

## セラミックス製人工歯（ジルコニア製）

（1998年～現在）

Key-words：人工歯、  
ジルコニア、CAD/  
CAM

むし歯や歯周病、または事故により歯を失ってしまった場合、金属、セラミックス、レジン（プラスチック）で作製した人工歯を装着する治療が行われる。一般的には「差し歯」（クラウン、ブリッジ）と呼ばれる治療において、自費診療ではジルコニア製人工歯を使用するケースが近年主流となっている。セラミックス製の人工歯は18世紀後半から作られてきたが、20世紀末に破壊靱性に優れた部分安定化ジルコニアが実用化され、人工歯に用いられるようになった。初期のジルコニア製人工歯は、透明性がほとんど無いため「差し歯」の土台部分としてのみ用いられていたが、その後透明性を上げる改良が進み、現在では「差し歯」全体をジルコニア製とする人工歯が作製されている。

## 1. 製品適用分野

セラミックス製人工歯（ジルコニア製）

## 2. 適用分野の背景

超高齢化社会の日本において、最近では口腔（口中）の健康が全身の疾患に関連しているとの研究報告が注目され、人々の歯科医療に対する関心が高まっている。歯は、食べ物を噛み砕くだけでなく、発声、顔の表情にも重要な役割を果たしている。そ

れゆえ、たとえ1本の歯が失われただけであっても、これらの機能が低下し健康状態に影響を与える。不幸にも、むし歯や歯周病、または事故により歯を失ってしまった場合、金属、セラミックス、レジン（プラスチック）で作製した人工歯を装着する治療が行われる。この一般的には「差し歯」（クラウン、ブリッジ）と呼ばれる治療において、自費診療<sup>注1</sup>ではジルコニア製人工歯を使用するケースが近年主流となっている。セラミックス製の人工歯は18世紀後半から作られてきたが、20世紀末に破壊靱性に優れた高靱性ジルコニアが実用化され、人工歯に用いられるようになった。初期のジルコニア製人工歯は、透明性がほとんど無いため「差し歯」のコア部分（内部構造）（図1）としてのみ用いられていたが、その後透明性を上げる改良が進み、現在では「差し歯」全体をジルコニア製とする人工歯が作製されている（図2）。ジルコニア製人工歯が広く普及した背景には、結晶相変態によりクラック進展抑制機能を発揮する高靱性ジルコニアの開発、デジタル技術の発展により実用化されたCAD/CAM加工による人工歯製作システムの確立、の2つの大きな要因がある。

## 3. 歯科用ジルコニアの特徴

純粋なジルコニアには3つの結晶系があり、室温では単斜晶であるが、1170℃を超える高温下では正方晶に、さらに2370℃超では立方晶に変態する。一方、ジルコニア結晶中の $Zr^{4+}$ よりイオン半径の大きい $Y^{3+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ce^{4+}$ などのカチオンを固溶させると、室温でも正方晶や立方晶の状態が存在可能になる。これらは「安定化ジルコニア」と呼ばれている。なかでも室温で安定化された正方晶ジルコニアは、クラック発生などの外部応力に対して単斜晶に変態し、この結晶相変態時に生じる約4%の体積膨張によりクラックの進展を抑制する「強靱

