歯科ろう着に関する研究

—埋没材と予備加熱法との相違が適合精度に及ぼす三次元的検討—

羽田京太郎

A Study of Dental Soldering

—Three Dimensional Investigation of Influences of the Difference of Soldering Investments and Preheating Procedures on Fitness Accuracy—

Kyoutarou Hada

第1章 緒 言

クラウン・ブリッジ学の臨床では使用器材の開発・改良により、間接法が確立され十分な精度が得られるようになった。今日ではブリッジ調整のために、ワンピースキャスト法も多く応用されている。しかし、支台形態による制限やユニット数が多い場合では、ワンピースキャスト法で十分な適合精度が得られず、ろう着法によらないと適合しない場合が臨床でしばしば経験する。

また異種金属の接合、アタッチメントやテレスコープシステムでの技工操作では、絶対にろう着法に頼らなければならないもの、あるいはろう着法によって製作した方が好ましいものが多い。

さらに、このろう着操作は使用材料の多さ、製作工程の複雑さ、そして高度の技術を必要とするため、適合精度に及ぼす影響要因は多くあり、数多くの研究報告^{1)~48)}が行われているが、いまだ系統だったろう着法が確立されたとはいえない。このろう着法の適合精度に影響を及ぼすと考えられる諸要因は、

- 1) ブリッジの設定部位¹⁾
- 2) 支台歯の数およびユニット数^{1~3)}
- 3) 支台歯の形態¹⁾
- 4) ろう着位置およびろう着部位数^{1,4~6)}

- 5) ろう着継ぎ手の形状^{7~10)}
- 6) ろう着間隙^{5,7,11~17)}
- 7) 被ろう着体金属の種類^{6,18)}、ろうの種類^{18~20)}
- 8) 被ろう着体の位置の確定法^{21,22)}
- 9) 仮着ワックスの流ロウ操作^{23~25)}
- 10) 被ろう着体の固定法^{6,12,21,23~38)}
- 11) 予備加熱法^{26~28,39,40)}
- 12) フラックス^{41,42)}
- 13) ろう着法^{23,31,43~48)}
- 14) 冷却法^{15,16)}
- 15) 熱処理法¹⁵⁾

であり、系統的に詳細に解明されていない。

そこで著者はそれらのうちから、ろう着への影響要因を解明する第2段階として、埋没材^{6,12,21,23~29,32,33,37)}と予備加熱法^{26~28,39,40)}を取り上げ、それら2要因を種々変化させ、ろう着した時の支台装置の三次元的変位を計測し、ろう着精度について検討を加えたので報告する。

第2章 材料および方法

1. 金属原型

本実験に用いた金属原型（以下金型と略す）は、右側下顎第1大臼歯（以下Ⅵと略す）欠損で、右側下顎第2小臼歯（以下Ⅴと略す）および右側下顎第2大臼歯（以下Ⅶと略す）を全部鋳造冠支台装置とし、Ⅵをポンティックとする1歯欠損の直線型のスリーユニットブリッジを想定したリン青銅製の金型で、第1報³⁷⁾および第4報⁴⁰⁾で用いたものと同じである。

日本大学大学院歯学研究科歯科臨床系専攻（指導：五十嵐孝義教授）

Department of Crown & Bridge Prosthodontics, Nihon University Graduate School of Dentistry (Director: Prof. Takayoshi Igarashi)

昭和59年1月25日受付

表 1 埋 没 材

試 料 名	略符号	Batch No.	混水比
Deguvest L (Degussa 社)	Deg	480856	0.25
サクラ埋没材 (サクラ埋没材研究所)	Sa	—	0.33
CM ソルダリングインベストメント (Cendres & Metaux 社)	CM	20601	0.20
Soldering Investment (Ransom & Randolph 社)	R & R	9122	0.25

2. 試 験 体

試験体の製作のための、ろう原型製作、計測基準点（以下計測点と略す）の設定、埋没・鋳造、ろう着間隙の設定、計測点の修正研磨、ろう着前の計測、被ろう着体の位置の確定等すべての術式方法は、第1報³⁷⁾および第4報⁴⁰⁾に従った。

3. 埋 没

埋没材は、第2報²⁴⁾から、熱膨張率の大きさより以下の4種を選択し使用した。

- 1) Deguvest L : Degussa 社（以下 Deg と略す）
- 2) サクラ埋没材 : サクラ埋没材研究所（以下 Sa と略す）
- 3) CM ソルダリング・インベストメント : Cendres & Metaux 社（以下 CM と略す）
- 4) Soldering Investment : Ransom & Randolph 社（以下 R & R と略す）

なお各埋没材の混水比、Batch No. は表1に示す。埋没材の使用は第2報²⁴⁾に従って、ハンドミキサー（山浦社）にて、パイプレーター上で1分間54回転（スパチュラによる毎分180回練和に相当）で練和し、試験体の埋没を行った。埋没ブロックの大きさ、形態は第1報³⁷⁾、第4報⁴⁰⁾と同様、近遠心的に36 mm、頬舌的に20 mm、高さ25 mmの寸法に規定した。

4. 予備加熱法

予備加熱法は、今回、

- ① ろう着操作の向上
- ② 被ろう着体金属の酸化膜の形成
- ③ 埋没ブロックの安定

以上3つのことを考慮し、以下の4操作に設定した。

1) 操作1

埋没1時間後に仮着ワックスを沸騰水（800 ml）にて流ろう操作を行い、その後1時間室温に放置した埋没ブ

表 2 要因と水準

要因 \ 水準	1	2	3	4
A : 埋没材	Deg	Sa	CM	R & R
B : 予備加熱法	(0)	(150)	(300)	(600)

注) A : 表1を参照のこと

B : 操作1 (0)

操作2 (150)

操作3 (300)

操作4 (600)

ロックをまったく予備加熱を行わず、すぐにろう着操作に移行したもの（以下操作1 (0) と略す）。

2) 操作2

1) の流ろう操作を行った埋没ブロックを、予備加熱条件として室温より15分で150°Cまで上昇させ、1時間15分係留後ろう着操作に移行したもの（以下操作2 (150) と略す）。

3) 操作3

1) の流ろう操作を行った埋没ブロックを、予備加熱条件として室温より30分で300°Cまで上昇させ、1時間係留後ろう着操作に移行したもの（以下操作3 (300) と略す）。

4) 操作4

1) の流ろう操作を行った埋没ブロックを、予備加熱条件として室温より20分で200°Cまで上昇させ20分係留し、その後40分で600°Cまで上昇させ10分係留後ろう着操作に移行したもの（以下操作4 (600) と略す）。

なお予備加熱にはMK-17型オートマチックファーネス（コロナ電気工業社）を用いた。

5. 埋没材と予備加熱法の組合わせ

本実験では埋没材と予備加熱法の2要因を選択し、これに各々4水準、計16通りの組合わせを設定した（表2）。なお、試験体数は1つの組合わせにつき5個とし、計80個とした。

6. ろう 着

予備加熱なしの試験体はそのまま、予備加熱ありのものはそれぞれの操作の予備加熱後、パーナー上に置いたヒートプレート上に埋没ブロックを載せ、埋没ブロックの冷却の恐れがないよう考慮しつつ、ブローパイプの火炎で加熱して日常臨床で行う方法⁴⁰⁾にてろう着を行った。なお使用フラックス、ろう、ろう着およびろう着後の冷却方法等はすべて第4報⁴⁰⁾に従った。

