原 著 論 文

歯科ろう付に関する研究 (第 11 報)

— 赤外線ろう付における各種合金の前ろう付強度について —

友松政由紀 萩原 芳幸* 誉田 雄司*

大沢 裕美 花村 慎也* 増野 司*

金子 行夫* 五十嵐孝義*

A Study on Dental Soldering (Part XI)

— Tensile Strength of Presoldered Joints of Gold, Palladium and Nickel-Chromium Alloy Soldered by Focused Energy of Infrared —

Masayuki Tomomatsu, Yoshiyuki Hagiwara*, Yuji Honda*,
Hiromi Ohsawa, Shinya Hanamura*, Tsukasa Masuno*,
Yukio Kaneko* and Takayoshi Igarashi*

Abstract : The purpose of this study was to compare the difference of the tensile strength of presoldered joints between the infrared soldering and the torch soldering with regard to Au-Pt, Pd-Cu and Ni-Cr alloy.

The conclusions were obtained as follows :

1. No significant difference of the tensile strength of presoldered joints were obtained between the infrared soldering and the torch soldering respectively in Au-Pt, Pd-Cu alloy. In Ni-Cr alloy, the tensile strength of presoldered joints presoldered by the infrared soldering was statistically stronger than the torch soldering ($\alpha=0.05$). However, the revised tensile strength of both soldering in the alloy were similar.

It was suggested that porosity might be one of critical factors on the tensile strength of presoldered joints.

2. Comparing porosity ratio of presoldered joints between the infrared soldering and the torch soldering, no significant difference were obtained respectively in Au-Pt and Pd-Cu alloy. In Ni-Cr alloy, porosity ratio of the infrared soldering was one-third as much as the torch soldering.

It had to be recommended that the infrared soldering should be employed when Ni-Cr alloy was used.

日本大学大学院歯学研究科歯科補綴学専攻 (主任 : 五十嵐孝義教授)

* 日本大学歯学部補綴学教室クラウン・ブリッジ学講座 (主任 : 五十嵐孝義教授)

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major

in Prosthodontics (Chairman : Prof. Takayoshi Igarashi)

* Nihon University School of Dentistry, Department of Crown and Bridge Prosthodontics (Chairman : Prof. Takayoshi Igarashi)

平成 2 年 12 月 13 日受付

Key words : tensile strength, presoldered joint, infrared soldering, torch soldering

I. 緒 言

歯科臨床においてブリッジや連続冠を製作する際にろう付操作を行う場合は、火炎ろう付や炉内ろう付が従来から行われており一般的であった。しかし近年、全く新しい加熱方法である赤外線集中方式によるろう付専用器が開発された。この赤外線集中方式によるろう付（以下、赤外線ろう付と略す）では、熱源であるハロゲンランプより放射される赤外線がリフレクターを介し比較的狭い範囲に集中し、部分的に加熱が可能のため数多くの利点があげられている^{1,2)}。これにより従来のろう付法に比較し、ろう付強度の増加や変位の減少に有用なものであると推察される。

当教室はこの新しいろう付方法に着目し、そのろう付状態や温度上昇状態などを解明しつつある^{3,4)}。特にろう付状態に関し、第9報³⁾において赤外線ろう付は Non-precious 合金のろう付には有利であることを報告した。そこで今回は陶材焼付鑄造冠の前ろう付を想定し、Non-precious 合金に加えて Precious, Semi-precious 合金を用いて、赤外線ろう付と火炎ろう付との加熱方法の違いによる引張強度への影響について検討したところ、興味ある知見を得たので報告する。

II. 材料ならびに方法

1. 材 料

1) 母材合金

母材合金は Precious 合金としてユニゴールド（以下、UG と略す）、Semi-precious 合金としてオーロラ（以下、AU と略す）および Non-precious 合金としてユニメタル（以下、UM と略す）を使用した。また、それぞれの発売元、組成、融点、Batch No. および略号を表1に示した。

