

重炭酸イオン入浴剤の効果とその製剤技術の開発

¹小星重治、²佐藤和恵

¹株式会社ホットアルバム炭酸泉タブレット代表取締役、²昭和大学医学部客員教授

FRAGRANCE JOURNA 7月号, 2015年

【緒言】重炭酸ナトリウムとクエン酸を、独自のマイクロカプセル造粒技術を使用して錠剤化する事で開発した中性の重炭酸入浴剤ホットタブを使用し、健康や美容に高い効果を及ぼす所謂炭酸効果の主役は、酸性炭酸ガスと中性の重炭酸イオンのどちらなのかを明らかにするための実験を始めとした、様々な実験を行う事で、ホットタブの持つ効果効能の一部を明らかにした。

【方法】酸性炭酸ガスの人工炭酸泉や、市販の酸性入浴剤と比較し、レーザードップラー組織血流測定器を使って入浴時の血流変化を測定した。

またホットタブ自身に、生体の構造や機能を担っている脂質、タンパク質、酵素や核酸等を酸化して損傷を与え、構造や機能に障害を与える過剰な活性酸素の生成を抑える、抗酸化能があるかどうかを、電子スピン共鳴 (Electron Spin Resonance : ESR) 法を使用して、主な活性酵素であるスーパーオキシドラジカル、ヒドロキシルラジカル及び一酸化窒素ラジカルの消去能を測定した。

また、ホットタブを入れて入浴した場合の抗酸化能の有無の確認を、入浴前後の唾液を採取し、BAP (還元度測定 : Biological Anti-oxidant Potential) テストを行って、入浴前後の唾液の抗酸化能を測定する事で実施した。

また、全自動皮膚抵抗測定システム (アムサット : Auto Matic System for Analysis & Theory) を使用し、ホットタブ入浴前後の被験者の皮膚の伝導率変化を測定する事で、ホットタブ入浴により皮膚の水分がどう変化するかを測定した。

更に、ホットタブによる塩素除去効果を、ホットタブを添加した水溶液中の残留塩素濃度を、東京都立産業技術健康センターで測定する事で確認した。

【結果】入浴時の血流変化の測定では、中性 pH の重炭酸入浴剤ホットタブを使用した時の重炭酸イオン濃度はおよそ 80ppm だが、酸性の炭酸ガスタイプの市販入浴剤や 1000ppm の人工炭酸泉と比較しても高血流増加を示し、シャワーでも同様の効果が得られた。

ホットタブ自身の過剰な活性酸素の生成を抑える抗酸化能については、特に主な活性酵素の一つであるスーパーオキシドラジカルとヒドロキシルラジカルの消去能がある事が解った。

また、ホットタブを使用して入浴した場合でも、ヒトの抗酸化能が上昇した。

更に、ホットタブ入浴で皮膚の水分がどう変化するかについては、ホットタブ入浴により皮膚の電導度が上昇し、肌のみずみずしさが失われず、長時間入浴してもお肌の水分が取られない事が解った。

また、塩素除去効果についても、水素イオンによる還元反応かクエン酸による中和反応なのかは明確では無いが、塩素除去の効果があり、お湯を柔らかくして経皮吸収毒による影響を無くすることができる事が解った。

【結論】今回の試験により、中性 pH の重炭酸入浴剤の様々な効果効能が明らかになったが、健康や美容に高い効果を及ぼす所謂炭酸効果の主役は、酸性炭酸ガスと中性の重炭酸イオンのどちらなのかについては、僅か 80ppm 程度の低濃度の中性重炭酸イオンにより、1,000ppm の酸性人工炭酸泉以上の血流増進効果が得られる事が解った。酸性の炭酸ガスが有効との理論はまだまだ主流だが、今後中性重炭酸湯の効果や臨床試験について、更なる研究を進めて行く必要がある。

中性重炭酸イオン入浴剤の効果と その製剤技術の開発

小星重治 佐藤和恵

中性重炭酸イオン入浴剤の効果と その製剤技術の開発

小星重治 佐藤和恵

1. はじめに

近年健康も美容も炭酸ブームだが、その商品の多くは酸性の炭酸ガスを有効成分とし、酸性炭酸ガスが肌に浸透、血管に溶解、血流を高めるとされてきた。そして炭酸ガスが中和され、中性で存在する重炭酸イオンにはその効果はなく、肌にも浸透せず、血管にも溶解しないとして区別してきた。しかし、著名な自然炭酸泉の多くはそのpHが中性であり、血液にも近い値で、医学的にも中性pHの血液には、細胞で副生した炭酸ガスが溶解する際も炭酸脱水酵素によって中和され重炭酸イオンとしてヘモグロビンに溶解、酸性の炭酸ガスとしては10%も溶解できないとされている。

酸性炭酸ガスと中性の重炭酸イオンのどちらが炭酸効果の主役かについては、このように理論と実際の生体や自然界での説明が矛盾しており、人の健康に本当に役立つ商品開発を行うためにこの矛盾を解くことは大きな意味があり、この謎を解く挑戦をしてみることにした。

2. 炭酸とは

炭酸ガスは人や生物が活動するために、細胞中のミトコンドリアで栄養と酸素を反応させATPというエネルギーを取り出す際、副生物として発生し血管に取り込まれ、静脈として肺から呼気として排出される。炭酸ガスは酸性でしか存在できず、中性でpH7.35の血液に溶解するためには酵素によって中和され、重炭酸イオンとして溶解し、肺房で酸素と入れ替わるため再度炭酸ガスに戻され外部に排出される。

