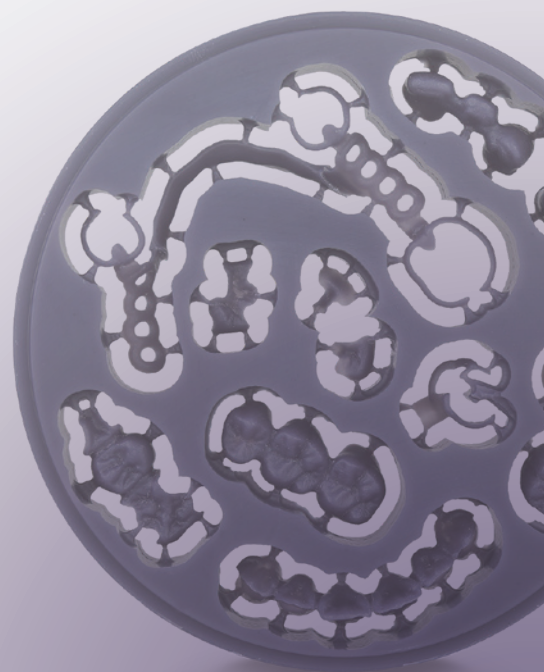




「KZR-CAD ワックスディスク」の 基礎知識と製品レポート

目 次

1. はじめに	2
2. ワックスディスクの基礎知識	2
2.1 ワックスの種類とさまざまな用途	2
2.2 歯科用ワックス	3
2.3 切削加工用ワックスディスク	4
3. 「KZR-CAD ワックスディスク」の加工性評価	8
3.1 切削加工時に発生する熱の影響	8
3.2 ワックスパターンの表面状態	10
4. 焼却・鋳造体の評価	12
4.1 ワックスディスクの焼却が鋳造体におよぼす影響	12
4.2 材料および試験方法	13
4.3 ヒートショック焼成とロング焼成による焼却試験	14
4.4 鋳造試験	18
4.5 最後に	24
5. おわりに	25

監修

ヤマキン博士会 (50音順)

- 安楽 照男 博士 (工学)
- 糸魚川博之 博士 (理学)
- 加藤 喬大 博士 (工学)
- 坂本 猛 博士 (薬学)
- 佐藤 雄司 博士 (学術)
- 田中 秀和 博士 (工学)
- 松浦理太郎 博士 (農学)
- 山添 正稔 博士 (歯学)
- 山本 裕久 博士 (学術)

ヤマキン博士会 相談役

- 山田文一郎 博士 (工学)

ヤマキン博士会とは？

ヤマキンのさまざまな専門分野のエキスパート集団であり，各々の知識や経験，技術を融合することで，イノベーションを継続的に発生させる原動力となっている。

「KZR-CAD ワックスディスク」の 基礎知識と製品レポート

技術課 主席技術員（マスターテクニシャン） 本山 禎朗
先端デジタル技術研究所 課長 山本 恭平
高知先端デジタル技術研究所 係長 黒岩 良介

1. はじめに

近年の歯科用CAD/CAMシステムの普及に伴い、歯科技工物の製作方法が大きく変わりつつある。たとえば、鋳造による歯科技工物の製作において、多くの労力を必要とする手作業のワックスアップが切削加工に代わることで、生産性の向上が期待できる。しかしながら、切削加工用のワックスディスクについて詳しく解説した報告はあまり見られない。そこで、「KZR-CAD ワックスディスク」（YAMAKIN株式会社）を使用し、切削加工だけでなく、焼却、鋳造など一連の工程を想定した検証をおこない、製品レポートとしてまとめた。本レポートが高品質な鋳造体を効率よく得るための工程確立の一助になることを願っている。

2. ワックスディスクの基礎知識

2.1 ワックスの種類とさまざまな用途

ワックスとは、一般に「常温で固体、加熱すると液体となる有機物」と定義されている¹⁾。石油由来のパラフィンワックス、マイクロクリスタリンワックス、動物由来の蜜蝋、植物由来のガルナバ蠟などさまざまな種類があり、それぞれ軟化点や硬さなどの性質が異なるため、用途に応じて組み合わせて使用される。

ワックスの日本語訳は「蠟」であることから、ロウソクとしての用途が思い浮かべやすいだろう。ロウソクにはワックスの引火性だけでなく、容易にさまざまな形にすることができる成形性や有機系染色材などによる着色しやすさなどの特長が生かされている。他には、滑沢性や撥水性からスキーワックスやカーワックス、床用ワックスなどに使われたり、亀裂防止剤として自動車用タイヤの成分として含まれたり、安全性が高いため食品添加物や化粧品ベース材として使用されたりしている。2017年のワックス出荷量は国内で80,000tにのぼり¹⁾、生活に欠かせないものとして活躍している。

2.2 歯科用ワックス

歯科用途では、ワックスの可塑性や成形性（熱で溶かして盛る、溶かして接着する、ナイフで彫刻する、温めて曲げるなど）に優れる特長を生かして、鋳造用のワックスパターンや咬合採得に使用されている。表1に、歯科用ワックスの一覧を示す。

表1 歯科用ワックスの一覧

一般的名称	定義
歯科用キャストینگワックス	ロストワックス法による固定式補綴修復物のろう型作製のキャストینگワックスをいう。
歯科用パラフィンワックス	主として義歯床の仮床、人工歯の排列等に用いるワックスをいう。
歯科鋳造用シートワックス	床、バー、クラスプ等の鋳造ろう型を作製するために用いるワックスをいう。
歯科用ステッキワックス	歯科技工物を作製するために用いる仮着用ワックスをいう。
歯科用咬合堤	上下顎関係を記録するために、仮床または本床に取り付けられた歯列弓の概形模型をいう。咬合堤は既成形成品をもとに個々の患者に合わせて作製または調整される。
歯科用咬合堤ワックスプレート	上下顎関係を記録するために用いる歯科材料（模型用ワックス）をいう。板状に成形されており、咬合堤を作る。箔（金属、プラスチック）による補強のあるものもないものがある。
歯科用咬合堤ワックス	上下顎関係を記録するために用いる歯科材料（模型用ワックス）をいう。咬合堤を作る。箔（金属、プラスチック）による補強のあるものもないものがある。
歯科用ユーティリティーワックス	歯科技工物を作製するために補助的に用いる多目的ワックスをいう。
歯科用ベースプレート	咬合堤の築盛または試適用義歯作製の基礎となる土台をいう。歯科用ベースプレートはワックス、セラック又は高分子からなり、個々の患者ごとに作製される（個別製）。
歯科用ワックス成形品	可撤性局部義歯を維持するための器具を作製する場合に用いる材料をいう。ワックスで既定の形状に成形されており、たとえば鋳造等によって金属に置き換えて使用する。
歯科印象用ワックス	口腔内の印象採得用の材料をいう。ワックスを成分とするが、融点の低いレジンを混合したものもある。
歯科汎用ワックス	口腔内の印象採得、試適用のワックスパターン、インレー・クラウンのパターン製作などに用いるワックスをいう。他に名称を定めるものを除く。
歯科用パターン成形品	修復物等の製作に用いる既製パターンをいう。材質はワックス、レジン等からなる。歯科用ワックス成形品に該当するものを除く。

歯科用途で多く用いられているのが石油系ワックスのパラフィンワックスである。これは、減圧蒸留留出油から分離精製した常温において固形のワックスと定義されており、針の進入深さから導かれる硬さや融点範囲の違い（48.9～71.0℃）により8種類に分けられる²⁾。炭素数20～36の直鎖状飽和炭化水素が主成分の分子量300～500の混合物である³⁾。結晶性があり固体は硬くてもろい性質があるため、高い融点と柔軟性が求められる用途にはパラフィンワックス単体では不十分である。

そこで用いられているのが同じく石油系ワックスのマイクロクリスタリンワックスである。これは、減圧蒸留の残渣油または重質留出油から分離精製した常温において固形のワックスであり、パラフィンワックスよりも柔らかく、融点が高い（60.0℃以上）²⁾。炭素数40～50ぐらいの分枝鎖状や環状の飽和炭化水素が主成分の分子量550～700程度の混合物である³⁾。これらを組み合わせたものを主成分とし、他のワックス成分（蜜蝋やガルナバ蝋）や添加剤を配合して、各用途向けに最適化されている。図1に、パラフィンワックスとマイクロクリスタリンワックスの構造を示す。

