

ヘアカラー剤を用いて染毛したヤク毛の LED 光による変退色挙動

伊豆田 友美*、小林 政司**

Discoloration Behavior for Yak Fiber Dyed with Oxidative Hair Dyes by LED Lights

Yumi Izuta and Masashi Kobayashi

キーワード：LED 光、ヘアカラー剤、ヤク毛、変退色

要旨 本研究では、ヘアカラー剤を用いて染毛したヤク毛に対する光源による変退色挙動に焦点を置き、退色寄与度について検討を行った。さらに、最近注目されている LED について狭帯域 LED 光照射を行い、ヘアカラー剤で染毛したヤク毛の変退色挙動の影響も検討した。ブラックライトブルー蛍光灯、蛍光灯および LED を用いて各ヘアカラー剤で染毛したヤク毛の照射結果、各光源によって変退色の度合いは異なるが、変退色挙動は同じであり、照射日数に伴い、いずれのヤク毛も黄色味方向に変退色することが明らかとなった。さらに、狭帯域 LED 光の照射の結果、赤色 LED 光では、いずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛も未照射試料よりも変退色の軽減が認められた。

1. 結 言

永久染毛剤におけるヘアカラー後の毛髪の変退色には、空気、日光、温度などの環境因子や日常の手入れなどの物理化学的因子が複合的に影響する。経日により、永久染毛剤に分類されているいくつかの二環体インド染料が分子内環化することで変色したと報告されている^{1,2)}。過去に、これらの変退色に及ぼす因子の退色寄与度および作用を系統的に調べることを目的として二環体酸化染料そのものに対する空気の作用について検討した結果、染色した羊毛繊維が経日により変色することを確認し、さらに、アルカリ剤や過酸化水素含有により酸化染料の変退色が促進されると推測した³⁾。その他、H. H. Tücher⁴⁾は、フェードメーターを用いて酸化染料中間体の組み合わせによる耐光堅牢度の影響について検討し、酸化染料中間体単独系と比較すると、酸化染料中間体の組み合わせによっては約 10 倍の耐光性の効果が認められたと報告している。また、B. Locke⁵⁾らによると、ヘアカラー後の髪に光照射およびシャンプー水洗の両方を施したとき、個々に処理するよりも髪色が退色すると報告した。

さらに、ジメチコノール/ジメチコン混合物はヘアカラー剤の洗い流しを減少させ、トリメチルシロキシケイ酸塩やプロピルフェニルシルセスキオキサンなどのシリコン樹脂が UV 暴露による色の变化を減少させることを示したと報告している⁶⁾。

このように、永久染毛剤の変退色は様々な要因によって生じ、永久染毛剤の変退色を最小限に抑えるために化粧品業界で検討が行われている。

ところで、光源において最近注目されている LED は、様々な商品化がされており、美容器具にも LED が応用されている。他にも、狭帯域 LED 光照射の発毛育毛効果が報告されている⁷⁾。そのため、最近頭皮のケアとしても LED が用いられている。しかし、LED 光の退色に対する懸念もある中で⁸⁾、LED 光の照射に対するヘアカラーへの影響についての報告はない。

そこで、本研究では光源による変退色に焦点を置き、酸化染料を有効成分としたヘアカラー剤で染色したヤク毛に対して各光源（紫外線蛍光灯、蛍光灯および LED 光）による変退色挙動について検討を行った。さらに、LED

*東北生活文化大学

責任著者：伊豆田友美(y.izuta@mishima.ac.jp)

**大阪樟蔭女子大学

光に関して狭帯域での照射による変退色挙動の影響についても検討した。

2. 実験

2.1 試料

試料には、ヤク毛(株式会社ビューラックス、品番 BM-YK-A)を使用した。ヤク毛は上部が針金で固定され、全長約 11cm、重量約 1g であった。

2.2 試薬

ヘアカラー剤は美容院で施術されている 3 種類(以下 A、B、C と記載)を使用した。

ヘアカラー剤(A)の有効成分は、パラアミノフェノール、パラフェニレンジアミン、5-アミノオルトクレゾール、その他の成分として、オクタン酸セチル、軟質ラノリン脂肪酸コレステリル、パラフィン、ステアシルアルコール、塩化ジメチルジアリルアンモニウム・アクリル酸共重合体液、塩化トリメチルアンモニオヒドキシプロピルヒドロキシエチルセルロース、セトリモニウムクロリド、POE セチルエーテル、POE ベヘニルエーテル、親油性ステアリン酸グリセリル、高重合ジメチコン-1、PEG(20)、PG、2-プロパノール、アンモニア水、アスコルビン酸、無水亜硫酸 Na、アデト酸塩、香料、水が配合されている。

ヘアカラー剤(B)の有効成分は、レゾルシン、パラアミノフェノール、メタアミノフェノール、塩酸 2,4-ジアミノフェノキシエタノール、パラフェニレンジアミン、硫酸トルエン-2,5-ジアミン、その他の成分として、イソステアリン酸イソステリアルル、タウリン、米ヌカ油、パラフィン、ステアシルアルコール、セタノール、親油性ステアリン酸グリセリル、塩化トリメチルアンモニオヒドキシプロピルヒドロキシエチルセルロース、ポリ塩化ジメチルジメチレンピロリジニウム液、POE ステアシルエーテル、POE セチルエーテル、PG、ジメチコン、高重合ジメチコン-1、ステアルトリモニウムクロド、イソプロパノールアンモニア水、アスコルビン酸、無水亜硫酸 Na、HEDTA-3Na₂ 水塩、香料、水が配合されている。

ヘアカラー剤(C)の有効成分は、レゾルシン、パラアミノフェノール、メタアミノフェノール、パラフェニレンジアミン、その他の成分として、オクタン酸セチル、軟質ラノリン脂肪酸コレステリル、パラフィン、ステアシルアルコール、塩化ジメチルジアリルアンモニウム・アクリル酸共重合体液、セトリモニウムクロリド、POE セチルエーテル、POE ベヘニルエーテル、親油性ステアリン酸グリセリル、高重合ジメチコン-1、PEG(20)、PG、2-プロパノール、アンモニア水、アスコルビン酸、無水亜硫酸 Na、HEDTA-3Na₂ 水塩、香料、水が配合されている。

