

## ミストサウナ入浴の7つの効用 ～皮膚表面の凝縮現象に起因する効用の連鎖～

*The Seven Benefits of Mist Sauna Bathing  
that Originate from Condensation at the Skin Surface*

竹森 利和 (大阪ガス (株))

Toshikazu TAKEMORI (Osaka Gas Co., Ltd.)

e-mail: takemori@osakagas.co.jp

### 1. はじめに

家庭の浴室に手軽に設置できる健康志向の入浴機器として、ミストサウナ機能付き浴室暖房乾燥機（商品名「ミストカワック」）を2004年4月に発売した。商品の発売前から効用研究に着手し、発売時には「温まり・発汗効果」と「肌水分量の上昇」をプレスリリースした。以降、「鼻詰まりの緩和」「手足の冷え緩和」「目尻のしわ・目立つ毛穴の減少」などを含めて合計7つの効用を検証し、学会等で発表してきた。

本稿では、それらの7つの効用について紹介するとともに、それらの発現メカニズムについて伝熱工学的な解析をもとに考察する。

### 2. ミストサウナ

#### 2.1 構造とミストの生成方式

図1に、ミストサウナ機能付き浴室暖房乾燥機の構造とミストの生成方式を示す。大別すると3方式あり、1) 高温水（約65℃）をノズルから噴霧する方式（ノズル噴霧式）、2) 高温水（約80℃）がチューブ内を流れる熱交換器の外表面に温水拡散パイプにより温水（約60℃）を滴下しファンで送風。気化を促進することで、高湿度の温風を生成する方式（気化式）、3) ノズル噴霧された温水が水破砕面に当たり、飛散した小粒径のミストを

温風で送り出す方式（水破砕式）である。

#### 2.2 室温制御の目安とミストの粒径

いずれの方式においても、室温を上げるためには暖房機能が必要。サウナとして機能させるには、室温40℃、湿度80～100%が制御の目安である。

ミストの粒径は方式によって異なるが、概ね以下の通り。

方式	ミスト粒径
ノズル噴霧式	80～200 μm
気化式	数 μm
水破砕式	1 μm 以下

### 3. ミストサウナ入浴の7つの効用

#### 3.1 目的

顧客にとっての価値すなわち効用は購買動機に直結する。ターゲット層の絞りこみと科学的な検証方法により、訴求力の強い効用開発を目指してきた。表1に、これまでに検証した7つの効用とターゲット層を示す。「女性」に始まり、「アレルギー鼻炎の人」や「肥満気味の男性、高齢者」などにターゲット層を広げてきた。

