



原 著

還元系水素入浴剤の水素化マグネシウムの特性

栗田繕彰¹⁾, 池田茂男¹⁾, 大河内正一^{1)*}

(平成 25 年 2 月 26 日受付, 平成 25 年 4 月 10 日受理)

Characteristic of Reductive Bath Additive of Magnesium Hydride

Yoshiaki KURITA¹⁾, Shigeo IKEDA¹⁾ and Shoichi OKOUCHI^{1)*}

Abstract

So far we have revealed that natural hot spring source waters fresh out of wellheads have essentially a reductive characteristic. Hence, we focused on hydrogen additive that is applicable as a substance for making home-use bathwater reductive to provide beneficial effects equivalent to those of natural hot spring source waters. To generate hydrogen to be dissolved in home-use bathwater, a water electrolysis device was developed. Through a series of experiments on volunteer subjects, it was proved that habitual bathing in reductive water produced by hydrogenation using the water electrolysis device can improve the elasticity of the skin.

In the present study aiming at practical implementation of a simpler means for producing reductive hydrogen-rich bathwater, we used magnesium hydride (MgH_2) as a hydrogen generating agent (bath salt), and examined the characteristic effects and efficacy of the hydrogen generating agent on the skin. The results of our examinations showed that home-use bathwater can be changed from an oxidative state to a reductive state by the reductive ability of the hydrogen generating agent, i.e., by hydrogen-releasing in the reaction of MgH_2 with water. Further, it was found that natural hot spring water (alkaline simple hot spring water) in the large-sized bathtub of the spa facilities of Ashino Onsen can also be made more reductive by periodically adding MgH_2 thereto. For verifying the skin penetrability of molecular hydrogen (H_2) dissolved in bathwater, the hydrogen concentrations in exhalation of subjects were measured. Statistically-significant increases were found in the hydrogen concentrations in exhalation after bathing in the hydrogen-dissolved water. Moreover, the reductive gel containing MgH_2 (hydrogen gel) was put to experiment by applying it onto the flexural side of one of the forearms of each subject, and the skin elasticity thereof was determined. The skin elasticity of each subjects forearm treated with reductive hydrogen gel was higher than that of the other forearm untreated as a control reference part. Thus, it has become apparent that MgH_2 is highly suitable as a hydrogen

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. *Corresponding author : E-mail okouchi@hosei.ac.jp, TEL 042-387-6160, FAX 042-387-6160.

generating ingredient in a novel reductive hydrogen bath agent to be formed in combination with other commercial bath salts.

Key words : Hydrogen, Magnesium hydroxide, Bath additive, Reductive characteristic, Ashino Onsen, Hydrogen gel

要 旨

筆者らは、これまでに温泉の本質的特性は還元系であることを提案してきた。そこで、これらの優れた還元系の温泉水に、温泉に行かなくても、家庭などで同様に浴槽水を還元系にする物質として水素に着目した。浴槽水を電気分解する電気化学的手法により水素を発生させ、浴槽水に溶解させることで還元系水素浴槽水を製造した。この水素浴槽水に継続的に入浴することで、皮膚の弾力性が向上することを明らかにした。

本研究では、還元系水素浴槽水より簡便な製造法として、水素発生剤として水素化マグネシウム (MgH_2) を用い、水素系入浴剤の試作およびその効果・効能の検討を行った。その結果、家庭の浴槽水に MgH_2 を添加することで、酸化系となっている浴槽水を還元系に導く結果が得られた。また、 MgH_2 を大型の浴槽水に定期的に添加することで、実際の温泉で水素系浴槽水が可能であることを確認した。水素の皮膚浸透実験では、水素系浴槽水に入浴することで、呼気中の水素濃度が上昇したことから、水素の皮膚浸透性を確認した。さらに、 MgH_2 を添加した水素発生ジェルを継続的に塗布することで皮膚の弾力性が向上し、皮膚水分量も増加する結果が得られた。これらのことから、 MgH_2 を水素基剤として用いることで、他の市販入浴剤にはない、新たな還元系水素入浴剤としての有効性に期待が持てることを明らかにした。

