおこなった加工テストのとおり、CAD/CAM冠と同じくサポートピンを1本配置した場合は、削り残しが生じ（図3-9）、適合調整に多くの時間を要した。サポートピンの直径はCAD/CAM冠と同じφ2.5 mmで、「ガンマシート」のSサイズを使用した。

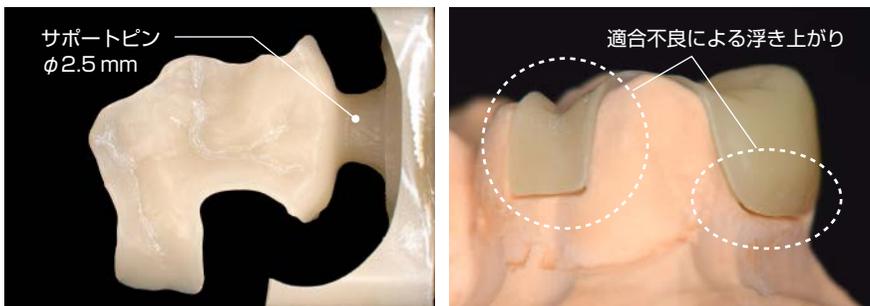


図3-9 サポートピンを1本配置して切削加工したCAD/CAMインレーの適合
(レジンブロックは「ガンマシート」Sサイズを使用)

削り残しの原因は咬合面部のたわみであることが3-2の検証で示唆されたため、たわみを抑制できるように、削り残しの多いサポートピンの反対側にφ0.5 mmの補助サポートピンを追加で付与した（図3-10）。補助サポートピンがはみ出さないように、「ガンマシート」のサイズはワンサイズ大きいMサイズを使用した。

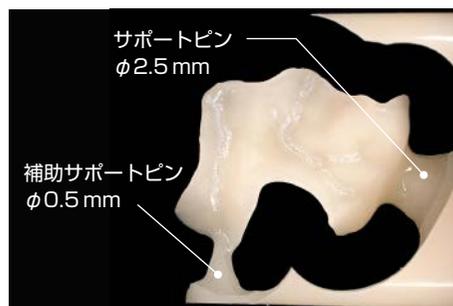


図3-10 補助サポートピンの追加
(レジンブロックは「ガンマシート」Mサイズを使用)

補助サポートピンを付与したCAD/CAMインレーの適合を確認したところ、適合が大きく向上し、微量の調整で利用できる仕上がりであった（図3-11）。

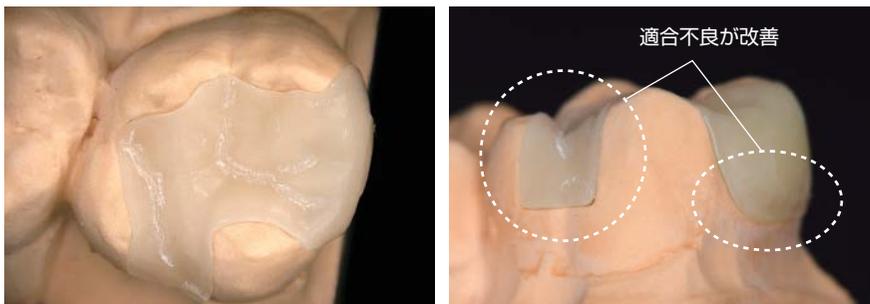
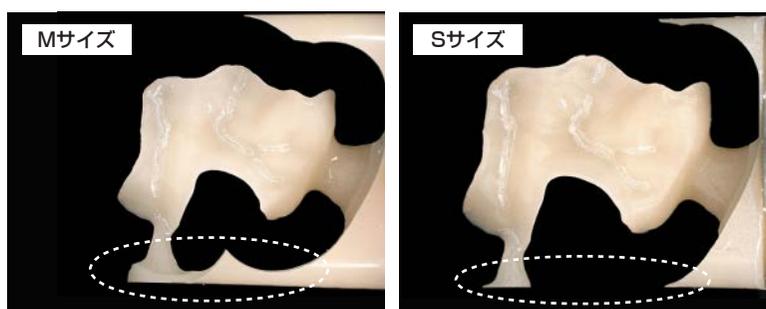


図3-11 補助サポートピンを追加して切削加工したCAD/CAMインレーの適合（レジンブロックは「ガンマシート」Mサイズを使用）

以上のことから、CAD/CAMインレーにおいて、たわみによる削り残しが生じている部分にφ0.5 mmの補助サポートピンを付与することで、適合が向上することが認められた。咬合面部の厚みやイスマス幅の影響でたわみによる削り残しが生じた場合の改善法として有効であると言える。「WorkNC Dental」では、標準の機能でサポートピンを増やせるため、オプションソフトの購入や、難しいテクニックを必要としない、実施しやすい改善法である。

ただし、この方法には2つの注意点がある。まず1つ目は、大きいサイズのレジンブロックが必要になる点である。補助サポートピンは、レジンブロックの側壁を残し、インレーと側壁を繋ぐことで機能を発揮する。しかし、インレーのサイズに対してちょうどいいサイズのレジンブロックを使用すると、側壁を削り取ってしまうことがあるため、補助サポートピンを考慮したサイズのレジンブロックを使用しなければならない（図3-12）。



サイズの小さいレジンブロックで加工すると、側壁が削られる

図3-12 レジンブロックの側壁を削り取ってしまったケース

2つ目は、サポートピンの調整が増える点である。補助サポートピンが、本検証のように舌側などの側面に立てられると調整は容易であるが、症例によっては咬合面部やマージン部に付与しなければならなくなり、調整時間が増加する可能性がある。

3-3-2 切削方法の検証

前項で、補助サポートピンの付与による改善策が有効であることが確認できたが、注意点もあり、調整時間の増加やサイズの大きいレジンブロックの使用は、費用の増加に直結してしまう。サポートピン1本の場合でも、しっかりと調整すれば使用できる程度の適合は得られていることから、たわみを抑制できる加工条件があれば、補助サポートピンを付与した場合と同等の適合が得られる可能性がある。そこで、サポートピン1本のCAD/CAMインレー加工でも、良好な適合が得られる加工条件について検証した。適合の改善が期待できる方法は3パターン考えられた。

- 1) 繰り返し加工法
- 2) 補強加工法
- 3) 分割加工法

1) 繰り返し加工法

同じ加工パスで繰り返し加工する方法で、1巡目の加工時に生じた、たわみによる削り残しを、2巡目の加工で削り取る方法である(図3-13)。2巡目の加工でも若干の削り残しが生じる可能性はあるが、大幅に改善できるため、基本的には2巡で良いと考えられる。2巡すると2倍の加工時間はかかるが、追加で必要なソフトや準備がないため、簡単に実施できる方法である。

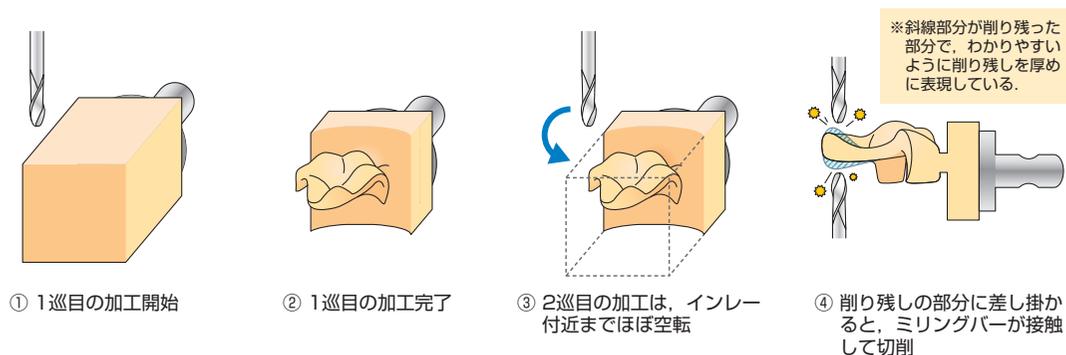


図3-13 繰り返し加工法

注意点は、2巡目の加工が完了するまでレジンブロックを加工機から外さないことである。レジンブロックの治具を差し込むホルダーの挿入口は、治具よりも若干大きくなっている。寸法のばらつきや、装着性を考慮するためと考えられるが、これにより遊びが生じてしまう。ノッチによるガイドがあっても若干のずれが生じてしまうため、一度外してしまうと2巡目がずれて加工される(図3-14)。また、加工を繰り返すことで治具の固定が緩む可能性もあるため、治具の固定はしっかりとおこなわなければならない。



