

論 文

褐色鶏卵卵殻を用いたオフィス・ホワイトニング剤の漂白効果の検討

末永 愛^{1,★}, 近藤 惇^{2,★}, 金子 潤³¹医療法人社団 長谷川歯科 (新潟市中央区), ²医療法人徳真会 松村歯科新潟診療所 (新潟市西区),³明倫短期大学 歯科衛生士学科

A Study on the Bleaching Effect of In-Office Whitening by Means of Brown Eggshell

Ai Suenaga¹, Jun Kondoh², and Jun Kaneko³¹Hasegawa Dental Clinic²Matsumura Dental Clinic at Niigata³Department of Dental Hygiene and Welfare, Meirin College

現在, わが国ではオフィス・ホワイトニング剤としてハイライトTM(松風)とピレーネTM(三菱ガス化学)が主に用いられているが, その漂白効果を比較・検討するために褐色鶏卵卵殻を用いて実験を行った。

褐色鶏卵卵殻を縦断したものを計6試料作製し, 直径5 mmのウィンドウをあけたマウスガードシートを3ヶ所貼付, ウィンドウHはハイライトTM, ウィンドウPはピレーネTMにて業者指示どおりの方法で漂白4処置まで行った。術前および毎処置後に測色を行い, L*a*b*表色系にて各時点でのコントロールウィンドウとの差 ΔL^* , Δa^* , Δb^* から, 色差 ΔE と白色度の差 ΔW を算出して漂白効果を比較した。

漂白回数が進むにつれて両ウィンドウともL*値は上昇, a*値は低下という傾向を示したが, 数値の変動はウィンドウHの方が大きかった。 ΔE は1処置後以降で両群間に有意差を認め, ハイライトTMのほうで色彩変化が大きかった。 ΔW はウィンドウHで白色方向に大きく推移し, ウィンドウPではわずかに白色方向への変化を示した。1処置後以降で両群間に有意差を認め, ハイライトTMの方が漂白効果の高いことが示された。以上より, ピレーネTMによる漂白処置では, 光源の波長特性を十分に考慮した上で照射器を選択することが必要であり, ハイライトTMは高濃度の過酸化水素が含有されているため, 正しいホワイトニングの手技を身につけて適確に術式を進めることが大切である。

キーワード: オフィス・ホワイトニング, 褐色鶏卵卵殻, 漂白効果

Keywords: In-Office Whitening, Brown Eggshell, Bleaching Effect

緒 言

近年, 白い歯を求めて歯科医院に来院する患者さんが多くなり, 一般の臨床でも歯科ホワイトニング処置の頻度がますます増加傾向にある。生活歯のホワイトニングは, 歯科医院で行われるオフィス・ホワイトニングと患者さんが自宅で行うホーム・ホワイトニングとに大別されるが, 両者を併用するデュアル・ホワイトニングもしばしば用いられる¹⁾。

オフィス・ホワイトニングは歯科医院で3.5%または35%の過酸化水素を含有する薬剤を歯面に塗布し可視光線を照射する方法で, 短時間で歯の漂白を行なう。色の後戻りが比較的早く, 術中の知覚過敏も出やすいという欠点はあるが, すぐに歯の色を白くしたいという患者さんに適した方法である。ホーム・ホワイトニングは診療室外で歯科医師・歯科衛生士の指示のもと, 10%過酸化尿素を主成分とする薬剤を患者さんの歯列に合わせて作製したカスタム

★明倫短期大学歯科衛生士学科10回生, 同専攻科口腔保健衛生学専攻1回生

原稿受付: 2010年10月26日, 受理 2010年11月30日

連絡先: 〒950-2086 新潟市西区真砂3-16-10 明倫短期大学 金子潤 TEL.025-232-6351 (内線175)

本論文は2010年2月, 独立行政法人大学評価・学位授与機構の学士の学位授与の申請に係わる「学修成果・試験の審査」に合格したものである。

トレーに注入し、毎日決められた時間装着する。オフィス・ホワイトニングよりも期間は比較的長くなるが、患者さんのやる気次第で自然感のある白い歯を手に入れることが出来る^{2,3)}。

現在わが国で厚生労働省の認可を受けているオフィス・ホワイトニング剤は、ハイライトTM（松風：図1）とピレーネTM（三菱ガス化学：図2）の2製品である。ハイライトTMは35%過酸化水素の含まれた液と助触媒・促進剤等の含まれた粉を練和して歯面に塗布し、過酸化水素が分解して発生する活性酸素の働きによって歯の変着色を漂白するもので、光照射によりこの働きを促進させる。ピレーネTMは3.5%過酸化水素と光触媒である二酸化チタンの含まれた2つの液を混和して歯面に塗布し、光照射に

よって活性酸素を発生させて漂白する。両者とも歯科臨床でしばしば用いられているが、漂白効果について比較検討した文献は多くない^{4,5)}。

一方、*in vitro*においてホワイトニング剤の漂白効果を検討する場合、褐色鶏卵卵殻を用いる方法が有効との報告がある^{6,7)}。褐色鶏卵卵殻の主成分は炭酸カルシウムであり、表面の着色はヘマトポルフィリンの類似物質であるプロトポルフィリンによるものとされている。また着色は有機溶媒などの溶剤で変化することなく、一個体の表面は比較的一様な色を示し、ドライヤーなどで乾燥状態にして測色すると数週間安定した色を示すとされている。

今回、わが国で用いられている上記2種のオフィス・ホワイトニング剤がどの程度の漂白力を有するのか、また両者の間で漂白効果に差が見られるのか疑問に思い、褐色鶏卵卵殻を用いた方法で調べることにした。

材料および方法

1. 試料の作製

市販の褐色鶏卵で、色が濃い・見た目の色差が少ないものを選び、これを12分間煮沸後常温で冷まし、ダイヤモンドディスクで縦断して卵白・卵黄のみ除去したものを計6試料作製し、試料①～⑥とした。試料の強度を保つため、外卵殻膜は残したままとした。試料を37℃の恒温槽に入れて24時間保管し、直径5 mmのウィンドウをあけたマウスガードシート

