

# 大分県温泉調査研究会

## 報 告 第 2 5 号

昭 和 4 9 年 3 月

---

### 目 次

別府温泉の現況調査……………	吉 川 恭 三………… (1)
	由 佐 悠 紀
	大 分 県 環 境 管 理 課
	大 分 県 別 府 保 健 所 温 泉 課
	別 府 市 温 泉 課
温泉利用と温泉源保護における問題点……………	吉 川 恭 三………… (9)
由布院温泉の地下熱構造と熱エネルギー……………	川 村 政 和………… (15)
及び化学物質排出量	
くじゅう火山の温泉群 (9) ……………	川 野 田 実 夫………… (23)
	志 賀 史 光
	西 本 達 男
大分市塚野地区の鉱泉および地質調査……………	川 野 田 実 夫………… (27)
	森 山 善 藏
宝泉寺における温泉権の実態 (上) ……………	大 野 保 治………… (31)
地熱地帯の噴気をもたらすもの……………	古 賀 昭 人………… (48)
	野 田 徹 郎
原爆被爆者の温泉療法 (第5報) ……………	八 田 秋………… (53)
	辻 秀 男
温泉水の白癬菌に対する作用……………	古 屋 英 樹………… (60)
	中 溝 慶 生
重金属中毒に及ぼす温泉の影響……………	局 敏 郎………… (62)
	広 瀬 忠 男

# 別府温泉の現況調査

## (1) 別府南部域の噴気・沸騰泉

京大理学部 吉川 恭三・由佐 悠紀  
大分県環境管理課、大分県別府保健所温泉課  
別府市役所温泉課

### 1 まえがき

本調査研究会の事業の一環として、湯原により、別府温泉山の手一帯の噴気・沸騰泉の熱力学的諸量が測定されていらい、10余年が過ぎた。その間に、当時の孔井のあるものは閉止し、また改掘、増掘、新規掘削がさかに行なわれたため、噴気・沸騰泉の数も、噴出量も、かなり変化したものと思われる。別府温泉で、これらの果している役割の大きいことを考えると、現時点での噴出量や熱量、あるいは利用状況を把握しておくことは、将来における有効利用や泉源の保護と開発などの実用的見地からも、また温泉生成機構の研究上からも重要である。

このような観点から、このたび、噴気・沸騰泉を主体とした別府温泉の現況調査が、3年計画の事業として取りあげられた。本報告は、その初年度の調査結果と、それに基づき、若干の考察を述べたものである。

なお、噴出量や熱量などの調査は、おもに京大地球物理学研究施設の吉川と由佐が担当し、孔井の所有および利用状況の調査は、大分県環境管理課、大分県別府保健所温泉課、並びに別府市役所温泉課の職員が担当した。

### 2 調査の概要と結果

当初、境川以南にある噴気・沸騰泉すべてにつき、噴出状況・利用状況などの現状を把握するための計画を立てた。調査は、各源泉所有者または管理者を個別に訪問して、孔井位置の確認と利用状況等について聞き取りを行ない、各孔井で噴出量・熱量あるいは加熱用水量等の測定を行なった。

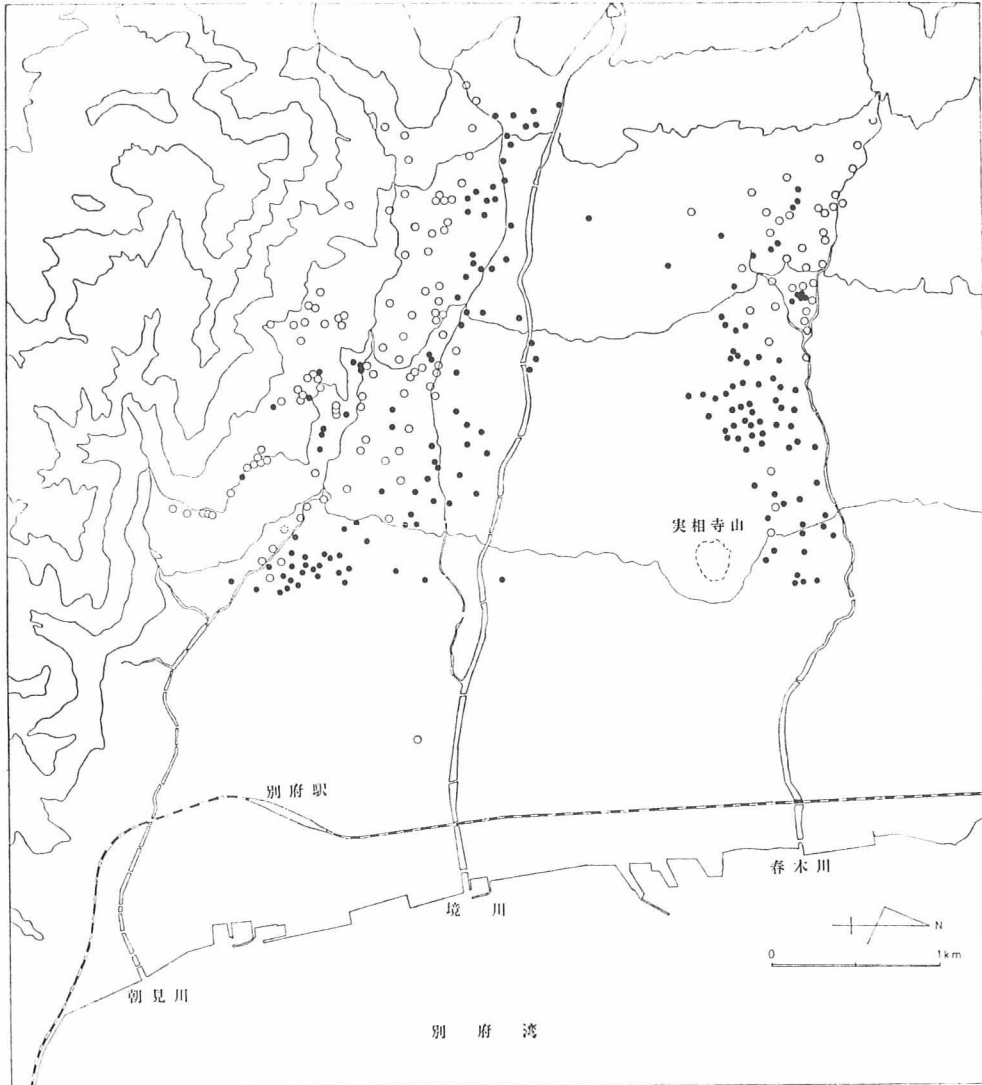
噴出量・熱量の測定法としては、孔井に付設した固定設備による工学的手法はあるものの、広い範囲に散在する各個人所有のさまざまな孔井につき、噴出量をすみやかに、かつ簡単に測定することは困難である。そのため、少々の精度の悪さには目をつぶっても、オーダー的な見積りを行なうことを最低限の目標とした。井戸構造が測定に不適であったり、危険をとまなうなど、止むを得ぬ事情から測定を断念したものも数孔あったが、測定法を簡略化したこと、天候に恵まれたこともあって、大勢としては順調に進み、結果的には、予定の調査範囲を春木川以南にまで拡大できた。調査は昭和48年8月から49年1月の間に断続的に行なわれた。対象の噴気・沸騰泉の位置を図1に示す。また、この調査と並行して、噴気・沸騰泉存在範囲およびその近傍の一般温泉についても、位置と活動状況等を確かめた。その位置は、図1中に黒丸で印してある。

#### 2-1(1)噴出量と噴出熱量の調査

測定は次のような簡便法によった。

①各孔井の噴出口のバルブを開き、噴出口径、噴出流体の温度およびピトー管による全圧と静圧の差を測定する。ピトー管差圧は、原則として、噴出口の中央と、参考のために、管壁で測定した。温度は水銀留点温度計により測定した。ただし、噴出流体が水銀ために衝突して、その運動エネルギーが熱エネルギーに変わる効果は小さいとみなし、それによる補正は行っていない。

図1：噴気・沸騰泉の位置（白丸） 黒丸は一般温泉。



噴出量 $Q$ と熱量 $H$ の算出の式は次のようである。

$$Q = S \cdot \rho \cdot u \quad (1)$$

$$u = C \cdot \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2)$$

$$H = i \cdot Q \quad (3)$$

ここに、 $S$ は噴出口の断面積、 $\rho$ は噴出流体の密度、 $u$ は噴出速度、 $P$ は噴出口中央でのピトー管による全圧と静圧の差圧、 $C$ は噴出口管壁での摩擦効果による速度分布を考慮した係数で、原則として0.77を用いた。ただし、過熱蒸気の場合、噴出口中央と管壁での差圧は、ほぼ等しいものが多くそのようなときには $C = 1$ とした。 $i$ は噴出流体のエンタルピーである。

噴出温度が $100^{\circ}\text{C}$ を越えるものはすべて過熱蒸気と考え、また水蒸気以外のガス成分量も小さいとして、既存の蒸気表からその密度 $\rho$ とエンタルピー $i$ を求め、ピトー管差圧を用い前出の式によって噴出量と熱量を算出した。ただし、熱量は $0^{\circ}\text{C}$ の水を基準とした量で表わすことにする。

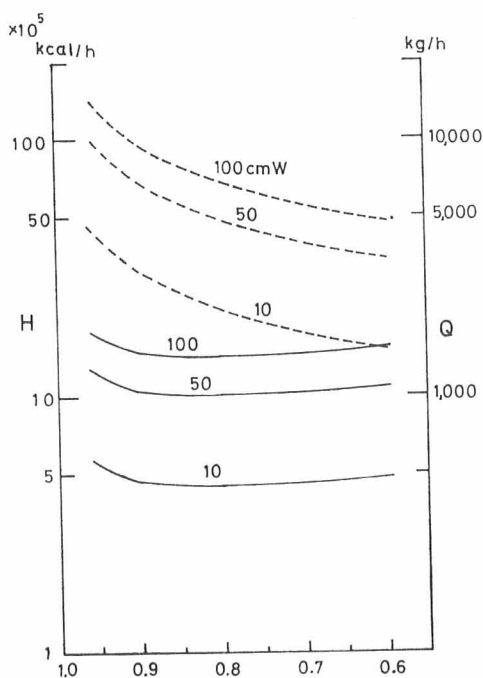
⑩100℃以下の温度、すなわち、沸騰点を示すものについては、噴出流体は熱水と水蒸気の混合とみなせ、その割合は各噴気について異なる。今回の調査では各孔井よりの噴出流体で、直接しめり度(噴出流体単位重量中で液体の水の占める割合)を測定する難しさを避け次のような方法を用いた。

噴気を各孔井に設けられているコンクリート製のタンクの中に吹き込ませる。タンクがセパレーターとして、噴気を液体の水と水蒸気に分離する役目をしてしていると仮定し、その分離された水量と水蒸気の量を別々に測定する。水量は、容量の決まっているバケツなどの容器に受けて、また水蒸気量は、飽和水蒸気とみなして密度を求め、ピトー管で差圧を測定して、前出の式から流量と熱量を算出する。

⑪熱水と水蒸気のうち、例えば熱水量しか測定できない場合は、噴出口での混合流体で直接観測したピトー管差圧を用い、あらかじめ種々のしめり度に対応する水量を計算しておき、その中から別に測定された熱水量と同じ値を与える場合のしめり度をとって、噴出流体のしめり度とし、その密度を求める。これにより、(1)、(2)式から噴出量が求まり、(3)式からその熱量が算出できる。水蒸気量しか測定できないときも同様の方法を用いるが、その例は少ない。

⑫熱水と水蒸気の両方とも測定できない場合は、噴出口で観察された蒸気の状態から、経験的にしめり度、ひいては密度とエンタルピーを推定し、噴出口での差圧観測値を用いて、(1)、(2)、(3)式から噴出量と熱量を求める。これは、あてにならないように思えるけれども、経験を重ねるとかなりの精度で云いあてることができる。しかも噴出熱量に対しては、しめり度が1に近い場合(沸騰泉)を除けば、しめり度見積りの誤差はあまり影響をおよぼさず、この調査の目的に十分沿う精度での熱量が求められる。ただし、噴出量については、かなりの誤差が生じる。その間の事情は、ピトー管差圧を

図2：噴出口径 100mmのときの熱量(H：実線)および噴出量(Q：破線)としめり度の関係、各曲線に記した数字は水柱で表わしたピトー管差圧(cmW)。



パラメーターとした、口径 100mmの場合の噴出量および熱量と、しめり度の関係を表わす図2から理解されるであろう。図中のピトー管差圧は噴出口中央の値であり、(2)式の係数Cは、1.0とした場合である。

⑬孔井の噴出口が完全に密閉されて、直接噴気を観察できない場合は、その都度、適当な方法により熱量を見積った。(例えば、一般の地表水や地下水を加熱して温水を造成している場合には、加熱前の冷水の温度と加熱後の温度、および、その流量から熱量を見積る。)しかし、その見積りも不可能な噴気が数孔あった。

ところで、分離後の熱水と蒸気の両者とも測定した場合(2-(1)の⑩)、蒸気は水蒸気のみと考えているが、直接その密度を測定すれば、飽和蒸気の密度を最小値として、これより大きい値を示す可能性があり、噴出量は少なめに見積られる傾向にある。また、噴出口からタンク出口に至るまでは、なお沸騰状態を続けることも考えられるから、分離後の蒸気量と熱水量を正しく測定でき

たとしても、タンク出口での熱水量測定値は、噴出口での値より一般に小さい値（蒸気量は逆に大きい）となる傾向があるだろう。したがって、熱水量を測定し、これと噴出口でのピトー管差圧をもとに、(1)、(2)式から噴出量を見積る場合（2—(1)の④）は、 $\rho$ を実際の値より小さくみなすことになるから、噴出量も小さく見積られることになる。このように今回の測定法による噴出量は、その最低限の値を示しているとみなされる。しかし、いくつかの例をのぞいて、タンク出口での熱水量が測定され、しかも噴出量中における熱水の占める割合は大きいので、上記の見積りの誤差はそれほど大きくなく、その測定値は、噴出量、熱量ともかなりの信頼性があると考えられる。

調査結果は、1孔につき1枚のカードを作り、孔井の位置、所有者、利用者、利用の状況、温度、噴出量、噴出熱量、利用水の種類と量などを記入し、調査原簿とした。また、調査孔の位置は3000分の1の地図に記入された。これらは、4部作成され、京大地球物理学研究施設、大分県環境管理課、大分県別府保健所温泉課および別府市役所温泉課の四者が1部ずつを保管している。

表1は、今回の調査域を境川以南地域および、境川と春木川の間地域の2つに分け、それぞれの地域における結果をまとめたものである。表の中で、噴出量を測定できなかったものも数孔あるので実際の合計噴出量は、ここに掲げた値よりいくぶん大きめであろうが、その孔数から云って、この結果に大きな訂正をもたらすものではないだろう。

表1：噴気・沸騰泉の噴出量・熱量観測結果

観 測 年 地 域	今 回 (昭和48~49年)		昭 和 36 年 <sup>1)</sup>
	境 川 以 南	境 川-春 木 川	境 川 以 南
孔 数	97	38	70
観 測 孔 数	68	29	47
100℃を越える孔数	12	1	11
最 高 温 度 (℃)	134.5	123.0	133.0
最 高 噴 出 量 (kg/h)	23100	12950	14162.4
最 高 熱 量 (kcal/h)	$27.4 \times 10^5$	$19.9 \times 10^5$	$19.6 \times 10^5$
合 計 熱 水 量 (ton/day)	4335	2278(28孔)	3131
合 計 蒸 気 量 (ton/day)	1598	569(28孔)	464
合 計 噴 出 量 (ton/day)	5933	2847(28孔)	3595
合 計 熱 量 (kcal/day)	$15.26 \times 10^8$	$6.30 \times 10^8$	$6.12 \times 10^8$
平 均 噴 出 量 (ton/day)	87	102	76
平 均 熱 量 (kcal/day)	$2.24 \times 10^7$	$2.17 \times 10^7$	$1.30 \times 10^7$

## 2—(2)利用状況の調査

春木川以南にある全噴気・沸騰泉 135孔について、その位置を確認し、利用状況を調べた。採取されている噴気が、利用の形態によって、どの位の割合で、またどの位の効率で消費されているかなどを数量的に表わすことは非常にむづかしく、内容的には、利用形態の種類の調査と云うべきかも知れない。調査の結果は、表一2にまとめて示されるように、自家用、ホテル、公衆浴場などの浴用に利用されているものが圧倒的で、他に少数であるが、温室、暖房、給湯、観覧用などに利用されているものがある。なお、1個の源泉でも、例えば、自家浴用のみというような単一目的だけでなく、一部は浴用、一部は温室用というように分割して利用されているものもあるので、表に掲げた孔数を合計すると、活動孔数より多くなる。

以下に、調査にあたって感じたことを、いくつか列挙しておく。

①全体的に自家用源泉が多く、別府温泉の利用形態の特徴がここにも表われている。しかし、自家浴用として利用している 129世帯は、大きく見積っても、噴気・沸騰泉地域の世帯数の5%程度でしかなく、ごく限られた人達はその恩恵を受けているに過ぎない。

表2：噴気・沸騰泉の利用状況調査結果  
 調査孔数 135孔  
 活動孔数 110孔(利用孔数 99孔)  
 未利用孔数 11孔  
 停止孔数 25孔

地区	春木川以南全域				境川以南				境川—春木川			
自家浴用	孔43	世帯129	浴槽ケ148	浴槽容量 m <sup>3</sup> 83.0	孔25	世帯70	浴槽ケ78	浴槽容量 m <sup>3</sup> 40.1	孔18	世帯59	浴槽ケ70	浴槽容量 m <sup>3</sup> 42.9
〃 暖房用	孔5	世帯7	室7	204.7	孔3	世帯5	室5	171.5	孔2	世帯2	室2	33.2
旅館ホテル浴用	孔21	軒14	浴槽ケ912	浴槽容量 m <sup>3</sup> 2550.0	孔14	軒8	浴槽ケ860	浴槽容量 m <sup>3</sup> 2,423.5	孔7	軒6	浴槽ケ52	浴槽容量 m <sup>3</sup> 126.5
〃 暖房用	孔11	軒6	室859	59,773.7	孔9	軒4	室831	59,404.0	孔2	軒2	室28	369.7
温室栽培用	孔19	ケ所19	棟95	11,193.6	孔12	ケ所12	棟46	6,091.8	孔7	ケ所7	棟49	5,101.8
公衆浴場用	孔4	ケ所4	浴槽ケ8	浴槽容量 m <sup>3</sup> 21.6	孔4	ケ所4	浴槽ケ8	21.6	—	—	—	—
〔区 営〕 〔市 営〕	孔4	ケ所4	浴槽ケ8	浴槽容量 m <sup>3</sup> 21.6	孔4	ケ所4	浴槽ケ8	21.6	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
共同浴場用	孔5	ケ所5	浴槽ケ9	浴槽容量 m <sup>3</sup> 13.4	孔3	ケ所3	浴槽ケ5	浴槽容量 m <sup>3</sup> 7.7	孔2	ケ所2	ケ4	浴槽容量 m <sup>3</sup> 5.7
給湯用	孔36	1,508	ℓ/m 7,376		孔27	1,147	ℓ/m 5,571		孔9	361	ℓ/m 1805	
観覧用	孔3	ケ所3			孔3	ケ所3			—	—	—	

㊸個人所有源泉の利用形態は、まさに単一的で、浴用以外、例えば自家暖房用の利用は極めて少ない。

㊹旅館、ホテルにおいては、個人所有のものに比べて、浴用、暖房用とも利用度は高いが、それでも一部大型ホテルを除き、なお有効な利用の余地があると考えられる。

㊺温室栽培用は、大部分がビニールハウスの零細経営で、栽培品目も花木、観葉植物がほとんどであり、経営的、技術的にも温泉の利用は有効とは言い難い。温泉熱利用の特長を生かす方法につき、さらに研究が望ましい。

㊻この地域に、公衆浴場、共同浴場は合計9ヶ所あるが、自家浴用の利用が限られている現状をみれば、その数は少ないと思える。ましてや、最近の宅地開発の拡大傾向を合せて考えれば、この種の公衆共同浴場はさらに必要度を増すであろう。

㊼給湯事業用は、自家浴用に比べて、はるかに利用度は高いが、近年の市街地の進展状況に対比し給湯域にアンバランスな面が生じているのではないか。

㊽余剰分としては、噴出蒸気の大気中への放散が多く、利用面で、その再開発が重要課題と思われる。

㊾噴気の熱を暖房用だけでなく、冷房用に利用する技術の開発が行なわれれば、それらの用途も含めて利用の巾が大きく広がると考えられる。

㊿住宅密集地における噴気の飛散、騒音の防止につき考慮が必要で、その面からの調査が望ましい。

### 3 調査結果についての考察（主に、境川以南域について）

表1の結果についてみると、境川以南域と境川—春木川中間域それぞれの各源泉当りの平均噴出量は前者が87ton/dayであるのに対し、後者は102 ton/dayといくぶん大きめである。一方、熱量的には両者ともほぼ等しく、 $2.2 \times 10^7$  kcal/dayであるのは興味深く、これは境川以南域からの噴出物の方が蒸気の多い乾いた状態にあることを示す。その違いは、境川以南域では観測孔68孔のおよそ2割

に当る12孔が100℃以上の過熱蒸気を噴出しているのに対し、境川—春木川中間域では28孔のうちわずかに1孔しかないという事実にも表われている。

さて、湯原による昭和36年の観測<sup>1)</sup>以後、どのような変化があったのか調べるため、表1に、その境川以南域のものをまとめて掲げた。境川—春木川中間域についての比較は、次年度、鉄輪地区の調査が終了した段階で行なうことにする。ただ、この地域では、当時より格段に噴気・沸騰泉が増し、孔数は4倍近くまで増していることを付記しておく。

昭和36年当時と比べて、今回は温泉台帳上の孔数も、観測孔数（ほぼ活動孔数とみなしてよい）もともに1.4倍に増しているのに対し、噴出量は1.65倍、また熱量は2.5倍というように、とくに熱量が格段に増していることが注目される。両者の測定法が異なるから、このように数値を単純に比較することには問題があろう。測定法についてみると、湯原は噴出口から直接混合流体を採取して、その密度を測定し、これとピトー管差圧によって噴出量と熱量を求めたが、今回はタンクで分離した後の蒸気と熱水を別々に測定することを基本とし、また分離後の蒸気は水蒸気のみから成ると考えている。噴出口での噴出量測定値と、タンクで分離した後の測定値の違いについては、噴気測定技術の改良とともにさらに検討を要するが、前節で述べたように、今回の噴出量は最低限の値と考えられるにもかかわらず、10余年前に比べて噴気孔数の増加の割合より噴出量が増し、熱量はさらに大きくなっていて、噴気・沸騰泉から噴出している水量および熱量はともにかなり増加しているとみられる。

つぎに、ここに得られた噴出量や熱量が、境川以南域におけるすべての温泉採取量の中で、どのような位置を占めているのか調べよう。

この地域における噴気・沸騰泉以外の一般温泉からの採取量は、これまで何度かの一斉調査により調べられている。最後の調査は昭和34～35年に行なわれ<sup>2),3)</sup>、その後10年余りが経過しているため、現状とは異なる点が多いだろうが、いちおう、その結果を資料として用いることにし、表3に示した。今回の調査結果とあわせると、この地域からの全温泉水量（蒸気もすべて水に換算する）は約21,000 ton/day、熱量は $2.3 \times 10^9$  kcal/dayと求められる。したがって、噴気・沸騰泉からの噴出量と熱量は、全採取量のそれぞれ27%および65%を占める。これら孔井の数は、全孔数の8%程度に過ぎないのに、採湯量としては非常に大きい位置を占めていることが理解される。ちなみに、1孔当りの量として比較すると、噴出量は一般温泉の約4倍、熱量は約20倍にも相当し、別府温泉の泉源保護、温泉利用の観点から、この事実は重要である。

表3：境川以南域の一般温泉からの湧出量と熱量（昭和34.35年）<sup>2,3)</sup>

活動孔数	湧出量	熱量※	平均湧出量	平均熱量
738	14900ton/day	$8.3 \times 10^8$ kcal/day	20ton/day	$0.11 \times 10^7$ kcal/day

※平均泉温を56℃として求めた値

つぎに、この地域における水利用状況の中での温泉の位置付けも明らかにしておかねばならない。

かんがい用水を除けば、表4に示すように、この地域での水利用の形態は、①上水道および雑用水と、②加熱<sup>4)</sup>用水を含む温泉水の2つに大きく分けられると考えるとよい。そのうち上水道+雑用水としての採取量は約12,000ton/dayであるから（使用水量には、これに他流域からの水、例えば大分川水系の水が加算される）、噴気も含めた温泉採取量はこれの約2倍に相当している。おもに給湯用に用いられる加熱用水約5,000ton/dayをさらに加えれば、温泉としての利用水量は約26,000ton/dayとなり上水道+雑用水量の2倍を上まわる量となる。

表4：境川以南域における採取水量と雨量（ton/day）

上水道+雑用水		11920
温 泉	加熱用水	4760
	噴気・沸騰泉	5933
	一般温泉	14900
雨量		140.000

また、境川以南の受水域雨量は1日当り、 $1.4 \times 10^5$  tonと見積られるが(受水面積 $29.3 \text{ km}^2$ )、噴気・沸騰泉からの噴出量はこれの4.2%、一般温泉は10.7%を占める。そして、加熱用水、水道水および雑用水も合わせた利用水量は約27%となる。

吉川は別府温泉南部域の一般温泉地域 $9 \text{ km}^2$ につき、1964年までの資料から、そこに降った雨のうち34%が蒸発散で消費され、温泉水として採湯されるもの(上流山岳部から供給される地下熱水量を除く)が29%、残りが流出量と推定した。これを上記の全域における温泉をふくめた地下水利用量の割合と対比すると、ほぼ同様な値となり、山岳部からの水も平地同様かなりの程度に利用されていて、その余剰は少ないとみなければならない。

#### 4 あとがき

別府温泉の湯の量は、非常に豊富であるとは云うものの、温泉源保護のため掘削規制が行なわれている現状では、受益者は限られる。もっと利用者の範囲を広げるように、集中管理方式などを採用し、限られた量を有効に使用すべきだと云う意見が多い。近年の宅地開発により人口分布の変化がはげしく、温泉利用の分布がそれに対応していないとの指摘もある。また、他の温泉地に比べ、別府温泉ほど市民生活の中に温泉入浴が深く浸透している所はなく、そのすぐれた生活環境を保持し、さらに拡充するために、現在比較的利用度の少ない山の手一帯の噴気・沸騰泉の高熱量を利用して、もっと多量に温泉水を造成し各住宅へ給湯してはどうかと云う議論がある。

単純な熱量計算をすれば、表1に示した高温蒸気や熱水に、 $20^\circ\text{C}$ の冷水を混合することによって、 $60^\circ\text{C}$ の温泉がおよそ $35,000 \text{ ton/day}$ 造成できることになり、他の一般温泉の量と合わせると、境川南部域での利用可能量は、1日当り約 $50,000 \text{ ton}$ となる。これは現在量の約2倍に当たるが、この2倍という数字は、格段に、と云えるほどの大きなものではない。市街地の温泉のほとんどがポンプ揚湯で、必要時にしか使用していないことを考えると、これを現在の給湯事業のように流しっぱなしで、しかも各戸に配湯するとなれば、たちまち消費され需給の不均衡はいせんとして残る。したがって、たとい既設源泉における温泉権の問題が解消され、採湯された温泉水が集中管理に移されたとしてもそれから利用できる温泉水の絶対量には限りがあり、その利用方法には多くの工夫が必要であるとともに困難も多い。

第1に、資金面から受益者にかなりの出費を強いることになるであろう。現在、各源泉の深度も増し、その掘削や維持管理にかなりの費用が必要となっていると考えられるが、それらは土地や温泉泉の交換価値の上昇により相殺されている面もある。しかし、これがただ使用する温泉水の価格や、分湯権の価値だけとなった時に、果してどれだけの人がその出費に耐えるであろうか。その面からの調査が必要であると共に、温泉水にそれだけの価値を与え得る特殊な施設だけに多くの給湯が行なわれ一般市民への給湯は制限されるなど、経済面から来る温泉利用の不均衡は決して望ましいものではない。

第2に、山の手の噴気・沸騰泉からの熱量のうち、 $1/3$ に当たる約 $5.4 \times 10^8 \text{ kcal/day}$ は、すでに給湯事業によって他地域へと輸送されている。このうちのおよそ10%は境川の北部へ運ばれているから、別府南部市街地での現在の消費熱量は、一般温泉と合わせると1日当り約 $1.3 \times 10^9 \text{ kcal}$ となっている。そして、山の手の噴気地帯には、 $10^9 \text{ kcal/day}$ しか残されていない。この一帯には大型施設が集中し、また宅地開発もこの一帯に拡大、さらに進展しつつあることからすると、給湯事業を拡大して下流域への熱量供給をさらに促進するよりも、将来の利用のために、この山の手地域に熱量を残しておく必要が考えられる。現時点では、多量の噴気が大気中へと無駄に放散されているように見えるけれども、将来の土地利用計画と十分見合わせた上でなければ、地域的な熱量余ゆを速断できない。

第3に、水源の問題がある。前記のような温泉水の造成を行なうには、およそ $30,000 \text{ ton/day}$ の水を必要とする。現在給湯事業用に $5,000 \text{ ton/day}$ 使用されているから、さらに $25,000 \text{ ton/day}$ が要求



されるわけである。新たにこのような水量を得るためには、行政的にも資金的にも非常な努力を必要とする。

以上を通観するとき、天恵として与えられた温泉水を人工的に支配し、配分するには、多くの困難が予想され、努力を重ねてもそこに支配できる温泉水は限りあるものとなる。ここで出てくる一つの利用方法としては、温泉水を各戸に配湯するという資源的・経済的な無駄をはぶき、公衆浴場を量的にも質的にも拡充して、そこに温泉利用の原点を求めるということである。そこに基本をおきながら加えて身体障害者、老人、治療施設などへの利用方法をはかり、温泉福祉都市としての別府温泉の将来の姿をえがく計画も温泉の有効利用における一つの観点として考えられてよい。

#### 参考文献

- 1) 湯原浩三：別府周辺噴気孔の噴出熱量と熱力学的性質、大分県温泉調査研究会報告、15号 pp.15～25、1964.
- 2) 矢野行雄：別府旧市内温泉現況調査(1)、同上、10号、pp.40～43、1959.
- 3) 首藤治郎、佐藤光一、矢野行雄：別府市浜脇・亀川地区温泉現況調査報告(2)、同上、11号 pp.22～27、1960.
- 4) 由佐悠紀：別府流域の利用水量と地下水涵養量、同上、24号、pp.22～26、1973.
- 5) 吉川恭三：不圧地下水位の長期記録にあらわれる水理学的特性について、現代日本の地下水研究(酒井軍治郎教授記念事業会)、pp.75～87、1970.

