

大分県温泉調査研究会

報告 第32号

昭和56年3月

目次

温泉中のトリチウム濃度(Ⅲ)	北岡豪一	(1)
大分川流域高塩分泉の付随ガスについて	野田徹郎	(7)
	北岡豪一	
原爆被爆者の温泉療法(第13報)	八田秋	(16)
	辻秀男	
老化と温泉：泉浴の重金属代謝に及ぼす影響	延永正	(35)
	大石省一郎	
別府地熱地帯の噴気中の水銀量	古賀昭人	(39)
大分川流域温泉の継続観測の総括	野田徹郎	(43)
	北岡豪一	
<大分市内の温泉調査>		
大分市温泉の現況	吉川恭三	(56)
	北岡豪一	
大分市の温泉地質	森山善藏	(65)
	日高稔	
大分市内温泉の化学的特性	野田徹郎	(71)
大岳・八丁原(湯坪)地区周辺の	宮崎正	(78)
地下水(湧水)について	安藤章夫	
安心院町における現地調査並びに講演会	大分県環境管理課	(86)

温泉水中のトリチウム濃度

(Ⅲ) 別府亀川地区

京都大学理学部 北岡 豪 一

1. はじめに

別府北部地域には、蒸気や沸騰水を噴出する高温域が原流部から海岸までの広い範囲に散在し、その間に分散する温泉群の泉質は南部地区にくらべ多様である。その海岸部の亀川地区は、南部の市街地域とともに古くからの湧出地であり、現在も多くの温泉孔で自噴湧出している。この地区周辺の野田、照波園地区には化学的性質の異なる沸騰水を噴出する地熱域があり、それぞれから発するような少くとも2つの系統の温泉水系が従来から考えられている。たとえば後藤¹⁾は、この地域を第一地帯と第二地帯とに分け、それぞれから湧出する温泉水が地下水に独立に2種あるいは3種の原温泉水を組み合わせた成分と泉温をもつと考え、また、山下・森²⁾は、静止水頭の分布から伏流状態を異にする3系統の水系を推定している。一方、これに隣接する内竈、北石垣地区で、温泉開発によって、それぞれ、 Cl^- 濃度に対してさらに HCO_3^- 濃度の高い温泉、温度の割りに Cl^- 濃度の高い温泉が知られたのも比較的新しい。

このように、別府北部域には、下流部に限っても泉温、泉質のかなり異なる温泉が海岸に沿うように並列している。温泉の性質には、それか地層中を通過する途中で地下水など、循環性の水との出会い方や、その地層中での滞留時間、流動速度にも関係していると考えられるので、水系の末端部におけるこのような温泉水の違いが、地下における水の入れ替わりの速さの指標となるトリチウム濃度にも反映されている可能性がある。亀川地区を中心に、春木川から温水にいたる沿岸地域を対象として、昭和54年と55年に温泉水、地下水中のトリチウム濃度を測定したので、以下にその結果を述べる。

2. 測定結果

試料の採水位置を図1(A)に(○：温泉水、+：地下水)、測定結果を表1に示す。内竈地区には、³⁾前回報告の採水位置も示した。

この地域温泉のトリチウム濃度は、検出限界以下から23TUと、別府南部地域とほぼ同じ範囲に見出され、水爆実験以降の近年の雨水を含むものから、地層中で数10年以上経過したものまで種々の古さの水が採取されている。(過去の雨水の資料から、現在、地下水、温泉水が5~10TUよりも高濃度を示せば、1950年代以降に行われた水爆実験による人工トリチウムを含む新しい雨水が混入しているとみなされ、それ以下の濃度では、その水の大部分が水爆実験以前から地層中にあった水で占められているとしてよい。したがって、5~10TUを指標として、その地下水、温泉水が入れ替わりの速い循環性のものか、あるいは流動の遅い滞留性のものかの区別がある程度可能である)。

まず、全体の分布をみると、トリチウム濃度が高く、循環性の温泉水が採取されている地域と、かなり低濃度の滞留性の温泉水が採取されている地域とが区分される。等濃度線を描くだけの資料数および精度をもたないが、ほぼ(A)図に引いた境界よりも内陸側が5~10TUよりも高濃度の水の採取域である。海岸部で濃度が低く、高濃度帯が内陸から海岸に向うように古くからの湧出地を中心に舌状に延びている状況は、別府南部地域と類似している。

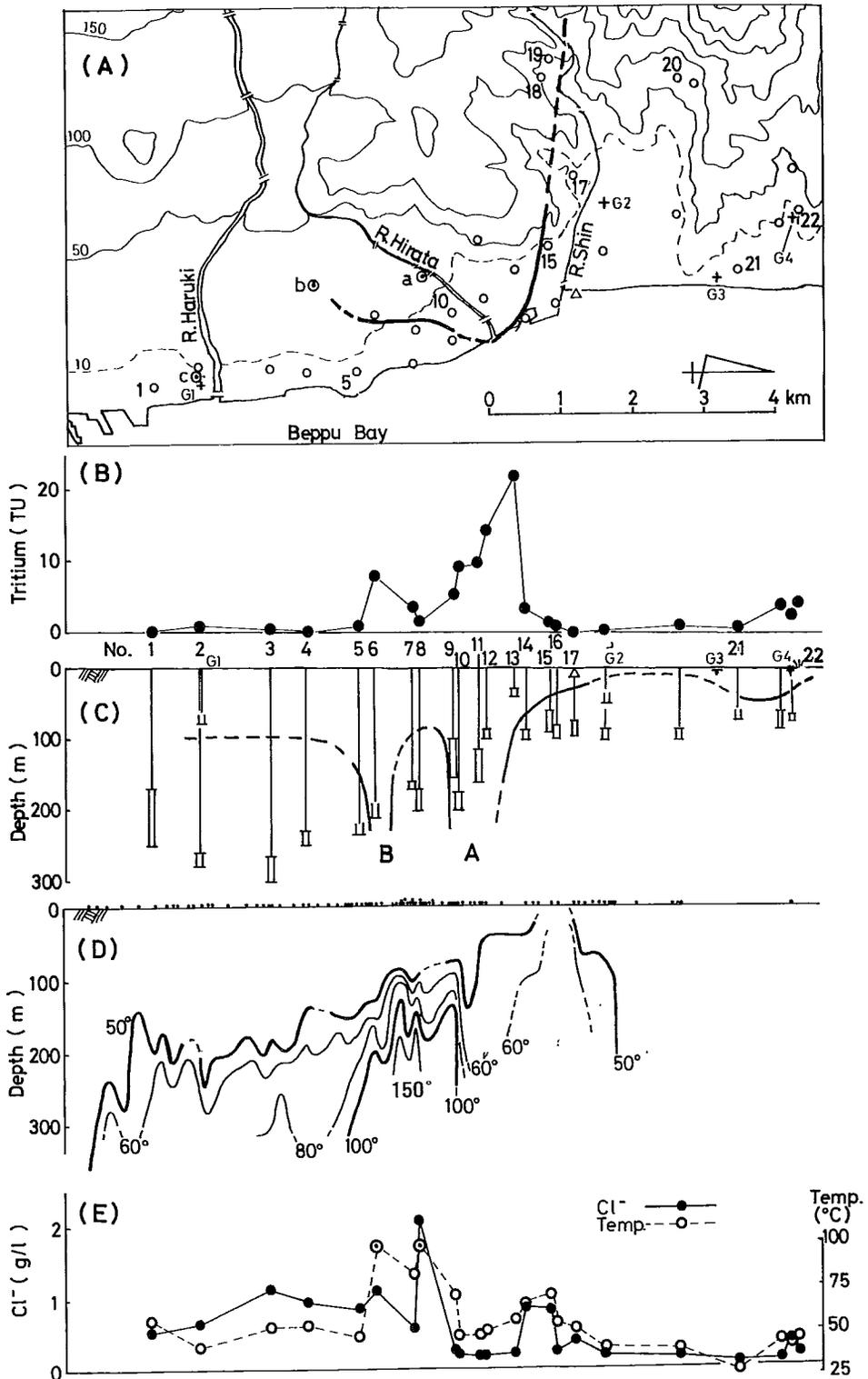
(B)、(C)、(E)図は、海岸から1.5km以内の温泉について南北線に投影した位置に((A)図と同縮尺)、それぞれ、トリチウム濃度、採取深度(各温泉の地表高はおおむね海拔10m以内である。地

表1 別府北部下流域温泉のトリチウム濃度

No.	採水年月日	トリチウム (TU)	泉温 (°C)	pH	Cl ⁻ (mg/ℓ)	HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ)	湧出形	採取深度 (m)
1	79.11.2	0.1±0.3	57.5	8.0	532	182	エアリフト	170-250
2	"	0.7±0.4	42.8	8.3	643	70	"	260-280
3	79.9.27	0.4±0.3	54.5	8.25	1,133	221	吸上ポンプ	267-300
4	79.11.2	0.0±0.2	55.0	8.0	965	146	エアリフト	229-250
5	79.9.27	0.9±0.3	>47	8.1	878	220	"	[235]
6	80.2.22	8.1±0.7		7.9	1,112	22	沸騰泉	[210]
7	79.9.27	3.6±0.4	84	8.4	583	188	エアリフト	159-170
8	"	1.5±0.3		3.2	2,098	0	沸騰泉	170-200
9	80.2.22	5.3±0.5	72	8.2	258	172	自噴	100-155
10	79.9.27	9.3±0.8	66	8.0	200	129	エアリフト	175-200
11	80.6.17	9.8±0.9	47.8	8.6	176	157	"	170-220
12	79.9.27	14.3±1.2	52.0	8.4	199	156	"	88-100
13	"	21.9±1.7	58.0	8.4	210	142	自噴	32-40
14	80.6.17	3.5±0.4	66	8.9	914	197	"	80-100
15	79.9.27	1.4±0.3	72	8.3	822	195	"	60-80
16	79.11.2	0.8±0.3	56	9.1	248	220	エアリフト	[100]
17	79.9.27	0.0±0.4	53	8.0	395	151	A	75-95
18	77.3.8	9.8±0.9		—	912	0	沸騰泉	[80]
	80.4.18	7.7±0.8		2.9	900	0	"	"
19	"	5.9±0.6	(54.4)	2.6	946	0	自然湧出	—
20	80.5.16	1.0±0.3	>50	7.6	533	724	エアリフト	[240]
21	80.4.14	0.9±0.3	28.0	6.6	76	200	自噴	[73]
22	80.4.18	4.3±0.5	41.8	6.4	142	380	自然湧水	—
G1	80.2.22	22.9±1.7	23.3	10.0	78	49	自噴	[80]
G2	80.4.14	0.6±0.3	—	7.3	170	241	エアリフト	[50]
G3	"	8.2±0.8	16.3	7.25	83	239	自由地下水	浅井
G4	80.4.18	15.3±1.3	20.8	6.6	23	88	自然湧水	—

(= : 素掘り, — : ストレータ, [] : 孔底深度)

図1 別府亀川地区とその周辺における採水点位置(A)、およびその海岸地域における温泉水のトリチウム濃度(B)、採取深度(C)、地下温度(D)、Cl⁻濃度と泉温(E)の分布



表高の高いNo.11泉はその高度差だけ高めて記入)、およびCl⁻濃度と泉温を記入したものである。

(D)図はその範囲にある温泉の地温資料(掘削明細書)から推定した等地温泉である。トリチウム濃度の高い水の採取域は、(B)図から明らかに、照波園の地熱域から亀川港までの範囲に限られる。また採取深度が増すほどトリチウム濃度の高い水はみられなくなり、ほぼ断面図(C)に描いた境界より深層には、5 TU以下の流動の少ない温泉水が滞留しているとしてよい。新川付近より南側では浅層に高濃度の水が流動しているのに対し、北側の内竈地区はごく浅層の水まで低濃度を示し、全層にわたり滞留的な水理状態にあるのが対照対である。

北石垣地区の温度の割りに Cl⁻濃度の高い温泉水のトリチウム濃度は、いずれも検出限界程度以下である。高塩分を保持していることと、トリチウム濃度が 0 TU に近いことからして、その地下温泉水は長時間を要して上流域からゆっくり流下したものか、あるいは、その地層中で古くから滞留的な状態にあったとできよう。この地域は地温が低く、採取深度も200~300 mと深い。測温資料の少ない100 m以浅を除くと、地温は場所にもよるが、200 m深(大学通り付近)から270 m深(春木川河口付近)で深さに対して幾分湾曲し、温泉採取はそれ以深の増温率のやや低まる地層から行われているが、全体的には直線に近い状態にあるため、地温の状態からも温泉水の流動は少ないと考えられる。この地区内の春木川河口のG 1で80 m深から自噴する地下水は、23 TUという高濃度を示した。森山の岩芯記録⁶⁾(その位置を(A)図に◎印 a、b、cで示した)によれば、G 1付近のc点は300 mまでの全層が砂層ないしは砂礫層であるか100 m深に炭化植物を含む火山灰層の記載がある。この狭な層がひとつの難透水層の役割を果していると考えられ、少なくとも100 m以浅でかなり速い水の入替りが考えられる。しかし、現状では、そのような循環性の水は少なくとも170 m以深の温泉帯水層に直接的な影響の及んでいないことがトリチウム濃度から知られる。

ところが、図中中央部のトリチウム高濃度域には、200 m深からの水まで10 TU程度のトリチウムが検出される部分がある。(C)図から明らかに、少なくともA、Bの2ヶ所で深層までの高トリチウム水の入り込みが認められる。(D)図にもそれと対応するように、ほぼ同じ位置に等地温線の窪みがある。とくに、Aにおける地温の不連続的な急変は著しく、60℃等温泉は100 m以上にわたり鉛直に近い。この南側は、100~150 m深に顕著な温度躍層があり、200 m深付近で150℃の等地温線が描けるほどの高温帯が形成されている。この高温域内のa点の岩芯記録には、80 m以深に熔岩の記載がみられる。この高温域の北側は50 m以深で増温率が非常に低いため、全層にわたり温泉水の流動のしやすい地層が考えられ、また南側のb点でも、全層が砂礫層で熔岩の記載はみられない。したがって高温域のみにおいてみられる熔岩は、上方からの冷地下水の浸入と地下高温部から地表への湧昇放熱を食いとめる、いわゆるキャップロック状の役割を果しているものとして注目される。しかし、高温域からの温泉水には、トリチウムが十分検出され、沸騰泉No 6の示す窪みBでは、200 m深まで明らかに新しい水の浸入が認められる。雨水濃度がピークに達した昭和38年から約5年後におけるNo 6の測定値⁵⁾がすでに10 TU (Cl⁻= 2.21 g/l)に達していたことからしても、雨水の速い浸入が分る。また逆に、A、Bの間には、沸騰泉No 8のように Cl⁻濃度が高くトリチウム濃度の低いものもあり、深部からの湧昇のうかがえる部分もある。

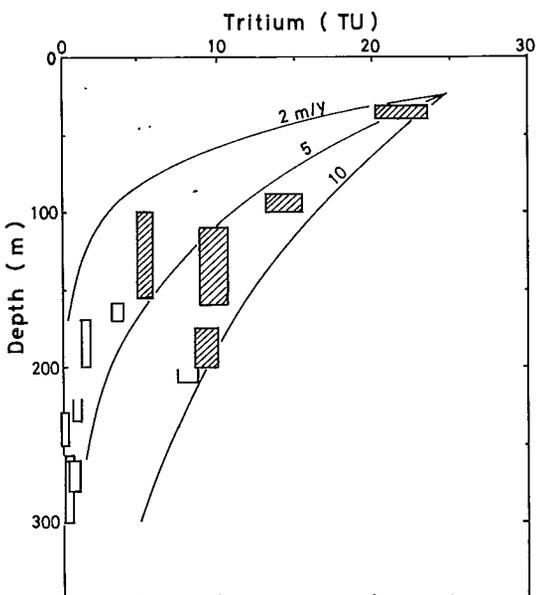
別府南部地域において、山の手地の熱域深部からの沸騰水中のトリチウム濃度は、Cl⁻濃度に対して逆相関を持ちながらも、沸点以下の一般温泉にくらべると Cl⁻濃度の割りに高い値を示した。北部地域においても、沸騰泉のトリチウム濃度は、同程度の Cl⁻濃度をもつ比較的低温の北石垣の温泉とくらべ明らかに高い。地温の高い地域では、岩層がモザイク的な構造になっていて、深部から熱と物質の上昇する部分と、上方から深層まで速い浸透の行われる部分とが比較的狭い範囲に混在し、地下深部での混合も活発に行われているものと思われる。地熱域の地下等温泉線が一般的に激しい凹凸を示すのはこの反映であろう。

山下、森による静止水頭の分布図には、平田川左岸で等水頭線が密集し、谷状をなす部分があり、

その位置が高トリチウム水の入り込みと地層の窪みの著しいAにほぼ対応することが注目され、その場所に周辺から水が集まり、下層への吸い込みが行われているとみられる。その流入水系は、等水頭線の形状から背後丘陵部より平田川に平行するように南東方向に流下するもので、トリチウム濃度は高いと考えられる。図2は、春木川から

図2 トリチウム濃度の鉛直分布

亀川港までの温泉についてトリチウム濃度を深さに対応させたものであり、斜線表示のものは、A付近の Cl^- 濃度、泉温ともに比較的低い温泉である ((E) 図)。その Cl^- 濃度は $0.2 \sim 0.25 \text{ g/l}$ と大差ないが、深さとともにトリチウム濃度の減少が認められる。この鉛直分布は、浅層の高トリチウム濃度の温泉水が下方に流下してゆく途中で、放射崩壊によって濃度を減少させている過程を示すものとして注目される。その濃度減少が放射崩壊のみによるものとするれば、半減期 (12.3年) 程度の期間に水が $50 \sim 100 \text{ m}$ の深度差を移動したことに対応する分布である (図中の実線は、1例として 25 TU の水が 25 m 深度から $2, 5, 10 \text{ m/年}$ の鉛直速度成分で一様に浸透したときとるべき濃度を示す)。実際には、水平方向の流動や、浅層水のトリチウム濃度の変動などが加わるが、上記浸透速度はオーダ的にはそれほど不合理な値ではない。泉源の特別保護地域に指定されている亀川地区は、ここ10年来、新規掘削はほとんどなされてなく、1日約 $6,000 \text{ m}^3$ の採取量もそれほど変化してないと考えられる。この採取量に対する上記速度は、 1 km 弱四方の比較的狭い供給面積を想定することと対応する。大ざっぱな見積りであるが、これは上流域から流下するトリチウム濃度の高い温泉水が照波園の高温域に隣接する平田川左岸の限られた範囲で深部に入りこみ、それが亀川温泉の主要な供給源になっていることを示しているといえよう。その流入温泉水は、さらに照波園からの高温、高塩分の水の混入も受けながら亀川地区のいわゆる第一地帯の温泉を形成しているものと推定される。



一方、亀川港付近とその背後の山麓部は、採取深度が $60 \sim 100 \text{ m}$ と比較的浅いが、泉温、 Cl^- 濃度の高い温泉水を自噴する地帯である。この一帯は、血の池地獄方面から新川に沿うように流下する、いわゆる第一地帯としての温泉伏流が考えられている。その下流部のNo.13, No.14泉はいずれも 5 TU 以下の数10年以上地中を流動してきた温泉水であり、その温泉伏流はかなり遅い状態にある。ところで、この地区浅層にもトリチウム濃度の高い温泉水が流動していると考えられる。それは、浜田町の埋立地 (図1 (A) Δ 印) で行われた建設工事中に、かなりの温泉湧出を見、 $20 \text{ m} \times 36 \text{ m}$ 面積の土が約 10 m 深まで掘り起こされた55年5月16日に、床面に毎分 10 m の割りで湧出する温泉水のトリチウム濃度が、 $13.5 \pm 1.3 \text{ TU}$ を示したからである。(53°C , $\text{pH} = 7.2$, $\text{Cl}^- = 520 \text{ mg/l}$, $\text{HCO}_3^- = 153 \text{ mg/l}$)。新川以北の低地には少くとも 50 m 以深の温泉水は 1 TU 以下にあるため、そのような高温で高トリチウムの水を内麓の低地内に求めることは困難である。(D)図には、亀川港付近からこの工事現場付近までの間で 50°C の等温線が地表近くまで盛り上りをみせている。その等地温泉の形状は断面に直交する東西性の流れを思わせ、これが第一地帯の伏流に対応するものであろう。大潮時には亀川港内の数ヶ所で汀線付近から 50°C 以上の高温水の自然湧出がみられることから、この一帯には浅層でもかなり高温の温泉水が流動しており、そのトリチウム濃度は板山山麓部の浅層温泉

No.13と同程度であろうと思われる。工事中、浅層温泉水の大量排水が、第一地帯温泉の示す高温、高 Cl^- 濃度、低トリチウム濃度の伏流水を湧昇させ、それとNo.13泉のような浅層の高トリチウム水との混合を考えれば、排水中の Cl^- 濃度とトリチウム濃度の値は不合理でない。しかし、そのような浅層の高トリチウム濃度の水は第一地帯の温泉伏流水にはほとんど直接的な影響を与えていない。亀川港付近の高塩分泉は、従来から海水混入泉として取り扱われてきたが、地温の分布や湧出温度の高さからして、たとえばNo.12の高塩分泉も、第一地帯としての背後からの温泉伏流とみても矛盾しない。実際、山下・森による温泉の静止水頭は海面よりも高い。往古は別として少なくとも現在は、水理的には海水は温泉水層に浸入しにくい条件にある。

3. まとめ

(1) 別府北部地域の下流域では、トリチウム濃度が検出限界以下のものから23TU までの種々の古さをもつ温泉水が採取されている。5~10 TU よりも高濃度を示す循環性のよい水の採取域は、亀川温泉の大部分を含み、内陸より海岸に向かうような舌状をなしている。

(2) 循環性の水は、亀川港以南ではおおむね100m 以浅でみられるが、(板山山麓部の浅層の温泉水もこれに含まれる)、新川以北の低地部では、そのような高トリチウム濃度の水は見出されず、地表近くまでの全層にわたり滞留的な水理状態にある。

(3) 北石垣地区の200~300 m 深から採取されている高塩分の温泉水は、トリチウム濃度が検出限界以下にあるため、長く(50年以上)地中で滞留的な状態にあったものであり、現状では、浅層地下水の直接混入の影響をほとんど受けていない。

(4) 採取深度が増すにつれて高トリチウム濃度の水はみられなくなるが、照波園の地熱域から亀川港にいたる区域内の2ヶ所で、200 m 以上の深さまで高トリチウム濃度の水の入りこみが認められる。とくに、平田川左岸域におけるトリチウム濃度の鉛直分布は、下方への浸透速度の大きいことを示し、その部分が亀川温泉水系の大きい供給域になっているものと考えられる。その浸入水は背後の丘陵部より流下してきたものである。

(5) 一方、亀川港からその背後の山麓部にいたる、いわゆる第一地帯の温泉水はトリチウム濃度が低いため、血ノ池地獄方面より新川に沿うように流下する温泉伏流はかなりおそい状態にあるものと思われる。

終わりに、有益な助言をいただいた京都大学理学部地球物理学研究施設の吉川恭三教授、由佐悠紀助教授、神山孝吉助手に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 後藤巳興治：別府市亀川温泉に於ける Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 分布について, 地球物理, 7(2), p.157, 1943.
- 2) 山下幸三郎, 森忠敬：別府市亀川温泉の水系, 大分県温泉調査研究会報告, 17, p.12, 1966.
- 3) 北岡豪一：温泉水中のトリチウム濃度(II), 同上, 31, p.8, 1980.
- 4) 同上：同上(I), 同上, 30, p.19, 1979.
- 5) 古賀昭人, 吉川恭三：別府市温泉水中のトリチウム, 同上, 21, p.1, 1970.
- 6) 森山善蔵：別府市内および湯布院町の温泉孔における岩芯調査報告(第3報), 同上, 17, p.23, 1966.

大分川流域高塩分泉の付随ガスについて

九大温研 野田 徹郎

京大理学部 北岡 豪一

1. まえがき

大分川流域には、古くからその存在が知られている塚野鉱泉、妙見泉といった自然湧出の高塩分の冷鉱泉と、近年開発された泉温40℃前後の高塩分泉が分布している。この高塩分泉は、化学成分の特徴や、同位体化学的な考察から、地質時代の海侵期に地層中に取り込まれた海水を起源とすると考えられた¹⁾²⁾。これらの高塩分泉はほとんどが自噴泉であり、湧出の際に少なからずガスを伴っている。高塩分冷鉱泉は、湧出量10ℓ/min前後と少なく、湧出口のたまりの部分で、時おり気泡が上昇するのを観察できる程度である。一方、掘削による高塩分泉では、かつて水柱を成す程の勢いで噴騰した国中産業泉をはじめ、100ℓ/min以上の大量湧出を行う温泉も多い。しかも、噴騰状態を観察すると、湧出口からは高塩分水と共に多量のガスが発泡しているのが見られる。これらのガスは噴騰現象に大きく関与しているものであろうが、これほどの大量のガスを有するに至った成因の究明は極めて興味深いことであり、先に仮定した高塩分泉との起源との関連を考察する上でも、ガスについてその特徴を把握することは重要である。その上でガスの本質を理解し、他目的に利用する可能性も生れてこよう。

2. 付随ガスの組成とメタンガス

高塩分泉の付随ガスの採取は、簡便に水上置換法により行った。有効内容積13ccの硬質ガラス製紡錘状遠沈管に、対象高塩分泉の水を満たし、湧出口の湧き上りの中の外気の混入しない位置に、遠沈管を倒立させる。気泡が遠沈管内の水と置換し、管内がガスで満たされるのを見計らってゴム製ダブルキャップにより密栓し、実験室に持ち帰る。ダブルキャップは軟質のものであり、直接マイクロシリンジ針を刺して試料ガスを抜き取り、ガスクロマトグラフに注入することができる。

試料採取は昭和56年3月11日に行った。付随ガスを採取すると同時に、高塩分泉も採取し、実験室でCl⁻とHCO₃⁻濃度を測定した。又、pH、泉温、湧出量の測定も行った。これらのデータはガス分析のデータや、後の計算に用いた諸元の値と共に表-1にまとめてある。

ガス分析は次の条件でガスクロマトグラフ法により行った。

使用機器	YANACO G180	
検出器	熱伝導度検出器	
カラム	3mmφステンレスカラム2m×2本	
充填剤	シリカゲル 60/80メッシュ(CO ₂ 定量用)	MS 13X 60/80メッシュ(N ₂ , O ₂ , CH ₄ 定量用)
キャリアガス	ヘリウム 50ml/min	
TCD電流	100mA	
TCD温度	60℃	カラム槽温度 40℃
注入温度	90℃	試料注入量 0.1ml
減衰器電圧	CO ₂ ……8mV	N ₂ , O ₂ , CH ₄ ……20mm/sec
記録紙送りスピード	CO ₂ ……20mm/sec	N ₂ , O ₂ , CH ₄ ……5mm/sec

表一 大分川流域高塩分泉水質・付随ガスの分析値及び温泉水・ガスの流量

① 源泉名	② 泉温 ℃	③ 湧出量 ℓ/min	④ pH	⑤ Cl ⁻ mg/ℓ	⑥ HCO ₃ ⁻ mg/ℓ	⑦ ^{*1} 汽水比	⑧ ガス流量 ℓ/min	⑨ ^{*2} CO ₂ %	⑩ ^{*2} CH ₄ %	⑪ ^{*2} N ₂ %	⑫ ^{*2} O ₂ %	⑬ ^{*3} 水蒸気 %	⑭ CO _{2(g)} mmole/ℓ	⑮ ^{*4} logKi	⑯ ^{*5} [H ₂ CO ₃ *] mmole/ℓ	⑰ ^{*6} CO _{2(aq)*} mmole/ℓ	⑱ ^{*7} ΣCO ₂ mmole/ℓ	⑲ CH _{4(g)} ×10 ² mmole/ℓ	⑳ ^{*8} ΣCH ₄ ×10 ² mmole/ℓ
二豊林業	38.6	37.5	6.5	1,970	1,840	1.00	37.5	52.8	29.2	11.0	1.2	5.8	39.1	6.18	14.5	12.9	53.6	430	462
笠木俊一(深井戸)	33.1	57	6.5	2,410	4,140	1.54	88	75.7	10.8	5.7	0.4	7.4	46.0	6.20	34.0	20.9	80.0	663	676
笠木俊一(浅井戸)	16.3			1,280	2,340			53.3	27.5	15.7	0.7	2.8		6.30					
霊山会	36.0	85	6.7	1,510	1,990	1.00	85	40.4	36.1	18.4	0.6	4.5	15.8	6.15	9.2	10.5	25.0	1,420	1,460
塚野鉦泉	15.2	4.3	6.3	2,300	2,220			68.4	13.1	15.8	0.5	2.2		6.30	36.4	30.9			
妙見泉	9.5		6.6	6,210	4,190			75.5	0.5	16.0	4.0	4.0		6.32	36.1	40.9			
坂本毎	42.6	17.0	6.2	7,130	3,870	1.59	27	81.3	0.3	11.0	2.6	4.8	57.7	6.13	54.0	18.2	111.7	18.2	18.5
梅老毛温泉	42.7	147	6.6	8,090	3,680	1.03	152	89.1	0.1	7.1	1.6	2.1	35.4	6.13	20.4	20.0	55.8	3.9	4.0
上田慶吉	30.0	64	5.8	948	1,710	2.22	142	93.1	0.6	1.8	0.4	4.1	82.9	6.24	77.1	27.6	160	53.4	54.1
坂本政行	41.1	182	6.8	3,710	3,270	0.69	125	60.4	0.2	30.4	6.3	2.7	16.2	6.16	12.3	14.0	28.5	5.3	5.5
国中産業	37.3	750	6.4	3,140	2,360									6.18	23.3				
国分養殖組合	38.2		6.7	263	1,840			60.9	1.5	20.5	4.7	4.0		6.21	9.8	15.0			

* 1 二豊林業、霊山会、坂本毎、上田慶吉は簡便法(ビニル管法)による測定。笠木俊一(深井戸)、梅老毛温泉、坂本政行は直接法により湧出量、ガス流量を直接測定。

* 2 ガス分析結果(容量%)

* 3 残容量 100 - (⑨ + ⑩ + ⑪ + ⑫) を水蒸気として表示

* 4 $K_i = \frac{(H^+)(HCO_3^-)}{[H_2CO_3^*]}$

(): 活量、[]: 濃度、[H₂CO₃*]: 溶液中の炭酸及び炭酸ガス、K_i: 泉温、イオン強度について補正した見かけの平衡定数

* 5 ③、④、⑥、⑮を用いた計算値

* 6 ③、⑨とオストワルドの溶解度定数を用いた計算値

* 7 ⑬ + ⑰

* 8 オストワルドの溶解度定数を用い、溶液中のCH_{4(aq)}を計算し、⑱を加えた。

以上の条件で測定したガスクロマトグラフのチャートを図-1に示す。CO₂とその他のガスは同時定量ができないため、異なる充填剤のカラムを使用することにより分別定量を行った。今回は、分析ガス別に2回注入を行って測定したが、2種のカラムを直列につなげば、1回の注入により全ガスの定量も可能となる。ガスクロによるガス分析の結果も表-1にまとめて掲げている。

定量可能であったCO₂, N₂, O₂, CH₄を合計すると100%に満たない。この種の試料ガスの場合、他の無機ガスは、無視できるほど少量であるし、非石油性の水溶性ガスであるためCH₄より炭素数の多い炭化水素も存在しない。ただ温鉱泉に付随するガスであるため、水蒸気がガスの一部を占めている。水蒸気量が湧出温度に対する飽和水蒸気量と等しいとすると、この地域の場合、泉温に応じ1.2~8.4%となる。この値をガスクロで定量可能であったガスの全量に加えると、100±5%の範囲に収まる。このことは、ガスクロによるガス分析がうまく行われたことを裏付けている。

当初、高塩分噴騰泉から放出されている気体は、温泉水の化学組成から、ほとんどが炭酸ガスであると思われた。ガスクロによる分析結果からは、確かに炭酸ガスはいずれの高塩分泉においても最も大きい割合を占めていたが、一部ではCH₄が相当多いガスもあり、N₂やO₂も検出された。本来、地下深部より上昇放出されるガスは、地下の還元状態を反映してO₂はほとんど含有されないのが普通である。しかし、湧出状態によっては空気が途中で混入するのを防ぎ得ない場合があるし、ガス採取の方法も厳密なものではないので、そのような試料にはO₂がかなり多量に含まれてくる。O₂が多い試料は例外なくその4倍量以上のN₂を含むため、そのような試料では空気の混入があったと考えられる。

CH₄が比較的多く含まれる温泉は大分川の下流域に分布し、川をさかのぼった狭間町内の高塩分泉ではCH₄は少ない。この地域的な違いは、付随ガスのCH₄/CO₂を比較することにより明瞭に区別できる。即ち図-3によりCH₄/CO₂の大きい高塩分泉は大分市内に限られることが判る。

図-2 付随ガスのCH₄-CO₂-N₂三成分ダイアグラム

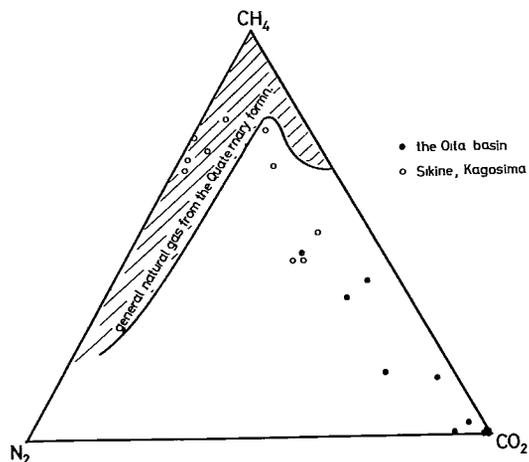
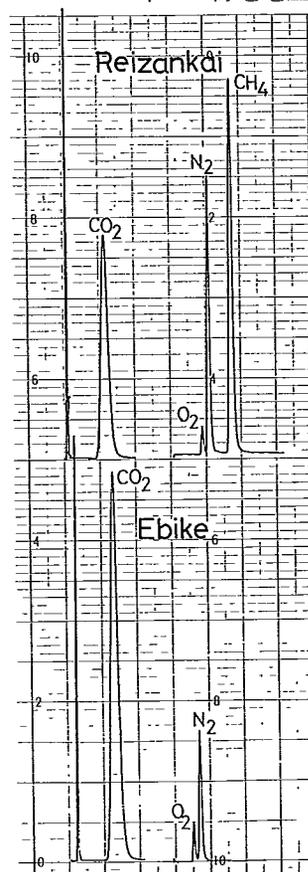
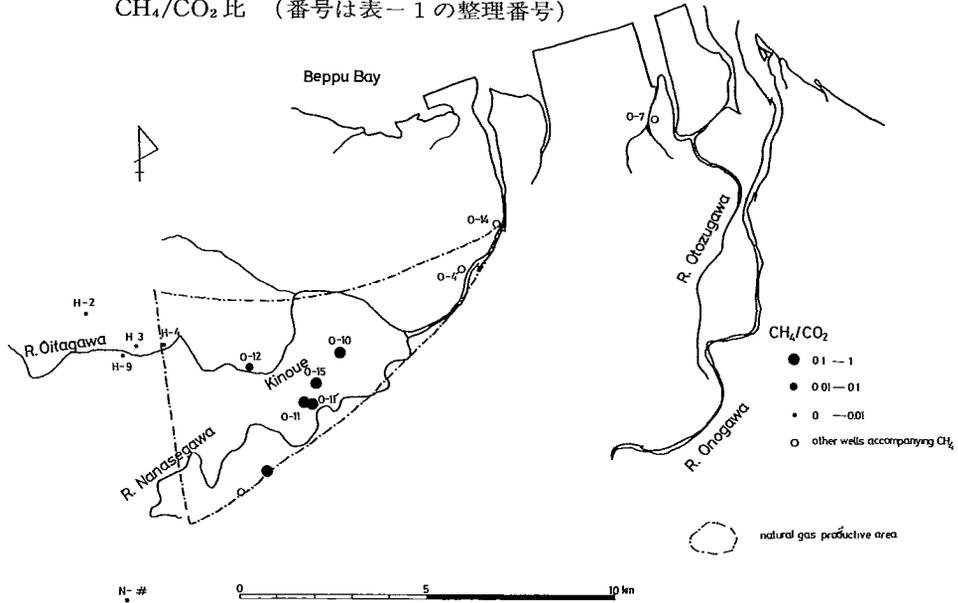


図-1 付随ガスのガスクロマトグラフ・チャート
上……霊山会泉
下……海老毛温泉



一般に水溶性天然ガスにおいてCH₄, CO₂と共に主成分とされるのはN₂でありガス組成とガス胚胎層の地質的特徴を関連づける目的で、しばしばCH₄, CO₂, N₂の三成分ダイアグラムが作成される。通常の天然ガスの組成は図-2の斜線部に位置するものが多く、中で第3紀層からのガスはCO₂, N₂共に乏しくCH₄の頂点近くに集中するとされている。大分川流域温泉付随ガスは斜線部外に位置するため、通常の天然ガスとは生成環境が大きく異なると思われる。(分析値でO₂がかなり含まれる試料は、大気が混入し

図— 3 大分川流域に新たに確認された天然ガス賦存予想地域といくつかの付随ガスのCH₄/CO₂比 (番号は表— 1の整理番号)



た疑いが濃いので、大気組成を用いてO₂に見合ったN₂を算出し、その分を分析値のN₂から差引いた値を純噴出ガスのN₂値として三成分ダイアグラムを作成した。)三成分ダイアグラムからは、この地域のガスは、CH₄50~80%、N₂50~20%の組成をもつガスに対して、CO₂ガスが混合したと解釈できる。同じような性質のガスとして、鹿児島県敷根産のガスがある。敷根産のガスは、付近に炭酸ガスを付随する火山性の温・鉱泉が多数存在していることから、その影響を受けてガス質が変化したと説明されている。大分川流域についても同じ論理が適用され、実際ほぼ同じ地域にCO₂頂点付近に集中する付随ガス群が存在し、それらとCH₄~N₂系のガスが混合していると解釈される。現在は試料の採取が不可能であるが、更に大分川を下った位置のO-14帆秋精神病院泉では、温泉付随ガスに点火して燃焼するのが確かめられたし、大野川寄りのO-7日通商事泉では、一時燃料として利用されたこともあった。又、O-4'日産サニー〔旧〕泉も、同質の高塩分泉であることから、付随ガスはCH₄に富むと思われる。大分市街地は温泉付随ガスとは別に、CH₄の採掘が試みられたことがあり、資料によれば、弁天、三川、鶴崎、広瀬橋下流、中島十二条などで可燃性ガスの存在が確認され、多いものでは500m³/日ものガス噴出が観測されている⁶⁾。これらのガスに付随する水は陰イオンにおいてCl⁻とHCO₃⁻が拮抗するような、高塩分泉と類似する泉質である。日本の代表的なガス産地である新潟ガス田では、“Cl⁻相関型鉱床”と表現されるように、ガス包持度と付随水のCl⁻濃度が相関する例が知られている⁵⁾。又、新潟ガス田では、付随水中にHCO₃⁻を通常、1,000mg/l以上含有する。これらの付随水の成分特性は大分川流域温泉にも共通するものであり、地層成因的にも三~四紀の海成層を含む堆積互層であることに共通点がある。大分市街地では鉱区としての出願もなされているが、実際、今日実用に供されているのはない模様である。

首藤によれば、大分市街地においてこの可燃性ガスを胚胎する母層は更新世初期の堆積層である鶴崎層であり、それに下部の東植田層から地層の弱線部に沿って上昇するガスも加わったとしている⁷⁾。今回、温泉の付随ガスとしてCH₄濃度の高かったのは、大分市西部の雄城台や木の上を中心とする地域であり、これまで可燃性ガスの存在は知られなかった地域である。この地域は、東植田層のうち敷戸部層の卓越する地域であり、首藤の東植田層を天然ガス母層の一つとした見方の正しかったことが裏付けられた。首藤は敷戸部層は鶴崎層と同じく塩水の影響を受けた層だと認定しており、本邦の多くのガス田がそうであるように、メタンガスの生成と海成層とは深く関わっていると思

われる。同じ東植田層の覆う地域であっても、西部の挾間町に入るとCH₄は少ない。そのCH₄の多寡に関する境界は向原—野津原の断層であるように思われる。この断層を境として、同じ東植田層であっても、東部はCH₄の起源である有機質に富み、西部では遂に乏しいのであろう。堆積層中にうずもれた有機物は、主にバクテリアの働らきにより分解を受ける。その過程は、主たる有機物として炭水化物 (CH₂O)_{2n} を考えれば、(CH₂O)_{2n} → nCO₂ + nCH₄ の反応式で表わされる。この反応は、酸化、還元同時反応であるから、地下の酸化還元状態により、さまざまな CH₄/CO₂ を取りうるであろう。これに他起原のCO₂が加わって、付随ガスのガス組成が決定されている。

首藤のアイディアを発展させ、現在の産ガス井の分布を考慮して、仮に図-2のように3本の断層で囲まれた木の上を中心とする三角形が、東植田層からの天然ガス産出地域だとすると、

