

ペルチェ式静電霧化技術を応用したヘアケアドライヤ

Hair Dryer Employing Electrostatic Atomizer Using Thermoelectric Module

三原 史生* · 秋定 昭輔* · 田中 秀樹** · 小林 健太郎*** · 渡邊 純一**** · 松井 康訓*****
Fumio Mihara Shosuke Akisada Hideki Tanaka Kentaro Kobayashi Jun-ichi Watanabe Yasunori Matsui

静電霧化技術による「nanoe イオン」を吹き出すヘアケアドライヤにおいて、ペルチェモジュールの熱電冷却で生じる結露水を利用する静電霧化装置の冷却側と発熱側との間に空間を設け、発熱側から冷却側への熱伝達を抑制しペルチェモジュールの冷却効率を向上させ、さらにドライヤのファンにより発生した風を分流して放熱フィンを冷却することによるペルチェ式静電霧化装置の小型化と、これから発生する「nanoe イオン」を前方へ吹き出す流路構造の考案により、水補給が不要で使い勝手の良いヘアケアドライヤを実現した。

また、球状霧化電極の頂上部に設けた微小突起でコロナ放電を生じさせ、使用開始直後で霧化電極に結露水が未生成の状況下においてもマイナスイオンを発生させてヘアケア効果の最大化を図っている。

An easy-to-use hair dryer generating "nanoe" ions with an electrostatic atomizing technology and without requiring a water supply has been developed by using the condensation water generated by the thermoelectric cooling of a Peltier module. The cooling efficiency of the Peltier module has been improved by suppressing thermal conduction from the heating side to the cooling side with a gap between the two sides of the atomizer, by compact-sizing the Peltier electrostatic atomizer by cooling the heat-dissipation fins with the split air from the dryer fan, and by devising a blow-out path structure for the generated "nanoe" ions.

The corona discharge from the small protrusion built on the spherical atomizing electrode generates negative ions even immediately after using the dryer and before producing condensation water on the electrode, thereby maximizing hair care effects.

1. ま え が き

ヘアケアに対する関心の高まりから、毛髪改善のニーズが強まっている。毛髪改善技術の一つに、水に高電圧を印加して静電霧化することにより発生する帯電微粒子水の利用がある^{1), 2)}。

当社では、静電霧化技術を応用した帯電微粒子水「nanoe イオン*¹⁾」発生装置を開発しており、この発生イオンが室内の消臭、花粉抗原の不活化、毛髪損傷の軽減および余分な頭皮皮脂の低減に効果があることをすでに報告している^{3) ~ 8)}。

従来の水タンク式静電霧化装置の概略は図1に示すとおり、霧化電極、水タンクおよび対向電極で構成しており、

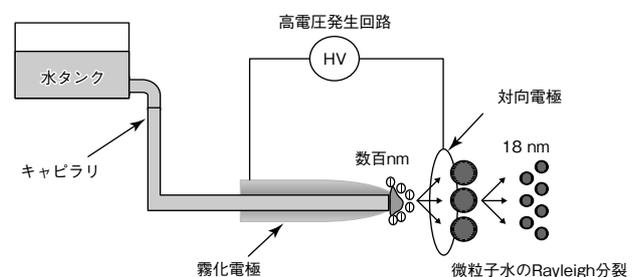


図1 従来の水タンク式静電霧化装置と動作原理

* 電器事業本部 電器デバイス開発事業部 Devices Development Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

** 電器事業本部 ビューティ・ライフ事業部 Beauty Care Products Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

*** 生産技術研究所 Production Technologies Research Laboratory

**** 先行技術開発研究所 Advanced Technologies Development Laboratory

***** 電器事業本部 電器R & Dセンター Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

霧化電極先端への水の供給は、キャピラリーの毛細管現象を利用しているが、この方式は水供給が必要であるため利用者にとっては使い勝手が悪い面もあった。

このため、水供給の不要な静電霧化装置として空気中の湿気を利用するペルチェ式静電霧化技術を開発し、すでに空気清浄機に搭載したものが実用化されている⁹⁾。

図2に従来のペルチェ式静電霧化装置の概略を、図3にその外観を示す。ペルチェモジュールの冷却側に霧化電極を、発熱側に放熱フィンを配置し、ペルチェモジュールにより霧化電極を露点温度以下に冷却することによって、電極表面に結露水を生成させる。この結露水に高電圧を印加することによって、霧化電極先端の放電部ではテイラコーンと呼ばれる円錐形の水柱が形成され、さらにRayleigh(レイリー)分裂によりナノオーダーまで微細化された帯電微粒子水が空气中に噴霧される。