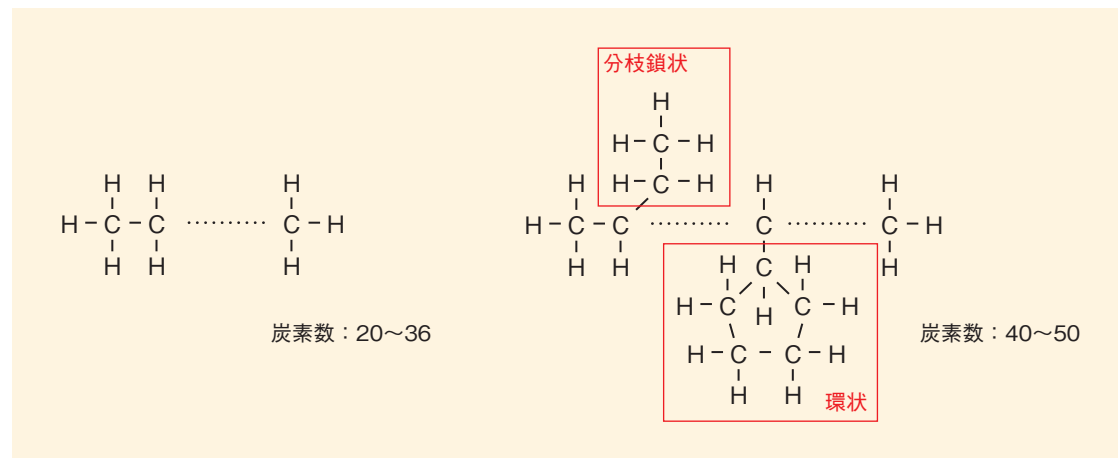


図1 パラフィンワックス (左)、 マイクロクリスタリンワックス (右) の構造

2.3 切削加工用ワックスディスク

鋳造による歯科技工物の製作において、手作業のワックスアップに多くの時間と労力が割かれているため、切削加工によるワックスパターンは、技工作業の生産性向上につながる大きな期待が寄せられている。そこで、ワックスディスクを使用する主なメリットを下記に示す。

<ワックスディスクの主なメリット>

1) 稼働率アップ

CAD/CAM冠などの加工の合間にワックスディスクを切削加工することで、加工機の稼働率を向上させることができる。

2) 高付加価値作業に注力

ワックスアップを削減できるため、その他の高付加価値作業に注力できる。

3) 均一な品質水準

ワックスパターンの製作者による品質の差がなくなり、均一な品質水準となる。

4) 複製可能

同じデータを使用することで、容易に複製することができる。

5) 安全でクリーンな職場環境

火を使う作業が減り、安全でクリーンな職場環境になる。

6) 働き方改革

帰宅前に切削加工機にセットすることで、製作者不在の夜間も作業が進み、翌朝にはワックスパターンが完成している。

7) 変形が少ない

ワックスアップしたワックスパターンよりも熱変形しづらいため、変形リスクを抑えられる。

8) 設計が簡単

CADソフトウェアに登録されている歯冠形態のベースデザインをもとに、設計をマウス操作や数値入力でおこなうため、容易に設計できる。

2.3.1 特長

手作業で用いるワックスは比較的低温で軟化したり、溶けたりすることで成形性を高めているが、これをそのまま切削加工に用いると、加工時に発生する熱や加工機内の温度変化によって変形し、形状再現性が損なわれてしまう。エアーなどによる冷却機構が備わっている加工機もあるが、1分間に1～2万回転というスピードで回転する工具による加工は、局所的な熱を必ず発生させる。そのため、加工熱でも変形しない最適な組成のワックスが必要となる。

現在販売されているワックスディスクは、ワックス成分に樹脂成分を配合することでその課題を解決している。樹脂成分が少なすぎると上記の理由から加工精度が低下し、樹脂成分が多すぎると埋没後のワックスパターン焼却後の残渣が発生しやすくなり、鋳造トラブル（鋳巣など）のリスクにつながる。そのため、そのバランスが良いワックスディスクが求められている。

また、ワックスパターンの形状確認のため、青や緑、グレーなどに着色されており、視認性が向上している。着色材に金属酸化物を用いると焼却残渣の原因になるため、有機系の染料を用いているものが多い。金属酸化物の残渣は鋳巣だけでなく、プレス用ガラスセラミックスの変色リスクになると言われている。

2.3.2 加工プロセス

切削加工用ワックスディスクは、歯科用CAD/CAMシステムを使用した歯科技工物の設計および加工に用いられる。これにより、手作業によるワックスパターンを切削加工で製作することができる。本項では加工プロセスの概要を紹介する。

1) スキャン

CADソフトウェアを用いて歯科技工物を設計するには歯列の3Dデータが必要となる。口腔内スキャナーを用いて口腔内を直接スキャンする方法や歯科用デスクトップスキャナーを用いて石膏模型や印象をスキャンする方法により、3Dデータを得ることができる(図2, 3)。

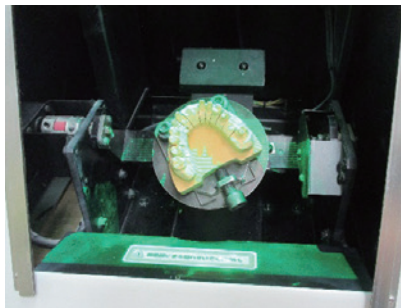


図2 デスクトップスキャナーを用いたスキャンの様子

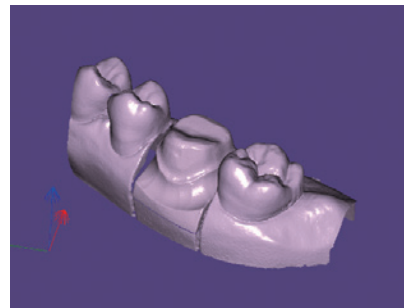


図3 スキャンデータ

2) CADソフトウェアを用いた歯科技工物の設計

歯列の3Dデータを元に、歯科用CADソフトウェアを使用して歯科技工物の設計をおこなう(図4, 5)。CADソフトウェアによって異なるが、デンチャーなど歯冠形態以外の歯科技工物の設計では、オプションソフトが必要となることがある。

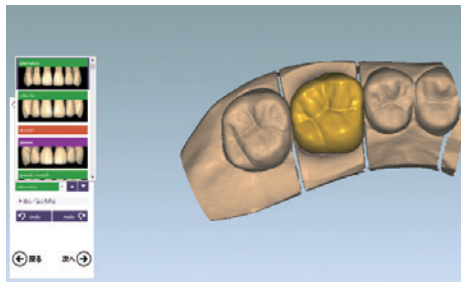


図4 設計途中(歯冠形態の選択)

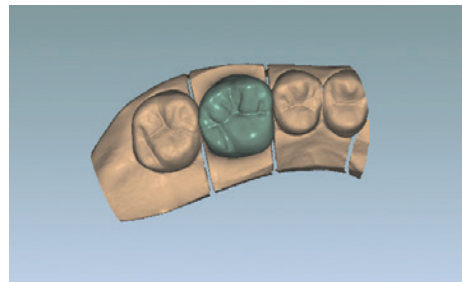


図5 設計した3Dデータ

3) CAMソフトウェアを用いた加工プログラムの作成

CADソフトウェアを用いて設計した3Dデータからワックスディスクを切削するための加工プログラムを作成する(図6, 7)。歯科技工物のデータをディスク内に配置し、シーケンスを選択する。

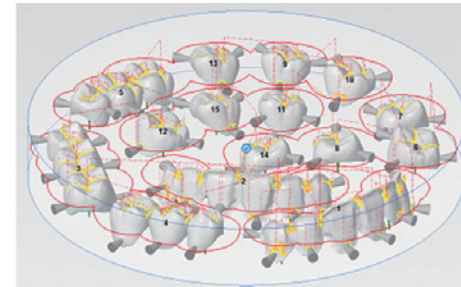


図6 ディスク内に加工物を配置

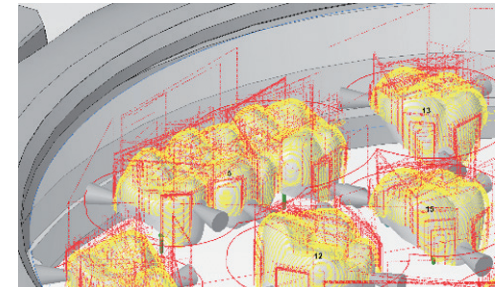


図7 加工プログラムの作成

4) 切削加工

切削加工機でワックスディスクから削り出す(図8, 9)。安定した加工精度を維持するために、定期的なキャリブレーション、ミリングバーの交換、メンテナンスなどを実施する必要がある。3項(P8~11)では、加工性の詳細について報告する。



