

肥後熊本学

肥後の温泉科学

第7回 泉質に合った入浴方法

熊本大学大学院先端科学研究部 横瀬久芳

目次

1. 泉質と効能に関する指針
2. 泉質の劣化
3. 水素水
4. 温冷浴(自律神経)
5. 半身浴
6. 飲泉
7. 効能と科学(ヒートショックプロテイン,)
8. 入浴事故(血圧の乱高下)
9. 民間温泉資格(温泉ソムリエ)

肥後の温泉成分

温泉要素	平均	1σ	最大	最小	N	関連する泉質
泉温℃	43.5	14.0	98.5	17.9	405	単純温泉
pH	7.8	1.4	10.2	2.4	405	酸性泉、単純温泉
溶存分量 mg/kg	1437.0	2892.3	31602.9	107.4	405	高張性
Cl ⁻ mg/kg	461.6	1687.6	19380.0	1.9	405	塩化物泉
HCO ₃ ⁻ mg/kg	241.8	360.5	4194.0	0.0	405	炭酸水素塩泉
SO ₄ ²⁻ mg/kg	179.9	360.5	2010.9	0.0	405	硫酸塩泉
HS ⁻ mg/kg	0.4	0.7	5.4	0.0	405	硫黄泉
Fe ₂ ⁺ + Fe ₃ ⁺ mg/kg	1.5	5.5	71.0	0.0	405	鉄泉
H ₂ S(遊離) mg/kg	0.3	0.8	6.6	0	405	硫黄泉
CO ₂ (遊離) mg/kg	55.2	202.7	1941.0	0.0	405	炭酸泉
Rn(マツヘ)	2.1	3.0	27.3	0.0	403	放射能泉
メタケイ酸 mg/kg	78.7	72.5	707.3	0.0	405	(今流行りの)

療養泉の閾値

第1-2表 療養泉の定義

1. 温度(源泉から採取されるとき温度)摂氏 25 度以上
2. 物質(下記に掲げるもののうち、いずれかひとつ)

物質名	含有量(1 kg 中)
	mg 以上
溶存物質(ガス性のものを除く)	総量 1 000
遊離二酸化炭素(CO ₂)	1 000
総鉄イオン(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	20
水素イオン(H ⁺)	1
よう化物イオン(I ⁻)	10
総硫黄(S) [HS ⁻ +S ₂ O ₃ ²⁻ +H ₂ S に対応するもの]	2
ラドン(Rn)	30×10 ⁻¹⁰ Ci=111 Bq 以上 (8.25 マツヘ単位以上)

源泉から浴槽に注がれたお湯

[日本温泉協会のHP](#)によると、以下の8種類の用語が想定されている。

- **天然温泉**: 温泉法による「温泉」
- **源泉100%・天然温泉100%**: 公正取引委員会は、温泉に加水・加温・循環・濾過せずに利用する場合にのみ表記可能としている。
- **加水**: 源泉に水道水・井戸水・湧水・河川水・湖沼水・海水等を加えて浴槽に注湯すること。温度コントロール・増量・希釈
- **加温**: 熱を加えて湧出温度以上に温めて浴槽に注湯すること。温泉を直接・間接的に温める。温水や熱水を加える事も含む。
- **循環式・循環ろ過式**: 浴槽内の湯を再利用する(濾過機を介する場合は循環ろ過式)。
- **放流・循環併用式(放流一部循環ろ過方式)**: 源泉を浴槽に注ぐが、一部は循環させて再利用する。ろ過機がある場合に、一循環ろ過となる。
- **温泉かけ流し(温泉完全放流式)**: 新湯を浴槽に注ぎ、オーバーフローさせて、お湯の再利用はしない。しかし、加水・加温に対する規定なし。
- **源泉かけ流し(源泉完全放流式)**: 常時新しいお湯を注入して、オーバーフローさせ、再利用はしない。加水・加温は出来ない。
- **源泉100%かけ流し(源泉100%完全放流式)**: 源泉かけ流しとほぼ同義。源泉かけ流しの強調表現。

かけ流しと循環式について

- かけ流し方式: 源泉の状態に近い温泉成分。
ただし、浴槽の容積に対して注湯する源泉量が少ない場合は、衛生面や源泉の保存状態に問題がでる。
- 循環ろ過方式: 管理がちゃんとしていれば、衛生面で多くのメリットを有するが、反面温泉成分の性質がかなり損なわれる。

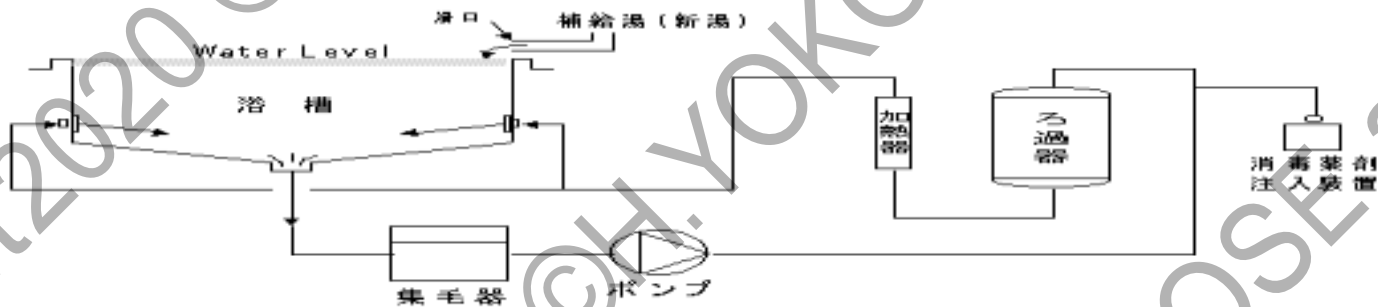


図-1 循環式浴槽の構造

図は厚生省のHPより (<https://www.mhlw.go.jp/topics/2001/0109/tp0911-1.html>)

