

金属色を遮蔽するクラスプコーティングレジンに関する研究
—二酸化チタンの配合量が金属色遮蔽効果に及ぼす影響—

濱坂 弘毅

明海大学大学院歯学研究科

歯学専攻

(指導：大川 周治教授)

A Study on the Clasp Coating Resin for Masking Metal Color
-Effect of addition of titanium dioxide on masking metal color-

Hiroki HAMASAKA

Meikai University Graduate School of Dentistry

(Mentor : Prof. Shuji OHKAWA)

Abstract

The metal color of a clasp is one of the common causes of esthetic rejection. Improvement of esthetic rejection is considered to be particularly important in clinical practice.

The purpose of this study was to evaluate the translucency parameter (TP) of an experimental clasp coating resin containing titanium dioxide (Rutile: R / Anatase: A) and to evaluate the masking effect by conducting a sensory test.

The following results were obtained:

1. Over 0.04 mass% titanium dioxide contained, the TP values in the R group were significantly smaller than TP values in the A group. It was suggested that R-type had greater masking effect than A-type.
2. Statistical judgments regarding masking metal color were made when combinations of polished white and more than 0.16 mass% R-type titanium dioxide or 0.64 mass% A-type titanium dioxide were used. Similar judgments were made regarding masking metal color in combinations of blast white and more than 0.32 mass% of R- and A-type titanium dioxide. The masking metal color was also judged when polished black was combined with more than 0.16 mass% R-type titanium dioxide. However, in the A-type titanium dioxide group, there were no significant differences compared to the control. Blast black combined with 0.08 mass% of either R- or A-type titanium dioxide was also judged statistically regarding masking metal color.

The results suggested that application of experimental resin over 0.32 mass% containing R-type titanium dioxide was effective for masking metal color. In addition, TP values less than 24.5 were effective for masking metal color.

Key words: clasp coating resin, titanium dioxide, TP, sensory test

Running title: Effect of addition of titanium dioxide on masking metal color

要旨

メタルクラスプを支台装置とする部分床義歯補綴では、鉤腕の金属色は審美性を阻害する要因の一つであり、メタルクラスプによる審美障害の改善は歯科臨床上極めて重要である。そこで金属色を遮蔽する素材として二酸化チタン（ルチル型：以下、R型、アナターゼ型：以下、A型）を配合した試作レジンの金属色遮蔽効果について、二酸化チタンの配合量と試作レジン光学的特性との関連性ととともに、官能試験を応用して二酸化チタンの配合量と試作レジン金属色遮蔽効果との関連性を検討した。その結果、以下の結論を得た。

1. 0.04 mass%以上の二酸化チタンの配合量ではR型の方がA型よりも有意に小さいTP値を示した。すなわち、R型の方がA型よりも少ない配合量で金属色を遮蔽しうることが示唆された。

2. 金属色と背景（マスク）の組合せが研磨－白のR型では二酸化チタンの配合量が0.16 mass%より多い場合に、A型では0.64 mass%で金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。組合せがブラスト－白ではR型とA型のいずれにおいても、二酸化チタンの配合量が0.32 mass%より多い場合に、金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。組合せが研磨－黒のR型では、二酸化チタンの配合量が0.16 mass%より多い場合に金属色遮蔽効果が有意に高いと判定されたが、A型ではいずれの配合量においてもコントロールと比較して有意差は認められなかった。組合せがブラスト－黒のR型ではより二酸化チタンの配合量が0.08 mass%多い場合に、A型では二酸化チタンの配合量が0.08 mass%より多い場合に金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。

以上より、R型二酸化チタンを0.32 mass%以上配合した試作レジンを応用することにより、メタルクラスプの金属色は遮蔽され得ることが示唆された。また、R型の二酸化チタンを配合した場合のTP値に関しては24.5より小さい値を示した場合に、金属色遮蔽効果を表すことが示唆された。

引用用語：クラスプコーティングレジン，二酸化チタン，TP値，官能試験

欄外表題：金属色遮蔽のクラスプコーティングレジン

緒言

クラスプは部分床義歯補綴において極めて使用頻度の高い支台装置であり、歯科臨床において重要な役割を担っている。通常、クラスプは、支持、把持、維持の機能を発揮する目的から、強靱で弾性に富む金属で作製するメタルクラスプが応用されるが、メタルクラスプの金属色は審美的な問題を生じさせることが多い。すなわち、メタルクラスプを支台装置とする部分床義歯補綴では、鉤腕の金属色は審美性を阻害する要因の一つであり、メタルクラスプによる審美障害の改善が求められている。

メタルクラスプを支台装置とする部分床義歯補綴において、審美性を改善する方法には義歯設計による対応¹⁻⁴⁾（支台歯を可及的に後方歯とする）、コーティング法による金属色の遮蔽⁵⁻⁷⁾、が報告されている。しかし、義歯設計による対応では両側遊離端欠損症例では前歯や小臼歯を支台歯とすることも多く、設計による対応が困難な症例もある。一方、メタルクラスプのコーティング法として、Delgado ら⁵⁾、Snyder ら⁶⁾、池邊ら⁷⁾が、硬質レジンに鉤腕表面に築盛する方法を報告している。しかし、レジン前装冠と同様な築盛方法のために前準備が必要であり、硬質レジンの築盛に時間を要するなどの煩雑さから、硬質レジンに築盛する方法は臨床応用されるにいたっていない。これに対し著者ら⁸⁾は、鉤腕表面に薄膜として試作クラスプコーティングレジン（以下、試作レジン）をコーティングすることにより金属色を遮蔽する方法を考案し、試作レジンのコバルトクロム合金に対する接着強さが、従来の接着材料と比較して同等以上である可能性を示唆した、と報告している。しかし、試作レジンの金属色遮蔽効果に関しては全く明らかにされていない。そこで金属色を遮蔽する素材として一般的に使用されている二酸化チタン^{9,10)}を配合して試作レジンの金属色遮蔽効果について検討することにより、臨床応用に近づけることができるものと考えられる。

本研究の目的は、二酸化チタンの配合量と試作レジンの光学的特性との関連性とともにも、官能試験を応用して二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性を明らかにすることである。

材料と方法

本研究では以下の2種類の実験を行った。

実験1では、二酸化チタンを配合した試作レジンを重合して7日後のTP(translucency parameter)値の測定を行い、二酸化チタンの配合量と試作レジンのTP値との関連性を検討した。実験2では、官能試験を応用して二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性について検討した。