2 剤には、酸化剤として 6%過酸化水素クリームを使用した。

染色直前に 1 剤と 2 剤を等量混合し、使用した。

2.3 染毛方法

染毛は、電子天秤を用いて 1 剤を測定後、同量の 2 剤を測り取り、容器に入れ、1 剤と 2 剤を 1 分間混ぜ合わせた。その後、刷毛を用いてヤク毛 7 本を同時に塗布し、2 分間何度も櫛および刷毛でといた。それぞれ洗濯バサミで固定し、30 分間放置した。その後、7 本同時に純水 1L で 2 分間水洗を行った。そして、染色したヤク毛をろ紙に挟んで自然乾燥した。3 時間後、櫛でヤク毛を整え、新たなろ紙の上で 1 日自然乾燥させた。

2.4 光源の照度測定

光源の照度の測定には、分光放射照度計 CL-500 (Konica Minolta)を用いて行った。測定は、C2° で 360 ~760nm を 1nm 刻みで 10 回測定し、それらの平均値を求めた。

2.5 保管方法

各試料 1 束を上下黒紙に挟み、その上からアルミホイルで包んで室温で保管し、測定する日のみ試料を取り出し測定を行った。

2.6 照射方法

照射の実施期間は、2024 年 10 月 1 日~10 月 31 日、その期間の室温で行った。

2.6.1 ブラックライトブルー蛍光灯による照射方法

紫外線ボックス(株式会社相互理化学硝子製作所製)を用いてブラックライトブルー蛍光灯(FL-6BL-B)の照射を行った。光源から染色試料までの距離は 150mm、黒色のプラスチック製段ボールで外部光を遮断し、暴露を行った。また、取扱説明書の仕様によると、ブラックライトブルー蛍光灯の最大波長は 352nm であった。

2.6.2 蛍光灯による照射方法

蛍光灯(ハイホワイト 20 形 FL20ssN/18-G 昼白色、HITACHI 製)1 本を卓上スタンドに取り付け、黒色のプラスチック製段ボールを用いて製作した光源ボックス(340×115×150mm)を卓上スタンドに固定して暴露を行った。光源から染色試料までの距離を 150mm に調整し、段ボールで外部光を遮断した。

2.6.3 LED 光による照射方法

黒色のプラスチック製段ボールを用いて製作した光源用ボックス(395×250×270mm)内で行った。電球形 LED ランプ(TOSHIBA 製、LEL-AW7N/D)を 2 つ固定して行った。照射距離は、蛍光灯による照射方法に準じて行った。

2.6.4 狭帯域 LED 光による照射方法

Rechargeable Mini RGB Light(Ulanzi VL49 RGB)⁹⁾を用いて、それぞれ赤、緑、青の光に調整し、黒色のプラスチック製段ボールで自作の光源ボックス(150×150×

150mm)を準備して照射を行った。光源から染色試料までの距離を100mmとした。

2.7 測色および表面染料濃度の測定方法

測色は、分光測色計 SA4000(日本電色工業株式会社)を用いて光源が照射される染色試料表面の各波長(380nm~780nmの10nm刻み)の反射率をそれぞれ4カ所(yak毛の先端から45、62、75、90mm)測定し、試料の4カ所の平均値から Kubelka-Munk 関数により表面染料濃度を示す K/S 値を求めた。測定条件は、測定面積を5mmφ、光源をC2°とした。また、試料台には特注品を用いて行った。

CIE L*a*b*表色系により染毛の色を測定した。染毛の色の彩度を(1)式で求めた。

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

また、染毛直後の色を基準とした退色変化を色差(2)式により求めた。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

ここで、 ΔE^* : 色差、 ΔL^* : 染毛の明度成分の変化量、 Δa^* : 赤・緑成分の変化量、 Δb^* : 黄・青成分の変化量とした。測定は30日を最長とした。

3. 結果と考察

3.1 ヘアカラー剤そのものに対する周囲環境による影響

図1に実施期間中に暗所、常温にて保管した各ヘアカラー剤で染毛したyak毛の経過日数(染色直後、1日、2日、3日、7日、14日、21日、28日)に伴う色相変化(i)および明度・彩度変化(ii)を示した。(i)は横軸に赤・緑色相(a^*)、縦軸に黄・青色相(b^*)を示した色度図である。(ii)は縦軸に明度(L^*)横軸に彩度(C^*)を示した色調図である。この図から、ヘアカラー剤Aで染毛したyak毛は赤紫色を呈し、ヘアカラー剤Bで染毛したyak毛は青紫色を呈することがわかる。さらに、ヘアカラー剤Cで染毛したyak毛は茶色を呈する。それぞれの照射なしの経過日数の色相変化の挙動(i)を見てみると、ヘアカラー剤Aでは経過日数とともに a^* はマイナスに、 b^* はプラス方向に変化していることがわかる。その変化の傾向は、 b^* の変化量に比べて a^* の変化量の方が若干大きかった。さらに、未照射の経過日数の明度および彩度の色調図(ii)では、ヘアカラー剤Aで染毛したyak毛の明度の変化量は経過日数28日までの変化の幅は5.04であ

った。また、ヘアカラー剤Bでは、ヘアカラー剤Aと同様に日数が経過するに従い、 a^* はマイナスに b^* はプラス方向に変化していることがわかる。詳しく数値を述べると、 a^* 値の変化量が1.20に対して b^* 値の変化量は2.79であり、 a^* の変化量と比べて b^* の変化量が大きいことが明らかであった。明度および彩度の色調図(ii)では明度の変化量が経過日数28日までに5.92となった。また、ヘアカラー剤Cでは、ヘアカラー剤AおよびBと同様に a^* はマイナス方向へ b^* はプラス方向へ変化し、 a^* 値と b^* 値の変化量はほぼ同じであった。28日後の明度の変化量は

