

フロアブルコンポジットレジンの背景色遮蔽領域

日本大学松戸歯学部保存修復学講座

助手（専任扱） 壹岐 宏二

（指導：池見宅司教授）

要旨

周知のように、直接修復用のコンポジットレジンは、天然歯の色や質感を表現するために透明性を有している。Translucency Parameter (TP 値) は色差と同じ式を用いて算出されるため、透明性や遮蔽能だけでなく、色の違いも表すのに有用な指標である。

TP 値は、白・黒背景の上にコンポジットレジンを置いた時の $L^*a^*b^*$ 値を使った公式によって算出される。したがって、コンポジットレジンに応用した場合、透明性や遮蔽能を比較する指標にしか過ぎなかった。しかし、異なる数種類の背景色を使用したコンポジットレジンの sequential-TP (s-TP 値) 標準曲線を決定できれば、歯科臨床に適したコンポジットレジン修復の客観的な情報を提供する。その結果として、もし市販のコンポジットレジン個々の s-TP 値標準曲線が決まっていれば、窩洞を修復する際に、適したレジンの選択やオペークレジンの要・不要の目安を示すことができる。

しかし、齶蝕の深さは一様ではなく、それによりコンポジットレジンの厚さも画一的なものとはならない。本研究では、透明性や遮蔽能をもつフロアブルコンポジットレジンの背景色の影響を調べるために、異なる厚さのフロアブルレジン試料 (0.5、1.0、1.5、2.0 および 2.5 mm) の s-TP 値を求め、着色象牙質を修復するために背景色遮蔽領域の臨床的な応用を議論した。

その結果、以下の結論を得た。

1. 本実験で使用したシェード A3、B3、C3 のフロアブルレジン試料が厚くなるにしたがって s-TP 値は減少した。また、基準背景色と背景色の色差が大きくなるにしたがって s-TP 値は増加した。
2. 各シェードの s-TP 値標準曲線から指数近似式が得られ、レジン色差値からそれぞれの厚さのレジン色 s-TP 値と背景色遮蔽領域を得ることができた。
3. 各シェードの指数近似式から、フロアブルレジンの厚さが背景色遮蔽領域に及ぼす影響を臨床に応用し易い形で表示することができた。

キーワード：フロアブルレジン、s-TP 値標準曲線、背景色遮蔽領域

Key Words : flowable composite resin, s-TP value standard curve, background-color shielding range

The background-color shielding range of flowable composite resin

Abstract

As is well known, composite resin for direct restoration has translucency, to represent the color and texture of the natural teeth. The Translucency Parameter (TP value) is useful parameter to describe not only transparency and shielding ability but also the difference in color, because the TP value and the color difference are calculated by using the same formula.

The TP value was calculated using the formula after inserting the $L^*a^*b^*$ values of the composite resin, when it place on the white-to-black background. Therefore, the TP value of composite resin was only an indicator for comparing transparency and shielding ability when it was applied to composite resin. The determination of the standard curve for sequential-TP (s-TP) value of composite resin provides objective information on clinical resin restoration suitable for dental treatment.

Consequently, if individual standard curves of s-TP value for commercial composite resins are determined, it is possible to select the suitable composite resin for restoring the cavity and point out the criteria to judge whether the opaque resin is necessary or not. However, the thickness of the composite resin also is not uniform, since the depth of caries is not uniform. In this study, in order to investigate the effect of background-color on the transparency and shielding ability of flowable resin composite, the s-TP values of flowable resin composite were determined by varying the thickness of resin samples: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, and 2.5 mm. The clinical application of the background-color shielding range for the stained dentin restoration was then discussed.

As a result, the following conclusions were obtained.

1. The s-TP values decreased with increases in the thickness of flowable resin samples. Increases in the color difference between white background color and designed background color with different L^* values led to increases in the s-TP value.
2. An exponential approximation formula was obtained from the s-TP value standard curve of each shade, and it was possible to obtain the s-TP value of each flowable resin's own color and the background-color shielding range from the color different value of each flowable resin's own color.
3. The effect of the thickness of the flowable resin on the background-color shielding range for each shade was clarified and the step for applying this technique to clinical practice was shown.

緒言

コンポジットレジン接着システムの改良によって、エナメル質だけでなく象牙質とも接着するようになり、臨床的に安定した接着強さが得られるようになった^{1~3)}。コンポジットレジンの歯質接着性は歯の治療法にも影響を及ぼし、再石灰化が期待できる窩底部の着色象牙質は、可及的に残す治療が行われるようになってきた^{4,5)}。最近では、口腔管理意識の高まりとともに、高齢者の残存歯数が多くなり、歯肉退縮が原因で歯根露出した唇側歯頸部や前歯部補綴物辺縁の着色歯に対する修復症例が増えている。そのような症例では審美修復を希望して来院する患者が多く、修復材料としてはコンポジットレジンが主として用いられている。

周知のようにコンポジットレジン^{6~13)}は半透明性であるため、患歯あるいは補綴物の色に適したシェードを選択しても、窩洞の深さによっては窩底部の着色象牙質の色が透過し、術者の期待した色を得られないことがある。そのため、オペークレジンで窩底部の着色を遮蔽し、その上にコンポジットレジン^{14~17)}を填塞するレイヤリング法による修復が採用されている。その際、コンポジットレジンの色の選択はできても、コンポジットレジンの厚さの違いによる着色象牙質の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の要・不要を決めているが現状である。森¹⁸⁾は着色象牙質の影響をコンポジットレジンの TP 値標準曲線から、客観的に予測する方法を報告している。

最近では、コンポジットレジン¹⁹⁾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)が市販され、多くの症例で使用されるようになった。フロアブルレジン²⁰⁾は咬合圧のかからない歯頸部等に応用され、操作性や窩壁適合性に優れているために、その使用頻度が高くなりつつある。また、フロアブルのオペークレジンも市販されており、単独あるいはコンポジットレジンとのレイヤリングにも用いられている。しかし、フロアブルレジン²¹⁾の色彩学的検討に関する報告¹⁹⁾は少なく、これまでのコンポジットレジンと同様に着色象牙質の影響を調べる必要があると考えられた。

そこで、本研究では関根²⁰⁾と森¹⁸⁾の報告をもとにして、フロアブルレジン²²⁾の厚さと背景色の透過性を検討することによって得られた TP (以下、sequential-TP : s-TP とする) 値標準曲線を求め、その近似式からフロアブルレジン²³⁾の厚さと背景

色遮蔽領域の関係を明確にする目的で実験を行った。

材料および方法

1. フロアブルレジンの試料の作製

フロアブルレジンは MI Fil (GC) のシェード A3 (Lot No.1303261)、B3 (Lot No.1301161)、C3 (Lot No.1209101) を使用した。直径 13 mm で穿孔した塩化ビニール板の中にフロアブルレジンを充填し、厚さ 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、および 6.0 mm のディスク状レジンを試料を作製した。なお、厚さ 6.0 mm のレジンは各シェードのレジン自体の色（以下、レジン色）の測色用とした。それらのレジンはポリエステルフィルムを介した 2 枚のガラス板で圧接した後、G-Light Prima (GC) を使用して表裏両面から 60 秒間光照射を行った。レジン試料表面は、5 μm のインペリアルラッピングフィルム (3M) にて最終研磨を行った。