図8 切削加工



図9 加工後のディスク

5) スプルー付与

加工後のワックスパターンにスプルーを付与する(図10, 11)。CADソフトウェアを使えば、スプルー付きの3Dデータを設計することも可能である。

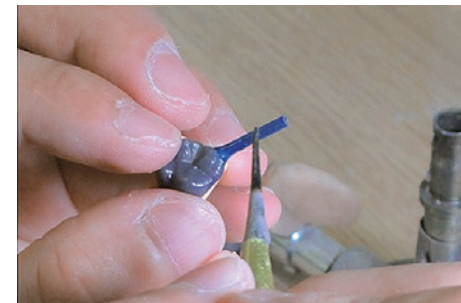


図10 スプルーの付与



図11 フォーマーへの植立

6) 鋳造および仕上げ

通法に従って鋳造，調整，研磨をおこなう(図12, 13)．鋳造および仕上げ研磨に関する評価は，4項（P12～24）で報告する．



図12 仕上げ研磨



図13 完成

3. 「KZR-CAD ワックスディスク」の加工性評価

「KZR-CAD ワックスディスク」の切削加工性を評価した．加工性は，加工時におけるミリングバーへのワックスの溶着および加工後のワックスパターンの表面観察，鋳造体の研磨時間で評価した．

3.1 切削加工時に発生する熱の影響

ミリングバーを使用した切削加工は，穴加工を除いて，空転を伴う断続的な切削が連続しておこなわれることが特徴である（図14）．一般的に加工物を削り出す際に，ミリングバーの切れ刃と加工面，および切りくずとの間に発生する摩擦エネルギーとせん断エネルギーは，熱エネルギーに変換されるため，加工時に熱が発生する⁴⁾．

ワックスディスクに含まれる固形パラフィン融点が高いため，切削加工時に発生する熱で軟化することが考えられる．軟化したワックスがミリングバーに溶着し，切れ刃を覆ってしまうと，加工精度に影響を及ぼす可能性があるため，ミリングバーへの溶着性を評価した．

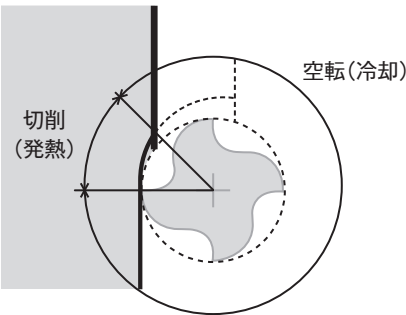


図14 切削と空転

＜評価方法＞

- 1) 未使用のワックスディスク対応ミリングバーをマイクロスコープで観察する．
- 2) 「KZR-CAD ワックスディスク」を用い，上顎第一大臼歯のワックスパターンを加工する．
- 3) 加工後のミリングバーをマイクロスコープで観察し，加工前後を比較する．

＜使用機器＞

評価に使用した機器，器具を表2に示す．なお，「DWX-50」はミリングバー先端に向けてエアブローされる仕様であり，切りくずの排出と冷却効果が備わっている．

表2 評価に使用した機器，器具

	機器／器具	メーカー
切削加工機	DWX-50	ローランド ディー．ジー．株式会社
ミリングバー	ZCB-50D R0.5mm ZCB-100D R1.0mm	DGSHAPE 株式会社
マイクロスコープ	VHX-6000	株式会社キーエンス

＜結果＞

加工前後のミリングバー先端の切れ刃の写真を図15に示す．

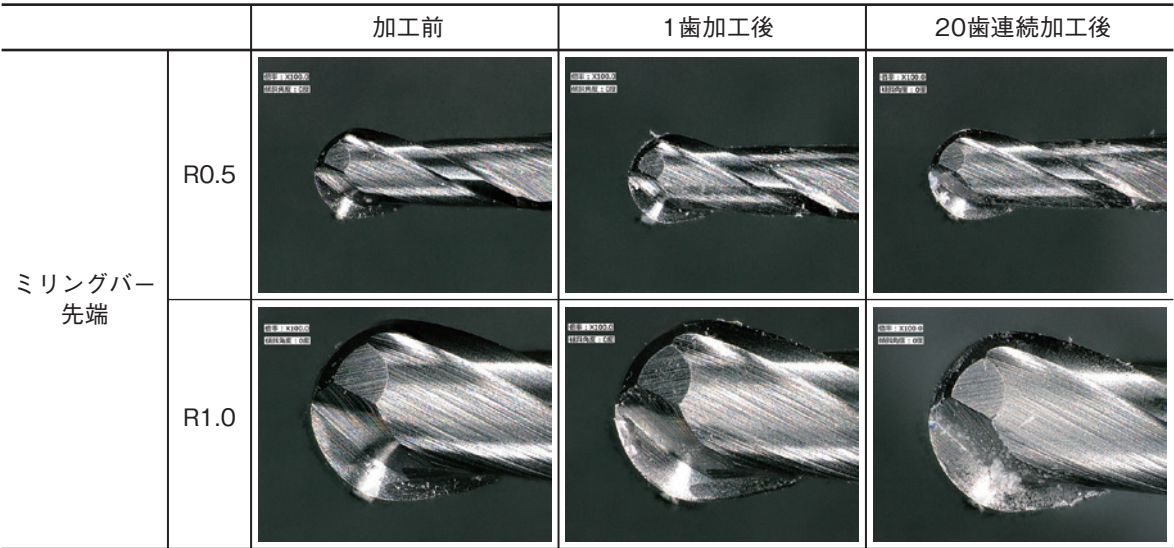


図15 ミリングバー先端（100倍拡大）

マイクロスコープによる観察の結果，切れ刃周辺に切りくずが付着しているものの，エアブローで容易に取り除けたことから，切削に影響を及ぼすような溶着は認められなかった．その後，同じ上顎第一大臼歯のワックスパターン20個を連続加工し，ミリングバーの切れ刃を観察したが，同様に溶着は認められなかった．また，切りくずは総じて同形状であり，外周の薄い部分は鋭利な形のままで切削熱で溶けたような箇所は確認されなかった（図16）．



図16 加工後の切りくず（左：20倍拡大 右：100倍拡大）

＜考察＞

評価結果から、今回の条件下では切削熱の影響により、軟化したワックスがミリングバーに溶着することはなかった。また、切りくずは小さくて薄いため、熱の影響を顕著に受けるものと考えられたが、熱によって溶けたような箇所は認められなかった。切りくずの形状が揃っていることから、ミリングバーの切り込み量に対して、せん断が安定しておこなわれていると考えられる。「KZR-CADワックスディスク」はパラフィンワックスだけでなく、加工性の向上を目的として樹脂成分を含有しており、それらが均一に混合されている。そのため、加工時に発生する熱による不具合を生じる可能性は少なく、良好な切削加工性を示すと考えられる。

3.2 ワックスパターンの表面状態

切削加工は、高速回転するミリングバーの切れ刃を被削材に切り込ませて、繰り返しせん断することでモデルを削り出しているため、ミリングバーの切れ刃が切り込んだ痕（切削痕）が発生する。切削加工機で加工したワックスパターンの表面を図17に示す。表面には、切削により生じた線状の痕や、鱗のような痕が確認された。比較のため、従来の手作業によるワックスアップで製作したものを図18に示す。

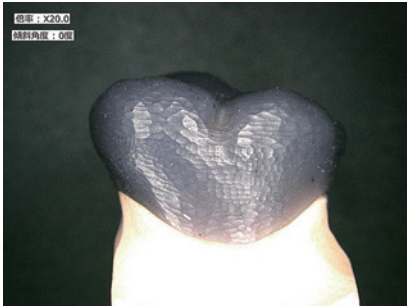


図17 切削痕



図18 ワックスアップ（比較用）

これらを用い、歯科 casting 用金銀パラジウム合金「パラゼット 1 2-n」（YAMAKIN株式会社）で通法に従い casting したところ、切削加工で作製したワックスパターンの casting 体表面には切削痕まで再現されていた（図19、20）。 casting 後は研磨作業をおこなうため、大きな切削痕があると仕上げ研磨にかかる労力が大きくなってしまうと考えられる。

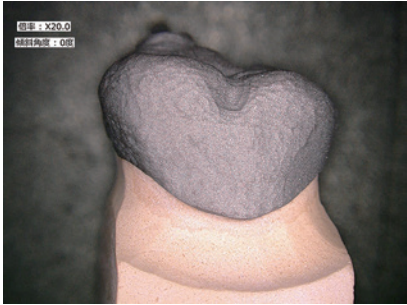


図19 ワックスディスクによる casting 体

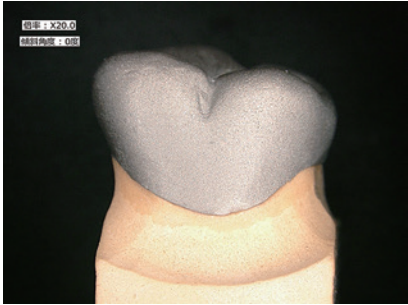


図20 ワックスアップによる casting 体

そこで、表面状態の違いが研磨時間に及ぼす影響を調査するため、 casting 体の研磨時間で評価した。研磨には粗研磨でカーボランダムポイントとペーパーコーン、中研磨で茶色シリコンポイント、仕上げ研磨で研磨材とブラシの組み合わせを使用し（図21）、3名の歯科技工士が1回ずつ作業