#### 3.2 方法

対象となる効用によって計測項目の違い等はあるが、概ね以下の方法がとられた。

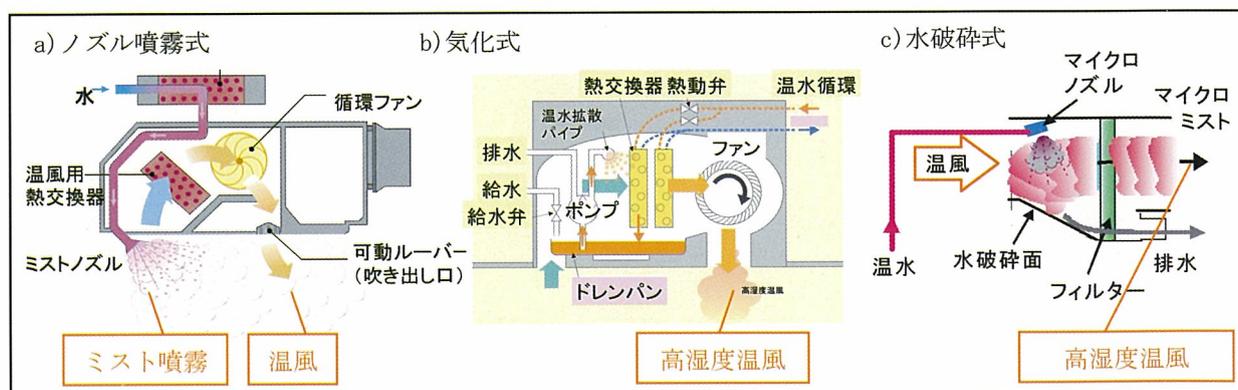


図1 ミストサウナ機能付き浴室暖房乾燥機の構造とミストの生成方式

表1 ミストサウナ入浴の7つの効用

効用	ターゲット顧客	分類
①温まり・発汗効果	女性・サウナ嫌いの人	健康
②肌水分量の増加		美肌
③手足の冷えの緩和	冷えを感じる女性	QOL改善
④鼻詰りの緩和	アレルギー性鼻炎の人	QOL改善
⑤しわ・目立つ毛穴の減少	女性(しわ:中老年、目立つ毛穴:若年)	美肌
⑥体重・腹囲の減少(メタボ予防)	肥満気味の人	健康
⑦暑熱馴化(熱中症対策)	中年男性・高齢者	安全

<被験者群の構成>

- ・ 通常入浴群(8~10名)とミストサウナ群(8~10名)の2つの被験者群を構成

<入浴条件>

- ・ 通常入浴:湯温40℃,入浴時間10分
- ・ ミストサウナ入浴:室温40℃,湿度80~100%.入浴時間10分

<入浴実施と計測の場所>

- ・ 1回入浴の場合は,当社の環境試験室(室温24℃,湿度50%に設定)において入浴し,入浴中および前後で生理・心理計測を実施
- ・ 連浴の場合は,自宅で入浴を実施.連浴の前後に,当社の環境試験室(上述と同じ)に於いて,生理・心理計測を実施(⑦の暑熱馴化の場合のみ,運動負荷実験を実施)

<留意事項>

- ・ 環境試験室での計測時は,実験前日や当日の被験者の身体条件の統制(睡眠,食事,午前中の活動制約)を実施

- ・ 自宅での連浴期間中は,食事量や運動量を変えず,激しい運動や海外旅行を控えること等に留意

3.3 結果

(1) 温まり・発汗効果

冬季に,体が十分温まり適度な発汗を生じることが,サウナとしての必須機能.その効果は,通常の入浴(湯温40℃,入浴時間10分)より強く,安全上の理由で,高温のドライサウナ(室温80℃以上)より弱いことを想定した.

図2に,温まり・発汗効果を示す.同図(左)に,体温上昇(舌下温)と発汗量(厳密には,体重減少量)を示す.ミストサウナ入浴時の体温上昇は通常入浴時の2倍以上あり,発汗量もほぼ同様な傾向を示す.同図(右)の皮膚温分布(サーモグラム)から,ミストサウナ入浴時では入浴後20分経過後でも,手足の皮膚温が高いことがわかる.

これらの結果から,ミストサウナ入浴は通常入浴の約2倍(体温上昇と発汗量から)の「温まり・発汗効果」があることがわかる.

(2) 肌水分量の増加

図3に,肌水分量の増加率を示す.肌水分量が高いと,一般にカサカサ感などの肌感覚が改善され,女性では「化粧ののりが良くなる」と言われ肌の美容・健康に重要な要件と考えられている.図3に1回入浴時の肌水分量の増加率と1ヶ月連浴後の肌水分量の増加率<sup>[1]</sup>を示す.入浴後の肌水分量の増加率は,ミストサウナ入浴時は約40%であり,通常入浴群の約10%と比べると,格段に大きい.しかしながら,入浴後の一時的な肌水分量の増加が美肌効果をもたらすかは不明.そこで1ヶ月連浴の前後で調査した.その結果,ミストサウナ連浴により,平常時(ミストサウナ入浴中

