

東邦大学化学教室 野口喜三雄, 相川嘉正

(昭和52年5月18日受理)

Carbon Dioxide Content of Air in the Bathrooms of Matsushiro Hot Springs, Nagano Prefecture

Kimio NOGUCHI and Kasho AIKAWA

Department of Chemistry, Toho University

Abstract

The authors examined the carbon dioxide content of air in the bathrooms of Kaizuso Bath House on June 26, 1976 and found that the content of CO_2 in air of the bathroom for men were 3.54 to 3.70% in volume, all the windows being closed except the ceiling window, and 0.18 to 0.30% in volume, all the windows being open.

The composition of the gas accompanied with thermal water was found to be 96.9% CO_2 , 0.2% O_2 , and 2.9% nitrogen and others in volume. On March 15, 1976 the authors examined the air in the bathroom for men and the air at the outdoor pool of Ichiyokan Bath House. In the former the thermal water was supplied to the bath pool from the bored well, accompanied with a large amount of gas. In the latter the thermal water was flowing in from the bottom of the pool accompanied with a large amount of gas and then overflowed from the pool.

The results are as follows: The content of CO_2 in the air of the bathroom for men was 0.39 to 0.59% in volume, while, in the case of the outdoor bath pool, the content of CO_2 in the air was found to be 5.52% in volume at the height of 10cm above water surface and 0.49% at the height of 30cm, 0.13% at the height of 100cm. At that time there was no movement of wind. The composition of the gas emitted from the bottom of the outdoor bath pool accompanied with thermal water was found to be 90.3% CO_2 , 0.4% O_2 and 9.3% nitrogen and others in volume.

I 緒 言

温泉に伴って噴出するガスを温泉ガスと呼んでいるが、温泉ガスはおよそ3種に分類される。即ち炭酸ガス型、窒素型、メタン型に分類される。その中噴出量が多いのは炭酸ガス型とメタン型で、窒素型は少ない。いづれにしても酸素含量が極めて少なく殆んど零に近いのが特色であってこれらのガスが蓄積すれば窒息死の恐れがあるから注意を要する。長野県松代温泉は、多量の炭酸ガスを伴って湧出している代表的例であるが、実際に松代温泉薬師の湯では老人が浴室で倒れた例があり、又一陽館露天風呂では無風の日に入浴者がしばしば卒倒する由である。従来の温泉研究をみると温泉水の水質に関するものが多く、浴室内の空気並に露天風呂の空気に関するものは殆んどないようである。著者等はこの点に着目してまず温泉ガスの組成を明にし、次に実際に利用している一陽館浴室並びに一陽館露天風呂、海津荘浴室内の空気の炭酸ガス含量を調査したのでここに報告する。

脚注 * 第28回日本温泉科学会大会 (1975) 及び第29回同大会 (1976) にて発表

II 測定方法

著者は1975年6月14～16日、1976年3月14～16日、1976年6月25～27日の3回松代温泉に出張し、長野県社会福祉事業団海津荘の浴室と、また最も古くから温泉として利用されている一陽館の浴室及び露天風呂の空気中のCO₂含量を測定した。試料の採取に当っては浴槽の水面上高さ10cm、30cm、100cmの各空気を採取した。尚浴室の場合は窓を8時間密閉した場合と、開放した場合とを比較して調査した。

空気中の炭酸ガスの定量分析については、日本薬学会協定炭酸ガス定量法を採用した。即ち1 l のかわいた定容ガラスびんに2連球で250回現地の空気を通し直ちにゴム栓をして試験室に運び、あらかじめシュウ酸標準液で正確に標準した0.1N、又は0.01N Ba(OH)₂液50mlを入れた小ガラスびんを連結し、小ガラスびん中のBa(OH)₂溶液を連結孔を通して1 l びんに移す、完全に移し終わったところで連結孔を遮蔽し密封した状態で20分間上下に振盪させ、1 l びん中の空気中のCO₂を完全にBa(OH)₂に吸収させる。次に再び連結孔を通して小ガラスびんにBa(OH)₂液と生成されたBaCO₃の混合物を移して栓をしたまま3時間放置する。放置後上澄液25mlをホールピペットでとり、滴定ビンに入れ、フェノールフタレインを指示薬として加え、0.1N 又は0.01N シュウ酸で滴定する。即ちCO₂を吸収させる前のBa(OH)₂溶液の濃度と吸収させた後のBa(OH)₂溶液の濃度との差を吸収したCO₂量として算出した。尚空気の温度は空気採取時にその場所で測定し、気圧は気象庁長野測候所の値を採用してCO₂含量を体積%で求めた。

