歯科ろう着に関する研究

第1報 埋没材の種類による影響

羽田京太郎 富田 豊 小泉 政幸 石塚 享

長島 信也 棧 淑行 牟田 成*

八木 庸行* 浅野 澄明* 五十嵐孝義*

A Study of Dental Soldering Part I. Influence on Kind of Soldering Investments

Kyotaro Hada, Yutaka Tomita, Masayuki Koizumi, Toru Ishizuka,

Shinya Nagashima, Yoshiyuki Kakehashi, Shigeru Muta*, Tsuneyuki Yagi*,

Sumiaki Asano* and Takayoshi Igarashi*

I. 緒 言

歯冠架橋義歯の臨床では器械器具、使用材料の開発や、技工術式の確立により、間接法が日常化し十分な精度をもった補綴物の製作が可能になった。1～2歯欠損のブリッジもワンピースキャスト法によって容易に製作でき、さらに比較的多数歯にわたるものにも応用され始めている¹⁻⁷⁾。しかし、ユニット数が多い場合や焼付陶材冠の場合では、間接法が確立している現在でも、やはりろう着法により適合精度を確認しながら技工操作を行っている。また口腔内で十分な適合が得られなかったブリッジは連結部で切断し、ろう着する方法もとられている。

Rubin⁷⁾ はブリッジ製作に際し溶ダージョイントとキャストジョイントを比較し、前者にはろう着操作によるずれ、変形、収縮、ろう着部の強度低下、腐蝕、変色、製作工程の繁雑さおよび高度の技術を必要とする等

問題が多いとし、キャストジョイントが優れていると報告している。保母⁸⁾は溶ダージョイントを作るためには材料の多用と操作もこみいつているため、それだけ誤差を生ずる機会が多いとしながらも現段階では埋没材の硬化、加熱膨張による変形が大きく、ワンピースキャストでリングの末端にまで一杯にまたがる例では歪みを受けやすく、精度の優れた鑄造体を得ることは困難であるので溶ダージョイントを推奨している。このようにキャストジョイントと溶ダージョイントの優劣は種々検討^{1,7-20)}されている。論点であるろう着に関する報告は多く見受けられる^{10-13,19-37)}が、ろう着法が確立されたとはいいがたい。ろう着法の確立化には技工術式、使用材料の両面から検討されなければならないと考えられる。今までの研究報告を見てみると、ろう着専用埋没材^{13,21-25)}、ろう着間隙^{8,11-13,29,36,37,46,47)}、ろう着部の引張り強さ^{11,12,26,34,35,37,51,52)}および金属焼付陶材冠の前ろう着と後ろう着の技工操作^{19,20,28-30)}等については多く見受けられるが、それ以外の関心は意外に薄いようである。

そこで著者らはろう着法を確立していくため、表1に示すようろう着法の適合精度に影響を及ぼす因子を取り上げ、今回は被ろう着体の固定埋没材の種類のみを可変因子とし、他の諸因子は本学実習要項に従い固定因子とし実験を行った。使用した埋没材は図1に示すようG-

日本大学大学院歯学研究科補綴学専攻

* 日本大学歯学部補綴学教室

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Crown Bridge

* Nihon University School of Dentistry, Dept. of Crown Bridge

昭和57年4月28日受付

表 1 ろう着法の適合精度に影響を及ぼす因子

A. ブリッジの設定部位	H. 被ろう着体の固定
B. 支台歯の数およびユニット数	I. 予備加熱法
C. 支台歯の形態	J. 被ろう着体金属の種類, ろうの種類
D. ろう着位置およびろう着カ所	K. フラックス
E. ろう着間隙	L. ろう着法
F. 被ろう着体の位置の確定	M. 冷却法
G. 仮着ワックスの流ろう操作	N. 熱処理