\* , \* 統計的な有意差有り

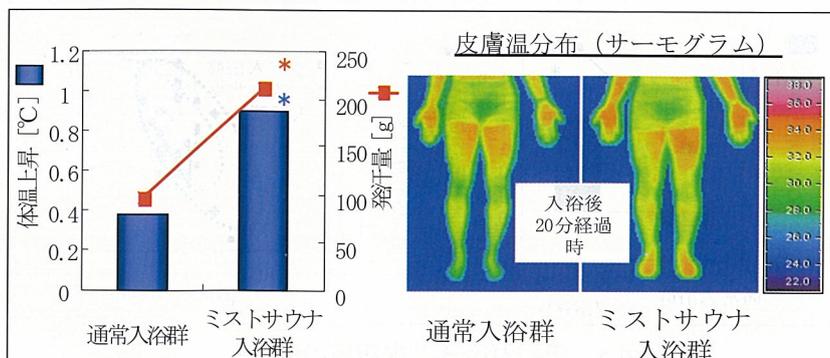


図2 発汗・温まり効果

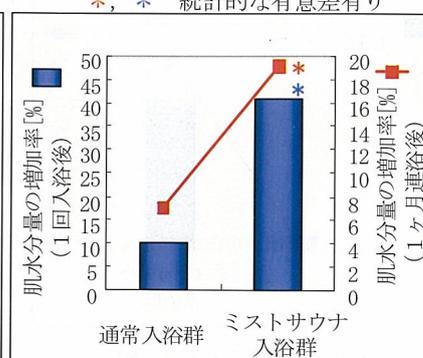


図3 肌水分量

および入浴後を除く時間帯)にも、肌水分量は約20%増加することがわかった。角質層の剥がれが減少し肌からの水分蒸散量が減少することが確認されており、このことが平常時の肌水分が増加した要因と考えられる。

(3) 鼻詰りの緩和<sup>[2]</sup>

近年、花粉症などのアレルギー性鼻炎に悩む人の数は増加傾向にある。鼻詰まり症状の緩和は、日常生活の質や作業の生産性を向上させ、また就寝前は入眠を助ける。

図4に、入浴後30分経過時の鼻詰まり感覚の改善量と鼻腔の容積の増加量を示す。ミストサウナ入浴では、入浴直後から約40分経過後まで、通常入浴より、鼻詰まり感が改善された。そのことは鼻腔の容積増加によって裏付けられている。

メカニズムとして以下が考えられる。1) ミストが鼻内を加温・湿潤し、鼻粘膜の血流を改善した、2) ミストが鼻粘膜のホコリなど鼻づまりの原因となるものを洗浄した、3) 温熱効果により、自律神経系がより正常な状態に改善された。

(4) 手足の冷え緩和<sup>[3]</sup>

冬は屋外の寒さで、夏は乗り物やビル・部屋の冷房で、体が冷える。手足の冷えで悩む女性は少なくない。

図5(左)に、手の温冷感と皮膚温の変化を示す。ミストサウナ入浴群では、皮膚温は約1.8℃上昇し、温冷感は1段階(「非常に寒い」～「非常に暑い」までの7段階尺度)改善された。一方、通常入浴群では、皮膚温の上昇は小さく、温冷感は改善されなかった。

図5(右)に、個人データを示す。同図中の肌色部が「皮膚温が上昇し、温冷感が改善された領域」であり、この領域のデータは、通常入浴では10人中3人、ミストサウナ入浴群では10人中8人だった。

ミストサウナ入浴群において、手(指)の血流量の増加が確認されている。阻害されていた手の皮膚血管の拡張が促され、皮膚血管の活動性(拡張・収縮のしやすさ)を高めた可能性が考えられる。

(5) しわ・目立つ毛穴の減少<sup>[4]</sup>

女性の90%以上がお肌の悩みを持つと言われ、50代女性の約70%は「しわ」が、20代女性の約60%は「目立つ毛穴」が大きな悩みとのデータがある。

図6に、目尻の小じわ(総面積)と目立つ毛穴の減少率を示す。1ヶ月のミストサウナ連浴により、目尻の小じわの総面積が約30%減少し、さらに、入浴中にフェースエクササイズを行なうと、ミストサウナ入浴群では目立つ毛穴の数が約7%減少した。図6(下)に、目尻の小じわと目立つ毛穴の計測例を示す。

