

【原 著】

変色歯に対するホームブリーチング剤適用時間の検討

小倉 真奈 飯塚 純子 國松 雄一 中村 郁哉<sup>1)</sup>

木村-須田 廣美<sup>1)</sup> 高垣 裕子<sup>2)</sup> 向井 義晴

神奈川歯科大学歯学部 臨床科学系 歯科保存学講座 保存修復学分野,

<sup>1)</sup> 公立千歳科学技術大学大学院 理工学研究科

<sup>2)</sup> 神奈川歯科大学歯学部,

Study on Effective Application Time of Home Bleaching Agents on a Discolored Teeth Model

OGURA Mana, IIZUKA Junko, KUNIMATSU Yuichi, NAKAMURA Fumiya<sup>1)</sup> ,

KIMURA-SUDA Hiromi<sup>1)</sup> , MIKUNI-TAKAGAKI Yuko<sup>2)</sup> , MUKAI Yoshiharu

*Department of Restorative Dentistry, Kanagawa Dental University,*

<sup>2)</sup> *Graduate School of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology*

<sup>3)</sup> *Faculty of Dentistry, Kanagawa Dental University*

Purpose : At-home teeth bleaching agents are commonly applied in a mouth guard-like tray worn for 2 h a day for 14 days. However, some patients complain of dentin hypersensitivity associated with long application time. We investigated the influence of treatment time on color change for two bleaching agents.

Methods : Seventy enamel-dentin blocks (5 × 6 × 2 mm) cut from the crown of bovine central incisors were polished using #2,000 waterproof abrasive paper. After immersion in black tea to stain for 14 days, the enamel surfaces were brushed with non-fluoride paste and the baseline color was measured. They were randomly divided into one control and six treatment groups of 10 samples. Enamel surfaces in treatment groups were treated with TiON Take Home Platinum (TiON) or Opalescence 10 % (Opal) for 60, 90, or 120 min per day, then stored under 100 % humidity at 37 °C. Color measurement was performed on day 1, 3, 5, 7, and 14 after application and

compared to the baseline values, and then change in color ( $\Delta E^*ab$ ) was determined. Within-and between-group  $\Delta E^*ab$  values were compared by measurement day and treatment time and analyzed by two-way analysis of variance followed by Games-Howell's nonparametric post-hoc test. Changes in organic components in teeth were assessed using Fourier transform infrared (FTIR) imaging.

Results : Regardless of measurement day and bleaching agent, no significant difference in color change was observed between 90-and 120-min treatment. TiON treated teeth showed no significant difference in color change between 60-and 120-min treatments. FTIR images of 120-min treated samples revealed remnants of organic components in the enamel-dentin junction of Opal but not TiON treated teeth.

Conclusion : The bleaching agent containing a highly hydrophilic base material removed chromogens within teeth without diminishing the whitening effect even in the 60-min period. FTIR imaging is useful to assess bleaching effects inside enamel by revealing changes in organic components.

キーワード : discolored teeth(変色歯), home bleaching(ホームブリーチング),

application time(適用時間), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

## 緒 言

ブリーチング剤は 1990 年代から市販が開始され、今日までに多くの製品が開発されてきた<sup>1)</sup>。さまざまなメディアを通じて、一般の人々にはホワイトニングとして広く認知されており<sup>2,3)</sup>、治療を希望する患者は増加傾向にある<sup>4,5)</sup>。歯を削らずに白くするブリーチング治療は、自身の歯を残したいという患者のニーズに合わせたもの<sup>6)</sup>であり、審美的欲求にも応えた治療方法である。生活歯に対するブリーチングには大きく分けてオフィスブリーチングとホームブリーチングの 2 種類の方法がある。主として 35% という高濃度の過酸化水素を使用するオフィスブリーチングは、安全性を考慮し歯科医院で施術が行われている。一方、10%の過酸化尿素を主成分とするホームブリーチングでは、口腔内で体温と唾液による分解を受け、3%程度の過酸化水素となる。低濃度の過酸化水素水は口腔内の消毒薬としても使用されており、口腔内組織への為害性や副作用を持たない安全性の高い薬剤と言われている<sup>7,8)</sup>。そのため、患者自身が自宅で手軽にブリーチングを行える方法として広く普及している。ホームブリーチングの通法では薬剤を塗布したマウストレーを 1 日 2 時間装着し、約 2 週間適用させる必要がある。しかしながら、現代の日常生活において纏まった時間の確保は困難な状況であり、適用時間の短縮を希望する患者も少なくない。加えて、口腔内に異物を長時間入れ続ける違和感は、患者自身への精神的な負担も大きく、治療を途中で断念し、望む効果を得られない可能性が生じている。さらには 2 時間の適用でも象牙質知覚過敏を訴える患者がいることが報告されている<sup>9,10)</sup>。このような理由から、適用時間の短縮を検討することは患者にとって有益であると考えた。これまでにオフィスブリーチング剤の適用時間短縮については報告されている<sup>11)</sup>が、ホームブリーチング剤の

