

# 大分県温泉調査研究会

## 報 告 第 2 8 号

昭和 5 2 年 3 月

---

### 目 次

別府市内竈地区の温泉調査……………	吉 川 恭 三………… (1)
	由 佐 悠 紀
	北 岡 豪 一
	野 田 徹 郎
別府温泉の化学成分の特性……………	山 下 幸 三 郎………… (11)
別府南部温泉地域への海水侵入……………	吉 川 恭 三………… (17)
	北 岡 豪 一
噴気・沸騰泉の観測……………	由 佐 悠 紀………… (26)
挾間町ならびにその周辺の温泉調査(その2)	野 田 徹 郎………… (31)
	北 岡 豪 一
別府地熱地帯の化学的研究……………	古 賀 昭 人………… (42)
くじゅう火山の温泉群(12)……………	川 野 田 実 夫………… (47)
	志 賀 史 光
公共飲用泉中のひ素等の調査……………	大分県公害衛生センター………… (53)
	大 分 県 環 境 管 理 課
温泉浴室中の硫化水素濃度……………	大分県公害衛生センター………… (56)
筋湯における温泉権の実態(下)……………	大 野 保 治………… (63)
老化と温泉……………	延 永 正………… (80)
	阿 南 公 展
	江 崎 一 子
原爆被爆者の温泉療法(第8報)……………	八 田 秋………… (84)
	辻 秀 男

# 別府市内竈地区の温泉調査

京都大学理学部 吉川 恭三・<sup>Q</sup>由 佐 悠 紀  
 北岡 豪 一  
 九州大学温泉治療学研究所 野田 徹 郎

## 1. 緒 言

別府温泉の北部にある亀川一帯は、南部の別府旧市街とともに古くから温泉の開発が進んでいた地域であり、昭和18年の軽部<sup>1)</sup>、後藤<sup>2)</sup>の調査以来、過去何度かの調査が行なわれてきた。その結果、亀川温泉には一部の海水浸入を除いて、①北西部野田地区からほぼ新川沿いに海岸部へ流下するもの、②南西部から北東の海岸方向へ流下するもの、および③南部の沸騰泉地域から海岸方向へと流下するものの3系統の水系が存在し、①は $\text{SO}_4^{2-}$ を多量に含んでおり、酸性熱水起源と考えられ、②と③はほぼ同泉質でNaCl型熱水起源とみなされた<sup>3),4)</sup>。

しかし、このいわゆる亀川温泉よりさらに北部の内竈地区では、従来から海岸部にいくつかの温泉湧出が知られていたが、比較的低温であること、需要の少ないことなどのために、温泉の開発はあまり進まず、そのため、軽部<sup>1)</sup>、後藤<sup>2)</sup>による調査以後、この地区を主対象とした調査が行なわれたことはなく、この地区の温泉水系は、亀川一帯から連続したものと、ばくぜんと考えられていたにすぎない。ところが、近年、この地区の丘陵部を中心に試錐が盛んとなり、急速に温泉の開発が進んだ結果、隣接する野田地区のものとかかなり異なる泉質を持った高温泉が見出されてきた。これにより、この地区の温泉水生成状態を知るに有効な新しい資料の得られる可能性が高まり、また、この新しい開発の進展が将来にわたり、既存の温泉にどのような影響を与えるかを調査する必要も生じた。

そのため、この10年間に掘さくされたすべての温泉について、温泉孔位置と利用状況、および泉温と湧出量（または採湯量）を調査し、同時に温泉水を採取してその化学組成を求めた。本報告はこれらの資料を基に、既存の諸資料を参照しつつ、内竈地区の温泉の現状と特徴を概説したものである。調査に当り、別府保健所温泉課と大分県環境管理課の職員諸氏により、各源泉の資料整理と位置の確認をしていただいた。厚く御礼を申しあげる。

## 2. 調査地域の概要

本調査地域は別府扇状地の北端部に位置する東西約1.7km、南北約1.5kmの範囲である。図1に示すように、中央部には小高い丘陵が周囲の低地部から急崖をなして海岸のすぐそばまでせまり、これにより調査域は地形的に南と北に分割される。この丘陵は更新世末期に形成された旧期扇状地堆積物とされ、一部に地すべり地を含んでいる。南半部と北半部には、それぞれ、海岸から約1kmおよび約500m内陸まで上記丘陵部より一段と低く、新期扇状地堆積物と沖積堆積物から成る平坦部が発展し、かなりの湿地帯となっている。とくに北部の温水地区には多量の湧水があり、養魚や灌漑に用いられ、また、別府市上水道の主要な水源である。

既存の地質図によると、本調査地域は別府温泉の北帯をなす更新世前期の筑紫熔岩地帯に南接しており、その境界には、海岸から内陸へとほぼ東西方向に断層線が走っている。また、本地域の南部平坦地を横切り、野田地区から柴石の谷を抜けて明ばんを通るような断層線も考えられている。他方、前述した旧期扇状地堆積物から成る丘陵部の背後には、旧期山陰系に属する御越山安山岩類が露われ、おそらく丘陵部の地下にも分布しているであろうと考えられる。

図1 別府市内竈地区調査温泉の位置  
(番号は表1と対応)

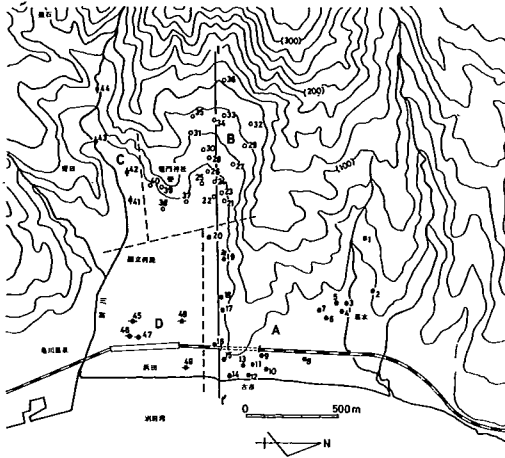


図1には本調査域の地形の概要とともに、調査した温泉の位置を記した。調査温泉の多くは前記2本の断層線にはさまれた地域の、旧期扇状地堆積物およびこれと沖積部の境に掘さくされている。ボーリング業者によって得られた柱状図には、扇状地堆積物の下方に安山岩類の記載がある。

### 3. 調査結果

#### 3-1 現地調査の概要

調査域の中央部に張り出している丘陵を取りまくように、温水から八幡竈門神社付近の高地部に至る新開発域のすべての温泉、および隣接する野田地区と海岸平たん部の温泉のうち比較的新しく掘られたいくつかのものについて、昭和51年10月20、21、22日の3日間現地調査を行なった。調査孔数は49孔、調査内容は源泉位置、利用状況、湧出温度、湧出量（または揚湯量）の調査、および化学分析用試水の採水である。

表1 調査温泉一覧表

地区	No.	番地	掘さく終了年月日	深度	温度	湧出量または揚湯量	採湯方法	備考
A地区	1	3491-2	49・10・5	120m	47°C	25.1ℓ/m	動力	小畑敏治
	2	3518-1			41	133	自噴	井上市次郎
	3	712-7	50・12・30	85	44	19.0	"	後藤 勇
	4	712-1	51・8・3	100	35	71.4	"	小畑 浩
	5	714-2	45・10・14	60	37	16.0	動力	藤内森男
	6	2912	48・11・30	115	40	46.3	"	佐藤庄次郎
	7	2915	48・11・30	96	50	62	"	佐藤利長
	8	731-5	43・9・1	73	28	13.4	自噴	福川謙一
	9	851-4	44・11・1	50	42.3	21.7	動力	藤内勝美(他1)
	10	820-1	45・1・2	50	32.1	25.2	"	渡辺政勝
	11	866	42・10・17	50	41	18.5	"	渡辺弥吉
	12	877-1	42・10・4	50	39	16.6	"	佐藤寛一
	13	876-7	42・10・28	50	38.5	13.1	"	後藤惣六
	14	914	48・6・15	137	31	2.3	自噴	藤内 淑
	15	935	43・7・20	50	39	22.9	動力	藤内武夫
	16	1088-1	44・12・25	50	40	18.0	自噴	藤内藤太郎
	17	1253-2	49・1・16	100	34	19.1	"	奥 茂人
	18	1259-2	47・9・22	100	40.5	36.0	"	藤内佐田雄
	19	2635	47・4・2	100	41	12.6	"	西念寺
	20	1343-1	50・11・13	309	24.5	1.5	"	藤内 進
B地区	21	2600	50・4・30	180	52	49.1	動力	矢黒監示(外1)

B地区	22	1384-4	50・6・17	232	50	65.8	動力	矢黒四作(外1)
	23	2541	50・2・3	180	44	56	"	本田広子
	24	1932-2	50・5・19	230	52	47.2	"	荒金正人
	25	1930-7	51・3・30	260	51	53.6	"	長野己義
	26	1935-3	50・10・20	246	56	54.7	"	千馬達雄(外1)
	27	2513-1	50・9・20	242	60	40.0	"	吉良一利
	28	1945-4	51・2・15	255	59	44.4	"	千馬達雄(外1)
	29	2192	51・10・	220	63	45.5	"	常松貞雄
	30	1954-1	50・4・7	231	49	41.2	"	伊藤軍治
	31	1837-4	51・3・25	260	58.5	34.3	"	関 亘(外1)
	32	2214-6	50・3・5	220	49.5	25.2	"	伊藤岩夫(外1)
	33	2153	50・6・10	240	51	38.9	"	伊藤嗣生
	34	2146-2	50・5・20	235	56	41.5	"	恒松利幸(外1)
	35	1985-1	50・9・22	283	69	37.5	"	恒松寿美雄
	36	2077-3	51・5・24	300	50	21.4	"	高橋 元(外1)
	37	1910	49・12・9	277	41	44.8	"	安森唯英
	38	1490-1	48・11・5	235	55	58.1	"	加藤 巧(外1)
	39	1531-2	49・6・25	240	55	49.3	"	矢黒 学(外1)
	40	1521-27	49・7・24	250	47	37.9	"	今朝九十二郎(外7)
	C地区	41	1501-2	37・6・25	55	62	33.6	"
42		N118-3	44・5・31	150	50	57.9	"	伊美要二郎(外1)
43		N130-4	49・7・4	93	55	27.6	"	吉井宗一(外1)
44		N816-12	50・6・2	100	50	33.9	"	橋本淳子(外3)
D地区	45	1185-2	46・6・25	100	43	33.1	自噴	溝部和己
	46	1173-1	50・6・20	100	43	13.4	"	松崎那彦
	47	1198-2	40・3・17	100	38	19.4	"	西日本液化ガス
	48	1136-1	49・8・20	117	28	25.4	"	菅 静子
	49	983-1	46・12・29	106	29	33.2	動力	宇都宮考吉

表1に現地調査結果と温泉台帳から抜すいた掘さく終了年月日、掘さく深度などを掲げ、備考欄には源泉所有者を記した。各源泉は、後述する泉質の違いや地理的分布を参照してA, B, C, Dの4地区に分類し、通し番号を付けた。この地区分けと番号は、それぞれ図1に記した地区と温泉番号に対応する。表中の番地は掘さく地点の大字内竈番地である。ただし、Nを付したC地区の3孔は大字野田のものである。調査孔のほとんどは、この10年間に掘さくされたもので、これより以前から掘られていたものは、A地区のNo.2泉とC地区のNo.41泉の2孔だけである。また、14孔が自噴しているが、いずれも低地部にある。

表1に掲げた深度は地面からの深さである。概して低地部で浅く、高地部で深い。調査域中央部の丘陵の先端付近でとくに浅く、50m程度の深度であり、得られる泉温は30~40℃とやや低温である。これ以外の低地部では100m前後のものが多いが、泉温は前者よりいくぶん高い傾向はあるものの、50℃を越えることはない。低地部温泉の中で特異なものは、やや内陸にあるNo.20泉で、309mとこの地域で最も深く掘られているが、24.5℃と調査温泉中最低の温度しか得られていない。また

自噴量も極端に少ない。

一方、新開発の中心である竈門神社の西北一帯では、最も浅いもので 180m (No.21)、最も深いもので 300m (No.36)と、かなり深い掘さくが行なわれており、水頭が低いために、すべて動力によって揚湯されている。しかし、得られる泉温はかなり高く、最高69°C (No.35) に達している。

### 3-2 化学分析結果

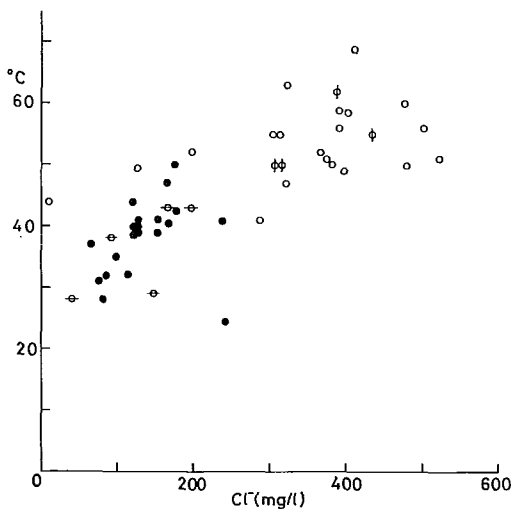
現地調査時に採水した試水は実験室に持ち帰り、常法にしたがって化学分析した。その結果を表 2 に示す。これまで調査の行なわれていた亀川一帯の温泉は、別府南部域のものに比べてHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が低く、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>濃度が高いという傾向にあったが、今回の調査域のものはB地区を中心にして、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が高く、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>濃度は低いという、むしろ別府南部域の温泉に似た組成のものが多いことが注目される。また、pH値はすべてが6ないし8のほぼ中性を示し、隣接する野田・柴石地区で見られるような酸性のものはひとつもない。

表 2 化学分析結果 (単位mg/l)

地 区	No.	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	HBO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N
A地区	1	7.5	215	20	35.2	34.5	165	45.5	475	0.22	157	9.5	0.01
	2	6.5	163	23.1	26.3	27.1	128	34.5	372	0.12	131	8.1	0.08
	3	6.4	132	20.7	24.8	26.7	120	30	362	0.15	136	7.7	0.01
	4	6.25	98.0	16.4	19.6	19.9	99	25	257	0.10	109	5.7	0.12
	5	6.6	74	13.6	17.5	16.2	65	15	238	0.11	124	3.3	0.31
	6	7.0	153	21.5	28.1	28.7	123	36.8	358	0.15	117	6.1	0.04
	7	7.2	213	18	30.5	34.2	175	46.0	439	0.20	150	9.4	0.01
	8	6.55	68	11.2	19.5	15.1	82	18	196	0.09	96	2.6	0.13
	9	6.3	171	27.1	24.5	32.8	177	43	406	0.15	136	10.4	0.02
	10	6.45	112	20.2	19.7	20.5	113	31	272	0.12	117	7.1	0.07
	11	6.3	152	24.5	24.2	29.9	154	38	372	0.14	140	10.5	0.05
	12	6.35	171	24.7	26.4	29.6	153	40	378	0.14	108	11.2	0.03
	13	6.4	128	22.1	20.4	23.6	121	30	320	0.13	132	7.3	0.14
	14	6.7	72	11.3	14.4	12.5	75	25	183	0.08	101	3.5	0.12
	15	6.5	130	21.4	23.6	24.6	127	32	307	0.12	119	7.5	0.09
	16	6.4	127	20.5	23.6	24.3	125	35	307	0.11	114	7.4	0.12
	17	6.8	99.8	14.4	12.1	11.7	85	25	230	0.07	101	4.2	0.28
	18	7.1	162	22.7	22.9	27.4	167	35	368	0.13	120	8.0	0.03
	19	6.6	223	26.4	31.0	40.2	238	43.0	413	0.17	124	11.1	0.01
	20	5.7	230	18	27.3	24.1	241	38	380	0.15	112	11.7	0.02
B地区	21	7.5	348	39.5	38.1	35.0	367	62.4	446	0.21	189	16.9	0.08
	22	7.2	358	31	32.2	33.9	382	62	532	0.18	181	16.3	0.06
	23	7.8	20	3.80	5.62	2.92	10.5	4.7	71	0.04	95	0.52	0.40
	24	7.3	203	23.9	17.4	14.4	197	33.5	274	0.12	177	9.8	0.15
	25	7.5	365	32	30.5	34.3	374	53.3	472	0.25	197	17.2	0.01
	26	7.3	376	40.7	33.6	34.4	391	60.0	485	0.25	200	17.4	0.01

	27	7.8	432	52.5	58.7	42.7	478	69.9	547	0.25	191	12.5	0.02
	28	7.6	370	41.8	33.8	35.3	392	79.2	467	0.23	175	17.8	0.01
	29	7.7	350	26.1	39.9	51.2	322	76.7	642	0.49	98	16.0	0.01
	30	7.7	389	34	34.0	41.6	397	54.8	520	0.25	128	18.6	0.01
	31	7.7	393	42.4	40.8	33.6	403	65.4	494	0.25	229	18.7	0.01
	32	7.7	163	35.8	26.7	31.0	127	39.0	425	0.20	166	9.0	0.01
	33	7.7	512	63.8	49.1	47.8	523	58.4	738	0.27	76	15.6	0.01
	34	7.7	473	53.5	42.8	46.7	503	59.0	623	0.27	66	15.2	0.01
	35	8.1	406	34.7	29.4	35.1	412	76.7	477	0.24	216	15.1	0.02
	36	8.0	460	55.1	43.3	37.1	479	61.5	590	0.27	107	21	0.02
	37	7.7	283	23	27.3	23.3	287	52.5	353	0.19	169	14.0	0.01
	38	7.5	270	27	28.1	25.4	304	85	402	0.16	169	14.0	0.01
	39	7.7	321	27	28.5	24.9	313	89	375	0.16	196	13.8	0.01
	40	7.3	313	28	28.2	25.7	321	88	395	0.17	196	14.6	0.03
C地区	41	7.2	339	34	21.7	15.8	387	194	198	0.10	174	15.1	0.02
	42	7.5	282	42.4	13.2	6.10	306	148	99.0	0.05	134	11.4	0.01
	43	6.5	398	50.1	19.0	10.9	434	273	39.0	0.27	191	14.3	0.02
	44	7.1	267	29.6	31.3	13.6	314	190	48.0	0.11	99	13.0	0.17
D地区	45	6.8	152	23.1	17.3	13.1	167	52	248	0.09	101	8.0	0.02
	46	6.7	194	21	19.0	16.1	198	53	311	0.13	101	10.2	0.01
	47	6.8	104	16.8	7.7	7.34	92	37	179	0.08	98	5.6	0.01
	48	7.0	53.9	8.47	3.41	2.61	40.3	24.5	85.3	0.12	81	2.8	0.16
	49	7.0	104	20.9	19.6	19.8	147	40	184	0.11	88	1.8	0.01

図2 Cl<sup>-</sup>濃度と湧出温度の関係  
(各点の印は図1参照)



### 3-3 Cl<sup>-</sup>濃度と湧出温度の関係

比較的規模の大きい温泉地では、温度の高いものほどCl<sup>-</sup>濃度も高いという関係が成り立っていることが多く、これは温泉水系解析の一要素として取り上げられてきた。別府温泉の他地域でも、ほぼこの関係が見られ、山岳部深所のNaCl型熱水と浅層水との混合が温泉水形成の基本的過程と考えられている。そこで本調査域についても、図2にCl<sup>-</sup>濃度と湧出温度をプロットした。各点はA、B、C、Dの4地区別にそれぞれ異なった印で表わしてある。全体としては、やはり、高温のものほどCl<sup>-</sup>濃度が高いという傾向が見られる。図1と対照すれば、高温・高Cl<sup>-</sup>濃度のものは地理的に上流部のB・C地区のものであり、これらが流下して低地部の温泉を涵養している姿がうかがわれる。後述するように、B地区とC地区のものは

その化学組成がかなり異なるのであるが、 $\text{Cl}^-$ 濃度と泉温の関係はほぼ同様であり、低地部のものがどちらの影響を強く受けているのかを、この関係から知ることはできない。

### 3-4 各化学成分間の関係と温泉水系

温泉水系の生成状態を調べるのに、各化学成分濃度間の関係を求めることは、有力な方法のひとつである。まず、温泉泉質のおおづかみの特徴を見るため、図3に $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ との関係を、前と同様に、A, B, C, Dの4地区に分けてプロットした。これまでの調査によれば、亀川一帯の温泉水の $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ 濃度は、ほぼ等当量関係を満し、 $\text{NaCl}$ 型熱水の性質をかなり保持していると考えられている。<sup>4)</sup> 図中には、等当量線を描いたが、それにほぼ平行しつつ、あきらかに $\text{Na}^+$ 側にずれており、ほとんど一直線上に並ぶ。このように $\text{Na}^+$ 側にずれる傾向は、 $\text{Cl}^-$ とともに $\text{HCO}_3^-$ 濃度の高い温泉で一般見られ、 $\text{NaCl}$ 型熱水を起源としながら、炭酸成分に伴う地層からの溶出により $\text{Na}^+$ 過剰量か

図3  $\text{Cl}^-$ と $\text{Na}^+$ の関係（直線は等当量線）

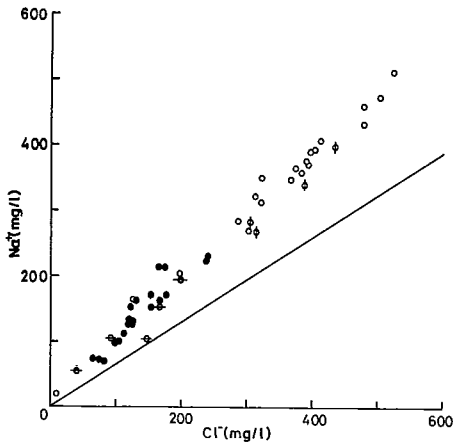
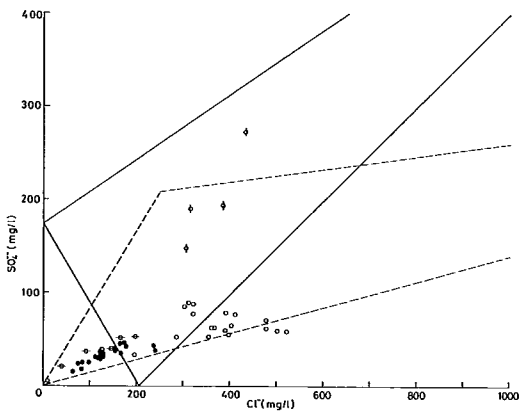


図4  $\text{Cl}^-$ と $\text{SO}_4^{2-}$ の関係



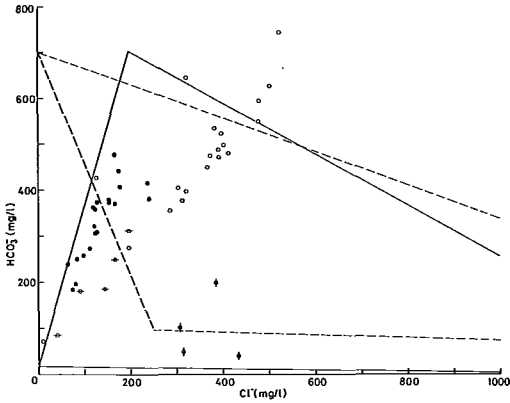
与えられたとして説明可能である。<sup>5)</sup> 表2に示されるように、本調査域のものは $\text{HCO}_3^-$ 濃度のかなり高いものが多く、おそらくこの効果のためであろう。一方、新川沿いC地区に分布する $\text{HCO}_3^-$ が低濃度で、 $\text{SO}_4^{2-}$ が高濃度の温泉でも、やはり $\text{Na}^+$ は過剰である。これは、上流部の柴石・血の池地獄一帯の硫酸酸性の温泉水が流動する途中で地層からNa成分を溶出したものと考えられる。

図4には、 $\text{Cl}^-$ と $\text{SO}_4^{2-}$ との関係を示した。また、後藤が<sup>2)</sup> 亀川一帯の温泉泉質を大きく2系統に分類した根拠となった両イオン濃度の関係も記入した。実線で囲まれる範囲のものが柴石・野田地区から新川沿いに流下してくる温泉水系を表わし、破線内のもは海岸に沿って分布する温泉水系に属するものとされている。後藤が求めた関係が示しているように、これまで亀川温泉では、 $\text{Cl}^-$ と $\text{SO}_4^{2-}$ の間におおまかな正の相関が認められていた。今回の調査域のものもまた、全体としては、 $\text{Cl}^-$ 濃度の高いものほど $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度も高く、低地部の温泉が上流域の温泉から派生したものであることを示している。しかし、地区毎に見ると、それぞれ特徴があって、すべてを同一系統のものとすることはできない。

