

引湯による温泉の成分変化について

鈴木 一 男

(福島県立飯坂病院)

(昭和30年11月12日受理)

I 緒 言

特殊な温泉地の立地条件を除いては、多くの場合に泉源から引湯して、浴槽に誘導しなければならぬ。引湯にあつては、溶存ガス体、易酸化成分、泉温の低下、圧力の変化並びに施設引湯管の腐蝕等が問題となり、最近では、温泉工学的立場から研究されているが、各温泉について見れば、泉質は夫々異り、泉温の高いもの、或は低いもの、地形の起伏、気象の相違等々の諸条件が千差万別であるから、独自の研究を必要とするものである。院内泉は、第一図に示した立地条件下にあり、これを浴槽に引湯した場合に受ける温泉の成分変化の様相を知つて、施設の不備を改善し、併せて医療効果の最善を期したいと考え、次の如き調査を行った。

II 院内泉の引湯状況と調査箇所

① 源湯の位置：第一図に示す如く、病院構内南側、赤川に沿い、標高89.5m。周囲に断崖を配した狭谷を形成しており、段丘上の標高は105.9mである。

② 引湯状況：機械揚湯(明電舎製2HP、回転数2390r/Mのポンプ使用)である。吸湯管は、真鍮製(管径3吋)、他は、亜鉛引鉄管(2吋)及びエタニットパイプ(以下エタパイと略す—80mm)を使用している。その配管状況は、第一図に示したが、源湯から赤川を横断した部分、AよりB点までは約30°の勾配をなし(エタパイを地下1~2尺に埋設)、B(断崖)より垂直に約5.5m登り、タンクに至る。その他の箇所は水平位に配管されている。尚タンクの構造は、内外壁ともコンクリート製で、常時一定水位に保持されるように工夫されており、外気との接触を極力させている。

③ 接手：エタパイはゴム、その他は、ヤーンを使用。

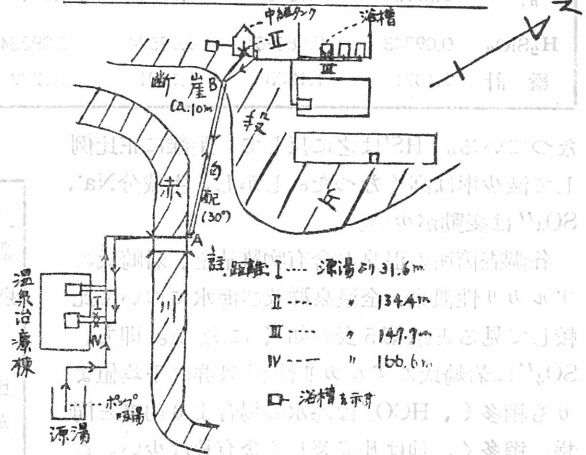
④ 調査箇所：第一図に示した4箇所。分析に供した試料は、その箇所のバルブより採水した。

⑤ 分析は、福島県衛生研究所が現地と、研究所とに於て施行した。

III 調査成績

調査箇所別の分析成績を第1表に示した。カチオンに於ては、Na⁺、アニオンでは、SO₄²⁻が他に比し、一頭地を抜いて多く、次いで前者ではCa²⁺、後者ではHCO₃⁻の順。

第1図 院内泉の引湯状況と調査箇所



第1表 引湯による院内泉の成分変化 (g/1kg)

	I	II	III	IV
	カ	チ	オ	ン
K ⁺	0.02707	0.03146	0.03146	0.02785
Na ⁺	0.2662	0.2631	0.2631	0.2601
Ca ⁺⁺	0.0480	0.04829	0.04700	0.04929
Mg ⁺⁺	0.002446	0.002359	0.002577	0.002271
Fe ⁺⁺	0.000040	0.000040	0.000040	0.000040
Al ⁺⁺⁺	0.0006793	0.0002551	0.0005733	0.0009975
計	0.3444	0.3455	0.3448	0.3405
	ア	ニ	オ	ン
Cl ⁻	0.1314	0.1278	0.1287	0.1287
HCO ₃ ⁻	0.1409	0.1550	0.1519	0.1458
OH ⁻	0.00008306	0.00009058	0.00008876	0.00008517
HS ⁻	0.0006438	0.0004798	0.0003866	0.0001457
SO ₄ ⁼⁼	0.4243	0.4150	0.4159	0.4170
HPO ₄ ⁼⁼	0.0004271	0.0005339	0.0005232	0.0005232
CO ₃ ⁼⁼	0.001751	0.001910	0.001872	0.001796
計	0.6995	0.7008	0.6994	0.6941
H ₂ SiO ₃	0.09308	0.08398	0.09594	0.09334
総 計	1.1371	1.1303	1.1401	1.1279

