

# プレスセラミックスにおける 技工操作を成功させるためのポイント

## イニシャル LiSi プレス/LiSi プレスベスト発売に寄せて

大阪府 Mデンタルラボラトリー  
歯科技工士  
森本敏夫



### はじめに— 技工操作におけるプレスセラミックスの2大トラブル

ジルコニアに比べ、プレスセラミックスは審美性や対合歯への負担が小さいことから、口腔内においてもメリットの多い材料である。しかし、技工作業を行ううえでトラブルが多いのも事実である。その想定されるトラブルは大別して2つに分かれる。

これらのトラブルはメタルの鑄造と違いプレスセラミックスの再利用ができず、割高な埋没材などにより経済的な損失も大きい。また再製作時には時間的な損失もメタル鑄造に比べてもかなり大きい。

これらのことから一度ならず数度の

現状を考えると当然ともいえる。

それに失敗を克服しようにも何が原因かがわからない現状ではどうしようもない。また失敗を防ぐためによかれと行っていることが思わぬトラブルを招いていることがあり、原因の解明をより難しくしてしまう。

#### 技工操作におけるプレスセラミックスの2大トラブル

**トラブル1:** プレス時に起こる埋没材の割れ。表面的に割れていなくても内部に起こったクラックによって生じるバリや、支台歯部分が折れて内面が埋まってしまうといったトラブルなど。

**トラブル2:** プレス体に起こるマージン付近のなめられや表面あれなど。

失敗を重ねるとプレスセラミックス以外のマテリアルに移行したくなるのも、歯科技工業界の置かれた

ジーシー社からプレスセラミックス「イニシャル LiSi プレス/LiSi プレスベスト」が発売されたのを機に、筆者がそういったトラブルについてどう対応すれば良いかをこれまでの経験と実験からの結果を基に述べていきたいと思う。

### プレスセラミックスかジルコニアか

オールセラミックスを選択する場合、現状ではイニシャル LiSi プレスのようなプレスセラミックスやジルコニアが選択される。

臨床においてそれぞれの材料を選ぶ際には、症例によりいろいろな選択基準がある。その中で補綴物を連結するなどの機械的強度ではジルコニアが優れている。一方審美面ではプレ

スセラミックスに優位性がある。では機能的な要素の1つ、咬合における対合歯との親和性(摩耗)を考えた場合、「硬いマテリアル=摩耗が少ない」とはいえない。「硬い=削れにくい」と考えがちだが、実際には「表面の研磨状態」「摩耗面の性状」「潤滑状態」によっても同じ材料でも大きく結果が変わる。詳しい説明は「トライボロジ

学」<sup>\*1</sup>に説明をゆだねるが、「表面の研磨状態」という点に着目して考えてみよう。

フルカントゥアのジルコニアにおいて機能咬頭を滑沢に研磨することは可能である。また滑沢に研磨されたジルコニアはプレスセラミックスより摩耗が少ないという報告<sup>\*2</sup>がある。

#### ※1 トライボロジーとは

摩擦面でどのようなことが起こっているのかを扱い、摩擦により起こる「摩耗」「焼き付き」「転がり疲れ」などの全ての現象を研究対象とし、摩擦面の損傷を軽減・防止したりまたは利用するための科学と技術をいう。

たとえば、滑沢に研磨されたセラミックスと金属における耐焼き付き加重は、セラミックスと金属の摩擦面がセラミックス同士、あるいは金属同士の摩擦面より遙かに大きな値となる。このように「硬い=摩耗が少ない」「柔らかい=摩耗が多い」とは単純にはいえず、材質や運動状態・表面状態・接触状態・摩擦面間での小粒子付着など摩擦に関連する事項は多岐にわたる。これらを総合的に研究している分野をトライボロジー学と呼ぶ。

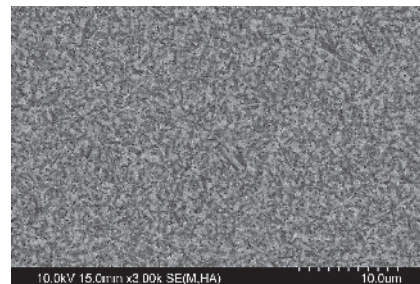
#### ※2 アプレシブ摩耗とは

摩擦面の一方が硬い場合や摩擦面間に硬い異物が介在する場合に生じる摩耗のこと。このうち二元アプレシブ摩耗は硬い方の表面突起で相手を削る場合をいい、三元アプレシブ摩耗は摩擦面に硬い介在物がある場合をいう。

\*2) 伴清治: ジルコニア製フルカントゥア歯冠修復物の研磨仕上げと対合歯の摩耗について, QDT, Vol.37, 2012.

