

大分県温泉調査研究会

報告 第42号

平成 3 年 3 月

目 次

大分市の温泉調査	川 野 田 実 男	(1)
	北 岡 豪 一	
別府温泉の安定同位体	由 佐 悠 紀	(11)
	北 岡 豪 一	
	神 山 孝 吉	
九重硫黄山の変質帯	由 佐 悠 紀	(23)
	竹 村 恵 二	
痛みと温泉 (2)	延 永 正	(29)
不整脈と温泉 (2)	矢 永 尚 士	(37)
狭心症と温泉	矢 永 尚 士	(39)
温泉権紛争の調査と研究	大 野 保 治	(43)
深部地熱構造に関する研究会	環 境 保 全 課	(59)

序

昨年あたりからあちこちの温泉地で、温泉の開発と保護をめぐるトラブルが目立つようになりました。温泉ブームと言われ、温泉利用客の増加と共に、施設を含めた温泉地そのものの改造が進められようとする、そのさ中にこういう問題が行政をまきこんだトラブルに広がるという経緯は、昭和40年前後の経済発展期にすでにわれわれが経験した所です。その頃には、保護基準の設定とか、集中管理の実施とか、源泉所有者の協力、行政の努力によりそのトラブルを乗り越えることができました。

それによって、その後20数年はどこの温泉地もほぼ安定した状態を保ち続けてきたようにみえました。しかし、これは問題点が消えたわけではなく、ただ潜在して表に出なかったものが、この数年の温泉ブームに関連して、またも頭をもたげ、顕在化してきたというのが実状です。こういうトラブルには、かつてに較べ、当時に設定された保護基準とか、集中管理とか、人為的要素がそのまま加えられているため、問題がよけいにややこしく、解決の難しい傾向がみられます。

従来の経験によると、こういう問題はどこかひとつの温泉地が導火線となって全国あちこちにほぼ同時期に発生する可能性が多いように思えます。県内に多数の温泉地をかかえる大分県でも、また同様の温泉のトラブルにみまわれる事態が予想されることから、温泉地の現状と従来の保護基準との整合性などにつき、なお一段と綿密な調査と注視を続ける必要があると考えられます。

大分県温泉調査研究会は温泉の研究者、行政関係者が一体となった特色のある組織です。各温泉地に潜在する諸問題を常に監視し、調査研究の対象とするこの体制は、将来に向けて温泉地の調和ある発展を計るために誠に心強い存在と言わねばなりません。時代の変転に流されることなく、また遅れることなく、会員諸氏が常に新しい気持ちで努力を重ねられることを期待してやみません。

本研究会報告第42号を発刊するに当たり、長年にわたり御協力をいただいた行政機関、源泉所有者各位の御厚情に感謝を捧げると共に、今後も引き続いての御援助をお願いする次第でございます。

大分県温泉調査研究会会長

吉川 恭三

大分市温泉の化学成分の分布とその変化

京都大学理学部 北 岡 豪 一
大分大学教育学部 川 野 田実夫

大分市の温泉開発は、1967 年ごろから始まった。その後、温泉の口数は年を追って増加を続け、年間の掘削件数は 1981 年ごろにピークに達した。ピークから約 10 年が経過したが、開発はなお進行中である。現在、15km×30km の範囲に、源泉数は 150 口以上に達している。1975 年度以降、何度か行われた温泉調査や、新規開発の温泉でよく行われている温泉分析などを通じて、地下温泉水の貯留状態が次第に明かになりつつある。この地域で採取される温泉水は、水成堆積層の深部 (600 m~800m) に古くから貯留する典型的な深層熱水型の温泉水である。そして、東南東-西北西、および北東-南西方向に伸びる何本かの縦割りの構造が地層中に存在することは、地下温度や水質の分布からはば明かである。往古の海水、淡水とも言える特徴的な水質を持つ深層熱水がそういう構造の規制を受けて分布するのがこの地域の特徴である。

大分市の温泉開発域から採取される温泉水の総量は 1 日当たり数千トン以上に達するものと推定される (仮に、揚湯量を 1 泉当たり平均 80 l / 分、1 日当たりの平均揚湯時間を 5 時間、総口数を 150 口として見ると、1 日当たりの総採取量として、約 5000 トンが計算される)。温泉水汲み上げの影響は、水平な堆積構造の中で広域に及ぶ可能性が考えられる。また、極端に異なる水質が分布することから、揚水の影響が水質の変化として現われる可能性もある。そこで、今年度は、比較的早期に開発された源泉の中から化学分析値のあるものを選び、この間に化学成分 (Cl と HCO₃) の濃度に変化があったかどうかを調べてみた。

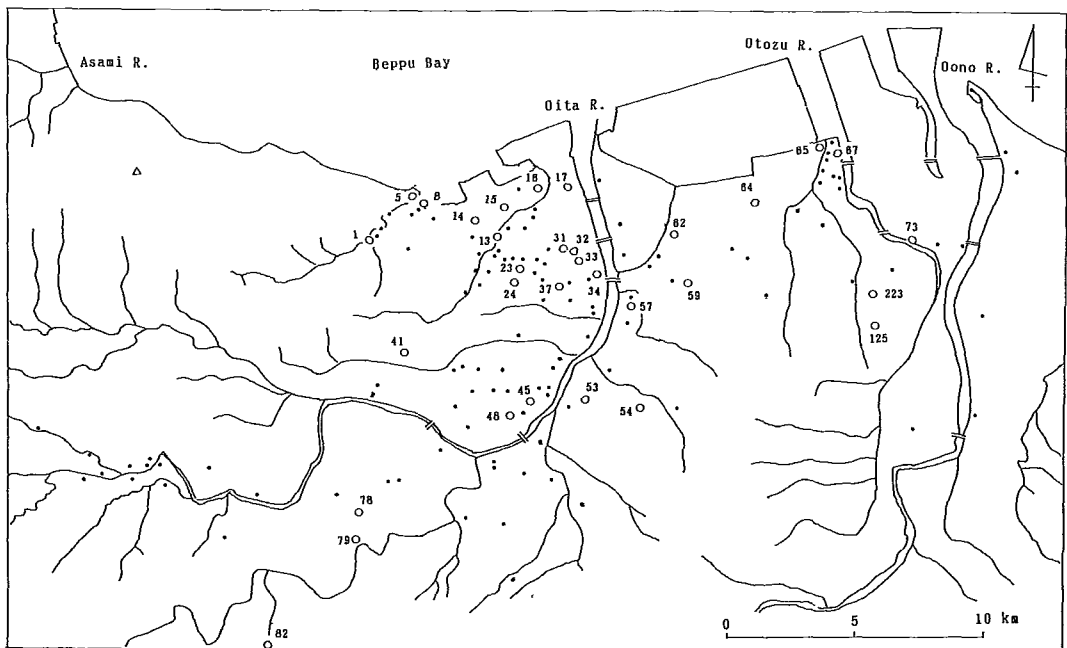


図 1: 採取温泉水の位置 (○印、番号は表に対応)

採取温泉水

1990年の8月と9月に32口の温泉水を採取し、Cl濃度とHCO₃濃度を分析した。採取した源泉の位置を図1に(○印)、分析の結果を表1に示す。表の番号は、前回の報告(北岡、1987)と同じである(ただし、No.223泉は追加)。

表1: 採取温泉水の分析結果

番号	温度 °C	Cl mg/l	HCO ₃ mg/l	採水 1990	深度 m	掘削 年月	試料	所在地
1	42.2	12.0	286	8.24	600	48.08	ABK	八幡・滝の下
5	47.6	868	631	9.25	700	55.07	MAO	生石・宝崎
8	47.4	34.4	500	9.25	600	51.11	SMO	生石・湊町通
13	48.1	22.3	629	8.24	700	53.10	TUH	東春日町
14	46.2	37.7	628	9.25	700	56.11	OJO	王子中町
15	44.4	1297	507	9.25	700	55.09	JIO	勢家町2丁目
16	40.4	7758	218	9.25	700	57.03	SIO	新川町2丁目
17	43.9	1845	764	9.25	700	54.06	NLO	豊町2丁目
23	50.6	155.6	993	9.25	700	58.04	ATO	末広町1丁目
24	43.1	19.3	519	9.25	700	55.11	OTO	東大道1丁目
31	48.3	455.2	830	9.26	700	54.09	NAH	大手町3丁目
32	43.5	215.5	823	9.25	680	55.04	SAO	長浜町1丁目
33	45.1	1106	512	9.25	700	53.05	KAH	長浜町2丁目
34	53.6	974.7	556	9.25	650	55.02	NIO	錦町2丁目
37	47.3	317.5	812	9.25	575	54.10	DEO	顕徳町2丁目
41	51.9	977.6	1820	9.25	750	55.05	JYO	永興
45	38.6	738	881	9.26	600	55.04	KAT	古国府
48	36.1	2256	444	9.25	700	56.11	TOH	畑中・素川
53	41.3	1195	731	9.26	750	58.11	FUH	津守
54	40.5	872.2	591	9.26	750	56.09	UEM	津守
57	37.0	530.8	133	9.26	500	54.01	MIH	下郡
59	48.4	264	384	9.26	750	57.04	OSH	下郡
62	41.4	3178	140	9.26	700	57.03	DAK	牧・河原
64	45.6	1426	188	8.24	700	57.06	HCL	高松・十田
65	51.0	5451	491	8.24	700	57.11	HMO	向原沖3丁目
67	45.4	5063	307	8.24	700	58.12	HQU	原川2丁目
73	52.6	1721	324	9.25	800	57.03	SAH	鶴崎・内浜
125	44.3	541	408	8.24	800	61.01	HOO	森町
78	37.9	1206	1970	9.25	450	53.02	GYE	市
79	18.0	2401	4280	9.25	485	49.10	KAS	口戸
82	17.7	3590	2770	9.25	自然	-	TUM	廻栖野
223	53.0	3281	154	8.24	800		MOO	小池原

成分濃度の変化

まず、成分濃度の変化の様子を見る。図2と図3は、それぞれ、Cl濃度とHCO₃濃度の変化を温泉孔ごとに時間軸上でつないで示したものである。いずれも、図(1)に全体図を示した。その他の図はそれを拡大したものである。

過去の分析値は、吉川ほか(1976)、野田・北岡(1977, 1979, 1981a, 1981b)、川野・志賀(1983)、および大分県温泉調査報告温泉分析書(1965～1990)より引用した。

Cl濃度は、濃度の高い温泉で減少気味を示すものがあるが、濃度の低い温泉水で増加しているものが多い。増加の顕著なものには生石のNo.5で、1980年には52.1 mg/lであったが、今回は868mg/lとなった。また、減少変化の明かなものは、畑中のNo.48で、1982年に2,771mg/lであったが、今回は2,256mg/lとなった。自然湧出の塚野鉾泉No.82は、1975年の大分地震の前後にかなりの濃度低下を起こし、その後、若干の減少を示した時期もあったが、全体として濃度の増加をたどっていた。今回の測定結果は濃度の増加がなお持続していることを示している。

一部の温泉でCl濃度に変化が見られたとは言え、変化量は相対値としては小さい。実際、今回の分析値を過去の値と対比させて見ても、ほとんどが1:1の線上付近に集まる。この表示法では、低濃

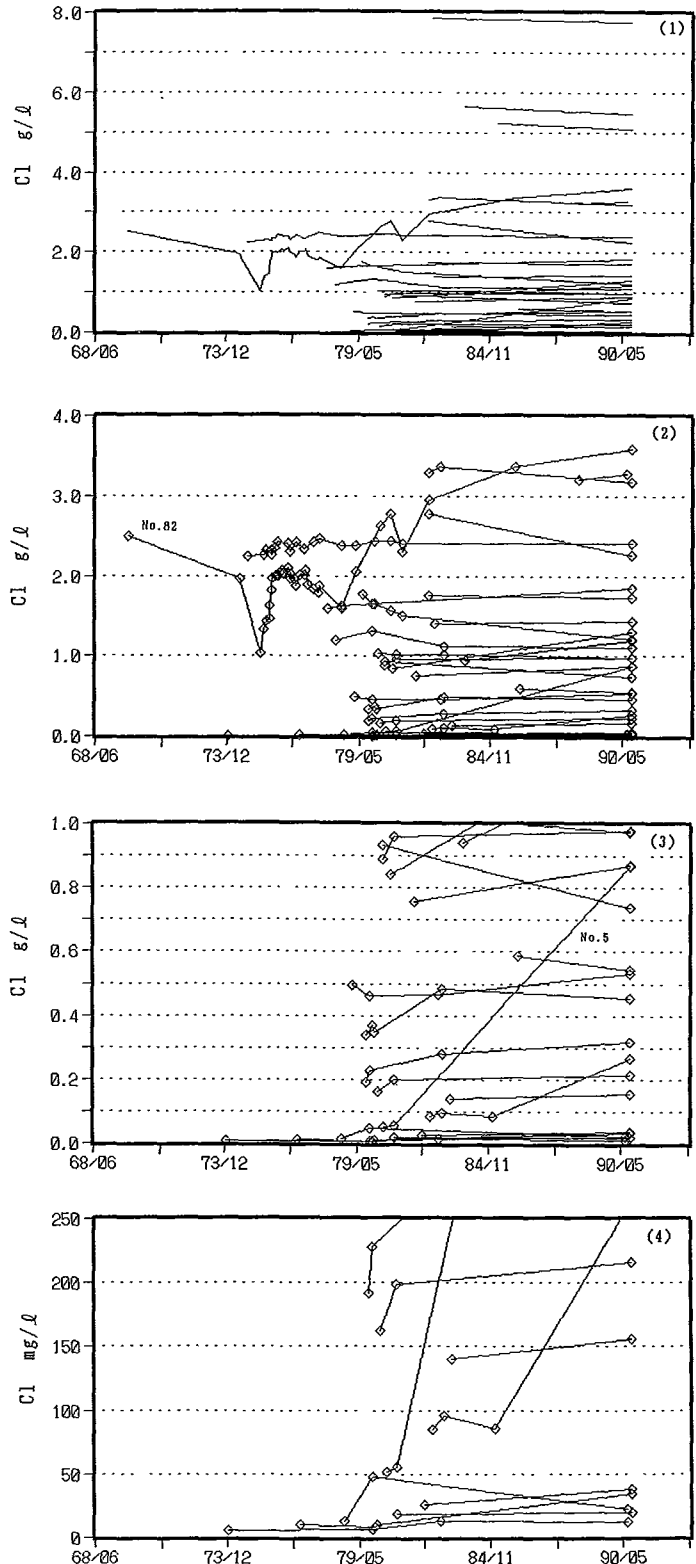


図2: Cl濃度の変化。(2)～(4)は(1)の拡大

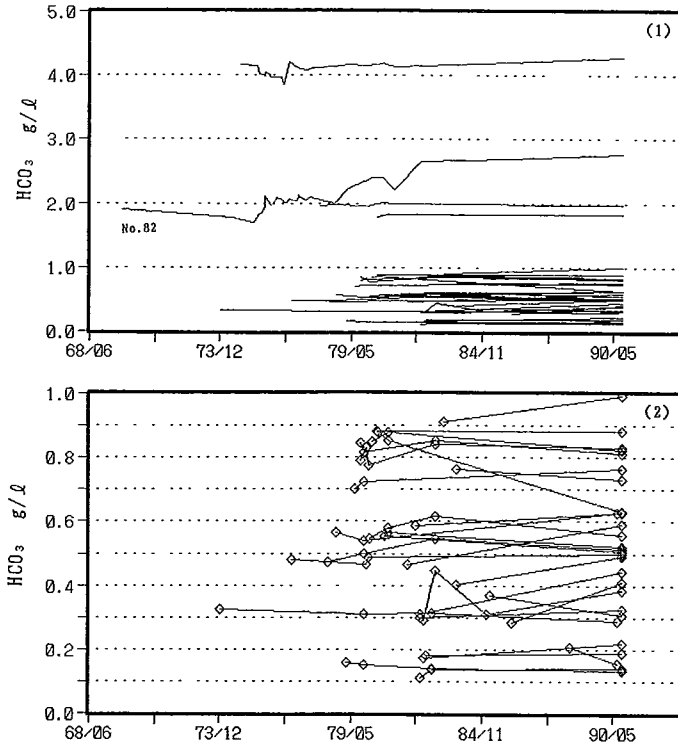


図3：HCO₃濃度の変化。(2)は(1)の拡大

度部分の変化が現れにくいので、過去の分析値に対する今回の値の比をとって過去の濃度に対してプロットしてみると(図4)、約2,000mg/l以下の濃度で増加したものが多く見られる(No.5泉はスケールアウトしている)。HCO₃濃度(図5)は、Cl濃度と比べて相対的な変化が小さく、全体としての傾向も明瞭でない。

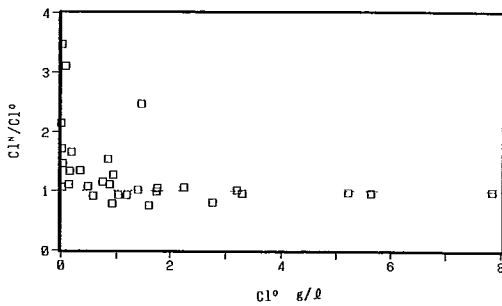


図4：Cl濃度の過去の分析値に対する比。
肩文字のNとOは、今回と過去の分析値を表わす。

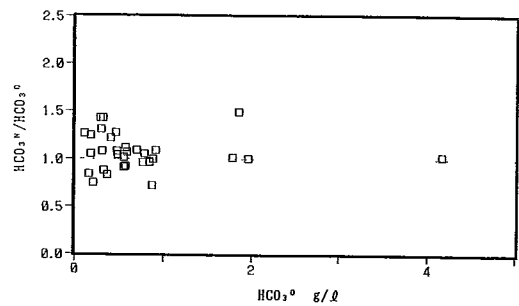


図5：HCO₃濃度の過去の分析値に対する比。
肩文字のNとOは、図4と同じ。

水質の分布について

前回の報告(北岡, 1987)に、この地域のCl濃度とHCO₃濃度の分布図が示された。その後、新規開発に伴って温泉の採取域も若干広がり、県の温泉分析書にも資料が追加された。図6(Cl濃度)と図7(HCO₃濃度)は、それを用いて修正したものである。図8は、今までの分析値を1源泉1点で(Cl, HCO₃)図上にプロットしたものである(この図には大分市に隣接する挾間町の温泉データも含めた。図(2)はその低濃度部分である)。この地域の温泉水は、Cl濃度が5~8,000mg/l(挾間町まで含めると約10,000mg/lまで)、HCO₃濃度が100~5,000mg/lの広範囲にある。まず、議論の便宜から、図8中に示したように、(Cl, HCO₃)図上でいくつかの水質に区分けをすることにする。このように分けると、地理的にも、図9に示したように、それぞれの水質がある程度のまとまりを持った分布を呈する。

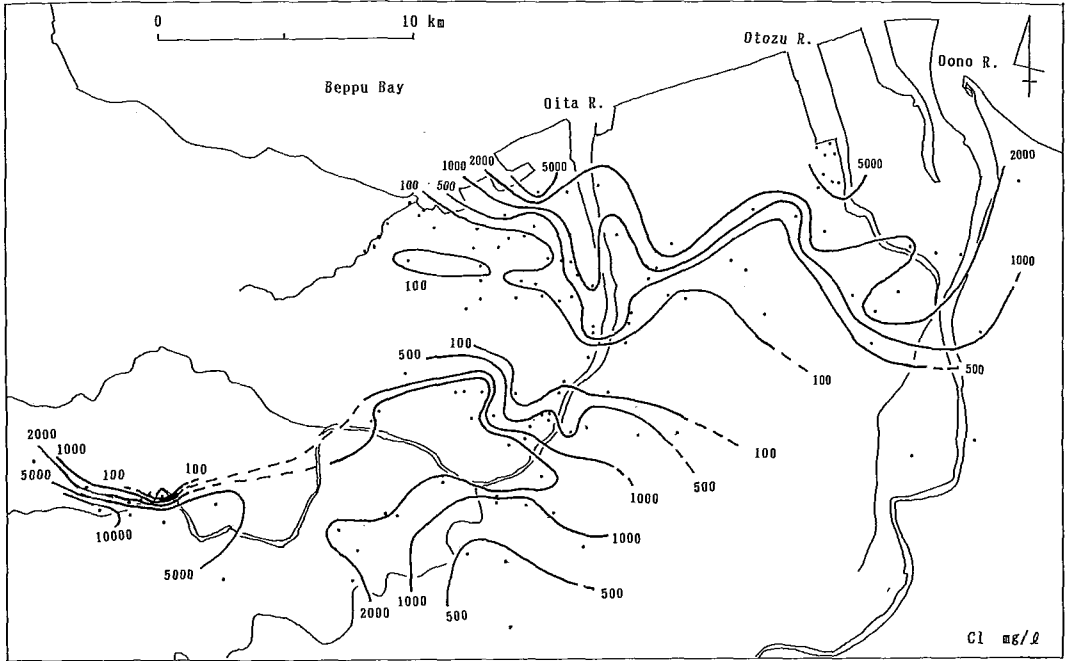


図6：Cl濃度の分布

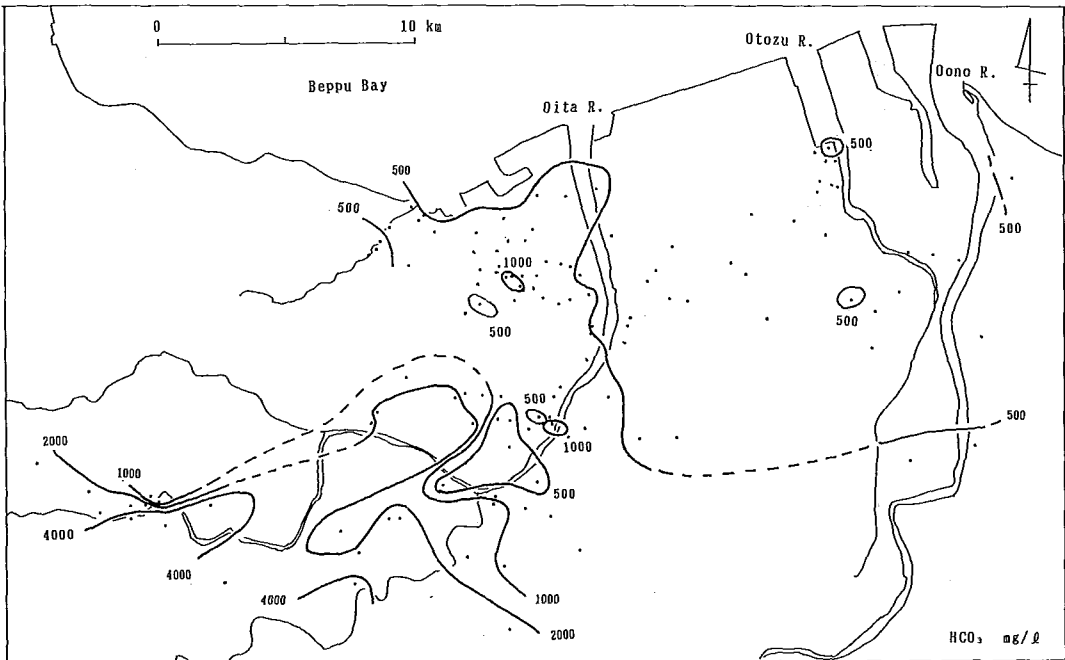


図7：HCO₃濃度の分布

Cl濃度が2,000mg/l程度以上を高塩分水と呼ぶことにすると、高塩分水は、HCO₃成分が顕著に少ないもの（おおむね、400mg/l以下）と、顕著に多いもの（1,300mg/l以上）とに分かれる。ここでは、前者を水質A、後者を水質Bと呼ぶことにする。

まず、B型の水質ではもっとも高濃度部分（Cl量5,000mg/l以上）が挟間町の市街部から大分市野田にかけて分布する。Cl濃度が2,000mg/l以上の範囲にすると南大分駅周辺にまで延びる。

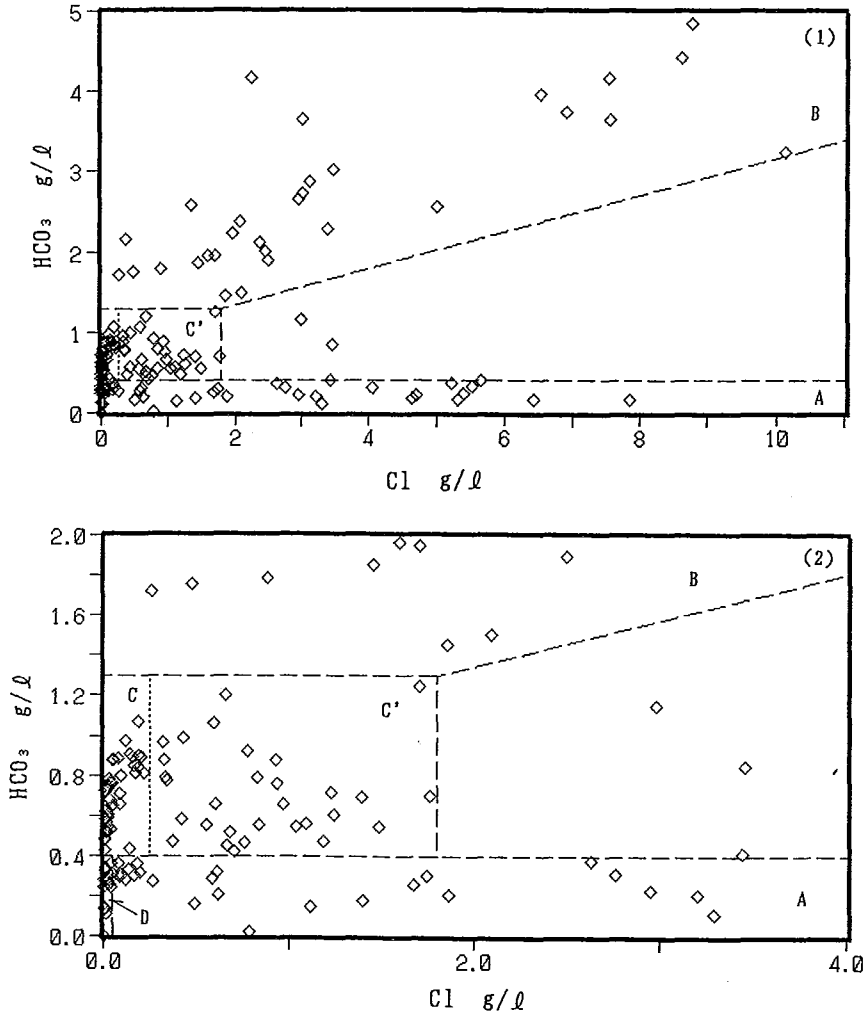


図8：HCO₃濃度とCl濃度の関係（挾間町を含む）
破線は、水質（A、B、C、C'およびD型）の区分けを表わす。

Cl濃度が1,000mg/l以下でもHCO₃を顕量に含む(1,300mg/l以上)水が数例ある(高塩分水ではないが、これもB型とする)。これを含めてもB型の分布する地理的範囲は比較的明瞭に確定することができる。なお、図6と図7で、野田から荏隈にかけて描いたClとHCO₃の等濃度線は推定である(挾間町鬼瀬地区に生石と同様の水質が数例あるため、このように等値線を引いた)。

