原 著 論 文

各種合着用セメントの諸性質

吉田 圭一 舟木 和紀 棚川 美佳
松村 英雄 田中 卓男 熱田 充

Properties of Commercially Available Luting Agents

Keiichi Yoshida, Kazunori Funaki, Mika Tanagawa,
Hideo Matsumura, Takuo Tanaka and Mitsuru Atsuta

Abstract : The purpose of this study was to evaluate and compare the mechanical properties, water sorption and solubility and shear bond strengths of eight commercially available luting agents to silver-palladium-copper-gold (Ag-Pd-Cu-Au) dental alloy. Five adhesive resin cements, Bistite Resin Cement, Imperva Dual, Panavia EX, Panavia 21 and Super-Bond C & B and three conventional luting agents, zinc phosphate (Elite Cement 100), carboxylate (HY-bond Carbo Cement) and glass ionomer (Fuji Bond) were used. In general, resin cements except for Super-Bond C & B showed higher values of Knoop hardness and compressive, diametral and transverse strengths than conventional luting agents. Adhesive resin cements showed much less water sorption and solubility than ordinary cements. Adhesive luting agents maintained excellent bond strengths of approximately 27~37 MPa to Ag-Pd-Cu-Au alloy after 50,000 thermocycles while alternately immersing the specimen in 4°C and 60°C water for one minute each. These results suggest that resin cements may be more clinically useful for cementing restorations than conventional luting agents.

Key words : conventional luting agent, adhesive resin cement, mechanical properties, water sorption and solubility, bond strength

I. 緒 言

合着用セメントは歯冠修復の最終補綴処置で使用する材料であるが、100年以上にわたってリン酸亜鉛セメントが用いられてきた。その後、歯髄刺激性が少なく歯質との接着を期待した、カルボキシレートセメント¹⁾とグラスアイオノマーセメント²⁾が相次いで開発された。そして約10年ほど前に、歯質や金属との接着性を有するレジンセメントの、スーパーボンドC&BとパナビアEXが登場した。さらに、最近3種類のレジンセメントが新規開発され、接着ブリッジ以外にも鑄造冠やレジンコアのポストの合着、さらにはキャストブルセラミックスクラウンやラミネート

ベニアなどのポーセレンとの接着にも利用され、それらの用途が広がることが予想される³⁾。しかしながら、これら従来のセメントとレジンセメントの諸性質を総括的に比較評価した報告は少ない^{4,5)}。

そこで今回、著者らは従来の3種類の合着用セメントと5種類のレジンセメントの計8種類の合着材のヌープ硬さと圧縮強さ、間接引張り強さ、曲げ強さの機械的性質と吸水・溶解量、金銀パラジウム合金に対する接着強さを測定し、材料学的見地からこれらのセメントを比較検討するとともに、今後のセメントの評価法に関しても考察を加えた。

II. 実験材料および方法

1. 実験材料

表1に使用した合着用セメントを示した。従来の合着用セメントとして、リン酸亜鉛セメントのエリートセメント

長崎大学歯学部歯科補綴学第一講座 (主任: 熱田 充教授)
Department of Fixed Prosthodontics, Nagasaki University
School of Dentistry (Chief: Prof. Mitsuru Atsuta)
平成6年7月11日受付

表 1 実験に使用した合着用セメント
Luting agents used in this study

セメント	メーカー	略号	Lot. No.
エリートセメント 100	ジーシー	EC	粉: 120301 液: 250101
ハイボンドカルボセメント	松風	HC	粉: 129072 液: 129075
フジボンド	ジーシー	FB	粉: 170922 液: 020921
ビスタイトレジンセメント	徳山曹達	BR	アイボリー: 19008 F
インパーバデュアル	松風	ID	粉(XO): 069312 液: 069302
パナビア EX	クラレ	PE	粉(標準色): 1079 A 液: 2199 A
パナビア 21	クラレ	PT	EX: 11112
スーパーボンド C&B	サンメディカル	SB	粉(クリア): 30702 液: 306022 キャタリスト: 208033