天然ガス包蔵量 = 面積 × ガス母層の層厚 × 有効貯留率 × 含水率 × ガス水容積比
 の式でガスの包蔵量が計算できる。三角形の面積は 2.84 × 10⁷ m² であり、東植田層の層厚は 580 m そのうち天然ガスの母層として有効である細粒碎層岩の比率は41%だとされている。含水率は測定されていないが、同じ産ガス地域で沖積層の非常に発達した新潟平野での値が0.4~0.55であるので、これを若干下回る値として0.3を仮定した。ガス水容積比を、この三角形内の試料の平均値1.17だとすると、

$$\text{天然ガス包蔵量} = 2.84 \times 10^7 \times 580 \times 0.41 \times 0.3 \times 1.17 = 2.4 \times 10^9 \text{ (m}^3\text{)}$$

と算出される。天然ガス包蔵地域内の掘削井の平均湧出量は59.8 l/min、平均ガス水比は1.17であるから、この地域に掘削すれば、1本当り59.8 × 1.17 = 3,020 m³/月の天然ガスを得ることができる。仮に、この地域に100本のガス井を掘り、それぞれで同じ程度の有効率でガスが得られるとすれば、先の包蔵量から、660年間天然ガスの供給を受けることができる。

$$2.4 \times 10^9 \text{ m}^3 \div (100 \times 3,020 \text{ m}^3/\text{月}) = 7,950 \text{ 月} \approx 660 \text{ 年}$$

この地域の掘削井の平均ガス組成は、CO₂ 56.6%、CH₄ 21.0%、N₂ 14.3%、O₂ 1.5%であるから、単位発熱量は2,000 kcal/m³ (CH₄: 9,500 kcal/m³) となり、市ガスの発熱量4,500 kcal/m³に比べると小さく、そのままでは使用に適さないように思われる。燃料として利用するには、冷却あるいはアルカリ処理によりCO₂を分離すれば、計算上は発熱量4,580 kcal/m³の市ガスに匹敵するCH₄、N₂、O₂の混合ガスが得られる。一本当りのガス量73.0 l/minについて、脱CO₂処理により、73.0 l/min × (1 - 0.566) = 31.7 l/min = 1,370 m³/月の可燃性ガスを得ることができる。大分市における市ガス平均使用量は、1戸1ヵ月当り79.2 m³であるから、1本の井戸により1,370 m³ ÷ 79.2 m³/戸 = 17.3戸の家庭のガスをまかなうことができる。

今後の利用を計る上では、10戸以上が共同で掘削を行ない、共同の利用施設を設置する開発形態が望まれる。この地域の特徴は、同時に温泉が得られる点であり、又、CO₂も再生利用が可能になれば、現在の燃費高騰、省エネの時流に益々適した開発となろう。

3. 炭酸ガスの分圧

前項で高塩分泉付随ガスの性質が明らかになったが、このガスの気泡は地熱地帯の沸騰泉と同様に噴騰泉の湧出機構に重要な役割を果している。この事象に関連して、湧出口における気液の容積割合を把握しておくことは、地下温泉源の状態の推定に基本的に重要である。

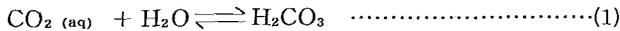
そこで次の2つの方法によって気体の噴出量を測定した。1つは、山下幸三郎氏製作の気液分離装置と、北原電機製作所製のガラス管面積流量計を用いた気体の噴出量の直接測定法である。気液分離装置は直径50cm、高さ110cmのブリキ製ドラムで、ドラム側面から導き入れられた気液混合温泉水は、ドラム内で気液が分離され、液はドラム底の排液口から、気体は上部の排気口から排出されるように設計されたものであり、ガラス管面積流量計は、テーバーガラス管型のフロート方式である。湧出口の構造から、結局測定できたものは、海老毛、坂本政行、笠木俊之(深)のわずか3

泉であった。測定系の気密を確かめた後、気体流量、液体流量を測定し、排液の pH も現場で測定した。気体流量は間欠的な変動が大きく、±10%に及ぶ測定誤差が含まれているが、流体の流量は変動が緩和され、計時の再現性は±6%程度であった。このように測定の精度はかなり悪いが、大体の目安をつける上では有効であろう。気体流量の算出にあたっては、気体にはガス分析により求められた組成の混合ガスと、100%に不足する分の水蒸気が含まれているものとし、混合気体の密度で、流量の密度補正を行った。

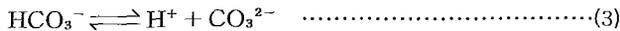
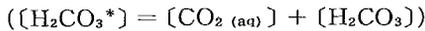
もう一つのガス量の測定法は、ビニルチューブを使った簡便法である。長さ2m、内径18mmの透明なビニルチューブを用意し、湧出量の少ないときは全量、多いときは全体を代表する一部を、チューブ中に導びく。チューブ内の流動状態が定常的になったときを見計らって、チューブの両端を一斉に閉じ、チューブを立てて気液の容積比を読み取る。別に温泉水の流量を測っておき、チューブ法により得られた気液の容積比から気体流量が求められる。チューブ内の気液それぞれの流動が充分定常的であり、かつ湧出口での流速と同一であるか疑問が残るが、直接気体流量を測定できない場合の方法としては有効であろう。この方法により測定ができたのは、二豊林業、霊山会、坂本毎、上田慶吉の4泉であった。

得られた気体流量、そのうちCO₂流量、CH₄流量、またCO₂、CH₄のモル流量を温泉水単位体積当りの量に換算したものを、表-1に一括して載せた。

温泉水中では、炭酸成分に関して



の水和脱水反応



のイオン化反応が存在している。ここでCO_{2(aq)}は溶存する炭酸ガス、H₂CO₃は水素酸として存在する炭酸、H₂CO₃*は便宜的に用いられる前2者の和である。このうち、(2)、(3)のイオン化平衡はきわめてすみやかに成立する。一方、(1)は多少遅く平衡に達するが、これも、CO₂の気体輸送による大気との溶解平衡に比べると⁸⁾非常に速い。従って、温泉水については、(1)、(2)、(3)の平衡が成立していると考えてさしつかえない。このとき、(2)についての見掛けの平衡定数

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3^*]}$$

が判っていれば、pH測定による[H⁺]、酸滴定による[HCO₃⁻]の値から、[H₂CO₃*]が計算できる。[HCO₃⁻]は酸滴定により求めたため、厳密には[CO₃²⁻]も含まれるが、問題としている温泉のpH範囲(5.8~6.8)では[HCO₃⁻] ≫ [CO₃²⁻]であるため、アルカリ度 ≡ [HCO₃⁻]としてもよい。K₁は溶液の温度、イオン強度によって異なるが、Harned & DaviesのK₁の値に、Larson & Buswellの塩分補正を行うことにより⁹⁾、今回調査した各源泉については表-1のようなK₁が求まり、それを使って[H₂CO₃*]が計算できた。

気体が液体に対し溶解平衡にあるとすれば、溶存する気体成分濃度はその気体成分の分圧に比例するという、いわゆるヘンリーの法則が成り立つ。仮に、調査した温泉の付随ガスと温泉水の間に、溶解平衡が成り立つとし、付随ガスの分圧が1気圧だと仮定すると、各温度についてのヘンリー一定数と、ガス組成から、溶存CO₂の濃度を計算できる。その結果はCO_{2(aq)}*として表中に示されている。[H₂CO₃*] = [CO_{2(aq)}] + [H₂CO₃]において、[CO_{2(aq)}] / [H₂CO₃] ≅ 500であり⁹⁾、[H₂CO₃*]のほとんどが[CO_{2(aq)}]であると考えられることから、H₂CO₃* (≡ CO_{2(aq)}) とCO_{2(aq)}*を比較することにより、溶解平衡が成立しているかを検討できる。図-4には[H₂CO₃*]と[CO_{2(aq)}*]の関係を示したが、[H₂CO₃*] = [CO_{2(aq)}*]の直線付近に集まる温泉が多い中で、上田、坂本毎、

笠木(深)各泉は、 $[\text{H}_2\text{CO}_3^*] > [\text{CO}_{2(\text{aq})}^*]$ の領域に大きくずれ込んでいる。つまり、高塩分泉の付随ガスと温泉水は湧出口でおおよそ溶解平衡にあると考えてよいが、幾つかの温泉では、 CO_2 が付随ガスに対して過飽和に液中に含まれ、気相として抜け出しきれていない状態にあると考えられる。気体の溶解平衡からのずれの尺度として $[\text{H}_2\text{CO}_3^*] / [\text{CO}_{2(\text{aq})}^*]$ (平衡時にはこの値は1となる) をとり、高塩分泉噴騰時の CO_2 流量/温泉水流量 (容積比) を比較すると (図-5)、前の考察で溶解平衡にあるとされた各泉は、温泉水流量より CO_2 流量が小さく、逆に CO_2 流量が温泉水流量より大きい温泉では、その比が大きいほど非平衡にあるという関係が読み取れる。

温泉水中の CO_2 に関する平衡関係において、最も平衡到達が遅いのは、気液界面における温泉水から気相への CO_2 の移送であり、その輸送係数は $10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/sec だとされている⁸⁾。高塩分泉の噴騰の際に、ガス水比の高い特性を有する温泉では、管中上昇時から噴騰にかけての気相への移送がスムーズでないため、一層気液溶解平衡からのずれが大きいと思われる。

表-1中、第⑬欄には気液両相の CO_2 の和を示した。これは気泡が発生する以前の温泉水中の溶存 CO_2 の濃度を表わしていると考えられるが、同一地域の温泉でありながら、その値はかなりまちまちである。これに対し、志賀、川野および山下が昭和43年に同様の方法で測定した長湯温泉における結果は、地域全体にほぼ同じ結果が得られている⁹⁾。

そこで、地下温泉水中の CO_2 量が、どのような飽和状態にあるかを確かめるため、図-6に示すように、全 CO_2 量を泉温に対してプロットし、溶解度曲線との対応を見た。図中の溶解度曲線は、Landort-Bornstein の値を採用し、炭酸ガスの各圧力に対する溶解度はヘンリーの法則に従うものとした。図-5のプロットで、全 CO_2 を●、長湯温泉の全 CO_2 量を×で示した。長湯の全 CO_2 量は全て2.5気圧前後の飽和圧力に相当するのに対し、大分川流域の高塩分泉は1.0~5.4 atmと広い範囲の飽和圧力を示す。しかし、いずれにしろ地下温泉水の水圧に比べるとはるかに小さく、地下では CO_2 は不飽和の状態にある。このことは、温泉水中の CO_2 は比較的浅層まで外部へ逸散することなく、保存されやすいことを示している。大分川流域高塩分泉の CO_2 飽和圧力がまちまちであるこ

図-4 炭酸の解離平衡式より求めた溶存炭酸濃度 $[\text{H}_2\text{CO}_3^*]$ と、ヘンリー則を適用することにより求めた溶存二酸化炭素濃度 $[\text{CO}_{2(\text{aq})}^*]$ の関係

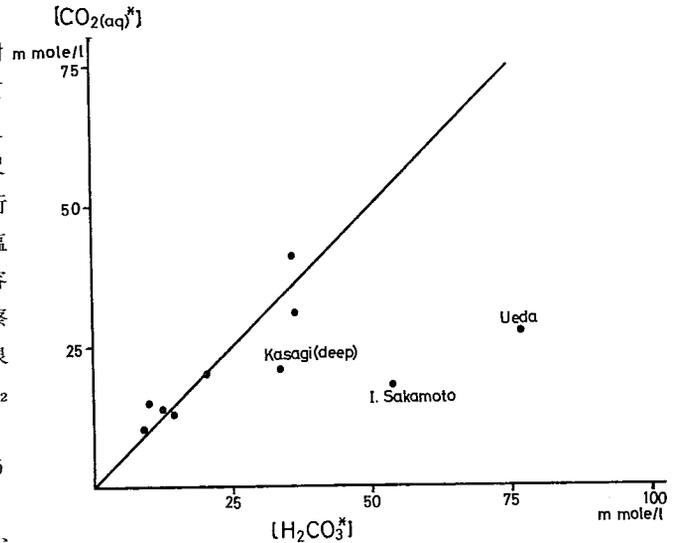
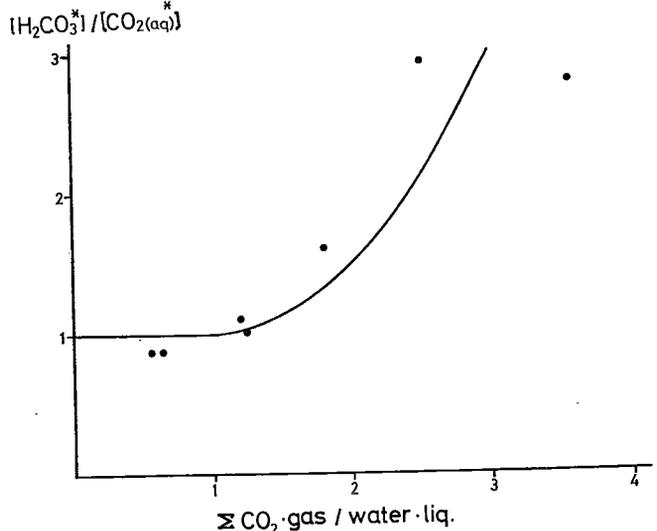


図-5 $[\text{H}_2\text{CO}_3^*] / [\text{CO}_{2(\text{aq})}^*]$ と炭酸ガス水比の関係



とは、この地域での断層系の発達を考えあわせると、地下の温泉層のあり方が、長湯ほど単純ではないことをうかがわせる。

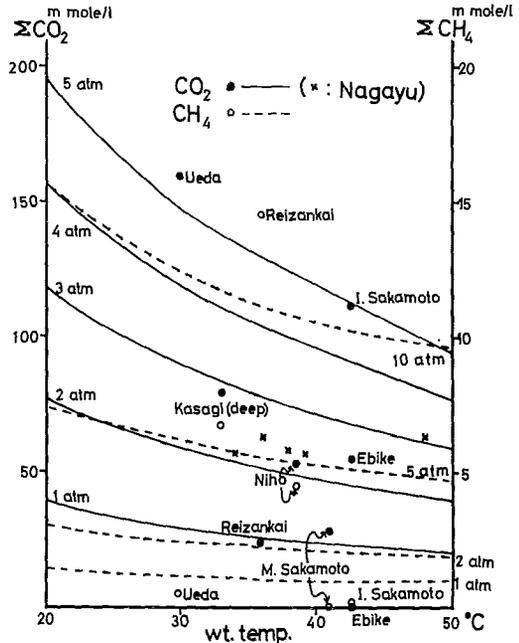
CH₄についても、同様にその飽和圧力についての考察を試みることができる。CH₄はCO₂に比べるとはるかに溶解度が小さく、地表湧出時はほとんど気相に存在している。湧出時にCH₄についてヘンリー則を適用すれば、溶解分を補正的に気相にある分に加えることにより、全CH₄量が算出できる。その値は、表-1に見るように、CO₂よりも更に各泉源でのばらつきが大きい。CO₂の場合と同じく、全CH₄量(▲)を温度に対してプロットすると、飽和圧力は挾間町内の高塩分泉では1 atm以下で、いずれもCO₂の飽和圧力より低いのにに対し、大分市西部の高塩分泉は二豊林業泉4.3 atm、笠木(深)泉5.8 atm、霊山会泉13.0 atmとかなり高いCH₄の飽和圧力を有し、CO₂の飽和圧力のおよそ2倍の値である。このことから、挾間町のCH₄は、浅層まで温泉水中に溶解しているのに対し、大分市西部では、CH₄の飽和している状態を静水圧に換算すると、その位置は44~134 mの深度となる。これは首藤の推定した、同地域でのCH₄の胚胎層と目される東植田層の層厚580 mからすると、東植田層の上部に相当する。しかし、温泉採湯深度は300~500 mであるから水溶していることは間違いない。これに対し、以前天然ガスの探査が試みられた大分市街地では、ガスの母層とされる鶴崎層から60~148 mでガスが発見された。大分市街地での天然ガス探査報告書の記載からは、CH₄の飽和圧力がかなり高いことが読みとれるので、大分市街地のCH₄の賦存状態は大分市西部域と異なり、大部分が本来気相の状態で賦存していたものと推定される。

大分川流域の高塩分泉は、地中では水溶性ガスとしてCO₂、CH₄を溶存しているが、掘削井などで大気に接するところが生じると、その中で過飽和の状態が生じ、気泡が発生し、浮力により上昇を開始する。上昇にともない、圧力の減少により気泡は膨張し、溶解度も減少するので益々気泡の占める容積割合は大きくなり、気液混合体の平均密度は低下し、相対的に圧力は小さくなって水面が上昇する。水面が地面より高くなると自噴がはじまり、液体にも上昇流が生じ、上方ほど気体占有割合が大きいので、上昇速度も湧出口で最大の流速となり、噴騰を呈していると考えられる。

4. まとめ

- (1) 大分川流域の高塩分泉に付随するガスの組成はCO₂が主成分であるが、大分市西部域ではかなりのCH₄も含まれる。
- (2) 大分市西部域の東植田層に包蔵される天然ガス量は2.4×10⁹ m³と推定され、温泉掘削を兼ねた開発が期待される。
- (3) 高塩分泉付随ガスの流量を、気液分離装置と流量計を使用した直接法と、ビニルチューブを利用した簡便法により測定できた。
- (4) ガス水容積比の小さい高塩分泉では、付随ガス中のCO₂は溶解平衡にあるが、ガス水容積比が大きいと、温泉水中のCO₂は過飽和状態にある。

図-6 ΣCO₂、ΣCH₄と泉温及び飽和圧力の関係



- (5) CO₂の飽和圧力は1.0~5.4atmで、長湯温泉に比べるとかなり広い範囲の値をとる。
- (6) CH₄の飽和圧力は地域的に大きく異なり、挾間町ではCO₂飽和圧力より小さく、大分市西部では4.3~13.0atmのかなり大きい値となる。
- (7) 大分市西部でのCH₄の賦存状態は東植田層内で水溶しており、大分市街地での賦存状態とは異なると考えられる。

本稿をまとめるにあたり、次の諸氏の協力を得たことを記して謝辞にかえたい。大分県公害衛生センター溝腰利男氏には、ガスクロ操作法について教示をいただいた。大分県工鉱課稲積英明氏には、大分市街地の天然ガスに関する貴重な資料を提供いただいた。(株)大分ガス別府営業所からは、市ガスの統計データを教示いただいた。

<参 考 文 献>

- 1) 野田徹郎・北岡豪一：挾間町ならびにその周辺の温泉調査（その2）高塩分泉の化学組成、大分県温泉調査研究会報告，28，p. 31~41, (1977)
- 2) 野田徹郎・北岡豪一：大分県挾間町周辺の高塩分泉の同位体組成、日本地球化学会年会講演要旨，p. 142, (1977)
- 3) 金原均二・本島公司・石和田靖章：天然ガス（I・3ガスおよび付随水の性質成分）、p. 14~25, (1958)
- 4) 伊田一善・篠山昌市・斎藤一雄・加藤甲壬：鹿児島県敷根天然ガス地質調査報告、地質調査所月報，L，vol 2，p. 9~14, (1950)
- 5) 地質調査所編：日本鉱産誌V-6（II・可燃性天然ガス）p. 266~404, (1957)
- 6) 稲積英明：私信
- 7) 首藤次男：大分市周辺の天然ガス探査の試錐位置選定に関する予備調査報告書，p. 1~18, (1958)
- 8) W. スタム・J.J. モーガン（安部喜也・半谷高久訳）：一般水質化学（溶存二酸化炭素）p. 114~152, (1974)
- 9) 志賀史光・川野田実夫：くじゅう火山の温泉群（4）長湯温泉について、大分県温泉調査研究会報告，20，p. 66~72, (1969)
- 10) 天然ガス鉱業会編：九州地方天然ガス開発利用調査報告（2.1.2. 大分県大分鶴崎地区調査報告）p. 47~80, (1961)

原爆被爆者の温泉療法（第13報）

別府原爆センター 八 田 秋

九 大 温 研 辻 秀 男

1. はじめに

創立後第21年を迎えた当センターは、関係各位のご理解とご援助に加えて、職員各位の一層のご努力によって、かつてない成績をあげることができた。すなわち昭和55年4月から、昭和56年3月までの利用者数4,017名、その延数22,002名と最高数を示した。

表I 利用者男女別年令表

月別	年令											計
	<30歳	31~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66~70	71<			
4	男	1	0	1	1	2	7	6	32	82	132	
	女	3	1	1	3	7	16	27	35	83	176	
5	男	2	0	0	0	3	3	30	23	65	126	
	女	1	1	0	5	7	33	47	60	101	255	
6	男	0	0	1	1	3	5	6	17	42	75	
	女	0	1	0	6	10	23	29	36	99	204	
7	男	5	0	0	4	6	2	11	12	39	79	
	女	9	4	1	10	16	17	25	27	55	164	
8	男	21	7	5	5	1	6	13	21	22	101	
	女	28	12	4	8	13	25	21	19	41	171	
9	男	0	0	0	1	7	5	19	28	53	113	
	女	0	6	3	7	11	22	43	39	77	208	
10	男	1	0	0	0	2	7	18	38	68	134	
	女	2	1	0	1	10	19	48	53	103	237	
11	男	2	0	0	0	3	6	17	42	86	156	
	女	1	1	0	4	19	38	41	65	85	254	
12	男	4	1	2	3	6	8	18	30	57	129	
	女	7	4	1	4	12	21	28	45	55	177	
1	男	2	2	3	2	3	5	25	28	45	115	
	女	9	7	3	7	9	35	37	55	109	271	
2	男	0	0	2	0	2	8	23	25	61	121	
	女	2	1	2	0	6	27	43	52	83	216	
3	男	4	1	0	2	5	2	16	28	78	136	
	女	9	3	1	4	11	20	41	60	118	267	
合	男	42	11	14	19	43	64	202	324	698	1,417	
	女	71	42	16	59	131	296	430	546	1,009	2,600	
計		113	53	30	78	174	360	632	870	1,707	4,017	

表II 利用者数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均一日延数
4	308	2,046	68.2
5	381	1,858	59.9
6	279	1,762	58.7
7	243	1,341	43.3
8	272	1,273	41.1
9	321	1,725	57.5
10	371	2,013	64.9
11	410	2,198	73.3
12	306	1,362	50.4
1	386	2,292	73.9
2	337	2,007	71.7
3	403	2,125	68.5
合計	4,017	22,002	60.9

表III 温療期間

月別	温療日数				計
	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	
4	42	141	116	9	308
5	118	195	62	6	381
6	69	64	135	11	279
7	97	71	66	9	243
8	137	54	75	6	272
9	105	107	103	6	321
10	92	200	67	12	371
11	117	231	50	12	410
12	157	88	54	7	306
1	141	71	170	4	386
2	100	81	149	7	337
3	103	175	122	3	403
合計	1,278	1,478	1,169	92	4,017

利用者概況

これらの利用者の月別、年齢別、男女別の利用状況は表Ⅰ、Ⅱの如くである。利用者実数 4,017 名を月別にみると、300 を切ったのは例年の如く夏季の 6、7、8 月の 3 ヶ月のみであり、最高は 11 月の 410 名であった。

利用者延数からみると、総数 22,002 名、平均 1 日 60.9 名で、利用率は 84.58 % となり、1 月の平均 1 日 73.9 名 (利用率 102.6 %) が最高であった。

年間利用者の年齢別、男女別 (表Ⅰ) では、61 歳 < が全数の 79.88 %、71 歳 < が約 42.5 % をしめ、被爆者の加齢とともに顕著となっているが、しかし 30 歳 > の若年層も 113 名 (2.81%) を数えた。

男女比では 2.73 : 5 でやはり女性が多い。

温療期間を滞在日数から見ると (表Ⅲ)、3 日 > が 1,278 名 (31.81%)、4 ~ 6 日 が 1,478 名 (36.79%)、7 日 < 1,261 名 (31.39%) で昨年よりさらに 78 名多く、好ましい傾向であった。

本年度の診療例は 360 例を数えた (表Ⅳ)。

表Ⅳ 診療症例 昭和 55 年度

No	年月	姓	性	年	病 名	滞在日数	治 療 法	転帰	備考
1	55.4	伊	♂	71	虚血性心疾患, 咽頭炎	11	ぬるま湯, 半浴, 感冒・抗生剤	軽快	km 2.5±
2		徳	♂	67	糖尿病, 両膝関節炎 高血圧性心肥大	15, 8 9, 14 7	ぬるま湯, 半浴, 薬浴 マイクロ, しっぶ	〃	入市
3		児	♂	69	変形性腰椎症 (LV)	8	展伸, VB ₁ , 鎮痛剤	〃	〃
4		浜	♂	65	右下肢不全マ	7	リハビリ	〃	〃
5		二	♀	61	慢性胃炎	8	健胃剤	〃	1.5+
6		竹	♂	77	動脈硬化症, 下肢攣性マ	9	リハビリ, VB ₁ , B ₂ , C アーテン, 脳血流促進剤	〃	入市
7		山	♂	79	高血圧性心肥大, 糖尿病 変形性腰椎症	8	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 展伸 マイクロ, VB ₁ , B ₂ , C アーテン, リハビリ	〃	〃
8		水	♂	78	便秘症	8	緩下剤, 浣腸	〃	〃
9		山	♂	72	亜急性胃炎	8	健胃・鎮痙剤	〃	3.0-
10		羽	♀	74	高血圧性心肥大, 肺気腫, II 腰 椎圧迫骨折後, 両膝関節炎, 痔 核, 慢性脾炎, 咽頭炎	11 8	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, VB ₁ , 緩下剤, 坐薬 腰椎展伸, しっぶ, アスコパ ン, 感冒・抗生剤	〃	2.0+
11		梅	♀	71	変形性腰椎症, すべり症 (LIII -IV), 両膝関節炎, 咽頭炎	11	展伸, マイクロ, 感冒・抗生剤	〃	入市
12		阪	♂	41	高血圧性心肥大, 腎性糖尿病	5 7	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤	〃	〃
13		長	♂	81	慢性肝炎, 糖尿病	15	ぬるま湯, 安臥, VB ₁ B ₂ C 薬浴	不変	2.5+
14		石	♂	76	高血圧症	8	ぬるま湯, 安臥	軽快	2.5±
15		丸	♂	77	糖尿病, 左膝関節炎, 感冒	11	感冒・抗生剤, 薬浴	〃	〃
16		石	♀	82	高血圧症, 腰痛症 陳久性骨折 (L ₁) 気管支炎	11	感冒・抗生剤	〃	入市
17		藤	♂	76	白血球増多症, 気管支拡張症 口内炎, 急性胃腸炎	16 8 11	感冒・抗生剤, 止痢剤	〃	2.7+
18		関	♀	74	高血圧性心肥大, 第 I 腰椎圧迫 骨折後, 両膝関節炎	12 13	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, しっぶ, 降圧剤	〃	1.3-
19		神	♀	73	心筋症	7	ぬるま湯, 半浴, 安臥	〃	2.0+
20		免	♀	70	高血圧性心肥大, 両膝関節炎	12	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, しっぶ, ザルプロ糖液	〃	1.5+
21		空	♂	74	高血圧症, 糖尿病, 肝炎	22	薬浴	〃	入市

22		宮	♂	73	高血圧性心肥大, 動脈硬化症, 右片マ(発作)	26	リハビリ, VB ₁ , 降圧剤	転院	入市
23		石	♂	68	慢性肝炎, 変形性腰椎症, 感冒	16 11	展伸, マイクロ, 感冒・抗生剤, モビラート	軽快	〃
24		児	♀	63	高血圧性心肥大, 右足関節捻挫腰痛症, 慢性胃炎	15 14	降圧剤, 鎮痛剤, マイクロ, しっぶ	〃	〃
25		倉	♀	51	高血圧症, 左項筋痛	12	ぬるま湯, 安臥, 鎮痛剤, 降圧剤, マイクロ, しっぶ	〃	〃
26		立	♀	63	バセドウ氏病, 再発性気管支炎	12	感冒・抗生剤	〃	3.3-
27		上	♀	72	高血圧性心肥大, 糖尿病 左足関節炎	8	ぬるま湯, 安臥, マイクロ, しっぶ	〃	4.0+
28		木	♀	66	変形性腰椎性(LIV), 便秘症 移動性長S字状結腸症	15	展伸, UB ₁ , 緩下剤, プリンペラン	〃	入市
29		伊	♀	58	高血圧性心肥大	8	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤	〃	2.0+
30		森	♀	77	高血圧性心肥大, 腰痛症 慢性肝炎	8	ぬるま湯, 安臥, 糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	1.2+
31		新	♀	78	高血圧性心肥大, 癬痕搔痒	11	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤, フルコートクリーム	〃	1.8-
32	5	品	♀	67	心肥大, 両膝関節炎	9	ぬるま湯, 安臥, マイクロ しっぶ, カシワドール	〃	入市
33		小	♀	84	高血圧性心障害, 貧血症, 感冒	9	感冒・抗生剤	〃	入市
34		園	♀	67	特発性頻脈症, 腰椎間板症	9	VB ₁ , マイクロ	〃	かんご
35		沖	♀	84	幽門狭窄症疑	12	鎮痙剤	〃	2.5±
36		大	♀	74	低血圧症, 貧血症, 湯中り症	14	糖液, VB ₁ B ₂ C, リンデロン アンダシトールゼリー	〃	3.1-
37		藤	♂	79	冠不全, 便秘症	11	ぬるま湯, 半浴, 緩下剤	〃	2.7±
38		藤	♀	72	低血圧症, 貧血症	11	糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	2.7±
39		堀	♀	73	高血圧症心肥大	11	ぬるま湯, 半浴, 安臥 トローチ	〃	1.1±
40		中	♀	59	咽頭炎	7	感冒・抗生剤	〃	入市
41		崎	♂	61	高血圧症, 下半身半マ	11 5	リハビリ, VB ₁ , 展伸, 降圧剤, マイクロ	〃	4.0+
42		的	♂	74	亜急性気管支炎	15	感冒・抗生剤	〃	入市
43		八	♂	74	高血圧症, 不整脈 間歇性跛行症	12	ぬるま湯, 安臥, 薬浴(S), 血行促進剤	〃	〃
44		楠	♂	83	変形性腰椎症, 冠不全 気管支炎, 糖尿病	7	感冒・抗生剤	〃	1.7+
45		土	♂	73	自律神経失調症 腎性糖尿病	10	ぬるま湯, 安臥, 整調剤	〃	入市
46		西	♀	69	腰椎すべり症(LII-III, IV-V) 両膝関節炎	14	展伸, マイクロ, VB ₁ , しっぶ	〃	2.0+
47		島	♀	69	変形性腰椎症, 両膝・足関節炎	10	鎮痛剤, マイクロ, しっぶ, カシワドール	〃	かんご
48		西	♂	82	軟骨ヘルニア, 搔痒症	10	展伸, VB ₁ , コルチコイド 抗アレルギー剤	〃	入市
49		川	♀	69	両膝関節炎, 刺虫症	7	しっぶ, フルコートクリーム	〃	0.8+
50		大	♀	70	肝炎, 高血圧症	7	降圧剤, 強肝剤, 糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	2.3±
51		大	♂	60	糖尿病	14	薬浴	〃	入市
52	6	林	♀	83	高血圧性心肥大 変形性両膝関節炎	10	降圧・鎮痛剤, マイクロ, しっぶ	〃	〃
53		山	♂	72	低血圧症	11	糖液, VB ₁ B ₂ C, ぬるま湯	〃	〃
54		丹	♀	60	高血圧症, アンギーナ	7	感冒・抗生剤, 降圧剤	〃	4.0±
55		伊	♂	74	肝炎, 高血圧症 右腕関節ロイマ	17	強肝剤, 鎮痛剤, 同化ホルモン, マイクロ	〃	入市
56		川	♀	57	変形性頸・腰椎症, 低血圧症, 気管支喘息, 膀胱炎	8	脊椎展伸, 抗喘息剤, 抗生剤 マイクロ	〃	〃

57	高	♀	69	軟骨ヘルニア疑, 呼吸困難	11	腰椎展伸	軽快	黒雨
58	齊	♀	76	不眠症, 慢性便秘, 上膊骨々折後	11	マイクロ, 睡眠剤	"	1.2+
59	福	♀	82	高血圧症, 左片マ	11	VB ₁ 注	"	1.8±
60	高	♂	67	頸椎カリエス後, 神経性狭心症 腰痛症	13	VB ₁ 注	"	2.0+
61	高	♀	63	高血圧性心肥大, 拘束性 換気障害	13 16 17	CO ₂ ガス浴	"	入市
62	岩	♂	75	糖尿病, 高血圧症, 貧血症 右中指関節炎	13 16 17	茶浴, マイクロ	"	2.0+
63	桑	♂	66	肺気腫, 気管支拡張性 解離性大動脈瘤	7		不変	1.8+
64	永	♀	60	心手術後, 肝腫大, 両下腿静脈瘤	12	プロタノール注	"	入市
65	竹	♂	78	軟骨ヘルニア疑, 神経性狭心症	8	腰椎展伸, VB ₁ 注	軽快	2.0±
66	竹	♀	61	心筋症	8	ぬるま湯, 半浴	"	入市
67	野	♀	68	高血圧性心肥大, 腰痛症	7	ぬるま湯, 半浴, マイクロ	"	3.0±
68	平	♀	69	高血圧性心肥大, 糖尿病	8	ぬるま湯, 安臥	"	入市
69	山	♀	72	右項筋痛	8	ぬるま湯, 安臥, マイクロ	"	1.1±
70	米	♀	67	高血圧症, 糖尿病	8	ぬるま湯, 安臥	"	入市
71	大	♂	90	慢性気管支炎, 腰椎すべり症 (LII-III, IV-V)	11	降圧剤, 腰椎展伸, マイクロ VB ₁ 注	"	3.2+
72	大	♀	81	右大腿筋痛	11	マイクロ	"	3.2+
73	上	♀	79	陳久性腰椎骨折(LIV), 胃潰瘍	18	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ 鎮痛剤	"	かんご
74	松	♀	47	軟骨ヘルニア疑	4	腰椎展伸, VB ₁ 注, しっぶ	"	4.0-
75	三	♀	72	動脈硬化症, 変形性腰椎症	26	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ アーテン	"	入市
76	木	♀	81	動脈硬化症, 心肥大 右肩関節炎, 慢性膵炎疑	26	ブスコパン, マイクロ, しっぶ, 降圧剤	"	"
77	野	♂	88	出血素因, 前立腺肥大 変形性腰椎症, 不整脈	16	止血剤, VB ₁ 注	"	"
78	末	♂	68	神経性狭心症 左膝内障害, 咽頭炎	17	マイクロ, しっぶ, 鎮痛剤	"	1.5+
79	橋	♀	70	多発性関節ロイマ	9	鎮痛剤, マイクロ	"	3.0+
80	松	♀	77	高血圧性心肥大 両膝関節炎, 下腿静脈瘤	9	降圧剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	"	入市
81	土	♀	70	変形性腰椎症, 胸椎側湾	6	鎮痛剤, 腰椎展伸, マイクロ	"	1.3+
82	佐	♀	76	高血圧性心肥大, 貧血症 アンギーナ	9	降圧剤, 感冒, 抗生剤	"	2.5+
83	三	♀	75	食欲不振, 急性アンギーナ	24	感冒・抗生剤, 糖液, VB ₁ B ₂ C 点注	"	入市
84	河	♂	75	常習性下痢	18	止痢・抗生剤	"	"
85	池	♂	79	高血圧性心肥大	9	ぬるま湯, 安臥	"	"
86	赤	♂	71	肝炎, 心肥大	9	半浴, 強心剤, 糖液, VB ₁ B ₂ C	"	1.5+
87	天	♀	70	糖尿病, 慢性腎炎, 高血圧症	9	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤	"	かんご
88	松	♂	80	高血圧性心障害, 梅毒疑	13	強心剤, VB ₁ 注	"	入市
89	松	♀	76	心筋症	13	ぬるま湯, 半浴	"	"
90	石	♀	51	腰痛症	20	鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	"	2.3+
91	部	♀	60	両肩関節周囲炎	20	鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ しっぶ	"	2.5+

92		佐	♀	67	糖尿病疑, 腰痛症	9	VB ₁ 注, マイクロ	軽快	入市
93		田	♀	73	急性胃腸炎	9	止痢, 抗生剤	〃	かんご
94		垣	♂	79	肺気腫	9		〃	現場
95	7	高	♀	67	乳がん術後痛, 肝炎, 軟骨ヘルニア, 感冒	13 16	感冒・抗生剤, 糖液・V点注 マイクロ	〃	1.0+
96		末	♀	67	高血圧性心肥大, 糖尿病, 変形性両股関節炎	16 13 12	薬浴, 鎮痛剤, しっぶ 同化ホルモン	〃	1.7+
97		新	♂	70	高血圧症, 白斑症, 肝・脾炎, 両側肋膜炎	29	的ヶ浜飲泉, 消炎・抗生剤	〃	入市
98		新	♀	70	変形性頸椎症, 腰椎左方すべり 症, 両膝関節炎	29	頸椎展伸, マイクロ, しっぶ 健胃剤	〃	〃
99		田	♂	83	高血圧症, 肺気腫, 慢性腎炎 変形性腰椎症(LIV-V)	15	ぬるま湯, 安臥, VB ₁ 注, マイクロ	〃	1.5+
100		藤	♂	73	胃術後貧血, 慢性気管支炎, 前立腺肥大	11 10 10	糖液, VB ₁ B ₂ C, VE, 消炎・抗生剤, 健胃剤	〃	3.0±
101		織	♂	71	変形性腰椎症(LV)	9	腰椎展伸, マイクロ	〃	4.1±
102		忠	♀	65	変形性腰椎症, 両膝関節炎	8	腰椎展伸, マイクロ, しっぶ カシワドール	〃	3.0+
103		塩	♀	54	高血圧症, シーグレン氏病	5	VB ₁ 注, マイクロ	〃	長崎 2.0+
104		斉	♂	75	糖尿病, 不整脈	7	抗糖尿剤	〃	入市
105		本	♀	70	冠不全, 両膝関節炎	12 13	VB ₁ 注, マイクロ, 半浴 しっぶ	〃	2.0-
106		石	♀	71	外傷性頸椎変形症 左足背粘液囊腫	13	腰椎展伸, マイクロ, しっぶ 穿刺	〃	2.5+
107		奥	♀	76	両股関節炎, 高血圧症	14	ぬるま湯, 安臥, マイクロ, 降圧剤	〃	1.5-
108		増	♀	77	貧血症, 両膝関節炎, 口唇水泡	10 12	VB ₂ , C, E, マイクロ, しっぶ, カシワドール	〃	1.5-
109		清	♀	65	高血圧症, 頸椎分離症, 腰椎す べり症(LIV-V), 白癬症	10 12	頸・腰椎展伸, VB ₁ 注 しっぶ, グリセチン	〃	2.0-
110		枝	♂	76	軟骨ヘルニア, 両膝関節炎	7 14	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ	〃	入市
111		小	♂	77	変形性腰椎症, 右肩関節炎 手指関節炎, 硅肺疑	7	検査	不変	〃
112		保	♂	77	高血圧症, 右片マ	12	ぬるま湯, 安臥, リハビリ, VB ₁ 注, 降圧剤	軽快	1.5±
113		保	♀	69	外傷性胸椎変形症(DXII)	12	マイクロ, しっぶ	〃	入市
114		西	♀	62	十二指腸潰瘍, 低血圧症	10	糖液, VB ₁ B ₂ C, センター飲泉	〃	1.2+
115		川	♀	69	貧血症, 低血圧症, 便秘症, 出血素因, 両腕関節炎	14	マイクロ, 緩下剤, カシワドール	〃	1.0+
116		西	♀	48	気管支炎	14	感冒・抗生剤	〃	4.1+
117		宮	♂	80	耳鳴	8	VB ₁ B ₂ CE	不変	4.1+
118		北	♀	57	軟骨ヘルニア, 糖尿病, 帯状疱疹, 膀胱炎	14 16 11	薬浴, 腰椎展伸, マイクロ, 鎮痛剤, 抗生剤	軽快	2.0+
119		則	♂	74	第V腰椎陳久性骨折 右肩関節周囲炎, 不整脈	13 7	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 鎮痛 剤, マイクロ, しっぶ	〃	入市
120		三	♀	72	高血圧性心肥大, 右膝関節炎	10	ぬるま湯, 半浴, マイクロ	〃	黒雨
121		川	♂	54	肝炎, 両膝関節炎	5	マイクロ, しっぶ カシワドール	〃	入市
122		川	♀	54	慢性肝炎	5	糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	1.0+
123		脇	♀	90	高血圧性心肥大, 両膝関節炎	30	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, しっぶ, 降圧剤	〃	2.5+
124		脇	♀	51	冠不全, 慢性胃炎, 右膝関節炎	30	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, しっぶ, VB ₁ 注, カシ ワドール, 強心剤, 健胃剤	〃	2.5±
125	8	小	♀	51	高血圧症, 虚血性心疾患, 多発性関節炎	14 16 11	VB ₁ 注, マイクロ, 鎮痛剤, 降圧剤	〃	4.1±
126		藤	♀	50	むちうち症	8	VB ₁ 注, 頸椎展伸	〃	入市