新川に沿うC地区のものは、他地区のものに比べて $\text{SO}_4^{2-}$ が濃く、後藤が分類したような柴石・野田地区の温泉と類似している。温泉の地理的位置からも、これらは柴石・野田系の温泉水から派生したものと考えてよい。それに対し、A, B, D地区の大部分は、この図に関する限り、破線で囲まれた範囲、すなわち、 $\text{NaCl}$ 型熱水の混入を唆する組成のものに似ている。

次に、図5の $\text{Cl}^-$ と $\text{HCO}_3^-$ との関係を見よう。

図5 Cl<sup>-</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係



全体としては、両者の関係はばらばらで、多くの水系が入れまじっているかのように見えるが、図1の温泉の位置および図4のCl<sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>-</sup>の関係を参照すれば、いくつかのまとまったグループに分けることができる。そのひとつは、調査域中央の丘陵のすそを取りまくように、温水・古市から西念寺付近を含む一帯のものである。第2のものは、竈門神社付近およびその北西側丘陵部のもの。第3は、野田から新川沿いに国立病院付近までの範囲のもの。そして、第4は、それより東、浜田付近に至る低地部のものである。本報告では便宜上、それぞれをA, B, C, D地区と呼ぶことにした。

野田に近いC地区の温泉は、他地区に比べてHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が低く、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>濃度が高い。これらは、前述したように、柴石・野田地区から流下する系統に

属することが明らかである。B地区の温泉は、濃度の低い3つを除けば、Cl<sup>-</sup>濃度は300~500mg/lとかなり高く、しかも、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は400~700mg/lと高濃度で、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>は50~90mg/lと比較的低濃度である。また、泉温はかなり高い。このような泉質の温泉は、これまで亀川一帯では知られておらず、別府南部域のかつて海門寺温泉脈と呼ばれていたものの泉質に類似している。A地区の温泉は、前者より低温でCl<sup>-</sup>量が少ないが、亀川一帯のものに比べるとHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は200~500mg/lとかなり高濃度で、逆にSO<sub>4</sub><sup>-</sup>は50mg/l以下と低濃度である。D地区の温泉はA地区のものによく似ているが、Cl<sup>-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係に違いがあって、いくぶん亀川一帯の温泉の状態に近づいている。

このように、A・B地区における温泉の化学組成が今回の調査で新たに見出された温泉水系の特徴である。なお、D地区のものは、亀川一帯からの連続とも、A・B地区のものとも関係があるとも考えられるようで、はっきりしない。参考のために、図5にも、後藤<sup>2)</sup>が求めた亀川一帯におけるCl<sup>-</sup>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係を描いたが(実線と破線で囲まれた範囲は、それぞれ図4のものに相当する)、

図6 Cl<sup>-</sup>とNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nの関係

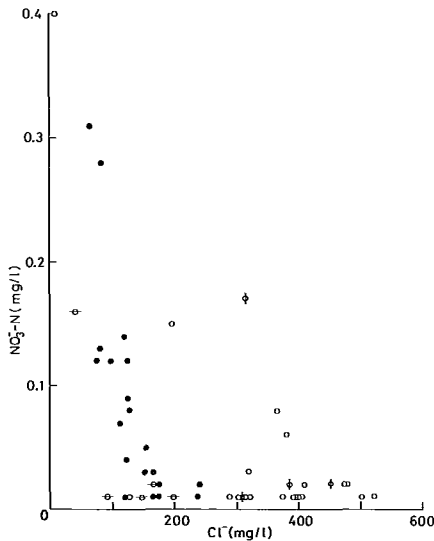


図7 Cl<sup>-</sup>とHBO<sub>2</sub>の関係

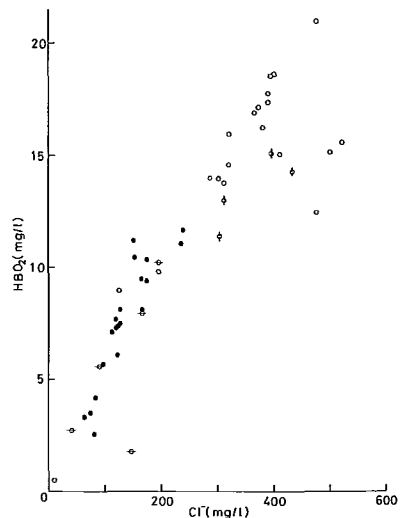
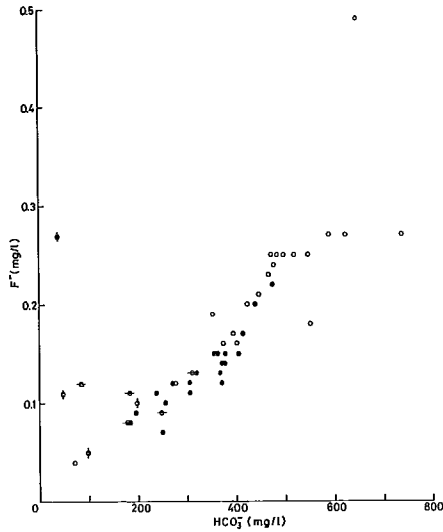




図8 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> と F<sup>-</sup> の関係



A・B・D地区のものは組成的に両系統にまたがって分布しており（B地区のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>高濃度のものは両系統の外にはみ出してしまふ）、後藤の分類が当てはまらない状態にあることがわかる。

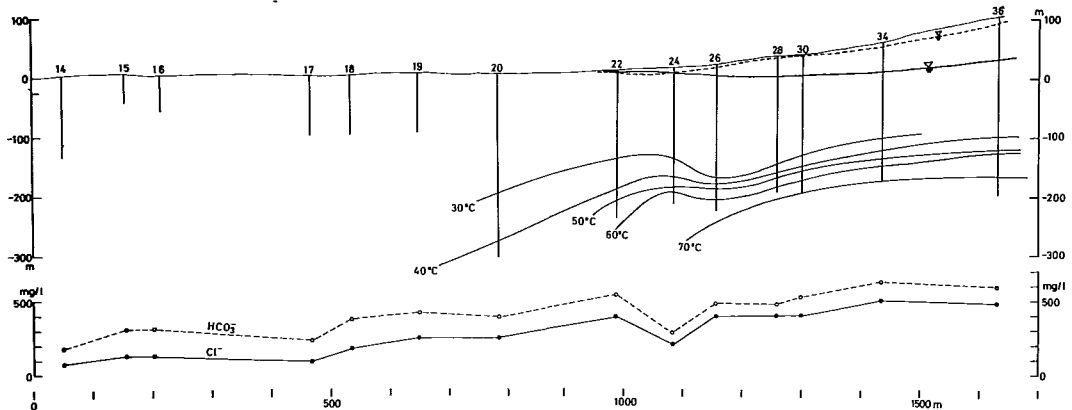
微量成分のうち、図6・7に示すように、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-NはCl<sup>-</sup>濃度の高いものほど薄い傾向があり、逆にHBO<sub>2</sub>とF<sup>-</sup>はCl<sup>-</sup>濃度の高いものほど濃い。これまで述べたように、主要アニオン間には、それぞれ相関関係があるので、これらは他アニオンとも相関がある。その中で、図8に示すように、SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>濃度の低いA・B・D地区の温泉水では、とくにHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とF<sup>-</sup>との関係が明瞭で、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>高濃度のものほどF<sup>-</sup>の濃度も高い。本報告者の一人野田が別府南部域のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の高い水について指摘したように、F<sup>-</sup>は炭酸成分の作用によって地層から溶出されたものと解釈できよう。

3-5 地下水理状態

今回の調査で新たに見出された系統のB地区温泉のCl<sup>-</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係は、この地区の北縁に位置するNo.29とNo.32の2孔を除けば（他のものに比べてCl<sup>-</sup>に対するHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の比が大きい）、両成分の間にきわめて明瞭な直線関係がある。このことは、両成分ともかなり高濃度の温泉水が希釈されつつ流動していることを示している。

図9には、掘さく記録と表2の分析値を基に、図1の測線ℓ-ℓ'に沿う断面図を描いた。地温・水頭分布の精度は必ずしも高いとは云えないが、この測線に沿う地下熱構造と水理状態の大概をうかがうことができるであろう。3-1節でボーリング深度と泉温について触れたが、図9のように、低地部（A地区）では海面下50～100m程度の深さまで掘さくされ、30～40℃の温泉が得られている。一方、丘陵部（B地区）にはいと、海面下200m位まで掘られ、約100mから150mの間に地

図9 図1の測線ℓ-ℓ'に沿う断面



温の急上昇する部分があり、孔底付近の地温は70℃以上と高温である。しかし、この測線の温泉は、揚湯途中でかなり冷却されて、泉温は50℃～60℃まで低下している。なお、丘陵部のすそに位置するNo.20の湧出温度は24.5℃と低温であるが、孔底温度は40℃程度で、湧出途中で冷却が著しい。

ボーリング時の記録によれば、B地区では掘さく深度が深くなるにつれて、静止水位が低下して

ゆくことが観察されている。図9には、各井戸掘さく中における最高水位と最低水位を連ね、それぞれを破線と実線で描いた。破線の浅い水位は、この地区の最浅部を流動する地下水層の水位を示すものであろう。一方、実線は深層温泉水層の水頭分布を示すものと考えられる。両者ともに低地部に向かって低下してゆき、その方向への流動のあることを示しているが、前者はほぼ地表面に沿うように急勾配であるのに対し、後者の勾配はゆるやかで、この地区から低地へ向けての温泉水の流動は少ないと考えられる。また、B地区のとくに上流部ほど、両者の関係より、浅層から深層へと垂直方向の流動が行なわれ得る傾向が強く、深層温泉水が浅層水によって希釈される水理状態にあることがわかる。採取される温泉水はストレーナーの位置など井戸構造のために、いろいろな深度の水が混じり合ったものであろうから、その化学成分濃度の分布には凹凸が見られるが、大勢としては、上記混合過程を反映しているように思われる。このように、B地区の温泉は、 $\text{Cl}^-$ と $\text{HCO}_3^-$ が高濃度で、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は比較的薄い温泉水と浅層水との混合によって形成されていると結論される。なお、この地区の南縁C地区寄りのNo.38, 39, 40の $\text{HCO}_3^-$ 濃度はB地区系統として説明できるが、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度はいくらか高く、C地区の影響のあることがうかがわれる。おそらく、このあたりがB・C両水系の接触域なのであろう。

A地区のものは、B地区の温泉水が化学成分濃度の薄い低温水で希釈されたような組成を持ち、図4・5の $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ および $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ の関係には明瞭な直線性がある。しかし、それらの勾配はB地区のものよりいくらか急であって、両者が完全に同一系統の水系とするには問題があるように思われる。ただし、B地区の中では特別な、北縁部にあるNo.29とNo.32の泉質に似ていることが注目される。さて、図9の温泉水頭の勾配や地温分布からわかるように、丘陵部と低地部の接点に位置するNo.20泉付近にまで、この断層方向にB地区の高温水が供給されているとは考えにくく、この付近の温泉水や地温分布は他の方向からの影響を強く受けている可能性が濃い。たとえば、温泉水の流動がこの断面に沿うような方向のみであるとすれば、A地区西念寺一帯における $40^\circ\text{C}$ の等温線は200m以深にまで潜るのではないかと考えられるが、実際には100m深程度の掘さくで $40^\circ\text{C}$ の湧出温度が得られている。湧出途中での冷却を考えれば、 $40^\circ\text{C}$ の線はもっと浅い所にまで分布しているのであろう。調査域の中央に張り出している丘陵を取りまくように、同様な泉質のものが分布するという地理的關係ともあわせれば、この中央丘陵およびその内陸への延長上には前述したB地区のものより $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ も $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ もわずかに高い温泉水がもっと浅所に存在し、これが北へは温泉水方向に、南へは西念寺一帯へと流動していると考えるのが妥当であらう。このように考えれば、図9低地部における泉温も説明できそうである。以上から、B地区内で今後さらに温泉開発が進む場合、地区内温泉間の相互影響や浅層地下水の混入量増加という現象をおこすことはあり得るが、それが低地部温泉におよぼす影響はそれほど大きくないと考えられる。

調査域南半部の中央低地部を占めるD地区温泉の化学組成は、前述のようにA地区のものに似ているが、図4・5に見られるように、 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ はわずかに小さく、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ はわずかに高い傾向がある。 $\text{HCO}_3^-/\text{Cl}^-$ はB地区のものとはほぼ同等であるが、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ は高い値を示し、どの系統の水系に属するのかわかりしない。図4・5による限りでは、B地区南縁にあるNo.38, 39, 40と同泉質とも見なせるようで、B系統とC系統とが龍門神社付近で合流し、さらに薄められてこの一帯に分布しているとも考えられる。

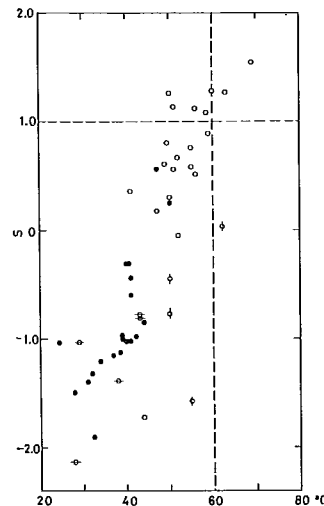


図10  
炭酸カルシウム飽和度Sと湧出温度の関係

### 3-6 温泉水の炭酸カルシウム飽和度

別府温泉や地域での従来の調査によるば、<sup>(7)</sup>SO<sub>4</sub><sup>-</sup>イオンをあまり含まない高温の温泉では炭酸カルシウム沈澱物が析出して揚湯管を閉塞し、採湯上の障害となることが多い。本地域のB地区温泉はそのような泉質に似ており、実際に、No27泉では若干の炭酸カルシウムと思われる沈澱物の析出が観察された。これまでの結果では、炭酸カルシウム飽和度が1.0以上、泉温が60°C以上のものに析出する傾向があったので、図10には横軸に湧出温度、縦軸に飽和度をとって各温泉での値をプロットした。点線は上述の沈澱物析出限界を示し、右上の部分がおそれがあると考えられる範囲である。

A・C・D地区のものは、ほとんど不飽和状態にあり、これらの地区では炭酸カルシウムによる障害のおそれはない。一方、B地区のものはほとんどが過飽和で、そのうちNo27を含む高温・高化学成分濃度の3例が沈澱物析出の範囲にある。このように、別府南部域の温泉に比べると、現在の温泉採取状態を続ける限り、沈澱物付着のおそれは少ないと云えるが、3例のようなものもあるので、将来の開発にあたっては、このことを考慮しておく必要があろう。

### 4. 総 括

この10年間に開発された内竈地区の温泉の調査を行ない、次のようなことが明らかとなった。

1. この地区の温泉は、その化学組成の特徴から以下の4つの水系に分けられる。

- A：温水・古市から西念寺付近一帯のもの。
- B：竈門神社付近およびその北西側丘陵のもの。
- C：野田から新川沿いに国立病院付近までのもの。
- D：浜田付近に至る低地部のもの。

2. AとB地区のものは、従来の亀川温泉に比べHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>が高く、SO<sub>4</sub><sup>-</sup>/Cl<sup>-</sup>の低い別府南部域の海門寺付近の温泉と似た泉質を持ち、B地区の地下にはかなりの高温泉源が分布する。

3. C地区のものは、柴石-野田系の硫酸酸性の温泉水が中和されたものである。

4. D地区のものは、B地区とC地区のものが混合した温泉水と考えられる。

5. 全域につきほぼ中性で、亀川温泉に比べCl<sup>-</sup>量に対するNa<sup>+</sup>量が多い。

6. B地区の温泉には炭酸カルシウム沈澱物を析出する泉質のものがあり、将来の開発にあたっては、このことを考慮する必要がある。

7. B地区における開発が従来の低地部温泉におよぼす影響は少ないであろうと考えられる。

8. Cl<sup>-</sup>、炭酸成分あるいはF<sup>-</sup>などの間の関係や分布状態は、これらの起源に関して、別府南部の田の湯や海門寺地域と似た状態を推定させ、今後の研究が期待される。

終りに当り、本調査に御協力いただき、御助言を与えられた九大温泉治療学研究所古賀教授に深く感謝をささげる。

### <参 考 文 献>

- 1) 軽部末蔵：別府市亀川温泉に就いて、地球物理，7巻2号，pp.149-115，1943.
- 2) 後藤巳興治：別府市亀川温泉に於けるCl<sup>-</sup>，SO<sub>4</sub><sup>-</sup>，HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>分布について，同上，7巻2号，pp.157-165，1943.
- 3) 山下幸三郎・森忠敬：別府市亀川温泉の水系，大分県温泉調査研究会報告，17号，pp.12-17，1966.
- 4) 吉川恭三・志賀史光：大分県下温泉の生成過程(2)別府北部温泉群の生成機構，同上，17号，pp.5-11，1966.
- 5) 吉川恭三・由佐悠紀：別府温泉南部域の炭酸成分，同上，23号，pp.11-19，1972.
- 6) 野田徹郎：別府温泉水中のフッ素，同上，22号，pp.66-74，1971.
- 7) 由佐悠紀：別府温泉の沈澱物(Ⅲ)，同上，21号，pp.13-25，1970.

# 別府温泉の化学成分の特性

## 温泉水中のSbについて

京都大学理学部 山下 幸三郎

### 1 まえがき

SbはAsと化学的には同族の元素で同じ性質を持つ有毒物質の一つである。Sbの温泉水中の溶存量はAsよりは少ないが、他の陸水と比較すれば著しく多く温泉水の特長成分の1つである。一般に沸騰泉のような高温且つ高濃度の食塩泉に多く含まれている。

火山岩中のSbの含有量は極めて少なく、又Asと同様に堆積岩に多く含まれていることから堆積岩中のこれらの成分は温泉水や火山発散物によって供給されたと推論している<sup>1)</sup>。温泉水中のAsやSbについても亦岩漿からの発散物が妥当な供給源であろうとも述べている<sup>2)</sup>。

温泉水中の溶存量にもAsとSbは密接な関係があると考えられるので、調査対象は既に本会第26号に報告したAsの調査を行った温泉を選んだ。又As, Cl<sup>-</sup>, アルカリイオンなども再測し、Sbの溶存量の地域的な特性、Asや他の分析成分との溶存関係などについて考察した。

### 2 分析結果

分析方法は日本ジャーレル・アッシュK, K製の微量砒素測定付属装置ASD-1を用いた原子吸光分析であり、検出限界は5 ppbである。



—図1 調査温泉の分布—

測定温泉の分布を図1に示す。採水は1月27～29日の間である。化学成分濃度が前測定時と大きく変化してない温泉ではAs量も亦変化してない。測定温泉中のSbの最大溶存量はK28の0.17mg/ℓであるが、大部分の温泉は0.1mg/ℓ以下である。K28は他の化学成分濃度が低いにも拘らずSb量が著しく大きいことから別府温泉にはこれ以上の溶存量をもつ温泉があるかもしれない。一方N1, N2, N4, 及びN20では他の化学成分濃度に対してSb量が著しく少なく検出限界以下である。N1, N2ではAs量が他の成分濃度に対して少ないのと同じ原因によると思われる。K1, K4, K8, S2は成分組成から噴気凝縮水とみられSb量は著しく少なくK1を除けば検出限界以下である。測定した温泉には酸性のものやアルカリ性のものがあるが、Sb量とpHとの間に関係はない。

表1 Sbの分析資料 単位mg/ℓ

温泉番号	※温泉種別	pH	Na	K	Li	Cl	As	Sb
K1	F	5.9	50	3.4	0.04	6	0.005	0.025
K3	F・B	8.6	1,000	145	7.4	1,680	1.40	0.073
K4	F	9.1	163	11	0.55	14	0.037	0.005
K5	B	8.5	910	121	6.7	1,510	1.32	0.087
K6	B	8.5	1,050	118	7.4	1,730	1.44	0.083
K7	B	8.4	1,030	128	7.0	1,700	1.44	0.080
K8	F	6.9	19	4.2	0	11	0.004	0.005以下
K9	B	7.0	365	50	2.5	592	0.43	0.016
K11	B	8.0	910	76	5.9	1,440	1.40	0.081
K12	B	8.2	880	115	5.7	1,270	1.08	0.044
K13	F・B	3.5	965	146	6.8	1,510	1.46	0.085
K14	B	8.6	510	60	3.7	683	0.68	0.029
K15	B	8.3	965	109	6.2	1,440	1.36	0.042
K16	H	7.8	610	64	4.0	833	0.92	0.038
K17	F	8.0	470	41	2.7	420	0.32	0.008
K18	F・B	2.8	545	116	3.0	787	0.64	0.064
K20	B	4.0	1,260	171	7.5	2,050	1.80	0.080
K21	B	3.4	1,160	178	7.1	1,850	1.22	0.070
K22	B	4.0	1,540	230	9.0	2,450	2.36	0.073
K23	B	3.7	1,270	201	7.7	2,030	1.96	0.092
K24	B	3.7	1,270	198	7.8	2,040	1.66	0.075
K25	B	3.7	1,130	168	7.3	1,740	2.08	0.15
K26	B	3.0	1,230	178	9.0	1,920	1.96	0.079
K27	B	3.5	1,170	181	7.1	1,850	1.92	0.10
K28	F	8.0	460	62	2.4	547	0.70	0.17
K30	B	4.1	1,080	152	7.2	1,660	1.76	0.065
K31	F・B	8.6	340	43	2.8	381	2.08	0.070
K32	H	8.8	555	59	3.2	705	1.08	0.040
K34	B	9.3	670	90	4.0	845	0.80	0.032
K35	B	4.4	1,110	157	6.3	1,590	1.72	0.11
K36	B	8.3	765	108	4.6	1,090	1.14	0.066

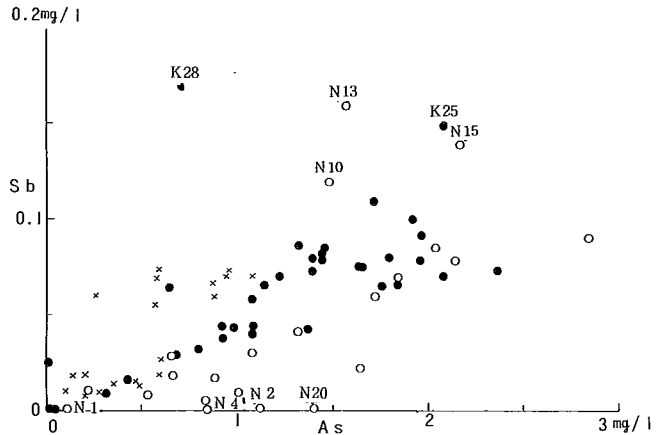
温泉番号	※温泉種別	p H	N a	K	L i	C l	A s	S b
K37	B	3.9	1,080	154	6.0	1,570	1.84	0.067
K38	B	7.4	1,050	151	6.2	1,500	1.64	0.076
K39	B	9.5	700	67	4.3	825	0.98	0.043
K41	B	9.5	450	32	2.8	543	0.92	0.044
K43	B	8.2	710	88	3.7	1,030	1.08	0.058
N 1	H	3.1	255	53	1.3	367	0.11	0.005以下
N 2	H	2.5	650	127	3.5	1,010	1.12	0.005以下
N 3	B	2.8	615	117	3.2	897	1.00	0.010
N 4	H	7.2	450	75	1.9	556	0.84	0.005以下
N 5	B	8.2	820	105	4.4	1,070	1.72	0.060
N 6	B	8.8	380	44	2.3	324	0.96	0.029
N 7	B	8.5	675	95	4.2	780	1.84	0.070
N 9	B	6.9	920	140	5.7	1,290	2.04	0.086
N10	H	8.6	515	56	3.1	642	1.48	0.12
N11	H	8.4	160	23	0.95	254	0.22	0.010
N13	B	3.6	925	143	5.3	1,460	1.56	0.16
N14	B	8.5	1,350	144	7.0	2,090	2.84	0.091
N15	B	8.7	1,070	113	5.9	1,570	2.16	0.14
N17	H	8.3	565	52	2.9	722	0.88	0.017
N18	H	8.1	515	46	2.4	688	0.86	0.005
N19	H	8.5	475	37	2.4	615	1.64	0.022
N20	H	8.2	815	57	3.5	1,200	1.40	0.005以下
N21	H	8.2	625	46	3.5	856	0.66	0.018
N22	H	5.4	1,000	127	7.0	1,550	1.32	0.041
N23	H	8.1	670	44	4.2	1,010	1.08	0.030
N24	H	8.5	300	58	0.95	415	0.53	0.008
S 1	F・B	9.6	435	48	3.6	353	0.56	0.054
S 2	F	9.4	190	19	0.85	42	0.008	0.005以下
S 3	B	9.8	350	33	3.0	241	0.58	0.069
S 5	B	9.3	290	27	2.5	127	0.14	0.008
S 6	B	9.0	230	26	2.0	103	0.010	0.010
S 7	B	8.6	380	38	3.4	353	0.26	0.060
S 8	B	9.2	520	53	4.0	644	0.88	0.067
S10	B	8.4	515	56	4.5	788	1.08	0.070
S12	B	9.0	565	58	4.9	781	0.95	0.073
S13	H	8.9	400	31	3.6	405	0.59	0.018
S14	H	8.6	290	21	2.8	292	0.28	0.010
S15	H	8.3	350	40	3.1	385	0.49	0.013
S16	H	7.6	275	35	2.1	247	0.36	0.014
S17	H	7.4	192	24	1.6	169	0.20	0.008
S18	H	7.2	189	21	1.4	130	0.21	0.019
S19	H	8.8	380	21	3.3	410	0.74	0.070
S20	H	8.3	315	28	2.6	257	0.60	0.026
S22	H	7.7	285	18	2.2	189	0.47	0.015
S23	B	9.1	365	22	3.1	316	0.59	0.074