C 社製 Investment for Soldering Work (以下 G.C. と略す), Whip-Mix 社製 Hi-heat Soldering Investment (以下 W.M. と略す), Ransom & Randolph 社製 Soldering Investment (以下 R&R と略す) の 3 種市販ろう着専用埋没材を用いた。ろう着後の適合精度を日本光学社製万能投影機 V 16-A にて頬舌的, 近遠心的, 垂直的 3 方向について計測し興味ある知見を得たので報告する。

II. 実験材料および実験方法

1. 金属原型

ブリッジの装着頻度が最も高い部位は下顎第 1 大臼歯欠損で第 2 小臼歯および第 2 大臼歯を支台歯とする 1 歯欠損のブリッジであるという羽賀⁵³⁾や平沼⁵⁴⁾の報告に基づき, 使用原型を右側下顎第 1 大臼歯欠損のブリッジとし天然歯列に近い形に設計した。支台歯部は全部鑄造冠形態で, マージンはシャンファア形態とし, 松風社製顎歯模型およびメラミン歯を用い本学実習要項に従い支台歯形成を行った。欠損部は架工歯が常に同じ位置にもどりかつ変位しないよう, 欠損粘膜相当部に十字型のくさびを設置し, 金属原型を製作した。なお金属原型はリン青銅製とした。図 2 は金属原型の咬合面観であり, 両支台歯の舌側外枠のステンレス金属部に計測基準点としてポンチング標識を設置した。図 3 はその模式図である。

図 4 は金属原型の頬側面観であり, 咬合面観同様両支台歯の病頸部より外枠ステンレス金属部にポンチング標識が設置してある。図 5 はその模式図である。なお両支台歯のテーパ度は右側第 2 小臼歯 (以下 5) と略す) 近心で 16.4° , 遠心で 7.9° , 頬側で 9.7° , 舌側で 8.5° であった。右側下顎第 2 大臼歯 (以下 7) と略す) のテーパ度は近心で 16.3° , 遠心で 12.1° , 頬側で 13.5° , 舌側で 7.8° であった。

2. ロウ原型

印象材, 模型材の膨縮, 歪の発生, さらに模型作製の

図 1 各種市販ろう着専用埋没材

図 2 金属原型 (咬合面観)

際に生ずる支台歯間位置関係のずれ等の因子を除くため, 直接金型上でロウ原型を採得した。製作にあたっては本学金子らの方法⁵⁵⁾に従い, クワタパネント 社製 KPD ロックモデルで分割式の割型を両支台装置用および架工歯用の各々 2 つを製作し, 割型内に熔融した松風社製カラーワックスを流し込み, ただちに金属原型にセットし, オイルプレッシャーにて 10 kg/cm^2 の圧を加え, そのまま室温まで 15 分間放置した。その後加圧せずに 1 時間室温に放置し割型を外し, ワックスのパリ等を除去してマージンの調整を行い, ろう着間隙が一定となる様図 6 に示すシクネスゲージを用い 0.08 mm

図 3 金属原型模式図(咬合面観)

図 4 金属原型(頬側面観)

図 5 金属原型模式図(頬側面観)

図 6 シックネスゲージ

に調整した。なお今回架工歯は充実体とした。調整後、両支台装置のろう着後の移動量を計測するため、計測標識として5)の近心面および7)の遠心面に松風社製φ0.7~0.8 mm のリテンションビーズを図7に示すよう、サベヤーを用いて付着した。

埋没操作以後の操作はすべて本学実習要項に従い行った。使用金属は徳力社製 KP エース 200 S ナイスショットを用いた。

3) ろう着

鋳造物の超音波洗浄、酸処理、サンドブラスト処理後ろう着に先だって、橋本⁵⁰⁾の報告より手指にて軽く圧迫した状態が想定される 400 g の荷重をかけ試適し適合状態を確認した。その後先に 0.08 mm に調整したろう着間隙をシックネスゲージを用い、松風社製シリコーンホイール M₁, M₂, M₃ にて両支台装置および架工歯の両隣接面を頬舌横方向のみ研磨し、ろう着間隙が 0.10 mm となるよう調整した。

