

大分県温泉調査研究会

報告 第17号

昭和41年3月

目 次

大分県下温泉の生成過程 (1).....	吉友志	川定賀	恭史	三彰光	(1)
大分県下温泉の生成過程 (2).....	吉志	川賀	恭史	三光	(5)
別府市亀川温泉の水系.....	山森	下	幸三郎	敬	(12)
大分県湯布院町塚原における温泉探査報告.....	山	下	幸三郎		(18)
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)	森	山	善	蔵	(23)
放射能障害の温泉療法 (第19報) 的ガ浜温泉における糖尿病集団の温泉治療 (第3報)	八	田		秋	(32)
.....	矢永	野松	良昭	一	(37)
温泉水中の希土類元素の研究 (第1報)	川小	上田	弘敏	泰之	(40)
大分県における温泉水中のゲルマニウムおよび ガリウムの分布 (その1)	川橋	上永	弘熙	泰子	(44)
テロジナーゼ活性に及ぼす温泉作用の研究 (第4報)	野	崎	秀	俊	(51)

大分県下温泉の生成過程

(1) 別府北部温泉群のハロゲン

京都大学理学部 吉 川 恭 三
友 定 彰
大分大学教育学部 志 賀 史 光

1 前年度⁽¹⁾、別府温泉南東部の海水侵入域におけ臭素とヨウ素の含有量を測定して、海水が地層中を浸入することによりそれらの量が元の海洋中における値から変わってくる程度を確かめ、それら含有量間の関係が一般の温泉における塩分の起源を推定するに有効であることを知った。

一方、別府北部⁽²⁾、亀川附近⁽³⁾の温泉の化学組成につき昭和17年後藤、昭和25年吉川が行った調査によると、亀川温泉に対し北西部野田地区から新川沿いに流下する地域と、南部北石垣、照波園附近の地域および新川川口から亀川港あたりにかけての海岸部の3箇所⁽⁴⁾に塩素量極大部があり、それぞれ1g/l以上の含有量を示している。昭和39年、川端、志賀⁽⁵⁾は海岸のCl極大部につき潮汐影響を測定し、海水の混入を推定した。他の2地域についてはともに沸騰点に近い高温泉地域であることから一応火山性由来の塩分ではないかと推定はされるが明かでない。別報告に述べるように、この二つの地域での主要化学成分の関係は必ずしも同じではなくとくに酸度において著しく異っている。

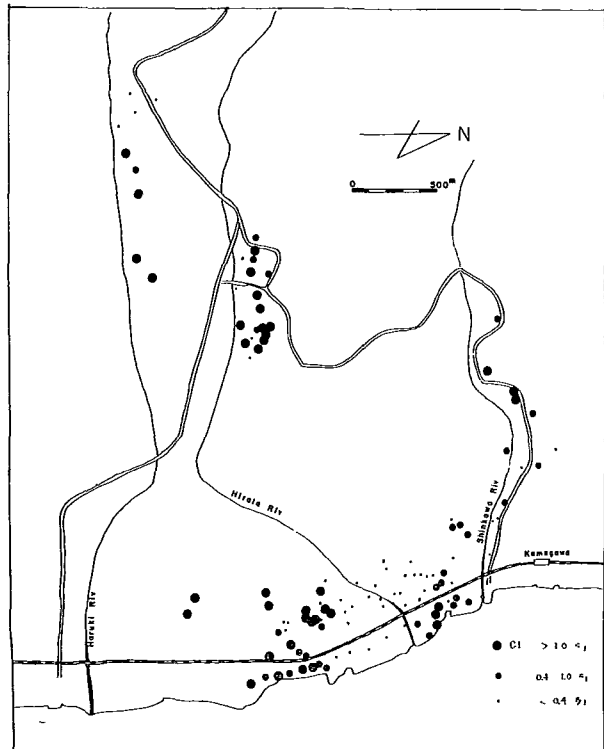
このように亀川温泉周辺は温泉の生成過程や流動状況において複雑な状態を示しており、それらの水系を推定するにハロゲン含有量の測定が有効な助けになるのではないかと考えた。古賀⁽⁶⁾が昭和39年、別府温泉全域にわたり臭素とヨウ素を測定したさい亀川温泉の塩分は海水由来の可能性を示したが、測定数が少ないために水系の推定には十分でない。

従来、別府温泉の生成機構について別府の北と南にほぼ東西方向に走る断層の影響が重視されており、温泉の湧出状態や泉温分布などそれぞれを裏付ける資料は多い。したがって別府温泉の生成を考えるに当って一応これを南と北に分け、そのおのおのを一貫した水系とした取扱がまず最初に考えられるので、今回は鉄輪、鶴

見附近より照波園、亀川にかけての北部温泉群につきその相互関係を考察することとし、塩素、臭素、ヨウ素間の関係を検討した。

2 昭和40年7月、この地域の温泉118口を選んで採水をし、まず塩素量を測定した上であまりうすいものを除いた78口で臭素を分析し、さらにその中から適当に選んだ32口につきヨウ素の分析を行った。Cl量の小さいものを除いたそれらの結果を表1に記したが、その中の温泉番号は採水の便宜上適当につけたもので意味はない。泉名は出来るだけ現在の使用者の名を使ったが、所有者名を使ったものもいくらかまじっている。また、5地区に分けたのは温泉の位置を示す便宜

図1 測定温泉の位置と塩素含有量(昭40.7)



上のもので行政上の大字とは違った所もある。海岸よりでは平田川以南の泉源はすべて照波園地区に入れた

測定した全温泉の位置とその塩素量の大体の値を示したのが図1であるが、これによると、鉄輪、鶴見から照波園海岸にかけての地域と柴石から血の池、龍巻地獄から地獄田を結ぶものと、新川下流、亀川港附近から内陸に向けての3範囲に塩素量極大部が見られ従来の調査結果とほぼ同様の傾向が認められる。その中間の平田川を狭む地域には塩素量200~300mg/l程度の温泉が一带に分布していわゆる亀川温泉をつくっている。

そのほか小倉地区のある程度山の手からは沸騰湧出泉のCl量が急に小さくなり、それより下流の熱水型温泉といちじるしく異なることに注目される。

3 測定された塩素と臭素、および塩素とヨウ素との関係をそれぞれ図2、図3に示す。図中に昭和38年

図2 塩素と臭素との関係

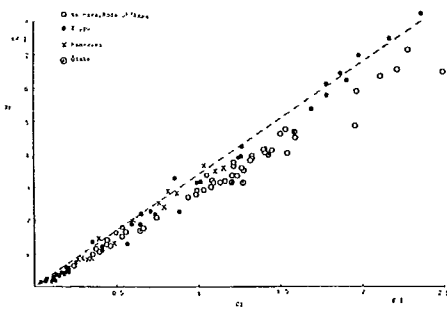
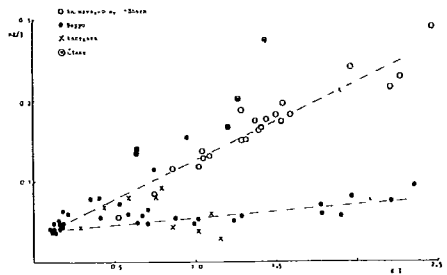


図3 塩素とヨウ素との関係



の本研究会報告に記した旧別府と浜脇の温泉についての測定値も黒丸で記入し、また、他地域の沸騰泉での関係と比較するため、九重町大岳の九州電力井および熊本県岳の湯の八幡製鉄井で著者が採水分析を行った結果(表2)をも二重丸で記した。

図2中に海水におけるBr/Clの比の値 3.4×10^{-3} を示す関係を点線で記入すると、別府海岸部の海水混入の明かな地域における温泉はほぼこの線に沿って分布しているが、今回測定した高温泉はすべてその線より下にあり、従来云われていた火山性温泉のBr/Clの値

は海水におけるより小さいという説と一致する。しかし、この比の値がすべて 2.5×10^{-3} より大きくて海水との差が小さいため、Cl量の小さい温泉ではこの比の値からだけでは海水の混入によるものかどうかを区別するに十分でない。

この比の値を地区別に見ると、鉄輪、鶴見、照波園では $2.5 \sim 3.1 \times 10^{-3}$ 、亀川のCl量300mg/l前後のものでは $2.5 \sim 2.9 \times 10^{-3}$ であるのに対し、亀川港附近のCl極大部は $3.3 \sim 3.6 \times 10^{-3}$ で、これは浸入海水によるものと推定されるが、野田から亀川北西部にかけての温泉は $3 \sim 3.2 \times 10^{-3}$ の値を持ち、海水性、火山性の区別はつにくい。

しかし、個々の温泉での比の値にとらわれずに図2を見た場合、塩分は大きい海水よりもBr/Clの値の小さい熱水が一带に分布し、それがうすめられつつ各温泉をつくっているとの推定を可能とする。

塩素とヨウ素との関係はこれらの状態をさらに明瞭に指摘している。図3によると測定した北部温泉群では二本の点線に沿う二つのグループがみられ、鉄輪、照波園、野田地区の高温泉はA線に沿い、亀川地区の亀川港附近から内陸に向うCl極大部の温泉はほぼB線に沿っている。既述の旧別府、浜脇における海水混入温泉がほとんどB線に沿っていることから亀川のこの地域の温泉も海水の混入による塩分増加を示していると考えるのが至当であろう。ただし前年度報告に示したように、このB線は海水がそのままの組成で温泉中に混入したものではなく、浸入経路で数倍程度のヨウ素の濃縮がおこなっていることを示したものである。

A線はCl量の大きい熱水がI/Clの比をほぼ 1.1×10^{-4} 程度に保ったままうすめられてゆく過程を示しており別府北部温泉群のほとんどの温泉がその過程に含まれていることは注目に値する。また先年行った別府市街地山の手沸騰泉における結果もごく少数の泉源だけなので十分ではないがほぼこの傾向を示しており、別府温泉全般にわたっての温泉生成過程に重要な示唆を与える。

ヨウ素と塩素との関係でもCl量が0.7g/l以下ぐらいではこの比の値だけで熱水性と海水性との区別をつけるだけの自信は得られず、やはり単独に一温泉についての比の値だけでその化学成分の起源を推定することは危険で、一般的な温泉水の流れにわたっての検討が必要なことが示される。

4 別府北部温泉群について行った今回の調査により、ハロゲン含有量間に一定の関係のあるただ一種の水系が各地区にわたる温泉水の熱量、塩分の基礎を与えているとの推定が可能で、またこれら温泉水が地層

中を流動、貯留されている間にハロゲン量間の関係はあまり変わらないことが示された。これは従来、ガス水における研究で、堆積層中に永く貯えられた海水中にはヨウ素臭素に非常な増加がおり、また地層中に浸入を続ける海水にもヨウ素の濃縮の認められることと対照的で、元来有機物を含まない熱水は火山岩層内ではこれらの含量にあまり変化を受けないものと考えられる。

このようにハロゲンから見た時、温泉水の基礎となる熱水がただ一種であるのに他の化学成分からは多種類の温泉水が生まれる機構、またこの熱水自体の生成機構についてはいろいろな問題を含んでいる。今後、これらの問題を追求してゆくと共に、新川下流域からの海水浸入が直接深部の温泉水層に対して行われている

のか、または浅い地下水を通じて浸入してくるのか、その浸入機構にも注目したい。

参 考 文 献

- (1) 吉川恭三・志賀史光・岩上寿子：本研究報告、15号 pp. 6~14. 1964.
- (2) 後藤己与治：地球物理、7巻. 2号 pp.157~165. 1943
- (3) 吉川 恭三：同 上、9巻. 1号 pp.64~73. 1951
- (4) 川端博、志賀史光：
Spec. Contrib. Geophys. Inst.
Kyoto Univ.,
No.5, pp.25~32, 1965.

表1 別府北部温泉群塩素・臭素・ヨウ素イオン含有量 (昭和40年7月分析)

鉄 輪 地 区

番号	泉 名	Cl (mg/ℓ)	Br (mg/ℓ)	I (mg/ℓ)
1	白噴カマド地獄	439.7	1.30	
2	鬼 山 地 獄	2524.8	6.96	0.290
4	金 龍 地 獄	992.9	2.90	
5	雷 園	2744.6	7.62	0.2220
6	楽 々 園	418.4	1.18	
7	可 内 和 荘	397.2	1.05	
8	滝 本 旅 館	1405.6	4.18	
9	富 士 屋 本 館	1262.4	3.17	
10	中 野 屋 本 館	1134.7	3.13	
11	五 色 温 泉	1446.3	4.13	0.1777
12	鉄 輪 地 獄 別 館	749.3	2.13	0.0836
13	松 屋 本 館	1955.1	4.89	
14	松 屋 別 館	1320.8	3.89	
16	瓢 単 温 泉	1202.3	3.40	
17	み ゆ き 荘	1237.2	3.58	
19	温 泉 閣	1094.3	3.12	0.1305
20	山 地 獄	352.0	0.99	
21	海 地 獄	1315.4	3.84	0.1506

野 田 地 区

番号	泉 名	Cl (mg/ℓ)	Br (mg/ℓ)	I (mg/ℓ)
1	安川電機保養所	431.2	1.30	
2	野 村 荘	1051.0	3.38	0.1278
3	血 の 池 地 獄	1219.8	3.66	
4	龍 巻 地 獄	1289.3	3.94	0.1506
5	森 永 健 保 組 合	448.2	1.44	
7	国 立 別 府 病 院	531.9	1.77	
9	西 郷 吉 之 助	527.6	1.65	0.0550
10	宇 島 酸 素	490.3	1.63	

亀 川 地 区

番号	泉 名	Cl (mg/ℓ)	Br (mg/ℓ)	I (mg/ℓ)
1	平 和 商 事 KK	353.2	0.88	
2	亀 川 荘	483.7	1.33	
3	浅 川 勝 美	1157.4	3.61	0.0296
4	越 智 通 成	358.1	2.85	0.0431
5	東 源 吾	308.5	2.89	
6	み ゆ き 荘	408.5	1.15	
8	亀 川 運 送	1035.4	3.66	0.0398
10	恩 友 荘	425.5	1.20	
12	鶴 田 写 真 店	394.3	1.43	
13	平 作 井 俊	439.7		0.0680
17	野 村 製 パ ン	760.2	2.55	0.0805
21	富 士 屋 旅 館	292.2	0.86	0.0425
24	信 行 寺	283.7	0.76	
26	四 の 湯	272.3	0.75	
28	弁 天 荘	331.9	0.84	
31	桜 井 光 夫	210.3	0.58	
36	中 石 昭 夫	794.3	2.40	0.0930
37	堀 江 繁 男	594.6	1.96	0.0802
38	亀川港A (北)	1102.1	3.74	0.0600
39	亀川港B (南)	539 0	1.59	

鶴 見 小 倉 地 区

番号	泉 名	Cl (mg/ℓ)	Br (mg/ℓ)	I (mg/ℓ)
4	安 部 欽 治	668.1	1.76	
5	井 上 良 満	1964.5	5.89	0.2414
6	郵 政 省 老 人 ホ ー ム	2496.4	6.46	
7	み か え り 温 泉	1243.9	3.36	
9	松 川 和 照	1540.4	4.06	0.1988

照波園地区

番号	泉名	Cl (mg/ℓ)	Br (mg/ℓ)	I (mg/ℓ)
1	白鷺温泉	1273.8	3.89	0.1887
2	栗医院	1214.5	3.77	
3	朝日寮	1047.2	3.65	0.1891
4	野島金司	813.7	2.33	
5	後藤肇	1376.6	4.44	0.1760
6	出光一	533.2	1.52	
7	日鉄二瀬	1024.6	2.93	0.1193
8	渡辺(加藤)	1596.1	4.56	0.1827
9	安川電機	1080.4	3.19	
11	日豊建材	939.2	2.72	
12	三勝苑	461.8	1.41	
13	福野酒店	245.7	0.68	
21	古本別荘	981.0	2.86	
22	宮本別荘	1392.3	4.15	0.1662
23	昭波荘	369.4	0.98	
24	富士銀行	1324.3	3.94	
26	小野田セメント	1531.7	4.73	0.1743
28	三菱寮	2211.8	6.55	0.2379
29	黒木病院	1275.5	3.53	
30	木下(川又)	1076.9	3.01	
31	黒木病院横	1500.3	4.66	0.1827
32	藤本チセ	972.3	2.70	
33	加藤建設	1414.9	4.07	0.1633
34	九電工保養所	853.8	2.80	0.1169
36	古賀	371.2	1.19	
38	住友金属	2272.2	7.15	0.2301
39	葛城拝三	2101.5	6.37	

表2 大岳、岳の湯沸騰泉の塩素・臭素・ヨウ素
・イオン含有量
(昭和40年4月分析)

泉名	Cl(mg/ℓ)	Br(mg/ℓ)	I(mg/ℓ)
九電5号	638.4	1.88	0.141
〃6号	1270.4	3.16	0.203
〃8号	634.0	1.74	0.137
〃9号	1429.8	4.04	0.274
岳の湯八幡製鉄	1204.4	3.18	0.169

大分県下温泉の生成過程

(2) 別府北部温泉群の生成機構

京都大学理学部 吉 川 恭 三

大分大学教育学部 志 賀 史 光

1 緒 言

別府市北部にはほぼ東西に走る断層線があり、これに沿って明ばん、湯山、鉄輪および亀川地帯に多数の温泉が湧出している。これらの断層線上に分布する温泉は特に亀川地区および鉄輪、北石垣地区に密集しており、大分県の調査によればその湧出口数および総湧出量は亀川地区260口、 $4.0\text{m}^3/\text{min}$ 、鉄輪、石垣地区406口、 $5.8\text{m}^3/\text{min}$ 、野田地区47口、 $1.8\text{m}^3/\text{min}$ となっている。

このうち亀川、野田地区温泉群について昭和18年輕部は泉温および湧出量の一斉調査を行い、これらの相互関係からこの地区に伏流温泉として3水系が存在すると述べている。同年後藤は輕部の調査と併行してCl、 SO_4 、 HCO_3 の3成分の化学分析を行い、その含量および成分相互間の関係から亀川北西部野田地区温泉群と南東部の市街地および海岸部温泉群とはその源温泉を異にする別系統のものであるとし、特にCl量対 SO_4 量の相関々係からこの2地区の泉源は各分離独立のものであると述べ、さらにこれらの2温泉水系はいずれも単一温泉水系ではなく、泉温および泉質を異にする若干の温泉水系の組み合わせによってできているとしている。その後山下は昭和28年同地域の温泉水頭を調査し、その分布状態より伏流状態を異にする3水系の

温泉が存在することを指摘している。

筆者はこの地域の温泉に見られるかかる錯さうした温泉水系もその元はより簡単な源熱水に連なるものでその湧出径路において冷却、中和、沈殿、混合、希釈等が起り泉質の異なる種々の温泉に変化するものであろうと考え、調査区域を小倉、鶴見地区および鉄輪地区まで拡大し、野田地区より12孔、亀川市街地より39孔、照波園地区より38孔、小倉、鶴見地区より9孔、鉄輪地区より19孔をえらび昭和40年7月22~23日に一斉に試料を採取し、主要成分を分析して検討の資料とした。

2 分析方法および分析結果

分析方法の概略は次の通りである。

pH：柳本製作所製ガラス電極pH計を使用。

NaとK：炎光度法、日立製作所製分光光度計 E P U-2A型使用

CaとMg：EDTAによるキレート滴定法。

鉄のマスキング剤としてトリエタノールアミン使用。

Cl：Mohr法による銀滴定。

SO_4 ：硫酸バリウムとして沈殿させる重量法。

HCO_3 ：BCG指示薬を用い0.01N HCl で $\text{PH}_4.3$ まで滴定した値より求めた。

分析結果は表1に示す。

表1 調査温泉の主要成分含有量 (昭和40年7月)

試料番号	泉温 °C	pH	Na mg/ℓ	K mg/ℓ	Ca mg/ℓ	Ca+Mg me/ℓ	Cl mg/ℓ	SO_4 mg/ℓ	HCO_3 mg/ℓ	所 有 者
野田地区										
N-1	66.0	3.32	280	57.6	29.5	2.47	431	275	0.0	安川電機柴石保養所
〃	98.0	2.83	634	121.5	51.7	4.24	1051	500	0.0	野村荘
〃	62.9	2.68	686	143.0	63.9	4.59	1220	576	0.0	血ノ池地獄
〃	98.0	2.85	740	149.0	74.4	5.62	1289	575	0.0	竜巻地獄
〃	50.4	5.60	317	53.2	30.1	2.41	448	265	10.2	森永健保組合
〃	46.3	6.33	180	30.4	38.7	2.89	270	106	127.3	御夢想温泉
〃	55.2	6.40	348	57.0	62.1	4.04	532	212	163.2	国立別府病院
〃	53.3	6.67	223	48.0	40.3	2.79	305	127	180.8	電通寮
〃	61.0	6.42	340	56.2	69.7	4.76	528	186	158.6	西郷吉之助
〃	57.9	6.50	330	52.6	69.7	4.90	491	166	201.6	宇島酸素

亀川地区	N	11	45.8	6.83	142	24.7	42.3	2.84	182	24	243.6	桜井保美
	〃	12	49.0	7.84	196	29.3	34.3	2.65	265	117	157.4	笹置ボーリング
	K	1	55.2	6.84	235	31.8	36.9	2.80	353	136	168.0	平和KK
	〃	2	55.1	6.75	322	43.3	45.3	3.55	483	143	174.2	亀川荘
	〃	3	58.4	6.90	578	71.0	153.3	9.17	1157	182	270.7	浅川勝美
	〃	4	58.9	6.80	456	64.6	100.8	9.11	858	151	264.4	越智通成
	〃	5	59.1	6.68	424	65.4	98.0	9.15	809	139	259.8	東源吾
	〃	6	56.6	6.96	262	36.2	43.9	3.84	409	152	160.2	みゆき荘
	〃	7	56.4	6.85	230	33.8	29.7	2.46	298	166	150.9	加藤齒科
	〃	8	65.0	6.28	528	63.6	135.3	12.0	1035	180	245.8	亀川運送
	〃	9	57.0	6.86	223	33.2	32.7	2.55	291	145	146.2	さいわい旅館
	〃	10	56.3	6.69	285	42.7	52.1	4.02	426	139	155.6	恩友荘
	〃	11	57.8	6.55	300	39.3	51.9	4.10	426	162	164.9	万力旅館
	〃	12	56.7	6.86	270	35.7	44.7	3.47	394	153	155.6	鶴田写真館
	〃	13	48.4	6.75	300	42.3	47.1	4.11	440	143	164.9	平井俊作
	〃	14	50.8	7.15	175	26.8	41.5	3.62	230	72	252.0	吉田雅道
	〃	15	54.0	7.29	168	28.3	38.1	3.50	213	75	301.8	亀川郵便局
	〃	16	48.4	7.05	152	24.6	29.9	2.50	163	83	281.6	桜井保
	〃	17	71.4	6.67	512	72.0	125.9	7.81	760	210	208.4	野村製パン
	〃	18	39.2	7.10	77	14.7	11.0	0.67	85	66	65.3	脇料理教室
	〃	19	53.1	6.90	200	31.4	23.9	1.77	245	63	124.4	新喜屋酒舗
	〃	20	57.0	6.91	515	31.7	27.1	2.08	284	116	136.9	豊島文具店
	〃	21	57.3	6.95	230	32.7	26.1	2.09	292	113	125.7	富士屋旅館
	〃	22	58.0	6.91	243	33.4	28.5	2.34	291	127	146.4	筋湯
	〃	23	60.0	7.85	235	33.4	30.5	2.37	287	135	155.8	サカキヤ金物店
	〃	24	52.1	7.57	235	31.7	31.7	2.40	284	148	164.0	信行寺
	〃	25	56.9	6.72	230	32.2	33.7	2.55	287	137	161.8	衛藤米穀店
	〃	26	54.0	7.96	223	29.8	28.3	2.00	272	127	139.5	四の湯
	〃	27	52.0	7.46	285	29.8	36.3	2.59	390	136	140.1	児玉医院
	〃	28	60.0	7.00	262	28.8	29.1	2.17	332	130	153.9	弁天荘
	〃	29	59.9	7.02	270	37.4	31.7	2.24	326	133	154.3	松平親義
	〃	30	59.5	6.80	180	37.2	34.9	2.65	225	112	148.0	竹森朝夫
	〃	31	48.9	6.77	168	37.8	34.9	2.55	296	107	141.1	桜井光夫
	〃	32	48.5	6.84	215	24.3	35.9	2.65	262	142	166.5	渡辺材木店
	〃	33	57.8	7.94	223	23.7	33.9	2.45	270	145	159.3	伊藤初治
	〃	34	55.8	6.78	223	31.4	36.5	2.45	270	143	153.6	豊島内科医院
	〃	35	56.2	7.84	230	32.2	34.1	2.42	270	146	162.4	脇輔一
	〃	36	69.8	6.70	456	69.6	94.0	7.36	794	158	197.6	中石昭夫
	〃	37	61.5	6.90	375	50.4	79.4	6.42	589	177	224.0	堀江繁男
〃	38	68.5	6.50	534	79.0	128.7	11.29	1102	207	261.1	亀川港A(北)	
〃	39	68.5	7.18	392	47.0	51.9	3.88	539	174	188.8	亀川港B(南)	
照波園地区												
	S	1	55.0	7.74	732	97.2	68.7	3.85	1274	218	152.7	白鷺温泉
	〃	2	73.0	7.84	800	71.4	68.5	4.23	1215	227	157.7	栗医院
	〃	3	56.0	7.80	712	55.6	69.7	4.62	1047	190	169.3	朝日寮
	〃	4	85.0	7.66	504	49.2	64.5	4.23	814	172	145.5	野島金司
	〃	5	85.0	6.72	904	100.8	68.1	3.85	1377	252	120.0	後藤肇
	〃	6	64.0	7.30	375	44.0	31.3	1.95	533	93	194.5	出光一
	〃	7	80.0	6.95	660	61.2	60.7	3.64	1025	193	150.8	日鉄二瀬
	〃	8	88.5	6.46	1044	91.8	93.0	5.43	1596	227	106.2	渡辺(加藤)

S	—	9	88.5	6.35	712	65.4	53.5	3.03	1080	202	160.2	安川電機
〃		10	48.0	7.45	614	61.6	43.5	2.37	943	212	104.6	花木竹子
〃		11	98.0	7.90	644	62.8	40.5	3.24	939	202	104.9	日豊建材
〃		12	81.0	7.20	356	31.4	21.2	1.14	462	90	228.4	三勝苑
〃		13	90.5	7.30	215	34.7	17.4	0.91	246	113	174.7	福野酒店
〃		14	44.0	6.94	108	19.2	23.1	1.68	91	77	178.1	九電工事
〃		15	68.0	6.80	146	24.2	33.7	2.41	208	100	144.5	競輪場
〃		16	59.0	6.84	152	23.5	37.7	2.41	216	90	145.1	谷口吉之助
〃		17	45.0	6.85	163	25.7	34.7	2.23	214	102	147.6	栗高美
〃		18	44.0	7.11	108	23.0	39.3	2.72	212	104	139.5	渡辺義彦
〃		19	45.0	7.07	142	24.7	41.5	2.79	234	101	149.2	片岡和彦
〃		20	45.0	7.59	152	23.0	34.8	2.56	206	109	131.9	有松
〃		21	95.5	7.75	630	50.2	38.5	2.13	981	206	123.2	古雅
〃		22	80.0	6.27	900	69.9	77.2	4.21	1392	242	108.7	宮本別荘
〃		23	78.0	7.80	312	43.3	13.4	0.80	369	134	192.0	照波荘
〃		24	75.0	6.18	820	68.4	81.0	4.55	1324	207	124.7	富士銀行
〃		25	76.0	7.03	800	19.5	31.1	2.45	75	82	190.4	
〃		26	73.5	7.34	990	93.0	71.3	3.97	1532	235	62.8	小野田セメント
〃		27	63.0	7.35	167	24.9	32.9	2.26	234	110	131.9	加藤八郎
〃		28	97.0	7.95	1335	128.0	87.8	5.22	2211	240	53.1	三菱寮
〃		29	96.0	8.05	768	83.0	44.1	2.39	1276	174	94.3	黒木病院
〃		30	80.0	7.50	712	114.4	25.5	1.56	1077	190	66.6	木下(川又)
〃		31	96.0	6.30	966	150.6	27.1	1.96	1500	234	7.2	黒木病院横
〃		32	96.0	8.40	600	97.2	20.2	1.22	972	174	114.7	藤本チセ
〃		33	93.0	8.50	879	145.5	32.7	1.92	1415	220	37.1	加藤建設
〃		34	83.0	7.55	540	78.0	26.3	2.33	854	135	113.1	九電工保養
〃		35	73.0	8.25	259	34.0	42.3	3.17	371	110	211.7	古賀
〃		36	72.0	7.88	102	17.2	35.5	2.45	71	50	305.4	九電静波寮
〃		37	99.0	7.80	1335	191.5	79.4	4.91	2272	320	6.9	住友金属
〃		38	85.0	7.35	1365	194.0	65.5	4.28	2102	362	9.4	葛城拝三
鉄輪地区												
KN	—	1'	98.0	6.94	330	38.7	67.9	3.55	440	382	18.7	自噴 カマド地獄
〃		1	96.5	7.70	356	39.3	68.9	3.47	447	356	43.0	噴気井 カマド地獄
〃		2	78.0	3.94	1535	255.0	34.7	2.65	2525	349	0.0	鬼山地獄
〃		3	55.8	8.33	38	5.8	14.2	0.94	50	33	16.2	白池地獄
〃		4	82.0	7.50	620	44.4	74.0	3.31	993	303	28.0	金竜地獄
〃		5	99.0	3.65	1625	256.0	25.6	2.50	2745	343	0.0	雷園地獄
〃		6	98.0	8.20	285	24.8	63.1	3.54	418	225	42.0	楽々園
〃		7	88.6	8.09	235	53.2	88.8	6.15	397	373	79.3	可内和荘
〃		8	68.2	7.35	945	109.3	50.1	2.37	1406	397	11.7	滝本旅館
〃		9	85.5	8.20	786	104.1	46.0	2.60	1262	347	45.1	富士屋本館
〃		10	99.5	8.15	705	56.4	69.5	3.63	1135	303	24.9	中野屋本館
〃		11	87.9	8.39	990	131.0	37.5	2.07	1446	406	60.7	五色温泉
〃		12	92.8	8.70	704	79.0	17.4	0.96	749	523	135.3	鉄輪地獄別館
〃		13	87.9	3.92	1185	171.5	32.1	2.02	1955	299	0.0	松屋本館
〃		14	93.0	7.47	834	130.8	21.2	1.34	1321	255	21.8	松屋別館
〃		15	92.5	7.05	27	1.8	2.9	0.20	35	tr	3.4	双葉荘
〃		16	99.0	8.66	834	118.4	22.0	1.92	1202	352	108.9	ひょうたん温泉
〃		17	60.3	7.60	370	17.3	439.9	22.99	1237	167	63.8	みゆき荘
〃		18	55.0	6.79	133	28.5	59.7	4.62	174	200	141.6	住友生命保養所
〃		19	99.5	7.75	696	40.0	57.7	3.57	1094	256	202.0	温泉閣