図 1 計測方法

第 3 章 計測方法

1. 計測方法

ろう着により、すでに動いてしまった支台装置は、原型支台歯へどのように戻すかが問題となる。特に適合の悪いものでは、一方を合わせようとすると、他方が浮き上がるというシーソー現象を生じ、合わせ方により毎回異なった評価をしてしまう危険性がつきまとう。そこで、動いてしまった支台装置を原型支台歯へ戻すことは不可能であり、かつ避けなければならないと考え、第 4 報⁴⁰⁾に報告したとおり Nicholls⁴⁹⁻⁵¹⁾の方法を参考に計測方法を確立した。すなわち図 1 に示すように、まずポンティック上の計測点 1・2・3 の 3 点より計測基準平面を設定し、計測点 1・2 で X 軸、計測点 1・3 で Y 軸、計測点 1 で $X=0, Y=0, Z=0$ の原点を決定し、三次元座標軸を設定した。そして、5) の計測点 P1・P2・P3、7) の計測点 M1・M2・M3、それぞれ 3 つの計測点のろう着前後の三次元座標値の変化より、ろう着により製作したブリッジを金型に戻すことなく、両支台装置のポンティックに対する相対的な三次元的変位を計測した。

計測器械は第 4 報⁴⁰⁾同様、三次元デジタル座標測定機 XYZAX M400-B (東京精密社) と NOVA 4C 型ミニコンピュータ (日本データゼネラル社) を用いた。

なお、計測精度は第 4 報⁴⁰⁾のとおりの各座標共、平均値のばらつきである管理限界の幅で 0.010 mm 以下、標準偏差値で 0.006 mm 以下であった。

2. 計測項目

ろう着による支台装置の三次元的変位について、Nicholls⁴⁹⁻⁵¹⁾は直線的な移動 3 成分、回転によるねじれ 3 成分、計 6 つの構成成分より表している。すなわち、3 つの計測点の内の 1 点を代表点とし、その 1 点がろう

着前の元の位置まで戻すのに必要な $X \cdot Y \cdot Z$ 各座標における距離を算出し、直線的な移動量として表し、また元の位置に戻ったその 1 点を原点 (回転中心) として、残りの 2 つの計測点を $X \cdot Y \cdot Z$ 軸の回転により元の位置に戻し、その時に必要な軸の回転角度を算出し、ねじれとして表している。

今回、この Nicholls⁴⁹⁻⁵¹⁾の支台装置の三次元的変位の表し方に従い、以下の計測項目を設定した。

1) 移動

5)・7)のそれぞれの 3 つの計測点をろう着前後において、ポンティック上の計測点 1・2・3 に対し各計測点の $X \cdot Y \cdot Z$ 座標値を計測した。今回は 5) では計測点 P3、7) では計測点 M2 を各支台装置の代表計測点として、ろう着後の $X \cdot Y \cdot Z$ 各座標値とろう着前の $X \cdot Y \cdot Z$ 各座標値との差により、直線的な移動量として以下の 3 方向に分け算出した。

(1) ΔX (近遠心的移動量)

(2) ΔY (頬舌的移動量)

(3) ΔZ (垂直的移動量)

2) ねじれ

前記の移動により、ろう着前の位置に戻した 5) の計測点 P3 と 7) の計測点 M2 を原点 (回転中心) として、残りの 2 つの計測点を $X \cdot Y \cdot Z$ 各座標軸の回転により元の位置に戻し、その時に必要な回転角度を以下に示すようなねじれとして算出した。

(1) $\Delta \theta X$ (X 軸の回転角度)

(2) $\Delta \theta Y$ (Y 軸の回転角度)

(3) $\Delta \theta Z$ (Z 軸の回転角度)

回転角度の算出方法は、軸の回転に伴う計測点の新しい三次元座標値を行列より交換し求め、たとえば 5) において、3 つの計測点が以下のような座標値とすると (図 2),

P1 (x_1, y_1, z_1)

P2 (x_2, y_2, z_2)

P3 (x_3, y_3, z_3)

まず、計測点 P3 をポンティック上の原点に (図 2-b 参照) 移動させ、それを回転中心とし、計測点 P2 が X 軸上に (図 2-c 参照)、かつ計測点 P1 が計測基準 (XY) 平面上に (図 2-d 参照) 移動させるのに必要な $X \cdot Y \cdot Z$ 各座標軸の回転角度を、ろう着前およびろう着後で以下の式より算出した。

$$\theta Z = -\arctan \frac{y_2 - y_3}{x_2 - x_3}$$

$$\theta Y = -\arctan \frac{z_2 - z_3}{(x_2 - x_3) \cos \theta Z - (y_2 - y_3) \sin \theta Z}$$

図 2 座標軸の回転角度の算出方法

$$\theta X = -\arctan \frac{(z_1 - z_3) \cos \theta Y - (x_1 - x_3) \cos \theta Z \sin \theta Y + (y_1 - y_3) \sin \theta Z \sin \theta Y}{(y_1 - y_3) \cos \theta Z + (x_1 - x_3) \sin \theta Z}$$

そしてろう着前とろう着後の各座標軸の回転角度の差より、ねじれを $\Delta\theta X$ (X 軸の回転角度), $\Delta\theta Y$ (Y 軸の回転角度) および $\Delta\theta Z$ (Z 軸の回転角度) に分け算出した。

第 4 章 成 績

1. 移 動

ろう着による両支台装置の ΔX (近遠心的移動量), ΔY (頬舌的移動量), ΔZ (垂直的移動量) の平均値と標準偏差値を表 3 に、平均値と平均値の 95% 信頼区間を図 3~8 に示す。

2. ね じ れ

ろう着による両支台装置のねじれを $\Delta\theta X$ (X 軸の回転角度), $\Delta\theta Y$ (Y 軸の回転角度), $\Delta\theta Z$ (Z 軸の回転角度)

として算出し、得られた回転角度の平均値と標準偏差値を表 4 に、平均値と平均値の 95% 信頼区間を図 9~14 に示す。

第 5 章 総括および検討

本研究はろう着法の適合精度に影響を及ぼすと考えられる要因のうち、特定の要因を変化させたり、要因の組合わせを変化させ、どの要因が適合精度に大きく影響するのかを明らかにし、どのような器材と技工術式を用いれば、正確なろう着が可能かを調べる目的で行ったものである。

