

水素ヘッドスパの毛髪保護効果の検証：毛髪ダメージ、臭気、色移りの軽減に関する実証研究

宮川, 路子 / 堀, 牧子 / 原田, 裕輔 / Hori, Makiko /
Harada, Yuusuke / Miyakawa, Michiko

(出版者 / Publisher)

法政大学人間環境学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

人間環境論集 / The Hosei Journal of Sustainability Studies

(巻 / Volume)

25

(号 / Number)

2

(開始ページ / Start Page)

73

(終了ページ / End Page)

92

(発行年 / Year)

2025-01-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00031194>

水素ヘッドスパの毛髪保護効果の検証

～毛髪ダメージ、臭気、色移りの軽減に関する実証研究～

堀 牧子・原田 裕輔・宮川 路子

要約

本研究では、水素ヘッドスパ（以下、水素スパ）がヘアカラー後の毛髪ダメージ、臭気、色落ちの軽減に及ぼす効果を検証した。ヘアカラー剤に含まれる過酸化水素やアンモニアは、毛髪や頭皮に酸化ストレスを与え、キューティクルの損傷や不快な臭気、タオルや枕カバーへの色移りの原因となることが知られている。本研究は、水素の抗酸化作用・洗浄作用がこれらカラーリングのマイナス影響を軽減できる可能性に着目した。

成人2名を被験者として、通常のヘッドスパと水素スパを施術し、頭皮と爪の根元付近の血管の血流速度、ならびにヘアードライ後の毛髪の状態を比較した。次に、別の成人2名を被験者として、カラーリング後にシャンプーを行い、引き続いて通常スパ（1名）、水素スパ（1名）を行った際のスパ洗浄液の状態を比較した。また、美容室で水素スパを体験した16名へのアンケート調査を実施し、水素スパに対する主観的評価について検討した。さらに、毛髪サンプルを用いて、水素温水による毛髪表面特性と光沢度の変化の評価、ならびに電子顕微鏡による毛髪表面の観察を行った。

その結果、水素スパにより爪の根元、および頭皮部において血流速度が増加し、つや、なめらかさが改善することが示された。スパ洗浄液の比較では、水素スパにおいてヘアカラー剤のスパ洗浄液への色落ちや泡立ちが確認され、水

素によるカラー剤残留物の除去効果が示唆された。アンケート調査でも、水素スパによる髪質の改善、カラー後の臭気軽減、タオルや枕カバーへの色移り軽減などの効果が報告された。毛髪サンプルを用いた検査においても水素温水によってキューティクルの乱れが抑えられ、毛髪の光沢や滑らかさを向上させることが確認された。

これらの結果から、水素スパはヘアカラー後の毛髪ダメージ、臭気、色移りを軽減する効果的な手段であることが示唆される。毛髪ダメージを軽減する効果は、水素の抗酸化作用によって活性酸素種を除去し、毛髪内部の酸化ストレスを緩和することに起因すると考えられる。これにより、毛髪の損傷が修復され、健康な状態が維持されることで、美しい髪質を保つことが可能となることが推測される。さらに、水素の洗浄・トリートメント効果により、シャンプー・トリートメント剤の使用削減が期待される。

今後は、より多くの被験者を対象とした長期的な研究による効果の検証が必要である。水素ヘッドスパの実用化と普及に向けて、さらなる研究が期待される。

キーワード

水素ヘッドスパ（水素スパ）、ヘアカラー剤、毛髪ダメージ、抗酸化作用

1. はじめに

1-1. 背景と目的

ヘアカラーは多くの人々にとってファッションの一部として欠かせない存在である。しかし、ヘアカラー剤に含まれる過酸化水素やアンモニアは、毛髪や頭皮にダメージを与えることが知られている¹⁾。具体的には、毛髪のタンパク質が酸化されることでキューティクルが損傷し、パサつきや切れ毛の原因となる²⁾。また、ヘアカラー後の強い臭気による不快感や、色移りの発生も問題視されている³⁾。

近年、水素の健康効果に関する研究が活発に行われており⁴⁾、その有効性が明らかにされつつあるが、特に活性酸素種を除去する抗酸化作用や抗炎症作用が注

目されている⁵⁾。美容分野においても水素の活用が期待されており、水素風呂が肌の皴やしみを改善させる効果が報告されている⁶⁾。水素には抗酸化作用があることが知られているが⁷⁾、ヘアカラー剤などの酸化ストレスに関する水素の効果を検証した研究は少なく、今後の展開が待たれている状態である。

本研究では水素ヘッドスパが毛髪や頭皮に与える影響を、血管・血流変化や水素スパによるカラー剤の除去効果、ヘアカラー剤の臭気の変化、毛髪表面の状態の測定試験により検証することとした。