〃	20	97.0	3.30	207	53.2	42.1	3.57	352	294	0.0	山 地 獄
〃	21		2.30	806	194.4	81.2	6.50	1330		0.0	海 地 獄
〃	22		4.00	15	4.0	15.8	0.86	11			鬼石坊主地獄
鶴見・小倉地区											
TO	1	99.5	8.85	127	6.2	tr.	tr.	20	96	197.3	原爆保養所
〃	2	78.5	6.36	30	4.7	49.1	3.15	10	135	65.8	坊主地獄
〃	3	90.0	6.13	32	4.2	22.2	1.90	15	50	100.1	泉都土地KK
〃	4	99.0	7.22	446	38.4	25.9	1.35	668	102	145.4	安部鉄治
〃	5	99.0	6.39	1140	163.5	37.1	2.25	1965	172	7.9	井上良満
〃	6	88.0	3.34	1560	238.5	28.3	2.50	2496	279	0.0	老人ホーム
〃	7	96.0	8.75	750	90.0	22.0	1.38	1244	170	121.1	みかえり温泉
〃	8	99.0	7.95	17	1.6	3.8	0.19	3	2	29.9	鶴 泉 荘
〃	9	98.0	8.03	906	96.0	49.5	2.50	1540	255	46.0	松川和照

表2 主成分の地域別平均含量 (me/l)

	Na	K	Ca+Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	(Na+Cl)/Σion (%)	(Ca+Mg)/Σcation (%)	平均温度
野 田 地 区	16.0	1.8	3.7	15.4	5.5	1.7	71	17	62.0
亀 川 地 区	12.4	1.2	4.0	12.1	2.9	3.0	69	23	56.8
照 波 園 地 区	25.2	1.7	2.9	25.2	3.6	2.1	83	10	75.1
小倉、鶴見地区	23.9	1.8	1.7	24.9	2.9	1.3	86	6	94.1
鉄 輪 地 区	27.8	3.0	3.7	28.7	6.1	0.8	81	11	86.4

3 主成分含量

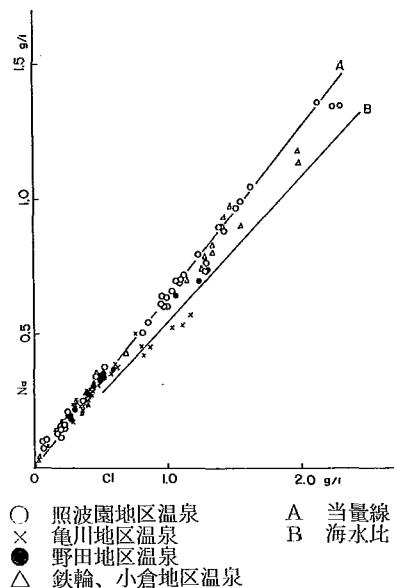
調査温泉の主成分含有量を地区別に平均した値を表2に示す。

表2に示されているように各地区共にカチオンとしてはNaが、アニオンとしてはClが圧倒的に多く、しかもそれらは互にはほぼ等当量の割合に含有されており (Na+Cl) 当量対全イオン当量比は野田および亀川地区で約70%、照波園、小倉、鶴見および鉄輪地区では80%をこえている。しかも湧出温度の高いところほどこの含有率が高くなる傾向にある。このように (NaCl) の含有量および含有率が高かつ温度と正の相関を示す傾向が見られることから、この地方の地下深度には [NaCl] 型の高熱水が存在しているのではないかという考えが生じる。また Ca+Mg (主としてCa) についてはその当量含有量は亀川地区、野田地区および鉄輪地区が比較的に多く、そのうち小倉、鶴見、鉄輪および野田地区等山手に湧出する温泉中のCaは主としてSO₄に対応しており、亀川地区の温泉においてはそれは主としてHCO₃に対応している。亀川地区においては港から野田方向に向かって帯状にHCO₃量の大きな (5me/l程度) 地帯があって、その地区ではCa含量も大きくなっている。(Ca+Mg)/Σcation比は野田および亀川地区が多く温度の低い方が一般に高い値を示している。またSO₄の全アニオンに対する比は酸性で比較的に温度の低い野田地区温泉が高く約24%で

あるが鶴見地区は照波園地区のように温度の高いところでは10%を少しこえる程度である。

以上のことを総合してNaやClは同一種類の源泉から供給され、CaやSO₄などは別の生成機構で生じた源泉から供給されているものであろうということが推定される。

図1 NaとClとの相関



次に野田、亀川および照波園地区の温泉群についてCl、SO₄、HCO₃等の含量と地域的な分布状態を調べてみると昭和18年当時とほとんど変わっていないことがわかった。このことはこの地方における地下熱水の供給機構がほとんど変わっていないことを示しており、地下水や海水の侵入、混合状態もこの20年間を通じほとんど不変であるということになる。

4 主要成分相互間の関係

主要成分相互間の相関を図1～に示す。

4・1 NaとClとの関係

この地域の温泉は全般的にみてNaとClとは正の相

表3 調査温泉の Na/Cl 当量比

	野田地区	亀川地区	照波園地区	小倉地区	鉄輪地区	浜脇地区	旧別府市内	海水
Cl 20me/l 以上	0.90	0.79 (海岸)	0.98	0.94	0.97	0.72 (Cl=192me)		0.85 (Cl=536me)
20me/l 以下	1.06	1.15	1.17	6.38 (Cl=0.34me)	1.12		1.17 (Cl=5me)	

この亀川地区において山手野田よりにCl量の多い温泉2口（試料番号K-17およびK-36）があるがこれらの温泉はNa/Cl比が0.9～1.0と大きいのでそのClは海水混入による増加ではなく地下熱水から寄与されたものと考えられる。

またCl量が20me/l以上の温泉とそれ以下の温泉とでは表3に示しているようにNa/Cl比が少しちがっている。即ちCl量の多い温泉ではその値は1よりやや小さいがCl量の少ない温泉では逆にやや大きくなっている後者の場合は別府市旧市内温泉にも共通して見られる現象で、この原因として先ず考えられることは温度低下に伴って遊離炭酸や結合炭酸の量が増加しそのため岩石の風化溶解が促進されて温泉水中のNa量が増加することである。このことはHCO₃含量の大きい温泉では常にNa/Cl当量比が1より大きいということからも裏付けされる。そのほかの原因としてNa/Cl比の大きな地下水（普通の場合Na/Cl当量比は約2）による希釈が考えられるが、温泉の保有しているCl量に対して地下水のそれは一般に小さいのでこのための影響はそれほど大きくはあられない。例えばCl 60me、Na/Cl 0.98の熱水とCl 0.3me、Na/Cl 2.0の地下水が混合してCl 6meの温泉ができたとしてもそのNa/Cl当量比は1.03にしかならない。Cl量20me/l以上の温泉の場合K量を考慮に入れると(Na+K)/Cl当量比はほぼ1になる。

以上NaとClとの関係を総合しかつCl量の多いものは一般に高温であることなどからこの地区の地下深所にはNaとClをほぼ当量含有している〔NaCl〕型の高

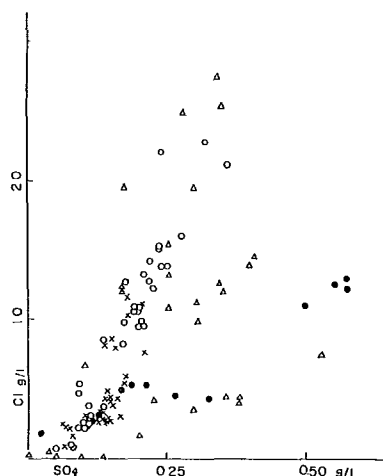
関を維持しかつほぼ当量に含まれており図1に示すように当量線A付近に分布する。ただ亀川地区で亀川港付近の数口はCl量に対しNa量が海水比を示す線Bよりいくらか少ないところに分布している。表3に記しているように海水Na/Cl当量比は0.85であるがこの地区のCl量の多い海水混入温泉のそれは0.79である。このような傾向はさきに吉川、志賀、岩上ら^{5) 6)}が浜脇地区および旧別府市内海岸埋立地区の温泉について指摘したように海水混入温泉によく見られる現象で、土壌中のCaとイオン交換を起してNa量を減少した侵入海水の混合によるものとして説明できる。

熱水が存在し、これがこの地方の源温泉となっているものと推定される。細かな相違は温度低下、地下水や海水の混入および炭酸物質の付加などによって説明できる。

4・2 SO₄量について

SO₄量のCl量に対する関係を図2に示した。

図2 SO₄とClとの相関 図内の記号は図1と同じ



この地区の温泉全般についてはSO₄量はCl量と正の相関を示すが、地域によってその相関関係が異なっている。即ち野田地区温泉の場合SO₄量/Cl当量比は平均0.33、照波園地区温泉では0.14となっており亀川地区温泉ではこの値は0.24で両地区の温泉が混合された状態を示している。また鶴見、小倉および鉄輪地区で

はこの比が照波園地区とほぼ同じ値を示すものから野田地区に類似する温泉など種々存在しており、暗気に浅層地下水が混合したと思われるものは Cl 量に対して SO_4 量が多くなっており、地下高熱水の希釈と考えられるものは照波園地区温泉群とほぼ同じ比を示し、この両者の混合した型のものは図2においてその中間に分布している。

図2に示されている野田地区温泉や鉄輪の一部に見られる温泉のように Cl 量に対して SO_4 量の大きな温泉群がこの地区の源温泉の組成を代表するとすれば、これから照波園地区の温泉が形成されるためには SO_4 が沈殿するかバクテリア等の有機物で還元されて HCO_3 になるかしなければならぬが、温泉の保有するこの濃度において CaSO_4 の沈殿が生じて照波園地区の比まで低下することは溶解積から見て考えられず、還元による減少は当量的に見て可能であるが、これらのことよりも先ず地下の高熱水中において多量の H_2SO_4 が生成する機構そのものが考えられない。ところで血ノ池地獄や竜巻地獄等においてはその保有する Cl 量において照波園地帯よりも約 $300\text{mg}/\ell$ 即ち約 $6\text{me}/\ell$ だけ SO_4 が過剰である。この値はこれらの温泉の PH2.6~2.8 に比べるとやや大きい、FeやAlがそのうちの2~3meに対応していることを考えると、3~4meの遊離 H_2SO_4 が溶存していることになりその PHに対応する。これらのことを総合して、血ノ池や竜巻等の温泉は、この地方の地下に広く存在する [NaCl] 型高熱水に明ばんや緑ばんを溶かしこみ遊離硫酸を含む温泉 ($\text{SO}_4 \gg \text{Cl}$) の混入によって形成されたと考えるのが最も妥当であらう。

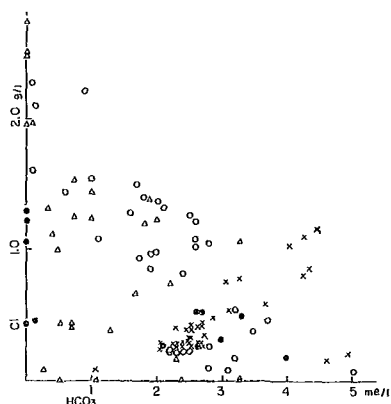
4・3 HCO_3 量について

温泉水中の HCO_3 の起源はマグマ発散物に含まれる CO_2 ガスからの寄与がその大部分を占めると考えられるが、そのほかに地表近くまたは土壤中に存在する有機物質の腐敗によって地下水中の CO_2 含量が高まりこれが温泉に加わる場合や温泉水中の SO_4 が有機物によって還元される場合などが考えられるが、いずれの場合でもその温泉が酸性 (PH4.0以下) である限り HCO_3 は溶存しないし、また高熱水の場合も CO_2 の逸散が起ったり CaCO_3 の沈殿が析出したりするのでその含量は著しく低下することが考えられる。

この地域の温泉群における HCO_3 量と Cl 量との関係を図3に示したが、同図は野田地区の酸性泉は別として、この地区の温泉中の HCO_3 量は一般に Cl 量と逆相関であることを示している。このことは上記の理由からこの地区の源温泉は [NaCl] 型の高熱水であらうという推定の一つの裏づけとなる。

ところで亀川地区温泉群についてはこの温泉に関する限り HCO_3 量は Cl 量と正の相関を示しているように見受けられるが亀川港付近の海水混入の5温泉を除けば他はいずれも照波園地区温泉群のなかに入れることができる。この海水混入の5口を除いた市街地温泉群に西北方から中和希釈されて酸度の低下した野田地区温泉が流入混合しているため、いくらか野田地区温泉に偏ったところ即ち $\text{Cl } 0.95\text{g}/\ell$ 、 $\text{HCO}_3 \ 0.16\text{g}/\ell$ 付近に密集している。また海水混入の5口は HCO_3 量が Cl 量対し正の相関を示しかつ含有量が大きいのは侵

図3 HCO_3 と Cl との相関 図内の記号は図1と同じ



入海水に高熱水からしぼり出された残留マグマガス中の CO_2 が溶解したためと考えられる。故にこの付近一帯には残留マグマガスに由来する HCO_3 をかなり含有している (約 $6\text{me}/\ell$ 以上) 温泉または地下水が広く存在していることが考えられ、この中に溶存している HCO_3 は野田地区温泉の混入するところではその中和に消費され、照波園地区温泉の流入するところではその高熱水 (NaCl型) の混入率の大きいものほど Cl 量が大きくなり逆に HCO_3 量は小さくなって HCO_3 と Cl とが逆の相関を示すものといえる。

5 調査地区温泉の生成機構

この地域の火山性温泉の起源がマグマ発散物にあるとすれば、その分化過程の初期の段階では水の臨界温度付近で生じた液相は非常に Cl 量の多い強酸性のもので [HCl] 型の高熱水と考えられる。(三原山のマグマ凝縮水において酸濃度 1.4N 以上、 $\text{Cl } 87.6\text{g}/\ell$ 、全イオウ $0.16\text{g}/\ell$ のものが知られている)。この高熱水が火山活動の後退により岩石の割目を流動していくうちに次第に中和されて塩分濃度の高い熱水となる。このようにしてできた熱水はその生成機構から考えて非常に高温で、アニオンでは $\text{Cl} \gg \text{SO}_4 \sim \text{CO}_3$ 、カチオンでは $\text{Na} \gg \text{Ca} \sim \text{Mg}$ の関係が保持されたいわゆる

〔NaCl〕型高熱水である。これが実際に地表に湧出する際はその通路にある地下水が混入してかなり薄められた状態になるが、それでもなお相当に塩分量は高くしかも高温で、湧出時で泉温はほとんど沸騰点を示す。別府市北部の鶴見、鉄輪地区および照波園地区の高温沸騰泉はこのような機構で生成したものと推定される。

一方強酸性〔HCl〕型高熱水に溶けこみ得なかったガス成分（ CO_2 、 SO_2 、 H_2S 等の弱酸性ガス）は水蒸気に伴って出てくるいくらかのHClガスと共に岩石の割目を上昇し次第に温度が低下して液相を生じたり地下水に出会ったりしてHCl量を減少させながら地表近くまで上昇する。そこで水蒸気存在の下で酸素の供給を受ければイオウ系のガスは酸化されて H_2SO_4 を生じるし、液中に溶解して H_2SO_3 を生じていたものは自己酸化還元によって H_2SO_4 になる。このようにしてできた H_2SO_4 や水蒸気に伴って噴出してくる SO_2 等の硫黄が周囲の岩石や粘土等と作用してそれらを変質せざると酸性白土や明ばん、緑ばん等が生じる。別府市北部の湯山にこのようにしてできた酸性白土があるし、またその近くに明ばん泉が湧出している。かかる機構で生成した明ばんや緑ばん等が雨水や地下水に溶かし出されて地下の浅層を流下すればCl量の少ない酸性泉の湧出を見る。このような温泉はその生成機構から考えて $\text{SO}_4 \gg \text{Cl}$ 、PHは2以下の酸性泉でFeやAlを多く含む。これが更に流下して前記の〔NaCl〕型高熱水と混合すればCl量の多い酸性泉が生成する。このようにして生成した温泉として海地獄、血ノ池地獄および竜巻地獄等が考えられる。

以上述べたように、この地方の火山性温泉の基本型として地下の深所に生成する高熱の〔NaCl〕型のもので地表近く又は比較的浅いところに生成する〔 SO_4 〕型の酸性泉の2つが考えられる。これらがその湧出径路において接触する岩石や土壌と作用したり、不溶性成分を生じて沈殿析出させたり、地下水で希釈されたり、海水が混合したり、またこの2つの型の温泉が互に混合したりして種々の泉質の温泉が形成されるものと思われる。

このほかこの地方の温泉水中の結合炭酸や遊離炭酸の生成については次のように考える。即ち地下におい

て前記の高温〔HCl〕型熱水が生成されるとき、その中に溶け込むことが出来ずに遊離するガス成分は主としてHF、 SO_2 、 H_2S 、 CO_2 および N_2 等でこの中には火山ガスやマグマガスと同様に遊離の酸素は含まれていない。これらが周囲の岩石と作用した場合岩石に吸収されずに岩石中に取り残される残留マグマガスは N_2 と CO_2 だけになる。このようなガスが火山性温泉の湧出する付近の岩石の割目に多量に存在することが考えられ、これらが前記の2つの型の温泉に加わると、酸性泉の場合はその酸度を低下させ、地下深所の高熱泉の場合は岩石から溶出して溶存しているCaと結合して難溶性の CaCO_3 となり沈殿析出する。かくして地下深所の〔NaCl〕型高熱水中のCa量が減少し岩石からの溶離成分のうちNa量が圧倒的に高含有率を示すようになる。

最後に本研究に際し採水および分析の労をつくされた京都大学理学部友定彰氏および大分大学教育学部の学生諸氏に感謝する。

参 考 分 献

- 1) 佐藤光一・矢野行雄：別府市内温泉現況調査、大分県温泉調査研究会報告 第14号、(昭和38年)
- 2) 軽部末蔵：別府市亀川温泉について、地球物理 7巻、2号(昭和18年)
- 3) 後藤己与治：別府市亀川温泉における Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 分布について 地球物理、7巻、2号(昭和18年)
- 4) 山下幸三郎：未発表
- 5) 吉川恭三・志賀史光・岩上寿子：別府海岸部における温泉の化学組成、大分県温泉調査研究会報告、第15号 (昭和39年)
- 6) 吉川恭三・志賀史光・岩上寿子：別府海岸部における温泉の化学組成 (その2) 大分県温泉調査研究会報告、第16号 (昭和40年)
- 7) 岩崎岩次：火山の化学、化学教育 13.2, (1965)

別府市亀川温泉の水系

山下 幸三郎

森 忠 敬

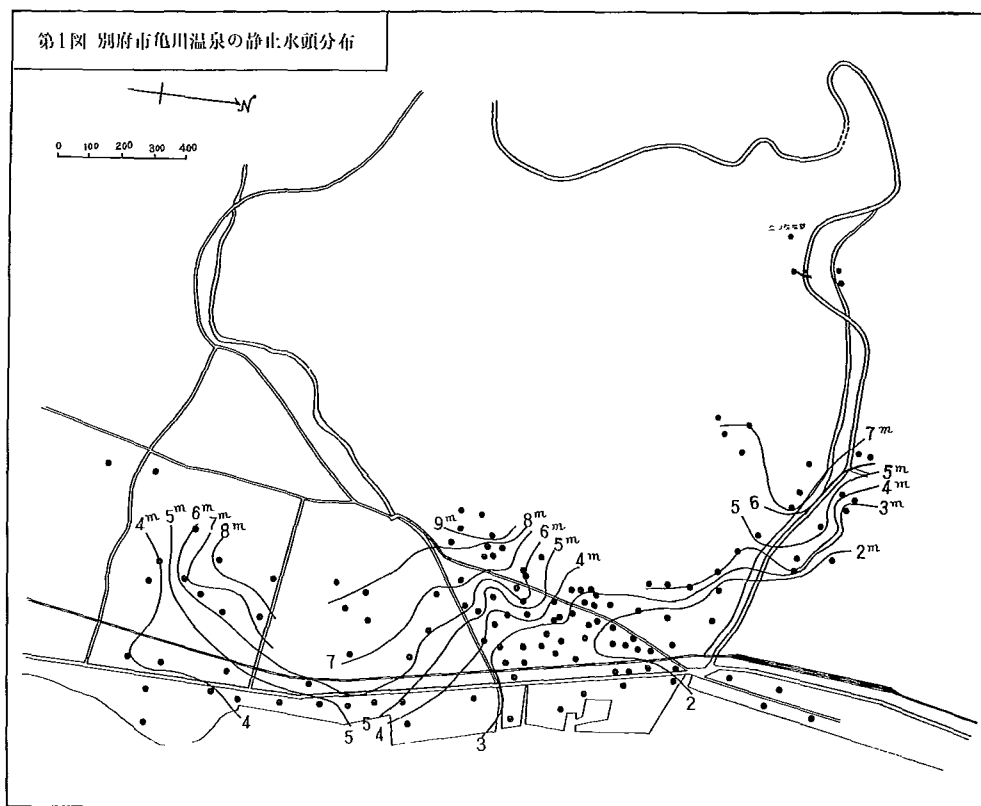
1 緒 言

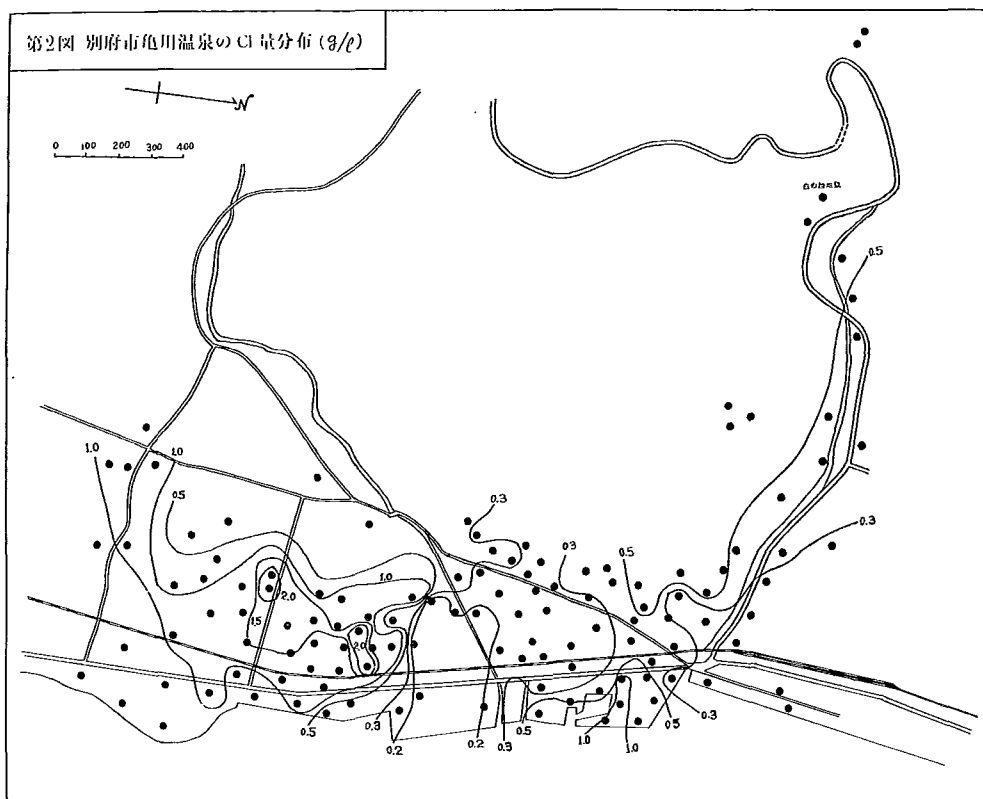
別府市亀川温泉は市の北部にあって活動温泉口数約300口を持ち、別府温泉では旧市内に次ぐ温泉密集地帯である。北西部山の手には血の池地獄、龍巻地獄間欠泉、南部には沸騰泉等強勢な温泉があり、大部分の温泉は自噴井である。過去3回の一斉調査の結果によれば温泉口数は増加しているが泉温、湧出量共に増加していない¹⁾。後藤は化学成分中の主要陰イオンの分布並に泉温、各イオン相互間の関係から、この地域の温泉を北西部地域と南東部地域の2群に分け、前者は3つの水系、後者は4つの水系の混合であると説明した²⁾。その後温泉水頭の分布やその他の実測等から幾分の相違点もあり、今回温泉水頭分布とアルカリ金属イオンであるLi、Na、K及びClイオン等の分布並に相互間の関係からこの地域の温泉群の水系について再検討した。南

部の沸騰泉地域に隣接ある北石垣地区は近時温泉開発により多くの温泉が穿掘され、これらの温泉も密接な関連があるからこれらも含めて考察した。

2 温泉水頭の分布

先づ温泉の存在する地域の水準測量を行ない、基準として地理調査所の5分の1の地図に記載の水準点を用いた。温泉の静止水頭の測定は各温泉の湧出を停止させ個々の静止水位まで上昇せしめ、その水位の海拔高度を求めた。各温泉には深度の異なるものがあり、したがって温泉水層も異なるからその水頭も違い、温泉の温度や不溶ガス等による水位の違い、調査期間中における降雨影響或は潮汐影響等もあって詳細な流動状態を調べるにはこれらの点を十分検討しなければならない。又南部沸騰泉はこれを停止させて測定することは困難であるから実測しなかったが、周辺の温泉水頭





から略その状態が推察される。実測の結果静止水頭の分布から等水頭線を描くと第1図の如く成り略温泉伏流の系統が察知される。静止水頭は中央の南西部及び南部沸騰泉地帯より以南の地域の一部を除けば地高より高い温泉伏流は等水頭線に直角に低水位の方向に流れるとすれば第1図から亀川温泉には次の3系統が認められる。1 北西部血の池地獄より東部海岸に流下する。系統。2 中央部の南西より北東海岸の方向に流下し海岸部では血の池地獄から流下する温泉水と合流する3 南部沸騰泉地域西部から海岸方向に流下する系統の3系統であり、これらの系統の存在は穿堀深度の相違や泉温分布、化学成分の分布や相互関係からも略推察される。

3 化学成分の分布

この地域の温泉125口についてLi⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻の分析を行なった。特に沸騰泉はその全部について行なった。Cl⁻はMohr法、Li⁺、Na⁺、K⁺は炎光法、Ca²⁺、Mg²⁺はキレート滴定により求めた。Cl⁻の分布……第2図はCl⁻量の分布であるが等水頭線からの温泉伏流の様相がCl⁻量の分布にも現われている。北西部血の池地獄においてCl⁻量1,300mg/lを示し、これより東方に行くにしたがって減少している。

