

# 大分県温泉調査研究会

## 報告 第40号

平成元年3月

### 目次

県北地域（下毛郡、宇佐郡、宇佐市）……北 の温泉調査	岡野城石佐 川 葛大由	豪田啓郁悠 実 夫 子 朗 紀	一… (1)
別府地域の岩石の帯磁率測定（その1）…竹 由	村 佐	恵 悠	二… (15)
別府温泉南部域の化学成分長期変化……由 について(2)	由 神 川	悠 孝 田 紀 吉 夫	三… (21)
九大生医研における温泉理学療法の実態…延 麻 矢 和 鈴 藤	永 生 永 気 木 野	正 宰 士 夫 和 命 喜 久	四… (31)
九重温泉群の現状と問題点(I)……大	野	保 治	五… (45)
温泉研究用データベースの作成について…是 山 御	永 本 沓	誠 和 稔 一 行 弘	六… (59)
深部地熱構造に関する研究会……大分県環境保全課…			七… (63)
大分県温泉調査研究会会則及び会員名簿……			八… (78)

# 序

年に1度発行される大分県温泉調査研究会報告が、ここに40号を重ねることとなりました。これは、温泉法の制定に伴い、その円滑な施行を主目的として発足した本会が、その後、温泉の開発、保護、利用など、総合的な温泉の調査研究に内容を充実させながら、40年にわたり活動を継続してきたことを意味します。これは、会員諸氏の御努力はもとより、その属する各研究、行政機関の御理解、御援助によるものと厚く御礼申し上げます。

県という限られた地域の、温泉という特殊な現象に、これだけの年月、密着した調査研究を続けしかもなお、年々新しい資料、知見を提供して実績をあげてきた例は珍しいと思います。温泉はこの地域に根づいた自然現象のひとつであると共に、その開発利用への意欲や技術との相乗効果による、自然と人との共同生産物でもあります。県内の温泉掘削は、一時期ほどの過熱状態は過ぎたものの、なお、毎年ほぼ安定した速度で工事が進められています。掘削記録の蓄積は年に50キロメートル程度の速度でふえ続けているでしょう。それから得られる地下の情報は貴重なものです。温泉をうみ出す自然条件の解明に役立つ反面、それが自然条件を変化させてきた過程にも注目されねばなりません。温泉開発は温泉をうみ出す自然条件への人間の挑戦であり、それに変化をしいる原因でもあるわけです。開発への意欲は温泉利用が社会に占める価値観の変動に左右され、開発、利用の技術がまたそれに刺激されて、さらに進んだ開発意欲、新しい価値観をうみ、そして、自然条件への挑戦が繰返されます。

温泉水を地層の排せつ物という面でもとらえることもできます。雨水から地下水へと、地下深部までのいろいろな道程を経由し、その時間経過の中に、地層物質と多様な反応を繰返した結果の排せつ物です。私たちはいろいろな深さでの温泉水の温度や成分を解析し、それが地層中のどういう通路を経てきたものなのか、どういう反応を経てきたものかを調べてきました。そうして、人体からの排せつ物の検査によって体の内部に起こっている変化や異常など健康度を調べることができるのと同様に、温泉水の調査を繰返すことによって、深部までの地層健康度の変化を求められる段階に来たと思っています。40年にわたる本調査研究会の業績により、その研究の土台となる資料は得られました。その基礎に立ち、めまぐるしく変る社会条件をにらみながら自然条件に影響する過程を追い、その健康度検査としての温泉の調査研究を継続・発展させてゆくことが、本会の大きな役割と考えています。

会員諸氏のますますの御精励と関係各位のなお一層の御理解をお願いする次第です。

大分県温泉調査研究会会長

吉川 恭三

# 県北地域(下毛郡、宇佐郡、宇佐市)の温泉調査

京都大学理学部 北岡 豪一 大分大学教育学部 川野 田実夫  
 大分大学教育学部 葛城 啓子 別府大学短期大学部 大石 郁朗  
 京都大学理学部 由佐 悠紀

## 1 はじめに

大分県の中北部には、低重力異常の基盤陥没域が、大分一熊本構造線を南限とし、大分県の西部と北部を縁辺とするように広域に発達している。新しい火山活動(100万年前以降)は、その広域陥没域内のさらに低重力異常域の別府湾より西ないし南西に向く方向の域内に限られて発生している。新第三紀の火山活動は、大分県北部と西部のその陥没域の縁辺で最も古く(約500万年前)、それ以降の鮮新世から更新世にかけての火山活動は年代の若いものほど域内内側の低重力異常域に向かって帯状に分布する<sup>1),2)</sup>。この鮮新世から更新世にかけての火山活動は、従来から豊肥火山活動として一括され、その火山岩類は厚く堆積している。陥没域の中央部付近には、最も新しい由布・鶴見火山群や九重火山群と別府温泉などの活発な地熱温泉活動域がある。その新しい火山活動域の南北両側の広域陥没域内の平野や盆地などの平地部に水成の堆積地層の発達した地域がある。特に、大分川に沿う平野部では、 $-30\text{mgal}$ 以下の低重力異常を示す範囲も含まれ<sup>3)</sup>、その堆積層はかなり厚いと考えられる。そういうところで、比較的近年、深い掘削により深部に貯留する、いわゆる深層熱水型の温泉水の開発が進んでいる<sup>4)・5)</sup>。北側の地域でも、宇佐市、安心院町、院内町などでこの種の温泉開発が行われている。その地域の重力異常は南側ほどには顕著ではないが、北にゆくほど系統的な増加がある<sup>3)</sup>。この北部域内には花崗岩類の露頭域もあり、また、大部分が正の重力異常の範囲内にあるため、堆積層は南部地域ほど厚くない。さらに、域内には最も古い新第三紀の火山岩であるプロピライトの露出域もあり、地溝南部の地域とはいくらか異なる地質条件を備えている。

昭和29年の山下の報告<sup>6)</sup>によると、かつて山国町の宇曾および藤野木地区にわずかの自然湧出があった。それ以外では、北部地域には顕著な温泉徴候はなかったと考えられる。温泉掘削はその山国町宇曾地区で大正末期に行われており、約 $33^{\circ}\text{C}$ の泉温が測られている<sup>6)</sup>。昭和10年代には耶馬溪町深耶馬地区で、また、昭和30年代には本耶馬溪町跡田地区および山国町藤野木地区で、300 m前後の掘削により $40^{\circ}\text{C}$ 前後の自噴の温泉が得られている。深層温泉の開発は、南側の大分川に沿う地域で急速に進んだ開発と呼応するように、昭和50年代に入ってから安心院町、院内町宇佐市で進められ、さらに、山国町、耶馬溪町、本耶馬溪町などでも深い温泉の開発が行われるようになった。昭和63年度における、宇佐保健所と中津保健所管内で登録されている源泉の数は約36孔である(昭和46年には13孔<sup>7)</sup>であった)。県北地域の温泉については、山下の報告以来調査報告はなく、温泉孔の位置や化学成分の分布の状態などについては未知の部分が多い。そのため、今年度、中津・宇佐両保健所に登録されている温泉につき、泉温と湧出量を測定し、温泉水の化学分析を行った。

## 2 調査の概要

今回の調査範囲は、上記のように、中津および宇佐保健所の管轄範囲内に限定し、現地調査は保健所の台帳に登録されている温泉について昭和63年12月5～6日と12月20～21日および平成元年1月29日の3回に分けて行った。温泉は、山国町が5孔、耶馬溪町が18孔(内1孔枯渇)、本耶馬溪町が2孔(内1孔枯渇)、三光村が1孔、宇佐市が3孔、院内町が1孔、そして安心院町

が6孔である。現地で湧出温度、湧出量(揚湯量)、pH、電気伝導度などを測定し、採取した温泉水は大分大学で化学分析を行った。また、温泉孔付近に浅井戸のある場合にはその水も採取、分析を行った。全調査孔数は、浅井戸も含め、計41孔となった(内枯渇2孔)。

源泉の位置を図1、図2に示す。(図2は、耶馬溪町の金吉地区と深耶馬地区を拡大したもの

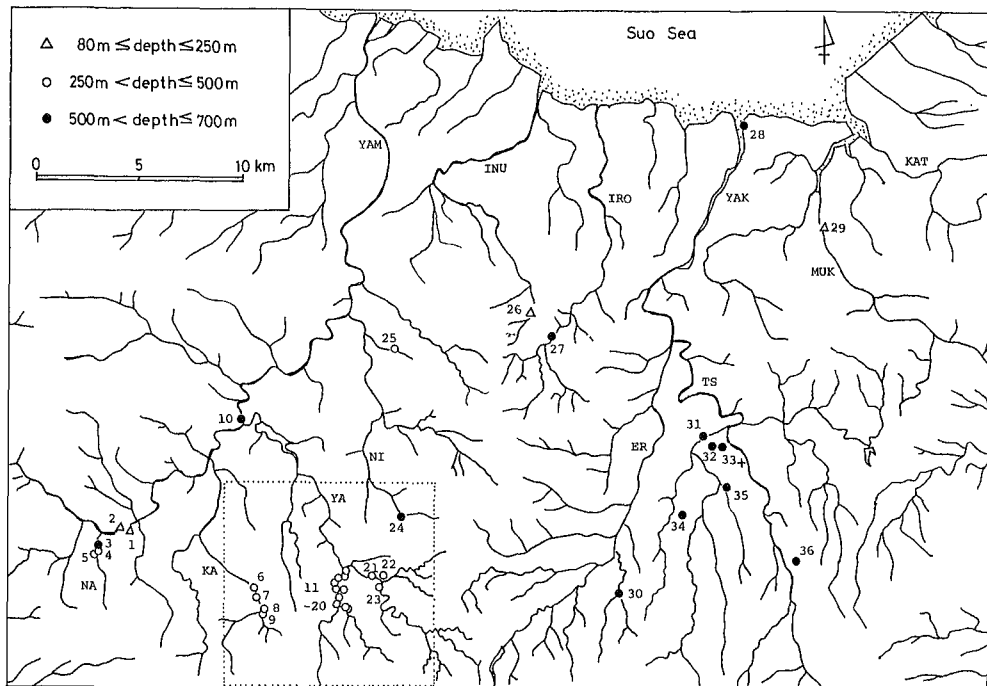


図1 県北地域温泉の分布 (図幅: E131°10′-28′、N33°20′-36′)  
 (YAM:山国川、NA:長尾野川、KA:金吉川、YA:山移川、OR:折戸川、NI:西谷川、INU:犬丸川、IRO:伊呂波川、YAK:駄館川、ER:恵良川、TS:津房川、MUK:向野川、KAT:桂川)

である。)各源泉について、深度、口径、掘削終了年月、および今回測定した温度、湧出量(揚湯量)および電気伝導度を表1に、また、主要化学成分の分析結果を表2に示した。表には、浅井戸から採取した試料もアスタリスク付きの番号を付し、また枯渇孔も一括して掲げた。山国町、耶馬溪町では、深度が500mを越す源泉は少ないが、宇佐市、院内町、安心院町では、ほとんどが500mを越えている。浅井戸も含めた全調査孔数のうち、自噴井が18孔、枯渇泉が2孔であった。山国町、耶馬溪町、本耶馬溪町では、活動孔のうち半数以上が自噴井であるが、安心院町、院内町、宇佐市には自噴井はない。湧出温度は、おおむね50℃以下であるが、最高の温度は安心院町六郎丸のNo.36で観測され、52.2℃であった。なお、No.14ではわずかに自噴する。また、No.22泉では、掘削後の自噴量では泉温が得られないため直ちに動力が設置された。

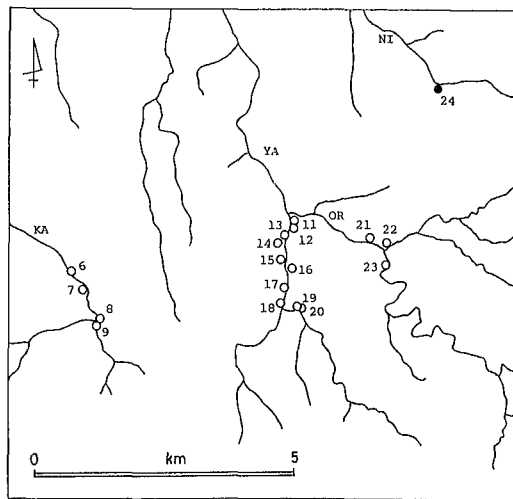


図2 耶馬溪町温泉の源泉位置  
 (図幅は図1中の点線枠)

湧出温度には、直接湧出口で測定できず、正確でないものも含まれる。湧出温度は、宇佐市と

表1 県北地域温泉の調査結果 (現地調査: 1988.12~1989.1)

番号	深度 (m)	口径 (mm)	掘削終了 昭和年月	温度 (℃)	自/動	湧出量 (ℓ/分)	電気伝導度 (μS/cm)	備考
山 国 町								
1	(111)	40	23.	31.2	自	9.4	280	タンク経由を測定
2	(100)	40	53.05	27.3	自	12.6	280	
3	650	80	48.03	(26.2)	自	—	230	
4	280	13	32.08	30.4	自	(150)	220	
5	426	50	54.12	32.4	自	186	226	
耶 馬 溪 町								
6	400	155	60.09	29.8	P	—	156	養殖用
7	500	75	46.05	29.3	P	106	210	風呂で測定
8	450	40	60.11	(40.8)	自	54	318	
8*	(180)			25.2	P	19	138	未利用
9	324	50	41.06	32.2	自	44	153	
10	600	50	53.08		枯湯			未利用
11	485	40	62.05	(43.5)	自	22	388	蛇口で測定
11*	(70)			26.5	自	1.7	220	風呂で測定
12	500	50	62.10	50.2	C	73	828	
13	500	50	51.09	44.6	C	62	392	風呂で測定
14	400	50	63.06	41.4	C	35	352	自噴わずかにあり
15	300	50	40.08	39.7	自	17	420	茶色を呈する
16	300	75	39.01	39.8	自	55	300	
17	280	75	35.07	41.6	自	233	470	風呂で測定
18	285	50	36.02	38.9	自	25	396	
19	500	50	62.12	42.1	C	88	500	風呂で測定
20	300	50	56.04	33.2	自	31	200	未利用
20*	(300)			29.9	自	22	284	未利用
20**	(60)			27.0	自	38	151	風呂で測定
21	500	50	62.02	44.3	C	54	860	
22	500	50	62.04	44.4	C	14.1	840	風呂で測定
23	300	50	57.02	44.8	C	50	716	
本 耶 馬 溪 町								
24	700	40	61.04	48.6	自	36	1,580	風呂で測定
25	300	50	46.05		枯湯			未利用
三 光 村								
26	80	50	45.11	15.9	自	微弱	1,210	未利用、河川敷
宇 佐 市								
27	700	50	57.01	20.1	P	{ 120 }	1,450	タンク経由を測定 ボイラ経由を測定
28	635	50	57.03	38.2	C	{ 93 }	2,200	
29	250	50	58.05	{ 25.1 }	P	{ 36 }	170	
院 内 町								
30	600	50	58.03	48.1	P	60	855	
安 心 院 町								
31	600	80	54.10	43.8	P	41	5,600	タンク経由を測定
31*	(200)			27.4	P	—	580	
32	600	30	57.05	{ 38.7 }	P	{ 61 }	680	
33	600	50	56.10	29.7	P	—	1,130	
34	700	80	62.01	41.3	P	13.3	668	
35	600	50	56.09	35.6	P	153	360	
36	600	80	53.03	52.2	C	{ 70 }	280	

\*付きの番号は、周辺の浅井戸を表す。括弧付きの深度は、聞き取りによる。自：自噴、P：吸い上げポンプまたは水中ポンプ、C：コンプレッサー、丸括弧付きの温度は冷却を受けている可能性が大きい。角括弧付きのデータは、温泉分析書から引用。電気伝導度は25℃換算値。未利用および養殖用以外の、\*を除く温泉は、すべて浴用である。

表2 県北地域温泉の化学分析結果 (採水: 1988.12~1989.1)

番号	水温 (°C)	pH	Na <sup>+</sup> (mg/ℓ)	K <sup>+</sup> (mg/ℓ)	Ca <sup>2+</sup> (mg/ℓ)	Mg <sup>2+</sup> (mg/ℓ)	Cl <sup>-</sup> (mg/ℓ)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/ℓ)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/ℓ)	SiO <sub>2</sub> (mg/ℓ)
1	31.2	7.21	48.4	16.0	6.9	2.2	8.5	1.4	172	88.0
2	27.3	7.68	50.0	14.9	6.2	1.5	8.0	1.8	175	86.4
3	26.2	7.66	34.0	9.4	9.5	1.8	18.2	1.0	122	82.0
4	30.4	7.52	26.6	9.1	13.5	3.3	9.4	1.5	130	83.0
5	32.4	7.48	29.6	10.4	15.4	4.2	9.3	0.4	153	98.4
6	29.8	7.33	12.4	9.6	10.0	3.5	3.3	5.6	92.8	88.0
7	29.3	7.40	32.0	18.9	5.2	2.0	4.8	0.7	138	103
8	40.8	7.32	51.6	25.6	5.9	2.9	9.0	0.8	192	117
8*	25.2	7.39	10.0	5.2	8.5	5.8	3.1	5.3	82.4	67.0
9	32.2	7.50	18.0	10.4	5.2	4.4	3.7	4.3	89.1	88.0
11	43.5	6.89	111	21.2	10.5	3.6	38.6	1.4	323	102
11*	26.5	7.37	40.8	12.6	1.9	2.0	9.8	1.5	129	91.0
12	50.2	7.25	159	40.0	9.5	1.7	68.0	2.6	417	129
13	44.6	7.19	78.0	22.0	2.4	0.8	29.7	1.9	208	115
14	41.4	7.76	88.5	20.4	2.6	0.5	22.3	2.5	198	113
15	39.7	7.01	81.0	25.2	2.6	0.7	30.2	2.2	218	124
16	39.8	6.86	55.0	20.0	2.7	1.4	22.4	3.7	156	117
17	41.6	7.08	100	9.3	6.2	0.9	14.0	2.1	298	97.6
18	38.9	6.89	86.5	7.8	5.2	0.5	8.5	1.8	254	98.4
19	42.1	6.80	111	8.1	7.1	0.6	14.4	2.6	330	98.0
20	33.2	7.01	40.0	8.2	1.3	2.7	4.1	1.1	124	94.0
20*	29.9	7.00	57.0	12.3	3.0	1.3	5.3	1.6	181	92.6
20**	27.0	6.52	26.6	4.6	3.0	1.1	4.3	2.7	86.6	88.0
21	44.3	7.68	165	40.0	12.7	2.3	59.2	2.8	464	129
22	44.4	7.40	162	28.0	16.2	5.2	56.9	3.0	467	102
23	44.8	7.07	130	43.6	7.2	3.6	33.7	3.1	411	126
24	48.6	8.00	410	52.0	4.2	0.7	244.7	100.0	598	170
26	15.9	6.52	100	20.0	51.5	90.2	8.3	0.7	872	83.4
27	20.1	6.60	90.0	9.8	100.5	88.0	43.2	4.2	982	90.0
28	38.2	7.80	380	55.0	25.3	55.3	361.0	1.6	808	107
29	—	7.60	10.0	2.5	13.3	6.0	14.7	27.4	45.8	39.0
30	48.1	7.80	150	23.0	15.2	5.5	103.0	1.2	352	97.0
31	43.8	7.08	951	95.0	109.3	36.1	1,639	0.0	380	112
31*	27.4	7.72	119	12.0	9.0	3.7	54.0	0.0	285	74.0
32	—	8.37	152	5.3	6.8	2.0	37.2	0.2	389	39.0
33	29.7	8.10	280	0.9	3.1	0.1	61.7	0.8	663	24.0
34	41.3	7.86	122	7.7	11.4	0.5	154.0	0.0	107	68.0
35	35.6	7.81	64.0	7.5	6.8	3.3	58.9	0.0	122	80.0
36	52.2	8.33	65.0	1.4	0.9	0.1	4.6	0.7	176	39.0

安心院町の一部の温泉、また、明らかに地上で冷却を受けていると考えられるものを除くと、湧出量との間に正の相関が認められる。また、採取深度と対比させてみると、それが流量に依存するにもかかわらず、図3に示すように、概ね採取深度が深まるにつれて高まる傾向が見られる。ここに、採取深度は、ストレーナ長を考慮して便宜的に掘削深度250m以浅のものについては孔底から約10m、深度500mまでのものには約50m、それ以深のものには約100m、それぞれ浅くとった。湧出水温が各採取深度で20°程度の幅内で観測されることから、これら温泉湧出域には、地下面下約600m以上にわたりそれほど特異な地温状態は形成されてないと推定される。

### 3 地下温度の状態

まず、掘削中に測られた地下温度と深度との関係を調べる。この地域を2つの地区に分け、安心院町、宇佐市、院内町のもをを図4に、耶馬溪町のもをを図5に、それぞれプロットした。各図中の2本の平行した破線は、大分市における地

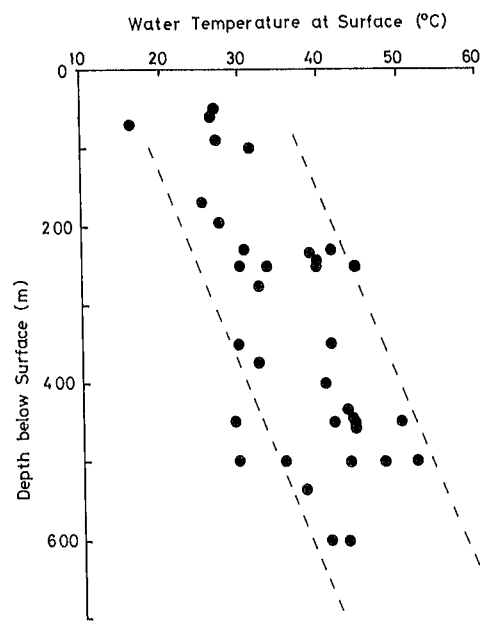


図3 湧出温度と採取深度の関係  
ただし、採取深度は、孔底より10m (掘削深度 $\leq$ 250m)、50m ( $\leq$ 500m)、100m ( $>$ 500m) だけ浅くとった。

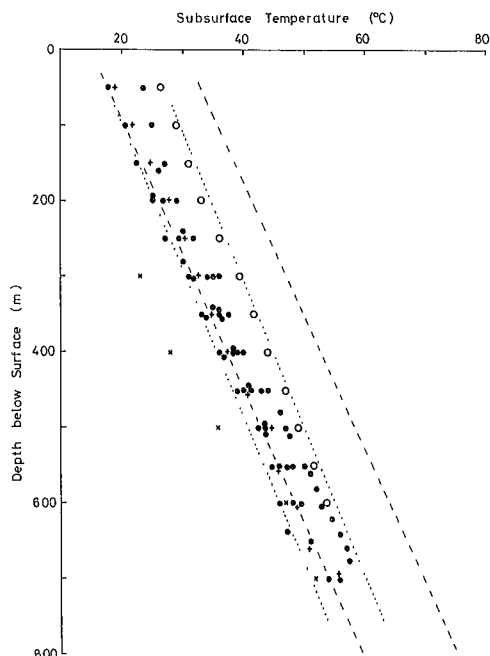


図4 宇佐市、安心院町、院内町における地下温度  
(○: No.30, ×: No.34, +: 豊後高田市)

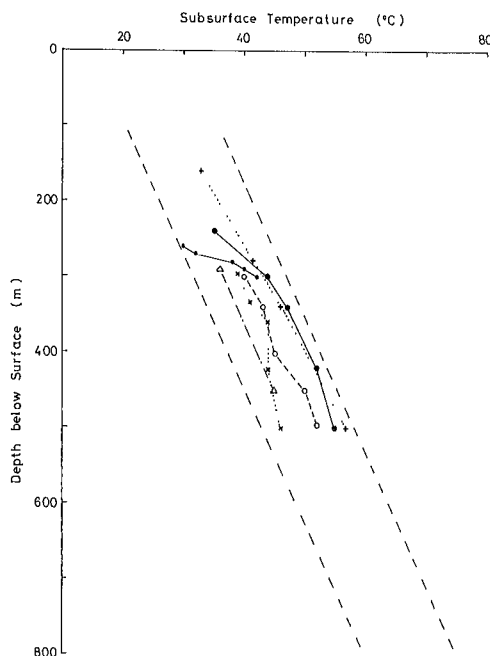


図5 耶馬溪町における地下温度  
(△: No.8, ○: No.11, ●: No.13, ×: No.19, +: No.21, ・: No.23)

温の現れる範囲を示す<sup>5)</sup>。この両図から、北部地域の地温も各深度で大体大分市で現れた地温の範囲に収まり、全体としては、地溝中心の南北両側の堆積層で同様の地温状態にあると言え

る。ただ、図4の院内町、安心院町、宇佐市など、北部地域の東よりの、水成の堆積層の発達した地区では、大分市における高温側の線に近い地温はいままでのところ見出されてない。参考のため、豊後高田市の地温を+でプロットしてみたが、同様である。最も高温を示す○は、院内町のNo.30である。そのプロファイルは直線的であるが、地温勾配は破線よりもいくらか小さい。そこで、点線のように大分市の勾配よりも幾分低い直線を想定してみると、この東部地区の地温のほとんどすべてが、大体10°離れた2本の平行線に挟まれた範囲内に収まる（豊後高田市内の地温もこれと調和的である）。その勾配は100m当り約5.1℃で大分市のものよりも約1割小さい。高温側の線は、大分市の地温から推定したように、横割り型の堆積地層中に存在する縦割り構造に沿って水が上昇する状態を示すと考えられる。その温度幅はこの北部地域の堆積地層中では、大分市における約15℃より小さい。源泉数が少なく、分布もまばらなため、大分市におけるような明瞭な高温帯の存在を確かめることはできないが、比較的高温を示す院内町のプロファイルはそれを反映したものと思われる。

一方、耶馬溪町では、深い資料がないので、深部にわたる地温の状態は分からないが、図5に示したように、すべての測温点は大分市における2本の平行線の間には収まっている。しかし、低温側の線付近の測定値が少ない。山移川に沿い、最も上流側に位置するNo.19(×印)と下流側に位置するNo.13(●印)およびNo.11(○印)とを比べてみると、必ずしも上流、下流による温度の高低関係は認められないが、上流のNo.19で地温勾配の小さい部分がある。No.19付近には、No.20、20\*、20\*\*があり、300m深度と60m深度の井戸では自噴、500m井戸では水位は地面下という状態にある。No.19の柱状図によると、地面下約300m深度までが砂礫層と粘土層の互層、それ以深で硬岩に変わり、変朽安山岩と記載されている。上層の部分は耶馬溪層、下層は宇佐層群に対比されると思われる。また、No.13では50m前後の深さまでが砂礫層、それ以深で変朽安山岩となっている。この谷部では、下流ほど耶馬溪層は薄くなっており、温泉水は宇佐層群から採取されていると思われる。耶馬溪層内では(さらには、宇佐層群上部も含め)、透水層と難透水層が互層を成し、水の流れは横方向に卓越しているものと考えられる。最も上流部のNo.19で見られる地温勾配の小さい部分ではそういう横の流れが推定される。この地域では、比較的温暖な水が耶馬溪層と宇佐層群の境界付近を被圧状態で流れ、上流部では、それが宇佐層群に(下向きに)浸入し、下流側になると宇佐層群内の水は被圧された状態になる。しかし、そこでの地温は深さに対して直線に近いので、水の流れはおそいと考えられる。浅層では、奈女川(No.23)の地温プロファイルが示唆するように、優勢な冷地下水の流れも推定される。なお、折戸地区のNo.21(+印)の柱状図では、全層にわたり粘土、砂礫の互層と記載されている。

#### 4 地温、水温、水質の全般的な分布

この北部地域の温泉開発域の分布は、範囲が広域かつ離散的で、また、地区によって湧出標高や掘削深度、水質にかなりの違いがある。そこでまず、大づかみの状態を知るため、地区ごとに区切って各源泉の特性を並べてみることにする。図6は、源泉をほぼ西から東へ、また、同じ地区では谷の下流から上流に向かう順序で並べたものである(ただし、宇佐市の平野部の温泉No.28 No.29を宇佐市下麻生地区と院内町の間に入れた)。図は上から順に地面の標高を考慮した井戸の深さと地温、水温、電気伝導度、pH、そしてHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とCl<sup>-</sup>イオン濃度の分布を表す。最上欄には流域河川名(図1参照)、最下欄に表1の源泉番号を示した。最上図で印した○は、地温の分布を出すために用いた井戸を表す(⊕印は、現在廃孔の井戸の掘削記録に基づくものである。この井戸は安心院盆地内にあり、その位置を図1に+で示した)。また、それ以下の諸図で、井戸深度が250m以内のものを+で、それ以外を●でプロットした(ただし、No.10のプロットは、温泉分析書のデータによったため、○でプロットした)。



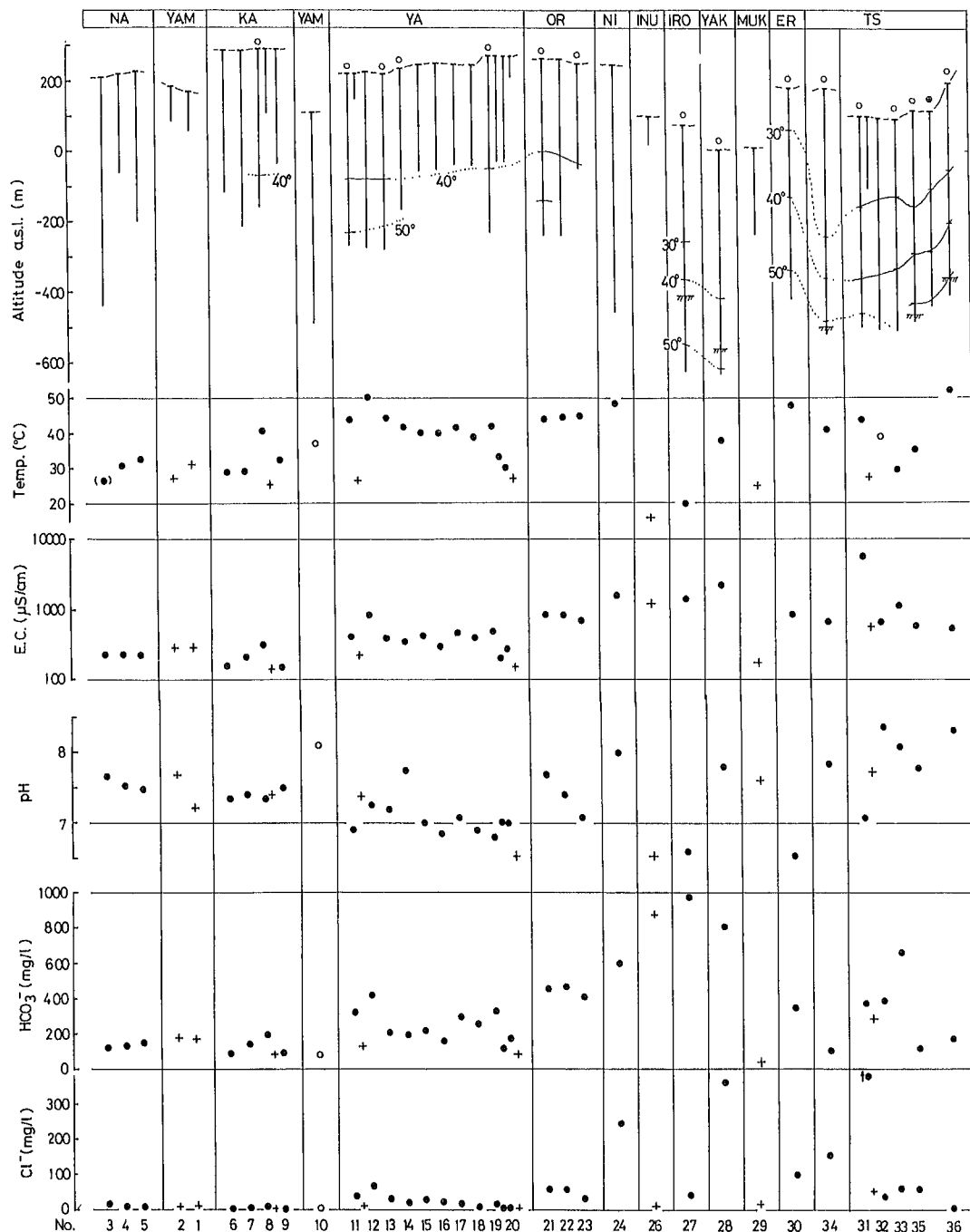


図6 掘削深度、地温、湧出温度、電気伝導度、pH、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度、Cl<sup>-</sup>濃度の地区による違い  
 最上欄は流域河川名(図1)、最下欄は源泉番号(表1)、プロット記号は、250m以浅の井戸のものを+、それ以外を●で表示。ただし、枯湯泉No.10(O)は、温泉分析書による。