キーワード：水素、水素化マグネシウム、入浴剤、還元系、芦野温泉、水素ジェル

1. はじめに

筆者らは、これまでに全国の温泉水の酸化還元電位 (Oxidation-Reduction Potential, ORP) と pH の関係を調査した結果、湧出直後の源泉は通常大気環境下で平衡にある水の ORP (平衡 ORP) より低い還元系領域にあることを明らかにしてきた (大河内ら, 1998, 1999, 2000; Okouchi *et al.*, 2002)。さらに、温泉水は湧出直後から時間経過に伴い酸化され ORP は上昇し、最終的に安定な水溶液に変わる温泉水のエイジング (Aging) 現象を、ORP-pH 関係により定量的に評価できる可能性を示した (大河内ら, 1998)。それ故、温泉は温泉法により温度や成分のみで定義されているが、温泉の本質的特性は還元系であることを提案してきた (大河内ら, 1999, 2000; Okouchi *et al.*, 2002)。さらに、皮膚も還元系で加齢に伴い酸化されていくことから (大河内ら, 1999, 2000; Okouchi *et al.*, 2002)、還元系の新鮮な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や皮膚脂質の酸化による加齢臭物質の生成抑制に期待が持てることの提案を行ってきた (大河内ら, 1999, 2000; Okouchi *et al.*, 2002)。そこで、これらの優れた還元系の温泉水に、温泉に行かなくても、家庭や、美容、高齢者施設などで同様の効果を容易に享受できる手段として、筆者らは多硫化カルシウム系入浴剤を提案した (大波ら, 2008a; 大河内, 2010)。通常市販の多くの入浴剤では、浴槽水は還元系とはならず、一方多硫化カルシウム系入浴剤は浴槽水を還元系にし、温泉法の成分基準 (総硫黄濃度 1 mg/kg) を十分クリアする硫黄濃度を有した。さらに、多硫化カルシウム系入浴剤はメラニン生成を抑制し、皮膚の美白効果を有するとされる硫黄泉との優れた類似性を共有する優れた入浴剤であることを提案してきた。しかし、このような優れた還元系入浴剤が「硫化水素による自殺」に悪用され、製造中止まで追い込まれる残念な結果となった。

多硫化カルシウム系入浴剤以外で、筆者らは浴槽水を還元系にする物質として水素に着目した。

具体的には、浴槽水を電気分解する電気化学的手法により水素を発生させ、浴槽水に溶解させることで還元系水素浴槽水を製造した。この還元系水素浴槽水に2ヶ月継続的に入浴することで、皮膚の弾力性が向上することを明らかにした(大河内ら, 2005, 2003)。さらには、髪の毛の還元系水素浴槽水への浸漬により、脱色や染色などで傷んだダメージ毛に対して滑らかさおよび艶の向上が確認できた(大河内ら, 2005, 2003)。

そこで、本研究では還元系水素浴槽水よりも簡便な製造法として、水素発生剤として水素化マグネシウム(MgH₂)を用い、水との反応を利用して発生させた水素の有効性を検討した。すなわち、従来の入浴剤のように、浴槽水に加えるだけで簡便に還元系水素浴槽水ができるかを検討した。その際、家庭浴槽水だけではなく大型入浴施設においても、水素化マグネシウムによる還元系水素浴槽水が可能かを検討した。なお、大型入浴施設として栃木県にある芦野温泉(アルカリ性単純泉)の内風呂(7.5m³)で実験を行った。また、電解による還元系浴槽水への継続的な浴用による皮膚の弾力性向上効果が、同様に水素発生剤でも確認できるか、水素化マグネシウムを添加した水素発生ジェルを調製し、皮膚に継続的に塗布して確認実験を行った。

2. 実 験

2.1 水素発生基剤の入浴剤としての基礎特性実験

水素発生基剤として水素化マグネシウム(純度90%, (株)バイオコーク技研)を用いた。水素化マグネシウムの基礎特性として、水道水を40℃に加温したさら湯(約200dm³)に水素化マグネシウムを濃度変化(0.2, 0.5, 1.0g)させて添加し、浴槽水のORP-pH関係および溶存水素濃度を経時的に測定した。ここで、水素基剤の比較として金属マグネシウム(純度99.9%, (株)添川理化学)を用いた。大型入浴施設での実験では、芦野温泉の第2号源泉(泉質:アルカリ性単純泉)の浴槽水(7.5m³)に水素化マグネシウムを溶解し、定期的に水素化マグネシウムを追加した際の、浴槽水のORP-pH関係および溶存水素濃度を経時的に測定した。

また、還元系水素浴槽水への浴用による水素の皮膚浸透性を確認するために、水素化マグネシウム1.0gを溶解した浴槽水(200dm³, 40℃)に15分間入浴し、入浴前後の呼気中水素濃度を経時的に測定した。呼気中の水素濃度は、呼気水素濃度計(リフレスⅢ BAS-100 (株)アドニス電気)を用いて測定した。なお、被験者としては20歳代の健常男子学生8名を対象とした。

これまで浴槽水に水素化マグネシウムを単独で添加してきたが、従来の市販入浴剤との組み合わせも検討した。組み合わせにより、浴槽水の着色や香り、さらには肌の水分保湿効果など従来の入浴剤が有する特性に加えて、水素の効果を有する還元系水素入浴剤が期待できるためである。

