レジンパターン材料の臨床応用

— Palavit G® の焼却条件と裏装材の影響 —

池上 正 河口日出男* 杉尾 隆夫
横山 正秋 川島 隆史 中野 雅徳
坂東 永一

The Clinical Application of Cold-curing Resins for Pattern Material

— A Heating Method of Palavit G® and Influences of Liners on Casting —

Tadashi Ikeue, Hideo Kawaguchi*, Takao Sugio,
Masaaki Yokoyama, Takafumi Kawashima, Masanori Nakano
and Eiichi Bando

I. 緒 言

歯科鑄造法における原型材料は、Taggart¹⁾ 以来ワックスが使用され、現在では術式もほぼ確立されている。

一方、レジン系鑄造原型材料（以下レジンパターン材料という）は、強度や弾性ならびに熱に対する安定性などにおいて、ワックスよりも優れており、操作も容易なため、口腔内で原型を試適する必要がある滑面板や、アンダーカットのある歯型から原型を直接採得する鑄造クラスプ製作時、あるいはコーヌステレスコープの外冠を製作する場合など、近年になって広く臨床に応用されるようになってきた。

レジンパターン材料に関する研究は物性などについて最近いくつか報告されている²⁻⁷⁾が、理工学的性質などにおいて不明な点も多く残っており、臨床術式が確立するには至っていない。

殊にレジンパターン材料は、ワックスと比較して焼却が難しく^{2,6,7)}、日常臨床においても焼却中に埋没材を破壊したり、鑄造物にバリが生ずるなど、良好な鑄造物が得られないことがある。この傾向は裏装材としてアスベストリボンを使用する時よりも、セラミックファイバー系のものを使用する時に顕著である。

本研究は、レジンパターン材料の臨床応用術式を確立することを目的とし、本稿ではその第一歩として、埋没材の破壊や、鑄造体にバリを生じない焼却条件（以下鑄造可能焼却条件という）について検討を行う。

II. 実験材料および実験方法

1. 実験材料

実験にはレジンパターン材料として Palavit G® (Kulzer 社製) を選び、裏装材としては松風アスベストリボン、およびセラミックファイバー系の松風キャストイングリボン (S) を使用した。なお、本実験にもちいた主な材料を表 1 に示す。

徳島大学歯学部歯科補綴学第 2 講座

* 千葉県

Dept. of Fixed Prosthodontics, Tokushima University
School of Dentistry

* Chiba Pref.

昭和 58 年 1 月 31 日受付

表 1 主な実験材料

パターン材料	Kulzer 社製 Palavit G®
裏 装 材	松風アスベストリボン, 松風キャスト ィングリボン (S)
埋 没 材	松風クリストバライト
スプルー線	G-C 社製レディーキャスティングワッ クス R5
鋳造リング	G-C 社製 No. 1
金 型	東京技研製 K-75 FC-T2 型

2. 実験方法

実験 1 鋳造可能な焼却条件について

1) レジンパターンの作製

レジンパターンは、金型（東京技研製 K-74, FC-T2 型）に、分離材としてワセリンを薄く塗布し、混和して餅状になった Palavit G® を手指で圧接し、硬化後、金型からとりはずして作製した。

なお、レジンパターン材料の粉と液との重量比は 2 対 1 とし、パターンの重量を約 0.42 g に調整した。

2) 埋没

レジンパターンの上部中央に G-C 社製レディーキャスティングワックス R5（直径 2 mm）を付着し、スプルーの長さが 9 mm となるように円錐台に植立した（図 1）。鋳造リングは G-C 社製の中リング（G-C No. 1）を用い、裏装材は、① キャスティングリボン 1 枚、② 湿アスベストリボン 2 枚の 2 種類とした。

なお、埋没材の混水比は、メーカー指示の値（w/p=0.35）とし、通法どおり真空練和した後、埋没を行った。

3) 鋳型の乾燥および、レジンパターンの焼却

埋没後、1 時間室温で乾燥させ、ついで、大栄歯科産業社製三段型電気炉を用い、低温、中温、高温の各温度で順次係留しながら焼却を行った。

低温係留温度とその係留時間は表 2 に示す各条件とし、中温ならびに高温係留温度とその係留時間は、それぞれ 400°C 40 分、700°C 20 分の一定条件とした。

