

# 結晶化ガラス歯冠修復材料

旭硝子(株)ニューガラス開発研究所 真鍋 恒夫

## Glass-ceramic dental restoration materials

Tsuneo Manabe

Asahi Glass Co., Ltd., Advanced Glass R&D Center

最近、歯科分野ではキャストابلセラミックスクラウンが熱い眼差しで見つめられている。このキャストابلセラミックスクラウンとは、キャスト成形ができるセラミックスの歯冠修復材料のことであり、現在この材料開発は、結晶化ガラスが主流となって進められている。そこで、この結晶化ガラス歯冠修復材料の材料開発の現状および将来性を概説する。

### 1. 歯冠修復材料の現状

虫歯などにより欠損した歯冠部（歯茎より出ている部分、歯根部と区別される）は形態を修復して機能を回復する必要がある。軽度の損傷の場合は、充填材料を詰めて治療をするが、損傷が進むと歯の欠損部と全く同じ形状の材料を作製し、それをセメントで歯に装着し機能を回復させる。この材料は、その形状によりクラウン、インレー、ブリッジ等と呼ばれるが、これらを総称して歯冠修復材料と言う。

この歯冠修復材料としては、従来より主に金属が用いられている。金属としては、金や白金加金からニッケルクロム合金、コバルトクロム合金までさまざまなものが、その特性や価格により使い分けられている。これら金属材料は、精密な鋳造成形が可能であること、機械的特性に優れ、肉厚が薄くても咬合により破壊することがないこと等の特徴から、機能的には歯冠修復材料として非常に優れた素材である。

しかし、最近金属光沢がきらりとのおぞく笑顔があまり見られなくなったことからわかるように、歯の審美性に対する患者サイドからの要求が、

非常に高くなってきている。また、金属アレルギーも指摘され始めており、審美性が高く安全な歯冠修復材料のニーズは日増しに高くなっている。

審美性の高い歯冠修復材料として、現在、金属焼付けポーセレン冠（以下ポーセレンと呼ぶ）、硬質レジン前装冠が用いられている。ポーセレンは、高審美歯冠修復材料として最も一般的なものであり、その構造は Fig. 1 に示すように、金属歯冠の上にガラスフリット層を多層に作製したものである。これを作製するには、金属歯冠の上にならば七宝焼のように、フリット層を筆で形成しては焼成するという操作を繰り返す。最下層には金属の色を隠すための白色不透明なオペーク層を、その上には歯の透明性や色調の分布を再現するために、順次透明性や色調の異なる層を形成していくのである。このように、ポーセレンはまさに芸術品であり、その作製には熟練と時間を要し、その高価さもうなずける。また、硬質レジン前装冠も

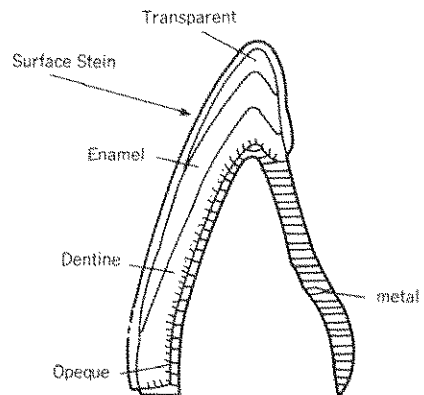


Fig. 1 Cross Section of a Porcelain Crown

同様に、金属歯冠の上に種々の透明性と色調の樹脂を塗布し重合するという操作を繰り返して作製する。これらの歯冠修復材料には、このような作製操作の煩雑さとともに、材料自体および金属との界面の強度の問題から咬合部、特に臼歯には用いることができないという制約がある。また、ポーセレンは硬度が高いため対合する天然歯を摩耗させたり、逆に硬質レジン前装冠は使用中に摩耗してしまうという欠点もある。このように、これら高審美冠修復材料は、その作製法および素材物性の両面からみると、決して十分な材料とはいえない。

