オリンパス・キャストブル・セラミックス (OCC) の接着

畑 好昭 飯島 浩 多和田泰之 前田 利夫
赤川 将 村田 容子 茂木 満

Adhesion on Olympus Castable Ceramics (OCC)

Yoshiaki Hata, Hiroshi Iijima, Yasuyuki Tawada, Toshio Maeda,
Susumu Akagawa, Yoko Murata and Mitsuru Mogi

Abstract : SiO₂ type glass ceramics (OCC), which educe mica and β -spodumen crystals, were developed in the 1980 s and clinically applied in 1986. On a commercial basis, some of the clinical failure cases developed, and since 1995, properties of the material and technique have been reexamined. OCC restorations are now cemented by Panavia 21, a luting agent.

Some of the main improvements of OCC to prevent failure are as follows : Currently used pellet type was changed to powder type and stabilization of the material was attempted. In the laboratory technique, polishing of OCC restorations, which has been done after ceraming, was done before ceraming, in the state of as-cast because processed micro cracks became obtuse angles or diminished. The crystallization schedule was examined, and a modified schedule was found to be useful for obtaining small, constant sized crystal grains.

Furthermore, applications of OCC to the artificial denture teeth or implant prosthesis and so on were discussed.

Key words : castable glass ceramics, adhesive cement, physical property, laminate veneer

I. 緒 言

生体親和性に優れ、かつ天然歯の硬さと色調を備えた修復物を、従来のロストワックス法を用いて寸法精度の優れた解剖学的形態に再現するという理念から、オリンパス・キャストブル・セラミックス (OCC) を開発し、臨床応用し、10 年あまりを経過している。この間、種々の研究・検討を加えながら応用してきたが、残念ながら破折症例を経験している。

高い物性値を示しながらも、このような事例に遭遇するのは、材料自身の問題を含めてその取り扱い方すなわち、埋没・鋳造・研磨・着合にかかわるすべての観点から根本

的に見直す必要にせまられた。

最近開発された多くのセラミックスクラウンのなかでも、簡便に優れた修復物を製作できる方法として、キャストブル・セラミックスを安易に棄却すべきではないと考え、本稿ではより一層強度に優れた修復物製作のための接着技法をはじめ種々の改善点について述べる。

II. OCC 開発の背景と経緯

1970 年代頃から、生体適合性をもったさまざまなバイオオマテリアルの開発が行われるようになってきた。また、1980 年代には高齢化社会の到来と生活環境の質的变化から、さらに生体適合性の高い材料が要求されてきている。こうした背景のもと、OCC は天然歯に近い性質をもつ生体親和性材料として開発された結晶化ガラス (ガラスセラミックス) である。おもな特徴としては、1) 天然歯に近い硬さ、2) 熱的ダメージを与えない熱伝導率、3) 高い生

日本歯科大学新潟歯学部歯科補綴学教室第 2 講座 (主任: 畑 好昭教授)

Department of Crown and Bridge, The Nippon Dental University, School of Dentistry at Niigata (Chief: Prof. Yoshiaki Hata)

体親和性、4) ロストワックス法に準ずる技工操作などがあげられる。

1980年代、リン酸塩結晶化ガラスと SiO_2 主成分のケイ酸結晶化ガラスを検討し、後者の SiO_2 を対象として、マイカ結晶と β -スポジウム結晶が析出する SiO_2 系結晶化ガラス (OCC) を開発した。1986年、臼歯部のフルキャストクラウンを中心に臨床検討を開始、さらに1991年インレー、アンレーを中心に有髄歯への臨床応用を開始した。また、応用範囲の拡大をめざしてチタンやジルコニアとの鑄接、CAD/CAM への応用を検討してきた。しかし、商品化後、予期しなかった破折症例も出現し、1995年から材料物性、術式の見直しを行ってきた。

III. OCC の組成、および物性

表1に示した組成のOCCを鑄込んで作製したガラス修復物は、天然歯に近い性質を発現するための熱処理結晶化 (セラミリング) を行う。熱処理温度 750°C で結晶化すると、マイカ結晶とリチウム・アルミシリケート系結晶が析出し始め、 750°C より高温になると SiO_2 の含有率の高い β -スポジウム結晶が析出する。熱処理後の物性は表2に示すように、硬度はエナメル質に近似し、特に曲げ強度、圧縮強度はポーセレンよりも高い値を示している¹⁾。

表1 Constitution and basic properties of OCC
OCCの組成と基本性質

基本組成	Li_2O , MgO , ZnO , TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , Na_2SiF_6 , ZrO_2 , Y_2O_3 , Fe_2O_3 , CeO_3 , NiO	
熔融温度	$1,450^\circ\text{C}$	
析出結晶	マイカ β -スポジウム	$\text{NaMg}_3(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})\text{F}_2$ $\text{LiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$
結晶化ピーク	$750 \sim 770^\circ\text{C}$, 870°C	
ガラス転移点	554°C	

