



温泉の医学的効果とその科学的根拠

前田 眞 治¹⁾

(令和3年1月11日受付, 令和3年2月1日受理)

The medical effects of hot springs and its scientific basis

Masaharu MAEDA¹⁾

Abstract

The medical effects of spa therapy are (1) thermal effects, (2) physical effects such as buoyancy, water pressure, and viscous resistance, (3) chemical/pharmacological effects due to contained substances, and (4) effects from drinking the hot spring water.

The thermal effects from body temperature increase and heat retention is caused by the constant body temperature effect and the vasodilatory effect of nitric oxide (NO).

The medical effects from the thermal effects include pain relief (increased pain threshold, removal of pain-causing substances), hypotonia of muscle (soft tissue softening, γ -nervous system suppression), blood circulation improvement (fatigue recovery, tissue healing power improvement).

In addition, the heat generated by the hot springs improves the immunity seen in NK cell activity and the protein repair function seen in HSP70, contributing to health promotion.

The effects of the contained substances include the thermal effect of salt springs and the vasodilatory effect of carbon dioxide and hydrogen sulfide.

Acid springs have bactericidal effects, and bacterial growth is suppressed at Tamagawa hot springs with a pH of 1.2. Kusatsu hot springs is not only acidic but also has a bactericidal effect from iodine and manganese. It sterilizes the skin and is effective for atopic dermatitis.

Alkaline spring dissolves skin keratin by soap effect and smoothes the skin.

The effect of drinking hot springs is considered to be the same as that of taking medicines. Some examples include alkaline springs (protective effect on gastric mucosa), carbon dioxide springs (increasing appetite by increasing peristaltic motility of the digestive tract), and iron springs (improving iron deficiency anemia).

Psychologically, even a single hot spring bathing shows a relaxing effect from the measurement of salivary gland chromogranin A.

Effects of hot springs are based on this scientific basis.

¹⁾国際医療福祉大学大学院 〒324-8501 栃木県大田原市北金丸2600-1. ¹⁾International University of Health & Welfare graduate school, 2600-1 Kitakanemaru Ohtawara-city Tochigi-prefecture 324-8501, Japan. E-mail mm@iuhw.ac.jp, TEL +81-287-24-3000, FAX +81-287-24-3081

Key words : hot springs, medical effects, scientific basis, thermal effects, effects of spring quality

要 旨

温泉療法の医学的効果として、①温熱作用、②浮力・水圧・粘性抵抗のような物理作用、③含有物質による化学・薬理作用、④飲むことによる作用がある。体温上昇と保温による温熱効果は体温恒常化や一酸化窒素(NO)による血管拡張作用によって生じる。温熱効果による医学的効果には、疼痛緩和(疼痛閾値の上昇、発痛物質除去)、筋緊張低下(軟部組織柔軟化、 γ 神経系抑制)、血液循環改善(疲労回復、組織治癒力向上)などがある。また温泉による温熱はNK細胞活性でみられる免疫力やHSP70でみられるタンパク修復機能も向上し、健康増進に貢献する。

含有成分による効果として、塩類泉の温熱効果、二酸化炭素や硫化水素の血管拡張作用がある。酸性泉は殺菌作用がありpH1.2の玉川温泉では細菌増殖が抑えられる。中でも草津温泉は酸性だけでなく、ヨードとマンガンによる殺菌作用があり、皮膚を殺菌することによりアトピー性皮膚炎に効果をもたらす。アルカリ性泉は石鹸作用により皮膚の角質などを溶かし滑らかにする。

温泉を飲む効果は薬物を飲むのと同じと考えられ、アルカリ性泉(胃粘膜保護作用)、二酸化炭素泉(消化管のぜん動運動亢進による食欲増進作用)、鉄泉(鉄欠乏性貧血改善)などがある。