2.2 水素発生剤の皮膚に与える効果実験

水素発生基剤としての水素化マグネシウムによる皮膚の弾力性効果の確認実験では、水素化マグネシウムをメチルセルロースのジェルに添加し、クエン酸でpHを中性に調製したものを水素発生ジェルとして用いた。その水素発生ジェルを被験者13名(年齢20~50歳代)の皮膚に6週間毎日15分継続的に塗布し、皮膚の水分量および弾力性を調べた(大河内ら, 2005; 大波ら, 2008b)。具体的には、皮膚の測定部位としては前腕屈側を対象とし、冬の乾燥する10月から12月の時期に行なった。また、比較の為に被験者にはもう一方の前腕に、水素化マグネシウムを添加しない水素未発生ジェルを塗布し、比較対象とした。皮膚の水分量は、肌水分測定装置(Moisture Checker MY-808S, Scalar, 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ている。

3. 結果および考察

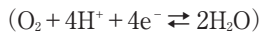
3.1 還元系水素入浴剤の特性

水素基剤であるマグネシウムおよび水素化マグネシウムによる水素生成反応は(1)および(2)式で表される。



Figure 1 に、浴槽水 (200 dm³, 40℃) にマグネシウムおよび水素化マグネシウムを 0.2~1.0 g をそれぞれ添加した際の ORP-pH 関係を示す。なお、Fig. 1 中の上下の実線は、それぞれ(3)および(4)式で示した水の酸化および還元分解する境界線を表す。

$$\text{ORP} = 1.23 - 0.059 \text{ pH} \quad (3)$$



$$\text{ORP} = -0.059 \text{ pH} \quad (4)$$



また、図中の破線は、著者ら (大河内ら, 1998; Okouchi *et al.*, 2002) が実験的に明らかにした水の酸化系と還元系に分ける平衡 ORP 線 ((5)式) を示す。

$$\text{ORP} = 0.84 - 0.047 \text{ pH} \quad (5)$$

すなわち、(5)式の平衡 ORP 値より大きい場合を酸化系、小さい場合を還元系、破線上は平衡系を意味する。マグネシウムおよび水素化マグネシウムを浴槽水に添加することで、塩素により酸化系にある浴槽水 (■印) を、両水素発生剤は共に還元系 (Mg: ◇, △, ○印, MgH₂: ◆, ▲, ●印) に導く結果が得られた。マグネシウムおよび水素化マグネシウムの添加量を高くすることでより還元系になり、同時に生成される水酸化マグネシウムにより、アルカリ側にシフトすることが確

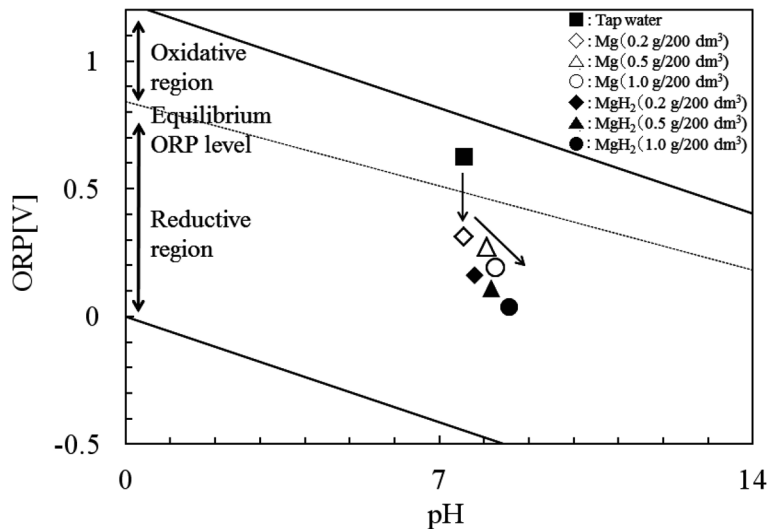


Fig. 1 Changes in ORP-pH relationship in chlorinated tap water by adding Mg and MgH₂.

図 1 Mg および MgH₂ を塩素殺菌された浴槽水に添加した際の ORP-pH 関係。

認できる。また、同じ量の場合、水素化マグネシウムの方がマグネシウムより還元系となる。なお、Fig. 1 の ORP-pH 関係のデータは、いずれも水素発生剤添加 10 分後のデータを示す。

