原 著 論 文

各種歯科用合金と新低溶陶材の焼付に関する研究

—3点曲げ試験による焼付強さについて—

塩沢 育己 佐藤 尚弘 栗山 實 大竹 貫洋
浜野 英也 小椋 直樹 長谷川成男 礪波 健一*
高橋 英和* 西村 文夫*

A Study on Bonding Characteristics of Low Fusing Porcelain to Different Dental Alloys

—Bond Strengths Measured by Three-Point Bending Test—

Ikumi Shiozawa, Takahiro Sato, Minoru Kuriyama, Takehiro Otake,
Hideya Hamano, Naoki Ogura, Shigeo Hasegawa, Ken-ichi Tonami*,
Hidekazu Takahashi* and Fumio Nishimura*

Abstract : This study was conducted to compare bond strengths of three different kinds of dental alloys and one low fusing porcelain (Deguceram Gold, DG) with a fusing temperature around 780°C. The tested alloys were the recommended metal for Golden-Gate-system (Degunorm, DN), a gold-platinum alloy (Casting Gold MC type IV, CG), and a gold-palladium-silver alloy (Castwell MC 12, CW). A conventional metal ceramic combination, a gold-platinum-palladium alloy (Degudent-Universal, DU)/VMK 68 was also tested as the control for bond strength.

A uniform thickness of 1 mm of porcelain was applied for an 8 mm in the central portion of metal specimens measuring 25×3×0.5 mm. The specimens were subjected to a three-point bending test, and the load of bond failure was recorded. Bond strength (in MPa) was calculated from the load at the porcelain separation.

The debonded metal surface was observed by metal microscopy, SEM, and EPMA to examine the mode of bond failure.

The mean bond strengths of DN/DG, CG/DG, and CW/DG were 50.6, 56.1, and 65.2 MPa respectively, and were compared with the conventional DU/VMK 68 combination (40.4 MPa). Elements from porcelain such as Si, K, and Sn were observed on the debonded metal surface by EPMA. The results suggested that the low-fusing porcelain (DG) not only bonds to the recommended alloy but also to the ordinary dental alloys.

Key words : bond strength, low-fusing porcelain, dental alloy, three-point bending test, microscopy

東京医科歯科大学歯学部歯科補綴学第2講座 (主任: 長谷川成男教授)

*東京医科歯科大学歯学部歯科理工学第1講座 (主任: 西村文夫教授)

Department of Prosthodontics II, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Shigeo Hasegawa)

*Department of Dental Technology I, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Chief: Prof. Fumio Nishimura)
平成10年5月19日受付

I. 緒 言

現在、歯科用合金としては、金合金、パラジウム合金、銀合金、チタン合金、コバルト-クロム合金など多種多様な合金が開発され、臨床で使用されている。さらに、チタンは単体でも使用されていて、口腔内は種類の異なる合金によって修復されている。異種合金が一口腔内に存在すると、合金間に電位差が生じ、金属イオンが流出し¹⁾、その結果、金属の腐食²⁾や金属アレルギー³⁾が惹起されることがある。したがって、口腔内は生体為害性の少ない元素から構成される単一の合金で修復されることが望ましい。

近年、インレーから金属焼付陶材冠まで、すべての鑄造歯冠修復物を単一の合金で作製できる金合金が数種類開発された^{4,5)}。これらの合金の組成は、一般に使用されている歯科用白金合金に類似していて、融解温度は、約 1,000°C に設定されている。そのため、焼付陶材冠を作製する際には、使用する陶材の焼成温度を従来の低溶陶材よりさらに低い温度へ改良する必要がある、これら合金専用の新低溶陶材が開発され⁶⁾、システム化されている^{5,7)}。

著者らは、このシステムに使用する合金の融解温度、熱膨張係数などの理工学的性質から考えて、一般に用いられている歯科用合金に対しても、新低溶陶材が焼付く可能性のあるものと推察し、各種歯科用合金に焼付け、その焼付強さを測定し、焼付機構について検討を加える。