温泉伏流の流動状態から血の池地獄附近のCl⁻濃度の高い高温な熱水は流下と共に稀釈されていると推察される。南部の沸騰泉地帯にもCl⁻量の極大部があって亀川温泉中最多量である。この極大部を遠ざかるにしたがって漸次減少しその減少方向は等水頭線が示す温泉水の流動方向と一致する。中央部においても上述の2地域と同様な傾向を示すが、中央海岸部にCl⁻量約1,000mg/lの高濃度を示す温泉があり、海岸部で多く、内陸に行くにしたがって減少している。この状態は温泉水の流動方向とは逆である。この様相から推察すればこの地帯のCl⁻は海水の浸入によるものと思われる。

Li⁺量の分布……第3図のLi⁺量の分布では高温地熱地帯である北西部血の池地獄地帯及び南部沸騰泉地帯のCl⁻量の多い温泉ほどLi⁺量も多く、最大は8.5mg/lである。分布状態もCl⁻量の分布と酷似している。しかるに中央海岸部ではCl⁻量の多い割合にLi⁺量は少なく両者のCl⁻源が異なることを示し、上述の如くLi⁺量の少ない海水の浸入を暗示している。

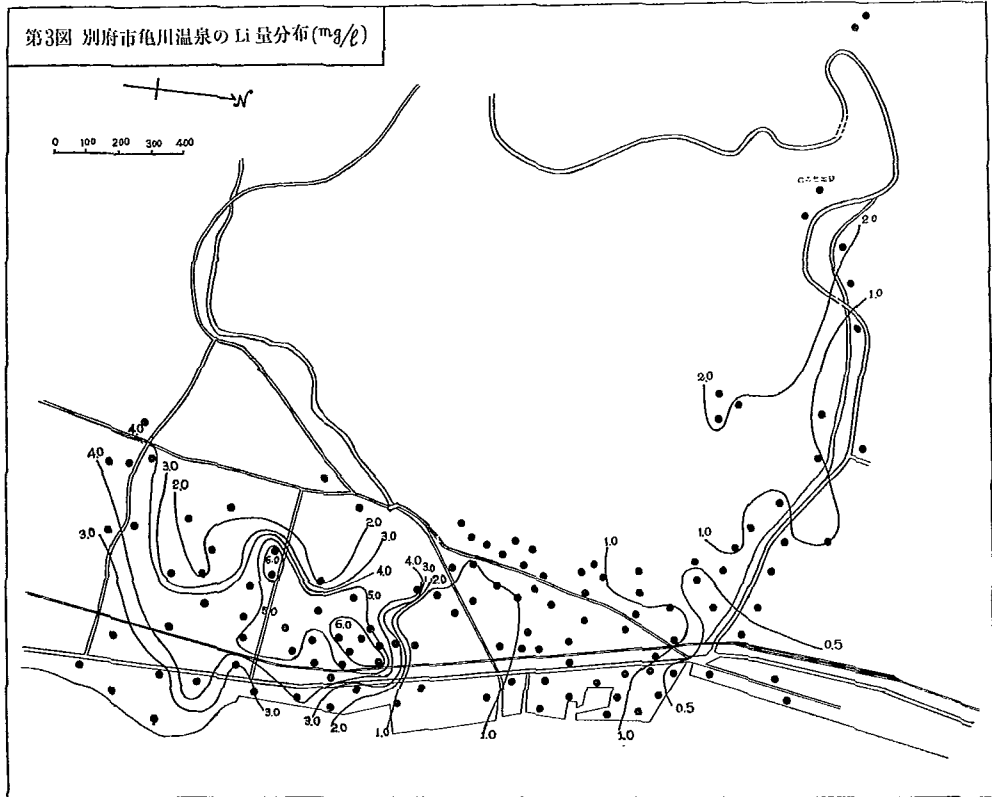
Na⁺K⁺量の分布は図示しないが次に述べるCl⁻量との相関関係からCl⁻量と同様な分布を示すことが推察される。Ca²⁺、Mg²⁺量は中央海岸にある温泉ではCl⁻量と関連があるが、その他の地域では明確な特長は認

められない。

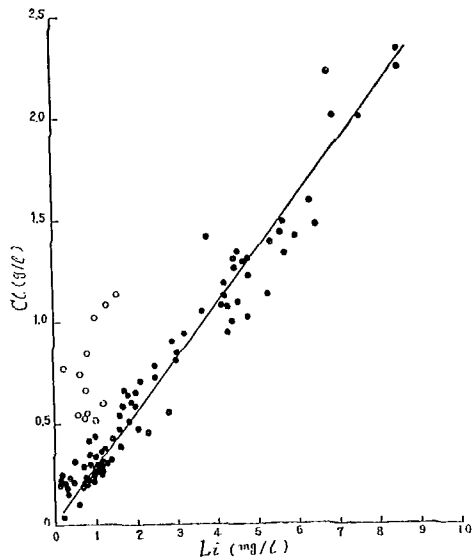
4 化学成分相互間関係

第4図は Li^+ と Cl^- 量との関係ではあるが大部分温泉は Cl^- 量の多い温泉程 Li^+ 量も多く、両者間には略一次

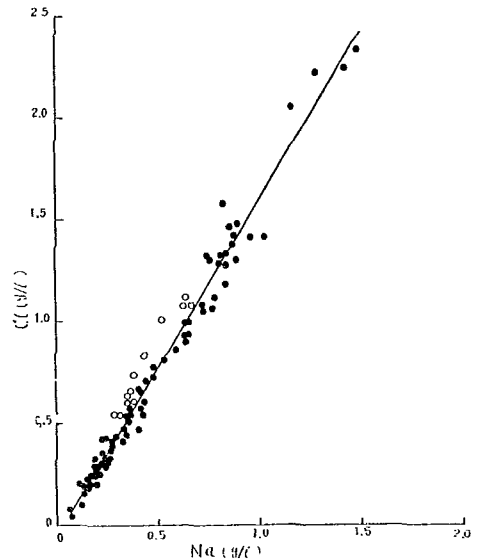
関係が成立する。しかるに一部の温泉(白丸)はこの関係から離れ Cl^- の多い割合に Li^+ は少ない。この温泉は中央海岸部にある温泉で海水の浸入があると見られるものである。この様な関係は両者の Cl^- 源が別系統



第4図 Cl^- と Li^+ との関係



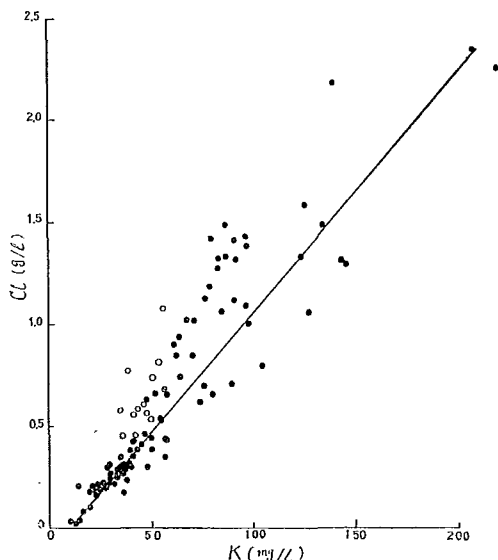
第5図 Cl^- と Na^+ との関係



統であることを示唆している。Cl⁻-Li⁺共に多い温泉は北西部の池地獄、龍巻地獄間欠泉、南部では何れも沸騰泉である。等水頭線による温泉水の流動から見れば両地域は遠く離れていてその間に連絡があるとは思われないが、両地域の高温熱水には共通した化学成分の特性があり、この特性は別府の他の地域の沸騰泉にも見られる⁵⁾。Cl⁻とNa⁺量との関係は第5図の如く亀川温泉全部について略一次関係が成立し、前述のCl⁻-Li⁺量の関係の如き違いは見られない。Na/Cl (重量比)の平均は0.625となり海水より大きい。中央海岸にある海水の混入があると見られる温泉のこの比は全般的に見ると幾分小さいが明確な相違は見られない。

Cl⁻とK⁺量との関係 (第6図) はCl⁻とNa⁺との関

第6図 ClとKとの関係



係と同様に略一次関係が成立するが前述の2つの関係と比較すると幾分乱れている。K⁺はCl⁻、Na⁺、Li⁺と比較して保存的でないことを意味すると思う。

Ca²⁺、Mg²⁺の含有量と他の成分間には明確な関係は認められない。沸騰泉では一般にMg²⁺が著しく少ない特性がある。Cl⁻量が多い温泉でCl源が海水か否かを判別するにはMg²⁺量の大小によっても略推察が出来る。

以上の相関関係並に温泉伏流の流動状態とから亀川

第1表 亀川温泉海水混入率

温泉番号	C ₁ mg/ℓ	C ₂ mg/ℓ	C ₃ mg/ℓ	L ₁ mg/ℓ	L ₂ mg/ℓ	L ₃ mg/ℓ	海水混入率 x (%)	泉 温
254	18.1×10 ³	400	1090	0.16	1.50	1.45	3.9	68.9°C
255	〃	467	1130	〃	1.76	1.70	3.8	67.2

の大部分の温泉はCl⁻ Li⁺ Na⁺ K⁺ を多量に含む高温熱水が伏流の途中において冷地下水と混合し湧出していると推察される。一部中央海岸の温泉ではCl⁻は多いがLi⁺が少なくLi⁺の少ない海水の混入があることは明らかである。しかし温泉水中のLi⁺量は海水と比較して可成多量に含まれ泉温も高いのでCl⁻量の全てが海水起源であるとは思われない。そこでこの地域にある温泉の海水混入率を最も保存的であるCl⁻、Li⁺の含量から求めると

$$L_1 x + L_2 (1 - x) = L_3 \dots \dots (1)$$

$$C_1 x + C_2 (1 - x) = C_3 \dots \dots (2)$$

ここに L₁、C₁ は混入する海水のLi⁺、Cl⁻の含有量

L₂、C₂ は混合する温泉水 〃 〃

L₃、C₃ は湧出する温泉水 〃 〃

x は混入する海水の混合割合である。

上式はL₂、C₂が未知であるからこのままで解けない。しかし第4図で明らかな如く混合する温泉水のLi/Clが一定であるからこの関係により解くことが出来る。その結果

$$C_2 = \frac{R_1 C_1 - L_1}{R_1 - R_2}, \quad L_2 = R_2 C_2 \dots \dots (3)$$

$$x = \frac{C_3 - C_2}{C_1 - C_2} = \frac{L_3 - L_2}{L_1 - L_2} \dots \dots (4)$$

$$\text{ここに } R_1 = \frac{L_3 - L_1}{C_3 - C_1}, \quad R_2 = \frac{L_2}{C_2}$$

上式を用いてこの地域の最もCl⁻量の多い2口について求めた結果を第1表に示す。

上表の如く海水の混入量は僅であるから、混入による泉温の降下は少なく、湧出途中の冷却もあって混入量と泉温との関係は明確でない。

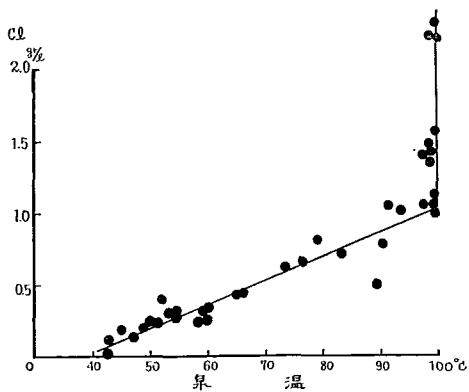
南部の沸騰泉地域は海岸に近く、Cl⁻量が多い。穿掘深度は200~250mであるから温泉水頭が4~6m以下では海水浸入の起る可能性があるが、Cl⁻量に対してLi⁺量が多く、両者の関係から見ればこの地域のCl⁻源は海水でないことは明白である。

5 亀川温泉の原温泉水量

別府旧市内温泉で既に発表したようにこの地域の温泉水は沸騰泉の如きCl⁻-Li⁺-Na⁺-K⁺等の高濃度な原温泉水と地下水との混合であり、成分間の相関関係から原温泉水量と地下水量の混合割合を求めた。亀川温泉も亦旧市内温泉と全く同じ関係が成立する。したがっ

て旧市内同様な方法により両者の混合割合を求めることが出来る。原温泉水の組成をこの地域で最も高濃度の2口の平均を取り地下水は旧市内のものをを用いた。

第7図 Clと泉温との関係



第2表 各水系の組成 (mg/l)

水系	Cl	Li	Na	K	泉温 (°C)
原温泉水	2300	8.50	1460	214	160
地下水	10	0.02	9	1.8	18
亀川平均	620	2.21	390	57.2	56.2

第3表 原温泉水量

算出成分	Cl	Li	Na	K	泉温
原温泉水量(%)	27	27	26	26	26

沸騰泉の湧出温度は97~100°Cであるが地下における熱水の温度は100°C以上の高温である。しかし湧出途中における沸騰によって100°C以上の熱は気化熱として失われて泉温は降下する。亀川の沸騰泉の地下熱水の温度についての実測はないが、自噴井のCl⁻量と湧出温度との関係は第5図の如く、泉温が100°C以下で沸騰泉以外の温泉ではCl⁻量と泉温との間には一次関係が見られるが沸騰泉ではCl⁻量に大きい違いがある福富が静岡県下河津温泉において観測された結果と全く同様な関係であって、この両者の関係から地下の温度の推定を行なった。

地下において温度 θ_0 の熱水が湧出途中で沸騰を起し沸騰泉になったとし、沸騰前後の熱水のCl⁻量を x_0 、 x_1 (mg/l)、沸騰前の熱水1 l 中水蒸気に変じた水の容積をV、熱水の比重比熱及び気化熱をそれぞれ ρ 、C、 ℓ 、とし湧出途中における泉温の冷却を無視すれば近似的に次式が成立する。

$$\rho C \theta_0 = (1 - V) \rho C \cdot 100 + \rho \ell V \left. \begin{matrix} \\ x_0 = (1 - V) x_1 \end{matrix} \right\} \dots\dots(5)$$

沸騰泉でない温泉のCl⁻と泉温との間に次式が成立

するとすると

$$x = A\theta + B \dots\dots(6)$$

ここにxはCl⁻量 (mg/l) θ は泉温、A、Bは定数、(6)式が沸騰前の熱水においても成立するとすれば(5)、(6)式の関係から

$$\theta_0 = \frac{x_1 \ell - B (\ell - 100C)}{A (\ell - 100C) + x_1 C} \dots\dots(7)$$

第5図及び原温泉水のCl⁻量から地下熱水の温度を求めると $\theta_0 = 160^\circ\text{C}$ となる。湧出途中の冷却もあるから原温泉の湿度は160°C以上の高温と推察される。

第2表に示される化学成分並に泉温から亀川温泉の原温泉水量は第3表の如く各成分からの値は略一致する。この量は旧市内温泉と比較して約5%程度多い。

6 結 語

亀川温泉の温泉水頭分布並に化学成分の分布成分相互間の相関関係とからこの温温泉群の水系について考察した結果を要約すると次の如くなる。

- 1、温泉水頭分布から温泉伏流には北東部、中央部、南部の3系統がある。
- 2、Cl⁻、Li⁺の分布状態は北東部海岸における海水浸入のある地域を除いては完全に一致し、又これらのイオンの分布状態は温泉水頭分布から見た伏流の状態ともよく対応する。
- 3、Li⁺Na⁺K⁺Cl⁻量の相互間には一次関係が成立する。したがって亀川温泉の伏流系統は地域的には異なるも原温泉水は同じ化学的組成をもち流下の途中において地下水と混合し湧出している。
- 4、亀川温泉を涵養する原温泉水は別府の他の地域と同じ化学的組成をもつ高温熱水であって、その水量は全量の27%と推測された。

参 考 文 献

- 1) 佐藤光一、矢野行雄 別府市内温泉現況調査 (5) 大分県温泉調査研究会報告 第14号 (昭和38年)
- 2) 後藤巳与治 別府市亀川温泉におけるCl、SO₄²⁻、HCO₃⁻分布に就いて 地球物理 第7巻 第2号 1943
- 3) 軽部末蔵 別府市亀川温泉に就いて 地球物理 第7巻 第2号1943
- 4) 2)と同じ
- 5) K. YAMASHITA

The Chemical Charater of the Boiling Sprigs in the Beppu Hydrothermal Field, Special Contributions of the

Geophysical Institute, Kyoto University,
No. 5 1965

- 6) 山下幸三郎 別府旧市内温泉のLi⁺量の分布と水系について 大分県温泉調査研究会報告
第16号 1965

7) 福富孝治 南伊豆谷津温泉に就て
地震 第8巻第9号 457頁 1936

大分県湯布院町塚原における温泉探査報告

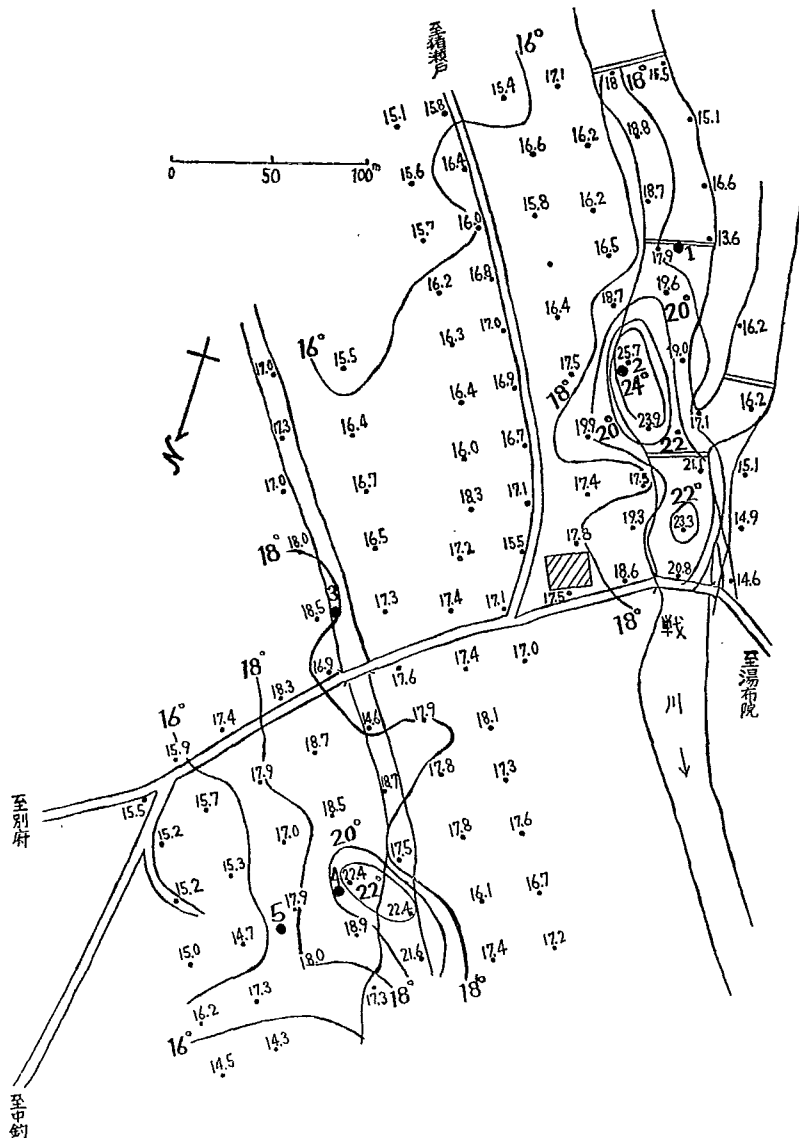
山下 幸三郎

1 緒言

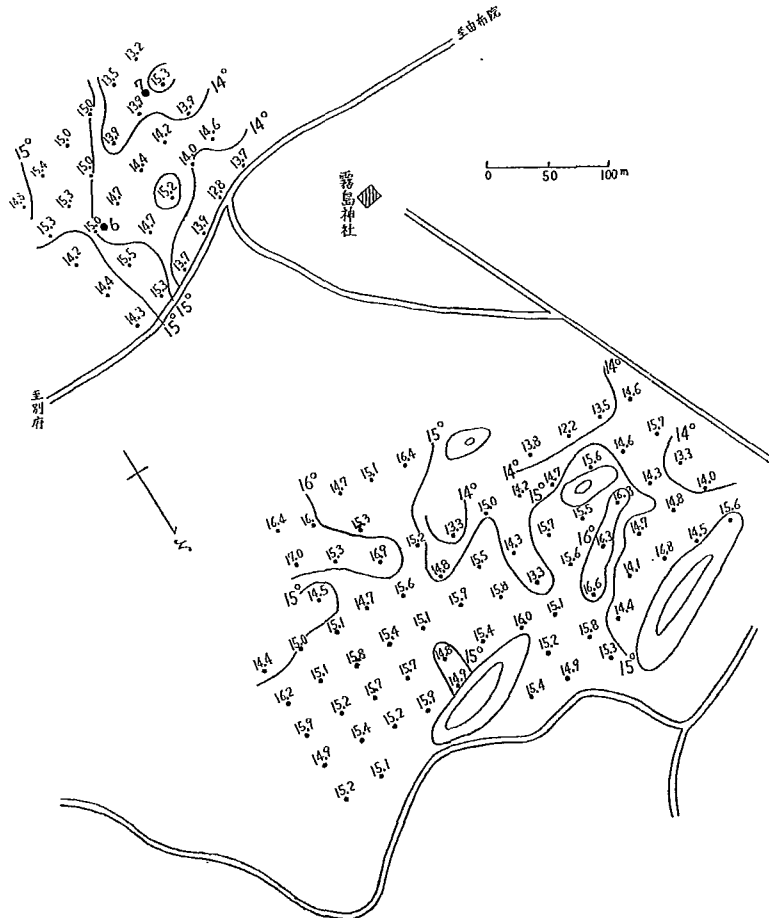
湯布院町塚原は鶴見、由布両山の北麓にある。鶴見山の東麓には別府温泉、由布山の西麓には由布院温泉等強勢な温泉群があるがこの地域には顕著な温泉徴候がなく、交通不便な所であったため温泉開発は未だ行れてない。最も近い所にある温泉は硫黄獄の山腹に自然

噴気孔があり、ここに湯治場として知られている塚原温泉がある。泉質は自然噴気地帯の温泉の特質である硫黄泉である。しかし主要な部落から3軒以上も離れた山間の高所(海拔800m)にあって湯量も豊富ではないので主として治療にのみ利用されている。この地域は高原美の勝れたところであり、近時の観光ブームに

第1図 湯布院町塚原湯河原橋附近地温分布 昭和40.11.13~20調査 地下1m ●採水地点



第2図 湯布院町塚原霧島神社附近地温分布 昭和40.11.20~22測定 地下1m ●採水地点



より交通が漸次改善されるにつれて新しい泉源の開発が望まれるようになった。

この地域に顕著な温泉徴候のないことは地質的な条件によるものと思われるが、全くないわけではない。戦川湯河原橋附近上流には25°Cの温泉が湧出している。その他3ヶ所に温泉徴候の見られる湧泉がある火山地域であっても温泉は地下の高温水が断層や岩石の亀裂を通過して浅部に流出して出来たもので、このような地帯に見られる。調査地の地質は火山岩屑又は扇状地堆積物であり、由布鶴見火山地域の地質学的調査は多くの研究者により可成り詳しく調べられているが、この地域に断層の存在は認められてない。由布鶴見の南麓猪の瀬戸におけるボーリングの結果によれば堆積層の厚さは約200mもあり、この地帯と同じ地形である塚原地域においても同程度の被覆があると予想され、温水の生成機構について詳細な探査は困難である。したがって温泉徴候のある地帯の振りやその方向について調査す

ることとし、その方法として地温調査、電気探査、化学調査等によって行った。

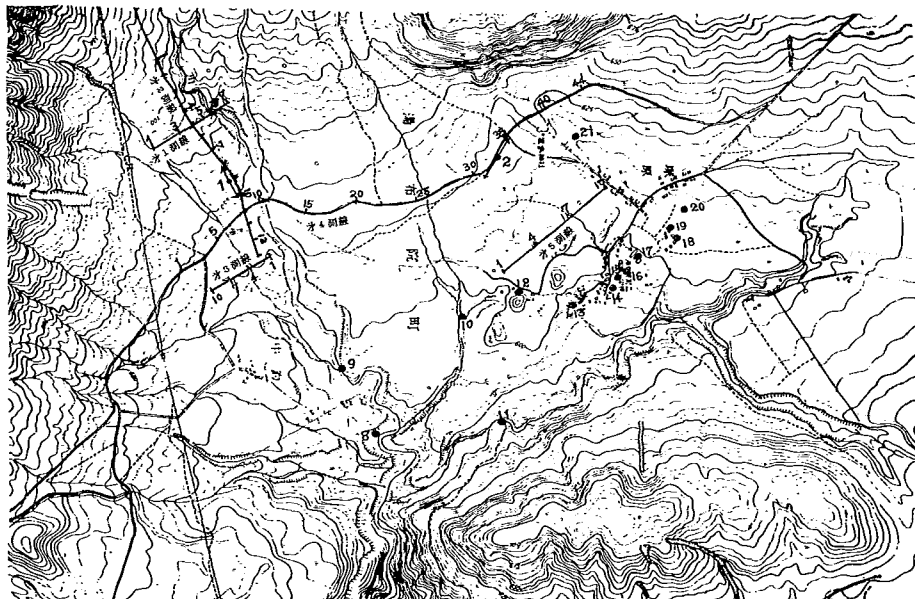
2 地温探査の結果について

地温探査は温泉徴候のある戦川湯河原橋附近と霧島神社附近の2地域について行った。地温探査では一般に行われている地下1mの地温を測定した地下1mの地温は日変化は殆んどないが経日変化があり、地温の分布状態を調べるには測定が長期に亘る場合これが補正をしなければならない。第1、2図は経日変化の補正を行った測定地域における地下1mの地温の水平分布である。図を見ると戦川湯河原橋上流右岸と中約橋下流に高温地帯がある。この地温が地下の高温熱源による異常地温であるか否かを知るには測定期日におけるこの地の正常地温を知らなければならない。しかしこの地の地温実測がないから京大別府研究所における実測値から推定した。

地下1mの地温は経日変化以外に地高、地形、地質

第3図 電気探査測線並採水地点 ←→垂直探査中心及び方向 ●採水地点

●採水地点



日射の長短、地殻の状態によって相違があり、測定地は海拔 650m の高所であるから高度による補正をしなければならない。大分地方気象台と九重町飯田観測所における地温実測値の比較から地温の違いが高度に比例するとすれば100m 高くなる毎に0.46°C低くなる。京大別府研究所での実測値は19.5°Cであり、上記高度の補正を行うと16.5°Cとなり実測地温と比較して略正しい値であると思う。尚上記の如く地温には他の影響もあるからこれらの点を考慮すれば18.0°C以上の高温であれば地下の熱源による異常地温であると推察される。

地温の分布図で戦川の高温地帯及び中釣橋下流の高温地帯は上記温度より更に高く地下熱源による異常地温である。霧島神社附近では上記正常地温に略等しいかそれ以下であり、又纏まった高温地帯はなく地下の熱源による異常地温は認められない。

3 電気探査の結果について

地温調査で見出された異常高温地帯内には高温な湧泉があり、異常高温はこれらの高温水に起因すると考えられ、この温水の地下伏流の深さ、範囲及び方向性について更に精しく確めるため電氣的地下探査を行った。使用計器は横河製L10型大地比抵抗測定器でその測線は第3図に示す。

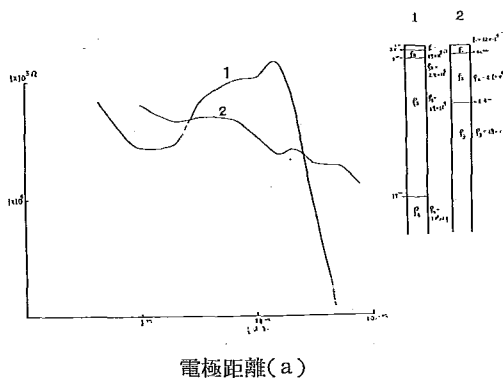
i) 垂直探査

地下の地層の電気抵抗を測定しその層の深さを求める方法である。一般に地下水の滯水層は水を含まない地層と比較して比抵抗は小さく 10^4 オーム以下である。特に電解物質を多量に含む温泉があるときは著しく小

