

試作オペークレジンのレイヤリング効果

—s-TP 値標準曲線をもとに試作したオペークレジ—

庫 山 未 希

日本大学松戸歯学部保存修復学講座
(指導：池見宅司教授)

要旨

周知のように、市販コンポジットレジンのほとんどはビタシェードを基本としており、周囲歯質と近似した色を選択し、健全歯色に囲まれた窩洞に填塞することで審美的な回復が得られる。ヒト健全象牙質色はビタシェード A3.5 に相当するものが多いと報告されており、著者は、ビタシェード A3.5 相当の色を有するオペークレジンであれば、市販されているコンポジットレジンの多くが、そのオペークレジンとのレイヤリングによって、期待通りの色で修復ができるのではないかと考えた。

そこで、本実験では、顔料を調合してビタシェード A3.5 相当のコンポジットタイプレジンセメントを調整用-A3.5 として作製した。そして、背景色とその調整用試料の厚さの違いによる s-TP 値標準曲線から、背景色遮蔽領域／試料厚さの関係を求め、調整用-A3.5 の 4 倍量の顔料を配合した試作-OP を作製した。厚さ 0.5 mm の試作-OP と厚さの異なる市販フロアブルレジンの A3、B3、C3 とのレイヤリングを想定して、試作-OP と各々の試料を積層配置し、背景色遮蔽領域および目視による背景色遮蔽効果の検証を行った。

その結果、以下の結論を得た。

1. 厚さ 0.5 mm の試作-OP は、厚さ 1.0 mm の調整用-A3.5 と同程度の背景色遮蔽領域を示した。
2. 厚さ 0.5 mm の試作-OP と市販フロアブルレジンのレイヤリング試料の背景色遮蔽領域／試料厚さの関係から、フロアブルレジンの厚さが 1.0 mm の厚さであれば、B3 と C3 では臨床的に高度な黒色着色と仮定した背景色色差値 70 を遮蔽することができ、A3 では僅かに背景色を認めることが予測された。
3. 目視による検証において、背景色色差値 70 の帯状背景の上に設置した 0.5+1.0 mm の B3 と C3 のレイヤリング試料では、帯状背景を確認することができず、A3 では僅かに背景色の帯状背景を観察することができ、予測された背景色遮蔽領域と一致していることが判明した。

Effect of an Experimental Opaque Resin on Composite Layering

— An experimental opaque resin based on s-TP standard curve informations —

Abstract

The colors of most of the commercial resin composites are known to be synchronized to the Vita shade guide; a composite of a color similar to the adjacent tooth substance is chosen and filled into a cavity surrounded by a healthy tooth color, thereby achieving an aesthetic restoration. It has been reported that the color of most of the healthy dentins is equivalent to Vita shade A3.5. Accordingly, the author considered that the opaque resins which have a color equivalent to A3.5 may enable most of the commercial resin composites to achieve restorations in expected colors by layering with these opaque resins.

Thus, in this study, a composite type resin cement which is equivalent to Vita shade A3.5 in color was prepared by formulating pigments as an adjusting material-A3.5 for opaque resins. Then, the relationship between the masking range and the thickness of the material was obtained from an s-TP standard curve yielded by varying the background colors and thicknesses of the adjusting material-A3.5. We prepared an experimental opaque resin containing four times the amount of pigments in the adjusting material-A3.5. The 0.5 mm thick experimental opaque resin was overlaid with respective commercial flowable resin composites, A3, B3, and C3, in varying thicknesses, and the background-color masking ranges and the macroscopic colors were evaluated.

As a result, the following conclusions were obtained:

1. A 0.5 mm thick experimental opaque resin showed a background-color masking range equivalent to the one yielded by the resin composite corresponding to the adjusting material-A3.5 of 1.0 mm in thickness.
2. Based on the relationship between the background-color masking ranges and thicknesses of the samples presented by the layering samples of the 0.5 mm thick experimental opaque resin with the commercial flowable resins, it is expected that a color difference of 70— which is clinically hypothesized as significant black coloration— can be masked by B3 or C3 if their thickness is 1.0 mm, and that the background color will be slightly visible with A3.
3. In the macroscopic evaluation, layering samples of the 0.5 mm thick experimental opaque resin with a 1.0 mm thick flowable resin— which were placed on a belt-like background of background-color difference 70—, the background-color masking effects were assessed as identical in B3 and C3. Additionally, in a comparison using A3, a belt-like background in the background color was slightly noted.

緒言

コンポジットレジンは歯冠部の局所的な硬組織疾患の修復に必要な不可欠な材料である。最近、歯頸部などの外力が直接加わらない部位では、操作性に優れているコンポジットレジンの一種であるフロアブルコンポジットレジン（以下、フロアブルレジン）を用いることが多くなっている。

コンポジットレジン修復の長所の一つとして、即日に審美的回復が可能であることが挙げられる。そのためには、周囲歯質とマッチしたコンポジットレジンの色や修復方法を、臨床の場で即座に選択しなければならない。周知のように、コンポジットレジンは半透明性¹⁻⁴⁾を有しているため、窩底部などに着色が存在する窩洞では、オペークレジンとのレイヤリング法⁵⁻⁸⁾を採用しなければならない場合もある。

オペークレジンに関しては、窩底部の着色をできるだけ遮蔽し、その上に填塞するコンポジットレジンの色や透明感に影響を与えない程度の透明性を有していることが求められる。すなわち、オペークレジンは背景色遮蔽性と透明性という相反する性質を、適切なバランスで有していなければならない。このようなオペークレジンを開発するためには、レイヤリング後の背景色の影響を色彩学的に調べる必要があり、オペークレジンだけでなくコンポジットレジンの背景色遮蔽効果についても認識しておく必要がある。

これまで、オペークレジンに関する報告は多く認められるが⁹⁻¹⁶⁾、試作オペークレジンおよびその上に積層されるコンポジットレジンの **translucency parameter**¹⁷⁾（以下、TP 値）から、積層試料の厚さの違いと背景色遮蔽予測を試みた報告は、大場ら^{15,16)}によって報告されている。その報告で用いられていた TP 値は、 L^* 値が極端な白色と黒色の背景で得られたオペークレジンやコンポジットレジンの TP 値であり、臨床的に多彩な L^* 値を示す着色象牙質を対象とする場合には、TP 値が異なってくることが考えられた。最近では、関根¹⁸⁾と森¹⁹⁾が、背景色の L^* 値を変化させて得られる半透明性材料の **sequence-translucency parameter**²⁰⁾（以下、s-TP 値）標準曲線の情報について報告している。したがって、s-TP 値標準曲線を利用することで、オペークレジンやコンポジットレジンの臨床的な背景色条件と試料の厚さに対応した色彩学的検討を可能にできるものと考えられた。

そこで、本研究では、s-TP 値標準曲線をもとにした試作オペークレジン（以下、試作-OP）を作製し、フロアブルレジン単独試料および試作-OP とフロアブルレジンとのレイヤリング試料の s-TP 値標準曲線から得られる背景色遮蔽領域の臨床応用の可能性と、試作-OP の有用性について調べることを目的として実験を行った。試作-OP を作製するためには、ビタシェード A3.5 相当のオペークレジン調整

用 A3.5 試料（以下、調整用-A3.5）を作製する必要があった。そして、調整用-A3.5 の s-TP 値標準曲線を参考にし、顔料の配合量を 4 倍に増量した試作-OP を作製した。市販フロアブルレジンのシェード A3、B3、C3 単独試料に関しては、その s-TP 値標準曲線をもとに、背景色遮蔽領域からオペークレジンの要・不要の事前予測の可能性について検討した。また、レイヤリング試料を用いて、試作-OP による背景色遮蔽領域の拡大効果について調べた。さらに、フロアブルレジン単独試料およびレイヤリング試料について、高度な着色象牙質を想定した理論値の背景色遮蔽領域と目視による背景色の影響の有無について調べ、その整合性について検証した。

材料および方法

1. オペークレジン試料の作製

1) 調整用-A3.5 の作製

コンポジットタイプレジンセメント（デュアルキュア型、J-100P：クリアー、サンメディカル）に、平均粒径 2 μm のジルコニアフィラー（サンメディカル）と黒色、黄色、赤色（戸田ピグメント）の顔料を秤量（XS204, Mettler Toledo）し、遊星式攪拌・脱泡装置マゼルスター（KK-V300, Kurabo）にて混和して、目視にてビタシェード A3.5（VITAPAN classical）の歯冠中央の色に近似した調整用-A3.5 を調合して作製した。各顔料の Lot No. ならびに調整用-A3.5 の配合量を表 1 に示す。なお、ジルコニアフィラーは白色を呈することから白色顔料として使用した。

試料作製は、直径 13 mm で穿孔した塩化ビニール板の中に調整用-A3.5 を填入し、厚さ 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mm のディスク状調整用-A3.5 を G-Light Prima (GC) にて光重合して作製した。試料表面は 5 μm のインペリアルラッピングフィルム（住友 3M）にて最終研磨を行った。なお、光照射は 30 秒間行い、重合硬化を確認してから最終研磨を行った。