127	竹	♂	65	項節痛	8	鎮痛剤, マイクロ	軽快	入市
128	上	♀	66	低血圧症, 自律神経失調症	12	糖液, VB ₁ B ₂ C, ベレルガール	〃	かんご
129	山	♀	57	軟骨ヘルニア, 腰椎すべり症 (LIV-V), 項節痛	10	VB ₁ 注, 腰椎展伸	〃	入市
130	佐	♂	67	右顎関節炎	8	VB ₁ B ₂ CE, マイクロ, しっぶ	〃	〃
131	馬	♀	61	糖尿病, 肝炎, 突発性頻脈症	6 18 20	茶浴	〃	2.2+
132	山	♂	69	両下肢半マ, 右膝関節炎	8	VB ₁ B ₂ C, マイクロ, リハピリ	〃	入市
133	田	♂	86	高血圧性心肥大, 変形性脊椎症	12	VB ₁ 注, 腰椎展伸, マイクロ	〃	2.5±
134	岡	♀	73	高血圧性心肥大, 便秘, 胆石症	12 13 15	CO ₂ ガス浴, 降圧剤, 緩下剤 ウルソサン	〃	4.0-
135	新	♂	72	自律神経失調症, 貧血	15	VB ₁ E, ベレルガール, トレステン	〃	長崎 2.2+
136	佐	♂	63	軟骨ヘルニア	14	腰椎展伸, マイクロ, 鎮痛剤	〃	2.0-
137	長	♂	63	痛風, 血管攣縮症	3	VB ₁ B ₂ C E	不変	2.0±
138	長	♀	58	心筋症	3	ぬるま湯, 半浴, 安臥	〃	2.0+
139	坪	♂	76	不整脈, 大腸運動失調症	16	ぬるま湯, 半浴, 整調剤	軽快	2.5+
140	馬	♀	44	肋間神経痛	6	鎮痛剤, マイクロ	〃	1.5+
141	吉	♀	49	第V腰椎骨折後	14	腰椎展伸, マイクロ, VB ₁ C	〃	長崎 1.0+
142	光	♀	69	高血圧性心肥大, 咽頭炎	8	感冒・抗生剤	〃	4.0-
143	武	♀	63	高血圧性心肥大	7	ぬるま湯, 安臥	〃	2.0+
144	日	♀	73	高血圧性心肥大, 感冒	7	ぬるま湯, 安臥, 感冒・抗生剤	〃	2.5+
145	木	♀	67	高血圧症, 亜急性胃腸炎	11	整腸・抗生剤	〃	1.4+
146	畠	♂	68	術後腸癒着, 腰痛症	8	腸整調剤, マイクロ	〃	入市
147	9 和	♂	63	両肺浸潤後, 低血圧症, 腰痛症	6	糖液, VB ₁ B ₂ C, マイクロ	不変	〃
148	野	♂	73	メニエール氏病	13	VB ₁ 注	軽快	2.2+
149	栗	♀	66	心肥大, 心室性不整脈	10	ぬるま湯, 半浴	不変	1.7+
150	山	♂	71	高血圧症, 変形性腰椎症 (不整脈)	10	半浴, ぬるま湯, VB ₁ 注 マイクロ	軽快	入市
151	川	♂	74	高血圧症, 口唇炎	10 10	ぬるま湯, 安臥 硼砂グリセリン	〃	〃
152	川	♀	66	変形性頸・腰椎症, 骨粗鬆症 右膝関節炎	10 10	頸・腰椎展伸, マイクロ 同化ホルモン	〃	〃
153	玉	♀	72	虚血性心障害, 腰痛症	10	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注, マイクロ	〃	〃
154	中	♂	62	肝炎疑, 咽頭炎	10	感冒・抗生剤	〃	〃
155	奥	♀	69	気管支拡張症, 頭部外傷後 リウマチ性多発関節炎	9	感冒・抗生剤	〃	4.0+
156	堂	♀	77	変形性腰椎症, 両膝関節炎	12	鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	黒雨
157	玉	♂	71	前立腺肥大, 歩行不全	8 8 11	リハピリ, 抗生剤, 点注 ホンパン	〃	2.0+
158	玉	♀	54	糖尿病, 高血圧性心肥大	8 8 11	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 降圧剤	〃	1.1+
159	河	♂	58	高血圧症, 左肺全摘後瘻孔形成	12	ぬるま湯, 安臥, 瘻孔処置	〃	長崎 3.6+
160	若	♂	53	糖尿病, 神経炎	14 12	茶浴	〃	2.5-
161	原	♀	70	感冒, 右膝関節炎	8	感冒・抗生剤, しっぶ	〃	3.5±

162		鄭	♀	52	腎性糖尿病, 接触性皮膚炎	3	脱感作療法, フルコートクリ ーム	軽快	2.5±
163		崔	♀	65	変形性腰椎症, 軟骨ヘルニア疑 (LV-SI)	5	腰椎展伸, VB ₁ 注	〃	入市
164		金	♀	70	高血圧性心肥大, 白斑症, 十二指腸潰瘍	5	降圧剤	〃	3.0+
165		崔	♀	72	心筋症, 貧血症 変形性胸・腰椎症	5	強心剤, 鎮痛剤, VB ₁ 注	〃	入市
166		浜	♀	64	軟骨ヘルニア疑	15	腰椎展伸, マイクロ, VB ₁ 注 しっぶ, 鎮痛剤	〃	1.6+
167		中	♀	67	貧血症, 不眠症	15	テツクール, 気泡浴	〃	4.0-
168		賀	♀	71	心筋症, 低血圧症	8	ぬるま湯, 半浴, 安臥 VB ₁ 注	〃	入市
169		尹	♀	39	軟骨ヘルニア疑 (LV-SI)	7	腰椎展伸, マイクロ, VB ₁ 注	〃	2.0+
170		山	♂	74	高血圧症, 咽頭炎 虚血性心筋症	11	ぬるま湯, 半浴, 感冒・ 抗生剤	〃	2.2+
171		日	♀	69	上気道炎	9	感冒・抗生剤	〃	かんご
172		河	♀	63	高血圧性心肥大, 冠不全 両膝関節炎, 腰痛症, 膀胱炎	10	半浴, 鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ, 抗生剤	〃	1.6+
173	10	井	♂	86	変形性腰椎症, 貧血症	7	マイクロ	〃	入市
174		岡	♂	66	脳挫傷後	12	VB ₁ 注, 鎮痛・脳血行改善 剤	〃	〃
175		原	♀	58	甲状腺術後, 両膝関節炎, 両拇指根関節炎	31	VB ₁ 注, マイクロ, ベノス タシン, 鎮痛剤, CO ₂ ガス浴	〃	2.8+
176		石	♂	67	慢性湿疹	9	アトラックスP	〃	入市
177		東	♀	65	糖尿病, 右腓骨端骨折	11	しっぶ, 鎮痛剤	〃	4.0-
178		吉	♀	70	貧血症, 気管支喘息, 便秘症	11	抗喘息剤, 緩下剤	〃	2.0-
179		福	♀	70	結腸切除後通過障害	11	緩下剤	〃	入市
180		原	♂	62	高血圧症, 右膝外傷後攣縮 変形性頸・腰椎症	14	頸椎展伸, マイクロ, リハピ リ, 降圧剤	〃	2.8+
181		下	♀	53	多発性関節炎	8	鎮痛剤, マイクロ, しっぶ, カシワドール	〃	1.5+
182		平	♀	66	高血圧症, 頸椎解離 変形性腰椎症	7 10	VB ₁ 注, マイクロ, 降圧剤	〃	1.6±
183		田	♀	74	両膝関節炎, 変形性腰椎症	7	VB ₁ 注, マイクロ	〃	入市
184		三	♂	78	変形性腰椎症(L ₁)胃がん術後	10	VB ₁ 注, マイクロ, 同化ホルモン	〃	2.8±
185		長	♀	70	気管支炎	18	感冒・抗生剤	〃	2.5+
186		今	♀	76	右乳房術後, 高血圧性心肥大, 気 管支拡張症, 変形性腰椎症, 全 すべり症(LIII-IV), 肩こり	12 8 18	ぬるま湯, 安臥, マイクロ, 秘痰剤, VB ₁ 注	〃	2.0+
187		湯	♂	80	貧血症, 低血圧症 不整脈, 気管支炎	12 8 18	糖液, VB ₁ B ₂ C点注, 鉄剤, 強心剤, 抗生剤	〃	2.3+
188		香	♀	61	貧血症, 変形性頸椎症	6	温療	〃	1.8±
189		門	♀	61	低血圧症, 気管支炎	8	感冒・抗生剤	〃	入市
190		柏	♂	72	慢性湿疹	4	アトラックス, 皮質ホルモン軟膏	〃	2.0-
191		横	♀	54	変形性腰椎症, メニエール氏病 内痔核	7	腰椎展伸, 糖液, VB ₁ B ₂ CE, VB ₁ 注 トレステン, 坐薬	〃	1.5+
192		板	♀	68	両膝関節炎, 変形性腰椎症 (LIV, V)	11	マイクロ, カシワドール	〃	3.1±
193		水	♂	72	右片マ	7	VB ₁ 注, リハピリ	〃	3.5-
194		松	♀	60	胃切除後, 腸運動失調症 肺浸潤後	6	整調剤	〃	かんご
195		山	♂	55	高血圧症, 腎炎, 糖尿病, 胃術 後, 感冒	6	抗アレルギー剤	〃	1.8±
196		松	♀	67	変形性腰椎症, 左橈骨神経痛	8	鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	入市

197		藤	♀	67	上気道炎, 高血圧症	7	感冒・抗生剤	軽快	1.5±
198		大	♀	65	高血圧症, 右膝関節炎, 腰椎分離症	14	マイクロ, しっぶ カシワドール, コルセット	”	入市
199	11	沖	♀	69	貧血症, 感冒, 右踵部挫傷	7	感冒・抗生剤	”	”
200		菊	♂	82	高血圧症	7	ぬるま湯, 安臥	”	”
201		菊	♀	72	高血圧症, 心筋症, 慢性便秘 左膝関節炎	7	VB ₁ 注	”	”
202		河	♀	73	第I腰椎陳久性圧迫骨折	7	腰椎展伸, マイクロ, VB ₁ 注	”	”
203		大	♀	54	変形性頸・腰椎症, 肝炎, 気管支炎	8	感冒・抗生剤, 糖液, V B ₁ B ₂ C 腰椎展伸	”	”
204		谷	♂	87	両膝関節攣縮	14	マッサージ, リハビリ	”	”
205		立	♂	79	両膝変形性関節炎, 紫斑病	7	マイクロ, 水中射浴, 止血剤 V C	”	”
206		森	♂	61	心肥大, 慢性肝炎, 変形性腰椎症, 右膝関節炎	16 18 15	半浴, マイクロ, 糖液, VB ₁ B ₂ C VB ₁ 注, しっぶ	”	1.3±
207		土	♀	63	高血圧性心肥大 変形性頸・腰椎症, 左足関節捻挫	20	マイクロ, 頸椎展伸, VB ₁ 注 降圧剤	”	2.5+
208		小	♂	77	便秘症, 変形性腰椎症	7	緩下剤, マイクロ, VB ₁ 注	”	入市
209		今	♀	71	高血圧症	11	ぬるま湯, 安臥	”	”
210		西	♂	66	低血圧症, 慢性胃炎	6	センター飲泉	”	1.5±
211		崎	♀	54	十二指腸潰瘍, 貧血症, 片頭痛	11	健胃・潰瘍剤, ミグレニン	”	4.0±
212		堯	♂	69	変形性腰痛性	7	マイクロ, VB ₁ 注	”	入市
213		大	♂	75	心肥大, 変形性腰椎症(LII, III), 左膝関節内障害	6	ぬるま湯, 半浴, マイクロ しっぶ	”	”
214		斉	♀	67	狭心症後, 左片マ 肺気腫, 慢性胃炎	18	リハビリ, VB ₁ 注, 脊髄通電 健胃剤	”	”
215		中	♂	65	変形性腰椎症(LIV, V) 精力減退	7	VB ₁ 注, 鎮痛剤, プリモジアン	”	”
216		塗	♂	68	胃潰瘍, 便秘症 変形性腰椎症(LI~V)	6	抗潰瘍剤, 緩下剤	”	”
217		豊	♂	71	高血圧性心肥大, 咽頭炎	8	ぬるま湯, 安臥, 感冒・抗生剤	”	”
218		金	♀	65	低血圧症, 軟骨ヘルニア(頸, 腰)	7	VB ₁ 注, 鎮痛剤, マイクロ	”	”
219		鈴	♂	84	心筋症	6	強心剤, ぬるま湯, 半浴	”	”
220	12	橋	♀	83	糖尿病, 心筋症, 右腰筋痛	7	ぬるま湯, 半浴, ノイコリン注	”	”
221		隅	♀	57	心辨膜症術後, 筋痛	11	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ E, 利尿剤, しっぶ	”	かんご
222		長	♂	77	胃ポリープ	7	温療	不変	入市
223		熊	♀	74	陳久性胸椎骨折(DXII) 左膝関節炎, 便秘症	8	マイクロ, しっぶ, 緩下剤 鎮痛剤, カシワドール	軽快	4.1-
224		清	♀	70	左坐骨神経痛	7	温療	”	入市
225		沖	♀	56	高血圧性心肥大, 両膝関節炎	7	ぬるま湯, 半浴, 安臥 マイクロ, しっぶ	”	かんご
226		高	♂	70	高血圧症	7	ぬるま湯, 安臥	”	入市
227		玉	♂	64	糖尿病, 感冒	7	感冒, 抗生剤	”	”
228		香	♀	70	気管支喘息	7	抗喘息剤	”	4.0+
229		所	♀	71	胃切除後(3ヵ月)	8	温療控目	不変	2.0-
230		滑	♂	73	糖尿病, 両膝関節炎, 感冒	15	鎮痛剤, マイクロ, しっぶ, カシワドール, 感冒・抗生剤	軽快	入市
231		滑	♀	65	低血圧症, 不整脈, 慢性胃炎 慢性肝・脾炎, 肺浸潤後, 便秘症	15	糖液, VB ₁ B ₂ C, 健胃剤, 緩下剤	”	”

232		森	♀	78	心肥大, 両膝関節炎, 変形性腰椎症, 骨粗鬆症	11	VB ₁ 注, マイクロ	軽快	1.7±
233		武	♂	60	高血圧症, アレルギー性鼻炎	11	ぬるま湯, 安臥, 抗アレルギー剤	〃	4.1-
234		藤	♀	69	糖尿病, 右膝関節炎	14	薬浴, マイクロ, しっぶ	〃	2.5+
235		松	♂	55	尋常性乾癬, アレルギー性鼻炎	5	デルモベートザルベ, 皮質ホルモン	不変	長崎 2.0
236		平	♀	60	糖尿病, 左膝関節炎	12	マイクロ, しっぶ カシワドール	軽快	4.1±
237		中	♀	61	変形性腰椎症, メニエール氏病	12	VB ₁ 注, 腰椎展伸	〃	入市
238		池	♂	76	高血圧性心肥大	15	ぬるま湯, 安臥	〃	1.0-
239		船	♀	69	右不全半マ	18	VB ₁ , リハビリ	〃	入市
240		清	♀	69	むちうち症, 動脈硬化症	16 8	頸椎展伸, VB ₁ , アーテン	〃	かんご
241		島	♂	62	不眠症		VB ₁ E, プリモジアン	〃	入市
242		平	♂	69	高血圧症, 変形性頸椎症 (CIV, V, VI)	6 12	頸椎展伸, マイクロ	〃	〃
243		尾	♂	80	片頭痛	11	ミグレニン	〃	1.5+
244		大	♀	66	変形性腰痛症, 軟骨ヘルニア (LV-V), 気管支炎	10	感冒・抗生剤, 腰椎展伸 マイクロ, しっぶ	〃	黒雨
245		益	♂	68	慢性肝炎, 不整脈	5	ぬるま湯, 半浴, 糖液 VB ₁ B ₂ C	〃	入市
246	56.1	西	♂	66	変形性腰椎症, 右膝関節炎	12	腰椎展伸, マイクロ, カシワドール	〃	4.1+
247		中	♀	70	咽頭炎	5	感冒・抗生剤	〃	かんご
248		西	♂	82	感冒, 腸炎	11	整腸剤, 感冒剤	〃	〃
249		湯	♀	72	亀背, 気管支炎	8	感冒・抗生剤	〃	2.0±
250		両	♀	66	陳久性圧迫骨折(LI)	11	VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	入市
251		永	♀	78	大動脈弁狭窄, 心嚢石灰化 白血球減少症	5	ぬるま湯, 半浴	〃	2.2±
252		上	♀	70	気管支拡張症	4	祛痰・抗生剤	〃	2.0±
253		藤	♀	64	気管支炎	11	感冒・抗生剤	〃	入市
254		相	♀	71	両膝関節炎, 気管支炎	11	鎮痛剤, VB ₁ 注, しっぶ マイクロ, ぬるま湯, 半浴 感冒・抗生剤	〃	〃
255		丹	♀	74	高血圧性心肥大, 右膝関節半強直, 関節鼠	11	強心・降圧剤, ぬるま湯 半浴, マイクロ, しっぶ	〃	3.5-
256		溝	♂	66	糖尿病, 急性腸炎	9	糖液, VB ₁ B ₂ C, 止痢 抗生剤	〃	2.0+
257		小	♀	69	圧迫骨折後(LI), 変形性腰椎 症, 軟骨ヘルニア(LV-SI) 尾てい骨折後	11	VB ₁ 注, 腰椎展伸, マイクロ	〃	2.5±
258		斉	♀	74	糖尿病, 肺気腫, 肩こり	11	インスリン注, VB ₁ 注 マイクロ, ノイコリン	〃	入市
259		西	♀	75	高血圧性心肥大, 両膝関節炎, 変形性腰椎症, 気管支炎	11	感冒・抗生剤, マイクロ	〃	1.3+
260		栃	♀	83	高血圧症, 亀背, 変形性腰椎症 右肩関節炎	11	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ, 降圧剤	〃	4.1+
261		森	♀	59	メニエール氏病	18	ぬるま湯	〃	1.1±
262		西	♀	57	感冒	8	感冒・抗生剤	〃	3.0+
263		政	♀	81	心筋症, 慢性気管支炎	11	感冒・抗生剤, ぬるま湯, 半浴	〃	入市
264		中	♂	47	糖尿病, 右膝関節炎, 項節痛	4	鎮痛剤, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	長崎 2.0+
264		久	♀	56	糖尿病, 不眠症, 足趾膿疱疹	22	薬浴, ネルボン, グリセチンV	〃	入市
266		竹	♀	56	咽頭炎	11	感冒・抗生剤	〃	かんご

267		渡	♂	65	糖尿病, 坐骨神経痛	7	温療	不変	1.5+
268		空	♂	62	下半身半マ, 高血圧	7	リハビリ	〃	3.0+
269		空	♀	58	高血圧症, 右肩筋痛	7	ノイコリン注	軽快	かんご
270		数	♀	78	貧血症, 房室性不整脈, 右膝挫傷	14	マイクロ, しっぶ	〃	入市
271		森	♀	69	腰椎すべり症 (LIV~V) 高血圧症	15	VB ₁ 注, 腰椎展伸, マイクロ	〃	〃
272		沓	♀	68	右肩筋痛	8	ノイコリン, マイクロ, しっぶ	〃	〃
273		田	♂	74	圧迫骨折後 (L I), 右頸・肩筋痛	17	VB ₁ 注, マイクロ	〃	〃
274		岡	♂	69	冠不全, 便秘症 左中小指骨折後強直	13	ぬるま湯, 半浴, マイクロ しっぶ, 緩下剤	〃	〃
275		益	♂	70	高血圧性心肥大 変形性頸椎症 (C V, VI)	17	ぬるま湯, 安臥, VB ₁ 注 頸椎展伸, マイクロ	〃	2.3-
276		新	♂	63	心筋症, 内耳障害, 左肩癒痕痛	17	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注 マイクロ	〃	4.1-
277		山	♀	71	高血圧性心肥大, 左膝関節炎 右肩関節周囲炎	17	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注 マイクロ, しっぶ	〃	4.1+
278		田	♀	71	糖尿病, 虚血性心障害	17	茶浴, ぬるま湯, 半浴	〃	入市
279		竹	♀	73	胃潰瘍後, 腰痛症, 便秘症	14	鎮痛剤, マイクロ, しっぶ 緩下剤	〃	〃
280		東	♀	63	軟骨ヘルニア (LIV~V)	14	腰椎展伸	〃	〃
281		下	♂	74	右坐骨神経鈍マ, 便秘症 慢性気管支炎	17	VB ₁ 注, VB ₁ , 祛痰・抗生剤	〃	〃
282		中	♂	77	高血圧症	11	ぬるま湯, 安臥	〃	〃
283		堀	♂	73	心筋症	11	ぬるま湯, 半浴, 安臥	〃	〃
284		爲	♀	72	虚血性心障害, 肺線症, 腰椎分離症 (L II~IV), 仙骨化, メニエール氏病, 感冒	13	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 糖液 VB ₁ B ₂ C, 感冒剤	〃	1.0+
285		川	♂	64	高血圧症, 変形性腰椎症	14	ぬるま湯, 安臥, マイクロ	〃	4.1-
286		柳	♀	68	高血圧症, 両膝変形性関節炎 咽頭炎	13	降圧剤, ぬるま湯, 安臥 感冒・抗生剤	〃	入市
287	2	宮	♀	63	高血圧性心肥大	11	ぬるま湯, 安臥	〃	〃
288		尼	♀	70	高血圧性心肥大	11	ぬるま湯, 安臥	〃	〃
289		近	♀	83	下行結腸通過障害, 血尿	11	温療	不変	1.5+
290		上	♀	66	自律神経失調症 左三角筋附着部疼痛	15	マイクロ	軽快	入市
291		田	♀	52	左肩関節炎	6	マイクロ, ノイコリン注	〃	1.5+
292		西	♀	78	冠不全, 換気障害	9	ぬるま湯, 半浴, 安臥	〃	3.5+
293		岡	♀	66	右鼠けいリンパ腺炎	8	抗生剤, しっぶ	〃	3.5-
294		田	♀	58	慢性胃炎, 両膝関節炎 変形性腰椎症	8	腰椎展伸, マイクロ	〃	黒雨
295		伊	♀	77	高血圧性心肥大, 両膝関節炎 変形性腰椎症	13	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注 マイクロ, しっぶ	〃	入市
296		山	♀	60	右膝関節炎, 腰椎すべり症 (LV)	8	マイクロ, しっぶ	〃	黒雨 入市
297		中	♂	72	帯状疱疹後痛	外来	温療	〃	長崎 入市
298		上	♂	73	糖尿病, 慢性腎炎	6	食餌療法	〃	入市
299		川	♀	74	高血圧性心肥大	8	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 降圧剤	〃	かんご
300		吉	♀	70	左膝関節炎, 大腸運動失調症	8	整調剤, マイクロ, カシワドール	〃	入市
301		伊	♀	70	亜急性胃炎, 左胸部挫傷	11	健胃剤, しっぶ, カシワドール	〃	〃

302	品	♂	66	高血圧症, 胃腸炎	10	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤 止痢剤	軽快	入市
303	上	♂	78	胸椎圧迫骨折後(DⅧ) 右下腿Ⅱ度火傷	10	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ, 傷処置	〃	〃
304	末	♀	56	貧血症	10	デックール	〃	かんご
305	竹	♀	66	高血圧性心肥大, 咽頭炎 腰椎圧迫骨折後(L ₁)骨粗鬆症	10	腰椎展伸, マイクロ, VB ₁ 注, 感冒剤	〃	〃
306	小	♀	72	心筋症, 食道痙攣, 右膝関節 炎	10	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	〃
307	荒	♀	65	不眠症, 便秘症, 背筋挫傷, 右肩関節周囲炎	10	VB ₁ 注, 鎮痛剤, しっぶ, 睡眠剤, 緩下剤	〃	黒雨
308	鈴	♀	69	低血症, 陳久性肺浸潤	10	糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	かんご
309	中	♂	69	高血圧症	10	ぬるま湯, 安臥	〃	入市
310	小	♂	82	胃潰瘍術後	10	温療	〃	〃
311	沖	♂	68	高血圧症, 胃腸炎	8	ぬるま湯, 安臥, 止痢剤	〃	〃
312	沖	♀	63	軟骨ヘルニア(LⅣ-V) 慢性肺炎疑	8	腰椎展伸, VB ₁ 注, しっぶ	〃	〃
313	渡	♀	74	低血圧症, 項筋痛	10	糖液, VB ₁ B ₂ C, マイクロ	〃	〃
314	品	♂	69	慢性気管支炎	10	感冒・抗生剤	〃	2.0-
315	藤	♀	51	高血圧症, 軟骨ヘルニア (LⅤ-SⅠ)	6	ぬるま湯, 安臥, 腰椎展伸	〃	1.7+
316	増	♀	63	心肥大, 咽頭炎, アフト急性口内炎	4	感冒・抗生剤, 咳嗽剤	〃	1.7±
317	二	♀	58	便秘症	10	整腸剤, 緩下剤	〃	入市
318	山	♀	71	右肩関節・周囲炎	10	鎮痛剤, マイクロ	〃	〃
319	尾	♂	80	運動家心肥大, 両膝関節炎 軟骨ヘルニア術後, 変形腰椎症 (LⅣ, V)	10	VB ₁ 注, マイクロ	〃	1.0+
320	石	♀	63	腰椎弓関節炎, 便秘症	10	整腸剤	〃	入市
321	鷹	♀	72	慢性肝炎	10	糖液, VB ₁ B ₂ C	〃	かんご
322	志	♀	74	心肥大, 感冒, 右中指爪床血腫	8	ぬるま湯, 半浴, 指爪剝離術 感冒・抗生剤	〃	1.7±
323	砂	♂	77	心肥大, 貧血症, 変形性腰椎症	10	VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	〃	かんご
324	佐	♀	69	高血圧症, 感冒	10	ぬるま湯, 感冒・抗生剤	〃	入市
325	大	♀	69	心肥大, 腰椎すべり症 (LⅡ-Ⅲ)	10	ぬるま湯, 半浴, 腰椎展伸, マイクロ	〃	〃
326	今	♀	76	右大腿骨頭亀裂	5		転院	〃
327	神	♂	71	気管支炎, 便秘症	11	感冒・抗生剤	軽快	2.5+
328	光	♀	56	鼻出血	5	モナザルベと布	〃	0.3+
329	大	♀	70	右肩胛棘下筋痛	10	鎮痛剤, ノイコリン注	〃	かんご
330	川	♀	58	慢性胃炎, 左三角筋痛, 感冒	10	マイクロ, ノイコリン注, しっぶ, 感冒剤	〃	〃
331	3 福	♀	64	高血圧性心肥大	8	ぬるま湯, 安臥, 降圧剤	〃	〃
332	小	♀	63	糖尿病, 変形性腰痛症, 右三角 筋痛	8	ぬるま湯, 安臥, 腰椎展伸, VB ₁ 注, ノイコリン	〃	〃
333	有	♂	68	心筋症	8	ぬるま湯, 半浴	〃	〃
334	山	♂	76	冠不全, 軟骨ヘルニア(LⅤ) 左膝関節炎	10	腰椎展伸, VB ₁ 注, しっぶ	〃	入市
335	上	♀	80	動脈硬化症, 腰椎横すべり症(LⅢ-Ⅳ-V)	8	腰椎展伸, VB ₁ 注, マイクロ, 降圧剤	〃	〃
336	伊	♀	62	腰椎横すべり症(LⅣ-V)	8	腰椎展伸, VB ₁ 注, 降圧剤	〃	〃

337	中	♂	72	心障害 (徐脈)	7	ぬるま湯	軽快	入市
338	北	♀	62	慢性胃炎, 貧血症	10	デックール, 糖液 VB ₁ B ₂ C	"	"
339	大	♂	78	不眠症	10	気泡浴, 睡眠剤	"	"
340	河	♂	84	気管支炎	7	感冒・抗生剤	"	1.1+
341	竹	♂	81	低血圧症, 項筋痛	10	マイクロ, 糖液, VB ₁ B ₂ C	"	入市
342	池	♀	68	低血圧症, 便秘症, 陳久性腰椎骨折 (L I, II)	8	鎮痛剤, マイクロ, しっぶ	"	1.5±
343	村	♂	74	動脈硬化症, 不眠症 変形性腰椎症	12	糖液, VB ₁ B ₂ C, 気泡浴, 脳血行剤	"	入市
344	須	♂	65	冠不全, 両上肢発疹	5	ぬるま湯, 半浴, 安臥, 脱感作剤, 軟膏	"	"
345	横	♀	70	感冒	10	感冒・抗生剤	"	"
346	下	♀	65	メニエール氏病, 感冒	10	シグレニン, トレステン	"	黒雨
347	大	♂	78	冠不全	7	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注 VB ₁ E	"	1.5±
348	岡	♂	78	虚血性心障害	7	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注, 降圧剤	"	入市
349	梅	♂	67	糖尿病疑, 心肥大, 不整脈	7	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ 注	"	4.0-
350	黒	♀	87	多関節関節炎, 急性胃腸炎	7	止痢・抗生剤	"	入市
351	下	♀	69	第V腰椎弓・右踵骨骨折後, 換気 障害	15	マイクロ, しっぶ	"	1.0+
352	田	♀	66	胃術後障害	7	健胃剤	"	1.8+
353	末	♀	78	変形性腰椎症 (L I - IV) 両膝関節炎, 便秘症	10	VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ リハビリ	"	入市
354	鶴	♀	68	高血圧性心肥大, 両膝関節炎, 自律神経失調症	11	ぬるま湯, 半浴, 安臥, マイ クロ, しっぶ, 降圧剤, 糖液 VB ₁ B ₂ C	"	3.0+
355	杉	♂	79	陳旧性椎弓骨折 (L III, IV) 心筋症, 両膝・右肩関節炎	12	VB ₁ 注, マイクロ, しっぶ	"	2.0+
356	梶	♀	59	低血圧症, 狭心症後	3	ぬるま湯, 半浴, VB ₁ B ₂ C 整調剤	"	2.5+
357	泉	♀	73	高血圧症, 肝炎後	3	ぬるま湯, 安臥	"	2.0+
358	前	♀	82	高血圧性心肥大, 変形性腰椎症 (L II, IV)	3	ぬるま湯, 半浴, 安臥	"	2.0±
359	中	♂	69	左下腿浮腫, 眼底出血	10	ベノスタジン	"	入市
360	三	♀	70	高血圧症, 糖尿病	11	ぬるま湯, 半浴, 安臥	"	2.8+

〔備考欄 被爆距離, 遮蔽有無〕

これらのうち, 年間入所5回が1名, 3回が14名, 2回が18名であるが, 診療例数には算入されていない。入所実人員数4,017名に対しては, これら回数を算入した410例は, 10.2%が受診したことになる。

これらを疾患例に見ると, 表Vの如く, このうち急性胃腸炎, 口内炎, 刺虫症, リンパ腺炎, 湯中り, 感冒性疾患など, 急性, 一過性のものを除くと, 93種類, 759疾患となる。被爆者は加齢とともに, 多くは2種類以上の疾患を有しているのである。

最多例は, 昨年同様, 例年最多例であった高血圧症100例を抜いて, 心疾患103例と, 脈拍異常例15例を加えると118例となり, トップである。第3位は膝関節炎と変形性脊椎症とがともに59例の同数を示した。なお軟骨ヘルニアの20例, 脊椎分離・すべり症の16例, 脊椎を含む骨折20例など, やはり脊椎性の疾患が多かった。糖尿病は39例で増加の傾向を示し, 慢性肝炎も17例でやや多い。

その他でやや多いのは, 低血圧症19例, 筋痛18例, 便秘症21例などで, 血液性疾患では, 貧血症

表V 症 例 分 類

病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数
リウマチ	3	耳 鳴	1	貧 血 症	21	血 尿	1
シーグレン氏病	1	慢性気管支炎	4	白血球増多症	1	前立腺肥大	3
股関節炎	2	気管支拡張症	5	白血球減少症	1	糖尿病(腎性を含む)	39
膝関節炎	59	気管支喘息	3	出血性素困	2	痛 風	1
肩関節・周囲・炎	10	肺 氣 腫	6	紫 斑 病	1	バセドウ氏病	1
その他の関節炎	10	肺 線 症	1	食 道 炎	1	甲状腺がん術後	1
変形性脊椎症	59	硅 肺	1	慢性胃炎	9	自律神経失調症	5
脊椎分離・すべり症	16	陳久性肺浸潤	5	十二指腸・胃潰瘍	6	精 力 減 退	1
軟骨ヘルニア	20	肋 膜 癒 着	1	幽門狭窄症	1	乳がん術後	2
椎間板症	1	呼 吸 困 難	4	胃術後(がんを含む)	6	外 傷、同 後	13
カリエス後	1	不 整 脈	12	胃ポリープ	1	高度ケロイド	1
亀 背	2	特発性頻脈症	2	舌炎・口内炎	3	刺 虫 症	1
椎弓異状、仙骨化	2	徐 脈	1	胃術後障害	2	皮 膚 炎	1
骨折後(脊椎を含む)	20	心肥大、心筋症	78	大腸運動失調症	4	湿 疹	2
オステオポロージ	3	冠 不 全	10	長S字状結腸症	1	帯 状 疱 疹	2
関節攣縮	1	虚血性心疾患	7	便秘症	21	梅 毒	1
頸腕症候群	3	弁膜症(術後を含む)	3	常習性下痢	1	その他の皮膚病	8
神経痛・炎	5	狭心症(神経性を含む)	5	痔 核	2	粘 液 囊 腫	1
筋 痛	18	動脈硬化症	7	食 欲 不 振	1	リンパ腺炎	1
腰 痛	12	動 脈 瘤	1	肝 腫 大	1	難聴、内耳障害	2
片マ、下半マ	12	静 脈 瘤	2	慢性肝炎	17	アレルギー性体質	2
神 経 マ	1	血 行 不 全	2	胆 石 症	1	湯 中 り	1
不 眠 症	7	浮 腫	1	慢性脾炎	7	急性胃腸炎	10
頭 痛	2	高 血 圧 症	100	慢性腎炎	4	感冒性疾患	54
メニエール氏病	6	低 血 圧 症	19	膀 胱 炎	3	計	829

21例、白血球増多症と減少症とが各1例に見出された。

治療法では、多くの症例では主治医から薬剤をもらってきているので、表中記載の薬剤は、それ以外に必要としたものか、追加を要したもののみである。

温療としては、高血圧例には微温浴と、浴後30分間の安臥(70例)心疾患には微温浴と浴水面を乳嘴の高さにとどめる半浴(58例)とし、異常がなければ静かに肩までつからせる方法をとった。糖尿病には薬浴(13例、22シリーズ)、心疾患などにCO₂ガス浴(3例、6シリーズ)などを行なった外、胃潰瘍などに的的浜飲泉1例、センター泉飲泉2例(1日1ℓ)、などを行って効果をあげた。

なお不眠症の3例に気泡浴、関節疾患1例に射浴などを用い、男女浴室の所謂超短波気泡浴を、毎夕午後6～8時に噴出させ、希望者の利用に当てている。

その外補助療法としては、マイクロ波134例、低周波1例、脊椎展伸58例、リハビリ14例、治療マッサージ1例が行われた。希望者にはこの外専任のマッサージ師が当たっている。

薬浴のねらいは、温泉水本来の作用を損うことなく、極微量の成分を付加することによって、温泉効果を強化せんとするものである。糖尿病に対しては、浴泉水1ℓに対してCuSO₄1.0mg、ZnSO₄10mgを付加し、1日1回、40℃前後、5～10分浴を行なうものである。本薬浴を行ないえたのは13

表VI 糖尿病の薬浴効果

症例 No	性	年	開始日	薬浴回数	糖	前	I	II	III	IV	V	備 考
2	♂	67	55.11.6	5	尿血 mg/dℓ	Ⅲ 150	Ⅲ 140					Deamelin-S
②	♂	67	56.1.26	6	尿血 "	— 140	Ⅲ 130					"
13	♂	81	55.4.14	4	尿血 "	Ⅲ 175	+	Ⅲ 130	Ⅲ 170			
15	♂	77	55.4.14	6	尿血 "	?	+	+	+			
21	♂	74	55.4.21	14	尿血 "	— 100	± 100	± 90	— 90			NMB401
51	♂	60	55.5.29	9	尿血 "	Ⅲ 175	Ⅲ 130	Ⅲ 120				
62	♂	75	55.6.11	8	尿血 "	± 130	130	± 130	± 130	+	+	ダイアピニース(250)1T 中止
⑥②	♂	75	55.11.6	13	尿血 "	± 110	— 100	— 90	— 110	Ⅲ 150		"
⑥②	♂	75	56.3.9	10	尿血 "	+	Ⅲ 130	Ⅲ 150	— 120			"
96	♀	67	55.7.3	12	尿血 "	Ⅲ 250	Ⅲ 250	Ⅲ 250	Ⅲ 200			No70MP50
⑨⑥	♀	67	55.9.4	8	尿血 "	— 100	Ⅲ 150	Ⅲ 175				"
⑨⑥	♀	67	56.2.26	7	尿血 "	Ⅲ 175	Ⅲ 170	Ⅲ 170				"
118	♀	57	55.7.28	7	尿血 "	± 60	90	Ⅲ 150				?
⑪⑧	♀	57	55.11.8	13	尿血 "	Ⅲ 130	Ⅲ 90	100	± 90	— 100		
⑪⑧	♀	57	56.2.16	9	尿血 "	± 110	— 100	— 80	— 100			
131	♀	61	55.8.18	16	尿血 "	Ⅲ 150	Ⅲ 150	Ⅲ 130	Ⅲ 175	Ⅲ 110	Ⅲ 150	EG-2.5
⑬③	♀	61	55.11.18	18	尿血 "	+	Ⅲ 130	Ⅲ 140	Ⅲ 130	Ⅲ 140	Ⅲ 150	"
160	♂	53	55.9.11	9	尿血 "	Ⅲ 175	Ⅲ 175	Ⅲ 150	Ⅲ 150			Rapitard 1.6 Lente 4
⑯⑥	♂	53	55.12.6	10	尿血 "	Ⅲ 150	Ⅲ 140	Ⅲ 80	Ⅲ 140			"
234	♀	69	55.12.15	9	尿血 "	Ⅲ 180	Ⅲ 160	Ⅲ 170	Ⅲ 70			DA-2.5, 漢方薬
265	♀	56	56.1.15	17	尿血 "	Ⅲ 140	Ⅲ 130	Ⅲ 130	Ⅲ 130	Ⅲ 130	Ⅲ 140	Deamelin-S(KP105)
278	♀	71	56.1.22	13	尿血 "	Ⅲ 150	Ⅲ 130	Ⅲ 150	Ⅲ 150	Ⅲ 130		ダイアピニース(250) 1.5T

例、22シリーズであって、その効果は表VIの如くである。

検査には尿糖にウロスティックス、血糖にはデキストロスティックス、尿ケトン体にはケトスティックスを用いたが、ケトン体を検出するような重症例は1例も見出しえなかった。薬浴開始前と週2回の検診日毎に、尿・血糖の検査を行なった。備考欄に示すように抗糖尿剤を使用していた症例もあるが、必ずしも効果を挙げてはいないことは、薬浴開始前の成績が示す如くである。これらに薬浴を毎日行なうと、多少とも効果を示すが、薬浴回数10回を越えるものには尿酸の陰性化と血糖値の安定化を認めるものがある。

症例No.に○印は2回目、◎印は3回目を示すものであり、年間2～3シリーズ、または前年から引続いて行ったものに、効果がよく出るようである。これらの成績は抗糖尿剤の節約を可能とし、自覚的にも快感を覚えるので、幾シリーズを希望するのである。

昨年核会議のご好意によって購入した西独ファイジシャー社製のCO₂ガスキャビンは、本年度3例、6シリーズに例用、その成績は表VIIの如くである。高血圧性心肥大の第1、II例ともに血圧の

表Ⅶ 炭酸ガス浴症例

例	姓	性	年	病 名	開始時	CO ₂ 浴数	血 圧		CTR (%)		備 考
							前	後	前	後	
I	高	♀	63	高血圧性心肥大	55.6.10	8	195/110	140/98	52.27	52.0	降圧剤併用
II	〃	♀	63	〃	55.11.6	13	134/80	140/96	53.23	52.83	〃
III	〃	♀	63	〃	56.3.10	10	172/96	174/100	53.8	51.9	〃
IV	岡	♀	73	高血圧性心肥大	55.8.11	10	208/100	164/110	59.28	54.0	降圧剤併用
V	〃	♀	73	〃	55.10.18	8	208/98	154/82	57.2	56.68	〃
VI	原	♀	58	多発性関節炎	55.10.02	13	114/60	120/80			浮腫軽減

低下と、CTRの減少を示したが、2回以後のCTRの減少程度は、初回の如く著明でなかった。第Ⅲ例は膝関節軟骨に石灰化を示した多発性関節炎と所々の筋痛並びに下肢の浮腫を示したが、13回のCO₂ガス浴で軽減した症例である。

血 圧 測 定

診療例以外の入所者にも、入所後早目に血圧測定をすすめており、また退所前にも入浴の直接の影響をさけて血圧測定を行うことにしている。

本年度の測定成績は付図の如く、32グループ、1,099名で、各グループ毎にその人数、滞在日数入所年月日、測定時の気温を付記することにした。

これら32グループの中、7日<滞在は20グループ、他の12グループは6日>の滞在に過ぎなかった。しかし入所時に血圧の特に高いものには、受診をすすめるか、高温浴をさけるよう注意を与えることができる。

これらの成績をみると、多くのグループで正常化傾向を示しているが、1、2のグループで不変あるいはバラつきの大きくなったものがある。血圧の測定には各種の影響をさけるため、食事、運動、ことに入浴などの影響の少ない早朝起床直後が望ましいが、実行がむづかしく、少なくとも入浴前がよい。1月に気温10℃のグループではやはり上昇の傾向を示した。