※ F：噴気 B：沸騰泉 H：熱水湧出の温泉 F・B：熱水量が少なく噴気か沸騰泉か区別のでき  
ないもの。

### 3 成分相互間の関係

温泉水中のAsとClやアルカリ金属などのイオンとの溶存関係からAsの温泉水中における行動を知ることが出来た。したがって同じ性質を持つSbについても同様な関係を求めた。

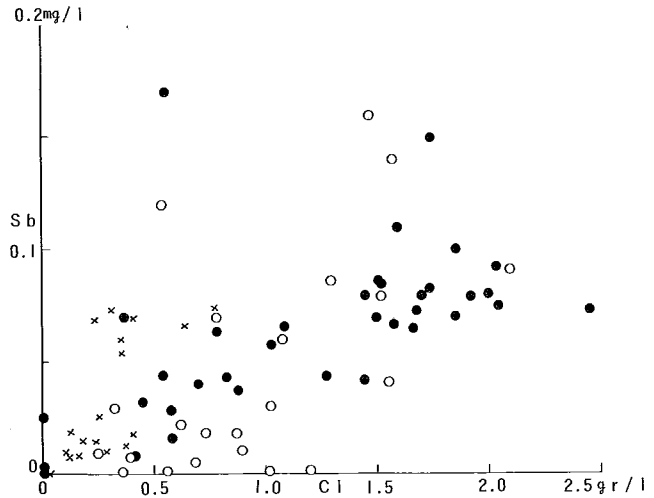
図2はSbとAsとの溶存関係を示す。Sbの異質な値を示す数口の温泉を除けば乱れてはいるが全体的にはAsの多い温泉程Sbも多く両者の間に相関があると思われる。As量が1.5mg/lまでの間では両者の間には一次関係が認められるが、1.5mg/l以上ではSbは増加しない傾向がある。両者の関係に可成りの乱れがあるのはSbがAsと同じ性質であると云っても詳細な性質では違いがあり、又溶存量が少ない場合は湧出過程における物理的・化学的条件や地質環境などの僅な相違が溶存量に大きい影響をあたえるのではないかと思う。



—図2 Sb—As—

● 鉄輪・鶴見地区  
○ 亀川・北石垣地区  
× 別府南部地区

K28、N13、K25、N15、N10は他の温泉に比較してAs量に対してSb量が異常に多く、一方N1、N2、N4、N18、N20はAs量に対しSb量が少なくN18を除けば検出限界以下である。特にSb量の多いK28は熱水量が少なく噴気井と思われるが、分析結果は他の噴気井、例えばK8、K4などと比較して高濃度であり、蒸気の凝縮水のみではない。又白色粘土を噴き出している。採取したのは蒸気溜りの底部に溜った熱水でありこのような特異な条件によって溶存量が増加した疑いがある。

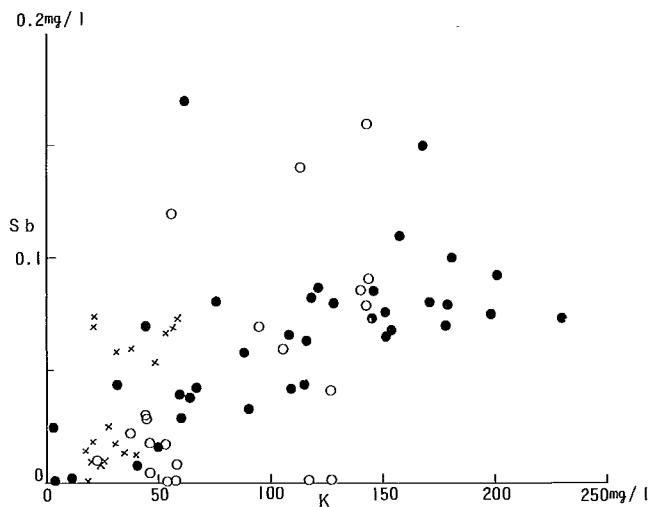


—図3 Sb—Cl—

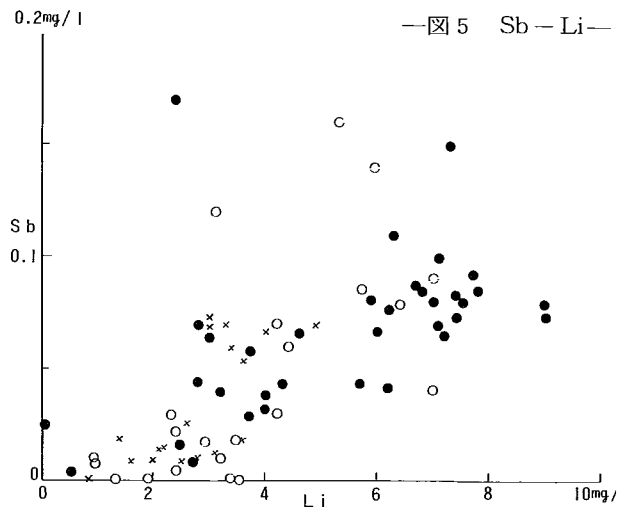
溶存関係の地域的な特長は亀川の血の池地獄附近、北石垣地区ではSbの溶存量が少なく、又別府南部地区の沸騰泉ではAsに対して多い傾向があるが、Asのような明確な地域性は認められない。

Cl、K、Liなどのイオンとの溶存関係を図3、4、5に示す。SbとClとの関係(図3)ではAsとClの関係に類似しているが、北石垣地区の温泉ではSb量が少なくSb/Clが著しく他地区より小さくAs/Clとは逆の関係にある。しかし地域的な特性はAsのように明確でない。

SbとK、SbとLiについての関係では全体的な様相はAsの場合と類似しているが地域的な特性は認められない。



—図4 Sb-K—



—図5 Sb-Li—

#### 4 まとめ

前述のように温泉水中のSbの溶存量は他の陸水に比較して著しく多く、表1に示すように地下水が少なく次いで河川水・海水である。温泉水の最大は約1 ppmであろうと云われている。

表2 火山岩・陸水・海水のSb含有量及びSb/As (重量比)

種 別	火山岩	河川水	地下水	海水	別府温泉
Sb (ppb)	100~200	0.05~0.08	0.01~0.06	0.2~0.6	~170
Sb/As	0.13	0.27	0.11	0.15	0.062

河川水のSb/Asは火山岩の値より大きく、地下水、海水では略等しい。別府温泉では火山岩の値より大きい温泉もあるが平均的には火山岩の約1/2である。

分析結果で示されたように温泉水中のSb量はAsに比較して広い範囲で変化することは温泉中の湧出過程において岩石からの溶出や変質鉱物の生成により取りこまれるなどの関係によると思われる。



地熱地帯において見出される As や Sb を含む変質鉱物は主として硫化物であると考えられ、この種変質鉱物の生成が流動する熱水中の溶存量を大きく左右するであろう。

高橋〔1963〕<sup>4)</sup>は東北地方の熱水性鉱床について硫化物中に含まれる微量成分を分析し、その行動について地球化学的な考察を行った。その結果によれば硫化物中の As や Sb は黒鉱タ石や白土鉱床中に多量に集積され特に土畑鉱山（岩手県）の白土鉱床中にある黄鉄鉱中には As 5,000ppm, Sb 2,500ppm の集積がある。Sb/As は 0.5~2.0 と火山岩の含有量比と比較して Sb が多量に集積している。尚これら微量成分の含有量はこれら成分のハロゲン化物の沸点に関係のあることが示摘されている。黄鉄鉱は地熱地帯では浅部から深部まで普遍的に存在する変質鉱物で、この種鉱物の生成時における As や Sb が取りこまれる物理的・化学的な条件と地質環境が熱水中の溶存量を大きく変化させる原因と思われる。

亀川の柴石や血の池地獄の熱水では Sb が著しく少なく検出されなかった。As も亦他の温泉と比較して溶存割合が小さい。ここでは多量の鉄華の沈積があり、鉄華中には多量の As が含まれていることが見出されている。この鉄華について As 及び Sb を再測した結果を表 3 に示す。

表 3 柴石、血の池地獄鉄華の As, Sb 含有量

所在地	As (ppm)	Sb (ppm)	Sb / As (重量比)
柴石鉄華	8,900	36	0.004
血の池赤泥	4,070	180	0.044

表 3 によれば、Sb/As は別府温泉の平均値（表 2 参照）より小さく特に地表上で沈積した柴石の鉄華は血の池地獄の地下で沈積した赤泥より小さい値を示す。したがって熱水中の Sb は地下の深部において離脱し、浅層部では既になくなっていったと推察される。又 Sb と As との溶存関係（図 2）において明確ではないが As の高濃度の温泉において Sb は増加せず殆んど一定量を示すことも、両者の地下における行動の相連を指示していると思われる。

以上の結果から温泉水中の Sb は温泉水の流動する過程における壁岩からの溶出と変質鉱物の生成による離脱の有無が溶存量を変化させる原因であると思われる。又温泉水中の As は壁岩からの溶出で供給が可能であることが結論されている<sup>3)</sup>。したがって Sb も亦 As との溶存割合からみて壁岩からの溶出で十分供給出来ると推察される。

### 参 考 文 献

- 1) K・H・Wedepohl. Handbook of Geochemistry, II - I (1969)
- 2) White, D・E: Hydrology, Activity, and Heat Flow of the Steamboat springs Thermal System, Washoe County Nevada, (1968)
- 3) 山下幸三郎: 別府温泉の化学成分の特性 (温泉水中の As の起源について)、大分県温泉調査研究会報告、第 26 号、(1975)
- 4) 高橋清: 硫化物中の微量成分の地球化学的研究 (とくに東北日本内帯鉱床区の鉱床について) 地質調査所報告、199、(1963)

# 別府南部温泉地域への海水浸入

京都大学理学部 吉川 恭三  
北岡 豪一

## 1. まえがき

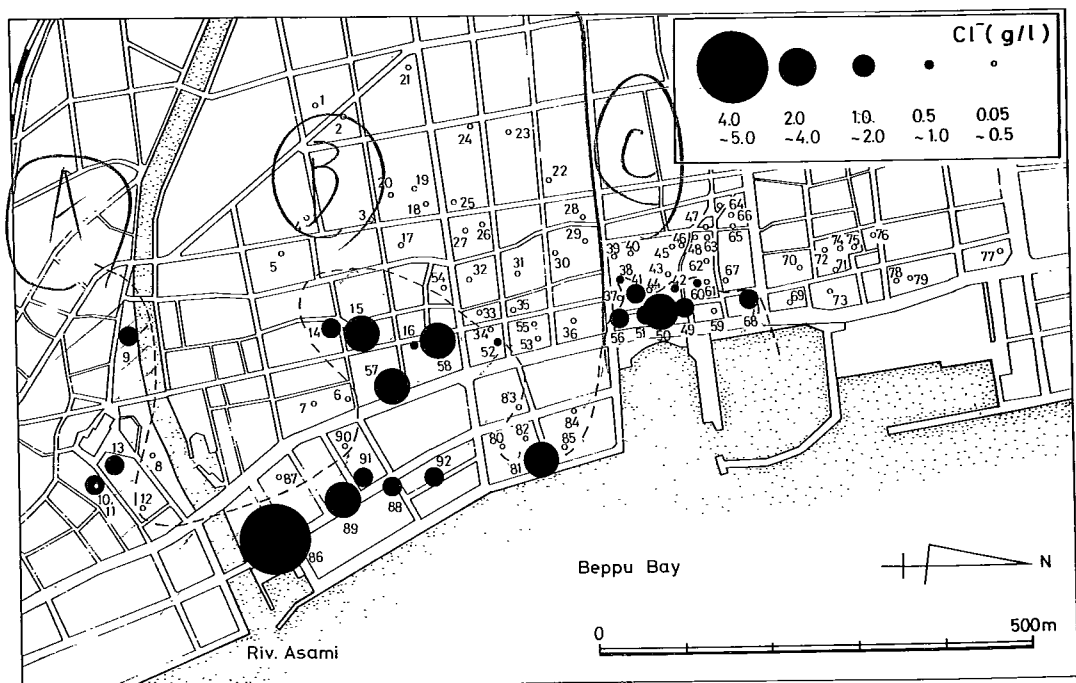
別府南東部海岸地域の温泉は、その一部で海水の混入を受けていることが知られている。この地域を含む、旧市街地温泉の化学成分に関する調査は、1926年の山下・木戸・丸田による $\text{Cl}^-$ 量分布にはじまり<sup>1)</sup>、その後、1946年以来、海水浸入域の拡大に注意が払われつつ、主として $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 成分の測定が繰り返されてきた。<sup>2)-5)</sup> 1963年には、海水浸入域温泉の主要化学成分が分析され、浸入海水の陽イオン交換による変質の過程につき検討が行われた。<sup>6)-7)</sup>

それらによると、海水浸入域は、大正末期には朝見川以南の一部に限られていたが、1946年には旧別府港付近まで大きく広がっていることが見出され、その後、多少の変動を伴いながらも、全体としては浸入状態に大きい変化が認められなかった。そして、前回の調査から13年経過した後の浸入状態を調べるため、海水浸入域であった区域の全湧出口と、その周辺につき、従来の調査と同じ季節に採水し、主要化学成分の分析を行った。

## 2. 調査結果

1976年7月20日から8月6日にかけて調査採水した、計92源泉の大部分は、動力揚湯泉であり、

図1 調査温泉口の位置および $\text{Cl}^-$ 量（数字は末尾の表の番号）



自噴泉は調査口数の約3割にあたる28口であった。pHと $\text{HCO}_3^-$ 濃度は採水当日実験室で測定し、 $\text{Cl}^-$ 濃度はモール法で、各陽イオン濃度は原子吸光法により、後日定量した。その分析結果を末尾の表に示し、その備考欄には、各源泉の地番、および所有者または使用者名を記した。この地域の温泉水は、いずれも中性、またはそれに近いもので、泉温の平均は $49.5^\circ\text{C}$ 、最高は $63.5^\circ\text{C}$ である。図1は、測定された $\text{Cl}^-$ 濃度を円の大ききで分類して各湧出口の位置に図示したもので、図中の数字は、末尾の表の番号に対応する。 $\text{Cl}^-$ 濃度は、 $0.2\text{g}/\ell$ 程度以下と、 $0.4\text{g}/\ell$ 程度以上とに分けられ、その中間濃度を持つ温泉水は極めて少なく、その地理的分布からみても、前回同様に、 $0.5\text{g}/\ell$ 以上の $\text{Cl}^-$ 濃度を持つ温泉水が海水の混入を受けていると定義しても差しつかえない程度である。しかし、海水浸入域内の温泉でも、その $\text{Cl}^-$ 濃度はさまざまで、等濃度線を引けるような状態ではなく地下に浸入海水が存在しても、井戸の深度、構造や、揚湯の方法により、各源泉で採取される温泉水の $\text{Cl}^-$ 濃度が大きく異なることを示している。ここでは、そのような採湯状態による複雑さを省き、上記濃度以上の $\text{Cl}^-$ 濃度を含む湧出口を機械的に囲み、その内部を海水浸入域と定義する。

こうして求められた海水浸入域の、過去50年間の変遷状態を見るため、調査分析資料を再度地図上にプロットして、上記方法により当時の浸入コンターを描き、そのうち、1926<sup>1)</sup>、1950<sup>3)</sup>、1963年<sup>6)</sup>と今回の結果について示したのが図2である。なお、1950年には埋立地南東部海岸の一部に $0.5\text{g}/\ell$ 以下の地区が示されているが、その連続性を確かめるだけの資料がないため、コンターによる表示ではその部分を省略した。この図から、海水浸入域は、1926年には最南部の朝見川以南に限られていたが、1950年には埋立地ほぼ全域を含むように拡大しており、1963年には旧別府港付近まで達し、今回はさらに北進して旧壺潮泉を含み、楠町の一部にまで拡大したことが見出される。内陸方向への進展はそれほど顕著ではなく、松原公園付近でわずかにみられる程度である。

一方、秋葉通りから中浜通り付近に残された非浸入地帯は、その形状を変えながらも依然として

保存されており、その地区にはNo.84源泉のように $\text{Cl}^-$ 濃度が前回の $6.8\text{g}/\ell$ から $0.19\text{g}/\ell$ に低下したものもある。このような低濃度化は大字浜協のNo.6、No.7源泉などにもみられ、一方、この低濃度化温泉に近接した地区の温泉で、 $\text{Cl}^-$ 濃度の著しく増加しているものもある。また、過去に浸入を受けていた、朝見川左岸の国道10号線以西の地域や、埋立地内のなかよし公園付近、旧高砂ホテル付近では、温泉口がなくなり、 $\text{Cl}^-$ 濃度の確認ができなかったため、浸入コンターが従来に比べてかなり変形したものとな

図2 海水浸入域の変遷

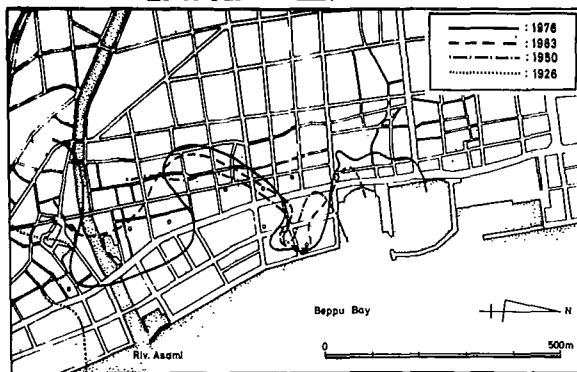


表1  $\text{Cl}^-$ 濃度 $0.5\text{g}/\ell$ 以上の温泉口数の変遷

調査年	調査口数	$\text{Cl}^-$ 濃度( $\text{g}/\ell$ )別の頻度(口数)				最高 $\text{Cl}^-$ 濃度 ( $\text{g}/\ell$ )
		0.5~1.0	1.0~5.0	5.0以上	計	
1926 <sup>1)</sup>	226	5	6	1	12	5.57
1950 <sup>3)</sup>	602	6	22	2	30	7.59
1958 <sup>5)</sup>	232	8	20	3	31	7.54
1963 <sup>6)</sup>	54	9	17	6	32	11.80
1976	92	5	19	0	24	4.96

った。表1は過去の調査資料<sup>1),3),5),6)</sup>から、 $\text{Cl}^-$ 濃度  $0.5 \text{ g} / \ell$  以上を含む温泉口数と、 $\text{Cl}^-$ 濃度別の頻度についてまとめたものである。その年の調査目的により調査口数は異なるが、海水浸入域には常に注意が払われていたので、この表は海水の混入を受けていた口数を大体表わしていると思われる。 $\text{Cl}^-$ 濃度  $0.5 \text{ g} / \ell$  以上の口数は、1950年から1963年まで横ばいであったが、今回はかなり減少している。また $\text{Cl}^-$ 濃度が  $5.0 \text{ g} / \ell$  以上の高塩分を示す口数も、1963年までは増え続けていたが、今回の最高 $\text{Cl}^-$ 濃度は $4.96 \text{ g} / \ell$ で、大部分は  $3 \text{ g} / \ell$  以下に属し、高塩分の温泉が消えている。これらは国道10号線の拡張や、土地利用方法の変化により、近年、この海水浸入域での温泉口数や採取量が減少の傾向にあることを示すものである。

温泉水層中への海水の浸入は、すでに指摘されているように、市街地温泉の採湯による水圧低下が原因であることは明らかだが、今回見出された浸入域の拡大を、さらにこの現象の継続とみなすべきか、または、浜脇方面から地層中へ浸入する海水の供給量にはあまり変わりがなく、過去の浸入域内での混入海水の採取量が減少すれば、それだけ浸入域が拡大するというような状況にあるのか、そのいずれの原因も考えられ、現状ではその判断を直ちに下すことはできない。いずれにしても、海水浸入域の拡大は、温泉利用の面に大きい影響を及ぼすものであり、今後も注目して見守る必要がある。

また、この海水浸入が一見、海岸線に平行に北進を続け、内陸方向にはあまり進展がみられない原因として、あるいは浸入域前面を限るような海側落ちの断層（朝見川断層にほぼ直角の方向）があり、その境界面のや、深部に不透水性の粘土層を形成しているのではないかとの推定も可能である。このような断層の存在は、別府湾に見られる陥没地形の形成を考える上にも好都合であり、その確認が今後の問題として残される。

### 3. 海水混入温泉の化学組成

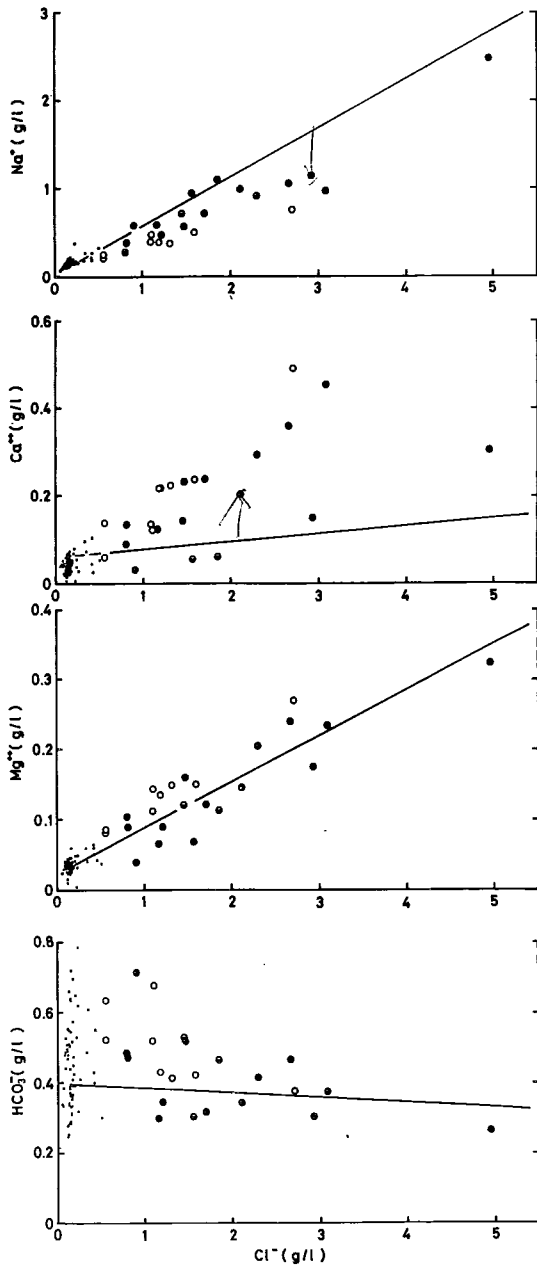
考察の便宜上、調査域を朝見川と、秋葉通りで地理的に3区分し、南より a, b, c 地区とする（前回報告では、大字別府と浜脇に区切られたが、朝見川以北の浜脇地区に海水混入温泉口数が減少したため、今回はこのように地域分けをした）。