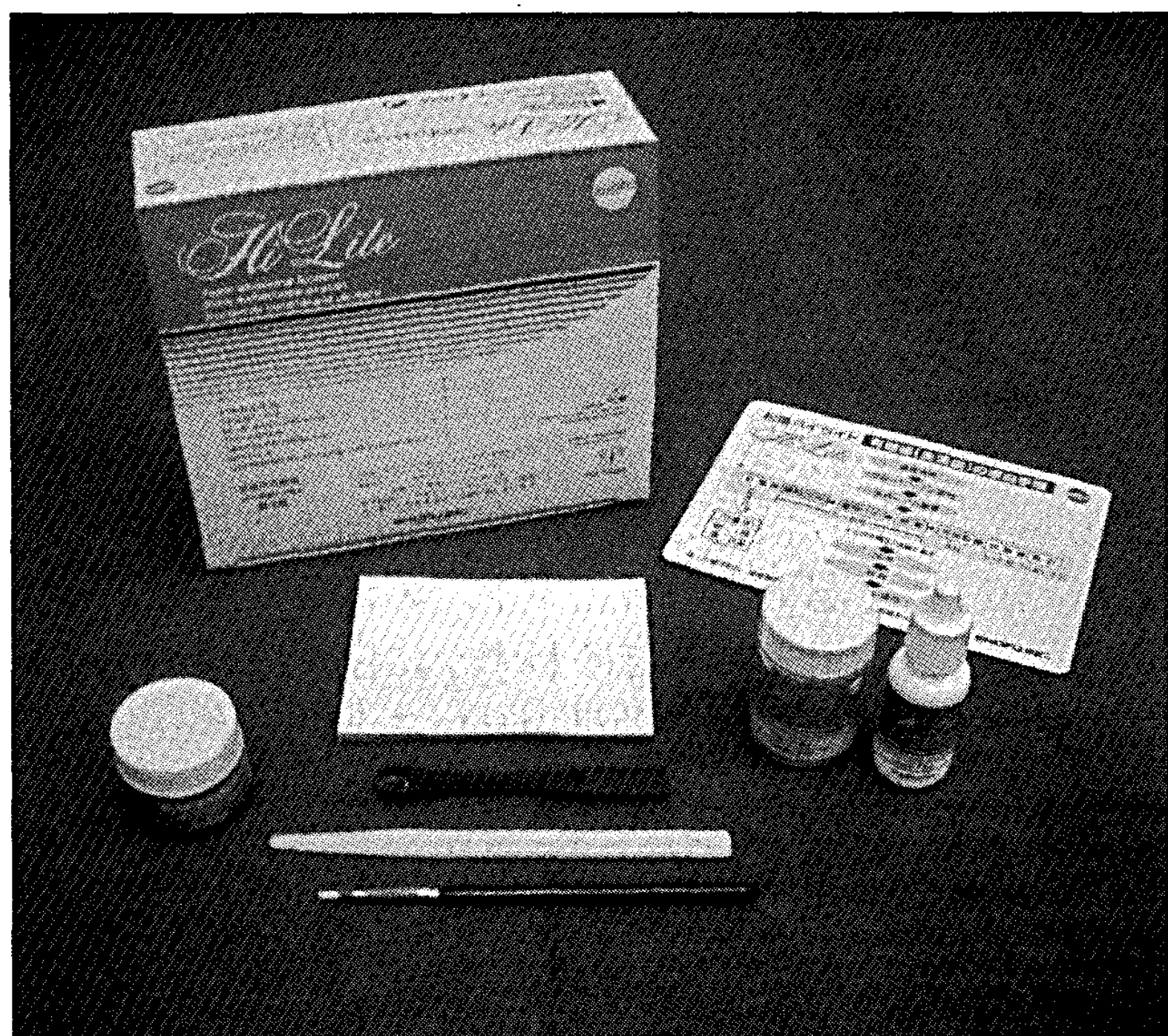


図1. ハイライトTM（松風）



図2. ピレーネTM（三菱ガス化学）

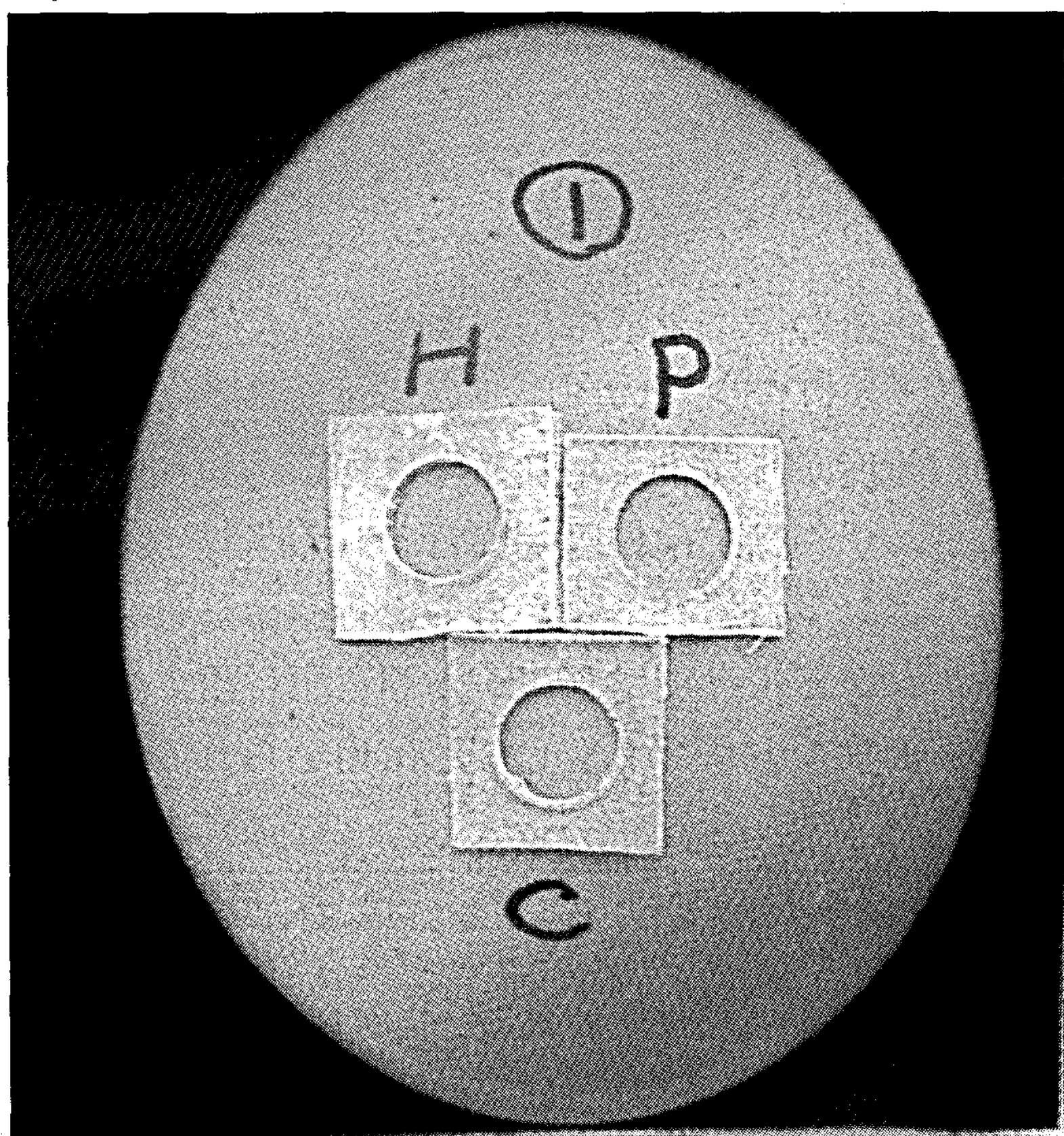


図3. 術前の試料の状態

を1つの試料につき3ヶ所貼付した(図3)。ウィンドウHはハイライト™, ウィンドウPはピレーネ™にて漂白を行い, ウィンドウCは漂白剤の塗布や光照射を行わずコントロールとした。なお, 漂白処置を行う時間帯以外はすべての試料を37℃恒温槽中に保管した。