をおこない、研磨時間を計測した。



図21 研磨用ツール

表3 研磨作業時間

		粗研磨	中研磨	仕上げ研磨	合計
ワックスディスクによる casting 体	技工士 A	5 分 20 秒	1 分 16 秒	3 分 44 秒	10 分 20 秒
	技工士 B	5 分 01 秒	2 分 41 秒	4 分 30 秒	12 分 12 秒
	技工士 C	5 分 21 秒	4 分 05 秒	3 分 52 秒	13 分 18 秒
	平均	5 分 14 秒	2 分 40 秒	4 分 02 秒	11 分 56 秒
ワックスアップによる casting 体	技工士 A	4 分 27 秒	1 分 01 秒	3 分 25 秒	8 分 53 秒
	技工士 B	3 分 30 秒	2 分 55 秒	6 分 00 秒	12 分 25 秒
	技工士 C	2 分 42 秒	5 分 42 秒	4 分 31 秒	12 分 55 秒
	平均	3 分 33 秒	3 分 12 秒	4 分 38 秒	11 分 24 秒

ワックスディスクによる casting 体表面には切削痕があるため、粗研磨作業に多くの時間を費やした。しかしながら、粗研磨の段階で切削痕が残らない程度になるまで整えられるため、それ以降はほぼ同じ作業時間であった。また、ワックスディスクによる casting 体は、ワックスアップによる casting 体よりも平均作業時間が32秒長いという結果であった（表3）。

なお、仕上がり後にコンタクトの不具合はなかったので、切削痕はコンタクトに隙間を生じるほど大きな表面粗さではないことが推察される。

ワックスディスクから製作したワックスパターンは、切削加工の特性上どうしても切削痕が生じるため、ワックスアップに比べて casting 体の研磨時間が若干長くなるが、通法の研磨作業で問題なく仕上がることを確認できた。

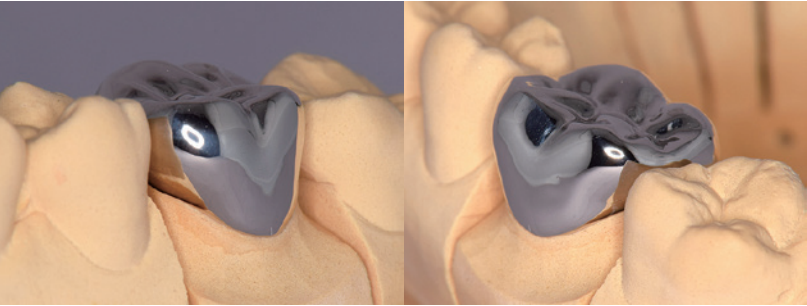


図22 研磨後の上顎第一大臼歯

4. 焼却・鑄造体の評価

4.1 ワックスディスクの焼却が鑄造体におよぼす影響

近年、歯科用CAD/CAMシステムの普及に伴い、多岐にわたる使用材料が登場した。その材料の一つとしてワックスディスクが挙げられる。歯科用CAD/CAMシステムを利用し切削加工に変えることで、手作業でおこなっていたワックスアップの作業時間の削減につながる。保険の歯科修復物作製に活用すれば、切削加工中に他の高付加価値作業に注力できるため、業務の効率化も期待できる。

ワックスディスクは切削加工後、従来通りの方法（埋没・鑄造）で合金に置き替える。歯科鑄造用合金の中で、保険で使用される合金に歯科鑄造用金銀パラジウム合金がある。この合金を鑄造するときに使用する埋没材は、埋没後20分から30分で700℃に加熱した炉に入れることができ、短時間で鑄造できることから、急速加熱型のクリストバライト埋没材が広く使用されている。急速加熱型のクリストバライト埋没材の製品情報には、ワックスパターンの焼却スケジュールが記載されており、さらにパターンレジンや、プラキャストバーを併用する際の焼却スケジュールを記載しているメーカーもある。しかしながら、いずれにもワックスディスクのような切削加工用のパターン材を用いた場合の焼却スケジュールは記載されていない。

現在販売されているワックスディスクの主成分は、ワックス成分に樹脂成分を配合し切削加工性を向上させた製品が主流である。従来の鑄造用ワックスとは成分が異なるため、埋没材の製品情報の焼却スケジュールでよいのか疑問である。

一般的に、鑄造する際には、鑄型の湯口付近をのぞき込みワックスパターンが焼却されていることを確認して鑄造に移る。鑄型の湯口付近の色が黒から灰色の場合は焼却不足で、白くなっていれば焼却できていると判断される。図23は、700℃で30分係留した鑄型の鑄込み側から見た様子である。臨床の現場ではこのような状態になれば鑄造に移る。しかし、内部まで焼却できているかは確認できず、確実に焼却できているかは埋没材の製品情報をもとに焼成時間を調整し、経験から判断している。



図23 焼却状態（30分係留）

このように従来の鑄造用ワックスを使用した場合においても焼却状態の判断は難しく、ポリマーが混合されているワックスディスクの焼却となると適正な焼却状態の判断はさらに難しいことが予想される。金属を溶解して鑄込む鑄造においては、埋没・焼却・鑄造までの工程が歯科修復物の品質に大きく影響する。その中でも焼却は、合金に置き換えるための適切に焼却された空洞を得る工程であるため、焼却が適切に行われていないと鑄肌荒れといった鑄造欠陥が懸念される。

そこで、ワックスディスクを用いて作製したワックスパターンを用い、焼却性と鑄造体への影響について検証した。検証には、3種類の急速加熱型のクリストバライト埋没材を使用し、通常のワックスパターンを焼却する方法（以下、ヒートショック焼成）、およびプラスチックを焼却する方法（以

下、ロング焼成）で焼却試験と鑄造試験をおこない、ワックスパターンの焼却状態、鑄造体の鑄肌面および、模型との適合、最終研磨面を目視で観察した。

4.2 材料および試験方法

＜材料＞

試験に使用した材料を表4に示す。

試験体（ワックスパターン）作製には切削加工用の歯科用キャスティングワックス「KZR-CADワックスディスク（YAMAKIN株式会社）」（以下、KZRワックスディスク）を使用する。埋没材は市場で販売されている中から「ラピリーCF20（睦化学工業株式会社）」（以下、ラピリー）,「アイデアベスト（株式会社GC）」（以下、アイデア）,「クリストバライトFF-Ex（クラレノリタケ株式会社）」（以下、FF-Ex）の3製品を選択した。また、鑄造には歯科鑄造用金銀パラジウム合金の「パラゼット1 2-n（YAMAKIN株式会社）」（以下、パラゼット）を使用した。

表4 使用材料

材料	製品名
歯科用キャスティングワックス	KZRワックスディスク
急速加熱型のクリストバライト埋没材	ラピリー
	アイデア
	FF-Ex
歯科鑄造用金銀パラジウム合金	パラゼット

今回使用した各埋没材の焼却スケジュールを表5に示す。

各埋没材のヒートショック焼成、およびロング焼成の焼却スケジュールはメーカー指定のスケジュールである。ラピリーはロング焼成についてメーカーの指定がないためFF-Exを参考に試験をおこなった。

表5 各埋没材と焼却スケジュール

埋没材	埋没後の 放置時間	焼却条件	焼却スケジュール
ラピリー	20分	ヒートショック焼成	700℃で30分係留
		ロング焼成	メーカー指定なし(FF-Exを参考)
アイデア	30分	ヒートショック焼成	700℃で30分係留
		ロング焼成	室温から8℃/分で上昇 250℃で60分係留後8℃/分で上昇 700℃で30分係留
FF-Ex	30分	ヒートショック焼成	700℃で30分係留
		ロング焼成	室温から5℃/分で上昇 300℃で30分係留後700℃で30分係留

4.3 ヒートショック焼成とロング焼成による焼却試験

＜試験方法＞

KZRワックスディスクを、切削加工機「DWX-50」を用いて切削加工し、単冠（白歯クラウン形状）およびブリッジ（3本ブリッジ）の形状のワックスパターンを作製する。ワックスパターンを通法に従いスブルー植立後、各埋没材で埋没する。その後、各埋没材が指定する焼却スケジュールでヒートショック焼成およびロング焼成後、埋没材を縦に2分割し断面の状態を確認する。焼却不足の場合は指定の係留時間から30分ずつ延長し、断面を確認する。臨床で使用することを考慮し、最長係留時間を90分までとした。