図3-14 2巡目の加工で生じたずれの影響

2) 補強加工法

補強加工法は、咬合面に補強用のサポートピンを付与し、咬合面に厚みを持たせることで、加工時のたわみを抑制して加工する方法である。

通常、サポートピンは加工時にレジブロックから加工中の対象物が落ちないようにつなぎとめる役割のものであり、加工後は切り離すため、後処理が容易な側面への付与が一般的である。これに対し、補強加工法ではサポートピンをたわみやすい咬合面にあえて追加することで、補強としての役割を持たせる（図3-15）。補強用のサポートピンは、2巡目に補強用のサポートピンなしのデザインで加工することで削り取ることができる（図3-16）。

この方法であれば、内面の加工のみになるが、仕上げ加工の段階まで常に咬合面の厚みが確保されるため、繰り返し加工に比べて削り残しの少ない加工が期待できる。

繰り返し加工法に比べると、CAMデザインを2回作成する手間は発生するが、追加に必要なソフトがないため、簡単に実施できる方法である。内面の適合を重視するのであれば、有効な方法であると考えられる。

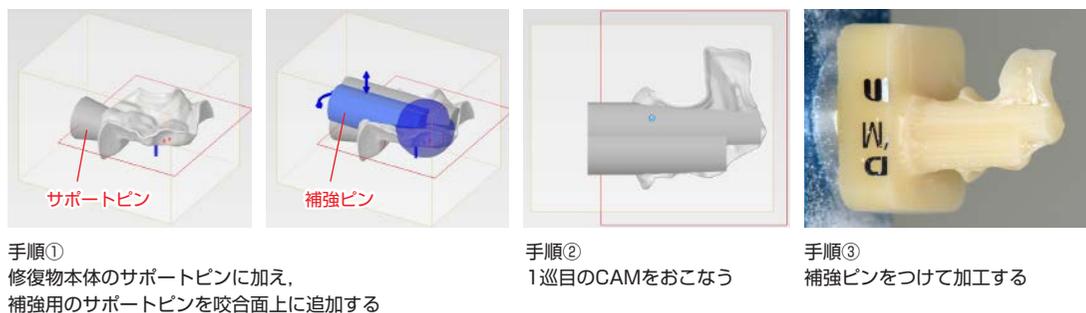
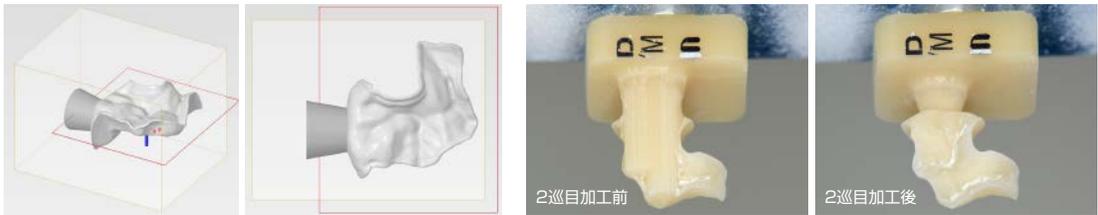


図3-15 補強加工法の1巡目の加工



手順①
補強ピンを削除して、CAMをおこなう

手順②
2巡目の加工で補強ピンを削りおとす
(補強ピンの部分以外は空転する)

図3-16 補強加工法の2巡目の加工

注意点は、異なる加工パスではあるが、加工を2巡するため、繰り返し加工法と同じく、2巡目の加工が完了するまで加工機からレジブロックを外さないことと、治具の固定が緩まないようしっかりと固定することである。また、補強用のサポートピン部分は、2巡目でしか切削されないため、若干の削り残しが生じると考えられる。

3) 分割加工法

通常はレジブロック全体に対して、荒加工、中仕上げ、仕上げと、段階的に加工を進める。この加工方法では、荒加工の時点でおおよその形を削り出してしまうため、削り出された咬合面側がその後の加工においてたわみやすくなってしまふ。

そこで、分割加工法では、CAD/CAMインレー全体を段階的に加工するのではなく、3ブロックに分割してそれぞれ仕上げまで加工することで、たわみの抑制を図る(図3-17)。

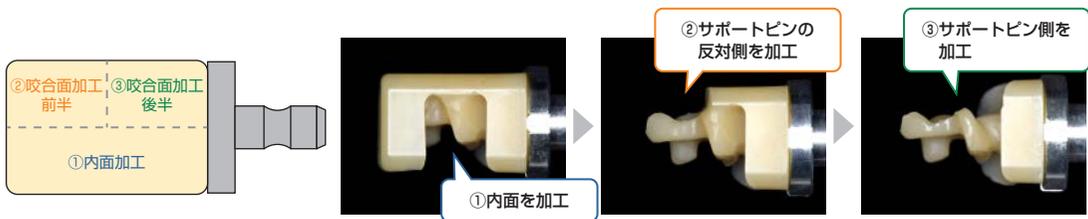


図3-17 分割加工法

まずは内面の加工を仕上げまでおこなう。咬合面側が無加工のため、たわみのない状態で加工できる。次に咬合面側の加工に移る。咬合面側全面を一度に加工すると、咬合面側全体が薄くなり、たわみやすくなるため、咬合面側のサポートピンの反対側半分を先に仕上げまでおこなう。削り出された咬合面側は薄くなるが、長さが短いため、たわみが抑制される。最後に、残った咬合面側のサポートピン側半分を仕上げまでおこなう。このように分割して加工することでたわみを抑えることができる。

この方法は、シーケンスの修正が必要になるため、「WorkNC Dental」のシーケンスを編集できる有償オプション機能の「TemplateEdition」を使用した。この機能によりシーケン

スを編集できるが、編集にはCAMや切削加工に関する専門知識が必要になる。編集した加工条件に不備があると、加工後の仕上がりへの影響だけでなく、ミリングバーの破折や、加工機の破損につながる恐れがある。デジ研では、CAMを学んだエンジニアがシーケンスの編集をおこなっており、そちらについてはp.22からのコラムで紹介する。

これら3種の加工方法の適合を図3-18に示す。分割加工法の適合が最も良好で、わずかな調整量で適合する仕上がりであった。次いで、補強加工法、繰り返し加工法の順であった。これは、加工方法の難易度と比例する結果であった。

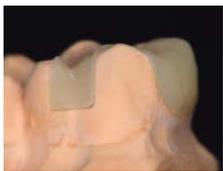
	通常の加工法	繰り返し加工法	補強加工法	分割加工法
適合画像				
難易度	低 ←			→ 高
適合判定	△	○	○	◎
	咬合面、内面ともに多くの調整が必要	咬合面、内面ともに若干の調整が必要	咬合面は補強部分の調整が必要だが、内面はわずかな調整でよい	咬合面、内面ともにわずかな調整でよい

図3-18 加工方法の難易度と適合

本項では、CAD/CAMインレーの適合を向上させる加工条件について検証し、さまざまな改善方法を見出した。症例や使用している歯科用CAD/CAMシステムによってたわみの影響は変わると考えられるが、状況に応じてこれらの改善策をお試しいただきたい。