しかし、フルカントウアジルコニアクランの咬合面内斜面隆線を滑沢に研磨することは、現在の歯科技工に用いられる材料や技術的な面を総合的に考えるとむずかしいと思われる。また口腔内での調整においては、特に研磨しにくくなる。そのためジルコニアでは研磨不足による二元アブレスシブ摩耗<sup>\*2</sup>が激しくなる。その点、プレスセラミックスは比較的

研磨がしやすく、咬合面内斜面を滑沢に研磨することができる。またLiSiプレスは二ケイ酸リチウムの結晶が微細化(図1-1)されており、機械的研磨によって滑沢な表面性状を与えやすく、摩耗が起こっても対合歯を摩耗させにくい特長を持っている。これらを総合的に考えると、現在においてはプレスセラミックスに優位性があると思われる。



1-1 イニシャル LiSi プレス SEM 像。

## 埋没材のクラック防止方法

さて、優位性を持った材料といえども失敗が多いと使い物にならない。またLiSi プレスベストはりん酸塩系のため、りん酸塩系埋没材の注意点に準ずる。ここからはトラブルの解決方法について述べていきたい。

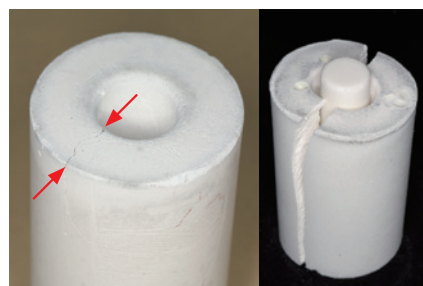
リング焼却後に起こる小さなクラック(図2-1左)はプレス後に埋没材の崩壊を来す要因となる(図2-1右)。またこのような表面上のクラックが発生していても埋没材内部で起こったクラックにより支台歯部分が折れることもある。こ

れらのクラックの原因は埋没材の圧縮強度が本来の値(図2-2)に達していないために起こる。

このクラックを防ぐために以下のことを守る。

### 埋没材のクラック防止方法

- ①埋没後、20分から3時間までの間にリングファーネスへ投入する。3時間を過ぎるとリングにクラックが発生しやすくなる可能性がある。
- ②クラックを起こす危険な温度域をできるだけ避けるため、リングファーネスの温度は必ず900℃に設定し、完全に昇温しているリングファーネスに投入する(900℃以下であれば絶対に投入しないこと)。また投入と同時にリングファーネスの温度設定を850℃に戻す。
- ③リングをリングファーネスに投入する際は、メタル鑄造用埋没材と一緒に入れない(メタルリングによってリングファーネスの温度が下がりにすぎため、プレスセラミックス用のリングであれば100g用リングで同時に4つ、200g用リングで2つまでとするが、リングファーネスの能力差もあるので注意する)。
- ④係留は必ず45分以上行う(5時間程度の係留であれば特に強度が落ちることはない)。
- ⑤焼却の係留中にリングファーネスの扉を開けて温度を下げない。プレス器投入時のインゴット挿入もできるだけ速やかに行いリングの温度をできるだけ下げないように心がける。



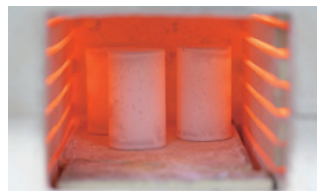
2-1 左：焼却後のクラック。500℃のリングファーネスに投入後、900℃まで上げるとこのようなクラックが発生することがある。  
右：埋没材の圧縮強度が低くなると、プレス時このように埋没材が崩壊する。