100 (以下 EC と略, ジーシー), カルボキシレートセメントのハイボンドカルボセメント (以下 HC と略, 松風), グラスアイオノマーセメントのフジボンド (以下 FB と略, ジーシー) の 3 種類を用いた。また, レジンセメントとして, ビスタイトレジンセメント (以下 BR と略, 徳山曹達), インパーバデュアル (以下 ID と略, 松風), パナビア EX (以下 PE と略, クラレ), パナビア 21 (以下 PT と略, クラレ), スーパーボンド C&B (以下 SB と略, サンメディカル) の 5 種類を用いた。

2. 実験方法

1) 機械的性質

いずれのセメントもメーカー指定の粉液比で練和後テフロン型に填入し, 30 分後に型から取り出し, 以下のサイズに作製した。ヌープ硬さ用が 10 mm ϕ ×2 mm, 圧縮および間接引張り強さ用が 6 mm ϕ ×12 mm, 曲げ強さ用が 2×2×25 mm, 吸水および溶解量用が 15 mm ϕ ×0.6 mm である。試験片作製後 37°C の水中に 24 時間浸漬後各試験に供した。なお, 試験片はいずれの試験においても 5 個とした。

(1) ヌープ硬さ

微小硬度計 MVK-E (明石製作所) を使用し, 荷重 50 g, 負荷時間 30 秒, 温度 (25±1)°C, 相対湿度 (50±2)% の条件下で行った。各試料につき 10 点つけた圧痕をデジタル計測顕微鏡 ACP-94 (明石製作所) で測定し, その平均値と標準偏差値を求めた。

(2) 圧縮, 間接引張りおよび曲げ強さ

オートグラフ DCS-500 (島津製作所) を用いて, クロスヘッドスピード 1 mm/min で荷重を加え, 試料が破断したときの荷重から各強さを算出した。なお, 曲げ強さは

支点間距離 20 mm の 3 点曲げ試験を行い測定した。

2) 吸水および溶解量

JIS T 6514⁶⁾ と ISO 10477⁷⁾ に準じて行った。すなわち, テフロン型から取り出した試験片を無水塩化カルシウムの入ったデシケータに移し, 24 時間後に取り出して精度 0.2 mg で秤量した。試験片の質量減が, 24 時間に 0.2 mg より少なくなるまで測定を繰り返し, 恒量となったときの質量を m_1 とする。次に, 試験片を 37°C に保った蒸留水中に 7 日間浸した後水中から取り出し, 蒸留水で洗浄して表面の水分をキムワイプで拭い, 秤量し, このときの質量を m_2 とする。また秤量後, 前述の方法によってデシケータ中で恒量とし, 再び秤量し, このときの質量を m_3 とする。各試験片の吸水および溶解量は, 以下の式によって求めた。

$$\text{吸水量 } (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{m_2 - m_3}{v}$$

$$\text{溶解量 } (\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{m_1 - m_3}{v}$$

v は試験片の体積 (mm³) で, 試験片の厚さは, 試験片の中心部 1 カ所と円周部を 4 等分した点の 4 カ所との計 5 カ所を測定した平均値とした。試験片は各セメントにつき 5 個とした。

3) 金銀パラジウム合金との剪断接着強さ

通法に従い埋没鋳造した直径 10 mm, 厚さ 2 mm と直径 6 mm, 厚さ 2 mm の 2 種類の金銀パラジウム合金 (以下金パラ合金, ニュー金パラジウム, 石福金属興業) の表面を平均粒径 50 μm のアルミナで 5 気圧, 15 秒間サンドブラスト処理した。接着面積を規定するために, 直径が 10 mm の金属板表面に, 直径 5 mm の穴を開けた厚さ 100 μm のポリエステル粘着テープを貼り付けた。次に, メーカー指定の粉液比で練和した各セメントをこの上に塗布し, 直径が 6 mm の金属板と突き合せ接着した。この試験片を 37°C 水中に 24 時間浸漬後, 即時重合レジンでアクリル樹脂に包埋した。一部の試料は水中に保存後, 4°C と 60°C の水中に交互に 1 分間浸漬する水中熱サイクルを 20,000 回および 50,000 回与えた後に包埋した。その後試料を圧縮剪断治具に装着し, オートグラフで剪断荷重を加えた。クロスヘッドスピードは 0.5 mm/min, 試料数は 5 個とし, 破断時の荷重を接着面積で除した値を剪断接着強さとし, 平均値と標準偏差値を算出した。

