
原 著

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—

¹法政大学工学部物質化学科,²日本温泉総合研究所,³東邦大学医学部
大波英幸¹, 森本卓也², 漆畑 修³, 池田茂男¹, 大河内正一¹

(平成 19 年 11 月 22 日受付, 平成 20 年 1 月 8 日受理)

Effects of Bathing in the Hot Spring Waters with Reductive Characteristic on the Elasticity of the Skins (Nozawa Spa of Nagano Prefecture)

Hideyuki OHNAMI¹, Takuya MORIMOTO², Osamu URUSHIBATA³,
Shigeo IKEDA¹ and Shoichi OKOUCHI¹

¹ Department of Materials Chemistry, Faculty of Engineering, Hosei University

² Nippon Onsen Research Institute

³ School of Medicine, Toho University

Abstract

In Nozawa spa area, ORP (Oxidation-Reduction Potential)-pH measurements have been made on hot spring waters fresh out of wellheads (sulfur-containing sodium · calcium-sulfate springs, and sulfur springs) and hot spring waters at bathtubs of 13 communal bathhouses, showing the results that both the wellhead waters and bathhouse waters are reductive in terms of ORP-pH relationship. More specifically, just a slight difference was found in ORP between these waters; hence it can be appreciated that, at the communal bathhouses, reductive hot spring waters almost as fresh as the wellhead waters are served prior to occurrence of substantial progression of aging. In skin ORP-pH measurements, it was observed that experimental daily bathing in reductive hot spring waters over a period of two months brought about a decreasing tendency in ORP of the skins of the volunteer subjects. This signifies that habitual bathing in reductive water could suppress oxidation of the skin and skin surface lipids. As for skin elasticity measured through the experimental daily bathing, a slight decrease was found in the modulus of skin viscoelasticity on the flexural sides of the forearms, whereas an increase was found in that on the backs of the hands which must have received a relatively larger degree of damage due to exposure to solar ultraviolet rays or other deleterious causes. This tendency is more appreciable on the backs of the hands of the subjects included in an age bracket of 50s to 60s than on those of the subjects in an age bracket of 30s to 40s. The results of the skin elasticity measurements on the flexural sides of the forearms agree with a significant decrease in relative humidity of the atmosphere since the ex-

perimental daily bathing was carried out over a period from the autumn to the early winter, during which the moisture contents of the skin should have decreased to some extent inevitably due to the seasonal progress of dryness in the atmosphere. In contrast, the skin elasticity of the backs of the hands, which must have been damaged more severely, increased independently of seasonal decreasing relative humidity of the atmosphere. Although, at present, the detailed conditions of this phenomenon are still unidentified and remain to be investigated, it is obviously attributable to the effects of the experimental daily bathing in reductive hot spring waters. According to the results of our experiments on film permeation, it can be presumed that reductant components (H_2S) of the hot spring waters permeated the inside textures of the skins. The data obtained through the present study provide corroborative support for the generally accepted notion that sulfur spring water will make the skin lustrous.

Key words : Nozawa spa, Skin, Elasticity, ORP-pH, Reductant component, Permeability, Hydrogen sulfide

要 旨

野沢温泉の源泉(含硫黄-ナトリウム・カルシウム-硫酸塩泉および硫黄泉)および13の外湯(共同浴場)のORP-pH関係を測定した結果、いずれも還元系を示した。両者間でのORPの差は僅かで、外湯ではエージングの進行していない源泉とほぼ同じ新鮮な浴槽水に入浴できる結果を示した。皮膚のORPでは、継続的な入浴によりORPの低下傾向が見られ、温泉入浴により皮膚の酸化が抑制される可能性が観察された。それ故、皮膚および皮膚脂質の酸化抑制の可能性が期待できる。また、皮膚の弾力性では、2ヶ月間の継続的な温泉入浴で前腕屈側の皮膚の弾力性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をより多く浴びダメージの大きい手の甲では、逆に弾力性が向上する結果を得た。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た。前腕屈側の結果は、実験時期が秋から冬に向かう季節で、乾燥が進む時期と一致し、当然肌の水分量も減少していくことからの結果と考えられた。しかし、ダメージの大きい手の甲では、逆に季節的影響を超えて弾力性が増加する結果が得られ、現時点ではその具体的な理由は不明で、今後の研究が必要とされるが、温泉効果と考えられる。その効果は温泉成分の還元性成分(H_2S)が皮膚表面だけでなく内部への浸透が十分推測された。これまで、硫黄泉が美肌効果を有すると巷間言い伝えられてきた。今回の結果は、美肌効果の一端ではあるが明らかにできたと考えられる。