一方、A型の水質では、Cl量が5,000mg/l以上の最も高塩分の領域は、海岸部に2地域(大分川河口付近と乙津川河口付近)あり、また、内陸部にも局所的ながら大分川府内大橋の兩岸地域(下宗方地区の一部まで広がる)に3,000mg/l弱の同様の水質が見られる。海岸地域に分布するA型の高塩分水は、HCO₃濃度が約400mg/l以下のまま、Cl濃度を減らしつつ、大分川の右岸地域一帯の内陸側に広く分布する。Cl濃度が約500mg/lまでの範囲は、大野川・乙津川と大分川に沿うように、上流に向かって舌状に入り込んでいる。それに挟まれた明野の丘陵部ではCl濃度は50-250mg/l程度である(HCO₃が400mg/l以下なので、これもA型とする)。

温泉の密集する大分市街地域の温泉水は、HCO₃濃度からみて、このA、Bのいずれの型にも入らない、中間型である。すなわち、HCO₃濃度が400~1,300mg/lの範囲にある。Cl濃度は約1,800mg/l以下の範囲である。この市街地域の水質をC型と呼ぶことにする。その大部分の温泉は、Cl

濃度が $250\text{mg}/\ell$ 以下の低い範囲にあり、日豊本線に沿うように帯状に分布する。Cl 濃度の低い C 型の水は、これ以外に、津守、古国府、羽屋、丸亀地区や、挾間町の鬼崎付近などの内陸にも局所的に見られる。また、深度は浅いが種具地区にも見られる。

C 型の中で Cl 濃度が $250\sim 1,800\text{mg}/\ell$ の比較的高濃度の水 (図 9 では、C' 型とした) は、海

寄りと内陸寄りのふたつの地域に分かれて分布する。ひとつは、滝尾橋付近から大分川の左岸に沿って一部大分川の右岸を含み、住吉港にいたる地域である。これは、市街の低 Cl 濃度の C 型の水と海岸部の高塩分 A 型の水との間にある。もうひとつは、内陸の府内大橋付近にある A 型の水を取り囲むように、下宗方から畑中、古国府、光吉、駕野、津守、片島におよぶ範囲であり、内陸からの B 型の水質と明瞭に接している。

そして、A、B、C 型のいずれにも入らない、低 Cl、低 HCO_3 の水 ($\text{Cl} < 50\text{mg}/\ell$ 、 $\text{HCO}_3 < 400\text{mg}/\ell$) の水がある。これを D 型と呼ぶことにする。東八幡、志手、羽屋、そして、下郡の一部に見られる。分布の広がりや確定することのできるほどの数はないが、東八幡から古国府にいたり、さらに、大分川を越えて羽田地区に延びているように見える。これは、さらに東方に延長されるものかも知れない。こういう成分濃度をほとんど持たない水が、地温や温泉で見られた 2 本の高温帯の間に挟まれた範囲にあり (北岡、1987)、しかも、それが浅層の水、たとえば、東八幡の深井戸地下水 (川野・志賀、1983) や明野の井戸 (120m、温泉分析書) の水質と類似したものであり、往古から低い成分濃度のまま保存されてきた条件が注目される。

以上のように、大分市の温泉は、水質的には、海岸から内陸に向かうように分布する、高 Cl、低 HCO_3 の A 型の水と、大分川に沿うように内陸 (挾間町) から海に向かって延びる、高 Cl、高 HCO_3 の B 型の水とで特徴付けられる。その間には、2 本の西北西—東南東方向の高温帯 (構造線) が存在し、それに挟まれた帯状の範囲に、Cl、 HCO_3 両成分ともほとんど含まない D 型の水が分布する。大分市街地域には、 HCO_3 成分を比較的に含む C 型の水が広く分布し、D 型の水と接する高温帯に沿って低い Cl 濃度の C 型の水が、A 型とつながる海岸寄りには比較的に Cl を含む C' 型の水が、それぞれ分布する。また、内陸の府内大橋付近にも A 型の高塩分水があり、その周りに C' 型の水が分布する。

濃度の等値線や A、B、C 型の水質の全般的な分布の状態は、下宗方地区から府内大橋、滝尾橋、さらに牧地区に向かう、すなわち、南西—北東の方向の構造をうかがわせる。この構造は、挾間町の B 型高塩分水や、乙津川河口 (原川地区) の A 型高塩分水の分布とも関連しているものと思われる。また、C' 型の水質が、上流側では大分川の右岸地域に、下流側では左岸地域に、しかも、それぞれが A 型の高塩分水と連続して分布するという共通した形態は、この南西—北東方向の構造に関連した水理的条件の変遷を暗示しているように見える。

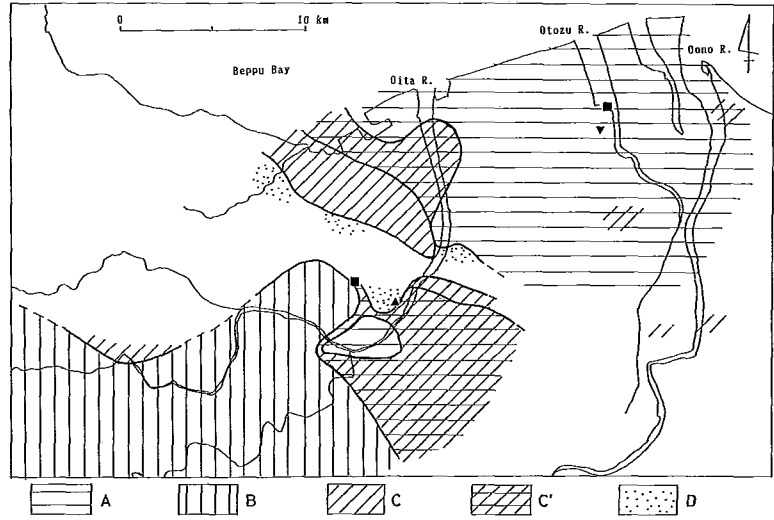


図 9: 水質の分布 (図 8 の区分による)

水質変化の方向

大分市とその周辺地域の温泉は、このように、極端に異なる水質が縦割りの構造で規制された分布を示すのが特徴である。こういう水質分布の中で、成分濃度の変化に系統性が認められるかどうかを調べるため、(Cl, HCO₃) 図上で温泉孔ごとに過去の分析値と結んでみる。図10の(1)にその全体図を、図(2)にその低濃度の部分を、今回の分析値に◇を付して示した。HCO₃濃度の高いB型の塚野鉦泉 No.82 では、Cl濃度とHCO₃濃度の間で正の相関を持ちながら濃度増加を続けている。また、それ以外でも、C'型の温泉水の範囲内に、ある程度の系統的な方向性を持つ一群がある。その変化は、(Cl, HCO₃) 相関図 (mg/l単位) 上で、ほぼ (0, 1,000) と (4,000, 0) とを結ぶ線に平行するような方向である (図9(2)に2本の点線で方向と範囲を示した)。これらは、ほとんどが大分市街地のものであり、そこでは、濃度増加の傾向をもつものが多い。(内陸部にもこの方向性をもつものがあるが、そこでは、逆に、濃度減少の傾向がある)。この方向性は、混合する元の水質と先の水質を示していると考えられる。すなわち、市街地域での濃度の増加はA型の高塩分水の混入によると考えられる。しかし、いきなり高Cl濃度の水が混合するのではなく、3,000~5,000mg/lの比較的限られた範囲の水である。そういう水は、隣接する、大分川右岸の牧地区で見出すこと

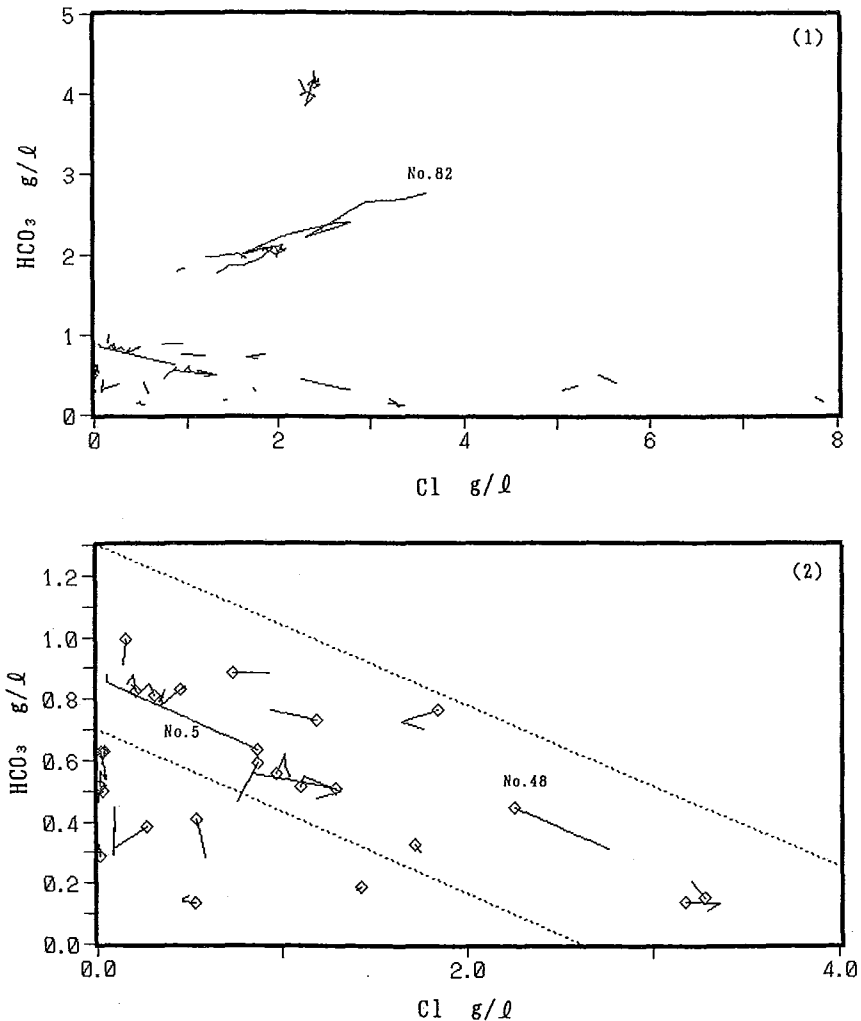


図10: (Cl, HCO₃) 図上での変化. (2)は(1)の拡大 (◇は今回の測定値)

ができる。(大野川左岸地域にも見られるが、地理的に離れているため大分市街地の温泉水に影響を与えとは考えられない)。また、大分川河口域のA型水質から連続して分布する、Cl濃度が250～500mg/lのC'型の水も、低ClのC型の水と高塩分のA型の水とが混合したものと考えられる。これらは、A型の高塩分水が市街地の方向に移動できる水理的な状態にあることを示している。

ところで、内陸の府内大橋付近に突然出現しているA型水質は、No.48で明かな減少を示し、それ以外でも減少の傾向を持つものがある。図9(2)で見たように、変化の方向が(Cl, HCO₃)図上で市街地のものと同様であるので、C型の低Clの水で希釈される状態を示している。この地区の内陸側には、高HCO₃、高Cl型のB型水質が隣接しており、また、浅層にもB型の高塩分水があるが、このA型の水質の変化は、そういうB型の高塩分水の混入の影響を示していない。この地区で見られる濃度減少の傾向は、このA型の水がB型の高塩分水やそれ自身の高塩分水に対してもある程度閉ざされ、孤立した状態にあることをうかがわせる。これは、もともと海岸地域に分布するA型の高塩分水と連続していたものが地層の上下の動き(縦割り)によってそれから絶たれたものなのかも知れない。

大分市の水質分布を全般域的に見ると、高塩分水の分布する地域では、A型とB型の水が平面的にも立体的にも接近して分布している場合が多い。実際、下宗方地区においては、A型とB型が明瞭に接しており、古国府、羽屋地区においては、浅層にB型の水(図9の▲)、深部にA型(およびCとC'型)の水が存在する。また、乙津川河口の原川地区では、浅層にB型(図9の▼)、深部にA型の水が存在する。このように、A型とB型の高塩分水はともに接近して分布する場合が多いにもかかわらず、両者の間で混合を示す水質はほとんど見られない。浅層のB型の水も深部のA型の水に影響を与えていない。A型とB型の水の間には混合の起こりにくい水理的な条件があるものと思われる。ただ、原川地区と羽屋地区に1例ずつAとBの中間の水質を持つものがある(図10の(1)、図9の■)。例外的なこれらは、ストレーナーの切り方など、井戸構造による影響の可能性が考えられる。

このように、大分市の深層熱水は、水平の成層構造と、その上下の食い違いを伴う縦割りの構造という、地層の水理的な条件によってその貯留状態が大きく規制されている。特に、温泉密集度の高い市街地域では、明瞭な濃度変化を示す温泉が地下温度の高温帯から推定される構造(日豊本線沿い)よりも東側の範囲に限られており、しかも、そこでは濃度の減少を示す温泉が少ない。これは、地下温泉水の水平流に対して、その縦割り構造が不透水性の壁として働き、温泉密集域で揚湯による温泉水層の水圧低下が起こると、海側からだけ市街地の方向に高塩分水が侵入できる状態にあることを示しているように思われる。

終わりに、採水に協力された大分大学の学生諸氏に感謝する。

参考文献

- 1) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎・大分県環境管理課・大分保健所(1976): 挾間町ならびにその周辺の温泉調査、大分県温泉調査研究会報告、**27**、25-33.
- 2) 野田徹郎・北岡豪一(1977): 挾間町ならびにその周辺の温泉調査、(その2)高塩分泉の化学成分、同上、**28**、31-41.
- 3) 野田徹郎・北岡豪一(1979): 大分川流域温泉の継続観測(資料)、同上、**30**、32-42.
- 4) 野田徹郎・北岡豪一(1981a): 大分川流域高塩分泉の付随ガスについて、同上、**32**、7-15.
- 5) 野田徹郎・北岡豪一(1981b): 大分川流域温泉の継続観測の総括、同上、**32**、43-55.
- 6) 吉川恭三・北岡豪一(1981): 大分市温泉の現況、同上、**32**、56-64.

- 7) 川野田実夫・志賀史光 (1983): 大分市街地の温泉ーリン・窒素および有機体炭素の分布ー、同上、**34**、53-58.
- 8) 吉川恭三・北岡豪一 (1984): 大分市における温泉源の分布、同上、**35**、1-9.
- 9) 吉川恭三・北岡豪一 (1985): いわゆる深層熱水型温泉について、同上、**36**、1-12.

別府温泉の水素・酸素安定同位体比

(1) 別府南部地域

京都大学理学部

北岡 豪一

由佐 悠紀

神山 孝吉

M. K. Stewart

水分子を構成する水素と酸素の安定同位体比は、高温でないかぎり保存性がよいこと、水の蒸発・凝縮の過程に敏感であることなどから、とりわけ、地熱水の循環やその起源に関する研究において、この比が優れた天然トレーサーとして注目され、利用されて久しい。

別府温泉には、高温の過熱蒸気や沸騰水となって噴出する地熱流体、および、それと天水との混合によって形成される種々の水質の温泉水が系統的に分布している。しかし、そういう個々の地熱水や温泉水が相互にどういう過程を通じて関連し合っているのか、不明の部分が多く、水素と酸素の安定同位体比は、この問題の解明に重要な手掛かりを与えてくれるものと期待される。しかし、別府温泉においては、水素と酸素の安定同位体比は、Sakai and Matsubaya(1974)による測定値が公表されているに過ぎない。しかも、彼らの研究では高温の地熱水だけしか対象とされておらず、調査範囲も測定数も限られている。

こうした状況のもとで、著者のひとり M. K. Stewart (ニュージーランド科学技術研究省) が京都大学地球物理学研究施設の客員研究員として赴任したのを機に、別府温泉における安定同位体の研究が計画され、本格的な研究がはじめて実現することとなった。研究は現在も継続中であるが、その中から別府南部域の測定値、およびその予察的な解析結果を報告する。なお、同位体比の測定は、岡山大学地球内部研究センターの質量分析装置によって行った。

試料について

図1は、別府南部域で安定同位体比の測定用に採水した位置を、噴気を△、沸騰泉を○、一般温泉を●、湧水・地下水を+に分けて示したものである。表1はその測定結果である。表中番号欄のHは一般温泉、Bは沸騰泉、Sは噴気泉、Fは自然噴気、Cは湧水・冷地下水を表わす。サンプル数は、自然噴気の凝縮水が1個、噴気井からの蒸気の凝縮水が11個、沸騰泉からの熱水が23個、一般温泉水が65個、そして、湧水・地下水が9個の、計109個である。なお、一般温泉の番号は由佐ら(1989)の報告の番号と、また、噴気・沸騰泉は由佐・大石(1986)の番号と同じである。ただし、対応づけることが困難なため、所有者の井戸番号#で表わしたものがある。また、この報告で追加した一般温泉の*H81(京大実験井)および*H82(宮地)は、エアリフト井であるが、沸点近くの高温水を湧出するため、管上昇途中の蒸発ロスの影響を考慮して、沸騰泉の仲間に入れた。

沸騰泉については、井戸の構造上、蒸気と液体の分離比を測定したり、蒸気のみを採取することの困難なものも多く、やむを得ず、液体成分のみを採取した。自然噴気および噴気井からの蒸気の採取には、ドライアイスで冷却したエタノールに2段のガラス製セパレータを浸し、導入した噴気を完全に凝縮させて採取した。

ここで、水の水素・酸素安定同位体比を簡単に紹介しておく。周知のように、水は水素と酸素の

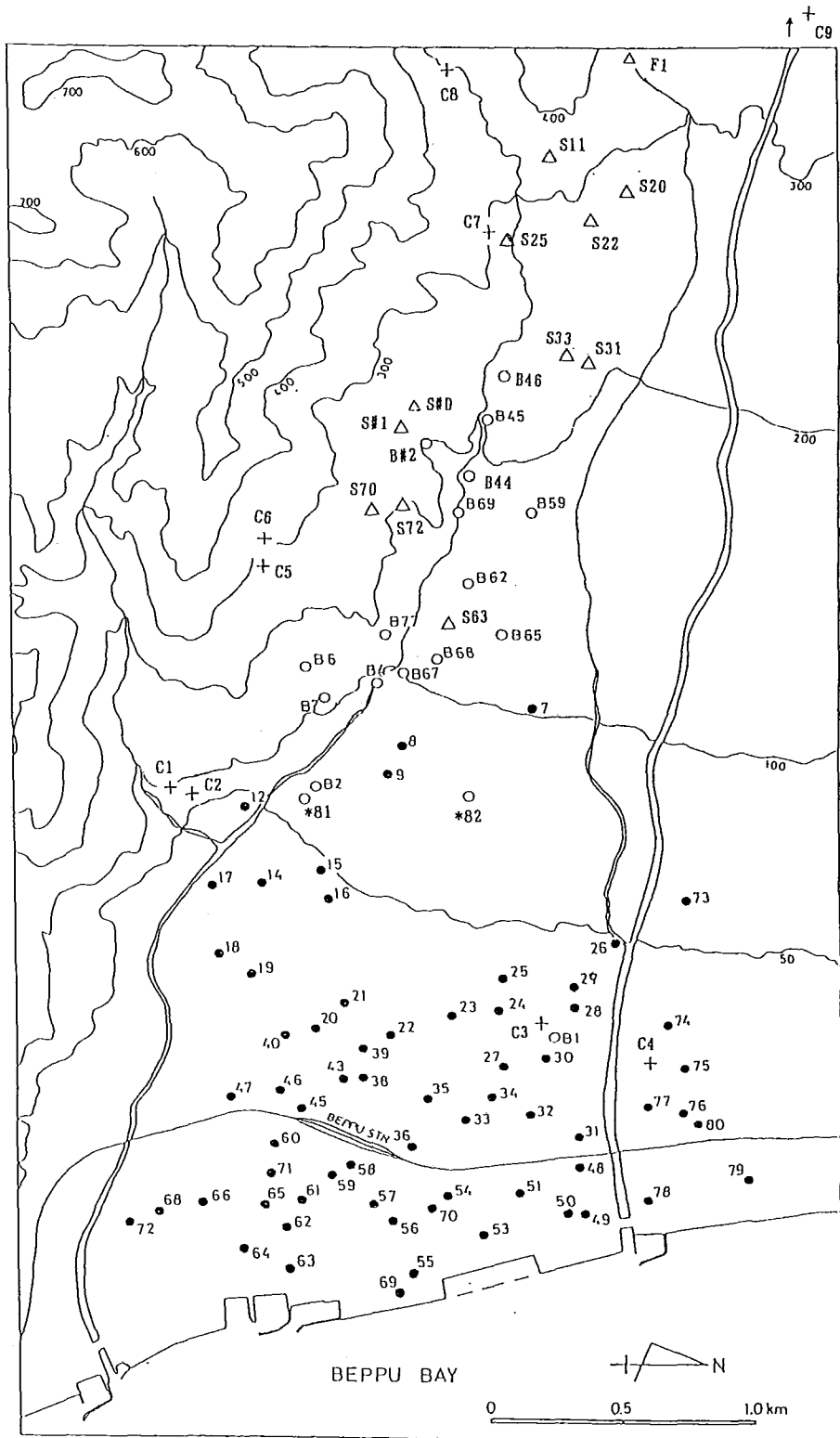


图 1: 採水位置 (△: 噴気、○: 沸騰泉、●: 一般温泉、+: 地下水・湧水)

表1 安定同位体および化学成分の分析結果 (別府南部地域)

No.	DATE 1989	Temp. °C	pH	δ 18O ‰	δ D ‰	Cl ppm	HCO ₃ ppm	SO ₄ ppm	Na ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Sample
一般温泉													
H 7	3.16	51.1	7.60	-8.79	-56.0	74.4	760	68	138	28.3	89.2	60.0	HOOS
H 8	3.15	44.7	7.55	-8.51	-55.4	30.2	546	41	76	9.1	81.6	39.9	HONK
H 9	3.16	42.8	7.40	-8.12	-52.0	42.8	443	46	87	11.2	55.4	30.9	HIRA
H 12	3.15	88.5	8.32	-7.62	-52.3	173	214	312	318	30.5	15.9	5.3	GOTO
H 14	3.15	47.6	7.86	-7.60	-51.6	165	218	80	144	13.6	42.7	15.2	NAKA
H 15	3.15	55.6	7.81	-8.14		96.9	503	63	127	18.0	65.0	34.8	BEGH
H 16	3.14	56.2	7.65	-8.34	-53.5	46.6	615	40	112	16.3	78.8	36.6	HEKI
H 17	3.15	44.2	7.75	-8.30	-52.8	57.9	206	87	107	10.3	18.1	12.1	KATO
H 18	3.16	48.5	7.69	-7.86	-54.3	196	332	82	152	13.7	55.7	35.0	SINK
H 19	3.15	51.3	7.29	-7.70		139	275	53	109	13.1	50.4	25.5	SUMK
H 20	3.14	46.7	7.60	-8.20	-52.3	43.7	423	60	83	11.0	55.0	29.1	KYUN
H 21	3.14	52.0	7.60	-8.30		59.4	461	42	114	13.2	51.4	26.2	NIHO
H 22	3.14	55.0	7.50	-8.31	-54.5	69.5	424	43	135	16.4	38.4	17.5	NORI
H 23	3.15	51.8	7.30	-8.42		66.1	407	46	115	11.8	41.4	24.7	KAWN
H 24	3.14	47.5	7.95	-8.74		61.3	557	41	200	15.8	31.0	18.6	TOME
H 25	3.14	48.0	7.75	-8.96	-56.5	41.1	364	43	94	9.4	36.1	23.7	ABEH
H 26	3.14	47.0	7.91	-8.75		82.5	879	90	162	36.2	78.0	79.0	FUJA
H 27	3.14	54.9	7.51	-8.85	-57.6	114	1190	78	228	61.0	129.0	94.3	FUJI
H 28	3.14	52.0	7.60	-8.82	-56.8	118	1130	79	212	60.6	123.0	95.9	SINO
H 29	3.14	47.2	8.01	-8.66	-55.9	84.3	508	40	206	13.2	28.7	9.7	TOMO
H 30	3.14	46.2	7.76	-8.69		83.2	826	77	177	21.0	86.0	53.2	HIRO
H 31	3.14	55.8	8.02	-8.77	-57.3	113	680	110	225	37.0	84.3	20.4	OIWA
H 32	3.14	38.5	7.69	-8.30		158	821	60	232	23.3	65.9	61.8	KAMA
H 33	3.15	47.4	7.89	-8.15	-54.8	186	673	57	300	19.9	40.4	17.7	SINS
H 34	3.15	54.9	8.05	-7.48	-54.2	286	636	78	390	16.0	26.0	6.3	HASI
H 35	3.15	54.2	7.95	-7.61	-53.8	309	585	55	330	20.0	45.0	14.6	SENZ
H 36	3.15	41.0	7.72	-8.31		107	585	59	213	16.1	22.9	32.6	IKUN
H 38	3.16	34.9	7.42	-8.26	-53.9	39.0	298	42	73	14.0	32.1	19.5	EIKY
H 39	3.14	54.1	7.90	-8.00	-53.9	80.0	608	93	181	15.6	48.9	31.6	KIMU
H 40	3.14	44.0	7.51	-8.11		44.9	415	46	79	11.0	54.8	30.5	KYUD
H 43	3.14	54.1	8.00	-8.18	-54.7	118	582	50	225	15.8	40.4	21.8	TURS
H 45	3.15	44.7	7.45	-8.19		51.4	407	46	90	10.2	48.9	29.0	YOSI
H 46	3.14	45.7	7.39	-8.37	-54.2	57.6	566	47	118	15.7	68.0	36.5	IKED
H 47	3.13	40.0	7.30	-7.96	-54.2	114	344	65	96	12.0	58.0	30.8	SEIH
H 48	3.16	53.9	7.49	-8.70	-56.9	131	1210	92	256	49.6	122.0	86.1	RIBA
H 49	3.14	44.9	7.55	-8.69	-57.7	109	922	98	206	46.0	104.0	70.9	YUSE
H 50	3.15	45.8	7.40	-8.72	-58.1	119	1280	64	230	45.0	141.0	98.4	SAIT
H 51	3.15	53.4	7.44	-8.51	-55.3	197	965	84	310	48.0	92.2	47.4	YUMI
H 53	3.15	44.3	8.31	-8.82		128	497	80	248	37.6	25.5	7.1	KAJI
H 54	3.14	61.2	7.79	-8.32	-56.1	155	773	58	242	24.0	51.0	55.1	UEMA
H 55	3.14	51.6	8.10	-8.87	-57.7	109	526	71	253	35.2	21.2	4.5	TAKN
H 56	3.13	44.3	8.09	-8.08		84.3	608	40	198	21.5	46.3	23.2	SIKA
H 57	3.14	53.4	7.29	-8.32	-54.1	61.4	435	45	133	13.2	37.8	18.3	KAIM
H 58	3.15	49.8	7.41	-8.27		72.0	473	40	140	15.1	45.5	22.3	MATU
H 59	3.13	54.9	7.40	-8.20		73.7	497	50	145	15.3	66.1	13.9	KOTO
H 60	3.13	50.3	7.49	-8.10	-52.1	61.5	455	52	98	12.1	59.9	34.4	FURO
H 61	3.13	39.4	7.53	-8.24	-53.5	45.2	340	52	83	9.8	39.2	22.0	BEKY
H 62	3.13	46.3	7.30	-8.22		54.8	407	43	105	11.7	41.4	27.1	BAIE
H 63	3.13	57.7	7.41	-8.38	-55.4	210	641	25	182	26.8	82.6	41.5	TAKE
H 64	3.13	43.0	7.25	-8.02	-51.9	99.0	377	49	90	10.1	59.3	32.0	KUSU
H 65	3.13	47.0	6.72	-8.11		82.4	431	54	100	12.0	62.7	33.9	MATS
H 66	3.13	38.5	6.78	-7.81		112	281	77	86	9.4	54.8	28.0	SAKA
H 68	3.13	48.7	7.75	-8.11	-52.9	159	335	78	144	16.2	41.6	25.9	NAGE
H 69	3.14	52.6	8.09	-8.43	-54.8	187	813	27	254	39.8	76.9	39.7	KAGA
H 70	3.14	51.1	8.01	-8.06	-54.8	192	714	56	308	25.7	38.7	24.6	KURE

