



温泉水は若返りの泉

大河内 正 一¹⁾

(平成 25 年 11 月 1 日受付, 平成 25 年 11 月 19 日受理)

Hot Spring Water is the Fountain of Rejuvenation

Shoichi OKOUCHI¹⁾

Abstract

So far we have revealed that natural hot spring source waters fresh out of wellheads have essentially a reductive characteristic. Since the skin, which is most susceptible to hot spring bathing conditions, is also essentially reductive and likely to be oxidized with age, habitual bathing in fresh reductive hot spring source water can suppress the oxidation of the skin, contributing to its anti-aging. Hence, we have proposed that the reductiveness of fresh hot spring source water has the anti-aging effect of providing “the fountain of rejuvenation”.

Here we explain the anti-aging waters, i.e., carbonated spring water and sulfur spring water beneficial to health and aesthetic conditioning, artificially-produced reductive bathwater, and hot spring water treated to increase the degree of reductiveness.

Key words : Fountain of rejuvenation, Reductive system, Hydrogenated hot spring water, Hydrogen magnesium, Spring water of carbon dioxide type, Sulfur hot spring water

要 旨

筆者らは、これまで温泉水の本質の特徴は還元系にあることを提案してきた。温泉入浴で一番影響を受ける皮膚も還元系で、加齢に伴い酸化されていくことから、還元系の新鮮な温泉水に継続的に入浴することで、皮膚の酸化が抑制され、皮膚の老化抑制に期待がもてる。それ故、還元系の新鮮な温泉水は“若返りの泉”であることを提案してきた。今回、その若返りの泉、すなわち健康や美容効果を有する炭酸泉や硫黄泉、さらには人工的に実現した還元系の浴槽水や還元系を強化した温泉水について解説する。

キーワード：若返りの泉、還元系、水素化温泉水、水素化マグネシウム、炭酸泉、硫黄泉

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. E-mail okouchi@hosei.ac.jp, TEL 042-387-6160, FAX 042-387-6160.

1. はじめに

温泉水の本質的特徴は何か？ 筆者らがこれまでに提案（大河内ら, 1998, 1999, 2000, 2005b, 2008, 2011；Okouchi *et al.*, 2002）してきているのは，“還元系”ということである。その説明に当たり、活性酸素はご存じのことと思われるが、鉄などの金属を酸化して錆びさせると同様に、我々の身体も加齢に伴い酸化し、錆びさせる作用を有する。活性酸素は加齢だけではなく、癌を含めた様々な病気の原因物質であることも知られている。そのため、活性酸素を消去する成分を含む食品などが大きなブームとなり、テレビなどのマスコミで取り上げられたその翌日には、それら商品が店頭から売切れて無くなるという社会現象も起っている。それだけ、多くの人々が健康に関心をもっていることが分かる。

活性酸素の主要な作用は酸化作用にある。その酸化と真反対は還元に対応し、その還元作用は酸化作用を抑制することにある。したがって、温泉水の本質的特徴が還元系ということは、具体的には温泉水は活性酸素を消去する作用を有していることを意味する。実際、筆者らは日本全国の 200 以上の温泉源泉を測定（大河内ら, 1998）し、いずれの源泉も“還元系”にあることを明らかにしてきた。日本だけでなく、ヨーロッパの温泉源泉も“還元系”にあることも明らかにした（大河内ら, 2008）。また、源泉湧出後の時間経過に伴い、温泉水の還元系は失われ、活性酸素を消去する効力が失われていくことも明らかにした。これまで、源泉湧出後、時間経過した温泉水は効果が失われることが巷間言い伝えられてきたが、これら温泉水のエイジング（Aging；劣化）は、温泉水の還元系が失われ、活性酸素を消去する効力が失われていく現象（栗田ら, 2012）であることが分かる。それ故、温泉水にとって“還元系”は非常に重要な意味を有する。

一方、入浴により一番影響を受けるのが皮膚と思われる。皮膚は加齢により、酸化されて行くことが知られている。筆者らは、皮膚が弱酸性だけでなく、温泉水と同様に還元系にあることを明らかにし、加齢による皮膚の酸化も ORP 法により確認（大河内ら, 1999）してきた。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、皮膚の老化抑制に繋がる。すなわち、新鮮な還元系の温泉水への入浴は皮膚の若返り効果が期待できることを意味する。さらに、皮膚脂質も加齢にともない酸化され、おじさん臭と称される加齢臭物質（2-ノネナル）が生成することが知られている。加齢臭は当然、おばさんにもあり、不公平な感じがするが、おじさんの方が臭さによりリアリティーがあるとのことであろうか。加齢臭は皮膚の酸化が抑制されれば、当然その抑制にも期待できることになる。

