



還元系水素入浴剤（水素化マグネシウム）の皮膚に及ぼす効果

栗田 繕 彰¹⁾

(平成 28 年 11 月 27 日受付, 平成 28 年 12 月 2 日受理)

Effect of Reductive Bath Additive (Magnesium Hydride) on the Skin

Yoshiaki KURITA¹⁾

Abstract

In the present study, magnesium hydride was added to non-circulated hot spring source water in bathtubs of Ashino Onsen (alkaline simple spring, Tochigi Prefecture) so as to prepare hydrogenated hot spring water having a hydrogen concentration exceeding 50 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$), at which improvements in skin elasticity through habitual bathing in electrolyzed reductive water had been confirmed in our previous examinations. For a period of one midwinter month starting from the middle of January 2013, experiments of habitual bathing by volunteer subjects were carried out to measure the elasticity coefficients of the skin (flexural side of forearm) of each subject. With the purpose of comparison, the subjects were divided into three groups; habitual bathing in hydrogenated Ashino hot spring water (prepared by addition of magnesium hydride), habitual bathing in intact Ashino hot spring water without the addition of magnesium hydride, and habitual bathing in home-use bathwater (including showering). The result data of the elasticity coefficients of the skin in the bathing experiments showed that there was a tendency to decrease in the group of subjects bathing in home-use bathwater, and no change was found in the group of subjects bathing in intact Ashino hot spring water, whereas a statistically significant improvement effect was observed in the group of subjects bathing in hydrogenated Ashino hot spring water. Further, skin elasticity data measured immediately before the start of the present bathing experiments were in good agreement with the hitherto reported literature data showing a tendency to decrease with age in skin elasticity. It is, therefore, suggested that habitual bathing in hot spring water hydrogenated by addition of magnesium hydride can contribute to providing an anti-aging effect on the skin. Besides, in an additional experiment of bathing in hot tap water hydrogenated by addition of magnesium hydride, an effective increase in deep body temperature (tympanic temperature) was confirmedly observed as in the case of artificial CO_2 hot spring water (CO_2 concentration : $1,000 \text{ mg}/\text{dm}^3$).

Key words : Magnesium hydride, Hydrogenated hot spring water, Ashino Onsen (Tochigi Prefecture), Skin elasticity, Deep body temperature (tympanic temperature)

¹⁾法政大学生命科学部 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2. ¹⁾Faculty of Bio Science and Applied Chemistry, Hosei University, Kajinocho 3-7-2, Koganei-shi, Tokyo 184-8584, Japan.

要 旨

芦野温泉 (アルカリ性単純温泉, 栃木県) の源泉かけ流し浴槽に, 水素化マグネシウムを添加し, 電解での水素浴槽水で皮膚の弾力性向上効果が観察された水素濃度 50 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) 以上にした水素化温泉水を準備した. 実験は 2013 年 1 月中旬から真冬の 1 ヶ月間, ボランティアによる継続的入浴を行い, 皮膚 (前腕屈側) の弾力性を測定した. 水素化マグネシウムを添加しない芦野温泉水および家庭浴槽水 (シャワー浴も含む) への継続的入浴者との 3 グループで比較を行った. その結果, 皮膚の弾力性では, 家庭用浴槽入浴者では低下し, 未処理の芦野温泉入浴者では変化は見られなかったが, 水素化温泉水入浴者では弾力性向上効果が統計的有意差をもって観察された. 今回の入浴実験開始直前の皮膚の弾力性データは, 加齢により皮膚の弾力性が低下するとしてこれまでの文献データとよく一致したことから, 水素化温泉水への継続的な入浴で, 皮膚の老化抑制効果が期待できることが示された. さらに, 水素化浴槽水への入浴は, 人工炭酸泉 (二酸化炭素濃度 $1,000 \text{ mg}/\text{dm}^3$) と同様に深部体温 (鼓膜温) を上昇する効果も有することが確認できた.