む す び

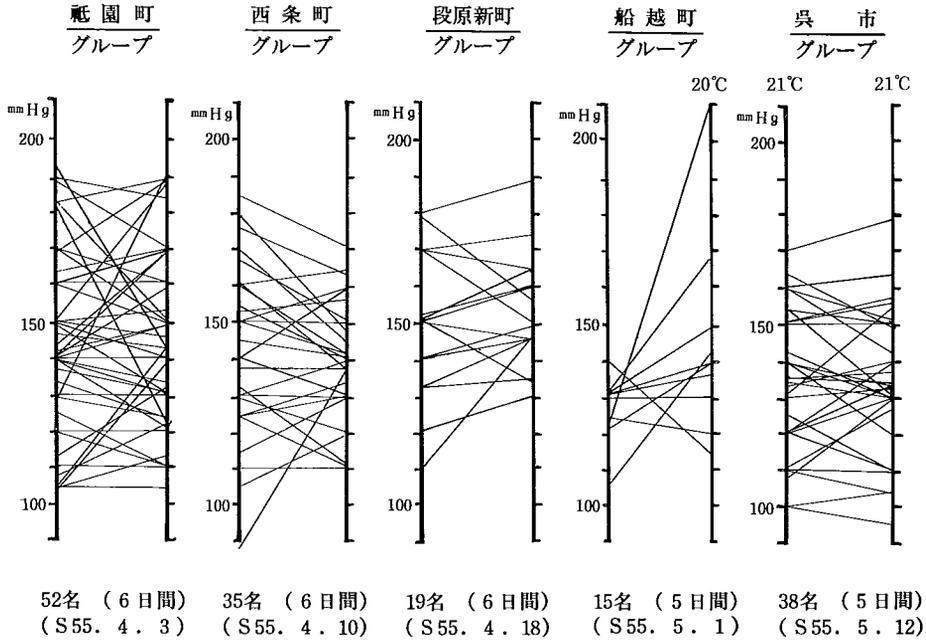
各方面のご援助と職員一同の努力と、入所者のご理解によって21周年を迎え、これまでにない成績を挙げることができたことは、われわれの大きな喜びであり、各位に深く感謝を表するとともに今後とも一層のご援助、ご協力を切望する次第である。

本年度は核禁会議のご好意により、眼底カメラ機器を購入することができ、診療に威力を加えたし、その他にも各方面から数々のご好意をよせられたことを付言して、謹んで厚く謝意を表するものである。

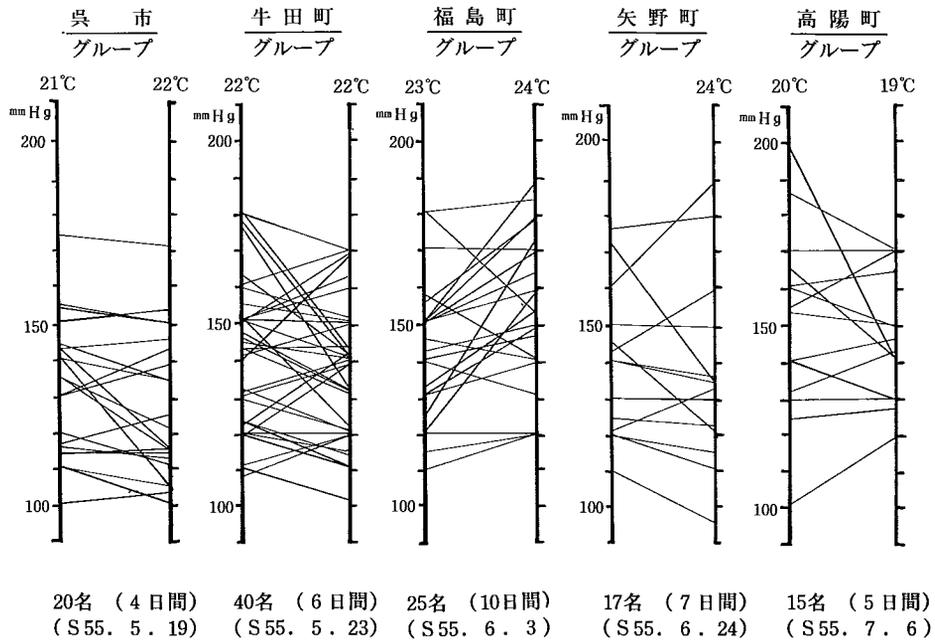
参 考 文 献

全 前

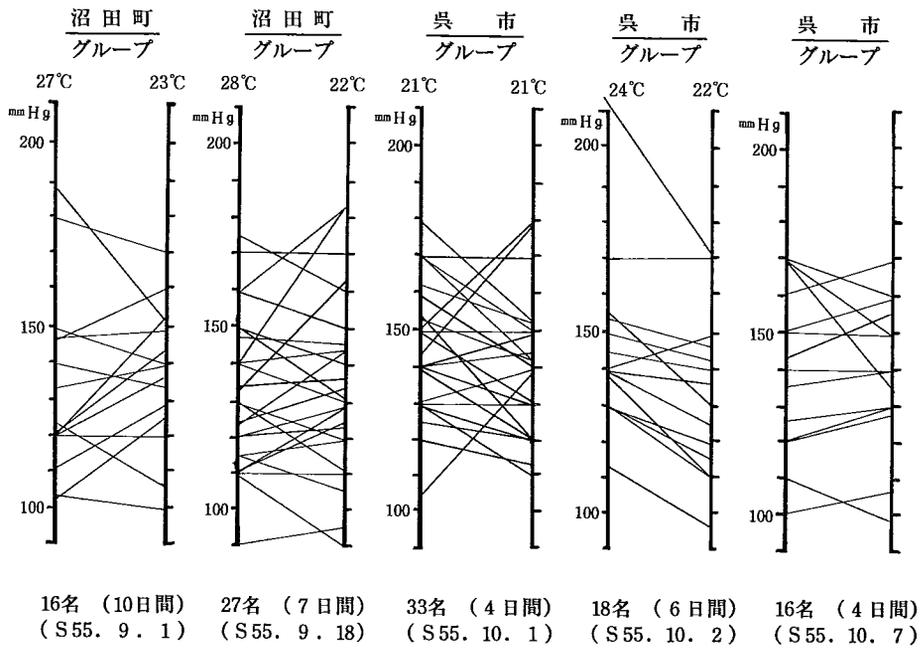
温療前後の最高血圧



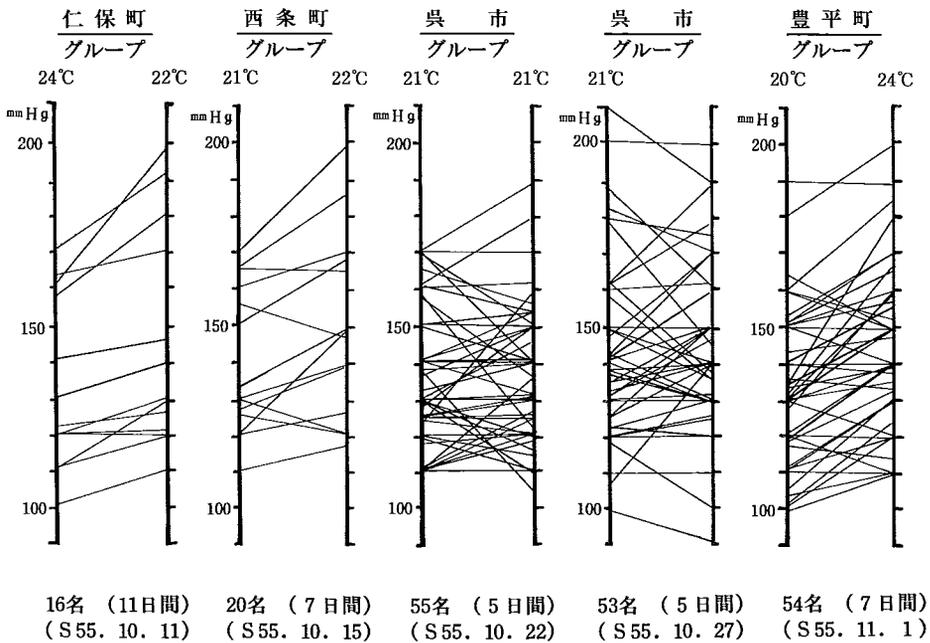
温療前後の最高血圧



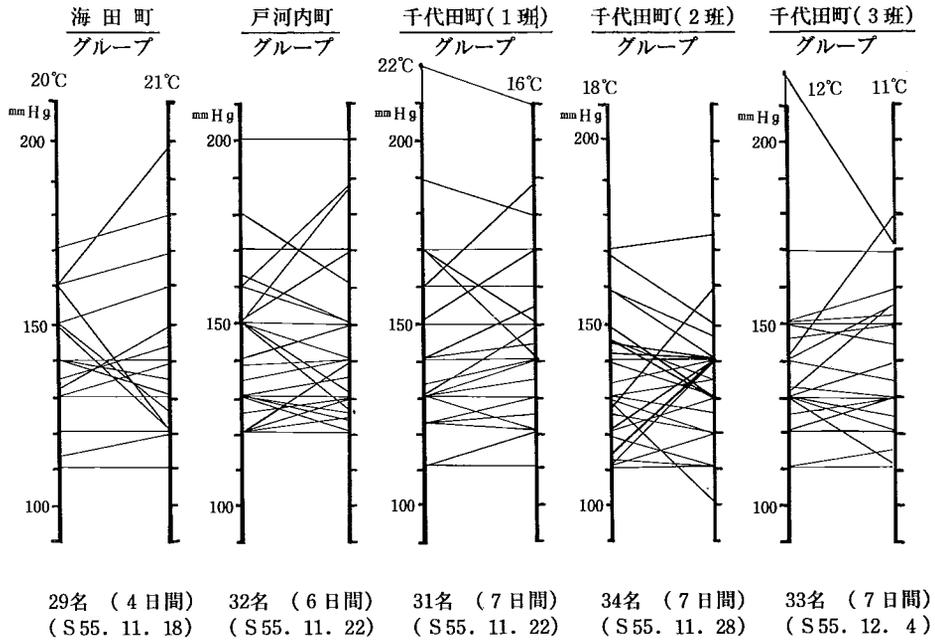
温療前後の最高血圧



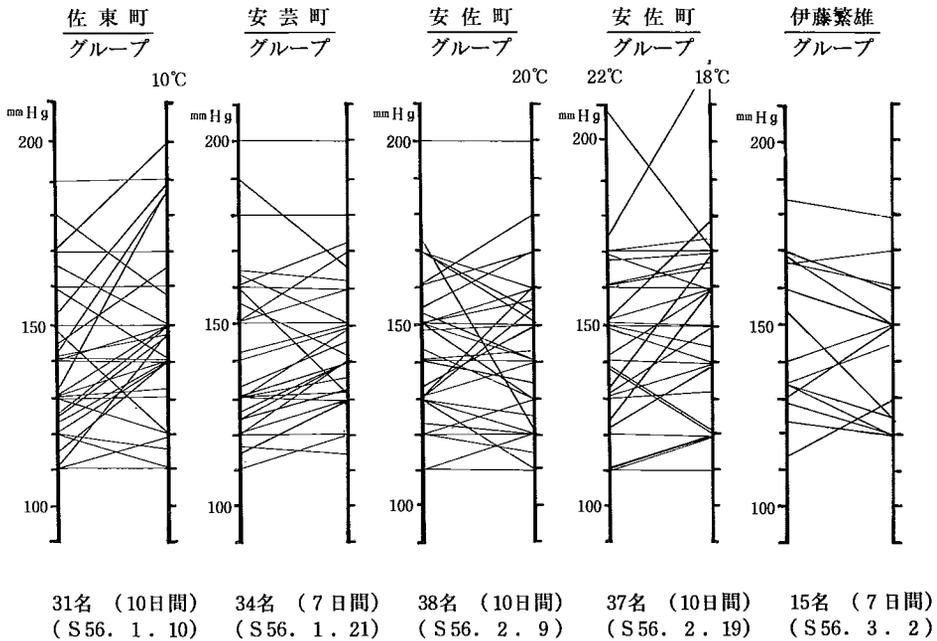
温療前後の最高血圧



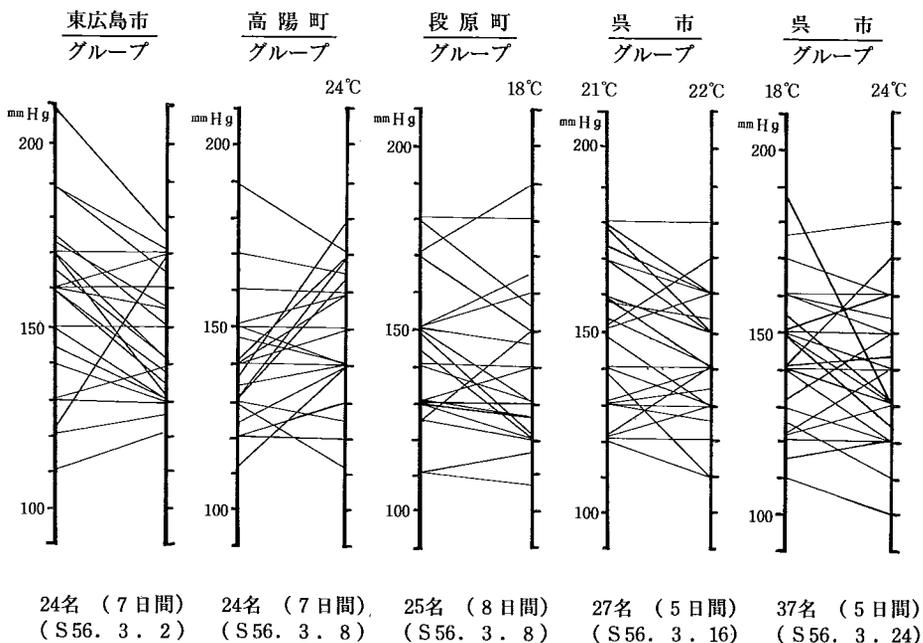
温療前後の最高血圧



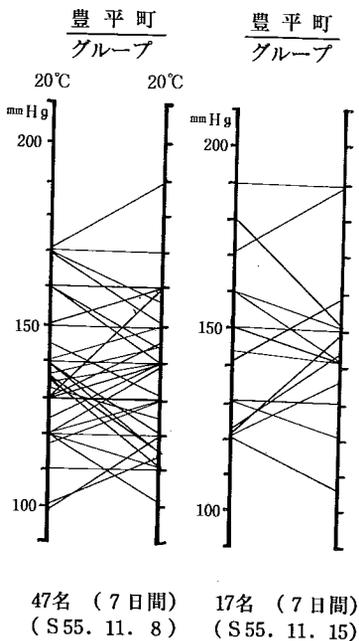
温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



〈老化と温泉〉

泉浴の重金属代謝に及ぼす影響

九州大学温泉治療学研究所内科 延 永 正
大 石 省一郎

はじめに

温泉には解毒作用がある。特に硫黄泉にその作用が強く、重金属の排泄がその泉浴によって促進されることが証明されている。すなわち、かつては梅毒の治療に応用された水銀塗擦療法に際して硫黄泉浴の併用は尿中水銀排泄量を増し、水銀の副作用である口内炎や胃腸障害を減少せしめることを明らかにしたし、最近では水俣病患者が硫黄含有の鉱泥浴によって著明に尿中水銀排泄を増加せしめることが実証された¹⁾からである。

最近慢性関節リウマチの治療に金剤の注射が多用されるようになり、しかもこのような患者が同時に温泉治療も行っていることが少なくない。もし温泉に金の排泄作用があるとすれば両者の併用療法ははたして妥当なものであるか検討の要があろう。

またWilson病は銅の代謝異常疾患として知られ、その治療に金属キレート剤が用いられているのは周知の事実である。そこで該患者の温泉浴による尿中銅排泄に及ぼす影響を観察し、本症に対する温泉浴の効果を検討するのも重要なことである。

以上より今回は金と銅の代謝に及ぼす温泉浴の影響を観察した。

対象と方法

対象は当科入院の慢性関節リウマチ（以下 RA）患者でアメリカリウマチ協会の診断基準による definite ないし classical RA に相当する 5 例と成人発症の Still 型 RA 1 例の計 6 例で、いずれも金剤の投与を受けているものである。その使用総量は 250mg から 1010mg に及んでいた。なお RA の stage は I 2 名、II 1 名、III 2 名、class は全員 II、年齢は 32 才から 67 才、平均 52.2 才、男 2 名、女 3 名であった。成人発症の Still 型 RA は 29 才の女性で stage I、class II であった。

Wilson 病の 1 例は 26 才の男性で過去既に D-ペニシラミンを使用したことのある例である。

方法は金注射施行例は金剤注射後 6 日目に鉱泥浴に入浴せしめその前後 10 分の血中金濃度と、前後 24 時間の尿中排泄金量を測定した。Wilson 病患者は 1 週間以上 D-ペニシラミン投与を中止した後鉱泥浴に入浴せしめ、やはりその前後 10 分間の血中銅濃度と 24 時間の尿中銅排泄量を測定した。

汗は入浴直前に三色光線浴中にて発汗せしめて主として顔面から採取したものを前値とし、入浴直後同様に三色光線浴中にて発汗せしめ、やはり主として顔面から採取したものを後値とした。

当所の鉱泥浴は紺屋地獄から採取したもので、硫黄の含量が多い。入浴温度は 40℃、入浴時間は 15～20 分間とした。Wilson 病患者では対照として普通浴の影響をみたが、その場合は上り湯として用いている水道水 42℃ に 10 分間浴せしめた。

金濃度の測定はシオノギ製薬の研究室に依頼し原子吸光分析法で行った。銅の測定には Special reference laboratories Inc. に依頼し、同様に原子吸光分析法で行った。

食餌は金の代謝をみる場合には特に注意しなかったが、銅の代謝に及ぼす影響をみる場合には銅含量の多いもの（いか、貝類、えび、かに、きのこ、チョコレート、栗等）は摂取しないよう注意した。

結 果

1. 血中金濃度

上記6名の患者について延13回の測定を行なった結果は表1、図1のようであり前値の平均204.6、±64.9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ に対して後値は213.1 ± 66.3 $\mu\text{g}/\text{dl}$ と後値がやや高い値を示したが有意ではなかった。

2. 尿中金排泄量

尿中金濃度、1日尿中総排泄量ともに入浴前よりも入浴後が軽度に低値を示したが有意差はなかった(表1、図2)。すなわち入浴前の尿中金濃度は40.8 ± 25.9 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 、入浴後は36.2 ± 26.5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 、1日総排泄量は前値392.9 ± 108.4 $\mu\text{g}/\text{day}$ 、後値377.3 ± 214.5 $\mu\text{g}/\text{day}$ であった。

3. Wilson病患者の血清銅

入浴前の平均値9.5 ± 7.0 $\mu\text{g}/\text{dl}$ に対して入浴後は19.5 ± 5.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ と有意 (P < 0.01) の増加を示したが単純水浴でもほぼ同様の増加を示したので(表2、図3)、これを鉍泥浴のせいには必ずしもなさないと思われた。

4. Wilson病患者の尿中銅排泄

入浴前値の平均は205.4 ± 267.2 $\mu\text{g}/\text{day}$ 、入浴後は232.5 ± 290.1 $\mu\text{g}/\text{day}$ と増加を示したが有意差ではなかった。しかし単純水浴で

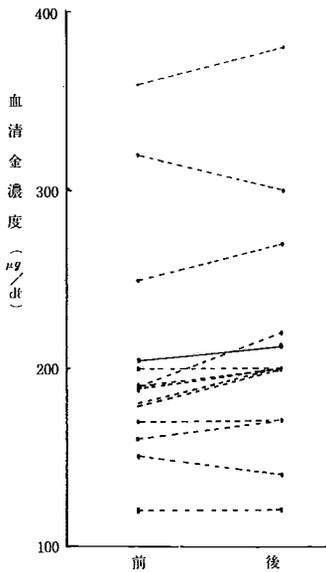


図1 血中金濃度に及ぼす鉍泥浴の影響

表1 金剤使用RA患者における金代謝に及ぼす鉍泥浴の影響

氏名	性	年齢	stage	class	金使用総量(mg)	血清金濃度($\mu\text{g}/\text{dl}$)		尿中金濃度($\mu\text{g}/\text{dl}$)		尿中金排泄量($\mu\text{g}/\text{day}$)	
						前	後	前	後	前	後
佐. 純.	女	29	I (JRA)	2	1010	250	270	30	40	345	580
井. 節.	〃	32		2	355	360	380	40	100	472	900
田. 繁.	男	46	III	2	475	180	200	70	40		
〃	〃	〃	〃	〃	500	180	200	70	70		
〃	〃	〃	〃	〃	525	190	220	110	70		
徳. 照.	女	54	I	2	250	190	200	40	20	560	310
〃	〃	〃	〃	〃	275	200	200	20	10	272	140
〃	〃	〃	〃	〃	300	190	200	20	20	300	316
〃	〃	〃	〃	〃	325	120	120	20	20	320	260
〃	〃	〃	〃	〃	350	170	170	20	30	280	345
〃	〃	〃	〃	〃	375	150	140	30	20	435	300
市. ス.	〃	67	III	2	400	160	170	30	10	360	150
佐. 治.	男	62	I	2	600	320	300	30	20	585	472
平均						204.6	213.1	40.8	36.2	392.9	377.3
						± 64.9	± 66.3	± 25.9	± 26.5	± 108.4	± 214.5

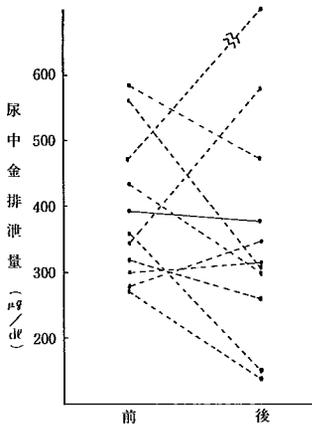


図 2 尿中金排泄量に及ぼす鉍泥浴の影響

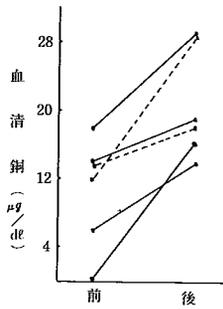


図 3 Wilson 病患者の血清銅に及ぼす鉍泥浴の影響 (----- control)

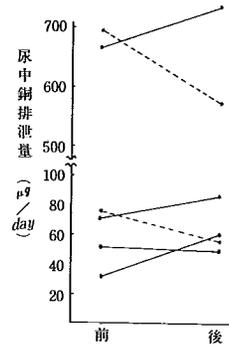


図 4 Wilson 病患者の尿中銅排泄に及ぼす鉍泥浴の影響 (----- control)

表 2 Wilson 病の銅代謝に及ぼす鉍泥浴の影響

検査回数	血清銅 (μg/dl)		尿中銅排泄量 (μg/day)		汗中銅量 (μg/dl)	
	前	後	前	後	前	後
1	0	16	667.5	734.5	—	—
2	6	14	32.0	60.3	9	9
3	18	29	71.0	85.6	—	—
4	14	19	51.0	49.5	6	9
平均	9.5 ± 7.0	19.5 [*] ± 5.8 5.8	205.4 ± 267.2	232.5 ± 290.1	7.5 ± 1.5	9 ± 0
Control						
1	14	18	696	572	11	11
2	12	29	76	56	11	7

※ P < 0.01

は 2 回とも明らかに減少した (表 2、図 4) ので、鉍泥浴に銅の排泄促進作用があると思われた。なお検査回数 No. 1 と control の No. 1 はともに D-ペニシラミン投与中止後 1 週間目に検査を施行したものであり、尿中銅排泄量はなお 500 μg/day 以上の高値を示していた (表 2)。すなわち D-ペニシラミンの長期投与例では本剤中止後も 1 週間位はなおペニシラミンの効果が持続しているものと思われた。

汗の銅量は鉍泥浴、単純水浴のいずれによっても著明な変動をうけなかった。

考 察

金に対する鉍泥浴の影響は意外に小さかった。すなわち血清の金濃度は入浴によって軽度ながら増加したが尿中排泄量はむしろ減少したからである。患者に注射した金は身体の種々の臓器組織中

に沈着することが知られているが、上記の成績は鉱泥浴によって組織の代謝が亢進し、組織中の金の一部血中に遊離してくることを示しているようである。しかるに尿中排泄量が減少傾向を示したのは何故であろうか。当然のことながら金剤注射後日が経つにつれて、その尿中排泄量は次第に減少する。我々の成績が尿中濃度、1日総排泄量ともに軽度低下を示したことは、まさにこの自然の経過を示したものに他ならないものと思われる。すなわち鉱泥浴によって一時的に血清金濃度は増加するものの、15～20分間位の入浴では尿中排泄量を増やすまでには至らなかったものであろう。従って金の代謝に及ぼす鉱泥浴の影響は些少で臨床的にはほとんど問題にはならないものと思われる。ただ29才のStill型RAの女性と32才の成人RAの2例では尿中排泄量がほぼ2倍近くに増加しているので、症例によっては尿中排泄促進効果が認められることもあることは事実と思われる。いずれにせよ金剤を注射して鉱泥浴などの温泉治療を行っても、それによって金剤の効果が減殺されることはないといつてよかろう。

金に比べると銅の代謝に及ぼす鉱泥浴の影響はより強いように思われる。すなわち血清銅は繰り返し検査しても常に浴後上昇し、尿中排泄量も4回中3回は増加したからである。ただ血清銅は単純水浴でも同様に上昇するのでこれは鉱泥浴に特有の作用ではなく温水浴に共通してみられる作用のようである。すなわち組織の新陳代謝亢進によってもたらされるものであろう。

一方尿中排泄量は鉱泥浴時のみ増加し、単純水浴時とは明らかに異なる態度であった。すなわち鉱泥浴には銅の排泄促進作用が認められたが単純水浴にはそれが認められなかった。従ってこのような作用の差は含有成分によってもたらされた可能性が十分考えられ、鉱泥浴の場合恐らく含有硫黄の作用に帰せられるものであろう。このことから鉱泥浴はWilson病により効果をもたらすと思われるが、ただ表2からも明らかなようにD-ペニシラミンの作用に比べるとその効果ははるかに弱いといわざるをえない。しかしD-ペニシラミンとの併用は、その効果の増強や、さらには四肢運動障害のリハビリテーション効果も期待されることから推奨できる治療法といつてよいであろう。

むすび

金療法中のRA患者における金代謝とWilson病患者の銅代謝に及ぼす鉱泥浴の影響を観察し、次の結果をえた。

1. RAでは鉱泥浴後血中金濃度が僅かに増加するが、尿中排泄量は増加しなかった。従って金の代謝に及ぼす鉱泥浴の影響は少ないものと思われる。

2. しかし6例中比較的若い女性2例において尿中金排泄量は鉱泥浴後ほぼ2倍近く増加したので症例によっては排泄促進効果があるものと思われる。

3. Wilson病においては鉱泥浴後血清銅が有意に増加したが、このような増加は単純水浴によっても認められた。

4. しかし尿中の銅排泄量は鉱泥浴によっては増加したが、単純水浴では減少した。従って鉱泥浴には銅排泄促進作用があるものと思われるが、その作用はD-ペニシラミンに比べるとはるかに弱いものであった。

(血清並びに尿中の金濃度を測定していただいた塩野義製薬株式会社衷心よりお礼申し上げる)

参考文献

- (1) 矢野良一・小林幸吉・時枝正昭・他：水俣病の温泉治療に関する臨床的研究，温研紀要，16：1～18，1964.
- (2) 高取正昭：金製剤，リウマチの治療（塩川優一編），中外医学社，東京，P146～162，1974.

別府地熱地帯の噴気中の水銀量

九州大学温泉治療学研究所 古賀 昭 人

古賀と野田（1974, 1975）は前に地熱地帯の噴気をもたらすものとして揮発性成分に注意を拂うべきことを強調し、それにより地熱地帯の地下構造解明の一助になることを述べた。そして、揮発性成分としては、水銀、ヒ素、ホウ素、アンモニア、フッ素をあげたが、このうち地下温度に一番鋭敏で、しかも分析感度上最大なのは水銀であるとした。

水銀は沸点 357℃、融点は-39℃で、この間は液体という金属である。極めて揮発しやすく、飽和空気中の水銀量は表 1 のように大きい。この事は地球上いかなる酷寒の地においてさへ、地下深部に地熱があれば地表に向って水銀蒸気の上昇が行なわれていることを示している（古賀、1977）。まして、地熱地帯、火山地帯から相当量の水銀が大気中に放出されているのは論をまたない。この報文では別府地熱地帯の凡そ30個の噴気中の水銀分析の結果を示す。

分析 方 法

水銀が極めて揮発しやすい事を考えると、分析の精度はむしろサンプリングの仕方にかゝっていると云えよう。噴気中の水銀を測定するためには、二通りの方法が考えられる。一つは、一定流量の噴気中に金粒を一定時間おき、水銀を捕捉する方法であり、もう一つは噴気凝縮水の水銀をそのまま測定する方法である。前者を完全にするためには、噴気中の水銀を 100%金で捕集することであるが、金のウェットな状態で果して水銀をどれだけ捕えることができるかという疑問と、大気の場合と異なり、蒸気は温度の低下と共に凝縮するので、通常の流量計で測定できるかという疑問である。この二つの疑問を解決するためには図 1 のような装置を原理的に用いねばならないだろう。

まず現場に諸装置を運び小型発電機やスライダックを用いてテフロン加熱管を 150～200℃に保っておく。A、Bトラップを図のように接ぎ、Aトラップには正確に50mlの蒸留水を入れ、外部

図 1 噴気中の水銀捕集図

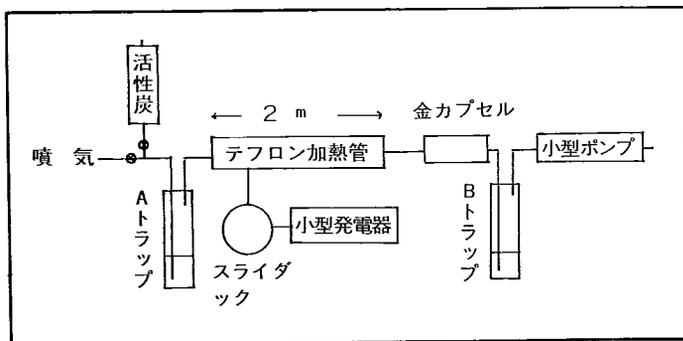


表 1 水銀の蒸発

温度 ℃	飽和気中濃度 mg/ m ³
-20	0.23
-10	0.74
0	2.18
10	5.57
20	13.2
30	29.6
40	62.3
50	125
60	247
80	808
100	2360

から冷し、金カプセルを抜き、噴気に導入管を入れ小型ポンプを動かし、ゆるやかに吸入し始める。Aトラップには次第に凝縮水が増えるが金カプセルは加熱管を通った後だから、こゝはドライなまゝ通過し水銀は捕集される。Aトラップが10ml位増加したら、噴気からの導管をはずし、活性炭を通過した空気を凡そ20分、0.5 l / 分の流量でAトラップを通すことにより水銀を追い出し金カプセルに捕集させる。金カプセルは実験室に持ち帰り、水銀計で捕集した水銀量を測定する。

一方、Aトラップの凝縮水の増加量を測定し、採集した噴気量を計算する。たとえば、10ml増加したとすれば、22.4 l の水蒸気が凝縮すれば水 1 モル (18ml) になるから $22.4 \text{ l} \times \frac{18}{22.4} = 18 \text{ l}$ の水蒸気を採取していたことになる。一般に噴気中の水蒸気は熱水系では99.5%以上であり、蒸気系でも95%以上は水蒸気である。結果は $\mu\text{g} / \text{m}^3$ あるいは ng / m^3 で示す。

この方法の難点は現場の地形が複雑である所は重い器材の運搬に難儀することにある。地熱発電所の生産井以外は余り推奨できないと思われる。そのため、著者は本報告では第二の方法、つまり二口の大型注射器 (100 ml) を用いて凝縮水を採取し測定に供した。

噴気孔から注射器までの導管はできるだけ短かくし、注射器を氷水で浸したタオルで冷しながらピストン運動を行えば少しずつ凝縮水が注射器内にたまって来る。2 ~ 3 ml たまれば更に氷水で十分に注射器を冷し、スピッツに入れ、栓をして氷中に保存し実験室で水銀を測定する。ふつう 1 ml 用いれば充分である。もし、測定が後日におたる事がある場合には試料にLシスチンを 0.001% になるよう加えておけば相当期間大丈夫である。この方法で一番大事なことは、水銀の液相と気相間の分配は温度にもものすごく影響するから、できるだけ冷却することである。たとえば、表 1 のように、水銀の揮発性は 100℃ と 20℃ とでは170倍、10℃ とは424倍、5℃ とは650倍も異なるからである。

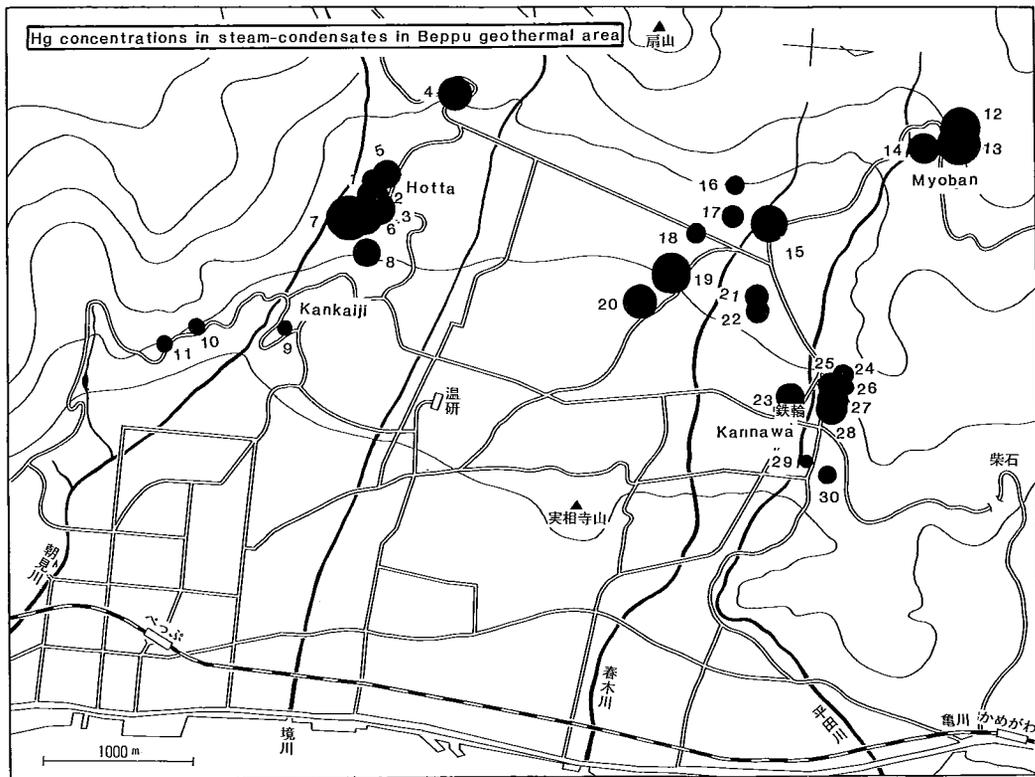
測定結果と考察

別府地熱地帯の噴気中の水銀量は表 2 と図 2 に示す。表 2 では凝縮水 1 l に対する μg で示したのと、噴気が気体であるとすれば、水 1 モル (18 g) が 22.4 l の水蒸気になっているのだから m^3

表 2 別府地熱地帯の噴気中の水銀量

	Location	Sampling Date	Hg in condensate ($\mu\text{g} / \text{l}$)	Hg in steam (ng / m^3)	No	Location	Sampling Date	Hg in condensate ($\mu\text{g} / \text{l}$)	Hg in steam (ng / m^3)
1	堀田 ①	'80. 11. 18	1.06	850	16	グリーンハイツ	'80. 12. 19	0.64	515
2	" ②	"	3.03	2435	17	松山荘	"	1.36	1090
3	嘉麻興業	"	3.25	2610	18	湯の丘荘	"	0.50	400
4	向井病院	12. 18	3.06	2460	19	泉都土地	"	4.79	3850
5	堀田上温室	"	2.16	1735	20	桑原	"	2.86	2300
6	荒金吉夫	"	2.76	2220	21	火男火売神社	"	1.29	1035
7	熊谷	"	5.60	4500	22	宮前温泉	"	0.93	750
8	荒金正吉	"	2.01	1615	23	大分県温泉熱利用研究所	"	2.29	1840
9	慶松苑	'81. 5. 1	0.53	420	24	神和苑	'81. 5. 1	1.23	990
10	ラクテンチ横①	"	0.88	705	25	十万地獄	'81. 4. 28	0.80	640
11	" ②	"	0.88	705	26	十万地獄横	'80. 12. 19	0.21	170
12	明ばん ①	'80. 12. 15	5.44	4370	27	ワニ地獄	'81. 4. 28	2.00	1600
13	" ②	"	5.74	4610	28	金竜地獄	"	1.60	1290
14	" ③	"	2.79	2240	29	ひょうたん風呂	"	0.20	160
15	照湯	12. 19	3.93	3160	30	松屋別館	"	0.60	480

図2 別府地熱地帯の噴気中の水銀量



中の ng で示すこともできる。大気との比較のためである。また、図2の黒丸の大小は含有量の大小で示した。

火山ガス、地熱地帯の噴気孔などを通じての地球内部からの脱ガスによる水銀の供給は多くの研究者によって述べられており、たとえばEshlemanら(1971)、古賀ら(1974)、中川(1980)によつての研究がある。Eshlemanらはハワイのキラウエ火山のSulfer Banksの硫気孔地帯の大気で $21000 \sim 23000 \text{ ng/m}^3$ の水銀があるとし、火山がないホノルルのハワイ大学で 40 ng/m^3 の値を与えた。しかし、これらは10年前の値であり、定量法の不完全さもあつて、硫気孔附近の値はともかくハワイ大学の 40 ng/m^3 の値は大きすぎると思われる。たとえば、別府の九大温研研究棟の屋上の大気の水銀量は 4 ng/m^3 程度だし、阿蘇山頂のロープウェイ駅附近は、火口からの風がない場合は僅かに 1.5 ng/m^3 前後の値しか与えない。これがふつうだと思われる。

中川(1980)も多くの噴気や温泉地帯の大気を測定しており、立山地獄谷、立山黒部ルート、草津、万座温泉などで、噴気では、 $96 \sim 615 \text{ ng/m}^3$ 、温泉大気では $78 \sim 124 \text{ ng/m}^3$ をあげている。

古賀ら(1974)は前に多くの地熱地帯の噴気凝縮水の水銀分析結果から、蒸気系の方が熱水系より多くの揮発性成分を含むことをあげ、かつて阿蘇カルデラ湯の谷でボーリングしたさいに、地球化学的探査法で蒸気系であると予言した時の一つの根拠ともなった(山崎ら、1978)。

別府地熱地帯30個の噴気凝縮水中の水銀量は表2や図2の如く、多い所は堀田、明ばん、小倉地区にあり、蒸気系の所に多い。全体としては 5.74 から $0.20 \mu\text{g/l}$ に広がっており、噴気 1 m^3 あたりに直せば $4610 \sim 160 \text{ ng/m}^3$ となる。前述のように、これら噴気の影響を受けない地区の大気中の水銀量は 5 ng/m^3 以下であるから $1000 \sim 30$ 倍も多いことになるが、すぐに四散してうであろう。も

もちろん、水銀蒸気は噴気からだけではなく、地熱地帯の地表まで高温の場所からも大気中に脱ガスされており、そのような地域のソイルエア中の水銀量も高いが、大部分は水蒸気によって運ばれていると思われる。いわゆる *steaming ground* などでの変質粘土で水銀が異常に高く、ハロー現象が起り易いのは周知の事実である。

文 献

1. Eshleman ら (1971) : *Nature*, 233巻, 471~472
2. 古賀、野田 (1974) : 大分県温泉調査研究会報告, 第25号, 48~52
3. 古賀、野田 (1975) : *地熱*, 12巻4号, 21~28
4. 古賀 (1977) : *南極資料*, No.58, 138~144
5. 中川 (1980) : 日本温泉科学会講演要旨集, P110
6. 山崎、林、古賀、野田、福田 (1978) : *地熱*, 15巻4号, 205~216

大分川流域温泉の継続観測の総括

九州大学温泉治療学研究所 野田 徹 郎

京 都 大 学 理 学 部 北 岡 豪 一

1. まえがき

大分平野を涵養する一級河川である大分川は、本流は湯布院町に源を発し、途中幾多の支流を加えて東流し、別府湾に注いでいる。大分川水系の中下流域に当る庄内町、挾間町、野津原町、大分市は15年ほど前までは、いわば温泉とは無縁の地域であった。当時は僅かに、庄内町阿蘇野の阿蘇野鉱泉、白水鉱泉、挾間町向原の黒川鉱泉、酒野の酒野鉱泉、野津原町下原の妙見泉、同土原の佐藤栄泉、同廻栖野の廻栖鉱泉、大分市廻栖野の塚野鉱泉といった炭酸成分に富む冷鉱泉群が知られていた。これら鉱泉群は泉温も25℃以下であり、ほとんどが自然湧出泉であった。昭和40年頃になると、庄内町東長室の小野屋温泉、挾間町赤野の海老毛温泉、大分市生石の大分温泉で相次いで泉温40℃以上の高温泉が得られ、大分川流域の温泉資源が注目を浴びることとなった。温泉開発ブームは時期的に集中して各地を襲った。挾間町では昭和48～49年、庄内町では昭和52～53年がその最盛期に当り、前後にも散発的に温泉掘削が試みられている。大分市では昭和53年以後、特にその傾向がめざましく、現在も続々と新温泉が誕生している。その趨勢、分布を見るに大分川本流、中下流では、どこを掘っても温泉に当たると云っても過言でない程である。