全調査温泉につき、 $\text{Cl}^-$ 濃度に各イオン濃度を対応させたものが図3で、 $\text{Cl}^-$ 濃度が  $0.5 \text{ g} / \ell$  以上のものには、a, b, c 地区に対応してそれぞれ●、●、○印で表示し、実線は海水と後記A水系との単純混合を仮想したとき、各イオンがとるべき濃度を表わす。a 地区に属する温泉の各イオンは、ほぼこの直線近くに分布しているので、この地区では温泉水に海水が単純に混合してつくられたと考えてよいような状況を示している。ところがその他の地区では、 $\text{Ca}^{++}$ 濃度の高いことが目立ち、特に新しい浸入域であるc地区においてそれが著しく、これに対応するように $\text{Na}^+$ 濃度が単純混合線より低くなっている。 $\text{Mg}^{++}$ 濃度はばらつきながらも、実線に沿うように分布しているが、c地区ではこの単純混合線より高くなっている。

このような地区的な違いの原因については、前報告で<sup>6)</sup>海水がかって温泉水で満たされていた地層中を通過するうちに、おもに $\text{Ca}^{++}$ 濃度の増加と $\text{Na}^+$ 濃度の減少という、かつての温泉水の陽イオン組成に近づく方向のイオン交換が起こるためとして説明された。すなわち、長く海水の浸入を受けているa地区の地層は、すでに海水との平衡に近づいているため、浸入海水はほぼ原海水の組成比を保っており、浸入の前面に近いところほど浸入海水の受ける組成変化は大きい。このことは、昭和3年に、当時海水浸入の前面付近にあったと考えられる、a地区の海水混入温泉について分析された資料が、現在のb地区のそれに近い組成比を示していたことから裏付けられている。

今回の調査結果を用い、前回と同様の方法で、浸入海水の組成変化を推定する。おもにb地区内に広く分布し、海水が混入する以前の1926年から1933年にかけて分析された、8口の資料から求められた<sup>6)</sup>温泉水の平均組成を、海水浸入以前にこの地域の地層中にあった温泉水の組成とみなし、

図3 Cl<sup>-</sup>濃度に対する各イオン濃度



A水系と呼ぶ。表2はその組成を示し、8口の源泉の位置を図2中に記した。これと浸入海水B水系との混合により、浸入域の温泉水組成が作られるとし、地層中でCl<sup>-</sup>量には変化がないものとして、A、B水系の混合割合を求め、A水系にこの割合で混合して温泉水を形成するためのB水系の陽イオン組成を各温泉について推定する方法である。今回は海水のCl<sup>-</sup>濃度として、別府湾のマリンパレス西方沖合水深約40m海底の海水(1976年11月2日採水、21.1°C)につき測定した、18.42 g/lを用いた。この値は標準海水より約3%低い、それをを用いた前回報告との差は、計算の精度からすれば無視できる。温泉地域に浸入している海水がこの値のものかどうかは分からないが、これと大きく異なることはないであろう。HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度には、ばらつきが大きい、単純混合線付近に分布しているものが多く、低濃度側の海水浸入温泉の一部を除けば、炭酸成分による地層からの溶出の寄与は、イオン交換による影響に比べて小さいと考えられる。A水系として仮定した化学組成は、図3で見る限り、現在の海水浸入域の外側の温泉の平均的な組成と必ずしも一致していない成分もあり、以降の解析にその誤差は含まれると考えねばならない。

この方法で各温泉水に混入しているB水系の陽イオン濃度をそれぞれ求め、総陽イオン量に対する当量百分率をとり、表2に示した海水のそれとの差を求める。この偏差値は、おもに海水が地層から受けたイオンの得失を表わしているとみられそれを図4に示す。ここでプラスは海水組成比より多いもの、マイナスは少ないものを表わす。大体において、Na<sup>+</sup>が失われ、Ca<sup>++</sup>、Mg<sup>++</sup>が得られている状況がみられ、海水からの偏差の大きさは、Na<sup>+</sup>が最も大きく、Ca<sup>++</sup>、Mg<sup>++</sup>、K<sup>+</sup>の順になっていることも、前回報告と同様の結果である。なお、a地区のNo.11、No.13の2源泉で求めた

表2 海水浸入前温泉水の化学組成と海水との比較

		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
A 水系	meq/l	5.4	0.4	3.2	2.7	4.5	6.5	1.2
	eq. %	48	3	26	22			
海 水	eq. %	77	2	3	18			

図4 浸入海水の陽イオン当量百分率の海水からの偏差

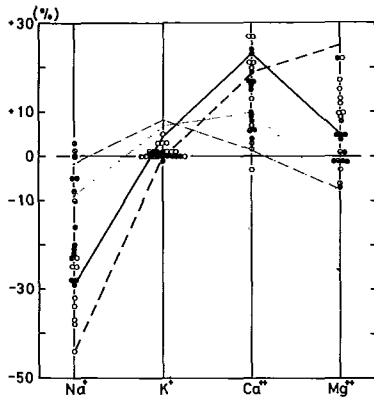
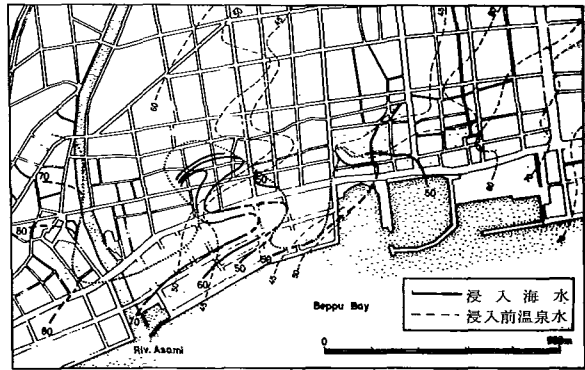


図5 浸入海水および海水浸入前温泉水のNa<sup>+</sup>当量百分率の分布

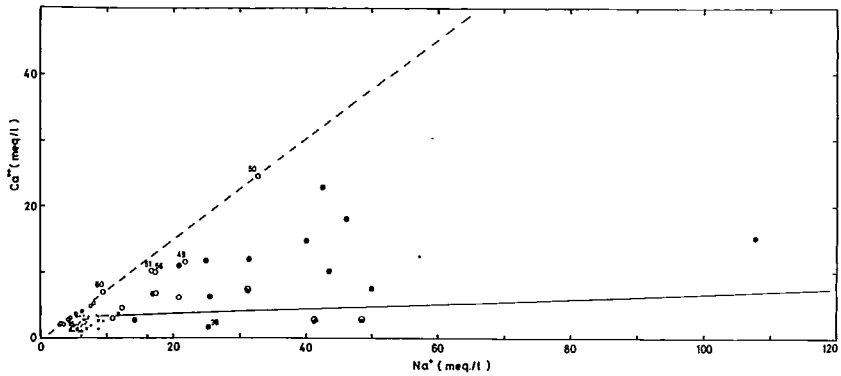


B水系のCa<sup>++</sup>濃度は、計算上負の値となり、これは海水に混合する温泉水の化学組織がA水系として仮定したものと若干異なることによる影響と考え、この2口については、測定された温泉水自身の化学組成の海水組成値からの偏差をとり、図中に⓪印で示した。これらは海水組成に極めて近く、海水が低濃度の地下水で薄められたと考えてもよい程度である。

図5の実線は、B水系の総陽イオン量に対するNa<sup>+</sup>の当量百分率の等値線を表わしたものである。a, b地区では、朝見川以南域でその値が最も高く、北に向かうほど低くなり、海水浸入の前面付近では、A水系の値に近い50%前後を示している。このような全体的な分布状態や数値は、前回求められた結果と大体同様であることから、この両地区の海水浸入の状態は、少なくともこの13年間にあまり変わっていないことを示している。一方、c地区には、その海岸側で40%前後と、A水系の値よりかなり低い値を示す地帯があり、それに近接する内陸側にはNo.38源泉のように特異的に高い値を持つものもあるため、浸入前面付近でB水系の組成がA水系に近づくとした前報からの推論に矛盾しているようにみえる。図4に示した、各温泉における偏差が、前回は実線で示したA水系の偏差以内にはほぼ収まっていたにもかかわらず、今回はこの枠からはずれ、Na<sup>+</sup>がマイナスに大きく、Mg<sup>++</sup>がプラスに大きいもののがかなりあり、これらはいずれもc地区に属している。そこで、この原因は、新規海水浸入域におけるA水系の標準のとり方によるものと考え、過去の分析書からc地区の海水浸入域内にあり、浸入以前の、たとえば、1965年の旧清和荘源泉の分析値について、海水からの偏差を求めてみると、同図中に破線で示したように、この地区のばらつきを包含するような組成を持っていることが分る。

そこで、浸入海水の陽イオン組成比の変化に対する、海水混入以前の温泉水組成の影響を調べるため、海水浸入域については浸入以前の、過去の分析資料<sup>6), 8), 9)</sup>をできる限り多く用いて、各温泉水の総陽イオン量に対するNa<sup>+</sup>の当量百分率の地理的分布を求めると、その等値線を図5に破線で示したように、ほぼ東西方向のかなり明瞭な脈状分布が得られ、その45%以下のものは、流川通りから中浜通り付近の一带に分布している。これと実線で示したB水系のNa<sup>+</sup>%分布と対比してみると、両者の間に関連のあることは明らかである。c地区のB水系で低いNa<sup>+</sup>%を示す地域では、その値が元の温泉水の値に近くなっており、また、b地区でも、Na<sup>+</sup>%が、浸入の前面では元の温泉水の値に近く、後部になるほどそれより高くなり、より海水組成比に近づいている。このように地域別に検討することにより、浸入海水の陽イオン組成が、浸入の前面に近いほど元の温泉水組成に近づくことが確かめられ、このような広い地域につき、海水浸入以前の温泉水の化学組成をただ

図6  $\text{Ca}^{++}$  濃度と  $\text{Na}^+$  濃度の関係



一つの指標として仮定することに無理のあることが示された。

図6に示すように、各温泉につき、 $\text{Ca}^{++}$ - $\text{Na}^+$ 図を作成すると、非浸入域では、地域ごとに両者の間に直線的な関係がみられ、c地区周辺は○印で示すように、 $\text{Na}^+$ 濃度に対して $\text{Ca}^{++}$ 濃度の最も高い系列をなしており、その他の地区は、これと流川通り以北の $\text{Ca}^{++}$ 濃度に対し $\text{Na}^+$ 濃度の高い温泉群(×印)の系列との間に存在する。そして、c地区の海水混入温泉、No50, 51, 56, 60はほぼ○印系列の延長上にある。その他の地域の温泉も浸入前面に近いものはその属する系列の直線近くに位置し、すべてが最も勾配の大きい○印系列の右側に分布していて、それより $\text{Ca}^{++}$ 濃度の高いものがみられないことが注目される。これは、 $\text{Ca}^{++}$ 濃度の増加に上限が存在していることを示し、その上限は海水浸入前の元の温泉水の組成によって規定され、浸入海水に対するイオン交換の限界を示しているものと思われる。

なお、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 濃度に比べて、 $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 濃度が非常に低い特異な組成をもつNo38源泉(図3, 図6に⊙印で示した)については、A水系の組成を推定することが難しいため、温泉水自身の海水からの偏差をみることとし、図4に現在の状態を示した一点鎖線と、1974年5月の分析値(掘削2ヶ月後に分析されたもので、 $\text{Cl}^-$ 濃度は現在の半分以下の $422\text{mg}/\ell$ )から求めた点線とを比べてみると、幾分 $\text{Na}^+$ 量の増加、 $\text{Ca}^{++}$ 量の減少という逆の現象がみられるが、海水の混入がはじまってもその組成には大きい変化が起こっていない。この特異な泉質の推移について今後も注目してゆきたい。

#### 4. $\text{Li}^+$ 量について

熱水性の沸騰泉水中には、 $\text{Li}^+$ が多く含まれているが、海水中の量は少なく、濃度に2桁の違いがあること、また、別府市街地などの一般温泉では $\text{Cl}^-$ 濃度との間に一次的関係がみられることなどから、温泉水中の $\text{Li}^+$ 濃度は、高温熱水の寄与のほか、海水混入の確認に有効な成分とされている。<sup>10),11)</sup>そこで今回、主要成分量とともに $\text{Li}^+$ 量も分析した。非浸入域の温泉では、 $\text{Cl}^-$ 濃度が高いほど $\text{Li}^+$ 濃度の高い一次的な関係がみられ、最高は $1.4\text{mg}/\ell$ 程度であるが、海水の混入を受けている温泉では、この一次的関係からはずれ、 $\text{Cl}^-$ 濃度の高い割には $\text{Li}^+$ 濃度がそれほど高くなっていない。これは山下の結果<sup>10),11)</sup>と同様で、 $\text{Cl}^-$ 源の違いが反映されている。しかし、a地区を除き、海水混入温泉の $\text{Li}^+$ 濃度は、 $0.9\text{mg}/\ell$ 以上、最高 $2.6\text{mg}/\ell$ と、非浸入域の温泉よりも高くなっており、温泉水と $\text{Li}^+$ 濃度の低い海水( $0.18\text{mg}/\ell$ 程度)との混合過程で、 $\text{Li}^+$ は保存的に行動しないことを示し、この成分にも地層との相互作用が伺われる。

終わりに、御指導と御助言をいただいた京都大学理学部地球物理学研究施設の山下幸三郎助教授、由佐悠紀博士、採水の労を尽くされた大分大学教育学部の学生諸氏、また別府湾海底の海水を提供

されたマリーーンパレスの高松史朗館長に深く謝意を表する。

<参 考 文 献>

- 1) 山下逸二郎・木戸隆・丸田頼三：別府市内温泉のクロール量分布（大正15年7月調査），地球物理，1，2，pp. 89～93（1937）。
- 2) 吉川恭三・軽部末三：別府温泉のCl量分布の変動について，同上，8，2～4，pp. 55～65（1950）。
- 3) 吉川恭三：化学二成分より見たる別府市街温泉の水系，大分県温泉調査研究会報告，2号，pp. 53～73（1951）。
- 4) 吉川恭三：別府温泉に於ける海水汚染調査報告，同上，4号，pp. 1～3（1953）。
- 5) 瀬野錦蔵・吉川恭三：別府市内温泉の化学成分長期変化に関する調査報告，同上，10号，pp. 15～24（1959）。
- 6) 吉川恭三・志賀史光・岩上寿子：別府海岸部における温泉の化学組成，同上，15号，pp. 6～14（1964）。
- 7) 吉川恭三・志賀史光・岩上寿子：同上（その2），同上，16号，pp. 27～31（1965）。
- 8) 九州大学温泉治療学研究所，大分県公害衛生センター（衛生研究所）：大分県温泉調査報告温泉分析書（年刊）。
- 9) 木戸隆・丸田頼三：別府市内温泉分析表，地球物理，1，1，pp. 73～77（1937），由佐悠紀・川村政和：化学成分からみた別府市中央部の温泉，大分県温泉調査研究会報告，22号，pp. 55～65（1971）など。
- 10) 山下幸三郎：別府旧市内温泉のLi<sup>+</sup>量の分布と水系について，同上，16号，pp. 44～47（1965）。
- 11) 山下幸三郎・森忠敬：別府市亀川温泉の水系，同上，17号，pp. 12～17（1966）。

温泉水の分析結果（単位：mg/ℓ，採水：1976年7月20日～8月6日，S：自噴泉）

No	泉温℃	RpH	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	備 考
1	43.0	6.9	0.90	218	35	51	35	173	679	浜3578-1 東 義 雄
2	41.0S	6.9	0.80	153	18.2	42	25	171	367	3587-9 みねや旅館
3	45.5S	6.7	0.83	145	15.2	40	25	162	367	3591-16 明石陶器店
4	49.0	7.5	0.79	160	20	47	30	183	425	3592-2 大光ビル
5	55.0S	6.8	1.18	271	34	25	50	422	551	3598-3 旅館一力
6	39.8	7.5	0.62	130	11.3	31	22	149	288	3647-33 新光商事
7	43.0	7.3	0.64	141	13.1	35	26	161	335	3647-34 行成一男
8	39.0	7.7	0.29	133	12.6	17.0	16.0	118	278	3740-12 首藤成男
9	48.5	7.5	0.53	721	61	143	121	1,450	530	3779-13 旅館新玉
10	35.5	7.8	0.20	141	10.0	6.5	10.3	115	246	3996-2 旅館越水（浅）
11	37.5	7.9	0.23	957	47	57	68	1,560	304	" （深）
12	35.2	7.2	0.30	132	9.8	14.6	15.2	124	253	4009-2 大連館
13	42.0	7.2	0.32	1,110	53	62	113	1,850	466	4015-1 旅館泉丈
14	50.8	7.0	1.90	571	55	233	159	1,470	516	別 25-1 小松屋松原支店
15	49.2	7.1	1.23	1,150	55	150	175	2,930	305	30-2 垣迫医院
16	50.0	7.0	1.47	390	32	134	89	807	472	46-2 丸山荘



17	52.0S	6.8	1.02	133	17.6	42	38	174	450	63-5	辛島商店
18	55.8S	6.6	0.98	130	17.9	28	40	177	472	65-2	堀内金物店
19	—	7.9	0.84	127	15.6	21	30	164	360	66-3	永石ガレージ
20	51.8S	6.8	0.86	137	18.0	45	31	170	392	66-4	藤野仁志
21	47.8	7.5	0.70	123	15.1	40	25	151	331	71-8	永石温泉(男湯)
22	49.2S	6.4	0.86	107	13.8	26	58	166	410	111-39	ありたや食器部
23	42.8	6.5	0.74	106	—	23	33	138	392	112-7	羽衣温泉
24	44.0	7.1	0.73	116	10.7	40	27	156	309	114-9	滝本力太郎
25	44.9S	6.7	0.71	102	10.3	42	29	152	305	116-3	大平孝良
26	57.0S	6.5	0.99	125	17.7	73	46	161	517	120-9	吉井医院
27	45.5	6.9	0.75	105	10.8	44	29	151	283	121-3	平居専門店
28	50.0	6.4	0.80	102	11.8	52	35	159	355	134-9	スガコク商店
29	43.0	6.5	0.53	83	10.5	40	28	74	386	137-2	旅館可扇
30	45.0	6.8	0.73	105	11.0	60	40	117	480	146-2	アイ美容室
31	43.6	6.2	0.72	101	12.2	51	30	129	342	164-2	永松鉄工所
32	42.3S	6.7	0.73	101	9.5	40	26	134	283	177-2	熊谷医院
33	54.5	7.0	1.13	175	20	96	59	330	486	181-13	美鶴荘
34	51.5S	6.5	1.08	185	20	104	63	416	400	181-20	夢殿荘
35	44.0	7.0	0.78	100	9.6	48	32	133	338	181-22	安部栄
36	48.8	6.9	0.81	96	10.5	54	36	137	371	195-1	九州電力
37	53.8	6.5	0.95	145	22	80	47	212	530	223-2	海光病院
38	58.0	7.4	2.01	582	126	33	40	902	712	224-1	小代病院
39	59.0	6.5	1.16	202	41	26	37	150	720	229-1	財前米穀店
40	(44.0)	7.5	0.79	100	11.3	50	34	142	365	233-2	はりま荘
41	52.5S	6.8	1.88	478	99	122	143	1,100	677	237-2	旅館さくら井
42	59.0	6.4	1.43	251	37	59	83	556	633	244-2	永楽屋
43	53.7	6.9	0.77	102	12.6	25	37	140	440	246	矢田平蔵
44	56.5	7.1	1.12	176	28	38	49	227	620	248-2	河合氷室
45	49.6S	6.3	0.64	97	11.8	39	38	88	488	362-3	鳴海クリニック
46	52.2	6.7	0.74	102	12.3	22	39	90	528	365-2	小野剛雄
47	41.0	6.3	0.36	67	9.0	40	23	51	339	367	柳温泉
48	50.2S	6.3	0.86	106	13.1	23	40	123	480	371-2	丸万質店
49	56.0	6.9	2.10	502	90	229	151	1,590	422	376-1	湊屋旅館
50	52.7	7.2	2.64	754	86	490	270	2,710	378	378-2	第一生命
51	55.0	6.4	1.70	384	43	203	149	1,310	412	379-2	和田荘
52	56.8	6.8	1.47	283	29	90	104	798	484	381-4	広寿旅館
53	48.0	7.2	0.80	101	10.9	50	33	154	314	"-17	梅屋旅館
54	55.0	6.4	1.08	208	20.8	45	59	408	429	"-23	松原温泉
55	46.0S	6.4	0.77	101	10.7	53	35	131	385	"-79	田中勝太郎
56	41.2S	7.5	1.45	398	39	197	135	1,180	431	"-91	はりやま旅館
57	52.9	6.9	2.45	1,060	68	359	240	2,670	468	"-101	丸善石油
58	57.2S	6.3	2.08	920	57	293	205	2,300	417	"-116	矢田技工研究所

59	56.5 S	6.5	1.06	177	19.5	66	38	136	661	385-7	旅館 東 菊
60	55.0 S	6.3	1.26	216	28	138	86	558	522	389-1	寿 花
61	(41.5) S	7.7	0.86	111	12.6	20	38	105	508	390-1	松 尾 マ サ
62	56.0 S	6.3	0.89	110	14.7	36	44	115	554	393-3	白 水 館
63	54.5 S	6.4	0.85	107	13.0	31	40	111	496	394-2	和 田 彦 ビ ル
64	41.3	6.4	0.38	71	9.2	42	23	59	336	398	寿 温 泉
65	54.2 S	6.2	0.75	110	14.0	46	30	90	442	409-2	関 芳 旅 館
66	54.2	6.1	0.70	103	13.1	53	34	83	479	410-2	八 千 代 旅 館
67	57.0 S	6.3	0.88	127	16.1	28	32	109	491	426-3	大 津 威 士
68	56.0 S	6.3	1.71	400	56	135	112	1,090	519		大分県物産観光館
69	57.0 S	6.7	1.03	163	20	58	36	126	549	436-2	清 水 荘 支 店
70	57.0 S	6.3	1.06	146	16.8	20	31	135	505	438-3	金 居 商 事
71	60.0	6.6	1.20	194	30	69	41	198	648		竹瓦温泉(男湯)
72	58.5	6.7	1.13	150	22	67	45	144	634		" (男砂湯)
73	54.0	6.8	1.38	271	40	73	40	345	608	592-6	小 松 屋 本 店
74	56.5 S	6.2	1.11	154	17.4	57	33	148	545	596-2	鶴 屋 旅 館
75	(47.5)	6.9	1.01	141	14.4	21	25	110	469	598-3	太 平 館
76	55.0	6.6	1.20	168	20	64	38	167	574	600-6	岡 島 医 院
77	57.5	7.7	1.31	203	26	53	31	144	639	818-65	愛 媛 屋 旅 館
78	55.0	6.7	1.17	163	16.4	28	26	130	511	" -91	豊 和 相 互 銀 行
79	63.5	7.6	1.18	370	59	6.6	4.6	224	786	" -95	富 士 吉 ホ テ ル 別 館
80	47.8	7.3	0.84	148	16.6	55	34	233	319	5235-3	別 府 中 央 青 果 市 場
81	50.2	6.6	2.56	978	119	455	234	3,090	377	" -5	山 海 荘 (新)
82	46.3	6.4	0.90	156	15.6	28	42	254	410	" -13	" (旧)
83	50.0	7.1	0.83	324	24	54	37	497	302	5236-15	豊 州 青 果
84	51.0	7.3	0.88	153	16.8	54	32	193	392	5237-8	旅 館 菊 水
85	47.2	6.4	0.75	112	12.5	45	36	151	396	" -12	渡 辺 隆 治
86	37.5	6.9	1.02	2,480	90	305	323	4,960	264	5240-2	み く に 荘
87	(37.5)	7.6	0.39	117	10.5	20	22	123	279	5242-7	山 東 電 気
88	45.5	7.1	1.21	723	48	238	122	1,700	316	5243-12	武 田 荘
89	41.7	7.0	0.90	1,000	49	203	146	2,110	342	5244-17	い た 井 荘
90	43.0	7.7	0.60	118	10.0	35	24	139	290	5245-16	銀 波 荘
91	43.2	7.6	0.87	587	35	125	65	1,160	299	" -25	米 沢 荘
92	46.0	7.3	1.15	481	43	218	90	1,210	345	5246-8	旅 館 て し ま