試適およびろう着間隙の調整が終了した両支台装置および架工歯に再びそれぞれの 400 g 荷重をかけ金属原型

から浮かないようにマージン部をスティッキーワックスで固定し、横 36 mm、縦 20 mm、厚さ 5 mm の直方体に規定したバイエルン社製キサンターノを用い、埋没材の中央に鋳造物が埋没されるよう咬合面コアを採得した。その後スティッキーワックスを用い咬合面コアに鋳造体を固定した。埋没材の使用にあたっては、メーカー指示に従い、手動約 1 分間 180 回練和を行い、横 36 mm、縦 20 mm、高さ 25 mm の直方体に規定したパラフィンワックス枠に埋没泥を流し込み、埋没材練和開始 1 時間後ワックス枠、コアを撤去し沸騰水にて仮着ワックスの流ロウ操作を行い、その後 1 時間室温に放置した。

予備加熱はコロナ社製 MK-17 型電気炉にて、10 分間で 200°C まで上昇させ 30 分間係留し引き続き 20 分間で 600°C まで上昇させその後 10 分間係留した。

フラックスはデグサ社製 Flussmittell Transperent t を用い電気炉内に埋没ブロックを入れる前に金属ろう着部に塗布した。

図 7 サベヤー使用によるリテンションビーズ付着状態

ろう着はパーナー上にヒートプレートを置き、その上に埋没ブロックを載せ埋没ブロックの冷却の恐れが少ない環境下でブローパイプを用い、Stackhouse³⁸⁾の提唱する支台装置の長軸に対し約 45° の角度をもって火炎ろう着を行った。なおろう着力所は 2 カ所とし、5) を先にろう着した。

冷却は Skinner⁴⁷⁾の提唱する方法に従い、ろう着後約 5 分間室温に放置しその後水中にて急冷を行った。

検体に付着した埋没材を除去し、超音波洗浄、酸処理、サンドブラスト処理後架工歯の中心窩に 400 g の荷重を掛け、適合精度を頬舌的、近遠心的、垂直的移動の 3 方向についてそれぞれ 5 回ずつ計測した。

III. 計測方法

計測に先がけポンチング標識の計測誤差を前もって知るため、金属原型上に設置した 2 つのポンチング標識を万能投影機上の X 軸に合わせ、ポンチング標識間距離を術者 2 名がそれぞれ 5 日間繰り返し計測した。得られた計測値の二元配置分散分析を表 2 に示す。分析の結果、術者間、日間において危険率 5% で有意差は認められずポンチング標識を使用しても良いことが判明した。さらに高さ 5.0 mm に調整したインレーワックスにリテンションビーズを付着し通法に従い埋没、鋳造を行いパイロットモデルを製作し、基底面を万能投影機上の X 軸に合わせポンチング標識同様ビーズ標識間距離の計測を繰り返し行った。分析の結果は表 3 に示すよう術者間、日間において危険率 5% で有意差は認められず、ビーズ標識が計測に使用しても良いことが判明した。予備実験よりポンチング標識、ビーズ標識を用いることによりろう着前後の両支台装置の頬舌的、近遠心的、垂直的移動量を計測できることが判明した。

表 2 二元配置の分散分析表 (ポンチング標識)

Factor	S	f	V	Fs	F 5% 1%	判定
A. 術者間	0.00004	1	0.00004	2.00000	7.71 21.20	—
B. 日 間	0.00006	4	0.00002	1.00000	6.39 16.98	—
e	0.00006	4	0.00002			
T	0.00016	9				

表 3 二元配置の分散分析表 (ビーズ標識)

Factor	S	f	V	Fs	F 5% 1%	判定
A. 術者間	0.00016	1	0.00016	4.00000	7.71 21.20	—
B. 日 間	0.00010	4	0.00003	0.75000	6.39 16.98	—
e	0.00014	4	0.00004			
T	0.00040	9				