II. 研究方法

今回は、新低溶陶材焼付システムのなかからゴールド

ゲートシステム (Degussa 社) を取り上げ、本システムに使用する陶材デグセラムゴールドを各種歯科用合金に焼付ける。

1. 被験合金

ゴールドゲートシステムの新低溶陶材デグセラムゴールドを焼付ける被験合金として、この陶材の専用合金であるデグノーム (Degussa 社)、タイプ 4 金合金であるキャスティングゴールド タイプ IV MC (以下、キャスティングゴールドと略す) (ジーシー社)、金銀パラジウム合金としてキャストウェル MC 12 (以下、キャストウェルと略す) (ジーシー社) を選択し、従来型焼付用低溶陶材ビタ VMK 68 (Vita 社) と陶材焼付用合金デグデントユニバーサル (Degussa 社) との組合せをコントロールとする (表 1)。表 2 は各合金の組成ならびに物性である。

2. 焼付強さの測定

各試料の焼付強さは 3 点曲げ試験で評価する。

1) 測定用試料

3 点曲げ試験に使用する試料は、DIN 13 927⁸⁾ に従って作製する。試料合金部のワックスパターンは長さ 25

表 1 Tested alloy-porcelain combinations
被験合金と陶材の組合せ

alloy	alloy type	porcelain
Degudent-Universal (DU)	Au-Pt-Pd	Vita-VMK 68 (VMK 68)
Degunorm (DN)	Au-Pt-Ag	Degceram-Gold (DG)
Casting gold type IV MC (CG)	Au-Cu-Ag	Degceram-Gold (DG)
Castwell MC 12 (CW)	Ag-Cu-Pd	Degceram-Gold (DG)

表 2 Composition and physical properties of tested alloys
被験合金の組成と物性

Alloy	Composition (wt%)						Melting point (°C)
	Au	Pt	Ag	Pd	Cu	Others	
Degudent Universal	77.3	9.8	1.2	8.9		Ir 0.1	1,150~1,260
Degunorm	73.8	9.0	9.2		4.4	3.6	900~990
Casting gold type IV MC	70.0	2.0	8.0	3.0	16.0	1.0	945
Castwell MC 12	12.0		46.0	20.0	20.0	2.0	930

Alloy	Coefficient of thermal expansion ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	0.2% Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)
Degudent Universal	14.0	470 ^s 580 ^h	580 ^s 630 ^h
Degunorm	16.8	340 ^s 500 ^h	560 ^s 650 ^h
Casting gold type IV MC	20.6		812 ^h
Castwell MC 12	18.7		500 ^s 804 ^h

s : softened, h : hardened

図 1 Dimensions of a specimen
試料の形状

図 2 Specimens positioned with jig in Instron universal testing machine 1123
インストロン万能試験機 1123 の試料台に設置した試料

mm, 幅 3 mm, 厚さ 0.5 mm の空隙を有する金型にバイオレットインレーワックス (ジーシー社) を流し込んで作製する。硬化したワックスパターンを金型より撤去して、ガラス板間に約 1 時間放置した後、スプルー線を植立する。デグデントユニバーサルで铸造するワックスパターンはリン酸塩系埋没材, セラベスト G (ジーシー社) にて, デグセラムゴールドを焼付ける 3 種類の合金 (デグノーム, キャスティングゴールド, キャストウェル) で铸造するワックスパターンは急速加熱型石膏系埋没材, クリストパライト PF (松風社) にてそれぞれメーカー指示の混液比, 混水比にて埋没後, 通法に従って铸造する。铸造機はキャストマシン TS 3 (Degussa 社) を使用する。铸造体は, DIN 13 927 に従って, 長さ約 25 mm, 幅 3 mm とし, 厚さが 0.45~0.55 mm となるように, 陶材焼付面, 裏面, 縦横側面を #500 のエメリーサンドペーパーにて仕上げる。その後, 各铸造体の焼付面を粒度 50 μm のアルミナサンドブラストで処理して, 陶材を焼成する。陶材の焼成範囲は縦方向には合金の中心から両側に 4 mm, すなわち幅 8 mm, 横方向には合金部分の端から端まで (3 mm) を完全に被覆する (図 1)。陶材の焼成厚さは, いずれの試料も合金と陶材の合計厚さが 1.5 mm となるようにする。コントロールであるデグデントユニバーサルに焼付けるビタ VMK 68 では, オペーク陶材を約 0.2 mm 築盛, 焼成し, その上にデンティン陶材を築盛, 焼成する。3 種の被験合金に焼付けるデグセラムゴールドでは, 付属のボンド陶材とオペーク陶材の厚さが合計で約