源泉から浴槽まで

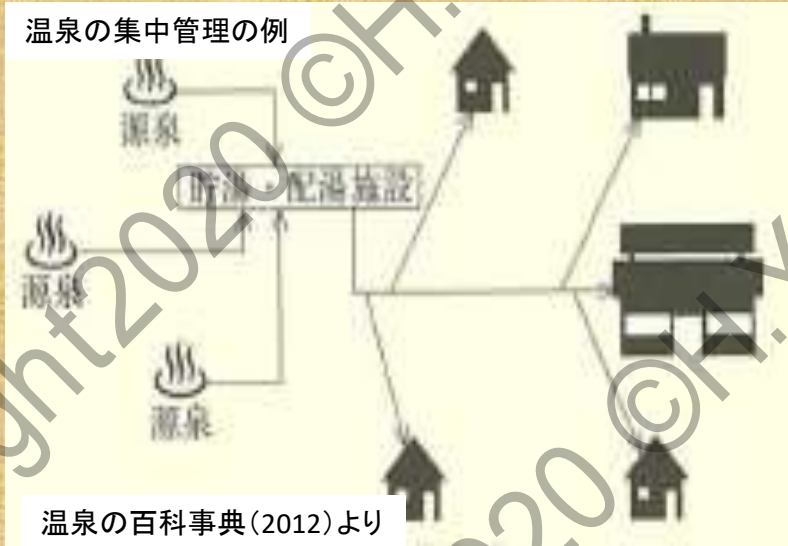


満願寺温泉 足下湧出



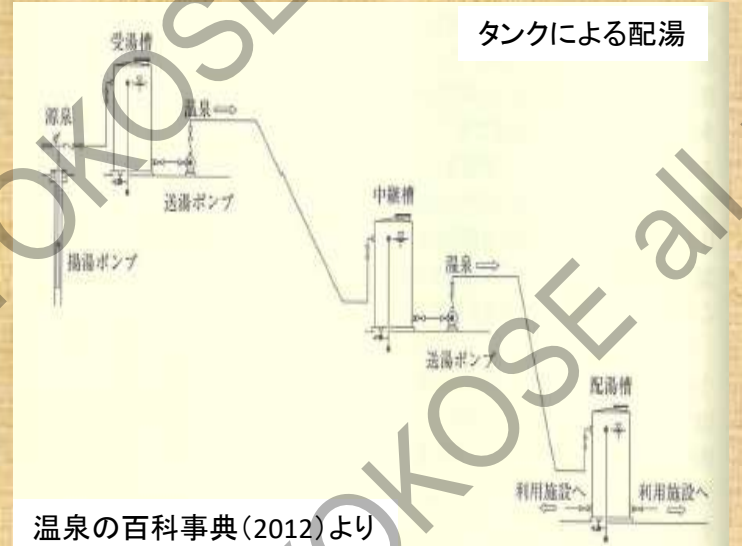
吉尾温泉 足下湧出

温泉の集中管理の例



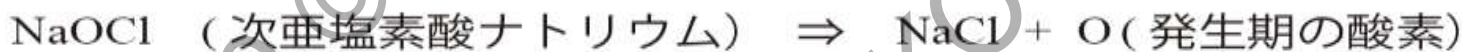
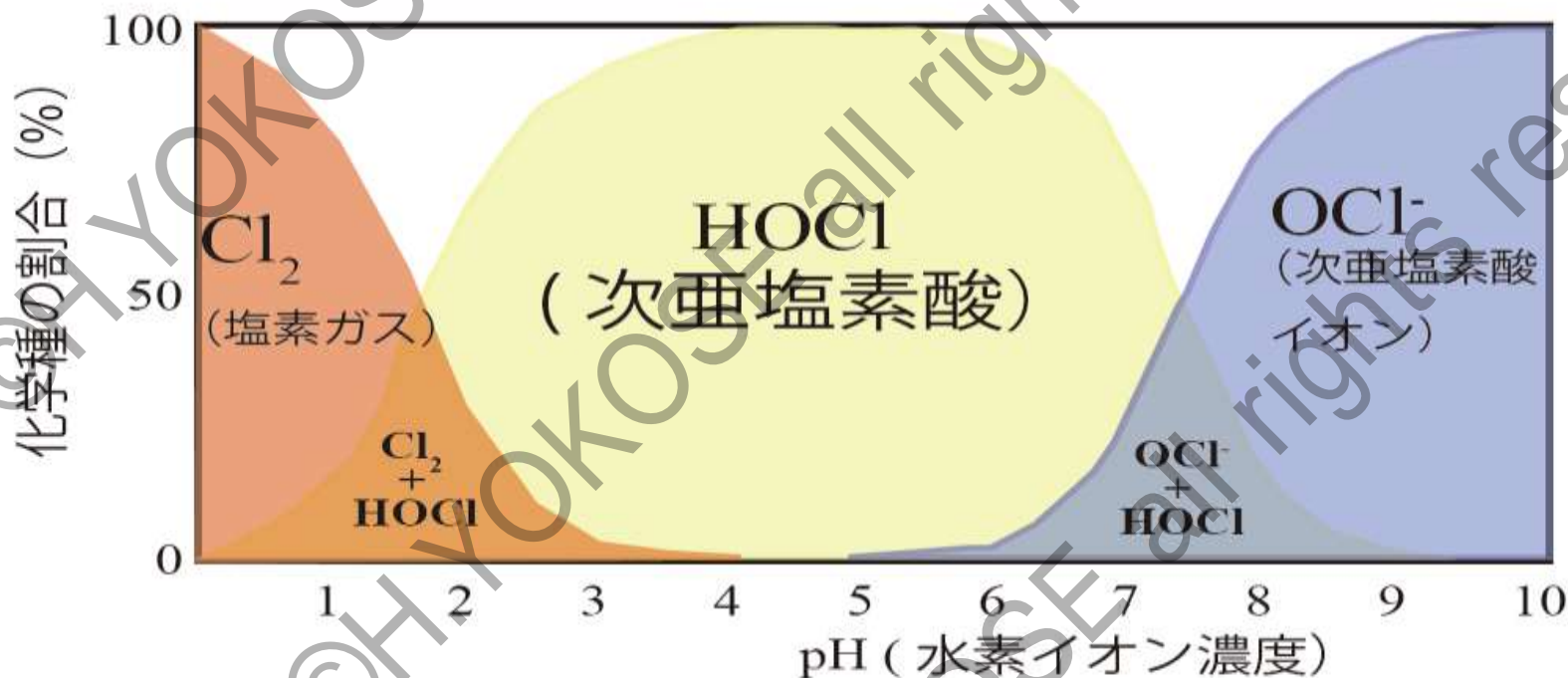
温泉の百科事典(2012)より