このような新開発の温泉地域において、その開発の初期段階に温泉の特性の推移を観測することは、温泉の生成機構解明の手掛りとして、又、温泉資源の乱開発を防ぐ適正な温泉管理を計るための指針を検討する上でも、重要な意味があると思われる。殊に挾間町を中心とする地域に分布する高塩分泉は、全国的に見ても学術上の興味をそそるめずらしい温泉であり、既存の冷鉱泉との関連を調査する意味からも、その推移が注目されたのである。^{1), 2), 3)}

筆者らの本域における観測は、昭和49年6月に開始された。その後、昭和50年後半から51年にかけては、ほぼ毎月、昭和52年には隔月の観測を行った。当初は、これまでのデータを基に、継続観測の結果をまとめる予定であったが、幾つかの温泉で大きな活動変化の兆しともとれる変動を観測したため、更に調査期間を延長し、昭和54年から、56年にかけて4回の観測を実施した。

2. 継続観測の概要と結果

調査に当っては、現地において泉温、湧出量を測定し、採水試料を実験室で化学分析した。湧出状態によっては、泉温が低めに観測されたものや、湧出量の測定の精度に問題があるものもあった。以上の結果のうち、昭和53年以前については、既に本調査研究会第30号に資料をまとめている。

表一1には昭和54年以後の観測データを収録している。

資料中、源泉名にはその地域を表わす略号と整理番号を冠した。略号は0一、大分市、H一、挾間町、S一、庄内町、N一、野津原町を表わし、整理番号は該当市町内の温泉孔を認定あるいは許可された順に付けたものである。野津原町妙見泉は温泉台帳に記載がないため、N一#とした。

前回昭和54年第30号に報告した資料に採りあげた源泉のうち、今回観測採水ができなかったものがいくつかあった。0一4古国府温泉〔新〕、0一4'古国府温泉〔旧〕は現在採水不可能である。又、H一5二宮益雄泉(本管)、H一5'二宮益雄泉(外管)は昭和53年までの観測データで、非常に安定した湧出状況にある温泉だと判断されたので、昭和54年以後は観測採水せず、S一4愛泉会泉、N

N-表-1 大分川流域温泉継続観測資料 S54, 5, 2 ~ S56, 3, 11

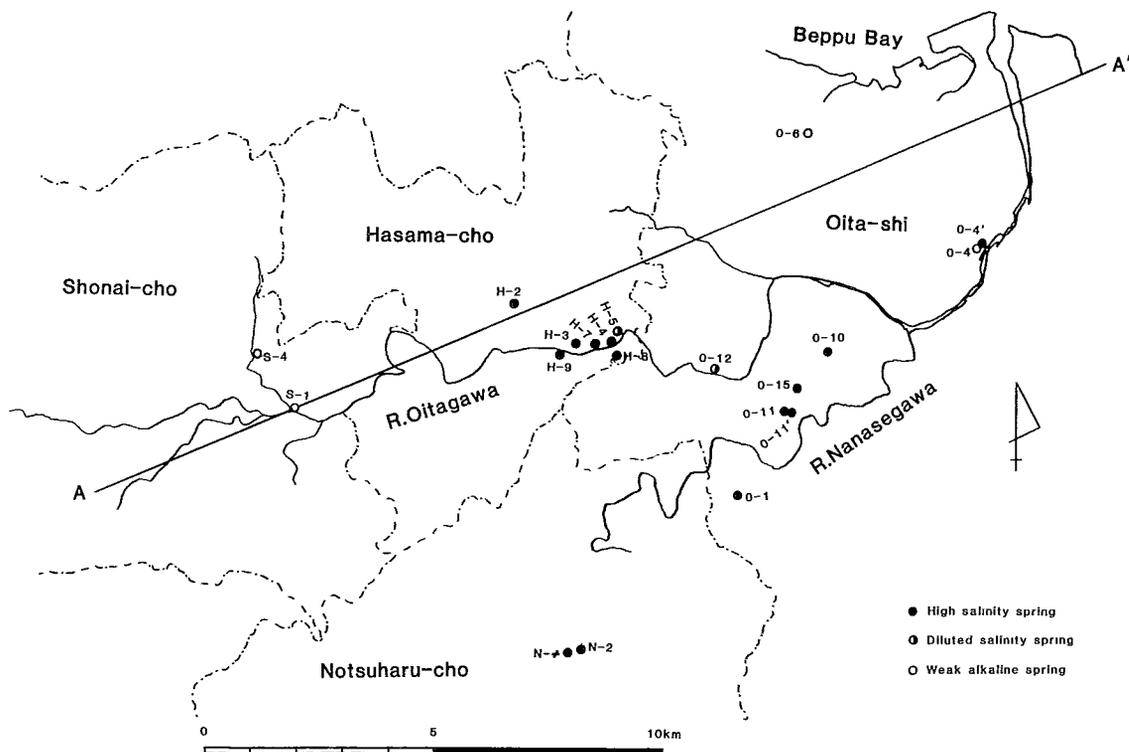
整理番号	名	称	調査採水年月日	泉温 ℃	湧出量 ℓ/min	pH	Cl mg/ℓ	HCO ₃ mg/ℓ	Na mg/ℓ	K mg/ℓ	Ca mg/ℓ	Mg mg/ℓ	SiO ₂ mg/ℓ	備考
0-1	塚野温泉		s 54, 5, 2 55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11	15.7 16.6 15.2 47.4	4.0 6.2 4.3		2050 2680 2770 2300	2230 2400 3390 2220	1820 1990 2140	44.9 47.6 46.6	123 152 184	146 182 196	83.8	
0-6	西大分温泉		s 54, 12, 20	47.4		6.3	1272	527	190	35.4	1.9	0.25	139	
0-10	二盤林業		s 55, 9, 3 56, 3, 11	39.5 38.6	44 37.5	6.5	2380 1970	2400 1840	1630 2360	62.3 81.4	192 164	236 232	82.1	
0-11	笠木俊一(旧)		s 54, 5, 2 55, 1, 25 55, 9, 3 56, 3, 11	29.0 35.2 21.0 33.1	69 70 68 57		2380 2440 2440 2410	4170 4150 4180 4140	2360 2330 2440	89.7 90.7	171 184	230 235		
0-11'	笠木俊一(新)		s 54, 5, 2 55, 1, 25 55, 9, 3 56, 3, 11	15.2 33.2 22.8 16.3	150	6.5	1370 1320 1350 1280	2430 2260 2400 2340	1230 1120 1090	44.4 41.9 39.6	159 144 180	233 201 221	75.8	
0-12	園分養殖業生産組合		s 55, 1, 24 56, 3, 11	38.0 38.2	49	6.7	258 263	1720 1840	668	58.6	144	201	120	
0-15	笠山会		s 53, 2, 14 53, 9, 7 55, 1, 25 55, 9, 3	37.9 37.8 38.0 35.7	78 94 85		1600 1620 1650 1560	1960 1970	1240 1330 1290	37.4 51.4 46.4	113 114 129	179 153 155	103 91.3	

H-2	海老毛温泉	56, 3, 11 s 55, 4, 3	36.0	165	6, 7	1510 11300	1990 3830	6370 4900	375 230	603 840	511 464	181
H-3	上田慶吉	55, 9, 3 56, 3, 11 s 54, 5, 2	42.8 42.7 30.0	59	6.6	8090 945	3680 1710	825 886	64.4 60.6	157 143	120 106	165
H-4	坂本政行	55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11 s 54, 5, 2	29.9 30.0 30.0 42.4	62 64 179	5.8	978 948 4150	1710 1710 3640	800 3030	63.4 252	168 183	113 319	178
H-7	三ヶ尻昭三	55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11	42.1 42.2 41.1	183 227 182	6.8	4360 4150 3710	3450 3590 3270	3030 3160	208 186	173 198	488 296	167
H-8	国中産業	s 54, 5, 2 55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11	36.8 37.2 36.8 37.3	750	6.4	3230 3040 3290 3190 3140	2000 2310 2380 2340 2360	2250 2150 2340 2180	179 161 146 133	160 221 247 230	151 216 193 193	
H-9	坂本 毎	s 54, 5, 2 55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11	42.6 41.6 42.6 42.6	101 18 18 17.0		7720 6980 7200 7130	4080 3820 3870 3870	4490 3600 3700	317 255 203	407 432 699	889 893 890	144
S-1	小野屋温泉	s 55, 4, 3	47.1	8.38		8.38	95.9	40.4	8.56	1.3	0.138	179
N-#	見 泉	s 54, 5, 2 55, 4, 3 55, 9, 3 56, 3, 11	15.4 12.2 21.8 9.5	6280 6500 6430 6210	6.6	6280 6500 6430 6210	4190 4130 4170 4190	5100 4800 4770	351 292 238	403 378 620	120 109 123	92.2

— 2 佐藤栄泉も同じ理由で観測採水を行わなかった。一方、昭和53年2月に掘削された高塩分泉、0-15 霊山会泉を新たに継続観測対象泉とした。

第28号報告、挾間町ならびにその周辺の温泉調査（その2）高塩分泉の化学成分において、著者らはこの地域の温泉を、有する化学成分の特徴から4つのタイプに分類した。即ち、1)高塩分型、2)高塩分泉希釈型、3)弱アルカリ型、4)含芒硝型である。今回の継続観測に採り上げた温泉は、1)が14孔で最も多く、2)が3孔、3)が4孔の計20孔である。この選択は、当該地域の大きな特徴である高塩分泉の動向に、調査の主眼を置いたことを意味する。調査井の位置は図-1に示されている。

図-1 : 大分川流域温泉継続観測井位置図
A-A'は後述の仮想断面ライン

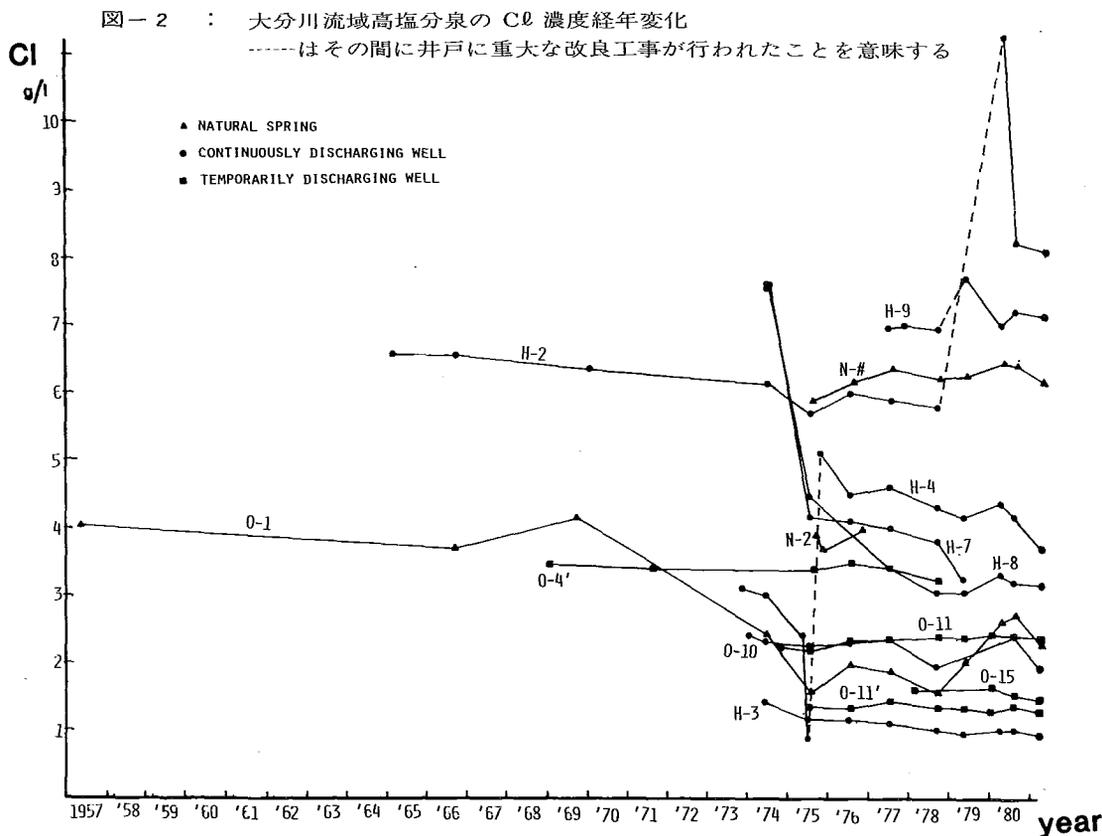


3. 高塩分泉の長期変動

温泉水の性質の変動を化学的に捉えるための指標成分として、まづ第一に対象とされるのは Cl である。 Cl は温泉水中に Cl^- イオンとして存在し、この Cl^- イオンは温泉水の貯溜、流動する環境下で、反応性、吸着性に乏しいという特徴を有する。この、いわゆる Cl の保存成分としての解釈は、限られた例外を除いては一般に通用するものである。高塩分泉14孔について Cl 濃度の経年的な変化を見たのが図-2である。14孔についての湧出状態から見た内訳は、a) 自然湧出泉、が3孔、b) 常時自噴している掘削泉、8孔、c) 通常閉止されており必要な時（主に観測時）のみ噴出させられる掘削泉、3孔である。a) には湧出状態が自然湧出に近いN-2 佐藤栄泉を含めた。また、b) のうちH-7 三ヶ尻昭三泉は孔内崩壊のため現在停止しており、O-10 二豊林業泉は水位の上下によって噴出と停止を繰り返している珍しい温泉である。c) のうちO-11 笠木俊

一泉 [旧] は、掘削当初は連続して使用されていたものであるが、やや低温であるのとその排水が水田に流れ込むのを考慮して、現在は使用されていない。O-4、4'古国府温泉 [新] [旧] はコンプレッサーにより汲み上げ可能であったが、現在は動力が撤去され、観測、採水が不可能である。

図-2ではCl濃度の長期的な経年変化を見るのを主眼としているため、観測の集中した昭和50~52年については、各年毎に2回以上の測定値については平均値を求め、1つの点で表示することによって図が錯綜するのを避けた。ただ昭和50年6月に大きな濃度変化のあったH-4坂本政行泉については、その前後それぞれについての平均値を求めプロットした。



図に示した温泉中、最も古くからデータのあるものは、古来療養泉として名高いO-1塚野鉱泉である。同泉は自然湧出泉であり、その水系に変動を及ぼすような要因として、自然的なものでは地震などによる地殻変動、人為的なものでは周辺地区での温泉掘削などの影響が現われた場合、察知しやすい温泉である。図-2に示されたようにO-1塚野鉱泉は、昭和44年までは比較的一定のCl濃度を維持し安定した状態にあったと思われるが、昭和49年6月にはおよそ半分にCl濃度が低下しており、昭和50年には更に濃度が低下している。おりしも、高塩分泉の開発が盛んになったのがこの時期にあたり、その影響を受けたとも考えられる。同じ時期の濃度減少は他の源泉にも見られ、大分市以外のこの時期に存在したすべての高塩分泉に、程度の差こそあれ濃度減少が現われている。特にH-7三田尻昭三泉、H-8國中産業泉で濃度低下が大きい。この濃度低下が温泉開発の活発化による影響とは速断できないが、その可能性は否定できない。後述のように高塩分泉は掘削直後の高濃度が、僅かの時期に指数関数的に急激に低下し、ある濃度レベルで安定化する傾向

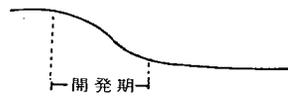
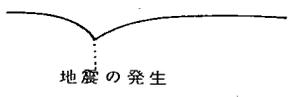
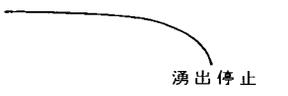
がある。三ヶ尻泉、国中泉では、そのための濃度低下も複合されて現われていると思われる。

更にこの地域で濃度低下の原因となった特殊な事情として、昭和50年4月21日未明に起った大分中部地震（マグニチュード6.4）が考えられる。前記の相互影響や、掘削直後の濃度減少期と重なったため、判別しにくくなったきらいはあるが、地震の発生した日をはさむ昭和49年6月と昭和50年4月3日又は5月22日の濃度に、かなりのギャップが生じている源泉が数多く見られる。しかも濃度低下をきたした源泉を拾うと興味深いことが判明する。古くからのデータのあるO-1塚野鉦泉は、昭和44年から次第に濃度が低下し、地震直後に最低の値となっている。その後の傾向は再び濃度が上昇し、旧来のレベルに復するようと思われる。この変動は地震学のショルツ理論（ダイラタンシーモデル）に云う、ひずみの蓄積、地震によるひずみの解放、元の状態への回復と定性的に見合うものである。

塚野鉦泉と同じく自然湧出泉のN-1妙見泉は、古いデータが存在しないためはっきりしないが、継続観測を開始した昭和50年8月が最低濃度で、以後、本来の濃度に戻りつつあるように読みとれるし、自然湧出泉に分類したN-2佐藤栄泉もこれに似た濃度変化を示している。O-1塚野鉦泉とN-1妙見泉を結ぶラインは、北東—南西に走る断層の存在が推定されている。この断層は、大分中部地震の震源とされる庄内町内山付近を走る東西方向の活断層の副断層とも考えられ、大分中部地震の際の影響もあったと思われる。又、H-8国中産業泉の東方100mの崖には、明瞭な地層のずれが観察でき、この付近にも断層の存在が推定される。地震の前後に濃度低下の見られた源泉は、全て前記の自然湧出泉か、国中産業泉を中心とする挾間町内の高塩分泉である。又、H-2海老毛温泉では地震のとき、一時的に湧出が停止する現象も見られた。一方、これらとは距離を隔てた、大分市内のO-4'古国府温泉〔旧〕、O-10二豊林業泉、O-11笠木俊一泉〔旧〕はほとんど変化がない。これらのことから、大型地震の出現前後の地殻変動が、周囲の温泉、特に近くに地震に関連する断層の存在が指摘されるような温泉の生成混合状態に、変化をもたらしていると云える。

H-4坂本政行泉では、大分中部地震の頃から、温度、湧出量共に、成分濃度が減少しはじめ、6月には更に大きく低下した。これは、温泉孔の内部崩壊によるものと考えられるが、その崩壊を起すに至った副因として、地震の影響が考えられる。温泉孔の内部崩壊は成分濃度を異常に低下させ、やがて湧出を停止させる。H-7三ヶ尻昭一泉においても、昭和53年9月と昭和54年5月の間

表一 2：大分川流域高塩分泉に濃度変化をもたらす諸要因

要因	濃度変化パターン	事例
1. 開発による相互影響		昭和 48～50 年の開発最盛期の濃度低下
2. 掘削井自身の自然減衰		掘削直後の急激な濃度低下と、それにつづく非常にゆるやかな濃度低下
3. 地震の影響		昭和 50 年 4 月大分中部地震発生前の濃度低下傾向と発生後の回復傾向
4. 温泉孔の内部崩壊		急激な濃度低下とそれにつづく湧出停止

に大きい濃度低下が観測され、やがて湧出が停止したが、これも内部崩壊が原因だと思われる。

以上のように、この地域で高塩分泉の濃度に変化をもたらす要因はいろいろ考えられ、これらが複合しているため、観測される変動も複雑なものとなる。今迄あげた変動の要因は、表-2のように整理される。

これらの諸要因のうち、地震の除く各要因は、この地域に限らず、いずれも温泉地にも存在してよい要因である。適正な温泉開発を行うには、これらのうち人為的な要因である1について、その程度を小とすべく努力すれば、温泉本来の成分濃度、泉温、湧出量が維持できることにつながろう。ただ、この地域については、1だけでなく他の要因、殊に3が強く働いたと見られ、その識別は容易でない。推奨される一つの識別法は、諸影響の現われやすい自然湧出泉であり古くからのデータが存在し、観測時との比較検討が可能な塚野鉱泉について、更に長期観測を行ない、現在の濃度回復が、従来どの程度迄到達して安定するかを知ることにより、判断できるであろう。その意味からは塚野鉱泉については、今後も観測を続けることが望ましい。

以上の議論では、泉温、湧出量の長期変化については触れなかった。これは古い時期についてのデータが不足しているため差し控えたのであるが、その一端は次の短期変動の項で、濃度変化との関連について述べる。

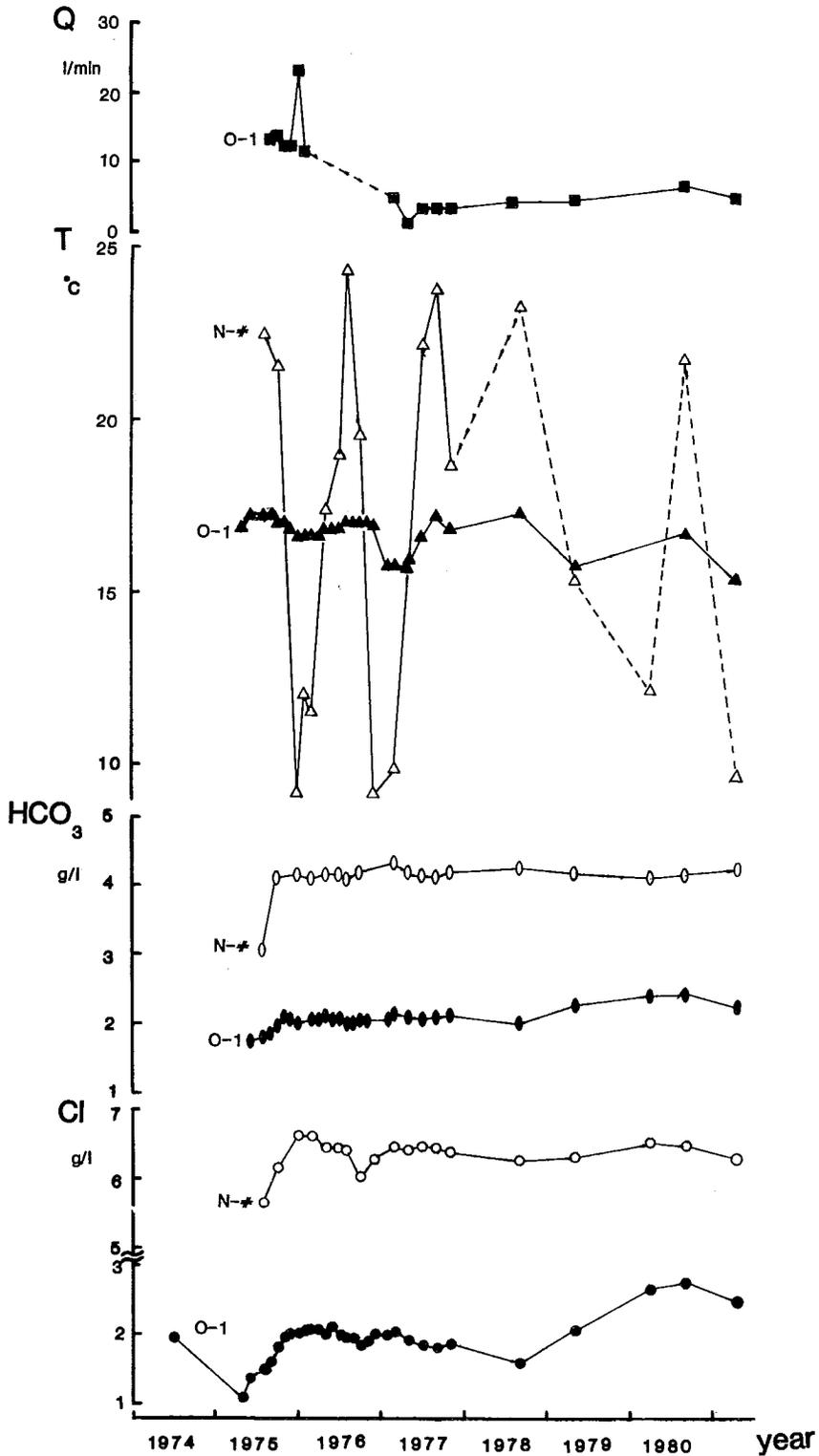
4. 高塩分泉の短期変動

昭和50～52年は、毎月あるいは隔月の頻繁な観測を行った時期である。各測定値は細かな変動を伴って推移しているが、測定値の精度を考えるとその全てが意味のある変化だとは云えない。しかし、程度の大きい変化や、ある傾向をもった変化はそれなりに意味をもつ筈であり、その変動の原因の究明は、当該泉源のなりたちや性質を考える上で重要であろう。以下には集中的に継続観測を行った中で目立った変化や傾向について述べることにする。議論を進める上で、温泉の湧出状況および性質の違いによって、i) 自然湧出の高塩分泉、ii) 掘削による常に自噴している高塩分泉、iii) その他の掘削泉、に分類した。

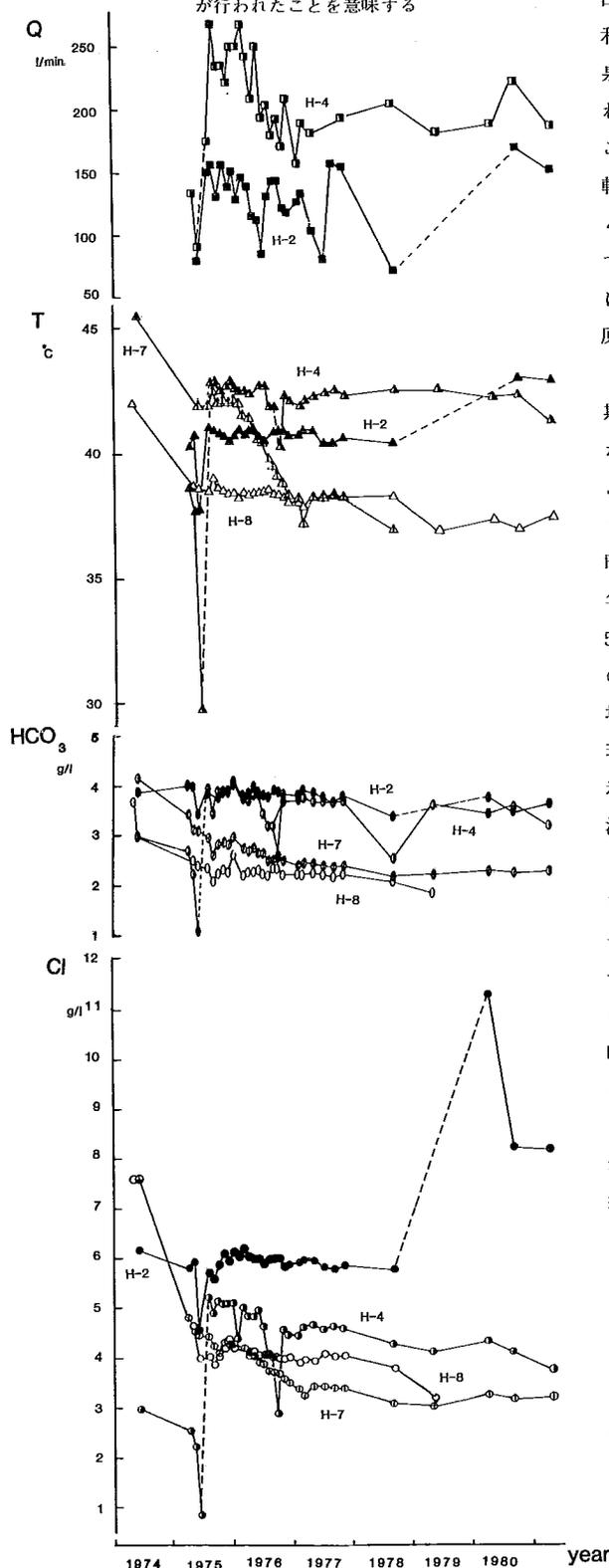
図-3-1は、O-1 塚野鉱泉とN-1 妙見泉の短期変動を表わすグラフである。塚野鉱泉における昭和50年中期の Cl^- 濃度、 HCO_3^- 濃度の上昇は、その後の昭和51年に入ると一定化しており、塚野鉱泉の濃度変化とよく対応している。妙見泉と塚野鉱泉は七瀬川沿いの断層線上に位置する自然湧出泉であり、前述のように地殻構造の変動が、湧出状況に影響しやすいと考えられる。塚野鉱泉の Cl^- 濃度は、昭和51～52年のゆるやかな漸減傾向が、昭和53年を最後として、再び増加に転じている。これが、長期的に見た地震に伴う変動からの回復期に当るのか、新開発の高塩分泉の勢力の減衰による濃度回復に当るかは明らかでないが、今後も動向を見守る必要がある。塚野鉱泉の湧出温度には季節変化が見られ、夏期の高温期と冬期の低温期が現われており、湧出量の急減した昭和51年後半からは、特に冬期の温度低下が著しく、外気温の影響を強く受けていることを示している。妙見泉では泉温の季節変動が更に大きく、最高温度と最低温度の差は実に約20度にも達する。これは、妙見泉の湧出状況が、湧出量が少なく、地表近くを長途流動するなど、外気温の影響を受けやすい状況にあると思われる。妙見泉のトリチウム濃度は比較的地表水のそれに近く、前記のことを裏付けている。

高塩分の掘削泉の短期変動は図-3-2に示されている。自然湧出泉に比べ、細かな凹凸が、成分濃度、泉温、湧出量それぞれに現われているのが特徴的である。これらは全て、ガスを伴った噴騰泉であるため、噴騰現象特有の非正常流の存在が、細かな変動を産み出しているのかも知れない。これらの細かな変動の大部分は、濃度、泉温、湧出量の凹凸が対応している。やや大きな変動のいくつかは、人為的に湧出状況を改善するために、井戸に対し清掃作業を行った結果である。その好例は、H-2 海老毛温泉における炭酸カルシウムの除去作業の実施と、その直後の各測定値（特に湧

図-3-1 : 大分川流域高塩分泉の短期変動 (自然湧出泉)
 O-1 : 塚野鉱泉、N-#: 妙見泉、点線はその間の変動が明らかでなく意味がないことを示す



図一三二 : 大分川流域高塩分泉の短期変動 (掘削泉)
 H-2 : 海老毛温泉、H-4 : 坂本政行泉
 H-7 : 三ヶ尻昭三泉、H-8 : 国中産業泉
 点線はこの間に井戸に対する大きな改良工事が行われたことを意味する



出量)の増加である。更に大規模な改良工事を行った場合は、非常に大きい濃度の上昇、泉温、湧出量の回復が見られる。H-4 坂本政行泉では昭和50年7月に内管の挿入工事が行われ、海老毛温泉では昭和54年8月に代替掘削が行われ、それぞれ測定値が急な勾配をもって上昇した。しかし、このような説明可能な変動の他に、原因不明の比較的大きな一時的変動がいくつか見られる。H-4 坂本政行泉、昭和51年10月の変動などがその例である。これらは、一時的な水理バランスの乱れにより、異種水系が混入したのであろうが、何が原因なのかは不明である。

温度、濃度、湧出量が急激に低下するのは、長期変動の項で述べたように、掘削直後に湧出状態が一定化するに至る過程と、孔井内のトラブルにより、湧出がまもなく停止しようとする時期に見られる。前者の例としては、H-2 海老毛温泉の昭和55年の変動、H-8 国中産業泉の昭和49~50年4月の変動、H-7 三ヶ尻昭三泉の昭和49年~50年4月の変動の他、H-9 坂本毎泉の昭和55年の変動がそれに当る。また、後者の好例はH-4 坂本政行泉の昭和50年4月~6月の変動であり、現在湧出を停止しているH-7 三ヶ尻昭三泉も昭和53~54年の変化から判断して、その後著しく、濃度、温度、湧出量が低下したと思われる。

以上は自然湧出泉と、高塩分泉の常時噴出している噴騰泉についての短期変動の様相について述べたものであるが、それ以外のこの地域の温泉については、一般に変動がはっきり捉えられない。O-11 笠木俊一泉 [旧] は、当初浴用泉として常時開放されていたが、高塩分を含む排水が農作物に損害を与えるため、その後はバルブを閉じるようになった。バルブを閉じておくと再び開放して温度が入浴の適温となるまで時間を要し、ために現在は使用されていない。O-11 笠木俊一泉 [新] も同じ状態であり、観測時も長時間の開放が困難であったためデータとしての信頼性にやや乏しい。O-4 古国府温泉 [旧] は通常使用されていない動力揚湯泉(高塩分泉)であるが、昭和52年中頃に動力に不良箇所が生じ揚湯能力が低下し、現在は埋没されている。O-12 国分養殖漁業生産組合泉は最初、自噴泉であったが、昭和50年12月に動力を設置した。O-6 西大分泉は当初より動力揚

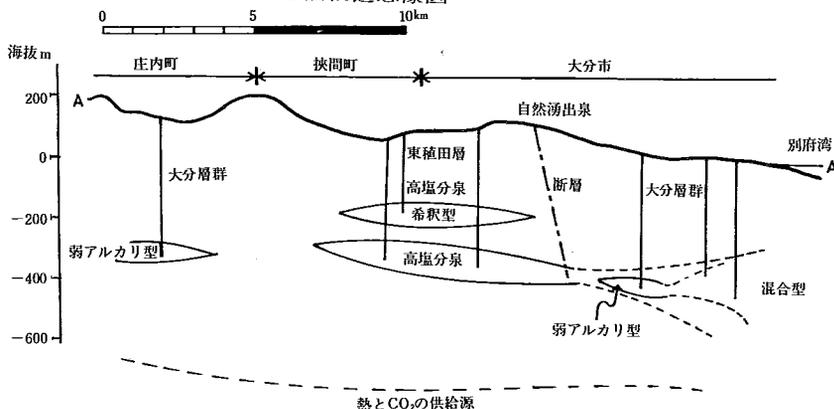
湯を行っている。一般にコンプレッサー揚湯は動力運転開始後、揚湯状態が一定になるまで時間がかかり、又、吐出も脈を打つため満足な測定ができない場合が多い。又、動力能力の変化によって揚湯状態が変わり、動力自体やエアホースなどに手を加えることもある。以上のような点を割引いて考えると、動力揚湯各泉、及び通常使用されていない笠木俊一泉〔旧〕〔新〕は比較の変動が少ないと云えよう。目立つ点をあげれば、笠木〔旧〕泉に見られる泉温や HCO_3 濃度の負の方向へのスパイク的な変動がある。この変動は、高塩分型の掘削泉に見られた原因不明の一時的な変動と同じものと察せられる。又、笠木〔旧〕泉では、長期的に見て温度が下る傾向、国分泉では同じく長期的に見て Cl 濃度が増加する傾向がある。一般に必要時にのみ揚湯する温泉は、大量に自噴する温泉に比べると、その採湯量から考えて、温泉貯溜層に及ぼす影響は小さいであろうから、相互影響や自己減衰効果の出現する程度が小さく、変動が捉えにくいことも想像される。

5. 推定される温泉の貯溜構造と水質変動の関係

今日迄積み重ねられた幾多の研究により、大分川流域に存在する温泉の貯溜構造が次第に明らかになってきた。未だ詳細については想像の域を脱しないが、ここでいささか大胆にこの地域の温泉の貯溜機構及び生成機構を提示してみたい。

ほぼ大分川沿いのNEE—SWW方向の直線A—A'（図—1参照）についての鉛直断面図を作成し、温泉貯溜構造を理解することにする。図—4は上記断面の想像図である。

図—4 : 大分川流域温泉の貯溜構造想像図



断面は西から東に向ってゆるやかな下り勾配になっており、末端は別府湾に没している。この地域は、一部新期の火山岩の覆う地域もあるが、大部分は中新世以後の地層が厚く堆積し、この堆積層は首藤によれば、豊州累層群と総称される⁵⁾。従って地質構成から見て温泉の存在と豊州累層群は深く関わっていると思われる。豊州累層群は下部より、碩南層群、大分層群、更に上部の九重層群に区分され、それぞれ堆積時期や特徴から更に細分される。その堆積層厚については、未だ不明な点が多い。

庄内町では北部より扇状に開いて低下する由布川軽石流が発達している。その下部には恐らく東部大分平野周辺に広く分布する大分層群滝尾層に相当する層が分布していると思われ、この滝尾層自身あるいはその下部が、温泉貯溜層になっていると考えられる。庄内町における温泉掘削深度は300～500mで、この付近での堆積層の厚さが想像される。庄内町の温泉の化学的に見た特徴は、それが弱アルカリ性重曹泉タイプの単純泉であり、透明であるが茶褐色に帯色していることである。この帯色は、腐植質有機成分によるもので、堆積層中の植物質が長期地層中に貯えられているうちに分解し、水に可溶性フミン酸様物質が温泉水中に溶存したものである。庄内町の温泉と非常によく似た泉質、泉温で、やはり同じく茶褐色に帯色した温泉が、滝尾層の厚く被覆する大分市街地域

にも分布する。両者の酷似する性質から、両温泉の貯溜構造や成因が同一であること、あるいは両温泉の貯溜層が連続していることが想像される。

庄内町から大分川沿いに東下し挾間町に入ると、泉質が全く異ってくる。掘削深度は200~480mと、庄内町とほぼ同等かやや浅いが、その大部分は泉温40℃前後で高塩分のガスを伴った噴騰泉である。比較的浅層の掘削井からは、やや低温で化学成分的にもやや薄い、高塩分泉希釈型に分類される温泉が採取されている。化学成分的に見て、又、同位体化学的に見て挾間地区の高塩分泉の成因は、地質時代の海侵時に侵入した海水が閉じ込められ、熱を供給され温泉化したものと思われる。海侵時には挾間町付近は盆状の汽水湖であった可能性もある。(同位体化学的には海水と当時の地表水が1:3の割合で混合したものを温泉起原水とするとうまく説明がつく。)⁶⁾ 汽水湖の海との通路は、現在の高塩分泉の分布や地形から見て、雄城台付近で狭小になっていたと思われる。

庄内町周辺温泉のトリチウム濃度は0.2~1.1 TUと非常に低濃度であるのに対し、高塩分泉のトリチウム濃度は1.5~18.8 TUと比較的大きい。⁷⁾ 挾間町周辺は碩南層群に属する東植田層の分布する地域であり、庄内町や西大分よりも古い地層である。それにもかかわらずトリチウム濃度が高いのは挾間町周辺で断層系の発達などにより、新しい地表水の混入しやすい機構があると思われる。高塩分泉の分布地域は、更に大分市内にも広がっており、その例として現在は採水不能であるが、O-7日通商事泉やO-4'古国府温泉〔旧〕などに低温の高塩分泉がある。古国府泉では、近接して深淺2本の源泉があり、深い井戸からは茶褐色に帯した低濃度型の高温泉、浅い井戸からは高塩分型の冷泉が採取されていた。大分層群や碩南層群といった堆積層中から、泉温42℃以上の高温泉が大量に湧出している熱的な背景を考えたとき、火山性碎屑物の堆積時の熱が現在までの長期(岡口による東植田層のフイッシュトラック年代は6.52 m .y)⁸⁾保存されたとする説明や、通常の地温勾配からの説明(挾間町での平均採湯深度、400m)は無理である。

瀬戸内海から別府湾を経て、九重、島原に至る大地溝帯は、深部で高熱量を保持しており、新期の火山活動や温泉活動の源となっている。このような高温の帯が、大分川流域の温泉に熱とガスを供給していると考え、今迄述べた諸事実を都合よく説明できる。大分川流域は地質時代的に南より北が新しい区分となっており、挾間町を中心とした東植田層の分布地域は、古い時代の海侵期に汽水湖を形成したと考えられる。海退後、汽水域は堆積物により地中に埋れ、更に北部では、滝尾層や由布川軽石流の部厚い堆積が行われた。各層内では深部より熱とガス(CO₂)の供給を受け温泉が生成した。塩水が温泉化したのが、挾間町を中心とする高塩分泉であり、淡水が温泉化したのが、庄内町、西大分の重曹型の温泉である。大分平野では海侵、海退が何度か繰り返されたため、塩水層、淡水層が交互に存在し、両者の混合も行われる。層序的には由布川軽石流、滝尾層の下部には東植田層が存在する筈だが、岡口の滝尾層へ東植田層の不整合露頭スケッチに見られるように、東植田層は滝尾層下部に急傾斜で潜り込んでいるため、確認されていない。滝尾層下部にもし塩水が包蔵されているとすれば、より熱の供給が大きであろうから、別府に見られるような食塩型の熱水と化しているかも知れない。大分市街地には茶褐色に帯色した弱アルカリ型泉と、それに高塩分泉がさまざまな程度に混合した温泉が分布している。前者の温泉は特に、西大分地区に集中して分布しており、地理的に大分川に近くなると、Cl濃度が高くなる傾向が見られる。しかも河口に近い方でCl濃度が高い傾向がある。又、茶褐色の帯色の濃さと、Cl濃度の間にはおよそ逆相関の関係がある。大分市街地は大分平野の中で最も沖積構造の発達した地域であり、幾重にも存在する温泉貯溜層それぞれに、異った混合比の温泉が存在しているのであろう。

