

大分県温泉調査研究会

報 告 第 2 7 号

昭和 5 1 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
	別府保健所温泉課
	別府市役所温泉課
別府温泉における給湯事業……………	大分県環境管理課………… (16)
	別府保健所温泉課
挾間町ならびにその周辺の温泉調査……………	吉 川 恭 三………… (25)
	北 岡 豪 一
	野 田 徹 郎
	大分県環境管理課
	大 分 保 健 所
くじゅう火山の温泉群 (11) ……………	川 野 田 実 夫………… (34)
	志 賀 史 光
別府地熱地帯の化学的研究……………	古 賀 昭 人………… (41)
	野 田 徹 郎
湯の平温泉の活動の消長と化学組織……………	野 田 徹 郎………… (46)
	古 賀 昭 人
筋湯における温泉権の実態 (上) ……………	大 野 保 治………… (53)
局所加温による末梢循環系の反応……………	神 宮 政 男………… (62)
	延 永 正
	局 敏 郎
原爆被爆者の温泉療法 (第 7 報) ……………	八 田 秋………… (68)
	辻 秀 男

別府温泉の現況調査

(3) 別府全域の噴気・沸騰泉と一般温泉

京大理学部 吉川恭三 由佐悠紀

大分県環境管理課 大分県別府保健温泉課

別府市役所温泉課

1. まえがき

昭和48年以来、3年計画の事業として、噴気・沸騰泉を主対象とした別府温泉の現況調査が行なわれてきた。噴気・沸騰泉の観測は昭和49年度で一応終了し、その結果の概要は、その年々の調査結果を述べることに重点を置いて、本調査研究会報告の25号と26号にそれぞれ公表されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、この調査だけでは、別府温泉の現況調査としては不備であるので、今年度、葉書アンケートによって、それ以外の一般温泉の調査を行なった。

本報告は、以上の調査結果に基づき、昭和48年から昭和50年にかけての別府温泉の現況をまとめた3年計画事業の最終報告である。

2. 別府全域の噴気・沸騰泉

本調査研究会の事業として、昭和36年に湯原によって噴気・沸騰泉の熱力学的諸量が測定された後⁽³⁾、温泉需要量の増加にともなって、噴気・沸騰泉の改掘・増掘・新規掘さくがさかんに行なわれた。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、現時点での噴出水量や熱量、あるいは利用状況を把握しておくことは、泉源の保護と開発を含む温泉の有効利用の見地から特に重要である。これら噴気・沸騰泉の大部分は、山の手一帯に分布し、低地部の一般温泉の熱や化学成分の源と考えられる源温泉水を直接、しかも大量に採取しており、それらの開発によって別府の温泉水系は大きな影響を受けていると考えられる。したがって、噴気・沸騰泉からの採取水量・熱量、およびその一般温泉への影響の状況は、実用的見地からばかりでなく、温泉生成機構の研究上からも、常に把握されていなければならない。

このような観点から、噴気・沸騰泉の現況調査が計画され、遂行されたのであるが、調査項目は、①各孔井の位置と利用状況、②噴出水量、③噴出熱量、④その他、である。調査方法の詳細については、本調査研究会報告25号に紹介してあるので、ここでは、ごく簡単に述べておきたい。

①各孔井の位置と利用状況：すべての噴気・沸騰泉の所有者または管理者を個別に訪問して利用状況の聞き取りを行ない、また現地において、孔井の位置と利用施設を確認した。

②噴出水量：

①熱水を伴わない噴気の場合：各孔井の噴出口径、噴出蒸気の温度およびピト一管差圧を測定し、出版されている蒸気表から蒸気の密度を求めて、噴出量を算出した。

②熱水を伴う沸騰泉の場合：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噴出流体を吹き込ませて、熱水と蒸気に分離し、その各々の量を測定した。熱水量は容積の決まっているバケツなどの容器に受けて、一方、蒸気は飽和水蒸気のみから成るとみなして、①と同様にピト一管差圧から算出した。

③孔井の設備が、上記①、②の測定に不適なものは、その都度適当な方法によって噴出量を見積った。詳しくは、研究会報告25号を参照されたい。

③噴出熱量：求められた噴出水量に、蒸気表のエンタルピーを乗じて算出した。

④その他：主に温泉造成用の水源を確認し、その水量、温度などを測定した。

得られた結果は、各孔井ごとにカードを作り、それに温泉台帳記載の掘さく終了年月日、掘さく深度、口径などと共に記入して調査原簿とした。また、それぞれの位置は2,500分の1の地図に記入した。これらは四部作成され、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温泉課が一部ずつを保管している。

表1：噴気・沸騰泉の状態

大字名	掘 さ く 孔 井						
	南立石	別府	鶴見	鉄輪	野田*	北石垣・亀川	別府全域
調査孔数	86	10	87	69	7	9	268
活動孔数	73	8	75	57	5	8	226
{ 利用孔数 未利用孔数	59	8	63	51	3	8	192
	14	0	12	6	2	0	34
停止孔数	13	2	12	12	2	1	42
自 然 噴 気							
大字名	南立石		鶴見		野田		別府全域
調査孔数	1		43		60		104
活動孔数	1		43		60		104
{ 利用孔数 未利用孔数	0		34		28		62
	1		9		32		42

*：血の池地獄は除いた。

表2：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 ~ 50 年)			昭 和 36 年		
	境川以南	境川以北	別府全域	境川以南	境川以北	別府全域
観測孔数	68	128	196	47	65	112
100℃を越える孔数	12	9	21	11	7	18
最高温度(℃)	134.5	129	134.5	133.0	130.0	133.0
最高噴出量(kg/h)	23,100	92,300*	92,300*	14,162.4	33,768	33,768
最高熱量(10 ⁶ Kcal/h)	27.4	73.0	73.0	19.6	33.8	33.8
合計熱水量(ton/day)	4,533	14,951	19,484	3,131	5,597	8,728
合計蒸気量(ton/day)	1,657	3,797	5,454	464	418	882
合計噴出量(ton/day)	6,190	18,748	24,939	3,595	6,015	9,610
合計熱量(10 ⁶ Kcal/day)	15.2	39.3	54.5	6.12	8.81	14.93
平均噴出量(ton/day)	91	146	127	76	92.5	86
平均熱量(10 ⁶ Kcal/day)	2.24	3.07	2.78	1.3	1.36	1.33

*：鬼山地獄、2孔からの合計
血の池地獄は除いた。

表1には別府市全域のすべての噴気・沸騰泉の現状を大字毎にまとめて記入し、そのうち掘さく孔井の位置を図1に白丸で示した。前回の報告では大字野田の血の池地獄を噴気・沸騰泉の中に入れたが、従来の統計ではこれを一般温泉として取扱っているため、過去の資料との比較の便宜上、噴気・沸騰泉から省くことにする。

図1 別府温泉の噴気・沸騰泉(白丸)と一般温泉(黒丸)

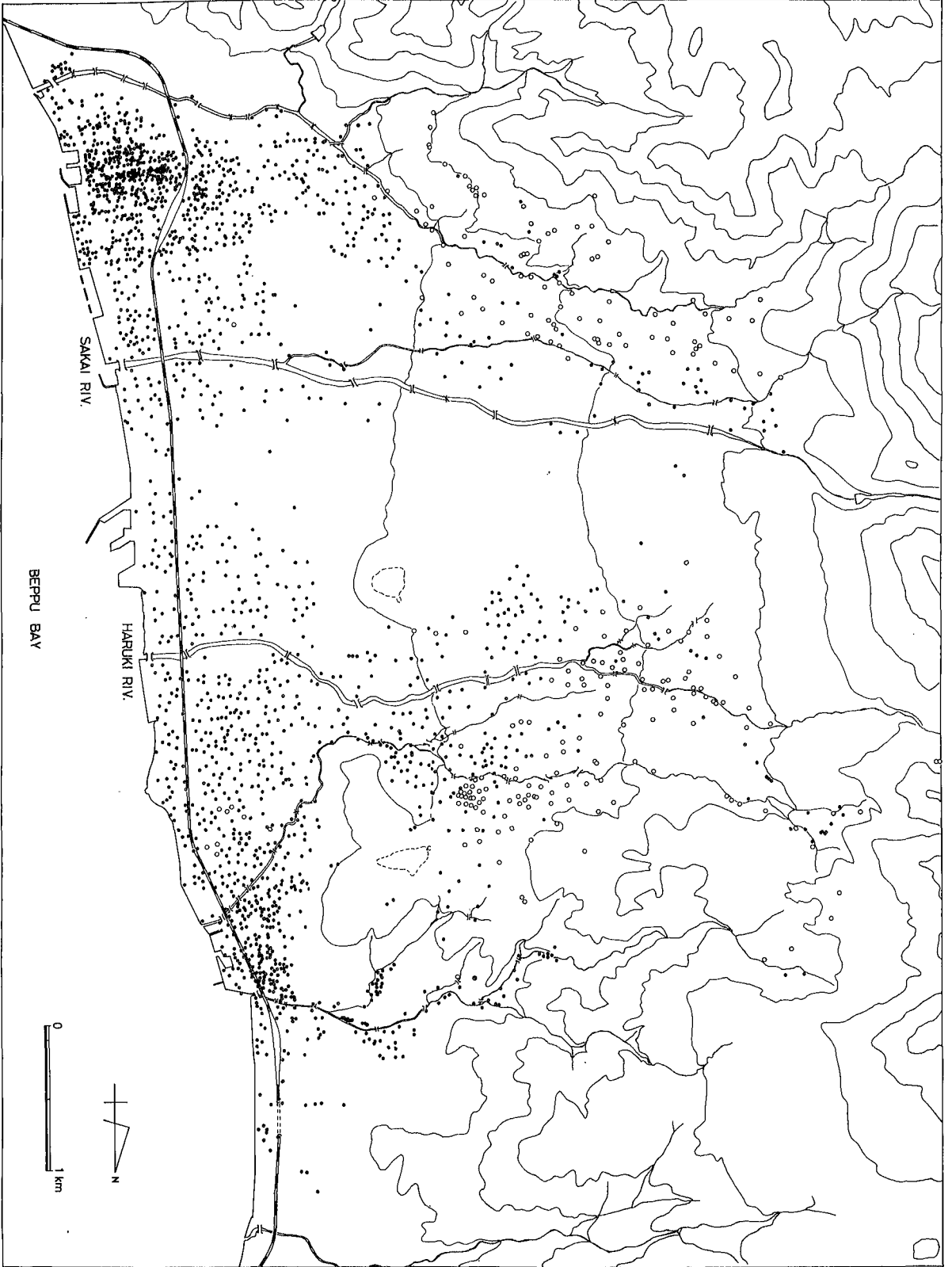


表2は、調査原簿に基いて、別府全域を境川以南と境川以北域に分けてまとめた噴出量、熱量などの統計である。この表でも血の池地獄の値は省いてあるので、前回の報告値とはその分だけ異なる。表中には、比較のために、昭和36年の測定結果も掲げた。

表1と表2を比べるとわかるように、活動孔のうちで噴出水量などを観測できなかったものがいくつもあるが、いずれも噴出勢力の弱いものばかりで、それらからの量は表2の合計噴出水量や熱量と比べて無視できる値である。

別府全域における1孔からの最高噴出量は、鉄輪地区の鬼山地獄からのものである。ただし、表に掲げた92,300kg/時は、数メートル離れている2つの孔井からの合計量である。この孔井の状況は研究会報告26号に詳しく記したが、埋設管の腐蝕破損によって地下で2孔が連絡し、さらに、多量の噴出量のため埋設管に沿って熱水の流動しやすい道が生じ、実際の管径より広い流路を通して熱水が噴出している可能性がある。

次に、1孔からの最高熱量は、鶴見地区で測定された 73.0×10^6 Kcal/時（0℃の水基準）である。この孔井の設備は測定に適切な状態ではないので、とくに蒸気量が過大に見積られ、そのため、熱量も過大な値となっているおそれがある。

最高温度は別府南部の観海寺で測定された134.5℃である。南部域には、表に掲げたように、噴出温度が100℃を越える孔井が12孔あるが、いずれも観海寺一帯に分布しており、地下に優勢な蒸気層の存在を示している。一方、北部域の活動孔数は南部域のおよそ2倍に達するが、100℃を越える過熱蒸気噴出孔は9孔しかない。その分布も、ある地区に集まっていると云うより、かなり分散しており、合計噴出水量中に占める蒸気の割合も南部域の方が大きい。

1孔当りの平均噴出水量、熱量は、ともに北部域の方が大きく、1本の井戸の能力は北部のものの方が優勢である。これは、地下熱活動の強さと無関係ではないかも知れないが、ここに表われた数値には、北部域に観覧施設などの大型施設が多いことや、孔井の保守のされ方などの効果も大きいように思われる。

次に、昭和36年当時と比べた変化をみよう、温泉台帳の孔数も、観測孔数（活発な活動孔数とみなされる）も、別府全域では約1.8倍に増したが、このうち南部域では1.4倍、北部域では2倍と云うように、とくに北部域で開発がさかんに行なわれたことがわかる。これに伴って、噴出水量も噴出熱量も増加し、別府全域としてみると、前者は2.6倍、後者は3.6倍となり、ともに、孔井数の増加の割合よりもかなり大きく増加していることが注目される。このことは、孔井の噴出能力の増大を意味するが、ちなみに、1孔当りの平均噴出水量は1.5倍、熱量は約2倍となっている。測定方法に違いがあるので、このように単純に数値を比較することには問題がある。しかし、研究会報告25号で述べたように、今回の測定法は湯原の方法に比べて、原理的には各噴出量を幾分か小さめに見積る傾向があるので、噴気・沸騰泉からの噴出能力が昭和36年当時よりかなり増大しているとみなして差しつかえないと思われる。昭和36年当時と比べて井戸口径が大きくなったわけではなく、さらに大きい噴気・沸騰泉を求めて未開発域での掘さくがさかんに行なわれたためであろう。

噴気・沸騰泉の利用状況は表3にまとめて掲げた。1個の源泉が、単一の目的ではなく、いくつかの目的のために利用されているから、表中の孔数の合計は活動孔数より大きくなる。また、北部域の湯の華用、鉦泥用はすべて自然噴気であり、観覧用や公衆浴場の中にも自然噴気が含まれている。利用の形態としては、自家用、ホテルなどの浴用に利用されているものが圧倒的に多く、暖房用、観覧施設、給湯用などがこれに次いでいる。

給湯事業については、今年度大分県の手で別に調査が行なわれ、本号に「別府温泉における給湯事業」としてまとめられている。なお、給湯用噴気・沸騰泉は本調査では56孔、前記の調査では53孔と一致しないが、これは前記の調査が事業用だけを対象としているためである。

表3：噴気・湧騰泉の利用状況調査結果

地域 利用種類	境川以南			境川以北			別府全域				
	境	川	以	境	川	以	北	別	府	全	域
自家浴用	孔25	世帯70	ヶ槽78	孔58	世帯212	ヶ槽215	浴槽容量141.9m ³	孔78	世帯282	ヶ槽293	浴槽容量182.0m ³
自家暖房用	孔3	世帯5	室5	孔17	世帯18	室80	浴槽容量1,288.5m ³	孔20	世帯23	室85	浴槽容量1,460.0m ³
旅館・ホテル・観覧施設等浴用	孔14	軒8	ヶ槽860	孔63	軒77	ヶ槽343	浴槽容量1419.1m ³	孔77	軒85	ヶ槽1,203	浴槽容量3842.6m ³
旅館・ホテル・観覧施設等暖房用	孔9	軒4	室831	孔38	軒42	室507	浴槽容量16,544.3m ³	孔47	軒46	室1,338	浴槽容量75,948.3m ³
温室栽培用	孔12	ヶ所12	棟46	孔26	ヶ所24	棟110	浴槽容量18,536.6m ³	孔38	ヶ所36	棟156	浴槽容量26,628.4m ³
公衆浴場用	孔4	ヶ所4	ヶ槽8	孔5	ヶ所5	ヶ槽9	浴槽容量26.0m ³	孔9	ヶ所9	ヶ槽17	浴槽容量47.6m ³
{市区 営管	孔4	—	—	孔2	3	6	20.6	孔6	7	14	42.2
	—	—	—	3	2	3	5.4	3	2	3	5.4
共同浴場用	孔3	ヶ所3	ヶ槽5	孔3	ヶ所3	ヶ槽8	浴槽容量26.5m ³	孔6	ヶ所6	ヶ槽13	浴槽容量34.2m ³
給湯用	孔(初)			孔(初)				孔(56)			
観覧用	孔3	ヶ所3		孔31	ヶ所13			孔34	ヶ所16		
湯の華用				孔37	ヶ所4			孔37	ヶ所4		
氩泥用				孔7	ヶ所1			孔7	ヶ所1		

3. 一般温泉

今回の現況調査の主目的であった噴気・沸騰泉の調査が49年度で終了したので、今年度は、それ以外の一般温泉の調査を行なった。

一般温泉の調査は過去何度か行なわれており、最近のものは、昭和31年から38年にかけてのものである。その後、市街区域や住宅地の拡大に伴って、それまで温泉のなかった地域に温泉の開発が進展した。現在では、別府扇状地のほぼ全域にわたって温泉が分布し、活動源泉数は2,000孔を越えるまでになっている。前節に記した噴気・沸騰泉の著しい開発が一般温泉水系に及ぼす影響という問題とも関連して、泉源の保護や、将来の適正な利用をはかるためには、これら一般温泉の現況と過去からの変遷を把握しておくことが重要なのは云うまでもない。しかし、これら源泉のひとつひとつについてその活動状況をチェックすることは、相当の労力と時間を要する。そこで今回は、調査項目を印刷した葉書を源泉所有者に配って回答をお願いするアンケートを主体とした調査を行なった。発送枚数は2,500枚、そのうち未着返送が227枚であった。各源泉所有者の御協力により、約半数の1,242枚の回答が寄せられた。この中には噴気・沸騰泉関係のものが139枚あり、これを差し引くと、一般温泉に関する回答は1,103枚で、推定全活動孔2,186孔の半数に達する。

寄せられた回答は、別府保健所に集積されている諸資料（掘さく終了年月日、深度、口径、動力装置のワット数、1分間当りの採湯量、温度など）と対照させて整理され、一覧表が作成された。また活動孔の位置は、温泉台帳に載せられている見取図を参照して、1万分の1の地図上にプロットされた。図1中の黒点が活動している一般温泉である。ただし、南部の市街地や北部の亀川などの温泉密集域では、その位置がはっきりしないものがあって、図に記入されていないものも相当数ある。しかし、おおよその位置は推定できるので、後出の統計や図2以下の採湯量分布図などには、すべての源泉を含んでいる。これらもまた、調査にあたった四者が一部ずつを保管している。

表4：一般温泉利用状況

区分 大字名	回 答 数	動 力 揚 湯 泉	旅 館	保 養 所	公衆浴場	自 家 用	未 利 用	自家用利 用世帯数
浜 脇	10 ^孔	6 ^孔	3 ^孔	孔	孔	3 ^孔	4 ^孔	3
別 府	483	379	102	25	49	302	63	1,187
南立石	34	24	1	4	1	18	8	142
南石垣	64	62	5	3	6	45	6	214
北石垣	126	126	3	10	5	110	5	643
観 見	85	66	18	9	8	48	14	230
鉄 輪	28	24	5	3	1	19	7	44
亀 川	183	137	10	9	11	156	6	509
野 田	56	25	9	6	2	26	19	151
内 竈	34	27	4		5	25	1	113
合 計	1,103	876	160	69	88	752	133	3,236

表4は回答のあった温泉（1,103孔）の利用状況の統計であるが、約8割にあたる876孔で動力による揚湯が行なわれている（ほとんどすべて、コンプレッサーによるエアリフト）。また、表中の孔数を合計すると1,103孔以上になるが、これはいくつかの源泉が、一部は旅館用、一部は自家用と云うように利用されているためである。これら一般温泉は、ほとんどすべてが浴用に利用されており、

その70%近くが自家用であるのは、別府温泉の利用のされ方の大きな特徴のひとつである。また、これを利用している世帯数は3,000世帯余りであり、この利用のされ方をそのまま活動孔数約2,200孔に拡大すると、自家用一般温泉の利用世帯数は6,000~7,000世帯程度であろう。これは、昭和49年版別府市統計書による全世帯数の約15%にあたる。

さて、今回の調査の第一の目的は、温泉開発が進展した現時点で、どの程度の量の温泉が採取されているかを見積ることであるが、動力による揚湯泉が大部分を占める現在では、単位時間当りの揚湯量とともに、1日当りの揚湯時間の見積りが必要である。さきに、筆者らは、動力装置の電力使用量からその推定を行ない、別府全域における1日当りの平均揚湯時間として、4.1時間と云う値を得た。これは、1孔当りの1日平均揚湯量が8.8m³に相当し、自噴泉も含めた一般温泉からの全採湯量は28.300m³/日と推定された。(血の池地獄からの量を加算すると、29,700m³/日となる。)しかし、その時に用いた資料数が全動力揚湯泉の2割程度でしかなく、また、用途別の違いも明らかにできなかったため、幾分か⁽⁵⁾の修正を要すると思われた。そこで、今回のアンケートでは、揚湯時間の調査も行ない、全動力揚湯泉の4割強に当たる759孔について1日当りの揚湯時間の回答が寄せられた。これらについて、揚湯時間と別府保健所の動力揚湯量の資料により、1日当りの揚湯量を算出した。つぎに、これまでに知られている温泉の地域的な特徴、利用のされ方、あるいは資料整理の便利さなどを考慮して、境川以南、境川と春木川の間接地帯、および春木川以北の三つの部分に分けて、揚湯時間と揚湯量を整理した。その結果は表5に示されている。

表5：動力揚湯泉からの1日当りの揚湯時間と揚湯量 (m³/day)

	自家用	旅館・保養所 ・公衆浴場	平均
境川以南			
揚湯時間	2.9	9.2	5.4
揚湯量	6.8	24.1	13.7
境川－春木川			
揚湯時間	3.7	7.6	4.6
揚湯量	8.4	18.2	10.5
春木川以北			
揚湯時間	2.9	5.9	3.5
揚湯量	6.0	12.8	7.4
別府全域			
揚湯時間	3.0	7.9	4.5
揚湯量	6.7	20.1	10.7

自家用は、以前から開発の進んでいた境川以南と春木川以北で揚湯時間とともに1日当たり2.9時間とまったく等しく。揚湯量はそれぞれ1日当たり6.8m³および6.0m³と若干の違いはあるがほぼ等しいのに対し、近年開発された境川と春木川の間接地帯ではいずれも大きめである。これは、この地域の温泉は採取深度が深く、揚湯しはじめに低温で、高温の湯を得るまでにかなりの揚湯時間を要するためであろうと思われる。一方、旅館用などでは、境川以南域が最も長時間で多量の揚湯を行な

っており、春木川以北で両者とも最小である。これは、主に、施設の規模の違いによるものと思われる。

また、旅館等の大型施設の占める割合が境川以南でもっとも大きく、春木川以北で最小であるため、各地域毎の用途別に依らない平均の揚湯時間・揚湯量は、やはり境川以南で最大で、春木川以北で最小である。そして、別府全域の平均としては、揚湯時間は1日当り4.5時間、揚湯量は10.7m³と、さきに、電力使用量から見積られた値より若干大きい数値が得られた。

アンケートのうちで、揚湯時間についての回答がなかった動力揚湯泉には、表5の用途別平均採湯量を適用した。また、アンケートの回答がなかったものについては、保健所の資料をそのまま用いて、自噴泉と動力揚湯泉を区別し、動力揚湯泉からの揚湯量には表5の最終欄に掲げたそれぞれの地域における荷重平均の揚湯量を適用した。一方、自噴泉については、1分間当りの湧出量資料を換算して1日当りの湧出量とした。

このような見積り法のために、なお不確さは残されているが、筆者らによってさきに見積られた採湯量などの値は幾分か改良されたと思われる。表6には、噴気・沸騰泉調査結果や、従来の一斉調査結果と比べやすいように、境川以南域と境川以北域の2つの地域に分けた統計結果を示した。なお、この表の境川以北には、血の池地獄からの値が含まれている。

表6：一般温泉からの採湯量・熱量調査結果

地 域	境川以南	境川以北*	別府全域
自噴孔数	287	191	478
動力揚湯孔数	777	931	1,708
合計活動孔数	1,064	1,122	2,186
自噴量(m ³ /day)	6,227	7,252	13,479
揚湯量(m ³ /day)	10,824	7,730	18,554
合計水量(m ³ /day)	17,051	14,982	32,033
熱量(10 ³ Kcal/day)	9.1	8.2	17.3
平均温度(℃)	53.5	54.7	54.0

*：血の池地獄を含む

表7：一般温泉採湯量経年変化

調 査 期	孔 数	平均温度	推定採湯量
境川以南		℃	x10 ³ m ³ /day
1924	826	53.38	16.3
1933	756	54.04	18.8
1949	674	52.11	18.8
1959	738	52.05	14.8
1975	1,064	53.5	17.1
境川以北			
1949	305	58.3	18.4
1956			
~63	470	56.2	15.8
1975	1,122	54.7	15.0

表7には、今回の結果も含めて、一般温泉からの採湯量、平均温度の経年変化を南部と北部に分けて掲げた。表中、古い時期における活動孔はほとんどすべてが自噴泉であった。その後、開発域の拡大と温泉水頭の低下に伴って、南部の市街地を中心に、次第に動力による揚湯泉が増えつつあることが、前回の1956~63年にかけての調査で指摘されている。それでも、1959年当時は、境川以南域の活動孔738孔中の85%にあたる629孔が、なお自噴泉であった。この動力揚湯量は、温泉開発の進展とともに進み、現在では、表6にみられるように、別府全域の一般温泉の約80%の源泉で、動力による揚湯が行なわれるに至っている。

さて、採湯量の経年変化をみると、境川以南域では1959年に落ち込みがみられる以外は、大きな変化はないと云えよう。また、北部域においても、1949年の値が大きいが、それほど目立った変化はない。(1949年の値が大きいの、血の池地獄からの流出量が、当時1日当り2,700m³に達するほど大

図2 採湯量分布

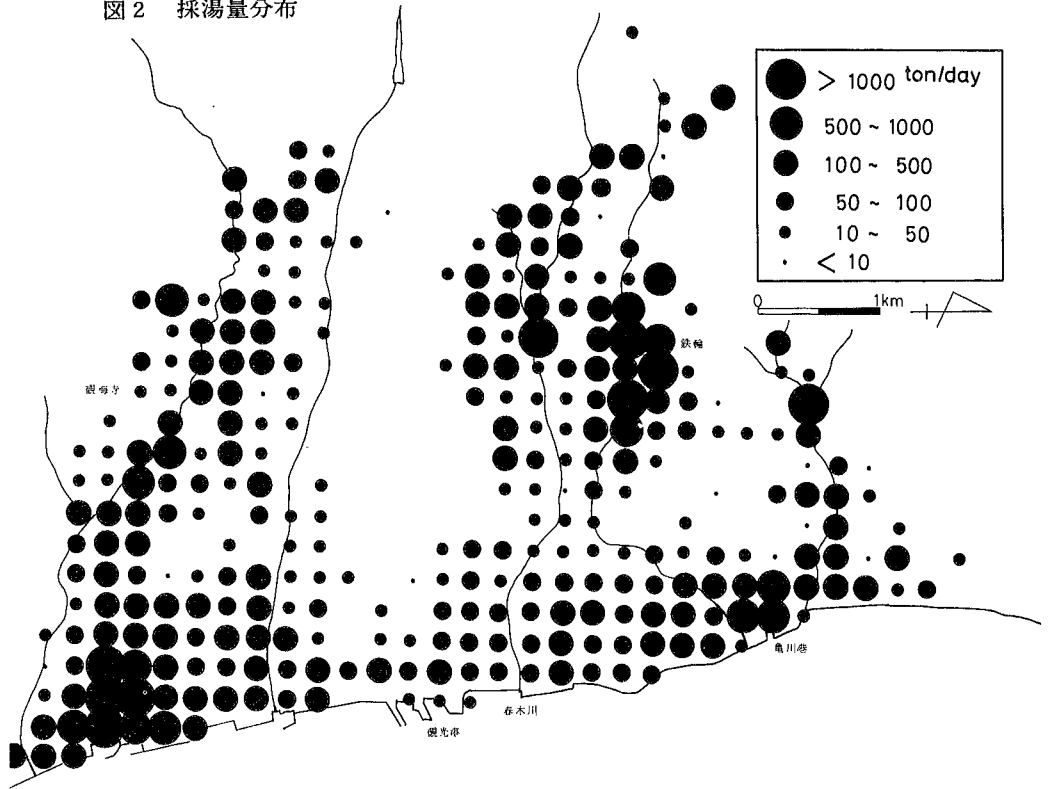
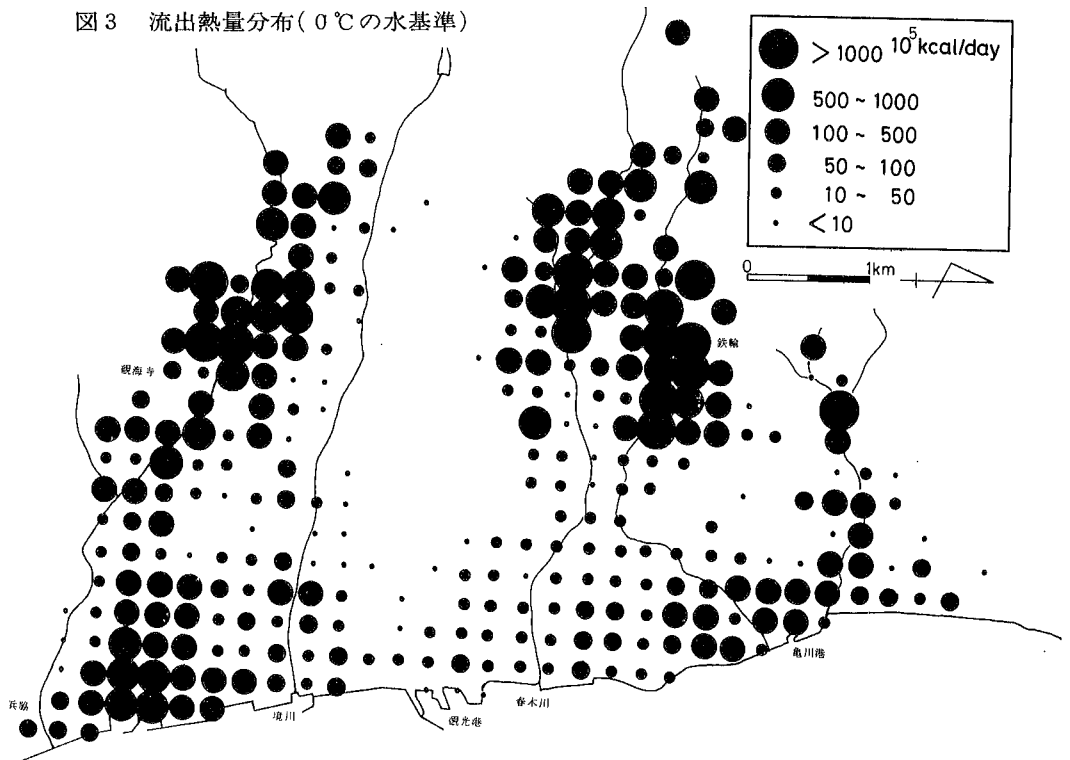


図3 流出熱量分布(0℃の水基準)



きかったのが主な要因のようである。また、朝日、石垣地区が一括して統計されているため、境川以南の南立石地区の温泉も含んでおり、その分だけ過大となっている可能性がある。)自噴時代に比べると、温泉開発域が拡大し活動孔数も倍増したのに、このように採湯量がほぼ一定しているのは興味ある現象である。これはまた、1孔当りの採湯量が小さくなっていることを意味する。別府温泉では、温泉を必要量以上に汲みあげているのではないかという意見もあるが、今回の調査で明らかとなったように、一般温泉の8割に達する源泉が動力揚湯泉となり、必要な量だけを採湯するようになってきたと考えるのが妥当であろう。ただし、噴気・沸騰泉も含めた全体としての別府温泉の採湯量はかなり増加している。