タンクによる配湯



温泉の百科事典(2012)より

次亜塩素酸ナトリウムによる消毒



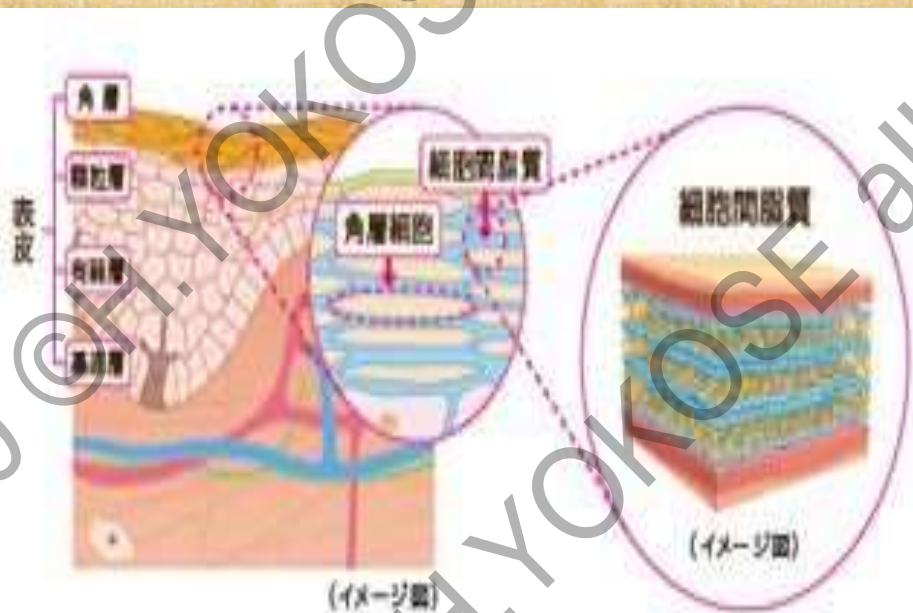
浴槽水の消毒に当たっては、塩素系薬剤を使用し、浴槽水中の遊離残留塩素濃度を頻繁に測定して、通常0.2ないしは0.4mg/L程度を保ち、かつ、遊離残留塩素濃度は最大1.0mg/Lを超えないよう努めること(公衆浴場における衛生等管理要領より一部抜粋)

温泉成分と効能

表1 温泉関連成分等の期待される効果、その他成分例

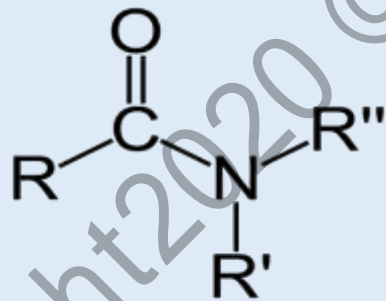
期待される効果	温泉関連成分例	その他成分例
血流増加・ 保湿効果	塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、炭酸ガス	シイキョウ、ショウブ、センキユウ、チンピ、トウキ、ユズ、ハッカ葉、ショウキョウ
清浄効果	炭酸水素ナトリウム、セスキ炭酸ナトリウム、硫酸ナトリウム	プロテアーゼ、パバイン、パントトキチン
保湿効果	炭酸水素ナトリウム、硫酸ナトリウム、メタケイ酸ナトリウム、ベントナイト	ホホバ油、米発酵エキス、ヒアルロン酸ナトリウム、ヨモギ、アロエ、ローズヒップ油、大豆油、アミノ酸、セラミド、海藻エキス
その他の効果（抗炎症・抗アレルギー・保湿等）	硫酸アルミニウムカリウム	カンゾウ、トウキ、モモの葉、カミツレ、ユウカリ、ベニフウキ、アラントイン