[実験1] 二酸化チタンの配合量と試作レジンのTP値との関連性

1. 被検試料

1) 試作クラスプコーティングレジン（試作レジン）

ウレタンジメタクリレート(UDMA)を主成分とし、希釈モノマーとしてイソボロニルメタクリレート, 接着成分として6-メタクリロキシヘキシルフォスフォノアセテート(6-MHPA), 重合開始剤としてカンファーキノンを構成成分とする試作レジンをを用いた。試作レジンについては松風(京都)より供給を受けた。

2) 二酸化チタンの試作レジンへの配合

二酸化チタンはルチル型(以下, R型)とアナターゼ型(以下, A型)の2

種類とし、二酸化チタンの配合量を 0.01, 0.02, 0.04, 0.08, 0.16, 0.32, および 0.64 mass%とした。各 mass%で二酸化チタンを配合した試作レジンを、以下、R型では R1, R2, R4, R8, R16, R32, R64, A型では A1, A2, A4, A8, A16, A32, A64 とし、計 14 種類の透明度の異なる試作レジンを作製し、二酸化チタンを配合していない試作レジンをコントロールとした。

3) 被検試料の作製

内径 8 mm, 厚さ 1 mmの亚克力板モールドの中に各種試作レジンを填入したのち(Fig 1a,b), プラスチックストリップス (3M ESPE, USA) を介在させた 2 枚のスライドガラスで両面より圧接し, 光照射器 (グリップライト II, 松風, 京都) にて両面を各々 30 秒ずつ光照射して重合を行った (Fig 1c). 重合後, 蒸留水にて耐水研磨紙 (FUJISTAR, 三共理化学, 埼玉) を #600, #800 および #1,200 の順に用いて試料の厚さが, 1.00 mm \pm 0.01 mmになるように両面の研磨を行ったものを被検試料とした。被検試料は 1 種類の試作レジンにつき 3 個ずつ, 計 45 個作製した。作製した被検試料は, 吸水性の高い UDMA¹¹⁻¹³⁾ を主成分としていることから, 吸湿による影響を排除する目的で, 室温 (23 \pm 2 $^{\circ}$ C) の条件下にてデシケーター内にて保管した。

2. 被検試料の測色

被検試料の測色には, 非接触式分光測色器 (Spectra Scan PR650, Photo Research, USA) を使用し, 物体色の測色方法 JIS Z 8722¹⁴⁾に準拠し, 45 度照明 - 0 度受光, D₆₅ 光源, 2 度視野および被検試料表面 1,000 Lx の照度下にて被検試料表面を測色した。標準白色板 (L*値 : 99.14, a*値 : 0.07, b*値 : 0.21) と黒色板 (L*値 : 0.56,

a*値：0.02, b*値：-0.13) の 2 種類を各被検試料の背景とした。被検試料中央部を測色部位とし、1 試料につき 5 回測色を行い、平均値を各試料の測色値とした。

色の表示法 JIS Z 8729¹⁵⁾に従って、CIELAB 表色系の数値を算出し、各試料の白色板、黒色板上での L*値, a*値, b*値より、測色値として TP 値を求めた。TP 値は以下の計算式で求めた。

$$TP \text{ 値} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_b - L_w, \quad \Delta a^* = a_b - a_w, \quad \Delta b^* = b_b - b_w$$

b=黒色板, w=白色板

なお、被検試料の測色は、色調の安定を目的として作製して 7 日経過後に行った。

3. 統計解析

二酸化チタンの配合量と試作レジンの TP 値との関連性を明らかにするために、二元配置分散分析を行った。その後、Scheffé の多重比較検定を行い、15 種類の透明度の異なる試作レジン間、および R 型と A 型間における TP 値の統計学的有意差の有無について調べた。統計処理には、統計処理ソフト (Statcel 3, オーエムエス出版, 埼玉) を使用した。

[実験 2] 官能試験を応用した、二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性

1. 観測者

臨床経験 3 年以上の 10 名の歯科医師 (男性 6 名, 女性 4 名, 28~39 歳, 平均年齢 30.8 歳, 平均臨床歴 6.2 年) を観測者とした。なお、観測者の選択にあたっては、判断の鋭敏さ, 妥当性, 安定性を保つため、健康であること, 生理的欠陥がないこと,

意欲をもっていること，一定の年齢の範囲内（20~50歳）に入っていることなどを考慮した^{16,17)}。

2. 観測試料

観測試料は，実験1において用いた試作レジンと同一の寸法，方法で作製し，同一の条件で保管したものを用いた。すなわち，R1, R2, R4, R8, R16, R32, R64を各1枚，A1, A2, A4, A8, A16, A32, A64を各1枚，コントロールを含めて合計15枚を作製し，室温（23±2℃）の条件下にてデシケーター内にて保管した。

3. 観測方法

板状鑄造体（20.0×15.0×1.4 mm）をコバルトクロム合金（コバルタン，松風，京都）にて作製し，表面にサンドブラスト処理を施したもの1枚（以下，サンドブラスト板），および耐水研磨紙#1,200にて表面を研磨したもの1枚（以下，研磨板）を遮蔽すべき金属色として用いた。白色（L*値：95.27，a*値：-0.57，b*値：-0.58）ないし黒色（L*値：23.71，a*値：-0.18，b*値：-0.77）の厚紙（390×270×0.18 mm）中央部に直径8.0 mmの円形の窓をあけたものをマスク（背景）として使用した。板状鑄造体のほぼ中央にマスクの窓が位置するとともに，マスクの窓からは金属色のみが確認できるように板状鑄造体の上にマスクを設置した（Fig 2）。金属色とマスクの組合せは，研磨板-白マスク（以下，研磨-白），サンドブラスト板-白マスク（以下，ブラスト-白），研磨板-黒マスク（以下，研磨-黒），サンドブラスト板-黒マスク（以下，ブラスト-黒）とした。被検試料をマスクの窓の上に設置していき，観測者の目視による官能試験を実施した。

観測条件は，表面色の視感比較方法 JIS Z 8723¹⁸⁾に準拠した。すなわち光源には色

比較・検査用 D₆₅ 蛍光ランプ (FL20S・EDL-D65, 東芝, 東京) を使用し, 被検試料表面の照度 1,000 Lx, 0 度方向から照射を行い, 観測者の目視は 45 度方向から距離 500 mm で行った (Fig 3).