また、温泉に伴うガスの組成は、ハルデン型ガス分析装置を使用して測定した。また温泉水のpH、遊離炭酸なども現地で測定した。

III 測定結果と考察

一陽館男湯の構造並に露天風呂の構造を図1に示した。男湯と女湯との間には仕切があり、浴槽の上には図に示すように大きな天窓があって絶えずここから冷い空気が下りて来ると共に浴室内の空気が入れ変わるようになっている。浴室のガラス窓は一般に開いている。浴槽の湯は浴室の外に掘サクされた井戸から炭酸ガスの圧力で噴出する湯をパイプで導いている。従って湯には多量のCO₂を伴っており湯は透明であった。露天風呂は浴室の外にあり、底から盛んに炭酸ガスを伴って湯が湧出している。露天風呂に噴出するガスの組成は表1に示す通りCO₂90.3%で大部分を占め、O₂は0.4%に過ぎない。一陽館露天風呂並に男子風呂における空気中のCO₂含量は表2及び図2に示す通りである。露天風呂は1976年3月15日午前6時の測定であるが水温20.0℃を示した。この時、風速は0 (m/sec)であったが、空気中のCO₂含量は水面上10cmで5.52%を示して著しく濃度が高く、30cmで0.49%、100cmで0.13%(Vol)を示した。また男風呂では水面上10cmで0.59%、30cmで0.41%、100cmで0.31%(Vol)を示した。

海津荘の浴室については図3に示す通りである。女浴室は図に示す如く中央に大きい1m²の天窓があってここから室内空気が出ると共に冷い空気が下りて来るが、男浴室は女浴室より小さく、且つ天窓がない。従って窓を閉鎖した場合、男浴室は女浴室よりガスが蓄積し易い。温泉水に伴うガスの組成を表3に示した。この場合組成はCO₂96.9%で大部分を占め、O₂は0.2%(Vol)に過ぎない。また男風呂及び女風呂の水温、pH、遊離炭酸の含量を表4に示した。温泉水には著しく多量の遊離炭酸が含有されている。水温は1976年3月15日より1976年6月26日の値の方が僅かではあるが高温である。この事は引湯の仕方が変わったためのようである。男浴室、女浴室内におけ

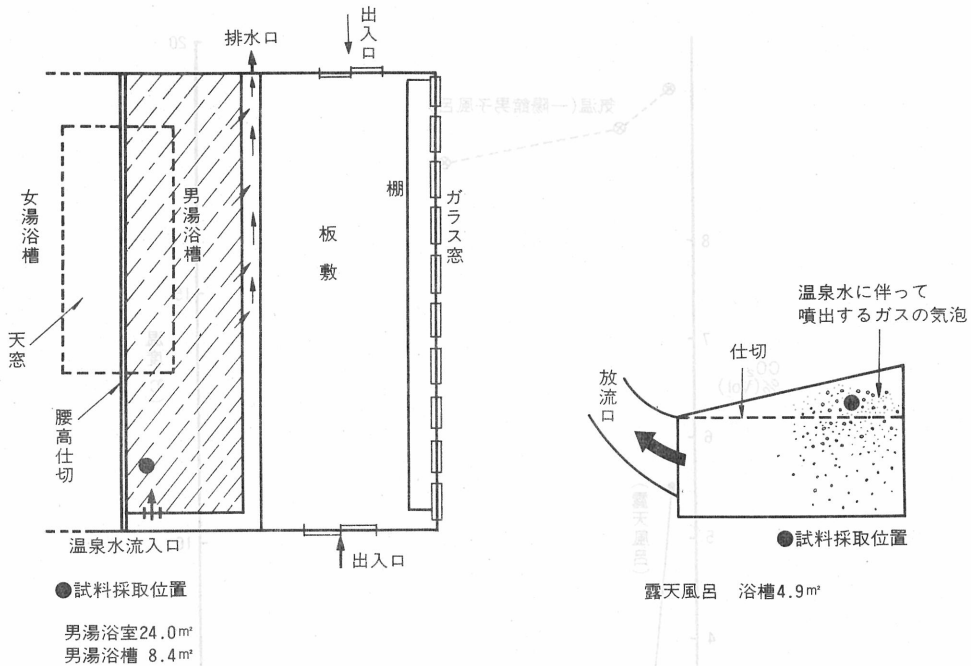


図1 一陽館浴室及び露天風呂の構造

表1 一陽館露天風呂における温泉に伴うガスの組成 (1976. 3. 15測定)