炭酸ガスの化学名は二酸化炭素。無色、無臭の気体で水に対する溶解度は25℃で約1g/L程度と極めて低く、 $pK_a6.35$ の水に溶けると弱酸性を

示す物質であり、pH6.35で、50%は重炭酸イオンとなり中性pHではほとんどが重炭酸イオンに変化して存在する。

酸性では金属を腐食しやすく、酸素が共存したり、高圧になると腐食は更に激しくなり、空気中に多量に存在すると、酸素不足となり窒息のおそれもある成分で、固体の炭酸ガスは、ドライアイスで、約-80℃で供給され、液体は-20℃の低温で供給される。

3. 重炭酸とは

炭酸水素イオン (hydrogen carbonate, HCO_3^-) は炭酸の1段階目の電離により生成され、炭酸水素塩中に存在する1価の陰イオンである。このイオンを重炭酸イオン (bicarbonate ion) とも呼ぶ。例えば、 $NaHCO_3$ は、「重曹：炭酸水素ナトリウム」または「重炭酸ナトリウム」と呼ばれ、1980年代からすでにbaking sodaとして、パンなどのふくらし粉の用途で食用に使用されてきた。またbaking sodaが掻痒症やうろこ状の皮膚炎などお肌のケアに良いことや、そのpHが皮膚の状態に関与することなどもすでに報告されている。最近、弊社の中性重炭酸入浴剤が体を温め、健康やお肌や髪美容にも良いと騒がれ始め、血行促進での温浴効果のほか、冷え、肩こり、腰痛、筋肉痛、自律神経安定などにも期待されている。

4. 天然炭酸泉

天然の自然炭酸泉は、地下で噴出する炭酸ガスが地下水に溶解し、酸性の炭酸泉となって地上に湧出する。この際地下の状態によって、様々なミネラル成分が溶けだし、溶けた成分により水のpH(ペーハー)は必ずしも酸性ではなく中性またはアルカリ性になる場合もあり、多くの自然炭

酸泉の pH はミネラル成分で中和され中性から弱アルカリ性となる。

炭酸泉に含まれる炭酸ガスは、図 1 のグラフの赤い線が示すように中性の pH7 では 20% に下がってしまい、80% は青い線で示す重炭酸イオン（炭酸水素イオン）に変化してしまう。

これは炭酸ガスが中和され炭酸水素イオンに変わってしまったものだが、炭酸ガスの濃度が重要であるなら、純粋な意味での炭酸泉は pH5.7 以下でなければ、中性 pH では炭酸ガス濃度は高い値を示せず、炭酸水素泉となる。温泉では地下の高圧下で溶解込んだ炭酸ガスを湧出孔で測定するため pH が 6.8 や 7.3 であっても高濃度の炭酸ガス

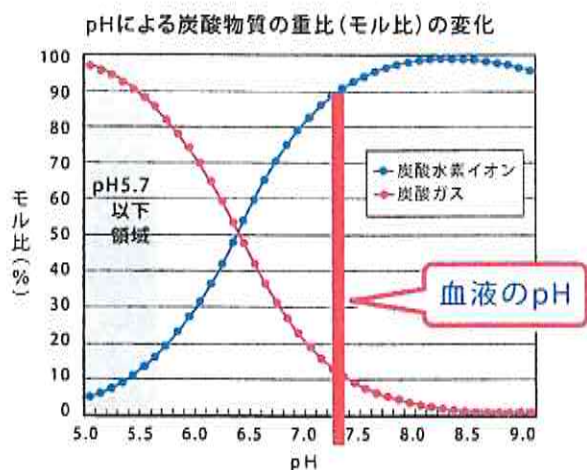


図 1 pH による炭酸物質の重比（モル比）の変化

が分析されることがある。pH が 6.5 以上の中性やアルカリ性では一般には、炭酸ガス濃度は低く、重曹泉とか炭酸水素泉となり、お肌に泡がつかないという理由で炭酸効果があるにもかかわらず、炭酸泉と区別され、重要視されない温泉として扱われてしまうことがある。

日本の炭酸泉と呼ばれる自然炭酸泉の pH と炭酸ガス濃度を浦川氏の資料図 2 のグラフに示した。このグラフからも pH が高くなるほど、また中性になるほど炭酸ガス濃度は低くなるのがわかる。しかし筆者がこれらの温泉を訪ねて実際に入浴してみると、炭酸ガス濃度がほとんど分析できない温泉でも、まるで炭酸泉と同じように、体が温まり、お肌もつるつるになる湯があり、必ずしも炭酸ガス濃度が重要ではなく、中性 pH の重炭酸泉も炭酸効果が高い温泉であった。

5. 世界で著名な効果の高い自然炭酸泉の pH 測定

図 3 で花王(株)が大分直入町に示したように、日本一の炭酸温泉とされる長湯温泉の多くの泉源は pH が中性で、炭酸ガス濃度は湧出孔で測る限り高い分析値を示しているようだが、化学的には湧出孔を止めて湯を数分放置すれば炭酸ガスのほとんどは中和され重炭酸イオン（炭酸水素イオン泉）に変化してしまう。この pH では長湯温泉の多く