4. 金属色遮蔽効果の判定

金属色遮蔽効果の判定には観測者の目視による官能試験を応用した。ヒトによる官能試験であることから, 目視する試料の順序には上昇法¹⁹⁾を採用した。すなわち, 二酸化チタンの配合量が少ない試料から配合量の多い試料へと移行する順に評価を実施した。1 回の評価に要する時間は 5 秒以内²⁰⁾とし, 1 つの試料の評価が終了後は直ちに視線を観測環境から外すよう指示した。そして次の試料をセット後, 直ちに 2 回目の評価を行う, という方法でコントロールおよび二酸化チタンを配合した 6 種類の試料に対して 7 回連続して官能試験を実施した。これを 1 セットとし, 金属色とマスクの組合せ 4 種類 (研磨ー白, ブラストー白, 研磨ー黒, ブラストー黒), 二酸化チタン 2 種類 (R 型, A 型) の計 8 セットの官能試験を行った。なお, セット間には 5 分以上の休憩を設けた。

金属色遮蔽効果の判定には 1 点識別法を用いて, 「遮蔽できている」と評価した場合に 1 点, 「遮蔽できていない」と評価した場合に 0 点とした。

5. 統計学的解析

二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性を明らかにするために, Fisher の直接確率検定を用いて統計学的解析を行った。なお, 統計処理には統計処理ソフト (Statcel 3) を使用した。

結果

〔実験 1〕 二酸化チタンの配合量と試作レジンの TP 値との関連性

各被検試料の TP 値の結果を Fig 4 に示す。R 型では二酸化チタンの配合量の増加とともに TP 値は有意に小さくなり、A 型においても二酸化チタンの配合量の増加とともに TP 値は有意に小さくなった。ただし、R1 と R2, A1 と A2 においては有意差は認められなかった。また R 型と A 型の TP 値の比較において、0.04 mass%以上の二酸化チタンの配合量では R 型の方が A 型よりも有意に小さい TP 値を示した。

〔実験 2〕 官能試験を応用した、二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性

Tables 1-4 に二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果に関する官能試験の結果を示す。金属色とマスクとの組合せが研磨－白の R 型では R16 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 32.3) に、A 型では A64 (TP 値 \leq 22.3) で金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。組合せがブラスト－白の R 型では R32 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 24.5) に、A 型では A32 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 31.6) に、金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。組合せが研磨－黒の R 型では、R16 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 32.3) に金属色遮蔽効果が有意に高いと判定されたが、A 型ではいずれの配合量においてもコントロールと比較して有意差は認められなかった。組合せがブラスト－黒の R 型では R8 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 44.2) に、A 型では A8 より二酸化チタンの配合量が多い場合 (TP 値 \leq 52.5) に金属色遮蔽効果が有意に高いと判定された。

考察

1. 実験方法について

1) TP 値について

半透明性を示す指標として OP 値²¹⁾ (opacity parameter), CR 値²²⁻²⁴⁾ (contrast ratio), TP 値^{16,21,24-26)}がある. CR 値は白色, 黒色背景上でのそれぞれの反射率を測定し, XYZ 値の Y 値において白色背景上の Y に対する黒色背景の割合を示したもので不透明な材料では 1.0 に近い値を示す. OP 値は CR 値を基準とした値であり, OP 値=CR 値×100 より求められる数値である. これに対して TP 値は白色板および黒色板上での色差 ΔE として表現され, 主にコンポジットレジンや陶材などの半透明性を持つ材料の透明性を示す値として広く使用されている. TP 値が高いとその材料は透明性が高いことを示し, TP 値が低いとその材料の透明性が低く, 背景色の遮蔽効果が高いことを示している. すなわち, TP 値は OP 値, CR 値と比較して背景色の遮蔽効果を評価する指標としてよりの確であると考えられる. そこで本研究では, 金属色に対する材料本体の遮蔽効果を検討するための指標として TP 値を用いた.

2) 被検試料の厚さについて

Fig 5 に試作レジン塗布した 1 例を示す. コンポジットレジン^{27,28)}は 4.0 mm以上の厚さで背景色を完全に遮蔽する^{27,28)}, と報告されており, 金属表面にコーティングする材料の厚さが厚いほど, 金属色遮蔽効果が高くなることは明らかである. しかし, メタルクラスプは部分床義歯装着時において支台歯表面からすでに突出した状態になっており, クラスプコーティングレジン^{27,28)}を臨床応用する上で, レジンコーティング部の厚さは可及的に薄くする必要がある. メタルクラスプの鉤腕の厚さは通常, 鉤尖部

で 0.5 mm, 鉤肩部で 1.0 mmとされており²⁹⁾, レジンコーティング部の厚さがメタルクラスプの鉤腕の厚さ以上となることは臨床応用上不適切と考えられる. すなわち, レジンコーティング部の厚さは 1.0 mmが臨床応用する上での上限と推察される. 一方, 中浦³⁰⁾はコンポジットレジンの表面色は厚さ 1.0 mmまでは背景色に, 厚さ 1.0 mm以上ではコンポジットレジン自体の色調に影響を受ける, と報告している. すなわち, 厚さ 1.0 mmは背景色の影響を検討する上での上限値といえる. 以上より, 本研究では被検試料の厚さを 1.0 mmとした.

3) 官能試験について

クラスプ鉤腕の金属色が審美性を阻害していると判断しているのはヒトである. そこで, 試作レジンによる金属色遮蔽効果の判定に, ヒトの目視による官能試験を応用することとした. 官能試験には, 1点識別法, 2点識別法, 3点識別法, 1:2点法があるが1点識別法は, 絶対判断であるのに対して, 他の諸法は相対判断である³¹⁾. 本研究は, 一定量の二酸化チタンを配合した試作レジンが有する金属色遮蔽効果を判定しようとするものであり, 相対判断ではなく絶対判断によるものと考えた. したがって, 本研究では1点識別法による官能試験を行うこととした.

鬼島ら²⁰⁾は色の違いの「ある」「ない」の判断基準は人により差があり, 色差が小さくなるに従い識別が不明瞭になると述べている. また判断の基準には「等しいかどうか」および「異なるかどうか」があり, 前者なら一定の色の違いまで許容され, 後者なら色を比較した瞬間に色差の大きさ, 明暗, 濃淡の違いを感覚的に捉え判断すると考察している. 本実験系では「金属色が遮蔽できているか」どうかの判断を行っているため, 後者の「異なるかどうか」が判断されていると考えられる. そして, 絶対判断の1点識別法であることから比較対象は「金属色が遮蔽できている」と感じる各

観測者の個々のイメージと考えられる。

2. 結果について

1) 二酸化チタンの配合量と TP 値との関連性について

同一の二酸化チタンの配合量での R 型と A 型の TP 値を比較した場合、R2 と A2 の間には有意差を認めなかったが、0.04 mass%以上の二酸化チタンの配合量では、R 型が A 型より有意に小さい TP 値を示した。すなわち、R 型の方が A 型よりも少ない配合量で金属色を遮蔽しうることが示唆された。R 型二酸化チタンの屈折率は 2.76、A 型二酸化チタンの屈折率は 2.52³²⁾である。R 型、A 型ともに正方晶系の結晶構造をしているが、R 型の方が A 型よりも単位格子が緻密である^{33,34)}ため (Fig 6)³⁵⁾、屈折率が大きく、その結果、R 型の方が A 型よりも、TP 値が小さくなった一因と考えられる。

