

大分県温泉調査研究会

報 告 第 35 号

昭 和 59 年 3 月

目 次

沸騰泉の特性……………	神 山 孝 吉…(1)
	北 岡 豪 一
大分市における温泉源の分布……………	吉 川 恭 三…(7)
	北 岡 豪 一
セパレーターモデルによる噴気・沸騰泉の採取とその影響……………	吉 川 恭 三…(16)
	北 岡 豪 一
長湯温泉の現況調査 一昭和58年一……………	由 佐 悠 紀…(25)
	神 山 孝 吉
	志 賀 史 光
	川 野 田 実 夫
肝臓疾患患者に対する温泉地療養の影響……………	辻 秀 男…(34)
慢性関節リウマチに対する冷泉浴の作用機序……………	吉 田 史 郎…(39)
	田 原 享
	延 永 正
温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題……………(下)	大 野 保 治…(43)
原爆被爆者の温泉療法(第16報)……………	大 内 太 門…(59)
深部地熱構造に関する研究会……………	大 分 県 環 境 管 理 課 …(66)

沸騰泉の特性

京都大学理学部 神山孝吉
北岡豪一

1 はじめに

別府温泉には、いくつかの沸騰泉が存在している。沸騰泉とは液体の水と気体である蒸気とが共存し、沸騰しながら自噴している温泉である。今回このような沸騰泉の特性について調査を行った。

2 沸騰泉の短期変動

由佐は別府の沸騰泉には化学成分に関して長期変動がみられることを報告している。¹⁾ところで別府の一般温泉では水位、化学成分、温度などが海洋潮汐、気圧、降水などの影響を受けて短期変動を示している。ここではこのような短期変動が沸騰泉について認められるか否かを調査した。

2-1 調査方法

異なる3カ所の沸騰泉、別府北部の海岸から約500メートルはなれた住友金属寮泉(A)、約2,000メートルはなれた大野秀男泉(B)、別府南部の鶴見園泉(C)で調査を行った。これらは図1にそれぞれA、B、Cの白丸で表示している。沸騰泉の湧出温度は、その場の気圧と飽和蒸気圧とが等しくなる温

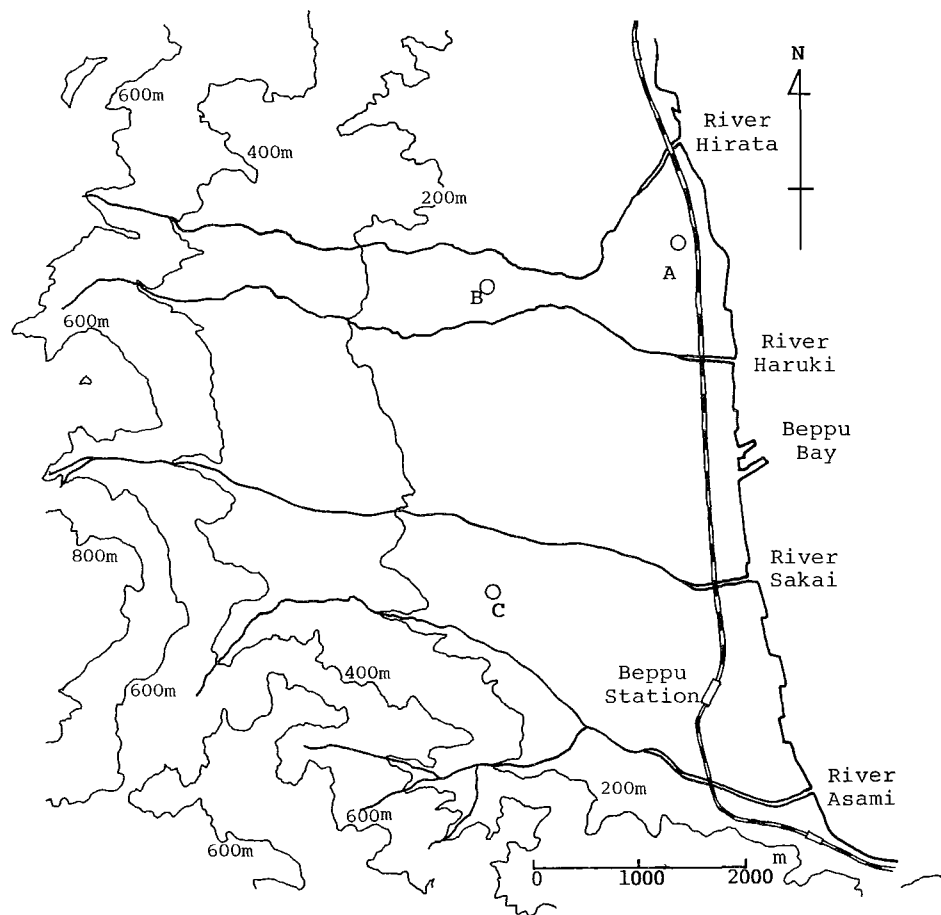


図1 観測に利用した沸騰泉の位置

度を示している。また沸騰泉の設備と利用の現状では流出量の短期変動を調査することは精度上無理がある。したがってここでは沸騰泉の水質成分である電気伝導度、pH、Cl濃度、 HCO_3^- 濃度の変動を対象とした。調査はAとBでは1983年1月31日、Cは1983年2月4日に行った。これは別府湾の大潮の時期（1月27日から30日）に近い。

2-2 結果と結論

各沸騰泉での上記の観測結果を表1に示した。表2にまとめたように電気伝導度、Cl濃度は、C、

表1 沸騰泉水質の時間変動

泉源名	日	時	pH	電気伝導度	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
	年 月 日	時 : 分		mV/cm	meq/l	meq/l
住友金属寮泉 (A)	1983. 1. 31	8 : 54	8.51	1.80	11.58	0.8675
		9 : 54	8.51	1.80	.	.
		10 : 43	8.51	1.80	11.57	0.8600
		12 : 5	8.51	1.80	.	.
		13 : 12	8.51	1.79	11.55	0.8625
		14 : 12	8.51	1.79	.	.
		15 : 33	8.51	1.79	11.54	0.8625
		16 : 25	8.51	1.79	.	.
		17 : 49	8.51	1.79	11.53	0.8640
		19 : 8	8.51	1.80	.	.
		20 : 14	8.51	1.80	11.55	0.8675
		21 : 6	8.51	1.80	.	.
平均値±標準偏差			8.51±0.0	1.796±0.005	11.55±0.02	0.8640±0.0030
大野 秀男泉 (B)	1983. 1. 31	8 : 40	8.90	1.82	16.75	1.554
		9 : 31	8.90	1.82	.	.
		10 : 32	8.90	1.82	16.73	1.554
		11 : 50	8.90	1.81	.	.
		13 : 1	9.02	1.81	16.72	1.558
		14 : 1	8.90	1.81	.	.
		15 : 20	8.90	1.81	16.75	1.555
		16 : 12	8.90	1.81	.	.
		17 : 37	8.90	1.82	16.91	1.557
		18 : 51	8.90	1.82	.	.
		20 : 4	8.90	1.83	16.64	1.549
		21 : 16	8.90	1.82	.	.
平均値±標準偏差			8.91±0.03	1.82±0.01	16.75±0.09	1.555±0.003
鶴見園泉 (C)	1983. 2. 4	8 : 41	9.01	1.012	3.43	11.09
		9 : 42	9.02	0.992	.	.
		10 : 40	9.02	0.997	3.43	10.90
		11 : 45	9.01	1.000	.	.
		12 : 48	9.01	0.993	3.47	10.86
		13 : 55	9.01	0.997	.	.
		15 : 11	9.01	0.990	3.45	10.91
		16 : 24	9.02	0.993	.	.
		17 : 39	9.01	0.992	3.45	10.92
		18 : 52	9.01	0.987	.	.
		19 : 57	9.01	0.989	3.44	10.90
		21 : 00	9.02	0.989	.	.
平均値±標準偏差			9.01±0.01	0.994±0.007	3.45±0.02	10.93±0.08

A、Bの順に大きく、またpH、 HCO_3^- 濃度は、A、B、Cの順に大きくなっている。それぞれの沸騰泉水質の経時変動を図2に示したが、ここでははっきりした短期変動は認められない。

各水質成分間の相関をそれぞれの沸騰泉について表3に示した。サンプル数は少ないものの、この観測からは全ての沸騰泉を通した一定の相関は存在していないことがわかる。

表2 各々の沸騰泉水質の差異

項目	大	小
pH	C > B > A	
電気伝導度	B ≥ A > C	
Cl^-	B > A > C	
HCO_3^-	C > B > A	

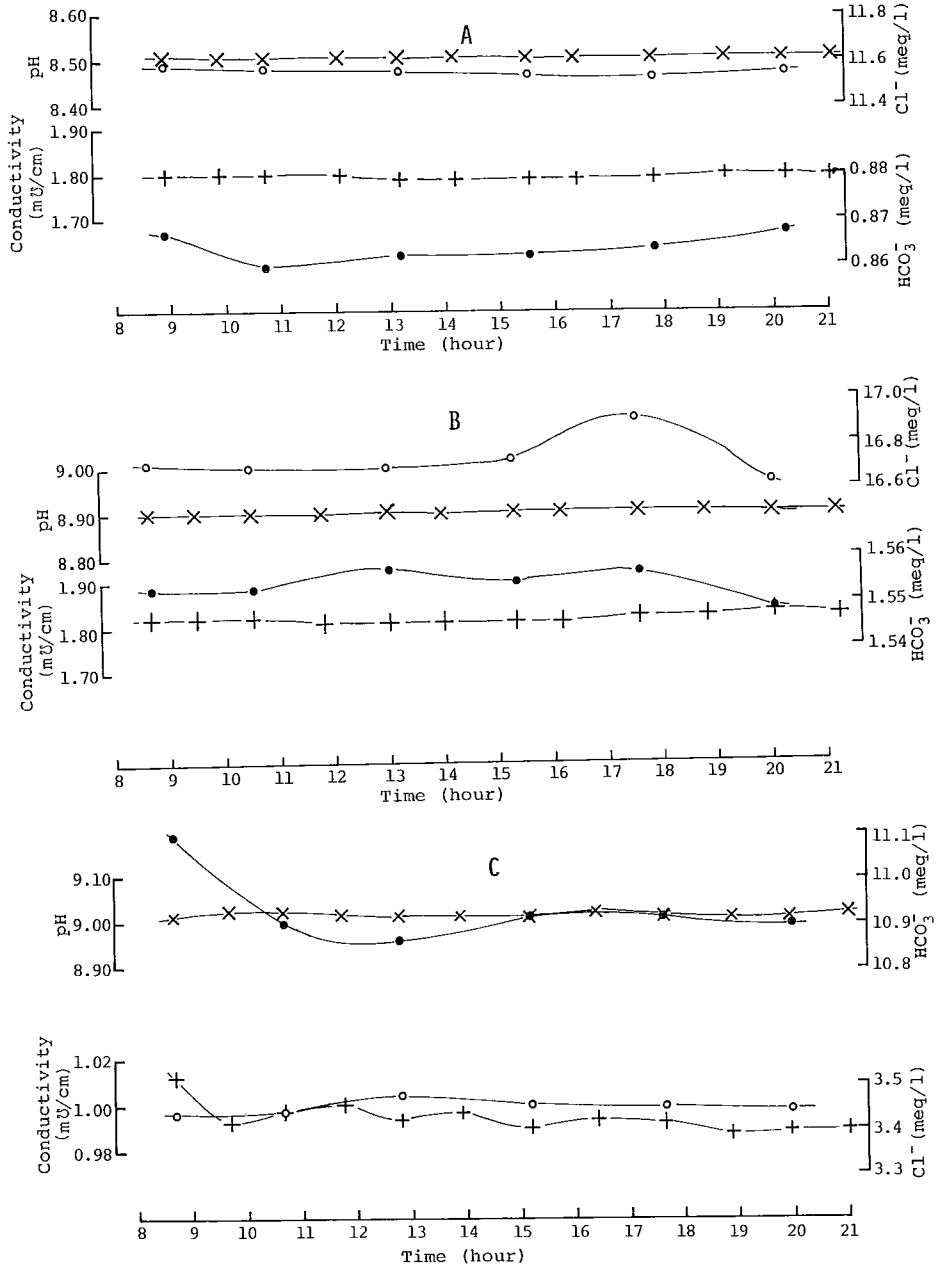


図2 各々の沸騰泉水質の経時変動 (x-----pH, +-----電気伝導度, o----- Cl^- 濃度, ●----- HCO_3^- 濃度)

表3 各々の沸騰泉における各成分間の相関行列 (最上段は相関係数、中段は信頼度、下段はサンプル数)

A					B				
	pH	電気伝導度	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻		pH	電気伝導度	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
pH	0.0	0.0	0.0	0.0	pH	1.0	-0.32	-0.17	0.54
	1.0	1.0	1.0	1.0		0.0	0.307	0.753	0.264
	12	12	6	6		12	12	6	6
電気伝導度	0.0	1.0	0.78	0.37	電気伝導度	-0.32	1.0	-0.24	-0.80
	1.0	0.0	0.065	0.477		0.307	0.0	0.646	0.055
	12	12	6	6		12	12	6	6
Cl ⁻	0.0	0.78	1.0	0.14	Cl ⁻	-0.17	-0.24	1.0	0.65
	1.0	0.065	0.0	0.787		0.753	0.646	0.0	0.158
	6	6	6	6		6	6	6	6
HCO ₃ ⁻	0.0	0.37	0.14	1.0	HCO ₃ ⁻	0.54	-0.80	0.65	1.0
	1.0	0.477	0.787	0.0		0.264	0.055	0.158	0.0
	6	6	6	6		6	6	6	6

3 沸騰泉特性の観測

沸騰泉では一般に泉孔にスケールが付着しやすい。沸騰泉Cでは2週間毎に定期的にスケールの除去作業が行われている。ここではこのような掃除のはたしている役割を通して沸騰泉の特性の調査を行った。調査泉はCである。ここでは泉源から沸騰泉水(水と飽和蒸気との混合体)をそのままタンクに導き、そこで河川からポンプアップした河川水と混合させ温泉水を作り出している。このポンプは一定時間毎に作動をくり返すものである。

3-1 沸騰泉の掃除の影響

1983年11月16日から12月14日にかけての水

C				
	pH	電気伝導度	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
pH	1.0	-0.16	-0.48	-0.18
	0.0	0.611	0.330	0.731
	12	12	6	6
電気伝導度	-0.16	1.0	-0.53	0.90
	0.611	0.0	0.277	0.015
	12	12	6	6
Cl ⁻	-0.48	-0.53	1.0	-0.60
	0.330	0.277	0.0	0.206
	6	6	6	6
HCO ₃ ⁻	-0.18	0.90	-0.60	1.0
	0.731	0.015	0.206	0.0
	6	6	6	6

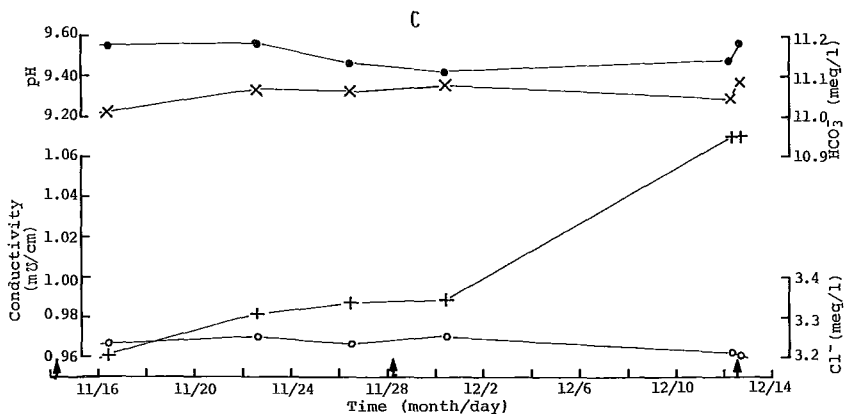


図3 沸騰泉の水質の経時変動 (矢印は掃除した時刻を表わしている)

質成分の経時変動を図3に示した。この間の掃除の行われた時を図中に矢印で表示した。この図からは掃除による明確な影響は化学成分に関しては読み取れない。そこで掃除前後の造成後の温泉の流出量と温度の経時変化を1983年12月12日8時50分より15時50分にかけて追跡した。ここでタンクから流出する温泉水の全ての流量を測定することは不可能であった。ほぼ大部分の流出量は測定したが、一部の流出口は配管上測定ができなかった。すべての流出口はタンク横に同一の高さでつけられているので実際の流出量は測定値を定数倍したものであろう。図4にこの結果を示した。観

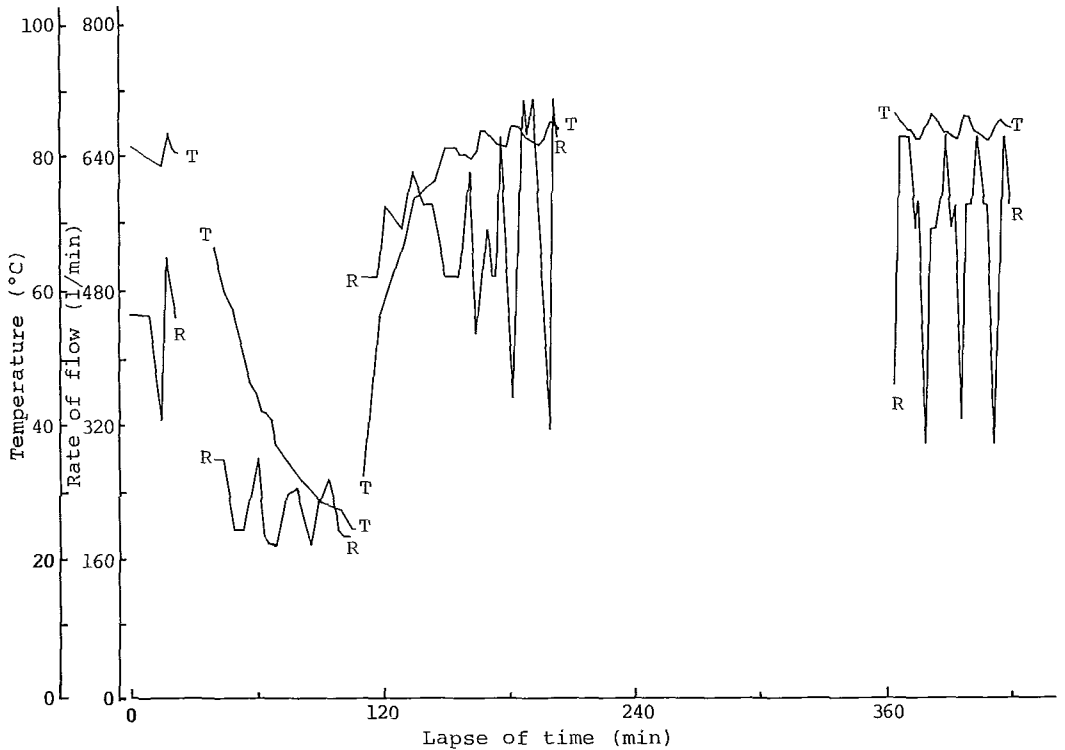


図4 沸騰泉の掃除前後の造成温泉の流出量と温度の経時変動 (Tは温度、Rは流出量)

測開始から33分後に掃除開始、同時に泉源より沸騰泉がタンク内に流入しなくなった。したがってタンク内に流入している水は河川からポンプアップした河川水のみである。タンクで流出水の温度は急速に低下し、この低下は掃除の終了する105分後まで持続した。掃除終了とともにタンクへの沸騰泉水の流入が始まり、急速な温度の上昇が認められるが、ほぼ180分後には定常状態が出現した。この図からみると掃除することによって明らかに流出水量、流出熱量ともに増大していることがわかる。しかし流出化学成分に影響を及ぼしているようにはみられなかった。

3-2 タンク内部の推定

我々が沸騰泉Cで観測できるものは、沸騰泉の温度、化学成分である。さらにタンクからの造成後の温泉水の一部の流量、温度、化学成分、またタンクに流入する河川水の温度、化学成分は観測可能である。タンクに流入あるいはタンクから流出している水の諸元を表4に示した。沸騰泉のCl⁻濃度はその液体中での濃度であって蒸気中には含まれていない。したがって温泉の造成過程ではCl⁻が保存されているので次式が成立する。ここでxは沸騰泉の乾き度である。

$$0.074 \times 220\lambda + 3.21 \times 270\lambda \times (1-x) = 1.68 \times 490\lambda$$

この保存式からは乾き度xは0.069となる。

また同様に熱量が保存されているものと考えると次式が成立する。

$$15 \times 220\lambda + 539 \times 270\lambda \times x + 100 \times 270\lambda \times (1-x) = 85.5 \times 490\lambda$$

表4 タンクに流入する、タンクから流出する水の平均流量、化学成分、温度
(表中の*は計算値、λは比例定数を示す)

		流量(ℓ /分)	Cl ⁻ (meq/ℓ)	温度(℃)
流 入 水	河 川 水	220λ	0.074	15
	沸 騰 泉	270λ*	3.21	—
流 出 水	造 成 温 泉	490λ	1.68	85.5

この場合乾き度は0.098と推定される。井戸管上昇中で等エンタルピーを仮定すると、沸騰泉水の乾き度が0.069、0.098の場合、それぞれ130℃、148℃で地下で液体として存在していることになる。

ちなみに昭和45年度の温泉調査結果²⁾からは、SiO₂ 温度 182℃、Na-K温度256℃という化学温度指示が与えられる。図5に昭和49年の掘削時に測定を行ったこの沸騰泉の地下温度を示す。もちろん掘削後温泉水の流出経路に変化が生じていることも考えられるが、比較的近い値であると考えられる。だが地下温泉水の実測が望まれる。

4 ま と め

沸騰泉の特性を調査するため、水質などの変動を追跡した。その結果は次のように整理できる。

- i) 1日程度の短期変動はみられなかった。
- ii) 温泉孔を掃除することによって流出熱量、流出水量が増加した。しかし化学成分に関しては掃除前後の変化ははっきりととえられなかった。
- iii) タンクで沸騰泉と河川水を混合して温泉水を造成しているが、ここにCl量、熱量の保存性を仮定すると沸騰泉の乾き度はそれぞれ0.069、0.098と推定された。

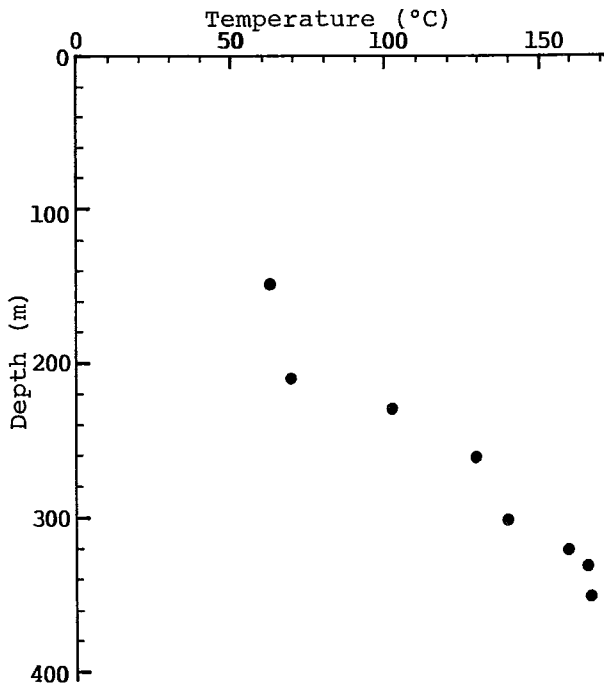


図5 沸騰泉(C)の地下温度(昭和49年測定)

しかしこのような方法で調べるよりも、実際の沸騰泉の地下温度の実測が望ましい。

参 考 文 献

- 1) 由佐悠紀 別府温泉南部域の化学成分長期変化について、大分県温泉調査研究会報告 第30号 昭和54年3月
- 2) 大分県温泉調査報告、温泉分析書 第21号 昭和45年3月

大分市における温泉源の分布

京都大学理学部 吉川 恭三
北岡 豪一

1 はじめに

かつては高い地温がないと思われていた大分市で、この5、6年の間に温泉開発がめざましく進んだ。この地域の温泉については、昭和54・55年度に行われた総調査の報告があるが^{1), 2), 3)}、その後、開発はさらに加速し、掘削井の数は倍増して80井以上となった。それに伴い、大分平野の西寄りに偏在していた源泉の分布は大分川を越えて丘陵部を除く平野部全域に及び、市街地の密集度も増した。

この地域の温泉は、井戸深度が深いために、湧出途中の冷却で失われる熱量が多く、地上で適当な泉温を確保するためには既存温泉地の井戸にくらべ大きい揚湯量を必要とする。そのため、入浴だけに限っても、1回の使用により多量の温泉水が消費されるから、発展途上の都市として将来の需要増を考えた場合、今のうちに何かの採取規制の行われる必要が認められる。

また、地温が深さに対してほぼ直線的に上昇する分布をとることから、地下温泉水の上下方向の流動は小さく、その供給が活発には行われにくいと推定されるとともに、水質からみても往古からの貯留水である可能性が強く、そのような温泉源の開発には保護の立場からより慎重な配慮が望まれる。

しかし、こういう深層型の温泉では、既存の浅層採取型温泉地におけると同様の規制の方法では、温泉利用面の要求と地域としての総採湯量の制限との間に矛盾がおきるから何か違った形での規制方法が考えられねばならず、今後予想される全域的な源泉密集度の増加と採取量の拡大要求に並行して、この地域の温泉源の存在状態を確かめ、その保護と有効利用の指針を求める努力が絶えず続けられねばならない。

この観点から、昭和58年に大分県環境管理課、大分保健所、大分市と京都大学によって実施された現地調査に基づき、既存資料の収集整理を行いながら、源泉の現状から推定される温泉源の分布につきまとめた。

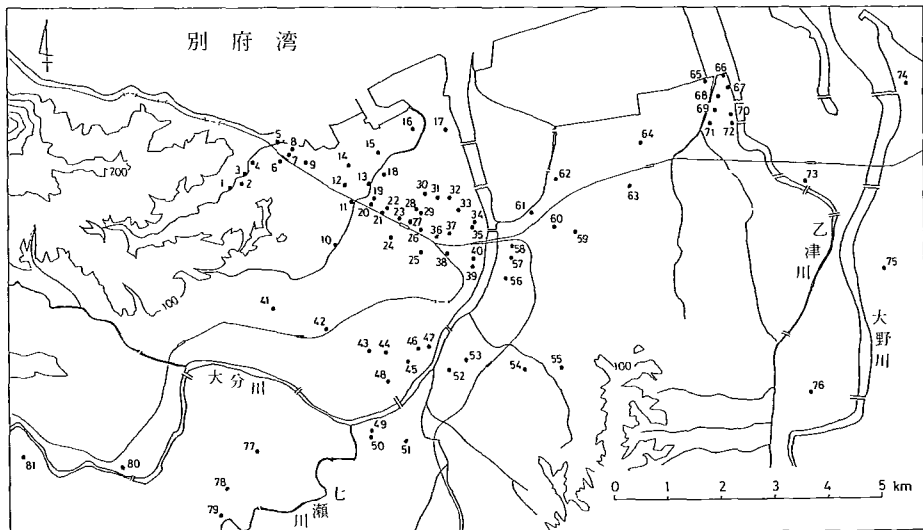


図1 源泉の分布 (数字は表1の番号と対応)