時間短縮効果を着色歯モデルで検討した研究は報告されていない。そこで本研究では、複数のホームブリーチング剤を用いて適用時間を短縮させた場合の漂白効果の違いを経日的に評価・検討した。

## 材料および方法

### 1. 実験材料

#### 1) 試料作製

実験手順を図1に示す。凍結保存したウシ下顎中切歯歯冠部唇側より低速切断機(Isomet Buehler, USA)とエアータービンハンドピース(PRESTO AQUA II, NSK)を用いて5×6×2mmのブロック状エナメル質-象牙質試料を70個切り出した。エナメル質表面ならびに象牙質表面は1000番、1500番および2000番の耐水研磨紙(Fuji Star, 三共理化学)<sup>12)</sup>を用いて順次平坦化した。

その後、脱イオン水(DW)で5分間超音波洗浄を行い、耐酸性バーニッシュを用いてエナメル質表面に5×6mmの被験歯面を作製した。次いで、外因性のみならず内因性の変色も有するモデルを作製する目的で、象牙質の歯髄側表面を40%リン酸ゲル(K-etchant GEL, クラレノリタケデンタル)で10秒間エッチング処理し細管を開いた後、DWで30秒間洗浄した<sup>13)</sup>。

#### 2) 紅茶染色

紅茶ティーバッグ(Lipton yellow label tea bag, ユニリーバ・ジャパン)を1包2gに対し沸騰水100 mlに5分間浸漬して紅茶成分を抽出後室温まで冷却し、染色液として使用した。

試料は 37°Cの恒温槽中でそれぞれ 10 ml の染色液に浸し、14 日間浸漬した。染色期間中は成分の分離と腐敗を防ぐ為、染色液を毎日交換した。

染色後の試料は DW で 10 秒間洗浄し、エナメル質表面の沈着物を除去するためフッ化物非配合歯磨剤(PRE-TION, ジーシー)を用いて 30 秒間のポリッシングを低速回転(100 回転/分)で行った後、30 秒間洗浄した。この状態の試料をコントロール群、以下 CONT 群と設定した。

## 2. ブリーチング処理

本研究で使用したホームブリーチング剤を表 1 に示す。試料をランダムに 60 分間、90 分間および 120 分間処理の群に割り当て、各試料を無作為にティオンテイクホームプラチナ(ジーシー)で処理を行った 3 群(60-P, 90-P, 120-P)とオパールエッセンス 10%(ウルトラデント・ジャパン)処理を行った 3 群(60-O, 90-O, 120-O)に分けた。各群の試料数は n=10 とし、CONT 群を含めた計 7 群とした。円筒状容器の蓋の内側にワックス(NEW STICKY WAX, ジーシー)で試料を固定し<sup>14)</sup>、指示書に従い乾燥させた被験歯面全体を覆うようにブリーチング剤を塗布した。その後、湿潤環境下で 37°Cの恒温槽中に 60 分間、90 分間および 120 分間静置した。この処理を 14 日間連続して行い、処理時間以外は湿潤状態で恒温槽に保管した。なお、CONT 群はブリーチング処理を行わずに湿潤状態で保管した。

## 3. 測色によるブリーチング効果の検討

測色にはイージーシェードアドバンス 4.0 (VITA, Germany)を使用した。ブリーチング処理を終えた試料を 30 秒間 DW で洗浄後に乾燥させ、各群のエナメル質表面の色調を 1, 3, 5, 7, 14 日目に測色した。5×6mm のエナメル質被験歯面中央を測色計にて 5 回連続で

測定し、その平均値を算出した。ポリッシング直後の数値をベースラインとし、各期間のデータとの差を  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  で表した。これらの数値から色差 ( $\Delta E^*ab$ ) を次の式により算出した。

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

#### 4. Fourier transform infrared (FTIR) イメージングによるブリーチング効果の検討

有機成分の変化を検出するために、FTIR イメージング (Spotlight400/Spectrum400, PerkinElmer, USA) を行った。14 日目の測色後、ダイヤモンドワイヤー精密切断機 (Well 3242, Walter-Ebner, Germany) を用いて各試料の中央を垂直に半切した。次いで断面を #2000 番の耐水研磨紙で平坦にし、最後に超音波洗浄を 5 分間行った。計測部位はエナメル質表面から象牙質までの範囲内とし、測定条件は、波数領域  $680 \sim 4,000 \text{ cm}^{-1}$ 、波数分解能  $4 \text{ cm}^{-1}$ 、ピクセルサイズ  $25 \mu\text{m}$ 、偏光子は  $0^\circ$  とした。分析サンプルは CONT 群、60-O 群、60-P 群、120-O 群、120-P 群および非染色・非ブリーチングの Sound 群の 6 群とした。