キーワード : 野沢温泉, 皮膚, 弾力性, ORP-pH, 還元性成分, 浸透性, 硫化水素

1. はじめに

温泉の効能として、温熱効果や転地効果を除いた泉質に対する効能について、生理学・医学的に明らかになっているものは少ない。しかし、著者ら(大河内ら, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2005a, 2005b; 大河内, 2003; Okouchi *et al.*, 2002; Ohnami *et al.*, 2003)は温泉の新たな効能として、酸化還元電位(ORP; Oxidation-Reduction Potential)-pH測定から、温泉の特性は還元系であることを明らかにしてきた。それ故、皮膚も還元系で加齢にともないORP値が上昇し酸化されていくことから、新鮮な還元系の温泉水への継続的な入浴は皮膚の老化抑制に期待できると提案してきた。さらに、加齢による皮膚脂質の酸化により生成される加齢臭物質(2-ノネナール)の生成(奥, 2001)を抑制する可能性についても指摘してきた。

しかしながら今日、温泉資源の不足や省資源化などの理由で、温泉水を循環し、そのため塩素殺菌を行なっている温泉が7割を越えている実状がある。さらに、地方自治体により一律に殺菌を義務付ける条例が制定され、循環式は当然として、源泉かけ流しの温泉までも殺菌せざるを得ない状

況が生まれている。それ故、本来還元系の温泉水が酸化系に変質し、プールで塩素により髪が脱色されるように、皮膚の酸化を助長する可能性を有する浴槽水(大河内ら, 2005a)となっている。

そこで、筆者らは温泉水の効能として、温泉水本来の還元系による効果を確認するため、人工的に還元水を製造し、その効果を検討した。具体的には、電解を利用して人工的に製造した還元系の浴槽水に2ヶ月間継続的に入浴した結果、本来加齢に伴い低下していくはずの皮膚の弾力性が向上し、肌の若返りのアンチエイジング効果(大河内ら, 2005b)が確認できた。さらに、これらの還元水は皮膚脂質の酸化抑制効果を有することも明らかとなった。

そこで今回、実際の還元系の温泉水に浴用し、皮膚の弾力性に対する効果を確認する実験を行った。温泉としては、これまで巷間皺伸しの湯として知られてきた硫酸塩泉および美肌効果を有するとされる硫黄泉の成分を併せ持つ含硫黄—ナトリウム・カルシウム—硫酸塩泉の自然湧出の源泉を有する長野県の野沢温泉を対象とした。

2. 実験方法

はじめに野沢温泉の源泉および共同浴場の各浴槽のORP-pH関係を測定し、還元系であることを確認した。続いて、以下に述べる2ヶ月間の入浴ボランティアを含め25名のボランティア(年齢20~60歳代)に、前腕屈側を5分間浴槽水(河原湯)に浸し、その前後での皮膚のORP-pH関係の測定を行なった。源泉、浴槽および皮膚のORP-pH測定は既報(大河内ら, 1998, 1999)に従った。

入浴ボランティアとして、普段温泉にほとんどおよびあまり入浴していない男女(年齢20~60歳代)20名を募り、ほぼ毎日、2ヶ月間(2006年10~12月)野沢温泉への入浴をお願いし、継続的温泉入浴の皮膚への影響を調べた。またこの間、家庭での入浴は控えるよう併せてお願いした。測定としては、皮膚(前腕屈側)のORP-pH関係およびキュートメータ(高橋, 1993; 西村ら, 1992)による皮膚(前腕屈側および手の甲(手背))の弾力性(大河内ら, 2005b)を、1ヶ月おき計3回測定した。最終的に3回のデータ測定ができたボランティアは15名(男8名, 女7名, 20~60歳代)であった。皮膚の弾力性は、皮膚粘弾性測定装置(Cutometer SEM 575, Courage Khazaka Electronic GmbH社, Germany)を用い、皮膚の粘弾性として測定した。この原理は、直径2mmの開口部を持つプローブ中に一定陰圧下で皮膚を吸引し、その皮膚の吸引高さ、吸引解除後の皮膚の戻った高さを比較することで、皮膚の粘弾性を求めるものである。