2) 試作-OP の作製

調整用-A3.5 に配合した黒色、黄色、赤色、白色顔料をそれぞれ 4 倍量（表 1）とし、直径 13 mm、厚さ 0.5 mm のディスク状試作-OP を作製した。図 1 に調整用-A3.5 と試作-OP を示す。

2. 市販フロアブルレジン試料の作製

市販フロアブルレジンには、フロアブルレジン MI Fil (GC) のシェード A3 (Lot No. 1309251)、B3 (Lot No. 1304261)、C3 (Lot No. 1302211) を使用した。1. 1) の試料作製と同様にして、直径 13 mm 厚さ 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mm のディスク状フロアブルレジンを作製した。

なお、各試料自体の色（以下、A3、B3、C3 レジン色）の測色用としては、厚さ 1.5 と 2.0 および 2.5 mm の試料を、グリセリンを介して重ね、合計の厚さ 6.0 mm 試料として測色した。

3. レイヤリング試料

厚さ 0.5 mm の試作-OP の上に、グリセリンを介して、厚さ 0.5~2.0 mm のフロアブルレジン積層配置したものをレイヤリング試料とした。なお、レイヤリング試料の表記例として 0.5+1.0 mm は 0.5(試作-OP の厚さ)+1.0 (フロアブルレジンの厚さ) mm とした。

4. 背景色と試料の測色

使用した背景色を図 2 に示す。背景色（カラーランド）は L^* 値を変化させて作製したものを使用した。なお、基準背景色には分光色差計の白色校正板を用いた。接触式ハンディ型分光色差計（NF999 日本電色）を図 3 に示す。分光色差計にて背景色の $L^*a^*b^*$ 値を求め、基準背景色とそれぞれの背景色との色差値を算出した。基準背景色の $L^*a^*b^*$ 値は 98.06、0.72、1.23 で、基準背景色と各背景色との色差値（以下、背景色色差値）は背景色①で 13.51、背景色②で 33.65、背景色③で 53.54、背景色④で 75.95、背景色⑤では 93.60 であった（図 2）。

測色の条件は 45° 円周受光、照射面積 $\phi 6.0$ mm、 D_{65} 光源、 2° 視野にて行った。背景色ならびに全てのレジン試料の測色は 3 回行い、得られた L^* 値の中央値、同値の場合は b^* 値の中央値、同値の場合は a^* 値の中央値の順に調べ、中央値の $L^*a^*b^*$ 値を試料の測色値とした。

1) 背景色色差値

基準背景色 (w) と背景色①~⑤との測色で得られた $L^*a^*b^*$ 値から下記の公式で背景色色差値を算出した。

$$\text{色差} = [(L^*_w - L^*_{①\sim⑤})^2 + (a^*_w - a^*_{①\sim⑤})^2 + (b^*_w - b^*_{①\sim⑤})^2]^{1/2}$$

2) 基準背景色とのレジン色の色差値（以下、レジン色差値）

厚さ 6.0 mm とした調整用-A3.5 と A3、B3、C3 の試料を測色し、基準背景色 (w) と各レジン色の $L^*a^*b^*$ 値から色差を算出してレジン色差値とした。

3) 調整用-A3.5、試作-OP およびフロアブルレジン試料の s-TP 値

基準背景色と背景色①~⑤にグリセリンを塗布し、その上に試料を置いて測色を行った。測色された基準背景色 (w) と各レジン色の $L^*a^*b^*$ 値から下記の公式で s-TP 値を算出した。

$$\text{s-TP 値} = [(L^*_w - L^*_{①\sim⑤})^2 + (a^*_w - a^*_{①\sim⑤})^2 + (b^*_w - b^*_{①\sim⑤})^2]^{1/2}$$

5. s-TP 値標準曲線と指数近似式および決定係数

4. 1) で得られた背景色色差値を y 軸に、4. 3) で得られた各試料の s-TP 値を x 軸とし、各々の試料の回帰曲線を求め s-TP 値標準曲線とした。そして、知覚色差

を $3.0^{8,18-20)}$ としたときの各試料の色識別困難な s-TP 値の範囲に関しては、4.2) で得られたレジン色差値を y 軸に求め、その y 値と s-TP 値標準曲線の交点の x 値を s-TP 値の中央値として、中央値+1.5 の上限と -1.5 の下限を算出した。決定係数は、近似式の相関の良否を判定するために求めた。

6. 背景色遮蔽領域の算出と着色象牙質遮蔽予測

背景色遮蔽領域は、5. で得られた色識別困難な s-TP 値の知覚色差の上限と下限を y 軸の背景色色差値の上限と下限に求めたもので、森の報告¹⁹⁾ に準じて、試料の指数近似式 $y=ae^{bx}$ の x に x 値の上限と下限を代入することによって算出した。

背景色遮蔽領域/試料厚さの関係から得られる着色象牙質遮蔽予測に関しては、臨床的に高度な着色を想定して基準背景色との色差値 70 とした仮想着色象牙質の遮蔽が可能かどうかについて、フロアブルレジン単独試料とレイヤリング試料の s-TP 値標準曲線をもとにした背景色遮蔽領域から予測した。

7. 目視による検証

6. で示した仮想着色象牙質として、基準背景色との色差値 70 の帯状背景色を作製した。その帯状背景色の上に厚さ 6.0 mm の A3、B3、C3 レジン色試料、厚さ 1.5 mm の A3、B3、C3 単独試料、0.5+1.0 mm の A3、B3、C3 レイヤリング試料を設置して、フロアブルレジン単独試料とレイヤリング試料の計算値で得られた理論的な背景色遮蔽領域と、目視による背景色の遮蔽効果の整合性について検証した。

結果

1. 厚さの違いによる調整用-A3.5 試料と厚さ 0.5 mm の試作-OP の s-TP 値標準曲線

図 4 に示した調整用-A3.5 と試作-OP の s-TP 値標準曲線から、試作-OP は厚さ 0.5 mm でも厚さ 1.0 mm の調整用-A3.5 の背景色遮蔽効果と同程度であることが判明した。

2. フロアブルレジン単独試料およびレイヤリング試料の s-TP 値標準曲線とそれぞれの指数近似式および決定係数

図 5 には、使用したフロアブルレジン単独試料の代表例として、A3 の s-TP 値標準曲線とそれぞれの指数近似式および決定係数を示した。図 6 には、代表例として、厚さ 0.5 mm の試作-OP と厚さの異なる A3 でレイヤリングした試料の s-TP 値標準曲線とそれぞれの指数近似式および決定係数を示した。両方の図中には、 \cdots : A3 レジン色差値、 \leftrightarrow : s-TP 値の知覚色差領域、 \updownarrow : 背景色遮蔽領域を示した。背景色遮蔽領域に関して、厚さ 0.5 mm の試作-OP は厚さ 1.0 mm の調整用-A3.5 に相当することから、図 5 のフロアブルレジン単独試料では、厚さ 1.5 mm

試料と図 6 の 0.5+0.5mm のレイヤリング試料が同程度の背景色遮蔽効果を示すものと考え、その領域の比較検討を行った。

その結果、レイヤリング試料では A3 単独試料よりもやや広い背景色遮蔽領域となることが明らかになり、A3 試料でも調整用-A3.5 と同様に、試作-OP の背景色遮蔽領域の拡大効果が示された。

なお、決定係数は全てのフロアブルレジン試料において 0.9815 以上で、全てのレイヤリング試料においては 0.8864 以上の良好な相関を示した。

3. フロアブルレジン単独試料とレイヤリング試料の背景色遮蔽領域と仮想着色象牙質の遮蔽予測

図 7a~c には、A3、B3、C3 の単独試料とレイヤリング試料の背景色遮蔽領域／試料厚さの関係を示した。なお、厚さ 0.5 mm の試作-OP の背景色遮蔽領域の上限と下限については、参考値として示した。また、y 軸には仮想着色象牙質の背景色色差値 70 を示した。

その結果、図 7a~c の A3、B3、C3 単独試料において、1.5 mm の窩洞の深さでは、本実験で仮定した高度な着色の仮想着色象牙質を遮蔽することは困難で、レイヤリングが必要と考えられた。そして、フロアブルレジン単独試料で仮想着色象牙質を遮蔽するためには、A3 において約 2.1 mm、B3 において約 2.2~2.3 mm、C3 において約 1.9 mm 以上の窩洞の深さが必要であることが予想された。また、A3 の 0.5+1.0 mm レイヤリング試料における予測では（図 7a）、仮想着色象牙質がほんの少し認められるものと考えられた。B3 と C3 の 0.5+1.0 mm レイヤリング試料では（図 7b、c）、仮想着色象牙質を遮蔽できるものと予想された。なお、C3 の 0.5+1.5 mm レイヤリング試料では（図 7c）、黒色側の背景色遮蔽領域は色差値が既に 100 を超え、レイヤリングにより黒色側の背景色は全て遮蔽できるものと考えられた。