今回はその要因のうちから埋没材と予備加熱法の 2 要因を取り上げ、それら 2 要因を変化させ実験を行った。

1. 要因選択の基準

1) 埋没材について

ろう着体の位置を確定した被ろう着体は、なんらかの

表3 移動量

	Deg			Sa			CM			R & R		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
0	-0.004 (0.011)	0.011 (0.001)	0.009 (0.014)	0.026 (0.015)	0.008 (0.009)	0.012 (0.006)	0.002 (0.008)	0.014 (0.011)	0.016 (0.010)	0.019 (0.017)	0.010 (0.011)	-0.004 (0.012)
5 150	-0.010 (0.009)	0.008 (0.003)	0.001 (0.011)	0.002 (0.006)	0.007 (0.006)	-0.012 (0.016)	-0.002 (0.015)	0.009 (0.003)	-0.008 (0.011)	0.007 (0.021)	0.016 (0.008)	-0.009 (0.007)
300	-0.005 (0.008)	0.013 (0.018)	-0.010 (0.010)	0.004 (0.010)	0.008 (0.004)	-0.007 (0.008)	0.007 (0.029)	0.015 (0.011)	-0.021 (0.013)	0.046 (0.041)	0.012 (0.013)	0.009 (0.020)
600	0.004 (0.005)	-0.002 (0.006)	-0.015 (0.015)	0.014 (0.019)	0.002 (0.006)	-0.014 (0.006)	0.026 (0.019)	0.007 (0.009)	-0.007 (0.012)	0.054 (0.025)	0.005 (0.012)	0.006 (0.021)

	Deg			Sa			CM			R & R		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
0	-0.008 (0.012)	0.008 (0.009)	0.014 (0.007)	-0.045 (0.013)	0.014 (0.006)	0.015 (0.027)	-0.011 (0.032)	-0.006 (0.008)	0.001 (0.026)	-0.001 (0.012)	0.012 (0.013)	-0.005 (0.015)
7 150	0.010 (0.011)	0.004 (0.010)	-0.011 (0.012)	-0.019 (0.017)	0.005 (0.008)	-0.014 (0.019)	0.001 (0.025)	0.001 (0.012)	-0.021 (0.014)	-0.015 (0.016)	0.004 (0.012)	-0.012 (0.023)
300	0.008 (0.007)	0.006 (0.011)	-0.008 (0.006)	-0.018 (0.010)	0.002 (0.011)	-0.012 (0.012)	0.002 (0.033)	0.012 (0.014)	-0.016 (0.051)	-0.048 (0.017)	0.005 (0.013)	-0.004 (0.008)
600	-0.004 (0.006)	0.001 (0.005)	-0.015 (0.006)	-0.038 (0.008)	-0.004 (0.007)	-0.015 (0.014)	-0.035 (0.024)	0.007 (0.006)	-0.010 (0.023)	-0.068 (0.017)	0.003 (0.010)	0.004 (0.014)

注) ΔX (近遠心的移動量): 正の値は遠心側へ, 負の値は近心側へ移動したことを表す
 ΔY (頬舌的移動量): 正の値は頬側へ, 負の値は舌側へ移動したことを表す
 ΔZ (垂直的移動量): 正の値は咬合面側へ, 負の値は歯頸部側へ移動したことを表す

単位: mm () : S. D.

注) 正の値は遠心側 (ポンティック側) へ, 負の値は近心側へ移動したことを表す

図3 5 | ΔX (近遠心的移動量)

注) 正の値は遠心側へ, 負の値は近心側 (ポンティック側) へ移動したことを表す

図4 7 | ΔX (近遠心的移動量)

方法によって動かないように固定しなければならない。
固定法として湯田²¹⁾は、

- ① 埋没材を使用して固定する埋没材固定法
- ② 連結用ワイヤーを用いて被ろう着体を電気溶接によって仮固定する電気溶接固定法
- ③ その他の方法

以上の3つに大きく分類している。

埋没材固定法には、埋没材だけで固定する方

法^{4,6,11-13,17,22,23,26,27,33,37,40)}、川崎³⁰⁾によるハイアルミナ補強材を埋入し埋没材を小さく分割する方法、小柳津³¹⁾による自家製ろう着用金属固定装置を応用する方法、太田³⁸⁾による陶材焼成用金属トレーを応用する方法、妹尾³⁶⁾による特殊セラミック製のソルダリングスタンドを応用する方法等が報告されている。しかし今回は特殊な器具・装置を使用せず簡便に行え、一般臨床はいうまでもなく学生実習にも幅広く応用され、かつ埋没

注) 正の値は頬側へ、負の値は舌側へ移動したことを表す

図 5 5)・ΔY (頬舌的移动量)

注) 図 5 下注) 参照

図 6 7)・ΔY (頬舌的移动量)

注) 正の値は咬合面側へ、負の値は歯頸部側へ移動したことを表す

図 7 5)・ΔZ (垂直的移动量)

注) 図 7 下注) 参照

図 8 7)・ΔZ (垂直的移动量)

材の持つ性質が直接表れると考えられる方法のうち、確定法には咬合面を金属補強棒 (直径 3 mm) によりスティッキーワックス (Model Cement・Ash 社) にて位置決めし、その後埋没材だけで固定する方法を取り上げた。

埋没材はろう着材として母体をなすものであり、古くから多くの研究報告^{6, 12, 21, 23-29, 32, 33, 37)} がなされてきた。そのほとんどは試作埋没材^{23, 26, 27, 32, 33)} についてであり、結合材、耐火材、添加物の配合・調整により研究者の考え方に合致した埋没材を製作することを目的としたものである。しかし、一般臨床ではその都度埋没材を配合・調整し使用することは不可能で、すぐに使用できる市販ろう着専用埋没材を使用しているのが現状である。このことは、1976 年湯田²⁸⁾ が行った都内技工士 100 名のアンケート調査でも明らかで、その使用率は市販ろう着専用埋没材がほとんどで、鑄造用埋没材での代用、あるいは自家製埋没材の使用は 1 割にすぎない。

ろう着用埋没材の理工学的性質のうちで、ろう着法の適合精度に影響を及ぼすと考えられる硬化膨張について

は、膨張率が小さく、0 に近いものが望ましい^{23-28, 32)} との研究者の見解が一致しているが、加熱膨張については、その見解が一致していない。すなわち、

- ① 熱膨張曲線が被ろう着体金属のそれに近いものの^{23, 27)}
- ② 加熱途中で伸び縮みが急激に起こらず、ろう着温度付近で熱膨張曲線のなだらかなもの²⁶⁾
- ③ 加熱により寸法変化を示さず、熱膨張率が 0 か 0 に等しいものの^{28, 32)}

以上 3 つの見解に分かれている。

そこで第 2 報²⁴⁾ のとおり、わが国で入手可能な 6 種市販ろう着専用埋没材の理工学的性質について調べたが、①と③の特性を示すものは無く、すべて②の特性を示すものであった。そこで今回は②の特性を示す市販ろう着専用埋没材のうちから、熱膨張率の大きさがろう着精度にどのように影響するかを調べるため、熱膨張率の大きさより Deg, Sa, CM, R & R の 4 種の埋没材を選び使用した。使用ろう (16 K ろう・徳力社) の融点 (760°C)

表 4 ねじれ(軸の回転角度)