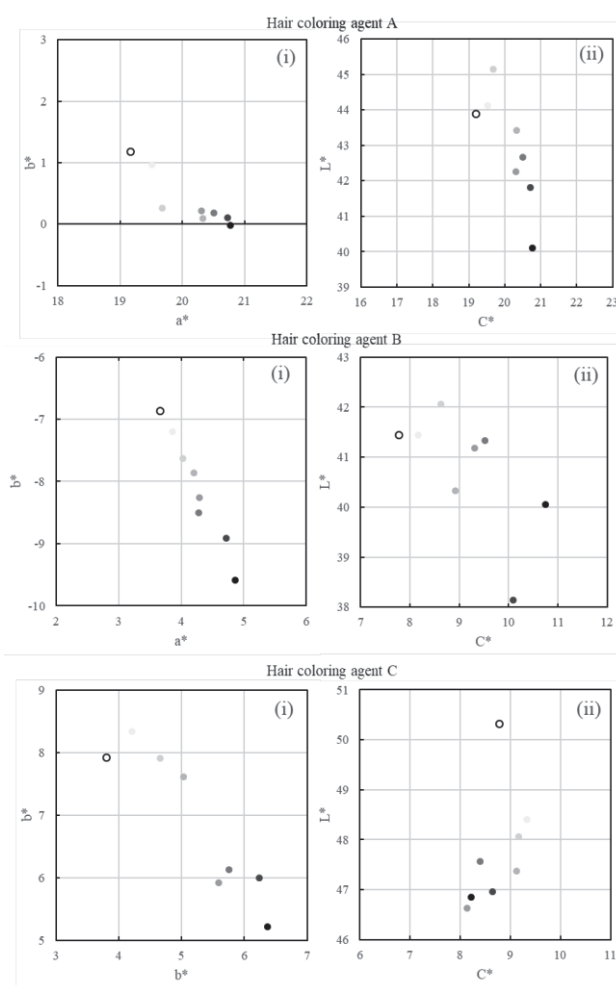


Fig.1 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing air at room temperature and humidity.

Storage time(day)

● :0day, ● :1day, ● :2days, ● :3days, ● :7days, ● :14days, ● :21days, ○ :28days

ヘアカラー剤Cでは4.69であった。

このようにいずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛も経時変化による色相変化の度合いは異なるが、黄色味の方に変化していくことが明らかになった。また、いずれのヘアカラー剤も経過日数とともに明度はほぼマイナスの数値に変化する傾向が認められるが、各ヘアカラー剤により数値に若干の違いが認められた。さらに、彩度においても同様にヘアカラー剤AおよびBでは経過日数とともに彩度変化にムラがあるが、ほぼマイナスの数値に変化する傾向が認められた。ただ、ヘアカラー剤Cではヘアカラー剤AおよびBの傾向は認められなかった。

これらの変化を色差(ΔE^*)でみると、経日により色差は増加し、28日後にヘアカラー剤Aで染毛したヤク毛の色差は4.27、ヘアカラー剤Bでは3.28、ヘアカラー剤Cでは5.09であった。

これらの結果から、光照射の影響がない条件においても周囲環境(温度、湿度および空気)の影響により変退色することが明らかとなった。

3.2 各種光源による照射の影響

図2に各種光源の照度を分光放射照度計により測定した結果を示した。図2(1)に示したブラックライトブルー蛍光灯の最大波長は352nmであると仕様に記載されている。可視部の照度測定を行った結果、先鋭な7つのピーク(365、405、436、546、578、730、765nm)を持つこ

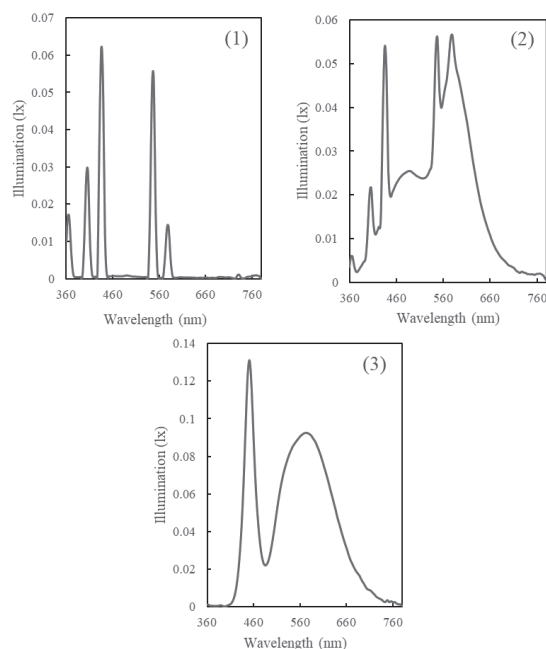


Fig.2 Illuminance curves of each light.

(1) Ultraviolet light, (2) Fluorescent lamp, (3) LED lights

とが確認できる。また、図2(2)に示した蛍光灯の照度結果は436nmに最大ピークを示し、その他にも先鋭およびゆるやかな6つのピーク(365、406、436、488、547、576nm)が存在することがわかる。蛍光灯は強い紫外線を放つ低圧水銀ランプのガラス管内壁に紫外線を可視光に変換する蛍光体粉末を塗布し、その蛍光体からの可視光発を利用するランプであり、紫外線を可視光に変換する蛍光体には様々な物質が使用されており、使用する発色体によって発色スペクトルを変化されることが可能である¹⁰⁾。さらに、図2(3)に示したLED光の可視部の照度測定の結果、LED光は450nmに最大ピークと572nmにだらかなピークを持つ曲線が得られた。