表1 源泉一覧表

番号	所 有 者	所在地	深度 (m)	掘削年月	利 用 区 分
1	阿部 消	八 幡	600	48. 8	自家浴用
2	阿部 吉之助 外	〃	〃	42. 5	ア パ ー ト
3	藤本 重次 外	生 石	500	39. 10	公共浴用
4	富士 紡績	〃	636	55. 12	自家浴用
5	安部 武徳	〃	700	55. 7	公共浴用
6	高橋 久夫 外	〃	655	56. 8	自家浴用
7	阿部 敬一郎 外	〃	600	46. 10	〃
8	小野 良任	〃	〃	51. 11	公共浴用
9	阿部 英三	〃	〃	58. 7	自家浴用
10	久保田 哲郎	駄 原	700	55. 5	公共浴用
11	山内 乳業	〃	〃	56. 6	その 他
12	長田 商事	中春日町1	〃	56. 10	その 他
13	塚川 光直	東春日町2	〃	53. 10	公共浴用
14	渡辺 ユキ	王子中町3	〃	56. 11	〃
15	是永 イトエ	勢家町2	〃	55. 9	〃
16	浦野 スマ	新川町2	〃	57. 3	〃
17	浅野 卯之助	豊 町 2	〃	54. 6	〃
18	グロリア企業開発	豊 町 2	〃	57. 11	〃
19	井上 産業	新 町	〃	55. 11	〃
20	相良 勇	〃	〃	57. 12	〃
21	黒河 弘之	末広町2	〃	55. 7	〃
22	文化 温泉	〃	〃	55. 4	〃
23	榎本 直美	末広町1	〃	58. 4	〃
24	三ヶ尻 節子	東大道1	〃	55. 11	〃
25	ヤマウチ調理食品	金池南2	〃	56. 7	その 他
26	ホテルとよみ	金池町1	〃	58. 12	公共浴用
27	大分グリーンホテル	〃	〃	58. 11	〃
28	河野 千代	府内町1	〃	57. 10	〃
29	井野辺 義一	〃	〃	58. 2	〃
30	大分オリエンタルホテル	府内町3	〃	58. 6	〃
31	中村 英次郎	大手町3	〃	54. 9	〃
32	竹田 貞夫	長浜町1	680	55. 4	〃
33	神崎 政裕	長浜町2	700	53. 5	〃
34	井ノ口 千鳥	錦 町 2	650	55. 2	〃
35	岡本 肇	〃	700	57. 5	自家浴用
36	日名子 鉄勝	顕徳町1	600	57. 5	〃
37	志賀 静雄	顕徳町2	575	54. 10	公共浴用
38	戸 刈 信義	大 分	600	57. 7	〃
39	至 誠 会	〃	500	52. 9	〃
40	〃	〃	700	57. 7	〃
41	城南 温泉	永 興	750	55. 5	〃
42	首藤 八重子	〃	604	56. 8	その 他
43	大分船場	羽 屋	700	55. 11	公共浴用
44	鈴木 哲	〃	600	54. 4	自家浴用
45	管 強	古 国 府	〃	55. 4	〃
46	日産 サニ一	〃	520	44. 8	〃
47	堤 明子	〃	700	55. 10	公共浴用
48	永 宮 整彦	畑 中	〃	56. 11	〃
49	あけぼの	光 吉	〃	56. 4	〃
50	城野 興産	〃	600	56. 7	〃
51	佐藤 成一	宮 崎	750	57. 8	自家浴用
52	首藤 洋治	津 守	700	58. 8	〃
53	福田 隆康	〃	750	58. 10	〃
54	植木 南雄	〃	〃	56. 9	その 他
55	愛 恵 会	片 島	755	58. 10	公共浴用
56	帝國カーボン工業	下 郡	500	54. 11	自家浴用
57	宮崎 奉治	〃	〃	54. 1	公共浴用
58	菱甲 産業	〃	700	59. 1	未 利 用
59	同 仁 会	〃	750	57. 4	公共浴用
60	大分ヤクルトハウジング	〃	700	57. 9	自家浴用
61	林 正 吉	〃	〃	56. 8	公共浴用
62	大 丸 工 業	牧 〃	〃	57. 4	自家浴用
63	太東 興産	千 歳	800	58. 12	未 利 用
64	久保田 哲郎	高 松	700	57. 6	公共浴用
65	高石 正雄	向 原 神 3	〃	57. 11	〃
66	真 殊 キミ子	原 川 3	〃	57. 10	〃
67	友永 保	原 川 2	〃	58. 12	〃
68	日通 商事	三 川 新 町 1	108	46. 8	未 利 用
69	大 分 船 場	三 川 新 町 2	700	56. 10	公共浴用
70	有 豊 開 発	三 川 新 町 2	〃	56. 12	〃
71	大 山 〃	三 川 新 町 1	500	56. 11	〃
72	山口 重信	三 川 下 3	610	57. 4	〃
73	サンリツ	鶴 崎	800	57. 3	〃
74	中島 工業	北 〃	〃	58. 10	その 他
75	市原 商事	追 〃	〃	56. 7	自家浴用
76	江藤 義隆	丸 亀	〃	58. 3	その 他
77	二 豊 林 業	上 宗 方	480	49. 4	未 利 用
78	麓 山 会	市 〃	450	53. 2	公共浴用
79	笠 木 俊一	口 戸	485	49. 10	未 利 用
80	園分養殖漁業	園 分	415	50. 7	その 他
81	増野 正記 外	鬼 崎	500	53. 6	自家浴用

2 源泉の分布

昭和59年3月現在における大分市内の掘削井81口の一覧表を表1に、その分布を図1に示す(図中の数字は表1の番号に対応する)。今回は掘削井を対象とすることとし、自然湧出の塚野鉱泉は省いた。

各源泉所在地の地面標高は、No.41の約70mが最も高く、次いでNo.63の約45m、No.81の約28mである。これを除けば海拔20m以下にあり、大部分が2～10mの低地部に位置する。

井戸は最高800m深度まで掘られており、数の上からは700m深度が最も多く、600m深度がこれに次ぐ。最近の開発泉はいずれも600m以上の深度である。

背後に丘陵地をひかえている割には自噴井は少なく、ほとんどが動力揚湯井である。揚湯方法は、No.2, 7, 33, 39, 80の吸上ポンプ以外はすべてエアリフト方式がとられている。動力装置が設置されていない自噴井は、No.42, 73と、泡沸型自噴泉のNo.77～79である。動力装置が付けられてはいるが、わずかながら自噴するもの、もしくは水位が地面から1m以浅にあるものは、No.7(自噴)、17, 39, 40(自噴)、49(自噴)、54, 56, 61, 74, 80である。

本報告ではおもに600m以上の深度をもつ井戸を対象とすることとし、新規開発が行われていない大分川と七瀬川合流点以西に位置する400m～500m深度の高塩分泉にはほとんど言及しない。

表1の利用区分は、自家浴用、公共浴用と浴用以外のその他に区分けしたものである。公衆浴場、旅館、ホテル、病院等の公共浴用が最も多く、また、その他の区分けは温泉熱利用を主体とするもので、温室水耕促成栽培、養魚、温水プール等、用途は多彩であり、自家浴用にも共用されている。

なお、今回の現地調査での印象は、ホテル営業用の源泉が多いこともあり、配管構造上測定できる源泉が少なかったことである。その上、停止していた動力を作動させてから泉温が落ち着くまでに1時間以上の揚水が必要とすることや、また、長時間揚水しながらの測定は営業に支障をきたすことなどもあって、限られた調査期間に信頼できるデータを得ることは困難であった。研究や行政の基礎資料として、各源泉からのデータは必要不可欠である。事情の許すかぎり、源泉付近で採水測定できるように設備されることを望む。

3 泉温の分布

ごく最近掘削された井戸を除き、ほとんどの井戸で掘削完了後2回以上、泉温と揚湯量の測定が行われている。前記のように、短期間の調査では泉温の正確な測定には困難がつきまとうので、2回以上の計測が行われているものについては、そのうち最も高い値の泉温をとることにした。ただし、No.76は800mの深さまで掘られたが、湧出が得られなかったため、400～500mの深さで湧出管を破壊し、その付近の水が採られているので、本報告ではこの井戸からの資料は使わないことにする。

泉温には井戸湧出途中の冷却効果加わるため、その分布は必ずしも地下温泉源の状態を表わすものではないが、600m以上の深さの源泉について、こうして求めた泉温が53℃以上と50℃以上のものについてそれぞれの分布をみたところ、明らかに地域性が認められ、それぞれの範囲内で特異的な泉温がほとんど見出されないのが、これが地下状態の特性をある程度よく反映しているものとみて図2にそれぞれの湧出範囲を示した。その境界線は等温線というよりは範囲の広がりを表わすものである。数は少ないが、泉温が45℃に達しない源泉もあるのでそれも破線で示した。

こうして得られた泉温の分布には、明らかに3つの高泉温帯が存在し、その分布のしかたが西北西—東南東に延びる方向性を持っているかのようにみえる。

4 地下温度の分布

地温に地域性を持たせる原因としてまず考えられるのは、地温である。掘削業者による各源泉の柱状図資料から地温をとり、深さと地温の関係を示す図3に、泉温50℃以上の区域内にある源泉を

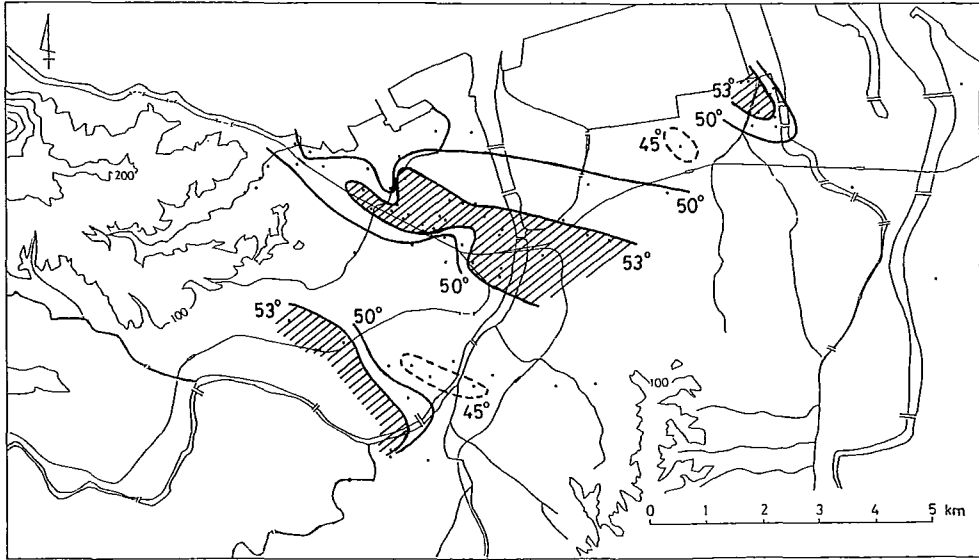


図2 泉温の分布 (斜線は53°C以上の範囲を示す)

○、それ以外を●で区別してプロットした。

温泉採取域が大幅に拡大し、資料もふえたにもかかわらず、前回報告の図と同様、全体的に深さとともに昇温する直線状の分布をとり、各深度でとる地温の範囲もほとんど変わらない。図中に引いた2本の線は、低温側にはずれるものもあるが、ほぼ地温の上限と下限を示し、600m深度でほぼ 56 ± 9 °Cの範囲にある。低温側の線は地表まで延長すると年平均気温(15.3°C)に近いが、上限の線は27°Cという高温度を与えることになる。従って、地温が高温側に偏っている地域では、比較的浅層(200m深度程度)の地下水にも温泉の徴候が現われていると思われる。

この図で○と●の分布の状態をみると、400m~500m以深では、泉温の高い領域にあたる○は地温の高温側に、低泉温の●は地温の低温側にあるというはっきりした偏りをみせており、泉温は採湯層の地温によく対応しているとみられる。

そこで、地温の地域的な分布状態を求め、比較的測定値の多い600m深度の地温を選んでその深さにおける各井戸の地温を求め(一部は外挿)、その値を

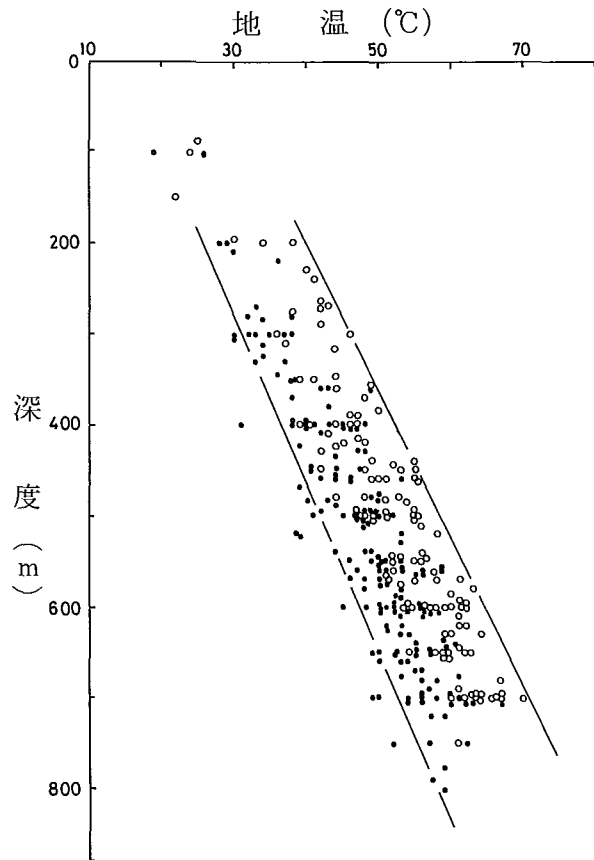


図3 深度と地温の関係

○は図2の斜線範囲にあたる源泉
●はそれ以外の源泉

地図に移し記入してみると、明らかに地温の高い地域と低い地域とが分かれて浮かび上る。

しかし、何分にも地温の違いの幅が狭いため、等温線で表わすには測定誤差などの影響が加わり複雑になるだけなので、その分布の特徴を明らかにするため、泉温分布で行ったと同様に、たしかに60℃以上とみられる範囲だけを斜線で表わして図4を求めた。図2の高温泉帯と対応するように、

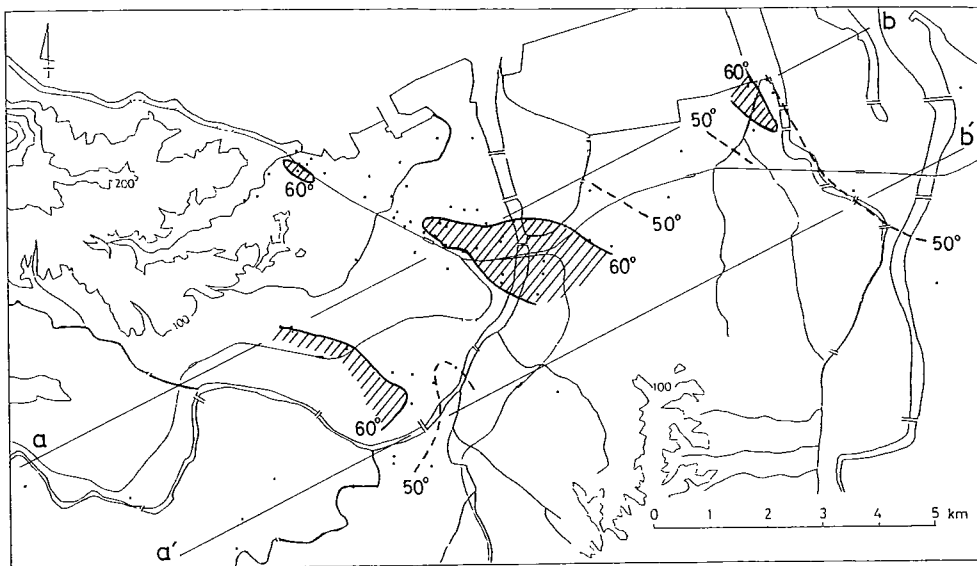


図4 地下600m深における地温の分布 (斜線は60℃以上の範囲を示す)

3カ所の高温域が認められる。図には50℃以下の低温域の存在を示すために破線の範囲も記入してある。まだ井戸の掘削が行われていない地域 (特に大分川と大野川の間中部) では資料が得られないため、図2と図4の区分け線は開いたままに描いてあり、将来資料が加わると修正されることになろう。なお、地高が周辺の温泉にくらべて特に高いNo.41は図3と図4において高度補正したのちに用いた。

ここに現われた3つの高温帯をさらに明確にするため、これらを横切るように引いた2本の線 (ab、a'b') に挟まれた領域について、地温等温線の断面分布を描くと、図5のように、この方向

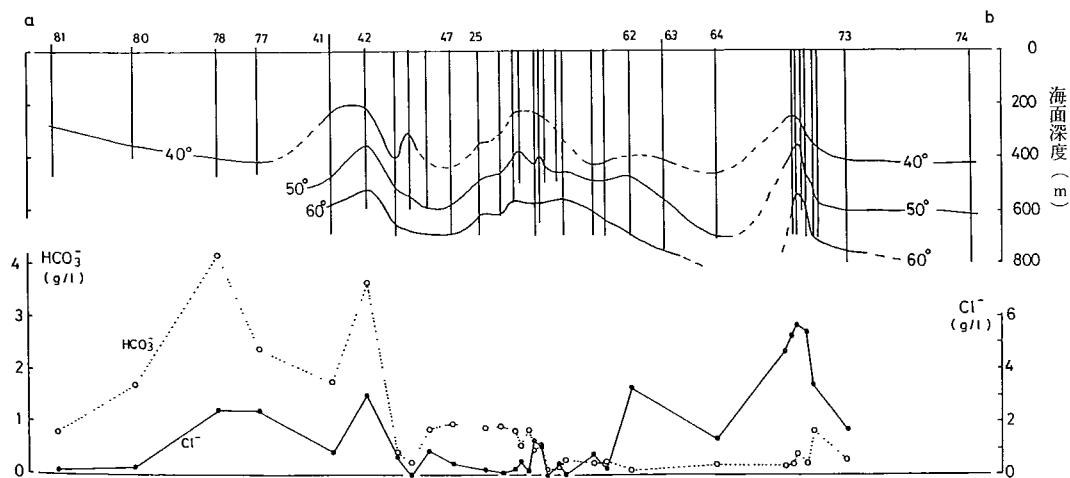


図5 測線ab、a'b'断面に挟まれた範囲の地温と化学成分の分布

で等温線があたかも周期を持つような起伏を示し、しかもその起伏が図中のどの深度にも共通して現われていることに注目される。この地温の盛り上がりを示す地域が図4の高地温帯である。従って、泉温・地温ともにその高温部は図5の断面と斜交するような西北西-東南東の方向性の分布を持ち、その存在が少なくとも地下 800m 以深にまで続くことから、深部に及ぶ地下構造に起因した現象であろうと推定される。

5 Cl⁻濃度とHCO₃⁻濃度の分布

大分市内の温泉の化学的特性については、これまで野田³⁾や川野⁴⁾により報告されている。かつて源泉の分布が大分川付近以西に限られていた頃は、狭い範囲で濃度の地域差が大きすぎたため、等濃度線の線引きは行われなかったが、その後の採取域の拡大によって全体的な分布、特に陰イオンの主成分であるCl⁻とHCO₃⁻濃度の分布に特徴的な姿が得られるようになった。

ここに用いる資料は、前回調査における野田の報告³⁾と、その後の分析値については、川野・志賀の報告⁴⁾および旧九州大学温泉治療学研究所と大分県公害衛生センターによる温泉分析書⁵⁾である。温泉分析書については同センターの御好意により最近の公表前の資料も使用させていただいた。

大分市の温泉が水質的に複雑な分布をとるとされた理由のひとつに、同じ場所でも採取深度によって泉質がいちじるしく異なるということがある。実際、No.45付近やNo.20付近では浅層に高塩分型、深層に弱アルカリ型となっている一方で、No.45に近いNo.49では452m深度から700m深度への増掘によって高塩分型の成分濃度がいちじるしく増大している。また、三ッ川では浅、深とも高塩分型であるが、浅層のNo.68ではHCO₃⁻量が多いのに対し、深層ではCl⁻量は高いがHCO₃⁻量が低いという結果となっている。

このように、いろいろな深さの水質を一律に同じ平面上に描くのは無理があるので、ここでは、実際に温泉が採取されている500m~800m深度の井戸について、その成分濃度の分布図を描くこととする。

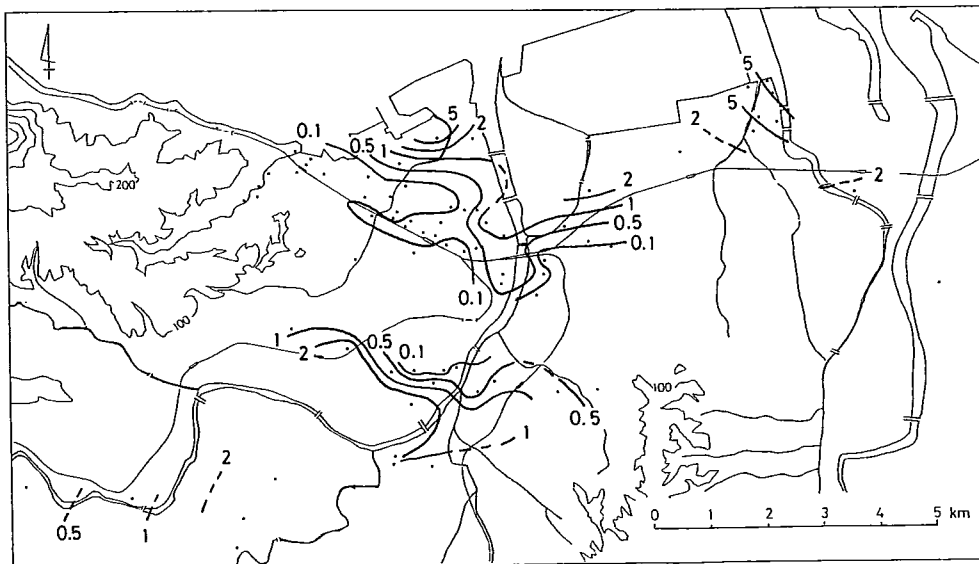


図6 Cl⁻濃度の分布 (単位: g / l)

Cl⁻濃度の分布は、内陸側と海側に分れてそれぞれ2g / l 以上の高濃度地域がある一方、その間の西大分から志手、上野丘陵を経て大分川に至るまでは10mg / l 以下の低濃度地域となっていて、両

地域間の狭い範囲で非常に鋭い濃度の差があるという特徴を持つ。Cl⁻の等濃度線を描くと図6のように、落差の激しい、等濃度線の密集している範囲が図2と図4で示した地温、泉温の高い範囲とよく対応し、西北西—東南東の方向に延びている状態が見出される。このように、先に推定した地下構造を境にして、採取される温泉水の水質にいちじるしい違いがあることは注目に値する。

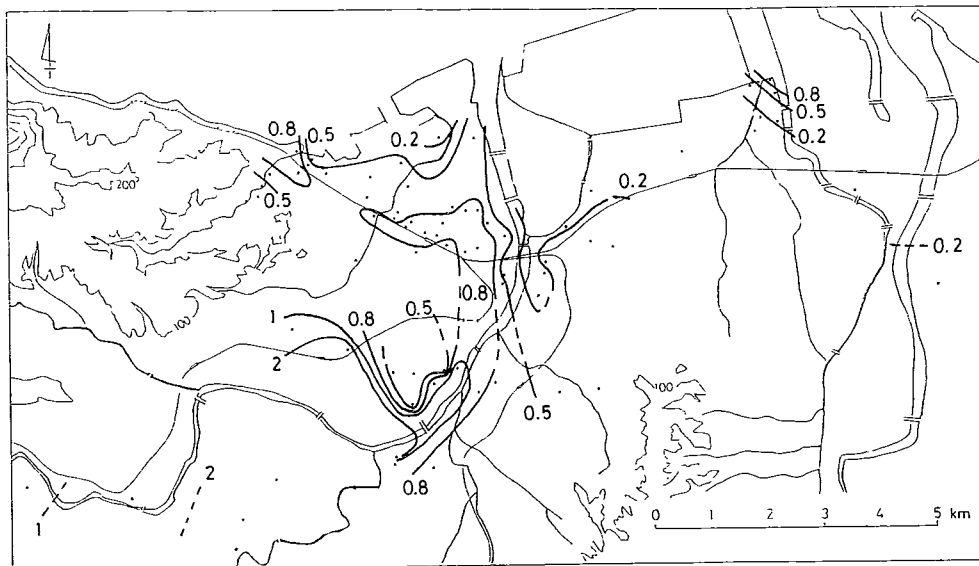


図7 HCO₃⁻濃度の分布 (単位:g/l)

一方、HCO₃⁻濃度の分布を見ると、図7に示すように、内陸側ではCl⁻の高濃度域と対応するように高HCO₃⁻域が形成されているが、海岸域の高Cl⁻帯の中にはHCO₃⁻濃度の低い地域があり、HCO₃⁻濃度の分布はCl⁻濃度の分布と必ずしも一致していない。HCO₃⁻濃度の分布で最も特徴的なことは、大分川付近を境にしてその西側と東側とでいちじるしい濃度差のあることである。東側は三ッ川の高濃度域付近でやや濃度の高い部分があるが、広い範囲で低濃度を示している。

このように、Cl⁻濃度とHCO₃⁻濃度の分布には共通点を含みながらも大局的にはいちじるしい違いがあり、HCO₃⁻濃度の分布からは先の方とは別の、大分川に沿うような地下構造の影響がうかがわれる。Cl⁻濃度にも海側から大分川に沿うような濃度の張り出しが認められることから、前記西北西—東南東の方向と斜交するもうひとつの南西—北東の方向をもつ構造も考えられてよいと思われる。

野田はその調査当時の分析資料から、Na-Cl・HCO₃⁻型とNa-HCO₃⁻型の2種類の水質の存在を指摘し、川野・志賀はこれにNa-Cl型の水質を加えた。今回の分布図で、地域的にCl⁻濃度の高い範囲と低い範囲、およびHCO₃⁻濃度の高い範囲と低い範囲とが区別され、それらの範囲の境界がかなり鋭く明瞭にみられることから、大分市における温泉源の分布の推移や地下構造との関係を研究するためには、水質の型による分類よりもCl⁻濃度、HCO₃⁻濃度の分布に着目する方がより効果的であるかも知れない。

その見地から、図5の下にCl⁻とHCO₃⁻濃度の分布を記入してみた。図の左から右に移るにつれて、内陸側の泉質を代表する、Cl⁻、HCO₃⁻ともに高濃度のタイプから、西大分から市街地を経て大分川に至る水質を代表する、Cl⁻に乏しく、HCO₃⁻量のやや多いタイプ、そして、大分川右岸ほぼ全域と海岸地域に現われる、Cl⁻に富み、HCO₃⁻量の非常に低いタイプへの移り変わりが顕著に認められる。

一般に、古く閉じこめられた海水を起源とするCl⁻量の多い温泉水では、有機物の分解によ

る HCO_3^- 量を多く含むのが普通で、また、推積層を通して侵入した現海水の混じった温泉水でも同様の過程で HCO_3^- 量のやや多くなっているものが多い。これらの諸例に対して、ここに現われた HCO_3^- 量の少ない NaCl 型の水質の起源は、他地域の同様な水質（例えば安心院温泉センター⁶⁾）の存在と合わせて興味ある問題である。

上記の Cl^- 、 HCO_3^- 濃度の分布に見られたように、この地域で採取されている温泉水が西北西—東南東の方向と、南西—北東の方向をもつ2種の構造で区切られた地層中に分布、流動している状態が浮かび上り、今後の研究への指針が得られた。前者の方向は、別府の温泉地帯を限る朝見川断層の延長、もしくはそれに平行するものであり、後者は中部九州地溝帯の南縁を作る構造線にほぼ平行した方向を持つと思われる。