# 噴気・沸騰泉の観測

京都大学理学部 由 佐 悠 紀

## 1. まえがき

近年、温泉開発や地熱開発の進展にともない、山岳部地下深層にある高温の熱水や蒸気が直接採取される機会が多くなった。大分県においても、別府温泉や九重大岳・八丁原を中心に深い掘さくが行なわれ、数多くの噴気・沸騰泉が得られている。これらから噴出する熱水や蒸気の熱的・化学的特性は地熱・温泉現象に関する多くの情報を提供するものであり、その観測値の集積が望まれている。

別府温泉山の手に分布する噴気・沸騰泉については、昭和48, 49, 50年に行なわれた調査によって現状が把握された。<sup>1),2),3)</sup> また、それらの資料を基にして、山岳部地下の熱水・蒸気と低地扇状地部に分布する温泉水との関連性が収支的観点から解析された。<sup>3),4)</sup> 一方、九重大岳・八丁原の発電用生産井では、噴出水量や噴出熱量がモニターされている。

しかし、その他の地域に点在する小規模の噴気・沸騰泉については、これまで、噴出する熱水や蒸気の化学組成がいくつか分析されているにすぎず、噴出水量・熱量の観測はまったく行なわれていないといってもよい状態であった。そこで、これらの現状を把握し、資料を得る目的で、前記諸量を観測した。観測はおもに昭和51年10月に行なわれた。用いた方法は、噴出流体のピト一管差圧、温度および密度の測定値から噴出水量・熱量を算出するという簡便な方法である。その中で、密度の測定はもっともむずかしく、いくつかの測器が開発されているが、今回は、手軽に製作でき、使用法も簡単な装置を考案して測定を行なった。

## 2. 測定法

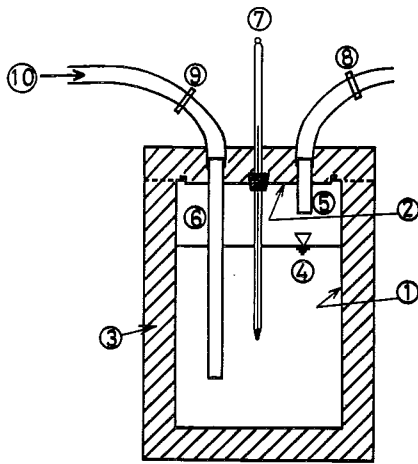
ピト一管差圧・温度・流体密度から噴出水量や噴出熱量を算出する方法については、これまでの本研究会報告に詳しいので、<sup>1),5)</sup> ここではおもに今回用いた密度測定法について述べる。

噴出流体の密度を測定するためによく用いられている方法は、一定容積の噴出流体を採取し、それを吸湿剤の詰まった凝集管に集めて、その重量増加から求めるという、いわば直接的な方法である。そして、噴出熱量を算出するのに必要なエンタルピーは、噴出流体に含まれている熱水と水蒸気が熱力学的平衡状態にあるとして、密度データと蒸気表から求められる。その際、噴出流体中に含まれているCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>Sガスなどはきわめて少量で無視できると仮定されている。事実、化学分析例によれば、ほとんどのものが熱水と水蒸気から成っていると見なして差しつかえない。

上記のような仮定が許されるものとすれば、直接法とは逆に、噴出流体のエンタルピーを測定することにより、蒸気表から密度を求めることができる。これが今回用いた方法の原理であり、熱量計法として文献で紹介してあるが、<sup>6)</sup> 実際に応用した例は、筆者の知る限り、無いようである。

図1に、使用した熱量計の概略を示した。本体は約1,500ccの容量を持つブリキ缶①で、取りはずし可能なはめ込み式の蓋②が付いている。ただし、蓋をしたとき空気が漏れないように密着するものでなければならない。蓋には穴を開けて、2本のアルミ管⑤、⑥と温度計⑦を図のように取り付ける。取り付け箇所には接着材やゴムなどで詰めものをして、すき間が無いようにする。また、アルミ管の一方⑤は短かく、他方⑥は長くし、⑥と温度計⑦の下端は離しておく。2本のアルミ管の上

図1 熱量計



端には約30cm長のゴム管（シリコンゴムが良い）をそれぞれ接続する。別に、本体を入れることのできる断熱材の箱と蓋③を用意しておく。

さて、野外での測定は次のような手順で行なう。

(I) あらかじめ、実験室で断熱材も含めた全体の水当量を求めておく。(m)

(II) 本体の容器に約 1,000 g の水④ (M) を入れて、蓋を固くする。このとき蓋に取り付けてあるアルミ管⑥と温度計⑦は水中に没し、⑤のアルミ管下端は水面より数cm上方にある様にする。

(III) これを断熱材で作った箱③に入れる。

(IV) ゴム管にはそれぞれゴム管バサミ⑧、⑨を取り付け、また断熱材で覆う。

(V) ⑧のゴム管バサミをゆるめ、ゴム管口より空気をできるだけ吸って、ふたたび⑧を閉める。これで缶内は減圧状態にある。

(VI) 温度計⑦を読む。(T<sub>t</sub>°C)

(VII) ピトー管⑩を十分に暖めるため、前もってピトー管を通して噴出口より噴出流体を導いておく。ピトー管もまた断熱材で覆っておく。

(VIII) 図のように、アルミ管⑥の方のゴム管とピトー管を接続し、ゴム管バサミ⑨を開くと、噴出流体は缶内に吸い込まれて流入する。

(IX) 流入が止まったら、装置をピトー管からはずし、よく振って水と噴出流体を混合させた後、温度を読みとる。(T°°C)

(X) 噴出流体流入による重量増加を測る。(ΔM)

T<sub>t</sub>°°Cの水のエンタルピーを*i<sub>t</sub>*, T°°Cのエンタルピーを*i*とすれば、噴出流体のエンタルピー*i<sub>h</sub>*は次式により求められる。

$$i_h = \frac{M+m}{\Delta M} (i - i_t) + i \quad (1)$$

一方、噴出温度と蒸気表より、熱水と蒸気のエンタルピー*i<sub>w</sub>*および*i<sub>v</sub>*を知ることができ、噴出流体のしめり度 *x* が次のように求められる。

$$x = \frac{i_h - i_v}{i_w - i_v} \quad (2)$$

したがって、密度  $\rho$  は

$$\rho = \frac{\rho_w \cdot \rho_v}{x\rho_v + (1-x)\rho_w} \quad (3)$$

ここに、 $\rho_w$  と  $\rho_v$  はそれぞれ熱水と蒸気の密度で、これらも蒸気表から知ることができる。以上により、別にピトー管差圧と噴出口径を測れば、噴出速度、噴出量、噴出熱量などが求まる。

装置全体は、できるだけ水当量が小さく、また熱の損失が少ないように工夫されたが、完全な断熱材を求めることはできないし、噴出流体を装置に導く途中での熱損失も避けられない。そこで、測定手順(I)の水当量の値は、熱損失による相当量を含めた形で求めておくのが適切と考えて、この値を実験室で求める際には、実験条件を野外観測とできるだけ同じ条件にした。得られた今回の装置の水当量は、50~80 g の間にあり、平均値は64 gであった。すべての測定で、ブリキ缶内には1,000 g前後の水を入れておいたので、m値に含まれる誤差の影響はほとんど無視できる。

図2 大分県内の噴気・沸騰泉の位置。陰をつけた範囲は、別府・大岳・八丁原の噴気・沸騰泉群、破線は主要な地質学的構造線

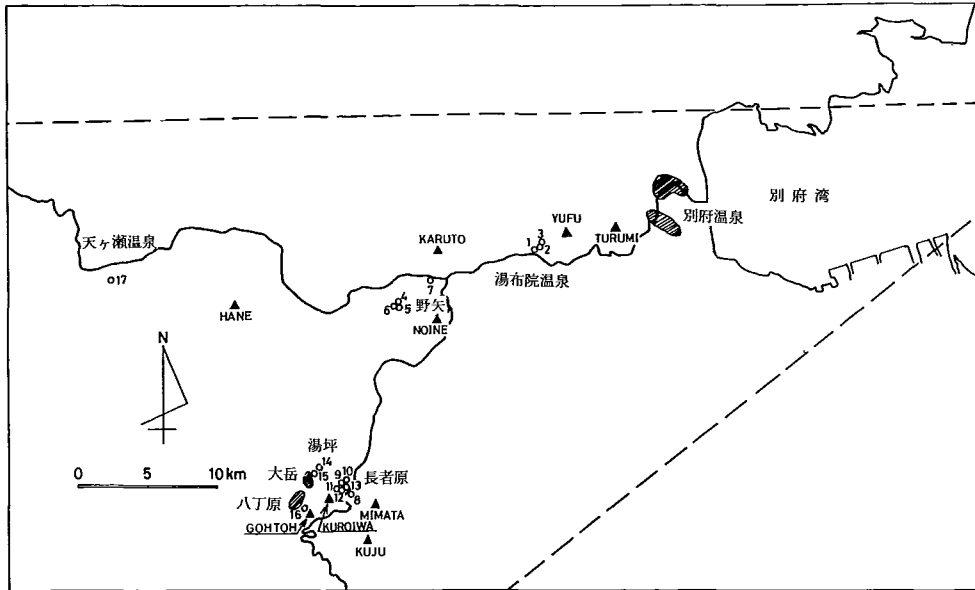


表1 噴気・沸騰泉観測結果

No.	掘さく場所	掘さく終了年月日	深 度 m	噴出口径 cm	温 度 ℃	エンタルピー cal/g	しめり度	密 度 g/cm <sup>3</sup>	平均速度 cm/sec	噴出水量 kg/h	噴出熱量 10 <sup>5</sup> Kcal/h
									×10 <sup>-3</sup>	×10 <sup>3</sup>	
湯布院温泉											
1	川上 440-2	50・7・21	400							4,760*	
2	" 1222-3	50・7・6	450	7.5	98	122	0.956	12.7	6.03	12,200	14.9
3	" 1240	51・1・6	500	7.5	98	113	0.972	30.2	5.40**	11,200	12.6
野矢(九重町)											
4	野上 2719	41・3・20	100	7.5	97.5	638	0	0.551	3.37	295	1.88
5	" 2734-2	大15・5・14	(40)		98						
6	" 2734-1	27・3・1	132.5								
7	" 3737-2	45・12・15	150	2.5	98.5	638	0	0.570	20.0	202	1.29
長者原(九重町)											
8	田野 230	45・12・28	450	7.5	88.8	588	0.084	0.444	7.55	533	3.13
9	" "	41・9・3	285	10	94	377	0.478	0.936	29.65	7,850	29.6
10	" "	51・5・10	300	10	118.5	648	0	0.549	25.9	4,020	26.0
11	" "	39・3・22	100								
12	" "	49・6・12	180								
13	" "	40・3・3	300								
湯坪(九重町)											
14	湯坪 405-6	40・3・31	100								
15	" 456	50・4・24	60	5	95.5	391	0.454	0.925	17.7	1,160	4.53
16	" 590-1	43・12・3	126	8.5	95	568	0.127	0.578	8.78	1,040	5.89
天ヶ瀬温泉											
17	桜竹 36-1	49・		12.5	97	105	0.985	34.8	3.16	48,600	51.10

\* 熱水量のみ測定      \*\* 最大速度

### 3. 観測結果

別府温泉の噴気・沸騰泉および九重太岳・八丁原の九州電力地熱発電用生産井など各種の観測が進んでいるものを除き、大分県内の噴気・沸騰泉についておもに昭和51年10月12日から15日に観測を行なった。図2には、それら孔井の位置を示す。また、参考のために、別府・太岳・八丁原の噴気・沸騰泉群も印したが、これらは別府から九重を通る地溝帯内に分布している。観測した噴気・沸騰泉は湯布院温泉川上地区、九重町野矢地区、九重長者原一帯、太岳一帯および天ヶ瀬温泉桜竹地区のもので、表1には掘さく地点、掘さく終了年月日、深度などと共に観測結果を掲げた。なお湯布院温泉川南地区には沸騰泉と見なせるような高温泉がいくつかあるが、これらについては観測しなかった。

湯布院温泉川上地区の3孔は、いずれも高温水が沸騰しつつ噴出する沸騰泉である。このうちNo.1では孔口を開けて大気中に噴出させることができなかつたので、タンクから流出する熱水量のみを測ったが、他の2孔の例から推定すると、蒸気も含めた噴出水量は4,900～5,000kg/h、全噴出熱量は $6 \times 10^5$  kcal/h程度であろう。No.3では噴出口全体にわたっての流体密度が明らかに一様ではなかつたので、いくつかの点で測定した。表に掲げた噴出水量・噴出熱量はその積分値であり、一方、エンタルピー・しめり度・密度は加重平均値である。No.3からの熱水のpHは9.0で、Cl<sup>-</sup>量は558mg/ℓ<sup>7)</sup>とかなり高いことから、これらはNaCl型熱水に由来するものと考えられる。

野矢地区の4孔(No.4～No.7)は、いずれも蒸気のみを噴出する噴気である。このうち、No.5とNo.6は噴出勢力がきわめて弱く観測できなかつた。No.4とNo.7の密度測定は行なわず、蒸気表から密度とエンタルピーを求めた。なお、噴出時の孔口圧力は大気圧に等しかつた。

長者原一帯(九重町田野)には6つの活動孔井があるが、No.11, 12, 13の3孔は測定に不適な状態であつたために、No.8, 9, 10についてだけ測定した。No.10は噴出温度が118.5°C、圧力は大気圧と過熱状態にあつたので、エンタルピー等は測定せず、蒸気表から求めた。No.8は88.8°Cと低温でありながら、ほとんど水を含んでいないが、この理由はよくわからない。(野田らのガス分析結果では、<sup>7)</sup>とくにCO<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>Sが多いということはなかつたとのことである。)No.9は重量で約50%の水を噴出しているが、そのpHは8.48、Cl<sup>-</sup>濃度は5.4mg/ℓであり、噴出途中で水蒸気が凝縮したものか、あるいは、浅層からの浸透水が蒸気によって加熱されたものと考えられる。測定はできなかつたが、No.11, 12, 13からの噴出物はほとんど蒸気のものであつた。このように、長者原一帯では、現在の所、NaCl型熱水性のもの噴出は見られない。

長者原側から見て、黒岩山・合頭山の裏側の太岳・八丁原地区は、それぞれ九州電力の地熱発電用生産井が掘さくされている強勢な地熱地帯であり、自然噴気もある。これらの発電井のほかに、3孔の掘さく噴気が活動している。そのうち、No.14(京都大学)では、現在自記記録による連続観測が進行中で、今回はとくに測定しなかつた。ちなみに昭和51年9月22日の記録によると、噴出温度135°C、圧力3.1kg/cm<sup>2</sup>とほぼ飽和蒸気を噴出しており、その流量は77m<sup>3</sup>/hであつた。他の2孔(No.15と16)は、いずれもそれほど強勢ではなく、水混り蒸気を噴出している。これもまた、蒸気が凝縮しつつ噴出したものか、加熱された浸透水が噴出しているものと思われる。

天ヶ瀬温泉は赤岩川沿いの高温地帯から流動してくる源温泉水によって涵養されていると考えられている。<sup>8)</sup>この赤岩川沿いに1本の沸騰泉(No.17)が活動しており、今回の観測孔中ではもっともしめり度が高く、また、もっとも多量の水と熱を噴出している。この近くにある沸騰泉(現在は停止している)水の分析ではpH9.3、Cl<sup>-</sup>濃度は481.1mg/ℓであり、おそらくNo.17からの熱水もこれと似た泉質のNaCl型と思われる。

### 4. あとがき

噴気・沸騰泉からの噴出水量や噴出熱量の測定法は次第に進歩してきたが、測器の運搬や測定に

あたっの危険性などを考えるとき、より簡単でしかもある程度の精度を持つ方法を工夫する必要がある。本報告では、測定項目の中でもっともむづかしい密度測定法について、容易に製作でき取扱いも簡単な方法を紹介し、これを用いて大分県内の噴気・沸騰泉の実情につき資料を提供するために行った観測結果を述べた。

よく使われている直接法による測器を持ち合わせていないので、それとの比較はできなかったが、熱水を多量に含むNo. 2, 3, 17のしめり度(0.956~0.985)は、別府温泉の沸騰泉などで測定された結果と比べても、それほどおかしくない値のようである。このように、しめり度の高い場合には、熱量計法はかなり有力な方法のように思われるが、しめり度の低いものについては、重量測定から誤差のはいるおそれがある。今回は、上皿天秤を使用することによって、この誤差をある程度おさえることができた。また、温度計には0.2℃目盛のものをを用いたが、今回の測定では、熱量計の温度上昇が通常5℃以上だったので、温度測定による不確さは数%以内におさまったものと思われる。しかし、熱量計本体内の減圧が不十分で流入量が少ないと、重量増加も温度上昇も小さいために、両者の相乗作用によって誤差が大きくなるので注意しなければならない。

終りにあたり、資料の整理と観測に御協力いただいた大分県環境管理課、大分保健所の職員諸氏、および京大地球物理学研究施設の堀清和氏に感謝の意を表する。

#### <参 考 文 献>

- 1) 吉川恭三ら：別府温泉の現況調査(1)別府南部域の噴気・沸騰泉，大分県温泉調査研究会報告，25号，pp. 1~8，1974.
- 2) ————：別府温泉の現況調査(2)別府北部域の噴気・沸騰泉，同上，26号，pp. 1~7，1975.
- 3) ————：別府温泉の現況調査(3)別府全域の噴気・沸騰泉と一般温泉，同上27号，pp. 1~15，1976.
- 4) 由佐悠紀，野田徹郎，北岡豪一：地熱地域を含む温泉地からの流出水量、熱量および化学成分量、温泉工学会誌，10巻3号，pp. 6~20，1975.
- 5) 湯原浩三：別府周辺噴気孔の噴出熱量と熱力学的性質，大分県温泉調査研究会報告，15，pp. 15~25，1964.
- 6) 湯原浩三：天然蒸気の密度測定，地質ニュース，159号，pp. 1~6，1967.
- 7) 野田徹郎：(未発表，私信による)
- 8) 山下幸三郎，由佐悠紀，川野田実夫：天ヶ瀬温泉に及ぼす河川水の影響，大分県温泉調査研究会報告，22号，pp. 13~24，1971.

# 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

九大温研 野田 徹 郎

京大理学部 北岡 豪 一

### 1. まえがき

大分郡挾間町を中心とする温泉開発が進む中での現状把握のため、総合調査の概要と結果は、昨年度の本調査研究会において報告を行った<sup>(1)</sup>。その中で、同地区温泉の特徴は、新開発温泉の大半が、非常に高濃度のNa-Cl-HCO<sub>3</sub>型の泉質を有し、多量の炭酸ガスを伴ない、大量に温泉水を噴出する点にあることを述べた。更に湧出量や化学成分の長期変動についての考察や、化学成分、特に主要成分に見られる関係についても述べた。

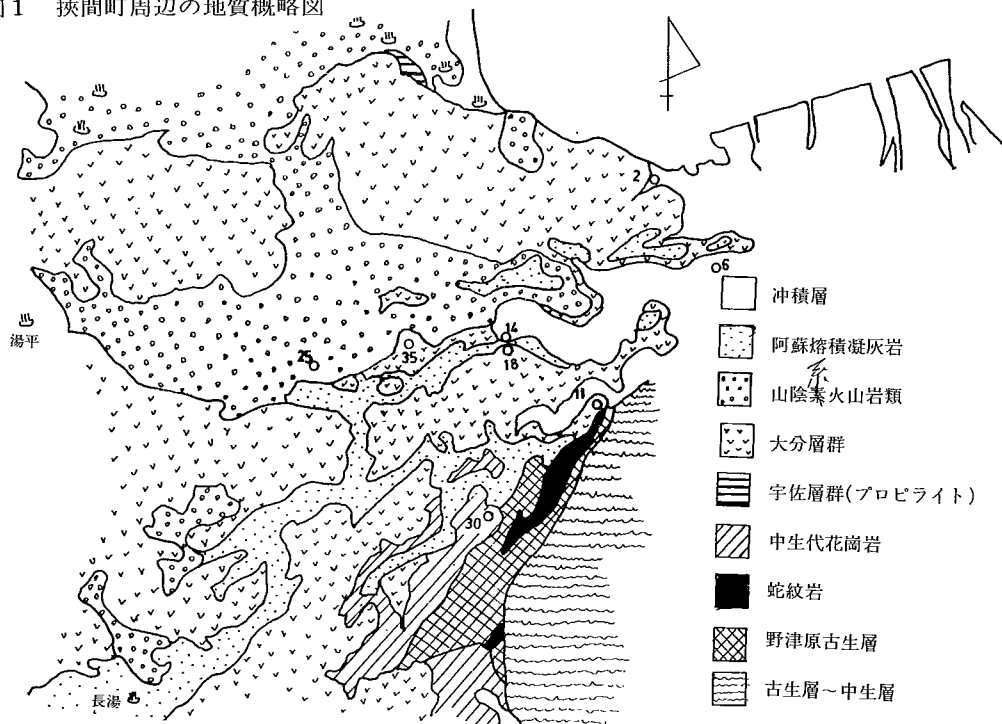
本報告では、これらについての考察を更に発展させて、地質との関連にも触れ、高塩分泉を生成するに至った背景を探った。又、主要成分についての考察から、湧出機構をもふまえた泉質の分類を試みた。更に種々の化学成分にみられる特徴から高塩分泉の起源の問題も考えてみた。

### 2. 地質と温泉の関連について

化学成分の特徴について述べる前に、挾間町周辺の地質状況の概略を把握しておくことは、高塩分泉という特徴をもつに至った機構、つまり湧出機構を理解する上で大切である。

調査地域の地質の概略は、既刊の詳細な地質図から読みとることができる。該当地域について簡略化した地質図にいくつかの温泉の所在地を記したのが、図1である。大分県南には北東-南西に走る、四万十帯、秩父帯に代表される古生-中生層が発達している。その北縁は野津原古生層又は

図1 挾間町周辺の地質概略図





朝地変成岩と呼ばれ、領家帯の延長と考えられる中生代の花崗岩類の進入によって変成作用を受けている。野津原古生層には蛇紋岩の夾層があり、塚野鉱泉はその縁から湧出している。<sup>(3)</sup>

更に北上すると、瀬戸内海、別府湾、九重、阿蘇を結ぶ大地溝帯に至り、そこで急に基盤は傾斜して落ちこんでいる。<sup>(4)</sup>その地溝帯を埋めて、下部より碩南層群、大分層群と呼ばれる第3紀上部中新世から第4紀下部更新世にかけての、火山噴出物に富む砂礫質の推積層が厚く覆っている。挾間町周辺の新掘削泉はすべて、この豊州累層群と総称される推積層から採湯されている。

挾間町周辺の温泉が、七瀬川沿岸地域と大分川沿岸地域に、大きく地理的に区分できることは前回の報告でも述べたが、この区分は地質学的に見ても意味のあるものである。七瀬川沿岸地域（七瀬川断層沿い）の温泉は、野津原古生層あるいは、同古生層に変成をもたらした花崗岩（荷尾杵花崗岩）中から湧出している。塚野温泉、妙見泉がそれぞれの代表的な例である。これらはすべて高塩分の冷泉で、しかも自然湧出泉である。この地域に花崗岩が進入したのは中生代と考えられており、そのように古い時代の活動であることが、この地域に高温泉のないことと関連しているように思われる。七瀬川沿岸温泉の高塩分は、この花崗岩活動時の地殻変動により海水を取りこんだものとも考えられるが、一方、有馬の高塩分泉について同位体化学的に推定されたように、花崗岩体マグマが固結する際に放出された岩しょう水だとも考えられる。<sup>(5)</sup>しかし、昨年報告したように、花崗岩裂かから湧出している妙見泉、および佐藤栄泉について行ったRn量の測定値は、それぞれ $0.91 \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ 、 $0.54 \times 10^{-10} \text{Ci/l}$ と、通常の地下水と同程度であり、花崗岩地域の湧泉にはRnが多いとする通則があてはまらない。即ち、Rnに関しては、妙見泉、佐藤栄泉は、花崗岩体からの供給は微弱だと考えられる。これは、花崗岩体から湧泉への化学成分の供給が高塩分泉をもたらしているという考えに対しては、否定的な結果である。だが、七瀬川沿岸地域に進入した花崗岩はかなり古いものであるから、Rnの供給量が減衰してしまっていることも考えられる。又、妙見泉の泉温の変化が、一般の地下水とは違って、夏期最高22.5°C、冬期最低9.2°Cと、外気温の影響を受けやすいことから、湧出過程でのRnの逃散を促すような地質構造も考えられる。