2. 漂白方法

恒温槽から取り出した試料をドライヤーで15分間乾燥させ, それぞれの試料のウィンドウHおよびウィンドウPを, いずれも業者指示どおりの方法で漂白した。

すなわち, ハイライト™は粉:液を1:3に計量し, 練和・ウィンドウHへの塗布・放置を5分で行い, その後光照射3分, 放置2分, 漂白剤の除去という手順で行った。この術式3サイクルを1処置とし, 計4処置行なった。ピレーネ™は溶液1を溶液2の容器に入れて約1分間手動による混和を行い, 均一な漂白剤ができたならウィンドウPに塗布, 光照射5分, 漂白剤の除去という手順で行った。この術式3サイクルを1処置とし, 計4処置行なった。

なお漂白処置における光照射は, ハイライト™では歯科用可視光線照射器での光照射が指示されており, ピレーネ™では使用説明書に380~420nmの波長に最も良く反応すると記載されていることから, 本実験ではコンポジットレジン重合用の歯科用可視光線照射器であるオプチラックス™ 501 (サイブロン・デンタル) を用いることとした。本照射器の出力波長範囲は400~505nmであり, 操作モードはCモードで行った。

3. 測色と漂白効果の評価

術前および毎処置後に試料をドライヤーで15分間乾燥し, 写真撮影後にシェードアイ™ NCC (松風) のアナライズモードにて1つのウィンドウにつき3回測色を行い, その平均値を各ウィンドウの測色値とした。なお表色にはL*a*b*表色系を用い, 各時点でのウィンドウCとの差 ΔL^* , Δa^* , Δb^* を算出し, 以下の式によって色差 ΔE と白色度Wの差 ΔW を算出して漂白効果を比較した。

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

$$\text{白色度 } W = 100 - \{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}\}^{1/2}$$

$$\text{白色度差 } \Delta W = W_{\text{ウィンドウH or P}} - W_{\text{ウィンドウC}}$$

なお, 統計学的検定は ΔE および ΔW について Student's *t*-testを用い, 有意水準5%にて行なった。

結 果

1. 褐色鶏卵卵殻試料の状態

漂白4処置後の試料①の写真を図4に示す。ウィンドウHとウィンドウPを肉眼的に比較すると, ウィンドウHの方がより漂白されていることが明瞭に観察された。また, ウィンドウCは周囲の卵殻色と同様の色彩を呈していた。

