型ごと埋没法による鑄造体の表面あらさについて

佐野 敬一   野首 孝祠   奥野 善彦

Surface Roughness of Castings made by Die Investment Method

Keiichi Sano, Takashi Nokubi and Yoshihiko Okuno

緒 言

各種鑄造体の適合性に対して影響を及ぼす要因としては、試料の形状、埋没材の種類、鑄造リングの有無、アスベストリボンの枚数、スプルーの大きさ、試料の埋没方向、鑄型温度、金属の種類、鑄込温度、鑄造後の冷却方法などがあげられ、さらにこれらは寸法変化と変形の2つに大きく分類されている^{1,2)}。部分床義歯においてはクラスプ、バー、床など装置全体が口腔内に露出しており、歯冠補綴物とは異なり、これら装置と生体との間にセメントが介在しておらず、しかも鑄造体内面をできるだけ研磨しないで歯や粘膜に適合させる必要がある。したがってこのような観点から、前述の要因のほかに鑄造体の表面あらさも各種装置の適合性に対して影響を及ぼし、さらにう蝕の発生あるいは粘膜の炎症などにも影響すると考えられる。

表面あらさについてはこれまで種々の報告³⁻¹¹⁾があるが、これらはいずれもインレー、クラウンなどの作製過程を想定したものである。すなわち原型(窩洞または支台歯模型)よりワックスパターンを撤去し、埋没・鑄造を行い、鑄造体の内面のあらさを測定している。したがってその表面のあらさの影響は窩洞または支台歯、印象材、石こう、ワックスパターン、埋没材などの組合わせによつておこる表面あらさと鑄造時における鑄造体自身の肌あれなどが相互に作用していると考えられる。しかし、キャストクラスプ、バー、床などにおいては、まず口腔内印象で得た作業用模型を再び印象採得し、それに

模型用埋没材を注入して埋没材模型を作製する。ついでその模型上に直接ワックスパターンを形成し、そのワックスパターンを付着した模型ごと埋没し、鑄造を行つてゐる。したがって、この場合の表面あらさに及ぼす影響としては歯および粘膜、印象材、石こう、複製用印象材、および埋没材模型などの表面あらさと、鑄造体自身の肌あれなどが作用しているものと考えられる。すなわち埋没材模型を得るために石こう模型を複製用印象材で印象したり、さらにワックスパターン形成後その埋没材模型をそのまま埋没する操作などが、歯冠補綴物を作製する場合と比較して異なる点である。そこで、今回われわれはクラスプ、バー、床など部分床義歯の表面あらさを知らるために種々の印象材、石こう、模型用埋没材を用いて、臨床で行われる過程と同様の操作を行つて得た鑄造体の表面あらさを測定し、その表面あらさに対する印象材、石こうおよび埋没材の影響について検討した。

実験材料ならびに方法

縦 7 mm、横 15 mm、厚さ 1.7 mm の一定の大きさのワックスパターンを作製するために図 1 のように平滑なガラス板上に陰型を作製し、これを原型とした。これをチオコールラバー印象材(而至社製、シェールフレックス F, Batch No. INJ 10)、シリコンラバー印象材(Caulk 社製、ジェルコーン, Batch No. 73255B, 73278

図 1 陰 型

大阪大学歯学部歯科補綴学第2講座(主任:河合庄治郎教授)

2nd Department of Prosthetic Dentistry, Osaka University Dental School, Osaka (Chief: Prof. Shojiro Kawai)

昭和50年12月1日受付

C), アルギン酸印象材 (而至社製, ハイテクニコール, Batch No. INR 18) でそれぞれ印象した後, 表1のような組合せで, 硬石こう (而至社製, ニュープラストーン, Batch No. BM 29), および超硬石こう (而至社製, シュールストーン, Batch No. VS 29) をそれぞれ指示通りの混水比で練和して石こう模型を作製した。