H 71	3.13	50.9	7.15	-8.21	-52.6	69.2	461	56	101	12.0	60.1	34.4	KORA
H 72	3.16	53.4	7.19	-8.09	-54.5	176	666	21	230	32.0	51.4	33.1	HIGA
H 73	3.13	37.6	7.71	-8.96	-57.0	76.1	614	63	124	28.3	66.1	54.1	MAKI
H 74	3.13	47.8	7.71	-9.05	-56.0	68.7	564	75	124	31.0	66.7	42.6	YATA
H 75	3.13	47.4	7.79	-9.02		49.2	437	46	108	22.5	42.9	25.5	TONA
H 76	3.13	47.0	7.88	-8.93		89.5	778	78	150	37.3	86.2	62.4	ABEY
H 77	3.13	48.5	7.70	-8.92	-56.3	103	998	78	191	48.6	118.0	70.1	ABEA
H 78	3.14	46.9	7.73	-8.87		97.2	678	86	158	31.7	75.4	52.3	WAKA
H 79	3.13	43.9	7.50	-8.83	-56.2	139	727	58	125	30.8	98.4	72.3	UTID
H 80	3.14	40.4	7.99	-8.91	-56.8	67.4	632	54	143	32.0	74.3	38.4	ABEK
噴気 (凝縮水)													
F 1	6.20	99.3	n.s	-10.31	-58.9								EGEJ
S 11	6.20	88.0	n.s	-1.73	-21.8								KAMA
S 20	7.04	97.5	5.57	-7.67	-51.0								SATO
S 22	7.04	98.1	7.38	-5.69	-46.5	38.8	104	351	235	8.5	2.3	0.4	HORI
S 25	6.20	132.1	5.78	-6.27	-48.4								KASA
S 31	7.05	98.6	5.54	-11.00	-73.5								ONOU
S 33	7.04	98.1	7.10	-11.15	-74.6								ARAG
S #1	6.28	98.6	7.74	-2.84	-45.6								SUGD1
S #D	6.28	-	7.91	-5.59	-46.1	207	80	208	222	18.4	2.0	2.6	SUGDD
S 63	6.20	115.1	7.62	-10.64	-75.2								MINO
S 72	7.05	98.9	6.07	-9.61	-66.6								SEN2
S 76	7.05	99.0	6.86	-9.32	-70.9	85.8	0	35	57	6.1	1.5	0.6	SEN1
沸騰泉													
B 1	5.24	98.6	8.97	-7.57	-55.0	240	409	79	322	17.3	0.1	0.6	TENM
B 1	79/7.20	99.0	9.05	-7.26	-53.9	271	418	67	351	18.9	0.0	0.3	TENM
B 2	6.19	98.9	9.04	-6.52	-51.1	594	131	78	436	38.7	0.0	0.7	SUGI
B 4	6.19	98.7	9.30	-6.92	-51.8	377	190	186	384	32.6	0.0	0.6	HAYA
B 6	6.19	99.1	8.64	-5.77	-53.9	932	94	93	592	78.0	0.3	0.6	IKUT
B 6	7.26	99.2	8.76	-5.61	-52.5	947	94	121	669	83.0	0.2	0.5	IKUT
B 7	6.19	99.3	8.74	-6.12	-52.1	771	95	94	524	58.0	0.1	0.6	IKUG
B 44	6.28	98.0	8.63	-5.46	-48.0	677	90	196	558	57.0	0.2	0.3	SUGH2
B 45	6.28	98.1	8.62	-4.59	-51.8	1513	68	135	998	129.0	0.8	0.3	SUGH3
B 45	7.26	98.7	8.60	-4.58	-50.5	1516	71	194	1021	129.0	0.5	0.6	SUGH3
B #2	6.28	98.8	9.26	-5.96	-50.3	543	39	470	545	47.1	0.2	0.2	SUGD2
B 46	7.26	98.8	8.59	-4.75	-49.6	1192	86	185	910	163.0	0.1	0.4	KUMA
B 59	7.05	98.1	9.09	-6.84	-49.8	46.8	246	77	152	14.8	0.0	0.4	FUDO
B 62	6.27	93.1	9.16	-7.01	-50.7		404	135	254	22.7	0.0	0.3	KEIS
B 65	6.19	98.9	9.33	-7.72	-53.3	111	641	70	327	27.7	0.0	0.4	TURU
B 65	79/7.20	99.5	9.43	-7.16	-52.6	193	559	70	352	28.3	0.0	0.2	TURU
B 67	6.21	99.3	9.22	-7.55	-53.2	168	251	169	298	25.3	0.0	0.6	TERA
B 68	6.19	99.3	9.18	-7.74	-52.7	84.8	472	92	264	23.8	0.0	1.0	MARU
B 69	6.28	98.8	9.32	-7.57	-52.2	126	171	133	306	30.2	0.0	0.2	SUGH1
B 77	6.19	98.7	9.25	-6.89	-50.9	262	155	349	371	31.3	0.0	0.7	CASL
B 77	79/7.20	99.5	8.60	-5.90	-50.6	606	99	289	535	46.9	0.2	0.4	CASL
*H 81	79/7.20	96.5	8.47	-7.38	-51.9	351	237	229	403	27.9	0.5	1.1	MIYA
*H 82	88/12.1	87.3	8.53	-7.74	-55.4	77.5	494	59	233	17.8	0.2	3.7	KYOD
湧水・地下水													
C 1	5.16	-	-	-8.16	-51.2								RAKC2
C 2	77/8.03	28.1	7.75	-8.22	-52.8	17.5	141	664	16	2.5	205.0	85.0	RAKC1
C 3	5.24	23.4	7.00	-8.03	-53.3	57.4	110	30	54	8.0	6.5	14.3	TENC
C 4	5.24	23.3	5.80	-8.25	-54.2	42.1	142	24	49	9.0	5.0	16.6	KOIC
C 5	6.26	18.0	7.75	-8.92	-57.8		47	<10	7	2.1	2.3	2.5	KANS
C 6	6.14	19.6	7.40	-8.77	-56.6	21.4	112	13	25	2.7	4.6	15.0	SIRC
C 7	6.20	19.3	2.81	-8.24	-52.3	12.0	0	57	16	0.8	0.9	2.6	KASC
C 8	6.26	20.1	7.25	-8.84	-57.4		109	21	26	3.4	3.3	13.4	KURS
C 9	6.26	13.6	7.77	-8.91	-55.5		38	32	5	1.2	3.6	3.6	SAKS

(一般温泉の化学分析値は、由佐ら(1989)による)

化合物である。一般に水素原子の原子核は陽子1個から成り、Hと表わす。この外に、少量であるが、陽子1個と中性子1個から成るもの(Dまたは²H: 重水素)、および陽子1個と中性子2個から成るもの(Tまたは³H: 三重水素)とがある。このうち、HとDを水素の安定同位体という。なお、Tは通常トリチウムと呼ばれており、放射線を出して崩壊する。一方、酸素には、陽子8個と中性子8個から成る¹⁶O、陽子8個と中性子9個から成る¹⁷O、および陽子8個と中性子10個から成る¹⁸Oの3種類の安定同位体がある。このうち、¹⁶Oが大部分を占め、¹⁸Oがこれに次ぎ、¹⁷Oは極めて少量である(表2)。

表2 水素と酸素の安定同位体存在度
(国立天文台編: 理科年表 1991)

同位体	存在度 (%)
H (¹ H)	99.985
D (² H)	0.015
¹⁶ O	99.762
¹⁷ O	0.038
¹⁸ O	0.200

(存在度は原子相対頻度を表わす)

安定同位体比とは、各元素の安定同位体の存在比のことであり、水素の場合はD/H、酸素の場合は通常¹⁸O/¹⁶Oのことを指す。しかし、天然での値はいずれも非常に小さいので、標準試料(標準海水SMOW)からの千分率偏差(‰)、すなわち、次式で示されるδ値で表わすのが慣例となっている。

$$\delta X = \left(\frac{R_x}{R_s} - 1 \right) \times 1000$$

ここに、Xは、D、あるいは¹⁸Oを、R_xとR_sは、それぞれ、試料と標準試料の同位体比(D/H、¹⁸O/¹⁶O)を表わす。自然水のδX値は負の値となるのが普通であり、その値の小さい(絶対値が大きい)ほど軽く、大きい(絶対値は小さい)ほど重い水という言い方がよくなされる。

δD - δ¹⁸Oダイアグラム

図2は、別府温泉南部域の水について測定されたデータのすべてを、沸騰泉(◇)、噴気(△)、沸点以下の一般温泉(×)、そして、湧水および冷地下水(+)とに分けてδD - δ¹⁸O図上にプロットしたものである。図中の直線は、この地域における天水の関係(天水線)を示し、δD = 8δ¹⁸O + 14である。なお、同一地域においては、標高の高いところに降る天水ほど軽い(δ値が小さい)ことが知られている(高度効果)。

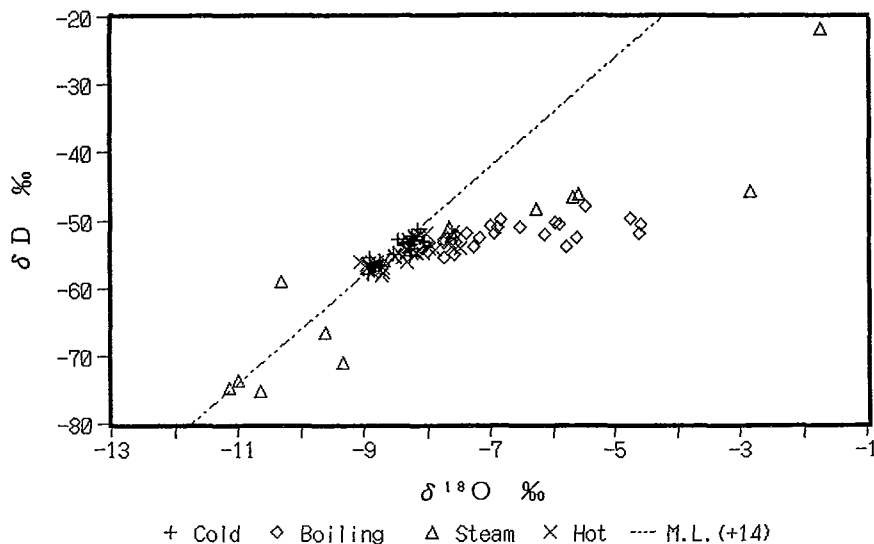


図2: δDとδ¹⁸Oの関係 (△: 噴気、◇: 沸騰泉、×: 一般温泉、+: 地下水・湧水)

沸騰泉からの熱水は、一般温泉よりも重い側に分布している。噴気凝縮水は、湧水、地下水、一般温泉や沸騰泉の一連の分布よりもさらに重いものと、軽いものがある。なお、湧水、地下水の組成は、この図からは読み取れないが、扇状地内で採取された浅層の冷地下水と扇状地周辺の山地からの湧水や地下水とで若干の違いがあり、扇状地内のものが相対的に重い。これは、浸透する天水の高度効果によるものであろう。

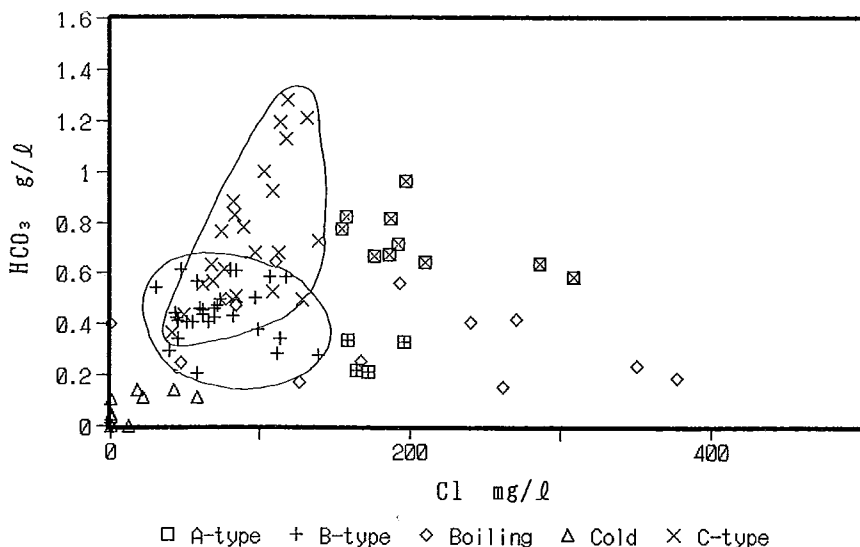


図3: HCO_3^- 濃度と Cl 濃度の関係

(+: 蒸気性温泉水、×: 重碳酸温泉水、□: 熱水混入型温泉水、◇: 沸騰泉、△: 地下水・湧水)

別府南部地域では、温泉水は大きく3種類に分類される。NaClを主成分とする熱水が混入した熱水性の温泉水、地下水が蒸気の混入を受けて HCO_3^- 成分を得た蒸気性の温泉水、そして、境川に沿う地域(地温が比較的低温で掘削深度の深い地域)で採取される、 HCO_3^- を多く含む(1000mg/l程度)重碳酸水とである。この分類は、 Cl 、 HCO_3^- 濃度と湧出温度によってある程度は可能であるが

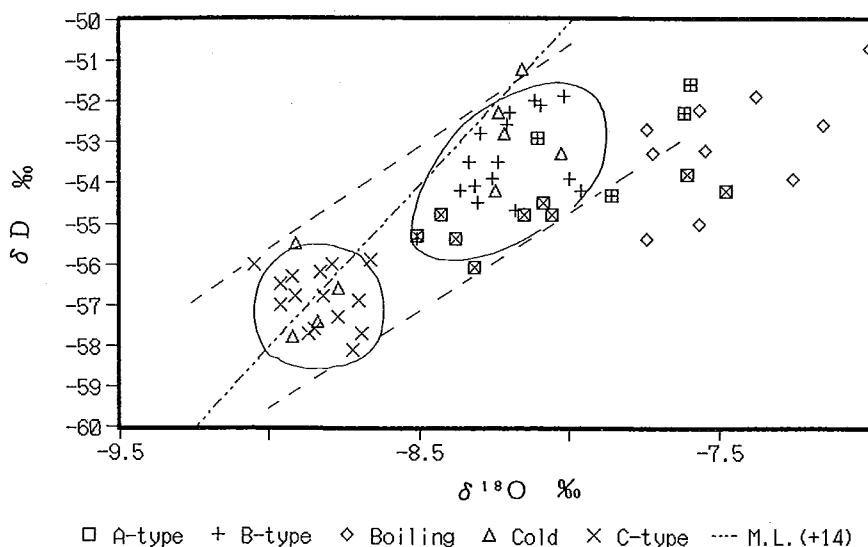


図4: δD と $\delta^{18}\text{O}$ の関係(図2の拡大)。記号は、図3と同じ

(吉川・北岡、1982)、化学組成だけで困難な場合が多い(図3。記号は図4と同じ)。図4は、図2の一般温泉の部分を拡大して示したものである。安定同位体比は、蒸気性の温泉水(図ではBタイプと表示し、+で示した)と重炭酸水(Cタイプ、×で示した)との区別を明瞭に示している。なお、□で囲んだものは、熱水混入型(Aタイプ、Cl濃度はおおむね150mg/ℓ以上。◇は沸騰泉)を表わす。熱水混入型の温泉水も、混入前の水質が蒸気性温泉水と重炭酸水とに分けられる。

図5は、こうして分離された蒸気性の温泉水と重炭酸水の分布の範囲を示したものである。●が蒸気性温泉水、○が重炭酸水で、①と⊖はそれぞれ熱水の混入したものを表わす。⊙は沸騰泉、△は噴気井である。

さて、図4において、冷地下水、湧水(この図では、△で示した)はほとんど天水の同位体組成を持つと見なされるが、蒸気性温泉水や重炭酸水も含め、Cl成分をほとんど含まない水は、全体的に、勾配が5程度の帯状の範囲にある。蒸気性温泉水と重炭酸水はそれぞれひとかたまりに分布し、分布の重心もその勾配の線上にあるようにみえる。蒸気性温泉水が重い方に位置することは、蒸気性温泉水が1段階の蒸発過程を経たものであるとする解釈はあり得る。(この勾配5は、約100℃における蒸発・凝縮の関係に対応する。もしそれを仮定すれば、両者の同位体比の差($\delta^{18}\text{O}$ で約0.6‰)は12%(重量比)の蒸発による濃縮、あるいは、蒸発した蒸気の混入による変化に対応づけられる)。しかし、地理的分布からみて、蒸気性温泉水と重炭酸水とは全く別の水系であることはほぼ明かである。同位体組成の軽い側にある重炭酸水(採取深度が深い)が浅部に昇って蒸発して重くなったり、あるいは、浅層の蒸気性温泉水から蒸発した軽い成分(気体)が深部の重炭酸水に混入してそれを軽くしたとは考えにくい。従って、両者の間での $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 図上での相対的位置関係は、蒸発の効果によるものではなく、水の供給場所の違いを反映している可能性が大きいと思われる。実際、

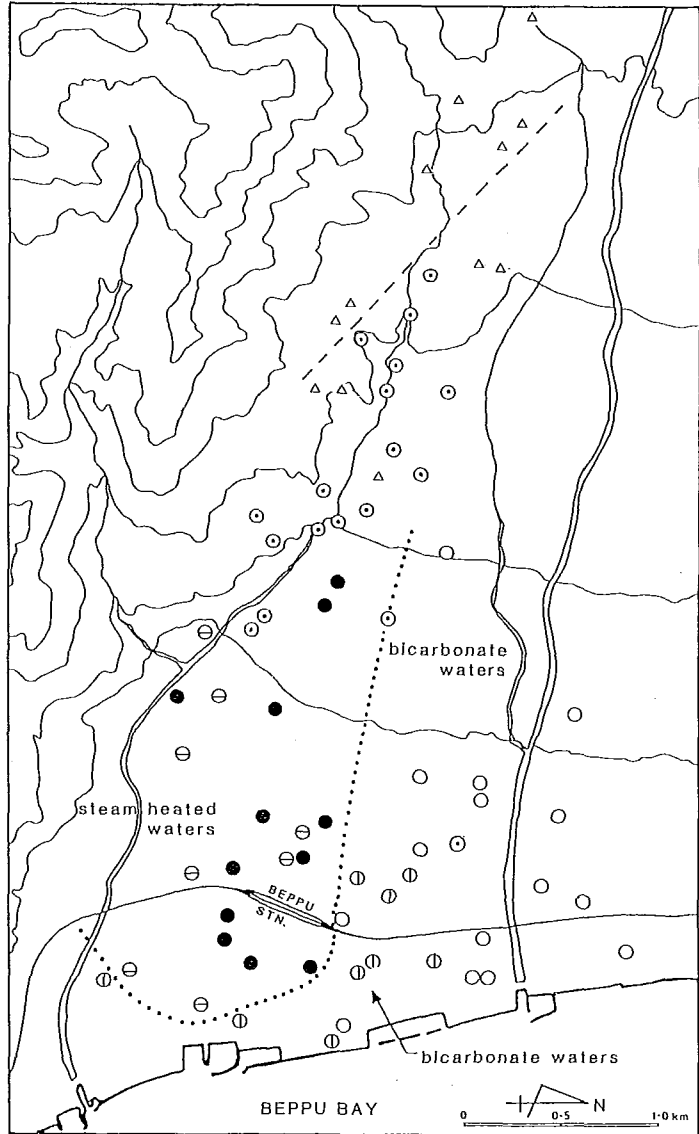


図5: 蒸気性温泉水、重炭酸水、熱水混入型温泉水の分布
 (●: 蒸気性温泉水、○: 重炭酸水、①と⊖: 熱水混入型温泉水性、
 ⊙: 沸騰泉、△: 噴気)

蒸発の効果によるものではなく、水の供給場所の違いを反映している可能性が大きいと思われる。実際、

蒸気性温泉水と同様の同位体比を持つ地下水は扇状地内から採取されたものであり、重炭酸水と同様の同位体比の水は、扇状地周辺の山体からの湧水や地下水である。そうすると、蒸気性の温泉水は、扇状地浅層を流れる地下水を主な供給源としていることであり、重炭酸水は、扇状地周辺の標高の高い山体に由来し、比較的深部を経由したものであるということになる。

沸騰泉での蒸気ロス補正

沸騰泉においては、液体成分のみを採取してその同位体比を測定したので、測定データには、井戸管を上昇する途中での沸騰による蒸気分離によって濃縮を受けた影響が含まれている。沸騰前の熱水の温度が分かれば、沸騰による気液分離比が推定され、蒸気分離前の熱水の同位体組成を見積ることができる。ここでは、Na/K 法による化学平衡温度の適用を試みる。Na/K 比から推定された温度は、この地域で掘削中に測定された孔底地温とそれほどかけ離れた値ではなく、Na/K 温度と Cl の関係も不合理ではない。図 6 の Cl 濃度は下記の方法で、沸騰前の値に補正してある。

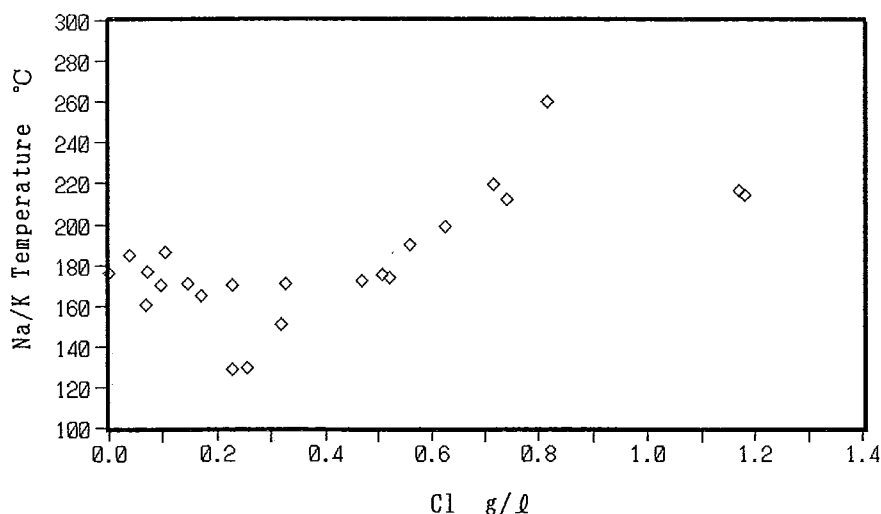


図 6: 沸騰泉の Na/K 温度と蒸気分離を補正した Cl 濃度との関係

熱水が沸騰しながら井戸管内を上昇する途中は、気液間で同位体は平衡にあると考えられる (Giggenbach and Stewart, 1982)。その平衡分離係数を α とし、D あるいは ^{18}O の気、液中の濃度をそれぞれ δ_s 、 δ_w とすれば、

$$1000 \cdot \ln \alpha \approx \delta_w - \delta_s$$

蒸気分離が単一過程で起こるとすると、

$$\delta_s \cdot x + \delta_w \cdot (1-x) = \delta_0$$

ここに、 δ_0 は、蒸気分離前の液相の同位体組成、 x は乾き度で、

$$x = (H_0 - H_w) / (H_s - H_w)$$

で与えられる。 H_0 は、蒸気分離前の熱水のエンタルピー、 H_s と H_w はそれぞれ、分離後の気体と液体のエンタルピーを表わす。

Cl 成分については、蒸気分離後の液体中の濃度を δ_w 、および気体中の濃度を $\delta_s \approx 0$ とし、同様に、分離前の熱水の Cl 濃度 δ_0 を推定することができる。

孔口は大気圧であるとして、孔口における乾き度と、100°C における同位体分離係数を用い、井戸管内での沸騰による液体中の同位体および Cl 濃度の濃縮度を推定してみることにする。

図7は、沸騰による蒸発ロスを補正した後の $\delta^{18}\text{O}$ とCl濃度とを対比させたものである。◇の沸騰泉は、△で示した冷地下水・湧水を一方の端とし、両者の間で正の相関が認められる（記号は、図4と同じ）。 $\delta^{18}\text{O}$ とCl濃度との正の相関は、天水が $\delta^{18}\text{O}$ もCl濃度もともに高い熱水と混合する状態を表しており、合理的のように見える。他方、Na/K温度を用いた補正の正当性も裏付けられており、このことは、混合ののち比較的早く水中の化学成分が周りの岩石と平衡に達することを示唆する。

この図は、また、熱水の多くが蒸気性の温泉水、あるいは扇状地の地下水によって希釈されることも示している。熱水性の温泉水の一部は、下流部の重炭酸水と接する地域で重炭酸水から混入の影響を受けていることは、化学成分から推定されるが、安定同位体比からもそういう重炭酸水の混入による影響が読み取れる。

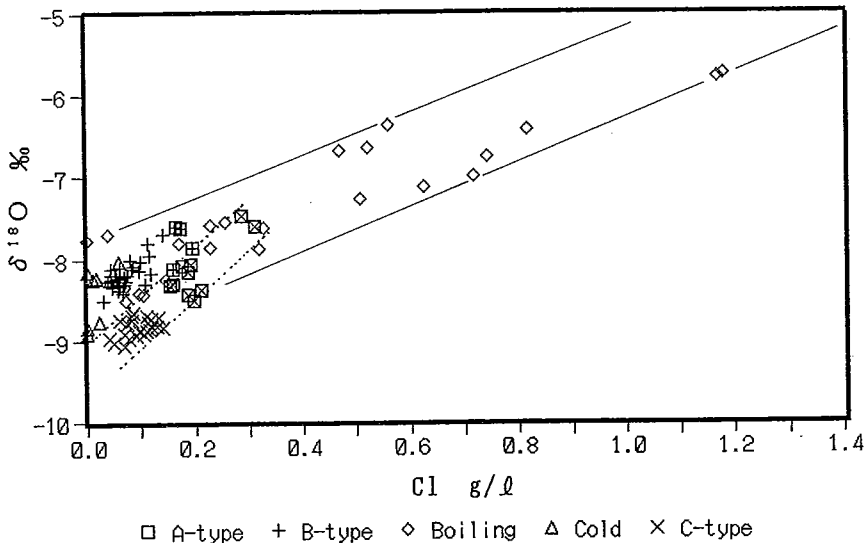


図7: $\delta^{18}\text{O}$ とCl濃度の関係（沸騰泉については蒸気分離を補正）。記号は図3と同じ

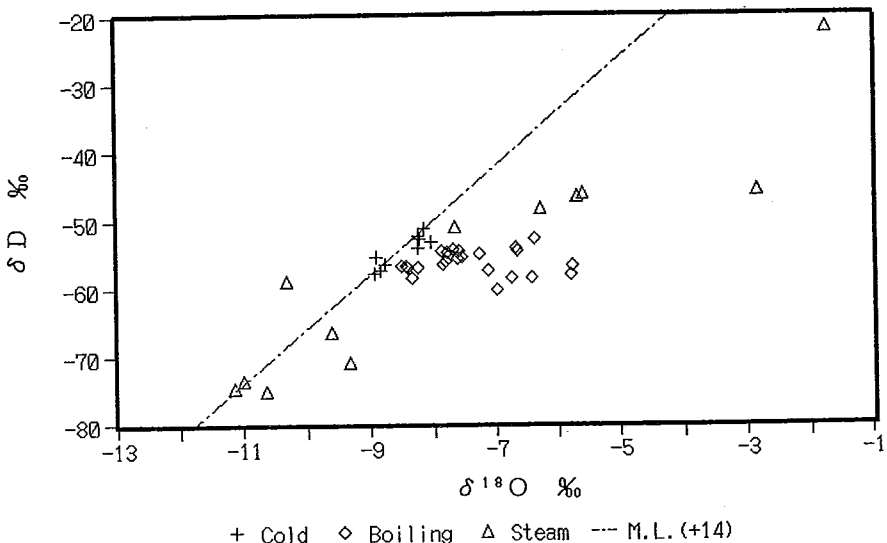


図8: 噴気・沸騰泉および地下水・湧水の $\delta^{18}\text{O}$ とClの関係（沸騰泉については蒸気分離を補正）。記号は図1と同じ

図8は、蒸気分離の補正をした沸騰泉(◇)と、噴気(△)および湧水・冷地下水(+)をプロットしたものである。沸騰泉は、補正前には、図2のように正の勾配を持つように分布するが、沸騰ロス補正後は、ばらつきながらも天水線からほぼ右方に変移(O-シフト)したような分布となる。これは、 $\delta^{18}\text{O}$ とCl濃度との関係で見たように、天水と $\delta^{18}\text{O}$ の重い熱水(少なくとも $\delta^{18}\text{O}$ 値は、-5.8‰より重い)との混合によると解釈できる。この地域の熱水は、浸透した天水が高温の下で単にO-シフトしたものに過ぎず、火山ガスに代表されるような、 δD と $\delta^{18}\text{O}$ がともに高いマグマティックな水(日下部・松葉谷、1986)の寄与はない、あるいは、あるとしても検出できない程度のものであると推定される。