なお、各実験条件について、それぞれ 5 個ずつ実験を行った。

実験 2 鋳型中心部での埋没材の温度上昇と Palavit G® の流出について

熱電温度計（横河電機社製 TYPE 2575）に接続した

図 1 埋没前のレジンパターン

表 2 レジンパターンの焼却条件

埋 没 法	キャストィングリ ボン 1 枚 クリストバライト 埋没材	湿アスベストリ ボン 2 枚 クリストバライト 埋没材
低温係留温度	200°C 275°C 225°C 300°C 250°C	200°C 250°C 300°C
低温係留時間	30分—180分 (15分間隔)	30分—180分 (15分間隔)
中温係留温度 と時間	400°C	40分
高温係留温度 と時間	700°C	20分

図 2 鋳型中心部での埋没材の温度測定模式図

アルメルクロメル熱電対を図 2 の模式図に示すようにレジンパターンの内側中央部に固定し、キャストィングリボン 1 枚を裏装した中リングに、クリストバライト埋没材で埋没した。パターンの作製法および埋没法は実験 1 に準じた。

埋没材を 1 時間乾燥させた後、200°C、250°C、300°C に設定した電気炉内に入れて鋳型の加熱を行い、30 秒ないし数分ごとに適時埋没材の温度を測定した。

なお、実験は 200°C, 300°C のものについては 2 回ずつ、250°C のものについては 3 回行った。また、250°C の炉内でリングを傾斜させてスブルー孔から Palavit G® が流出する状態の観察を、別に 3 回行った。この場合、炉の開閉は可及的に速やかに行い、炉内温度の低下を防いだ。

III. 結 果

1. 焼却条件について

実験 1 の結果を表 3 に示す。裏装材が湿アスベストリボン 2 枚のものでは、今回行ったいずれの実験条件においても、非常に小さいバリが生じた 1 例を除き、バリの

ない良好な鋳造物が得られた。

これに対して、裏装材がキャストイングリボン 1 枚のものでは、実験条件によっては焼却中に鋳型が破壊したり、鋳造物にバリを生ずることがあった。キャストイングリボン 1 枚の場合、すべての鋳型について良好な鋳造物が得られたのは、低温係留温度が 225°C では係留時間が 105 分、250°C の場合では 75 分および 90 分、275°C の場合では 45 分および 60 分の各実験条件においてであった。また、これらの低温係留温度でも、係留時間が上記より短い条件のもの、低温係留温度を 200°C としたものでは、400°C の中温係留炉内に移し変えた後、10 分以内にほとんどの鋳型が破壊し、鋳造には至らなかった。埋没材の破壊がなく、鋳造ができた一部のものにつ

表 3 レジンパターンの鋳造可能焼却条件実験結果

低 温 係 留 後		中 温 係 留 後		高 温 係 留 後		鋳 造 物	
温度(°C)	時間(min)	400°C 20min		700°C 20min			
キャストイングリボン 1 枚 (厚さ1.5mm)							
200	60	○ ○ ○ ○ ○	× × × × ×				
	90	○ ○ ○ ○ ○	● × × × ×	●		■	
	120	○ ○ ○ ○ ○	● ● × × ×	● ●		■ ■	
	150	○ ○ ○ ○ ○	● ● × × ×	● ●		■ ■	
	180	○ ○ ○ ○ ○	○ × × × ×	○		■	
225	75	○ ○ ○ ○ ○	× × × × ×				
	90	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ● ×	○ ○ ○ ●		□ ■ ■ ■	
	105	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	
250	45	○ ○ ○ ○ ○	× × × × ×				
	60	○ ○ ○ ○ ○	○ ● × × ×	○ ●		■ ■	
	75	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	
	90	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	
275	30	○ ○ ○ ○ ○	× × × × ×				
	45	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	
	60	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	
300	60	○ ○ ○ × ×	○ ○ ○	○ ○ ○		□ □ □	
アスベストリボン 2 枚 (厚さ1.0mm)							
250	45	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ● ● ●	○ ○ ● ● ●		□ □ □ □ □	
	60	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ ■	
	75	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		□ □ □ □ □	