＜結果＞

各埋没材が指定するヒートショック焼成の結果、すべての試験体で大きいクラックが発生した(図 24)。



図24 ヒートショック焼成によるクラック

クラックの発生原因として、埋没材の硬化不足が考えられる。寒い時期になると時々こういったクラックが発生することがある。このような場合の対策として、埋没終了後からリングファーンネスに投入するまでの放置時間を適宜延長することが有効であるとされている。そこで埋没後の放置時間を60分にして各埋没材の焼成をおこなった。それでもアイデア、FF-Exにはクラックが入り焼却状態の確認ができなかったため試験を断念した。ラピリーはクラックが入らなかったため、埋没後の放置時間を60分に変更したヒートショック焼成で係留時間を30分ずつ延長した断面の確認をおこなう。

ロング焼成はすべての試験体でクラックが入ることなく焼成できたため埋没後の放置時間の変更はなく、係留時間を30分ずつ延長し断面の確認をおこなった。変更後の焼成スケジュールを表6に示す。

表6 試験に使用した埋没材と焼却スケジュール

埋没材	埋没後の 放置時間	焼却条件	焼却スケジュール
ラピリー	60分	ヒートショック焼成	700℃で30分係留
	20分	ロング焼成	メーカー指定なし(FF-Exを参考)
アイデア	30分	ロング焼成	室温から8℃/分で上昇 250℃で60分係留後8℃/分で上昇 700℃で30分係留
FF-Ex	30分	ロング焼成	室温から5℃/分で上昇 300℃で30分係留後700℃で30分係留

＜変更後の試験結果＞

・ヒートショック焼成

図25は埋没後の放置時間60分でヒートショック焼成をおこない、係留時間30分、60分、90分で焼成したラピリーの埋没材断面である。

単冠の30分係留は、試験体が焼却されてできた空洞部まわりにしみ込んだ成分が顕著に残っており焼却不足といえる。60分係留でもまだ少し灰色に残っており焼却不足である。90分まで係留時間を延長した単冠はしみ込んだ跡は消え、焼却できているといえる。

ブリッジの30分係留は単冠同様、空洞部まわりにしみ込んだ成分が顕著に残っており焼却不足といえる。60分係留でもまだ焼却不足である。90分まで係留時間を延長した状態は60分係留の単冠と同程度の焼却状態であり、90分係留でもまだ焼却不足であると判断できる。

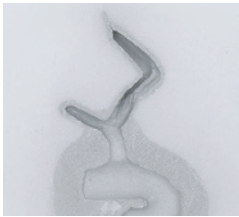
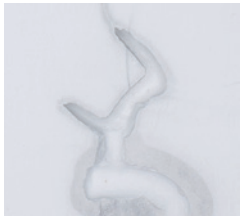
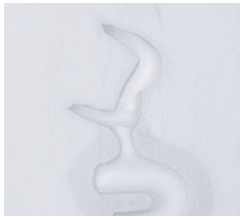
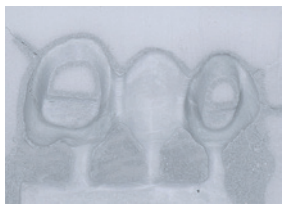
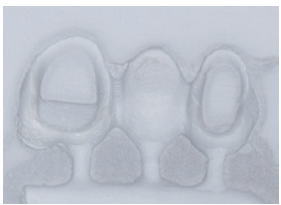
		係留時間(分)		
		30	60	90
試験体	単冠			
		焼却不足	焼却不足	良好
	ブリッジ			
		焼却不足	焼却不足	焼却不足

図25 ヒートショック焼成による埋没材断面（ラピリー）

・ロング焼成

図26は各埋没材指定の製品情報で埋没、焼成をおこない、焼成時の係留時間を30分、60分、90分で試験をおこなった各社の埋没材断面である。

ラピリーの30分係留では空洞部まわりに灰色が残っており焼却不足と判断できる。60分係留では空洞部まわりの灰色が薄くなっているがまだ焼却不足である。90分係留は十分に焼却できたといえる。

アイデアの30分係留は、空洞部まわりにしみ込んだ成分が薄く残っており、若干焼却不十分といえるが、60分係留では色がさらに薄くなっており、十分に焼却できた状態といえる。90分係留は60分係留と同程度の焼却状態であった。

FF-Exの30分係留は、空洞部まわりの灰色が残っており焼却不足と判断できる。60分係留で十分焼却できており、90分係留は60分係留と同程度の焼却状態であった。

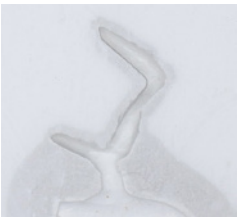
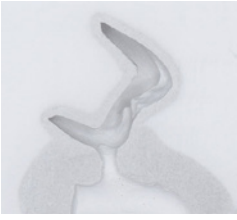
		係留時間(分)		
		30	60	90
ラピリー	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	焼却不足	良好
イデア	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	焼却不足	良好
FF-Ex	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	良好	良好

図26 ロング焼成による埋没材断面（単冠）

ブリッジの埋没材断面を図27に示す。

ラピリーの30分係留は単冠と同様、焼却不足と判断できる。60分係留でもまだ焼却できているとはいえないが90分係留で焼却できたといえる。

イデアは単冠と同様で30分係留では少し焼却不足であるが、60分係留で確実に焼却できたといえる。90分係留は60分係留と同程度の焼却状態であった。

FF-Exの30分係留は空洞部まわりの灰色が残っており焼却不足と判断できる。60分係留でもしみ込んだ成分が若干薄く残っておりまだ焼却できているとはいえないが90分係留では焼却できたといえる。

		係留時間(分)		
		30	60	90
ラピリー	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	焼却不足	良好
イデア	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	良好	良好
FF-Ex	断面状態			
	焼却状態	焼却不足	焼却不足	良好

図27 ロング焼成による埋没材断面（ブリッジ）

＜考察＞

各埋没材共に急速加熱するとクラックが発生する傾向がみられた。これはKZRワックスディスクの主成分の一つであるポリマー成分が急速加熱で一氣に加熱され、膨張したためと考えられる。埋没後の放置時間を60分に延長したことでラピリーはヒートショック焼成でもクラックを抑制できていたが、細かなクラックが現れていた。このバリが内面に現れると再製作が必要となり時間や材料のロスに繋がるリスクが大きい。

ロング焼成によるラピリー、イデア、FF-Exの焼却状態は同じ30分係留でも違いがみられた。この違いは、ラピリー、FF-Exと比バイデアの焼却スケジュールの焼成時間が長く、焼却に必要な時間が十分とれたため係留時間が同じ30分でも焼却状態の差として現れたと考えられる。また、各埋没材の成分の違いも焼却状態の違いとして現れた可能性があるが、ラピリー、FF-Exともに埋没材の係留時間を延長することで十分焼却できている。KZRワックスディスクはその主成分から従来の鑄造用ワックスよりも焼却されにくいと考えられるが、焼成時間を長めにすることで焼却不足によるガスの巻き込みといったトラブルを低減できると考えられる。

＜まとめ＞

ヒートショック焼成では埋没後の放置時間を60分にしたラピリーはクラックの発生を抑えることができ、係留時間を長くすることで焼却可能である。しかしながら、ロング焼成の方がクラックなどのトラブルもなく焼却に適していると考えられる。また、KZRワックスディスクは従来の鑄造用ワックスより焼却不足が懸念されるが、焼成時間を長めにすることで十分焼却できることが確認された。

4.4 鑄造試験

＜試験方法＞

焼却試験同様、単冠およびブリッジでおこなう。ヒートショック焼成では埋没後の放置時間60分の焼却試験の結果から、単冠は係留時間90分、ブリッジは最長係留時間90分でも焼却不足ではあったが、これ以上の係留は現実的ではないため、90分で試験をおこなう。

ロング焼成も焼却試験の結果からラピリーでは単冠、ブリッジ共に90分係留、アイデアは単冠30分係留、ブリッジ60分係留、FF-Exは単冠60分係留、ブリッジ90分係留を選択した。

なお、上記の良好な焼却時間で作製した鑄型に加え、臨床では焼成時間は短い方がより作業効率が良いため、若干焼却不足ではあるが30分短い係留時間で作製した鑄型に鑄造し、比較する。通法に従って掘り出した酸処理前の鑄造体と、その後酸処理した鑄造体の、それぞれの鑄肌面、適合を確認し、さらに、艶出し研磨後の研磨面の表面も目視観察する。