# 温泉利用と温泉源保護における問題点

京都大学理学部 吉 川 恭 三

## 1 温泉源の保護

温泉の開発利用と温泉源の保護とはあい対し、あい矛盾するものとして取り扱われる場合が多く、各県における温泉行政の実状もこれを物語っている。この両者は公益性の程度を勘案しつつ並立させられるものではあるが、温泉源の保護と言ひ、温泉の利用と言ひ、いずれもばく然とした要素が多すぎるため、これを比較評価する一般性を欠く現状である。この基本となる温泉法には多くの問題点を含んでおり、その内容についての議論は尽きない。しかし保護という見地から地中の水資源にこれだけの配慮が行なわれている法律は日本で他に見られない。工業用水法、建築物用地下水採取規制法は地盤沈下の進行防止を目的として地下水採取を規制したにすぎず、その適用地域は限られている。水そのものの保護を対象とした法律は、温泉法以外には数県における条例（静岡県：地下水採取の適正化に関する条例）にとどまり、温泉は最も恵まれた保護下にあると言える。特に温泉法第11条（温泉ゆう出目的以外の土地掘さくの制限）は他の道路、河川などの工事関係者に影響を与え、温泉地での建設工事には特別の配慮が払われる場合が多い。このように、温泉法はその内部からは開発利用と温泉源の保護とを公益性の見地からどう進めて行くか、その適用にかずかずの問題点が提出されながら、外部からはあるいはうらやまれ、あるいはうるさがられる存在となっている。これまで温泉法とその適用方法についての批判は主に内部から行なわれていたように思える。しかし現状では、むしろ外部の、水関係者からは水文的循環の鎖をたち切るような地域別、目的別の諸法につき批判を与えられ、エネルギー関係者からは採取権と土地所有権との分離、採取利用の公益性に関する評価などにつき法的調整が要望されるなど、従来の温泉という特殊資源としての閉鎖系から総合的な資源開発と保全の場でまないたにのせられようとしている。

法的見解につき筆者は言及する能力はないが、実際に温泉源を保護するためにとられている方法をみると、それには次の二つの思想が基礎になっていると考えられる。一つは、温泉源の保護は自然環境の保全であり、自然界における地下水の流れを変えずに保存するという文字通りの地下温泉源保全の思想である。もう一つは、温泉源は掘削された源泉を通して確認される。その温泉権は土地所有権と一体であり、その土地の続く限りそこから採取される（又は採取され得る）温泉水は続かねばならぬという考えである。この二つは互に共通な要素と違う観点とを持っている。共通点は、いずれも地下温泉水の流れは永続すべきだという立場にあることで、温泉の寿命につき半永久的という表現がしばしば使われるのもその見地からである。これは、温泉の開発はその初期では地下貯留量を食いつぶしながらその採湯深度、水頭を深めて行くが、終局的には収支均衡して貯留量（全地下水量という意味だけでなく、熱水、地下蒸気、地下水などそれぞれの特性ごとの貯留量）の消費は進まぬ状態にならねばならぬという考えに立っている。これが同じ地下資源でも温泉水は流れを持つ循環系として他のエネルギー源と違った見方がされている点で、これがまた温泉源の保護、その可採量の推定を困難にしている点でもある。

違う所は、前者はあくまで環境保全の観念を基礎にしており、その採取利用が旧来の経済性に立脚した資源という場にのりにくい点である。自然湧山泉はその典型で、しかもこれが他目的の開発工事や土地保全の工事と最も接触が多く互に影響し合う点の多いことに注目される。したがってこの観点に立つ限り、その地域での水循環系に影響する要素はすべて排除されねばならず、温泉には現在文化財にみられるような取り扱いが必要となる。後者の既設源泉保護の立場には人工的に採湯する条件が入っているため多少とも経済的要素が加わる。開発の進行と共に、井戸の増掘、揚水など採湯経費の

増加は避けられない。しかし多くの温泉地で現在までのところそれらは私益の競合の範囲にとどまり開発による土地の価値（主として交換価値）の上昇にくらべ採湯経費の増加が公益を害すると判断される程度に至り、地域の経済面から温泉源の保護が追及された例は聞かない。

このようにみると、他の資源、特にエネルギー源の場合に、その可能採取量の推定には採取と利用の経済性が主要な指標となっているにかかわらず、温泉にはそのような人為的な基準がなく、したがって推定包蔵量とか安全採湯量の考えが入りにくいまま現在に至っている。地下水の循環速度が採湯速度に比べてかなり大きいという開発初期での考え方をそのまま踏襲して収支あい償うべき状態を仮想している場合が多い。これは特に地下深部熱水のごとき循環速度のおそい（これは予想であり実際に確認されていない）温泉水を採取する場合に問題となるであろう。このように温泉源を他の地下資源と同じ場で評価する基盤に乏しいことは、温泉水に従来のような水そのものの利用ではなく熱量を運ぶエネルギー源としての役割を与える利用が進む時に難しい問題を与える。現状でのエネルギー源の利用には必ず他の代替源との価格の比較という経済性が伴う。それに応じて可能採取量、推定包蔵量などの観念が生まれる。そこには半永久的という観念はなく、基本的には貯留量を食いつぶしてゆくという思想である。その食いつぶす速度は経済性できまり、それによって推定包蔵量が異なる。

ここに至って、従来温泉という特殊な用途により他の地下水資源に対して比較的保護されていた温泉源が、温泉の用途範囲を広げることによりその特殊な保護形態を失なってゆく場合も予想される。温泉法が他の水関係諸法、他のエネルギー源関係法律と同じまないと上に並べられる場合、公益という見地から温泉の利用形態、利用方法にさらに深い認識が必要とされるであろう。これまでも温泉内部からその利用目的と保護手段との関係で温泉源保護の観念に自壊作用のおこる徴候は示されてきたが、今は外部からの刺激により温泉の特殊性の意味が問われ、保護の立場からその閉鎖性の由来がとりあげられつつある。温泉の保護はその利用を切り離しては考えられない状態に迫られてきた。

## 2 温泉の利用

温泉の利用面での特質をあげその公益性を論じる時、他の水源、エネルギー源で代替できる機能と代替不可能な機能の二つに分けて考えられねばならない。代替可能な用途で温泉の価値を強調するには、技術面、経済性から温泉水を用いる方が有利だという条件が必要である。現状を大ざっぱに考えれば、温泉の量と熱はおもに前者に属し、質が後者に入るであろう。

水量、熱量における温泉の価値はそれを全国的な規模で考えるか、地域的または個人レベルで考えるかで違ってくる。まことに概算ではあるが昭和44年時の状況として発表されている各統計を比較してみると、<sup>1),2)</sup> 全国での温泉水採取量は約  $7 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$  で、淡水使用量  $75.8 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{年}$  の0.9%、また温泉を含めた地下水利用量  $13.5 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{年}$  の5%にすぎず、水資源に占めるその地位は極めて低い。しかしその地下水利用量に対する割合を九州地方についてみると13.4%、また大分県については33%とその重要性はあがってくる。九州での上水道使用量  $6.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$  に対し温泉採湯量  $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$  は約27%となり、生活に密着した水利用としては温泉水はかなり高い位置にあると言わねばならず、将来地熱発電用の熱水採取が進むとすればこの割合はさらに増すであろう。熱量としての温泉の価値は案外低い。別府温泉からの採取熱量としてこれまで発表されている値は約  $45 \times 10^8 \text{ kcal}/\text{日}$ （現状ではこれより多いと考えられる）、これは新日鉄大分工場よりの温排水の規制値の約1/4にすぎないこれは仕事の効率に換算して  $2 \times 10^5 \text{ KW}$ 、発電効率を0.1とみると  $2 \times 10^4 \text{ KW}$  の電力に当るにすぎず、これによっても発電は温泉に比較していかに莫大なエネルギーの消費であるかが分る。発電を考える時他のエネルギー源との価格の比較が情勢に応じて変動しその価値観が定まらない。また地熱発電所の償却期間についてもはっきりした根拠はなく、それが現在の11年より延びる時にはまたその価値が変る。このような償却期間の観念と半永久的という考えを基調とした温泉源保護の思想がどのように調整されるのか、将来における大きな問題である。

温泉の保護はその量、熱、質の点からみた保護であることは言うまでもないが、従来ややもすれば量と熱に主眼がおかれ質が重視されなかった傾向がある。これは温泉利用が浴用中心であったこと、質が比較的調べにくいために質の変化が利用面に与える影響を知りにくい点からであろう。しかし温泉法の精神からすれば、温泉を他の水源、エネルギー源に対し特徴づけ、その保護を優先させるためには質の問題こそ最も強調されねばならず、温泉法にこもりながらその実質を伴わないとする外部からの批判はおもにこの欠点についてである。すべての廃棄物を海水組成に戻して流せという説があるのと同様な意味で、温泉水はわれわれの周囲に古来身近に接し続けてきた特異な水質の代表であり、その面からの研究、行政、また利用面における水質の簡便な表示法の研究など温泉の特質を意味づける努力が必要と考えられる。

ここにひるがえって、おもに温泉地以外の人を感じる温泉の価値として従来どういった国民的合意があったかを考えよう。筆者はこれを次の三つに大別する。(1)文化財的意義。(2)豊かさに対する満足感。(3)保健、治療上の意義。(1)については前節に記した自然湧出泉のように眼で見られるという特徴が大きく物を言う。ただ一つ一つの温泉の特徴をあげるだけでなく、それらを結び、一連の温泉現象、その生成過程の象徴としてそれぞれを認識する立場は重要である。これは従来言われている自然景観としての温泉、科学資源としての温泉という意味と一派あい通じるものがあり、われわれの先祖が温泉の姿として久しく見続けてきたものを子孫に残すという義務感を含む。「ここに地獄ありき」の立札では代替できない性格のものである。(2)は温泉地以外の人々が温泉にいだくイメージのほとんどではなかろうか。たとえば地獄の蒸気で炊事をするとしても、それがどれだけの燃料費の節約になるかという問題ではなく、そうして使うほどあり余るほど蒸気が出ているということへの興味が主となる。これはその他浴用などにも温泉利用には必ずつきまとう感覚で、経済性に裏付けられた資源という観念がまことに入りにくい。温泉水は自然に流れて来るもの、それを使用しないとそのまま散逸するものという考えが底辺にあり、むだ使いのむだという感覚を与えることができれば温泉利用の最大目的は達せられたとの議論も成り立つ。一般生活で日本国民がむだ使いの習慣になれて来るにつれて温泉への魅力が薄れてきたことはこの証拠である。このような精神的満足感も現在の温泉利用でも決して軽視できない。次の保健、治療面での価値にも関係してくる問題である。しかしこれを推し進めれば、所得水準の向上と共にむだはますます大型化し、その演出にも限界が生じる。物のむだより心のむだを楽しむ満足感の方向へ温泉利用の方法が開かれてゆくことが望ましい。(3)についてはすでに多くの卓論があり、また概念的には国民に広く行きわたった感覚である。この温泉は何の病気に効くかはしばしば受ける質問である。むしろそれを受け入れる側の機構、たとえば温泉利用の許可制度の運用、水質分析結果の分類法、検水の採取方法などにかかなりの問題が残っている。

以上を通観すると、これまで国民がいただいていた温泉の価値には精神的要素が大きく、他の資源の価値と比較検討するにはあまりにも次元が違いすぎる感じがする。同じく公共福祉と言い、同じく公益性と言いながらそれをかみ合わせる場所が見当らない。しかし、現代社会において同じ地中の水であり、同じ地下のエネルギー源であるものを閉鎖してその特殊性を強調するには、それに対抗し優越する価値観の国民的合意が得られていなければならない。温泉地の立場からその経済的意味を強調するか、又は歴史に裏付けられた精神的要素を強調するか、そのいずれも従来温泉地の歩んできた道筋からみて説得力に欠ける点がある。結局、温泉を他に対して特殊づける論拠として現在もっとも手近にあるのは(3)の保健治療上の価値にまさるものはなく、またこれは前記の温泉水質の特性の保護と利用にかかってくる。

社会の動きの一つの姿は地域的なもの、特殊用途のものを他のもので代替し、できるだけ広く、どこでも誰でも使えるという一般性をもたせ経済社会の中にくりこもうとする。その点から、温泉の量や熱、また質さえも他の資源と技術により代替し商品化される傾向にあることは否定できない。その保健、治療上の効用にすらその傾向は進むであろう。むしろ現在まで温泉がその特殊な位置を保つ

できたことが不思議な感じさえする。これには国民がいでいてきた精神的要素の根強さと共に温泉法の果してきた役割も軽視できない。日本における温泉利用のこのような精神的要素は社会の貧しさの中でつかわれてきた。現在の温泉利用方法におけるとまどいは経済的な豊かさの中での温泉の位置付けに対する不安であろう。その対応策はおいそれとはでてこない。むしろこれまで温泉をささえてきた精神的要素をいかし、豊かさへの不安、自然の貧しさ、人間性の貧しさを強調した中での利用方法を考えるべきではないかと考える。そのためには、温泉の用途をあまりに拡大してゆくこととか、温泉の定義を拡大解釈しその範囲を広げることは一見経済社会の中にとけてむかみえてかえってその特徴を失なうことになりかねない。

### 3 別府温泉における温泉源の保護方法

これまでは主に温泉地の外部からみた温泉の位置付けとその保護の基本に関するものであったが、温泉地の内部に入るとこれはかなり変わってくる。そこでは水資源、熱資源としての温泉水は他に代替資源を得られぬほどの大きな存在であり、その土地の価格を支配する要素となるなど経済面からの価値は大きく、又、生活の歴史に結びついた市民の精神的支柱ともなっている。したがって温泉の価値観や他の資源開発に温泉源の保護を優先させるという点ではよく合意が持たれていると考えてよい。こういう地域では温泉源保護の思想そのものよりもその保護手段の方が、私益の調整という面から問題として提出され、それが既設源泉の保護という方向に向うのはやむを得ないことである。別府温泉の場合に温泉源保護の基盤とその方法がどのように進められてきたかをふり返ろう。

温泉行政は温泉源保護を主目的として進められてきたから、その保護の必要性や処理方法についての調査研究は早くから行なわれていた。本研究会報告でも多数のページがこれにきかれ、特に別府温泉では開発の進展につれその保護に多くの注意が払われてきた。別府温泉における源泉数の多さ、その密集性から、過剰掘削の批判はつとに与えられているが、もう一つ細かくみると源泉1孔当りの採湯量は他県の温泉地にくらべ格段に低いことに気付く。これは源泉の井戸口径が他県にくらべ極度に制限されていることとエアリフトポンプ以外の揚湯が行なわれていないため、井戸中の摩擦損失によりその採湯量が制限されているとみてよい。これにより温泉水を固めて多量に採ることが防がれ、水頭の局所的な低下部分から地下水侵入を増加させずことから守られてきた。このためできるだけ広い範囲に多くの施設に採湯量を配分するという効果はあがっていると考えられる。この固めずに広くというのが別府温泉で従来とられてきた温泉管理の基本姿勢である。その状態で昭和43年にさらに強い掘削規制措置がとられた直接理由は次の二つの現象による。まず第一に、別府の海岸部にある源泉のほとんどが動力揚湯を行なうこととなり、その動水位はもちろん静水位も海面より低いものが多い状態となった。その南と北の浜脇付近と亀川新川付近からは温泉水中に海水が侵入している。しかしその間の長い海岸線にわたっての温泉ではその塩分含有量からみて現在海水が入ってきているとはみられない。比重の大きい海水がそれより水頭の低い温泉水中に侵入してこないということは海水と温泉水とは水理的に遮断され、その間に水の交流がおこらない地下構造のあることを示している。したがって、温泉水が地下で直接海に流出していることはない。次に、市街地の源泉でもその水頭は次第に低下し浅層地下水位よりも低い所が大部分となった。また、かつて深部の温泉水が上昇混入して高温を示していた浅層水も次第に低温化し地下水化してきた。これから、かつて自然状態でも浅層まで漏れ出て地下水や川水と共に海に流出していた温泉水は減少し、ほとんど無視できる量になると考えられる。この二つから、温泉水は人工的に地表まで採湯されるものを除いて地下での流出はほとんど無いとみてよい状態となり、今後の掘削は互いに採湯量を喰いつぶしつつ地下水の侵入を増加させだけの結果となると判断されたためである。

この掘削規制は温泉審議会運営規程に盛り込まれ、あくまで審議の基準として、掘削申請はこの基準にのっとりながらも一件ずつ公益性を検討しつつ審議するものとされている。しかしその内容は新聞に

もまた別府市誌などにも発表され、すでに公開のものとなり、しかもそれに掘削制限距離などの数字が明示されているためにその数字が絶対的な意味を持つものと解釈される状態となった。一方、時代の経過と共に県の温泉関係職員にも異動があり、その基準特に既設源泉からの掘削禁止距離などの数字がうまれた根拠について当時の論点を知る人も少なくなってきた。これらの基準は将来において改善されることも考えられ、その推移に当って批判の対象となり、また万一これらに対する疑問が公の場で討議される場合の責任の所在の立場から、このような基準の根拠を書き残し将来の論点の糸口としておく必要性を痛感している。これは県行政の内部的な問題であり、またこの基準は当時の温泉審議会でも認められ筆者個人のものではないが、他に記録する方法もないように考えられるので当時の討議の経過と共に自分なりの考えを合わせてあえてここに掲載させていただくことにする。

規制方法の基本は本研究会における山下の報告（別府温泉の泉源保護について）に置かれており、その100m平方当りの総採湯量を120ℓ/m以内に制限する必要があるとの結果によっている。これは地下水学における地下水区とか単位面積排水量と比較的似た考えである。各源泉からの揚湯量は従来の経験から50ℓ/m以内におさまるように動力設備が制限されているので、これが等間隔に配置されるとすると、上記の100m平方当り採湯量の上限に達するのはその間隔が65mの時に当る。実際には完全に等間隔に配置されることはなく、また揚湯量もその最高値よりは低いことが多いのでそれらを含めた値として、既設源泉よりの距離を60m以上離すという根拠が求められた。一方、別府温泉に多い噴気、沸騰泉には一源泉当りの噴出量が市街地温泉にくらべ格段に大きいものがあり、一たん噴出した後にその量を制限するのは容易でなく、また掘削前にその噴出量を予測することも困難である井戸の保守管理上、口径を極端に小さくすることも実際的でない場合が多く、それらには最大80mmまでの口径が許されている。このように噴気、沸騰泉における採湯量を市街地の揚湯泉と同列に比較することは難しいが、上記の単位面積排水量的な考え方を基本とする限りその一源泉当り噴出量の可能な上限が与えられねばならず、そのために取った方法は次の通りである。

噴出量の点からみると、噴気より沸騰泉、その中でも湿り度の高い源泉の方が大きいのが一般的傾向である。このような蒸気と水の混合体が井戸の中を上昇する時、減圧により乾き度を増して体積が急増し続け、速度が増すと共に乱流摩擦によりエントロピーも増大し噴出口で最大となる。その最大値は噴出口における流体が音速で噴出する時を上限とし、それ以上の速度はとれない。別府温泉における沸騰泉の噴出口での圧力はほぼ1気圧とみてよいから、1気圧における各湿り度の流体の音速を計算しておけばその噴出量の上限が推定できる。このようにして求めた値を過去の観測値と比較すると、それに近い値のものはあるがこの推定上限値をこすものはなく、これを可能な最大値とすることが不合理ではないことがわかる。沸騰泉のかなり湿った状態として湿り度0.98をとり、口径80mmとしてその音速から噴出量の上限值  $16.1 \times 10^3 \text{ kg/h}$  が求められる。このような沸騰泉からの流体は地中ではすべて液体の状態であったとみられるから、これを水量に直して270ℓ/mが得られ、これが沸騰泉で採取される水量の最大値だと考える。この値を揚湯源泉におけると同様、100m平方当り120ℓ/mの単位面積排水量の上限值と比較すれば、各源泉間の間隔は150mとなり、沸騰泉地域での掘削にはこれ以上の距離を離さねばならぬという結果が得られた。このような考えに立つと、噴出流体が乾いた状態ほどその音速で押えられる噴出量上限値は小さいのだから、蒸気分の多い乾いた沸騰泉とか噴気ではその間隔をもっとせばめてもよいのではないかとの疑問もおこるのであろう。これに対しては井戸掘削前にその噴出流体の湿り度を予測するのが不可能なことと、乾いたものほどその噴出量は小さくても噴出熱量は大きいこと、たとえば、湿り度0.1のときに噴出量の上限值は  $4.5 \times 10^3 \text{ kg/h}$  と先の値の約1/4にすぎぬが、噴出熱量（エンタルピー）では湿り度0.98のとき  $16.8 \times 10^5 \text{ kcal/h}$  を上限とするのに対し  $26.2 \times 10^5 \text{ kcal/h}$  とかなり高くなり、温泉源の保護には水量だけでなく熱量の保護が重要で、特に下流域温泉水の熱源を保つため上流噴気域での熱量採取は制限されねばならぬという観点から、噴出状態を問わず噴気、沸騰泉は一括して処理されたのである。このようにして求められた掘

削制限距離をもとにして、既にそれ以上の源泉密集度を持つ地域、それに隣接して影響の憂慮される地域に特別保護地域、保護地域が設定された。

前節までに記したように、他の資源と競合する立場にある全国的な観点からは温泉源保護は温泉の利用を切り離しては考えられない。しかしすでに温泉の価値につき比較的安定した合意の得られている温泉地の内部では、温泉源の保護が優先しその上に立った利用が工夫されねばならない。別府温泉における採湯規制の基準がすべて面積当りの採湯量を制限することを基本として作られ、逆に言うと面積的に採湯量が配分される方向に進んでゆくことは今後の温泉利用面で十分注目されねばならない点である。前記のように別府温泉での温泉管理は1源泉当りを小さくして広く配分する方向で進んできた。この保護の方法はこの方向を踏襲したとも言えるが、ここに広くという言葉が人とか施設ではなく土地の面積という意味に限定されてきたことが重要である。利用という観点からは、特に近年住居とか施設の規模、人口や利用度が土地面積による限定から脱け出す傾向にあることと対応させて、その利用面における温泉管理の方向が注目されねばならなくなった。まず温泉の利用とは源泉を持ち温泉水を採湯することなのか、採られた温泉水を各用途別に使用することなのかという問題が前提として提出される。次に面積として割り出された採湯量を市民とか観光客にどう振り分けるかの問題がある。さらにそういう量の配分の中に温泉水の質をどのように生かすかという重要な問題がある。しかもそれらを通じて、単に経済社会における資源の一つの姿としてでなく、特殊な資源としての温泉の位置付けが必要となる。別府温泉はその中に市民生活、観光施設、治療施設の混在という複雑な用途を持っているばかりでなく、温泉地の象徴として常に他の温泉地の指標となり、将来の温泉利用の姿、社会における温泉の位置づけを代表しなければならぬ運命と誇りをになっている。

本年度、県環境管理課のお世話で2回に亘り別府温泉懇談会と仮称する会を開いていただき、県、保健所、市の温泉関係者からいろいろ御意見をうかがう機会を得た。それは筆者にも大変参考となることが多く、温泉の利用とか日本における温泉の位置付けを考えるべき必要を感じさせ、その方向への踏み切り台としてこのような序論的なものを書いておかねばならぬ気持ちになった。温泉の性格としてそれが管理機構の中にくりこまれねばならぬものかどうかにはまだ自信がない。しかし外部的な要因からもそれが迫られていることは確かである。

#### 参考文献

- 1) 平岡千明：温泉工学会誌 8、1、pp.38—56、1971、8、2、pp.95—112、1972、8、3、pp.174—188、1972、9、1、pp.37—58、1973.
- 2) 磯崎義正：農業土木学会誌42、3、pp.157—165、1973.
- 3) 山下幸三郎：大分県温泉調査研究会報告、18、pp.19—24、1967.
- 4) 湯原浩三：同上、15、pp.15—25、1964.