4. 採取水量・熱量などの分布

図1に明らかなように、現在では、ほぼ別府市の全域にわたって温泉が開発されている。しかし、その分布は様ではなく、したがって、温泉採取量などにも地域的な違いがある。そこで、噴気・沸騰泉調査結果と一般温泉調査結果を合わせて、地域的な採湯量、熱量などの分布を見ておく。これは、別府流域の水理・水文学の研究にも、将来の温泉利用計画の観点からも必要なことと思われる。

別府温泉を250メートル四方のメッシュに分割して、その各々からの採取水量を求めたものが図2である。南部の市街地と北部の鉄輪でとくに多量の採取が行なわれているが、前者は一般温泉によるものであり、後者は噴気・沸騰泉によるものである。北部域の亀川(一般温泉による)、南部域山の手の観海寺一帯(噴気・沸騰泉による)がこれに次いでいる。比較的近年開発された境川と春木川の間中部は、温泉孔数も少なく、採取水量が少ない。

図3は0℃の水を基準とした採取熱量の分布で、とくに高熱量の地帯は、噴気・沸騰泉の多い北部の鉄輪と南部の観海寺一帯である。全体のおおまかな姿は、採取水量の分布と似ているが、細部にわたってみると、ずれがあって、採取水量は少ないのに、熱量の多い所が山の手一帯にある。これは、蒸気だけを噴出する噴気存在のためである。

表2、表6と対照すると明らかなように、噴気・沸騰泉の数は一般温泉数の10%に満たないが、採取水量は一般温泉からの量の8割弱に達し、熱量は逆に3倍となっているように、噴気・沸騰泉からの噴出熱量は非常に大きいことがわかる。これは化学成分流出量についても云えることであって、例えば、沸騰泉からの全Cl流出量は一般温泉からの量のおよそ3倍であり、噴気からのCO₂量は一般温泉からの量の10倍を超える。このように、噴気・沸騰泉の開発は、一般温泉の開発とは大いに異なる意味を持っている。

図4と図5には、それぞれ、Clと全CO₂の流出分量分布を示した。従来の研究ですでに明らかにされているように、別府温泉の熱と化学成分の主な源は、山岳部地下一帯に存在するCl濃度の高い熱水であり、そのおおよその特性を沸騰泉水が示すと考えられている。泉温とCl濃度の間にみられるおおまかな直線関係はこの考えを支持している。しかし、Cl濃度の高い高温水と地表から浸透した浅層地下水の単純な混合から予想される温度より、実際の泉温は高温側にずれていることが南部域で見出され、地下蒸気の混入もまた一般温泉の生成過程に重要な役割を果していることが指摘された。さらに、蒸気混入に伴うCO₂量の付加も予想され、一般温泉のHCO₃濃度に関して、この蒸気混入の効果が解析されている。⁶⁾

さて、図4と図5を図2および図3と比較すると、噴気の効果を除けば、当然のことであるが、すべてのパターンが似かよっている。しかし、噴気の効果も含めて全体の姿をみると、図3の流出熱量分布と図5のCO₂流出量分布との類似性が顕著であり、一般温泉水系に対する地下蒸気の寄与の効果の大きいことを示している。このような蒸気の寄与の度合によって、一般温泉水の温度はもちろんのこと、CO₂濃度の違いが生じ、それが温泉水の泉質に地域的な違いを作り出す大きな原因とな

图4 Cl 流出量分布

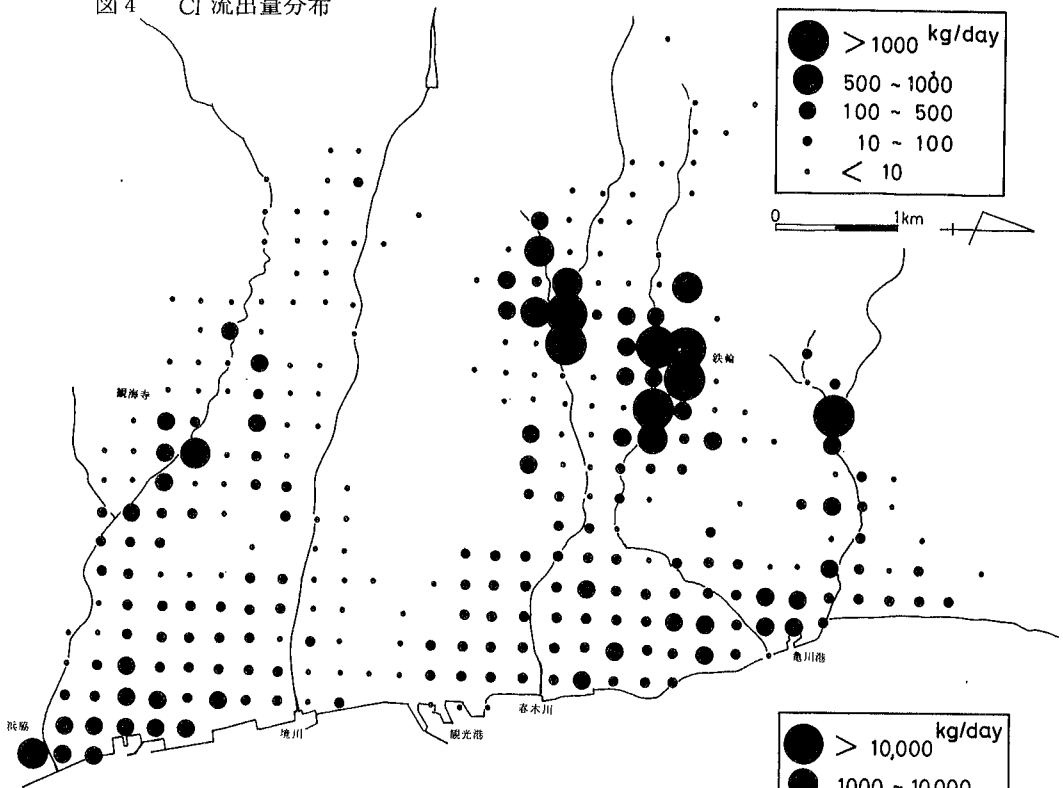
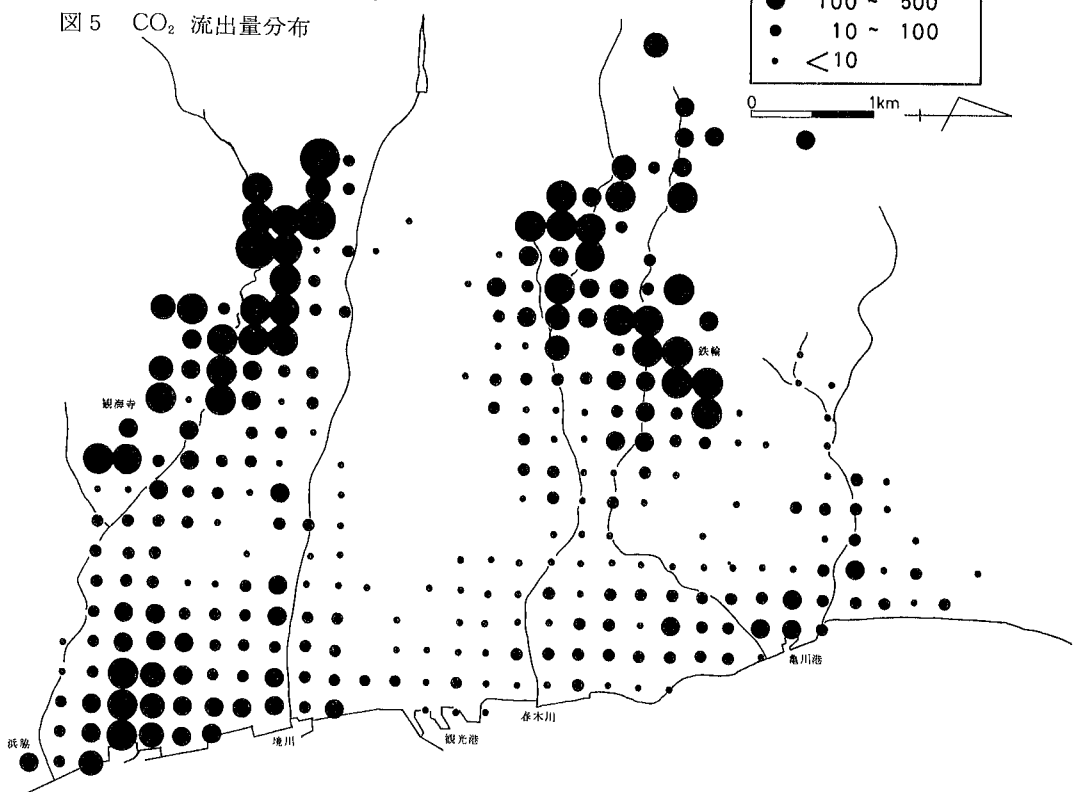


图5 CO₂ 流出量分布



っている。そこで、各メツシュ内の一般温泉に対する熱水の寄与と蒸気の寄与の割合を調べてみよう。

別府流域の年平均気温はおよそ16°Cであるので、浅層から浸透して熱水と混合する冷地下水の温度もこれに等しいとして、熱量は16°Cを基準としたものに換算する。1メツシュ内の一般温泉から1日当りに流出する熱量をH₁₆で表わす。この中には、液体としての熱水からもたらされる熱量、蒸気から与えられる熱量、および地層を通しての伝導によって与えられた熱量の3つが含まれていると考えられ、それぞれの寄与をH_e、H_v、およびH_cで表わす。

ここで次の比を考える、

$$\frac{H_{16}}{H_e} \dots\dots\dots (1)$$

H₁₆=H_e+H_v+H_cと仮定しているから、この比の大小は、流出熱量中に占める熱水の寄与、云いかえれば、蒸気混入や伝導の効果を示す指標となる。H₁₆は各メツシュ毎に求められるが、H_eはこのままでは不明である。しかし、幸いに熱水はトレーサーとして優れたClを伴うので、これを利用することができる。(1)の分子と分母を名メツシュ毎のCl流出量(Clop)で割る、すなわち

$$\frac{H_{16}/Clop}{H_e/Clop} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、熱水からもたらせる熱量とCl量の間には比例関係が成立っていると仮定すれば、(2)の分母は一般温泉水を函養している熱水固有の値に等しい。ここでは、沸騰泉水の値が熱水の値を代表すると考えるが、南部域と北部域での値は若干異なるので、下記の値を用いる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{南部域に対して} \dots\dots H_e/Clop = 121 \times 10^9 \text{ Kcal/kg} \\ \text{北部域に対して} \dots\dots H_e/Clop = 93.5 \times 10^9 \text{ Kcal/kg} \end{array} \right\} (3)$$

南部域と北部域は、これまで、地理的な面と利用のされ方および開発のされ方の面から、境川で区別されていたが、温泉水の化学的性質からみて、さらに北に寄った観光港付近で区別する方が合理的と思われる、(3)の数値の適用範囲は観光港付近で南と北に区別する。

さて、(3)の数値を用いて各メツシュで求められる(2)の数がちょうど1であれば、その温泉水は上に仮定した熱水と浅層地下水の単純混合とみなされる。1より大きければ、混合以外の効果、すなわち蒸気の混入と伝導の寄与があると考えられるが、背後に地熱域を持つ別府温泉の場合には、蒸気混入と伝えて伝導の効果が小さく、この数値がかなり大きいものは、明らかに蒸気混入の効果が大きいと考えてよいと思われる。一方、1より小さい場合の解釈は2通り考えられる。ひとつは、Cl濃度が高い水、たとえば海水が混入した場合であり、もうひとつは、熱水や蒸気との混合後の地下での滞留時間が長いために冷却された場合である。以上の解釈はかなり粗っぽいもので、たとえ1より大きくても冷却の効果は含まれているかも知れないし、またちょうど1であっても、蒸気混入による昇温と冷却効果が打ち消し合って偶然に1となっている場合もあるかも知れない。しかし、もし数値の分布が地域的にばらばらでなく、特徴がある程度まとまって表われるならば、上の解釈に一応の妥当性を期待してもよいであろう。

図6には、各メツシュの一般温泉について計算された(2)の値の分布を四段階に分けて示すが、その様相には地域的なまとまりがみられる。(2)の値が1より小さいのは、浜脇、別府駅の北西部、春木川に沿う別府中央部の海岸に近い一帯、および亀川港から北の部分などである。これらのうち、浜脇と亀川港付近は明らかに海水浸入を受けた部分である。別府市中央部は従前から温泉が出にくいとされ、比較的近年になってようやく開発された部分である。3節で触れたように、この一帯のとくに春木川より南側では揚湯しはじめの温度が低く、入浴に適した温度に達するまでに時間を要

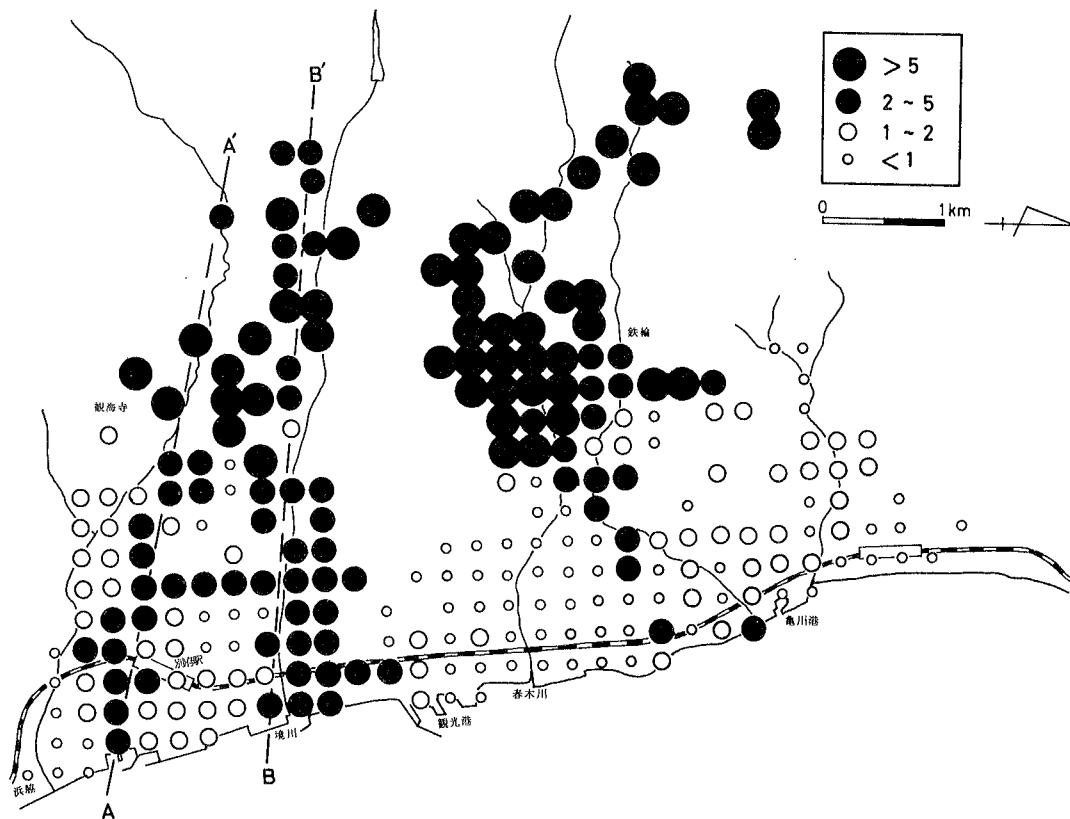
することから推定されるように、地層がかなり冷却しているらしい。一方、Cl濃度は多くのものが500mg/l以上で、1,000mg/lに達するものもある。しかし、浜脇や亀川港付近などの海水浸入域と比べるとはるかに低濃度であるし、また、その濃度分布からみて海水が浸入しているとは考えにくい。むしろ、この一帯の温泉水はかなり長期にわたって地下に滞留し、そのため、冷却の効果を受けていると考えるのが妥当のように思われる。

別府駅北西部の一帯では、(2)の値が1より小さいが、1に近く、蒸気の混入をあまり受けていないと考えられる。

以上のほかの大部分の地域では、(2)の値が1より大きく、多かれ少なかれ蒸気混入の効果を考えねばならない。とくに、噴気・沸騰泉の存在する山の手一帯の一般温泉での値は5を越えており、蒸気混入の効果を大きく受けていることが明らかである。さらに、南部域の海岸から山岳部に向かって引かれた測線A-A'とB-B'に沿う一帯では、(2)の値が2~5の範囲にあって、周囲と比べて蒸気混入の効果が大きいとみなされている。これら帯状地帯は、HCO₃濃度の解析によっても蒸気混入の影響を受けていると考えられた部分である。⁽⁶⁾

このように、蒸気混入の効果を大きく受けている地域では熱とともにCO₂成分も温泉水に与えられ、このために、地層からナトリウム・カリウムのようなアルカリ金属や、カルシウム・マグネシウムのようなアルカリ土類金属が温泉水中へと溶かし出される。したがって、(2)の値が大きい部分では重曹泉や重碳酸土類泉系統の温泉が得られる。また、地下蒸気がH₂Sを多く含んでいれば、このような温泉水中には硫酸成分が増し、泉質も硫酸塩泉とか緑バン泉の系統となる。このような意味で、図6と各地域のおおまかな泉質を示す分布図とを比較対照することは興味があり、それについては、別の機会に検討したい。

図6：一般温泉に対する蒸気の熱的寄与（本文(2)の値の分布）



5 おわりに

昭和48年以來3ヶ年にわたる現況調査を終えるにあたり、別府流域内の水利用状況の中での温泉採取量の意味をみておこう。前報告などにおいても、このことに触れておいたが、新たに一般温泉採取量の見積値が得られたので、最終結果としての数値を表8に掲げた。ただし、全体像としては、前の結果とそれほど違わない。加熱用水、噴気・沸騰泉水および一般温泉水など、温泉に関係のある1日当りの合計採取量はおよそ66,000トンで、これは別府流域内で採取されている上水道+雑用水の4倍弱である。(上水道全使用量としては、他流域からの水、たとえば大分川水系の水や別府北部の温水水源の水などが加算され、1日当たり平均6万トン余りが使用されており、温泉利用量はこれとほぼ等しい。)

表8：別府流域における採取水量と雨量 (m³/day)

		境川以南	境川以北	別府全域
上水道+雑用水		10,810	6,340	17,150
温泉	加熱用水	5,870	2,940	8,810
	噴気・沸騰泉	6,190	18,750	24,940
	一般温泉	17,100	15,000	32,100
流域雨量		137,000	142,000	279,000

多くの温泉地で行なわれた化学成分の同位体研究によって、深層熱水も含めて温泉水の大部分は天水起源と云われている。別府温泉の場合もそうであろうと思われるので、比較対照のために、表8には1日当りの流域雨量を掲げた。前記の66,000トンはこれの約24%に相当する。温泉造成用の加熱用水は、河川水と非常に浅層の地下水

水であり、一方、一般温泉はそれらより深層を、また噴気・沸騰泉水の多くはさらに深層を流動している水である。したがって、深層部分からの採取水または流出水は、加熱用水を除いた約57,000トンで、これは流域雨量の20%に当る。

かつて、著者の一人吉川は、別府南部市街部9km²の水収支解析によって、降雨量の約27%が深層の温泉水系を函養していると言った結果を得た。⁽⁷⁾ 山岳部と低地部とでは、地層の水理構造の違いのために、地下深層へと浸入する降雨量の割合はおそらく異なるであろう。しかし、試みにこの比率をそのまま別府全域約59.8km²に拡大適用すると、1日当りの平均函養量は75,000トン程度となる。別府の温泉水系が別府流域内の降雨量だけによって函養されているのか、あるいは、山岳部深層の熱水系として分水嶺を越えた他流域からも流入があるのかは、将来研究さるべき水理学上の問題である。仮りに他流域からの寄与がそれほど多くないとすれば、ここに見当をつけた函養量75,000トンは、現状の流出温泉水57,000トンに比べて、決して大きいとは云えない。

新たな源泉の開発や採湯を行なう際に、泉源保護に関して従来取りあげられてきた観点は、既開発源泉に与える影響と云う、ごく限られた範囲に向けられることが多かったようで、その流域内の水収支状況をふまえ、採取温泉水の総量と云う観点に立った議論はあまりなかったように思われる。極端な例であるが、現在の動力揚湯泉がすべて1日中揚湯を行なったとすれば、噴気・沸騰泉を含めて1日に10万トンを越える採取が行なわれることになる。これは、明らかに、別府流域内の降雨量だけでは温泉源の函養量がまかなわれず、その水循環機構に破滅をもたらすような量であろう。このようなことは現実には起らないかも知れない。しかし、別府温泉における現在の動力設備の能力が、このような危険性を潜在的に含んでいることは注意されなければならない重要なことである。

今回の調査によって、一般温泉からの採湯量は過去と比べてほとんど変化してないが、噴気・沸騰泉からの量はかなり増していることが知られた。表2における噴気・沸騰泉からの総噴出熱量は、もしこれに20℃の水を混合して人工的に60℃の温泉水を造成するなら、約10万トン/日の水を加熱

する能力に匹敵する。現在、給湯事業用に約1万トン／日の加熱用水が使われているので、さらに9万トン／日の水を温泉水として供給できるということになる。すでに開発されつくした温泉の現状を考えると、これが現時点で別府温泉に残された唯一の余剰能力と言えよう。近年このように増大した山の手地域の噴気・沸騰泉の開発がどのような形で低地部一般温泉に影響を与えているかは、今回の調査方法でははっきりはしないが、その影響は当然予想されることであり、モニター用の源泉を指定するとか、新たに設けるとかして、別府温泉の変化を監視できるような体制を整えることが望まれる。

終わりにあたり、本調査の意図を汲んで御協力いただいた源泉所有者各位、観測にあたって御協力いただいた京大地球物理学研究施設北岡豪一氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 吉川恭三ら：別府温泉の現況調査(1)別府南部域の噴気・沸騰泉、大分県温泉調査研究会報告 25号、pp 1～8 1974
- (2) 吉川恭三ら：別府温泉の現況調査(2)別府北部域の噴気・沸騰泉、同上、26号、pp 1～7 1975
- (3) 湯原浩三：別府周辺噴気孔の噴出熱量と熱力学的性質、同上、15号、pp 15～25 1964
- (4) 佐藤光一：矢野行雄：別府市内温泉現況調査(5)、同上、14号、pp 36～38 1963
- (5) 由佐悠紀、野田徹郎、北岡豪一：地熱地域を含む温泉地からの流出水量、熱量および化学成分量——別府温泉の場合——、温泉工学会誌、10巻3号、pp 94～108 1975
- (6) 吉川恭三、由佐悠紀：別府温泉南部域の炭酸成分、大分県温泉調査研究会報告、23号、pp 11～19 1972
- (7) 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、pp 75～87 1970

別府温泉における給湯事業

大分県環境管理課

大分県別府保健所温泉課

まえがき

温泉調査研究会の事業の一環として、昭和48年度から3ヶ年計画で別府温泉の現況調査を計画した。まず、48～49年度は噴気沸騰泉の実態調査を行ない、引続いて50年度は一般温泉の調査のほか別府温泉における給湯事業の調査も実施した。

別府温泉における給湯事業の果す役割は大きいと考えられており、加熱温泉量の殆んどが給湯事業用として利用されていると云われている。

この調査においては、かかる給湯事業の現況を出来るだけ詳細に把握するとともに将来の温泉行政の資料とすることを目的として、環境管理課と別府保健所が共同して調査に当たったものである。

1. 調査方法並びに結果

1. 調査方法

昭和50年9月、民間15社並びに別府市・別府市開発公社に対し、資料の作成を依頼し10月下旬から11月上旬にかけて調査対象者を訪問して聴取り調査を行った。調査結果は表1・2並びに図1・2のとおりである。

2. 調査結果

- ① 調査対象業者は民間15社（白滝温泉・嘉麻産業・別府国際観光・鬼山地獄・泉都土地建物・白湯温泉・亀川温泉・鶴見園・日本地熱興業・鶴荘高熱温泉・生永源一・雷園・安部房江・原ハナエ・山一ホテル）公営2（別府市・別府市開発公社）計17である。
昭和36年の調査（京都大学理学部 吉川恭三教授・県 矢野行雄氏調査）では民間15社（白滝温泉・嘉麻興業・別府国際観光・鬼山地獄・泉都土地建物・白湯温泉・亀川温泉・鶴見園・上人温泉・丸川温泉事業・別府雲泉寺温泉・九州高熱温泉・甲斐・新別府ホテル・松岡孝治）それに別府市を含め16を対象に調査を行っている。当時の上人温泉・丸川温泉事業・別府雲泉寺温泉・九州変熱温泉・甲斐・新別府ホテル・松岡孝治の7社は夫々経営者の変更あるいは、事業を廃止している。
- ② 給湯用源泉は、その殆んどが噴気・沸騰泉であり、山の手地区（南立石・春木川上流・鉄輪・亀川）に分布している。沸騰泉、又は噴気により加熱された温泉水は、全部自然流下方式で給湯先に送られている。
- ③ 給湯用貯湯槽の温度・量については、業者の報告をそのまま、まとめたものであり中には、回答のないものもあった。別府市開発公社の125ℓ/mは、はっきり測定できるもののみで、その外測定不能なものがあった。
- ④ 給湯量合計毎分約10m³は日量にして14,000～15,000m³となり、昭和36年の調査12,027m³/日と比較してやや多いが、概ね納得のゆく数字であり、別府の加熱温泉量としての推定が可能であると思われる。
- ⑤ 加熱水の状況欄で河川水を専用と、かんがい用水に分けてあるが専用とは、はっきりした使用契約のあるものをとった。

表1 給湯用源泉・泉温・泉量・加熱水等の状況

区分	源泉			給湯用貯湯槽		加熱水の状況														
	温 泉	噴 騰 気 泉	計	所有別		温 度 ℃	量 ℓ/m	水道		専用水源		河川水		沈 澱 池	河 過 装 置	用 水 確 保 の 状 況				
				自 他	他			上 水 道	湧 き 井	河 川 水	湧 き 井	河 川 水	有 無				有 無	充 分 容 量	や 不 足	全 く 不 足
民間(15)	7 孔	37 孔	44 孔	42 孔	2 孔	60~97	8,990	2 孔	7 孔	5 孔	4 孔	4 孔	10 孔	3 孔	9 孔	4 孔	3 孔	4 孔	6 孔	
別府市開発公社	2	6	8	3	5	67~97	125			1			1		1				1	
別府市	4	10	14	10	4	65~90	1,777				1				1				1	
計 17	13	53	66	55	11			2	7	6	5	5	11	4	10	5	3	6	6	

表2 給湯状況

給湯業者数	旅館・ホテル		病院	公衆・共同		自家浴用	その他		計	1口当り契約	給湯距離		給湯	料 金	名 義 変 更				
	軒	口		軒	口		軒	口			軒	口				量 ℓ/m	温度 ℃	最短 m	最長 m
民間(15)	166	442	12	81	46	158	722	753	4	15	950	1,449	4 ~ 600	300 ~ 4,000	1,800	100,000	10,000		
別府市 開発公社	16	45	1	2	18	19	52	52		87	118	2.7	4.5	147	2,000	~9,000	~600,000	~250,000	
別府市	-	-	2	2	56	275			18	43	76	820	5.6 ~ 60	5	6,250				
計	182	487	15	85	120	452	774	805	22	58	1,113	1,887							

图 1 别府市・别府市開発公社給湯路線図

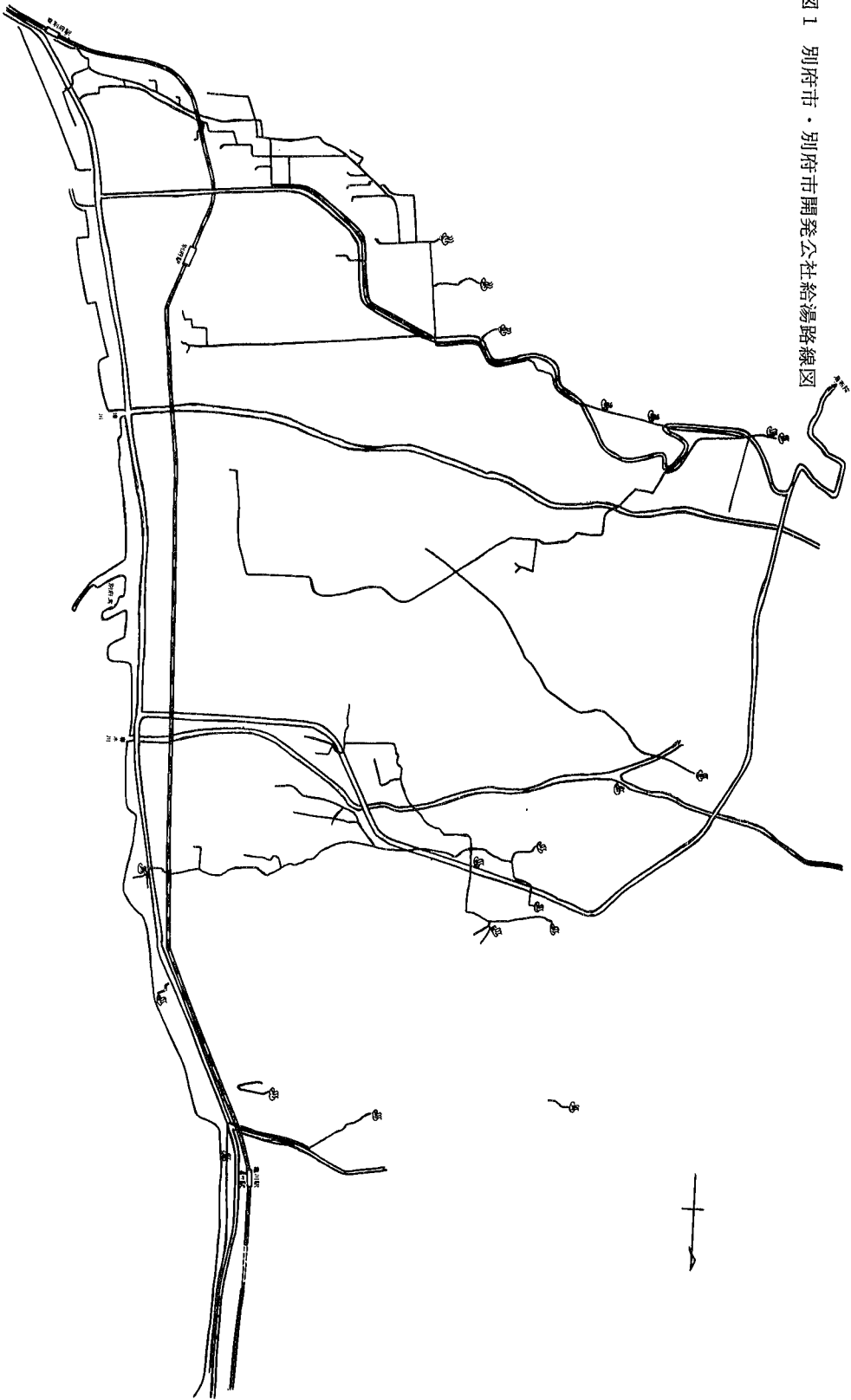


図 2 民間15社給湯路線図



- ⑥ 給湯先のその他欄は、学校・官公庁・社会福祉施設等である。
- ⑦ 契約1口当りの給湯量については、夫々いろんな呼び方をしているが大体毎分3～5ℓ、温度45～60℃程度である。
- ⑧ 市の給湯先は、殆んどが市・区営温泉であるが一応給湯事業としてまとめている。
- ⑨ 給湯料金については、各業者によって若干異なるが大体、加入金又は権利金で500千円、月々の料金5千円程度である。名義変更料については、他人に変更する場合のみのようであり、金額200千円程度である。
- ⑩ 給湯路線については、本報告書には、路線が複雑なため詳しく報告できないが、別府市10,000分の1図面に詳細に色分けし作成の上、京大・県・保健所・市で夫々保管することとした。

ま と め

1. 給湯事業者は、民間15社、別府市、別府市開発公社を併せて17であるが、昭和36年当時と路線・給湯量等、大きな変化はないと思われる。
2. 給湯量14,000～15,000m³/日と云う数字は、別府温泉全温泉量の約1/3に当るものであり、これらの動向は、別府市における温泉行政に大きな影響を持っているものと考えられる。
3. 用水確保の状況、市街地における、給湯管敷設工事の複雑さ等、併せ考えると熱源の余裕は、あっても事業の拡張は容易でないことが考えられる。
4. 表1・2の数字は、業者からの報告をそのまま、まとめたものであり温度・量等の正確度については、なお調査を必要とするものであるが、一応給湯事業の現状をまとめたものである。
おわりに、本調査にご協力をいただいた各業者並びに別府市・別府市開発公社の方々に感謝の意を表します。