※適合に関してはマージンの焼き付けはおこなわず、切削したままの状態での適合状態と鑄造後の適合状態で比較する。

＜結果＞

・ヒートショック焼成

90分係留の鑄造体の酸処理前および酸処理後の表面状態、適合状態、研磨面を図28に示す。
酸処理前の鑄肌面では目立たないが、酸処理後の鑄肌面では薄い色と少し濃い色のムラが単冠、ブリッジ共に確認できた。また単冠、ブリッジ共にマージン部の外側、および頬側咬頭部分に沿ってバリの発生がみられた（図29～図31）。
今回のバリは内面には入っておらず、フィット感に比較的影響が少ない場所であったため適合確認をしている。研磨面はバリや適合とは別問題であるため、通法に従い研磨をおこなっている。
切削後のワックスパターンとブラスト処理後の鑄造体を模型で確認した適合状態を図32、33に示す。単冠においてはマージン付近のバリのため正確な適合状の確認が困難であったが、フィット感は切削後のワックスパターンの適合とほぼ同程度であった。ブリッジにおいては鑄造後の金属の収縮によるものか、埋没時の膨張の度合いによるものか不明だが、若干、模型のマージン部と鑄造体のマージン部に隙間ができており、模型への戻りが悪く適合不良であった。
研磨面に関しては単冠、ブリッジともに十分に滑沢な研磨面が得られた。

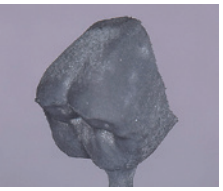
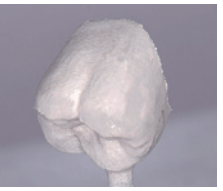
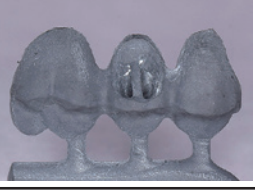
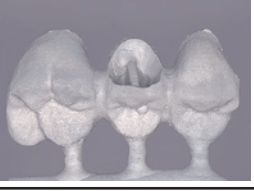
	酸処理前	酸処理後	適合	研磨面
単冠				
ブリッジ				

図28 ヒートショック焼成による鑄造体の鑄肌面・適合・研磨面（ラピリー）

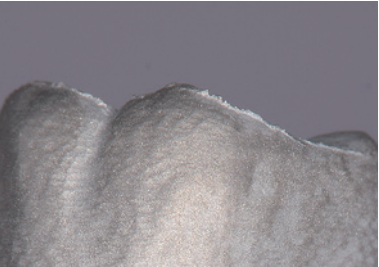


図29 切端のバリ（単冠）

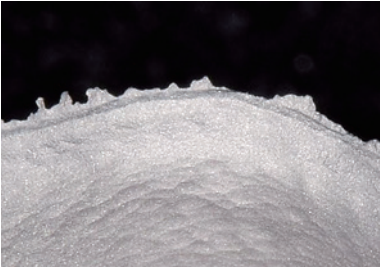


図30 マージンのバリ（単冠）

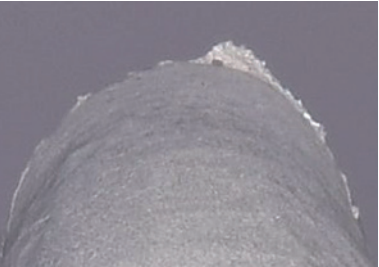


図31 マージンのバリ（ブリッジ）



図32 単冠の適合

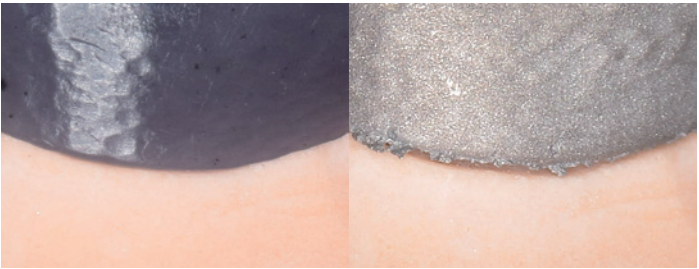


図33 ブリッジの適合

・ロング焼成

ラピリーの鑄造試験の結果を図34に示す。

酸処理前の単冠，ブリッジの酸化膜の色は60分係留，90分係留共に同等であった。鑄肌面は単冠，ブリッジ共に60分係留の方が90分係留よりもなめらかな面であった。また酸処理後の表面も酸処理前と同様であった。適合状態は単冠では良好だったが，ブリッジでは若干の適合不良が確認された。研磨面においては60分係留，90分係留の鑄造体で単冠，ブリッジ共に目視上滑沢な研磨面が得られた。

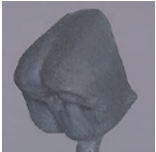
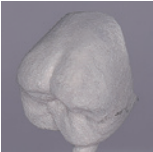
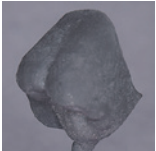
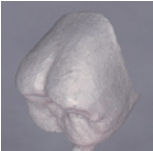
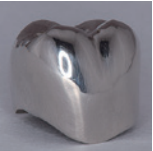
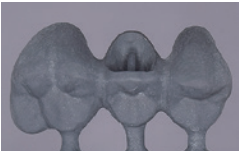
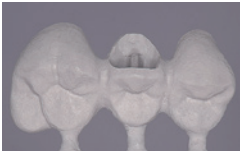
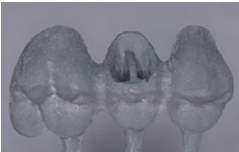
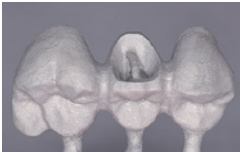
	係留時間 (分)	作業工程			
		酸処理前	酸処理後	適合	研磨面
単冠	60				
	90				
ブリッジ	60				
	90				

図34 ロング焼成による鑄造体の鑄肌面・適合・研磨面（ラピリー）

アイデアの鑄造試験の結果を図35に示す。

酸処理前の酸化膜は30分係留の単冠ではきれいな面が確認できたが，60分係留では単冠，ブリッジ共に白く細かな粒子が張り付いていた。そのためか，酸処理後の表面も単冠の30分係留と比べると若干ではあるが表面に酸化膜がみられた。適合はラピリー同様，単冠では良好だが，ブリッジでは若干の適合不良が確認された。研磨面においては30分係留，60分係留の鑄造体で単冠，ブリッジ共に目視上滑沢な研磨面が得られた。

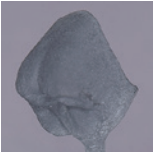
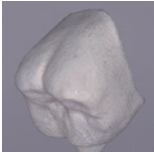
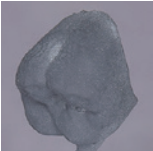
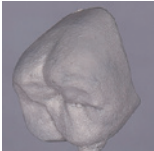
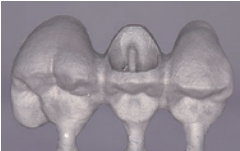
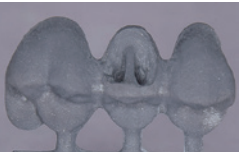
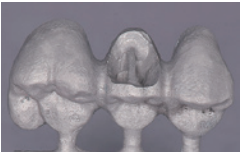
	係留時間 (分)	作業工程			
		酸処理前	酸処理後	適合	研磨面
単冠	60				
	90				
ブリッジ	60				
	90				

図35 ロング焼成による鑄造体の鑄肌面・適合・研磨面（アイデア）

FF-Exの鑄造試験の結果を図36に示す。

酸処理前の酸化膜は単冠，ブリッジ共に大差は見られないが，60分係留のブリッジで切削加工面に沿って少しムラが確認できる。酸処理後の表面はすべての鑄造体において若干ヒョウ柄のようなムラが確認された。適合はラピリー同様，単冠では良好だが，ブリッジでは若干の適合不良が確認された。研磨面においては30分係留，60分係留の鑄造体で単冠，ブリッジ共に目視上滑沢な研磨面が得られた。

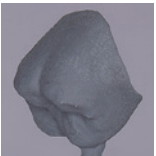
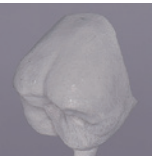
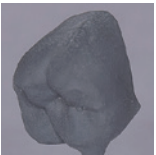
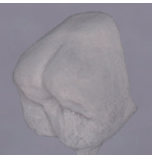
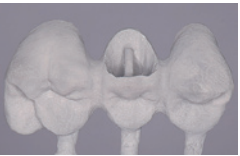
	係留時間 (分)	作業工程			
		酸処理前	酸処理後	適合	研磨面
単冠	60				
	90				
ブリッジ	60				
	90				

図36 ロング焼成による鑄造体の鑄肌面・適合・研磨面（FF-Ex）

＜考察＞

ヒートショック焼成で90分係留した鑄造体の酸処理後の鑄肌面にムラが確認できた。

ブリッジにおいては焼却状態からカーボンガスを巻き込んだ可能性も考えられるが，単冠でのムラは，一見焼却できていたように見えた状態でも，少量のカーボンガスが残っており，それが酸化膜のムラとして表面に現れた可能性が考えられる。焼却断面に見られた小さなクラックはバリとして現れ，適合不良の要因となりえるが，バリの発生を除けば明らかな鑄造欠陥は生じていない。