図 3 The correlation coefficient (k) is derived from this diagram (from DIN 13 927). Each curve shows elastic coefficient (E) of the alloys
Horizontal axis shows the thickness of a specimen
相関係数 (k) を求めるためのダイヤグラム (DIN 13 927⁹⁾ から引用)。曲線はそれぞれの合金の弾性係数 (E) を示す。横軸は試料の厚み (mm)

0.2 mm となるように築盛, 焼成し, その上にデンティン陶材を築盛, 焼成する。焼成にはオストロマット 3001 (DEKEMA 社) を使用し, 陶材の焼成温度はメーカーの指示に従う。そして, コントロールを含まない試料も合金と陶材の合計厚さが 1.5 mm となるように陶材表面を削除し, 鏡面仕上げをして試料とする。試料は合金ごとにそれぞれ 4 個ずつ計 16 個作製し, 3 点曲げ試験を行う。

2) 測定方法

3 点曲げ試験は, インストロン万能試験機モデル 1123 (Instron 社) によって行う。支点間距離 20 mm の試験機試料台の上に, 陶材部が中央で, 陶材面が下方になるように試料を設置する。荷重は, 直径 2 mm のインストロンジグにより, クロスヘッドスピード 1.5 mm/min で両支点の中央に圧縮荷重を加え (図 2), 陶材が合金から剝離するときの荷重値 F (kgf) を記録する。

3) 焼付強さの評価

焼付強さの評価は DIN 13 927⁹⁾ に従って行い, 曲げ剪断強さ γ (MPa) で表し, 陶材が剝離するときの荷重値 F と各試料に特有の相関係数 k との積として算出される。

$$\gamma \text{ (MPa)} = F \times k \times 9.8$$

焼付強さの評価に必要な相関係数 k は図 3 から求め

る⁸⁾。図3の横軸は試料合金部の厚さ (d)、縦軸は相関係数 (k)、曲線は各合金の弾性係数 (E) である。合金の厚さ d と弾性係数 E を測定し、合金の厚さに相当する X 軸上から立てた垂線とその合金に対応する弾性係数の曲線との交点から X 軸に平行な線分を引き、Y 軸との交点で示される数値が各試料に特有な相関係数 k である。

焼付強さは各合金ごとに平均値と標準偏差を求め、平均値間の有意差の判定には Student の t 検定を用いる。

3. 合金部陶材剥離面の顕微鏡観察および EPMA 分析

3 点曲げ試験後の各試料の合金部および合金部陶材剥離面を金属顕微鏡 (ネオパーク顕微鏡 BMH-NE, オリンパス社, 倍率: 50 倍) で観察し, さらに, 走査型電子顕微鏡 SEM (DS 130, Akashi 社) にて精査して, エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー EPMA (Delta V, Kevex 社) により成分組成の分析を行う。

III. 結 果

1. 焼付強さ

荷重の増加に伴って, 試料はたわみ, 陶材が合金より分離あるいは剥離する。図4は, そのときのアナログデータである。曲線のピーク値が剥離時の荷重値 F である。各試料の陶材剥離時の荷重値 F と, 合金の厚さ d および弾性係数 E によって決定される相関係数 k から求められた曲げ剪断強さ γ を表3に示す。それぞれの焼付強さは, コントロールとしたビタ VMK 68 とデグデントユニバーサルの組合せでは, 平均 40.4 MPa (SD 4.7) であった。デグセラムゴールドと3種類の合金の組合せでは, デグノームが平均 50.6 MPa (SD 1.8), キャスティングゴールドが平均 56.1 MPa (SD 7.1), キャストウェルが平均 65.2 MPa (SD 6.2) であった。