美肌の湯： 角質とアルカリ性温泉



皮膚は、外界からの大事なバリアーとなっている。表皮は、角質細胞(ケラチノサイト)と水分と細胞間脂質によって構成されている。活動を停止した角質細胞が細胞間脂質や水分の間にブロック状に漂っている。古くなった最上部の角質は、垢となって身体から剥げ落ちる。

花王石鹸HPより (<https://www.kao.com/jp/skincare/skin/structure-03/>)



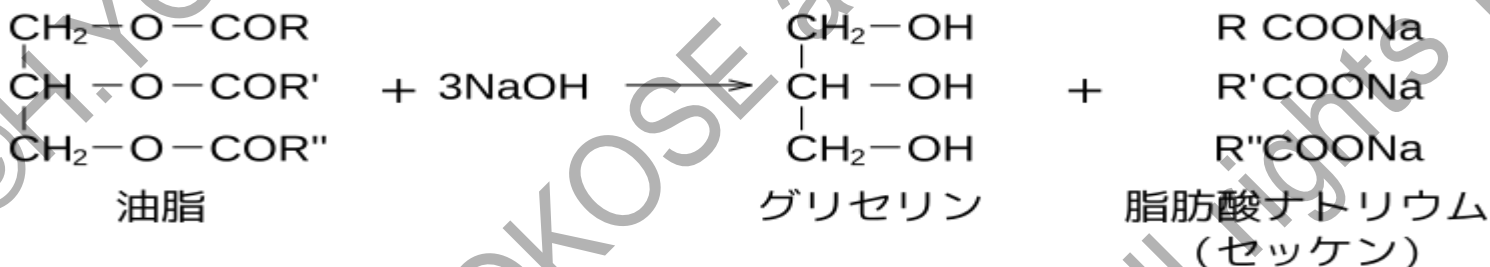
• たんぱく質の加水分解反応



たんぱく質は加水分解され溶け出す。

美肌の湯: 温泉のヌルヌル感

- さらに温泉に浸かると皮脂と化学反応が起きて体表面に石鹸やグリセリンが出来ると考えられている(鹸化)。

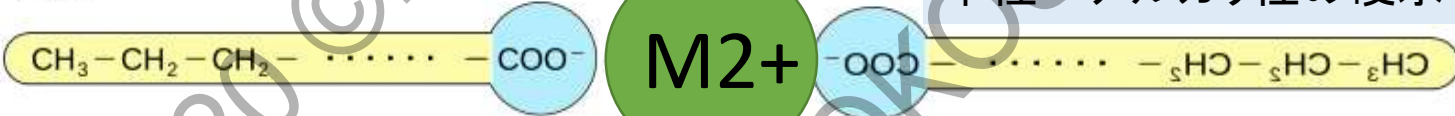


セッケン



中性～アルカリ性の軟水

セッケン



中性～アルカリ性の硬水

$\text{M}^{2+} : \text{Ca}^{2+} \text{Mg}^{2+}$

難溶性の石鹸カス

セッケン



酸性の水

脂肪酸(分子)

一般適応症

入浴の効果

1. 温熱作用:

温泉に浸かる事で、体が効果的に温まり、血管が拡張して様々な物質が体の隅々までいきわたるの同時に老廃物が排出(デトックス効果)される。

2. 清浄作用: 体を清潔に保つ

3. 蒸気・香りの作用: 呼吸器の乾燥予防、アロマ効果

入水効果(プールと共通する)

4. 水圧効果:

お風呂に浸かる事で、水圧が体に加わり、全身をもみほぐす効果をもたらす。

5. 浮力効果:

水中では浮力が働くため、関節や筋肉のリラクゼーションが期待される。

6. 水の粘性や抵抗を利用した運動効果:

腰や膝の負担を軽減して、全身の運動負荷を高める。

ヒートショックプロテイン(HSP)と温泉

Rittossa (1962)は、ショウジョウバエの高温環境下での飼育で増加するたんぱく質(HSP)として報告した。動物、植物、細菌に至るまで、様々なストレスに対してHSPが誘導されることが、後の多くの研究で確かめられている。

温泉気候物理医学用語解説集(2011)参考によると。

項目名: 熱ショックタンパク

別名: heat shock proteins

定義: 細胞が高い温度にさらされると誘導されるたんぱく質

分類: (分子量) HSP70、HSP27

意義: 熱ショック蛋白は、細胞内に存在するタンパク質であるが、温熱、虚血、感染、放射線等のストレスによって誘導される。**タンパク質の変性を抑制するとともに、変性したタンパク質の修復を行う。**また、生体にとっての**免疫機能回復や獲得**に機能している事が知られている。

伊藤 他(2010)は、42°C5分入浴と40°C20分入浴を比較して、後者が二日後のHSPとNK(ナチュラルキラー)細胞の活性化が有意に増加するとしている。

浴室熱中症：入浴に伴う危険

- **浴室(内)熱中症**：体温の上昇で体内の水分や塩分のバランスが崩れ、体温の調節機能が働かなくなるなどし、めまい、頭痛などの症状を起こす。気温や湿度により、室内でも発症する。「軽症」「中等症」「重症」の3段階に分類され、重症だと意識障害、けいれん、手足の運動障害がみられる。
- **ヒートショック**：急激な温度変化によって体が変調をきたす状態。冬の入浴時には、室内・脱衣場・温泉といった温度変化の激しい状態にさらされる。この時、急激な温度変化に伴って、血圧が乱高下し、血管に負荷がかかり、脳卒中や心筋梗塞などの急性疾患が起きやすくなる。湯上がり時は、血管が拡張しているため急激な血圧の低下が起こり、脳貧血による溺死事故も起こる。
- 厚生労働省の平成28年度の調査では、高齢者の入浴中の死者数は、1万7千人という推計がある。高齢者の入浴中事故の原因として、以前はヒートショックが主要因と考えられていたが、最近では浴室熱中症が、原因の8割以上を占め、ヒートショックは1割未満との報告がある。