# 由布院温泉の地下熱構造と

## 熱エネルギー及び化学物質排出量

京都大学理学部 川 村 政 和

### 緒 言

由布院温泉については、これまで揚水試験<sup>1,2,3)</sup>・静止水頭分布<sup>4)</sup>・化学成分濃度分布<sup>[5,6,7)</sup>等多くの調査がなされそれぞれ報告されてきたが、地温に関しては大正11年に依田らによりその一部地域（石松・田中市地区から八山地区に至る大分川沿い）で1 m深地温分布が求められているにすぎない。地熱現象を考える場合、広域にわたるより深層の地熱環境や放熱量を知ることが必要である。一般に温泉の湧出量や泉温は季節によって異なるため、その正確な温泉量を知るには測定を短期間に行わなければならないが、730孔（昭和49年1月現在、自然湧出泉を含む）もの温泉を有する由布院（表1）のような規模の大きい温泉地において各孔毎に調査を行うには非常に多くの人手を必要とし、又、特に温泉孔を

表1 温泉孔の現況（昭和49年1月現在）

	自然泉	自噴泉	動力泉	未利用	停止・不明	計
孔 数	25	202	331	42	130	730

利用しての深部地温調査の場合現在使用されている孔で測定するのは非常に困難である。

吉川は別府温泉についてボーリング業者による掘鑿明細書の地温記録から、その全域にわたる深層地下熱状態を明らかにしたが、由布院温泉の場合もこの方法が有効である。ただそれらの測定が業者の手で行われているため、その正確さに対する信頼性が問題となる。こうした事を考慮に入れ、更に数孔における筆者の実測値とそれらと比較・検討した上で深層の地温分布を求めた。

この他、由布院全体から得られる温泉量とその熱量を求め、更にその温泉量から各主要化学物質の排出量の概算を行い、その結果を利用して源温泉水に関する推定を試みた。

### 地下熱構造について

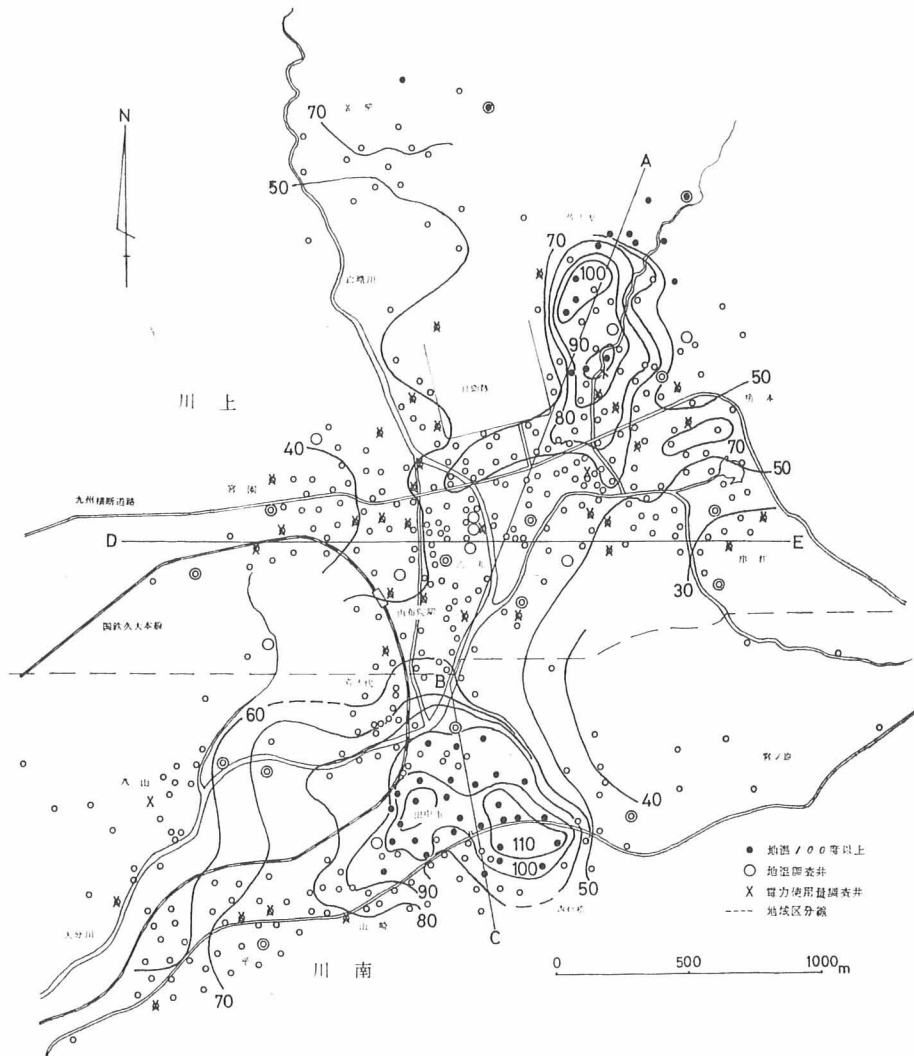
由布院温泉ではこれまで700孔以上に及ぶ温泉孔が掘鑿されているが、昭和36～49年1月の間に掘られたもの、内ボーリング業者による掘鑿明細書が得られた448孔（図1中・印：・は地温100℃以上）について、その地温測定値から50 m深毎に100～300 mの地温分布を求めた。これらの信頼性を確かめるため、9月13・14日に13孔、11月14～16日に12孔のほぼ全域にわたる25孔（図1中○印）において正逆2本の温度計をワイヤーで下し、30～100 m深毎に地温の測定を行った。その結果（文末表）を業者の測定値と比較したが、2孔で20～30℃という誤差の大きいものがあった他は数℃程度の差で全体的にはそれ程影響ないと見なすことができる。一般に業者の測定はボーリング途中に行われるので低目になっている。

温泉孔深度のほとんどは大体200 m深までであるため由布院全域にわたる地温状態が知られる150 m深の分布を図1に示したが、泉温及び他深度の地温分布もほとんど同じ様相を呈している。それによると高温域は北部の川上地域では佐土原地区に、南部の川南地域では石松地区に存在することが知られた。これはこれまで明らかにされている静止水頭分布や各化学成分の濃度分布と同じ傾向であり、特に $Na^+ \cdot Cl^-$ 量の分布と良く一致している。

各深度毎の分布状態を比較すると、川南では100 m深の場合80℃以上の高温域が石松地区から山崎・平地区にまで拡っており、その地区ではむしろ深層で地温が低下している。これは石松地区で上昇

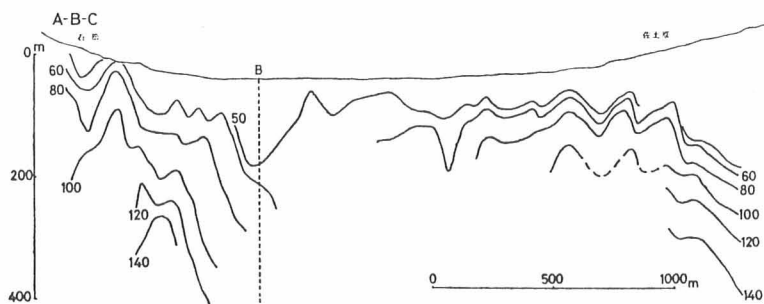


図1 150m深の地温分布 単位：℃



した高温の熱水が、より浅い透水性の良い層に入って山崎・平地区に向けて流下しているためと考えられる。川上の自衛隊前地区でも同様な現象が見られる。全般的には深度が増すにつれて地温も高くなる傾向であるが、ある深さまでは地温が上昇してもそれ以深になると逆に低下するという孔も数多く見られる。ボーリング業者はそうした徴候が現われると掘鑿を中止しているのであまり明確な事は

図2 地温断面図 (A—B—C) 単位：℃

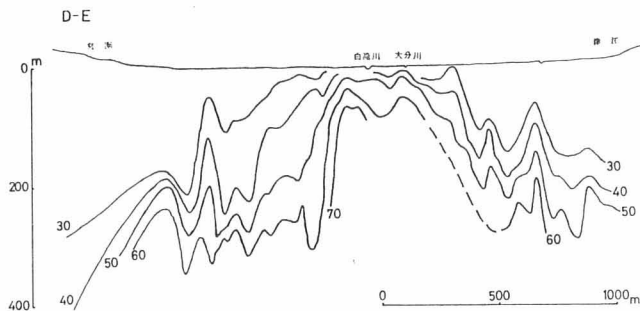


言えないにしても、佐土原や石松地区の高温域でも顕著に見られることは注目される。

図2は佐土原地区から石松地区に至る地温の断面図であるが、最高地温は同じ程度であるにしてもその様相にははっきりとした違いが現われている。それは川南の石松地区では山麓部で割合浅層にまで高温部が広がっているのに対し、川上の佐土原地区では逆に平野部で高温部が浅く山麓部ではむしろ深くなっている。これは平野部の下方から熱水が上昇しているとも考えられるが、図1の平面図と考えあわせると山麓部で浸透した冷地下水が流下して温泉に混入しつつ平野部で上昇しているためと考えた方が種々の状況に合致しているようである。

図3はほぼ中央部における東西方向の地温断面図であるが、静止水頭分布や各化学成分濃度の分布

図3 地温断面図 (D-E) 単位: °C



等で見られた中央部における温泉水の帯状の流下状況がはっきりと現われている。

### 温泉量と熱エネルギー

由布院温泉の孔数や総湧出・揚湯量についてはこれまでの度(1.10.11)にわたって報告(表2)されている。

表2 由布院温泉の概況

測定年	総孔数 孔	活動孔数 孔	総採湯量 m <sup>3</sup> /day	平均採湯量 ℓ/min	平均泉温 °C
1950 <sup>1)</sup>	297	201	13200	45.93	54.92
1967 <sup>10)</sup>	447	309	13000	29.86	58.76
1972 <sup>11)</sup>	672	526	21000	39.72	60.9
1974	730	558	15400	19.1	66.0

最近では昭和48年に大分保健所から発表された「管内温泉概況」<sup>11)</sup>があるが、いずれも動力による揚湯について愛昧さを含んでいるのでその点に重点をおきより正確な値を算出した。

各孔毎の湧出・揚湯量や泉温についても上述の「管内温泉概況」<sup>11)</sup>で明らかにされている。ただ測定時間が一定でないため季節変動やその他の点で若干問題があるが、由布院温泉全体について年間平均的な値を知る場合それ程大きな差異はないと思われるのでそのまま利用させていただいた。しかし新しい測定値の得られたものはそれを用い、更に新堀整分(87孔)についても考慮に入れた。

湧出量や熱量を計算する場合自然湧出泉や自噴泉はそのままの値を利用できるが、動力により揚湯している場合は先づ揚湯時間を知る必要がある。だがそれは各温泉によって異なる上、同一温泉でさえ一定ではない点に問題がある。これについても、上述したように年間を通して全体的にほぼ一定であると見なし計算を行った。

それぞれの動力井についてはその電力使用量と動力の出力から1日当りの揚湯時間を算出することができる。出力はメーカーの話によると大体消費電力の8割にあたるそうであるから以下のような式が成立する。

$$\text{出力(時)} = 0.8 \times \text{消費電力(時)}$$

総電力使用量(月)÷日数(月)=電力使用量(日)

電力使用量(日)÷消費電力(時)=揚湯時間(日)

( ) 内は単位時間

これらをまとめて次式から揚湯時間が求められる。

$$\text{揚湯時間(日)} = \frac{0.8 \times \text{総使用電力量(月)}}{\text{出力(時)} \times \text{日数(月)}} \quad (1)$$

由布院温泉では動力揚湯井のほとんどに動力用積算電力計が用いられており、九州電力由布院出張所における記録から月別の総電力使用量を知ることができた。由布院温泉における全動力井 331 孔の内、揚湯にのみ用いられているのが確実な 176 孔について昭和48年7月と同49年2月（但し九州電力の記録では1ヶ月づつずれている）の1日当りの揚湯時間を求めた結果が表3に示されている。冬期

表3 揚湯時間調査

測定年月	48.7	49.2	平均	比率
揚湯時間	3.2	5.3	4.3	1.7

間に揚湯時間が長いのは予期された通りで、夏期の約 1.7 倍であった。又、年間の平均揚湯時間としてそれらの平均をとると 4.3 時間となった。しかし長時間揚湯する旅館・保養所では揚湯目的以外の動力と分けておらず、それらの揚湯時間を知ることができなかった。その為前述の値を確かめる意味も兼ねて、11月12日～12月10日の約1ヶ月間における一般の温泉30孔・共同温泉7孔のほぼ全域にわたる計37孔（図1中×印）で揚湯時間の調査（文末表）を行った結果、それぞれ 4.5・10時間という値を得た。一般の温泉については上述の平均値とほぼ同じ値となった。以上より揚湯時間を一般温泉は4.3時間、旅館・保養所・共同温泉等は10時間として揚湯量を計算した。

又、熱量(Q)は、温泉の比熱・密度・湧出量・泉温及び標準地温をそれぞれ  $c \cdot \rho \cdot V \cdot t \cdot t_0$  とおくと次式から求めることができる。

$$Q = c\rho V(t - t_0) \quad (2)$$

ここで  $c\rho = 1$  とし、又、上述の地温調査の結果から  $t_0 = 14.5^\circ\text{C}$  として各孔毎に算出した。それらの値の計は自然湧出・自噴泉と動力泉とに分けて求める一方、更に佐土原と石松水系を比較するため、静止水頭分布や各化学成分濃度分布を参考にしてそれらの勢力範囲をそれぞれ川上・川南地域の2つに分けて（図1中点線）計算した。

それにより由布院温泉全域からの総採湯量は  $10660 \ell/\text{min}$ 、総熱量は  $5.49 \times 10^8 \text{ cal}/\text{min}$  であることが知られた。これをこれまでの報告と比べて表2に示してあるが、孔数の割に総採湯量が増加していない。1孔当りの平均値からみると、泉温（各孔の泉温の平均ではなく熱量から求めた）は上昇しているのに対し採湯量はかなり減少していることが知られる。これは温泉孔の増加による影響と共に、より深部の高温の熱水を直接採り出していることに起因していると思われる。

又、それぞれの分類に従って求めた値を表4に示しているが、自然湧出・自噴泉は動力泉より100孔程少いのに対し温泉量は2.5倍、熱量は3倍程逆に多い。これは自然湧出・自噴泉の方が湧出量・泉温共に勝っていることを示している。地域別にみると川南の方がいずれも孔数は少ないが自然湧出・自噴泉では湧出量・熱量共に多く、全体的な量も勝っていることが知られる。1孔当りの値を比較するとそれらの事がよくわかり、川南の温泉が川上に比してかなり優勢であることが確認できる。

由布院温泉の流域面積は約  $39.3 \text{ km}^2$  であり、又、昭和46・47年の月別降雨量（建設省九州地方建設局大分事務所）からの平均年間雨量は  $2360.0 \text{ mm}$  となるから、年間総雨量（ $92.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ ）に対する温泉量（ $10660 \ell/\text{min} = 5.60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ ）の割合は約6%であると計算された。これは別府における値と比べてかなり小さいが、山間部と海岸部との差であるかもしれない。

参考までに湯布院町の他の温泉地から採られている温泉量・熱量と掘鑿中に測定された最高地温を

表4 採湯量と熱量

採湯別	地区名	川 上		川 南		全 域	
		総 量	平 均	総 量	平 均	総 量	平 均
自然泉 自噴泉	湧出量	3660	29.0	3980	38.9	7580	33.4
	熱量	$172 \times 10^6$	$13.7 \times 10^5$	$237 \times 10^6$	$23.5 \times 10^5$	$409 \times 10^6$	$18.0 \times 10^5$
	孔数	126		101		227	
動力泉	揚湯量	1940	8.66	1140	10.7	3080	9.31
	熱量	$83.0 \times 10^6$	$3.71 \times 10^5$	$57.0 \times 10^6$	$5.33 \times 10^5$	$140 \times 10^6$	$4.23 \times 10^5$
	孔数	224		107		331	
計	採湯量	5590	16.0	5070	24.4	10660	19.1
	熱量	$255 \times 10^6$	$7.29 \times 10^5$	$294 \times 10^6$	$14.1 \times 10^5$	$549 \times 10^6$	$9.83 \times 10^5$
	孔数	350		208		558	
未利用 (推定値)	採湯量					400	
	熱量					$24.0 \times 10^6$	
	孔数					42	
最高地温		166°C(-350m)		186°C(-270m)		186°C(-270m)	

単位：採湯量( $\ell/min$ )、総熱量・平均熱量( $cal/min$ )

表5 湯布院町における他温泉の概況

湯泉名	総孔数 孔	活動孔数 孔	総採湯量 $\ell/min$	総熱量 $cal/min$	最高地温(深度) °C(-m)
湯ノ平	21	15	236	$12.4 \times 10^6$	89(280)
奥江	6	3	56	$1.99 \times 10^6$	137(220)
塚原	6	6	202	$4.47 \times 10^6$	

表5に示した。ここで熱量を求めるにあたって標準地温を由布院と同じ14.5°Cとしている。

### 化学物質排出量と源温泉水量

由布院温泉における温泉孔分布とそれぞれの湧出・揚湯量が求められている。又、筆者らは既に各化学成分濃度の分布を明らかにしている。これらを対照させて各分布図中のそれぞれの等量線にはさまれた温泉孔の湧出・揚湯量の計を求め、それと両側の等量線の平均値との積を合計したものが由布院温泉からの化学物質排出量であると近似できる。

これらの操作を各主要化学成分について行った結果を表6に示している。これによると $Cl^-$ の場合

表6 化学物質排出量

陽イオン	総重量 $mg/min$	総当量 $meq/min$	平均濃度 $mg/\ell$	陰イオン	総重量 $mg/min$	総当量 $meq/min$	平均濃度 $mg/\ell$
$Na^+$	$181 \times 10^4$	$78.9 \times 10^3$	170	$Cl^-$	$153 \times 10^4$	$43.2 \times 10^3$	144
$K^+$	$22.8 \times 10^4$	$5.83 \times 10^3$	21.4	$HCO_3^-$	$287 \times 10^4$	$47.0 \times 10^3$	269
$Ca^{++}$	$15.7 \times 10^4$	$7.85 \times 10^3$	14.7	$SO_4^{--}$	$60.5 \times 10^4$	$12.6 \times 10^3$	56.8
$Mg^{++}$	$5.11 \times 10^4$	$4.20 \times 10^3$	4.79				
計	$225 \times 10^4$	$96.8 \times 10^3$	210.89	計	$501 \times 10^4$	$103 \times 10^3$	469.8

1日当りの排出量は $2.20t$ となる。更に温泉量( $10660 \ell/min$ )から計算されたそれらの平均濃度も併せて示しているが、 $Cl^-$ 濃度は $144mg/\ell$ となる。

ここで源温泉水なるものを考え、それが由布院温泉を形造っているとして、その $Cl^-$ 濃度を由布院温泉における最高値 $526mg/\ell$ であると仮定する。又、地下水の $Cl^-$ 濃度の測定値が得られなかった

ので温泉の最低値  $8 \text{ mg/l}$  を用いた場合、源温泉水量を  $x \text{ l/min}$  とすると次式が成立する。

$$526x + 8(10660 - x) = 153 \times 10^4 \quad (3)$$

これを解くと源温泉水量は約  $2800 \text{ l/min}$  となり、全温泉量の約  $26\%$  にあたる。これが前節で求めた熱量を運搬しているのだから(2)式から逆に源温泉水の温度 (T) が求められ、約  $210^\circ\text{C}$  と計算された。(表7)

$$5.49 \times 10^8 = 2800(T - 14.5) \quad (4)$$

表7 推定される源温泉水

Cl <sup>-</sup> 濃度	泉温	源温泉水量	比温泉量
$\text{mg/l}$ 526	$^\circ\text{C}$ 210	$\text{l/min}$ 2800	% 26

又、Na/K比 (=13.5) から熱水の温度を推定することができるが、それによっても<sup>14)</sup>  $210^\circ\text{C}$  という全く同じ値が得られた。

### 結 語

由布院温泉全域にわたる深層地下熱構造を調べ、佐土原・石松地区に高温域のあることを明らかにした上でその分布状態に考察を加えた。又、動力による揚湯時間が1日に4.3時間であることから総湧出・揚湯量が  $10660 \text{ l/min}$  と計算された。この値から熱エネルギーと化学物質の排出量を求め、前者については  $5.49 \times 10^8 \text{ cal/min}$  の値を得た。これらの結果から源温泉水についても考察を試み、それが全温泉量の約  $26\%$  にあたる  $2800 \text{ l/min}$  で、約  $210^\circ\text{C}$  であると推定された。しかし熱エネルギーについては地表からの放熱も考慮に入れなければならず、それも含めた由布院温泉全域からの放熱量を求めることが望まれる。

終りにあたり、本研究に御協力下さった大分県環境管理課・湯布院町・川越ボーリング工業KK・各温泉所有者並びに貴重な資料を提供下さった建設省九州地方建設局大分事務所・九州電力由布院出張所の諸氏に厚く御礼申し上げる。又、終止適切なる御指導・御助言をいただいた京都大学地球物理学研究施設の吉川恭三・山下幸三郎両博士と由佐悠紀助手に深く感謝の意を表する。

### 参考文献

- 1) 山下幸三郎：大分県由布院温泉について 大分県温泉調査研究会報告、2号、昭和26年
- 2) 由佐悠紀・川村政和：湯布院温泉における揚水試験（第1報）  
大分県温泉調査研究会報告、21号、昭和45年
- 3) 山下幸三郎・川村政和：由布院温泉における揚水試験（第2報）  
大分県温泉調査研究会報告、22号、昭和46年
- 4) 川村政和・山下幸三郎：由布院温泉の静止水頭分布  
大分県温泉調査研究会報告、23号、昭和47年
- 5) 軽部末蔵：大分県由布院温泉に於けるCl<sup>-</sup>・HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の分布について  
大分県温泉調査研究会報告、2号、昭和26年
- 6) KōSABURŌ YAMASHITA : Hydrothermal System in Yufuin Geothermal Field, Ōita Prefecture  
*Special Contributions, Geophys. Inst. Kyoto Univ., No. 7, 1967*
- 7) 川村政和・山下幸三郎：由布院温泉の化学成分からみた水系とその流界  
大分県温泉調査研究会報告、24号、昭和48年
- 8) 依田和四郎：由布院温泉地帯の地温分布 地球物理、1巻、4号、昭和12年

- 9) 吉川恭三：別府温泉の地下構造(1) 大分県温泉調査研究会報告、23号、昭和47年  
 10) 佐藤光一・矢野行雄・羽田野宗人・片岡武雄：湯布院温泉現況調査 大分県温泉調査研究会報告、18号、昭和42年  
 11) 大分保健所：管内温泉概況 昭和47年  
 12) 野満隆治・池田亮二郎・瀬野錦蔵：別府温泉涵養源としての雨量 地球物理、2巻、2号、昭和13年  
 13) 湯原浩三：温泉の湧出量と雨量 温泉科学、14巻、1号、昭和38年  
 14) 古賀昭人：地熱地帯における温度指示元素による化学温度計の適用 大分県温泉調査研究会報告、19号、昭和43年

地温測定値 単位：深度（-m）・泉温及び地温（℃）

地温測定値は正逆2本の温度計の平均をとっており、備考欄には参考にボーリング業者の測定による掘鑿明細書の値を記した。又、自噴泉については泉温と共に孔底温度のみを測定している。

深度	地温	備考	泉温	深度	地温	備考	泉温	深度	地温	備考	泉温
・大坪健三（9/11）				・乙丸共同温泉（9/14）				・立川玉雄（11/15）			
50	15.0	16.0		78	64.5		59.0	100	19.3		
80	14.5	16.0		・山本和義（9/14）				150	19.0		
200	39.0	40.0		82	74.0		71.0	200	19.0	18.0	
250	49.0	49.0		・下谷清登（9/14）				300	24.5	28.0	
300	56.5	56.0		150	65.5		64.0	350	43.5	44.0	
410	62.5	59.0		・亀の井バス（9/14）				・田口止（11/15）			
・梅林 襲（9/12）				・小野春海（9/14）				100 20.0			
50	48.0			144	55.0			150	67.5		
100	51.0			・片岡敬一郎（11/14）				200	81.0	60.0	
150	50.8			90	66.5		62.0	・溝口浩（11/16）			
200	50.3			50 15.0				100	(17.0)		
250	49.5			90	18.0			150	23.5		
300	50.8			・立川 融（11/14）				200	77.5		
350	51.0			100	69.5	105		300	87.0		
390	51.0			150	80.5	111		・岩男 颯一（11/16）			
・竹上昌光（9/12）				200	79.0	115		100	55.0		
220	42.5		14.5	・伊美公義（11/14）				150	56.0		
・中村 清（9/14）				100 86.5 85.0				・河田征夫（11/16）			
100	(17.0)			130	86.0	87.0		100	97.5		
200	60.0			・共立倉庫（11/14）				130	103.0		
290	70.0			100	36.5			・右田和生（11/16）			
・湯布院町（9/14）				150	39.8			100	20.0		
140	67.3	64.0	62.0	200	87.0	72.0		・多田彰文（11/16）			
・西川ツル（9/14）				250	108.0	(116.0)		100	74.5	67.0	
150	39.3		37.0	260	118.0	120.0		190	85.8	80.0	
・日野ハルエ（9/14）				・佐藤文夫（11/15）							
139	77.3		67.0	100	57.5	49.0					
・郭 賛 錫（9/14）				150	62.5	52.0					
200	59.5		58.0								

電力使用量調査 (11/12~12/10)

温泉名	出力	開 始		終 了		差		揚湯時間
	KW	日・時：分	KWh	日・時：分	KWh	日	KWh	時 間
佐藤 万一	0.2	12.14 : 40	8920.38	10.14 : 46	8956.02	28.00	35.64	5.09
渡辺 功	0.4	14 : 54	6782.25	14 : 35	6881.61	27.99	99.36	7.10
藤沢 哲	0.75	15 : 04	2268.80	14 : 07	2426.44	27.96	157.64	6.01
今井 六夫	0.4	15 : 19	3177.01	14 : 02	3300.56	27.95	123.55	8.84
姫野 広義	0.4	15 : 23	5104.14	14 : 38	5230.05	27.97	125.91	9.00
小野 力	0.4	15 : 33	8786.11	16 : 48	8890.03	28.05	103.92	7.41
立川 成文	0.2	15 : 47	4348.32	16 : 43	4386.85	28.04	38.53	5.50
利光 隆夫	0.4	15 : 59	2110.66	14 : 50	2236.59	27.95	125.93	9.01
八川 文男	0.4	16 : 03	0034.41	16 : 28	0086.07	28.02	51.66	3.69
道路公団	0.75	13.10 : 38	4885.85	13 : 03	4958.05	27.10	72.20	2.84
八川 正士	0.4	10 : 42	3913.13	12 : 58	4018.28	27.09	105.15	7.76
力武文四郎	1.5	10 : 50	5470.55	12 : 50	5558.43	27.08	87.88	1.73
鈴木 宗雄	0.75	11 : 26	2412.58	13 : 19	2532.99	27.08	120.41	4.74
浦田 英明	0.75	11 : 34	6387.03	13 : 15	6394.52	27.07	7.49	0.30
溝口 富門	0.75	14 : 54	0288.40	15 : 43	0359.75	27.03	71.35	2.82
古野 忠信	0.75	14 : 55	6047.43	15 : 37	6130.52	27.03	83.09	3.28
長谷川 功	0.75	15 : 00	3504.85	15 : 35	3596.78	27.02	91.93	3.63
松田 耕平	0.75	15 : 03	0389.15	15 : 27	0418.47	27.02	29.32	1.16
大津 積	0.4	15 : 10	2421.13	15 : 10	2527.56	27.00	106.43	7.88
立川 正	0.75	15 : 42	7408.40	14 : 28	7603.90	26.95	195.50	7.74
溝口 武雄	0.4	15 : 45	3169.60	14 : 32	3225.67	26.95	56.07	4.16
樋口 福一	5.5	15 : 53	2859.98	14 : 18	3506.05	26.93	646.07	3.49
野田 伸子	0.75	16 : 08	8831.90	13 : 36	8891.03	26.89	59.13	2.35
沢永 楠男	0.75	16 : 16	2320.31	13 : 47	2384.95	26.90	64.64	2.56
工藤 辰一	0.4	16 : 23	4985.50	13 : 57	4996.07	26.90	10.57	0.79
山崎ツヤ子	0.4	16 : 33	6344.84	16 : 22	6370.75	26.99	25.91	1.92
小野 繁敏	0.75	16 : 51	3342.10	12 : 35	3389.60	26.82	47.50	1.89
島末 末広	0.4	16 : 53	1884.40	12 : 32	1930.40	26.82	46.00	3.43
福田惣二郎	0.2	16 : 58	7699.42	12 : 30	7733.00	26.81	33.58	5.01
浦塚 茂	0.75	16.14 : 03	1986.17	13 : 28	2077.83	23.98	91.66	4.08
無田川共同	0.4	12.15 : 09	0276.83	10.14 : 04	0361.86	27.95	84.53	6.05
宝 鶴 荘	0.2	13.10 : 24	5545.55	12 : 28	5649.04	27.09	103.49	15.28
津江共同	1.5	10 : 53	9922.20	12 : 46	0303.55	27.08	381.35	7.51
八川 忠七	1.5	11 : 04	1571.66	13 : 08	2001.63	27.09	429.97	8.47
中島共同	0.75	11 : 40	2553.35	13 : 13	2604.97	27.06	51.62	2.03
湯ノ鼻共同	0.2	15 : 07	2574.63	15 : 17	2787.15	27.01	212.52	15.74
荒木共同	0.75	15 : 34	1756.50	14 : 26	2125.08	26.95	368.58	14.59

## くじゅう火山の温泉群 (9)

### 阿蘇野および長湯地区温泉の重金属について

大分大学教育学部 川 野 田 実 夫  
 志 賀 史 光  
 西 本 達 男

#### 1 緒言

筆者等は昭和45年度より、くじゅう火山に湧出する温泉について重金属（鉄・マンガン・亜鉛・銅、鉛およびヒ素）の分布状況を調査研究して、結果を本報告第22号より24号にかけて記してきた。

今回は阿蘇野川上流に位置する白水、阿蘇野の鉱泉と芹川に沿って点在する長湯・七里田の各温泉の重金属について調査した。調査温泉はいずれも遊離の二酸化炭素を  $1\text{ g/l}$  前後含む含炭酸土類泉である。

#### 2 採水状況

調査した温泉等の位置を図1、2に示す。採水はいずれの地区も昭和48年7月2日に行った。なお図1 阿蘇野地区採水点

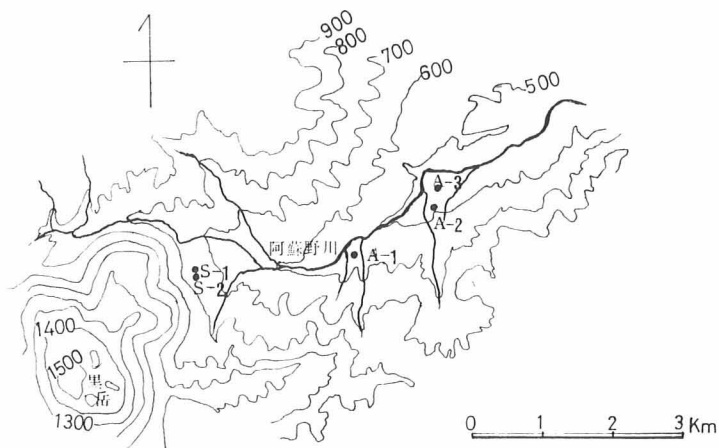
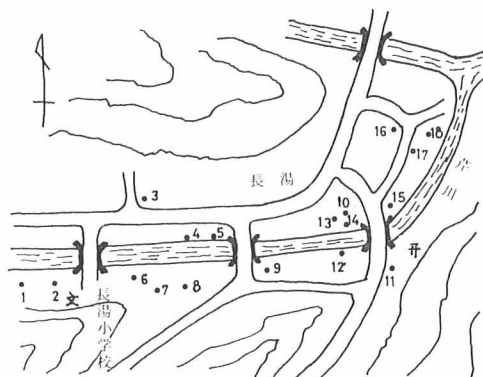


図2 長湯温泉採水点



七里田温泉の採水点の図は省略する。

#### 3 分析方法と結果

重金属の分析に供する試水は、現地で  $1\text{ l}$  につき塩酸  $10\text{ ml}$  を加えてもち帰り実験室で分析した。分析方法は前回までと同様である。表1に調査温泉中の重金属と、主要化学成分の測定値を示す。表中の記号 A.S.N.C はそれぞれ阿蘇野鉱泉、白水鉱泉、長湯温泉および七里田温泉をあらわし、数字は図1および図2の数字と同様である。