2. 測色に用いた背景色

使用した背景色を図 1 に示す。背景色 (カラーランド社製) 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 2 に示す。分光色差計にて背景色の $L^*a^*b^*$ 値を求めた。

基準背景色の L^* 値は 96.39、背景色①は 85.05、背景色②は 65.04、背景色③は 44.91、背景色④は 22.55、背景色⑤は 4.79 であった。なお、 a^* 値と b^* 値は全ての背景色において、 $-0.79 < a < 0.22$ 、 $-0.44 < b < 1.82$ の範囲であった。

3. 測色

測色の条件は 45° 円周受光、照射面積 φ 6.0 mm、D₆₅ 光源、2° 視野にて行った。背景色ならびにレジンの試料の測色は 3 回行い、得られた $L^*a^*b^*$ 値の中央値を測色値とした。

1) 基準背景色と背景色との色差

背景色の色差は、基準背景色 (w) と背景色①～⑤の測色で得られた $L^*a^*b^*$ 値から下記の公式で算出した。

$$\text{色差} = [(L^*_w - L^*_{\text{①} \sim \text{⑤}})^2 + (a^*_w - a^*_{\text{①} \sim \text{⑤}})^2 + (b^*_w - b^*_{\text{①} \sim \text{⑤}})^2]^{1/2}$$

2) フロアブルレジンの s-TP 値

基準背景色と背景色①～⑤にグリセリン¹⁸⁾を塗布し、その上にレジンを試料を置

いて測色を行った。測色で得られた $L^*a^*b^*$ 値から下記の公式で s-TP 値を算出した。

$$\text{s-TP 値} = [(L^*_w - L^*_{①\sim⑥})^2 + (a^*_w - a^*_{①\sim⑥})^2 + (b^*_w - b^*_{①\sim⑥})^2]^{1/2}$$

3) レジン色

厚さ 6.0 mm のシェード A3、B3、C3 フロアブルレジンを、背景色③の上に置いて測色し、得られた $L^*a^*b^*$ 値をレジン色とした。レジン色と基準背景色との色差値をレジン色差値とする。

4. s-TP 値標準曲線

3、1) で得られた基準背景色と背景色の色差を y 軸に、2) で得られたフロアブルレジンの 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。

5. 背景色遮蔽領域

レジン色差値を y 軸に求め、得られた s-TP 値標準曲線の指数近似式から、レジン色差値の s-TP 値（以下、レジン色 s-TP 値）を x 軸に求める。さらに、x 軸のレジン色 s-TP 値から知覚色差 ± 1.5 の値¹⁸⁾を y 軸に求め、その領域を背景色遮蔽領域とした。そして、レジン試料の厚さと背景色遮蔽領域の関係を検討した。

結果

1. シェード A3、B3、C3 のフロアブルレジン試料の厚さによる s-TP 値標準曲線が得られた。その標準曲線から、全てのシェードにおいて、レジン試料が厚くなるにしたがい s-TP 値は減少した。それぞれのシェードの標準曲線の傾向は類似しているが、A3 を基準にすると、B3、C3 の s-TP 値標準曲線の立ち上がりは急になった。(図 3)。

2. 各シェードのフロアブルレジンの s-TP 値標準曲線から指数近似式を求めた。得られた指数近似式は、全てのレジン試料において決定係数が $R^2 > 0.970$ となり、良好な相関を示していた。図 4 に代表例としてシェード A3 の結果を示す。s-TP 値標準曲線をもとにレジン色差値からレジン色 s-TP 値を求めることができた。

本実験で得られたレジン色差値を以下に示す。

A3 : 43.44

B3 : 47.70

C3 : 51.63

さらに、s-TP 値標準曲線を利用して、レジン色 s-TP 値 ± 1.5 ¹⁸⁾ を知覚色差とした時の背景色遮蔽領域の関係が示された。背景色遮蔽領域はフロアブルレジンが厚くなる程、その領域は拡大することが示された (図 4)。

3. フロアブルレジン試料が厚くなるにつれて背景色遮蔽領域が広くなり、その拡大はシェードによって異なっていた。各シェードの指数近似式から算出した背景色遮蔽領域とフロアブルレジンの厚さについて、臨床応用し易い形で表すことができた (図 5)。

考察

コンポジットレジンの歯質接着システムの開発・改良研究により、安定した歯質接着性が得られるようになった今日では、窩洞形態、窩洞形成法、材料の歯髄為害性などのコンポジットレジンに対する従来の保存修復治療の概念が変化し^{4,5)}、患者にできるだけ不快感を与えない治療へと変わりつつある。これらの変化の一例として、麻酔をすることなく無痛修復が可能となり、再石灰化が期待できる窩底部の着色象牙質を可及的に残して接着する方法がとられるようになってきたことなどが挙げられる。そして、患歯の周囲歯質の色とマッチしたコンポジットレジンで修復することにより、患者が満足してくれる治療を完遂することができるようになった。

最近では、数十年前に補綴治療された前装冠などの唇側歯頸部の着色を気にして来院する症例が増加している¹⁸⁾。本来であれば、再補綴治療が望ましいと考えられるが、年齢的な問題を考慮して補修修復を要望されることが多い。このような症例では、生活・失活歯にかかわらず、歯頸部および根面に深部まで黒褐色の着色が認められ、適切なシェードのコンポジットレジンを選択しても、修復後には術者が期待した色と異なってくる場合がある。そのため、着色象牙質が存在する場合には、オペークレジンで着色部を遮蔽し、^{21~26)} その上にコンポジットレジンを積層するレイヤリング法で修復治療が施される。

しかし、象牙質の着色の程度、窩洞の深さあるいは市販コンポジットレジンの

種類やシェードによっては、オペークレジンでの遮蔽が必要でない場合もある。また、咬合圧が直接加わらない歯頸部などの修復処置には、操作性の問題から、コンポジットレジンの一種であるフロアブルレジンも使用されることが多くなってきた。

現状では、事前にオペークレジン¹⁸⁾の要・不要を判定する基準がなく、フロアブルレジンに関する色彩学的報告も少ない¹⁹⁾。そこで、著者はフロアブルレジン¹⁹⁾の色や透明性を、背景色と s-TP 値をもとにして調べ、フロアブルレジン¹⁹⁾の厚さや象牙質の着色程度を客観的に把握し、その測定値を実際に臨床で行われているレジン修復治療に应用するための方法論を検討する必要があると考えた。

歯科の色彩学では、フロアブルレジン¹⁹⁾の様な半透明性材料の透明性の指標として TP 値が採用されている。TP 値は色差と同一の公式で求められるため、半透明性材料の透明性だけでなく、周囲歯質との色の相似性も同時に数値として評価できる利点を有している。しかし、これまでの TP 値は、 L^* 値が 0 に近い黒色背景と 100 に近い白色背景とで得られた $L^*a^*b^*$ 値の色差で表わされており²⁷⁾、試験体の透明性や遮蔽効果を比較検討することは可能であった^{28~31)}が、コンポジットレジン修復時の背景色遮蔽範囲を想定することはできなかつた。そこで、関根²⁰⁾は L^* 値の異なった背景色とオペークレジン¹⁸⁾の TP 値との関係を検討し、基準とした白色背景を用いて TP 値標準曲線を指数関数で表すことができること、さらに 3 点測色法で背景色遮蔽に必要なオペークレジン¹⁸⁾の TP 値を計算で予測できることを報告している。これらの実験系で採用した TP 値は本来の TP 値とは異なる。本実験では基準背景色と L^* 値の異なる数種類の背景色の上にフロアブルレジン¹⁹⁾試料を置いて測色し、得られた $L^*a^*b^*$ 値から求められるのが、s-TP 値である。