4. 目視による検証結果

図 8 には目視による検証結果の写真を示す。厚さ 6.0 mm の試料では、背景色色差値 70 とした帯状の仮想着色象牙質が確認できず、レジン色の質感を表す透明感の比較試料とした。厚さ 1.5 mm の A3、B3、C3 単独試料では帯状背景を明確に認識することができた。しかし、0.5+1.0 mm レイヤリング試料では、A3 においてわずかに帯状背景を認識することができたが、B3 と C3 では帯状背景を認識することができず、同一シェードのレジン色と質感がほとんど変わらないことが確認できた。したがって、それぞれの s-TP 値標準曲線をもとにして得られた背景色遮蔽領域／試料厚さの予測と目視との整合性が確認された。

考察

一般に、直接修復法で行われるコンポジットレジン修復は、技工操作の必要もなく審美的修復治療が即日に終了するという利点を有している。しかも、半透明性¹⁻⁴⁾の材料であるコンポジットレジンには、適切なシェードを選択することで、軽度の着色歯質が存在していても周囲歯質と調和しやすいという特徴を有している。しかし、安定した歯質接着性が得られるようになった今日では、補修修復や Minimal intervention^{21,22)}の概念にもとづき、再石灰化の可能性を有する象牙質であれば、高度に着色した象牙質を残して修復治療を行うことがあり、治療後に術者が予測したコンポジットレジンの色とは異なってしまふことがある。このことは、即日の審美修復治療を目的とする材料では欠点となってしまう。

着色象牙質が存在する場合には、オペークレジンとコンポジットレジンとのレイヤリング^{23,24)}で修復治療を行う必要がある。しかし、レイヤリング後の色の変化についての臨床的な予測法の検討やオペークレジン開発はなされていなかった。その理由として、コンポジットレジン修復時の窩洞の深さは一様でなく、歯の色や窩底部の着色の程度もさまざまであることが、これらの研究を難しくしている要因と考えられる。

関根は¹⁸⁾、 L^* 値を変化させた数種類の背景色を利用して2背景色間のTP値を検討し、基準背景色と背景色の違いで得られるコンポジットレジンのTP値の変化挙動は、指数関数によって固有のTP値標準曲線として表すことができると報告している。そして、基準背景色をもとに得られた半透明性材料のTP値標準曲線は、厚さなどの実験条件を変化させたときの色や透明性の変化指標として利用することもでき、背景色遮蔽領域などの情報が得られるようになった。

一方、修復治療の臨床では、オペークレジンとコンポジットレジンとのレイヤリングの際に、コンポジットレジン背景色の影響を予知することはできず、術者の臨床的な経験と感覚でオペークレジン必要・不要を決めているのが現状であった。それに対して、森¹⁹⁾は背景色の影響をコンポジットレジンTP値標準曲線から、客観的に予測する方法を報告した。さらに、壺岐²⁰⁾は臨床的に応用しやすいフロアブルレジンの背景色遮蔽領域/試料厚さの関係を提示した。ここで、TP値の変化挙動が指数近似式に沿った連続性を示す場合には、s-TP値と表記することとした。その臨床応用の具体例としては、各コンポジットレジンs-TP値標準曲線から背景色遮蔽領域/試料厚さの関係が提示されていれば、臨床の場合において基準背景色と着色象牙質を測色し、その色差と窩洞の深さが背景色遮蔽領域の範囲内か否かで、事前にオペークレジン必要・不要を即座に判断することができる。

しかし、今日市販されているオペークレジン背景色遮蔽領域に関する報告

はなく、オペークレジン¹⁶⁾の効果を判断する指標が存在していないのが現状であり、色彩学的な客観的論理性を有したオペークレジン¹⁶⁾の開発が望まれる。そこで、著者は、透明性と背景色遮蔽効果の適切なバランスを有したオペークレジン¹⁶⁾を開発するためには、s-TP 値標準曲線をもとにして作製するのが最も有効な手段であろうと考えた。そして、多種のシェードのコンポジットレジンに应用可能なオペークレジンとするため、コンポジットレジンの顔料から調合して試作オペークレジン¹⁶⁾を作製することとした。

大場ら¹⁶⁾はヒト健全象牙質の色を調べ、ビタシェード A3.5 に近似していると報告している。この報告から、ビタシェード A3.5 が背景色であれば、ほとんどのコンポジットレジンのシェードが術者の期待した色になるのではないかと予想された。そこで、まず、ビタシェード A3.5 の歯冠中央に近似した色の調整用-A3.5¹⁶⁾を作製する必要があり、クリアなコンポジットタイプレジンセメントに、黒・黄・赤色顔料および白色顔料としてジルコニアフィラーを調合して作製した(表 1)。そして、調整用-A3.5¹⁶⁾の厚さの違いによる s-TP 値標準曲線を求めた(図 4)。

つぎに、着色象牙質が存在していても術者が選択したシェードと近似した透明感を有するコンポジットレジンとするためには、レイヤリングの際の試作-OP¹⁶⁾の厚さを規定する必要がある。臨床的には、5 級窩洞において、窩洞の深さは 1.5 ~ 2.5 mm 程度と考えられる。そこで、試作-OP¹⁶⁾はコンポジットレジン自体の質感に影響を与えない程度の透明性を有し、治療時の操作性の観点から光重合が可能な厚さ 0.5 mm 程度が適切であろうと考えた。そして、その上に填塞されるフロアブルレジンの厚さが 1.0 mm で窩底部の着色が遮蔽され、そのフロアブルレジン自体の透明感の再現が可能なオペークレジン¹⁶⁾となるものと考えた。

以上の観点から、調整用-A3.5¹⁶⁾の 4 倍量の顔料を配合した試作-OP¹⁶⁾を作製した。厚さ 0.5 mm の試作-OP¹⁶⁾を調整用-A3.5¹⁶⁾の s-TP 値標準曲線と比較(図 4)すると、厚さ 0.5 mm の試作-OP¹⁶⁾は厚さ 1.0 mm の調整用-A3.5¹⁶⁾の背景色遮蔽効果に相当することが判明した。

試作-OP¹⁶⁾はヒト健全象牙質色に近似した色のビタシェード A3.5¹⁶⁾を基本として作製したので、A シェードのフロアブルレジンだけでなく、その他のシェードのフロアブルレジンとのレイヤリングに应用ができるものと考えられた。そこで、フロアブルレジンのシェードで比較的使用頻度が高いと考えられる A3、B3、C3 を選択し、試作-OP¹⁶⁾の要・不要の判断基準およびレイヤリングした時の背景色遮蔽領域について検討した。試作-OP¹⁶⁾の要・不要に関しては、A3、B3、C3 単独試料の s-TP 値標準曲線と指数関数およびレジン色差値を求めておく必要がある。また、s-TP 値標準曲線から背景色遮蔽領域を求めるためには、知覚色差を定めておく必要がある。しかし、半透明性材料の知覚色差は未だに明確に定められておらず、

2.5 から 4.0 までの範囲で報告²⁵⁻²⁹⁾ されている。最近の歯科色彩学の研究では、ヒトのコンポジットレジンに対する色の識別領域を、知覚色差 3.0 として検討している報告^{8,18-20)} が多く、その値の妥当性については良好な評価を得ている。本研究においても、知覚色差を 3.0 として背景色遮蔽領域を求めた。

背景色遮蔽領域の算出は、s-TP 値が知覚色差と同じ公式で求められることから、色の識別が困難な s-TP 値範囲を 3.0 として、試料のレジン色差値から求めた。すなわち、図 5 あるいは図 6 において、レジン色差値と試料の s-TP 値標準曲線の x 軸の交点を中央値とし、中央値の s-TP 値+1.5 を上限、-1.5 を下限とし、その範囲は 3.0 とした。そして、森¹⁹⁾ の方法に準じて試料の指数近似式から、試料の x 値の上限と下限に相当する y 値の上限と下限を、背景色遮蔽領域として求めた。

代表例として示した A3 単独試料の s-TP 値標準曲線 (図 5) と、試作-OP と A3 とのレイヤリング試料の s-TP 値標準曲線 (図 6) から試作-OP とフロアブルレジンの両方を加味した背景色遮蔽効果を検討した。厚さ 0.5 mm の試作-OP は調整用-A3.5 の 1.0 mm 厚さにおける背景色遮蔽効果に相当していることから、図 6 の 0.5+0.5 mm のレイヤリング試料は、図 5 の A3 単独試料の 1.5 mm 厚さの試料と同程度の背景色遮蔽効果と予測された。両方のグラフからその厚さの背景色遮蔽領域を比較すると、レイヤリング試料では A3 単独試料よりもやや広い遮蔽領域となることが明らかになり、A3 試料においても調整用-A3.5 試料と同様に、試作-OP による背景色遮蔽領域の拡大効果が示された。

このレイヤリング効果を臨床的に分かりやすく、そして、臨床の場合において即座にレイヤリングの要・不要を判断できるようにするためには背景色遮蔽領域の上限と下限について、試料の厚さとの関係で示す必要がある。そのために、壱岐の報告に準じて²⁰⁾、それぞれの指数関数からフロアブルレジン単独試料とレイヤリング試料の背景色遮蔽領域を y 軸に、試料の厚さを x 軸にして算出すると (図 7)、試作-OP によるレイヤリング効果を、さらに明確に確認することができた。また、0.5+1.0 mm のレイヤリングでは、B3 と C3 において臨床的に高度な黒色着色と仮定した背景色色差値 70 を遮蔽することができ、A3 では僅かに背景色を認めることが予測された。そして、本実験で用いた A3、B3、C3 における 0.5+1.5 mm のレイヤリング試料は、黒く着色した象牙質のほとんどを遮蔽できることが示された。なお、C3 の 0.5+1.5 mm のレイヤリング試料では、黒色側の背景色遮蔽領域は色差値が 100 を超えており、レイヤリングにより黒色の背景色は全て遮蔽できるものと考えられた。