参考文献

別府温泉における引湯（第一報）・京都大学理学部 吉川恭三・大分県 矢野行雄：大分県温泉調査研究会報告13号

〔参考資料〕

高熱温泉受給契約書：別府高熱温泉事業協同組合

- 第1条 温泉供給業者 _____ を甲とし受湯者 _____ 乙とし左記条項の契約を締結する。
- 第2条 乙が甲より受湯する場所は乙の所有地又は、借地たる別府市 _____ 番地とする。
- 第三条 乙の受湯する浴槽は _____ 個としてその容積は縦 _____ 米、横 _____ 米、深さ _____ 米とし、引込線は甲の所有する給湯本線又は、支線分岐点より _____ 米とする。但し、標準浴槽の容積は縦0.9米、横0.9米、深さ0.55米で温度は支線分岐点において45度以上とする。但し、給湯量は一昼夜 _____ 口分 _____ 立方米（ _____ 石）とする。
- 第4条 標準浴槽容積を超過するものについては、その倍率に従い給湯料金を割増しするものとする。
- 第5条 乙は本契約により受湯する温泉を _____ 以外に使用してはならない。
- 第6条 乙は本契約にあたり温泉受湯権利金 _____ 円也を甲に支払わなければならない。本受湯権利金はいかなる事情があっても返還しないものとするを乙は諒承する。
- 第7条 乙は本契約による温泉の受湯権を担保に入れたり又は賃貸することは出来ない。乙が本温泉を第三者に譲渡しようとする場合は予め甲の承諾を必要とする。此の場合正当相続者に対する名義変更以外は名義変更料として温泉一口につき金 _____ 円也を乙は甲に支払

わねばならない。若し、乙が甲に支払わないときは新名義人に於て之を支払わねばならない。

第8条 甲が乙より収受する給湯料金は、別府高熱温泉事業協同組合制定の料金表に従うものであって1ヶ月の料金を金 円也とし本契約締結と同時にその全額を乙より甲に支払うものとする。但し、甲、乙協議の上分割払することもできる。引込線に対する一切の公課は乙の負担とする。

第9条 甲の給湯する温泉が天災地変其の他地下変動等の不可抗力に依って泉源の滅失、減退、温度低下、変質又は混濁し入浴不適となっても、乙は甲に対し損害賠償の請求は出来ない。法令の改廃又は官公署の命令によって給湯不能に立到った場合も亦同じ。

第10条 泉源地、給湯本線又は、支線の故障により修繕のため或る期間給湯を停止することがあっても乙は平常通り給湯料金を支払うは勿論、損害賠償等の請求はしないものとする。又、乙が乙の都合により温泉の受湯を一時停止することがあっても給湯料金の減額を甲に請求することは出来ない。

第11条 この引込線布設工事費は総て乙の負担とし、其の工事は一切之を甲に委託するものとする。引込線が著しく腐朽又は、損傷して送湯又は、保温上改修又は布設替をせねばならなくなった場合亦同じ。

前項の理由による引込線の布設替工事又は工事費等に就き甲乙両者間の協議が整わない時は別府高熱温泉事業協同組合の裁定に従わなければならない。

第12条 引込線の修理及び、掃除は甲が之を行い其の費用は乙の負担とする。乙は甲の承諾なくして引込線又は、浴槽の変更若しくは修理してはならない。

第13条 甲が給湯上乙の浴槽又は、引込線を変更する必要が生じたとき、甲は甲の費用で之を施工する。此の場合乙は之を拒むことは出来ない。

第14条 甲は何時でも乙の引込線、浴槽等の状態を巡視することが出来る。

第15条 乙は本契約の受給量を明確にするため甲から要請があったときは、乙の費用で計量器を設備し甲の検査を経て受湯を開始するものとする。計量器を修理する場合も亦同じ。

第16条 乙が給湯料金を期限内に支払わないとき又は、本契約に違反したときは甲は直ちに給湯を停止し又は本契約を解約することが出来る。

この場合乙は、既払の給湯料金の返還請求は勿論如何なる名義を以てしても甲に対し損害賠償の請求をすることは出来ない。

乙が乙の都合により本契約を解約する場合若くは、乙が第2条の受湯場所より他に転任したときも亦同じ。

第17条 甲の都合により本契約の解約を申出たときは甲は既取の未経過給湯料金を乙に払戻す事は勿論、第11条に依る引込線工事費を乙に弁償する外は如何なる名義を以てしても乙は甲にに対し損害賠償の請求はしないものとする。

第18条 甲が甲の所有する泉源、温泉、給湯本線又は、支線等を第三者に売渡し又は譲渡することがあってもその第三者は本契約を継承するよう甲は措置しなければならない。

第19条 経済事情の変化により、諸物価が高騰した場合は甲乙協議の上給湯料金の値上をすることが出来る。右の協議が整わないときは、別府高熱温泉事業協同組合の裁定に従わなければならない。

第20条 本契約の期間は契約の日より起算して満1ヵ年とし期間満了後1ヵ月以内に甲乙双方より何等異議の申出がないときは更に一ヵ年間継続するものとして爾後その例による。

本契約は別府高熱温泉事業協同組合制定の規定に従い作成したものであって、後日の証として2通

を作成し甲乙各々1通を保有する。

昭和 年 月 日

甲

乙

温泉給湯契約約款：給湯契約書・別府市開発公社

(総 則)

第1条 給湯者（以下「甲」という。）と受湯者（以下「乙」という。）とは互に信義に従い誠実にこの契約を履行する。

(受 湯 者)

第2条 乙は、この約款及び係員の指示によって温泉給湯を受けるものとする。

(給 湯 料)

第3条 給湯料は当月分をその月の10日までに納入しなければならない。

(給湯料の減免)

第4条 甲は不慮の災害又は給湯施設の工事その他止むを得ない事由があるときは、温泉の状況によって給湯量及び給湯時間を制限し若しくは給湯を休止することができる。この場合において給湯量を減少したときは、その量に応じて給湯料を減額する。

第5条 乙の装置した受湯設備の事故による給湯量の減少或は受湯不能等を理由として給湯料は減額しない。

2 乙が3ヶ月以上の長期にわたり温泉の使用を不必要とする事由により受湯を休止する場合は、文書により甲にその旨を願出承認を受けなければならない。

3 前項の規定により給湯を休止した場合の休止期間に対する給湯料は徴収しないものとする。

(権利義務の譲渡等)

第6条 この契約により生ずる権利又は義務は、これを第三者に譲渡又は承継させることはできない。ただし甲が承認した場合はこの限りでない。

(名義変更手数料)

第7条 乙が前条ただし書の規定による場合で名義を変更しようとするときは第8条による場合のほか名義変更手数料として温泉1口につき金 円を甲に納めなければならない。

(名義変更手数料の免除)

第8条 次の各号の1に該当するときは、名義変更手数料を免除することができる。

1 相続による場合

2 配偶者間における場合

3 法人にあつては、その番号及び名称のみを変更したとき

4 その他特に甲が理事会の同意を得て認めるとき

(契約の更新)

第9条 この契約の期間が満了した場合は更新できるものとする。更新の期間は甲が定める。

(給油権利金、給油保証金の納入期日、給湯料給湯権利金及び給湯保証金の増額徴収)

第10条 給湯権利金及び給湯保証金の納入期日はこの契約締結の日とする。

2 甲が経済事情の変化により給湯料、給湯権利金及び給湯保証金を増額した場合の徴収は次の各号によるものとする。

(1) 給湯料の増額徴収は増額決定の月の翌月からとする。

(2) 給湯権利金及び給湯保証金の増額（既契約額との差額）徴収は契約期間更新の際とする。

（給湯権利金の不還付等）

第11条 給湯権利金は甲の責任に帰する事由により契約を解約する場合のほか、如何なる事由があっても還付しない。

2 前項により還付する給湯権利金の金額は次のとおりとする。

(1) 契約締結の日から3ヵ年以内に解約した場合は全額

(2) 契約締結の日から3ヵ年以上5ヵ年以内に解約した場合は2分の1相当額

(3) 契約締結の日から5ヵ年以上7ヵ年以内に解約した場合は4分の1相当額

(4) 契約締結の日から7ヵ年以上経過し解約した場合は8分の1相当額

第12条 削 除

（名義変更に伴う給湯保証金の取扱）

第13条 第6条ただし書及び第7条により名義を変更した場合及び契約を更新した場合における給湯保証金は旧名義人より新名義人に継承したものとみなし、これを還付しない。

（還付金の利息）

第14条 還付する場合の給湯権利金及び給湯保証金には利息を付けない。

（受湯施設の施工）

第15条 甲の分湯器からの受湯施設は乙において装置するものとし、その工事を施行するときは設計書及び仕様書を甲に提出してその承認を受け工事竣工のときは検査を受けなければならない。

（受湯施設の所有権等）

第16条 受湯施設は乙の所有とし、受湯設置に伴う費用及び公租公課金は乙の負担とする。

（立 入 検 査）

第17条 甲の係員は随時乙の受湯施設を立入検査することができる。この場合改修等の必要を認めるときは、乙に対して工事の施行等を勧告することができる。

2 前項の改修等に要する費用は乙の負担とする。

（解 約）

第18条 乙が次の事項に該当したときは給湯を停止し又は契約を解約することができる。

(1) 温泉を契約による目的以外に使用し又は他に分湯したとき

(2) 前条による勧告に応じないとき

(3) 給湯料を滞納したとき

(4) その他乙がこの契約に違反したとき

（損害賠償等）

第19条 天災地変その他不可抗力により温泉が滅失、断絶、減退、冷却、変質変色又は混濁して入浴に適さないようになり給湯を停止した場合乙は甲に対し損害賠償の要求をすることはできない。

第20条 法令の改廃または官公署の命令により給湯が不能になったときは前条の不可抗力とみなす。

（補 則）

第21条 この契約書に定めない事項については必要に応じて甲、乙協議のうえ定める。

昭和 年 月 日

(給湯者) 財団法人 別府市法人 別府市開発公社
理事長 ㊟

(受湯者) 住所
氏名 ㊟

給 湯 契 約 書

1. 給湯数量 1 口 5 キロリットル (標準温泉量)
2. 給湯場所
3. 給湯期間 昭和 年 月 日から
昭和 年 月 日まで 5年間
4. 給湯料 月額 円也
5. 給湯権利金 金 万円也 } 計 万円
6. 給湯保証金 金 万円也 }
7. 浴槽数 1
8. 浴槽容積 0.5m³
9. 分湯口の標準温度 摂氏 50 度以上
10. その他特約事項

上記の通り本契約書と添付の別府市開発公社温泉給湯契約約款に基づいて別府市開発公社理事長
と別府市大字 との間に温泉給湯契約を締結し、契約書2通を作成
のうえ各自1通を保有する。

挾間町ならびにその周辺の温泉調査

京大理学部 吉川 恭三・北岡 豪一

九大温泉治療学研究所 野田 徹郎

大分県環境管理課、大分保健所

1 まえがき

大分川沿岸地域で、近年温泉開発がめざましく進められている。大分川最上流部の山麓には、由布院、湯平、長湯、七里田等の古い温泉が散在しているが、中下流域では、10年ほど前まで温泉の開発はほとんど行なわれていなかった。大分市内の大分温泉、挾間町赤野の海老毛温泉、そして庄内町の小野屋温泉で、温泉掘削に成功してから、この地域が注目されはじめ、漸次開発が行なわれるようになったが、特に、48年後半に挾間町鶴田地区で、400mの掘削でガスをともなった大量の温泉水が噴き上げたのを皮切りに、挾間町とその周辺の開発が急速に進められるようになり、現在なお、掘削の申請が後を絶たない。

挾間町を中心とする大分川沿岸地域の新開発温泉の多くは、ガスをともなって噴出する、いわゆる泡沸泉、ないし噴騰泉で、極めて高濃度の含重炭酸土類食塩泉である。一方、大分川支流の七瀬川沿岸地域の、古くから飲用鉱泉として著名な塚野、廻栖野等の温泉も、高塩分の重炭酸土類泉であり、両者の関連とその成因が注目される。

温泉は開発につれて、質量ともに変化してゆくことが予想され、開発の諸段階でその湧出状況を調べておくことは、将来における泉源の開発、保護や、有効利用のためにも、また、温泉生成機構の研究資料としても有用である。特に開発がはじまって間もない段階で、現状を把握しておくことは重要な意味をもつ。

このような観点から、本調査研究会の事業の一つとして、この地域の温泉現況調査が取り上げられ、50年8月26日から9月5日にかけて、挾間町を中心に、大分市、野津原町、および庄内町に存在する温泉について、その湧出量、温度、化学成分量利用状況等の総合調査が行なわれた。なお、庄内町には、西部のくじゅう山麓に白水、阿蘇野等の温泉があるが、地理的に離れているため、今回の調査対象から除外した。また、この地域における温泉の変化特性を知る目的で、同地域内の適当に選んだ10数泉について、50年4月から月1回の観測を継続中である。本報告は、総合調査、および50年12月までの定期観測の結果と、それにもとづく若干の考察を述べたものである。

2. 総合調査の概要と結果

この地域の温泉数は33口で、その中には、現在使用停止中の日通商事泉、柿原温泉と、数年前に湧出を停止した黒川温泉があり、それらを除いた30口に、過去の研究報告¹⁾で化学組成が記載されている他の1口を加え、調査し、その結果の概要を表1に示す。図1に使用停止中のものも含めて、それらの所在位置を示す。便宜上、泉温25°C以上のものと、それより低温のものを区別し、動力湯、自噴の温泉をそれぞれ○、◎で、冷泉を●で表わした。温泉は西大分の祓川周辺と、挾間町東部の大分川周辺に集中し、その他庄内町東部と大分市南西部の大分川周辺、さらに乙津川河口まで広く散在している。一方、冷泉は挾間町内にもあるが、大部分は七瀬川沿岸地域にあり、川野、森山²⁾によると、七瀬川断層と呼ばれる規模の大きい断層線上に位置しているとされている。

調査に当たっては、利用状況、湧出状態の変化等につき、各泉源所有者、または管理者から聞き取りを行なった。温度測定には0.2°C刻みの水銀温度計を、pH測定には携帯用ガラス電極式pHメータ（東洋製作所製）を使用した。中には泉源で測定できず、貯湯タンク内や、浴場に導入された湧

図1 温泉の位置

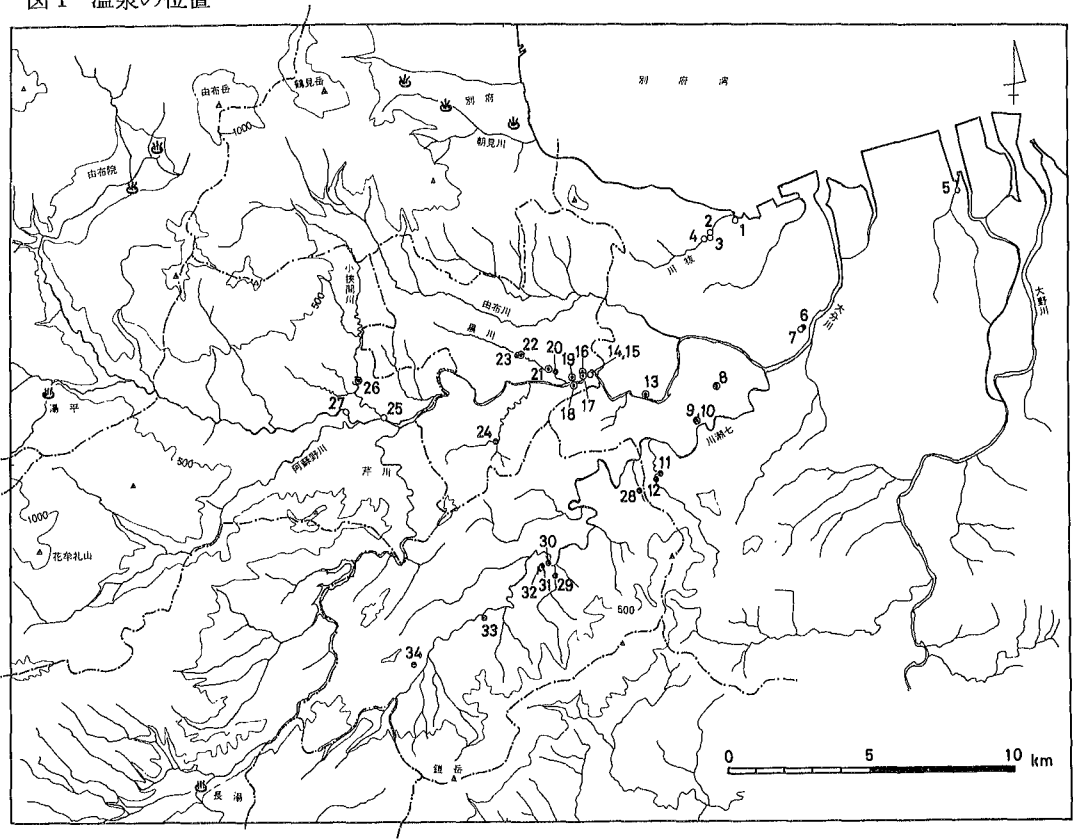


表1 概況（総合調査時）

	大分市	挾間町	庄内町 ^{4*}	野津原町	全 域
源泉総数	13	11	3	7	34
掘削孔数	11	8	3	1	23
活動源泉総数	12	10	2	7	31
自噴泉	4	6	1	1	12
自然湧出泉	2	2	0	6	10
動力揚湯泉	6	2	1	0	9
高塩分泉総数*	6	5	0	5	16
最高温度〔℃〕	48.0	42.8	45.0	22.6	48.0
最高湧出水量**〔ℓ/min〕	150	660	375	6.8	660
合計湧出水量**〔ton/day〕	480	2,280	540	17	3,320
自噴泉〔ton/day〕	450	2,190	540	3	3,180
自然湧出泉 ^{3*} 〔ton/day〕	27	94	0	14	135

* : Cl⁻濃度 > 500ppm, ** : 動力揚湯泉を除く, 3* : 廻栖野温泉と佐藤恵一泉を除く,
4* : 阿蘇野川流域を除く。

出口で測定したのもあった。湧出量は原則として容器による計時測定を行なったので、毎分 100 ℓ 以上の湧出量をもつものや、配管構造上、測定不適のもの、また、岩の割れ目から湧き出ている自然湧出泉などで、精度に問題のあるものもあった。化学分析は主要 7 成分について行なった。

総合調査の結果を表 2、表 3 に示す（番号は図 1 に準ずる）。泉温、湧出量、利用状況等は表 2 に、化学分析値は表 3 に掲げた。なお、総合調査以外に毎月定期的に行なった化学分析等の結果は、来年度報告で一括して示す予定である。二豊林業泉は総合調査時に湧出が停止していたので、表 2、表 3 には 8 月 1 日に行なった観測値を掲げた。

まず、湧出地の大体の標高は、西大分地区で 3～10m、挾間町の温泉集中域で約 30m、海老毛温泉で 76m、そして庄内町では 100m 以上になり、小野屋温泉で 110m、情和園源泉で 162m である。自然湧出泉では、塚野、廻栖野温泉で 60～70m、野津原町の妙見泉等が 100 余 m、さらに上流には低濃度であるが、300m 付近で湧出しているものもある。挾間町から大分市南西部にいたる源泉は、掘削深度に大差なく、地表からほぼ 400～500m の間で、泉温も 35℃ から 43℃ の間にあり、その平均は 39.1℃ である。一方、西大分地区での掘削深度は 500～600m で、そのうち西大分温泉の泉温 48.0℃ が最高である。

今回調査域の温泉は、成分的には単純泉と、高濃度の含重炭酸土類食塩泉（以下、高塩分泉と記す）とに明瞭に区別され、高塩分泉は、いずれもガスをともなって自噴しているのに対し、低濃度型のは、情和園、二宮、国分養殖漁業の諸源泉を除き、ほとんど動力揚湯をしていることが対照的である。実際、Cl イオン濃度を指標にとってみると、東庄内地区の 5ppm 程度から、海老毛温泉の 5,600ppm までの広範囲におよんでいるが、100ppm 以下の低濃度型と、1,000ppm 以上の高塩分型にはっきり区別され、その中間を示すものは、国分養殖漁業源泉の 192ppm だけである。前者はおもに、西大分と東庄内地区にあり、後者は、挾間町から大分市南西部にいたる大分川沿岸地域に分布している。その中で、最も上流側に位置する海老毛温泉が、最も高い Cl イオン濃度を有し、次いで挾間町東部の坂本、国中産業、三ヶ尻源泉が続き、下流の大分市内の笠木、二豊林業泉はさらに Cl イオン濃度が下がる。この高塩分泉地帯の中にも、低濃度型の二宮、中島、そして日産サニー（温）等の源泉が高塩分泉に接近して存在していることが注目される（二宮泉は、坂本泉から約 100m 北に位置する。日産サニー泉では、10 数 m の距離に深さの異なる 2 本のエアリフト井戸があり、浅い井戸は高塩分型の冷泉で、深いものは低濃度型の温泉である）。一方、自然湧出泉のほとんどは、高塩分型の冷泉で、特に妙見泉の 5,630ppm の Cl イオン濃度は海老毛温泉のそれを越え、調査地域内の最高濃度である。自然湧出泉は、川岸、あるいは川底の岩体裂かから湧出しているため、中には表流水、あるいは地下水が混入していると思われるものもある（廻栖野温泉、塚野 2 号泉、酒野温泉の Cl イオン量は 1,000ppm 以下である）。

高塩分型の自噴泉のうちには、海老毛、三ヶ尻、笠木（旧）、上田源泉のように、2～4 秒の周期で間歇的に噴出しているものがあり、また二豊林業の源泉では、時々湧出が停止することがある。多量のガスをともなう温泉につき、地表における湧き出し方から、気泡により水面がかなり乱されているようなものを泡沸泉、ガスとともに温泉水をさらに噴き上げてものを噴騰泉と定義されている。この定義を適用するとすれば、挾間町の海老毛、三ヶ尻、坂本、国中産業源泉は噴騰泉に、大分市内の笠木（旧）、二豊林業、日産サニー（冷）泉、および挾間町の上田泉は泡沸泉に入れられるであろう。塚野温泉、妙見泉などの自然湧出泉は、気泡をともなってはいるが、泡沸泉とまではいえない程度であった。

湧出量は、国中産業泉の 660 ℓ/min（±約 200 ℓ/min）を最高に、三ヶ尻、坂本、海老毛などの噴騰泉が上位を占め、別府の沸騰泉に比べてもその上位に匹敵する量である。一方、低濃度型の温泉にも自噴しているものがある。二宮泉では、本管と砂止め外管から、それぞれ深、浅の水が自噴しており、また、国分養殖漁業泉では、50 年 11 月に吸上ポンプが取り付けられたが、使用はほと

表 2 総合調査結果 (その1)

No.	所有者	通称	湧出地	湧出形	泉温 (°C)	湧出水量 (ℓ/min)	利用状況	調査採水月日	備				その他
									深度(m)	口径(mm)	動力(kW)	竣工年月日	
1	阿部敬一邸(外6)	西大分温泉	大分市	P	48.0	89	自家浴用(7世帯)	8.26	600	I**80	1.5	46.10.20	タンク内水の測温、採水
2	藤本重次(外2)	大分温泉	"	P	(42.9)	不明	大分温泉センター用、自家浴用(2世帯)	8.26	500	I I 75	5.5	39.10.30	
3	阿部吉之助(外15)	東八幡温泉	"	P	46.4	125	自家浴用(16世帯)	8.26	600	I V 75	5.5	42.5.25	
4	阿部清	滝ヶ下温泉	"	A	44.0	71	自家浴用	9.2	600	I V 50	0.75	48.8.13	使用停止
5	日産ナニ一販売㈱	"	"	-	-	-	-	8.26	108	I I 80	-	46.8.1	
6	"	古国府温泉	"	A	22.5	79	未利用	8.28	520	V V 50	0.4	44.	
7	二豊林業㈱	"	"	A	39.5	94	自家浴用(18世帯)	8.28	480	V V 50	2.2	44.8.5	
8	空木俊一(旧)	植田温泉	"	S	38.4	21	未利用	8.1	485	I I 40	-	49.4.30	
9	"	"	"	S	37.5	28	未利用	8.26	485	I I 40	-	49.10.8	
10	塚野敏泉組合(新)	塚野温泉	"	S	32.5	150	未利用	8.26	-	-	-	50.8.	
11	塚野敏泉組合(外3)	塚野温泉	"	N	17.2	13.2	未利用	9.2	-	-	-	-	使用停止
12	渡辺半辺(外3)	塚野2号泉	"	N	19.0	5.7	未利用	9.2	415	V V 50	-	50.6.30	
13	国分養殖業生産組合	"	"	S	37.5	115	未利用	8.26	415	V V 50	-	-	
14	中島孝幸(旧)	挟間温泉	挟間町	P	36.2	139	挟間温泉センター用	9.5	450	I I 40	1.5	48.11.21	砂止外管深度 100m
15	"	"	"	P	36.5	300		自家浴用	9.5	I I 50	1.5	50.7.	
16	二宮益雄	挟間温泉	"	S	35.0	56	自家浴用	9.2	373	I V 50	-	49.8.25	
17	坂本政行	挟間温泉	"	S	42.8	288	自家浴用	8.28	400	I I 40	-	48.10.28	
18	国中産業㈱	ソル温泉	"	S	42.5	660	未利用	9.5	480	I I 50	-	49.5.30	
19	三ヶ尻昭三	ソル温泉	"	S	39.0	327	自家浴用	8.28	405	I I 40	-	49.3.28	バルブ半開固定 数年前提湧出停止
20	三有田慶吉(外4)	黒川温泉	"	(N)	-	0	自家浴用	8.28	1.5	素掘	-	-	
21	有上田朝吉(外1)	観音温泉	"	S	30.2	71	自家浴用	8.28	200	V V 50	-	47.11.1	
22	宮崎朝子(外1)	海老毛温泉	"	S	40.8	156	旅館用	8.28	400	I I 50	-	39.9.30	
23	平野間	酒野温泉	"	N	22.0	62	未利用	9.2	-	-	-	-	
24	挟野間	酒野温泉	"	N	25.1	3.8	未利用	9.2	-	-	-	-	
25	小野泉造(兼)	小野屋温泉	庄内町	A	45.0	107	公共浴場用	8.28	380	I I 50	2.2	43.6.5	使用停止
26	小野泉会	小野屋温泉	"	S	43.0	375	老人ホーム用	8.28	310	I I 50	-	50.8.20	
27	庄内	小野屋温泉	"	-	-	-	-	-	200	I I 75	-	45.9.4	
28	野津原町	廻瀬野温泉	野津原町	N	19.0	不明	旅館用	9.2	-	-	-	-	現地調査困難
29	野津原町	廻瀬野温泉	"	N	22.6	微弱	未利用	8.27	-	-	-	-	
30	野津原町	見泉	"	N	21.6	1.4	未利用	8.27	-	-	-	-	
31	"	妙見2号泉	"	N	20.0	6.8	未利用	8.27	-	-	-	-	
32	"	妙見2号泉(掘割井)	"	S	20.0	2.4	未利用	8.27	30	V 150	-	49.1.11	
33	河野熊雄	"	"	N	16.0	1.1	未利用	8.27	-	-	-	-	
34	佐藤意一	"	"	N	不明	不明	未利用	8.27	-	-	-	-	

*湧出形 (N:自然湧出、S:自噴、A:エアリフト、P:吸上ポンプ) **理設管種別 (I:鉄、V:ビニール、C:コンクリート)

表3 総合調査結果 (その2)

No.	温 度	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	備 考
	℃		mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	
1	48.0	8.04*	202	25.2	5.00	3.86	39.8	527	タンク内の水
2	42.9	7.7 *	144	21.8	1.10	0.404	12	415	
3	46.4	8.21*	135	14.8	0.79	0.029	11	369	
4	44.0	8.5 *	134	12.8	0.26	0.032	8.4	355	
6	22.5	6.6	2,100	182	199	278	3,360	3,120	
7	39.5	6.91*	145	14.0	0.23	0.133	6.5	397	
8	38.4	7.00*	1,670	64.2	160	204	2,210	2,060	
9	37.5	6.7	2,430	104	200	284	2,120	3,314	
10	32.5	6.6	1,060	45.5	165	186	1,230	1,970	
11	17.2	6.2	1,350	45.5	69.1	86.4	1,450	1,856	
12	19.0	6.66*	745	19.8	31.0	37.4	624	1,222	
13	37.5	6.93*	536	53.7	26.7	39.0	192	1,608	
14	36.2	6.49*	275	20.4	2.82	6.37	64	695	
15	36.5	6.37*	334	23.1	2.96	10.4	91	781	
16	35.0	6.3	250	18.7	7.94	15.3	12.1	731	
16	31.5	6.4	82.1	12.6	8.8	12.4	1.4	321	外管からの湧水
17	42.8	6.7	3,930	288	190	353	4,920	3,730	
18	42.5	6.9	3,140	205	259	206	4,410	2,651	
19	39.0	6.6	3,000	197	213	174	3,880	2,148	
21	30.2	6.3	911	76.7	134	115	1,154	1,757	
22	40.8	6.7	3,930	236	385	437	5,600	3,798	
23	22.0	5.54*	76.0	9.93	14.6	8.10	80.0	176	
24	25.1	6.07*	380	24.5	43.7	35.2	424	638	
25	45.0	8.34*	57	7.67	0.70	0.220	5.03	147	
26	43.0	8.05*	60	6.48	0.73	0.219	5.28	123	
28	19.0	6.50*	657	21.7	44.8	56.4	843.6	925	
29	22.6	6.81*	2,850	197	104	55.2	3,610	2,542	Rn : 0.54×10 ⁻¹⁰ Ci/ℓ
30	21.6	7.02*	4,090	314	300	92.7	5,630	3,050	Rn : 0.91×10 ⁻¹⁰ Ci/ℓ
31	20.0	6.66*	1,280	94.7	50.0	23.1	1,390	1,334	
32	20.0	6.38*	1,400	107	70.1	25.9	1,760	1,471	
33	16.0	6.26*	161	11.7	34.5	17.5	63.5	583	

* : RpH

んど自噴量でまかなわれている。西大分地区でも阿部清泉で、ごく微量ながら自噴量が認められる。このことから、西大分地区と、大分市南西部から挾間町東部にかけては、低濃度型の温泉水頭は、ほぼ地表にあると考えられる。ただ最も上流の情和園の井戸で、375 l/min におよぶ自噴量のみられることが注目される。

当地域では、湧出管内のスケールの沈着は少なく、ただ一カ所、海老毛温泉で緻密なカルサイトが管内に付着し、半年毎に掃除が行なわれている。坂本、國中産業、笠木（旧）泉では、湧出管の周辺や、排水溝の底などにスケールの沈着がみられる。また、高塩分泉では、硫酸イオン量の極端に少ないことも特徴であり、pHは、6.2~7.0と中性ないし弱酸性である。放射能泉は一般に花崗岩地帯に多いとされているが、この地域の花崗岩縁辺部から湧出する妙見泉、佐藤栄泉で測定したラドン量は、それぞれ 0.91×10^{-10} Ci/l、 0.54×10^{-10} Ci/lと極めて微弱であった。

各源泉の利用形態は、表2に示したように、開発後日の浅いこともあり、未利用のものが多し。大量の温泉水を湧出する噴騰泉は、海老毛温泉の旅館用を除けば、自家浴用ないし未利用で大部分の量は利用に供されなまま放流されている。動力揚湯泉は、自家浴用あるいは公衆浴場用として、液面スイッチ付属のタンクを介してかなり有効に利用されている。また、挾間町の二宮、中島泉のように浴用としてボイラー加熱の必要なところもある。一方、冷泉では、塚野温泉は古くから飲用として利用されており、また湧出量10数 l/minの源水は、4軒の旅館の共用浴場用として加熱利用されている。廻栖野温泉は安友川川岸から数100mの配管により、旅館浴用として加熱利用されている。これ以外の10口の冷泉は、すべて未利用のまま放置されており、わずかに妙見泉、佐藤栄泉などで、時折住民が飲用しているにすぎない。