図 8 は金属原型に計測支台装置を装着した時の咬合面観、図 9 は頬側面観模式図である。図 8, 9 に示すようにまず 2 つのポンチング標識を万能投影機上の X 軸に合わせ金属原型が絶えず Y=0 の位置に戻るようにし計測を開始した。

① 頬舌的移動 (B-L)

X 軸からビーズ標識最舌側端までの距離を計測し、ろう着前後の距離の差をもって移動量とした (図 8)。

図 8 頬舌的、近遠心的移動の計測方法 (両支台装置金属原型試適状態)

図 9 垂直的移動の計測方法 (両支台装置金属原型試適状態)

② 近遠心的移動 (M-D)

計測支台装置に近いポンチング標識を万能投影機上の Y 軸に合わせ、Y 軸からビーズ標識最外側端までの距離を計測し、ろう着前後の距離の差をもって移動量とした (図 8)。

③ 垂直的移動 (Vertical)

X 軸からビーズ標識歯頸部方向最下端までの距離を計測し、ろう着前後の距離の差をもって移動量とした (図 9)。

IV. 成 績

咬合面コア採得前、両支台装置を金属原型に試適した時を基準 (0 ポイント) とし、ろう着後金属原型にブリッジを再適合させた時の頬舌的、近遠心的、垂直的 3 方向の移動量を表 4~9 および図 10~15 に示す。各埋没材ごとの移動量、平均値および標準偏差を示したのが表 4~9 で、各埋没材ごとの平均値および平均値の 95% 信頼区間の上限、下限を表したのが図 10~15 である。

① 5) 頬舌的移動

最も移動量が大きかったものは R&R で平均値において G.C., W.M. の約 2 倍の値を示した。移動方向は G.C., R&R は頬側へ、W.M. は舌側であった。

図 10 5) 頬舌的移動

図 11 7) 頬舌的移動

② 7) 頬舌的移動

5) と異なり最も移動量が小さかったものは R&R であったが、3 者とも同じような値を示した。また 5) と同様 G.C. には値のばらつきが認められ、G.C. と R&R との間には有意差が認められた。移動方向は 5) 同様 G.C., R&R は頬側へ、W.M. は舌側であった。

③ 5) 近遠心的移動

G.C., W.M. は平均値において同じ移動量を示したが、R&R は最も大きな値を示し G.C., W.M. の 3 倍であった。なお G.C., W.M. と両者と R&R との間には有

図 12 5] 近遠心的移動

表 4 5] 頬舌的移動

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.06	0.06	0.07
2	0.04	0.02	0.06
3	0.00	0.01	0.07
Mean	0.03	0.03	0.07
S. D.	0.03	0.03	0.01

(unit : mm)

表 5 7] 頬舌的移動

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.05	0.04	0.02
2	0.07	0.02	0.02
3	0.04	0.03	0.03
Mean	0.05	0.03	0.02
S. D.	0.02	0.01	0.01

(unit : mm)

意差が認められた。移動は3者とも遠心方向であり、西村らが報告⁶⁾しているろう着後のブリッジの近遠心的長さの縮小と一致しており、Stackhouse の報告³⁸⁾による近遠心的長さの増加とは逆の傾向を示した。

④ 7] 近遠心的移動

5]と同様 G.C., W.M. は平均値において同じような移動を示したが、R&R は G.C., W.M. の2倍から3倍の値を示した。なお3者間に有意差が認められた。移動

図 13 7] 近遠心的移動

表 6 5] 近遠心的移動

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.01	0.03	0.05
2	0.03	0.02	0.07
3	0.02	0.01	0.07
Mean	0.02	0.02	0.06
S. D.	0.01	0.01	0.01

(unit : mm)

表 7 7] 近遠心的移動

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.05	0.03	0.13
2	0.06	0.04	0.12
3	0.08	0.04	0.11
Mean	0.06	0.04	0.12
S. D.	0.02	0.01	0.01

(unit : mm)