Figure 2 には、水素発生剤を浴槽水 (200 dm³, 40°C) に添加した際の溶存水素濃度の変化を示す。水素化マグネシウム (MgH₂: ◆, ▲, ●印) の方が、マグネシウム (Mg: ◇, △, ○印) より、浴槽水素濃度が高くなることが確認できる。参考として、Fig. 2 に前報 (大河内ら, 2005) で報告した電解還元水製造装置の平均溶存水素濃度 50 ppb (50 μg/kg) の破線を示す。この破線は電解方式による還元系水素浴槽水への継続的な入浴により、皮膚の粘弾性の向上が確認された平均水素濃度を示す。マグネシウムは浴槽水への 1.0 g の添加 (○印) でも、その水素濃度は 50 ppb に達しないが、水素化マグネシウムでは、0.2 g の添加 (◆印) でも 50 ppb に達した。水素化マグネシウムの方が、マグネシウムより最高浴槽水素濃度を 2~4 倍程高くし、より効果的に還元系水素浴槽水の製造に寄与していることが観察できた。水素化マグネシウム 0.2 g を浴槽水 200 dm³ に溶解させた場合、理論上の浴槽水素濃度は 137 ppb となる。Figure 2 では、浴槽水素濃度 (◆印) はその 36% の約 50 ppb を 90 分近く持続している。実際は、浴槽水は入浴などで攪拌されるため、浴槽水から水素は気相に容易に拡散し、浴槽水素濃度は低下する。そこで、家庭用浴槽の大きさも 300 dm³ を越えるものを考慮すると、家庭用入浴剤としては一般的には水素化マグネシウム量 0.3~0.6 g 程度が必要と考えられる。市販入浴剤の一回分の量は、一般的に 30~50 g であることから、水素化マグネシウム単独での使用ではそれぞれの 10 分の 1 以下の量で、還元系水素浴槽水が可能となる結果が得られた。

Figure 3 には、水素化マグネシウムを 1.0 g 溶解した浴槽水 (200 dm³, 40°C) に入浴した際の呼気中水素濃度の経時変化を示す。さら湯 (▲印) に入浴した場合、呼気中の水素濃度は上昇を示さなかったが、水素化マグネシウム (●印) を溶解した浴槽水に入浴した後、さら湯に入浴した場合と比較して統計的有意差 (p<0.01) をもって呼気中の水素濃度が上昇した。一方、同様に水素

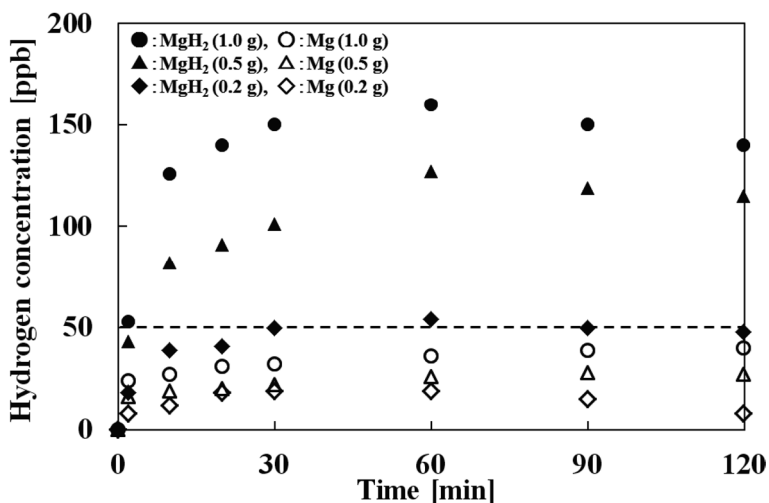


Fig. 2 Changes in hydrogen concentration in bathwater by adding Mg and MgH₂. MgH₂ (●→1.0, ▲→0.5, ◆→0.2), Mg (○→1.0, △→0.5, ◇→0.2): Respective quantities [g] added in bathwater (200 dm³).

図 2 Mg および MgH₂ を浴槽水に添加した際の溶存水素濃度の変化。浴槽水 (200 dm³) に添加した MgH₂ (●→1.0, ▲→0.5, ◆→0.2) と Mg (○→1.0, △→0.5, ◇→0.2) の量 [g]

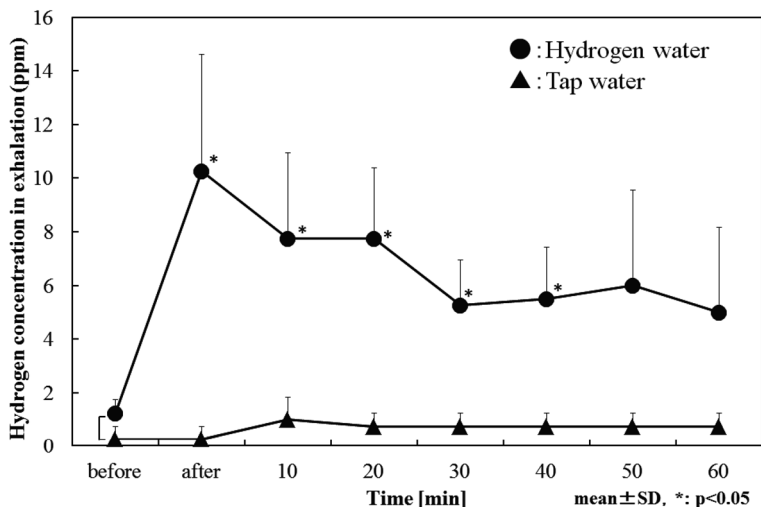


Fig. 3 Changes in hydrogen concentration in exhalation after bathing in MgH₂ added bath.