LiSi プレスベストの圧縮強度 (MPa)

硬化後 (120分後)	900℃焼却	焼却→冷却後
4.0	20.3	6.3

2-2 LiSi プレスベストの圧縮強度 (MPa)。

- 900℃に昇温したリングファーネスに入れる。
- メタル鑄造用リングと一緒に入れない。
- 係留は必ず45分以上行う。
- リングファーネス内にはリングを均等に入れる。



2-3

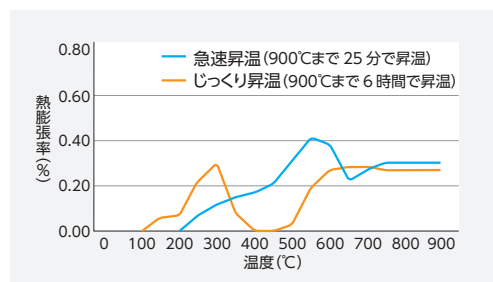
②と③・⑤の理由:グラフ(図2-4)の「じっくり昇温」のようにりん酸塩系埋没材は加熱中250℃付近でいったんグリストバライトの転位によって膨張するが、その後350℃付近からりん酸アンモニウムが分解して収縮する。膨張収縮を繰り返すことにより微細なクラックが生じやすくなる。そのため、この温度帯をできるだけ速やかに通過させることで図2-4の「急速昇温」のように比較的なめらかな膨張を得ることができる。その結果、埋没材の強度を保つことが

でき加熱によるクラック発生を防ぐことができる。

また係留中に温度の上昇・下降を繰り返すことで埋没材中の結晶構造がさらに破壊され圧縮強度が下がるため、プレス器への移行はできるだけスムーズに行いリング温度を下げないようにする。

④の理由:りん酸塩系埋没材は昇温するにつれて圧縮強度が上がる。炉内での係留時間が短かったり、200gリングのよ

うに大きいと埋没材の中心部では十分に温度が上がっていないことも考えられ圧縮強度も十分に上がりきらず、トラブルの原因となる(図2-2)。



2-4 昇温の違いによる熱膨張率の変化。

### 埋没材の強度不足が原因でない埋没材崩壊原因

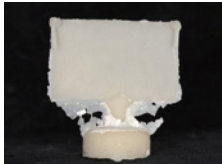
前述した原因ではなく埋没材が割れることがある。その原因はプレスファーンネスにおいてプレスセラミックスを溶かす温度が高いか、係留時間が長すぎることである。そのためプレスセラミックが必要以上に融解され、埋没材中に浸透することになる。その結果、プレス

セラミックスがくさび効果を発現させ、埋没材にクラックが発生し、結果、バリが発生したり埋没材を崩壊させたりする。


このときの対処法としては、プレスセラミックスに適正な融解温度と係留時間を与えることも必要だが、不測の事態に備え常にスプルーは長めにして

おくといよい。スプルーが長いことで埋没材の崩壊を防ぐことができる。金属の鑄造と全く違うためスプルーを長くしてもプレス不足になることはなく、ボタン部とパターン部の距離が離れることでくさび効果を防ぎ埋没材が割れるリスクが少なくなる。

同条件でプレスしてもスプルーの長さが違うと結果が変わる。



**3-1** スプルーの長さは左が3mm、右が5mm。共にスプルーはレディーキャストイングワックスR25を使用し、0.46mm厚のシートワックスをプレス成型。



**3-2** プレスセラミックスの融解温度が高いところのように埋没材中に浸透する。

### 埋没材の取扱いについて


基本的なこととして、まずしっかり混液比を守ることである。りん酸塩系埋没材に使用するコロイダルシリカは、製品ごとに濃度が違うため比重が変わる。水と比重が違うので、はかりでは正確に計量できないため、メスシリンダーやシリンジを用いる(図4-1)(ここで重要なのは重さでなく体積を量るということである)。

次に重要なことは埋没材の温度管理である。特にりん酸塩系埋没材では温度が低いと所定の硬化反応が遅延し、強度や硬化膨張が低くなる。

トラブルを防ぐためにも本来は液・粉とも23℃で保管する必要がある。特に1月や2月の寒い時期の室内に置かれている液・粉には注意が必要である。いったん冷えた埋没材の粉が室温まで上昇するのに3~4時間必要なこともあり、冬場の低い室温中で埋没材