1-2. 研究の意義

本研究は、美容業界における新たな毛髪ケア方法としての、水素スパの有効性を検証するものである。ヘアカラーによるダメージを水素スパにより軽減することで、毛髪の健康を保ち、美しい毛髪を維持するための新しいアプローチが期待される。

また、水素は利用時に二酸化炭素を排出しないクリーンなエネルギー源であり⁸⁾、その利用は地球温暖化を防ぐ環境対策としても貢献することが報告されている⁹⁾。水素スパの導入により、カラー剤などを効率よく洗い流し、毛髪の滑らかさ、美しさを実現し、従来の化学物質を使用したヘアケア製品（シャンプー・トリートメント剤）の使用を減らすことができれば、洗い流されて下水に混入する化学物質の量を大幅に削減することとなり、環境負荷を低減できると期待される。これにより、持続可能性を目指す環境に優しい美容ケアの実現に寄与することが可能になるであろう。

本研究の成果は美容業界における新たなサービスの開発や製品の改良に寄与するだけでなく、消費者の美容と健康、さらには環境保護にも貢献する可能性が考えられる。美容業界の発展とともに、より多くの人々が安全で効果的な美容ケアを享受できることが期待される。

2. 背景

2-1. ヘアカラーによる毛髪ダメージ

ヘアカラー剤は、酸化剤と非酸化剤、脱色剤に分類されることが知られている¹⁰⁾。酸化染料は毛髪内部に浸透し、配合結合によって発色する。この過程において、ヘアカラー剤に含まれるアンモニアと過酸化水素が毛髪のタンパク質を酸化し、キューティクルに損傷を与える¹¹⁾。その結果、毛髪はパサつきやすくなり、切れ毛や枝毛の増加を引き起こす¹²⁾。また、過酸化水素は活性酸素種であるヒドロキシルラジカルを生成し、毛髪や頭皮に酸化ストレスを与えることが報告されている¹³⁾。加えて、ヘアカラー後にシャンプーを行ったとしても、ヘアカラー剤が頭皮や毛穴、毛髪に残留することにより、しばらくの間タオルや枕カバーへの色移り（毛髪からの色落ち）が生じることが報告されている。特に、カラーリング直後から数日間は、カラー剤特有の臭気が残存することが多い。これらの残留物は容易に経皮吸収されるため、潜在的な健康被害を引き起こすリスクとなることが指摘されている^{14)、15)}。

2-2. 水素の抗酸化作用

水素ガスは、選択的に活性酸素種を除去する抗酸化作用を有することが報告されている¹⁶⁾。特にヒドロキシルラジカルを還元して水に変換することで酸化ストレスを効果的に軽減する¹⁷⁾。また、水素は分子量が小さいため、細胞膜を容易に通過し、迅速に全身へ拡散する特性を持つ¹⁸⁾。

2-3. 先行研究の整理

近年、水素の美容効果に関しては、皮膚への効果や毛髪の酸化ストレスに関する研究が発表されており^{6)、19)、20)}、毛髪ケアにおいてもその有効性が注目されている。特に、水素水によって毛髪の光沢度が向上し、ダメージが軽減される効果が報告されている²¹⁾。しかしながら、水素スバによる血流変化や、ヘアカラー後の毛髪ダメージに対する効果、そしてカラー剤の洗浄効果などについては十分に

研究が行われていない。

3. 研究方法

本研究は、以下の4段階に分けて実施した。

3-1. 水素スパによる血流促進効果の確認、および髪質の変化の確認

水素スパの効果を検証するため、2023年11月に、健康な成人男女2名を対象として、それぞれに、温水を使用した通常の温水によるヘッドスパ（以下、通常スパ）、水素温水による水素スパ（ONEST社製、DETOSPA）を施術し、血流、およびヘアードライ後の髪質の状態を比較検討した。女性の被験者はロングヘアでカラーリングを繰り返しており、毛髪の状態はかなり悪化していた。通常スパ、水素スパともに温水温度は38℃から39℃に設定した。DETOSPAは器械から出る水素温水を髪にかけ流し、シャンプーボールに溜まった水素温水を再び汲み上げて器械に循環させる方式である。このため、水素スパに用いる水素温水の水素濃度は一定に保たれ、0.8～1.2ppmであった。通常スパについても水素スパ同様に、お湯を流しながらではなく、シャンプーボールに溜めた温水をかけ続ける形で行った。

まず、通常スパ10分を行い、ドライヤーで乾かした。その後、1時間のクーリング時間を置いて、水素スパ10分を実施した後、ドライヤーで乾かした。通常スパと水素スパ施術前後に頭皮及び左手薬指の爪の根元（後爪郭部付近）の血管の血流の状態を観察した。血流の観察はTOKU Capillaro（Toku Corporation社製）を使用して動画で撮影し、NPO法人 毛細血管・研究会に依頼して速度測定を行った。ヘッドスパ後の血流撮影はヘアードライの前に、頭皮と毛髪が濡れている状態で行った。血流速度の測定については、直線に伸びる血管が必要であるため、後爪郭部付近の血管においてのみ、毎回2本の血管について行った。