表1 調査温泉中の重金屬と主要化学成分含量 単位mg/l

№	泉名	泉温℃	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	As	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
阿蘇野地区	A-1	—	7.02	0.04	5.36	0.016	0.000	0.004	0.000	—	112	33.3	105	130	43.4	121.5	1120
	A-2	21.8	6.65	0.24	12.12	0.010	0.000	0.000	0.000	—	138	27.8	146	166	47.9	176.5	1421
	A-3	21.3	6.32	0.73	10.75	0.018	0.000	0.000	0.000	—	82	25.5	58	83	34.5	82.5	735
	S-1	8.5	5.40	0.05	0.24	0.014	0.009	0.000	0.000	—	9.5	1.2	28	3.5	2.2	13.0	117
	S-2	10.3	5.45	0.10	0.18	0.007	0.013	0.000	0.000	—	8.0	1.3	21	2.2	2.0	6.8	87
	S-3	12.6	6.63	0.00	0.07	0.008	0.004	0.000	0.000	—	10.1	2.4	31	8.3	10.6	51.0	90
長湯地区	N-1	39.8	6.80	4.97	3.32	0.009	0.000	0.000	0.000	0.008	386	56.0	139	255	164.8	362	2144
	N-2	48.0	7.22	0.45	2.36	0.006	0.000	0.000	0.000	0.015	470	109.0	252	396	218.0	502	3270
	N-3	41.3	7.15	4.45	3.19	0.004	0.005	0.000	0.000	0.011	427	72.0	170	302	198.4	435	2536
	N-4	37.3	6.63	5.87	1.40	0.010	0.004	0.000	0.018	0.008	379	57.0	151	264	178.7	358	2220
	N-5	38.4	6.87	5.94	1.42	0.004	0.000	0.000	0.000	0.004	328	59.5	150	262	167.8	305	2119
	N-6	37.6	6.60	4.58	2.52	0.008	0.000	0.000	0.002	0.008	352	59.0	151	254	174.7	362	2092
	N-7	42.3	6.85	4.52	2.60	0.006	0.000	0.005	0.000	0.008	533	78.5	192	330	213.2	460	2771
	N-8	41.5	6.76	4.32	2.72	0.002	0.002	0.000	0.000	0.012	442	70.0	178	295	198.4	438	2511
	N-9	34.0	6.48	4.65	2.50	0.007	0.007	0.006	0.004	0.004	225	40.0	92	169	105.1	197	1424
	N-10	40.7	6.90	4.06	1.32	0.010	0.010	0.019	0.022	0.000	160	34.0	172	172	56.0	76	1683
	N-11	45.8	7.00	5.55	1.70	0.006	0.000	0.000	0.002	0.008	330	69.3	180	275	152.0	267	2401
	N-12	36.2	6.75	3.94	2.80	0.007	0.002	0.002	0.005	0.002	234	46.5	102	186	122.4	211	1537
七里田	N-13	40.5	6.95	4.13	1.80	0.010	0.002	0.002	0.000	0.004	172	38.0	129	176	70.6	81	1638
	N-14	46.8	6.79	7.48	1.82	0.004	0.000	0.008	0.000	0.004	422	78.5	202	324	200.4	367	2679
	N-15	48.9	7.02	5.10	1.56	0.006	0.000	0.000	0.000	0.005	460	81.6	212	339	208.8	395	2817
	N-16	37.8	7.25	7.23	1.62	0.008	0.000	0.009	0.000	0.012	256	64.0	180	246	140.0	290	2131
	N-17	41.2	7.20	6.13	1.32	0.010	0.010	0.000	0.002	0.006	360	70.0	165	278	171.2	307	2321
	N-18	42.0	6.82	5.61	1.40	0.004	0.000	0.000	0.004	0.008	360	69.3	158	269	168.8	315	2297
	C-1	40.6	6.83	7.68	1.42	0.004	0.000	0.000	0.000	0.016	379	65.0	178	246	329.7	610	1623
	C-2	37.9	6.41	6.00	1.60	0.008	0.000	0.000	0.000	0.021	344	56.5	164	224	291.2	533	1439

#### 4 調査温泉中の重金属

調査温泉および他の地域の温泉中の重金属の平均含量を表2に示す。

表2 重金属の温泉群別平均含量 単位mg/ℓ

	温泉群	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	As
阿蘇野地区	白水鉍泉	0.08	0.21	0.011	0.011	0.000	0.000	—
	阿蘇野鉍泉	0.34	9.41	0.014	0.000	0.000	0.000	—
長湯地区	長湯温泉	4.94	2.07	0.007	0.002	0.004	0.000	0.007
	七里田温泉	6.84	1.51	0.006	0.000	0.000	0.000	0.020
飯田高原地区	釜の口温泉2)	7.4	0.63	0.015	0.010	0.013	0.000	0.13
	湯沢・大將軍2)	12.8	8.4	0.022	0.004	0.007	0.000	0.000
	別府温泉3)	1.64	1.1	0.31	0.01	—	—	0.22
	本邦温泉4)	—	2.3	0.9	0.6	—	—	0.34

##### 4.1 鉄およびマンガンについて

鉄の含量は長湯地区の長湯・七里田の温泉が高く、平均値でそれぞれ4.94mg/ℓ、6.84mg/ℓである。これに対して阿蘇野地区は白水・阿蘇野鉍泉ともに1mg/ℓを下回り、別府温泉平均の1.64mg/ℓと比較してもかなり低い含量である。表2中に釜の口、ヨシブ(湯沢、大將軍)の各炭酸泉の重金属含量を示したが、長湯地区を含めて、くじゅう火山の炭酸泉の鉄の含量は一般に高い。この中において、白水、阿蘇野の鉍泉は鉄が少ないということで特異である。

一方マンガンについてみれば、阿蘇野鉍泉の平均含量は調査温泉群中最高で、9.4mg/ℓである。中でも十合野の12.1mg/ℓの測定値は筆者等が、いままで調査してきたくじゅう火山の温泉の中では、湯沢温泉と並んで最高の値である。また長湯地区の温泉も1.3~3.3mg/ℓのマンガンを含み、阿蘇野鉍泉に比較すれば低いが、別府温泉や本邦温泉の平均とくらべると、それを上回るか、または近い値である。阿蘇野地区の白水鉍泉はマンガンの平均が0.2mg/ℓと低いが、鉄の0.08mg/ℓより大きく、Mn>Feという点で阿蘇野鉍泉と同様の傾向を示している。このように、鉄とマンガンの分布状況には阿蘇野地区と長湯地区とでは明らかな相違がみられる。すなわち阿蘇野地区はMn>Feで長湯地区はFe>Mnとなっている。そこで主要成分の当量百分率で両温泉を比較してみたが、表3に示す

表3 阿蘇野鉍泉および長湯温泉の主成分の平均当量百分率

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
阿蘇野鉍泉	11.1	1.6	12.1	24.5	2.8	6.1	41.7
長湯温泉	16.1	1.7	7.9	23.3	4.9	7.0	39.0

ようにほとんど両者間に大きな違いはない。このことは、鉄およびマンガンの挙動は、これらの地区では、主要成分にほとんど関係しないことを意味するものである。

##### 4.2 亜鉛・銅・鉛・ガドミウムおよびヒ素について

白水鉍泉の銅の平均値は0.011mg/ℓで別府温泉の平均値とほぼ等しいが、亜鉛はすべての温泉が0.02mg/ℓ以下で、別府温泉や本邦温泉平均よりもはるかに小さい。鉛は阿蘇野地区温泉ではほとんど検出できなかったが、長湯温泉ではいくつかの温泉で検出され、平均値は0.004mg/ℓを示した。カドミウムはすべての温泉で検出されなかった。

長湯地区温泉のヒ素は、長湯温泉が平均0.007mg/ℓであるのに対して七里田温泉の方は0.02mg/ℓとわずかに高い。これは塩分量では長湯温泉が七里田温泉の方が高いことによるものではないかと思われる。しかし長湯温泉でヒ素と塩素の相関々係をみた場合、ヒ素が極めて低いために、両成分間に

有意な関係は見い出せなかった。

## 5 結言

今回くじゅう火山群の温泉中、阿蘇野地区および長湯地区の温泉について重金属の含量を調査したが、以下に結果を要約する。

1. 阿蘇野地区温泉は他の地域の炭酸泉に比較して鉄の含量は小さいが、マンガン含量が大きく、すべての温泉で  $Mn > Fe$  の関係がある。
2. 長湯地区温泉は鉄、マンガンともに  $1 \text{ mg/l}$  以上含有しているが、両成分の関係はすべて  $Fe > Mn$  である。
3. 調査温泉中、鉄およびマンガン以外の重金属含量は別府温泉や本邦温泉の平均にくらべてはるかに小さい。

おわりに大分県温泉調査研究会が当研究の費用の一部を負担されたことを付記すると共に、採水、分析に協力していただいた本学部研究生広田寧孝氏に感謝する。

## 参考文献

- 1) 志賀史光：川野田実夫：大分県温泉調査研究会21号（1970）
- 2) 志賀史光：川野田実夫：大分県温泉調査研究会23号（1972）
- 3) 古賀昭夫：温泉科学10. 2（1959）
- 4) 岩崎岩次：火山科学（1970）

# 大分市塚野地区の鉱泉および地質調査報告

大分大学教育学部 川野田実夫  
森山善藏

## 1 概観

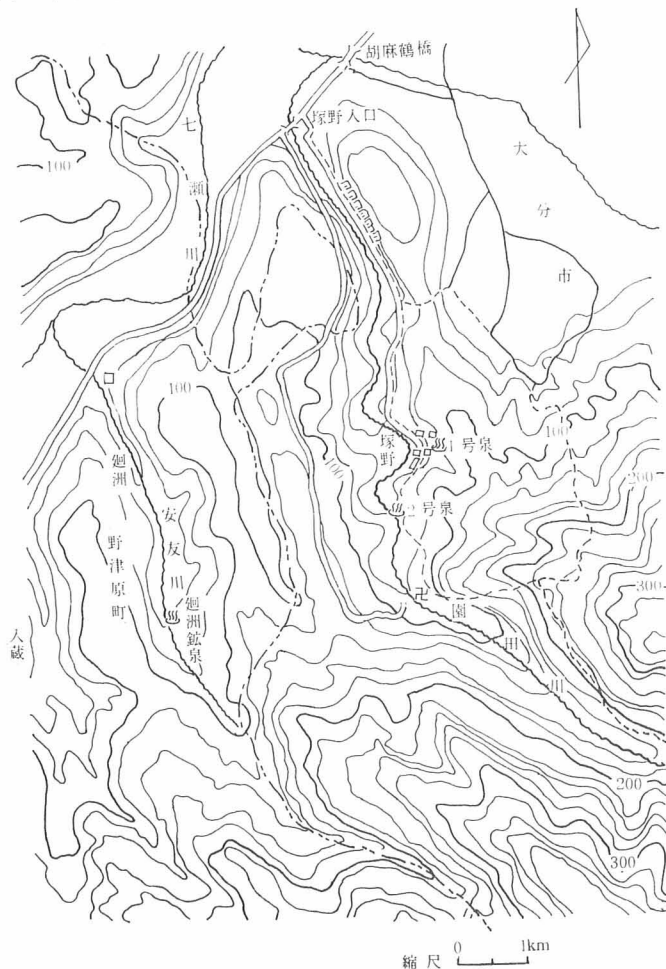
塚野鉱泉は大分市の中心街からみて南々西10km、大分市廻廻野<sup>めぐすの</sup>の塚野にある。第1図にみるとおり大分郡野津原町との境界に近く、この一帯は最近、上記野津原町から分離して大分市に編入された地区である。

塚野鉱泉に至るには大分駅より定期バスにて、県道、大分一温見一竹田線を約20分南に、七瀬川に沿って溯り、塚野入口下車、さらに南方へ、園田川に沿い徒歩10分にて現地に達することができる。

塚野鉱泉は1号泉・2号泉の2本の鉱泉からなり、古くから泉水の飲用によって、胃腸病その他に効能ある鉱泉として著名であり、現在では1号泉の近くに4軒の中・小旅館が開かれている。

この鉱泉および付近の地質については文献はほとんどなく、本調査研究会にもこれまで紹介された記録はない。筆者らは昭和44年と昭和48年の二度にわたり、本地域に新たな鉱泉の試掘申請が出され、本地域の既存鉱泉の状況や付近の地質を調査する機会をもつことができたので報告する。なお本鉱泉は野津原付近に比較的広く分布する野津原古生層中から湧出する炭酸泉であり、本県の古生層中から湧出する鉱泉として他に例をみないものである。(図1参照)

図1 塚野鉱泉の位置と地形



記録はない。筆者らは昭和44年と昭和48年の二度にわたり、本地域に新たな鉱泉の試掘申請が出され、本地域の既存鉱泉の状況や付近の地質を調査する機会をもつことができたので報告する。なお本鉱泉は野津原付近に比較的広く分布する野津原古生層中から湧出する炭酸泉であり、本県の古生層中から湧出する鉱泉として他に例をみないものである。(図1参照)

## 2 地質の概要

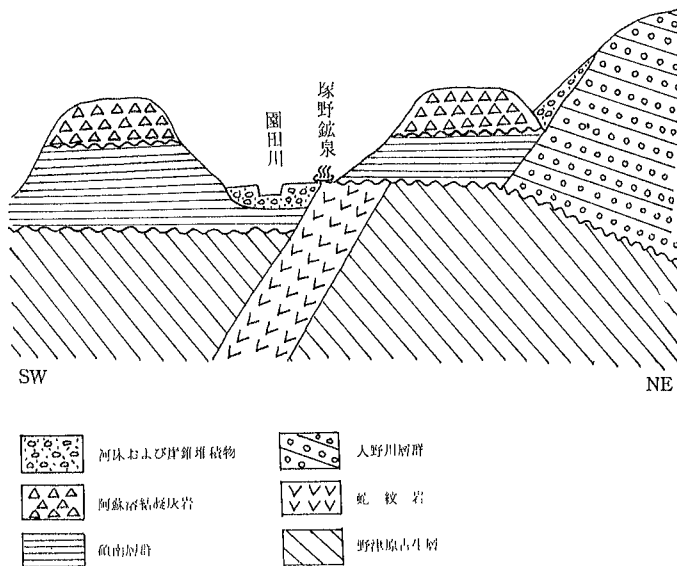
本地域には古生層から現世の河床堆積物にいたる6種類の時代を異にする地層および火成岩・変成岩などが分布している。すなわち

第1表 塚野地域の分布岩層

地質時代	分布岩層	構成物
現世	河床堆積物	砂・礫
洪積世	阿蘇溶結凝灰岩	輝石安山岩質溶結岩
新第三紀	碩南層群	灰砂層・礫岩
中生代	大野川層群	礫岩
中生代	貫入岩類	蛇紋岩
古生代	野津原古生層	粘板岩・砂岩 珪岩他

第1表に示すような分布岩層・構成物などからなる。(図2参照)

図2 塚野鉱泉付近の模式断面図



以上の諸岩層について古いものからその概要を説明すると、

古生層：本地域の基盤となるもので、園田川の浸蝕によって川の兩岸や河床部に露出している。この古生層は古くから野津原古生層と呼ばれており、南部にゆくほど熱変成・動力変成作用を強くうけており、朝地変成岩とも呼ばれている。本古生層は野津原町から朝地町にかけて、北東から西南方向に延長22km、幅は厚いところで5kmと細長い分布を示す、塚野は本古生層の分布の最北端に位置している。塚野付近の古生層は砂岩、粘板岩、珪岩などからなり、変成度も低くほとんど未変成の岩石からなる。

蛇紋岩：上記の古生層を貫いて蛇紋岩が貫入しており、本地域では古生層の層理にほぼ平行して東北から西南の方向に、幅200m、延長6kmの岩脈をなす。この蛇紋岩中には厚さ20m以上の古生層の砂岩と少量の珪質の礫岩からなる互層が夾みこまれている。この比較的厚い蛇紋岩岩脈の北西縁辺部の数箇所からいくつかの鉱泉が湧出している。鉱泉の湧出している部分では蛇紋岩の一部が変質して菱苦土鉱が生成されている。

大野川層群：古生層の東側には広く中生代上部白亜系の大野川層群が分布する。岩質は赤色砂岩礫岩層と、一部に灰緑色の凝灰岩などを夾む厚大な礫岩層からなる。宇曾層と呼ばれて大野川層群中では最下位にあたとされている。上記の古生層との間には不整合と思われる。

碩南層群：古生層の上部に、碩南層群にあたる新第三紀層が古生層を被覆して分布する。本地域では黄土色の灰砂層や礫岩層からなり、層面はほとんど水平である。本層は東植田層の一部にあたるものである。

阿蘇溶結凝灰岩：上述の碩南層群のさらに上部に阿蘇溶結凝灰岩が載っている。本地域の阿蘇溶結凝灰岩は比較的凝灰質で濃黒灰色を呈する。

河床堆積物：園田川の河床にある現世の河床堆積物で量はきわめて少ない、主に大野川層群中から選ばれた赤色砂岩礫岩層の風化砕屑岩片や礫などからなる。

### 3 塚野鉱泉

塚野鉱泉は前述の如く1号泉と2号泉の二本の鉱泉からなり、両者の距離は18mであり、いずれも含炭酸・重曹弱食塩泉からなる。

1号泉は濃度の最も濃いもので、園田川の右岸側で、河岸から東方に約50mの位置にあり、蛇紋岩岩脈中から湧出している。2号泉は1号泉の南18mで、園田川の蛇紋岩体中から湧出している。昭和44年9月に1号泉・2号泉の濃度比較をおこなったが、2号泉は1号泉の約73%の濃度を有していた。(第2表参照)

鉱泉はいずれも蛇紋岩中から湧出しており、分析結果からみてMgがCaより多いという特徴を有する。

第2表 塚野鉱泉の化学成分

鉱泉	気温	水温	pH	量	Cl	Na	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
1号泉	27.3°	17.5°	6.4	2.5ℓ/m	4134	2950	87.5	207	277	1.1	2900
2号泉	27.3	17.5	6.4	4.5ℓ/m	3032	2280	59.0	149	207	1.7	2070

単位p.p.m (採水日44.9.22)

大分県の大部分の温泉・鉱泉（六ヶ迫・直川は例外として）が火山地帯から湧出しているのに対して、本鉱泉は古生層を貫く蛇紋岩体中から湧出している炭酸泉である点は医療効果と共にきわめて特異で貴重な鉱泉ということができよう。

塚野の1号泉と2号泉を結んだ延長線上で、2号泉の南西7kmの地点、すなわち安友川の上流付近に同質の廻洲鉱泉がある。廻洲鉱泉は大分郡野津原町に属し、鉱泉の泉源の位置に地図上にプロットしたところでは塚野の1号泉と2号泉の延長上からはいくらか北にずれているように見える。廻洲鉱泉も蛇紋岩体の北西縁辺部から湧出している。廻洲鉱泉および安友川の河川水の化学分析値を第3表に掲げる。

第3表 廻洲鉱泉および安友川の河川水の化学成分

試料	気温	水温	pH	量	Cl	Na	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
廻洲貯水槽	29.0°	22.3°	6.4	5.4ℓ/m	775.0	670.0	26.0	73.1	74.7	2.1	949.0	56.5
廻洲泉源	29.0	18.8	6.4		775.0	672.0	27.4	73.1	74.7	2.1	958.0	56.5
安友川上流	29.0	18.8	7.5		146.0	10.3	0.60	11.1	11.4	5.1	85.5	26.5

単位p.p.m (採水日44.9.22)

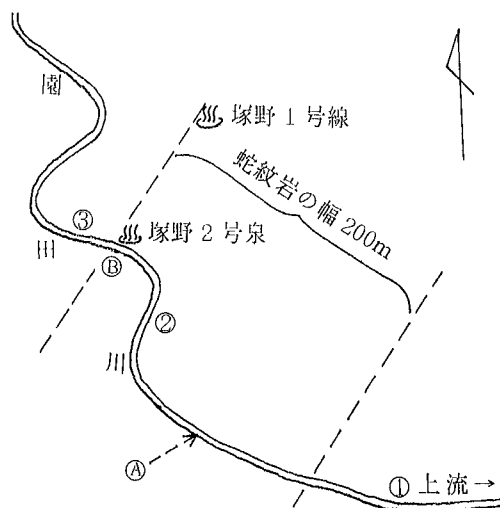
以上の分析値からみると廻洲鉱泉の濃度は塚野1号泉の約20%の濃度を有すると思われる。

廻洲鉱泉の3kmの野津原町下原の長谷にも炭酸泉があり、荷尾杵花崗岩と呼ばれる花崗岩の裂罅中から湧出している。

注目すべきは塚野鉱泉・廻洲鉱泉・下原鉱泉の三者がいずれも七瀬川断層線と呼ばれる規模の大きい断層線上に位置していることである。

#### 4 塚野鉱泉付近の現況

図3 園田川の採水地点



最近塚野鉱泉付近に新しい鉱泉の試掘申請が出されたことから塚野鉱泉付近の古生層を貫いて分布する蛇紋岩体の中に他にもいくつかの鉱泉の湧出微候があるかどうかの調査をおこなった。この目的のために塚野2号泉の一带で、蛇紋岩をほぼ北西方向に貫いて流れる園田川の数地点で河川水の採水をおこない水質の変化を調べた。分析値は第4表に掲げ、採水地点の略図を第3図に示す。

- ①＝園田川の河川水である。蛇紋岩体にいたるまゝの河川水で、蛇紋岩体からの湧泉の影響が全くないと思われる河川水。
- ②＝園田川が蛇紋岩体中を150m流れてからの河川水。
- ③＝②の2号泉から放流された鉱泉水の混った河川水（現在、2号泉は採水施設が不完全で全量が放置放流されている。）

第4表 園田川の河川水の化学成分

採水地点	気温	水温	pH	Cl	Na	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
①	20.5°	12.5°	7.6	2.8	4.7	0.27	7.4	1.8	6.7	33.5	14.4
④	20.5	17.0	7.3	7.1	8.9	3.80	10.0	7.4	9.3	78.1	56.4
②	20.5	13.2	7.7	3.2	5.1	0.40	7.7	2.1	6.7	36.6	15.6
⑤	20.5	18.3	6.4	880.0	820.0	40.4	64.8	48.0	2.0	1525.0	73.2
⑧	20.5	14.0	7.1	22.7	24.0	0.79	10.2	3.0	6.7	70.3	18.7

単位p.p.m (採水日48.11.8)

④—阿蘇溶結凝灰岩の下底部から湧出している湧水で比較的量が多い。

⑤—前出の2号泉であるが、川岸から斜めに突出たビニールパイプから出ている自然湧出泉のもので昭和44年当時と較べて濃度が非常に薄くなっており、現在の2号泉中には相当量の河川水の混入が考えられる。

以上の分析結果からみて、②の河川水の分析値に鉱泉水の影響と認められるような数値があらわれれば、蛇紋岩体の各部に湧泉があることが考えられるが、分析結果から①と②を比較してもそのような事実は認められない。

## 5 まとめ

- 塚野鉱泉は野津原古生層を貫く幅 200m の蛇紋岩体中の西北縁辺部の2箇所から湧出しており泉質はいずれも含炭酸・重曹食塩泉からなる。
- 塚野鉱泉は野津原町廻洲鉱泉、下原鉱泉と共にいずれも七瀬川断層線と呼ばれる断層線上に位置している。しかし塚野鉱泉・廻洲鉱泉は蛇紋岩中より湧出し、下原鉱泉は荷尾柵花崗岩と呼ばれる花崗岩の裂隙中から湧出している。
- 塚野鉱泉は現在、1号泉が2.5ℓ/m、2号泉が4.5 ℓ/mの計7 ℓ/mが湧出しており、総量が少なく、顕著な医療効果をもつといわれており、非常に貴重な鉱泉といえることができる。
- 化学分析の結果によると、現在の鉱泉の湧出地点以外の蛇紋岩体の各部分からは鉱泉の湧出している事実はないようである。すなわち、現在の湧出地点以外の蛇紋岩の各部分からの鉱泉の漏水があるものなら、現鉱泉以外の地点に新掘をおこなうことの可能性も考えられるが、このような事実はない。従って1個体の岩体中からさらに新しい掘さくによって鉱泉水を採取することがあれば vein状のこのような岩体にあっては相互に関連しあって、既存の1、2号泉が減少するというような影響が深く懸念される。
- 現在塚野2号泉は採水施設も破損し、湧出孔にも河川水が混入していて、全量が河川に放流されている。従って現状ではまず新規掘さくより無意味に放流されている2号泉の一部を分泉するというような有効利用を考えなければならぬと思う。

# 宝泉寺における温泉権の実態（上）

大 野 保 治

## 1 宝泉寺温泉の概況

### (1) 位置と輪廓

宝泉寺温泉は、広大な九重高原地帯の周縁部に散在する九重温泉群の一つとして阿蘇国立公園の北西部に位置し、標高約600mの谷合いにある閑静な山の温泉場である。周囲には、7、800mの尾根が重畳し、山頂近くまでみごとに植樹された杉木立のたたずまいの中を、溪谷を縫うように宝泉寺川が流れて町田川（玖珠川の上流）に合流し、川縁に沿って旅館や土産品店等がたち並んでいる。

近傍には筋湯温泉、釜ノ口温泉、さらに日田寄りには天ガ瀬温泉、久住寄りには星生温泉、牧ノ戸温泉、坊ガツル温泉など中小規模の温泉場が環状に散在して、九重温泉郷を形成する。

宝泉寺温泉の地籍は現在、玖珠郡九重町に属するが、昭和30年2月1日九重町に合併するまでは玖珠郡南山田村であった。宝泉寺温泉（後述四地区）の人口は40年現在、世帯数にして〇〇、人口は〇〇人である。資源としては、温泉の他は林業があるくらいで他に見るべきものもなく、そのため、ここ数年来、近隣の農村地域では過疎現象が著しく、大きな社会問題となっている。交通は現在でも、必ずしも便利とは言えず、昭和6年全通した久大線豊後森駅から支線の宮原線（豊後森一小国間）へはいり込むこと約12キロ、所要時間20分で宝泉寺駅に、徒歩4、5分で温泉街に着く。バス便では、豊後森町から小国行定期バス（大分交通）が温泉場入口を通るが、前述のように昨今では過疎化がひどいため、鉄道便・バス便ともに最小限にまで回数を減じている。このような山溪狹隘の地に位置する地理的不便は現今でも避け難いが、戦前にあっては、さらに宝泉寺温泉の発展を大きく阻害する要因であった事実は否定すべくもない。しかし戦後は、昭和30年代も後半に至って、九州中央部にある阿蘇国立公園——熊本・大分両県にまたがる世界的な大カルデラの阿蘇山群と九州最高峰の九重火山群を併わせた面積67,829ヘクタールの山岳高原地帯——の観光価値が再評価され、国や地方公共団体によって大規模な開発が促進されるに及んで新たな脚光を浴び、加えて昭和39年10月九州横断道路が開通してからは、当温泉場も九重高原の“山ので湯”の一つとして再評価され、戦前の湯治場の性格から脱却して近代的観光温泉へと、その様相を急激に改めつつある。

かくして、宝泉寺温泉を訪ねる観光浴客は年々増加の一途を辿り、昨今では、年間延べ35万人を下らず、その大半は一泊せいぜい二泊程度、客種も観光団体が7、8割を占め、最近では家族づれのレジャー客もかなり増え、観光シーズン中はどの旅館も満員になることが珍しくないという。かつて戦前に見られたような湯治中心の滞在客は殆んどその姿を消し、さような湯治客は胃腸病に特効があるといわれる湯の平温泉（湯布院町）と、神経痛・リューマチ専門の筋湯温泉（九重町）に奪われてしまったと一部の人がとを嘆かせている。宝泉寺温泉が、ここ10年来、鄙びた湯治温泉から近代的性格の温泉場へと変質しつつある社会的背景にはそれなりの種々の要因がひそんでいるが、それは後に述べるところである。

### (2) 宝泉寺温泉の構成

宝泉寺は、宝泉寺川と一部町田川に沿って、上流からいわゆる宝泉寺温泉と呼ばれる地区（以下、狭義の宝泉寺温泉と称す）、その下流に位置する壁湯温泉地区（字名では大西地区）、そして壁湯周辺の農村地帯からなる生龍地区、さらに上流に遡ること約2キロの川底温泉と呼ばれている地区の、都合四地区に分かつことができよう。沿革的には、当温泉場発祥の地ともいべき宝泉寺地区が往古



に開け、大正から昭和にかけて川底温泉と壁湯温泉がこれにつづき、戦後に至って、温泉入浴の利便に浴したのが農村部の生龍地区であった。

叙上のように、均しく宝泉寺といっても、各地区の発展の時期や態様は必ずしも軌を同じうするものではない。また、地下泉源の地質学的構造も複雑で、その泉脈についても、四地区が同一水路に属すると速断するには疑問があるとされ、<sup>(1)</sup>地区により多少とも相異していることから、湧出量にしても、地区ごとに過剰なところもあれば不足勝ちのところもある。泉温とて同様で、宝泉寺地区、それも上流ほど高温で、駅前一带と下流の壁湯並びに生龍地区が概して低いとされる。こうしたことから、温泉をめぐる権利関係も温泉利用の実態も、地区により、それぞれ特徴を有することは言をまたない。ともあれ、宝泉寺温泉を概括的に把握する限り、地区により幾分のニューアンスの差等が存するにもかかわらず、そこには、宝泉寺温泉共通の特異性が明確に存することは以下に述べるとおりである。