温度変化を少なくすることや入浴時およびその前後での給水、入浴時間の短縮、入浴温度を40℃未満にする必要があると考えられている。

温冷浴(温冷交代浴)の効能

スポーツの筋肉疲労に関する研究成果によって、温冷交代浴が優れた入浴法だと評価されている。

(例えば、早坂(2018))

温冷交代浴(やり方の例)

1. 40°C前後のお湯(温浴)に3分程度浸かる。
2. 18°C程度の水風呂(冷浴)に30秒程度浸かる。
3. 温浴と冷浴を3~5セットほど繰り返して、冷浴で終わる。

温浴と冷浴に温度差がある場合は、無理せず冷浴を足湯などの部分浴で代用する。冷泉の無い場合は、シャワーを活用する事もできる。

温浴:副交感神経

冷浴:交感神経

自律神経の
バランス改善



40°C程度の
加温浴槽

17°C程度の冷泉

天草五和町:湯楽園

温泉成分の経皮吸収

表1 各物質の経皮吸収 (Drexelによる)

$\frac{\mu\text{L}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}}$	吸収量		溶液中の状態
100	ナトリウム	CO ₂	Rn
10	O ₂		
	H ₂ S		
1	ジメチルスル フォキシド	H ₂ O	エタノール
0.1		I ⁻	
	K ⁺		
0.01			SO ₄ ²⁻
	Na ⁺	Cl ⁻	
	Fe ²⁺		
0.001			

CO₂: 炭酸ガス Rn: ラドン H₂S: 硫化水素ガス
 I: ヨード K: カリウム SO₄²⁻: 硫酸塩
 Na: ナトリウム Fe: 鉄 Cl: クロール
 出所: Drexel, Pratzelの別を一部改変

阿岸祐幸(2012) 皮膚からの吸収(温泉の百科事典)

表3

一浴で、1ml(浴水に浸った体表面積)につき、吸収される浴水成分量(浴水ml)

Birpigel, Dredel, Kramer, Janitzky

Na ⁺	0.08	(浴中経皮吸収のみで、浴後吸収は入っていない)
SO ₄ ²⁻	0.1	
J ⁻	5.0	
J(元素)	10.0	
Sulfid	50.0	
CO ₂	200.0	
Rn	1000.0	

(Göpfert, H.: Balneotherapie in J. Grober, Klin-Lb. Lphysik. Therapie G. Fischer, 1970)

大島(1978)温泉成分の経皮吸収より

炭酸ガスや硫化水素は、古くから経皮吸収性が認められている。その他の成分は、中々科学的認定が難しいようである。

水素分子による還元と健康(長寿)

ARTICLES

nature
medicine

Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals

Kazuo Ohnawa¹, Masahiro Ishikawa², Kazuhiko Takahashi³, Megumi Watanabe^{1,2}, Kiyomi Nishimaki³, Kazuo Yamagata³, Ken-ichiro Katsuno², Naoko Katayama³, Sadaoetsu Aoki³ & Shigenori Ohno¹

Acute oxidative stress induced by ischemia/reperfusion or inflammation causes serious damage in tissues, and persistent oxidative stress is accepted as one of the causes of many common diseases including cancer. We show here that hydrogen (H₂) has potential as an antioxidant in preventive and therapeutic applications. We reduced acute oxidative stress in cultured cells by three independent methods. H₂ selectively reduced the hydroxyl radical, the most cytotoxic of reactive oxygen species (ROS), and effectively protected cells from cell death. H₂ did not react with other ROS, which possess physiological roles. We used an acute rat model in which oxidative stress damage was induced in the brain by focal ischemia and reperfusion. The inhalation of H₂ gas markedly suppressed brain injury by softening the effects of oxidative stress. Thus, H₂ can be used as an effective antioxidant therapy owing to its ability to rapidly diffuse across membranes. It can reach and react with cytotoxic ROS and thus protect against oxidative damage.

oxidative stress arises from the strong oxidizing potential of reactive oxygen species (ROS), as free radicals^{1,2}. Most of the superoxide (O₂^{•-}) produced is generated by autooxidative by-product leakage from the electron transport chain and the NADPH oxidase (NADPHox) also produced by monocyte oxidases, including NADPH oxidase and neutrophil oxidase³. Superoxide dismutase converts O₂^{•-} into hydrogen peroxide (H₂O₂), which is detoxified into H₂O by glutathione peroxidase in animals. Excess O₂^{•-} oxidizes transition metal ions such as Fe²⁺ and Cu²⁺ (ref. 2). The oxidized forms of which in turn can react with H₂O₂ to produce hydroxyl radicals (•OH) by the Fenton reaction. •OH is the strongest of the oxidant species and reacts indiscriminately with nucleic acids, lipids and proteins. Thus, it is known directly and indirectly that •OH is the most cytotoxic ROS in critical antioxidant point⁴.