心理的にも1回の温泉入浴でもリラックス効果が唾液腺クロモグラニンの測定からわかる。

温泉はこのような科学的根拠によって、その効果をもたらしている。

キーワード：温泉、医学的効果、科学的根拠、温熱効果、泉質別効果

1. 温泉療法

温泉療法は狭義の温泉療法として①温熱作用、②浮力・水圧・粘性抵抗のような物理作用、③含有物質による化学・薬理作用、④飲むことによる飲泉のような直接作用と、温泉地に行くことや温泉に入浴するなどの刺激に対する生体反応効果などの間接作用がある。さらに海洋・森林・地形などの環境による要因や病院や施設で行われる運動・食事・物理療法などが複合的に加わり、広義の温泉療法を形成する。昔から温泉には、体を休める「休養」・健康を保つ「保養」・病気を治療する「療養」という「3つの養」があるといわれている。(図1)

「温泉＝温水＋化学物質＋環境要因」と表すとすれば、温水としては「熱エネルギーをもつ水」というようにもとらえることができ、温泉のもつ温熱効果、静水圧、浮力、粘性抵抗などの効果をもたらす。

2. 温熱効果

図2は塩化ナトリウム温水(食塩泉)、炭酸水素ナトリウム温水(重曹泉)、二酸化炭素温水(炭酸泉)の入浴前後の深部体温計の変化を水道水に比較してみたものであるが、41℃15分の全身浴で水道水が入浴前(図の0分値：前値)より1.0℃上がるのに比べ、いずれも体温は1.5℃程度にまで速く上がりすぐに温まり、出浴後も体温が高くいつまでもポカポカしている(前田, 2010)。

図3は塩化ナトリウム温水の深部体温計の変化であるが、濃度が濃くなるほど体温上昇効果があり、出浴後の体温保温効果がみられる。塩類温水では、その濃度に応じて体温上昇効果と保温効果が得られる(Maedaら, 2010)。図4のように塩類の溶けた温水では出浴後水分が蒸散し、塩が残り皮膚に付着することでまとわりつき、これが保温効果をきたすと考えられる。塩類泉にはこのよ

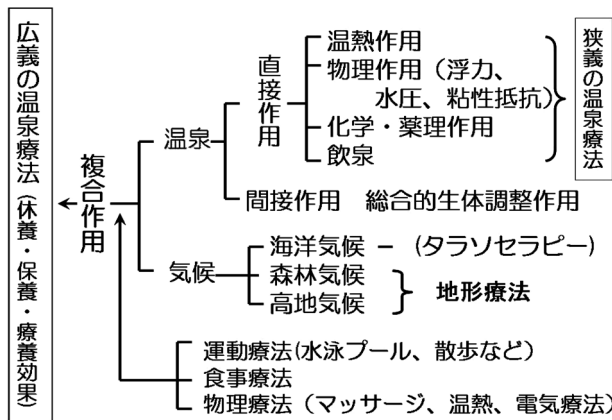


図 1 狭義の温泉療法と広義の温泉療法 (植田理彦, 1989 の図を改変)