通常スパ後、および水素スパ後にヘアードライした際の髪質については、女性のみ写真撮影を行った。

3-2. 通常スパと水素スパのスパ洗浄液の比較実験

美容室でカラーリングをした被験者2名について、カラーリング後の通常の流れとしてシャンプーによる洗髪を行い、引き続いて1名は通常スパを10分間、もう1名は水素スパを10分間行い、終了時にそのスパ洗浄液の状態（泡立ち、カラー剤の洗浄液への色落ち）を確認した。

3-3. アンケート調査

美容室でカラーリング後に水素スパを体験した男女16名の対象者に対してアンケート調査を実施し、水素スパに対する主観的評価について調査検討した。

3-4. 水素温水処理が毛髪表面に与える影響の検証

毛髪に対する水素スパの効果を検証するため、毛髪サンプルを用いて水素温水による表面特性と光沢度の変化の測定、および毛髪表面のキューティクルの状態の撮影を行った。この試験については、株式会社消費者研究所に依頼して実施した。

試料となる毛髪は、まず、室温 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $65\% \pm 10\%$ の環境で24時間以上調湿し、これを毛髪サンプルとした。水素温水処理については、40リットルの水槽に 40°C のお湯を用意し、DETOSPA を稼働し水素スパに用いる水素温水を生成して毛髪サンプルの一部を10分間浸漬した。次に、毛髪サンプル（水素温水処理なし）と、水素温水処理された毛髪の毛束をそれぞれ測定機器（KES-SESRU、カトーテック社製）に固定し、表面特性測定を行った。測定回数は各5回ずつ行い、平均値を算出した。

また、毛髪光沢測定試験については、毛髪サンプル（水素温水処理なし）と、水素温水処理された毛髪を固定し、測定機器（Glossymeter GL200、C + K 社製）を使用して測定を行った。測定は毛髪サンプルと水素温水処理後の毛髪それぞれについて5回ずつ行い、平均値を算出した。

さらに、毛髪サンプル、および水素温水処理された毛髪をそれぞれ試験台にセットし、走査型電子顕微鏡（日本電子社製）を使用して毛髪表面の撮影を行っ

た。

本研究は、参加者に対して研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た上で実施した。なお、本研究は、法政大学研究倫理審査の承認を得て実施した（院・公共倫理第 2306 号 2023 年 11 月 22 日承認）。

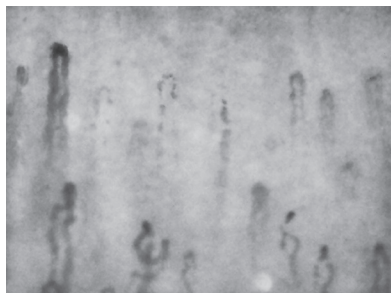


図 1 通常スパ後の後爪郭部の血流

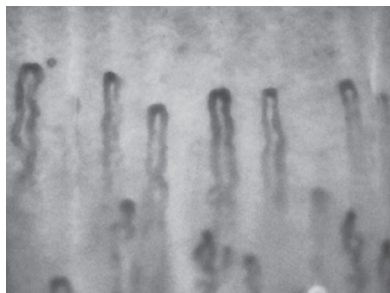


図 2 水素スパ後の後爪郭部の血流

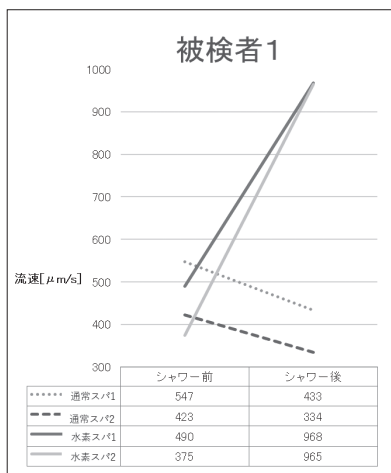


図 3 被検者 1 の後爪郭部付近の血流速度

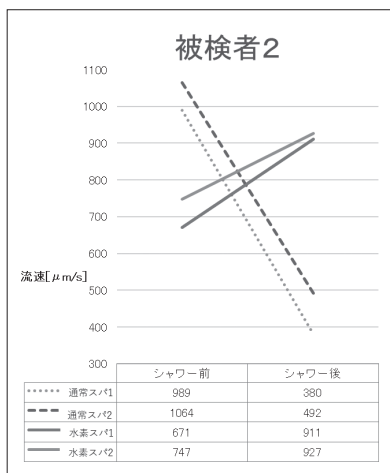


図 4 被検者 2 の後爪郭部付近の血流速度

4. 結果

4-1. 血流測定と髪質の比較

4-1.1. 後爪郭部付近の血流状態と血流速度

血流観察の結果では、後爪郭部付近において、通常スパ後には血流の流れが滞っており、毛細血管内で血液の通りが悪い部分（血流の途切れにより白くなっている部分）を多く認めた（図1）。水素スパ後には、毛細血管が太く拡張し、血流の流れが力強く、速く流れていることが確認された（図2）。血流速度は、通常スパの前後では、スパ前に比べてスパ後において血流が低下し、水素スパの前後では、スパ前に比べてスパ後において、血流が著しく促進されていた（図3、4）。