図 3 MgH₂を溶解した浴槽水に入浴した際の呼気中水素濃度の変化.

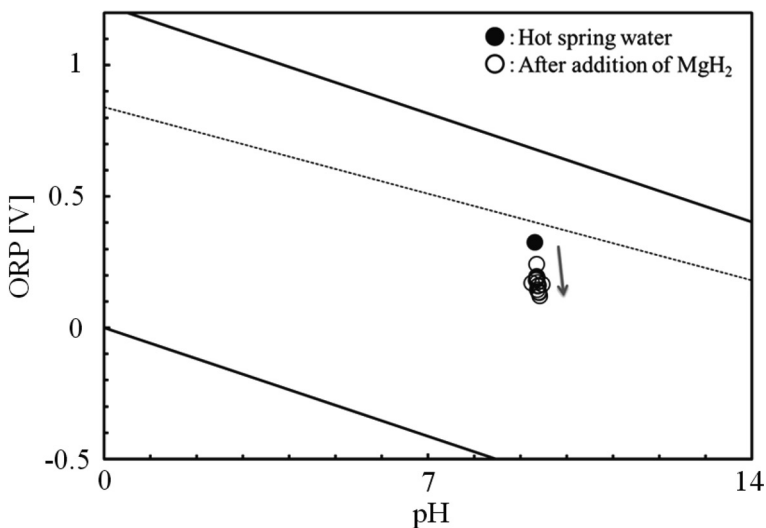


Fig. 4 Changes in ORP-pH relationship in the indoor bath by adding MgH₂.

図 4 MgH₂を内風呂に添加した際の ORP-pH 関係.

マグネシウムを溶解した浴槽水の表面に入浴せず顔を近づけ、入浴時間と同じ時間浴槽に滞在し、その前後での呼気水素濃度を測定した結果、呼気水素濃度の増加は誤差範囲内であった。このことから、水素浴槽水に入浴することで水素が皮膚を浸透し、呼気中から水素が排出していることが確認できた。

Figure 4 および 5 に、水素化マグネシウム 15g を芦野温泉内風呂（容積 7.5m³、15～23 時の 8 時間入浴可）に添加し、4 時間後に水素化マグネシウム 15g を追加した際の ORP-pH 関係および溶存水素濃度の変化をそれぞれ示す。内風呂に水素化マグネシウムを添加することにより、Fig. 4

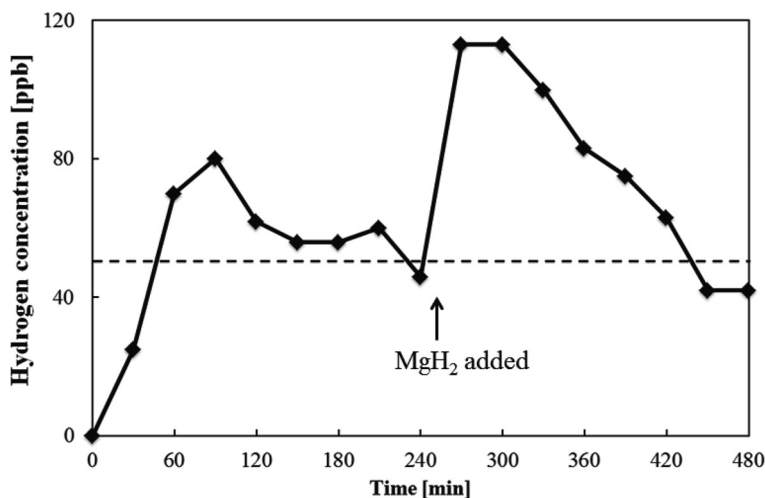


Fig. 5 Changes in hydrogen concentration in the indoor bath by adding MgH_2 .

