

炭酸浴（炭酸泉）

K. L. Schmid

物理医学，温泉学，リウマチ学・臨床研究施設，バード・ナウハイム

天然炭酸水（正確には二酸化炭素含有泉）を用いた温泉療法は最も伝統的な治療法であり，応用温泉療法学の最もよく研究された方法でもある．古い昔から，この“炭酸泉”と名づけられた泉源は，温泉浴のみでなく，飲用にも用いられた．H. D. Hentschel が，炭酸水の歴史についての総説でのべているように，主な直接作用はすでに初期の温泉医により，くり返し観察されている．Bad Nauheim の Bode は“充血した，ビロード状の，赤くなった皮膚”を観察し（1845），Piderit（1836）と Beneke（1859）は，CO₂ 浴で温かく感ずることと浴部分の皮膚潮紅を記載し，Goldscheider はすでに 1911 年に炭酸の感覚刺激による皮膚潮紅が血管運動によるとの可能性を論じている．Hediger（1928）による吸収実験で CO₂ が無傷の皮膚を通過して吸収されることが，当時の量的測定はまだ誤りが多かったけれども，初めて証明された．

定 義

“定義”（表 1）に従えば，炭酸泉として，自然に噴出し，または掘削された泉には，最低限界濃

度として 1000mg/kg の遊離 CO₂ が含まれている．飲用泉としての最低限界濃度はドイツ語圏内で異なっている（オーストリア，飲用泉として 250 mg，スイス，飲用泉及び温泉濃度として 250 mg）．炭酸温泉では温度が 20℃を越えていることが必要である．他にミネラル（例えば鹹水）についていくつかの項目がつけ加えられている．

炭酸の由来は主に火山で，沈静化した火山に由来している．従って炭酸泉の存在は地理的に古い火山地帯に限られている．このため CO₂ を含む多くの泉は実際に大部分“初生水”である．ごく稀に有機体が崩壊するとき，炭酸塩が分解して炭酸が産生されることがある．また炭酸はガスの形でいわゆるガス泉（炭酸噴気）として噴出することがある．

温泉適用における炭酸の薬理

安静時には，人で毎分約 250 ml の CO₂ が産生され呼出される⁶⁾．全身浴では，濃度，測定法，温度によって，10 から 80 以上，平均 30ml CO₂/min/m²（1.8–4.5 l/時間に相当）が皮膚表面から吸収される．この量はこの時間に生体

表 1．炭酸泉の限界濃度値（定義より抜粋）

b) 特に有効な成分を含む水．有効な成分の含有量は次の値を超えなければならない．	
1．鉄含有水	20mg/kg 鉄
2．ヨード含有水	1mg/kg ヨード
3．硫黄含有水	1mg/kg 硫酸硫黄（S）
4．ラドン含有水	18nCi/kg
5．炭酸水又は炭酸泉	1000mg/kg 遊離 CO ₂
6．弗化物含有水	1mg/kg 弗化物

c) 自然の温度が 20 以上の水（温泉）

d) 使用する場所で，すべての値が最低値（a–c）に達し，または超えていなければならない．

が曝露される CO₂ 量の 10 から 12 % に相当する . このように炭酸は水より 100 倍強力に吸収される¹²⁾. 温泉浴により付加的にとりこまれた CO₂ はすばやく呼出されるので , 血中の CO₂ 濃度の変化は認められない . CO₂ を吸収した毛細血管の領域では局所的な pH 変化が起こり , ヘモグロビン解離の促進と , これによる当該組織へのより強い酸素供給 (ボア効果) が起りうる¹²⁾.

炭酸浴の直接作用

患者にとって印象深い 2 つの効果が観察される . 皮膚表面の無数の水泡と皮膚潮紅 (薄い虚血性の境界によって , CO₂ 泉に浸されていない生体部位とはっきりと区別できる) とである . 水泡は無数の炭酸水泡 (図 1) で , 毛皮のように皮膚に密着し , “ ガス刷子 ” と表現されている . 以前は , 間違