さくなるから、地層の比抵抗値によって温泉水の有無が判別される。

測定は戦川高温地帯と霧島神社裏の2地点でその測定結果は第4図に示す。戦川の地点における測定では表層での比抵抗は 2×10^4 オームを示した。この値は前

第4図 電気探査（垂直探査）

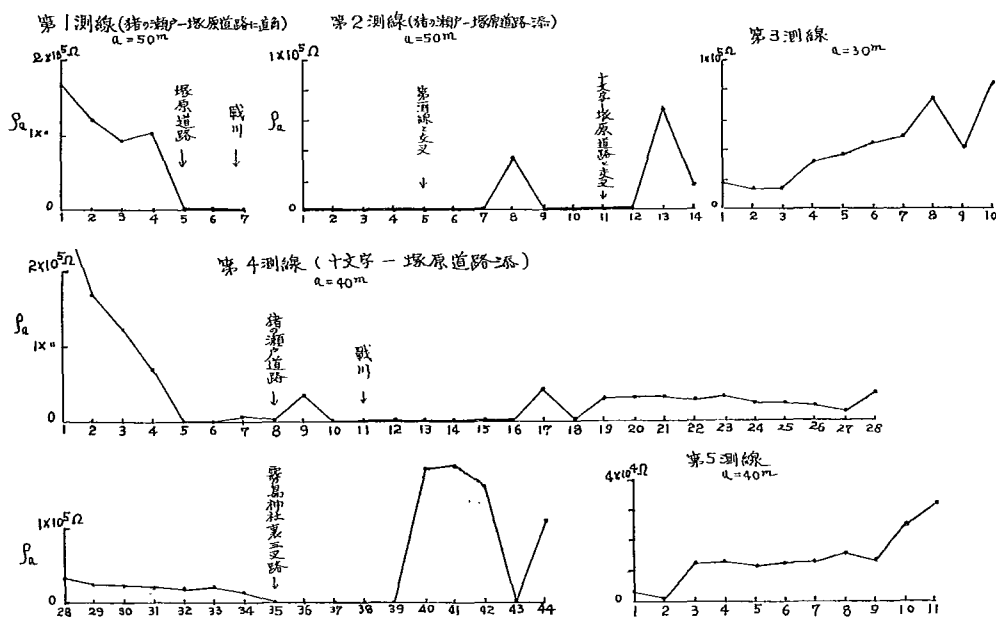


記堆積物層の水を含まない時の比抵抗値と思われる。地下17m 以深では比抵抗値が 10^3 オーム以下となり温泉滯水層の存在が確認された。霧島神社裏では比抵抗値は大きい減少を示さず、測定範囲では 2×10^4 オーム程度にまでしか減少せず、温泉水層の存在は認められない。

ii) 水平探査

地温探査によって地下1mの地温異常の範囲が求められたのであるが、更に深いところでの範囲を調べるた

第5図 電気探査 (水平探査)



め水平探査を行った。電極間隔は垂直探査で求められた。見掛の比抵抗 (ρ_a) の小さくなる距離を用いた。第3図に測線を第5図に測定値を示す。

第1測線では猪の瀬戸〜塚原道路から戦川寄りにおいて $\rho_a \approx 0$ となる。第2測線猪の瀬戸〜塚原迄道路添いでは $\rho_a \approx 0$ で中釣橋下流の高温地帯の下流において ρ_a は大きくなる。第3測線は中釣橋下流の高温地帯を通る測線であるが ρ_a は小さくならない。第4測線は中釣橋から湯河原橋通る約 380m に亘る間 $\rho_a \approx 0$ となり又霧島神社西側にも約 120m 間 $\rho_a \approx 0$ となった。この地帯では高測帯の存在も認められず又この地帯の流水の比抵抗 8,850 オームで $\rho_a \approx 0$ になる程の小さ値ではない。その原因は明確でない。第5測線では ρ_a は小さくならないこの地帯は地温調査でも異常のなかったところである (第2図参照)

以上の探査結果では温泉水の存在範囲は戦川に添った高温地帯でその範囲が広く戦川に添って上流まで存在し中釣橋下流の高温帯とも連絡している。霧島神社附近では地温調査の結果と同様に温泉水の存在を示す徴候は認められなかった。

4 化学的調査

高温地帯内には各所に湧水があり、特に戦川の高温地帯内には多量の湧水があり、高温帯の中心には調査地域で最高の 25°C の湧水がある。中釣部落の川岸には 23°C の多量の湧水があり、湧水地附近には多量の鉄の沈澱がある。これらの湧水及び部落内にある井水の主

要な化学成分について分析し温泉との関連について考察した。

高温地帯の湧水は谷川の水と比較して化学成分の濃度が高く、又水温も冷地下水と比較して高い。

霧島神社裏の地温調査地帯内の湧水や流水、部落内の井水等の化学成分の濃度は薄く又水温も高くない。各成分共に略同じ値を示し温泉水の特質を示していない。

中釣部落川岸に湧出する温泉水は他の高温地帯内の湧水の性質と異なり pH=3.1 と酸性を示した。成分中硫酸根が著しく多量であり、この酸性は硫酸によるものと思われる。このような酸性の温泉は近くには塚原温泉がある。この湧水が塚原温泉の自然噴気地帯で生成された温泉水が地下伏流により流下し湧出していると仮想すれば流下の距離が 2.3km もあって、その間には酸性は失れるであろう。他の温泉地においても一般に酸性の温泉は自然噴気のある高温な地熱地帯及びその周辺においてのみ見出され、この地域を遠ざかると見られない。この様な酸性温泉の存在の様相からすれば湧水地附近は高温な地熱地帯であることが推察せられる。

5 結論

湯布院塚原における温泉探査を行った結果を要約すると次の如くなる。

1. 地温探査の結果戦川湯河原橋上流及び中釣橋下流に地下の高温熱源による地温異常地帯がある。霧島神社

周辺には高温地帯は認められない。

2. 比抵抗法による地下探査の結果から高温水の存在する範囲は高温地帯より広く戦川に添って更に上流まで存在し両高温地帯は連絡している。

3. 高温地帯内の湧水及び流水、井水等の分析から高温地帯内の湧水は水温も高く温泉に関連のある成分を多量に含んでいる。霧島神社裏の湧水、流水、部落内の井戸水等は冷地下水と殆んど変りない。

4. 中釣部落川岸に湧出する水は酸性を示し戦川に湧出

する高温水と別系統でこの地帯の地下高温熱源によって生成されたものと推察される。

5. 以上の結果を総合すれば温泉試掘の有望地として、(1)戦川高温地帯の中央部、(2)中釣部落湧水地附近と推察される。

終りに本調査に協力された京都大学理学部地球物理学研究所友定彰、森忠敬並に塚原部落の方々に厚く感謝する。

第1表 湧水、流水、井水の化学成分

採水点 番号	水・温 °C	pH	Na (mg/l)	K "	Ca "	Mg "	Cl "	HCO ₃ "	SO ₄ "	比抵抗 (オーム)	採水 年月日
1	22.4	6.1	43	7.3	41.4	1.0	22	192	31	2630	昭40 12.2.
2	25.0	6.1	61	10	49.3	3.2	29	251	36	2040	〃
3	21.0	6.4	48	8.5	33.8	5.1	26	209	28	2450	〃
4	20.4	6.3	39	6.5	30.7	2.1	22	166	18	3140	〃
5	13.8	6.3	9.0	2.0	11	1.0	8.8	52	5	9110	〃
6	9.2	7.2	10	1.8	13.8	—	13	62	5	7870	〃
7	10.4	7.2	7.0	1.3	10.6	2.3	6.2	43	4	11300	〃
8	23.0	3.1	48	10	93.5	5.3	22	—	370	910	〃
9	18.8	8.0	98	6.6	24	6.8	18	175	36	2790	昭41 4.16
10	12.3	7.7	5.2	1.4	22.4	1.6	2.8	52	41	5410	〃
11	12.0	7.9	4.2	2.1	26.3	1.9	5.6	37	46	4900	〃
12	11.5	6.8	3.6	3.4	16	0.9	7.7	28	17	7000	〃
13	10.8	6.3	3.6	1.8	23.4	2.9	5.6	22	56	5150	〃
14	12.7	6.5	4.8	3.4	15.1	2.1	7.0	29	62	6700	〃
15	13.2	6.5	4.4	3.0	17.6	1.7	7.7	31	41	6400	〃
16	11.8	6.5	6.8	8.8	13.3	2.9	14	29	—	5650	〃
17	12.0	7.0	10	5.4	12.8	0.5	15	34	18	5920	〃
18	12.2	6.6	4.0	2.7	15.2	0.9	2.8	25	30	7350	〃
19	10.0	6.6	3.2	2.8	11.2	—	6.3	18	17	10400	〃
20	10.8	7.4	3.6	4.0	15.1	0.6	5.6	55	7	8520	〃
21	12.3	7.4	3.6	0.8	13.8	0.9	2.1	30	26	8850	〃

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)

大分大学教育学部 森山善蔵

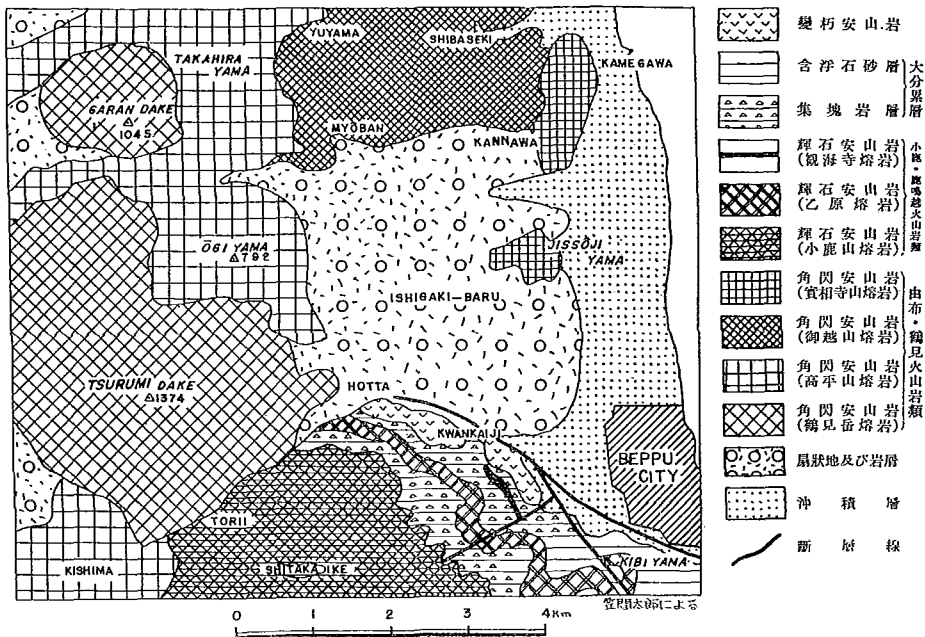
1 緒言

昭和40年度中に別府市内の海岸に近い沖積層地帯でおこなわれた温泉ボーリングの岩芯について引き続き記載する。

今回は南から海門寺公園付近1孔と、他の3孔は春木川川口付近とそれから北に、北石垣の別府大学付近、平田川下流旧国道付近をそれぞれ選定した。

収集した岩芯試料については、それぞれ10~20mの

Fig1 別府市周辺地質図



間隔でプレパラートを作り、検鏡記載、また含有斜長石について浸液法による屈折率の測定をおこなった。

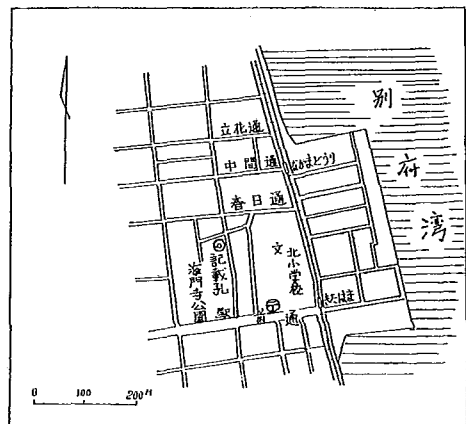
Fig2 児玉医院記載孔の位置

2 岩芯の収集地点

岩芯の収集地点は次の4地点である。

- I...別府市大字別府字仲間851-27=児玉医院
深度 150m
- II...別府市北石垣字四月田1668-4=大興ビル
〃 300m
- III...別府市松原町10番の4=矢野三男氏
〃 250m
- IV...別府市大字亀川字天神町2314=加藤佐市氏
〃 217m

以上の記載孔のうちI孔とII孔の間隔は北に3km、II孔とIII孔の間隔はさらに北に1km、IV孔はさらに1kmである。別府市周縁の地質については笠間太郎氏の調査による地質図を掲げる。



3 岩 芯 の 記 載

I 別府市海門寺公園付近

温泉孔=児玉医院 (児玉嘉生外6名) 共有孔

(第2772号) 昭和40年8月

位 置=別府市大字別府字仲間 851-27

深 度= 150m (許可深度 150m、口径50mm)

種 類=温泉。孔底温度65°、揚湯温度63°

揚湯量=54ℓ/m 5H

地 質=本地域は既存の地質図から見ると沖積層地帯にあたるが、地下においては扇状地の堆積物からできており、柱状図によると岩相は2mまで表土、83mまで砂層(含礫)、以下孔底まで集塊岩となっている。

Tob.1 海門寺付近の岩芯の記載 (a)

深度(m)	温度(地中) m	色	岩 相	記載	岩 石 名	斜 長 石 類	
						屈 折 率 (n ₁)	An %
0 ~ 2			表 土				
2 ~ 13.5			砂 層				
14.2			〃				
35	(一部淡黄)	灰	〃	○	角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
40		灰	〃	◎	角閃石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
60		灰	〃	○	角閃石安山岩	1.5468<<1.5480	38<<40
70~ 88	43°(83)	濃黒灰	(被変質) 集塊岩	○	両輝石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
90		灰 白	(被変質)	○	角閃石安山岩		
90~100		黒 灰	(被変質)	○	含角閃石、両輝石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
126	54°(110)	黒 灰	集塊岩	○	含石英、単斜輝石安山岩	1.5621<<1.5632	65<<67
135		黒 灰	〃	◎	両輝石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
142		黒 灰	〃	○	単斜輝石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
150	65°(150)		〃				

註 記載の項で○印のあるものはプレパレート の製作ならびに記載をおこなったもの、また◎印のあるものは顕微鏡写真をも添付せるもの、以下同様。

Tab. 2 海門寺付近の岩芯の記載 (b)

深度(m)	岩 石 名	検 鏡 記 載
35	角閃石安山岩	斑状組織、3mm以下の斜長石が累帯構造や各種の双晶をなして含まれている。角閃石は2mm以下ほとんど黒色のマグネタイトからなり、ポイキリチックに0.1mm以下の斜長石を含むものがある。これらオパサイト化した角閃石は微細なものまであり量が多い。輝石は単斜輝石でオパサイト縁があり、0.1mm前後で双晶をなすものがある。石基は玻璃質。
40	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は4~5mm以下で、大型のものがある。一部は粘土化している。角閃石は1mm以下で輝石と磁鉄鉱に分解したオパサイドからなる。石基は微斑晶質で、0.3mm程度の石英や鱗珪石の微細なものがみとめられる。輝石は斑晶程度のもではなく、微斑晶以下の小さいもので単斜輝石からなる。
60	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は3~4mm程度から微細なものまでである。角閃石はオパサイト化しており、単斜輝石と磁鉄鉱に分解したものと、磁鉄鉱のみからなるものと二種がある。石基は微斑晶質で、単斜輝石の微斑晶を含み斜方輝石はほとんどみられない。
70~ 88	両輝石安山岩 (被変質)	斑状組織、斜長石は3mm以下で破碎をうけたものが多く、累帯構造にもいくらか垂がみられる。輝石は両輝石が聚斑晶状を呈し、単斜輝石の方が大きく1.5mm程度のももある。単斜輝石のまわりに磁鉄鉱が熔蝕付着しているものがある、緑泥石と方解石脈が認められる。変質をうけたものと思われる。

90	角閃石安山岩 (被変質)	斑状組織、斜長石はいくらか破碎をうけている。角閃石は2~3mmの細長いもので、磁鉄鉱と輝石からなるオパサイトにかわっている。輝石類は1mm以上の大型の紫蘇輝石が含まれる。石基は微斑晶質で両輝石の微斑晶がみとめられ、少量の方解石が不定形にはいつてくる。いくらか変質をうけたものと思われる。
90~100	含角閃石、両輝石・安山岩 (被変質)	斑状組織、斜長石は1~1.5mmと小型で、表面は粘土化をうけているが、外形は変っていない。角閃石は1.5mm以下で、オパサイト縁で囲まれている。両輝石の斑晶があり、単斜輝石の方が大きく量も多い。石基は玻璃質で酸化鉄により赤褐色に着色されている。微斑晶程度の磁鉄鉱が多く含まれる。明らかに変質をうけている。
126	含石英、単斜輝石・角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2mm以下で、自形結晶多し。角閃石は輝石と磁鉄鉱からなるオパサイトにかわっている、中心部はとくに黒い。輝石類は単斜輝石が多く、0.5mm以下の微斑晶程度のものが聚斑晶状をなしている。石基は微斑晶質で紫蘇輝石もみられる。少量の石英を含む。
135	両輝石安山岩	斑状組織、斜長石は2mm以下と小型であり、外形がいくらか破碎され、また表面も粘土化によりよごれている。角閃石はなく、輝石は両輝石が含まれ、単斜輝石は2mm程度もあり量も多い。紫蘇輝石は0.5mm以下で量は少ない。石基は玻璃質で淡褐色の等方体が一面に散らばっている。
142	単斜輝石安山岩	斑状組織、斜長石は1mm以下と小形、角閃石はなく、単斜輝石は葉片双晶をなすものあり、1mm程度の大きさのものがある。斜方輝石は0.3mm以下の微斑晶としてみとめられる。石基は玻璃質で隠微晶質なものみられる。変質はほとんどうけていない。

記載結果

海門寺温泉脈にあたる部分として選んだものであるが、60mまでの岩石は灰色の角閃石安山岩からできており、70mから以下の岩石は大部分が黒灰色の輝石安山岩と呼ぶべきものである。即ち角閃石系の岩石と輝石系の岩石の区別が存在することが認められるが、ここでは中間帯のようなものがあるかもしれない。従来の調査では、上のクヱブでは角閃石系と輝石系の境界は100m、富士見通りで110m、南石垣農協前では140mであり、南にゆくほど浅くなる傾向がある。

また70~100mの間の岩芯には緑泥石や方解石、赤鉄鉱などの鉱物が二次的に交代生成するなど明らかに熱水の変質作用をうけている。なお、126m以下、最終深度142mまでの岩芯にはこのような変質作用が認められない。

II 別府市春木川川口付近

温泉孔=大興ビル(第3080号)昭和40年12月

位置=別府市北石垣四月田1.668-4

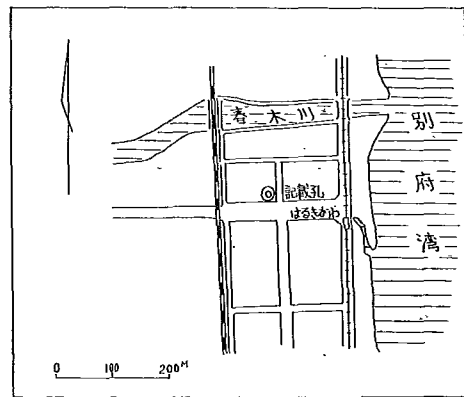
深度=300m(許可深度350m、口径50mm)

種類=温泉。孔底温度55°、揚湯温度52°

揚湯量=90ℓ/m 5HP

地質=全前

Fig. 3 大興ビル記載孔の位置



Tab. 3 春木川川口付近の岩芯の記載 (a)

深度(m)	温度(地中) ^m	色	岩相	記載	岩石名	斜長石類	
						屈折率(n _D)	An %
0~2			表土				
47		灰	砂礫層	○	角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
80~90		淡灰褐	砂層	○	含単斜輝石、酸化角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
100		灰	火山灰層		植物化石含有(炭化)		
175		淡褐+灰	砂層	◎	酸化角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
185			砂礫層				
200		灰緑	A //	○	斜方輝石、角閃石安山岩	1.5530<<1.5559	47<<52

200	黒灰	B 〃 —213—	◎	酸化角閃石安山岩 (捕獲岩)	1.5480<<1.5498	40<<43
216	淡灰褐	砂層	○	含単斜輝石、角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
230	灰	〃	○	含斜方輝石、角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
250	黒灰	A 〃	○	含石英、酸化角閃石安山岩 (捕獲岩)	1.5480<<1.5498	40<<43
250	灰	B 〃 —251—	○	含両輝石、石英角閃石安山岩 (全上マトリックス)	1.5480<<1.5498	40<<43
260	淡灰褐	砂礫層	○	含両輝石、酸化角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
270	黒褐	〃 (被変質)	◎	含石英、角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
280~300	55°(300) 淡緑灰	〃 (被変質)	○	含斜方輝石、角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43

Tab 4 春木川川口付近の岩芯の記載 (b)

深度(m)	岩石名	検鏡記載
47	角閃石安山岩	斑状組織、3mm以下の斜長石が累帯構造や各種の双晶をなして含まれる。以下の斜長石については同様の構造がみられる。角閃石は2.5mm以下、大部分オパサイト化しているが、ほとんど黒色(磁鉄鉱)化したものと、磁鉄鉱と輝石の微粒とが混合したものと、それらの中心部に角閃石が残留しているものがある。石基は微斑晶質で微斑晶程度の斜方輝石が相当量含まれる。
80~90	含斜方輝石、酸化角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は4~5mm以下、角閃石はすべて酸化角閃石からなり、オパサイト縁をもち、また大きさ0.5mm前後より小さいものが多い。またわずかながら黒色化したものもある。斜方輝石には1mm程度のものがある。石基は微斑晶質で流理構造がみられる。
175	酸化角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は5~6mmと大型のものがある。角閃石はほとんど黒色のオパサイト化をうけ、わずかに中心部に酸化角閃石が残留、斜方輝石の斑晶少量、石基には両輝石が含まれるが、単斜輝石は少量で石基の構造は微斑晶質。
200(A)	斜方輝石角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2.5mm以下で表面は粘土化しているものがあり、縁辺部や裂開に沿って特に粘土化がはげしい。角閃石はほとんど輝石と磁鉄鉱の集合物からなるものが多い。5mm以下で量多く、全く黒色化したものもある。斜方輝石は1mm程度のものがみられる。石基は微斑晶程度の単斜輝石が多数あり、双晶をなすものが多い。斜方輝石も多く含まれる。
200(B)	酸化角閃石安山岩 (捕獲岩)	斑状組織、斜長石は3mm程度のものであるが、量が少ない。縁辺部が粘土化をうけている。また表面全体に粘土化がはげしい。累帯構造やアルバイト双晶も多い。角閃石は酸化角閃石で赤褐色、0.5mm程度のものが多い。オパサイト化して単斜輝石の多いものになっている。石基は微斑晶質で Xenolith に共通しているように結晶度が高い。また斑晶は比較的細粒である。石基の鉱物は微斑晶程度の単斜輝石や細粒の両輝石、磁鉄鉱があり、石英も少量含まれる。
216	含単斜輝石、角閃石安山岩	斑状組織、斜長石2~3mm、角閃石はオパサイト化している。黒色化したものと、単斜輝石微粒の含まれるものがある。斜方輝石はなく、1mm程度の単斜輝石が含まれる。石基は半玻璃質で、黒色オパサイトの微粒多し。
230	含斜方輝石、角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は3~4mm以下、角閃石はオパサイト化したものと、オパサイト縁をもつものとのある。また双晶したものもある。斜方輝石は長柱状の0.6mm以下のもので少量、単斜輝石は粒状または長柱状で微斑晶に近いものである。石基は半玻璃質で角閃石の分解によって生じたと思われる単斜輝石が多い。
250(A)	含石英、角閃石安山岩 (捕獲岩)	細粒斑状組織、全体に結晶度高く、斜長石は1~2mm程度の長柱状の斜長石多し、角閃石は酸化角閃石でほとんどオパサイト化されて黒色化するが、磁鉄鉱と単斜輝石の集合物からなるオパサイトになっている。石英は1~0.5mmのものも5~6個みられる。緑泥石が、縁辺部に生じている。石基は微斑晶質で玻璃質の部分に淡褐色の等方体が散らばっている。
250(B)	含両輝石・石英、角閃石安山岩 (全上マトリックス)	斑状組織、斜長石は大型で5mm程度のものである。角閃石は磁鉄鉱と輝石からなるオパサイトである。斜方輝石は1mm前後だが少量、単斜輝石は0.5mm程度から以下のものが多く、双晶をなす。石英も少量含まれる。石基は微斑晶質で単斜輝石の微斑晶が多い。
260	含両輝石、酸化角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は前者同様大型、酸化角閃石の巨晶あり、5mm程度のものも多く含まれる。小さいものは黒色の磁鉄鉱になったものもある。両輝石は0.5mm前後で少量、石基は玻璃質。

270	含石英、角閃石 安山岩 (被変質)	斑状組織、変質をうけている。斜長石は4~5mmでいくらか破碎されている。角閃石は黒色化され輝石類は見当たらない。石英は1mm前後で丸っこい。赤褐色に色付いた脈状部があり、赤鉄鉱と思われる。石基は玻璃質で同心多角形の緑泥石を伴う。
280~300	含斜方輝石、角 閃石安山岩 (被変質)	斑状組織、変質をいくらかうけている。斜長石は大型で5mm程度のものもある。角閃石はオパサイト化をうけておらず、斜方輝石は少量含まれる。石基は玻璃質で、微斑晶質の単斜輝石が少量あり、緑泥石が認められる。

記載結果

春水川右岸の川口に近い部分に掘鑿されたもので、Tab. 3 の岩相の項にみられるように砂層または火山灰層と砂礫層の互層からなっているようである。

特に河川の近くであり、上流からの新期の流入物も上部には多いと思われるが、上部の方ではこれら川原の砂礫が小型であったためか岩芯の採集がほとんどなされていない。

100m 付近の火山灰層は灰色・軟質で、炭化した植物の化石が含まれている。恐らく禾本科の多年生草本「ヨシ」の類と思われる。

採集岩芯は最終深度まで角閃石安山岩のみからなり含有斜長石類の屈折率はどの岩芯のものも大差なく、Andesine からできている。角閃石類はオパサイトの他、酸化角閃石からなるものが多く、また 200m B、250m B、270m などに小型の石英がみられた。200m B と 250m A とはそれぞれ捕獲岩で、鏡下でも組織が細粒緻密で結晶質であるが、250m の試料では 250 B は 250m A のマトリックスにあたるが、両者ともに斜長石の屈折率も全く等しく同源のものと考えられる。

最下底に近い 270m 以下の岩芯には熱水変質によって生成されたとみられる鉱物があり、熱水変質をうけたものと思われる。

III 別府市北石垣 (別府大学付近)

温泉孔 = 矢野三男 (第2950号) 昭和40年12月

位置 = 別府市松原町10番の4

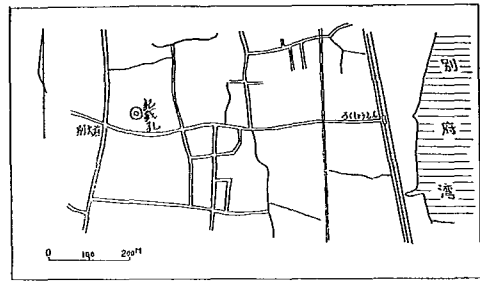
深度 = 200m (許可深度250m、口径38mm)

種類 = 温泉。孔底温泉79°、揚湯温度67°

揚湯量 54 l / m 5 P

地質 = 全前

Fig 4 矢野氏宅記載孔の位置



Tab. 5 北石垣 (別府大学付近) の岩芯の記載 (a)

深度(m)	温度(地中)	色	岩相	記載	岩石名	斜長石類	
						屈折率 (n ₁)	An %
0~1			表土				
10		灰	砂礫層	○	含石英、角閃石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
20		灰	〃	◎	角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
30		灰白	〃	◎	石英・酸化角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
40		灰	〃	◎	含黒雲母、角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
50		灰	〃	○	両輝石・角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
70		黒灰	〃	○	両輝石・角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
80		黒灰	〃	○	角閃石安山岩	1.5480<<1.5498	40<<43
90		灰	〃				
100	42°(100)	灰	〃	○	斜方輝石・酸化角閃石安山岩	1.5507<<1.5530	45<<47
120	53°(130) 66°(155)	灰	〃	◎	斜方輝石・球類角閃石、安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
160	70°(160)	灰	砂礫+粘土互層	○	角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
170		灰	〃 (被変質)	◎	含石英・方解石、角閃石安山岩	1.3498<<1.5507	43<<45

180		灰	〃 (被変質)	○	角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
195		黒灰	〃 (被変質)	○	角閃石安山岩	1.5498<<1.5507	43<<45
200	79°(200)		〃				

Tab 6 北石垣(別府大学付近)の岩芯の記載 (b)