#### 5. 統計分析

各測定日間ならびに処理群間での比較は、対応のある因子と対応の無い因子の二元配置分散分析で行った。オパールエッセンス群では測定日間と処理群間に、ティオンテイクホームプラチナ群では測定日間に有意差が認められた。いずれも正規性は確認されたが等分散性が確認できなかったため、それぞれの多重比較検定には Games-Howell の検定を用いた。また、14 日目における 60-O 群と 60-P 群、90-O 群と 90-P 群ならびに 120-O 群と 120-P 群の比較には正規性と等分散性が確認されたことから Student の  $t$  検定を用いた。これらの分析には SPSS (IBM SPSS Statistic Version 23) を使用し、有意水準 5% で統計分析を行っ

た。

## 結 果

### 1. ブリーチング効果の評価

表2にオパールエッセンス群の色差 ( $\Delta E^*ab$ ) の結果を, 表3にはティオンテイクホームプラチナ群の結果を示す。ティオンテイクホームプラチナ群は Day1 および Day3 のすべての適用時間群でオパールエッセンス群と比較して高い色差が得られたが, その後 Day14 まで有意な上昇は認められなかった。一方, オパールエッセンス群の 90-O, 120-O は Day3 以降の上昇が大きく, Day14 では Day3 に比較し有意に高い色差を認めた。また, オパールエッセンス群では二元配置分散分析で交互作用が認められた。オパールエッセンス群では Day1 の適用時間群間で有意差はなく, Day3 では 60-O 群と 120-O 群との間に有意差を認めた。また, Day5 以降の日数では 60 分群と他の 2 群との間に有意差が認められた。全日程において 90 分と 120 分群の間には有意差は認められなかった。ティオンテイクホームプラチナ群では全測定日において 60, 90, 120 分群の間には有意差は認められなかった。CONT 群の色差は Day1 から Day14 にかけて, 3.95 から 15.62 に上昇したが, これは明度 ( $L^*$ ) がマイナス方向に増加し, 暗くなる傾向を示したことによるものである。また, Day14 におけるオパールエッセンス群とティオンテイクホームプラチナ群の比較では, 60 分群においてのみ有意差が認められた。

### 2. FTIR イメージングによる分析結果

エナメル質表層からエナメル - 象牙境までの断面を計測部位と定め、FTIR イメージング測定を行った結果を図 2 に示す。CONT 群の断面ではエナメル質表層からエナメル - 象牙境付近にかけてベンゼン環(ポリフェノール類)<sup>15)</sup> の分布に顕著な違いが認められた。60-P 群では表層から約 400~500  $\mu\text{m}$  付近までベンゼン環の分布は減少しており、120-P 群では無着色・無漂白のエナメル質(Sound)と同様にベンゼン環は確認できなかった。一方、120-O 群においてはエナメル - 象牙境に Sound とは異なる有機成分の存在を認めた。

## 考 察

本研究ではホームブリーチング剤の適用時間短縮によるブリーチング効果の違いを検討した。測色の結果から適用時間を短縮してもブリーチング効果が確認され、特に親水性基剤を使用したブリーチング剤では適用時間を 1/2 に短縮しても有意差のない効果が確認された。また、FTIR イメージングは、エナメル質表面からエナメル - 象牙境に至る断面における材質の変化を視覚的に捉えることが可能であり、親水性の基剤を使用したブリーチング剤では適用時間を 1/2 にしてもベンゼン環の減少は明瞭であったことから、FTIR イメージングはブリーチングの効果を確認する有用な手法となる可能性も示された。

オフィスブリーチングやホームブリーチングのような生活歯のエナメル質表面からブリーチングを行う手法では、歯質を切削することなく保存的な審美性改善を行える。しかしながら、効果的なブリーチング作用を発揮させるためには長時間、長期間の治療が必要であり、その過程で知覚過敏の副作用が現れ治療を断念するケースも報告されている<sup>9,10)</sup>。エナメル質にはエナメル葉やエナメル叢などの低石灰化部位が存在し、ブリーチング剤の

分解により発生したヒドロキシラジカルやペルヒドロキシラジカルなどのフリーラジカルの通り道となる<sup>16,17)</sup>。その過程における刺激がエナメル-象牙境へ到達すると、組織液の移動が起こり知覚過敏が発症すると考えられる<sup>18)</sup>。ホームブリーチング剤は10%の過酸化尿素を主成分としているため、高濃度の35%過酸化水素を使用するオフィスブリーチングより副作用の出現は低いものの知覚過敏の発現も報告されている<sup>9,10)</sup>。表2および表3の結果から、ティオンテイクホームプラチナ群は14日間を通して適用時間群間に有意差が認められなかった事から、60分間でも120分間の処理と同等の効果を得られている事が示された。一方、オパールエッセンス群では60-O群と90-O群、120-O群との間に有意差が認められたが、90-O群と120-O群の間で有意差が認められなかったことから、60分間の適用では効果が不十分であると考えられ、これはエナメル質中への薬剤の浸透速度の違いに起因している可能性が考えられた。また、両群とも適用回数とともに色差は上昇傾向にあるが、オパールエッセンス群では二元配置分散分析で交互作用が認められたことから、適用時間が異なることで期間を通じての色差の上昇傾向には違いがあるものと考えられた。今回使用したホームブリーチング剤にはpHに若干の差があり、ティオンテイクホームプラチナはpH6.3、オパールエッセンス10%はpH7.0を示していた。しかしながら、エナメル質の脱灰や歯根吸収などの有害な副作用が引き起こされるのはpH5.2を下回った場合と報告されており<sup>19)</sup>、pHの異なるブリーチング剤を使用した際の漂白効果の違いに有意差は現れないとも報告されている<sup>20)</sup>。本研究においてもpHの違いによる結果への影響はないものと思われた。