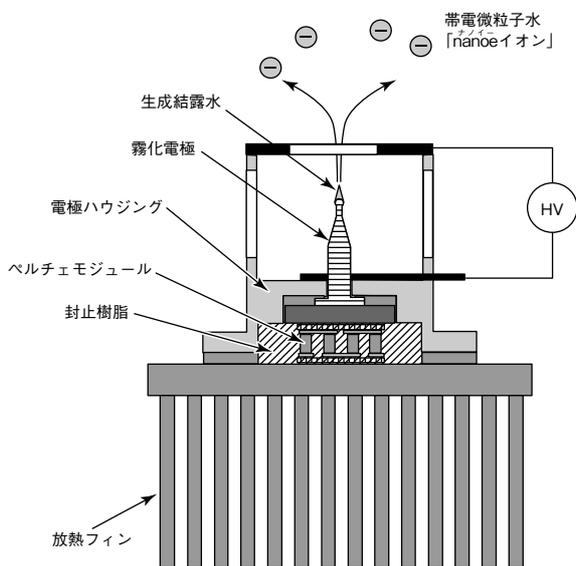


図2 従来型ペルチェ式静電霧化装置

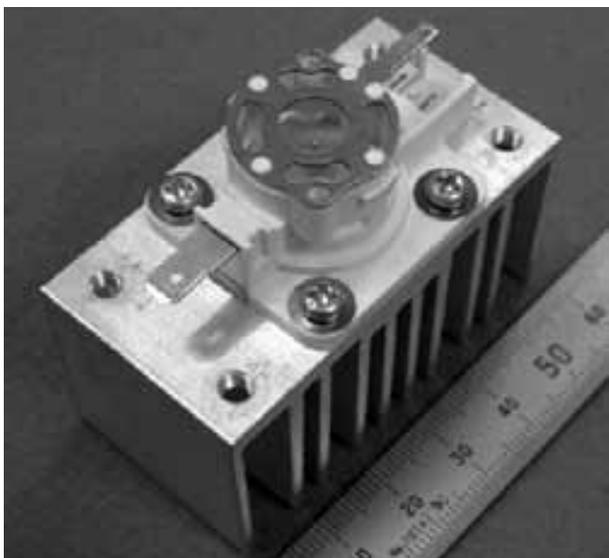


図3 従来型「ペルチェ式nanoeシステム」

そこで筆者らは、このペルチェ式静電霧化技術をヘアドライヤに応用するに際し、①装置の小型化(目標容積30 cm³以下)、②「nanoeイオン」の前方吹き出し性の制御、③霧化電極が露点温度以下に低下するまでのマイナスイオンの発生制御などを課題として開発に取り組み、水供給が不要なヘアケアドライヤを開発した。

本稿では、これらの技術開発内容について報告する。

2. ヘアドライヤ用ペルチェ式静電霧化装置

2.1 装置の小型化

ペルチェ式静電霧化装置の小型化のために、まず装置の熱効率の向上を図っている。従来の装置はペルチェモジュールを封止樹脂で密封しており、発熱側の熱が封止樹脂と電極ハウジングに伝わり冷却効率を低下させている。そこで樹脂封止を行わず、ペルチェモジュールの冷却側と発熱側との間に空間を設けることによって発熱側から冷却側への熱伝達を抑制し、冷却性能を約4℃向上させている。この構造の概略を図4に示す。