CO ₂	90.3% (Vol)
O ₂	0.4 "
N ₂ その他	9.3 "

表3 海津荘男子及び女子風呂に於ける温泉に伴うガスの組成 (1976. 6. 27測定)

CO ₂	96.9% (Vol)
O ₂	0.2 "
N ₂ その他	2.9 "

表2 一陽館露天風呂及び男子風呂に於ける空気中のCO₂含量

	測定年月日	露天風呂				男子風呂		
水温(℃)	1976. 3. 15	20.0				39.4		
試料採取点 (水面上高さ)cm	"	10	30	100	200	10	30	100
気温(℃)	"	5.0	3.3	2.2	1.7	19.0	18.2	17.5
CO ₂ % (Vol)	"	5.52	0.49	0.13	0.09	0.59	0.41	0.39
	1975. 6. 15					0.68	0.49	0.31

る空気中のCO₂含量を表5並に図4に示した。天窗以外の窓を全部閉鎖した場合と、窓を全部開放した場合とを比較すると前者は明かに後者よりCO₂含量が大きい。又男浴室と女浴室を比較すると男浴室の方がCO₂濃度が高く、最大値は3.70%(Vol)を示した。女浴室の最大値は1.98%(Vol)であった。尚又、1976年3月15日の値と1976年6月26日の値を比較すると明かに後者の方がCO₂濃度が高い。この事は引湯方法の変化に基因する、図5に男子風呂の引湯方法を示した。1976年3月15日には、掘サク井から湯が炭酸ガス圧で押し上げられて集湯タンクに入る際掘サク井からの