この s-TP 値標準曲線を利用することで、必要最小限の背景色遮蔽効果を有するオペークレジン¹⁸⁾やフロアブルレジン¹⁹⁾を含めたコンポジットレジン¹⁹⁾の開発・改良に有意義な示唆を与えてくれるものと考えられた。また、CIE2000 色差式³²⁾では彩度の影響を考慮して補正式を採用しているが、CIE1976 $L^*a^*b^*$ 色空間の中で歯の色や着色象牙質、フロアブルレジン¹⁹⁾の色が占めている領域は、彩度の影響を受け難い領域に存在していることから、従来¹⁸⁾の色差式で検討することとした。

森¹⁸⁾は、シェード番号が同じ市販コンポジットレジン¹⁹⁾を使用して、製品の違い

が TP 値標準曲線に及ぼす影響について検討した。その結果、TP 値標準曲線上にレジン色差値をプロットし、レジン色の TP 値から知覚色差を±1.5 とした時の背景色遮蔽領域を求めた。そのときのコンポジットレジンの厚さは 0.5、1.5、2.5 mm であった。しかし、齶蝕の深さは一様でなく、当然のことながら窩洞の深さも症例によって異なるため、窩洞の深さに依存するフロアブルレジンの厚さも画一的なものとはならない。

そこで、本研究では、任意のフロアブルレジンの厚さにおける背景色の影響を予測することを目的として、シェード番号の異なる市販フロアブルレジンをを用いて、その厚さが 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mm のディスクを作製し、知覚色差をもとにした背景色遮蔽領域を検討した。

今回は、シェード A3、B3、C3 のフロアブルレジンをを用いて、各レジンの背景色と厚さの違いによる s-TP 値標準曲線を求めた (図 3)。その結果、シェードの違いにかかわらず、フロアブルレジンが厚くなるにつれて s-TP 値は低下し、基準背景色と背景色との色差が大きくなるにつれて s-TP 値は増加した。フロアブルレジンの厚さの違いによる s-TP 値標準曲線の変化挙動は、規則性を有した s-TP 値の変化が推測されるため、フロアブルレジンの厚さと背景色の影響を表すことができるものと考えられた。

そこで、まず、各々のフロアブルレジンの s-TP 値標準曲線について近似式を求めた。それぞれの背景色の色差と s-TP 値の関係は、 $y=ae^{bx}$ の指数近似式で表され、全ての試料において決定係数が $R^2>0.970$ となり、良好な相関を示していた (図 4)。

次に、シェード A3、B3、C3 のレジン色差値を s-TP 値標準曲線の近似式に代入して各レジン色 s-TP 値を求めた。

知覚色差に関して、コンポジットレジンの様な半透明性材料では 3.0 程度と報告されている^{33~38)}。本実験ではレジン色の知覚色差を±1.5 とすることで、その範囲の背景色では色の違いが感知できないものとして解析を行った。その結果、背景色遮蔽領域はフロアブルレジンが厚くなる程、その領域は拡大することが示された (図 4)。そして、背景色遮蔽領域はシェードによって異なることも判明した。

得られたフロアブルレジンの厚さの増加にともなう背景色遮蔽領域の変化を、

臨床応用し易い表示として図 5 を作成した。この図をもとに、臨床応用を考えてみたい。すなわち、下記の手順でオペークレジンの要・不要を事前予測することができる。

- ① 周囲健全エナメル質のシェードを、目視あるいは測色器にて選択する。
- ② 基準背景色と着色象牙質との色差値を求める。
- ③ 窩洞の深さを測定する。
- ④ ②で得られた色差値からオペークレジンを用いたレイヤリング法かフロアブルレジンを用いた通法通りの修復処置法との選択を行う。

着色象牙質の色を遮蔽できるフロアブルレジンの厚さは、図 5 から A3 で約 2.1 mm、B3 で約 2.0 mm、C3 で約 1.7 mm 以上であることがわかる。したがって、窩洞の深さがそれ以下の場合には、オペークレジンとのレイヤリングが必要と考えられた。さらに、本実験で使用した MI Fil は高度な着色が存在していてもシェード C3 の厚さを 2.5 mm 以上であれば、その着色の影響を受けないことが予測された。

以上の結果から、現在市販されている全てのコンポジットレジンやフロアブルレジンについて、厚さを関数とした s-TP 標準曲線の近似式が得られていれば、厚さと背景色遮蔽領域を明示することができる。そして、窩洞形成後の象牙質の着色程度と窩洞の深さから、事前にオペークレジンが必要か否かを予測することが可能である。したがって、本研究で得られた知見は、レイヤリングを必要としないコンポジットレジンの改良・開発だけでなく、多様な窩洞の深さおよび背景色に対応できるオペークレジンの開発に役立つものと思われる。

結論

1. 本実験で使用したシェード A3、B3、C3 のフロアブルレジン試料が厚くなるにしたがって s-TP 値は減少した。また、基準背景色と背景色の色差が大きくなるにしたがって s-TP 値は増加した。
2. 各シェードの s-TP 値標準曲線から指数近似式が得られ、レジン色差値からそれぞれの厚さのレジン色 s-TP 値と背景色遮蔽領域を得ることができた。
3. 各シェードの指数近似式から、フロアブルレジンの厚さが背景色遮蔽領域に

及ぼす影響を臨床に応用し易い形で表示することができた。

以上のことから、市販フロアブルレジンのシェード A3、B3、C3 に関して、厚さの違いによる s-TP 値標準曲線の近似式から、背景色遮蔽領域を得ることができ、その臨床応用として事前に着色象牙質の色の影響を予測することが出来るものと考えられた。