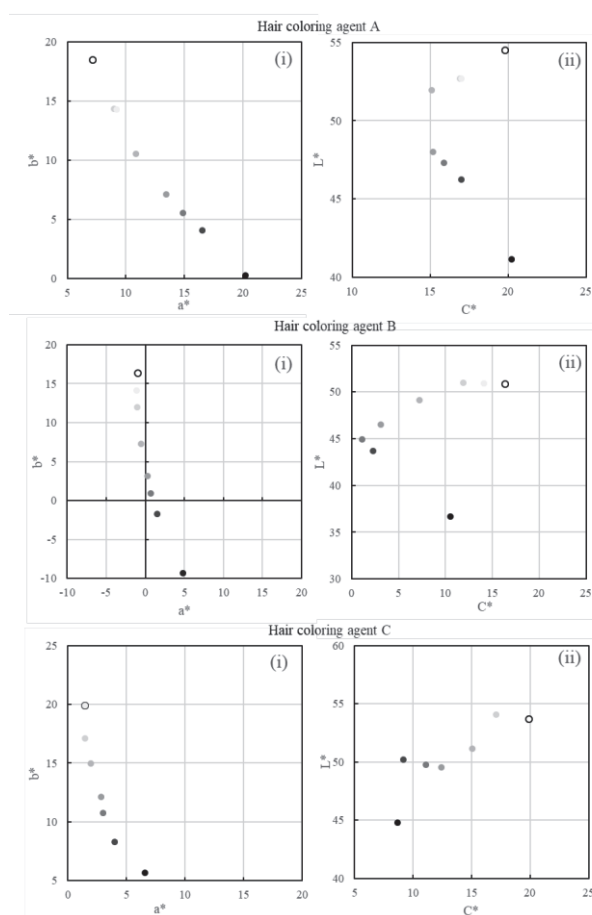


Fig.3 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Ultraviolet light at room temperature and humidity.

Storage time(day)

● :0day, ● :1day, ● :2days, ● :3days, ● :7days, ● :14days, ● :21days, ○ :28days

3.2.1 各ヘアカラー剤に対するブラックライトブルー蛍光灯照射の影響

図3にブラックライトブルー蛍光灯により各ヘアカラーで染毛したヤク毛を28日間照射した色相変化(i)および明度・彩度変化(ii)を示した。まず、ヘアカラー剤Aで染毛したヤク毛の色相(i)の変化は、照射1日で著しい変化が認められた。また、照射経過日数により、 a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向に変化し、 b^* の変化量の方が a^* のそれより大きく、28日後には黄色を呈した。また、色調図(ii)から、日数経過とともに L^* は増加、 C^* は減少し、照射7日後から増加傾向にあることがわかる。次に、ヘアカラー剤Bで染毛したヤク毛もヘアカラー剤Aと同様に照射1日で著しく変化した。色度図(i)から、照射経過日数に従い、 b^* 値がプラスに変化することがわかる。また、 a^* については経過日数とともにマイナス方向への変化が認められ、照射7日以降はほとんど変化がないことがわかった。色調図(ii)は、ヘアカラー剤Aとほぼ同様に日数経過とともに L^* は増加、 C^* は減少して照射経過2日後から増加傾向が認められた。さらに、ヘアカラー剤Cでも染毛したヤク毛の色相は、照射1日後の変化量が著しく、その変化は a^* 値でマイナス方向へ、 b^* 値ではプラス方向への変化が認められる。また、ブラックライトブルー蛍光灯照射では b^* の変化量が a^* に比べて大きくなった。色調図は他のヘアカラー剤と異なり、照射日数とともに C^* および L^* の増加が認められた。

以上をまとめると、いずれのヘアカラー剤で染毛した

ヤク毛もブラックライトブルー蛍光灯を用いて照射した結果、照射日数28日後で黄色を呈した。また、明度は明るく変化することがわかった。

さらに、図4にブラックライトブルー蛍光灯により各ヘアカラーで染毛したヤク毛を28日間照射したK/S- λ 曲線(染色直後、1日、2日、3日、7日、14日、21日、28日)を示した。この図から、いずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛のK/S- λ 曲線においても照射1日後にK/S- λ 曲線のピークが著しく低下し、ヘアカラー剤AおよびBでは照射7日後にはそれぞれのピークが380nmに変化していることがわかる。また、ヘアカラー剤Cでも照射1日後にはピークが380nmに変化していることが伺える。そして、いずれのヘアカラー剤も450nm付近に等吸収点が存在することがわかる。この結果から、ヤク毛に染着していた主要な酸化染料が光により分解され、異なる構造に変化したことが推察される。

3.2.2 各ヘアカラー剤に対する蛍光灯照射の影響

図5に蛍光灯により各ヘアカラーで染毛したヤク毛を28日間照射した色相変化(i)および明度・彩度変化(ii)を示した。ヘアカラー剤Aでは、未照射試料と同様の変色傾向を示し、色度図(i)では、 a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ、 b^* より a^* の変化量が大きい結果となった。色調図(ii)では、未照射と比較すると、28日後で C^* の変化が3.10大きくなる結果が得られた。次に、ヘアカラー剤Bでは、未照射試料と色相変化の傾向は同じであるが、蛍光灯照射により28日後の a^* および

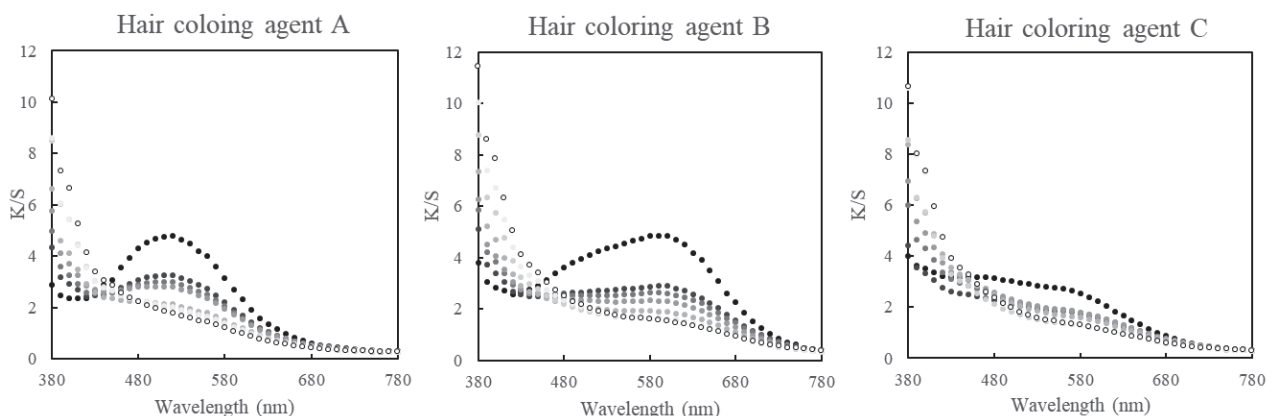


Fig.4 K/S- λ curves of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Ultraviolet light at room temperature and humidity.