以下に、若返りの温泉水に繋がる泉質として、炭酸泉、硫黄泉、さらには家庭でも入浴可能な還元系人工温泉水について解説する。

2. 炭酸泉

炭酸泉は体温より低い温度でも、身体を炭酸泉に浸した部分の皮膚が真っ赤になるほどに皮膚血流を増加（大河内ら, 2000, 2002）させることが知られている。そのため、女性に多い冷え性や年齢とともに血流が落ちる高齢者にも、また糖尿病関係やリウマチなどの痛みの緩和などにも有効性が指摘され、健康・美容に優れた特性を有している。しかし、炭酸泉は日本では数が非常に少なく、炭酸泉の多いヨーロッパ、特にドイツでは“心臓の湯”とも呼ばれ、末梢血管障害、高血圧、心臓病などの循環器系治療に応用されてきている。

炭酸泉としては、溶存二酸化炭素濃度が 1,000 ppm (mg/kg) 以上必要ですが、溶存二酸化炭素濃度として 700 ppm 以上であれば、年齢や男女差にかかわらず皮膚血流量増加効果が確認できる

ことが報告（下沖ら，1999）されている．そこで，炭酸泉の少ない日本では，浴槽濃度が少なくても700 ppmを保証することが重要となる．実際の炭酸泉の調査で，二酸化炭素濃度が温泉分析表で4,000 ppmを越える記述がされている温泉で，実際の浴槽濃度は200 ppm程度と低く，温泉分析表の値と大幅に異なる状況もあった．一方，温泉分析表の値が1,000 ppmに達していなくても，浴槽の二酸化炭素濃度が700 ppmを満たす温泉もあることが明らかとなった．そこで，医学・生理学的効果を有する貴重な炭酸泉の少ない日本にとって，二酸化炭素を含む温泉で，浴槽濃度を700 ppm以上を保証する有効な温泉管理が改めて必要と感じている．

しかし，日本では二酸化炭素を水に強制的に高濃度で溶解させた人工炭酸泉が開発され，医療用だけでなく，業務用，家庭用装置も普及し始め，入居者全戸で人工炭酸泉に入浴可能なマンションも話題となっている．そこで，天然炭酸泉と人工炭酸泉の違いは何か？が問題となる．前者は上述したように還元系，後者は基本的に水道水が基となり，それには殺菌用の塩素が加えられていることから酸化系にある．それ故，人工炭酸泉も，より健康・美容を考慮するなら還元系にする工夫が必要と思われる．このことについては，後述の4.2で触れることにする．

3. 硫黄泉

温泉水の皮膚に対する効果として，筆者らは炭酸泉と同様に皮膚血流量増加効果を有する硫黄泉（ここでは野沢温泉；単純硫黄泉）への継続的入浴による皮膚の弾力性の効果を測定する実験（大波ら，2008a）を行った．その結果，秋から冬の2ヶ月間のボランティアによる継続的温泉入浴で，前腕屈側の皮膚の弾力性（粘弾性率）はやや落ち気味になった一方で，前腕屈側より紫外線などに晒されダメージの大きい手背では，逆に弾力性が向上することが分った．この傾向は30，40歳代より，皮膚のダメージの大きい50，60歳代でより顕著に現れ，よりダメージの大きい皮膚に硫黄泉の効果がある結果を得た．

さらに，硫黄泉の美肌効果として，硫黄泉の紫外線などによるシミやソバカスなどの原因となるメラニン生成抑制効果について実験した結果を，Fig. 1に示す（大河内ら，2009，2010；Okouchi