キーワード: 水素化マグネシウム, 水素化温泉水, 芦野温泉 (栃木県), 皮膚の弾力性, 深部体温 (鼓膜温度)

1. はじめに

これまでに酸化還元電位 (ORP: Oxidation-Reduction Potential) に基づき, 温泉源泉は還元系にあり, 湧出後の時間経過により酸化されて ORP 値は上昇していくことが明らかにされてきた (大河内ら, 1998, 1999, 2000). また, 入浴により一番影響を受ける皮膚も, 温泉源泉と同様に還元系にあり, 加齢にともない酸化されていくことも明らかにされてきた (大河内ら, 1999, 2000; Okouchi *et al.*, 2002). それ故, 新鮮な還元系の温泉水に継続的に入浴することは, 皮膚の酸化を抑制し, 老化抑制へ期待が持てることが提案されてきた. それ故, 温泉水および皮膚にとっては, 還元系は非常に重要な意味を有することが分かる.

そこで, 人工的に還元系浴槽水を製造する手段として, 水素に着目してきた. 水素を発生させる方法として電解法では, 生成した水素を溶解させた浴槽水への継続的な入浴により, 皮膚の弾力性の向上, さらには髪への浸漬で, 髪の滑らかさおよび艶の向上が確認されてきた (大河内ら, 2003, 2005). 一方, 水素化マグネシウムを含むジェルの皮膚への継続的塗布でも, 皮膚の弾力性の向上を観察した (栗田ら, 2013). また, 水素化マグネシウムは殺菌用の塩素を含み酸化系にある水道水を基にした浴槽水を, 還元系にすることも確認した. さらに, 水素化マグネシウムは実際の温泉施設として, 芦野温泉 (アルカリ性単純泉, 栃木県) の源泉かけ流しの浴槽水 (7.5 m^3) の ORP 値を低下させ, より還元系にした. これまでの電解法により皮膚の弾力性の向上効果を観察した平均水素濃度 50 ppb ($=\mu\text{g}/\text{Kg}$) を満たす水素化マグネシウムの添加量および添加時間の間隔などの条件を明らかにした (栗田ら, 2013).

そこで今回, 芦野温泉の浴槽水について, 上記水素濃度を満たした水素化温泉水に継続的入浴で, 皮膚の弾力性に与える効果を, ボランティアを募り検証した (Kurita *et al.*, 2014). さらに, 水素化温泉水に入浴した被験者の方々から, 入浴後の汗が止まらず保温感があるといったアンケート結果を頂いた. そのため, 水素による温熱効果なのかを確認するため, 水素化浴槽水 (さら湯に水素化マグネシウムを添加) が深部体温 (鼓膜温度) に与える影響を検討した (Kurita *et al.*, 2014).

2. 実 験

2.1 還元系水素入浴剤の皮膚に与える効果

水素発生基剤として水素化マグネシウム（純度 90%, Biocoke Lab. Co., Ltd., Japan）を、入浴可能時間 15～23 時の 8 時間で、初回と 4 時間後に水素化マグネシウム 15g ずつを芦野温泉の第 2 号源泉（泉質：アルカリ性単純温泉）の源泉かけ流し浴槽水（水素化温泉水；7.5m³, 41℃）に添加した。それら浴槽水の ORP-pH 関係および水素濃度を測定し、確認を行った（Kurita *et al.*, 2014）。

実験期間は乾燥が進行する真冬の 2013 年 1 月中旬からの 1 ヶ月間、ボランティアを募り毎日の継続的入浴をお願いした。被験者は、上記芦野温泉水に水素化マグネシウムを添加した水素化温泉水、水素化マグネシウムを添加しない第 2 号源泉の源泉かけ流しの浴槽水（芦野温泉水）および家庭浴槽水（シャワーも含む）に入浴する 3 グループに分けた。温泉水への入浴は、入浴可能な 15～23 時の間に、宿泊客と共に入浴をお願いした。また、家庭浴槽水（シャワーも含む）への被験者は、日常と変わらない入浴習慣をお願いした。被験者は、それぞれ水素化温泉水に 16 名（男性, 7；女性, 9）、芦野温泉水には 13 名（男性, 8；女性, 5）、および家庭の浴槽水には 13 名（男性, 6；女性, 7）で、いずれの被験者グループも 40～70 歳の年齢範囲で統一した。