Storage time(day)

●:0day, ●:1day, ●:2days, ●:3days, ●:7days, ●:14days, ●:21days, ○:28days

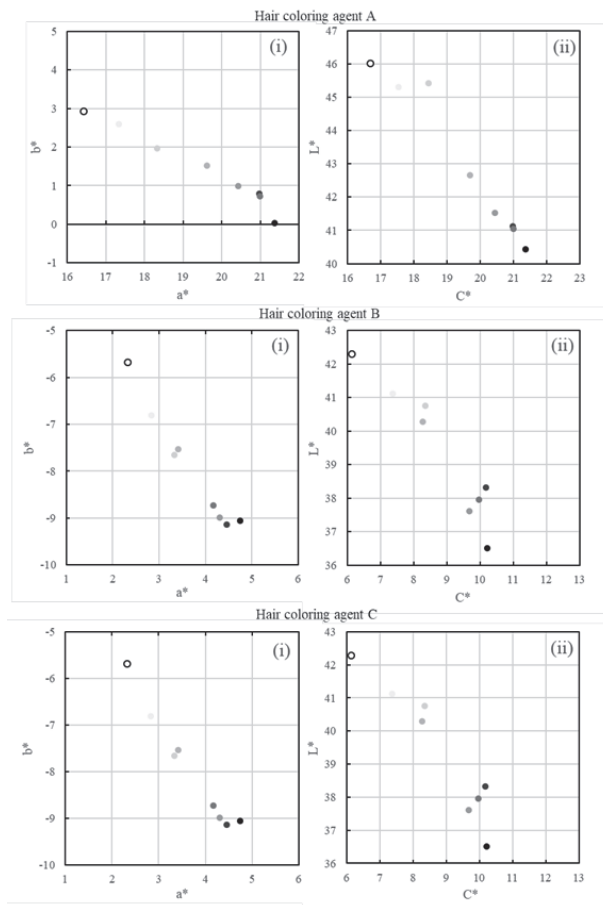


Fig.5 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Fluorescent lamp at room temperature and humidity.

Storage time(day)

●:0day, ●:1day, ●:2days, ●:3days, ●:7days, ●:14days, ●:21days, ○:28days

b^* の変化がそれぞれ 1.22 および 0.65 大きくなった。また、色調図(ii)では、未照射試料に比べて 28 日後の L^* の変化量が 5.28 も増加している。そして、ヘアカラー剤 C の色相変化(i)では、未照射試料とほぼ同様の傾向で、 a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ変化した。未照射試料とほぼ 同じ変化量であった。また、色調図(ii)は C^* はほとんど変化しないものの L^* の変化は照射日数によりほぼ増加している。

以上をまとめると、蛍光灯照射によっていずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛は、未処理試料よりも色相および明度の変化量が増加していることが明らかとなった。また、それらの変化量は、それぞれのヘアカラー剤によ

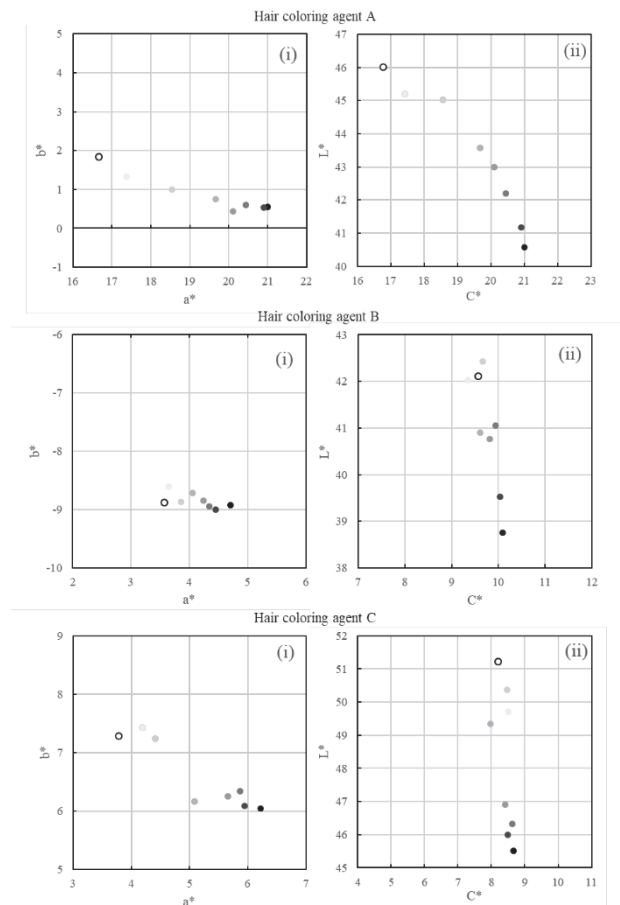


Fig.6 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing LED lights at room temperature and humidity.

