

Science of CAD/CAM-Zirconia Restorations

The CAD/CAM ジルコニアセラミックス

Stand up to the Digital Dentistry Epoch!

浅野正司 著

医歯薬出版株式会社
<http://www.ishiyaku.co.jp/>

Chapter 6

ジルコニアの特性に適応する焼成スケジュールの重要性

ジルコニアの熱伝導率を再認識した症例

種類ごとに異なる熱膨張係数を持つ金属に対応する必要があるメタルセラミックスとは異なり、アルミナおよびジルコニアフレームのように、常に一定の熱膨張係数を持つ材料に陶材を焼付けるオールセラミックスの場合、専用陶材の組成や熱膨張係数の観点からは、作業時のトラブルに対して過敏にならなくてもよい。

しかし、技術の進歩とともにCAD/CAMの精度が向上し、適応症例が多様化してきたいま、製作に関して注意を要する点はむしろ拡大しているともいえる。特に、顎間距離や欠損部位の多寡によって、補綴物自体の体積・重量が増大する傾向があるインプラントの上部構造体にジルコニアフレームを使用する場合には、当然フレームの設計も症例ごとの状況に準じたサイズとなることが予想される。

ここで、焼成スケジュールの設定に関する知識が不足していたために焼成時のトラブルを繰り返した例（すべてインプラント支台の全顎的な補綴症例）を紹介する。本症例に限らず、筆者のラボでは築盛陶材の厚みを考慮したフレームの設計を行うため、ほぼすべての症例でダブルスキヤニング用のワックスアップを行っている。このスキヤニング用のワックスパターンのサイズを検討した結果、Zeno-Tec[®]でジルコニアフレームを製作することとした（Fig.1）。

同システムにおける最大サイズのジルコニアプレート（最終焼結前でΦ98mm×高さ25mm）を使用してフレームは製作されたが、コネクターカット後の重量は28.5gと、それまで経験したことのないサイズであった（Fig.2）。

無論、大型フレームの場合はメタルセラミックスでもスケジュールの変更は行いが、デリケートな陶材に対して過剰なストレスを与えることは避けたい。そこでメーカー設定の焼成条件から昇温速度を5℃/min低く、

係留時間を1分から2分に、焼成温度を10℃程高く、というわずかな変更にとどめた。

しかし、ボディ陶材の一次焼成後、ブリッジ全体の焼付け状態を見ると、明らかな焼成不足が認められた。そのうえ、「1」の切縁部付近にクラックが確認され、この部分は手指で押すと簡単に剥がれ落ちてしまった（Fig.3-a, b）。この部分を修正した後、さらに昇温速度を下げ、係留時間をさらに長くしたが、エナメル陶材焼成後、同一部位にボディ焼成後と同じようなクラックが入った（Fig.4-a, b）。クラックの部位を大幅に削除した後、再築盛・再焼成を行った。最終的な焼成スケジュールの設定は以下のとおりである（変更後の設定はFig.30-a, bを参照）。

- ・昇温速度：25℃/分（標準：50℃/分）
- ・係留時間：2分（標準：1分）
- ・下降時間：5分（標準：設定なし）

上記設定に変更した後は焼付状態も改善され、円滑に作業が進行すると思われたが、内部ステインを塗布し、内部ステインの通常スケジュールで定着焼成をした後に行なったエナメル陶材の二次焼成後に、ステインの焼成不足による気泡が大量に発生した（Fig.5）。「ボディ陶材、エナメル陶材とは異なり、ステイン自体の厚みは非常に薄く、築盛ではなく塗布感覚であるので、焼成スケジュールは通常の設定でよい」という筆者の誤った思い込みが招いた結果であった。これは、体積の大きいジルコニアフレームを使用する場合に、フレーム側に相当の熱量が奪われてしまい、ステイン材とエナメル陶材に焼成不足が生じたことが原因と考えられる。

前述のように、症例によっては、メーカー推奨設定値を勘案しながら焼成スケジュールの設定変更を行ったとしても、焼成不足に陥ることもある。このような事態を回避するには、個々の症例（特にフレーム体積が大きくなる場合）に応じた適正な焼成スケジュールの設定が不可欠であると痛感したのである。