噴気凝縮水の同位体比

噴気凝縮水には、天水(冷地下水・湧水)よりも軽いものと重いものがある。軽いものは、沸騰泉採取地域(すなわち、低地側)に存在する噴気井である(過熱蒸気もある)。これらは、図8の◇で表示した熱水が150℃前後の条件で蒸発したものと見ても矛盾しない。ただ、最も上流部に位置する自然噴気(恵下地獄)は、天水線よりも軽い側にシフトしている。これは、かなり高温(200℃以上)に熱せられた天水から発した蒸気である可能性が高い。

ところで、天水や熱水よりも重い蒸気をどのように解釈したらよいのであろうか。重い組成の蒸気は、沸騰泉採取域よりも高地側に位置するものばかりであり、高温の過熱蒸気から湿度の高いものまで種々の噴気がある。最も重い組成を示すものは、噴気井では最も高地部にあるもの(S11)であり、噴気井とはいえ、湿度が非常に高く、かつ温度も88℃という低温の弱い噴気である。その組成は、天水付近の組成をもつ蒸気が冷却されて100℃付近(浅部)で凝縮したときの液体の組成に近いものである。これは、おそらく、そういう蒸気の供給を常に下から受けて凝縮した水がそのまま噴出したものであろう。

また、 δD に比べて $\delta^{18}\text{O}$ のシフトの著しい噴気(S#1)は、未使用状態にあった地熱発電井のバルブを解放して、噴出する水を採取したものである。これは化学組成からして、蒸気の凝縮水である。井戸管内で多段階の蒸発凝縮を繰り返したものである可能性があり、このデータについては議論に立ち入らないことにする。

この極端に重い2例を除いても、天水より重い蒸気についての解釈には任意性がある。かなり高温に熱せられた天水が多段階的に蒸発・凝縮することによって重くなったとする解釈や、あるいは、熱水から分離した軽い地下蒸気一旦それよりも低温で凝縮し、それが再び加熱されて再蒸発したとする解釈もありうる。しかし、その元となる重い熱水や凝縮水は見い出されてない。温度が250℃以上では、気液間の同位体分別は小さいので、蒸気と熱水の同位体比の差は小さく、かなりの深部にそういう組成の重い地熱水(蒸気・熱水)が存在しているのかも知れない。

さらに、 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 図(図8)上で重い蒸気の分布を見ると、ある正の勾配をもつ線上にあるようにも見える。その方向は、マグマティックと考えられる火山性蒸気の組成(松葉谷ほか、1975; 日下部・松葉谷、1986)に向くものである。もしそうとすれば、重い蒸気は、深部のマグマに発した一次蒸気を含んでいる可能性も考えられる。すなわち、初生水的な水と深部まで浸透した天水とがかなり高温の条件で混合し、それから蒸発したものであるという解釈もありうる。

このように、この地域の重い蒸気同位体比については解釈の余地があまりにも大きい。興味ある問題として、今後の検討課題としたい。

以上のように、この地域の地熱系には、噴気・沸騰泉など地熱水に、天水混入の寄与の大きさが改めて認識された。とくに、トリチウムを含まず、深部由来と考えられていた各種噴気中に(Kitaoka, 1990)、天水に由来する部分が多いという結果は、この地域の地熱水の循環機構を研究する上

で重要な手掛かりを与えるものと思われる。

終わりに、安定同位体比の測定にご指導とご協力をいただいた岡山大学地球内部研究センターの日下部 実教授、千葉 仁博士、そして野儀多鶴恵氏、上水道水源での試料採取に便宜を賜った別府市水道局の職員諸氏、また、採水と化学分析にご協力いただいた京都大学地球物理学研究施設の馬渡秀夫氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) Giggenbach, W.F. and M.K. Stewart(1982): Processes controlling the isotopic composition of steam and water discharges from steam vents and steam-heated pools in geothermal areas. *Geothermics*, **11**(2), 71-80.
- 2) Kitaoka, K.(1990): Water circulation rates in a geothermal field: A study of tritium in Beppu hydrothermal system, Japan. *Geothermics*, **19**(6), 515-539.
- 3) Sakai, H. and O. Matsubaya(1974): Isotopic geochemistry of the thermal waters of Japan and its bearing on the Kuroko ore solutions. *Economic Geology*, **69**(6), 974-991.
- 4) 吉川恭三・北岡豪一 (1982): 別府南部温泉地域における熱水の流動経路と温泉水の形成、大分県温泉調査研究会報告、**33**、1-10.
- 5) 日下部 実・松葉谷 治 (1986): マグマ性揮発物質・火山ガス・地熱水、火山第2集、**30**、S267-S283.
- 6) 松葉谷 治・上田 昇・日下部 実・松久 幸敬・酒井 均・佐々木 昭 (1975): 薩摩硫黄島および九州の二、三の地域の火山ならびに温泉についての同位体化学的調査. 地質調査所月報、**26**(8), 375-392.
- 7) 由佐 悠紀・神山 孝吉・川野 田実夫 (1989): 別府温泉南部域の化学成分長期変化について (2)、大分県温泉調査研究会報告、**40**、21-30.
- 8) 由佐 悠紀・大石郁朗 (1986): 別府市における噴気。沸騰泉の調査 (1) 春木川以南地域、同上、**37**、1-9.

九重硫黄山の変質帯

京都大学理学部

竹村 恵 二
由 佐 悠 紀

はじめに

地熱地域においては地熱活動の影響を受けて岩石が変質し、それにともなってその岩石がもともと有していた磁氣的性質もまた変化する。その磁氣的性質を表現する数値が帯磁率であり、その分布から地熱活動の結果としての変質帯の分布を明らかにすることが可能である。大分県内の地熱地域の解釈のために変質帯の詳細な分布形態を明らかにしていくことは重要なことであり、粘土鉱物分析や成分分析とともに帯磁率の測定を蓄積することが必要と考えられる。この報告では、1989年度および1990年度の別府地域の報告（竹村・由佐，1989，1990）に引きつづき、県内でも有数の地熱地帯である九重硫黄山地域の調査結果を報告する。今回は採取試料の室内での測定とともに、原位置での測定を行ったのでその結果と、試料測定と原位置測定結果の比較、変質帯分布について報告する。

試料採取および帯磁率測定では京都大学理学部馬渡秀夫氏にご協力いただいた。

帯磁率測定

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

測定に使用した帯磁率計はBISON MODEL 3101である。

<室内での測定> (帯磁率の計算上、補正のため必要な数値は試料の径、試料の空隙の量である。
試料ホルダーは1インチのものを使用した)

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

<露頭での原位置測定> (原位置測定のために外部コイルによる Bison 3120 In Situ Coil を使用する)

- ゼロ設定は少なくとも外部コイルの距離の2倍離れた空気中で行う。外部コイルの大きさは約16cmである。

- ・測定は平滑な面を有する岩石や土壌で行う。面の広さは外部コイルの少なくとも2-3倍、厚みは少なくとも外部コイル分は必要である。
- ・対象とする岩石・土壌の面にあて、数回測定を行う。

測定結果と考察

露頭での原位置測定は21地点で行った。測定地点番号、帯磁率を表1に示す。帯磁率測定結果は5段階(0-10, 10-50, 50-100, 100-200, 200<単位は $\times 10^{-6}$ c.g.s.)にわけて図1(中央図)に示した。各地点で表面が平滑な場所をえらび、数点の測定を行った。面の状態による測定結果のばらつきがあるので、最大値・最小値・平均値を示した。測定値は $0\sim 354\times 10^{-6}$ c.g.s.の範囲であり、平均値が $0\sim 10\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す地点は3、 $10\sim 50\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す地点は4、 $50\sim 100\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す地点は3、 $100\sim 200\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す地点は3、 $200\sim 300\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す地点は7、 300×10^{-6} c.g.s.より大きい値を示す地点は1である。最大値が 300×10^{-6} c.g.s.をこす地点は6地点を数える。

採取試料の室内測定は露頭での原位置測定と対応する16試料である。測定結果は表1に示される。測定結果は5段階(0-10, 10-50, 50-100, 100-200, 200<単位は $\times 10^{-6}$ c.g.s.)にわけて図1(右図)に表した。帯磁率の値は $5\sim 368\times 10^{-6}$ c.g.s.の範囲である。 $0\sim 10\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す試料は1、 $10\sim 50\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す試料は4、 $50\sim 100\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す試料は1、 $100\sim 200\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す試料は1、 $200\sim 300\times 10^{-6}$ c.g.s.を示す試料は2、 300×10^{-6} c.g.s.より大きい値を示す試料は7である。

新鮮な岩石試料(角閃石安山岩)の測定値は別府地域の新鮮な角閃石安山岩とほぼ同じ値である。

原位置測定と試料測定と比較では、試料測定値と原位置測定値の最大値が新鮮な試料の場合と同じ程度の結果が得られた。変質した試料の場合には相対的に試料測定値が小さくなる傾向がみられる。新鮮な試料の場合には原位置測定の時表面の平滑度が影響した可能性が高い。しかし、帯磁率値の分布傾向はよく類似しており、原位置測定でよい結果が得られることがわかった。原位置測定の利点として、試料採取が1個の試料でその周辺のかんりの面積を代表させねばならず、試料採取のばらつきが大きくなる可能性があるのに対し、測定が迅速で面積的にも効果的であり、帯磁率が変わる地点での詳細な測定が可能となる。たとえば、90120906aと90120906bは強変質帯から弱変質帯への移行地域の測定であるが、弱い帯磁率を示した90120906aは岩石のジョイント面での測定で、新鮮な岩石の測定値を示した90120906bはジョイントには含まれた部分の測定である。この部分は全体に新鮮にみえていたが測定結果から容易にジョイントにそって変質が進んでいることが現地でも明らかにされ、試料測定でも同様の結果が得られた。

帯磁率値の分布から星生山山頂は新鮮な変質されない岩石が分布しているものの、硫黄山とその谷筋は北北東-南南西方向に変質が著しく、強変質帯と新鮮な部分との境界は非常にはっきりとしていてジョイントにそっての変質が特徴的である。

参考文献

- 1) 竹村恵二・由佐悠紀(1989): 別府地域の岩石の帯磁率測定(その1). 大分県温泉調査研究会報告, 第40号.
- 2) 竹村恵二・由佐悠紀(1990): 別府地域の岩石の帯磁率測定(その2). 大分県温泉調査研究会報告, 第41号.

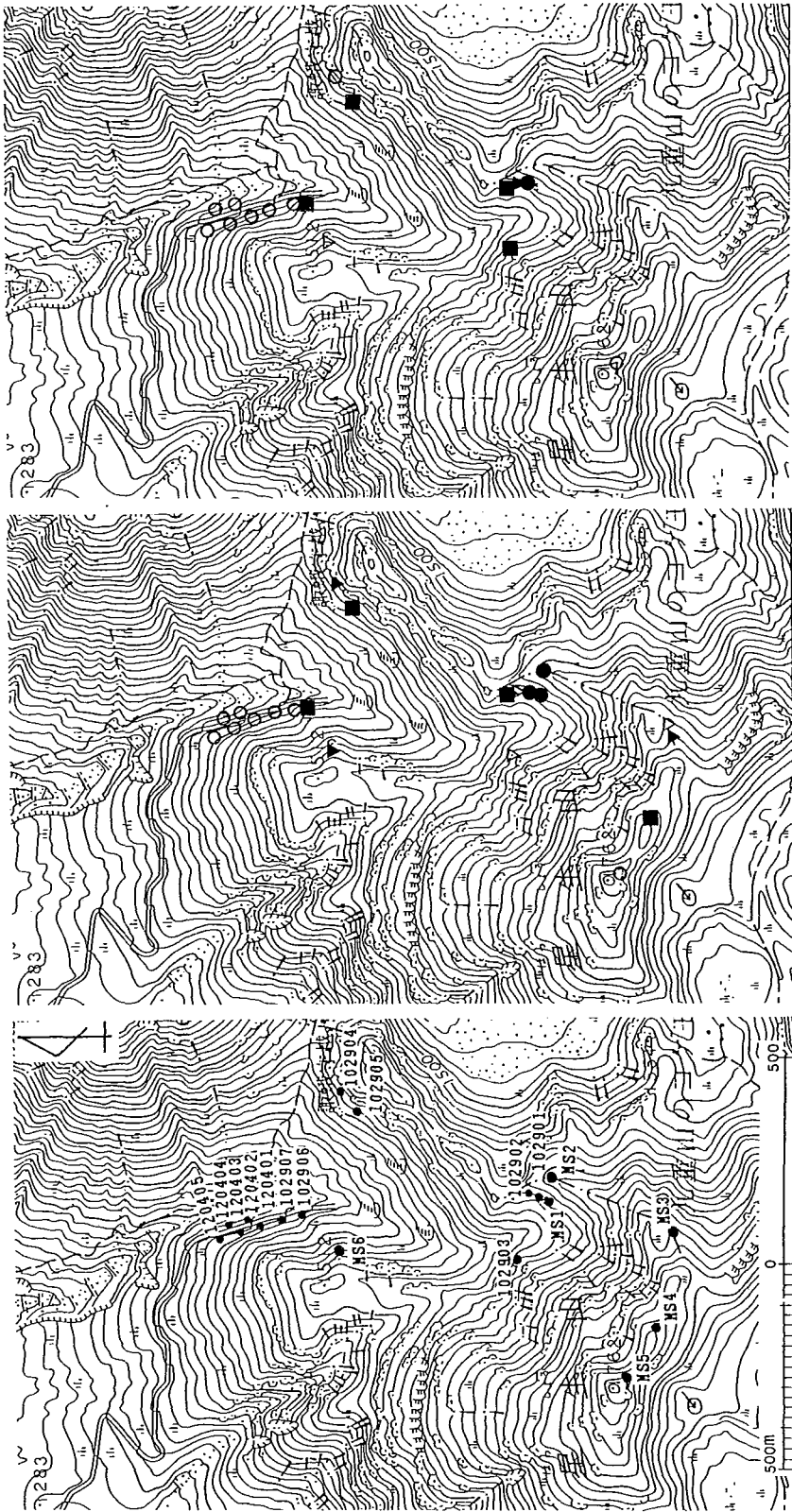
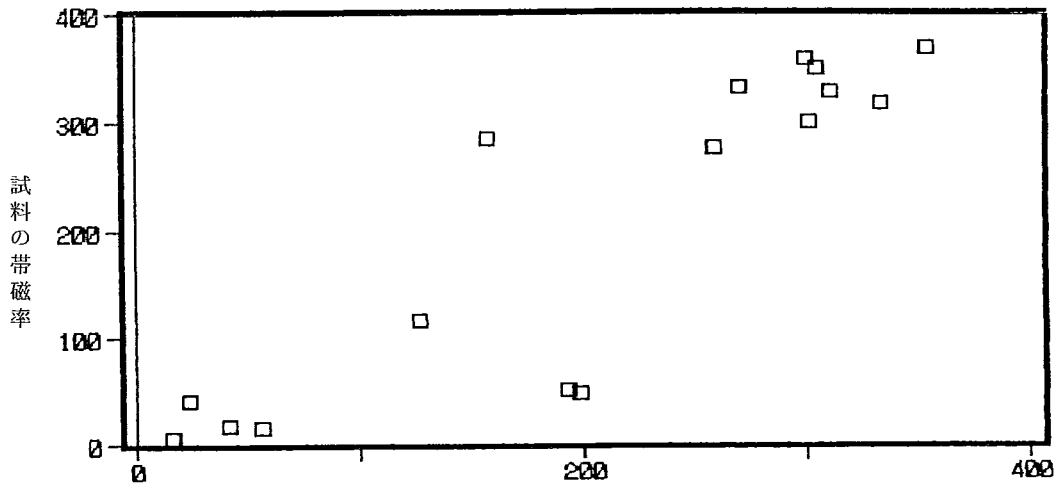


図1 九重硫黄山における帯磁率測定地点および帯磁率分布図。(左図: 測定および試料採取地点) (中央図: 岩石の帯磁率原位置測定)の帯磁率分布図, 黒丸:0-10, 黒四角:10-50, 黒三角:50-100, 白三角:100-200, 白丸:200<, 単位は $\times 10^{-6}$ c.g.s.) (右図: 岩石試料の帯磁率分布図, 記号は中央図と同じ)

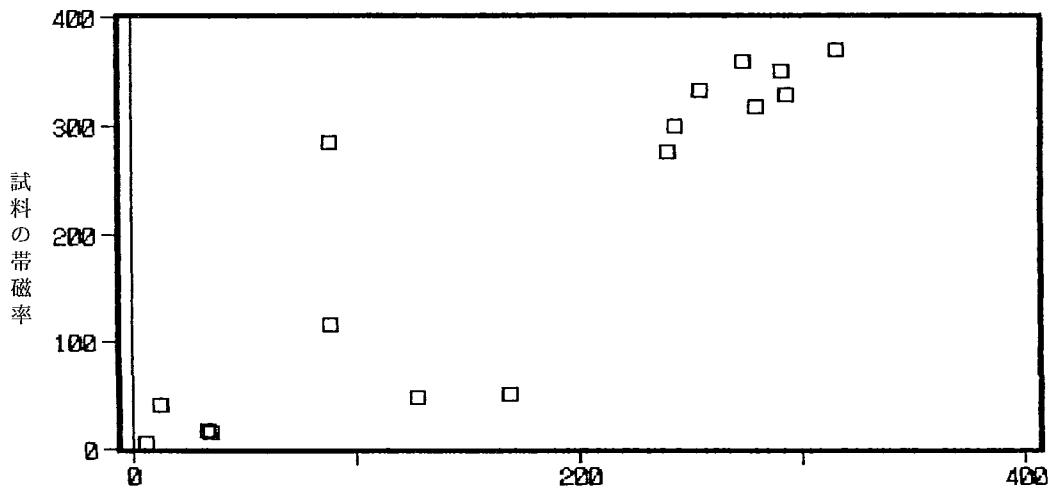
(国土地理院発行 2万5千分の1地形図「湯坪」の一部を使用)

表 1 九重硫黄山における岩石の帯磁率原位置測定地点番号・帯磁率の最大値、平均値、最小値および採取試料の帯磁率・密度（帯磁率の単位は $\times 10^{-6}$ c.g.s.）

地点番号	最大値	平均値	最小値	密度	試料測定値
900713 MS1	8.0	5.3	2.0		
900713 MS2	0.0	0.0	0.0		
900713 MS3-1	167.4	137.9	110.6		
900713 MS3-2	54.0	51.0	47.0		
900713 MS4	67.0	42.1	31.0		
900713 MS5	259.0	240.5	177.0	2.43	275.4
900713 MS6	127.0	88.7	43.0	2.37	116.0
901029 01	16.0	5.5	0.0	1.84	5.8
901029 02-a	193.0	168.2	138.0	2.28	52.3
901029 02-b	23.0	11.8	1.0	2.19	40.9
901029 03	198.0	127.4	35.0	2.27	48.4
901029 04	157.0	88.4	33.0	2.42	284.3
901029 05	56.0	35.0	21.0	2.01	16.0
901029 06a	41.0	33.3	28.0	2.42	17.6
901029 06b	305.0	291.3	284.0	2.54	349.8
901029 07	302.0	243.3	148.0	2.46	300.3
901204 01	300.0	274.0	248.0	2.39	358.6
901204 02	270.0	254.5	239.0	2.34	332.0
901204 03	334.0	279.5	225.0	2.38	316.8
901204 04	311.0	293.3	264.0	2.32	327.4
901204 05	354.0	316.0	260.0	2.37	368.7



原位置測定 の 帯磁率 (最大値)



原位置測定 の 帯磁率 (平均値)

図 2 原位置測定と試料測定 の 比較

痛みと温泉 (2)

— リウマチ性疼痛に対する人工炭酸浴の効果 —

九州大学生体防御医学研究所

内科 田原 亨
安田 正之
延永 正

I はじめに

リウマチ性疼痛に対する温泉の効果は古くより知られており、ほとんどの温泉はリウマチ、神経痛を適応の第1にあげている程である。しかし温泉の鎮痛作用機序はなお不明な部分が多く、前回の調査で血中 β エンドルフィン値の温泉浴による変動について検討したが、少なくとも単純泉浴では明らかな変動はみられず、運動浴によって上昇するものがあるがこれも有意ではないという成績であった¹⁾。

二酸化炭素泉(炭酸泉)は血管拡張作用が強く、古来より心臓泉として、循環器疾患に有効であることが知られているが、もちろんリウマチ疾患にも愛用されている。今回炭酸泉のリウマチ性疼痛に対する効果を検討するため、人工炭酸浴剤(花王バブ)を用いて慢性関節リウマチ(以下RAと略)に対する鎮痛効果を検討した。本浴剤については既に多くの報告があり、その皮膚温上昇作用、抗炎症作用、降圧作用などが確かめられている^{2)~4)}。

II 対象と方法

対象患者は、アメリカ・リウマチ協会(ARA)の旧診断基準⁵⁾でDefinite以上のRA患者で、当科および国立別府病院理学診療科、大分赤十字病院内科に入院中のもの42名(単回浴)と同病院外来通院中のRA患者40名(4週間浴)である。各々の患者を無作為にK群(プラセボ群)とL群(花王バブ群)に分け、患者にはblindで、入浴直前に花王株式会社製のプラセボ剤かバブ剤(1個/150 ℓ 、約100ppm)を入れた、40 $^{\circ}$ Cの浴槽に10分間入浴させ、入浴前後で水銀握力計による握力、疼痛関節数(他動運動痛ないし圧痛のある関節数)、血中 β エンドルフィン値(RIA)を測定した。また浴後自覚感として、湯ざわり、手足の先の温まり、体の芯部の温まり、保温の持続、関節の痛み、関節のこわばり、関節の動き、筋肉のこわばり、体の軽快感、リラックス感、浴後のそう快感の11項目を、非常に良い、良い、やや良い、不変、やや悪い、悪い、非常に悪いの7段階で評価した。

4週間連続浴患者に対しては家庭浴でほぼ同様の条件で入浴してもらい、試験前後で日本リウマチ協会薬効検定委員会によって定められた“委員会が基準としている慢性関節リウマチに対する抗炎症・鎮痛剤の臨床試験実施基準方法”に準じて⁶⁾ランスバリー活動指数、疼痛点数(痛くない0点から、何もせずに安静にしていもうずく3点の4段階評価)、ADL(普通の人とおなじにできるを0点、全くできないを4点とした5段階評価)、医師評価、患者評価、副作用、全般有用度の評価を行った。

データの解析には、 χ^2 -test, t-testを用いた。

III 結 果

総数82名のうち単回浴は42名、連続浴は40名である。対象患者背景は単回浴、連続浴ともK群

とL群の間に差はなかった。観察期間中に脱落した例、あるいは調査用紙記載不備例は除外した。それぞれの例数は表のとおりである。

1 単回浴試験

1) 握力 (図 1)

単回入浴後の握力 (mmHg) はK群が 137.8 ± 64.3 から 150.9 ± 77.2 へ ($p < 0.05$)、L群が 145.6 ± 71.6 から 153.2 ± 77.4 へ ($p < 0.01$)、と両群とも有意に改善した。

2) 疼痛関節数 (図 2)

疼痛関節数はK群が 15.6 ± 10.9 から 14.4 ± 11.7 へ ($p < 0.05$)、L群が 12.4 ± 9.2 から 10.4 ± 9.2 へ ($p < 0.05$) と両群とも有意に改善した。

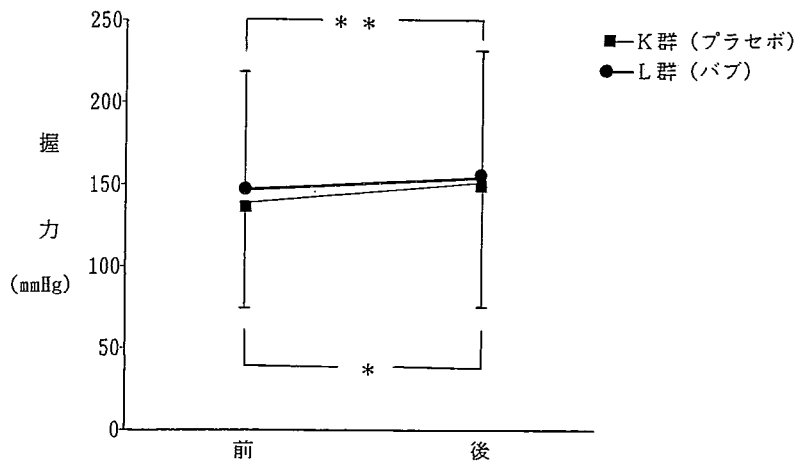


図 1 単回浴による握力の変化
* $p < 0.05$, ** $P < 0.01$ K; n=16, L; n=22

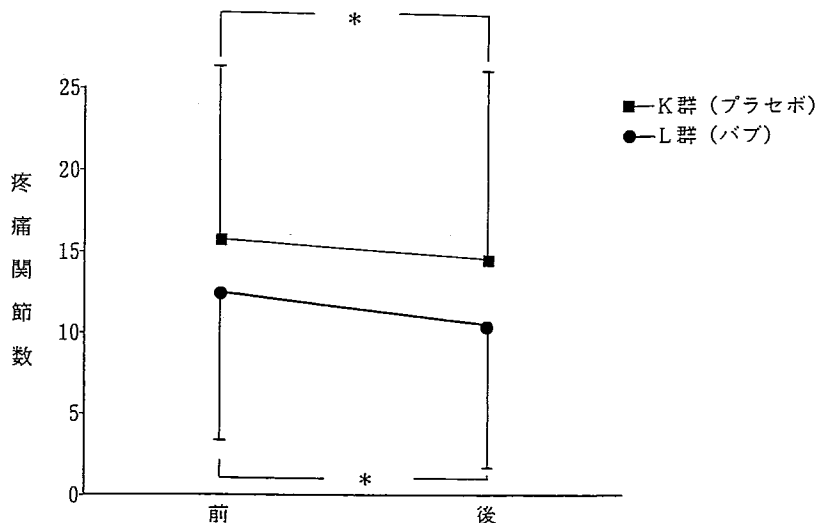


図 2 単回浴前後の疼痛関節数
* $p < 0.05$, K; n=14, L; n=18

3) 血中βエンドルフィン値 (pg/ml) (図3)