次に, これらの石こう模型をそれぞれ同じ印象材で再び印象し, これにリアルベスト (松風社製, Batch No. 22, 混液比 0.24) およびクリストバライトモデルインベストメント (而至社製, Batch No. KS 29, 混水比 0.28) の2種類の模型用埋没材を注入して埋没材模型を作製した。この埋没材模型上に直接, インレーワックス (松風社製バイオレットインレーワックス) を軟化して圧接し, このワックスの上面が周囲の埋没材と同じ高さになるようにワックスを形成し, 可及的に表面を滑らかにした。次にこの埋没材に圧接成型したワックスパターンの面と同一方向に直径 1.0 mm, 長さ 5 mm のスブルー線を植立し, これを水中に3分間浸漬した後, 同一の埋没材 (リアルベスト: 混水比, 0.30, クリストバライトモデルインベストメント: 混水比 0.32) を用いて埋没した。なお鑄造リングは内径 30 mm, 高さ 44 mm, 厚さ 1 mm のものを使用し, アスベストリボンを2枚内張りした。埋没 24 時間後に鑄造リングを1時間半で 650°C まで (7°C/分) 加熱し, さらにその温度で30分保留後, Jelenko 社製サーモロール遠心鑄造機を用いて鑄造した。金属は而至社製キャスティングゴールドタイプIVを使用し, 鑄込温度は鑄造機内蔵の電気炉で制御して 1,000°C とした。電気炉がこの温度に達した時, 直ちに鑄造リングをとりつけて鑄造を行った。鑄造後, 鑄造リングを放冷し, 埋没材を取除いたあと, 超音波洗浄器を用いて水で15分間洗浄した。なお測定試料はそれぞれの組合せにおいて8個ずつ作製した。

測定はの埋没材模型に接した鑄造面の4か所を選択し, 小坂式 SE-4 型あらさ測定機を用いて, 測定距離を 5 mm, 測定倍率を縦 500 倍, 横 100 倍として行った。

表 1 実験に使用した印象材と石こうの組合せ

	印象材	石 ough
1	シリコンラバー	硬 石 ough
2	シリコンラバー	超 硬 石 ough
3	チオコールラバー	硬 石 ough
4	チオコールラバー	超 硬 石 ough
5	アルギン酸	硬 石 ough

なお, あらさの表示は中心線平均あらさ (R_a) と, 最大あらさ (R_{max}) の両方を用い, それぞれ8個の平均値および標準偏差を求めた。

実験結果

実験結果は表 2, 3 および図 2 に示したとおりである。2種類の模型用埋没材を比較すると, リアルベストの場合, 2種のラバー印象材において R_{max} は 4.0~5.4 μ , R_a は 1.1~1.5 μ を示し, アルギン酸印象材においてはいずれもその約2倍の 10.8 μ (R_{max}), 2.8 μ (R_a) を示した。一方, モデルインベストメントの場合, 2種のラバー印象材において R_{max} と R_a はそれぞれ, 6.1~8.6 μ , 1.9~2.9 μ を示したが, アルギン酸印象材においては約2倍の 12.3 μ (R_{max}), 4.2 μ (R_a) を示しており, いずれの方法においてもモデルインベストメントを用いた時の鑄造体の表面あらさはリアルベストの時よりもやや大きい値を示した。

次に, 3種類の印象材の間では R_{max} と R_a ともに, アルギン酸印象材が他の印象材の約2倍のあらさを示し, 最も大きい値を示した。また, シリコンラバー印象材とチオコールラバー印象材との間には各平均値において, シリコンラバー印象材の方がわずかに小さい値を示しているが有意の差はみられなかった。

表 2 実験結果 (リアルベスト)

印象材	石 ough	最大あらさ MEAN (S.D.)	中心線平均あらさ MEAN (S.D.)
シリコン ラバー	硬 石 ough	4.0 (1.4)	1.1 (0.3)
	超硬石 ough	5.2 (2.7)	1.5 (0.8)
チオコール ラバー	硬 石 ough	4.5 (2.1)	1.3 (0.7)
	超硬石 ough	5.4 (1.5)	1.5 (0.4)
アルギン酸	硬 石 ough	10.8 (3.9)	2.8 (0.5)