また、温泉水の還元性成分が皮膚表面だけでなく皮膚の内側にまで浸透するかどうかについて、皮膚の代わりに水を全く浸透させないナイロン・ポリエチレン2重膜を用いた。その膜を袋状にした内側に精製水を、外側を温泉水で満たし、膜で仕切られた精製水側のORP-pH関係を経時的に測定した。

3. 結果および考察

3.1 源泉および外湯(共同浴場)の浴槽水のORP-pH関係

野沢温泉には、端から端まで徒歩で20分足らずの温泉街に13ヶ所の無料の外湯と呼ばれる共同浴場があり、Fig. 1にそれら外湯と対応する源泉の位置関係を示した。野沢温泉を象徴する麻釜(▲Ogama)の源泉は、13の外湯の内、麻釜の湯、上寺湯、松葉の湯、十王堂の湯、横落の湯、秋葉の湯、新田の湯および中尾の湯の8ヶ所に給湯しており、残りの滝の湯、大湯、河原湯、真湯および熊の手洗湯(薬師の湯)はそれぞれ独自の源泉から供給されている。これら源泉は溶解成分の総量(ガス性のものを除く)が1g/kg前後に分布しており、それを境に泉質は1g/kg以上の含硫



Fig. 1 Locations of wellheads and communal bathhouses in Nozawa spa area.

図 1 野沢温泉の源泉と外湯（共同浴場）の位置関係。

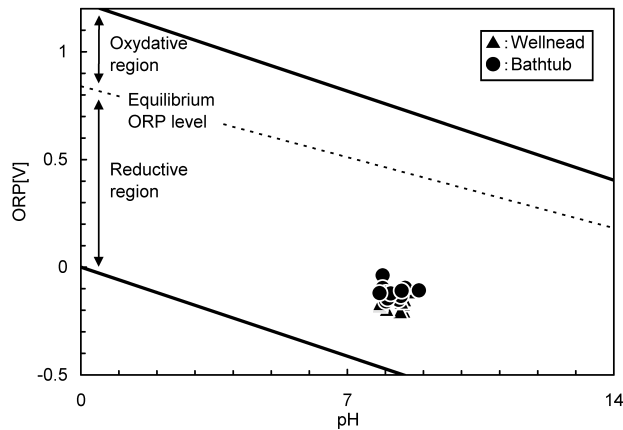
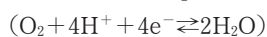


Fig. 2 ORP-pH relationships of hot spring waters fresh out of wellheads and those at bathtubs of communal bathhouses.

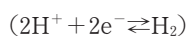
図 2 源泉と外湯の ORP-pH 関係。

黄一ナトリウム・カルシウム—硫酸塩泉とそれ以下の単純硫黄泉とに分けられる。しかしながら、それらに成分的に大きな差は無い。Fig. 2 には、それら外湯の浴槽の間口（●印）と源泉（▲印）の ORP-pH 関係を示した。なお、Fig. 2 中の上下の実線は、それぞれ(1)および(2)式で示した水の酸化および還元分解する境界線を表す。

$$\text{ORP} = 1.23 - 0.059 \text{ pH} \quad (1)$$



$$\text{ORP} = -0.059 \text{ pH} \quad (2)$$



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

を酸化系と還元系に分ける平衡 ORP 線 (3式) を示す.

$$\text{ORP} = 0.84 - 0.047 \text{ pH} \quad (3)$$

すなわち, (3) 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.