### (3) 宝泉寺温泉の特異性

宝泉寺温泉（広義）の特異性について述べるなら、社会構造との関連で、総合的に次のことを指摘することができよう。

一口に言って、戦前、当温泉場を含む周縁地帯が社会構造的特質としてヘルシャフト（Herrschaft）的な村落構造をとっていたこと、そして戦後の今日、そのような地域の特質が急激に変化を遂げていることである。こうしたヘルシャフトの構造は、かつては村落共同体的性格の濃厚な農村地域、なかんずく、閉鎖的で資本主義生産様式の滲透し得ないような山村社会に顕著に見られたのであるが、こうした構造的特質が、当温泉場にあっても、戦後の温泉源の所有形態や温泉の利用関係などに端的に反映しているという事実である。ちなみに、当温泉に頗る類似した性格のものとしては、群馬県の四万温泉を挙げることができよう。<sup>(2)</sup>

さて、当温泉場には現在、大小合わせて15軒のホテル・旅館が数えられる（地区別では、中心をなす宝泉寺11軒、壁湯3軒、川底1軒）。さほど数多くもない旅館の中で、宝泉寺地区の国際観光ホテル「宝泉荘」と宝泉寺観光ホテルがトップに立ち、これを追ってグランドホテル「山の湯」が続き、以上の三ホテルが当温泉の全般にわたって、大きな支配力と影響力をもっていると言われている。トップに立つ先の二ホテルは暖簾を誇る戦前からの入湯旅館で、他の旅館集団を何かにつけリードする立場にあり、例えば宿泊客の収容能力をみても、後者のホテルを合わせれば全旅館の能力のほぼ半分を占めるほどである。また、いずれも土地の旧家・名望家で資産も多く、宅地や山林もかなり所有していたとのことである。こうした戦前からの社会的地位と経済的優位から、戦後開業した大方の新規旅館主は、戦前もしくは戦後の一時期に何らかの形で恩顧を受けない者は少ないと言われ、このことが温泉をめぐる社会関係を複雑なものにしている。

以上のように、戦前からの階層秩序関係は現在に至るまで、地域の社会生活・経済生活で多かれ少なかれ影響を及ぼしている。例えば、それは、旅館集団と一般地域住民との間にも拡大された形で存在する。既述のように、温泉以外みればべき資源とてなく、何ら生計の術をもたぬ地域住民にとっては、生活補充のため出稼ぎにでも出ない限り、温泉営業に何らかの形で依存せざるを得ない状況にあるからである。戦前にあっては、杉山の木の伐採から下刈り作業、また燃料用に下枝の譲渡を受けるなど有力支配層の庇護の下で生計を保持してきた地域住民は、戦後には、旅館の従業員（番頭・女中・運転者・接客係など）から商店・食堂・土産品店、さらにサービス業の営業まで、また農家では、生産する野菜類から養鶏・養魚・椎茸栽培に至るまで、その供給を旅館業者に依存する。

しかしながら、叙上のごときホテル・旅館グループと地域住民とのタテ社会特有の支配—服従関係は、一面では、なお維持され利用されながら、他方では、激しく変貌を迫られているかに見える。それというのも、日本経済の高度成長の影響を受けて、道路網の整備と交通機関（とくに自家用自動車

)の普及、またマスコミ文化の浸透が都市と山村の距離を圧縮し、都市同一化現象のスピードを早めて戦前からのヒエラルキー階層秩序を弛緩させ、一部の地域有力者の社会的・経済的地位を動揺させるに至ったからである。こうした全国的社会現象から当温泉場も例外であり得るはずもなく、急速に近代的観光温泉へと脱皮を迫られているというのが昨今の実情である。数年前の、娯楽遊興施設にからむ暴力団の殺人事件、それにつづく“ピンク温泉”と新聞紙上を賑わせた管理売春の警察摘発事件などの続発は、こうした近代的観光温泉への移行過程で発生したものとして理解されよう。

ともあれ、当温泉場は、将来とも温泉近代化への途を急ぎつつ、各ホテル・旅館の宿泊客誘致競争に一段と熾烈さを加えると共に、後述するように、一面では温泉共同化（集中管理）への途を模索しながら、他面では、個人中心の温泉源の開発と確保に狂奔するといった事態がなおも続くであろうことが予想される。

## 2 宝泉寺温泉の沿革

### (1) 史蹟「宝泉寺」の来歴

宝泉寺温泉の歴史は古く、史蹟「宝泉寺」の開祖は1200年ほど前、この地に出た名僧、開心和尚だとされている。往古、高野山の高僧、空也聖人が全国遊説のみぎり当地を訪ねた際、たまたま弓矢を持つ当地の狩人に出合ったことから仏法を説いたところ、彼の和尚は直ちに帰依することを誓い、その証として、永年使用してきた弓矢を大地に突き差し、傍に一庵を結び、読経と布教に明け暮れていた。爾来30年、天禄3年突如襲った大地震にひたすら仏の加護を祈っていたところ、大地に突き差していた弓矢の根先からコンコンと熱湯が噴き上げているのを見た和尚は、これも偏えに空也聖人の靈験によるものだといたく感激し、聖人の木像を彫んで庵に祀り、一寺を興して平原山宝泉寺と名付けたのが当地名の起りだと言いつたといわれている。

その後、開心和尚は、入浴用に石櫃（ピツ）を造り齋戒沐浴の時以外はいっさい温泉を使用せず、また一般にも、常時入浴を許さなかったという。この庵寺は鎌倉から室町時代へと守り継がれ、やがて大友氏の全盛を迎えるや、ひたすらキリスト教に帰依した大友宗麟は豊後一円の社寺仏閣を焼き尽くした時（〇〇年）、当山も焼かれた。しかし、暫くして徳川時代を迎え、当地が天領に組み込まれてから当山も再興され、幕吏が遠く江戸から査察にやって来、代官の薦めで管内の当名湯で保養するようになってから、接待役が必要となり、当地の豪族で大友氏の家臣でもあった池部氏（宝泉荘当主の先祖）が「湯守」として任命され、自来代々、温泉の万端をとり仕切るようになったのだという。もっとも、こうした事例が、一部の温泉地に見られるような藩主による温泉利用の特権的承認のケース——幕藩時代、藩主が特定の者に温泉とその湧出地を直轄領として与え、その中の一部につき、特定の旅館業者にその独占的利用の特権を認めたがごとき<sup>(3)</sup>——であったかどうかは文献がなく、口伝であるだけに、しかと審らかでない。しかし、現在までの利用状況を概観する限り、こうした歴史的背景を受けて、当泉は温泉部落団体の総有的支配に服するというより、池部氏を中心とする営業者個人の温泉支配の形態に近いものであったと思われる。事実、明治期に入ってから土地改革（官民有区分の地租改正）で、この寺院趾は池部氏個人の私有地（の一部）とされて今日に及んでいるのである。

以上述べた往古の史蹟も、昨今では、当時の面影を僅かに遺しているに過ぎない。しかし今なお地域住民は当温泉の開祖、開心和尚の功德を偲び、庵趾の元湯を「石櫃（ピツ）の湯」と尊称して永年にわたり親しんできたのであった。この発祥の由緒ある名湯も、後述するような旅館営業者たちの掘さく狂乱の犠牲とされて湧出に異変を生じ、ついに昭和41年1月から完全に湧出が止まっており、当温泉の故事来歴を知る者にいたく惜しまれている。

## (2) 戦前から戦後への概略

宝泉寺地区には、上の「石ビツの湯」と並んで、さらに宝泉寺川の上流約 100メートルの川岸に「川端（バタ）の湯」と呼ばれる部落湯があり、他地区にも幾つかの部落湯が見られた。昔から親しまれ共同利用されてきた部落湯は、いわゆる旧慣上の温泉権の性格をもち、永らく古典的利用形態をとってきたと考えられる。蓋し、わが国民の入浴慣行は古来共同利用であり、部落諸団体（のち単一の団体）が湯泉湧出地に共浴場を設置して維持・管理し、個別的権利者としては、その共浴場施設を無償利用して自由に入浴できるのが一般的であった。ところが交通の便が開け、部落構成員以外の外来者が湯治や保養のため来集するようになってくると、滞在のための宿泊施設が必要となってくると共に、従来の部落慣行に何らかの影響を及ぼすこととなった。

さて、当温泉の徳川期の温泉利用の実態は、遺された文献が全くないから臆測の域を出ない。明治期から大正期にかけては、前記池部氏の代々経営する「いずみ屋」——宝泉荘の前身——と矢野氏の経営する湯本屋——現宝泉寺観光ホテルの前身、但し所在地は現在A氏の別荘となっている——があった外は、橋本屋・境屋・港屋があったと古老は伝える。当時、外来の湯治客は玖珠一円と津江（日田地区）から徒歩または馬、籠等でやって来て、なかには食糧持参で長逗留を楽しむ者も少なくなかったという。宿屋の中にも、自炊施設を設けて便宜を図っていたものもあった。この時代には、部落温泉団体と外来利用集団との間にはさほどの問題を生じることもなく、相互に平穏に利用し合って何らの利害の対立も生じなかった。

戦後、当温泉が再び湯治場として復興の兆しをみせた昭和30年頃から、特に顧客が増え始めた前記「いずみ屋」にとっては、旅館営業上、部落住民との共同入浴は迷惑と感ぜられるようになったようである。営業者は、えてして自己の内湯を利用する時は勿論、一般の個別的利用権者とともに共浴場を利用する時にも、温泉利用を自己の営業的視点からのみ把握して私的利益追求にはしる。つまり、部落温泉団体と営業者の自己目的（利益追求）が共存共栄しうる状態にある限り紛争は生じ得ないが、両集団が、利用目的を本来異にすることから一度利害相反する対抗関係に入ると、紛争を惹起する。その勝敗の決定は、一にかかって両者の社会的力関係に依存する。当泉において、永年支配を継続してきたという歴史の実績と浴舎施設等自己の資金で維持・管理してきたとする経済的事情は、当然のことながら旅館側を優位に立たせ、その結果、旅館側は入浴時間の制限という積極的態度に出たとされる。すなわち、昼間は浴客、夜間は部落民の利用とするとの取り決めも、浴客が夜間を希望し、また男女混浴を嫌悪するといったことから、旅館側では、入湯客の要望を口実に部落民の共浴権を排除しようとする態度に出た。ここにおいて、両者の感情的対立は高まったが、旅館側でも永年の部落慣行を一挙に否認しきる訳にもゆかず、苦慮するあまり、浴舎の施設を改造して部落民が自由に入浴できないようにしたともいう。社会的・経済的に優勢な旅館側の一方的ともいえるべき共浴権無視に対し、何ら適切有効な対抗手段をもたぬ部落温泉団体では次第に共浴をあきらめていったものの、これを契機に、何としても地域住民自らの泉源を確保することで対抗する以外にないとの共通の意識も生まれ、それはやがて後述するような温泉共同化の時代を迎えて、具体的な住民運動となって現われたのである。

## 3 温泉権の実態

### (1) 概要

宝泉寺温泉4地区の源泉総数は、県（玖珠保健所）の調査では、昭和47年3月末現在で67（宝泉寺44、壁湯3、生竜6、川底14）、この中で現在利用中のものは41、残りは潤濁か休止により利用不能なもの（24）と未利用のもの（2）である。現在利用中の源泉はすべて（未利用のものも含めて）自噴であって、動力揚湯泉はない。その殆んどが谷合いの狹隘の地に湧出するため、水位が比較的浅い

からだとされる。また利用源泉総数のうち、42度C以下の低温のものが13あり、全体の三分の一近くを占める。湧出量は毎分5,736リットル（宝泉寺地区2,979リットル、壁湯1,600リットル、生竜195リットル、川底962リットル）となっている。

各地区ごとの利用状況のうち、とくに問題の多い宝泉寺地区の個人別の概要を次に掲げる。

宝泉寺（地区）温泉個別源泉状況（S48.3.31 県・玖珠保健所）

No	地区	所有者	所在地	権利設立月日	ℓ/min		備 考
					泉温 度	湧出量 リットル	
1	宝泉寺地区	矢野克也(1)	大字田字峰 2205-4	S41.9.3	33	120	
2	〃	〃 (2)	〃 字平原 2189地先	46.6.28	(47)		無許可で掘さくのため埋めさせる (河川敷)
3	〃	足立 権介	〃 字平原 2206	29.8.4	32	40	自家用
4	〃	湯棧 進(1)	字宝泉寺 2028	33.12.1	84	23	自家用 榎木の分湯
5	〃	〃 (2)	字平原 2020	39.2.28	43	21	未利用
6	〃	佐藤絵三郎	〃 2197-1	33.9.26	45	72	自家用
7	〃	楳木 宣夫	字宝泉寺 2115-2	39.7.21	55-57	47	温室利用 観光ホテルへ
8	〃	池部 忠之	字峰 2347-2 地先	35.10.24	—		代替のため廃孔 河川敷
9	〃	菅原 厚見	〃 2351地先	34.11.24	62-68	90	河川敷 龍泉閣利用
10	〃	矢野 克也	字宝泉寺 2112	34.5.27	57	16	最初自噴泉観光ホテル利用 現在動力足立へ5ℓ分湯
11	〃	田籠 勝	字峰 2354	35.2.16	80-82	48	自家用 観光ホテルへ
12	〃	川端共同温泉	字宝泉寺 2110	(認定) 22.12.27	(75-35)		自然湧出泉現在休止 部落共同湯
13	〃	矢野万州夫	〃 2358	37.3.2	84-89	31	自家(アパート)用
14	〃	松崎 公助	〃 2106-1	40.3.5	89	75	自家用
15	〃	友成 英世	〃 2359-3	45.6.2	76	123	医療用(医院)
16	〃	池部 忠之	〃 2101	39.9.14	81-88	175	山の湯ホテル
17	〃	佐藤 博	〃 2100地先	38.12.12	90	140	河川敷 山光園
18	〃	池辺弥八郎	〃 2099-4	41.1.22	87	320	宝泉荘 観光ホテルへ分湯
19	〃	〃	〃 2063	認定不明	(68-30)		自然湧出泉現在休止中(かつて 部落湯)
20	〃	矢野 克也	字峰 2366-1	39.12.8	60	30	観光ホテル
21	〃	〃	〃 2368-1	48.3.10	58	54	観光ホテル
22	〃	戸沢 政行	字平原 2097-1	31.1.7	63	0.5	休止中
23	〃	〃	〃	24.9.19	44	2.5	自然湧出 自家用
24	〃	良水スエ子	〃 2074	41.10.14	(未着工)		
25	〃	宝泉寺共同 温泉組合	2367-3 地先	48.2.14	59	50	河川敷 4名共同(町)
26	〃	中谷 義人	字峰 2371-2	39.12.8	33	90	南山荘
27	〃	菅原 厚見	字宝泉寺 2092	41.2.3	38	80	龍泉閣
28	〃	金丸 種次	字峰 2372	32.7.8	39	30	一休荘 動力泉
29	〃	中谷 秋義	〃 2424-3	35.2.16	35	157	南山荘
30	〃	佐藤 角次	大字菅原字龍野 原 1869-3	42.4.8	41	200	自家用

ところで、温泉権には、その発生過程から二系列があると考えられる。一つは、明治期以前に、近代法以前の権利の体系の中で部落慣習として（いわば「生きた法」として）今日に至っている温泉権、すなわち「旧慣上の温泉権」（旧慣温泉権）で、他は、明治期に確立された近代法の体系の枠の中で近代法的な権利関係として成立した温泉権、すなわち「近代法的温泉権」である。両者は温泉権の社会的、したがって法的な、相互の影響・移行の下に流動的に変化してきたのであるが、当温泉での実態を究明するためには、その歴史的な、したがって原理的な差異を理解することが必要であると考えられる。よって、温泉権の実態については、両者の立場から次に考察を進めてみることにする。

## (2) 旧慣上の温泉権

宝泉寺地区の部落共浴場として、かつて「石ビツの湯」と「川バタの湯」の二つが広く利用されていたことは、上述したところである。

さて、一般に、徳川期においては、源泉は地元の村落共同体の総有に帰し、村落共同体の構成員はその資格に基づいて、自由に入浴したり洗濯をするなど日常に使用することが出来たことは、県下の温泉地につき拙稿で何回か報告してきたところである<sup>(4)</sup>。かような一般的総有形態の他に、時には（その多くは村落共同体の仲間的構造の成立が遅れ、隷属的支配関係が残存しているような処では）村落の中の有力支配者の単独所有か、もしくは合有に帰し、村落民は、その支配者による隷属関係の反射として温泉を利用しては過ぎない場合もあった。徳川期以前から池部氏により代々、単独支配をしつづけてきたと思われる「石ビツの湯」が前者の好例なら、以下に述べる「川バタの湯」は、後者の合有形態による有力者層の支配下にあったと推測される。ところで旧慣温泉権の利用主体は、明治以後の法的近代化——明治初期における私有財産制度（その原型として私的所有権制度）の導入によって確立された近代法の体系——の過程の中に多かれ少なかれ投影され、やがて、それは、解体・変質のプロセスをたどるのが全国の旧慣温泉権の一般的状況であった。

ここで、「川バタの湯」の所有状況について述べるなら、その地盤所有権は現在、地域住民の6名の共有となっている（南山田村大字町田字宝泉寺2111番、鉱泉地1坪）。明治期は6人持ちであったが、大正期にかけて、2口分が地元営業者の矢野氏と、1口分が新たに池部氏に帰属（矢野氏は当初からの1口分に加え6分の3）したことが認められる<sup>(5)</sup>。閉鎖的な共同社会で、発展の余地も少なかったため、その持分権が部落構成員以外の者に帰属したことはなく、現在、地域住民4名でその6分の5を、残り1口を宝泉寺組が所有している。

静かな山間渓谷の地で天然湧出を続けてきて何ら変哲を見なかった「川バタの湯」（戦後は「川端共同温泉」と称する）も、戦後昭和30年代後半の経済成長の余波を受け、下流に位置する旅館群の狂乱掘さくの嵐に巻き込まれて温度低下を招き、「石ビツの湯」の完全湧出停止（昭和41年1月）に引き続き入浴もほぼ不可能な状態となり、昨今では洗濯に利用される程度で、浴舎も荒れるに任せている状況である。かつての共同利用権者たちも、個別に掘さくしたり分湯ないしは配湯を受けるなどして、さほどの不便も感じなくなっている。ここにおいて、旧慣温泉権はその社会的機能を喪失し、近代的な個別私権化への途を歩み始めたとみてよいであろう。

なお、戦後、源泉共有権者である矢野氏がその持分（6分の3）の一部を宝泉寺組に寄贈したいきさつは、次のような事情による。往年より「川バタの湯」近くに住み、入湯旅館（湯本屋）を営んでいた前記矢野氏は、昭和29年7月28日付で宝泉寺組に自己の持分の一部（6分の1）を寄贈したのであるが、その理由として、旧慣上の共同温泉でありながら「組」が全く権利を持たぬのは不自然であること、また当時共同温泉の経営に貢献していなかったこと等を挙げるが、その内実は、近隣の一部の人の言を借りれば、矢野氏がそれより以前（昭和26、7年頃）地の利に一段と恵まれた川下の自己所有の現在地に進出して大々的にホテル経営にのり出そうと計画しており、そのためには、源泉の共有では個人で自由に使用できぬことから持分権の一部を放棄して「組」へ贈与する代償に、同共同温

泉の地先の河川敷に新規に掘さくすることを暗黙に承認してもらおうとする意図があったのではないかと。(事実、同氏は当該地先に掘さく申請を出して「保留」となり、申請を取り下げている)。

叙上のように、旧慣温泉権は、明治以降の近代法の体系の枠の中で何らかの解体・変質を遂げざるを得なかったのであるが、その利用主体であった部落温泉団体は制定法の上では法的地位を承認されていた訳でもなく、急激に消滅した場合を除き、通常それは、旧来の伝統的部落団体や近代法的性格の組合・会社・財産区など様々な形態において支配されてきたのであった。この点、当温泉では、その支配が特定の営業者(旅館業者)グループを中心に主に展開してきたことは以下(第4章)に述べるとおりである。

### (3) 近代的温泉権(続報予定)

### (4) 分湯と配湯状況(同上)

### (5) 温泉紛争

調査した一件のみ、その概要を次に述べる。もっとも、本事例は、温泉の権利の得喪自体を直接に争ったものではなく、訴訟に関連して源泉権の所有や利用関係をめぐり論争となったものである。

本訴訟(大分地裁日田支部家裁(調停))の当事者は、もともと近隣に住む甥と叔父(並びに、その子)の関係にあり、申立人は叔父経営のホテル従業員であった。申立人は幼少にして父、引き続き母を亡くしたことから、将来を案じた相手方らは彼を引き取り養育し、彼に遺された財産(家屋並びに田畑、山林等)を代って管理すると共に、義務教育からさらに高校へと通学させた。その間、申立人が18歳に達するまで相手方ホテルに住ませ、雑役などに無償で使っていた。18歳以後は自宅に帰り、農業に従事するかたわら、同ホテルで有償で働いていた——その賃銀の取り決めが不充分であったことから養育費との相殺で紛争を招いた——が、申立人が成人に達するに及んで、相手方らは結婚費用等すべて自らの負担で申立人の妻帯の世話をなし「一家をなさしめた」のであった。結婚後も同ホテル内の売店経営を彼ら夫婦に任せるとともに彼をホテル送迎用のマイクロバスの運転手として雇い、何くれとなく面倒をみていたことが知られる。

紛争の直接の原因は、申立人が壮年に達した後の同ホテル内の売店利益金の配分と月給の多寡にあった。相手方らにしてみれば、申立人は「幼少の時からわが児同然に育ててきた」こともあって他の従業員並みの待遇は必要ないと考えていたようだし、一方、申立人側では、養育費は亡父の遺した「農地よりの上米年2石5斗及び山林30年生立木杉300本の売却等」で相手方らに支払済みと考え、「損害は余りお掛けして居ないと確信し」ていたようである。

こうした事情と背景の中で発生した温泉源掘さく和利用のトラブルが両者の感情的対立を一層刺戟し、紛争の解決をより困難なものにしたように思われる。すなわち、紛争の惹起する以前、昭和34、5年頃、相手方らはホテルの拡張工事をしたため、温泉プールや各部屋の浴槽や冬季厳寒時の暖房用に多量の熱湯を必要としたが、自家泉源だけではその需要を満たし得なかったことから、湧出可能と目されていた申立人所有の宅地内に温泉掘さくを試みようとした。もっとも、相手方らには他に3本の自家泉源があることから、申立人との共同掘さくという形で申請をすることにし、昭和37年3月2日付で掘さくの「許可」を得た。但し、その時の掘さく名義人は申立人のみとし(多分、相手方らは他に自家泉源があることからし不許可になることを心配したものであろう)、掘さくの経費(当時、10数万円)は全額相手方らで負担する代り、湧出源泉については、申立人が自家用に使用した残量すべてを永久に同ホテルで使用すること——以上が当事者双方の契約内容(昭和44年1月1日締結)であった。

この紛争が起り提訴がなされるまで、申立人は自家浴用とその後新築したアパート居住者用に湧

出泉を使用し、残湯のすべては、相手方らにおいて申立人所有の畑地を通過して同ホテルまで引湯し利用していた事実が認められる。提訴が決定的になるに及んで、申立人は売店売上金や賃銀未払金の請求をなしたのに対し、相手方側もまた申立人の養育費や結婚等の負担額を支弁するよう請求した。併せて温泉権をめぐることは、申立人は自らの必要に応じて自費で掘さくしたものであると主張し、相手方への給湯を拒否するという実力行使に出て次のように主張した。①温泉使用料として昭和38年より同44年10月まで(80カ月分)、1カ月5千円として金40万円、②引湯管の土地使用料として1カ月2千円として金40万8千円を申立人に支払い、③申立人等が共有する水路内の引湯パイプ施設については後日の為、然るべき契約書を作成すべきこと。これに対し、相手方らは、申立人の請求は契約違反であり、「不法に温泉を横領し、昭和40年10月以降は一滴の湯も使用せず莫大な損害を蒙らせ」られ、ホテルの受けた「損害金も2千万円以上である」として契約通りの給湯の履行を迫り、給湯を原状に回復するよう請求したのであった。

昭和46年3月22日、大分家裁(日田支部)では「調停」を試み、次のような条件で解決をみた。すなわち、①申立人敷地より湧出する温泉に対し、相手人(ホテル)は権利を放棄すること。②申立人は相手方が現在無償で申立人敷地内に埋没してある引湯管による土地の別途使用は認める。但し、相手方は申立人が宅地造成をなすなどの場合には相手方の費用をもって引湯管の設置を変更すること。

#### 4 宝泉寺温泉共同化の推移

##### (1) はじめに(旧慣の解体過程)

一般的に次のことが言えるであろう。<sup>(7)</sup>——地域社会の社会構成や産業構造が閉鎖的・単一的で、何ら進展をみないような、いわゆる鄙びた温泉場においては、総有的温泉権の態様も静態的で、旧慣温泉権は容易に解体・変質をみないものである。ところが、資本主義の生産や経営の方式が滲透してくるようになると、物質的欲望が高まり競争意識も生まれ、一方では自由と権利の主張が見られるようになって、伝統的閉鎖社会はその内部から崩壊を開始する。とくに温泉権の場合、利用権者が資本を有する営業者であり、且つ団体内部の有力者上層で占められる場合、これらの温泉利用権者集団(旅館営業者グループ)が、事実上、総有温泉権を独占し、その結果、温泉の利用主体は、永年使用してきた温泉団体(部落利用者グループ)から彼らの手に移ることになる。温泉利用をめぐる社会的力関係において、彼らが所詮、優位に立つからである。こうして、旧慣温泉権の主体であった部落温泉団体は、しだいに経済力をバックにした特定の旅館営業者集団の登場によって後退し、旧慣温泉権もまた解体・変質の過程をたどる。その解体過程も、変化の程度・内容は部落団体のおかれた自然的、社会的諸条件に左右され、一様ではない。急激に解体・消滅に近づいたとき、紛争を契機に再び復活・強化する場合もあるのである。以上の指摘は当温泉にも直ちに妥当するであろう。

要するに、旧慣温泉権は近代法の体系の中で、その影響を受け、近代的温泉権との対抗関係において変化してゆく。全国的にみて、戦後まで生き残った旧慣温泉権は解体の速度を早めていると考えられるが、とくに昔ながらの古典的利用形態を最近まで基本的に遺していた当宝泉寺温泉においては、解体過程が急激でその速度があまりにも早かったため、これに代替し得べき独立の温泉利用団体の成立をみるという近代法的变化が適応しきれず、通常一般発展過程(旧慣の解体ないしは変質→近代的温泉権→共同化(集中管理))を短年月に一挙に迎えたところに、以下に見られるように温泉共同化作業を困難にする社会的・歴史的要因がひそんでいたと考えられる。

##### (2)宝泉寺地域温泉利用研究協議会の発足

ここ宝泉寺地区では、本稿頭初にも触れたように、昭和35、6年頃から温泉掘さく行為が漸増し、それも旅館業者に限定されず、地域住民(農家、林業営業者、商店など)にまで及んだが、山間の狭

隘な温泉場という立地条件から地下泉脈の分布も限定され、全湧出量もさほど多くない現状から、新規掘さくは必ず既設泉に何らかの影響を及ぼし兼ねないことが予測され、事実、これまでも、新たに掘さくする度ごとに近接泉との間に紛議を生じていた。こうした地域の度重なるトラブルの事態を憂慮した県・町当局では、昭和40年10月5日管内の温泉利用権者を主に、温泉関係者を当地（九重町南山田支所）に集めて「温泉に対する説明会」を開いた。この説明会では、温泉法関係法令の解説がなされると共に、九重諸温泉の現時点における温泉利用と泉源保護の実態とが報告され、併せて将来への展望と対策が検討された結果、すでに管内の温泉場の幾つかは「温泉資源を最も適切に活用せねばならぬ重大な時期にきている」との厳しい現実認識のもとに、温泉をめぐる合理的利用と適正な配分について早急に取り組む必要があることが指摘され、温泉関係者とくにホテル・旅館業者の奮起を強く促したのであった。

九重温泉群の中にあっても、当宝泉寺が最も深刻な事態を迎えており、地域ぐるみで住民挙げて解決しなければとする機運も漸く生じ、苦慮していた心ある関係者が率先して立ち立ち「宝泉寺地域温泉利用研究協議会」の発足をみるに至った。その設立趣旨は次のようなものであった――

宝泉寺地域の温泉事情は、年々競掘の様相を深めつつあります。この時にあたり宝泉寺地域の観光開発、並びに観光客の誘致等について考慮するならば現況における温泉源依存活用は、極めて憂慮にたえないものがあります。このまま放置する時は、未利用温泉はもとより温泉の枯渇等々、温泉が生命であると云っても過言でもない当宝泉寺温泉の発展のため、由々しい重大な課題を内蔵させていると考えられます。