デジタル歯科における エンジニアの活躍

YAMAKIN株式会社
先端デジタル技術研究所

主任エンジニア 常石 堅司

デジ研では、歯科におけるデジタル加工技術の普及のため、新しい材料の加工および用途の検証・評価、歯科技工所のサポートをおこなっている。2022年4月に新たに保険適用されたCAD/CAMインレーでは、加工においてさまざまな課題が予測されていたため、あらかじめ多くの検証をおこない、保険適用のタイミングで情報発信と充実したサポートを提供できるよう準備してきた。そのなかで、最適なシーケンス^{*1}を見いだしたのが加工部門エンジニアの常石である。

本コラムでは、CAD/CAMインレーのシーケンス作成の様子をとおして、エンジニアの活躍について紹介する。



※1 加工パスの作成に必要な、加工条件などを登録したベースプログラム

一意外と難しいCAD/CAMインレーの加工

CAD/CAM冠のシーケンスでCAD/CAMインレーのテスト加工をおこなったところ、適合が非常に悪かったと常石は言う。切削は基本的に咬合面側・内面側の方向から加工をおこなう^{*2}。通常クラウン形状ではマージンラインの内面と外面の境目がはっきりしており、マージンライン内面にフォーカスを当てれば適合よく加工できた。しかし、インレー形状はCAMデータ作成時に内面のアンダーカットが少なくなるように角度設定した場合、咬合面側からの加工でも内面を切削する可能性がある（右図）。そのため、内面・外面と区別せ

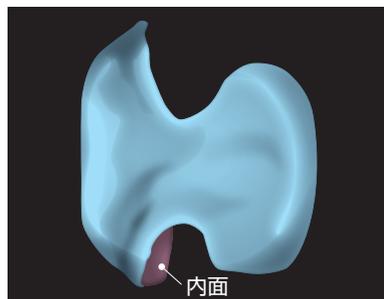


図 咬合面側から見たMODインレー

ずに加工する必要がある。さらに、3章で紹介したとおり、削り残しも生じていたため、通常のCAD/CAM冠のシーケンスは使用できないことがわかった。

CAD/CAMインレーのシーケンスの作成にあたり着目したポイントは、さまざまな形状に対応する標準化されたシーケンスを一つ作ることである。「さまざまな形状ごとに合わせようとするとなくさんのシーケンスが必要になり、作業者が都度最適なシーケンスを選択しなければならず、選択を誤ると再加工などが発生してしまう恐れがある。」「誰がどの機械装置を使っても一つのシーケンスで加工できるようにしたい。」と常石は言う。CAD/CAMインレーの形態に応じた数種類のシーケンスを作ることも可能だが、歯科技工士の作業効率の向上とミスやロスの回避も重要視し、シーケンスの標準化が望ましいと考えた。

※2【補足】加工軸について

クラウン形状の場合、レジブロックに対して、上から、下から、マージンラインの内部の挿入方向の3軸で加工する。3つ目の軸は、レジブロック内でモデルを傾けた場合、上でも下でもないマージンライン内部専用の別の角度が作られる。しかし、インレー形状の場合は、マージンラインがリング状ではなく、いびつな形であることが多いため、マージンライン内部を内面として加工すると削り残しが発生し、適合しないことが多い。そのため上からと下からの2軸を内面と捉えて加工する必要がある。



シーケンス作成の取り組み

デジ研で使用している歯科用CAMソフト「WorkNC Dental」の標準機能ではシーケンスを自由に調整できないが、デジ研ではシーケンスを編集するオプションソフト「TemplateEdition」を導入している。回転数、送り速度、切込み量はレジ用加工条件を基準とし、ツール選択もレジ用と同じもので設定した。

材料によって注意することは異なる。例えば、ジルコニアはチップング対策重視、PMMA・WAX・ポリカーボネートは熱対策重視、チタンはミリングバーの摩耗対

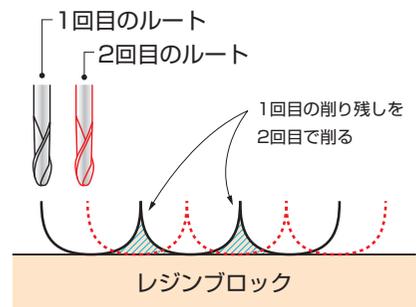


図 加工ルートのイメージ

策重視などがある。レジンは硬いため削り残しを最重視し、複数回の仕上げ加工、かつ毎回同じ加工ルートを通さないよう工夫した（p.23の図参照）。

加工の順番については、適合に影響が出る内面の加工精度を優先することを重視し、たわみや破折を回避するため、内面加工後に咬合面を2分割して加工する分割加工法を採用した。

この分割加工法は、元々はシリンダーバー用の加工方法として準備されていた機能だ。それをブロック形状で使用する方法を確立するのに大変苦労したと常石は言う。メーカーへ繰り返し相談し「何度もお願いしたところ熱意が伝わり、方法を教えていただき、なんとかシーケンスに組み込むができた」とその時の苦労を振り返り笑った。

—今後のデジタル歯科を支えていく

今ではデジ研のエンジニアとして活躍している常石だが、ヤマキンに入社したときは、CAMは未経験だったという。若い頃からコンピューターが好きで、もともとCADやCAMに興味を持っていたが、専門的に学んだこともなく、未経験だったためあきらめていた。高知へ戻り新しい職場を探していたところヤマキンに出会い、CAMに興味があることを話したのがきっかけで、デジ研でエンジニアをやらないかと声がかかり今に至る。「ゼロからのスタートだったが、中途採用で一から学ばせてくれたヤマキンには感謝。」と思いを語った。

さらに、「今後も誰でも簡単に操作や確認ができる汎用的なシーケンスを見いだしていきたい。」「さまざまな機械装置がある中で、相性を見極め、細かな調整をおこない高精度で最適な組み合わせの加工を実現していきたい。」と前向きだ。

また、デジ研ではデータベース管理ソフト「Access (Microsoft)」を使って在庫管理のデータベース化をおこなっているが、これも常石が担当している。「データベースは一旦入力してしまえば、出力形式が変わっても必要なデータを抽出でき、検索やソートがとても便利。」と、デジタルツールの活用に意欲的に取り組んでいる。

最後に、常石はデジタル歯科において歯科技工士とエンジニアの両者の協力が大変重要であると話した。「削ったものに対して、デジ研のメンバーが歯科技工士の視点から熱心にフィードバックしてくれたため、最適なシーケンスを完成することができた。」と、今回CAD/CAMインレーのシーケンス作成の取り組みを通して、デジタルの中でもコミュニケーションが重要と強く確信したようだ。



