歯科ろう着に関する研究 —電気溶接固定法による適合精度—

守屋 義雄

A Study of Dental Soldering

Fitness Accuracy of the Soldering Method with Electrical Taking

Yoshio Moriya

Abstract : This study was aimed at determining the effect of the two factors, the type and number of retaining wire, on the fitness of the bridge (Three-unit liner bridge) in the electrical soldering. The three-dimensional distortion of both abutments to the pontic was measured. The results obtained are as follows :

1. During the electrical tacking stage in which AUS and BOND were used, the abutments were displaced by about 10 microns in each direction (X, Y and Z).
2. At the soldering stage, the mesio-distal displacement is greater than the bucco-lingual and vertical displacement, regardless of the type of the retaining wire.
3. The best fitness was obtained when the retaining wire is treated with heat and made of soft stainless AUS with an approximate rate of thermal expansion to that of the soldered metal, and two pieces of wire are used each on the occlusive surface and the buccal surface of the retaining knobs set on the buccal side and the lingual side.
4. The fitness of the bridge was almost the same as in the case of the investing method, and further the time taken for technical operation was largely shortened. Therefore, it has been shown that this method is extremely useful for clinical application.

Key words : dental soldering, electrical taking method, fitness accuracy, three dimensional distortions

第1章 緒 言

ブリッジの製作法には、ワンピースキャスト法とろう着法とがあり、これらの適合精度については多くの研究が報告されている。

ブリッジの適合精度を低下させる最大の原因は、ワンピースキャスト法では、埋没材の膨張が鑄造リングにより妨げられ、鑄型の変形が起きるためと考えられており、適合精度を向上させるためには、埋没材の種類、埋没方式、アスベストの厚さなどの因子に対して十分考慮する必要がある¹⁻⁵⁾とされている。

またろう着法では、埋没材の種類⁶⁻²²⁾、予備加熱温度^{6, 7, 14, 22)}、ろう着間隙^{8, 9, 23-29)}、被ろう着体の固定法^{14, 21, 30-36)}などがあげられている。

しかし、この埋没材固定によるろう着法は、臨床では頻繁に使用されているものの、使用材料の多さ、技術面

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）

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Crown and Bridge Prosthodontics (Director : Prof. Takayoshi Igarashi)

昭和61年12月15日受付

での熟練度等、数多くの因子が適合精度に影響を与え、加えて技工操作時間^{31, 32, 35)}も長くなる欠点がある。

最近この欠点を改善するような、貴金属にも有効な電気溶接機が開発され、臨床にも応用されるようになった。

すなわち、この電気溶接固定法は、従来の埋没固定法に比較して、多くの利点を有し、操作過程も簡単で、技工操作も短く、その分、ブリッジの変位・変形に関与する因子は少ないと思われる。しかし、電気溶接固定法に関する研究報告^{21, 31, 34~36)}は少なく、この種の系統だったろう着法が確立されているとはいいがたい。

そこで著者は、電気溶接固定法でろう着を行いブリッジを製作する際に、適合精度に影響を及ぼすと考えられる因子について解明する目的の第1段階として、今回は電気溶接固定法に用いる固定ワイヤーの種類と、固定ワイヤーの本数の2要因を取り上げ、それらを変化させた時の臼歯部の直線型3ユニットブリッジの支台装置の三次元的変位を計測し、変位の発現時期、変位の量と方向について検討を加えると同時に、埋没固定法による成績とも比較検討したので報告する。

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 $\overline{6}$ と略す）欠損で、右側下顎第2小臼歯（以下 $\overline{5}$ と略す）および右側下顎第2大臼歯（以下 $\overline{7}$ と略す）を全部鑄造冠支台装置とし、 $\overline{6}$ をポンティックとする1歯欠損の直線型の3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¹⁷⁾、第4報²⁰⁾および第6報³⁶⁾で用いたものと同じである。

2. 試験体

試験体の製作は第4報²⁰⁾、第6報³⁶⁾に従って行った。固定ワイヤーと被ろう着体を電気溶接固定（以下固定と略す）するため、ろう原型製作時に固定ノブを、頬側4カ所、舌側4カ所、計8カ所設定した（図1）。なお固定用ノブはVinyl line wax R.1.0（Hayashi 社）を用い、第6報³⁶⁾に従い咬合面より下方3mmの高さで、間隔が5mmになるように頬舌側に設定し、固定用ワイヤーに対して点溶接³⁷⁾が行えるようにした。なお使用金属は、KPエース200S ナイスショット（徳力社製）を用い、埋没および鑄造はすべて本学実習要綱³⁸⁾に従った。

またろう着間隙は、Willis ら²⁹⁾の報告でもっとも良い

咬合面側に1本の固定ワイヤーで固定
（舌側も同様に行う）
（1本法）

咬合面側と歯頸部側に2本の固定ワイヤーで固定
（舌側も同様に行う）
（2本法）

図1 被ろう着体の固定方法

結果が得られた150 μm になるように、シックネスゲージを用い調整した。ろう着面は、ろうの流れの方向を考慮し、松風社製シリコーンホイールM1, M2の順で頬舌方向のみ研磨した。固定用ノブも同じく松風社製シリコーンホイールM1, M2を用いて電気溶接固定面のみ研磨を行った。その他計測基準点（以下計測点と略す）の設定、計測点の修正、研磨等を行った。

3. 固定ワイヤー

電気溶接用の固定ワイヤーには、現時点で入手が可能な以下の3種を選択した。

1) クラスプ線（Supla）：日本歯研工業社製 $\phi 1.5$ mm ステンレス鋼線

主成分 Fe, Cr, Ni（以下 Supla と略す）

2) Bond wire³⁶⁾：花山産業社製 $\phi 1.6$ mm 鉄線

主成分 Fe（以下 Bond と略す）

3) 軟質ステンレスワイヤー：Aus 社製 $\phi 1.5$ mm ステンレス鋼線

主成分 Fe, Cr, Ni（以下 Aus と略す）

4. 電気溶接固定

試験体は第6報³⁶⁾同様、金型に適合させ咬合面を手指

表 1 要因と水準

因 子 \ 水 準	1	2	3
A : 固定ワイヤー	Supla	Bond	Aus
B : 本 数	1 本法	2 本法	

注) A : 固定ワイヤーの種類

Supla : 日本齒研工業

Bond : 花山産業(株)

Aus : アウス(株)