まず、地温に着目してみる。安心院盆地内(No.31、32、33、35)では、地温が水平にほぼ一様であるが、上流ほど(六郎丸のNo.36に近づく方向)等温線の標高の高まる傾向が見られる。また、この図には井戸内で花崗岩の現れる位置も示した。この津房川に沿う細長の盆地部では、花崗岩の

現れる地面からの深さは、六郎丸のNo.36で569 m、妻垣のNo.35で580 mとなっており、また、宇佐市長洲のNo.28でも同様の約565 mである。この地域の堆積層の厚さは、570m前後と見なしてよく、それは、南部の大分市において地温から推定された1,500m以上という厚さにくらべると<sup>4)</sup>1/3以下である。そして、この地区の地温が、図4で見たように、浅層から基盤まで深さに対してほぼ直線的で、しかも、2本の平行線のうち低温側付近の地温を表すことから、この堆積盆地下の水は、ほとんど静止した状態にあり、また、基盤からの高温水の流入もほとんどないといえる。

ところで、津房川の支流、新貝川と深見川の平行河川に挟まれた丘陵で掘削されたNo.34は、その氾濫原からの比高は、わずかに50mほどに過ぎないが、かなり深くまで(500m前後の深さまで)比較的低温の地温が観測されている(図4の×印。深部では平行線の間に入る)。地面の標高を基準にした地温の図6を見ても盆地部のものとくらべ、その低温部分はかなり深部まで及んでいる。これは、井戸付近で下向きの水の流れを表していると言えよう。ところが、院内町上余地区の温泉No.30では、地表の標高がNo.34と同様であるにもかかわらず、相対的に地温が明らかに高い(図4○印)。しかも、深さに対してほとんど直線的であるから、前記のように、縦割り構造が存在しそれに沿う水の上昇による影響を表すと考えられる。この源泉は、恵良川の支流余川に沿う谷部に位置するのに対し、低温の地温を示したNo.34は尾根部に位置するという地形的な違いがある。もし、この地域の地下水の水頭がほぼ一様であるとし、また、上下の水の通路となる縦割り構造がいくつも存在するとすれば、地表の凹凸の影響を受けた浅層地下水の水頭の凹凸分布は、縦割り部の水に対して境界条件として作用するので、その水が上昇するか下降するかはそれによって規定されることになる。No.30とNo.34の地温の違いにはこのような浅層地下水の水理的条件の影響が考えられる。

宇佐市下麻生地区や三光村上深水地区一帯では(さらには、本耶馬溪町の跡田地区にかけて)、宇佐層群(プロピライト)が露出する。その中に位置する深層掘削井戸No.27の地温は全層にわたり直線的である。この付近の地下水は、地温に影響を与えない程度にほとんど静止した状態にあるといえる。この源泉孔では約485 mの深さで花崗岩となっており、安心院盆地から宇佐市長洲にかけての地域よりも基盤の深さは浅い。集水ストレートは花崗岩の範囲で切られているが、採取される水の水質は、上深水地区浅層のNo.26と同様であり、水温は20.1℃と、採取深度の割りに低い。恐らく、採取される水は、宇佐層群中のそれともかなり浅層からのものであろう。

一方、耶馬溪町の地域では、浅層では比較的低温であるが、40℃の等温線はほぼ同様の標高となっている。この地域は、標高500 m級の比較的平坦な耶馬溪火砕流で覆われ、標高差数100 mの深くせまい峡谷がそれをきざんでいるので、山体に浸透し、その内部を通過中に地温を得た水が谷部に集まる水理的状况は容易に想像される。少なくとも、このような状況を想定するだけで地表を基準とした谷部の地下温度は平地部に比べて相対的に高く現れてよく、前記の地温プロファイルで低温側の地温の少ない理由が説明しうる。この深耶馬地区では、例えば40℃の等温線は比較的なめらかに描かれるが、谷の上流と下流とではそれほど系統性が見られなかった。これは周りの山体から谷部に向かう水の流れと、谷に集まった水が谷に沿い下流に向かう流れとの複合のされ方にもよるであろう(この地区の源泉の標高は220mから270mの範囲にある)。さらに、耶馬溪町の温泉は、山移川本流に沿う温泉とその支流の折戸川流域の温泉とで、成分量にいくらかの違いはあるものの(また、下流側で成分量の増す傾向もあるが)、水質はこの地域全般で大きい違いはない。これは、比較的広範囲にわたり、水の流動系が同様であることをうかがわせる。(この地域のやや高い地下温度が、仮に縦割り構造を上昇する水の熱輸送だけによるものとすれば、地温の分布はさらに凹凸を示してよいはずである。なお、奈女川のNo.27から院内町上余のNo.34へ水理的に連なっている可能性については、後で述べるように両者は水質的に異なるため(Cl<sup>-</sup>成分を

含有する)、別水系と考えられる。

図6を全体的にみると、山国町の守実地区(NA)から、耶馬溪町の金吉地区(KA)、深耶馬地区(YA、OR)、さらに、本耶馬溪町の西谷地区(NI)、三光村上深水地区(INU)、宇佐市麻生地区(IRO)へと、この図で左から右の方向、すなわち地域を南西から北東の方向に進む方向で見ると、電気伝導度の増加、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度の増加、pHの低下などの傾向が見られる。水温は耶馬溪町の範囲内では東に進むほど高まる傾向にあるが(地温も幾分高まる傾向がある)、三光村、宇佐市下麻生地区になると急激に低下し、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度の増加が顕著となり、さらに、時に $\text{Cl}^-$ 濃度の高い水も現れるようになる。宇佐市から安心院盆地、さらに院内町にかけての地域に目を移すと、ここでもかなり高濃度の $\text{Cl}^-$ 成分が現れたり、また、それとは独立に $\text{HCO}_3^-$ 濃度に高低が見られるなど、種々の水が存在する。安心院盆地内では、津房川に沿い上流に向かって $\text{HCO}_3^-$ 濃度は減少し、 $\text{Cl}^-$ 濃度の低い水質となる傾向がある。その一方で、院内町の恵良川の上流には、 $\text{Cl}^-$ 成分が多く、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度の低い水が現れる。地下温度は、安心院盆地内では比較的一様ではあるが、その周辺部で比較的凹凸に富んでいる。これは、前記のように、縦割りの構造と地形に影響された水の上下の流れを反映したものであろう。古い火山岩類とその後の火山岩類の堆積するこの北部地域一帯では、水の水平方向と上下方向の動きの組み合わせが、多種の水質を生じさせ、複雑な分布を作っているものと思われる。ただ、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度の水平的な分布には(図7)、山国川上流域や津房川上流域で比較的低濃度、中下流域に高い濃度が現れるという全般的な傾向があり、注目される。

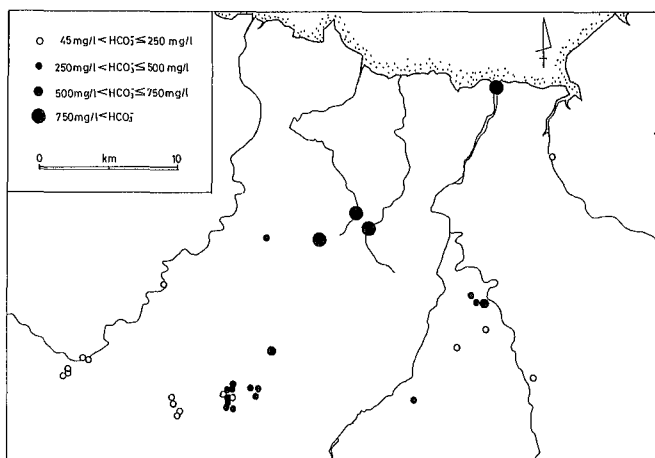


図7  $\text{HCO}_3^-$ 濃度の分布 (図幅は図1と同じ)  
ただし、No.10と本耶馬溪町跡田および東屋形地区は温泉分析書による。

## 5 温泉水の化学組織に見られる特徴

この北部地域の多種にわたる水質の違いを大まかに見るため、化学成分のヘキサ表示を行う。図8は、今回採取分析した水についてのヘキサダイアグラム(ただし、枯渇井戸のNo.10は、温泉分析書によった)を、ほぼ図6の順序に並べて描いたものである。この地域の全般的な水質の特徴として、陰イオンでは $\text{HCO}_3^-$ 成分の卓越する水が最も多く、 $\text{SO}_4^{2-}$ 成分をほとんど含まないこと、そして陽イオンでは、山国町、耶馬溪町内の各温泉(ただし、No.6、No.8\*、No.9、No.10などの比較的低成分量の水を除く)が典型的に示すように、 $\text{Na}^+$ 成分が卓越することなどがあげられる。

ところが、本耶馬溪町以東の地域では、このような全般的な特徴からはずれ、種々のタイプの水質が出現する。たとえば、No.24、No.28、No.30、No.31、No.34のように、 $\text{Cl}^-$ 濃度を顕著に含有するもの、No.26、No.27やNo.28のように、アルカリ土類金属を顕著に含むもの、さらには、No.34とNo.31のように $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプのものなどである。特に、No.31泉の水は特異的に高濃度の $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプとなっており、同じ高濃度でもNo.28は $\text{Na}-\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}$ タイプである。

図9は、 $\text{Cl}^-$ 濃度と $\text{HCO}_3^-$ 濃度とを対比させたものである。図中のプロットは、No.23までの山国町と耶馬溪町の水を●、それよりも高い番号、即ち、本耶馬溪町、三光村、宇佐市、安心院町、院

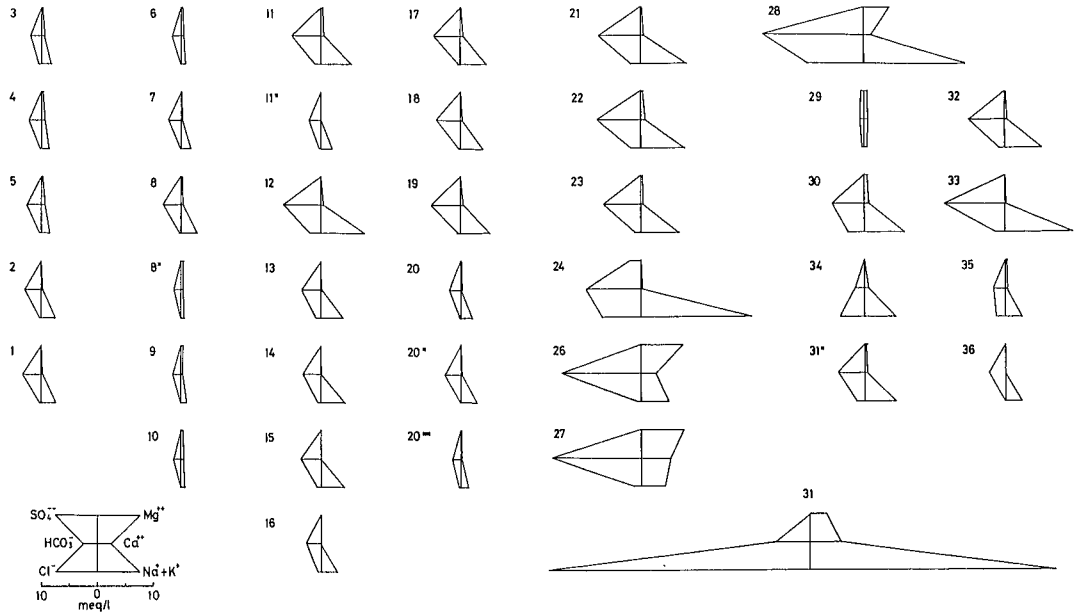


図8 水質のヘキサダイアグラム ただし、No.10は、温泉分析書による。

内町の水を○で区別してプロットした。○グループのNo.31とNo.34の2例を除くすべての水は（この2例は安心院盆地内からのものでNa-Clタイプ）、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度がCl<sup>-</sup>濃度よりも当量的に高い。

図10は同じプロット記号を用いて、(Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>)濃度をHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度と対比させたものである。●グループの水は、この両成分間で等当量の関係があり、基本的にNa-HCO<sub>3</sub>タイプである。また、○グループの水でも、上記のNo.31と

No.34のNa-Clタイプの水、No.24とNo.28のNa-HCO<sub>3</sub>・Clタイプの水、さらに、No.26とNo.27の特異的にアルカリ土類金属の多い水を除けば、両者の間で、大体等当量の関係があり、Na-HCO<sub>3</sub>タイプとなっている。

図11は、○グループ、すなわち、本耶馬溪町、安心院町、院内町、宇佐市の温泉について、Cl<sup>-</sup>濃度とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の相関図上で、今回の測定値と過去の分析値と比べたものである。ただし、今回の測定値を○、過去の分析値を●で区別し、両者を直線でつないだ。大部分は、Cl<sup>-</sup>濃度に大きい変化はないが、高濃度のNo.31における変化が目立ち、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>成分に富む（Cl<sup>-</sup>成分に比べて）方向に変化している。その変化の延長には、宇佐市長洲のNo.28や下麻生のNo.27、また、三光村のNo.26、さらに本耶馬溪町西谷のNo.24などがある。当源泉付近の浅井戸No.31\*や、また、同じNa-Clグループに属するNo.34はこの方向には含まれない。ところが、プロピライトを湧出母岩とする

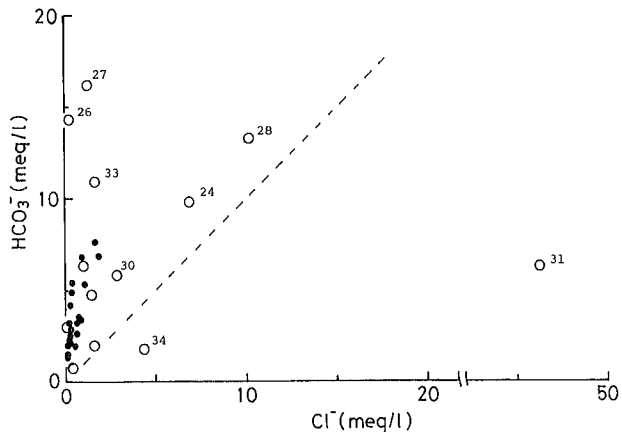


図9 Cl<sup>-</sup>濃度とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の関係 (●：山国町、耶馬溪町、○：本耶馬溪町、三光村、院内町、安心院町、宇佐市)

高 $\text{HCO}_3^-$ 濃度のNo.26やNo.27では、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ の関係が見られるので、これらは $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ の関係にあるNo.31を希釈する水としては、一応除外される。また、同じ理由で、No.28も除かれよう。No.31を希釈する水は、地理的關係から見て、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ の関係があり、比較的高 $\text{HCO}_3^-$ の水質を持つNo.32やNo.33とするのが合理的であろう。そういう高い $\text{HCO}_3^-$ 濃度の水がこの安心院盆地内に存在し、それが水平の方向に移動する状態がうかがえる。

ところが、このNo.32、No.33泉は、掘削の当初から温泉の出が悪く、現在、動力揚湯しても、浴用に給するだけの量と泉温が得られていない。域内で図1の十点では、かつて700m掘削が試みられたが、温泉が得られず、廃孔を余儀なくされている。このように、安心院盆地では、深部地層中には温度を持ちながらも透水性のよい層が少ないようにみえる。また地下温度のプロファイルから見て、前記のように、水が上下に流動しうる縦割りの構造も発達していない。粘土分が多く、透水性の悪い堆積物で埋められたこの盆地は、温泉採取には不都合な条件にあると言えるのかも知れない。

ところで、No.31は、希釈を受ける前は、恐らく、かなり高濃度の $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプの水であったと推定される。この源泉では、現在までのところ十分な湯量が得られている。また、この地域には、No.34のように、比較的低濃度ではあるが $\text{Na}-\text{Cl}$ 型の温泉も存在する（この温泉では、地温プ

ロファイルから水の下向きの流れが推定されたように、温泉水は浅層の低成分濃度の水による希釈を受けていると考えられる）ので、この地域の地下には、 $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプの水が存在するものと推定される。この高塩分の $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプは、地溝内南部の、大分市の海岸地域および大分川右岸地域に見られた $\beta$ 水質と対応させることができよう<sup>3)</sup>。このような水質が、陥没構造の南側と北側の両方で見出されることに注目され、それがどういう地質的、化学的、熱的条件下で形成されたのか興味を持たれる。

このように、北部地域には、大きくは、3種類の水質、すなわち、 $\text{Na}-\text{HCO}_3$ タイプ、 $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプ、そして、陽イオンでアルカリ土類金属成分の卓越するタイプが基本として存在する。

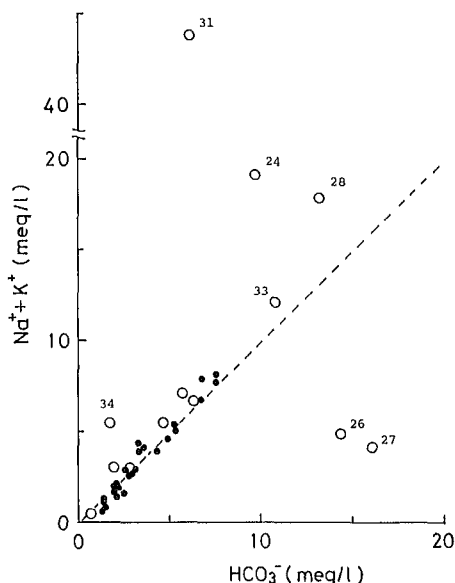


図10  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$  濃度と $\text{HCO}_3^-$ 濃度の関係 (プロットの記号は図9に同じ)

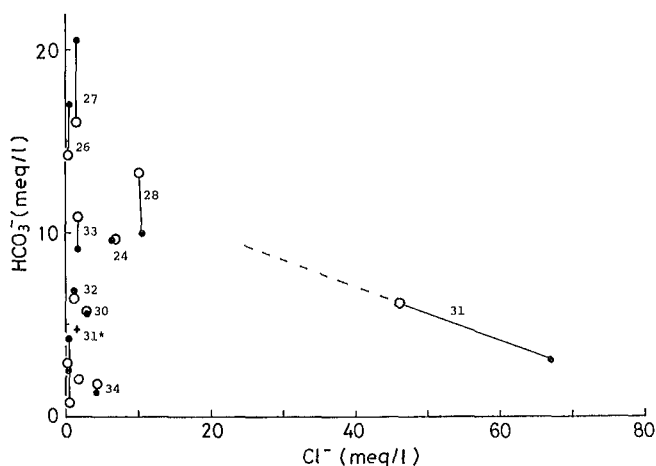


図11 宇佐市、安心院町、院内町、本耶馬溪町の温泉における $\text{Cl}^-$ 濃度と $\text{HCO}_3^-$ 濃度の関係の変化 (○：今回の結果、●：過去の温泉分析書)

3番目のタイプは、No.26とNo.27で代表されるように当量的に $\text{Ca}^{2+}$ よりも $\text{Mg}^{2+}$ に富んでおり、 $\text{Mg}-\text{HCO}_3$ タイプと言える。なお、 $\text{Na}-\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3$ タイプでかつ、 $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ のNo.28の水は、図11中の位置関係からみても、 $\text{Na}-\text{Cl}$ タイプの水と $\text{Mg}-\text{HCO}_3$ タイプの水との混合を考えると矛盾しないものである。 $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ の水質は、 $\text{Cl}^-$ 濃度を別にすれば、南側の挾間町の高塩分泉でも見ることができ<sup>8)</sup>。このような、 $\text{Mg}^{2+}$ 成分に富む水質は、変質の進んだ

プロピライトの影響が考えられ、それに関連して、挾間町地域の水質の由来も注目される。ヘキサダイアグラムを見ると、低濃度の水においても、 $\text{Mg}^{2+}$ 成分に富むものが見られる（たとえば、No.19）。陽イオンについて、三角ダイアグラムを作ってみると、図12のように、低成分濃度の水の中にも、 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ が50%以上を示す水質が見出される。図13は、これをもとに、陽イオンに占める $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ の当量割合の分布を示したものである。その当量割合は、全体として、山移川上流の深耶馬地区と院内町、安心院町で低く、それよりも北側で高いという、比較的明瞭な地域性が認められる。

## 6 考察とまとめ

県北地域における地温は、全般的に地溝帯内南側の、大分市～挾間町の地域と同様である。ただ、宇佐市、安心院町、院内町など、水成の堆積層の発達した平地部では、深さに対する地温勾配は大分市のものよりやや（約1割）低めであり、また、南部域ほど高温側にシフトしたものがなく、大体10℃の温度幅内にあることなどの違いがある。これは、その地域堆積地層中には、水が上下方向に動きうる通路としての縦割り構造が相対的に発達していないこと（地層中の横方向の透水性に対する縦割り部の透水性がそれほど高くないこと）を暗示する。この安心院盆地では、掘削して地温が得られているにもかかわらず、水量の得られない井戸もあり、地層の透水性の悪さが推定され、そういう地層中では、上下方向の水の通路も形成されにくいのかも知れない。

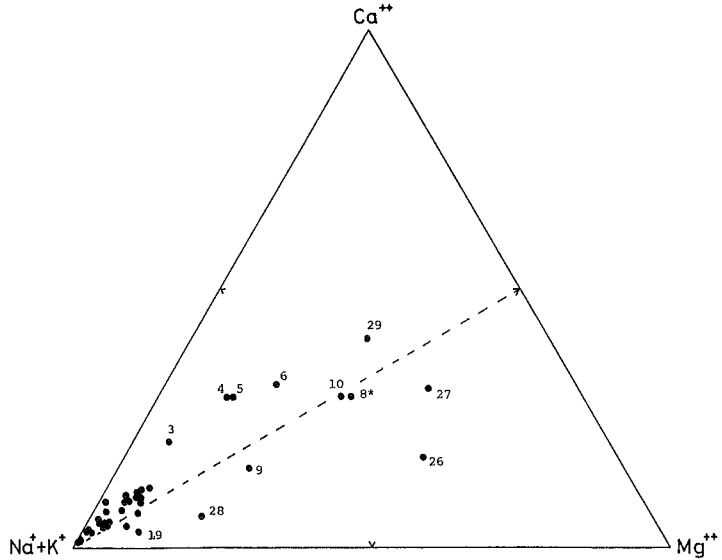


図12 陽イオンの三角ダイアグラム

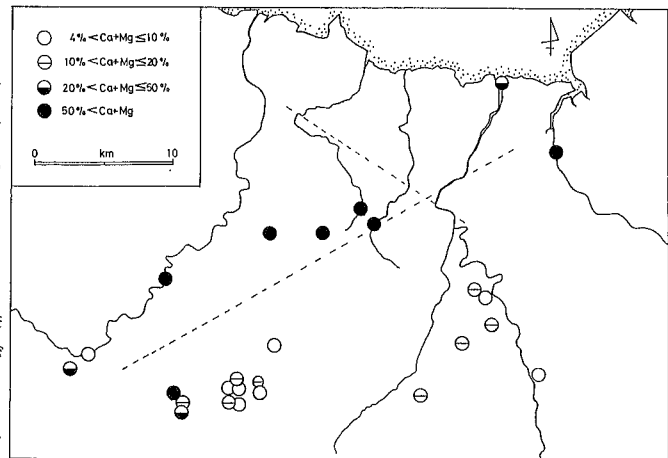


図13 陽イオンに占める $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ イオンの当量割合の分布  
(図幅は図1に同じ)

ただし、No.10と本耶馬溪町跡田および東屋形地区は温泉分析書による。

一方、耶馬溪町深耶馬地区では、それよりやや高温側にずれたものが見られるが、やはり、大分市での地温の現れる範囲内に収まっている。この地域では、砂礫と粘土の互層を成す耶馬溪層やその下の宇佐層群から採取されている。水質的には、いずれも単純泉で、地層からの成分の供給は小さい。

(この地域地下の宇佐層群はそれほど変質を受けていないのかも知れないが、陰イオンでは $\text{HCO}_3^-$ 成分、陽イオンでは $\text{Na}^+$ 成分がそれぞれ卓越する中で、 $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ の水質も見られ、宇佐層群からの影響がうかがえる。)

この深耶馬地区は、山国川の支流、山移川の最も上流域にあり、標高も高く、流域的には地下水の供給域に当たるとみなされる。この谷部の上流側では、耶馬溪層中の地下水は被圧状態、その下位の宇佐層内では、水位はそれよりも低くなっていて、水の流れは下向きの成分を持っている。少なくとも、上流側の宇佐層群上部の水は耶馬溪層から供給される条件になっており、そこで水が採取されても水質的には宇佐層群からの影響は小さいと言えよう。しかし、この宇佐層群内の水も下流側に進むにつれて次第に被圧されるようになり、それを覆う耶馬溪層中に浸出する状態も見られる(折戸川に沿う温泉水はその可能性がある)。そして、さらに下流の、犬丸川、伊呂波川の流域になると、かなり低地になり、地形的には山国川流域全体としての地下水の流出域と見なすことができる。そういうところでは、流域地下水の一般性から、地下水はポテンシャル的に上向きの流れの成分を持つ。もし、縦割りの構造があれば、その長い流動経路で十分に地層と平衡に達した水質の水が地表まで浸出する。宇佐市下麻生や三光村上深水周辺の宇佐層の露出地域で、地面近くに炭酸成分に富み、 $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ の水質の水の浸出が見られる(今回は調査していないが、温泉分析書によると本耶馬溪町東屋形地区も同様の現象がある)。これには、かなり往古から形成されたであろう、このような規模の大きい流れが関連しているのかも知れない。しかし、そこでは、深部にわたりほとんど平常地温を示しており、水の流れは極めて緩慢である。

この北部地域の河川流路網は、かなり複雑な形状を示す(図1の河川流路は5万分の1地形図に基づく)が、地下構造を暗示するように、ある種の規則性が認められる。図13に引いた西南西—東北東の破線は、河川流路の形状から推定したものである。この線に沿うように、衛星写真からもリニアメントが読み取られ、さらに、最近の重力異常図をみると、たとえば、 $+15\text{mgal}$ の等値線は、この破線の位置、方向がほぼ一致している。もし、上流域から下流域にわたる、水の通路としてひと続きの構造があるものとすれば、それは、この破線の示唆するような地下構造と関連したものであろう。上流域で宇佐層群に入った水は極めて緩やかに下流のその地表露出部の方向に向かって移動し、あるいはその途中でそれを覆う耶馬溪層へ浸出するという状況が考えられる。例えば、図7の $\text{HCO}_3^-$ 濃度の分布図や図13の水質分布図には、その方向性、特に上流から下流に向かって $\text{HCO}_3^-$ 濃度の増加する傾向が読み取られ、大規模な水の流れが示唆されているように見える。その水の供給域としては、たとえば、深耶馬地区や山国町のように、地高の高い地域であろう。そこでは、耶馬溪層の上位に、筑紫溶岩があり、さらにその上位を耶馬溪火砕流が標高500m～600mまでの高さを覆う。これら耶馬溪層を覆う火山岩類は、柱状節理や板状節理が発達しており、水を深部に送り込むのに好都合の条件を備えている。なお、上流域温泉で最も普遍的にみられる、 $\text{Na}-\text{HCO}_3$ 型の水質は、浸透した水が、耶馬溪層を含めた上位の火山岩類堆積層を通過中に形成されたとみてよいであろう。

河川流路の形状から、この破線と斜めに交差するもう1種類の方向の線も読み取れる(図13)。この構造は、たとえば、上流から流下してきた水を堰とめ、あるいは、停滞させるような役目をしているかも知れない。さらに上流側にも、その方向の何本かの構造を伺わせる河川の形状がある。津房川の中上流域には南北の方向に卓越する支流、また、恵良川左岸域には東西に卓越する支流もあるが、この北部地域は、全体的には、上記2種類の方向の構造が卓越しているように見える。この地域地下に比較的広域に分布すると考えられる宇佐層群は、そういう縦割りの構造を通して、

広域地下水の水質の分布に大きい影響を与えていると思われる。なお、この地域東よりの低地部には、水成堆積層の底層部に、Na—Cl型の深層熱水の貯留する範囲がある。この種の水は、地溝帯の南側の大分平野の深層でも見出されており、往古海水のひとつの変質形態として注目される。

## 7 おわりに

本調査を行うにあたり、中津保健所・宇佐保健所・山国町役場の職員諸氏、さらに、各源泉所有者の方々から現地案内をはじめ、多大のご協力を賜った。大分県環境保健部には、掘削明細書の閲覧の便宜を計っていただいた。京都大学地球物理学研究施設の竹村恵二氏からは、地質に関する有益な助言をいただいた。記して、感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 鎌田浩毅：九州中北部における火山活動の推移と地質構造．地質調査所報告，第 264号，豊肥地熱地域における研究．31—64，1985．
- 2) 星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎：別府地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，131p，1988．
- 3) 駒沢正夫・鎌田浩毅：豊肥地域の重力基盤構造．地質調査所報告，第 264号，豊肥地熱地域における研究，303—334，1985．
- 4) 吉川恭三・北岡豪一：いわゆる深層熱水型温泉について．大分県温泉調査研究会報告，第36号，1—12，1985．
- 5) 北岡豪一：大分市における地温勾配と深層温泉源の分布．同上，第38号，7—22，1987．
- 6) 山下幸三郎：大分県山国村温泉調査報告．同上，第 5 号，7—15，1954．
- 7) 佐藤光一・矢野行雄・羽田野宗人・河野睦朗：温泉現況調査，同上，第22号，94—95，1971．
- 8) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎：挾間町ならびにその周辺の温泉調査．同上，第27号，25—33，1976．