備 考 ○：埋没材の破壊のないもの ×：埋没材が破壊したもの
 ●：埋没材が破壊されたか否か判別しにくいものまたは亀裂のあるもの
 □：バリのない鋳造体
 ■：バリ付きの鋳造体

図 3 鋳型中心部での埋設材の温度変化

レジンパターンを埋設乾燥後、200°C、250°C、300°C に係留した炉内で加熱した時の温度時間曲線

いても鋳造物にはバリが生じていた。低温係留温度を 300°C とした場合では、低温係留炉内で 5 個の鋳型のうち 2 個が破壊した。

以上のように、裏装材の違いによって鋳造可能な焼却条件が異なった。

2. 鋳型中心部での埋設材の温度上昇と Palavit G® の流出について

200°C、250°C、300°C の炉内における鋳型中心部での埋設材の温度上昇曲線を図 3 に示す。いずれも約 100°C で温度上昇は一時止まり、定温状態となり、炉の温度が高い順に再び温度上昇を始めた。135°C から 140°C 付近で再度温度上昇曲線が緩やかになった後、各係留温度までそれぞれの勾配で上昇し、一定温度に達した。鋳型の温度が係留温度に達するまでの所用時間は、200°C の炉では約 80 分、250°C では約 60 分、300°C では約 50 分であった。

また、250°C の炉内に入れた鋳型において Palavit G® が加熱により流動性を持ち、スプルー孔から流出し始めるまでの時間は、53 分から 54 分 (平均 53.7 分) であり、この時の鋳型中心部での埋設材の温度は、218°C から 223°C (平均 220.7°C) であった。

IV. 考 察

1. 実験方法について

1) レジンパターン作製法について

鋳造原型にレジンパターン材料を使用する方法には、単味で使用する場合とワックスと併用する場合があります。パターンの採得法も筆積法と圧接法があり、臨床例に応じて使い分けられている。焼却条件はレジンパターン材料の種類や鋳造原型の作製方法の違いによっても影響されると思われるが、本実験では Palavit G® を実験材料として選び、レジンパターン材料単味の焼却条件を明らかにすることを目的とした。

また、パターンを可及的に均一化するために、粉液比を一定とし、金型を用いた圧接法でレジンパターンを作製した。

2) 焼却条件について

鋳造原型の焼却ならびに鋳型の加熱法には同一炉内で連続的に昇温する方法と、一定温度に設定された炉内に段階的に移し変える方法がある。本実験では、徳島大学歯学部における標準術式である後者を基準とし、臨床経験ならびに予備実験の結果を参考にして各種焼却条件を設定した。すなわち、焼却条件で最も重要な因子は、低温係留温度とその係留時間であり、最適な低温係留温度が 250°C 前後にあることがわかっていたので、低温係

留温度を 200°C から 300°C まで 25°C 間隔で変え、係留時間も 30 分から順次延長させて実験を行った。

2. 実験結果について

1) 裏装材の違いで鋳造可能な焼却条件に差がみられたことについて

裏装材としては従来からアスベストリボンが用いられているが、公害などの問題もからみ、近年はセラミックファイバー系の裏装材が使われることもある。

セラミックファイバー系の裏装材はアスベストリボンと必ずしも同じ性質を持つものではなく、本実験においても同じ条件でレジンパターンを焼却したにもかかわらず、セラミックファイバー系裏装材の使用時に、多くの鋳型が破壊した。

これは両者の緩衝能に差がある⁸⁾ことが最も大きく影響していると考えられる。すなわち、鋳造リングは加熱によって膨張する埋没材を把持し補強する役割を持つが、裏装材の緩衝能が大きい場合には、埋没材の自由膨張を損なわない反面、リングによる埋没材の補強効果は小さくなり、埋没材のみかけの強度が低下するものと思われる。