Fig.1 インプラント上部構造体のダブルスキャンニング用ワックスパターン。サイズを考慮してZeno-Tec®システムでフレームを製作した



Fig.2 コネクターカット前のジルコニアフレーム。スプルーカット後の重量は28.5gと、これまで使用したことのないサイズであった



Fig.3-a, b ポディ陶材の一次焼成後、全体的に焼付け不足が認められ、1]の切縁部付近にクラックが観察された(a)。この部分を手指で押すと簡単に剥がれ落ちた(b)



Fig.4-a, b エナメル陶材の一次焼成後、ポディ陶材の破折部分は修正を行ったが、焼成スケジュールの設定変更が不十分であったため、同部位にポディ陶材の焼成後と同様のクラックが生じた



Fig.5 エナメル陶材の二次焼成後、内部ステインの焼成不足から、気泡が大量に発生した。薄く塗布するステインであれば通常の焼成スケジュールでも焼成が可能であるとの筆者の誤った思い込みが招いたものである

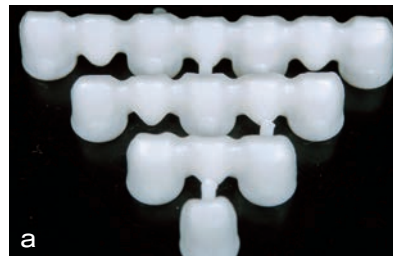


Fig.6-a ~ b 筆者が以前行った実験で使用した、ほぼ同形のメタルおよびジルコニアフレーム。両者の熱伝導の違いに有意差は認められたが、ジルコニアフレームは7本でも5g程度の重量であったため、本数による有意差は確認されなかった

ジルコニアの特性を考慮した適正な焼成スケジュールの探査

ジルコニアフレームの特性を考慮した適正な焼成スケジュールの設定について、筆者はジルコニアの比熱と熱伝導率が金属と大きく異なっていることに着目し、フレーム重量とジルコニアの熱伝導との関係を調査する必要性を感じた。以前筆者が実施した実験では、実験用の支台歯にワックスアップを施し、単冠および3・5・7本のブリッジのフレームを金属とジルコニアで製作してクラウン内部に温度センサーを設置し、それぞれのフレーム材料に適した焼成スケジュールにて内部の温度を測定した。この結果、金属とジルコニアにおける熱伝導

率の違いに有意差は認められたが、7本ブリッジジルコニアのフレームの重量が5gに満たないために、ブリッジの本数の違いによる有意差は確認できなかった(Fig.6-a, b)。

このため、本書では新たに、臨床に供するフレームに見立てた、重量の異なる馬蹄型のジルコニアブロックを6種類(5g, 10g, 20g, 30g, 40g, 50g)製作し、ブロックのほぼ中央部分に中ほどまで穴をあけて、熱電対にて内部の温度を測定する実験を試みた。そして、以前実施した実験用ジルコニアフレームに陶材を築盛・焼成し、築盛量の増加に伴うフレームの温度変化についても調査した。

以下、別欄にて実験概要と結果を報告する。

Case example 2 通常のキャラクターを有する例

術前画像を観察すると、補綴処置を行う部位が失活歯である影響で、目標とする隣在歯が非常に明るいうえに、薄く白い色調に見える (Fig.4)。あまり極端なキャラクターは観察できないが、それでも数色のエフェクト色の築盛を必要とすることが予想される。

本症例のように歯頸部、中央部、切縁部の各部にそれぞれの色調の違いが確認でき、ある程度の個性を有し、シェードタブからのアレンジが比較的容易な天然歯を、筆者は「通常のケース」と認識している。

Step1: 目標基本色の決定 (Fig.5)

シェードガイドは左から、A1, A2, A3 である。ShadeEyeNCC の測色データは Table.2 のとおりである。

遠目の観察では、トーン (濃度) は ShadeEyeNCC のデータどおり A2 に近い 2.0 程度と観察でき、シェードガイドよりも若干明るく見える。色相はオレンジ系 (A 系) と判断できる。レッド系のデータが見られるのは歯頸部の歯肉からの反映を感知したためであると予想される。分析の結果、目標基本色を「トーン (濃度) : 2.0」「バリュー (明るさ) : ±0 (スタンダード)」「ヒュー (色相) : レッド I」とし、A2 とほぼ同色と判断した。

Step2: 使用するエフェクト色の選択 (Fig.6, 7)

細かいキャラクターを探索するためにはさまざまな角度から撮影した画像が必要である。Fig.6 のように歯頸部方向から煽るようにして撮影すると、症例によっては内部の構造や透明色の感じが浮き彫りになる。掲載図は特徴的な 1 枚を選択しているが、実際にはさらに多様な方向から撮影した画像を分析に用いている。その結果、以下のエフェクト色を選択した。