温泉水中の化学成分ならびに水そのものの起源については、まだはっきりしない点が多く、この地域の高塩分泉もその例に漏れない複雑な湧出機構をもつと思われる。同質の塩水は各地に見られるが、日本に多いのはグリーンタフ累層を湧出母岩とするものである。<sup>(6)</sup>七瀬川沿岸の高塩分泉は、グリーンタフ変動より一昔前の花崗岩の活動に関連すると思われ興味深い。

一方、大分川沿いの新開発の温泉群は、そのほとんど（特に高塩分泉）は、厚く推積した豊州累層群の中から採湯されている。この推積層は第3～第4紀という比較的新しい火山噴出物から成り、地理的に見て由布院や別府の地熱地域に近いからか、この地域の温泉群は七瀬川沿岸泉に比べると高温である。別府のラクテンチ付近に見られるグリーンタフ層（宇佐層）は、現在のところを豊州累層群の下部には見つかっていない。しかし、この地溝帯の陥没期には、海浸の状態が存在したと考えられ、深部にはその影響を受けたグリーンタフ層が見つかるかもしれない。豊州累層群自体は、海成の証拠はまったくなく、陸成であったことを示す埋木が見つかったりする。三ヶ尻泉（深度405 m）掘削の際も、同種の埋木が見つかっており、これについては、埋没時の年代を明らかにするために、<sup>14</sup>Cを測定すべく計画をしている。化学成分や水の起源については、大分川沿岸域温泉も、七瀬川沿岸域温泉同様ははっきりしないが、最高480 m（国中産業泉）の掘削でも、尚豊州累層群を脱しないということは、同層の厚さをものがたると同時に、一般に掘削深度が大であるほど高塩分であることから、更に下部にグリーンタフ化した層があり、それからの浸み出しが高塩分をもたらしている可能性も強い。水と化学成分の起源については、今後D、<sup>3</sup>H、<sup>13</sup>C、<sup>18</sup>Oなどの同位体の測定を行って、更に検討を進めるつもりである。

### 3. 化学成分の特徴に基づく温泉の分類

温泉水の化学分析値

No.	源 泉 名	採水年月日	泉質記号	温 度 °C	pH	Na <sup>+</sup> mg/ℓ	K <sup>+</sup> mg/ℓ	Ca <sup>++</sup> mg/ℓ	Mg <sup>++</sup> mg/ℓ	Cl <sup>-</sup> mg/ℓ	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/ℓ	備 考
1	西大分温泉	50.8.26	○	48.0	8.04*	202	25.2	5.00	3.86	39.8	527	4.8	
2	大分温泉水	8.26	○	42.9	7.7*	144	21.8	1.10	0.404	12	415	0.5	
3	阿部吉之助泉	8.26	○	46.4	8.21*	135	14.8	0.79	0.029	11	369	1.7	
4	阿部哲泉	9.2	○	44.0	8.5*	134	12.8	0.26	0.032	8.4	355	1.5	
5	日通商汗泉	46.3.10	●	33.0	7.22	1,464	132.9	64.77	131.7	2,094	1,504	4.7	温泉分析書
6	日産サニ一(冷泉)	50.8.28	●	22.5	6.6	2,100	182	199	278	3,360	3,120	54.2	
7	"	8.28	○	39.5	6.91*	145	14.0	0.23	0.133	6.5	397	0.4	
8	三皇林業泉	8.1	●	38.4	7.00*	1,670	64.2	160	204	2,210	2,060	0.9	
9	笠木俊一(旧)泉	8.26	●	37.5	6.7	2,430	104	200	284	2,120	3,314	0.6	
10	"(新)泉	8.26	●	32.5	6.6	1,060	45.5	165	186	1,230	1,970	0.8	
11	塚野2号泉	9.2	●	17.2	6.2	1,350	45.5	69.1	86.4	1,450	1,856	1.1	
12	塚野2号泉	9.2	●	19.0	6.66*	745	19.8	31.0	37.4	624	1,222	2.2	
13	園分養殖漁業泉	8.26	●	37.5	6.93*	536	53.7	26.7	39.0	192	1,608	0.8	
14	中島孝幸(旧)泉	9.5	●	36.2	6.49*	275	20.4	2.82	6.37	64	695	1.5	
15	"(新)泉	9.5	●	36.5	6.37*	334	23.1	2.96	10.4	91	781	0.2	
16	宮益雄泉	9.2	●	35.0	6.3	250	18.7	7.94	15.3	12.1	321	1.5	本管からの湧水
17	坂本政行泉	8.28	●	42.8	6.7	3,930	288	190	353	4,920	3,730	3.2	
18	国中産業泉	9.5	●	42.5	6.9	3,140	205	259	206	4,410	2,651	2.1	
19	三ヶ尻昭三泉	8.28	●	39.0	6.6	3,000	197	213	174	3,880	2,148	0.2	
20	黒川温泉水	45.1.	●	19.1	6.68	117	42.7	42.5	27.5	109.8	431	8.3	大分温研報、志賀ら
21	上田慶吉泉	50.8.28	●	30.2	6.3	911	76.7	134	115	1,154	1,757	1.5	
22	海老毛温泉水	8.28	●	40.8	6.7	3,930	236	385	437	5,600	3,798	2.1	
23	水野秀男泉	9.2	●	22.0	5.54*	76.0	9.93	14.6	8.10	80.0	176	18.6	
24	酒野屋温泉水	9.2	●	25.1	6.07*	380	24.5	43.7	35.2	424	638	3.2	
25	小野屋温泉水	8.28	○	45.0	8.34*	57	7.67	0.70	0.220	5.03	147	3.9	
26	悄悄園温泉水	8.28	○	43.0	8.03*	60	6.48	0.73	0.219	5.28	123	25.1	
27	柿原温泉水	47.4.3	○	31.0	8.5	34.5	1.25	0.57	0.573	1.25	74	11.7	温泉分析書
28	佐梶野温泉水	50.9.2	●	19.0	6.50*	657	21.7	44.8	56.4	843.6	925	3.9	
29	佐藤栄泉	8.27	●	22.6	6.81*	2,850	197	104	55.2	3,610	2,542	1.3	
30	妙見泉	8.27	●	21.6	7.02*	4,090	314	300	92.7	5,630	3,050	0.9	
31	妙見2号泉	8.27	●	20.0	6.66*	1,280	94.7	50.0	23.1	1,390	1,334	1.5	
32	野津原町掘割井泉	8.27	●	20.0	6.38*	1,400	107	70.1	25.9	1,760	1,471	0.0	
33	河野雄雄泉	8.27	●	16.0	6.26*	161	11.7	34.5	17.5	63.5	583	0.0	温泉分析書
34	佐藤忠一泉	46.3.1	●	14.7	6.6	12.7	1.80	11.33	4.176	7.46	102	6.67	
35	佐藤精治泉	51.5.12	■	44.5	8.2	350	48.5	4.20	0.070	178	363	278	
36	佐藤良任泉	12.23	○	45.0	8.3*	181	25.8	3.02	0.073	9.87	486	1.59	温泉分析書
37	佐藤重郎泉	52.3.2	○	47.8	8.3*	38.3	9.95	1.44	0.20	8.40	110	3.6	
38	桑原泉	3.2	○	47.4	8.2*	36.8	9.60	1.05	0.20	8.25	100	4.9	

泉質記号 (●高塩分泉、○高塩分泉希釈型泉、○弱アルカリ型泉、■含芒硝型泉)

\* R<sub>p</sub>H

前年度の報告以後、調査地域には新たに4つの温泉が開発された。内訳は、西大分地区に掘られた動力揚湯泉1孔、東庄内の自噴泉2孔、挾間町篠原の自噴泉1孔である。以下に述べる化学成分に関する考察に用いた分析値は、表1に一括している。分析値の大半は前回の報告と同じものであり、それに上記の新掘削温泉の分析値と、前回は報告しなかった採湯不能4孔の分析値を追補した。又、前回、微量であるため値をあげなかった $\text{SO}_4$ の分析値も併せて掲載した。源泉名に付した番号は前回報告の番号と対応しており、新掘削の温泉には新たに35～38の番号を与えている。

大半の採水分析が行われた昭和50年8～9月は高塩分泉の開発が一段落した時期にあたり、掘削直後の成分濃度の大きい変動が収まった時期に当る。つまり、各温泉の泉質が安定化した状態の化学組成について以下の議論を進めている。

前回はこの地域の高塩分泉を大まかに高塩分泉とそうでないものに分けたが、今回更に、主要成分の相互の関係に湧出状況を加味して検討し、次の4つの型に分類することができた。泉質を理解し、起源の問題を考えるには、最も理解しやすい分類だと思われる。(図2参照)

- 1) 高塩分型 (これは更に、(a)挾間一大分型、(b)七瀬川型に細分される。)
- 2) 高塩分泉希釈型
- 3) 弱アルカリ型
- 4) 含芒硝型

これら4つの型は、主要成分の分析値をキーダイアグラム上にプロットすると、一層その違い、特徴が明らかになる。図3は、主要陽イオン $\text{Na}+\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ , 主要陰イオン $\text{Cl}$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ の三角座標と、2つの三角座標から合成された菱形座標からなるキーダイアグラムである。それぞれの座標は当量についての含有比を示している。

図2 温泉の位置 ●高塩分泉 ●高塩分泉希釈型泉 ○弱アルカリ型泉 ■含芒硝型泉

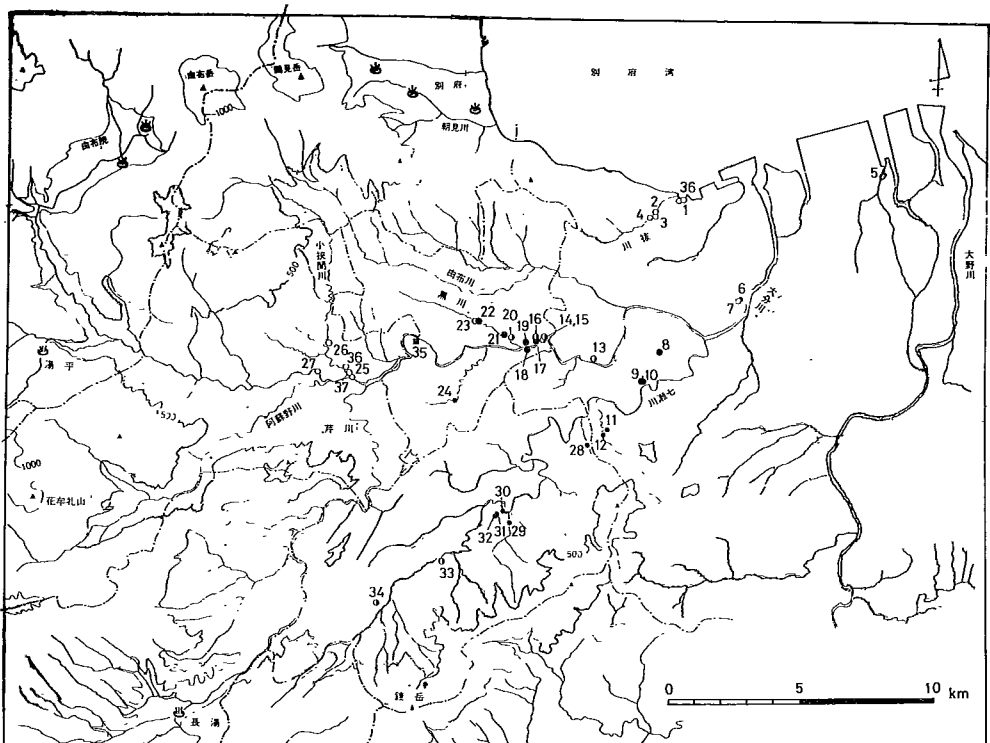
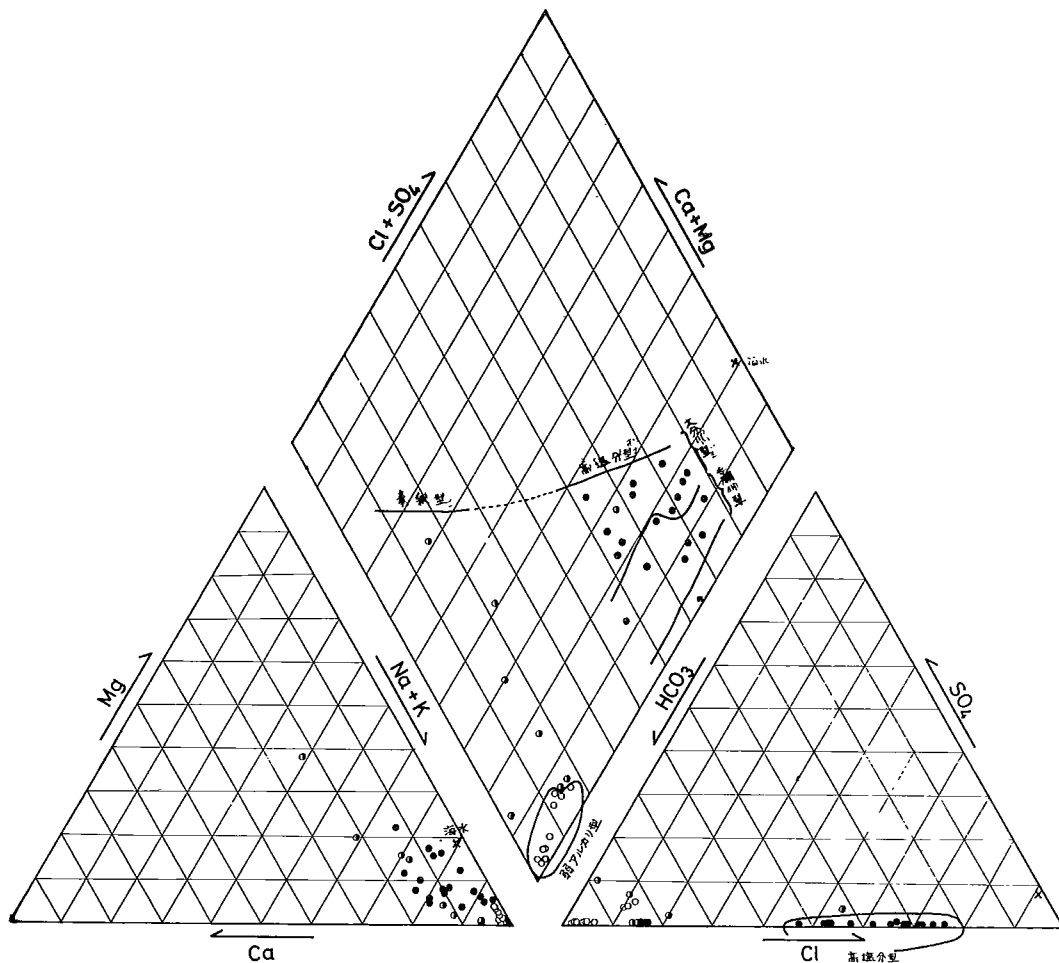


図3 主要成分に関するキーダイアグラム



1) 高塩分型

温泉法による鉱泉分類規定に準じて、溶存成分 1,000mg/l 以上を高塩分泉としたが、この区分は後述のように、高塩分泉の希釈過程を理解する上でも適当であった。高塩分型泉の泉質は、含重曹食塩泉である。笠木(新)泉はCa、Mgを多く含み、含土類重曹食塩泉であるが、他と大差はない。その全てで、実際に味わうと、程度の差はあるが、重曹味と食塩味、更に炭酸味を感じることが出来る。Clの最高値は、妙見泉の5,630mg/l、HCO<sub>3</sub>は海老毛泉の3,798mg/lが最高であり、両泉ともに舌を刺すような強い炭酸重曹食塩味を感じる。この値は、日本の最高値、群馬県磯部2B井のCl12,940mg/l、HCO<sub>3</sub> 8,570mg/lや、他のいくつかの油田塩水の値には及ばないが、湧出量が非常に多い(国中産業泉は660 l/min)噴騰泉である点を兼ね備えているものは他に類例をみない。昭和39年以降の新掘削の高塩分泉は、日産サニー(冷)泉を除き、すべてガスを伴った自噴泉で、国中産業泉をはじめ、水柱を成すほどの噴騰状態にある。しかし、泉温は坂本泉の42.8℃が最高で、旧来の自然湧出の温泉はすべて冷泉である。自然湧出泉は湧出量も少ない。

Cl、HCO<sub>3</sub>以外の主要陰イオンであるSO<sub>4</sub>は、日産サニー(冷)泉の80mg/ℓ以外は、すべて検出できないほど微量である。日産サニー(冷)泉は、高塩分泉の分布を考えると、地理的にもっとも海寄りであり、他のSO<sub>4</sub>を含む水系の混入も考えられるが、これを除くと、今回調査域の高塩分泉は、SO<sub>4</sub>が極めて微量であることが大きな特徴として挙げられる。陰イオンのこのような特徴は、三角座標の底辺に沿って、やや右寄りにすべての高塩分泉が位置することで示される。

高塩分泉は、その成分相互の関係（特に陰イオンの）と、湧出状況、地質の状況から(a)挟間一大分型と(b)七瀬川型に分けられる。字句のとおり、(a)は挟間町から大分市にかけての大分川沿いの温泉であり、(b)は、一部は大分市にかかるものの、野津原町内を中心とした七瀬川沿いの温泉である。

#### (a) 挟間一大分型

大分川沿岸地域では、前述のように七瀬川型よりも高温の温泉が豊州累層群より採湯されている。豊州累層群は非常に厚い推積層であるため、その下層はまだ確かめられていないが、恐らくはより深層を起源とする高塩分泉が一部に存在していると考えられる。日通商事泉（現在停止）、日産サニー(冷)泉、二豊林業泉、笠木(旧、新)泉、坂本泉、国中産業泉、三ヶ尻泉、上田泉、海老毛温泉、酒野温泉がこの型にあたる。酒野温泉は古くからあるもので、自然湧出泉であり、深いボーリング井泉に比べるとかなり成分濃度がうすい。

#### (b) 七瀬川型

いわゆる七瀬川断層上に直線をなして位置する。塚野温泉、塚野2号泉、廻栖野温泉、佐藤栄泉、妙見泉、妙見2号泉、野津原町掘削井泉がこの型として数えられる。中生代の花崗岩体および変成岩を含む野津原古生層を湧出母岩としている。ほとんどが自然湧出の冷泉で、掘削井もその深度は浅く湧出量も少ない。

図-3に見られるように、陽イオン中にCa+Mgの占める割合が当量比15%以下と少ないことが特徴で、15%以上の挟間一大分型泉と区分される。HCO<sub>3</sub>を多く含む温泉では、挟間一大分型泉のようにMg>Caなのが普通であるが、<sup>(8)(9)</sup>七瀬川型泉では、殊に七瀬川上流の花崗岩体からの温泉でMg<Caであるのが興味深い。七瀬川型泉が土類に乏しく、殊にMgに乏しい理由は明らかでないが、湧出母岩の質的、時代的な違いを反映しているとも考えられる。塚野温泉付近に見られるMg鉱物の蛇紋岩や菱苦土鉱の生成が、泉質とどう関連するのか興味もたれる。

### 2) 高塩分泉希釈型

1)の高塩分型泉の存在地域と同じ地域に、高塩分泉希釈型の温泉が点在している。大分川沿い、七瀬川沿いにおいて、溶存物質総量が1,000mg/ℓ以下で、源温泉である高塩分泉の名残りをとどめているものを、高塩分泉希釈型と呼ぶことにする。自然湧出泉やそれに近い浅い井戸からの温泉では、七瀬川上流の河野泉、佐藤恵一泉、大分川沿いの黒川温泉、平野泉がこの型に相当する。そのうち平野泉は溶存物質量は1,000mg/ℓ未満であるものの、多量の炭酸ガスを伴っており、pHが5.54と調査地域では最も小さい点で、やや趣が異なっている。深い掘削泉にも希釈型に属する温泉が見られる。大分川の天神橋から下流の国分にかけての一群の温泉、中島(新、旧)泉、二宮泉、国分養殖漁業泉がそうである。この一群の希釈型泉は深部掘削により得られた高塩分泉と境を接しており、掘削深度も大差ないのであるが、すべての成分がうすい。又、新開発の高塩分泉には見られない動力揚湯も一部では行われており、高塩分泉と明瞭に区分される。このことから、一群の希釈型泉と高塩分泉の間には、温泉層の横へのつながりを遮断する断層等の地層条件が存在すると思われる。

一口に高塩分泉希釈型といっても、それは単に高塩分泉が地表水でうすめられたことを意味するのではない。主要成分の関係を示す希釈型の温泉●印は、単なる希釈であれば、成分相互比は変わらないため高塩分泉と同じ位置にくる筈であるが、むしろある傾向をもってずれている。陰イオン

で見ると、高塩分泉はCl+SO<sub>4</sub>（ほとんどCl）が47～76%、HCO<sub>3</sub>が53～24%であるのに対し希釈型泉（異質の平野泉を除く）はCl+SO<sub>4</sub>3～21%、HCO<sub>3</sub>97～79%と、単なる希釈でないことが示される。又、図3上に見る両者の間にはかなり位置の隔たりがあり、中間程度の温泉がないことは興味深い。源高塩分泉の陰イオンのうち、SO<sub>4</sub>は微量であるから議論から除くとして、Clは水に伴なって動く成分であり、希釈の程度の指標とすることができるが、HCO<sub>3</sub>は希釈された濃度に加うるに、気相として深部から供給されるCO<sub>2</sub>の溶け込みにつづく、地層との反応によるHCO<sub>3</sub>化や、炭酸塩鉱物の溶解があるため、結果的にはCl量の減少と同じ割合の希釈効果が見られない。源高塩分泉を希釈するのが地表水の浸み込んだものであることは疑われないが、希釈過程でのHCO<sub>3</sub>に関する変化が、単なる希釈と云えない理由である。HCO<sub>3</sub>の増加をもたらす希釈過程でのCO<sub>2</sub>の溶解は、低温での酸による岩石-水平衡の特徴として、土類元素を溶かし込むし、炭酸塩鉱物に含まれる土類元素の溶解も加わって、希釈型泉のCa+MgのNa+Kに対する割合は増加する。希釈過程に要する時間が短かかったり、溶け出しうる土類に乏しい地層だった場合には、高塩分泉のCa+MgとNa+Kの割合が希釈を受けても維持される。つまり、希釈型のCa+Mgの相対比はかなり幅のある値をとる。その模様は図-3によく表われている。

表2 深浅層の泉質対比

		HCO <sub>3</sub> /Cl	Ca+Mg/Na+K
		当量比	当量比
二宮泉	本管(深)	35	0.15
	外管(浅)	135	0.37
笠木泉	旧孔(深)	0.91	0.31
	新孔(浅)	0.93	0.50
佐藤精治泉	本管(深)	1.18	—
	外管(浅)	6.18	—

この高塩分泉希釈による成分変化の参考資料として、同調査地域内の同一の温泉で採湯深度の違うもの、二つの温泉間の距離が10m以内の掘削深度の異なるものの成分比を、表2で対比させる。HCO<sub>3</sub>/Cl, Ca+Mg/Na+Kが浅部のより希釈された温泉で、いずれも増加している

ことがうかがわれる。この地域の推積層に夾まれて何層か存在する温泉層の上下層の泉質には、このような希釈関係があると思われる。

### 3) 弱アルカリ型

西大分地区の西大分温泉、大分温泉、阿部吉之助泉、阿部清泉、小野良任泉、古国府の日産サニー(温)泉、東庄内地区の小野屋温泉、情話園温泉、柿原温泉(埋没)、佐藤重郎泉、桑原泉がこの型に該当する。庄内町では200～380m、大分では500～600mとかなり深部まで掘削を行っている。溶存成分量は1,000mg/ℓ未満で単純泉なのであるが、pHが日産サニー(温)泉の6.93を除けば、7.7～8.5と弱アルカリ性である。陽イオンではNa、陰イオンではHCO<sub>3</sub>が卓越しておりClはほとんど含まれず、Ca、Mgにも乏しいので、高塩分泉希釈型泉とは明らかに異種の泉質である。泉温も柿原温泉の31.0℃を例外として、ほぼ40℃以上と、(1)、(2)の型の温泉よりはおおむね高温である。弱アルカリ性の単純泉であるので、浴時の肌あたりも軟らかで、医療効果はともかくとして、高塩分泉がややもすれば浴後の肌がべとつき、入浴温度としては低すぎるのと比べると、利用価値が高いと思われる。ただ、日産サニー(温)泉以外の弱アルカリ性泉は、微褐色、浴槽に貯めた状態では濃茶色を帯びており、好ましくない印象を与える。弱アルカリ性の液が、有機質（特に腐蝕質）に富む地層中に浸潤した場合、茶褐色の有機分が溶出される。これが弱アルカリ性泉が帯色している原因で、有害な成分が含まれている訳ではない。