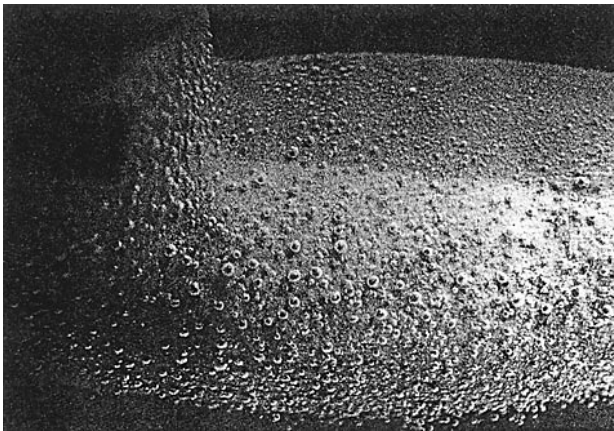


図 1 炭酸浴中の前腕部の CO₂ 泡

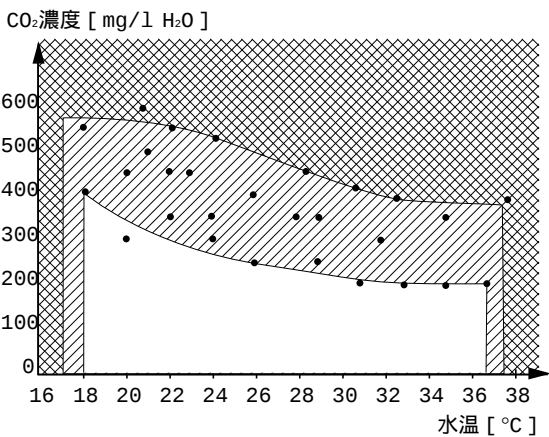


図 2 炭酸浴中の皮膚潮紅 . 遊離 CO₂ 濃度と水温との関係 = 皮膚潮紅の視認 ; 片斜線区域 = “ 敏感な ” 皮膚での皮膚潮紅 ; 両斜線区域 = 常に皮膚潮紅がみられる . 冷および温領域での垂直境界線は , この部から CO₂ と無関係に (温度の影響で) 皮膚潮紅がみられることを示す⁹⁾.

って , この水泡によって冷たい水と絶縁されるので , その温度の CO₂ 泉を温かく感じるとされていた .

炭酸浴での皮膚潮紅 (図 2) は , 300 から 400 mg / l CO₂ の濃度からすでに観察され , 温度依存性である . 前毛細血管小動脈と毛細血管の拡張によって引き起こされる . Schnizer と Erdl¹³⁾ の研究によれば , 皮膚血管の自発的血管変化 (“ 血管運動 ”) が促進される (図 3) . 末梢血管拡張によって , 明らかな持続的な末梢血管抵抗の減少と血圧の低下が起る . アドレナリン値およびノルアドレナリン値の減少もこれに関与していると推定されている^{6,7,8)} . 真水での不感温度 (約 35°C) 以下の温度の CO₂ 泉浴で感受される温度は , 皮膚冷受容器の抑制と温受容器の刺激により影響される . これによって不感温度は約 33°C に低下する . すなわち 33°C の水温では , 真水の場合には冷たいと感じられるのに , CO₂ 泉浴では冷たく感じられない .

このため 33°C の CO₂ 泉浴では生体は軽度のしかし有意の低体温となり , これに伴って酸素消費量が減少する (図 4) . 明らかな徐脈がみられる . Beneke が “ ナウハイム炭酸温泉 ” についての主要著書の中で述べているように , “ 単純な炭酸浴の直接作用により脈拍数と呼吸数は両者とも明らかに減少する ” .

全体として , CO₂ 浴により経済的 (栄養向性の) 条件下での心臓の低量負荷の形で循環系全体に劇的な変化がおこる . とくに圧軽減により , 以前は “ 心臓の体操時間 ” (この表現は全くの間違いではない) と呼ばれていた現象がおこる . さらに直接作用として , 末梢小動脈血流障害で , 患部で低下していた赤血球の弾性が高くなることによって血