3. 化学成分の変化

総合調査の結果と、過去の分析値^{1), 2), 4)}とを比べると、國中産業、三ヶ尻、塚野温泉などで、Clイオンなど全成分にわたり、濃度の著しい減少がみられる。このことから、この地域の温泉には、時期による変動が大きく、それが化学組成に最もよく現われることも考えられるので、それを確かめるため、10数口の温泉につき、4月から月1回の観測を継続している。ここでは、これまでに特

図2 No.11・No.22におけるCl⁻濃度の長期変化 (g/l)

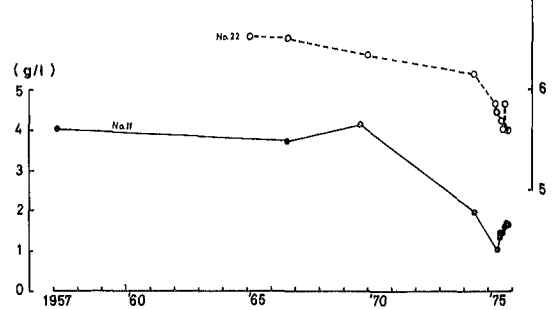


図3 Cl⁻濃度の変化

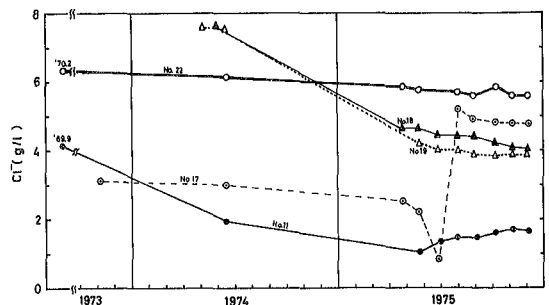
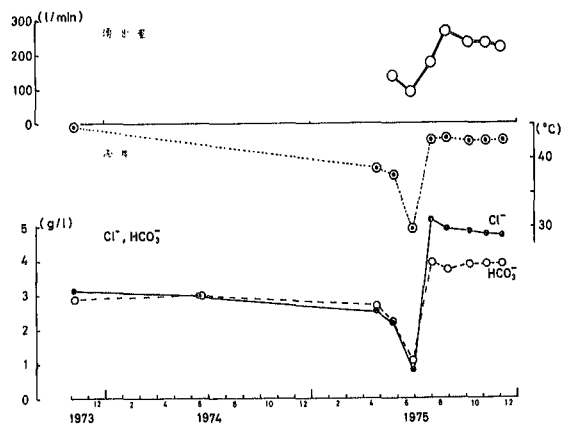


図4 No.17における湧出量、温度、Cl⁻、HCO₃⁻濃度の変化



に加熱利用されている。これ以外の10口の冷泉は、すべて未利用のまま放置されており、わずかに妙見泉、佐藤栄泉などで、時折住民が飲用しているにすぎない。

微的な変化が現われたものにつき略述し、その他については来年度一括して報告する予定である。

比較的以前の分析値のある海老毛温泉と塚野温泉のCl⁻イオン濃度から、長期にわたる変化をみると、**図2**に示したように、両泉とも以前は比較的安定な値を保ち続けていたとみられるが、49年ごろから著しい変化が生じている。海老毛温泉(No.22)では、以前からわずかな減少の傾向はあるが、50年の観測期間中の減少は著しく、この大きな変化は49年の後半にはじまったものとみられる。また塚野温泉(No.11)では、49年6月には以前の値の約半分、50年5月には約4分の1まで下がり、その後やや濃度回復のきざしがみられる。また、**図3**に示すように、国中産業(No.18)、三ヶ尻(No.19)泉は、どちらも、49年5月の掘削直後における分析では、7,500ppmのCl⁻イオン濃度を有していたが、今回の調査を開始した50年4月には著しく減少しており、その後の観測期間中においても減少を続け、50年末には両泉とも4,000ppm前後まで低下している。国中産業泉では、掘削直後、地上10数m噴き上げていたが、50年の夏には6~7m、51年2月には3.2mに低下してきており、湧出量にも減少が生じたとみられる。また温度も掘削直後の値に比べて、両者とも約3.5℃の低下をしている。**図4**に示した坂本(No.17)泉で、より明瞭な変化が現われた。すなわち、ここでは50年4月の大分地震のころから、温度、湧出量とともに、成分濃度が減少しはじめ、6月に大きく低下した。この勢力の衰えは、地下パイプの破損によると考え、7月に湧出管の内側にさらに小径のパイプを打ち込んで、湧出途中の地下水の混入を防ぐ措置がとられた。これにより、化学成分量とともに、温度、湧出量も回復し、以前を上回るものとなった。その後再び、国中産業、三ヶ尻、海老毛等の噴騰泉と同様の減少傾向が現われている。これら各源泉の変動状態からして、地下で地下水の混入割合に変化が生じ、これが温泉の温度、成分に変化を与えた主要原因であることは明らかである。そして、海老毛、塚野温泉で、Cl⁻イオン濃度に著しい低下が生じた49年ごろは、ちょうど挾間町から大分市南西部にかけて温泉掘削が活発となった時期とほぼ一致していることから、この急激な変化は、その温泉開発の影響によることも考えられるので、今後の変化を見守る必要がある。

4. 高塩分泉の化学組成

先述のように、高塩分泉はおもに挾間町を中心とする大分川沿岸地域の掘削泉と、七瀬川沿岸地域の自然湧出泉にみられ、それらの化学組成はほぼ同様であることから、これら高塩分泉の由来が注目される。また高塩分泉のうちには、成分濃度の減少の著しいものがあり、地下水による稀釈が進行中と考えられるが、重炭酸イオン濃度などにおいては、必ずしも稀釈のみでは説明し得ない変化がみられるため、炭酸成分の由来もまた注目される。ここでは、今年度毎月行なった分析値と、

図5 Na⁺とCl⁻の相関

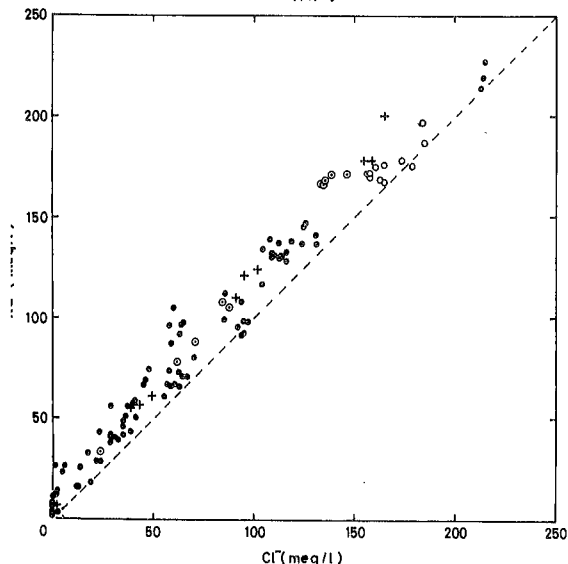
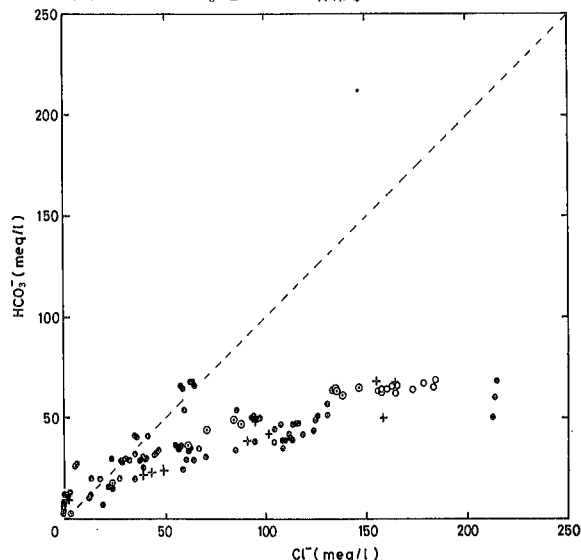


図6 HCO₃⁻とCl⁻の相関



過去の分析書^{1), 2), 4)}のデータのすべてを含めて、成分相互間のいくつかの関係を示すにとどめ、それ以上の考察は今後の課題としたい。

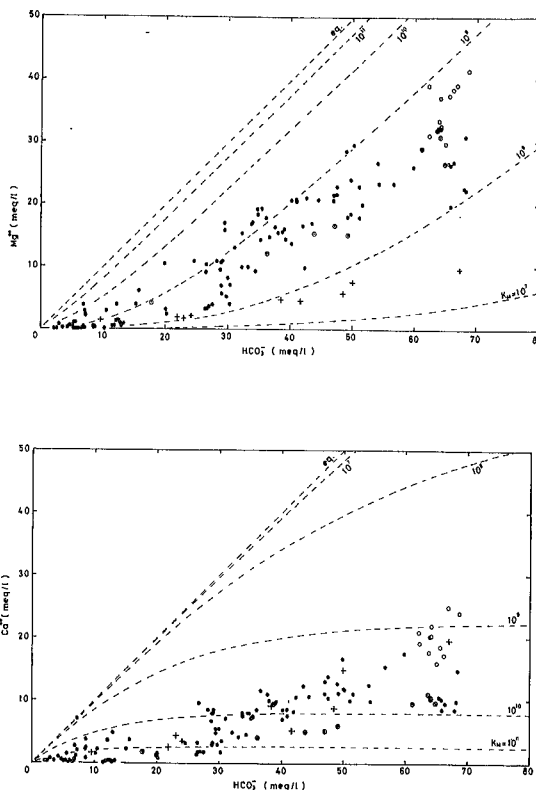
Na⁺濃度とCl⁻濃度の関係は図5に示したように、両成分の間にはほぼ一次関係が成立し、大まかには等当量の関係があるが、0~40meq/l Na⁺が多くなっている(○印の海老毛温泉では、ほぼ等当量付近に分布している)。

HCO₃⁻濃度をCl⁻濃度に対してプロットすると、図6のようになる。長湯、阿蘇野、笠の口等や、別府の境川沿いの炭酸成分の多い温泉では、両者の間に原点近くを通る明瞭な直線関係があり^{1), 5)}、地域固有の〔HCO₃⁻〕/〔Cl⁻〕比をもつ源水と、低濃度地下水との混合を仮定すれば、説明し得るものである。しかし図6を全体として見ると、Cl⁻濃度が高くてもHCO₃⁻濃度がそれほど高くない、二次曲線的な分布を示し、単純混合だけでは説明できない。一つの源泉での各測定時点における両イオン濃度間の関係をみても、例えば、広範囲の変化を

している坂本泉(◎印)にこの関係は明らかでHCO₃⁻濃度には上限が存在し、70meq/lで頭打ちになっているような傾向がみられる。このようなHCO₃⁻-Cl⁻相関図は、Cl⁻は源水固有の成分であるが、炭酸成分には、源水の稀釈過程になお地層からの供給が行なわれており、温泉水を含め、かなり広範囲の地下水にHCO₃⁻の濃縮がありうる可能性を示すと考えられる。

この地域の温泉水の特徴の一つとして、Mg⁺⁺濃度がCa⁺⁺濃度に比べて大きく、HCO₃⁻濃度が高いものほどその傾向が顕著であることがあげられる(ただ、+印で示す、花崗岩縁辺部から湧出する妙見泉等では、Mg⁺⁺量が他の地区の高塩分泉における値より著しく少ないことは注目してよい事実である)。Ca⁺⁺とMg⁺⁺それぞれの濃度とHCO₃⁻濃度の相関を図7に記すと、HCO₃⁻濃度が高くなると、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺濃度は、ともに高くなるが、Ca⁺⁺濃度の増加には、頭打ちがみられ、それほど大きくならない状態が示される。これは、由佐が重炭酸土類泉につき、地層中の鉱物、粘土鉱物との平衡論から、平衡定数Kc = (Ca⁺⁺)(HCO₃⁻)、および種々の値のK_M = (Mg⁺⁺)/(H⁺)²を用いて求めた理論曲線とほぼ同形の傾向といえる。そのため、この地域の高塩分水にも、この理論に用いられたと同様の仮定が適用できるものとし、平衡定数K_Mの値を求めることを試みた。この地域の平均泉温に近い40°Cをとり、イオン強度は、図6の分布を直線で平均化した式から〔Cl⁻〕と〔HCO₃⁻〕の関係で近似し、〔Cl⁻〕+1.5〔HCO₃⁻〕として求めた。そしてKc = 10^{-8.52}とおき、K_Mのいろいろな値につき、由佐の理論式から〔HCO₃⁻〕に対する〔Ca⁺⁺〕、〔Mg⁺⁺〕の関係を求め、実際の測定値と対比したところ、図7に示すようにMg⁺⁺の測定値はK_Mの値が10⁸~10⁹の間に大体収まるが、Ca⁺⁺場合は、10⁹以上の大きいK_Mの値を示すところに分散し、理論で予想される一致はみられない。ただ、成分濃度の高い海老毛温泉(○印)で、約10⁹の値で一致している。この不一致は、実状が理論

図7 Mg⁺⁺、Ca⁺⁺とHCO₃⁻の相関



適用における仮定のあてはまらない状態であることを示し、その理由として、例えばNa⁺イオンの効果を無視したこと、また、地下水による稀釈過程で地層との平衡状態が失われていることなど、いろいろ考えられ、今後の課題としたい。

以上のように、挾間町とその周辺の新開発温泉は、古来の自然湧出泉に比べ、高温ではあるが、化学組成的には本質的に異なるものではなく、ただその湧出過程での地下水による稀釈程度などにより、湧出化学成分に多少の違いが生じているものと思われる。このような高いCl⁻とHCO₃⁻濃度をもつ高塩分水が、この比較的広い範囲に分布し、開発にいたるまで永く保存されていたことは興味深い。

この地域全体から、自噴および自然湧出をしている高塩分泉は16口にすぎないが、それから放出されている総水量は、 2.5×10^3 ton/dayで、それによる流出Cl⁻総量は、9.8kg/dayにおよび、これを別府温泉と比較すると、沸騰泉からの流出Cl⁻総量の約3分の1におよび、他の一般温泉全体からのそれに相当する量である。⁷⁾しかもこの全流出Cl⁻量の9割以上は、わずか4本の噴騰泉により占められている。また、HCO₃⁻の流出総量も、6.7kg/dayで、全国温泉地の中でも上位にランクされる莫大な量であり、これに付随して噴出するガス量は測定されていないが、これを加えると、さらに大量の炭酸成分が放出されていることになるであろう。このような大量の放出による地下温泉源の今後の変化が注目される。

終りに、本調査研究に、御協力と御教示をいただいた京大理学部地球物理学研究施設由佐悠紀助手に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 志賀史光，川野田実夫：大分県温泉調査研究会報告，**21**，70—77，1970.
- 2) 川野田実夫，森山善蔵：同上，**25**，27—30，1974.
- 3) 湯原浩三，瀬野錦蔵：「温泉学」，1969.
- 4) 大分県厚生部：大分県鉱泉誌，1970.
大分県温泉調査報告温泉分析書（年刊）.
- 5) 由佐悠紀，川村政和：大分県温泉調査研究会報告，**22**，55—65，1971.
- 6) 由佐悠紀：温泉科学，**22**，27—37，1971.
- 7) 由佐悠紀，野田徹郎，北岡豪一：温泉工学会誌，**10**，94—108，1975.

温泉水中の炭酸物質の挙動について

1. くじゅう北東部の炭酸泉の全炭酸

大分大学教育学部 川 野 田 実 夫
志 賀 史 光

1. まえがき

筆者等は、さきの本報告で、くじゅう北東部の炭酸泉について、その化学成分組成や、炭酸物質等についてのいくつかの知見を述べた。しかし、この報告の中に示した、 HCO_3^- および CO_2 の測定値は、いずれも、アルカリ度と、酸度から各々の炭酸物質に換算されたものである。したがって、これらの値については、かなりの検討の余地がある。すなわち、酸度やアルカリ度から $\text{HCO}_3^- \text{CO}_2$ 等の炭酸物質量を求めた場合は、水中の炭酸物質以外の弱酸についての影響が考慮されておらず、小穴⁽¹⁾や町田⁽²⁾が示適しているように、実際の溶存量とは異なった値になる場合がある。

そこで今回、筆者等は、くじゅう北東部の炭酸泉について、全炭酸を測定して、これらの温泉水中の炭酸物質の行動について、再度検討を行った。

2. 実験方法

(1) 採水状況

採水した温泉は本報告第21号に示したものとほぼ同様である。

全炭酸の分析に供する試水は、現地で、10mlのガラス製アンプルに採取して、シリコンゴムで密栓をした後、冷暗所に保存して、実験室に持ち帰った。

(2) 分析方法

全炭酸 (TIC) : 全炭酸 (以下TICとする) は、赤外ガス分析計で測定した。測定方法は、佐竹らの報告を参考にして、検討を行った。分析精度は、くり返しの標準偏差が2%以下で極めて高かった。

溶存二酸化炭素 (CO_2) : 水酸化ナトリウム溶液の滴定で、pH 8.3酸度より換算した。この測定は現地で行った。

重炭酸イオン (HCO_3^-) : 塩化水素溶液の滴定で、pH 4.3アルカリ度から換算した。

pH : 現地で、ガラス電極法により測定した。使用器機は東亜HM-1F型である。

3. 結果と考察

各炭酸成分の分析結果は表1に示す。

(1) TIC について

TICは文字通り、水中に溶存する無機体炭素の総量を示すものである。水中では、無機体炭素は CO_2 、 H_2CO_3 、 HCO_3^- および CO_3^{2-} の形で溶存しているこれらの無機体炭素を含む試水をpH 1以下にして、 N_2 ガス、もしくは O_2 ガスを通気すれば容易に CO_2 ガスになる。ここで置換された CO_2 量がTICである。

調査した温泉および鉱泉中のTIC量を地域別にみると、長湯温泉では39~63mmol/lに分布し、単純平均で50mmol/lになる。七里田温泉は表1中に示すように、長寿会クラブと久住町老人憩の家の2孔を測定したが、それぞれ43.7mmol/lおよび33.8mmol/lで、長湯温泉の平均値に比べてやや低い値であった。挾間町および野津原町の炭酸泉では、海老毛温泉と下矢野原鉱泉が、それぞれ77.7

表1 炭酸物質分析値

単位mmol/ℓ

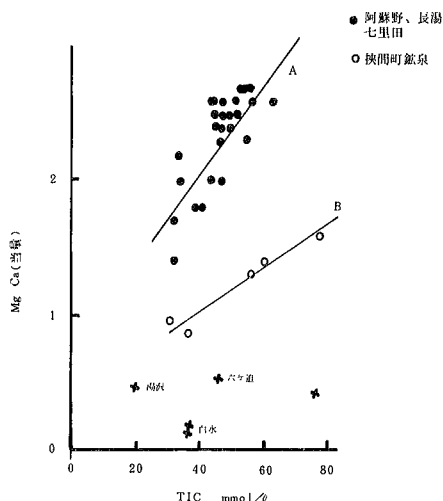
温 泉 名	原 水						O ₂ 通気後 (at 20°C)		
	泉温°C	PH	TIC	titHCO ₃ ⁻	titCO ₂	tit TC	PH	TIC	titHCO ₃ ⁻
湯 沢 温 泉	44.5	5.07	20.17	6.28	17.39	23.67	8.40	3.68	44.74
白水 鉱 泉 1	9.3	5.20	37.17	1.85	29.52	31.38	8.20	1.56	1.82
" 2	11.0	5.10	36.67	1.43	28.14	29.57	7.99	1.11	1.34
阿蘇野 鉱 泉 1	21.0	6.10	46.83	17.72	25.73	43.45	8.68	14.17	17.48
(菅イエノ) 2	20.0	6.15	33.67	19.85	17.95	37.81	8.70	16.50	19.80
(ボーリング) 3	20.1	6.20	32.00	12.66	15.95	28.61	8.76	100.92	13.92
七里田温泉									
長寿会倶楽部	37.1	6.71	43.67	23.00	20.20	43.20	8.60	16.75	20.59
老人憩の家	40.3	6.81	33.83	26.49	9.43	35.92	8.68	15.17	18.82
長湯温泉									
甲斐 斌	35.8	6.58	44.50	30.03	21.27	51.31	8.70	22.17	27.61
豊 泉 荘	47.0	6.82	56.33	47.25	15.11	62.36	8.86	30.17	39.26
葛 淵 温 泉	44.0	6.76	54.17	44.87	15.95	60.82	8.61	32.67	40.61
愛 泉 館	36.8	6.50	47.17	32.43	16.09	48.52	8.57	25.33	31.33
旧 愛 泉 館	35.5	6.51	47.00	30.11	15.68	45.80	8.79	20.00	25.52
国民宿舎 1	45.8	6.89	63.00	54.97	16.89	71.85	8.61	39.67	49.80
" 2	41.2	6.91	47.50	35.15	17.34	52.49	8.64	26.08	32.00
松 山 茂	38.8	6.85	44.00	32.67	15.80	48.47	8.60	26.42	32.20
憩 の 家	43.6	6.50	53.00	43.75	14.52	58.28	8.78	27.67	355.74
大 塚 峰 野	40.1	6.60	51.17	37.98	16.11	54.10	8.82	26.92	32.44
大 塚 茂	33.3	6.00	45.00	22.54	17.80	40.34	8.85	16.17	20.31
天 満 湯	44.5	6.50	49.33	37.38	13.57	50.95	8.72	23.33	29.98
紅 葉 館	40.5	6.40	38.83	26.49	19.43	45.92	8.73	17.92	22.57
丸 長	39.0	6.40	40.50	27.05	18.16	45.21	8.77	18.25	22.34
長 生 湯	46.5	6.70	52.00	43.33	12.55	55.87	8.67	29.00	36.93
大 丸 旅 館	48.2	6.60	54.67	45.64	17.23	62.87	8.68	29.83	37.95
上 野 屋	49.3	6.45	56.17	45.59	13.98	59.57	8.70	33.17	41.57
丸 善	40.0	6.35	49.33	34.74	18.16	52.90	8.86	22.50	28.18
御 前 場	40.5	6.55	50.50	36.97	22.30	59.26	8.73	25.25	30.95
旧 御 前 場	39.5	6.45	46.33	30.90	22.50	53.40	8.68	21.42	27.13
旧 旧 御 前 場	31.7	6.10	46.83	20.82	28.18	49.00	8.78	15.00	19.15
黒 川 鉱 泉	17.5	5.60	30.75	5.97	19.59	25.56	7.94	4.92	5.46
海 老 毛 温 泉	40.1	6.65	77.67	63.98	20.73	84.71	8.35	48.33	57.21
海 老 毛 川 岸	20.3	5.40	36.67	4.10	32.23	36.33	8.51	2.75	3.13
塚 野 鉱 泉	18.5	6.25	53.00	32.33	23.84	56.17	8.31	23.50	33.36
鶴 田 (三ヶ尻)	38.9	6.40	56.00	39.34	19.18	58.53	8.37	33.17	38.23
挟間レジャーセ ンター予定地	42.2	6.50	60.33	47.85	19.70	67.56	7.79	40.50	47.07
下 矢 野 原	17.2	6.40	76.56	48.08	23.93	72.01		30.25	
廻 栖	14.5	6.30	32.33	15.90	13.20	29.11		9.75	
六ヶ迫 鉱 泉	15.5	5.95	46.33	20.25	32.43	52.68	8.62	16.83	19.64

、76.5mmol/ℓを示し、今回調査した炭酸泉の中で最高の値であった。一方廻栖、黒川鉱泉（挾間町）および海老毛川岸のものはいずれも35mmol/ℓ前後であった。

庄内町の白水、阿蘇野の鉱泉では、表1中の阿蘇野1が46.8mmol/ℓであったほかは、すべて32~37mmol/ℓであった。また白杵市の六ヶ迫鉱泉は46.3mmol/ℓであった。

筆者等はさきの報告でこれら地域の温泉では、炭酸成分中HCO₃⁻とアルカリ土類金属、およびCl⁻等との間に正の相関係数が成立することを指適した。TICについても、これ等の関係は、ポアソンの相関係数が0.8になり、かなり高い相関関係があることになる。しかしTIC中に占めるHCO₃⁻（アルカリ度より求めたもの）は各温泉、鉱泉中にかなり高い割合になっているために、みかけの正の相関関係が成立するものであり、必ずしも、TICとアルカリ土類金属やCl⁻との間にこれらの関係あるとは言えない。

図1 TICとMg/Caとの関係



また筆者等は、この地域の炭酸泉の特徴の1つに、MgがCaを当量で上回っていることをあげた¹⁾。そこでMgとCaの比の値とTICとの関係を見ると、図1のようになる。

この図で示すようにMg/Caの値が0.8以上の温泉、鉱泉では、図中に示す2本の関係方程式に沿って両者の関係がプロットされている。特に海老毛温泉を含む挾間町の炭酸泉では、両者の関係は、ほとんど一直線上にプロットされる。また長湯温泉、七里田温泉および阿蘇野鉱泉では、ばらつきながらも凡そ、図中に示すAの関係方程式に沿って分布している。

(2) CO₂について

温泉水中のpHの変化が、炭酸物質の平衡関係のみに依存するとすれば、従来のPH 8.4酸度、およびpH 4.3アルカリ度より、溶存CO₂、およびHCO₃⁻量を得ることができる。

図2 TICとtit. TCとの関係

tit. TCはpH8.3酸度から換算されたCO₂、pH4.3アルカリ度から換算されたHCO₃⁻との和である。

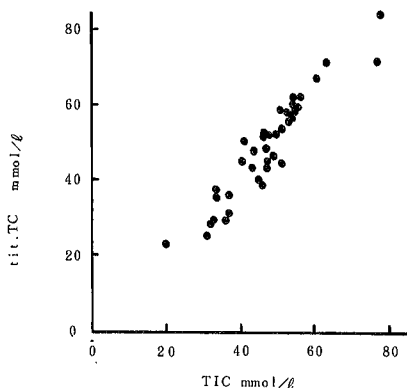
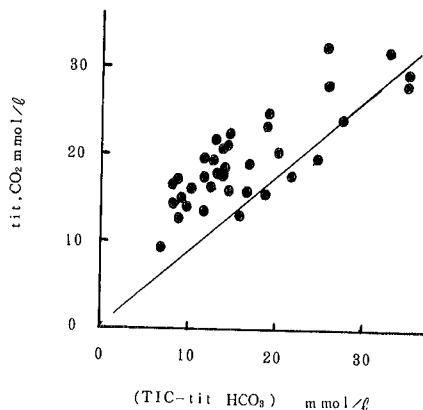


図3 (TIC - tit. HCO₃⁻)とtitCO₂との関係

tit. HCO₃⁻ pH4.3アルカリ度から換算したHCO₃⁻、tit. CO₂ pH8.4酸度から換算したHCO₃⁻



そこで酸度より換算された CO_2 (以下 tit CO_2 とする) と、アルカリ度より換算された HCO_3^- (以下 tit HCO_3^-) との和は、pH7以下の天然水では、TICと一致するはずである。そこでこの和 (以下 tit TC) とTICとの関係を見ると、図2に示すように、いちじるしい正の相関関係 (相関係数0.95) がみられ、両者の比は、1 になる。この結果から考えれば、酸度およびアルカリ度より換算された CO_2 および、 HCO_3^- はかなり正しい値であるということになる。したがって、次の式が成立するはずである。

$$\text{TIC} - \text{tit. HCO}_3^- = \text{tit. CO}_2 \quad (2.1)$$

そこで (TIC - tit. HCO_3^-) と tit CO_2 の関係をみると図3に示すように、正の相関関係は図2よりもみだれ (相関係数0.75)、一般に (TIC - tit HCO_3^-) tit. CO_2 の関係になる。TICについては、試料の保存や再現性に十分な検討を加えており、測定値は信頼のおけるものである。したがって、上記の結果は、 tit HCO_3^- あるいは tit. CO_2 が、必ずしも、正しい値ではないことを示すものである。すなわち tit. HCO_3^- が実際の溶存量より高くなっているのか、あるいは tit CO_2 が実際よりも低くでていることになる。

次に遊離の CO_2 量を測定するために、現地の試水を実験室に持ち帰り、 O_2 を十分通気して CO_2 を追い出し、その時のTICを測定した。遊離の CO_2 -C (C free) は次のようになる。

$$\text{Cfree} = \text{TIC}_1 - \text{TIC}_2 \quad (2, 2)$$

TIC_1 は試水中のTIC

TIC_2 は試水に O_2 を通気後のTIC

これによって求めたCfree と tit. CO_2 の関係は図4のようになる。

この図でわかるようにCfree と tit. CO_2 とは正の相関関係が成立しているが、($\text{TIC}_1 - \text{TIC}_2$) が、 tit CO_2 を上回っている。これは試水をバブリングした後のpHが表1に示すように、ほとんどの試水で8.7付近であったのに対して、 tit. CO_2 はpH 8.4酸度から換算したこともよるが、滴定の際に、アルカリの滴下によるpH上昇とは関係なく、フラスコの振とうや大気 CO_2 分圧と、試水中の CO_2 濃度との間の著しい不均衡のために、試水中の CO_2 が逸散したためにより測定値が実際の CO_2 量よりも少なくなったことによるのではないかと考えられる。

(3) HCO_3^- について

水中の HCO_3^- の直接測定法としては、現在pH4.3アルカリ度によって求める以外に有効な方法がない。

小穴や町田によると、この方法によってとめられる陸水中の HCO_3^- は実際の溶存量に対して1.2~2.5

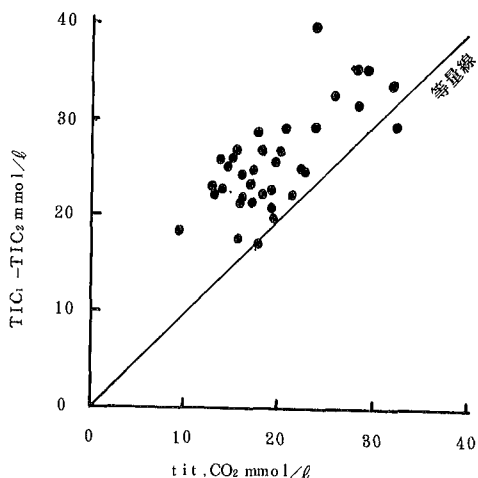
倍になる場合があると報告されている。^{2), 3)}そこで筆者等は、信頼できるTICの測定法を確立できたので、この問題について若干の考察を試みた。

水中の炭酸成分は、次のような平衡が成立している。

$$\frac{\gamma_0 [\text{H}^+] \gamma_2 [\text{HCO}_3^-]}{\gamma_1 [\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1 \quad (3, 1)$$

$$\frac{\gamma_0 [\text{H}^+] \gamma_3 [\text{CO}_3^{2-}]}{\gamma_2 [\text{HCO}_3^-]} = K_2 \quad (3, 2)$$

図4 tit. CO_2 と $\text{TIC}_1 - \text{TIC}_2$ との関係
 TIC_1 原水のTIC
 TIC_2 原水に O_2 を通気した後のTIC



ここで、 K_1 および K_2 は、それぞれ、水中の炭酸の第一次、および第二次の平衡定数である。その値は水温および、溶存するイオン量によって変化する。 $\gamma_0, \gamma, \gamma_2$ および γ_3 は、それぞれ、 H^+ 、遊離炭酸、 HCO_3^- および CO_3^{2-} の活量係数である。

そこで K_1 および K_2 の値がわかれば、pH と TIC から次式で $[HCO_3^-]$ が求められる。

$$[H_2CO_3] = \frac{[H^+]^2 TIC}{[H^+]^2 + K_1 [H^+] + K_1 K_2} \quad (3, 3)$$

淡水での K_1, K_2 の値は Davis⁵⁾ や Harned⁶⁾ 等によってもとめられている。これらの値をそのまま温泉に適用させるには問題がある(海老毛温泉の Lewis