2) 試作レジンの金属色遮蔽効果について

官能試験において、コントロールで金属色遮蔽効果があると判定した観測者は、その後の被検試料においても金属色遮蔽効果があると判定を下した。このことは、同一の観測者内では同じ判断基準で判定されていると考えられる。

本研究では、二酸化チタンを配合した試作レジンのコーティングによって金属色が遮蔽されているか否かを、ヒトによる目視で判定する官能試験を採用している。すなわち、コーティング材を介してはいるものの、金属色を観測していることから、明度の低い物体を対象とした官能試験と考えられる。したがって、背景（マスク）が白の場合には、対比効果³⁶⁾で可視度が高くなり、金属色を視認しやすくなる、すなわち「遮蔽できていない」（0 点）と判定する可能性が高いことになる。本研究結果では、R

型と A 型のいずれにおいても、金属色と背景（マスク）の組合せが「ブラストー白」では、二酸化チタンの配合量が 0.32 mass% より多い場合に金属色遮蔽効果が有意に高く、「ブラストー黒」では 0.08 mass% より多い場合に金属色遮蔽効果が有意に高くなった。すなわち、サンドブラスト処理においては、背景（マスク）を黒とした場合の方が、二酸化チタンの配合量が少ない状態で金属色遮蔽効果ありと判定しており、背景（マスク）の相違が金属色遮蔽効果に及ぼす影響を裏付けていることが確認された。臨床においては、天然歯ないし歯冠色の補綴装置にメタルクラスプを応用した場合に問題が生じることから、背景を白とした場合の評価の方がより重要と考えられる。したがって、サンドブラスト処理では二酸化チタンの配合量を R32 (0.32 mass%) より多くすべきであることが示唆された。

研磨処理の試料においては、R 型では、背景（マスク）が白ないし黒のいずれにおいても、金属色遮蔽効果は R16 よりも多い二酸化チタンの配合で有意に高くなった。しかし、研磨処理の試料において、A 型では、背景（マスク）が白の場合に金属色遮蔽効果は A64 で有意に高くなったが、背景（マスク）が黒の場合には A64 においても有意差は認められなかった。すなわち、A 型では TP 値が大きいにもかかわらず、コントロールの状況ですでに十分な金属色遮蔽効果を有すると判定された。これは A 型の方が R 型と比較して TP 値が大きいとともに、研磨処理による光沢性^{37,38)}の影響を大きく受けたものと推察される。すなわち、目視の方向以外に反射光が拡散された場合にはほとんど金属色は視認できなくなると考えられる。ただし、サンドブラスト処理をした場合には、A 型であっても R 型と同一の結果となっており、単に TP 値のみではなく、結晶構造における単位結晶の緻密性等が影響している可能性があり、この点に関しては今後、検討する必要があると思われる。

以上より、金属表面の処理が研磨ないしサンドブラストのいずれの場合においても、

また背景（マスク）が白ないし黒のいずれにおいても，R 型の二酸化チタンを 0.32 mass%以上配合した試作レジンを応用することにより，メタルクラスプの金属色遮蔽効果が得られることが示唆された．また，R 型の二酸化チタンを配合した場合の TP 値に関しては 24.5 より小さい値を示した場合に，金属色遮蔽効果を表すことが示唆された．

結論

二酸化チタンの配合量と試作レジンの光学的特性との関連性ととも、官能試験を応用して二酸化チタンの配合量と試作レジンの金属色遮蔽効果との関連性について検討した．

その結果，金属表面の処理が研磨ないしサンドブラストのいずれの場合においても，R 型二酸化チタンを 0.32 mass%以上配合した試作レジンを応用することにより，メタルクラスプの金属色は遮蔽され得ることが示唆された．また，R 型の二酸化チタンを配合した場合の TP 値に関しては 24.5 より小さい値を示した場合に，金属色遮蔽効果を表すことが示唆された．

謝 辞

稿を終えるにあたり，終始御指導，御鞭撻を賜りました機能系正常機能研究群歯科補綴学Ⅰ 大川周治教授に厚く御礼申し上げます．また，論文の審査にあたり，御指導，御高閲を賜りました理工系歯科器材研究群 歯科材料学 中畷 裕教授，理工系歯材応用研究群 保存修復学 片山 直教授，ならびに理工系歯材応用研究群 歯科補綴学Ⅱ 藤澤政紀教授に深く感謝申し上げます．

また実験に際し，終始有益なるご教示，御高閲を賜りました機能保存回復学講座歯科補綴学分野 曾根峰世講師に対し，謹んで感謝の意を表します．

さらに本研究にあたり御援助，御協力いただきました機能保存回復学講座歯科補綴学分野の諸氏に厚く感謝致します．

引用文献

- 1) King GE, Barco MT and Olson RJ: Inconspicuous retention for removable partial dentures. *J Prosthet Dent* **39**, 505-507, 1978
- 2) Unger JW and Badr SE: Esthetic placement of bar-clasp direct retainers. *J Prosthet Dent* **56**, 381-382, 1986
- 3) Krol JA and Finzen FC: Rotational path removable partial dentures: Part 1. Replacement of posterior teeth. *Int J Prosthodont* **1**, 17-27, 1988
- 4) Krol JA and Finzen FC: Rotational path removable partial dentures: Part 2. Replacement of anterior teeth. *Int J Prosthodont* **1**, 135-142, 1988
- 5) de Delgado MM, Garcia LT and Rudd KD: Camouflaging partial denture clasps. *J Prosthet Dent* **55**, 656-660, 1986
- 6) Snyder HA, Duncanson MG Jr, Johnson DL and Bloom J: Effects of clasp flexure on a 4-META adhered light-polymerized composite resin. *Int J Prosthodont* **4**, 364-370, 1991
- 7) 池邊一典, 吉備政仁, 小野高裕, 難波秀和, 野首孝祠: キャストクラスプに対する硬質レジンコーティング法の応用 第1報 鉤腕の曲げ剛性への影響. *補綴誌* **37**, 777-783, 1993
- 8) 濱坂弘毅, 曾根峰世, 奥津史子, 草野寿之, 松川高明, 豊田有美子, 根来理沙, 頼近 繁, 内田寿乃, 眞木信太郎, 大川周治: 金属色を遮蔽するクラスプコーティングレジンの開発 - 第1報 コバルトクロム合金に対する引張せん断接着強さ -. *明海歯学* **40**, 25-29, 2011
- 9) Yoshida K, Taira Y and Atsuta M: Properties of opaque resin composite containing coated and silanized titanium dioxide. *J Dent Res* **80**, 864-868, 2001
- 10) 塚原 梢: 試作オペークレジンの遮蔽効果. *日歯保存誌* **49**, 323-330, 2006
- 11) 日本歯科理工学会編: 歯科理工学教育用語集. 医歯薬出版, 東京, pp103, 2005
- 12) 新倉美奈子: 光重合型修復材料の寸法変化に影響を及ぼす要因 - 試料保管条件が重合収縮に及ぼす影響 -. *日歯保誌* **49**, 357-367, 2006
- 13) Gajewski VES, Pfeifer CS, Fróes-Salgado NRG, Boaro LCC and Braga RR:

- Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Braz Dent J* **23**, 508-514, 2012
- 14) JIS Z 8722-2009. 色の測定方法. 日本規格協会.
 - 15) JIS Z 8729-2004. 色の表示方法. 日本規格協会.
 - 16) 川瀬誓子：視感比色による陶材色の識別 - 光源および背景による影響 - . 補綴誌 **28**, 22-35, 1984
 - 17) 佐藤 信：第 4 章 パネル. In：官能検査入門. 佐藤 信, 日科技連, 東京, pp159-163, 1978
 - 18) JIS Z 8723-2000. 表面色の視感比較方法. 日本規格協会.
 - 19) 遠藤壮平：全口腔法による部位別味覚弁別の検討. 日大医誌 **49**, 590-600, 1990
 - 20) 鬼島成和, 牛 忠英, 森 純信, 松原五郎, 渡辺 仁, 片山伊九右衛門：色差と距離の違いによる色彩評価の研究 - ラバーダムシート色のブラック, アイボリーを背景色に用いた場合 - . 日歯保誌 **36**, 1259-1264, 1993
 - 21) 安藤 進, 大城麻紀, 大田舞子, 宮崎真至, 三冨純一, 三冨朝子, 今井 元：光重合レジンの屈折率が色に及ぼす影響. 日歯保誌 **51**, 292-298, 2008
 - 22) Powers JM, Dennison JB and Lepeak PJ: Parameters that affect the color of direct restorative resins. *J Dent Res* **57**, 876-880, 1978
 - 23) Miyagawa Y, Powers JM and O'Brien WJ: Optical properties of direct restorative materials. *J Dent Res* **60**, 890-894, 1981
 - 24) 宮本めぐみ：光重合型コンポジットレジンの光透過性と色の関係. 日歯保存誌 **49**, 338-356, 2006
 - 25) Lee Y: Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater* **24**, 1243-1247, 2008
 - 26) Wang F, Takahashi H and Iwasaki N: Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent* **110**, 14-20, 2013
 - 27) Kamishima N, Ikeda T and Sano H: Color and translucency of resin composites for layering techniques. *Dent Mater J* **24**, 428-432, 2005
 - 28) 神島奈穂子, 池田考績, 中沖靖子, 佐野英彦：オペークシェードコンポジットレ

- ジンの色. 接着歯学 **24**, 167-171, 2006
- 29) 大山喬史, 佐藤雅之, 西山 暁, 馬場一美, 秀島雅之, 笛木賢治, 山崎真由美, 若林則幸: Chapter 2 症例から考えるパーシャルデンチャーの設計. In パーシャルデンチャーアトラス デザイン理論と臨床 遊離端義歯を中心に. 大山喬史編, 医歯薬出版, 東京, pp31-32, 2005
- 30) 中浦清人: 光重合型コンポジットレジンの色彩学的研究 - 厚さおよび背景色による色調変化 -. 日歯保存誌 **32**, 20-51, 1989
- 31) 佐藤 信: 5 1点識別法. In: 統計的官能検査法. 佐藤 信, 日科技連, 東京, pp73-76, 1985
- 32) 清野 学: 第4章 酸化チタンの基本的性質. In: 酸化チタン. 清野 学, 技報堂出版, 東京, pp47-64, 1991
- 33) 木野 九: 酸化チタン顔料について. 色材 **31**, 349-351, 1958
- 34) 若林茂一郎: 酸化チタン顔料について. 日本ゴム協会誌 **36**, 310-317, 1963
- 35) 中村朝徳: 光触媒酸化チタンを用いたコーティング材. TECHNO-COSMOS **14**, 34-39, 2001
- 36) 正木 光: 第22章 信号・標識の色. In: 新編 色彩科学ハンドブック. 日本色彩学会, 東京大学出版, 東京, pp802-803, 1980
- 37) 蓮沼 宏: 金属表面の光沢. 金属表面技術 **13**, 249-247, 1962
- 38) 岡嶋克典, 高瀬正典: 色の光沢感と明るさ知覚の関係. 映像情報メディア **54**, 1315-1318, 2000

Figure legends

Fig 1 Schematic configuration of making specimens

a : Mold of acrylic plate

b : Filling experimental resin in mold

c : Light-polymerization through the glass slides

Fig 2 Polished or blasted metal plate covered by white or black paper with center hole

Fig 3 Configuration of sensory test procedure

Fig 4 TP values of the specimens. The same letters represent no statistical significance at $p < 0.05$

Fig 5 Sample of experimental resin coating on cast clasp

a : Before coating with experimental resin

b : After coating with experimental resin using R34

Fig 6 Crystal structure (unit cell) of titanium dioxide

a : Rutile

b : Anatase

Table 1 Results of sensory test on masking metal color of polish-white

(R: Rutile)

Polish-White	Control	R1	R2	R4	R8	R16*	R32*	R64*
Masking metal color	4	4	5	7	7	9	10	10
Not masking metal color	6	6	5	3	3	1	0	0

(A: Anatase)

Polish-White	Control	A1	A2	A4	A8	A16	A32	A64*
Masking metal color	5	5	6	6	6	6	9	10
Not masking metal color	5	5	4	4	4	4	1	0

* : $p < 0.05$, Fisher's exact test
(vs Control)

Table 2 Results of sensory test on masking metal color of polish-black

(R: Rutile)

Polish-Black	Control	R1	R2	R4	R8	R16*	R32*	R64*
Masking metal color	6	9	9	9	9	10	10	10
Not masking metal color	4	1	1	1	1	0	0	0

(A: Anatase)

Polish-Black	Control	A1	A2	A4	A8	A16	A32	A64
Masking metal color	8	9	9	9	10	10	10	10
Not masking metal color	2	1	1	1	0	0	0	0

* : $p < 0.05$, Fisher's exact test
(vs Control)

Table 3 Results of sensory test on masking metal color of blast-white

(R: Rutile)

Blast-White	Control	R1	R2	R4	R8	R16	R32*	R64*
Masking metal color	1	1	1	1	4	5	8	10
Not masking metal color	9	9	9	9	6	5	2	0