ここで示された背景色遮蔽領域/試料厚さのグラフから得られる情報と目視による評価の整合性を調べるために、色差値 70 の帯状背景を有した背景色を配置し、その上に試料を設置して検証を行った。試料は厚さ 6.0 (1.5+2.0+2.5) mm レジン

色試料と 1.5 mm のフロアブルレジン単独試料および 0.5+1.0 mm のレイヤリング試料を用い、背景色の上に設置して目視にて観察し、写真撮影を行った (図 8)。6.0 mm のレジン色試料においては、全てのシェードで帯状背景が認められず、1.5 mm のフロアブルレジン単独試料では、全ての試料で帯状背景が認められた。0.5+1.0 mm のレイヤリング試料では A3 において、僅かに帯状背景を認められたが、B3 と C3 では帯状背景を確認することができなかった。これらの目視による検証は、図 7 に示す背景色遮蔽領域/試料厚さで得られた情報と同じ結果であることが示され、s-TP 値標準曲線を基本として、色彩学的な客観的論理性に裏付けされたオペークレジンを作製できる可能性が示唆された。また、色差値 70 の着色が窩底部に存在していても、B3、C3 の 6.0 mm レジン色試料と 0.5+1.0 mm のレイヤリング試料は、それぞれシェードと同様の透明感の得られることが目視により確認できた。

結論

1. 厚さ 0.5 mm の試作-OP は、厚さ 1.0 mm の調整用-A3.5 と同程度の背景色遮蔽領域を示した。
2. 厚さ 0.5 mm の試作-OP と市販フロアブルレジンのレイヤリング試料の背景色遮蔽領域/試料厚さの関係から、フロアブルレジンが 1.0 mm の厚さであれば、B3 と C3 では臨床的に高度な黒色着色と仮定した背景色色差値 70 を遮蔽することができ、A3 では僅かに背景色を認めることが予測された。
3. 目視による検証において、背景色色差値 70 の帯状背景の上に設置した 0.5+1.0 mm の B3 と C3 のレイヤリング試料では、帯状背景を確認することができず、A3 では僅かに背景色の帯状背景を観察することができ、予測された背景色遮蔽領域と一致していることが判明した。

以上のことから、本実験で試作したオペークレジン臨床的有用性が示唆され、目視の検証と整合性を示す s-TP 値標準曲線は、透明性の指標として非常に有用な情報を有しており、今後のオペークレジンやコンポジットレジンの開発・改良に役立つものと思われた。そして、臨床応用に関しては、事前にコンポジットレジンおよびレイヤリング試料の s-TP 値標準曲線から得られる背景色遮蔽領域/試料厚さの関係が提示されていれば、オペークレジン必要・不要が即座に判断ができ、臨床で役立つものと考えられた。

参考文献

- 1) Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ: Parameters that affect the color of direct restorative resins, *J Dent Res* 57, 876-880, 1978.
- 2) 中浦清人, 山下雅敏, 長峰智子, 鬼島成和, 山崎信夫, 塩治 孜, 片山伊九右衛門: コンポジットレジンの背景色による色調変化について, *日歯保存誌* 30, 839-846, 1987.
- 3) 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.
- 4) 岡 正信, 堀田正人, 山本宏治: コンポジットレジンの半透明性, *歯科の色彩* 14, 9-28, 2007.
- 5) 釜田 朗, 千葉 有, 森川公博, 齋藤高弘: 色調改良型ナノフィラーコンポジットレジンによるレイヤリングテクニックの基礎的評価, *日歯保存誌* 52, 190-198, 2009.
- 6) 中馬宏子, 谷 千尋, 子安正洋, 久光 久, 真鍋厚史: 積層充填法を用いた市販コンポジットレジンの色調の違いについて, *歯科審美* 20, 91-96, 2008.
- 7) 飯泉 淳, 関根哲子, 平山聡司, 元呑昭夫, 池見宅司: コンポジットレジン自体の色とレイヤリング後の L*a*b*値の変化, *歯科の色彩* 16, 41-48, 2010.
- 8) 飯泉 淳: 試作オペークレジンとコンポジットレジン積層の色彩学的検討, *歯科の色彩* 17, 4-13, 2011.
- 9) 稲葉尚治: 光重合型のオペーク材に関する研究 –とくに色調遮断性と重合性について–, *日歯保存誌* 31, 309-323, 1988.
- 10) 藤崎宜子: エステックス™ オペークの背景色の遮蔽効果と色差の偏移, *日歯保存誌* 46, 332-342, 2003.
- 11) Ikeda T, Murata Y, Sano H: Translucency of opaque-shade resin composites, *Ame J Dent* 17, 127-130, 2004.
- 12) 塚原 梢, 木村 大, 若松尚吾, 平山聡司, 河野善治, 元呑照夫, 池見宅司: オペークレジンに関する研究 –着色象牙質に対する遮蔽予測法の検討–, *歯科の色彩* 10, 19-27, 2004.
- 13) 渡邊康夫: 着色歯に対するオペークレジンの厚さ, *日歯保存誌* 48, 467-473, 2005.
- 14) 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.
- 15) 大場志保, 福嶋千春, 藤田 (中島) 光, 岩井啓寿, 壺岐宏二, 池見宅司: 試作オペークレジンの検討 –ジルコニアフィラー充填オペークレジンの積層について–, *日歯保存誌* 51, 308-315, 2008.
- 16) 大場志保, 福嶋千春, 森 俊幸, 神谷直孝, 岩井啓寿, 小里達也, 三田 肇,

- 池見宅司: 試作オペークレジンの検討 -象牙質色を基本としたジルコニアファイラー充填オペークレジンについて-, 日歯保存誌 51, 411-418, 2008.
- 17) Johnston WM, Ma T, Kienle BH: Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses, *Int J Prosthodont* 8, 79-86, 1995.
 - 18) 関根哲子: 背景色の違いによるオペークレジンの TP 値の変化, 歯科の色彩 18, 20-29, 2012.
 - 19) 森 俊幸: コンポジットレジンの色彩学的研究 -背景色と厚さの違いで得られた TP 値標準曲線の情報-, 歯科の色彩 19, 9-18, 2013.
 - 20) 壺岐宏二: フロアブルコンポジットレジンの背景色遮蔽領域, 歯科の色彩 20, 2014. 掲載予定
 - 21) Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken IE, Mount GJ: Minimal intervention dentistry-a review FDI Commission Project 1-97, *Int Dent J* 50, 1-12, 2000.
 - 22) 矢谷博文: ニーズに応える 21 世紀最新歯科医療 MI (Minimal Intervention: 最小限の侵襲) に基づく歯科治療 欠損補綴と MI -接着の応用による MI の実現-, 日歯医学誌 27, 81-84, 2008.
 - 23) 池田考績, 神島奈穂子, 中沖靖子, 佐野英彦: オペークシェードが積層コンポジットレジンの色に及ぼす影響, 接着歯学 26, 41-44, 2008.
 - 24) 笠原佳子, 堀田正人, 山本宏治: オペークレジンを用いた光重合型コンポジットレジンの色彩学的整合性について, 歯科の色彩 6, 4-25, 2000.
 - 25) 中川喜晴: 歯冠色分析に関する研究, 補綴誌 19, 109-130, 1975.
 - 26) Ruyter IE, Nilner K, Mouer B: Color stability of dental composite resin materials from crown and bridge veneers, *Dent Mater* 3, 246-251, 1987.
 - 27) Johnston WM, Kao EC: Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry, *J Dent Res* 68, 819-822, 1989.
 - 28) 小林 理, 勝山 茂: 各種前歯部用可視光線重合型コンポジットレジンの色調について, 日歯保存誌 33, 1557-1581, 1990.
 - 29) 細川伊平: コンポジットレジンの臨床応用に関する測色学的研究 -フォトクリアフィルブライトの場合-, 日歯保存誌 34, 1116-1135, 1991.