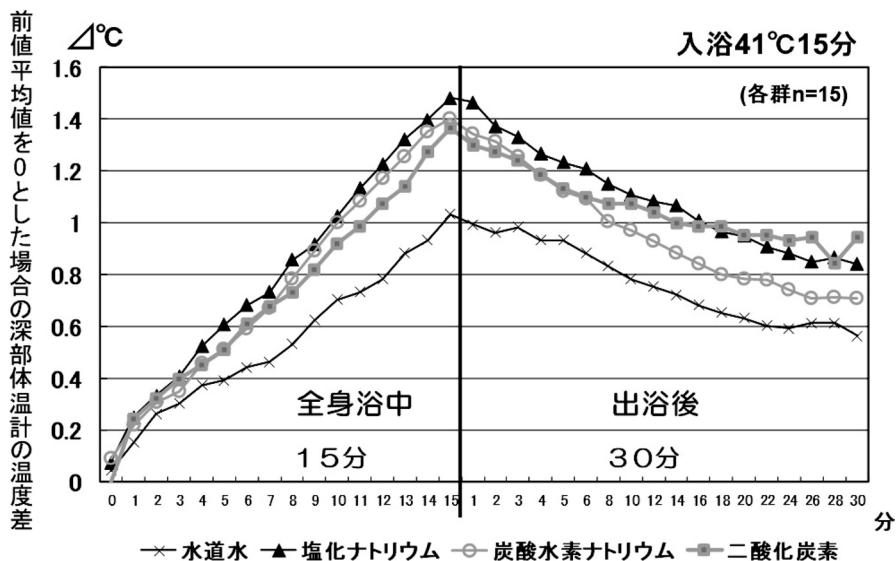


図 2 塩化ナトリウム, 炭酸水素ナトリウム, 二酸化炭素温水 (41°C 15 分) の体温上昇効果 41°C 15 分全身浴で水道水が約 1.0°C であるが, 塩化ナトリウム温水 (4g/l : 食塩泉として), 炭酸水素ナトリウム (1g/l : 重曹泉として), 二酸化炭素 (1g/l : 炭酸泉として) は約 1.5°C 体温が上昇することが認められる。

うな保温効果があるため, 出浴時に温泉を洗い流さないようにという注意事項につながる。

このように「①体温上昇効果 (すぐに温まる)」、「②保温効果 (なかなか冷めない)」, といった温泉の直接作用の一つに温熱効果がある。これが, 温泉の適応症としての一般的効果につながる。温熱効果には以下のようなものがある。