表 3 実験結果 (モデルインベストメント)

印象材	石 ough	最大あらさ MEAN (S.D.)	中心線平均あらさ MEAN (S.D.)
シリコン ラバー	硬 石 ough	6.1 (1.7)	1.9 (0.5)
	超硬石 ough	7.6 (2.3)	2.5 (0.8)
チオコール ラバー	硬 石 ough	6.8 (1.5)	2.2 (0.5)
	超硬石 ough	8.6 (1.8)	2.9 (0.6)
アルギン酸	硬 石 ough	12.3 (2.1)	4.2 (0.5)

図2 実験結果 (● 硬石こう ◎ 超硬石こう)

また、2種類の石こうの間ではいずれの印象材と埋没材においても硬石こうの方が超硬石こうよりもやや小さい値を示したが、各組合わせのなかでモデルインベストメントとチオコールラバー印象材の組合わせにおいて2種類の石こうの間で5%の危険率で有意差がみられるのみであり、その他においては有意の差は認められなかった。

考 察

鑄造体の表面あらさに影響を及ぼす因子としては、印象材の種類、石こうの種類、埋没材の種類、埋没材の混水比、スプルー線の太さおよび植立方向、アスベストリボンの裏装の有無、埋没方法、鑄造リングの加熱速度、保留時間、鑄型温度、鑄込温度、金属の種類、鑄造方法、鑄造体の洗浄方法などが考えられ、今まで多くの研究がなされている³⁻¹¹⁾。

まずスプルー線の植立については、太いスプルー (1.8 mm, 1.2 mm) を用いた場合、細いスプルー (0.35 mm, 0.65 mm) の場合よりも金属の表面はあれる傾向があるといわれている³⁾。

またアスベストリボンの裏装について臼井³⁾ はアスベストリボンを裏装しない方が表面のあらさ値は小さいと報告している。しかし臨床に金属の鑄造収縮を補うために通常アスベストリボンの裏装を行っており、本実験においてもアスベストリボン2枚 (厚さ約 1 mm) を内張りした。

次に埋没方法については、吉田⁴⁾、小貫⁵⁾ が単一埋没法と二重埋没法、大気埋没法と真空埋没法の比較を行っており、いずれもその差はあまりみられなかったと報告している。

ワックスの焼却は徐々に行い、鑄型温度は低い方があらさ値が低くなるといわれている³⁻⁷⁾。また、保留時間のちがいで金属の表面あらさに差はみられないという報告と^{4,5)}、逆に保留時間による差があるという報告もある³⁾。鑄込温度については、高ければ高いほどあらさ値が大きく、溶融点より 50°C 高い場合が最もよいといわれている^{3,5,6,8)}。一方、使用金属に関しては、白金加金が最もあらさ値が小さく、ついで金合金、パラジウム合金の順となっており^{4,5,7)}、さらに山根⁹⁾ は種々の鑄造方法のなかで水蒸気圧による鑄造が最もあらさ値が小さいとのべている。

次に鑄造体に付着した埋没材、酸化膜などは超音波洗浄を行い、大部分を取り除いたが、灰色に着色した部分が残る場合があり、これは酸洗いをしても除去できなかった。森ら¹⁰⁾によれば塩酸で洗浄した方が表面あらさは小さくなる傾向を示しているが、塩酸を用いる場合、表面の酸化膜だけでなく、金属自体も浸蝕されると思われるのでこの方法は行わなかった。また表面の埋没材や酸化膜などをサンドブラストで除去することがあるが、これは肉眼的にみても表面の浸蝕が認められるため、鑄造体内面には行うべきではないと考えられる。

以上のように埋没・鑄造における種々の条件が鑄造体の表面あらさに及ぼす影響についてはかなり詳細に検討されており、良好な鑄造体を得られるようになった。本実験においてもこれら従来の報告のうち鑄造体の表面あらさを良好にするという条件を可及的に適用させて行なった。しかし、キャストクラスプおよび金属床を製作する場合、通常歯冠補綴物の作製とは異なり必ず石こう模型を印象する操作が加わるため、この方法で得た金属の表面は印象材、石こう、模型用埋没材などによって影響されるものと考えられる。そこで印象材の種類、石こうの種類、模型用埋没材の種類をそれぞれ変えて鑄造体を作製した場合の金属表面に対するこれら使用材料の影響について比較検討する。