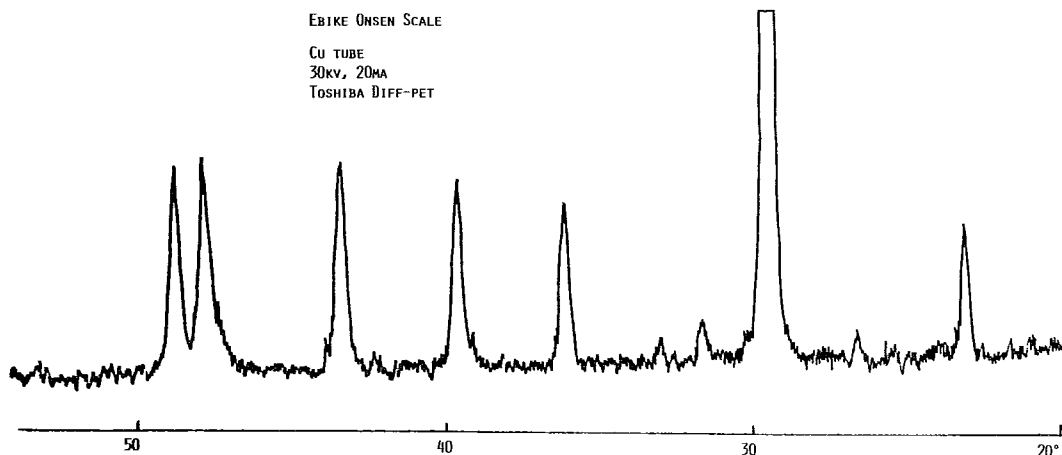
弱アルカリ性の重曹型単純泉のできる過程は、一考に値する興味深いものである。まず、重曹泉を形成するには、主な陰イオンのHCO<sub>3</sub>の源となるCO<sub>2</sub>の供給が必要である。Clの含量が0に近く泉温が40℃以上であることを考えると、CO<sub>2</sub>は熱と共に、噴気ガス、温泉ガスのような地熱蒸気によって供給されたとするのが最も妥当だと思われる。これは、別府、殊に竹の内、小倉地区に見ら

れる重曹型単純泉の泉質、成因と同じである。<sup>10)</sup> 少々違う点は、(3)型泉が弱アルカリ性、つまり地層との反応が液性がアルカリになるほど長く地層に留まり、有機質を溶出するに至ったという点である。CO<sub>2</sub>のみの供給源としては高塩分泉からのCO<sub>2</sub>の逸脱も考えられるが、熱を併せ考えると前述の説に妥当性がある。又、日産サニー泉では、ほぼ同一地区に深部には重曹型単純泉、浅部に高塩分泉が存在し、高塩分泉からのCO<sub>2</sub>の供給は考えられない。弱アルカリ性泉の分布地域は、主に大分川北岸であり、火山地質的にみると南岸より新しい地域である。そのため、高塩分泉分布地域より更に熱量の供給を受けやすい位置にある。弱アルカリ性泉にCO<sub>2</sub>と熱を供給する母体の熱水は調査地域内には知られていないが、庄内地区の温泉については、大分川上流の深部熱水型の湯の平温泉は母体となる熱水の地表に表われている部分とも考えられる。挾間町内には弱アルカリ型の温泉がないため、東庄内地区泉と西大分地区泉のつながりははっきりしないが、泉質のタイプとしてはまったく同一であるため、両者は挾間地区を北へ迂回してつながっているとも考えられるし、泉温の低下がみられず、成分濃度がいくぶん濃くなっていることから、途中、別府方向からの熱とCO<sub>2</sub>の供給があるとも考えられる。

#### 4) 含芒硝型泉

挾間町西端の凝灰岩質の山体が南から張り出し、大分川が北へ半周している部分篠原地区に、最近、佐藤精治泉が掘削された。佐藤泉は含食塩芒硝重曹泉で、SO<sub>4</sub>が調査地域の最高 278ppm で陰イオンの35%を占める点が非常に特異であり、キーダイアグラム上でも他と異なった点となる。泉質が非常に異なるため、今のところ、他の型の温泉とはまったく関連がないと考えられる。篠原地区は長湯付近から芹川沿いに細長く北東方向に伸びる阿蘇熔結凝灰岩の流れの末端にあたる。長湯温泉の陰イオンの当量関係はHCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Clで、SO<sub>4</sub>/Cl≒1.5、pH=6.5~7.0である。一方、佐藤精治泉はHCO<sub>3</sub>>SO<sub>4</sub>>Clで、SO<sub>4</sub>/Cl=1.15、pH=8.2である。HCO<sub>3</sub>の占める割合は前者で約75%、後者は36%とかなり差があるが、流動する間のアルカリ化によってHCO<sub>3</sub>は炭酸塩として除かれたと考えると、SO<sub>4</sub>量が長湯 250~450mg/ℓ、佐藤泉 278mg/ℓと同程度で、SO<sub>4</sub>/Cl値

図4 海老毛温泉スケールのX線回折図



があまり変わらないことから、両者のつながりを考えることができる。熱量的には、篠原地区の第4期火山岩の影響を受けていることも考えられる。

#### 4. 化学成分にみられる特徴

調査地域内の温泉では、高塩分泉の持つ成分がその起源と相まって非常に興味を持たれる。高塩分泉のうち、新掘削のものは炭酸ガスを伴って噴騰している。炭酸ガスを逸散させた温泉水は、

浴槽、排水路でスケールを沈着させている。同質の炭酸カルシウムの沈積は、古くからの自然湧出泉でも見出すことができる。海老毛温泉では湧出管壁のスケールの成長が速いため、頻繁に管の交換を行っている。図4は海老毛温泉の湧出管に付着したスケールのX線回折図であり、極めて純粋なカルサイトと判断される。このことは泉温40°C前後でCO<sub>2</sub>による噴騰状態、しかも高塩分濃度ということを考えて、いずれもカルサイト生成に好都合な条件であり、当然と思われる。志賀、川野による調査地域内のいくつかの温泉についての炭酸カルシウム飽和指数をみると、新掘削の高塩分泉では過飽和で沈積の起りやすいことが示されており、一方、自然湧出泉では不飽和となっている。<sup>(12)</sup>

既に述べたように、調査地域の高塩分泉は、ことに化学成分について、海水起源である可能性が強い。少なくとも油田塩水などの化石海水の同質の水であると思われる。そこで、地層中に閉じこめられた海水が変質して化石海水となったときの化学成分の特徴として、各地の類似した性質の地下水および温泉に見られるものを取り上げ比較することにする。

中村、<sup>(13)</sup>吉川ら、<sup>(14)</sup>Brooks、<sup>(15)</sup>Nissenbaum<sup>(16)</sup>によると、化石海水の化学成分の特徴は次のようなものである。

1) Clは海水と同じ程度か、希釈、イオンに対する半透過性の推積物のためにいくらかうすくなる。

2) 有機物の分解によるCO<sub>2</sub>が発生し、HCO<sub>3</sub>が増加する。pHが下がる。

3) SO<sub>4</sub>は減少し、ほとんど検出されない。

が、主要陰イオンについての特徴として挙げられ、陽イオンはこれに比べると試料間の差が大きく、統一的に議論するのはかなり難かしい。その他に、

4) 臭素、ヨウ素（特にヨウ素）が濃縮されている。

5) PO<sub>4</sub>も増加するものが多い。

6) NH<sub>4</sub>も増加する。

7) SiO<sub>2</sub>が増加する。

が挙げられる。もちろん、深層の還元状態で長期貯えられるため

8) 酸化還元電位も負側へ大きくシフトする。

調査地域の高塩分泉の主要陰イオンの関係は、上に挙げた特徴と比べると、SO<sub>4</sub>に関しては完全に一致している。SO<sub>4</sub>は多くの化石海水、油田塩水において微量であることが知られており、還元型バクテリアによるSO<sub>4</sub>の水中からの除去が最も大きな原因とされている。この考えを適用すれば、高塩分泉は、起源はいずれにせよ、SO<sub>4</sub>が還元されるだけ十分な時間深部に貯えられていたことになる。Clは現海水の値約19,000mg/lに比べるとややうすく、希釈あるいは半透過性帯を通過したことに対応する。HCO<sub>3</sub>は油田塩水と同程度の量であるが、Clに対する割合から考えるとかなり多いと思われ、有機物の分解からもたらされる以上に、火山作用による影響も考えねばなるまい。主要イオンについてのキーダイアグラム上に海水の値をプロットすると、ちょうど希釈型泉から高塩分泉へたどった帯の延長上に位置し、海水が化学成分の起源と考えてよいようにも思われ興味深い。

高塩分泉について微量成分まで分析した例はあまりないが、温泉分析書として発表されたものと、温研で昭和49年6月に採水分析したものについて、化石海水成分の特徴(4)~(8)と関連のある成分を表3にあげる。又、比較のために、希釈型の中島(旧)泉、弱アルカリ型に分類した日産サニー(温)泉、含芒硝型の佐藤精治泉、佐藤精治泉への温泉源と考えられ炭酸成分が多い点では高塩分泉と似ている長湯温泉(上野屋旅館泉)、大分川上流の深部熱水型の湯の平温泉(集配湯事業用泉)、及び最も典型的な深部熱水の例として九重八丁原6号井についても、同じ成分についての値は表3に示した。<sup>(17)</sup><sup>(18)</sup>更に海水についての値も付記した。<sup>(19)</sup>



表3 微量成分分析表

分 類	源 泉 名	採水月日	Cl	Br	I	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	KMnO <sub>4</sub> 消費量
			mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ
高 塩 分 型 泉	塚 野 温 泉	49.6	1,960	4.6	0.28	0.96	2.5	50	9.52
	二 豊 林 業 泉	"	2,290	5.2	0.51	1.40	20.5	101	14.7
	坂 本 泉	"	3,000	6.0	0.19	2.84	7.2	182	30.5
	国 中 産 業 泉	"	7,620	13.5	0.58	1.68	11.2	136	
	三ヶ尻泉	"	7,560	14.0	0.66	3.14	8.0	140	22.2
	上 田 泉	"	1,380	2.4	0.28	2.01	7.5	88	19.0
	海老毛温泉	"	6,150	12.4	0.49	0.43	5.6	207	42.6
希 釈 型 泉	中 島 (旧) 泉	"	87	0.2	0.00	0.12	0.69	174	4.63
弱アルカリ型泉	日産サニー(温)泉	"	15	0.1	0.00	4.75	1.0	123	10.7
含 芒 硝 型 泉	佐 藤 精 治 泉	51.5.12	178			0.43	0.55	115	
長 湯 温 泉	上野屋旅館泉	51.1.20	192			3.13	2.0	173	
湯 平 温 泉	集配事業用泉	50.5.21	368			0.34	0.19	300	
深 部 熱 水	八丁原6号井	47.2	2,260	5.36	0.574	0.97	1.70	1,050	
	海 水		19,350	67.3	0.064	0.28	0.01	62	

Brは推積層中で変質を受けた場合、いくらか濃縮するとされている。高塩分泉のBr/Cl(重量比)は0.0017~0.0023と、割に狭い範囲の値となる。現海水のBr/Cl比は0.0035であるから、BrはむしろClよりも希釈されていることになる。深部熱水のBr/Clも0.0024で高塩分泉、海水の値に近く、Brからは起源についての判断は難しい。それよりも、Iの方が海水の変質過程では異常に濃縮されるためよい目安となる。高塩分泉のI/Clは $0.63 \times 10^{-4} \sim 2.2 \times 10^{-4}$ 、海水は $3.3 \times 10^{-6}$ だからClに比べると200~700倍のIの濃縮がみられる。しかし深部熱水のI/Clも $2.5 \times 10^{-4}$ と大きく、高塩分泉と同じ程度の値であるから、Br・I量からは、調査地域の高塩分泉が海水、深部熱水のいずれに関連が深いとはいえない。

PO<sub>4</sub>は確かに海水の値に比べて非常に濃縮しており、深部熱水その他の値をもしのいでいる。その意味では海水の変質水によく似た性質をもつといえる。長湯温泉も高塩分泉と同程度のPO<sub>4</sub>を有する。

NH<sub>4</sub>はPO<sub>4</sub>以上に濃縮の程度が大きい。二豊林業泉では20.5mg/ℓと調査地域内の最高値である。還元環境での有機物の分解がこのような高濃度の原因である。

高塩分泉のSiO<sub>2</sub>含量50~207mg/ℓは海水に比べれば多い訳であるが、通常の温泉水でもSiO<sub>2</sub>の溶出量は温度依存のため同程度の値を有する。高塩分泉だけを取り上げても、湧出温度とSiO<sub>2</sub>量の間には正相関がみられる。このようにSiO<sub>2</sub>からは成分起源に関する情報は得られない。

高塩分泉のEhの測定は行わなかったが、それに代わるものとしてKMnO<sub>4</sub>消費量を測定した。KMnO<sub>4</sub>消費量は有機物、Fe<sup>2+</sup>その他の還元性物質の量とみあうものであり、Ehの間接的な尺度と考えられる。海老毛温泉の42.6mg/ℓを最高として、いずれの高塩分泉でも、あまり汚染を受けていない河川水の値2mg/ℓ程度に比べると、はるかに大きい値である。高塩分泉には多量の炭酸成分に関連してFe<sup>2+</sup>もかなり含まれ(最高値、上田泉13.5mg/ℓ)、そのために消費されるKMnO<sub>4</sub>もかなりあると思われるが、間接的には還元性の指標になることが化石海水のKMnO<sub>4</sub>消費量が多いことからいえる。弱アルカリ型に分類した日産サニー(温)泉の同消費量が高いことも注目される。

以上のように微量成分のいくつかの例では、高塩分泉が海水起源だとする仮説についてそれを支持する性質が観察され、少なくとも否定的な例証は得られなかった。このことで高塩分泉の海水起源説が裏付けられたと云う訳にはいかないが、今後の同位体化学的な研究では、可能性のある仮説と考えた上で考察を進めるつもりである。

成分濃度の変動は、昨年報告に述べたような著しい濃度低下はなくなり、かなり落ち着いてきている。しかし全体的に変化はなお進行中であり、また時期的に不規則な変動も目立つようになったため、さらに観測を継続して見守る必要がある。変動の解析はしかる後に行う予定である。

## 5. 結 び

本報告は挾間町およびその周辺の温泉について、主に化学的な観点から特徴を探ったものである。地質構造との関連から、この地域の特色である高塩分泉をもたらすものとして、マグマ固結時の放出水の他に、地殻変動による海水の取り込み、海成層の形成が原因であることが強く示唆された。地質的、地理的に区分できる七瀬川沿いと大分川沿いの温泉分布は、高塩分泉の化学成分による分類からも異なった特徴を示した。更に、高塩分泉と地域を一にして、化学的にも意味の異なる高塩分泉希釈型の温泉が存在し、その他に、弱アルカリ型泉、含芒硝型泉が分類できた。高塩分泉の主要化学成分、微量成分について、化石海水のもつ特徴との比較を行い、それが海水起源と考えても矛盾しないことが示された。

最後に、本報告全体について研究の進め方を指導された京大理学部吉川恭三教授、高塩分泉の海水起源についてのアイデアを教示された九大温研古賀昭人教授、X線回析について援助された京大理学部由佐悠紀助手に感謝の意を表す。

## <参 考 文 献>

- 1) 吉川恭三、北岡豪一、野田徹郎、大分県：大分県温泉調査研究会報告、27、25—33、1976。
- 2) 宮久三千年編集：大分県地質図、1971。
- 3) 川野田実夫、森山善蔵：大分県温泉調査研究会報告、25、27—30、1974。
- 4) 山崎達雄：2nd UN Symp.on Develop.and Useof Geoth.Resources、673—684、1975。
- 5) 松葉谷治、酒井均、鶴巻道二：岡山大温研報、43、15—28、1974。
- 6) 松葉谷治、酒井均、佐々木昭：地質調査所月報、26、1—11、1975。
- 7) 甘露地泰雄、益子安：“温泉、地下水の分析”44—45、1975。
- 8) 志賀史光、川野田実夫：大分県温泉調査研究会報告、21、70—77、1970。
- 9) 由佐悠紀：温泉科学、22、27—37、1971。
- 10) 由佐悠紀、川村政和：大分県温泉調査研究会報告、22、55—65、1971。
- 11) 北野康：温泉工学会誌、2、99—103、1964。
- 12) 8)に同じ
- 13) 中村久由、前田憲二郎：地質調査所月報、9、41—50、1958。
- 14) 吉川恭三、志賀史光、岩上寿子：大分県温泉調査研究会報告、16、32—35、1965。
- 15) R. R. Brooks, et al : Geochim. Cosmochim. Acta, 32、397、1968。
- 16) A. Nissenbaum, et al : 同上、36、1007、1972。
- 17) 大分県温泉調査報告温泉分析書（年刊）
- 18) 野田徹郎、古賀昭人：大分県温泉調査研究会報告、24、64—73、1973。
- 19) 堀部純男ら：“海水の化学”1970。

# 別府地熱地帯の化学的研究

— コア中の水銀の垂直分布と地下滞水層との関連 —

九州大学温泉治療学研究所 温泉理学科 古賀 昭 人

## 1. はじめに

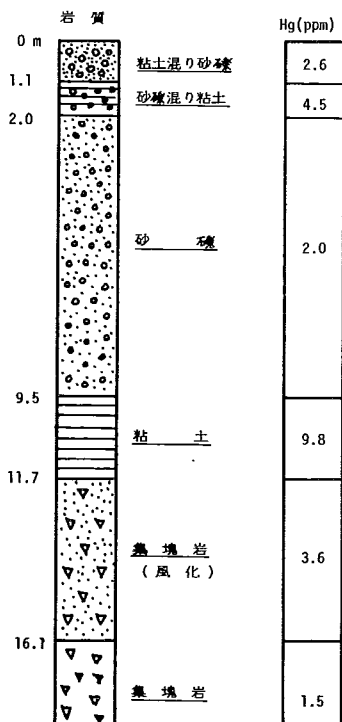
地熱地帯の地球化学的探査として水銀を指示元素とする方法を古賀ら（1973, 1975 a、b、1976 a、b、c、1977 a、b）は確立し、多くの地熱地帯の探査に用いて来た。特に、地表徴候の全くない所で、1 m 深度のコアの水銀分布は、地熱の広がり、強弱、断層の確認などを行なう場合の一つの新しい画期的な方法として威力を発揮している。

これは、いわば水平探査であるが、地熱地帯のボーリングコア中の水銀の垂直分布はどうなっているのか、そして、その垂直分布が意味するものは何であるかを考究するのは興味あることと思われる。

古賀と野田（1975 a）は別府市南立石の浅層ボーリング（20 m）で水銀の垂直分布を調べた所、図1のように岩質や土質と密接な関係があることが分った。すなわち、水銀は粘土に多く砂礫層に少ないことが示されている。

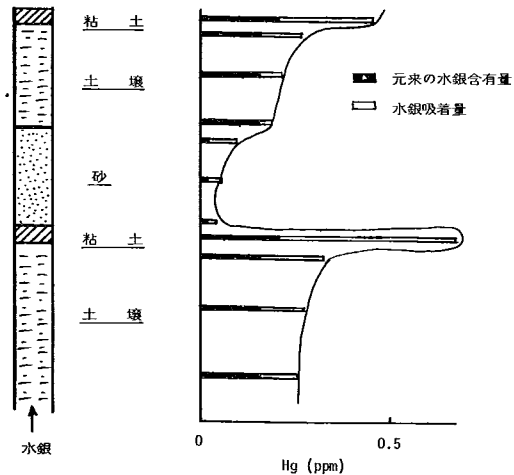
地熱地帯では水銀が深部から上昇しているが、上昇中に水銀が吸着される度合は岩質、土質によって異なり、特にカオリンに吸着される度合が強い。

図1 地熱地帯における岩質と水銀含有量との関係



これらの事を、水との関連で考えればどのようなになるであろうか？ つまり、粘土層は不透水層になり易く砂礫層は透水層であり地下水が滞留しているはずである。いいかえれば、地下滞水層また温泉水がどこにあるかを水銀濃度は示しているのではないかと考えられる。

図2 水銀蒸気上昇のモデル実験



## 2. 水銀吸着のモデル実験

図2のような長さ3mの筒の中に砂、土壤、粘土を交互に入れ、最下部に水銀溶液を入れて暖め、上昇した水銀蒸気がどの層に吸着するかのモデル実験を行った。これによれば予期したように粘土に多く吸着し、砂には僅かしか吸着せず、むしろ素通りに近い。もともと、水銀含有量は粘土<土壤>砂となっているから、吸着後の水銀含有量は益々その差が大きくなる。

図1との関連において、深部から水銀が上昇する場合、水銀量の多いのは粘土層であり砂または砂礫層は少ないのが裏付けられた事になる。

そして、地熱地帯で表層が粘土であれば（特に変質粘土であれば）水銀含有量は大きく深部の地熱の存在を大きく指示することになる。

## 3. ボーリングコア中の水銀と滞水層との関連

### 3-1 九大温研ボーリングの場合

別府市九大温研において500mのボーリングが計画された。九大温研附近は元来、温泉掘さくが難しい所とされており、必ずしも成功するとは限らない所である。掘さくに当たって部分コアが採取されたが、その水銀含有量を測定すると図3のようになった。すなわち、表層から次第に水銀量は小さくなり、165mで

最小、180mで再び水銀量は

大きくなり同様に深

度と共に水銀量は小さ

くなり、300mを越し3

25mで最小となる。こ

れは375mまで続き、

387mで急に水銀量は

増加している。一方、

逸水は165mで少量起

り温度は30℃であった。

重曹泉タイプの濃度の

うすい水であろうと考

えられる。次の逸水は

300mを越して起り3

25mで80 l/minの逸水

があった。温度は急激

に上昇し始め57℃を示した。

375mの温度は70℃であった。

387mを越してから変質度が強くなり、

硫化水素の臭気が感じられるようになった。

温度は489mで92℃、550mで102℃を示した。

165mの所は輝石安山岩であったが層はうすく、

上下とも角閃石安山岩が続き、525mで輝石安山岩になり変質度も小さくなっている。

図3から気がつくのは、全体的に水銀最高値は深度と共に増加するが、

図2のモデル実験の垂直分布と同じパターンを示すことであり、

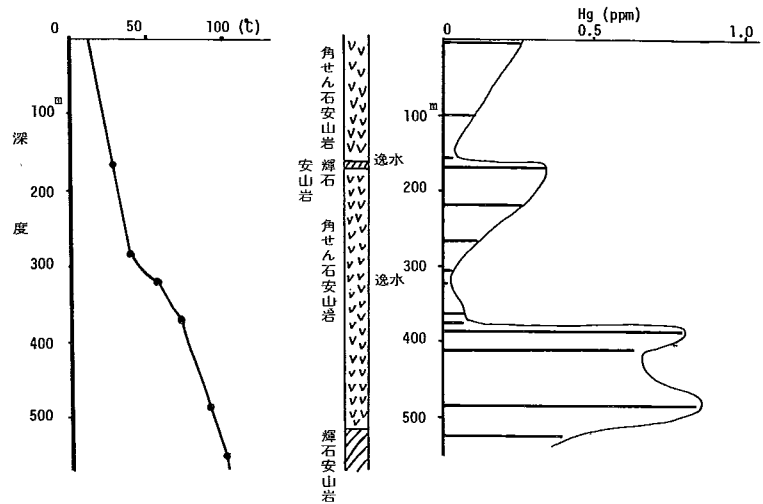
逸水個所と水銀含有量の最小個所とが一致することである。

しかも逸水個所から深くなると水銀量が急に上昇する。このことは図1、2からも分るように粘土があることを示す。粘土層は不透水層であり、この上部に滞水層があっても不思議ではない。つまり、水銀の垂直分布において、水銀量の少ない所は水銀を吸着せずに通過させる所であり、また水が存在する所と云える。