なお, すべての諸性質の平均値を Tukey の多重検定で統計分析した。

III. 実験結果

1. 機械的性質

表 2 に各機械的性質を測定した結果を示した。SB の圧縮強さと間接引張り強さは試料が破断しなかったために測

表 2 各種合着用セメントの機械的性質
Mechanical properties of luting agents

セメント	ヌーブ硬さ (KHN)	圧縮強さ (MPa)	間接引張り強さ (MPa)	曲げ強さ (MPa)
EC	49.2(4.5) ^a	124.8(15.1) ^d	4.4(0.9) ^d	10.6(1.1) ^c
HC	17.3(1.6) ^c	53.2(4.6) ^e	5.1(0.8) ^d	12.4(0.8) ^c
FB	38.4(4.0) ^b	163.1(28.6) ^c	10.4(2.7) ^c	5.5(0.5) ^d
BR	49.8(2.6) ^a	233.9(7.8) ^a	34.8(3.9) ^b	86.5(5.5) ^a
ID	50.0(3.6) ^a	206.8(11.9) ^b	45.4(3.7) ^a	90.0(5.3) ^a
PE	49.6(3.4) ^a	192.4(11.6) ^{b,c}	32.9(2.5) ^b	89.6(5.1) ^a
PT	48.9(2.7) ^a	234.8(23.3) ^{a,b}	34.5(2.2) ^b	94.4(5.5) ^a
SB	8.9(0.4) ^d	—	—	58.3(2.7) ^b

() : SD, — : 測定不能

^{a-e} : 各性質において異なったアルファベットは有意差あり (p < 0.05)

Values with different superscripts for each property are significantly different at p < 0.05

表 3 各種合着用セメントの吸水・溶解量
Water absorption and solubility of luting agents

セメント	吸水量 ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)	溶解量 ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)
EC	149.3(10.5) ^c	41.3(2.6) ^a
HC	309.3(21.5) ^a	33.8(2.6) ^b
FB	211.6(1.7) ^b	34.4(3.7) ^b
BR	24.2(2.6) ^e	14.2(3.5) ^{c,d}
ID	31.5(0.6) ^d	9.5(1.3) ^e
PE	18.2(1.0) ^f	3.8(0.6) ^f
PT	32.2(2.8) ^d	17.8(2.7) ^c
SB	31.2(1.3) ^d	12.1(1.4) ^d

() : SD

^{a-f} : 各性質において異なったアルファベットは有意差あり (p < 0.05)

Values with different superscripts for each property are significantly different at p < 0.05

定できなかった。ヌーブ硬さにおいては、在来のセメントの中で、EC が約 49 と最も高い値を示し、SB 以外の 4 種類のレジンセメントと統計的に有意差は認められなかった。圧縮強さにおいては、FB が 150 MPa 以上と PE に近い値を示し、HC の 3 倍以上の強さであった。レジンセメントの中では、ID と PE が 200 MPa 前後の値で、BR と PT が最も高い値であった。間接引張り強さにおいては、EC と HC が最も低い値を示し、FB がこれらのほぼ 2 倍の値であった。レジンセメントはいずれも FB の 3 倍以上の値を示し、ID が約 45 MPa と最も高く、残りの 3 種は 33~35 MPa の値を示した。曲げ強さにおいては、従来のセメントの中では FB が最も小さく、EC と HC が FB のほぼ 2 倍の強さであった。レジンセメントの中では SB が約 58 MPa と HC のほぼ 5 倍の値を示した。残りの 4 種類のレジンセメントはいずれも 87~94 MPa の値を示し、統計的に有意差は認められなかった。