なっている。HS⁻は之に反して、距離に正比例して減少率は高くなった。しかし、主成分Na⁺、SO₄⁼⁼は変動が少い。

各調査箇所の温泉の含有物質量を、岩崎氏のアルカリ性温泉、全温泉群及び海水について比較して見ると、第5表の如くなる。即ち、SO₄⁼⁼は岩崎氏のアルカリ性温泉群の平均値よりも稍多く、HCO₃⁻は海水の場合より前者と同様、稍多く、他は凡て著しく含有量は少い。これを各元素の存在量比で見ると、第6表の如くなる。こゝで特に注目されるのは、Ca/Clで、アルカリ性温泉及び海水に比し、大きく、しかも引湯により漸次増加傾向を示すことであり、SO₄/Clも同様、二者に比べ大きく、漸増傾向が見られることである。

Na、Ca、Mg及びSO₄、Cl、HCO₃の6元素間の関係は、Na>Ca>Mg、SO₄>HCO₃>Clとなり、この型は、引湯によつても変らず、岩崎氏の観察したアルカリ性温泉としては、最も少い型に属するものである。

Na/K及びCa/Mgの原子比を第1表から求めて見ると、第7表の如くなる。Na>Kは本邦温泉群比し、その約1/2、Ca/Mgは他に比し断然高値を示しているが、引湯によつて、稍その比は小さくなるようである。

次に第2表に示した泉温及びラドン量は、大体引湯距離に逆比例して低下し、蒸発残渣に変化は少い。第1表から各成分の変化率を計算したものが第3表である。カチオンに就いては、主成分であるNa⁺は僅かに2.3%、次いでCa⁺⁺の4.6%となり、最も高率を示したのは、Al⁺⁺⁺の74.4%であり、Fe⁺⁺は全然変化を見なかつた。アニオンでも主成分のSO₄⁼⁼が最低率で2.2%、次いでCl⁻の2.7%。最高率はHS⁻の77.4%であつて、両イオン共に主成分が大体同程度の変化率を示し、且つ最も変化率の甚しいAl⁺⁺⁺及びHS⁻も同程度であつたことは注目すべきことである。次いで同じく第1表から増減率を順次計算したのが、第4表である。両イオンとも引湯によつて漸次減少傾向を迎るが、全般的に見ると、さうとも云えない成績を示している。即ち、Al⁺⁺⁺は特異な増減率で、Iに於て、-62.4%、IIで-15.6%となり、IIIに至つて、+46.2%と

第2表

調 査 日	30-1.24~25			
調 査 箇 所	I	II	III	IV
泉温 C(外気温)	74 (9.4)	67 (8)	65 (9.2)	53 (9.4)
P H	8.1	8.1	8.1	8.1
比 重	1.0009	1.0009	1.0009	1.0009
蒸 発 残 渣 (mg/1kg)	976.4	960.4	970.0	973.2
ラ ド ン 量 百億分。1キュリー 単位/1L (マツへ単位)	1.19 (0.33)	0.52 (0.14)		

第3表 変 化 率 (%)

	カ チ オ ン mg/kg						蒸発残渣	
	K·	Na·	Ca·	Mg·	Fe·	Al·		
Max.	31.46	266.2	49.29	2.577	0.040	0.9975	976.4	
Min.	27.07	260.1	47.00	2.271	0.040	0.2551	960.4	
差	4.39	6.1	2.29	0.306	0	0.7424	16.0	
変化率	13.9	2.3	4.6	11.9	0	74.4	1.6	
	ア ニ オ ン							ドラソ量
	Cl'	HCO ₃ '	OH'	HS'	SO ₄ ''	HPO ₄ ''	CO ₃ ''	
Max.	131.4	155.0	0.09058	0.6438	424.3	0.5339	1.910	1.19
Min.	127.8	140.9	0.08306	0.1457	415.0	0.4271	1.751	0.52
差	3.6	14.1	0.00752	0.4981	9.3	0.1068	0.159	0.67
変化率	2.7	9.1	8.3	77.4	2.2	20.0	8.3	56.3

註：MAX...最大値 MIN...最小値 ラソ量...百億分ノ1キュリ-單位/IL

第4表 増 減 率 (%)