は3者とも近心方向であり、5]同様ブリッジの近遠心的長さの縮小を示した。

⑤ 5] 垂直的移動

平均値において最も移動量が小さかったのは W.M. であり、次いで G.C. が W.M. の2倍の値を、R&R が W.M. の9倍の値を示した。R&R は肉眼でもその適合性は非常に悪く、著明な浮き上がりが認められた。

⑥ 7] 垂直的移動

図 14 5) 垂直的移动

表 8 5) 垂直的移动

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.03	0.06	0.25
2	0.08	0.02	0.27
3	0.06	0.02	0.28
Mean	0.06	0.03	0.27
S. D.	0.03	0.02	0.02

(unit : mm)

各埋没材共に3方向の計測中、この7)垂直的移动が最も大きな値を示した。G.C., W.M. は平均値においてほぼ同様な値を示したが、その値は0.20 mm と大きく、R&R はその値の2倍強の値を示した。各埋没材共に肉眼でもその適合性は悪く、金属原型に対するマージン部の浮き上がりは明らかなものであった。なお、G.C., W.M. 両者と R&R との間には有意差が認められた。

V. 考 察

ろう着操作には多くの材料、器械器具を使用し、操作過程で誤差を生ずる機会が多いと考えられる^{1-10, 21-24)}。しかし、その技工術式は各自各様であり、系統的なろう着方法は確立されていないのが現状である。

ろう着に影響を及ぼす因子には口腔内診査 から 始 ま

図 15 7) 垂直的移动

表 9 7) 垂直的移动

	G. C.	W. M.	R & R
1	0.18	0.20	0.44
2	0.20	0.19	0.45
3	0.23	0.14	0.45
Mean	0.20	0.18	0.45
S. D.	0.03	0.03	0.01

(unit : mm)

り、ブリッジ、固定装置の部位の設定、支台歯の数およびユニット数、支台歯の形態、ろう着位置、ろう着面積、ろう着間隙、被ろう着体の表面粗さ、被ろう着体の位置の確定、仮着ワックスの流ろう操作、被ろう着体の固定、予備加熱、被ろう着体金属の種類、ろうの種類、フラックス、ろう着法、ろうの流入方向、冷却法、熱処理等があげられる。

本研究では、特に表1に示すように適合精度に関係すると思われる因子を取り上げ、その因子を変化させたり、因子の組合わせを変化させ、どのような技工術式を用いれば被ろう着体の位置を確定した時の状態がいかにろう着後まで保たれるかを調べていくものである。今回の第1報は、特に計測方法および実験方法を確立するため金属原型を下顎第1大臼歯欠損の直線型スリーユニットブリッジに設定し、被ろう着体の固定には3種市販ろう着

専用埋没材を使用し、その埋没材の種類のみを可変因子とし、他の因子を本学実習要項に従い実験を行った。

ろう着後の移動量を各計測方向別に見てみると垂直的移動が頬舌的、近遠心的移動と較べ大きく、その中でも7)の垂直的移動が最も大きな値を示した。これはろう着における支台装置の三次元的な動きがブリッジを金属原型に適合させた時、移動量に集約されてくるためだと考えられる。

各埋没材間について見ると、ろう着後の移動量はG.C., W.M.が頬舌的、近遠心的、垂直的3方についてほぼ同様な値を示し、R&Rは頬舌的移動を除いて大きな値を示した。この移動量の差は埋没材の硬化膨張と加熱時の膨縮状態の差が影響を与えているものと考えられる。しかし、硬化時および加熱時の埋没ブロックの三次元的な動きはその計測が困難なことから、その線膨張率から推測しているのが現状である。この埋没材の硬化膨張と加熱時の膨縮状態の2点については、古くから興味をもたれ多くの報告^{13, 21-25)}が見受けられるが、そのほとんどが試作埋没材についてであり^{13, 21-23)}、市販ろう着専用埋没材については散見^{24, 25)}するにすぎない。