	Deg			Sa			CM			R & R			
	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	
5]	0	-0.18 (0.18)	0.15 (0.16)	-0.17 (0.09)	-0.36 (0.15)	0.25 (0.19)	-0.10 (0.07)	-0.22 (0.10)	0.02 (0.26)	-0.05 (0.09)	0.06 (0.25)	0.09 (0.46)	-0.07 (0.17)
	150	-0.11 (0.13)	0.09 (0.13)	-0.06 (0.05)	-0.17 (0.07)	0.15 (0.06)	-0.10 (0.07)	-0.24 (0.14)	0.16 (0.11)	-0.13 (0.05)	-0.16 (0.10)	0.16 (0.13)	-0.13 (0.10)
	300	-0.08 (0.09)	0.03 (0.11)	-0.10 (0.05)	-0.25 (0.17)	0.25 (0.15)	-0.02 (0.09)	-0.11 (0.43)	0.23 (0.21)	0.15 (0.24)	-0.20 (0.42)	0.04 (0.36)	-0.20 (0.10)
	600	0.09 (0.20)	-0.09 (0.16)	0.00 (0.08)	0.01 (0.21)	0.01 (0.24)	-0.04 (0.12)	-0.11 (0.22)	0.04 (0.24)	0.00 (0.11)	0.07 (0.16)	-0.17 (0.16)	-0.15 (0.12)
7]	0	-0.11 (0.14)	0.03 (0.07)	0.12 (0.06)	-0.25 (0.15)	-0.15 (0.13)	0.01 (0.20)	-0.10 (0.14)	-0.10 (0.08)	0.12 (0.14)	0.02 (0.17)	0.32 (0.24)	0.04 (0.09)
	150	0.02 (0.14)	-0.14 (0.15)	0.10 (0.10)	-0.04 (0.21)	-0.29 (0.13)	0.15 (0.08)	-0.05 (0.12)	-0.14 (0.16)	0.13 (0.14)	0.02 (0.12)	-0.20 (0.26)	0.07 (0.09)
	300	-0.06 (0.09)	-0.12 (0.06)	0.06 (0.10)	-0.02 (0.14)	-0.21 (0.04)	0.05 (0.12)	0.05 (0.50)	-0.08 (0.32)	0.18 (0.09)	0.04 (0.29)	-0.03 (0.16)	0.02 (0.23)
	600	0.10 (0.10)	0.05 (0.03)	0.03 (0.07)	-0.09 (0.15)	-0.04 (0.12)	0.02 (0.06)	-0.19 (0.36)	0.04 (0.28)	0.00 (0.12)	-0.43 (0.30)	0.17 (0.15)	0.08 (0.08)

注) $\Delta\theta X$: X軸の回転角度 $\Delta\theta Y$: Y軸の回転角度 $\Delta\theta Z$: Z軸の回転角度
正の値は反時計回り, 負の値は時計回りに回転したことを表す

単位: 度 () : S.D.

注) 正の値は反時計回り, 負の値は時計回りに回転したことを表す

図 9 5]・ $\Delta\theta X$ (X軸の回転角度)

注) 図 9 下注) 参照

図 10 7]・ $\Delta\theta X$ (X軸の回転角度)

より予想されるろう着温度 760~850°C の間におけるそれぞれの熱膨張率は, Deg が 0.80~0.83%, Sa が 0.55~0.57%, CM が 0.39~0.44%, R & R が 0.20~0.22% である。各々の埋没材が約 0.2% の差をもつ(図 15)。なお第 2 報で得られた 4 種埋没材の硬化膨張率は, Deg が 0.08%, Sa が 0.16%, CM が 0.02% で熱膨張率に比べ著しく小さかった。

2) 予備加熱法について

被ろう着体の固定に埋没材が用いられると, 予備加熱操作は以下の目的により, ろう着操作の中で必要不可欠なものといわれてきた。

成書^{5,14-16)}によると, 埋没した被ろう着体の予備加熱の目的としては,

- ① 埋没材から水分を取り除くこと。水分を多く含んでいる埋没材をそのままろう着温度まで加熱する

注) 図9下注) 参照

図 11 5)・ $\Delta\theta Y$ (Y軸の回転角度)

注) 図9下注) 参照

図 12 7)・ $\Delta\theta Y$ (Y軸の回転角度)

注) 図9下注) 参照

図 13 5)・ $\Delta\theta Z$ (Z軸の回転角度)

注) 図9下注) 参照

図 14 7)・ $\Delta\theta Z$ (Z軸の回転角度)

と、ヒビ割れ、破損し位置が狂うので、これを予防する

- ② 埋没材および金属を、ろうが溶融し流れるよう、ろう着温度まで上昇させるため
- ③ 埋没材に熱膨張を起こさせ、金属の加熱時の膨張に接近させるため

などがあげられている。

しかし、予備加熱操作に関する研究^{26-28, 39, 40)}の多くは、昇温速度、係留時間などの温度管理状態をくわしく記載していない。予備加熱操作はろう着操作のうちでもこのように比較的軽視されている。そのため一般臨床でもさまざまな方法がとられているのが現状である。最近では予備加熱を特に必要としないとメーカーが表示している埋没材も市販されているので、これらの点を明らかにするため、予備加熱操作について水準を以下の4操作に設定した。

(1) 操作1 (0)

もし予備加熱しなくても良いとなると、適合精度に影

図 15 試験体金属と埋没材の加熱膨張曲線

響を及ぼすと考えられる要因から予備加熱の要因を除去できる。このことは技工時間の短縮、埋没ブロックの温度管理、酸化膜形成、リングファネスを特にろう着のために温度管理しなければならないという問題もなくなるので、一般臨床に益するところ、はなはだ大である。

CM は特に予備加熱を必要としないとメーカー表示し

ている。しかし、第2報²⁴⁾でも報告したように、この埋没材も他の埋没材に比べ大きく異なる点はなく、熱膨張曲線も他の3種類の埋没材とほぼ同じ曲線を示した(図15)。それなのになぜこの埋没材だけが成書で必要不可欠とされている予備加熱を必要としないとしているのか、この点を明らかにするとともに、他の3種類の埋没材でも予備加熱は除くことができないのかを検討するため、操作1(0)を設定した。

(2) 操作2(150)

保母¹⁴⁾は後ろう着について、陶材焼付用金属は酸化しにくい特性を持っているが、Type III 金合金は予備加熱の間に著しく酸化し、ろう着操作を不可能にすることがあると述べている。そこで彼は、予備加熱温度は埋没材中の水分を蒸発させるための最低温度の150°Cのみで十分であるとしている。

大野⁵²⁾は歯科用金属の酸化膜の形成について、その大部分はCuによるもので、Cuの濃度に比例し、かつ温度の上昇に伴い増加すると報告している。今回使用した金属(KP エース 200S ナイスショット・徳力社)のCuは24.5%と金属の1/4を占めるため、保母¹⁴⁾の報告を基に酸化膜の形成を少なく、かつ埋没材の水分を蒸発させる最低温度として、操作2(150)を設定した。

(3) 操作3(300)

湯田²⁸⁾は埋没材から水分を取り除くことが予備加熱の主目的として、常温時および加熱時における埋没材の重量を測定し、その減量を水分の蒸発によるものと想定し実験を行っている。その結果、300~400°C付近で水分は完全に除去され乾燥状態を呈したと報告している。

さらに湯田²⁹⁾は、ろう着操作でどうしても避けることのできない金属表面の酸化は、ろうのぬれ性や流動性を低下させるばかりでなく、ろう着部に多孔性欠損を生じさせ機械的強度を弱くする最も有害な要因であるとし、大気中における歯科用合金(金合金、金銀パラジウム合金、Co-Cr合金、Ni-Cr合金)の酸化膜の温度上昇に伴う経時的生成状態を、肉眼および顕微鏡的観察を行っている。その結果、どの種の合金の場合も300°C以下ではろう着に直接影響を及ぼすと思われるような酸化膜は形成されないが、300°C以上になると温度の上昇に伴い急速に形成されると報告している。以上のことより酸化膜の形成を少なく、かつ埋没材中の水分を蒸発させる最高温度として、操作3(300)を設定した。