4

装着のポイント

CAD/CAMインレーの装着は、CAD/CAM冠の装着とほぼ同じである（図4-1）。本章では、接着手法に関する詳細なポイントを紹介する。

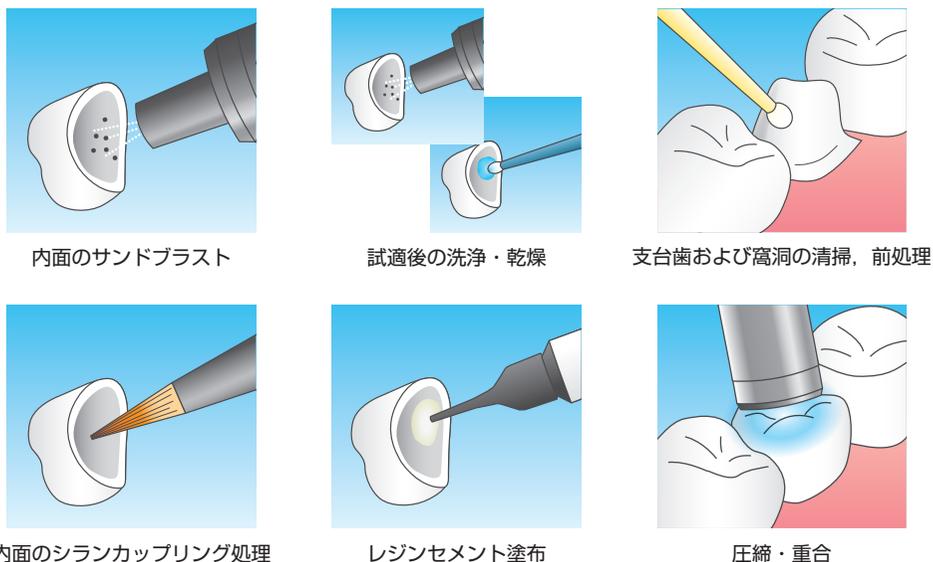


図4-1 CAD/CAM材料（冠，インレー共通）の装着工程

特に、CAD/CAMインレーの装着で留意すべき点を次に示す。

- 1) 歯面への前処理材（ボンディング材）を光照射して使用する場合は、ボンディング厚みも考慮が必要。
→ インレーが浮き上がり、咬合調整に影響。
- 2) 強固に接着させるため、CAD/CAMインレー側の前処理を実施。
→ CAD/CAM冠と同様に内面処理加算（45点）あり。
- 3) 遮蔽性のレジンセメントだと、辺縁が白くなりすぎるため注意。
→ 「KZR-CAD マリモセメントLC（YAMAKIN株式会社）」は審美性の面で推奨しない。
- 4) バットジョイントのため、表面にレジンセメント層が露出し、レジンセメント層の経時的な着色、摩耗の可能性に注意。

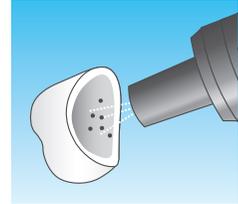


4-1 内面のサンドブラスト処理条件

CAD/CAM冠およびCAD/CAMインレー装着の手順において、最初におこなう重要な工程は内面のサンドブラスト処理である。

<サンドブラスト処理のポイント>

- 約50 μm のアルミナ粒子を用い、0.2~0.3 MPaの圧力で十分にサンドブラスト処理をすることで、無機質フィラーを露出させる。
- サンドブラスト処理後は十分に超音波洗浄・乾燥させる。



サンドブラストによって表面積が増加し、嵌合による接着強さが増大する。また、無機質フィラーを露出させることによって、反応水酸基が増加し、その後の内面処理（シランカップリング）によって化学的接着を期待することができる。

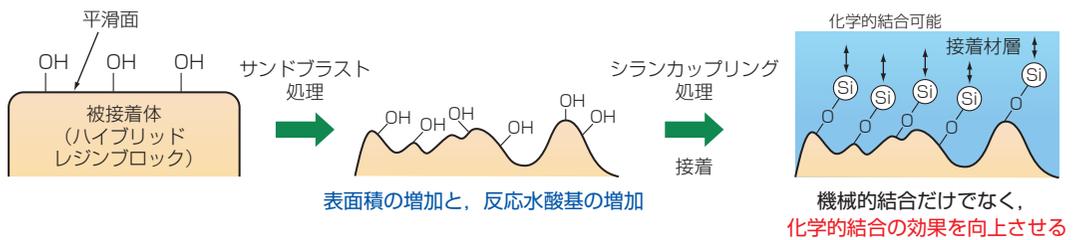


図4-2 サンドブラストの効果

サンドブラスト処理条件のパラメーターには圧力と時間があり、適切な条件に設定することで、接着強さを最大化することができる。圧力と表面粗さの傾向を図4-3に、圧力および時間の効果を図4-4に示す。

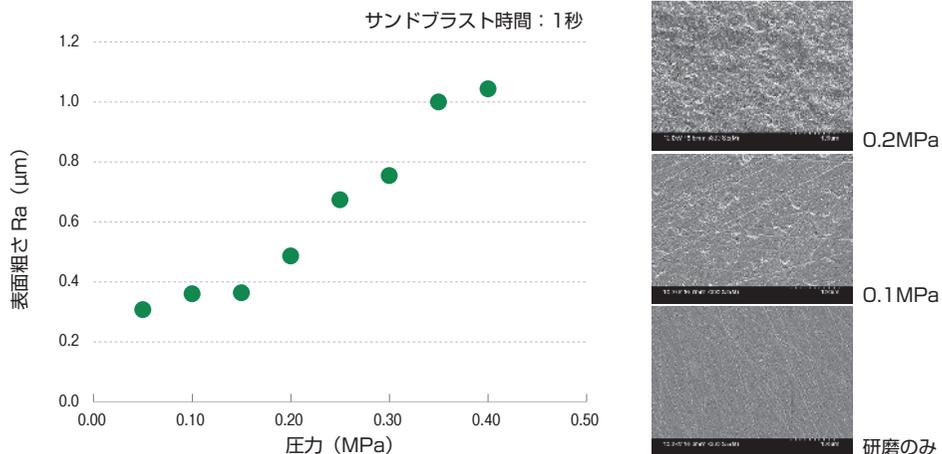


図4-3 サンドブラスト圧力

圧力が0.2 MPa未満では表面粗さが小さいことがわかり、0.2 MPa以上では圧力が高くなるほど、表面粗さが大きくなる傾向が確認された。

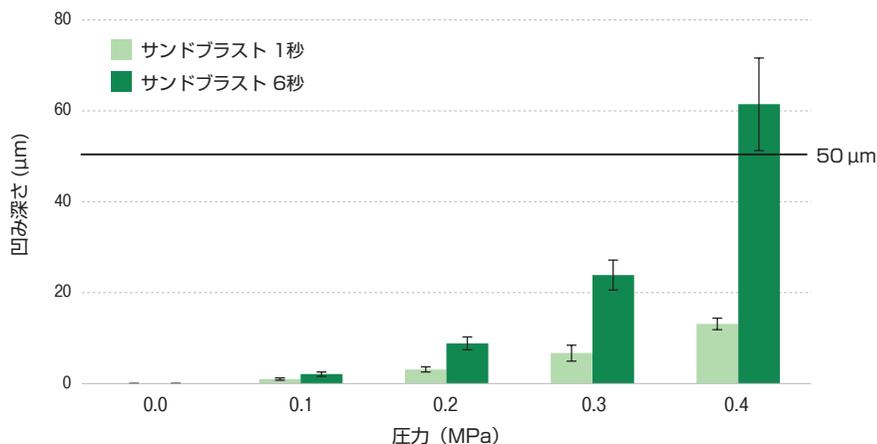


図4-4 サンドブラスト圧力および時間の効果

アルミナサンドブラストの圧力が、0.4 MPaでは噴射時間6秒で、凹み深さが50 μm以上になり、一般的なセメントスペース (20~50 μm) よりも大きくなった。

以上の結果から、サンドブラスト圧力は0.2~0.3 MPaが適していると考えられる。

4-2 試適後の内面・歯面処理方法

試適後には、だ液や血液に含まれるタンパク質が付着し、接着の阻害になることがあるため、適した方法によって除去することが重要である。

<試適後の内面・歯面処理のポイント>

- 試適後は、サンドブラスト処理によって汚染部を除去。
- 試適時にCAD/CAM冠やCAD/CAMインレー内面の調整をおこなった場合は、ダイヤモンドポイントやサンドブラスターを用いて内面を再度粗造化。

注) 口腔内用のサンドブラスターがなければ、エッチング材 (「マルチエッチャント (YAMAKIN株式会社)」など) を塗布し、その後、水洗、乾燥をおこなう。

内面や歯面 (支台歯および窩洞の表面) には、次に示すような接着阻害因子が付着している可能性があり、脱離を防ぐにはこれらを可能な限り除去する必要がある。

CAD/CAM冠, CAD/CAMインレー内面: 油分, 切削粉, 水分, 石膏粉, 試適後のだ液
歯面: プラーク, ステイン, だ液, 血液, 水分, 切削粉