深度(m)	岩石名	検鏡記載
10	含石英・角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は5mmにおよぶ大型斜長石よりなり自形、角閃石はオパサイト化されたものとされていないものがある。オパサイト化されたものは磁鉄鉱化がはげしい。角閃石は2.5mm程度から以下でオパサイト縁ができているものもある。斜方輝石単斜輝石は微斑晶程度で斜方輝石のあるものは角閃石中にポイキリチックに出る。石英の斑晶や黒雲母の微斑晶がみられる。石基は微斑晶質。
20	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2mm以下で小型・自形。角閃石は2~3mmで、磁鉄鉱と輝石からなるオパサイトになったものを含む。両輝石の微斑晶を含むが、単斜輝石の方が多い。粒状の石英微斑晶を僅か含む。石基は微斑晶質で、0.1mm前後の両輝石が多く、単斜輝石の方が優勢。
30	石英・酸化角閃石安山岩	斑状組織、大型の斜長石5~6mmのものがあ、岩石も灰白色で特異な感じのもの。角閃石は酸化角閃石3~4mmの大型のものからなる。石英は1~0.5mm程度のもが4~5個。また斜方輝石は微斑晶程度のもので古銅輝石と紫蘇輝石とがみられる。石基は半玻璃質で隠微晶質なものが多い。
40	含黒雲母・角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は4mm以下比較的破碎されている。角閃石はオパサイト化を全くうけていない普通角閃石。輝石は微斑晶程度の紫蘇輝石からなり、単斜輝石はない。黒雲母は1mm程度のもがみられた。石基は玻璃質。
50	両輝石・角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は3~4mmの自形のもので一部粘土化がみられる。角閃石は一部オパサイト化をうけている。輝石は両輝石を含み、0.5mm程度のもが聚斑晶状を呈する。橄欖石の微粒がある。石基は微斑晶質。
70	両輝石・角閃石安山岩	斑状組織、斜長石、角閃石、輝石および石基については、前者と同様なものと思われる。
80	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2mm前後、一部粘土化。角閃石は小型で1mm前後以下、黒色のオパサイトに変わったもの。斜方輝石は紫蘇輝石で0.2~0.3mmで少量。石基は微斑晶質で単斜輝石の微細なものが多い。また磁鉄鉱の微粒が多く、岩石全体が黒灰色になっている。
100	斜方輝石・酸化角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2~3mm自形結晶。酸化角閃石は4mmにも及ぶ大型のもので多数ある。紫蘇輝石は1mm程度の大型のもの、石基は半玻璃質で微斑晶程度のも少量あり。
120	含斜方輝石・球顆角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2~3mmで自形。角閃石はオパサイト化されていない。紫蘇輝石は0.5mmのものを少量含む。球顆は玻璃質で0.7~0.8mm、放射状の褐色球体、十字ニコル下では黒色。石基は玻璃質。
160	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は2~3mm、外形はいくらか破碎されている。角閃石は半分以上がオパサイト化されている。輝石類はない。石基は玻璃質。
170	含石英・方解石、角閃石安山岩(被変質)	斑状組織、斜長石は2~3mm、外縁部が破碎されている。変質をしているためか、角閃石は0.3~0.5mm程度の黒色磁鉄鉱と変っている。紫蘇輝石は長柱状で、0.2mm程度のものでわずかに紫蘇輝石とわかるもの。石英は0.5mm程度5~6個。方解石は0.2~0.5mmのもので二次的な脈状不定形。石基は玻璃質。
180	含方解石・角閃石安山岩(被変質)	斑状組織、岩石全体が熱水液の影響をうけたとみられる。斜長石は2~3mm破碎されている。また粘土化がみられる。角閃石は0.5mmと小型で磁鉄鉱化して黒色。方解石が多く、角閃石や斜長石を交代して仮像を残している。石基は鉱物が分解して玻璃質にみえる。
195	角閃石安山岩(被変質)	斑状組織、斜長石は破碎されている。岩石は前者同様熱水の影響をうけている。角閃石は5mm前後と大きく、ほとんど黒色のオパサイトになり、大型のオパサイト中にポイキリチックに斜長石が含まれている。0.2mm程度の石英をわずかに含む。石基は半玻璃質で隠微晶質の石基鉱物を含む。

記載結果

別府大学付近の岩芯であるが、最終深度 200mまで角閃石安山岩で、斜長石は大差なくAn%40~47でAndesineからなる。岩芯中には黒雲母や石英が含まれることがあり、角閃石や酸化角閃石のほかまれに玻璃質の球顆が含まれる。30mの岩芯は灰白色で粗粒の斑晶からなり、古銅輝石を含んでおり、他の岩芯とは相当に趣を異にするが、唯一のものであり、原産地を明らかにしたいものである。熱水の変質作用は 170m以下の深い部分のものに見出される。

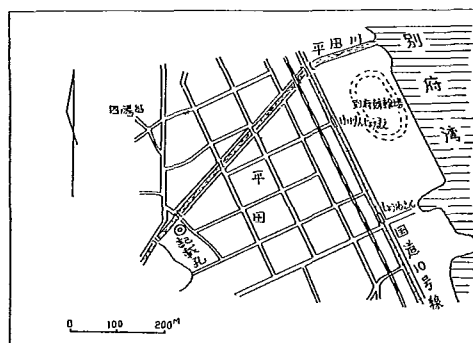
VI 別府市平田川下流旧国道付近

温泉孔=加藤佐市 (第3053号) 昭和40年12月
 位置=別府市大字亀川字天神町2314
 深度=217m (許可深度220m、口径38mm)
 種類=温泉。孔底温度100° 揚湯温度85°

揚湯量=36 l / m 3 IP

地質=全前

Fig 5 加藤氏宅記載孔の位置



Tab. 7 平田川下流旧国道付近の岩芯の記載 (a)

深度(m)	温度(地中) ^m	色	岩相	記載	岩石名	斜長石類	
						屈折率(n _d)	An %
0~20		黒及赤	表土 —20—				
20~27		淡紅灰	砂礫	○	角閃石安山岩 (捕獲岩)	1.5480	40<<43
30~40		淡紅灰	〃	○	角閃石安山岩	1.5507	45<<47
50~60		淡灰白	〃	◎	角閃石安山岩	1.5498	43<<47
70~80		淡灰	〃	◎	酸化角閃石・球顆安山岩	1.5498	43<<47
87		淡灰	熔岩 —80—	○	酸化角閃石・球顆安山岩	1.5480	40<<45
105		淡灰	〃	○	角閃石・球顆安山岩	1.5498	43<<45
127	45°(120)	灰	〃	○	角閃石・酸化角閃石球顆安山岩	1.5480	40<<43
146		灰	〃	○	含両輝石・酸化角閃石球顆安山岩	1.5498	43<<45
157	50°(150)	灰	〃 (被変質)	○	酸化角閃石・球顆安山岩	1.5498	43<<45
167	70°(170)	灰	熔岩	○	含石英、角閃石安山岩	1.5498	43<<45
171	90°(180)	淡緑灰	〃 (被変質)	◎	角閃石安山岩	1.5498	43<<45
200		淡紅灰	〃 (被変質)	○	角閃石安山岩	1.5480	40<<43
215		灰白	砂+小石 —200— —210—	○	角閃石安山岩	1.5480	40<<43
217	100°(217)	淡紅灰	粘土盤				

Tab. 8 平田川下流旧国道付近の岩芯の記載 (b)

深度(m)	岩石名	検鏡記載
20~27	角閃石安山岩 (捕獲岩)	斑状組織、斜長石は自形、内部は粘土化している。捕獲岩であるため、斜長石や他の有色鉱物もやや組織が小さく長柱状のものが多い。角閃石は外形のみ残留し、橙黄色の単斜輝石(?)の微粒と磁鉄鉱の集合物になっている。磁鉄鉱は長柱状のものが多い。微斑晶質石基からなり、druseに磷珪石を含む。
30~40	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は自形で3~5mmの大型結晶、角閃石は量が多く、オパサイト化している。4mm以下のものである。輝石は微斑晶質の単斜輝石少量、石基は微斑晶質。
50~60	角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は自形で3mm以下、角閃石は3mm以下の美麗なもので、劈開や干渉色等鮮か、微斑晶質の石英および単斜輝石微粒を含む。石基は完玻璃質。
70~80	酸化角閃石・球類安山岩	斑状組織、斜長石は2mmより小さいもので酸化角閃石多数含む。石基は玻璃質で0.3mm以下の両輝石をわずかに含む。また1mm以下の球類(玻璃質)を多量に含む。
87	酸化角閃石・球類安山岩	斑状組織、前者同様な斜長石で内部は粘土化がみられる。角閃石は量が多く3~4mm以下でオパサイト縁をもっている。両輝石を含み、微斑晶程度の大きさ、石基は完玻璃質で、玻璃質の球類は前者より大型で二重リング構造がみられる。球類の直径は1mmに達する。
105	角閃石・球類安山岩	斑状組織、斜長石は2mm前後以下のもの、角閃石は外形が破碎されたものが多く、1mm以下で小型、両輝石の微斑晶が含まれる。隠微晶質な石基中に玻璃質な球類が含まれる。
127	角閃石・酸化角閃石・球類安山岩	斑状組織、斜長石は3~4mmと大型のものがあり、酸化角閃石は4mm以下と大きく量も多い。角閃石は2mm以下で小型少量、オパサイト縁をもつものや輝石と磁鉄鉱の集合物にかわったものがある。輝石は両輝石が含まれるが斜方輝石は0.3mm以下のものが多い。単斜輝石は0.2mmといくらか小型で量も少ない。石基は玻璃質で球類を含み、微細なジルコンや磷灰石がみられる。普通角閃石と酸化角閃石の混在に注意。
146	含両輝石、酸化角閃石・球類安山岩	斑状組織、斜長石は3mm以下で自形結晶、酸化角閃石は4mm以下のものである。一部のものは全く磁鉄鉱化したものもある。輝石は両輝石0.5~0.7mm程度のものが、それぞれ少量で、聚斑晶を示すことがある。石基は玻璃質で、平行ニコルで淡褐色であり、部分的に球類ができています。
157	酸化角閃石・球類安山岩 (被変質)	斑状組織、岩石はいくらか熱水作用をうけていると思われる。斜長石は4~5mm、角閃石は4~5mmの大型のもので、酸化角閃石、一部オパサイト化をうけ、オパサイト縁ができています。また、酸化角閃石の一部は緑泥石化している。輝石は斜方輝石の微斑晶をわずかに含む。方解石は細脈状で不定形にはいつている。石英は0.2mm程度のもの少量。石基は完玻璃質で黒褐色を呈する中に球類ができています。
167	含石英、角閃石安山岩	斑状組織、斜長石は3~4mm。角閃石は2~3mmの普通角閃石、2~3mmのもので一部にオパサイト縁ができています。斜方輝石で0.6~0.7mmであり、わずかに含まれる。微斑晶程度の単斜輝石も含まれている。石英は斑晶程度のものを少量含む。石基は玻璃質で十字ニコルで隠微晶質なものがみられる。
171	角閃石安山岩 (被変質)	斑状組織、斜長石は4~5mmの大型のものを含むが破碎されている。角閃石は含んどうが酸化鉄(赤鉄鉱)化していて、別に赤鉄鉱からなる脈状鉱物ができています。また一部に緑泥石がみられ、斜長石中に0.5mm程度の絹雲母を生じている。絹雲母は二次的な生成物と思われる。石基は玻璃質。岩石は明らかに熱水変質をうけている。
200	角閃石安山岩 (被変質)	斑状組織、斜長石は4~5mmの大型のものを含み、破碎されている。また内部は粘土化をうけている。角閃石はすべて黒色または赤黒色の赤鉄鉱にかわっている、またひどく破損されている。単斜輝石は0.1mm程度の黄褐色の微晶少量。
215	角閃石安山岩	斑状組織、灰白色で固結度悪く、プレパラートの製作不能、肉眼にては角閃石2~3mmのものが点在し、熱水作用により、漂白されたものとみられる。

記載結果

平田川の右岸に掘獲されたもので、Tab. 7の岩相の項によれば80m以深は熔岩となっている。岩芯の記載結果からみると、70~157mの間の岩芯にはすべての石基中に玻璃質の球類が含まれており、一連の熔岩からなるものであろう。167m以下の岩芯には球類にはみられない。

斜長石の屈折率は球類を含むと含まないに抱らず大差なくAn%は40~47の間で、Andesineからなる

157m以下の岩芯には明らかに熱水変質が認められる。

また171mの岩芯からは斜長石中に斜長石から変わったと思われる絹雲母が認められた。

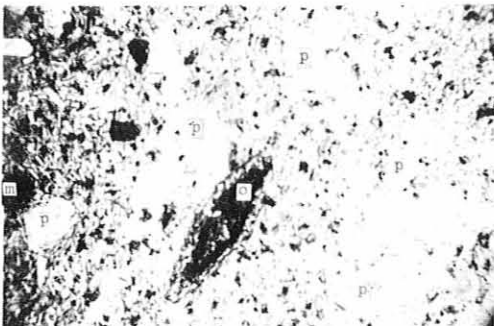
4 記載鉱物

本地域において検鏡下にみられる造岩鉱物は普通の中性火山岩に見出されるものであるが、その他に温泉の熱水液により二次的に変質生成したものが含まれている。

なお鉱物粒の大きさは0.5mm以上のものを斑晶(

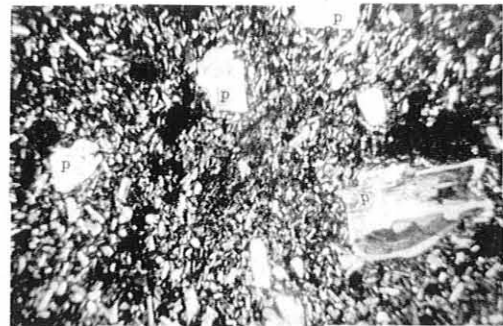
岩 芯 の 顕 微 鏡 写 真

記号	鉱物名	
p	斜長石	(plagioclase)
h	角閃石	(hornblende)
oh	酸化角閃石	(oxi-hornblende)
o	オパサイト	(opacite)
hy	紫蘇輝石	(hypersthene)
a	普通輝石	(augite)
q	石英	(quartz)
b	黒雲母	(biotite)
c	方解石	(calcite)
s	球 顆	(spherulite)
m	磁鉄鉱	(magnetite)
he	赤鉄鉱	(hematite)
ch	緑泥石	(chlorite)
cav	空 隙	(cavity)

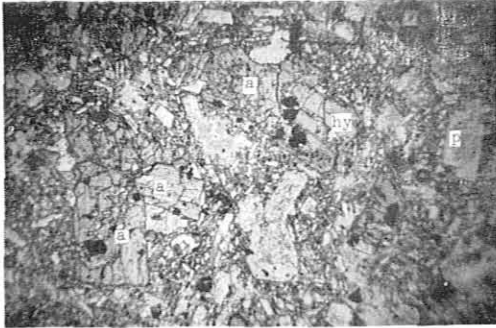


A、海門寺付近の岩芯 (-40m)
(Hornblende Andesite)
(=) nicol..... ×15

中央のオパサイトは磁鉄鉱と単斜輝石の微晶
集合物よりなる。右下の斜長石は累帯的粘土
化の構造がみられる。

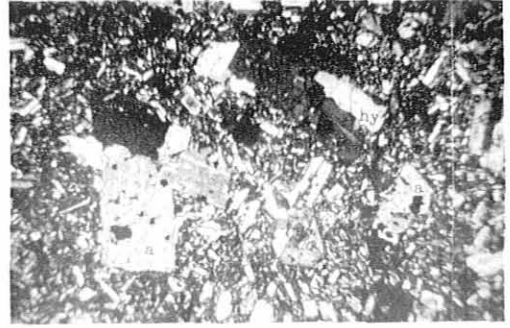


B、海門寺付近の岩芯 (-40m)
(Hornblende Andesite)
(+) nicol..... ×14

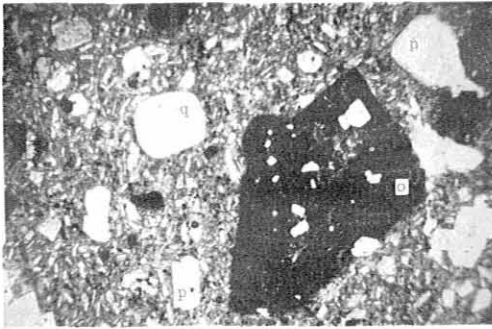


C、海門寺付近の岩芯 (-135m)
(Two pyroxene Andesite)
(=) nicol.....×14

単斜輝石 (普通輝石) と斜方輝石 (紫蘇輝石) が聚斑晶をなす。



D、海門寺付近の岩芯 (-135m)
(Two pyroxene Andesite)
(+) nicol.....×14

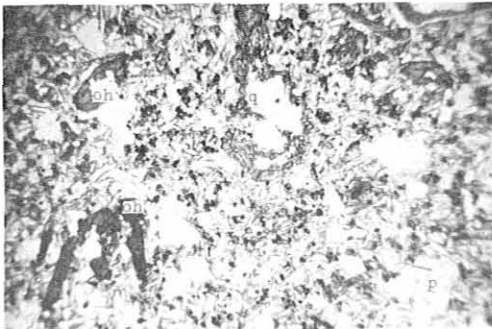


E、春木川川口付近の岩芯 (-175m)
(Oxi-hornblende Andesite)
(=) nicol.....×14

中央黒色大型のものは酸化角閃石がオバサイト化されたもの、中にホイキリチックに斜長石が含まれる。

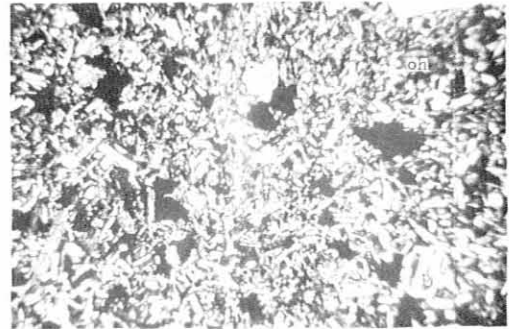


F、春木川川口付近の岩芯 (-175m)
(Oxi-hornblende Andesite)
(+) nicol.....×14

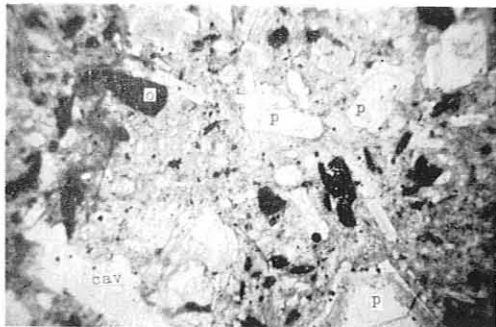


G、春木川川口付近の岩芯 (-200m B)
(Xenolith=Oxi-hornblende Andesite)
(=) nicol.....×23

石英の周りに単斜輝石の微晶集合物からなるオバサイトあり、捕獲岩であり、微晶質石基からなり、斑晶は細粒。

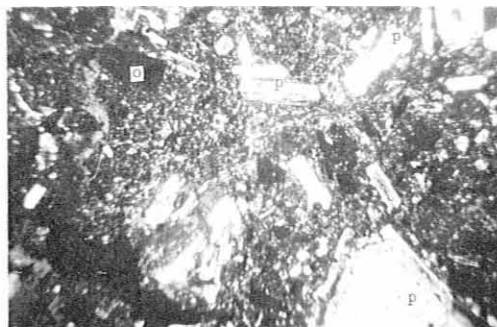


H、春木川川口付近の岩芯 (-200m B)
(Xenolith=Oxi-hornblende Andesite)
(+) nicol.....×14

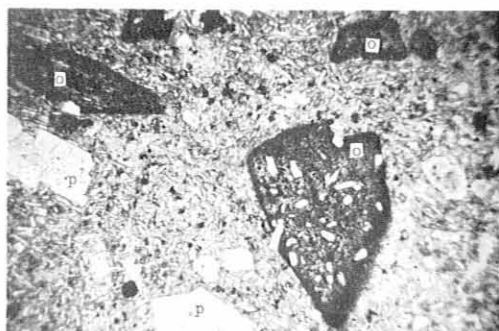


I、春木川川口付近の岩芯 (-270m)
(Quartz bearing, hornblende Andesite)
(=) nicol..... ×14

赤褐色の赤鉄鉱脈がある。角閃石は熱水変質をうけ、暗黒色のオバサイトになっている。

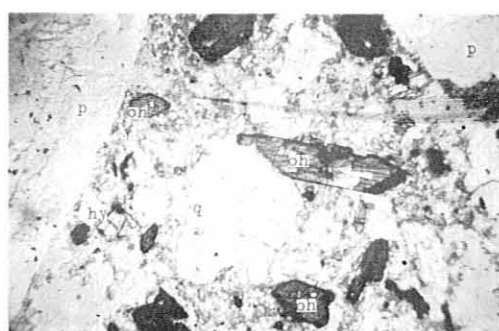


J、春木川川口付近の岩芯 (-270m)
(Quartz bearing, hornblende Andesite)
(+) nicol..... ×14



K、別府大学付近の岩芯 (-20m)
(Hornblende Andesite)
(=) nicol..... ×14

大型のオバサイト含有、オバサイト中には斜長石微晶がホイキリチックに含まれる。



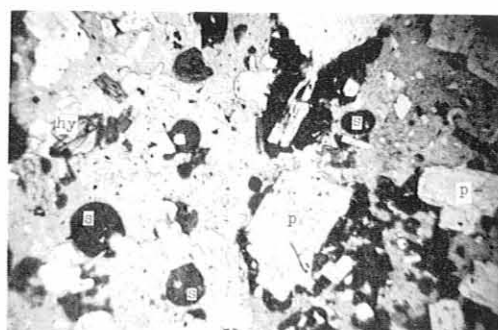
L、別府大学付近の岩芯 (-30m)
(Quartz・oxi-hornblende Andesite)
(-) nicol..... ×14

酸化角閃石のほか、石英・紫蘇輝石がみられる。



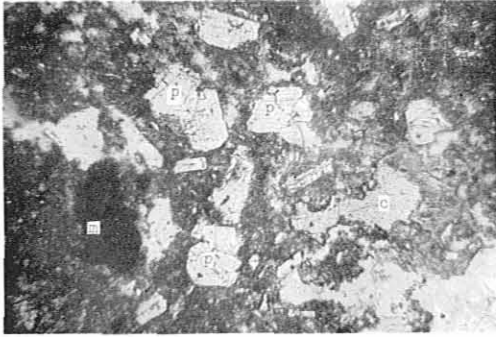
M、別府大学付近の岩芯 (-40m)
(Biotite bearing, hornblende Andesite)
(=) nicol..... ×14

大型角閃石およびやや放射状に伸びる黒雲母がみられる。



N、別府大学付近の岩芯 (-120m)
(Hypersthene-spherulitic hornblende andesite)
(=) nicol..... ×14

玻璃質石基中に球顆が生成。

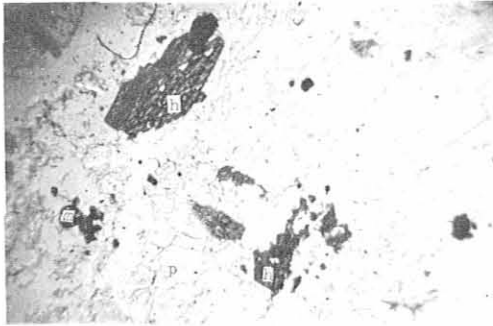


O、別府大学付近の岩芯 (-170m)
 (Quartz-calcite bearing, Hornblende Andesite)
 (=) nicol..... ×14

熱水による変質作用をうけたもので、斜長石の外形が破砕されたものが多い。方解石が二次的な脈状不定形に生じている。

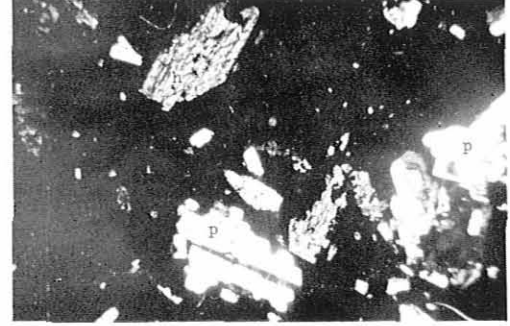


P、別府大学付近の岩芯 (-170m)
 (Quartz-calcite bearing, Hornblende Andesite)
 (+) nicol..... ×14

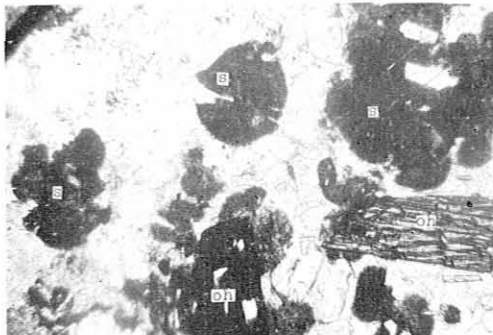


Q、平田川下流の岩芯 (-50~60m)
 (Hornblende Andesite)
 (=) nicol..... ×14

普通角閃石の美麗なものが含まれる。左上部のもはその横断面。石基は完玻璃質 (+)。

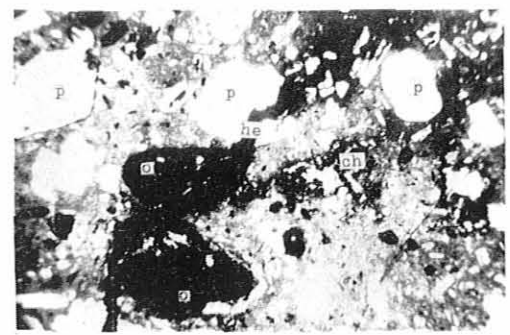


R、平田川下流の岩芯 (-50~60m)
 (Hornblende Andesite)
 (+) nicol..... ×14



S、平田川下流の岩芯 (-70~80m)
 (Oxi-hornblende spherulitic Andesite)
 (=) nicol..... ×21

石基中に玻璃質の球顆が多数含まれる。角閃石は大型の酸化角閃石。



T、平田川下流の岩芯 (-171m)
 (Hornblende Andesite)
 (=) nicol..... ×21

中央を斜右上に走っている細脈は赤鉄鉱の脈、熱水変質をうけた岩石で、中央部に緑泥石ができています。

Pheonocryst) とし、 $0.1\sim 0.3\text{mm}$ 程度のものを微斑晶 (Microphenocryst), 0.1mm 以下のものを石基鉱物 (Groundmass mineral) とし、微斑晶は石基に含ませることにした。

下記の Tab. 9 に産出鉱物を列記すれば、

Tab. 9 岩芯中の造岩鉱物

斑 晶	石基 (微斑晶を含む)
斜長石、角閃石、酸化角閃石、オパサイト、石英、黒雲母、絹雲母、紫蘇輝石、普通輝石、古銅輝石、球類、磁鉄鉱、方解石、赤鉄鉱	斜長石、角閃石、酸化角閃石、オパサイト、石英、磷珪石、クリストバル石、橄欖石、黒雲母、紫蘇輝石、普通輝石、古銅輝石、磷灰石、ジルコン、磁鉄鉱、方解石、緑泥石、赤鉄鉱

5 総 括

- I 今回の収集岩芯には珪酸鉱物として石英、一部に磷珪石、クリストバル石などが含まれ、また角閃石類は普通角閃石とそれから変った2種のオパサイトのほか、酸化角閃石が海門寺のものを除いて各所のものに見出された。
- II 平田川下流付近の岩芯では $70\sim 157\text{m}$ の深度にわたり、玻璃質石基中に球類が多く生成されている。この間は特に岩芯の採取率もよく、この種球

類安山岩が連続して分布することからみて、恐らく当地域ではこの種の熔岩層が形成されているものと思われる。

- III 温泉掘鑿の最終深度に近づくこと、岩芯中に次のような変化が鏡下に認められる。即ち斑晶をなす造岩鉱物類には外形の破碎や分解変質、他鉱物による交代作用などがおこなわれ、石基部でも分解変質などの現象がおこる。

斜長石類では粘土化や絹雲母の生成その他がみられ、角閃石類は暗黒色の磁鉄鉱化や濃赤褐色の赤鉄鉱化などがおこり、オパサイト化によってできていた輝石の微粒はほとんどが溶出している。

また有色鉱物の変質によってできた緑泥石や硫化鉄の生成、二次的に進入した脈状あるいは不定形のほか既存鉱物を交代して仮像をみせる方解石などがみいだされる。

- IV 従来、別府旧市内の温泉掘鑿中にみられた角閃石系 (上部) と輝石系 (下部) の安山岩の境界は海岸付近では北 (南石垣) から南 (海門寺) にいたる間は南にいくらか浅くなり、また西方 (上原) では急激に浅くなる傾向があったが、春木川付近から北に平田川にいたる地帯では深度 300m までの岩芯も含めて角閃石安山岩のみからなり、境界は認められなかった。

放射能障害の温泉療法

原爆被爆者別府温泉利用研究所の実績 (VII)

九州大学温泉治療学研究所 八 田 秋

前回に引き続き、昭和40年4月より昭和41年3月までの1年間について、湯治成績を求めて見た。

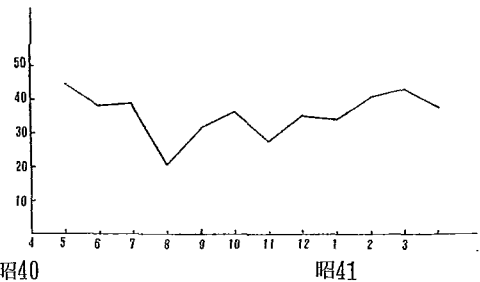
入所者利用者数は、4月及び1月、2月に多く、各1日平均44.2名、40.3名、41.9名と定員40名を越えている。7月、10月、12月が各20.5名、27.4名、23.9名と少いが他の月は殆んど35名を越えている。年間の傾向を比較すると、1日平均利用者の各月の多少は殆んど変らない。年間平均34.97名は前回の37.4名より稍々落ちるが、そのグラフの高低を見ると、その差が少く常時利用者の数が一定して来たと考えられる(第2表、第1図)。又、今回の1年間の利用者実数は1,646名で前年とほぼ同じである。