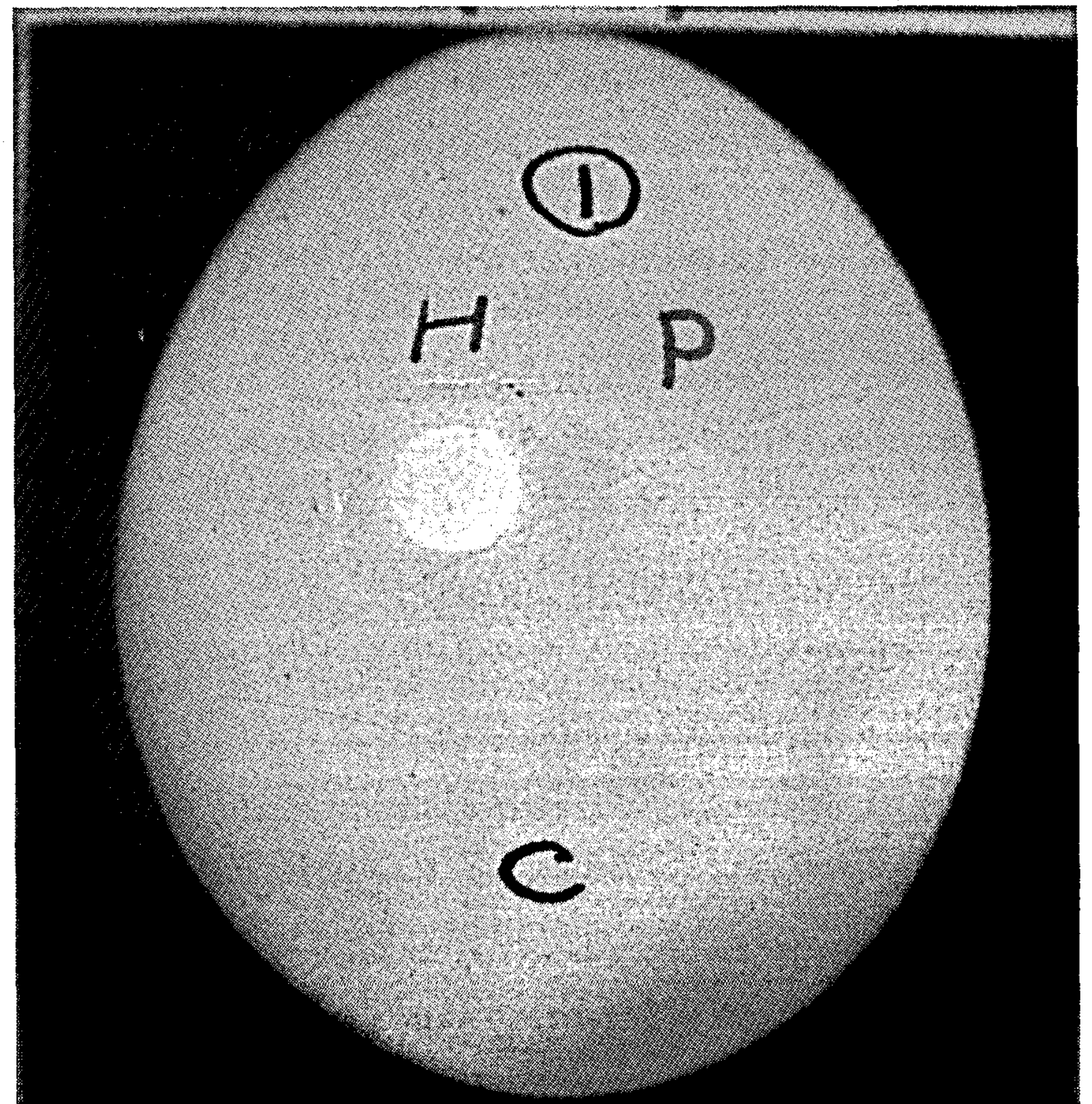


図4. 漂白4処置後の試料の状態

2. 試料漂白前後の ΔL^* の変動

術前から漂白4処置後までの卵殻色の ΔL^* の推移を図5に示す。ウィンドウHの全試料の平均値は術前 0.0 ± 0.6 , 1処置後 3.3 ± 1.4 , 2処置後 7.9 ± 1.3 , 3処置後 13.7 ± 2.9 , 4処置後 16.9 ± 2.7 であり, 漂白回数を重ねるに従って明度が上昇した。ウィンドウPの全試料の平均値は術前 -0.1 ± 1.0 , 1処置後 -0.1 ± 0.8 , 2処置後 0.6 ± 0.8 , 3処置後 2.9 ± 0.4 , 4処置後 2.1 ± 1.2 であり, 5つの試料で3処置後より4処

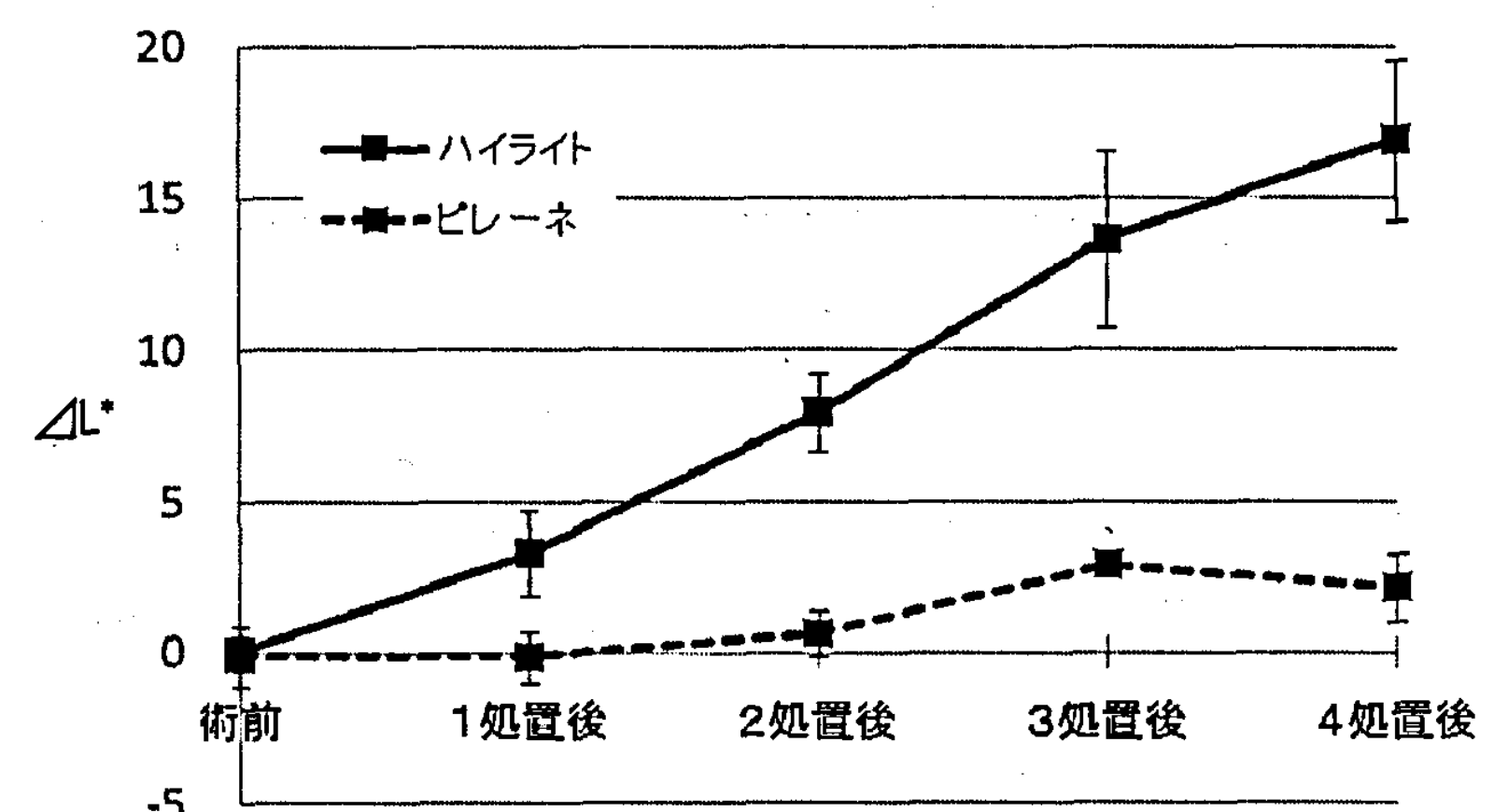


図5. オフィス・ホワイトニングによる卵殻色の ΔL^* の推移

置後の数値に低下がみられた。

3. 試料漂白前後の Δa^* の変動

術前から漂白4処置後までの卵殻色の Δa^* の推移を図6に示す。ウィンドウHの全試料の平均値は術前 0.1 ± 0.4 , 1処置後 -1.8 ± 0.5 , 2処置後 -5.3 ± 0.6 , 3処置後 -8.8 ± 0.8 , 4処置後 -11.1 ± 0.9 を示したが、試料により少々ばらつきがみられた。ウィンドウPの全試料の平均値は術前 0.0 ± 0.2 , 1処置後 -0.1 ± 0.2 , 2処置後 -0.6 ± 0.2 , 3処置後 -0.9 ± 0.2 , 4処置後 -1.5 ± 0.2 であり、試料による差はウィンドウHよりみられなかった。