以上のような大分川流域に存在する温泉の形成をたどると、次のように要約されるであろう。

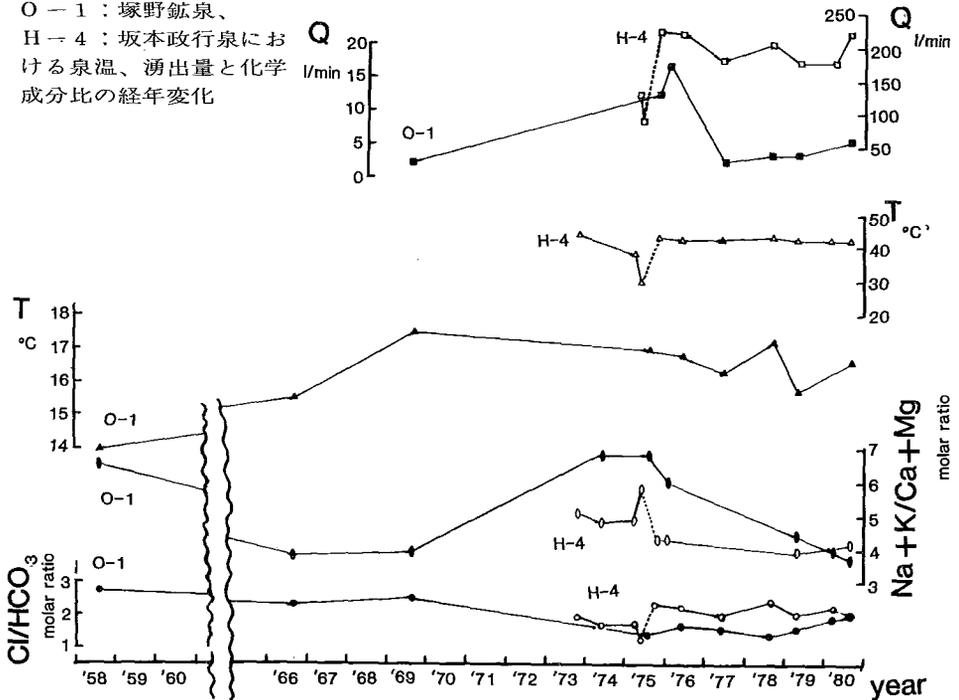
1. 東植田層(特に挾間町を中心とした)への海侵と汽水湖沼の発達
2. 海退とそれに続く堆積による高塩分泉の形成
3. 地殻変動による東植田層北部域での地向斜

4. 第4紀火山活動による火山碎屑物の堆積と重曹型温泉の形成

以上述べた大分川流域温泉の形成と貯溜機構は、多分に想像的なものであり、その是非については、今後の温泉開発や試錐が進む中で明らかになるであろう。

前述した継続観測によって明らかになった長期変動、短期変動のうち、泉質の変動、泉温の変動は推定した温泉の貯溜構造と関連させて考えることができる。しばしば見られる変動は、 Cl^- 濃度と HCO_3^- 濃度及び泉温が相関的に上下する変化である。この変化は原因別に表-2のようにまとめられている。高塩分泉貯溜層の上部には高塩分希釈型泉の貯溜層があり、その名のとおり高塩分泉を希釈した泉質を有する。高塩分泉貯溜層を供給源とする温泉についての各種原因による水理バランスの乱れは、上部の希釈型泉の混入を促し、泉質、泉温の変動を引き起していると思われる。前報においては、深淺2つの深度からの採湯が可能な二宮益之泉笠木俊一泉について、希釈型泉は成分的に、源高塩分泉に比較して、陰イオンでは Cl^- より HCO_3^- に富み、陽イオンでは $Na+K$ より

図-5 : O-1 : 塚野鉱泉、
H-4 : 坂本政行泉における泉温、湧出量と化学成分比の経年変化



Ca+Mgに富むことを指摘した。従って、希釈型泉の混入に際しては、 Cl^-/HCO_3^- , $Na+K/Ca+Mg$ 両比が低下することが期待される。ところが、陽イオンの変動を長期的に観測したO-1 塚野鉱泉、H-4 坂本政行泉においては、図-5に見るように、塚野鉱泉では長期的なタイムスケールで、坂本泉では短期的に Cl^-/HCO_3^- と $Na+K/Ca+Mg$ が相反する方向に増減していることが知られる。これは塚野鉱泉、坂本泉については、水理バランスの乱れた時期に混入する成分の薄い水の水質は、 $Na-HCO_3$ 型であることを意味する。岩石-水の溶解平衡論からは、 $Na-HCO_3$ 型の水は、炭酸ガスの供給を受けて生成する水の貯溜環境が比較的温度的の高い状態にあるとき生成する。高塩分泉貯溜層の上部に存在する希釈型泉は、地質や温度などの生成環境の違いによって、このような $Na-HCO_3$ 型、 $Ca \cdot Mg-HCO_3$ 型の2種があると見られるが、いずれも高塩分泉からの CO_2 供給を受け生成したという点では共通している。

先に長期変動の項で、高塩分泉の濃度に変化をもたらす諸要因を類別したが、いずれの場合も、濃度変化は一時的あるいは長期にわたる減少という形態をとる。これは、高塩分泉に、先に類別し

た諸要因が働いた場合、上部にある希釈型泉が混入する割合が増することに他ならない。希釈型泉は陰イオンとしては HCO_3^- が Cl^- より卓越し、絶対濃度としても比較的高塩分泉の HCO_3^- 濃度に近いため、希釈型泉の混入による濃度変化は HCO_3^- はゆるやかに減少し、 Cl^- は急激に減少するのが通例である。

6. まとめ

- 1) 昭和49年から56年に至る大分川流域温泉の継続観測の結果をまとめた。
- 2) 長期的継続観測の結果、大分川流域温泉に見られた、泉温、湧出量、成分濃度の変化は①温泉開発による相互影響、②掘削井自身の自然減衰、③地震の影響、④温泉孔の内部崩壊、の諸要因の複合したものである。
- 3) 大分川流域温泉の貯溜構造が推定された。
- 4) 高塩分泉の泉温、湧出量、成分濃度の低下は、上部の高塩分希釈型泉の混入に対応する。

参考文献

- 1) 吉川泰三・北岡豪一・野田徹郎・大分県：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，大分県温泉調査研究会報告，27，p.25～33（1976）
- 2) 野田徹郎・北岡豪一：挾間町ならびにその周辺の温泉調査（その2）高塩分泉の化学成分，同上，28，p.31～41（1977）
- 3) 野田徹郎・北岡豪一：大分川流域温泉の継続観測（資料），同上，30，p.32～42（1979）
- 4) 貝塚爽平：活断層の分布・活動度と地震危険度，文部省科研費自然災害特別研究研究成果，（1979）
- 5) 大分県：大分県の地質（大分市とその周辺の地質），p.64～70（1972）
- 6) 野田徹郎・北岡豪一：大分県挾間町周辺の高塩分泉の同位体組成，日本地球化学会年会講演要旨，p.142（1977）
- 7) 北岡豪一：未発表
- 8) 岡口雅子：大分県鶴崎台地の地質の再検討，第4紀研究，15，No.3，p.97～108（1976）

〈大分市内の温泉調査〉

大分市温泉の現況

京都大学理学部 吉川 恭三
北岡 豪一

1. まえがき

ここ7、8年来、大分市から庄内町にいたる大分川沿いの地域で比較的深い掘削による温泉の開発が進み、80孔に達する温泉が登場した。温泉開発は、昭和48年、49年に挾間町、52年前後に庄内町、そして53年ごろから大分市街地域と、時期的にも地域的にも集中して進む傾向がある。本温泉調査研究会で、新規開発温泉の調査事業の一環として、大分市温泉が取り上げられたのは、54年度事業としてであった。県環境管理課、大分大学、九州大学、京都大学の手によって、54年12月と翌年1月に調査が行われた。しかし、その後も掘削工事や申請が相次ぎ、再度調査を行う必要が生じたため、次年度も継続することとなり、55年12月にも追調査が行われた。本報告はその調査結果をもとに、大分市温泉の概況を述べたものである。温泉地質および化学的性質については、本号の別報告を参照されたい。

ところで、大分川に沿う開発域は、分水界を隔てて別府、由布院など規模の大きい温泉地を周辺にもつが、地表への温泉徴候はあまり明瞭でなく、地下温度もそれほど高くない地域である。そのため、掘削の深度は400~750mと深く、また一源泉からの採取水量は別府温泉など既存温泉地にくらべて著しく高い。地温の低い地域では、掘削である程度の孔底温度が得られても、温泉水を深部から地表に汲み上げる途中で冷却による熱損失分が大きいので、利用に必要な泉温を確保するにはある程度以上の揚湯量を必要とする。一方、堆積層は一般に深度が増すにつれて水の入れ替わりが悪いと考えられる。化石海水、化石陸水とも解釈されるような特徴的な化学組織を持ち、貯留水的な性格の強い温泉水が深部から採取されているこの地域では、当面、採取した分だけ地下の貯留水量、貯留熱量が食いつぶされる状態にあるとみてよいであろう。したがって、大量の採湯はそれだけ温泉の寿命を縮めることにもなりかねず、温泉源の保護には、浅層温泉の開発域におけるよりもさらに注意深い配慮が必要である。このような、温泉の利用と保護の二つの観点から、本稿の後半で今回の調査資料をもとに、湧出管中における温泉水の冷却の問題を検討し、温泉の熱量と水量を有効に取り出すためにはどの程度の掘削深度と採取量が妥当かという問題にも考察を試みた。

2. 温泉採取の現況

昭和56年3月における大分市内温泉の孔数は37で、図1はその位置図である。各泉源の泉温、揚湯量の測定値、掘削資料、利用状況等をまとめて表1に掲げる(表末尾の調査番号は、掘削許可順につけられた番号である。ここでは、図1に付した番号を用いる)。

明礮橋、府内大橋以西の内陸側にある温泉(No.1~8)は、大分市街地域にくらべ掘削の深度も浅く、湧出温度も低い。その多くは挾間町で一般的に見られる高塩分型の温泉と類似の化学組成をもち、ガスを伴って自噴もしくは自然湧出する温泉である。また、それら掘削柱状図から推定される地下温度の状況も市街地域と幾分異っている。既報告¹⁾と重複する部分もあるが、それらは表に掲げるにとどめ、ここでは図1に描いた半径3kmの円内にある市街地温泉19孔(No.9~37)を対象とする。

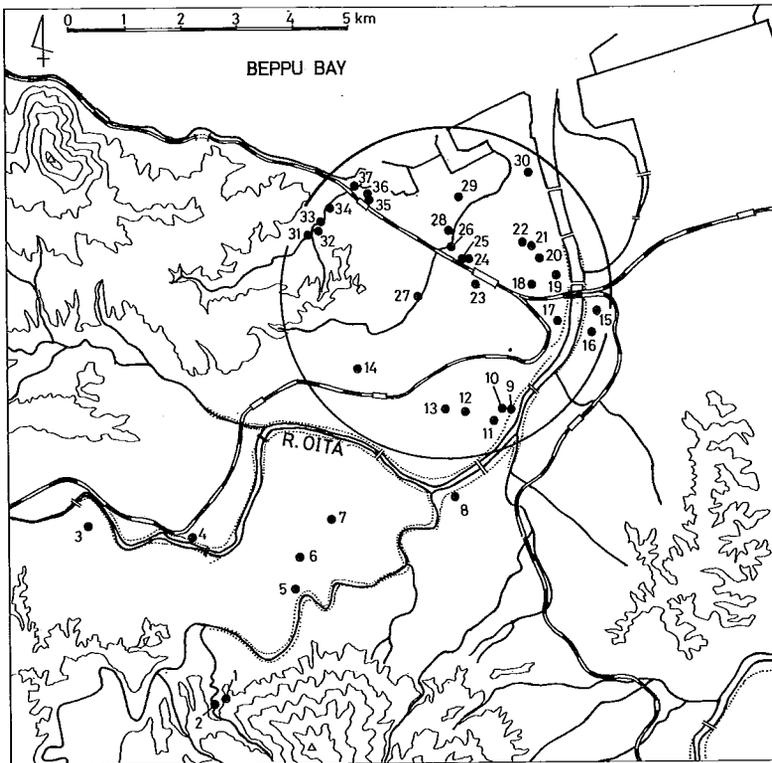


図1 大分市内温泉の位置

この範囲内で最初に温泉が登場したのは、大分温泉 (No.33) の昭和39年である。その後、この八幡、生石地区で500~600m深度の温泉がいくつか開発された。古国府地区でも地下水採取の目的で試錐が行われたところ、25℃の高塩分の温泉をみため (深度不明、現在埋設)、44年にその付近でさらに深い520mまでの掘削がなされ、43℃の単純泉が得られている (No.10)。この地域で本格的な開発が始まったのは、52年9月に帆秋病院 (No.17) で500m深から50℃以上の高温水が得られてからのことであり、55年には大分川右岸から西側の市街地ほぼ全域で温泉採取が行われ、深度も700mと深まっている。

掘削終了時の温泉水の静止水頭は、地高の高いNo.14泉を除き、大体地表面下10m以浅にあり、場所的な違いは顕著でない。すべて、エアリフトあるいは吸上げポンプによる動力揚湯がなされている。

泉温は、動力スイッチを入れてからほぼ一定となる20~30分後に、泉源に最も近いバルブ口で測定した。泉源から離れた蛇口で、あるいは大容量の貯湯槽内の水を測定したものには()で示し、これらを除く泉温の平均は、49.2℃である。動力作動中の揚湯量 (備考欄に特記したもののはかば地上付近における値) の平均は112ℓ / min である。ほとんどの源泉で地上タンク内の液面スイッチによる採取量の自動調節がとられているため、1日当りの採取量を正確に把握することはできない。大ざっぱな目安として聞き取りなどから推定した揚湯時間と上記揚湯量を用いると、この範囲内の19孔から1日当り1,900m³程度の温泉水が採取されていることになる。

この地域の温泉利用は、公衆浴場用が半数近くを占め、ホテル、病院等、大量の温泉水を必要とする利用施設の多いのが特徴的である。しかし、1本当りの1日の採湯量、約100m³は、別府温泉のホテル、旅館、公衆浴場の平均 (約20m³ / day) にくらべかなり多い。

3. 地下温度の状態

図2は、掘削工事中に測られた地中温度を海面下の深さに対してプロットしたものである。No.14泉以外の源泉の地表高は海面上2～10mの範囲内にあるため縦軸は地面下の深度とみなしてよい。

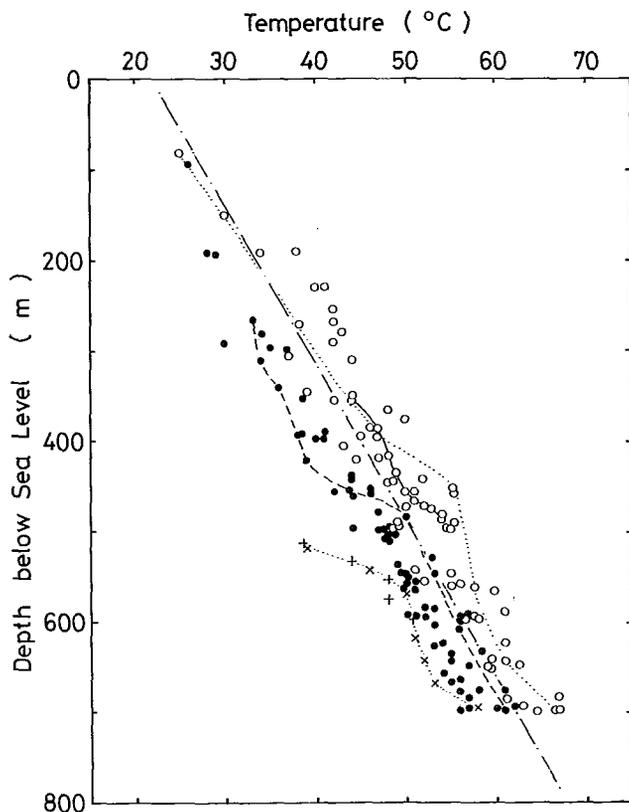


図2 地下温度の分布 (掘削明細書より引用)

られた範囲にみられ、それらの泉温も高めである。

なお、この地域の100m当りの地下増温率 $5.0\sim 6.5^{\circ}\text{C}$ は、普通の土地に比べやや高い程度である。地層の熱伝導率を仮りに $5\times 10^{-3}\text{ cal/cm}\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$ とすれば、この増温率は単位時間、単位面積当り $2\sim 3\times 10^{-6}\text{ cal/cm}^2\cdot\text{sec}$ の自然熱流量に相当するものであり、日本周辺で測られている地殻熱流量の資料とそれほど矛盾した値ではない。また、この地域から温泉として採取されている総熱量は、 15°C 基準にして $6.1\times 10^7\text{ kcal/day}$ 計算される。これを半径3kmの円面積でならした $2.5\times 10^{-6}\text{ cal/cm}^2\cdot\text{sec}$ は、上記自然熱流量に匹敵するものである。

4. 湧出管内における冷却

700m深温泉孔の平均泉温 50°C は、その孔底付近の平均地温よりも約 12°C 低く、また、揚湯量の少ない源泉ほど泉温の低まる傾向がある。これは温泉水が孔底から10～30分を要して上昇する途中に、より低温の管周辺の地層に熱がうばわれ、それが温度低下のかなりの部分を占めていることを示している。

湧出管内における冷却の問題については、岡本²⁾による解析的な試みがあるが、実際のな適用には複雑な取扱いを要するため、ここでは、以下に示すような瀬野³⁾が行った近似的な方法を用いることにする。これは、管壁を通して地層中に伝導される熱量 Q が、単位時間、単位面積当り、

地下温度はそれぞれの深さで限られた範囲内に見出され、全体的には深さに対して直線的に分布している。全体を直線分布とみなしたときの平均的地温は、一点鎖線で示したように、700m深で 62°C 、地表への外挿値は 22°C の程度である。個々の源泉においても深さとともに直線的に増温するものが多いため、地下温泉水は流動の少ない貯留的な水理状態にあると見てよい。帆秋病院 (No.17) で53年9月に採水した温泉水のトリチウム濃度は、 $0.6\pm 0.3\text{ TU}$ と、検出限界程度であることから、この地域温泉水層は現状では浅層の水の直接的な影響を受けていないことが分る。

ただ、大分川沿岸の一部の温泉には、線で結んだように、400～500m深でいくらか湾曲しているものがあり、No.9泉 (×印) と祓川沿岸のNo.31泉 (+印) では、550m以浅でかなり低温を示し、地下水の流動もうかがえる。相対的に高い地温を示す○印は、No.14～26の限

$$\dot{Q} = -k \left(\frac{d\theta}{dr} \right)_{r=r_0} = \lambda (\theta_{r_0} - \theta_{\infty}) \quad (1)$$

という、ニュートンの冷却法則類似で行われると近似する簡易法である。ここに、 θ は地層の温度で、 θ_{r_0} は半径 r_0 の管外壁と地層の接触面温度を、 θ_{∞} は、管から十分離れた地温を表わす。 k は地層の熱伝導率、 λ は熱伝達の係数である。

温度 T 、熱容量 ρc (ρ : 密度、 c : 比熱; ρc 管中一定とする) の温泉水が、容積流量 q 一定で管中を単位長だけ上昇するうちに失われる熱量を地層中への伝熱量に等しくおく。

$$-\rho c q \frac{dT}{dz} = 2\pi r_0 \dot{Q} \quad (2)$$

ここに、 z は深さを表わす。管壁、および管内壁と温泉水間の熱抵抗は、後で求められる λ 値から、通常の鉄管やビニール管では $1/\lambda$ に比べて十分小さいので、

$$\theta_{r_0} = T \quad (3)$$

の近似が可能である。

ところで、 λ は地層の熱的特性値のほか、その源泉が利用されはじめてからの期間、揚湯の周期、地表面など地層の境界条件、地下水流などにも依存する。しかし、堆積層では地層の熱的性質はそれほど大きい違いはないと考えられる。瀬野は自噴泉について行ったが、動力揚湯泉の場合にも、その井戸が利用されはじめてから十分時間がたち、地層中の熱伝導は定常的な状態に近いと考えて、(1)式の θ_{∞} に掘削時の地温を用い、 λ を定数として扱うこととする。 λ を一定とすると、 T は z のみの函数となり、(1)、(2)、(3)式は、

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{a}{q} (T - \theta_{\infty}) \quad (4)$$

にまとめられる。ここに、

$$a = \frac{2\pi r_0 \lambda}{\rho c} \quad (5)$$

である。

θ_{∞} が z に対して一次の関係

$$\theta_{\infty} = \alpha + \beta z \quad (6)$$

のときは、(4)式は容易に積分でき、管内温泉水の鉛直温度の分布を与える式

$$T = \alpha + \beta z + \frac{\beta q}{a} \left\{ 1 - \exp\left(-a \frac{H-z}{q}\right) \right\} \quad (7)$$

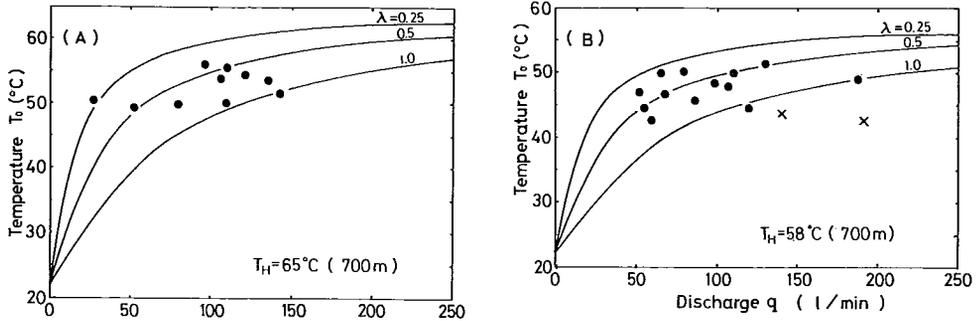
が求められる。ただし、深さ H の孔底で管内に流入する温泉水の温度 T_H を地層の温度 $\alpha + \beta H$ に等しくおいた。(7)式より、地表 ($z = 0$) における泉温 T_0 は、

$$\frac{T_0 - \alpha}{T_H - \alpha} = \frac{q}{aH} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{aH}{q}\right) \right\} \quad (8)$$

の形で表わされる。左辺は、地上で取り出される熱量 $\rho c q (T_0 - \alpha)$ と、孔底に流入する熱量 $\rho c q (T_H - \alpha)$ との比であり、 aH/q の値の大きいほど冷却の大きいことが分る。

図3は、泉温と揚湯量の関係について、実測値と、(8)式からの計算値とを対比させたものである。(A)、(B)はそれぞれ、図2において、相対的に地温の高い○印と低い●印に対応するものである。実測値は600~750m深のものをプロットし、計算値は、 $2r_0 = 5\text{ cm}$ 、 $\alpha = 22^\circ\text{C}$ 、700m深の温度 T_H にそれぞれの平均的地温 65°C 、 58°C を用いた。実測値は λ の値が $0.2 \sim 1.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ の範囲に見出され、平均的には $0.5 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ の程度である。500m深の源泉についても同

図3 泉温と揚湯量の関係 (λ の単位は $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$)



様に計算すると、 λ 値はほぼ上記範囲内に見出される。この λ の範囲は瀬野が別府温泉で得た結果 ($\lambda = 0.1, 0.3, 0.8 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$)³¹ とほぼ一致する。

古国府、羽屋地区には、揚湯量の割りに泉温のかなり低いものがある ((B) 図×印)。この地区は、一般に浅層の地温が低いため、地下水流の影響が考えられ、地温直線性の仮定が成立しにくいものと思われる。特に低い泉温を示すものには、シュロ皮止水の不完全さによる管外壁に沿う水の流れの影響も考えられる。

実際的には、地下水流の影響のほかにも、エアリフト泉では注入空気中への蒸発による潜熱の損失 (吸上げポンプ泉ではかなり低い λ 値を生じさせるものもある)、地上配管での冷却など、計算の仮定以外に種々の冷却がある。また、1日の揚湯時間の少ないものほど λ 値の高まるような傾向もみられ、わずかながら非定常項の影響もうかがえる。 λ はまた、湧出管と地層との接触状態や、ストレーナーの位置、長さによっても影響を受ける。

このように λ には種々のばらつかせる原因があり、上記理論に用いた仮定は厳密さを欠きながらも、こうして求めた値が $0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ 程度と、井戸によってもまた地域が異なっても、それほど大きくは変わらないことに注目される。熱伝導以外の冷却の諸要因を除いた、地層の特性値としての λ は、上記範囲内で低めの値をとると思われるが、湧出管内で受ける冷却は、この取り扱いでかなり一般的に近似されるものと考えられる。

5. 温泉の適正採湯量について

ところで、別府市街地の温泉や亀川温泉のように、地温がさらに高く、浅層から温泉水が採取される地域でも前節の仮定が成立するものとし、1例として、 60°C 孔底温度となる掘削深度 H が150m、300m、500m、700mの場合について計算すると図4が得られる (ただし、 $\lambda = 0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ 、 $T_H - \alpha = 40^\circ\text{C}$ とした)。

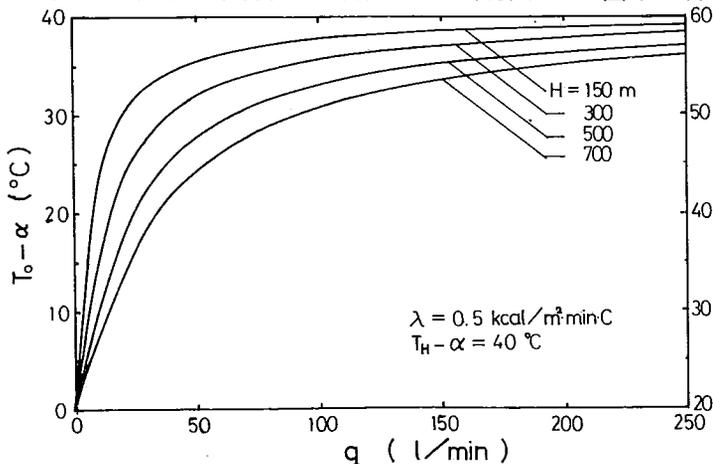


図4 地温が異なる場合の泉温と揚湯量の関係

これはたとえば、700mの深度が必要な地域では、 50°C の泉温を得るには約 $90 \text{ l}/\text{min}$ の揚湯が必要であるが、150~300m深でよいところでは、 $20 \sim 40 \text{ l}/\text{min}$ でよく、地温の高い地域ほど揚湯量が少なくてよいことを示す。別府市街地や亀川温泉では地温直線性の仮定は適さないが、この計算結果は実状に近い揚湯量を与える。

このように、ある地域で所定の温泉を得るには、ある程度以上の採取深度と揚湯量が必要であり、地温の低い地域ほど両者ともに大きい値となる。一方、温泉源保護の立場からは、この両者とも利用にさしつかえない程度の小さい値に押さえることが望ましい。

それでは、地温勾配 β の地域で温泉を開発利用しようとするとき、どの程度の掘削深度と揚湯量が妥当であろうか。そのためには、利用面からの要求範囲内でまず、泉温 T_0 に下限を与えることである。少くとも浴用としては、 $45\sim 50^\circ\text{C}$ の T_0 が妥当であろう。しかし、 T_0 を与えても掘削深度 H は地温が T_0 に等しくなる深さ以上を必要とし、揚湯量 q も、(8)式を書き直した、

$$T_0 = \alpha + \frac{\beta}{a} q \left\{ 1 - \exp\left(-a \frac{H}{q}\right) \right\} \quad (9)$$

から $(a/\beta)(T_0 - \alpha)$ 以上でなければならない。図5で β 値を記した曲線群は、 $\lambda = 0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C}$ 、 $2r_0 = 5\text{cm}$ 、 $\alpha = 22^\circ\text{C}$ とし、 β の異なる地域で 45°C (破線)、 50°C (実線)、 55°C (点線) の泉温 T_0 を得るに必要な H と q の関係を(9)式から計算したものである。これら曲線が示すように、 q を押さえると、 H を大きくして高温の地層からの採取を必要とし、逆に、地下熱源の保護のため深部高温層から熱を取り出さないためには、 q を大きくしなければならない。温泉採取にはこのように水量と熱量の両面からの矛盾がある。

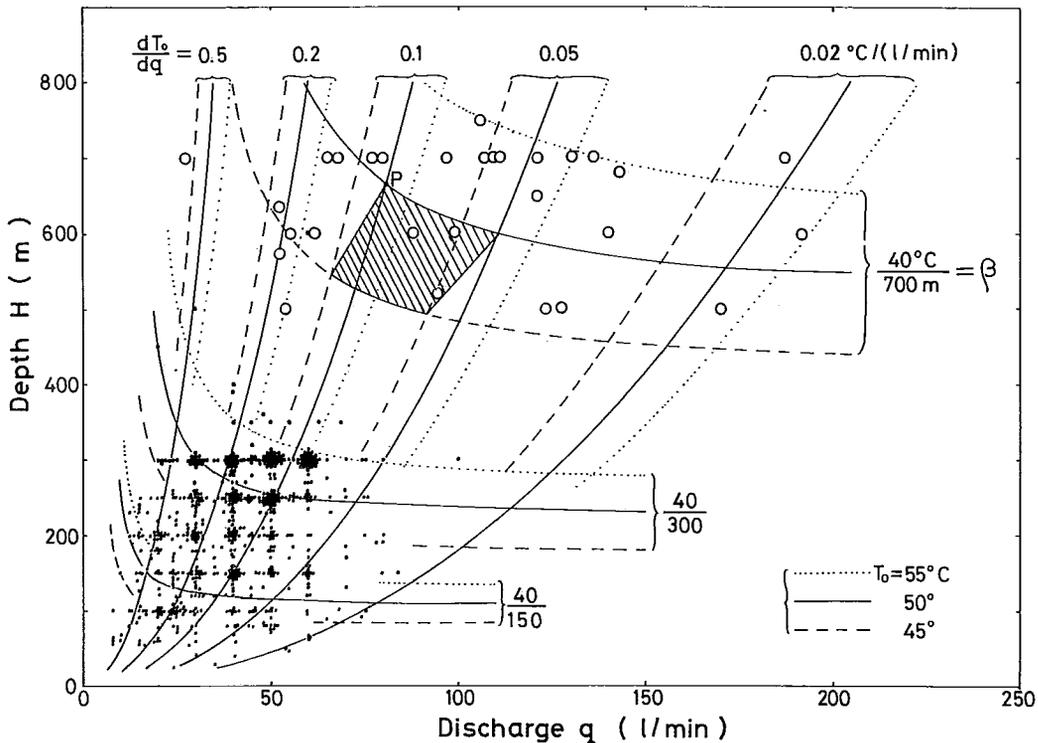


図5 T_0 および β と dT_0/dq を与えたときの H と q の関係；白丸は大分市温泉、黒丸は別府市温泉の実状を示す。

T_0 - q 図 (図3、4) から明らかに、低い q では q の変動に対して T_0 は大きく変わり、 q の増し分に対する T_0 の上昇は大きい。が、 q がある程度以上になると、 T_0 は安定に近づき、 q を増してもそれほど T_0 の上昇が得られなくなる。したがって、 T_0 - q 曲線の勾配がある程度小さくなる q をとり、かつ T_0 が利用面の要求をみたとすように、熱量と水量の採取法に妥協点を求める方法が考えられる。 T_0 - q 曲線は、勾配が $0.1^\circ\text{C}/(\text{l}/\text{min})$ 程度以下になるとかなりゆるやかになるので、

dT_o/dq として $0.05\sim 0.1\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 程度の値を与えよう。

(9)式を q で微分した

$$\frac{dT_o}{dq} = \frac{\beta}{a} \left\{ 1 - \left(1 + \frac{H}{a} \right) \cdot \exp\left(-\frac{H}{a}\right) \right\} \quad (10)$$

と(9)式から β を消去すると、 T_o と dT_o/dq を与えることにより、 H と q の関係が求められる。図5で、 β と T_o より求めた先の曲線と交わる曲線群は、 dT_o/dq を $0.02\sim 0.5\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ のいくつかの値について計算したものである。すなわち、 β 、 T_o 、 dT_o/dq の一組の値をみたとす H と q は、この2曲線群の交点から求められる。たとえば、揚湯量を $10\ell/\text{min}$ だけさらに増したとき、 $1\text{ }^\circ\text{C}$ の泉温上昇(すなわち、 $\Delta T_o/\Delta q=0.1\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$)と、 $50\text{ }^\circ\text{C}$ の泉温 T_o の得られる深度と揚湯量は、 β がほぼ $40\text{ }^\circ\text{C}/700\text{m}$ の大分市では、P点の示す $H=660\text{m}$ 、 $q=81\ell/\text{min}$ である。

参考のため、別府温泉で昭和40年以降に新規掘削または増掘された動力泉で、泉温が $45\sim 55\text{ }^\circ\text{C}$ の範囲にあるものを選び出し、別府保健所による泉温と揚湯量の測定資料を用いると、黒点のプロットとなる。別府温泉では、 β 、 T_o がそれぞれ、 $40\text{ }^\circ\text{C}/150\text{m}$ 、 $45\text{ }^\circ\text{C}$ と $40\text{ }^\circ\text{C}/300\text{m}$ 、 $55\text{ }^\circ\text{C}$ の間にほぼ収まる。また、 dT_o/dq と T_o の組では、 $0.05\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 、 $55\text{ }^\circ\text{C}$ から $0.5\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 、 $45\text{ }^\circ\text{C}$ のかなり広範囲に分散するが、頻度的には、 dT_o/dq が $0.1\sim 0.2\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 程度のものが多く、 $0.1\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 以下はかなり少くなる。○印でプロットした大分市では、 T_o は $45\text{ }^\circ\text{C}\sim 55\text{ }^\circ\text{C}$ の実測泉温の範囲にほぼ収まり、 dT_o/dq も大体、 $0.2\sim 0.05\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ の範囲にみられる(中には q がかなり大きく、 $0.02\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ の dT_o/dq に相当するものもある)。

現在、大分県では、別府温泉での掘削深度の比較的深い地区における経験から、源泉当りの揚湯量が $50\ell/\text{min}$ 以内に収まるよう、井戸口径や動力数などに制限が設けられている。この揚湯量に対応する T_o 、 dT_o/dq の組合せは、別府温泉で比較的地温の低い地区では、 $45\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0.05\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ 、また、地温の高い浅層採取地区では、 $55\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0.1\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ である。すなわち、その採取量の制限値は、別府温泉で T_o を $45\sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ 、 dT_o/dq を $0.05\sim 0.1\text{ }^\circ\text{C}/(\ell/\text{min})$ と、先に求めた条件とほぼ一致した範囲に設定されたことに対応する。したがって、この T_o 、 dT_o/dq の範囲は、実際的にも温泉の利用面と泉源保護の両面からのひとつの調和点と考えられる。これを大分市にあてはめると、斜線で示したように、深度 H は $500\sim 660\text{m}$ 、揚湯量 q は $66\sim 110\ell/\text{min}$ の範囲となる。

以上のように、地温の低い大分市では、入浴可能な泉温を確保するには、少なくとも $80\ell/\text{min}$ 程度の揚湯量と、 500m 以上の掘削深度を必要とする。一般に深層では水の入れ替わりが少ないので、深部から採取し、1本当りの揚湯量を大きくしなければならないこの地域では、源泉間の影響が強く現われるおそれがあるため、源泉間の距離規制に浅層温泉地とは別個の基準を適用することも考慮されねばならない。

終りに、本調査に協力をいただいた大分県環境管理課の職員諸氏、九州大学温泉治療学研究所の野田徹郎助手、大分上野丘高校の日高稔教諭、そして大分大学教育学部の森山善蔵教授に厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 吉川ほか：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，大分県温泉調査研究会報告，27，p. 25，昭51
- 2) 岡本元治郎：温泉上昇が附近地温に及ぼす影響範囲について，地球物理，5(2)，p. 192，昭16
- 3) 瀬野錦蔵：温泉湧出導管中に於ける温度垂直分布の近似解，同上，5(2)，p. 187，昭16

表1 大分市温泉の概要

No.	所有者	動力 KW	泉温 ℃	揚湯量 ℓ/min	測定 年月日	掘削終了 年月日	孔底深度 m	孔底付近地温 ℃ (m)	口径 cm	利用状況	備考	所在地	調査 番号
1	塚野 鉦泉組合	自然湧出	16.6	6.2	55. 9. 3	—	—	—	—	飲用、旅館4軒の 共同浴用	1m×1mコンクリート枠 文献1)より引用	廻樞野 380-2	1
2	渡辺 半平 (外3)	自然湧出	19.0	5.7	50. 9. 2	44. 11. 20	1.5	—	—	未利用	地上3.9mで測定 掘削当初自噴	〃 395地先 免峰 621	5
3	増野 正記	A 2.2	41.2	160	55. 1. 24	53. 6. 15	500	45 (400)	I 4	10世帯の自家浴用	掘削当初自噴	〃 34-1	16
4	国分養殖漁業生産組合	S 0.75	38.0	49	55. 1. 24	50. 7. 9	300	43 (300)	V 5	養魚用、および自家浴用	約250m深井戸(50年8月 掘削)からも温泉湧出 泉温は地上で、湧出量は 2階浴場に測定	国分 1362	12
5	笠木 俊一	自噴	35.2	70	55. 1. 25	49. 10. 8	485	40 (485)	I 4	未利用	55.1.25, 4.3, 56.3.30 は湧出停止	〃 445-1	11
6	靈山会 玉光苑	自噴	38.0	85	55. 1. 25	53. 2. 15	450	41 (450)	I 5	老人ホーム浴用	泉温は地上で、湯出量は 2階浴場に測定	〃 667-14	15
7	二豊 林業(有)	自噴	39.5	44	55. 9. 2	49. 4. 30	480	46 (480)	V 5	未利用	55.1.25, 4.3, 56.3.30 は湧出停止	〃 667-14	10
8	田中 瓦産業(有)	A 3.7	37.0	113	55. 1. 24	53. 11. 23	452	—	I 5	モーター「あけぼの」用 (ボイラー加熱利用)	泉温は地上で、湯出量は 2階浴場に測定	〃 962-2	19
9	堤 明子	A 1.5	50.0	65	55. 12. 18	55. 10. 20	700	58 (700)	V 5	カーテル「パール」用	地上6.4mで測定	〃 1322-1	44
10	日産サニー大分販売	A 2.2	(39.5)	94	50. 8. 28	44. 8. 5	520	—	5	18世帯の自家浴用	文献1)より引用	〃 644-1	4
11	菅 強	A 2.2	43.7	140	55. 6. 6	55. 4. 20	600	50 (600)	I 5	自家浴用	—	〃 516-4	33
12	鈴木 哲	A 2.2	42.7	192	55. 1. 24	54. 4. 30	600	52 (600)	I 5	自家浴用	—	〃 343-3	24
13	大分船場(株)	A 2.2	45.8	77	55. 12. 16	55. 11. 30	700	62 (700)	V 5	ホテル「サンロマン」用	地上約3mで測定	〃 219-3	46
14	城南温泉(有)	A 7.5	54.0	106	55. 12. 18	55. 5. 30	750	67 (750)	V 5	公衆浴場「城南温泉」用	—	〃 819-3	37
15	帝国カーボン工業(株)	A 2.2	45.4	127	55. 1. 25	54. 11. 30	500	55 (500)	I 5	従業員浴用	—	〃 3100-3	29
16	宮崎 奉治	A 3.7	45.8	123	55. 1. 25	54. 1. 30	500	55 (500)	I 5	テラピア養殖用	地上3.3mで測定	〃 3474-1	23
17	至誠会航秋精神病院	S 1.5	52.3	54	55. 1. 25	52. 9. 9	500	55.5(500)	I 5	入院患者浴用	—	〃 4232-1	14
18	志賀 静雄	A 3.7	49.4	52	55. 1. 24	54. 10. 29	575	60 (570)	V 5	公衆浴場「下ノ富士温泉」用	地上2.2mで測定	〃 3171-2	25
19	井ノ口 千鳥	A 2.2	54.5	121	55. 12. 18	55. 2. 15	650	61 (593)	V 5	公衆浴場「錦温泉」用	地上約3mで測定	〃 3329	31