2) ろう材

ろう材は各合金の指定ろう材を使用することとし、UG, AU にはユニゴールドプレソルダーを、UM にはユニメタルハイプレソルダーを使用した。それぞれの発売元、組成、融点および Batch No. を表1に示した。

3) フラックス

フラックスはユニメタルフラックスを使用した。その発売元、組成および Batch No. を表1に示した。

2. 試験方法

1) 検体の作製

引張強度試験用の検体の作製は第9報³⁾に準じ行い、その形態、寸法を図1に示した。

なお、埋没材は UG, AU の検体にはユニベスト（松風社製、batch No. 粉：068438, 液：088809）を、UM の検体にはユニベストノンプレシヤス（松風社製、Batch No. 粉：088597, 液：068508）を用い行った。また、ろう付間隙については通例に従い、UG, AU では 0.3 mm に、UM では 0.6 mm になるように設定した。

2) ろう付操作

ろう付は第9報³⁾に準じて行うこととし、加熱方法は以下の2通りである。

表1 使用材料

分 類	名 称	販売元	組 成	融 点	Batch No.	略号
Precious 合金	ユニゴールド	松風	Au 84.3%, Pt 6.0%, Pd 6.0%, Ag 0.8%, Others 2.9%	1,160~1,230°C	018925	UG
Semi-precious 合金	オーロラ	松風	Pd 81.9%, Ga 7.0%, Cu 8.0%, Others 3.1%	1,140~1,250°C	108939	AU
Non-precious 合金	ユニメタル	松風	Ni 77.0%, Cr 14.9%, Others 8.1%	1,315~1,343°C	048754	UM
Precious 合金, および Semi-precious 合金用 ろう材	ユニゴールド プレソルダー	松風	Au 78.3%, Ag 14.0%, Pt 2.0%, Pd 3.0%, Others 2.7%	1,060°C	118721	
Non-precious 合金用 ろう材	ユニメタル ハイプレソルダー	松風	Au 5.0%, Ag 12.0%, Pd 48.0%, Ni 33.0%, Others 2.0%	1,160°C	078715	
フラックス	ユニメタル フラックス	松風	酸性フッ化カリウム 50%, ホウフッ化カルシウム 50%		10810	

(1) 火炎ろう付

低温溶接用ナショナルブローパイプ (サンデンタル社製) を用い, 酸素-都市ガスを使用.

(2) 赤外線ろう付

赤外線ろう付器ビームウェルダ (ヨシダ社製, Serial No. XL 05) を使用.

なお, 検体は 20 本ずつとし, ろう付終了後は検体をただちに自然放冷した.

3) 引張試験

第 9 報³⁾ に準じて, クロスヘッドスピード 5 mm/min. にて引張試験を行った.

4) Porosity 面積および Porosity Ratio の算出

Porosity を定量的に分析するために, 第 9 報³⁾ に準じて Porosity 面積, Porosity Ratio を求めた. その算出式を以下に示す.

Porosity Ratio = ろう付破断面の Porosity の総面積 / ろう付破断面の総面積

図 1 検体の形態と大きさ

図 2 各種陶材焼付合金のろう付後の引張強度

III. 成 績

1. 引張強度試験

引張強度の成績を表 2 に, それをグラフ化したものを図 2 に示す. また, メーカー表示の各母材合金単体の引張強度も参考としてグラフ中に併記した. UG では火炎ろう付の方が, AU では赤外線ろう付の方が若干高い強度を示したが, T-検定を行った結果では両ろう付法の間には有意差は認められなかった. S.D. に関しては, UG, AU ともに赤外線ろう付の方が小さい値を示した.

一方 UM では, 赤外線ろう付の方が約 8 kg/mm² 高い強度を示し, 両ろう付法の間には危険率 5% で有意差が認められ, S.D. も赤外線ろう付の方が小さい値を示した.

各合金間で引張強度を比べた場合は図 2 からわかる通りに, 赤外線ろう付, 火炎ろう付のいずれにおいても UM が最も大きく, 次いで AU, UG の順であった. UG と AU とにおける引張強度の差は約 6~10 kg/mm² であり, AU と UM とにおけるそれは約 16~21 kg/mm² であった.