# 別府地域の岩石の帯磁率測定(その1)

京都大学理学部 竹村 恵二  
由佐 悠紀

## I はじめに

地熱地域においては地熱活動の影響を受けて岩石が変質し、それにもなつてその岩石がもともと有していた磁氣的性質もまた変化する。その磁氣的性質を表現する数値が帯磁率であり、その分布から地熱活動の結果としての変質帯の分布を明らかにすることが可能である。それらを空中から測定した空中磁気図が別府周辺では報告されているが、直接岩石を採取して帯磁率を測定した例は少ない。別府地熱地域の解釈のために変質帯の詳細な分布形態を明らかにしていくことは重要なことであり、粘土鉱物分析や成分分析とともに帯磁率の測定を蓄積することが必要と考えられる。この報告では、別府北部地域を中心とした地域から採取した試料の測定結果をのべる。

測定機器については京都大学理学部地質学鉱物学教室の鳥居雅之博士にお世話になった。また、試料採取および測定では京都大学理学部馬渡秀夫氏に協力いただいた。記して感謝いたします。

## II 帯磁率測定

磁場中におかれた物質が磁気モーメントをしめすことを磁化といい、単位面積当りの磁気モーメントを磁化の強さという。帯磁率は磁化率ともいい、磁化の強さと磁場の強さとの比のことである。磁場の強さをH、その磁場での磁化の強さをJとすれば、帯磁率(k)は $k = J/H$ であらわされる。帯磁率(k)は無次元量であるが、その数値はCGS単位を用いるか、MKS単位を用いるかで異なる。本報告はCGS単位を用いている。

測定に使用した帯磁率計はBISON MODEL 3101である。以下の手順で帯磁率を測定した。(帯磁率の計算上、補正のため必要な数値は試料の径、試料の空隙の量である。試料ホルダーは1インチのものを使用した。)

- ・測定試料をブロックとして露頭より採取。
- ・1インチの試料ホルダーに入れるため、岩石ブロックをくだき、チップやフラグメントをつくる。細粒の粘土分を除去するため、篩で篩別する。
- ・帯磁率計で標準試料を測定する。
- ・試料ホルダーにチップやフラグメントをいれ、測定する。
- ・試料が筒状のものでなく、試料ホルダーに空隙が存在するので、空隙の量の見積のため、試料の体積をもとめる。
- ・測定結果と空隙の値から補正計算を行い帯磁率をもとめる。単位は $10^{-6}$  c.g.s. である。

## III 測定結果と考察

測定は53試料について行った。各測定試料の試料番号、採取地点、密度、帯磁率を表1に示す。帯磁率測定結果は別府北部地域については(0-10, 10-50, 50-100, 100-200, 200-300  $\times 10^{-6}$  c.g.s.)にわけて図1に表した。

測定試料は各地点でできるだけ変質の割合のすくないと観察される試料(有色鉱物が残存している試料など)を採取した。試料は別府北部地域の変質地帯を中心として採取されたが、比較の為比較的地熱活動の影響の少ないと考えられる地点でも採取した。試料は鬼箕山をのぞけば全部角閃石安山岩であると考えられる。ただし、変質が進み、角閃石安山岩と識別できない試料もある。

測定値は0-320 $\times 10^{-6}$  c.g.s.の範囲であり、0-10 $\times 10^{-6}$  c.g.s.を示す試料は26、10-50 $\times 10^{-6}$  c.g.s.を示す

す試料は 6、 $50\sim 100\times 10^{-6}$  c.g.s.を示す試料は 3、 $100\sim 200\times 10^{-6}$  c.g.s.を示す試料は 6、 $200\sim 320\times 10^{-6}$  c.g.s.を示す試料は 12 である。

測定結果から注目される点について以下にまとめる。

#### 1 活動的な地熱地域の岩石の帯磁率

活動的な地熱地域の試料は塚原鉾山(89033001, 89033004-2, 89033005-2, 89033006-2, 89033012)、鍋山南鉾山跡およびその周辺(89011905-1, 89011905-2, 89011905-3, 89021004-2, 89021006-6, 89021011-1)、湯山および明ばん(89021301-2, 89021301-4, 89021304-2, 89021304-4, 89021402-4)、海地獄北(89030705-1)などである。これらの試料の帯磁率は全部  $0\sim 10\times 10^{-6}$  c.g.s.を示し、地熱活動の影響を強く受けると非常に低い帯磁率を示すことが明らかである。したがって帯磁率  $10\times 10^{-6}$  c.g.s.以下の岩石が集中する地域などは現在は活発な地熱活動がみられなくても地熱活動の影響が強い時期がその地域にあったことを示していると考えられる。柴石の西方の沢の試料(89031404, 89031405, 89031406-1, 89031406-2)はその例と考えられる。

#### 2 別府地域の新鮮な(地熱活動の影響が少ない)角閃石安山岩の帯磁率

この点についての試料は 89011901-1 (鶴見岳山頂溶岩)、89011902-A (鶴見岳旧期溶岩)、89011904 (水口山溶岩) であるが、これらの岩石の帯磁率は  $200\sim 300\times 10^{-6}$  c.g.s.を示し、別府地域の新鮮な角閃石安山岩はこの程度の帯磁率をもつと考えられる。したがって、 $200\times 10^{-6}$  c.g.s.をこえる場合はあまり変質をうけていないと考えることができる。

#### 3 風化による影響

この点に関しては同一露頭で採取された同一の岩石種である 89011901-1 (新鮮)と 89011901-2 (やや風化)、89011902-A (新鮮)と 89011902-B (やや風化)を参考にする。風化の影響がはっきりとみとめられる試料は新鮮な試料と比較して帯磁率の値が半分から 4 分の 1 程度にまで減少し、風化の帯磁率に与える影響が少なくないことがわかる。しかし、帯磁率の値が  $10\times 10^{-6}$  c.g.s. より少なくなることはないと考えられる。

#### 4 帯磁率からみた地域的な特徴

伽藍岳および塚原鉾山地域：この地域の帯磁率は高さ方向(高度)にしたがって値が変化する。噴気地域は帯磁率の値が  $0\sim 5\times 10^{-6}$  c.g.s.と非常に低い、伽藍岳中腹の試料は約  $300\times 10^{-6}$  c.g.s.と新鮮な角閃石安山岩と同等の値を示す。その中間に位置する 4 試料は  $10\sim 40\times 10^{-6}$  c.g.s.と中間的な値を示す。このような高さ方向の構造が認められるので、帯磁率分布も掘削試料などを持ちいて三次元的な資料収集が必要である。

紺屋地獄から海地獄：紺屋地獄から海地獄への沢ぞいには地熱兆候が現在あまり認められない。この沢ぞいの試料(89030202, 89030203)は  $250\times 10^{-6}$  c.g.s.をこえる帯磁率の値を示す。これは新鮮な角閃石安山岩と同等の値であり、この地域が活動的な地熱活動の影響を過去に受けていないことを示すと考えられる。したがって、この地域は北部別府地熱地域の構造を考える上で重要な地域である。

亀川西方丘陵：亀川西方丘陵に露出する岩石は 89031005, 89031701 であるが、いずれも帯磁率の値が  $200\times 10^{-6}$  c.g.s.をこえる。測定例は少ないがこの地域の岩石は肉眼的には測定した試料とよく類似しているので大きく帯磁率の値が変化すると思われない。したがって、この地域では過去に活動的な地熱活動の影響をこうむっていないと考えられる。

表1 帯磁率測定試料番号・採取地点・密度・帯磁率の値一覧

試料 (sample No.)	採取地点 (locality)	密度 (density)	帯磁率( $\times 10^{-6}$ c.g.s) (magnetic susceptibility)
鬼箕山	鬼箕山北	2.77	184.9
89011901-1	恵下南	2.60	318.4
89011901-2	恵下南	2.28	81.2
89011902-A	猪ノ瀬戸	2.41	217.7
89011902-B	猪ノ瀬戸	2.36	136.5
89011904	水口山	2.51	217.5
89011905-1	鍋山南(鉾山跡)	2.46	2.8
89011905-2	鍋山南(鉾山跡)	2.31	3.5
89011905-3	鍋山南(鉾山跡)	1.95	0.0
89021004-2	鍋山南(鉾山跡)の道	2.48	9.3
89021006-6	鍋山南(鉾山跡)	2.53	1.8
89021011-1	鍋山南(鉾山跡)の道	2.43	7.5
89021012-1	鍋山南の沢への道	2.61	296.9
89021301-2	湯山	2.34	2.7
89021301-4	湯山	2.19	1.9
89021304-2	湯山(鉾山跡)	2.02	3.1
89021304-4	湯山(鉾山跡)	2.50	10.0
89021402-4	明ばん	2.48	4.0
89021404	明ばん	2.46	152.6
89030201	海地獄-明ばんの沢	1.81	86.5
89030202	海地獄-明ばんの沢	2.25	280.8
89030203	海地獄-明ばんの沢	2.48	264.0
89030702-2	海地獄-明ばんの沢	2.34	4.1
89030704-1	平田川河崖	2.24	142.5
89030705-1	海地獄北	2.07	2.7
89030707	温泉神社への道	2.43	2.2
89030708	温泉神社への道入口	2.42	281.7

試料 (sample No.)	採取地点 (locality)	密度 (density)	帯磁率( $\times 10^{-6}$ c.g.s.) (magnetic susceptibility)
89031003-2	鉄 輪	2.30	227.5
89031004-2	鉄 輪	2.45	15.2
89031005	貴 船 城 下	2.42	200.1
89031006	亀 川	2.31	124.2
89031402	野 田	2.47	83.4
89031404	柴 石	2.48	6.1
89031405	柴 石	2.36	2.5
89031406-1	柴 石	2.30	1.1
89031406-4	柴 石	2.22	0.8
89031407	野田トンネル	2.29	8.0
89031601	平 野	2.44	24.2
89031701	羽 室	2.49	217.9
89033001	塚 原 鉦 山	2.11	5.7
89033004-2	塚 原 鉦 山	1.79	1.9
89033005-2	塚 原 鉦 山	1.90	0.0
89033006-2	塚 原 鉦 山	1.88	0.0
89033008	伽 藍 岳 中 腹	2.56	296.8
89033009	塚 原 鉦 山 の 上	2.49	20.7
89033010	塚 原 鉦 山	2.31	17.6
89033012	塚 原 鉦 山	1.78	1.1
89033014-1	塚 原 鉦 山 の 上	2.47	35.0
89033014-2	塚 原 鉦 山 の 上	2.54	18.9
89033016-1	湯 山	1.89	2.1
89041101-2	北 鉄 輪	2.45	250.4
89041103	北 鉄 輪	2.34	0.0
89041106-4	恵 下 地 獄	2.47	177.9

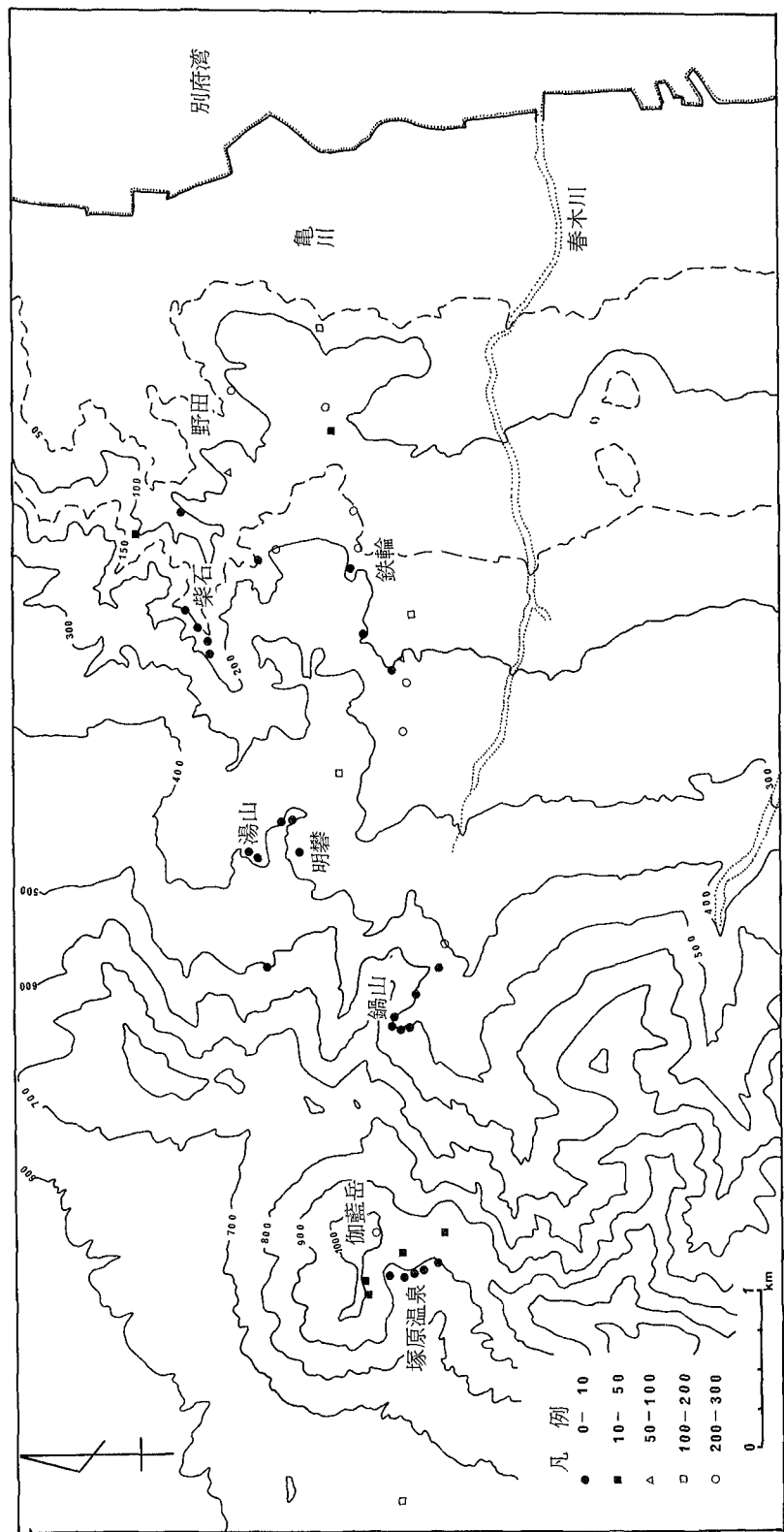


図1 別府北部地域の帯磁率測定結果 (単位は $\times 10^{-8}$  c.g.s.)



## 別府温泉南部域の化学成分長期変化について(2)

京都大学理学部 由 佐 悠 紀  
神 山 孝 吉  
大分大学教育学部 川 野 田 実 夫

### 1 ま え が き

昭和53年度と54年度に別府温泉の化学成分が調査され、それより約10年前の調査結果と比較された。<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup> (ただし、海水浸入の影響を受けたものは除く。) 得られた主な結果は、別府全域にわたってCl濃度が低下しているということであった。このことは、地下温泉水圧の低下を示唆している。その原因として、とくに高地部における沸騰泉の開発の影響が指摘され、また、長期にわたるモニタリングの必要性が提唱された。

本報告は、この長期モニタリングの一環をなすものであり、別府温泉南部域における最近の資料を提供するとともに、ここ20年間の変化の傾向を述べようとするものである。

なお、調査の目的は前回<sup>1)</sup>とまったく同じであり、本報告はその続報というべきものなので、前回と同じ標題を用いて(2)を付した。

### 2 調査方法と資料

#### 2-1 沸騰泉

昭和60年(1985)7月から9月に、南部域に分布するすべての噴気・沸騰泉から流出する水量と熱量が調査され、その結果はすでに報告されている。<sup>3)</sup> この調査時に沸騰泉からの熱水が採取分析されていたので、それらを最近の資料として用いることとし、末尾の付表1に分析値を掲げた。

一方、過去の資料としては、本調査研究会報告や温泉分析書に公表されている分析値、京大地球物理学研究施設に蓄積されている未公表の分析値などがある。

以上の分析値はすべて井戸口における値であり、沸騰にともなう濃縮の効果は補正されていない。

#### 2-2 一般温泉

昭和42年から45年にかけて、別府温泉全域に分布する一般温泉の化学成分が調査された。<sup>4)</sup> そのうちから選ばれた観光港以南の80口につき、昭和53年(1978)7月に再度調査が行なわれた。今回もそれらと同じ源泉について、平成元年(1989)3月13日から16日に現地調査をした。この約10年間に廃棄されたものがいくつかあり、また、所有者が不在のものもあって、実際に採水分析できたのは65口である。その結果は末尾の付表2に示した。

調査源泉のうち、No.66は自噴、No.70は吸上げポンプによる揚湯、そのほかのものはすべてエアリフト揚湯である。採水と測温はスイッチ投入後15分以上経過した後に行なったが、泉温は定常に達していないものもあり、精度は劣る。

図1は、付表1・2に掲げた源泉の位置である。符号や番号は付表1・2のものに対応する。

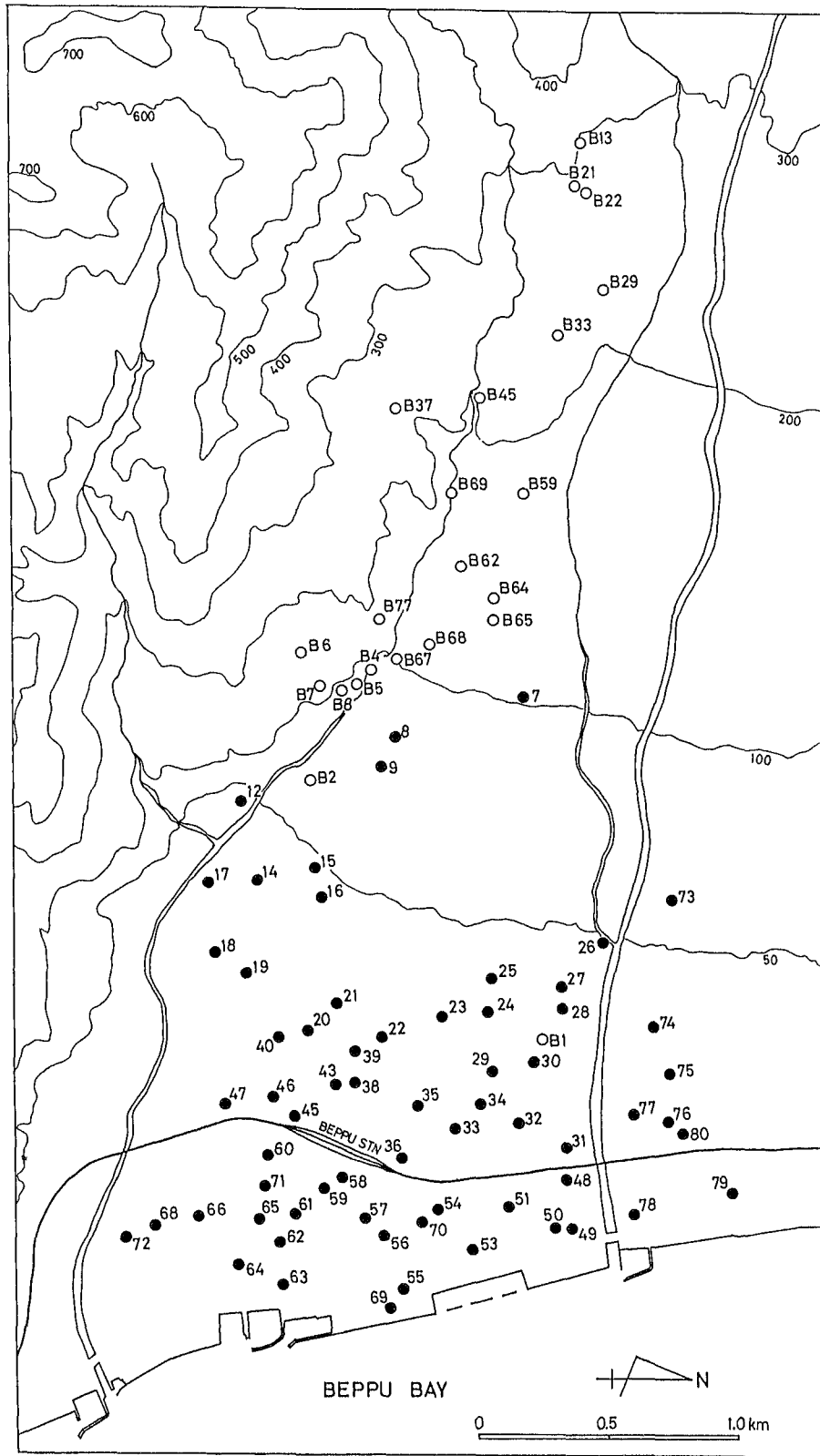


図1 調査源泉の位置、番号は付表1・2に対応



### 3 調査結果

#### 3-1 沸騰泉

昭和30年代後半から40年代前半にかけて、山の手一帯で沸騰泉が開発され、多量の食塩型熱水が採取されはじめた。これにより熱水圧が低下し、そのために浅層から深層へ向かう流れが助長されて、結果的に食塩型熱水が希釈されるであろうことが予想される。実際、昭和50年頃(1975)の沸騰泉水の平均Cl濃度は、それより約10年前の値より低下しており、その後の動向が注目されて<sup>1)</sup>いた。

図2は、個々の沸騰泉につき、昭和50~53年(1975~78年)のCl濃度と今回(1985年)の濃度を比較したものである。この間に改掘されて井戸深が浅くなったものもあるので、その影響も考慮しなくてはならないが、すべての点が図中の直線より下方に位置しており、Cl濃度が低下したと見なせるであろう。

これら沸騰泉のうちで改掘されていないものの資料は、長期変化をより精度よくうかがうのに有用である。図3に、それらの主要成分をヘキサプロットで表わして、泉質の変化を示した。

B77井は昭和38年(1963)に掘削された深度420mの沸騰泉である。昭和44年(1969)の分析によれば、南部域においてこれまでに分析されたすべての水の中で最高のCl濃度(1,751mg/l)を示し、ヘキサプロットから分かるように典型的なNa-Cl型熱水であった。しかし、1985年においては、全溶存成分量が減少しただけでなく、泉質も大きく変化して、Na-SO<sub>4</sub>・Cl型となった。

B69井(300m深)は昭和47年(1972)に掘削された。B77井より低濃度で昭和51年(1976)にはSO<sub>4</sub>をかなり含んでいたものの、やはりNa-Cl型であった。それが、1985年にはNa-HCO<sub>3</sub>・SO<sub>4</sub>型に変化している。

この下流に位置するB67井(160m深)は昭和51年(1976)に掘削された。1978年においては、Cl濃度が高いことからみて、おそらくNa-Cl型であったと思われる。しかし、1985年にはNa-SO<sub>4</sub>・HCO<sub>3</sub>・Cl型になっている。

B65井(350m深)は昭和49年(1974)に掘削され、1975年と1983年にClとHCO<sub>3</sub>だけが分析されている。それによれば1975年にはClが高濃度であったのに対し、1983年に逆にHCO<sub>3</sub>の方が高濃度となった。

ラクテンチの下にあるB2井は、昭和38年(1963)に掘削された比較的浅い井戸(85m深)である。1973年と1985年の泉質はいずれもNa-Cl型であるが、1985年の方が全溶存成分量はいくらか低いのに、HCO<sub>3</sub>濃度は高い。

昭和40年(1965)に掘削されたB1井(231m深)は、海岸に近い低地部に現存する唯一の沸

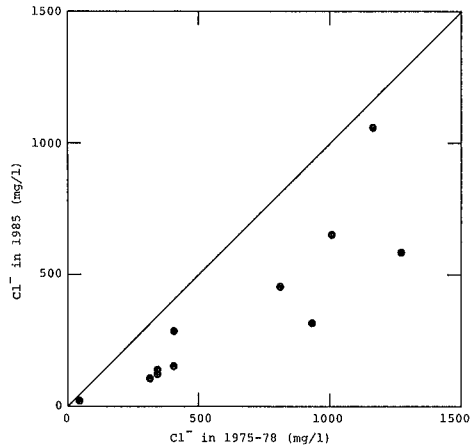


図2 1975-78年と1985年における沸騰泉水のCl濃度の対比

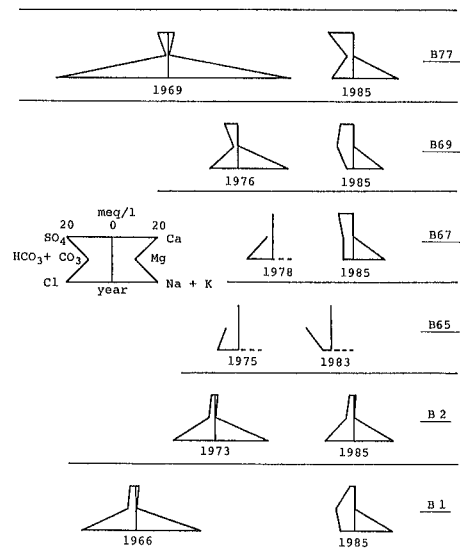


図3 沸騰泉の水質の変遷

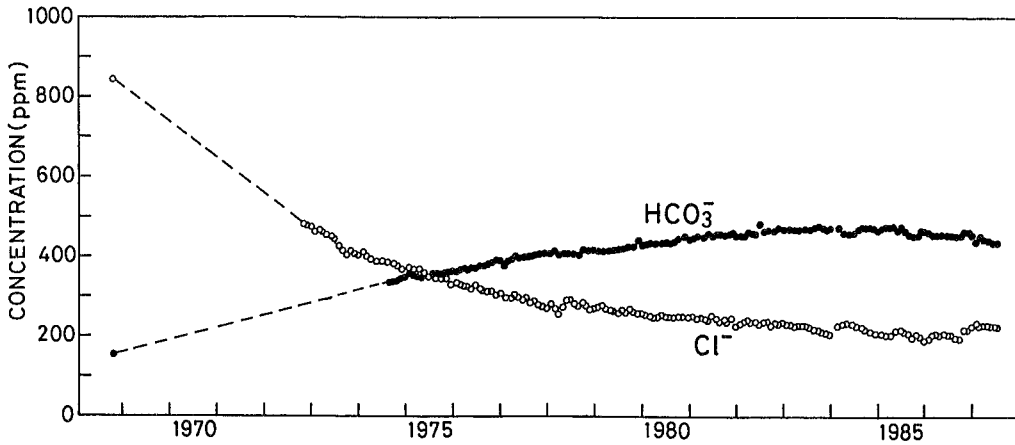


図4 沸騰泉・B1井におけるClとHCO<sub>3</sub>濃度の変化

騰泉である。この井戸ではClとHCO<sub>3</sub>濃度のモニタリングが継続されており、1978年までの傾向 (Cl濃度減少・HCO<sub>3</sub>濃度増加)<sup>1)</sup>はすでに公表されている。図4は、その後の結果を付け加えた1987年7月までの変化の様子である。前述の変化の傾向は1980年頃まで認められるが、その後はほぼおちついて定常に達しているようでもあり、また、近年においては、わずかにClが増加しHCO<sub>3</sub>は減少しているようにも見える。いずれにせよ、この井戸が掘削された頃はNa-Cl型の泉質であったのが、現在はNa-HCO<sub>3</sub>・Cl型へと大きく変化した。

以上是个々の沸騰泉の変化であるが、この約20年間の全体的な変化を見るため、Cl濃度が100 mg/lを越えるものについて、各調査期毎におけるClとHCO<sub>3</sub>の平均濃度を表1に示した。ただし、海岸に近いB1井は除いた。Cl濃度の減少、HCO<sub>3</sub>濃度の増加が明らかである。

表1 別府温泉南部域における沸騰泉のCl・HCO<sub>3</sub>平均濃度の変遷

調査期	1968	1978	1985
Cl (mg/l)	1,038(10)	714(12)	553(13)
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	104(9)	210(12)	247(13)

( )内の数字は平均に用いた孔井数

表2 別府温泉南部域における一般温泉の平均泉温、Cl・HCO<sub>3</sub>平均濃度の変遷

調査期	1968	1978	1989
泉温 (°C)	54.5	50.3	49.0
Cl (mg/l)	197	129	104
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	569	567	581

### 3-2 一般温泉

1978年の調査により、それ以前に比べて全体的にCl濃度の低下していることが認められた。この傾向は、いわゆる海門寺温泉脈の延長に当たる別府駅北西の天満町を中心とする一帯でとくに著しく、そこではB1井と同様にHCO<sub>3</sub>濃度が顕著に増加したのもあった。

まず、個々の源泉の変化を見るため、代表的なものについて主要成分ヘキサプロットの変遷を図5と図6に示す。いずれも、この間に改掘されていないもの、あるいは、改掘されたとしても深度はほとんどがもとのままのものばかりである。

No.12 (82m深)は昭和41年(1966)に掘削された。その当初から泉温は80℃と高かったが、今回はさらに高く88.5℃であった。所有者の話によれば、近年温度が上昇したのを感じるのとことであった。かつての泉質はNa-Cl型であったが、年毎にCl濃度が減り、SO<sub>4</sub>濃度が増して、現在は沸騰泉・B77井とよく似たNa-SO<sub>4</sub>·Cl·(HCO<sub>3</sub>)となった。

No.24は昭和37年(1962)に初めて掘削された。深度は150mであった。昭和42年(1967)には高濃度のNa-Cl型であったが(温度は不明)、1978年には低濃度となり、また、泉質はNa-HCO<sub>3</sub>型へと大きく変化した。

その後1980年に改掘されて140m深と若干浅くなった。1978年頃と比べると、HCO<sub>3</sub>濃度がいくらか大きくなってはいるが、泉質はほとんど同じである。これと同様に、1978年頃までにClが減じてHCO<sub>3</sub>が増えたものとして、No.29、33、34、35などがある。いずれも前に述べたように、海門寺温泉脈上に位置している。しかし、その後は濃度が全般に低くなってはいるが、泉質の変化はなく、現在はNa-HCO<sub>3</sub>(·Cl)型である。

以上が、この20年間に泉質の型がはっきりと変化したものである。これ以外のものについては、濃度の低下などが認められるが、泉質の型は大きな変化はない。

全体的な変化を知るため、これまで行なわれた各調査期における泉温、Cl·HCO<sub>3</sub>濃度の平均値を表2に示した。1968年とした値は、この年を中心とした数年間におよぶ調査結果によるものである。これと1978年の結果はすでに前報告に記してある。また、今回の平均値は63口についてのものである。

先にふれたように、泉温の精度は良くないが、全体的に低下していることはあきらかである。実際、低温化が著しいため、冬期には加熱しなければならないという源泉もいくつかあった。Cl濃度は今回さらに低下している。一方、HCO<sub>3</sub>濃度は今回わずかに増加しているようにも見えるが、この20年間ほとんど不変とみなすのが妥当であろう。

### 4 あとがき

以上のように、山の手一帯の沸騰泉・低地部の一般温泉とも、この20年間にCl濃度が明らかに低下しており、20年前に比べるといずれも約1/2までになった。一方、一般温泉のHCO<sub>3</sub>濃度はほとんど不変であるのに対し、沸騰泉のそれは2倍以上にまで増加している。とくに、沸騰泉の開発が一段落した後の1968年から78年にかけての増加が著しい。