B : 固定ワイヤーの本数

1 本法 : 固定用ノブに対して 1 本で固定

2 本法 : 固定用ノブに対して 2 本で固定

にて圧接しながら, Ash 社製モデルセメントを用いて金型と被ろう着体を固定した(以後位置の確定と略す)。

その後, 電気溶接機ウエルダー HW-1(而至社製)を用いて, 固定を行った。固定は, 以下に述べるような 2 条件とした。それぞれ隣接する 2 本の固定用ノブに対して,

① 5)・6)と 6)・7)の頬舌側の固定用ノブの咬合面側に 1 本の固定ワイヤーで固定する方法(以下 1 本法と略す)

② 5)・6)と 6)・7)の頬舌側の固定用ノブの咬合面側と歯頸部側に, それぞれ 2 本の固定ワイヤーで固定する方法(以下 2 本法と略す)

の 2 通りとした(図 1)。つまり固定ワイヤーは 1 検体につき, 頬側 2 本, 舌側 2 本計 4 本用いるものと, 頬側 4 本, 舌側 4 本計 8 本用いるものの 2 通りとした。

なお電気溶接機の出力は, メーカー指示に従ったが, 最初に弱い出力(出力調整ダイヤルで目盛 3) 2 回目に強い出力(出力調整ダイヤルで目盛 7)で固定を行った。

5. 固定ワイヤーの種類と固定ワイヤーの本数の組合せ

本実験では, 固定ワイヤーの種類と固定方法(固定ワイヤーの本数)の 2 要因を選択し, 固定ワイヤーの種類は 3 水準, 固定方法(固定ワイヤーの本数)は 2 水準, 計 6 通りの組合せを設定した(表 1)。なお検体の数は 1 つの組合せにつき 5 個とし, 計 30 個とした。

6. ろう着

電気溶接固定後, Ash 社製モデルセメントを注意深く除去し, ろう着を行った。ろう着は電気溶接固定部や, 固定ワイヤーの変形を防止するために, 齊木ら³⁵⁾の推薦する方法に従いガラスウール状の陶材焼付用トレーマット上に固定後の試体を置き, ブローパイプにて直接火炎ろう着を行った。なおろう着は Stackhouse の提唱²⁴⁾す

図 2 計測方法

る方法で, 試験体の長軸に対して約 45° の角度をもって火炎をあてろう着を行った。またろう着は 2 カ所であるので, 最初に 5)・6)間をついで 6)・7)間をろう着した。使用したフラックスおよびろうは第 4 報²⁰⁾と同じものを使用した。すなわちフラックスは Degussa 社製 Flussmittel Transperentt を使い, ろうは徳力社製 16 K ろうを使用し, ろう着部 1 カ所につき厚さ 0.32 mm, 2×2 mm (秤量で 20 mg±1 mg) 2 枚をブローパイプの火炎で, 熔解皿上でフラックスを用いて球状に熔解し, フラックスが表面に一層付着した状態のものを使用した。またろう着部以外の咬合面は, 計測点へのろうの流入を防ぐ目的で, NEY 社製 Anti-Flux を塗布した。

冷却は, ろう着した試験体を 10 分間室温放置し, その後流水下で歯ブラシを用い Anti-Flux を除去し超音波洗浄, 酸処理を行った。その後固定ワイヤーをピンセットにて注意深く試験体より除去し, 計測を行った。

第 3 章 計測方法

1. 計測方法

計測は第 4 報²⁰⁾に報告したとおり Nicholls³⁹⁻⁴¹⁾の方法を参考にした。すなわち図 2 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 を X=0, Y=0, Z=0 の原点とし, 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 つの計測点の電気溶接による固定前後と, ろう着前後の三次元座標値の変化より, 両支台装置のポンティックに対する相対的な三次元の変位を計測した。

計測機械は, 三次元デジタル座標測定機 XYZAX M 400-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²⁰⁾同様, 各座標とも, 平均値の

表Ⅱ 移動量・変位

			固 定			ろう着			最終的		
			ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
5]	1 本法	Supla	0.013 (0.015)	-0.005 (0.012)	-0.009 (0.009)	0.022 (0.011)	0.002 (0.012)	0.010 (0.019)	0.035 (0.008)	-0.003 (0.019)	0.002 (0.023)
		Bond*	0.006 (0.006)	-0.012 (0.009)	-0.005 (0.020)	0.023 (0.006)	0.001 (0.005)	0.001 (0.007)	0.029 (0.005)	0.000 (0.012)	-0.003 (0.027)
		Aus	0.007 (0.003)	0.003 (0.011)	-0.001 (0.013)	0.013 (0.004)	0.005 (0.008)	-0.004 (0.011)	0.020 (0.006)	0.008 (0.016)	-0.005 (0.017)
	2 本法	Supla	0.010 (0.011)	-0.015 (0.007)	-0.011 (0.020)	0.004 (0.010)	0.001 (0.003)	-0.003 (0.019)	0.016 (0.008)	-0.012 (0.008)	-0.014 (0.019)
		Bond	0.001 (0.004)	-0.007 (0.016)	0.005 (0.009)	0.008 (0.005)	0.013 (0.015)	-0.003 (0.008)	0.010 (0.005)	0.006 (0.020)	0.002 (0.014)
		Aus	0.013 (0.004)	-0.008 (0.005)	0.018 (0.005)	0.002 (0.008)	-0.002 (0.005)	-0.004 (0.004)	0.015 (0.011)	-0.010 (0.007)	-0.003 (0.006)

			固 定			ろう着			最終的		
			ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
7]	1 本法	Supla	-0.015 (0.008)	-0.010 (0.011)	-0.004 (0.022)	-0.021 (0.005)	-0.003 (0.005)	0.001 (0.006)	-0.036 (0.009)	-0.013 (0.012)	-0.003 (0.025)
		Bond*	-0.004 (0.007)	-0.008 (0.008)	-0.001 (0.012)	-0.025 (0.001)	0.000 (0.006)	0.001 (0.007)	-0.030 (0.007)	-0.008 (0.007)	0.000 (0.016)
		Aus	-0.009 (0.005)	-0.009 (0.009)	-0.003 (0.005)	-0.006 (0.005)	-0.003 (0.003)	-0.005 (0.007)	-0.015 (0.004)	-0.012 (0.008)	-0.006 (0.009)
	2 本法	Supla	-0.019 (0.011)	0.007 (0.006)	0.001 (0.009)	-0.010 (0.007)	-0.004 (0.011)	-0.003 (0.018)	-0.029 (0.015)	0.003 (0.012)	-0.002 (0.022)
		Bond	0.003 (0.001)	-0.005 (0.009)	-0.001 (0.008)	-0.013 (0.007)	-0.007 (0.016)	-0.011 (0.012)	-0.010 (0.007)	-0.012 (0.010)	-0.012 (0.018)
		Aus	-0.005 (0.006)	0.007 (0.008)	-0.005 (0.003)	0.002 (0.012)	-0.002 (0.005)	0.004 (0.007)	-0.003 (0.012)	0.004 (0.004)	-0.001 (0.006)

注) ΔX : 近遠心的移動量 * : 歯科ろう着に関する研究 (第 6 報)³⁶⁾ より引用

UNIT : mm () : S.D.