浴槽水の皮膚に与える効果については、被験者の入浴前の初めと 1 ヶ月後の皮膚の前腕屈側の水分量および弾力性を測定し、評価した（大河内ら, 2005；大波ら, 2008；栗田ら；2013）。皮膚の水分量は、肌水分測定装置（Moisture Checker MY-808S, Scaler, Japan）、皮膚の弾力性は、皮膚粘弾性測定装置（Cutometer SEM 575, Courage & Khazaka Electronic GmbH, Germany）をそれぞれ用いた。なお、被験者の方々には実験開始前に、趣旨説明をし、被験者となる同意を得た（Kurita *et al.*, 2014）。

2.2 水素化浴槽水が体温に与える影響

さら湯（200 dm³, 41℃）に水素化マグネシウムを添加したものを水素化浴槽水として準備した。また、人工炭酸泉（CO₂ 濃度 1,000 mg/dm³, 41℃）は、皮膚血流量上昇効果や温熱療法効果などが確認されているため、人工炭酸泉（人工炭酸泉装置, Mitsubishi Rayon Co., Ltd., Japan）を比較対象として実験を行った。5 名の被験者（男性, 5；年齢 22～25 歳）を対象に、各浴槽水に 15 分間入浴してもらい、入浴後 40 分間まで安静な状態にってもらい深部体温（鼓膜温度）を定期的に測定した。入浴後は、温度 26℃、湿度 50% の部屋で安静にもらった。なお、深部体温は鼓膜温度計（OMRON MC-510, OMRON Corp., Japan）を用いて測定した（Kurita *et al.*, 2014）。

3. 結果および考察

3.1 還元系水素入浴剤の皮膚に与える効果

水素基剤である水素化マグネシウムによる水素生成反応は(1)式で表される。



Figure 1 に、源泉かけ流しの芦野温泉水（7.5m³, 41℃）に水素化マグネシウム 15g を 2 回添加した浴槽水（水素化温泉水；◆印）のそれぞれ 8 時間の ORP-pH 関係の一例を示す。さらに、水素化マグネシウムを添加しない芦野温泉水（■印）および一例として水道水を基にした家庭浴槽水（▲印）の ORP-pH 関係を示す。

源泉かけ流しの芦野温泉水は、Fig. 1 に示すように還元系の領域（■印）にあるが、水素化マグネシウムを添加した水素化温泉水は、芦野温泉水より ORP 値を低下させ、より還元系にシフト（◆

印) することが観察できる. 一方, 一例としての家庭浴槽水では, 殺菌用の塩素により平衡 ORP 値より大きい酸化系 (▲印) を示す (Kurita *et al.*, 2014).

Figure 2 に, 水素化マグネシウムを添加した水素化温泉水のそれぞれ入浴可能な 8 時間の溶存水素濃度の経時変化の一例を示す. いずれも (●, First try on Jan. 22, 2013; ▲, Second try od

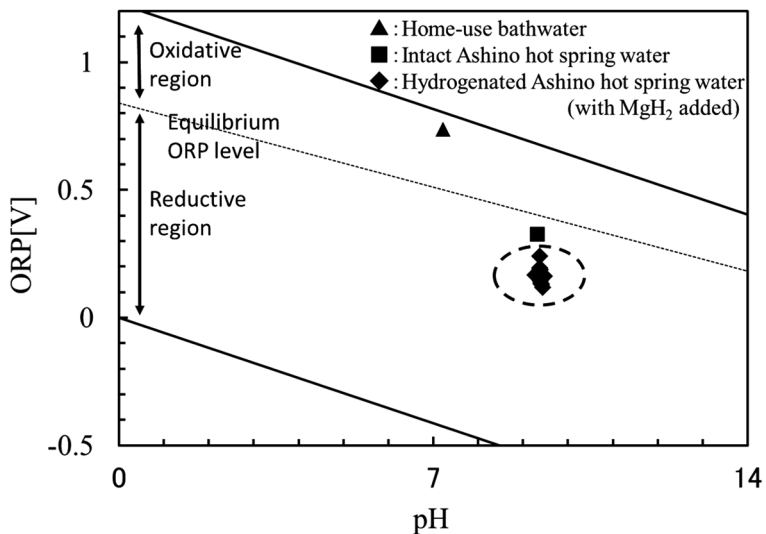


Fig. 1 ORP-pH relationships of hydrogenated Ashino hot spring water (with MgH₂ added), intact Ashino hot spring water, and home-use bathwater (41°C, respectively) (Kurita *et al.*, 2014).