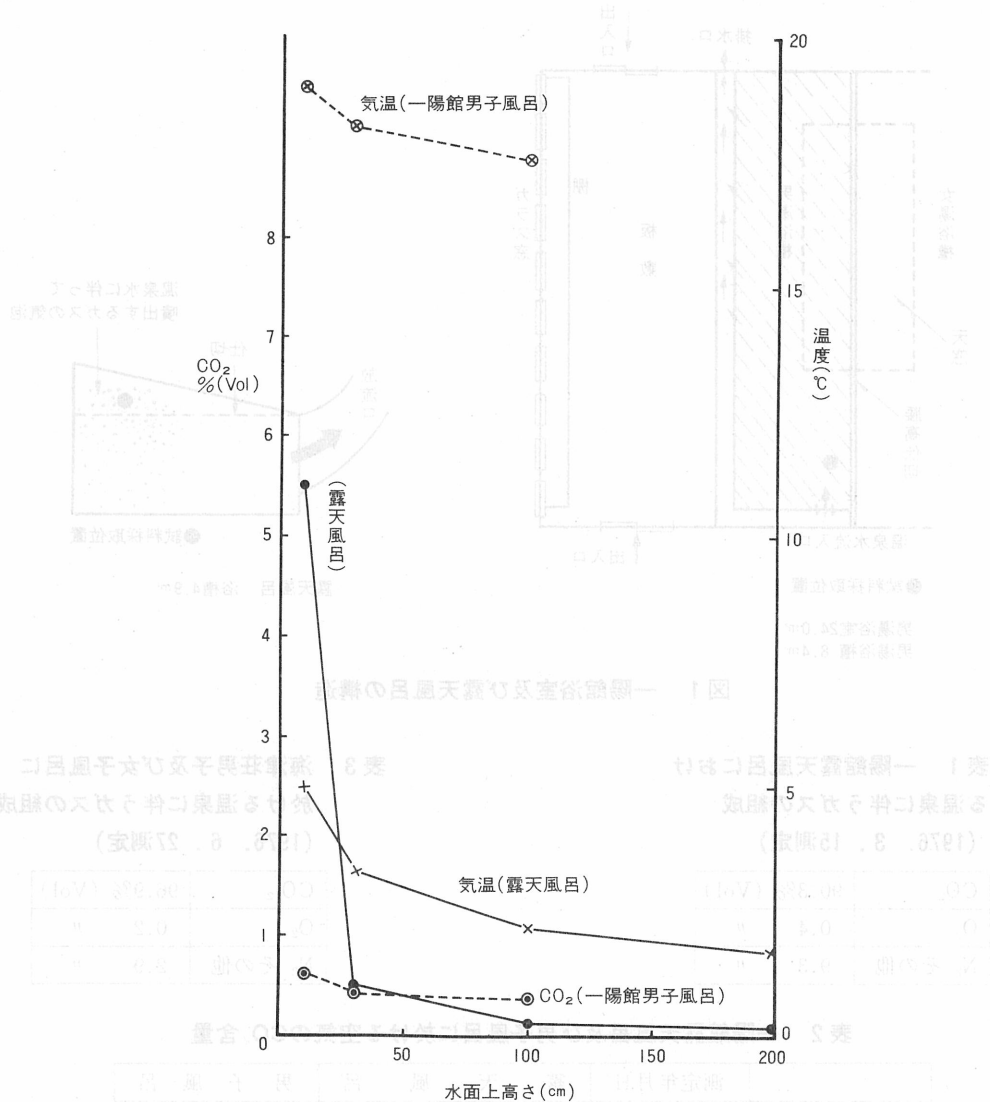


図2 一陽館の男子風呂及び露天風呂における空気
のCO₂含量と気温

引湯パイプの末端がタンク内の水面よりかなり高く、そのため集湯タンクで著しく炭酸ガスが逃失するほか、空気が混入すること又湯が集湯タンクから引湯管で浴槽に入る際滝を生じ、ここでも炭酸ガスが逃失すると共に空気が混入する。そのため浴槽内では炭酸カルシウム並に水酸化第二鉄が多量に析出して湯は褐色に混濁していた。1976年6月26日には図に示す如く掘サク井からの引湯パイプの末端が集湯タンク内の水面下深く挿入されていたため、ガスの逃失少なく、且つ空気が混入しない。この場合炭酸ガスが湯と共に引湯パイプの先端から噴出して浴槽の水中を上昇し空気の混入はなく図に示すような状況を呈した。実際にガス分析した試料はここで採取したものである。従って1976年6月26日の浴槽中の湯はCaCO₃やFe(OH)₃の析出は殆んどなく湯は著しく透明であった。この事は女湯に関しても同様であった。尚又図4において1976年3月15日の男湯浴室内空気の温度は水面上10cmの方が30cmより幾分低くなっている。このことは引湯管に