なお、頭皮の血管についても明らかな血管の拡張や血流の促進が観察されたものの、頭皮の中で縦や斜めに走行している血管が多く、視覚的に捉えることはできなかった。

4-2. ヘアードライ後の髪質の状態

女性被検者の通常スパ後、水素スパ後の髪質について写真を示す（図5、6）。ヘアードライ後の状態は、通常スパ後に比べて、水素スパ後では髪をつや、滑らかさ、くし通りが著しく異なっており、水素スパによる美髪効果が示された。

4-3. スパによるヘアカラー剤の色落ち

スパ洗浄水の状態の比較は目視により行ったが、通常スパで用いた洗浄水（温水）は無色透明であり、シャンプー後に髪や頭皮に残存しているはずのヘアカラー剤は全く洗い流されていなかった（図7）。これに対し、水素スパに用いた洗浄水（水素温水）は白く泡立って茶色く濁っており、シャンプー後に残存している茶色いヘアカラー剤がかなり洗い流されていることが確認された（図8）。



図5 通常スパ後のヘアードライ後の髪の様子



図6 水素スパ後のヘアードライ後の髪の様子



図7 通常スパの洗浄水の様子



図8 水素スパの洗浄水の様子

4-4. アンケート調査

アンケートの回答一覧を表1に示す。回答者の属性は、性別：女性が93.8%、男性が6.3%、年齢は20代が37.5%、30代が31.3%、40代が18.8%、50代が12.5%であった。アレルギーの有無では、アレルギーがあるが37.5%、ないが62.5%であった。次に、水素に関する設問では、水素に興味がある人がほとんど(93.8%)であり、水素の美容効果を知っていたものも75.0%であった。

美容院でのカラーリングに関する頻度は、美容院で必ずカラーリングをする人が87.5%と多く、その頻度は月1回：25.0%、月1～2回：18.8%、2～3か月に1回：43.8%、半年に1回：6.3%、1年に1回：0%、カラーをしない：6.3%であった。また、カラーリング後の悩みや経験では、カラーリング後に気になることがあると回答した者が87.5%であった。カラーリング剤の香り(臭い)については、全員が気になったことがあると回答しており、カラーリング後の色落ち(シーツや枕カバーへの色移り)については81.3%が気になったことがあると回答した。

水素ヘッドスパの利用経験と効果では、初回利用者が56.3%と半分以上、2～3回目利用者が31.3%、それ以上の回数利用者が12.5%であった。水素ヘッドスパを受けた者全員が髪質の変化を感じたと回答した。さらに、具体的な変化としては、サラサラになったが56.3%、艶がでるようになったが62.5%、しっとりしたのが18.8%、全て該当したが、6.3%であった。

カラーリング後の変化(カラーリングを行った13名対象)では、香りに変化があった(カラーリング後のつんとした酸のいやな臭いがなくなった)が100.0%であり、臭いについては、全員が以前は気になっていたが、その全員が水素スパによって臭いが気にならなくなったと回答した。色落ちについては、81.3%が色落ちが気になったとしていたところ、水素スパによってその割合が69.2%に減少していた。髪質に関する悩みでは、髪表面がばやばやする、毛先の絡まり、広がりがやまとまりの悪さ、パサつきやうねりなどの具体的な悩みが挙げられた。

また、自由記載欄の意見を表2に示す。その結果、水素スパの効果に関する感

表1 アンケートの回答一覧

〈属性〉	人数 (名)	割合 (%)
1：性別		
男	1	6.3
女	15	93.8
2：年齢		
20代	6	37.5
30代	5	31.3
40代	3	18.8
50代	2	12.5
3：アレルギー有無		
ある	6	37.5
ない	10	62.5
〈水素に関する設問〉		
4：水素について何か興味ありましたか？		
はい	15	93.8
いいえ	1	6.3
5：水素について美容効果を知っていましたか？		
はい	12	75.0
いいえ	4	25.0
〈美容院でのカラーリングに関する傾向〉		
6：美容院に行った際に必ずカラーリングをしますか？		
はい	14	87.5
いいえ	2	12.5
7：カラーリングの頻度はどのくらいですか？		
月1回	4	25.0
月1～2回	3	18.8
2-3か月に1回	7	43.8
半年に1回	1	6.3
1年に1回	0	0.0
カラーしない	1	6.3
8：カラーリング後に気になることはありましたか？		
ある	14	87.5
ない	2	12.5
9：今までカラーリング剤の香りが気になったことはありましたか？		
ある	16	100.0
ない	0	0.0
10：今までカラーリング後の色落ちが気になったことはありましたか？		
ある	13	81.3
ない	3	18.8
11：髪質についてご自身のお悩みがあれば自由に記載してください。*		