(A: Anatase)

Blast-White	Control	A1	A2	A4	A8	A16	A32*	A64*
Masking metal color	1	1	1	1	1	5	6	7
Not masking metal color	9	9	9	9	9	5	4	3

* : $p < 0.05$, Fisher's exact test
(vs Control)

Table 4 Results of sensory test on masking metal color of blast-black

(R: Rutile)

Blast-Black	Control	R1	R2	R4	R8*	R16*	R32*	R64*
Masking metal color	2	2	6	6	9	9	10	10
Not masking metal color	8	8	4	4	1	1	0	0

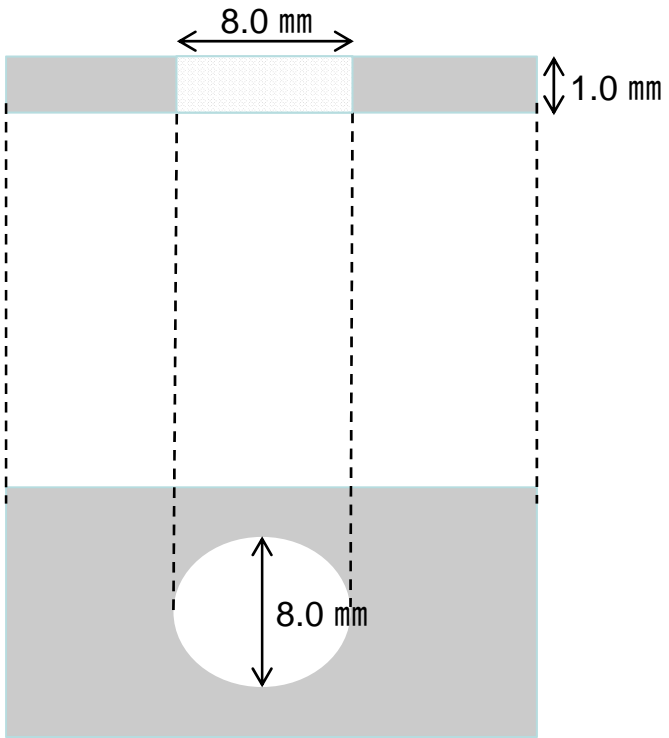
(A: Anatase)

Blast-Black	Control	A1	A2	A4	A8*	A16*	A32*	A64*
Masking metal color	3	3	3	6	8	8	10	10
Not masking metal color	7	7	7	4	2	2	0	0

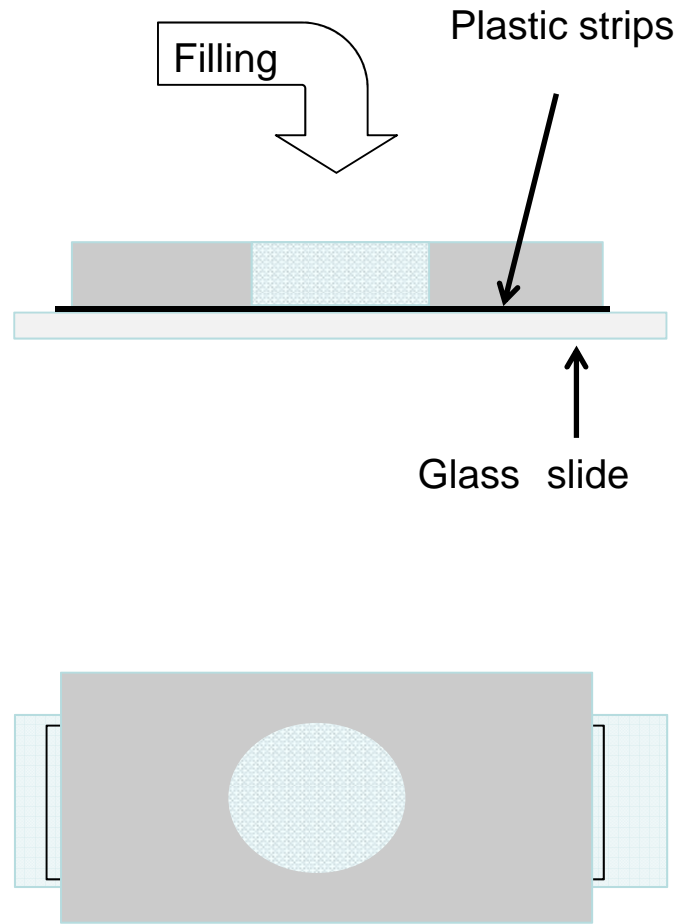
* : $p < 0.05$, Fisher's exact test
(vs Control)