を保管している場合は、埋没操作を昼頃まで待って埋没材が23℃になったことを確認したうえで行うほうがよい。また夏場は反対に液・粉の温度が上がるが、その影響は硬化時間が早くなるだけであり、硬化膨張や熱膨張などの物性に大きな影響はない。

- 混液比を守る。
- 温度管理をしっかり行う。
- 練和をしっかり行う。



**4-1** 計量にはメスシリンダーではなくシリンジを用いることで、正確な計量が素早行える。

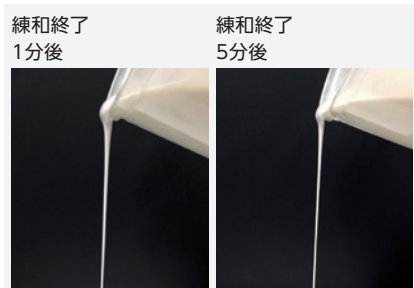


LiSi プレスベストは通常であれば操作余裕時間が7分ほどある。粉と液の温度が30℃に上がると操作余裕時間は5分ほどとなるが、もともと流動性

が高いため埋没操作は充分余裕をもって行える(図4-2)。

また、所定の物性を出すためにも練和はしっかりと行うことが大事である。

筆者が実験から検討したレンフェルト社のツイスターエボリューションでの練和プログラム時間を記載しておく(図4-3)。



4-2 LiSi プレスベストの流動性。



4-3 レンフェルト社のツイスターエボリューションと、筆者が利用している練和プログラム時間。

## インゴットの軟化(融解)状態について

プレスセラミックスの融解状態によっても「なめられ」や「表面あれ」といったトラブルを発生する。これらのトラブルを防ぐため係留温度や係留時間をメーカー指定温度から少し変更する必要がある。これはプレス器の温度表示に個体差があるためである。

ここでプレスセラミックスの軟化(融解)について述べてみたい。

我々技工士は「軟化」というと金属と同じように固体から液体に変化するイメージをプレスセラミックスにも持ってしまう。しかし金属が固体から液体に変わる固相点・液相点と違い、セラミックスやゴムは「ガラス転移点」という変化になる(図5-1)。ガラス転移点を超えても見かけ上は金属のように大きな変化を見せない。たとえばゴムであれば曲げて柔らかいという時点でガラス転移点を超えており、硬さの違いがあれどかなりの温

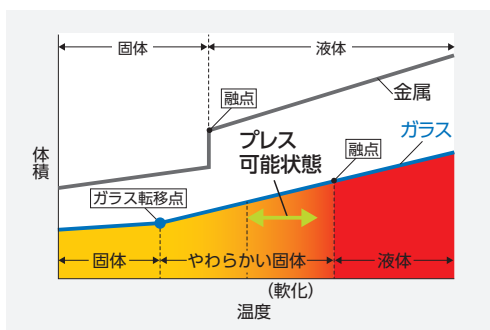
度幅で柔らかさを保っている。

このように見かけ上は固体のように見え、柔軟性を持つ温度帯がとても広いことがセラミックスやゴム軟化の特徴である。そのことから、軟化といっても液体のように溶けているわけではない。つまり柔らかくなった物を押し込んでいくのがプレスセラミックスのプレスである(ちなみにLiSi プレスベストのガラス転移点は520℃であり、プレス温度より低い時点でガラス

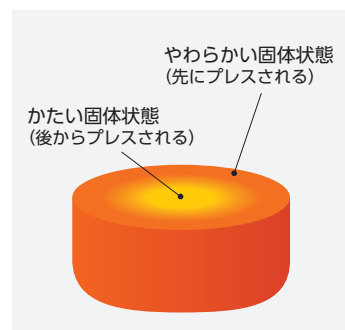
転移点を迎えている)。

またガラスは金属に比べ熱伝導率がかなり悪い(図5-3)、小さなサイズのインゴットでも表面と中心ではその溶け方がかなり違い、均一に溶かすためには数時間必要となる(図5-2、図5-3)。