このように、大分市内の地下状態は、その深部において水平な地質構造を持つものではなく、2種類の方向を持つ断層に沿う上下方向の基盤の動きがあり、地温、泉温、水質はその地質構造の影響を強く受けているものと考えられる。これは、今後、採湯量の増加が進むにつれ、それをまかなう温泉水の供給がどの場所から行われるかという問題にも示唆を与えるであろう。

6 泉温と揚湯量の関係について

大分市内では、地温の状態や湧出途中の冷却の問題から、あまり高温の温泉水採取は望めない。このような地域での泉温は揚湯量の影響を強く受けることから、その揚湯量と泉温の関係を求める方法を大分市の温泉に適用してその結果を前回の報告に記した。

図2に用いた泉温の中には、揚湯量の同時測定を伴っていないものもあり、また、必ずしも現在における揚湯状態を表わしていないものもあるため、もう一度資料を見直して、泉温と揚湯量が同時に計られているものについてできるだけ新しい資料の中から高い方の泉温を用いて、泉温と揚湯量の関係を調べ直すこととした。ただし、掘削明細書に記載されている泉温と揚湯量は、掘削完了直後の試験的なものが多いので、できるだけその使用は避けたが、ごく最近掘削されたものの中には、それを用いたものもある。

資料とした泉温は 600m 深以上の69井で、 42.7°C ～ 58°C の範囲にあたり、その平均は 49.6°C である。また、揚湯量は $27\text{l}/\text{分}$ から $270\text{l}/\text{分}$ までいちじるしいばらつきがあるが、その単純平均量は $112\text{l}/\text{分}$ である。

図8はこれをプロットしたものである。2本の曲線は大部分の井戸が600～700m 深の地層から採取しているので、その中間の 650m 深度から汲み上げられているとし、図3の上限、下限線の表わす地温（それぞれ 68°C 、 50°C ）を水温とする温泉水が井戸に流入するものとして、すでに求めた冷却の係数⁷⁾を用いて計算したものである。実測値の大部分がこの2本の曲線の間に乗まっているので冷却の近似方法の有効性が再確認される。

この理論曲線を用いることにすれば、たとえば、入浴に必要な泉温を 45°C としたとき（その泉温はごく一部を除き大分市内のほとんど全源泉で得られている）、地温の最も高い地域では $40\text{l}/\text{分}$ の揚湯

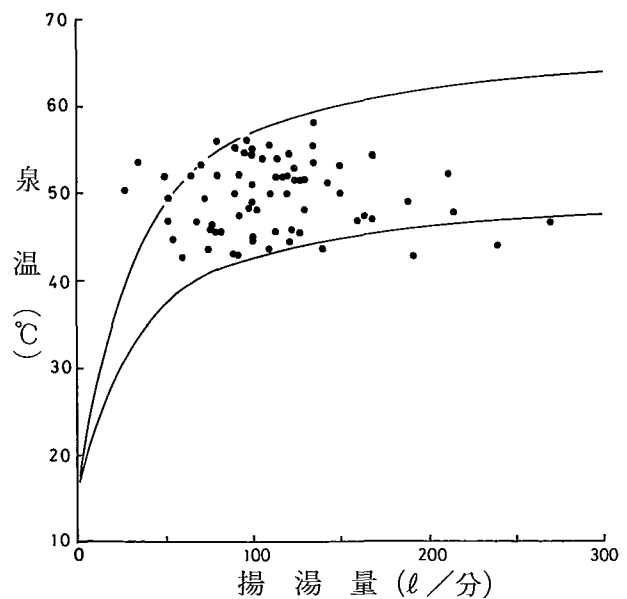


図8 泉温と揚湯量の関係

量で済むのに対し、地温の低い地域では 150 ℓ/分の量が必要である。このように、大分市内では他の温泉地にくらべ地温の地域差がそれほど大きくないにもかかわらず、そのわずかな違いでも適当な泉温を得るに必要な揚湯量にはかなりの違いが生じ、揚湯量の規制には地温の地域性に留意する必要があることが知られる。

第2節でみたように、温泉利用は必ずしも入浴用だけではなく、温泉熱を産業用に利用しているものがある。たとえば、規模の大きい施設農業においては、室温を保つために常に揚湯が行われる時期があるので、浴用にくらべ積算揚湯量の大きい場合も考えられる。入浴以外に温泉熱を産業や生活に利用してゆく方向は、施設農業、養魚、温水プールなどに限らず、今後ますます多様化してゆくに違いない。

既存温泉地での温泉利用は、その歴史からみて入浴用が第一であり、そのための温泉が他の利用に優先して保護されるのが当然とされてきた。しかし、他の目的を持って作られた都市やその近傍でこの論理がそのまま適用されるかどうかには疑問がある。あるいは水として、あるいは熱としての経済性を優先させた効率的な利用方法の開発がその都市の性格に合った進み方かも知れない。保護の方法、利用主体の置き方にもそれに応じた違いが出てくるであろう。

従って、本来、水量・熱量ともに決して恵まれているとは言えない大分市の温泉源につき、それを保護し、有効に利用してゆくには、入浴用としての利用と産業用としての利用との間の調整が大きい課題となるであろう。

終りに、本調査に多大な便宜を計っていただいた大分県環境管理課の諸氏に厚くお礼申し上げる。現地調査には、さらに大分保健所と大分市の協力をいただいた。また、大分県公害衛生センターからは温泉分析書の提供を受け、京大地球物理学研究施設の神山孝吉博士と同大院生の大石郁朗氏からは、資料収集と観測の協力にあずかっている。本報告は、これら多くの方々の協力の上に成ったものである。とくに、泉温・揚湯量・水位・化学分析値などは大分保健所、大分県公害衛生センターならびに旧九州大学温泉治療学研究所の日頃の御努力に負うところが大きく、深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三、北岡豪一：大分市温泉の現況、大分県温泉調査研究会報告、32号、p 56～64 (1981)
- 2) 森山善蔵、日高稔：大分市の温泉地質、同上、32号、p 65～70 (1981)
- 3) 野田徹郎：大分市内温泉の化学特性、同上、32号、p 71～77 (1981)
- 4) 川野田実夫、志賀史光：大分市街地の温泉：リン・窒素および有機体炭素の分布、同上、34号 p 53～58 (1983)
- 5) 九州大学温泉治療学研究所、大分県公害衛生センター：大分県温泉調査報告、温泉分析書、32号～33号 (1981～1982)、大分県環境保健部環境管理課：同上、34号 (1983)
- 6) 九州大学温泉治療学研究所、大分県公害衛生センター：同上、31号 (1980)
- 7) 北岡豪一：温泉水が湧出管上昇中に受ける冷却の再検討、大分県温泉調査研究会報告、33号、p28～38 (1982)

セパレータモデルによる噴気 沸騰泉の採取とその影響

京都大学理学部 吉川 恭三
北岡 豪一

1 はじめに

温泉水のうち、比較的高温のものには地下深層に貯留された食塩型熱水に源を持ち、それが浅層からの地下水に混入して形成されたものが多い。そのうち、熱水が液体の状態¹⁾で混入したものを熱水性温泉水、熱水から分離した蒸気が混入したものを蒸気性温泉水として大別される。

長年にわたる別府温泉の分析資料によると、本来 Cl^- 量の少なかった蒸気性温泉水には目立つほどの水質の変化はないが、 Cl^- 量の多かった熱水性温泉水の中には、源泉の分布が上流域に拡大した1970年ごろから Cl^- 濃度にいちじるしい減少をおこしたものの多いことが知られる。これは、温泉地域全体を通して熱水性温泉水から蒸気性温泉水へと次第に水質の変化が進んできたことを示す。²⁾

また、いわゆる地熱開発地域内でも、発電のための大量の地熱流体が採取されている八丁原地区で、地熱貯留層内の圧力や熱水沸騰面の深さに変化のあったことが推定されている。³⁾

そのほか、地熱開発域の周辺に起こった同種の現象について、諸外国の例がいくつか報じられている。^{4)・5)}

これらは一見、まちまちの複雑な現象とみえながらも、ただ単に偶発的なものではなく、蒸気を含む熱水貯留層から噴気・沸騰泉を採取する場合に起こる影響の一連の進行過程の一部として統一される可能性がなくもない。ただその採取の仕方の違いにより、ある時期、時期に違った現象として現われる可能性が考えられる。

その可能性を追求する糸口として、昨年度⁶⁾提出したセパレータモデルに基づき、地熱貯留層の水理的性格や、それから蒸気や熱水を採取する場合の採取方法の違いにより貯留層内外にどのような影響の違いが生まれるか、その最も基礎的な状態への考察を行おうとするのがこの報告の目的である。

2 セパレータモデルの導入

別府温泉南部地域の地温分布は、地熱地域と温泉地域の境界を明瞭に示し、2種の斜交する何本かの断層線の存在を推定させる。その間をつなぐ熱水、蒸気、温泉水の流動経路には、通路となる岩層中に断層で区切られた破碎帯がブロック状に配置し、それぞれ水質の異なる温泉水が貯留されまた流動を許す状態にあるとするタンクモデルが適用されても矛盾のない構造がみられる。⁶⁾

そのため、昨年度の報告では、温泉水の流動経路をタンクの組み合わせで置きかえ、蒸気層を含む山岳部地熱域のタンクに、熱水を気相と液相とに分離し、別個に流出させるセパレータの役割を持たせることにより、いろいろな温度、水質を持つ温泉水が形成、流動する過程を示すダイヤグラムが提出された。

そのうち、噴気・沸騰泉はセパレータタンクから採取されている場合が多く、その採取の影響によりタンク内部の温度と圧力は変化する。そのため、タンク内に既存の噴気・沸騰泉の噴出状態が変化し、また地層中での蒸気、熱水の流出状態が変わってその影響が下流温泉域タンク中の水質や温度の変化として伝わる。

それらの基礎的な概念を得る目的で、理想化した単一のセパレータタンクを想定し、それから人

工的に蒸気と熱水を取り出した場合にタンク内におこる変化とタンクからの熱水と蒸気の各流出量の変化を計算した結果について述べる。

3 モデルの設定

セパレータタンクは、前述のように、深層から熱水を気体と液体とに分離、流出させ、それぞれが蒸気性温泉水と熱水性温泉水の供給源となるように働いているものである。

岩石中の割れ目に富む破碎構造部分にセパレータの役割を持たせ、それを囲む断層に対応するタンク壁はそれを横切る流れを制限し、外界とは断層壁の頂部以浅や断層の交差部などを通してだけ水理的な交流が行われるという状態のタンクを想定する。

タンク内部は外部にくらべ巨視的な透水係数がいちじるしく大きいとすると、内部での温度、圧力の勾配は小さく、混在する気液両相はある平均温度のまわりで熱的な平衡状態にあるとみなせる。そして内部では、恐らく上層ほど蒸気割合が多くなりながら両相は共存していると思われるが、ここでは簡単のために、下部の熱水と上部の蒸気とを明瞭に分ける水平境界面を仮想し、これを熱水沸騰面と呼ぶことにする。この境界で蒸気と熱水はその温度に対する飽和蒸気圧を持ち、下部の熱水内では等水頭、上部の蒸気内では等圧の分布が保たれていると仮定する。

このセパレータには、深部から液体の熱水だけが流入し、内部で沸騰分離した後の蒸気、熱水はそれぞれ上方、側方の流出孔から別々に流出する。この流出は割れ目系における流動であるから、ダルシー法則と同様に熱水流量はタンク内外の水頭差に比例し、蒸気流量は蒸気を理想気体と仮定して内外の圧力の二乗の差に比例するものとする。

断層にはさまれた地熱域の状態を模式的に表わしたのが図1で、これを上記のようにモデル化したのが図2である。図2のセパレータには、水頭 H を持つ熱水貯留タンクから熱水量 q が供給され、セパレータ内で沸騰した後、熱水量 q_w が水頭 h_o の温泉域へ流出し、分離した蒸気量 q_s が圧力 p_o の外界へ流出して、量的にバランスした状態にあり、セパレータ内では、圧力は p 、沸騰面の高さは h に保たれている。蒸気は図1に示したように地表まで達して自然噴気となる場合もあるが、大部分は浅層の地下水に混入して蒸気性温泉水をつくる。上記 p_o はその混入するときの圧力に対応するものでありまた、流出した熱水 q_w はより下流のタンク中で水頭 h_o に保たれた地下水と混入して熱水性温泉水をつくる。

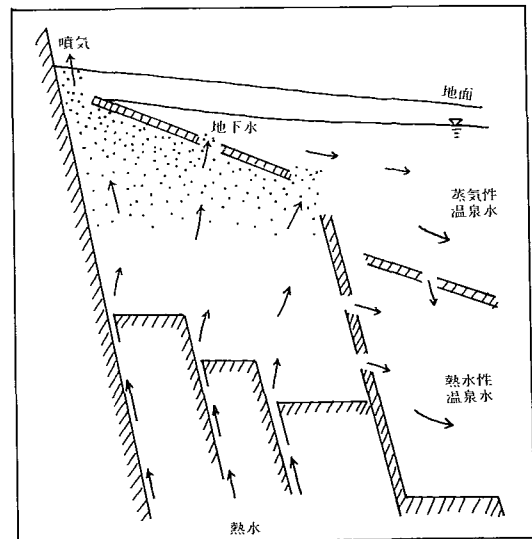


図1 地熱域の地下状態

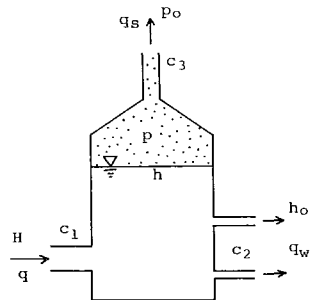


図2 セパレータタンクモデル

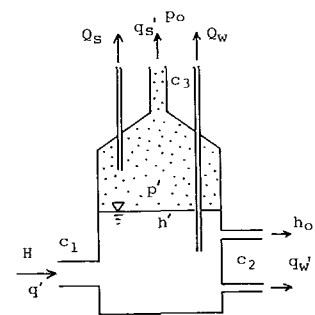


図3 セパレータタンクからの蒸気と熱水の採取

以上をとりまとめて、セパレータタンクを出入りする流量の基礎式として次の3式を仮定する。この場合、圧力 p 、 p_0 は淡水柱の高さで表わされた値とし、また、セパレータ内の熱水の比重は1に近いとして、その熱水の水頭は $h+p$ で示されるものとする。

$$q = C_1 [H - (h + p)] \quad (1)$$

$$q_w = C_2 [(h + p) - h_0] \quad (2)$$

$$q_s = C_3 (p^2 - p_0^2) \quad (3)$$

ここに C_1 、 C_2 はそれぞれタンクの入口と出口の透水性を表わす係数、 C_3 はタンク上方の出口における蒸気の透過性を表わす係数である。

この系全体を通して常に断熱性が保たれ、熱伝導の影響は無視されるとし、質量と熱量の流れに定常状態が成り立っていると仮定する。

基準の状態として、井戸による人工的な蒸気や熱水の採取が行われていない天然の状態を想定すると、

$$q = q_s + q_w \quad (4)$$

$$Iq = i_s q_s + i_w q_w \quad (5)$$

ここに I は流入熱水の単位質量当たりのエンタルピー、 i_s 、 i_w はそれぞれタンク内の蒸気、熱水のエンタルピーである。タンクより流出する蒸気、熱水の流量割合を表わす係数 s と w は、(4)、(5)式から次のように表わされる。

$$s = \frac{q_s}{q} = \frac{I - i_w}{I} \quad (6)$$

$$w = \frac{q_w}{q} = \frac{i_s - I}{I} = 1 - s \quad (7)$$

ここに、 I は沸騰の潜熱である。たとえば流入する熱水の温度が250℃、セパレータ内の温度が180℃の場合、 $s = 0.16$ 、 $w = 0.84$ であり、蒸気、熱水の流出熱量比は106:153である。

この状態にあるタンクから、図3のように井戸を通して人工的に蒸気が Q_s （噴気泉）、熱水が Q_w （沸騰泉）の量で採取される場合を考える。やはり定常に達した状態で前記諸量が'をつけた新しい値に変わったものとする。ただし、簡単のため、周辺タンクに関する H 、 h_0 、 p_0 の値は変わらないとし、また、透水性や蒸気の透過性を表わす係数も粘性の温度依存やタンク内水位の変化による水の通過断面の変化などによって変わりうるが、その効果は小さく定数とみられる場合を取り扱う。

この場合

$$q' = C_1 [H - (h' + p')] \quad (8)$$

$$q'_w = C_2 [h' + p'] - h_0 \quad (9)$$

$$q'_s = C_3 (p'^2 - p_0^2) \quad (10)$$

$$q' = q'_s + q'_w + Q_s + Q_w \quad (11)$$

$$Iq' = i'_s (q'_s + Q_s) + i'_w (q'_w + Q_w) \quad (12)$$

$$s' = \frac{q'_s + Q_s}{q'} = \frac{I - i'_w}{I'} \quad (13)$$

$$w' = \frac{q'_w + Q_w}{q'} = \frac{i'_s - I'}{I'} = 1 - s' \quad (14)$$

が成立する。

このモデルは、流入した深部熱水がセパレータ内で沸騰し、分離した熱水と蒸気がそれぞれ下流のタンクへ流出してゆく場合を取り扱うものである。したがって、このモデルを用いて計算を行うにも、 $q'_s \geq 0$ と $q'_w \geq 0$ の条件が満たされている範囲に限ることとする。

$q'_s \geq 0$ の条件は(10)式から、 $p' \geq p_0$ である。たとえば、 p_0 として2気圧を選ぶと、それに対応する平衡温度120℃がセパレータ内の下限温度となる。

一方、(1)、(2)、(8)、(9)式より、

$$H - h_0 = \frac{q}{C_1} + \frac{qw}{C_2} = \frac{q'}{C_1} + \frac{qw'}{C_2} \quad (15)$$

であるから、人工的な採取の増加をまかなうため q' が増すと qw' は減る。そこで $qw' \geq 0$ の条件をみたすためには、 q' に

$$\frac{q'}{q} \leq 1 + w \frac{C_1}{C_2}$$

の上限が与えられる。

4 噴気・沸騰泉採取の影響

まず、 Q_s 、 Q_w の採取によってセパレータ内の温度、圧力がどう変わるか、その傾向を調べるため、(15)式に(6)、(7)、(13)、(14)式を代入、整理すると、

$$\begin{aligned} & \left[\frac{C_2}{C_1} + \frac{w'}{s} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \right] \left(\frac{p'^2 - p_0^2}{p^2 - p_0^2} q_s + Q_s \right) - \left[\frac{C_2}{C_1} + \frac{w}{s} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \right] (q_s + Q_s) \\ & = Q_w - \left[\frac{C_2}{C_1} + \frac{w}{s} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \right] Q_s \quad (16) \end{aligned}$$

が得られる。一般に、 $p' \geq p$ に対応して $\frac{w'}{s} \geq \frac{w}{s}$ 、および $\frac{p'^2 - p_0^2}{p^2 - p_0^2} \geq 1$ が成り立つから(16)式の両辺の値が正のときは必ず $p' > p$ であり、それが0のときは $p' = p$ 、負のときは $p' < p$ でなければならない。したがって、

$$\frac{Q_s}{Q_w} \leq \frac{s}{w + \frac{C_2}{C_1}} \quad (17)$$

に対応して、 $p' \leq p$ が成り立つ。

たとえば、 $C_2 / C_1 = 0.1$ で熱水温度 250°C 、セパレータ初期温度 180°C の場合は、 s の値は0.16であるから、温度、圧力を変えないで蒸気と熱水を採取するには、 $Q_s / Q_w = 0.17$ の割合を持続させなければならない。 Q_s / Q_w の比がこれよりも小さければ温度は上昇し、反対に大きければ低下する。

セパレータ内の温度、圧力が変化すると、井戸以外の経路で流出する蒸気、熱水の流量および熱流量も変化し、下流の蒸気性温泉水、熱水性温泉水に影響が及ぶことになる。その影響を評価するための基礎式は以下の通りである。

セパレータからの流出量は、

$$\frac{q'_s}{q_s} = 1 + \frac{p'^2 - p^2}{p^2 - p_0^2} \quad (18)$$

$$\frac{q'_w}{q_w} = 1 - \frac{1}{w} \frac{C_2 / C_1}{1 + C_2 / C_1} \left(s \frac{p'^2 - p^2}{p^2 - p_0^2} + \frac{Q_s + Q_w}{q} \right) \quad (19)$$

$$\frac{q'_s + q'_w}{q} = 1 + \frac{1}{1 + C_2 / C_1} \left(s \frac{p'^2 - p^2}{p^2 - p_0^2} - \frac{C_2}{C_1} \frac{Q_s + Q_w}{q} \right) \quad (20)$$

セパレータに流入する熱水量は、

$$\frac{q'}{q} = 1 + \frac{1}{1+C_2/C_1} \left(s \frac{p'^2 - p^2}{p^2 - p_0^2} + \frac{Q_s + Q_w}{q} \right) \quad (21)$$

熱量の流出量は上式にエンタルピーを乗ずることで求められる。また、セパレータ内の沸騰面水位の変化は、

$$h' - h = -(p' - p) - \frac{C_2/C_1}{1+C_2/C_1} \frac{(h+p) - h_0}{w} \left(s \frac{p'^2 - p^2}{p^2 - p_0^2} + \frac{Q_s + Q_w}{q} \right) \quad (22)$$

となる。

これらを用いて計算を行い、噴気・沸騰泉の採取によって生じる特徴的な変化を以下に例示する。

(I) 蒸気採取の場合

まず、タンク内の蒸気層から蒸気だけが採取され、熱水採取のない場合を計算する。 $Q_w = 0$ とすると、(16)式の各辺は負となるので、温度、圧力は低下し、したがって蒸気流出量、 q_s' の値が減少することは容易に推定される。

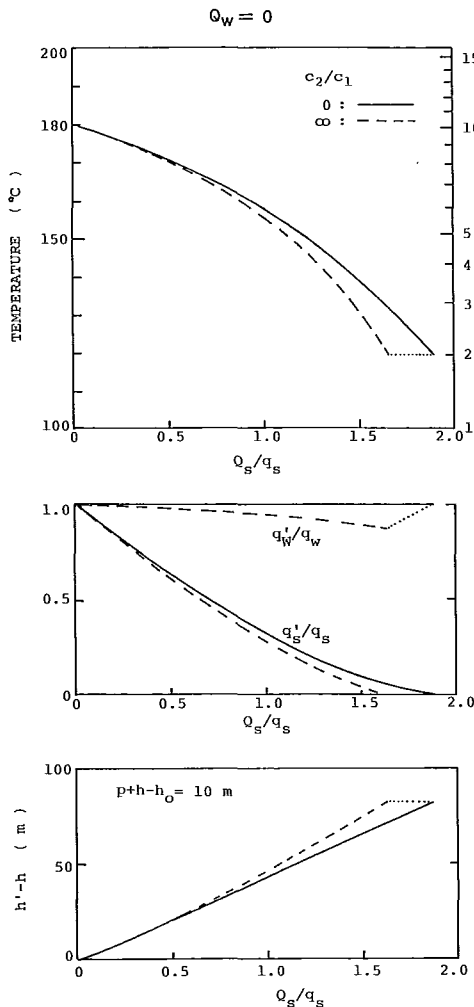


図4 蒸気採取の場合 (流入熱水温度250℃, セパレータ初期温度180℃, $p_0 = 2$ 気圧)

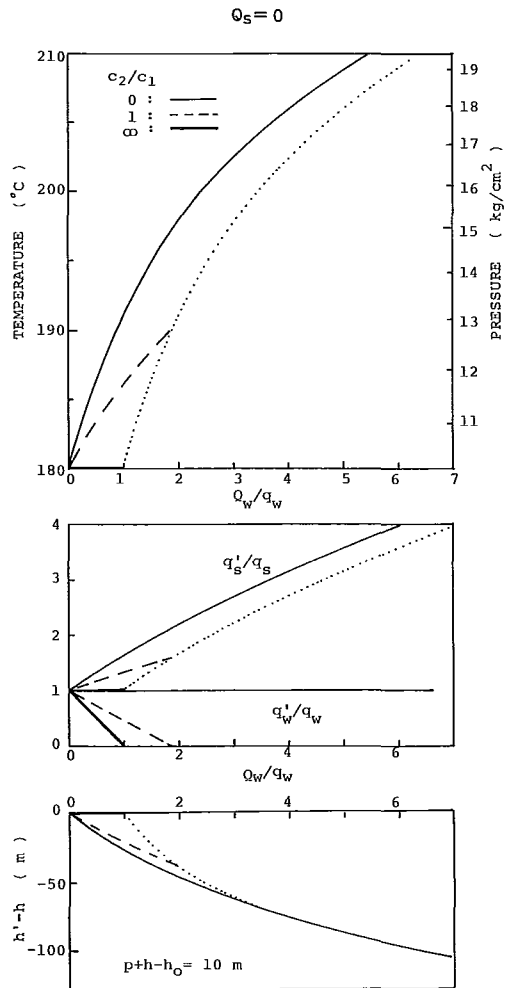


図5 熱水採取の場合 (条件は図4と同じ)

図4は、流入熱水の温度 250℃、セパレータの初期温度 180℃、 p_0 を2気圧としたときの蒸気採取影響を示したものである。採取量の増加に伴う圧力の低下、そして q'_s の減少はいちじるしいが C_2/C_1 の値の違いはその減少にあまり大きくは影響しない。したがって、 H の値が一定に保たれ、セパレータへいくらかでも熱水が供給される状態にあるとしても、蒸気だけを採取している限り、その採取量は自然状態における蒸気流出量 q_s の1.5～2倍程度までしか増量できないことが示される。

一方、この圧力低下を補償するように沸騰面水位は上昇するので、熱水流出量 q'_w の減少はそれほど顕著でない（水位図は、初期状態におけるタンク内水頭と温泉域水頭の差、 $(h+p) - h_0$ を10mとしたときのものである）。しかし、圧力低下に応じてセパレータ内の沸騰温度が下がるため、流出する熱水の温度も下ってくる。

このように、地下蒸気主体の開発が行われるところでは、その影響はまず自然噴気の衰退に顕著に現われ、その反面、熱水性の温度水への影響はそれほど目立たない傾向にある。これは各地の経験からもうなずける。また、比較的蒸気割合の大きい熱水採取が進んでいる八丁原地熱発電地域で近年地下熱水の沸騰面が上昇したとされているのは、上記過程によるものではないかとの推定もなされる。

(II) 熱水採取の場合

次に、蒸気層からの採取がなく、沸騰泉を通して熱水採取が行われる場合を計算する。この場合 $Q_s = 0$ とすると、(10)式の右辺は正となるので、(I)の場合とは逆に、温度、圧力は上昇するが、沸騰面水位は低下する。

そのため、タンクからの熱水流出量 q'_w は減少し、逆に蒸気流出量 q'_s は増加する。この場合は、図5に示すように、セパレータを出入する透水性の違いを表わす係数 C_2/C_1 の値の違いが大きい効果を持ち、 C_2/C_1 の値が大きい系では q'_w の低下がいちじるしく、モデルの適用範囲もせまられる。 C_2/C_1 の値が小さいほど大きい採取量が許されるようになり、それとともに系内の圧力と温度は上昇し、従って q'_s は増加する。

これは、深層熱水の開発が進むと、自然噴気の活動がかえって活発となったり、浅層の地下水により多くの熱量が供給される場合のあることを示す。別府南部地域でみられる Cl^- 濃度の全般的な減少とともに、熱水性の温泉水が蒸気性を帯びてくる現象^{1), 2)} また、鶴見火売地区でみられる地表の地熱微候の変化⁸⁾、さらに、ニュージーランドにおける熱水型地熱発電地域周辺で自然噴気活動が活発化したことなどの諸現象にもこの種の過程が影響している可能性がある。