ΔY : 頬舌的移動量

ΔZ : 垂直的移動量

表 1 の注参照

ばらつきである管理限界の幅 10 μm 以下, 標準偏差で 6 μm 以下であった。

2. 計測時期

計測時期は以下に示す各技工操作過程終了時の 3 回とした。

- 1) 電気溶接固定のための位置の確定後
- 2) 電気溶接固定後
- 3) ろう着後

3. 計測項目

今回は Nicholls³⁹⁻⁴¹⁾ の支台装置の三次元的変位の表し方に従い, 直線的移動量と軸の回転角度をねじれとして算出し, 以下の計測項目を設定した。

1) 移動と変位

各技工操作によって生じた移動とその合計の移動量を

- (1) 固定による移動量

(位置の確定から電気溶接固定後まで)

- (2) ろう着による移動量

(電気溶接固定後からろう着後まで)

- (3) 最終的変位

(位置の確定からろう着後まで)

として求めた。すなわち 5]・7]のそれぞれの計測点を固定前後と, ろう着後において, ポンティック上の計測点 1・2・3 に対し各計測点の X・Y・Z 座標値を計測した。

なお, 羽田の報告²²⁾に従い 5]では計測点 P3, 7]では計測点 M2 をそれぞれ各支台装置の代表計測点として算出した。

- (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, 羽田の報告²²⁾に従い 5]の計測点 P 3 と 7]の計測点 M2 をそれぞれ操作前の位置に戻すため

注) 表 1 参照

図 3 固定による移動量

に必要な回転角度を

- (1) 固定によるねじれ
- (2) ろう着によるねじれ
- (3) 最終的ねじれ

として求め、それぞれの軸の回転角度を以下のものとして算出した。

- (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)

第 4 章 成 績

1. 移動と変位

固定操作後、ろう着後そして位置確定からろう着後までの移動量と最終的変位について、両支台装置の代表計測点 P3 と M2 の、 ΔX (近遠心的移動量)、 ΔY (頬舌的移動量) および ΔZ (垂直的移動量) の平均値と標準偏差値を表 2 および図 3～5 に示す。

2. ね じ れ

固定操作後、ろう着後のねじれ、そして位置確定からろう着後までの最終的ねじれについて、両支台装置全体のねじれを、 $\Delta\theta X$ (X 軸の回転角度)、 $\Delta\theta Y$ (Y 軸の回転角度) および $\Delta\theta Z$ (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 3 および図 6～8 に示す。

なお Bond を 1 本使用し固定した場合の成績は、著者らの行った値をそのまま引用³⁶⁾した。

第 5 章 総括および検討

1. 被ろう着体の固定法に関して

本研究は、ろう着法がブリッジの適合精度に影響を及ぼすと考えられる要因のうちから、被ろう着体の固定方法の 1 つである電気溶接固定法を取り上げ、固定ワイヤーの種類と、固定ワイヤーの本数の 2 要因を変化させ実験を行った。被ろう着体の固定方法は、埋没材を用いて固定する埋没固定法と、電気溶接機によって固定する電気溶接固定法の 2 つの方法があり、一般的には埋没固定法が広く利用されている。

従来より、ろう着用埋没材と適合精度の関連についての研究⁶⁻²²⁾はあるが、固定材としての埋没材の物理的性質は、ろう着精度を左右する最も重要な因子と考えられており、硬化膨張については膨張量が小さく、0 に近いものが望ましいと、研究者の見解^{6,7,12,13,18,19)}が一致しているが、加熱膨張についてはその見解はそれぞれ異なっている。

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^{7,16)}
- 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、熱膨張曲線ののただらかなもの⁶⁾

注) 表 1 参照

図 4 ろう着による移動量

注) 表 1 参照

図 5 最終的変位

③ 加熱により寸法変化を示さず、熱膨張が 0 か 0 に等しいもの^{11,14)}

以上 3 つの見解に分かれている。また第 2 報¹⁸⁾において、わが国で入手可能な 6 種の市販ろう着用埋没材の理工学的性質を調べたところ、①と③の特性を示すものではなく、すべて②の特性を示すものであった。

さらに羽田²²⁾は、②の熱膨張を有する埋没材の中から、4 種の埋没材を選び、適合精度について実験を行ったところ、比較的熱膨張の大きな埋没材で 600~800°C の範囲における熱膨張曲線がなだらかであった Deguvest L (Degussa 社製) を使用したときに、ブリッジは良好な適合精度が得られたとしており、適合精度に関し

表 3 ねじれ (軸の回転角度)

			固 定			ろう着			最終的		
			$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$
5]	1 本法	Supla	0.17 (0.24)	-0.15 (0.15)	0.00 (0.05)	0.14 (0.21)	-0.24 (0.35)	-0.14 (0.21)	0.31 (0.29)	-0.39 (0.46)	-0.15 (0.19)
		Bond*	0.09 (0.19)	-0.10 (0.11)	0.07 (0.11)	-0.11 (0.09)	0.08 (0.11)	-0.02 (0.06)	-0.01 (0.23)	-0.02 (0.13)	0.05 (0.10)
		Aus	0.01 (0.18)	-0.14 (0.08)	-0.02 (0.11)	0.06 (0.16)	0.00 (0.06)	0.01 (0.09)	0.07 (0.18)	-0.14 (0.10)	0.00 (0.14)
	2 本法	Supla	0.32 (0.34)	-0.17 (0.27)	0.05 (0.11)	-0.04 (0.26)	0.16 (0.29)	0.04 (0.11)	0.28 (0.11)	-0.01 (0.22)	0.09 (0.05)
		Bond	-0.04 (0.16)	0.01 (0.13)	-0.01 (0.09)	-0.04 (0.16)	0.08 (0.13)	-0.07 (0.20)	-0.08 (0.18)	0.09 (0.11)	-0.09 (0.17)
		Aus	0.07 (0.11)	-0.12 (0.12)	0.02 (0.11)	-0.08 (0.09)	0.12 (0.11)	-0.12 (0.06)	0.00 (0.17)	0.00 (0.17)	0.01 (0.12)