図 5 MgH_2 を内風呂に添加した際の溶存水素濃度の変化。

に示すように源泉かけ流しで還元系の領域にある浴槽水 (●印) は, ORP 値をいずれの経過時間でも低下させ, より還元系にシフト (○印) することが観察できる. また Fig. 5 に示す浴槽水素濃度の変化では, 水素化マグネシウムの最初の 15 g 添加では, 溶存水素濃度は最大 80 ppb 近くまで上昇し, その後時間経過に伴い水素濃度は低下し, 4 時間の経過で浴槽水素濃度が 50 ppb 付近になった. この時点で, 15 g の水素化マグネシウムを追加添加することで, 浴槽水素濃度は 110 ppb まで大幅に上昇したが, 4 時間経過後は約 50 ppb まで水素濃度は低下した. これらの結果から, 浴槽の水素濃度は入浴するお客の数にもより変化することを考慮して, 水素化マグネシウムの添加量や添加時間を工夫して定期的に浴槽水に添加することで, 浴槽水素濃度を 50 ppb 以上に安定的に保持できる可能性が得られた. また, 今回使用した芦野温泉第二号源泉は pH 9.2 とアルカリ性が高くても, 水素化マグネシウムの温泉水との反応に基づく水素供給に, 特に大きく阻害する結果は観察されなかった.

3.2 水素化マグネシウムと組合わせた市販入浴剤の特性

Figure 6 に, 筆者らがこれまでに報告 (大波ら, 2008a) してきた市販入浴剤 (◇: 無機塩類系 10 種, ○: 二酸化炭素系 5 種, ▲: 薬用植物系 7 種, △: 湯の花系 6 種, □: 多硫化カルシウム系 2 種) の所定量 (約 30~50 g) を, 水道水を 40℃ に加温したさら湯 (約 200 dm³) (■印) に添加した際の, ORP-pH 関係を示す. 湯の花系入浴剤の一部や多硫化カルシウム系入浴剤を除いた市販入浴剤を, 殺菌用の塩素により酸化系となっているさら湯 (■印) に加えても, それらの浴槽水は平衡系から酸化系にあることが分かる. 一方, これらの市販入浴剤に水素化マグネシウム 1 g を組み合わせ合わせた入浴剤をさら湯に添加した場合, いずれの浴槽水も還元系水素浴槽水となった. 無機塩類系 (◇印) および二酸化炭素系 (○印) 入浴剤をさら湯に添加しても, 一般的に水道水を基にしたさら湯 (■印) は殺菌のため加えられている塩素により酸化系のままである (大波ら, 2008). しかし, 市販入浴剤に対して水素化マグネシウムを組み合わせる (●, ◆印) ことで, 生成した水素により, 酸化系にあった浴槽水を還元系に導く結果が得られた. 市販入浴剤と水素化マグネシウムの組合せにより, 市販入浴剤の有する着色性や香料の香り, さらには肌の保湿成分などの有効性を

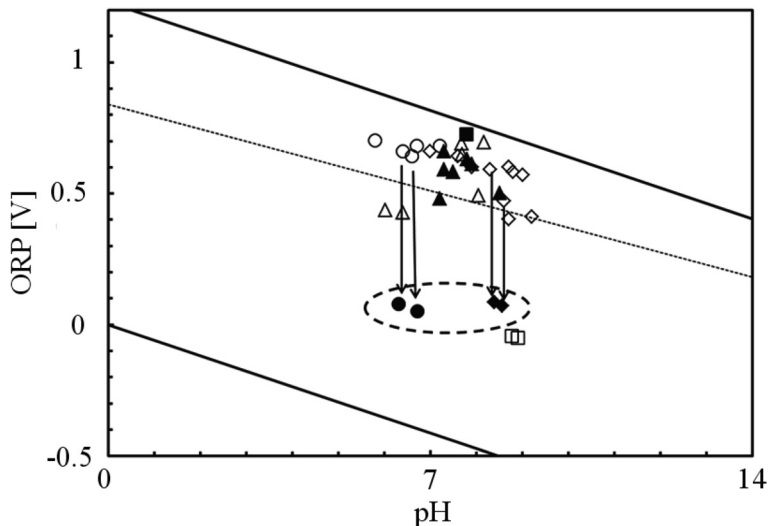


Fig. 6 Changes in ORP-pH relationship of chlorinated tap water by adding mixtures of MgH₂ (1 g) and different commercial bath salts.

■, Tap water ; ●, Mixture of MgH₂ and carbonic acid additive ; ◆, Mixture of MgH₂ and mineral salt additive ; ○, Carbonic acid additive ; ◇, Mineral salt additive ; ▲, Herbal essence additive ; △, Sinter(mineral deposit) additive ; □, Calcium polysulfide additive.