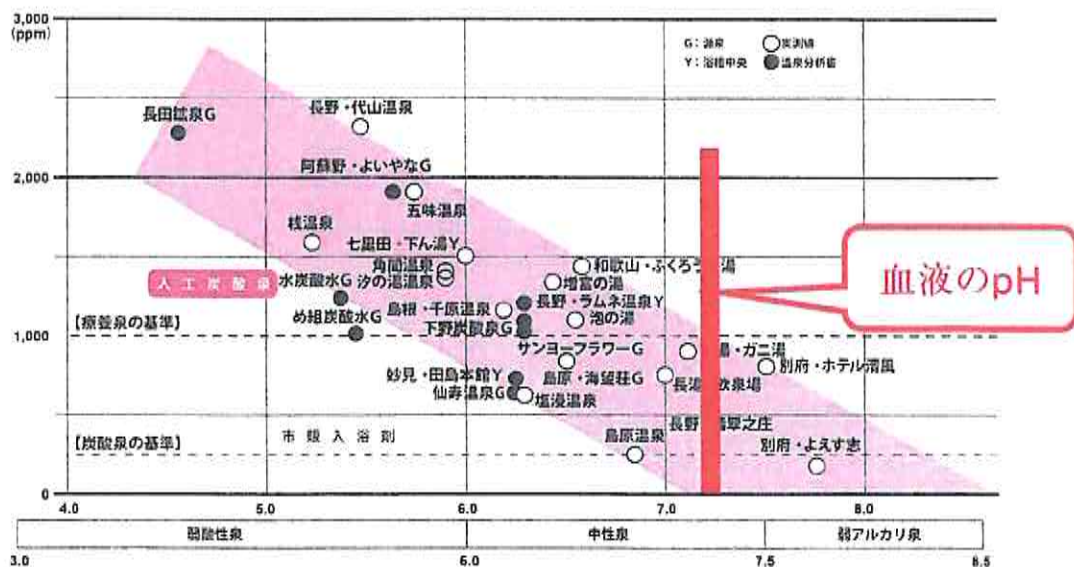


図 2 天然炭酸泉の遊離炭酸ガス濃度と pH

日本一の炭酸泉・長湯温泉のpHと炭酸ガス濃度

採取場所	温度	pH	CO ₂ 濃度
大丸旅館浴槽 注ぎ口	46.7	6.90	692
愛温泉浴槽 注ぎ口	34.2	6.85	809
町営天満湯浴槽 注ぎ口	40.0	6.89	751
大塚宅泉源	36.8	6.93	634
河田宅泉源	38.3	6.83	778
静香温泉源	47.6	6.83	890
皇泉荘泉源	46.9	6.68	1201

温泉湧出孔での炭酸ガス濃度とpH。
長湯温泉のpHは中性領域にあり、このpHでは
源泉を止めれば数分で炭酸ガスの80%は中和され、重炭酸イオンになって消滅する

図3 日本一の炭酸泉・長湯温泉のpHと炭酸ガス濃度

ドイツの自然炭酸泉の解析 PHの測定

炭酸ガス濃度と PH

人工炭酸泉	: 1000 ppm	PH 4.60
市販入浴剤	: 64ppm	PH 5.60
ドイツ バードナウハイム	: 780 ppm	PH 7.10
大分長湯温泉 大丸旅館内湯	: 580 ppm	PH 6.87
長湯ラムネの湯	: 1230 ppm	PH 6.10



図4 ドイツ及び長湯自然炭酸泉の解析 pHの測定

は炭酸泉ではなく炭酸水素泉となるが、入浴効果そのものは立派な日本一の炭酸泉であり、どの温泉でも驚くほど体が温まり、お肌もつるつる、リラクゼーション効果など、どんな酸性炭酸泉よりも、高い効果を発揮している。

図4は、筆者が世界の著名な炭酸泉のpHを測って歩いた一部であるが、炭酸泉として有名なドイツの自然炭酸泉も、長湯温泉もpHを実測してみると中性pHで、明らかに重炭酸イオン主体のお湯で、唯一、体中にびっしりと泡がつくことで人気のラムネ温泉はpH6.1と弱酸性であった。泡がつくという視覚効果はあるが、体の温まりは温度のハンデを差し引いても、鉄分の多い内湯のほうがはるかに温まるようで、泡がつくから効果が高いというのは錯覚ではないかと感じられた。

6. 家庭用重炭酸入浴剤の開発

以上の結果から、中性pHの血液に溶解し、血管を拡張させ、血流を増進する有効成分は炭酸ガ

スではなく、たとえば酸性であっても炭酸ガスが解離してわずかに存在する重炭酸イオンではないかという仮説が立てられる。

炭酸ガスの濃度が1,000 ppmの人工炭酸泉に高い温浴効果があるのは、図1で示したようにpH5.5で、およそ10%の重炭酸イオンが解離して存在するから、この重炭酸イオンが中性pHの血管に作用し炭酸効果を発揮しているのではないかという推察である。だとすると、人工炭酸泉1,000 ppm並みの効果は、たった100 ppm未満の重炭酸イオンの入浴剤で十分であるとも推定できる。

世界の著名な自然炭酸泉の効果も80~100 ppmの中性の家庭用重炭酸入浴剤で再現できるのであれば、この仮説を実際の中性重炭酸イオン入浴剤を作って立証することが非常に意味のあることと思い研究を開始した。

7. 炭酸効果の考察

世界の著名な自然炭酸泉のpHが中性であり、主成分は酸性でしか存在できない炭酸ガスではなく重炭酸イオンであり、細胞で発生する体内の炭酸ガスも酵素によって中和され、重炭酸イオンとして血管に溶解し、肺に運ばれているとすれば、医学的にも分析学的にも自然炭酸泉の炭酸効果は中性の重炭酸イオンであるはずだ。