図5 tit. HCO_3^- と Cal. HCO_3^- との関係

Cal. HCO_3^- TIC と pH の実測値と淡水中の炭酸平衡定数に K_1, K_2 の値から計算した HCO_3^-

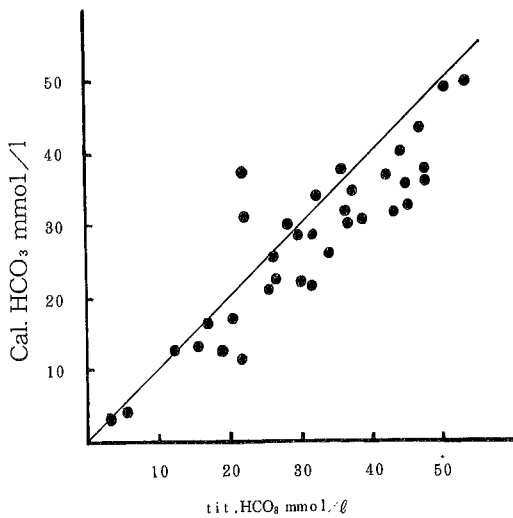
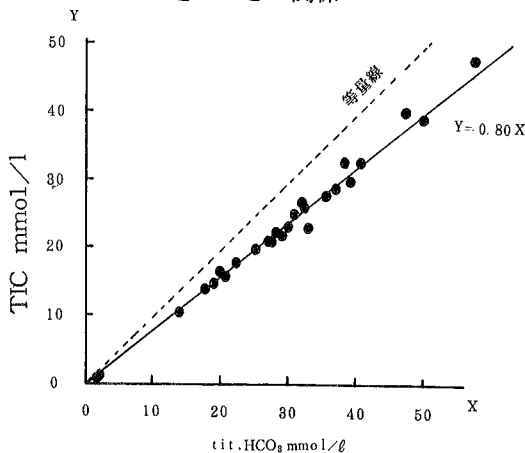


図6 バブリング後の tit. HCO_3^- と TIC との関係



のイオン強度は0.22)、今回調査した炭酸泉について、pH と TIC の実測値を(3.3)式に代入して、求めた HCO_3^- (以下 Cal. HCO_3^- とする) と、pH 4.3 アルカリ度より換算した tit. HCO_3^- を比べると図5に示すようになる。このように tit. HCO_3^- と Cal. HCO_3^- との値にはかなりの一致がみられるが、一般に tit. HCO_3^- が Cal. HCO_3^- を上回っている。

また温泉水に O_2 を通気して、遊離の CO_2 を追い出したものについて、TIC と tit. HCO_3^- を測定してみた。通気後の試水の pH はほとんど 8.2 ~ 8.8 の範囲であった。この pH 域での炭酸成分のモル百分率を、前述の K_1, K_2 の値を使って求めると、 $[HCO_3^-]$ は pH 8.2 で 98%、8.8 で 97% になり、水中の炭酸はほとんど $[HCO_3^-]$ であると考えてよい。したがって通気後の TIC は tit. HCO_3^- と同値になるはずである。そこで通気後の TIC と tit. HCO_3^- の関係を図6に示した。

この図でわかるように、tit. HCO_3^- は TIC よりも 20% だけ多く、両者の関係は図中の回帰方程式上にプロットされる。

以上のことは、pH 4.3 アルカリ度によって求められた HCO_3^- は、TIC と pH から求めた HCO_3^- を上回っていることを述べたものである。この結果について問題点を整理すると次のようなことが考えられる。

1. この地域の炭酸泉の場合の解離定数 K_1, K_2 に Davis, Harned の値を使ったこと。

2. この温泉中のアルカリ度がすべて炭酸物質によって決まるものではなく、他の弱酸が滴定に影響を与えて、実際の HCO_3^- よりもみかけの HCO_3^- が高くなった。

3. ガラス電極法による pH の測定値が、正しく、水素イオン濃度を示しているか。

1. については、(4)で若干考察する。

2. の問題点であるが、今回調査した温泉水中の弱酸について考えると、 SiO_2, PO_4, BO_2 等の影響が考えられるが、 H_2SiO_3 の K_1 が 2×10^{-10} , HBO_2 の K_1 が

6×10^{-10} であることから、 HCO_3^- の滴定に関してはほとんど影響が考えられない。ただ H_3PO_4 の K_1 は 1×10^{-2} 程度であるので、これらの温泉水中に PO_4^{3-} が多量に存在すれば、かなりアルカリ度の滴定に影響を与えることになる。

3.については、各種のpH標準液を調整してpH 5～8付近の測定を試みたが、この付近では比較的理論値と一致するpHを示した。

(4) K_1' の値について

(3, 1)式を変形すると

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{\gamma_1}{\gamma_0\gamma_2} K_1 = K_1' \quad (4, 1)$$

になる。ここでみかけの平衡定数 K_1' を、pH、TICおよびtit、 HCO_3^- の実測値から計算してみた。結果をDavisの値と対比させて表2に示す。白水鉱泉阿蘇野1、阿蘇野ボーリング井、および大塚峰野の各炭酸泉では、比較的Davisの値に近いものが得られたが、他のものはほとんど $6 \sim 15 \times 10^{-7}$ の範囲に分布した。

このように K_1' はかなりのばらつきがあるが K_1 の変化が、溶存塩分量によるものか、温度によるものかについて検討したが、それらにはほとんど無関係に変化していた。

K_1' の値が大きく異なることは、 HCO_3^- の測定法の問題点もある程度影響しているかもしれないがそれ以上に炭酸物質の平衡到達時間が遅いことが大きな原因のひとつになり得ると考えられる。すなわち地下で加圧状態にあったものが急激に大気中に出て速やかに平衡に達するかどうかである。 K_1' がDavisの K_1 と比較的一致している白水鉱泉や、阿蘇野1の炭酸泉の湧出状況は、いずれも地下の比較的浅い所をゆるやかに流れて大気中に出ている。

4. 結 言

以上を要約すると次のようになる。

1. くじゅう北東部の炭酸泉では、 Mg/Ca が0.8以上のところでは、 Mg/Ca とTICとに正の相関関係があり、両者の関係直線は、挾間町の鉱泉と他地区の鉱泉とは異っている。

2. pH 8.4酸度より換算された CO_2 量は実際の CO_2 溶存量より低くなる。

3. pH 4.3アルカリ度から換算された HCO_3^- は、

表2 炭酸泉のみかけの平衡定数 K_1'

泉名	泉温℃	$K_1' \times 10^7$	Davisの $K_1 \times 10^7$
湯 沢 温 泉	44.5	9.04	5.12
白水 鉱 泉 1	9.30	3.31	3.28
" 2	11.0	3.22	3.48
阿蘇野 鉱 泉 1	21.0	4.83	4.20
" (菅イエノ) 2	20.0	10.17	4.15
" (ボーリング) 3	20.1	4.13	4.16
七里田温泉			
長寿会 倶 楽 部	37.1	2.17	4.98
老人 憩 の 家	40.3	5.59	5.05
長湯温泉			
甲 斐 斌	35.8	5.46	4.92
豊 泉 荘	37.0	7.86	5.15
葛 淵 温 泉	44.0	8.40	5.12
愛 泉 館	36.8	6.95	4.96
旧 愛 泉 館	35.5	5.51	4.92
国民 宿 舎 1	45.8	8.83	5.14
" 2	41.2	3.50	5.07
松 山 茂	38.8	4.07	5.02
憩 の 家	43.6	14.95	5.11
大 塚 峰 野	40.1	5.55	5.25
大 塚 茂	33.3	1.00	4.84
天 満 湯	44.5	9.88	5.12
紅 葉 館	40.5	8.54	5.05
丸 長	39.0	8.00	5.02
長 生 湯	46.5	10.00	5.19
大 丸 旅 館	48.2	12.69	5.15
上 野 屋	49.3	15.30	5.15
丸 善	40.0	10.64	5.04
御 前 湯	40.5	7.71	5.05
旧 御 前 湯	39.5	7.11	5.03
旧 旧 御 前 湯	31.7	6.36	4.78
黒 川 鉱 泉	17.5	6.06	3.95
海 老 毛 温 泉	40.1	10.47	5.06
海 老 毛 川 岸	20.3	5.01	4.16
塚 野 鉱 泉	18.5	8.79	4.04
鶴 田 (三ヶ尻)	38.9	9.40	5.02
挾 間 レ ジ ャ セ ン タ ー 予 定 地	44.2	12.12	5.10
下 矢 原	17.2	6.73	3.95
廻 栖	14.5	4.85	3.75
六 ヶ 迫 鉱 泉	15.5	8.76	3.82

実際の溶存量よりも高くなる。

3 . 炭酸泉中の炭酸のみかけの平衡定数 K_1 は温度、塩分量に関係なくかなりのばらつきがある。

最後にこの研究費の一部は大分県温泉調査研究会によるものであることを記すると共に分析の労をお願いした大分大学教育学部化学科の工藤晴三、佐藤和子の諸氏に深く感謝する。

参考文献

- 1) 志賀、川野：大分県温泉調査研究会 21号 (1970)
- 2) 小穴：分析化学3, 522 (1954)
- 3) 町田：日本水産学会誌19,703 (1953)
- 4) K. Satake : *Jap. G. Limnol.*, 33, 16-20 (1972)
-) H. S. Harned, R. Davis. *J. Am. Chem. soc.* {65, 2030 (1943)
- 6) R. Davis : Carbonic Anhydrase, *Academic Press*, New York (1961)

別府地熱地帯の化学的研究

——水銀蒸気、炭酸ガスの化学的地熱探査への利用——

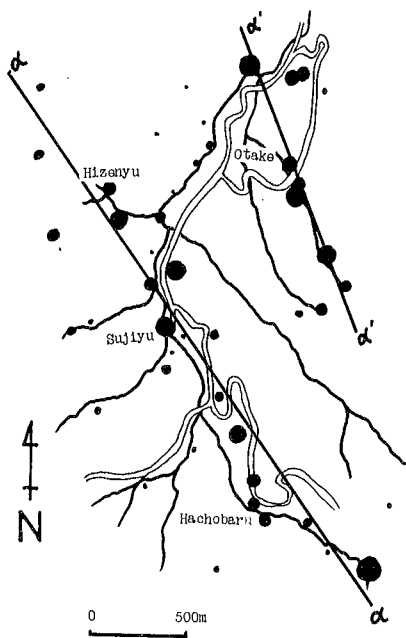
九州大学温泉治療研究所温泉理学科 古賀 昭 人
野 田 徹 郎

1. はじめに

古賀と野田 (1974-a, b, c, d, 1975-a, b, c, 1976) は、地熱地帯の探査に水銀が最もよい指示元素であり、特に蒸気系の場合や地表徴候がほとんどない地帯では水銀測定が唯一の化学的探査手段になりうることを多年述べて来た。この水銀測定は古賀 (1973) が中米のグワテマラの Zunil 地熱地帯の予備調査のさい、噴気凝縮水や変質粘土について行ない水銀がこれらに多量濃縮されていることに驚ろくと共に、水銀を地熱探査へ利用する発端となった。

元来、水銀は金属鉱床探査の指示元素になりうるとして種々外国で利用されていたが、(椎川、1971)、著者らの日本内外の地熱地帯の水銀調査の結果、たとえば変質粘土中の水銀の多寡は、その地域の地熱のアクティビティを示したり、断層の所在を指示することが可能となった。図1は大

図1. 大岳、八丁原地区の変質粘土中の水銀 (最高値 70 PPM)



岳、八丁原地区の変質粘土中の水銀の分布であるが (最高70ppm)、水銀が $\alpha-\alpha$ 、 $\alpha'-\alpha'$ ラインに沿って多いのに気づくであろう。 $\alpha-\alpha$ ラインは地質学的にもはっきり分る断層であるが、 $\alpha'-\alpha'$ ラインは地下にかくれており地球物理的 (自然電位法) に推定されたものである。水銀の分布は、これを裏づけたことになる。

このように、ある地熱地帯の開発が企画された場合、全体的な地熱活動度を知るために温泉水の調査以前に変質粘土中の水銀の分布を見ることが最優先される程、化学的探査の中で重要性を発揮するようになりつゝある。

一方、古賀ら (1975-b) が別府地熱地帯の大気中の水銀を定量した結果、噴気地帯や硫気地帯には多くの水銀が大気中にもあることを見出した。この事は地熱地帯の表土中の空気は更に水銀が高含量であることを意味している。そのため、地熱地帯に50~100cmの深度の穴を掘り、その中の空気中の水銀を測定して、地熱探査に役立たせようと試みた。同時に、炭酸ガスの濃度測定を行ない、地熱探査への応用の可否を検討した。本報告では

表層土空気中の水銀、炭酸ガスの化学的地熱探査への利用について述べる。

2. 水銀蒸気、炭酸ガスの化学的地熱探査への利用

2-1 水銀の性質と天然の分布、ならびに分散機構

水銀は他の金属元素と異なる性質を示し、極めて高い揮発性がありイオンポテンシャルが高い。岩石中には0.07ppm程度で推積岩は平均0.4ppmでやや濃縮されている。土壌は0.01-0.1ppmの水銀を含有し、天然水では、ほとんど1ppb以下である。

熱水系における水銀の移動としては気相ならびに液相が考えられるが、その量的関係は明らかではない。一般に水銀の分散は機械的か化学的であるが、特定の条件下では第二水銀化合物、可溶性陰イオン錯体、可溶性有機錯体として溶液中にとけて移動する。土壌中に水銀が吸着される場合はモンモリロナイトよりカオリンの方が強い。

気体拡散による水銀の移動としてはガス状の自然水銀である。水銀鉱床などでは表土中に水銀蒸気の異常濃集帯を作り、逆にこれを知ることにより鉱床賦存の可能性やその位置を決定する有力な手段となった。土壌中の水銀は、鉱物結晶格子中に捕獲された形、水銀鉱物、水銀の有機化合物、吸着された水銀や気体の水銀として存在する。

一般に大気中の水銀濃度は $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下とされているが、Eshleman ら (1971) は火山近くの空気中に通常の空気の 1,000～5,000倍に及ぶ高濃度の水銀を見出し、Mc Carthy ら (1969) は水銀鉱床賦存地区の上空60mの大気中で60倍に達する水銀を検出している。古賀ら (1975b) は別府で表1のように明礬、堀田地区の噴気孔近くでは多量の水銀が大気中に存在することを見出した。表1 別府地熱地帯の大気中の水銀含有量
九大温研の屋上では $0.020\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるが、雨後には激減し $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度に下がった。

水銀は水蒸気と共に運ばれ易く噴気凝縮水にもあり地熱地帯では鉱床以上に多量に深部から浅部に向って上昇していると思われる。たとえば、10 ton/hr の水蒸気が出ている強勢な噴気があり、噴気凝縮水中の水銀の濃度が $0.20\text{mg}/\text{l}$ であった場合、その噴気孔は1日あたり48gの水銀を大気に放出することになる。

採取場所	Hg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
明 礬	1	9.3
	2	1.3
堀 田	1	6.4
	2	4.1
	3	1.7
温研屋上	1	0.019
	2	0.020
	(降雨後)	0.005
化学実験室		0.31

これらの事から地熱地帯の表土中の空気（以後ソイルエアと称す）にも相当量の水銀ガスが存在することは容易に想像される。そして、地表からも陽炎のように水銀の蒸気が大気中に放散しているに違いない。

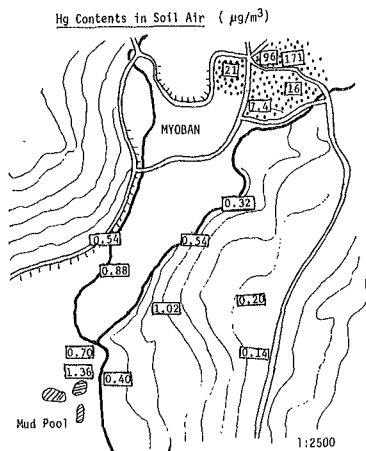
2-2 地熱地帯のソイルエア中の水銀測定

金鉱床賦存地帯のソイルエア中の水銀捕集法としてMc Carthy ら (1969) はプラスチック製ピラミッド型の小テントを用い上部に金あみつきのバスケットを置き、その中に金や銀の薄片を拡げている。太陽熱でテント内の気温は上昇して対流を増し、テント内の空気はテント上部のバスケットのトラップを通過して上昇する。2時間後、バスケット内の金あるいは銀との水銀アマルガムは取りはずして分析した。また、10cmの穴を堀りポンプで凡そ10lの空気を吸い上げ、金に水銀をくっつける方法もMc Carthy らは利用している。

実際に本邦の地熱地帯でプラスチック製のテントを使用する太陽熱利用水銀捕集法は、樹木のため条件が一定でないので利用できずポンプを使用する捕集法が推賞されるであろう。そして金粒子を用いるアマルガム法が多く試料採取に簡便であるが、捕集前後の処置が複雑であり正確な値を得るためには多くの基礎研究が必要である。そのため著者らは過マンガン酸カリと硫酸の混液にポンプを用いて一定量の空気を吸入、水銀を吸収させ、気化還元法で原子吸光による水銀測定を行った。このさい、硫酸の濃度は1規定、過マンガン酸カリウムは0.5%溶液を用いた。単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で示した。

図2は別府明礬地区の深度50cmにおけるソイルエア中の水銀量を示す。これによると盛んに硫気が出ている地帯は高温ではあるが水銀が極めて多く活動度と比例するものと思われる。明礬から東へ断層線が走るが50mの深度で 50°C の地温があるとされており、更に東へ下ると鉱泥池地帯がある。

図2. 明礬地区のソイルエア (0.5n 深度) 中の水銀含有量



あり好天気が数日続いたあと同一条件で本調査を行うべきである。

2-3 ソイルエア中の水銀と土壌中の水銀の分布の比較

前述のように水銀は極めて揮発度が高く、たとえば水銀溶液を70°Cで加熱すれば瞬時にして消失してう。図3は水銀蒸気の量と温度との関係を示し、10°C上昇する毎に2倍以上揮発している。

図4. 地熱地帯のソイルエア中の水銀含有量。

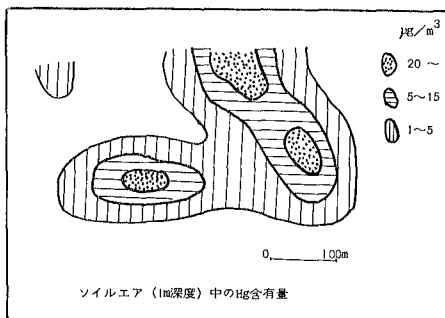
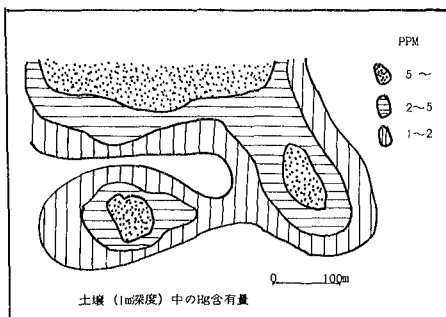
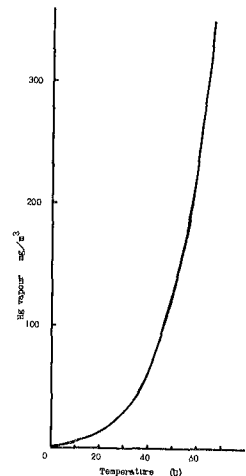


図5. 地熱地帯の土壌中の水銀含有量。



およそ15点が測定されたが地熱地帯以外の所より少くとも10倍以上は高く、地熱地帯のソイルエアの水銀を測定することは活動度を知る上に有効な方法であることが立証された。しかも、この方法は現在上昇しつつある水銀蒸気を測定するものであり、長年月にわたって蓄積された変質粘土中の水銀の分布とは必ずしも一致しないであろう。なお、対象が水銀蒸気のため、降雨後は上昇が妨げられるので低く出る恐れが

図3. 水銀蒸気の濃度と温度との関係。



この事は云いかえると地下に熱源があり、それから浅部まで熱が運ばれているとすれば、水銀は温度に極めて鋭敏なためにソイルエア中の水銀濃度は浅部の地下温度を指示する可能性がある。問題は水の存在で水銀蒸気の上昇を妨げるから湿地帯での調査には不向きであろう。

ある地熱地帯で50m間かく毎に1mの穴を掘り1m深度のソイルエア中の水銀が定量され図4のような等濃度線が画かれたとしよう。この図では3点に20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高濃度の水銀蒸気があり、地下浅部(20m以内)での高温を思わせる。地熱地帯では水銀は水蒸気により運搬される可能性が強いから、たとえ自然の噴気がなくともこのような地帯では極めて浅いボーリングによって噴気を得ることは容易であろう。

1m深度の穴のコアの水銀含有量が測定され図5の等濃度線が画かれた場合、必ずしも図4とは一致しないのがふつうである。地熱地帯では水銀はふつう変質粘土に吸着され、数十ppmに達しており、しかも硫化水銀とし

て固定されているのが多い。したがって測定地点がたまたま変質粘土地帯であれば水銀量は極めて多いことになる。一般に別府の土壤中の水銀量は0.07ppm前後であり、0.5ppm以上であれば地下に必ず地熱があると考えてよいであろう。

一方、ソイルエアの水銀測定は現在時の地熱を示しており、土壤中の水銀測定は長年月にわたり蓄積されたものであり、深部からの補給がとだえれば（地熱が減衰すれば）、ソイルエアの水銀は瞬時に、土壤中の水銀は徐々に減少して行くであろう。

図4と図5の対比で、ソイルエアの水銀量が少なかった地域（北々西部）で土壤中の水銀量が多く広く分布しているのに気付く。この事は浅部（たとえば50m以内）はそれ程高温ではないが深部には必ず大きな地熱地帯が広く存在しており、この地域はどこをボーリングしても噴気が得られると考えられる。

つまり、1m深度のソイルエアの水銀の分布は浅部を、土壤の水銀の分布は深部を含めた全体の地熱の在り方を示していると云えよう。

2-4 ソイルエア中の炭酸ガス測定

噴気の大部分は水蒸気であるが、ガス中のほとんどは炭酸ガスであり、別府地熱地帯の噴気から1日あたり150トンの炭酸ガスが大気に放出されている。地熱地帯の表面からの逸散もまた大きいと考えられる。

一般に大気中の炭酸ガスは0.03%とされており、通常の土壤中の空気は0.05%程度である。測定法としては稀アルカリ溶液一定量にフェノールフタレンで赤色に着色させ、ポンプを用いて空気を吸込み無色になるまでの時間をストップウォッチで測定すればよいが、北川式のガス検知管で測定した方が現地調査上には簡便で迅速である。

図6. 地熱地帯のソイルエア中の炭酸ガス含有量

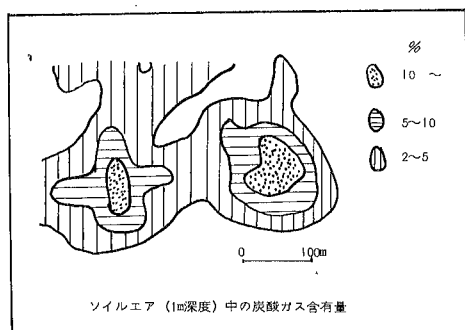


図6は水銀測定用の1m深度の穴で同時に測定した炭酸ガスの分布図である。最高値は30%にも及び大気の1000倍も多い。水銀と同様2つの高異常濃度地帯があるが、炭酸ガスは地温とそれ程の関係はないと考えられる。炭酸ガスは空気より重く地層を透過する強さは水銀に比し極めて弱く、ある部分に集積する傾向もあり、水銀蒸気と同じく水の存在が大きく分布図に影響する。もちろん、大局的には地熱を指示するが、微細にはその地域の地質構造、とくに粘土層を示していると考えられる。

また、炭酸ガスは水に溶けて炭酸水となり周囲岩石を風化溶解させるから炭酸ガスの高濃度地帯は場所により崖くずれ、地すべりの危険地帯ともなりうるであろう。

3. おわりに

地熱地帯の化学的探査で1m深度におけるソイルエア中の水銀や炭酸ガス濃度を地図上に50-100m間隔毎にグリッドをきって測定し等濃度線を描けば、特に浅所における地熱の存在を確認することができる。地表徴候が全くない所での化学的探査で、この方法は安価に測定できるが、気体中の水銀測定に金アマルガム法をもっと簡便化することが望ましい。

広地域の地熱探査には変質粘土を採取して水銀を測定するのが大局的に地熱活動度や広がりを見る点で推奨できるが、狭い地域での精査ではソイルエアのみならず1m深度コア中の水銀を同様に測定すれば、変質粘土がなくとも探査できることになる。

(終りに、本研究費の一部を大分県温泉調査研究会より受けた。深く感謝する。)

文 献

- Koga, A. (1973) : Reprt on Geothermal Power Development Project in Republic of Guatemala, O.T.C.A. Japan Government, 75-102
- 古賀昭人、野田徹郎 (1974a) : 地熱地帯の地球化学的探査——大岳、八丁原地区の変質粘土中の B, As, Hg, 地球化学討論会講演要旨集、P180
- (1974b) : 地熱地帯の噴気のもたらすもの、大分県温泉調査研究会報告25号、48-52
- (1974c) : 地熱地帯開発の地球化学的探査——阿蘇湯の谷地区の場合、第27回日本温泉科学会講演要旨集
- (1974d) : Hg, As, Bの気相、液相間の分配— その地球化学的応用、地球化学討論会講演要旨集 P.181
- (1975a) : 別府地熱地帯の変質粘土中の揮発性成分、大分県温泉調査研究会報告26号 18-21
- (1975b) : 地熱地帯の蒸気系における地球化学的探査法、地熱12、No.4、21-28
- Koga, A., Noda, T. (1975c) : Geochemical prospecting in vapour-dominated field for geothermal exploration, 2nd U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, in press.
- 古賀昭人 (1976) : 地熱探査における地球化学、物理探鉱29、1号 58-68
- 権川誠 (1971) : 地球化学探査について——金属鉱床探査における指示元素としての水銀 (1, 2, 3, 4)、日本鉱業会誌87、538-542、617-621、679-682、773-775
- Eshleman, A. et al. (1971)、Is mercury from Hawaiian volcanoes a natural source of pollution? Nature, 233、471-472
- McCarthy, J.H., et al. (1969), Mercury in soil gas and air—a potential tool in mineral exploration, U.S. Geol. Surv. Circ. 609

湯平温泉の活動の消長と化学組織

九州大学温泉治療学研究所 野 田 徹 郎

古 賀 昭 人

1. 緒 言

ある温泉地の“状態”を確実に把握することは、その温泉地の消長を予測し、再開発をはかる上で必要なことである。その温泉が衆目の一致する名湯で、涸渇に傾しているようであれば、一層、その必要性が痛感される。たまたま昭和50年7月日本温泉科学会大会が湯平温泉で開催されたのに際し⁽¹⁾、湯平温泉の現況を調査し、主に化学的な面からの検討を行い、その結果を同大会で発表した。この報文は、その発表内容をまとめたものである。

温泉水についての化学的な研究は、しばしば、その温泉地の状態、本質を知るために有効である。例えば、スケールの問題を考えるには化学的な情報が必要であるし、化学成分相互の関係から、どの地域に最も高温な部分があるかを知ることでもできる。特に、湯平温泉は食塩型の深部熱水としての特徴をもち、高温を示す化学成分量、ならびに比の関係がうまく適用できるフィールド⁽²⁾として興味深い。湯平温泉のように、特に医療的な面で天下の名湯として知られている温泉で、その活動が昔に比べ衰退に向いつつあることが心配されるとき、温泉活動についての化学的な研究は、非常に意義あるものと思われる。

2. 湯平温泉の現況と消長

湯平温泉は大分川の支流、花合野川の谷間に沿って、約300mにわたり点在している。川の両岸はかなり急勾配の傾斜地で、温泉の分布は川の左岸に限られているのが特徴である。西方に登ると3km余りで山下池の温泉に到達し、その途中にも幾つか、微温の湧水がある。大分川をさか上ると由布院温泉郷であり、下ると最近開発の進んでいる挾間地区の温泉に至る。

地質的には、九重の地熱地帯の胚胎母岩と同質の豊肥系の両輝石安山岩に覆われている。又、近くの山下池周辺で掘られたボーリングでは、深部でかなりの高温部分が存在することが判明している。⁽³⁾

昭和50年5月現在の活動状況は、表1に示す通りである。湯平温泉についての物理的、化学的な研究としては、昭和11年の瀬野の研究以来、昭和25年山下⁽⁴⁾、昭和33年湯原⁽⁵⁾、昭和42年志賀⁽⁷⁾による報告がある。又、昭和42年には大分県によって、概況の調査が行われている。表1には、経年的な変化を追うために、これら幾多の研究者によって発表された結果をまとめて、掲げてある。

表1 湯平温泉の概況

年 次	種 別	活動口数	最高泉温	平均泉温	平均湧出量	一日総湧出量
			℃	℃	L/M	M ³
昭和11年			86.7	66.5	15.7	295
昭和25年		15	80.0	62.7	14.6	274
昭和33年		16	87.2	62.2		288
昭和42年		18	88.0	57.7	14.8	297
昭和50年		13	88.4	61.4	17.6	330

昭和11年から、昭和42年にかけては、温泉口数を増やす試みがなされてきたが、総湧出量はほと

んど横ばいで、一方、平均泉温は低下している。この温泉活動衰退の傾向は、昭和42年以後、特に大きく現われ、涸渇する泉源が相次いだため、これに相前後して、湯布院町の手によって、昭和45年、町有2号泉345mの掘削が行われた。(町有1号泉は昭和38年に掘削されたが、間もなく休止)。その結果、活動口数は18口から13口に減少したものの、新泉源の湧出量が大(毎分62.5ℓ)であるため、一日の総湧出量は約30tも増加した。又、このことと、衰退した低温、低湧出量の源泉が切り捨てられたことにより、平均泉温3.7度の上昇、平均湧出量2.8ℓ/分の増加をみた。現在、湧出している温泉水量は1日に330t(毎分229ℓ)である。

昭和11年より現在に至る詳細な変遷の様子は、今迄に行われた同温泉に関する研究報告⁽⁹⁾によって知ることができる。ただ、この間に、泉源所有者や旅館の名称が変わったり、又、一つの源泉が幾つもの呼称を持っていたりすることが、各源泉についての年を追っての脈絡を不明確にしている。この際、その関係をはっきりさせておくことは、今後、湯平温泉を調査する際の資料の整備という意味でも、無駄ではないと思われる。そこで、これらの変遷についてまとめた表(表2)をつくり、温泉活動の活発さを知る目安となる、泉温、湧出量、Cl、HCO₃濃度ならびに、自噴、動力揚湯の別を併せて示した。

表2 湯平各源泉の変遷

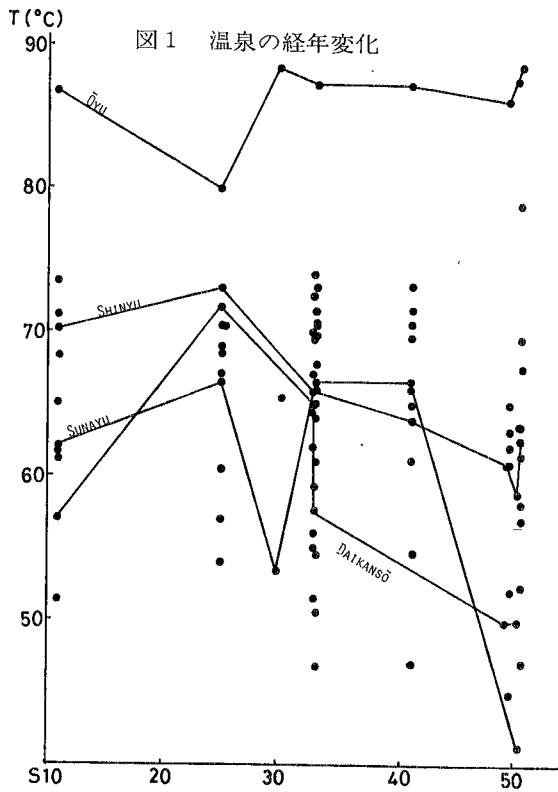
凡例

- 源泉名 — 1.湯守 湧出状況
- 泉温 C° — 50 100 — 湧出量 ℓ/分
- Cl ppm — 100 200 — HCO₃ ppm
- 自……自噴
- 動……動力揚湯
- 併……併用