注1 日本における国民健康保険制度が適用されない治療。

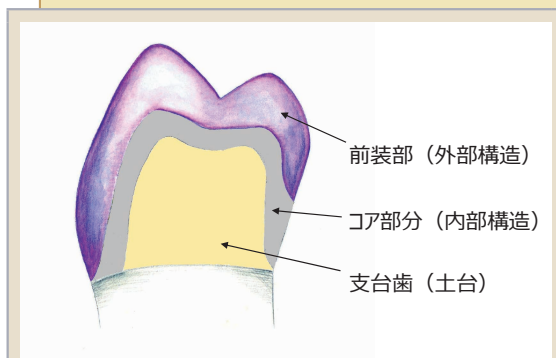


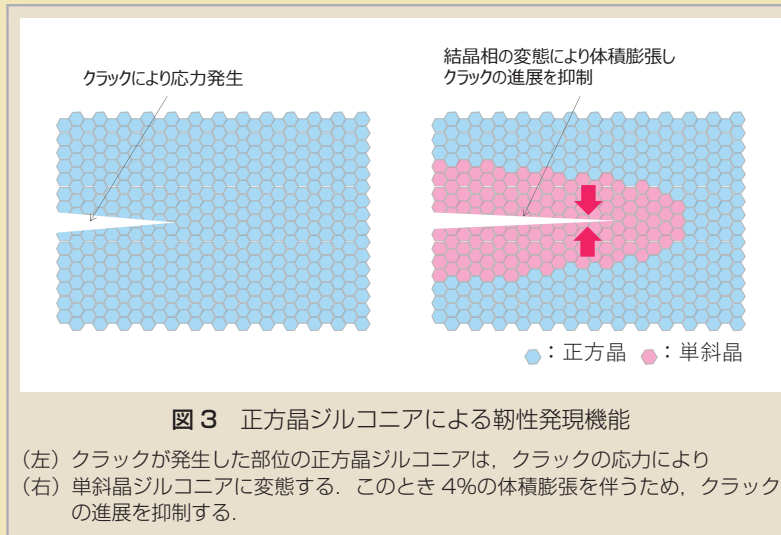
図1 差し歯（クラウン）の構造（模式断面図）

初期のジルコニア製人工歯では、ジルコニアの透明性が低いためコア部分（内部構造）にのみ用いられていた。（前装部は透明性の高い陶材（ガラス材料）で覆う）近年ではジルコニアの透明性を上げる改良が進み、コア部分と前装部の区別が無く、すべてをジルコニア製とする人工歯が作製されている。



図2 ジルコニア製人工歯による治療例

（左）形を整えた歯の土台（支台歯）。（右）ジルコニア製人工歯を装着。両隣の天然歯と比較して、色合いや質感が調和し人工歯であると見分けがつかない。



**注2** リューサイト系ガラスセラミックスよりなる人工歯用材料。歯の色に着色されており、金属製やジルコニア製差し歯の表面を被覆する。

化機構」を有する(図3)。この他のセラミックス材料にはないユニークな特性が、金属に変わる「差し歯」の材料として広く用いられるようになった理由である。

1998年にイットリウム(Y)安定化ジルコニアY-TZP(Tetragonal Zirconia Polycrystal)の人工歯材料が製品化された。今日の歯科用ジルコニアのはじまりである。当初の歯科用ジルコニアは100%正方晶ジルコニアであり、正方晶の光学的異方性により光透過性に乏しく、このため人工歯のコア部分(内部構造)への使用に限定されていた(外部構造は透明性に優れた陶材(ガラスセラミックス材料)<sup>注2)</sup>で覆う)。

その後、私たちの天然歯が持つ透明性に近づけるべく、歯科用ジルコニアの光透過性を向上させる改善がなされた。その手法の1つは立方晶を析出させるものである。立方晶ジルコニアは光学的等方性により光透過性が高い。100%立方晶ジルコニア(キュービックジルコニア)は、人造ダイヤモンドとして活用されているほどである。光透過性が改善された歯科用ジルコニアでは、イットリウムの添加量を増やすことで正方晶と立方晶の混合結晶系としたものが用いられている。このように光透過性の高い歯科用ジルコニアの登場により、歯全体がジルコニア製の人工歯の作製が可能となった。

近年のジルコニア製人工歯の普及には、デジタル技術の発展も大きく寄与している。現在では、患者の歯の土台(支台歯<sup>注3)</sup>)を光学スキャンし、コンピューター上に再現した支台歯の上に差し歯(クラウン、ブリッジ)を設計(CAD)し、歯科材料メーカーから供給された半焼結状態のジルコニア製ブロック<sup>注4)</sup>を設計した差し歯の形状に加工(CAM)し、この加工品を最終焼結するという一連の技術が



確立されている(図4)。このように、ジルコニア材料技術とデジタル加工技術(CAD/CAM)の両方の技術発展が、今日におけるジルコニア製人工歯が広く普及した要因である。

#### 4. 製品

ジルコニア製人工歯を加工するのに用いる半焼結状態のジルコニア製ブロックは、歯科材料メーカーにて製造される。前述のように、歯科用ジルコニア材料は固溶するイットリウムの割合によって正方晶と立方晶の割合が変化する。代表的な歯科用ジルコニアとして、イットリウム3mol%を固溶し正方晶100%の3Y系ジルコニアと、イットリウム5mol%を固溶し正方晶と立方晶混合系の5Y系ジルコニアがある。3Y系ジルコニアは強度特性に優れ、5Y系ジルコニアは天然歯と同様の光透過性を有している。現在では人工歯(クラウン、ブリッジ)の使用部位、形態に応じて材料の選択がなされている。また最近では種類の異なるジルコニア材料を層状に

**注3** 差し歯(クラウン、ブリッジ)の土台となる歯および歯根。虫歯を除去した後の天然歯が十分に残っている場合は、残った天然歯の形を整えて支台歯とする。残った天然歯が少ない場合は、レジンやガラスファイバー材により補強した支台歯を作製する。