源泉はいずれも弱アルカリ性で低い ORP 値 (高い還元力) のほぼ同じ箇所にかたまり, ORP-pH 関係的にもこれらの源泉が類似した性質を有していることが分かる. なお, 麻釜の源泉は大釜, 丸釜, 茹釜, 竹伸釜および下釜から形成されているが, いずれも ORP-pH 関係はほぼ同じであった. また Fig. 2 の源泉と外湯の ORP-pH 関係で, それらに僅かの差しか無いことから, 両者間でエージングがほとんど進行していない結果を示した.

これは, 外湯すべてでほぼ源泉と変わらぬ新鮮な状態で入浴できるということを意味している.

Fig. 3 には, 野沢温泉を代表する麻釜の源泉 (大釜) をビーカーに採り静置して, 時間経過によるエージングの進行度合いを測定した結果を示した. 縦軸には (4) 式で定義した AI 指標 (Aging Index) を, 横軸には時間経過を示した.

$$\text{AI}(\%) = (\text{ORP} - \text{ORP}_0) / (\text{ORP}_{\text{eq}} - \text{ORP}_0) \times 100 \quad (4)$$

ここで, ORP_{eq} は平衡 ORP, ORP_0 は源泉の ORP を示す.

すなわち, AI 指標は平衡 ORP 値と源泉の ORP 値の差に対する源泉の ORP 値がエージングによりどれだけ平衡 ORP 値に近づいた割合を%で示したものである. 1日で約 50%, エージングが進み, 3日で 66%, それ以後は 28日で 83%を示し, 急激にエージングの進行が遅くなった. エージングの進行の度合いは, 源泉と空気の接触状況や温度などで大きく異なるが, 野沢温泉のようにアルカリ性の硫黄系温泉水 ($\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$) の方が酸性の硫黄系温泉水より硫化水素ガスが抜け難いことから, エージングは遅くなる傾向 (大河内ら, 1998) にある.

3.2 皮膚の ORP-pH 関係

皮膚 (前腕屈側) の ORP-pH 関係について, 著者らは, 皮膚は弱酸性であるだけでなく, 還元系で, 加齢に伴い酸化されて ORP 値は上昇 (大河内ら, 1999) することを, はじめて明らかにした. さらに, 還元系の温泉水および塩素殺菌されたさら湯に入浴した際の皮膚の ORP 値は, 前者で低下し, 後者で上昇することを報告 (大河内ら, 2003; Ohnami *et al.*, 2003) した. そこで今回, 25名のボランティアについても, 同様に野沢温泉 (河原湯) に前腕を浸漬した際の ORP 値の低下を確認する実験を行った. Fig. 4 に, それらの結果を示した. 弱酸性の皮膚の pH は弱アルカリの泉質の影響を受けて中性から弱アルカリ側に, 一方 ORP 値も同様に ORP 値の低い浴槽水の影響を受けて浸漬前より ORP 値は低下し, より還元系側にシフトした. 一方, 酸化系のさら湯では ORP 値は上昇する結果を示した. これら浴槽水の皮膚への影響は, 個人差もあるが 2 時間以内には元の状態に戻る.

Fig. 5 には, 継続入浴ボランティア 15 名の 2 ヶ月間の入浴による皮膚の ORP-pH 関係を示す. 2 ヶ月間の継続的な入浴で有意差はなかったものの, 皮膚の ORP 値は僅かであるが低下する傾向が

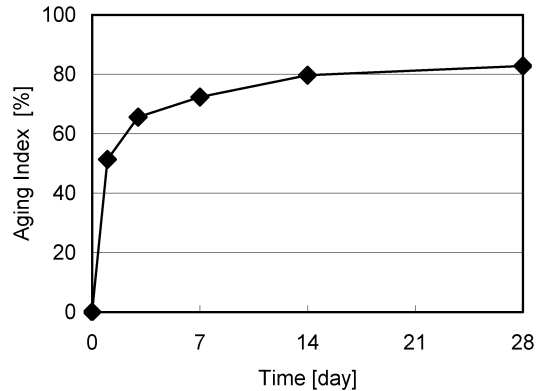


Fig. 3 Progression of aging of hot spring water sample taken at the major wellhead (Ogama).

図 3 源泉 (麻釜) の時間経過によるエージングの進行割合.