2.1 疼痛 (トウツウ) 緩和

疼痛緩和作用の一つに痛みを感じる神経のうち, 細い C 線維の感じる閾値が上昇し痛みを感じな

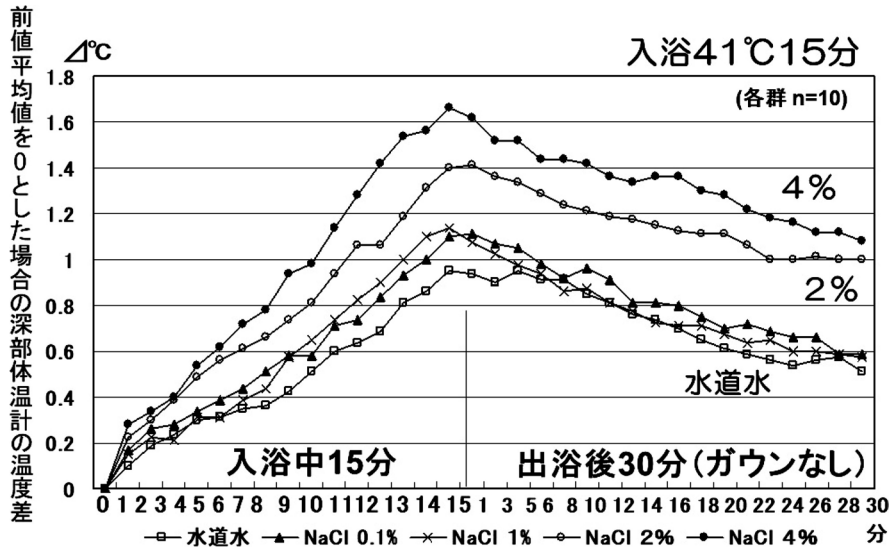


図3 塩化ナトリウム温水（食塩泉として）の濃度別の体温上昇効果と保温効果

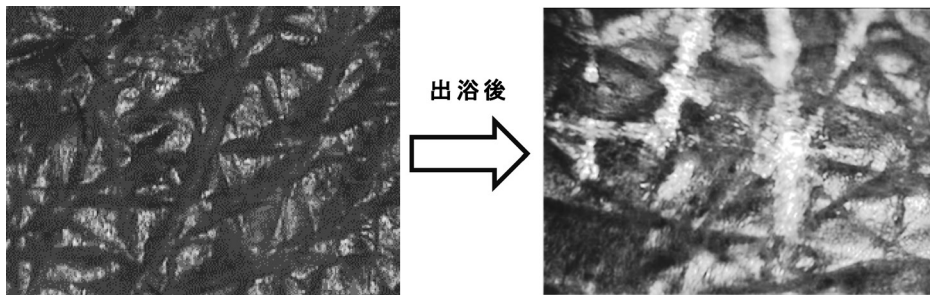


図4 塩含有温水（塩類泉）入浴後の皮膚表面（顕微鏡写真）
出浴後の皮膚表面には塩分（錯塩：白い部分）が付着している。

くなる (Maeda, 2001)。温泉ではこの作用が顕著である。循環改善に伴い痛みを出す物質（発痛物質）が除去されても痛みが和らぐ（疼痛・発痛物質の除去）。

2.2 筋・関節拘縮（コウシュク：筋・関節の動きの制限）の改善

熱により軟部組織が伸張し筋腱軟部組織の柔軟化が生じる。また、筋肉を突っ張らせるような神経（ γ 神経系）も抑えられ (Maeda, 1999)，筋肉の緊張が落ちる。そのため腰痛，肩こり，50肩などの軽減につながる。

2.3 血行促進効果

筋肉疲労回復，皮膚疾患改善など。

生命活動を維持するために人間はエネルギーやたんぱく質の生成に酵素などを用いている。この酵素は一定の温度で最も効率よく働くことができる。この働きを保つために常に体温を一定にしようとしている。温かい温泉に入浴し，外部から熱が与えられるとその組織が温められ酵素がうま

表 1 温泉の血行改善の主な利用法

- ① 疼痛性疾患：関節リウマチ・変形性関節症などの関節痛，腰・肩・四肢の筋肉痛改善
- ② 関節拘縮：脳卒中・神経疾患・運動器疾患に伴う関節拘縮，不動性関節拘縮の改善
- ③ 血流不全：末梢循環障害の血行改善，褥瘡・火傷・外傷などの皮膚再生治癒促進
- ④ 筋緊張亢進状態（痙縮）：脳卒中・各種神経疾患による筋緊張亢進(痙縮)の改善
- ⑤ 血管運動性神経の障害：手の浮腫・関節周囲発赤などを伴う肩手症候群の改善

く働かなくなる。それを防ぐため、伝わった熱を他の場所に移動して体温を下げることで、その恒常性を保持するのが正常な生理活動であると考えられる。

入浴などで、外から熱を与えると、その熱をいち早く他の場所に移動する必要があるため、まだ温まっていない他の場所にある血液を持ってきて、その場所の熱をもらい、他の場所に運びその場所の血液循環を良くし、他の場所に熱を運び、過剰な熱を汗や呼気から余分な熱を分散する。

血液循環が良くなるということは、その場所の老廃物などが洗い流され、結果的にその組織がリフレッシュされることにつながる。また傷などがあると修復するための白血球、栄養などが運ばれ治癒が促進される。このように血行促進により①血流増加・血管拡張をうながし、②鎮痛効果、代謝の促進をはかる、③疲れを取り（疲労回復）、④痛んだ組織を修復する（切り傷などを治す）。などの効果をきたす（表1）。

2.4 免疫力増強作用

人間は熱を受けると、常に一定の体温を保持しようとするため元の体温にもどろうとする。

熱が高すぎて強すぎる刺激だと、細胞や組織がこわれてしまい、やけどや異常な反応が生じる。

しかし適度な熱の刺激だと、細胞も壊れず次に刺激が来ても大丈夫なようにかまえることができる。その防御は熱にだけでなく人間の持つ様々な防御機能を高めることで人体を守ろうとする。その一つとして免疫力を高めたり、修復能力を高めることで備える。そのため、免疫と組織修復能力が高まる。

免疫機能の代表にNK細胞活性がある。NK細胞は主に血液中に存在し、リンパ球に含まれる免疫細胞の一つで、生まれつき外敵を殺傷する能力を備えているため「Natural Killer (NK) 細胞」と呼ばれている。

NK細胞は自らの体内を幅広く行動し、異常細胞を発見すると攻撃を仕掛ける。NK細胞活性が強いと、抵抗力が強い状態となる。NK細胞活性は、この免疫監視機構にも関与している。NK細胞活性は入浴熱刺激後1~2日上昇する（図5）。