昭和11—12年	1.東屋(自)	2.石丸	3.白鳥(自)	4.大正館	5.新屋	6.新屋	7.つるや本家(自)	8.つるや(併)	9.花の原	10.砂湯	11.新屋別荘(併)	12.秀泉(併)						
昭和25年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
昭和30年												19.金湯			20.砂湯			21.銀湯
昭和38年	1.東屋	2.大津限	3.志賀球	4.右丸	5.白鳥	6.大正館	7.新屋新	8.鶴屋本家	9.白田原	10.北原	11.鶴屋本家	12.花の原	13.秀泉					
昭和39年	1.東屋(自)	2.大津限(併)	3.志賀球(併)	4.右丸(併)	5.白鳥(併)	6.大正館(併)	7.新屋新(併)	8.大津限(併)	9.鶴屋本家(併)	10.白田原(併)	11.北原(併)	12.鶴屋本家(併)	13.花の原(併)	14.砂湯(併)	15.秀泉(併)	16.大津限(併)	17.下湯(併)	
昭和41年	1.東屋(併)	2.大津限(併)	3.右丸(併)	4.白鳥(併)	5.大正館(併)	6.新屋(併)	7.大津限(併)	8.鶴屋本家(併)	9.白田原(併)	10.北原(併)	11.鶴屋本家(併)	12.大津限(併)	13.砂湯(併)	14.秀泉(併)	15.大津限(併)	16.下湯(併)		
昭和50年	1.2号泉	2.大正館	3.新屋	4.大津限	5.白鳥	6.北原	7.鶴屋本家	8.大津限	9.砂湯	10.秀泉	11.大津限	12.大津限						

この表をながめることにより、湯平温泉の活動が、どのような道をたどってきたか、どう変わりつつあるかを知ることができる。表には上流部の源泉を左側に、下流部を右側に配列している。これらのうち涸渇ないしは採取不能になった源泉はすべて上流部に位置していることが分る。もともと自然湧出ばかりであった湯平温泉群にも、温泉活動衰退に対する対応策として、動力揚湯を行うところが増え、現在では約半数が、動力を備えている。

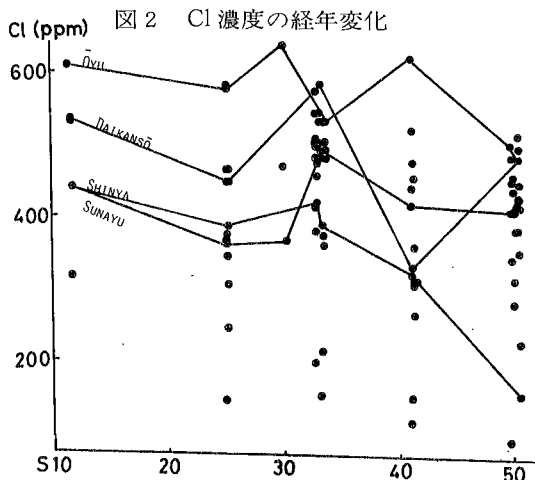
従来から調査されている項目では、泉温が温泉活動と直接関連する尺度と考えられる。泉温については古くからの測定値があり、その変化をかなり克明にたどることができる。図1は、泉温の経年変化をグラフ化したものであり、実線は、古くからの測定値のそなわっている、現存する、いわば湯平の代表的な温泉である。その他の各源泉については、値をプロットして、全体としての傾向をたどるとどめた、大湯の高い泉温は、よく昔の値を維持している。一方、新湯はこれと対照的に、昭和10年の70.1°Cが、現在は41.5°Cに低下しており、やがては涸渇した周辺の源泉と同じ道を



たどると思われる。砂湯、大観温泉を含めた全体の傾向は、予測されたようにやや下がり気味である。大湯を除く源泉の泉温の変動が激しいのは、主に、各源泉でまちまちに、泉温や泉量を回復するために、源泉をさらえて沈殿物等を除去したり、揚湯動力を設置したりしたためである。大湯と砂湯で、昭和50年4月以後温度が上昇しているのは、地区民も認めており（最近の3点は、昭和50年2月、4月22日、5月23日）、同年4月21日の大分地震の影響だという説もある。

湧出量については、動力の使用などの二次的な条件に左右されるためか、増減がまちまちであるが、全体としてながめると、やや減少傾向にある。

化学成分では、Cl濃度の変化が温泉活動の活発さを示す一つの尺度である（図2）。全体としての傾向は、大なり小なり減少しているが、特に新湯では減少が著しい。Cl濃度の急激な変化、特に上昇の理由は泉温の場合と同じく、源泉に手を加えたためであろう。



HCO₃は、深部熱水に対する意味での浅層水の混入を反映している。その濃度の増減については、希釈効果も考えると、絶対濃度の比較よりも、Clとの比を比較すれば、温泉活動との関係がより明らかになる。全体的な傾向は、Cl/HCO₃比が減少する方向にあり、浅層水混入の度合いが強まっていることを示している。最近の大正館、新湯のように、今迄とは逆に、HCO₃濃度がCl濃度を上回っている例もある。

泉温、湧出量、Cl濃度、HCO₃濃度いずれにも、

湯平温泉の活動の衰退傾向が観察できた。そこで、次に、このような衰退傾向にある温泉の化学的な特徴は何かを探ってみることにする。

3. 湯平温泉の化学成分

昭和50年5月23日に採水した湯平の温泉水の分析値を表3に示す（表中には後述するCaCO₃についての飽和指数Sat.、安定度指数Stab.、地下平衡温度T_{Na-K-Ca}も含めた）。又、これを図化したのが図3であり、これから主成分からみた温泉のタイプを一見して知ることができる。湯平温泉の泉質はNaとClを主成分としており、アニオンでは次いでHCO₃が多い。従って、同温泉の泉質は、中性ないし弱アルカリ性の含重曹食塩泉、あるいはそのやや薄いものであり、源泉間に大きい泉質の違いはない。ただ、典型的な深部熱水型の食塩泉に比べると塩分濃度は薄い。NaとClの最高値は2号泉のNa488mg/l、Cl495mg/lである。（2号泉のある上流部では、自然湧出泉であれば、非常に薄い濃度をもつと考えられるが、ボーリングにより深部から直接揚湯しているため、かなり高濃度となっている。）一方、Cl濃度135~495mg/lに比して、HCO₃濃度は173~680mg/lでかなり大きく、その意味では、温泉活動は非常に活発なものとはいえない。

表3 湯平温泉分析結果

湯平温泉分析結果															
単位 mg/l, 泉温°C, 湧出量 l/分, 採水月日 昭和50年5月23日															
Sat. CaCO ₃ 飽和指数, Stab. CaCO ₃ 安定度指数 T _{Na-K-Ca} 平衡地下温度(°C)															
No.	源泉名	泉温	湧出量	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄	SiO ₂	Sat.	Stab.	T _{Na-K-Ca}
1	2号泉	79.0	62.5	7.8	488	14.6	37.1	1.63	495	680	90.4	64	1.30	5.20	115
2	大正館	57.0	19	7.8	222	12.0	24.6	1.30	210	259	86.0	94	0.01	7.28	107
3	新屋	41.5	12.2	7.7	149	14.8	19.5	1.43	135	173	86.8		0.06	7.82	117
4	金湯(大湯)	88.4	50	7.4	395	19.5	40.5	1.56	467	312	138	141	0.74	5.92	122
5	白雲荘	52.4	3.3	7.3	324	17.2	38.1	2.47	396	259	113	118	0.12	7.06	116
6	北部屋	63.4	5.9	7.4	384	21.6	41.4	2.67	430	258	162	124	0.35	6.70	126
7	鶴屋隠宅	47.0	2.2	7.3	282	14.3	33.5	1.89	338	236	95.6	130	0.05	7.40	110
8	大観荘	50.0	不明	7.9	378	16.0	42.3	1.76	469	274	129	110	0.73	6.44	112
9-1	砂湯(自噴)	62.5	29.7	6.9	363	18.4	35.2	2.54	430	258	155	114	0.23	7.36	122
9-2	砂湯(ポンプ)			7.3	337	17.0	32.9	2.67	402	238	141		0.12	7.06	120
10	秀泉閣	58.1	不明	7.4	353	17.1	31.7	2.41	411	246	143	128	0.16	7.08	122
11	橋本湯	67.5	27.4	7.2	321	17.8	27.2	4.16	367	235	102	163	0.09	7.02	127
12	銀湯	69.5	16.7	7.6	356	19.4	28.5	4.68	403	307	114	166	0.55	6.50	131

しかし、これら化学成分のうちClについて、個々の源泉の湧出するとCl濃度から総排出量を求めると、1分当り94g、1日換算で135kgとかなりの量になる。これだけの温泉水が川に放流されると、河川中のCl濃度もいささか変わってくる。温泉活動のない上流部、2号泉源上流の橋の下で採水した河川水は1.53mg/lのCl濃度であったが、下流の温泉地帯を通り抜けた河川水（温泉街をはずれた下流部の堰で採水）では、5.54mg/lに増加していた。ついでに、他からの流入を無視して、水量とCl量は、河川水と温泉水からなる閉鎖系内で収支していると考え、源河川流量、毎分23m³というあまりおかしくない値が算出できた。

化学成分を細かく検討すると、殊にアニオン相互の關係に特徴が表われている。三角ダイアグラム上に主要アニオンの關係を示したのが図4である。上流部の源泉と、2号泉が、他の源泉が1かたまりになっているのに比してClに対するHCO₃の割合が大きい。新湯、大正館泉は共に、衰退傾向

が明らかな源泉であり、2号泉はその上流部にボーリングによって得られた源泉である。このことから、上流部で源泉の涸渇や温泉活動の衰退が目立つ原因の一つとして、温泉が湧出する迄の途中でCaCO₃による目づまりが起きていることが考えられる。実際、上流部の源泉では、浴槽に引湯した蛇口にCaCO₃の沈積が見られ、又、源泉に沈殿物が貯まりやすいので、他の源泉に比べ、さらえて温泉水の採取状況をよくする回数が多い。さきに、新泉源を目ざして掘削された1号泉がつぶれたのも、CaCO₃スケールによって管がふさがれたためである。

図3 湯平温泉の主要化学組成

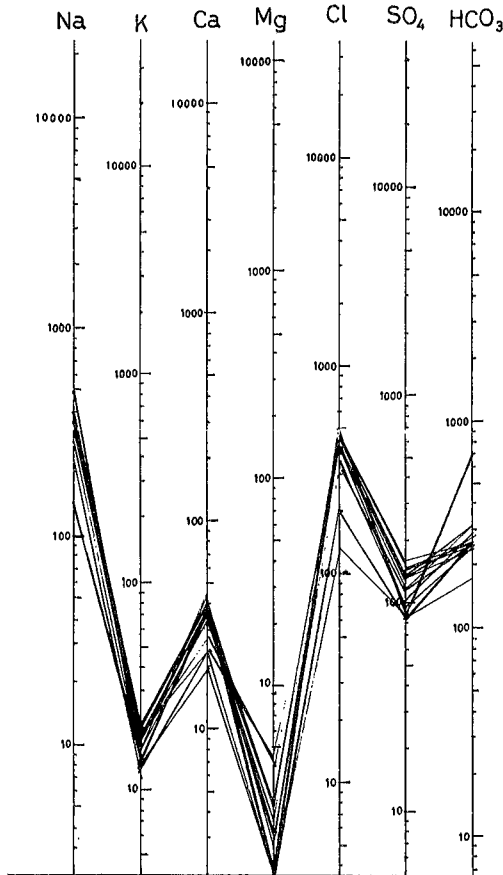


図4 湯平温泉の主要アニオンに関する三角ダイアグラム

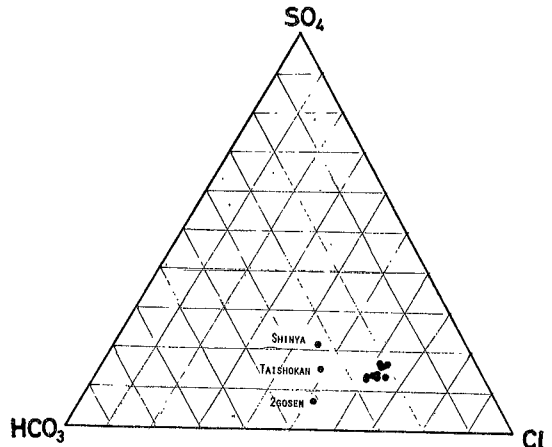
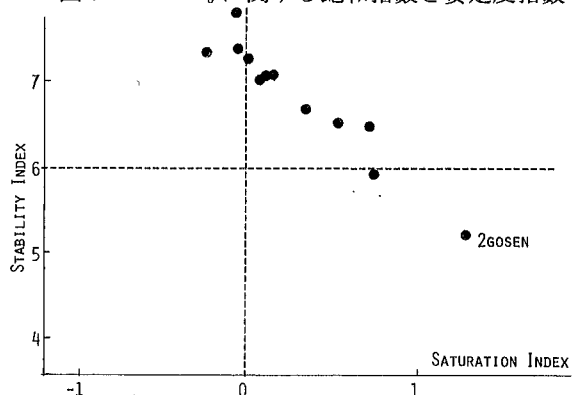


図5 CaCO₃に関する飽和指数と安定度指数



CaCO₃について、飽和指数 (Sat.) と安定度指数 (Stab.)⁽¹⁰⁾ を調べてみると、2号泉が、それぞれ 1.30、5.20 と最も沈殿を生じやすい指数値を示す。由佐の別府温泉でのCaCO₃沈積を起す基準を満たすのは2号泉だけである。他の自然湧出泉では、既に起ったであろう湧出過程での沈積のため、地表に出た段階では、Sat. -0.23~0.74、Stab. 5.92~7.22で示されるように、それほど沈積傾向にはないと考えられる。このスケールによるトラブルが最も心配される2号泉では、炭酸ガスの吹き込みによってP^Hをコントロールするスケール除去装置が有効に稼動しており、現在のところ、この問題に関しての支障はまったくない。むしろ、町有の温泉を混合した配湯ラインの管中のスケール沈積が、この2号泉を配合することにより消滅したといわれている。上流域で得られる温泉は、このようにCaCO₃の沈積の心配される泉質であるが、適当に処理することにより支障なく利用することができる。湯平はスケール除去装置を適正に使い、集中管理を効率よく行っている温泉としても有名である。

温泉地帯で、どれが最も活動が盛んな温泉かは、そこに含まれている化学成分から知ることがで

きる。例えば、主成分については、Na/K、Na/Ca、Ca/Mg、Cl/HCO₃、Cl/SO₄等の比を求め、その値を比較することにより、それぞれの比で大きな値をとる温泉が、高温の雰異気から派生したものだ⁽¹²⁾と知ることができる。この方法は、特に、湯平のような深部熱水型の温泉で有効である。その他の化学的尺度としては、より直接的な尺度として、Na、K、Ca濃度から求められる地下での化学平衡温度がある。計算によって得られた最高平衡温度は131℃で、河川に沿った中央部より下流部で高い⁽¹³⁾（図6）。この131℃という値は、他の食塩型の温泉地帯（例えば別府温泉）に比べるとあまり高くはない。他の源泉での推定温度も全て100℃以上で、あまり大きい違いはない。石英との反応平衡によって濃度が決まり、従って高温ほど濃度が大だとされるSiO₂濃度⁽¹⁴⁾もほぼ同じコンタとなる（図7）。この他の温度の指示元素濃度や比も、ほぼ同じ傾向である。このことから、上流部は温泉活動の衰退が最も現われやすい地域であることが分る。

昭和33年に行われた湯原による1 m深地温探査の結果は、同じく左岸に細長く伸びる高温域を見出しているが、その高温の中心は化学的方法で得られたものよりもっと上流部（ほぼ温泉地帯の中央部）にあたる。この現象が、地下での温泉水の上流部から下流部への移動による熱と化学成分の表われ方の違いによるものか、そもそも、温泉活動の中心が、10数年の間に移動したことによるのかはさだかでない。

図6 Na-K-Ca法による平衡地下温度分布

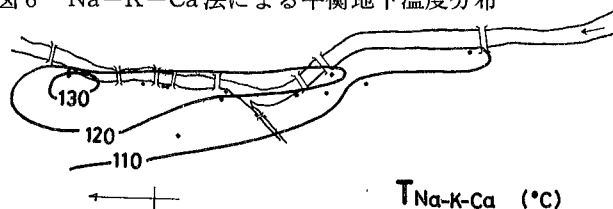
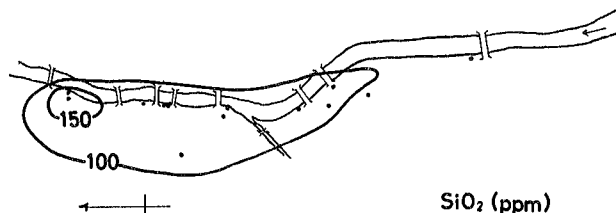


図7 SiO₂濃度の分布



4. 結 び

今迄の研究では明らかでなかった湯平温泉の衰退傾向が確かめられた。殊に、上流部では源泉の涸渇が相次いでいる。化学成分の関係から、上流部は、CaCO₃沈積の起りやすいことと、そもそも温泉活動があまり活発でないことが明らかになり、衰退現象の起りやすいことが納得できた。この上流部に掘られた源泉ではスケール除去装置がうまく働いている。このことと、全体の温泉資源保護のための集中管理がうまく行われている限り、湯平温泉はその活動が存続すると考えられる。

謝 辞

今回の調査にあたっては、泉温、湧出量測定のみで、京都大学地球物理学研究施設由佐悠紀、北岡豪一両助手に多大の御尽力を頂いた。又、湯布院町役場立川実氏、湯平温泉事務所諸氏、各泉源主の方々には採水について協力を頂き、湯平温泉の現況と歴史について貴重な御教示を頂いたことを記し、深甚なる謝意を表したい。

参考文献

- (1) 温泉科学、26卷、2～3号、1975
- (2) 野田徹郎、古賀昭人、樽谷俊和、九大理島原火山観測所研究報告、10号、1975
- (3) 森山善蔵ら、土地分類基本調査“別府”、表層地質図 1973
- (4) 瀬野錦蔵、地球物理、4卷、4号 1940
- (5) 山下幸三郎、地球物理、9卷、1号 1951
- (6) 湯原浩三、大分県温研報、10号 1959
- (7) 志賀史光、同上、18号 1967
- (8) 大分県、同上、18号 1967
- (9) (4)～(8)に同じ、他に大分県鉱泉誌 1970
- (10) 甘露寺泰雄、温泉科学、19卷、1号 1968
- (11) 由佐悠紀、大分県温研報、20号 1969
- (12) White, D.E. U.N. Symp. Development Utilization Geothermal Resources. Pisa, 1970
- (13) Fournier, R.O., Truesdell, A.H. Geochim. Cosmochim. Acta., 37 1973
- (14) Fournier, R.O., Rowe, J.J., Amer.J. Sci., 264 1966
- (15) (6)に同じ

筋湯における温泉権の実態(上)

大 野 保 治

I 筋湯温泉の概況

1. 位置と輪郭

筋湯温泉は、大分県玖珠郡九重町の最西南部に位置する。久大本線豊後中村駅から長者原へ通ずる県道に沿い、県下の名勝九酔溪（俗にいう「十三曲り」）を登り、飯田高原を経て温泉場へ通ずる湯坪・大岳地区を登りつめると、静かな山のいで湯「筋湯温泉」がある。上記中村駅よりおよそ18*。、過疎地のためバス便（豊後森駅—筋湯行き、大分バス）も日に7、8便が唯一の交通機関である。もっとも、前掲の県道が整備されたため、往時とちがって自家用車で往くぶんにはさほどの不便を感じない。当温泉場の後背地にある八丁原地区を経て九重連山の中を縫う山道を過ぎれば、やがて瀬の本高原に至り、九州横断道路に合流する。

当温泉湯の旅館数は現在20軒、土産品や食料品の店が数軒狭隘地に密集しており、発展の余地は少ない。当温泉は、その地名がまさしく示しているように神経痛・リウマチに特効があることから、戦前から湯治客で賑わってきた。戦後は九州横断道路が開通（昭和39年10月）するに及んで、静かな山のいで湯から次第に近代的様相の観光温泉地へと脱皮しつつあり、年間浴客数も12、3万人と夏季に最も多く、2、3泊から数泊の湯治客と1泊の観光レジャー客との比率は6対4程度であるといわれ、往時の湯治場の面影を今になお残している。

2. 九重町の沿革

筋湯温泉所在の九重町について粗述するなら、昭和30年2月1日、かつての玖珠郡の4町村、ち飯田村・東飯田村・南山田村・野上町が合併してできた新しい町である。高原や丘陵地の多い山間地帯だけに広範な面積を占める割には人口は少なく、昭和50年10月1日(国勢調査)では1万4839人（世帯数は3,855）、典型的な過疎の町である。したがって産業面をみても、山林業を除いては何ら見るべきものはなく、その就業構成にしても、第一次産業の農林業が29%を占め、森林の所有者の約60%は1ヘクタール未満の所有者である。こうしたことに、当該地帯の地域の特徴が端的に示されている。

これら合併前の4町村は、いずれも林野や温泉場（宝泉寺・壁湯・笠の口温泉など）の財産を所有していたが、合併の際にそのごく一部を九重町所有に移管し、それ以外の財産をもって旧町村単位の「財産区」を設置した（地方自治法296条）。当筋湯温泉は、かつて飯田村に帰属していたことから飯田財産区に所属しており、温泉利用のすべては当財産区で管理・運営するという全国にも数少ない温泉財産区の型態のものである。⁽¹⁾

3. 筋湯温泉の歴史

当温泉場について記された古文書は見当らず、ただ僅かに明治6年に当時の戸長が書き遺した「地名縁起」がある。伝承により書き記したと思われるが、それによれば、万治元年に地元の仏僧が溪流に沿って湧出する温泉を発見したのが発祥とされる。想像するに、その温泉とは、おそらく現在の元湯（うたせ湯）であつたろう。

その後、いつの時代か（不明）松平大和守から「温泉冥加金」として「毎年銀20匁」を納入するよう命じられたと記されている。降って徳川期、日田代官による支配となり、「安永7年浴舎、修



筋湯並びに大岳地区温泉

-噴気・沸騰泉
-温泉

1
25,000

南小国村

覆困難ノタメ湯銭トシテ入湯1人ニ付拾貳銅取立⁽²⁾」てできるよう嘆願しており、さらに「嘉永2年再度代官池田岩之蒸へ湯銭トシテ30銅」を徴収できるよう嘆願して許されている。また、その頃入湯宿も6、7軒を数えたと記されているところを見ると、徳川末期頃からかなりの程度に利用されていたことを知り得るのである。

II 財産区と温泉利用

1. 飯田財産区の沿革

当温泉の管理主体である「飯田財産区」の沿革については、詳細な調査資料に拠れば⁽³⁾、おおむね次のとおりである。

明治22年国策に従い町村制の施行により、玖珠郡田野村・湯坪村・野上村・後野上村をもって飯田村が成立し、旧村はそれぞれ大字となったが、明治29年、大字野上・後野上は分村独立して野上村となった。旧田野村・湯坪村ともに村持ちの土地のほか小組の共有地を所持していたが、明治初期の土地官民有区分で旧村持山の一部分が官地に編入された。然し、その一部約1500町歩を開墾目的で売払いを受け（明治24、5年頃）、大字田野（5組）共有の財産として保持することになった。明治40年に至り、不要存置処分によって残る入会地の大部分が売り払われることになった。当然に旧所有者に売り払われる筋合いのものであったが、国の方針として第一次的に町村に売り払うものとし、また地元部落においても登記などの事情もあり、一応村名儀で買い受けることを了承した。但し、買い受けに必要な費用はすべて部落が負担し、その費用を部落から村に寄付して村がその代金で国から買い受けるという方針を採ったため、土地は村名儀となった。もとより、部落住民の入会権はおおむねこれを認めることとなったが、この時、鉱泉地並びに原野の一部が直轄地とされたのである。

飯田村における部落所有財産統一が行われたのは大正12年で、統一された土地は、土地台帳上、田野村・湯坪村、或いはそのうち各組の所有と記載された分のほとんど全てであった。統一を決定した当時の議案にあるごとく、当時、村（並びに統一を指導した県）は上記大字有又は組有の財産を当然に市町村の一部、即ち、財産区有の財産と解して財産統一を処理している。

現在、飯田財産区所有とされる土地は約1,370ヘクタールあるが、財産区直轄の土地は僅かに35ヘクタールに過ぎない。これらは、形式的には「明治44年国から買い受けた土地」だが、その実はもともと旧飯田村以来の直轄地だったのであり、さらに、そのうち1ヘクタール余りが鉱泉地並びに公共施設地となっている。その詳細については、後に記すとおりでである。

2. 財産区と温泉利用

飯田地区の温泉利用の実情について、調査資料に基づいて述べるなら⁽⁴⁾、源泉総数は45泉（大別して筋湯地区25泉、大岳地区20泉）、うち涸渇ないし廃止のもの9泉、未利用は10泉あり、現在利用源泉は26泉（自噴25泉、動力揚湯1泉）となっている。これを筋湯地区に限定して詳述するなら、源泉数は上掲のように25泉（小字別には小松地区4泉、八丁原地区7泉、筋湯地区7泉、その他7泉）、このうち9泉（大岳地区3を含む）が財産区のものとなっている（町名儀）。戦後掘さくされた人工泉1を除いて、いずれも自然湧出泉である。当温泉場より約1キロ離れた八丁原の地熱発電用を除いた源泉のすべては自然湧出泉で占められているが、これらの泉脈の規模が地形的に限定されているという自然条件の他に、戦前まで温泉は掘さくして個人の専用にすべきでなく、旅館ともどもに共用して共存共栄の実を挙げるべきだとする地域住民の伝統的意識が支配的であったことにもよると思われる。

さて、飯田財産区の源泉9泉とは、当温泉場の中央に位置し代表的存在で浴客に親しまれてきた大湯（別名「うたせ湯」または「滝湯」）をはじめ、元湯・せんしゃく湯・薬師湯・ひぜん湯・河原湯・田の中湯・地獄湯と、戦後新たに掘さくされた人工泉がこれである。大湯の1日の湧出量は実に600リットル(毎分)と群を抜いて多く、余湯を4軒の旅館（観光ホテル・大船荘・かくおや・丸屋）とに配湯している。元湯・せんしゃく湯・薬師湯・田の中湯は、日中は湯治客にも解放されているが、多くは周辺の地区住民に共浴用として利用されている。なお元湯の残湯は地形上から上記の大湯に流入しているほか、なお4軒の旅館（両筑屋・宝珠屋・たから屋・きらく荘）にも配湯している。ひぜん湯は皮膚病に特効があるとして湯治客によく利用されてきたが、数年前から低温になったため利用されなくなってきている。また、地獄湯（別名「小松地獄」）は温泉場の後背地に当たる通称九大「山の家」近くの松林中に湧出する自然泉で、主に学生合宿用に利用されている（昭和40年8月9日自然湧出泉認定）。さらに、前出の人工掘さく泉は昭和34年、九重町長名義で掘さくされた唯一のもので、現在は新日鉄の会社療養所へ配湯されている。

3. 財産区の温泉紛争

昭和38年、財産区有の温泉源をめぐって、財産区と源泉に隣接する地元旅館業者との間に温泉権をめぐる紛争が発生した。その概略はおおむね次のようなものであった。

当温泉場で旅館業を営むAは利用している温泉が自家所有地（大字湯坪字園762番地）内に湧出するとして、昭和35年4月12日付で当該自然湧出泉の認定と動力装置の許可を得た。これに対し、財産区管理会では、①申請地は同字762番地ではなく財産区管地の759番地であること、したがって②その源泉は区有のものであり以前から区において管理していたもので、③書面手続上も周辺の温泉所有者の同意書は共浴場からの採湯であると称して押印させたものであること等の理由で、県知事に対し異議の申立をなし、さらに九重町長においても意見書の取下げ申請がなされた。県当局では、現地調査の上で検討を加えたが、湧出地点の認定は困難であり、申請手続上も重大な瑕疵は見当らぬため取消処分は出来ない。湧出地の特定も、境界が不明確であつて申請地点は762番地よりはむしろ763番地（Aの兄所有の畑）の可能性が強く、そのため自発的に訂正すべきだとしてAに申し入れていたが、当事者の感情問題が昂じて進展をみるに至らなかった。その後、漸く妥協がえられて同年9月5日、湯坪小学校で九重町長、玖珠保健所長、県薬務温泉課長等が立合って一応の着落をみて紛争は解決した。財産区管理会とA（とその兄）との間で取り換わされた協定内容は

- ① Aが昭和35年4月12日付で使用認定を受けた大字湯坪762番地の温泉は廃抗届を提出すること。
- ② 当温泉権は飯田財産区管理会のものとする。
- ③ 同上温泉の使用は原状のままAに認めること。但し、使用料は永久に徴収しないこと。
- ④ 動力装置の申請はAにおいて現状で新規に提出すること。

であった(文言はそのまま)。温泉権とその帰属する地番の確認の困難から生じた紛争というべく、財産区にとっても旅館業者にとっても、源泉の経済的価値が高く且つ容易に確保できないことから紛争を惹起したものとみられる。

4. 財産区の機関と運営

当温泉は、温泉の利用関係のみを対象とした純粹の温泉財産区という独立の形態を採らず、普通の入会財産区として山林・林野とともに前述のような鉱泉地をも支配管理する機関である。

飯田財産区の機構は一応、部落団体の機構とは別個に存在し、それぞれ機能しているが、両者は重複しながらも密接に結合して不離一体の有機的関係にあり、温泉利用にみる限り、当該財産区の形態としては「部落入会団体の温泉部」といった性格を具有していると言ってよいであろう。

当財産区の実態を概述するに、町条例（次稿の資料参照）により、管理機構としては財産区

管理会が置かれている（同条例第2条1項）。管理会委員は7名（同条2項）で、田野地区4名、湯坪地区2名、千町無田1名で、それぞれの地区で推薦された者を町長が町議会の同意を得て選任する（同3条）。任期は4年（同2条）、互選で会長を選び、会長が管理会を召集し、会議を主宰する（同5条、6条）。管理会の同意を要する事項は①財産の処分、②財産の価値を減ずる処分、③財産の全部または一部についてその財産の形態または営物の機能を変更する処分、④重要な管理行為「1 植林、2 伐採、3 間伐」等、⑤財産または営造物の管理計画を定めまたは変更すること、⑥使用料かまたは分担金夫役現品に関する事、⑦（予定価格1万円以上の）売買契約、供給契約または請負契約を結ぶこと、⑧毎年度の財産区の収入及び支出並びに決算に関する事、⑨この条例の改廃に関する事、等である。

つぎに、財産区はその所有する共浴場へ配湯するが、全国的にみても、共浴場の経営を自ら行う場合と、区民から希望者を募り共浴場施設ないし営業上の賃貸者の契約によって、その者に行わしめる場合とがある。当財産区では、伝統的に前者の方式を採用している。個人に委託すると、受託者は外来浴客から相当額の入浴料金を徴収せねば採算が合わず、宿泊客からの不平不満が少なからず起こるであろうこと、また浴場施設内で行う売店や遊戯施設での営利行為は、狭い温泉旅館街の同業者の営業権をとかく侵害し、競業関係を招くであろうことなどを考慮してのことと思われる。現在のところ、「うたせ湯」の1回の使用料金は50円（但し、地元民は無料）であり、すべて宿泊旅館が入浴券を支給し、入浴時、受付の窓口各自投入することになっている。当共浴場の世話人は正面の土産店経営主で、浴舎の清掃・温度の調節・入浴券の納入監視などの管理に当たっており、月手当は1万5千円である。なお、入浴券は宿泊費の中に含まれており、旅館側が一括購入して使用分の料金を纏めて旅館組合へ納入する。このように、財産区が旅館組合に委託し維持管理させる方式を採用している。

現在の鉄筋造りの「うたせ湯」の建物名義は町（財産区）であり、その浴舎は昭和37年、財産区で450万円をたて替え（筋湯組の共有財産を抵当に提供）築造したもので、筋湯旅館組合が管理主体となって15ヶ年の年賦償還で毎年30万円を弁済している。当初の予定通り償還は進んでおり、来年度で完済する。そうしたことから、地元民の一部では、この際地元筋湯組の共有財産にすべきだとする声もあるようだが、財産区においても町当局においても、現時点では確たる結論には達していないとのことである。