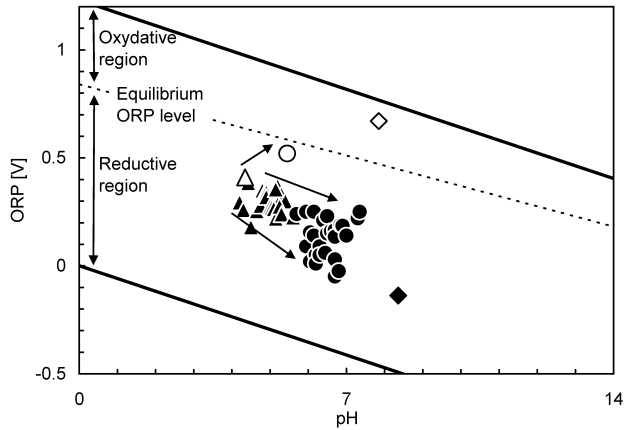


Fig. 4 ORP-pH relationships of skins on flexural sides of forearms measured before and immediately after immersed forearm in hot spring water (kawarayu).

▲, ● : Before and after immersed in hot spring water (◆ : Kawarayu), respectively.
 △, ○ : Before and after immersed in tap water warmed (◇), respectively.

図 4 温泉水への前腕浸漬前後での前腕屈側の ORP-pH 関係。
 ▲, ● : 温泉 (◆ : 河原湯) 浸漬前および後
 △, ○ : さら湯 (◇) 浸漬前および後

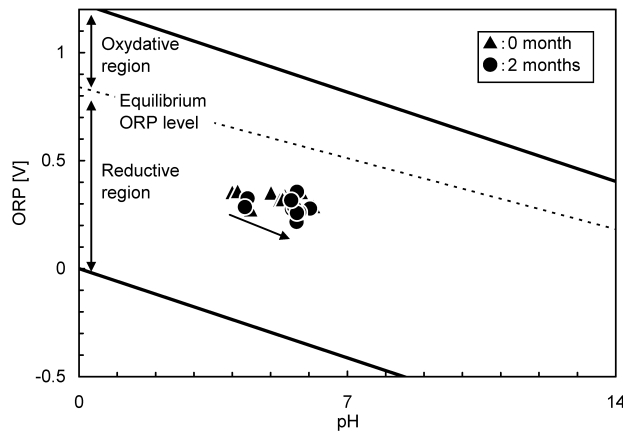


Fig. 5 ORP-pH relationships of skins on flexural sides of forearms measured in experimental daily bathing over two months.

図 5 2ヶ月間の継続的入浴における前腕屈側の ORP-pH 関係.

観察できた。

3.3 皮膚の弾力性

Fig. 6 および Fig. 7 に、皮膚（前腕屈側および手の甲）の粘弾性率の1ヶ月および2ヶ月間の入浴による変化を、それぞれボランティア平均値として示した。前腕屈側では、2ヶ月間の入浴で粘弾性率が低下（危険率 $p < 0.01$ ）した。一方、手の甲では前腕屈側と異なり、逆に増加（ $p < 0.05$ ）を示した。前者の粘弾性率が低下した一般的に考えられる原因としては、本実験が10月の後半から12

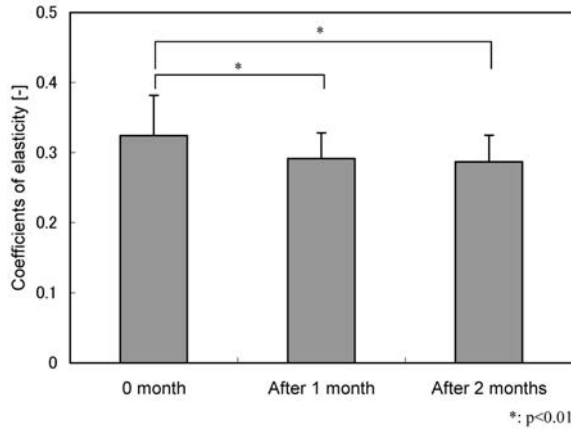


Fig. 6 Changes in viscoelastic modulus of skins on flexural sides of forearms in experimental daily bathing.

図 6 入浴による前腕屈側の粘弾性率の変化.