Fig 1 濱坂弘毅

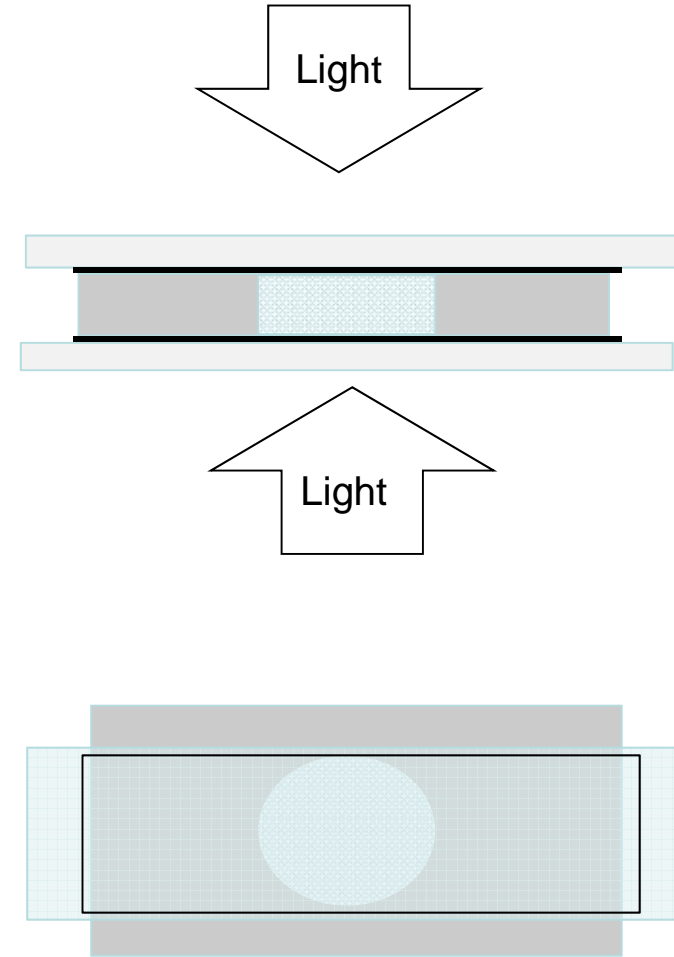
a



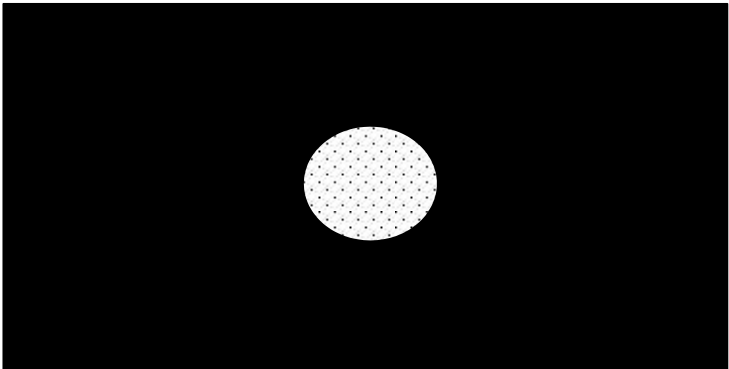
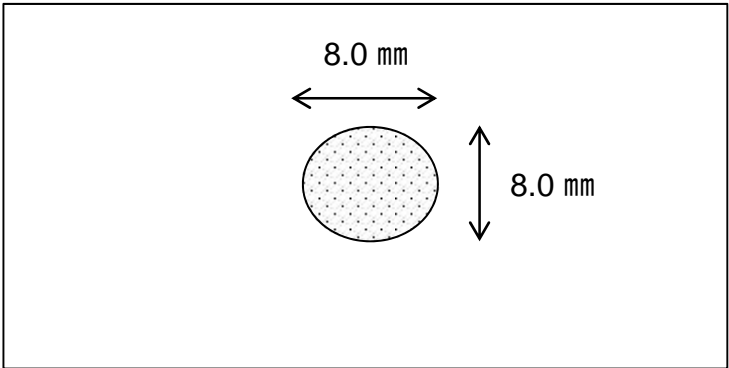
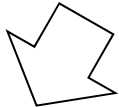
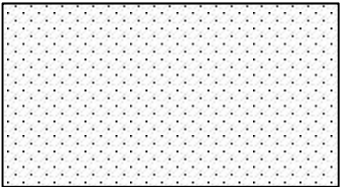
b



c



Polished metal plate



Blasted metal plate

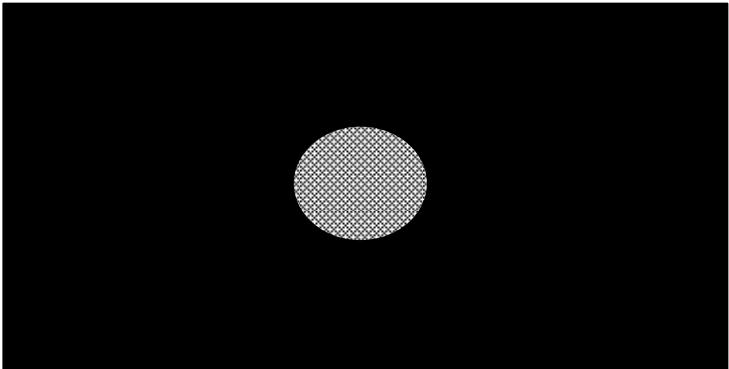
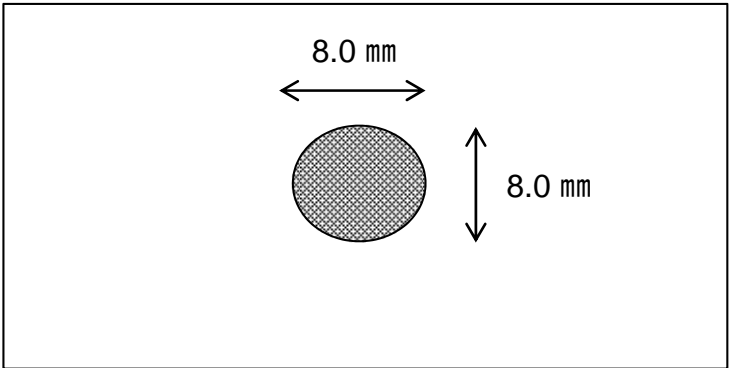
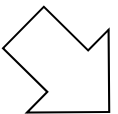
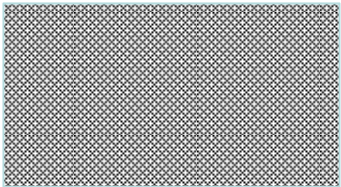