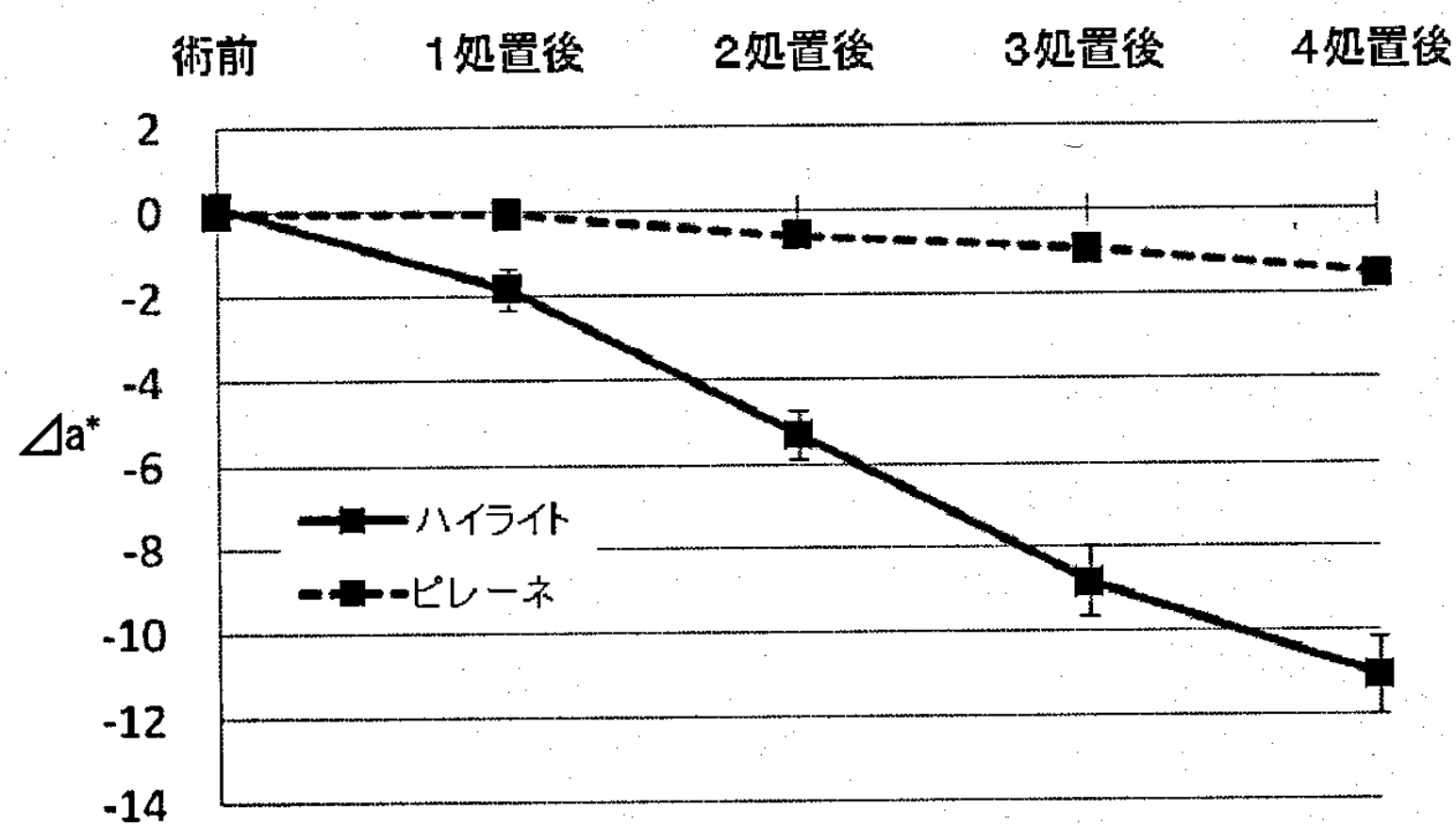


図6. オフィス・ホワイトニングによる卵殻色の Δa^* の推移

4. 試料漂白前後の Δb^* の変動

術前から漂白4処置後までの卵殻色の Δb^* の推移を図7に示す。ウィンドウHでは1処置後に数値が上昇したものが4つの試料でみられたが、2処置後からはすべての試料で減少傾向を示した。ウィンドウHの全試料の平均値は術前 0.3 ± 0.3 , 1処置後 0.2 ± 1.4 , 2処置後 -1.9 ± 1.0 , 3処置後 -4.1 ± 0.7 , 4処置後 -7.5 ± 1.2 であった。ウィンドウPでは、1処置後および3処置後に数値の上昇が5つの試料でみられた。ウィンドウPの全試料の平均値は術前 0.3 ± 0.4 , 1処置後 1.3 ± 0.6 , 2処置後 1.0 ± 0.7 , 3処置後 1.3 ± 0.8 , 4処置後 0.5 ± 1.0 を示した。