	I	II	III	
蒸発残渣	-1.6	-0.7	-0.3	
カ チ オ ン	K·	+16.2	+16.2	+2.9
	Na·	-1.2	-1.2	-2.3
	Ca·	+0.6	-0.2	+2.7
	Mg·	-3.6	+5.4	-7.2
	Fe·	0	0	0
	Al·	-62.4	-15.6	+46.8
計	+0.3	+0.1	-0.1	
ア ニ オ ン	Cl'	-2.7	-2.1	-2.1
	HCO ₃ '	+10.0	+7.8	+3.5
	OH'	+9.1	+6.9	+2.5
	HS'	-25.5	-40.0	-77.4
	SO ₄ ''	-2.2	-2.0	-1.7
	HPO ₄ ''	+25.0	+22.5	+22.5
CO ₃ ''	+9.1	+6.9	+2.6	
計	+0.2	+0.01	-0.8	
総 計	-0.6	+0.3	-0.8	

註 I...第1表 IとIIの増減率(%)を示す
 II...同表 IIとIII //
 III...同表 IIIとIV //

第5表 院内泉の含有物質量 (g/kg)

	Na	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃
I	0.2662	0.048	0.002446	0.1314	0.4243	0.1409
II	0.2631	0.04829	0.002359	0.1278	0.4150	0.1550
III	0.2631	0.047	0.002577	0.1287	0.4159	0.1519
IV	0.2601	0.04929	0.002271	0.1287	0.4170	0.1458
※(1) アルカリ性温泉	0.919	0.219	0.0417	1.44	0.346	0.522
※(2) 全温泉	0.768	0.221	0.0557	1.25	1.70	0.491
※(3) 海水	1.07	0.42	1.30	19.3	2.64	0.10

※(1).....岩崎氏による²⁾
 (2).....岩崎氏による本邦温泉837箇所の平均値²⁾
 (3).....V.M.Goldschmidtによる²⁾より引用

第7表 Na/K及びCa/Mgの原子比

	Na/K	Ca/Mg
I	13.2	14.2
II	11.3	12.3
III	11.2	10.9
IV	12.6	13.1
※(1) 本邦温泉の 平均原子比	29.0	1.5~7.5
※(2) Lassen Peak の温泉群		0.9~2.9

註 (1).....岩崎氏論文より引用²⁾
 (2)..... //²⁾

第6表 各元素の存在量比

	Ca/Na	Mg/Na	Mg/Ca	Cl/Na	Ca/Cl	Mg/Cl	Ca/SO ₄	Cl/HCO ₃	SO ₄ /HCO ₃	SO ₄ /Cl
I	0.18	0.0092	0.051	0.494	0.365	0.0186	0.113	0.933	3.011	3.229
II	0.18	0.0090	0.049	0.486	0.378	0.0185	0.116	0.825	2.677	3.247
III	0.18	0.0098	0.055	0.489	0.366	0.02002	0.113	0.847	2.738	3.232
IV	0.19	0.0087	0.046	0.495	0.383	0.0177	0.118	0.883	2.853	3.2401
※(1) アルカリ性温泉	0.36	0.04	0.10	1.6	0.23	0.023	0.55	3.4	1.4	0.41
※(2) 海水	0.039	0.12	3.10	1.8	0.02	0.067	0.16	193.	2.6	0.14

註 (1)……岩崎氏による

(2)……V. M. Goldschmidtによる

Ⅳ. 考 察

泉源より遠距離を引湯して、温泉を利用する場合に、泉質の変化を示すものとして考えられることは、前述の如くであるが、上記の成績を考按するに先だつて、当院が行つている引湯方法並びにその施設について検討する必要がある。本院の立地条件からして、源湯から浴槽へ引湯する場合に、中継タンクを設けることは、当然と云えよう。その際の送圧は、上向した方が圧力の動揺は少いとされているので、AからB点迄の変化は少いものと見てよからう。次いで、B点より断涯を形成しているため、やむなく垂直上昇をとつているが、この際受ける急激な送圧の変化、即ち、大きな抵抗、摩擦の増大が当然考えられる。続いてタンクに至り、Ⅲでは水平位をとり、送圧は略んど定常となるが、タンクよりB—Aを通りⅣの箇所に至るコースを通る場合は、往路と逆の関係になるので、この際受ける変化は、往路に比較して大となるであろう。以上の状況を考慮して、成績を考察して見よう。