血中βエンドルフィン値は16名において測定した。単回浴によってβエンドルフィン値は上昇する例あるいは下降する例と一定しないが平均値はK群が 4.3 ± 1.2 から 3.8 ± 1.3 へ、L群が 5.0 ± 1.6 から 4.7 ± 1.8 へとやや低下した。しかし、いずれも有意な変化ではなかった。

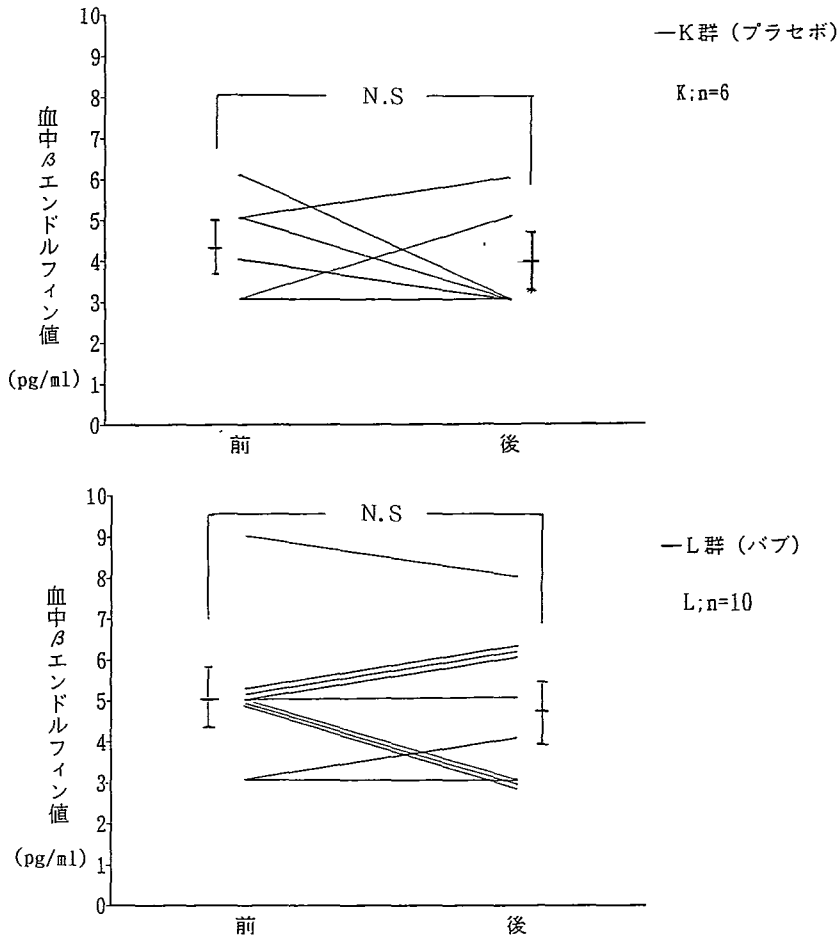


図3 単回浴前後の血中βエンドルフィン値

4) 浴後自覚感

浴後自覚感は試験後半に追加項目として29名で調査した。湯ざわり、手足の先の温まり、体の芯部の温まり、保温の持続などは両群ともやや良い以上で64~90%と高い値であった。それに比べて関節の痛み、関節のこわばり、関節の動き、筋肉のこわばりはやや良い以上は36~64%と低値であった。体の軽快感、リラックス感、浴後のそう快感はやや良い以上で54~70%であった。すべての項目でK群、L群間に有意な差は認められなかったが、湯ざわり、手足の先の温まり、体の芯部の温まり、保温の持続はK群の方が有効率が高く、関節の痛み、関節のこわばり、関節の動き、筋肉のこわばり、体の軽快感、リラックス感、浴後のそう快感はL群の方が有効率が高かった。

2 連続浴 (4 週間)

1) ランスバリー活動指数 (図 4)

4 週間連続入浴の前後でのランスバリー活動指数の変化はK群で 35.9 ± 20.3 から 39.4 ± 22.3 へ、L群では 48.1 ± 18.8 から 47.6 ± 18.1 へと、前者が増加したのに対して後者は減少したが、いずれも有意な変化ではなかった。

2) 疼痛点数 (図 5)

患者の自覚による疼痛点数はK群で 1.4 ± 0.6 から 1.5 ± 0.6 へ、L群では 1.5 ± 0.6 から 1.4 ± 0.5 へと、前者は増悪したが後者は軽快した。しかし、いずれも有意な変化ではなかった。

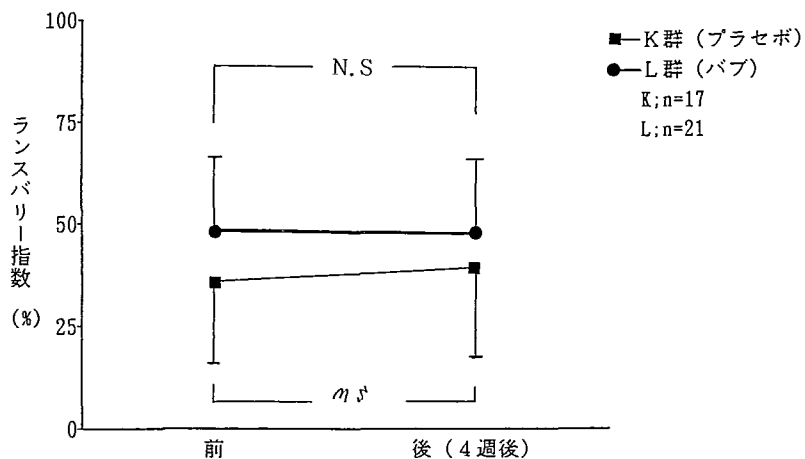


図 4 連浴前後のランスバリー活動性指数

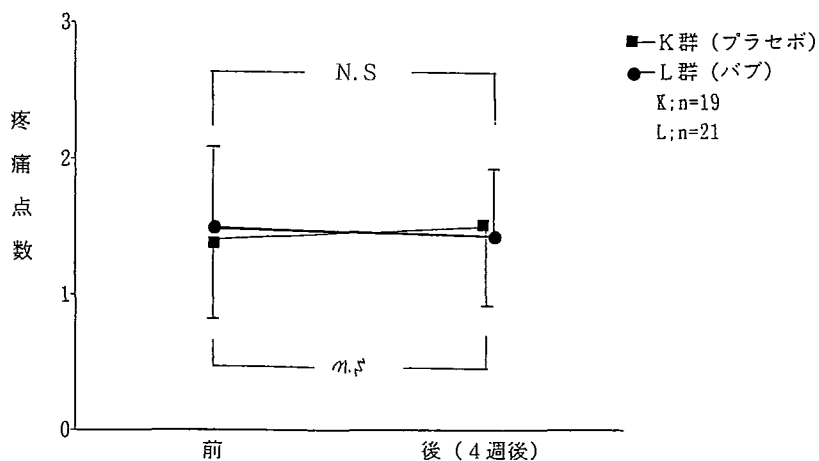


図 5 連浴後の疼痛点数の変化

3) ADL

上肢、下肢を主体としたADLはK群では9.6±6.7から9.9±6.5へと増悪したが、L群では13.6±4.8から12.9±5.1へと改善した。しかし、いずれも有意な変化ではなかった。

4) 患者評価 (表1)

患者評価は“前より良い”以上でK群は17.6%、L群で28.6%であったが有意な差ではなかった。

5) 医師評価 (表2)

医師評価は“やや改善”以上でK群は18.8%、L群で44.4%とL群に高い改善率を示したが有意な差ではなかった。

表1 患者による評価

浴 剤	非常に 良い	前より 良い	不 変	前より 悪い	非常に 悪い	計	良 い 以 上	
K (プラセボ)	1	2	13	1	0	17	17.6 %	(χ^2 検定)
L (バ ブ)	1	5	12	3	0	21	28.6 %	NS

NS = not significant

表2 医師の評価による全般改善度

浴 剤	著 明 改 善	改 善	や や 改 善	不 変	や や 悪 化	悪 化	著 明 悪 化	計	や や改 善以 上	
K (プラセボ)	0	1	2	12	1	0	0	16	18.8 %	(χ^2 検定)
L (バ ブ)	0	3	5	8	2	0	0	18	44.4 %	NS

NS = not significant

6) 副作用

K群、L群とも特記すべき副作用は認められなかった。

7) 全般有用度

最終的な全般有用度は“やや有用”以上でK群は31.3%、L群は50.0%とL群の方が高い有用度であったが有意な差ではなかった。

IV 考 察

今日RAの治療には、患者の全生活を配慮した管理計画が必要であり、その管理計画には物理療法、休養、教育を基礎療法とし薬物療法、手術、ステロイド関注を行う、いわゆるピラミッド治療が行われている⁷⁾。本邦やヨーロッパでは古くから温泉治療が行われており、抗炎症、抗アレルギー作用や下垂体、副腎皮質、性腺系賦活作用等が考えられており⁸⁾、今も物理療法の一端として治療やリハビリに応用されている。また、実際、RA患者のほぼ半数は温泉療法を経験している⁹⁾。しかしながら、RAは長期にわたる疾患であり、短期間の温泉浴では効果は不十分である。近年、人工入浴剤が多数開発されて来ており、特に人工炭酸浴剤の有用性の報告が散見される²³⁾⁴⁾。炭酸泉は一般的には心臓泉として循環器疾患に有効とされるが、人工炭酸浴剤については、抗炎症効果や鎮痛効果も報告されている³⁾¹⁰⁾。そこで、我々はRA患者に対して、人工炭酸浴剤(花王バブ)とプラセボ剤を用いてその効果を比較した。その結果、単回浴では花王バブ、プラセボ剤とも握力、疼痛関節数の改善を認めたが、握力の有意性はバブ剤の方が大であった。浴後の自覚感は花王バブ、プラセボ剤間に有意な差は認められなかったが、関節の痛み、関節のこわばり、関節の動き、筋肉のこわばりなどに対しては花王バブの方が有効率は高かった。単回浴の血中 β エンドルフィン値は花王バ

ブ、プラセボ剤とも低下の傾向を示したが有意ではなかった。 β エンドルフィン¹¹⁾は31個のアミノ酸基よりなるペプチドで、主として下垂体前葉より産生され、種々の身体的ならびに精神的ストレスに影響される¹¹⁾。今回の試験では血中 β エンドルフィン値はバブ、プラセボ浴とも低下の傾向を示したがその意味は不明である。今後の検討が必要であろう。

4週間連続浴では花王バブ、プラセボともランスバリー活動指数、疼痛点数、ADLに試験前後で有意な変化を与えなかったが、バブ浴ではいずれも改善傾向を示したのに対して、プラセボ浴では悪化傾向を示したのが注目された。さらに患者評価は“良い”以上でプラセボ剤が17.6%、花王バブ剤が28.6%、医師評価も“やや改善”以上でプラセボ剤が18.8%、花王バブ剤が44.4%、全般有用度も“やや有用”以上でプラセボ剤31.3%、花王バブ剤が50.0%と花王バブ剤の方がいずれも高い有効率を示した。したがって、RAに対して花王バブ剤はさら湯と比較すると有意ではないにしても“良い傾向にある”と考えられた。本試験に使用した花王バブ剤の濃度は約100ppmであり¹²⁾、天然の炭酸泉に比べれば非常に低い濃度である。この濃度でも皮膚血流増加、保温持続効果がある、と報告されている¹³⁾¹⁴⁾ので、これらがRAに対しても有効に作用したものと考えられる。

V ま と め

- 1) RA患者に対して単回浴では人工炭酸浴剤花王バブと、プラセボ剤はともに握力、疼痛関節数を有意に改善した。ただ握力改善の有意性はバブの方が大であった。
- 2) 単回浴後血中 β エンドルフィン値は花王バブ、プラセボ剤によってともに低下の傾向を示したが有意な変化ではなかった。
- 3) 4週間連続浴では花王バブ、プラセボ剤ともランスバリー活動指数、疼痛点数、ADLに有意な変動を与えなかったものの、バブではいずれも改善傾向を示したのに対してプラセボ剤は悪化傾向を示した。さらに患者評価、医師評価、全般有用度もいずれも花王バブのほうが高い有効率を示したが有意ではなかった。

参考文献

- 1) 延永 正, 藤井郁夫: 痛みと温泉. 大分県温泉調査研究会報告 41号: 25~27, 1990
- 2) 前田真治, 高橋由美, 頼住孝二他: 人工炭酸浴剤の褥創温湿布療法における皮膚温の変化. 日温気物医誌 53:195-199, 1990
- 3) 萬 秀憲, 江口泰輝, 砂川 満他: 人工炭酸浴に関する研究(第6報)人工炭酸浴の炎症に対する作用. 日温気物医誌 49:113-117, 1986
- 4) 田中信行, 日吉俊紀, 川平和美他: 人工炭酸泉浴(花王バブ浴)による本態性高血圧症の血圧・循環機能の変化. 日温気物医誌 50:87-93, 1987
- 5) Ropes, M. W., Bennett, G. A., Cobb, S. et al.: Diagnostic criteria for rheumatoid arthritis. 1958 revision. Ann. Rheum. Dis. 18:49-52, 1959
- 6) 七川欽次, 菅原幸子, 東 威他: 委員会が基準としている慢性関節リウマチに対する抗炎症・鎮痛剤の臨床試験方法. リウマチ 23:254-267, 1983
- 7) Lightfoot, Jr. R.W.: Treatment of rheumatoid arthritis. In: Arthritis and Allied Conditions. ed McCarty, D. J. Lea & Febiger. Philadelphia, 11th ed. 772, 1989
- 8) 矢野良一: リウマチの臨床. 日内会誌 55:387-404, 1966
- 9) 間 得之: リウマチの温泉療法. 日温気物医誌 41:18-20, 1977
- 10) 萬 秀憲, 江口泰輝, 砂川 満他: 人工炭酸浴に関する研究(第5報)血中乳酸量及び筋肉痛に与える人工炭酸浴の影響. 日温気物医誌 49:89-94, 1986

- 11) 加藤 譲: β -エンドルフィン, 日本臨床 47:1047-1051, 1989
- 12) 萬 秀憲, 久保裕一郎, 江口泰輝他: 人工炭酸浴に関する研究 (第3報) 人工炭酸泉調製の基礎的問題と飛散炭酸ガス濃度の影響について, 日温気物医誌 48:79-85, 1985
- 13) 萬 秀憲, 久保裕一郎, 江口泰輝他: 人工炭酸浴に関する研究 (第1報) 炭酸泉の有効炭酸濃度について, 日温気物医誌 47:123-129, 1984
- 14) 萬 秀憲, 久保裕一郎, 江口泰輝他: 人工炭酸浴に関する研究 (第2報) 炭酸ガス浴剤の皮膚血流増加作用と保温作用, 日温気物医誌 47:130-136, 1984

不整脈と温泉(2)

九州大学生体防衛医学研究所気候内科

矢 永 尚 士、畑 洋 一
 畑 知 二、矢 野 健 一
 川 村 熙 子、足 立 み ち る
 熊 埜 御 堂 彰 子、牧 野 直 樹

目 的

入浴という大切な日常生活行動について不整脈患者がどのような習慣をもっているか、人工温泉浴は自律神経安定作用を有するかの2点について検討することを目的とした。

方 法

1) アンケート調査

気候内科外来および入院患者計11例(男5例、女6例)、年齢41~78歳を対象として入浴習慣について質問紙法を用いて実施した。回収率100%で、脱落0であった。

2) 人工温泉浴の効果 表1 方 法

24時間心電図あるいは普通心電図の2回以上の記録により、安定した不整脈の出現を示す4例を対象とした。基礎疾患は心室性期外収縮、陳旧性心筋梗塞、慢性胃炎・洞不全症候群、安静狭心症各1例であった。入浴のプロトコルを表1に示すが、狭心症と温泉の部でのべたのと同様であった。

1	不整脈患者 24時間心電図あるいは普通心電図で不整脈のあるもの 2回の心電図記録で安定して出現しているもの 心不全(-) 水治療法・併用療法 可						
2	プロトコル						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>水治療法前</th> <th>2週間後</th> <th>4週間後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>人工温泉(硫酸ナトリウム)浴 偽薬浴</td> <td>200g/200ℓ 同量</td> <td>浴温 40℃、全身浴 10分</td> </tr> </tbody> </table>	水治療法前	2週間後	4週間後	人工温泉(硫酸ナトリウム)浴 偽薬浴	200g/200ℓ 同量	浴温 40℃、全身浴 10分
水治療法前	2週間後	4週間後					
人工温泉(硫酸ナトリウム)浴 偽薬浴	200g/200ℓ 同量	浴温 40℃、全身浴 10分					
3	計測項目 R-R心拍数(msec) mean, max, min, S.D., CV 心電図(不整脈) 血 圧 血中ホルモン: アドレナリン、ノルアドレナリン、レニン、コルチゾール、 β-エンドルフィン						
4	評 価 問診・総合判定(主観的および客観的評価)						

成 績

1) 入浴習慣についてのアンケート調査

(1) 風呂は温泉か、水道水か。

温泉である9例(81.8%) 水道水である2例(18.2%)

(2) 熱い風呂が好きか、ぬるい風呂が好きか。

熱い風呂3例(27.3%) ぬるい風呂8例(72.7%)

(3) 風呂は長風呂か、すぐ上がるか。

長風呂2例(18.2%) すぐ上がる9例(81.8%)

(4) 風呂から上がったらずぐ寝るか、寝ないか。

- すぐ寝る 2 例 (18.2%) すぐ寝ない 9 例 (81.8%)
- (5) 風呂は一番風呂か、そうでないか。
 一番風呂 3 例 (27.3%) そうでない 8 例 (72.7%)
- (6) 風呂にはいって気分が悪くなったことがあるか、ないか。
 ある 2 例 (18.2%) ない 9 例 (81.8%)
- (7) 毎日はいるか、はいらないか。
 はいる 8 例 (72.7%)、はいらない 3 例 (27.3%)
- (8) 温泉は体によいと思うか、思わないか。
 思う 9 例 (81.8%) 思わない 2 例 (18.2%)

3) 人工温泉浴の効果

偽薬浴 (P) では労作時息切れ減、動悸、胸痛を認めたが人工温泉浴 (T) では軽快した。しかし臭いが強すぎると訴えたものが 4 例中 3 例に認められた。収縮期血圧 P vs T は 125.8 ± 5.5 vs 118 ± 9.4 mmHg、拡張期血圧のそれは 74.8 ± 7.7 vs 81.5 ± 4.4 mmHg であった (n=4、N.S)。CV 値は 2.9 ± 1.4 から $3.4 \pm 1.1\%$ (n=2、N.S) と僅かに上昇傾向を認めた。ノルアドレナリン (ng/ml) は P では 0.34 ± 0.22 、T では 0.57 ± 0.47 、アドレナリン (ng/ml) は P では 0.07 ± 0.02 、T では 0.08 ± 0.10 (n=4、N.S) で軽度増加を認めたが有意ではなかった。βエンドルフィン (Pg/ml) は 10.5 ± 0.58 から 11.3 ± 2.9 (n=4、N.S) で僅かに上昇傾向を認めた (表 2)。

表 2 人工温泉浴のカテコラミン、β-エンドルフィン、CV 値に対する作用

項	目	n	偽薬浴	人工温泉浴	P-value
ノルアドレナリン	(ng/ml)	4	0.34 ± 0.22	0.53 ± 0.47	N.S
アドレナリン	(ng/ml)	4	0.03 ± 0.02	0.08 ± 0.10	N.S
β-エンドルフィン	(pg/ml)	4	10.5 ± 0.58	11.30 ± 2.9	N.S
C	V (%)	2	2.9 ± 1.4	3.40 ± 1.1	N.S

n = 4

考察および総括

不整脈の発生に関与する要素は 1) 疾患、2) 加齢、3) 自律神経緊張異常、4) 好発時刻、5) 寒冷および暑熱が主なものである。不整脈の薬物療法、外科療法は著しい進歩をとげているが、今日でも大切なのは原因および誘因の除去である。薬物療法や外科療法は強力であるが副作用もある。この点温泉療法は自律神経調整作用を有するという点で、不整脈予防については急死予防の可能性があり興味がある。その系統的研究は成人病予防上極めて有意義と考えられる。

狭心症と温泉

九州大学生体防御医学研究所気候内科

矢永尚士、畑洋一
畑知二、矢野健一
川村熙子、足立みちる
熊埜御堂 彰子、牧野直樹

目 的

狭心症や心筋梗塞は、最近増加しつつあり、国民の保健上、無視できない病気となっている。その治療法は最近、飛躍的に進歩しているが、なんといっても大切なのは日常生活の摂生である。入浴や温泉浴は、特に大切な位置を占めている。われわれは今回、狭心症患者が入浴をいかに考え利用しているか、その効果はどうかについて検討した。

方 法

当科外来および入院中の狭心症患者男4例、女4例、計8例、年齢46歳～74歳を対象とした。基礎心疾患は前壁梗塞1例、安静狭心症3例、安静兼労作狭心症1例、SyndromeX1例、左単冠動脈1例、異型狭心症1例であった。自覚症状は労作時息切れ感2例、狭心痛6例であった。心電図上、すべての例でST-T変化を伴っていた(表1)。

表1 狭心症群

患者	年齢	性	診 断	自覚症状	発作時ないし安静時ST-T変化
1 K.M.	46歳	M	前壁梗塞	労作時息切れ感	QS型(V ₁ -V ₃) 心室性期外収縮
2 T.Y.	58歳	M	安静狭心症	動悸、胸痛	ST低下(+)、心室性期外収縮
3 K.A.	70歳	M	肥大型心筋症 安静狭心症	胸痛	ST低下(+)
4 Y.H.	55歳	F	安静狭心症	胸痛	ST低下(+)、T低下(+)
5 A.S.	74歳	F	下壁梗塞 安静兼労作狭心症	胸部圧迫感	ST低下(+)、T低下(+)
6 H.E.	47歳	F	SyndromeX	胸痛	T陰性(+)
7 Y.E.	51歳	F	左単冠動脈	労作時息切れ感	ST低下(+)、T低下(+)
8 H.K.	63歳	M	異型狭心症	胸痛	ST上昇(+)、T上昇(+)

全例についてアンケート調査を行い、うち2例については人工温泉浴の効果について検討した。すなわち家庭浴槽あるいは研究所内浴槽を利用し、偽薬浴を2週間、次いで人工温泉浴(硫酸ナトリウム200g/200L)を2週間行った。浴温は42°C、全身浴は10分間とした。入浴は原則として17:00～19:00とし各相の最終日に自覚症状の問診、血圧測定、Auto Cardiner(フクダ電子(株))を用い、心電図、CV値の測定を行った。さらに静脈血を採血し、カテチールアミン、βエンドルフィンの測定を行った。

成 績

1) アンケート調査の結果

(1) 風呂は温泉水か、水道水か。

温泉水6例(75%) 水道水2例(25%)

(2) 熱い風呂が好きか、ぬるい風呂が好きか。

- 熱い風呂 2 例 (25%) ぬるい風呂 6 例 (75%)
- (3) 風呂から上がったらずぐ寝るか、寝ないか。
寝る 2 例 (25%) 寝ない 6 例 (75%)
- (4) 風呂は一番風呂か、そうでないか。
一番風呂 5 例 (62.5%) 一番風呂でない 3 例 (37.5%)
- (5) 風呂にはいって気分が悪くなったことがあるか、ないか。
ある 1 例 (12.5%) ない 7 例 (87.5%)
- (6) 毎日はいるか、はいらないか。
はいる 5 例 (62.5%)、はいらない 3 例 (37.5%)
- (8) 温泉は体によいと思うか、思わないか。
思う 6 例 (75%) 思わない 2 例 (25%)

2) 人工温泉の効果

症例 1 46 歳、男 主訴 労作時息切れ感 (表 2)

3 年前に前壁梗塞の発作があり、入浴加療を行い軽快したが、労作時息切れ感が消失しないので再入院した。入院時血圧は 110/80 mmHg、心電図は V1-4 で QS 型を呈し、前壁梗塞を認めた。

表 2 臨床所見 (症例 1)

主 訴：労作時息切れ感
診 断：心筋梗塞 (前壁)
検査所見：血 圧 110/80 mmHg
心電図 Q S (V₁ - V₄)
心室性期外収縮
心胸廓比 56 %
尿 蛋 白 (-)
コレステロール 193 mg/dl
B U N 17.1 mg/dl
C r 1.11 mg/dl
U A 8.9 mg/dl
K 5.2 mEq/dl
心力テ所見：90 % 狭窄
左前下行枝、前壁中隔・心尖部壁運動不良

表 4 臨床所見 (症例 2)

主 訴：動悸・狭心痛
診 断：狭心症候群・心室性期外収縮
検査所見：血 圧 132/70 mmHg
心胸廓比 48 %
心 電 図 心室性期外収縮
ST ↓ T ↓ (I、V₅、₆)
尿 蛋 白 (-)
コレステロール 210 mg/dl
B U N 15.9 mg/dl
C R N 1.02 mg/dl
K 4.2 mEq/dl
血 糖 103 mg/dl

表 3 人工温泉による心電図の変化 (症例 1)

	偽薬浴		人工温泉浴	
労作時息切れ感	-		-	
〈モニター心電図〉	VPC	SVPC	VPC	SVPC
前 (/ 3 min)	0	0	1	0
入浴 中 (/ 8 min)	4	0	4	0
後 (/ 3 min)	4	0	0	0
〈ホルター心電図〉				
average H.R.	58		61	
max H.R.	93		116	
VPC (triplets)	391		53	
(couplets)	761		179	
(total)	10,294		3,280	

表 5 人工温泉と心電図所見 (症例 2)

	偽薬浴	人工温泉浴
動 悸	+	-
胸 痛	1 回 / 週	- / 週
めまい	+	-
暖まり	±	±
臭いが強い	++	++
心 電 図		
心拍数 (/ 分)	85	73
C V (%)	1.84	2.58
血 圧 (mmHg)	128/82	124/78
アドレナリン (ng/ml)	0.04	0.05
ノルアドレナリン (ng/ml)	0.53	0.46
コーチゾル (μg/dl)	8.1	8.0
β-エンドルフィン (pg/ml)	11	12

心胸廓比は56%で軽度の心拡大があり、尿蛋白(一)、高脂血症も認めなかったが尿酸値がやや高値を呈した。冠動脈造影では左前下行枝に90%狭窄を認め、前壁中隔・心尖部壁の運動は不良であった。

本例は入院後、偽薬浴中でも息切れ感なく人工温泉浴中でも自覚症状を認めなかった。入浴中の心電図は図に示す如く入浴中是不整脈は少数で、ST低下も認めなかった(表3)。

症例2 58歳、男 主訴 胸痛(表4)

心電図では起立時にIおよびV5、6にST低下を認めた。血液検査では軽度の高脂血症以外に異常を認めなかった。偽薬浴中では狭心痛を認めたが、人工温泉浴中では狭心痛はなかった(表5)。

考察および総括

少数例ではあるがアンケート調査の結果、狭心症患者は自ら、ぬる湯、短時間浴などの好ましい入浴習慣をもっていることがわかった。さらに2例ではあるが、人工温泉は浴中ST-T変化を認めず安全であり、特に第2例では胸痛の消失をみた。