新低溶陶材デグセラムゴールドと専用合金 (デグノーム) ならびに一般歯科用合金 (キャスティングゴールド,

キャストウェル) への焼付強さは従来型システムにおける焼付強さと比較して, いずれも有意に大きかった (表3)。また, 新低溶陶材のキャストウェルへの焼付強さは専用合金であるデグノームへの焼付強さより有意に大きかった ($p < 0.01$)。

2. 合金部陶材剥離面の顕微鏡写真

図5-1は, コントロールのビタ VMK 68 とデグデントユニバーサルの組合せの合金部陶材剥離面である。剥離面には, 陶材側のものと考えられる点状の残留物が認められた。

図5-2は, デグセラムゴールドを焼付けたデグノームの合金部陶材剥離面である。剥離面には, コントロールと同様に陶材側のものと考えられる残留物が, すじ状に認められた。

キャストリングゴールド (図5-3) およびキャストウェル (図5-4) の合金部陶材剥離面にも, デグノームと同様に陶材側のものと考えられる残留物が, すじ状に認められた。

3. EPMA 分析

図6-1~4は, 各合金の陶材剥離面の元素分析の結果である。

デグデントユニバーサルの陶材剥離面には, 非陶材焼付面からは析出されなかった陶材側のものと考えられる Si, K, Sn が認められた。また, デグノーム, キャスティングゴールド, キャストウェルの陶材剥離面で, すじ状に陶材が残存している部位はもちろん, 低倍率 (50 倍) では陶材の残存が不明確な部位においても新低溶陶材由来と考えられる Si, K, Sn が認められた。

図4 Output data from the Instron testing machine
インストロン出力例 (アナログデータ)

表3 Mean shear bond strengths
of different metal and por-
celain combination
各試料の曲げ剪断強さの平
均値と標準偏差

(MPa)		
Material	Mean	SD
Degudent Universal	40.4	4.7
Degunorm	50.6	1.8
Casting gold type IV MC	56.1	7.1
Castwell MC 12	65.2	6.2

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

図 5 Microscopic observation on the debonded metal surface

5-1 : DU/VMK 68, 5-2 : DN/DG, 5-3 : CG/DG, 5-4 : CW/DG

合金部陶材剥離面の顕微鏡写真

5-1 : デグデントユニバーサル/ビタ VMK 68, 5-2 : デグノーム/デグセラムゴールド, 5-3 : キャスティングゴールド/デグセラムゴールド, 5-4 : キャストウェル/デグセラムゴールド

IV. 考 察

1. 研究方法について

1) 被験合金

今回検討を加えた合金はデグデントユニバーサル、デグノーム、キャスティングゴールドおよびキャストウェルの4種類で、各合金の組成ならびに物性は表2に示す通りである。すでに、焼付用合金として臨床の実績のあるデグデントユニバーサルは、低溶陶材ビタ VMK 68と組み合わせてコントロールとした。デグノームは新低溶陶材デグセラムゴールドの専用合金であるため被験合金とした。一般歯科用合金である白金加金・キャスティングゴールドは、デグノームと金属組成ならびに溶融温度が類似していることを理由に、また、金銀パラジウム合金・キャストウェルは熱膨張係数が $18.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり^{9,10)}、他の被験合金と比較して、デグノームの熱膨張係数 $16.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と近似していることを理由に被験合金とした。

2) 焼付強さの測定

合金と陶材の焼付強さの基礎的測定方法には引き抜き試験、打ち抜き試験、引張または圧縮剪断試験などが行われ

ているが、各方法には一長一短があり、研究の目的によってそれぞれの方法が使い分けられている。今回、著者らが行った3点曲げ試験で求める焼付強さは、合金と陶材の弾性係数や陶材の引張強さなどの影響を受け、特に合金の比例限によって大きく異なることはあるが、試料の作製方法が容易であり、合金と陶材の界面に残留応力が比較的生じにくい¹¹⁾。この方法によれば、合金側に荷重を加えて陶材を剥離させ、合金面に付着している陶材の面積を評価したり、剥離に要する荷重から焼付強さを求めることが可能であり、合金に焼付ける陶材の面積と厚さに注意を払って試料を作製すれば、測定値が焼付形状によって影響されることが少なく、最も測定誤差の生じにくい方法である。そのため、多くの規格で焼付強さ評価法として採用されている^{8,12,13)}。