(4) 操作4(600)

野本²⁷⁾は、火災ろう着の場合、ろう着部付近は急激に加熱されるため、予備加熱温度が低いと埋没ブロック

の温度分布が不均一になるので、予備加熱は可及的に高い温度で行った方が良くと報告している。また、ろう着に関する研究の報告の多く^{4,5,11,16,26,27)}はその根拠は不明だが、予備加熱温度は600°C付近で行っている。

第2報²⁴⁾で得た結果(図15)では、4種埋没材ともその熱膨張率は600°C付近で一定となり、埋没ブロックが最も安定し、前述の操作1(0)、操作2(150)、操作3(300)とは異なり、ろう着温度までのいくつかの変態点をすでに通過してしまい安定状態になっている。

以上のことより、埋没ブロックの熱膨張率が安定期にあるということで、操作4(600)を設定した。

2. 実験結果について

1) 支台装置の三次元的変位について

A) 移動

ろう着による支台装置の三次元的変位を、各次元ごとの直線的な移動について調べた。

4X(近遠心的移動量)では、今回設定した水準内で最も大きな熱膨張率を示すDegが、予備加熱操作を違えても移動量の変化は小さく、比較的一定した小さな値を示した。またSaでは操作1(0)と操作4(600)が操作2(150)と操作3(300)に比べ大きな移動量を、CMでは操作1(0)、操作2(150)および操作3(300)において小さな移動量を示したのに対し操作4(600)で大きな移動量を、R & Rでは操作3(300)と操作4(600)が操作1(0)と操作2(150)に比べ大きな移動量を示す傾向が認められ、予備加熱操作の違いにより移動量が変化した。

移動方向は、Degを除く他の3種埋没材で、ほとんどの試験体の支台装置がボンティック側へ移動し、ブリッジ全体として近遠心的長さが減少する傾向が認められた。この原因としては、野口¹⁸⁾の報告のとおり、ろうの凝固収縮によるものと考えられ、それに埋没材の熱膨張率の大きさが特に影響したのではないかと推察される。

ろう着によるブリッジ全体としての近遠心的長さの変化については、多くの研究報告^{4,12,13,33,37,53)}があり、その中でも今回の研究報告同様、直線型のブリッジを想定し、埋没材の熱膨張率の大きさという観点から考察したものには、Hollenbackら¹²⁾、Pazziniら³³⁾の報告がある。これらはいずれも、600~700°Cで0.7~0.8%の熱膨張率を示すものが最も小さな変化を示し、それより熱膨張率が小さいと近遠心的長さが減少し、逆に大きいと長さが増加すると述べられている。今回著者が得た結果でも、ろう着温度760~850°Cで0.80~0.83%の熱膨張

率を示す Deg が予備加熱操作を違えても、近遠心的長さの変化は小さく一定しており、Hollenback ら¹²⁾、Pazzini ら³³⁾の報告と一致した。

また操作 4 (600) では、ほぼ熱膨張率の大きさとは逆に、すなわち Deg, Sa, CM, R & R の順に移動量が大きくなる傾向が認められた。これは、操作 4 (600) では埋没材が最も膨張した状態で、かつろう着適応温度範囲²⁴⁾に入り、埋没ブロックが安定した状態となるため、埋没材の熱膨張率の差により生じたものと考えられる。

今回の計測の結果から移動量がいくら 0 に近くても優れた埋没材、優れた予備加熱操作とは評価できないと考え、移動量のばらつきについても検討を加えた。その結果、Deg は小さなばらつきを示したが、CM と R & R では大きなばらつきを示すものが認められた。すなわち、熱膨張率の大きな埋没材の方が小さなばらつきを示す傾向が認められた。

ΔY (頬舌的移动量) では、埋没材および予備加熱操作の違いによる移動量の変化はほとんどなく、移動量の平均値およびばらつきも小となった。またほとんどの試験体は、支台装置が若干ではあるが頬側へ移動する傾向が認められた。

ΔZ (垂直的移动量) でも、埋没材および予備加熱操作の違いによる移動量の変化は小さく、ほとんどの試験体の支台装置が歯頸部側へ移動する傾向が認められた。そして、Deg, Sa, CM では操作 1 (0) が操作 2 (150)、操作 3 (300) および操作 4 (600) に比べ咬合面側へ移動する、R & R では操作 3 (300) と操作 4 (600) が操作 1 (0) と操作 2 (150) に比べ咬合面側へ移動する傾向が認められた。

以上のように、ろう着によりほとんどの試験体の支台装置が、ポンティック側へ移動すると同時に、頬側へかつ歯頸部側へ移動する傾向が認められ、その移動量は埋没材および予備加熱操作の違いにより変化した。そして、その変化の度合は、 ΔX (近遠心的移動量) で最も大となり、 ΔZ (垂直的移动量)、 ΔY (頬舌的移动量) の順に小となる傾向が認められた。この原因としては、ろう着部をポンティック両側隣接面に、継ぎ手の形状⁷⁻¹⁰⁾を突き合わせに設定しているため、ろうの凝固による影響を直接受けること、また今回のような臼歯部の直線型のブリッジでは、埋没ブロックの近遠心幅が高さおよび頬舌幅に比べ長くなり、熱膨張率の大きさの違いによる影響を受けやすいことが考えられる。

B) ねじれ

ろう着による支台装置の三次元的変位を、前述の直線

的な移動に加え、座標軸の回転により示したねじれについても検討した。

ねじれは、支台装置上の 3 計測点の各次元ごとの直線的な移動量の差により変化し、その差が大きければ、ねじれの角度も大きくなる。そして、 $\Delta \theta X$ および $\Delta \theta Y$ は、特に Z 座標における移動量の差に影響を受け、理解しやすいよう臨床的な表現にかけると、 $\Delta \theta X$ は支台装置が隣接面観でどのようにねじれ、傾斜したかを、 $\Delta \theta Y$ は支台装置が頬側または舌側面観でどのようにねじれ、傾斜したかを表す。また、 $\Delta \theta Z$ は特に X および Y 座標における移動量の差により影響を受け、支台装置が咬合面観でどのようにねじれ、回転したかを表す。