- ・近遠心隆線および歯頸部 1/3 ~ 切縁部 1/3 あたりまでにホワイティッシュなエナメルが観察できるため、ここにホワイト 2 を用いる



Fig.4 術前に長期間失活状態にあったためか変色の度合いが大きいため、目標となる「1」は相当に白く明るく見える



Fig.5 目標基本色判定用の画像。シェードガイドは左から A1, A2, A3 である。遠目で観察すると A2 に近く、シェードガイドと同様の明るさとオレンジ系であると判断した

Table.2 ShadeEyeNCC による測色データ

	2	1	2
トーン (濃度)	0.5	2.0	3.0
バリュー (明るさ)	+2	+1	+1
ヒュー (色相)	レッド I	レッド I	レッド I

- ・切縁部にオレンジブラウン+透明色を混合した、アンバー系透明色を用いる
- ・サービカルトランスとして、切縁部に使用したアンバー系透明色を再度用いる

Step3: シェードコンパスの作成

使用するエフェクト色の以外の特徴として、切縁から 1/3 あたりに通常よりやや多めの透明色が観察でき、全体の明るさを下げている。さらに、ホワイト 2 を比較的広範囲に築盛することから、歯冠全体の明るさを抑制する効果も期待できるため、基本色のトーン（濃度）を 1 ランク濃くした。

シェードコンパスは A2（目標基本色）⇔ ホワイト 2+A2.5（実際の基本色）とした（A2.5 は A2 : A3 = 1 : 1 の混合比）（Fig.8-a）。製作過程で焼成後の状態をシェードガイドと比較したところ、目標色を再現できたため、ボディ陶材、エナメル陶材は 1 回の築盛で終了した。

支台歯の歯頸部付近の濃い色調の透過が原因なのか、歯頸部が多少濃く見えるが、明度は下がっていない。トーン（濃度）を 1 ランク濃くシフトする試みはおおよそ間違っていないと判断できる（Fig.8-b, c）。



Fig.6 エフェクト色選択用の歯頸部方向からの撮影画像。内部の状態や切縁の透明色などの観察のためには歯頸部方向から撮影するとよい



Fig.7 使用するエフェクト色は次の順で築盛することとした①透明色、②オレンジブラウン+透明色（切縁部のアンバー系トランス）、③ホワイト2、④オレンジブラウン+透明色（サービカルトランス）

a. シェードコンパス

<p>A2 の近似色</p> <ul style="list-style-type: none"> ・濃度 2.0 ・明るさ ±0 ・色相 R1 	↔	<p>ホワイト 2</p> <p>（全体を薄く、明るくする効果）</p>	+	<p>A2.5（実際の基本色）</p> <p>（1 ランク濃い基本色）</p>
---	---	--------------------------------------	---	---

b

c

Fig.8-a ~ c シェードコンパスと最終補綴物装着。シェードコンパスにより実際の基本色を 1 ランク濃くして A2.5 としたが、狙いどおりの色調再現となり、ほぼ目標を達成できたと感じている