まず印象材については吉田⁴⁾によればガラス面を印象採得して石こうを注入し、間接法で鑄造体を作製した時、アルギン酸印象材を使用した場合の表面あらさ値 ($R_{\max}$) は $3.1\sim 4.6\mu$ であったが、ラバー印象材を使用した場合は $2.5\sim 2.9\mu$ であり、アルギン酸印象材を使用した場合の方があらさ値が大きかったとのべている。しかし、Diamond disk で切削した歯の表面を印象した場合ではアルギン酸印象材が鋭縁細部まで印象できないために逆に表面あらさは小さくなったと報告している。稗田¹¹⁾は歯の切削面 (平均あらさは 3.7μ) を印象して作業用模型を作製し、2級インレーを鑄造しているが、アルギン酸印象材を使用した場合の表面あらさ値 (R_a) は $20.0\sim 16.5\mu$ 、チオコールラバー印象材の場合は 18.0μ であるとのべている。

次に、印象材と石こうとの組合わせがその石こうの表面あらさに及ぼす影響について、まずアルギン酸印象材と超硬石こうの組合わせでは、超硬石こう中に含まれている各種の調節剤とアルギン酸とが反応するため石こうの表面があれやすいといわれており¹²⁾、したがって我々はこの組合わせについては実験を行わなかった。なおアルギン酸印象材の固定操作は、石こうとの組合わせによつて石こう面を滑らかにする時もあればあらくする場合もあるという報告があり、今回の実験では特に固定は行わず、直ちに石こうあるいは埋没材を注入した。また里村¹³⁾はガラス面を印象採得して得た石こう模型の表面あらさを測定しており、その結果アルギン酸印象材を使用した時のあらさ値 ($R_{\max}$) は普通石こうで $8\sim 10\mu$ 、超硬石こうで $13\sim 15\mu$ であり、ラバー印象材に超硬石こうを注入した時のあらさ値は 5μ であるとのべている。稗田¹¹⁾は歯の切削面 ($R_a: 3.7\mu$) を印象採得して石こう模型を作製した時の石こうの表面あらさ値 (R_a) はチオコールラバー印象材 3.6μ 、アルギン酸印象材 $4.0\sim 3.9\mu$ であると報告している。一般にはガラス面と表面あらさ標準片とを印象採得して石こう模型を作製し、石こう表面のあらさを測定した場合、アルギン酸印象材よりもラバー印象材の方が平滑な面が得られるといわれている¹⁴⁾。

このようにアルギン酸印象材を用いた方がラバー印象材よりも石こうの表面あらさ値が一般に大きくなっている。この点については我々の実験結果から鑄造体表面のあらさで比較すると、ラバー印象材を使用した場合が $4.0\sim 8.6\mu$ ($R_{\max}$)、 $1.1\sim 2.9\mu$ (R_a) であるのに対し、アルギン酸印象材の場合は $10.8\sim 12.3\mu$ ($R_{\max}$)、 $2.8\sim 4.2\mu$ (R_a) であり、いずれもアルギン酸印象材では約

2倍のあらさを示した。これは未反応のアルギン酸と石こうが反応するためであると言われている。また奥田¹⁴⁾によればアルギン酸印象材を用いて得た石こう模型の表面にうねりが観察されており、この原因は不明であるが印象材の反応にムラができるためではないかと考えられる。

また、チオコールラバー印象材とシリコンラバー印象材との比較については、稗田¹¹⁾、里村¹³⁾はあまり差がないとのべているが、奥田¹⁴⁾によればシリコンラバー印象材でも表面が比較的平滑なものと比較的あれたものがある。我々の実験ではシリコンラバー印象材を用いて作製した鑄造体表面のあらさはチオコールラバー印象材の場合よりもやや小さい値を示したがその間には有意の差はみられなかった。