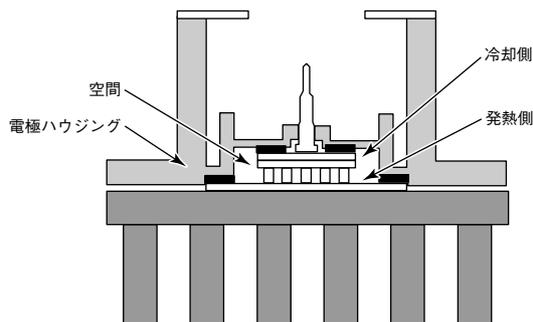


図4 装置概略図

また、ドライヤ内部には温風発生のためにヒータが設けられるが、その熱的影響を受けず、ペルチェ式静電霧化装置の放熱フィン(以下、放熱フィンと記す)の放熱性能を向上する必要がある。放熱フィンを従来と同様に容積で約60 cm³まで大きくすれば、放熱性能は確保できるが小型化はできない。そこで、図5に示すようにドライヤのファンによって発生した風をヒータ部の前で分流し放熱フィンに当てて冷却することで、熱効率向上と併せて放熱フィンの容積を約5 cm³まで小型化し、装置全体を27 cm³として目標容積30 cm³以下を達成している。

2.1.1 装置の配置構造シミュレーション

分流した風が放熱フィンに当たる構造の検討には、3次元CADと流体解析を活用して、その流れがねらいどおりになるようにしている。図6に最終的な構造における流体解析結果を示す。この図より、放熱フィンに風が当たることが確認できる。