図 1 水素化温泉水, 芦野温泉水および家庭浴槽水の ORP-pH 関係 (Kurita *et al.*, 2014).

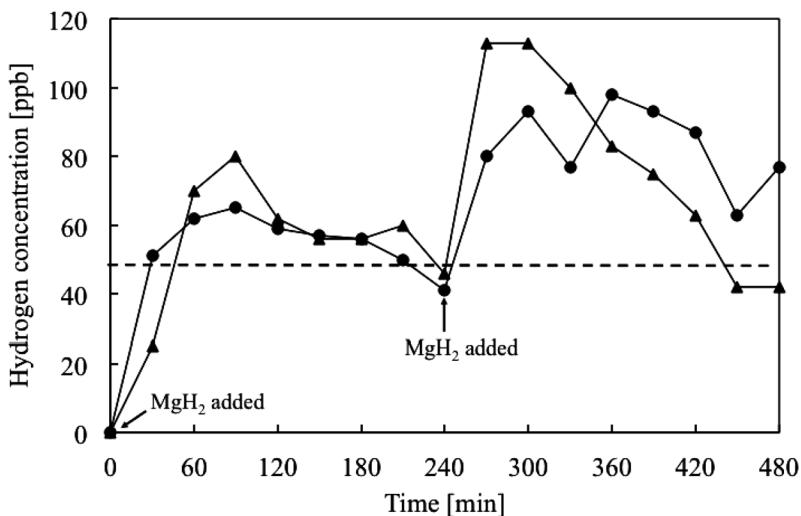


Fig. 2 Changes in dissolved hydrogen concentration with time of hot spring water hydrogenated by addition of MgH₂ (41°C) (Kurita *et al.*, 2014). (●, First try on Jan. 22, 2013; ▲, Second try on Feb. 22, 2013.)

図 2 水素化温泉の溶存水素濃度の経時変化 (Kurita *et al.*, 2014).

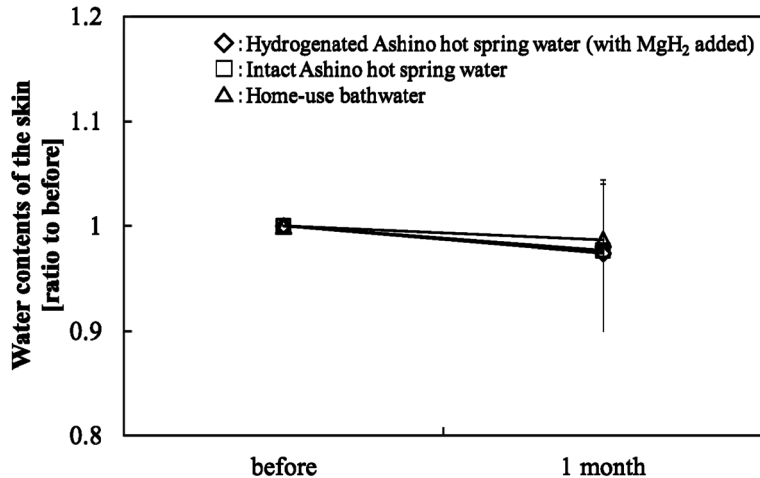


Fig. 3 Changes in the skin water contents of the forearm flexural parts of the subjects in the one-month experiments of habitual bathing in hydrogenated Ashino hot spring water (n=16), intact Ashino hot spring water (n=13), and home-use bathwater (n=13) (Kurita *et al.*, 2014).

図 3 水素化温泉に入浴した際の皮膚（前腕屈側）の皮膚水分量の変化 (Kurita *et al.*, 2014).

Feb. 22, 2013), 入浴可能な時間帯で、ほぼ 50 ppb を越える水素濃度を示していることが確認できた (Kurita *et al.*, 2014).