那須ら⁹⁾は、セラミックファイバー系裏装材はアスベストリボンに比べて、被圧縮性が大きいことを報告している。さらにクリストバライト埋没材を用いる場合には、裏装材が湿アスベストリボンであると、硬化時に裏装材の緩衝能を使い果たしてしまうため、加熱時には埋没材の膨張が抑制されるのに対し、セラミックファイバー系の裏装材では、加熱時にもまだ緩衝能が残っていて、埋没材の膨張が抑制されないと報告している。この報告は本実験の結果と一致する。

このように、裏装材の種類の違いによって焼却中のクリストバライト埋没材に及ぼす影響に差がみられ、埋没材の破壊という点においては、セラミックファイバー系の裏装材はアスベストリボンよりも許容範囲が狭く、やや使い難い材料であるといえる。この反面、セラミックファイバー系裏装材は大きな緩衝能を持ち、埋没材の自由な膨張を妨げないことから、鋳造体の寸法精度に大きく影響を与える膨張の異方性という点においては、アスベストリボンよりも優れた裏装材であると考えられる。このことについては今後、寸法精度実験を行って確認を行いたい。

2) 鋳造可能な焼却条件について

鋳造原型の焼却において、ワックスは約 60°C で融解して容易にスプルー孔から流出し、鋳型内に残った一部

図 4 レジンパターン材料の加熱による変化

200°C の炉内では 1 時間加熱後表面がわずかに盛り上がるが、その後はほとんど変化が認められない。

250°C の炉内では数分後には大きく盛り上がり、ゆっくりアメ状に変化する。

300°C の炉内では約 30 秒で急激な体積膨脹が起こり、数分後にはアメ状になりその後炭化する。

なお、写真撮影のため炉外に取り出したところ、250°C の資料は約 1/2 に、300°C の資料は約 1/3 に収縮した。

のワックスも昇温に伴ってやがて焼却され、通常の条件ではクリストバライト埋没材を破壊することはない。これに対してレジンパターンの焼却では、特に裏装材としてセラミックファイバー系のものを使用した時にクリストバライト埋没材を破壊することがあり、鋳造可能な焼却条件はやや限定された範囲内に存在した。

ポリメチルメタアクリレートを加熱した場合、一般的には約 140°C で可塑性を示し、220°C から 250°C で分解を始める。そして、完全に分解するには 300°C 以上の温度が必要である⁹⁾。Palavit G[®] では図 4 に示すように、250°C および 300°C の加熱によって著しく、しかも急激に体積が膨張する。

レジンパターン材料がワックスに比べて焼却条件が厳しい理由として以下のようなことが考えられる。① レジンパターン材料は軟化および流動温度が高く、流動性をもっても粘度が高いためスプルー孔から流出しにくい。② レジンパターン材料は分解に際して急激な、しかも著しい体積増加を伴うため、この時に埋没材に大きな応力が加わる。③ レジンパターン材料の分解温度である 250°C 前後はクリストバライト埋没材の変態温度に一致し、埋没材自身にも内部応力が生じ、亀裂が入りやすい^{10), 11)}。

各実験条件のうち 5 個すべて良好な鋳造物が得られたのは、低温係留温度ならびに係留時間が、225°C 105 分、250°C 75 分および 90 分、275°C 45 分および 60 分、の各場合においてのみであったが、これらの条件では、ス

図 5 加熱によりスプルー孔から流出した
レジンパターン材料

ブルー孔からのレジンの流出が、円滑にかつ十分に行われたと思われる。

しかし、これらの低温係留温度においても、焼却時間が短い場合には、 400°C の炉に移し変えた後、ほとんどの鋳型において 10 分以内に埋没材の破壊が起こった。これは低温係留炉内で、スプルー孔からのレジンの流出が不十分であり、その後の昇温で、鋳型内に残留したレジンの、急激な分解に伴う体積膨張が起こり、埋没材を破壊させるような応力が加わったものと思われる。同様に、低温係留温度が 200°C の場合には、係留時間を 180 分間に延長したにもかかわらず、 400°C の炉内で、ほとんどの鋳型において埋没材の破壊が起こった。これは 200°C という温度がレジンの分解温度より低いため、低温係留炉内ではスプルー孔からのレジンの流出がほとんどなく、 400°C の炉内で前記と同じ現象が起こったものと思われる。また、低温係留温度が 300°C の場合には 5 個の鋳型のうち 2 個において埋没材の破壊がみられた。これは図 3 に示すように 200°C から 300°C 付近での温度上昇勾配が急であるために、同様に鋳型内でレジンの急激な分解が起こったからであると思われる。