表 4 各種合着用セメントの金銀パラジウム合金に対する接着強さ
Shear bond strengths of luting agents to silver-palladium-copper-gold alloy

セメント 熱サイクル(回数)	剪断接着強さ (MPa)		
	0	20,000	50,000
EC	9.5(0.9) ^e	5.5(0.8) ^d	0 ^d
HC	20.1(1.8) ^d	19.7(3.2) ^c	0 ^d
FB	30.2(4.3) ^c	32.0(3.5) ^b	17.6(2.2) ^c
BR	33.2(5.2) ^c	36.5(3.9) ^b	32.7(5.7) ^{a,b}
ID	38.6(4.8) ^{b,c}	35.7(5.5) ^b	33.7(5.5) ^{a,b}
PE	43.0(5.2) ^{a,b}	46.6(5.4) ^a	33.8(6.0) ^{a,b}
PT	49.4(3.8) ^a	53.6(5.0) ^a	37.3(4.2) ^a
SB	34.8(2.7) ^c	31.1(3.7) ^b	26.5(3.8) ^b

() : SD

^{a-e} : 各サーマルサイクルにおいて異なったアルファベットは有意差あり (p < 0.05)

Values with different superscripts for each thermocycle are significantly different at p < 0.05

2. 吸水および溶解量

表 3 に各種セメントの吸水および溶解量を示した。吸水量においては、在来のセメントはレジンセメントに比較して 1 桁高い値を示した。中でも HC が 300 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 以上の値を示し最も多かった。レジンセメントの中では PE が最も少なく次いで BR で、ID と PT、SB の 3 種は統計的に有意差が認められなかった。

溶解量においては、吸水量と同じく在来のセメントがレジンセメントより高い値を示し、EC が最も多かった。レジンセメントはいずれもこれらのほぼ 1/2 以下の値を示し、PE が約 4 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ と最も少なく、次いで ID とこの 2 種が 10 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 以下の値を示し、PT が約 18 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ と最も多い溶解量であった。

3. 金銀パラジウム合金との剪断接着強さ

表 4 に各種セメントの熱サイクル 0, 20,000, 50,000 回後の金パラ合金との剪断接着強さを示した。熱サイクル 0 回においては、在来のセメント中で EC が約 10 MPa と最も低く、FB が約 30 MPa と最も高い値を示した。レジンセメントはいずれも 33 MPa 以上の値を示し、PT が約 49 MPa と最も高い接着強さを示し、BR と ID、SB の 3 種と統計的に有意差が認められた。

熱サイクル 20,000 回後においては、EC 以外の 7 種のセメントはいずれも 0 回と比較してほとんど低下しなかったが、熱サイクル 50,000 回後においては、EC と HC は自然剥離し、FB が約 18 MPa と 0 回と比較して約 42% 低下した。レジンセメントにおいては、BR 以外の 4 種はいずれも低下したものの、SB が約 27 MPa と最も低く、残りの 4 種はいずれも約 33 MPa 以上の値を維持していた。