次に、放熱フィン形状の検討では、前述の配置構造で熱応答解析を実施し、放熱フィンの容積を5 cm³とし、放熱

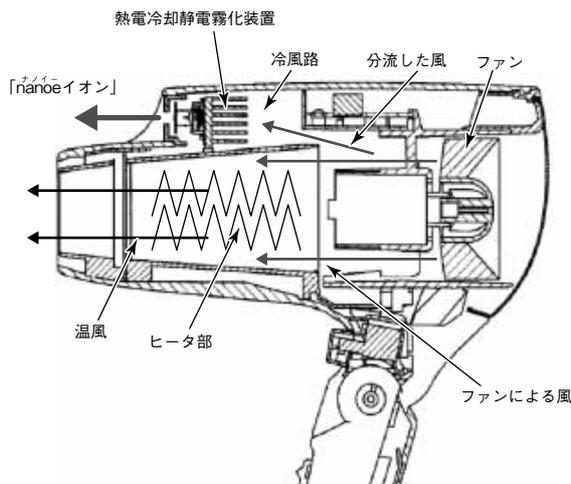


図5 「イオニティナノケア」ドライヤの概略

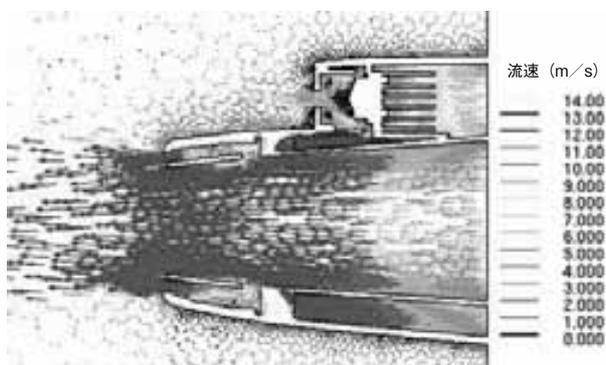


図6 流体解析結果

フィン温度が周囲温度から5℃程度の上昇で一定になる形状に決定している。図7にこのときの解析結果を示す。

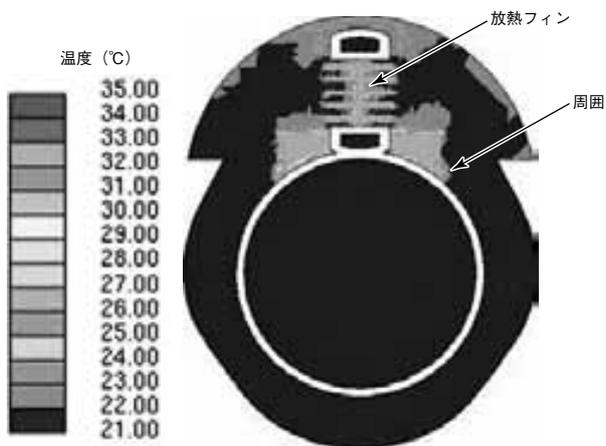


図7 熱応答解析結果

また、非定常状態の熱応答解析により放熱フィンおよび霧化電極の経時的な温度変化を図8に示す。これにより放熱フィンは約20秒、霧化電極は約40秒で温度が飽和して

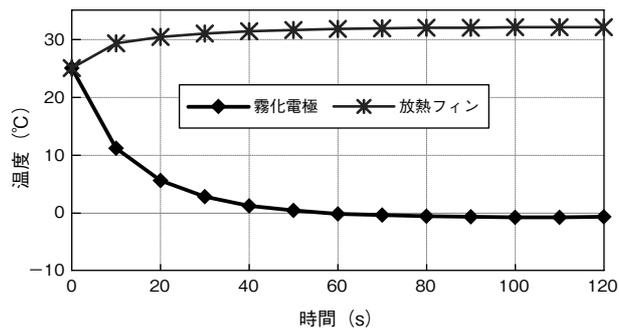


図8 非定常熱応答解析結果

おり、決定した放熱フィン形状が十分な放熱性能を有することがわかる。

2.1.2 シミュレーション結果の検証

前項で述べた配置構造のモデルを試作し、確認した結果を図9に示す。

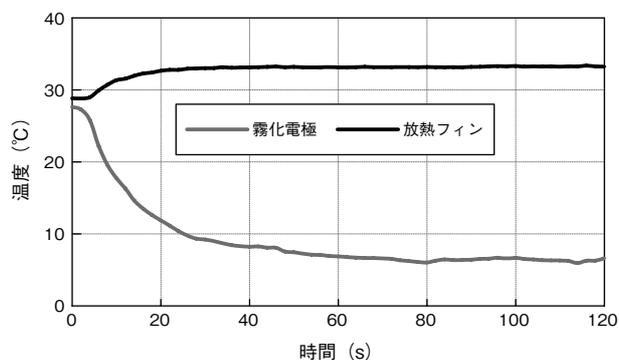


図9 霧化電極と放熱フィンの温度変化

この図から、放熱フィンの温度は環境温度に対して約4℃の上昇で一定しており、霧化電極の温度も約40秒ではほぼ一定になっている。すなわち、先の非定常解析モデルとほぼ同じ特性を有していることが確認できることから、放熱フィンの容積を従来の約60 cm³から約5 cm³型に小型化できることがわかる (図10)。

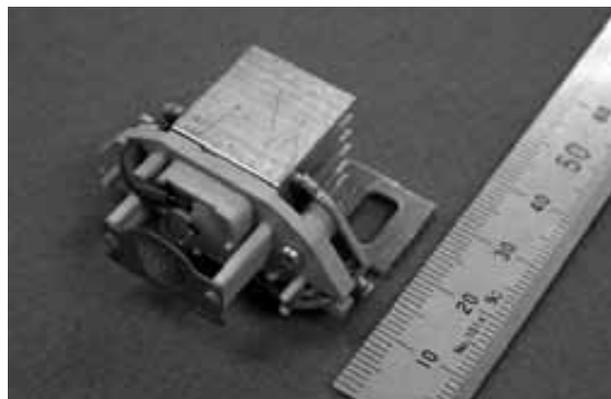


図10 小型化した「ベルチェ式nanoeシステム」

2.2 「nanoe イオン」吹出し性の制御

「nanoe イオン」を髪に吹き付けるために、ドライヤーのファンにより発生する風を分流して「nanoe イオン」と混合し前方に吹き出す構造としている。図11に流体解析を活用し設定した吹出し部の構造を示す。

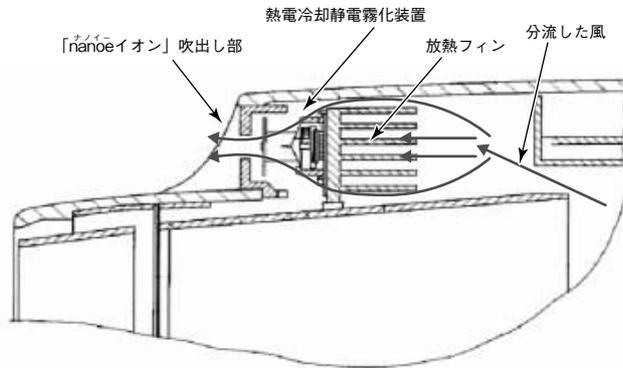


図11 流路構造の詳細図

「nanoe イオン」が前方に吹出していることの確認は、吹出し構造を形成したドライヤーを試作して吹出し電流密度を測定することにより行い、その測定結果を図12に示す。吹出し電流とは「nanoe イオン」が吹き出されることによって生じる空間の微小電流であり、吹出し部では9~10 nA/cm²で十分な量が確保されていることを確認している。