〈水素ヘッドスパの利用経験と効果〉

12：今までに水素ヘッドスパを何回行いましたか？

初回	9	56.3
2-3 回目	5	31.3
それ以上	2	12.5

13：水素ヘッドスパ以前と比べて髪質に変化は感じましたか？

はい	16	100.0
いいえ	0	

14：【はいと回答した方】髪質の変化について該当するものを教えてください。(複数回答)

①しっとりした	3
②サラサラになった	9
③艶がでるようになった	10
①～③すべて該当	1

〈カラーリング後の変化〉

15：【カラーリングをされた方】カラーリング後の香りに変化はありましたか？ (n=13)

はい	13	100
いいえ	0	0.0

16：【カラーリングをされた方】カラーリング後に色落ちはありましたか？ (n=13)

はい	9	69.2
いいえ	4	30.8

17：水素ヘッドスパについて、感想やご意見があれば教えてください

※＝表面がばやばやする / 毛先が絡まりやすい、うねる毛が増えて、おさまりが悪い、パサつき、うねった毛、細い毛などの毛質のバラついた毛が生えてくるようになった、直毛で量が多いので広がりやまとまりが悪いのが気になる。

表2 アンケートの自由記載

初めて、水素スパをやってみた。髪の毛がツヤツヤでサラサラになった。

以前から、水素に興味はあったが使用する機会がありませんでした。今回初めて髪の毛がさらさらになったことに驚いています。

美容院に行ってカラーリングした時に何となく臭いが気になっていました。水素スパをしてカラーリングしたあとの臭いが気にならなかったのは気のせいでしょうか。

水素スパ2回目になります。今までは、カラーリングした後、数日はお風呂上がりのタオルや枕カバーに色が付いていることがありました。水素スパした後タオルや枕カバーにカラーリングした色が付いていませんでした。あと、今までカラーリングした後に臭いが残っていました。その臭いがない。

水素が美容に良いことは知っているが値段が高い。

水素スパで髪の毛がこんなにもサラサラでまとまるなら、トリートメントはいらない。

想として、髪の変化については、ツヤツヤでサラサラになった、髪がまとまる、トリートメントが不要と感じるほど効果が高いとの意見もみられた。具体的な効果としては、初めての使用で髪質改善に驚いた、カラーリング後の臭いやタオル、枕カバーへの色移りがなくなった、といった意見がみられた。重ねて、水素に関する関心として、以前から水素に興味はあったが、使用の機会がなかったという意見や美容に良いと認識しているものの、値段が高い、とコスト面の懸念もみられた。

4-5. 毛髪試験

毛髪表面の滑らかさと光沢度を表3、4に示す。滑らかさは、毛髪サンプルでは0.410であったのに対し、水素温水処理した毛髪では0.394で滑らかさが増していた。光沢度は、毛髪サンプルでは3.400であったのに対し、水素温水処理した毛髪では3.600であり、光沢度が高まっていた。

表3 毛髪の滑らかさ

	平均摩擦係数（平均値）
調湿処理のみ	0.410
水素温水処理	0.394

※値が小さいほど毛髪表面の滑りやすさがあると判断する。

表4 毛髪の光沢度

	平均摩擦係数（平均値）
調湿処理のみ	3.400
水素温水処理	3.600

※数値が大きいくほど光沢があると判断する。

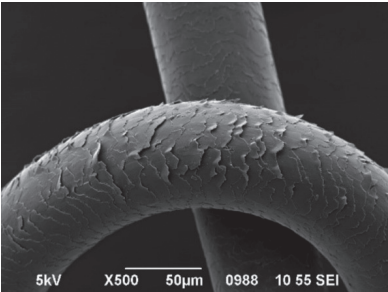


図9 調湿処理後毛髪サンプルのキューティクル状態

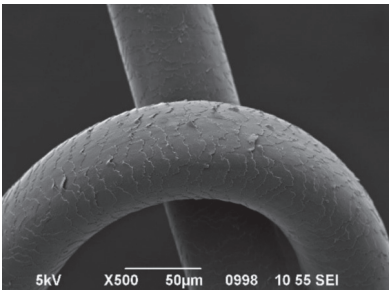


図10 水素温水処理後毛髪のキューティクル状態

また、電子顕微鏡による表面の観察の様子を図9、10に示す。毛髪サンプルでは、毛髪表面のキューティクル構造の乱れが観察されていたが、水素温水処理後にその乱れが大幅に改善した。

5. 考察

5-1. 水素スパによる血流促進効果

水素スパによって、手指の爪の根元付近（左手薬指の後爪郭部付近）、および頭皮の血流が著しく促進することが示された。水素ガス吸入は毛細血管が拡張し、血流を促進する効果があることが報告されている^{22)、23)}。