Storage time(day)

●:0day, ●:1day, ●:2days, ●:3days, ●:7days, ●:14days, ●:21days, ○:28days

って異なることも明らかになった。

3.2.3 各ヘアカラー剤に対する LED 光照射の影響

図 6 に LED 光の照射による各ヘアカラーで染毛したヤク毛を 28 日間照射した色相変化(i)および明度・彩度変化(ii)を示した。ヘアカラー剤 A の色相変化(i)では a^* は経過日数とともにマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ変化する。その変化量は、未照射および蛍光灯照射試料と同様に b^* よりも a^* の方が大きい結果となった。また、ヘアカラー剤 A の明度・色相変化(ii)では L^* はプラス方向へ、 C^* はマイナス方向へ変化した。それぞれ未照射試料と比較すると、LED 光の照射により明度および彩度の変化量が増加した結果が得られた。ヘアカラー剤 B の

色相変化(i)では、 a^* はマイナス方向へ変化し、 b^* はほとんど変化がなかった。未照射試料と比較すると、LED 光照射により黄色味方向への変色の軽減が認められた。さらに、ヘアカラー剤 B は、LED 光照射による L^* の変化が未照射とほぼ同様であった。ヘアカラー剤 C の色相変化(i)は、 a^* はマイナス方向、 b^* はプラス方向へ変化する。これらの変化量を比べると、 a^* の変化量が多いことがわかる。また、未照射試料と比べると、ヘアカラー剤 B と同様に LED 光照射により b^* 方向への変色の軽減が認められた。次に、明度・彩度変化(ii)では C^* はほぼ変化がなかった。 L^* は照射後、若干増加傾向にあった。

これらのことから、LED 光の照射による染毛試料の変退色挙動は、いずれのヘアカラー剤でも未照射のそれとほとんど同様の傾向が得られた。また、ヘアカラー剤 A に対してヘアカラー剤 B および C は、LED 光による変退色の影響を受けにくいと考えられた。特に、黄色味方向への変色の軽減が認められた。

3.3 狭帯域 LED 光照射の影響

図 7 に赤色、緑色および青色 LED 光の可視部の照度測定を行った結果を示した。この図から、赤色の LED 光は 634nm に、緑色の LED 光は 517nm に、青色 LED 光は 464nm に最大の照度ピークを示した。これらの LED 光を用いて各ヘアカラー剤で染毛したヤク毛の照射を行った。

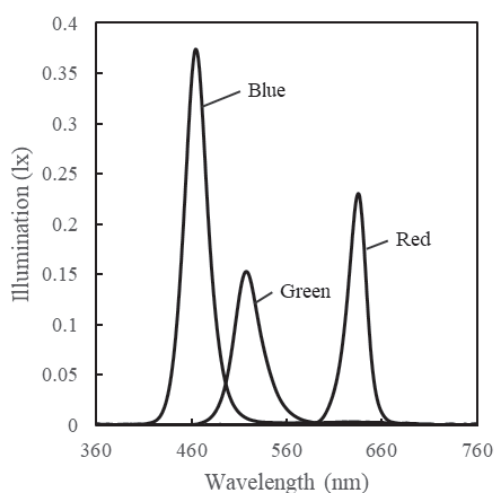


Fig.7 Illuminance curves of Red, Green and Blue LED lights (VL49).

3.3.1 各ヘアカラー剤に対する赤 LED 光照射の影響

図 8 に赤色 LED 光を用いて各ヘアカラー剤で染毛したヤク毛を 28 日間照射した色相変化(i)および明度・彩度変化(ii)を示した。ヘアカラー剤 A の色相変化(i)で

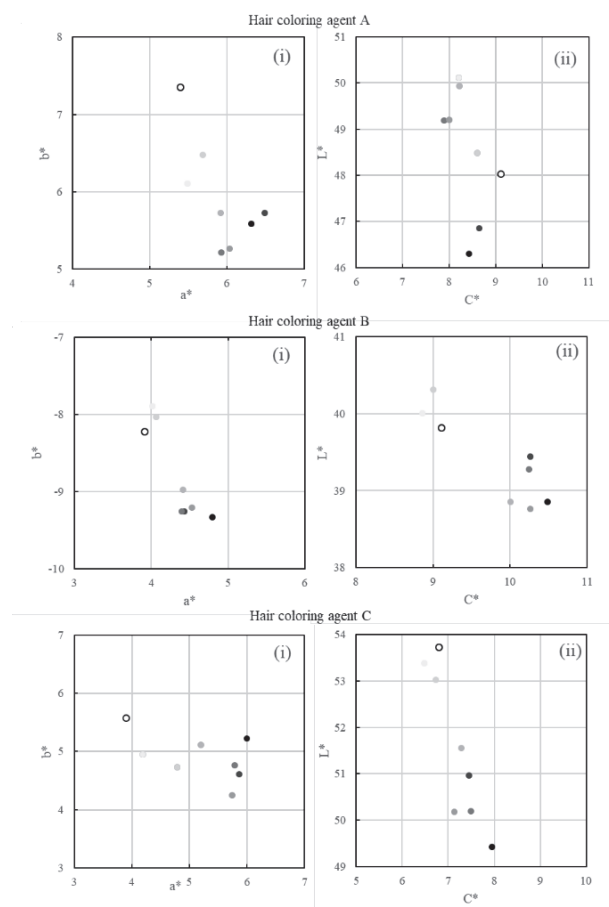


Fig.8 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Red LED lights at room temperature and humidity.

Storage time(day)

● :0day, ● :1day, ● :2days, ● :3days, ● :7days, ● :14days, ● :21days, ○ :28days

は、照射日数に伴い、 a^* はほぼマイナス方向、 b^* もほぼプラス方向に変化した。ただ、変化量はこれまでの光源と異なり、 a^* で 1.27、 b^* では 1.14 と少ない結果となった。また、明度・彩度変化(ii)では、照射日数 3 日までは明度や彩度の数値的な変化は見受けられず、照射 3 日以降明度は高くなり彩度は低くなる傾向が認められた。特に明度の変化については未照射試料よりも少なかった。次に、ヘアカラー剤 B の色相変化(i)は、照射日数により a^* はほぼマイナス方向、 b^* もほぼプラス方向に変化し、変化量は未照射試料と比較しても著しく減少していることがわかる。また、明度・彩度(ii)の変化は照射日数との関係が得られないものの、未照射試料の明度および彩

度の変化量よりも減少していることがわかった。さらに、ヘアカラー剤 C での色相変化 (i) は照射 3 日以降 a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ変化する。それらの変化量は、未照射試料と比較すると、減少していることがわかる。また、明度・彩度変化 (ii) は照射日数による関係は見受けられなかった。

以上のことから、いずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛も赤色 LED 光に照射することにより、変退色の影響が未照射試料よりも少ないことが明らかになった。