			固 定			ろう着			最終的		
			$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$	$\Delta\theta X$	$\Delta\theta Y$	$\Delta\theta Z$
7]	1 本法	Supla	0.14 (0.10)	0.21 (0.10)	0.01 (0.10)	0.04 (0.05)	0.05 (0.17)	0.01 (0.05)	0.18 (0.11)	0.26 (0.18)	0.02 (0.12)
		Bond*	0.08 (0.10)	0.08 (0.05)	0.04 (0.04)	0.03 (0.06)	0.04 (0.21)	-0.02 (0.04)	0.11 (0.14)	0.12 (0.22)	0.02 (0.06)
		Aus	0.12 (0.14)	0.13 (0.07)	-0.02 (0.06)	0.11 (0.11)	-0.13 (0.29)	0.02 (0.07)	0.23 (0.05)	-0.01 (0.22)	0.00 (0.06)
	2 本法	Supla	-0.09 (0.07)	0.12 (0.09)	0.00 (0.08)	-0.06 (0.20)	-0.12 (0.25)	0.05 (0.10)	-0.15 (0.19)	0.00 (0.27)	0.05 (0.08)
		Bond	-0.04 (0.05)	-0.08 (0.18)	0.02 (0.12)	0.13 (0.12)	-0.14 (0.15)	-0.13 (0.13)	0.10 (0.16)	-0.23 (0.15)	-0.11 (0.07)
		Aus	0.05 (0.17)	0.11 (0.04)	0.04 (0.05)	-0.04 (0.04)	-0.01 (0.20)	0.03 (0.04)	0.01 (0.14)	0.09 (0.22)	0.07 (0.07)

注) 表1の注参照 *: 歯科ろう着に関する研究 (第6報)³⁶⁾ より引用

UNIT: degree () : S.D.

注) 表1参照

図 6 固定によるねじれ

注) 表 1 参照

図 7 ろう着によるねじれ

注) 表 1 参照

図 8 最終的ねじれ

て、被ろう着体金属と埋没材の熱膨張率の関係を解明した。

電気溶接固定法は、固定材として固定ワイヤーを使用するので、埋没材の熱膨張の影響を全く受けない。また前述のごとく、固定ワイヤーの熱膨張率は、被ろう着体金属に近似させることが容易で、埋没固定法に比較して、

被ろう着体の変位の面で、有利であると考えられる。また従来より行われている埋没材固定法に比較して^{31, 32, 34 ~ 36)},

- ① 特別な器具が必要である
- ② 貴金属どうしの溶接では、はずれやすいなどの欠点はあるが、

- ① 作業時間の短縮化
 - ② 適合精度の向上
 - ③ 埋没材使用時に起因する陶材の変色や失透の心配がない
- などの利点を有している。

このような特長を持つ電気溶接固定法は、貴金属合金はもとより、非貴金属合金を使用した陶材焼付金属冠の後ろう着にも有効な方法であると考えられている。

また、このろう着について永野ら⁴²⁾は、加熱時の酸化抑制が絶対条件で、そのためには、

- ① 加熱の方法と雰囲気
 - ② 被ろう着体の固定方法
 - ③ 合金やろうに適したフラックスの使用
- の3点が重要であると述べている。

このような諸条件をみたす手段として、電気溶接固定法は酸化抑制という観点から、予備加熱の必要がなく、しかもろう着時の加熱時間が短くて済むという利点を有している。

電気溶接固定法は、このように不明な点が多いので、今回は特に、埋没固定法との比較検討を行った。

2. 要因の選択基準について

固定ワイヤーについて三善ら³⁴⁾は、

- ① 固定時および固定後に、固定ワイヤー自体のたわみなどによる変形が生じないような十分な強度が必要
- ② 電氣的に高い抵抗を有する材質であることが要求される条件であると述べている。

また斉木ら³⁵⁾は、固定ワイヤーに関して、

- ① 熱処理がすでに施されて、加熱による変形がないこと
 - ② 内部応力が残留するような冷間加工をしないで、そのままの形で使用すること
- の2点が重要であると述べている。

今回実験に使用した3種の固定ワイヤーのうち、AusとSuplaはステンレス鋼でBondは軟鋼線を加工したものである。AusとSuplaは、後述のように熱膨張率や

成分的にはほとんど変わらないが、両者は熱処理の有無が異なっている。つまりAusはステンレス鋼の一般的な熱処理である固溶化熱処理が施されている。固溶化熱処理⁴³⁾は、1,010～1,150°Cの範囲において加熱保持した後、常温まで急冷したもので、

- ① Cr炭化物を固溶させる
- ② 再結晶させて軟化させる
- ③ 耐食性を最もよい状態にする
- ④ 内部応力を除去する

などを目的としている。

Suplaは本来クラスプ線として使用されるため熱処理は施されていない。

またBondは鉄線に酸化防止のため銅メッキを一層施したもので、Ausと同様に、熱処理が施されており、内部応力は開放された状態にある。

今回実験で使用したろう(16Kろう、徳力社製)の融点は760°Cであり、被ろう着体をろう着する際の上昇温度は、760～850°Cの範囲にあると考えられる。この温度における被ろう着体金属と固定ワイヤーの熱膨張率を測定したものを表4に示した。熱膨張率の測定は、長さ15mm、φ1.5mm(Bondはφ1.6mm)の試験片を作製し、微小定荷重熱膨張計高温型で20～850°Cの熱膨張率を測定した。