今回実験に使用した試料の合金部は、 $25 \times 3 \times 0.5 \text{ mm}$ のワックスパターンを作製することができる金型を使用してパターンを採得した後に、ガラス板で挟んで約1時間放置しているため、パターンの縦横幅が若干大きくなり、厚さは薄くなる可能性がある。このパターンを鑄造して、前述の方法に従って鑄造体を成型したところ、いずれの試料でもほぼ $25 \times 3 \times 0.5 \text{ mm}$ となった。このとき、厚さは

図 6 EPMA analysis

6-1: DU/VMK 68, 6-2: DN/DG, 6-3: CG/DG, 6-4: CW/DG

EPMA 分析結果

6-1: デグデントユニバーサル/ビタ VMK 68, 6-2: デグノーム/デグセラムゴールド, 6-3: キャスティングゴールド/デグセラムゴールド,
6-4: キャストウェル/デグセラムゴールド

0.45~0.55 mm の範囲であれば、図 3 から求められる相関係数 k によって補正されるため問題は生じない。また、縦の長さ 25 mm に関しても、測定時に試料を支える支点間距離は 20 mm であり、若干の誤差は問題にならない。ところが、横幅に関しては、陶材の焼付面積に大きな影響を及ぼすので、この幅に関しては正確さが要求される。したがって、横幅は 3.0 mm を厳守し、幅が 3.0 mm に満たない試料は測定の対象から除外した。

3) EPMA 分析

3 点曲げ試験による焼付強さの評価は陶材剝離に必要な応力だけでなく、陶材の合金面への残存の程度で行われる。規格では、肉眼および顕微鏡にて陶材の残存を検査することになっているが、肉眼および顕微鏡での観察では陶材の残存を正確に確認することは難しく、EPMA による分析が必要とされている¹⁴⁾。今回 EPMA 分析した被験合

金には、いずれも陶材に特有の元素 Si, K, Sn は含まれていない。したがって、合金部陶材剝離面に陶材が焼付いているか否かを判定するうえで、剝離面の Si, K, Sn の EPMA 分析は有効な手段と考える。

2. 結果について

1) 焼付強さ

コントロールとした従来型システムであるビタ VMK 68 とデグデントユニバーサルの焼付強さは 40.4 MPa であり、本研究と同様の方法で得られた焼付強さ 26.2~47.6 MPa¹⁵⁾ とほぼ等しく、本研究方法の妥当性を示している。

また、合金間で焼付強さに差が生じたが、その原因としては合金の比例限の違いが考えられ、合金の比例限は引張強さや耐力と強い相関がある。本研究で検討した各合金の

硬化熱処理後の引張強さは、デグデントユニバーサル<デグノーム<キャスティングゴールド<キャストウェルの関係にある(表2)。陶材焼成後の合金の物性は、硬化熱処理後の物性と近似しているの、陶材が焼付いた状態の比例限もこの順であると考えられ¹⁰⁾、検討を加えた合金間で焼付強さに違いが生じたものと考えられる。

いずれにせよ、新低溶陶材デグセラムゴールドとデグノーム、キャスティングゴールド、キャストウェルとの焼付強さは従来型システムであるビタ VMK 68 と、デグデントユニバーサルの焼付強さに劣らないことが明らかになった。さらに、新低溶陶材デグセラムゴールドと今回被験合金とした3種類の歯科用合金の焼付強さの値は、DIN 13 927 で規定されている金属と陶材との所要焼付強さ(曲げ剪断強さ) 25 MPa を大きく上回っていた。