表 2 前ろう付の加熱方法の違いによる引張強度

	火炎ろう付	赤外線ろう付
ユニゴールド	27.8 (4.6)	25.1 (1.4)
オーロラ	33.3 (8.9)	35.7 (5.3)
ユニメタル	49.1 (11.7)	*57.1 (6.1)

unit : kg/mm² () : SD

* : $\alpha = 0.05$ で有意差あり

図3 検体の破断例(右よりUG, AU, UM)

2. Porosity 面積および Porosity Ratio の算出

引張試験終了後の検体のろう付破断面における Porosity 面積と Porosity Ratio とを表3に示した。

Porosity Ratio において UG, AU ではろう付方法による差は認められなかったが, UM では赤外線ろう付の方が火炎ろう付に比べ小さく, 赤外線ろう付は火炎ろう付に比べ約 1/3 であった。また, 図3には典型的な破断面の一例を示した。

IV. 考 察

1. UG, AU について

図2からわかるようにどちらの合金においても加熱方法の違いによる引張強度への影響は認められなかった。この原因は比較的融点が低く, 流れの良い Gold 系のろうを使用したので加熱時間がごく短く, これによりいずれのろう付法においても, 過熱や過度の酸化といったトラブルの回避が比較的容易であったためと思われる。また, Porosity Ratio において両ろう付間に大きな差が認められなかったことはこれを裏づけるものと考えられる。

しかし, いずれの合金においても赤外線ろう付の方が小さい S.D. を示したことにより, 赤外線ろう付は火炎ろう付に比べてより安定したろう付法であると考えられる。これは第9報³⁾でも述べたように赤外線ろう付では, その操作がフィルターシールドを通して直視下で行えるためにろうを流すタイミングやろう付終了の時期の把握が容易であり, また, ブローパイプを使用していないために, 火炎のぶれや酸化炎によるろう付面の過度の酸化などを排除できたためであると考えられる。

UG と AU との引張強度の比較では, 図2にも示した通りに同じろう材を使用していながらも, AU は UG に

表3 ろう付破断面における Porosity 面積と Porosity Ratio

	Porosity 面積 (mm ²)		Porosity Ratio	
	火 炎 ろう付	赤外線 ろう付	火 炎 ろう付	赤外線 ろう付
ユニゴールド	0.205	0.239	0.03	0.03
オーロラ	0.410	0.247	0.06	0.04
ユニメタル	1.335	0.519	0.19	0.07

比べて約 6~10 kg/mm² 高く, 母材合金の強度を反映するような結果となった。これは母材合金自身の強度が大きいために, 破折の際, 母材合金がたわむまでに大きな荷重が必要であったため^{5,6)}と考えられる。しかし, 母材合金に対するろう付強度の割合を考えると, UG においては母材合金の約 60~65% に達しているのに対し, AU においては火炎ろう付で約 34%, 赤外線ろう付では約 37% といずれのろう付法においても低い値を示した。この際, 母材合金とろう材との成分を考えてみると, UG においてはろう材の成分が母材合金に近似している。これより UG はろう付後の検体において, 母材合金とろう付部との機械的性質が比較的近似するものと考えられる。これに対し, AU の場合には母材合金とろう材との成分が UG のそれに比べ異なり, 母材合金とろう付部との機械的性質が近似しがたいと考察できる。このために AU では, 引張試験時に加わった応力が強度的に弱いろう付部に集中して破断を起こし, 結果として母材合金と比較して低い強度となったのではないかと考えられる。

2. UM について

UM における引張強度は前述の UG, AU とは異なり, 赤外線ろう付は火炎ろう付に比べて約 8 kg/mm² 大きく, 57.1 kg/mm² であり, UM 単位の引張強度(メーカー表示値 98.6 kg/mm²)の約 60% に達した。また, S.D. も赤外線ろう付の方が小さいことから, UG, AU と同様に赤外線ろう付では火炎ろう付に比べて, そのろう付操作が安定して行われていたと考えられる。これは第9報³⁾と同様な結果である。