ベニアタイプ

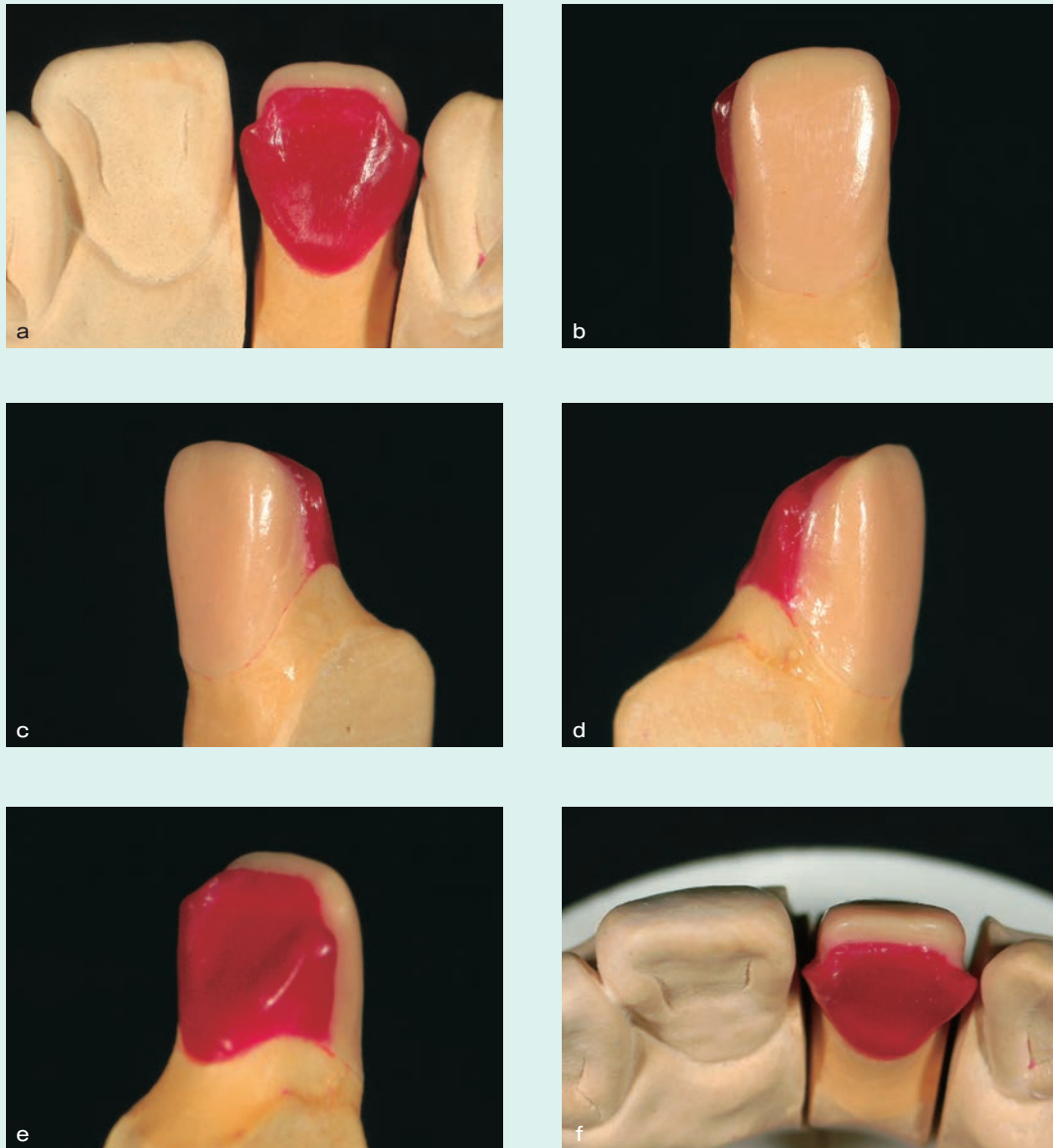


Fig.5-a～f ベニアタイプのフレーム形態。筆者が最も頻用する形態であり、早期接触部位からガイドする付近を丈夫なジルコニアでサポートする。口蓋側にジルコニアフレームが露出するので、その旨をチェアサイドで事前に患者へ伝えておくことよい（赤いワックスがフレームサポートを表す。以下同）

1. ベニアタイプ (Fig.5-a～f)

上顎前歯部ジルコニアセラミックスの症例で咬合状態に問題がなく、患者からも特に要望がない場合には、この形態とすることが本書刊行時点の筆者の臨床技工では最も多い。通常の咬合状態の場合には、口蓋側の早期接触部位からアンテリアガイダンスに導かれて咬頭嵌合位に至る機能運動が行われる。

接触部位をすべて丈夫なジルコニアとしてガイドさせることで、破折の可能性を低減できると考えられる。口蓋側にジルコニアフレームが露出している場合にも審美的には何ら影響はない。ベニアタイプとする場合は、事前にチェアサイドから患者にアナウンスを行ってもらっているため、これまで本設計に関して患者からのクレームは一度も聞いてない。