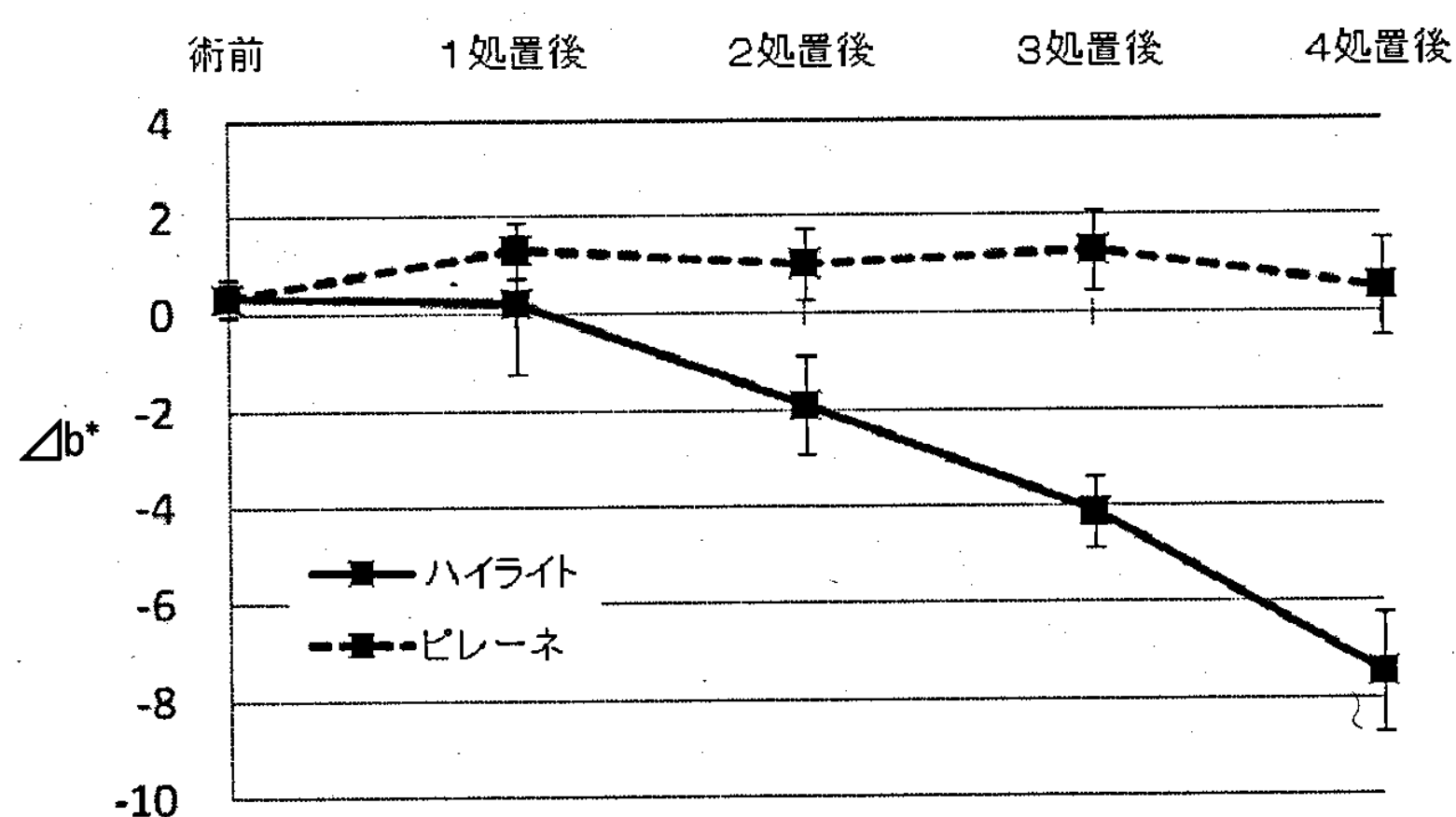


図7. オフィス・ホワイトニングによる卵殻色の Δb^* の推移

5. 色差 ΔE の変動

術前から漂白4処置後までのウィンドウCとの色差 ΔE の推移を図8に示す。ウィンドウHでは術前 0.3 ± 0.4 , 1処置後 4.0 ± 1.4 , 2処置後 9.8 ± 1.3 , 3処置後 16.8 ± 2.9 , 4処置後 21.6 ± 2.8 であった。これらの色差を感覚として表現⁹⁾すれば、ウィンドウHはウィンドウCに比べて、1処置後は「わずかに差がある」、2処置後には「極めて差がある」、3処置後以降は「別系統の色である」という結果であった。ウィンドウPでは術前 0.0 ± 0.0 , 1処置後 1.6 ± 0.4 , 2処置後 1.7 ± 0.3 , 3処置後 3.4 ± 0.4 , 4処置後 2.9 ± 1.0 であった。色差の感覚としては、ウィンドウPはウィンドウCに比べて、1処置後および2処置後は「容易に差を認める」程度であったが、3処置後には「かなり差がある」という結果であった。術前は両群間で有意差が認められなかったが、1処置後以降ではすべての時点で有意差を認め、ウィンドウHの方が漂白による色彩変化が大きかった。

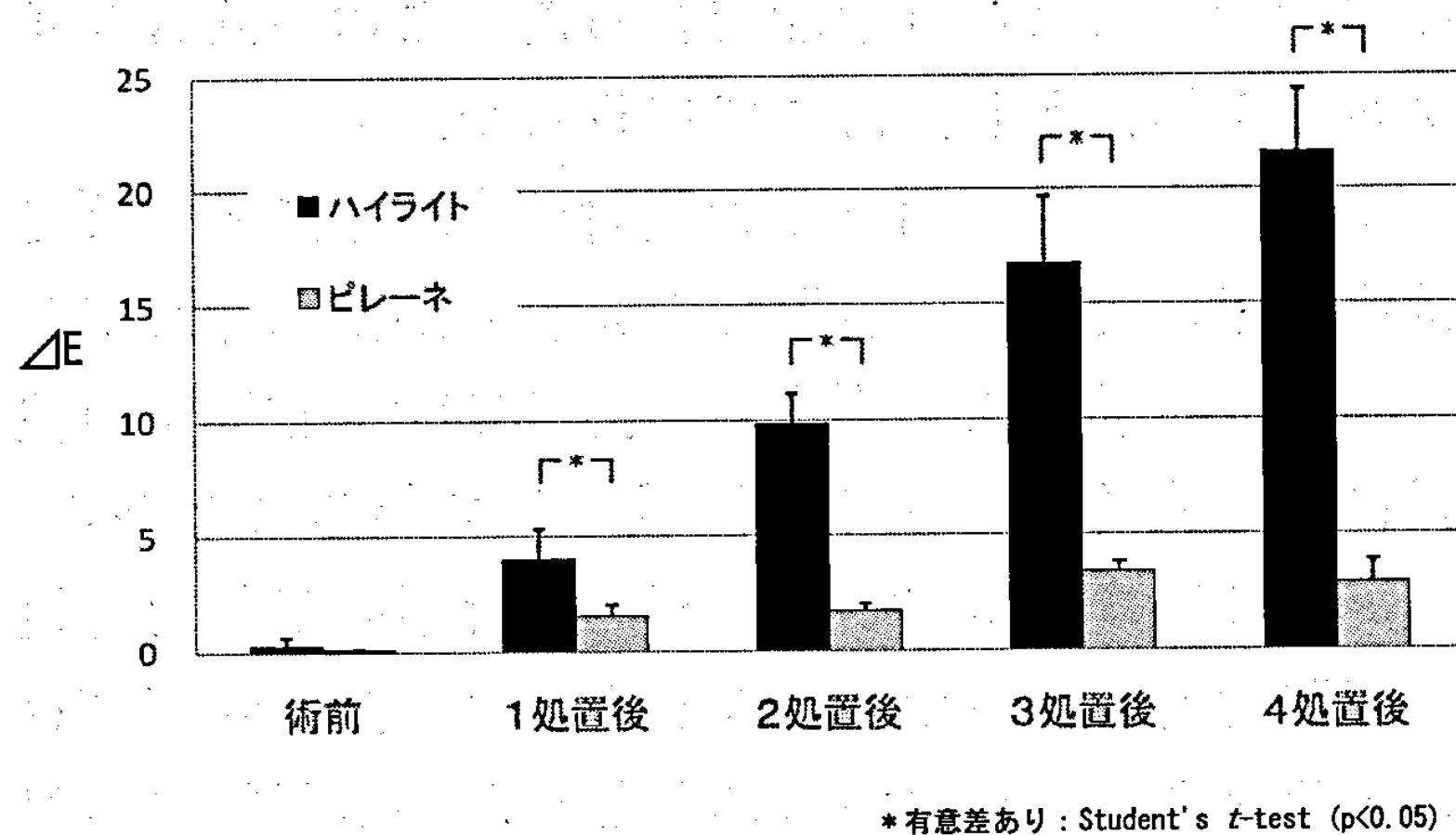


図8. オフィス・ホワイトニングによる卵殻色の ΔE の推移

6. 白色度差 ΔW の変動

術前から漂白4処置後までのウィンドウCとの白色度差 ΔW の推移を図9に示す。ウィンドウHでは術前 -0.1 ± 0.4 , 1処置後 2.8 ± 1.9 , 2処置後 8.4 ± 1.1 , 3処置後 14.7 ± 2.5 , 4処置後 19.6 ± 2.5 であった。ウイ