表2 Physical and mechanical properties of OCC, enamel and porcelain
OCCとエナメル質およびポーセレンの物理的・機械的性質

	OCC	エナメル質	ポーセレン
密度 (g/cm^3)	2.80	3.00	2.40
熱伝導率 (W/mk)	1.76	0.92	1.26
熱拡散率 (mm^2/sec)	0.850	0.469	0.640
熱膨張率 ($10^{-7}/^\circ\text{C}$)	80	114	120
曲げ強度 (MPa)	220~300	10.3	75.9
圧縮強度 (MPa)	850	384	172
引張強度 (MPa)	290	—	—
弾性率 (GPa)	53.0	84.1	69.0
ビッカース硬度	360~420	370	583
破壊靱性値 K_{IC} ($\text{MN}/\text{m}^{3/2}$)	2.5~3.0	—	—

IV. OCC クラウンの術式

1. 埋没、鑄造、セラミリング

専用の材料、器材を用いるが、本質的には従来のロストワックス法によってガラスを鑄込むが、この後リングからガラスクラウンを掘り出す操作でクラウンが破折不いよう注意が必要であり、このガラスクラウンに対するセラミリング操作 (金属ではしばしば省略されるが、硬化熱処理に対応) が欠かせない。完成したOCCクラウンは研磨したまま、あるいはステイニングや陶材焼成を加えて完成する (図1)。

2. セメント合着

セラミッククラウンのほとんどが、接着性レジンセメントでの合着をすすめている。OCCクラウンの合着材としては、開発当初リン酸亜鉛セメントを含め、さまざまなセメントを使用していたが、接着性試験や臨床応用への破折の経緯から、90年代にはポーセライトデュアルキュアセメント (Kerr)、スーパーボンドC & B、94年代からはスーパーボンドC & BやパナビアEX、パナビア21、96年代からはパナビア21を用いている。パナビア21を用いた場合の合着手順を図2に示す。表3に示すように、接着試験の結果では、OCCに $50\mu\text{m}$ のアルミナサンドブラスト処理とシランカップリング処理を施すと、接着強度が上がる。一方、臨床応用では、埋没材を使用するために表面に凸凹ができていたため、結晶化後アルミナサンドブラスト処理をする必要がない。内面はリン酸処理、水洗、乾燥後、シラン処理して加熱することが接着力を高める。

V. OCC 修復物の臨床応用と臨床成績

表4は、1987年1月から1994年6月までのOCC修復

図1 Clinical and laboratory procedures for OCC restorations
OCCの臨床・製作手順

物の装着数を示す。開発当初、特に臼歯部への応用を目標としたため、大白歯、小白歯へのフルクラウンタイプが多数を占めている。図3に1987年1月から1994年6月までの合着用セメントと破折発生症例数を示す。初期にはスーパーボンド C & B かパナビア EX の単独使用が多かったが、後にスーパーボンド C & B か新しく開発されたパナビア 21 とシランカップリング処理との併用が多くなり、この期間ではこれに対応して破折例は少なくなるものと考えていたが、やはりこの後も破折例が生じている。

臨床ケースにおいて高橋²⁾は接着材がその能力を発揮できない要因(接着阻害因子)として、内的因子(血液、唾液、歯肉浸出液、呼気中の湿気、プラーク、歯石、沈着物等)および、外的因子(タービンのオイル、シリンジのオイルミスト、適合検査材、仮着材の残渣、エッチング材中の増粘材等)をあげている。そのため、臨床では、接着技法を十分に考慮することが重要であり、セラミックスに対

して接着力が十分に発揮できる接着技法の開発が望まれる。

VI. OCC 修復物の破折防止に対する取り組み

OCC の改良は材料特性を明確に把握し向上させ、製造過程では品質のバラツキをなくすことにある。これらの特性をもとに技工法が決まり、結晶化法が確立される。修復物の形態に極端に薄い部位を作らない、鋳造体に急激な温度差を与えない、異常結晶を生じないよう表面の焼付き層を作らない、傷が入らないなどの加工法を検討している。臨床術式では形成量が十分で、規定された肉厚が確保される支台歯形成、合着に際して接着が完全か、咬合調整が適切であるか、咬合調整面の研磨がされているか、などを検討している。これらのうちのいくつかを下記に述べる。