では、過去の炭酸ガスを有効成分とする学説をどう理解すればよいのか？という問題が起こってくる。炭酸ガスを有効成分とする学説では、皮膚や肌は炭酸水中の炭酸ガスを良く透し、炭酸ガスは容易に血管に吸収され、血管を拡張し、血流を上げ、体温を高めてくれるとされ、水のpHが中性以上になると重炭酸イオン（炭酸水素イオン）になってしまうため、体内特に血管には取り込まず、炭酸ガスのような効果は望めないとしてきた。また酸性炭酸ガスの効果の特徴として、ある温泉紹介の資料にある図5の写真のように、手を浸した部分が紅潮し毛細血管の血液が増え、血流があがった酸性炭酸泉の効果の証拠としてきたものがある。中性pHの重炭酸泉ではどんなに体が温まる温泉であっても、浸漬した部分だけが赤くなるようなことは決してないのが特徴である。

血流を上げる反応が、血管への炭酸ガス成分の



図5 酸性炭酸泉に浸した手の紅潮

進入を体内センサーが感じ、血液のpHを変化させないよう血管拡張物質、いわゆる体内硝酸成分（プロスタグランジンE2など）を血管内壁に分泌し、血管を拡張させ、血流を上げ、肺での酸素吸収を高め、血液のpHを一定にしようとする生体恒常機能であるならば、体のいかなる部分をつけようとも全身の毛細血管の血流が上がるはずであり、全身の毛細血管が拡張しなければ血液は流れない。酸性炭酸ガス液に浸けた部分だけ赤く充血し、浸けない部分の血流が止まっているなら、単なるうっ血でしかないから、これは酸性で肌が刺激され、紅潮しただけで、血流とは関係ない症状ではないかと推察できる。もちろん内部で血流が上がっていたとしても紅潮現象とは関係ないと言う意味である。

生体恒常反応で血流が上がるといふ体の自然反応であれば、入浴はもちろん、手浴でも足湯でもシャワーでも体内センサーが働き、体全体の血流が上がるはずであり、お湯の温度が高くて、冷たくても血流が上がり、体は温まるはずである。そうでなければ本質的な温浴効果にはならない。そして重炭酸イオンであれば、わずかな濃度でも効果的に血流アップが可能なら、自然炭酸泉並の温浴効果を発揮できる家庭用入浴剤が開発できるはずであると、その開発を進めたわけである。

8. ドイツの自然炭酸泉や長湯温泉の効果を再現できる中性pHの家庭用重炭酸入浴剤の製造技術の開発

同じ中性pHでも、自然炭酸泉と重炭酸ナトリウム泉（重曹泉）では効果がまるで違う（図6）。地下で溶解した炭酸ガスが中和され重炭酸イオンと水素イオンに解離し、そのほか地下のミネラル成分などと共に湧出するのが自然炭酸泉であり、重炭酸ナトリウム（重曹）を添加して同じpHにしても、同じ効果は得られない。

また重曹と有機酸を酸性で反応させた場合は激しく炭酸ガスを発泡するが、中性pHで重曹と有機酸を反応させても炭酸ガスはあまり発泡せず重曹のまま溶けてしまう傾向があり、自然炭酸泉の

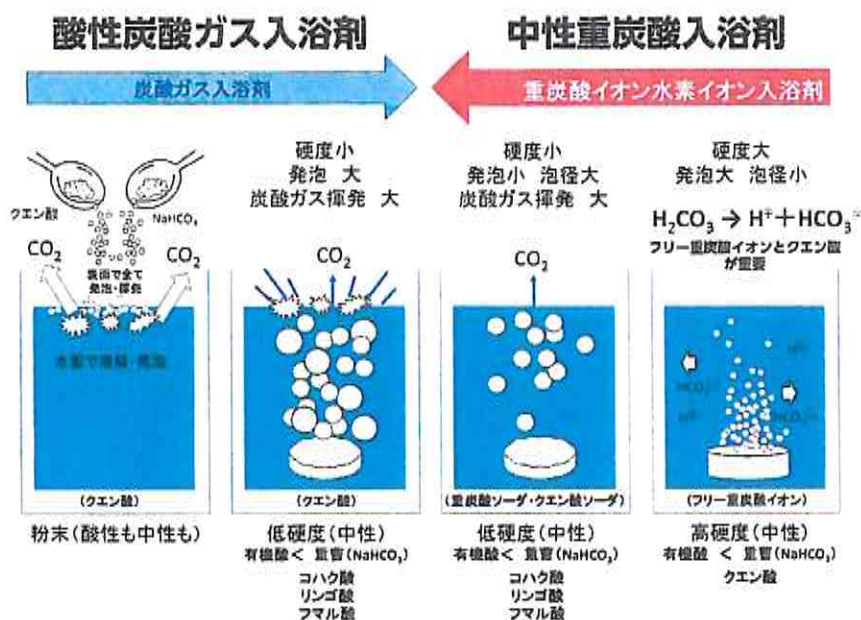


図6 酸性炭酸ガス入浴剤と中性重炭酸入浴剤の比較

効果を再現することはできない。

中性で激しく継続的に発泡し、十分な重炭酸イオンと水素イオンを得ることが自然炭酸泉を再現する唯一の方法だが、そのためには中性で反応性が高い、クエン酸を有機酸として使うことが必須となる。

クエン酸は細胞のミトコンドリアのエネルギー生産の要となるクエン酸回路の構成物質でもあり、疲労回復剤としても期待できるが、重曹との反応性が極めて高く、わずかな水分でも自己発泡してしまい、商品として密閉すれば数週間で爆発してしまうため、今まで誰も商品化することができなかった。またクエン酸は酸性では金属との腐食反応性も高く、お風呂を傷めてしまう危険性があり、どんなに使いたい素材であっても今までのような酸性入浴剤では実用することはできなかったようである。