参考文献

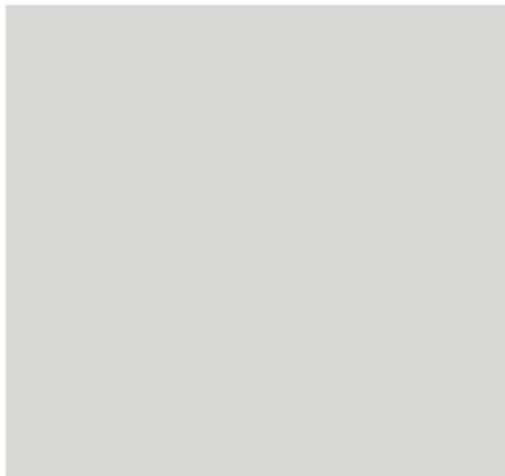
- 1) Kubo S, Kawasaki K, Yokota H, Hayashi Y: Five-year clinical evaluation of two adhesive systems in non-carious cervical lesions, J Dent 34, 97-105, 2006.
- 2) Kurokawa H, Miyazaki M, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Uekusa S: One-year clinical evaluation of five single-step self-etch adhesive systems in non-carious cervical lesions, Dent Mater J 26, 14-20, 2007.
- 3) Van Landuyt KL, Peumans M, Fieuws S, De Munck J, Cardoso MV, Ermis RB, Lambrechts P, Van Meerbeek B: A randomized controlled clinical trial of a HEMA-free all-in-one adhesive in non-carious cervical lesions at 1 year, J Dent 36, 847-855, 2008.
- 4) 猪越重久：できるだけ削らないで修復するには；歯界展望 93,274-277,1999.
- 5) 日野浦 光：小さな齲蝕は最小限の切削で修復；歯界展望 93,278-284,1999.
- 6) Powers JM, Dennison JB, Lepeak PJ: Parameters that affect the color of direct restorative resins, J Dent Res 57, 876-880, 1978.
- 7) 慶田安弘, 蕭 庸雄, 河野直博, 寺下正道, 長野三代太：コンポジットレジンの色調に及ぼす裏層材の影響(第1報)厚さと透明性の影響, 日歯保存誌 25, 687-694, 1982.
- 8) 中浦清人, 山下雅敏, 長峰智子, 鬼島成和, 山崎信夫, 塩冶 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.
- 9) 森川公博, 米川 久, 篠 隆弘, 車田文雄, 宇井洋夫, 渡貫 健：光重合型コンポジットレジンの色調に影響をおよぼす因子についての基礎的研究, 日歯保存誌 32, 6-14, 1989.
- 10) 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.
- 11) 細矢由美子, 後藤譲治：コンポジットレジンの色彩に関する研究 第1報 計測機種及び背景色による影響, 小児歯誌 27, 364-376, 1989.
- 12) 池島 巖, 村上俊成, 高水正明, 河野 篤：窩壁色の違いが修復用コンポジットレジンの色調におよぼす影響 第1報：小型円盤状窩洞の場合, 歯科の色彩 6, 31-38, 1999.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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.
 - 16) 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.
 - 17) 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.
 - 18) 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.
 - 19) 逸見恵理: 積層充填による光重合型コンポジットレジンの色変化と背景遮蔽効果について, 明海歯学 41, 6-19, 2012.
 - 20) 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.
 - 21) 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.
 - 22) 藤崎宜子: エステックスTM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.
 - 23) Ikeda T, Murata Y, Sano H: Translucency of opaque-shade resin composites, Ame J Dent 17, 127-130, 2004.
 - 24) 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.
 - 25) 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.
 - 26) 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.
 - 27) Johnston WM, Ma T, Kienle BH: Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses, Int J Prosthodont 8, 79-86, 1995.
 - 28) 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ィラー充填オペークレジンについて–, 日歯保存誌 51, 411-418, 2008.
 - 29) 関根哲子, 飯泉 淳, 周 秦, 根本章吾, 福嶋千春, 大場志保, 藤田 (中島)

- 光, 鈴木英明, 池見宅司: 市販コンポジットレジンに対する試作オペークレジンの効果, 歯科の色彩 16, 18-25, 2010.
- 30) 池見宅司, 関根哲子, 周 秦, 根本章吾, 森 俊幸, 福嶋千春, 大場志保, 上田秀之: 陶材とコンポジットレジンの TP 値, 歯科の色彩 15, 16-22, 2009.
- 31) 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.
- 32) Luo MR, Cui G, Rigg B: The development of the CIE 2000 Colour-difference formula: CIEDE2000, Color Res Appl 26, 340-350, 2000.
- 33) 中川喜晴: 歯冠色分析に関する研究, 補綴誌 19, 109-130, 1975.
- 34) Ruyter IE, Nilner K, Mour B: Color stability of dental composite resin materials from crown and bridge veneers, Dent Mater 3, 246-251, 1978.
- 35) Johnston WM, Kao EC: Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry, J Dent Res 68, 819-822, 1989.
- 36) 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.
- 37) 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.
- 38) 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色彩学的整合性について, 歯科の色彩 6, 4-25, 2000.



基準背景色
(白色校正板)



背景色①
色差値：11.39



背景色②
色差値：31.40



背景色③
色差値：51.49



背景色④
色差値：73.84



背景色⑤
色差値：91.60

図1 基準背景と本実験で使用した背景色



図2 ハンディ型分光色差計 (NF999 日本電色)