1. OCC の粉末化と品質の安定化

1996 年 12 月から、従来のペレット状を粉末化した。これは材料の均質化を図り成分の偏析を防ぐものである。ユーザーにとっては材料の使用量の調節が自由になる。

2. 繰り返し疲労試験

OCC 修復物の破折に関して、繰り返し疲労が疑われる。このための試験条件として、鏡面研磨した OCC を用い、

図 2 Cementing procedures of OCC restorations
OCC の合着手順

表 3 Cementing of OCC restorations
OCC 修復物のセメント合着

修復物の処理	支台歯の処理
・サンドブラスト処理 50 μ m アルミナ 3~4 気圧	・パナビア 21 ED プライマー塗布
・シランカップリング処理 ポーセレンボンド 160°C 加熱	・金属支台 ペンシルプラスター 50 μ m アルミナ

図 3 Failed numbers by each cement (C & B : Super Bond C & B, EX : Panavia EX, GI : Glass Ionomer, ZP : zinc-phosphate, PL : Porcelite, P 21 : Panavia 21, Si : silane coupling)
使用セメントごとの破折数 ('87.1~'94.6)

表 4 Seating positions and numbers of OCC restorations
OCC 修復物の装着部位と数 ('87.1~'94.6)

	ラミネート	インレー	ポーセレン 前装	パーシャル ベニア	フルベニア (ステイニング)	フルベニア (研磨)
前歯	16		26	3		
小白歯		12	4	6	78	38
大白歯		20		9	75	58

表 5 Cycle fatigue test
繰り返し疲労試験

試料 No.	最大荷重 (kgf)	換算曲げ強度 (MPa)	破断までの印加回数 (回)
1	28	227	1,300,211
2	30	243	1,502,860
3	34	275	1,982,300
4	41	332	2,611,400
5	56	454	4,235,700

OCC specimen (3×4×40 mm) were applied a hundred thousand times every settled load until they were broken. Load were increased 10, 15 and 17 kgf and from 17 to 56 kgf increased by 1 kgf. Test wave form was sin wave and 10 Hz velocity. Distance between fulcra was 30 mm

3×4×40 mmの角柱試料に各荷重ごとに10万回の試験荷重をかけ、OCCが破断するまでの疲労試験を行った。荷重は10、15、17 kgfと順次増加し、17～56 kgfまでは1 kgfずつ増加した。試験波形はSin波で速度を10 Hzとし支点間距離30 mmとした

図 5 Polished surface of Fig. 4 after ceramizing (×30,000)
セラミング後の図4の研磨面

図 4 Polished surface of as cast OCC (×30,000)
ガラス状態での研磨面

図 6 Polished surface after ceramizing (×2,000)
結晶化後の研磨面

印加荷重を10から56 kgfまで段階的に増加させ、破折するまで試験を行った。なお、試験波形は10 Hzのサイン波とした。この結果すべての試料は100万回以上の繰り返し荷重に耐え、耐疲労性は十分高いと考えられた(表5)。

3. 専用ガラスビーズ

1996年、30 μmのガラスビーズがシステムに加えられた。このガラスビーズは、アズキャストのOCCを損傷することなく埋没材を限りなく除去でき、掘り出し時間を短くすることが可能である。

4. 結晶化による表面傷の変化—結晶化前研磨の効果—

従来、OCCはセラミング後、形態修正研磨を行ってきた。しかし、ガラス状態のときの加工傷は結晶化のための加熱工程中に鈍角化され、強度低下の原因になりにくいといわれている。そこで、結晶化前にピッカース圧痕を付け

たOCCを結晶化したものと、結晶化後に新たに圧痕を付けたものの圧痕の大きさとクラックの形態を比較した結果、結晶化による圧痕の収縮およびクラックの鈍化がみられた。図4はアズキャストの研磨面SEM像である。細かいクラックが観察されるが、図5の結晶化後は大きさの均質な結晶が析出し、クラックは消失している。図6と図7は、結晶化後に研磨を行ったOCCの表面観察像である。図6は2,000倍像であるが、加工傷が縦横に決められる。図7の30,000倍像では数カ所の陥凹部が認められる。したがって、OCC修復物の研磨は、アズキャスト時に水をつけて注意深く行い、セラミング後の調整はなるべく避ける工技術式が好ましい。

5. 結晶化スケジュールの見直し

OCCの粉末化に伴い、セラミングスケジュールを再検討した。図8はセラミング条件と曲げ強度の関係を示す。図中Pは粉末化OCCを示し、次の数字はセラミング温度

図 7 Polished surface after ceramizing ($\times 30,000$)
結晶化後の研磨面

図 8 The relation between ceramizing conditions and bending strength
セラミグ条件と曲げ強度

と係留時間を示す。右端は従来のペレット状 OCC セラミグ温度 900°C の曲げ強度である。このことから、セラミグスケジュールを従来 (点線) のものから変更 (実線) している (図 9)。また、結晶粒径と曲げ強度は図 10 のような関係にあるが、改良セラミグ条件は、旧セラミグ条件に比べて粒度が細かく一定している。