HCO<sub>3</sub>を主成分とする熱水は、浸透水が地下より上昇する蒸気と混合して生成されたものであ

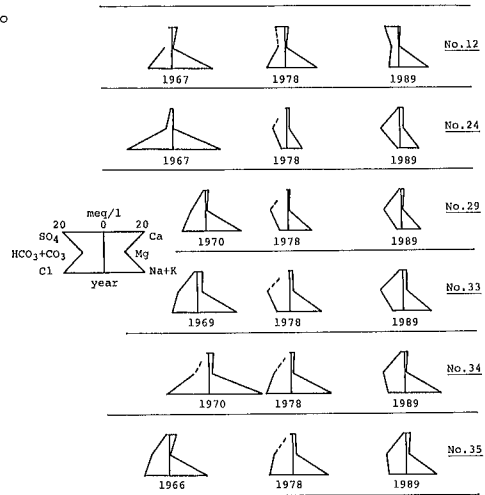


図5 一般温泉の水質の変遷：かなり大きく変化したもの

り、食塩型熱水の上部に分布していると考えられる。したがって、沸騰泉の開発にともなう食塩型熱水の圧力が低下し、そのために下降流が強くなり、水質が大きく変わるものと考えられる。

本調査を行なうに当たり、京都大学地球物理学研究施設の馬渡秀夫氏と大分大学教育学部の学生諸氏のご協力をいただいた。記して感謝の意を表します。

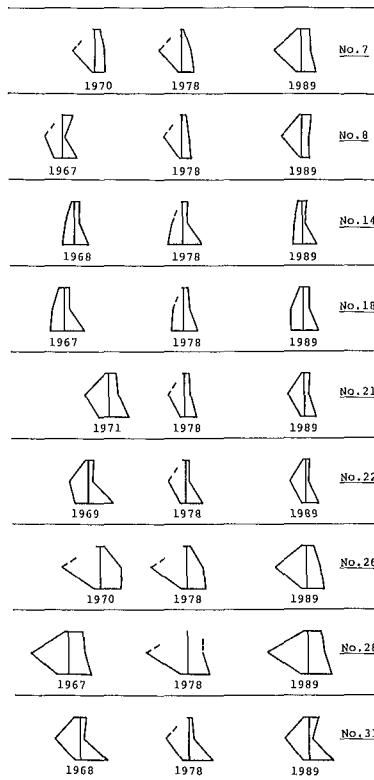


図6 (a)一般温泉の水質の変化：変化の小さいもの（スケールは図5と同じ）

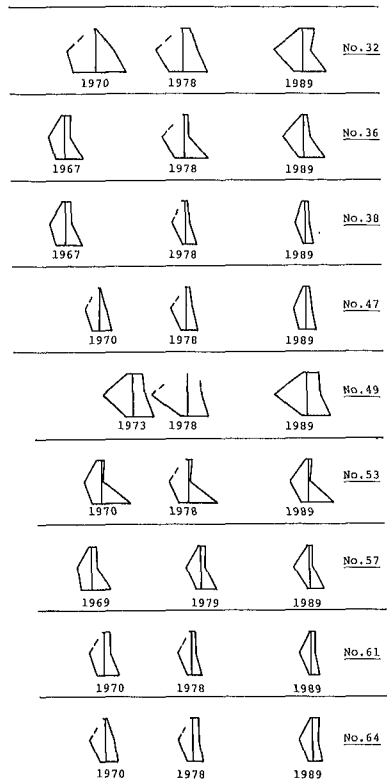


図6 (b)一般温泉の水質の変化：変化の小さいもの（スケールは図5と同じ）

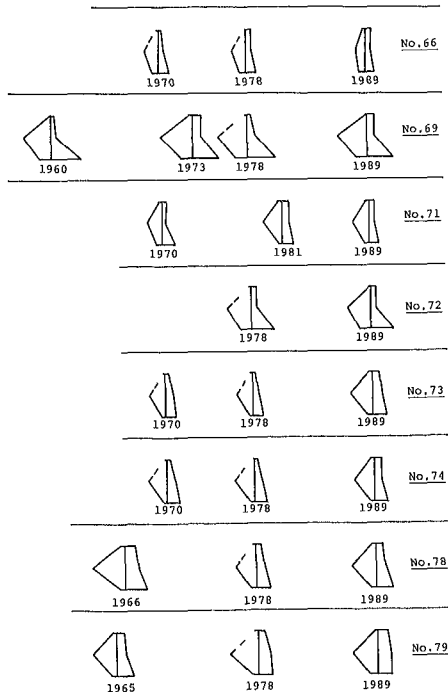


図6 (c)一般温泉の水質の変化：変化の小さいもの（スケールは図5と同じ）

### 参考文献

- 1) 由佐悠紀：別府温泉南部域の化学成分長期変化について，大分県温泉調査研究会報告30号，10—18，1979.
- 2) 由佐悠紀：別府温泉北部域の化学成分長期変化について，大分県温泉調査研究会報告31号，1—7，1980.
- 3) 由佐悠紀・大石郁朗：別府市における噴気・沸騰泉の調査（1）春木川以南域，大分県温泉調査研究会報告37号，1—9，1986
- 4) 由佐悠紀・川村政和：化学成分からみた別府市中央部の温泉，大分県温泉調査研究会報告22号，55—65，1971.

付表-1 沸騰泉熱水の化学組成 (mg/1:1985年7月採水)

No.	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
B 1	9.04	365	22.9	1.7	0.8	235	100	492	129
B 2	9.04	372	40.5	3.9	0.7	457	105	206	134
B 4	9.22	475	53.0	4.1	5.1	651	270	200	128
B 5	9.10	315	29.8	2.9	0.8	288	108	283	134
B 6	8.67	650	83.0	30.0	2.9	896	282	87	104
B 7	9.08	475	47.0	6.8	2.5	583	190	153	124
B 8	9.15	680	77.0	22.5	1.9	1060	101	145	117
B13	7.67	181	4.6	18.4	2.1	12.0	265	240	132
B21	8.05	203	19.9	7.4	1.4	16.2	77	378	173
B22	7.18	333	16.7	62.6	2.6	64.6	770	118	118
B29	8.04	56	5.4	11.6	6.8	7.7	55	118	166
B33	7.25	270	17.1	45.9	2.4	84.4	565	92	116
B37	7.88	625	57.0	41.3	3.2	914	222	82	105
B45	8.37	955	136	40.7	tr.	1502	231	74	111
B59	9.10	151	18.2	12.4	0.9	20.5	92	304	137
B62	9.05	256	28.4	tr.	tr.	80.4	132	493	132
B64	9.47	298	29.0	tr.	tr.	136	81	517	168
B67	9.10	293	32.0	2.9	1.1	152	308	261	129
B68	9.12	237	26.6	2.3	5.4	97.4	128	432	170
B69	9.37	276	33.0	tr.	tr.	105	270	378	158
B77	9.23	422	43.1	6.6	1.2	317	512	154	127

付表—2 一般温泉水の化学組成 (mg/1 : 1989年3月採水)

No.	泉温 (°C)	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
7	51.1	7.60	138	28.3	89.2	60.0	74.4	68	760
8	44.7	7.55	76	9.1	81.6	39.9	30.2	41	546
9	42.8	7.40	87	11.2	55.4	30.9	42.8	46	443
12	88.5	8.32	318	30.5	15.9	5.3	173	312	214
14	47.6	7.86	144	13.6	42.7	15.2	165	80	218
15	55.6	7.81	127	18.0	65.0	34.8	96.9	63	503
16	56.2	7.65	112	16.3	78.8	36.6	46.6	40	615
17	44.2	7.75	107	10.3	18.1	12.1	57.9	87	206
18	48.5	7.69	152	13.7	55.7	35.0	196	82	332
19	51.3	7.29	109	13.1	50.4	25.5	139	53	275
20	46.7	7.60	83	11.0	55.0	29.1	43.7	60	423
21	52.0	7.60	114	13.2	51.4	26.2	59.4	42	461
22	55.0	7.50	135	16.4	38.4	17.5	69.5	43	424
23	51.8	7.30	115	11.8	41.4	24.7	66.1	46	407
24	47.5	7.95	200	15.8	31.0	18.6	61.3	41	557
25	48.0	7.75	94	9.4	36.1	23.7	41.1	43	364
26	47.0	7.91	162	36.2	78.0	79.0	82.5	90	879
27	54.9	7.51	228	61.0	129	94.3	114	78	1190
28	52.0	7.60	212	60.6	123	95.9	118	79	1130
29	47.2	8.01	206	13.2	28.7	9.7	84.3	40	508
30	46.2	7.76	177	21.0	86.0	53.2	83.2	77	826
31	55.8	8.02	225	37.0	84.3	20.4	113	110	680
32	38.5	7.69	232	23.3	65.9	61.8	158	60	821
33	47.2	7.89	300	19.9	40.4	17.7	186	57	673
34	54.9	8.05	390	16.0	26.0	6.3	286	78	636
35	54.2	7.95	330	20.0	45.0	14.6	309	55	585
36	41.0	7.72	213	16.1	22.9	32.6	107	59	585
38	34.9	7.42	73	14.0	32.1	19.5	39.0	42	298
39	54.1	7.90	181	15.6	48.9	31.6	80.0	93	608
40	44.0	7.51	79	11.0	54.8	30.5	44.9	46	415
43	48.5	7.52	140	13.2	38.7	24.0	54.8	40	496
45	44.7	7.45	90	10.2	48.9	29.0	51.4	46	407
46	45.7	7.39	118	15.7	68.0	36.5	57.6	47	566
47	40.0	7.30	96	12.0	58.0	30.8	114	65	344
48	53.9	7.49	256	49.6	122	86.1	131	92	1210

49	44.9	7.55	206	46.0	104	70.9	109	98	922
50	45.8	7.40	230	45.0	141	98.4	119	64	1280
51	53.4	7.44	310	48.0	92.2	47.4	197	84	965
53	44.3	8.31	248	37.6	25.5	7.1	128	80	497
54	61.2	7.79	242	24.0	51.0	55.1	155	58	773
55	51.6	8.10	253	35.2	21.2	4.5	109	71	526
56	(44.3)	8.09	198	21.5	46.3	23.2	84.3	40	608
57	53.4	7.29	133	13.2	37.8	18.3	61.4	45	435
58	49.8	7.41	140	15.1	45.5	22.3	72.0	40	473
59	54.9	7.40	145	15.3	66.1	13.9	73.7	50	497
60	50.3	7.49	98	12.1	59.9	34.4	61.5	52	455
61	39.4	7.53	83	9.8	39.2	22.0	45.2	52	340
62	46.3	7.30	105	11.7	41.4	27.1	54.8	43	407
63	57.7	7.41	182	26.8	82.8	41.5	210	25	641
64	43.0	7.25	90	10.1	59.3	32.0	99.0	49	377
65	47.0	6.72	100	12.0	62.7	33.9	82.4	54	431
66	38.5	6.78	86	9.4	54.8	28.0	112	77	281
68	48.7	7.75	144	16.2	41.6	25.9	159	78	335
69	52.6	8.09	254	39.8	76.9	39.7	187	27	813
70	51.1	8.01	308	25.7	38.7	24.6	192	56	714
71	50.9	7.15	101	12.0	60.1	34.4	69.2	56	461
72	53.4	7.19	230	32.0	51.4	33.1	176	21	666
73	37.6	7.71	124	28.3	66.1	54.1	76.1	63	614
74	47.8	7.71	124	31.0	66.7	42.6	68.7	75	564
75	47.4	7.79	108	22.5	42.9	25.5	49.2	46	437
76	47.0	7.88	150	37.3	86.2	62.4	89.5	78	778
77	48.5	7.70	191	48.6	118	70.1	103	78	998
78	46.9	7.73	158	31.7	75.4	52.3	97.2	86	678
79	43.9	7.50	125	30.8	98.4	72.3	139	58	727
80	40.4	7.99	143	32.0	74.3	38.4	67.4	54	632





# 九大生医研における温泉理学療法の実態

九州大学生体防御医学研究所

内 科	延 永	正
外 科	麻 生	宰
気候内科	矢 永	尚 士
産婦人科	和 気	徳 夫
皮 膚 科	鈴 木	友 和
慢性疾患診療部	藤 野	喜久命

## I はじめに

昨年度の本研究会のテーマとしてわれわれは県内の温泉地に来訪した旅行者を対象に、その旅行目的を調査し、県内の温泉がどの程度医学的に利用されているかを調べた。その結果約30%の来訪者が保養、療養を目的とするいわゆる湯治客であり、温泉が今なお医学的に愛用されていることが分った。

今回は医療の現場において温泉がどのように利用されているかを、われわれの病院を例にとって調査した。そしてこれによって現時点における温泉の医学的利用の全貌を明らかにしようと考えた。

なおわれわれの病院は本来温泉治療を目的として設立されたものであり、我が国における温泉治療の現状をほぼ平均的に表しているといつてよいであろう。

## II 使用温泉の種類

現在当病院で使用している温泉は次の4種類である。

- 1) ナトリウム-硫酸塩泉 (泉温40℃、pH 8.0)
- 2) 単純温泉 (溶存物質 272mg/kg、泉温50℃、pH 7.9)
- 3) 単純温泉 (堀田泉、溶存物質 372mg/kg、泉温56.9℃、pH 7.1)
- 4) 単純温泉 (溶存物質 327mg/kg、泉温53.5℃、pH 6.9)

なお2)は温泉泥と共に泥浴として用いられているが、他は個人浴〔1)、3)、4)〕として、あるいは運動浴〔1)、4)〕として用いられている。

## III 対象疾患の種類と患者数

昭和63年1月から12月までの間に当病院で温泉治療を受けた患者の病名と数は表1に示した通りである。すなわち年間 358名の患者が治療を受けているが、このうち入院患者は 312名、外来患者 46名で入院患者が多く、男女別では男性 102名、女性 256名で女性が多い。年齢は平均で男性56.5歳、女性43.5歳であった。

疾患別では慢性関節リウマチ (RA) が最も多く、次いで尋常性乾癬、産後、婦人科手術後、外科手術後、全身性エリテマトーデス (SLE)、心臓疾患、乳癌手術後等の順であった (表-1)。

温泉の種目別の利用状況は表2のようで、運動浴が最も多く、次いで堀田温泉、薬浴、ホットパック、温泉泥浴、心臓疾患浴、特殊浴等の順であった。

ここでいう薬浴とはオスバンやヒビテン等の殺菌・消毒液を加えた浴液のことで、術後の患者に主として用いられる。また特殊浴も同じく殺菌・消毒液を加えたものであるが、こちらは主として感染性ウイルス感染者に用いられる。その他はパラフィン浴、部分浴 (手浴、足浴、冷温交代浴)、渦流浴、蒸気圧注などである。

表1 九大生医研病院における温泉治療対象疾患 (1988. 1~1988. 12)

	疾 患 名	症例数	効 果 (例 数)				備 考 入院患者治療平均日数
			著 効	有 効	不 変	悪 化	
1	慢性関節リウマチ	87	3	78	5	1	54
2	尋常性乾癬	59	5	54			56
3	婦人科産後	53		53			1
4	婦人科術後	28		28			2
5	外科術後	24		24			2
6	全身性エリテマトーデス	21		14	7		16
7	心臓疾患	18		18			13
8	乳癌術後	10		10			12
9	腰痛症	5	2	3			48
10	皮膚科のその他疾患	5	3	2			68
11	脳血管障害	4		4			14
12	糖尿病	3	2	1			13
13	シェーグレン症候群	1		1			44
14	その他の疾患	40	5	35			34
	計	358	20	325	12	1	

温泉の治療効果を純粋に抽出することは実際問題としてなかなか困難である。殆どの患者は薬物療法や他の理学療法を併用しているからである。つまりここからここまでは温泉治療の効果であり、ここからさきは薬物療法の効果であると区別することは不可能に近い。したがって表1に示した効果は他の各種療法の効果も含めた総合的なものと解して頂きたい。

以下各科別に該当する疾患の温泉療法について述べる。

#### Ⅳ 各科における温泉理学療法

##### 1 内 科

温泉治療学研究所として発足した創立当初(昭和7年1月)より温泉治療を求めて多くの患者が来院しているが、そのうち初期には慢性の消化器疾患とリウマチ性疾患が最も多かった。これは温泉の効能からみて当然のことと思われる。しかし消化器疾患に対しては勝れた治療薬が次々と開発されたためか、消化器疾患患者は次第に減少し、リウマチ性疾患患者がとりのこされた。なかでもRAは良い治療法が未だに見出されていないこともあって、全患者に占める割合は増加するばかりである。そんなわけで内科の研究テーマもリウマチ性疾患に向けられるようになった。

##### 1) 慢性関節リウマチの温泉治療

温泉はその温熱効果によってリウマチ性の疼痛を緩和し、こわばりをとるのでRA患者に好まれる。すなわち患者の最大の苦痛である痛みを軽減するために昔からRAの治療に温泉が利

表2 九大生医研病院における温泉の種目別利用状況 (1988. 1~1988. 12)

種 目	件 数
運動浴	5,051
掘田温泉浴	3,436
薬浴	888
特殊浴	392
心臓疾患浴	366
温泉泥浴	343
ホットパック	283
ハーブタンク	188
その他	307
合 計	11,254

用されてきた。しかしいかなる温泉といえどもRAを治癒せしめることはできない。たしかに副腎皮質の刺激作用によってホルモン分泌を促進する、自律神経の失調を是正する、結合組織の代謝を改善する、末梢血流を盛んにして局所の代謝異常を是正するなどの効果が認められるが、客観的にRAの炎症を抑えるというほどのものではない。すなわち温泉自体に抗炎症効果を期待することはできないといつてよい。

それでは温泉はRAにとって意味がないかというところを決してそうではない。現在のところRAの本質的治療法がないために病変は徐々に進行し、最終的に身体障害に発展するものが、なお少なくない。RAの苦痛はもちろん第1には痛みであるが、それから結果してくる身体障害は、ある意味では痛み以上に苦痛である。社会的、経済的にも患者を苦しめるからである。したがって身体障害の予防ないし治療は抗炎症治療に次いで重要であり、現状では最も重視されるべきであろう。この目的に温泉は最適の手段を提供するものである。すなわち温熱によって痛みとこわばりを軽減し、浮力によって関節にかかる荷重を減じ、体を支え、弱い筋力による運動を助け、水の抵抗によって筋力増強訓練を助けるからである。つまり患者は現に身体障害がある無しに拘らず陸上におけるよりもはるかに容易に温泉水中で機能訓練（関節可動域訓練と筋力増強訓練）を行うことができるわけである。当病院における温泉療法中運動浴療法が利用件数でトップを占める理由である。

幸いこのような運動訓練を温泉浴中で行ってもRA炎症の増悪をみることは殆どない。即ち大部分のRA患者は温泉治療の適応であるが、発熱がある、衰弱が強いなどの全身症状が前面に出ている場合は入浴は控えた方が無難である。関節炎症が極端に強い時も慎重でなければならないが、血沈の程度は殆ど参考にならない。

なお温泉水ではなくて通常の温水でも同様の効果が期待できるが、温泉水の方が保温効果が強く、したがって鎮痛効果も強い。また浮力もより大きいといえる。加えて温泉水の皮膚刺激作用は温水にはないものであり、これが自律神経の調整等に有効に働くときれている。

温泉泥浴（鈹泥浴）は温泉湧出口に温泉と共に湧出する鈹泥（いわゆる地獄）に浴する浴法をいう。もちろん温泉で適宜薄めて使用するが、本浴では鈹泥（細かい鈹砂の粒子）が熱の不良導体であるためかなりな高温浴でも浴者はそれほど熱く感じない利点がある。したがって通常の温泉浴よりも更に温熱効果が強く、リウマチ性の疼痛疾患に向く温泉療法である。

堀田温泉は上述のように硫化水素性の単純温泉であり、運動ができない、あるいは不適當なRA患者に個室浴として用いられる。

ホットパックはかつては鈹泥湿布として、温泉の泥を暖めて患部に湿布して用いていたが人手が足らなくなって、やむをえず市販のホットパックを使用するようになった。主としてRAや変形性関節症（OA）の障害大関節（膝や足首、肩、肘など）に応用される。

ハバードタンク浴は自分で運動浴や温泉入浴ができない、高度の身体障害者が始めに用いる温水浴である。鎮痛温熱効果と血流改善効果は一般の温水浴と同様であり、加えて理学療法士による他動的な関節可動域訓練や水中マッサージ療法によって、身体の諸機能は亢進し患者は快感と爽快感を味わい、闘病への意欲をかき立てられる。この治療によってある程度の自動能が得られれば、次第に次の運動浴へ移行するわけである。

パラフィン浴は手指や足指の関節疾患に適した温熱療法であるが、もちろん温泉浴でもなければ、水治療法でもない。

## 2) RA以外の膠原病の温泉治療

RA以外の膠原病では身体障害になる頻度かはるかに少ない。よって温泉治療の対象になる疾患も少ないが、その中では強皮症が比較的によく利用される。本症では内臓の炎症性病変が割合に軽度であること、皮膚の硬化や関節の拘縮がしばしば著明で時に機能障害をきたす

こと、関節痛も少なくない、などが温泉治療に向く理由である。実際温泉浴の末梢血流増加作用によって強皮症の皮膚血流は盛んになり、皮膚の代謝が改善されることは容易に考えられることである。またレイノー現象は本症に最も多くみられる血流障害であるが、これに対しては単なる温泉浴ばかりでなく、手の冷温交代浴が自律神経の機能訓練にもなってよいのではないかと思う。

その他の膠原病については温泉療法の適応になる病態は少ないが、多発性筋炎や多発性動脈炎の後遺症としての筋拘縮や神経麻痺には温泉が適応する。またSLEの血管炎による皮膚潰瘍の慢性期には温泉療法がよいことがあるし、レイノー現象に手指の冷温交代浴が適することは前述の通りである。

シェーグレン症候群は原則としては温泉療法の適応ではないが、時にはRA類似の関節炎をきたすことがあり、その場合は温泉が適応する。

以上いずれの膠原病も、急性期ならびに発熱時、ステロイド中等量以上使用時等には温泉療法の適応にならないのはもちろん、慢性期になってステロイド使用量が減った段階でも、温泉治療の適応する病態がなければあえて温泉療法をする必要もないであろう。

### 3) その他のリウマチ性疾患の温泉治療

強直性脊椎炎、乾癬性関節炎などのリウマトイド因子陰性の関節炎はRAに準じて温泉治療を行う。

変形性関節症や変形性脊椎症（腰痛症）などは炎症がほとんどない変形性の疾患であるから最も良い温泉治療の適応であり、特別の合併症がない限り禁忌になることはないが入院治療を要するような高度のものは少ない。

## 2 外 科

### 1) 外科臨床における温泉・理学療法の意義

古来温泉は、洋の東西を問わず戦傷者等の創傷の治療に利用され、わが国にも「疵の湯」と呼ばれてきた温泉が多い。近年の戦時にも全国各地の温泉地には陸・海軍病院が設置され外科的疾患の治療が行われた。

いっぽう、現在の外科臨床は高度な科学技術や生化学、薬学などの基礎のうえに実践されている。したがって一見、温泉・理学療法の応用の場はもはや無いように思われる。しかし現在のように高齢化し、かつ生活が近代化した外科患者では、様々な成人性・老人性疾患をもつ者が多い。これらに手術療法を行うためには、心肺機能の回復等、手術に対するfitnessを高めてやる必要がある。また現在の外科学では、高度の侵襲を伴う大手術も可能となった一方、術後回復は遅延し、また色々な身体機能の脱落や低下を来すことも多い。このような術後患者に、積極的に温泉・理学療法を採り入れることにより、退院や社会復帰を早めることが可能となる。このように、現代において高度に発達した外科治療を受ける患者にこそむしろ温泉・理学療法の必要性和意義は大きいと言えよう。

泉浴には、創浄化作用、筋弛緩作用、疼痛緩解作用、血流促進作用等があるが、これを機能訓練等の理学療法、有酸素的運動トレーニング等と併用すれば、創治癒促進、鎮痛、身体諸機能の促進・回復をはかることが可能である。また、環境、気候療法を含めた広義の温泉療法は、その非特異的的刺激作用によって身体諸機能の賦活・調整をはかるものであり、この面も前記のような術前後の患者管理に有用である。

### 2) 外科における温泉・理学療法の現況

#### (1) 術前の呼吸循環機能改善

手術を受けるためには、ある程度以上の心肺機能が必要であるが、加齢や安静、合併疾患等のために心肺機能が低下していることが多い。これを改善するために各種肺理学療法

6) ~ 8)

および有酸素的運動トレーニングが有効であり実施されている。

(2) 末梢血管障害

バージャー病、閉塞性動脈硬化症、その他の末梢血管閉塞性疾患で手術適応のない場合、あるいは術後の補助療法として泉浴と運動療法が適応となる。泉浴としては鈹泥浴、交代浴、炭酸泉浴等が行われており、運動療法は歩行運動が適している<sup>9)</sup>。

(3) 術後入浴

術後早期からの入浴は危険がないだけでなく、術後回復を促進し、精神的にも好影響を与える。特別の泉質のものでなくてよく、また湯を交換した直後のものであれば薬剤を添加する必要もない。普通術後4~6日目頃からの入浴が推奨されている<sup>10), 11)</sup>。

(4) 乳癌根治術後リハビリテーション

乳癌根治術では胸部の筋を合併切除することが多く、術後に上肢挙上などの機能が障害され易い。術後比較的早期よりプーリー運動その他の機能訓練を行うことによりこれを改善できる。泉浴の筋弛緩作用、疼痛緩解作用を期待してこれと組合せれば、より効率的に行うことができる。

(5) 創傷治癒促進

諸原因による難治創、広い肉芽創、褥瘡などに対して、創の浄化、肉芽形成、上皮化促進をはかるために泉浴が有効であり実施されている。ことに炭酸泉浴、気泡浴、渦流浴<sup>10)</sup>が有効である。また、一次縫合創に対しても、泉浴は創の抗張力を高める作用がある。

(6) 疼痛の緩解

外科疾患に伴う（あるいは手術後の）筋肉痛や腰痛等に泉浴やその他の温熱療法が有効なことが多い。また、術後の癒痕痛や癒着による内臓痛等も有効なことがあり、泉浴の適応となる。

3 生気候学部門

1) はじめに

当部門は昭和43年3月、全国で唯一の部門として新設された。当部門の設立の目的は、気象と関係深い病氣と診断、治療、予防、メカニズムを研究することである。このような学問は最近その重要性をましている。一体、治療は薬物療法と非薬物療法に二大別されるが、薬物療法は有効性が大きい反面、副作用も大である。一方、非薬物療法はいわゆる自然療法であり、副作用も少ない。温泉気候物理療法は自然療法のなかで重要な位置を占めている。温泉気候物理療法は古くて新しい治療法であり、さらに確立拡大すべきと考えられる。当部門では上記の観点から温泉療法を循環器疾患の診療に積極的にとり入れている。

2) 適 応

表3は伝統的な温泉治療の適応と禁忌を示したものである。適応は高血圧症、脳卒中後遺症、動脈硬化症、末梢循環障害、自律神経失調症、不整脈、虚血性心疾患、急死予防、心疾患のリハビリテーションなどがあげられる。すなわち、成人病

表3 適応と禁忌

適 応	禁 忌
高 血 圧 症	急 性 期
脳 卒 中 後 遺 症	悪 性 高 血 圧
動 脈 硬 化 症	脳 卒 中 効 期
末 梢 循 環 障 害	非代償性うっ血性心不全
自 律 神 経 失 調 性	
不 整 脈	
虚 血 性 心 疾 患	重 症 不 整 脈
急 死 予 防	新 鮮 心 筋 梗 塞
心疾患のリハビリテーション	

のすべてがその適応であることがわかる。温泉の有効性に関する研究は研究手段の進歩に依存している。表4は評価法をまとめたものである。その著しい進歩の一端としてSwan-Ganz法、

表4 評価法

1	症候
2	生理学的指標
	心電図 (CVR-R その他)
	12誘導心電図、負荷心電図 (運動・体位)、Holter 心電図
	胸部 X 線写真 (CTR その他)
	心エコー・ドップラー (駆出率、心容積、壁運動、血流量、その他)
	心電図・心機図
	CT、MRI
	心臓カテーテル検査・造影
	冠動脈狭窄、左心機能、血液ガス
	静脈系モニター (Swan-Ganz カテーテル法)
	動脈系モニター (心腔内電気現象)
	薬物負荷試験
	サーモグラフィー
	脈波
3	生化学的指標
	諸種検査、PET (局所心筋血流、心筋代謝)
4	内分泌学的指標
	カテコールアミン、ニューロペプチド

エコードップラー法、MRI、Positron emission tomography (PET) による心機能および心筋代謝評価があげられる。温泉のメカニズムに関する研究もこれらの手法を用いることにより精細になることが期待される。図1は入浴、環境ストレスの作用機序を示したものである。今後さらに臓器相関や神経・体液性調節機構の詳細が解明されることと思われる。

3) 高血圧に対する温泉療法

(1) 天然温泉による研究

われわれは高血圧の温泉療法と薬物療法について比較を行った。温泉療法は某温泉病院の入院患者41名、平均年齢72歳薬物療法は当研究所の外来患者21名、平均年齢56歳を対象とした。温泉浴は単純泉で温度39～42℃、入浴回数は1日に1～2回、入浴時間は10分以内とした。2週以内に20mmHg以上低下をみたものを改善群、それ以外を非改善群とすると、

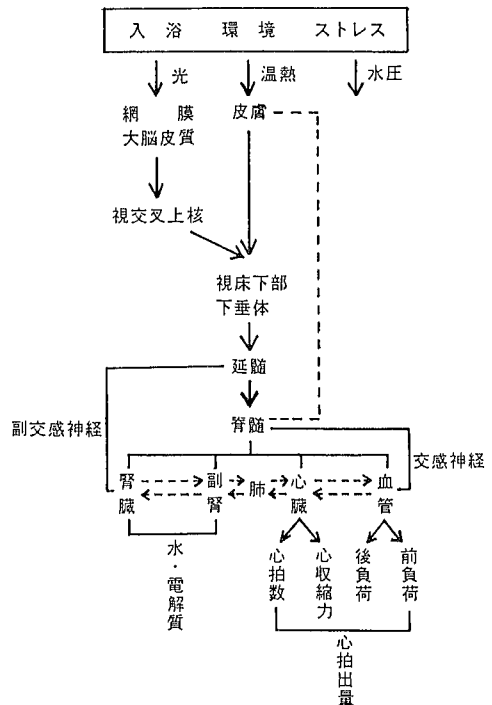


図1 入浴・環境の作用機序

改善群は薬物治療で52.5%、温泉治療で83.9%であった。

これらの改善群について、温泉療法と薬物療法を比較したのが図2である。2週間後、4週間後をみると、温泉療法の方が薬物療法に比し、有意に低下しているのがわかる。非改善群については両者の間に差は認められない。改善群と非改善群について年齢、腎機能、心電図所見を比較したところ有意差はなかった。これらの成績は臨床的背景の如何にかかわらず、温泉療法の方が薬物療法より降圧効果が大きいことを示唆すると思われる。ここで使用された薬物は、レセルピン®、アプレゾリン®、Ca拮抗剤、フルイトラン®であった。