3.3.2 各ヘアカラー剤に対する緑 LED 光照射の影響

図 9 に緑色 LED 光を用いて各ヘアカラーで染毛したヤク毛を 28 日間照射した色相変化 (i) および明度・彩度

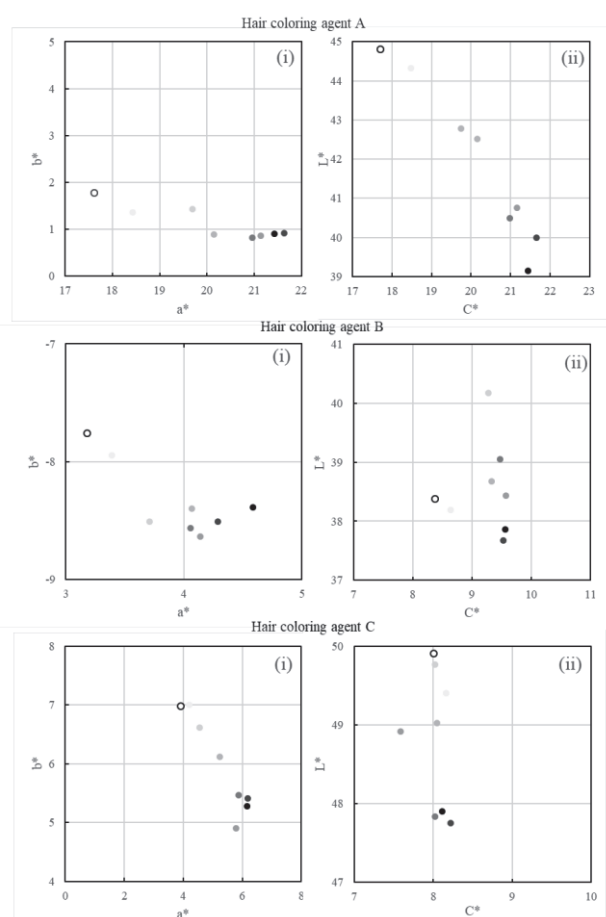


Fig.9 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Green LED lights at room temperature and humidity.

Storage time(day)

● :0day, ● :1day, ● :2days, ● :3days, ● :7days, ● :14days, ● :21days, ○ :28days

変化 (ii) を示した。ヘアカラー剤 A の色相変化 (i) では、照射日数とともに a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ変化する。一方、明度・彩度変化 (ii) では、照射日数とともにほぼ L^* の増加と C^* の減少が認められた。未照射試料の変化量と比較すると、僅かな b^* の減少と L^* および a^* の増加が認められた。次に、ヘアカラー剤 B の色相変化 (i) は、ほとんど変化がないことがわかる。未照射のそれと比較すると、 a^* および b^* の変化量の軽減が認められた。また、明度・彩度変化 (ii) では、 L^* は照射日数と関係なく、37~40 付近を位置している。また、 C^* はほぼ照射 21 日経過とともに低下しているといえるが、僅かな変化であった。これらの変化量も未照射試料と比較すると、軽減が認められた。ヘアカラー剤 C の色相変化 (i) は照射 3 日目以降 a^* はマイナス方向へ、 b^* はプラス方向へ変化する。未照射と比較すると、 b^* 方向への変化量が低下している。また、明度・彩度変化 (ii) では、 L^* は照射 3 日以降、日数とともにほぼ増加、 C^* はほとんど変化がないことがわかる。未照射試料と比較すると、それらの変化量は軽減していることがわかる。

これらのことから、ヘアカラー剤 B および C は緑色 LED 光の照射によって変退色の影響が軽減されることが明らかになった。

3.3.3 各ヘアカラー剤に対する青 LED 光照射の影響

最後に、図 10 に青色 LED 光を用いて各ヘアカラーで染毛したヤク毛を実施期間 (b) で 28 日間照射した色相変化 (i) および明度・彩度変化 (ii) を示した。ヘアカラー剤 A の色相変化 (i) の結果から、照射日数とともに a^* はマイナス方向へ b^* はプラス方向へ変化した。その変化量は、未照射試料と比較して a^* は増加、 b^* は減少傾向であることが確認できる。また、明度・彩度変化 (ii) から、 L^* は照射 1 日後に一度低下し、その後増加した。 C^* は照射日数とともに低下することがわかる。一方、ヘアカラー剤 B の色相変化 (i) では、照射日数とともにこれまでの結果と異なる少しの変化が認められた。 a^* がマイナス方向、 b^* もマイナスに変化した。未照射試料と比較すると著しく変化量が減少していることがわかる。さらに、明度・彩度変化 (ii) では L^* は照射日数に関わらず 39 から 44 付近を位置している。さらに、彩度はほとんど変化が認められなかった。ヘアカラー剤 C の色相変化 (i) では、 a^* はほぼマイナス方向へ変化する。未照射試料と比較すると、その変化量は 28 日後で a^* はほぼ同じ、 b^* は減少していることが

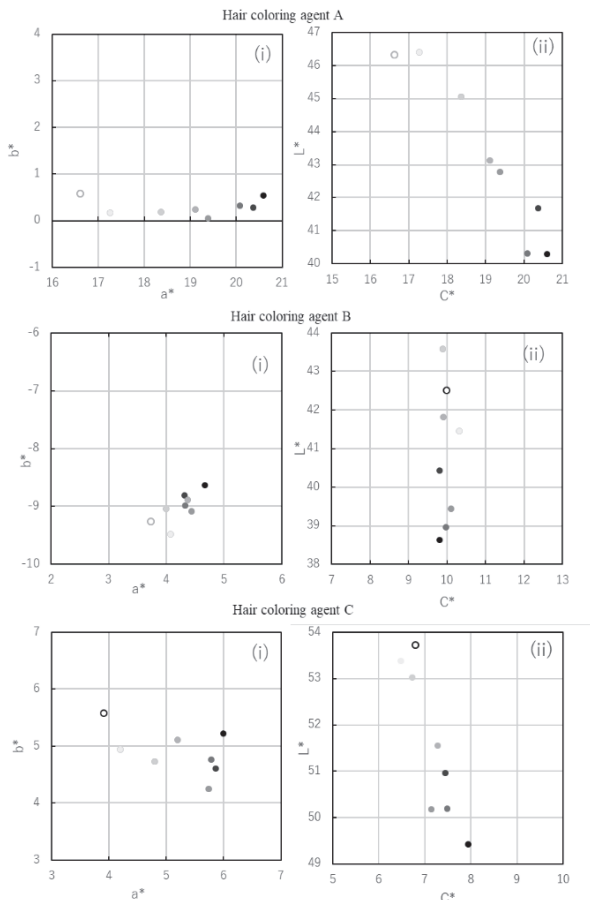


Fig.10 Color changes defined by chromaticity diagram (i) and color tone diagram (ii) of the yak fibers dyed by 3 type hair color agents (A, B and C) with the storage time under exposing Blue LED lights at room temperature and humidity.