ロング焼成は，焼却が良好な鑄型で作製した鑄造体と，若干焼却不足な鑄型で作製した鑄造体を比べると，酸処理前，酸処理後の鑄肌面のきれいさに差はあるものの，どちらも明らかな鑄造欠陥に繋がるような痕跡は見られなかった。このことから，口腔内装着後の破折や局部的変色といったトラブルが焼却不足による鑄造欠陥に起因するものかどうかを鑄造体の目視確認だけで判断することは困難であるといえる。

ヒートショック焼成で焼却した鑄型で作製した鑄造体の適合については，単冠，ブリッジ共にマージンの外側にバリの発生があり目視判断では正確な評価とは言えないが，単冠のフィット感は比較的良好であったといえる。ブリッジは冷却時に収縮したのかどうかについては判然としないが，模型上

でマージン部の適合不良が確認された。この傾向はロング焼成で焼却した鑄型で作製した鑄造体においても同様に生じており，単冠ではいずれの鑄造体も，切削加工後のワックスパターン適合状態と同等であったが，ブリッジに関しては若干適合不良が確認された。今回の試験は各埋没材の指定する混水比で埋没しており，再現性は良好といえる。そのため，KZRワックスディスクから切削加工したワックスパターンブリッジの適合を良好にするには従来の鑄造用ワックス同様，混水比を基準に症例によって調整することで，適合をコントロールすることは可能と考えられる。

研磨面においてヒートショック焼成およびロング焼成で焼却した鑄型で作製した鑄造体は，各埋没材で，焼却状態に関わらずすべての鑄造体において，滑沢な研磨面が得られており，若干の焼却不足であっても鑄造後に引け巣や鑄巣，表面荒れなどの明らかな鑄造欠陥が起きていない限り目視上は十分な滑沢面が得られると思われる。

しかしながら，焼却不足で作製した鑄造体は，目視で臨床上使用可能と判断しても物性が劣る可能性がある。図37は鑄造用ワックスとKZRワックスディスクでそれぞれ作製した同形状のワックスパターンを，同一の焼成スケジュールで焼却後，パラゼットを鑄造して作製した鑄造体の機械的性質を測定した平均値のグラフである。鑄造前に鑄型の湯口付近を目視で確認し，どちらも十分焼却できている状態であった。しかし，このグラフが示すように外観では焼却できているように見えた状態で鑄造した鑄造体でも，目視では判断できない機械的性質の低下がおきている可能性もある。焼却不足は強度劣化を生じるため，焼却は十分におこなう必要がある。

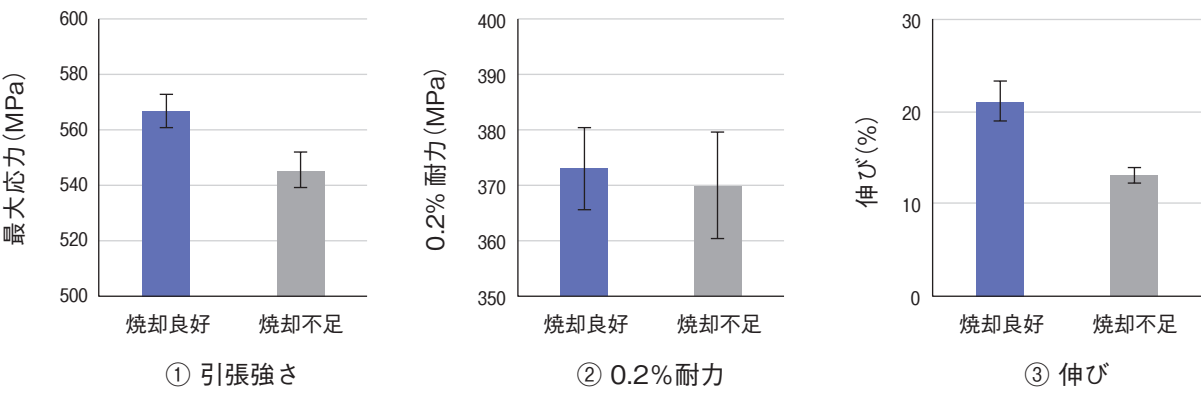


図37 機械的性質の比較（パラゼット：軟化処理）

＜まとめ＞

KZRワックスディスクから切削加工したワックスパターンを急速加熱型のクリストバライト埋没材で焼却する場合，ヒートショック焼成ではクラックによるバリの発生リスクが高くなる傾向にあるため，ロング焼成を選択する方が鑄造トラブルのリスクを軽減できると考えられる。さらにロング焼成の場合でも焼却時間を長くすることで十分に焼却できることが確認されており，適正に焼却することで従来の鑄造用ワックスを用いて作製した鑄造体と同等の鑄造体を作製できると考えられる。

4.5 最後に

各社急速加熱型のクリストバライト埋没材のヒートショック焼成スケジュールは従来の鑄造用ワックスで作製したワックスによるパターンの焼却を前提としたものであり、KZRワックスディスクの場合はロング焼成の方が適しており、また焼成時間は長い方が良好な焼却を得られることが分かった。使用する各社急速加熱型のクリストバライト埋没材によって焼成スケジュールに違いはあるが、症例に合わせて係留時間の調整をおこなう必要がある。

CAD/CAMシステムの普及により新しいマテリアルも増えていくが、使用にあたってはその材料特性を十分理解し、熟知した上で適切な使用方法を選択していくことが望ましい。

本試験はKZRワックスディスクを使用し、限られた条件下で試験をおこなっており、さまざまな症例に対応した結果ではないが、今回の試験を参考に臨床で使用していただければ幸いである。

ところで、鑄造用パターンの製作方法として、手作業のワックスアップとワックスディスクの切削加工以外に、3Dプリンターによる造形が挙げられる。参考までに、これらの特徴をまとめた(表7)。

表7 鑄造用パターン製作方法の特徴			
製作方法	ワックスアップ	切削加工	3Dプリンター
ワックス含有量	多	←→	少
耐変形性	変形しやすい	←→	変形しにくい
焼却残渣	残りにくい	←→	残りやすい
焼却スケジュール	ヒートショック焼成可	←→	係留あり長めの焼却を推奨
埋没材	急速加熱型のクリストバライト埋没材 リン酸塩系埋没材 3D プリンター用埋没材		
生産性	低	←→	高

各製作方法に使用される材料は、ワックス成分が適切に調整されているため、耐変形性や焼却残渣などに違いが見られる。より良い鑄造体を得るためには、材料に応じた埋没材や焼却スケジュールなどの条件を見出すことが必要である。

生産性に着目すると、複数個を同時に造形できる3Dプリンターの優位性が高いと言われている。しかしながら、現場の規模（人数や設備関係）や歯科技工物の内容、ノウハウによって最適な製作方法が異なる点には留意したい。

5. おわりに

本レポートを通じ、ワックスディスクは従来の鑄造用ワックスとは特性が異なることを理解していただいたと思われる。この点を留意し、最適な歯科技工物の製作方法を見出すことがワックスディスクのメリットを最大化させることにつながる。

ワックスディスクは、鑄造による歯科技工物の製作工程の一部のみの生産性を向上させるものである。将来さらにデジタル化が進み、3Dプリンターなどが本格的に応用されていくと、工程全体がこれまでと大きく変わるかもしれない。そこで重要なポイントは、従来の工程との違いを理解し、デジタル技術を活用した新しい工程を発展させようという前向きな姿勢と考えている。

みなさまが歯科用デジタル技術を活用できるように、ヤマキンはこれからも歯科材料の開発とともに、さまざまな情報やサービスの提供に努めたい。

《参考文献》

- 1) 日本精蠟株式会社 Web サイト (<http://www.seiro.co.jp/>) (2019 年 12 月 3 日)
- 2) JIS K 2235：2009 石油ワックス
- 3) 府瀬川：石油ワックスの変性と誘導体. 油化学, 30(7), 413-420. 1981.
- 4) 安楽ら：歯科用 CAD/CAM ハンドブック II, YAMAKIN 株式会社, 74-81, 2015.
- 5) 岩沢ら：歯科用貴金属合金の化学, YAMAKIN 株式会社, 187-188, 196-198, 2010.