そこで開発したのが、発明者がコニカミノルタ在籍時代に開発したマイクロカプセル造粒法を応用した製造法である。コストは高いが重曹粉体粒子を時間をかけて PEG6000 という水溶性高分子で被覆造粒し、クエン酸は単純造粒、両者を混合、平均硬度 80 kgsft 程度の超高硬度の錠剤として直径 30 mm、厚さ 12 mm、重量 15 g になるよう高压で圧縮成型する方法である。成分は PEG 以外重曹とクエン酸のみ、製造工程での打錠時の臼杵の滑り剤としてアルカンサルホン酸 Na を使うが、成分ではない。ほかには色もニオイもまったく使わない入浴剤として開発した。200 L のお風呂に 5 錠溶解した場合、お湯の pH が自然炭酸泉の代表的な pH 値 6.98 となるよう設計した。

こうして得た重炭酸入浴剤を酸性炭酸ガスの人工炭酸泉や酸性の市販入浴剤と比較して、レーザードップラー組織血流測定器を使って入浴時の血流の変化を測定してみた。

測定は図 7 に示したようにお風呂の外に出した手の甲の血流が少ない部分を決定し、入浴前から入浴後までの組織血流量の変化を測定した。結果を図 8 に示したが、中性 pH の重炭酸入浴剤の重炭酸イオン濃度はおよそ 80 ppm となるが、酸性の炭酸ガスタイプの市販入浴剤や人工炭酸泉 1,000 ppm と比較しても高い血流増加を示し、仮

重炭酸イオンによる血流アップの測定 血流測定（レーザードップラー血流計）

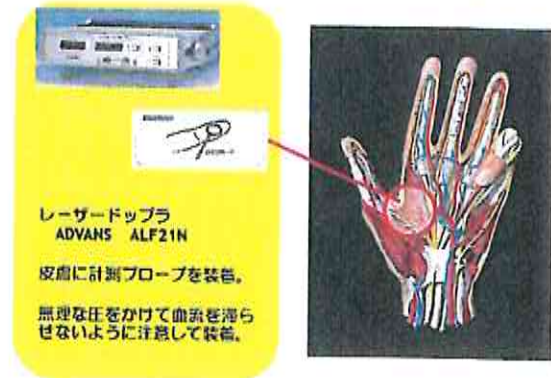


図 7 重炭酸イオンによる血流アップの測定

酸性炭酸ガス・中性重炭酸泉入浴剤の 入浴時の組織血液量の測定（38度C）

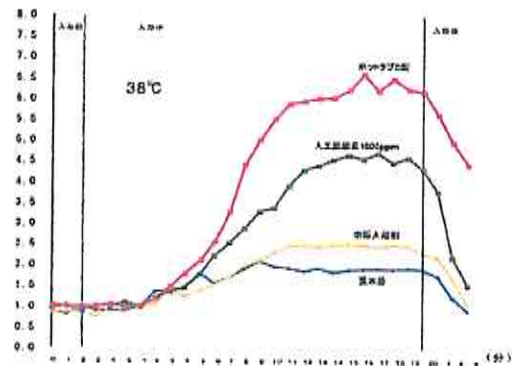


図 8 酸性炭酸ガス・中性重炭酸入浴剤の入浴時の組織血流量の測定（湯温・38度C）

説どおりイオン濃度が低い家庭用の入浴剤でも、中性 pH の重炭酸イオン入浴剤の場合は十分体を温めることができることがわかった。

また、同じようにシャワーでも温浴効果が得られるかを確認した。中性重炭酸イオン入浴錠剤をシャワーヘッドに入れ替えながらおよそ 20 分浴びた場合の組織血流量を、入浴時の試験同様にシャワー水に触れない片腕の同じ部分の組織血流量の増進効果を調べてみた。比較はクエン酸過剰な pH5.2 程度となる酸性炭酸ガス入浴錠剤を作製し用いた。図 9 に示すように、シャワーでも同じような効果が得られ、重炭酸イオン入浴剤の場合には、体に触れさえすれば、シャワーに当たらない部分の組織血流量も明らかに上昇し、従来言わ

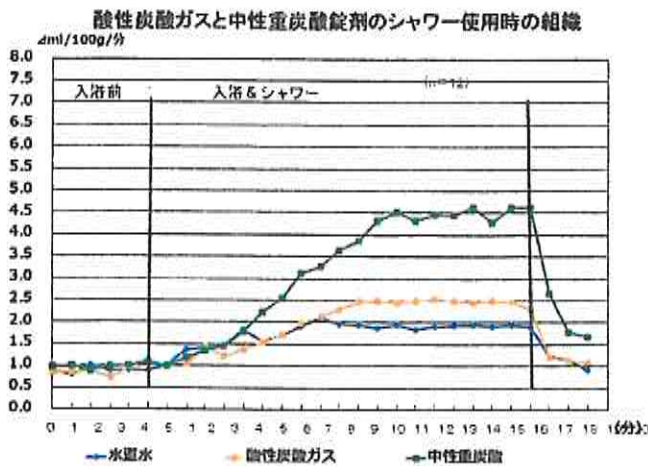


図9 酸性炭酸ガスと中性重炭酸錠剤のシャワー使用時の組織血流量の測定

れている酸性炭酸ガスのような、浸かった一部分のみが紅潮し血流が上がるというようなことは一切なかった。

9. 自然炭酸泉が若返りの湯とか、美人湯と呼ばれる効果について

自然炭酸療養泉の一部は、命の湯とか若返りの湯とか呼ばれ美容目的の療養がある。そこで、中性重炭酸湯の商品、スパークリング・ホットタブについてその抗酸化能について測定してみた。(以下重炭酸湯をホットタブと称する)