2.5 タンパク修復機能

組織修復力を改善する代表にHSP70（ヒートショックプロテイン70）がある。

HSPは、平常状態の細胞内に広く分布する蛋白質である。温熱、虚血、感染、放射線等の種々のストレスによっても誘導され、蛋白の変性を抑制するとともに、変性した蛋白の修復を行うことが知られている。中でも分子量70キログルトン(kDa)のHSP70は、新たに合成されたアミノ酸複合体の折れたため、タンパク質の輸送と品質管理、不要になったタンパク質の分解など、タンパク質の一生にわたり面倒をみつづけているストレスタンパクの一種である。

最近、HSP70は温熱刺激後に種々のタンパクを修復することで、疲労後のリフレッシュや健康

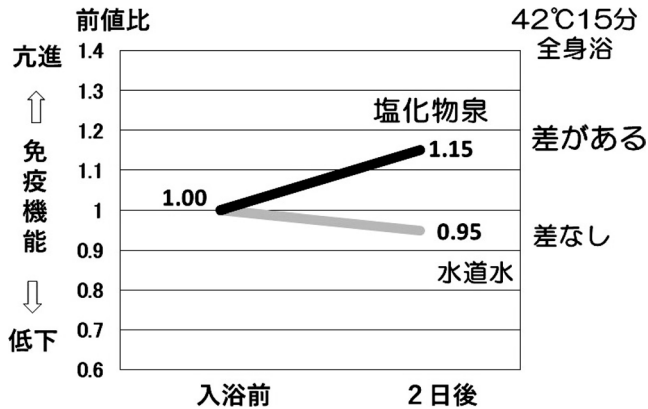


図 5 塩化物泉温浴（42℃ 15分）後のNK細胞活性にみる免疫能亢進（前田ら，2020）

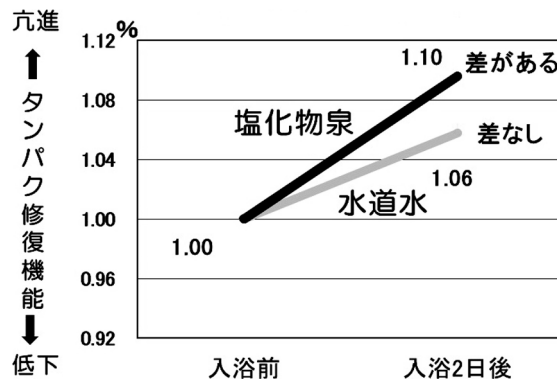


図 6 塩化物泉温浴（42℃ 15分）後のHSP70の変化
前値を1.00とした時の変化（前田ら，2020）

増進の一翼を担っているものとして注目されてきている。

このタンパクは温熱刺激によって誘導されることが知られており，温熱効果の高い入浴で産生されれば，入浴が健康増進にも貢献することができると考えられる。

温泉の入浴でもHSPが上昇することが確認され，水道水入浴より上昇する（図6）。

3. 温泉の直接作用には，他に浮力・水圧・粘性抵抗

水圧（静水圧）：深さ1cm 体表面積1cm²あたり1gで首から下の体表面積1.4m²，座位で平均深さ25cmの浴槽に入浴したとすると，14,000cm²×25g/cm²=350,000g=350kgという大きな圧力が身体にかかることになる。この水圧を利用してマッサージ効果や抵抗に利用できる。

4. 含有成分の化学・薬理効果（入浴）

温泉は種々の化学成分を多く含む点で家庭風呂と異なる。含有成分は飲用によって最も多く吸収されるが，少量は経皮的にも吸収される。また皮膚に接触しても作用を現わす。

4.1 塩類泉の温熱作用持続効果

食塩 (塩化ナトリウム), 重曹 (炭酸水素ナトリウム), 硫酸ナトリウム成分などによる保温・温熱作用の持続から, 温熱作用の長期持続効果 (除痛時間が長い) がある (図 2, 図 3).

4.2 二酸化炭素泉 (炭酸泉) や硫化水素 (硫黄泉) による血管拡張作用

二酸化炭素や, 硫黄泉成分である硫化水素は, 皮膚から浸透すると毛細血管の拡張作用がある. この作用により体温上昇が短時間で可能で温熱効果の早期発現効果がある. また末梢血液循環の改善や軽度高血圧患者の降圧作用も期待できる.