III 筋湯地区の地熱発電

1. 大岳八丁原の地熱発電

昭和24、5年頃、戦後の燃料資源欠乏の時代的背景を受けて、通産省では国策上いち早く“地熱発電”に着眼し、全国屈指の温泉県で日本第一の別府温泉を選び、白龍地獄（ラクテンチ）を使用して研究に着手した。さらに同28年頃まで、九州電力と協同で野矢（久大線沿線）で研究を重ね、実用を目指して種々の基礎研究がなされた。地熱発電は抗井から噴出する水蒸気を主とする流体の熱エネルギーを利用し、蒸気タービン発電機を駆動して発電するもので「火力発電の一種」とされている。地中より直接に高熱の蒸気が得られるので、重油や石炭などの燃料源やボイラー設備が不要で、外国ではつとに実用化していることもあって、戦時中から有望視されていた。

然し、両地区とも、熱源として必ずしも適当でなく、加えて地の利が悪いこともあって、九電で白羽の矢をたてたのが当筋湯地区であった。昭和28年から行なわれた大岳1・2号井のテストボーリングに続く諸調査では、当初期待していたような天然過熱蒸気は得られなかったものの、昭和36年以降は噴出熱水混合物のフラッシュ蒸気を発電に利用することを研究し、また大岳地熱地帯の統

合的地質物理調査を行って開発は有望であるとの結論を得て、この地で本格的作業を始めた。現在噴出中のものは7・8・9・10号井の4本で、これらを活用して1万キロワットの発電所を建設し、同42年より発電事業を開始した。認可出力は11,000キロワット、送電区域は珠珠郡周辺一帯から、一部は宮崎県北部にまで及んでいる。

数年前（昭和45,6年）、大岳地区と並んでその南方約2キロ、当温泉場の後背地約1キロの地点の八丁原地区にも有望な泉脈があることが判明し、現在までに6本を掘さくし、その中の4本（1・3・4・6号井）が活用出来る見込みである。来年（昭和52年）を目指し、わが国最大の5万キロワットの発電を目標に、50年5月より発電所を建設中である。

2. 筋湯地区等への配湯

(1) 不要熱水の配湯の概況

昭和37年、九電が大岳地区において地熱発電の本格的建設に着工するに際して、地元住民側では、地熱開発を認める代償として発電に使用済みの不要熱水を利用したい旨表明していたところ、町当局のバックアップもあって九電側ではこれを了承し、会社と町当局、次いで地元住民との間に「確認書」を取り結んでいる。いま、その内容の骨子を検討するに、双務契約としての対等性は全く見当らず、会社側が一方的に優位な支配的地位に立っていることを知りうる。例えば、地元住民が「掘さく井（第5号泉）から流出する不要熱水を利用させていただく」ことについて、「貴社の事業運営に協力するとともにいささかの御迷惑もお掛けしない」旨を誓約し、「本熱水利用に起因して、人蓄その他に被害を生じても損害賠償その他何らの要求もいたしません」（第3項）と記されている。この文言に端的に示されているように、地元側が大企業の会社の庇護と恩恵にすがって懇願ないしは哀願するといった徳川時代以来の温情主義、権威盲従主義の姿勢（近代契約法以前の従属性、片務性）を、そこに看取することが出来るのである。⁽⁸⁾

現在、九電（地熱発電所）がこの不要熱湯を筋湯温泉街へ配湯しているのは旅館17軒、個人6軒である。その配湯方式は別府などの配湯会社のそれとほぼ同様であり、本管路線関係は会社の維持管理、溜枿からの支（派）線は引湯者の責任という形式を採っている。配湯の湯は全てインチパイプで均等であり、使用料金は町・地域住民と会社側との交渉の折の条件ですべて無償で、その点地元住民にとっては有利である。会社からの給湯量が一定で限定されているため、新規の受湯または増湯は許されず、また旅館の新設も見られぬことから、需給関係は安定している。

一方、九電の湯坪地区への配湯についても上記とほぼ変わらず、地区で入浴に利用する諸施設の建造、維持管理は全て部落の責任で行い、一切の損害には会社は応じないこと、また地熱発電計画の都合で流出停止（あるいは制限）、噴出停止（あるいは減少）等の場合にも異議苦情はいわず損害賠償もしないこと等を定める「確認書」が大宇湯坪代表者との間に締結されている（昭37・5・25）。さらに同40年には、湯坪地区内の日向・日向下・湯坪下および狭間地区にも配湯を拡大している（昭40・9・17付県厚生部長との「覚書」）。のち46年夏には、九電と湯坪噴熱鉦泉利用組合との間で、会社の地熱開発と地元の大岳地獄の保存（温度及び湧出量など）をめぐって「覚書」が取りかわされている（昭46・8・18）が、その詳細は省略する。

(2) 農作物の被害補償問題

その後、昭和42年になって、湯坪地区で前記廃棄熱水が農水田に流入し水稻に被害を与えるという事態が発生した。前掲「確認書」で一切の損害賠償には応じないとする会社側の一方的な特約にも拘らず、かかる農作物被害補償の問題が起った社会的背景には、着工以来の独占企業としての九電側の強圧的・支配的なやり口に対する地元民の憤まんがあったと言われ、またその当時は全国的に公害の社会問題発生期の始期で、住民パワーの権利意識昂揚の時期であったことも無視出来ないこと

ろであろう。会社側でも、ことさら地元民と対立や紛争を生じることの不利を考慮したのか、「地熱発電事業に伴う農作物の被害の処理費」として町当局に506万円を付託し、その具体的配分については町に一任すると共に、被害の防止対策として、九電側は河川・農地等に温泉熱湯が流入しないよう適切な措置を講じ、必要止むをえない場合は町と協議するという「覚書」を昭和43年3月15日、町と結んでいる。

また、それと同時に、地域住民（筋湯組代表ほか31名）との間にも会社は「覚書」を交換しており、その内容も漸く優越的な片務性を脱脚して、双務契約としての対等性を帯びてきており、かつての大企業としての特権的立場は大きく後退している。

3. 温泉の公害問題

筋湯地区への配湯で農作物被害補償問題が発生したのに次いで、昭和48年5月、大岳・八丁原両地区の沸騰熱泉中に多量の砒素を含有していることが報道され、大きな社会問題として関心を集めた。即ち、大分県温泉調査研究会の科学調査班が研究調査したデータ⁽⁹⁾によると、両地区熱水中の砒素含有物のために筋湯川全域が国の環境基準の0.05PPMを上回っていることが判明した。県当局では、早急に九州電力側を指導し、取り敢えず給湯量の削減（当時の配湯総量は350～400トン毎時）と地下への環元の検討を命じた。その間、会社においても、熱交換方式を採用することにして造湯施設を完工し、源熱水の環元井については大岳地区3本、八丁原1本を当てることに決めた。また熱交換に必要な水量は当地区の河川水220トン（毎時）を確保し、筋湯旅館街に90トン、大岳地区に130トンを現在配湯中であり、今のところ問題は生じていない。

両地区の発電に必要な将来の熱水予測総量は、大岳地区生産井5本で520トン、八丁原地区10本で1,240トン、合計1,760トンであるが、これら熱騰泉はすべて地下に環元処理する構想であり、地元地域への配湯は今後とも熱交換方式が採用される。また公害問題にも慎重な対策と研究を続け、近傍河川への汚染にも鋭意努力を払うとのことである。

IV 長者原温泉群の概況

1. 温泉利用の実情

阿蘇国立公園九重連山を中心に広がる久住高原、飯田高原の至る処に温泉や鉱泉が湧出しているが、九重横断道路沿いの長者原一帯には「寒の地獄」（冷泉）・星生温泉・牧の戸温泉が群在して、これらを最近では長者原温泉群と呼んでいる。いずれも阿蘇国立公園（特別地域）内にあり、国の関連法規の適用⁽¹⁰⁾を受ける。

この地区には源泉が総数17泉あり、うち涸渇ないし廃止のもの6泉を除く11泉はすべて自噴（うち沸騰泉は5泉）で、湧出量は毎分2,510リットルである。前述の飯田財産区が管理する区有地に存在する「寒の地獄」の冷泉は、同管理委員会が民間人に貸付けているものである。飯田高原観光(株)が掘さくしは源泉（昭41・6・7許可）は同社が経営する長者原ヘルスセンターが利用しているほか、福岡の西鉄が経営する西鉄ホテルと同系列会社の大分交通が経営する九重ハイランドホテルへ分湯している。両ホテルとも、それぞれ源泉を持っていたが湧出を停止したため、たまたま飯田高原観光が前記源泉を掘さくするに際し、その経費の大半（十分の八）を二社で分担することで合意が得られたことから、現在湧出温泉をこの三社で三分の一ずつ平等に利用し、維持管理に当たっている。なお別に、飯田高原観光が持つている自然湧出の冷泉は「寒の地獄」の泉質とほぼ同質で、前掲ヘルスセンターで使用している。星生温泉（現在の旅館経営主は安部ミツ子）は、従前からの源泉が5キロも離れた硫黄山麓のため引湯に不便で、近辺に掘さくした源泉も利用不能のため、近

時（昭和45年9月10日許可）九州横断道路沿いに掘った噴気泉（人工造成泉）を利用しているが、掘さくの際して玖珠営林署より林野庁通達¹⁰²に基づく行政指導を受けて、現在九重ヒュッテと朝日新聞福祉センターへ配湯している。その他、九重観光ホテル（地元資本）と「やまなみ」荘（福岡大学経営）はそれぞれ自家源泉（沸騰泉）を持っており、配湯は受けていない。以上に述べてきた源泉はすべて国有地内にあることから、国（環境庁と林野庁）の指導監督下にあつて関連法規に定める手続を踏んで使用しているものである。国立公園内の温泉利用の法律関係については、次号で報告する所存である。

2. 「寒の地獄」の概述

酷熱の夏に特異な冷たさで観光客や登山客に珍重されているばかりか多くの病気（心臓弁膜症・慢性リュウマチ・神経痛・梅毒・糖尿病など）に特効があるという、俗に“寒の地獄”の名で呼ばれている冷泉（摂氏13度の硫黄泉）は飯田財産区が管理する区有地（大字田野字上野258番地）にあり、同管理委員会が寒の地獄株式会社に賃貸しているものである。財産区側の契約当事者ははじめ管理委員長名義であったが、財産区の管理責任者が法規上町長になっていることから、昭和48年7月10日付で九重町長に変更している。ちなみに現在、同冷泉の「土地賃貸契約書」によれば、契約期間は5ヵ年（昭和48年4月1日～同53年3月31日）、浴場建設を含む冷泉使用料は150万円で毎年10月末日までに当該年度全額30万円を納入することになっている（その他、旅館敷地代金は年20万円で別）。また、冷泉の浴舎に対する維持管理費は町（財産区）で負担する。

当該「寒の地獄」の歴史については、何ら纏まった文書とて遺されておらず推測の域を出ないが、最近断片的に発見された資料（工藤文書＝久住町）から察知するに、当冷泉はかなり古くから湧出していたようであり、靈験あらたかな冷泉として尊崇され支配の対象とされたのは徳川末期であったようである。先の工藤文書によれば、「嘉永2年請負料年19銭200文」で地元有志某に管理され「之ヨリ初メテ湯銭取りハジメル」ことになったこと、入浴料も「1人湯銭12文」が徴収され、また入浴者に「湯ノ花6文」として売り出されていたとの記録を見れば、相当広範な人々に利用されていたものと推定される。事実、冷泉の堂祠内に祭られている薬師如来像も安政年間、院内（宇佐郡）の住人某より病気回瘳を謝して奉納した旨墨書されている。現経営主を始め関係者の言を総合するに、明治中期以降、徳川期に開発されたと伝えられる硫黄山（先の工藤文書によれば、日田代官へ銀667匁を冥加金として納入したとの記録あり）の硫黄採掘が盛んになるに及んで一段と同泉の名が高まり利用もされるようになったが、その間町村統一の国策にそつて旧田野村は当「寒の地獄」を、旧湯坪村は筋湯温泉を持ち寄り東飯田村を構成したことから、同冷泉の請負形態も村との契約という形式をとつてきた実績がある。然し、利潤があがらぬことから経営者が転々と替わり、昭和（3年）になって村が現物出資して900株として株式会社の組織をとつてみたものの永くは続かず、第二次世界大戦中（昭和18年）に再び以前の貸借形式になったとのことである。

（未完）

〔註 記〕

- (1) 渡辺洋三編者『入会と財産区』（1974年 勁草書房）の第5章温泉財産区（P.233～）のデータによれば、全国の総数は6（旧財産区2、新財産区4）で、地理的分布としては東北地方1中部3、近畿1、四国1となっている。この点、もっと正確な調査が必要であろう。実態調査を試み次号で報告する予定である。
- (2) 伝承によるもので古文書そのものでないので、「拾貳銅」はおかしいと本学部、豊田助教授（日本歴史＝近代史）は語っている。〈銅拾貳文〉の誤記では？

- (3) 上掲(1)のP.353以下参照のこと。
- (4) 大分県環境管理課温泉係並びに玖珠保健所提供（昭和51年3月末現在）の資料に拠った。
- (5) 大分県薬務温泉課（当時）の保存資料に拠る。
- (6) 九電刊『大岳地熱発電所計画について』（昭37）の具体的内容より。
- (7) 上記(6)の資料によれば、世界諸国の状況は下のとおり。
- | | | | |
|--------|---------------|----------|-----------|
| イタリヤ | 356,000KW | ニュージーランド | 195,000KW |
| アメリカ | 26,000KW | ソ連 | 30,000KW |
| アイスランド | 17,000KW(計画中) | 日本 | 30,000KW |
- (8) 川島武宜著『日本人の法意識』(岩波新書)や渡辺洋三他『日本の農村』(岩波全書)などが参考となろう。
- (9) 温泉の砒素問題については、九大温研や県衛生研究所（現・大分県公害衛生センター）の大分県内420余力所の温泉分析調査の結果では、別府鉄輪温泉が最高で29ヵ所で最高2.10PPM、平均0.56 PPMを検出した。また、同亀川温泉では、21ヵ所で最高1.36PPM、平均0.27 PPMでこのほか別府旧市内214ヵ所で最高0.63PPM、平均0.08 PPMを検出している。然し、温泉治療学の権威者、矢野良一博士（元九大温研所長）によれば、この程度の砒素含有率なら、少々飲用に供しても身体には害はないとのことである。
- (10) 具体的に示せば、自然公園法（昭32. 6. 1 法161号）第17条（特別地域）3項1、3、7 4項、7項や同施行規則第12条とその通達（昭31. 2. 2 国管発第24号）のほか、林野庁通達（昭42. 4. 18 林野政第738号）など。
- (11) この3社の温泉権の実質は物権的な共有関係にあるものと考えられる。温泉権紛争を未然に防止するためにも、県温泉台帳への登載を実体に即するように改めておくのが望ましい。
- (12) 上掲(10)中の「林野庁通達」によれば、国有林内の温泉権取扱いについては、国有林野内で温泉ボーリングしようとする者には、用地の使用許可に際して、温泉湧出した時の条件として国3、ボーリング者7の割合を基準として利用するように指導している。

局所加温による末梢循環系の反応

九大温研内科 神 宮 政 男
延 永 正
局 敏 郎

〔はじめに〕

膠原病では、その病変は関節のみならず、呼吸器、消化器、血管、神経など全身の諸臓器におよぶことが知られている。膠原病の血管病変に関する報告は多く、小さいものでは四肢末梢の毛細血管から、大きいものでは大動脈にいたるものまでさまざまな病変が知られている。

一方、末梢循環の測定または評価法には、Plethysmogram, skin temperature, surface calorimetry, local heat clearance, isotope clearance rate などの生体生理学からの approach の方法がある。一方同様に形態学的な approach としては、Capillary microscopy, 生検による組織診断などがあげられる。これらの方法はいずれも一長一短があり、できれば、生理学的な方法と、形態学的な方法を併用するのが好ましい。

我々は、赤外線 thermography を用いて、skin temperature 測定し、一方、finger nail の毛細血管を皮膚粘膜炎、毛細管顕微鏡にて観察した。末梢循環を機能と形態の面から評価しようと試みたわけである。我々はこれらを用いて、昨年の大分県温泉調査研究会報告書にて膠原病患者の末梢循環は、機能的にも形態的にも異常がみられることを報告したが、今回は、これらを用いて、末梢循環の機能と形態を観察し、局所の加温が末梢循環系にどんな影響をおよぼすのかを検討した。特に Raynaud 現象陽性者において、局所加温によりその末梢循環の反応はどんな type になるのか、Raynaud 現象陰性者との差はあるのかどうか、また、温泉水を用いた場合と淡水を用いた場合とでは、その末梢循環の反応の仕方に差があるのかどうかなどを観察した。

〔方 法〕

対象として当科に通院、入院中の慢性関節リウマチ（以下RA）30名、強皮症（以下PSS）14名、全身性エリテマトーデス（以下SLE）14名、健康者10名の計68名であった。RA はARA の診断基準

	total	M/F	Age (yrs)	
			range	average
RA	30	5/25	20~72	42
SLE	14	0/14	11~38	24
PSS	14	1/13	20~38	27
Normal control	10	2/8	17~32	21

表 2 Raynaud 現象陽性者の疾患別分布

Raynaud 現象	total	RA	SLE	PSS	Normal control
(+)	21	3	5	13	0
(-)	47	27	9	1	10

で definite 以上であり PSS は勝田らの診断基準に従い SLE はARA の診断基準で 4 項目以上みたしたものである。各疾患の男女比および、年齢分布は表 1 のとおりである。一方、検査を行なった Raynaud 現象陽性者は 21 例でその疾患別分布は表 2 のとおりである。

当研究所付設の人工気象室を室温 22°C に常時保ち、被検者を、室内に 30 分以上安静にさせたのち、検査を行なった。thermography

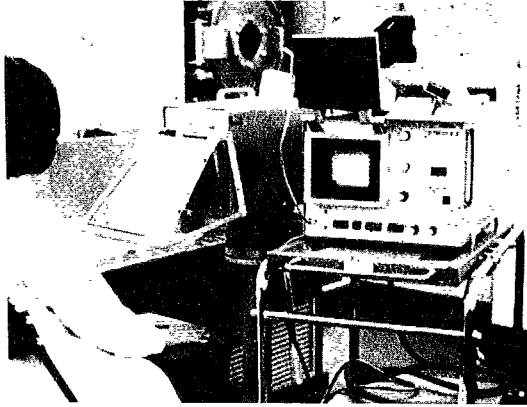


図1 The rmoviewer MB.

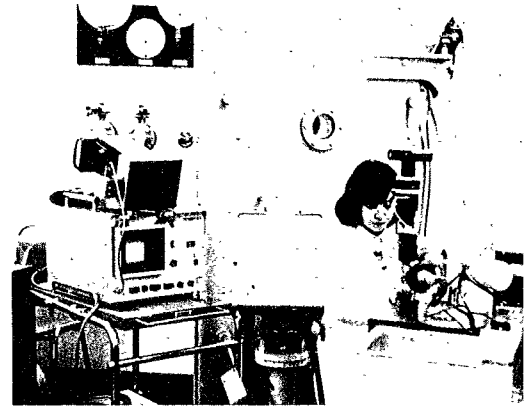


図2 皮膚粘膜毛細管顕微鏡

表3 温研泉の成分分析表

(+) (陰イオン)		(-) (陽イオン)	
H ⁺	0	Cl ⁻	10.0
K ⁺	4.302	SO ₄ ²⁻	51.50
Na ⁺	23.60	H ₂ PO ₄ ⁻	0.113
NH ₄ ⁺	0.144	HPO ₄ ²⁻	0.139
Ca ²⁺	16.70	HCO ₃ ⁻	98.61
Mg ²⁺	10.30	HSiO ₃ ⁻	0.126
Fe ²⁺	0.455	HS ⁻	0.186
Mn ²⁺	0	BO ₂ ⁻	0.031
Al ³⁺	0.471	OH ⁻	0.001
非解離成分		ガス成分	
H ₂ SiO ₄	101.9	CO ₂	41.80
HBO ₂	8.422	H ₂ S	0.338

は、JTG thermoviewer MBを使用した(図1)。温度分解能は0.03°Cとひじょうに精度が高い。撮影用のフィルムはポラロイド、タイプ107を使用した。

一方、毛細管顕微鏡は富士重工の皮膚粘膜毛細管顕微鏡(図2)を使用し、フィルムはフジミニコピーを用いた。シャッターはelectronic flash unitで1/1000秒で撮影した。

方法としては、まず、反射鏡を装着して 図1のようにして、両手のthermography をとり、統計整理の便宜上、右第4指のDIP joint よりやや末梢部の部分の温度をthermography 写真より読みとった。引き続いて、同室内で毛細管顕微鏡を用い、左右第2, 3, 4のfinger nailの毛細血管を観察撮影した。倍率は32.5倍とした。次に同室内においた恒温槽の中に温泉水(温研泉=成分は表3に示す)を入れ、常時、正確に40°Cに保ちその中に被検者の右手のDIP 関節より末梢部を正確に5分間浸漬し、引き上げ直後、引き上げ10分後、引き上げ20分後、引き上げ30分後の thermography をとり、それぞれ右第4指の温度を読みとった。また、浸漬より引き上げ直後と、引き上げ30分後の2回finger nailの毛細血管を撮影した。

次に1~14日後に、同様な検査を行ない今度は、恒温槽の中に常時40°Cに保った淡水(水道水)を入れ、その中にfingerを浸漬し浸漬前、引き上げ直後、引き上げ10分後、引き上げ20分後、引き上げ30分のthermography をとりそれぞれfingerの温度を読みとり、さらに浸漬前と、引き上げ直後、引き上げ30分後のfinger nailの毛細血管を撮影した。

〔結果〕

温泉水による加温試験(Warm dip test)では、まずRaynaud 現象陽性者と陰性者の差をみてみると、表4のようにRaynaud 現象陰性者のfinger temperatureは浸漬前では32.1°Cとほぼ正常であるのに対し、陽性者では、

表4 Raynaud 現象陽性者と陰性者における局所加温によるfinger temperatureの変動(°C) (数字は平均値)

Raynaud 現象	時間	負加前	負加直後	10分後	20分後	30分後
n = 21 (+) RA 3 SLE 5 PSS 13		28.6 ±1.41	33.8 ±0.67	28.3 ±1.35	27.8 ±1.72	27.4 ±1.54
	n = 37 (-) RA 27 SLE 9 PSS 1		32.1 ±1.58	33.8 ±0.58	32.8 ±1.49	32.4 ±1.87

28.6℃と著明に低い。加温によるfinger temperatureの変動をみると、Raynaud現象陰性者では、温熱負加後のfinger temperatureの下降はゆるやかでかつ30分でも、負加前よりもなお温度が高いのに対し、Raynaud現象陽性者では、負加直後から10分後の間に急激に下降し、10分後において、もはや負加前よりも下降していることがわかる。図3はこれをグラフで示したものである。

10分後以降の温度下降曲線はいずれも似たようなもので、徐々にである。

次にRA、SLE、PSS健常者それぞれのfinger temperatureの変動をみると表5に示すように、健常者では、負加（加温）後は、finger temperatureの下降はひじょうにゆるやかで、引き上げ30分後において、負加前よりもなお高く、その温度保持

効果が強いことが分る。これに反し、PSSでは、浸漬（加温）前の温度は、28.7℃と健常者よりも有意に低く、加温直後から10分後にかけて急激に下降し、10分後では、負加前よりも低くなっている。SLEとRAにおいては、その変動はPSSと健常者の中間型をとっているように思える。これをグラフで示すともっとわかりやすくなる。

次にRaynaud現象陽性者において40℃温泉水と40℃淡水（水道水）を用いてWarm dip testを

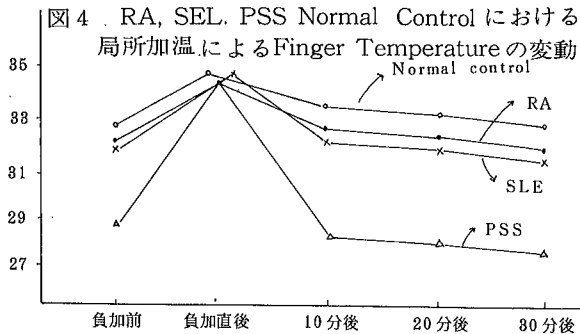


表6 Raynaud現象陽性者における40℃温泉水と40℃淡水による局所加温後のfinger temperatureの変動（平均値℃）

	加温前	加温直後	10分後	20分後	30分後
40℃温泉水	28.1	33.9	27.5	27.1	26.7
40℃淡水	28.3	33.8	27.4	27.3	26.8

図3 Raynaud現象陽性者と陰性者における局所加温によるFinger Temperatureの変動

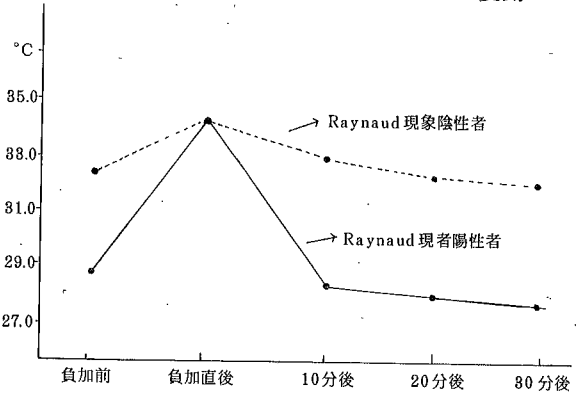


表5 RA、SLE、PSS、normal controlにおける局所加温による温度の変動（数字は平均値）（℃）

	負加前	負加直後	10分後	20分後	30分後
RA (n=30)	31.7	33.8	32.3	31.9	31.3
SLE (n=14)	31.3	33.9	31.9	31.5	31.2
PSS (n=14)	28.7	33.8	28.1	27.6	27.3
Normal (n=10)	32.4	33.9	33.5	33.3	33.1

行ない、比較したところ表6のような結果を得た。温泉水と淡水による検査はそれぞれ別の日に行なったため負加前の温度値がやや異なっている。

これでわかるように、温泉水と淡水とではほとんど差がみられなかった。すなわちRaynaud現象陽性者の手指は40℃で5分間加温した場合、冷え方が急激で、その温度保持効果が悪いのであるが、温泉水で加温した方が、冷え方が緩徐であるとか、保持効果が、良好であるとかいう結果は得られなかった。

続いてCapillary microscopy（毛細管顕微鏡）を用いて、末梢循環形態が加温によりどんな影響を受けるのかを観察した。皮膚の毛細血管は、細小動脈と細小静脈が、直皮乳頭内でloop（輪）を作り吻合している。直径の大きい方が静脈

表7 Raynaud 現象陽性者における40°C温泉水と40°C淡水による加温の毛細血管直径におよぼす影響 (数字は直径平均値=μ)

	加温前	加温直後	加温30分後
温泉水	32.0	32.0	31.0
淡水	31.5	31.1	30.9

表8 健常者における40°C温泉水と40°C淡水の毛細血管直径におよぼす影響 (数字は直径平均値=μ)

	加温前	加温直後	加温30分後
40°C温泉水	12.3	12.5	12.7
40°C淡水	12.3	12.6	12.4

次に6例の健常者についての同様の実験を行なったところ、表8のような結果を得た。これで見ると、健常者では、温泉水および淡水による加温後は、毛細血管ががずかに拡張していることがわかる。しかし、温泉水と淡水との間では、はっきりとした差はみられない。

図5、図6は43才のRA患者で40°C温泉水5分間浸漬前後のfinger nailの毛細血管の写真で、加温後は血流が増加し、直径も拡大していることがわかる。

図7、8、9、10、11は23才女性、RA患者の40°C温泉水にて5分間加温した前後の手のthermography像



図5 43才女性RA患者のFinger nailの毛細血管

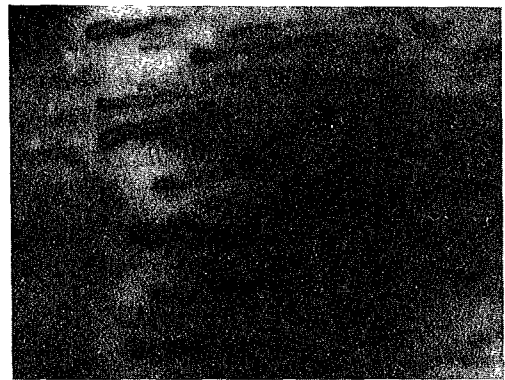


図6 同患者の40°C温泉水で5分間加温した後の毛細血管像

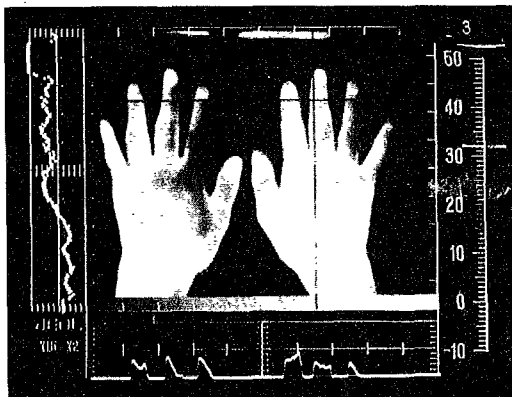


図7 23才女性RA患者の加温前の Thermography

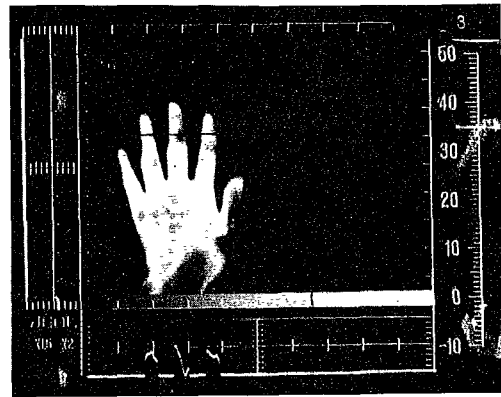


図8 同患者の40°C温泉水にて加温直後の Thermography

で小さい方が動脈である。我々はこの毛細血管の直径を、写真上からminimasterを用いて測定し、拡大倍率より逆算して実際の直径を算出した。我々の成績では正常者では、9μ~17μである。

10例のRaynaud 現象陽生者において、40°Cの温泉水および淡水を用いての、局所加温による毛細血管の直径の変化を観察したところ表7のような結果を得た。これからわかるように、温泉水による加温では、Raynaud 現象陽性者の毛細血管の直径はほとんど変わっていない。同様に、淡水による加温でも同じである。

である。

〔考 按〕

我々は昨年の大分県温泉調査会報告にて、膠原病の末梢循環に温泉がいかにか影響をおよぼすのかを報告したが、今回はさらに症例を増やし、Raynaud現象の他覚的診断が、局所の加温による温度変動の観察でもって可能であるかどうか、また、末梢循環におよぼす作用は温泉水と淡水とで差があるのかどうかを調べることを目的とした。前回の報告にものべたようにRatschow⁽¹⁾、局所の加温ないしは加冷により、血行状態を診断できるとのべている。

Raynaud現象は、寒冷または感情刺激による末梢血管特に手指の血管のれん縮がおりそれによる血流障害と考えられている。血管の機能的な変化が主であるが、器質的な変化もあり得ることが報告され、我々もRaynaud現象陽性者の手指の生検を行ない、組織学的に、血管内膜の肥厚と内腔の狭窄を証明する。²⁾

しかしながら、いまだ不明な点が多く、症状が一時的で、発作の間歇時には、確認不可能なため医師の配慮がおろそかにされがちである。しかしこの現象は、ほおっておくと手指の知覚障害や、潰瘍、壊疽などをきたすことがあり、強皮症の前駆症状ないしは早期症状としておこることがしばしばで、患者にとっては大きな苦痛であり、問題である。そこで、その早期診断、早期治療が医師に課せられた問題であろう。ところが、発作時にはその診断は容易であるが、非発作時にはRaynaud現象を診断することはほとんど不可能に近い。そこでその誘発が必要となり、我々は、cold dip testすなわち6℃の冷水を用いて、手指を加冷し、その後のfinger temperatureの変動をみることにより、Raynaud現象が非発作時にも診断可能であると、報告した。²⁾

今回は逆に、Warm dip test. すなわち、40℃の温水を用いてfingerを加温し、その後のfinger temperatureの変動をみることによりRaynaud現象の他覚的診断も不可能ではないことがわかった。

Raynaud現象陽性者では、加温直後から10分後にかけて、finger temperatureは急激に下降し10分後には、加温前の温度よりも下降している。このことは循環障害のため局所の温度保持効果が著るしく障害されているためと考えられる。ところが、健常者では、加温直後から10分後、20分後、30分後にかけて、全般的にひじょうにゆるやかな下降を示し、30分後においてもfinger temperatureは加温前よりもなお高く、温度保持効果が良好であることを示している。SLEやRAよりもPSS