よって、地域内に湧出する温泉の高度利用を研究し、将来の温泉問題について何等危懼することなく、物心両面にわたり、この不安を除去、お互は営業と観光客誘致に専念できるよう協力一般して、温泉の利用研究をなす目的の達成を図り度く、ここに温泉利用研究協議会を組織することを発議するものであります。

言うならば、本協議会は、宝泉寺温泉の現事態の認識を踏まえて将来の基本的性格と方向を決定づけるための研究協議の機関であった。そこでは、当然のこととして、温泉の集中管理方式が予定され、温泉共同化が志向されていたのである。

爾来、本協議会では、翌41年から42年暮にかけ十数回にわたる研究協議の集いが持たれ、既設の源泉所有者による温泉源の保護、温泉の高度利用、適正な分湯等に関して熱心な討議が行なわれた。この間、昭和41年1月に新たに就任した（前）帆足町長は、前江藤町長の既定路線を継承して、宝泉寺温泉の共同化推進に大きな役割を果たしたのであった。こうした結果、本協議会では、この際、宝泉寺の温泉共同化には「共同利用組合」の設立以外にとるべき途はないとして衆議一決をみた。

本協議会を推進母体に、宝泉寺地区内に設立しようとしている懸案の共同組合は、その具体案として、まず構成は「地域において温泉を利用し営業している者、及びこれに賛同する者」で組織し、将来においては地域住民にも呼びかけて参加させる予定であること、運営に必要な経費は「負担金並びに補助金をもって充当する」が、必要に応じては負担金をその都度徴収すること、役員についても、また規約等についても、全員協議の上で定めるなど着々と準備は進行していった。

### (3) 宝泉寺地区温泉共同利用組合

当初、発起人たちは、組合の設立にあたっては源泉所有者のみで構成する「温泉組合」を想定し、組合の運営が軌道に乗ってから、一般地域住民にも参加させる予定であった。しかし、県や町当局では、地域住民の組合参加への要望が強いことを考慮して、地域住民をも含む「利用者組合」の性格をも併せもつ「温泉共同利用組合」へ踏み切るよう指導を試みた（その当時を回顧して、ある発起人は「地域の一般住民の力に押し切れられ、それをバック・アップする県や町に従わざるを得なかった」と述懐している）。地域住民が泉源確保と温泉利用の安定性を熱望していた点は前に触れたが、これは



後述するように、組合設立を不成功に終らせる一要因ともなったのである。

さて、宝泉地区温泉共同利用組合の創立総会を開催すべく、その準備会が昭和43年2月11日に開かれ、次の8名が発起人に選出された。(敬称略)

池部弥八郎(宝泉荘)	池部 忠之(山の湯)
矢野 克也(観光ホテル)	中谷 秋義(宝泉寺区長)
佐藤 博(山光園)	菅原 厚見(龍泉閣)
小田 瓊(春吉タクシー)	榎木 宣夫(温室栽培)

同年6月24日、総会のための設立発起人会、さらに7月5日、設立総会が当地支所で開かれる運びとなった。参考までに、当日の出席総数は48名、総会の席上、次のような役員が正式に選出された。

理事(6名) 池部(弥) 池部(忠) 菅原 中谷 小田 榎木  
監事(2名) 矢野 佐藤

本総会では早急に「温泉事業の計画書」と「温泉利用の実態調査書」を作成するよう決議され、具体的施策として、既定方針どおり泉源の開発には集中管理方式を採用して効率化を図り、合理的かつ適正な温泉利用をなすため、旅館の規模(面積、収容能力、室数、従業員数など)と温泉利用の実態(自家泉源所有状況、浴槽数と容積、引湯状況、受湯希望量など)を明らかにし、法の整備(理事会規則や温泉供給規則など)と法人手続の促進を図ることなどを申し合わせた。

ともかくも発足をみた宝泉寺地区温泉共同利用組合も、運営にあたっては難渋することが予測された。それというのも、組合の構成メンバーが複雑で生活利害が相反すること、すなわち、旅館・ホテル営業者集団と地域住民集団の対立は避け難く、前者にあっては、源泉を所有してなお自家給湯に余力あるもの、源泉は有するがとかく不足勝ちのもの、さらに全く源泉を有せず引湯により辛うじて旅館営業を行なっているもの、の三者三様の利害得失が錯綜し、組合運営上、意思の統一が頗る困難だったからである。この点に関しては、旅館・ホテル集団だけでなく、地域住民集団にしても農家、商店、サラリーマンと多彩で、これまた生活上の利害得失が複雑に絡み合って容易に協力体制が確立されそうにもなかったのである。その難航の経緯は、昭和44年1月23日に開かれた臨時総会(出席者32名、於宝泉荘)の質疑応答に端的に示されているので、当時の「議事録」の内容をここに再現してみることにする。――

総括質問 「組合の運営が全く有名無実であるが、今日までの延引経過について具体的に述べられたい。」

理事長 「経過報告(今日までの延引理由)(一)温泉組合の性格上の問題。全国どこの温泉地の例を見ても、元来温泉組合は泉源所有者の組合であって、一般も含めた温泉組合の結成はあまり例がない。従って、温泉組合の性格上の問題点を痛感した。

(二)泉源所有者の泉源擁護の問題。元来、温泉法は既存の泉源を擁護することが主眼であって、従って現在限界にきている宝泉寺地区の地下資源をこれ以上乱掘することは既存の温泉源に甚大なる影響を及ぼし、温泉によって生計を営む者にとって、その生活権を脅かすものである。

(三)温泉の合理的利用の問題。従って新掘させず、既存の温泉源を最高度に活かし、一般家庭に供給させる事が有効適切な方法だと考える。その為には、泉源所有者が寛大な気持で余剰の温泉を提供し合い、これを共同管理の下に合理的利用を計る事が宝泉寺将来の発展を期することになるのではないか。

以上のような見解の相違により、今日まで具体的推進をみずに至った次第である。」

―― 「泉源所有者が温泉を提供して下さる事は大変結構であるが、その場合、温泉提供者の権利の問題はどう考えるか。また、どれ程の湯量を提供するのか、具体的なデータを示せ。」

理事長 「一例であるが、昭和43年1月18日現在の宝泉寺温泉総湧出量は1080リットルである。そのうち、約350リットルは分湯している。これは全湧出量の30.9%に当たる。しかし、供給者の

中には湧出温泉を放出の状態の者もいる。従って今後、温泉組合の共同管理の下に適所にタンクを設置し、これより配湯し個々の家庭にメーター器を設け、一定の料金を徴収し、温泉の合理的利用を図ることにより現在温泉の恩恵に浴していない家庭にも配湯すれば、ある程度の解消が計られるのではないか。

また、温泉提供者の権利の問題は具体的に「温泉提供量」「温度」「温泉（料）単価」等々のデリケートな問題を内蔵しているので、これらの問題を含め熟慮検討すべきである。いずれにせよ、温泉提供者がバカをみずに主体的な措置を考えるべきである。」

—— 「温泉を組合の共同管理の下にボーリングする事に決定しているものを、今更撤回し白紙に戻すとは筋が通らない。」

—— 「同意見である。（今でも）パイプを引湯しているが、現実にはお湯が少ない。従ってボーリングしなければ、局面の打開は困難である。」

理事 「泉源の限界の問題。役員が泉源所有者であり、泉源の補償が困難であることなどが運営上の問題点である。要するに、泉源所有者と受湯者との仲介の労をとるべき人が居なかったことが組合員相互の意思の疎通を欠き、今日まで延引した一因となった。」

—— 「地下資源の問題は非常に複雑で難しい。従って、その補償は問題である。絶対量が不足すれば、組合の下にボーリングし、泉源を持つことが必然的ではないか。」

理事長 「泉源補償（の問題）で、完全な補償は不可能である。ケース・バイ・ケースで、要はその時点で対処し、先ずお互に胸襟を開き、誠意をもって話し合うべきである。」

理事 「ボーリングの問題がキー・ポイントだ。新掘の場合、その場所に問題があるのではないか。」

理事 「根本（的問題）は、組合の結成が是か非か、である。その上で、影響の少ない処にボーリング場所を設定すべきである。」

—— 組合の結成を再確認 ——

—— 「共同タンクより高位置の引湯の問題やポンプ・アップ等の経費の負担はどう考えるか。」

理事長 「具体的な新掘の位置、タンクの設置、引湯配管等の問題は今後検討を加えるが、根本的には、上源タンクは湯棧進氏宅付近とし、できるだけポンプ・アップに関する経費の軽減に努める。また、個人の引湯ポンプ・アップに関する経費の組合負担は困難である。」

理事 「高位置にある泉源が枯渇した場合の補償は問題があるのではないか。」

理事長 「補償は現時点で考慮する。但し、減量の場合、泉源所有者の経営に支障をきたした量においては、今後組合で充分検討し責任をもって保証する。」

—— 「大局的見地から、（組に設置する）宝泉寺共同温泉の温泉は安価で提供して頂きたい。但し直接温泉権はなくてよい。」

—— 「宝泉寺区長の立場からも同意見である。」

理事長 「宝泉寺共同温泉への提供は分湯（配湯）時に具体的に検討する。但し、基本的に提供することは承認する。」

—— 以下省略 ——

以上のような質疑応答のあと、早急に組合法人化の手続を実施すること、当面する諸問題の解決を促進するため、現役員だけに任せず新たに推進委員（6名）を選出すること、などを決議した。その結果、次のような源泉を持たない地区住民六名が選ばれた。（敬称略）

湯棧 満（椎茸栽培） 岡本峰雄（宝泉寺組役員）

矢野勝政（農協役員） 金丸種次（一休旅館）

山崎 恵（食堂経営） 松平一億（宝泉寺区長）

なお、配湯する地域は温泉の絶対量も限界にきていることから宝泉寺橋より上流とすること、出資金

は一口につき10万円とし、完納期日は翌年2月末日までとすること、等を申し合わせた。しかし、実際に期日まで集まったのは百万円余といわれ、出資金延納願を出す者も20数名あり、共同組合運営の複雑性がここでも暴露されるに至った。

ともかくも組合設立を——との地域住民共通の願望も、一年後の昭和44年6年に及んで、組合内部のもつ本来的矛盾と、他方では施設総工費 3,000万円といわれる多額の経費の捻出をめぐる暗礁に乗り上げた。ここにおいて、組合内部から、元来このような温泉事業は公的性格のものであり、公の機関が主体となって事業推進にあたるべきだとの提案が強く打ち出され、一般の支持するところとなった。この辺の経緯は、次掲の「陳情書」が雄弁に物語っていると思われるので、その全文を掲げることにする。——

#### 温泉分湯管理に関する陳情書

この事について、昭和40年10月温泉法説明会と称する会を南山田支所に於て、前大分県温泉課長を始め、玖珠保健所佐藤所長、江藤総務課長並びに江藤前町長方々の御出席の許に開催され、翌41年1月帆足現町長就任以来、既設の泉源所有者によって泉源の擁護、温泉の高度利用、適正なる分湯等々に関して十数回に亘って種々検討して参りましたが、温泉管理、配湯等の運営面で難問題を生じ、昭和43年6月24日に設立発起人会が町長主催の下に開かれ、更に7月説明会が開催され、これを機会に設立総会に切り換え、即日温泉共同利用組合が結成されましたが、組合員の中には多数の温泉源を持たない部落民が地域ぐるみに加入している為に、温泉権所有者の間に利害相反する問題が当然起り、温泉所有者としては安心して、結成されたる共同利用組合の登記に踏み切ることが出来ずに今日に至っております。

先般来、有志相寄り、新しい方式による所謂集中管理方式の実施に踏み切るべく鋭意検討中ですが、孰れにせよ、現組合を発展的解散にし新構想の組織作りをなす意見に一致しましたが、結局泉源所有者と受給者との利害相反する事項が簡単に解決できそうもありません。

随って、公営機関においてこれを管理運営して頂くことが最良の方法ではないかとの結論に達した次第であります。技術的には県温泉課及び玖珠保健所の紹介による専門家により、別紙のようなマスタープランを作成して貰い、天然地下資源を効率よく利用することに賛意を表しており余剰の温泉は町田或いは引治、恵良方面にも将来分湯することも可能であり、町発展のため一大温泉郷の出現は火を見るより明らかであります。

何卒以上の諸件、御賢察の上、町営にて温泉の配湯機関として御審議賜りたく、御願い申上げる次第でございます。勿論、温泉所有者は湧出温泉の抛出は全面に承諾することを前提とし、抛出分湯はメーターに依り公正に算出されることとし、需要供給の若干の利幅により機関の運営をうけられることについては、全面的に信頼と協力を惜しみません。

結論として、本年3月末厚生省の発表により全国の温泉地に対し温泉法第15条による強力な規制が実施せられると聞いております。それだけでなく、地下資源が年々減少の一途をたどっており、現在一日も早く集中管理に踏み切りたい念願でありますので、町議会と併せ何卒御審議賜りますよう陳情申し上げます次第でございます。

昭和44年6月28日

宝泉寺温泉共同利用組合

理事長 理事 監事（氏名捺印）

九重町長

九重町議会議長殿

#### (4) 宝泉寺地区温泉公社の構想

宝泉寺地域温泉共同利用組合の実現が各種要因から困難であり、将来の展望も絶望的に陥ったこと

から、同組合設立発起人会では、九重町当局に公社形態での共同化の推進を期待し、要望するに至った。発起人会での一応の企画としては、昭和45年3月末までに各源泉所有者の同意書を取り纏め、開発公社方式の「温泉公社」を設立し、早ければ同年7月にも事業開始に漕ぎつきたいと目論んでいた。前項に掲示した陳情を受けた町当局並びに町議会では、当宝泉寺が管内の筋湯温泉と並んで有力な温泉地で、且つまた旅館業を代表する有力町会議員が選出されていることもあって放任することも出来ず、常任委員会に諮った上で検討してみることを約した。

さて、全国的施策の中で展開される開発行政について一言するなら、その意図は、貴重な資源を未利用または非効率的な利用に終らせずに、合理的且つ効率的に活用し、地域住民の発展と福祉に貢献させる点にある。こうした趣旨を受けて、本温泉公社の目的も「公共的な立場から宝泉寺地区の必要な温泉源の確保、温泉の高度利用並びに温泉施設の設置などを行ない、温泉源の枯渇及び乱掘を防止するとともに温泉事業の急速かつ円滑な運営に資するための土地、家屋その他の施設の建設、取得、管理または処分を行ない、宝泉寺地区並びに九重町の発展に寄与する<sup>(8)</sup>」ことに置かれていた(定款第1条)。この構想は、別府市の温泉公社に準拠していると考えられる。

ところで、源泉を所持せず、所持していても必要量不足の二、三の旅館では、この公社構想にも前回と同様ミキリをつけ、独自で掘さくのにり出す者も現われたことから、次のような「陳情書」が再度公社推進グループから提出された。――

#### 宝泉寺温泉掘さく制限に関する陳情書

ここ宝泉寺温泉一帯は終戦後急速に温泉掘さく行為が簇出し、特に昭和35年頃より旅館業者のみならず一般農家、林業経営者、商店経営者に至るまで数十ヶ所の温泉掘さくが当局の許可の下に行なわれ、特に濫掘の状態、従って既設温泉の枯渇せるもの数ヶ所に及び、就中、宝泉寺温泉の歴史的意義をもつ宝泉寺院跡に1200年前より湧出せる自然温泉口も昭和41年1月完全に濁し其の他一般の既設湧出温泉も何時何処が濁れるやも知れず甚だ憂慮に耐えない現状にあり、天然地下資源確保のための温泉源所有者による宝泉寺温泉の集中管理の計画を専門家の指導により目下鋭意研究中であります。施設工事費の多額のため、資金の導入、返済金等々に難渋する大問題が潜在します。この計画を九重町長並びに九重町議会議長に去る6月28日に別添の陳情書を提出しお願いしました。議長に於いては常任委員長会議を招集しましてこの問題と取組み、町管理の機運に向いつつあります。然るに、当温泉地域に最近二、三の旅館業者による温泉の新規掘さくを申請したところ、これに対し県業務温泉係員並びに玖珠保健所係員の方々が申請現地調査を実施される旨聞及び、かかることが事実とすれば永年に亘り苦勞した結果衆議一決した集中管理の計画、実現の努力も挫折する怖れも多分にあり、誠に憂慮すべき問題と考えます。

斯る行為は折角努力中のこの集中管理の実現を見るまでは絶対に今後新規掘さく申請者に対して地元の熱情を御斟酌下さいまして現地調査を実施しないよう制限方特別の御配慮をお願いしたく陳情致します。

昭和44年7月18日

大分県玖珠郡九重町

宝泉寺温泉共同利用組合

理事長他源泉所有者一同

大分県温泉審議会長

大分県厚生部長 殿

大分県業務温泉課長

(5) 宝泉寺温泉事業協同組合並びに宝泉寺配湯有限会社の検討  
宝泉寺地区挙げての念願であった温泉共同化の構想も、当初の「宝泉寺温泉共同利用組合」から、

さらには「宝泉寺温泉開発公社」へと進展をみたが、いずれも不成功に終わった。何とか現状を改善せんとする町当局と発起人会では、県当局の指導・助言もあって、今回は三転して「温泉事業協同組合」、さらには「温泉配湯有限会社」へと検討を重ねていった。以下、その推移につき、概要のみ述べることにする。

前者の「事業協同組合」は中小企業等協同組合の一形態であり、組合の地区内で商業・工業・鉱業・サービス業の業者中、その資本ないしは出資の額が5,000万円以下、従業員も常時300人を越えない事業者が組合員となりうるものである（中小企業協同組合法）。後者の「有限会社」の営利法人とは異なり、中小企業保護対策から出た組合事業の育成を狙いとし、温泉事業にも直ちに適用しうるものであることから、本温泉事業協同組合の設立の趣旨も「公共的な立場から温泉の適正な利用と泉源の保護を図ると共に、組合員の相互扶助の精神に基づき組合員のために必要な協同事業を行い以て組合員の自主的な活動を促進し、且つその経済的地位の向上をはかり宝泉寺地区並びに九重町の発展に寄与する」ことにあった（定款案第1条）。営む事業としては、「温泉の高度利用と温泉の供給に関する一切の業務」などであり（同第7条）、組合員の資格条件としては「組合の地区内に事業場及び住宅を有し、既設の温泉源を有する者及び温泉を利用している者（個人又は団体）」であって「温泉事業を行う事業者である事」が要求され、組合の地区外に住居を有していても「地区内に温泉源を所有する者」であれば、加入を認められる（同第8条）。出資金は一口（ ）万円とし、現物出資も許される（同20条）。

一方、後者の「有限会社」の方式としては、泉源所有者の源泉余剰分を会社にそれぞれ拠出して一定の場所に集湯し、要求に応じて希望者に配湯し、その使用料を徴収するというものである。その際拠出湯量も、また受湯使用量もそれぞれメーター器により正しく算出し、需要と供給の若干の利幅により会社の運営を期そうとするものである。よって、会社の設立に対しては「この拠出分湯の公共的性格から、九重町にも加担していただき、会社の運営を円滑且つ公正に行いたい」としている（後掲「陳情書」より）。

先に温泉公社の具体化が不成功に終わった頃、掘さく推進グループが事態の進展にミキリをつけ新規掘さくに踏み切ろうとしたように、今回もまた、事業協同組合や有限会社形式による温泉共同化案に不満の意向を示す源泉不所有者たちに、再び新規掘さくに乗り出そうとする者も現われたことから、源泉所有グループの阻止行動で紛糾を重ねることになる。後者グループにとっては、新規掘さくは既設泉者の生活権の侵害であり、温泉源の保護をうたう温泉法の本来の趣旨にも反し、且つまた、宝泉寺温泉の将来の活路を決める既定路線に逆行するものであると非難して、再度「陳情書」を提出するに至った。――

#### 宝泉寺地区に於ける温泉源新規掘さく及び増掘禁止に関する陳情書

ここ宝泉寺温泉一帯は、戦後、急速に温泉掘さく行為が……（中略）……その後種々検討した結果、現在既設湧出温泉の分湯可能な人のみによって法人組織（宝泉寺温泉配湯有限会社）を作り、温泉の余剰部分を配湯会社に拠出し、一般需要家に対して分湯する。勿論源泉所有者の湧出温泉の拠出は全面的に応諾して居りますし、拠出分湯はメーターに依り公正に算出される事として、需要供給の若干の利幅により、会社の運営を計ることに致します。

そしてこの拠出分湯の公共的性格上、九重町にも加担していただき、会社の運営を円滑かつ公正に行いたいと思っています。

この様に、宝泉寺温泉配湯有限会社の設立も時間の問題でありますので、現在新規掘、あるいは増掘許可申請中のもの、あるいは今後申請されるものについては、拘る地元の実情を御斟酌下さいまして、許可しないよう特別の御配慮を切に御願ひ申し上げる次第であります。

昭和46年10月11日

宝泉寺地区温泉源所有者協議会

## 〇〇〇〇 圖

(以下8名)

この陳情を受けた町当局では、源泉所有者グループ（旅館業者4名、農家2名、医師1名）と不所有者グループとの対立・抗争に進んで仲介の労をとり、前者には事業協同組合方式か有限会社方式かのいずれかに早急に踏み切るよう指導を試み、後者グループからは意見を聴取した。しかし両者とも意見の一致が到底得られそうもないことから、町当局では、当面差し迫った冬季厳寒期の応急対策として昭和46年11月27日両グループを南山田支所に集め調停を試みた結果、①いずれにしる法人組織を確立し、②温泉の供給と調整の事業を営むこと、さらに③現在不足している需給関係の調整対策を樹立すること、それには④集中管理方式を採用すること、等を決定した。つづいて開かれた第二回会合（昭和46・12・24）では、何らかの法人組織の設立が終るまで（遅くとも翌47年3月上旬）受湯希望者には有償で配湯をなすこと。すなわち、具体的には ①ホテル宝泉荘は観光ホテルへ毎分100リットル（給湯料金として月3万円）、②友成氏と矢野(万)氏は南山荘へそれぞれ40リットル（同1万2千円）、③龍泉閣は一休荘へ20リットル（同6千円）、④山光園は旅館喜楽に20リットル（同上）⑤ホテル山の湯は宝来館に20リットル（同上）それぞれ給湯するよう調停し、また翌47年1月26日にも第三回会合をもち、その後の経過を聴いて温泉利用の合理化の指導徹底を期したのであった。

なお、この時、町当局では計画推進していた事業協同組合定款（案）を全員に示して意見を聴取に及んだところ、源泉所有者グループでは、事業協同組合は不可で会社組織（有限会社）が望ましいこと、不所有者グループでは、会社は不可で事業協同組合の方が望ましいことをともに表明して、ここでも平行線をたどり意見の調整は実らず、結局のところ、両グループより3名ずつ代表者を出して定款内容をさらに検討し、合議で話し合いの上決定するよう申し合わせた。第四回集會会（昭和47・10・13）では、受湯者側の掘さく希望グループのみ集合し（出席者——観光ホテル・南山荘・宝来館・一休荘・喜楽の5業者）、新規掘さくの望みは捨ててはいないこと、掘さくには町も加わるか名儀を借してほしいとの開陳があった。町では、こうした掘さくグループの熱意に動かされて「宝泉寺共同温泉組合」を結成するよう指導し、町も当該組合に加入することで温泉掘さくの許可を得て掘さくしたところ、湧出をみたことから組合員は各自に引湯、現在のところ平穏な状況にある。

## (6) 温泉共同化の結末

本温泉共同化をめぐる紆余曲折を今まで述べてきたのであるが、ここでは、共同化作業を困難にしている諸要因とその社会的背景を考察してみることとする。

先ず、一般的に言って、旧慣温泉権の解体の過程で温泉利用権の個別私権化がしだいに進行すると権利者相互間に問題や矛盾が生じるようになることから、旧慣温泉権を再編・強化し或いは近代的温泉権を中心に、新たに温泉の集中管理を目指す近代法的団体が出現するに至る。その団体の法的形態も、当該温泉の自然的・社会的・歴史的発展段階に対応して、市町村（公共団体）や、ときには組合や会社であったりして必ずしも一様ではない。概して、旧慣温泉権は、総有団体に代替する地域公共団体が設置する公設温泉に再編されるケースが多く、このことは当県別府温泉のみならず、全国の温泉地に数多く見られるところである。

さて、当宝泉寺において、上述の団体として公共団体の「市町村」が出現しえなかった背景として本稿頭初に記したような地形的・社会的・経済的特殊性が存在していたこと、なかんずく、源泉利用をめぐる公的開発がなされることなく、源泉を全面的に独占支配する旧慣秩序も強靱でなかったこと等を指摘できよう。地域公共団体の公的規制が強く、地域団体の内発性と相まって行政担当者の勝れたリーダーシップ性の下で強力な行政指導が加えられ、その結果、既存の温泉営業権者グループの社会的勢力をある限度までコントロール出来たなら、当温泉の共同化作業は、あるいは何らかの進展を

みていたかも知れない。

次に、問題なのは、「組合」の結成とその背景である。旧慣秩序の再編・強化をめぐって、温泉権者が組合をつくり、従来の温泉利用秩序を維持し、既得権を防衛するという例も全国の温泉地には少数ながら見られる<sup>(9)</sup>が、それが当温泉で何故に不成功に終わったかである（もっとも、組合には法的性格上、民法上の組合、権利能力なき社団、特別法上の組合とくに中小企業等協同組合法に基づく温泉協同組合の三種があるが、当温泉での型態の是非の問題はここでは問わないことにする）。組合が、その地区すべての温泉利用権者をもって組織され、且つ源泉権を独占している場合には、組合が事実上温泉総有団体と同様の機能を果しているから問題は起こり得ない。しかし、一部の者で組織されている場合、その紛争の起爆点は、組合の組合員資格と源泉の独占の問題であろう。これら二点につき、当温泉で温泉の利用目的や生活（営業）上の利害が衝突し、組合設立を容易に実現せしめなかった経緯については、先の議事録が有弁にこれを物語っている。

上記のように、地域の一部の温泉権利者でしか組織されていない場合、それは第二、第三の集団の出現を阻止し得ないだろう。しかし、そのような場合でも、権利者相互では極力源泉権を組合に集中し個人的掘さくを幾ばくかでも掘さくさせないことによって、既得権を維持することを図っている。ところが当温泉の場合、源泉権を組合有とし、組合員は出資の反射的效果として当然に源泉からの引湯権が確保されるという組合の基本形態を採るには、余りにも源泉の個別権化が進行し過ぎていた嫌いがあった。なお、一部営業者間に引湯契約が結ばれており、現在利用されているといった事実も無視できない要因であったと考えられる。

第三には、<sup>(10)</sup>「会社」をつくる前提条件である。旧慣の解体過程で、株式会社をつくるといった例も皆無ではない。これには、旧慣温泉権者が温泉権を現物出資して会社に譲渡するタイプと、温泉権を留保して利用権のみ会社に委ねるというタイプが見られるが、株式会社のほかに、これまた少数ながら合資会社のものが存する。（これは、旅館業者たる無限責任社員と、その他の部落住民たる有限責任社員とで構成されるが、会社の営利性と共同体性との間に避けることの出来ない矛盾が横たわっているばかりか、無限責任社員と有限責任社員との間に利害関係が複雑に存し、多くの問題をはらむことにもなり兼ねない。）当温泉地での有限会社の設立検討段階でも、かような点が論議を呼んでいたことはこれまた既報のとおりである。

以上、要するに、旧慣温泉権の主体の解体再編過程で、一部の温泉地に見られたような、温泉集中化に最も妥当したものと考えられる地域主体の「市町村」の登場はもとより、近代法的団体の「組合」や「会社」もいまだに実現をみることなく、温泉利用権者が個別支配・個別利用のもとに、一方では自己の既得権の防衛と新規掘さくの防止、他方では、温泉源の拡散と新規掘さくの確保という相矛盾する狂奔の時代がここ当分は続くことが予想される。

#### 〔註記〕

- (1) 川村政和「宝泉寺及び生龍温泉における掲水試験」『大分県温泉調査研究会報告』第23号 P.33ほど
- (2) 森島昭夫「四万」（第七章）川島武宜他編『温泉権の研究』P.233以下
- (3) 武井正臣「山陰地方の温泉権」『山陰文化研究紀要』第5号 P.84～87 武田軍治『地下水利用権論』P.30～32
- (4) 拙稿として『大分大学（教育）研究紀要』第3巻第3号、第4号『別府大学生生活科学会（生活と科学）』第11号など、その他、最近のものとしては筆者担当の別府市教委編『別府市誌』（市制50周年記念）の「温泉編」P.453以下参照
- (5) 典型的事例は群馬県伊香保温泉、前掲川島他『温泉権の研究』P.344以下参照
- (6) 「川バタの湯」の源泉地盤所有権の変動は下の通り矢野卯一（1/6）→現在に至る

榎木荒治 (1/6) → 榎木 猛 (大9.12.20) (家督相続) 池部弥郎 → (大15.12.6) (売 買) → 池部宇多子 (昭33.7.29) (共有) →  
池部弥八郎 (昭38.3.28) (持分権放棄) → 現在に至る (1/6)

酒井国松 (1/6) → 酒井与一 (明45.7.22) (売 買) → 矢野卯一 (大2.12.20) (売 買) → 現在に至る (1/6)