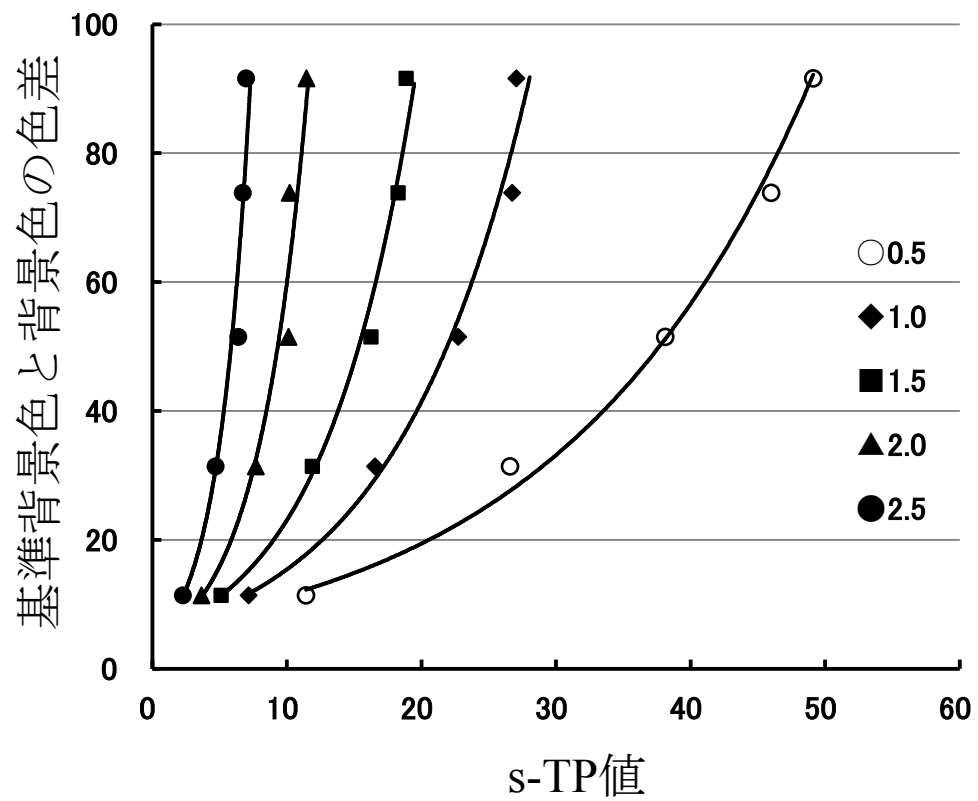


図3a シェードA3のs-TP値標準曲線

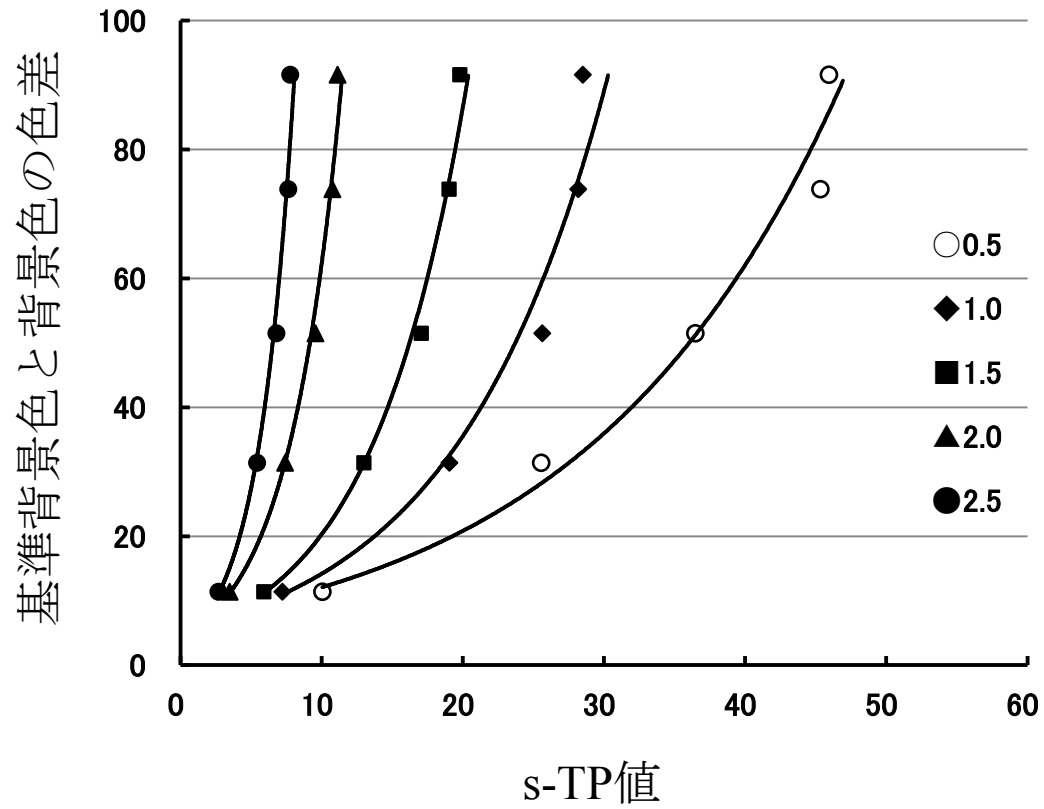


図3b シェードB3のs-TP値標準曲線

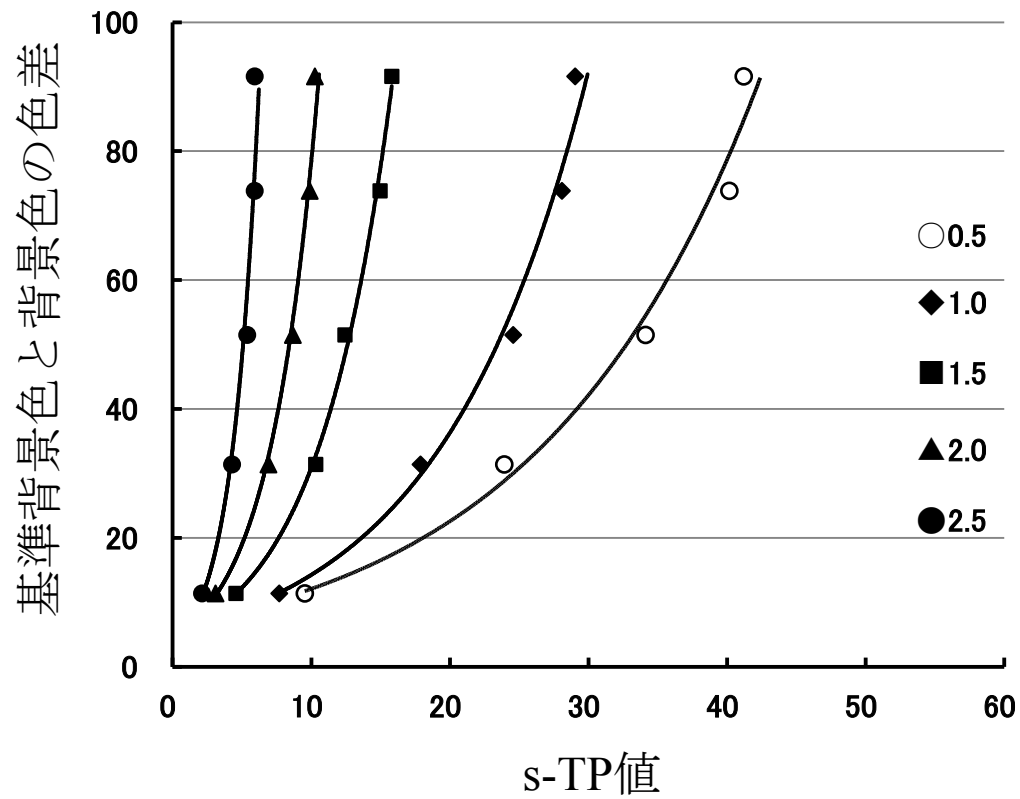


図3c シェードC3のs-TP値標準曲線

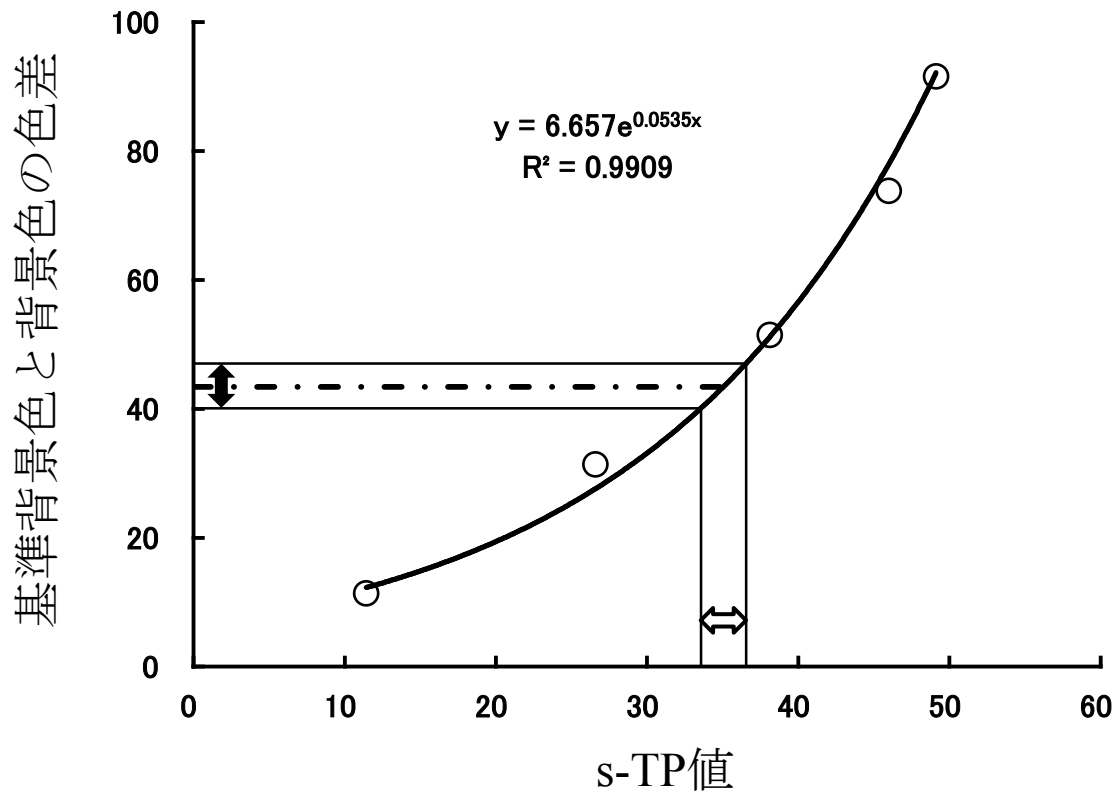
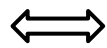