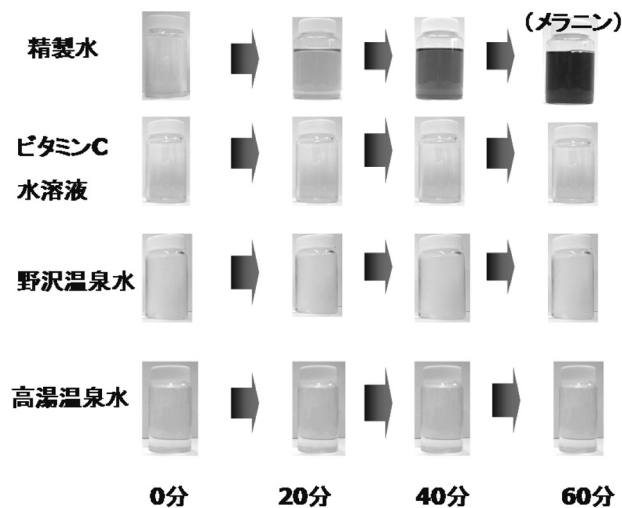


Fig. 1 Effect of hot spring water on suppressing the formation of melanin.

図 1 温泉水のメラニン抑制効果.

et al., 2009). メラニンはチロシンというアミノ酸とチロシナーゼという酸化酵素が反応し、精製水(純水)中では、Fig. 1 に示すように時間経過にともない着色していく。初めの無色から、明るいエンジ色、茶系、最終的に黒色のメラニンを生成する。しかし、還元系の硫黄泉(野沢温泉および高湯温泉)および美白剤として知られている還元性のビタミン C (アスコルビン酸)水溶液では、着色せずメラニン生成を抑制していることが分る。

では、硫黄泉とビタミン C では、何が違うのか? 硫黄泉の成分として、代表的な成分として硫化水素(H₂S)がある。その硫化水素が皮膚に浸透し、皮膚血流量を増加させる。一方、ビタミン C は皮膚に浸透しない。メラニンは皮膚中で生成されることから、ビタミン C の場合、皮膚に浸透可能なビタミン C 誘導体を合成し、美白剤として用いられている。

さらに最近、硫化水素は心不全予防効果や細胞の老化抑制効果が、マウスによる実験で報告(Nishida *et al.*, 2012) されている。それ故、硫黄泉は健康・美容効果に優れた泉質であることが分る。しかし、硫黄泉は入浴により皮膚のトラブルを起こす例も多々あり、さらに硫化水素は猛毒であることから、硫黄泉の給湯管理および浴槽・浴室の硫化水素濃度の管理を充分行うことで、健康・美容に実質的に有効な温泉としての利用が期待できる。

4. 還元系人工温泉水

温泉水の特徴は、これまで述べてきたように還元系が重要である。それ故、殺菌のためとは故、温泉水に塩素(酸化剤)などの殺菌剤を添加することは、温泉水の効果を失わせる(大河内ら, 2005a) ことを十分考えるべきと思われる。そこで、温泉水の特徴を有する還元系の浴槽水(人工温泉水)が可能であれば、温泉地まで行かずに家庭で容易に入浴が可能となる。ここで人工温泉水の定義としては、温泉分析表で定義されている溶解成分が規定以上、あるいは還元系を満たしていることとする。

そこで、浴槽水を還元系にする方法として、これまで筆者らは多硫化カルシウム系入浴剤および水素が有効であることを提案してきた。

4.1 多硫化カルシウム系入浴剤

多硫化カルシウム系入浴剤が大きな社会問題として取り上げられたのは、2004 年白濁した温泉水が人気の白骨温泉(長野県)で、白濁不足を補うために多硫化カルシウム系入浴剤が、情報開示なしで温泉水に加えられていた問題がある。これを契機として日本全国の温泉偽装問題が噴出し、温泉に対する大きな不信を招いた。しかし、結果として温泉に対する情報開示が進むことにもなった。筆者らはこの医薬品でもある多硫化カルシウム系入浴剤が温泉水の白濁を増すだけでなく、他の市販入浴剤とどのような違いがあり、さらに硫黄泉との類似性がどこまであるのかを検証(大波ら, 2008b; 大河内, 2010) した。多硫化カルシウムの一例として、5 硫化カルシウムと水との反応式を(1)式に示す。



(1)式から明らかなように、多硫化カルシウムは硫化水素を発生すると同時に、硫黄コロイドを生成し、白濁する。浴槽水に推奨量の多硫化カルシウム入浴剤を添加することで、温泉法の総硫黄成分濃度基準を唯一クリアし、美肌効果を有するとされる硫黄泉との優れた類似性を有すること。皮膚のメラニン生成抑制による美白効果が期待できること。さらに、皮膚の酸化抑制に基づく還元系によるアンチエイジング効果が期待できる非常に優れた入浴剤であることを明らかにした。しかし、硫化水素による自殺に悪用され、多硫化カルシウム系入浴剤の販売は自粛され、2009 年の秋には