IV. 考 察

クラウン・ブリッジやキャストコアーを支台歯に合着するためのセメントは、日常の補綴臨床においては欠くことのできない歯科材料の 1 つである。100 年以上にわたって合着用セメントの王座を占めてきたリン酸亜鉛セメントに加えて、カルボキシレートセメント¹⁾やグラスアイオノマーセメント²⁾などの歯質に接着するとされるセメントが出現して、単なる嵌合力のみならず、ある種の化学的な結合力も期待できるようになった。そして 10 年ほど前に、特に歯質や歯科用合金に高い接着力を示す、スーパーボンド C & B やパナビア EX が相次いで開発された。最近では審美的な要求の高まりに伴い、歯質削除量の多い前装冠やキャストابلセラミックスクラウンが、さらには接着性が要求される接着ブリッジやラミネートベニアなどが普及してきている。このようなニーズに応え、近年新たに 3 種類のレジンセメントが商品化されたが、これら有機系のレジンセメントの性状に関する規格はいまだに定められていない。したがって、これまでにレジンセメントの機械的性質が報告^{4,5,8,9)}されているが、いずれも合着用という目的を同じくするリン酸亜鉛セメントないしはカルボキシレートセメントについての日本工業規格 (JIS)¹⁰⁾ や米国歯科医師会規格 (ADAS)¹¹⁾ に準じて行われている。これらの規格には、標準稠度と硬化時間、圧縮強さ、被膜厚さ、崩壊率、ヒ素含有率についての試験項目が定められている。しかしながら、これらの試験結果単独では、臨床で合着用セメントを選択する際に不可欠な具備すべき条件を満足しておらず、実際に要求されるセメントの性質を予測するのは困難である。そこで今回は、この規格項目の中から圧縮強さだけ選び、その他の機械的性質としてヌーブ硬さと間接引張り強さ、曲げ強さを測定した。

これらの機械的性質においては、一般的に従来の合着用セメントに比べ、レジンセメントは優れた物性を示した。レジンセメントの中でも、SB はその他の 4 種類のレジンセメントに比べ、ヌーブ硬さと曲げ強さはいずれも劣っていた。SB 以外のセメントは無機質フィラーを 70 wt% 以上含み、全く含有していない SB とは異なった特性を示したもののと思われる。セメントにおける各機械的性質の相関は井田らの報告¹²⁾にもあるように認められないと思われる。セメントの脆さを示す尺度として、井田ら¹²⁾は引張り強さと圧縮強さの強度比を考え、さらに、工業用セメントにおいては、圧縮強さと曲げ強さとの比はもろさ係数¹³⁾と呼ばれている。これらの値を表 5 に示した。在来セメントの中では、HC が最も高い値を示し脆くなかったが、レジンセメントと比較すると、値がほぼ 1/2 と小さく、レジンセメントの強度の大きさがうかがえた。5 種類のレジンセメントの中では、BR がいずれの値においても小さく、

表 5 各種合着用セメントの脆さ
Brittleness of luting agents

セメント	間接引張り強さ/圧縮強さ	曲げ強さ/圧縮強さ
EC	0.035	0.085
HC	0.096	0.233
FB	0.064	0.034
BR	0.149	0.370
ID	0.220	0.435
PE	0.171	0.466
PT	0.147	0.402

最も脆いと思われた。

JIS¹⁰⁾ や ADAS¹¹⁾ では、セメントの溶解性を蒸留水に 24 時間浸漬し、その重量の差を元の質量に対するパーセントで求め崩壊率として表す。この方法に準じて行った場合^{14,15)}とクラウンやブリッジ、義歯の中にセメントを挿入し、実際の臨床に即した口腔内での溶解量を測定した場合¹⁶⁻¹⁹⁾とは全く異なる結果を示したという報告²⁰⁾がある。さらに、セメントの溶解は 1 日間の浸漬では十分ではなく、浸漬時間に比例して多くなる^{21,22)}。したがって、今回はレジンセメントを主体に考え、なおかつ、崩壊率の測定方法より試料の浸漬期間が長い、コンポジットレジンの規格^{6,7)}に準じて、吸水および溶解量の測定を行った。在来の合着用セメントとレジンセメントの崩壊率を比較した報告^{4,5,23)}では、大差が認められなかった。しかしながら、今回の実験はこれらの結果とは異なり、吸水量においては、在来のセメントはレジンセメントに比較して 1 桁多かった。在来のセメントは水分と接触すると十分なゲル化が行われない上に、水中に浸漬することによってマトリックスの可溶性成分が溶出し、同時に硬化体中に水分が侵入しやすいのではないかと推察される。溶解量においても同様の傾向が認められ、レジンセメントの中で最も多かった PT の 2 倍以上の値であった。吸水および溶解量いずれにおいても PE が最も少なかった。