埋没材の種類に関して、クリストバライト埋没材と石英埋没材の比較では、稗田¹¹⁾はクリストバライト埋没材を使用した場合、石英埋没材を使用した場合にくらべてややあらい傾向を示したがその差はほとんどみられなかったとのべている。また吉田⁴⁾はクリストバライト埋没材を使用した時の方が表面あらさ値が大きく、石こうの含有量が多いほど表面あらさ値が大きいのべている。一方石こう系埋没材とリン酸塩系埋没材との比較では、石こう系埋没材の場合は合金の種類および鑄造圧によつて表面あらさが変化するがリン酸塩系埋没材ではそれらによる影響はみられず表面あらさがほぼ一定であったといわれている¹⁵⁾。また臼井³⁾も石こう系埋没材は鑄込温度、鑄造体の形態によつて表面あらさに影響を及ぼすが、リン酸塩系埋没材はそれらに影響されないとのべている。しかし、使用金属 (ニッケルクローム合金) の種類によつて石こう系埋没材の方があらくなったり、リン酸塩系埋没材の方があらくなくなるという報告もあり¹⁶⁾、結果が一定していない。一方、埋没用埋没材と模型用埋没材との比較について吉田⁴⁾によれば、ガラス面をラバーベース印象材で印象した場合ではあまり差はなかったが、アルギン酸印象材を使用した場合では埋没用埋没材で $3.1\sim 3.2\mu$ ($R_{\max}$)、模型用埋没材で $4.6\sim 5.0\mu$ と差がみられた。また Diamond disk による歯の切削面をラバーベース印象材で印象採得した場合ではあまり差がなく、アルギン酸印象材を使用した場合では埋没用埋没材で $11.4\sim 12.0\mu$ 、模型用埋没材で $12.4\sim 14.0\mu$ であり、いずれもアルギン酸印象材を使用した時のみ模型用埋没材の方が表面あらさ値が大きくなったとのべている。以上のことから複製模型を作製する場合、アルギン酸印象材の使用は避けるべきであると考えられる。

本実験においては2種類の石こう系埋没材について検討した。その結果、粉末中に石英とクリストバライトとを混入し、 SiO_2 濃度 20% の溶液で練和を行い、その溶液を適当に水で希釈することによって硬化膨張を調整することが可能なりアルベストを用いて作製した鑄造体の表面あらさはクリストバライト系の模型用埋没材の場合よりもやや小さい値を示した。この要因として混液(水)比(リアルベストは混液比 0.24, クリストバライトモデルインベストメントは混水比 0.28)の違いが考えられる。今までの報告によれば混水比が大きい程、表面あらさ値は大きいとされている^{4,5,8)}。また破砕抗力についてはリアルベストが 180 kg/cm^2 (硬化3時間後)、クリストバライトモデルインベストメントが 110 kg/cm^2 (硬化2時間後)であり、破砕抗力の違いも要因の1つと考えられる。また、埋没材の粒子の大きさも異なっているのではないと思われる^{8,17)}。

以上のように各種補綴物の精度に対してその鑄造体の寸法変化や変形の他に、鑄造体の表面あらさも影響していると考えられる。また、本実験でとりあげた型ごと埋没法はクラスプや床のみならず最近ではクラウンやブリッジなど歯冠補綴物にも適用されており、これら鑄造体内面のあらさがその適合性に及ぼす影響は大きいものと考えられる。臨床上補綴物を作製する場合、これらの表面あらさを可及的に小さくする必要があり、このためには材料の組合わせを考慮しなければならないと思われる。

総括および結論

部分床義歯におけるキャストクラスプ、バー、床などの作製過程と同様の方法を行い、使用する材料のなかで特に石こう、印象材、模型用埋没材の種類がその鑄造体内面に相当する表面のあらさに及ぼす影響について、最大あらさと中心線平均あらさとで比較検討を行った。