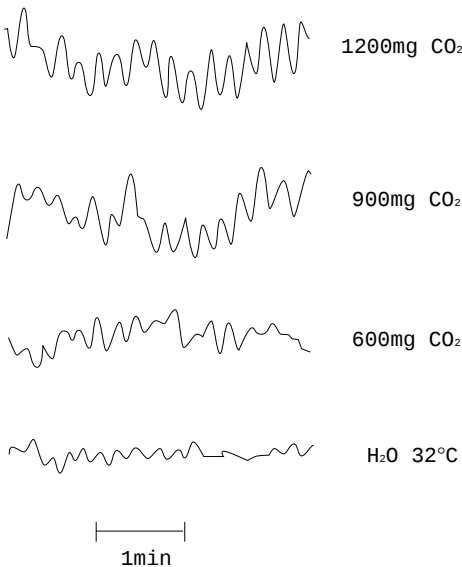


図 3 CO₂ 濃度と血管運動振動 (記録原図)¹³⁾

炭酸浴（炭酸泉）

液の流動性が改善されることが証明された．動物実験でCO₂浴は実験的に作られた炎症に影響を与える．炭酸水のみでは多くの場合炎症を悪化させるけれども，3 % NaClを加えると消炎作用があることが明らかにされている．このことは治療泉の化学成分の全体像を常に考慮する必要のあることを示している．Gadomski⁶⁾によって証明されたCO₂浴の壊死やじょく の潰瘍などの外傷に対する明らかな効果でも同様であろう．

小括すると，CO₂含有水の水浴により，多くの皮膚の局所変化と循環全体の根本的な変位が引き起こされる（表2）．この事実はCO₂温泉療法の適用により，確実な自然科学的根拠を与えている．

胃粘膜へのCO₂の間接作用

炭酸泉の飲用が胃酸分泌を刺激することは古く

表2 炭酸浴の直接作用

- 皮膚におけるCO₂浴の一次作用
1. 皮膚にCO₂ガス泡の附着

2. 皮膚を通過のCO₂の拡散（ガス泡からではない）．影響する要因：

—分圧勾配

—血流

—皮膚の性状

3. CO₂の吸収（10–80ml/CO₂/分，平均30 ml/min/m² 体表面積．約1.8 から4.5 l/時間に相当する）（＝同一時間に生体で産生されるCO₂量の10 %）

4. 吸収されたCO₂の急速な輸送
- CO₂浴の二次直接作用
1. 皮膚潮紅，鮮明な虚血性の境界線がある（300–500 mg CO₂/l 以上）

2. 前毛細血管小動脈の変化．血液が流れる毛細血管の増加による．

3. 毛細血管の血流の促進．

4. 自発的血流変動（“血管運動”）の振幅増加

5. 冷受容器の抑制と温受容器の刺激．これにより中間温度が35 （真水）から32–33 （CO₂水）に低下する．

6. 32–33 の全身浴で核心温が0.5 から1 低下．

7. 循環状態の変化

—末梢血管抵抗の減少

—“生体末梢部の自動輸血”

—血圧低下

—徐脈

結果：軽度の低体温症の経済的—栄養向性—条件下での低容量負荷（HMY増加は30から50 %にすぎない）．
反復：長期にわたる循環系の適応性の変化．

表3 CO₂水飲用の主要作用

1. 胃の粘膜充血
2. 呼吸速度の促進（CO₂，アルコール，Ca⁺⁺，Mg⁺⁺，アスピリン等の）
3. 状態により，呼吸数増加，中枢神経系興奮
4. 胃分泌と胃運動の促進

から知られていた（図5）．胃腸管への作用はしかしまだほかにもある（表3）．CO₂を含有するコップ水に人気のあるのは，炭酸の食欲改善の作用によるのみではない．特に炭酸の胃粘膜の吸収促進作用は無視できない．

CO₂浴の長期作用

CO₂浴の直接作用が治療目的に応用され，炭酸の薬理学的作用についてもよく追求され証明されている．しかし“反復されるクアとしての適用によって始めて望みの持続的長期的効果が得られ，”それによって“クアの効果”が決定される．この長期効果は個々の作用の単なる加算によるもので