Cuppiniらは光触媒の活性化によりオフィスブリーチング剤の接触時間を30分短縮でき

る可能性がある」と報告している<sup>11)</sup>。本研究で用いた2種類のホームブリーチング剤のうち、ティオンテイクホームプラチナには着色剤として微量の二酸化チタンが含有されており、これは光触媒にもなりうる物質である。一方、ホームブリーチング剤の使用時には光照射を行わないことから、二酸化チタンは光触媒としては機能せず、適用時間の短縮効果には親水性の違いが影響したものと考えられた。ティオンテイクホームプラチナは基材成分が親水性に富んでおり、通常のホームブリーチング剤よりも高い効果を得られていることが報告されている<sup>21)</sup>。歯面とブリーチング剤の間には唾液が介在するが、親水性の高い基材を使用したブリーチング剤では唾液を介してもジェルに含まれる成分が減退せずに歯質まですみやかに到達するため、時間を短縮しても効果的なブリーチング結果が得られたものと思われた。アルコールは基材分子中に複数の水酸基が存在することにより水に溶解しやすい性質となるため、3価アルコールは2価アルコールよりも水酸基が多く、より親水性に富んだ特性を有する。一方、炭素鎖の短いアルコールでは、親水性が強く表れ水によく溶けるが、炭素鎖が長くなると疎水性が強くなり水と混ざりにくくなる<sup>22)</sup>。オパールエッセンスおよびティオンテイクホームプラチナにも多価アルコールが使用されているが、2価アルコールであるグリコール類、あるいは3価アルコールの配分が異なることで親水性の違いが生じたと考えられた。

FTIR イメージングは測定対象物固有の赤外線吸収スペクトルを解読し、対象物の特性を分析する赤外分光法の一つである。測定時のサンプルの損傷が少なく、溶媒に水が使用されていないサンプルの測定が可能であり<sup>23~25)</sup>、骨などの硬組織の研究で多く使用されている。一方、ブリーチングの際にはエナメル質の表面粗さが高まるとの報告があり<sup>26)</sup>、

セラミックスでは表面粗さの増加により明度が上昇するとも報告されている<sup>27)</sup>。したがって、ブリーチングによるエナメル質への影響は唾液によりすみやかに修復されると考えられてはいる<sup>28)</sup>ものの、ブリーチング直後の測色にはエナメル質の表面状態が影響している可能性も考えられる。そのため、有機質の除去とブリーチング効果の関連性を示すためには FTIR イメージングという手法は有用であると思われる。本研究では、ベンゼン環の伸縮振動を有機成分の指標とし、各群の様相を観察した。茶葉に含まれるポリフェノール(テアフラビンなど)は、複数のフェノール基を持つ化合物の総称であることからベンゼン環を有し<sup>29)</sup>、エナメル質に吸着することが報告されている<sup>15)</sup>。したがって、1,600~1,500 cm<sup>-1</sup>に観察されるベンゼン環の伸縮振動は、テアフラビンなどの指標になりうる。ベンゼン環のイメージング画像にて CONT 群では広域に強い吸収が認められたのに対し、非着色・非ブリーチング処理(Sound)のエナメル質では吸収が認められなかった。これにより画像に示されたベンゼン環の分布は紅茶に含まれる染色物質、すなわちテアフラビンなどの有機成分によると考えられた。また、ティオンテイクホームプラチナ群では 120 分間処理で有機質のシグナルが確認できなかったことから、歯質内部まで薬剤が浸透したことによりブリーチング効果が発揮されたものと考えられた。一方、色差測定で 120-O 群と 120-P 群の間に差はないもののオパールエッセンス群ではエナメル-象牙境への有機質の残留を確認したことから、今後、この残留有機質が後戻り現象などに与える影響を調べる必要があると考えられた。

紅茶を使用したウシ抜去歯の染色は標準化や再現性に優れていることから<sup>30)</sup>、外因性のステインを再現するのに国際的に広く用いられている方法である<sup>13,31,32)</sup>。また、内因性の

