

歯科技工におけるマイクロレヤリングの実践と臨床的有効性

藤本直也¹⁾ Fujimoto Naoya

大下弘²⁾ Oshita Hiroshi



1, 2) (株) シケン

1) 香川県歯科技工士会所属

2) 徳島県歯科技工士会所属

1. はじめに

日本におけるジルコニアの普及は 2005 年に厚生労働省が Cercon system の薬事認可を行ったことでジルコニアの使用が可能となり、その後 2006 年から 2007 年にかけて様々なジルコニアディスクが認可されたのが主なきっかけと考えられる。当初のジルコニアは「白い金属」や「ホワイトクラウン」などと呼ばれ、強度は高いものの透過性が低く、審美面では大きな課題があった。しかし、時代の流れとともにジルコニアディスクの進化やデジタル技術が発展し、審美性と強度の両立を図り、生体親和性にも優れたジルコニアを臨床応用できる機会も増えている。特に近年では、マルチレイヤータイプのグラデーション構造が施されたジルコニアディスクの需要が高まり、筆者のラボでは、臼歯部のみならず前歯部においてもモノリシッククラウンで製作する症例も多くなりつつある。ただし、前歯部においては色調表現の観点から、単一構造で再現するのが困難なケースがあるのも事実である。

一言でジルコニア製作と言ってもそのアプローチ方法は多様であり、各ラボにおいてもジルコニアの適応は、臼歯部は強度面を重視したモノリシック、前歯部は審美面を重視したレイヤリングなどと製作方針は様々だと感じる。当社が手掛けているジルコニア製作においても臼歯部においてはおよそ 8 割以上の症例がモノリシックタイプに移行しており、歯科医院・患者から求められる声としては臼歯部においては強度、機能面が重要視される傾向にあると考えている。一方で、前歯部においては歯科用材料の発展とともに、数年前と比較してモノリシク

タイプでの製作頻度は顕著に増加しているが、いわゆるフルカウントアップタイプの課題として、外部ステインの色調コントロール性の低さや表面テクスチャーの表現の難しさなどの特徴がある。そのため、お預かりする症例によってはステイニングでは色合わせが困難な場合もあり、その都度、推奨マテリアルの提案を行っている。ゆえに前歯部において審美的な要求をより満たすには、陶材を築盛したジルコニアを選択するケースはまだまだ根強いと感じる。デジタル技工が進歩を遂げているとはいえ従来の歯科技工士の手技による製作工程の技術継承は重要だと捉えている。

当社においては、特定の人に依存する「オンリーワン」体制にならないように日々努めているが、ただ近年の歯科技工士学校入学者減少、歯科技工士の高齢化などの業界全体の問題があり、技術継承をするにも人材の確保そのものが困難になっている。

従来のポーセレン焼付ジルコニア(以下 PFZ)は、多種多様な陶材を使用し多層築盛するワークフローが主となっており、製作面における技術的ハードルが高い。そのため、習得への期間に加えて個々の技量の差が大きく、安定した品質を担保できるまでにはこれまで長い時間を費やしてきた。

本稿では、技工作業の効率化、品質の安定化、臨床への有効性の検証含め、前歯部ジルコニア製作において昨年ごろから筆者が臨床導入しているマイクロレヤリングの手法について、臨床結果や理論的な考察について供覧する。

2. 使用材料について

ジルコニアの臨床応用を開始した当初は、冒頭で述べた通り、ジルコニアフレームの透過度は不透明性が強い世代であったことと、当時のCAD/CAMシステムではデザインの再現性も加工機軸の性能も乏しいものであった。そのため歯科技工士がワックスアップしてダブルスキャンでフレームを製作し、フルカバータイプで陶材を築盛するフルレイヤリングが主流だったと記憶している。もちろん現在においても、フルレイヤリングの利点である陶材築盛の審美的効果や色調表現の再現性の高さという特徴から、審美的要求度の高い前歯部症例などには適用している。しかし、世代ごとにジルコニアが進化を遂げて、マテリアルの審美性が向上したことから、築盛方法として以前のようなフルレイヤリングは減少傾向にあり、昨今のワークフローでは唇側面のみをカットバックしたフェイシャルカットバックや、さらに築盛スペースを薄く設定したマイクロレイヤリングテクニックなどの手法が注目されている。