100年も続いた歴史ある入浴剤の製造を中止せざるを得ない状況にまで追い込まれるに至った。今後、多硫化カルシウム系入浴剤の有効性を宣揚することで、その復活の一助となればと期待している。

4.2 水素発生入浴剤

水素の製法として、筆者らは電解法（大河内ら，2003，2005b）や水素発生剤として水素化マグネシウム（栗田ら，2013；Kurita *et al.*, 2014）を用いる方法で検討してきた。前者は、水の電気分解により水素も発生するが、同時に塩素やオゾンなどの酸化性物質も発生する。筆者らは、無隔膜電解法を採用し、さらに生成した酸化性物質を亜硫酸カルシウムで除去する方法により家庭用水素浴槽水を製造（大河内ら，2003，2005b）した。その水素浴槽水（200 L，40℃，平均水素濃度 50 ppb（ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ））に継続的に入浴した結果、皮膚の弾力性が向上するだけでなく、髪をその水素水に浸漬した結果、髪の滑らかさおよび艶の向上が確認できた。さらに、その水素水を、銀座の美容院の協力で、洗髪に応用する実験を行った。実験に協力いただいた17名の美容師（20～30歳台）のアンケート結果は、洗髪による手荒れが少ない、感覚的ではあるが乾燥時の髪の状態が良いという答えが70～80%に達した。電解法による水素浴槽水は、皮膚および髪に有効である結果が得られた。

一方、水素発生剤の水素化マグネシウム（ MgH_2 ）を用いる方法（栗田ら，2013；Kurita *et al.*, 2014）では、(2)式に示すように水素化マグネシウムは水と反応して水素を発生する。



そこで、水素化マグネシウムを殺菌用の塩素を含み酸化系となっている水道水を基にした家庭用浴槽水（200 L，40℃）に添加した結果、浴槽水は還元系にシフトする結果を得た。そこで、先に述べた酸化系となっている人工炭酸泉にも添加した結果、天然炭酸泉と同様の還元系の人工炭酸泉となることが分った。さらに、炭酸系を含む各種無機系および薬用植物系市販入浴剤を、水道水を基にした浴槽水に添加してもそれらのほとんどは酸化系浴槽水であった。しかし、それら市販入浴剤に水素化マグネシウムを加えることで、容易に還元系の浴槽水に変化することが確認できた。それ故、水素化マグネシウムは、浴槽水を効果的に還元系にするに有効な水素発生入浴剤であることを明らかにした。

5. 水素化温泉水

水素化マグネシウムが大型温泉浴用施設でも、応用可能であるかを検討した。実際の温泉水の効果に水素の効果を加われば、より健康・美容に有効な温泉水が期待できる。その水素化温泉水を製造するに当たり、温泉水では、これまでの電解法は温泉成分により電極の腐食などの問題が生ずる可能性があるため、適用は難しい状況にある。そこで、水素化マグネシウムの有効性を検討するため、実際の芦野温泉（アルカリ性単純泉、栃木県）の源泉かけ流し浴槽（7.5 m³，41℃）に、水素化マグネシウムを添加して検討（栗田ら，2013；Kurita *et al.*, 2014）した。条件として、上記した電解による水素浴槽水での皮膚の弾力性向上効果が観察された水素濃度 50 ppb 以上にした水素化温泉水を準備した。水素化マグネシウムの添加により、温泉水の還元力は強化されることが明らかとなった。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な入浴を行い、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）への継続的な入浴者との3グループで比較を行い、それぞれの被験者は各グループ13～16名で、40～70歳台の健常な男女とした。その結果、皮膚の弾力性は、家庭用浴槽入浴者では低下し、芦野温泉入浴者では変化は見られなかった。一方、水素化温泉水入浴者では皮

膚の弾力性向上効果が統計的有意差をもって観察できた。また、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、それ故水素化温泉水への継続的な入浴による皮膚の弾力性の向上は、皮膚の老化抑制に期待が持てることを意味する。さらには、水素化温泉水の入浴は身体を温める効果があるとの被験者アンケートの多くの感想から、家庭用浴槽水 (200 L, 41°C) を用いて深部体温測定を行った。その結果、水素化マグネシウムを添加した水素化浴槽水では深部体温 (鼓膜温) が、さら湯より統計的有意差を持って上昇する結果が得られた。水素浴槽水は水素化温泉水も含めて、身体をより温める効果を有することが明らかとなった。さらに、水素浴槽水への入浴で、呼気中の水素濃度が上昇することから、水素が皮膚を通して体内に吸収されることも確認できた。