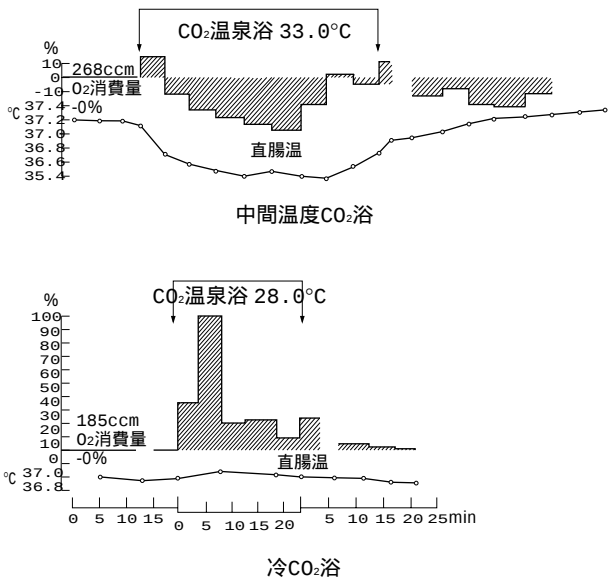


図4 中間温度と冷温の炭酸浴における直腸温と酸素消費量の変化（Gollwitzer-Meierによる）¹⁶⁾

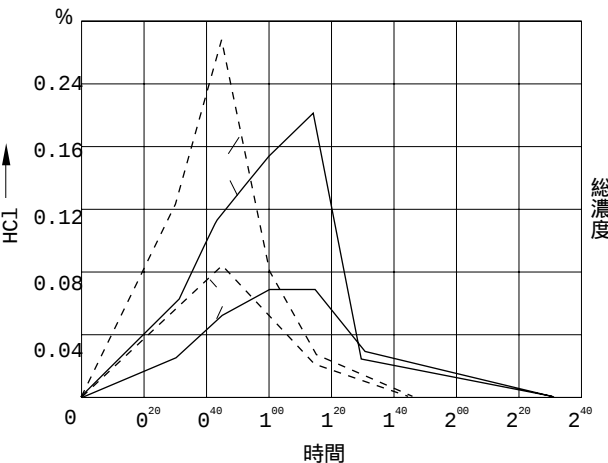


図5 胃液分泌に及ぼす炭酸の影響．分泌曲線 →水→ CO₂水， 遊離HCl， 総酸度¹⁶⁾

はなく，刺激，応答，適応の治療における自律神経系の根源的な変化によってもたらされる^{2,10)}．自律状態の“栄養向性経済性”の変化によって，時間の経過とともに一時的な状態の悪化（クア分利）が引き起こされることがある¹⁰⁾（図 6: 4.-7.CO₂ 浴）．

CO₂ ガス浴

地方に密着した，自然の治療薬としてのCO₂は水にとけた状態だけでなく，純然たるガス泉（炭酸噴気）の形で自然にまたは掘削されて得られる．CO₂ガス泉の直接作用はCO₂水浴とほとんど同じである．ただ皮膚潮紅はより高い温度で起こる（図 7）．CO₂の吸収は蒸気の噴出によるCO₂ガスの湿潤化によって促進される．しかし，このような湿度の多い温かい状態によって，静水圧の減弱によって得られた心負荷の軽減が少なくとも一部分再び加えられる．

人工的CO₂ 泉

自然の土地に密着した，または/あるいは土地の慣例である自然治療剤の定義にしたがえば，人工的に作られたCO₂水を用いた治療は，古典的意味

では温泉治療とはいえない．しかし注意深い技術的な準備によって（重炭酸ナトリウムまたは他の塩類から），浴水中の濃度を自然のCO₂水と同じ直接作用を示す濃度まで高められることは疑いなく可能であろう．これによって古典的な炭酸浴クア作用の一部を真似することができようが，全体としての付加的な治療が欠けているので，複雑なクア全体の代りをすることは困難であろう．

CO₂ 浴の適応

現在有効と認められているCO₂浴の主な適応を表 4 にまとめた．ほかに，CO₂浴治療は機能的心障害，リウマチ症（とくに塩や他のミネラルとの併用で），および多くの自律機能調節障害にも適用される．さらに静脈性血流障害では冷たいCO₂浴が評価されている．CO₂ガス浴の適応としては，これに加えて，難治性の外傷，潰瘍，じょく潰瘍がある．さらに水浴が禁忌の場合に，CO₂水浴の古典的適応にも用いられる．冠疾患，心不全，期（NYHA），心不全後のリハビリテーション（DDR と東欧諸国では複合治療の領域で適応として認められている）への適用についてはまだ論議中

表 4 CO₂ 浴によるクアの主要適応症

1. 高血圧症，特に境界高血圧症
2. 小動脈閉塞，期
3. 機能的な小動脈血流障害
4. 微小循環障害
5. 機能的な心機能障害
CO ₂ ガス浴に特有のもの
難治性外傷，局所性血流障害，水浴が禁忌でCO ₂ 治療適応のもの