矢野孝一 (1/6) → 矢野重一 (明45.7.24) (家督相続) → 飯田満作 (大2.4.20) (売 買) → 矢野卯一 (大7.4.15) (売 買) → 現在  
に至る (1/6)

小野峯吉 (1/6) → 現在に至る

岐部虎松 (1/6) → 現在に至る

- (7) 川島武宜「近代法の体系と旧慣による温泉権」『法学協会雑誌』第76巻4号P.60~63 北条編  
『城崎温泉権史料集』P.424~437



# 地熱地帯の噴気をもたらすもの

九州大学温泉治療学研究所 古 賀 昭 人  
野 田 徹 郎

## 1 緒 言

古賀と野田（1973）は、前に別府地熱地帯の噴気ガス成分や凝縮水を分析して、堀田・観海寺系と明礬・鉄輪系とが判然とした差のあることを見出した。つまり、噴気中のガス含有量、ガス成分中のCO<sub>2</sub>量、凝縮水中のアンモニア量は堀田・観海寺地区の方が相当多量に含まれていること、またガス成分中のCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S比が堀田・観海寺地区は比較的大きいのに対し、明礬・小倉・鉄輪・照波園地区は小さいのから大きいまでであり好対称を示している。さらに、熱水を随伴する噴気については熱水のpHと噴気ガスのCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S比とが比例するという興味ある事実があり、堀田、観海寺地区になぜ酸性泉がないかの説明が可能になった。同時に、ある地熱地帯で新たに掘き出す場合の温泉の性質を予言する根拠となったのである。

地熱地帯の噴気は、このようにいわば地下からの手紙である。この手紙には多くの地下の情報が書きこまれているに違いない。その手紙を入手し、情報を正しく分析理解すれば地熱地帯の地下構造が判明するであろう。この報文は前報（別府地熱地帯の噴気ガス成分）に引きつづき、地熱地帯の噴気をもたらすものの解明とその利用につき考察する。

## 2 熱水系と蒸気系

近時、地熱地帯の開発が盛んに行われつつあるが、地熱地帯は大別して熱水系と蒸気系に分れるであろう。たとえば、大岳は熱水系であり松川は蒸気系である。新しく地熱地帯を開発しようとする場合、その地球化学的探査の手段としては、その周辺の自然湧出の温泉や掘き出した温泉の分析を行って、どこにどんな種類の熱水だまりがあり、どれ位の地下温度であるか推定するのがふつうであるが（熱水系の場合の地下温度を示すインディケーターは多い）、蒸気系の場合は未だ体系化されておらず、これからの研究によることが多く、しかも地熱地帯の開発にともない早急な必要性に迫られている現状である。

一般的に、いわゆる地熱地帯と目される所には、高温の温泉水が湧出していなくとも、周辺には必ず変質地帯があったり噴気地帯があるのがふつうである。この変質地帯は過去のものであったり、現在生成しているものもあるが、噴気は現在のものであり、地下の状態を示す唯一の情報源であることも多い。そのような地帯にボーリングしても噴気だけで熱水を伴わないものであるならば、噴気ガスおよび凝縮水だけが「分析できるもの」となるであろう。そして、これらの蒸気が地下の温度、圧力に支配されているならば、その「分析できるもの」の分析はそれだけ価値のあるものに違いない。とにかく、地下に熱源があり、しかも巨大な熱水だまりがあっても、地下構造から地下熱水が地上に現われない場合でも、蒸気・ガスの方は容易に地表に現われるものである。つまり、熱水系の場合は液体から、蒸気系の場合は気体から地下の状態を推定すべきである。

温泉化学の場合、分析は温泉水の分析のみに走り、噴気ガスや凝縮水の分析は全く忘れられた存在であった。所が緒言でも述べたように、噴気ガスの成分でCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S比が高ければ、もっと深部にあ

ると予想される熱水は中性あるいはアルカリ性であり、極めて小さければ酸性であるという興味ある事実が見出された。すなわち、その温度、圧力下で周囲岩石と平衡にあるような熱水から生じた噴気ガス中のCO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S比は高いということである。たとえば、グワテマラの Zunil 地熱地帯において、古賀 (1973) は噴気ガスを分析して CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S 比が70であることを知り、その噴気孔を養っている深部熱水は中性ないしアルカリ性であることを推定したが、事実近くの間欠泉はpH9.0の食塩泉でありこのことが裏づけられたのである。

このように、噴気ガス分析による地下状態の推定に始まり、我々は地熱地帯の化学的探査には次に噴気凝縮水の分析に進まねばならない。

### 3 噴気のもたらすもの

噴気の主成分は水蒸気である。中には99.99%が水蒸気のことがある。非常に乾いたように見える噴気でも95%位は水蒸気である。この水蒸気には微量ではあるが、揮発成分が入っている。Rn、Tn

表1 K1auskopf による600℃における各種金属元素の固体の硫化物、酸化物と平衡にある時の揮発性

金属元素	硫化物の蒸気圧	酸化物の蒸気圧
Hg	分解	分解
Sb	10 <sup>-4.9</sup>	10 <sup>-2.5</sup>
As	約 0.1	>10
Bi	—	—
Pb	10 <sup>-6.3</sup>	10 <sup>-7.0</sup>
Sn	10 <sup>-5.7</sup>	—
Mn	10 <sup>-11.9</sup>	<10 <sup>-7</sup>
Zn	10 <sup>-9.9</sup>	<10 <sup>-7</sup>
Fe	10 <sup>-11.3</sup>	<10 <sup>-7</sup>
Cd	10 <sup>-7.3</sup>	10 <sup>-7.3</sup>
Co	10 <sup>-10.6</sup>	<10 <sup>-7</sup>
Cu	10 <sup>-5.7</sup>	<10 <sup>-7</sup>
Ni	10 <sup>-7.6</sup>	—
Ag	—	分解
Al	分解	分解

などの放射性ガスもあるが、ここでは触れないことにする。深部熱水に含まれた揮発成分は地下での沸とうにより揮発して噴気中に上昇して来るに違いない。そして、その量は温度に比例したものであることが考えられる。もしそうであるならば、地熱地帯の地球化学的探査に対して、一つの希望を抱かせる有力な手段となりうるであろう。特に深部熱水が採取できない地帯すなわち蒸気系の場合に有効のはずである。

さて、どのような揮発性元素が噴気の凝縮水に来ているのであろうか。表1は600℃における硫化物や酸化物の蒸気圧であり揮発しやすさの難易を示している。すなわち、Hg、As、Sbなどが極めて揮発しやすく、深部熱水にこれらの元素があれば容易に噴気中にやってくるのが予想される。その他、B、NH<sub>3</sub>、Fなども揮発しやすい成分である。別に詳細に報告するので簡単に述べるが、オートクレーブを用いた実験でたとえば200℃の場合、Hgは溶液中の濃度と凝縮水中の濃度は大体7対1であり、HBO<sub>2</sub>は20~25対1の比

率、Asの場合にもっと比率は大きく1500対1位である。

表2は各地熱地帯における代表的な噴気の揮発成分を示す。グワテマラでは試量の都合上、AsやFを定量していないが、どの成分も極めて多い。国内では松川の地熱発電井でNH<sub>4</sub>が特に多いが、鬼首の地熱発電井に比しHg量は少ない。霧島地熱地帯は主として熱水を伴わない噴気が多いが、松川と同様NH<sub>4</sub>が多くHgはそれ程多くない。

別府では14個の凝縮水が採取されたが、Hg量は極めて少なかった。最大は堀田の噴気でHgは0.154ppm、Asは0.127ppmを示し他の噴気凝縮水から群を抜いている。かって、堀田・観海寺地区は金山があった所と云われており、熱水鉱床、気成鉱床が形成されたのであろう。詳細に調査しないと分らないが、これらの地区の噴気凝縮水には揮発性の金属元素が多いかも知れない。

噴気中のこれらの濃度は表2のように極めて微量であり、最新の分析技術によって検出できる濃度である。しかし、これらの微量の揮発成分を含む噴気が土壌と長時間接触しておれば、当然その土壌はこれらの成分の濃度が増加するであろう。(噴気は高温であり、CO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>Sを含むので岩石土壌を

表2 地熱地帯の各地の代表的噴気凝縮水中の揮発成分の例 (ppm)

地名	採取日	HBO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	Hg	As	F	備考	
グワテマラ	1	'73.3.15	2.7	11.0	0.18	—	—	Zunil 1
	2	〃	12.2	6.9	0.44	—	—	2
	3	3.17	3.4	4.8	0.20	—	—	Moyuta 1
	4	〃	5.6	27.2	0.41	—	—	2
松川	1	'73.7.23	3.8	14.7	0.049	0.010	1.78	1号井
	2	〃	0.5	19.8	0.061	0.041	0.41	2号井
鬼首	1	7.26	1.1	1.5	0.153	—	0.02	101号井戸
	2	〃	0.3	2.0	0.411	—	1.16	102号井戸
霧島	1	8.25	4.7	6.9	0.148	—	0.21	栗野岳地獄
	2	〃	2.4	24.0	0.074	—	0.10	丸尾・鹿大温研
	3	8.26	0.3	13.4	0.010	—	0.00	手洗
別府	1	'74.1.20	5.4	1.0	0.0159	0.020	0.01	湯の花採取地(明ばん)
	2	〃	4.5	1.0	0.0072	0.034	0.07	えびす屋 (〃)
	3	1.25	1.1	1.5	0.0043	0.030	0.16	岡本屋 (〃)
	4	〃	2.3	3.7	0.0072	0.010	0.01	松山荘 (小倉)
	5	〃	0.4	5.7	0.0055	0.024	0.00	原田 (〃)
	6	2.14	0.7	5.3	0.0015	0.006	0.00	湯の丘荘 (〃)
	7	2.6	2.2	2.6	0.0007	0.026	0.02	泉都土地 (〃)
	8	1.22	0.7	2.5	0.0045	0.021	0.06	可奈和荘 (鉄輪)
	9	1.23	0.5	5.4	0.0065	0.031	0.00	ひょうたん風呂(〃)
	10	1.24	1.4	5.2	0.0130	0.005	0.00	三菱化成寮 (亀川)
	11	1.29	0.6	4.3	0.154	0.127	—	堀田 (堀田)
	12	1.23	0.9	4.7	0.0126	0.011	0.05	佐藤豊 (〃)
	13	2.17	0.6	2.7	0.0055	0.085	0.04	嘉麻興業 (〃)
	14	2.15	1.2	2.9	0.0004	0.001	—	一の出温泉 (旧市内)

分解変質させ、いわゆる変質粘土が噴気地帯に生じやすい)。たとえば、前に述べたように別府の堀田温泉の噴気は別府で最大のHgやAsを含むけれども、人工的に水を噴気に当てて温泉を作っているタンクの上のコンクリートの蓋の隙間から蒸気が洩れているが、そこに生じている析出物、および隙間に接している土壤中のAsの濃度は夫々480ppm、322ppm、Hgは夫々110ppmと360ppmの多量を含んでいる。恐らく多年にわたるこれらの元素の集積によるものであろう。また、岩石のかげらを明礬地区の湯の花採取地の噴気にさらした場合、原石のHgの濃度は0.32ppmだったが、1週間後は0.51ppmに増え、2週間後は0.72ppm、3週間後は一挙に1.43ppmと増加して行った。この増加ももちろん噴気中のHgの附加によるものである。

噴気中のこれらの成分の多寡は、表2からは例が少なく今までの所、必ずしも地下の温度に比例しているとは云えないけれども、ある局所的な地熱地帯においては、そのような傾向があるに違いない。また、地熱地帯の変質粘土には上記の実験のように噴気中の揮発成分が濃縮される所から、蒸気系の場合、変質粘土中のHg、As、Bなどを定量し、その多い所を追跡して行けば、それはとりも直さず地熱地帯のアクティブなポイントを指示している可能性が強い。つまり、地下からの手紙のポスト役を変質粘土は受けもっているはずである。

表3は地熱地帯の変質粘土中のHg、As、Bの含有量の例を示す。これによると、地熱地帯の変質粘土にはHg、As、Bなどが高濃度にあることが分る。ふつうの新鮮な岩石にはBが0~5ppm、HgやAsは1ppm以下であることから考えても、多量のこれら揮発性元素の濃縮が地熱地帯で行われているに違いない。

表3 地熱地帯の変質粘土中の揮発成分 (ppm)

地名	B	As	Hg	備考	
グワテマラ	1	280	—	690	Zunil
	2	290	—	610	〃
	3	30	—	76	〃
	4	116	—	267	〃
	5	6	—	29	〃
霧島	1	7.5	48.9	0.0	えびの・硫黄山
	2	5.2	2.7	28.8	栗野岳
	3	12.5	3.4	0.0	明礬上
	4	53.1	14.7	49.0	手洗
	5	33.6	18.1	8.7	金湯
	6	17.5	22.5	67.1	太良
松川	1	4.9	26.7	1.7	HF 89
	2	11.9	6.1	1.1	CI 9
	3	24.4	7.4	0.9	HF-251
鬼首	1	1.5	69.4	22.5	
	2	10.3	17.9	19.9	
	3	2.5	18.9	16.0	
	4	3.1	70.2	3.0	
別府	1	11.7	13.8	20.0	堀田
	2	16.5	9.6	25.5	〃
	3	1.8	34.0	24.7	明礬
	4	4.3	29.0	15.6	〃
	5	3.2	8.2	7.2	〃
	6	4.4	5.5	1.4	鍋山
	7	2.5	7.1	7.5	〃
	8	0.5	8.4	3.8	〃

グワテマラの Zunil 地熱地帯で 690ppm というように Hg の大量濃縮がめだったが、ここは、かつてインディオ達がひそかに水銀から赤チンを作っていたと云われ、近くに水銀鉱山があるのかも知れない。これらが噴気から来たことは、Hg と B とが比例関係にあることから分る。

霧島は地域が広くバラエティに富むが、全体的に云えば B、As、Hg 間に比例関係がない。たとえば、えびの地区の硫黄山の変質粘土中には As が高濃度であるが、Hg はゼロである。温度が 250℃ もあるので Hg は定着せずに揮散するのであろう。実験によれば、グワテマラの 690ppm の Hg を含む粘土は 100℃、1 時間の加熱では 15% 位しか減らないが、150℃ を越えると急激に揮散し、200℃ で 90% を失っている。霧島のえびの地区の高温の硫黄山に Hg がないのは、そのためである。霧島の各地熱地帯ではやはりお互いに比例関係は成立している。

松川の変質粘土は異常な位に Hg 含有量が少ない。発電井のコアでも同様である。ここは古い変質粘土はあったが、他の地熱徴候はなかった所であり、しかも蒸気系なので少ないのかも知れない。これに反し、鬼首は現在でも盛んに硫気孔や泥火山、また噴気孔など、いわゆる地熱地帯であり、As、Hg が多い。

別府では、堀田、明礬、鍋山の 3 地区の変質粘土であるが、堀田地区にこれらの元素は多い。別府の地熱地帯の変質粘土については今後詳細に報告する予定である。

総じて、いわゆる地熱地帯と目される所には、このように Hg、As、B が多い。White ら (1971)

は蒸気系の鉱床との関連についての考察で、蒸気系の上部に水銀鉱床が形成されることがあるとしている。たとえばアメリカのガイザーとイタリアのモンテアミアタなど有名な地熱地帯の周辺には水銀鉱床があり、附近の河川堆積物中にHgの量が多いという。

これらの事実は、地熱地帯の近くに水銀鉱床があれば変質粘土にも多いだろうということでは決してなく、程度の差こそあれ、地熱地帯の変質粘土にはHgが多いということの意味している。つまり我々には地熱地帯の地球化学的探査に水銀法をもっともっと利用し得ることを物語っていると云えよう。

#### 4 結 語

地熱地帯の噴気の化学的研究は取り残された分野であったが、近年地熱地帯の探査にともない、不可欠のものとして大きくクローズアップされようとしている。とくに、蒸気系の場合には唯一の情報源である。その化学的研究とは、噴気ガスの分析に始まり熱水の性質の予知、さらに噴気凝縮水中の揮発性成分、また変質粘土中のこれらの成分の定量から地熱地帯のどこが最も高温でアクティブであるかを知ろうとする方法で、まだ緒についたばかりの研究であるが、その将来の展望は明るい。我々は既存の地熱発電地帯の明るみに出た地下構造と噴気成分との関連を調査すると共に、揮発性成分のモデル実験による液相、気相への分配の研究、更にこれから地熱開発しようとする地域、とくに蒸気系の場合の調査体系の確立へと進行中である。

(終りに、本研究費の一部を大分県温泉調査研究会より御恵与を受けたことを厚く感謝する。)

#### 文 献

- 1) 古賀昭人、野田徹郎 (1973)、別府地熱地帯の噴気ガス成分、大分県温泉調査研究会報告 No.24、55
- 2) 古賀昭人 (1973)、ガテマラ共和国地熱発電開発計画調査報告書69—96
- 3) Krauskopf, K. B. (1957)、Econ. Geol. 52、786
- 4) Krauskopf, K. B. (1964)、The possible role of volatile metal compounds in ore genesis, Econ. Geol. 59、22
- 5) White, D. E. et al. (1971)、熱水のシステムと比較して蒸気が卓越するシステム、地熱 No.27、20

## 原爆被爆者の温泉療法（第5報）

原爆センター 八 田 秋  
九大温研 辻 秀 男

### はじめに

石油ショック、物質不足、諸物価の異常な高騰などによって、さらに困難を加えた社会状況の下で当原爆センターがよく前年度を上回る成績を挙げることが出来たことは、職員一同の並々な努力によることはいうまでもないが、それにもまして利用者たちの深い理解にまつところが大きいのである。ここに1年間の成果をまとめて報告しうことは、大きな喜びである。

### 利用者概況

昭和48年4月から、昭和49年3月末までの1年間の利用者実数（表Ⅰ）は、3,673名で前年度より277名多い。月別では、比較的平均しており、4、5、10、11、1、2、3月はいずれも300名を越えており、200名を割ったのは7月だけであった。利用者延数は19,251名で、前年度に比べて471名多い。利用率は平均1日53.7名で、ほぼ74.6%となった。

利用者の男女別、年齢別（表Ⅱ）では、男女比がほぼ7：11、年齢的には、60才以上がほぼ $\frac{2}{3}$ を占めていることは、前年度同様である。

滞在日数別（表Ⅲ）では、4～6日のものがほぼ $\frac{1}{3}$ 、1週間以上は $\frac{1}{3}$ よりやや少なく、3日以下が $\frac{1}{3}$ よりやや多かった。しかしこれは利用数実数についてであるので、利用者延数で見るときは、1週間以上が過半数をしめるであろう。

### 診療例

前年度に引つづき、診療条件が改善されていなかったが、何らかの訴えをもって、診療を求めた症例は、114例で、前年度をやや上まわった（表Ⅳ）。

多くの症例は、ほとんどすべて、滞在中の内服薬を主治医からもらってきているので、必要な場合のみに投薬が行なわれた。従って表中記載の薬剤以外に、服薬されているわけである。なお若干例に注射、マイクロウェーブ療法が併用された。

いまこれを疾患別にみると、表Ⅴの如く、感冒、大腸炎などの急性疾患11例を除き、46種類の疾患に分られ、最多例は高血圧症の36例を筆頭に、膝関節炎29例がこれにつぎ、肝炎10例、心不全9例、変形性脊椎炎と胃炎、ポリープの各8例、軟骨ヘルニア、偏マ、心肥大、糖尿病の各6例などが多かった。肝炎の多いのは、尿中ウロビリノーゲン増加例を入れたためである。

なお癌患者ならびにその術後の日浅いものには、入浴を控目に指示した。

これらの症例は、ほとんどが滞在日数は7日以上で、多少とも軽快を示し、悪化例は見られなかった。

### 血圧測定

温泉療法の適切な指示を与えるための1助として、入所時に血圧測定を行うことにしているが、退所時にも測定を行ないえたものが16グループに及んだ。

各グループの成績は図1に示すごとくである。滞在日数は5～8日間で比較的短かいが、なおかつほとんどのグループに、より正常化の傾向がうかがえるのである。

血圧の測定には、浴直後や、運動後をさげ、浴前か、少なくとも浴後2時間後にするよう心がけた。

**むすび**

物価の著しい値上りのため、特にお願いして10月から宿泊料を被爆者の場合 1,500円としたが、利用者たちの深い理解によって、かような成績を挙げたことは、感謝にたえないところである。

われわれは決意を新たに今後とも努力をつづけて行く所存である。

幸い船舶協会のご好意により、下の土地にリハビリ施設と治療園の設営の予定であるので、さらに効果を挙げうることを確信するものである。

職員たちの協力ならびに温研諸君のご援助、さらに大分県温泉調査研究会のご好意に対して、深甚の謝意を呈するものである。

**参考文献** 第3報記載のものならびに第4報 (昭48.3)

表I 利用者数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均一日延数
4	473	1,701	56.7
5	361	2,003	64.6
6	282	1,703	56.3
7	163	1,093	35.2
8	227	983	31.7
9	268	1,456	48.5
10	333	1,678	54.1
11	339	2,116	70.5
12	280	1,039	43.3
1	315	1,984	64.0
2	308	1,919	68.5
3	324	1,576	50.8
合計	3,6731	19,251	53.7

表II 利用者男女別年令表

月別	性別	年令								計
		<30才	31~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66<	
4	男女	5 7	22 26	4 8	11 15	7 9	16 22	22 40	126 133	213 260
	男女	6 7	5 3	4 7	1 3	6 24	7 28	15 56	57 132	101 260
5	男女	2 1	4 5	3 4	1 4	4 16	8 33	15 37	56 89	93 189
	男女	5 9	6 3	3 6	0 3	4 7	2 12	6 24	29 44	55 108
6	男女	11 30	4 10	10 7	10 16	3 17	5 17	16 17	31 23	90 137
	男女	3 5	1 2	2 1	2 9	5 18	10 19	9 25	77 80	109 159
7	男女	7 3	1 1	1 5	0 13	5 13	10 25	13 37	86 113	123 210
	男女	2 1	2 0	3 4	4 10	7 13	13 35	25 34	92 94	148 191
8	男女	4 5	2 4	5 4	3 11	8 10	12 13	17 32	86 64	137 143
	男女	5 7	1 4	2 5	7 7	5 22	19 30	28 48	49 76	116 199
9	男女	0 0	3 0	2 2	0 8	3 13	15 29	11 49	84 89	118 190
	男女	10 15	5 6	4 7	5 12	5 20	13 37	15 39	54 77	111 213
合計	男女	60 90	56 64	43 60	44 111	62 182	130 300	192 438	827 1014	1,414 2,259

表III 温泉期間

月別	温泉日数				計
	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	
4	302	70	92	9	473
5	156	83	104	18	361
6	87	91	85	19	282
7	42	58	50	13	163
8	123	57	45	2	227
9	92	118	47	11	268
10	152	95	76	10	333
11	40	235	41	23	339
12	157	104	19	0	280
1	79	119	101	16	315
2	79	31	195	3	308
3	105	162	51	6	324
計	1,414	1,223	906	130	3,673

表IV 診療症例

№	月日	姓	性	年	病名	滞在 日数	治療法	転帰	備考
1	4.6	小	♂	75	直腸癌術後	6	控目の温療	不変	1.7km-
2	〃	池	♀	69	右膝関節炎	7		軽快	2.0km+
3	〃	水	♂	75	第4腰椎軟骨ヘルニア・低血圧症	14		〃	1.5km-
4	〃	又	♀	64	右臀部筋痛	7		〃	1.6km+
5	〃	磯	♀	59	腰痛	10	マイクロ、内服、アリF静注	〃	
6	〃	西	♂	64	肝炎・胃炎	8		〃	1.7km+
7	〃	菜	♀	67	左偏マ	17	微温浴	〃	入市
8	4.13	広	♂	75	高血圧症・肝炎	9	〃 内服	〃	
9	〃	齊	♀	62	高血圧症・不眠症・左膝攣ヒグローム	10	内服	〃	2.0km+
10	4.18	吉	♂	61	軟骨ヘルニアによる左足鈍マ	23		〃	3.2km+
11	4.20	福	♀	67	心悸亢進	10		〃	1.5km±
12	〃	山	♀	70	両膝関節炎	9	マイクロ	〃	1.1km+
13	〃	小	♀	76	高血圧症	9	内服	〃	入市
14	〃	石	♀	70	高血圧症・左五十肩	9	微温・半身浴	〃	2.5km+
15	〃	福	♂	72	下半身マヒ・高血圧症・ジャク・てん癇	10	微温浴	〃	
16	4.27	中	♂	85	高血圧症・腰椎骨折後障害	6	微温浴・マイクロ・静注	〃	1.6km-
17	〃	中	♀	77	高血圧症	6	微温浴	〃	1.6km+
18	〃	重	♀	69	高血圧症・感冒	6		全治	0.9km+
19	〃	右	♂	63	甲状腺機能低下症・多血症・変形性腰椎症	6	マイクロ	軽快	入市
20	〃	田	♂	71	高血圧心障害・腰痛	12	微温浴・マイクロ	〃	入市
21	〃	深	♀	72	左五十肩・左胸部神経痛	6	マイクロ・しっ布	〃	入市
22	〃	新	♀	68	両膝関節炎・高血圧性心肥大	10	マイクロ	〃	1.5km+
23	〃	福	♂	79	両膝関節炎・胃ポリープ	10	マイクロ	〃	入市
24	5.4	宮	♂	60	高血圧性心障害	6	微温浴	〃	入市
25	〃	三	♀	74	高血圧症・浮腫・右背筋痛	9	微温浴・マイクロ・利尿剤	〃	7 km+
26	5.11	栗	♀	45	低血圧症・慢性胃炎	9	内服	〃	2.8km+
27	〃	土	♀	87	両側気管枝炎	14	内服・静注	〃	入市
28	5.22	増	♀	68	高血圧症・慢性腎炎	6	微温浴	〃	3.6km
29	6.1	堀	♀	55	左膝関節炎	4	内服	〃	1.0km-
30	〃	光	♀	65	関節リウマチ・便秘・貧血	8	マイクロ	〃	2.0km+
31	〃	山	♀	72	高血圧症・不眠症・腹満	8	内服・微温浴	〃	2.0km-
32	〃	川	♂	71	高血圧症・糖尿・肝炎・神経痛	9	内服・微温浴	〃	2.5km
33	〃	高	♀	96	高血圧症・軟骨ヘルニア	4	微温浴・マイクロ	〃	入市
34	〃	高	♂	74	肝炎・常習性下痢・気管支炎	4	内服	〃	入市
35	6.15	河	♂	34	軟骨ヘルニア	9		〃	1.7km-
36	〃	三	♀	57	高血圧症・目まい	11	内服	〃	
37	6.22	高	♂	61	外傷	20	処置・内服	全治	2.5km+
38	〃	宗	♀	44	低血圧症・アレルギー性鼻炎	12	内服・静注・ヒスタグロビン	軽快	入市
39	6.29	入	♀	68	気管支喘息	10	内服	〃	1.4km+
40	〃	三	♀	69	気管支炎(慢性)	10	内服	〃	1.2km+
41	〃	岩	♀	46	慢性胃炎・神経痛	15	内服・静注	〃	2.0km+
42	〃	小	♀	69	高血圧性心不全・気管支炎	5	内服	〃	1.2km-
43	7.13	土	♀	56	高血圧症・左五十肩・左母趾腱鞘炎	20	微温浴・マイクロ・内服	〃	5.0km-
44	〃	忠	♀	59	左膝関節炎・急性腸炎	7	マイクロ・内服・注射	〃	3.0km-
45	〃	福	♂	79	両膝関節炎・胃ポリープ	14	マイクロ	〃	入市
46	6.26	藤	♂	79	両膝関節炎	64	内服・しっ布	〃	2.0km-
47	7.20	藤	♂	79	両膝関節炎・足背浮腫	64	内服	〃	〃
48	〃	馬	♀	54	糖尿病・左肩関節炎・左膝関節炎	20	マイクロ・内服	〃	2.2km+