6. ま と め

温泉水の本質の特徴は、“還元系”にあり、それ故癌を含めた様々な病気や老化の原因となる活性酸素を消去する作用を有することにある。これまでの解説で、新鮮な還元系の温泉水は“若返りの泉”に通じる効果を有することを理解できたと思われる。さらに、水素浴槽水および水素化温泉水は、健康・美容を含めた“若返りの泉”効果をより強化するに有効な方法であることを明らかにした。

引用文献

- 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.
- 栗田繕彰, タナクツソン パリア, 池田茂男, 大河内正一 (2012): 温泉水 (硫黄泉) の効果の可視化 (教育的効果). 温泉科学, **62**, 13-21.
- Kurita, Y., Umeda, K., Ikeda, S., Urushibata, O. and Okouchi, S. (2014): Effects of Magnesium Hydride as Reductive Bath Additive on the Skin. *J. Hot Spring Sci.* 投稿中.
- Nishida, M., Sawa, T., Kitajima, N., Ono, K., Inoue, H., Ihara, H., Motohashi, H., Yamamoto, M., Suematsu, M., Kurose, H., Vliet, A., Freeman, B., Shibata, T., Uchida, K., Kumagai, Y. and Akaike, T. (2012): Hydrogen sulfide anion regulates redox signaling via electrophile sulhydratio. *Nature Chem. Bio.*, **8**, 714-724.
- 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, Aileem Tamura, 外山知子, 大波英幸, 大網貴夫, 森本卓也, 阿岸祐幸, 安部寛史, 池田茂男 (2008): ヨーロッパと日本の温泉 (飲泉) 水およびミネラルウォーターの ORP (Oxidation-Reduction Potential) と pH の関係. 温泉科学, **57**, 185-195.
- 大河内正一, 栗田繕彰, 吉田健作, Paria Thanatuksorn, 池田茂男 (2011): ヨウ素 (イソジン®) による温泉水の還元力評価. 温泉科学, **61**, 106-115.
- 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, 沼田恒平, 大網貴夫, 池田茂男, 阿岸祐幸 (2010): 温泉水のエージングが及ぼすメラニン生成抑制効果への影響. 温泉科学, **59**, 273-281.
- 大河内正一, 大網貴夫, 浅井邦康, 大波英幸, 池田茂男, 阿岸祐幸 (2009): 還元系温泉水 (硫黄泉) によるメラニン生成抑制効果. 温泉科学, **59**, 2-10.

- 大河内正一, 大波英幸, 甲村和之, 森本卓也, 池田茂男 (2005a) : ORP 評価に基づく塩素殺菌した温泉水の泉質変化. 温泉科学, **54**, 155-162.
- 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 (2005b) : 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.
- 大河内正一, 竹崎大輔, 大波英幸, 首藤祐樹, 池田茂男, 見城由紀夫, 阿岸祐幸 (2002) : 二酸化炭素泉による末梢血流量増加の 2 次元的可視化について. 温泉科学, **52**, 12-19.
- Okouchi, S., Thanatuksorn, P., Numata, K., Kurita, Y., Ikeda, S., Agishi, Y. (2009) : Effects of sulfur hot spring water with reductive characteristic on the skin, The Proceedings of the 62nd General Assembly and International Thermalism/Scientific Congress of the World Federation of Hydrotherapy and Climatotherapy at Yokohama, Japan. pp. 86-87
- 大波英幸, 森本卓也, 漆畑 修, 池田茂男, 大河内正一 (2008a) : 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.
- 大波英幸, 浅井邦康, 池田茂男, 大河内正一 (2008b) : 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.
- 下沖 晋, 辻 隆之, 遠藤宏和, 森反俊幸, 榊原巨規, 大坪弘明, 松尾 汎, 中野寿彦, 藤元登四朗 (1999) : 足背部皮膚血流量計測による人工炭酸泉足浴時の至適炭酸濃度および湯温の検討. 人工炭酸泉, **2**, 4-8.