ここで、筆者が臨床導入したマイクロレイヤリング専用のセラミックシステムとして使用している材料およびコンセプトについてご紹介する。

【使用材料】

- ・CAD/CAM用ジルコニアディスク
(ZRルーセントスーブラ, 株式会社松風)
- ・歯科用陶材(Fig. 1)
(イニシャル IQ SQIN {以下SQIN}, 株式会社GC)
- ・歯科用ペーストステイン(Fig. 2)
(イニシャル IQ ラスターペースト ONE {以下ラスターペースト}, 株式会社GC)
- ・歯科用パウダーステイン(Fig. 3)
(イニシャル スペクトラムステイン {以下スペクトラムステイン}, 株式会社GC)



Fig. 1 陶材のカラーチャート

SQINは2023年9月に株式会社GCから発売されたマイクロレイヤリング専用の陶材で、ジルコニアフレームやニケイ酸リチウムガラスセラミックフレームの唇側面を薄い層(約0.2mm~0.6mm)でカットバックし、フレーム内部にステイン(Fig. 2, 3)で色調コントロールしたうえで陶材を築盛する製作方法である。

Fig. 1がSQIN陶材のカラーラインナップとなるが従来の歯科用陶材と比較するとそこまでバリエーションは多くない。理由としては色調のベースは主にラスターペーストやスペクトラムステインで調整し、色調表現を行うためである。これによりSQIN陶材は非常に薄い層での築盛が可能となっている。



Fig. 2 ペーストステイン Fig. 3 パウダーステイン

ラスターペースト(Fig. 2)は粘度を調整することで通常のステインのように塗ることや立体的に盛り上げることも可能である。熱膨張係数(CTE)に制限されることなく、内部・外部ステインに使用できる。また光学特性を有したオパール効果のあるL-OP(Fig. 4)や蛍光性を付与する目的にも使用されるL-NFL(Fig. 5)もラインナップされている。

より細かい色調のキャラクターを付与したい場合はスペクトラムステイン(Fig. 3)を使用している。こちらはパウダータイプで若干、ラスターペーストよりも彩度が高い。



Fig. 4 ラスターオパール

Fig. 5 ニュートラルフルオレッセンス

3. 本手法におけるコンセプト・メリット

マイクロレイヤリングは前歯部唇側面、約0.2mm～最大0.6mm(メーカー推奨値)でカットバックを行い(Fig. 6)、非常に薄い層でポーセレンを築盛する。唇側部は陶材付与の効果で審美性を向上し、舌側部から切縁部にかけてはジルコニアフレームで露出させて強度面を維持することで「美しさ」と「強さ」の両立をコンセプトとしている。



Fig. 6 カットバックのイメージ図

従来のポーセレンシステムと比較すると、陶材築盛における必要形成量に違いがあり、今回使用している SQIN は支台歯の形成量が限られる場合にも優位差がある。マイクロレイヤリングテクニックに従来の多層築盛用陶材を用いることも可能ではあるが、薄い層で築盛することで多数の小さな孔のような微細なポーラスが生じてしまうこともあるため注意が必要である。その点、マイクロレイヤリング専用に開発された SQIN は粒子が細かいためそのようなトラブルが起こりにくいと言える(Fig. 7)。

種類	フレームと陶材の幅の目安 (前歯部にて支台歯に強い寛裕。キャップフターがない場合)	形成量
メタルセラミックス	メタルフレーム0.3mm + 陶材1.0mm	1.3mm
PFZ (従来のポーセレンシステム)	ジルコニアフレーム0.6mm + 陶材0.7mm	1.3mm
PFZ (SQINを使用)	ジルコニアフレーム0.6mm + 陶材0.2mm	0.8mm

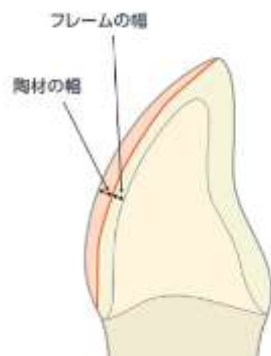


Fig. 7 マテリアルの違いによる必要形成量の目安

(1) マイクロレイヤリングテクニックのメリット モノリシックと比較してのメリット

○唇側表面に一層のポーセレンを築盛できることで細かな表面性状、艶感の調整が可能。

○レイヤリング層の存在により、奥行き感のある色調表現ができる。

従来型の多層築盛PFZと比較してのメリット

○口蓋側部、切縁部はジルコニアフレームで露出させているため強度を確保できる。

○築盛量が微量のため焼成後の収縮が少なく、修正がしやすい。

○築盛の厚みを最小限に留めた設計により、従来の多層築盛よりも支台歯の形成量を抑えやすい。

○製作効率の向上により時間短縮が可能。

○従来のワークフローと比べ製作工程における技術的なハードルが下がる。

マイクロレイヤリングと多層築盛PFZの色調を比較すると(Fig. 8)、一定の条件を満たしていれば従来型の多層築盛PFZと比較しても近似した色調を表現できると考える。