(III) 蒸気と熱水を同時に採取する場合

(I)と(II)で Q_s と Q_w の採取は、それぞれ逆方向の影響となって現われる部分のあることが分った。実際の地熱開発域では、両者とも同時に採取されている場合が多く、この場合、温度、圧力がどちらの方向に進むかは(17)式で判別されるが、温泉域への影響も含めて開発可能な蒸気、熱水の総量評価の方法や開発に伴う温度、圧力の変化の動向については未解決のまま残されている部分がほとんどである。以下に(10)～(22)式から計算した結果を図化しながら考察を試みよう。

(10)式を変形させた

$$\left[\frac{C_2}{C_1} + \frac{w'}{s'} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} \right) \right] \left(\frac{p' - p_0^2}{p^2 - p_0^2} + \frac{Q_s}{q_s} \right) = \frac{C_2}{C_1} + \frac{w}{s} \left(1 + \frac{C_2}{C_1} + \frac{Q_w}{q_w} \right) \quad (23)$$

から分るように、セパレータ内の温度を与えると、 p' と w'/s' の値は定まり、 Q_s と Q_w は正の勾配をもつ直線的な関係にある。従って、セパレータ内の温度が初期条件から変わらぬ状態で採取量の増加が行われると、 Q_s と Q_w の関係は原点を通る直線となる。

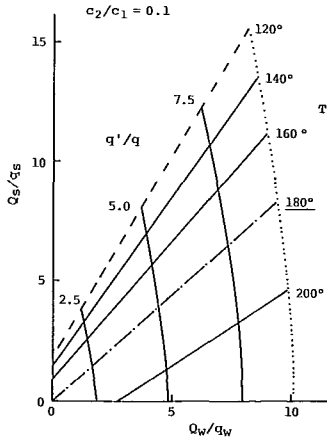


図6 蒸気、熱水採取比と温度 T 、熱水流量 q'/q との関係 ($C_2/C_1=0.1$)

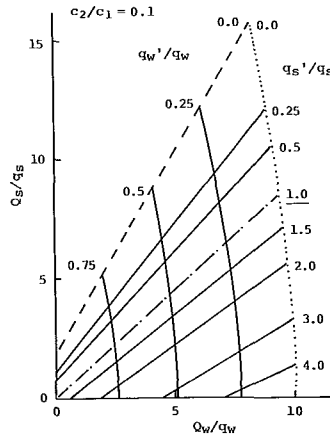


図7 蒸気、熱水採取比と蒸気流出量 q_s'/q_s 、熱水流出量 q_w'/q_w との関係 ($C_2/C_1=0.1$)

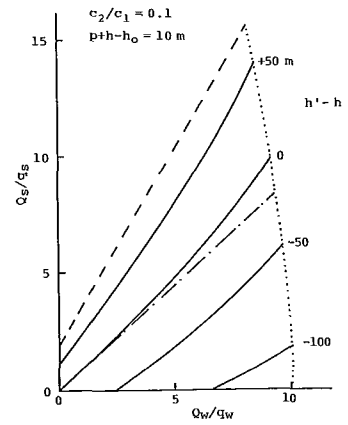


図8 蒸気、熱水採取比と沸騰面水位との関係 ($C_2/C_1=0.1$)

図6から図10までの一連の図は、 Q_s/q_s と Q_w/q_w を座標軸に選んで、熱水温度 250°C 、セパレータ初期温度 180°C 、 p_0 を2気圧とした場合の採取影響を示したものである。原点を通る一点鎖線は(17式の等号に対応する 180°C 等温線であり、点線($q_w' = 0$ を表わす)と破線($p' = p_0$ で 120°C 等温線を表わす)はモデルの適用限界を示す。

まず、 $C_2/C_1 = 0.1$ の場合について、温度 T と熱水流入率 q'/q を示す図6と、蒸気流出率 q_s' 、 q_s と熱水流出率 q_w'/q_w を示す図7に着目する。 q'/q の増加とそれと相補関係にある q_w'/q_w の減少を示す線は、縦軸に平行に近いので、これらの値の変化には、地中の蒸気を採取することよりも熱水採取による Q_w の大きさの方が大きく影響している。また、セパレータ内の温度 T は、蒸気、熱水の採取比 Q_s/Q_w の値によって変わるので、それに従って q_s'/q_s の値が大きく変わり、 Q_s の割合が増すと急激に減少するが、 Q_w の割合が大きい場合にはかなりの増加となることが注目される。

図8は、初期状態におけるセパレータ内と温泉域の水頭差を10mとしたときの沸騰面水位の変化 $h'-h$ を示したものである。 Q_s は沸騰面を上昇させる方向に、 Q_w は低下させる方向に働くが、等水位線が等温線にほぼ平行していることから、沸騰面の変化は主にタンク内の圧力変化を補償し、熱水頭の変化を防ぐ方向に生じていることが分る。

図9は、タンク入り口の透水性の効果を見るために C_2/C_1 の値が0.01、0.1、1の場合について井戸以外の地層中を流出する総量 $(q_s' + q_w')/q$ を例にとって示したものである。総流出量は

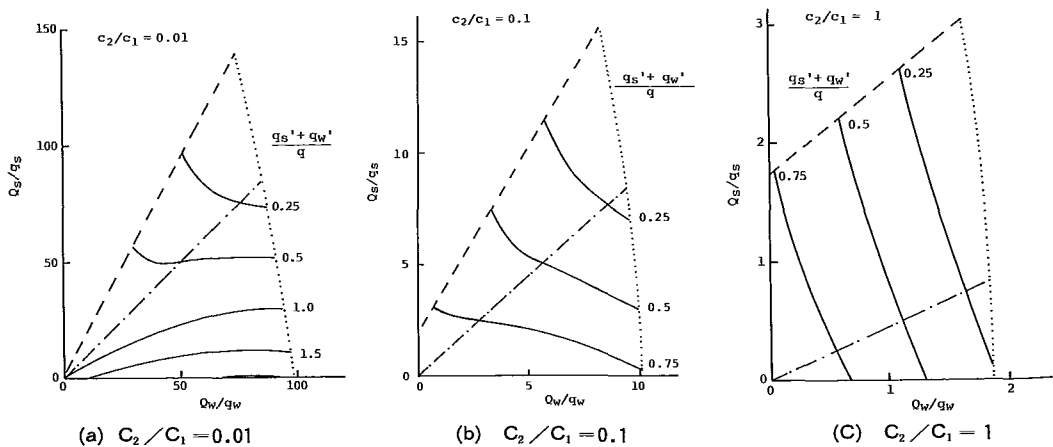


図9 蒸気、熱水採取比と地層流出量 $(q_s'+q_w')/q$ との関係

透水性の違いによってかなり異なった反応を示すが、 C_2/C_1 の値が小さいほど（熱水流入口に比べ出口の透水性の悪いタンクほど）、パターンは類似し、 $q_w' = 0$ となるモデルの適用範囲も広がって、 Q_s の割合が増すと総流出量の低下する傾向が現われ、 Q_w を採ることによって採取以前を上まわる流出量の領域が出現するようになる。この傾向は、地層からの流出熱量にさらに顕著に現われる（図10に $C_2/C_1 = 0.1$ の場合の $(i_s' q_s' + i_w' q_w') / (Iq)$ を示した）。このような流出量の増加は、セパレータ内の圧力上昇によって、 q_w' の低下を上まわる q_s' の増加がおこるためである。一方、出口の透水性のよいタンクでは、採取量のわずかな増加でも温泉域への熱水供給に大きい変化を与えやすい。

一般に、地熱域で沸騰泉として深層の熱水を採取し続けると、図8のように沸騰面が下がり、熱水存在範囲が深まる。そのため、下流へ熱水が流出できる出口の範囲も狭まると考えられ、これは C_2/C_1 の値が小さくなることを意味している。このように、同じ地熱域でも噴気・沸騰泉の開発が進む各段階で、この報告で一定値として計算した H や h_0 の値だけでなく、 C_2/C_1 の値も変わってくるのが予想されるので、実際の解析にはそのことも念頭に入れた処理が必要であろう。

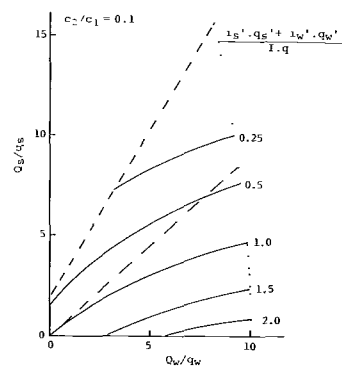


図10 蒸気、熱水採取比と地層流出熱量との関係 ($C_2/C_1 = 0.1$)

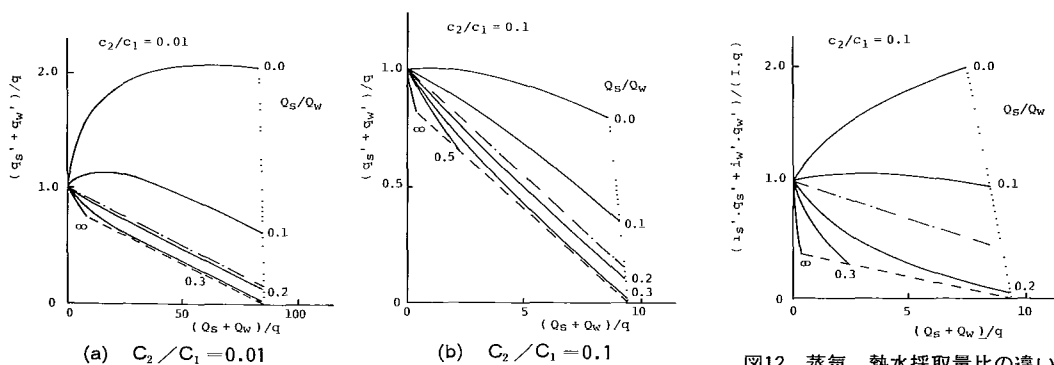


図11. 蒸気、熱水の採取比の違いによる総採取量と地層流出量との関係

図12 蒸気、熱水採取量比の違いによる総採取量と地層流出熱量との関係 ($C_2/C_1 = 0.1$)

これら特徴を総括するため、横軸に噴気・沸騰泉からの採取量増加を表わす $(Q_s + Q_w)/q$ 、縦軸にそれに伴う地層を通しての流出量変化 $(q_s' + q_w')/q$ をとり、セパレータから採取される蒸気量と熱水量との比 Q_s/Q_w のいろいろな値について計算した結果を図11に示す。(a)は $C_2/C_1 = 0.01$ (b)は $C_2/C_1 = 0.1$ の場合で、両図とも採取量の増加がただちに流出量の減少に結びつくものではないことを示しており、蒸気よりも熱水を多く採取する、 Q_s/Q_w の値が小さい時ほど流出量の減少傾向は小さく、逆に増加する場合もある。この傾向は C_2/C_1 の値の小さい場合ほどいじりやすい。これは上記のように、 Q_s/Q_w の値が小さいほどセパレータ内の圧力が高く、流出する蒸気量が増すためである。その時には流出する蒸気も熱水もエンタルピーが高くなるので流出熱量はさらに高まる傾向を示す。図12は $C_2/C_1 = 0.1$ の場合につき、縦軸に流出熱量の増加を表わす $(i_s' q_s' + i_w' q_w') / (Iq)$ をとって採取量増加との関係を示したものである。 Q_s/Q_w の値の小さいときには流出熱量の減少は小さく、逆に増加の傾向もみられる。しかし、この計算の基礎として仮定した人工的な採取以前の状態の $s = 0.16$ から(10式で求めた $Q_s/Q_w = 0.17$ を境として、それより Q_s/Q_w の値が大きい範囲では、人工的採取量の増加に従い、流出量よりも流出熱量の方がさらに大き

く低下する傾向が示される。

以上は、セパレータに供給する熱水の水頭 H が変わらないとした場合の計算である。言いかえれば、人工的な噴気・沸騰泉の採取量に対して地下深部からの熱水供給能力に十分ゆとりがあり、採った分だけは供給できるような状態にある場合といえる。しかし、こういう場合でも人工的採取が進めば地層中での流出量、すなわち、温泉域への供給量は減少し、特に蒸気を多く採る Q_s/Q_w の値の大きい場合に、この現象が顕著となることが知られた。

これらは、地熱域から噴気・沸騰泉として熱水、蒸気を採取する場合に、その利用目的に応じた採取方法の効率という観点と、その下流温泉域での温泉水につき、どの部分の性質を最も重点的に保護すべきかという観点を調整しながら、蒸気、熱水の採取比、つまり井戸の深さや配置を考えていかねばならぬという問題を与える。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三、北岡豪一：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号，p. 1～10 (1982)
- 2) 由佐悠紀：別府温泉南部域の化学成分長期変化について．同上，30号，p. 10～18 (1979)
- 3) 福田道博ほか：大岳及び八丁原の蒸気—熱水噴出特性について．日本地熱学会誌，3 (1)，p. 31～42 (1981)
- 4) Allis, R. G. :Changes in heat flow associated with exploitation of Wairakei Geothermal Field, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 24, p. 1～19(1981)
- 5) 環境庁：地熱開発が周辺既存温泉に及ぼす影響に関する基礎研究 (1984)
- 6) 吉川恭三、北岡豪一：熱水流動経路におけるセパレータモデルの導入．大分県温泉調査研究会報告，34号，p. 10～17 (1983)
- 7) 吉川恭三：地下熱水の蒸気化による地熱現象への影響．同上，33号，p. 11～20 (1982)
- 8) 古賀昭人、野田徹郎：別府市火男火売神社の地熱異常現象．同上，30号，p. 28～31 (1979)

長湯温泉の現況調査——昭和58年——

京都大学理学部 由 佐 悠 紀
 神山 孝 吉
 大分大学教育学部 志 賀 史 光
 川 野 田 実 夫

1 はじめに

長湯温泉は九重山塊の東方約10kmに位置し、源泉は芹川に沿う約3kmの帯状範囲に分布している。温泉水はCO₂ガスとともに噴出するという、いわゆる噴騰泉の状態を呈し、湧出口や温泉水の流路には炭酸カルシウム（X線回折によればアラゴナイト）の析出が見られる。

本温泉の調査は、昭和26年に山下によって初めて行われた¹⁾。当時の源泉は、そのほとんどが芹川の中に湧出する自然湧出泉で、泉温は最高40.8℃、平均 37.75℃と比較的低温であった。その後温泉の掘さくが行なわれ、以前よりいくらか高温の温泉水が採取されるようになった。昭和41年以降昭和50年までの状況については、主に化学的調査が志賀・川野らによって行なわれ、その特徴が明らかにされている^{2), 3), 4)}。

温泉井掘さくのすう勢はその後も続き、また改掘や増掘も行なわれたので、長湯温泉の状態にも変化が現われたのではないと思われる。そこで現況を把握するために温泉台帳や掘さく資料を整理するとともに、現地調査を行ない、また過去の資料との比較を試みたので報告する。

2 近年の温泉開発

温泉台帳によれば、昭和58年10月現在の源泉数は31口を数えており、すべて掘さくされたものである。それらを掘さく年別に区分すると表1のようになる。表中には、それぞれの年代における掘さく深度の概要も掲げた。この表から、近年掘さく深度が非常に増大したことと、この2年間に全源泉数のほぼ40%が掘さくされたことが読み取れる。

図1はそれら源泉の分布図である。これを志賀らの報告²⁾に掲載してある昭和43年当時の分布図と比べると、その後の温泉開発は、16.13源泉より西方上流側で盛んであり、また掘さく範囲は当時よりさらに上流方向へ1kmほど伸びたことがわかる。以上のほか、芹川の中にはなお自然湧出が散見されるが、その勢いは衰えてしまっている。

表1 長湯温泉の掘さく年別口数とその深度

年 代	孔 数	平均掘削深 (最小～最大)
昭和50年以前	10	100m (45.8～ 200)
昭和50年～昭和55年	8	183m (120 ～ 250)
昭和56年～昭和58年	13	228m (160 ～ 300)
合 計	31	170m (45.8～ 300)

3 地下熱構造

図1の源泉分布図には、各源泉の深度を100m毎に区分してそれぞれを異なった印で示したが、近年になって開発された西方上流部ではすべて200m以深となっているのに対し、以前から開発されていた図の中央から東方下流部には比較的浅いものが多いという傾向が認められる。その中で、100mより浅いものは、表1からもわかるように、すべて昭和50年より前に掘さくされており、前

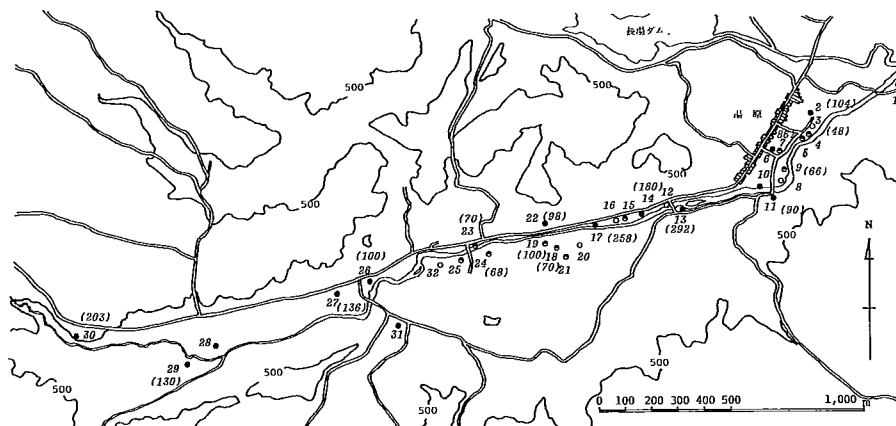


図1 長湯温泉の源泉分布図 ()内は45℃の地温の深度(m)を表わす。孔底深度0m~99mは○、100m~199mは●、200m以上は●で表わしてある。No.32は現存しないが文献2)、3)に記載されている甲斐城泉である。

述の傾向は浅い井戸から深い井戸へ移り変わるという一般的な温泉開発の歩みの反映と受け取れなくもない。しかし、地温の状態を調べると、ただそれだけでもなさそうである。

図2には、長湯温泉の代表的な地温鉛直分布の3例を示した。その特徴としては次の点があげられる。すなわち、比較的深い所では地温勾配がゆるやかで、約50℃の地温となっており、地表近くになって急激に低下していることである。そして、No.26のように、西方上流部では100m深付近から急激に低下しはじめる。言いかえれば、地表から100m深まではかなり低温であるのに対し、中央部のNo.24と東方下流部のNo.9では、地温の低下しはじめる深度がいくらか浅くなっている。

このような地温分布の特徴をふまえ、いくつかの源泉で測定されている地温データを外そうまたは内そうすることによって、45℃の深度を推定した。その深度は図1中に()でくくって示してある。推定深度の比較的浅い場所、すなわち図の中央部と東方下流部は、100m以浅の源泉がある場所と一致しており、新開発域の西方上流部はその深度が深い。また、No.13からNo.17の一带も45℃地温の深度が深い。実際、後出の表2にみられるように、この付近の温泉のうち、深度が比較的浅いものは泉温が低温である。このようにみると掘さく深度の分布は、おおまかな地下熱構造に対応していると言える。

4 現地調査

昭和58年10月21日・22日の両日、各源泉の泉温湧出量を測定し、また各温泉水を採取した。その際、全炭酸と HCO_3^- の分析は現地で行ない、 pH は採水後密栓して実験室に持ち帰りただちに測定した。他の成分は実験室で常法により分析した。また、いくつかの源泉では水—ガス比も測定した。温泉台帳に基づく掘さく届出年月日および掘さく深度とともに、その結果を表2に示す。

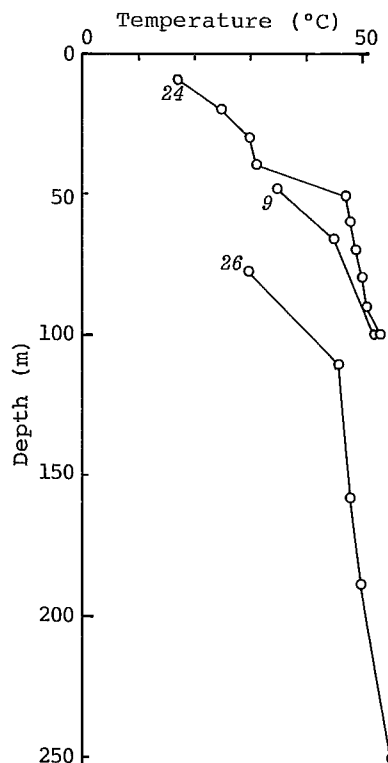


図2 長湯温泉の代表的な地温鉛直分布三例

表 2 長湯温泉の諸元

No	Temperature (°C)		pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	ΣCO ₂	Water discharge		Gas discharge (g/min)	Rate of gas to total discharge	Date of sampling	Depth	Date of drilling	Name
	湧	湯										(mg/l)	(l/min)						
1	43.1	6.68	397	82.0	196	282	155	240	2822	3375	140	—	—	10/22. S. 58	250	3/31. S. 56	上岡 亀弘		
2	47.4	6.70	429	87.3	218	307	192	325	2864	2966	66.2	68.9 (A)	0.51	10/22. S. 58	200	9/27. S. 57	中村 晃		
3	39.8	6.65	298	51.6	166	210	139	284	1870	1738	103	—	—	10/22. S. 58	85	3/5. S. 47	御前 湯		
4	48.0	6.75	412	83.3	239	305	206	379	2684	2732	32.6	—	—	10/22. S. 58	170	1/17. S. 53	丸 菅		
5	49.3*	7.02	447	97.9	249	337	262	382	2760	2394	66.8	—	—	10/22. S. 58	120	11/29. S. 50	上野 尾		
6	49.8	6.90	434	87.3	248	319	192	322	3028	2732	45.3	—	—	10/22. S. 58	200	5/10. S. 52	伊藤医院		
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	160	11/17. S. 57	伊藤医院		
8	47.1	6.90	421	83.3	244	301	212	330	2836	2895	62.1	—	—	10/22. S. 58	91	6/29. S. 36	大丸旅館		
9	45.2*	6.75	397	79.3	252	291	193	283	2600	2416	65.8	58.4 (A)	0.47	10/21. S. 58	100	2/10. S. 47	長生 湯		
10	41.0	6.65	246	41.0	237	189	114	160	2074	2125	146	—	—	10/21. S. 58	250	5/25. S. 53	丸長 紅葉館		
11	43.1	6.60	288	54.2	219	198	138	206	2188	2838	46.0	46.1 (A)	0.49	10/21. S. 58	200	4/24. S. 46	天満 湯		
12	39.2	6.56	320	51.6	188	202	147	263	1905	2838	110	—	—	10/21. S. 58	83	2/20. S. 34	松山 フク		
13	37.9	6.72	278	47.6	280	254	146	212	2412	2323	316	694 (P)	0.68	10/21. S. 58	200	4/12. S. 57	大塚 好彦		
14	48.8	6.88	465	99.2	307	320	230	296	3094	2638	173	348 (P)	0.66	10/21. S. 58	291	5/12. S. 58	しづ香温泉		
15	36.9*	6.58	347	52.9	223	222	152	301	2188	2253	28.0	—	—	10/21. S. 58	170	3/20. S. 53	愛泉館(東)		
16	35.6	6.60	298	43.6	174	174	134	290	1692	2270	183	—	—	10/21. S. 58	71	3/30. S. 36	〃 (西)		
17	49.7	6.88	446	107	329	308	226	393	3156	3186	100	348 (P)	0.77	10/21. S. 58	290	8/8. S. 57	御藤 弘平		
18	45.3	6.80	475	78.0	299	320	230	488	3108	2970	85.9	191 (A)	0.69	10/21. S. 58	123	9/20. S. 48	国民宿舎(東)		
19	39.3	6.52	303	48.9	161	190	129	267	1814	2253	178	303 (A)	0.63	10/21. S. 58	100	12/15. S. 48	〃 (西)		
20	39.6	6.72	303	43.6	152	191	148	353	1868	2253	64.5	—	—	10/21. S. 58	45.8	3/18. S. 33	猪野・大塚		
21	43.5	6.90	459	74.0	244	334	206	440	2786	2675	58.1	—	—	10/21. S. 58	150	8/20. S. 54	老人いこいの家		
22	49.9	6.90	520	139	287	370	260	433	3386	3291	123	—	—	10/21. S. 58	200	1/30. S. 56	コミニエティセンター		
23	41.7*	6.70	419	66.1	218	268	192	405	2470	2970	44.9	—	—	10/21. S. 58	100	12/20. S. 48	祝湯温泉		
24	46.0	6.78	472	83.3	241	328	214	476	2840	2253	41.8	74.3 (A)	0.64	10/21. S. 58	100	2/15. S. 49	豊泉荘本館		
25	48.6	7.00	504	102	277	370	244	458	3434	2416	88.4	146 (P)	0.62	10/21. S. 58	150	9/20. S. 57	〃 別館		
26	46.8	6.92	469	88.6	273	315	234	401	2922	2125	38.5	38.5 (A)	0.50	10/21. S. 58	250	3/28. S. 57	木元商店		
27	45.5	6.85	481	83.3	242	312	212	488	2724	2631	46.4	54.5 (A)	0.54	10/21. S. 58	200	8/11. S. 56	千寿温泉		
28	50.2	6.90	493	93.3	283	303	230	481	2764	2416	39.8	—	—	10/21. S. 58	200	6/5. S. 54	復田温泉		
29	49.5	6.90	506	96.5	294	316	240	499	3002	2631	63.0	—	—	10/21. S. 58	200	5/28. S. 55	郷の湯		
30	48.3	7.00	477	79.3	232	407	268	506	3407	3230	66.3	188 (P)	0.74	10/21. S. 58	250	2/23. S. 57	工藤 泰一		
31	44.7	6.85	532	107	284	310	225	438	2858	2446	137	121 (A)	0.47	10/21. S. 58	300	6/22. S. 58	山下 樹 脛		

* は湧出口での温度測定が不可能であった。No. 7 は調査時には停止していた。

調査結果をまとめれば、平均泉温は44.7℃（算術平均値）、総湧出量は 2,760ℓ /分（3,970m³/日）である。これに芹川中の自然湧出量が付加されるが、その量は不明である。ただ、観察した限りではあまり多くないと思われる。

長湯温泉を特徴づけるものは、CO₂ガスやHCO₃⁻等の炭酸成分である。これまで温泉水中に含まれる炭酸成分についてはしばしば分析されてきたが、ガス中の濃度やその流出量は昭和43年10月15つの源泉で測定されているだけである。²⁾そこで今回は、基礎資料を得るために、できるだけ多くの源泉で水—ガス比の測定を試み、14口につき測定することができた。

表2には、ガス流量とともに、温泉水とガスの合計体積流量に対するガス流量の比を掲げた。表中Aは気液混合流体を透明なビニールチューブに導いたのち、チューブの両端を一斉に閉じてその中の水とガスの割合を測るという簡便法によったものである。Pは湧出口上に設けてあるタンクを利用してガスと温泉水を分離し、ガス流量をピトー管差圧から算出したものであり、Fは同様に分離したガスをガラス管面積流量計で直接測ったものである。このように三種の異なった方法を用いて測定したが、結果をみると似かよった値が得られており、測定法による違いはあまり無いようである。ガス流量が少ない場合には、ピトー管や面積流量計による測定はむずかしく、ビニールチューブを用いた簡便法が有効である。なお、ガス流量は一定しておらず、いわゆるイキをするので、4～5回の測定値を平均した。湧出水量についても同様である。

14口で測られたガスの体積流量比は、表2に示されているように0.47から0.77であり、その平均は0.60となる。これをそのまま他の源泉にもあてはめれば、ガスの総流出量は 4,140ℓ /分と見られる。