Storage time(day)

● :0day, ● :1day, ● :2days, ● :3days, ● :7days, ● :14days, ● :21days, ○ :28days

わかる。また、明度・彩度変化(ii)では、 L^* 値は照射3日後から照射日数とともに明度が増加した。 C^* は照射の影響がほとんどなかった。

以上のことから、いずれのヘアカラー剤においても b^* の変化量の軽減が明らかになった。ヘアカラー剤Bのみが、これまでの結果と異なり、 b^* 値がわずかではあるがマイナス方向に変化した。この原因についてK/S- λ 曲線の変化から考察したが、明らかにできなかった。さらに、それぞれのヘアカラー剤によって変退色挙動が異なることが明らかとなった。

3.4 ヘアカラー剤の主成分の影響について

各光源によりその変化量はそれぞれのヘアカラー剤に

よって異なるが、特にLED照射によるヘアカラー剤Bの変化は少ないことが確認できた。このことから、ヘアカラー剤BのみがLED光に対する堅牢性を持っている成分を含有しているのではないかと考えられた。そこで、ヘアカラーの有効成分について検討すると、過去の文献⁴⁾からパラフェニレンジアミンおよびレゾルシンの組み合わせでは色相変化が少ないという結果がある。しかしながら、パラフェニレンジアミンおよびレゾルシンを有効成分としているのはヘアカラー剤Bだけでなく、ヘアカラー剤Cもそうあるため、一概に過去の文献のようなことは言い難いと考えられた。

次に、その他の成分を確認してみると、ヘアカラー剤AおよびCの成分はほぼ同じ成分が配合されているが、ヘアカラー剤Bの配合は異なることがわかる。特に、このヘアカラー剤Bにのみ配合されている成分がLED光の色差の減少を招いたと示唆される。具体的な成分としては、イソステアリン酸イソステリアル、タウリン、米ヌカ油、セタノール、ポリ塩化ジメチルジメチレンピロリジニウム液、POE ステアリンエーテル、ジメチコン、ステアルトリモニウムクロド、イソプロパノールアンモニア水である。緒言でも述べたようにシリコンが配合されることによりUV暴露の色変化の低下を招いたとされていることから、LED光に耐光性を示した成分はジメチコンではないかと考えられた。しかし、肝心のブラックライトブルー蛍光灯照射の結果では、他のヘアカラー剤よりも色差が大きい(ヘアカラー剤Aでは色差が26.1、ヘアカラー剤Bでは29.9、ヘアカラー剤Cでは17.5)ため、その効果が認められなかったように思われた。つまり、シリコンおよび光源の種類によって色味の変化を低下する効果は異なるのではないかと考えられた。

4. 結 論

本研究では、ヘアカラー剤を用いて染毛したヤク毛に対する光源による変退色挙動に焦点を置き、退色寄与度について検討を行った。さらに、最近注目されているLED光について狭帯域での照射を行い、ヘアカラー剤で染毛したヤク毛の変退色挙動の影響についても検討した。

ブラックライトブルー蛍光灯、蛍光灯およびLEDを用いて各ヘアカラー剤で染毛したヤク毛を照射した結果、いずれも各光源によって変退色の度合いは異なるが、変退色挙動は同じであることがわかった。つまり、照射日数に伴い、いずれの染色ヤク毛も黄色味方向に変退色す

ることが明らかとなった。また、ブラックライトブルー蛍光灯照射が与えるヤク毛の色差が著しく大きかったことから、紫外線の影響が特に大きいことを再確認することができた。蛍光灯および LED 照射では、各ヘアカラー剤の成分により、色の変化量が異なることがわかった。

さらに、狭帯域 LED 光の照射の結果、赤色 LED 光では、いずれのヘアカラー剤で染毛したヤク毛も未照射試料よりも変退色の軽減が認められた。また、緑および青色 LED 光では黄色味への変色が軽減した。これらのことから、ヘアカラー剤で染毛したヤク毛に対して狭帯域 LED 光は、長波長域で変退色軽減の期待ができると考えられた。

文 献

- 1) J. Corbett, *J. Soc. Cosmet.*, 24,103 (1973).
- 2) J. Kawase, *Fragrance Journal.*, 19,43 (1991).
- 3) K. Joko, Y. Yoshikatsu and K. Sakata, *Sen 'I Gakkaishi.*, Vol. 65, 34-39 (2009).
- 4) H. H. Tugker, *J. Soc. Cosmetic Chemists.*, 18, 609-628 (1967).
- 5) B. Locke, J. Jachowicz, *International Journal of Cosmetic Science.*, Vol. 28, 231-2 (2006).
- 6) A. Schlosser, *J. Soc. Cosmet.*, 55, S123-S131 (2004).
- 7) M. Ogasawara et al. *Journal of the Society of Materials Science, Japan*, Vol.64, No.5, 405-409 (2015).
- 8) M. Saito. *Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan*, Vol.97 No.6, 315-319 (2013).
- 9) M. Kobayashi, Y. Izuta, Y. Mori, *Research bulletin of Osaka Shoin Women's University.*, 13, 205-213 (2023).
- 10) K. Ueda, *Chemistry and education*, Vol.65, 11, 578-581 (2017).