着色はさまざまな原因により生じる<sup>33)</sup>が、紅茶を用いて歯髄側から象牙質を着色することにより臨床的に見られる変色と類似した状態を作り出すことができると報告されている<sup>31)</sup>。これらの報告に基づき、本研究においてもブロック状エナメル質 - 象牙質試料にウシ抜去歯を用い、歯質内部への薬効到達を観察するのに適した染色法として紅茶を用いて外因性・内因性の変色を再現した。なお、ウシ抜去歯は熱容量、硬さ、象牙細管密度、透過性などの化学的・物理的特性がヒト抜去歯と類似していると報告されている<sup>34)</sup>。また、ヒト抜去歯は個々環境の違いが大きく歯質に影響を及ぼすことがあるが、ウシ抜去歯は生育環境・飼料が比較的均一である事から組成変化が少ないという利点があり、う蝕や接着の研究においてはヒト抜去歯の代用として使用されることが多い<sup>35-38)</sup>。このような理由から、本研究ではウシ抜去歯を試料として用いたが、これまでにヒト抜去歯とウシ抜去歯のブリーチング剤の影響を比較した報告はない。今後、ヒト抜去歯を用いたブリーチング剤の時間短縮効果についても比較検討する必要があると考えられた。

## 結 論

色差および有機質の変化を検討した結果、ホームブリーチング剤の適用時間を短縮できる可能性が示された。また FTIR イメージングはブリーチング効果を評価する手法として有用である可能性が考えられた。

本研究に関し開示すべき COI 状態はない。

## 文 献

- 1) 久光 久, 東光照夫, 古川匡恵 : ホワイトニングに強くなる本, クインテッセンス出版, 東京, 13-16, 2011.
- 2) 加藤順二, 金子 潤, 大槻昌幸, 他: これで納得! デンタルホワイトニング, 医歯薬出版, 東京, 9-10, 2012.
- 3) Slack ME, Swift EJ Jr, Rossouw PE, et al : Tooth whitening in the orthodontic practice: A survey of orthodontists, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 143, S64-S71, 2013.
- 4) 今泉 瞳, 雲野泰史, 小口晴久 : 審美歯科に関するアンケートによる意識調査, *日歯医療管理誌*, 47, 165-174, 2012.
- 5) 古川匡恵, 山口麻衣, 真鍋厚史 : 女性が審美歯科に望むもの, *日本アンチエイジング歯科学会誌*, 6, 23-27, 2013.
- 6) 日本歯科医師会 : 15 歳~79 歳の男女 10,000 人に聞く「歯科医療に関する生活者調査」Part2, [https://www.jda.or.jp/jda/release/cimg/2020/DentalMedicalAwarenessSurvey\\_R2\\_2.pdf](https://www.jda.or.jp/jda/release/cimg/2020/DentalMedicalAwarenessSurvey_R2_2.pdf) (2021 年 9 月 3 日アクセス)
- 7) Haywood VB, Heymann HO : Nightguard vital bleaching, *Quintessence Int*, 20, 173-176, 1989.
- 8) 實吉安正, 飯塚純子, 岡田周策, 他 : フッ化物含有ホームブリーチング剤の歯質脱灰抑制能, *日歯保存誌*, 57, 570-577, 2014.
- 9) Basting RT, Amaral FL, França FMG, et al : Clinical comparative study of the effectiveness of and tooth sensitivity to 10% and 20% carbamide peroxide home-use and 35% and 38% hydrogen peroxide in-office bleaching materials containing desensitizing agents, *Oper Dent*, 37, 464-473,

2012.

- 10) 近藤 惇, 金子 潤 : ホーム・ホワイトニングにおける副作用発現状況の検討—知覚過敏症状および歯肉疼痛について—, 明倫紀要, 14, 37-42, 2011.
- 11) Cuppini M, Leitune VCB, Souza M, et al : In vitro evaluation of visible light-activated titanium dioxide photocatalysis for in-office dental bleaching, Dent Mater J, 38, 68-74, 2019.
- 12) Kunimatsu Y, Iizuka J, Taniguchi M, et al : In-office bleaching for the remineralization of enamel lesions filled with organic components of red wine, Am J Dent, 31, 13-16, 2018.
- 13) Kishi A, Otsuki M, Sadr A, et al : Effect of light units on tooth bleaching with visible-light activating titanium dioxide photocatalyst, Dent Mater J, 30, 723-729, 2011.
- 14) 飯塚純子, 向井義晴 : エナメル質表層化脱灰病巣における唾液由来有機質のラマン分析とブリーチングによる変化—審美的な再石灰化療法の開発を目指して—, 歯科審美, 27, 1-7, 2014.
- 15) Fadi A L Farawati, Shu-Min Hsu, Edgar O'Neill, et al : Effect of carbamide peroxide bleaching on enamel characteristics and susceptibility to further discoloration, J Prosthet Dent, 121, 340-346, 2019.
- 16) 久光 久, 東光照夫 : 漂白の理論と臨床テクニック—オフィスブリーチとホームブリーチ—1 版, クインテッセンス出版, 東京, 12-55, 2004.
- 17) 大森かをる, 常盤珠美, 秋元尚武, 他 : リン酸カルシウム系知覚過敏抑制剤の漂白効果に及ぼす影響, 日歯保存誌, 56, 130-137, 2013.
- 18) Trushkowsky RD, Oquendo A : Treatment of dentin hypersensitivity, Dent Clin North Am, 55,