9-1. 抗酸化とは

生命は酸素を利用することで、エネルギーを作り出す。酸素の一部はその過程で「活性酸素」と呼ばれる分子に変わり、ヒトの生命維持に重要な働きをすることがわかっている。正常な状態であれば、必要以上に生成された活性酸素は、生体内の抗酸化能によって速やかに消去されるが、消去しきれない過剰な活性酸素が生じる場合、生体の構造や機能を担っている脂質、タンパク質、酵素、核酸などを酸化して損傷を与え、構造や機能を障害してしまう。このように活性酸素の生成と消去のバランスが崩れた状態を「酸化ストレス」と呼び、酸化ストレスは体のさびつき度合を表す指標と言われ、肥満、生活習慣病、認知症、疲労、白内障、肌老化などの様々な疾病の原因になるといわれている。主な活性酸素には、スーパーオキシドラジカル、ヒドロキシルラジカル、一重項酸素、

一酸化窒素ラジカル、過酸化水素などがある。

9-2. 抗酸化能とは

抗酸化能とは、「活性酸素」を抑える作用のことをいい、抗酸化能を持つ物質を抗酸化物質と呼び、この食品には抗酸化能があるなどと言う。そこで、中性の重炭酸湯ホットタブ自身に抗酸化能があるかどうか、電子スピン共鳴 (Electron Spin Resonance: ESR) 法を使用して測定してみた。

図10aにホットタブのスーパーオキシドラジカルの消去活性を示した。ホットタブ20mg/mL (20g/L)の濃度で、80%近く消去していることがわかる。つまり、ホットタブそのものが抗酸化能を持っていることを示している。図10bには、ホットタブのヒドロキシルラジカルの消去能を示したが、ホットタブ25mg/mL (25g/L)の濃度で、ほぼ半分程度を消去している。図10cには一酸化窒素 (NO) ラジカルの消去能を示した。NOラジカルの消去能はあまりないが、以上の測定結果から、ホットタブそのものに抗酸化能があるということが、十分証明されると考える。

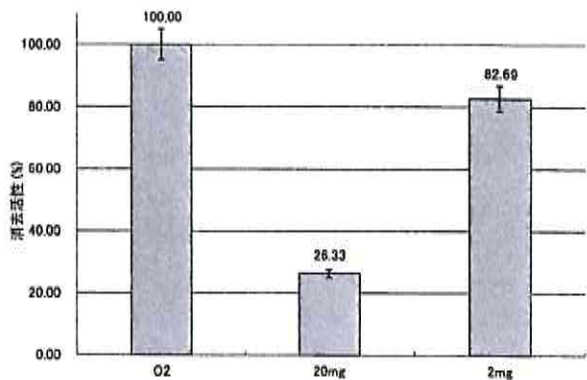


図10a スーパーオキシドラジカル消去活性

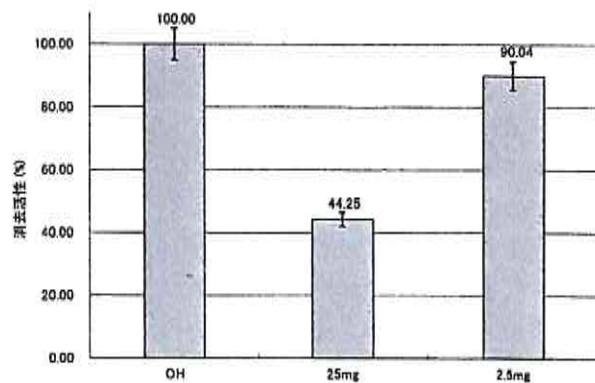


図10b ヒドロキシルラジカル消去活性

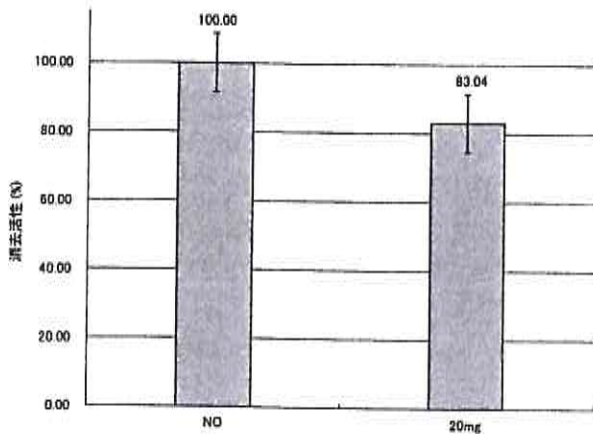


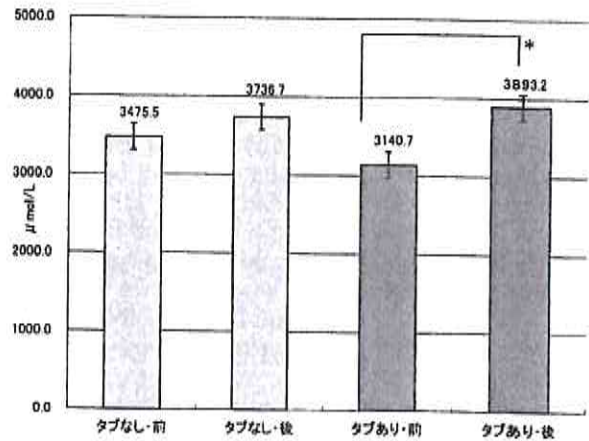
図 10 c NO ラジカル消去活性

9-3. ホットタブ入浴における抗酸化能測定

ホットタブそのものに、抗酸化能があることがわかったので、ホットタブを入れて入浴した場合、どうなるか調べてみた。図 11 には、BAP（還元度測定：Biological Anti-oxidant Potential）テストの結果を示した。BAP テストとは、サンプルの還元能を評価する方法で、還元能が高いということは、抗酸化能が高いということで、今回は唾液を使用して測定した。BAP テストは、ホットタブがない風呂に入浴する前後と、ホットタブの入った風呂に入浴する前後のヒトの唾液の抗酸化能を測定したものを示した。入浴する前と入浴した後の唾液を採取して、その唾液の抗酸化能を測定したものである。図からもわかるが、ホットタブなしの場合は、入浴前後でほとんど差がないが、ホットタブありの場合は、有意差をもって、入浴後の BAP の値が上昇していることがわかる。すなわち、ホットタブありの風呂に入浴した場合は、ヒトの抗酸化能が上昇したことを示している。