内面・歯面処理方法として口腔内用のサンドブラスターや歯面清掃器（エアフロー）、ハンドピースに取り付けたブラシコーンなどで表面をごく薄く一層切削するという、機械的に除去する方法が有効である。

サンドブラスト処理の効果を評価した試験において、十分な引張接着強さが得られることが示された（図4-5）。

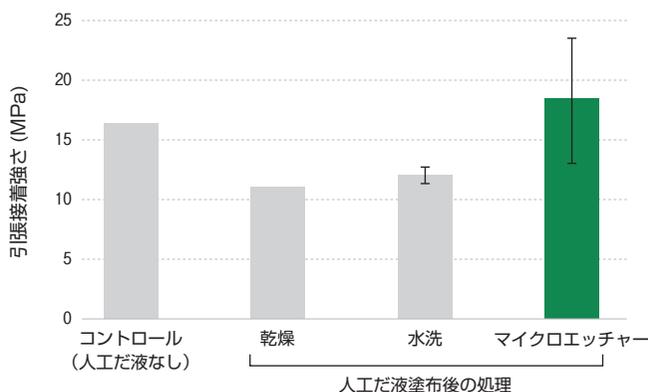


図4-5 サンドブラスト処理評価試験

マイクロエッチャーⅡA
製造業者：ダンビルマテリアルズ社（アメリカ） 製造販売業者：株式会社エイコー 販売業者：株式会社モリムラ

口腔内用のサンドブラスターがない場合は、エッチング材などのクリーナーを使用するのが有効である。ただし、汚れの種類に対応したクリーナーを使用しなければ逆効果となることがあるため、適したクリーナーを使用することが重要である。

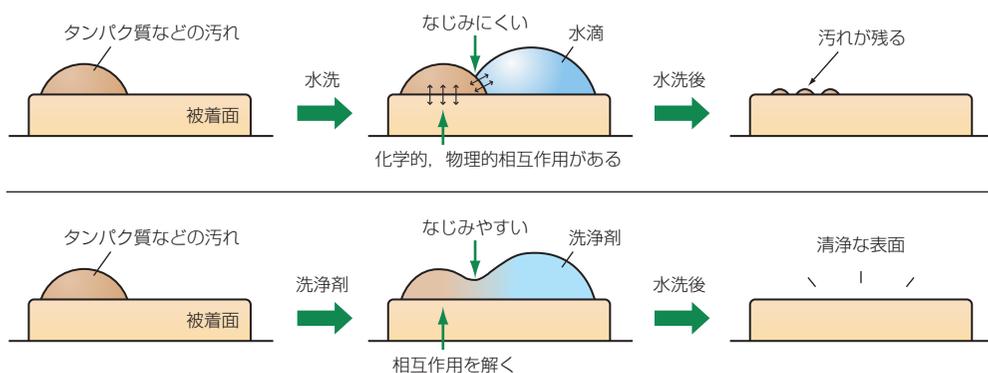


図4-6 クリーナーの模式図

図4-6のように、汚れとなじみやすいクリーナーであれば、表面を十分に洗浄できるが、なじみにくい場合、汚れが残る、接着阻害因子となる。場合によっては、汚れが凝集、固着し、表面からの除去が難しくなるケースがあるため留意が必要である。

人工だ液をレジンペレットに塗布し、洗浄方法による除去性を評価した結果を図4-7に示

す。なお、残留物の確認を容易にするためにコントラストを補正した画像も併せて示す。

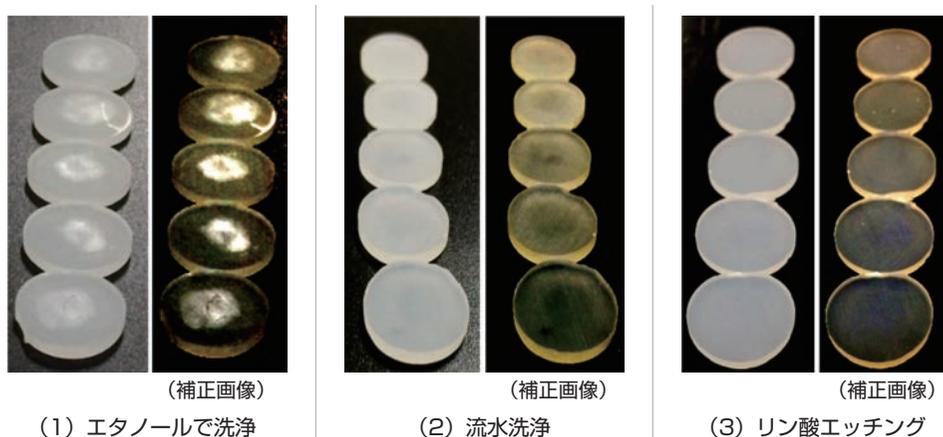


図4-7 洗浄効果評価

エタノール洗浄後のペレット表面に、はっきりと残留物が確認された。これは、高濃度アルコールにより液中のタンパク質が凝固したものと考えられる(1)。このような残留物があることが接着阻害因子となる。この残留物は紙製シート「キムワイブ(日本製紙クレシア株式会社)」で強くこすっても全く除去できないほど表面に強く固着していた。

流水洗浄のみをおこなった場合はわずかに残留物が残っていたが(2)、リン酸エッチング洗浄では完全に除去されていた(3)。

以上の評価から、リン酸エッチング洗浄がだ液に対して最も効果的な洗浄手段であることが確認された。

洗浄方法による引張接着強さを比較したところ、エタノール洗浄は、接着強さがリン酸エッチング洗浄の1/3になり、脱離の要因になり得る。

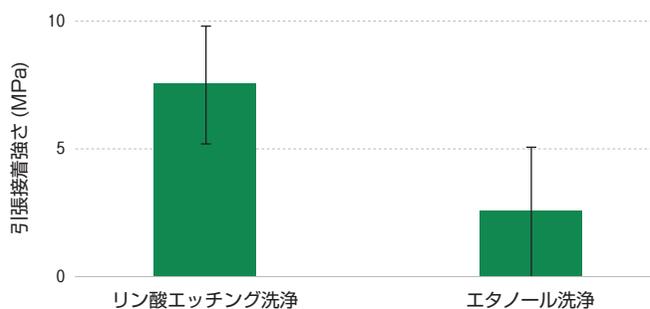


図4-8 洗浄方法による引張接着強さ比較

なお、リン酸エッチング後の水洗、乾燥が不十分だと、リン酸エッチング材や水分自体が接着阻害因子となるため、十分に水洗、乾燥させなければならない。

4-3 歯面（支台歯および窩洞表面）の前処理

プライマー併用型のレジンセメントは、それ自体に化学的な接着機構をもたないため、歯面への前処理が必須である。材質によってエッチング材やプライマーの使い分け、塗り分けが必要になるため、各社レジンセメントの電子添文を必ず確認し、手順に沿って接着しなければならない。

<歯面の前処理のポイント>

- 仮着材や仮封材を超音波スケーラーなどで除去。
- 口腔内サンドブラストやブラシコーンなどで歯面を清掃。
- 十分に水洗・乾燥する。
- レジンセメントの電子添文に従い、必要に応じてエナメル質へのリン酸エッチング処理をおこない、支台歯の材質に適したプライマーで表面処理する。

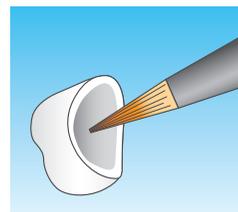


4-4 内面のシランカップリング処理

シランカップリング処理は、被接着体の表面を接着しやすい状態にする工程である。表面をシランカップリング処理しないと、表面をサンドブラストによって粗造にしたことによる機械的結合のみになり、化学的結合を得られないため短期間で容易にCAD/CAM冠、CAD/CAMインレーが脱離することが想定される。