本学湯田の報告^{24, 25)}から各埋没材間の移動量の差を考察して見ると、加熱時の線膨張率が硬化膨張率よりきわめて大きく変化しており、加熱時の埋没材の膨縮状態が最もろう着後の適合精度に影響を与えているのではないかと推測される。埋没材はその加熱膨縮曲線から、大きく熱膨張型、熱収縮型、低熱膨張型の3つに分けられ^{13, 24)}、G.C., W.M.は熱膨張型に、R&Rは熱収縮型に分類される²⁴⁾。また、本学丹羽¹³⁾はろう着間隙の変化(縮小率)は、埋没材の加熱膨張率に反比例し、収縮型の埋没材で間隙が大きく縮小したと報告している。

これらのことから成績で得られたような移動量の差が生じたのではないかと推測される。しかし、これらの報告は埋没材練和後24時間室温に放置したものを検体としており、今回のような技工操作を加えた検体と異なるため、今後各技工操作を加えた検体について埋没材の加熱膨張を測定していかなければならないと考えられる。また、湯田²⁵⁾は熱膨張型の埋没材に被ろう着体を埋没して加熱すると、埋没材自体の膨張が抑制され埋没材自身のもつ本来の熱膨縮曲線よりも収縮する傾向を示し、逆に熱収縮型の埋没材の場合は収縮が抑制されて埋没材自身のもつ本来の熱膨縮曲線よりも膨張する傾向を示したと報告している。このことから従来から言われている、ろう着専用埋没材の加熱膨縮曲線が被ろう着体金属の加熱膨張曲線に近似していることが好ましいか、否かにつ

いては疑問であるとしている。

ろう着専用埋没材の熱膨張における必要条件としては、① 熱膨張曲線が被ろう着体金属のそれに近いもの²¹⁻²³⁾、② 加熱途中で急激な寸法変化を示さず加熱膨張曲線がなだらかなもの²²⁻²³⁾、の2つがあげられる。しかし、金属の加熱膨張が温度上昇に伴い直線的上昇を示すため、この2つの条件を満足する埋没材はないと考えられる。著者らは、そこでこの2つの埋没材の特性をそのろう着方法から使い分けていくべきであると考えた。つまり、被ろう着体および埋没材が共に均一に加熱できる炉内ろう着では①の特性をもつ埋没材を加熱が不均一になりやすく埋没ブロックの温度分布に差が生ずると考えられる火炎ろう着では②の特性をもつ埋没材を使用すべきではないかということである。そして、このろう着方法に加えて金属およびろうの融点を考慮して、埋没材の選択を行うべきだと考える。

今回は火炎ろう着法を用いたが、G.C., W.M.はろう着温度付近でその膨張率はある程度一定な値を保持しており²⁴⁾、逆にR&Rはろう着温度付近でその膨張率は、直線的な収縮を示している²⁴⁾ため、このことも成績で得られたような移動量の差に大きく影響しているのではないかと考えられる。しかし、先にも述べたように24時間室温放置の検体ではなく技工操作を加えた検体であるため、あくまでも推測にすぎない。

今後、技工操作を加えたろう着専用埋没材の加熱膨縮率の再検討、火炎ろう着法による埋没ブロックの温度分布、および成績からもわかるように移動量のばらつきが多く認められたため、検体数を増し技工操作を各操作ごとにチェックして実験を進めていかなければならないと考えられる。

VI. 結 論

予備実験、およびろう着による両支台装置の移動量、移動方向を被ろう着体の固定としてろう着専用埋没材のみを可変因子とし実験、計測した結果、次のような結論を得た。

1. ポンチング標識、およびビーズ標識を計測に用いても良いことが判明した。
2. ろう着後の移動量はG.C., W.M.において同じような値を示したが、R&Rはそれら2者よりも大きな値を示した。
3. ろう着後の移動方向としては、垂直的な浮き上がり量が3者共に最も大きかった。

今回はろう着専用埋没材の種類のみを変因子とし実験を行ったが、今後表 1 に示した種々の因子を変化させたり、因子の組合わせを変え実験を進めていく計画である。

また、今回は直線型の Bridge を用いたが、今後前歯、小臼歯を含んだアーチ型の Bridge、焼付陶材用プレシヤス、ノンプレシヤスメタルを用いた Bridge のろう着についても実験を進めていく計画である。