図4a シェードA3厚さ0.5mm試料の指数近似式と算出された
レジン色s-TP値および背景色遮蔽領域

----- レジン色差値



知覚色差 (レジン色s-TP値±1.5)



背景色遮蔽領域

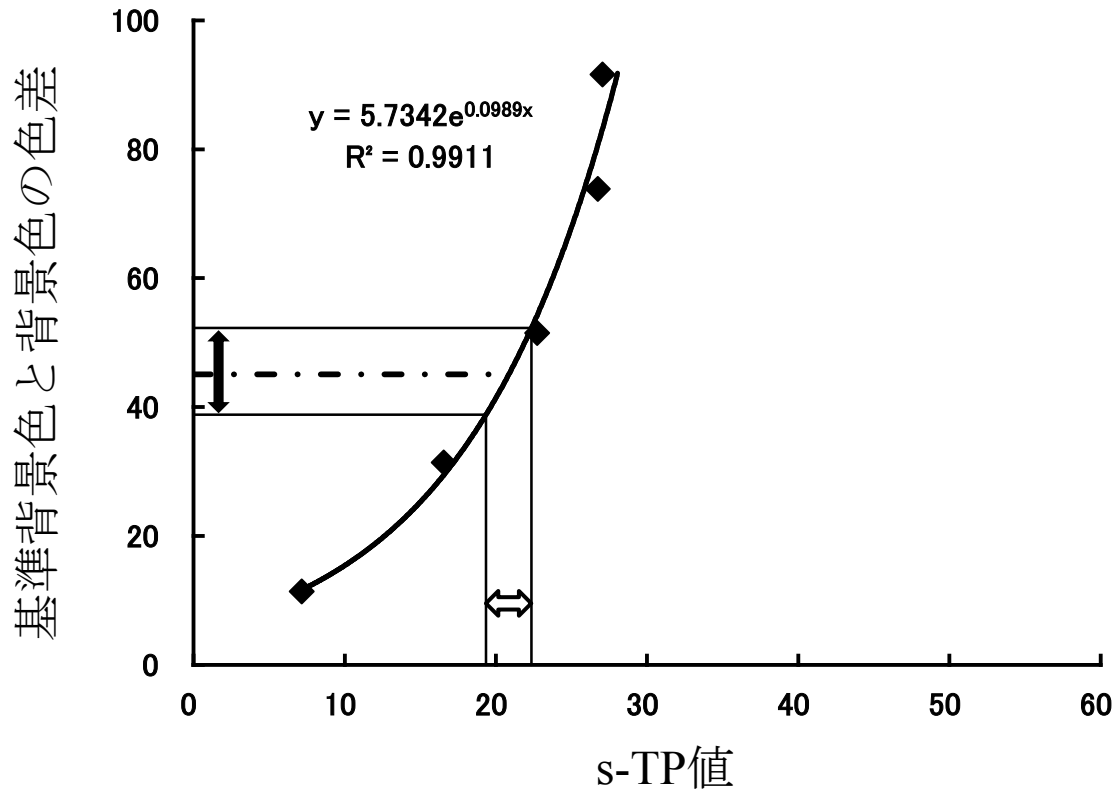


図4b シェードA3厚さ1.0mm試料の指数近似式と算出された
レジン色s-TP値および背景色遮蔽領域

- レジン色差値
- ⇔ 知覚色差 (レジン色s-TP値±1.5)
- ↑↓ 背景色遮蔽領域

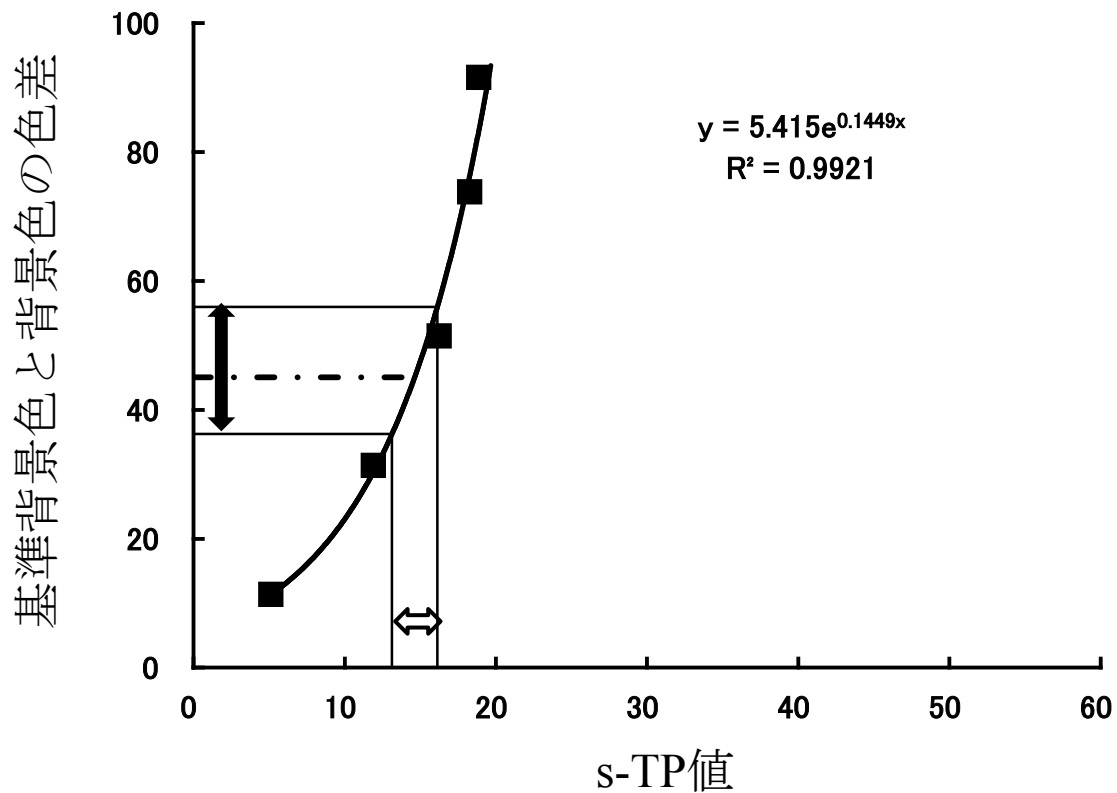
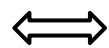


図4c シェードA3厚さ1.5mm試料の指数近似式と算出された
レジン色s-TP値および背景色遮蔽領域

----- レジン色差値



知覚色差 (レジン色s-TP値±1.5)