<内面のシランカップリング処理のポイント>

- シランカップリング材含有のプライマーを使用。
- シランカップリング処理後は、汚れが付着しないよう直ちに接着する。



シランカップリング処理による化学的結合がどのように起こるのか概要をまとめた。

まず、シランカップリング材の有効成分であるトリアルコキシシランは図4-9に示したような化学構造を有している化合物である。歯科材料には、3-メタクリロイルオキシプロピルトリメトキシシラン (γ -MPTS) が一般的に使用される。

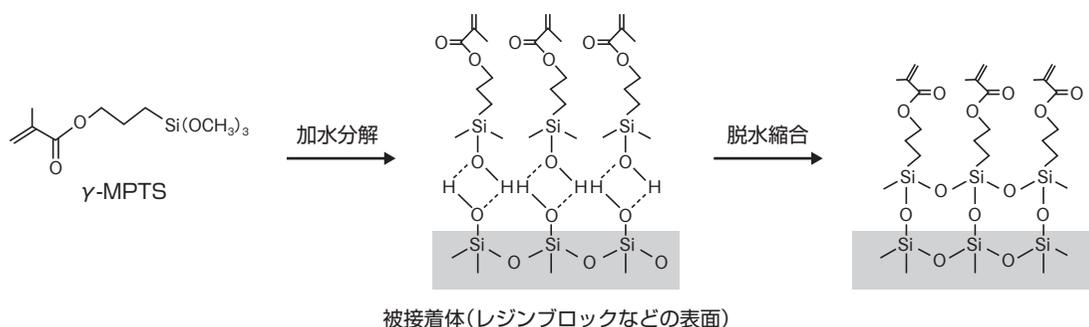


図4-9 シランカップリング処理の機構

γ -MPTSは、レジセメントなどと共重合して化学結合するメタクリレート基、被接着体のシリカ、アルミナやジルコニアなどの金属酸化物と化学反応するトリメトキシシリル基およびそれをつなぐ連結基からなる。

このトリメトキシシリル基は、表面処理の反応機構がポリマー成分ではなく、主にフィラー成分の水酸基と反応する。また、この反応は多段階であり、酸性条件だけでなく塩基性条件や加熱によって反応が促進される可能性がある。しかしながら、シランカップリング材は、適切な条件で使用しないと好ましくない反応が起こりやすいため、各社の電子添文にしたがって処理しなければならない。

重要なポイントは、被接着体の表面に、サンドブラスト処理すると凹凸ができ表面積が増えるだけでなく、シランカップリング材と反応できる水酸基が増加するため、サンドブラスト処理とシランカップリング処理の組み合わせが、複合的に接着に寄与することである。

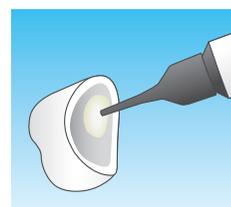
4-5 レジンセメント塗布

デュアルキュアタイプのレジセメントを使用する場合は、2種類以上のペーストなどの混和が不十分で化学重合が効率的に起こっていないこと、塗布後セメント内に気泡が残存することなどによって、歯科修復物装着後、脱離や破折のリスクが高まる。しっかりと混和、気泡の除去を心掛けなければならない。

審美面では、CAD/CAMインレーの辺縁部の色浮きを防ぐため、光透過性の高いシェードのレジセメントを選択する。

<レジセメント塗布のポイント>

- 内面に適度に混和された接着性レジセメントを塗布。
- 気泡を除去することで、接着の劣化を防ぐだけでなく酸素による硬化阻害を防止できる。
- CAD/CAMインレー辺縁部の色浮きを防ぐためには、光透過



性の高いシェードのレジンセメントを選択する。

- 接着耐久性の観点からプライマーを要するレジンセメントの使用が望ましい。

注) グラスアイオノマー系レジンセメントやリン酸亜鉛セメントのような合着系レジンセメントは、化学的接着効果が無く脱離の原因となるため、CAD/CAM冠、CAD/CAMインレーの接着材料としては推奨されない。

4-6 圧縮・重合

CAD/CAM冠およびCAD/CAMインレー装着時の圧縮（均等な力をかけて圧着する操作）は、レジンセメント層を適度な厚みにし、接着阻害因子である組成内の酸素や、レジンセメント内の気泡を取り除くために重要である。

<圧縮・重合のポイント>

- 酸素の供給を遮断し、重合反応を促進させるため、圧縮して気泡を追い出しながら装着する。
- CAD/CAM冠用材料は光透過性があり、材料の上から光照射してもある程度レジンセメント層に光が到達するため、デュアルキュアタイプのレジンセメントの場合、光照射することで化学重合のみより速やかに硬化させることができる。



形成後



修復後

図4-10 臨床例（下顎左側第一大臼歯，第二大臼歯）※第二大臼歯は保険適用外（P.3参照）

写真提供：医療法人 山北歯科診療所（高知県香南市）

5

CAD/CAMインレー向け材料紹介

CAD/CAMインレーが2022年4月に保険適用されたことで、今後インレーをCAD/CAMで製作することが増えていくと予想される。1章で説明したとおり、CAD/CAMインレーはCAD/CAM冠で使用する材料区分と同じであり、小臼歯にはCAD/CAM冠用材料（Ⅰ）およびCAD/CAM冠用材料（Ⅱ）、大臼歯にはCAD/CAM冠用材料（Ⅲ）が用いられる。そこで、本章ではヤマキンのCAD/CAM冠用材料について紹介する。

5-1 材料ラインアップ

CAD/CAMインレーに使用できるCAD/CAM冠用材料（Ⅰ）（Ⅱ）（Ⅲ）について、ヤマキンのラインアップは「KZR-CAD HR ブロック2プラス」（以下、HR2プラス）、「KZR-CAD HR ブロック2 BG」（以下、HR2 BG）、「ガンマシータ」の3種類である。