№	所有者	動力 KW	泉温 ℃	揚湯量 ℓ/min	測定 年月日	掘削終了 年月日	孔底深度 m	孔底付近地温 ℃ (m)	口径 cm	利用状況	備考	所在地	調査 番号
20	神崎政裕	S 3.7	50.5	27	55. 1. 23	53. 5. 23	700	66.5(700)	I 5	「大分沁尿器科センター」入院患者用		長浜町2丁目 3244-1	17
21	竹田貞夫	A 2.2	51.2	143	55. 12. 18	55. 4. 13	680	59 (645)	V 5	公衆浴場「さくら湯」用	2階で測定	〃 1丁目	35
22	恵愛会中村病院	A 7.5	53.5	136	55. 1. 24	54. 9. 25	700	67 (700)	V 5	入院患者用		大手町3丁目 3-4	27
23	三ヶ尻節子	A 3.7	50.1	80	55. 12. 16	55. 11. 10	700	60 (700)	I 5	公衆浴場「大津温泉」用		東大道1丁目 2489-3	42
24	文化温泉(有)	A 2.2	55.5	110	55. 5. 1	55. 4. 11	700	63 (695)	V 5	ホテル「ニューパレス」用		末広町2丁目 105-1	32
25	黒川弘之	A 2.2	56.0	97	55. 12. 18	55. 7. 31	700	61 (688)	V 5	ホテル「シャトー」用	屋上(3階建)で測定	〃 125-5	41
26	井上産業(有)	A 2.2	50.0	110	55. 11. 21	55. 11. 10	700	64.5(700)	V 5	ビジネスホテル 「オーイタ」用	地上約3mで測定	新町 35	51
27	久保田哲郎	A 3.7	49.0	188	55. 12. 18	55. 5. 25	700	57 (700)	I 5	マンション共同浴場	地上4.0mで測定	駄原 1227-4	26
28	塚川光直	A 3.7	44.4	121	55. 1. 23	53. 10. 31	700	56 (700)	I 5	自家浴用および 入院患者用	地上約3mで測定	東春日町 25-2	20
29	是永イト工	A 3.7	46.8	68	55. 10. 23	55. 9. 30	700	57 (650)	V 5	公衆浴場 「神宮寺温泉」用		勢家町2丁目 708	49
30	浅野卯之助	A 2.2	47.8	107	55. 1. 23	54. 6. 22	700	61 (700)	I 5	公衆浴場 「ニールナ」用	地上約1mで測定 掘削当初自噴	豊町2丁目 1959-1	28
31	阿部潜	A 0.75	42.6	60	55. 1. 23	48. 8. 13	600	56 (600)	V 5	自家浴用	(ケーシングから 地下水自噴)	八幡 24-14	9
32	阿部吉之助(15)	S 2.2	44.6	55	55. 1. 23	42. 5. 25	600		7.5	16世帯の自家浴用および 共同浴場用		〃 10-11	3
33	藤本重次(外2)	S 5.5	(38.5)	(170)	55. 1. 23	39. 10. 30	500		7.5	公衆浴場「大分温泉」用	貯湯槽(貯湯量 約67㎡)内で測定	生石 93-1	2
34	富士紡織(株)	A 7.5	46.9	52	56. 1. 12	55. 12. 20	636	58.5(636)	V 5	従業員浴用		〃 145-1	53
35	阿部敬一郎(外6)	S 1.5	48.2	99	55. 1. 25	46. 10. 20	600	56 (600)	I 8	7世帯の自家浴用	泉温は地上で、揚湯量は 屋上(26m)で測定	〃 594-7	6
36	小野良任	S 2.2	(41.4)	88	55. 1. 25	51. 11. 25	600	53 (530)	I 5	アパート共同浴場および アパート4世帯の自家浴用	共同浴場にて測定	〃 770-1	13
37	安部武徳	A 3.7	51.5	130	55. 12. 18	55. 7. 17	700	61 (677)	V 5	公衆浴場「松の湯」用	地上2mで測定	〃 20-13	43
(38)	日通商事	—	—	—	—	46. 8. 1	108		8	(停止)		三ツ川 1276	7

(A : エアリアフト泉、 S : 吸上ポンプ泉 ; I : 鉄管、 V : ビニール管)

〈大分市内の温泉調査〉

大分市の温泉地質

大分大学教育学部 森 山 善 藏

大分上野丘高校 日 高 稔

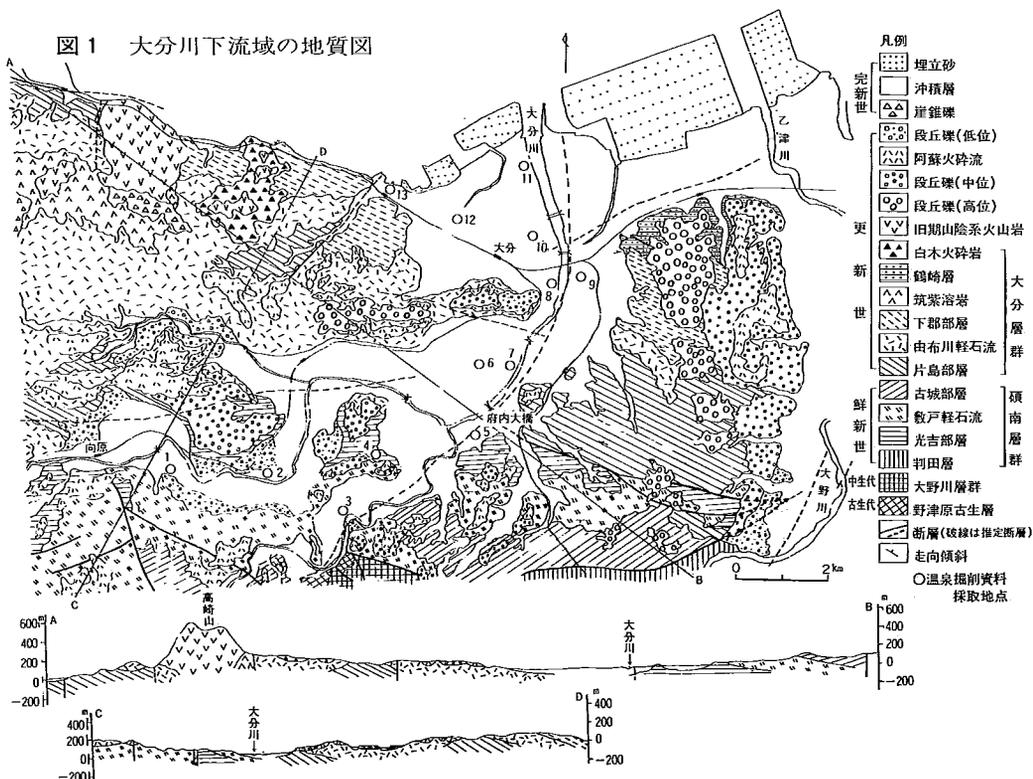
まえがき

近年急速に開発がすすんできた大分市の温泉について、野田・北岡はその泉温、湧出量および化学成分について報告している。筆者らは同温泉の地質環境を解明するために昨年4月より地質踏査と温泉孔掘削の試錐資料の検討をすすめてきた。当地域の温泉は地下400m～700mという深い所から採取されているため、温泉と地質との関係を明らかにするのに十分なデータをまだ得るに至っていないが、今度度の研究では地表に分布する地質について、岩層分布、層序および構造が少し明らかになったのでここに報告し、あわせて地下の地質状態を知るために使った13本の温泉孔掘削の試錐資料を記載する。

なお、大分市古国府516-4番地の温泉孔については所有者の管強氏の御厚意によって、断続的ではあるが地下600mまでの岩芯またはスライムを採取、提供していただいた。深く謝意を表する次第である。

1. 地質概説

当地域は中央構造線の延長である大分-熊本構造線の北側に接する後期新生代の堆積盆地である。



北部と西部には山陰系火山岩あるいは筑紫溶岩が分布し、別府温泉、湯布院温泉、湯の平温泉などの湧出量豊富な温泉地が当地域の北側ないし西側に近接している。南部は中生代の大野川層群、領家帯花崗岩、および古生代の野津原古生層が分布し、東部には古生代の三波川結晶片岩類が分布する。これら古期岩類が大分川下流域の後期新生界の基盤をなしているものと考えられる。霊山山塊の北側で、これら基盤岩に断層またはアバットの形で鮮新世の碩南層群が接して発達し、その分布は挾間町向の原から大分市松岡を結ぶほぼ東西方向の線まで広がるが、その北側になると碩南層群を不整合におおって更新世の大分層群が分布する。当地域内の各丘陵や台地では碩南層群または大分層群を削って段丘礫層がのり、また阿蘇火砕流（溶結凝灰岩を含む）が各地の中位段丘より高い所に分布する。沖積層は大分平野を形成し、大分層群または碩南層群をおおっている。沖積層は裏川河口付近でもっとも厚く80mに達するが、大分市街地では20m~40mである。

調査地域北端の別府市観海寺付近にはプロピライトが狭少ではあるが分布する。

2. 地質各説

大分市付近に分布する諸岩層の層序をまとめると表-1のようになる。

表 1

時代	地 層 名		絶対年代 (年)		
新 生 代	完 新 世	沖積層	1.44×10 ⁶ 年 6.52×10 ⁶ 年		
		低位段丘礫層			
	第 四 新 世	九重層群		阿蘇火砕流	
		中位段丘礫層			
		高位段丘礫層			
		旧期山陰系火山岩			
	大 分 層 群	白木火砕岩			
		鶴崎層			
		筑紫溶岩			
		滝尾層		下郡部層	
				由布川軽石流	
				片島部層	
	鮮 新 世	碩南層群		古城部層	
				東植田層	
敷戸軽石流					
新 第 三 紀	判田層	光吉部層			
		宇佐層群			
中 新 世	大野川層群	領家帯花崗岩			
古 生 代	三波川結晶片岩類、野津原古生層				

(1) 古生界

野津原古生層は植田地区平野付近に見られ泥質ホルンフェルスと珪質ホルンフェルスからなる。これは調査地域内でもっとも古いものである。三波川結晶片岩類は大野川以東の坂の市から宮河内を結ぶ線より東側に分布し緑色片岩、石墨片岩などが主体をなしている。

(2) 中生界

大野川層群は霊山山塊を形成しておりその北端が平野付近に分布する。礫岩、砂岩礫岩互層が見られるが互層中も礫岩が卓越している。調査地域の南側に接する野津原町には領家帯花崗岩が見られる。

(3) プロピライト

別府市観海寺・南立石付近の朝見川断層線の南側に接して分布し、緑色または紫赤色の変朽安山岩である。後火山作用の熱水

によって変質されたもので原岩ま輝石安山岩である。

従来は宇佐層群に属する中新世中期のものとしてきた。その時代については森山²⁾がもっと新期のものである可能性を示唆しているが、まだ結論に達していないので、ここではいちおう従来の説にしたがう。

(4) 碩南層群

最下位の地層は流紋岩質角礫岩にはじまり礫岩、砂岩、泥岩からなる湖成層の東庄内層であるが調査地域内には分布していない。判田層は大野川左側から霊山山塊北東麓にかけて分布し、下部と上部に礫岩をもち中部に砂岩と泥岩が厚く発達する。火山碎屑物をまったく含まず、淡水貝、植物化石を多く産する。これに断層で接して分布する東植田層は南に傾斜しているため北へいくほど古いものが露出している。最下位の光吉部層は、鶯野、光吉、宗方などに分布し、下部と上部は礫岩で中部は砂岩泥岩互層または泥岩層からなる。礫は完円の径5cm以下のものが多く、硬質砂岩、玢岩、

輝石安山岩が多く、その他チャート、珪岩、流紋岩なども少なからず含まれている。同部層は挾間町の大分川に沿う付近にも分布するが、そこでは軽石、火山角礫などを含む礫岩と凝灰岩ないし凝灰質砂岩が主体である。

敷戸軽石流は上記光吉部層の分布地の南側に分布し、光吉部層に整合に重なっている。軽石質凝灰角礫岩、軽石層、軽石質凝灰岩などからなり、下半は塊状であるが上半には微層理を呈する場合がある。両輝石安山岩質であるがまれに角閃石安山岩礫も含み、凝灰角礫岩の基質中には輝石粒の他に黒雲母を少量含む。

古城部層は敷戸軽石流の分布地の南側に整合にのるが、古城山、旦の原などにとくによく露出している。亜角中礫を主とする礫岩にはじまり、細礫岩と泥岩の互層、含軽石凝灰質砂岩泥岩互層、円中礫の多い厚い礫岩の順に重なる。礫は輝石安山岩、チャート、流紋岩、珪岩などである。

(5) 大分層群

南傾斜の碩南層群を傾斜不整合におおい、北へ緩く傾いている。下半部の滝尾層は最も広い分布を示す。同層最下位の片島部層は米良付近と西大分抜川沿いに分布する。礫岩にはじまり、含礫砂質泥岩、軽石質砂岩の順に発達する。礫は輝石安山岩、角閃石安山岩の円礫が多い。軽石質砂岩中には黒雲母を含み、黒雲母角閃石安山岩角礫をも含んでいる。片島では含礫砂質泥岩の泥質部より植物葉片化石を産する。由布川軽石流は挾間町、別府市南部から大分市西部にかけて広く分布し、大分川をわたって滝尾長谷付近まで分布する。軽石層、軽石質凝灰角礫岩、軽石質凝灰岩および含角礫軽石質砂岩などからなり、下半は塊状であるが、上半では微層理を呈する場合がある。灰色から淡桃色をおび、中～小軽石の他に黒雲母細片を多く基質中に含むのが特徴である。含まれる角礫は角閃石安山岩、輝石安山岩などである。下郡部層は鶴崎台地北西部と西大分丘陵に分布し、礫岩、砂岩泥岩互層が主体であるが下部に輝石安山岩質角礫を含む凝灰角礫岩が発達する。

鶴崎層は鶴崎台地北端に分布する海成層を含む含礫泥岩、含軽石凝灰岩、砂岩泥岩互層などからなり、下部から牧、小池原で東洋象の化石を産した。

(6) 筑紫溶岩と山陰系旧期火山岩

調査地域北部に分布する両輝石安山岩は小鹿山を形成する筑紫溶岩である。由布川軽石流を貫いて流出した溶岩体である。高崎山をつくる角閃石安山岩は山陰系旧期火山岩に属し、由布・鶴見岳をつくる山陰系新期火山岩に比して塩基性である。

(7) 段丘礫層および阿蘇火砕流

段丘を海拔高度から大きく分けると、90—160m、40—100m、15—50mの3つになり、それぞれ高位段丘礫層、中位段丘礫層、低位段丘礫層が堆積している。とくに鶴崎台地には段丘礫層の発達が著しい。

阿蘇火砕流は城南地区では溶結凝灰岩として分布するが、明治、挾間町などでは非溶結の火山灰ないし火山泥流堆積物となっているものが多い。

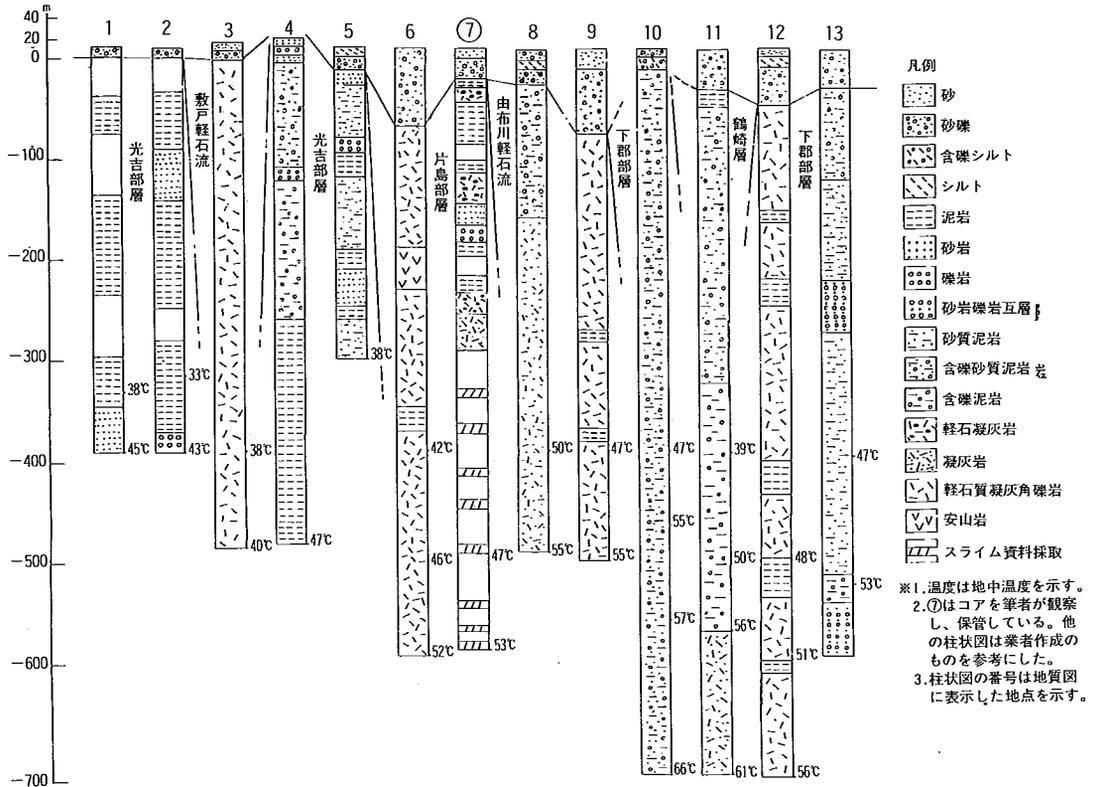
なお、層序表に記した絶対年代は岡口によるフィッシュントラック法年代である。⁸⁾

3. 温泉孔の試錐資料

今回収集した13本の試錐資料にもとずいて柱状図をつくり図-2にまとめた。温泉孔の位置および所有者名は次のとおりである。なお、すべて大分市内であるので大分市と記すのを省略する。

- | | |
|----------------------|---------|
| 1. 大字鬼崎字川鶴621 番地 | (増野 正記) |
| 2. 大字国府1360番地「国分養魚場」 | (川本 定男) |
| 3. 大字国府字伽藍地34-1 | (笠木 俊一) |
| 4. 上宗方 667-14 | (二豊 林業) |
| 5. 光吉向川原962-2 「あけぼの」 | (田中 清嗣) |

図-2 大分川下流域の温泉孔の地質柱状図



- 6 大字羽屋字不定 343-3 (鈴木 哲)
- ⑦ 古国府 516-4 (菅 強)
- 8 大字大分字藪脇4232-1「帆秋病院」 (帆秋 穉誉)
- 9 大字下郡3474-6 (宮崎 奉治)
- 10 長浜町2丁目3244-2 (神崎 政裕)
- 11 豊町1-26公衆浴場「ニュールナ」 (浅野卯之助)
- 12 東春日町25-2「塚川病院」 (塚川 光直)
- 13 大字生石字湊町通り 770-1 (小野 良任)

⑦の温泉孔については地下35m～280mの間は断続的に岩芯が採取され、300m～600mの間は断続的にスライムが採取された。スライムは双眼実体顕微鏡を用いて含有鉱物の観察をおこなったが、石英と思われる無色～白色鉱物、長石と思われる白～灰白色鉱物が多く、有色鉱物は角閃石が含まれるものと含まれないものが識別できた。他に輝石安山岩の細片、角閃石安山岩の細片、磁鉄鉱、輝石などが見られた。原岩を推定することはできなかったが、各深度ごとの試料について若干の特徴がみとめられた。⑦の岩芯とスライムについては表-2におおまかではあるが特徴や岩質を記載した。

図-2において、地表に見られる地層の構造、岩質から推定される地層名を柱状図の地層にあてはめてみた。上部のものについてはほぼ間違いがないが、下部のものについては試錐資料の岩質についての特徴がはっきりしないものが多いため地層の対比は困難である。したがって各柱状図の下半部については地層名を記していない。

ここで特記すべきことは、⑦の試錐において得られた深度550mと600mのスライムにプロピライト片が含まれていることである。調査地域内においてプロピライトが露出しているのは別府市南部

のみで、それ以南には見られない。試料がスライムであるためくわしく岩質を知ることは難しい。

表一 2 温泉孔⑦の試錐岩芯の記載 (大分市古国府花園)

深 度	岩 質	色	特 徴
35	泥 岩	灰	植物葉片化石
45	軽石凝灰岩	白	細粒の軽石密集
60	泥 岩	灰	植物葉片化石
75	泥 岩	灰	植物葉片化石、軽石散在
100	砂質泥岩	灰	
120	泥 岩	灰	竹の幹の化石
135	泥 岩	灰	植物葉片化石
140	軽石凝灰岩	濃黄灰	竹の葉の化石
145	凝灰岩	帯黄灰	まれに軽石を含む
155	凝灰岩	帯黄灰	まれに軽石を含む
160	泥 岩	灰	竹の幹の化石
170	砂 岩	帯黄灰	まれに軽石を含む。輝石微量含む
180	礫 岩	帯黄灰	両輝石安山岩及び軽石の細礫を含む 輝石少量含む
190	泥 岩	黄白	樹枝細片化石
200	砂質泥岩	灰	植物葉片化石
230	泥 岩	黄白	植物葉片化石
240	軽石凝灰岩	帯緑黄白	細～小軽石、軽石流的堆積物 やや多孔質
250	凝灰岩	黄白	樹皮化石
260	凝灰岩	帯緑黄白	軽石細礫を含む、輝石少量
265	角礫凝灰岩	灰	両輝石安山岩の細角礫、軽石少量
274	角礫凝灰岩	帯黄灰	両輝石安山岩の細角礫
280	角礫凝灰岩	帯黄灰	両輝石安山岩、輝石安山岩、軽石の細礫
340	スライム	帯褐灰	細～粗粒、角閃石少量
380	スライム	帯褐灰	細粒、角閃石多い
420	スライム	灰	中粒、角閃石少量
450	スライム	帯黄灰	細粒、角閃石微量
500	スライム	帯緑灰	中粒、黒雲母、角閃石少量
550	スライム	帯緑灰	細～中粒、角閃石少量、プロピライト片含有
600	スライム	帯緑灰	中～粗粒、角閃石微量、プロピライト片含有

む す び

大分市の温泉地質の研究はまだ一年しかたっておらず緒についたばかりであり、今回は貯湯岩層の性質や温泉の成因について報告するまでにいたらなかった。とくに温泉孔の地質試料を直接観察できたのは一ヶ所だけであり、しかも岩芯は地下280 m迄の断続的なもので、それ以深のものはスラ

イム試料であるため、地下地質に関する資料が不十分であった。今後岩芯を含めた試錐試料を少しでも多く収集検討し、さらに地質踏査、岩石学的研究などをすすめて、温泉と地質との関係、とくに貯湯岩層と温泉の成因について究明する所存である。

〈参 考 文 献〉

- 1) 野田徹郎・北岡豪一(1979) : 大分川流域温泉の継続観測, 大分県温泉調査会報告 №30, pp. 32-42
- 2) 森山善蔵(1973) : 別府温泉の地質環境, 別府市誌, pp. 517-542
- 3) 岡口雅子(1976) : 大分県鶴崎台地の地質の再検討, 第四紀研究, vol. 15, № 3, pp. 97-106

〈大分市内の温泉調査〉

大分市内温泉の化学的特性

九州大学温泉治療学研究所 野田 徹 郎

1. 調査内容

本稿では、化学的な立場から、大分市内の温泉、特に大分市街地に分布する温泉について詳しく、その特徴を述べることにする。大分市内温泉についての総合調査は、昭和54年度、昭和55年度の2期に分けて行われた。昭和54年度は、54年12月20日、55年1月23～25日に調査を実施し、昭和55年度は、前年度調査の漏れた源泉や、その後開発された温泉を追捕する形で、昭和55年12月18日に調査を行った。限られた期間の現地調査であったため、古くからの源泉、既に他調査で充分調査された源泉、近接する類似した性質の源泉は省略したものもあった。それを補うため、同じ期間に独自に行った他調査の際の観測データも含めて完璧を期した。

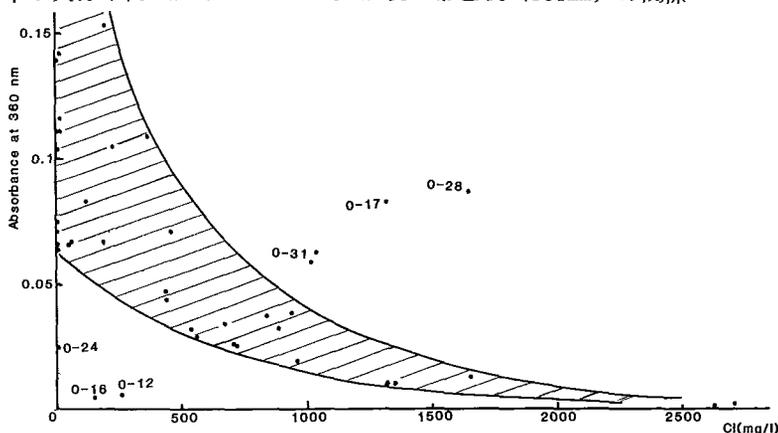
調査時には、泉温、湧出量の観測を行うと同時に採水し、持ち帰り化学分析を行った。その結果は、表一にまとめてある。冠した番号は温泉台帳の大分市所在の温泉について、記載順にならって付けたものである。

2. 化学成分から見た特徴

大分市には泉質的に大別して、高塩分型と弱アルカリ型の2種と、その中間型（混合型）の温泉が存在する。高塩分泉は、 $\text{Na-Cl} \cdot \text{HCO}_3$ の泉質であり、 Cl 濃度が 2 g/l 以上の例も稀ではない。高塩分泉は、しばしばガスの発泡を伴って噴出する。泉温は最高でも 40°C を越える程度で、おおむね低く、塚野鉱泉のような冷泉もある。弱アルカリ泉は、その泉質が Na-HCO_3 か同じタイプの単純泉であり、溶存物質総量は 1 g/l 前後である。このタイプの温泉は、溶存腐植質のために、透明ではあるが茶褐色に帯色している。弱アルカリ泉は、 Cl 濃度は 100 mg/l 以下であるが、弱アルカリ泉と高塩分泉が混合したと思われる温泉では、茶褐色が薄れ、それと逆相関的に Cl 濃度が増す。

この事実は、呈色物質を半定量的に測定することにより確かめられる。呈色の原因物質である腐植質の溶液スペクトルは、可視光の短波長領域から立上り、紫外域にだらだらと吸光度を増す。¹⁾ 便宜的に、可視領域の短波長寄り、分光光度計の特性により感度の高い 360 nm を測定波長に選び、蒸留水を対照として吸光度を測定することにより、帯色の程度を知ることができる。他の呈色物質や、微細な懸濁物質も 360 nm で吸収を示すが、その程度は、試料の肉眼的観察により無視できるとした。 Cl 濃度に対する帯色吸光度は、図一に見るように Cl 濃度の低濃度域で中広い分布の高吸収を示

図一：大分市街地温泉における Cl 濃度と帯色度（ 360 nm ）の関係



し、 Cl の高濃度域で直角双曲線様に O に漸近する関係が得られた。この関係からはずれる試料は、それなりの温泉生成機構の違いがあると思われる。帯状分布の外側左下方の $O-12$ 、 -16 、 -24 は高塩分希釈型泉に分類されるため、大分市街域の普遍的な温泉生成の様式には当てはまらない。帯状分布の右上方に位置する $O-17$ 、 -28 、 -31 は、いずれも Cl 濃度 1 g/l 以上であるが、かなりの帯色が見られる。これらの温泉は、いずれも大分川の滝尾橋より下流から河口近くにかけて分布する。大分川は滝尾橋付近まで潮が上り、その影響で、この地域本来の温泉の生成に関与した高塩分泉以外に Cl 濃度が加わったため、図上で Cl 濃度の大きい方向にシフトしているものと思われる。

弱アルカリ泉の顕著に集中する地域は西大分地区であり、現存する温泉 7 本は全て弱アルカリ泉である。西大分地区は大分層群滝尾層の厚く被覆する地域であり、弱アルカリ泉の生成と滝尾層とは深く関わっていると思われる。高塩分泉は大分川沿いの堆積盆に海侵時貯えられた古海水が起源となっている。

以前、古国府に隣接して存在した、深、浅 2 本の井戸のうち、深井戸からは茶褐色の弱アルカリ泉が得られ、浅井戸からは Cl 濃度 1 g/l 以上を有する高塩分泉が得られた。大分市街地では、上記弱アルカリ泉と高塩分泉が種々の割合で混合したと見られる温泉が分布している。大分市街地では、海侵、海退が何度か繰り返されたため、幾重にも発達する沖積層に汽水性と淡水性の区別ができ、採湯深度によって泉質が異なり、混合したタイプの温泉が得られるのであろう。

温泉成分のうち、陰イオンについては弱アルカリ泉では主成分、高塩分泉では副成分として HCO_3^- が多いので、 HCO_3^- の地域的な分布については、図-2に見られるように、大きい地域差はない。

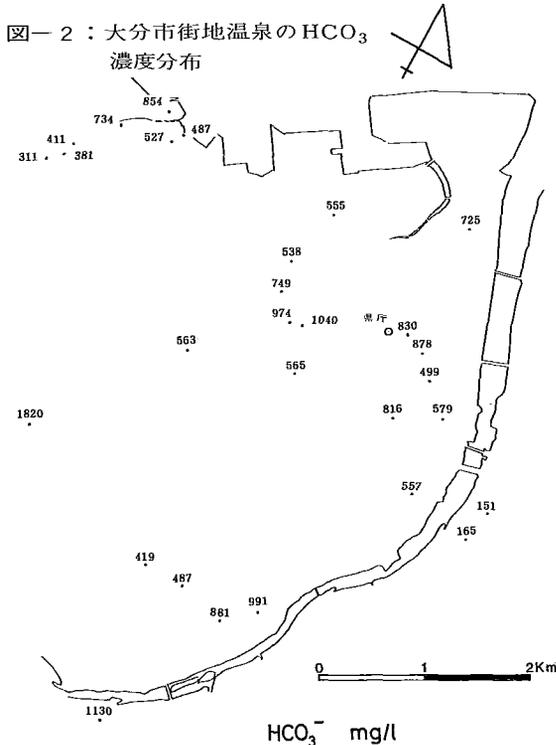


図-2：大分市街地温泉の HCO_3^- 濃度分布

一方 図-3 に見るように弱アルカリ泉の Cl 濃度は小さく、高塩分泉の Cl 濃度は非常に大きいため、地域差が大きい。陽イオンについては、陰イオンほどのきわだった相違がないため上記 2 水系とその混合具合を見るには、 Cl/HCO_3^- について検討すればよい。濃度比をとれば、希釈効果をも補正したことになるので、一層都合がよい。図-4には Cl/HCO_3^- (モル比) の対数値の地域分布を示す。西大分地区で小さい Cl/HCO_3^- 値が、大分川に近づくにつれて、その値を大きくしている。しかも海岸に近い部分でより高値となり、あたかも塩水くさびのような塩水侵入機構が想起される。しかし、トリチウムや、重水素、重酸素の分析例からも分るように、この地域の高塩分泉の起源は、古い時代に堆積層中に閉じこめられた海水だと思われる。⁵⁾ 大分川に間近に沿った地域にも、以前存在した日産サニー泉 (深井戸) や、 $O-29$ 帝国カーボン泉のように弱アルカリ泉も存在している。

$O-37$ 城南温泉は、大分川からも海岸からも離れた位置にあるが、 Cl/HCO_3^- が大きい、この付近には阿蘇熔結凝灰岩が分布し、古く永興石として石材を産出した地域である。同じ阿蘇凝灰岩の張り出した大分川沿いの地域である挾間町篠原の佐藤精治泉や、庄内町東長宝の県営住宅供給公社泉は、泉温が近隣の源泉より高く、 $Na-SO_4$ 型 (芒硝型) であることが特徴である。 $O-37$ 城南

温泉は、大分市街の温泉中ではSO₄が、他が非常に低濃度であるのに比べて、43.5mg/lと高く、泉温も高い点で、やはり、阿蘇凝灰岩のような非常に新しい火山岩の影響を受けたと思われる。又、城南温泉は、この地域では唯一、湧出後、炭酸カルシウムの沈積を生じる点でも、他の温泉とはその性質を異にしている。

図-3：大分市街地温泉のCl濃度分布

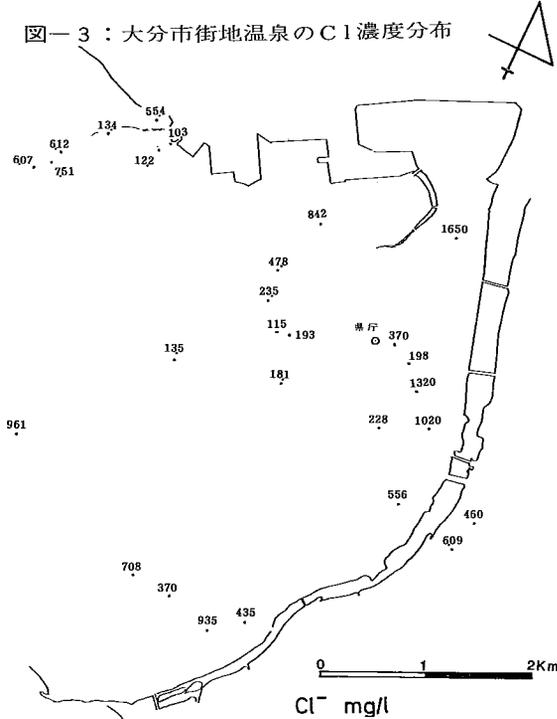
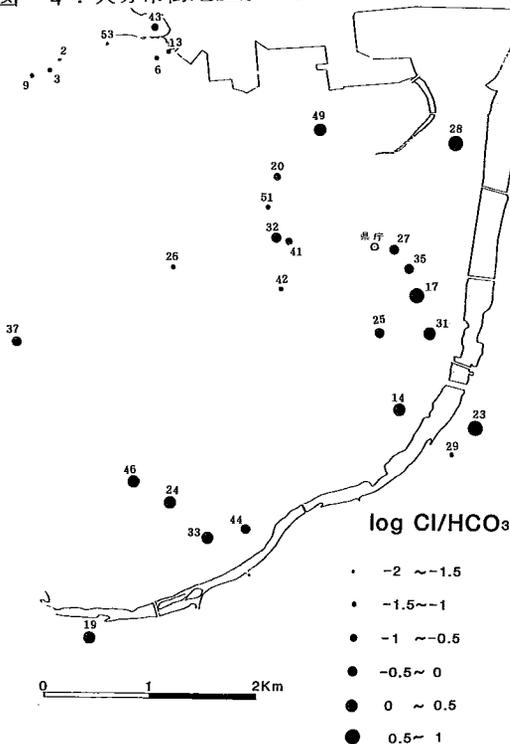


図-4：大分市街地温泉のCl/HCO₃分布



3. 化学温度計適用の試み

大分市内温泉水の陰イオンはHCO₃とClが当量的に卓越しているが、陽イオンではNaが最も高濃度である。弱アルカリ泉では、Na-K-Ca-Mgの順に段階的に濃度が小さくなり、Caは微量、Mgは極微量である。高塩分泉ではNaを凌駕することはないが、Ca, Mgの存在割合が増加する。これら温泉水の主要陽イオンの溶存量は、接触岩石との溶解平衡によって決まるとされ、貯溜温度によって平衡濃度が異ってくる。逆に温泉水中のアルカリ元素溶存比から貯溜温度を推定する試みもなされてきた。現在、いわゆる地球化学温度計として最も頻用されるのは、Na, K, Caの溶存比より地下温度を推定するアルカリ比温度計 $T_{Na-K-Ca}$ である。この温度推定に欠如しているMgの効果を考慮した $T_{Na-K-Ca-Mg}$ 法も提唱された。最近ではMgの効果を、更に定量的に考察した $T_{Na-K-Ca-\Delta T_{Mg}}$ 法も案出されている。 $T_{Na-K-Ca}$ 法、 $T_{Na-K-Ca-\Delta T_{Mg}}$ 法については原著に詳述されている。 $T_{Na-K-Ca-Mg}$ 法は、 $T_{Na-K-Ca}$ 法のCaをCa+Mgに置き換え、 $\sqrt{Ca+Mg}/Na > 1$ のとき係数 $\beta = 4/3$ に固定するのが、 $T_{Na-K-Ca}$ 法と異なる点である。以上の各法を大分市内の温泉に適用した結果は、表-1に併せて記載した。 $T_{Na-K-Ca-\Delta T_{Mg}}$ 法の特徴は、既存の方法では異常な推定値が得られた高塩分泉についても、比較的妥当な温度を推定できる点にある。海水を例にとると $T_{Na-K-Ca}$ 法では241℃と異常な高温となり実状に合わない。 $T_{Na-K-Ca-Mg}$ 法では189℃といささか低めに推定できるが、依然として実状に即さない。 $T_{Na-K-Ca-\Delta T_{Mg}}$ 法では、推定温度が1℃となり、やや低目ながら前2者よりはるかに妥当な値が得られる。

大分市内の各温泉については、弱アルカリ泉で各方法ともほぼ200℃以上の高温となり、高塩分泉では $T_{Na-K-Ca}$ 法が130~156℃、

$T_{Na-K-Ca-Mg}$ 法が $99\sim 142^{\circ}C$, $T_{Na-K-Ca}-\Delta T_{Mg}$ 法では $6\sim 10^{\circ}C$ と算出される。両者の中間型と見なせる温泉では、 $T_{Na-K-Ca}$ 法では $200^{\circ}C$ 以上、 $T_{Na-K-Ca-Mg}$ 法では $200^{\circ}C$ を切る温泉が現われ、 $T_{Na-K-Ca}-\Delta T_{Mg}$ 法では $100^{\circ}C$ 以下の温泉もある。大分市内各温泉は長期間地層に貯えられた水であるから、周囲岩石との溶解平衡は充分成り立っているであろうから、現在の湧出温度から見て、 $T_{Na-K-Ca}-\Delta T_{Mg}$ 法による弱アルカリ泉の $200^{\circ}C$ 以上という推定温度は高過ぎる値だし、一方、高塩分泉の $10^{\circ}C$ 以下という温度は低すぎる。地球化学温度計は、今日迄、各地の温泉水、地熱水において、その妥当性が確かめられてきたが、本例に見るように、広範な種々の天然水への適用を計るには、更に改良の余地がありそうである。しかし、大分市内温泉に限って云うと、 $T_{Na-K-Ca}-\Delta T_{Mg}$ 法で高温に算出された温泉は弱アルカリ泉（深部の古い地層水）、低温に算出された温泉は高塩分泉（やや浅層のやや新しい地層水）と判別し、その混合に占める割合をある程度推測する目的には使えそうである。

4. まとめ

以上を要約すると、大分市内の温泉は泉質的に堆積層中の弱アルカリ泉と高塩分泉の2水系、及びその混合したものと解される。その温泉層の広がり層状であると推察され、大分川扇状地の特に左岸の被川と挟まれる地域では、どこでも温泉が得られると思われる。得られる温泉の泉質は井戸の深さによりまちまちで、貯溜構造が多層的であることを反映している。大分川右岸地域は、まだ温泉孔も少なく、どのあたりまで温泉が分布するかは明らかでない。大分市内の温泉は貯溜構造及び化学成分的に見て、かなり古い時代に生成したものと思われ、貯湯量が限られている可能性があるため、今後の同地域の温泉開発にあたっては、充分考慮を払う必要がある。

大分市内温泉の調査、採水にあたっては京都大学理学部北岡豪一氏、大分県環境保健部環境管理課諸氏の協力を得たことを記し、深謝する。

参考文献

- 1) 菅原健・半谷高久：地球化学入門（土壤中の有機物），p. 188～191（1964）
- 2) 大分県：大分県の地質（大分市とその周辺の地質），p. 64～70（1972）
- 3) 野田徹郎・北岡豪一：大分川流域温泉の継続観測の総括，大分県温泉調査研究会報告，(1981) 31
- 4) 北岡豪一：未発表
- 5) 野田徹郎・北岡豪一：大分県挾間町周辺の高塩分泉の同位体組成，日本地球化学会年会講演要旨，p. 142（1977）
- 6) R. O. Fournier・A. H. Truesdell：An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, p. 1255～1275(1973)
- 7) 古賀昭人・野田徹郎：Na-K-Ca法による別府地熱地帯地下温度の推定，地熱研究発表会予稿集，p. 33～34（1975）
- 8) R. O. Fournier・R. W. Potter II：Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 43, p. 1543～1550(1979)

大分市内温泉化学分析値

大分市街地の温泉

調査 番号	所有者名	採水年月日	pH	RpH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	帯色度	泉温 湧出量	泉 質	TNa-K K-Ca -Mg	TNa-K -Ca -Mg
2	藤本重次	s 55. 1. 23		8.01	149	27.4	3.1	0.543	6.12	411	2.5	101	0.0635	170	純	234	203
3	阿部吉之助	s 55. 12. 20		8.55	144	17.1	1.5	0.13	7.51	381	1.23	133	0.0660	55	純	212	208
6	阿部敬一郎	s 54. 12. 20		8.24	190	35.4	1.9	0.25	12.2	527	1.6	139	0.0706	99	純	246	243
9	阿部潜	s 54. 12. 20		8.77	115	11.3	0.6	0.02	6.07	311	1.6	140	0.0747	60	純	205	197
13	小野良任	s 55. 1. 25		8.24	180	23.9	2.25	0.380	7.90	466	1.2	134		88	純	220	212
〃	〃	s 55. 2. 5	7.5	8.1	171	17.8	1.7	0.2	10.3	487	1.0	85		82	純	206	198
14	帆秋精神病院	s 54. 12. 20		8.07	498	66.3	15.5	0.371	536	552	0.71	153	0.0315	54	Na-Cl・HCO ₃	221	221*
〃	〃	s 55. 6. 6	7.4	8.03	509	68.2	15.7	0.37	556	557	2.0	132	0.0287	53	〃	222	222*
17	神崎政裕	s 54. 12. 20		7.91	1020	94.3	15.5	0.562	1320	499	0.81	161	0.0820	27	Na-Cl	213	213
19	田中瓦産業	s 54. 12. 20		8.35	806	88.5	11.6	10.3	674	1220	0.91	63.2	0.0839		Na-HCO ₃ ・Cl	222	213
〃	〃	s 55. 1. 24		7.83	852	84.7	12.8	9.26	721	1130	1.7	41.9	0.0250	113	Na-Cl・HCO ₃	216	208
20	塚川光直	s 54. 12. 20		7.64	214	33.4	2.6	0.19	47.8	538	2.1	128	0.1267	121	Na-HCO ₃	233	231
23	宮崎華治	s 54. 12. 20		8.47	314	46.1	27.1	3.87	460	151	34.2	124	0.0711	123	Na-Cl	212	167
24	鈴木哲	s 54. 4. 24	7.3	7.75	109	19.5	1.6	0.73	32.0	280	1.2	124		210	純	232	191
〃	〃	s 55. 1. 24		8.08	99.1	17.0	2.4	0.763	11.1	252	0.4	140	0.0250	192	純	223	172
25	志賀静雄	s 55. 11. 1	7.9	8.3	424	53.0	5.9	0.2	192	845	1.5	140		74	Na-HCO ₃ ・Cl	224	223*
〃	〃	s 54. 12. 20		8.69	426	57.9	6.3	0.22	228	816	2.6	148	0.1051	52	Na-HCO ₃ ・Cl	229	228*
26	久保田哲郎	s 55. 6. 6	7.6	8.48	200	31.5	3.0	0.15	17.9	569	2.5	147	0.1415	150	Na-HCO ₃	230	227*
〃	〃	s 55. 12. 18							13.5	563			0.1385	188			