pH及び比重に全然変化がなく、蒸発残渣の変化も低率であつたことは、蒸発残渣と比重との相関を或る程度認めてもよいようである。又Fe⁺⁺に全然影響のなかつたことは、送圧法、タンク構造の良好なことを示す、一応の目安になり得る。従つて、溶存ガス成分及びFeの変化を調べるることによつて、簡単に送圧法やタンク構造の良否を知る一指標になる。第1表の成績から見ると、本院泉の如き泉質は安定性があるとされている。その主成分をなすNa⁺及びSO₄²⁻の変化率は低く、安定であるといえる。HS⁻の77.4%の変化を見ると、上述のFe⁺⁺の成績とを比べ、一概に送圧法、タンク構造の良好なためとは云い難いことになる。

Al⁺⁺⁺の変化は、IからⅡまでは、一部水平位、次いで勾配、それより垂直上昇と云う極端な送圧法でタンクに至つている場合であり、Ⅱで著減しており、タンクから水平位をとるⅢ及び循環して、タンクから勾配を下降して来たⅣでは漸次増量し、しかもIの測定値より多くなつて来ている。かかる著明な変化を来した原因は明でないが、特にAl⁺⁺⁺が他のイオンに比較して、送圧の影響を受けやすい状態にあるものとしか考えられない。これを増減率から見ると(第4表参照) Al⁺⁺⁺はIで-62.4%と著減、Ⅱの減少率低く、Ⅲでは卸つて+46%の増となつている。

院内泉は、岩崎氏の温泉分類方式によればアルカリ性温泉となるが(第2表参照)その含有物質質量を見ると(第5表)、岩崎氏の調べたアルカリ温泉群の平均値と比べて、SO₄以外は凡て低値を示し、全温泉、海水と比べても甚しい懸隔がある。

次に各元素間の存在量比は(第6表)、Ca/Cl及びSO₄/Clが漸増傾向を示し、アルカリ性温泉及び海水と比較しても大となり、殊にSO₄/Clは断然大きい。これは本院泉のSO₄含有量がClに比し、はるかに多いことと、引湯による変化率も同程度であつたことから明らかである。

Na/Kの変化率は、15.2%、Ca/Mgは、23.2%で、後者に稍変化が多い。しかし、これを本邦温泉

平均原子比²⁾に比べると、両者の間に著しい懸隔が見られる。これは地質構造の差異によるものである。又Lassen Peak温泉群に比し、Ca/Mgが著しく大きいのは、岩崎氏によると、火山岩のCa量が日本のものでは著しく多くなっていることに原因しているようであるが、今後岩石学的な検討を要するところである。

尚以上述べた引湯による温泉の成分変化の原因に関しては、模型実験、引湯管の各々についての温泉水の腐蝕作用、接手の影響等々を詳細に研究したならば、漸次解明してゆく問題であろうと考える。

V. 摘 要

源湯より一定距離を引湯した場合の温泉成分の変化について観察した結果、

- 1) pH、比重に変化はなく、蒸発残渣と比重との相関は或る程度認めてもよいようである。
- 2) 主成分Na⁺及びSO₄²⁻の変化率は低く、夫々2.3、2.2%を示し、兩者略同じ程度であつた。
- 3) Fe²⁺は全然変化がなかつたが、HS⁻は高率で77.4%の変化率を示した。
- 4) Al³⁺の変化は、HS⁻に次ぎ高く、74.4%を示したが、この変化は、主に送圧に関係しているように思われる。
- 5) Ca/Cl及びSO₄/Clは漸増傾向を示し、アルカリ性温泉群及び海水と比較してもはるかに大で、殊に後者に著大であつた。
- 6) Na、Ca、Mg及びSO₄、Cl、HCO₃の6元素間の関係は、Na>Ca>Mg、SO₄>HCO₃>Clの型を示し、引湯による変化は見られなかつた。
- 7) Na/K及びCa/Mgの原子比は、引湯によつて、稍小さくなるようである。

(稿を終るに臨み、温泉分析に御協力下さつた県衛生研究所宮永先生各位並びに本院の遠藤薬局長、渡辺技能員に衷心より感謝の意を表します。)

主 要 文 献

- 1) 広瀬孝三郎：温泉科学、4巻、1号、9~10頁
- 2) 岩崎岩次：温泉科学、2巻、2~2号、107、110頁
- 3) 福富孝治：温泉の物理、岩波科学文献抄、12、昭和13年、79頁