均一に軟化させるために数時間かけることは臨床的ではないため、短時間で所定の柔らかさを得るために、図5-4に示したようなスケジュールとなっている。



5-1 ガラス転移点のイメージグラフ。



5-2 軟化されたインゴットの断面状態。

熱伝導率 (W/mK)	
金	295
銀	418
パラジウム	70
ガラス	0.76
石英ガラス	1.35

5-3 熱伝導率 (W/mK)

PANAMAT PRESS / AUSTROMAT 644 (GC / DEKEMA)

インゴットタイプ	HT, MT, LT		MO	
リングサイズ	100g	200g	100g	200g
スタート温度	700℃		700℃	
昇温速度	60℃ / min		60℃ / min	
最終焼成(係留)温度	893℃	913℃	907℃	923℃
係留時間	25min		25min	
プレス時間	5min		5min	
プレス加圧レベル	5		5	

5-4 ジーシー社推奨のイニシャル LiSi プレスのプログラム。

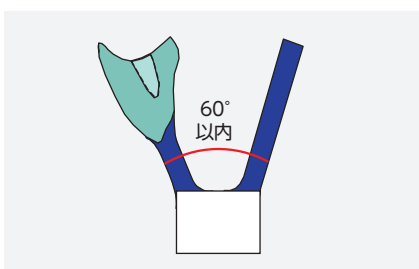
これらの特性から以下のことに注意する。

プレスセラミックスの特性を考慮して注意すべきこと

①インゴットの軟化状態が同じでも、植立するパターンの大きさによってプレス体の表面性状が変わることがある。特に小さいパターンの場合、インゴット外側のよく溶けた部分(図5-2)が先にプレスされ、その結果、プレス体の表面あれを起こしやすくなる。その対策として小さなパターンにおいては、図5-5のようにダミースプルーを立てることで

常に一定の結果を得ることができる。

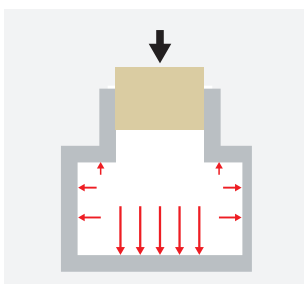
②鑄型へのインゴットのプレス成形は図5-6のように鑄型を満たしながらプレスされていく。この際、溶けたインゴットは完全な液体ではないのでプレスされた際に方向性を持って圧力が加わる(図5-7、図5-8)。そのため、スプルーとパターンのなす角度が60°以内(図5-5)に収まるよう植立する。



5-5 60°(中心から左右30°以内)に植立する。



5-6 鑄型へのプレス成形。



5-7 プレス圧力のイメージ。垂直方向はより大きな圧力がかかる。そのためプレス体のマージンはできればこの方向に向けておく方が良い。



5-8 このような植立では最遠深部まで圧力が加わらなく失敗の原因となる。

プレス体のなめられ・ショートマージンの解決方法

プレス体のなめられを大きく2つの場合に分けて考えてみたい。

プレス体のなめられについて考慮すべき2つの場合

①マージン付近が全体的に大きくなめられている場合(図6-1)。

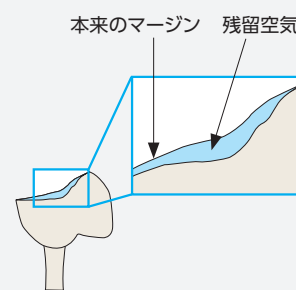


6-1

②全体的にマージンはあるが、一部分マージンに隙間が生じている(図6-2)。



6-2

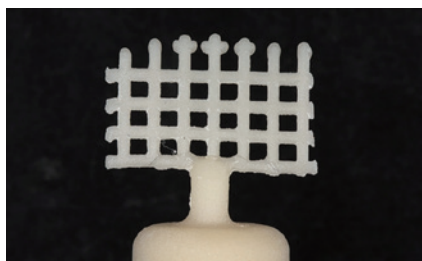


6-3 空気残留のイメージ。排出しきれなかった空気がマージン付近に集まり、結果ショートマージンとなる。この欠陥の特徴は本来のマージンと同じような形になるためクラウンが沈みきっていないような印象を持つ。