圖 表

表1 調整用-A3.5 (100 g) と試作-OP (100 g) 中の各顔料の配合量

| 顔料 | Lot No. | 調整用-A3.5 配合量 (g) | 試作-OP 配合量 (g) |
|----------------|---------|---------------------|------------------|
| 黒 (トダカラーKN320) | 10450 | 0.0016 | 0.0064 |
| 黄 (トダカラーTSY-1) | 2-41002 | 0.0043 | 0.0172 |
| 赤 (トダカラー100ED) | 3-9021 | 0.0010 | 0.0040 |
| 白 (酸化ジルコニウム) | H1821 | 0.1750 | 0.7000 |

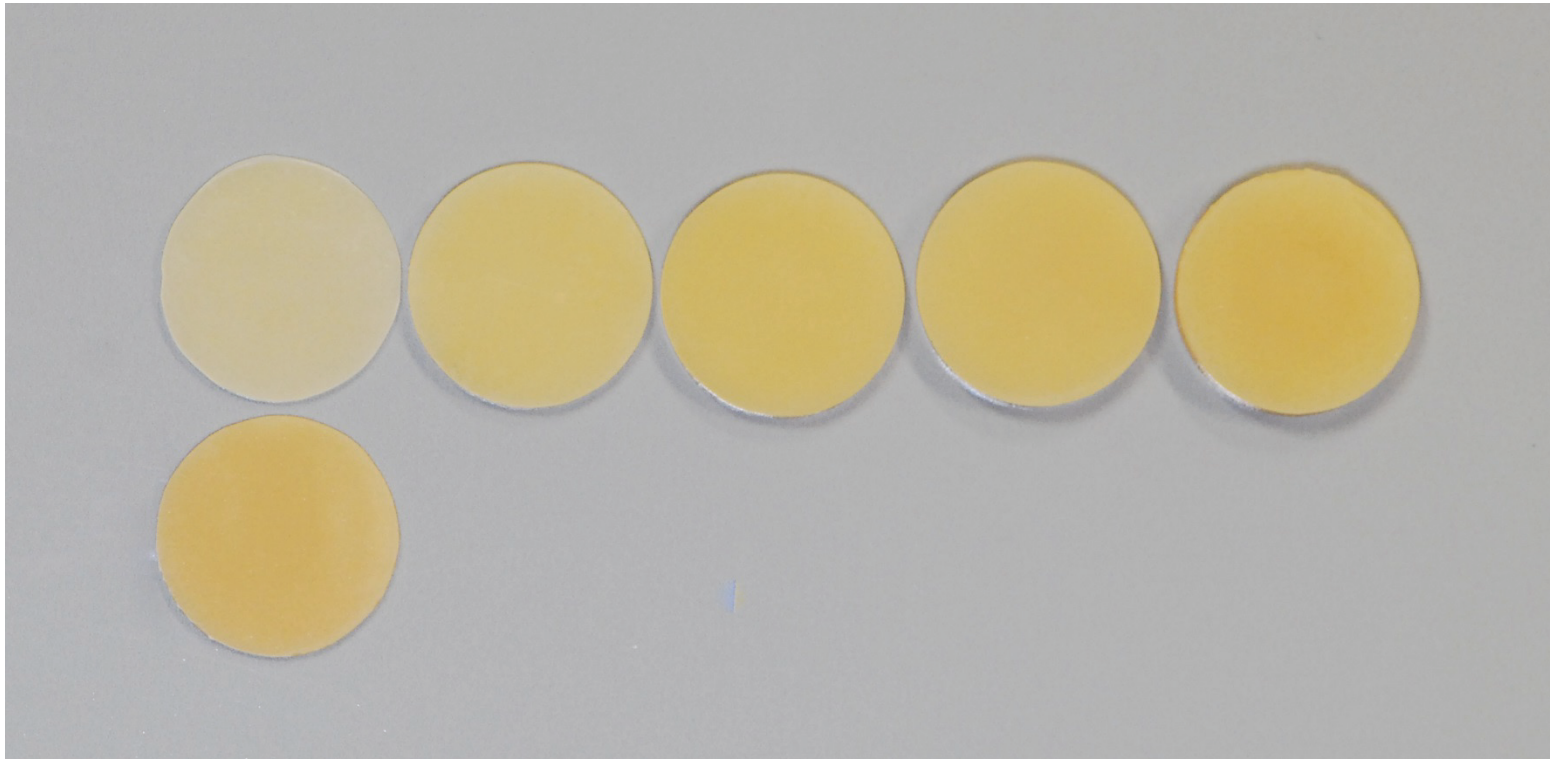


図1 調整用-A3.5と試作-OPのディスク試料

上段：調整用-A3.5（左から 厚さ0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mm）

下段：試作-OP（厚さ0.5 mm）

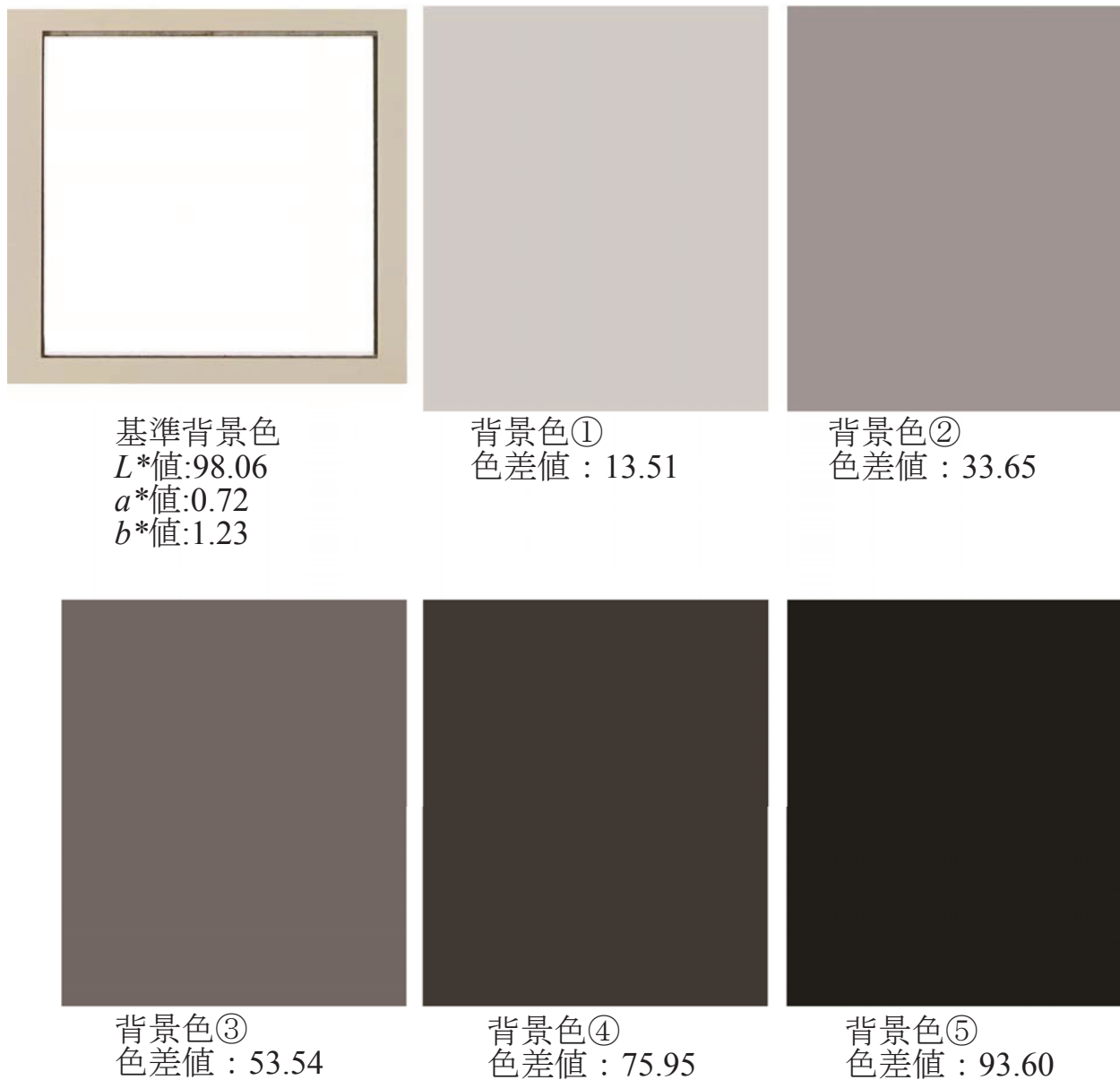


図2 基準背景色と本実験で使用した背景色



図3 ハンディ型分光色差計 (NF999 日本電色)