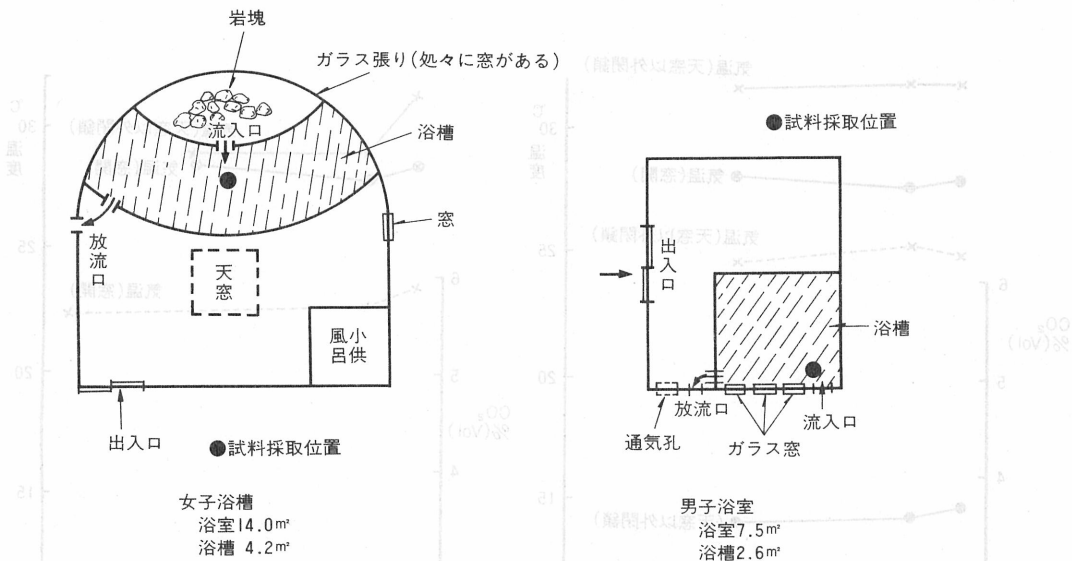


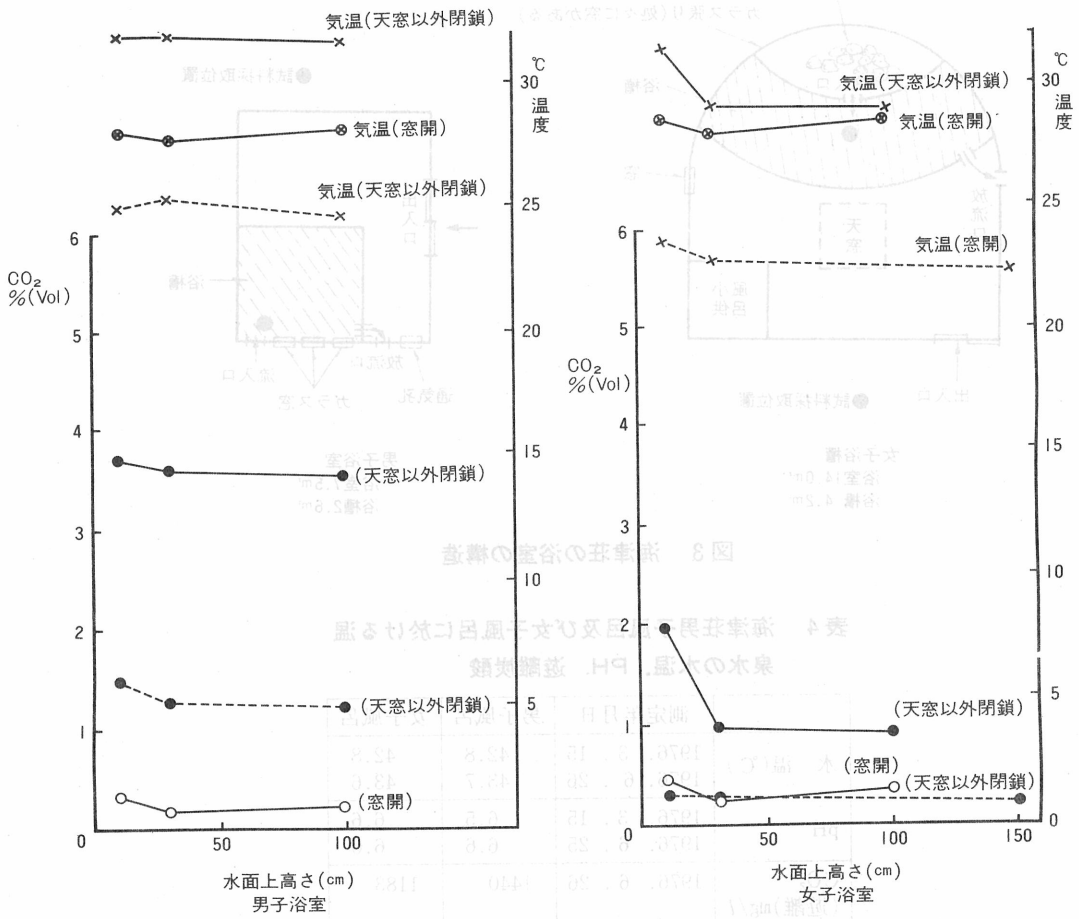
図3 海津荘の浴室の構造

表4 海津荘男子風呂及び女子風呂に於ける温泉水の水温、PH、遊離炭酸

	測定年月日	男子風呂	女子風呂
水温(℃)	1976. 3. 15	42.8	42.8
	1976. 6. 26	43.7	43.6
pH	1976. 3. 15	6.5	6.6
	1976. 6. 25	6.6	6.6
CO ₂ (遊離)mg/l	1976. 6. 26	1440	1183

表5 海津荘男子及び女子風呂内空気のCO₂含量

	測定年月日	男子風呂			女子風呂		
試料採取点 水面上高cm		10	30	100	10	30	100
CO ₂ Vol% 天窓以外 窓 閉鎖	1976. 3. 15	1.45	1.24	1.19	0.29	0.27	0.23
	1976. 6. 26	3.70	3.62	3.54	1.98	0.99	0.94
CO ₂ Vol% 窓 全開	1976. 6. 26	0.30	0.18	0.23	0.44	0.25	0.34
	1975. 6. 16	0.34	0.25(50cm)		0.11	0.10	0.09