被ろう着体金属(KPエース200Sナイスショット徳力社製)の熱膨張率は1.54%であり、これに対して3種の固定ワイヤーは、Suplaが1.49%、Ausが1.50%、Bondが1.20%で、被ろう着体金属とほぼ同じ熱膨張率を有するものは、AusとSuplaで、やや小さい熱膨張率がBondとなっている。このようにワイヤーの種類により熱処理の有無、熱膨張率が異なるので、このことがろう着後のブリッジの変位にどの位影響を及ぼすかを調べた。さらに電気溶接固定法で問題になるのは、被ろう着体を固定する際、固定ワイヤーをどの位置に固定し、何本で固定すればよいかということである。このことは斉木ら³⁵⁾が舌側だけでなく頬側においても、本数を増し強固に固定する必要があると述べているだけで、詳細なことは不明な点が多い。しかし固定時においては固定ワイヤーの本数が多くなればなるほど、通电の際のショックによって、被ろう着体は変位する可能性があり、またろう着時においては、固定ワイヤーの本数が少ないと加熱による固定ワイヤーの変形が、大きく発現する可能性がある。固定ワイヤーの本数は、精度的に問題ない範囲で、本数は少ない方が良いと思われる。今回は固定用ノブの長さは5mm、形状は円柱、点溶接継手とし、本実験で

表4 被ろう着体金属と固定ワイヤーの線膨張率

ナイスショット	1.54 (0.04)
Supla	1.49 (0.04)
Bond	1.20 (0.03)
Aus	1.50 (0.03)

単位：% () : S.D.

注) 760～850°Cにおける線膨張率

は隣接する 2 本の固定用ノブに対して、1 本の固定ワイヤーと 2 本の固定ワイヤーで、それぞれ固定した場合について実験を行った。

3. 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・変位

固定、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量について調べた。

(1) 固定による移動

固定による移動について斉木ら³⁵⁾は固定を行うことにより、固定用ノブと固定ワイヤーの接触部分に Nugget³⁷⁾が発生し、固定部に寸法変化を生じ、適合精度に少なからず影響を及ぼすと述べている。今回の実験では、Supla が固定による移動量が大きく、特に ΔX (近遠心的移動量) で大きく、安定した精度が得にくかった (表 2, 図 3)。Supla は固定時に一番 Nugget が大きくできやすく、そのため変位が大きくなったのではないと思われる。また Bond や Aus は、Supla に比較して固定時の変位は小さく、各次元ごとに約 $10 \mu\text{m}$ 程度の変位であった。また本数による影響は特になく、1 本法でも 2 本法でも同程度の変位であった (表 2, 図 3)。

(2) ろう着による移動

ろう着時の移動量は、特に ΔX (近遠心的移動量) が大きく固定ワイヤーの種類、本数による影響が認められた (表 2, 図 4)。どの固定ワイヤーを使用してもろう着時、 γ/γ' ともボンティックに近ずきブリッジ全体として、その近遠心径を短くする傾向にあった。特に移動量が大きかったのは Supla で、逆に移動量が小さかったのは Aus であった。

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、多くの研究報告があり、直線型ブリッジに関しては、細田ら⁴⁾は、ろう着法で製作した場合は、平均 0.35% 支台歯中心間距離が短縮したとし、西村ら⁴⁴⁾はブリッジの支台歯間を測定し、原型の寸法と比較した結果、ろう着したものはすべて収縮しており、ワンピースキャスト法は僅かに膨張していたと述べている。さらに Hollenback⁸⁾ や Pazzini ら¹⁵⁾は、埋没材の熱膨張の相違という観点から直線型ブリッジの変形を考察し、埋没材が $600\sim 700^\circ\text{C}$ で $0.7\sim 0.8\%$ 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ている。このように固定材 (埋没材) の熱膨張率の相違はブリッジの変位に関して大きな因子の 1 つとなっ

ている。

今回の実験では、ブリッジ全体の近遠心径が短くなる傾向になったが、その原因は、第 6 報³⁶⁾でも述べたように、

① ろうの凝固収縮

② 固定ワイヤーと被ろう着体金属の熱膨張率の違い

③ 固定ワイヤーの加熱変形

などが考えられるが、Aus と Supla は、先に述べたように、被ろう着体金属の熱膨張率とほぼ同程度であるにもかかわらず、変位の量が異なっていた。これは熱処理の有無により、異なった結果が得られたものと思われる。つまり Aus は、すでに熱処理が施されて内部応力が開放された状態にあり、加熱時に固定ワイヤー自体の変形はほとんどないが、Supla は熱処理が施されておらず、加熱時に内部応力の開放がみられ、固定ワイヤーが変形したのではないかと考えられる。また Aus と Bond を比較すると両者とも熱処理が施されて、内部応力が開放されているものの、熱膨張率は Aus (1.50%) の方が、被ろう着体金属 (1.54%) に近似しているため、Bond (1.20%) に比較して移動量は小さくなったものと考えられる。

このことより、ろう着時における近遠心的変位をコントロールするには、被ろう着体金属の熱膨張率と、近似した固定ワイヤーを使用し、かつ、熱処理をあらかじめ施してある固定ワイヤーを使用することがブリッジの変位を小さくする上で重要であると思われる。

また、本数による影響は、ろう着時の ΔX (近遠心的移動量) で大きく現れており、どの固定ワイヤーでも 1 本法より 2 本法の方がブリッジの変位は小さかった。また 1 本法の方の成績が悪かったのは、ブローパイプにて加熱中、固定ワイヤーの変形方向が規制されずに、自由な方向に変形してしまったからではないと思われる。

電気溶接固定法は埋没固定法と同様に、 ΔX (近遠心的移動量) が他の移動量 (ΔY 頬舌的移動量, ΔZ 垂直的移動量) に比較して大きくなる傾向にあり、ろうの凝固収縮の影響が大きく現れたものであると考えられる。このことに関しては固定ワイヤーの種類だけでなく他の要因の影響も考えられるので今後の研究課題であると思われる。

ΔY (頬舌的移動量) では固定ワイヤーの種類、本数の違いによる移動量の変化は小さく、S.D. の幅は多少違うがほんどの場合 $10 \mu\text{m}$ 以内であった。

ΔZ (垂直的移動量) も ΔY (頬舌的移動量) 同様、固定ワイヤーの種類、本数の違いによる移動量の変化は小さ

かったが、5)の Supla は S.D. の幅が大きく安定していなかった。

(3) 最終的変位

前述の固定による移動と、ろう着による移動とを合せたものを、最終的変位としたが、これは固定、ろう着、両操作の影響を受け、3方向の移動量の中では、 ΔX (近遠心的移動量) が特に大きくなりブリッジ全体として近遠心径を短くする傾向が認められた。また、いずれの固定ワイヤーにおいても2本法の方が、その移動量は小さく、Aus, Bond を使用したものが、比較的移動量が小さかった。また ΔZ (垂直的移動量) は平均値では0に近くなっているものの、全体的に S.D. の幅が大きく安定していなかった。これは固定、ろう着時の S.D. が大きく、最終的変位としての S.D. が最終的に大きくなったものであるが、中でも Aus の2本法の場合は、比較的変位が少なく安定していたようである (表2, 図5)。