## 2. 歯冠修復材料として望まれる材料特性

歯冠修復材料として必要な特性は、次に示すような諸点であると考えられる。

### ①生体適合性に優れること

毒性、発ガン性等がなく、アレルギー等を起こさないことが必要である。特に歯冠修復材料は、口腔内で長期間使用されるため、その微量溶出成分が体内に蓄積され思わぬ障害を引き起こす可能性があり、この特性のチェックは重要である。

### ②咬合力に耐える強度を有すること

人間の咬合力は、ほぼ体重に匹敵する荷重であるといわれる。歯冠修復材料は、この咬合力に耐える強度をもっていないてはならない。しかし、歯冠修復材料の形状は一定でなくまた複雑であり、しかも応力のかかり方も複雑であるため、素材としての必要強度は明らかでない。

また、仮に破折した場合、その破片が鋭角状であると口腔内を傷つけるという指摘もある。

### ③物理的特性が天然歯と同等であること

硬度、摩耗、被摩耗特性が、天然歯と異なっていると、歯冠修復材料自体あるいは対合天然歯が異常に摩耗してしまう。ヤング率が異なっていると、咬合時に違和感を感じる。熱膨張係数が同等でないと、使用時の熱サイクル（歯は0~70°Cの温度になるといわれる）により、支台歯との接着力が低下し、脱落しやすい。また、熱伝導率が高いと、熱いものや冷たいものを食べた時に、痛みを感じる場合がある。このよう

なことから、天然歯に限りなく近い物性を持つ材料が望ましい。

### ④審美性が高いこと

前述したように、昨今の歯冠修復材料への審美性の要求は非常に強い。審美性の目標は、隣接歯と区別ができないことというのが基準になると思われるが、天然歯は各人各部位により微妙な色や透明性の違いがあり、また同一歯内にも分布がある。そこで、種々の色や透明性を正確に制御できることが必要であろう。

### ⑤口腔内で変化しないこと

歯冠修復材料は、長期間口腔内で使用される。口腔内では常に唾液に浸食されているのに加え、前述の咬合力や温度サイクルにもさらされ、pHも変化している。また、細菌による浸食もある。このような環境のなかで、上記①~④の特性が長期間保たれていなければならない。この中で審美性の変化、特に変色は重要な問題となる場合がある。この変色のメカニズムは十分明らかにされてはいないが、食品中のタンニン酸やタバコのニコチン等が原因であると思われ、口腔外の試験ではなかなか予測できないものである。

### ⑥容易にしかも確実によく成形できること

歯冠修復材料は、支台歯にぴったりおさまりしかも咬合状態も正常になるような形状に成形される。特に歯冠修復材料の内面は、支台歯より小さいと装着はできず、大きいと支台歯との隙間の接着剤層が厚くなり、接着剤の溶出による脱落や、唾液や細菌の浸入により支台歯が虫歯になる二次う蝕という重大問題を引き起こすことになる。

成形性に優れる金属歯冠の場合、この隙間は約20 $\mu$ mに制御されているといわれ、またその成形歩留まりは、現在ほぼ100%である。新材料にも、これと対抗しうる精度と確実さをもつ成形性が求められるであろう。

## 3. 歯冠修復用結晶化ガラス材料の開發現状

歯冠修復材料として、結晶化ガラスは、ガラスの状態では精密に成形することができ、しかもその後結晶化を行うことによって寸法精度を損なうこ

Table 1 Characteristics of Glass-Ceramics for Dental Restoration Material

Major Crystalline Phase	Fluoro-Mica			Apatite			Calcium Meta phosphate	Enamel of the Natural Tooth	Appropriate Value Proposed by Sumii)
Glass Composition	K <sub>2</sub> O-MgO-SiO <sub>2</sub> -F	K <sub>2</sub> O-MgO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -P	Li <sub>2</sub> O-Na <sub>2</sub> O-MgO-ZnO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -F	MgO-CaO-SiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO-CaO-B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -F	MgO-CaO-SiO <sub>2</sub> -TiO <sub>2</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Reference	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)等	1)等	2)
Bending Strength (MPa)	152	150	220~300	300		205	150		≥100
Compressive Strength (MPa)	828	940	850	591	185		700	400	≥500
Hardness Knoop Vickers	362	470	360~420	496		706	400	343 350~400	400~500
Modulus of Elasticity (GPa)	70.3		53.0	103		153	65	84.1	
Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.7	2.80	2.80	2.99		3.3	2.8	3.0	
Coefficient Expansion (10 <sup>-7</sup> /°C)	72		80	106	64~72	101	101	114	
Casting Temperature (°C)	1370	1150		1460		1350	1050~1100	—	≤1300