フルベイクタイプ

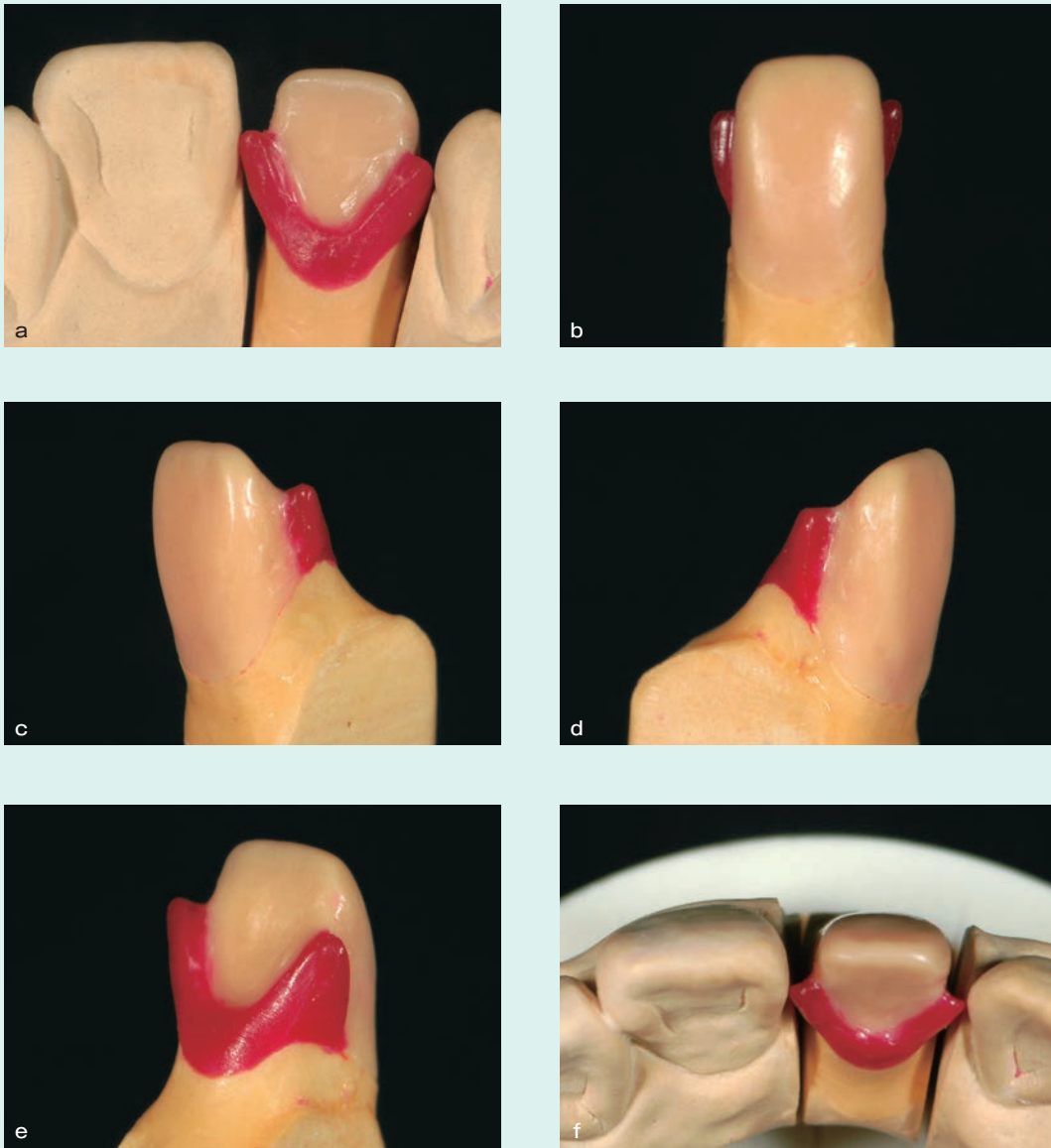


Fig.6-a ~ f フルベイクタイプのフレーム形態。口蓋側にもポーセレンルームを確保している。歯頸部から1.5～2.0mm程度立ち上がる形態を付与することで、咬合圧を受容して陶材を保護する役割を期待している。筆者がダブルスキャンを行い始めた当初はこの形態を採用することが多かったが、最近ではより安全なベニアタイプが主流となり、特に患者から要望があった場合にフルベイクタイプを採用している。

2. フルベイクタイプ (Fig.6-a ~ f)

接触式のスキャナーを使用し、シングルスキャンにて計測したデータを基にCAD/CAMでジルコニアセラミックスを製作していた頃は、サポートのない陶材によるフルカバータイプが主流となっていた。その後、ワックスで製作したフレームも併せて計測するダブルスキャ

ン方式を採用するようになって、当初は舌側にカラーを付けたタイプで対応していたが、症例を重ねるなかで、より安全なベニアタイプへと移行した。

設計の際には、ベニアタイプと同様に対合歯の接触点やガイドの位置を考慮し、可能な限り咬合圧を受け止める形態を与える工夫をしている。