Fig 3 濱坂弘毅

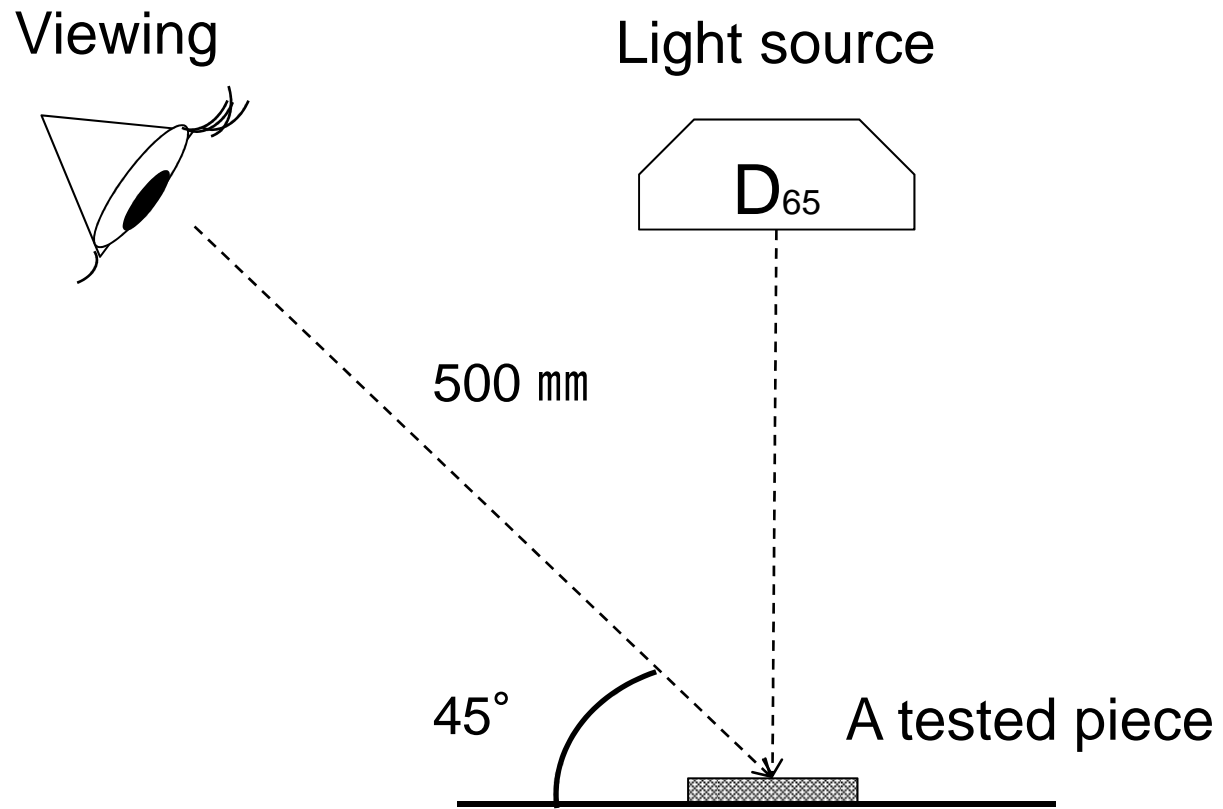
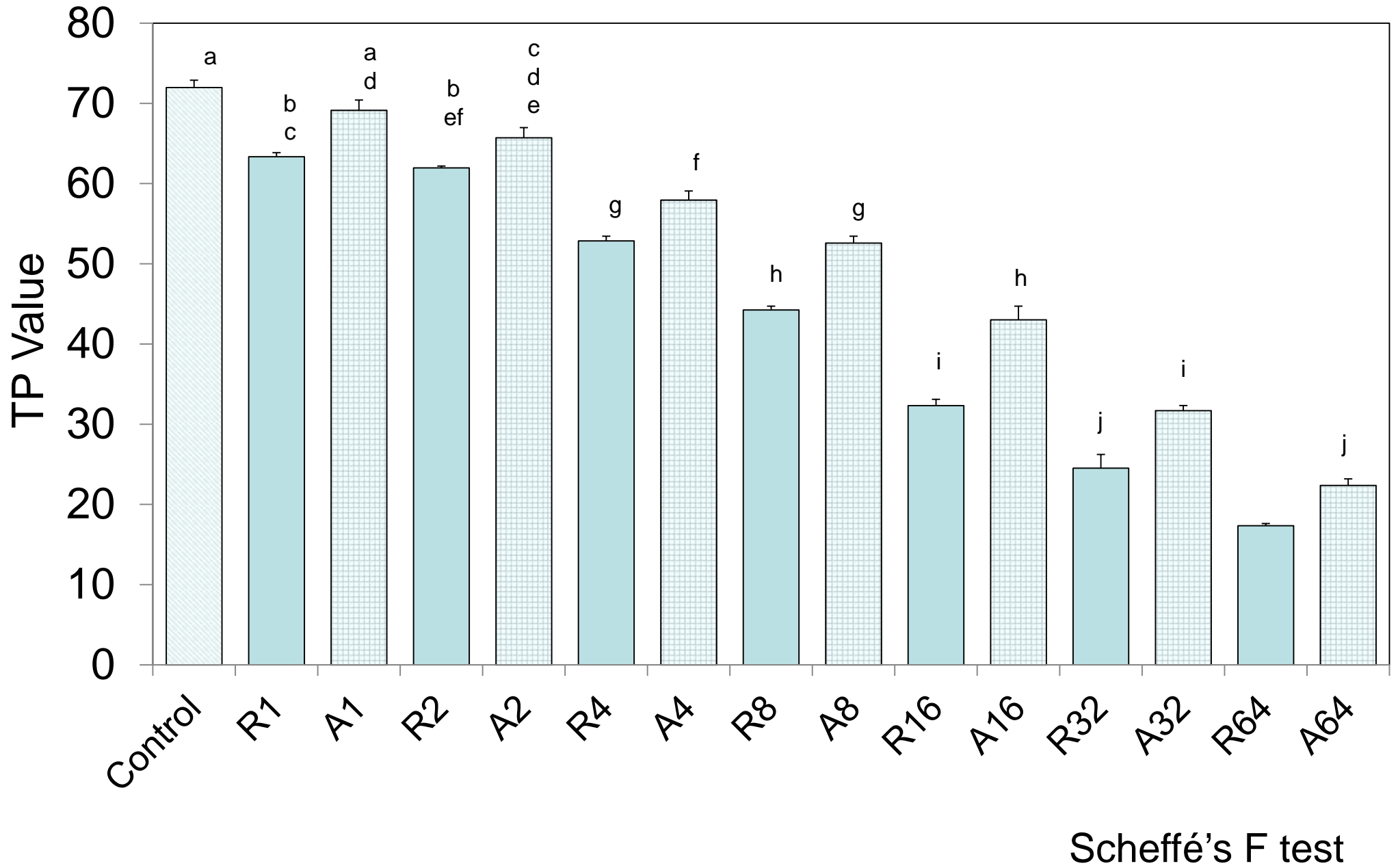


Fig 4 濱坂弘毅



a



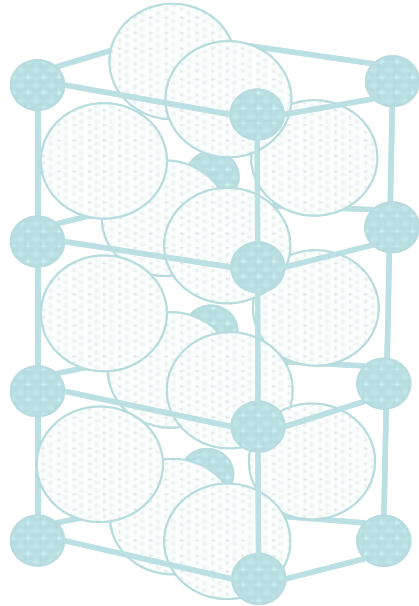
Before coating

b

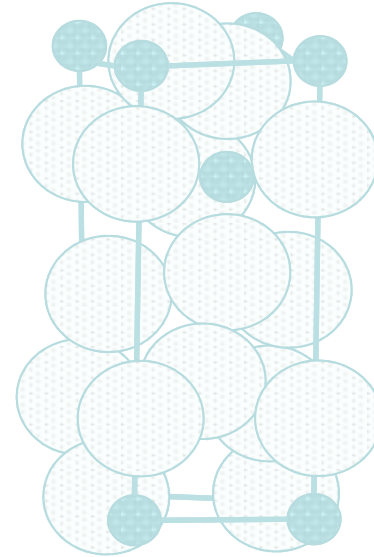


After coating with R32

a



b



 : Oxygen atom

 : Titanium atom

Adopted from Reference 35