- 599-608, 2011.
- 19) Price RB, Sedarous M, Hiltz GS : The pH of tooth-whitening products, J Can Dent Assoc, 66, 421-426, 2000.
- 20) Bersezio C, Martín J, Prieto MV, et al : One-year bleaching efficacy using two HP products with different pH: A double-blind randomized clinical trial, J Esthet Restor Dent, 31, 493-499, 2019.
- 21) 小川弘美, 吉川和子, 山口麻衣, 他 : ホームホワイトニング材の基剤成分が歯の漂白効果に与える影響, 歯科審美, 31, 87-91, 2019.
- 22) 斎藤勝裕 : 新 楽しくわかる化学, 東京化学同人, 東京, 62-63, 2021.
- 23) Kimura-Suda H, Kajiwara M, Sakamoto N, et al : Studies on bone metabolism by using isotope microscopy, FTIR imaging, and micro-Raman spectroscopy, J Oral Biosci, 55, 61-65, 2013.
- 24) Kimura-Suda H, Ito T: Bone quality characteristics obtained by Fourier transform infrared and Raman spectroscopic imaging, J Oral Biosci, 59, 142-145, 2017.
- 25) Ito T, Kimura-Suda H: Degree of orientations of collagen fibers and bone apatite crystals in rat femora by infrared dichroism imaging, J Oral Biosci, 61, 115-119, 2019.
- 26) 丸山敬正, 韓 臨麟, 興地隆史, 他 : 生活歯の漂白に関する研究—エナメル質の微細構造と耐酸性の変化およびフッ化物塗布の影響—, 日歯保存誌, 50, 256-265, 2007.
- 27) 金子泰雄, 新谷明喜, 横塚繁雄 : ポーセレンの光沢度と色調に及ぼす表面仕上げの影響, 日補綴会誌, 42, 102-114, 1998.
- 28) 岩谷いずみ, 向井義晴, 寺中敏夫 : エナメル質漂白に対する再石灰化処理の影響, 日歯保存誌, 52, 1-11, 2009.

- 29) 田中 隆：緑茶カテキンの酸化と紅茶色素の生成，化学と生物，40，513-518，2002.
- 30) Sharif, N, MacDonald, E, Hughes J, et al : The chemical stain removal properties of “whitening” toothpaste products: Studies in vitro, Br Dent J, 188, 620-624, 2000.
- 31) Sulieman M, Addy M, Rees JS : Development and evaluation of a method in vitro to study the effectiveness of tooth bleaching, J Dent, 31, 415-422, 2003.
- 32) Kyaw KY, Otsuki M, Segarra MS, et al : Effect of sodium fluoride pretreatment on the efficacy of an in - office bleaching agent: An in vitro study, Clin Exp Dent Res, 4, 113-118, 2018.
- 33) Watts A, Addy M : Tooth discolouration and staining. A review of the literature, Br Dent J, 190, 309-316, 2001.
- 34) Tagami J, Tao L, Pashley DH, et al : The permeability of dentine from bovine incisors in vitro, Arch Oral Biol, 34, 773-777, 1989.
- 35) Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T : Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test, J Dent Res, 62, 1076-1081, 1983.
- 36) Fowler CS, Swartz ML, Moore BK, et al : Influence of selected variables on adhesion testing, Dent Mater, 8, 265-269, 1992.
- 37) Mellberg JR: Hard tissue substrates for evaluation of cariogenic and anticariogenic activity in situ, J Dent Res, 71(Sp Is), 913-919, 1992.
- 38) Zero DT: In situ caries models, Adv Dent Res, 3, 214-230, 1995.

別刷請求先：

〒238-8580 神奈川県横須賀市稲岡町 82

神奈川歯科大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野

飯塚純子

表 1 ブリーチング剤の組成

製品名	組 成	pH	Lot 番号	製造業者
ティオンテイクホームプラチナ	10%過酸化尿素, 水, 多価アルコール, 着色剤, 香料, pH 調整剤, 粘度調整剤	6.3	BJ56S	ジーシー
オパールエッセンス 10%	10%過酸化尿素, 水, ポリエチレングリコール, グリセリン, pH 調整剤, 粘度調整剤	7.0	2002191	ウルトラデント・ジャパン

Group	Treatment time (Days)				
	1	3	5	7	14
60-O	4.67±2.55 <sup>Aa</sup>	10.96±3.35 <sup>Ab</sup>	10.61±4.93 <sup>Ab</sup>	10.83±5.56 <sup>Ab</sup>	14.80±5.72 <sup>Ab</sup>
90-O	8.81±4.57 <sup>Aa</sup>	13.54±6.14 <sup>ABab</sup>	18.90±6.10 <sup>Bbc</sup>	19.70±6.05 <sup>Bbc</sup>	24.12±8.50 <sup>Bc</sup>
120-O	9.11±5.55 <sup>Aa</sup>	17.88±4.90 <sup>Bb</sup>	22.14±5.75 <sup>Bbc</sup>	24.04±6.17 <sup>Bbc</sup>	29.75±7.99 <sup>Bc</sup>