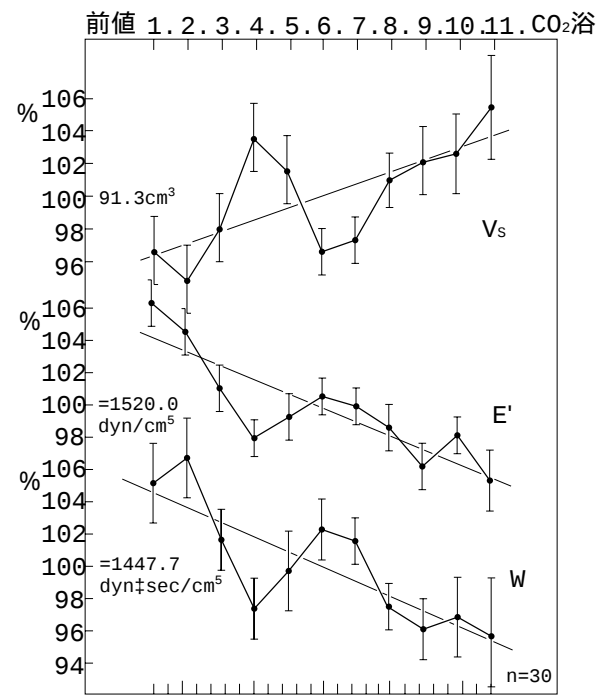


図 6 CO₂ 浴によるクア中の 1 回心拍量 (Vs)，小動脈弾性係数 (E')，および末梢血管抵抗 (W) の変化¹⁰⁾

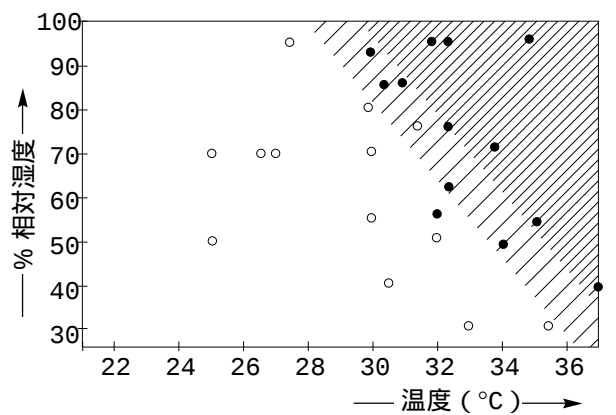


図 7 CO₂ ガス浴（80Vol % 以上，CO₂: 15 分）中の皮膚潮紅．温度と相対湿度との関係．
● = 皮膚潮紅 ○ = 皮膚潮紅なし
斜線の密な区域ではつねに皮膚潮紅が発現する．同じ条件での空気浴では皮膚潮紅はおこらない⁹⁾．

炭酸浴（炭酸泉）

である⁶⁾。

CO₂ 温泉治療の禁忌と注意事項

急性有熱性疾患，消耗性疾患，潰瘍など，さらに全身浴での浸漬作用のために禁止されている種々の心循環代償不全はそれぞれの地方で行われている温泉療法では一般的禁忌とされている．そのほかにCO₂ 温泉治療に特異的な禁忌として，重症の低体温症，新しい心梗塞，大動脈及び僧坊弁狭窄，重度の先天性心不全，肺性心，高炭酸血を伴った気管支肺疾患，急性の炎症性血管疾患がある．重症の脳血流障害も温泉療法では禁止されている．CO₂ 泉源を温浴に用いるに当たり，人が大量のCO₂ を吸入しないよう確実に処理しなければならない．CO₂ 温泉の水面での測定によって2 - 4 %，時とするとそれ以上のCO₂ が空気中に含まれていることが明らかにされている．患者に鼻や口を必要以上に水面に近づけないよう，またCO₂ 温浴中に無理な動きをしないよう指導しなければならない．それでもなおときに中枢神経症状（血圧上昇，脳低酸素症候群）がみられることがある．