文 献

- 1) 真坂信夫：ワンピースキャストブリッジの鑄造精度に関する研究，歯科学報，70：725～758，1970.
- 2) 篠田 穰：鑄造精度に関する研究—とくに複数支台についての検討—，歯科学報，74：713～737，1974.
- 3) 佐久間孔毅，他：大きいワンピースキャスト銅合金ブリッジ作製の 1 例，歯材器誌，3：158～162，1959.
- 4) 総山孝雄：精密鑄造に関する研究，歯材器誌，7：36～55，1962.
- 5) 浜 光洋：型ごと埋没鑄造法に関する研究—とくにワンピースキャストブリッジの適合性について—，歯材器誌，31：187～199，1974.
- 6) 細田裕康，他：橋義歯の適合精度判定のための新しい評価法，歯材器誌，34：233～241，1977.
- 7) Rubin, J.G. : One-piece Casting for Fixed Bridge-work, J. Pros. Dent., 5 : 843～847, 1955.
- 8) 保母須弥也：オーラルリハビリテーション，516～525，742～749，医歯薬出版，東京，1968.
- 9) Bruce, R.W. : Clinical Applications of Multiple Unit Casting for Fixed Partial Dentures, J. Pros. Dent., 18 : 359～364, 1969.
- 10) 西村文夫，他：各種鑲付法および一塊鑄造による橋義歯の精度について—，歯材器誌，6：41～46，1961.
- 11) 片岡保夫：陶材焼付架工義歯のろう付に関する研究，72：40～53，1972.
- 12) 柄 俊彦，他：歯科用合金のろう付間隙が引張強さに及ぼす影響について，広歯誌，9：139～143，1977.
- 13) 丹波正勝：ろうづけ専用埋没材の試作に関する研究—主として埋没材の組成と寸法変化およびろうづけ間隙との関係について—，歯材器誌，36：187～201，1979.
- 14) 大内 晟：ワンピースキャストブリッジの寸法精度に関する研究—温湯浸漬吸水膨張法と改良加熱法との比較—，歯材器誌，36：27～39，1979.
- 15) 真坂信夫，他：ブリッジはワンピース・キャストで何本までできますか，歯科技工，2：160～168，1974.
- 16) 真坂信夫：精密なワンピース・キャスト・ブリッジの作り方，DE，15：4～13，1970.
- 17) 金竹哲也，他：鑄造体の適合精度について（上），DE，36：1～13，1976.
- 18) 腰原 好，他：ワンピース・キャスト・ブリッジの精度について，DE，15：1～3，1970.
- 19) 妹尾輝明，他：考案したセラミック製被鑲着体固定装置を用いた陶材焼付ブリッジの炉内鑲着，歯科技工，9：233～238，1981.
- 20) 小柳津純男：大型補綴物の鑲着法について—アルゴン雰囲気炉内鑲着および被鑲着体金属固定装置について—，歯科技工，6：219～229，1979.
- 21) 高本敏政：マグネシア系埋没材による真空ろう付けに関する研究，歯材器誌，37：1～12，1980.
- 22) 松葉 久：鑲接用埋没材の研究，歯材器誌，3：47～59，1959.
- 23) 野本 直，他：ろう付け用埋没材とその使用条件，歯材器誌，6：82～90，1961.
- 24) 湯田雅士：鑲付用埋没材の研究（第 1 報）—主として市販鑲付用埋没材の硬化膨張，圧縮強度，重量変化，および加熱膨張について—，日本歯科技工士会誌，95～108，1977.
- 25) 湯田雅士：鑲付用埋没材の研究（第 2 報）—被鑲付体埋没時に及ぼす埋没材の加熱膨張について—，日本歯科技工士会誌，109～112，1977.
- 26) 中野義基，他：白金加金および鑄造用金銀パラジウム合金のろう付に関する研究，歯理工誌，15：86～95，1974.
- 27) 野本吉輝：改良型電気溶接器を使用した仮着および鑲着について，歯科技工，8：401～411，1980.
- 28) 西村安夫：金属焼付ポーセレン冠の前鑲着および後鑲着における工夫，歯科技工，6：143～153，1978.
- 29) 高橋重雄：メタルボンドのろう付について，歯科ジャーナル，7：559～566，1978.
- 30) 御崎勝雄：金属焼付ポーセレンにおける私の後鑲着法—1，3，6，8 法について—，歯科技工，3：11～18，1975.
- 31) 西村文夫，他：前鑲着用鑲の二三の性質について，歯材器誌，32：168～171，1975.
- 32) 水島 彬：鑲着法でブリッジを製作する際，その適合精度に影響する因子について，歯科技工，3：39～43，1975.
- 33) 加賀谷忠樹，他：陶材焼付金属冠の後鑲付，歯科技工，2：11～18，1974.
- 34) 高橋重雄，他：陶材焼付加工義歯のろう付，D.E.，30：12～17，1974.
- 35) Stadel, E.H., etc. : Preceramic and postceramic solder joints., J. Pros. Dent., 34 : 527～532, 1975.
- 36) Steinman, R.R. : Warpage produced by soldering with dental solders and gold alloys., J. Pros. Dent., 4 : 384～395, 1954.