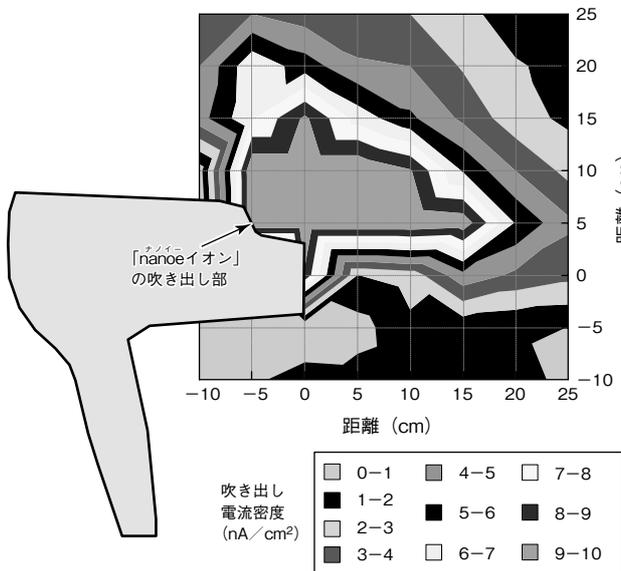


図12 nanoe イオンによる吹出し電流密度

2.3 マイナスイオンの発生

ドライヤーに搭載したペルチェ式静電霧化装置において、ドライヤーの電源を入れた直後は、霧化電極に結露水は生成していないため、「nanoe イオン」は発生しない。

そこで筆者らは、このような場合においても、マイナス

イオンを発生させ髪への効果をもたせるため、図13のような形状の霧化電極構造を開発した。霧化電極の先端は球状で、球の頂上部に微小突起を設けている。

電源を入れた直後は、霧化電極は冷却されていないため結露していない。この状態で高電圧を印加すると微小突起部でコロナ放電を生じ、マイナスイオンが発生する。このときの発生イオン粒径分布の計測結果を図14に示す。1~2 nm付近にピークがあり、マイナスイオンの発生を確認できる。なお、粒径分布の計測には微分型電気移動度計測器 (DMA, ワイコフ科学(株)製) を用いた。

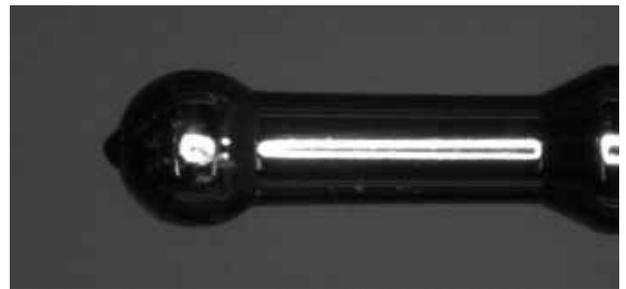


図13 霧化電極先端形状

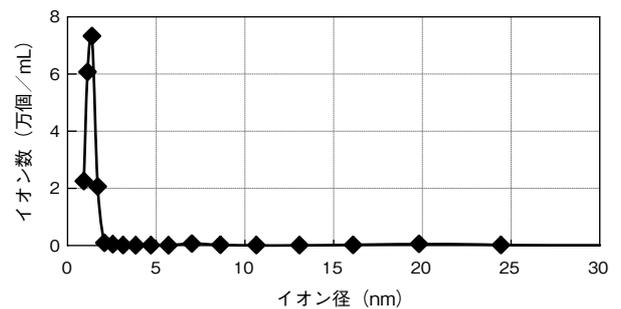


図14 コロナ放電時の粒径分布

霧化電極が次第に冷却されて結露水が表面に付着し始めると、図15に示すように、この微小突起部は結露した水で覆われ、高電圧が水に印加されることにより、「nanoe イオン」の発生へと移行する。このときの発生イオン粒径分布の計測結果を図16に示す。1~2 nm付近に加え、静電霧化時にみられる5 nm付近、および15 nm付近にピークがあり、「nanoe イオン」の発生を確認できる。