小括すると，120 年以上に亘る組織的な熟練したCO₂ 水を用いた温泉治療，特に心臓と末梢血管の疾患の治療は近年に至り自然科学的に見事に基礎付けされた．炭酸浴のように，広く多様な基礎知識を利用することのできる自然の治療剤はない．昔の適応症のいくつかが古くなり，近代心臓学の発展によって無用とはなったけれども，今日なお有効とされている適応症に対する炭酸浴を用いた温泉療方は，しばしば一生に亘っての治療計画を行うのに重要かつ有効であり，治療のために望まれる作用は温泉治療期間を越えて続いている．ナウハイム温泉の“炭酸温泉”において炭酸が心血管作用に有効な要因であることをまだ認めていないF. W. Benekeはそれにもかかわらず次のように述べている．“ リウマチのために苦しんでいる心臓病患者を入浴させるのをためらったことはない．私はこのような患者の入浴が無意味ではないと信じている．”

この様によく研究されている温泉療法が各地の

クアで行われている複合的な治療計画，リハビリテーション計画，予防計画などで再びより広く利用されることを望んでいる．

参考文献抜粋

1. Amelung W, Evers A (1962)(Hrsg) Handbuch der Bäder- und Klimaheikunde, Friedrich Karl Schattauer, Stuttgart.
2. Amelung W, Hildebrandt G (1985)(Hrsg) Balneologie und Medizinische Klimatologie, Bd 2, Balneologie, Springer, Wien Heidelberg New York Tokyo.
3. Bassenge E, Hartmann B (1984)(Hrsg) Internationales CO₂-Symposion, Bad Krozingen, Kohlensäurebäder: Wirkungsmechanismen und Therapiemöglichkeiten. Bestandsaufnahme1984. (Sonderheft 2) Z phys Med Baln Med Klim 13.
4. Bühring M, Jungmann E, Noormalal R, Rasche S, Wiesner J (1987) Plasmatische Reninaktivität und Aldosteronspiegel bei Patienten mit Hypertonie im Kohlensäurebad. Z phys Med Baln Med Klim 16: 277.
5. Eckl HJ (1982) Zur Wirkung natürlicher Sole- und Kohlensäure-Sole-Thermen auf experim-entelle Entzündungen. Inauguraldissertation, Giessen.
6. Hartmann B, Bassenge B (1987) Alte und neue Grundlagen der Balneotherapie mit Kohlen-säurethermen. Z phys Med Baln Med Klim 16: 205–206.
7. Hartmann B, Butz V, Bassenge E (1987) Grundlagen und Indikationen der CO₂-Therapie, Heil-bad und Kurort 39: 291–293.
8. Hartmann B, Pohl U, Sommer O, Bassenge E (1987) Senkung peripher-venöser freier Katecholaminspiegel hydrirter gesunder Probanden während 30 minutiger Immersion in kohlen-säurehaltigem Bad Krozinger Mineralwasser. Z phys Med Klim 16: 278.
9. Hentschel H-D (1967) Über die Hautrötung im Kohlen-saurebad. Allgemeine Therapeutik 7 180–186, 216–224, 251–261, 279–286, 331–341, 437–439.
10. Hildebrandt G, Steinke L (1962) Zur Frage der Kreislaufumstellung während CO₂/Badekur. Arch phys Ther 14: 321–326.
11. Jorden H (1980) Kurorttherapie, 2. Aufl VEB Gustav Fischer, Jena.
12. Pratzel H (1984) Aufnahme, Abgabe und Stoffwechsel von CO₂ beim Kohlensäurebad. Z phys Med Blan Med Klim 13: 25–32.
13. Schnizer W, Erdl R (1984) Zur Objektivierung der Wirkung von Kohlensäurebädern auf die Mikrozirkulation der Haut mit dem Laser-Dopplerflowmeter. Z phys Med Blan Med Klim 13: 38–41 (Sonderheft 2)
14. Schnizer W, Ernst E, Erdl R (1986) Neuere Erkenntnnisse zu den Wrikmechanismen von Kohlensäurebädern. Z phys Med Baln Med Klim 15: 1063–1064.
15. Teubl H, Hillebrand O (1988)(Hrsg) Handbuch für den Kurarzt. Österreichsche Ärztekammer, Wien.
16. Vogt H (1940) Lehrbuch der Bäder und Klimaheilkunde, 1. Teil. Julius Springer, Berlin.
17. Witzleb E (1968) Kohlensäurewässer. In: Amelung Evers A