次に血行動態の変化についてのべる(図3)。正常血圧群(n=7)は出浴後血圧はあまり変化しないが、高血圧群(n=4)では出浴5~30分後に低下、60~90分後には上昇することがわかる。心拍数は30分後から低下の傾向を示す。これらの成績は、高血圧では、出浴後の血圧の一過性上昇に注意が必要であることを示す。

次に体液性変化についてのべる。図4は43℃、10分入浴後のカテコールアミンに対する影響を調べたものである。斜線が入浴後で上段から正常血圧入浴群、正常血圧運動群、高血圧入浴群である。エピネフリン(E)、ノルエピネフリン(NE)共に入浴前後で変化していない。一方、運動群にはノルエピネフリンの有意な増加がみられる。つまり入浴は交感神経系の亢進をもたらさないことがわかる。

さらにレニン、アンジオテンシン、アルドステンシンについて調べたが、レニン(PRA)は正常血圧者では有意に増加したが、高血圧群では変化が認められなかった。アンジオテンシン、アルドステロンは両群共に変化しなかった。すなわち、高血圧群ではレニン-アンジオテンシン-アルドステロン系の亢進は認められなかった。

次に血清および尿中電解質に対する入浴の影響をみた。正常血圧群では入浴後、血清Naは有意に減少、尿中Naは増加の傾向を示した

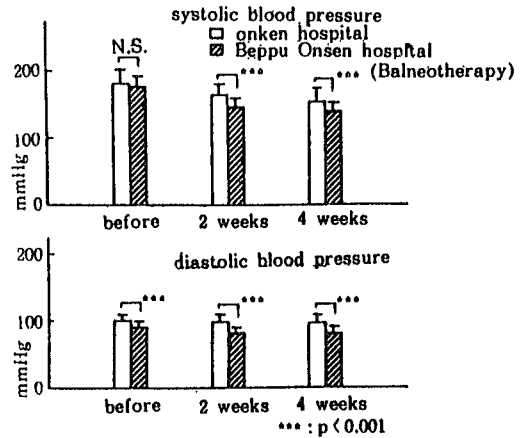


図2 温泉治療と薬物療法の比較(改善群)

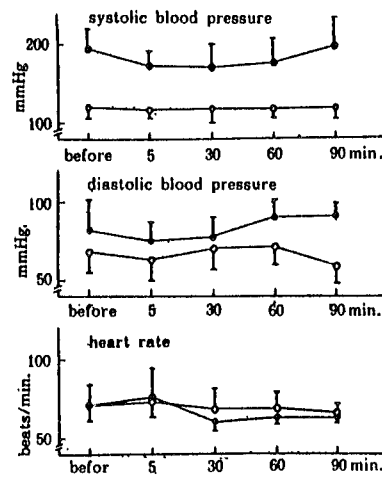


図3 出浴後の血圧、心拍数の変化

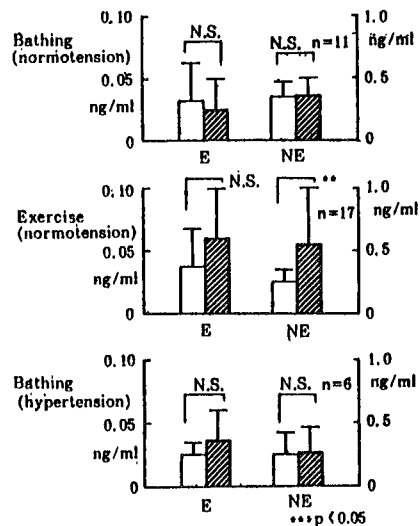


図4 入浴および運動のカテコールアミンに及ぼす影響

が有意ではなかった。高血圧群についても同様の傾向を示した。つまり入浴はNaの排泄の促進作用を示したが症例により一定ではなかった。コーチゾル、PGE（プロスタグランディンE）についても検討したが、有意の変化は認められなかった。

(2) 人工温泉による研究

天然にある芒硝泉は、リウマチ性疾患、動脈硬化症、高血圧症、創傷に適応があるとされている。しかし、天然の芒硝泉の多くは食塩、重曹、炭酸塩などを含むので、硫酸塩の純粋な作用のみならず、種々の化学成分の総合作用であると考えられる。

最近、お湯に混ぜるだけで、手軽に温泉気分が味わえる薬用入浴剤が一般にひろく受け入れられている。天然温泉は、温熱、化学成分による総合作用であるが、人工温泉は化学成分の影響を客観的に研究できる利点がある。

われわれは、温熱のみならず泉質の高血圧の治療、療養における有用性を明らかにするための前段階として、人工芒硝泉浴（バスクリーン浴）について、健康人を対象として、体温呼吸循環系に対する作用を検討した。

健康男性5例、平均年齢32歳（23～53歳）を対象とした。浴温は42℃、入浴時間は10分とした。

- ① 体表面温度は5例中3例において人工芒硝泉浴ではサラ湯に比し、高い温度を示した。発汗の著明であった2例では、体表面温度はサラ湯の方が大であった。しかし前額湯は全ての例において人工芒硝泉浴の方が高く、一方口腔内温は両者間で差異を認めなかった(図5)。

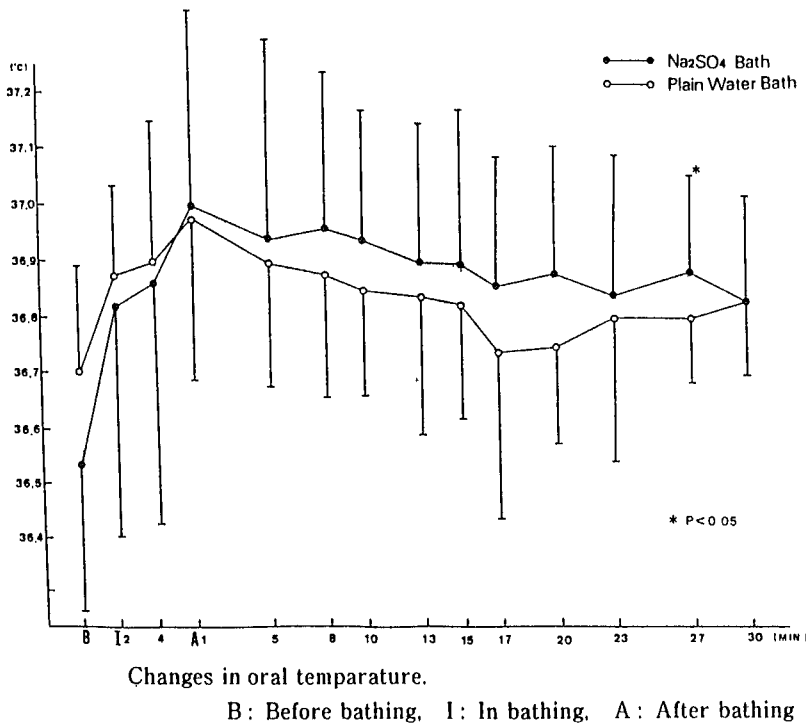


図5

- ② 呼吸数は、人工芒硝泉浴ではサラ湯浴に比し減少した(図6)。心拍数は浴中は人工芒硝泉浴では、サラ湯に比し減少し、出浴直後は一定の傾向はなく、17分後には人工芒硝泉



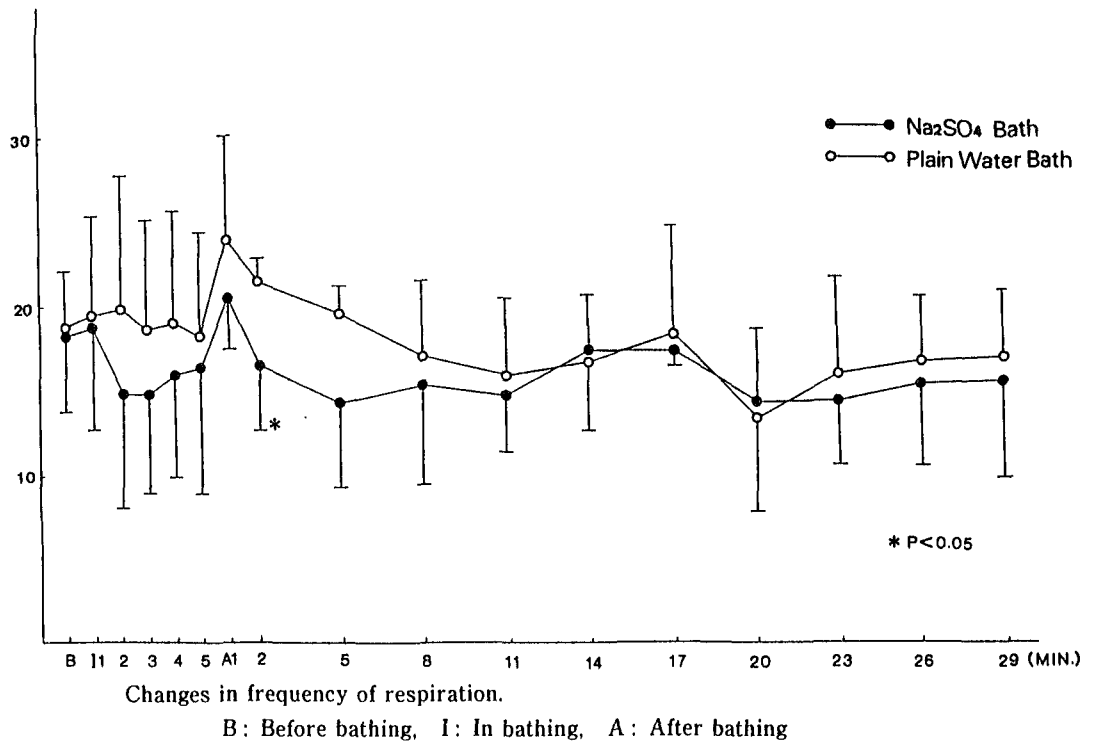


图 6

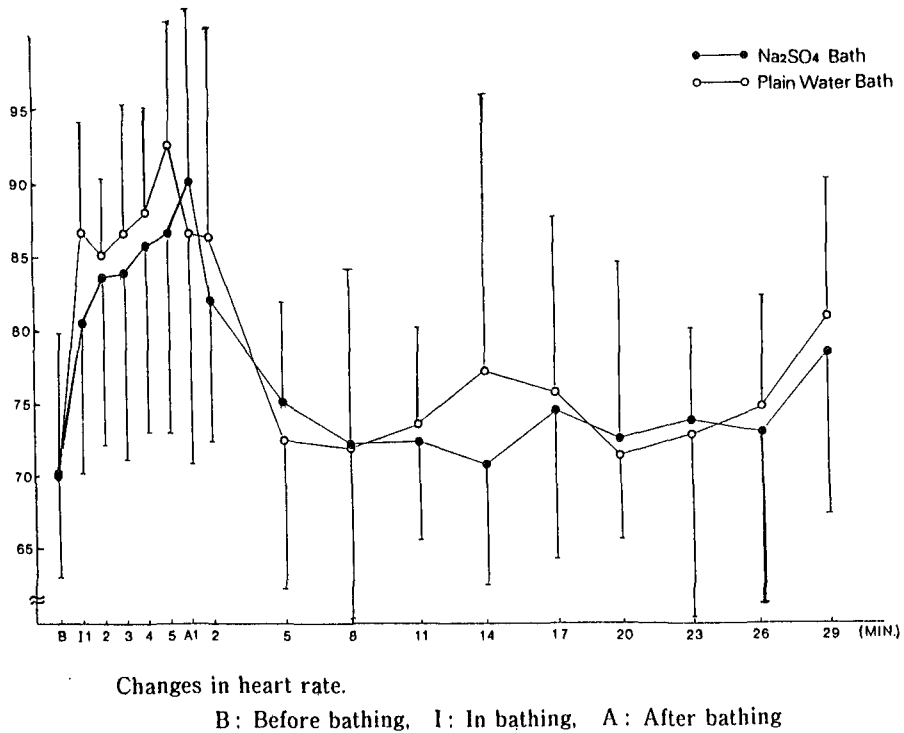
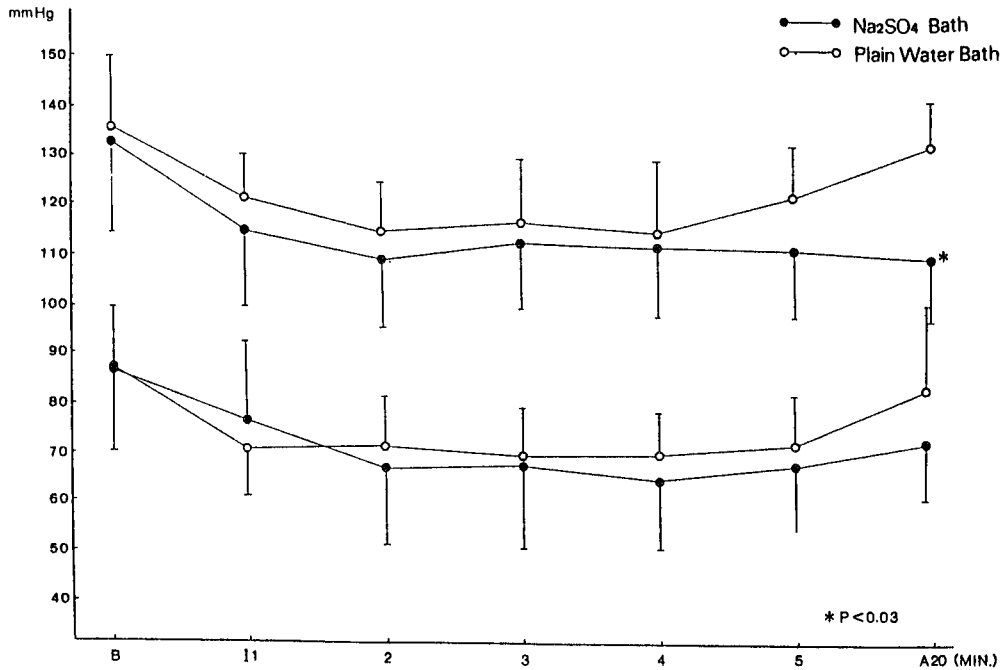


图 7

浴の方がわずかに高い傾向を示した（図7）。血圧は人工芒硝泉浴中ではサラ湯に比し、5例中4例において、降圧の程度は、最高および最低血圧ともに大であった（図8）。入浴前に低血圧を示した例では逆に上昇し、正常範囲となった。



Changes in systolic and diastolic blood pressure.

B: Before bathing, I: In bathing, A: After bathing

図8

- ③ 入浴前および出浴後10分において採血を行い、 $\beta$ -エンドルフィン、ノルアドレナリン、アドレナリン、セロトニン、ADH、レニン、アルドステロン、コーチゾル、Na、K、Clを両浴において比較検討の結果、有意差を認めなかった。
- ④ 自覚的には全例において、人工芒硝泉浴では肌触りが良く、体が温まり、湯上がり後の肌が滑らかで、湯上がり後のさっぱり感を回答した。以上の成績は人工芒硝泉がサラ湯に比し、体温保持作用、血圧降下作用が大でしかも自覚的にも優れた浴感が得られること、その作用機序は、芒硝の皮膚に対する直接作用、吸収に基づく間接作用によることを示唆している。天然温泉、人工温泉、サラ湯についての比較研究は、これらの間に明らかに差があることを示すものと考えられる。

以上の成績と文献を参考にして表5、表6に高血圧患者の温浴指針をまとめて示す。高血圧患者の温浴にさいしてはまず診断を明ら

表5 高血圧患者の温浴指針 (I)

1	診 断
	原因：本態性、二次性
	程度：WHOの分類、心不全の有無
	合併症（S-T-T異常、不整脈）： ホルター心電図、3分間心電図
2	負荷試験
	温浴負荷
	hot or cold pressor test
	起立試験
	運動負荷試験
	自律神経機能試験

かにすることである。特に原因、程度、合併症を明らかにすることは重要である。心電図異常の診断にさいしては、ホルター心電図、3分間心電図が有用である。安静状態のみで生理機能を評価するだけでなく、負荷状態で診断することは重要である。負荷試験は温浴負荷、cold pressor test、起立試験、運動負荷試験、自律神経機能試験がある。最近、われわれは温熱に対する反応を調べる方法としてhot pressor testを開発した。手首まで45℃の湯に5分間浸し、右心カテーテルにて血行動態諸値を計測したものである。その結果、心腔内温の僅かな上昇、大動脈圧低下、心拍出量、心拍数の増加が観察された。平均大動脈圧は不変であった。未だ入浴の適応判定基準を示すところまで行っていないが、手首をつけさせるだけで、血行動態および体温調節の変化を来たすことが明らかであり、温浴の適応を決定における有用性が期待される。

高血圧の治療は薬物療法、非薬物療法と手術療法にわけられるが、温泉療法は非薬物療法に属する。Andrewら(1982)は高血圧に対する治療の有用性について研究している。表7は上から下に有用な順にならべたものである。体重減少、ヨガ、筋弛緩、瞑想、運動、

バイオフィードバック、プラシーボ、塩分制限の順に有用であることを報告している。温泉療法はこれらの非薬物療法を包含した総合作用であると推測される。温泉療法の有効性を示すには、表8に示す如く他の薬剤開発と同じくきちんとした臨床試験、盲検試験、多施設協同試験を行う必要が

ある。温度の作用のみならず、成分についての用量・反応曲線を明らかにすることが望まれる。入浴中の急死も報告されているが、今後その実態、メカニズム、予防法の解明が重要である。新薬に対する薬効評価と同じく、全国的規模で同一プロトコールにより、温泉浴の有効性、有用性、有害反応を検討することが望まれる。

#### 4) む す び

①人工温泉、天然温泉の如何にかかわらず、温浴の血圧下降作用は確かめられている。②し

表6 高血圧患者の温浴指針 (II)

3	温泉療法
	泉 質：天然温泉あるいは人工温泉
	温 度：37～38 (～42℃)
	時 間：20～30 (6～10分)
	回 数：1～2回
	期 間：1～4週
	時 刻：夕 刻
	かかり湯、ゆっくり出浴、よくふく、 部屋を暖める、さら湯禁食後、アルコール 飲用後、降圧剤服用後禁

表7 高血圧に対する薬物療法と非薬物療法の比較

方 法	効 果
薬 物	2.9
減 量	1.6
ヨ ガ	1.4
筋 弛 緩	1.3
瞑 想	0.7
運 動	0.7
バイオフィードバック	0.7
偽 薬	0.6
減 塩	0.6

(Andrews G. 1982)

表8 軽症・中等症高血圧患者を対象とした評価法

測 定 法：安静時の坐位血圧、血圧が著しく動揺するものは除外
血 圧 値：収縮期圧160mmHgかつ拡張期圧95mmHg以上
患 者 数：パイロット試験…数十人、数施設
初期オープン試験…数十人～100人、数十施設
二重盲検法による比較試験…100～200人
観 察 期 間：4週間以上
試 験 様 式：単独試験…①非盲検 ②単純盲検
比較試験…①非盲検 ②単純盲検 ③二重盲検
投 与 期 間：パイロット試験…4～8週間
オープン試験…8～12週間

かし、慢性の効果については厚生省の降圧薬薬効評価ガイドラインに準じて多施設、多人数の試験が望まれる。③急性効果についてはより信頼性、安全性の高い方法を用いて精細な解析が期待される。④最近、突然死は社会問題となっているが、温泉の有する自律神経調整作用はその予防に役立つ可能性がある。⑤天然資源を利用した温泉療法の適応は、資源節減の上からも今後さらに確立拡大されるべきである。

#### 4 産婦人科

従来、婦人科の術後、あるいは産褥における入浴については、体力の消耗や感染の懸念により長期間控える傾向にあったが、当科では婦人科手術、帝王切開術の抜糸後および産褥5日目以降の褥婦にオスバン薬浴を実施してきた。

その効果としては、適度な温度刺激により心機能が亢進し、全身代謝が盛んになり爽快感をおぼえる、術創部および産道創傷への感染予防、全身の清潔の保持、精神が鎮静される、日常の習慣となっている入浴を早期におこなうことにより、回復への自信や意欲がもてることがあげられる。

従って、今後とも薬浴を実施していく必要がある。

#### 5 皮膚科

乾癬は慢性に経過する再発性でしかも難治性の皮膚病であり、日本人集団でもそれほど稀な疾患ではなく、その発生頻度は0.03%～0.1%と推定されている。本症は炎症性角化異常に起因しており、体表のいたるところに厚い鱗屑を付した紅斑が多発してみられる。

当科では、乾癬の治療として天然温泉による水治療を有力な治療手段の一つとして利用している。

温泉療法の治療効果は十分解明されたとは言えないが、その生体作用には、①静力学的作用、②含有化学成分による作用、③温熱作用の他に、④連用による皮膚への非特異的変調作用があり、これらの作用の結果として臨床効果が発現されるものと推測されている。

本年度は59名の乾癬患者について単純泉を用いた温泉治療を実施したところ、全員が有効以上の効果を示したことは注目すべき事実である。近年、ステロイド外用剤使用により、乾癬の治療は一見やりやすくなったように見えるが、中にはその乱用のため、乾癬性紅皮症などより重篤な乾癬に陥る場合が少なからずみられる。このような場合、天然温泉のもつ緩和な物理化学的作用が極めて有用となってくる。

また、温泉は創の浄化および上皮化を促進する作用を有しているため、乾癬の他、尋常性天疱瘡(1名)、水疱性類天疱瘡(2名)、および熱傷(2名)に対しても温泉治療を併用し、その有効性が示された。

### V おわりに

各種の治療法が進歩した現在、医学における温泉の影は薄くなったかにみえる。しかし治療法の確立していない難治疾患はなお少なくない。これらの疾患のあるものに対して温泉は現在でも立派に愛用、繁用されていることは上述の通りである。恐らくいかに医学が進歩しても温泉が不要、無用になることはないと思われる。仮に難治性疾患が無くなった(こんなことは無いと思うが)としても、交通災害や産業災害は減らないであろうし、いろいろな疾患の後遺症としての身体障害も、寿命の延長と共に増加すると思われるからである。少なくともこれら疾患のリハビリテーションには温泉が愛用されることは間違いないことである。ともあれ天恵の財産である温泉をいかに有意義に医学に応用するかがわれわれの務めである。

## 参 考 文 献

- 1) 大門 剛：慢性関節リウマチ患者の泉浴時におけるリスク管理に関する研究．温研紀要，24：63，1972.
- 2) 延永 正ほか：ヒドロキシプロリン代謝と泉浴．大分県温泉調査研究会報告，28：80，1977
- 3) 阿南公展ほか：コラーゲン代謝に及ぼす泉浴の影響．同上，29：48，1978.
- 4) 阿南公展ほか：泉浴の血清MAO活性に及ぼす影響．同上，31：11，1980.
- 5) 延永 正：リウマチ性疾患の温泉治療．綜合臨床，33：209，1984.
- 6) 辻 秀男・麻生 幸：手術前患者の体力トレーニング．外科，38：145—152，1976.
- 7) Asoh, T. and Tsuji, H. : Preoperative physical training for cardiac patients requiring non-cardiac surgery. Jpn J Surg, 11 : 251-255, 1981.
- 8) 竹内義彦：術前運動トレーニングの老人肺機能に及ぼす影響．福岡医学雑誌，78：105—120，1987.
- 9) 辻 秀男：外科領域における温泉療法．温泉医学提要，pp181，日本温泉気候物理医学会，東京，1983.
- 10) 辻 秀男：創傷治癒ならびに術後回復に対する早期泉浴の意義(実験的ならびに臨床的研究)，温研紀要，18：244—264，1966.
- 11) 辻 秀男：外科領域における温泉療法．温泉医学提要，pp180，日本温泉気候物理医学会，東京，1983.
- 12) 大島良雄・矢野良一：温泉療養の指針(日本温泉協会)，111，昭54.
- 13) 矢永尚士・吉岡政満・畑 洋一：高血圧に対する温泉浴の効果．日温気物医誌，45：13，1971.
- 14) 大島良雄：高血圧の温泉療法．日本の医学の1959年(IV)，1954.
- 15) Sugiyama T., Kayaba M. and Ishigami Y: Effects of hot-spring bathing on the blood pressure.
- 16) 矢野良一：高血圧の温泉療法．温研紀要，12：1，1960.
- 17) 田中信行・川平和美・竹迫賢一・内田 愛：各種本態性高血圧症における温泉浴の降圧作用の比較．日温気物医誌，45：10，1971.
- 18) 阿岸祐幸：代謝内分泌系と温泉療法．温泉医学提要(日本温泉気候物理医学会編)，139，1983.



# 九重温泉群の現状と問題点(I)

## — 筋湯温泉の現状を中心に —

(大分大学教育学部) 大野 保治

- |                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| はじめに                   | Ⅲ 九州電力(地熱発電所)による配湯状況 |
| I 筋湯地域における源泉の概況        | Ⅳ 「財産区」制度をめぐる問題状況    |
| Ⅱ 飯田財産区と温泉管理、並びに温泉利用状況 | Ⅴ 筋湯温泉の課題と展望         |

### はじめに

本報告書は、過去3カ年(昭和61・62・63年)の筆者に課せられた調査研究課題 — 県下の温泉地における集中管理の法律問題 — に沿って、筋湯温泉地帯を調査研究したものである。県下の温泉地で「集中管理」の視点から取り上げたのは、湯の平温泉(昭和62年報告—第38号)と別府温泉(同63年報告—第39号)にとどまり、九重の温泉群には時間的余裕がなく、加えて筆者が2、3年来体調を崩していたため調査できなかった。その結果、本誌事務局(県環境保全課内)にも多大のご迷惑をかけることになった。

集中管理の視点から、当筋湯温泉もまた、尽きない興味を呼ぶ。これについては、本誌第27号で「筋湯における温泉権の実態(上)」、第28号で「筋湯における温泉権の実態(下)」を昭和51年と翌52年に報告している。今回の調査は、前回調査しえなかった事項とその後の変遷を念頭において実施した。

### I 筋湯地域における源泉の概況

昭和51年度の県資料(大分県環境保健部『環境保全の現況と対策』)によると、筋湯温泉地域における源泉総数は44(大別して筋湯地区24、湯坪地区20)、このうち枯渇ないし休止中のものは7、また未利用のものが10あり、この時点での活動利用源泉数は27泉(自噴26、動力揚湯泉1)である。およそ10年後の昭和63年3月現在の県資料(同『環境白書』)では、源泉総数は40泉(自噴29、動力泉3、未利用8)、活動利用中のものは32泉を数える。活動源泉数の増減傾向を見る限り、5泉の増数は、次節に触れる九州電力(株)の大岳・八丁原両地熱発電所の試掘井や環元井に関連していると考えられ、その実質において大きな変動はないものと考えてよからう。

つぎに、湧出量をみよう。昭和51年度の湧出量は毎分1,160リットル(両発電所の湧出熱水を加えれば総量13,710リットル)、同63年度のそれは1,170リットルである。湧出量の経年変化をみると、昭和45~52年度は毎分1,100~1,200リットルであるが、同53~55年の3カ年は900~950リットルに落ち込み、同57~63年は再び1,000~1,200リットルに回復している(資料は九重町・玖珠町・九電八丁原発電所の調査データを玖珠保健所がまとめたもの)。このような変化を概観する限り、湧出量においても源泉数とほぼ平行な関係が見られ、さほど変動はなかったものと考えてよいであろう。つづいて、温度については、筋湯一帯の主要源泉15カ所の上記調査データによれば、昭和45年以降現在(平成元年3月)まで摂氏55~60度を上下している。以上のことから、源泉数・湧出量・泉温いずれもここ10数年、大きな変化はなかったものと考えられる。

### Ⅱ 飯田財産区と温泉管理、並びに温泉利用状況

#### (1) 飯田財産区の概要

九重町は昭和30年2月1日、かつての玖珠郡の4町村、すなわち飯田村・東飯田村・南山田村の3村と野上町が合併して成立した新町である。これら合併前の1町3村は、いずれも広範囲にわた

る山林・原野と諸温泉場（飯田村では筋湯・湯坪・釜の口、他の町村では壁湯・川底・宝泉寺など）を保有していたため、合併に際して各町村とも山林・原野の一部—35ヘクタールといわれる—を九重町所有に移し、それ以外の全財産をもって旧町村単位に「財産区」（後述）を設置したのであった。法的根拠としては地方自治法第 296 条等に拠るものであるが、そのような財産区は特別地方公共団体の一種で、もとより公法人である。なお、飯田財産区の沿革については本誌第28号を参照願いたい。

本稿の調査対象である筋湯地域は、かつて飯田村に所属していたことから、飯田財産区がその山林・原野（1,370ヘクタール）とともに、区内の源泉（鉱泉地）と温泉施設を支配し管理してきたものである。法形式上は、全国でも数少ない温泉財産区—自治省の調査資料（昭38）では27件を数える—に準ずる性格のものである。

### (2) 飯田財産区の源泉状況

昭和51年度の筋湯温泉全域の源泉総数は、活動中のものが27泉、このうち、当飯田財産区が所有しているのは第1表に示す12源泉である。戦後に掘削された1泉を除き、いずれも自然湧出泉である。

第1表 飯田財産区有の源泉状況

温泉名称	地区	温 度	湧出量(毎分)	年間使用料	参 考
大 湯	筋 湯	(摂氏)54度	660リットル	151,000円	共浴場と4旅館へ配湯
元 湯	〃	〃	230リットル	40,500円	4旅館と2個人、一部滝湯へ
薬 師 湯	〃	〃	80リットル	19,500円	共浴場と1旅館、1個人
せんしゃく湯	〃	42度	50リットル	—	共浴場
地 獄 湯	小 松	94度	—	—	噴熱泉
ひ ぜ ん 湯	〃	—	(休止中)	—	
河 原 湯	大 岳	49度	15リットル	—	共浴湯
泥 湯	〃	—	—	—	地 獄
大 岳 地 獄	〃	51度	—	120,000円	地獄、新日鉄寮へ配湯
田 の 中 湯	〃	60度	5リットル	—	共浴湯
釜 の 口 湯	釜の口	50度	120リットル	31,200円	共浴湯、個人へ貸付
寒 の 地 獄	九重山	—	—	300,000円	個人へ貸付、観光客用

(注) 昭和57年財産区廃止時の資料

(九重町企画調整課提供)