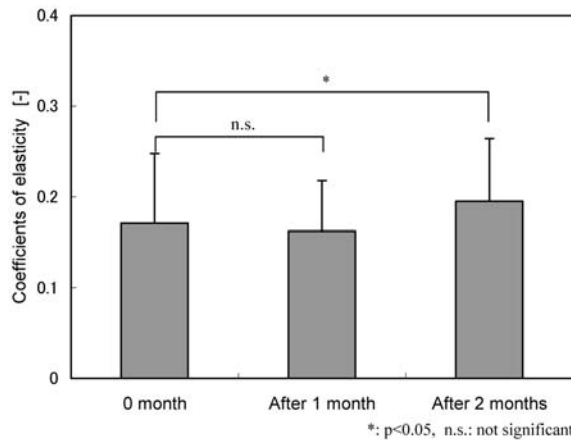


Fig. 7 Changes in viscoelastic modulus of skins on backs of hands in experimental daily bathing.

図 7 入浴による手の甲の粘弾性率の変化.

月後半という時期に行われたことから、この期間秋から冬に向かい空気が乾燥していくことで皮膚水分量が減少し、粘弾性率も同様に低下した季節的影響が挙げられる。同じ皮膚でも手の甲は、前腕屈側に比較して粘弾性率は低く ($p < 0.01$, 手の甲前値 v.s. 前腕前値), このことは紫外線などのダメージがより大きいことを示唆している。しかし、そのダメージの大きい手の甲では、1ヶ月目にはコントロールとほぼ同じか、やや減少気味であったものが2ヶ月目では増加する結果を示した。手の甲において、継続的な温泉入浴により温泉の効果が表れたと考えられる。

Fig. 8 および Fig. 9 に、30, 40 歳代と 50, 60 歳代の年代による前腕屈側と手の甲の粘弾性率変化の違いの結果をそれぞれ示した。なお、年齢 20 代は結果的に 1 名であったことから除外してデータ解析を行なった。その結果粘弾性率は、より年代が高い 50, 60 歳代で、前腕屈側では低下を認めず、

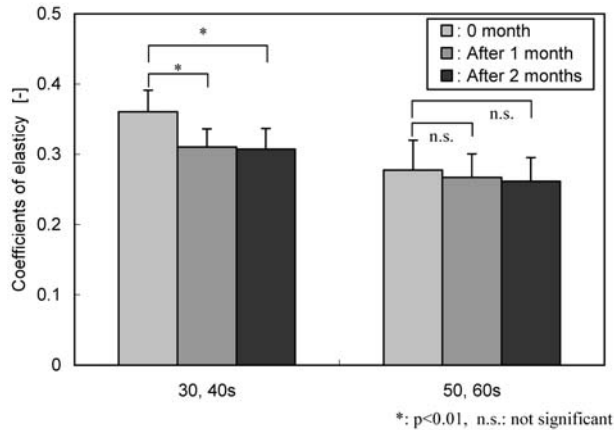


Fig. 8 Changes in viscoelastic modulus of skins on flexural sides of forearms classified by age bracket.

図 8 年代による前腕屈側の粘弾性率変化の違い。

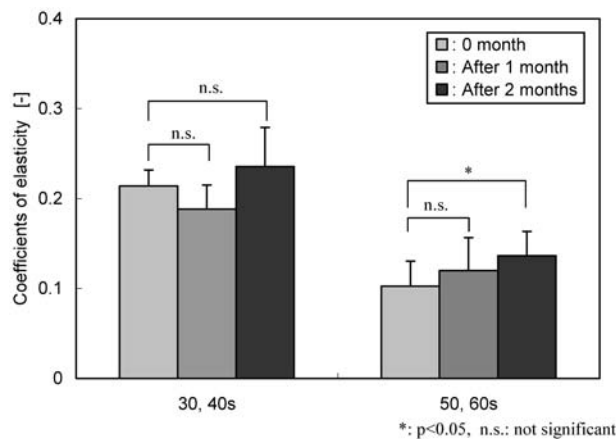


Fig. 9 Changes in viscoelastic modulus of skins on backs of hands classified by age bracket.