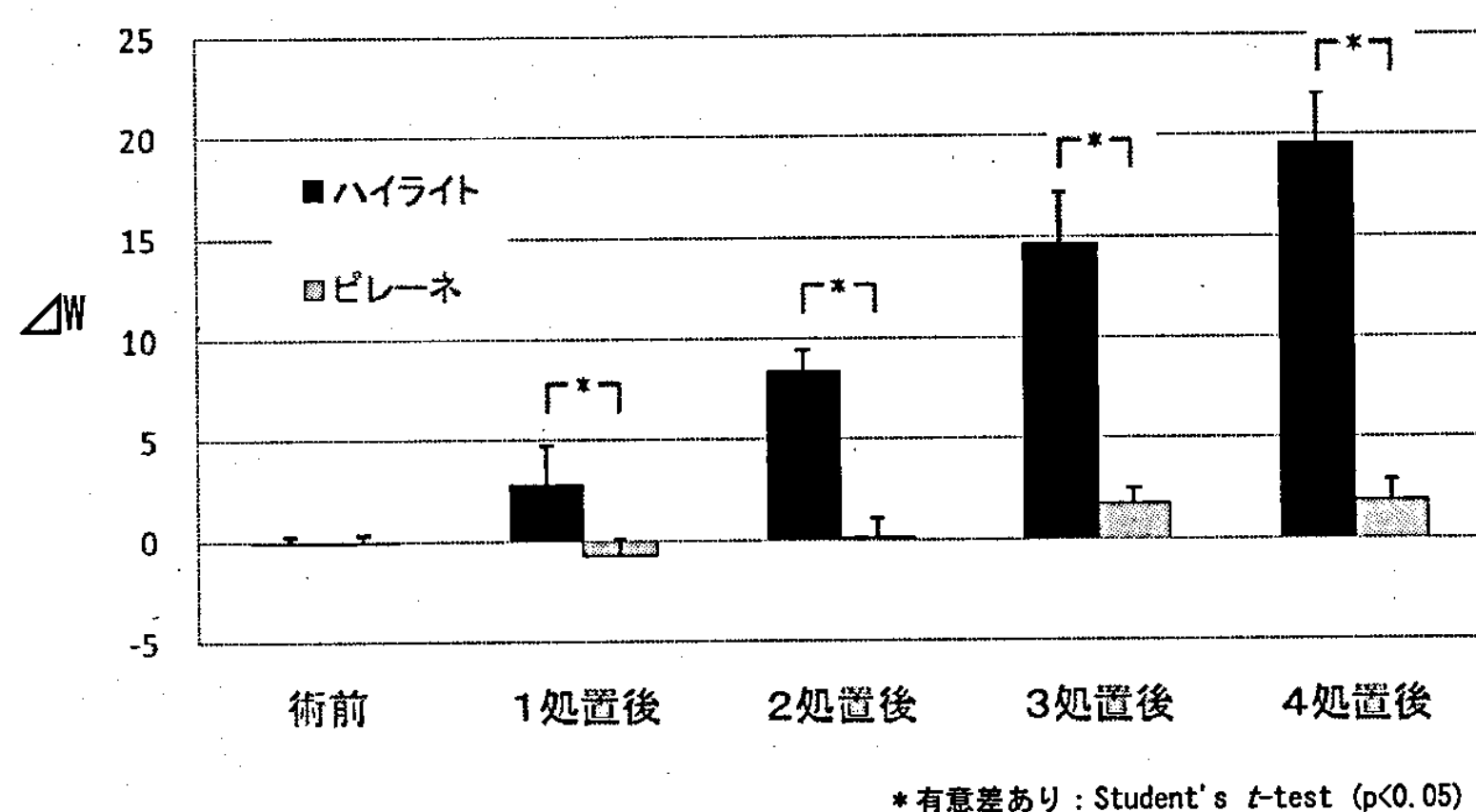


図9. オフィス・ホワイトニングによる卵殻色の ΔW の推移

ンドウPでは術前 -0.1 ± 0.4 , 1処置後 -0.8 ± 0.8 , 2処置後 0.2 ± 1.0 , 3処置後 1.8 ± 0.8 , 4処置後 1.9 ± 1.0 であった。以上の結果より, ウィンドウHでは色彩変化が白色方向に大きく推移したことを示した。一方, ウィンドウPではわずかに白色方向への変化を示した。術前では両群間で有意差が認められなかったが, 1処置後以降ではすべての時点で有意差を認め, ウィンドウHの方が明らかに漂白効果の高いことが示された。

考 察

現在, 生活歯漂白法にはオフィス・ホワイトニングとホーム・ホワイトニング, 両者を併用したデュアル・ホワイトニングがあり, 患者さんの希望や状態などに合わせてホワイトニング法を選択して行われている。オフィス・ホワイトニングは3~4回ほど歯科医院に来院して, 3.5%または35%の過酸化水素の含まれた漂白剤を用いて行う方法である。この過酸化水素(H_2O_2)は分解される際に不安定な活性酸素(フリーラジカル)が発生し, 歯質内の有機化学物質を分解するため, 歯が漂白される¹⁰⁾。本実験では, 現在わが国で許認可を受けている生活歯漂白剤のうち, オフィス・ホワイトニング剤のハイライトTMとピレーネTMについて, その漂白効果をおののの業者指示通りの方法により*in vitro*で褐色鶏卵卵殻を用いて比較した。

ハイライトTMは粉成分にアロエジル, 金属塩, 指示薬等の助触媒・促進剤を, 液成分に35%過酸化水素水を含む。粉と液を反応させて発生する活性酸素の働きを, 可視光線照射器を用いることでさらに促進できる変色歯漂白剤である⁴⁾。過酸化水素濃度は35%と高く, 強い刺激性や組織腐蝕性があるので取扱いには十分な注意を要する。また活性酸素が発生する際に過酸化水素蒸気が蒸散するため, 換気を良くして処置を行う必要がある。