Despite their cytotoxic effects, O₂^{•-} and H₂O₂ play important physiological roles at low concentrations. They function as regulatory signaling molecules that are involved in numerous signal transduction cascades and also regulate biological processes such as apoptosis, cell proliferation and differentiation^{5,6}. At higher concentrations, H₂O₂ is converted into hypochlorous acid by myeloperoxidase, hypochlorous acid detaches against bacterial invader⁷. Nitric oxide (NO), another ROS, functions as a vasorelaxant and is essential for dilation of blood vessels⁸. Thus, cytotoxic radicals such as •OH must be neutralized without compromising the essential biological activities of other physiologically beneficial ROS. Here we demonstrate that molecular hydrogen (H₂) can selectively reduce cytotoxicity without affecting the other ROS, and propose that H₂ has potential as an antioxidant for preventive and therapeutic applications.

¹Department of Electrostatic and Cell Biology, Institute of Space and Astronautical Sciences, Japan Aerospace Exploration Agency, 1-1-1 Honcho, Sagami, Sagami, Tokyo 113-8502, Japan. ²Department of Cell Biology, Graduate School of Science, Osaka University, 1-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan. ³Department of Cell Biology, Graduate School of Science, Osaka University, 1-1 Yamadaoka, Suita, Osaka 565-0871, Japan.

Received 25 September 2006; accepted 15 March 2007; published online 15 May 2007

[Nature Medicine](#) volume 13, pages 688–694 (2007) 被引用1599件 (2020.2.27)

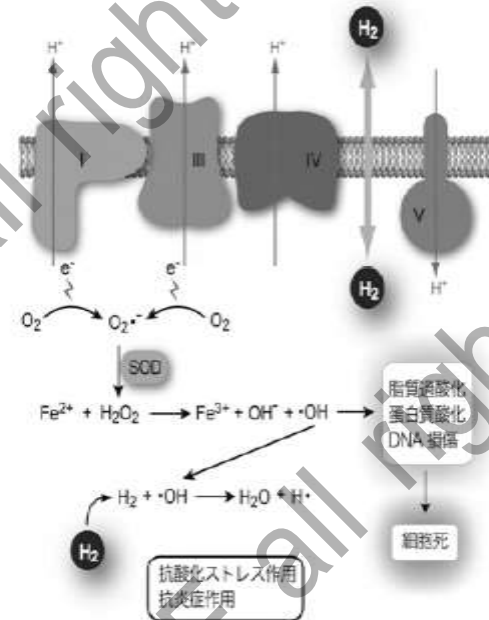


図 ラジカルスカベンジャーとしての水素分子

活性酸素種/ラジカルの主要な産生源であるミトコンドリアでは、呼吸鎖IとIIIから電子がリークし、スーパーオキシドが生じる。SODはこれを過酸化水素に変換するが、Fe²⁺やCu²⁺が存在すると過酸化水素から•OHが生じる。•OHは多様な分子と非特異的に反応し、強い細胞障害性を示す。一方、弱い還元力を持つ水素分子は最小の分子として、細胞外からオルガネラ内まで容易に拡散する。水素分子は生体内分子とほとんど反応することはないが、•OHについてはこれを還元して無毒化する。その為、水素分子によって酸化ストレスや炎症が抑制できると考えられる。

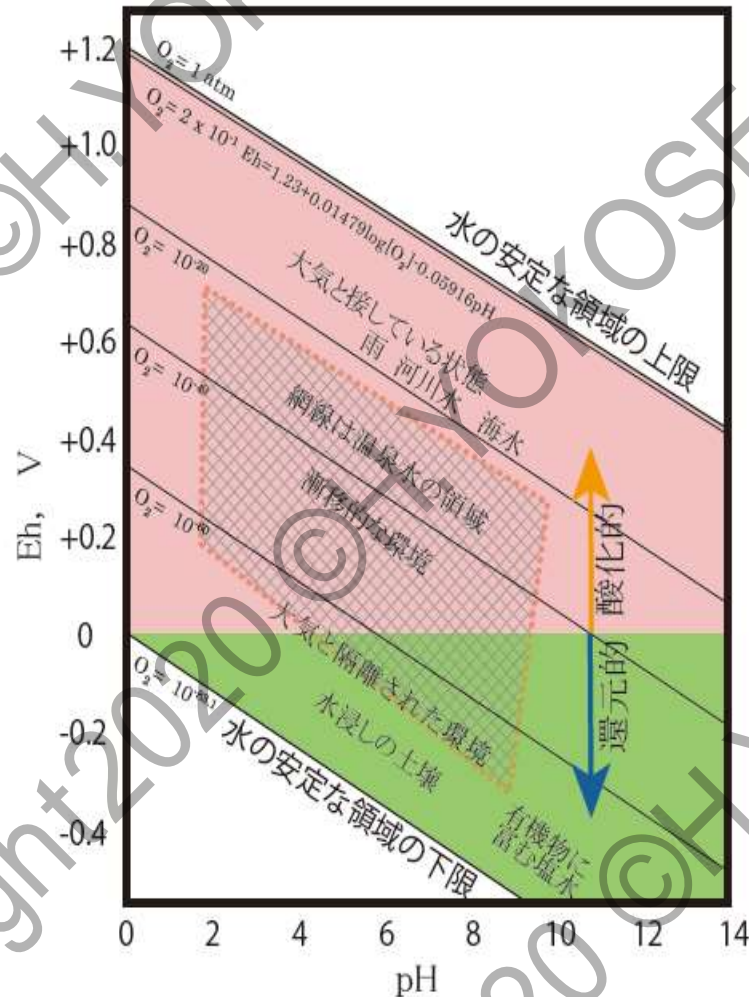
大澤(基礎老化研究、2011)より

活性酸素(reactive Oxygen Species)とは、酸素分子が化学反応によって**不完全に還元**され、**反応性に富む**化学種となる。

例えば: スーパーオキシド($\cdot O_2^-$)、ヒドロキシルラジカル($\cdot OH$)、 H_2O_2
 最小の気体分子である水素分子は、体内を**容易に拡散**し、ヒドロキシルラジカルなど毒性の高いラジカルを**選択的に還元**し、酸化ストレスや炎症抑制に効果が期待される。