図 6 MgH₂ (1g) と市販入浴剤を組合わせた入浴剤を添加した際の浴槽水の ORP-pH 関係の変化。
 ■ : 水道水, ● : MgH₂ と炭酸系入浴剤を組合わせた入浴剤添加後, ◆ : MgH₂ と無機塩類系入浴剤を組合わせた入浴剤添加後, ○ : 二酸化炭素系入浴剤添加後, ◇ : 無機塩類系入浴剤添加後, ▲ : 薬用植物系入浴剤添加後, △ : 湯の花添加後, □ : 多硫化カルシウム系入浴剤添加後。

有する還元系水素入浴剤が得られることが分かった。しかし、それらの組合せに際し、例えば市販入浴剤中の酸性成分とアルカリ性の水素化マグネシウムの直接的な接触は保存中に反応が進行する可能性があることから、それらの接触を避けるなどの工夫はそれぞれ必要となる。

3.3 水素発生剤の皮膚に与える効果

Figure 7 に、水素発生ジェルとそのジェルを前腕屈側に 15 分間塗布し、その後精製水で十分に洗浄した皮膚の ORP-pH 関係の経時変化を示す。人間の皮膚 (○印) は還元系 (大河内ら, 1999) であり、還元系の水素発生ジェル (◆印) を塗布した後は、より還元系 (□印) にシフトした。その後は、徐々に ORP 値が上昇し pH も元に戻る (△, ◇印) ことが分かる。なお、水素未発生ジェルは平衡系 (●印) のままである。

Figure 8 に、被験者に水素発生ジェルを継続的に塗布した際の水分量の変化を示す。水素発生ジェルの 6 週間皮膚への塗布はジェルを塗らない皮膚と比較して、統計的有意差 (p<0.01) を持って水分量が増す結果が得られた。一方、水素未発生ジェルでは水分量は増加しているが、統計的有意差は見られなかった。このことからジェルの塗布は皮膚水分量を増加させる傾向にあるが、その効果は水素発生ジェルの方がより効果的であることを示した。

Figure 9 に、皮膚の弾力性の経時変化を示す。ジェルを塗らない皮膚 (▲印) の粘弾性率は時間経過に伴い低下する傾向が見られた。これは、冬の乾燥する季節に近づいたことが原因として考えられる。一方、水素発生ジェル (◆印) および水素未発生ジェル (■印) を塗布した皮膚の弾力性は向上する傾向が見られ、水素発生ジェルは水素未発生ジェルを塗布した皮膚と比較して粘弾性

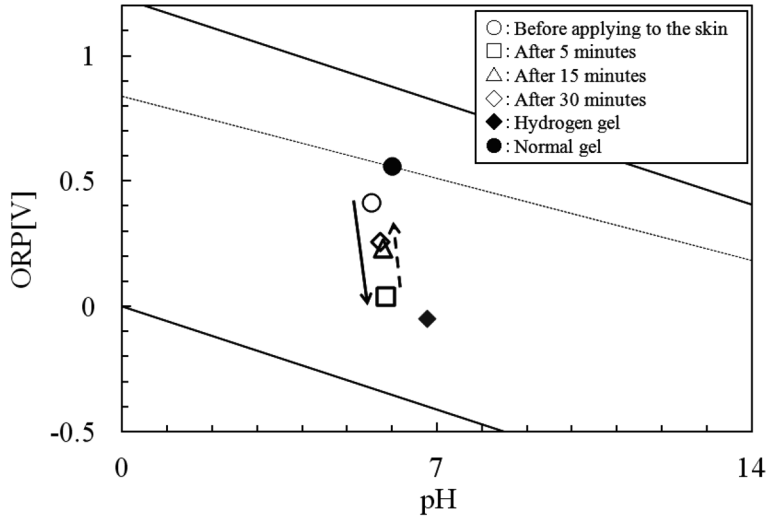


Fig. 7 ORP-pH relationship of skin (flexural side of forearm) after applying hydrogen gel thereto.

図 7 皮膚に水素発生ジェルを塗布した際の ORP-pH 関係。

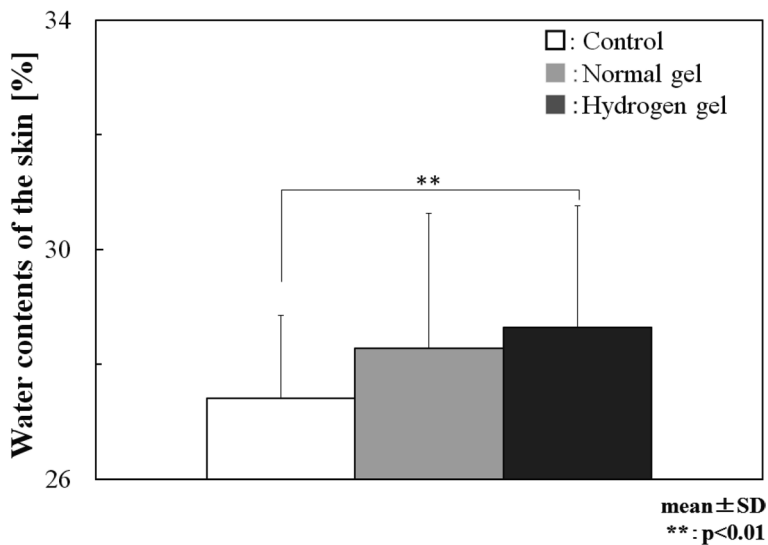


Fig. 8 Comparison of the water contents of skin (flexural side of forearm) by applying hydrogen gel the skin of subjects.