「しわ」「目立つ毛穴」の原因は乾燥・紫外線などによる角質層の剥がれと言われる。ミストサウナ入浴により肌水分が増加し、角質層が整えられたことがこれらの減少に繋がったと考えられる。

(6) 体重・体脂肪・腹囲の減少<sup>[5]</sup>

日本人の約2,000万人がメタボリックシンドローム(内蔵脂肪型肥満)とその予備軍と言われる。その予防には運動と食事制限が効果的だが、補助手段としてのミストサウナ入浴の効果調べた。

図7(上)に、3ヶ月の連浴後の体重および腹囲の減少量を示す。ミストサウナ入浴群では、平均で体重は1.50kg、腹囲は2.84cm減少した。

図7(下)に、体重減少の要因についての考察

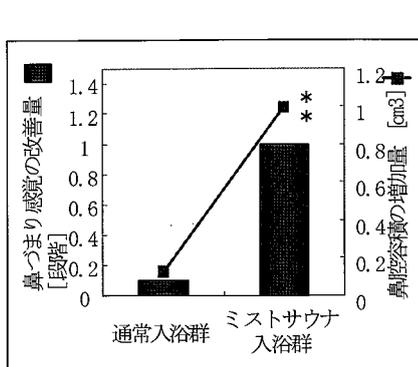


図4 鼻詰まりの緩和

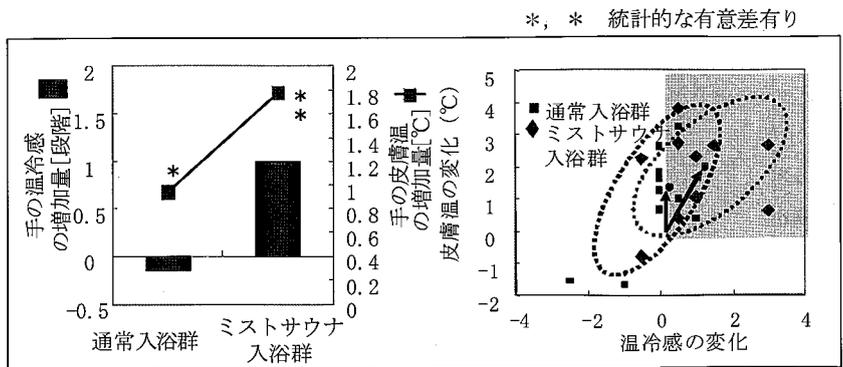


図5 手の温冷感と皮膚温の変化

\* , \* 統計的な有意差有り

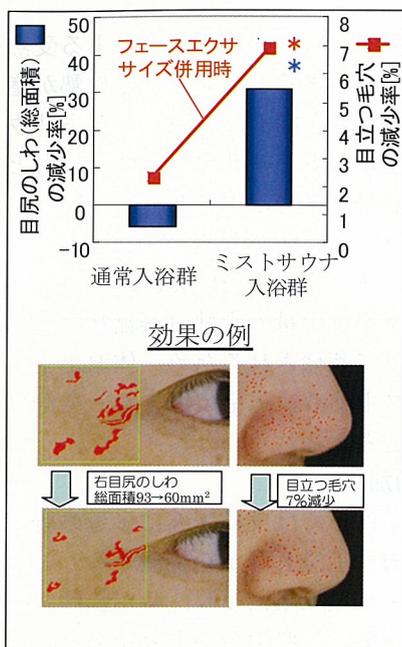


図6 目尻のしわ・目立つ毛穴の減少

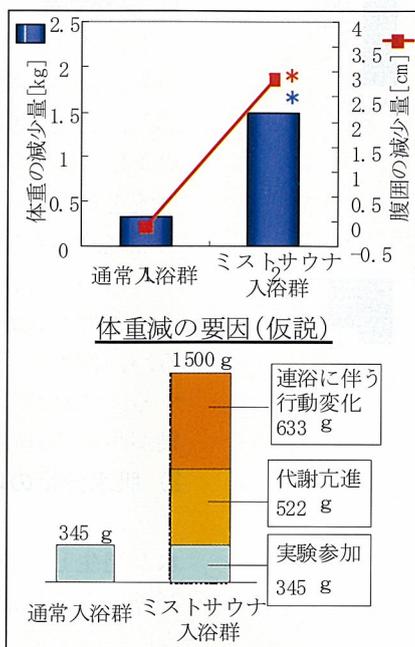


図7 体重・腹囲の減少

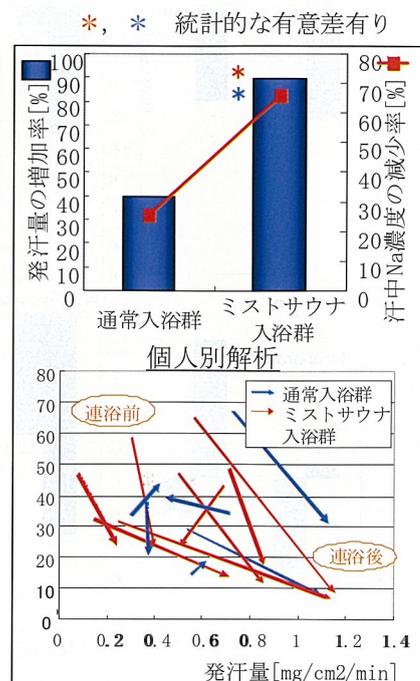


図8 暑熱馴化

を示す。代謝亢進に加えて、ミストサウナの連浴に伴う被験者の行動の変容等との複合的な要因があったと推測される。