今回の実験では、通常スパにおいて、血流はスパ後に低下していた。この理由は、血流測定をヘアードライの前に行ったため、頭皮・毛髪が濡れた状態であり、それによって頭皮の皮膚温が低下して血管収縮が起きていた可能性があること、また、実験の被験者になるという精神的な緊張感により交感神経が優位になっていたなどが影響している可能性があると考えられる。水素スパにおいても同様の条件で血流測定を行ったため、スパ実施による血流の抑制作用が背景にあったものと思われる。その条件下で認めた水素スパ後の血流促進は、通常スパ後に認めた血流低下を補った上で観察されたものであると推測される。このことから、頭皮から吸収された水素ガスによる毛細血管の血流促進効果は極めて高いと思われる。水素分子は非常に小さく、細胞膜を容易に通過するため、体内の組織に浸透しやすい特性を有する²¹⁾。特に、頭皮には多くの毛穴が開いているため、通常の皮膚に比較してより水素を吸収しやすい性質を持つ可能性があると考えられる。水素スパにおいて水素温水に直接触れる頭皮のみならず、手指の爪の根元の血管においても血流が促進されたことは、10分間という短時間に頭皮から吸収された水素が血流にのって、全身を巡り、指先において血流を改善していることを示している。水素スパにより水素が頭皮から血中に吸収されると、毛細血管の血流を促進する効果のみならず、全身において水素ガスの持つ様々な健康効果を発揮することが期待される。しかし、水素スパ中には、頭皮からの吸収だけではなく、湯面から立ち上る水素ガスを呼吸によって吸入している可能性が考えら

れることから、今回の実験で認めた血流促進効果は頭皮からの水素の吸収だけによるものではないと推測される。水素風呂による皮膚からの水素の吸収についてはブタを使った実験が報告されているが²⁴⁾、今後、頭皮からの水素の吸収については呼吸からの水素吸入を除いた形で厳密に評価する必要があると考える。

5-2. 水素による毛髪ダメージ軽減効果

水素スパはヘアカラー後の毛髪ダメージ軽減に有効である可能性が示された。これは、水素の抗酸化作用により、ヘアカラー剤に含まれる過酸化水素から生成されるヒドロキシルラジカルを還元し、酸化ストレスを抑制することに起因すると考えられる。図7, 8で観察された水素スパ洗浄液の白い泡は、カラー剤に含まれている過酸化水素が流されたものである。過酸化水素は、髪を美しく染めるための漂白剤として、さらにカラー剤の発色のためにも必要不可欠なものであるが、頭皮や毛髪に残存しやすく、強い酸化作用によって頭皮や毛髪に障害を与える。水素分子は極めて小さく、毛髪内部にも容易に浸透するため、毛髪内部の損傷を修復し、広沢や滑らかさを向上させる効果があると推察される。水素温水処理によって毛髪表面のキューティクルの乱れが修復されたことから、水素スパにより毛髪の健康状態を回復させる効果が期待される。

5-3. 水素によるカラー剤の除去効果

カラーリング後のシャンプーに引き続いて通常スパまたは水素スパを10分間行なった洗浄液の比較実験では、シャンプーでカラーリング剤を洗い流した後であるにもかかわらず、水素スパの洗浄液が茶色く濁り、白い泡立ちを認めた。このことから、シャンプーだけでは頭皮や毛穴、毛髪から除去しきれないヘアカラー剤の残留物を、水素スパによって効果的に除去できる可能性が示唆された。水素の洗浄効果は非常に高く、現在工業的にも半導体の基板表面の微粒子除去・洗浄に用いられ、有機物や微細な埃まで除去できることが報告されており²⁵⁾、毛髪に残留したカラー剤や頭皮の汚れの除去にも有効であり、シャンプー剤の使用を削減できる可能性がある。カラーリング後の水素スパにより毛髪表面、および頭皮、毛穴に残存するカラー剤を除去して色落ち（タオルや枕カバーへの色移り）

が抑えられることが可能となれば、カラーリングによるストレス軽減につながり、ヘアカラーをより快適に楽しむことができると考えられる。

また、化学物質であるカラー剤は、アレルギー性接触皮膚炎や発がん性のリスクが高まることが問題視されている^{26)、27)}。カラー剤を効率よく除去することで、有害物質の体内への吸収を最小限に抑え、健康影響を予防することが期待できる。しかしながら、アンケート調査では、水素スパ後にも色落ちが完全には防止できていないことが示されており、今後カラー剤の残留対策については、水素スパ施術時間の延長なども含め、より詳細な調査が必要である。