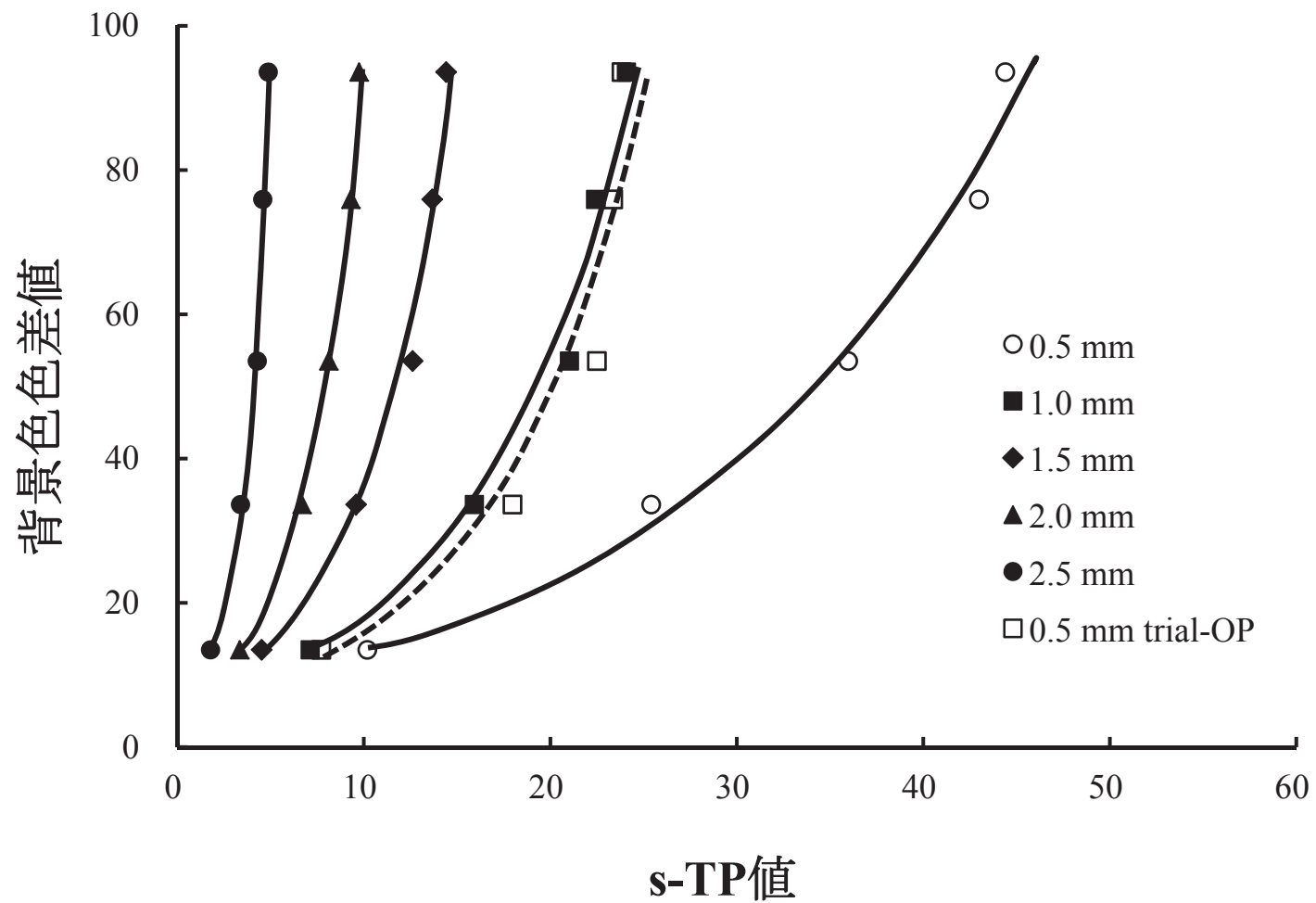


図4 厚さの違いによる調整用-A3.5と厚さ0.5 mmの試作-OP
 のs-TP値標準曲線
 □- - - : 厚さ0.5 mmの試作OP

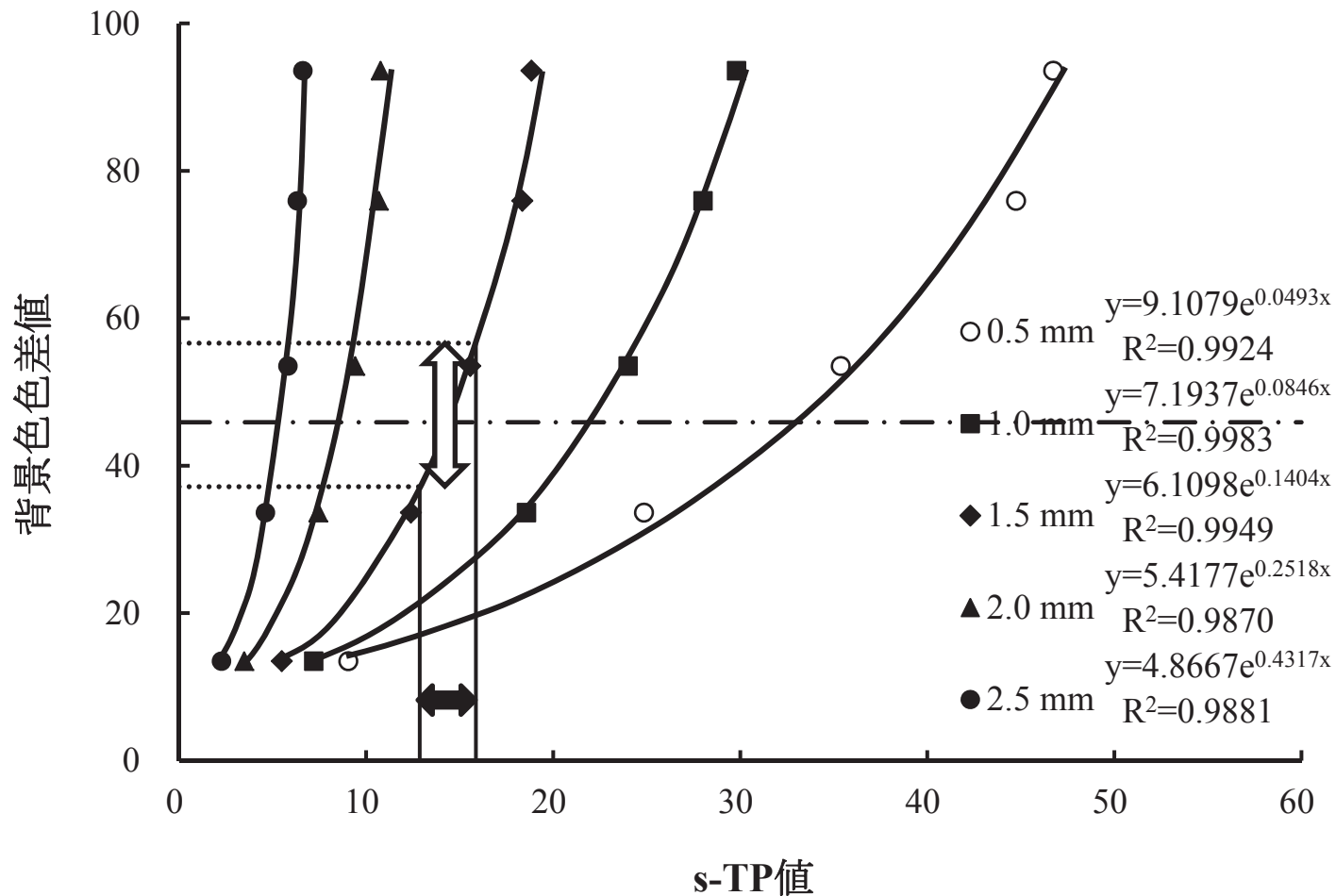


図5 本実験で使用した厚さの違いによるフロアブルレジン単独試料のs-TP値標準曲線とそれぞれの指数近似式および決定係数(代表例としてA3単独試料)