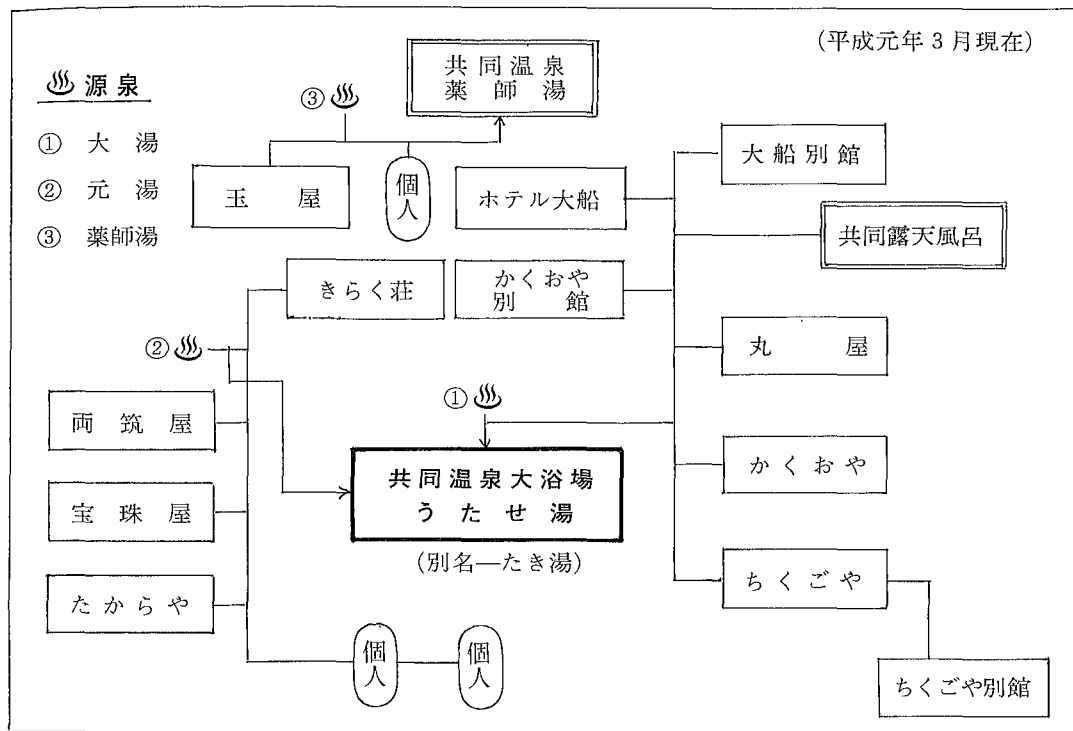
### (3) 源泉と温泉利用の現状

上掲の大湯源泉は、筋湯温泉のシンボリック的存在として旅館に囲まれ温泉街の中央に位置し（大字湯坪字筋湯759番地）、古来、内外の浴客に“うたせ湯”または“滝湯”と呼ばれて親しまれてきた共同浴場に、その源泉を提供する。このほか、周辺の4旅館（かくお屋・まる屋・筑後屋・大船）にも利用されている。源泉等の管理は所有主体の飯田財産区（現在は九重町）が当たってきたが、実際上の利用は、当財産区より貸付けられた筋湯区（組）と筋湯旅館組合に任せられている。なお、筋湯区が支払う年間使用料は15万1,000円である。元湯源泉は、周辺の4旅館（両筑屋・宝珠屋・たから屋・きらく荘）と2個人へ配られており、また、その一部はうたせ湯にも送られている。かくお屋別館裏手にある薬師湯源泉は、共浴場に利用されているほか、1旅館（玉屋）と1個人にも引かれている（第1図参照）。また清風荘旅館近くに位置する「せんしゃく湯」（源泉）は、共浴湯として主に地区住民が利用している。

大岳地区で主に地域住民に利用されているのは、河原湯と田の中湯である。ひぜん湯温泉はかつ



第1図 筋湯温泉（中心部）の源泉利用状況



て皮膚病に特効があるとして広く利用されてきたが、昭和40年代後半から湧出量が減退し温度が低下して、現在は利用されていない。小松地区では、地獄湯、別名小松地獄は温泉街の北方後背地に位置し、通称九州大学「山の家」近くの松林中に自然噴出する熱騰泉で、現在も学生用合宿施設に利用されている（昭和40年8月9日—自然湧出泉認定）。戦後、町長名で掘られた人工源泉は上表の大岳地獄であり、新日鉄株の療養所に財産区が貸付けている。釜の口温泉は、九重高原入口の県道に沿って地の利に恵まれていることから著名であり、地域住民に共浴温泉として利用されるとともに、源泉の一部は地区住民に貸付けられて旅館内湯として使われている。また、通称「寒の地獄」は九重山系登山口（大字田野 257番地）にあって冷泉として知られ、観光名所の1つともなっている。昭和38年3月、飯田財産区が経営者（寒の地獄株式会社）に同じく貸付けているものである（以上、本誌第27・28号参照）。

#### (4) うたせ湯の改築問題

うたせ湯は、昭和63年夏、山小屋ふうのしょうしゃな鉄筋づくりに改築され、面目を一新した。上述のとおり、湯口の大湯源泉は現在まで毎分 600リットルと豊富な湯量に恵まれ、将来への不安はなさそうである。問題は、むしろ共浴施設の維持管理、とりわけ改築にあった。こうした財産区施設の改築は「管理権の範囲に属する改良行為」に当たるとされ、法的にも認められている（自治省「行政実務」、地方自治法第124条）。

しかし、改築には通常、多額の資金を要し、一般財産区としてはこのような資金を積み立ててはいない。銀行など金融機関に頼るのが普通であるが、特種な公法人の財産区では「起債や一時借入れの当事者となることはできないと解する」自治省の規制があり（同上「行政実務」昭29・3・9自治行発第17号）、そのため監督責任の立場にある市町村自体が融資に当たるとするのが全国的な実情である。

こうした事情から、うたせ湯の改築もまた、町財政に依存した。旧浴舎は、昭和37年、直接の温泉利用集団である筋湯区が経費 450 万円を15カ年の年賦償還で町より借り受けて建てた木造建築であった。返済は順調に進められ、昭和52年に完済をみた。この前後から浴舎のいたみが激しく、たまたま狹隘な道路脇に駐車中の自動車に浴舎外壁のセメントの破片が落下して被害を与えるといった事故が発生し、その補償をめぐる財産区（町）と筋湯区（旅館組合）とで紛糾する一幕も起きた。財産区有の営造物の管理責任は原則上、当の財産区が負うこと、また幸いに被害額も些少であったことから、町で支払い落着した。こうした事故もあり、さらに昭和57年3月の九重町議会で飯田財産区をはじめ4財産区の全面的廃止が決議されたのを機会に、町費により堅固な鉄筋づくりを、との声が地元を高まった。だが、過疎に悩む九重町の財政もきびしく、昭和63年に至って九電の協力もあり、改築が実現をみたのである（改築費は約 6,000 万円）。

### Ⅲ 九州電力（地熱発電所）による配湯状況

#### (1) 全国（大分県）の地熱開発の概況

全国および大分県の地熱開発の現状は、およそ次のとおりである（大分県地熱開発促進連絡会議『大分県の地熱開発』昭和61年）。

現在、わが国の地熱開発は、最も経済性の高い発電利用を中心に進められている。その歴史は、大正14年の大分県別府市における試験発電に始まるとされているが、本格的な実用発電に向けての開発は、昭和20年代後半からスタートし、昭和41年に岩手県松尾村に松川地熱発電所が、翌42年には本県九重町に大岳発電所が建設された。現在、全国では9カ所の地熱発電所が稼動中である。また、新しい地熱発電所の建設をめざし、民間企業による調査が各地で繰り返されている。このうち、国の補助金を受けて実施されている状況を示すのが第2表である。一方、有望と思われつつも民間企業の進んでいない地域に対しては、新エネルギー総合開発機構（NEEDO）が自ら調査を実施している。

第2表 我が国の地熱発電所

（昭和60年3月現在）

会社名	発電所名	所在地	出力 (kW)	運開年月
日本重化学工業 (株)	* 松 川	岩手県松尾村	22,000	41年10月
九州電力 (株)	大 岳	大分県九重町	12,500	42年10月
三菱金属 (株)	* 大 沼	秋田県鹿角市	10,000	49年6月
電源開発 (株)	鬼 首	宮城県鳴子町	12,500	50年3月
九州電力 (株)	八 丁 原	大分県九重町	55,000	52年6月
日本重化学工業 (株)	葛 根 田	岩手県磐石町	50,000	53年5月
北電 (株)	* 杉 乃 井	大分県別府市	3,000	56年8月
道南地熱エネルギー (株)	森	北海道森町	50,000	57年11月
北海道電力 (株)	* 霧島国際ホテル	鹿児島県牧園町	100	59年2月
大和紡 観光				
合 計	9 カ 所		215,100	

\*：自家用発電

—大分県地熱開発促進連絡会議資料—

大分県においては、第二次大戦終了後、工業技術院や九州電力(株)により、別府市や湯布院町、九重町においてボーリングを含む各種の地熱調査が実施され、昭和26年には南立石の白竜地獄（別府ラクテンチ内）で30kWの地熱発電の成功をみた。しかし、これは実験程度で、商業用としては昭和42年に九重町大岳での九州電力による大岳発電所（出力12,500kW）が最初である。これは、岩手県

の松川発電所に次ぐものである。また、これに隣接した同町八丁原地区では、わが国最大の出力を誇る九州電力八丁原発電所（出力55,000kW）が昭和52年から運転を開始している。

その後、昭和48・53年の2度にわたる石油危機を契機に、本県の地熱開発の気運はさらに高まり、政府の全国地熱基礎調査や精密調査などの先導的な調査を受けて、野矢地区・滝上地区・湯布院地区・田野地区で民間ディベロッパーによる本格的な地熱開発調査が実施される一方、国により地下3,000～4,000mの地下深部の高温高圧の地熱エネルギーにより25万kW級の大規模な地熱発電所の建設を目的とした調査が九重町を中心とする豊肥地域で実施されている。また、これまで民間ディベロッパーが手をつけていない久住地域でも、昭和60年度から新エネルギー総合開発機構（NEDO）が地熱開発促進調査を実施している。

## (2) 九電地熱発電所による配湯状況

九州電力(株)が大岳地区において地熱発電に着手したのは、昭和37年のことである。当初は、公害問題もさほど深刻な社会問題に発展していなかった。だが、昭和40年代に入ると、全国各地で新産都政策による進出企業（工場）と地元住民との間に熾烈な紛争を惹起し、時には公害裁判にまで発展して国民の大きな関心を集めた。紛争を通じて、関係地方公共団体（県や市町村）による行政指導や関与が大きな役割を果たすとともに、環境の保全が強く要請されたのであった。

当筋湯温泉でも公害問題は例外ではなく、九電の地熱開発をめぐって、以下に見るように大分県や九重町をも巻き込んで幾度か紛争を生じ、県民の耳目を集めた。ここに年代を追って、その経過を見ることにしよう。

- ① 昭和37年 5月 大岳地熱発電所の工事開始。湯坪地区住民（代表）と熱水利用をめぐって「確認書」を結ぶ。立会人として九重町長が関与する。
- ② 昭和40年 3月 挾間（大岳地区）への配湯開始。九電（社長）側より九重町（長）へ「請書」を提出。  
同年 9月 大岳地区各方面へ配湯開始。九電より重ねて九重町へ「請書」を提出。
- ③ 昭和42年 8月 大岳地熱発電所（出力12,500kW）営業開始。
- ④ 同年 夏 水稲被害補償問題が発生。翌43年 3月、九電が被害総額 506万円を被害者農民に支払う旨の「覚書」を町と交換。立会人は大分県農政部長。  
同年 6月 八丁原地熱発電の工事着手。
- ⑤ 昭和43年 5月 八丁原発電所の噴出熱湯の件で筋湯区（組代表）と九電側とが「覚書」を交換する。立会人は九重町長。  
翌44年 1月 筋湯地区へも配湯開始。
- ⑥ 昭和46年 5月 大岳発電所の補充井の掘削をめぐり、九電側より九重町へ「念書」を提出。  
同年 8月 湯坪噴熱鉱泉利用組合と九電が給湯条件を内容とする「覚書」を交換。立会人として九重町長。
- ⑦ 昭和48年 5月 砒素公害問題が発生。九電側で熱交換方式により給湯する旨の「確認書」を町と交換。  
翌49年 8月 熱交換施設工事が完了。直ちに両地区へ配湯開始。
- ⑧ 昭和52年 6月 八丁原地熱発電所完工。1号機（出力55,000kW）が営業開始。
- ⑨ 昭和54～60年 九電、各種の環境影響調査を実施。
- ⑩ 昭和56～60年 八丁原 2号機の調査井の掘削、調査研究。
- ⑪ 昭和61年 9月 1日～同30日 環境影響調査書の縦覧、3カ所での縦覧者合計 223名。新聞・広告による周知など。「説明会」—— 同年 9月 17日 午後、基幹集落センター、一般住民 120名参加（この他、筋湯地熱対策委員 8名、湯坪地区区長 4名）。

⑫ 平成元年（昭和64年）秋 八丁原2号機運転開始（見込）。

一上掲の「確認書」「請書」「念書」「覚書」、並びに農作物被害補償問題と砒素公害問題については、本誌第27号で報告しているの、重ねて触れない。なお、後者の公害問題については、昭和49年以降、熱交換による人工造成泉の配湯方式に代えられ、この方式により2地区（筋湯・湯坪）に配湯が行なわれている。その配湯状況について、以下にその概要を述べる。

八丁原発電所による熱交換方式は、現在、第7号蒸気井が充てられ、熱交換に必要な取水は筋湯川に求められている（毎時90トン）。一方、大岳発電所のそれは第9・10号の2蒸気井が、また取水口は失湯川と大岳川である（同150トン）。両地区の温泉需要者への配湯システムを簡略に述べると、各河川から取水され沈澱・汙過された河川水は、送水管を通り耐熱性の熱交換器を経て熱交換槽に送られ、ここで熱湯に造成される（摂氏70度）。こうして造成された河川水の熱湯は、計量槽で容量を計られたうえ、配湯路線（幹線）の各要所に設けられた分湯溜<sup>ためます</sup>枒（筋湯地区—第1～6分湯所、湯坪地区—第7～17分湯所）に至り、さらに支線として各需要者の家へ送られている。また、この手段にはタコ足式の流下方式が採られている。なお、熱交換して利用済みの原熱水は、人蓄に有害な砒素が基準値（0.005PM）を超えて含まれていたため、ポンプで環元井に送り込まれ地下深部に還元されている。

第3表 大岳・八丁原熱水給湯一覽表

（湯坪噴熱鉱泉利用組合）

熱交換器 番別	分湯所	給湯状況					
		一般住宅		旅館・保養所		計	
		口数	給湯量	口数	給湯量	口数	給湯量
八丁原 熱交換 配湯	第1分湯所	4 (1)	3.2	0	0	4 (1)	3.2
	第2分湯所	1 (2)	0.8	6	15.0	7 (2)	15.8
	第3分湯所	0	0	2	5.0	2	5.0
	第3分湯所	3 (1)	2.4	9	22.5	12 (1)	24.9
	第4分湯所	7 (2)	5.6	3	7.5	10 (2)	13.1
	第5分湯所	0 (1)	0	1 (1)	2.5	1 (2)	2.5
	第6分湯所	4 (3)	3.2	1	2.5	5 (3)	5.7
	合計	19 (10)	15.2	22 (1)	55.0	41 (11)	70.2
大岳 熱交 換 配湯	第7分湯所	0 (1)	0	1	2.5	1	2.5
	第8分湯所	8 (4)	6.4	2	5.0	10	11.4
	第9分湯所	0 (1)	0	1	2.5	1	2.5
	第10分湯所	8 (2)	6.4	0	0	8	6.4
	第11分湯所	3	2.4	1	2.5	4	4.9
	第12分湯所	5	4.0	0	0	5	4.0
	第13分湯所	39 (2)	31.2	0 (1)	0	39	31.2
	第14分湯所	25	20.0	0	0	25	20.0
	第15分湯所	9 (3)	7.2	0	0	9	7.2
	第16分湯所	11	8.8	0	0	11	8.8
第17分湯所	0 (18)	0	5 (1)	12.5	5	12.5	
合計	108 (31)	86.4	10 (2)	25.0	118	111.4	
総計	127	101.6	32	80.0	159	181.6	

注 (1) 昭和64年3月現在の調査資料 (2) ( ) 内は給湯予約の数字

八丁原地区（筋湯）と大岳地区（湯坪）への人工造成泉配湯状況を示すのが、第3表である。前者の配湯口（戸）数は一般住宅用19口（別に現在予約中のもの10口）、旅館・療養所の営業用22口（同1口）とに分けられ、給湯量は毎時70.2トンである。後者の状況は一般住宅用108口（同31口）、営業用10口（同2口）、給湯量は111.4トンとなっている。両地区への配湯口数は総計159口、給湯総量は181.6トンにも達しており、地域住民の温泉利用に大きく寄与している。

### (3) 九電による環境アセスメント

公害対策基本法（昭37制定）を頂点とする公害法制は、昭和45年末の、いわゆる公害臨時国会での公害関係14法の制定ないし改正により急速に整備され、いちおうの体系化を達成して今日に至っている。だが、日本において、環境行政を推進し環境保全の徹底を期する上で今1つ欠けているものは環境影響評価の手法である、との指摘が公害法研究者の中でなされている（ジュリスト総合特集第15号『公害総点検と環境問題の行方』昭和54年）。

環境影響事前評価——通称“環境アセスメント”とは、一般に、開発行為などを実施するに際して、それが自然環境や社会環境にどのような影響を与えるかを事前に調査予測して、その結果を関係機関や地域住民に詳しく公表し、関係者の意見を汲み入れたあと、開発行為の適否なりその修正を決定していこうとする手法、を指している（上掲書、原田尚彦「環境影響調査」）。この手法は、アメリカにおいて1969年に国家環境政策法（NEPA）が制定されて以来、先進諸国の公害行政の中で多かれ少なかれ実施をみているものなのである。だが、わが国では今日（平成元年）まで、いまだこのような法律は制定をみていない。

再三述べてきたように、九電による当筋湯地区での地熱発電は昭和42年8月に大岳発電所、つづいて同52年6月に八丁原発所1号機が営業を開始した。両発電所とも順調に運転をつづけ、現在に至っている。地下深部の熱源で大岳より優位に立つとされる八丁原では、さらに2号機による発電量倍増の計画が現在、先発1号機の実績を評価しながら進められている。すなわち、昭和54～60年に調査井が掘削され調査研究がなされた結果、「この度2号機用地熱資源を長期にわたり確保できる見通しが得られた」（九州電力㈱「八丁原発所2号機増設に係る環境影響調査書」昭和61年8月）として環境アセスメントの準備が行われてきた。こうして九電では、昭和61年8月「環境影響調査書」を公表し、翌9月（1日～30日）の1カ月間当該調査書を閲覧に供したあと、広く意見を求めた。縦覧場所は、九重町役場（自治体庁舎）と八丁原発所・飯田営業所（企業事業所）の計3カ所である。また、「説明会」の開催については、新聞広告（大分合同新聞など6社）と縦覧場所での掲示板等で周知が図られ、同年9月2日筋湯地熱対策委員8名（場所は地元ホテル会議室）、同17日一般住民120名（基幹集落センター）、同26日湯坪地区区長4名（湯坪区長宅）に対して実施されている。当説明会の質疑応答の状況は、昭和61年10月「八丁原発所2号機—環境影響調査書の地元公開・周知等の報告について」に九電が詳しく公表している。

このような発電所の立地における環境保全については、昭和52年7月4日付通産省議決定による資源エネルギー庁長官通達（「発電所の立地に関する環境影響調査及び環境審査の強化について」昭54・6・26 54資庁第8775号）が出されており、さらに具体的な「実施方針」と「調査要綱」が示されている。これらによると、電気事業者等は「環境影響調査要綱」に基づき環境影響調査書を作成し、これを通産産業省に提出するとともに、その写しを関係地方公共団体に送付するものとされ、さらに同調査書について地元住民等への周知を図り、環境保全の見地からの地元住民等の意見の把握を行なうことなどが規定されている。こうした手続きを踏んで九電が公表したのが上掲「報告書」であるが、その内容を解説する本誌スペースはなく、かつ専門領域を異にする筆者にはその能力もないことから、当報告書の結論——「総合評価」——のみを参考までに掲示するに留めたい。

#### (6) 総合評価

貴重な国産エネルギーであり、かつ、電源多様化の一端を担う地熱発電の開発は、社会的要請でもあり、八丁原2号機の増設は必要である。増設に当たっては、発電所計画地区が阿蘇国立公園であること並びに社会環境を十分考慮して、環境保全に万全を期する。具体的には、用地造成に当たっては地形の改変、樹木等の伐採を極力少なくするとともに、工事完了後は周辺の自然環境等を考慮してできるだけ緑化する。熱水については、全量を地下深部に還元して周辺地下水等への影響をなくし、硫化水素については、冷却塔から効果的な希釈拡散をはかることにより、周辺環境に影響を及ぼさないように配慮する。

また、工事中及び運転開始後においては、モニタリングによる十分な監視を行う。

これらのほか、本文各項で述べたとおりの諸対策を講じることにより、総合的に評価すると、八丁原発電所2号機増設による周辺環境への影響は、少ないものと考えられる。

最後に、公害行政法の研究第一人者である原田尚彦教授（東大）は貴重な提言をされているので、そのうち2点を以下に紹介しておこう（上掲ジュリスト総合特集第15号）。

- ① 「アセスメントの真の目的は、環境影響の正確な調査を義務づけ、その情報を公開し、地域住民や自治体その他関係機関の多様な意見を汲み入れ、そして最後にその意見を開発計画に適切に反映させていくところにある。

正確な調査に基づいて環境影響を予測し、ついで広汎な情報交換を実施し、その結果を踏まえて開発計画の妥当性を慎重に見直したうえで、開発の採否の方法を選択し決定するところに、アセスメント制度を設ける真の狙いがあるのである。形だけの膨大な報告書を作らせ役所にホゴ紙の山を築くだけでは、アセスメント業者を喜ばせるだけで、あまり意味がないことをこの際、銘記しておくべきである」。

- ② 「わが国の制度のように、開発等の促進を願う事業者自身にアセスメントを実施させるというシステムの下では、事業者が実施する調査・予測に過誤や手抜きがないことをしっかりと確認するとともに、評価つまり事業の適否についての最終判断を公正に行わしめるための、何らかの公的チェック手段が必要とされねばならない。

とくに評価の公正を考えるならば、最終評価を専ら事業者自身にまかせてしまうのではなく、公的な第三者機関が何らかの形で関与する体制をとることが望ましい。これを徹底すれば、その現実的当否はともかく、アセスメントの結果を認許可制と結びつけ、第三者機関が事業者のした環境影響の調査と予測の結果を審査したうえで開発を許可するという制度も考えられないことではない」。

#### IV 「財産区」制度をめぐる問題状況

飯田財産区の沿革について、詳しくは本誌第28号に触れているので、本節では、(1) 財産区一般の概要、(2) 財産区創設の経過、(3) 財産区の課題と問題点を論じ、最後に(4) 財産区温泉から町営温泉へ、の項目で飯田財産区廃止の経緯を述べることにする。

##### (1) 財産区一般の概要

現行の地方自治法は、その第1条の2第3項に「財産区」を特別地方公共団体（公法人）と規定し、その第294～297条に財産区に関する規定9カ条を掲げている。これらは、明治22年町村制第114条および改正町村制（明44）第124・125条の規定を踏襲したものである。すなわち、「財産区」とは、市町・町村制の施行以来、主として「市町村の一部で財産を有し、若しくは公の施設を設け

ているもの」を指すが、さらに後に「市町村の廃置分合、若しくは境界変更の際、財産処分に関する協議に基づき市町村の一部が財産を所有したり、公の施設を設けているもの」も含まれることになった。この財産区については、法的にも極めて問題が多いことは以下に述べるとおりである。

## (2) 財産区創設の経過へ

財産区は、明治22年2月施行された町村制の規定（第114条）の中で、初めて法律制度として登場した。その歴史的背景には「旧幕以来の入会財産の処理」問題が存しており、財産区制度の創設が明治政府によってなされた。町村制施行以前の入会財産については、政府の基本方針は必ずしも統一していたわけではなく、これを公有財産とはみず、「人民共有の私有財産」として処理する傾向が支配的であったのである。官民有区分の際、官有地編入をまぬがれた入会財産たる旧村持ち山は「民有地」として取り扱われ、管理・処分ともに農民の手で自主的に行なわれていたのであった。このように旧村持ち山は、当初は疑いもなく、入会財産としてムラに帰属する財産であった。それは町村合併以降、入会団体としてのムラ（共同部落）の所有に当然帰すべきものであり、町村の一部としての所有、すなわち「財産区有」（公有財産）の性格はそもそも持たないものであったのである。

ところが、明治政府の基本方針に変化が見られた。すなわち、入会財産は、新たな国家権力の経済的・社会的基盤整備の一環としての観点から公有財産たる部落有財産として把握し、これを市町村会のコントロールの下に置こうとした。その結果は、広範に農民の不安と抵抗を呼んだ。そのため、町村合併が円滑に進行しないことを憂慮した政府は、ここに「財産区」制を創出し、市町村の一部としての部落の財産について部落の権利主体性を承認し、かつ部落が固有の管理機関をもち、市町村の介入を排除して部落財産を管理できる途を開いたのである。それ故、財産区制度は「明治政府の入会権収奪政策の貫徹とその限界を示すもの」として現われたのである（渡辺洋三編著『入会と財産区』1974年）。

もともと、市町村より下位に立つ大字・部落（小字、かつてのムラ）に独立の法人格を認めないというのが、地方行政の根本原則であった。このタテマエから言えば、市町村の一部たる部落に財産権の主体たる公的地位を認め、かつ法人格を与えることは極めて重要な例外であり、かかる例外を法制度化しなければならなかったこと自体、明治政府の政策の限界を意味するものでもあった。したがって財産区制度は、地方行政の観点からすれば「本来、歓迎されない妥協の産物、ないしは必要悪」として受けとめられた。地方行政にとって、それはまさに「鬼子的存在」であったが、こうした宿命性格は、明治一大正一昭和と一貫して今日まで続いてきたと言えよう。しかし、憲法学上「地方自治」の論理が貫徹してきている現今、このような財産区制度は次第にその生命が弱められ、行政史上姿を消していくものと考えられている。事実、全国的にそうした傾向が見られているのである。

## (3) 財産区の課題と問題点

以上述べてきたように、財産区制度は、市町村と部落（ムラ）との間に利害の対立があることを前提として創出された「法技術的」制度であった。もともと農民の私有財産であった入会財産を、公権力で一方的に公有財産と解する公権論には無理があり、そのため入会公権論は明治憲法下で形成された「古い理論」とか、「天皇制時代の制度的遺物」と批判されてきた。

このように財産区制度を検討してみると、それは将来にわたり生々発展を遂げるような存在ではなく、むしろ「歴史の発展段階で変化を余儀なくされるもの」であり、事実、入会林野近代化法（昭41制定）の前に行政実務の上で逐一その姿を没しつつあるというのが現状である。現代の円熟した資本主義社会の中で大きく破綻をまぬがれ、延命できた法社会的背景には、この制度を多かれ

少なからず支えてきた日本農村社会の風土があることも、否定できない。また、その法的原因には、「財産区制度が事実上、法的に厳格に適用されなかったこと」と「財産区財産、とくに土地の経済的価値が少なくとも今日まで低かったこと」が指摘されている（上掲書）。

しかし、昨今では、市町村の行政指導が徹底して法治主義の原則が貫徹し、また土地資源の経済的価値が上昇して“土地ブーム”を現出した。その結果、明治以来の財産区制度は、その制度的矛盾が大きく露呈して根底から大きく揺らぐことになったのである。次項で、九重町の諸財産区がどのように変貌していったかに目を転じよう。

#### （4）財産区温泉から町営温泉へ

筋湯温泉における財産区による温泉の支配（管理）は、旧4町村が合併した（昭和30年2月1日）際、財産処分に関する協議に基づいて飯田財産区が設置された時に始まる。このことについては、これまで縷述してきたところである。

この財産区が旧町村ごとに設置されたことにより、難航していた新町誕生が容易となったばかりか、合併初期においては、地区事情の上からも好結果を生む機能を果たしたことは否定できない。しかし、合併後数年を経過してみると、4財産区が存在が町行政の一体性確保と公正の見地から、種種の問題を惹起した。すなわち、町行政の管理・運営の適正効率の側面や長期財政のあり方から問題視され、また4財産区間とかくバランスを欠く等の問題を生じたのである。その結果、昭和38年11月の定例町議会で、これらの問題を検討するため「財産区統合推進特別委員会」が設けられることとなった。この委員会で、4財産区統合とそれに伴う諸条件が審議され確認された。こうして各区選出の特別委員は、財産区住民に趣旨の徹底を図り、かつ理解と協力をもとめることになった。しかし、何分にも直接部落住民の身近かな生活問題につながる事柄であることから利害得失が絡み、区民感情も加わって容易に進展を見なかった。昭和40年に至り、9月の町議会において、財産区統合から一步進めて4財産区廃止の基本線が打ち出された。その結果、廃止時期は同年末を目途とした。たまたま同年12月25日が江藤町長の任期満了に当たり、この機会に、財産区廃止が最重要課題として帆足新町長に引き継がれた。新町長の下で、翌41年2月、地区ごとに各区長と前管理委員とが協議を詰めた結論はおおよそ次のようであった。

飯田財産区——廃止に反対、時機尚早で継続審議

東飯田財産区——廃止に基本的に賛成

野上財産区——時機尚早、十分に研究のため見送り

南山田財産区——廃止に賛成、他の1区でも反対あれば保留

こうした状況の中で昭和41年2月、臨時協議会において、当該委員長より「現在、統合も廃止も見通しが立たず、これ以上の推進は無駄と判断し、将来へ向けて推進はするが大勢は時機尚早、よって財産区統合推進特別委員会は本日限り解散する」旨の報告がなされた（町管財課記録）。こうして財産区統合（廃止）問題は「当分、棚上げ」となり、昭和56年を迎えるに至ったのである。

だが、この間、社会情勢と4財産区における事情が大きく変わった。すなわち、昭和40年代後半から50年代前半にかけて全国的な土地をめぐる社会問題（列島改造ブームと土地狂乱、地価急騰）が発生するに及んで、大資本が全国的に観光開発を進めるなか、その余波を受けて九重高原地帯でも広大な入会林野が各種のレジャー観光施設・ゴルフ場・別荘用地等に狙われ始めた。売り急いだ部落集団の中には、入会地や共有地を巨額な代金（何億、ときには何十億円）で売却し、地区の幹部や世話人がその一部を横領したり不明朗な処理をしたとして刑事事件にまで発展する不祥事も起きた。この頃、入会団体や部落の中には過疎問題や農山村の行き詰まりから、基本財産まで売り食いせざるを得ないところまで来ていたものもあったのである。こうした社会的背景によって、町当局では次第に財産区の運営に容喙せざるを得なくなり、行政指導や監督を厳しくしていった。財産



区会計に対しても、町の監査委員がチェックするようになった。一方、町の諸公共施設（学校・消防署・道路工事等）の地元負担にしても、各財産区に格差が見られるようになり、町行政の公正といった見地からも無視できない事態を生じていたのである。

こうした社会的背景とは別に、各財産区所有の入会林野（主に旧慣使用林野）もその大半が整備され、残りも財産区住民の権利義務が法律上でも明確化されてきており、たとえ財産区が廃止され町に引き継がれることになっても不安な要素はなくなっていた（とくに野上・飯田財産区では問題とされていた官行造林跡地についてその性格も明確となり、それぞれが縁故の部落に処分解決済みとなっていた）。たまたま財産区管理委員の任期が昭和57年2月29日で切れることもあって、この際「財産区の廃止は、まさに時機到来と判断された」（町管財課記録）のである。財産区廃止の条件として町により明示された案は、およそ次のようなものであった。