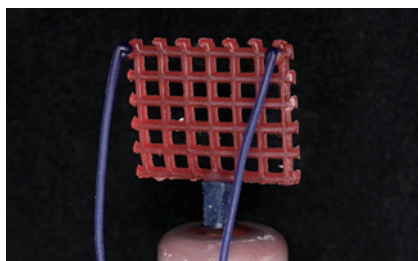
①についてはインゴットの軟化に問題があると思われ、解決方法はプレス器の係留時間を延ばす。それでもダメな場合は軟化温度を上げる、プレス時間を延ばすといった対処が必要である。適正な軟化条件を探るためメッシュ

パターンを使ってプレスした場合、図6-4のような状態を適正とするといよい。マージン付近がなめられた場合、まずは係留時間を5分ほど延長し、それでも対処できなければ軟化温度を5℃の単位で上げてみる。

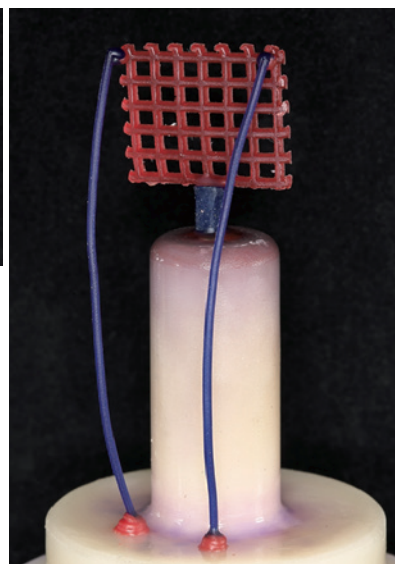
②については図6-3のように排出しきれなかった空気が原因となっている。そのため鑄型内に残っている空気を排出するためにパターン部へオープンベントをつけることで解決することができる(図6-5)。



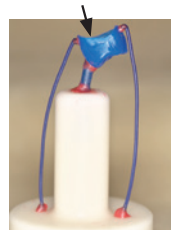
6-4 メッシュパターンによる理想的なプレス状態(使用パターンはレンフェルトGEOリテンショングリッド ファイン。スプルーはR25を使用)。



6-5 オープンベントの太さはレディーキャストイングワックスのR07。



- オープンベントを付与する。
- インゴット加熱の係留時間・温度を調整する。



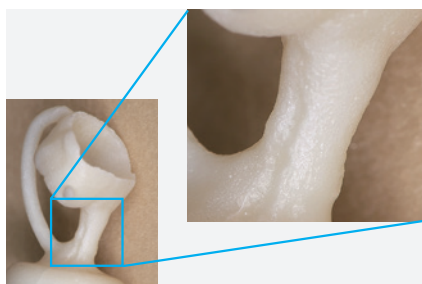
6-6 このような向きにパターンを植立すると矢印部分に空気がたまりやすくなり部分的ななめられが起こる。

## オープンベントについて

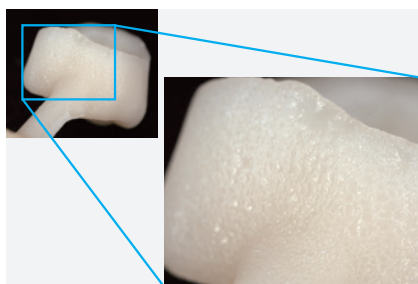
プレス器内はプレス時、真空ポンプで減圧はされているが、プレスによる欠陥を起こすために充分な量の空気が残留している。図5-6のように鑄型を満たしながらプレスされるため、途中で鑄型に残った空気はスプルーを通

して逃げるケース(図7-1)もあればスプルー付近に空気が追いやられ逃げ場をなくすケースもでてくる(図7-2)。またマージン部に追いやられた空気がショートマージンなどのなめられの原因(図6-3)となるために、オープン