利用者の男女別は、第1表に示した様に今回も前回と同様女性が多い。

これ等、利用者の滞在日数を調べると、前回と同様に、11月の「4~6日滞在者」が多いが、「7~13日滞在者」が、約40%を占めている。これは「3日以内」の短期滞在者の231名の約3倍を示している。然し2週間以上の長期滞在者は8分の1に減少している(第2表、第2図)。

更に前回と同様に、2週間前後滞在した846名中希望によって75名につき、湯治前後の検査を行なった。これは、年間利用者総数の4.5%、1週間以上滞在者の8.8%にあたる。

第1図 月別入所利用者の一日平均



第1表 男女別、年齢別利用者数

年月日	男女	年齢								計
		<30才	31~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66>	
40年4月	男女	2	5	1	1	2	12	14	28	65
5月	男女	1	7	1	3	3	6	12	16	49
6月	男女	0	1	1	2	6	8	14	26	58
7月	男女	4	4	3	2	5	7	5	11	41
8月	男女	8	13	5	3	6	9	11	9	62
9月	男女	1	2	2	4	2	3	6	27	47
10月	男女	0	3	3	1	2	3	7	17	36
11月	男女	1	2	4	4	6	8	23	45	93
12月	男女	4	6	2	4	5	9	18	17	65
1月	男女	4	6	2	4	4	5	17	21	63
2月	男女	3	6	5	6	5	11	21	16	72
3月	男女	4	5	3	4	2	8	11	17	54
計		69	118	67	112	154	230	346	550	1,646

第1表 利用者とその延数

月別	利用者数	延人員	一日平均
4月	160	1,327	44.2
5月	148	1,183	38.1
6月	160	1,164	38.8
7月	85	636	20.5
8月	135	968	31.2
9月	128	1,096	36.0
10月	78	849	27.4
11月	158	1,050	35.0
12月	135	742	23.9
1月	126	1,252	40.3
2月	162	1,288	42.9
3月	171	1,173	37.8
計	1,646	12,728	34.97

第2表 利用者滞在別表

月別	3日以内	4~6日	7~13日	14日以上	計
4	19	23	110	8	160
5	16	42	60	30	148
6	25	60	57	18	160
7	11	22	33	19	85
8	45	38	34	18	35
9	11	18	69	30	128
10	18	14	35	11	78
11	21	113	14	10	158
12	21	87	23	4	135
1	17	25	70	14	126
2	5	72	66	19	162
3	22	55	77	17	171
計	231	569	648	198	1,646

この75名の内20名(26.6%)は直接の被爆者でなく爆発直後から数日の間に市内に入り数日を過ぎた例である。この20例を除くと、2km以内のものは55例中32例(58.1%)で、その内遮断物の無かったものは、約3分の1である(第3表)。

検査項目の集中値限界は、前々回、前回と同じ基準に置いた(第4表)。

今、湯治前後の検査成績をこの基準にあてはめ、ほみ出した例数を調べ、被検者総数に対する割合を百分率で表わし第5表に示した。

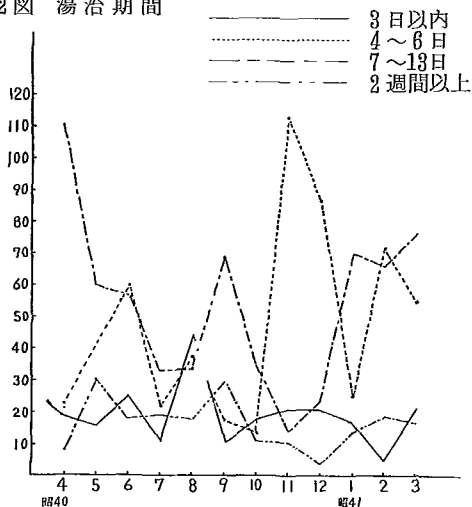
前回の成績と比較して見ると、前回と同様白血球数異常、及び最高血圧異常例が多い。

そこで、各項目について、前回の値と比較すると湯治前では赤血球減少は2.6%で前回の2.0%より高い。湯治後もこれらの例は、集中値限界に達していないが

第3表 被爆状況

km	例数	遮断		
		+	-	不明
1.0	4	3	1	0
1.5	8	5	1	2
1.8	9	6	3	0
2.0	11	7	4	0
3.0	15	12	3	0
4.0	4	2	2	0
不明	4	0	1	3
爆発後入市	20			
計	75	35	15	5

第2図 湯治期間



個々の値を調べると集中値限界に近づいている。

血色素減少例は、1.3%で前回の9.1%より低い。その湯治成績では赤血球数減少例と同様のことがいえる。

白血球数異常例は41.3%で前回の23.5%と比較すると非常に高い。その湯治成績は、残留例10.6%とかなりの好転を見せている。残留例10.6%の個々の値を詳細に見ると、これも又、集中値限界に近づいている。

第4表

検査項目	集中値限界
赤血球	300万~500万/mm ³
血色素量	75~95%
白血球数	5,000~8,000/mm ³
最高血圧	100~150mmHg
尿蛋白	陰性
尿糖	陰性
尿ウロビリノーゲン	正常
ディヴィス反応	陰性

最高血圧異常例30.6%は、前回と殆んど同じであり湯治成績は残留例の18.6%と好結果を得ている。尿酸

第5表 湯治前後のバラつき頻度

検査項目	湯治前 (%)	湯治後	
		全例 (%)	残留例 (%)
赤血球数減少	2(2.6)	2(2.6)	2(2.6)
血色素量減少	1(1.3)	1(1.3)	1(1.3)
白血球数異常	31(41.3)	12(16.0)	8(10.6)
最高血圧異常	23(30.6)	15(20.0)	14(18.6)
尿蛋白陽性	0(0)	0(0)	0(0)
尿糖陽性	2(2.6)	2(2.6)	2(2.6)
尿ウロビリノーゲン異常	10(13.3)	9(12.0)	9(12.0)
ディヴィス反応陽性	0(0)	0(0)	0(0)

陽性は2.6%で、湯治後も変わらない。これら2例の尿糖陽性例については詳細な検査が行なわれなかったので、如何なる種類のものであったかを判定しがたい。

尿ウロビリノーゲン異常例は13.3%で、前回の9.1%より少々高い。尿デヴィス反応陽性例は0%であった。

以上の結果より検討すると、湯治後の成績は、ほぼ従来の如くであって、殊に白血球異常例及び最高血圧異常例で著明な効果を見ているといえる。

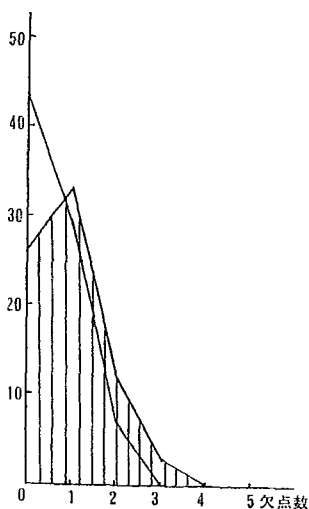
更に詳細検討してみると、湯治前には異常がなく、湯治後に却って出現した異状例は前回の9例(6.1%)に比較して、3例(欠点数4)(4.0%)にすぎず、前回にも述べたような入浴指導の指示が、比較的よく守られて来たと考えられる。

ここで、湯治前後の各人の持っている欠点数と例数とのHistogramを作ってみると、第3図の様になる。又、その好転度を、湯治前の総欠点数から湯治後の総欠点数を差し引きこれを被検者総数で割って算出すると0.3733となり、前回の0.2857、前々回の0.2035に比較すると、かなり効果があったことを示している。

要するに、本年度は入浴の意義が良く一般に知られこれが正しく守られたことを示している。すなわち、利用者実数、毎月の利用者の差が比較的少ないこと、湯治後の好転度0.3733など、このことを裏付けるものであろう。

さらに、大分県原被協の企画により、県下在住の被

第3図 欠点数と例数 Histogram, 好転度0.3733



爆者9名が2週間の湯治を行なった。それ等については、湯治前後の検査をより詳細に行ない、各人の体調に合った入浴を指示した。

この9名は 男性4名、女性5名で、年齢分布は第6表の如くである。

この9名中、61才以上が7名(77.7%)で、66才以上が4名(44.4%)を占めている。中には84才の高令者もいた。

第6表

年齢	40~45才	46~50才	51~55才	56~60才	61~65才	66才>
例数	1	0	0	1	3	4

これ等9名に行なわれた検査項目と成績は、胸部X線間接撮影のほかは第7表の如くである。なお、集中値限界は第8表の如くである。

そのおのおのについて検討すると、血色素量では、湯治前は1名低値を示したが、湯治後は集中値限界を越えるものはない。赤血球数では、前後共に異常はないが詳しく検討すると、湯治後では殆んどが400万~560万の間に略々一定して来て、個体差が少なくなって来ている。白血球数では減少例が1例、増加例が3例あり、そのうち1例は集中値限界内に減少しているが、湯治前は集中限界値内にあった2例が、湯治後にその範囲を越して増加している。全般的に見て白血球は増加の傾向にある様に思われる。

第8表

検査項目	集中値限界
赤血球数	300万~500万/mm ³
血色素量	75%以上
白血球数	5,000~8,000/mm ³
最高血圧	100~150mmHg
尿蛋白	陰性
尿ウロビリノーゲン	正常
尿デヴィス反応	陰性
B. S. P.	45分2.5~5.0%
ソーンテスト	減少率50%以上

B. S. P.は、湯治前では3例が集中値限界をはるかに越していたが、湯治後は1例の検査不能を除き、ほぼ集中値限界またはそれ以上に好転している。なお、増悪例は1例にも見出されず、ほぼ満足すべき成績である。このことは、湯治の指示がよく守られ過入浴などのなかったためであろう。

副腎機能、ソーンテストでは、湯治前50%以下のものが3例(33%)、湯治後には異常例が5例を数え、湯治前に50%以上で、後に50%以下となったいわゆる新顔が3例に見られた。脳下垂体副腎系の機能の面では、少くともソーンテストで検査した限りでは、今回

の湯治によって、好転したとはいい難いであろう。もっとも、気候不順のため、4例（I、IV、V、VII例）に感冒の気味があったことなども、その一因であろう。

尿蛋白では湯治前陽性で湯治後は陰性1例、湯治前陰性で湯治後陽性となったもの1例である。尿糖及び尿ディヴィス反応は、湯治前後共、全例陰性を示している。

最高血圧を検討すると、年齢の関係もあり集中値限界を越えるもの湯治前5例で、これはいずれも湯治後にもなお集中値限界内に達してはいないが、個々の値を検討すると、おのおの僅かではあるが、集中値限界に近づいている。

なお、第II例のみに、睡眠軽度障害、全身倦怠、月経再開などの湯あたりの症状を示したが、湯治前B.S.P.が20%で最悪を示したものであった。

共同研究者

辻秀男、中村泰也、松本恒尋、工藤寛昭、曾我部輝久、阿部充満、石川晃、豊永輝、野口志郎、松山家昌、和田浩一、村上信夫、有馬正士、河野保彦、久下衷、山田とみ子、永石照美、田中三治

主要文献

1. 八田：大分県温泉調査研究会 特別11号、第8報 昭35
2. 八田： “ ” 第9報 昭36
3. 八田：臨床と研究 37.4. 529 昭35
4. Osamu Hatta
Balneotherapy for the Survivors of Atomic Bomb Injuries. 温泉科学 12.1 昭36
5. Saito : Zangew Bader u. Klimaheilk.
6. 八田：大分県温泉調査研究 特別号、第11報 昭37

的ガ浜温泉における糖尿病集団の温泉治療

(第 3 報)

九州大学温泉治療学研究所内科

教授 矢 野 良 一

副手 永 松 昭 生

はじめに

昭和36、37年の長湯温泉(含土炭類酸泉)、昭和38、39年の六カ迫鉱泉(含炭酸硼酸重曹食塩泉)にひきつづき、昭和40年も8月10日より30日まで約3週間にわたり、別府市的ガ浜温泉で恒例の第5回糖尿病患者集団の温泉治療並びに講習会をおこなった。

参加者は遠く岡山、広島、山口の各県から、また四国方面は徳島、香川県そして地元九州はほぼ全県にわたり計29名(男19、女10名)が参集、小さい指定旅館が超満員の状態となるほどの盛況を呈した。しかし合併症の存在や個人的事由により前後の臨床的観察をしえたものは25名(男15、女10名)であり、その成績を報告する。

的ガ浜温泉について

本泉は古くから胃腸、肝臓泉として有名で九大温研内科でも各種の臨床観察並びに動物実験によりその有効性を確認している。とくに最近では当科、時枝によりその実験成績は数年間ひきつづいて日本温泉気候物理医学会で発表されている。

的ガ浜温泉の主成分は含食塩重曹泉で、その性状は

ほとんど透明、微鹹食塩味、無臭で飲みやすくpH7.58と弱アルカリ性である。

検査項目

眼底検査を除き血糖、尿糖、血清総コレステロール、心電図、血圧、腎機能(PSP)、肝機能(チモールクンゲル及び尿ウロビリノーゲン)、尿蛋白などであり、温泉治療の前後に検索しその効果を検討した。

なお温泉治療中の食餌及び薬物療法と、温泉の飲用入浴方法の詳細は本誌15、16号にすでに記載したとおりであり省略する。

成績

1 自覚症について

温泉治療前後のアンケートから表1に示したように顕著な改善が認められた。その他、長年の胃腸障害の消失、視力の回復などみるべきものがあった。

2 臨床検査成績について

血糖：前後の検索をしえた24例中18例75%に有効性を認め六カ迫鉱泉による昭和38年度の72.7%、同じく39年度の75%とほぼ同程度の改善率が認められた。これは昭和37年度の長湯温泉での68.2%をかなり上廻ってはいるが糖尿病の温泉治療上の限界を示唆するものとも考えられ興味深い点である。しかしこの限界は単に温泉治療のみにかぎらず、最近の経口糖尿病剤による治験例もほぼ同程度の有効率であり、こんご糖尿病の治療について重要な意味を持っているものであるかのごとき印象を受けた。

尿糖：温泉治療の前後に検索しえた23例中、初めより尿糖陰性のもの2例をのぞき好転9例42.9%で、これも前回の六カ迫鉱泉の成績に近い値であった。

血清総コレステロール：250mg/dl以上を示したものは7例、うち好転したもの1例のみであった。これは長湯温泉の46.2%、六カ迫鉱泉の第1回の72.7%及び第2回の100%に比べ著しい差であり、泉質の相違による生体の反応態度が如実に示されており各種疾患に対する温泉治療の適応症の撰択がいかに重要であるかが再確認された貴重なデータといえよう。

表1 温泉治療前後の自覚症の変化

	自覚症	治療前	療 治 後		有効率
			消 失	軽 快	
糖尿病の 般的 症状	全身倦怠感	24名	3名	8名	45.8%
	口 か つ	11	2	6	72.7
	多 尿	8	0	2	18.2
	皮膚のかゆみ	5	0	3	60.0
循環器系の 症状	どうき、息切れ	6	1	3	66.7
	心臓部疼痛、圧迫	11	2	3	45.5
	感めまい、耳鳴り	7	0	2	28.6
	頭痛、頭重感	18	2	5	38.9
	顔面、四肢のはれ	6	1	3	66.7
その他	四肢のしびれ感	12	0	7	58.3
	神 経 痛	9	0	6	66.7
	便 通 不 整	6	6	0	100.0

表2 温泉治療前後における血糖及び尿糖の変動

No	氏名	年齢	性	推定罹病年数	治療日数	1日平均飲泉量	血 糖			尿 糖		
							食 前	食 後 2時間	食 後 3時間	食 前	食 後 2時間	食 後 3時間
1	上○	57	♂	7年	21日	1.8ℓ	前 204mg/dl 後 128	前 345mg/dl 後 220	前 320mg/dl 後 180	前 1/2% 後 0	前 1/2% 後 1/4	前 1/2% 後 1/4
2	井○	73	♂	2	21	1.0	前 107 後 110	前 250 後 175	前 225 後 133	前 0 後 0	前 0 後 0	前 1/4 後 0
3	木○	18	♀	4	21	1.0	前 220 後 143	前 460 後 365	前 420 後 320	前 1/2 後 0	前 ? 後 1/2	前 1/4 後 1/2
4	河○	66	♀	14	21	1.3	前 245 後 203	前 462 後 333	前 465 後 360	前 1/2 後 0	前 1/4 後 1/2	前 1/4 後 1/2
5	平○	61	♂	4	21	1.8	前 91 後 103	前 276 後 215	前 265 後 168	前 0 後 0	前 1/4 後 1/4	前 1/2 後 1/4
6	平○利	62	♂	10	21	1.8	前 107 後 98	前 298 後 200	前 205 後 145	前 0 後 0	前 1/4 後 1/4	前 1/2 後 1/4
7	嶋○	75	♂	30	20	1.0	前 120 後 /	前 345 後 263	前 385 後 285	前 0~1/4 後 0	前 1/2 後 1/4	前 1/4~1/2 後 1/4
8	福○	64	♂	11	21	1.6	前 110 後 65	前 310 後 263	前 345 後 252	前 / 後 0	前 / 後 1/4	前 / 後 1/2
9	塩○	64	♀	14	21	0.7	前 123 後 128	前 305 後 255	前 365 後 220	前 1/2 後 0	前 1/4 後 1/2	前 1/4 後 1/2
10	井○栄	54	♂	6	21	1.8	前 123 後 125	前 310 後 263	前 362 後 200	前 0 後 0	前 1/4~1/2 後 1/2	前 1/2 後 1/2
11	白○	58	♀	8	14	1.1	前 115 後 98	前 371 後 263	前 339 後 260	前 0 後 0	前 0 後 1/4	前 0 後 2
12	早○	63	♂	13	21	1.4	前 85 後 93	前 260 後 203	前 215 後 188	前 0~1/4 後 0	前 1/2 後 1/2	前 1/2 後 1/2
13	山○	65	♀	10	15	1.0	前 78 後 90	前 200 後 160	前 190 後 105	前 0 後 0	前 0 後 0	前 0 後 0
14	梶○	71	♀	9	21	1.0	前 101 後 105	前 250 後 208	前 190 後 180	前 1/4 後 0	前 1/4 後 0	前 1/4 後 0
15	古○	62	♀	7	21	1.2	前 145 後 115	前 315 後 220	前 250 後 223	前 0 後 0	前 1/4 後 1/2	前 1/2 後 1/4
16	河○ハ	66	♀	6	21	1.4	前 101 後 98	前 240 後 210	前 220 後 158	前 0 後 0	前 1/4 後 1/4	前 1/4 後 1/4
17	藤○	63	♂	5	21	0.9	前 105 後 95	前 190 後 170	前 183 後 130	前 0 後 0	前 0 後 0	前 0 後 0
18	山○義	47	♂	12	14	2.2	前 115 後 95	前 235 後 218	前 245 後 153	前 0~1/4 後 0	前 1/4 後 1/4	前 1/4~1/2 後 1/4
19	奥○	58	♂	4	21	1.6	前 85 後 95	前 205 後 240	前 180 後 208	前 1/4 後 0	前 1/4 後 1/2	前 1/2 後 2
20	太○	74	♀	24	21	1.6	前 225 後 208	前 335 後 353	前 365 後 345	前 1/2 後 1/4	前 1/4 後 2	前 1/2 後 2
21	後○	62	♂	0.5	21	1.8	前 115 後 114	前 220 後 227	前 170 後 194	前 0 後 0	前 1/4 後 1/2	前 1/4 後 1/2
22	竹○	49	♀	9	21	1.4	前 175 後 115	前 187 後 207	前 207 後 220	前 0 後 0	前 0 後 1/4	前 0 後 1/4
23	奥○唯	66	♂	36	21	1.6	前 190 後 190	前 365 後 388	前 335 後 333	前 1/4 後 1/4	前 1/2 後 2	前 1/4 後 2
24	小○	62	♂	7	21	1.4	前 65 後 83	前 225 後 270	前 305 後 320	前 1/4 後 0	前 1/4 後 2	前 1/2 後 2
25	林○	45	♂	14	21	/	前 99 後 /	前 225 後 /	前 175 後 /	前 /	前 1/4	前 0~1/4

血圧：温泉治療前に高血圧（150mm/Hg、最低血圧90mm/Hgの両方、またはいずれか一方）を示したものの9例中好転したものの6例66.7%であった。

心電図：T波の増高、PQ時間の短縮など15例中9例20%に改善をみた。

腎機能：PSP試験（15分値のみ）で温泉治療前に

異常を示したものは23例中16例の多きに達した。うち治療後に好転したものの13例81.3%の好成績で尿蛋白の好転率66.7%を上廻っている。温泉の腎機能におよぼす影響については各種の実験がおこなわれているが、当科植山は温泉により腎の糸球体および尿管の機能が回復し、さらに腎血流量が増加することを実証して

いる。

考接並びに総括

温泉の入浴、飲用が生体に及ぼす修復作用ないし正常化作用は従来の各種の見聞から広く知られており、したがって糖尿病のごとく複雑に障害されている物質代謝の調整に温泉を利用しようという試みは1916年Arnoldiによって始められた。

例えば Arnoldi 及び Ettinger は²⁾1922年に種々の塩類溶液をもちいた30種の実験から、血糖は最初の値が高ければ高いほど明らかに下降したと発表し、その他多くの研究者により、糖尿病のアルカリ療法としての温泉の意義を強調する多くの臨床的、実験的研究が報告されている。^{3,4)}

しかし、また一方温泉が迷走神経を通じてインシュリン産生を高めるなどの報告や⁵⁾あるいはすでに本誌15, 16号にもものべたごとく他の面からの温泉治療の効果を

論ずる業績も数多くみられる。

かように温泉の糖尿病患者に及ぼす影響は実に広汎かつ多彩にわたり、決して一元的に論ぜられるものではなく、温泉のもつその微妙な総合的作用はまことに驚くべきものである。したがって、われわれはこの温泉の卓越した治療効果を十分に利用し天与の恩恵を享受すべきであろう。

参考文献

- 1) 矢野良一、永松昭生：
(1)大分県温泉調査研究会報告、15：34，昭39年
(2)大分県温泉調査研究会報告、16：10，昭40年
- 2) Arnoldi, W., und S. Ettinger : Klin. Wschr. 2082, 1922
- 3) Pfannenstiel, W. : Balneologie. 1, 1935..
- 4) 西田 弘 : 日温気誌 8 : 379, 昭18.
- 5) 曾我部明 : 日温気誌 5 : 60, 昭14.

鉄、燐酸、ヒ酸、希土類元素が含まれている。

沈澱は洗滌後、硝酸にとかし、担体としてカルシウム(炭酸カルシウム、137mg)を加え、加温してから過剰の蓚酸を加える。

ついでアンモニア水にて、pH-4.0に調整し、生じた白沈を口別して80°Cで乾燥する。

3・2 螢光および分光用試料

上記試料に蓚酸アンモニウム、800mgを加え、乳鉢にて十分に混合し、螢光X線用の試料とした。

分光分析用試料は上記試料を電気炉(800°C)にて焼き、酸化物とした。

4 結果およびその検討

4・1 微酸性(pH-4.0)でのカルシウムの回収率

担体として使用するカルシウムがpH-4.0で、充分沈澱し、回収しうることを確認した。

$\text{CaCO}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$ にてpH-4.0に調整

pH	added (mg)	found (mg) (CaOとして)
3.0	43.8	44.9
4.0	43.8	43.5
5.5	43.8	44.2

4・2 微酸性(pH-4.0)での希土類元素の回収率。

カルシウムと同様、希土類元素についてもスカンジウム、ルテシウム、エルビウムを除き定量的に回収しうることを重量法により確認した。

また上記三元素についてはカルシウム担体の存在の下で定量的に回収しうることを、螢光X線により確認した。

4・3 螢光X線用試料調整

微量な粉末試料中の極微量元素の検出に際して、留意すべき点は多々考えられる。そのうちで試料の組成状態に関してはマトリックス妨害がある。

定性のみを目的とする場合には微量成分を沈澱生成イオン交換といった方法でマトリックスより分離濃縮し、これをマイラー箔のごとき薄い膜上に、X線照射面積内で出来る限り拡げ、目的元素からの螢光X線を最高感度で検出すればよい。

しかし定量をも目的とする場合には薄い膜上に微量の粉末を均一な表面密度で乗せる必要があり、この操作は非常に困難である。

よって本実験では検出感度を少々犠牲にして表面密度を均一となすに必要な最少量1gまで試料量を増し定量精度の向上を計った。したがって試料は1gとしこれを直径3.5cmのX線照射面積をもつ試料台上にの

せて測定した。

試料1gを調整する方法として、カルシウムの蓚酸塩が総量1gとなるよう、担体のカルシウムを加える方法と、カルシウムはX線に対する質量吸収係数が大きいことから、これは担体としての必要最少量にとどめ、不足分は軽元素化合物の粉末により増加する方法とがあり、本実験では軽元素化合物として蓚酸アンモニウムを加え増量した。

前者をベース(1)、後者をベース(2)として各希土類元素について感度の比較を行なったのが表1である。カルシウムによる吸収はかなり大きく、各元素のLα線に対して、大略3分の1の値を示している。よって本実験では後者を採用した。

表1 ベースによる検出感度の比較

元素	原子量	ベース(1) counts/min	ベース(2) counts/min
Nd	144.27	72	217
Gd	156.9	619	1940
Tb	159.2	502	1560
Dy	162.46	236	2063
Ho	164.94	737	2228
Lu	174.99	708	2081
ベース(1) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \dots \dots \dots 1g$			
ベース(2) $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \dots \dots \dots 200mg$ $(\text{NH}_4) \cdot \text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \dots \dots 800mg$			

4・4 螢光X線、分光による検出限界

螢光X線、分光分析法で希土類15元素の標準試料について、その検出限界を調べた。(61番元素とツリウムは除く)

表2 螢光X線分析、分光による検出限界

元素	原子番号	螢光X線分析		分光分析	
		Wt %	スペクトル	Wt %	波長(A°)
Sc	21	0.04	Kα	0.075	4246.83
Y	39	0.005	Kα	0.1	3242.29
La	57	0.05	Lα	0.01	3337.49
Ce	58	0.01	Lβ	0.05	3063.01
Pr	59	0.01	Lα	0.5	4100.79
Nd	60	0.005	Lα	0.25	4012.25
Sm	62	0.001	Lβ	0.5	3236.64
Eu	63	0.001	Lα	0.1	4205.05
Gd	64	0.0005	Lα	0.5	3422.46
Tb	65	0.0005	Lα	1.0	3676.35
Dy	66	0.0005	Lβ	0.2	3407.77
Ho	67	0.001	Lβ	0.07	3456.00
Er	68	0.0005	Lα	0.5	3372.77
Yb	70	—	—	0.025	3289.86
Lu	71	0.001	Lα	0.025	2615.429

螢光X線の重量百分率は試料1gに対するものであり、分光は酸化カルシウムに対する重量百分率である故に両者を比較する場合、分光の検出感度の約18倍の値をとり比較されねばならない。

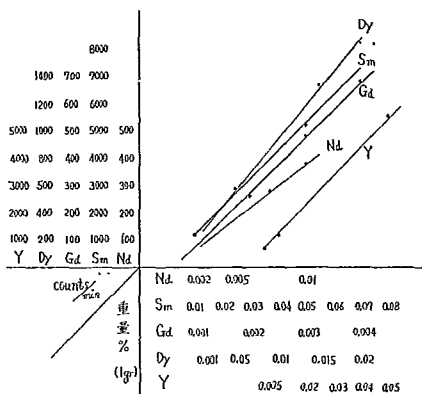
螢光X線にて検出困難なものに、イッテルビウムがある。これのL α 、L β 線とも、X線管球のターゲットであるタングステンのL γ 、L α 線と重なり、さらにその波長差もないため、波高選別器による分離もできず、検出感度は低下する。

また分光では使用した装置が紫外部用であり、希土類元素のスペクトルで強度の大きい可視部を測定できないため、分光分析としては比較的感度の低い値を示している。

4・5 検量線作成

希土類5元素につき検量線を作成し、これにより定量を行なった。

図2 希土類5元素の検量線



スカンジウムについては螢光スペクトルの波長が高いので、内部標準法が適当であり、この方法により定量した。

4・6 海地獄、竜巻地獄の希土類元素

別府の代表的酸性泉である。海地獄、竜巻地獄につき本分析法を用いて希土類元素の定性、定量を行なった。

螢光X線分析では海地獄、5元素、竜巻地獄、6元素、分光分析では海地獄、7元素、竜巻地獄、8元素を検出した。

定量は前記、検量線法、内部標準法により螢光X線分析で行なった。

ランタン、イッテルビウムについては分光分析が有利であるので、これにより半定量をした。

地球上、および隕石中の希土類元素の存在量を図3に示す。

この図を見ると地球上、および隕石中の、ランタニド諸元素については偶数原子番号の元素の含有量が、奇数原子番号の元素のそれよりも多いという。Oddo-Harkinsの法則が成立することを示している。