表 2 各測定日の  $\Delta E^*ab$  値 (オパールエッセンス 10%)

アルファベット大文字は適用時間群間 (縦軸) の有意差を示し, 小文字は測定日間 (横軸) の有意差を示す。  
 同じアルファベット間に統計学的な有意差は認めない ( $\alpha = 0.05$ )。

Group	Treatment time (Days)				
	1	3	5	7	14
60-P	10.03±3.52 <sup>Aa</sup>	15.92±5.00 <sup>Aab</sup>	17.44±6.19 <sup>Ab</sup>	17.19±5.55 <sup>Ab</sup>	23.31±5.99 <sup>Ab</sup>
90-P	12.14±2.42 <sup>Aa</sup>	17.42±4.17 <sup>Ab</sup>	17.96±4.61 <sup>Ab</sup>	18.88±5.80 <sup>Ab</sup>	23.31±7.50 <sup>Ab</sup>
120-P	13.92±3.55 <sup>Aa</sup>	20.51±5.37 <sup>Ab</sup>	23.64±7.59 <sup>Ab</sup>	22.95±7.43 <sup>Ab</sup>	28.43±8.62 <sup>Ab</sup>

表 3 各測定日の $\Delta E^*ab$  値 (ティオンテイクホームプラチナ)

アルファベット大文字は適用時間群間 (縦軸) の有意差を示し, 小文字は測定日間 (横軸) の有意差を示す。  
 同じアルファベット間に統計学的な有意差は認めない ( $\alpha = 0.05$ )。