調査番号	所有者名	採水年月日	pH	RpH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	帯色度	泉温	湧出量	泉質	TNa-K -Ca- Mg	TNa-K -Ca- Mg
27	中村病院	s 54. 10. 15	8.2	8.39	513	65.9	6.9	0.2	340	862	1.40	146		50.9	86	Na-HCO ₃ ・Cl	228	228
〃	〃	s 55. 1. 24	8.61	8.61	501	69.7	6.6	0.13	370	830	0.90	149	0.1085	53.5	136	Na-HCO ₃ ・Cl	234	233
28	浅野卯之助	s 54. 12. 20	7.96	7.96	1270	114	40.7	16.7	1650	725	0.47	140	0.0857	47.8	214	Na-Cl・HCO ₃	206	201
29	帝國カーボン工業	s 55. 1. 25	8.48	8.48	66.8	9.06	1.2	2.29	6.09	165	2.9	126	0.1035	45.4	127	単 純	207	127
31	井ノ口千鳥	s 55. 3. 4	8.0	8.54	801	79.1	13.7	0.572	1040	570	0.5	236	0.0620	52.3	125	Na-Cl・HCO ₃	214	213
〃	〃	s 55. 12. 18							1020	579			0.0575	54.5	121			
32	文化温泉	s 55. 5. 1	7.8	8.43	410	73.8	6.89	0.375	115	974	0.14	173	0.0830	55.5	110	Na-HCO ₃	246	246
33	菅 強	s 55. 6. 6	7.6	8.23	883	75.2	30.2	6.7	935	881	0.5	134	0.0381	43.7	140	Na-Cl・HCO ₃	199	196
35	竹田貞夫	s 55. 5. 1	7.9	8.42	378	56.6	5.60	0.297	162	848	0.20	162		49.5	50	Na-HCO ₃ ・Cl	234	234
〃	〃	s 55. 12. 18							198	878			0.1530	51.2	143			
37	城南温泉	s 55. 6. 6	7.6	7.68	913	180	93.0	190.0	888	1790	43.5	188	0.0315	52.4	85	Na-HCO ₃ ・Cl	241	189
〃	〃	s 55. 12. 18							961	1820	0.8	163	0.0191	54.0	106			*
41	黒川弘之	s 55. 10. 28	8.4	8.35	464	90.9	8.630	0.377	189	1070	0.8	163		55.1	100	Na-HCO ₃ ・Cl	253	253
〃	〃	s 55. 12. 18							193	1040			0.0670	56.0	97			
42	三ヶ尻節子	s 55. 12. 16	8.2	9.01	209	30.7	3.1	0.233	18.1	565	1.5	5139	0.1163	50.1	150	Na-HCO ₃	226	223
43	安部武徳	s 55. 8. 1	7.6	8.57	328	54.4	5.300	0.919	52.1	878	0.5	147	0.0660	49.1	130	Na-HCO ₃	238	212
〃	〃	s 55. 12. 18							55.4	854			0.0665	51.5	130			
44	堤 明子	s 55. 12. 18							438	1040			0.0443	50.0	65			
〃	〃	s 56. 1. 12	8.2	8.88	586	37.9	11.8	1.55	435	991	1.1	114	0.0472	48.8	72	Na-HCO ₃ ・Cl	184	182
46	大分船場	s 55. 12. 16	7.8	9.77	512	78.0	23.9	7.37	708	419	0.5	137	0.0255	45.8	77	Na-Cl・HCO ₃	223	203
49	是永イト工	s 55. 10. 23	8.2	8.31	649	81.4	21.9	2.26	842	555	0.5	150	0.0372	46.8	68	Na-Cl・HCO ₃	219	188
51	井上産業	s 55. 11. 21	8.6	8.92	253	46.0	5.3	0.097	23.5	749	3.65	180	0.1107	50.0	110	Na-HCO ₃	239	234
53	富士紡	s 56. 1. 12		8.57	283	35.8	3.700	0.251	13.4	734	19.7	142	0.1107	46.9	52	Na-HCO ₃	221	219

大分市街地以外の温泉

調査番号	所有者名	採水年月日	pH	RpH	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	帯色度	泉温	湧出量	泉質	TNa-K-Ca- -Mg - Δ TMg	TNa-K-Ca- -Mg - Δ TMg
1	塚野敏泉組合	s 54. 5. 2			1820	44.9	123	146	2050	2230				15.7	4.0	Na-Cl・HCO ₃	136	120
〃	〃	s 55. 4. 3			1990	47.6	152	182	2630	2400		83.8	0.0009			Na-Cl・HCO ₃	134	118
〃	〃	s 55. 9. 3	6.68		2140	46.6	184	196	2770	2390	0.4	108	0.0026	16.6	6.2	Na-Cl・HCO ₃	130	115
10	二豊林業	s 55. 9. 3	6.92		1630	62.3	192	236	2380	2400	0.6	86.5	0.0039	39.5	44	Na-Cl・HCO ₃	151	119
11	笠木俊一(旧)	s 54. 5. 2			2360	81.4	164	232	2380	4170				29.0	69	Na-Cl・HCO ₃	153	138
〃	〃	s 55. 1. 25			2330	89.7	171	230	2440	4150		82.1	0.0255	35.2	70	Na-Cl・HCO ₃	158	142
〃	〃	s 55. 9. 3	6.91		2440	90.7	184	235	2440	4180	0.5	82.2	0.0448	21.0	68	Na-Cl・HCO ₃	156	142
11'	笠木俊一(新)	s 54. 5. 2			1230	44.4	159	233	1370	2430				15.2		Na Mg-HCO ₃ ・Cl	145	104
〃	〃	s 55. 1. 25			1120	41.9	144	201	1320	2260		75.8	0.0101	33.2	150	Na Mg-HCO ₃ ・Cl	146	104
〃	〃	s 55. 9. 3	7.12		1090	39.6	180	221	1350	2400	0.4	87.6	0.0097	22.8		Na Mg-HCO ₃ ・Cl	143	99
12	国分養殖漁業生産組合	s 55. 1. 25			668	58.6	46.0	510	258	1720	0.7		0.0057	38.0	49	Na-HCO ₃ ・Cl	191	147'
15	笠山会	s 55. 1. 25			1330	51.4	114	153	1650	1950		91.3	0.0119	38.0	85	Na-Cl・HCO ₃	152	121
〃	〃	s 55. 9. 3	6.95		1290	46.4	129	155	1560	2010	0.5	136	0.0362	35.7		Na-Cl・HCO ₃	147	116
16	増野正記	s 55. 1. 24			351	31.9	21.6	20.8	145	808	0.4	117	0.0048	41.2	160	Na-HCO ₃ ・Cl	188	136
	海 水				10560	380	400	1270									173	157

単位 Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, SO₄, SiO₂: ㎎/ℓ 帯色度: 360nmにおける光路長1cmあたりの吸光度

泉温, TNa-K-Ca, TNa-K-Ca-Mg, TNa-K-Ca- Δ TMg: ℃ 湧出量: ℓ/min

* Δ TMg<0と算出された資料については、TNa-K-Ca- Δ TMg=TNa-K-Caとした。

大岳・八丁原(湯坪)地区周辺の地下水(湧水)について

大分県公衛衛生センター 宮崎 正
安藤 章夫

1. まえがき

くじゅう火山域には、筋湯温泉、宝泉寺温泉及び黒川温泉等をはじめとする多くの温泉群が存在している。この中でも、筋湯温泉が存在する湯坪地区（大分県玖珠郡九重町大字湯坪）は、地区内に大岳・八丁原両地熱発電所（九州電力）を有すること、また、大岳地獄、小松地獄等にみられるように地熱現象の顕著なところである。この地区を含むくじゅう火山域の熱水や温泉に関する調査研究は、本温泉調査研究会の会員をはじめとして多くの研究者によって報告されているが、地熱地帯における一般的地下水に関する研究はあまり例がない。

地下水（熱水、温・鉱泉水と区別する）の化学組成は、地下に浸透した雨水が接触する岩石・土壌の種類や性質等、地下水をとりまく環境要因によって決定される。地熱作用も環境要因のひとつであり、地熱地帯の地下水は、強弱の差はあれ、この影響をうけてその化学組成を形成しているものと考えられる。そこで、地熱地帯の地下水の化学組成の傾向を明らかにし、この地下水が地熱影響をどのようにうけているかを把握する為に、地熱地帯である大岳・八丁原（湯坪）地区周辺の熱水・鉱泉水及び、一般的な地下水として湧水を対象として調査した。

今回調査した地区は、前述のように特に地熱活動の活発なところである。この地区の地理は、筋湯川流域（玖珠川上流域）に相当し、涌蓋山、一目山、合頭山、泉水山、黒岩山に囲まれており、地質は火山灰、火山堆積物で、山地部分である東は山陰新期、西は山陰旧期の角閃安山岩である。また、この基底には輝石安山岩も広く分布している。

今回は、この地域の地下水（以下湧水と同義で使用し、熱水、温鉱泉水と区別する）の化学組成と、大分県内の他の地下水との化学組成の比較について若干の考察を行ったので報告する。

2. 採水状況

調査地下水の位置を図1に示す。図中の数字は別表に記した試料番号である。調査対象としては、深部熱水を3ヶ所（No.1～3）、地獄を3ヶ所（No.4～5、寒地獄を含む）、温泉を7ヶ所（No.6～12）、地下水を15ヶ所（No.13～30）採取した。採取は昭和55年11月19日及び20日

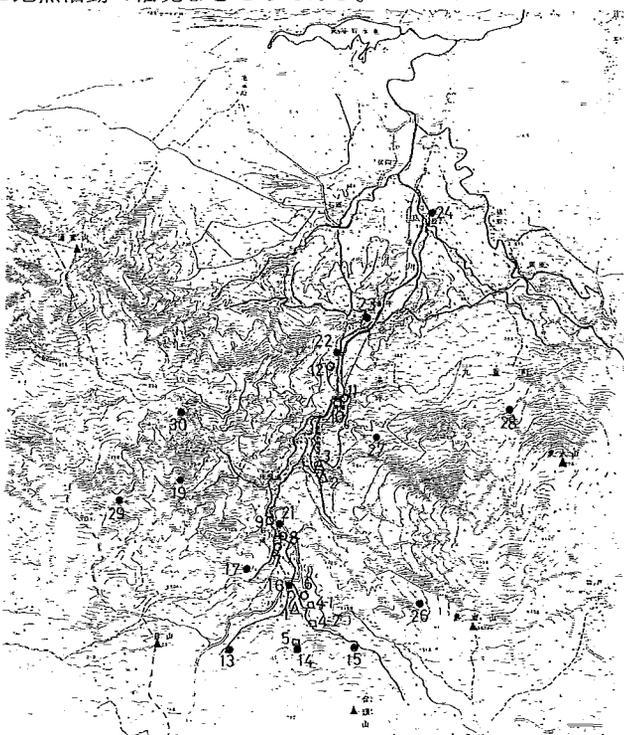


図1 採水地点（図中の数字は試料番号を示し、△熱水、□地獄、○温泉、●地下水の記号で示した。これらは以下の図表にて共通。）

に実施した。

3. 分析方法

分析方法は、鉱泉分析指針を参考として行い、pH及び炭酸物質の測定は現地にて行った。他はポリエチレンビンに採取し実験室にて測定した。なお金属類及びNO₃は、それぞれ酸、クロロホルムにて処理して持ち帰った。各項目の分析方法の大略は次のとおりである。

pH：ガラス電極法。一部比色法によった。

炭酸物質：滴定による分離定量法。

Li、Na、K、Mg、Ca、Al、Mn、Fe：原子吸光法。Ca、AlはN₂O-C₂H₂フレイムにて測定した。

Cl：ホルハド法又は硝酸第二水銀法。

SO₄、SiO₂：重量法。

NO₃：Cu-Cdカラムによる方法。

BO₂：マンニットによる滴定法。

F：アルフッソンによる比色法。

他に蒸発残留物及び電導度を測定した。

4. 結果と考察

調査した熱水、温・鉱泉水および地下水の分析結果は別表1、2に示した。

4-1 地下水（湧水）の塩分量、化学組成について

No.13~30の試水は水温が9.2~21.2℃で特に地熱の影響が大きいとは考えられない湧水である。表1にこれらの試水の化学組成（重量百分率）、塩分量及び主要成分の当量比を示す。塩分量はNa、K、Mg、Ca、Cl、SO₄、CO₃、SiO₂の主要8成分の和とした。なお、表2には志賀等の行った大分県内の他の地域の地下水（湧水）の分析値の平均値を記した。

表1 塩分量、化学組成及び当量成分比 (単位：塩分量はmg/ℓ、化学組成は重量百分率)

資料番号	pH	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	CO ₃	SiO ₂	塩分量	Na+k/Cl	Mg/Ca
13	5.93	6.4	2.1	2.1	5.9	7.6	5.5	15.2	55.1	23.6	1.53	0.59
14	6.12	5.5	2.6	1.4	4.0	6.4	14.4	4.0	61.8	58.2	1.7	0.57
15	6.39	4.7	1.5	2.9	9.3	2.8	2.1	24.7	52.0	94.2	3.11	0.51
16	7.35	3.5	2.2	1.9	5.1	2.0	5.1	15.4	64.8	80.2	3.73	0.60
17	6.8	5.1	2.0	2.7	7.3	2.4	3.0	21.8	55.7	70.0	4.02	0.61
19	6.8	5.6	1.4	2.3	7.7	2.3	11.0	17.1	52.7	70.2	4.36	0.49
21	6.42	9.0	3.2	1.0	5.5	8.4	28.4	8.3	36.1	155.2	1.99	0.31
22	6.6	11.3	3.2	1.0	4.1	8.0	18.8	5.7	47.9	102.2	2.53	0.39
23	7.2	6.4	2.3	2.3	7.6	4.1	4.2	20.8	52.3	86.0	2.93	0.51
24	6.93	4.7	2.3	2.3	6.8	4.3	6.5	17.1	56.1	74.9	2.17	0.55
26	6.6	5.2	2.1	1.9	5.6	2.4	5.6	16.5	60.6	95.6	4.12	0.55
27	6.6	4.6	2.6	1.5	7.8	2.5	3.8	18.7	58.5	71.8	3.78	0.33
28	6.8	4.3	1.4	3.4	8.3	2.5	6.2	23.5	50.3	87.5	3.16	0.68
29	7.0	4.2	2.2	2.6	8.6	2.0	3.7	22.6	54.2	81.2	4.31	0.50
30	6.4	5.0	2.8	1.3	5.7	2.5	2.8	18.1	61.7	59.9	4.12	0.37

No.13~30の地下水の塩分量は、No.13が23.6mg/ℓと低く、またNo.21が155.2mg/ℓと高いが、他

の13ヶ所の地下水は58.2~102.2mg/ℓである。この値は竹田湧水(143.1mg/ℓ)よりも低く、また祖母湧水(55.8mg/ℓ)よりも高く、三重湧水(70.3~77.3mg/ℓ)、野津湧水(74.6mg/ℓ)と同じくらいである。

各成分の百分率をみると、SiO₂はNo21を除くと47.9%~64.8%である。この値は志賀等の行った地下水の中でも高い含有率の竹田湧水(45.3%)よりも高い。志賀等は竹田湧水のSiO₂含有率が高いのは、この地域の岩石(阿蘇タフ)が水に対する化学的風化に対して化学的抵抗性が小さいからとしている。岩石の化学的抵抗性の大小が地下水中のSiO₂組成比に変化を与えるとすれば、今回の調査地区の岩石(山陰系火山岩、角閃安山岩)は、阿蘇タフよりも化学的風化に対する抵抗性が小さいと言える。No21のSiO₂の含有率は36.1%であるが、SiO₂含量は56mg/ℓであり、今回の調査地区の他の地下水に比して、ほぼ等しいかやや高い濃度を示し、塩分濃度の増加がみかけ上の含有率を低くしている。よってNo21も他の地下水と同じく、化学的風化に対する低抵抗性が小さい岩石と接触していると言える。

Kの含有率は1.4~3.2%であり、平均値は2.3%である。この値は竹田湧水(阿蘇タフ)の3.0%よりやや小さいが、三重湧水(上部古生層群)の0.5~1.0%、野津湧水(上部古生層群)の1.1%、祖母湧水(祖母火山岩)の1.3%よりも大きい。Kの溶出に関しては、この地区の岩石は三重湧水、野津湧水の上部古生層群や祖母湧水の祖母火山岩よりも竹田湧水の阿蘇タフに近い。

アルカリ土類金属に関しては、Mg含有率は1.0~3.4%で、平均値は1.9%であり、Ca含有率は4.0~9.3%で、平均値は6.6%である。この値は志賀等の行った各地下水の含有率よりも小さいが、この差は竹田湧水で小さく、三重湧水で大きい。このようにアルカリ土類金属SiO₂及びKに関しては、この地区の地下水は、上部古生層群や祖母火山岩のものよりも阿蘇タフのものに近い。

Cl含有率は、No13、14、21、22は6.4~8.4%でNo23とNo24はそれぞれ4.1、4.3%である。その他は2.0~2.8%の範囲にあり、バラツキが小さく、この地区の温泉水等の混入のない地下水と考えられる。但し、No15は後述のごとく噴気ガスの影響をうけている。また、No13は塩分量(23.6mg/ℓ)が小さく、雨水、風送塩等の影響が強い山地表流水に近い性質のものである。八丁原地熱発電所内及び低地部に存在するNo14、21、22、23、24は温泉水が混入しているものと推測される。なお、温泉水中に多く含有しているBO₂をNo21は1.5mg/ℓ、No24は1.1mg/ℓと含有しており、またNo21、22はLiを検出していて、温泉水の混入をうらづけている。その他No15はCO₂44mg/ℓと他の湧水に比して高く、pHも6.39と低い。この近くには硫気孔もあり噴気ガス(八丁原地熱発電所一次蒸気のガス成分組成はCO₂93.4%、H₂S4.6%)の影響のある湧水である。

表2 大野川流域の地下水(湧水)の塩分量、化学組成及び当量成分比(平均値)
(単位: 塩分量はmg/ℓ、化学組成は重量百分率)

	pH	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	CO ₃	SiO ₂	塩分量	Na+K/Cl	Mg/Ca	備考
竹田湧水	6.9	5.0	3.0	2.5	9.9	2.3	7.4	24.7	45.3	143.1	4.5	0.45	阿蘇タフ
三重湧水(a)	7.4	6.6	1.0	3.4	17.5	5.2	10.1	36.8	18.7	77.3	2.1	0.32	上部古生層
三重湧水(b)	7.5	4.9	0.5	7.7	16.0	3.9	5.2	42.3	19.4	75.1	2.1	0.79	上部古生層(蛇紋岩)
三重湧水(c)	6.9	6.7	0.9	3.6	17.6	5.3	9.2	38.5	18.2	70.3	2.1	0.34	上部古生層
野津湧水	7.6	8.8	1.1	2.4	12.7	5.6	7.8	29.3	32.2	74.6	2.6	0.31	上部古生層
祖母湧水	6.9	6.8	1.3	2.5	12.2	5.4	11.1	23.7	37.1	55.8	2.2	0.34	祖母火山岩

※痕跡を示す

別表1 分析結果 (単位: mg/l、但し水(泉)温は℃)

試験番号	名称	水(泉)温	pH	Li	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO ₄	HCO ₃	SiO ₂	BO ₂	蒸発残留物
1	八丁原総合熱水	91.5	7.43	11.4	1795	256	0.60	34.9	3.0	3057	117	21.0	825	163	6331
2	大岳9号熱水	65.5	8.45	5.58	1106	103	0.02	28.3	4.3	1788	125	56.8	540	93.8	3912
3	大岳14号熱水	95.5	8.66	5.35	1073	117	0.07	29.6	3.9	1633	149	82.0	460	77.6	3655
4の1	小松地獄(小池)	93.5	2.63	<0.02	10.2	4.5	6.1	12.4	0.06	1.9	294	—	152	10.0	650
4の2	小松地獄(川筋)	96.5	3.62	<0.02	5.5	2.5	3.0	9.4	<0.01	3.4	61.0	—	58	1.1	171
5	ワタラ七地獄	10.2	3.98	<0.02	3.8	1.2	0.8	2.5	0.08	6.1	18.0	—	40	1.1	64
6	あさひや源泉	86.0	2.96	2.37	310	51.5	1.4	12.7	0.75	461	229	—	195	28.5	1359
7	薬師湯	54.8	3.55	0.86	128	25.4	1.4	7.8	0.59	185	97.1	—	122	12.5	627
8	共同湯草原泉源	54.5	3.43	0.83	127	26.8	1.4	7.7	0.45	183	90.3	—	103	10.6	632
9	辛川荘源泉	42.5	3.68	0.63	100	20.6	1.7	8.6	0.49	145	85.6	—	105	8.5	515
10	河原湯	53.0	6.20	0.03	24.7	12.2	5.3	28.4	0.50	8.9	104	68.0	131	3.1	391
11	田の中湯	62.0	6.20	0.04	21.7	11.0	2.0	15.7	0.21	7.6	29.3	86.1	151	2.3	300
12	西日本権銀源泉	61.0	8.07	0.71	200	12.0	1.3	54.8	0.42	99.0	105	444	83	6.5	800
13		11.5	5.93	<0.02	1.5	0.5	0.5	1.4	<0.01	1.8	1.3	7.3	13	<0.5	27
14		9.2	6.12	<0.02	3.2	1.5	0.8	2.3	<0.01	3.7	8.4	4.7	36	<0.5	62
15		14.8	6.39	<0.02	4.4	1.4	2.7	8.8	0.01	2.6	2.0	47.3	49	<0.5	97
16		13.9	7.35	<0.02	2.8	1.8	1.5	4.1	0.03	1.6	4.1	25.1	52	<0.5	92
17		12.2	6.8	<0.02	3.6	1.4	1.9	5.1	<0.01	1.7	2.1	31.0	39	<0.5	66
19		13.5	6.8	<0.02	3.9	1.0	1.6	5.4	0.01	1.6	7.7	24.4	37	<0.5	76
21		21.2	6.42	<0.02*	14.0	5.0	1.6	8.6	0.04	13.1	44.0	26.2	56	1.5	144
22		15.5	6.60	<0.02*	11.5	3.3	1.0	4.2	<0.01	8.2	19.2	11.8	49	<0.5	97
23		15.1	7.20	0.03	5.5	2.0	2.0	6.5	0.02	3.5	3.6	36.4	45	<0.5	86
24		12.0	6.93	<0.02	3.5	1.7	1.7	5.1	0.02	3.2	4.9	26.0	42	1.1	81
26		13.7	6.6	<0.02	5.0	2.0	1.8	5.4	0.02	2.3	5.4	32.0	58	<0.5	106
27		13.9	6.6	<0.02	3.3	1.9	1.1	5.6	0.01	1.8	2.7	27.3	42	<0.5	72
28		19.2	6.8	<0.02	3.8	1.2	3.0	7.3	0.05	2.2	5.4	41.8	44	<0.5	86
29		12.0	7.0	<0.02	3.4	1.8	2.1	7.0	<0.01	1.6	3.0	37.3	44	<0.5	82
30		12.8	6.4	<0.02	3.0	1.7	0.8	3.4	<0.01	1.5	1.7	22.0	37	<0.5	61

別表 2 分析結果 (単位: mg/ℓ、但し電導度はmΩ/cm、気温は℃)

試料番号	Al	Fe	Mn	CO ₂	NO ₃	電導度	気温	採水月日	備 考
1	<0.1	<0.01	0.28	2	0.04	9.540	18	S56. 11.20	熱水
2	<0.1	<0.01	<0.01	—	0.03	6.065	20	" "	"
3	<0.1	0.06	0.02	—	0.04	5.640	19	" "	" S54.3 採水時88.3℃
4の1	0.4	13.0	0.19	—	<0.01	1.310	16	" 11.19	地獄 硫化水素臭
4の2	1.3	0.64	0.03	—	0.08	0.2260	10	" "	" "
5	0.4	0.38	0.02	853	<0.01	0.0997	6	" 11.20	寒地獄 "
6	0.4	1.23	0.14	—	0.04	2.445	17	" "	温泉 掘さく 150m・動力
7	0.5	1.53	0.05	25	0.04	1.000	18	" "	" 自然湧出
8	0.4	1.29	0.05	33	0.06	1.010	16	" "	" "
9	0.2	0.05	0.06	38	0.06	0.7935	19	" "	" "
10	<0.1	2.4	0.22	56	0.13	0.3780	19	" 11.19	" "
11	<0.1	0.03	0.11	196	0.02	0.2430	15	" "	" "
12	<0.1	0.21	0.25	—	0.05	1.200	18	" 11.20	" 掘さく 450m・動力
13	<0.1	<0.01	<0.01	15	<0.01	0.0235	15	" "	湧水
14	0.1	<0.01	0.01	9	0.10	0.0456	6	" "	沢水(湧水) No.5のすぐ上流
15	0.1	<0.01	<0.01	44	0.77	0.0934	13	" "	湧水 付近に微小噴気孔あり
16	<0.1	0.09	<0.01	2	0.08	0.0550	18	" "	"
17	<0.1	<0.01	<0.01	14	0.07	0.0638	13	" "	"
19	<0.1	0.01	<0.01	—	0.07	0.0640	9	" 11.19	"
21	<0.1	<0.01	<0.01	—	0.18	0.1520	9	" 11.20	"
22	0.1	<0.01	<0.01	3	0.51	0.1150	17	" 11.19	"
23	<0.1	<0.01	<0.01	4	0.38	0.0813	11	" "	"
24	0.1	<0.01	<0.01	5	0.24	0.0641	17	" "	"
26	<0.1	0.02	0.02	18	0.40	0.0566	13	" 11.20	"
27	<0.1	0.01	<0.01	12	0.15	0.0585	16	" "	"
28	<0.1	0.01	<0.01	10	0.27	0.0880	16	" "	"
29	<0.1	<0.01	<0.01	10	0.02	0.0746	12	" 11.19	"
30	<0.1	0.03	<0.01	11	0.07	0.0430	12	" 11.20	"

4-2 地下水(湧水)の各成分の関係について

図2に(Na+K)とClの関係を示す。この調査地区は山陰系火山岩の角閃安山岩類が広く分布している。志賀等⁵⁾が行った涌蓋型角閃安山岩の溶出実験データによる(Na+K)とClの関係を図中にA線(60分煮沸)、B線(CO₂飽和水15日間)として示す。この地区の地下水の分布はA線上ないしA線よりCl側に分布し、No.16、17、19、26、27、29、30がA線上ないし、それに近い値をしている。Clの項で温泉水の混入を推測したNo.14、21、22、23、24はA線よりさらにCl側に分布している。(Na+K)とClの関係がA線よりCl側に傾いているものについては、地質及びそれらの溶出試験等をさらに詳しく検討しなければならないが、温・熱水等の影響によると推

図3にHCO₃とSiO₂の関係をHCO₃は(meq/ℓ)でSiO₂は(mmol/ℓ)にて示す。この地区の地下水のSiO₂含有率は、前述のように他の地区の地下水に比して大きく、この地区の岩石は化学的風化に対する抵抗は特に小さい。SiO₂とHCO₃の間には相関関係がなく、この化学的風化^{3) 5)}に対する抵抗性を小さくしている主原因は地下水中のCO₂によるものでない。岩石の溶出実験データによるとSiO₂の溶出量は、60分煮沸>15日間飽和CO₂水となっており、熱作用が加って岩石の化学的

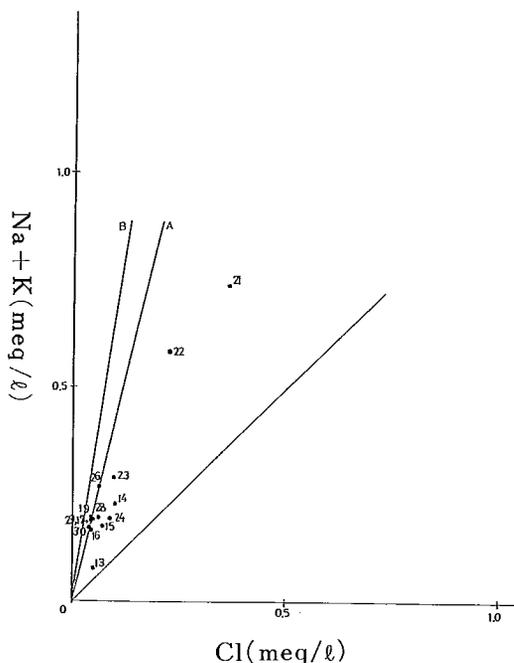


図2 Clと(Na+K)との関係
(図中の番号は試料番号を示す) 以下の図で共通

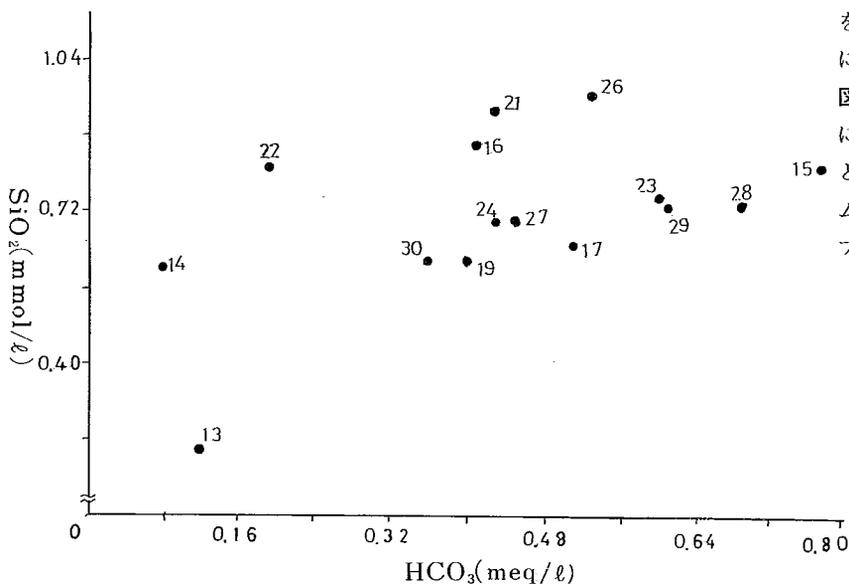


図3 HCO₃とSiO₂との関係

湯温泉群であり、IIのグループは地獄である。IIIのグループは温泉と地下水で構成されている。IVのグループはこの地区の多くの地下水が属し、この水質がこの地区の地下水の代表的なものである。IIIのグループはI、II、IVのグループの相互関係によって生成されていることがうかがえる。但しNo.13は前述のごとく雨水等による影響が強いものである。No.14は河原湯と共にIIグループの地獄の温・鉱泉水とIVのグループのこの地域を代表する地下水群との中間的位置にある。又No.21、22はIのグ

風化に対する抵抗性を小さくしていると推測される。しかし、この資料のみでは十分なものでなく、さらに検討の必要がある。

図4にK含有率(重量百分率)とMg/Ca(当量比)の関係をも、この地区の地下水、熱水、地獄、温泉について示す。熱水及びNo.12を除いてこれらは負の相関を示し、温泉水及びこの混入水のMg/Caは小さく、K含有率が大きな関係をしている。鉱石の溶解度及び溶解。温度平衡との関係も考えられるがこの資料のみでは不十分である。ただ、興味のある関係を示したので掲示した。

この地区の地下水の特徴をさらに明らかにするために、主要成分の当量関係を図5三角キーダイヤグラムに熱水、地獄、温・鉱泉水ととも示す。ダイヤグラムより以下の4つのグループに大きく分類される。

- I No. 1、2、3、6、7、8、9
- II No.4の1、4の2、5
- III No.10、11、12、13、14、21、22
- IV No.14、15、16、17、19、23、24、26、27、28、29、30

Iのグループは熱水と筋

ループの熱水、温泉水とⅣのグループの地下水との中間的位置にある。No.11の田の中湯もこの関係に類似している。No.14、21、22は前述のように温泉水の混入を示しており、更にNo.14は噴気ガスの影響も強いことを窺わせている。いずれにしても、No.14、21、22は、この地区の地下水の中では温・熱水等の影響を強くうけている。

5. むすび

地熱地帯である大岳・八丁原（湯坪）地区周辺の地下水と志賀等の行った大野川流域の地下水との化学組成を比較し、またこの地区の地下水の成分の関係を検討した。その結果を要約すると次のようになる。

○志賀等の、水中のSiO₂含有率と母岩の化学的風化に対する抵抗性との関係によれば、

○この地区の岩石は阿蘇タフ地帯の岩石よりも化学的風化に対する抵抗性が小さいといえる。

○この地区の地下水の化学組成は大野川流域の地下水（湧水）に比して、SiO₂とKの含有率が高く、アルカリ土類金属の含有率が低い傾向にある。

○SiO₂、K、アルカリ土類金属の岩石からの溶出に関しては、この地区の岩石は上部古生層群や祖母火山岩に比して阿蘇タフ地帯の岩石に近い傾向がある。

○No.14、21、22、23、24と、八丁原地熱発電所およびこの地区の低地部にある地下水は温泉が混入していると推測される。

○地下水中の(Na+K)とClとの関係、SiO₂とHCO₃との関係より、この地区の岩石、地下水は地熱作用の影響も推測されるが、今回の資料では不十分であり、さらに検討の必要がある。

最後に、湧水場所等の教示をいただいた八丁原ヴェーホテル甲斐良治氏、九州電力大岳調査所穴井泉氏、調査・採水に協力していただいた九州電力他の熱水・温鉱泉、地下水の所有者各氏、立川係長他の玖珠保健所の方々および当センターの藤野卓見、樋田俊英、後藤成一の各氏に感謝の意を捧げる。

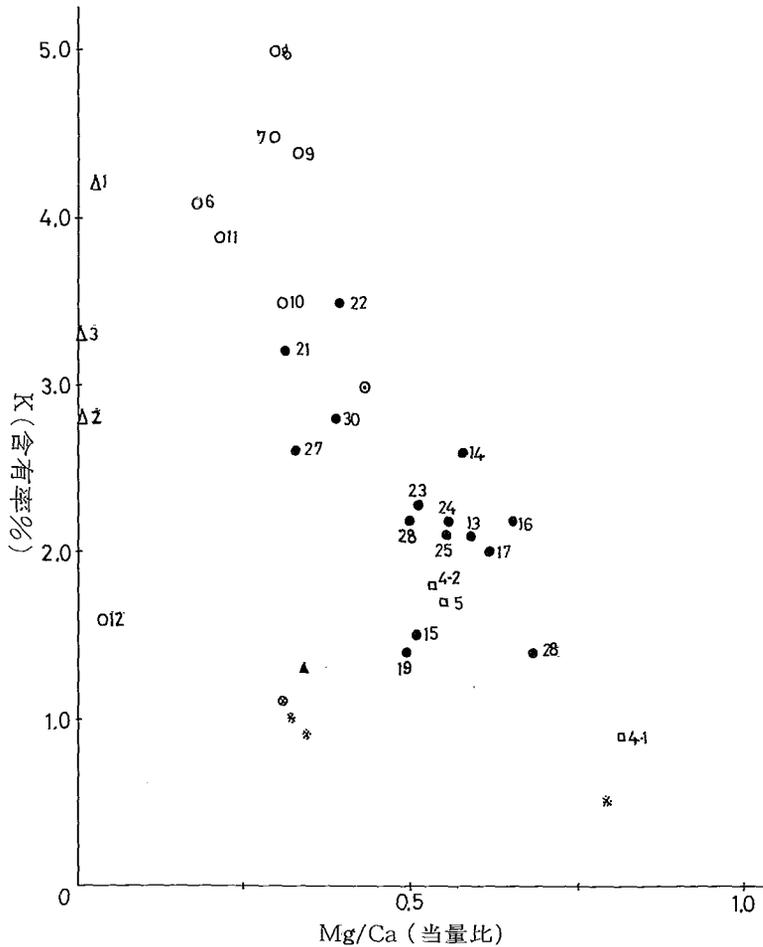


図4 Mg/Ca と K 含有率との関係

○竹田湧水 ※三重湧水 ⊗野津湧水 ▲祖母湧水

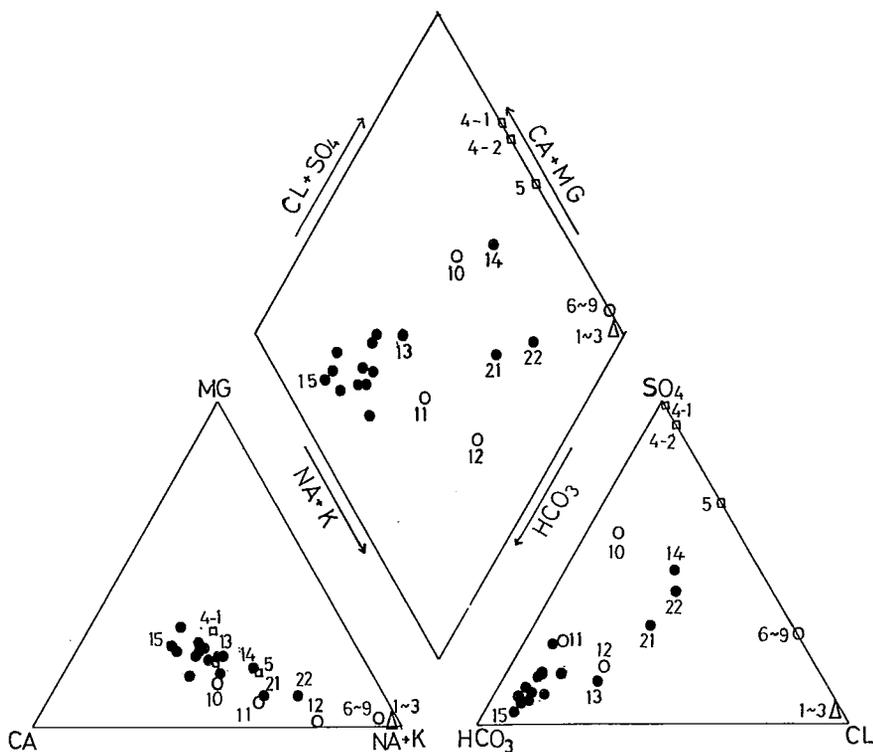


図5 三角キーダイヤグラム

〈参 考 文 献〉

- 1) 宮久三千年：大分県地質図，大分県（1971）
- 2) 九川電力：地熱発電所八丁原（パンフレット）
- 3) 志賀史光，川野田実夫：湧水の化学組成と地質との関係—大野川流域について—，大分大学教育学部研究紀要，3，5，27～38（1970）
- 4) 大分県公害衛生センター：内部資料，（1980）
- 5) 志賀史光，小石哲史：くじゅう火山の温泉郡（3）火山岩からの溶出成分，大分県温泉調査研究会研究報告，19，90～97，（1968）

安心院町における現地調査並びに講演会

◎安心院町における現地講演会

昭和55年11月27日安心院町家族旅行村管理センター会議室にて、矢野、吉川、古賀3氏による、温泉についての講演会を開催町民約300名が出席、活発な質疑応答があり盛会であった。特に矢野九州大学名誉教授の「人体への温泉の効用」は、身近な問題でもあり好評であった。

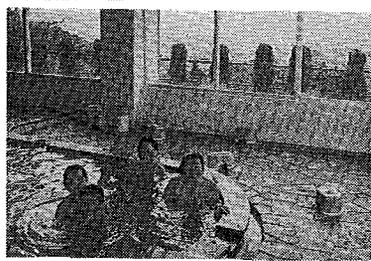
〈演題〉

- 人体への温泉の効用
九州大学名誉教授 矢野 良一
- 温泉のでき方
京都大学教授
京都大学理学部
地物理学研究施設所長 吉川 恭三
- 温泉のさがし方
九州大学教授
九州大学温泉治療学研究所 古賀 昭人



◎安心院温泉センター

泉源 安心院町大字下毛字新貝1006-2
掘削 昭和54年10月17日
口径 80A 深度 450m
温度 45℃ 揚湯量 70ℓ/H (3.7KW)
利用人員 1日約222人



◀大浴場
▼露天風呂



◎安心院温泉老人憩いの家

泉源 安心院町大字六郎丸字飛松352
掘削 昭和53年3月25日 口径 80A 深度 600m
温度 48.5℃ 揚湯量 70ℓ/H (7.5KW)
利用人員 1日約190人