×---×---× 1976.3.15 測定

×---×---× 1976.6.26 測定

●---●---● //

○---○---○ //

図4 0 海津荘の男子浴室及び女子浴室内の空気CO₂含量と気温

浴室	高さ (cm)	1976.3.15 CO ₂ (%)	1976.3.15 Temp (°C)	1976.6.26 CO ₂ (%)	1976.6.26 Temp (°C)	未測定 CO ₂ (%)	未測定 Temp (°C)
男子浴室	100	0.94	14.0	0.82	14.0	0.82	14.0
	30	0.99	14.0	0.82	14.0	0.82	14.0
	10	0.89	14.0	0.82	14.0	0.82	14.0
	0	0.84	14.0	0.82	14.0	0.82	14.0
女子浴室	150	0.09	14.0	0.18	14.0	0.18	14.0
	100	0.10	14.0	0.23	14.0	0.23	14.0
	30	0.34	14.0	0.41	14.0	0.41	14.0
	0	0.09	14.0	0.11	14.0	0.11	14.0

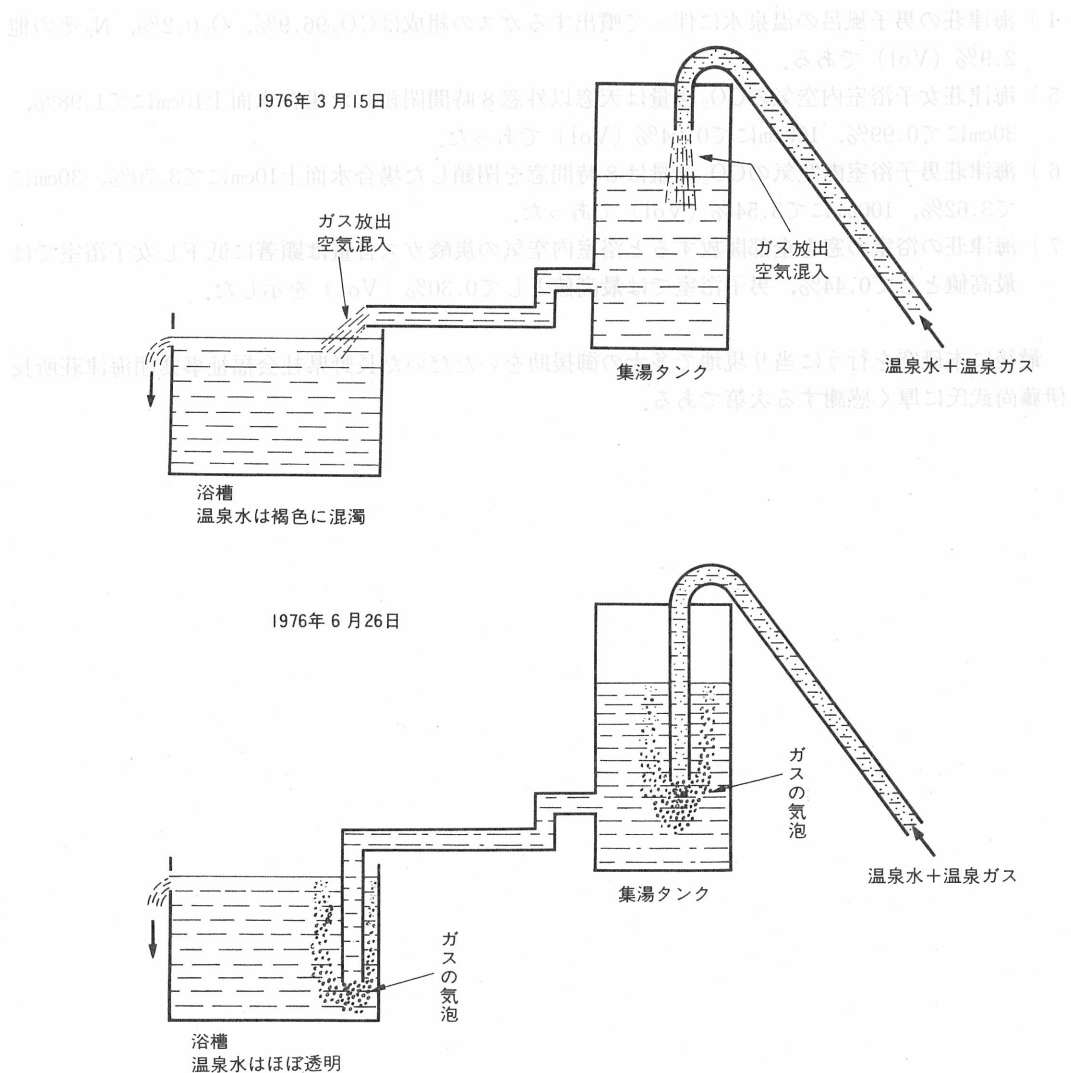


図5 1976年3月15日と1976年6月26日における海津荘男子風呂の引湯方法の比較

に伴う間隙から冷い空気が若干浴室へ侵入するためである。

IV 結 語

松代温泉一陽館浴室並に露天風呂の空気炭酸ガス含量を調査したるに次の結果を得た。

- 1) 一陽館露天風呂の底から温泉水に伴って多量に噴出するガスの組成は CO_2 90.3%, O_2 0.4%, N_2 その他9.3% (Vol) である。