以上のように電気溶接固定法を用いてろう着を行った場合、ほとんどの試験体の支台装置がポンティック側へ移動し近遠心的長さを減じるような傾向にあり、その移動量は固定ワイヤーの種類、本数の違いにより変位に差が認められた。

B) ねじれ

支台装置の三次元的変位を、前述の直線的な移動量に加えて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より算出し、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る。理解しやすいよう臨床的表現にかえると、 $\Delta \theta X$ は支台装置が隣接面観で咬合面あるいは歯頸部方向にどのようにねじれ、傾斜したかを示す。 $\Delta \theta Y$ は頰側または舌側面観で近遠心的にどのようにねじれ、傾斜したかを示す。また $\Delta \theta Z$ は支台装置が咬合面観で頰舌側方向にどのようにねじれ、回転したかを示す。

(1) 固定によるねじれ

固定によるねじれの $\Delta \theta X$, $\Delta \theta Y$, $\Delta \theta Z$ はいずれも小さかった。 $\Delta \theta X$, $\Delta \theta Y$ をみると、ほとんどの試験体が舌側でかつポンティック側に傾斜する傾向が認められた。また、Supla の5)の $\Delta \theta X$ で、平均値、S.D. とも大となる傾向を示した。また $\Delta \theta Z$ は、 $\Delta \theta X$, $\Delta \theta Y$ に比較して平均値、S.D. とも小さくなる傾向を示した。

野本³²⁾は電気溶接固定法でろう着を行う場合の変位は臨床的に固定ミスに起因する場合のほうが多く、これを

防ぐためには、被ろう着体を模型にスティッキーワックスで固定すること、固定用ノブを設定し、固定しやすいようにすることなどが重要であると述べている。今回の実験では支台歯は金属製で動きが全くないが、臨床においては作業模型をダウエル・ピン法を採用して製作することが多く、作業模型の歯型部分は、垂直、水平的移動が必ず起こり⁴⁵⁾、固定時に起きる変位はさらに大きくなると思われる。このような固定時に起こる部位を小さくするには、適合の良いクラウンを製作することはいうまでもなく、被ろう着体をスティッキーワックスなどで模型上にしっかり固定し、手指にて十分圧接しながら固定を行うことや、副歯型法などの作業模型を製作し、支台歯間相互の位置関係が極力変化しない状態で固定することが重要であろう。

(2) ろう着によるねじれ

ろう着によるねじれは全体的にみると、仮着時のねじれと同様に $\Delta \theta X$, $\Delta \theta Y$, $\Delta \theta Z$ 、共に僅かである。特に $\Delta \theta Z$ は小さく咬合面よりみた支台装置の回転は僅かであった。またほとんどの試験体の反ポンティック側が下になる、弧状変形⁴⁶⁾とは逆の変形が認められた。

(3) 最終的ねじれ

全体を通してねじれが大きかったのは Supla の1本法、2本法で、Bond, Aus の順にねじれが小さくなる傾向であった。特に Supla の1本法の $\Delta \theta X$, $\Delta \theta Y$ では、ねじれ、S.D. とも大きく安定していなかった。反対に Aus の1本法、2本法は、どの方向にもねじれは小さく、羽田の研究²²⁾の中で最も変位の少なかった埋没材と予備加熱の組合せ (Degussa 社 Deguest L, 150°C) よりねじれは少なかった。これは第6報³⁶⁾で報告したように、埋没固定法では埋没ブロックの上部と下部、あるいは中央部と端の部分ではブロック自体の熱分布状態が異なり、均一に膨張できずブロック自体が複雑に変形し、ねじれが生じやすいのに対して、電気溶接固定法の場合は、ろう着時金属のみを加熱するため、被ろう着体が比較的均一な温度になりやすく、加熱時、ワイヤーの変形が主に直線的なものとなって発現したため、支台装置のねじれが小さくなったものと推察される。

2) 要因の影響について

固定ワイヤーの種類と、本数の2要因が適合精度にどのような影響を及ぼすのかを調べるため、Nicholls ら^{29,47)}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、

位置の確定から固定後まで、固定後からろう着後まで、位置の確定からろう着後までの、移動方向の要素を含まない各移動量（以下それぞれ、固定によるベクトル値、ろう着によるベクトル値、最終的ベクトル値と略す）を求め、統計処理を行った。これらのベクトル値の平均値と標準偏差値を表 5 および図 9 に、統計処理を行った結果を表 6～8 に示す。表 6 は固定ワイヤーの種類（A）、固定ワイヤーの本数（B）の二要因を設定し、二元配置分散分析を行ったものである。

固定による影響は 5) で固定ワイヤーの種類が危険率 1 % で有意となり、固定ワイヤーの種類による影響が認められた。またろう着では、5) で固定ワイヤーの種類と本数が、危険率 5 % で有意となり、7) では固定ワイヤーの種類が危険率 1 % で有意になった。さらに固定からろう着までの最終的ベクトル値において、5) では固定ワイヤーの種類が危険率 5 % で、固定ワイヤーの本数が危険率 1 % で有意に、そして 7) では固定ワイヤーの種類が危険率 1 % で、固定ワイヤーの本数が危険率 5 % で有意となった。また寄与率は、5) では固定ワイヤーの本数が 23.4 %、固定ワイヤーの種類が 12.8 % で、7) では固定ワイヤーの種類が 42.2 % 本数が 6.3 % となり、固定ワイヤーの種類、本数の交互作用は認められなかった。

3 種固定ワイヤーのベクトル値を、グラフにしたもの

表 5 ベクトル値 ($\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$)

		固 定	ろう着	最 終
5)	1 本法	Supla 0.023 (0.012)	0.029 (0.017)	0.045 (0.010)
		Bond* 0.020 (0.009)	0.024 (0.007)	0.037 (0.013)
		Aus 0.017 (0.004)	0.018 (0.004)	0.030 (0.009)
	2 本法	Supla 0.028 (0.014)	0.018 (0.007)	0.031 (0.006)
		Bond 0.017 (0.008)	0.022 (0.006)	0.022 (0.014)
		Aus 0.016 (0.005)	0.010 (0.002)	0.021 (0.008)

		固 定	ろう着	最 終
7)	1 本法	Supla 0.027 (0.012)	0.022 (0.005)	0.045 (0.014)
		Bond* 0.015 (0.009)	0.027 (0.001)	0.034 (0.008)
		Aus 0.016 (0.005)	0.011 (0.005)	0.023 (0.004)
	2 本法	Supla 0.023 (0.010)	0.021 (0.011)	0.038 (0.012)
		Bond 0.012 (0.005)	0.023 (0.013)	0.023 (0.016)
		Aus 0.013 (0.003)	0.014 (0.002)	0.012 (0.007)

注) 表 1 の注参照 UNIT : mm () : S.D.