埋没材および予備加熱操作の違いによる、回転角度の変化は小さく、ほとんどの試験体の支台装置が、舌側よりも頬側が、ポンティック側よりも反ポンティック側がそれぞれ下に位置するねじれを示し、ワーピースキャスト法で問題となる孤状変形³⁾とは逆のねじれを示す傾向が認められた。また咬合面観では、 $\overline{5}$ は時計回りに、 $\overline{7}$ は反時計回りに回転する傾向が認められた。そして、以上のような傾向は、特に操作 1 (0)、操作 2 (150) および操作 3 (300) で認められた。この原因として、予備加熱なしの操作 1 (0)、予備加熱温度の低い操作 2 (150) と操作 3 (300) においては、ろう着前にろう着可能な状態、すなわち被ろう着体に加えた熱が埋没材に奪われなくなる状態まで、埋没ブロック全体を火炎にて、あらかじめ加熱し、ろう着操作に移行したが、ろう着時に集中的に火炎があたる埋没ブロックの中央部と端の方との間、また上部と基底部との間の温度分布に差が生じたと考えられる。すなわち、埋没ブロックの上部の中央部でろう着温度 (760~850°C) 付近に達していたのに対し、端の方および基底部ではその温度に達していなかったため、熱膨張が追いつかず (図 15 参照)、埋没ブロックが複雑に変形し、ねじれが生じたと推察される。これに対し、ろう着前の火炎による埋没ブロックの加熱を必要とせず、すぐにろう着操作に移行できる操作 4 (600) では、埋没材が最も熱膨張した状態で、かつろう着適応温度範囲²⁴⁾に入るため、600°C 以上で埋没ブロックの温度分布に差が生じて、図 15 に示すような埋没材は一定した熱膨張率を示すため、 $\overline{7}$ の $\Delta \theta X$ を除き、操作 1 (0)、操作 2 (150) および操作 3 (300) のような傾向がほとんど認められなかったのではないかと推察される。

また、CM と R & R では大きなばらつきを示すものが認められ、 ΔX (近遠心的移動量) 同様、熱膨張率の大

きな埋没材を使用した方が小さなばらつきを示す傾向が認められた。

2) 2 要因の影響について

前述までの直線的な移動および座標軸の回転により示したねじれのみでは、埋没材と予備加熱法の 2 要因が適合精度にどのような影響を及ぼすのか、臨床的に理解することは困難である。そこで Nicholls ら^{17,22)}と同様に、 ΔX (近遠心的移動量)、 ΔY (頰舌的移動量)および ΔZ (垂直的移動量)よりベクトルの内積 ($\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$)を行い、ベクトルの長さ、すなわち三次元空間における 5] の計測点 P3 および 7] の計測点 M2 のろう着前からろ

う着後までの移動方向の要素を含まない移動量 (以下ベクトル値と略す)より、種々の統計処理を行い、総合的な評価を行った。その結果を表 5~10、図 16~19 に示す。

表 6 は、埋没材 (A)、予備加熱法 (B) の 2 要因を設定し、二元配置分散分析を行ったものである。これによると、5]・7]ともに埋没材が危険率 1% で、予備加熱法が危険率 5% で有意となり、埋没材と予備加熱法の交互作用では、5]で危険率 5% で、7]で危険率 1% で有意となり、すべての要因が適合精度に影響を及ぼすことが判明した。また、その寄与率は予備加熱法、埋没材と予備加熱法の交互作用、埋没材の順に大となり、この順に適合精度に及ぼす影響が大となることが判明した。

そこで、適合精度に及ぼす影響が最も大となった埋没

表 5 ベクトル値 ($\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$)

	Deg	Sa	CM	R & R
5]	0	0.021 (0.006)	0.032 (0.013)	0.024 (0.013)
	150	0.018 (0.006)	0.019 (0.011)	0.020 (0.011)
	300	0.021 (0.017)	0.017 (0.003)	0.040 (0.004)
	600	0.020 (0.010)	0.027 (0.007)	0.033 (0.012)
7]	0	0.023 (0.005)	0.053 (0.019)	0.038 (0.011)
	150	0.022 (0.007)	0.031 (0.017)	0.031 (0.018)
	300	0.017 (0.007)	0.026 (0.010)	0.050 (0.035)
	600	0.017 (0.007)	0.043 (0.011)	0.047 (0.012)

単位: mm () : S. D.

表 6 埋没材と予備加熱法とがベクトル値に及ぼす影響の分散分析表

	要因	S. S.	D. F.	M. S.	F.	ρ (%)
5]	A	0.0058	3	0.0019	9.45**	20.2
	B	0.0025	3	0.0008	4.05*	7.3
	A × B	0.0040	9	0.0004	2.18*	8.4
	e	0.0132	64	0.0002		
	T	0.0256	79			
7]	A	0.0072	3	0.0024	10.55**	20.7
	B	0.0023	3	0.0007	3.46*	5.0
	A × B	0.0074	9	0.0008	3.62**	16.7
	e	0.0147	64	0.0002		
	T	0.0319	79			

注) S. S. : 平方和 D. F. : 自由度 M. S. : 平均平方和
F. : 分散比 ρ : 寄与率 A : 埋没材 B : 予備加熱法
e : 残差 T : 総計 ** : 危険率 1% で有意
* : 危険率 5% で有意

表 7 埋没材がベクトル値に及ぼす影響の分散分析表

	0					150					300					600				
		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.
5]	A	0.0003	3	0.0001	0.80—	A	0.0002	3	0.0000	1.09—	A	0.0050	3	0.0016	4.46*	A	0.0043	3	0.0014	5.95**
	e	0.0021	16	0.0001		e	0.0012	16	0.0000		e	0.0060	16	0.0003		e	0.0038	16	0.0002	
	T	0.0024	19			T	0.0015	19			T	0.0110	19			T	0.0081	19		
		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.		S. S.	D. F.	M. S.	F.
7]	A	0.0031	3	0.0010	7.28**	A	0.0003	3	0.0001	0.50—	A	0.0042	3	0.0014	3.41*	A	0.0070	3	0.0023	15.93**
	e	0.0022	16	0.0001		e	0.0034	16	0.0002		e	0.0066	16	0.0004		e	0.0023	16	0.0001	
	T	0.0053	19			T	0.0037	19			T	0.0109	19			T	0.0094	19		

注) S. S. : 平方和 D. F. : 自由度 M. S. : 平均平方和 F. : 分散比 A : 埋没材 e : 残差 T : 総計 ** : 危険率 1% で有意
* : 危険率 5% で有意

材が、4 種予備加熱操作個々にどのような影響を及ぼしているのかを調べるため、埋没材 (A) の 1 要因を設定し、一元配置分散分析を行ったものが表 7 である。これによると、5]・7]ともに操作 3 (300) では危険率 5% で、操作 4 (600) では危険率 1% で有意となり、操作 1 (0) では先にろう着した 5]では有意とならなかったが、後でろう着した 7]で危険率 1% で有意となり、埋没材の違いによる影響が認められた。

4 種埋没材のベクトル値を各予備加熱操作ごとにみたのが図 16, 17 であり、埋没材間の T-検定による比較(表 8) とを合わせて考察すると、予備加熱操作が変化しても Deg が他の 3 種埋没材に比べ一定した小さな値を示し良好な適合精度が得られた。また、特に操作 4 (600) において、Deg, Sa, CM, R & R の順に、すなわち熱膨

張率の大きさと逆 (図 15) に大きな移動量を示す傾向が認められた。この原因としては、操作 4 (600) では埋没材が最も熱膨張し、かつろう着適応温度範囲²⁴⁾に入り安定した状態となるため、埋没材の熱膨張率の差が明確に表れたと考えられる。

予備加熱操作の違いが 4 種埋没材個々にどのような影響を及ぼしているかを調べるため、予備加熱法 (B) の 1 要因を設定し、一元配置分散分析を行ったものが表 9 である。これによると、Deg では 5]・7]ともに有意とならず、予備加熱操作の違いによる影響がないと推察される。Sa と R & R では後にろう着した 7]で、それぞれ危険率 5% と 1% とで有意に、CM では先にろう着した 5]で危険率 5% で有意となり、予備加熱操作の違いによる影響が認められた。