背景色遮蔽領域

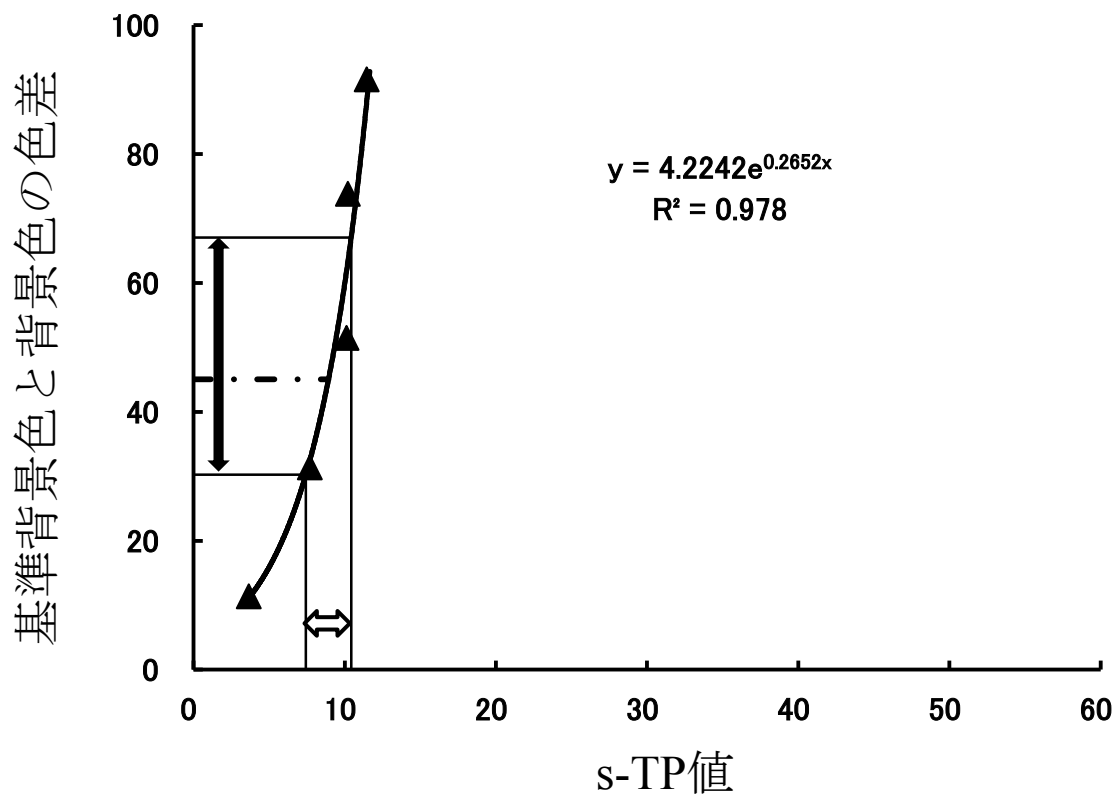
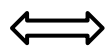


図4d シェードA3厚さ2.0mm試料の指数近似式と算出された
レジン色s-TP値および背景色遮蔽領域

----- レジン色差値



知覚色差 (レジン色s-TP値±1.5)