適応範囲	CAD/CAM冠用材料 機能区分	対応するハイブリッドレジックブロック																																				
小臼歯用	<table border="1"> <thead> <tr> <th>保険適用機能区分</th> <th>CAD/CAM冠用材料（Ⅰ）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適応範囲</td> <td>小臼歯</td> </tr> <tr> <td>材料点数</td> <td>188点</td> </tr> <tr> <td>無機質フィラー</td> <td>60%以上</td> </tr> <tr> <td>3点曲げ強さ^{※1}</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>ビッカース硬さ</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>吸水率^{※2}</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅰ）	適応範囲	小臼歯	材料点数	188点	無機質フィラー	60%以上	3点曲げ強さ ^{※1}	—	ビッカース硬さ	—	吸水率 ^{※2}	—	<p>対応製品 小臼歯用としての基本要件にフッ素徐放性を加えた、安心と実績のHR2プラス</p> <p>KZR-CAD HR 2+</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>無機質フィラー含有率 (wt%)</th> <th>3点曲げ強さ^{※1} (MPa)^{※3}</th> <th>ビッカース硬さ^{※1} (HV0.2)^{※3}</th> <th>吸水率^{※2} (μg/mm³)^{※3}</th> <th>溶解量^{※1} (μg/mm³)^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>72</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>フッ素徐放性</th> <th>X線透射性</th> <th>発光性</th> <th>色調</th> <th>トレーサビリティシール</th> <th>ブロックへのロット番号印字</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td>単色 / GPR</td> <td>有</td> <td>有</td> </tr> </tbody> </table>	無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}	72	—	—	—	—	フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字	有	有	有	単色 / GPR	有	有
	保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅰ）																																				
適応範囲	小臼歯																																					
材料点数	188点																																					
無機質フィラー	60%以上																																					
3点曲げ強さ ^{※1}	—																																					
ビッカース硬さ	—																																					
吸水率 ^{※2}	—																																					
無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}																																		
72	—	—	—	—																																		
フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字																																	
有	有	有	単色 / GPR	有	有																																	
大臼歯用	<table border="1"> <thead> <tr> <th>保険適用機能区分</th> <th>CAD/CAM冠用材料（Ⅱ）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適応範囲</td> <td>小臼歯</td> </tr> <tr> <td>材料点数</td> <td>181点</td> </tr> <tr> <td>無機質フィラー</td> <td>60%以上</td> </tr> <tr> <td>3点曲げ強さ^{※1}</td> <td>160MPa以上</td> </tr> <tr> <td>ビッカース硬さ</td> <td>55HV0.2以上</td> </tr> <tr> <td>吸水率^{※2}</td> <td>32μg/mm³以下</td> </tr> </tbody> </table>	保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅱ）	適応範囲	小臼歯	材料点数	181点	無機質フィラー	60%以上	3点曲げ強さ ^{※1}	160MPa以上	ビッカース硬さ	55HV0.2以上	吸水率 ^{※2}	32μg/mm ³ 以下	<p>対応製品 小臼歯高強度機能区分適用。高強度とフッ素徐放性を両立したHR2 BG</p> <p>KZR-CAD HR 2 BG</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>無機質フィラー含有率 (wt%)</th> <th>3点曲げ強さ^{※1} (MPa)^{※3}</th> <th>ビッカース硬さ^{※1} (HV0.2)^{※3}</th> <th>吸水率^{※2} (μg/mm³)^{※3}</th> <th>溶解量^{※1} (μg/mm³)^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>72</td> <td>200</td> <td>80</td> <td>25</td> <td>0.4</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>フッ素徐放性</th> <th>X線透射性</th> <th>発光性</th> <th>色調</th> <th>トレーサビリティシール</th> <th>ブロックへのロット番号印字</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td>単色 / GPR</td> <td>有</td> <td>有</td> </tr> </tbody> </table>	無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}	72	200	80	25	0.4	フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字	有	有	有	単色 / GPR	有	有
	保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅱ）																																				
適応範囲	小臼歯																																					
材料点数	181点																																					
無機質フィラー	60%以上																																					
3点曲げ強さ ^{※1}	160MPa以上																																					
ビッカース硬さ	55HV0.2以上																																					
吸水率 ^{※2}	32μg/mm ³ 以下																																					
無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}																																		
72	200	80	25	0.4																																		
フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字																																	
有	有	有	単色 / GPR	有	有																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>保険適用機能区分</th> <th>CAD/CAM冠用材料（Ⅲ）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適応範囲</td> <td>大臼歯</td> </tr> <tr> <td>材料点数</td> <td>350点</td> </tr> <tr> <td>無機質フィラー</td> <td>70%以上</td> </tr> <tr> <td>3点曲げ強さ^{※1}</td> <td>240MPa以上</td> </tr> <tr> <td>ビッカース硬さ</td> <td>75HV0.2以上</td> </tr> <tr> <td>吸水率^{※2}</td> <td>20μg/mm³以下</td> </tr> </tbody> </table>	保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅲ）	適応範囲	大臼歯	材料点数	350点	無機質フィラー	70%以上	3点曲げ強さ ^{※1}	240MPa以上	ビッカース硬さ	75HV0.2以上	吸水率 ^{※2}	20μg/mm ³ 以下	<p>対応製品 咬合に大きな荷重がかかる大臼歯には、余裕ある機械的性質で安心のガンマシータ</p> <p>KZR-CAD HR 3 GAMMATHETA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>無機質フィラー含有率 (wt%)</th> <th>3点曲げ強さ^{※1} (MPa)^{※3}</th> <th>ビッカース硬さ^{※1} (HV0.2)^{※3}</th> <th>吸水率^{※2} (μg/mm³)^{※3}</th> <th>溶解量^{※1} (μg/mm³)^{※3}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75</td> <td>270</td> <td>85</td> <td>17</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>フッ素徐放性</th> <th>X線透射性</th> <th>発光性</th> <th>色調</th> <th>トレーサビリティシール</th> <th>ブロックへのロット番号印字</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>有</td> <td>有</td> <td>有</td> <td>単色</td> <td>有</td> <td>有</td> </tr> </tbody> </table>	無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}	75	270	85	17	0.1	フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字	有	有	有	単色	有	有
保険適用機能区分	CAD/CAM冠用材料（Ⅲ）																																					
適応範囲	大臼歯																																					
材料点数	350点																																					
無機質フィラー	70%以上																																					
3点曲げ強さ ^{※1}	240MPa以上																																					
ビッカース硬さ	75HV0.2以上																																					
吸水率 ^{※2}	20μg/mm ³ 以下																																					
無機質フィラー含有率 (wt%)	3点曲げ強さ ^{※1} (MPa) ^{※3}	ビッカース硬さ ^{※1} (HV0.2) ^{※3}	吸水率 ^{※2} (μg/mm ³) ^{※3}	溶解量 ^{※1} (μg/mm ³) ^{※3}																																		
75	270	85	17	0.1																																		
フッ素徐放性	X線透射性	発光性	色調	トレーサビリティシール	ブロックへのロット番号印字																																	
有	有	有	単色	有	有																																	

※1 日本歯科材料工業協同組合規格 JDMAS 245:2020準拠 ※2 37℃水中に7日間浸漬後 ※3 37℃水中に1日間浸漬後
試験記載の数値は参考値であり、製品仕様を示すものではありません。

図5-1 ヤマキンの小臼歯CAD/CAM冠用材料

これらの材料はCAD/CAM冠用として以前からラインアップしているが、CAD/CAMインレーの保険適用を受け、CAD/CAMインレーに適したシェード、サイズを追加した。シェードではエナメルをイメージしたEシェードを、サイズでは「ガンマシータ」にSサイズを追加した。

5-2 インレーに適した色調追加

インレーは咬合面部の修復に使用されるため、色調としてはエナメル色が適ししやすい。そこで、インレーに適したシェードとして、Eシェードを「HR2 BG」と「ガンマシータ」に追加した(図5-2, 5-3)。Eシェードの色調は、前歯CAD/CAM冠用材料「KZR-CAD HRブロック4 イーバ」(以下、イーバ)で用いられるグラデーションの切端部分の色調コンセプトを採用しており、KZR-CAD HR ブロックシリーズの色調整合性を踏襲している。

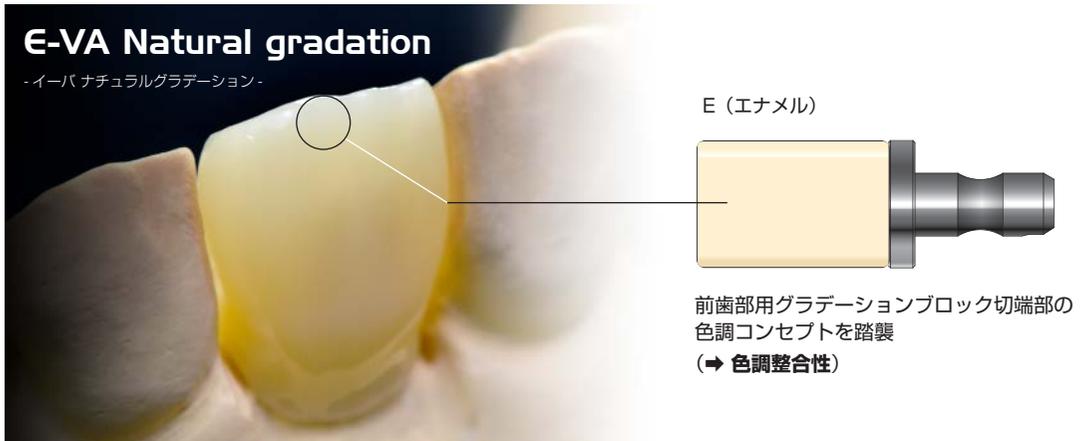


図5-2 Eシェードのコンセプト

小白歯 単色			A1	A2	A3	A3-LT	A3.5	A4			
HR2プラス											
小白歯 単色	E		A1	A2	A3	A3-LT	A3.5	A4			
HR2 BG											
大白歯 単色	E			A2	A3		A3.5				
ガンマシータ											
小白歯 グラデーション				A2-GR	A3-GR		A3.5-GR				
HR2プラス GR HR2 BG GR											