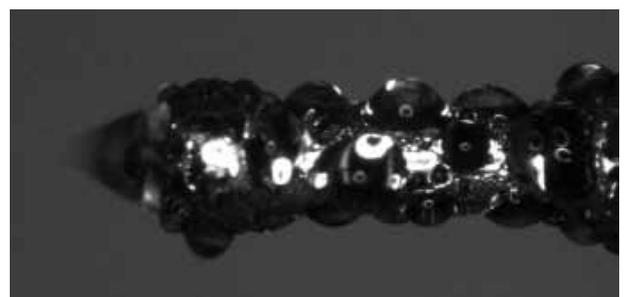


図15 「nanoe イオン」が発生している状態

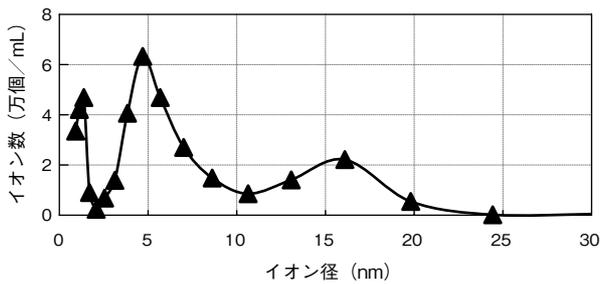


図16 「nanoe イオン」発生時の粒径分布

3. 効果効能評価結果

3.1 毛髪損傷軽減作用

開発したドライヤーの毛髪損傷軽減作用の評価を行う。評価方法は、3 gで30 cmの人毛束に、このドライヤーの風を吹き付けながらのブラッシングによる損傷処理を10000回行った後、ブリーチ処理で損傷処理を施し、再度ドライヤーの風を吹き付けながらブラッシング損傷処理を5000回行い、毛髪表面のキューティクルの観察および引張切断強度の計測を実施する。また、比較のため従来のマイナスイオンドライヤーおよび通常の温風みのドライヤーを使用した場合の評価も行う(図17, 図18)。ブラッシング損傷処理は20回/分の速さで行い、ブリーチ処理は6%過酸化水素水溶液を使用している。本ドライヤーを使用した場合、キューティクルの損傷が軽減し、引張切断強度の低下も約1/4に抑えられる。これは、「nanoe イオン」がキュー

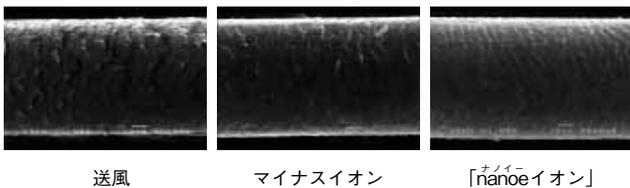


図17 キューティクルの表面状態

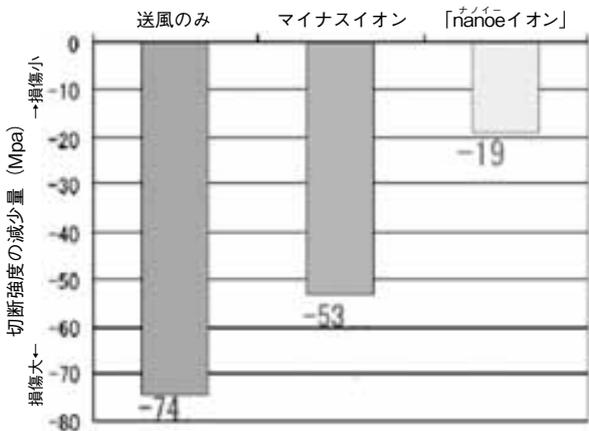


図18 切断強度の減少量

ティクルの浮きを抑制してブラッシングによる剥れや削れを防止することによって、毛髪表面の損傷を軽減するためである。

3.2 皮脂洗浄性向上作用

開発したドライヤーの皮脂洗浄性向上作用の評価を行った結果を図19に示す。評価方法は本ドライヤーを被験者15名が1日1回2週間使用し、洗髪後の皮脂レベルを計測している。シャンプー剤や洗髪時間などの洗髪条件は一定としている。皮脂レベルの計測には透過光比率型皮脂量計(セブメータSM815, Courage + Khazaka社製)を用いている。部位ごとにレベルの差はあるが、使用前の洗髪後に比較して皮脂レベルが約1/4に低減しており、皮脂洗浄性の向上が確認できる。