Figure 3 に、水素化温泉水 (◇印)、芦野温泉水 (□印) および家庭浴槽水 (△印) に 1 ヶ月間継続的に入浴した際の被験者の皮膚の水分量の変化を示す。いずれの浴槽水へ入浴した被験者の皮膚水分量は、僅かであるが減少する傾向を示すが、いずれも統計的有意差は見られなかった (Kurita *et al.*, 2014)。

Figure 4 に、水素化温泉水 (◆印)、芦野温泉水 (■印) および家庭風呂 (▲印) に、1 ヶ月間継続的に入浴した際の被験者の皮膚の弾力性の変化を示す。家庭用の風呂への継続的な入浴では、皮膚の弾力性は低下したが、芦野温泉では変化は観測されなかった。一方、水素化温泉水では皮膚の弾力性が向上する結果が得られた。皮膚の弾力性が低下する家庭浴槽水と比較して、芦野温泉では統計的有意差 (++) : $p < 0.01$) を持って弾力性が向上する結果が得られた。さらに水素化温泉水では、その芦野温泉水へ入浴するよりも、より皮膚の弾力性が向上 (+ : $p < 0.05$) する結果が得られた。これらの結果から、芦野温泉に入浴することで冬の皮膚の弾力性低下を抑制させるが、水素温泉水では皮膚の弾力性向上に効果的であることを示した (Kurita *et al.*, 2014)。

また、Fig. 5 に皮膚の弾力性と年齢との関係を示す。Figure 5 には、今回の入浴実験開始直前のデータ (○印) に加え、前報 (文献) での水素ジェル塗布実験開始直前のデータ (△印) およびその他文献データ (◆印; A.B. Cua *et al.*, 1989) を合わせて示した。ボランティアの皮膚 (前腕屈側) の弾力性を測定したデータで、加齢により皮膚の弾力性は低下し、文献値ともよく一致する傾向を示した。これまで、皮膚の弾力性は加齢により低下することが報告されてきたが、Fig. 5 のデータはそれらの結果をよく支持する結果を示した。それ故、水素化温泉水への継続的な入浴で、皮膚の老化抑制の可能性が示唆される結果が得られた (Kurita *et al.*, 2014)。

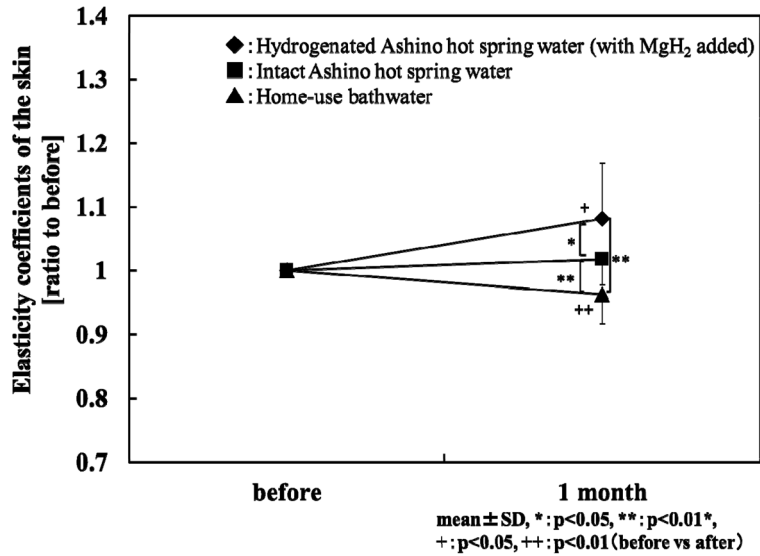


Fig. 4 Changes in the skin elasticity coefficients of the forearm flexural parts of the subjects in the one-month experiments of habitual bathing in hydrogenated Ashino hot spring water (n=16), intact Ashino hot spring water (n=13), and home-use bathwater (n=13) (Kurita *et al.*, 2014).

図 4 水素化温泉に入浴した際の皮膚 (前腕屈側) の弾力性的変化 (Kurita *et al.*, 2014).