以上のことから焼却中に埋没材を破壊させずに、かつ良好な鋳造物を得るためには、レジンの分解温度付近では鋳型内の温度上昇速度をおさえることにより急激な分解を避け、スプルー孔よりレジン円滑にかつ十分に流出させることが必要であるとわかった。臨床応用する場合には、ある程度の安全度を見込んでおく必要がある、

低温係留温度としては 250°C 付近で、係留時間は 90 分以上とすることが望ましいと思われる。さらに確実性を期すには図 5 に示すようなレジンのスプルー孔からの十分な流出を確認した後、中温係留炉内に移し変えるべきであろう。また、同一炉内で連続的に昇温する場合においても、 200°C から 300°C 付近における昇温は出来る限りゆっくり行うことが望ましいことが本実験から推察できる。

V. 結 論

1. レジンパターン材料はワックスと比べて焼却が困難で、焼却中にクリストバライト埋没材を破壊することがある。

2. レジンパターン材料の焼却に際し、裏装材が湿アスベストリボン 2 枚の場合には通常の焼却条件で埋没材の破壊がみられなかったが、セラミックファイバー系のキャスティングリボン 1 枚の場合では、焼却条件によっては埋没材の破壊がみられた。これは両者の緩衝能の差によるものと考えられる。

3. 臨床応用においては低温係留温度を約 250°C とし、90 分以上の焼却を目安とする。また、より確実性を期すためには、スプルー孔からのレジンの十分な流出を確認してからさらに昇温することが望ましい。

文 献

- 1) Taggart, W.H.: A new and accurate method of making gold inlays, The Dental Cosmos, 49(11): 1117~1121, 1907.
- 2) 前田 晃: 鋳造原型用樹脂の焼却条件による適合性について, 歯科技工, 7(3): 244~248, 1979.
- 3) 守川雅雄, 三宅茂樹, 岩谷秀明, 松下伸一, 井上勝一郎: レジンパターン材料の性質, 第 1 報 粒度分布と粘度変化について, 補綴誌, 24: 597~602, 1980.
- 4) 守川雅雄, 山崎 純, 豊田静夫, 井上勝一郎, 服部信一: レジンパターン材料の性質, 第 2 報 応力緩和によるワックスとの比較, 補綴誌, 25: 311~313, 1981.
- 5) 守川雅雄, 豊田静夫, 三宅茂樹, 清水徳弘, 楊 欽栄, 井上勝一郎: レジンパターン材料の性質, 第 3 報 レジンとワックスの寸法変化, 補綴誌, 26: 599~604, 1982.
- 6) 池上 正, 河口日出男, 杉尾隆夫, 横山正秋, 川島隆史, 中野雅徳, 坂東一: レジンパターン材料の臨床応用, 第 1 報 Palavit G[®] の焼却条件と裏装材の影響, 補綴誌, 25: 861, 1981 (講演抄録).

- 7) 石川義弘, 宮田孝義, 尾花甚一: パターン用レジンを使用した鑄造体の精度について, 第1報 表面粗さについて, 補綴誌, 26: 1061, 1982 (講演抄録).
- 8) 那須稔雄, 野口八九重: リング内における埋没材の寸法変化に対する裏装材の緩衝能について, 第1報 内側型鑄造体の場合, 歯理工誌, 23(61): 65~75, 1982.
- 9) 浅見 高: プラスチック材料講座12 アクリル樹脂, 33~93, 日刊工業新聞社, 東京, 1970.
- 10) 総山孝雄, 他: リング内における埋没材の膨張, 歯材器誌, 3: 128, 1959.
- 11) 河野 篤, 細田裕康: 埋没材の加熱条件と亀裂発生に関する研究, 歯材器誌, 6: 92~96, 1961.