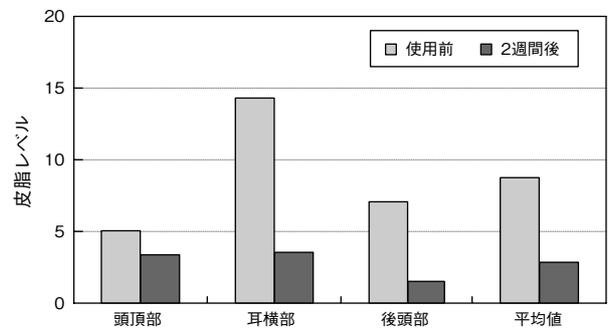


図19 皮脂量の変化

図20に今回開発した技術により造出したヘアドライヤー「イオニティ ナノケア」を示す。



図20 「イオニティ ナノケア」

4. あとがき

静電霧化技術による「nanoe イオン」を吹き出すヘアケアドライヤにおいて、ペルチェモジュールの熱電冷却で生じる結露水を利用する静電霧化装置の冷却側と発熱側との間に空間を設け、発熱側から冷却側への熱伝達を抑制しペルチェモジュールの冷却効率を向上させ、さらにドライヤのファンにより発生した風を分流して放熱フィンを冷却することによるペルチェ式静電霧化装置の小型化と、これから発生する「nanoe イオン」を前方へ吹き出す流路構造の考案により、水補給が不要で使い勝手の良いヘアケアドライヤを実現した。

また、球状霧化電極の頂上部に設けた微小突起でコロナ放電を生じさせ、使用開始直後で霧化電極に結露水が未生成の状況下においてもマイナスイオンを発生させてヘアケア効果の最大化を図っている。

開発したドライヤの効果効能評価を行った結果、毛髪損傷軽減作用および皮脂洗浄性向上作用の効果を確認した。

●注

* 1) nanoe : 当社登録商標

*参考文献

- 1) K. Okuyama : エアロゾル研究, 13, 83 (1998)
- 2) 下影 卓二, 才本 雅子, 奥本 佐登志, 宮田 隆弘, 山内 俊幸 : 静電霧化による微粒子水の成分分析法, 松下電工技報, Vol. 53, No. 4, p. 11-16 (2005)
- 3) N. Iwamoto, H. Suda, Y. Matsui, T. Yamauchi, K. Okuyama : エアロゾル科学・技術研究討論会, p. 59-60 (2003)
- 4) H. Suda, N. Iwamoto, Y. Matsui, T. Yamauchi, K. Okuyama : 静電気学会講演論文集, p. 237-238 (2003)
- 5) 藤原 ゆり, 仲野 章生, 松井 康訓, 山内 俊幸, 永廣 瑠璃子, 関 太輔 : 静電霧化微粒子水 (nanoe イオン) による毛髪損傷低減作用効果・第31回日本化粧品学会学術大会 (2006)
- 6) 勝山 美紗, 奥本 佐登志, 松井 康訓, 山内 俊幸, 関 太輔 : 静電霧化微粒子水による頭部皮脂分解性および洗浄性効果・第31回日本化粧品学会学術大会 (2006)
- 7) 上村 欣一, 西田 勲夫 : 熱電半導体とその応用, 日刊工業新聞社 (1988)
- 8) 須田 洋, 中田 隆行, 小豆沢 茂和, 田中 友規, 山口 友宏, 山内 俊幸 : 静電霧化技術応用空気清浄機の付着臭除去とアレルギー不活化効果, 松下電工技報, Vol. 53, No. 3, p. 16-19 (2005)
- 9) 小林 健太郎, 秋定 昭輔, 平井 康一, 渡邊 純一, 宮田 隆弘 : 熱電冷却を応用した静電霧化装置「ペルチェ式 nanoe システム」, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 41-46 (2007)

◆執筆者紹介



三原 史生

電器デバイス開発事業部



秋定 昭輔

電器デバイス開発事業部



田中 秀樹

ビューティ・ライフ事業部



小林 健太郎

生産技術研究所



渡邊 純一

先行技術開発研究所



松井 康訓

電器 R & D センター