No.17泉でガスの組成を赤外線ガス分析計で測ったところ、CO₂ガスしか検出されなかった。そこで、ガスは水蒸気とCO₂ガスだけから成るとみなし、湧出口での全圧を1気圧、水蒸気分圧を各源泉の湧出量を考慮した荷重平均泉温43.5℃での飽和蒸気圧（64.6mmHg）とすれば、標準状態（0℃、1気圧）におけるCO₂ガス流量は 3,270ℓ /分、すなわち 6,420g /分となる。湧出水量は2,760ℓ /分であるから、温泉水1ℓ 当たり平均して 2.3g のCO₂ガスがともなっていることになる。昭和43年10月には、温泉水1ℓ 当たりの量が0.97～1.87g と測定されているので、²⁾今回の値はそれより大きく、ガスの占める割合が大きくなっているのではないと思われる。

一方、ガスを通しての水蒸気総流量は、約 240g /分、水量にして0.24ℓ /分と計算され、湧出水量に比べればとるに足りない。したがって、温泉湧出にともなう放出熱量は、温泉水を通してのものだけを考えればよく、0℃を基準として1.20×10⁵ Kcal/分（7.20×10⁶ Kcal/時）である。

温泉水の成因を探ったり、温泉水系の特徴を求める上で、各化学成分相互間の関係を調べるのは有効な方法である。長湯温泉についてはすでに志賀・川野により検討されており、²⁾³⁾たとえば、No.13泉付近を境として、その上流と下流では化学組成に若干の違いのあることが報告されている。今回も、各化学成分間の関係を調べたが（図は掲載しない）、SO₄—ClやNa—Kの関係には志賀らの報告と同様の傾向がうかがわれる。しかし、上流と下流の違いは以前ほど明瞭ではなくなっており、とくに二種の温泉水系を考えなくてもよいかもしれない。

また、かつては、HCO₃⁻とCl⁻の間にはかなりはっきりとした直線関係が認められた。今回の調査結果でも、おおまかには直線関係が成り立っている。しかし、分散の度合が大きくなり、以前よりもCl⁻濃度に比してHCO₃⁻濃度の高いものが現われた。そのような温泉水の存在は、すでに志賀らが報告し、炭酸物質と他の主要イオンの供給が異なった機構で行なわれているのではないかと指摘しているが、²⁾今回の結果は彼らの推定を支持しているように思われる。

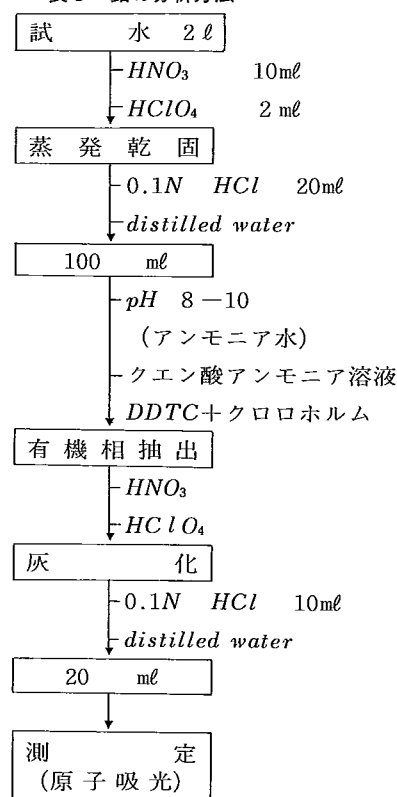
ところで、溝口・二宮はかつて天満湯・愛泉館（新・旧）・緒方町老人ホームの4源泉につき、比較的高濃度（50～120μg /ℓ）の鉛を検出している。⁵⁾そこで今回再検討のために、長湯温泉を東部・中央部・西部の三部分に分けて、各々2源泉ずつ、合計6源泉について表3のような方法で：

析した。表4はその結果である。これは以前の報告値に比べてかなり低濃度である。ちなみに、上水道規準は 0.1 mg/ℓ 以下である。

表4 長湯温泉の鉛濃度

泉	源	Pb (mg/ℓ)
東 3	御 前 湯	0.001 >
部 8	大 丸 旅 館	0.001 >
中 16	愛 泉 館(西)	0.001 >
部 22	コミュニティセンター	0.001 >
西 26	木 元 商 店	0.005
部 29	郷 の 湯	0.003

表3 鉛の分析方法



5 長期変化

5-1 湧 出 量

温泉台帳には温泉掘さく完了後の湧出量が記録されている。その湧出量と今回の調査結果を各々の源泉について比較し、図3に示す。2・3の例外を除き、ほとんどの源泉で湧出量は減少している。

長湯温泉の湧出量に関する一斉調査は、これまで昭和26年に行なわれただけである。しかし、当時は芹川中の自然湧出泉が主体であったために、すべてについての測定は行なわれなかった。測定されたものの合計は 1,376ℓ /分であったが、山下は全量をその倍位ではないかと述べている¹⁾。これを今回の総湧出量 2,760ℓ /分と比べると、当時と現在ではあまり変化がないと言えそうである。

ある程度温泉井が密集した自噴泉群中に新たな温泉井が掘られた場合、それからの湧出量は周辺温泉からの湧出量の減少によって補償されるために、その自噴泉群全体からの総湧出量はあまり増加しないのが普通である⁶⁾。前述した長湯温泉の湧出量の状態は、自噴泉群で一般的に見られる特徴と一致しており、現在以上に温泉井を掘さくしても、長湯温泉全体からの自噴による湧出量の増加は期待できないように思われる。

5-2 泉温と化学成分濃度

表1に示されているように、源泉31口(調査時の活動源泉は30口)の2/3は昭和50年以降に掘さくされた。それ以前にも20口程度はあったので、新たな源泉が掘さくされたほかに相当数の源泉で改掘や増掘が行なわれたことがわかる。そして、掘さく深度は以前より深くなり、より深部の温泉水が採取されるようになった。泉温や化学成分濃度にはこのことが影響するため、それらの経年

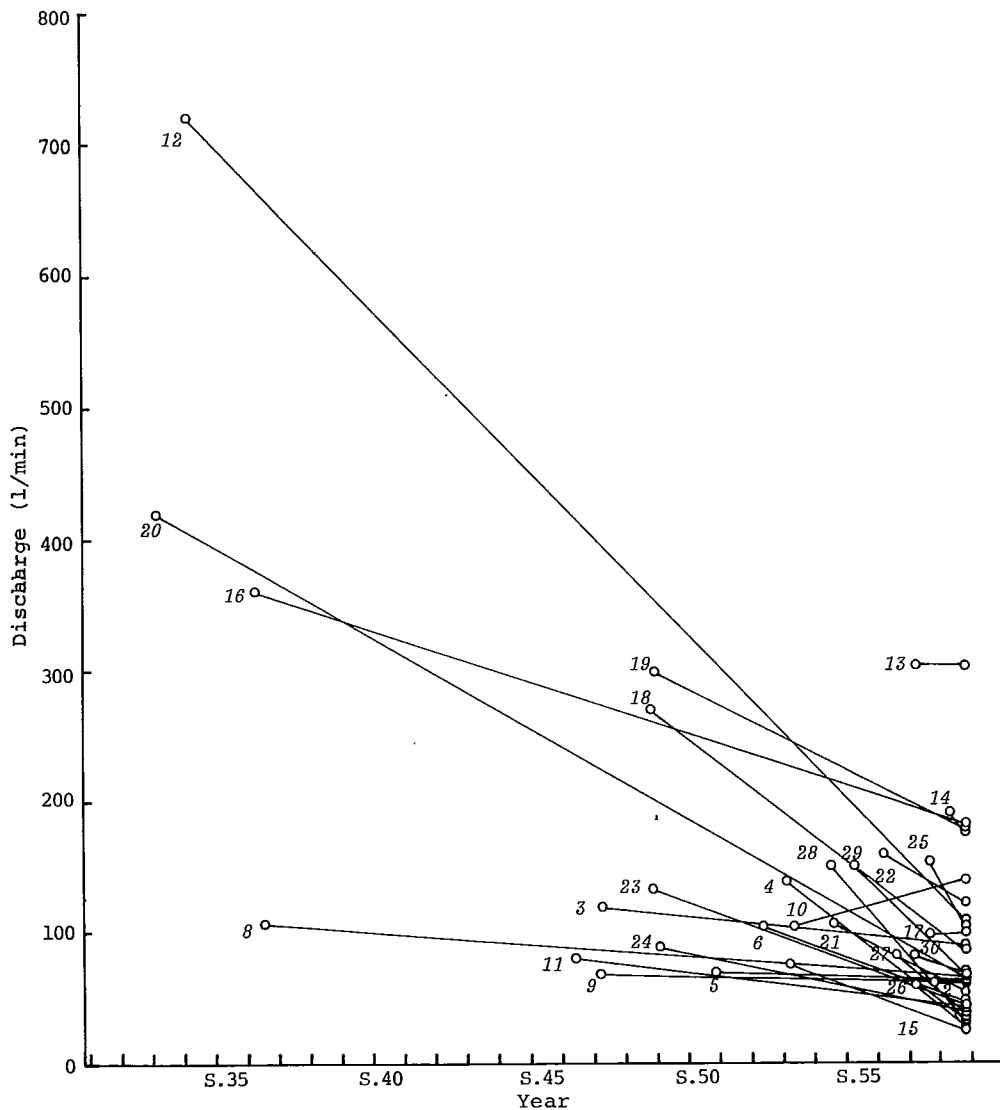


図3 湧出量の変化

変化を調べても自然科学的にはあまり意味がない。しかし、温泉利用の面からは意義のあることと思われるので、これまでの調査結果からそれぞれの調査時期における各要素の算術平均値を求めて表5に比較した。

表5 泉温・化学成分濃度の長期変化

調査時期	口数	泉温	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₂	文献
昭和年月		℃		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
41. 10	18	40.5	6.54	357	66.1	190	268	169	331	2,271	862	2
42. 10	23	39.9	6.27	—	—	204	241	153	274	2,161	799	2
43. 10	22	39.1	6.65	330	64.2	187	261	173	311	2,135	1,000	2
48. 7	18	41.1	6.89	350	64.0	165	266	162	318	2,255	—	4
50. 12	20	41.1	—	377	63.4	187	285	164	381	2,237	771	未発表
58. 10	30	44.7	6.79	411	77.7	242	285	196	360	2,653	733	今回

昭和50年以前の平均泉温は、おおむね40℃前後と、昭和26年頃よりいくらか高い状態が続いていたが、現在はさらに上昇している。化学成分濃度も昭和50年以前は時期により多少の変化がある程度だったが、今回の調査ではほとんどの成分の濃度が増している。とくに、 $Na \cdot K \cdot Ca \cdot Cl \cdot HCO_3$ の増加は明らかで、 Mg と SO_4 も昭和40年代の値より高濃度となっている。一方、温泉水に溶存している CO_2 は近年減少しているが、これには泉温の上昇が影響しているのであろう。このように長湯温泉全体としては、近年における深い掘さくの結果、以前より高温で化学成分濃度の高い温泉水の採取量が増したと言える。

以前から存在した源泉の中には廃孔となったものや、改増掘されたものが多いために、泉温や化学成分濃度の変化を長期にわたって追跡できる源泉は限られる。図4は、それら個々の源泉についての変化を示したものである。化学成分濃度の比較には、代表的陰イオンである Cl^- と HCO_3^- を選んだ。

みられるように、 $Cl^- \cdot HCO_3^-$ の両者とも減少の傾向にあるものが多く、とくに Cl^- 濃度に著しい減少を示すものが目につく。図4に描かれている源泉のほとんどは、100m以浅のものであるが

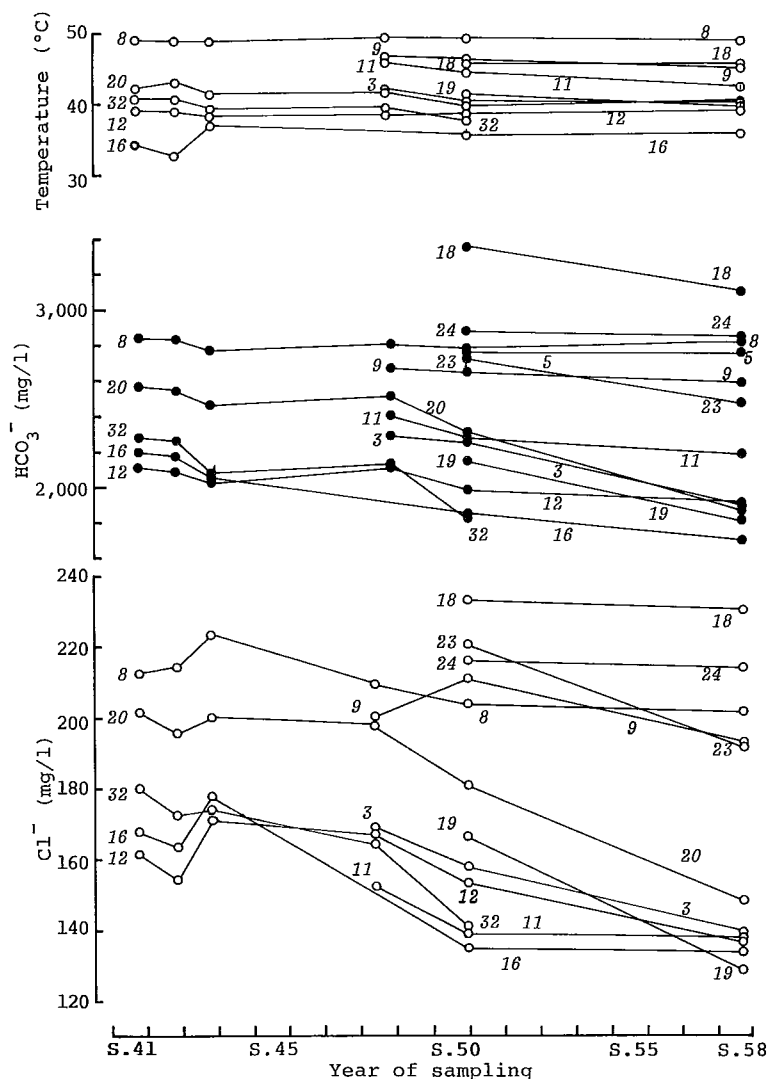


図4 泉温・ HCO_3^- ・ Cl^- の長期変化

Cl⁻濃度の低下したものはすべて 100m 以浅である。したがって、比較的浅層に分布する温泉水は、化学成分濃度が低下していると言うことができよう。

この結果と、前述した各源泉での湧出量の減少を総合すると、深層からの採取量が増したために温泉水圧が低下して、個々の源泉では湧出量が減少し、一方では、浅層からの浸透量が増して化学成分濃度が薄められたと考えられる。

それに対し、泉温は若干低下したものもあるが、ほとんど変化が見られない状態である。これは図2の地温鉛直分布においてある深度より下方ではほぼ一定の温度となっていることに加えて、地層の熱容量のために浅層水の浸透が地温を下げるまでには至っていないためと思われる。なお、No.16 泉では、昭和41・42年頃の泉温の方が低い、これは当時の井戸が現在のものとは別のものである可能性がある。

6 おわりに

今回の調査結果をまとめれば、以下のようである。

- ① 昭和58年10月現在の源泉数は31口（調査時の活動源泉は30口）で、その平均泉温は44.7℃、湧出量は 2,760ℓ /分（3,970m³/日）、温泉水を通しての放出熱量は（0℃基準） 1.20×10^5 K cal/分（ 7.20×10^6 K cal/時）である。
- ② 全源泉の40%は最近2年間に掘さくされた。これにより掘さく深度は深くなり、源泉分布域は拡大した。
- ③ 現在の掘さく深度は地下熱構造と関係がある。
- ④ 温泉水とガスの合計流量に対するガス流量の体積比は0.60で、ガスは水蒸気とCO₂から成る。ガスとしてのCO₂流出量は 6,420g /分である。
- ⑤ 掘さく深度が深くなったために、全体としての泉温は上昇し、化学成分濃度は増した。しかし比較的浅層の温泉水の化学成分濃度は低下の傾向にある。
- ⑥ 鉛の濃度は最高 0.005mg/ℓ、多くは 0.001mg/ℓ 以下である。
- ⑦ 源泉数は増えたが、個々の湧出量は減少しているため、長湯温泉全体としての湧出量はあまり増えていないようである。

温泉の開発・利用の側面からみた今回の調査結果の重要な点は、⑤と⑦である。近年の開発によって高温の温泉水が得られるようになったが、総湧出量は決して増加しておらず、また、比較的浅部の温泉水層は、より浅層からの地下水の浸入を受けはじめている疑いがある。これらは、これまで多くの温泉地がたどってきた温泉の枯渇現象の歴史と類似のものである。今後さらに源泉数が増えても、総湧出量の増大はほとんど期待できないと考えられる。

現在の長湯温泉は、まだ自噴によるという温泉利用上は望ましい姿を保っているが、温泉水圧の低下は明らかに進行している。開発がさらに進めば、温泉水圧はさらに低下し、遂には動力揚湯を余儀なくされる事態も起こり得る。

現地調査を行なっていて感じたことは、温泉域の規模の割りには源泉が密集しすぎているということであった。しかも、利用されることなく、いたずらに放流されているものも目についた。当温泉では、現在の所、特別の泉源保護対策は講じられていないが、長期にわたる有効利用を旨とした何らかの対策を検討する時期にさしかかっているように思われる。

報告を終えるに当たり、温泉台帳の閲覧を許可された大分県環境管理課、調査の便宜をはかっていただいた直入町当局、また調査にご協力をいただいた小石哲史（東大分小学校）、大石郁朗（京大大学院）、本庄徳彦・野田千香（大分大学生）の諸氏に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 山下幸三郎：大分県長湯温泉調査報告，大分県温泉調査研究会報告，3号，12—28，1952.
- 2) 志賀史光・川野田実夫：くじゅう火山の温泉群(4)長湯温泉について，同上，20号，66—72，1969.
- 3) 志賀史光・川野田実夫：くじゅう火山の温泉群(5)くじゅう北東部の炭酸泉，同上，21号，70—77，1970.
- 4) 川野田実夫・志賀史光・西田達男：くじゅう火山の温泉群(9)阿蘇野および長湯地区温泉の重金属について，同上，25号，23—26，1974.
- 5) 溝口昇・二宮良隆：飲用泉中の重金属類について，同上，22号，90—93，1971.
- 6) 吉川恭三・山下幸三郎：温泉の揚水影響に関する一考察，温泉科学，10巻4号，98—109，1959.

肝臓疾患患者に対する温泉地療養の影響

九州大学生体防御医学研究所外科 辻 秀 男

1 はじめに

現在わが国には肝炎患者が60万人以上もあり、その数は漸次増加傾向を示している。そのうちの70%は慢性肝炎であり、さらにその中の20%が肝硬変に移行するといわれる。

従来、これら慢性肝炎や肝硬変患者に対しては、温浴や筋運動は禁忌とされ、その理由は肝血流が減少して肝病変に悪影響があるためといわれる。ことに肝硬変症で腹水を伴うような患者では、嚴重な安静を要するとさえ言われて来ている。

しかしこれら慢性肝疾患の経過は長く、最も予後不良といわれる腹水合併肝硬変でも、近年では3年生存率が57%といわれる。¹⁾ このようなものに長期にわたって安静臥床を求め、入浴も

表1 肝硬変症例及び運動量

No.	年齢	性	合併病変	腹水	Child分類	温泉地療養 (運動量)
1	34	男	EV・DM [*]	+	B	5 km歩行 18日
2	45	男	EV・DM	+	B	エルゴメーター20分×2 ^{**} 50日
3	49	男	EV・DM	+	B	エルゴメーター20分×2 20日
4	51	男	EV	-	B	エルゴメーター20分×2 30日
5	52	男	EV	+	B	戸外歩行1時間 40日
6	53	男	EGV	+	B	戸外歩行1 km 30日
7	53	男	EGV・DM	+	B	戸外歩行5 km 30日
8	61	男	EV・DM	-	A	エルゴメーター20分×2 14日
9	63	男	EV	+	B	戸外歩行2 km 4年
10	58	女	EV	+	B	斜面歩行15分×2 40日
11	62	女	GV・DM	-	B	戸外歩行1時間 3月
12	63	女	GV	-	B	戸外歩行2~4 km 16日

※EV：食道静脈瘤、GV：胃静脈瘤、DM：糖尿病

**エルゴメーター運動：150KPM/min

制限することは患者自身の不便はもとより、家族や社会への負担も少なくないことを考慮すると、果して適切な処置であるかには疑問がある。それよりはむしろ可能な範囲で体力を維持させ、積極的な生活態度を続けさせるのがのぞましいが、ただそのことが障害肝にどのような影響を及ぼすかが問題であり、この点についてはこれまで余り検討されていない。

われわれは、外科的治療の対象となった肝硬変患者について、手術ならびにほぼ正常な日常生活に必要な体力を保つための温泉地療養を行ない、患者への影響を検討して来た。その成績の一部はすでに報告しているが、ここではやや長期にわたって経過を観察した1症例を中心にわれわれの経験を報告し、あわせて温泉地療養の意義を考察したい。

2 研究方法

対象患者：肝硬変に続発した食道静脈瘤の手術治療を目的として入院した12例（男9例、女3例 平均年齢53.6才）で、その内容は表1に示すごとくである。うち8例には腹水が認められ、Child

分類⁴⁾からみた病期はA 1例、B 11例で中等症のものが大部分を占めている。また約半数に糖尿病の合併がみられた。

温泉地療養：これらの患者に対して通常行なわれる安静療法は行わず、むしろ積極的療法である本療法を施行した。すなわち食餌療法としては肝底護食とし、体力に応じた歩行運動ならびに1日1回または隔日ごとの温泉浴を行なわせた。なお肝硬変に腹水を合併していたものは、フロセミドや抗アルドステロン剤投与によって治療した後に上記療法を開始し、腹水がコントロールできない症例は対象から除外した。

本療法開始後は、自覚症状や全身状態の変化に注意するとともに、療法開始初期には毎週1回、3週目以降は毎月1～2回採血して臨床生化学的検査を行なった。

症例中の第9例は、退院後も毎月1回は来院を求め、検査を行なうとともに必要な投薬、指示を与えた。

患者の体力レベルは、われわれが考案し⁵⁾に報告したトレッドミル歩行テストにより随時測定した。

3 成 績

入院時の患者体力は一般に低下しているものが多く、これには医師による安静指示が大きな役割を演じているように思われた。

これらに対して表1に示すような体力回復訓練を含む温泉地療養を行ない、その結果当然のことながら体力は全例に改善がみられ、同時に患者の表情に明るさと活力が回復するのが認められた。

体力の改善効果については³⁾に報告したので省略し、ここでは肝機能検査値に及ぼす影響を示す。長期観察した第9例を除く11例の療養前後の検査値の平均的変動は表2に示すようであった。

表2 血液生化学的検査値の変化
(No. 9を除く11例の平均値±SEM)

	正 常 値	療 養 前	療 養 中	療 養 後	一過性増悪例 (%)
GOT	8—40 (u)	90±9	97±23	87±26	1 (9)
GPT	3—35 (u)	72±6	77±15	77±13	2 (18)
ALP	0.8—2.9 (u)	4.7±0.9	4.4±0.8	4.3±0.5	2 (18)
LAP	131—171 (u)	318±45	285±31	303±33	0
LDH	50—400 (u)	349±24	340±20	356±35	1 (9)
TTT	4 >	6.9±0.9	6.6±0.9	6.5±0.8	1 (9)
ZTT	4—12 (u)	16.7±1.7	17.5±1.0	17.8±0.9	3 (27)

療養前の検査値は、LDHを除き正常値と比較してすべて高値を示し、肝機能低下が示唆されている。これらは療養中、療養後を通じてあまり変化せず、療養によってかえって改善傾向を示したものである。

療養中に検査値の増悪を来したものの例数を右端に示しているが、これらはいずれも一過性かつ軽度の上昇を示したものである。運動訓練を一たん休止したのもあったが、多くは療養を中止することなく復旧したので、本療法が検査値上昇の直接原因とは考えられない。

すなわち、最短18日、最長3カ月の入院中本療養による肝機能への悪影響は認められなかった。さらに興味あることには、糖尿病を認めた症例の大部分では療養後にこれが改善し、インシュリンや抗糖尿病薬が不要となった。²⁾

つぎに約4年間にわたって経過を観察した症例の肝機能検査値の変化は表3のごとくである。

表3 No. 9 症例の経過

	S 55			S 56			S 57			S 58		S 59	
	6	9	12月	3	6	12	3	6	12	2	8	2	4
GOT	66	98	82	83	104	128	126	134	91	98	146	127	131
GPT	30	49	55	52	69	78	79	75	49	63	79	67	65
ALP	5.8	3.8	4.3	3.8	4.1	4.2	4.3	4.7	6.5	6.3	17	14	18
LAP	279	356	346	419	469	460	438	473	460	466	334	227	315
LDH	305	423	350	392	464	459	448	404	375	388	416	425	440
TTT	3.0	3.1	4.1	3.9	4.0	4.9	4.6	7.3	7.5	8.7	17	15	20
ZTT	18	15	16	17	18	21	17	24	22	21	20	28	26
体重(kg)	65	59	60	60	61	64	63	63	64	63	64	64	64
腹囲(cm)	90	80	78	81	80	84	84	82	83	84	82	83	83
運動量		散歩	毎日1km歩行			1～2km歩行			2km歩行				
薬剤 アルマトール	4 T		2 T			1 T			1 T				

昭和51年に胆石症発作に対して胆嚢摘除を行なった際に、すでに肝に萎縮性変化が認められたが、その時の肝機能検査ではGOT、LAPの軽度上昇のほかは異常はなかった。

昭和56年6月、全身倦怠感と腹部膨隆を訴えて来院したが、この折には腹水が証明され、検査値でも明らかに肝硬変の所見が認められた。また食道静脈瘤が認められたが、これはまだ手術適応ではないと判定された。

これに対して、入院の上食餌療法、利尿剤投与を行ない、腹水は消失し全身状態も改善した。そこで軽い戸外歩行から始めて、毎日1～2kmの歩行運動と週3～4回の泉浴を行なった。しかし肝機能や全身状態に著変がなかったので11月退院し、その後は自宅で規則的な運動を行なわせ、外来において定期的に観察した。その後、各肝機能検査値は時に軽度上昇し、また自然に低下するという経過を繰返しながら4年後の今日に至っている。

この例は、入院時には非代償性肝硬変と判定され、予後は3年前後と考えられたが、4年後の現在、栄養、体調ともに極めて良好で、アルマトール1日1錠で腹水の再貯溜も見られず、満足すべき日常生活を送っている。

4 考 察

肝炎や肝硬変に対して、温泉浴や筋運動が治療的効果をもたらす可能性はまず考えられない。これらの刺激は全身の血流分布を皮膚や筋肉に移動させ、内臓領域の血流量を減少させるので、たださえ減少している肝血流をさらに減少させるため肝障害を増悪する可能性さえ考えられるところから、入浴や運動は絶対的禁忌と考えられている。

ことに急性肝炎では、自覚的にも倦怠感や食思不振があり、検査でも肝細胞破壊を示す肝内酵素の逸脱が認められ、安静は必須の処置であるかに思われる。しかるにChalmers^{6) 7)}らは、若い兵士ではあるが急性肝炎患者に軽作業を行なわせ、急性期の治癒経過にも10年後の遠隔成績にも、安静臥床させた対照患者となんら差はなかったと報告した。その後、同様の報告が相つぎ^{8) 9) 10)}、急性期においてさえ肝炎患者に安静を課すことの意義は疑わしくなっている。

慢性肝炎や肝硬変では一般に倦怠感などの全身症状を訴えるものは少ない。しかしさきに述べた理由から、温浴や運動を制限することが多いが、これとても確かな根拠があつてのことではないようである。