温泉水の起源とその湧出過程を考えると、これに含有される希土類元素が下記法則に合致することは当然である。

表3 海地獄、竜巻地獄の希土類元素の定性

螢光X線	海	Y	Nd	Sm	Gd	Dy		
	竜巻	Sc	Y	Nb	Sm	Gd	Dy	
分光分析	海	Y	La	Nd	Sm	Gd	Dy	Yb
	竜巻	Sc	Y	La	Nd	Sm	Gd	Dy

表4 竜巻地獄、海地獄の土類元素の定量

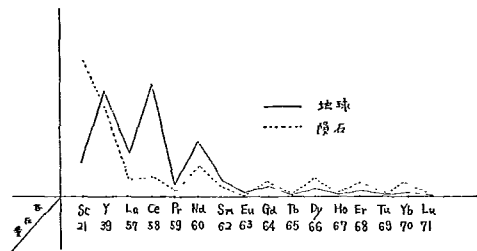
1 螢光X線

	海 ($\mu g/l$)	竜巻 ($\mu g/l$)
Sc	0	7.0
Y	1.6	2.3
Sm	0.1	0.2
Gd	0.3	0.6
Dy	0.2	0.7

2 分光による半定量

	海 ($\mu g/l$)	竜巻 ($\mu g/l$)
La	0.05	0.04
Yb	0.1	0.3

図3 岩石圏における希土類元素の存在量



5 結論

温泉水中の希土類元素の定性、定量を螢光X線分析により試み次の結論をえた。

- 1) 希土類元素は微酸性 (pH=4.0) にて、カルシウム担体で定量的に蓆酸塩として、共沈することを確認した。
- 2) 螢光X線分析、分光分析による希土類元素の検出限界を求めた。

イッテルビウムについては螢光X線は不適であり

ランタンも感度が悪い。

- 3) 竜巻地獄は $7.0\mu\text{g}/\text{l}$ 含まれるが、海地獄では検出限界 $0.1\mu\text{g}/\text{l}$ 以下である。
終りに当研究費の一部を負担された大分県温泉調査研究会に感謝する。

主 要 文 献

- 1) 柴田雄次; 無機化学全書 278 1X-1 (1948)
- 2) V. M. Goldschmidt; J. Chem Soc 966 1637
- 3) Nagao Ikeda et. al; Radioisotopes 14 357
1964
- 4) W. D. Harkins; J. Am Chem. soc.
38 856 1917
- 5) G. Oddo; Z. anorg Chemy 87 266 1914

大分県における温泉水中のゲルマニウム およびガリウムの分布 (その1)

九州大学温泉治療学研究所

温泉理学科 川 上 弘 泰
橋 永 熙 子

1 緒 言

著者らは既に別府温泉水中のゲルマニウムおよびガリウムの定量を行った。ついで研究対象とする地域を拡大して大分県温泉群における上記2元素の存在状態を知ろうと、今回はまず九重長者原・筥ノ口・筋湯・宝泉寺・耶馬溪・日田・天が瀬地区の温泉61試料につきゲルマニウム、ガリウムの定量を試みた。ここに得られた定量結果に加うるに、前報の別府温泉、太秦らの北海道および青森県の温泉に関するデータをも考慮に入れて、その分布の地域的特異性、pHとの関係、他成分との関係、ゲルマニウム・ガリウム両元素間の相関等を検討する。

2 分析方法

被検試料中のゲルマニウムの定量には前報のフェニルフルオロンによる比色法を用いた。また、ガリウムの定量は西川の8-オキシキナルジンをを用いる蛍光法によって行った。

3 結 果

九重長者原・筥ノ口・筋湯・宝泉寺・耶馬溪・日田・天が瀬地区の温泉61個所のゲルマニウム・ガリウム定量結果を表1に示す。同一試料につき同時に定量したCl⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻、CO₂、H₂S含量も附した。

ゲルマニウム含有量は最高16.45μg/l、平均5.97μg/lで、別府温泉水中ゲルマニウム平均含量12.2μg/lの約1/2、さらに鉄輪地獄地区の白池地獄88.5μg/lを筆頭に鬼山地獄66.7μg/l、十万地獄65.4μg/l……、そして北海道・青森県温泉群の最高値43μg/l、Vichy温泉0.2μg/l、瀬波温泉30μg/l、最上温泉14μg/l、箱根湯の花沢温泉1μg/lと比較するとき、別府温泉殊に一般に“地獄”と称されているものへの認識を新たに感じる感がある。しかし、ガリウム平均含量は0.41μg/lで別府温泉0.98μg/l

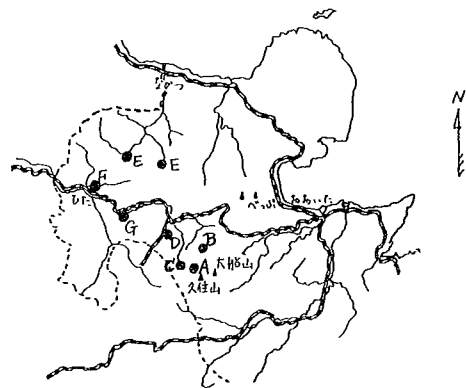
とほぼ近似の値を示している。

4 考 察

4・1ゲルマニウム、ガリウムの地域的分布

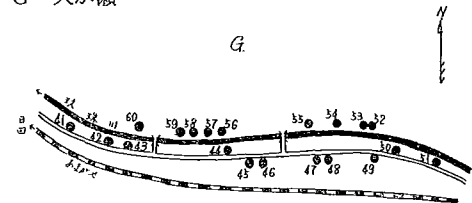
図1は分析試料とした温泉所在地略図である。図中の符号は表1と対応する。山下は、天が瀬温泉源は地下水と混合する一温泉水系と、勢力微弱な孤立した一つの温泉から成ると報告している。著者らの調査におい

図1 温泉所在地略図



- | | |
|---------|-------|
| A 九重長者原 | B 筥ノ口 |
| C 筋湯 | D 宝泉寺 |
| E 耶馬溪 | F 日田 |
| G 天が瀬 | |

G 天が瀬



ても、地下水の混入していない(41)山清、(49)小松屋を除く他の19個所の温泉水からは、珍珠川左岸・右岸を問わず、ゲルマニウム・ガリウム含量およびその他の分析値とも大差ない値を得た。

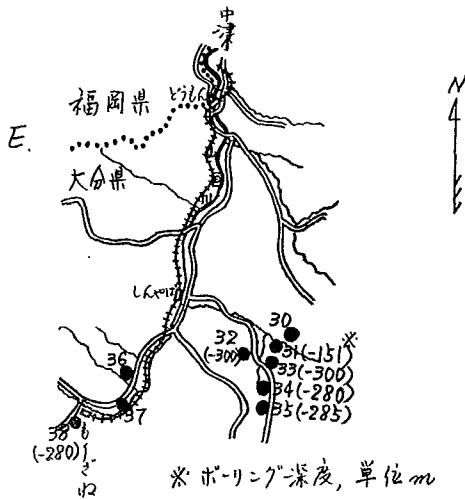
平均ゲルマニウム・ガリウム含量を地区別にみると(表2)、ゲルマニウムは筥ノ口、天が瀬、筋湯、九

重長者原、宝泉寺、日田、耶馬溪の順に多く、ガリウムは筋湯、九重長者原、天が瀬、釜ノ口、耶馬溪、宝泉寺・日田の順に多い。前述の如く平均含有量は別府温泉のそれに対しGe約 $\frac{1}{2}$ 、Ga約1であるが、蒸発残分に対する比はGe $11.62 \times 10^{-4}\%$ 、Ga $1.07 \times 10^{-4}\%$ で別府温泉におけるGe $7.1 \times 10^{-4}\%$ 、Ga $0.32 \times 10^{-4}\%$ に比し、Ge約1.5倍、Ga約3倍と逆に多くなっている。

4・2 ゲルマニウム・ガリウム含量のヒン度分布

図2はゲルマニウム・ガリウム含量の度数分布図である。クラスの幅はゲルマニウム・ $20. \mu g / l$ 、ガリウ

E 耶馬溪



D 宝泉寺

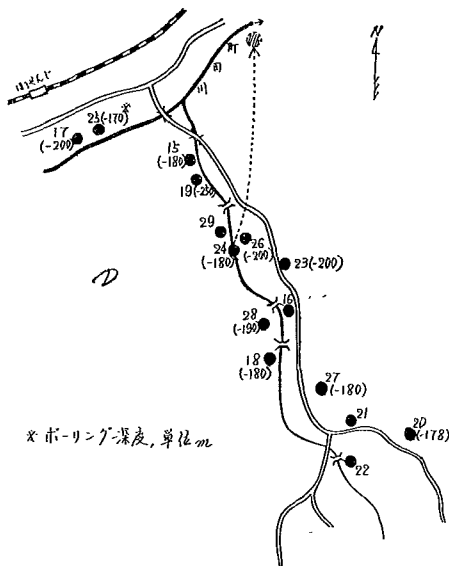


図2 Ge、Ga含量のヒストグラム

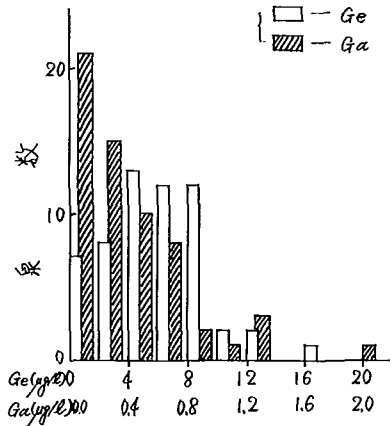


図3 GeとpHとの関係 (A)

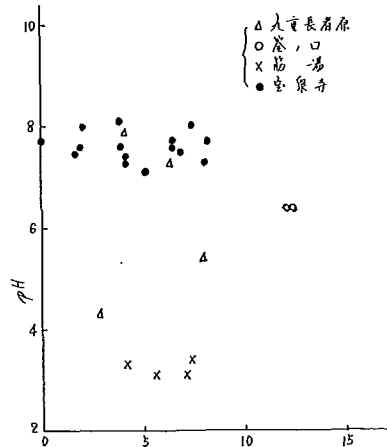


図3 GeとpHとの関係 (B)

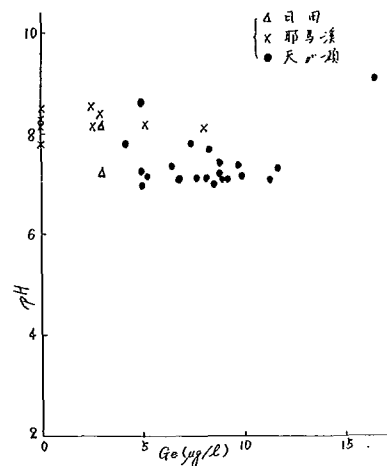


表1 グルマニウム、カリウム含有量

地区	No.	泉名	採水年月日	泉温 (°C)	pH	E.R. (mg/l)	Ge (μg/l)	Ge/E.R. (×10 ⁻⁴ %)	Ga (μg/l)	Ga/E.R. (×10 ⁻⁴ %)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	CO ₂ (mg/l)	H ₂ S (mg/l)
(A) 九重温泉	1	九重ハイランドホテル	'65.9.28	48.2	7.9	1604	4.08	2.51	0.22	0.14	209.2	491.9	453.5	26.65	0.712
	2	ホテル三侯	"	35.0	7.3	2158	6.40	2.95	0.00	0.00	116.8	1000	585.6	191.7	1.068
	3	九重観光ホテル	"	72.5	5.4	152	7.93	52.17	0.78	5.13	8.717	20.50	45.27	0	2.208
	4	福岡大学「やまなみ荘」	"	92.0	9.4	128	—	—	2.03	15.36	8.717	99.78	32.51	0	3.455
	5	星生温泉	"	44.0	1.9	2652	—	—	1.32	0.50	149.9	0	1588	0	1.318
	6	栗の地獄温泉	"	12.5	4.3	344	2.58	7.50	0.30	0.37	29.64	20.50	136.2	0	3.205
(B) 釜ノ口	7	新清館	'65.9.28	43.0	6.4	1878	12.35	6.60	0.00	0.00	238.8	1126	364.2	651.3	0.819
	8	釜ノ口共同浴場	"	42.0	6.4	1860	12.30	6.60	0.81	0.44	226.6	1087	313.2	566.0	0.605
(C) 筋湯	9	筋湯共同浴場	'65.10.7	59.0	3.1	786	7.15	9.10	1.33	1.69	284.2	0	120.2	0	1.247
	10	薬師	"	59.5	3.1	872	5.60	6.40	1.25	1.43	291.2	0	93.77	0	1.959
	11	うたせ湯(水混入)	"	36.0	3.4	654	7.40	11.30	1.13	1.73	233.6	0	81.49	0	1.603
	12	千尺湯	"	42.5	3.3	598	4.20	7.00	0.22	0.37	203.9	0	85.19	0	0.712
	13	九次「山の家」(女湯)	"	72.0	2.9	324	—	—	0.74	2.28	6.974	0	103.3	0	4.630
	14	九次「山の家」(自然湧出)	"	81.0	2.8	298	—	—	0.98	3.23	5.231	0	116.1	0	6.767
(D) 宝泉寺	15	金丸種次(一休荘)	'65.10.14	62.0	7.7	740	6.60	8.90	0.21	0.23	270.2	32.01	13.93	7.461	2.315
	16	宝泉寺組共有外三名	"	65.3	7.5	640	6.85	10.70	0.42	0.66	237.1	102.5	21.40	15.99	2.137
	17	佐藤忠(万年山温泉)	"	42.0	8.0	356	2.10	5.90	0.00	0.00	120.3	61.51	8.643	5.330	1.731
	18	田籠	"	46.0	7.6	336	4.00	11.90	0.26	0.77	111.6	68.34	9.054	12.79	1.425
	19	中谷秋義	"	43.0	8.0	376	7.40	19.70	0.00	0.00	95.89	68.34	8.642	5.330	1.603
	20	湯浅進	"	67.0	7.3	754	4.20	5.55	0.10	0.13	273.7	38.84	16.87	5.330	2.493
	21	棟木干城	"	71.0	7.7	546	0.00	0.00	0.16	0.29	169.5	36.11	11.52	10.66	2.137
	22	佐藤惣三郎	"	47.0	7.5	292	1.80	6.15	0.00	0.00	30.20	95.68	37.04	10.66	1.633
	23	小藤田瑞	"	37.5	7.7	942	8.20	8.70	0.23	0.24	373.1	38.84	24.23	5.330	4.025
	24	佐藤博(山光園)	"	68.3	7.1	1038	5.15	4.75	0.30	0.23	414.9	75.17	19.75	10.66	2.349
	25	矢野えい子(九重旅館)	"	40.0	8.1	338	3.98	11.78	0.00	0.00	38.92	68.34	7.408	0	1.731
	26	池辺忠之	"	76.0	7.4	372	4.20	4.80	0.01	0.01	341.7	38.84	50.21	31.98	2.315
27	矢野克也	"	30.2	7.3	648	8.10	12.50	0.19	0.29	251.1	38.84	37.04	15.99	2.671	
28	矢野万州男	"	73.0	7.6	620	6.50	10.50	0.17	0.27	201.5	38.84	19.75	5.330	3.334	
29	宝泉寺観光ホテル	"	56.0	7.6	536	1.95	3.35	0.11	0.19	214.5	61.51	29.63	5.330	2.315	

(E)	耶馬溪	光ホテル	'65.11.4	41.5	8.1	250	8.08	32.32	0.33	1.32	19.18	157.2	3.292	0	0.784
30	山	陽	館	37.5	8.2	212	8.00	14.15	0.14	0.66	13.95	95.68	5.762	0	0.712
31	日	田	温	43.0	7.3	132	8.00	16.50	0.00	0.00	15.69	90.21	4.116	0	0.641
32	早	梅	温	39.0	8.2	352	5.20	14.75	0.49	1.39	34.87	246.0	4.527	0	1.247
33	か	や	の	40.0	8.2	300	2.60	8.65	0.50	1.67	29.64	184.5	6.996	0	0.890
34	深	耶	馬	39.0	8.4	416	2.95	7.10	0.61	1.47	15.69	426.4	1.235	0	0.997
35	鹿	上	鳴	40.5	8.2	122	0.00	0.00	0.17	1.39	11.51	102.5	4.116	0	0.784
36	井	上	キ	30.0	8.5	198	0.00	0.00	0.00	0.00	15.69	170.9	3.704	0	0.712
37	宇	曾	ミ	30.0	8.3	180	0.00	0.00	0.09	0.50	12.20	170.9	5.762	0	0.890
38	三	交	軒	37.0	7.8	292	0.00	0.00	0.03	0.11	17.44	143.5	4.939	31.98	0.712
(F)	山	陽	館	'65.11.4	37.5	212	8.00	14.15	0.14	0.66	13.95	95.68	5.762	0	0.712
39	日	田	温	43.0	7.3	132	8.00	16.50	0.00	0.00	15.69	90.21	4.116	0	0.641
41	山	清	水	59.0	9.1	1160	16.45	14.20	0.58	0.50	449.1	252.9	78.19	0	6.304
42	水	風	庄	43.0	7.1	632	11.30	16.55	0.56	0.32	177.8	157.2	57.62	15.99	0.890
43	大	庭	園	42.0	7.0	426	8.50	19.95	0.71	1.67	129.0	118.9	41.98	15.99	0.712
44	湯	七	造	42.0	7.1	460	9.00	19.55	0.38	0.33	132.5	143.5	46.09	42.64	1.063
45	河	の	香	43.0	7.0	464	5.05	10.90	0.19	0.41	134.2	123.0	44.45	15.99	1.063
46	浮	野	光	50.0	7.2	356	5.20	14.60	0.31	0.87	95.89	102.5	23.46	15.99	1.063
47	日	羽	庄	43.0	7.2	544	8.80	16.20	0.37	0.68	158.7	116.2	51.85	15.99	1.063
48	小	田	屋	52.0	7.4	200	6.45	32.25	0.68	3.40	19.18	157.2	62.14	10.66	1.959
49	丸	松	屋	68.5	8.6	472	4.95	10.50	0.54	1.14	148.2	129.8	37.45	0	3.384
50	み	山	庄	43.0	7.1	520	6.80	13.10	0.34	0.65	137.7	136.7	51.03	15.99	1.247
51	鳳	ど	り	47.0	7.1	520	7.65	14.70	0.68	1.31	146.5	116.2	60.09	15.99	1.425
52	大	陽	館	47.0	7.4	476	8.80	18.50	0.59	1.24	156.9	123.0	58.44	5.330	0.712
53	碧	観	庄	49.5	7.3	773	11.65	14.95	0.68	0.87	202.9	170.9	69.96	15.99	0.890
54	天	プリジストン	天が瀬保養所	38.0	7.8	632	4.20	6.65	0.23	0.36	176.1	170.9	70.79	10.66	0.534
55	天	水	園	45.0	7.8	690	7.40	10.70	0.00	0.00	202.9	205.0	72.43	5.330	1.425
56	筑	が	同	87.0	7.4	938	9.75	10.40	0.67	0.71	284.2	246.0	87.25	19.19	7.479
57	本	紫	源	47.5	7.2	524	9.90	18.90	0.51	0.97	154.1	136.7	54.74	21.32	0.997
58	天	龍	陣	50.5	7.3	736	4.95	6.75	0.49	0.67	217.9	177.7	72.43	10.66	1.063
59	久	寿	庄	44.5	7.7	510	8.35	16.35	0.42	0.82	155.8	143.5	48.97	10.66	1.063
60	安	守	屋	51.0	7.1	524	8.95	17.10	0.38	0.73	156.9	143.5	46.92	10.66	1.063
61		遣	守	42.0	7.1	542	8.15	15.05	0.00	0.00	133.2	123.8	41.98	5.330	0.890

(注) 天が瀬温泉において、純温泉は御山清、(御)小松屋、(御)天が瀬共同源泉のみで他は地下水混入

ムはその1/10の0.2 μ g/l。ゲルマニウム分布は漸次増加し、10 μ g/lを境界として不連続的に減少している。ガリウムはL字形類似の分布曲線を描いている。

ゲルマニウムは10 μ g/l以下が全体の約90%を占める。ガリウムは0.8 μ g/lで既に90%に達する。

4・3 pHとの関係

ゲルマニウム・ガリウム含有量とpHとの間には相関は認められない。(図3A・B、4A・B)

しかし、表3のように温泉をpHによって大別し、

その間におけるゲルマニウム・ガリウム平均含量をみると、ゲルマニウム含量は酸性泉>中性泉>アルカリ性泉となっている。これは北海道・青森県温泉における酸性泉>アルカリ性泉>中性泉、また、別府温泉においても酸性泉>中性泉の順とは非常に異っている。しかし、ガリウム含量に関しては、別府・北海道・青森県の温泉と同様、pH4以下の酸性泉が中性泉、アルカリ性泉よりはるかに多い。このことは太秦らの"ガリウム分布は明らかにpHに依存し、同一地域内の比

図4 GaとpHとの関係 (A)

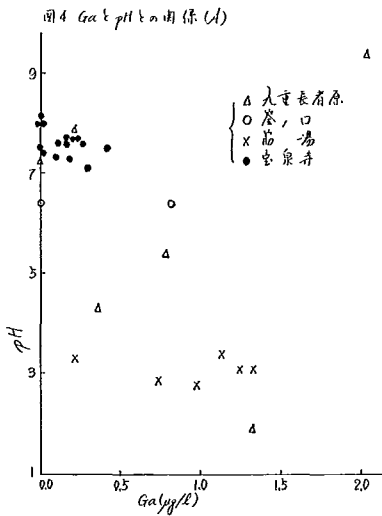


図5 GeとCl⁻との関係 (A)

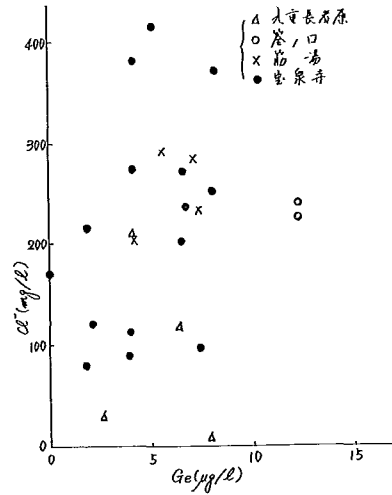


図4 GaとpHとの関係 (B)

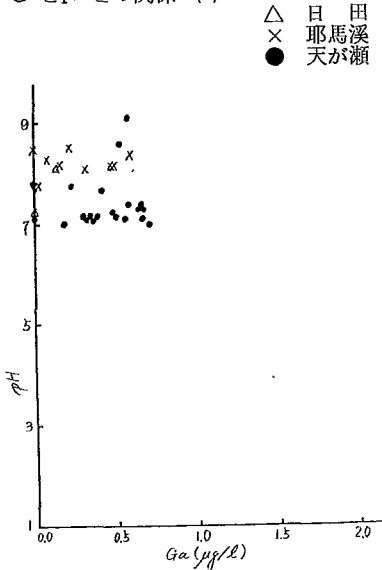
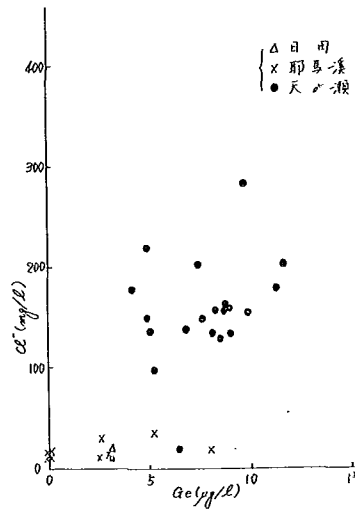


図5 GeとCl⁻との関係 (B)



較的近接した温泉水にガリウムが供給される場合にもその溶液の性質が大きな影響を与える”との説を更に根拠づけるデータを提供するとも思われる。

4・4 他成分との関係

ゲルマニウム、ガリウムと他の主成分Cl⁻、HCO₃⁻、SO₄⁻との関係図を作成してみたが、いずれも明らかな相関は認められなかった。それらの図中、1例とし

てGe、GaとCl⁻との関係をここに掲載する（図5A・B、6A・B）。

ゲルマニウムはGeF₄、GeCl₄などの揮発性ハロゲン化物を作る故にか、濁川温泉、別府温泉等においてGeとCl⁻との間にかかなり顕著な正の相関がみられたが、本報のデータからは、宝泉寺、天が瀬に多少相関らしき傾向がみられるが明らかではない。

図6 GaとCl⁻との関係 (A)

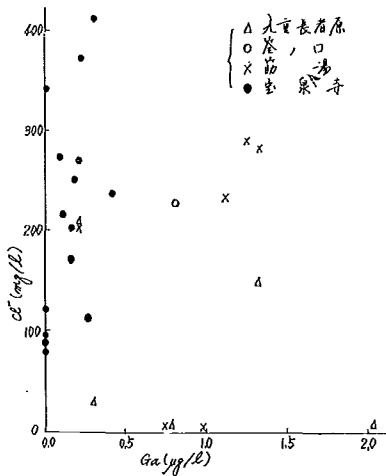


図6 GaとCl⁻との関係 (B)

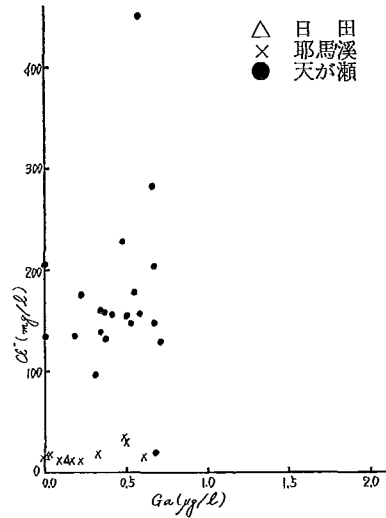


表2 地区別平均Ge、Ga含量

地 区	G e			G a		
	泉 数	Ge(μg/l)	Ge/E.R.(%)	泉 数	Ga(μg/l)	Ga/E.R.(%)
九重長者原	4	5.24	16.28×10 ⁻⁴	6	0.78	3.75×10 ⁻⁴
釜ノ口	2	12.93	6.60× "	2	0.41	0.22 "
筋湯	4	6.09	8.45 "	6	0.94	1.80 "
宝泉寺	15	4.74	8.95 "	15	0.14	0.23 "
耶馬溪	9	2.97	8.49 "	9	0.27	1.01 "
日田	2	3.00	15.93 "	2	0.14	0.66 "
天が瀬	21	8.20	15.14 "	21	0.44	0.89 "
全平均	57	5.97	11.62 "	61	0.41	1.07 "

表3 pHによるGe、Gaの分布

p H	泉 質	G e			G a		
		泉数	Ge濃度範囲(μg/l)	平均含量(μg/l)	泉数	Ga濃度範囲(μg/l)	平均含量(μg/l)
≤4	酸性泉	4	4.20~7.40	6.10(13.5) ^{a)} (11.8) ^{b)}	7	0.22~1.93	1.00(0.96) ^{a)} (14.1) ^{b)}
4~8	中性泉	39	0.00~12.95	6.59(11.8)(9.1)	39	0.00~0.81	0.92(0.18)(0.88)
≥8	アルカリ性泉	14	0.00~16.45	4.23() (11.0)	15	0.00~2.03	0.98() (1.2)

注 a) 別府温泉の分析値

b) 太秦らによる北海道・青森県温泉の分析値

4・5 ゲルマニウム・ガリウム間の関係

ゲルマニウム・ガリウム間には相関が認められなかった。

5 結 論

九重長者原・釜ノ口・筋湯・宝泉寺・耶馬溪・日田・天が瀬地区の温泉61個所のゲルマニウムおよびガリウムを定量した結果、つぎの結論を得た。

1. ゲルマニウム含量は最高 $16.45\mu\text{g}/\ell$ 、平均 $5.97\mu\text{g}/\ell$ 、ガリウム含量は最高 $2.09\mu\text{g}/\ell$ 、平均 $0.41\mu\text{g}/\ell$ であった。
2. 度数分布図における90%値はゲルマニウム $10.0\mu\text{g}/\ell$ 、ガリウム $0.8\mu\text{g}/\ell$ 。
3. pH との間の相関はないが、ゲルマニウム平均含量は酸性泉、中性泉の方がアルカリ性泉より多く、ガリウム平均含量は酸性泉が中性泉、アルカリ性泉よりはるかに多い。
4. 他の主成分 Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} との相関はない。

5. Ge・Ga相関はない。

(終りに当研究費の一部を負担された大分県温泉調査研究会に感謝する。)