5-4. 水素による臭気の低減効果

上述したように、カラーリング後に行った通常スパと水素スパの洗浄液の比較で、水素スパにおいては頭皮や毛髪に付着しているカラーリング剤の成分が相当量取り除かれていることが示された。ヘアカラー剤には、成分としてアンモニアが含まれているため、独特の刺激臭を有する。この刺激臭はストレスとなり、リラックス状態を軽減させる影響があると兒玉ら³⁾によって報告されており、アンモニア刺激臭の放出が多いほど不快と感じるとされている。図7、8の比較から水素スパを行うことにより、頭皮や毛髪へのヘアカラー剤の残留物質を除去できる可能性があり、これによりヘアカラー後のアンモニア刺激臭も軽減できると考えられる。

アンケート調査の結果においても、臭気についての問に回答した全員がヘアカラー剤の臭いが気にならなくなったとしており、水素スパによる顧客満足度の向上にも寄与していると考えられる。特に、嗅覚が敏感な顧客にとって、この効果は大きな利点となるであろう。

5-5. 水素スパの利点、研究限界、今後の展望

水素スパには多くの素晴らしい効果があり、美容室における新たなサービスとして顧客満足度の向上に寄与する可能性があると考えられる。水素の抗酸化作用により、毛髪の健康を維持し、ダメージを軽減することで、施術後の毛髪の質感や外観に対する顧客の満足度が高まることが期待される。また、水素スパの優れ

た洗浄力によってヘアカラー剤を効率よく除去し、カラー後の臭気や色落ちを防ぐことで、快適性が向上する可能性がある。

しかしながら、本研究にはいくつかの限界が存在する。まず、サンプルサイズが小規模であるため、結果の一般化には慎重さが求められる。次に、長期的な効果については検証が不足しており、水素スパの持続的な効果についてはさらなる研究が必要である。また、水素スパを美容室に導入する際のコストが高いことから、これが施術料金に反映されると、消費者満足度やサービスの普及に影響を及ぼす可能性がある。これらの課題を克服するためには、さらなる研究と技術革新が必要であり、これにより、水素スパの実用性と普及性が向上し、より多くの人々がその恩恵を受けることが期待される。なお、最近では、自宅で簡単に水素風呂を生成することができる器械や入浴剤などが開発されている。水素風呂の自宅への導入により、サロンで水素スパを受けることができない場合であっても、カラーリング後の臭いや色落ちなどの問題を解決することができるであろう。

さらに、自宅に水素風呂が導入されるようになると、今回示された水素の毛髪保護効果によって、日常的なトリートメント剤の使用が必要なくなる可能性があると考えられる。これが実現すれば、洗い流すトリートメント剤による水の汚染を防ぐことができるようになり、環境負荷を軽減できると思われる。また、今回の実験では行っていないが、水素の優れた洗浄効果を利用すると、水素温水のみで毛髪や頭皮の汚れを洗い流すことができるようになることが期待され、シャンプー剤の使用をも抑え、これがさらに環境負荷軽減につながる可能性を秘めている。水素は美容領域において、持続可能性を目指すためにも重要な役割を果たすことが期待される。

6. 結論

本研究により、水素スパがヘアカラー後の毛髪ダメージを防ぎ、毛髪の損傷を修復し、光沢や滑らかさを向上させることができる可能性が示された。これらは水素の抗酸化作用の効果によるものである可能性が高い。また、水素スパは残留したヘアカラー剤の効率的な除去によってヘアカラー後の酸性臭を低減し、施術

後の不快感を軽減する効果や、色落ち（タオルや枕カバーへの色移り）を防止する効果も示唆された。残留するヘアカラー剤の除去は化学物質による健康影響も軽減すると推測される。さらに、頭皮からの水素の吸収により、指先の血流が促進されることから、水素スパにより、全身に水素が循環して水素の持つ多くの健康効果を享受できる可能性があると考えられる。

今後は、対象者を増やして長期的に効果の検証を行い、水素を用いた毛髪ケアの実用化を推進する必要があると考えている。水素の洗浄効果・トリートメント効果により、シャンプー剤・トリートメント剤の使用が減少すれば、水質汚染を防ぎ、環境負荷を軽減することができると考えられる。本研究の成果が、水素を用いた毛髪ケアの普及と発展、健康と環境の持続可能性の実現に寄与することが期待される。

7. 利益相反

著者らは、本論文の発表に関して利益相反がないことを宣言する。

8. 謝辞

本研究の遂行にあたり、多大なるご協力をいただいた株式会社 ONEST の磯貝昌彦様、美容室 Spine Hair Works の西森昭彦様をはじめスタッフの皆様、そして被験者の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 赤堀敏之. ヘアカラー剤とパーマネントウェーブ剤——最近10年の進歩と発展——. FRAGRANCE JOURNAL, 61, 1983, pp.111-115.
- 2) 加藤和夫. 永久染毛剤の進歩と研究開発の課題. FRAGRANCE JOURNAL, 6, 1991, pp.30-35.
- 3) 兒玉隆之, 他. ヘアカラー製品の匂いがもたらす神経生理学的影響. 日本感性工学会論文誌, 18 (3), 2019, pp.195-200.
- 4) 太田成男. 水素医学の創始, 展開, 今後の可能性: 広範な疾患に対する分子状水素の予防ならびに治療の臨床応用へ向かって. Journal of Japanese Biochemical Society, 87 (1), 2015, pp.82-90.