9-4. AMSAT（全自動皮膚抵抗測定システム）

AMSAT（アムサット：Auto Matic System for Analysis & Theory）とは6つの電極へ微弱な電流を流し、身体の皮膚の厚さ、水分量、電気伝導等によって被験者の皮膚で生じる導電率を機器で全 22 チャンネルを計測（17 秒で測定可）し、専用のソフトウェアへフィードバックして解析することができる機器である。左頭部→左手、左手→左前頭部、右頭部→右手、右手→右頭部、左頭部→右手…と電極間の極性を変えて連続計測する。測定時の電子的刺激は電圧 2 V、電流 50 μ A、周



*: p<0.05 (by chi-square test)

図 11 BAP

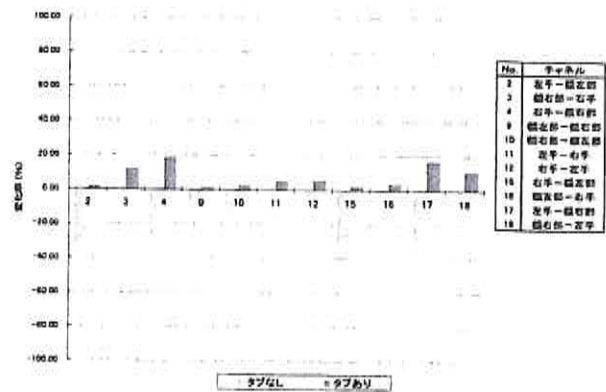


図 12 伝導率変化 比較グラフ

波数 10~25 Hz（自動的に被験者にとって最適の周波数が選ばれ、最大周波数 1000 Hz）と微弱で安全性が高い測定法である。

今回、ホットタブ入浴後の効果を見るために、AMSAT 測定を行ってみた。図 12 に 20 代の女性の伝導率変化の比較の結果を示した。ホットタブなしの入浴の場合と、ホットタブありの重炭酸湯の場合では、11 チャンネルで、明らかに重炭酸湯入浴に変化率がプラスであるのが、このグラフからわかる。ホットタブ入浴ではみずみずしさが失われず、長時間入浴してもお肌の水分が取られることがなく、赤ちゃんや敏感肌の方にも好ましい入浴剤となることを裏付けている。

10. 残留塩素の除去能力の測定

抗酸化能があることから残留塩素の除去能力を測定してみた。本実験は東京立産業技術研究センターにおいて行った。

市販の次亜塩素酸ナトリウムを希釈し、残留塩素濃度が 0.5 mg/L 及び 2.0 mg/L となるようそれぞれの水溶液 1 L を調整して作成した。なお希釈水は約 40℃ の純水を用いて作成した。純水希釈液を 40℃ に一定に維持しながらスターラーで攪拌し、一方に薬用重炭酸湯スパークリング・ホットタブ 0.5 g を添加し、まったく添加しない液をブランクとして、それぞれ、10 分後、60 分後について、残留塩素の濃度を測定し比較した。

その結果、ホットタブを添加した 40℃ の湯はいずれも残留塩素は検出されず、ゼロであったが、ホットタブを添加しないブランク液は、いずれも 0.5 mg、2.0 mg の残留塩素が検出された。

塩素除去の効果については、水素イオンによる還元反応か、クエン酸による中和かは明確になっていないが、塩素の除去はお湯を柔らかくし経皮吸収毒による影響をなくすことができ、より温泉のような柔らかい入浴が楽しみ、リラクゼーション効果を最大に発揮でき好ましい性能である。

11. 考察

ドイツの自然炭酸療養泉や大分長湯温泉の pH は中性で、炭酸ガスが存在しにくい環境であり、重炭酸イオンが主体の温泉であるにもかかわらず、炭酸泉と呼ばれ、ドイツでもそのお湯での温浴療法は Carbon Therapy と呼ばれ、炭酸ガスが重要な有効成分として説明されてきた。

また、湧出孔で測定されるため、これら中性下でも地下の高圧下で溶解している炭酸ガスは、高濃度に分析できるため、炭酸泉として説明されてしまったのだろうと思うが、医学的にも分析学的にも中性 pH の血液へ溶解するのは重炭酸イオンであり、炭酸ガスでは溶解度が低すぎて酸素とのガス分圧が合わず、呼吸できないことになってしまい、生体恒常機能としての血液の pH 維持も、重炭酸バッファーと呼ばれていることから、血液への炭酸ガスの溶解は重炭酸イオンとして溶解し、血管を拡張させると説明するのが妥当であろう。

中性の重炭酸イオンであればわずか 80 ppm 程度の低い濃度であっても、1,000 ppm の酸性人工炭酸泉並みの大きな血流増進効果が得られ、例え

ばシャワーでも、十分な血流増進効果が得られることがわかった。

また、中性で炭酸ガスを発泡させ、自動的に重炭酸イオンと水素イオンに解離させる中和反応は、自然炭酸泉の地下での炭酸ガスの溶出と中和反応を再現した入浴剤とすることができ、結果的に高い抗酸化能や残留塩素除去能力を付与し、より温泉風の、まるで美容液のよう、と言われる柔かなお湯を作り出す入浴剤を開発できたことは大きな収穫であった。