表 8 ベクトル値の T-検定 (埋没材間の比較)

対 応	0	150	300	600
Deg-Sa	—	—	—	—
Deg-CM	—	—	—	—
5] Deg-R & R	—	—	—	*
Sa-CM	—	—	**	—
Sa-R & R	—	—	—	*
CM-R & R	—	—	—	—
対 応	0	150	300	600
Deg-Sa	*	—	—	**
Deg-CM	*	—	—	**
7] Deg-R & R	—	—	**	**
Sa-CM	—	—	—	—
Sa-R & R	*	—	*	*
CM-R & R	*	—	—	*

注) —: 有意差なし (危険率 5%)
 *: 有意差あり (危険率 5%)
 **: 有意差あり (危険率 1%)

表 10 ベクトル値の T-検定 (予備加熱操作間の比較)

対 応	Deg	Sa	CM	R & R
0-150	—	—	—	—
0-300	—	*	*	—
5] 0-600	—	—	—	*
150-300	—	—	**	—
150-600	—	—	—	*
300-600	—	*	—	—
対 応	Deg	Sa	CM	R & R
0-150	—	—	—	—
0-300	—	*	—	*
7] 0-600	—	—	—	**
150-300	—	—	—	—
150-600	—	—	—	**
300-600	—	*	—	—

注) —: 有意差なし (危険率 5%)
 *: 有意差あり (危険率 5%)
 **: 有意差あり (危険率 1%)

表 9 予備加熱法がベクトル値に及ぼす影響の分散分析表

	Deg				Sa				CM				R & R			
	S.S.	D.F.	M.S.	F.	S.S.	D.F.	M.S.	F.	S.S.	D.F.	M.S.	F.	S.S.	D.F.	M.S.	F.
5]	B 0.0000	3	0.0000	0.08—	B 0.0007	3	0.0002	2.92—	B 0.0012	3	0.0004	4.47*	B 0.0045	3	0.0015	2.86—
	e 0.0019	16	0.0001		e 0.0013	16	0.0000		e 0.0014	16	0.0000		e 0.0085	16	0.0005	
	T 0.0019	19			T 0.0020	19			T 0.0027	19			T 0.0130	19		
7]	B 0.0001	3	0.0000	1.31—	B 0.0022	3	0.0007	3.37*	B 0.0011	3	0.0003	0.85—	B 0.0063	3	0.0021	10.22**
	e 0.0006	16	0.0000		e 0.0035	16	0.0002		e 0.0072	16	0.0004		e 0.0032	16	0.0002	
	T 0.0008	19			T 0.0057	19			T 0.0084	19			T 0.0096	19		

注) S.S.: 平方和 D.F.: 自由度 M.S.: 平均平方和 F.: 分散比 B: 予備加熱法 e: 残差 T: 総計
 **: 危険率 1% で有意 * : 危険率 5% で有意

図 16 5]・ベクトル値

図 17 7]・ベクトル値

図 18 5]・ベクトル値

図 19 7]・ベクトル値

4 種予備加熱操作のベクトル値を各埋没材ごとにみたのが図 18, 19 であり、予備加熱操作間の T-検定による比較(表 10)と合わせて考察すると、4 種埋没材に共通して良好となる予備加熱操作は認められなかったが、Deg は特に各操作間に差は認められなかった。CM では 5]・7]とも、操作 1 (0) と操作 2 (150) との間に危険率 5% で有意差が認められず、このことよりメーカーが予備加熱を特にする必要がないと表示しているのではないかと推察する。

被ろう着体金属の酸化膜の形成を肉眼的に観察すると、操作 3 (300) ではその金属色は消失しなかったが、操作 4 (600) では黒変し酸化膜の形成が認められた。このことより著者も湯田^{28,39)}の報告同様、予備加熱温度は 300°C にとどめるべきだと考える。

火炎ろう着では、どうしても埋没ブロックの温度分布に差が生じやすいので、可及的に差が生じないような改善策をみつけ出す必要があると考える。その 1 つの改善策として現段階では、埋没ブロックを可及的に小さくす

ること、乾燥性、熱伝導性が良く、可及的に低い温度でろう着適応温度となる埋没材の改良等が考えられるので、これらの点に関しても追求すべきであろう。

以上を総括すると、今回取り上げた 2 要因の組合せの中で最もベクトル値の小さかった埋没材は Deg で、予備加熱操作は操作 2 (150) であった。

第 6 章 結 論

ろう着時の埋没材および予備加熱法の 2 要因が、適合精度に及ぼす影響を解明する目的で、6]欠損で 5]・7]を全部鋳造冠支台装置とするスリーユニットブリッジのろう着時による両支台装置の三次元的変位を計測し、移動量、ねじれとベクトル値でそれぞれ検討したところ以下の結論を得た。

1) 直線的な移動とねじれでは、埋没材および予備加熱法の違いによる影響が特に近遠心的移動量 (4X) で大となった。

2) 埋没材と予備加熱法とが適合精度に及ぼす影響は、予備加熱法、埋没材と予備加熱法との交互作用、埋没材の順に大となった。

3) ろう着時の埋没材のうち、最も熱膨張率の大きい Deguvest L (Degussa 社) を用いると、予備加熱法のいかに問わず良好な適合精度が得られた。

4) いずれの埋没材でも、予備加熱は 150°C で行うことが、良好な適合精度を得るため重要であることが判明した。

稿を終るにあたり、本研究に際し始終ご懇篤なるご指導ご校閲を賜りました日本大学五十嵐孝義教授ならびに中澤 靖教授、またご専攻の立場からご指導を賜りました日本大学大橋正敬教授、大木一三教授、森谷良彦教授に深く感謝の意を表します。

あわせて、日頃ご助言ご鞭撻を頂きました補綴第3講座医局員各位、大学院生各位に対し感謝の意を表します。

なお、本研究の一部は日本大学歯学部佐藤研究費によった。

Summary

In the clinical practices of the Crown and Bridge Prosthetics, the developments and improvements achieved in the instruments have made the adoption of the indirect method a day-to-day affair and have enabled the making of fixed restorations with adequate accuracy. It has now become possible to easily make a bridge for the portion where 1 or 2 teeth are missing with the one-piece cast technique and this technique is now beginning to be applied also to the making of a bridge for the portion where 3 or more teeth are missing. However, in the cases where there are restrictions due to the abutment tooth contour or where there are many units, the assembly operation is done, even today when the indirect method is already well established, with the soldering method which is employed in parallel with the checking of fitness accuracy. Also, as in the cases where different kinds of metals are joined together or where the prosthetic techniques are employed using attachments or telescope system, there are many instances in which the reliance on the soldering method is either absolutely necessary or its adoption is preferable.

This soldering method not only uses many kinds of materials and requires complex assembling process but also necessitates a high level of technique. Hence, there are many factors that affect the fitness accuracy of the bridge assembled with the soldering method. For this

reason, many a study has been made on the soldering method itself but, so far, we can hardly say as yet that a systematic soldering method has been established.