われわれは、温泉地療養の本質が生体の全体的予備能の改善にあることに着目し、手術前患者に

対する本療法の意義を検討してきた¹¹⁾。肝硬変は本来内科的疾患ではあるが、これに合併する食道静脈瘤は外科治療の対象であることから、本疾患患者に対して体カトレーニングを主とする本療法を実施した。

その結果、患者の体力は明らかに改善した。さきにも述べたように、肝硬変患者は過度とも思われる安静のために体力低下しているものが多く、日常生活さえ介助を要するほどのものさえ見受けられる。このような患者が体力を回復するには当然ある程度の忍耐と時間を要するが、ただ多少とも体力を回復した後には好んで運動をするようになり、そのためかえって疲労を来すものがあった。

このような温泉地療養が障害肝に及ぼす影響は最も危惧される場所であるが、実際には悪影響があったと考えられる例は認められなかった。少数例に検査値が一過性の増悪を示したものがあつたが、これが直ちに本療法に起因するものかどうかは不明である。療法を中止することなく回復したものがあつたことからすると、その可能性はむしろ極めて少ないとも考えられる。しかし現在のところでは、過度の運動が障害肝に与える悪影響は否定できないので、自覚症状だけでなく検査値の動きに注意しながら漸増的に行なうのが適当と思われる。

患者の中には、体力が回復するとともに顔貌に明るさが見られるようになるものが少なからず認められた。これまで運動を制限されて心理的にも消極的になっていたものが、体力回復することによって積極性を回復するものと思われる。これが患者のその後の生活意識に与える好影響は少ないと思われる。

以上の成績は、入院患者についての比較的短期間の観察であり、同様の体力レベルが肝機能を増悪させることなく長期間にわたって維持できるかが問題となろう。これはなお今後検討を要することではあるが、4年間にわたって観察した1例はこの点である程度の示唆を与えるものと思われる。すなわち、腹水を伴った非代償期の肝硬変症であり、長期生存は期待しがたいと考えられたが、4年後の現在でも良好な体力を保ちながら正常に近い生活を行なっている。

この患者の肝機能検査成績は全体としては漸次低下傾向にはあるが、その進行は緩徐で、一定の体力レベルを維持する現在の生活態度そのものが悪影響を及ぼしているとは考えられない。たとえ安静で非活動的な生活を送ったとしても、この間に肝機能障害が進行しなかったとは考えられず、一方生活の快適さは確実に減殺されたと思われる。

温泉地療養は適応療法である。たとえ余命が制限されている患者であっても、適応能力がある限りはこれを温存し、さらには増大させて充実した生活の基盤となる体力を回復させるのがその目的である。肝硬変症など慢性疾患患者の診療にあたっては、このことは患者の生存期間を延長させること以上の重要性があると考えられる。温泉地療養は、その本質からして患者になんかの負荷をかけることになるが、これが患者の長期予後に与える功罪や、悪影響があるとすれば如何にしてこれを減少させるかなど、肝硬変症のみならず多くの慢性疾患について検討される必要があると考えられる。

5 おわりに

食道静脈瘤の外科的治療の目的で入院した肝硬変患者12例に、歩行運動を中心とする温泉地療養を行なった。

その結果、全例に体力の改善が認められたが、さらには生活意欲の向上など心理的にも好影響があつたと考えられる。

他方、温泉地療養が肝機能に悪影響を及ぼしたと思われる所見は認められなかった。ことに長期観察した1例は、良好な体力を保持しながら快適な日常生活を4年後にも行なっており、その肝機能検査値の変化は本症の自然経過の範囲内にあると考えられた。

以上の結果は、肝硬変症患者における温泉地療養の意義を示唆するものと思われる。

文 献

- 1) 辻裕二、古賀俊逸、井林博. 肝硬変の予後：特に内科的治療の変遷と予後の改善について。日消会誌(会)、81：430、昭59
- 2) 辻秀男、麻生幸、竹内義彦、菊池哲茂. 臨床体力医学、日本医事新報、No.3025：43—48、昭57
- 3) 麻生幸、辻秀男、菊池哲茂. 肝硬変症に及ぼす運動の影響。日温気物医誌、47：92—98、1984
- 4) Child, C. G. The liver and portal hypertension. Saunders, Philadelphia & London, 1964
- 5) 麻生幸、辻秀男、宮部雅次. 有疾患患者体力の表示方法について。温研紀要、29：85—92、1977
- 6) Chalmers, T. C., R. D. Eckhardt, W. E. Reynolds, et al. The treatment of acute infectious hepatitis. Controlled studies of the effect of diet, rest, and physical reconditioning on the acute course of the disease and on the incidence of relapses and residual abnormalities. J. Clin. Invest., 34：1163—1235, 1955
- 7) Nefzger, M. D. and T. C. Chalmers. The treatment of acute infectious hepatitis. Ten-year follow-up study of the effects of diet and rest. Am. J. Med., 35：299—309, 1963
- 8) Repsher, L. H. and R. K. Freebern. Effects of early and vigorous exercise on recovery from infectious hepatitis. New Engl. J. Med., 281：1393—1396, 1969
- 9) Lukash, W. E. Does physical exercise aggravate hepatitis? Milit. Med., 136：234—237, 1971
- 10) Metzner, von C., K. Ziesenhenn, W. D. Kirsch, und S. Schmerling. Fahrradergometrische Belastung in der akuten Phase von Leberkrankheiten unter besonderer Berücksichtigung des Serumenzymverlaufes. Z. ges. inn. Med., 34：411—414, 1979
- 11) 辻秀男、麻生幸. 手術前患者の体カトレーニング。外科、38：145—152, 1976

慢性関節リウマチに対する 冷泉浴の作用機序

九州大学生体防御医学研究所内科 吉田 史郎
田原 享
延永 正

はじめに

我々はこれまで3度にわたり冷泉浴（九重寒の地獄泉）の慢性関節リウマチ（RA）に対する作用を検討してきた。¹⁾²⁾その結果冷泉浴がRAに対して有効に働くことを明らかにしたが、¹⁾²⁾その作用機序についてはなお不明の部分が多く残されている。今回3度にわたる研究の結果をまとめてみたところ、ホルモン動態の面から、冷泉浴のRAに対する作用機序の一端が窺われる成績が得られたので報告する。

対象と方法

対象は当科に入院または外来通院しているRA患者で、昨年新たに7名を追加した。

方法は従来と同様、患者を寒の地獄泉に逗留せしめ3週間連続して冷泉浴を行なった。浴法は既報の通りである。なお今回の治験は昭和58年8月末から9月中旬にかけて行なった。

ホルモンとしては下垂体副腎皮質系としてACTH、血漿コルチゾール、尿中17OHCS、尿中17KSを、交感神経副腎髓質系として血中ならびに尿中アドレナリンとノルアドレナリンを測定した。なおこれらのホルモンはSRL (Special Reference Laboratory)に依頼して測定してもらった。

結 果

1 血液水分の変動

ヘマトクリット (Ht) 値よりみると、連浴1週目に血液の稀釈が、2週目に濃縮がおこり、3週目に元に復する変動がみられた(図1)。このことはHt値、血清蛋白量、白血球数などからも窺うことができた。したがって血中成分値の変動の解釈にあたって基本的知っておかねばならない事実である。

2 下垂体副腎皮質系ホルモン

血中ACTH、cortisol共に日内変動パターンは正常で、また連浴によっても特に変化しなかったが、ただ基本値

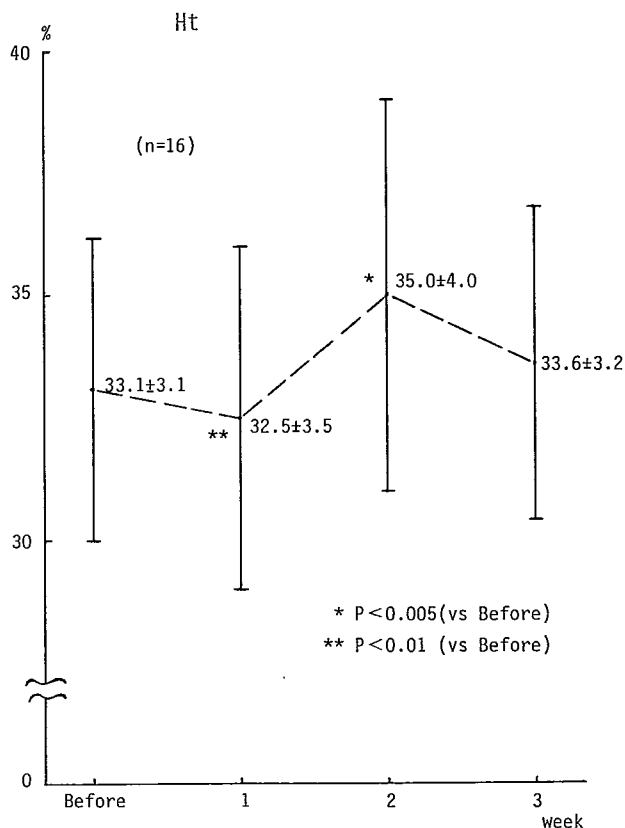


図1 冷泉連浴によるHt値の変動

は連浴によってやや増加する傾向を示した(図2)。また1回浴前後の値にも特に変化はみられなかった(図3)。

一方尿中17OHCS、17KS値は連浴後やや減少傾向を示し、3週目には前値との間に有意差が認められた(図4)。

3 交感神経副腎髄質系

アドレナリン値は、1回浴前後の血漿値、ならびに連浴による尿中排泄量ともに有意の変動を示さなかったが、ノルアドレナリンは、1回浴直後血漿値が著明に上昇し(図5)、また連浴による尿

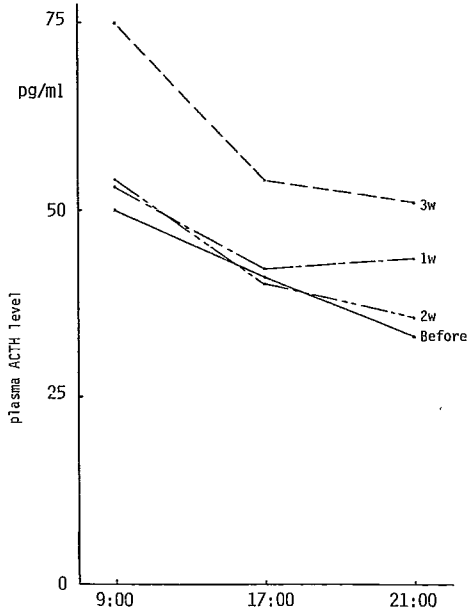


図2 冷泉連浴による血漿ACTHの日内リズムの推移

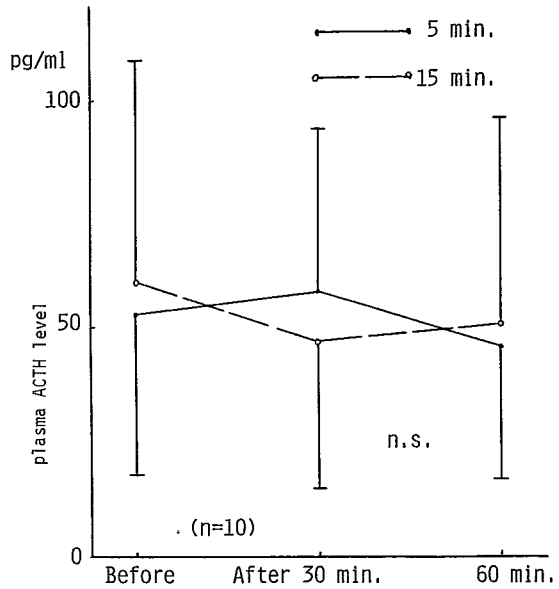


図3 冷泉1回浴前後の血漿ACTHの変動

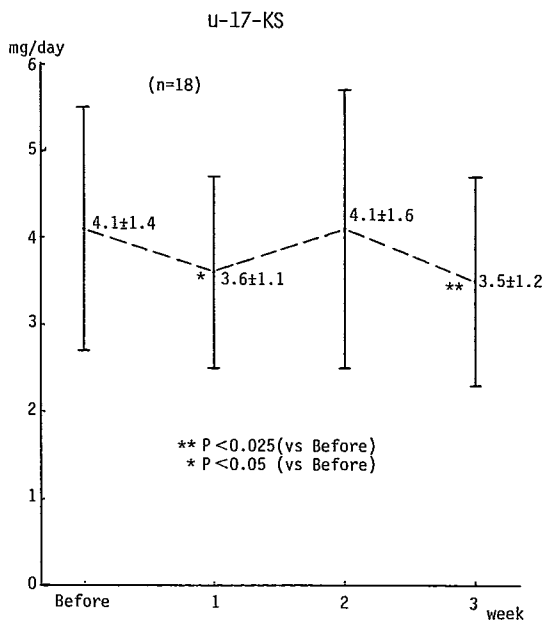


図4 冷泉連浴による尿中17-KS値の変動

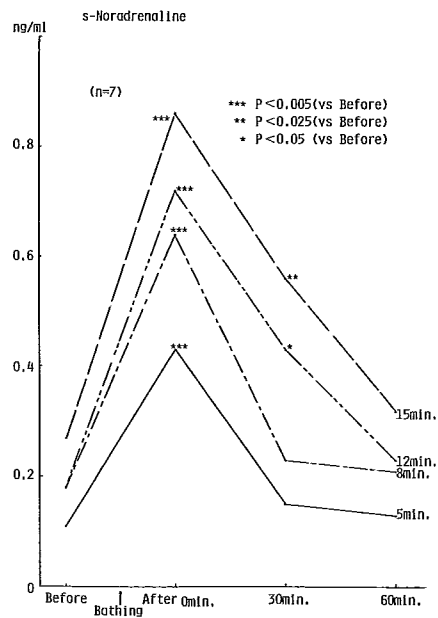


図5 冷泉1回浴前後の血漿ノルアドレナリン値の変動

中排泄量も2・3週目には有意の増加をみた(図6)。

考 察

従来温泉のRAに対する作用機序の一つとして下垂体副腎皮質系の賦活があげられている³⁾。事実ある種の温泉浴によって尿中17KS値の上昇がみられている。しかし今回の我々の多数例についての検討では冷泉浴による尿中17KSならびに17OHCS値に及ぼす影響は著明でなく、3週目にはむしろ前値に比べて有意の低下をみた。これは前回とはやや異なる成績であるが、例数が多いのでより信頼できると思われる。従って冷泉浴のRAに対する作用効果を下垂体副腎皮質系の賦活によって説明することは困難と思われる。

一方、交感神経副腎髓質系機能の指標として測定したカテコラミンの中、アドレナリンは明らかに変動を示さなかったが、ノルアドレナリンは1回浴後の血中値、ならびに連浴後の尿中排泄量共に有意の増加をみた。すなわち冷泉浴は交感神経を刺激してノルアドレナリンの分泌を促進するものと思われる。このことは冷泉浴に際して鳥肌が立つことや、さらにはshivering現象がおこることからも容易に察せられる。また冷泉浴のRAに対する効果が主として「朝のこわばり」や「筋力」に対してみられ、血沈などの炎症パラメーターには有意の影響を及ぼさなかった事実ともよく符合するようと思われる。生体がこれから何か活動を開始しようとする場合、交感神経系が賦活状態になることは甚だ好都合で、RAの場合、リハビリテーションの前処置としての冷泉浴の有用性が改めて客観的裏付けをもって証明されたように思われる。

温泉浴のカテコラミンに及ぼす影響についてはノルアドレナリンの血中濃度を上昇させるという成績もあるが、尿中排泄量には有意の変化はなかったという報告もある⁵⁾。従ってこのようなノルアドレナリンの増加は冷泉浴にかなり特有な変化と思われる。

む す び

冷泉浴の慢性関節リウマチに対する効果の作用機序を知るために下垂体副腎皮質系のホルモンと交感神経副腎髓質系のホルモンを測定したところ、血中ACTH、Cortisol、尿中17OHCS、17KS値に著変を認めなかったが、ノルアドレナリンは血中、尿中とも有意の増加をみた。このことより冷泉浴の作用機序として交感神経系の刺激が考えられた。

文 献

- 1) 延永正、吉田史郎：リウマチの温泉治療：慢性関節リウマチに対する寒の地獄泉の影響。大分県温泉調査研究会報告．33：60～62、1982

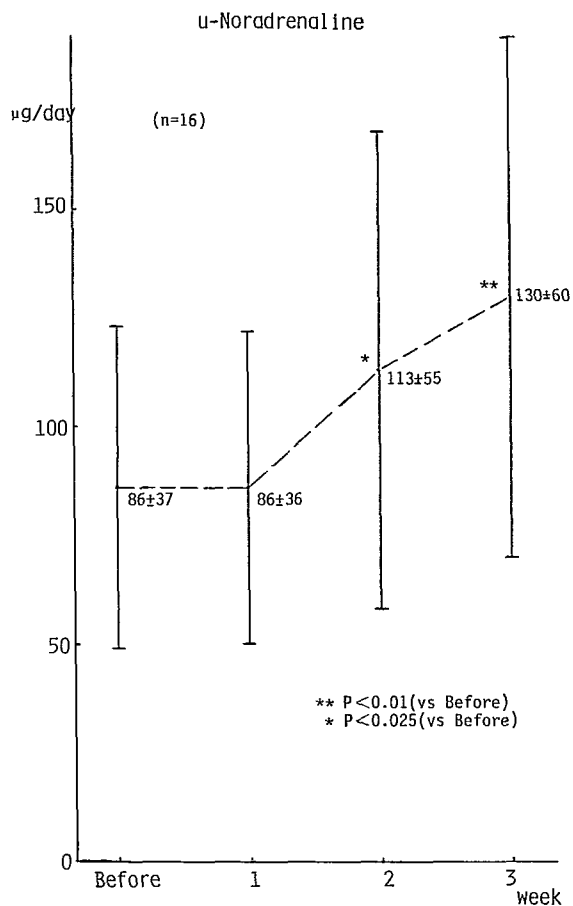


図6 冷泉連浴による尿中ノルアドレナリン量の変動

- 2) 延永正、吉田史郎：リウマチの温泉治療：慢性関節リウマチに対する寒の地獄泉の影響（第2報）．大分県温泉調査研究会報告34：35～39．1983
- 3) 矢野良一：水治療法．病気の生化学第6巻．治療Ⅱ、中山書店、東京、p 282．1966
- 4) 鈴木仁一：脱ストレスのための温泉療法、日温気物医誌、47：38～40、1983
- 5) 二村昭辰、桑原泰則、大前直之、他：温泉浴とCatecholamine 第三報、岐阜県立下呂温泉病院年報、5：25～28、1978

温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題(下)

大分大学教育学部 大野保治

はじめに

- | | |
|----------------|-----------------|
| I 温泉法の実態とその問題点 | IV 地熱開発と温泉法との交錯 |
| II 温泉の権利をめぐる | V 地熱法の法制化をめぐる |
| III 温泉審議会の実情 | (以上 34号既報) |
| (以上 33号既報) | VI 補論 |
| | 資料 |
| | (以上 本号報告) |

本稿は、フジテクノシステムK.K.主催の地熱開発セミナー（第1回—昭55. 11. 25、第2回—昭56. 2. 28 東京平河会館）並びに財団法人新エネルギー財団の新エネルギー資源開発セミナー（第1回—昭57. 11. 24、第2回—昭58. 12. 1 東京カスミ会館）で講義したものを論文ふう書き改めたものである。

VI 補論

1 地熱開発のシステム

(1) 考察の対象

前稿で、わが国の地熱開発立法と現存法規—特に温泉法—との交錯の法的諸問題を概観し論究したが、それだけでは、地熱開発における立法過程の技術的特色は必ずしも明確になったわけではない。本稿では、この点を明らかにする意味で、現段階における地熱開発と現行法制度との関係をより技術的見地から考察するとともに、問題点をクローズアップしてみたい。

そこでまず、本稿では、現実の地熱開発が現行温泉法のもとでどのように進められているか、換言すれば、地熱開発のシステムを具体の温泉法との関係で概観しておこう。地熱開発は、いずれにせよ、地表の土地を通して地下資源エネルギーに対する働きかけであるが、わが国の現在実施中のシステムにおいては、①国・地方公共団体等の行政主体が遂行する公共事業、②特殊の法主体（特殊法人）が行う準公共的な事業活動、③一般の私人（地熱開発業者）による開発事業について、それぞれ異なった仕組みが採られているので、以下の叙述もこれに従うことにする。

(2) 国・県による地熱開発事業のシステム

まず、具体例を、本大分県の地熱開発の公共事業にとってみよう。地方公共団体の県といえども温泉法の定めるところに従ってその開発を進めること、もとよりである。この種の開発事業は、どのような団体（実施主体）—公共団体か民間団体か—が取り組むのが望ましいかの問題はしばらく措くとして、その場合、掘削用地をまず取得しなければならないことは前稿で再三触れたところである。国有地・県有地であれば、さほど問題を生じないが、民間地であれば地主との賃貸借契約を締結する必要がある。本県の県営事業は、いずれも前者の土地のようであり、現在までの温泉審議会による掘削（試掘）許可状況は別表（地熱開発調査井）のとおりである。

しかし、このような場合、県は国（通産省）との関係を密にして、日本の国土全体の地熱開発と

の関係からマクロの展望、したがって一定の将来計画性のもとに遂行する必要がある。本県の場合、この計画は、実務上、長期開発計画を展望して地域の総合的な開発計画の一環として位置づけられているようである。

(3) 特殊企業による開発システム

地熱開発は地熱エネルギーを地表に導き、地上で電気事業を営むことを前提にするが、電気事業は、現行法制のもとでは、前項に取り上げたような意味での公共事業によるのではなく、株式会社等の企業形態によって運営されるのが原則である。ただ、電気事業に関しては、その国民生活、国民経済上の不可欠性およびその自然独占法に鑑（かんが）みて、「電気事業法」が経営の開設および運営に関して大幅な国家関与を定めている。その意味で、通常の許可営業と異なり、行政法上、電気事業は特許企業として把握されてきたのである。

さて、電気事業は、電力に対する需要との関係およびその立地の面からみて一定の計画性が要求され、このために現在、電源開発促進法に基づく電源開発基本計画が策定されており、その際、「国土の総合的な開発、利用及び保全、電力の需給その他電源開発の円滑な実施を図るため必要な事項を考慮」（第3条）するものとされている。さらに電力施設の規模および配置に関する事項は、国土総合開発法に基づく新全国総合開発計画の中にも取り入れられている。国土開発のシステムの1つの型（＝特殊型）であり、それは、公共事業とも異なり、また一般の事業活動とも異なって、そのもつ特殊な性格に基づき事業の開発運営について国の広範な立法的行財政的関与のもとに成り立っている点を理解する必要がある。

(4) 民間業者による開発システム

① 問題の設定

地熱開発を営む民間会社は、どのような企業であってもよいというわけではない。前稿で既述のとおり、高度の地下深部掘削技術と莫大な資金を要することから、「事業者」としての有資格性が問われることになるからである。別府温泉で地熱開発を試みた出光地熱開発株式会社（本社・東京）は、石油大資本の出光興産をバックに地下数千mまで掘削可能な高度の米国式石油掘削技術を持つといわれ、加えて同社が100%出資の資本金22億円で設立（昭54.10）された大会社であり、現在全国13カ所で地熱開発の概査を、8カ所で精査を実施中の全国屈指の民間地熱開発業者である。

別府温泉での地熱開発の場合、仮に地熱井から蒸気生産開始により地熱発電が行われることになった場合を想定して、そうした時の発電形態・経営方式は、現行電気事業法上、どのようなことになるのであろうか。

② 発電事業の主体者

電気事業を営もうとする者は、あらかじめ電気事業法第3条により、事業の許可を得なければならないから、本問の場合、一般電気事業者（全国の9電力会社と電源開発）でない当該出光開発はその事業目的が電気の供給を主たる目的としないものである以上、地熱発電については一般電気事業者となりえないことは言うまでもない。よって当該会社は、地熱井から蒸気生産に至るまでの投下経費と全施設を九州電力に譲渡売却し、発電事業は譲受人の九州電力で完成し、営業に当たるといことになるのではあるまいか。このほか、次の2つの方式が考えられる。

③ 2つの方式

発電によって上掲一般電気事業者が電気を供給売電する場合、卸電気事業者は大臣許可を得て電気を卸供給する卸電気事業を営むことになるが、この場合業者自身は、本業のほか副業的に卸売電することは原則的に認められないので、別途卸供給事業の新会社を設立する方法を採らざるを得ないことになろう。この点について、地熱開発の先覚者でいち早く卓見を述べておられる仲原武男氏（財団法人・日本地熱開発促進センター理事長）は、その論稿（参考文献参照）の中で次のような形態を示しておられる。

地熱開発調査井 (調査中及び今後調査するもの)

(昭 56. 6現在)

	掘 削 地	許可年月日	口 径	深 度	備 考
電 源 開 発 (株)	九重町大字宮原103-13	53. 1. 30	98mm	500m	調査中
	〃 大字野田205-1	53. 1. 13	98	500	〃
	久住町大字白丹7573-3	54. 3. 13	98	500	未掘削 (調査検討中)
	九重町大字町田3256-1	54. 4. 5	98	500	調査中
	〃 大字田野1687-41	54. 12. 24	194	500	〃
	〃 大字湯坪1427-7	〃	311	1,500	〃
	〃 大字宮原541	〃	311	1,500	〃
	〃 大字町田3226-1	〃	98	500	〃
	〃 〃 3221-1	56. 3. 3	215	3,000	7月下旬掘削
	9 本				
九 州 電 力 (株)	九重町大字湯坪423-1	55. 8. 13	101	1,500	} 公園法許可申請中
	〃 〃 〃	〃	101	1,500	
	〃 〃 413	56. 5. 19	143	3,000	
	〃 〃 〃	〃	143	2,000	
	〃 〃 606-6	〃	143	3,000	
	〃 〃 〃	〃	143	2,000	
	〃 〃 〃	〃	143	3,000	
	〃 〃 〃	〃	143	3,000	
	〃 〃 〃	〃	143	3,000	
	9 本				
出 光 地 熱 開 発 (株)	湯布院町大字塚原1231-1	56. 3. 3	76	2,500	伽藍岳問題関連で未掘削
	九重町大字野上3330-77	56. 5. 19	73	2,500	6月下旬掘削
	2 本				
大 分 県	九重町大字野上3660-1		76	353	調査中
	〃 〃 3711-44	54. 12. 21	100	700	〃
	〃 〃 3946-1	55. 8. 13	100	500	〃
	〃 〃 〃	〃	98	1,300	〃
	4 本				
(財)日本地熱資源開発促進センター (国の委託)	九重町大字野上3487	51. 10. 6	81	700	調査中
	〃 〃 2667	〃	81	700	〃
	〃 〃 2826	〃	81	800	〃
	〃 〃 3927	53. 10. 13	95	1,000	〃
	〃 〃 3710-1	〃	95	750	〃
	5 本				
	計 29 本				

- 1) 当該民間業者が新会社に全額出資、新会社は発生電力の全量を一般電気事業者に卸供給する。
- 2) 業者と電力会社との共同出資により新会社を設立、新会社は全量を電力会社に卸供給する。
- 3) 共同火力方式に準じて、開発業者と電力会社とが共同出資者となって新会社を設立し、新会社は発生電力量の過半数を電力会社へ卸供給し、残量は開発業者の自家工場（同一資本系統の工場）へ送電すること（本問の場合、出光開発は石油（販売）系資本なので、このような形態は妥当しないであろう）。