49	7.26	西	♀	68	腰痛症	23	マイクロ	軽快	1.3km+
50	〃	奥	♀	59	リウマチ性多関節炎	10	マイクロ	〃	入市
51	〃	山	♀	69	右膝関節炎	12	マイクロ	〃	1.3km+
52	8.3	八	♀	69	左膝関節炎・心肥大	13	マイクロ・静注・しっ布	〃	入市
53	〃	末	♀	82	喉頭出血	8	内服	全治	1.1km+
54	8.10	石	♀	59	右偏頭痛	58	内服・マイクロ	軽快	1.5km±
55	〃	玉	♂	76	高血圧症・両側偏マ	9	微温浴・内服・マッサージ	〃	1.8km-
56	〃	玉	♀	66	高血圧症・感冒	9	内服・筋注・微温浴	〃	4.0km-
57	8.23	藤	♂	41	大腸運動失調	10	〃	〃	0.8km-
58	8.31	金	♀	65	慢性胃炎	8	内服	〃	入市
59	〃	金	♂	69	糖尿病・肝炎	8	内服	〃	入市
60	〃	栗	♀	63	高血圧症心不全・糖尿病・蛋白尿	13	微温浴・半浴・内服	〃	2.5km+
61	〃	石	♀	59	右偏頭痛	58	内服・マイクロ	〃	1.5km±
62	〃	馬	♀	54	糖尿病・左肩関節炎・左膝関節炎	20	内服・マイクロ	〃	2.2km+
63	9.7	上	♀	48	高血圧症・帯状皰行疹	5	微温浴・マイクロ	〃	2.0km±
64	9.14	森	♀	55	高血圧症心不全	7	微温浴	〃	1.7km+
65	〃	新	♀	68	両膝関節炎・高血圧症心肥大	13	微温浴・マイクロ・内服・しっ布	〃	1.5km+
66	〃	松	♀	64	胃炎・両膝関節炎	14	マイクロ・内服・しっ布	〃	2.5km+
67	〃	吉	♂	80	両膝関節炎	23	内服	〃	入市
68	9.21	葉	♀	77	腰椎すべり症	10	マイクロ	〃	入市
69	〃	森	♂	77	気胸後	6	〃	〃	〃
70	〃	水	♀	70	変形性膝関節炎	10	マイクロ	〃	入市
71	〃	寺	♂	75	亜急性左膝関節炎	9	マイクロ・内服・しっ布	〃	入市
72	9.27	下	♂	73	胃潰瘍	10	〃	〃	4Km
73	10.5	吉	♀	75	血尿・高血圧症	8	微温浴・内服	〃	1.5km+
74	〃	藤	♂	70	高血圧性心肥大	17	微温浴	〃	2.7km+
75	〃	福	♂	79	貧血症	17	内服	〃	入市
76	10.19	横	♂	74	左偏マ・肝炎	20	内服・静注・泥浴	〃	入市
77	〃	青	♀	63	腰椎軟骨ヘルニア	6	内服・静注・しっ布	〃	〃
78	〃	馬	♀	54	高血圧症・特発性頻拍症・背筋痛	20	内服・マイクロ	〃	2.2km+
79	10.26	板	♀	68	変形性脊椎症	11	マイクロ	〃	入市
80	〃	板	♂	72	変形性脊椎症	11	マイクロ	〃	入市
81	〃	石	♀	62	左肩関節周囲炎	11	マイクロ	〃	〃
82	11.2	吉	♀	80	高血圧症心不全・変形性脊椎症	32	内服	〃	入市
83	〃	竹	♀	70	変形性両膝関節炎・腰痛	4	〃	〃	1.5km±
84	〃	竹	♂	78	胃癌疑	4	入浴制限	不変	1.5km+
85	〃	白	♂	75	両坐骨神経痛・肺癌照射後	9	マイクロ・入浴制限	軽快	1.0km+
86	〃	富	♂	75	右偏マ・糖尿病	8	微温浴・内服	〃	2.5km-
87	〃	藤	♀	55	左膝関節炎	7	マイクロ	〃	〃
88	11.8	吉	♂	88	脳動脈硬化症・高血圧症心不全	32	微温浴・内服	〃	入市
89	〃	中	♀	74	高血圧症・右膝関節炎	4	マイクロ	〃	1.0km
90	〃	堂	♀	83	動脈硬化症	12	〃	〃	入市
91	〃	灘	♂	67	前立腺術後	15	〃	〃	入市
92	12.7	吉	♂	64	肝炎・両肩関節炎	5	マイクロ・内服	〃	入市
93	12.14	若	♂	68	感冒	8	内服・注射	全治	1.5km+
94	〃	因	♂	73	高血圧症・椎間軟骨ヘルニア	8	内服	軽快	1.0km
95	1.11	城	♀	63	急性大腸炎	10	内服	全治	入市
96	1.18	藤	♂	54	変形性脊椎症・頸椎捻挫	12	マイクロ・内服	軽快	1.0km
97	2.8	増	♀	73	低血圧症・慢性胃炎	10	〃	〃	2.5km+
98	〃	島	♀	69	高血圧症・変形性脊椎症	10	微温浴	〃	2.5km+

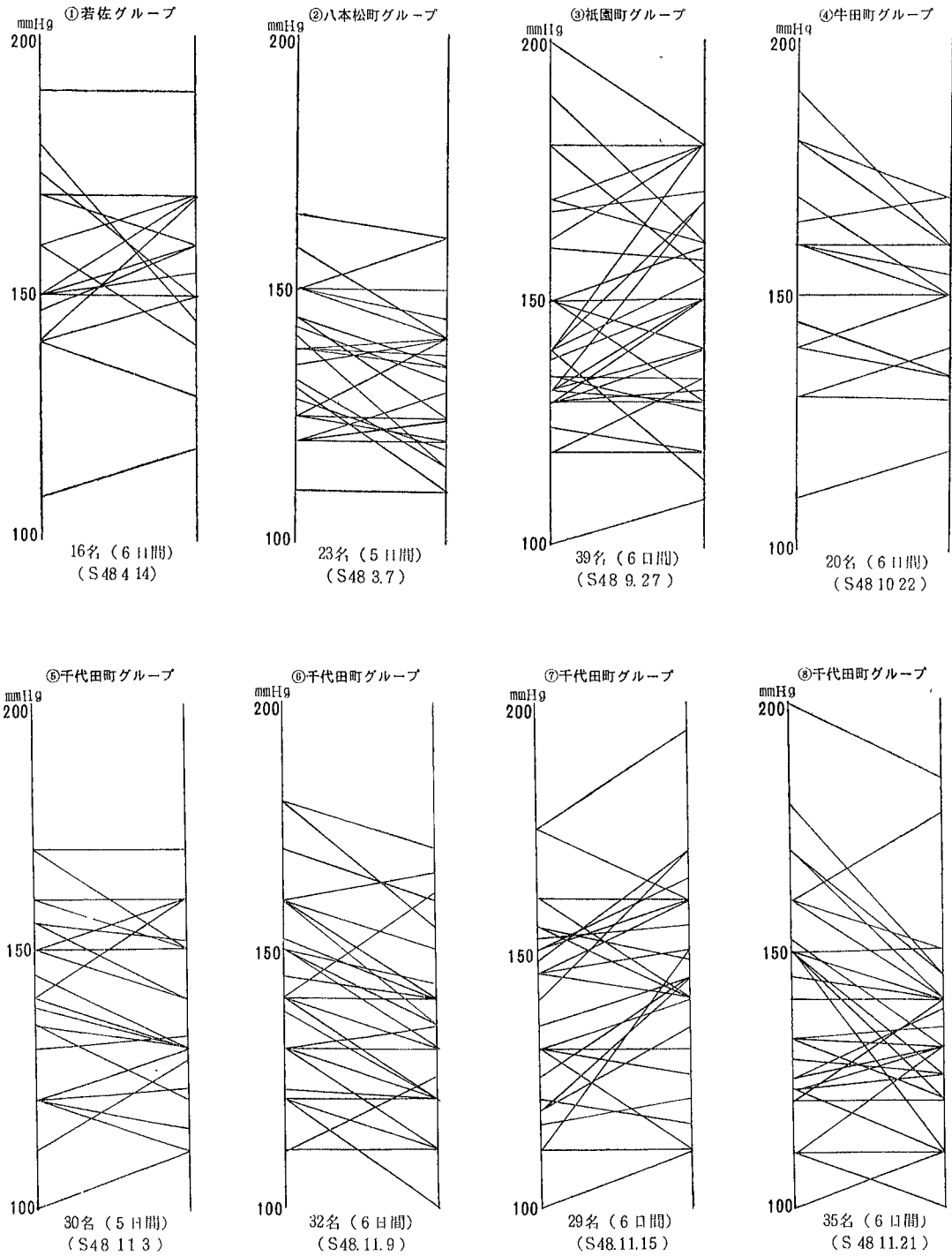
99	2.15	向	♂	63	両肩関節周囲炎・胃切除術後	16	マイクロ	軽快	入市
100	3.1	梅	♂	76	肝炎・感冒	23	内服・静注	〃	入市
101	〃	境	♀	60	高血圧症・両肩半強直・肝炎	12	微温浴・マイクロ・内服	〃	入市
102	3.8	曹	♀	59	関節リウマチ・便秘症	6	マイクロ・内服	〃	1.2km+
103	〃	菊	♀	64	アングーナ	11	内服・筋注	全快	入市
104	〃	梅	♀	69	高血圧症・不眠症	23	微温浴・内服	軽快	入市
105	〃	花	♀	76	心肥大・便秘・食欲不振	11	内服	〃	1.7km+
106	3.15	伊	♂	70	高血圧症・肝炎	6	微温浴・内服	〃	1.5km+
107	3.22	渡	♀	76	左膝関節炎・左半偏マ	11	微温浴・静注	〃	入市
108	〃	森	♀	74	左膝関節炎・変形性脊椎炎	11		〃	入市
109	〃	佐	♂	66	高血圧性心不全	6	微温浴	〃	入市
110	〃	若	♀	59	感冒	7	内服・注射	全快	4.0km+
111	〃	沖	♂	84	心不全・便秘	11	内服	軽快	1.2km+
112	〃	三	♀	64	左膝関節炎	9	マイクロ	〃	4.0km+
113	3.29	内	♂	60	感冒	7	内服	全快	入市
114	〃	角	♂	60	左肩・右膝関節炎・右偏マ	9	マイクロ	軽快	入市

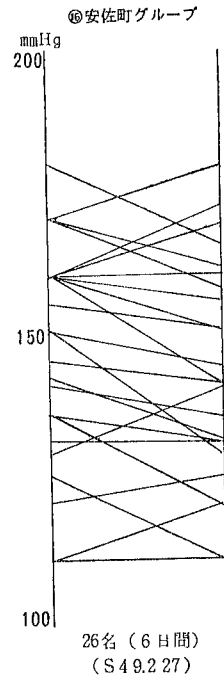
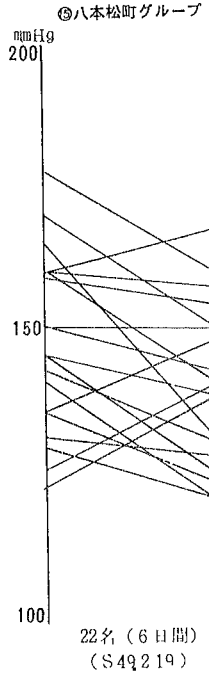
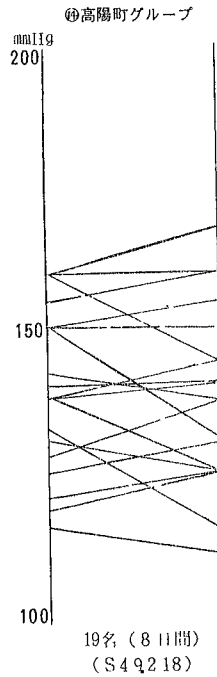
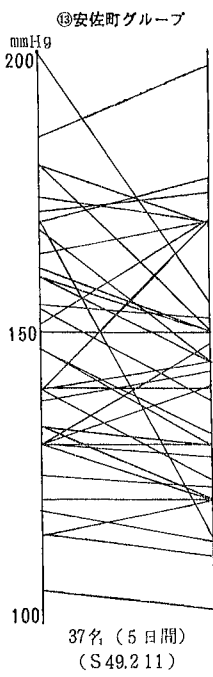
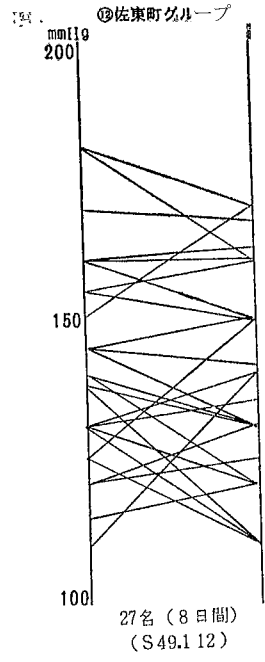
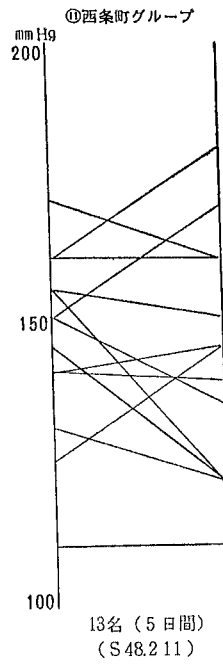
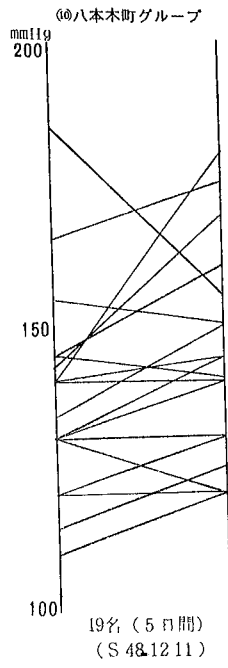
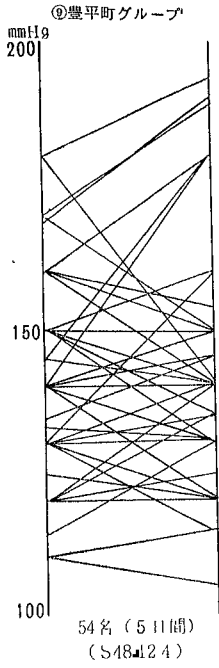
備考欄：被爆距離・遮蔽の有無

表V 疫患別分類

病名	例数	病名	例数	病名	例数
リウマチ	3	筋管支痛	3	食欲不振	2
膝関節炎	24	気管支炎	4	慢性下痢症	1
膝攣ヒゲローム	1	気胸	1	常習性便秘	4
変形性推炎	8	喘息	1	腹満	1
頸推捻挫	1	アレルギー性鼻炎	1	大腸運動失調症	1
軟骨ヘルニア	6	心肥大	6	肝炎	10
五臓十肩	9	心不全	9	蛋白尿	1
腱鞘炎	1	特発性頻拍症	1	血尿	1
骨折後	1	高血圧症	36	慢性腎炎	1
神経痛	1	低血圧症	4	各種術後	5
腰痛	3	貧血症	2	糖尿病	6
偏マ	3	多血症	1	甲状腺機能低下	1
下半身麻痺	6	浮腫	2	ヘルペス	1
頭痛	2	動脈硬化症	2		
不眠症	3	胃潰瘍	1		
ジャクソン氏てんかん	1	胃炎・ポリプ	8		

図1 温療前後の最高血圧





# 温泉水の白癬菌に対する作用

九川大学温泉治療学研究所皮膚科

古 屋 英 樹  
中 溝 慶 生

## 1 緒言

過去においておこなわれた温泉地の調査では皮膚疾患で温泉治療をおこなっている者のうち、白癬症の患者は湿疹皮膚炎群につく多数をしめている。白癬菌に対する温泉水の抗菌力については、一部しらべられているが泉種との関係あるいは成分との関係についてはあまり検討されていないようである。著者らはこのたび2種類の白癬菌 *Trichophyton mentagrophytes* (以下T.mと略)と *Trichophyton rubrum* (以下T.rと略) に対する温泉水の作用について検討した。

## 2 温泉水の静菌作用

別府市内の14カ所の温泉水についてサフローふとう糖寒天斜面法によって静菌力を調べた。酸性硫化水素泉である明礬地区の地蔵湯、単純硫化水素泉の明礬地区のみとり荘が静菌作用を示した。第1表のこごとくT.m.に対する静菌力は弱いからT.r.に対しては地蔵湯では、 $\frac{1}{8}$ から $\frac{1}{2}$ 希釈で発育を阻止し、みとり荘は $\frac{1}{2}$ から $\frac{3}{4}$ 希釈で発育を阻止している。馬血膏を2%加えると静菌力は低下した。

## 3 温泉水の殺菌作用

地蔵湯、みとり荘、細菌に対し強い抗菌力を持つといわれる海地獄泉および対照として蒸留水につ

第1表 寒天斜面法による静菌力試験(+は培養陽性)

地 蔵 湯 (酸性硫化水素泉)

菌種	菌株	馬血膏	泉 水 希 釈 率					
			$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1
T ・ M	1147		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
	1185		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
1190		+	+	+	+	+	+	
	加	+	+	+	+	+	+	
T ・ R	1140		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
	756		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
758		+	+	+	+	+	+	
	加	+	+	+	+	+	+	

みとり荘 (明礬) (単純硫化水素泉)

菌種	菌株	再血清	泉 水 希 釈 率					
			1/16	1/8	1/4	1/2	3/4	1
T · M	1147		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
	1185		+	+	+	+	+	
		加	+	+	+	+	+	+
	1190		+	+	+	+	+	+
		加	+	+	+	+	+	+
T · R	1140		+	+	+	+		
		加	+	+	+	+	+	+
	756		+	+	+	+		
		加	+	+	+	+	+	+
	758		+	+	+			
		加	+	+	+	+	+	+

いて殺菌力を調べた。滅菌したふた付き遠沈管十数本に検水と菌液を入れ時間か来たら遠沈し沈査を滅菌生食水で洗いサブロー寒天斜面で培養した。地蔵湯では2日から4日で殺菌されみどり荘では2日から5日で殺菌された。(第2表) 寒留水と海地獄は5日後も殺菌されなかった。

第2表 殺菌力試験結果(1は培養陽性)  
地 蔵 湯 (酸性硫化水素泉)

菌種	菌株	1 日	1 5 日	2 日	3 日	4 日	5 日
T · M	1147	+	+	+	+		
	1158	+	+				
	1190	+	+	+			
T · R	1140	+	+				
	756	+	+	+			
	758	+	+	+	+		

みとり荘 (単純硫化水素泉)

菌種	菌株	1 日	1 5 日	2 日	3 日	4 日	5 日
T · M	1147	+	+	+	+	+	
	1185	+	+	+	+		
	1190	+	+	+	+		
T · R	1140	+	+				
	756	+	+	+	+		
	758	+	+	+	+	+	

# 重金属中毒に及ぼす温泉の影響

九州大学温泉治療研究所内科

局 敏 郎  
 広 瀬 忠 男

## はじめに

前報で動物に Cd を投与したのち、温泉を飲ませて成長、造血機能、血清無機質、血清酵素などの変動を観察した。なかでもアルカリフォスファターゼの変動が目立った。今回はアルカリフォスファターゼの変動を更に詳しく追求するとともに細胞、臓器における Cd の移動、輸送が他の金属成分によりどう変るかを検討した。

## 1 温泉のアルカリフォスファターゼ活性に及ぼす影響

Cd 中毒者では血清アルカリフォスファターゼ値が上昇することが知られており、これが Cd 中毒の重要な診断根拠となっている。ネズミに Cd を投与しても血清アルカリフォスファターゼ活性の上昇がみられることを前回において報告した。この場合血清アルカリフォスファターゼは飲泉の有無にかかわらず同じ程度に上昇を示した。今回は飲泉によって臓器のアルカリフォスファターゼがどう変化するかを観察した。使用温泉は前回と同じく別府市明礬地区の地蔵泉（酸性硫化水素泉）である。表

表1 温泉の臓器アルカリフォスファターゼ活性に及ぼす影響

腎		肝	
飲泉(-)	飲泉(+)	飲泉(-)	飲泉(+)
81	147	35	45.5
98	122	22.5	28
55.5	180	27.5	58
107	91	30	43
132	120		
80	104		
<i>m</i> 92.2	127.3	<i>m</i> 28.8	43.6

表2 Cd添加によるアルカリフォスファターゼ活性の変化

添加Cd $\mu\text{g}/\text{ml}^*$	アルカリフォスファターゼ <sup>**</sup>	活性変化 %
0	4.5	100
10	4.3	95.5
50	3.5	77.7
100	2.5	55.5
200	1.9	42.2
500	1.6	35.5
1000	1.7	37.7

\* アルカリフォスファターゼ測定系へのCdの添加量

\*\* Bessey-Lowry単位

\* Bessey-Lowry単位/単位組織重量

表3 温泉のアルカリフォスファターゼ活性への影響

ExptNo	対 照	10倍希釈温泉 <sup>*</sup>	温 泉 <sup>*</sup>
1	90	94	122
2	106	146	193
3	112	132	173

\* アルカリフォスファターゼ活性測定系液量の  
 1/10量添加 Bessey-Lowry単位/単位重量

1に示すように Cd 投与後腎においても肝においても飲泉によってアルカリフォスファターゼ活性が上昇していることが認められる。

次に in vitro においてアルカリフォスファターゼ活性測定系に Cd を加えた場合と温泉を加えた場合とでアルカリフォスファターゼ活性がどう変化するかを観察した。Cd をアルカリフォスファターゼ活性測定系に添加するとその量に応じてアルカリフォスファターゼ活性は低下する傾向がみとめられた。

(表2)。

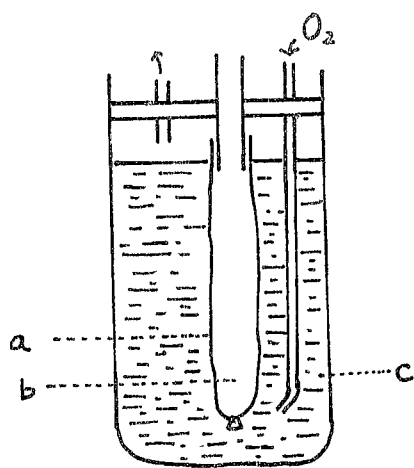
次に温泉を直接アルカリフォスファターゼ測定系に加えて活性をみると、アルカリフォスファターゼ活性は上昇し、温泉濃度が高いほうがアルカリフォスファターゼ活性上昇度が高いことが観察された(表3)。

これらの実験から Cd 中毒でみられる血清、臓器のアルカリフォスファターゼ活性上昇は、Cd が直接酵素そのものに働くのではなく、Cd が生体に何らかの作用を及ぼし、それに対する生体反応としておこるものと推察される。これに反して温泉の作用はアルカリフォスファターゼ活性測定系をもちいた *in vitro* の実験から、温泉のある種の成分が直接酵素にはたらいて酵素活性を促進することが考えられる。アルカリフォスファターゼの生物学的役割については細胞膜における物質の輸送に關与すると云われ、また細菌は P の輸送に關与すると云われている。これまでおこった成長、造血機能などに関する実験で温泉が Cd 中毒に対して防禦的に働くという結果をえていることから、アルカリフォスファターゼ活性上昇も物質の組織、細胞における移動を通して生体に有益に働くものと考えられる。

## 2 Cdの吸収に及ぼす金属イオンの影響

温泉が物質代謝のどのレベルで作用を及ぼすかをみるために細胞又は臓器からの Cd のとりこみが

図1 Cdの腸管吸収実験装置



- a : 腸管
- b : Ringer液
- c : 1) 1 mMCdCl<sub>2</sub> + Ringer液
- 2) 1 mMCdCl<sub>2</sub> + 1 mMFeSO<sub>4</sub> + Ringer液

表4 Cdの腸管からの吸収とFeSO<sub>4</sub>の影響

Expt	腸管外液 <sup>b)</sup>		腸管内液 <sup>b)</sup>
	前 <sup>c)</sup>	後 <sup>c)</sup>	
1 <sup>a)</sup>	6472	5846	1328
2 <sup>b)</sup>	6488	5929	876

- a) 1 mMCdCl<sub>2</sub>・Ringer混液
- b) 1 mMCdCl<sub>2</sub> 1 mMFeSO<sub>4</sub>・Ringer混液
- c) 37° 60分解置
- d) 単位液量あたりの放射能cpm

温泉によりどのように影響されるかを追求した。細胞としては赤血球、臓器としては腸管を選び、温泉が多成分よりなり解析を複雑にさせるので系を単純にするため FeSO<sub>4</sub>溶液を用いた。まず腸管からのCdの吸収がFeSO<sub>4</sub>によりどのように変化をうけるかをみるため図1のような装置をもちいた実験をおこなった。ラットの腸管の一端を糸で結び袋状とし、これを裏がえしにして他の一端をガラス管に結びつけ、これにRinger液を入れ、この袋を115mCdCl<sub>2</sub>、FeSO<sub>4</sub>溶液中に入れO<sub>2</sub>で bubblingしながら1時間解置したのち腸管内液、外液の放射能を測定した。

腸管外液では Expt 1、2とも解置後は放射能の減少を認めているがその減少の程度は両者とも同程度でその間に差異は認めない(表4)しかし腸管内液では両実験に明らかに差異が認められ、FeSO<sub>4</sub>を添加したものに放射能が減少している。腸管外液における放射能減少の程度は両実験群に同程度であるのに、腸管内液では放射能に差異が認められるのは一見矛盾しているようにみえるが、腸管外液では内液にくらべ液量が圧倒的に多いのでたとえ放射能がかなり変動しても Count 数に大きな変動としてあらわれにくい可能性があることと、Cdの腸管壁での停滞が考えられる。

次におこなった赤血球についての実験結果と考えあわせると、Expt2においてCdが腸管壁に多く停滞するとしても恐らく細胞間隙においてではなからうかと考えられる。



表3 Cdの赤血球内へのとりこみとFeイオンの影響

Expt	反 応 系	放射能cpm*
1	赤血球浮遊液 5 ml 1 mMCdCl <sub>2</sub> 0.2 ml Ringer液 0.1 ml	5649
2	赤血球浮遊液 5 ml 1 mMCdCl <sub>2</sub> 0.2 ml 10mMFeSO <sub>4</sub> 0.1 ml	4169
3	赤血球浮遊液 5 ml 10mMFeSO <sub>4</sub> 0.1 ml ↓37°10分間 1 mMCdCl <sub>2</sub> 0.2 ml	3586

\* 60分孵置後放射能

FeSO<sub>4</sub>をあたえることによりCdのとりこみがおさえられることはFeSO<sub>4</sub>が細胞に有害にはたらいた結果、細胞の機能が停止しCdの積極的なとりこみがおさえられるのではなからうかという疑問が残る。そこで赤血球浮遊液にCdを加えた場合CdとFeSO<sub>4</sub>を同時に加えた場合とで赤血球のブドウ糖消費量がどう変るかを検討した(表6)。赤血球にCdを加えたものとCdとFeSO<sub>4</sub>を加えたもの

表6 Cdの赤血球へのとりこみと赤血球ブドウ糖消費に及ぼす影響

Cdのとりこみ	対照	CdCl <sub>2</sub>	CdCl <sub>2</sub> FeSO <sub>4</sub>
			8198 cpm/packed cell 8852 10185
平均		9078	6965
消費ブドウ糖	41.1 mg/packed cell	35.3 mg/packed cell	38.2 mg/packed cell
	52.5	45.0	45.0
	64.1	53.8	61.5
平均	52.6	44.7	48.6

たらくことが推察された。

### む す び

Cd中毒患者にみとめられる血清アルカリフォスファターゼ活性の上昇は临床上重要な所見であるが、これがどうしておこるかは明らかでない。今回の動物実験からCd投与によって血清以外に肝、腎にもアルカリフォスファターゼ活性の上昇がみとめられている。

しかしCdそのものはアルカリフォスファターゼの activator としてはたらないので、このアルカリフォスファターゼ活性の上昇は反応性のものである可能性がある。一方温泉飲用により、肝、腎のアルカリフォスファターゼ活性の上昇がみとめられたが、これは in vitro においても温泉がアルカリフォスファターゼ活性を上昇させるので温泉成分がアルカリフォスファターゼの activator としてはたらく可能性がある。アルカリフォスファターゼ活性の上昇が生体にとって何を意味するかは今後の研究にまつほかはないが、これまでの実験では温泉が全体としてCd投与動物に有益にはたらいっているところから、生体の防禦反応の一つとしてあらわれるものではなからうか。

次に赤血球がCdをとりこむ際FeSO<sub>4</sub>によりどのように影響をうけるかを検討した(表5)。赤血球浮遊液に各実験で示されるような組成のものを加え孵置後の赤血球内にとりこまれた放射能を測定すると、FeSO<sub>4</sub>を加えたもののほうが赤血球内へのカドミウムのとりこみがすくなくなるという結果を得た。またあらかじめFeSO<sub>4</sub>を赤血球浮遊液に加えておいたのちCdを加えるとCdの赤血球内への入りこみが更に減少することが観察された。このことからCdは腸管からの吸収、更には細胞へのとりこみ共にFeSO<sub>4</sub>が存在することにより阻害をうけることがわかった。

のとは後者のほうがCdのとりこみがちいさくブドウ糖の消費量は大きいことが認められた。このことからFeSO<sub>4</sub>の添加によるCdのとりこみの阻害はFeSO<sub>4</sub>が細胞の機能を停止させるためではないことがわかったとともに、FeSO<sub>4</sub>添加はCdによる細胞機能の障害を阻止する方向には

つぎに温泉の作用機序の一つとして生体膜における Cd の輸送に影響を及ぼすことが考えられる。FeSO<sub>4</sub> の投与により赤血球、腸管からの Cd のとりこみが阻害されたことは、鉄イオンが Cd の輸送路において競合し Cd の輸送を妨害していることが推察される。今回はすでに細胞内にとりこまれた Cd の移動に他の金属イオンがどのようにはたらくかについては観察をおこなわなかったが、この問題は重金属の解毒作用とも密接な関連をもつものと思われることから今後の重要な課題としてとりあげられるべきものとする。

大分県温泉調査研究会報告 第25号

昭和49年3月 印刷

昭和49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管理課内

印刷者 別府市野口中町6番20号  
日新印刷株式会社  
電話 ☎ 3288番