#### (7) 暑熱馴化(熱中症予防)<sup>[6]</sup>

地球温暖化やヒートアイランド現象、熱波の到来等により、熱中症による救急搬送者数は年々、増加傾向にある。

熱中症の予防対策の一つは「暑さに馴れる(暑熱馴化)」こと。暑熱馴化すると、発汗量がアップし汗の蒸発により体温上昇を抑制し、同時に、汗腺出口の導管によるNa再吸収機能が高くなり、汗中Na濃度の低下しNaの体外流出を抑制する。

図8(上)に、発汗量の増加率と汗中Na濃度の減少率を示す。3ヶ月間のミストサウナ連浴により、ミストサウナ入浴群では、発汗量は89.6%増加し、汗中Na濃度は65.7%減少した。図8(下)には、個人別に、連浴前後の発汗量と汗中Na濃度について調べた結果を示す。ミストサウナ入浴群では8人中7人が、連浴前の「発汗量が少なく汗中Na濃度が高い状態」から、連浴後には「発汗量が多く汗中Na濃度が低い状態」に移行することが確認された。

これらの結果から、ミストサウナ連浴により「暑熱馴化する」ことが示された。

## 4. 効用の発現メカニズム

### 4.1 温熱効果, 保湿効果<sup>[8]</sup>

ミストサウナ入浴(温度40℃, 湿度100%)には、ドライサウナ入浴(温度70℃, 湿度15%)に匹敵する「温熱効果」がある<sup>[7]</sup>。何故、室温が低いのに大きい温熱効果があるのか? また何故、強い保湿効果があるのか?