4.3 酸性泉の殺菌作用

酸性泉入浴による殺菌効果は, 皮膚表面で細菌などが増殖して皮膚症状を悪化させるような, 細菌性皮膚疾患, 真菌性皮膚疾患などに効果を現す. アトピー性皮膚炎や尋常性乾癬などは, 皮膚の表面でブドウ球菌などが増殖し, その部位で炎症を起こし痒みや湿疹を生じる. その皮膚表面を殺菌することで効果を生じる.

秋田県玉川温泉の研究では, 表 2 にみられるように皮膚を化膿させる白色ブドウ球菌は, 源泉でも 10 倍希釈でも 5 分以内に死滅し, 大腸菌でも源泉が 5 分以内, 10 倍希釈で 20 分で死滅することがわかる. 酸性泉に入浴すると皮膚が酸性の泉質で消毒滅菌される.

また, pH1.5 の群馬県草津温泉水 (温度 42℃) では, さらに殺菌効果が詳細に研究されている (Inoue ら, 1999). 図 7 のように, 硫酸で作製した pH3 の水溶液の中では, わずかに黄色ブドウ球菌が減少するのみであるが, pH2 になると菌数が急激に減少することが認められる. しかし草津温泉水では NaOH で同じ pH2 と 3 に調整したのもでも, 数分で細菌が死滅することが認められている. イオン交換カラムの実験から, 活性物質を調べたところ, 陽イオンとしてマンガン (Mn) イオン, 陰イオンとしてヨウ素 (I) イオンが低濃度で共存することが殺菌効果に重要であることが見出された. 図 7 からわかるように NaOH が加わり pH2 より pH3 の方が殺菌効果が高まったことから, Mn イオンが水酸化マンガンになることが殺菌効果に重要と考えられ, これが触媒となり, 酸性の条件下でヨウ素イオンからヨウ素分子が形成され, 殺菌効果を発揮していると考えられている. したがって, 群馬県草津温泉の酸性泉は酸性の殺菌効果のみならず, マンガンとヨウ素が関連してさらに強い殺菌効果を生じ, それが皮膚表面の細菌を殺菌しアトピー性皮膚炎に効果をもたらすと考えられている.

表 2 酸性泉 (秋田県玉川温泉, pH1.2) の殺菌作用 (杉江, 1986)

細菌の種類	経過時間	玉川温泉源泉	10 倍希釈の源泉
白色ブドウ球菌	0 分	≡ 多数増殖	≡ 多数増殖
	5 分	— 死滅	— 死滅
	10 分	— 死滅	— 死滅
	15 分	— 死滅	— 死滅
	20 分	— 死滅	— 死滅
大腸菌	0 分	≡ 多数増殖	≡ 多数増殖
	5 分	— 死滅	≡ 多数増殖
	10 分	— 死滅	≡ 中等数増殖
	15 分	— 死滅	+ 少数増殖
	20 分	— 死滅	— 死滅

4.4 アルカリ性泉

アルカリ性泉の効果は石鹸の作用と同じで皮膚表面の角質や皮脂をはがして溶かし込んでしまい、そのぶん皮膚がツルツルに滑らかに感じることができる、いわゆる美肌の湯の効果である。ただし強いアルカリ性泉の場合は皮膚をはがし過ぎ、肌荒れするので注意が必要である。弱アルカリといわれる pH7.5~8.5 程度が最適である。

図8は、pH8.0 (温度 25℃) のアルカリ性泉の佐賀県嬉野温泉水を用い、上肢を肘まで 15 分間浸け、その湯をろ紙でこしたものをタンパク質を染め出すニンヒドリン反応で水道水と比較して見たものである。アルカリ性泉が明確にたんぱく質の量が多く皮膚から剥がしていることがわかる。