となく、審美性や強度等の物性に優れた材料に変換することができるため、理想的な素材であるといえる。

現在までに報告されている歯冠修復用結晶化ガラスは、Table 1のようにその主析出結晶から次の3タイプに大別される。

- ①フルオロマイカ系
- ②アパタイト系
- ③メタリン酸カルシウム系

また、ガラスのベースとしては、①と②はシリケート、③はリン酸塩である。

①は研削性、②は生体親和性、③は生体親和性と成形性に着目して選定されたと思われる。

これら報告されている歯冠修復用結晶化ガラスの物性値もTable 1に示した、測定試料の形状、測定条件等が同一でないので、正確な比較はでき

ないが、曲げ強度、圧縮強度、硬度については、各材料とも住井が提案した望まれる数値<sup>2)</sup>をほぼ満足しており、他の物性も天然歯と近い値を示している。

歯冠修復材料は、ひとつひとつ形状が異なりしかも複雑な形状であるので、これら結晶化ガラスもその成形法として金属歯冠の場合と同様なロストワックス法による鑄造成形法 (Fig. 2) を採用している。この方法を簡単に説明すると、まず患者の口腔より採取した型の上に、ワックスを盛り上げ歯冠の形状を再現したワックスパターンを作製する。このワックスパターンの周りに埋没材スラリーを流し込み、埋没材が硬化した後、加熱しワックスを焼却する。これによりできた空洞に、溶融金属を遠心力等を利用して鑄造し、冷却後、埋没材をこわして成形体を取り出し、加工、外面研

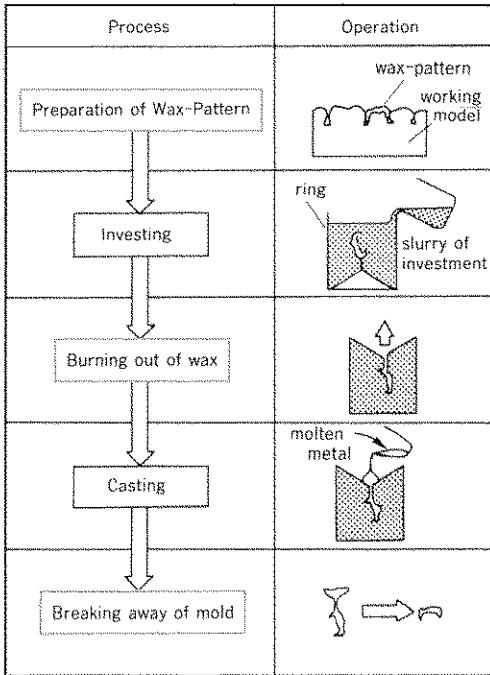


Fig. 2 Cating Method by the Lost-Wax Technique

磨を経て歯冠が完成する。結晶化ガラス歯冠修復材料の場合、金属歯冠の成形と異なるのは、結晶化のプロセスが入ることであるが、この結晶化は鑄造後鑄型内で行われる場合と、ガラス成形体を鑄型より取り出した後に行う場合がある。この歯冠修復材料の寸法精度は、埋没材の膨張、収縮を精密に制御することにより達成されるため、独自の埋没材を用いる場合もあるが、市販の金属歯冠用リン酸塩系埋没材を使用した報告例が多い。

生体親和性、審美性等の臨床評価については、各材料ともその緒についた段階であると思われる、報告例は少ない。この方面での各材料の位置づけは、さらに時間を要するであろう。