図 9 年代による手の甲の粘弾性率変化の違い。

手の甲では増加 ($p < 0.05$) を示し、年代による影響の違いが現れた。すなわち、より高い年代で、また前腕屈側より手の甲と、ダメージの大きい皮膚の方が温泉の入浴効果がより顕著に現われたと考えられる。

皮膚の粘弾性率に影響を与える要因としては、表皮特に角質層の保湿状態や真皮のコラーゲンなどの状態が考えられる。前者の角質層の保湿状態がよければ、柔軟性がよくなり弾力性も上昇するが、角質層が厚くなれば弾力性は減少する。角質層の厚さは、前腕屈側より手の甲が厚く、弾力性は減少する。後者の表皮の土台となる真皮中のコラーゲンは年代と共に、さらには紫外線などにより架橋が進み、皮膚の弾力性を低下させ、保湿性も減少していく。今回、前腕屈側では季節的な乾燥の影響がより大きく、温泉の効果を上回ったと考えられ、一方、手の甲では、季節的乾燥の影響を温泉の効果が上回ったと考えられる。また、真皮中のコラーゲンなどの架橋の促進は、活性酸素

が重要な役割を果たすことから、活性酸素を消去する還元性物質の存在は皮膚の弾力性の低下抑制、あるいは改善に有効と考えられる。そのため、温泉効果を考える上で温泉水中の還元性物質の皮膚表面だけでなく皮膚内部への浸透が重要と思われる。しかしながら、粘弾性率を向上させた具体的メカニズムについては現在不明であり、今後の温泉水の皮膚に及ぼす影響を検討する上で大きな課題となる。

3.4 還元性物質の膜透過

Fig. 5 に示した還元系の温泉水への継続的な入浴により、僅かであるが皮膚の ORP 値の低下傾向が観察された。これは温泉水中の還元性成分の単なる皮膚への附着だけの影響と考え難い。さらに、Fig. 8 および Fig. 9 に示すようにダメージの大きい皮膚に及ぼす温泉入浴の効果は、温泉成分の皮膚内部への影響と考えられる。そこで、Fig. 10 に示すように、皮膚の代わりに水を通さないナイロン・ポリエチレン 2 重膜 (酸素透過度 $59\sim 65\text{ cm}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}\cdot\text{atm}$) を袋状にし、その内側に精製水を、その外側を野沢温泉で採水した新鮮な温泉水で満たし、膜内の精製水の ORP-pH 関係の経時変化を観察した。Fig. 11 に、30 分毎に 7 時間測定した結果を示した。弱酸性で平衡 ORP 値にあった精製水 (●印) は、時間経過により pH は変化しないが、ORP 値は徐々に減少 (○印) した。このことは還元性温泉成分の硫化水素が膜を通して精製水側に浸透した結果と考えられる。なお、膜外に精製水を満たした場合、内側の精製水の pH および ORP は時間経過後も全く変化しなかった。硫化水素は皮膚に浸透し二酸化炭素より末梢血流量を増加 (阿岸, 1994) することが知られており、血液による皮膚への栄養成分などの補給など、

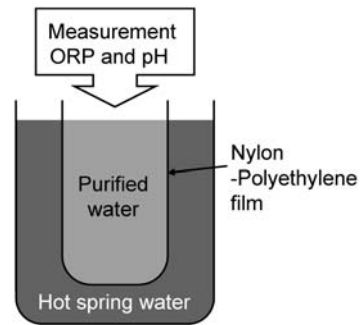


Fig. 10 Experimental arrangement for film permeation of reductant component of sample hot spring water.

図 10 温泉の還元性成分の膜浸透実験装置。

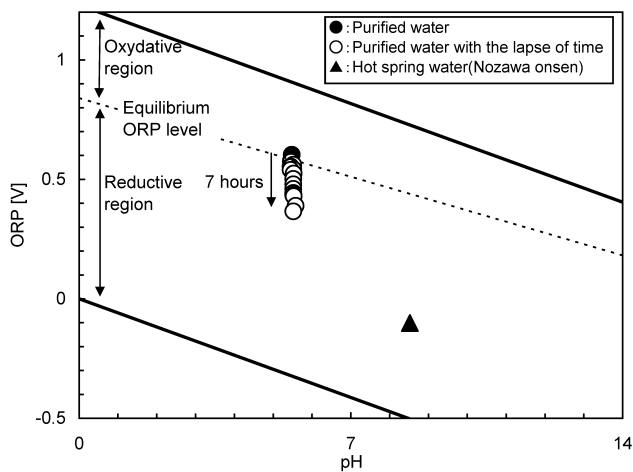


Fig. 11 Half-hour changes in ORP-pH of purified water (contained in film enclosure) in film permeation experiment.