酸化還元電位

(ORP: Oxidation Reduction Potential)



水素水が還元剤であり、体内を自由に移動できる性質が体内に発生した有害な活性酸素の抑制に効果を持つことは実験的に確かめられている。しかし、微細な気体分子である水素分子は拡散性が大きいいため体内の活性酸素を消去できるが還元剤となる。逆に、分子の小ささゆえに保存が難しくちゃんとした容器に封入されていないと散逸してしまう。

温泉や様々な溶液の酸化還元電位を計測すると、その溶液が酸化的か還元的かある程度類推できるが、還元的な温泉が、どのように体内の活性酸素を還元できるのかは不明。

美白効果をもたらす硫化水素・硫化水素イオン

- 硫化水素(遊離成分)や硫化水素イオンは、還元的な物質であり、中性～アルカリ性溶液では低いORPを示し、硫黄泉が還元的であることが伺われる。しかも、硫化水素は、経皮吸収分子であり、体内に浸透すると考えられる。
- 肌は、紫外線(UVA:380nmとUVB:320nm)によって、表皮内のメラニン色素が酸化され増加する。それによって、紫外線防護のために黒化する。
- 経皮吸収される還元剤である硫化水素は、表皮に浸透していく過程でメラニン色素の酸化作用を抑制すると考えられています。
- ですから、硫黄泉が美白の湯と言われるのも納得できます。
- ビタミンCも還元剤なので、体の還元化に役立つと考えている商品も沢山ある。