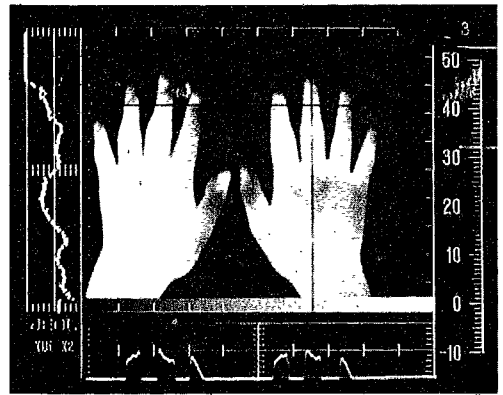


図9 同患者の加温10分後のThermography

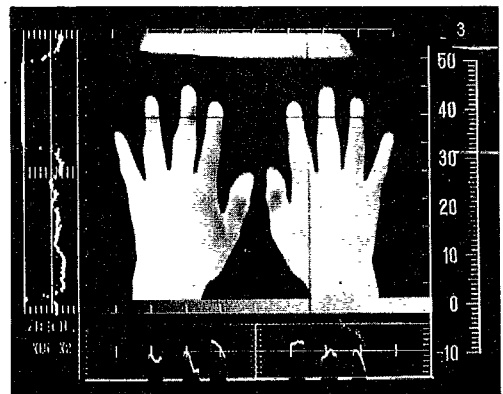


図10 同患者の加温20分後のThermography

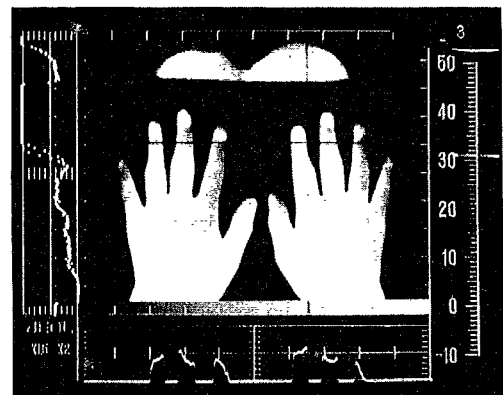


図11 同患者の加温30分後のThermography

の方が、加温による局所の温度保持能が悪いのは、PSS ではRaynaud 現象陽性者が、多かったためと考えられる。(14人中13人陽性) 一方、finger nail の毛細血管の直径は正常者では9~17 μ であり、Raynaud 現象陽性者では平均32 μ であった。中には70~80 μ にも達する巨大な毛細血管拡張を示すものもあった。これは、血流が停滞し、それにより毛細血管が拡張したものと思われる。

finger 局所を加温してもRaynaud 現象陽性者では、毛細血管の直径はほとんど変わらず、このことは、Raynaud 現象陽性者では血管がある程度器質的な変化をおこしているのか、または、血管神経が加温に対して鈍感であるためなのかなどが推定される。

一方健常者では、finger を加温したところわずかに直径の拡大がみられたが、例数が6例と少ないため、もっと例数を増やして検討する必要がある。

我々の用いた温泉は温研泉で、単純泉である。40°Cで5分間finger を加温しただけでは、末梢循環に対する影響は、温泉水と淡水との間では、有意な差はみられなかった。これは局所に部分的に作用させただけであり、全身的に作用させた場合の局所の反応をみればまた別の結果が出るかも知れない。

〔文 献〕

- 1) Ratschow: Die peripheren Druckblutungs, Leipzig, 1953.
- 2) 神宮政男、延永正: Patho-physiological study of Raynaud's phenomenon, 第3回アジア太平洋地域国際リウマチ学会、1976年2月。

原爆被爆者の温泉療法（第7報）

原爆センター 八 田 秋

九大温研 辻 秀 男

利用者概況

昭和50年には、一般的の不況に加えて、大分県中心部の直下型強震や統一ストなどの影響で、4月には多数のキャンセルを出したのであったが、年明けた1月と3月とには、これまでの記録的な入所者を見たのである。昭和50年4月から、昭和51年3月末までの1年間の利用者の一覧表は表1の如くであって、利用者実数は3,642名、月別から見ると、例年のように7月、8月にやや少なく、5月、10月、11月、1月、2月、3月に多く、1月が最高であった。

表I 利用者男女別年令表

月別	年令 性別	年令								計
		<30才	31~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66<	
4	男	3	1	0	3	0	7	21	72	107
	女	2	1	1	3	12	18	37	94	168
5	男	2	2	3	5	1	8	18	73	112
	女	4	4	4	14	7	24	56	97	210
6	男	0	1	2	5	0	1	16	56	81
	女	1	2	1	7	9	19	32	92	163
7	男	5	4	1	6	6	5	12	44	83
	女	9	4	2	7	12	21	22	32	109
8	男	20	7	8	7	4	10	10	28	94
	女	19	14	7	7	16	22	22	24	131
9	男	4	2	6	10	4	10	14	56	106
	女	5	5	4	18	15	24	25	77	173
10	男	3	2	2	3	4	10	20	92	136
	女	6	3	2	9	10	24	44	142	240
11	男	5	3	4	10	5	11	18	109	165
	女	4	8	5	12	21	32	44	68	194
12	男	8	5	7	9	3	11	22	61	126
	女	9	6	6	12	12	19	25	52	141
1	男	8	7	6	5	5	20	30	65	146
	女	7	8	2	5	11	50	48	107	238
2	男	2	1	0	1	9	16	30	70	129
	女	0	0	4	5	26	41	30	114	220
3	男	3	1	0	0	4	7	14	104	133
	女	4	1	2	10	24	29	50	117	237
合計	男	63	36	39	64	45	116	225	830	1,418
合計	女	70	56	40	109	175	323	435	1,016	2,224
3,642										

表II 利用者数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均一日延数
4	275	1,455	48.0
5	322	1,606	51.8
6	244	1,700	56.6
7	192	1,024	33.3
8	225	815	26.2
9	279	1,600	53.3
10	376	1,700	54.8
11	359	1,927	64.2
12	267	1,193	38.5
1	384	2,157	69.6
2	349	1,860	64.1
3	370	2,208	71.2
合計	3,642	19,245	52.6

表III 温療期間

月別	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	計
4	132	47	78	18	275
5	167	57	91	7	322
6	45	88	102	9	244
7	74	50	64	4	192
8	151	47	26	1	225
9	87	73	112	7	279
10	266	34	71	5	376
11	89	212	51	7	359
12	122	91	51	3	267
1	120	139	124	1	384
2	133	92	114	10	349
3	79	162	127	2	370
合計	1,465	1,092	1,011	74	3,642

利用者延数から見ると、19,245名であって、平均1日52.6名、利用率は73.1%であり、3月の平均一日延数が最高を示し、ほとんど満床であって、年間を通じ、しり上りにまづまづの成績であったといえよう。

年間利用者の年齢別、男女別の状況は、表IIの如く、例年と同様に61才くが全数の2/3を越えたが、30才のの若年者もなお133名を算えたのである。男女比はやはりほぼ2:3の割合を示した。

温療期間を滞在日数から見ると表IIIの如く、これまで3日と、4~6日、7日との三群がそれぞれほぼ1/3づつであったが、この度は3日と群がやや多かった。ほんとうに温泉の療養効果を期待する点からいえば、これは好ましい傾向ではない。

診 療 例

週に1日診察日を定めて、希望者のみの診療を行なっているが、何らかの訴えをもって受診した症例は表IVの如く69例で、前年度とほぼ同数であった。

これらの症例を疾患別に見ると、表Vの如くであり、このうち腸炎や感冒などの一時的な疾患を除くと、38種類、112疾患である。症例数に比べて疾患数の多いのは、1つの症例で、2つ以上の疾患を有する症例が多いためである。

最多例は高血圧症の20例を首位とし、変形性脊椎症の12例、膝関節炎の9例がこれにつき、肝炎などの6例、肩関節炎の5例とが、比較的が多い症例であった。かような傾向は、大体例年同様である。

治療法では、ほとんどの症例が、主治医から内服薬をもらってきているので、この欄に記載していないものでも、服薬しているものが大部分である。内服薬を持参していないものか、あるいは必

表IV 診療症例 昭. 50

No.	年・月	姓	年	年	病 名	滞在 日数	治 療 法	転 帰	備 考
1	50.4	上	♂	61	慢性気管支炎・低血圧症	12	祛痰剤・抗生剤投与	軽快	入市
2		古	♂	85	じんま・肝炎	11	肝庇護剤、抗アレルギー剤投与	"	入市
3	5	上	♂	58	左膝関節炎・咽頭炎・慢性腸炎	6	止痢剤・感冒剤・薬法・静注	"	KM 3.0+
4		井	♂	81	変形性腰椎症・右中指根関節炎・高血圧症	7	マイクロ波	不変	入市
5		重	♂	74	高血圧症・不整脈・動脈硬化症・糖尿病・気管支喘息	2		"	KM 4.1
6	6	小	♂	80	腰痛症	7	アリF 静注	軽快	入市
7		西	♀	66	脊椎変形症・肝炎・心肥大	9	マイクロ波、肝庇護剤	"	KM 3.0
8		福	♀	66	高血圧症・メニエール氏病	5	微温浴・安臥	"	2.0
9		伊	♀	70	右肩関節炎・腰痛	9			1.5+
10		岸	♂	70	高血圧症・変形性脊椎症	9	微温浴、安臥	軽快	入市
11		上	♀	78	変形性脊椎症	18		"	KM 2.0+
12		菅	♀	65	高血圧症・変形性脊椎症	10	微温浴・安臥	"	入市
13		小	♀	58	低血圧症・多発性関節炎	14		"	KM 1.5
14		坂	♂	64	左偏マ・変形性脊椎症	15	マイクロ波	"	4.1
15	7	高	♂	67	貧血症	13	造血剤	"	2.1+
16		倉	♂	69	右肩関節周囲炎	17	マイクロ波・男性ホルモン剤	"	入市
17		平	♂	47	第V腰椎分離症・すべり症	14	鎮痛剤	"	入市

18		山	♀	61	偏頭痛・感冒	6	頭痛剤・感冒剤	軽快	
19		則	♂	69	第V腰椎陳久性骨折・変形性 腰椎症	7	鎮痛剤・同化ホルモン剤	"	入市
20		堀	♀	57	高血圧症・左膝関節炎 右肩関節炎	11	マイクロ波・降圧剤 鎮痛剤・リハ	軽快	KM 1.0-
21	8	北	♀	52	第I腰椎陳久性骨折	11	マイクロ波・鎮痛剤	"	2.0+
22		山	♀	51	三尖瓣不全・変形性腰痛症	5	鎮痛剤・強心剤	"	1.5+
23		下	♀	66	変形性脊椎症・感冒	13	鎮痛剤・感冒剤・マイクロ波	"	1.5+
24		矢	♀	68	高血圧症・変形性脊椎症	9	マイクロ波・降圧剤・頭痛剤	"	3.0+
25		高	♀	67	肝硬変症疑・咽頭炎	9	抗ヒスタミン剤	全治・不変	3.0+
26	9	藤	♂	56	変形性脊椎症	13	マイクロ波	軽快	1.0+
27		藤	♀	59	食欲不振	4	食欲増進剤	"	
28		古	♀	77	高血圧症・腰痛・急性腸炎	7	マイクロ波・止痢剤・微温浴	"	入市
29		金	♂	66	急性大腸炎	7	抗生剤	全治	
30		若	♂	69	高血圧症・左偏マ	11	微温浴・リハ	軽快	入市
31		若	♀	64	高血圧症・偏頭痛	11	降圧剤・頭痛剤	"	入市
32		新	♀	70	両膝関節炎	14	マイクロ波	"	KM 1.5
33		山	♂	61	肝炎・神経痛・項部湿疹	8	抗アレルギー剤	"	1.5+
34		深	♀	74	右坐骨神経痛・高血圧症	12	微温浴・安臥・降圧剤	"	
35		福	♀	77	骨粗鬆症・圧迫骨折	17	マイクロ波	"	入市
36	10	渡	♀	66	腰椎すべり症・高血圧症	7	微温浴・安臥・マイクロ波	"	KM 3.0±
37		三	♀		両肩関節炎・偏頭痛	9	マイクロ波・頭痛剤	"	3.0+
38		石	♂	73	脳硬化性言語障害	12	アリF 静注・血管拡張剤	不変	2.0-
39		石	♀	69	自律神経失調症・不眠症	12	アリF 静注・睡眠剤・体調剤	軽快	2.0+
40		東	♀	77	両側変形性膝関節炎	22	マイクロ波・鎮痛剤・電法	"	KM 1.5
41	11	梅	♂	77	肝炎・高血圧症・咽頭炎	17	微温浴・安臥・アリF 50静注	"	入市
42		梅	♀	71	高血圧症・不眠症	17	微温浴・安臥・降圧剤・睡眠剤	"	入市
43		福	♂	67	急性胃腸炎・高血圧症	9	微温浴・安臥・止痢剤・抗生剤	"	KM 4.1
44		小	♂	71	右片麻	8		"	入市
45		小	♀	58	低血圧症・右肩関節炎	8	マイクロ波	"	KM 2.0
46		堀	♀	49	左アキレス腱損傷後・口内炎	6	マイクロ波・マッサージ 抗アレルギー剤	"	2.0
47		山	♂	86	慢性腎炎・感冒	9	利尿剤・感冒剤	"	
48	51.1	手	♀	52	高血圧症	6	微温浴・安臥・降圧剤	"	
49	2	池	♀	71	軟骨ヘルニア・右膝関節炎	17	マイクロ波・アリF 注	"	2.0-
50		平	♀	59	左膝関節炎	18	マイクロ波・鎮痛剤	"	3.0+
51		大	♀	54	胸部脂肪腫・肝炎	7	肝庇護剤・糖液注	"	3.0+
52		平	♂	62	胃切術後	8		"	
53		山	♀	69	筋痛・冠不全疑	8	鎮痛剤	"	2.0+
54		佐	♀	55	変形性膝関節炎・接触性皮膚炎	11	抗アレルギー剤	"	入市

55		中	♀	59	高血圧症	9	微温浴・安臥	軽快	KM 1.0-
56		木	♀	41	筋腫術后・慢性咽頭炎	19		"	1.0-
57		松	♀	68	高血圧症・心不全	9	微温浴・安臥	"	2.0
58	3	山	♀	72	高血圧症・慢性湿疹	11	微温浴・安臥・降圧剤	"	入市
59		吉	♀	64	燥うつ病	4	鎮静剤	転院	入市
60		兼	♂	83	冠硬化疑	7	リハ	軽快	KM 2.0
61		久	♂	71	耳鳴・不眠症	14	VB、睡眠剤	"	入市
62		奥	♂	80	肺気腫・変形性膝関節炎	7	リハ	"	入市
63		中	♂	74	冠硬化疑	7	リハ	"	入市
64		真	♂	79	右単純膝関節炎	7		"	KM 2.0
65		永	♂	58	膀胱腫痛術后	3			2.0+
66		望	♀	53	低血圧症	7	昇圧剤・アリF注	"	入市
67		川	♂	72	変形性腰椎症・第V腰椎すべり症	12	腰椎索引・鎮痛剤・VBI・注	"	KM 1.5+
68		波	♂	80	高血圧症・気管支拡張症	7	微温浴・安臥・降圧剤	"	3.0-
69		鳴	♂	62	膀胱がん術后・便秘症	7	緩下剤・抗生剤	"	入市

註 備考欄は被爆距離を示し、+、-は遮蔽の有無を示す。

表V 疾患別分類

病名	例数	病名	例数	病名	例数
リウマチ	1	偏頭痛	3	便秘症	1
肩関節炎	5	筋痛	1	肝炎・硬変症	6
膝関節炎	9	肺気腫・喘息	2	慢性腎炎	1
指関節炎	1	気管支炎・拡張症	2	膀胱腫瘍術後	2
変形性脊椎症	12	心肥大・不全	3	糖尿病	1
脊椎分離症・すべり症	4	冠硬化症	3	湿疹	2
軟骨ヘルニア	1	不整脈	1	じんま疹	1
骨折後	3	高血圧症	20	接触性皮膚炎	1
神経痛	2	低血圧症	3	手術後・外傷後	2
腰痛	3	メニエール氏病	1	良性腫瘍	1
目まい	1	貧血	1	食欲不振	1
片麻	4	動脈硬化症	1	感冒	7
自律神経失調症	1	胃術後	1	燥うつ病	1
不眠症	3	腸炎	4		

要と認められたもののみ投薬したものである。

昨年報告したように、日本船舶振興会、広島県、広島市、大分県などので援助によってリハビリテーション施設と、別府市のご援助によって治療園を造成することができたが、この度これらを利用したのは5例に過ぎず、もっと有効な利用が望ましい。そのためには医師の常駐によって、指導すれば、もっと多くの症例に利用できたものと考えられ、今後この方面の努力をつける方針である。

たまたま一例の燥うつ病の患者があったが、家族の来所を求めて転院を取計ったのである。

なお新たに核禁会議の援助により、脊椎の展伸装置を購入することができたので、今後大いに活用する予定である。

温療期間は、2、3の例外を除き、何れも6日以上であり、最長は22日におよんでいる。ほとんどすべてが症状の軽快を示した。

血圧測定

受診と否にかかわらず、できるだけ多くの入所者に、可及的入所後速やかに血圧測定を行ない、再び退所前に測定を行なうこととしている。これによって高血圧者には高温浴をさけ、かつ浴後の

安臥を自発的に行わせるためであり、併せて温療効果の一端をうかがうためである。

すなわち最高血圧 160mmを越える高血圧者については、高温浴をさけ、37°C～40°Cの微温浴と、浴後30分間の安臥を守るよう指示しているのである。

また術後1年以内の各種ガン患者については、控目に1日1回以上の入浴を差控えるより指示することにしている。

活動性の結核患者については、温療を中止すべきであることは、論を要しないところである。

入所時ならびに退所時にも血圧測定を行ないえたのは、図の如く30グループである。各グループ毎に、その滞在日数と、入所月日を下に記した。これら30グループの中で、7日以上滞在は10グループであり、他の20グループは6日>であった。

血圧の測定には早朝安静時が望ましく、食事、運動、入浴などの影響をさくべきであるが、種々の事情から、適切な時期がえられなかったものもあるようである。

これらの成績を見ると、温療日数が充分とはいえないが、大体において正常化の傾向が認められ、滞在期間の7日<のグループの方に、より明かなように思われる。また1, 2, 3月の寒冷期には、効果の不十分の例が多いことは、極めて興味深いところである。

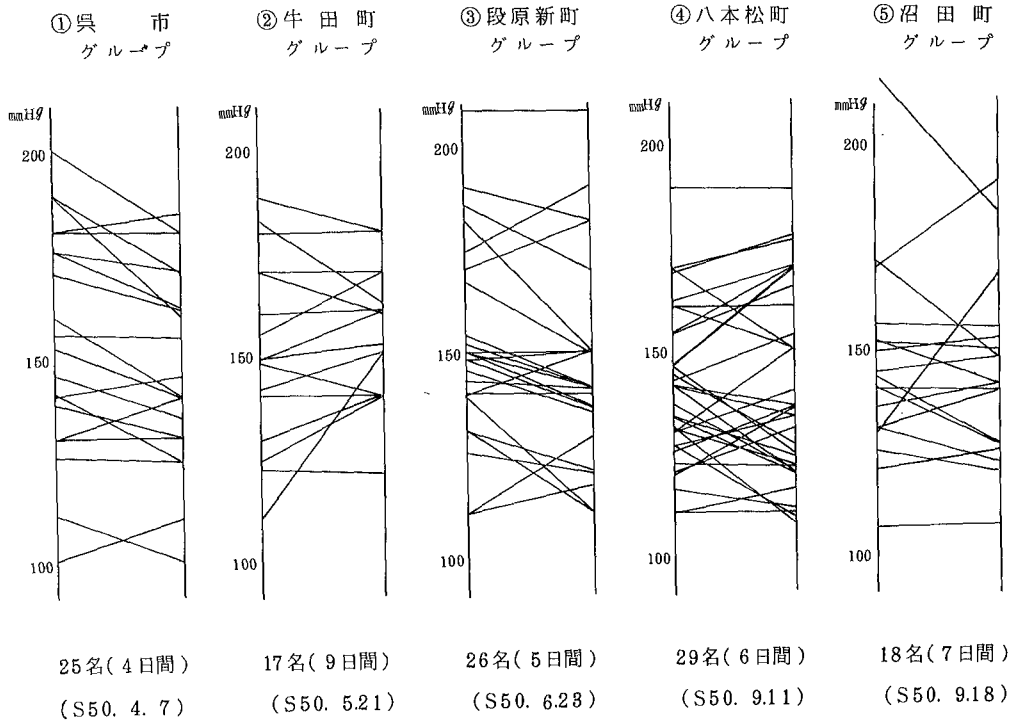
む す び

昭和49年度に引続き、50年度においても、7月から入所料金を300円増額して、1日3食付2,100円とせざるをえなかったのであるが、前年度に劣らない、しり上りの成績を挙げたことは、各方面のご理解と、職員各位の献身的な奉仕の賜と、深く感謝する次第である。

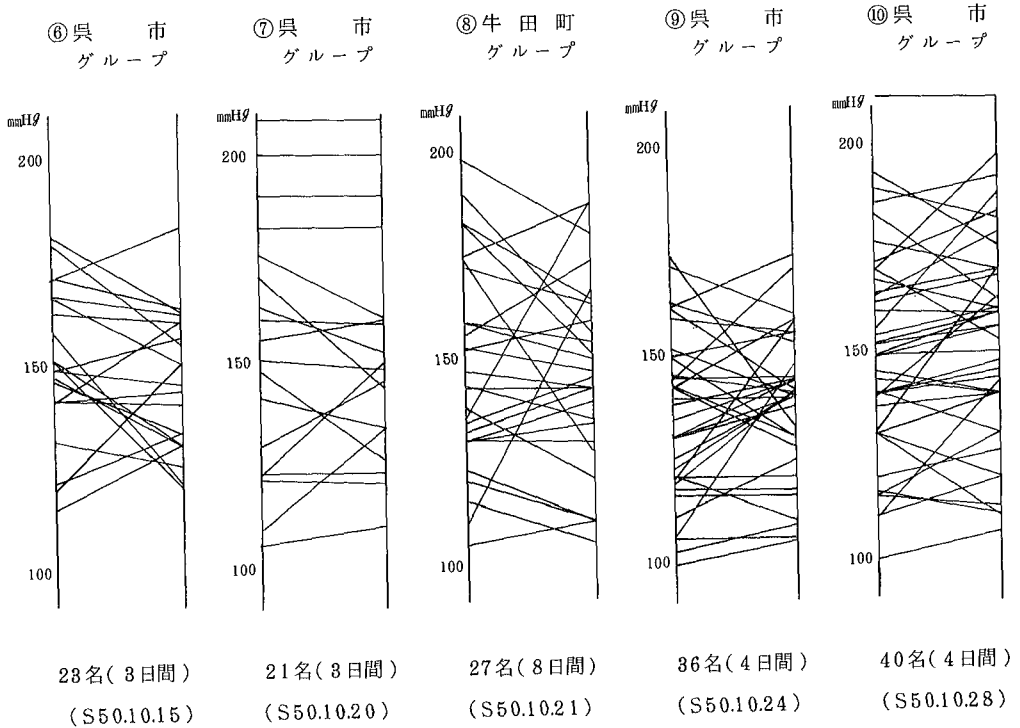
今後とも一層の努力によって、より多くの効果を挙げるべく、決意を新にするものである。今後とも関係方面の一層でご援助とご協力とを切望してやまない。

参考文献 同前

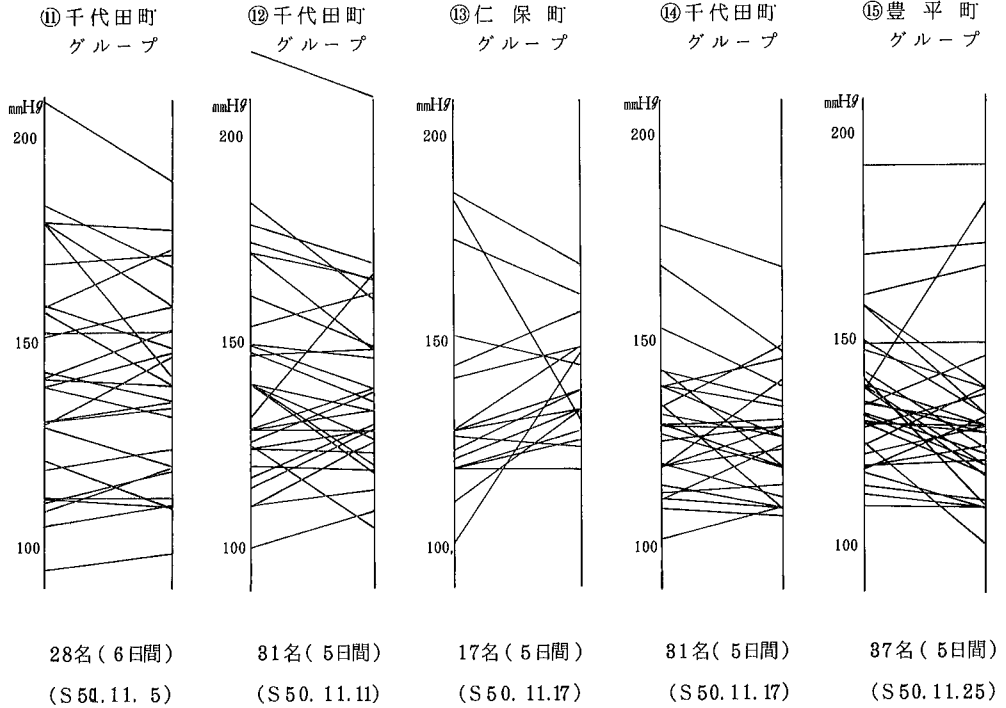
温療前後の最高血圧



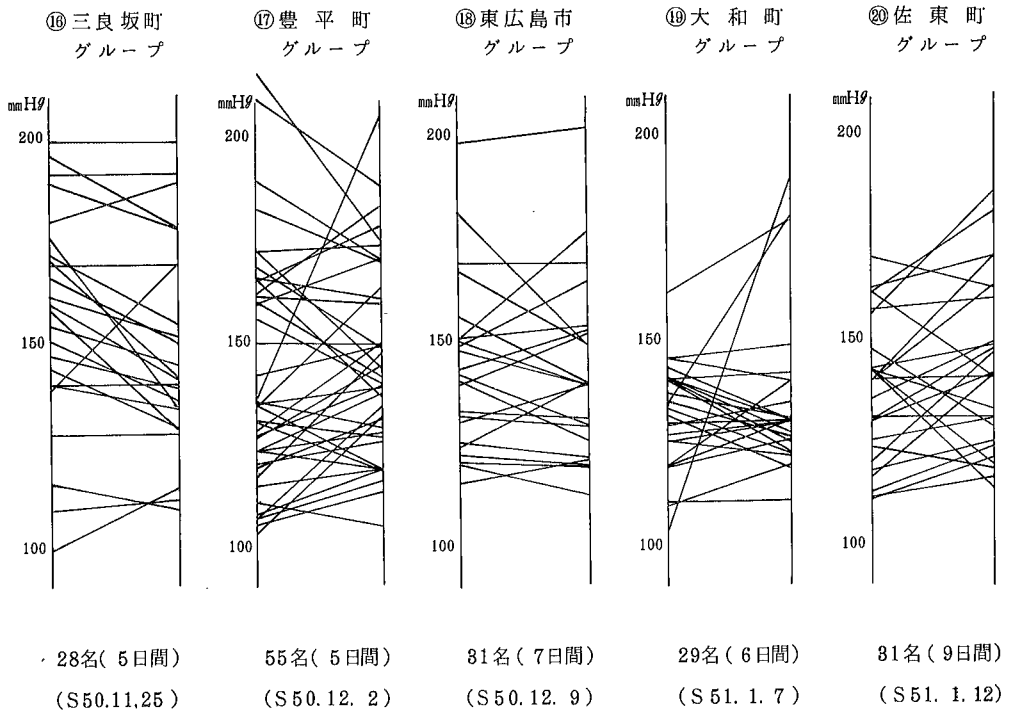
温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧

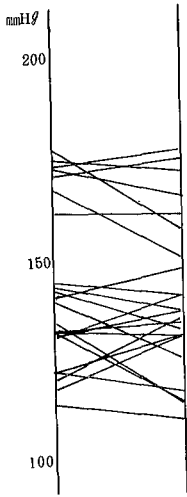


温療前後の最高血圧



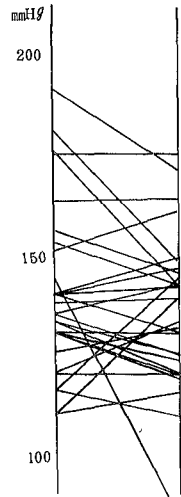
温療前後の最高血圧

㉒ 大和町
グループ



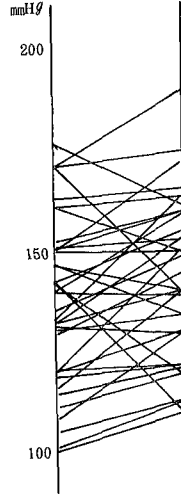
23名(6日間)
(S51. 1.14)

㉓ 段原新町
グループ



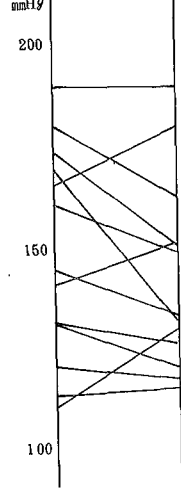
31名(5日間)
(S51. 1.28)

㉔ 安芸町
グループ



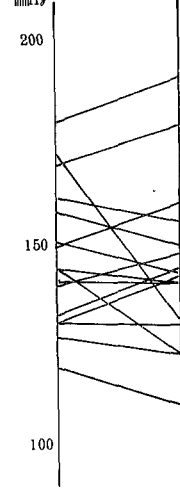
48名(4日間)
(S51. 1.80)

㉕ 祇園町
グループ



14名(4日間)
(S51. 2. 4)

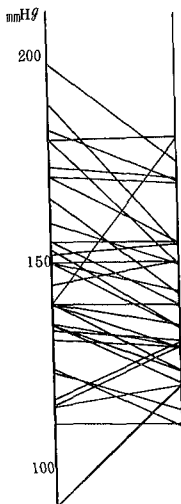
㉖ 高陽町
グループ



18名(8日間)
(S51. 2.17)

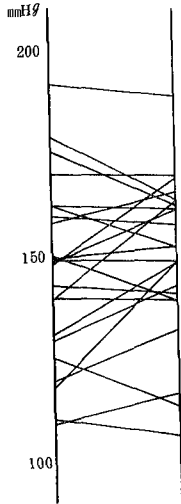
温療前後の最高血圧

㉗ 安佐町
グループ



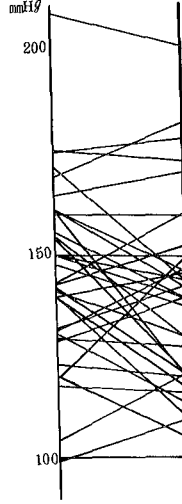
35名(8日間)
(S51. 2.27)

㉘ 湯来町
グループ



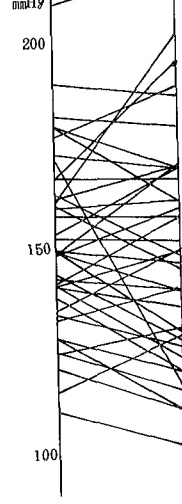
25名(8日間)
(S51. 3. 2)

㉙ 安佐町
グループ



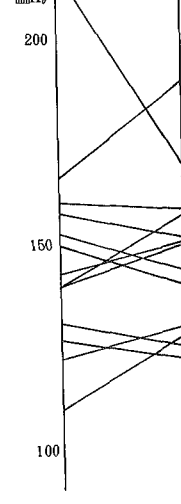
39名(8日間)
(S51. 3. 8)

㉚ 向原町
グループ



52名(6日間)
(S51. 3.18)

㉛ 向原町
グループ



15名(7日間)
(S51. 3.25)

大分県温泉調査研究会報告 第27号

昭和51年3月 印刷

昭和51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