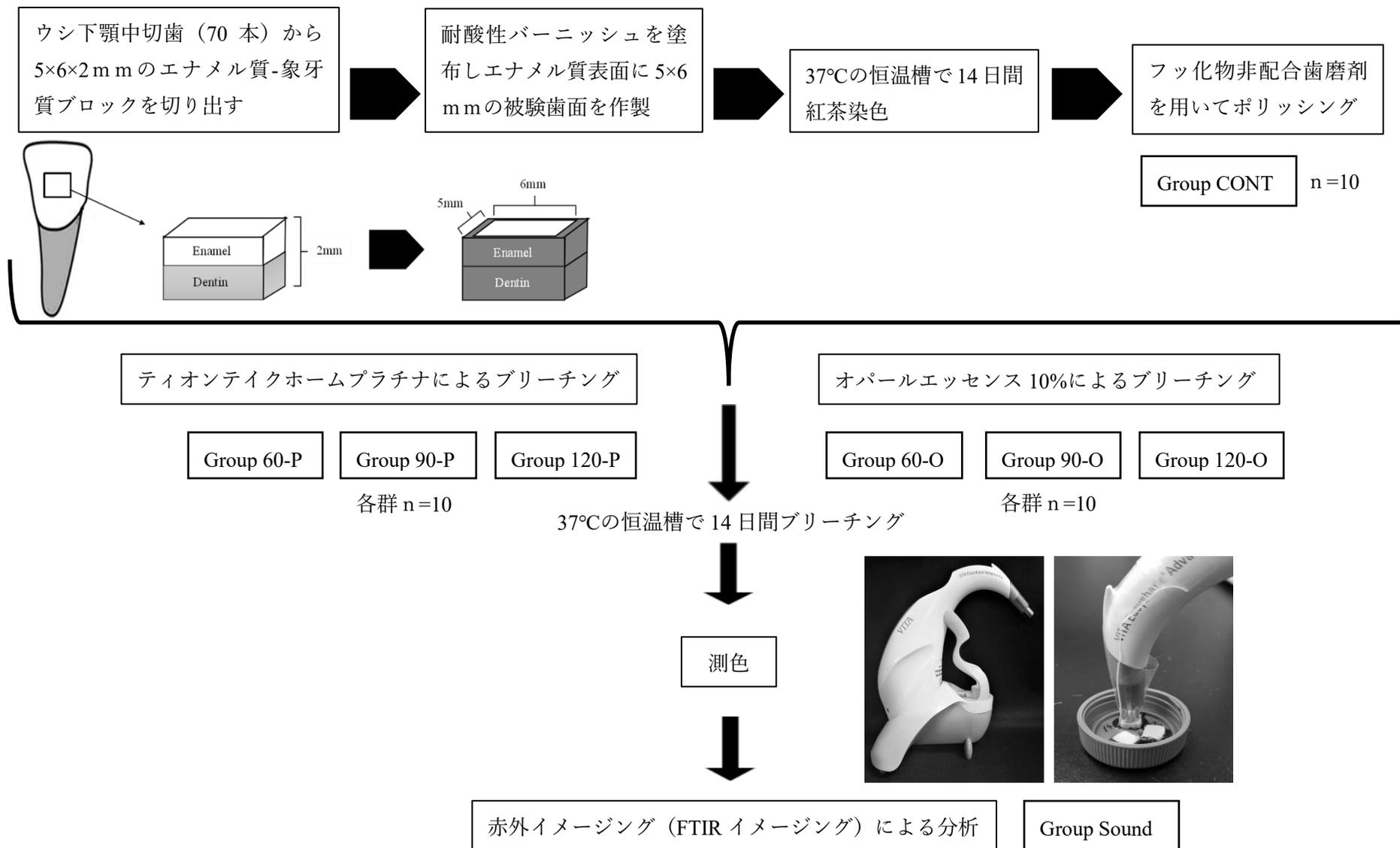


図 1 実験手順の概要

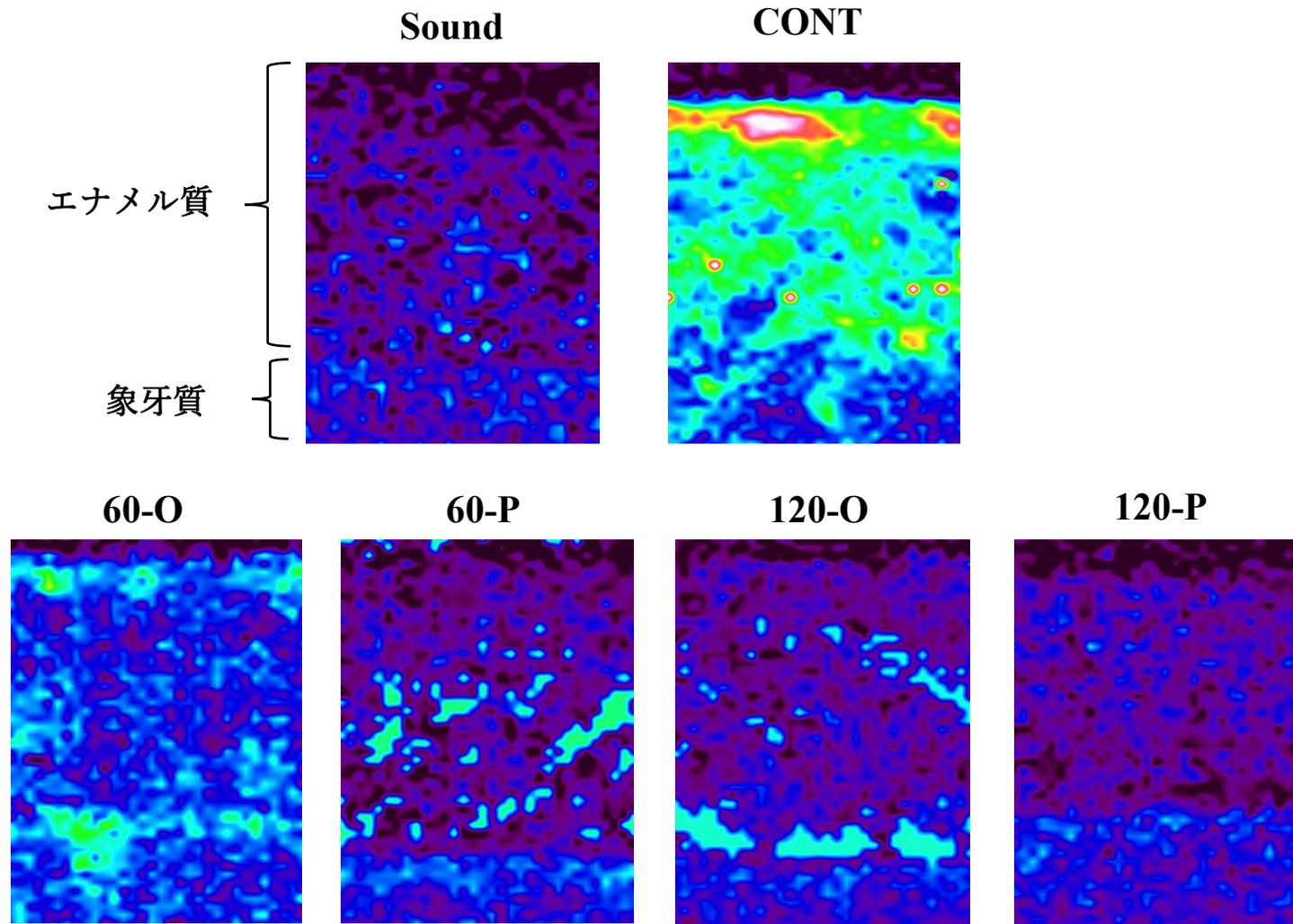


図 2 FTIR によるエナメル質断面のイメージング画像

非着色・非ブリーチングの試料 (Sound) を基準とした各群のエナメル質断面。  
赤で示された部分に強い有機反応があり，黄，緑，青の順でシグナルの減弱を示している。