東海大の田辺らは第46回日本循環器学会総会(1982年)において、入浴のさい狭心症患者ではST変化42%、陳旧性心筋梗塞23%がST-T変化を示し、シャワーではそれぞれ11.8%、27.8%がST-T変化を示したとのべている。この成績から狭心症患者の方ではシャワーの方が入浴より負担が軽いと考えられる。

適温であれば人工温泉浴は心拍数減少、血圧下降、心機能改善が期待されるが、温浴は血液濃縮や反射性血管収縮の可能性もある。温泉の効果の予測法、評価法についての検討は未だ充分でなく、今後さらに検討が必要である。

温泉権紛争の調査と研究（Ⅰ）

（大分大学） 大野 保 治

目 的

はじめに

- | | |
|---------------------|----------------------|
| I 温泉の権利にかかわる紛争と形成要因 | 4 掘削許可と附款をめぐる紛争 |
| 1 温泉権紛争と法社会的背景（総説） | 5 掘削地が特別な地域の場合での紛争 |
| 2 旧慣温泉権と近代法的温泉権との紛争 | 6 地熱開発をめぐる紛争 |
| 3 温泉の諸権利と紛争の形成要因 | (以上 本号報告) |
| 4 温泉利用権とそれに伴う紛争 | III 温泉の権利紛争の具体的事例 |
| 5 温泉権紛争と公示方法 | IV 温泉の掘削紛争の具体的事例 |
| II 温泉の掘削に伴う紛争と形成要因 | V 温泉紛争の防止と調停（公開聴聞）など |
| 1 温泉掘削と源泉地をめぐる紛争 | VI 結び |
| 2 掘削と距離制限をめぐる紛争 | (以上 次号報告予定) |
| 3 代替掘削と増掘にかかわる紛争 | |

本稿は、(財)新エネルギー財団(通産省資源エネルギー庁の外郭事業団体)が昭和57年度から同62年度にかけて例年主催した地熱開発セミナー(東京六本木 研修センター霞会館にて)で、筆者が担当した講目「地熱開発と温泉法」のうち温泉権紛争の分野を、今回改めて論文調に書き改めたものである。

はじめに

現在、温泉に関する制定法には、戦後昭和23年に制定された「温泉法」(法律第125号)があるだけである。だが、この法規は「温泉の掘削および利用に関する行政的監督ないし取締りを内容とする行政法規」と説かれており、温泉に関する私法関係を規定するものではない。温泉に対する権利、いわゆる「温泉権」にかかわる実定法(実体法)は、今日まで制定をみていないのである。

今日、温泉権は、1種の財産権として大きな価値を持っているにもかかわらず、これを規律した国家制定法が存在しないため、その内容や効力において明確な法的基準がなく、紛争(争訟)になっても苦慮する場合が少なくない。温泉の財産的価値が今日いっそう増大し、取引も日常化するにつれて権利関係や掘削をめぐる混乱と紛争は、しだいに増大するものと考えられる。このような傾向は、全国一を誇る“温泉県—大分”でも、例外ではない。早急に温泉権紛争を処理するための客観的基準が定められなければならないと考えるが、その立法的措置は期待すべくもない。したがって、それまでは紛争の発生・形成の諸要因と事実関係とをつぶさに調査し、法の不備・不完を補うため過去の判例や地域慣習、また事物の法則ないしは法理に照らして行政指導を加えつつ、温泉紛争を個別に処理していく以外に良い方法はないのではあるまいか。

本稿は、こうした法社会的事情の下にあって、温泉の権利と掘削の各領域に現われる紛争の法理と形成要因に視点をむけ、アプローチを試みたものである。県下の温泉地における温泉権の実態については、過去20年間、本誌上に報告してきたが、温泉(権)紛争についても、その都度、簡略ながら触れておいた。今回、かねがね問題意識を持っていたことから本課題に取り組んだが、細部にわたってはなお誤解や不徹底の責は免れない。会員各位のご協力とご教示を切に望みたい。

I 温泉の権利にかかわる紛争と形成要因

1 温泉権紛争と法社会的背景（総説）

温泉に対する権利とは、そもそも、法学上どのように説かれているのであろうか。

いわゆる「温泉権」と称されている権利は、その権利内容（利用や管理の仕方）や権利主体（性格や構造）など核心的部分が不明確・不安定なまま今日に至っているため、法的混乱を招き、ひいては社会的紛争（温泉権紛争）から訴訟（温泉裁判）に発展することも珍しくない。

周知のとおり、一般に法学の領域に現われる権利は、大別して「公権か私権」である。戦前、温泉をもって鉱物——公物の1種——と解し、その権利を公権と位置づけた上で、(旧)鉱業法（明38制定）に擬えて鉱泉法制定を唱えた公法学者（代表的学者としては美濃部達吉博士）もいたが、実現をみるに至らなかった。大審院をはじめ裁判所の判例は、おおむね温泉の権利をもって私権と解し、学説もまた、広くこれを承認したのである（戦後温泉法の制定で、このような学問的論争は見られなくなった）。

さて、このような温泉に対する権利は、歴史的には複雑な展開を遂げてきた。その具体的な展開や法的構成の詳細は次節以下に述べるとして、本節では、温泉権紛争の背景にある社会的（広義）諸要因について触れてみる。

日本人がこよなく愛する温泉の利用——主に入浴——は古くから続いた慣習であるが、その権利関係は、山林原野の入会権、海・河川での沿岸漁業権、また農村における灌漑水利権等に類似しており、明治以前（旧幕時代）の農村共同社会において生成し、その後発展を遂げてきたものである。このような旧慣上の温泉権は、元来、地域社会（村落集団）の住民によって共同的に支配され、その秩序は、その地域集団の内部統制によって支持されていた。ところが明治維新以後、旧来の伝統的な社会秩序（旧慣秩序）が大きく変貌を遂げるに至った。すなわち、かつての共同社会は、とりわけ日本経済の発展過程に捲き込まれるに従って解体を余儀なくされ、また明治以降の町村制の施行も、結局は村落集団の旧慣秩序を弛緩させ、その結果、集団内部における社会統制機能を無力化した。こうした明治期の日本の社会変革によって生じた混乱は、温泉の利用関係においても地域紛争を呼び、ときに温泉権訴訟にも発展した。こうして明治も終末期、温泉が存在する各道府県では、警察による権力行政の色濃い鉱泉取締規則が制定をみるに至ったのである（大分県鉱泉取締規則——明治44年制定）。

大正期、温泉紛争の形成要因には、まず社会構造の変化——第1次大戦を主要な原因にしたそれ——を指摘することができよう。この社会変革で、これまで閉鎖的・静態的であった村落は、温泉の利用関係でも、村落構成員以外の人々の参加で動揺をきたした。すなわち、旧慣秩序の弛緩と社会統制の無力化が、温泉紛争への途を切り開いたのである。このような社会的要因のほか、経済的要因も無視できない。日本資本主義の展開は日露戦争後、徐々に農村部にも浸透したため温泉利用の形態にも影響が現われ、伝統的な共同（集団）利用から個別の利用へと進んだ。その背景には自家用温泉を望む近代法（民法）の普及と近代的権利意識の高揚、それを可能にした経済力の抬頭——第2次大戦後のそれに比肩すべくもないが——があった。こうした世相は昭和初期にかけて、やがて温泉の掘削競争（濫掘傾向）を生み、当時あって、温泉地での社会問題として世の注目を集めたのであった（例えば別府浜脇温泉）。

第2次大戦後しばらくして、上記の濫掘傾向は、高度経済成長期に一段と過熱した形で再現する。日本経済の驚異的復興は、一面では観光ブームを招き、とくに観光温泉地にあっては資本的企業による温泉開発が著しく進み、温泉の権利関係も近代法体系の中で、また近代法的権利関係をもって展開した。ところが一方には旧慣秩序が温存し、これを支える前近代的意識との対立は、旧慣温泉権と近代法的温泉権との対立となって現われ、温泉権紛争をいっそう複雑化した（次

節)。法的に表現するなら、この権利形態の複雑性は、また一面では、権利主体の利害の複雑性に他ならない。例えば、温泉権の主体をとってみても、一方に旧来の温泉利用集団と、これに多かれ少なかれ結びついた地域有力者たる旅館業者（とその集団）とがあり、他方には、地域集団の統制の及ばない強大な政治力をも動員しうような巨大な観光資本の利害があって、熾烈な対抗関係をも生んだのであった。

また、温泉の掘削をめぐる、近代的な土地所有権の効力を主張して自由な温泉掘削を試みようとする者の利害と、数百年にわたり旧慣秩序の下に共同利用してきた者とが、これまで対立・抗争する（第Ⅱ章で述べる）。これら各種各態の温泉をめぐる紛争現象は、県段階や国段階で種々の政治力と結びついて、温泉行政の推進を阻害する大規模かつ深刻な温泉権紛争の発生要因ともなっている。このことは、昭和48年の第1次石油ショック以後、国策として展開した石油エネルギー資源に代替する地熱開発、とりわけ「地熱発電」紛争に顕著に見られたところである（第Ⅱ章（6））。

2 旧慣温泉権と近代法的温泉権との紛争

温泉権紛争には、前節に触れたような温泉利用の歴史的経過から、次の2型が存在することをまず理解しておくことが必要である。

1つは、近代以前（旧幕時代）の共同社会——とくに農村共同体——の枠組みの中で慣習により成立し、今日に生き永らえている温泉権、いわゆる学界で「旧慣温泉権」と称しているものである。他の1つは、明治以降における近代法体系の下で権利関係として成立してきた「近代法的温泉権」である。この2つの異質な温泉権は、観念的には分離・対抗する概念として把握できるが、むしろその実質においては、相互に影響しあいながら流動する存在と捉えてよいであろう。

前者の、旧慣秩序に基づく温泉利用の形態は、今日なお鄙びた温泉場で“部落湯”とか“共同湯”の名で親しまれているものが、その典型（原型）である。それらは、地域共同体を構成する各住民が、その構成メンバーとしての資格に基づいて、これらの湯を共同で維持・管理しながら入り会って利用してきたものである。民法講釈上、このような権利の形態は「総有」、その性格は「総有的支配権」と説かれるが、こうした伝統的・古典的な温泉利用は、当該温泉地のおかれた歴史的・社会的・経済的な諸要因に規定されて解体もしくは変質の途を余儀なくされた。また、温泉権の権利主体も再編成されて、共同利用から近代法的な個別の利用へと進んだのである。

このような温泉の近代化——法的には温泉の私的支配——が進むと、旧慣温泉権と近代法的温泉権との間に矛盾が生じて対立関係から紛争へと進む。これに伴って、近代法的温泉権でも相互に対抗関係が表面化し、ここに旧慣温泉権対近代法的温泉権と近代法的温泉権相互の、二重の、また異質な温泉権紛争が錯綜するに至った。大正期後半から昭和期前半（第2次大戦まで）にかけて、全国の温泉地に見られた温泉権紛争は、まさにこのようなタイプのものであった。

ここに指摘しておきたいのは、旧慣温泉権の解体過程に現われる温泉権紛争と、その社会的背景である。温泉権は林野入会権の場合と異なり、温泉営業者が資産を有する経営者で地域社会での有力者であることから、これら温泉営業者——ときに、その集団——が事実上、上述した総有的温泉権を排他的に独占し、その結果、一般利用集団と緊張関係に立ち至ることである。こうして温泉掘削をコントロールしていた集団的統制が緩み、かつては優位に立っていた温泉の共同利用が逆転するといった現象も見られたのである。

また、これに関連して、地域社会の構造変化にも注目したい。すなわち、資本主義的な生活様式への地域への浸透は、社会の階層分化を生んだこと、また地域構成員以外の外来者（新戸）の出現が旧戸対新戸の対立を鮮明化し、それぞれの支持グループとの対立を伴って、温泉利用の面

でも社会的緊張を生んだのである。このような地域社会の構造変化にも、分析の視点を向けることを忘れてはならないであろう。

最後に、旧慣温泉権の解体過程に現われる温泉権の権利主体に触れておきたい。

そこに現われる近代法上の権利主体は、個人・会社・温泉組合・共同温泉・温泉会社・配湯会社等々と多彩であるが、旧慣温泉権の解体過程で支配的なものは、市町村有——ときに県有（例えば別府温泉）——の公営温泉の出現である。このような公共的利用形態は、総有（古典的・伝統的）形態の温泉利用が地域社会で再編成されたものである。公営温泉の場合の温泉掘削と利用は、当該地方公共団体の温泉条例（執行規則）により規制されるのは当然として、これらの公営温泉と周辺の個人有温泉との共存が不可能な事態に陥ったとき、それぞれの利用集団もまた対立して温泉権紛争へと発展する。その具体的事例についても、次号で調査報告する所存である。

3 温泉の諸権利と紛争の形成要因

これまで、温泉（権）紛争を広く社会的諸要因について見てきたのであるが、本節では、温泉の権利の実体にかかわる法理に視点を向けよう。本稿冒頭に述べたように、温泉権紛争の胚胎は、その権利自体がもつ内容や効力にあり、その不確実性・不特定性が紛争発生 of 直接的な原因となっているのである。そこで、温泉に関連する諸権利の根幹にかかわる問題に考察を進めてみよう。

(1) 土地所有権と温泉利用権

土地所有権の伝統的な教説にしたがえば、土地から分離された水は土地の一部——すなわち土地の構成物——として法的構成され、土地所有権の実体に包含される、と説く（『注釈民法(7)』）。温泉以外の一般の水、例えば地下水や井戸水は、まさにそのようなものと解されていた。もっとも、温泉についても同様に解し、温泉利用権（戦前も明治期の判例では鉱泉採酌権などと呼ばれていた）は温泉が採取された土地の所有権の行使に他ならない、と説く学説も無くはなかった。しかし、温泉については、かような学説はもはや古典的で現実の社会の実態にそぐわなくなっている。すなわち、温泉は、その土地（源泉地盤）の所有権とは別個独立の権利——1種の物権——である「温泉権」として成立し得るし、また事実、そのようなものとして裁判所もまたこれを承認している。例えば、本県の大分地方裁判所の判例（昭31.8.9判、昭36.9.15判）でも「大分県別府市地方における温泉湧出につき……引湯等の利用をなし得る直接排他的な支配権が温泉権ないし鉱泉権と称せられ……」（注—上傍点は筆者）と判示して土地所有権とは別の権利、すなわち「1種の物権」としての説明が加えられているのである（川島他『温泉権の研究』）。

ところが他方では、今日なお少なからぬ人たちが、土地所有権と温泉権とは一体不可分のものと意識している。このような法的認識は、その権利を保全すべく次のような措置を講ずることに端的に示されている。それは、両者の権利が分裂している（分裂が予想される）場合、温泉の権利を土地所有権から切り離し、一定の面積を特別な「鉱泉地」の地目に分筆登記するといった法技術、である。このような法的措置は本来、温泉権者が温泉の権利を公示するために採られたものではなく、徴税当局が源泉地からより多額な租税（固定資産税）を徴収するための制度であり、したがって鉱泉地の所有名義人の表示は租税負担者を表示するためのもので、私法上の権利関係を世に公示する——したがって温泉権紛争を未然に防止する——ためのものではないのである。換言すれば、温泉は、土地所有権から独立した1種の財産権として取引の対象とされる傾向があったにもかかわらず、それを保障する法律的手段に欠けるため、その土地（鉱泉地）の所有権と結び付かざるを得なかったのである。このような法技術を施しておけば、後日、紛争を避けることが出来るだろうと認識してのことであった。

(2) 源泉権（ないし湯口権）と土地利用権

一般に温泉は、自然湧出泉を除いて、人間が人工的な掘削を試みない限りは、利用できない。温泉が地下に存在する「温泉源」（略して「泉源」）ないしは「温泉脈」（略して「泉脈」）に停まっている限りは、まだ人間の支配の対象——権利の客体——とはなり得ない存在である。この点に関して、温泉法（第2条2項）は、温泉源をもって「未だ採取されない温泉」と定義して概念規定している。

温泉法上、＜源泉＞と＜泉源＞の紛らわしい用法を避けるためにも、法的概念は明確に区分されるべきである。ここに「源泉」とは、地表に湧出して何時でも人間が支配する——とくに採取し、利用する——ことが可能な状態にある温泉を称する。よって、湯口に湧出する温泉（源泉）はもちろん、地中に埋設された導管を通じて何時でも採取・利用できる温泉、がこれに属すると言ってよかろう。

源泉権ないし湯口権はまさに、こうして湯口において湧出する温泉を排他的に支配する権利なのである。それは、単に湧出路を経て採取するに留まらず、「湯口に対する包括的な支配権」として掘削孔内での埋設管取替えや浚渫、また増掘や動力の装置、さらには湧出孔の全面的閉鎖——湧出そのものを停止する——の権能までも含んでいる、と解されている（前出—大分地方裁判所の判決 埋設管取替等は次章Ⅱ(3)に後述する）。

ところで源泉権（湯口権）はまた、源泉地盤を欠いては絶対に成立しえない性格のものである。同時に、湧出口で源泉を管理する温泉施設（管理）権——湯湯施設や利用施設の工作物を管理する権能——を欠いても、これまた成立しえない。それ故、源泉権（湯口権）は、源泉地盤所有権・源泉施設管理権とともに三者は不可分一体のものであり、このうちの1つを欠いても、本来成立しえないものなのである。もっとも、源泉地所有権については、必ずしも土地所有権たるを要しない。それは「土地利用権」でも、事足りる（法第3条2項）。しかし、この土地利用権も常に源泉権と一体不可分のものであり、両者が分裂したときに紛争になり勝ちである。温泉権紛争を未然に防止するためには、叙上のような権利内容や権利構造の特質を深く理解しておかねば、適切な対応はできないと考える。

ここに、温泉権紛争に至った具体的事例を摘示すると——温泉権は譲渡したが源泉地盤（土地）所有権は譲渡しなかったとか、あるいはその逆であったとか、また源泉地に抵当権が設定されてそれが実行（強制執行）された結果、源泉地盤所有権が第三者に移転したといった場合、また源泉施設をめぐる（仮）差押えや立入禁止で紛争する場合、などが見られる。これらの場合は、必ずといってよいほど訴訟（温泉権裁判）に発展している（別府温泉など）。以上のような温泉の権利自体がもつ権利関係の複雑性から生ずる温泉権紛争は、将来の課題（立法政策論）として、源泉権と源泉地所有権の二者はとりわけ一体不可分のものであり、むしろその重要な内容をなすものとして法的構成することが望まれている（川島他『続温泉権の研究』）。

4 温泉利用権とそれに伴う紛争

一般に、温泉に対して人間が現実的に支配を及ぼすのは、まず湯口での源泉であることはすでに述べた。したがって、温泉そのものを最初に支配する権利＝源泉権は、温泉権の初発の形態であり、その温泉利用に視点を向ければ、これを「第1次温泉権」と称することができよう。通常、この源泉権をもって「温泉の所有権」と称しているが、さらに温泉の利用権能として「第2次温泉権」と見られるものから、ときには第3次のそれも存在する。

(1) 第1次と第2次の温泉権にかかわる紛争

温泉権者が源泉を第1次温泉権として利用している限り、源泉者以外の利用者は、法形式的には第2次温泉権者とならざるを得ない。だが実態は、温泉利用をめぐる複雑な展開を見せ

る。すなわち、第2次温泉権者は、源泉権者の同意に基づいてのみその温泉利用権を取得するが、その利用には、①物権的な性格なものと、②債権的なものが存することに留意しなければならない。

近代法上の財産権は、大別して「物権か債権」であり、それは「物に対する支配権」つまり対物権と、「人に対する請求権」つまり対人権とに峻別される、と説かれている。しかし、財産権の1種とみなされる当該温泉権は、物権か債権かに截然と二大別されるようなものではなく、種々の連続形態をもって現象するものなのである。つまるところ、第1次温泉権と第2次温泉権とが接続・交錯する領域では、通常、次のような2型となって現われる（前掲『注釈民法(7)』）。

その1（A型）——分湯（権）。

これは、源泉権者がその支配・管理する源泉の1部——通常、それは湧出温泉総量の何割とか、一定の口数に分けて何口分とか、また、ときには1分間何リットルとかの基準で表示される——を他人に譲渡する場合である。日常的に「分湯」（その権利は「分湯権」）と呼ばれているのが、これである。

その2（B型）——配湯。

これは、特定の量の温泉を動産として、湯口から引く導管施設を通じて温泉需要者に継続的かつ安定的に配湯するものである。日常的には「配湯」（その権利は、受湯者の側からは「引湯権」）と呼ばれるものである。この法的形態は、公営企業が電気・水道・ガス等を需要者に配給する継続的供給契約に類似しており、第2次温泉権の典型的な利用のタイプである。

温泉権の紛争要因となるのは、当然ながら、A型の分湯・分湯権のそれである。この場合、さらに2つの態様に分けられるからである。

その1——A1型。

これは源泉そのものの分割で、譲受人が譲渡人とともに共同の源泉権者となるものであり、法律上それは「源泉権の共有」（正確を期すれば「温泉権の準共有」（民法第264条参照））と呼ばれるものである。

その2——A2型。

これは、譲受人が源泉そのものに対して同じ資格で管理・支配する権能を持たず、基本的には譲渡人のみがその権利を有し、譲受人はせいぜい限られた範囲内でしか、その権能を持つに過ぎない。すなわち、これは、源泉所有者に対する他物権（制限物権）的利用である。このような場合の温泉利用権は、その内容として、毎分何リットルというふうに具体的な定量で表示されたり、上記の温泉供給契約の規定に準拠する例が見られる。

ところで、上述のA1型とA2型は、源泉の譲渡後にその型が判然としないことから紛争を招く事例が多い。とりわけA2型の場合、譲受人はA1型の分湯（権）を主張するのに対して譲渡人はA2型を主張して相互に譲らないため、温泉権裁判にもつれ込むといった事例も見られた（別府温泉）。こうした温泉権紛争の予防には、次節に述べる「温泉権の公示方法」の確立が必要であろう、と考える。

(2) 第3次温泉利用と紛争

温泉の利用は、これまで見てきたように第1次利用から第2次利用、さらに第3次の利用も、ときに見られる。この第3次の「余湯利用（権）」は、第2次温泉権者（ときには第1次温泉権者）が使用して差し当たって余った湯を利用できるもの、である。

この法的形態は、農村における灌漑用水の余水利用（権）と類似する（渡辺著『農業水利権

の研究』)が、温泉利用の場合にも、次のような2型が見られる。

第1の型は、その利用が権利として確立していると認められる「余湯利用権」であり、他の1つは、権利としては認めがたい「恩恵(好意)的利用」である。前者の場合の温泉利用関係は、通常は温泉供給契約に基づく場合が多いのに対し、後者の場合には口約束によるものが多い。また、前者の利用者は、その地位が法的に確立して保護・保障の対象となるのに対して、後者のそれは、何時給湯を停止されても拒否できない「条件付きの継続的贈与契約」と解されるから、その法的地位は極めて不安定と言わざるを得ない。両者の差異は、温泉利用の権利性によって分かれるから、紛争予防のためには後者の場合、契約による文書化が望ましい。しかし、実際問題として権利者は、これを欲しないと考えられることから、やはり不安定な地位に甘んずる他はないであろう。

温泉利用も、その目的が達せられた後は、廃湯される。この廃湯もまた、権利者の自由な処分権に委ねられるが、温泉法の趣旨に徴して「有効な利用」こそ配慮すべきである。廃湯に際しては、地域社会でいわゆる“温泉公害”が発生することのないよう、農村部では農業用水路への投棄(農産物に被害を与えて紛争となった事例としては筋湯温泉)、また都市周辺では余剰沸騰泉の道路側溝への放出(その傷害事故から裁判に至った事例としては別府郊外での個人泉)など十二分に配慮する必要があるであろう。

5 温泉権紛争と公示方法

温泉権をめぐって紛争が生じるのは、その温泉——とりわけ源泉——が第三者に譲渡されたときであることは、すでに述べた。土地所有権から分離した温泉権が日常的にも取引されることが多くなった今日、不測の損害を第三者に与えないためにも、温泉の「権利変動と公示方法」が浮上してくるのである。

(1) 温泉権紛争と権利変動(公示方法)

温泉の権利変動を第三者に対抗するには、何らかの公示方法を講じておくことが必要なことに、異論は見られない。しかし、それが何であるかは今日、判例の上でも、まだ確立をみていない。かつて戦前(明治期)の判例は、温泉の取引につき公示方法に関する明示規定がないことを理由に、これを不要と解していた(大審院明28.2.6判など)。ところが裁判所は、のち(昭和期)に「公示方法、其ノ他特別ノ方法ヲ履踐スルコトヲ要スル」(東京控訴院昭14.10.16判など)と判例を変更するに至った。同時に、旧慣温泉権についても、少なくとも何らかの「明認方法」がなければ第三者に対抗しえない、と判示した。近代法的温泉権の取引には、尚のこと、具体的な方法の確立が必要であろう。何故なら、旧慣温泉権に比して商品性が高く、取引流通の客体とされる可能性も多く、したがって公示方法の必要性の度合いも高いと考えられるからである。

そこで、つぎに「温泉権の明認方法」にはどのようなものがあるか、が問題となる。注目すべき判決として、ここでも大分地方裁判所のそれ(昭31.8.9判)が登場する。それによると、「(温泉権の)権利変動を第三者に対抗する要件」として「県等の地方庁の温泉台帳」を挙げている。だが一方、別件の福岡高裁での温泉権訴訟では「本件温泉所在地方(注一別府温泉を指す)においては、右台帳の記載をもって温泉に関する権利変動の公示方法とする一般慣行の存する事実は未だ認められない」と判示して、これを否定するのである。このように、権利変動の公示方法として相反する両判決と見るとき、府県備え付けの温泉台帳に権利変動の公示機能を持たせることには、おおいに問題があると言わねばなるまい。ここに説くまでもなく、現行の温泉台帳制度は温泉行政推進の必要性から採用されたもので、本来法律上の権利表示のためのものではないこと、また現実問題としても、台帳への登載は源泉所有権のみで第2次温泉権

については全く登載の対象とされてはいないのである。よって「この程度の登載であることから、温泉台帳登載が公示方法として果たし得る機能は極めて制限されている」との批判も出てくるのである（前掲『注釈民法』）。

(2) 温泉の取引と明認方法

温泉台帳に公示機能が認められないとすれば、これに代わり得る「明認方法とは何か」が、つぎの問題となる。温泉の取引には、社会慣習上どのような方法が採られているか、が本課題を解くキー・ポイントになるであろう。

温泉地で温泉（権）の取引をする場合、買主（譲受人）はまず現地に赴き、現物をつぶさに調査するのが一般的である。それは例えば、立木法（明42制定）による登記のない立木、蜜柑や稲立毛等の未分化の果実などを取引する場合、買主はまず現地に赴き、樹皮を削って当該立木を購入した旨を墨書したり、また畑地に譲受人としての氏名・年月日を記入した標札を立てたりするなどの方法は、古くから広く知られているところである。

温泉の場合も同様に解されることから、まず譲受人は——できれば譲渡人・関係者等を伴って——現地に行き、当該温泉の実態（湧出地点や湧出量・温度・泉質、また温泉施設による利用状況等々）を調査して確認するのが常であり、したがって、そのような調査・確認をしないで取引をした者が後日に他の権利の対抗を受けることによって不測の損害を被るに至ったとしても、その者（購入者）が通常なすべき義務を怠ったのであるから、それは法的保護を受けるに値しないと解すべきであろう。