第2は、蒸気供給事業の方式である。同氏は次のように説く（同論文）。――

すなわち、この方式は共同発電事業であり、蒸気生産部門は開発業者が、発電部門（電力設備の建設も当然含む）は電力会社がそれぞれ分担し、相互に受給契約を結ぶ協力依存の形態のものである。この場合の蒸気生産設備は、開発業者自身で担当するか、それとも別会社の形で発足することも考えられる。しかし、蒸気井は汽罐設備の原動力として発電機構の重要な構成要素をなすものであることを想えば、両者は一体不離のものであるが、上述のように発電所全体を2分して分担経営することについては経営配分・保安上の問題を新たに生じ、対外的にはどちらかが経営権・管理権を行使せざるを得ないということになろう。

この形態は、開発業者にとっては多額の資本投下と電力設備の建設を要せず比較的取り組みやすい方式ではあるが、一貫した技術的かつ経営的運営を期することが困難な変則的形態のものでありこのような分業的共同経営方式も、今後になお問題を残している。

④ ま と め

以上は、地熱開発のシステムを現存の電気事業法と事業主体との関連で概観したのであるが、これまでのところでは、いずれの場合にも具体の行為を規律する法令が存在し、さらにそれは、それぞれに関連する法領域の中に位置づけられるものとして把握され、その限りでは、わが国にもすでに合理的な国土開発のシステムが整備されているように見える。しかしながら、それらの法体系―温泉法をはじめとする拙稿で触れたような法分野―はその時代の政策によって逐次制定されたものであって、あらかじめ長期的展望に立って一貫した統合性・整合性のもとに整備が図られてきたものではない。むしろ、全体的に大所・高所から見れば、総合的な計画体系の下に再編成を試みてよい時期にきているように思われるのである。

2 地熱開発をめぐる行政指導と行政手続

今日、錯綜する高度の産業経済社会において行政の活動はますます拡大し、その役割と機能が重要視される。それとともに、国民の権利擁護の上からも、これら行政の活動に一面期待し、一面規制する手段として考えられるものに「行政指導」と「行政手続」とがあり、それらは民主社会にあつては、ことさら強く要請されてきているのである。

(1) 地熱開発紛争と行政指導

① はじめに

行政指導の存在が世間に大きくクローズアップされ、これをめぐる問題が行政法や経済法の分野で重要課題として取り上げられるようになったのは、昭和40年頃からだと言われている。

前稿での別府温泉（近郊）での地熱開発問題では、県段階での「行政指導」の果たした役割・機能は一応評価されるべきであり、この問題を抜きにしては当該社会紛争の真相は語れないのではあるまいか。本稿では、このような認識に立って、論点を法律問題に限定しつつ、私見も率直に述べることにする。

② 利害調整の機能

業界を相手に行われる経済分野の行政指導には、業界内部や競争業者間の利害の対立を調整し、これを一定の方向に整序・統合する機能を果たしているものも少なくない。その生きた例証が

今春の石油生産調整事件であり、その中での行政指導が司法判断の対象となったのであった（ジュリスト「問われる行政指導」，第741号，1981. 6. 1）。

本稿の当該地熱開発紛争として例外ではなく、それは試掘の段階で早くも現われ（昭53-54）、掘削地周辺における出光開発と九州電力による試掘競願が、所管課、県温泉審議会を困惑させたのであった。その後両者は、国や県の指導・助言があったのか自主解決をみて出光1社の申請となった。

一般に言われることだが、日本の業界は激しい競争の中で競争企業に対する不信の念が強く、企業主体相互間や業者団体は自主的な利害調整ができない体質を持っている。しかし他方、わが国では、戦前・戦後を通じて監督官庁が強力な許認可権や財政的手段を通じて常に主導性を発揮し、経済界に支配力を行使してきた伝統があり、こうした風土のもとで経済界は、業界の利害対立や過当競争の裁定を行政（政府）に持ち込み、行政の力と権威を借りて調整を図ろうとする時質を持っていると説かれる（前掲ジュリスト—成田頼明「行政指導の機能と功罪」，P 39～）。

民間企業や業界の自律性・自治能力の欠如が、このような行政指導の呼び水となっているのであるが、当該紛争の前段階である試掘時点で開発業者の出光側に電力会社（九電）が譲歩したのは賢明であり、この間、地熱開発を国是として強く推進している通産省と県、両業者がどのような妥協交渉をしたか知る由もないが、日本的風土のもとでは「必要悪」（前掲成田論文）として行政指導が業者間の利害の調整・統合機能を果たしたであろうことは否定すべくもない。

③ 法令の補完的機能

行政指導は、また現実にはかなり広範に法令の補完的機能を果たしている。前稿に詳述したとおり、現温泉法は地熱発電に対して特別の手續や審査等は考慮していない。温泉法が法令による規制と現実社会とのギャップが余りに深く大きいことも見てきたが、行政指導はまた、このような法令の不備や社会的不合理、亀裂を埋め、一方では法現象の多様性や特定社会の地域性に即応して法令の補完的機能を有していることも見逃がしてはならないところである。

温泉法制定（昭23）以来、30数年、社会実態の推移や温泉地住民の権利意識、経済事情などとかく変動の激しかった社会状況のもとで、しばしば「法と社会」とのズレが大きく、ために十分な対応が不可能であった。もちろん、温泉法をはじめ新事態に対応するため法改正するのが法律論としては筋であるが、これが不可能な情況であることも再三述べた。行政改革を進めている現今、新たな立法化措置は絶望的であるばかりか、立法化過程における各省庁間の見解の対立や政治的圧力、業者（業界）間の利害の対立など複雑なファクターの錯綜によって、立法作業の将来は誠に暗いと嘆かざるを得ない。

以上のような現存法令の客観的情勢からみて、行政指導は、こうした現実対応能力に欠ける法令の執行によっては対処不能な課題に対処する手段として重要な機能を発揮し、事実上、法令の不備を補完する行政手段たりえたのである。本課題の掘削許可をめぐる一連の県執行部の対応は、その点、地域（別府温泉）特有の諸事情に深い理解を示しながら柔軟かつ適正に対応したと考えられるが、現在なお「継続審議」中である本案件に対しては、アフターケアとしてさらに十分な配慮が要請されるであろう（昭和56年8月26日、出光は別府での地熱開発を中止した——筆者）。

(2) 行政手續の諸問題

① 権力性の排除（緩和）

法令に基づく認可・許可など附款の措置は、とかく一般に行政強制（ときには処罰）を伴うが、その権力性のゆえに、これらが発動されると、行政官庁はもちろん相手方にとっても決定的な意味をもつことになりがちである。

一般に日本人の国民性として、法律に基づく行政の強制的措置を嫌い、より穏便で思いやりを望む性向が強く、公権力を発動する権限を有する行政官側もことを強いて荒だてたくないと考えて、権力的措置を極力避けようとする性向がある（この点は、労使紛争を民主的に解決しようとする地

方労働委員会の設置趣旨も同じである)。そのため、許認可の申請に際しては極力「不許可」処分を避け、申請取下げを勧告したり、再三指示したりするのが常態である。

このように国民性としての権力性への嫌悪もあって、民主的行政は、また一面では「行政手続」を指向する。しかし、これとて行政手続の観念が薄く、その法制的整備が欧米諸国に比べて著しく遅れている(その整備着手も戦後であった。)わが国では、行政指導の奥行と幅が広くて行政手続的機能も事実上、果たしているように思われる(本課題にたずさわった関係者の一員として、このことを痛感した次第である)。

② 地熱開発と行政手続

行政手続とは、行政法学上、行政行為の成立に至る過程をいい、規則聴聞や処分聴聞等の事前行政手続がこれである。行政手続の理念としては、行政過程の適正化(適正手続の法理)と民主化の法理(国民参加の原理)を挙げることができよう。

前者の「適正手続の法理」は、もともとイギリス法における自然的正義の原則とそのアメリカ版である正当な法の手続(デュープロセス)を基盤とするものである。日本国憲法第31条の規定に基づくその実用化の聴聞制度は、行政手続一般の基盤として重要なものである。後者の「国民参加の原理」の必要性は、行政権が発動する過程で権利紛争が存在し、行政手続における法的意味での当事者、つまり行政主体(主として国または地方公共団体)と行政客体(国民、住民)とが互いに相争う中で、国民の権利義務が確立され、国民の基本権が左右されることによる。つまり行政権は、たとえ法律の根拠があっても一方的・専断的に行使されてはならないのであって、客観的に行政権発動の対象となる事実の存在が立証されて初めて行政権の具体的な行使が認められるという前提が存在するのである。このような考え方は、基本的には行政に対する国民の不信感に由来するものである(以上—成田頼明他編『行政法講義(上)』, 青林書院, P159—)。

広義の行政手続は、行政処分(決定)の時期を基準として、事前手続と事後手続とに分かつことができるが、本課題の場合は当然ながら事前手続が大きな意味をもとう。聴聞という名称で呼ばれる手続は、個別的法令において制度として採用されるようになったのは戦後のことである。その趣旨は、当事者や利害関係人を呼んで口頭でその意見を聴いたり、当事者の対質を聴取したり、証人や鑑定人の意見を聴くなど、いわゆる口頭審理を行うことを意味する。

戦後わが国では、このようなアメリカ流のヒアリング制度を規定の上に取り入れることによって一応行政の適正化と民主化の体裁を整えることに努力してきた。しかし、国民の中に(もちろん行政自身にも)「聴聞制度」の理解が薄いため、また統一的な通則的根拠規定がないために、規定の形式・内容ともに不備不統一なものとなったことは否めない事実である。

現在、いくつかの特殊な法分野(建築基準法、道交法、風俗営業法など)では、この聴聞制度は個別的に整備されてはいるが、立法当局の努力にもかかわらず、運用よろしきを得ないために空文に終わっているものが多いと言われている(第1次臨時行政調査会「行政手続に関する報告」昭和39.9)。その報告要旨は次のとおりである(前掲『行政法講義』, P174)。

- 1) 聴聞の実施件数が総体的に極めて少ないこと。その理由として、まず行政の側が煩わしい手続を経ることを嫌って、行政指導により、事実上処分をしたと同じ目的を達成している例が多いこと。また国民の側も、むしろ行政指導を望み、聴聞手続で争うことを避ける傾向があること。
- 2) 聴聞手続が全く形式的・言訳的に、いわばお座なりに行われている事例が少なくないこと。
- 3) 聴聞手続には、どうしても「お上」の取調べ手続的な雰囲気がまつわりつくため、双方とも本来の趣旨を誤解している向きがあること。

③ 地熱開発における聴聞手続

全国的に温泉法の執行に際して、この制度を設けているのは栃木県、長野県など極めて少数である。その具体的内容を仔細に検討するとともに、前項の臨時行政調査会(第3専門部会第2分科会)

の報告書をも参照しつつ聴聞手続、弁明手続など重要事項について粗漏のないものを作成する必要があるであろう。

ちなみに、栃木県の聴聞制度の骨子として、実施主体は県で公開を原則とすること、聴聞の通知、代理人、傍聴人を規定していること、被聴聞者（または代理人）が正当な理由なく欠席した場合は権利放棄したものとみなすことなど、基本的な事項に限定している。

(3) 開発指導要綱等の作成（提案）

① 問題の提起

既存温泉地での地熱開発については、なんらかの法的基準（開発基準や指導要綱、そのための実施要領や細則など）を作成することで社会紛争を未然に回避できないものであろうか。前稿で触れたように、温泉地域での地熱開発で両者の共存が可能と予測され、かつ地域住民との「合意」が得られたものであれば、国策にそった地熱開発は認めてもよいであろう。しかし、合意が得られぬ以上、地熱懇談会が説示するように「温泉法に基づく各種の権限をもっている知事が地熱開発の意義を踏まえ、温泉開発との合理的な調整を行うことが期待される」（前掲「中間報告」、P 6）のである。

かような場合、県知事の意向を受けた県所轄担当課の行政指導が大きな役割・機能をもつことは前節に述べたとおりだが、仮にも県（国）の行政指導に服さず、あくまで掘削許可を求める開発業者が出現した時はどうなるであろうか。当然予想されるのは、業者の提訴による「不作意の違法確認訴訟」で、それは、掘削許可を与えねばならない立場の温泉審議会により、継続審議が繰り返されて保留されたことに対する提訴である。

② 違法確認訴訟

この場合、参考になる判例として、建築計画をめぐる建築主と近隣住民との間の日照阻害に関する紛争について、行政指導が行われていることを理由に、建築確認が保留されたことに対する提訴事件がある（東京地裁 昭52. 9. 21判）。その判決要旨を記すと――

「建築主事が法定の期限内に応答をなさないことについて、社会通念上合理的と認められるような事情が存するような場合においては、その事情が存続している間応答を保留することは、これを違法ということはできない。……当該建築計画をめぐる建築主事と近隣住民との間にいわゆる建築紛争が生じ、これを解決するための関係地方公共団体の行政指導が行われている場合、この行政指導が相当と認められる方法により、かつ真摯に行われているものであり、しかもこれにより円満な解決が期待できる限りにおいて、形式的に確認することが可能であっても応答を留保することは特段の事情が存する例外的な場合であって、あえて違法にあたらぬと解すべきである」。

如上の判旨に対して「必要以上に行政指導を弁明している」との批判がある（小高剛「建築確認と開発指導要綱」ジュリスト『行政法の争点』昭55. P 290）が、それはさて置き、当該判旨は一般世人をして首肯させるに十分なものはあるまいか。

今1つの判例としてマンション建設者に対して付近住民と話し合いの上その同意を得ること、および建築戸数に応じて一定の金員を寄附することを求め、これに応じない場合には上下水道の利用を拒否することを定めた指導要綱に違反したことを理由に、当該市（武蔵野市）が給水契約の締結を拒み、また公共下水道を使用させないことに対してなされた上水供給等仮処分申請事件がある（東京地裁八王子支部 昭50. 12. 8判）。

この訴訟では「指導要綱は条例や規則のように正規の法規ではなく、また法律上の根拠に基づいて制定されたものではないことから、関係業者等に対し指導方針を明示したものにすぎず、行政上の法律関係において直接的な強制力をもつものではないと解するのが相当」と述べて、指導要綱に定められた規定に従って給水契約を拒むことは直ちに水道法第15条所定の「正当な理由」に該当するとはいえないと判示している。この判断は、一般的に論ぜられている行政指導の限界を

正しく肯定していると考えられる。

③ 地熱開発指導要綱等の作成の検討

そこで、前項の内容を踏まえつつ、地熱開発紛争の未然の防止指導対策として「地熱開発指導要綱（仮称）」等の作成を検討してみるのはどうであろうか。国が適切な立法措置を講ぜず、かつ地方公共団体も条例制定などで対応策を講ずる暇がない（もっとも、地熱開発を条例で規制することは憲法上—94条—からも疑義がある）緊急の場合などには、形式的に法治主義の不備を補うものとして要綱行政を正統視することができるのではあるまいか。しかし、それは、正規の法規ではなく従ってあくまでも法的拘束力を欠くものであるから、行政庁が権力的にその実効性を貫き、あるいは要綱違反に対して制裁を課することができないことは上掲判例の教えるところでもある。

④ 要綱行政のあり方

一般に「要綱行政」は、昭和40年頃、宅地開発指導要綱の出現等を契機に行政当局、とりわけ地方公共団体の行政責任が問題とされて以来、その在り方が論議を呼ぶことになった。もともと「要綱」とは、行政当局が行政の指針として制定する内部規範（訓令）のことであり、その法的性質として問題になるのは、行政処分性（要綱は行政処分性を根拠づけるか）、違法性（要綱違反は国家賠償法上の違法を構成するか）、紛争解決時の規範性（要綱は民事紛争の解決基準たりうるか）、ならびに法令妥当性（要綱は不作意違法確認訴訟における法令にあたるか）などが挙げられているこれらの難問に対し、判例は一応の見解を示している。すなわち—

前項に紹介の東京地裁八王子支部判旨では、要綱は正規の法規でなく指導方針を関係業者に明示したにすぎず、直接の法的拘束力はないこと。したがって当然の帰結として、行政処分性を否定している判例が多いこと（大阪地裁 昭53. 10. 12判など）。

また、このような要綱が民事訴訟の解決基準となり得るかについて、建築紛争の民事訴訟で、当該要綱が地域の実情にマッチした合理的内容を有する限り、当該要綱の定める基準が受認限度を判定する際の重要なファクターとされるので、間接的ながら「法的効力をもちうることになる」と肯定している学説もある（原田尚彦「要綱行政の法的性格と問題点」ジュリスト特集『日照権』昭49 P 146～7）。

また、要綱が不作意違法確認訴訟における法令にあたるか否かで争われた事例では、当該要綱が訓令・通達の性格を有することを理由に「法令に当たらない」とするもの（大阪地裁 昭53. 5. 26判）と、「法令に基づく申請に当たる」とするもの（大阪高裁 昭54. 7. 30判）とが対立している。

以上の「要綱」をめぐる法的諸側面を概観して言えることは、これまでのような規範論理的な解釈方法を改めて、行政過程の現実に即した新しい解釈方法論を確立する必要があるように思われる。

⑤ ま と め

地熱開発を温泉地域で進めるにあたり、以上のような要綱を作成してみたからといって、安直に地熱開発紛争が防止できるとは考えられない。要綱行政に対する相当数の公害訴訟の提訴は、如実にこのことを示唆しているからである。しかしながら、なんらかの法的基準の作成は、温泉法上の運用をめぐるトラブルの調整機能として行政指導とともに、紛争の民主的解決に一役買うであろうことは疑を容れないところである。その具体的内容となると多くの問題性を孕（はら）むが、今回の別府温泉での地熱紛争を“頂門の一針”として検討してみることを提案する次第である。

（おわり）

《資料 1》

昭和 56 年 5 月 12 日

大分県温泉審議会
審 議 委 員 殿

別府市鉄輪温泉共栄会
会 長 佐 藤 晴 信 ㊟

伽藍岳一帯の地熱開発をめざす調査井の掘さく申請に関する要望について

今回、出光地熱開発 K. K が大規模な地熱発電所を建設する計画のもとに深度 2,500m の調査井の掘さく許可申請を提出、なおこの計画は去る 51 年度から基礎調査が進められているとの情報があります。

ところで私たち地元関係住民には別府温泉に甚大な影響を与えるであろう大規模な地熱発電計画がいまだに行政当局や開発者から非公式にも説明されていないのは極めて遺憾であります。したがって、知事に対し下記のような要望方をお願いします。

記

- (1) 51 年度以降の調査結果を関係住民に公表させること。
- (2) 開発者出光地熱開発 K. K に対し、関係住民への全面的な開発計画を説明させること。
- (3) 少なくとも 5 月 14 日の審議会では許可とせず継続審査とされるよう要望すると同時に、地元関係者との話し合いをすることを強く熱望します。

参考

鉄輪温泉共栄会の構成

旅館組合・温泉旅館組合
商工連合会・自治委員会
地獄組合・按鍼組合

《資料 2》

昭和 56 年 8 月 5 日

大分県温泉審議会
会 長 矢 野 良 一 殿

別府温泉を守る会
会 長 佐 藤 晴 信 ㊟

伽藍岳、地熱発電計画に反対し

「出光」の掘削申請に「不許可」の答申を求める陳情書

1 陳情の主旨

別府温泉に重大な影響を与える、伽藍岳一帯（由布、鶴見岳を含む）の地熱発電計画に反対し、「出光地熱開発K.K.」の調査井掘削申請を「不許可」とされるよう早急に結審していただきたい。

2 陳情の理由

去る5月の審議会の際、湯山、明礬、鉄輪温泉共栄会などが「関係住民との話し合い、及び住民側が充分研究し検討する期間」は「出光」側の掘削申請は継続審議とするように要望したところであります。

添付した資料でお判りのように、関係住民は、6月20日「別府温泉を守る会」を組織し、主として地熱発電と温泉への影響について講師を招いて、学習と研究、大岳、八丁原発所周辺の調査などすすめて参りましたが、8月1日、臨時総会を開催し、これまでの活動の帰結として、伽藍岳一帯（由布、鶴見岳を含む）の地熱発電計画に反対し、その阻止のための行動を展開することを内外に宣言し、一つの行動として8月3日の別府市臨時議会に、地方自治法第99条による意見書を大分県知事ならびに、政府関係省庁に提出するよう要請したところであり、添付した資料その2のとおり、私たちの願意を妥当と認め、全会一致の議決をいただいたところです。

「別府温泉を守る会」に結集した私たちは、「遠く8,000年の昔から、温泉の恵みを生かして育ててきた歴史の重みと、先達の業績を継承することに、今日的な使命感に燃えており、湯けむり立つ別府を守ることは天の声を合言葉」を内外に宣言した上でこの度の陳情でございます。何卒、願意お聞き届けの上善処されるようお願い申し上げます。

尚、温泉審議会で御検討いただきたいことが以下3点あります。

- (1) 昨、55年11月、環境庁、企画調整局の「エネルギーと環境」海外事情調査報告の65ページ(7)陸水学的改変の項、及び75ページ以降のアメリカ上院における内務省代表の陳述—イエローストンの地熱資源の完全性を、いささかでも傷いかねない人間の行為は、国家的立場からも国際的立場からも受け入れ難いというのが内務省の立場である—

私たちは、伽藍岳一帯の地熱発電が及ぼす影響は、まさに日本はもとより国際的にみても重大であると考えています。

- (2) 温泉の枯渇を防止する行政措置として、温泉審議会の答申を経て、知事は保護地域及び特別保護地域を設定していますが、この際、伽藍岳一帯（由布、鶴見岳を含む）を別府・湯布院温泉を保護する見地から、地熱発電開発地域から除外するよう知事に答申願いたいのであります。

私たちは群馬県草津温泉への影響があると判断した上で白根南部地熱発電のための調査井の掘削が中止され、約8億円の調査費を群馬県知事が本年6月の末返上したと聞いていますので、「除外地域」の件、特に要望する次第です。

- (3) 温泉審議会が特別な配慮と日程のもと、別府温泉を守る会から公開で口頭陳情ができるよう機会を与えて下さることを要望いたします。

《資料 3》

昭和56年8月1日

別府温泉を守る会臨時総会

伽藍岳地熱発電計画に関する反対宣言

伽藍岳の地熱発電計画が関係住民をツンボ栈敷にしてすすめられてきたことに激しい怒りを表明し、国際的な温泉保養と観光都市別府のまさに「生命」にかかわる重大事だと「別府温泉を守る会」に結集して私たちが行動を開始して40余日、その準備の段階から3カ月が経過した「別府温泉を守る会」は、これまで京都大学吉川恭三教授を講師に、地熱と別府温泉について学習し、開発者の「出光」側の説明もうけた。

また、外国で最も古い地熱発電の歴史をもつイタリアやアメリカ、ニュージーランドの温泉地帯、及び国内では秋田県八幡平の温泉群にそれぞれ重大な影響を与えているという調査報告を検討してきた。更に県内大岳、八丁原発電所の影響が、大岳地獄、筋湯温泉にでている現状を調査し、確認してきた。そして東京都中央温泉研究所益子安所長、及び群馬県温泉審議委員中沢晁三氏を招へいし、温泉資源の保護と地熱発電問題を深く究明したところである。

「別府温泉を守る会」に結集した私たちは、8月1日に臨時総会を開催し、これまでの研究調査、討論の帰結として本日以降、伽藍岳一帯（鶴見・由布岳を含む）の地熱発電計画に反対し、その阻止のための行動を展開することを内外に宣言するものである。

私たちは遠く8,000年の昔から、温泉の恵みを生かし育てた歴史の重みと、先達の業績を継承する今日的使命感に燃えて「湯けむり立つ別府を守ることは天の声」を合言葉に、今後の行動を次のように展開しようとするものである。

- (1) 伽藍岳地熱発電と別府や湯布院温泉などの自然環境に及ぼす影響について更に調査と研究を深めつつ、
- (2) 開発者の「出光」側に中止を迫り、
- (3) 知事及び温泉審議会に現在提出中の掘削申請を却下、又は「出光」側から取り下げるよう要請し、
- (4) 国会、県会、市会に反対の請願書を提出、
- (5) 政府・特に通産省に対し計画中止を要請する。
- (6) 以上を内容とする大規模な反対署名運動に取り組む。

「別府温泉を守る会」は同じ地熱発電計画に反対している群馬県草津温泉をはじめ、全国の温泉地と連携をとり、反対行動を展開する決意である。

別府市内外の市民各位の御理解と支援を「別府温泉を守る会」にお寄せいただくことを心からお願いする。

《資料 4》

昭和56年7月30日

大分県知事 平松守彦 殿

別府市長 脇屋長可

伽藍岳一帯の地熱調査井掘さく申請について(要望)

拝啓 貴下益々御清栄のこととお慶び申し上げます。

平素は当市観光行政に多大な御指導と御協力を賜り深く感謝申し上げます。

さて、標題の件でございますが、わが国のエネルギー需要は増大の一途を辿り、なかでも地熱エネルギーは極めて豊富な資源の賦存が見込まれる純国産エネルギーであり、これが代替エネルギーとして重要な国の施策の一つにとりあげられていることも十分理解しておりますが、先般開催の大分県温泉審議会第266回の諮問事項で継続審議となりました出光地熱開発株式会社による地熱調査井掘さく申請の二件につき、これが対処にあたり十分留意をいただきたく下述のとおり要望いたします。

記

別府温泉の将来を左右する問題として住民に危惧されていることで説得力ある対応について
当市は温泉を観光資源とした世界的な温泉観光地であり、既存温泉に影響が出るとすれば温泉地別府の死活問題であり、住民の生活権にまで派生する。したがって、これが対応について御検討願います。

調査井の申請地が距離的に市街地に近すぎることにについて

これが特に明礬、湯山、鉄輪地区住民の不安を一層つのらせている実情から、調査井の選定地があまりにも近すぎることに考慮願います。

本件にかかわる県の対応について

県当局において専門的調査研究機関を設ける等、御配慮いただき将来にわたり禍根を残すことのないよう積極、かつ慎重な措置をお願いします。

《資料 5》

通商産業大臣
環境庁長官 殿
大分県知事

伽藍岳地熱開発調査に関する意見書

エネルギー源の安定確保、即ちエネルギー安全保障の確立は重要国策でもあり、石油エネルギーに代る国産エネルギーとして地熱開発に反対するものではありません。国産エネルギーとしての地熱開発と温泉源の保護は両立せしむべき国益であると考えます。

現在、伽藍岳を中心とする地熱開発調査が実施されていますが、当別府市としましては、伽藍岳一帯が既存温泉からあまりにも近距離にあり、最近、国内外の先進開発地域の温泉湧出量の変動、温泉枯渇等を見聞きするに及び、当温泉源に影響が出ることは必至と思われ、市民の間に不安が増大している次第であります。

御承知のとおり、当別府市は国際観光温泉文化都市として温泉を主軸とする観光立市の土地柄であり、既存温泉への影響は、当市の生命を左右する重大な問題であります。

よって、当別府市及びその近郊における地熱開発については、反対するものであります。

貴職及び関係機関におかれては、温泉源保護の立場から中止方について配慮されるよう強く要望します。

右、地方自治法第99条第2項の規定により意見書を提出する。

昭和56年 8 月 3 日 提出

別 府 市 議 会

《資料 6》

地 熱 資 源 開 発 促 進 法 案

床 次 徳 二

(目 的)

第1条 この法律は、地熱資源の利用の将来性にかんがみ、我が国における開発を促進するために必要な措置を定め、もってエネルギー資源の確保に資することを目的とする。

(定 義)

第2条 この法律において「地熱資源」とは、温泉法（昭和23年法律第125号）第2条第1項に規定する温泉で発電に利用することができるものをいう。

(国 の 責 務)

第3条 国は、地熱資源の開発に関する施策を行うに当っては、自然環境の保全及び公害防止に十分配慮しつつ、地熱資源開発が円滑かつ効率的に行われるよう努めなければならない。

(基 礎 調 査)

第4条 通商産業大臣は、地熱資源の分布の状況及びその開発の可能性に関する調査その他の地熱資源の開発のため必要な基礎調査を行うものとする。

2 前項の基礎調査の範囲は、通商産業省令で定める。

(地熱資源開発基本計画)