筆者らは、現在メタリン酸カルシウム系結晶化ガラス<sup>2)</sup>を用いた歯冠修復材料の開発を進めている。この結晶化ガラスは、主成分が天然歯と同じリン酸カルシウム質であるため生体親和性に優れており、またリン酸塩ガラスであるため Table 1 に示す他の結晶化ガラスに比べ溶融温度、溶融粘性が低く、1050~1100°Cの鑄込温度で一般の金属歯冠鑄造機で十分鑄造することができる。さらに溶融ガラスと反応しない埋没材を開発すること

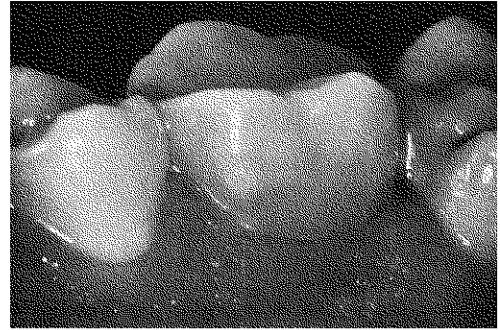


Fig. 3 A Picture of the Calcium-Metaphosphate Glass-Ceramic Crown (Center)

により成形体の表面性状を改良し、临床上問題ないレベルの寸法精度を達成した。審美性においても、Fig. 3に示したように隣接歯と区別できない外観を達成しており、目下臨床試験も順調な経過を見せている。

#### 4. 歯冠修復用結晶化ガラス材料の将来性

歯冠修復材料の開発には、材料に関する実験室的解析のみでは自ずから限界があり、臨床評価が不可欠である。その臨床評価は、ガラス素材を技工士が歯冠修復材料に製作し、歯科医が装着し、患者が長期間使用することによって初めて一連の評価が完結する。その際、結晶化ガラスの特性に大きく影響する成形、結晶化のプロセスは技工士に委ねられ、また歯冠修復材料の破壊応力を決定する肉厚等の形状因子は、歯科医、技工士により決定される。結晶化ガラスには、金属と比較した長所もあれば短所もあり、金属歯冠の素材を単に結晶化ガラスに置き換えるという考えかたでは、思わぬトラブルが生じる可能性がある。

そこで、材料開発者は、技工士、歯科医、患者と十分連携をとり、結晶化ガラスという素材の特徴を十分理解してもらい、各々の立場にとって扱い易くしかもメリットのある、素材、製作技術、使用技術が一体となった新しい歯冠修復システムを構築すべきである。このより良いシステムの構築が、新しい価値ある歯冠修復材料として結晶化ガラスが臨床の場で広く受け入れられるかどうかの鍵となるであろう。

- 参考文献 1) P. J. Adair and D. G. Grossman,  
Int. J. Periodont. Rest. Dent. 4, 32-45  
(1984).
- 2) 住井俊夫, 金属 55(10), 27-31(1985).
- 3) 畑好昭ら, 補綴誌, 32(1), 52-61(1988).
- 4) 保母須弥也ら, 補綴誌, 29(3), 554-59(1985)
- 5) 山本昌雄ら, The Quintessence, 7(8), 1316-  
26(1988).
- 6) 小久保正ら, セラミックス論文誌, 97(3), 239  
-244(1989).
- 7) T. Manabe, M. Shigematsu and S. Kobaya-  
shi, Material Science Monograph, 39, 63-  
72(1989).

〔筆者紹介〕



真鍋 恒夫 (まなべ つねお)  
昭和 56 年 東京大学大学院工学  
系研究科工業化学専攻修士  
課程修了,  
同年旭硝子(株)入社  
現在, ニューガラス開発研究所主  
任研究員

Abstract

Present state of dental restoration materials and the developing trend and probabilities of glass-ceramic materials are discussed.

Currently developing glass-ceramic materials for dental restoration use can be classified into three types according to the main crystalline phase, which are fluoro-mica, apatite and calcium metaphosphate. However, nobody can tell simply the merits and demerits of these materials from their reported physical properties before the clinical evaluations.

Building up a much better system for application of these glass-ceramics as a dental restoration material shall be the key to the wide spread clinical use of these materials.