温泉権紛争で、温泉権変動の公示方法が確立していないため起きる事例は、今日なお少なくない。その具体的な紛争事例も調査の上、次号で報告する所存である。

II 温泉の掘削に伴う紛争と形成要因

1 温泉掘削と源泉地をめぐる紛争

温泉の掘削には、まず掘削予定地と、掘削工事に必要な周辺の土地を確保することが必要である。自己の所有地を持てば問題ないとして、それを持たぬ掘削申請者（以下「掘削者」と称す）は、他人の土地の使用権を何らかの形式で取得しなければならない（温泉法第3条2項）。このような場合、温泉権紛争を未然に防止するためには掘削者と土地（源泉地）所有者との間で、後日紛争を生じないように十分に検討してかかることが肝要である。

温泉権紛争を避ける最善の方法は、掘削者が源泉地を地主から購入することである。土地所有権は、その土地の自由な使用（収益・処分）権能をもつ（民法第206条）万全の権利だからである。この際の法形式は「土地売買（契約）」であるが、この方式には、日常行われるもの（一般売買型）と無償で譲渡するもの（無償譲渡型）とが存する。前者の型は、湧出の度合いが比較的に高い地域に多く見られる。ただ、源泉地であることと購入面積が比較的に狭小なことから、購入価額が割高であることは避けられないであろう。

温泉利用を目的とした土地売買で特徴的なのは、むしろ後者の型である。それは、土地所有者が無償で源泉地——その面積は数坪（10平方m）から2、30坪（50～60平方m）程度——を譲渡する代償として、温泉の権利を無償で取得する点に見出される。その法的性格は、土地（源泉地）所有権と温泉利用権との等価交換契約である。よって、源泉地所有者が代償として受け取る温泉の経済的価値は当然、源泉土地代金に見合うものでなければならない。通常それは「湧出温泉（総量）の何割」とか、配湯業者（会社）の事例を参考にした「温泉何口分」とかの条件で決められている。そこでの紛争要因は、双方の等価性が予想に反して評価額に相当性を欠くときであろう。そのため両者は、源泉地としての土地評価額と温泉権の経済的価値とを仔細に検討した

上で慎重に進めなければならない。

つぎに問題は、土地所有者が源泉地の売買に応じない場合である。このとき採られる方法には、源泉地を両者の「共有」にする仕方がある（源泉地共有型）。源泉地盤の土地所有権を共有にしておけば、その法律効果として温泉の利用権もまた共有となることから、共有の実現は、直ちに紛争の阻止要件となるであろう。ただし、温泉権紛争に発展するのは、のちに源泉地共有権（持分権）と温泉利用権とが一致せず、分裂に陥ったときである（前章 I (3)）。このような場合の予防策としては、のちに温泉——とりわけ源泉——の一部を譲り受けようとする者が、それがどのような内容の温泉権なのか十分に検討してかかることである。

第 3 に考えられるのは、土地所有者が売買にも、また共有にも応じないときである。残された方法として、掘削者は、契約に基づく源泉地の「土地借用」しか無く、それは民法上、日常的な賃貸借契約として構成される（賃貸借型）。温泉利用の場合の特徴は、源泉地所有者が賃料の代わりに一定量の温泉の供給を受ける点にある。ここでも給湯の条件、例えば温泉の量や使用料金の評価に適正を欠くと紛争を招くことになる。

その他、契約の内容によっても紛争となる。例えば、契約の存続期間や更新の規定である。前者は通常、5～20 年が多いが、短期間のそれは契約の本旨に反するだろう。後者の場合、多額の資金を投じて温泉施設を設けた上で永年維持・管理してきた温泉営業者にしてみれば、自ら廃業する旨の意思表示でもしない限り、一方的な契約の解除や更新の拒絶は許されないと解されよう。民法上の基本原則たる信義則（第 1 条 2 項）や契約の本旨（第 415 条）に徴しても、温泉営業者の地位は護られなければならないからである（それは借地法・借家法や農地法上での借地人・借家人、耕作者の社会的弱者保護の法理に共通するものがある）。

なお、ここに付記するなら、温泉法第 3 条 2 項の「掘さくに必要な土地を掘さくのために使用する権利」（注一上傍点は法原文）には、物権としての土地所有権をはじめ地上権・地役権など、また債権として借地権・賃借権などが考えられるが、土地所有権者は自己に不利益な借地権や地役権等の設定に応じることはまず考えられず——戦前ならいざ知らず、戦後でもその数は極めて少ない——、日常的な賃貸借権がほとんどである。要するに温泉の利用は本来、土地所有権に基づくものであることを前提に、上記のような権利者をもって一応許可の相手方に規定したのである。

2 掘削と距離制限をめぐる紛争

温泉の掘削に際して掘削予定地が、温泉源保護のために設けられた距離制限の規定に抵触するとして、既設温泉所有者との間に、あるいは掘削申請者どうしで相争うといった事態も、かつて再三見られたところである。

一般に、温泉地では、地形や地勢など自然的立地条件や、また地質や地温など地下構造上の諸要因に規定されて、湧出可能な泉脈地帯は必ずしも広くない。それ故、掘削をめぐる紛争もまた、温泉需要が多いほど、また供給の少ない狭隘な温泉地ほど熾烈なものになりやすい。このような時、既設温泉所有者は自己の温泉権を既得権として最大限に護ろうとし、またこれを持たぬ者は、一歩でも他に先んじて温泉（権）の確保に狂奔するであろう。かつて本県でのこうした社会風潮に法的規制が加えられたのが昭和 40 年代の温泉保護地域の設定（県温泉審議会運営規程第 7 条）であり、また掘削の距離制限規定（同 6 条）であった。

本県では、これより早く昭和 34 年（制定）から、掘削者に近接温泉所有者の「承諾書（掘削同意書）」を取らせていた。この制度は自来、同 51 年 12 月開会の第 200 回温泉審議会まで続いたのであるが、その間何回か、温泉の権利の根幹にかかわる問題として、また当該承諾書の有無は行政処分上、附款（第 4 節に後述）の必要条件ではないことから、これを疑問視する向きも少なく

なかった。承諾書添付の眞の狙いは、知事の掘削許可処分に伴って事後に発生するかも知れぬ温泉紛争を未然に防止するための、形式的かつ便宜的な手段に過ぎなかったのである。

こうした事情から、本県では昭和 52 年 2 月 10 日（施行）、国とも協議した上で温泉審議会運営規程の一部を改正した（昭 52.2.17 環管第 1362 号）。その背景には、当時県下の主要な温泉地（別府・由布院・湯平の各温泉）で温泉保護地域の整備拡充がなされたこと、また距離制限規定もかなりの程度に周知徹底して審議基準も明確化していたこと、また一方では、承諾書を必要とするが故に周辺温泉所有者との間に無益な紛糾を醸すといった事情などが存在していたのである。とかく悶着の多かった承諾書制度も、「審議会が必要と認めたとき」（前掲運営規程第 8 条）以外は原則として不要、と改められて現在に至っている。

さて、掘削地点をめぐり、複数の申請者——通常は 2、3 人から数人程度——が出現した場合はどうであろうか。

鉱業法と違って先願主義（注 同法第 27 条——「鉱業権の設定の出願をした土地の区域が重複するときは、その重複する部分については、願書の発送の日時が先である者が鉱業権の設定について優先権を有する。」）を採らない温泉法にあっては、申請書の窓口（保健所）受理での先後を理由に、先出申請者に格別の考慮を払う必要はないと考える。全国的にも、温泉審議会の開会は年 2、3 回から数回と少なく（本県——昭和 58 年以来、原則として 3・6・9・12 月の年 4 回）、当該申請案件が同時に同一審議会の審議に付されることも避けられず、行政担当機関として「複数の温泉掘削申請をどう処理（調整）するか」もまた、難しい課題の 1 つであった。

国（環境庁）の見解に従えば——申請の時期の先後に関係なく、当該掘削が温泉源の保護その他公益に支障を及ぼすものであるか否かの観点から許否を決すべきである。また、このような消極的な観点からでは、その判断に迷うときは、さらに掘削の目的、申請者の資力、信用等からみて、いずれがより大きな公益を実現するのか、あるいは、いずれがより許可の本旨に合致するか等を勘案して許否を決すべきものと考えたと説いている（環境庁監修『逐条解説温泉法』P. 49 参照）。

しかしながら、「両者の申請内容を温泉源に支障を及ぼさない程度にまで制限しても申請目的を達成できるときは、両者に対して同時に許可を与えるべきであろう。」とする環境庁の行政指針は、温泉行政実務者にとっては如何なものであろうか。温泉地がおかれた特殊事情と、私権（温泉権）の制限を最少限に抑えようとする配慮は理解できなくもないが、かかる許可処分が後日、温泉行政を推進する上で紛争要因とならねば幸いである。

この点と、今 1 つ検討を要すると考えるのは、先出申請者に何らかの優位性（優遇措置）を認めるべきではないかの意見である。——複数の申請者が申請に先立って近接地に掘削の意向があることを察知し、あるいは担当保健所窓口で後出申請者にすでに先出者がいることを告知して、当事者間で自主的に協議し民主的に解決をみるのが最も望ましいことは、ここに指摘するまでもあるまい。例えば、二者の場合、どちらか一方が掘削を見あわせ、その代わりに湧出温泉の利用（権）を保障するのも一方法であろう。だが問題は、給湯の量や使用料金をめぐり合意が得られるかである。それ以上のネックは、双方がともに自家用温泉の確保と自己の温泉利用（目的）に固執して譲歩しないときはどうなるか。結局は、距離規制があるがための紛争であるから、その処理を行政機関（保健所や県所管課）に委ねるといったことに終わりやすい。

以上のような事態になれば、行政指導（調整）にも限界が存しよう。当事者間に何らかの合意が得られぬ以上、円満な調停を期待することは不可能と思われる。所詮、環境庁の指針のように源泉地の立地条件から温泉利用の目的や計画、また公益性（社会への寄与度）などを総合的に勘案して“納得のゆく合意”“話し合いによる解決”を時間をかけて待つ以外には良い方法はない

であろう。それらの具体的事例についても次号で報告する所存である。

3 代替掘削と増掘にかかわる紛争

その1——代替掘削の場合

温泉が、その権利（源泉権や利用権など）成立の前提となる湧出口において、自然的または物理的な諸原因で利用不能に陥ったときは、所定の条件の下に「代替掘削」することが認められている（大分県温泉審議会運営規程第6条）。

代替掘削は、その要諦として①現孔に極力近い地点（同上第6条(1)によれば「湧出口から1m以内の地点」）でこれを行うこと、②現孔との間に連続性ないしは同一性が認められることの2点を指摘することが出来るだろう。まず、①の問題では、代替の地点が現孔からの所定距離1mを大幅を超えて、その結果、新規掘削と変わらぬものとなって既存温泉権者の権利を侵害することのないように配慮すること、また②においては、現孔の口径・深度・揚湯量（動力装置）などの掘削条件に変更を加えて同一性を損なうことのないこと（やむを得ない事情が存する場合でも、その変更は最少限度に留めるべきこと）が何より肝要である。本県温泉審議会でも、叙上の2点に特に配慮して審議がなされている。

さて、上記の①では、かつて現孔と代替地点との距離をめぐる、どこまでこれを認めるべきか（許容範囲）で論議を呼んだ。例外を認める場合としては、④「公共事業等でやむを得ない理由（により適当と認められる地点）」（同上第6条(1)）が存するとき、⑤ 源泉近くに堅固な工作物——主に建造物——が存在するときである。④では公共道路の拡幅・変更や河川改修等が該当し、問題はないと考えられるが、⑤の場合には検討を要するであろう。過去（昭和40年代）、現孔から10数m、ときには数十mに及ぶといった事例が見られたからである。県温泉所管部課が達した昭和51年3月の通知（各保健所長宛 環管第1797号）は、かかる意味で、時宜に適った至当なものであった。参考までに、ここに記すと——「源泉の周囲は、適当な空地を確保し、維持管理や代替掘削の申請に支障のないようにすること」。この点は、申請者はもちろん、ボーリング業者も留意すべき基本的事項であろう。

また、代替掘削にあたり、ときに現孔の位置が不明（不明孔）のため代替地点が特定できず、掘削が事実上不可能になるといった事例も見られた。源泉地盤とともに、または源泉のみを譲り受けた者が、のちに代替掘削を試みようとして当事者や権利関係者の間に生ずるのが、この類の紛争である。これらの不明孔は、第2次世界大戦以前か、もしくは終戦直後の混乱期（温泉法施行当初）に掘られ、また長期停止泉（枯渇泉）や未利用泉に見られたものである。

本来、代替掘削は「温泉を継続して採取し、かつ、利用する」（前出同条(1)上傍点は筆者）場合に認められており、それ故長期にわたる停止孔や未利用孔（以下「停止孔等」と称す）に対する適用は、原則として認められないと解される。しかし、県下における温泉取引を見ると、慣習として停止孔等も売買の対象とされるという実態が存し、その慣習を信頼して停止孔等を購入した者に対して一律に代替掘削を認めないとすれば、その購入者に不測の損害を与えることにもなろう。温泉権は、判例の上でも「物権に類似する権利」「一種の財産権」として認められており、それは取引の面でも法的保護に値するからである。

このように代替掘削の際、不明孔なるが故に生ずる混乱、したがって新旧権利者間等に発生が予想される温泉権紛争を予防するためにも、^{あらかじめ}預め何らかの行政措置（例えば要綱や要領など）を取り決めておくことが望まれた。本県温泉所管部課がまとめた指導要領（平成2年3月「温泉事務手引き」P. 105 参照）は、当時、時宜に適った至当な統一見解であった。その内容を以下に示すと——

(1) 現孔が確認できない場合は、温泉台帳に登録している、いないにかかわらず代替掘削は認

めない。

(2) 現孔が確認できる場合は、代替掘削は認める。ただし、温泉審議会では、付近泉への影響について厳しく審査するものとする（付近泉所有者の同意、深度及び口径の規制等）。

—— 源泉地や源泉の購入者は、通常、自ら現地を訪ねて温泉の実情—— とりわけ湧出口での温泉の状況（泉質・温度・湧出量など）や揚湯などの温泉施設—— を調査したり、利用の実情を関係者から聴取したりする。そのような社会的慣行を無視ないしは軽視して、のちに代替掘削ができず不測の損害を被ったとすれば、それは購入者自らが負うべきものである。資本主義社会では、民法の基本法則たる「過失責任の原則」が支配し貫徹するのは当然であり、この点、強く銘記すべきことである（前章 I (5)）。

その 2—— 増掘の場合

温泉法には「増掘」を定める条項は、特に見当たらない。ただ、その第 8 条で「温泉の湧出路を増掘し、又は温泉の湧出量を増加させるため」の動力装置には知事の許可を要する旨、定めているに過ぎない。

法第 8 条からする類推解釈によれば—— 増掘とは、①湧出路（埋設管による）の口径の拡張、②掘削深度の増加、③その他、湧出路に変更を加えて湧出量を増加させる行為、と解されている（前掲『温泉法』）。また、自然湧出泉でも、その湧出口を掘削する行為は本条（第 8 条）に該当する旨、説かれている（昭 31.8.27 国発第 460 号通知）。不明孔または枯渇泉の増掘も、代替掘削と同様に、原則として認められない（前出規程第 6 条(2)）。したがって新規掘削申請として、また法第 6・7 条に照らして処理される。

この増掘に関連して、物議を醸したのは「埋設管の取替え」問題である。埋設管の取替えは、事務処理上、どのように扱われるべきか。この点に関しても、温泉法（同施行規則）は全く触れていない。

本県では、当該課題は、従前から増掘に準じて知事の許可を要するとして取り扱われてきた。また、「今後の方針としても増掘で処理する」旨取り決められていた（昭 60 環保第 939 号、前掲「手引き」P. 104 参照）。その論拠として「埋設管の取替えは通常、湧出量の増加につながることから新たな許可を必要とする」ことを挙げていた。該論争の背景には、一般に埋設管の取替えをもって増掘とみるか、また管理行為の浚渫とみるかの問題が潜在し、国の見解もまた、必ずしも定かでなかった。環境庁の見解によれば（前出『温泉法』）—— いわゆる「しゅんせつ（浚渫）」については法第 8 条の解釈から許可を要しないものと解され、その行為は現状維持の管理行為であって「湧出路に附着している沈澱物を除去する行為や挿入鉄管の定期的な交換等はしゅんせつと同様に解すべきである。」と解説している。該見解（行政解釈）を見る限りでは、埋設管取替えは上記「しゅんせつ」に該当し、したがって知事の許可は要しない、とも考えられる。

ともあれ、大分県で永年採られてきた、知事の許可事項とした叙上の措置は、湧出温泉の数では日本一を誇る本県が手続きの混乱や予想される温泉権争訟を極力避けて温泉法秩序の確立をめざした積極的な行政関与、と見られなくもなかった。しかし、上級機関たる環境庁見解と本県のそれが異なることは温泉行政推進の上から好ましくなく、また他県（北海道など）での先例もあって、第 268 回県温泉審議会（平 3. 3.13）での諮問を経て平成 3 年 5 月 1 日以降、県知事の許可を要しない届出事項に改められた（環保第 121 号）。ちなみに「埋設管取替え（工事）」とは、現存の管を回収し、同一地点に当該管と同一口径及び同一深度の管を打ち込む行為、をいう。よって現存の管の口径と異なる管や、深度を増大するなどの取替えは、従前どおり許可を要すること勿論である。

4 掘削許可と附款をめぐる紛争

知事がおこなう温泉掘削の行政処分には、周知のように、申請者への掘削指令書に附款が付される。この「附款」について簡潔に講釈を加えるなら、それは「或る行為から通常生ずる法律効果に一定の制限を付けるために示す事項で、条件や期限の類」をいう（『法学辞典』）。別言するなら、行政機関が行政行為をなすに当たって、その意思表示に付随して別の意思表示をなすことによって、その行政行為の効果を制限すること、である。

温泉掘削の許可処分の附款には、重要な内容にかかわるものとして「湧出路の口径」と「掘削深度」ほか、が存することは周知されている。これらの附款、すなわち許可条件は、温泉法施行規則第1条（申請書の記載事項-4）に根拠が見出される。

しかし、これらの附款は温泉事務取扱い上、行政実務者や関係者（申請人・行政書士・ボーリング業者等）の間に共通の認識を欠くと、とかく混乱を招き、ときに温泉権争訟にも発展しかねない。条文の解釈（有権解釈や無権解釈）による混乱もまた、行政遂行の上で社会的紛争の要因となる可能性を孕むものである。

そこで、まず湧出路にあたる「埋設管の口径」に例を引こう。掘削または増掘の場合の埋設管の口径は「(使用目的) 公共浴用の場合—50mm 以内、自家浴用の場合—40mm 以内」と、その基準が定められている（県温泉審議会運営規程第6条(3)）。公権＝行政解釈では——公共とは「不特定・多数」を意味するから、温泉利用にあつては公営（市町村営）浴場はじめホテル・旅館、温泉組合等のそれが対象に考えられるのに対して、自家浴用とは、個人（家族）を対象にした「特定・少数」に限られる、とする。前者の口径を50mmまで許したのは、温泉の利用に公共性を認めたからに他ならない。以上は一応の審議基準であるから、それぞれの具体的事例では温泉審議会での裁量（きやく裁量行為）にゆだねられることは言うをまたない。このようにほぼ解釈が確定的なときは、さして紛争（解釈紛争）を生ずる余地は少ない。しかし、法第4条のように解釈上の疑義が多い条項ほど、紛争を招きやすい。とはいえ、法規範にはそれ自体に抽象性・画一性が要求されることから、すべての事例に適用しうる具体的基準の設定などは至難の業というべきである。法（温泉法）が許否の判断につき、温泉審議会の諮問を経ることになっている（第19・20条）のも、まさにこのような理由による。掘削許可のいかんは、本来、各事例ごとに特有の諸事情を総合的に勘案して個別的に決定すべきものなのである。

ところで「口径」とは、埋設管のどこを指すのであろうか。それは「埋設管の仕上りの内径を指す」とされるが、従来の事務取扱い（掘削申請書や温泉台帳等）では“呼び径”（注—日本工業規格の規定による呼称）によるものもあって混乱していた。本県温泉担当課では、昭和59年12月1日から「申請書、台帳等の記載にあたっては、実測の内径（mm）を記載し、その後に括弧書きで呼び径を記載すること」に統一した（昭59.12.3 環保第111号）。具体的に例示すれば、配管用炭素鋼綱管（JIS G3452）で呼び径が40A（外径48.6mm・内径41.6mm）の場合、その記載は<42mm（40mm）>に決められたため、以後、無用の紛議は避けられるに至った。

つぎに、掘削の「深度」を見よう。この深度も、温泉台帳上では埋設管の深度を記載することになっており、格別の問題はないと考えられる。通常は、掘削深度と埋設管深度とは同一だからである。しかし、これにも、事実問題として「掘削許可深度」「掘削深度」「埋設管挿入深度」の3区分態様が見られることから紛らわしい。類似概念の混同が、事務処理の上で徒に混乱を深めるからである。

上記3区分態にかかわる深度で紛糾を招いた事例を、以下に記そう。——本件は掘削許可深度400mの沸騰泉であるが、深度300mの地点で噴出する恐れがあったため、まず埋設管を300mまで挿入し（埋設管挿入深度300m）、そのあと再度400mまで掘削したものである（掘削深度400

m)。本事例が示すように、掘削深度と埋設管深度とが相異なる場合、仮にも周辺に掘削申請が出されると、付近泉深度として影響をもつことにもなりかねないから、その時点で物議を醸すことにもなる。本件では、事務処理上「両深度は併記（掘削深度は括弧書き）すること」—— 具体的な記載は「埋設管深度 300m（掘削深度 400m）」—— にして落着をみたのである（前掲「手引き」P. 108 参照）。

つづいて、掘削深度にかかわる附款で紛糾した事例に触れよう。それは、掘削深度に上限と下限とを特に設け、その地層（泉脈）での掘削を義務づけることが可能か否か、の課題であった。具体的に述べると—— 周辺の既設泉（数泉）はいずれも深度 200m 以内で採湯していたが、それらの泉源にはすでに支障が見られていたことから、新規掘削者の許可深度を上限 300m～下限 200m の未開発の泉脈に限定してよいか、というにある。上限を 300m に限った背景には、周辺に深度 400m～500m の地層に有力な噴気泉（3 泉）が存在し、これら噴気泉保護のためにも掘削深度をその中間層に限定せざるを得ない特段の事情が存したのである（諮問第〇〇〇〇〇号）。

一般に温泉の掘削は、許可指令書に記載された深度の範囲内であれば、どの地点であれ、工事を中止して温泉を採取・利用することは、指摘するまでもない。だが本件のように、特定の深度層に限定して許可を出す場合、その指示層以外での採取、例えば深度 200m 以内と同 300m 以上での採湯は明らかな附款違反の行為とみられることから、違反者には強い指導を加えて附款事項を守らせるべきであろう。それでも指導に服さなければ、悪質な違反行為として法第 6・7 条に準拠して処理すべきものと考えられる。

温泉の掘削許可に際して、紛糾を呼んだものの 1 つに、熱交換方式による人工造成泉の取り扱い問題があった（筋湯温泉ほか）。それは、地下の熱水（もしくは高温の水蒸気）中に設けた耐熱性ステンレス管に河川水等を注入し、温泉源の熱を吸収させうえて地上で回収した温泉（通称—— 人工造成泉、造成温泉）が、温泉法にいう「温泉」に該当するか否か—— したがって温泉法所定の諸手続に従うべきか—— の紛争、である。ここでの争点は、①このような人工造成泉にも知事の掘削許可を要するか、また②要するとして、当該温泉を県の温泉台帳に登載する必要があるかどうか、以上に関連して③新規掘削予定者に対して掘削制限を加えることが妥当（適正な運用）かどうか、の 3 点にしばられよう。

熱交換方式による人工温泉も、地下において温泉源の熱を吸収させる行為（熱採取行為）であり、温泉法が保護対象としているのも、まさに「地下水の熱（温度）又は成分（物質）」（第 2 条 1 項の含意）であることなどを考慮すれば、当該地下水の熱採取行為は、当然「温泉の採取」と類推解釈するのが相当であろう。したがって人工造成泉も、温泉法にいう「温泉」の範疇に含まれ、知事の許可はもちろん、温泉台帳にも登載すべきである。もっとも、その記載に当たっては、その旨例えば参考欄（備考欄）に特記するとか、別綴（項目）にしておくことなどが望まれる。また、その③については、温泉の権利に関わる問題として厳格に解する必要がある、と考える。すなわち、当該温泉は、温泉法所定の温泉—— 温泉源から直接採取した温泉—— ではなく、したがって「温泉の採取」とは認め難いので、周辺での新規掘削者に掘削制限を加えることは望ましくないであろう。本県からの照会に対する環境庁の回答内容は、筆者の見解ともほぼ一致するもので、適正妥当なものと考えられる（なお、回答の詳細は環保第 603 号平成 2 年 8 月 17 日を参照されたい）。

5 掘削地が特別な地域の場合での紛争

その 1—— 掘削地が河川敷にあるとき。

掘削する源泉地が河川敷にあるときは、河川の所轄庁との関係がまず生ずる。河川敷における温泉の掘削と利用に際しては、河川敷地の占用許可と工作物設置の許可をまず受けなければ

ならない（河川法第24・26・27条）。

この河川敷占用権は、公法上、一般的禁止を解除する行政処分によって設定される権利と説かれ、その権利の性格も、私有財産権ではなく「公権」と解されている。占用期間は、各府県が定める管理規則により5年と短く、更新の保障もない。また、行政庁の必要により、一方的に禁止・制限され、譲渡の自由も認められない（同法第29・34条）。

しかしながら、その運用の実態は、相当の程度にまで私権性が尊重されており、そこには柔軟な対応が認められる。こうした事情から見て、全国的にも、河川敷での温泉権争訟は少ないのではあるまいか。その法社会学的背景として、温泉利用を目的とした河川敷占用権は、その実質的側面では私権のそれと変わらないこと、また、温泉権存立の基盤でもある占用権の消滅・否定は、直ちに温泉権の消滅・否定にも連なること、の2点を指摘することができよう。同時に他面では、温泉権はそれが河川敷にあっても、前章Iで述べたように憲法（第29条）上尊重されるべき財産権であり、その全面的否定もしくは軽視は違憲の謗を免れない、と解される。もっとも、それは「公共の福祉」の観点から制限される（同条第2項）から、河川敷上の占用権も、河川管理者が公益目的に照らして必要とする場合には、その必要な限度においてのみ公用収用に準じて「正当な補償の下に」（同上第3項）河川敷占用権を制限・消滅しうる、と解すべきであろう。

大分県における当該課題が展開する玖珠川沿いの温泉地、天ヶ瀬温泉（玖珠町）の場合、源泉権の多くを河川敷に依存しているが、所轄の日田県土木事務所にあっても、温泉利用を目的とした河川敷占用権については十分な理解と協力が得られているので、当該河川で大々的な自然災害による改修工事でも施工されない限り、実質「私有財産」たる温泉権をめぐる公的紛争にまで発展することは予測されない。むしろ、河川敷に湧く自然湧出泉の共同利用や、個人所有——主に旅館・ホテル営業者——の温泉権相互に私的紛争が見られるのである（次号で調査報告の予定）。

その2——掘削地が国有地にあるとき

掘削する源泉地が国有地にあるとき、温泉所有者と土地所有者である国との契約（国有地貸付契約）は、国有財産法・国有林野法・会計法等国有財産管理に関する諸法規の適用を受けることから、契約内容も複雑なものとならざるを得ない。

国有地貸付契約（温泉利用）の内容として、貸付期間は事実上5年（植樹・建物等では60年・30年・10年）、また公益上必要があれば解除される（国有財産法第21・24条）。この点、河川法の場合とさして変わらず、権利者としては不利な立場に立たされる。全国の温泉地の中には、1～2坪の極小面積の源泉地のみが周囲の土地から分離されて国有地とされ、その結果、民有地の中に国有地が点在し、そこから温泉権者が引湯するといった特殊な事例も散見される（『温泉権の研究』）。