① 廃止により、各財産区の有する財産等は町に引き継ぐ。

但し、鉱泉・建物については一部払い下げをも検討する。

② 引き継ぎ財産の管理については、部落住民との関係は現行を継承する。

③ 公共事業に伴う地元負担は廃止、ないし削減する。

学校施設・消防施設・県工事負担金はゼロに、町道改良工事についてはゼロ、ないし半減も考えられる。

以上のような条件がおおかた認められ、飯田財産区をはじめ4財産区が九重町議会で正式に廃止と決議されたのは、昭和57年3月のことである。これに伴い、地方自治体法第96条第1項の規定により「飯田、東飯田、南山田、野上財産区管理会条例」等が廃案されることになった。

## V 筋湯温泉の課題と展望

本報告書を結ぶに当たり、メイン・テーマである「温泉の集中管理」に視点を合わせ、筋湯温泉の課題と展望について若干の私見を述べ、筋湯温泉のもつ特性を探ることにしたい。

筆者はかつて、温泉地での集中管理を実現するに際して、法技術的な処理問題として次の3点が重要である旨指摘しておいた（本誌第37号）。それは、①個別的な温泉権、とくに源泉権——温泉所有者個人に属している管理権能——をどうして集中するか、②集中するとして、どのような法的形態のものが妥当か、③集中した温泉を総合的にどのように配分したらよいか、の3課題である。この中でも、とりわけ解決困難なのが①の集中への手段・方法であろう。県下の温泉地で、集中管理の実現を阻んでいる具体例については、本誌第38・39号に触れておいた。当筋湯温泉は、このような法理から検討するとき、以下に見るような幾つかなの特質を見出すことができよう。

第1点。一般的に、全国各地の温泉地は多様な発展を遂げているが、その展開過程は、それぞれが持つ自然的・社会的・経済的・歴史的な諸条件によって決定づけられている。まず第1に、筋湯地区の温泉利用で決定的ともいうべき役割を果たしてきた（現に果たしている）のは、述べるまでもなく、筋湯川沿いに大量に自然湧出する大湯源泉（うたせ湯）である。うたせ湯の存在は、まさに象徴的存在で、これを無視して筋湯温泉は語れないように、大湯源泉の存在とその果たしている温泉利用は、集中管理の視点からも極めて重要である。第2に、戦前と戦後（昭和30年まで）の飯田村時代、その後の飯田財産区の管理時代、さらに昭和57年以降現在の町営温泉の各時期を通じて一貫して温泉利用の主体となってきたのは、地区住民から構成される筋湯組（区）である。この筋湯地区は、自然的立地条件（地勢）が県内の湯の平温泉にも似て極めて限定的であり、したがって地区の和合が得られやすく、共同体の規制力も強い。それ故、利用者個人の意思を超えて全体的コントロール（社会的紐帯）が今なお機能しており、こうした社会的条件の下に利用慣行が温存されてきた事実も注目されてよいであろう。第3に、ここでは珍しく個人所有の源泉が見られない。歴

史的に、その必要性を感じなかったからである。地区住民は、挙げて「うたせ湯」中心の共同利用秩序に服し、個人で源泉を持ち個別に利用しようとする（近代的）意識は比較的稀薄である。そこには“自然に湧き出る湯は皆のもの”（古老の談）といった伝統的な規範意識が、今なお活きている。今後、こうした意識構造が急速に崩れるとは思われない。第4に、うたせ湯に依存する周囲10軒ほどの旅館には、さほど優劣（経済力）の差が見られないこと、これに関連して地元内外の特定の個人——多くは経済的優位に立つ有力な旅館（ホテル）経営者——に独占的に利用されなかったことも、当温泉の急速な観光温泉化を阻む要因となっていると考えられる。こうした社会的・経済的背景こそが、地区住民のうたせ湯に対する尽きない愛着となっている。本報告書（第2節）で触れた「うたせ湯の改築問題」の経緯を見ても、こうした雰囲気を知ることが出来るのである。

第2点。筋湯での集中管理の問題をめぐって、大湯源泉と並んで大きな役割を占めるのは、すでに第3節に詳しく報じた九州電力㈱による「地域配湯」である。筋湯・大岳両地区への、熱交換による安全な人工温泉の配湯は、一面では温泉利用の広域化と多目的利用を促進し、地域社会の活性化に大きく貢献した。だが、他面では、深部地熱エネルギーの開発が将来、地下源泉や泉脈に何らかの悪い影響を及ぼすのではないかといった漠然たる不安感、ないし危惧の念を地域住民に呼び起こしたのも事実である。このようなマイナス要因を惹起したにしても、集中管理の視点から見る限り、地熱発電所の開設を契機に、本報告のような法的プロセスと形態でこれを実現したことは特筆されてよいのではあるまいか。今日、多くの温泉地で個別的温泉利用とそれに伴う弊害が社会問題として大きく浮上し、その解決策に集中管理方式が模索され検討されている時、幾多の困難な問題に遭遇しながらも電力資本の無償配湯で集中管理の実現を果たしたことは、やはり特記されてよいであろう。九電による画期的な地熱発電事業にしても、わが国に広範に賦存する地熱エネルギー資源活用の国家政策に應えるものであり、おろそかに出来ないものである。それだけに国益と地域の福利、即ち電力会社と地域社会の共存共栄の途こそが、今後に残された課題となろう。両者はそのため、相互連繫を密にして調査データや各種情報を交換しあい、県や町（九重町）の行政指導なり関与の下で、何らかの形の連絡協議会を設置することも一考に値しよう。配湯をめぐっては、現に当面している課題もあるようである（例えば、受湯の申し出がかなりあること）が、そのためにも協力機関の設置などが期待される。

第3点。次に取り上げたいのは、かたや地下深層部の熱資源の地熱発電、かたや浅層部の温泉源の温泉利用へと、同一地域にあって20年来（将来も）共用してきたという実績をもつ当該筋湯温泉において、これにどのような法的対応——法的制度なり保障——をすべきかの問題である。筆者は、かつて本誌第34号（昭和58年3月）で「温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題」を論じた。その中で取り上げたのは、別府温泉近郊の伽藍岳の中腹国有地（別府八湯の1つ、明礬温泉より北西部約1.5キロ）に出願した調査井2本の試掘をめぐり、出光地熱開発㈱と地域住民（約1,500人）とが激しく対立した紛争、である。その折、「地熱法の法制化をめぐる」（第5節）若干の提唱を試みておいた。大要は、現行温泉法の一部改正、それに地熱法（地熱開発促進法案）の検討であった。地熱発電の先進諸国（アメリカ・イタリー・アイスランド・フィリッピン・ニュージーランド等）では、すでに何らかの地熱法規を定めているのに、わが国では、いまだに法制定——ないしはこれに代わる法的整備——がなされていない。適用法規は、終戦直後制定された現行温泉法のみであり、これでは対応しきれないのが現状である。

国家的次元での立法の困難性はさて置き、本県は全国有数の温泉県であり、県域は広範に賦存する地下エネルギー資源に幸いにも恵まれている。それだけに、全国的に視聽を集めて見学者（年間約10万人）の絶えない当該筋湯温泉地帯を「地熱発電」の特別地域に指定し、県条例を制定して法制度的に保障することなども検討してみてもよいのではあるまいか。

この他、県温泉審議会での「地熱開発」に関する申請問題（県知事の許可行為や事前の対応、事後の監視など）、公聴制度（公聴規則や公聴会・説明会の実施方法など）、また紛争処理機関の設置などが考えられるが、本報告が予定の枚数を大幅に超えているため、後日に譲ることとした。

最後に当たり、今回の（現地）調査でも、関係者各位のご協力と貴重なご教示を頂いた。なかでも、九重町職員でかつて管財課で財産区を担当しておられた佐藤利之氏（建築課長補佐）、九電八丁原発電所の稲田次長、九電大分支店大津課長の三氏には全面的な協力を頂き、貴重な資料まで公開して下さい。ここに記して深謝する次第である。なお、報告内容について、時間的制約と調査不備のため誤解なり不完全な点があることをおそれるが、その責任は全て筆者にあることを付言しておく。ご了承を得たい。



# 温泉研究用データベースの作成について

県環境保全課 是 永 誠 一  
 県公害衛生センター 山 本 和 行、御 沓 稔 弘

## 1 はじめに

現在、当センターで行っている温泉分析データの処理は、鉱泉分析試験によって得られた各成分の定量値をパソコン (NEC, PC9801 vm) に 入力し、mval 値の計算及びmval値の百分率の計算をし、泉質の判定を行っている。その後、プロッター (WATANABE, MP1000) を使用して温泉分析書の作成 (原稿) を行うようになっている。このようなデータ処理は、昭和58年度から行っており、その件数は昭和63年度末現在265件になっている。

ところが、このデータの利用は、各成分の定量値を保存するだけであり、いかなる検索もできない状況である。昨今の温泉ブームによって、温泉に関する問い合わせも増えているが、十分な対応ができていないのが実情である。

そこで、昨年度の大分県温泉調査研究会で問題提起のあった『温泉研究用データベースの作成について』をもとに、当センターで行った温泉分析データを有効に利用するために、データベース化を実施した。データベース作成にあたっては、より多くの情報をデータベース化するのが望ましいのはもちろんであるが、昭和57年度以前のデータについては、手計算で温泉分析書の作成を行っており、データの入力に莫大な時間と労力を要すること、また、温泉利用施設の管理者に対しては10年を目安に温泉分析書の見直しを行うよう行政指導が行われていること等により、当面、昭和53年度以後のデータを対象にデータベース化を行うこととした。

63年度は、温泉分析書 (58年度以後 200件) のデータベース化について、若干の作業を行ったので、このことについて述べることにする。

## 2 使用ソフト

日本語dBASEⅢ V2 OJ MS-DOSを使用し、データベースの作成を行った。  
 BASIC98を使用して、分析データの変換を行った。

## 3 温泉データファイル

泉源ごとに、次の項目を入力しデータファイルとした。

(例)

KOEI-NO	: 分析書番号	1263
GENSEN	: 源泉名	大分リーセントホテル
YU-CODE	: 湧出地の市町村コード	A 201
YU-ADDR	: 湧出地の市町村名に続く住所	金池町1丁目9番9号
SIN-NAME	: 申請者名	豊田 齊
SIN-CODE	: 申請者の住所の市町村コード	A 201
SIN-ADDR	: 申請者の住所の市町村名に続く住所	大手町1-3-10
SEN-CODE	: 揭示用泉質コード	S 002
SENSITU	: 新泉質名	ナトリウム-炭酸水素塩泉
SENSITUS	: 泉温と液性による分類	弱アルカリ性低張性高温泉
SENSITUO	: 旧泉質名	純重曹泉
INYO-TEST	: 飲用試験の有無	飲用 無

DATE : 分析書の日付 03/09/84

また、これとは別に現在すでにフロッピーディスクに保存されている温泉分析データ（昭和58年度以後のもの約 270件）については、フロッピーディスク間のデータ変換により、データベースのファイルに読み込ませた。なお、昭和57年度以前の分析データの入力については、今後の課題であるが、当面は昭和58年度以降のデータと同様の作業手順をふんでいくこととしている。

#### 4 検索メニュー

現在、入力済のデータを対象に次の4種類の検索が可能となっている。

##### (1) 市町村コードによる検索

ある特定の市町村について調べたい時は、その市町村のコード番号を指定することによって、その市町村内に泉源をもつ温泉の分析書番号、源泉名、湧出地の住所、新泉質名を表示することができる。

(例)

市町村コード A 202

1430	利行 真一	別府市大字南立石字北田位1718の1	ナトリウム—塩化物・硫酸塩泉
1431	ホテル白菊	別府市上田の湯町2957・2959—1	ナトリウム—炭酸水素塩・塩化物泉
1427	センチュリーハイツ日名子	別府市秋葉町2331番地	ナトリウム・マグネシウム・カルシウム—炭酸水素塩泉
1426	手打庵	別府市大字北町上1960番地の2	ナトリウム—炭酸水素塩泉
1422	もみや	別府市上田の湯町5番22号	単純温泉
1418	平野屋旅館	別府市大字鶴見字砂原125番地の11	単純温泉
1411	日伯ホテル	別府市北浜3丁目12番26号	ナトリウム—炭酸水素塩・塩化物泉
1402	鈴木別府寮	別府市亀川平田町2155番地の1	アルカリ性単純温泉

(以下 省略)

##### (2) 温泉地域名による検索

市町村コードによる検索のみではデータ数が多すぎる場合、またその範囲が広すぎて有効な解析ができない等の場合は、1市町村内をさらに複数の温泉地域にわけて、その地域内の検索を行うものである。表示する項目は、分析書番号、分析書の日付け、pH、泉温、深度、湧出量、密度源泉名、新泉質名の9項目である。

なお、温泉地域の分類は58市町村を81地域に分割した。別府市 (A 202) 及び大分市 (A 201) における地域分割の例を次に示す。

(例)

AN-CODE	CI-TO-VI	AREA-NAME	AN-CODE	CI-TO-VI	AREA-NAME
1	別府市	別府	18	別府市	堀田
11	別府市	亀川	19	別府市	別府その他
12	別府市	鉄輪	20	大分市	塚野
13	別府市	柴石	21	大分市	八幡
14	別府市	明ばん	22	大分市	古国府
15	別府市	観海寺	23	大分市	三ッ川
16	別府市	浜脇	24	大分市	大分その他
17	別府市	北浜			

(3) 泉質による検索

泉質コードを指定することによって、該当する泉源の分析書番号、源泉名、湧出地、新泉質名を表示することができる。

(例)

泉質コード	S 001		
1428	湯布院厚生年金病院	大分郡湯布院町大字川南561番地	ナトリウム-塩化物泉
1424	仲宗根病院	大分市大字小野鶴1351番地	ナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉
1419	古賀病院	大分市南鶴崎2丁目6番5号	ナトリウム-塩化物泉
1417	中津留温泉	大分郡湯布院町湯平1100番地の1	ナトリウム-塩化物泉
1394	ペンション真那井浜	速見郡日出町真那井1871番地	ナトリウム-塩化物泉
1371	別府海浜砂湯	別府市北石垣804番地の7	ナトリウム-塩化物泉

(以下省略)

なお、泉質分類は次の12種類とした。

レコード	SEN-CODE	KSEN-NAME
1	S 001	塩化物泉
2	S 002	炭酸水素塩泉
3	S 003	硫酸塩泉
4	S 004	二酸化炭素泉
5	S 005	含銅-鉄泉
6	S 006	含鉄泉
7	S 007	含アルミニウム泉
8	S 008	酸性泉
9	S 009	硫黄泉
10	S 010	放射能泉
11	S 011	単純温泉
12	S 012	アルカリ性単純温泉

(4) 分析書番号による検索

分析書番号を指定することによって、該当する源泉の水質データを表示することができる。

5 今後の課題

(1) 現在のデータベース化は、温泉分析書に示されているデータのみが対象となっているので、今後は温泉台帳の管理ということも含めて、掘削年月日、湧出区分、口径等のデータも入力させる必要があると思う。

(2) 検索メニューの検討

① 成分濃度による検索

(例) 塩素イオン濃度が1000mg/kg以上の泉源についてその多い順に、分析書番号、源泉名、湧出地、新泉質名、塩素イオン濃度等を表示する。

② 浴用の適応症及び禁忌症による検索

(例) 慢性皮膚病に効果のある泉源について、その泉質ごとに、分析書番号、源泉名、湧出地、新泉質名を表示し、併せて、その病気が禁忌症となっている泉源または泉質を示す。

③ 飲用の適応症及び禁忌症による検索 (②と同様)

(3) 温泉掘削件数や温泉利用状況について、市町村別(温泉地域別)、年度別等に表やグラフを使

って統計処理ができること。

## 6 おわりに

今回は、温泉分析書のデータベース化の一部しか報告することができなかったが、温泉分析書の情報には、調査研究のために必要不可欠なものであり、当面はこのデータベースの充実をはかしていきたい。そして、温泉台帳さらには研究論文等の文献データのデータベース化を検討していきたい。



## ◎ 深部地熱構造に関する研究会

平成元年3月27日、別府市内の「つるみ荘」会議室において大分県温泉調査研究会会員、県環境保全課職員等43名が出席し、県内における地熱開発の現況について地熱開発関係5社の講師から説明があった。

会員から個々の項目について活発な質疑応答があり、盛会のうちに無事終了した。

### 講師及び演題

「大岳、八丁原地区の地熱発電について」

九州電力株式会社

八丁原発電所建設所次長 稲 田 慎 一

「滝上地区地熱開発の現況」

出光地熱開発株式会社

事業部事業課 嶋 田 忠 男

「地熱開発促進調査久住地域の調査結果」

新エネルギー・産業技術総合開発機構

地熱調査部地熱調査第1課 藤 田 勝

「バイナリーサイクル発電プラントの開発」

電源開発株式会社

豊肥地熱事業所長 香 則 次 男

「九重町湯沢地区の地熱探査事業に関する報告」

財団法人農業資源エネルギー協会

理 事 堂 脇 昭 夫

## 大岳、八丁原地区の地熱発電について

九州電力株式会社八丁原発電所建設所

次長 稲田 慎一

大岳、八丁原地区の地熱発電について発表いたしますが、現在八丁原2号機の建設工事中でございます。八丁原2号機の設備概要につきましては昨年に発表いたしましたので、本日は建設工事状況をスライドでご紹介させていただきます。その前に大岳、八丁原地区の地熱発電の経緯を振り返ってみることにします。我が国の地熱発電の発祥は別府と聞いております。大正8年に蒸気井の噴出に成功し、その蒸気を使って東京電燈株式会社の太刀川博士によって1kWの発電が行われたのは大正14年であります。

当社は昭和24年から大岳、霧島、雲仙地区で地熱の調査を開始しており、その中で最も有望とみた大岳地区を重点的に調査、探査を進めております。大岳地区で地熱流体の噴出に成功しましたが熱水混りのものでした。当時イタリアで地熱発電が実用化していましたが、これは蒸気型であり熱水型の地熱発電の実施例は無く困難とされてきました。そのため開発は一時中断されていますが、昭和33年にニュージーランドのワイラケイ発電所（熱水型）が成功したとの情報が入りまして、再検討に着手し汽水分離など発電設備の共同研究（三菱重工と九州電力）を行っております。各種の調査研究を積重ねて昭和42年に大岳発電所が完成しております。

八丁原地区は昭和39～42年に調査井2本、引続き43～47年に6本の生産井を掘削して、八丁原1号機の計画設計に入り昭和52年6月に運開しております。八丁原1号機は運開時23MWであったが、その後生産井の完成毎に認可出力を更新し、昭和55年4月に認可出力55MWを達成しております。八丁原1号機は世界で初めての二相流体輸送、ダブルフラッシュ方式を採用しており、この方式については昭和55年度機械振興協会賞を受賞しております。以上が当地区での地熱開発の経緯であります。運開以降大岳発電所が22年間、八丁原発電所が12年間、いずれも高稼働率で運転されているのは、産学共同体制（九州大学、西日本技術開発、九州電力）による貯留層評価、調査、探査技術の開発システムと先に述べた発電設備の共同研究体制の成果であろうと感じております。

両発電所の特徴など申し上げますと、

- 高稼働率運転を続けており、昭和62年度の実績で、年間発生電力量は計5億51百万KWHで重油換算すると13万2千klの石油代替効果となっており、利用率で八丁原発電所が96.4%、大岳発電所が77.8%でございます。
- 八丁原発電所のダブルフラッシュ方式は、熱水を有効利用することにより、蒸気井当りの発電出力は20%増加します。
- 八丁原発電所は、大岳発電所を基地として遠隔制御監視方式を採用しており、そのため運転要員が合理化されますので、両発電所は総合運用体制をとっており所長以下16名で行っております。
- 八丁原発電所ではタービンの予備ロータを保持して定修期間の短縮を図り利用率の向上に努めています。
- 見学者は年間約8万人と多く、目的も発電をみるだけでなく、自然科学の知識習得など多岐にわたるようです。また海外からの視察見学も多く国際交流の場としても意義あるものと考えます。

さて八丁原2号機の建設工事でございますが、関係各位ならびに地元の方々のご指導ご協力によりまして、昭和62年11月に用地造成に着手いたしております。昭和63年7月本館基礎着工、平成元年6月本館建方開始、平成元年12月機器据付開始、平成2年7月運転開始の工程で進めております。現在本館基礎工事の最盛期というところで。

地熱地帯の基礎地盤は、転石が多く点在する火山性堆積地層ですから、深礎基礎を採用しており

ます。深礎基礎数は40本で最深はGL-36mです。復水器は半地下式として本館高さをなるべく低くしております。そのため基礎工事は深く掘り下げて下部から順次上方へと組立てられていく工程となっております。最下部のコンクリート打設はGL-16mから始めており、現在GL-8mを工事中です。本館の高さはGL+22mですから約40%はGLより下部ということになります。1号本館に隣接する土留工事は添付写真のとおりですが、アースアンカー69本を施工しております。復水器底部の温水管の取付工事、冷却塔水槽の基礎工事などを実施いたしております。

本年6月中旬に本館建方開始ですが、それまでには本館基礎廻りの埋戻しならびに冷却塔基礎廻りの埋戻しを実施しますので、ほぼGL面は形どられることとなります。埋戻し総土量は約1万2千㎡を予定しております。

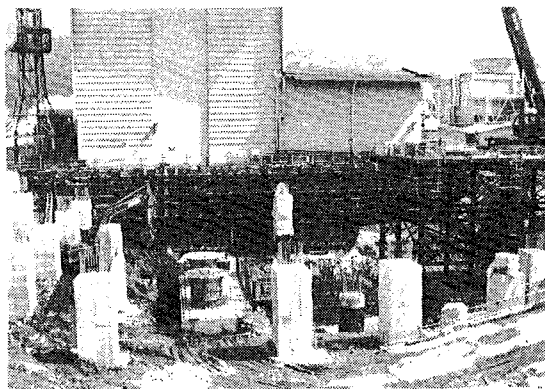
これからも無事故無災害で、目標工程を達成するべく努力していく所存です。よろしくご指導のほど、お願いいたします。

Q1 2号機の二相流体輸送管はかなり長いようだが、問題はないか？

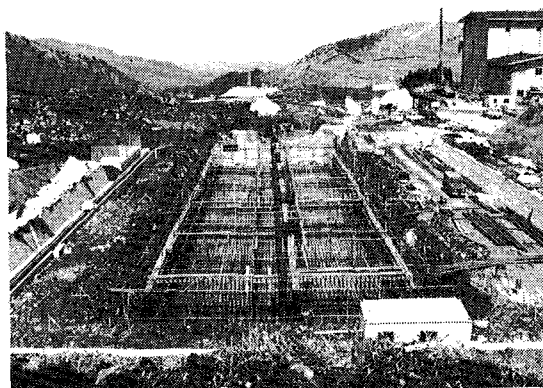
A1 二相流体輸送管は延長長さで2.7kmと長いが、坑井位置が発電所より高所にあり、流れが全て下り勾配のため管路損失もなく問題はない。管路の長さは経済性評価の重要な要素であるが、坑井と発電所の位置（高さ）関係によって決まると考えます。

Q2 発電所工事のコンクリートは特殊なものか、例えば腐食対策とか？

A2 特殊コンクリートは使用していない。水槽などの上部においてガスによる中性劣化の発生が懸念されますので、耐食ライニング塗装などの対策が必要と考えております。



◀ 土留工事並びに深礎基礎工事



▶ 冷却塔水槽基礎工事

# 滝上地区地熱開発の現況

出光地熱開発株式会社事業部事業課

嶋田 忠 男

## 1 はじめに

滝上地区は、豊富な地熱資源の賦存が期待される豊肥地熱地帯の中央部に位置し、第四紀の火山である野稻岳、崩平山、鹿伏岳に囲まれた標高700～800mの緑豊かな地域である。出光地熱開発株式会社は、昭和54年2月に当地区での地熱資源調査に着手し、今日までの約10年間に各種の地熱探査、調査井の掘削、坑井テスト及び資源量評価等一連の調査を実施してきた（表1）。

本報告では、調査の実績と現状について、また資源量評価で用いた手法について述べたい。

## 2 調査の実績と現状

表2に大口径調査井の実績を示したが、滝上地区では現在までに10坑の生産調査井、8坑の還元調査井を掘削している。これに加え、10坑の小口径調査井を初期の調査段階で掘削しているので、延べ28坑、約50kmの坑井調査を行なっている。

これらの調査により、発電能力換算で約36,000kWの生産能力を、また約800t/hの還元能力を確保するに至っている。昨年は、調査最終段階の生産調査井としてTT-16S、TT-20の2坑を還元調査井としてTT-23を掘削しており（図1）、開発に必要な地熱構造と資源量の評価をほぼ終えたところである。TT-16S、TT-20については本年5月に噴出試験を行なう予定である。

## 3 資源量評価の手法

滝上地区での資源量評価は、表1に示したように昭和58年度より行なっている。評価精度は使用可能な地下情報の質と量に大きく依存するため、調査（探査）の進捗に合わせてフェーズⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの評価を段階的に進めてきた。

評価の内容は、(1)地熱貯留層構造の解析、(2)坑井試験の解析、(3)地熱貯留層のモデリングの三つの項目に大別することができる。

### (1) 地熱貯留層構造の解析

地熱貯留層構造の解析は、地質調査、地化学探査、物理探査さらに調査井掘削などにより得られる地下情報を統合的に扱い、地熱貯留層の特性を定性的に把握しようとするものである。この解析結果は、後述する地熱貯留層のモデリングの基礎ともなる。しばしば、最新のコンピュータと優れたプログラムがあれば正確な資源の評価が可能とする向きがみられるが、資源の評価を定量的に行なうためにどのような手法を使おうとも、根本の所で評価の精度を決定するのは地熱貯留層構造の解析といえよう。

地熱貯留層構造の解析は、温度分布、透水性分布、水理条件の3要素の調査に主眼を置いている（図2）。

地下の温度分布は、地表情報だけから精度よく調べることは不可能であり、調査井掘削により得られるデータに頼らざるを得ない。調査井坑内での実測温度データは当然重要度が高い。しかし、地下の自然状態の温度を測定することは必ずしも簡単ではない。掘削時の泥水循環や逸泥によって地層温度の攪乱が起こるからである。このため補助手段として流体包有物の充填温度測定を採用している。流体包有物は、岩石コアやカッティングス中に産する石英や硬石膏等に認められる。鏡下で観察される流体包有物は、通常、液相中に気泡が存在する二相状態のものである。流体包有物の置かれた環境の温度を上昇させると、流体包有物中の気泡は徐々に縮小し、最終的には消滅する。

このときの温度が充填温度と呼ばれる。流体包有物を取り込んでいる鉱物が地下で地熱水と地化学的な平衡状態にあったならば、その地熱水の温度と測定される充填温度には強い関連がある。調査井の実測温度データとの比較から、地下の自然状態の温度を充填温度データを用いて精度よく推定できることが経験的にわかっており、有用な方法として地熱貯留層内の温度分布の調査に活用している。

透水性分布は、温度分布とともに地熱貯留層の能力を支配する重要な要素である。高い透水性を有する地熱貯留層は、地熱流体の供給力に優れており、比較的多量の流体を地下から抜き取ることを許容できる。また、そのような地熱貯留層は破碎に富んでおり、坑井の成功率も高いと言えよう。地熱貯留層の透水性は噴出試験や還元試験により定量的に知ることができる。しかし、その情報は坑井周辺に限られ、地熱貯留層全体に対する情報はそれだけでは得られない。このため、地質構造、比抵抗構造、温度分布との関連から全体的な透水性分布の推定が必要となる。

地熱資源の開発においては生産域と還元域を適正に配置することで長期的な安定生産を実現できる。一般的には、還元域は生産域に対して地下水理の下流側に配置する方が望ましい。したがって水理学的観点から地熱貯留層の特徴を調べることが必要となる。調査方法には調査井坑内の圧力測定や地熱水の化学成分及び同位体の分析等があり、これらの方法により地熱貯留層内の地熱水の流動方向、地熱水の起源等の考察が可能である。水理条件の調査は温度分布、透水性分布と同様に地熱貯留層構造の解析上、重要な要素である。

地下の温度分布、透水性分布、水理条件はそれぞれ相互に関連しており、地熱貯留層構造の全体像は、これらの3要素を統一的に理解し、扱わなければ把握することはできない。通常の調査では、地下の情報は十分に揃う訳ではないので、完全に地熱貯留層構造を知ることが困難である。そこで、できる限り矛盾が少なく、すべての要素を統一的に説明できる概念的モデルの構築が試みられる。このモデルは調査の進捗に伴って見直され、より信頼性の高いモデルを目指した改善が繰り返される。

## (2) 坑井試験の解析

地熱資源を定量的に評価するためには、生産井・還元井を用いた坑井試験の実施は必須である。開発計画の策定では多くの技術的課題が出される。『適正な開発規模はどれ位か?』、『必要な生産井と還元井は何坑か?』、『生産域と還元域の配置、距離はどうあればよいか?』、『坑井間距離は何メートルが妥当か?』。これらの課題に対し、何等かの判断と答が必要となる。坑井試験は、その判断に必要となる客観的情報を提供する一つである。

坑井試験の第一の目的は、個々の坑井の特性を掴むことである。実際に噴出や還元を行ない、坑口圧力条件に対する噴出量や還元量の関係を調べることで各坑井の能力を知ることができる。第二の目的は地熱貯留層の能力を調べることである。長期的に安定な生産が可能か否か、可能とすればその開発規模はどれ位とすべきかを調べるため、数カ月以上の長期噴出・還元試験を行なう。この試験中は流量と坑口圧力の経時変化を測定し、評価の基礎データを取得する。このような一般的な手法に加え、滝上地区では坑内圧力測定も実施している。地熱貯留層の能力（長期的生産の安定性）を評価する上で坑内圧力測定データは非常に有用である。長期噴出・還元試験時に個々の生産井、還元井等の坑内で連続的圧力測定を行なうが、その経時変化データにより地熱貯留層の透水性、保水性、地熱水の函養能力の解析が可能となる。測定装置を図3に示す。坑内に1/8インチサイズのステンレスチューブを降下し、そのチューブ内にヘリウムガスを封入する。チューブの先端には穴の開いたパイプが接続しており、そこでチューブ内のヘリウムガスの圧力と坑内の水圧とがバランスする。このように坑内の水圧とバランスしているヘリウムガスの圧力を地表に置いた圧力変換器で電気信号に変え、記録計で受信し、圧力値を出力する。数カ月間のデータであっても、できる

限り多数の坑井での坑内圧力測定により地熱貯留層全体の特性を知ることができ、これは評価精度の向上に大きく貢献するものと考えている。

### (3) 地熱貯留層のモデリング

地熱貯留層を数値モデルで表現し、地下の温度分布や長期の坑井試験中に測定した坑内圧力変化等をシミュレーションすることで、定量的に地熱貯留層を扱うことが可能となる。用いられる数値モデルは空間座標の取り方によって1次元、2次元、3次元モデルに分けられる。次元数が高いモデルほど複雑な地下構造を扱えるが、これに見合う地下情報が整っていなければ如何に高度なモデルを使用したとしても評価精度は上がらず、計算コストが嵩むだけとなる。地下情報の充実度に合わせ、使用するモデルのレベルを適切に選ぶ必要がある。