図 11 膜浸透実験による精製水 (膜内) の 30 分毎の ORP-pH 関係の変化。

皮膚への好影響が期待できる。それ故、温泉の還元性成分が皮膚に付着するだけでなく、皮膚内まで浸透し還元性成分の抗酸化力や末梢血流量の増加などが、皮膚の粘弾性率に好影響を及ぼしたものと推察できる。

4. ま と め

野沢温泉の源泉および13の外湯（共同浴場）は還元系を示し、両者間でのORPの差は僅かで、外湯では源泉とほぼ同じ新鮮な浴槽水に入浴できる結果を示した。皮膚のORPでは、2ヶ月間の入浴によりそれらの低下傾向が見られ、還元系の温泉への継続的な入浴により皮膚の酸化が抑制される可能性を観察できた。それ故、皮膚脂質の酸化抑制による加齢臭物質の生成抑制につながると期待できる。また、皮膚の弾力性では、前腕屈側の皮膚の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の甲では、逆に粘弾性率が向上する結果が得られた。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た。前腕屈側の結果では、実験時期が秋から冬に向かう季節で、乾燥が進む時期と一致し、当然皮膚の水分量も減少したことからの結果と考えられた。しかし、前腕屈側に比べ、ダメージの大きい手の甲では逆に、季節的影響を超え弾力性が増加する良好な結果が得られ、現時点ではその具体的なメカニズムは不明で今後の研究が必要とされるが、温泉が与えた効果と考えられる。その効果は野沢温泉の還元性成分(H₂S)の皮膚表面だけでなく内部への浸透が十分推測された。これまで、硫黄泉が美肌効果を有すると巷間言い伝えられてきた。本研究で、その効果の一端ではあるが明らかにできたと考えられる。しかし、硫黄泉は刺激が強く、乾燥傾向の性質を有することから、敏感肌などの人にとってはトラブルの原因ともなる。本実験結果においても、個々人の効果には差が現れた。これは皮膚個性に加え入浴方法や入浴後の肌の手入れなどの違いによるものとも考えられる。それ故、今後温泉の美肌効果をより有効、確実なものにするためには、個々に合った入浴方法などのきめ細やかな検証と新たな提案が必要と思われる。

謝 辞

本研究調査にご協力頂いた野沢温泉旅館組合をはじめと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深謝する次第です。

文 献

- 阿岸祐幸(1994):温泉と人の生体機能, 日本医師会, **111**, 1561-1565.
- 大河内正一(2003):生きている温泉とは何か—身体にやさしい生体に近い水を検証する—, くまざき出版, 東京.
- 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, 勝木雅之, 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.
- 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.
- 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, 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.

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.

Ohnami, H., Koumura, K., Ikeda, S., and Okouchi, S. (2003) : ORP(Oxidation-Reduction Potential)-pH Relationship between Hot Spring Waters and Human Body Fluids, Proceedings of The 38th Conference of Societe Internationale des Techniques Hydrothermales (Beppu, Ohita, Japan), 320-325.

奥 和之 (2001) : トレハロースによる高齢臭生成抑制, Bio Industry, **18**, 40-44.

高橋元次 (1993) : 最近の皮膚老化の測定法, Fragrance J., No. **10**, 16-25.

西村正広, 辻 卓夫 (1992) : ニュータイプの皮膚弾力測定器による人皮膚弾力性の測定, 日皮膚科学, **102**, 1111-1117.

(関連内容学会発表 2007年9月20日, 第60回日本温泉科学会大会(講演要旨集, p.17)にて発表. 還元系温泉水の入浴による肌の弾力性に与える影響—野沢温泉—)