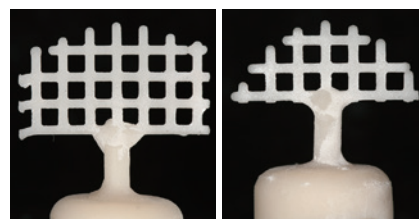
ベントで鑄型内から積極的に空気を逃がす必要がある(図7-3)。またこのオープンベントをつけることで、融解温度・係留時間といった条件が適正であったかがベントの長さによって把握することもできる(図7-4)。



7-1 スプルー部から空気が抜けようとした跡。



7-2 攪拌された空気の泡がクレータ一状にたくさん見られる。

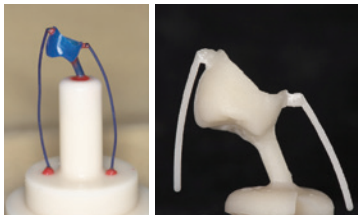


7-3 左:ベントあり。右:ベントなし。図6-5のように最終的にプレスセラミックスが満たされる部位にオープンベントをつけると、残留空気が排出され同じ条件でプレスしてもこのような違いが現れる。



特にプレス機をエア圧で行うプレス機にとってはこの空気の排出が難しく、必ずオープンベントを必要とする（エアをエアで押すこととなるため）。オープンベントをつける位置は最終的にプレスセラミックスが充填される部位となり、パターン形状によっては3~4カ所必要なこともある。

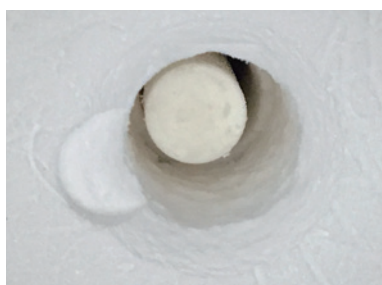
プレス条件が適正であった場合のベントの長さ。軟化不足になると短くなり、軟化しすぎると長くなるので、ベントの鑄込み状態によりプレス機の設定を変更する。



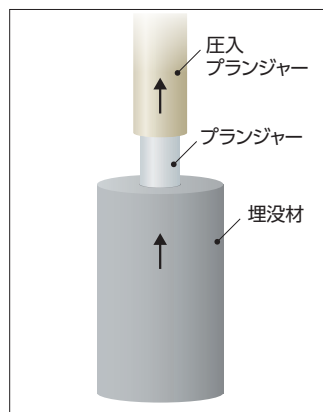
7-4

### プレス機の圧入プランジャーについて（アルミナ製のプランジャーを使用する場合）

何度もプレスを行っているとき、プレス機側の天井部から伸びてくる圧入プランジャーにプレスセラミックスが徐々に付着していく。ここにプレスセラミックスが付着していくことで、プレス終了時に圧入プランジャーが上昇するとともに埋没材側のプランジャーもくっつき持ち上げられる（図8-2）。その結果プレスセラミックスを吸引することとなり、マージン部がなめられることがある。そのため圧入プランジャーを定期的に削り取り、清掃する必要がある。



8-1 プランジャー平面部に付着したプレスセラミックスをきれいに清掃しておかないと、写真のように徐々に圧入プランジャーにプレスセラミックスが蓄積される。そのため定期的にこの部分に付着したプレスセラミックスを削り取る。



8-2 プレス終了時に、圧入プランジャーがプランジャーを持ち上げてしまい、プレスセラミックスが吸引されてしまう。

### おわりに

プレスセラミックスの技工操作を成功させるための方法について述べてきたが、筆者自身、経験と思い込みで良かれと思ってやっていたことが実際には悪い結果が出る方向になっていたこともあり、それがわかるまでに何度も試行錯誤や実験を繰り返し、ようやく失敗をなくすことができた。たとえばリングファーンズに投入する際も、900℃に完全に上がっていないくても低い温度からリングを入れればより良い結果が生まれると思っていたことが実際にはトラブルの原因となっていたこともあった。これらのポイントを注意していただくことにより読者の皆さんが苦勞することなく技工作業を進めていただければ幸いです。



**森本敏夫** (もりもと としお)  
 大阪府 Mデンタルラボラトリー 歯科技工士  
 略歴◎1982年 大阪歯科大学歯科技工士専門学校卒業。1982年 小室歯科入社。1989年 IDA卒業。1991年 Mデンタルラボラトリー開業