第5条 通商産業大臣は、前条の基礎調査（通商産業大臣以外の者が行った調査で同条の基礎調査に該当すると認められるものを含む）の結果に基づき、地熱資源の開発が可能と認められる地域ごとに、当該地域における地熱資源の開発の基本となるべき地熱資源開発基本計画（以下「基本計画」という）を決定しなければならない。

- 2 通商産業大臣は、基本計画を決定しようとするときは、あらかじめ関係地方公共団体の長の意見を聴くとともに、国の関係行政機関の長に協議しなければならない。
- 3 通商産業大臣は、基本計画を決定したときは、これを公示しなければならない。
- 4 前2項の規定は、基本計画の変更に準用する。

第6条 基本計画は、次に掲げる事項について定めるものとする。

- 1 地熱資源開発を行うべき地域（以下「開発地域」という）
- 2 地熱資源の開発の規模
- 3 発電の目標
- 4 地熱資源の発電以外の地域利用に関する基本的な事項
- 5 開発地域及びその周辺地域の自然環境の保全及び地熱資源の開発に伴う公害の防止に関する基本的な事項

（開発実施計画）

第7条 開発地域内において地熱資源の開発の事業を行おうとする者は、通商産業省令で定めるところにより、基本計画に従い、当該事業の実施に関する計画（以下「開発実施計画」という）を作成し、通商産業大臣の承認を受けなければならない。当該開発実施計画を変更しようとするときも同様とする。

- 2 開発実施計画には、次に掲げる事項を記載するものとする。
 - (1) 地熱資源の開発の事業を行う区域（以下この項において「実施区域」という）の位置及び規模並びに当該実施区域及びその周辺地域の状況
 - (2) 地熱資源の開発に関する工事の内容及び期間
 - (3) 発電の目標
 - (4) 資金計画
 - (5) 地熱資源の発電以外の地域的利用に関する事項
 - (6) 実施区域及びその周辺地域の自然環境の保全及び地熱資源の開発に伴う公害防止に関する事項
- 3 地熱資源の開発の事業を行おうとする者は、第1項の承認を受けたときは、速やかに通商産業省令で定めるところにより、実施区域の位置及び規模その他通商産業省令で定める事項について、関係市町村の住民に周知させるため必要な措置を講じなければならない。
- 4 第5条第2項の規定は、開発実施計画又はその変更の承認について準用する。

第8条 通商産業大臣は、通商産業省令で定めるところにより、前条第1項の承認を受けて地熱資源の開発の事業を行う者に対し、当該事業の実施の状況に関し必要な報告を求めることができる。

（関係行政機関の長等の配慮）

第9条 関係行政機関の長又は関係地方公共団体の長は、地熱資源に関する調査又は地熱資源の採取若しくは利用のための木材の伐採、土地の掘さく、土石等の採取、施設の設置等に係る温泉法、自然公園法（昭和32年法律第161号）その他の法律の規定による許可その他の処分をするに当たっては、地熱資源の開発が円滑に行われるよう配慮するものとする。

（資金の確保等）

第10条 国は開発実施計画に基づく地熱資源の開発の事業の実施に必要な資金の確保又はその融通のあっせんを努めるものとする。

(通商産業省令への委任)

第11条 この法律に定めるもののほか、この法律の実施に関し必要な事項は、通商産業省令で定める。

(罰 則)

第12条 第7条第1項の規定による承認を受けないで地熱資源の開発の事業を行った者又は開発地域以外の地域において地熱資源の開発の事業を行った者は、6カ月以下の懲役又は10万円以下の罰金に処する。

第13条 第8条の規定による報告をせず、又は虚偽の報告をした者は、1万円以下の罰金に処する。

第14条 法人の代表者又は法人若しくは人の代理人、使用人その他の従業者がその法人又は人の業務に関し、前2条の違反行為をしたときは、行為者を罰するほか、その法人又は人に対して、各本条の罰金刑を科する。

附 則

(施行期日)

1 この法律は、公布の日から施行する。

(経過措置)

2 この法律の施行の際、現に地熱資源の開発の事業に着手している者は、この法律の施行の日から60日以内に、通商産業省令で定めるところにより、当該事業の実施の状況等に関する事項を通商産業大臣に届け出たときは、第7条第1項に規定する開発実施計画についての承認を受けたものとみなす。

参 考 文 献

- 1) 川島武宜他編：温泉権の研究，勁草書房
- 2) 同 上：続温泉権の研究，同上
- 3) 同 上：注釈民法(7)，有斐閣
- 4) 渡辺洋三：日本の社会と法，日本評論社
- 5) 舟橋諄一：物権法（法律学全集），有斐閣
- 6) 金沢良雄：水法，同上
- 7) 我妻栄他：鉱業法，同上
- 8) 武田軍治：地下水利用権論，岩波書店
- 9) 厚生省：温泉必携，日本温泉協会
- 10) 我妻栄：物権法（民法講義Ⅱ），岩波書店
- 11) 山本他：未来社会と法（現代法学全集），筑摩書房
- 12) 原田尚彦：公害と行政法，弘文堂
- 13) 成田頼明他編：行政法講義（上），青林書院
- 14) ジュリスト特集：公害総点検と環境問題の行方，有斐閣
- 15) 同 上：現代の水問題，同上
- 16) 同 上：行政法の争点，同上
- 17) 大分県温泉調査研究会：30年のあゆみ
- 18) 大分県：大分県地域エネルギー開発利用調査報告書（要約）

- 19) 仲原武男：地熱資源の開発・利用に際し、当面する関連法制の現状と問題点，日本地熱資源開発促進センター
- 20) 板倉省吾：地熱開発のすすめ，地熱技術3号
- 21) 益子安：温泉資源保護と地熱開発，中央温泉研究所
- 22) 地熱懇談会資料：地熱の開発利用のあり方について（中央報告）
- 23) 日本開発銀行調査資料
- 24) 別府市教委：別府市誌の温泉編（拙稿）
- 25) その他，大分県温泉調査研究会誌の県下温泉地の温泉権の実態報告（拙稿）など

原爆被爆者の温泉療法(第16報)

別府原爆センター 大内太門

1 はじめに

昭和59年1月別府では大雪が二度降り、今年は全国的に異常に寒い冬であったが、昭和58年度も1月、2月に入所者が多く、年間の利用者は約3,800名であった。

2 利用者概況

昭和58年4月から昭和59年3月までの1年間の入所者数は3,811名、延数22,445名、平均1日62名、利用率は86.1%であった(表1)。入所予約申込は1年前から受付けているのであるが、予約者のキャンセルを待つ利用希望者も少なくない。本年度も入所は冬季に多く、夏季は少なかった。年齢別では65才以上が68%で高齢化が続いている。30才以下は付添である(表2)。滞在日数は10日前後が多く3日以下は年々減少の傾向が見られる(表3)。

表1 利用者の数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均1日延数
4	309	2,108	70.3
5	258	1,838	59.3
6	281	1,791	59.7
7	189	1,183	38.2
8	286	1,387	45.1
9	382	2,178	72.6
10	347	2,015	65
11	394	2,113	70.4
12	281	1,377	51
1	379	2,381	76.8
2	347	2,088	72
3	358	1,976	63.7
合計	3,811	22,445	62.0

表2 利用の年齢別と男女別

月別	年齢	<30	31~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	70<	計
4	男	2	0	1	0	3	4	2	17	77	106
	女	1	0	0	3	5	8	28	47	111	203
5	男	1	1	0	0	2	2	11	13	43	73
	女	1	1	1	4	6	16	28	29	99	185
6	男	0	0	0	0	0	5	12	22	50	89
	女	1	1	0	4	10	17	32	43	84	192
7	男	4	3	3	0	3	0	7	10	43	73
	女	11	6	2	5	1	13	21	19	38	116
8	男	23	5	3	2	8	11	14	11	31	108
	女	30	12	4	4	14	23	23	15	53	178
9	男	0	1	1	2	3	8	13	29	83	140
	女	2	0	3	3	8	26	42	70	88	242
10	男	0	0	0	2	3	11	13	28	70	127
	女	0	0	3	1	7	22	44	45	98	220
11	男	0	2	0	1	5	10	18	35	79	150
	女	1	3	0	1	12	24	37	53	113	244
12	男	11	3	2	1	4	5	13	20	48	107
	女	4	5	3	0	3	20	29	40	70	174
1	男	12	2	2	1	3	7	12	28	64	131
	女	4	4	4	0	4	30	41	48	113	248
2	男	1	2	0	0	1	10	5	19	68	106
	女	0	1	0	0	5	25	38	52	120	241
3	男	1	0	0	0	4	7	8	16	74	110
	女	1	2	1	4	6	23	30	56	125	248
合計	男	55	19	12	9	39	80	128	248	730	1,320
	女	56	35	21	29	81	247	393	517	1,112	2,491
計		111	54	33	38	120	327	521	765	1,842	3,811

表3 利用者の滞在日数

温泉日数 月別	3日>	4日 ~6日	7日 ~13日	14日<	計
4	38	88	167	16	309
5	45	85	108	20	258
6	65	134	62	20	281
7	79	33	63	14	189
8	136	76	66	8	286
9	112	88	177	5	382
10	131	94	96	26	347
11	90	255	46	3	394
12	151	60	55	15	281
1	102	98	163	16	379
2	88	121	132	6	347
3	86	148	113	11	358
合計	1,123	1,280	1,248	160	3,811

3 診 療

入所者のうち希望者の診療を毎週2日行なった。受診患者は600名で、女は年々増えて本年度は男：女が1：2となった。年齢別では70才以上が59.3%、80才以上が79名である(表4)。受診の有無にかかわらず入所時と退所前に血圧測定を行なった。29グループ、839名の測定成績を付図で示す。入所時血圧の高い者には特に療養心得を守るように注意する(付図)。

表4 受診患者の年齢別・男女別

年齢	<39才		40~49才		50~59才		60~69才		70~79才		80才<		計	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
数	1	3	1	3	11	36	57	132	93	184	38	41	201	399
計	4		4		47		189		277		79		600	
%	0.7		0.7		7.8		31.5		46.2		13.1		100	

滞在日数、温泉療養は2週間以上、3~4週間が適当であり望ましいのであるが、7日~20日が80%であった。6日以下は15.5%で減少の傾向にある。

4 被爆者健康手帳による区分

受診患者は1号が多い(表6)。(註 1~4号を簡単に説明すると、1号は原爆が投下された際被爆した者。2号は原爆投下後14日以内に被爆区域に立入った者。3号は被爆者の看護、介補などをした者。4号は1~3号の被爆者の胎児であった者である。文献 原子爆弾被爆者の医療等に関する法律 第一章第二条 昭和32年3月31日)

表5 受診患者の滞在日数

昭和58. 4~昭和59. 3

療養日数	<3日		4日~6日		7日~13日		14日~20日		21日<		計	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
数	5	5	32	51	124	263	35	60	5	20	201	399
計	10		83		387		95		25		600	
%	1.7		13.8		64.5		15.8		4.2		100	

表6 被爆者健康手帳による区分

	1号	2号	3号	4号	附添	計
男	82	83	1	0	35	201
女	202	99	30	0	68	399
計	284	182	31	0	103	600

5 病 名

受診患者の病名については(表7)に年齢別、男女別の数を掲げた。患者の愁訴は膝・腰の痛みが多く、変形性脊椎症 146名、膝関節症 157名である。高血圧症は治療の主な対象ではない。膝・腰の痛、肩凝、自律神経失調症、便秘は女に多く、睡眠障害の訴えは男に多い。病名は1人に2つ以上つくことがあるので患者数より多くなっている。

表7 受診患者の病名

病 名	69才以下		70才以上		計		計
	男	女	男	女	男	女	
変形性脊椎症	18	38	39	51	57	89	146
脊椎骨粗鬆症	0	12	6	38	6	50	56
脊椎湾り症、椎間板ヘルニア } 脊椎圧迫骨折	2	12	6	14	8	26	34
腰痛症	6	23	6	21	12	44	56
筋肉痛	1	8	3	6	4	14	18
頸肩腕症候群	0	2	0	0	0	2	2
肩関節周囲炎	5	13	6	11	11	24	35
肩凝症	1	7	2	6	3	13	16
関節リウマチ	0	1	1	1	1	2	3
腱鞘炎粘液のう炎	0	2	1	0	1	2	3
外傷後遺症、外傷	3	11	1	6	4	17	21
変形性膝関節症、膝関節痛	10	41	17	89	27	130	157
膝関節以外の関節炎、関節症 } 関節痛	2	3	0	7	2	10	12
関節拘縮	1	0	0	1	1	1	2
高血圧症	8	30	22	33	30	63	93
低血圧症	0	5	0	1	0	6	6
動脈硬化症	0	3	2	5	2	8	10
心疾患(弁膜症、心肥大、心筋 } 症、虚血性、高血圧性)	1	10	8	15	9	25	34
不整脈	1	1	3	4	4	5	9
レイノー現象	0	0	3	0	3	0	3
気管支炎	3	5	10	9	13	14	27
気管支喘息	0	2	0	0	0	2	2
肺気腫	0	0	3	0	3	0	3
感冒	7	23	10	25	17	48	65
口内炎	2	0	0	5	2	5	7
胃炎(胃潰瘍を含む)	11	11	15	14	26	25	51
胃腸炎、腸炎	0	3	1	2	1	5	6
肝炎、胆石症胆のう炎	8	4	1	2	9	6	15
便秘症	5	13	9	28	14	41	55
胃術後	0	1	0	0	0	1	1
胆のう術後	0	0	0	1	0	1	1
膀胱炎	0	3	0	2	0	5	5
貧血症	0	0	0	2	0	2	2
高脂血症	2	5	0	2	2	7	9
糖尿病	14	15	14	10	28	25	53
頭痛	1	0	1	1	2	1	3

病 名	69才以下		70才以上		計		計
	男	女	男	女	男	女	
不 眠 症	2	2	10	1	12	3	15
片 麻 痺	1	1	3	2	4	3	7
自律神経失調症	1	14	3	3	4	17	21
坐骨神経痛	0	5	5	1	5	6	11
肋間神経痛	0	3	0	1	0	4	4
其他神経系疾患	0	2	3	0	3	2	5
皮膚炎、湿疹	5	9	7	13	12	22	34
皮膚癢痒症	0	0	0	8	0	8	8
其他皮膚疾患	2	3	3	7	5	10	15
眼疾患（白内障、結膜炎）	0	2	5	10	5	12	17
耳鼻疾患（耳鳴り、めまい、 メニエール病）	1	4	1	3	2	7	9
疾 疾 患	2	0	1	1	3	1	4
計	126	352	231	462	357	814	1,171

6 治 療

入所当初或は入所中に発病した患者もあるが、大部分は慢性疾患で、居住地で診療を受け、旅行中の分として薬剤を貰ってきているので、必要と認める範囲で処方することになる。温泉浴は1日1～3回。このほか理学的治療として、気泡浴、薬浴、炭酸浴、低周波治療、マイクロ波治療、脊椎けん引、ローリング治療を行なう。

転地療法 入所中は家事や家庭内の煩わしさから離れ、眺望の良い閑静で空気と日光に恵まれた環境で療養ができ、地獄地帯の舗道を散歩或は日帰りの観光、センターの患者用ゲートボール場で愛好者同志で楽しむなど、心身の休養と適度の運動もできるので入所者から喜ばれている。

2回以上入所 毎年1回入所する者が多いのであるが、年2回以上入所した患者が本年度は61名となった(表8)。

表8 年間2回以上療養受診した入所者数

回数	男 (人)	女 (人)	計 (人)
2回	19	30	49
3回	4	6	10
4回	0	1	1
5回	1	0	1
計	24	37	61

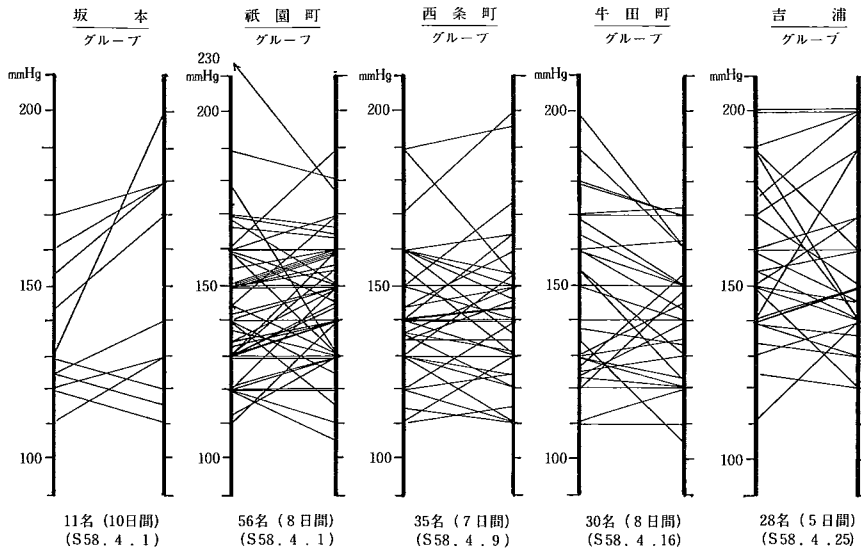
7 治療成績

短期間の療養であるから転帰を決めることは困難であるが、転快又は不変である。

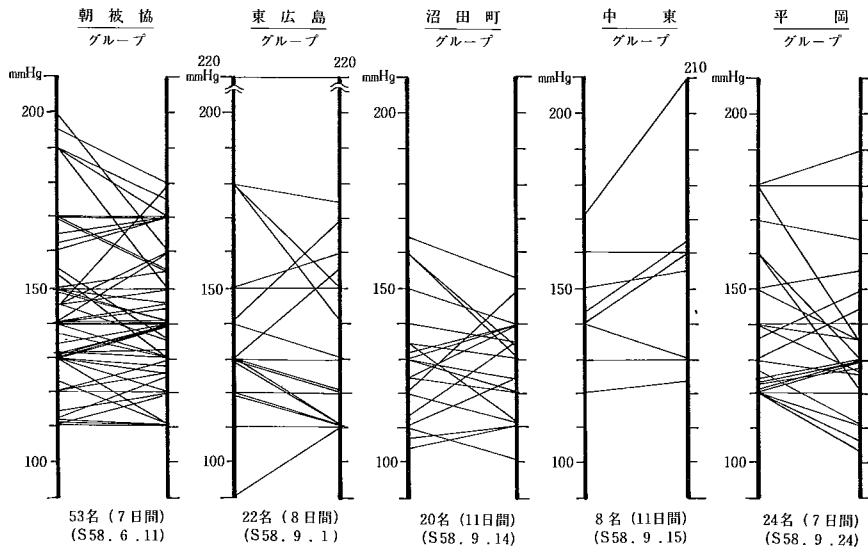
8 む す び

昭和58年度の入所者の利用率は86.1%で女の数が増えている。滞在日数は長くなる傾向にある。受診患者の病名は変形性脊椎症、腰痛、膝関節症など運動器疾患が多い。これらは温泉療法の適応症の代表的のものであって効果も明かであるため年2回以上入所を希望する患者が増えてきた。本年度も関係各位のご援助と職員の献身的努力により前年度に劣らぬ成績をあげることができた。最後に本年度は核禁会議から自動現像器とローリング治療器の寄贈を受けた。ご厚意に対し謹んで謝意を表します。

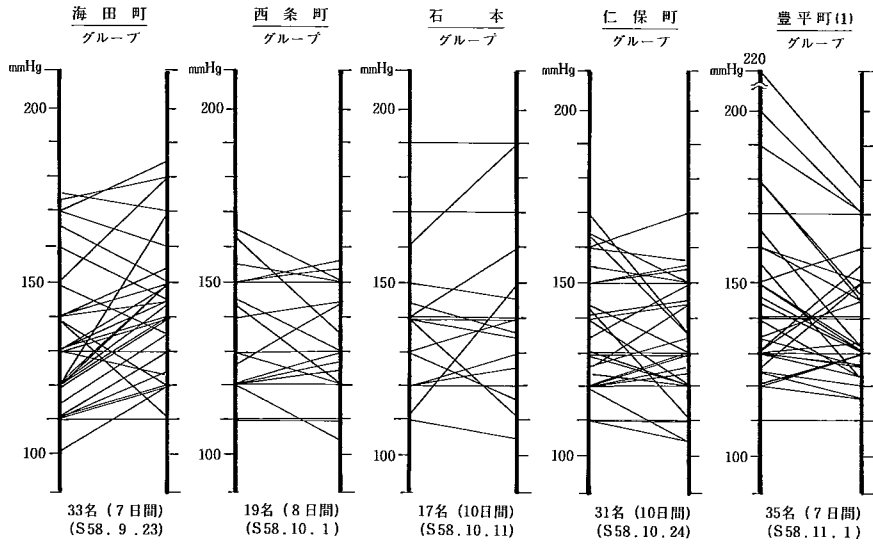
治療前後の最高血圧



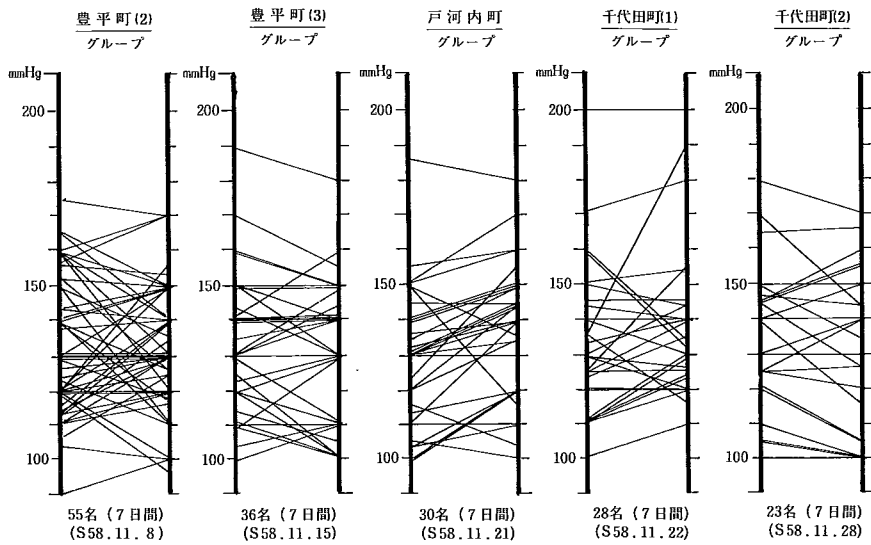
治療前後の最高血圧



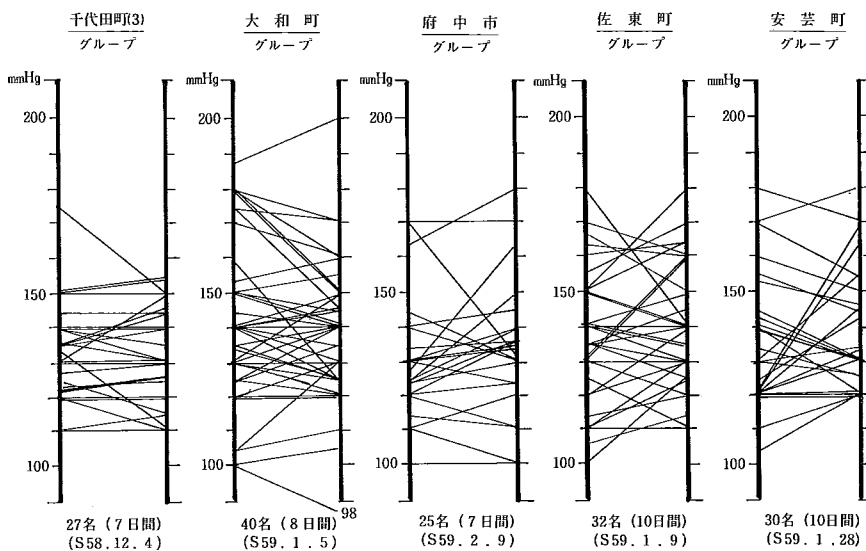
治療前後の最高血圧



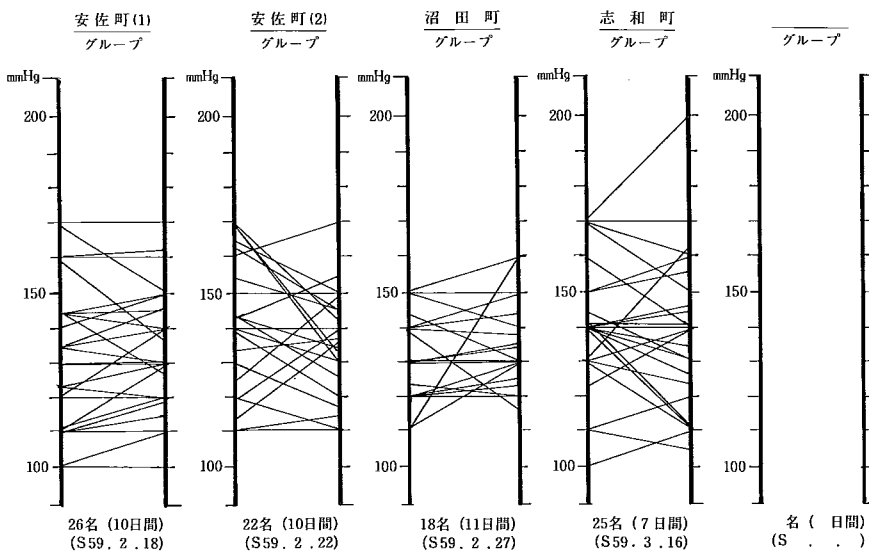
治療前後の最高血圧



治療前後の最高血圧



治療前後の最高血圧



◎ 深部地熱構造に関する研究会

昭和59年2月28日、別府市内の「つるみ荘」会議室において大分県温泉調査研究会会員、県総合エネルギー対策課職員等38名が出席し、県内における地熱開発の現況について地熱開発関係3社の講師から説明があった。

会員から個々の項目について活発な質疑応答があり、盛会のうち無事終了した。

講師及び演題

- 九州電力株式会社火力部地熱課長 富田凡人
 - (1) 大岳・八丁原両発電所の現状について
 - (2) 八丁原2号機増設のための調査結果について
- 出光地熱開発株式会社企画部長 堀井彰三
- 出光地熱開発株式会社九州事務所 近藤充
 - (1) 滝上プロジェクトの概況について
 - ① 探査・開発の進め方
 - ② 噴出状況
 - ③ 調査井掘削の概要
- 新エネルギー総合開発機構
 - ・豊肥調査事務所長 安武秀雄
- 電源開発株式会社深部地熱調査
 - 豊肥事業所長 磯山泰造
- 電源開発株式会社深部地熱調査
 - 豊肥事業所 戸高法文
 - (1) 大規模深部地熱発電所の環境保全実証調査結果概要について

2	釘宮成信	0	下町 1307	000	57.4.15
3	三豊材業	0	上町 567-87	600	60.2.3
4	大東共社	0	中馬西2	700	60.2
5	元町農事実行組合	0	中馬田	700	59.12
6	松尾結喜	0	畑中	700	59.3
7	河野巧雄	0	中馬西3	700	59.8
8	杉村進	0	都町2	700	59.8
9	永岡蔵平	0	駕取	780	60.11
100	松山京男	0	田尻	700	60.7
1	桑野敏信	0	森山	800	61.1
2	三信工業	X	田尻町71-6	700	61.1
3	阿部建設	X	片馬	700	59.10
104	河野巧雄	0	中馬津	700	60.10
(5	市予工業	0	権具	228	60.9)
5	元町農事実行組合	0	野原	800	61.1
6	長田高平	0	老母	760	62.3
7	上田直道	0	奥田	700	61.3
8	田村武士	0	永興	700	61.5
9	博緒会	0	勢家	700	61.4