二酸化炭素による血管拡張作用

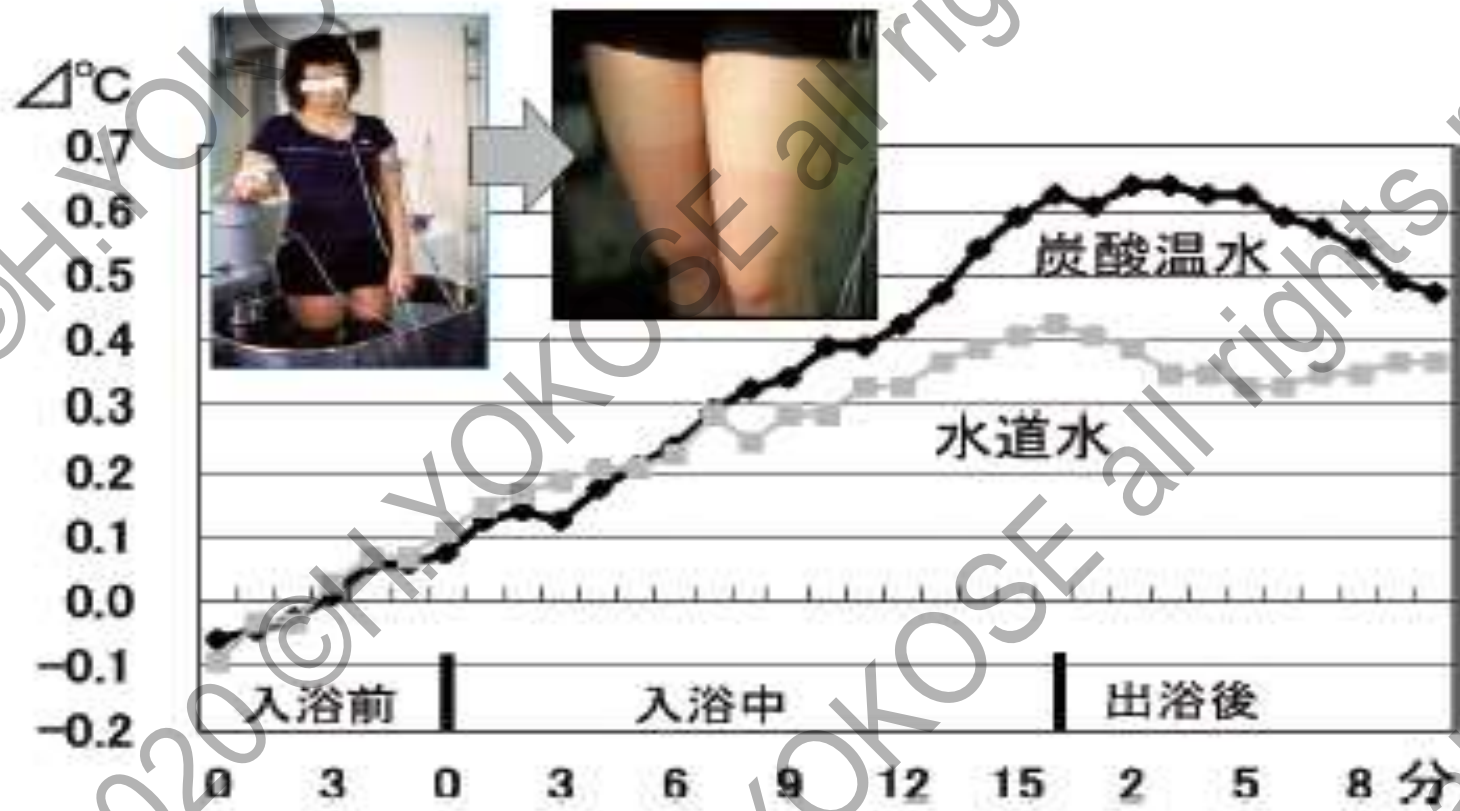


図17. 1000 ppm 炭酸温水 41°C 下肢部分温浴における深部体温の変化

人工炭酸泉の基礎と医学的効果・美容効果(前田, 2019)より

弓ヶ浜温泉で人体実験をしました。

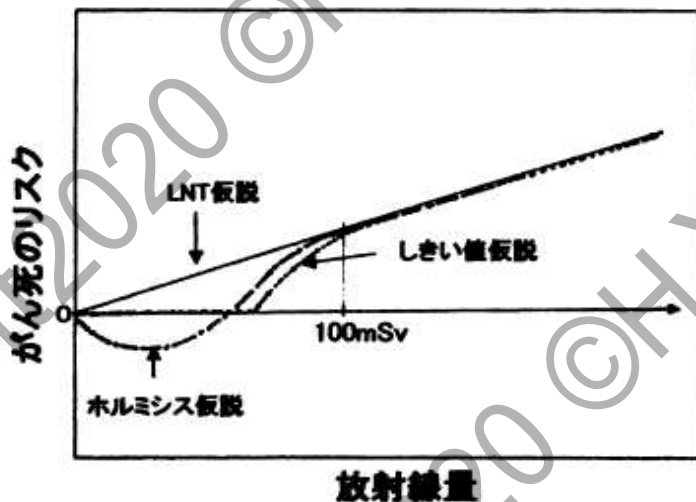


室温約29°C、泉温38.9°Cの炭酸泉に3分間入浴しました。湯船に浸かっていたところは、最大34.4°Cに上昇し、肌がピンク色に色付きました。一方、お湯の外に出ていた部分は、31.8°Cしかありません。湯温39°Cはややぬるめの温泉なのに、この差は凄いです。おそらく、炭酸ガスによる毛細血管の拡張が、血流を増加させ、血色が良くなり、更に熱伝導性をアップさせたことが変化の原因じゃないかと想像できます。

塩化物泉と保温効果

塩化物泉: 体温上昇効果も保温効果も高く、温熱作用によるもの。塩化物泉の特徴は入浴後早く温まり、出浴後の保温効果も長いという「熱の湯」である。そのため熱による血流改善効果が大きく長時間に続く。その効用により、一般的適応症の温熱作用は強力なものとなり、血行改善に伴う創傷治癒効果から「きりきず」、末梢循環改善に伴う冷え性などが掲げられている。飲泉での効用については、塩分制限などで飲泉量の問題はあるが、萎縮性胃炎やマグネシウムを多く含む泉質も多く便秘などの効用もあるとしている。(前田, 2015)

放射能泉とホミオシス



低線量被曝でも体に害があるとする説「linear Non-Threshold 仮説」と微線量被曝は様々な細胞を活性化するという「ホルミシス仮説」がある。放射能泉を温泉医学的に評価するのは、様々な要因が関連するため中々難しい。

温泉関連の民間資格等の情報(例)

- 日本温泉科学会, <http://www.j-hss.org/> (参照2020.1.8.) 年会費:8000円(一般)、3000円(学生)
- 日本温泉気候物理医学会, <https://www.onki.jp/> (参照2020.1.8) 年会費: 12000円
- 日本温泉協会:入会金10000円、年会費:10000円
- 日本温泉協会:温泉検定 https://www.spa.or.jp/onsen_wp/wp-content/uploads/2019/03/onsenkentei2.pdf (参照 2019.12.20)
テキスト2,000円、セミナー受講料3,000円、受験料3,000円、認定証発行費2,000円
- 日本健康開発財団:温泉入浴指導員・温泉利用指導者 受講のご案内, <http://www.jph-ri.or.jp/guide/index.html> (参照2020.1.8)
温泉入浴指導員: 38,500円(消費税込/宿泊費・交通費は含まれません)
温泉利用指導者:160,000円(消費税別)(交通費・宿泊料・食事代等は含んでおりません) 受講資格が必要
- 温泉ソムリエ協会:温泉ソムリエになるには <http://onsen-s.com/n006bosyu.htm> (参照2019.12.20)
温泉ソムリエ認定ツアー:32000円税別 ※温泉宿で開催の場合は、入湯税が必要です。
ワンデイセミナー:22000円、在宅温泉ソムリエ認定:5500円(税込み) ソムリエマスター
検定料(8000円~5000円)
- その他、温シェルジェ&温泉観光士(10000円)、温泉観光実践士(12500円)、温泉マイスター
検定(検定料3000円、講習会2000円)、御当地検定(下呂、草津。。。) etc

まとめ

- 温泉の成分含有量は、概して連続的であり決してとびとびの値を示すわけではない。従って、効能もある程度連続的に変化することが期待される。それは、老若男女が画一的基準で同一効果が現れるかどうかは疑問である。例えば、乾燥肌の人が美肌の湯に入って大丈夫なのかとか、逆に単純温泉だけれども、効能的にマイルドな状態を望むなら選択肢として十分役を果たすのではないだろうか？
- 温泉の持っている能力を最大限に引き出すためには、自己の体調に合った泉質を分析表等を基に決めていく事が賢明である。
- “**オーダーメイドの温泉選び**”という視点に立脚すれば、肥後の名湯群は最善のフィールドであると言えるでしょう。