今回の実験では、吸水量が多ければ溶解量も多いという特徴は郭の報告²⁴⁾と同様に認められなかった。蒸留水に浸漬する、現行の規格試験に対しては疑問があることから、種々の水溶液を用いて実験がなされている^{20,23,25-27)}。したがって、今後、より臨床的条件に近いこれらの方法での実験を検討する余地があると考えられた。

金パラ合金との接着においては、全部被覆型の歯冠補綴物をセメントで合着することを想定しているの、セメントの機械的性質も加味された合着力として測定できる剪断接着強さを測定した⁹⁾。熱サイクル 20,000 回では、FB がレジンセメントの PE、PT 以外のセメントとほぼ同じ値を維持したが、熱サイクル 50,000 回では、0 回と比較して約 42% も値が低下した。一方、レジンセメントは最も低い SB が約 27 MPa で、最も高い PT が約 37 MPa と高い接着耐久性を示した。フィラーを含んでいない SB が、

フィラーを含んだそれ以外のレジンセメントに比べ、熱サイクル 50,000 回後に低い値を示したのは、接着材自体の機械的性質の差が生じたためと思われる。すなわち、組成上線状ポリマーである SB は、架橋ポリマーであるコンポジット系のレジンセメントよりも温度により軟化しやすい⁹⁾ために、熱サイクルによってセメントが劣化したからである。また、接着の破壊様式が、SB ではセメントの凝集破壊がほとんどであったが、そのほかのレジンセメントでは界面破壊が多く、凝集破壊と界面破壊の混合破壊も一部にしか認められなかったことから上記のことを裏付けることができる。

今回、在来の合着用セメントとレジンセメントの機械的性質と吸水・溶解量、金パラ合金との接着強さを比較評価したが、いずれの性質においてもレジンセメントの方が優れていた。より臨床的なセメントの評価法は、支台歯にクラウンを合着した状態での被膜厚さや着合力、それにマージン部分に露出しているセメント層の酸に対する溶解性などを考慮しなければならない。今回の実験結果から、レジンセメントはこれらの要件においても良好な成績を示すと思われるが、操作性の改善も含め、今後十分に検討することによって、信頼性が確立されていくと思われる。

V. 結 論

在来の合着用セメント 3 種とレジンセメント 5 種の計 8 種類のセメントの機械的性質と吸水・溶解量、金銀パラジウム合金の接着強さを測定し比較検討した結果、以下の結論を得た。

1. ヌープ硬さはエリートセメントがスーパーボンド以外のレジンセメントに近い値を示した。圧縮強さと間接引張り強さ、曲げ強さいずれにおいても、レジンセメントの方が在来のセメントより優れた物性を示した。

2. 吸水量および溶解量において、レジンセメントは在来のセメントよりも著明に少なく、吸水量が最も多かったハイボンドカルボセメントのほぼ 1/10 以下、溶解量が最も多かったエリートセメントの約 1/2 以下の値であった。

3. 金銀パラジウム合金との接着強さにおいても、レジンセメントは在来のセメントよりも高い接着耐久性を示し、熱サイクル 50,000 回後に、27~37 MPa の値を示した。