- 2) 露天風呂の空気炭酸ガス含量は無風の時水面上10cmにて5.52%, 30cmにて0.49%, 100 cmにて0.13% (Vol) であった。
- 3) 一陽館男子浴室の空気は水面上10cmにて0.59%, 30cmにて0.41%, 100cmにて0.39%(Vol) であった。

- 4) 海津荘の男子風呂の温泉水に伴って噴出するガスの組成はCO₂96.9%, O₂0.2%, N₂その他2.9% (Vol) である.
- 5) 海津荘女子浴室内空気のCO₂含量は天窗以外窓8時間閉鎖した場合水面上10cmにて1.98%, 30cmにて0.99%, 100cmにて0.94% (Vol) であった.
- 6) 海津荘男子浴室内空気のCO₂含量は8時間窓を閉鎖した場合水面上10cmにて3.70%, 30cmにて3.62%, 100cmにて3.54% (Vol) であった.
- 7) 海津荘の浴室の窓を全部開放すると浴室内空気の炭酸ガス含量は顕著に低下し女子浴室では最高値として0.44%, 男子浴室では最高値として0.30% (Vol) を示した.

最後に本研究を行うに当り現地で多大の御援助をいただいた長野県社会福祉事業団海津荘所長伊藤尚武氏に厚く感謝する次第である.

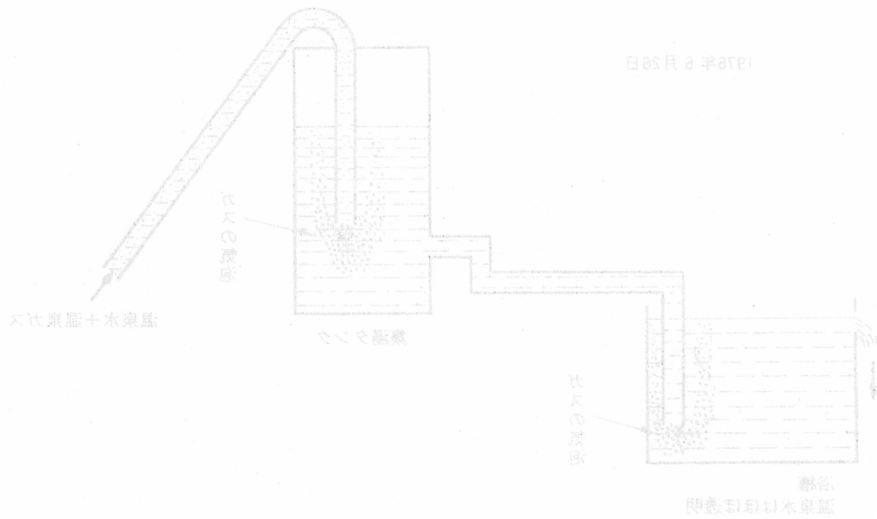


図 3 1976年3月12日と1976年3月26日における海津荘男子風呂の計測式の比較

VI 論 議

付録として、海津荘の温泉の組成を測定し、その組成を比較した。その結果、海津荘の温泉の組成は、CO₂96.9%、O₂0.2%、N₂その他2.9% (Vol) である。また、海津荘の浴室の窓を全部開放すると、浴室内空気の炭酸ガス含量は顕著に低下し、女子浴室では最高値として0.44%、男子浴室では最高値として0.30% (Vol) を示した。