図5-3 シェード一覧

Eシェードは、1色で幅広いシェードの歯冠色に調和する色調に設計している。図5-4は、窩洞への装着イメージとして、A1からA3シェードの窩洞形成模型にCAD/CAMインレーを装着した写真である。

窩洞状態		ブロックのシェード			
		E	A1	A2	A3
A1					
A2					
A3					

図5-4 各色の窩洞にCAD/CAMインレーを装着した模型

EシェードのCAD/CAMインレーは、A1からA3シェードの窩洞形成模型すべてに調和した色調であった。A1からA3シェードのCAD/CAMインレーについては、同色または1シェード濃い窩洞形成模型に調和していた。インレーの厚みによって違いは生じるが、修復対象の天然歯がA1からA3シェードであれば、多くの症例がEシェードで調和すると考えられる。Eシェード以外のシェードでCAD/CAMインレーを製作する場合は、天然歯と同じシェードか、1シェードダウンすると調和しやすいと考えられる。

5-3 大白歯用レジンブロックのサイズ追加

大白歯用のCAD/CAM冠用材料である「ガンマシート」にSサイズを追加した。これまで、「ガンマシート」は大白歯のCAD/CAM冠、つまりクラウンのサイズを指標としていたため、MサイズとLサイズの2種類であったが、CAD/CAMインレーの保険適用に合わせ、より小さいSサイズを追加した（図5-5）。Sサイズで収まる大きさの大白歯CAD/CAMインレーであれば、Mサイズに比べて加工時の切削量を減らすことができるため、加工時間の短縮、ミリングバーの摩耗低減、材料廃棄量の削減などの効果が見込める。



図5-5 ガンマシートのブロックサイズ

製品紹介



CAD/CAMインレーの仕上げには 「Nu:leコート(ヌールコート)」がおすすめ!

CAD/CAMインレーの研磨でお困りではないですか？
ブラシ研磨中にどこかに飛んで行ってしまったり、
チッピングが発生してしまったり、やり直すリスクを感じたことがあると思います。

そんなときには、研磨よりも手間がかからず簡単つや出し「Nu:leコート リキッド クリアー」をひと塗り、満足のいく仕上がりをもっと手軽にできます。



Nu:le Coat 
特設サイトはコチラから



本文掲載製品

KZR-CAD HR ブロック2
管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号: 226AABZX00171000

KZR-CAD HR ブロック2 BGy
管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号: 304AKBZX00009000

KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシートz
管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号: 303AKBZX00111000

KZR-CAD HR ブロック4 イーバγ
管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料 認証番号: 304AKBZX00010000

マルチエッチャント
管理医療機器 歯科用エッチング材(歯科セラミックス用接着材料) 認証番号: 228AABZX00136000

KZR-CAD マリモセメントLC
管理医療機器 歯科接着用レジンセメント(光重合型) 認証番号: 302AABZX00007000

Nu:le コート
管理医療機器 歯科表面滑沢硬化材(高分子系歯冠用着色材料、歯科レジン用接着材料、歯科レジン系補綴物表面滑沢硬化材、
歯科接着・充填材料用表面硬化保護材、歯面コーティング材) 認証番号: 303AABZX00051000

製造販売元: YAMAKIN 株式会社 〒781-5451 高知県香南市香我美町上分字大谷 1090-3

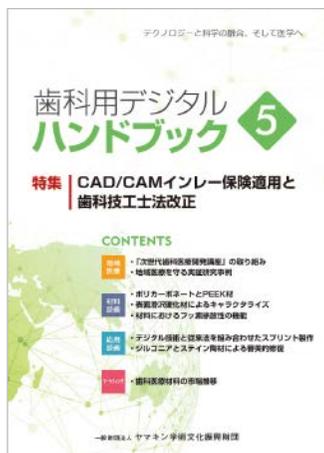
おわりに

2022年4月の診療報酬改定で保険適用された「CAD/CAMインレー」について、保険適用の概要から製作のポイントまで、幅広く紹介した。クラウンをかぶせる支台歯の形成に比べ、窩洞形成は内面やマージンラインが複雑になりやすく、CAD/CAMインレーの製作も難しくなる。しかし、製作のポイントをしっかりと押さえることで、適合のよいCAD/CAMインレーを製作することは十分に可能である。

CAD/CAMインレーはメタルインレーとレジンインレーの間に位置しており、保険診療の選択肢が広がった。優れた物性と審美性を有する歯科修復物を保険診療で実現でき、患者のQOL向上につながるため、修復の新たな選択肢にしていだきたい。保険適用から日が浅く、まだまだ情報量が少ないCAD/CAMインレーだが、皆さまの臨床活動に本誌が少しでもお役に立てば幸いである。

文献

- 1) 令和4年3月4日保医発0304号第10号
- 2) 令和4年4月13日事務連絡
- 3) 厚生労働省保険局医療課：令和4年度診療報酬改定の概要【歯科】
- 4) 社会医療診療行為別統計



歯科用デジタル ハンドブック 5

特集 | CAD/CAMインレー保険適用と
歯科技工士法改正

CONTENTS

- 「次世代歯科医療開発講座」の振り返り
● 地域医療を守る実証研究事例
- 車リカーシートとPEEK材
● 歯肉炎症抑制によるキャラクターライズ
● 材料におけるフッ素樹脂の役割
- デジタル歯冠と従来の組み合わせた3Dプリント製作
● フルヒニアシステム採用による業務の効率化
- 歯科医療材料の市場情報

— 監修 株式会社 ヤマキン 学術文化振興部

〈特集〉

CAD/CAMインレー保険適用と 歯科技工士法改正

高知大学医学部と弊社による共同研究講座「次世代歯科医療開発講座」で取り組んだ地域医療を守るための実証研究の事例や、保険導入されたCAD/CAMインレーの情報、歯科用CAD/CAMシステムに対応した材料の技術的情報、歯科の市場情報などをお伝えしております。

価格：本体1,000円+税

2022年5月発行

CAD/CAMインレー セミナー

無料

主なメニュー（組み合わせ自由）

- 形成のポイント
- 設計および加工のポイント
- 装着の注意点
- 接着理論
- 材料特性 など

少人数~大人数
まで対応可能

ご希望の場所で
開催いたします

オンライン可



開催ご希望の方は弊社営業担当者まで
ご連絡ください。

監修

ヤマキン博士会

一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団

高橋 元一

高知工科大学大学院起業マネジメントコース修士課程修了
有限会社パップワン 代表取締役
YAMAKIN株式会社 主席客員研究員

執筆

佐藤 雄司

高知工科大学大学院博士課程修了 博士（学術）
一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団 理事
YAMAKIN株式会社 企画戦略室 室長

細川 千尋

大阪芸術大学芸術学部美術学科卒業
YAMAKIN株式会社 技術・情報マーケティング本部 兼 企画戦略室

山本 恭平

山口東京理科大学基礎工学部卒業
YAMAKIN株式会社 先端デジタル技術研究所 課長

知っておきたい

歯科用デジタルハンドブック別冊

CAD/CAMインレーのポイント

2022年6月1日 第1版発行

発行責任者 山本 裕久
発行所 一般財団法人ヤマキン学術文化振興財団
〒780-0901 高知県高知市上町5丁目4番1号 YAMAKINビル5F

非売品

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。