**注4** 完全に焼結したジルコニアは非常に硬く切削加工が困難である。このため1000℃程度で半焼結したブロック体より歯の形状を切削加工する技術が発達した。加工後の半焼結体を1500℃程度で完全焼結する際、約20%収縮するため、加工時は約20%大きい形状に加工する。

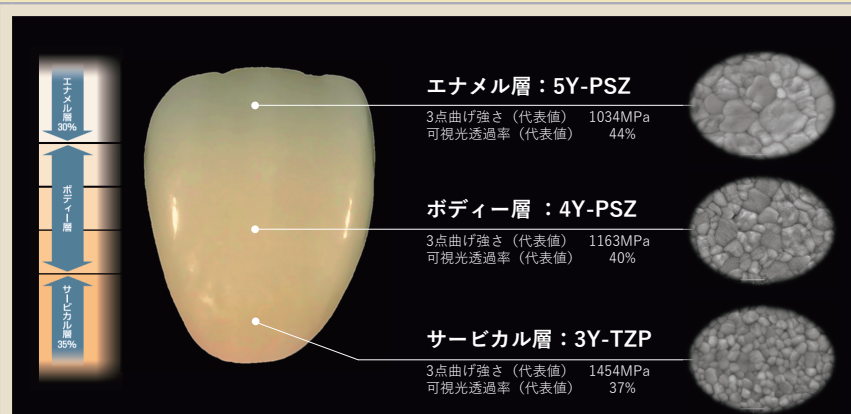


図5 種類の異なるジルコニアを多層に成型した製品を用い、人工歯を作製した模式図

高い透明性を要するエナメル層には一部が立方晶で構成される5Y系ジルコニアが、土台となり高強度を要するサービカル層には正方晶のみで構成される3Y系ジルコニアが、中間のボディ層は4Y系ジルコニアが配置され、機能的に優れた人工歯となる。

**注5** 歯の部位を表す用語として、歯の先端側を再現する層をエナメル層、根元付近を再現する層をサービカル層と表している。

成型した歯科用ジルコニア製品が開発され(図5)、ユーザー(歯科医師、歯科技工士)に対して人工歯設計の選択肢の幅を広げている。

## 5. 製法

ジルコニア製人工歯は、歯科医院および歯科技工所で製作される。1) 歯の型取り: 人工歯(差し歯)を装着する土台(支台歯)の型を取る。従来はシリコン製の印象材などを用いていたが、最近では光学スキャンによる型取り技術が普及しつつある。2) 人工歯の設計: シリコン型を取った場合はこれに石膏を流し模型を作り、この模型の光学スキャンを行う。光学スキャンされた支台歯データにコンピューター上で人工歯を設計する。3) 人工歯の加工: 歯科材料メーカーにて製造された半焼結状態のジルコニア製ブロックを加工機に設置し、設計した人工歯データ形状に切削加工する。4) 最終焼結: 人工歯形状に加工した半焼結体を、焼結炉により最終焼結する。5) 仕上げ: 装着する患者の歯の色に応じて色付け、仕上げ研磨する。

## 6. 製品性能・スペック

3Y系ジルコニアと5Y系ジルコニアを層状に積層した製品「松風ディスクZRルーセント スープラ」の曲げ強さは、図4に示したようにエナメル層<sup>注5)</sup>

で1034 MPa、サービカル層<sup>注5)</sup>では1454 MPaである。一方、ジルコニア製人工歯が登場するまでセラミックス製人工歯(差し歯)の主流であった金属前装用陶材(ガラスセラミックス材料)の曲げ強さは約90 MPaである。すなわち、ジルコニアは陶材の10倍以上の強度を有しているのである。加えて、陶材による人工歯製作は熟練の歯科技工士の手技を要するのに対し、ジルコニア製人工歯はデジタル技術の活用により高い熟練を要せず製作可能であることも、技術革新の観点では注目すべき点である。

## 7. 現在・将来展望

ジルコニア製人工歯が臨床応用されはじめてから四半世紀が経過し、現在では広く用いられるようになった。しかし、結晶相の種類により靱性と光透過性を設計しているため、これらの特性がトレードオフとなる点、ユーザー(歯科医師、歯科技工士)が最終焼結を行うのに数時間~半日程度の時間がかかり作業効率を制限する点などの課題がある。今後、これら課題を克服した歯科用ジルコニアの開発が期待される。

[連絡先] 寺前 充司(てらまえ みつじ)  
株式会社松風・研究開発部  
〒605-0983 京都市東山区福稲上高松町11