So, the author has taken up, from among the various factors that affect the fitness accuracy of the soldering method, the following two factors, viz., (1) soldering investment and (2) preheating procedure, and, with the purpose of clarifying the effects that these two factors give to the fitness accuracy, measured the three dimensional distortions of the retainers. Following are the conclusions obtained as a result of the measurements and examinations done by the author:

1. With respect to the linear distortion and rotational distortion, the effects resulting from the differences in the types of soldering investments and the preheating procedures used were particularly large in terms of the volume of mesiodistal distortion (JX).

2. As to the effects given to the fitness accuracy by the soldering investment and the preheating procedure used, the largest effect was given by the soldering investment, which was followed in the intensity of effects by the interaction of soldering investment and preheating procedure, and then by the preheating procedure.

3. It was found that, among the various kinds of soldering investments used at the time of the soldering, the Deguvest L (manufactured by the Degussa, Inc.) with the highest thermal expansion ratio produced good fitness accuracy regardless of the type of the preheating procedures used.

4. It was found that, regardless of the type of the soldering investments used, the preheating at the temperature of 150°C was a most important factor in obtaining good fitness accuracy.

文 献

- 1) 湯田雅士：歯科技工における鑲付について—第8回—，歯科技工，8：65～73，1979.
- 2) 真坂信夫，斎藤信義：ブリッジはワンピース・キャスト法で何本までできますか，歯科技工，2：160～164，1974.
- 3) 金竹哲也，中村健吾，真坂信夫，高橋重雄：座談会 鑄造体の適合精度について（上），DE，36：1～13，1976.
- 4) 西村文夫，山口重雄，和久本貞雄：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.
- 5) Tylman, S.D.: ティルマン クラウンブリッジ（下），714～737，医歯薬出版，東京，1974.

- 6) 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.
- 7) 齒科理工学会編：齒科理工学，141～148，医歯薬出版，東京，1971.
- 8) 湯田雅士：齒科技工における鑲付について—第9回—，歯科技工，7：148～158，1979.
- 9) アメリカ溶接協会編：ろう付マニュアル，79～107，工学図書，東京，1980.
- 10) 日本溶接協会編：ろうの選び方・使い方，87～104，産報出版，東京，1981.
- 11) Ryge, G. : Dental soldering procedures, Dent. Clin. N. Amer., 11 : 747～757, 1958.
- 12) Hollenback, G.M. & Shell, J.S. : The accuracy of dental appliances assembled soldering, J. Cali. state dent. Ass., 41 : 207～210, 1965.
- 13) Stackhouse, J.A. : Assembly of dental units by soldering, J. Prosth. Dent., 18 : 131～139, 1967.
- 14) 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，1968.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) Willis, L.M. & Nicholls, J.I. : Distortion in dental soldering as affected by gap distance, J. Prosth. Dent., 43 : 272～278, 1980.
- 18) 野口八九重：ろう付け法とワンピースキャスト法—中間支台歯を持つブリッジを手がかりに—，日本歯科評論，477：97～109，1982.
- 19) 野口八九重：歯科における接合技術，金属，50：21～28，1980.
- 20) 湯田雅士：歯科技工における鑲付について—第19回—，歯科技工，9：555～571，1981.
- 21) 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.
- 22) Harper, R.J. & Nicholls, J.I. : Distortion in indexing methods and investing media for soldering and remount procedures, J. Prosth. Dent., 42 : 172～179, 1979.
- 23) 高橋敏政：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.
- 24) 富田 豊，羽田京太郎，石塚 享，小泉政幸，長島信也，棧 淑行，庄司喜則，横倉正典，中沢 清，牟田 成，五十嵐孝義：歯科ろう着に関する研究 第2報 ろう着専用埋没材の理工学的性質，補綴誌，27：823～832，1983.
- 25) 津江明伸，富田 豊，羽田京太郎，行田克則，守屋義雄，小泉政幸，中沢 清，東風 巧，大島修一，五十嵐孝義：歯科ろう着に関する研究 第3報 リン酸塩系埋没材の理工学的性質，補綴誌，27：1254～1261，1983.
- 26) 松葉 久：鑲着用埋没材の研究，歯材器誌，3：47～59，1959.
- 27) 野本 直，西村文夫，山口重雄：ろう付け用埋没材とその使用条件，歯材器誌，6：82～90，1961.
- 28) 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，日本歯科技工士学会誌，95～108，1977.
- 29) 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，日本歯科技工士学会誌，109～112，1977.
- 30) 川崎從道：私のテレスコープ義歯製作法—特にミルド・パーのパターン製作と鑲着操作を中心として—，歯科技工，5：1～24，1977.
- 31) 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法および被鑲着体金属固定装置について—，歯科技工，6：219～229，1978.
- 32) 丹羽正勝：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.
- 33) Pazzini, N.A., Pazzini, L.I., Araujo, P.A. & Lopes, E.A. : The accuracy of soldering investment, J. Prosth. Dent., 42 : 530～533, 1979.
- 34) Gaerny, A. : C.I.S. システムによるテレスコープ義歯，66～68，103，医歯薬出版，東京，1979.
- 35) 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.
- 36) 妹尾輝明，植野正人：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.
- 37) 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，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，補綴誌，26：900～909，1982.
- 38) 太田晶次，三宅宗次，篠崎照泰，木下浩志，西田彰宏，玉置敏夫：陶材焼付冠の後ろう着時における被ろう着体固定装置の一考察，日本歯科技工士学会誌，4：32～35，1983.
- 39) 湯田雅士：歯科技工における鑲付について—第4回—，歯科技工，6：258～271，1978.
- 40) 羽田京太郎，富田 豊，守屋義雄，津江明伸，行田克則，高橋章浩，中沢 清，東風 巧，大島修一，牟田 成，五十嵐孝義：歯科ろう着に関する研究（第4報），補綴誌，27：943～956，1983.
- 41) 湯田雅士：歯科技工における鑲付について—第5回—，

- 歯科技工, 6: 321~330, 1978.
- 42) 湯田雅士: 連結部の問題点—特に蠟付操作上の注意点—, 補綴臨床別冊 ブリッジの臨床, : 211~224, 1982.
- 43) 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.
- 44) 市丸俊夫, 亀田 務: 歯科用高周波ロウ付法について, 歯理工誌, 18: 93~102, 1977.
- 45) 野口八九重: レーザー溶接はろう付に代わりうるか, 金属, 48: 18~21, 1978.
- 46) 湯田雅士: 歯科技工における蠟付について—第13回—, 歯科技工, 8: 155~167, 1980.
- 47) 湯田雅士: 歯科技工における蠟付について—第14回—, 歯科技工, 8: 413~426, 1980.
- 48) 湯田雅士: 歯科技工における蠟付について—第15回—, 歯科技工, 8: 523~542, 1980.
- 49) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Theoretical considerations, J. Prosth. Dent., 38: 578~586, 1977.
- 50) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Mathematical considerations, J. Prosth. Dent., 39: 339~343, 1978.
- 51) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Concluding remarks, J. Prosth. Dent., 43: 218~223, 1980.
- 52) 大野弘機: 歯科用貴金属合金の高温酸化に関する研究 第1報 酸化層の形成と酸化速度, 歯理工誌, 17: 297~312, 1976.
- 53) 細田裕康, 三上憲一郎, 鶴貝隆男, 神田正一: 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.