そこで、これらの疑問に答えるために、当社が開発した人体熱モデル<sup>[9]</sup>を用いて、ドライサウナ入浴時とミストサウナ入浴時の伝熱過程について調べた。

#### (1) 入浴時の伝熱過程

図9に、入浴1分後および10分後の人体の受熱成分(対流・輻射・蒸発/凝縮)と総受熱量を示す。

対流および輻射による受熱は室温と皮膚温の差に起因するため、ドライサウナ条件の輻射・対流による受熱量はミストサウナ条件より一桁大きく、10分経過後のそれらによる受熱量の減少割合も小さかった。湿度の低いドライサウナ条件では発汗が生じる前の入浴1分後では蒸発による放熱はなく、発汗量の増加に伴い蒸発による放熱が大きくなり、入浴10分後には約400Wもの放熱が生じた。一方、湿度100%のミスト条件では皮膚表面で凝縮が生じ、凝縮熱により人体が加温された。

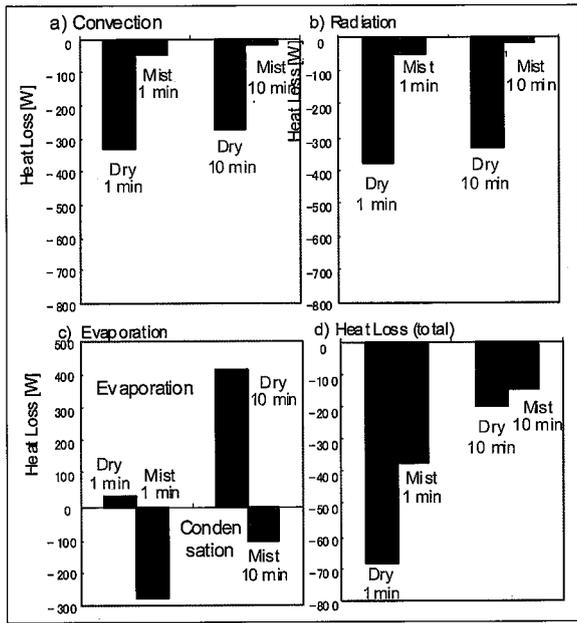


図9 輻射・対流・蒸発成分と総受熱量

総受熱量は入浴直後の1分後ではドライサウナ条件ではミストサウナ条件の1.81倍(688W/378W)だが、入浴10分後にはその差は1.41倍(200W/143W)に減少した。ドライサウナ条件では入浴3分後から発汗が生じ、蒸発潜熱による放熱が増加したためと考えられる。一方ミストサウナ条件でも同様に入浴3分後から発汗が生じたが、汗が蒸発しないため発汗が人体からの放熱に寄与しなかった(無効発汗)。

(2) 発現メカニズム

1) 温熱効果

ドライサウナ条件では、輻射・対流による受熱が大きいが、発汗が始まると蒸発による放熱が増加し、過度の体温上昇を防ぐ。一方、ミストサウナ条件では、受熱量はドライサウナ条件の輻射と対流を加えた受熱量の半分以下であり小さいが、放熱経路がないという特徴がある。

したがって、ミストサウナ条件では、ドライサウナ条件と比較すると少量の受熱(凝縮熱)があるが、体内にすべて蓄積されるため、体温が上昇する。これがミストサウナ入浴で温まり・発汗効果が生じる理由と考えられる。

2) 肌水分量の増加

ミストサウナ条件下では皮膚表面に多量の凝縮水が発生し、皮膚を加温しながら加湿する。この凝縮による加温・加湿効果により、肌が膨潤し経皮の水分吸収率を上げ、肌水分の上昇をもたらしたと考えられる。

4.2 効用の連鎖(仮説)

図10に、効用の連鎖(仮説)を示す。元となる現象は、皮膚表面の凝縮等により生じる「温熱効果」「保湿効果」の2つである。

温まり効果は、1ヶ月連浴により、皮膚血管の活動性を改善し、皮膚温を上昇させ、手足の冷えを改善した。さらに、3ヶ月の連浴により、代謝亢進効果に被験者の行動変化による効果(飲水頻度の増加による食欲抑制等)が加わり、「体重・腹囲の減少」を、発汗機能を活性化することで「暑熱馴化」をもたらした。