5. 飲泉の効果

飲泉は化学的物質が入った温水と同じで、薬を服用するのと同じと考えられる (表3)。

6. 心理的リラックス効果

リラックスすると低下する唾液腺のクロモグラニンでリラックス度をみてみると、家庭用浴槽の水道水でもリラッ

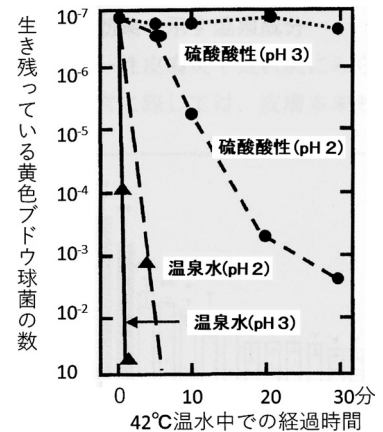


図7 群馬県草津温泉水の黄色ブドウ球菌の殺菌作用 (Inoue ら, 1999)

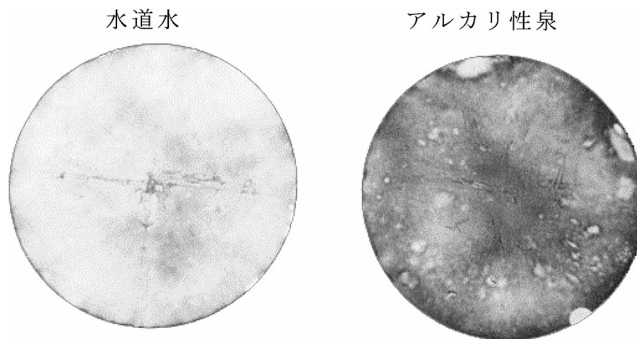


図8 アルカリ性泉による皮膚タンパクの溶解効果
pH8.0のアルカリ性泉に10分間両上肢の肘まで浸けた温泉(25℃)をろ紙でこしたものを、ニンヒドリン反応(青紫色)でタンパク質を染め出すと、水道水(左側)に比べ、アルカリ性泉の方(右側)が青紫色が濃く、角質や皮脂が溶けだしているのがわかる。

表3 温泉の種類とその飲泉効果 (甘露寺ら, 2009)

炭酸水素塩泉	炭酸水素ナトリウム(重曹)などのアルカリの効果で胃酸を中和し、胃十二指腸潰瘍などに効果がある。
二酸化炭素泉	二酸化炭素の血管拡張作用で胃の血管が拡張し、胃腸の動き(ぜん動運動)が活発になる。胃腸機能低下、食欲増進などに効果がある。
含鉄泉	鉄が含まれていればそのぶん、鉄欠乏性貧血に効果がある。

クスするが、温泉ではさらに低下し、1 回の入浴でもリラックス効果がある (前田ら, 2020) (図 9)。

1 回入浴 (42℃ 15 分) での唾液腺クロモグアニン (心理的ストレスを測定する検査) は低下し心理的リラックス効果が得られる。

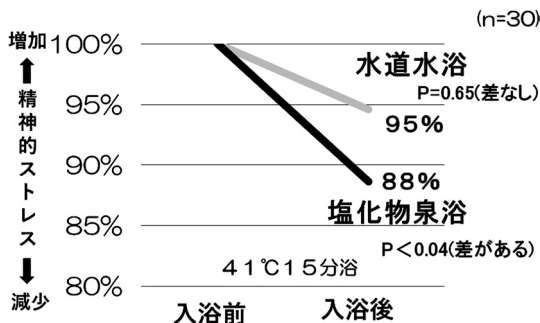


図 9 入浴前後の唾液腺クロモグアニンの変化

7. 温泉地環境作用 (気候療法などを含む)

温泉地の気候により表 4 のような効果が期待できる。

表 4 温泉地の気候による効果の例 (矢永尚士, 畑洋一, 2004)

海洋性気候	海岸の近くでは気温の上下の変化が小さく身体には温和な作用をもたらす。海岸療法 (タラソセラピー)
森林気候	木々から出る芳香物質(フィトンチッド)などによる森林浴ができる。
高地気候	海拔の高い土地では逆に気温や気圧が低く刺激的な環境による地形療法ができる。高地療法