文 献

- 1) 川上、橋永：大分県温泉調査研究会報告 15、38 (1964)
- 2) 太秦、瀬尾：日化 80、1118 (1959)
- 3) 太秦、瀬尾：日化 80、1124 (1959)
- 4) 太秦、那須：日化 81、732 (1960)
- 5) 西川： 日化 79、236 (1958)
- 6) J. Bardet : Compt. rend. 158、278 (1914)
- 7) K. Kuroda : Bull. Chem. Soc. Japan 14、303 (1939)
朝倉書店
- 8) 佐々木： „ゲルマニウム” P.320 (1956)
河出書房
- 9) 黒田： „化学実験学”、地球化学、P.646 (1941)
河出書房
- 10) 山下：大分県温泉調査研究会報告 3、1 (1952)

チロジナーゼ活性に及ぼす温泉作用の研究

第4報 京町温泉、弓ヶ浜泉の作用機点

及び泉水の老化の与える影響

九州大学温泉治療学研究所

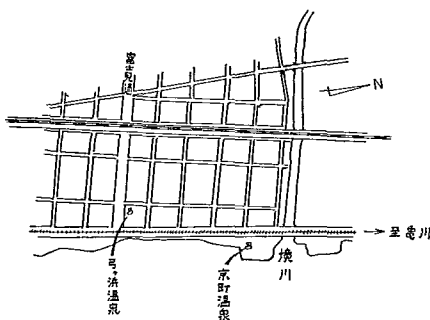
温泉理学科 野 崎 秀 俊

1 緒言

温泉がどのような影響を生体に及ぼすか追究する為に生体にとって重要な酵素を指標として研究を続けて来た。第一報、第二報、第三報を通じ、¹⁴C-チロジンを使用してその酵素活性を測定する方法を研究、その方法を使って、微量元素が活性能増強的に働くことを確認、亜鉛については特にその能力が強いことを報告した。次で実際に温泉水を試料とし、これら活性値に及ぼす影響を調査、中性泉では、特に弓ヶ浜泉、京町温泉（北弓ヶ浜淡泉）その他、酸性泉数ヶ所がかなり高い促進能を示すことを知った。同時に新鮮泉と老化泉では促進能が異なることを報告した。

今回は中性泉の2泉について、その作用機点を推定すると共に、これら泉水の老化がこの酵素活性にどのような影響を及ぼすか、更に検討した。

Fig1 温泉の位置図



2 京町温泉及び弓ヶ浜泉の作用機点について

a、実験方法

i) 反応生成物の測定

バルビタール醋酸ソーダ緩衝液	1 ml
¹⁴ C チロジン溶液	0.5 ml
温泉水	0.5 ml

以上にチロジナーゼ水溶液0.5mlを加え、37.5°Cの恒温槽中で、30分間反応させ、後5μのミリポアフィル

ターで濾過、GM測定器で測定。

※バルビタール醋酸ソーダ緩衝液

14.7gのバルビタールソーダと9.7gの醋酸ソーダを蒸溜水500mlに溶解、この液5mlに1/10N塩酸6.5ml、0.85%食塩水2ml、蒸溜水11.5mlを加える。(pH6.7)

※¹⁴C チロジン

溶液放射性チロジンはL-チロジン¹⁴C(u)を使用、Lチロジン飽和水溶液に溶解使用する。使用時の放射能は0.5mlあたり9766cpmであった。

※チロジナーゼ水溶液

500unit/mgのものを用時、1mg/mlとなる様調整

※GM管

日本無線のβ線用、端窓形 マイカ厚1.7mg/cm²を使用、試料との距離12mm

ii) スルファニール酸トラップ法

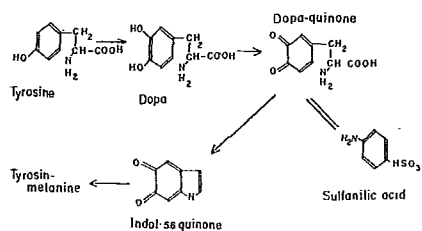
バルビタール醋酸ソーダ緩衝液	1 ml
チロジン飽和水溶液	0.5 ml
温泉水	0.5 ml
スルファニール酸水溶液	1.0 ml

以上に前項と同様のチロジナーゼ水溶液0.5mlを加え、直後より5分毎に自記分光光度計(日立EPS-2)で940mμから600mμまでの吸収を測定した

※スルファニール酸水溶液

950mgのスルファニール酸を少量の1/10N水酸化ナトリウム溶液に溶解水で薄め更に1/10N水酸化ナ

Fig2 メラニンの生成機構



トリウム溶液で注意しながら、pHを6.7に調整し、水を加えて100mlとする。本器は冷所に貯蔵1~2週間は使用し得る。

b 実験成績及び考察

チロジナーゼは図2に示す様にドーパー、ドーパーキノン、インドール5・6キノンを経て最終生成物メラニンに致る反応を触媒する。この反応系にスルファニール酸を加えると、ドーパーキノンと結合

し、褐色の生成物を生ずる。この様にスルファニール酸でトラップして温泉水或は微量元素が反応機構のどの点に作用して居るか推定した。

スルファニール酸トラップ生成物は図3、図4、図5の様に460mμに最大吸収を示す。そこで、各反応時間における460mμの吸光度を測定した。

Fig 3 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 蒸溜水

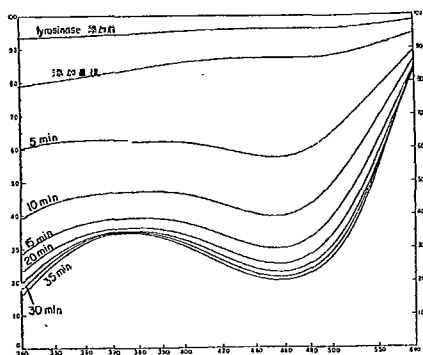


Fig 4 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 京町温泉新鮮泉

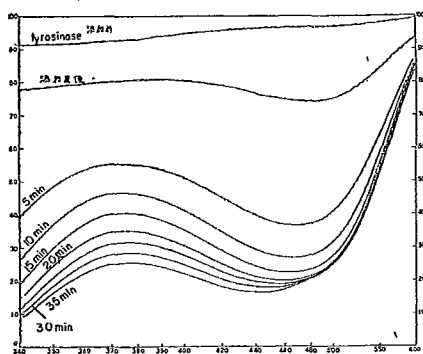
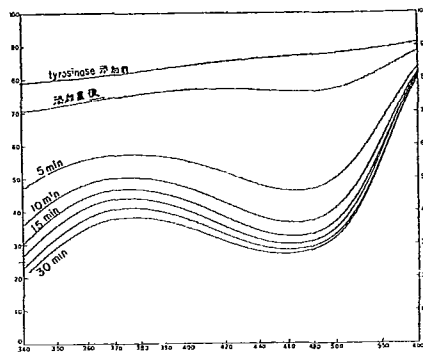


Fig 5 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 弓ヶ浜放置泉 (10月8日汲、10月21日測定)



第1表 スルファニール酸トラップの際の吸光度 (460mμ)

	京町温泉	弓ヶ浜泉	Zn 0.14 mg/ml	Co 0.14 mg/ml	蒸溜水
前	0.02	0.07	0.02	0.02	0.02
直後	0.12	0.15	0.04	0.05	0.12
5 min	0.43	0.50	0.16	0.25	0.24
10	0.57	0.68	0.28	0.37	0.40
15	0.65	0.74	0.36	0.42	0.52
20	0.70	0.79	0.40	0.45	0.60
25	0.72	0.80	0.42	0.46	0.64
30	0.74	0.81	0.44	0.47	0.67
35	0.76	0.82	0.44	0.48	0.69

Fig 6 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 (460mμ)

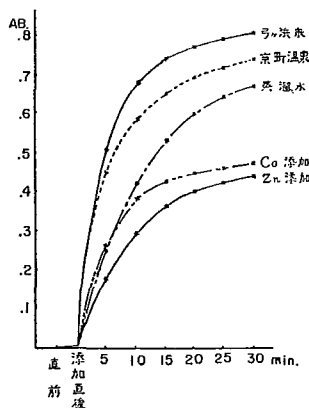


表1及び図6に示す様に新鮮な温泉水を用いた場合、共に対照の蒸溜水よりもやや高い値を示し、ドーパーキノンまでの過程を幾分促進して居ると考えられる。がしかしこの様な促進の程度では、放射性生成物量が蒸溜水の対照よりもかなり高いと云う事を説明することが困難である。

これらの温泉水の示した値に反し、Zn、Coの添加では、対照の蒸溜水よりもかなり低く、促進的どころか抑制的である。放射性成分量は、対照に比し

はるかに多いことから考え、ドーパキノンより以後の部分のみ促進的に働くと考えられる。

この事から考えると、前の温泉の場合、温泉水の有する或る特別な能力が、ドーパキノンよりも前の段階を少しではあるが促進させ、泉水中の Zn、Co その他これと同じ様な反応をする微量元素によってドーパキノンより後の反応系が強く触媒されたと考えるのが適当であろう。

スルファニール酸化合物が出来る反応での反応速度が一次反応であるか、二次或は三次であるか、次式で反応速度恒数値を求めた。

$$K_1 = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x} \dots\dots\dots \text{一次反応の式}$$

$$K_2 = \frac{1}{t} \frac{x}{a(a-x)} \dots\dots\dots \text{二次反応の式}$$

$$K_3 = \frac{1}{2t} \left\{ \frac{1}{(a-x)^2} - \frac{1}{a^2} \right\} \dots\dots\dots \text{三次反応の式}$$

a = 十分に長い時間反応を行なわせて反応完結時の値

x = 各反応時間の値

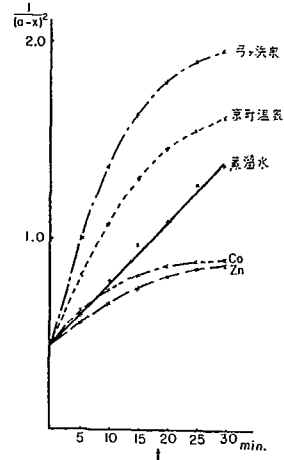
t = 反応時間

また $\log(a-x)$ と t 、 $\frac{x}{a-x}$ と t 、 $\frac{1}{(a-x)^2}$ と t との関係を作図したが、そのうちで、第7図の如く

$\frac{1}{(a-x)^2}$ と t との関係で、蒸溜水を加えたものが、概取直線になる。このことは蒸溜水を加えた時の反応が概ね三次の反応を行なって居ると推定出来る同じことであるが表2の如く、蒸溜水の K_3 のみが概ね一定である。

以上のことからチロジンより、スルファニール酸とドーパキノンの化合物が出来る反応は、三次反応で弓ヶ浜泉或は京町温泉を加えた時の反応は、より

Fig 7 スルファニール酸トラップの際の t と $1/(a-x)^2$ との関係



高次の複雑な反応になって居るものと考えられる。

スルファニール酸トラップの際の吸収曲線について唯幾分問題が残って居ることは、Zn、或は Co 光添加した場合、他の温泉水、或は蒸溜水の場合と異なり、370 m μ 近辺にある吸収の谷が急速に消え、吸収曲線の形が幾分変ることで、チロジンメラニンの反応系にこのような微量元素の存在があると今まで考えられて来た反応機構と異なった経路、或は生成物でも出来る為かも知れない。今後検討を要することである。

3 泉水老化のチロジナーゼ活性に及ぼす影響

a 実験方法

前項で行なった方法に更に日立自記分光光度計 (EPU-2) により 210 m μ ~ 360 m μ 間の紫外部吸収の測定を加えた。

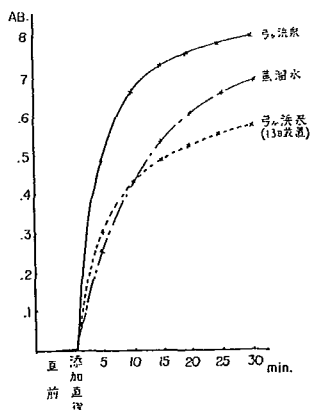
b 実験成績及び考察

第2表 スルファニール酸化合物生成反応速度恒数表

	京町温泉			弓ヶ浜泉			Zn 0.14 mg/ml			Co 0.14 mg/ml			蒸溜水		
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃	K ₁	K ₂	K ₃
直後	0.0769	0.0560	0.0380	0.1043	0.0710	0.0491	0.0298	0.0175	0.0234	0.0343	0.0221	0.0295	0.0392	0.0266	0.0180
5 min	0.0659	0.0511	0.0399	0.0790	0.0635	0.0516	0.0228	0.0153	0.0106	0.0364	0.0131	0.0183	0.0348	0.0244	0.0176
10	0.0468	0.0390	0.0329	0.0587	0.0523	0.0479	0.0196	0.0146	0.0107	0.0279	0.0208	0.0158	0.0304	0.0233	0.0177
15	0.0368	0.0322	0.0288	0.0440	0.0408	0.0392	0.0132	0.0134	0.0101	0.0214	0.0165	0.0128	0.0276	0.0224	0.0184
20	0.0304	0.0275	0.0256	0.0364	0.0349	0.0350	0.0152	0.0116	0.0089	0.0175	0.0136	0.0108	0.0294	0.0211	0.0183
25	0.0256	0.0232	0.0219	0.0295	0.0287	0.0290	0.0158	0.0099	0.0077	0.0143	0.0112	0.0089	0.0216	0.0188	0.0168
30	0.0221	0.0199	0.0196	0.0251	0.0245	0.0250	0.0114	0.0088	0.0069	0.0113	0.0097	0.0077	0.0191	0.0138	0.0154

K₁……一次反応の式による恒数。K₂……二次反応の式による恒数。K₃……三次反応の式による恒数。

Fig 8 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 (460m μ)



第3表 スルファニール酸トラップの際の吸光度 (460m μ)

	弓ヶ浜泉		蒸溜水
	新鮮泉	汲置泉(7日)	
前	0.07	0.06	0.02
直後	0.15	0.12	0.12
5 min	0.50	0.33	0.24
10	0.68	0.43	0.40
15	0.04	0.49	0.52
20	0.79	0.52	0.60
25	0.08	0.55	0.64
30	0.81	0.57	0.67

第8図の如く弓ヶ浜泉では汲み置くと共に、スルファニール酸化合物の生成能が落ちる。そして新鮮泉の場合、幾分促進的であったにもかかわらず、前出のZn、Coと同様に、対照の蒸溜水よりも低く、抑制的である。しかし京町温泉では、それと反対に古い泉水が高くなる傾向にある。唯第9図の様に、京町泉では、時々新鮮泉が、対照の蒸溜水と比較し、低い値を示す場合があることが判明した。特に京町温泉は新鮮泉でも、後求の紫外部吸収に、非常に差異が見られる。特に同日であっても、採取時間が異ると差が非常に大きい場合があった。これらは潮の満ち干に大きく影響されている様であり、海岸に近い為であろう。

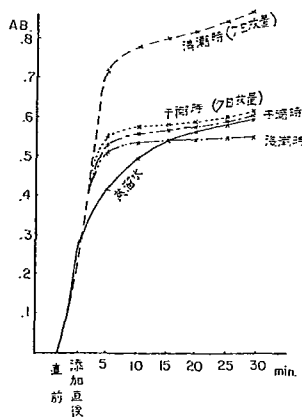
第10図に示す様に、チロシナーゼで濃度を極く薄くすると、初期の急速な反応が押えられ、その推移が良くわかる。京町温泉の場合、極く初期の一時期で

第4表 スルファニール酸トラップの際の吸光度 (460m μ)

	京町温泉(満潮)		京町温泉(干潮)		蒸溜水
	新鮮泉	汲置泉(7日)	新鮮泉	汲置泉(7日)	
前	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
直後	0.21	0.21	0.21	0.22	0.29
5 min	0.50	0.73	0.54	0.55	0.41
10	0.51	0.79	0.55	0.58	0.48
15	0.52	0.80	0.55	0.59	0.53
20	0.53	0.83	0.56	0.60	0.55
25	0.53	0.85	0.57	0.62	0.56
30	0.54	0.88	0.59	0.02	0.58

Fig 9 スルファニール酸トラップの際の吸収の変化 (460m μ)

同じ日の満潮干潮の差



は新鮮泉が高い値を示しているが、後半では汲み置き泉が高くなり、正常の実験のチロシナーゼ濃度では、それから後は、そのままの関係すなはち、汲置き泉が高い値のまま進んで行く様である。

放射性の生成物については、何れも汲置くと共に生成物量が減る傾向がある。唯これも採取日が異ると、その減少度が変わってくる。

紫外部吸収は第13図、第14図の如く、同じ弓ヶ浜でも、新鮮の時から吸収の余り強くないもの、強いものまちまちである。が、一般的にいて、汲み置く日数が多くなればなる程、吸収は弱くなる。しかしある波長については反対の状態を呈して居るところもある。

京町温泉については、第15図、16図、17図に一応

Fig 10 スルファニール酸トランプの際の吸収の変化 (460m μ)

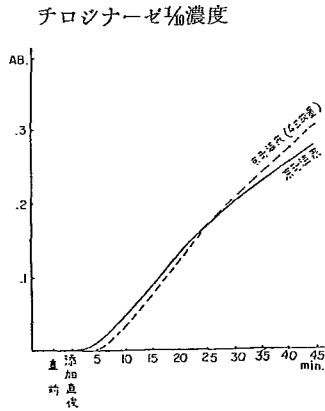


Fig 12 泉水放置と放射性生成物量 京町温泉

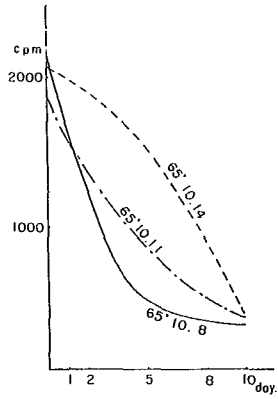
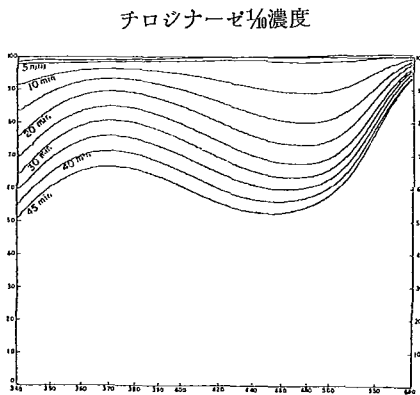


Fig 11 スルファニール酸トランプの際の吸収の変化 京町温泉 新鮮泉



第5表 泉水放置と放射性生成物量 (京町温泉)

放置日数	65'10.8 汲	65'10.11 汲	65'10.14 汲
当日	2024cpm	1870cpm	2018cpm
1 day	1772	1488	1979
2	1160	1331	1823
5	466.7	824	1497
8	328.2	472.9	824
10	302.5	366.0	333

Fig 13 弓ヶ浜泉の吸収曲線の変化

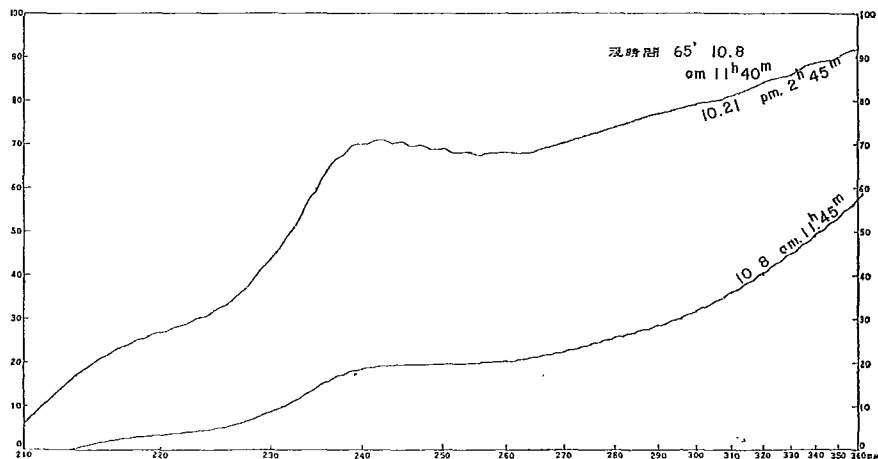


Fig 14 弓ヶ浜泉の吸収曲線の変化

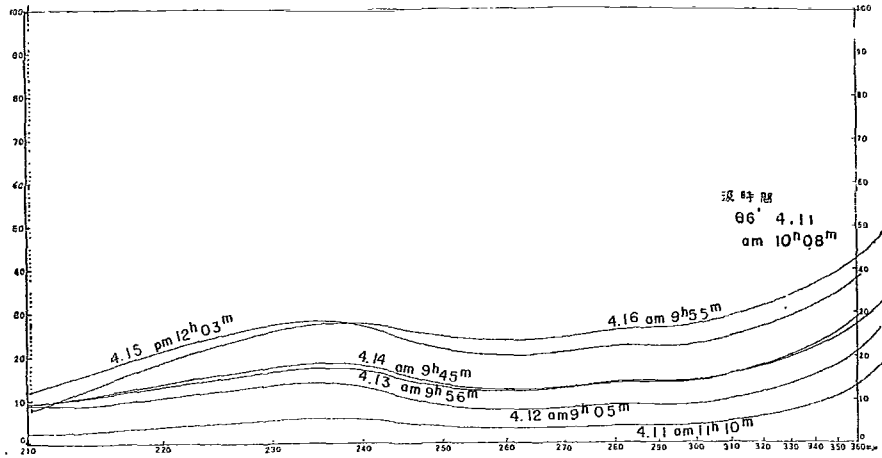


Fig 15 京町温泉の吸収曲線の変化

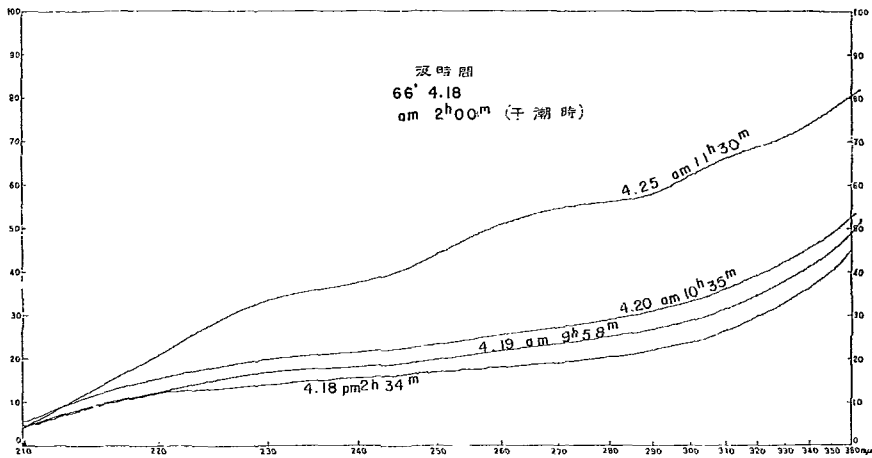


Fig 16 京町温泉の吸収曲線の変化

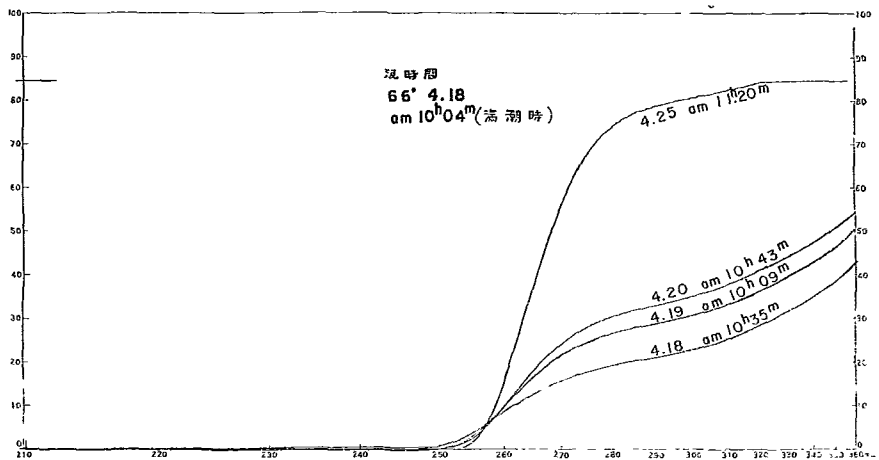
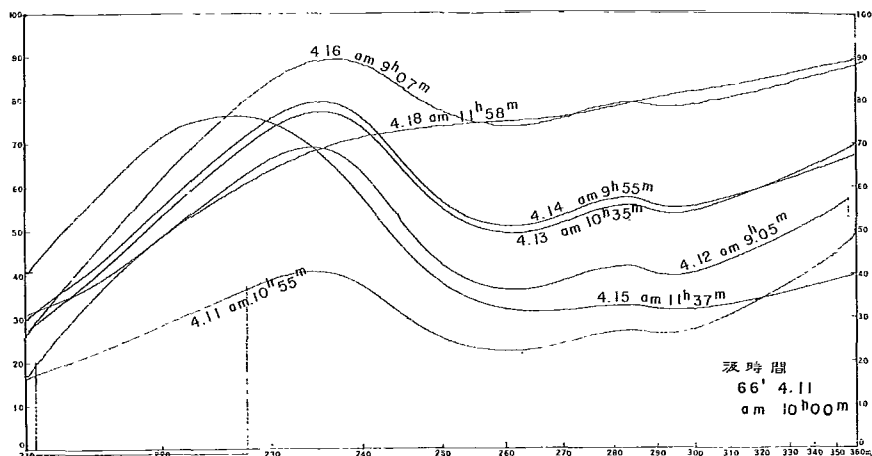


Fig 17 京町温泉の吸収曲線の変化



特徴のあるものを挙げた。これも或る波長域で、古ければ必ず吸収が弱くなる、というものでもなく、吸収曲線の形までも、全く変ってしまう時期がある

満潮時、干潮時のことについては、前にスルファニール酸トラップについて、同じ採取日であっても異なることがあると述べたが、吸収曲線の上からも第15図、16図の様に全く異なることがわかった。

両泉の吸収曲線について ①235mμ附近に大きい吸収の谷と285mμの辺りに小さい谷が出来る形。

② 225mμに吸収の大きい谷がある形。③ 210mμより360mμにかけただらと吸収がへる形。④ 250mμまでは完全に吸収を示す形。の程度に分類することが出来、同じ泉水(汲み時間も汲んだ日も同じもの)では、常に①の形で吸収が減ずるもの、或は測定日により、①と②が入れ変ったり、③だったり、その外種々の形が入れ変ったり様々である。この原因について前報では、雨では無いかと報告したが、第15図、16図の例から、干満の影響も見のがせないであろう。

以上三者の関係であるが、吸収と放射性生成物量は、汲み置きと共に、それぞれ減じる。又、弓ヶ浜と京町温泉とでは、必ずといって良い程、弓ヶ浜の方が吸収が強い。そして放射性生成物量も多い。しかし所謂相関関係とまでは行かない様である。

吸収曲線の上で、特異的だった満潮時の泉水を加えた、スルファニール酸化合物の値が、対照にした蒸留水のそれよりも低く、丁度、Co、Znの添加の場合に良く似た現象を呈した。この場合の満潮時の汲み置き泉では、スルファニール酸化合物量が、非常に高い数値を示した。第12図、放射性生成物量と経過日数の関係に示した減少度の異なる泉水、つまり汲

み置きと共に放射性生成物量が徐々に減少した温泉水は、実は満潮に近い時間に採取したものであったと云うことは、幾らかの関係がある為かも知れない

4 まとめ

- a) 微量元素、Zn、Coの反応機点はドーパーキノンより後の反応系であるらしい。
 - b) 京町温泉、弓ヶ浜泉の新鮮泉には、僅かではあるがドーパーキノンよりも前の段階を促進する働きがある。しかし泉水中には当然、Zn、Co或はその様な働きをする微量元素を含んで居るから、泉水全体としては後の段階にも促進的に働くであろう。
 - c) 老化泉になると、一般的にスルファニール酸化合物の生成量は減少し放射性の生成物量も減少する。
 - d) 京町の老化泉では、僅かにスルファニール酸化合物の生成が増加する傾向にあるが、放射性生成物量は、減少の一途をたどる。が、4月18日満潮時に採取したものの老化泉は、スルファニール酸トラップの際の値が、非常に高く、放射性生成物量の減少度がゆるやかであった。
 - e)、c)、d)のことから、ドーパーキノンよりも後の反応の部分に働く泉水の成分も、所謂老化が起る可能性がある。
 - f) 紫外外部吸収の結果から、湧出する泉水は常に成分的に変動して居ることが判る。
- 終りにあたり、研究費の一部を負担された大分県調査研究会に感謝する。

主要文献

- 1) 野崎秀俊：大分県温泉調査報告 14、15 (1963)
- 2) 野崎秀俊：大分県温泉調査報告 15、51 (1964)
- 3) 野崎秀俊：大分県温泉調査報告 16、21 (1965)
- 4) 代谷次夫：化学の領域 増刊 67、256 (1965)