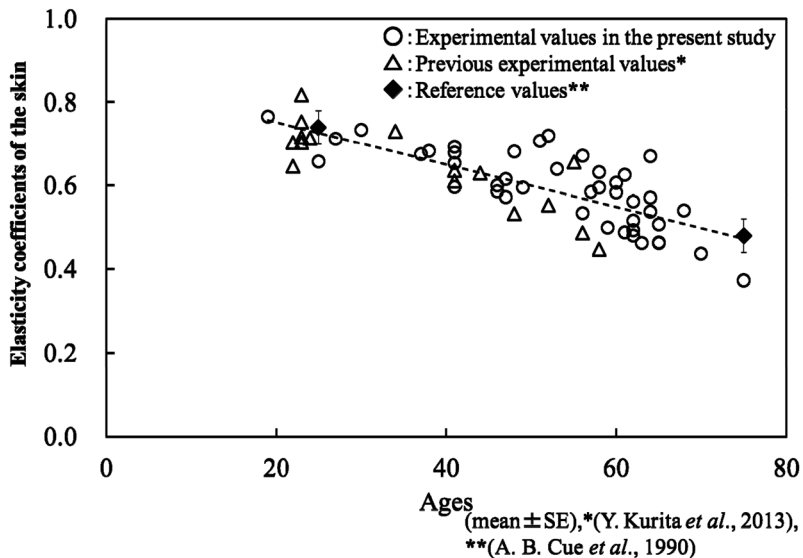


Fig. 5 Relationships between the skin elasticity coefficients (forearm flexural parts) and ages of the subjects (Kurita *et al.*, 2014).

図 5 皮膚 (前腕屈側) と年齢の関係 (Kurita *et al.*, 2014).

3.2 水素化浴槽水が深部体温 (鼓膜温度) に与える影響

Figure 6 に水素化浴槽水 (●印), 人工炭酸泉 (◆印) およびさら湯 (▲印) に入浴した際の深部体温の経時変化を示す. さら湯に入浴した際, 入浴 15 分で約 0.8℃ 上昇したが, 人工炭酸泉に入

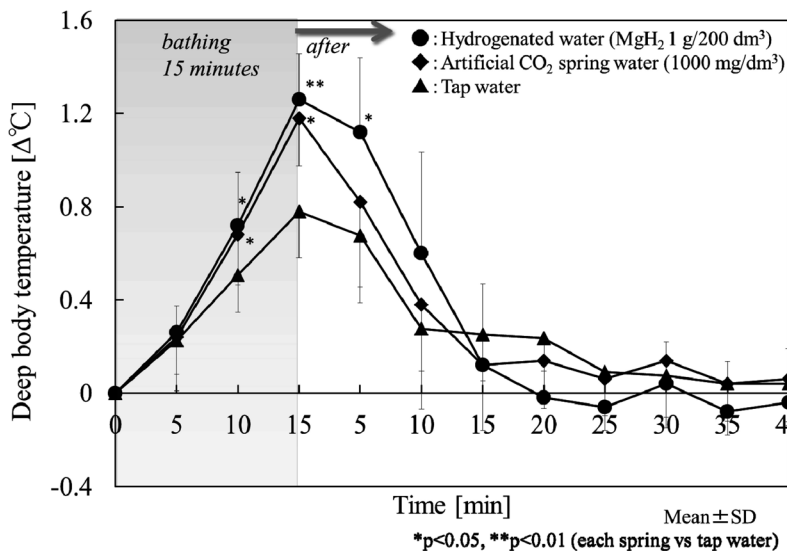


Fig. 6 Changes in deep body temperature (tympenic temperature) of bathing in hydrogenated water (41 °C with MgH₂ added : n=5), artificial CO₂ spring water (n=5), and tap water (n=5) (Kurita *et al.*, 2014).

図 6 水素化浴槽水、人工炭酸泉およびさら湯に入浴した際の深部体温の変化 (Kurita *et al.*, 2014)

浴することで約 1.2°C の上昇し、水素化浴槽水では約 1.3°C の上昇が確認された。また、さら湯と比較して炭酸泉および水素化浴槽水はそれぞれ統計的優位差を持って両者とも深部体温が上昇 (* : p < 0.05, ** : p < 0.01) する結果が得られた。このことから、水素化浴槽水は人工炭酸泉同様深部体温を上昇することが明らかとなった (Maeda *et al.*, 2001 ; Kurita *et al.*, 2014)。