ピレーネTMは溶液1に6%過酸化水素, 85%リン酸, ピロリン酸四ナトリウム, 十水塩, 精製水を, 溶液2に二酸化チタン, 合成ケイ酸マグネシウムナトリウム, 精製水を含有する⁴⁾。溶液1・2を混和後, 歯面に塗布し光照射を行うことで漂白効果を発揮する。過酸化水素濃度は溶液を混和することで3.5%となり, また二酸化チタンは380~420nmの可視光線に反応するよう改良されている^{4,8)}。光照射によって漂白効果を発揮するピレーネTMであるが, 照射する光の波長により効果が影響を受け, また過酸化水

素濃度はハイライトTMの約1/10であるため, *in vitro*においても漂白効果に差があるのではないかと予想された。

漂白処置ごとに行った写真撮影の結果, 図2に示すようにハイライトTMはピレーネTMより漂白効果が顕著に観察された。毎処置後の測色結果から算出した ΔL^* , Δa^* , Δb^* の推移においても, ハイライトTMの数値はピレーネTMに比べて大きく変化していた(図3~5)。また色差 ΔE および白色度差 ΔW の推移でも, ハイライトTMはピレーネTMに比べて有意に色彩変化が大きく漂白効果も高いことが示された。

ピレーネTMの漂白効果が低かった要因については, ピレーネTMの過酸化水素濃度がハイライトTMの1/10程度であること, 可視光線照射器の出力波長がピレーネTM業者指示の波長と重なる部分が少なかったことが考えられた。液成分に含まれている二酸化チタンが光触媒作用を有しているため過酸化水素濃度を低下させている点を補うと思われたが, やはり35%と3.5%の濃度の違いが漂白効果の差となって表れたと思われる。また, 二酸化チタンが光触媒として働くには, 通常紫外域(波長380nm以下)の光の照射が必要とされる⁸⁾。ピレーネTMに含まれる二酸化チタンは波長380nm以上の可視光域でも光触媒として作用するように改良が加えられているが, 今回用いた可視光線照射器オプチラックスTM501は波長が400~505nmであり, 改良されているといってもやはり波長の低い方が光触媒の活性が高まるため, 漂白効果を向上させるにはより低波長にピークのある光照射器を使用するか照射時間を長くする必要があると考えられた。このため, ピレーネTMによる漂白処置を行う際には, 可視光線照射器の特性を十分に考慮した上で選択することが大切である。

生活歯漂白剤の有効性判定のための試料の一つとして, 褐色鶏卵卵殻が有用であるとの報告がある^{2,6,7)}。短期間に個体差のない均一な着色エナメル質を得ることは難しいが, 褐色鶏卵は歯に比べて一般に入手しやすい。卵殻の主成分は炭酸カルシウムであり, 表面の着色はヘマトポルフィリンの類似物質であるプロトポルフィリンによるものとされている。また着色は有機溶媒などの溶剤で変化することなく, 一個体の表面は比較的一様な色彩を示し, 乾燥状態にして測色すると数週間安定した値を示すとされている。このような利点から, 褐色鶏卵卵殻は生活歯漂白剤の*in vitro*における漂白力を判定するための着色モデルとしては適切であるが, 一方で今回の実験

結果がすべてヒトの歯にも当てはまる訳ではないと考えられる。褐色鶏卵の卵殻はヒトの歯よりもかなり赤みが強いため、今回 a^* 値が漂白処置により減少傾向を示したが、ヒトでは a^* 値はさほど変動せず、むしろ黄色みが強いために b^* 値が大きく減少するものと考えられた。

歯科衛生士としてオフィス・ホワイトニングに携わるにあたり、本実験では試料のウィンドウ内のみには漂白剤を塗布していたが、患者さんに漂白処置を行う場合は歯だけでなく歯肉・舌・口唇・皮膚などの軟組織もよく観察しながら処置を行う必要がある。特にハイライトTMでは35%と高濃度の過酸化水素が含有されているため軟組織に付着すると疼痛や皮膚粘膜の白化などを引き起こしやすく、歯科衛生士は正しいホワイトニングの手技を身につけて適確に術式を進めることが大切であると考えらる。

結 論

今回、オフィス・ホワイトニング剤であるハイライトTMとピレーネTMの漂白効果を褐色鶏卵卵殻を用いて比較・検討したところ、以下の結論を得た。

1. 目視による比較では、ハイライトTMの方がピレーネTMよりも明らかに漂白効果が高いことが観察された。
2. 各漂白処置後に行った測色結果では、両漂白剤とも L^* 値上昇、 a^* 値低下という傾向がみられ、ハイライトTMの数値の増減はピレーネTMよりも顕著に大きいことが確認された。 b^* 値はハイライトTMのみ減少傾向がみられた。
3. 色差 ΔE と白色度差 ΔW では、1処置後以降すべての時点で両漂白剤間に有意差があり、本実験条件ではハイライトTMの方がピレーネTMよりも色彩変化が大きく漂白効果の高いことが明らかとなった。

謝 辞

本研究の遂行に際し快くアドバイスをいただきました日本大学松戸歯学部う蝕抑制審美治療学講座の福嶋千春先生に深謝いたします。

文 献

- 1) 金子 潤：PMTCとホワイトニング。明倫歯誌 9：31-36, 2006
- 2) 福嶋千春, 大場志保, 藤田 光, ほか：生活歯漂白方法の検討－卵殻による漂白効果の評価ならびにヒトエナメル質の表面粗さ－。日歯保存誌 51：419-425, 2008
- 3) 加藤純二, 五十嵐章浩, 中澤妙衣子, ほか：漂白の基礎とメカニズム。歯界展望 110：734-743, 2007
- 4) 中澤妙衣子, 加藤純二, 平井義人：二酸化チタン含有低濃度過酸化水素剤の漂白効果－高濃度過酸化水素剤との比較－。日歯保存誌 50：373-378, 2007
- 5) 帆足亮太郎, 東光照夫, 久光 久：二酸化チタン光触媒漂白材の漂白効果および臨床成績。日歯保存誌 52：208-218, 2009
- 6) 池見聡司, 福嶋千春, 大場志保, ほか：生活歯漂白－漂白スタンダードとして褐色鶏卵卵殻の応用－。日歯保存誌 50：471-478, 2007
- 7) 福嶋千春, 大場志保, 飯泉 淳, ほか：生活歯漂白－褐色鶏卵卵殻を使用した照射時間の検討－。日歯保存誌 51：203-209, 2008
- 8) 加藤純二, 中澤妙衣子, 末森 豪, ほか：光反応型漂白剤「ピレーネTM」の特徴と臨床。歯界展望 110：744-754, 2007
- 9) 指宿真澄：歯冠色のアート。13-14, G C, 東京, 1994
- 10) 日本歯科審美学会監修：コーディネーターのためのホワイトニングマニュアル－すべての人に白い歯を－。64-70, 財団法人口腔保健協会, 東京, 2008