- 5) Tanaka Y, et al. Hydrogen-rich bath with nano-sized bubbles improves antioxidant capacity based on oxygen radical absorbing and inflammation levels in human serum. *Medical Gas Research*, 12 (3), 2022, pp.91-99.
- 6) Tanaka Y, et al. Repetitive Bathing and Skin Poultice with Hydrogen-Rich Water Improve Wrinkles and Blisters Together with Modulation of Skin Oiliness and Moisture. *Hydrogen*, 3 (2), 2022, pp.161-178.
- 7) 山本良他. 水素ガス療法の現状と将来性. *ファルマシア* 57 (1), 2021, pp.44-47.
- 8) 西川正史. 水素エネルギーシステムの開発課題と現状. *プラズマ・核融合学会誌*, 80 (1), 2004, pp. 5-11.<https://fossil-fuel.info/>
- 9) 市村正也. 水素エネルギーと地球温暖化対策. *日本の科学者*, 58 (3), 2023, pp.38-42.
- 10) 新井泰裕, 他. 日本における最近の染毛剤の現状と課題. *FRAGRANCE JOURNAL*, 6, 1991, pp.14-24.
- 11) 三田康蔵. 染毛剤におけるトリートメント効果. *FRAGRANCE JOURNAL*, 6, 1991, pp.79-85.
- 12) 松崎貴他. 最新の毛髪科学. 毛髪科学技術者協会(編), フレグランスジャーナル社, 2003.
- 13) 吉川敏一. フリーラジカルの医学. *京都府医大誌*, 120 (6), 2001, pp.381-391.
- 14) Maibach HI, et al. Percutaneous penetration following use of hair dyes. *Arch Dermatol*. 111 (11), 1975, pp.1444-1445.
- 15) Ali A, et al. Risk of Carcinogenicity Associated with Synthetic Hair Dyeing Formulations: A Biochemical View on Action Mechanisms, Genetic Variation and Prevention. *Indian J Clin Biochem*. 37 (4), 2022, pp.399-409.
- 16) 大澤郁朗. 水素分子の生理作用と水素水による疾患防御. *日本老年医学会雑誌*, (6), 2012, pp.680-688.
- 17) 渡辺正仁, 他. 活性酸素種と水素療法. *保健医療学雑誌*, 11 (2), 2020, pp.160-174.
- 18) Yamamoto R, et al. Hydrogen gas distribution in organs after inhalation: Real-time monitoring of tissue hydrogen concentration in rat. *Scientific reports*, 9 (1), 1255. doi: 10.1038/s41598-018-38180-4
- 19) Bajgai J, et al. Role of Molecular Hydrogen in Skin Diseases and its Impact in Beauty. *Curr Pharm Des*. 27 (5), 2021, pp.737-746.
- 20) 山岡卓司. 水素による毛髪の酸化抑制効果. *法政大学大学院紀要. 工学・工学研究科編*. 58, 2017. doi: 10.15002/00014153
- 21) Alwazeer D, et al. Combating Oxidative Stress and Inflammation in COVID-19 by Molecular Hydrogen Therapy: Mechanisms and Perspectives. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2021. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/5513868>
- 22) 三浦一郎, 他. 水素水(水素水サーバー生成水)の単回摂取による毛細血管血流に及ぼす影響——プラセボ対象ランダム化二重盲検クロスオーバー比較法——. *帯広協会病院医誌*. 5, 2020, pp.35-53.
- 23) 田村将希, 他. 高濃度水素+酸素ガス吸入が下肢血流動態, 筋柔軟性, 関節可動域, 垂直飛び高に与える影響——単盲検クロスオーバー試験を用いた検討——. *理学療法学*. 51 (4), 2024, pp.93-100.
- 24) Satomi Iwai, et al. Direct evidence of hydrogen absorption from the skin-A pig study. *Archives of Medical Science-Civilization Disease*, 2023. doi: 10.5114/amscd.2023.129194

- 25) 清家善之, 他. 新たな水素水生成装置の開発と半導体デバイス洗浄における評価. 愛知工業大学総合技術研究所研究報告 (Web). 24, 2022, pp.51-52.
- 26) 矢上晶子. ヘアケア製品 (染毛剤, シャンプー, リンス) による皮膚障害. 日本化粧品学会誌, 42 (2), 2018, pp.104-108.
- 27) Adana AM Llanos, et al. Hair product use and breast cancer risk among African American and White women. Carcinogenesis. 38 (9), 2017, pp. 883-892.