製品ラインアップ



KZR-CAD WAX

KZR-CAD ワックスディスク

一般医療機器 歯科用キャストینگワックス
届出番号：39B2X10002000013

関連製品

■ 歯科切削加工用レジン材料



グラデーションタイプ



グラデーションタイプ



保険適用

KZR-CAD HR 2 BG

CAD/CAM用ハイブリッドレジンブロック

KZR-CAD HR ブロック2 BG

管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料
認証番号：302AABZX00039000
CAD/CAM 冠用材料（Ⅱ）

保険適用

KZR-CAD HR 2+

CAD/CAM用ハイブリッドレジンブロック

KZR-CAD HR ブロック2プラス

管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料
認証番号：226AABZX00171000
CAD/CAM 冠用材料（Ⅰ）

KZR-CAD HR

CAD/CAM用ハイブリッドレジンディスク

KZR-CAD ハイブリッドレジンディスク

管理医療機器 歯科切削加工用レジン材料
認証番号：226AABZX00047000

■ 歯科切削加工用セラミックス



KZR-CAD Zr

CAD/CAM用ジルコニアディスク

KZR-CAD ジルコニア

管理医療機器 歯科切削加工用セラミックス
認証番号：226AABZX00026000

KZR-CAD ジルコニア グラデーション

管理医療機器 歯科切削加工用セラミックス
認証番号：228AFBZX00044000

KZR-CAD ナノジルコニア

管理医療機器 歯科切削加工用セラミックス
認証番号：229AABZX00032000

■ メタルナビ



- ・ヤマキンの歯科用貴金属合金をすべて網羅している手引書
- ・フローチャートで歯科用貴金属合金の選択
- ・各種歯科用貴金属合金のデータベースやノウハウも収録

■ 歯科非鋳造用チタン合金



KZR-CAD Ti

CAD/CAM用チタンディスク/ブロック

KZR-CAD チタン

管理医療機器 歯科非鋳造用チタン合金
認証番号：225ACBZX00052000

バラセット12-n 管理医療機器 歯科鋳造用金銀/パラジウム合金
認証番号：221ACBZX00087000 第1種・第2種共用

記載のデータは条件によって異なる場合があります。包装や容器などは予告なく変更する場合があります。
製品、模型及びパッケージの色は、印刷インクや撮影条件などから、実際の色とは異なって見えることがあります。

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

ヤマキンでは、安全性に重点をおき、科学的な機能性と医学的な安全性の両者を融合した新しい研究開発を提案している。この活動の過程で得られた知見の数々は、レポートおよび書籍として公開されている。ご興味を持たれた方は是非ご一読いただきたい。

※各出版物は、歯科商店様または弊社Webサイトからご購入いただけます。

《専門書 既刊》



歯科用貴金属合金の科学
基礎知識と鋳造の実践

価格：本体8,000円+税
発行所：株式会社 学建書院



歯科有機材料の化学〈改訂版〉
基礎知識と応用

価格：本体5,000円+税



知っておきたい
歯科材料の安全性

価格：本体4,000円+税

《ハンドブックシリーズ 既刊》

歯科用デジタルハンドブック



第1弾

特集
デジタル新時代の幕明け
～口腔内スキャナーと
3Dプリンターの本格導入へ～ 等
価格：本体2,000円+税



第2弾

特集
デジタル技術と地域医療
2020年4月診療報酬改定
(小臼歯・大臼歯 CAD/CAM 冠)
価格：本体1,000円+税

歯科用CAD/CAMハンドブック

価格：各巻 本体1,000円+税



第1弾

CAD/CAM の基礎知識から
材料特性まで

第2弾

デジタル技術を
身近な技術にするために

第3弾

歯科用ジルコニア編

第4弾

2大特集
・ハイブリッドレジン特集
（グラデーションブロック登場）
・歯科デジタル技術の今後の展望

第5弾

2大特集
・ナノジルコニアとは
・口腔内スキャナーの臨床応用の現状と課題

第6弾

2大特集
・ついに CAD/CAM 冠が大臼歯適用に！
保険適用の概要と業界の動き
・大臼歯適用「KZR-CAD HR ブロック 3
ガンマシート」の全貌

第7弾

特集
これからの歯科技工
～イノベーションとマクロ的変革～

《テクニカルレポート 既刊》

ゼオセライトテクニカルレポート（2002年8月）
ルナウイングテクニカルレポート（2007年5月）
ツイニーテクニカルレポート（2010年7月）

《安全性試験レポート 既刊》

Vol.1 国際水準の品質と安全を求めて(2004年12月)
Vol.2 「ZEO METAL」シリーズ 溶出試験とin vitroによる細胞毒性試験（2005年6月）
Vol.3 メタルセラミック修復用貴金属合金及び金合金 溶出試験とin vitroによる細胞毒性試験（2005年12月）
Vol.4 「ルナウイング」の生物学的評価（2006年6月）
Vol.5 高カラット金合金の物性・安全性レポート（2007年10月）
Vol.6 歯科材料の物性から生物学的影響まで 硬質レジン、メタルセラミック修復用合金、金合金における検討（2008年5月）
Vol.7 金合金「ネクシオキャスト」の物性・安全性レポート（2008年10月）
Vol.8 ハイブリッド型硬質レジン「ツイニー」の生物学的評価（2010年6月）
Vol.9 貴金属合金の化学的・生物学的特性 チタンとの組み合わせによる溶出特性（2011年2月）
Vol.10 メタルセラミック修復用貴金属合金「プライティス」の物性と安全性（2011年10月）
Vol.11 歯科用接着材料「マルチプライマー」の物性と安全性（2014年3月）
Vol.12 歯科用覆髄材料「TMR-MTAセメント」の安全性（2018年1月）

《高分子技術レポート 既刊》

Vol.1 歯科材料モノマーの重合－ラジカル重合の基礎（1）（2009年10月）
Vol.2 歯科材料モノマーの重合－ラジカル重合の基礎（2）（2010年2月）
Vol.3 歯科材料モノマーの重合－修復材モノマー（1）（2010年3月）
Vol.4 歯科材料モノマーの重合－修復材モノマー（2）（2010年7月）
Vol.5 歯科材料モノマーの重合－酸素の影響（2011年8月）
Vol.6 歯科材料モノマーの重合－開始剤と開始（2012年10月）
Vol.7 重合性シランカップリング剤－メタクリロイルオキシアルキルトリアルコキシシラン（2013年6月）
Vol.8 歯科用レジンの硬化における重合収縮（2014年11月）
Vol.9 歯科材料における開始剤成分としてのヨードニウム塩の利用（2017年3月）
Vol.10 ナノゲルの歯科レジンならびに接着材への応用（2018年6月）

《オーラルサイエンスレポート 既刊》

Vol.1 歯科口腔外科とビスフォスフォネート製剤（2010年8月）
Vol.2 活性酸素－その生成、消去および作用－（2011年4月）
Vol.3 低酸素の世界（2012年7月）
Vol.4 歯の再生に関する最近の進歩（2014年2月）
Vol.5 フッ化物応用とその影響（2016年10月）

《製品レポート 既刊》

ジルコニアの基礎知識と製品レポート（2014年2月）
チタンの基礎知識と製品レポート（2014年6月）
CAD/CAM用ハイブリッドレジンの基礎知識と製品レポート（2014年9月）
歯科充填用コンポジットレジンの基礎知識と製品レポート（2015年9月）
歯科用ボンディング材の基礎知識と製品レポート（2016年1月）
TMR-MTAセメント製品レポート（2017年8月）
マルチプライマーシリーズ製品レポート（2017年10月）
KZR-CAD HR ブロック3 ガンマシータ製品レポート（2018年1月）
マルチエッチャント製品レポート（2018年7月）
「KZR-CAD ナノジルコニア」の基礎知識と製品レポート（2018年7月）
TMR-ゼットフィル10.製品レポート（2018年8月）
TMR-アクアボンド0 製品レポート（2018年8月）
「KZR-CAD ジルコニア グラデーション」の基礎知識と製品レポート（2019年3月）
TMR-MTAセメント ミエール 製品レポート（2019年8月）
KZR-CAD マリモセメントLC 製品レポート（2020年5月）

タイムリーな情報は、
Webマガジン「ヤマキンニュース」でお知らせします。



<https://www.yamakin-gold.co.jp/yn/>

歯科材料の安全性や品質管理への取り組みはこちらから

ヤマキン 歯科

検索

<https://www.yamakin-gold.co.jp>

編集者 麻岡 誠司

発行者 山本 樹育

発行年月日 2020年2月7日 第1版発行

2020年6月15日 第2版発行



YAMAKIN株式会社

本社：〒543-0015 大阪市天王寺区真田山町3番7号 TEL.06-6761-4739(代) FAX.06-6761-4743
生体科学安全研究室：〒783-8505 高知県南国市岡豊町小蓮 高知大学医学部YAMAKIN次世代歯科医療開発講座
東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・高知・生体科学安全研究室・YAMAKINデジタル研究開発室
<https://www.yamakin-gold.co.jp>