本県における、くじゅう温泉群の中には、国有地の貸付を受けて温泉利用しているものも若干見られる。その問題点や紛争の事例についても、調査の上で次号で報告したい。

6 地熱開発をめぐる紛争

昭和48年に起きた第1次オイル・ショック以来、工業国日本にとり輸入石油に代わるエネルギー資源として、火山国日本に豊富に賦存する「地熱」が改めて見直され、この国産エネルギーを活用する“地熱開発”（とりわけ発電）が脚光を浴びるに至った。このことは、旧来の入浴中心の温泉利用に危機をもたらし、全国に著名な温泉にとっては浮沈にかかわる社会問題、として騒がれたことも、なお記憶に新しい。

本誌上でも、筆者は、かつて「温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題（上）（中）（下）」（第32・

33・34号 昭56～58年)と題して研究報告したところである。詳細はそれに譲るとして、ここでは温泉権紛争に視点を合わせて概述を試みることにする。

温泉を入浴以外の工業用に利用する目的でも、温泉の掘削許可を要することは、今日では周知されている。法第3条の「温泉をゆう出させる目的」には、温泉の利用または処分の方法は問わないから、温泉法による申請手続きは避けられない(昭和31.5.11 国発第238号各知事宛部長通知)。

ところが、地熱エネルギー資源は、既存の温泉地帯や国立公園地帯に賦存することが多く、未開発地帯の多くはまた温泉地が将来、開発を期待している温泉資源でもある。そのため、既設温泉権者をはじめとする温泉利用の社会集団(関係地域)と、大資本(会社)の地熱開発推進者との間で熾烈な紛争——ときには地方行政をも捲き込んだ対立・抗争——を起こすことにもなる。その好例が、別府明礬温泉周辺の伽藍岳中腹で起きた地熱開発紛争であった(昭和53年)。その際の法的問題の核心は、温泉地における旧来の温泉利用(の秩序維持)と、一方では国策の基本線に沿う代替資源エネルギー開発をどう調整するか——すなわち、どちらの政策を優先的に考えるか——の、深刻かつ困難な政策判断にあった。

そこで、私見を忌憚なく述べれば——既存温泉地にあっては、その自然的・文化的限界を一応配慮した上で、何よりも旧来の温泉権秩序を尊重すべきだ、と考える。温泉権はこれまで縷述してきたように、温泉地では貴重な財産権で永年にわたる既得権として憲法上でも尊重されねばならぬ基本権(生活権・営業的生存権)、なのである。温泉地が歴史上果たしてきた文化(とりわけ保養・医療)面や経済(とりわけ観光)面での貢献を想起するとき、地熱開発事業の思いがけない推進が周辺温泉地に与えるインパクトや心理的影響は、著名な温泉地であれば尚さら、測りしれないものがある。

結論を急げば、既存の温泉地帯での地熱開発は、その企画段階で利害関係者(温泉利用集団や関係地域)の同意が得られぬ限り、その推進には慎重でなければならない、ということである。これら紛争の打開策としては、地熱開発地域の策定や既存温泉地からの距離規制の設定などが考えられよう。とくに後者の場合、参考になると考えられるのは、本県の筋湯温泉(九重町)と約1km離れた地点で進められている九州電力(株)による地熱発電事業、である。ここでは、問題が全く存しないわけではないが、現に共存共栄の途が開かれている(拙稿「筋湯における温泉権の実態(上)(下)」本誌第27・28号参照)。

今日、地熱開発(発電)の積極的推進には、なお法的障害が予想される——例えば温泉法の抜本的改正や地熱開発法(仮称)の制定は至難であろう——ことから、地熱紛争解決のための特効薬的な対策は望むべくもない。ここでも、中央行政機関はもちろん、県や市町村段階(とりわけ県段階)での行政関与(指導や調停等)が期待される。昭和40年代に全国的に噴出をみた公害紛争が残した教訓、それは企業としては、地域住民の合意と納得の上で推進すること、地域(住民)としては企業側の説明に謙虚に耳を傾けるとともに環境アセスメントに配慮すること、また行政機関としては両者の間に立って調整機能を発揮すること、であった。地熱開発をめぐる紛争もまた、この埒外ではないように思われる。

(以下次号)

深部地熱構造に関する研究会

大分県における地熱開発の現況と展望

二度にわたる石油危機を契機に本格化した石油代替エネルギーの開発。なかでも、純国産でクリーンな地熱エネルギーの開発には大きな期待が寄せられている。

地球温暖化や酸性雨などの地球環境問題がクローズアップされるなか地熱は果たして次代を担うエネルギーになりうるか？

大分発、地熱開発をレポートする。

はじめに

『深部地熱構造に関する研究会』は、大分県温泉調査研究会事業として昭和 57 年にスタートした。

以来、研究会では「大分県は地熱エネルギーの供給県になり得る」との認識のもと、県内で地熱開発を手がける国や事業所の技術者を招き、地熱開発手法や事業の進捗状況を学んできたところである。

平成 2 年度は、近年のエネルギー需給の緩和や石油価格の低下から地熱開発はやや失速気味となり、新たな開発事例をみることはできなかったが、一方では八丁原 2 号機の運転開始などいくつかの地点で具体的な開発が進められていった。

こうしたことから、今回は研究会のこれまでの実績を踏まえ、大分県内における地熱開発の現況を報告するとともに、今後の展望について考察してみた。

地熱開発の歩み

県の中央部を東西に走る大山火山帯にそって多数の火山が新生代第 3 紀後半以後の地下活動により生まれ、鶴見、由布岳からくじゅう山群にかけて全国屈指の地熱賦存地帯を形成する。

その旺盛な地熱現象を背景に、これまで大分県内では様々な地熱開発が行なわれてきた。

ここで、日本地熱調査会のとりまとめた「わが国の地熱開発年表」からそのいくつかを紹介しよう。

大正 7 年、海軍中将山内万寿治よって速見郡朝日村鶴見（現：坊主地獄付近）で県内初の地熱開発が始まり、大正 14 年に東京電灯（株）によって日本初の地熱発電が実証される。

翌年、京都大学が別府市野口原に理学部附属地球物理学研究施設を設置。県内における本格的な地熱温泉研究が始まるが、やがて開戦により中断する。

戦後まもなく、GHQ が地熱発電の開発を提唱。これをうけて国立の地質調査所が地熱開発地域の選定調査を開始、昭和 23 年には別府白竜温泉に試験場（昭和 25 年に工業技術庁地熱開発別府試験場となる）を設置し、26 年には出力 30kW の発電に成功している。

また、昭和 24 年からは九州配電（現：九州電力（株））が県下の地熱地帯の調査を開始し、九重町大岳・八丁原地区では地熱発電所の建設が検討されていった。

昭和 42 年、日本で初めての熱水分離型地熱発電所九州電力（株）大岳発電所が運転開始。昭和 52 年には八丁原発電所 1 号機が、平成 2 年には同 2 号機が運転開始される。

一方、地熱開発調査は昭和 54 年から出光興産（株）（現：出光地熱開発（株））が九重町滝上地

区・湯府院町で、さらに56年からはNEDO（新エネルギー産業技術総合開発機構）が久住・大分川上流など県内数ヶ所で地熱開発促進調査を実施し、それぞれ有力な地熱資源を確認している。

大分県における地熱発電の歴史

運開年月	事業内容	発電規模
大正14年11月	東京電灯(株)が別府市鶴見で実験発電	1.12 kW
昭和26年7月	工業技術庁が別府市南立石で実験発電	30 kW
昭和42年8月	九州電力(株)が九重町大岳で商業発電	12,500 kW
昭和52年6月	九州電力(株)が九重町八丁原で商業発電(1号機)	55,000 kW
昭和56年8月	杉乃井ホテルが別府市観海寺で自家発電	3,000 kW
平成2年6月	九州電力(株)が九重町八丁原で商業発電(2号機)	55,000 kW

現在、全国にある地熱発電所は12カ所、総出力269,950 kW。そのうち4カ所、125,500 kW（46.5%）を大分県が占める。（平成3年3月1日現在）

深部地熱開発の現況

地熱発電に利用できる地熱資源は地球深部に賦存する対流熱水資源、構造性高圧熱水、高温岩体の3つ。

大分県内には、これらの深部地熱資源が広域に賦存することから、国や民間企業による様々な地熱開発プロジェクトが進められている。

〔大岳・八丁原地区〕

九州電力(株)が県内で年間に発電する電力量約53億6千万kW。その17%にあたる9億1千万kWが大岳・八丁原地区で発電される。

同社が本格的な地熱開発に進出したのは昭和24年。

大岳、霧島、雲仙地区で地熱調査を行ない、このうち最も有望視される大岳地区で重点的な探査を繰り返していった。

昭和28年、同地区で地熱流体の噴出に成功。しかし、熱水混じりのため開発は一時中断する。

当時、イタリアでは地熱発電が実用化されていたが、これは乾いた蒸気を利用するもので、多量の熱水をとまなう蒸気での地熱発電はまだ困難とされていた。ところが、昭和33年にニュージーランドのワイラケイ発電所が熱水型発電に成功。これを契機に大岳地区での地熱発電が再検討され、汽水分離が可能な発電設備の開発が急ピッチで進められていく。そして、昭和42年8月、長年の研究を経て日本初の熱水型シングルフラッシュ方式の地熱発電所として大岳発電所(12,500kW)が運転開始する。

一方、八丁原地区でも地熱発電所の建設計画が検討され、52年6月には世界初の二相流体輸送方式・ダブルフラッシュ方式の八丁原1号機が運転開始、平成2年6月には同2号機がこれに続いた。

ダブルフラッシュ方式とは、生産井から噴出した蒸気と熱水を汽水分離器へ導き、蒸気と熱水に分離した後、それぞれから蒸気(1次・2次)を取り出し発電機を駆動させるもの。

蒸気のみを使用するシングルフラッシュ方式に比べ、少ない生産井で発電することができ、また還元熱水量も減少させることができる。

現在、この方式により八丁原発電所は1号・2号機合計110,000kWの出力を誇り、世界有数の地熱発電所として知られている。

大岳・八丁原発電所概要

項目	仕 様			
	大 岳	八丁原 1 号機	八丁原 2 号機	
出力	12,500 kW	55,000 kW	55,000 kW	
発電方式	シングルフラッシュ	ダブルフラッシュ		
用地面積	15 万㎡	181 万㎡		
坑井	蒸気井	6 本(深度 370 ~ 1,561 m)	13 本(深度 759 ~ 1,971 m)	8 本(深度 1,050 ~ 1,700 m)
	還元井	14 本(深度 370 ~ 700 m)	14 本(深度 900 ~ 1,500 m)	4 本(深度 1,100 ~ 1,900 m)
運転開始年月	昭和42年 8 月	昭和52年 6 月	平成 2 年 6 月	

〔滝上地区〕

九州のほぼ中央を横切る別府・島原地溝帯の上、大岳・八丁原に次ぐ有力な地熱地帯の開発が出光地熱開発(株)によって行なわれている。

同社による滝上地区での地熱開発は昭和 54 年から、以来 10 年間にわたり地熱探査や調査井の試掘など様々な調査が行われてきた。その結果、長期安定的な商業発電が十分可能との結論に達し、現在、九州電力(株)との間では開発基本協定締結に向けての協議が続けられている。ここでは、滝上地区における地熱開発を例に地熱資源の探査から評価に至るまでの地熱開発システムを紹介しよう。

プレートの移動による摩擦熱で生じたマグマ溜りは、地熱貯留層を形成し、さらに地熱貯留層は地中深く浸透した天水を 230~280℃に加熱し熱水貯留層をつくる。

地熱発電は、この熱水貯留層を掘削することによって水蒸気を地表に取り出し、タービンを回して発電をするものだが、地球深部のことゆえ地熱貯留層や熱水貯留層の存在を確認するのは容易なことではなく、かつ、大規模な開発、長期にわたる利用を予定することから、その事業化には長期間を要するといわれている。

滝上地区も例外ではなく、予察・概査・精査・試掘・事業化評価の順で段階的に地熱開発が進められていった。まず、予察から精査段階では、1,296km²の調査範囲でリモートセンシング、空中写真をはじめ、主に地表でできる地質調査、重磁力探査、地化学探査、MT等の電気探査を実施し調査範囲を絞り込む。

次に調査地域内で有望な地熱貯留層構造が期待できるときには、試掘段階へと進む。滝上地区では 57 年度までに小口径調査井 4 本が掘削され、地熱貯留層の有無・温度・タイプ・深度・岩石特性・地質構造等の調査、さらに生産層の分布を調べるための精密電気探査・極微小地震探査等の補完調査が行なわれた。

こうして有望な地熱貯留層の存在が確認できれば、いよいよ貯留層の能力を調べるため大口径の調査井が掘削され、各種口径井テストが実施される。

昭和 58 年度に大口径調査井 4 本が掘削され、うち優勢な蒸気の噴出をみた調査井で 2 度にわたる長期噴出テストが行なわれた。この結果、野稲川を境に東部域で 200℃前後、西部域で 240℃以上の地熱貯留層が確認され、さらに 3 本の大口径調査井を掘削しての約 5 ヶ月間にわたる一斉長期噴出テストにより、出力 55,000kW(ダブルフラッシュ方式による)の事業化評価も行

われた。

現在、滝上地区では 35,000kW の生産能力と約 800 t の還元能力を有する一大地熱地帯として、発電所の建設が待たれている。

〔水分峠南部地域〕

国においても石油代替エネルギーの開発は積極的に進められている。

第 2 次オイルショックを契機に本格的な地熱開発が着手され、組織づくりや財政支援が行われてきた。

昭和 55 年に発足した N E D O（新エネルギー・産業技術総合開発機構）もそのひとつ。「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」に基づき政府・民間企業の出資によって生まれたこの特殊法人は、全国各地で様々な地熱開発を展開している。

県内では、これまで昭和 60 年度に久住地域で、次いで 62 年度に大分川上流地域で調査を実施し、さらに平成 2 年度からは九重・湯布院両町にまたがる水分峠南部で地熱開発促進調査をスタートさせた。

地熱開発促進調査とは、有望とされながらもデータ不足等から民間企業による開発に結びついていない地熱地域を N E D O が先導的に調査するもの。これにより民間企業を誘導し、地熱資源の早期開発を促進する。

調査期間は 1 地域 3 年。水分峠南部地域では、平成 2 年度に地域内の地熱資源の賦存状況を把握するために調査井 3 本が掘削され、同時に概査（地化学調査・地質変質帯調査及び電磁探査）や環境調査も実施された。

なお、平成 3 年度は 2 年度の調査結果を総合的に解析して、調査井数本の掘削と電気探査等の地表調査を行ない、さらに調査最終年度となる 4 年度には 2・3 年度の調査結果をもとに環境調査井を掘削しての蒸気の噴出や熱水の還元のテストも行なうこととしている。

〔湯坪地区〕

九重町湯坪地区では、平成 2 年度から N E D O の委託を受けた石油資源開発（株）によって断裂型貯留層探査法開発が行なわれている。

断裂型貯留層探査法開発とは、地層の断裂が地熱流体の貯留と流動を大きく規制することからこれを探査する方法を実験により明らかにしようというもので、起震車によって人工的な地震を起し、弾性波を発生させ高精度反射法、V S P 調査、弾性波トモグラフィ調査などを行なう。

現在、同地区では調査井 2 本の掘削が続けられており、具体的な実験は平成 3 年度から行なわれる予定だ。

高精度反射法 …… 地面を振動させると生じる弾性波は地下を通過する際、地層境界面で反射する。この性質を利用した調査法で、地表に配置した起震車によって弾性波を発生させ、その反射波を観測し、コンピューター解析によって地下構造を解明する。

V S P 調査 …… 坑井敷地及びその周辺道路で、弾性波を発生させ反射波の観測によって、坑井周辺の地質を解明する。

弾性波トモグラフィ …… 調査井 2 本のうち、1 本の坑井内に弾性波発生装置を、他方に受振器設置し地下を通過する弾性波や反射、波を観測、両坑井間の詳細な地質、断層の形態を解明する。

〔菅原地区〕

従来から地熱発電は地中から噴出する蒸気を利用し、熱水は地下還元するものとされていた。これは熱水に含まれるシリカなどの成分がスケールを発生させ、発電用タービンの運転に悪影響を与えるため。

唯一の熱水利用は、八丁原発電所で採用されるダブルフラッシュ方式（天然噴気に加え、熱水からも蒸気を取り出し発電を行なう）がその代表的なものだった。

しかし、乾いた蒸気だけ出る地熱資源は熱水型のそれより極めて少ない、地熱エネルギーの有効利用のためには今後、熱水による発電についても検討していかなければならなかった。

そこで、NEDOと電源開発（株）ではサンシャイン計画（エネルギー危機に対処するとともに無公害社会の建設を目指して通産省が進める新エネルギー技術開発計画）に基づきバイナリーサイクル（熱水利用）発電プラントの開発に着手、本県では昭和60年度から九重町菅原地区でこの新技術の開発、実証を進めていった。

バイナリーサイクル発電とは、150～200℃の中高温の熱水をダウンホールポンプ（熱水ポンプ）で地上に取り出し、低温で蒸発するフロンと熱交換し、フロン蒸気でタービンを回す方式。

菅原地区では、調査井7本の掘削によって有望な地熱資源の賦存が確認されたことから、現在は、熱水を汲み上げるダウンホールポンプの開発が進められている。

開発は、テスト機を製作しては工場試験、現地試験を繰り返すトライ&エラー方式。すでに1号機（50t/h、100kW モーター・シングル構造）・2号機（100t/h、200kW モーター・タンDEM構造）の試験が終了しており、平成3年度には3号機（200t/h、400kW モーター）の試験も予定されている。

また、菅原地区は先に行われた資源評価で10,000kW級で30年間の発電が可能とされた。

このため、平成元年度からは地熱発電所の建設に向けての環境影響調査も実施されているところで、今後のプラントの開発如何によっては日本初のバイナリーサイクル方式の地熱発電所が誕生するかもしれない。

地熱開発の課題

エネルギー問題に加えて地球環境問題が顕在化するなか、地球温暖化の原因といわれるCO₂を殆ど排出しない「地熱」に対する期待は益々高まっている。

地熱エネルギーの開発・利用はこの追い風によってさらに加速度を増すかもしれない……？

しかし、地熱開発には問題が全くない、というわけではなさそうだ。ここでは開発をめぐるトラブル事例から、その課題を探ってみた。

〔自然公園内での地熱開発〕

日本では、火山の多くが自然公園内に位置することから、地熱の有望地帯もその大部分が国立・国定公園内に含まれる。

このため開発による環境破壊を懸念する声も聞かれ、県内では国立公園内での地熱開発にストップがかかった事例もみられた。

開発にストップをかけたのは環境庁。同庁は、昭和47年に自然公園内における地熱発電については当時開発が進められていた6地点に限って認めるという通産省と覚書を締結して以来、自然保護の見地から公園内での発電所の新增設や開発に結びつく基礎的調査を認めないとする方針をとってきた。

それだけに、今回の阿蘇くじゅう国立公園普通地域内での地熱発電計画は、問題ありとして事

業者への指導を強めているところだ。

現在、環境庁・通産省と事業者との間で協議が続けられているが、果たして地熱開発にGOサインが出るかどうかは全く目処がたっていない。

しかし、地熱発電は地球環境保護の見地からも有用性が高く、通産省を中心に積極的な開発が進められていることから、今後、環境庁、通産省間でどのような検討がなされるかが注目される。

〔温泉事業者の反対〕

温泉地付近で地熱開発を行なおうとする場合、計画の存在があきらかになるやいなや、温泉事業者の反対運動に出会う。

事業者側の主張は「地熱開発が周辺温泉の枯渇を招く」というもの。

県内でも別府の地獄地帯付近での地熱開発が周辺の温泉事業者の猛烈な反対に合い、地熱調査井の掘削が温泉審議会で長く継続審議扱いとなり、計画が中止となった事例が見られた。

現行法では、地熱開発も他の温泉掘削と同様に「温泉法」の規制を受けることから開発に当たっては泉源保護を最優先しなければならない。

それだけに、地熱開発事業者は、地熱開発地点を温泉地周辺からはずすことや地元から説明に対し適確な回答を行なうことに努め、また行政は温泉審議会まかせにするのではなく、積極的に地熱開発事業者と温泉事業者間の対話を促進させるなど調整機能を大いに発揮していかなければならない。

〔地熱発電の経済性〕

地熱発電所の建設費用は、出力5万kWで工期を10年とした場合、約350億円かかると言われる。

国の助成制度、調査井の掘削費補助（補助率1/2）・生産井や還元井の掘削費補助（補助率1/5）・生産井からの蒸気輸送パイプラインの建設費補助（補助率1/5）を全て利用したとしても事業者は300億円を負担しなければならない。

このため発電原価は耐用年数を15年とみてもkWh15円となり、他の電源の原価に比べるとかなりの割高となる。

殊に、地熱発電では蒸気供給部門と発電部門が別会社で行われる場合があるが、蒸気供給会社と電力会社の間で電源単価をめぐっての調整が難航するのもそのためである。

IEA（国際エネルギー機関）の予測では、西暦2000年には石油の価格が30ドルなるとのこと。長期的には地熱は有利と思われるが、やはりコストの低減が今後の大きな課題となろう。

地熱探査技術の改善、さらに国際相場からすると2倍以上といわれる掘削価格など開発事業者や電力会社の努力に期待したい。

発 電 原 価 の 比 較

原子力	□□□□□□□□□□	9円/kWh
石 炭	□□□□□□□□□□	10円/kWh
石 油	□□□□□□□□□□	〃
L N G	□□□□□□□□□□	〃
地 熱	□□□□□□□□□□□□□□□□	15円/kWh

石油の価格は1バレル16ドル。地熱が石油に逆転するのは30ドルといわれている。

地熱開発の展望

現在、国内で運転されている地熱発電所は12カ所、約27万kW。これに対し、平成2年6月の電気事業審議会需給部会中間報告では西暦2000年に100万kWを目標とされた。

地熱開発への期待の大きさがうかがえるが、目標達成のためには各種の法規制、地熱開発技術の向上などの課題が山積し、見通しは決して楽感できるものではない。

今後は、地熱開発事業者・電力会社・NEDOの3者による協力体制を構築して新技術の開発や発電コストの低減を図るとともに、長期的観点からの地熱開発の推進が必要となろう。

また、国にあっては各種助成制度を整備と「地熱資源法」の再検討を望みたい。

おわりに

県内における地熱開発は調査段階から開発段階へと移行しつつある。

「深部地熱構造に関する研究会」は7年間にわたり、県内の地熱開発を眺めてきたが「発電所の建設」という段階に入るこれからが本当の正念場になるだろう。

これからは、地熱開発をめぐりより多くの人々が参加し、様々な論議がなされていく。

自然保護団体、温泉事業者、地熱開発事業者のそれぞれが、それぞれの立場から意見を主張する中、我々行政関係者は優れた学術資料をもとに調整機能を発揮していかなければならないだろう。その時に、研究会での経験が大いに役立つのである。

「深部地熱構造に関する研究会」は、一応今回のまとめをもって終了するが、新たな開発事例や予想もしないような動きが生じた場合は、再び会を招集し、活動を再開したいと思う。

長年にわたり本研究会をご指導いただいた大分県温泉調査研究会の会員のみなさん、地熱開発事業者のみなさんには、深く感謝する次第である。

大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会は大分県温泉調査研究会（以下「会」という。）という。

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

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

第4条 会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

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

第5条 会は下記の構成員をもって組織する。

学識経験者

県及び温泉所在地市・町・村の代表

関係行政庁の吏員

第6条 会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

会 長	1 名
副 会 長	2 名
常 務 理 事	1 名
理 事	若干名
監 事	2 名

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

第7条 会長は会務を総理し会議の議長となる。

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

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

第8条 会に顧問を置くことができる。

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

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

第10条 会に下記の役員を置く。

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

第11条 会議は総会及び役員会とする。

第12条 総会は会長が招集する。

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

第13条 総会において下記の事項を議決する。

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

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

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

第15条 下記の事項について会長は専決することができる。

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

2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。

- (1) 前項の専決事項
- (2) 前年度の事業および決算

第16条 役員会は会長が招集する。

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

第17条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第18条 会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員を設けることができる。

2 前項の委員会に関する事項は総会で定める。

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

第20条 会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終わる。

2 年度における余剰金は翌年度に繰越することができる。

附 則

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

附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、平成2年4月1日から適用する。

大分県温泉調査研究会会員名簿

(順不同)

(平成2年3月1日)

職 名	氏 名	備 考
京都大学名誉教授	吉 川 恭 三	
大分県保健環境部次長	内 田 賢 一	
九州大学生体防御医学研究所教授	延 永 正	
大分県保健環境部環境保全課長	神 田 尚 三	
大分大学教育学部教授	川 野 田 実 夫	
日本文理大学工学部教授	森 山 善 蔵	
九州大学生体防御医学研究所教授	矢 永 尚 士	
京都大学理学部教授	由 佐 悠 紀	
大 分 市 長	佐 藤 益 美	
別 府 市 長	中 村 太 郎	
臼 杵 市 長	佐々木 順 一	
杵 築 市 長	石 田 徳	
真 玉 町 長	近 藤 正 勝	
国 見 町 長	岐 部 強	
挾 間 町 長	川 野 秀 夫	
庄 内 町 長	工 藤 千 秋	
湯 布 院 町 長	吉 村 格 哉	
久 住 町 長	衛 藤 龍 天	
直 入 町 長	岩 屋 万 一	
九 重 町 長	高 倉 源 八	
玖 珠 町 長	濱 田 欣 次	
天 瀬 町 長	山 田 良 久	
本 耶 馬 溪 町 長	井 上 次 男	
耶 馬 溪 町 長	小 畑 知 彦	
山 国 町 長	吉 峯 高 幸	
安 心 院 町 長	徳 光 正 則	
大分県公害衛生センター所長	大 友 信 也	

職 名	氏 名	備 考
別府保健所長	園 田 稔	
別府市温泉課長	東 睦 彦	
京都大学理学部助手	北 岡 豪 一	
“ 助手	神 山 孝 吉	
“ 助手	竹 村 恵 二	
大分総合検診センター理事長	辻 秀 男	
山香町立病院外科部長	麻 生 宰	
大分大学名誉教授	志 賀 史 光	
大分大学教育学部教授	川 西 博	
前大分大学教育学部教授	大 野 保 治	
九州大学名誉教授	古 賀 昭 人	
原爆被爆者別府温泉療養研究所所長	大 内 太 門	
大分県立宇佐高等学校教頭	日 高 稔	
	山 下 幸 三 郎	
	大 石 郁 朗	
別府市観光経済部長	姫 野 誠 一	
別府市温泉課課長補佐	江 藤 隆 敏	
大分県保健環境部環境保全課課長補佐	橋 本 克 徳	
別府市保健所次長兼総務温泉課長	内 藤 義 雄	
大分県公害衛生センター次長兼化学部長	麻 生 篤	
“ 理化学科長	久 枝 和 生	
“ 主任研究員	渡 辺 克 広	
“ 技師	御 杵 稔 弘	
九州大学名誉教授	矢 野 良 一	顧 問
大分県保健環境部環境保全課課長補佐	長 田 正 満	書 記
“ 主任	遠 入 常 義	“
“ 主任	伊 東 龍 治	“

大分県温泉調査研究会報告 第42号

平成3年3月 印刷

平成3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
大分県保健環境部環境保全課内

印刷者 大分市新川町2-5-4

(有)大分プリント社

電話 32-3717