第9報³⁾では Ni-Cr 合金のろう付において引張強度は, ろう付面における Porosity 面積の影響を受け, さらに赤外線ろう付は火炎ろう付に比べ Porosity が少ないことが述べられている。そして, 本研究においても赤外線ろう付の Porosity Ratio は火炎ろう付のそれに比べ約 1/3 と少なく, 第9報³⁾と同様にこの Porosity Ratio の差が引張強度に影響を及ぼしていることが示唆された。そこで第9報³⁾と同様に補正引張強度(表4)を算

表 4 補正引張強度

	火炎ろう付	赤外線ろう付
ユニゴールド	28.6	26.0
オーロラ	35.3	37.0
ユニメタル	60.6	61.7

 unit : kg/mm²

出した結果、赤外線ろう付と火炎ろう付とは同程度の強度であった。このため UM における両ろう付法間の引張強度に差が生じたのは、ろう付破断面における Porosity 面積に差が生じたためであると考えられる。

また、第 9 報³⁾では赤外線ろう付器としてインフラレッドを使用した。これは今回使用したビームウエルダーと機種は異なるが同じ赤外線集中方式を採用している。そして、今回 UM において第 9 報³⁾と同様な結果が得られたことは、第 9 報³⁾の結果ならびに赤外線ろう付の有用性を裏づけるものと考ええる。

以上を総括すると赤外線ろう付はろう付の際にタイミングが取りやすく、オーバーヒートを防止できる可能性が高いこと。火炎のぶれや酸化炎の影響による母材合金およびろう材の過度の酸化や温度の低下等のテクニカルエラーを排除できること、などの利点により比較的確実なろう付が可能である。また、UM のように、特に高温の融点を持つろう材を使用しろう付を行う際は、ろう材における Porosity の発生が抑えられ、引張強度の増加につながると考えられる。これにより赤外線ろう付はその操作性に加え、機能性においても従来の火炎ろう付に比べ有用な方法であると考ええる。

V. 結 論

1. 引張強度では Precious, Semi-precious 合金のい

ずれにおいても、加熱方法の違いにより引張強度に差は認められなかった。これに対し、Non-precious 合金においては赤外線ろう付は火炎ろう付に比べて有意に大きな値を示したが、これを補正引張強度に換算すると両加熱方法の間に差は認められなかった。このことから、Porosity が引張強度の大きな要因になっていることが示唆された。

2. ろう付破断面における Porosity Ratio では Precious, Semi-precious のいずれの合金においても、加熱方法の違いによる差は認められなかった。これに対し、Non-precious 合金では、赤外線ろう付の方が火炎ろう付に比べ小さく、火炎ろう付の約 1/3 認められたのみであった。したがって、赤外線ろう付は、Non-precious 合金の前ろう付には有用な方法であると考えられた。

文 献

- 1) 三喜由高, 溝田隆男: 鑲着技術の革新, QDT, 12: 913~920, 1987.
- 2) 湯田雅士: 歯科技工における鑲着について, 歯科技工, 9: 179~188, 1981.
- 3) 萩原芳幸, 大沢裕美, 友松政由紀ほか: 歯科ろう着に関する研究 (第 9 報)—赤外線ろう着における引張強度一, 補綴誌, 32: 814~820, 1988.
- 4) 大沢裕美, 萩原芳幸, 菅田雄司ほか: 歯科ろう付に関する研究 (第 10 報)—赤外線ろう付器の温度分布について一, 補綴誌, 34: 599~608, 1990.
- 5) 小柳津純男, 坂 清子: セミプレシヤス系合金の中で後鑲着が可能な合金は何か, 歯科技工, 15: 176~181, 1987.
- 6) 湯田雅士: 歯科ろう付の原理, 五十嵐孝義ほか編, QDT 別冊/現代の歯科ろう付テクニック, 21~33, クインテッセンス出版, 東京, 1981.