Fig. 8 マイクロレイヤリングと従来型PFZの色調比較

(2) マイクロレイヤリングに適さないケースとは

筆者がこのシステムの導入を始めて以降、ジルコニアレイヤリング症例のおおよそ7～8割はマイクロレイヤリングで対応可能になったが、残りの2～3割がフルレイヤリングという事になる。マイクロレイヤリングが困難なケースとはブルーやグレーの寒色ステインを用いて透明感が表現しきれないケース、透明感に奥行きが存在するケース、著しくキャラクターが強いケースなどが挙げられる。

マイクロレイヤリングシステムでジルコニアフレームを設計する際、ジルコニアを切端まで延長するようにフレーム設計をするため、このジルコニアの壁が透明感の表現において課題になると言える(Fig. 9)。



Fig. 9

対処の一例として、ジルコニアディスクの種類を透明度の高い5Y/6Y相当のものを選択すれば、ある程度の対応は可能と捉えている。(Fig. 10) その場合は明度低下を防ぐため歯頸部は出来る限り3Y/4Y相当の不透明感が必要と考え、マイクロレイヤリングシステムを用いた製作においては主にマルチレイヤータイプのグラデーションディスクを使用している。



Fig. 10 イットリアの含有量による関係。
含有量が多いと強度が向上し透過性は低下する。
含有量が少ないと強度は低下し透過性は向上する。

筆者の根本的な考えとして、本システムはジルコニアフレームで明度を決定し、彩度と色相はステインで表現する。歯の質感や艶感、ステインのぼかし、表層の透明感などはポーセレンパウダーで表現する。また、まれに金属色や変色歯などの支台歯には不向きではないかとご意見いただくことがあるが、マスキング効果のある浸透ステインを内面にインフィルトレーションすることで影響は抑えることができると考えている。

3) ジルコニアディスクの選択

基本的に色調コントロール面におけるステイニングは最小限に留めたいと考えていることからベース

の選択はマルチレイヤータイプのグラデーションディスクを選択している。ステインによる明度・彩度の調整時間を極力軽減するうえでもグラデーションタイプのディスクを推奨する。

4. 使用陶材の性質について

筆者が使用しているマイクロレイヤリング用陶材は専用のフォーム&テクスチャーキッドを用いることで従来の築盛よりも乾きにくく表面のテクスチャーを再現しやすいように設計されている。

またオートグレーズ効果があり真空焼成のみで艶が出る。グレーズ焼成の回数を減らすことで表面性状の維持がしやすい(Fig. 11)。

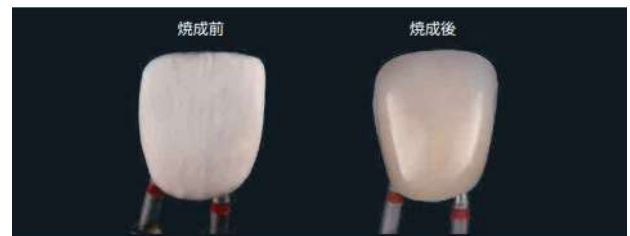


Fig. 11 オートグレーズ効果

熱膨張係数(CTE)、曲げ強度や透過率においてもメーカー計測によると従来の焼き付けジルコニア用陶材と同等の数値が確認されている(Fig. 12)。

PROPERTY	NESTOR	MC	LF	TI	AL	Zr	LIS	SDIN	LPO	SPS
CTE (25℃-500℃) 熱膨張係数	10.641	13.1	11.6	8.6	6.9	9.4	9.3	8.5	8	7.5
Glass Transforming temperature ガラス転移温度	℃	575	510	575	600	550	520	525	520	540
Solubility 溶解度	20(<100)	25	15	11	11	12	16	14	20	20
Flexural Strength 曲げ強度	65(>50)	84	80	70	90	90	84	85	65	65

Fig. 12 陶材の熱膨張係数や曲げ強度など

また本陶材は自然な透過性を再現できるのも特徴の一つだが、ボディ陶材、エナメル陶材など各種で透過率にも有意差がみられる。現段階で正確な数値を開示できないが、全光線透過率を指し示すT.T値(Total Transmittance)はメーカー測定によると、ボディ陶材A・B・C・Dシェードごとに多少の違いはあるものの約65%~70%となっている。エナメル陶材はE57~E60のバリエーションの中、約71%~77%となっており、トランスルーセント系陶材のT0は約84%となっている。