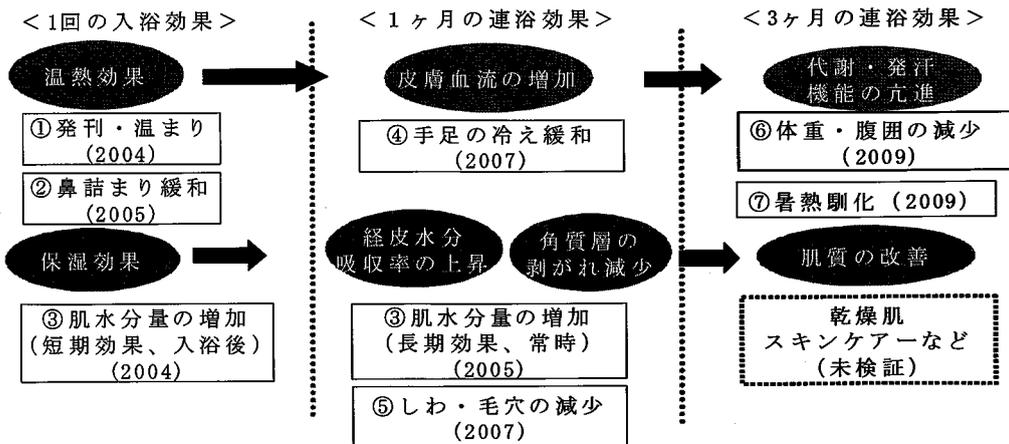


図10 効用の連鎖(仮説)

一方、保湿効果は、温熱効果との相乗効果により、経皮水分吸収率を上げ、角質層の剥がれを減らした。その結果、「平常時の肌水分量の増加」「目尻の小じわと目立つ毛穴の減少」をもたらした。さらに継続することで、乾燥肌やアトピー性皮膚炎の人のスキンケアに効果があるのではないかと考えている。

##### 5. 終わりに

ミストサウナの様々な効用は、高湿度下での皮膚表面の凝縮現象により生じる「温熱効果」「保湿効果」に起因しており、ミストサウナ入浴の継続（「連浴」）により、美容・健康に関する様々な効用が連鎖的に表出したものと考えられる。

ミストサウナが普及し、その入浴法が日本人の入浴習慣として定着するには、数年～10年のオーダーの年月が必要と思われる。ハードの性能アップとともに、さらにターゲット層を広げ、訴求力の強い効用の検証が望まれる。今後も、ミストサウナを「美容や健康などに関する現代人の悩みを解決するツール」と位置づけ、効用研究に取り組みたい。

##### 参考文献

- [1] MURAKAMI, M., The Efficacy of Daily Mist Bathing on Physiological Functions of Skin, Proceedings of The Third International Conference on Human-Environment System (ICHES'05), P-514
- [2] 保手浜勝ら, 鼻アレルギーに対するミストサウナの効果, 耳展 (2006), 49 巻補 1 号 37-40 頁.
- [3] 中原ら, ミストサウナの継続使用による手足の冷え緩和効果, 第 46 回日本生気象学会 (2007), P-4.
- [4] K,Nakahara, Effects of Mist Sauna Bathing and Face Exercise Combination on Skin Beauty, Proc. of Int. Biometeo.(2008), P-01.
- [5] 道広和美ら, ミストサウナ 3 ヶ月連浴の効用～体重・体脂肪率・腹囲の減少～, 第 30 回日本肥満学会抄録集, p.277
- [6] 竹森利和ら, ミストサウナの継続使用による暑熱馴化効果, 第 48 回日本生気象学会大会 (2009 年 10 月), 発表予定
- [7] 河原ゆう子ら, ドライサウナとミストサウナの生理的・心理的効果 (その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (2001 年 9 月), p827-828.
- [8] 竹森利和, ミストサウナ入浴時の伝熱過程と快適性, 日本機械学会年次大会講演論文集, 2007(3), p297-298.
- [9] 竹森利和ら, 人体熱モデルの開発, 日本機械学会論文集, 61(1995), 584 B.