2) 合金部陶材剥離面の観察

新低溶陶材が、一般の歯科用合金に焼付くことを裏付けるもう1つの現象として、合金部陶材剥離面の低倍率観察における陶材のすじ状残存が考えられる。荷重により合金がたわむと、陶材は合金から剥離するか陶材内部での凝集破壊が起きる。陶材が剥離すると合金表面には陶材は残存しないが、今回検討した各合金の陶材剥離面には陶材がすじ状に残存しており、このことは陶材の凝集破壊を表している。さらに、高倍率による観察および EPMA 分析の結果から、低倍率では残存が確認できなかった部位からも陶材の存在が確認されていて、新低溶陶材デグセラムゴールドは各種合金と焼付くことが明らかである。

3. 新低溶陶材と各種合金との焼付機序について

一般に、金属と陶材の焼付機序には機械的結合、化学的結合、物理的結合が関与しているが、なかでも化学的結合が主役になっていて、合金表面に形成される金属酸化物の酸化膜と陶材成分である金属酸化物がお互いに影響して焼付力が生じるものと考えられている¹⁶⁾。

今回検討した試料を EPMA により元素分析したところ、Si, K, Sn の存在が認められた。また、新低溶陶材デグセラムゴールドのボンド陶材の粉末を X 線回折にて分析したところ、リウサイトと酸化スズの回折線が観察された(図7)。酸化スズは陶材のぬれ性を向上させ、陶材と合金界面の気泡を減少させる¹⁷⁾。さらに、熱膨張係数をみると新低溶陶材 ($15.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) と専用合金 ($16.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) との差は $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり¹⁸⁾、焼付に適しているとされている熱膨張係数の差 $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ¹⁹⁾ と近似していて、新低溶陶材と専用合金は焼付いて当然である。しかし、一般の歯科用合金であるキャスティングゴールドとキャストウェルの熱膨張係数は、それぞれ $20.6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, $18.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、比較的専用合金と熱膨張係数が近いキャストウェルでも、新低溶陶材との熱膨張係数の差は $2.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と大きく、キャスティングゴール

図7 X-ray diffraction pattern of bond porcelain
ボンド陶材のX線回折パターン

ドにいたっては $4.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。Mattmüller ら²⁰⁾ は、本陶材に含まれるリウサイトが陶材の熱膨張を補償していると述べているが、熱膨張係数の差が大きいと、合金と陶材の界面に残留応力が生じるので、いずれの合金にも新低溶陶材が強固に焼付くとは思われない。

しかし、実際には、焼付強さは十分であり、顕微鏡、EPMA 観察の結果からはこれらは焼付いていると考えられる。したがって、本システムの焼付機序は従来の方式とは異なっていると考えざるをえない。予備実験において、薄い合金板に陶材を焼成したところ、合金板が陶材側へ反る現象が確認された。これは、陶材と合金の熱収縮量の不一致により生じたものと考えられる。合金板の厚さを厚くしたところ、このような現象は認められず、合金と陶材の剥離も認められなかった。しかし、陶材と合金との界面に残留応力が生じていることは明らかであるので、両者が剥離しなかった理由としては、ボンディング陶材が緩衝帯としてその応力を緩和している可能性が考えられる。新低溶陶材は、ガラス転移点が低い^{21,22)}ので合金との熱膨張係数の差が大きいでもそこに生じる残留応力は小さく¹⁸⁾、結果として焼付いているものと思われる。

新低溶陶材焼付システムの焼付機序には不明な点が多く、従来の焼付システムにはないボンド陶材が何らかの役割を果たしているようで、その説明が今後に残された問題点であろう。

また、今回の実験で作製した試料は板状であり、一般の歯科用合金に対する焼付を臨床応用するためには、臨床形態のメタルフレームに対する焼付の程度を検討する必要があるものと思われる。

V. 結 論

インレーやクラウンの作製の際に、一般に広く用いられる各種歯科用合金と新しい低溶陶材との焼付強さについて 3 点曲げ試験で検討し、さらに、陶材剥離合金面の顕微鏡観察、EPMA での成分分析を行い、以下の結論を得た。