上記のことから筆者が臨床応用する際、より透過性を高めたい症例では、エナメル陶材やT0陶材の築盛配合を多くする場合もある。

5. 築盛のワークフロー

(1) フレーム製作

歯科用ジルコニア(またはニケイ酸リチウムガラスセラミックス)でフレームを製作する(Fig. 13)。



Fig. 13 フレーム製作

(2) コネクションファイアリング

ラスターペーストまたはスペクトラムステインで色調調整し焼成する。筆者は目標とする歯冠色によってこのステップを2回行う事が多い。1回目の焼成でL-NFLを用いて蛍光性を付与した後、2回目の焼成で色調のキャラクタライズを行っている(Fig. 14)。



Fig. 14 色調調整後

(3) 陶材築盛

SQIN陶材を一層築盛しテクスチャー、表面性状を付与する。ごく微量の築盛量のため、“盛る、”というより乗せて馴染ませる感覚である(Fig. 15)。



Fig. 15 表面性状の付与

(4) 焼成後

一層の陶材築盛により表面に自然な色調と表面性状が得られる(Fig. 16)。焼成後の焼成収縮は少ないが、この段階で足りていないところがあれば追加焼成を行う。大まかな形態は築盛時に付与されているが、状況に応じてテクスチャーの付与や、エクスターナルステインで色調のコントロールを行う。



Fig. 16 焼成後

(5) 表面性状の一例

焼成後、大まかな形態は築盛時に付与されるが、形態修正では細かな表面性状を再現する。モノリシックの場合、この自然な質感の再現が非常に難しい。マイクロレイヤリングの場合、一層とはいえ陶材を裏層しているため、自然なディテールを残しやすい(Fig. 17)。



Fig. 17 表面性状サンプル写真

ディテール確認用の金属粉末を塗布し視認すると微細な表面性状が確認できるのが分かる (Fig. 18).



Fig. 18

6. マイクロレイヤリングを実践した臨床例

(1) 症例1

治療部位： 1 | 1

以前、単冠のオールセラミック補綴が入っていたが、本人の咬み癖、下顎からの突き上げにより1が次第に挺出を招いた。そのため、咬合関係を考慮し、口蓋側部をジルコニアで露出させたマイクロレイヤリングを提案し、連結冠にて製作したケース (Fig. 19).



Fig. 19 シェードテイキング時

本症例は、患者に対し術前の視覚的なコンサルテーションも行った。フェイススキャナー (Fig. 20) を用いて顔貌データからリップラインのバランス、旧補綴との比較などをもとに製作に取り掛かった (Fig. 21).



Fig. 20 フェイススキャナー
(Meti Smile, SHINING 3D)

Meti Smile は重量 800 g で卓上・ハンドタイプともに使用可能。操作ガイドに沿って顔の向きを動かし、10 秒ほどで顔貌データを取得できる。

患者に対してのコンサルテーションはもとより、技工サイドにおいても顔貌データから切縁ラインと口唇の調和、眼窩平面、左右咬合平面のバランスなどより多くの情報を得られる。そのため、筆者のラボでは更なる審美治療ツールとしてフェイススキャナーを臨床応用する機会が増えている。



Fig. 21 顔貌撮影

口腔内印象データと 3D フェイスデータをマッチングし、顔貌を考慮したスマイルデザインを行う (Fig. 22).



Fig. 22 ラボサイドでのデザイン

ラボサイドにて CAD ソフト (exocad デザインソフト) に搭載したモジュールを用いて目のラインやリップラインのバランス、歯冠長などの補正を行い、患者と事前に共有した (Fig. 23).

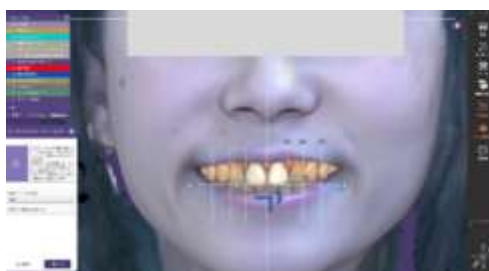


Fig. 23 スマイルクリエイター (exocad アドオンモジュール) を用いてのデザイン

その後、積層樹脂模型上で補綴製作に着手した。口蓋側部は極力干渉を抑えるためフラットなデザインにし、唇側面は0.2mmのカットバックでレイヤリングしてセットに臨んだ(Fig. 24)。



Fig. 24 口腔内セット後

歯肉の安定には経過観察が必要ではあるが、周囲の歯との調和も良好で、顔貌データから治療前後の変化を予め比較予想できたことは、患者にとって大きな利点となり高い満足度を得ることができた(Fig. 25)。