- 37) Ryge, G. : Dental soldering procedures., D. Clin. North Am., 11 : 747~757, 1958.
- 38) Stackhouse, J.A. : Assembly of dental units by soldering., J. Pros. Dent., 18 : 131~139, 1967.
- 39) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第6回—, 歯科技工, 6 : 423~431, 1978.
- 40) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第9回—, 歯科技工, 7 : 148~158, 1979.
- 41) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第10回—, 歯科技工, 7 : 265~276, 1979.
- 42) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第11回—, 歯科技工, 7 : 375~384, 1979.
- 43) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第12回—, 歯科技工, 7 : 563~577, 1979.
- 44) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第13回—, 歯科技工, 8 : 155~167, 1980.
- 45) 湯田雅士 : 歯科技工における鑲付について—第14回—, 歯科技工, 8 : 413~426, 1980.
- 46) 保母須弥也, 他 : 歯冠補綴学, 313~327, クインテッセンス出版, 東京, 1978.
- 47) Skinner, E.W. & Phillips, R.W. : スキンナー歯科材料学 (下), 468~485, 医歯薬出版, 東京, 1970.
- 48) Jelenko, J.F. & Co. INC. : 最新版クラウン・ブリッジの製作法, 89~122, 医歯薬出版, 東京, 1978.
- 49) S.D. Tylman : ティルマンクラウンブリッジ (下), 714~737, 医歯薬出版, 東京, 1974.
- 50) 金竹哲也 : 歯科理工学通論改訂版, 216~241, 338~343, 永末書店, 京都, 1968.
- 51) 歯科理工学会編 : 歯科理工学, 141~148, 229~232, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 52) 羽賀通夫 : 固定架工義歯の臨床統計的研究, 歯科学報, 66 : 575~587, 1966.
- 53) 平沼謙二 : 橋義歯の統計的観察, 補綴誌, 3 : 101~107, 1959.
- 54) 金子行夫 : 金属焼付陶材冠の適合性に関する研究—臼歯部 (6) フルベークタイプの歯頸部辺縁形態の相違による影響—, 補綴誌, 24 : 246~268, 1980.
- 55) 橋本 収 : 鑄造冠の支台歯形態に関する実験的研究—軸面傾斜度ならびに歯頸部辺縁形態について—, 補綴誌, 16 : 268~288, 1972.
- 56) 日本溶接協会編 : ろうの選び方, 使い方, 102~104, 産報出版, 1981.
- 57) アメリカ溶接協会編 : ろう付マニュアル, 79~88, 工学図書, 1980.