1) 3種類の印象材においてシリコーンラバー印象材とチオコールラバー印象材との間ではほとんど差が認められなかったが、これらラバー印象材とアルギン酸印象材を比較すると、最大あらさおよび中心線平均あらさともにアルギン酸印象材を用いた場合、金属の表面は約2倍の表面あらさ値を示した。

2) 2種類の石こうを比較すると、硬石こうが超硬石こうよりも表面あらさはわずかに小さくなる傾向を示したがその差は小さかった。

3) 2種類の模型用埋没材では、最大あらさおよび中心線平均あらさいずれにおいても明らかに差がみられ、

同じ石こう系埋没材においてもその種類によつて鑄造体の表面あらさに及ぼす影響は異なつた。

以上のように鑄造体の表面あらさは各種使用材料によつて差がみられた。また表面あらさの低下は補綴物の精度を向上させる1つの要因であることから、臨床上補綴物を作製する場合これら使用材料を適切に選択する必要があることが示唆された。

文 献

- 1) 井田一夫：歯科鑄造のポイント、一その対策と限界を考える一、歯科評論, 366: 69~84, 昭 48 (1973).
- 2) 野首孝詞：鑄造鉤の製作過程における寸法変化とその適合性について、補綴誌, 18: 363~381, 昭 50 (1975).
- 3) 白井久雄：鑄造体の表面あらさと適合性に関する研究、齒理工誌, 15: 6~24, 昭 49 (1974).
- 4) 吉田敏宏：歯科用埋没材に関する理化学的試験および金属鑄造体の表面粗さ試験、齒科月報, 34: 301~329, 昭 36 (1961).
- 5) 小貫伸一：歯科補綴物の仕上げ加工に関する研究、補綴誌, 12: 215~239, 昭 43 (1968).
- 6) Barone, J.J., Huff, R.L. and Dickson, G.: Surface roughness of gold castings. Dental Progress, 1: 78~84, 1961.
- 7) 高橋重雄, 梅本義敏, 白井久雄：鑄造精度に関する研究(その1)、齒科学報, 70: 1247~1259, 昭 45 (1970).
- 8) Pomes, C.E., Slack, G.L. and Wise, M.W.: Surface roughness of dental castings. J. Amer. Dent. Ass., 41: 545~556, 1950.
- 9) 山根通裕：各種鑄造機による合金金鑄造体の面アラサ、齒材器誌, 23: 23~28, 昭 45 (1970).
- 10) 森 淑子, 稲井 徹, 久保光弘, 自見 忠：歯科鑄造体の表面あらさに関する研究—第1報、鑄造体の清掃効果について、補綴誌, 15: 107~116, 昭 46 (1971).
- 11) 稗田豊治, 池田克己, 鈴江青磁朗, 坂 光市, 初山光男, 三木義樹：金属 Inlay 体表面アラサの触針法による定量的観察、日保歯誌, 2: 315~317, 昭 34 (1959).
- 12) 吉田隆一, 岡村弘行, 貴美島治：表面あれからみたアルジネート印象材とせつこうの組み合わせ、DE, 29: 32~40, 昭 49 (1974).
- 13) 里村明弥, 真柳昭結, 坂東永一：補綴の立場からみた弾性印象材の諸性質、齒界展望, 36: 315~322, 昭 45 (1970).
- 14) 奥田礼一, 細川祥子, 菅野 寛, 和久本貞雄：印象の微細部再現能力検定法に関する新しい試み(2)、齒材器誌, 30: 270~276, 昭 48 (1973).
- 15) 沢田康仁：歯科精密鑄造法に関する基礎的研究—鑄造圧

力が鑄造体の諸性質に及ぼす影響について一, 齒材器誌,
31 : 200~219, 昭 49 (1974).

- 16) 野手久史 : 齒科用ニッケルクローム合金の埋没法と鑄造
体の表面アラサについて, 口病誌, 40 : 316~337, 昭 48

(1973).

- 17) 加藤一男, 吉田恵夫 : 齒科用埋没材に関する研究 (珪砂
粒と鑄肌粗さとの関係), 齒理工誌, 1 : 58~66, 昭 35
(1960).