以上のほか、接着を完全にするため、仮着材やフィットチェッカーなどに汚染された支台歯やクラウンの清掃方法の確立 (鋳型温度、埋没材等の選択)、焼付きの少ない埋没材の設定や開発、OCC と相性の良いシランカップリング剤の選択、その加熱条件など種々検討していかなければならない。

VII. OCC の応用

OCC による歯冠修復物は破折に対する対策を一層追求しなければならない。しかし、この材料のもつ審美性、エナメルと同等の硬さと耐磨耗性、生体親和性、舌感の良さなどの性質を生かしたインレーや歯冠修復物以外への応用が考えられる。以下、その応用について述べる。

図 9 Ceramizing schedule of OCC
OCC のセラミグスケジュール

図 10 The relation between grain size of crystal and bending strength
結晶粒径と曲げ強度の関係

表 6 Merit and demerit of OCC laminate veneer restorations (comparing with porcelain laminate veneer restorations)
ラミネートベニア修復における OCC の長所・短所 (ポーセレンラミネートとの比較)

長所

1. 技工操作が格段に容易
2. 寸法精度に優れる (鋳造・セラミグ時の収縮は 2% 以下)
3. 機械的強度に優れる
4. シェル完成後、ステイニング・再セラミグにより、色調・透明度の調整がある程度は可能

短所

1. 光透過性が高い
2. マスキング層を有しない
3. 使用セメント色の影響が大きい

1. OCC ラミネートベニアの術式

キャストブルセラミックスによるラミネートベニアを、ポーセレンによるそれと比較すると、その長所・短所は表 6 のようになる。したがって、現在のところカラーセメントを使用したり、ポーセレンによるステイニングや染盛焼成による修正を加えざるをえないが、強度的側面が解決されれば、有効な方法である。

図 11 Upper complete denture with metal blade teeth
メタルブレードティースを用いた上顎総義歯

図 12 Lower complete denture with resin teeth embedded metal inlay
メタルインレーを埋入したレジン歯を用いた下顎総義歯

図 13 OCC artificial teeth
OCC 人工歯

2. 義歯人工歯

図 11 は上顎総義歯の臼歯部に金属ブレードティースを使用し、図 12 の対向する下顎総義歯には臼歯部レジン歯にブレードティースに対応してメタルアイランドを埋入している。しかし、使用するにつれメタルアイランドとレジンの間にステップを生ずる。このため下顎レジン歯の配列後、咬合面を削除し OCC 人工歯 (図 13) に置換するテク

図 14 Adhesive procedures
接着操作

図 15 Lower complete denture with artificial resin teeth which occlusal surface was covered by OCC
レジン歯咬合面を OCC 人工歯でカバーした下顎総義歯

図 16 OCC crown and inner crown with metal island
OCC クラウンとメタルアイランドを有する内冠

ニックである。図 14 はその接着手順を示し、図 15 は完成した下顎総義歯を示す。

3. メタルアイランド

図 16 は破折を繰り返した症例に対処した方法である。内冠にメタルアイランドを設定し、その後 OCC クラウンを内冠と接着性レジンセメントで合着する。図 17 は口腔内に装着した状態である。

図 17 OCC crown with metal island
メタルアイランドをもつ OCC クラウン

4. インプラント上部構造

図 18 は IMZ インプラントの上部構造体のメタルフレームにシラン処理後、光重合レジンのオパークで金属色を遮断、その上に OCC キャスタブルクラウンをレジンセメントで接着する方法である。

このほか、ジルコニアに OCC を鑄接、あるいはチタンに OCC を鑄接して OCC を補強する方法が検討されている。また、CAD/CAM による修復物製作の材料としての利用も検討されている。

VIII. ま と め

今日、種々のセラミックスが開発され、セラミック修復物が臨床応用されている。これらのほとんどは、支台歯に接着性レジンセメントで合着している。マイクロリーケージを防ぐ意味ではすべての修復物の合着に好ましいが、こ

図 18 Application of OCC to the implant prosthesis
OCC のインプラント上部構造体への応用

の目的はセラミックスの脆性を補強する意味が大きい。ここではセラミックスの 1 つであるキャストブル・セラミックス (OCC) をとりあげてその開発の経緯から臨床応用まで述べたが、その臨床応用の成績を向上させるため、改善点についても述べた。今後これらの改善点にそって研究を続け、物性を劣化させない術式の確立が求められる。さらに、メーカーには、より以上の材質の向上を期待している。

文 献

- 1) 畑 好昭, 鈴木 基, 飯島 浩ほか. キャスタブル・セラミックス (OCC) の材料合成と物性. 補綴誌 32: 52-61, 1988.
- 2) 高橋英登, 猪越重久, 三善由高ほか. 接着が変える補綴臨床技工. QDT 21: 1387-1408, 1996.