* : 歯科ろう着に関する研究 (第 6 報)³⁶⁾より引用

表 6 固定ワイヤーの種類と本数とがベクトル値に及ぼす影響の分散分析表

5)	要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)
	固 定	A	0.0003	2	0.0001	2.29	12.0				
		B	0.0000	1	0.0000	0.02					
		A×B	0.0000	2	0.0000	0.45					
		e	0.0020	24	0.0000						
		T	0.0025	29							
	要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)
	ろ う 着	A	0.0005	2	0.0002	3.44*	17.9				
		B	0.0003	1	0.0003	5.13*	10.7				
		A×B	0.0001	2	0.0000	0.71	3.5				
e		0.0018	24	0.0000							
T		0.0028	29								
要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)	
最 終	A	0.0008	2	0.0004	3.58*	12.8					
	B	0.0012	1	0.0012	10.85**	23.4					
	A×B	0.0000	2	0.0000	0.31						
	e	0.0026	24	0.0001							
	T	0.0047	29								

7)	要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)
	固 定	A	0.0008	2	0.0004	6.63**	33.0				
		B	0.0000	1	0.0000	1.47					
		A×B	0.0000	2	0.0000	0.04					
		e	0.0015	24	0.0000						
		T	0.0024	29							
	要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)
	ろ う 着	A	0.0008	2	0.0004	7.17**	36.4				
		B	0.0000	1	0.0000	0.02					
		A×B	0.0000	2	0.0000	0.55					
e		0.0013	24	0.0000							
T		0.0022	29								
要 因						S.S.	D.F.	M.S.	F.	ρ (%)	
最 終	A	0.0029	2	0.0014	12.39**	42.2					
	B	0.0006	1	0.0006	5.81*	6.3					
	A×B	0.0000	2	0.0000	0.14						
	e	0.0028	24	0.0001							
	T	0.0064	29								

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 : 固定ワイヤーの種類

B : 固定ワイヤーの本数

e : 残差

T : 統計

** : 危険率 1 % で有意

* : 危険率 5 % で有意

注) 表 1 参照

図 9 各技工操作過程におけるベクトル値

表 7 ベクトル値の T-検定 (固定ワイヤー間の比較)

		5]		7]	
		1 本法	2 本法	1 本法	2 本法
固 定	Supla—Bond	—	—	—	—
	Supla—Aus	—	—	—	—
	Bond—Aus	—	—	—	—
		5]		7]	
		1 本法	2 本法	1 本法	2 本法
ろう着	Supla—Bond	—	—	—	—
	Supla—Aus	—	—	**	—
	Bond—Aus	—	**	—	—
		5]		7]	
		1 本法	2 本法	1 本法	2 本法
最 終	Supla—Bond	—	—	—	—
	Supla—Aus	*	—	**	**
	Bond—Aus	—	—	*	—

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 1 の注参照

表 8 ベクトル値の T-検定

(本数間の比較)

		5]			7]		
		Supla	Bond	Aus	Supla	Bond	Aus
固 定	1 本法—2 本法	—	—	—	—	—	—
ろう着	1 本法—2 本法	—	—	**	—	—	—
最 終	1 本法—2 本法	*	—	—	—	—	*

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 1 の注参照

が図 9 で、固定ワイヤー間の t 検定 (表 7) と本数間の t 検定 (表 8) とあわせて比較すると、固定ではワイヤー間、本数間の相違は認められないが、ろう着では固定ワイヤーの種類によって、ベクトル値に差が認められ、本数を変化させても、Aus が他の固定ワイヤーに比較して、一定した小さな値を示す傾向が認められた。また、固定ワイヤーの種類を変化させても、2 本法の方が 1 本法に比較して、一定した小さな値を示す傾向が認められた。このことより 5] は主として固定ワイヤーの本数、7] は主として固定用ワイヤーの種類の影響が大であり、今後これらについてさらに検討を要すると思われる。

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固定ワイヤーは、Aus で 2 本法の場合であった。

3) 埋没固定法 (羽田の実験)²²⁾ の比較

羽田の実験の中で、最も良好な適合精度を得た埋没材 Deguvest L (Degussa 社製)、予備加熱温度 150°C の組合せと、本実験で良好な適合精度が得られた Aus, 2 本法の組合せについて、位置の確定からろう着後までの、すべての技工操作過程に生じる変位について比較検討を行った。

電気溶接固定法によりブリッジを製作したときの直線的移動量とベクトル値は、埋没固定法のそれとほぼ同程度の変位であり、良好な適合精度であった。またねじれはどちらもわずかであるが、電気溶接固定法の方がやや小さく、ほとんど直線の変位のみで、電気溶接固定法は埋没固定法と同程度の精度で、3 ユニットブリッジを製作できることが可能であると思われる。

以上のことより電気溶接固定法は、埋没固定法に比較して、技工時間が非常に短くて済む^{31, 32, 35)} という、最大

の利点を有し、かつ、被ろう着体の位置を確定した後でも、口腔内で、直接適合状態を確認することが可能であり、臨床上、きわめて有用な方法であることが判明した。

第 6 章 結 論

電気溶接固定法で、ろう着する場合の固定ワイヤーの種類および本数の 2 要因が、ブリッジの適合精度に及ぼす影響を解明する目的で、6 欠損で 5 7 7 を全部鋳造冠支台装置とする、3 ユニット直線型ブリッジを固定およびろう着時に、両支台装置のポンティックに対する三次元的変位を計測し、移動量とねじれおよびベクトル値について検討したところ、以下の結論を得た。