4. 今後、より臨床に近いセメントの評価法を見い出す必要があると思われる。

本論文の内容の一部は第 91 回日本補綴歯科学会学術大会（平成 6 年 6 月 3 日，新潟）にて発表した。

文 献

- 1) Smith, D.C.: A new dental cement, Br Dent J, 124: 381~384, 1968.
- 2) Wilson, A.D. and Kent, B.E.: The glassionomer cement. A new translucent filling materials, J Appl Chem Biotechnol, 21: 313, 1971
- 3) 熱田 充, 松村英雄: 各種合着用セメントの特徴と最近の進歩, 補綴臨床, 27: 77~86, 1994.
- 4) 増原英一, 小島克則, 窪田敏之ほか: 新しい接着性コンポジットレジン の 理 工 学 的 性 質 に 関 す る 研 究, 歯 材 器, 2: 486~492, 1983.
- 5) 野口八九重, 越中 優, 中村かおりほか: 最近の歯質接着性セメントをテストする, DE, 69: 18~29, 1984.
- 6) 日本工業規格: JIS T 6514 歯科充填用コンポジットレジン, 日本規格協会, 1993 制定.
- 7) ISO 10477: Dentistry-Polymer-based crown and bridge materials, International Organization for Standardization, 1992.
- 8) 永田勝久, 竹山守男, 中林宣男ほか: 4-META を含む接着性レジンセメントの理工学的性質について, 歯理工誌, 22: 143~146, 1981.
- 9) 野口八九重, 中村かおり, 小園江芳之ほか: 歯科用セメントの接着強さと圧縮強さ一温度依存性一, 歯材器, 4: 543~550, 1985.
- 10) 日本工業規格: JIS T 6602 歯科用リン酸亜鉛セメント, 216~219, 日本歯科材料工業協同組合, 東京, 1992.
- 11) Council on Dental Materials and Devices: Revised American National Standards Institute/American Dental Association Specification No. 8 for Zinc Phosphate Cement, J Am Dent Assoc, 96: 121~123, 1978.
- 12) 井田一夫, 森脇 豊, 山賀礼一: 歯科用セメントと象牙との接着性に関する研究 第 4 報 各種セメントの機械的性質, 歯材器誌, 30: 41~51, 1973.
- 13) 明石外世樹, 山路文夫: コンクリートの伸び性能について, セメント技術年報, 11: 247~255, 1957.
- 14) Valcke, C.F.: The solubility and disintegration of dental cements, J Dent Assoc South Africa, 30: 857~859, 1975.
- 15) Wilson, A.D.: Specification test for the solubility and disintegration of dental cements: a critical evaluation of its meaning, J Dent Res, 55: 721~729, 1976.
- 16) Norman, R.D., Swartz, M.L., Phillips, R.W. et al: A comparison of the intra-oral disintegration of three dental cements, J Am Dent Assoc, 78: 777~782, 1969.
- 17) Richter, W.A. and Ueno, H.: Clinical evaluation of dental cement durability, J Prosthet Dent, 33: 294~299, 1975.
- 18) Osborne, J.W., Swartz, M.L., Goodacre, C.J. et al: A method for assessing the clinical solubility and disintegration of luting cements, J Prosthet Dent, 40: 413~417, 1978.
- 19) Mitchem, J.C. and Gronas, D.G.: Clinical evaluation of cement solubility, J Prosthet Dent, 40: 453~456, 1978.
- 20) Beech, D.R. and Bandyopadhyay, S.: A new laboratory

- method for evaluating the relative solubility and erosion of dental cements, J Oral Rehabil, 10 : 57~63, 1983.
- 21) 木幡 篤, 野本 寛, 斉藤修夫ほか: 歯科用セメントの基礎的物性の検討, 歯材器誌, 32 : 17~22, 1975.
- 22) 東 福松: 各種歯科用セメントの水中浸漬時間の元素の溶解量, 硬化物表面の性状およびその元素分析に関する研究, 歯材器, 1 : 213~225, 1982.
- 23) 宮坂 平, 吉田隆一, 土生博義ほか: セメントの溶解からみた評価, DE, 82 : 18~29, 1987.
- 24) 郭 永昌: 歯科用コンポジットレジンの吸水性と溶解性について, 歯材器, 1 : 299~311, 1982.
- 25) Iwaku, M., Takatsu, T. and Fusayama, T. : Comparison of three luting agents, J Prosthet Dent, 43 : 423~425, 1980.
- 26) 熱田 充, 田中卓男, 日景 盛ほか: 接着性レジンセメントのクラウン合着時の被膜度と接着性および溶解性について, 補綴誌, 28 : 767~774, 1984.
- 27) 安藤正明: 合着用セメントの有機酸による溶解性について, 補綴誌, 32 : 203~217, 1988.