— · — : A3レジン色差値

↔ : s-TP値の知覚色差

⇕ : 厚さ1.5 mm試料の背景色遮蔽領域

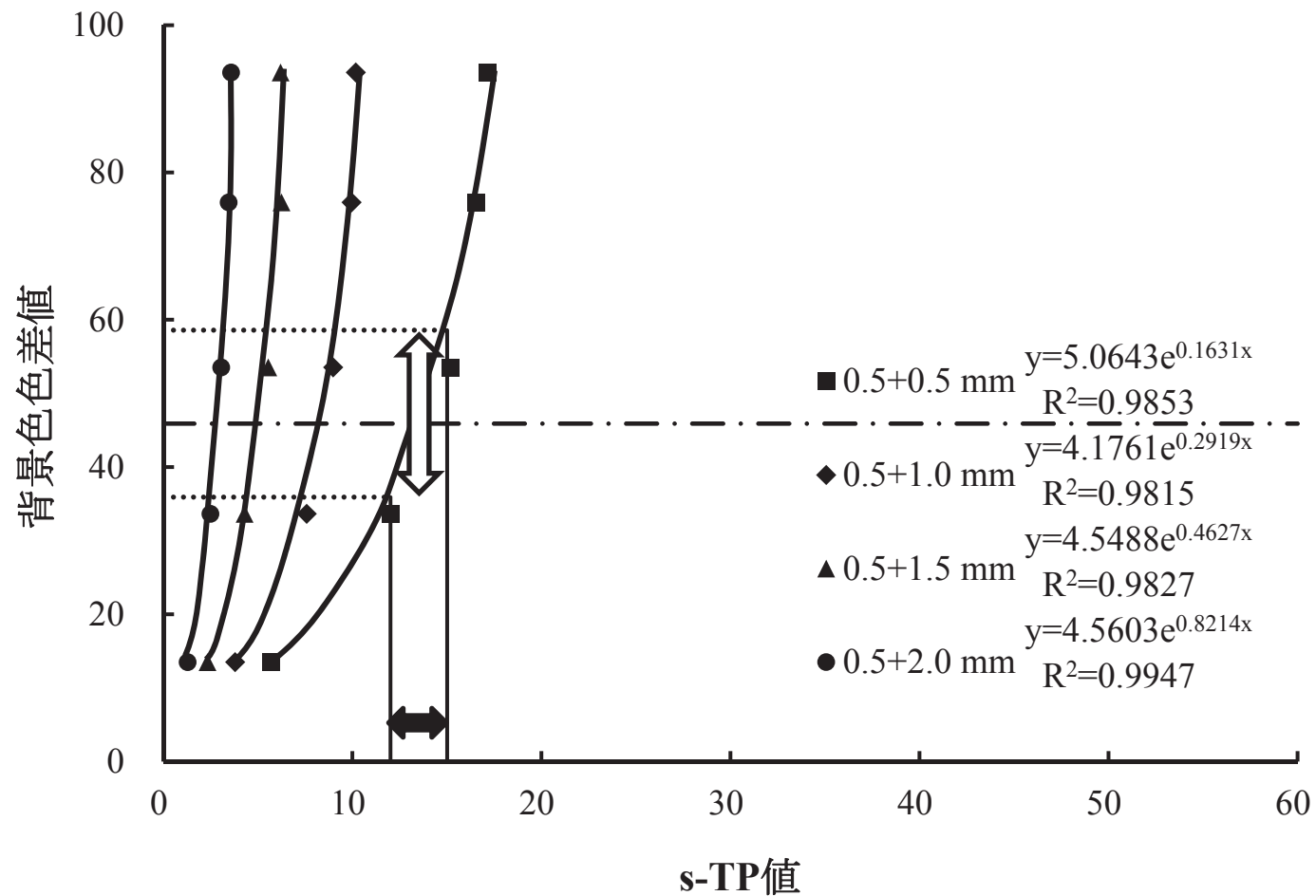


図6 厚さ0.5 mmの試作-OPと厚さの異なるフロアブルレジンでレイヤリングした試料のs-TP値標準曲線とそれぞれの指数近似式および決定係数 (代表例としてA3レイヤリング試料)

- · - : A3レジン色差値
- ↔ : s-TP値の知覚色差
- ↕ : 0.5+0.5 mm試料の背景色遮蔽領域

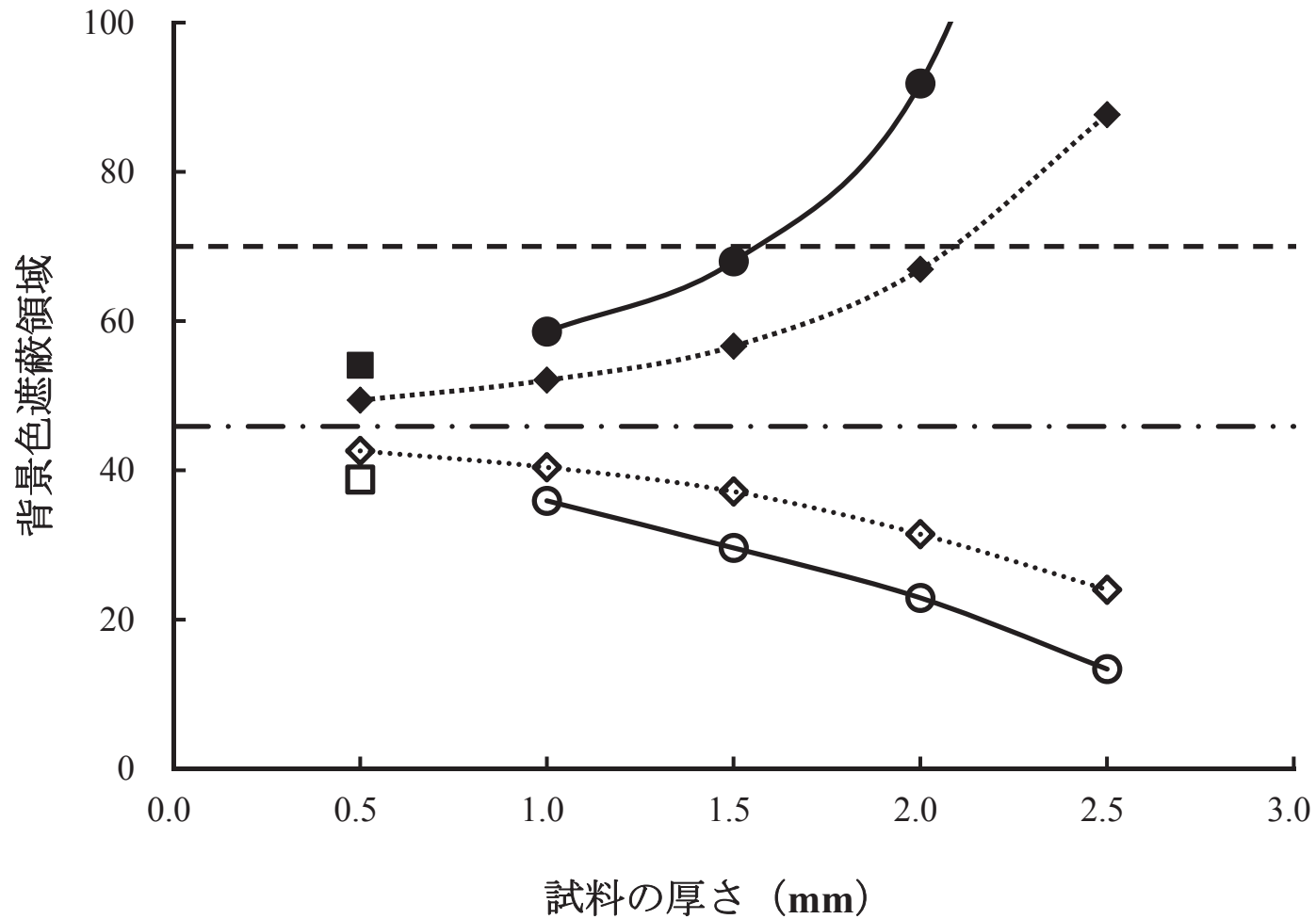


図7a A3単独試料とA3レイヤリング試料の背景色遮蔽領域
 ■□：厚さ0.5 mmの試作-OPの背景色遮蔽領域（上限、下限）
 ◆◇：A3単独試料の背景色遮蔽領域（上限、下限）
 ●○：レイヤリング試料の背景色遮蔽領域（上限、下限）
 -----：仮想着色象牙質の色差値
 -・-：A3レジン色差値

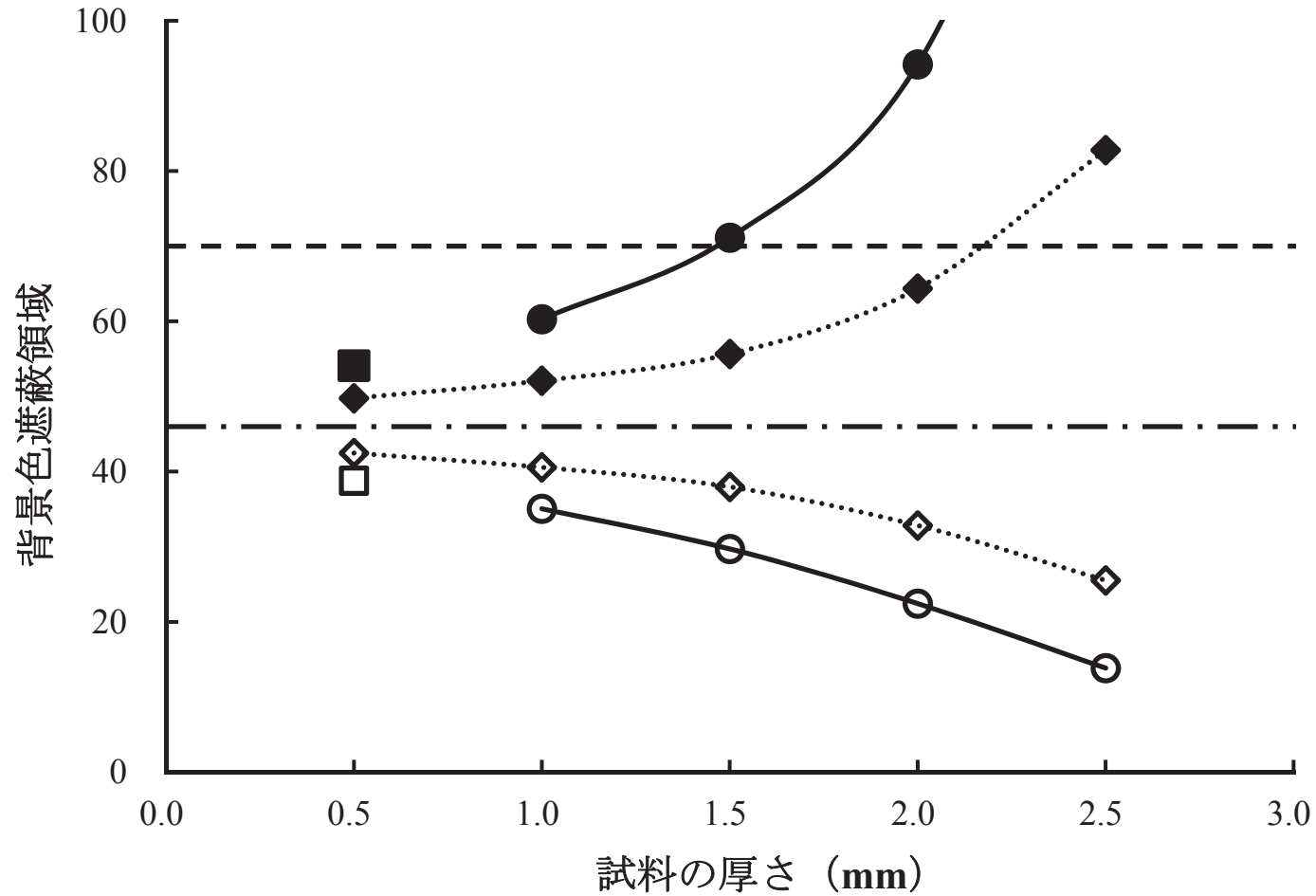


図7b B3単独試料とB3レイヤリング試料の背景色遮蔽領域
 ■□：厚さ0.5 mmの試作-OPの背景色遮蔽領域（上限、下限）
 ◆◇：B3単独試料の背景色遮蔽領域（上限、下限）
 ●○：レイヤリング試料の背景色遮蔽領域（上限、下限）
 - - - - : 仮想着色象牙質の色差値
 - · - : B3レジン色差値