8. 浴用の一般的適応症

温泉であれば効果が期待できるもの。主に温熱効果と考えられる (表 5)。

9. 浴用の泉質別適応症

泉質によって効果が期待できると思われるものとして泉質別適応症 (浴用) がある (表 6)。

表 5 一般的適応症（浴用）（環境省，2014）

① 筋肉，関節の慢性的な痛み，こわばり（関節痛，腰痛症など）
② 運動麻痺による筋肉のこわばり
③ 冷え性，末梢循環障害
④ 胃腸機能の低下（胃がもたれる，ガスがたまるなど）
⑤ 軽症高血圧
⑥ 耐糖能異常（糖尿病）
⑦ 軽い脂質異常症
⑧ 軽い喘息・肺気腫
⑨ 痔の痛み
⑩ 自律神経不安定症やストレスによる諸症状（睡眠障害など）
⑪ 病後回復期
⑫ 疲労回復，健康増進（生活習慣病改善など）

表 6 泉質別適応症（浴用）（環境省，2014）

単純温泉	自律神経不安定症，不眠症，うつ状態
塩化物泉 炭酸水素塩泉 硫酸塩泉	きりきず，末梢循環障害，冷え性，皮膚乾燥症
二酸化炭素泉	きりきず，末梢循環障害，冷え性，自律神経不安定症
硫黄泉	アトピー性皮膚炎，尋常性乾癬，慢性湿疹，表皮化膿症（硫化水素型は末梢循環障害を加える）
酸性泉	アトピー性皮膚炎，尋常性乾癬，耐糖能異常（糖尿病），表皮化膿症
放射能泉	高尿酸血症（痛風），関節リウマチ，強直性脊椎炎など

引用文献

Inoue, T., Inoue, S., Kubota, K. (1999) : Bactericidal activity of manganese and iodide ions against *Staphylococcus aureus* : A possible treatment for acute atopic dermatitis. *Acta Derm Venereol* **79** : 360-362.

環境省 (2014) : 「温泉法第 18 条第 1 項の規定に基づく禁忌症及び入浴又は飲用上の注意の掲示等の基準」及び「鉱泉分析法指針（平成 26 年改訂）」について. 環境省, 環自総発第 1407012 号.

甘露寺泰雄, 前田眞治 (2009) : 飲泉マニュアルおよび飲用基準（案）の根拠. 環境省業務報告書 平成 20 年度温泉利用に関する掲示内容等についての医学的検討調査. 71-104. 日本温泉気候物理医学会, 東京.

前田眞治 (2010) : 温泉の最新健康学. 62-64, 悠飛社, 東京.

Maeda, M., Nagumo, H., Ichikawa, M., Hara, M., Wada, Nao., Sakurai, Y., Fujita, K. (2010) : A study of thermal effects by concentration of sodium chloride. 37th Congress of the international society of medical hydrology & Climatology (37th ISMH). (Proceeding) p 43.

前田眞治, 中村壽志 (2020) : 山形県湯野浜温泉の温泉浴の効果. *温泉科学* **70** : 27-34.

- Maeda, M., Nakamura, M., Tanaka, Y., Sato, T., Masaki, K., Yorizumi, K (1999) : Effect on body temperature and H wave of affected side by local warm bathing of unaffected side in the hemiplegic stroke patients. 日温気物医誌 **62** : 178-184.
- Maeda, M., Sasaki, U., Nagasawa, H., Shimizu, S., Tanaka, K., Obuchi, S., Shiba, Y., Hoka, S. (2001) : Changes in the Current Perception Threshold (CPT) Due to Artificial High Concentration CO₂ Water Warm Bathing. 日温気物医誌 **64** : 191-199.
- 杉江忠之助 (1986) : 秋田 八幡平 玉川温泉湯治の手引き. 9, 玉川温泉研究会. 秋田県.
- 植田理彦 (1989) : 気候療法と森林浴. 公衆衛生 **53** : 672-675.
- 矢永尚士, 畑 洋一 (2004) : 温泉気候療法と保養地医学. 新温泉医学. 63-71, 日本温泉気候物理医学会, 東京.