4. おわりに

本研究では、水素化マグネシウムを添加した水素浴槽水に入浴した際の皮膚に与える効果を、真冬の1月中旬より1ヶ月間、実際の温泉(芦野温泉)へのボランティアの継続的入浴で検討した。その結果、水素化マグネシウムを添加することで元々還元系である芦野温泉の源泉かけ流しの浴槽水をより還元系にし、皮膚の弾力性向上効果が統計的有意差を持って確認できた。一方、家庭浴槽水(シャワー浴も含む)では、皮膚の弾力性は低下し、水素化マグネシウムを添加しない芦野温泉では皮膚の弾力性に変化は見られなかった。皮膚水分量はいずれの入浴でもやや低下傾向を示したが、統計的有意差は見られなかった。今回の実験を含めて水素が皮膚の弾力性向上効果を有することが、より鮮明になった一方、皮膚表面の水分量は皮膚の弾力性に大きな影響を示さず、これまでの論文でもそれらの相関性は必ずしも明らかにはなっていない。それ故、水素が与える皮膚内部の状態を詳細に検討する必要があると思われる。さらには、水素化温泉水に入浴したボランティアの方々のアンケートによると、入浴後の汗が止まらず保温感があるとの多くの感想を頂いた。そこで、水素による温熱効果を確認するため、水素化浴槽水(さら湯に水素化マグネシウムを添加した浴槽水)に入浴する実験を行った。その結果、水素化浴槽水に入浴することで人工炭酸泉同様にさら湯に入浴するより深部体温を上昇させ、温熱効果に期待がもてることが明らかとなった。

謝 辞

本論文を執筆・投稿する機会を与えて頂きました日本温泉科学会会長井上源喜先生に感謝申し上げます。また査読者の先生方にも感謝申し上げます。本研究を行うにあたり、終始ご指導賜りました法政大学生命科学部教授大河内正一先生に深謝いたします。また、本調査にご協力賜りました野沢温泉関係者の皆様、ならびにボランティアの方々にも感謝いたします。

引用文献

- Cua, A.B., Wilhelm, K.-P. and Maibach, H.I. (1990) : Elastic properties of human skin relation to age, sex, and anatomical region. *Arch Dermatol Res.*, **282**, 283-288.
- Kurita, Y., Umeda, K., Ikeda, S., Urushibata, O. and Okouchi, S. (2014) : Effects of Magnesium Hydride as Reductive Bath Additive on the Skin. *温泉科学*, **63**, 317-327.
- 栗田繕彰, 池田茂男, 大河内正一 (2013) : 還元系水素入浴剤の水素化マグネシウムの特性. *温泉科学*, **63**, 2-12.
- Maeda, M., Obuchi, S., Shiba, Y., Sakaki, U., Yorizumi, K., Tanaka, K. and Nagasawa, H. (2001) : Effect of the high concentration CO₂ bathing on the body temperature (1 st Report) —Changes of the deep body thermometer and the surface skin temperature by artificial high concentration CO₂ warm water bathing—. *J. J. A. Phys. M. Baln. Clim.*, **64**, 113-117.
- 大波英幸, 森本卓也, 漆畑 修, 池田茂男, 大河内正一 (2008) : 還元系温泉水の入浴による皮膚の弾力性に与える影響—野沢温泉—. *温泉科学*, **58**, 215-225.
- 大河内正一, 水野 博, 草深耕太, 石原義正, 甘露寺泰雄 (1998) : 温泉水のエージング指標としての酸化還元電位. *温泉科学*, **48**, 29-35.
- 大河内正一, 大波英幸, 庄司未来, 大野慶晃, 池田茂男, 阿岸祐幸, 萩原知明, 鈴木 徹 (2005) : 電解還元系の人工温泉水の皮膚および髪に与える効果. *温泉科学*, **55**, 55-63.
- 大河内正一, 菅野こゆき, 勝本雅之, 鈴木雅樹, 甘露寺泰雄, 漆畑 修 (1999) : 温泉水および皮膚の ORP (酸化還元電位) と pH の関係. *温泉科学*, **49**, 59-64.
- 大河内正一, 菅野こゆき, 鈴木雅樹, 甘露寺泰雄 (2000) : 二酸化炭素泉の ORP と pH の関係. *温泉科学*, **50**, 94-101.
- Okouchi, S., Suzuki, M., Sugano, K., Kagamimori, S. and Ikeda, S. (2002) : Water desirable for the human body in terms of oxidation-reduction potential (ORP) to pH relationship. *J. Food Sci.*, **67**, 1594-1598.
- 大河内正一, 竹崎大輔, 大波英幸, 阿岸祐幸, 甘露寺泰雄, 池田茂男 (2003) : 電解還元系の人工温泉について. *温泉科学*, **53**, 1-9.