酸性の炭酸ガスが有効であるという理論がまだまだ主流であるが、大きな発明や発見は常識の盲点について行われるというが、炭酸泉と呼ぶためには 0.25 g の遊離炭酸（炭酸ガス）を含まなければならないという温泉法での規定があり、これが常識の罫をつくってしまったようであり、炭酸泉にとらわれず重炭酸泉という温泉ジャンルを作るべきである。

今後は、中性 pH の重炭酸イオン泉と酸性炭酸泉とを明確に区別した研究が進められるべきであり、過去の研究でも炭酸ガスの濃度以外お湯の pH などはあまり考慮されてこなかった。重炭酸泉は医学的な効果が非常に高そうなので、今後多くの研究者が、中性の重炭酸泉の効果や臨床試験について、積極的に研究を進めていただければと願うものである。

参考文献

- 1) 浦川豊彦, “炭酸泉は未来を描く”, くまざさ出版社 (2011)
- 2) 岩瀬義彦, 森本武利 編, “やさしい生理学 (改訂第 4 版)”, 南江堂, (2001)
- 3) 河田光博, 三木健寿 編, “解剖生理学”, 講談社, (2004)
- 4) W.F. Ganong, “医科生理学展望 (原著 14 版)”, 丸善出版 (1990)
- 5) 前田眞治, “炭酸パワーで健康になる”, 洋泉社 (2012)
- 6) F. Rippke, V. Schreiner, H.J. Schwanitz, *Am. J. Clin. Dermatol.*, **3**, 261~272 (2002)
- 7) J.P. Hachem, D. Crumrine, J. Fluhr, et al., *J. Invest. Dermatol.*, **121**, 345~53 (2003)
- 8) 傅田光洋, “賢い皮膚”, 筑摩書房 (2009)
- 9) 傅田光洋, “皮膚は考える”, 岩波書店 (2005)

Effects and Development of Manufacturing Technology of Bath Additive “Jutansan-Yu”

Abstract : It is known that the world's famous natural carbonated springs are neutral pH of 6.5 to 6.9, and 80% of their components is bicarbonate ion but not carbon dioxide. The pH of artificial carbonated spring and carbonated bath additives is in between 4.5 and 5.7 and 80% of them is carbon dioxide. Accordingly, although effects of carbonic acid in those products are emphasized, it could be predicted that the mechanism of such effect between them should be apparently different. Authors have analyzed the mechanism of effects of neutral pH natural carbonated springs which therapeutic effects are known well and have proceeded with research based on the thought that if such natural carbonated spring could be replicated we could develop home use bath additive which has more effects. As the result, we found the way of manufacturing neutral bicarbonate bath additive by molding sodium bicarbonate and citric acid as ultrahard compressed tablet under the conditions that it can release carbon dioxide bubble in neutral condition. We have examined this tablet in terms of warm bathing effect, antioxidant potential etc. in comparison with the other acidic products such as artificial carbonated springs and conventional carbonated bath additives, and as the result, we found that this neutral bicarbonate tablet provided much more effect in increasing blood flow than others. In addition, this neutral bicarbonate tablet has useful effects that are antioxidant potentials as well as removal of chlorine.

Key words : koboshi method, bicarbonate ion therapy



Shigeharu Koboshi^{*1}



Kazue Sato^{*2}

^{*1} HOT ALBUM Tansansen Tablet, Inc

株式会社ホットアルバム炭酸泉タブレット

〒192-0082 東京都八王子市東町 1-10 グランデハイツ八王子 3F

^{*2} School of Medicine, SHOWA UNIVERSITY

昭和大学 医学部

〒142-8555 東京都品川区旗の台 1-5-8

^{*1} 1963 年神奈川県立相原高校 工業化学科卒業。

1963 年小西六写真工業(株) (現コニカミノルタ) 入社、技術部所属。

1978 年社内国内留学制度により都立大学 工学部卒業。

1978 年世界初 顔写真つき ID カードを開発大阪万博に出品警察庁から注目 (免許証)

1970 年世界初 カラー写真の水洗処理をなくした店頭 1 時間処理システムを開発

1984 年世界初 写真の処理剤の錠剤化技術を開発、ドライ化を実現

1995 年科学技術庁長官賞 受賞。

1998 年紫綬褒章 受賞。

1999 年コニカミノルタ(株)を定年。

2004 年特別顧問を退任。

2006 年写真技術で社会に恩返しを社是に ホットアルバムコム株式会社を設立。

2011 年株式会社ホットアルバム炭酸泉タブレット設立。重炭酸入浴剤開発。

日経流通新聞賞、システム開発賞 (日本経済新聞社)、技術賞 (日本写真学会)、技術賞 (日本化学工業協会)、全国発明賞 (特許庁)。

^{*2} 1961 年岡山県立玉野高校 卒業。

1967 年富山大学 薬学部卒業し、薬剤師免許取得。

1967 年昭和大学 薬学部助手、1982 年昭和大学薬学部薬学博士取得。

1998 年昭和大学 薬学部分析センター講師。

2004 年東京工科大学 応用生物学部兼任講師 (薬学概論)。

2004 年昭和大学 医学部第一解剖学客員教授、現在に至る。

2010 年東京工科大学 医療保険学部兼任講師。

日本酸化ストレス学会 (評議員)、日本抗加齢医学会 (評議員)、日本アロマセラピー学会 (評議員)、日本油化学会 (代議員)、日本ビタミン学会、日本臨床生理学学会、日本薬学会。