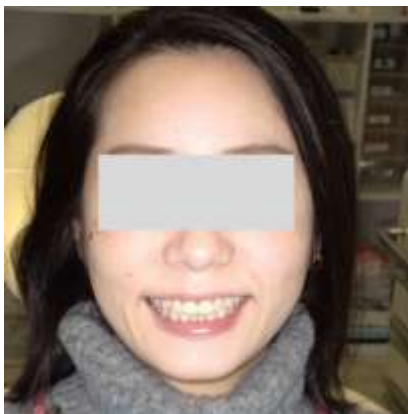


Fig. 25 セット後の顔貌写真

(2) 症例2

治療部位：21 | 12

患者主訴として、現在装着中のプロビジョナルクラウンよりも若干内側に入れたいという希望があった。また、色調的には周りの歯よりもう少しだけ白く、歯冠は多少長めに、自然感のある歯にしたいとの要望があった(Fig. 26, 27)。



Fig. 26 シェードテイキング時



Fig. 27 装着中のプロビジョナルクラウン

前歯部審美領域における残存歯には、特に歯頸部付近に若干黄色味のある着色が確認されたが、患者の要望に沿ってステイニングでの過度なキャラクタライズは控えた(Fig. 28)。



Fig. 28 積層樹脂模型上で製作

色調的にはシンプルであり、透明感も極端に強い症例ではなかった。やや内側に入れたいという患者の希望も加味して極力築盛量を抑えるため、カットバック量は0.2mmに設定した。患者から凹凸感を抑えてほしいとの要望があったため表面はある程度なめらかな仕上がりにした(Fig. 29～31)。



Fig. 29 口腔内セット後



Fig. 30 必要最低限の築盛により多少ではあるが唇側部の厚みは抑えられた。



Fig. 31 口腔内セット後

今後の治療計画として他部位のジルコニア補綴の検討やホワイトニング治療を視野に患者の希望通り、やや周りの歯よりも白く明るみのある仕上がりになった。

7. 考察

臨床結果を通じてマイクロレイヤリングの手法は、従来の多層築盛レイヤリングと比較し、より簡便で習得しやすいテクニックという印象を受けている。

ジルコニアの選択はグラデーションディスクの特性を活かすことで、ステイニングによるストレスは軽減できると考える。また、これまでモノリシックで苦戦していた表面性状の再現が、一層の陶材を築盛することにより、自然な色調を短時間の作業で表現できる点が最大の利点であると個人的には感じる。筆者のラボで本格的に臨床導入して4カ月ほど経過するが、ワークタイムに関しては従来の多層築盛レイヤリングと比較して約17%削減できており、時間にして1本あたり約11分の短縮となった。

また、これまでの臨床においてクリニックサイドのご感想をいただいたところ、口蓋側部ジルコニアフレームの強度担保は大多数のご理解が得られており、色調面のクオリティに関しても従来のものと遜色ない仕上がりであると評価いただいた。

今後の製作において重要視する点は、フレームデザインが、いわばモノリシックタイプの形態に必要最低限のカットバックを施す形状となるため、切縁・隣接コンタクト・口蓋側などの最終形態は、フレー

ムのデザインでほぼ決定されることである。後工程でのトラブルを回避する上でも、デザイン時における最終形態のイメージが重要であると考えている。ラボによっては、CAD/CAM デザイナーと補綴物の完成に携わる従事者が異なる状況も考えられるが、その際は作業員間の最終形態のイメージ共有が必要不可欠である。

8. 終わりに

冒頭でも述べたように、マテリアルの進化やデジタル技術の発展により、従来のアナログ技工から変遷の時期を向かえて久しい。しかしポーセレンワークに着目すると、デジタルの恩恵を受けつつも完全なデジタル化には至っていないと感じている。ポーセレンワークは人の手による技術が必要な工程の一つであるが、マイクロレイヤリングにより、従来のポーセレンワークがよりシンプルになったことで、作業時間の短縮や技術継承の一助となることに期待したい。症例に応じてアプローチの方法は様々だが、今後の臨床に積極的に活用し、さらなる知見を得て、機会があれば新たな情報を発信したい。

謝辞

本稿執筆にあたり、症例提供など日頃より多大なるご協力とご支援を賜わっている山田健治先生に深謝申し上げます。

本発表に対し、開示すべき利益相反はございません。

参考文献

- 1) 株式会社GC ホームページ
<https://www.gc.dental/japan/> (アクセス日 2025.1.24)
- 2) 株式会社GC イニシャル IQ SQIN ONE
取扱説明書より
- 3) 尾鷲博記 マイクロレイヤリングの優位性
GC CIRCLE 2024 39 頁