1. 電気溶接固定法では Aus, Bond の使用により 5 7 7 は、XY および Z 各方向にそれぞれ約 10 μ m 程度移動した。

2. ろう着操作では、どの固定ワイヤーを使用しても、5 7 7 は近遠心的移動量が、頬舌および垂直的移動量に比較して大きく、ブリッジの近遠心径が短くなる傾向を示した。

3. 適合精度をベクトル値でみたところ、固定ワイヤーの種類と本数によって影響をうけ、最も良好な適合精度を得たものは、熱処理が施してあり、熱膨張率が被ろう着体金属に近似している軟質ステンレス固定ワイヤーである Aus を使用し、頬・舌側に設置した固定用ノブの、咬合面側と歯頸部側にそれぞれ 2 本ずつ固定した場合であった。

4. 移動量と変位、ねじれおよびベクトル値でブリッジの適合精度をみると、埋没材を用いて製作したものと、ほぼ同程度の精度が得られ、技工操作でも時間的に大幅に短縮できることより、この方法が臨床上きわめて有用であることが判明した。

稿を終わるにあたり、本研究に際し終始ご懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部 五十嵐孝義教授、またご専攻の立場からご指導を賜りました日本大学歯学部 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学クラウンブリッジ学講座医局員各位、ならびに大学院生各位に対し感謝の意を表します。

文 献

1) 真坂信夫：ワンピースキャストブリッジの鋳造精度に関する研究、歯科学報、70：725～758、1970。

- 2) 篠田 稯：鋳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) 吉成正雄、鈴木義博、住井俊夫：リングレス鋳造法による鋳造精度、歯科学報、75：986～993、1975。
- 4) 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。
- 5) 深山正治、金子哲也：ワンピースキャストブリッジの変形について—第一報 埋没位置の相違による鋳造体の寸法変化—、日本歯科技工学会誌、4：83～86、1983。
- 6) 松葉 久：鑲着用埋没材の研究、歯科器誌、3：47～59、1959。
- 7) 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、歯科器誌、6：82～90、1961。
- 8) Hollenback, G.M. & Shell, J.S.: The accuracy of dental appliances assembled soldering, J Cali state dent Ass, 41：207～210、1965。
- 9) 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。
- 10) 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。
- 11) 湯田雅士：鑲着用埋没材の研究 第 1 報 主として市販鑲着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、日本歯科技工学会誌、5：95～108、1977。
- 12) 湯田雅士：鑲着用埋没材の研究 第 2 報 被鑲付体埋没時におよぼす埋没材の加熱膨張について、日本歯科技工学会誌、5：109～112、1977。
- 13) 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。
- 14) 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。
- 15) Pazzini, N.A., Pazzini, L.I., Araujo, P.A. & Lopes, E. A.: The accuracy of soldering investment, J Prosthet Dent, 42：530～533、1979。
- 16) 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。
- 17) 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。
- 18) 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。
- 19) 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.
- 20) 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, 幸田 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.
- 21) 太田晶次, 三宅宗次, 篠崎照泰, 西田彰宏, 玉置敏夫: 陶材焼付冠の後ろう着における被ろう着体の固定装置の一考察, 日本歯科技工学会誌, 4: 32~35, 1983.
- 22) 羽田京太郎: 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, 補綴誌, 28: 444~459, 1984.
- 23) Ryge, G.: Dental soldering procedures, Dent. Clin. N Amer, 11: 747~757, 1958.
- 24) Stackhouse, J.A.: Assembly of dental units by soldering, J Prosthet Dent, 18: 131~139, 1967.
- 25) 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.
- 26) 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.
- 27) 歯科理工学会編: 歯科理工学, 141~148, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 28) Jelenko, J.F. & Co. Inc.: 最新版クラウンブリッジの製法, 89~122, 医歯薬出版, 東京, 1978.
- 29) Willis, L.M. & Nicholls, J.I.: Distortion in dental soldering as affected by gap distance, J Prosthet Dent, 43: 272~278, 1980.
- 30) 川崎従道: 私のテレスコープ義歯製法—特にミルドバ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) 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.
- 32) 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.
- 33) 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.
- 34) 三善由高, 武井隆典, 高井敦彦, 東 正之, 高島美喜: ブリッジワークにおける後鑲着法の改良, Quintessence of Dental Technology, 9: 1178~1189, 1984.
- 35) 斉木好太郎, 百瀬淳一, 大野淳一, 安藤浩子, 七尾泰幸: 電気溶接固定器を用いた仮着固定法応用による鑲着の精度と技工術式, 歯科技工, 13: 553~575, 695~702, 1985.
- 36) 守屋義雄, 渡邊文秀, 棧 淑行, 金子行夫, 佐田二三夫, 斎藤俊明, 五十嵐孝義: 歯科ろう着に関する研究 (第6報), 補綴誌, 30: 1179~1189, 1986.
- 37) 日本規格協会: JIS 用語辞典 機械・金属編, 1319, 平文社, 東京, 1977.
- 38) 五十嵐孝義: Laboratory Manual of Crown and Bridge, 日本大学歯学部補綴学教室クラウンブリッジ学講座, 166~183, 1986.
- 39) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Theoretical considerations, J Prosthet Dent, 38: 578~586, 1977.
- 40) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Mathematical considerations, J Prosthet Dent, 39: 339~343, 1978.
- 41) Nicholls, J.I.: The measurement of distortion, Concluding remarks, J Prosthet Dent, 43: 218~223, 1980.
- 42) 永野清司, 森 修一: Co-Cr 系合金を用いた接着ブリッジの後ろう着 その1. 技工術式とその要点, 日本歯科技工学会誌, 13: 973~984, 1985.
- 43) 歌川 寛: やさしい金属の熱処理技術の基礎, 61~62, 啓学出版, 東京, 1981.
- 44) 西村文夫, 山口重男, 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, 歯科器誌, 6: 41~46, 1961.
- 45) 宮島力也, 青島 健, 吉成勝海, 八木庸行, 五十嵐孝義, 大橋正敬: ダウエルピンによる歯型の浮上りに関する基礎研究, 日大歯学, 47: 786~791, 1973.
- 46) 真坂信夫: 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: 160~164, 1974.
- 47) Harper, R.J. & Nicholls, J.I.: Distortion in indexing methods and investing media for soldering and remount procedures, J Prosthet Dent, 42: 172~179, 1979.