滝上地区で昭和62年度に実施したフェーズⅣ資源量評価では、前記した温度分布、透水性分布、水理条件さらに長期噴出試験実施時の諸データが充分整っていると判断し、3次元モデルを使ったシミュレーション評価を実施した。3次元モデルの水理条件設定のため自然状態の温度分布と長期噴出試験時の貯留層圧力変化の再現計算を行なう。このように水理条件を設定したモデルは現実の地熱貯留層の特性を充分反映していると考えられ、このモデルを用いた将来予測計算（発電所運転を想定した時の地熱貯留層の変化予測計算）により信頼性の高い資源量評価結果を得ることができると考えられる。

数値モデルは、利用可能なデータの質と量に応じ適切に運用することで信頼できる結果を得ることができる。しかし、完全な地下情報を入手して評価できる訳ではないので、その結果には、それなりの不確実性が伴うことになる。この点を良く理解した上で数値モデルの計算結果を読み取り、地熱資源の開発に活かしていくことが期待される。

## 4 今後の開発予定

滝上地区の資源に関する技術評価は昨年までの調査で一通り実施しているが、今後は開発に向け詳細な開発計画を策定する予定である。また、資源に対する評価精度をより向上させるため、平成元年度以降も還元調査井掘削を中心とした技術評価を継続する計画である。

表1 滝上地区探査実績

項目	昭和54,55,56年度	昭和57年度	昭和58年度	昭和59年度	昭和60年度	昭和61年度	昭和62年度	昭和63年度
概観	文献調査 1,296 km <sup>2</sup> 水地化学探査 1,296 km <sup>2</sup> 7000ft映像解析 1,296 km <sup>2</sup> 空中写真解析 1,296 km <sup>2</sup>			既存データ再解析		再解析 再解析		
精査	150m×7坑 132 km <sup>2</sup> 地質調査 水地化学探査 土質/地化学探査 電気探査 MT法(1次) 15点 その他探査 7-キヨ-リソ体探査 微小地質探査	火山年代測定 115試料 13試料 MT法(2次) 29点	5試料 273点	補完地質調査 流電電位法 370点 γ放射線法 4km <sup>2</sup> 本	30試料 350点	断裂系調査 360点 自然放射能探査 70km	断裂系調査 MT法(3次) 43点 重力法探査 280点	坑井データ再解析 400点
調査	小口径調査井 N-4 (500m) NE-1 (2,047m) NE-2 (2,010m)	NE-3 (2,303m)		NE-5 (2,003m) NE-6 (1,881m)	NE-4 (2,400m) NE-9 (1,089m) NE-10 (2,174m)	NE-11 (2,000m)		
井	大口径調査井 (生産井)		TI-1 (3,000m) TI-2 (1,667m)			TI-7 (1,104m) TI-8 (1,950m) TI-14 (2,102m)	TI-13 (2,707m) TI-16 (2,837m) TI-17 (2,855m)	TI-16S (2,152m) TI-20 (2,182m)
	大口径調査井 (遠元井)		TI-3 (2,811m) TI-4 (2,710m)			TI-10 (1,285m) TI-11 (709m) TI-15 (888m)	TI-18 (1,500m) TI-19 (1,429m)	TI-23 (1,740m)
評価	評 価		フェーズⅠ	フェーズⅡ 長期噴出テスト 59.6.21~59.10.30	フェーズⅢ 長期噴出テスト 60.6.24~60.10.16		フェーズⅣ 長期噴出テスト 62.4.16~62.9.26 資源評価	—————→
環境	環境調査 環境基本調査 環境影響調査 環境モニタリング	文献調査・概査	環境基本調査	環境現況調査 温泉モニタリング 自然地震モニタリング (6地点常時観測)	—————→ —————→ —————→	環境予測調査 —————→ —————→ —————→	環境影響調査作成 —————→ —————→ —————→	—————→ —————→ —————→

表2 滝上地区調査井掘削実績

調査井名	掘削年度	掘削深度(m)	最終掘削孔径 [インチ(mm)]	坑内最高温度 (°C)	運 転 能 力		備 考
					発電能力(kW)	還元能力(t/h)	
生産調査井	TT-1	58	3,000	8½ (215.9)	2.13	(1,700)	5月噴出テスト予定 //
	TT-2	58	1,667 (傾)	8½ (215.9)	2.05	4,900	
	TT-7	61	1,104 (傾)	8½ (215.9)	2.09	9,100	
	TT-8	61	1,950 (傾)	8½ (215.9)	2.14	4,600	
	TT-13	62	2,707 (傾)	8½ (215.9)	2.48	《5,800》	
	TT-14	61	2,102 (傾)	8½ (215.9)	2.36	8,900	
	TT-16	62	2,537 (傾)	12¼ (311.2)	《260》	—————	
	TT-17	62	2,655 (傾)	8½ (215.9)	《255》	—————	
	TT-20	63	2,182 (傾)	8½ (215.9)	《235》	—————	
	TT-16s	63	2,152 (傾)	8½ (215.9)	《229》	《2,700》	
小 計	—	—	—	—	《36,000》	—	
遠元調査井	TT-3	58	2,811 (傾)	8½ (215.9)	《200》	(230)	予備井
	TT-4	58	2,710 (傾)	8½ (215.9)	《190》	100	
	TT-10	61	1,285	6¾ (158.8)	1.69	250	
	TT-11	61	709	8½ (215.9)	—————	—————	
	TT-15	61	868 (傾)	8½ (215.9)	—————	—————	
	TT-18	62	1,500 (傾)	6¾ (158.8)	《160》	《100》	
	TT-19	62	1,429 (傾)	12¼ (311.2)	《170》	《120》	
	TT-23	63	1,740 (傾)	8½ (215.9)	《160》	《220》	
小 計	—	—	—	—	—	《790》	

( ) : 予備能力 , 《 》 : 推定値

- (備考) 1. 発電能力は、ダブルフラッシュ、還元温度110°Cの条件で試算したものである。  
 2. TT-13の発電能力は、24.8°Cまで温度回復時の推算値である。  
 3. TT-16Sの発電能力は、2,013m深度で行なった中間噴出テスト結果である。

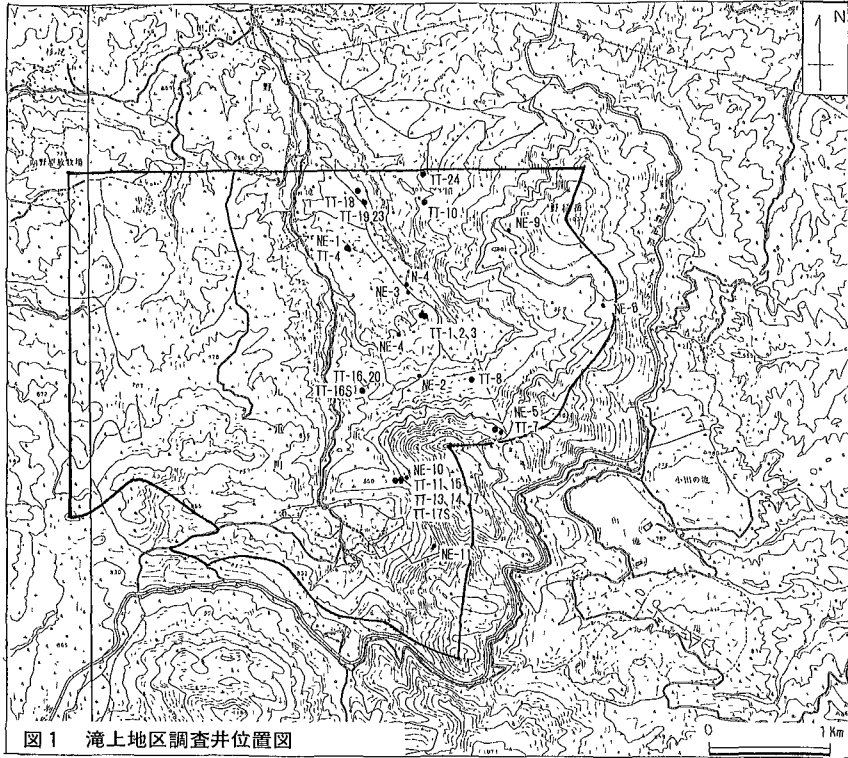


图1 滝上地区調査井位置図

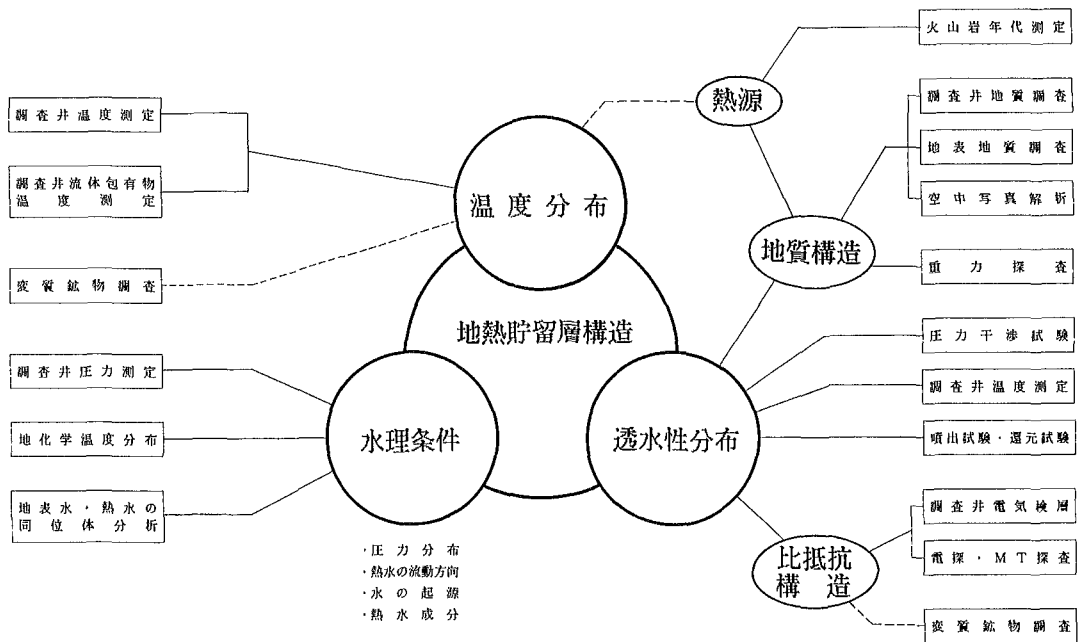


图2 地熱貯留層構造解析の組み立て方



# 地熱開発促進調査久住地域の調査結果

新エネルギー・産業技術総合開発機構  
地熱調査部地熱調査第1課

藤田 勝

## 1 所在地

大分県直入郡久住町及び玖珠郡九重町（約70km<sup>2</sup>）

## 2 当初（調査前）の久住地域の考え方

大分—熊本構造線を南縁として別府湾から九重、阿蘇を経て島原半島に至る別府—島原地溝（松本、1979）内には、数多くの火山が並んでおり、これらの火山の活動が、地溝帯内の随所に地熱温泉活動をもたらし、日本有数の地熱有望地帯となっている。

調査地域はこの別府—島原地溝の東端に近い位置を占め、北西に位置する大岳、八丁原の地熱発電所の熱源と推定される九重火山群とその南麓斜面の久住高原に当たり、大岳、八丁原に相当する地熱資源の賦存が想定された。

九重火山群の一つ星生山の北東山麓にある数十個の噴気・硫気孔群は九重硫黄山と呼ばれ、噴気温度の最高値として268.5℃（江原ほか、1981）、350℃（水谷ほか、1985）が測定されている。九重硫黄山からの全放熱量は $2.38 \times 10^7$  cal/sec(99.2MW+)と推定されている（江原ほか、1981）。九重硫黄山の東に法華院、南に赤川、南東に七里田の温泉が分布し、さらにその南及び東には湯河内・長湯温泉が湧出している。

## 3 調査内容

### 【昭和60年度】

地上調査	地質・変質帯調査、地化学調査（土壌ガス中のHg濃度・CO <sub>2</sub> ガス濃度、1 m 深地温、温泉水分析）、電磁探査（C S A M T 法）、電気探査（自然電位法）
試錐調査	熱流量調査（400m × 3）、構造試錐（911m × 1、1,000m × 1）
環境影響調査	噴気前環境影響調査
総合解析	第1次総合解析、岩石地質年代測定、流体包有物試験、重力異常図作成

### 【昭和61年度】

地上調査	電気探査（シュランベルジャー法）
試錐調査	精密構造試錐（847m × 1、1,331m × 1、1,700m × 1）
総合解析	第2次総合解析、岩石地質年代測定、流体包有物試験、化石鑑定、重力解析

### 【昭和62年度】

地上調査	電気探査（流電電位法）
試錐調査	環境調査井（1,000m × 1、1,700m × 1）
環境影響調査	噴気中環境影響調査、熱水の調査
総合解析	第3次総合解析、流体包有物試験、坑井地化学調査

## 4 調査結果

### (1) 熱源

熱源は久住山周辺の地下深部にあるマグマ溜りとこれから派生したダイアピルと考えられる。

(2) 温泉の生成機構

法華院温泉は硫黄山における高温の火山性蒸気と地表水の混合で、赤川温泉は蒸気と地表水の混合で生成したものと考えられる。七里田・長湯温泉は硫黄山の地下深部から東へ逸散したCO<sub>2</sub>ガスを起源とする熱水が母熱水と考えられ、地表水と混合しつつ東へ流下したものと考えられる。

(3) 深部熱水の貯留層構造

N62-KJ-7 周辺の深部熱水は基盤岩上部と上位層の境界付近に貯留されており、新期火山岩を切る断層付近には優勢な貯留層が期待される。

(4) 貯留層温度

熱水及びガスによる地化学温度から、N62-KJ-7 及びN61-KJ-5 付近の深部熱水の温度は165～203℃と考えられ、北部ではさらに高温の熱水が期待される。

久住地域試錐調査結果

坑井名	標高 (m)	掘削深度 (m)	最高温度 (℃)	水位 (m)	備 考
N60-KJ-1	800	911	67.3 (850.6m)	76.0	
N60-KJ-2	825	1,000	76.2 (坑底)	103.5	
N61-KJ-3	680	847	71.2 (800m)	7.7	深度708.8m 以深でCO <sub>2</sub> ガス噴出。
N61-KJ-4	965	1,331	88.2 (1,100m)	192.5	深度1,320m で留点温度106℃。深度1,202m 以深でCO <sub>2</sub> ガス噴出。
N61-KJ-5	1,095	1,700	192.4 (坑底)	199.0	深度1,527.5m 以深朝地深成岩。深度1,055m 以深でCO <sub>2</sub> ガス噴出。
N62-KJ-6	865	1,000	69.6 (坑底)	167.5	
N62-KJ-7	1,145	1,700	206.6 (坑底)	158.5	深度1,469.8m 以深で毎分15～27ℓの逸水。坑内水分析調査により深部熱水の存在を確認。
T-1	590	400	55.9 (坑底)	39.0	肉眼で顕著な変質なし。
T-2	962	400	48.7 (坑底)	158.9	
T-3	815	400	25.3 (坑底)	12.0	肉眼で顕著な変質なし。

## バイナリーサイクル発電プラントの開発

電源開発株式会社豊肥地熱事業所

所 長 香 則 次 男

- 1 通商産業省サンシャイン計画に基づき昭和49年から54年にかけて実施された1,000kW級の熱水専用型及び蒸気併用型のパイロットプラントの開発及び運転研究の成果を踏まえ、10MW級プラントの開発を目指した要素技術の研究を行って参りました。
- 2 昭和62年8月の通商産業省産業技術審議会において、①熱水貯留層条件の具体的な確認を行うこと、②ダウンホールポンプの早急な開発がバイナリーサイクル発電実証プロジェクト移行への条件である、との中間報告がなされました。
- 3 これらを踏まえ、昭和60年度より大分県九重町菅原地区においてテスト井の掘削を行い、62年度までに7本掘削し、貯留層の解析を進めておりますが、深度800m前後200℃程度のバイナリーサイクル発電に最適な条件の熱水が存在し、資源量としても10MW級で30年間の発電が可能であるとの中間結果を得ております。
- 4 ダウンホールポンプの開発につきましては、1号テスト機（50t/h×300m、100kW、シングル構造）の170℃の熱水中における工場試験（2,000時間）及び大分県菅原地区にて現地試験（1,000時間）を昭和62年度成功裡に終了しております。2号テスト機（100t/h×340m、200kW、モータタンドム構造）は、現在工場試験の準備中で今年度中に工場試験を終了する見込みであります。  
2号テスト機の開発過程におきまして、振動の問題が発生したため、平成元年度は振動抑制等の要素研究や大型機の製作・試験を行うことについて検討中であります。
- 5 尚、61年度に熱媒体（フロン114）を含む全ての要素研究は終了しておりますが、フロン114は国際的な問題としてオゾン破壊の恐れが予想される物質として規制対象となり、新たな熱媒体の研究が必要となりました。  
この研究の結果、オゾン破壊への影響が少ないとされるフロン123が技術的に使用可能との見通しを得ております。
- 6 更に、平成元年度はプラントの経済性向上を図るための最適設計プラントに必要な冷却水の地下取水可能量の検討のための地下水揚水試験、環境影響調査等を予定しております。
- 7 バイナリーサイクル発電プラントの実証試験については実施計画を工業技術院等と協議中ですが、基本的には添付工程表のスケジュールで進めたいと考えております。



# 九重町湯沢地区の地熱探査事業に関する報告

財団法人農業資源エネルギー協会

理事 堂 脇 昭 夫

## 1 はじめに

財団法人農業資源エネルギー協会は自然エネルギーを高度利用して農林業のハイテク化を図り高生産性を確立し、付加価値の高い農産物・林産物を生み出すポテンシャルを発掘することを目的としている。

その目的のためにこれまで大分県久住町の有氏茶屋の辻において風力発電および太陽熱、太陽光発電等のエネルギーを用いて温室農業を行ない、新種の栽培実験を行なっているが、九重町においては自然エネルギー実験公園を建設し、代替エネルギーの多目的多段階利用のモデルを作り、啓蒙運動を行なおうとしている。この探査事業は昭和61年から代替エネルギーの中でももっとも信頼性が高く、大量のエネルギーが得られる地熱エネルギーを開発すべく、探査事業を行なっている。本報告書はこれまで得られたデータ等によりその地下構造および資源量等の概要を簡略にして報告するものである。

## 2 調査の経緯

財団法人農業資源エネルギー協会は昭和61年度から大分県九重町大字田野字湯沢地区において自然エネルギー実験公園のエネルギー源としての地熱資源の探査事業を行なっている。同地区は国立公園普通地域でありまた保安林であるために極めて開発に難しい条件が付いている。

しかし同地区は当協会に協力している株式会社わざと特有の探査技術を駆使して地熱資源の存在の可能性を示唆した。

当協会ではその他のデータ等を用いて次のような点から地熱資源の存在を探査する候補地として選定した。その選定理由は次のとおりである。

〈選定理由〉

- ▲ランドサットによると地熱資源の存在を示している。
- ▲重力法、マーキュリーソイル法、MT法、レーダ解析法等の調査により地熱資源の有望地域である。
- ▲町道が付近を通り資材の運搬が近くまで容易である。(実際にはそれからが極めて峻険な急坂であり、運搬には困難を極めた)
- ▲県および地元の協力体制が得られた。
- ▲将来農林業へのアプローチがし易い。

このような選定理由に基づき昭和61年12月27日の保安林内作業許可が得られ、昭和62年1月から搬入路の建設整備および機材の搬入が始まった。3月5日にはオープニングセレモニーを開きボーリングを開始した。掘削作業および分析作業はアメリカ、カナダを中心に技術者を集めて作業を行なった。

この結果昭和62年8月に深度1,856メートル付近でフラクチャーに当たり噴気を見たが、同時にビットが脱落し、フィッシングを行なったが成功せず、この間に得られたデータを分析することにし、8月末には作業を中断し、リグをはじめ、掘削機材および資材を他の場所に移動させた。

約8ヶ月近くデータ処理を行ない、地下構造モデルを作成し、コンピュータ分析を行なった結果、協会ではコントロール不能なぐらいの資源量があることが判明した。このため当協会の有力

理事である株式会社わががフジタ工業と提携し、この資源を有効利用することを図った。

コンピュータ解析の結果を現実の数値と照合するために昭和63年11月から同地区において回復テストを含む一連の調査作業を行なうため保安林内作業許可の1年延長許可を申請し許可を得たのでリグをはじめ掘削用機材を搬入し、前回セメントによって塞いだ掘削孔を再開することになった。再開工事は比較的スムーズに進行し、前回回収できなかったピットも回収し、さらに予定深度3,000メートルに向けて掘り進み、3月末に2,870メートルに達した。ここでまたフラクチャーに当たりロスサーキュレーションを起こしたが、予定深度に近いことおよびこれまでのデータがコンピュータ解析の結果とほとんど差がないことによって十分現実の数値と照合できたと評価し掘り止めた。

4月6日には町当局、町議会関係者および地熱開発関係者を現地に招待して前回行なっていた噴気テストを行ない、2万kWと推定される噴気の状態を公開した。

### 3 調査の結果

調査の結果は極めて満足する数値であった。

▲掘削申請許可深度	3,000メートル
▲実際掘削深度	2,870メートル
▲坑底温度	260℃
▲気水比率	蒸気50% 熱水50%
▲出力	1本当たり2万kW

この結果はコンピュータで解析して予測された数値とほぼ整合している。特に1本当たりの出力は前回よりもはるかに強く、2万kWと推定され、また地域全体の資源量は25万kWと推定された。しかし、総資源量はまだ本格的な調査井戸をもう数本掘削しないと確定は出来ないものと思われる、平成元年度における検討事項になっている。

しかし前回の1,856メートルの際の坑底温度は198℃であり、コンピュータ解析には地下2,500メートルから3,000メートル付近にフラクチャーがあり、温度は250℃から270℃という推定値であった。そこから生ずる蒸気は前回の硫黄分の多いものよりはるかに質の良いものという推定と整合している点は地下構造モデルがいかに正確なものであるかの証明になった。

### 4 調査地域の構造特性

湯沢地区の地質は地表層を黒質のいわゆる黒ローム層に覆われており、その下に上部溶岩層が広がっている。さらに下部には朝地変成岩や新第三紀層、更新世前期から中期に形成された豊肥火山岩類、豊後火山岩類、更新世後期の久住前期火山岩類、阿蘇火山碎屑流、久住軽石流、九重後期火山岩類、輝石角閃石安山岩、輝石安山岩類などが覆っている。

また、湯沢の北方の久住山から東北東に延びる断裂系が見られる。西北方面にはすでに多くの地熱探査のためのボーリングが行なわれており、この東北東方向の庄内町に延びる断裂系が注目されている。

また一部には角礫擬灰岩、擬灰岩などの互層が見られ、この角礫擬灰岩が熱水貯留層を形成しているものと考えられる。

さらに珍珠層群との狭間にも熱水貯留層があると考えられる兆候が多々ある。

この地域の付近には100万年前に火山活動を行っていた山が分布しており、熱源としてのマグマの存在は期待できるものと考えられている。しかし、本調査ではまだ1本のデータしかなく、地下構造モデルにしてもまだ未完の部分が多く、今後のデータの集積により修正されなければ分

からない部分が多い。

## 5 調査の結論

今回の回復テスト、噴気テストの詳細なデータによる解析にはまだ時間がかかるので結論を出すには尚早だが、今回の噴気テストにより蒸気中の混合鉱物資源についてもクリーンであり、前回のように熱水の量も多くなく、気水比率は50%という点および1本当たりの出力が2万kW以上という膨大な資源量であることから、同地における資源の開発は十分採算性の高いものと考えられる。

今後当協会としては同地区において町当局、県当局、地元との協定にあるとおり自然エネルギー実験公園を整備し、代替エネルギーの開発および啓蒙に尽力することはもとより、同地の資源の有効利用を図ることが大切と考えている。しかし、一部で誤解も招くおそれもあり、協会の事業の範囲と株式会社わざ、フジタ工業株式会社による事業の範囲を明確にし、地元、町当局の同意を確認しながら自然エネルギー実験公園の整備を進めていく考えである。

## 大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会は大分県温泉調査研究会（以下単に「会」という。）という。

第2条 会の事務所は大分県環境保健部環境保全課内に置き、調査研究の必要に応じては出張所を設けることができる。

第3条 会は大分県内における温泉の科学的調査研究をして公共の福祉増進に寄与することを目的とする。

第4条 会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

- (1) 温泉脈並びに温泉孔の分布状況調査
- (2) 噴気に関する研究調査
- (3) 温泉に対する影響圏の調査
- (4) 化学分析による温泉調査
- (5) 療養的価値よりみたる温泉の調査
- (6) 温泉に関する図書並びに機関紙の発行
- (7) その他会の目的達成に必要な事業

第5条 会は下記の構成員をもって組織する。

学識経験者

県および温泉所在地市・町・村の代表者

関係行政庁の吏員

第6条 会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

会 長	1 名
副 会 長	2 名
常務理事	1 名
理 事	若干名
監 事	2 名

2 役員任期は2年とする。但し、役員に欠員を生じた場合の補欠役員任期は前任者の残存期間とする。

第7条 会長は会務を総理し会議の議長となる。

2 会長に事故のあるときは副会長が、会長・副会長共に事故があるときは常務理事がその職務を代理する。



- 3 常務理事は会長を補佐して会の常務に従事する。但し、会の出納事務は常務理事が処理するものとする。
- 4 理事は会務に従事する。
- 5 監事は会計並びに会務を監査する。

第8条 会に顧問を置くことができる。

- (1) 顧問は役員会の承認を得て会長が委嘱する。この場合、総会に報告しなければならない。
- (2) 顧問は会の事業について会長の諮問に応ずるものとする。

第9条 役員は名誉職とする。但し、常時会務に従事しておる者及び職員はこの限りでない。

第10条 会に下記の職員を置く。

- (1) 書記 若干名
- (2) 書記は会長が任命又は委嘱する。
- (3) 書記は上司の指揮を受け庶務に従事する。

第11条 会議は総会及び役員会とする。

第12条 総会は会長が招集する。

- 2 総会は通常総会及び臨時総会とし、通常総会は毎年4月、臨時総会は会長が必要と認めたととき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。
- 3 総会の招集は開会5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第13条 総会において下記の事項を議決する。

- (1) 会則の変更
- (2) 役員を選出
- (3) 予算及び事業計画
- (4) 解散
- (5) その他重要事項

第14条 総会は会員の過半数が出席しなければ議事を開き議決することはできない。

- 2 議事は出席会員の過半数で決し、可否同数のときは議長の決するところによる。
- 3 議事に関しては議事録を調製し、会長の指名した2名以上の者がこれに署名しなければならない。

第15条 下記の事項について会長は専決することができる。

- (1) 総会の議決事項であっても軽易な事項
- (2) 臨時急を要する事項
- (3) 会員の入会・退会

2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。

- (1) 前項の専決事項
- (2) 前年度の事業及び決算

第16条 役員会は会長が招集する。

2 役員会は総会に付議する事項、顧問の推薦、その他会長が必要と認める事項を審議する。

第17条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第18条 会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員会を設けることができる。

2 前項の委員会に関する事項は総会で定める。

第19条 会の経費は負担金及び補助金、委託料、寄附金等その他の収入をもってこれにあてる。

第20条 会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終る。

2 年度における剰余金は翌年度に繰越することができる。

## 附 則

前条の規定にかかわらず、昭和24年度の会計年度は6月1日から始めるものとする。

## 附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和59年4月1日から適用する。

大分県温泉調査研究会会員名簿 (63年度)

役職名	数	職 名	氏 名
会 長	1	京 都 大 学 名 誉 教 授	吉 川 恭 三
副 会 長	2	大 分 県 環 境 保 健 部 長 九 州 大 学 生 体 防 御 医 学 研 究 所 教 授	衛 藤 安 美 延 永 正
常 務 理 事	1	大 分 県 環 境 保 健 部 環 境 保 全 課 長	池 邊 忠 志
理 事	12	大 分 大 学 教 育 学 部 教 授 日 本 文 理 大 学 工 学 部 教 授 九 州 大 学 生 体 防 御 医 学 研 究 所 教 授 京 都 大 学 理 学 部 教 授 別 府 市 長 大 分 市 長 湯 布 院 町 長 九 重 町 長 天 瀬 町 長 直 入 町 長 久 住 町 長 大 分 県 公 害 衛 生 セ ン タ ー 所 長	川 野 田 実 夫 森 山 善 藏 矢 永 尚 士 由 佐 悠 紀 中 村 太 郎 佐 藤 益 美 吉 村 格 哉 高 倉 源 八 山 田 良 久 岩 屋 万 一 衛 藤 龍 天 大 友 信 也
監 事	2	別 府 保 健 所 長 別 府 市 温 泉 課 長	上 杉 正 見 中 島 弼
会 員	33	白 杵 市 長 杵 築 市 長 挾 間 町 長 庄 内 町 長 玖 珠 町 長 安 心 院 町 長 真 玉 町 長 国 見 町 長 耶 馬 溪 町 長 山 国 町 長 本 耶 馬 溪 町 長	佐々木 順 一 石 田 徳 夫 川 野 秀 夫 工 藤 千 秋 濱 田 欣 次 徳 光 正 則 正 尾 力 岐 部 強 小 畑 知 彦 吉 峯 高 幸 井 上 次 男

役職名	数	職 名	氏 名
会 員		京都大学理学部助手	北岡豪一
		〃 〃	神山孝吉
		〃 〃	竹村恵二
		別府大学短期大学部講師	大石郁朗
		大分総合検診センター理事長	辻秀男
		九州大学生体防御医学研究所講師	麻生幸夫
		〃 〃 助手	藤井郁夫
		九州大学生産科学研究所地熱開発センター教授	古賀昭人
		大分大学教育学部教授	川西博
		前大分大学教育学部教授	大野保治
		大分大学学長	志賀史光
		原爆被爆者別府温泉療養研究所所長	大山内太門
			山下幸三郎
		大分県立佐賀関高等学校教諭	日高稔
		別府市観光経済部長	工藤正幸
別府市温泉課管理係長	南里友陳		
大分県環境保健部環境保全課参事	生野喜和人		
大分県公害衛生センター化学部長	嶋崎晃次		
〃 〃 理化学科長	久枝和生		
〃 〃 主任研究員	山本和行		
〃 〃 技師	御沓稔弘		
別府保健所総務温泉課長	佐々木良人		
顧 問	3	大分県議会林業水産環境委員長	仲道俊哉
		別府市議会議長	朝倉齊一
		九州大学名誉教授	矢野良一
書 記	5	大分県環境保健部環境保全課課長補佐	岡義雄
		〃 〃 係長	橋本拡
		〃 〃 主査	是永誠一
		〃 〃 主任	池辺清和
		〃 〃 主事	兼子康男

大分県温泉調査研究会報告 第40号

平成元年3月 印刷

平成元年3月 発行

発行者 大分県温泉調査研究会  
大分市大手町3丁目1番1号  
大分県環境保健部環境保全課内

印刷者 大分市新川町2-5-4

(有)大分プリント社

電話 32-3717