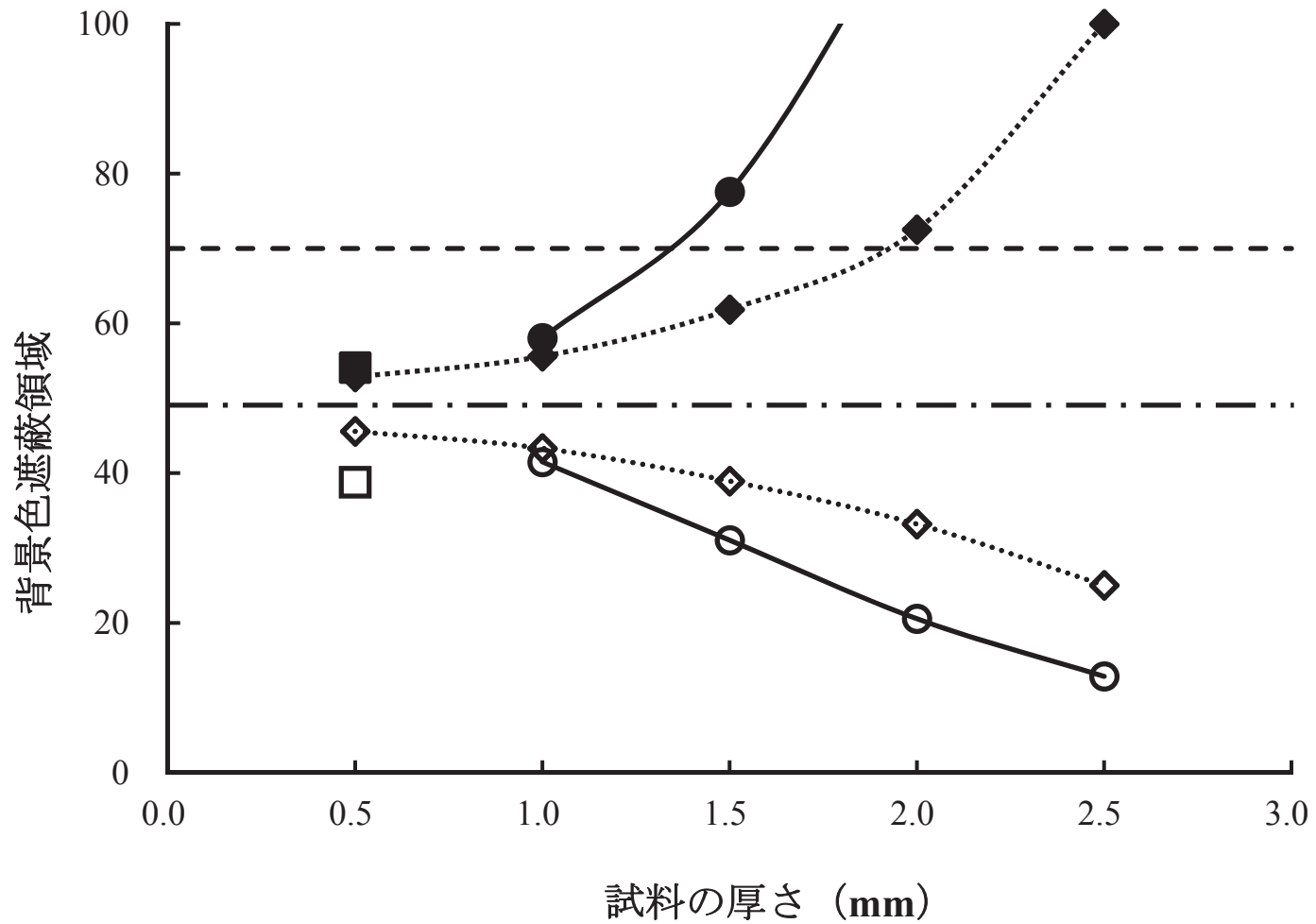


図7c C3単独試料とC3レイヤリング試料の背景色遮蔽領域
 ■□ : 厚さ0.5 mmの試作-OPの背景色遮蔽領域 (上限、下限)
 ◆◇ : C3単独試料の背景色遮蔽領域 (上限、下限)
 ●○ : レイヤリング試料の背景色遮蔽領域 (上限、下限)
 - - - - : 仮想着色象牙質の色差値
 - · - : C3レジン色差値

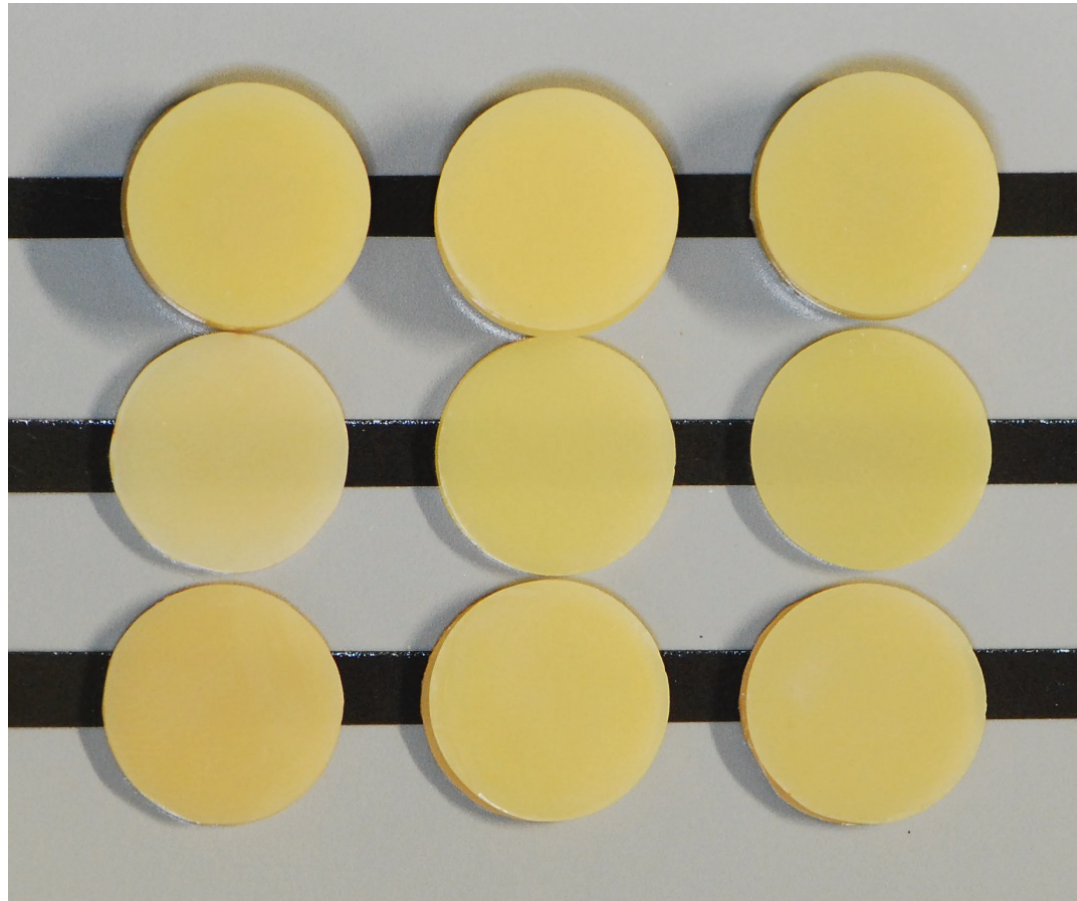


図8 目視による検証試験

上段：厚さ6.0 mmのレジン色試料（左から A3、B3、C3）

中段：厚さ1.5 mmのフロアブルレジン単独試料（左から A3、B3、C3）

下段：0.5 +1.0 mmのレイヤリング試料（左から A3、B3、C3）