背景色遮蔽領域

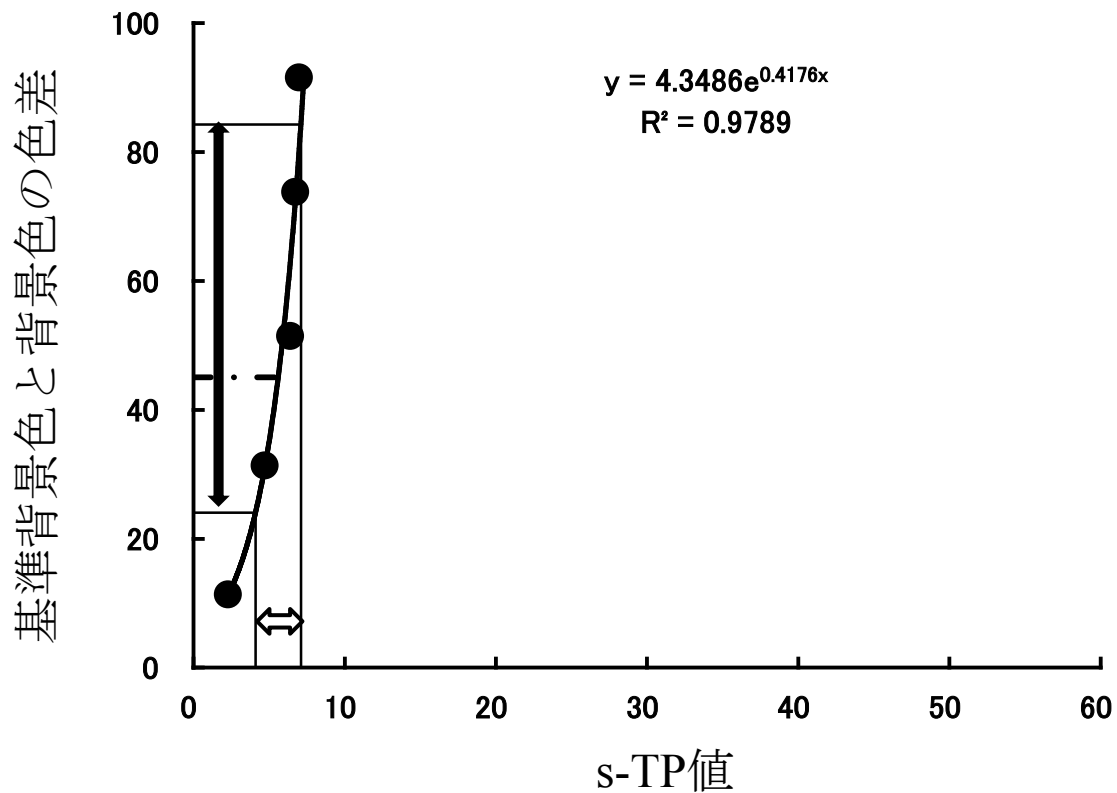


図4e シェードA3厚さ2.5mm試料の指数近似式と算出されたレジン色s-TP値および背景色遮蔽領域

- レジン色差値
- ↔ 知覚色差 (レジン色s-TP値 ± 1.5)
- ↑ 背景色遮蔽領域

基準背景色と背景色の色差

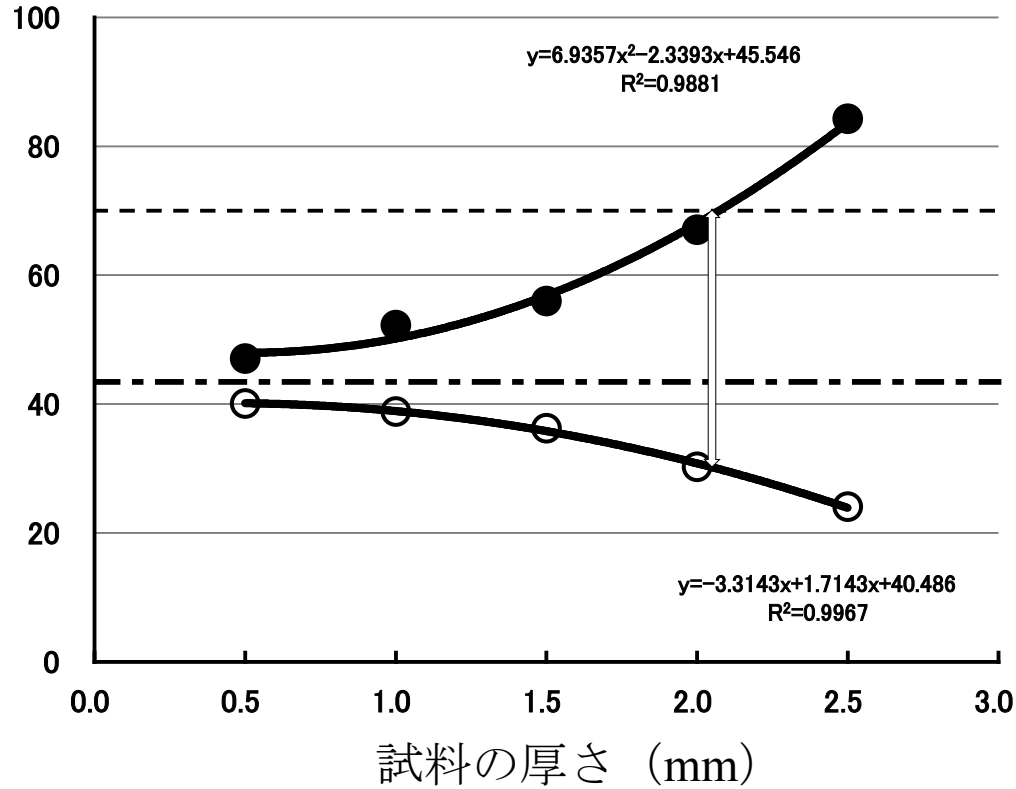


図5a シェードA3の厚さの違いと背景色遮蔽領域

- レジン色差値
- 仮定した着色象牙質の色差値
- ⇕ 背景色遮蔽領域

基準背景色と背景色の色差

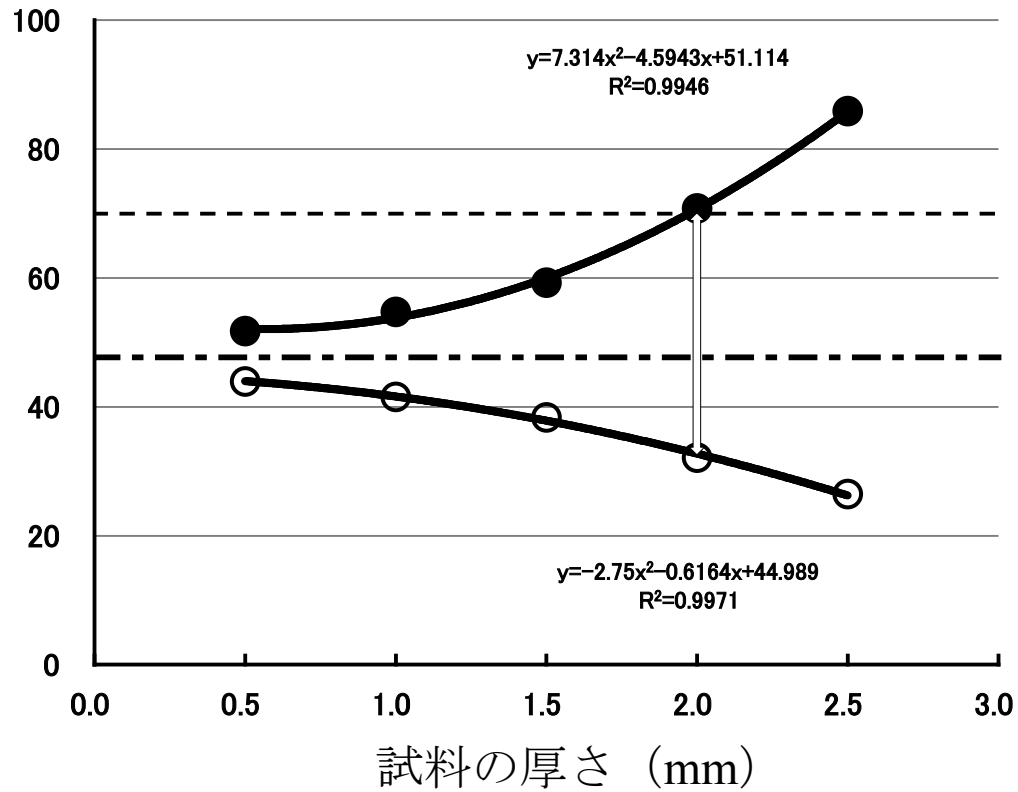


図5b シェードB3の厚さの違いと背景色遮蔽領域

- レジン色差値
- 假定した着色象牙質の色差値
- ⇕ 背景色遮蔽領域

基準背景色と背景色の色差

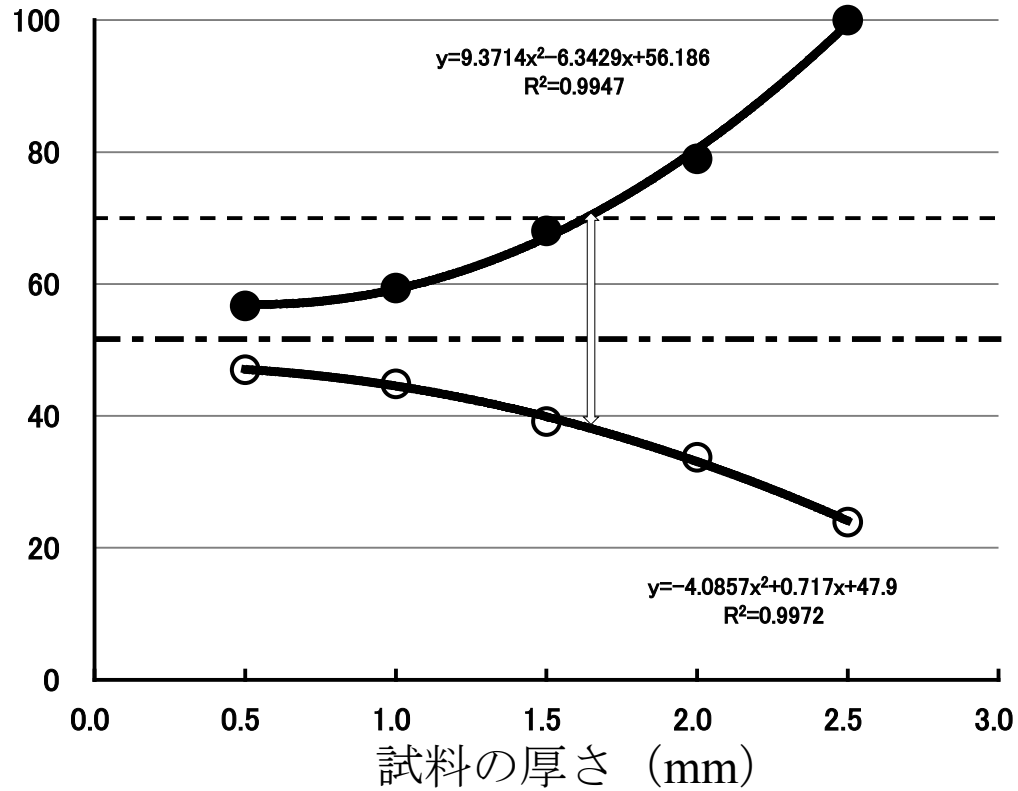


図5c シェードC3の厚さの違いと背景色遮蔽領域

- レジン色差値
- 假定した着色象牙質の色差値
- ⇕ 背景色遮蔽領域