図 8 皮膚に水素発生ジェルを塗布した際の前腕屈側の皮膚水分量の比較。

率がより高く ($p < 0.05$, 水素発生ジェル vs 水素未発生ジェル), 皮膚水分量の結果と同様に水素が皮膚に効果的に作用していることが観察できた。Figure 9 に示す水素発生ジェルによる皮膚への継続的塗布による皮膚の弾力性向上の結果は, これまでの電解による還元系水素浴槽水への継続的入浴による効果と同様の結果が得られ, 水素の皮膚への有効性が確認できた。なお, 水素発生ジェルを被験者に 6 週間毎日, 皮膚への塗布による皮膚ダメージやトラブルは見られなかった。

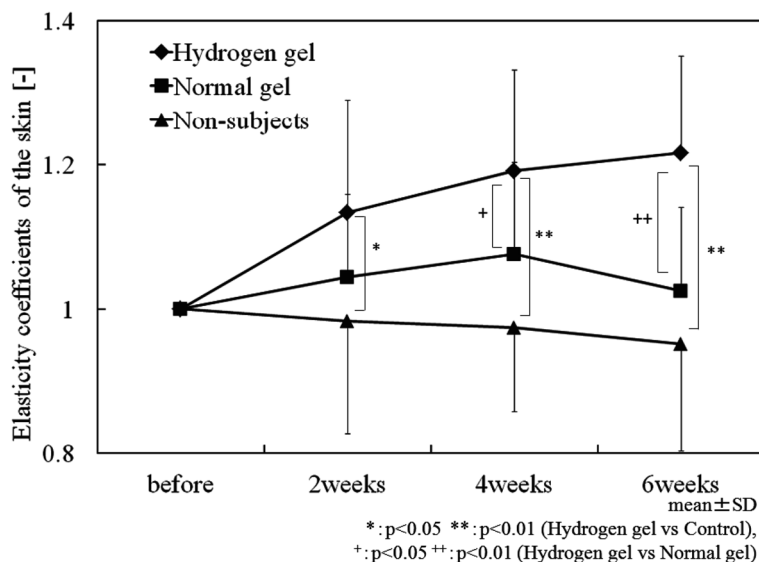


Fig. 9 Changes in the elasticity coefficients of skin (flexural side of forearm) by applying hydrogen gel the skin of subjects.

図 9 皮膚に水素発生ジェルを塗布した際の前腕屈側の皮膚の弾力性の変化。

4. 結 論

本研究では、家庭で容易に還元系の浴槽水に入浴する方法として、水素の還元力に着目し、水素発生基剤として水素化マグネシウムを用いた還元系水素入浴剤の可能性およびその効果・効能の検討を行った。その結果、家庭の浴槽水に水素化マグネシウムを添加することで、酸化系となっている浴槽水を還元系に導く結果が得られた。また、水素化マグネシウムを大型の浴槽水に定期的に添加することで、実際の温泉でより還元系の水素浴槽水が可能であることを確認した。水素の皮膚浸透実験では、水素化マグネシウムを添加した浴槽水に一定時間入浴することで、呼気中の水素濃度が上昇したことから、水素の皮膚浸透性を確認した。さらに、水素化マグネシウムを用いた水素の皮膚への効果として、水素化マグネシウムを添加した水素発生ジェルを継続的に塗布することで皮膚の弾力性が向上し、皮膚水分量も増加する結果が得られた。

これらのことから、水素化マグネシウムを水素基剤として用いることで、他の市販入浴剤にはない、新たな還元系水素入浴剤としての有効性に期待が持てることを明らかにした。

引用文献

- 大河内正一 (2010) : 多硫化カルシウム入浴剤の硫黄泉としての特性. 無機マテリアル学会誌, 17, 169-174.
- 大河内正一, 水野 博, 草深耕太, 石原義正, 甘露寺泰雄 (1998) : 温泉水のエイ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, 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.

大波英幸, 浅井邦康, 池田茂男, 大河内正一 (2008a) : 多硫化カルシウムを主成分とする入浴剤の ORP-pH 関係. 温泉科学誌, **57**, 226-230.

大波英幸, 森本卓也, 漆畑 修, 池田茂男, 大河内正一 (2008b) : 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, 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.

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.