1. 新低溶陶材デグセラムゴールドと各種合金との焼付強さは、専用合金デグノームで平均 50.6 MPa、タイプ 4 金合金キャストイングゴールドで平均 56.1 MPa、金銀パラジウム合金キャストウェルで平均 65.2 MPa であり、従来型焼付用合金デグデントユニバーサルと低溶陶材ビタ VMK 68 との焼付強さの平均 40.4 MPa と比較しても十分に大きな値を示した。

2. 各合金の陶材剥離面の EPMA 分析の結果は、コントロールを含めて、今回検討したすべての歯科用合金の剥離面に陶材側のものと考えられる元素 Si, K, Sn の存在を示した。

3. 以上のことから、新低溶陶材デグセラムゴールドは、専用合金にはもちろん、一般の歯科用合金にも焼付くことが明らかとなった。

本論文の要旨の一部は、平成 7 年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会 (平成 8 年 2 月 17 日, 東京) において発表した。

文 献

- 吉成正雄, 金子 節, 住井俊夫. 歯科用合金からの金属元素の溶出に及ぼす電位の影響. 歯材器 11 : 515-526, 1992.
- 西村文夫. なぜ腐蝕が生じるのか, そのメカニズムの化学的説明. 歯科医療 9(2) : 5-13, 1995.
- 浜野英也, 井上昌幸. 口腔内金属の腐食, 溶出とアレルギー. 歯科医療 9(2) : 14-20, 1995.
- 安藤申直, 丹野雅仁, 稲垣亮一ほか. 超硬質合金デグノームの理工学的側面. 歯科技工 22 : 1085-1092, 1994.
- 新谷明喜, 古屋尚子. 高機能陶材焼付用白金-金系合金システムの材料評価. QDT 20(7) : 38-41, 1995.
- Komma O. Hydrothermale Dentalkeramik-Systema. Documentation, Rosbach : Fa. Ducera, 1993.
- 新谷明喜, 吉野友貴, 古屋尚子ほか. 高機能白金-金合金 Golden-Gate-System の臨床評価. QDT 20(8) : 27-43, 1995.
- DIN 13 927 : Metall-keramik-system, 1990.
- Habu N, Tonami K, Takahashi H et al. Coefficient of thermal expansion of various porcelain-fusing precious alloy. J Dent Res 74 : 489, 1995.
- 高橋英和, 本村一朗, 礪波健一ほか. 黄金色を有する陶材焼付用合金. DE 124 : 19-24, 1998.
- Lenz J, Schwarz S, Schwickerath H et al. Bond strength of metal-ceramic system in three-point flexure bond test. J Applied Biomaterial 6 : 55-64, 1995.
- ISO 9693. Dental ceramic fused to metal restorative materials, Beuth Verlag, 1991.
- ADAS No. 38 for metal ceramic system, 1991.
- Papazoglou E, Brantley WA, Carr AB et al. Porcelain adherence to high-paladium alloys. J Prosthet Dent 70 : 386-394, 1993.
- Persson M, Bergman M. Metal-ceramic bond strength. Acta Odontol Scand 54 : 160-165, 1996.
- 青木英夫, 田端恒雄, 横塚繁雄編. クラウンブリッジ補綴学 第 2 版 139, 東京 : 医歯薬出版, 1995.
- Anusavice KJ. Phillips' Dental Materials Science 10 th ed 605-608, Philadelphia : Saunders, 1996.
- 本村一朗, 礪波健一, 土生夏史ほか. 歯科用セラミックスの熱膨張. 補綴誌 40・95 回特別号 : 53, 1996.
- 野口八九重. 今日の歯科医療用合金. 歯科評論 324 : 40-53, 1969.
- Mattmüller A, Wazmann J, Biffer R. Hydrothermale Verblendkeramik—Ein erster Erfahrungsbericht aus der Klinischen Praxis—. Quintessence Dent Technol 20 : 28-36, 1995.
- Hohmann W. Dentalkeramik auf der Basis hydrothormaler Gläser, Hinweise zu Struktur, Eigenschaften, Verarbeitung und geeigneten Legierungssystemen, Berlin : Quintessenz, 1993.
- 大貫佳鼓. 多用途金合金焼付低融陶材の機械的性質. 歯材器 16 : 27-37, 1997.