以上のように、滞水層の位置と水銀含有量は密接な関係があるように見える。温研泉の場合、300

～375m（水銀量の少ない所）間にストレーナーを切ってこの温泉水を採取している。泉質は芒硝

図3 温研ボーリングコア中の水銀含有量



～375m（水銀量の少ない所）間にストレーナーを切ってこの温泉水を採取している。泉質は芒硝

泉である。

### 3-2 別府市背後の山の地下滞水層の位置

日本道路公団が計画中の九州横断自動車道路は別府市背後の山腹を通ることになる。この道路は地熱地帯の一部を通過するが、その地熱の状況を知るためと、トンネルが地下伏流水の流れをしゃ断する恐れがあるのでその位置を知るために何本かの調査用ボーリングがなされた。このコア2本をもらいうけ、地熱の影響や地下伏流水の位置を知るためにコア中の水銀量を深度毎に測定した。B-14孔(標高360m、深度100m)とB-10孔(標高505m、深度180m)がそれである。図4にそれらの関係位置を示す。

#### A、B-14孔の場合

B-14孔は深度100mまで掘さくされたが白湯地熱地帯の境界にあたり、100m深度で63℃の温度がある。図5のように表層で水銀量が多いのは地下に地熱があるためである。掘さくの記録によると、地下水位は最初不明であり61mの掘進時点で深度50.6mに観測されたと云い100mまで水位は不変であったとしている。

ここで図5の水銀含有量を見た場合、50mの所は水銀が多く粘土化しており不透水層であるが、以下100mまでのコアは水銀が極端に少なく滞水層であることを裏付けている。掘進記録のように50m以深に水があるのと一致するが、水銀量から云えば40-45m間も水を通しやすい層であることは確実で、掘進時に50mの不透水層を切りとった結果、水位が落ちたとも充分考えられる。100m以深については更に不透水層があるかどうかは全く分らない。

#### B-10孔の場合

B-10孔はB-14孔よりもっと高所にあり180m程掘さくされた

図4 別府市南立石—乙原間の地下水位

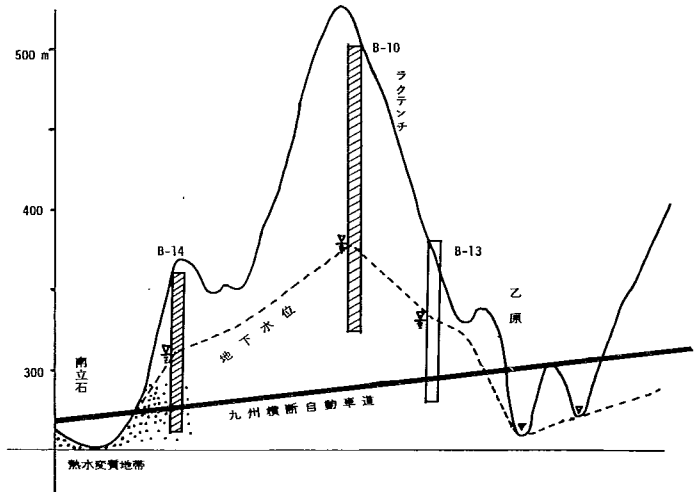


図5 B-14孔のコア中の水銀含有量

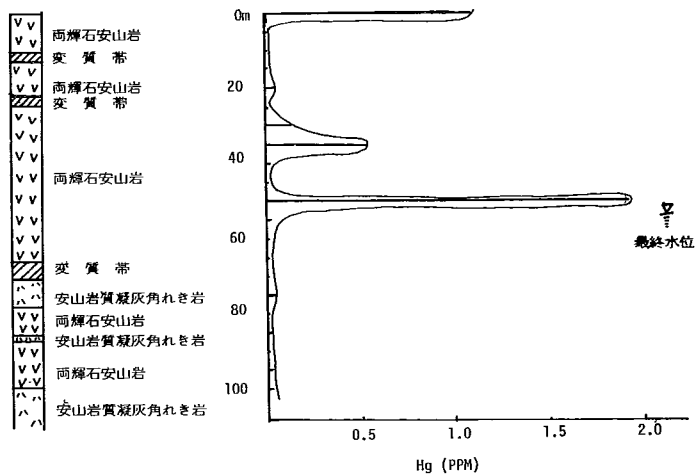
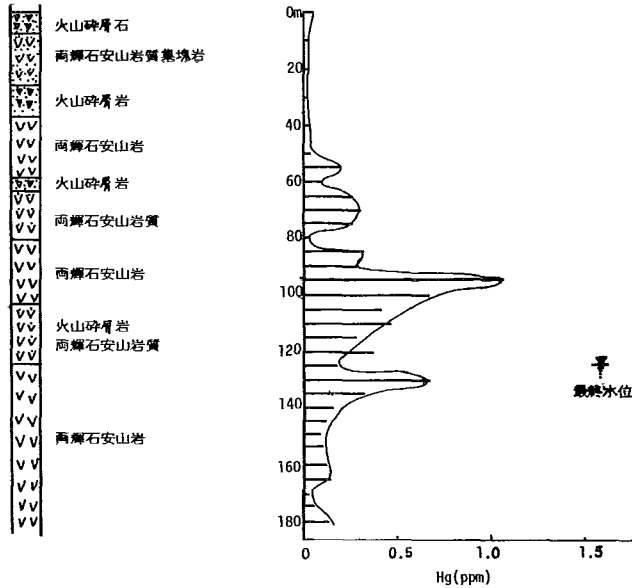


図6 B-10孔のコア中の水銀含有量



が18.5℃と温度はなかった。図6で表層近くに水銀が少ないのはそのためである。掘さく時の孔内水位は142m掘った時に確認され、126.5mであった。そして180m掘さく完了時の最終水位は132mである。

図6では、95m附近が水銀量多く不透水層になり易いから、それより浅い所の80m附近に滞水層があるかも知れぬが、図2、3の特有の水銀の垂直分布のパターンとやや異っており、むしろ125m、150m、170m附近に滞水層の存在が予想される。

図4で、B-13孔の水銀は分析しなかったが、地下水位は点線のようにになっており、大体山の地形に応じた水頭をもっているようだが、B-14孔や10孔で述べたように幾つかの滞水層があると考えられる。

南立石から白湯地区は熱水変質地帯であり、コア中の水銀量も多いが、乙原に近づくにつれ地温も下り水銀量も少なくなる。この区間には他に数本の調査井が掘られているので全部のコアの水銀量を測れば、その地区の地熱の広がりのみならず、トンネルがカットする部分の地下湧水の状況を化学的に知ることができるであろう。

#### 4. おわりに

地熱地帯のボーリングコア中の水銀の垂直分布は興味あるパターンを示しており、地熱の強弱を示す以外に滞水層の有無判断に化学的に利用可能であることが明らかになった。かくして、水銀をインディケータとして利用するのは、水平分布と共に垂直分布にも大きな意味があり、これからの利用が望まれる。しかし、非地熱地帯でのコアの水銀分布と地下滞水層との関連は不明であり、今後の研究にまたねばならないが、傾向としては存在すると考えられる。

(終りに、本研究費の一部を負担いただいた大分県温泉調査研究会と試料の御供与を受けた日本道路公団に深く感謝する。)

#### 〈参 考 文 献〉

- Koga, A., (1973) : Report on Geothermal Power Development Project, Guatemala, O.T.C. A., 75-102  
 古賀昭人, 野田徹郎 (1975a) : 別府地熱地帯の変質粘土中の揮発性成分, 大分県温泉調査研究会報告, 第26号, 18-21  
 Koga, A., Noda, T., (1975b) : Geochemical Prospecting in Vapour-dominated Fields for

Geothermal Exploration, 2nd UN Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, Proceedings, San Francisco, Vol. 1, 761-766

古賀昭人, 野田徹郎 (1976a) : 別府地熱地帯の化学的研究——水銀蒸気, 炭酸ガスの化学的地熱探査への利用, 大分県温泉調査研究会報告, 第27号, 41-45

古賀昭人 (1976b) : 地熱探査における地球化学, 物理探鉱, 29, 72-82

Koga, A., Noda, T. (1976c) : Detailed Report on Cisolok Geothermal Survey, Indonesia, Part II, 55-80

Koga, A., (1977a) : Is it possible to predict from Chemical Prospecting for Geothermal Exploration ?, Abstracts of Seminar on the Development and Utilization of Geothermal Energy Resources, II-2

古賀昭人 (1977b) : 南極の地球化学的地熱探査——ドライバレーバンダ湖周辺 (予報), 南極資料, No.58, 138-144

## くじゅう火山の温泉群 (12)

## 長湯温泉における水中炭酸物質の相互関係

大分大学教育学部 川野 田実夫  
志賀 史光

## 1. はじめに

長湯温泉を含むくじゅう北東部の炭酸泉は、全炭酸 (TIC) として 30~70mmol/l、うち遊離炭酸は 20~30mmol/l を伴って湧出している。<sup>1)</sup>

大気に接している水中の炭酸物質の化学平衡は次式で与えられる。

$$\gamma_0 [\text{H}_2\text{CO}_3] = C p_{\text{CO}_2} \quad (1)$$

$$\frac{\gamma_1 [\text{H}^+] \gamma_2 [\text{HCO}_3^-]}{\gamma_0 [\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1 \quad (2)$$

$$\frac{\gamma_1 [\text{H}^+] \gamma_3 [\text{CO}_3^{2-}]}{\gamma_2 [\text{HCO}_3^-]} = K_2 \quad (3)$$

ここで  $p_{\text{CO}_2}$  は大気中の炭酸ガス分圧、 $C$  は定数である。  $K_1$  および  $K_2$  はそれぞれ炭酸の第一次、および第二次の平衡定数である。  $\gamma_0$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ , および  $\gamma_3$  は、  $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ ,  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{HCO}_3^-]$  および  $[\text{CO}_3^{2-}]$  の活動係数である。 さわに (2) および (3) 式は次式で示される。

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

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = K_2 \frac{\gamma_2}{\gamma_1 \gamma_3} = K_2' \quad (5)$$

長湯温泉の各温泉はそのほとんどが  $\text{CO}_2$  の気泡を伴って湧出するいわゆる泡沸泉である。したがって湧出した温泉水からは、(1) 式の平衡に達するまで  $\text{CO}_2$  が大気中に放出される。

今回、筆者等は長湯温泉について、脱炭酸反応が進行している途中の  $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{HCO}_3^-]$ , TIC 等を測定して次式に示す  $K_1''$  を求めた。

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = K_1'' \quad (6)$$

(6) 式の  $K_1''$  は反応の系が平衡状態に達していないので当然のことながら定数とはならない。そこでこの  $K_1''$  について検討を行ったところ、pH 6~7.7 の範囲では  $K_1''$  は  $[\text{H}^+]$  と  $[\text{HCO}_3^-]$  の函数として表わせることが判明した。そのことから TIC と pH の実測値を代入して  $[\text{HCO}_3^-]$  を導く実験式を求めた。この実験式から算出した  $[\text{HCO}_3^-]$  と実測値とを比較したところかなり高い整合性がみられたのでここに報告する。

2. 長湯温泉における  $K_1''$ 

長湯温泉における  $K_1''$  の値がどのような値をとるか、すなわち定数となるのか変数をとるのかを見るために次の実験を行った。

ガラスビンにゴム栓をして保存していた試水 (採水後 22 日経過) を栓をとり 24 時間室温に放置して、pH, TIC,  $[\text{HCO}_3^-]$  および  $[\text{Ca}^{2+}]$  を測定した。

pH はガラス電極 pH 計、TIC は赤外ガス分析計で測定した。また  $[\text{HCO}_3^-]$  は pH 4.3 アルカリ度から換算した  $\text{HCO}_3^-$  値に 0.80 を乗じて求めた。これは筆者等が長湯温泉を含むくじゅう北東部の炭



表1 室温に放置した各試水の炭酸物質

単位 mmole/ℓ

試水	水温	pH	TIC	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] <sup>1)</sup> ×10	K <sub>1</sub> <sup>2)</sup> ×10 <sup>7</sup>	pK <sub>1</sub> <sup>2)</sup>	[Ca] <sup>3)</sup> ×10
旧々御前湯 a	19.2	6.52	33.3	19.3	14.0	2.4	28.	6.55	0.85
旧々御前湯 b	"	7.51	24.2	20.3	3.9	2.4	1.1	7.96	0.85
御前湯	"	7.69	36.9	24.9	12.0	2.0	2.7	7.57	1.4
葛瀨温泉	"	7.59	39.3	28.5	10.8	4.5	4.3	7.37	0.74
国民宿舎 I	"	7.32	52.9	36.2	16.7	2.4	6.5	7.19	1.5
国民宿舎 II	"	7.80	31.7	23.8	7.9	7.0	3.0	7.52	0.41
老人憩の家	"	7.52	40.0	28.2	11.6	3.4	7.3	7.14	0.95
大塚・峰野	"	7.69	37.7	25.8	11.9	3.1	2.8	7.55	0.98
大丸 a	"	7.68	42.1	39.2	12.9	2.9	3.0	7.52	1.1
大丸 b	"	7.62	37.5	28.0	9.5	7.8	4.5	7.35	0.43
愛泉館 a	"	7.10	38.9	28.2	10.7	2.2	14	6.85	1.3
愛泉館 b	"	7.14	38.3	28.3	10.0	2.2	13	6.89	1.3
愛泉館 c	"	7.13	34.3	23.5	10.8	2.2	10	7.00	1.3
上野屋	"	7.59	39.0	30.8	8.2	4.2	6.1	7.22	0.79
丸善	"	7.64	30.8	23.0	7.8	2.8	4.4	7.36	1.0
丸長	"	7.65	28.6	19.4	9.2	2.9	3.3	7.51	1.1
長生湯	19.5	7.50	41.7	29.4	12.3	2.0	4.8	7.32	1.7
紅葉館	"	7.60	28.8	20.4	8.4	1.9	4.1	7.38	1.2
天湯湯	19.8	7.59	33.3	23.0	10.3	2.6	3.7	7.43	1.1
豊泉荘	19.2	7.74	37.9	30.2	7.7	8.7	4.5	7.35	0.36

(aは湧出口、bは浴そう、およびcは排出口で採水したものである)

酸泉でアルカリ度から算出したHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>と、赤外ガス分析計を使用して得たHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>値とを検討した結果、この地域の温泉水中の[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]は上述の方法で求められることが判明した<sup>1)</sup>からである。以下に述べる[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]の実測値はすべて、pH4.3アルカリ度から得られた値に0.80を乗したものである。

水中の炭酸物質は、[CO<sub>2</sub>], [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>], [HCO<sub>2</sub><sup>-</sup>]および[CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]の形で溶存している。一般に[CO<sub>2</sub>]と[H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]との和をすべて[H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]として表している。<sup>2)</sup>したがって[H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]は次式で与えられる。

$$[H_2CO_3] = TIC - \{[HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]\} \quad (7)$$

(7)式から[H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>]を知るためには[CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]の値が必要となってくる。そこで筆者は以下の方法で[CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]を推定した。

室温に放置した試水の表面および底部にCaCO<sub>3</sub>とみられる沈殿が生成していたので、

$$\gamma_{Ca} [Ca^{2+}] \gamma_{CO_3} [CO_3^{2-}] = K_{sp} \quad (8)$$

の平衡が成立しているとみなすことができる。ここでK<sub>sp</sub>はCaCO<sub>3</sub>の溶解度積、γ<sub>Ca</sub>, γ<sub>CO<sub>3</sub></sub>はそれぞれ[Ca<sup>2+</sup>], [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]の活動係数である。

したがって[CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]は次式で与えられる。

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_{sp}}{\gamma_{Ca} [Ca^{2+}] \gamma_{CO_3}} \quad (9)$$

K<sub>sp</sub>については25°Cにおける値を知ることができた。CaCO<sub>3</sub>の結晶にはカルサイトとアラゴナイトの2種類があり前者のK<sub>sp</sub>は4.5×10<sup>-9</sup>、後者は6.0×10<sup>-9</sup>であった。<sup>3)</sup>一般に低温、低圧で生成するCaCO<sub>3</sub>はアラゴナイトの方が多いいわれているので、<sup>4)</sup>筆者等はK<sub>sp</sub>の値として6×10<sup>-9</sup>を採

った。

$\gamma_{Ca}$  および  $\gamma_{CO_3}$  については、各試水の  $[Na^+]$ ,  $[K^+]$ ,  $[Ca^{2+}]$ ,  $[Mg^{2+}]$ , アルカリ度,  $[Cl^-]$  および  $[SO_4^{2-}]$  を測定して、アルカリ度を 1 価の酸根として Lewis と Randall の式からイオン強度を求め、Debye-Hückel の理論式から算出した。<sup>5),6)</sup> その結果  $\gamma_{Ca}$  は 0.40~0.45,  $\gamma_{CO_3}$  は 0.38~0.43 の値になった。

$[Ca^{2+}]$  は原子吸光光度法で測定を行った。

以上  $K_{sp}$ ,  $\gamma_{Ca}$ ,  $\gamma_{CO_3}$  および  $[Ca^{2+}]$  の値を(9)式に代入して  $[CO_3^{2-}]$  を算出した。その結果  $[CO_3^{2-}]$  はほとんどの試水が 0.5 mmol/l 以下であった。この値は TIC の測定精度から判断すれば、ほとんど誤差の範囲内であるので、 $[H_2CO_3]$  の算出にあたっては無視した。

したがって(7)式は次式に変えることができる。

$$[H_2CO_3] \approx TIC - [HCO_3^-] \quad (10)$$

このようにして実測または算出した pH, TIC,  $[HCO_3^-]$ ,  $[CO_3^{2-}]$  等は表 1 に示した。

次に pH から  $[H^+]$  を算出し、前述の方法で得た  $[H_2CO_3]$  および  $[HCO_3^-]$  を(6)式に代入して  $K_1''$  を求めた。

さらに  $-\log K_1'' = pK_1''$  (11) として  $pK_1''$  と pH の関係を検討したところ、この両者には、図 1 に示したように、正の相関関係がみられた。この相関係数は 0.83 で、回帰方程式は

$$pK_1'' = 0.84pH + 1.0 \quad (12)$$

なった。

以上のことから  $pK_1''$  は脱炭酸反応が進行している間では一定の値をとらず、 $[H^+]$  もしくは  $[H_2CO_3]$  の濃度によって変化していることがわかった。

次に長湯温泉の湧出口付近の泉温は 35~49°C であるのでこの温度付近での  $pK_1$  と pH の関係を見た。

実験に供した試水は長生湯、丸善および御前湯である。

実験方法は 40°C と 50°C に設定した恒温水槽に試水を取り、試水の温度が設定温度に達したことを確認した上で、 $CO_2$  ガスを 10 分間通気した、そして通気を止めた後、脱炭酸反応が進行する中で、前述の方法で TIC, pH,  $[HCO_3^-]$  を測定した。

結果は丸善の 40°C の場合についての pH および各炭酸物算の値を表 2 に、その  $pK_1''$  と pH の関係を図 2 に、また 3 つの試水の  $pK_1''$  と pH の関係方程式を表 3 に示した。

$pK_1''$  と pH の関係方程式は pH 6.5~7.8 の間では一般式として次のように与えられる。

$$pK_1'' = apH + b \quad (13)$$

図 1 各試水の  $pK_1''$  と pH との関係(室温)

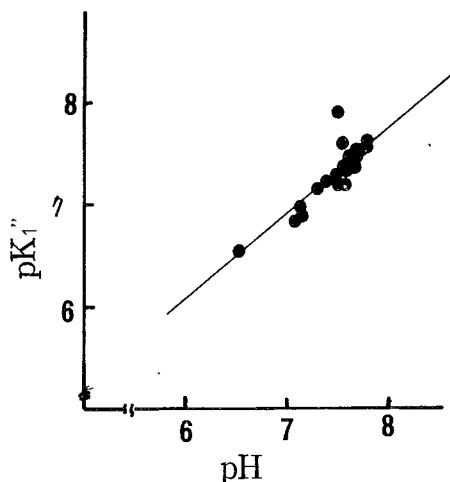


図 2 丸善における  $pK_1''$  と pH の関係(40°C)

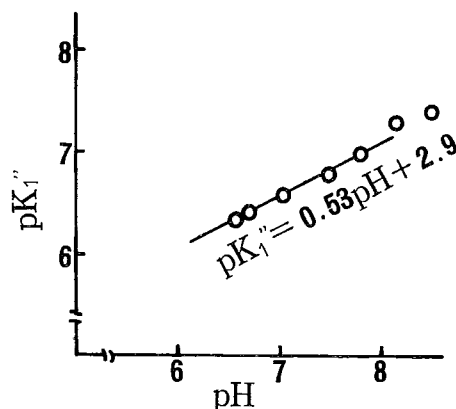


表2 丸善温泉における炭酸物質の変化(40°C)

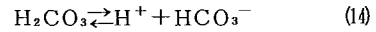
	PH	TIC	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	[H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ]	K <sub>i</sub> <sup>1</sup> × 10 <sup>7</sup>	pK <sup>1</sup>
1	6.58	39.7	25.0	14.7	4.5	6.35
2	6.70	38.0	25.0	13.0	3.8	6.42
3	7.05	34.8	25.0	9.8	2.2	6.65
4	7.50	30.0	25.0	5.0	1.6	6.80
5	7.81	28.8	25.0	3.8	1.0	7.00
6	8.18	27.0	25.0	3.3	0.5	7.30

表3 pK<sub>i</sub><sup>1</sup> と pH との関係方程式

試水	設定温度	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> と pH の関係式
長生湯	40°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.52pH + 2.5
"	50°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.49pH + 2.9
丸善	40°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.53pH + 2.9
"	50°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.51pH + 3.2
御前湯	40°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.54pH + 2.7
"	50°C	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.52pH + 3.3
	平均	pK <sub>i</sub> <sup>1</sup> = 0.52pH + 2.9

a の値は 3 つの温泉ともに 50°C の設定温度の方が 40°C の時よりも小さくなっているが b は逆に大きくなっている。これら 3 つの温泉の pK<sub>i</sub><sup>1</sup> と pH との関係方程式と(12)式の a および b の値を検討してみれば温度が上昇すれば a の値は小さくなり b は大きくなることがわかる。さらに高い温度で K<sub>i</sub><sup>1</sup> を求めれば a が限りなく小さくなることが予想される。つまりこの時の pK<sup>1</sup> が(4)式に示す pK<sub>i</sub><sup>1</sup> になる。すなわち pK<sup>1</sup> = pK<sup>1</sup> = b とし定数となる。

以上の考察から脱炭酸反応が進行している中で、pK<sub>i</sub><sup>1</sup> の値が変数をとるのは、



の反応速度が関係していることが予想される。

### 3. 湧出口における K<sub>i</sub><sup>1</sup> と TIC および [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] の関係

長湯温泉の湧出口の pH は 6 ~ 7 の範囲である<sup>1)</sup>で(10)式から次式が与えられる。

$$\text{TIC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (15)$$

(6)式と(15)式から

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{K_i^1 \cdot \text{TIC}}{K_i^1 + [\text{H}^+]} \quad (16)$$

今、pK<sub>i</sub><sup>1</sup> と pH の関係方程式を丸善の 40°C の場合を与えれば、

$$pK_i^1 = 0.53pH + 2.9 \quad (17) \text{ となる。}$$

ここで丸善の 40°C の方程式を採ったのは、前述の 3 つの温泉についての、40°C, 50°C における a, b の値に大差がないことと、丸善の湧出口における泉温が約 40°C であり、泉温と化学成分量が長湯温泉群のほぼ平均値を示しているからである。

(10)式と(17)式から次式が与えられる。

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{10^{-(0.53pH+2.9)} \cdot \text{TIC}}{10^{-(0.53pH+2.9)} + 10^{-pH}} \quad (18)$$

ここで

$$A = \frac{10^{-(0.53pH+2.9)}}{10^{-(0.53pH+2.9)} + 10^{-pH}} \quad (19)$$

として、pH 6 ~ 7 の範囲で A を求めてみると次の近似式が得られる。

$$A \doteq \frac{1}{8.2 - pH} \quad (20)$$

したがって(18)式は次のように与えられる。

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{\text{TIC}}{8.2 - pH} \quad (21)$$

そこで 1975 年 12 月に筆者等が長湯温泉で測定した<sup>1)</sup>TIC と pH の実測値を(21)式に代入して [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] を算出して、[HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] 実測値との関係を見ると図 3 に示すようになる。

この図から判断できるように(20)式から導いた [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] と実測値との間には高い正の相関関係が

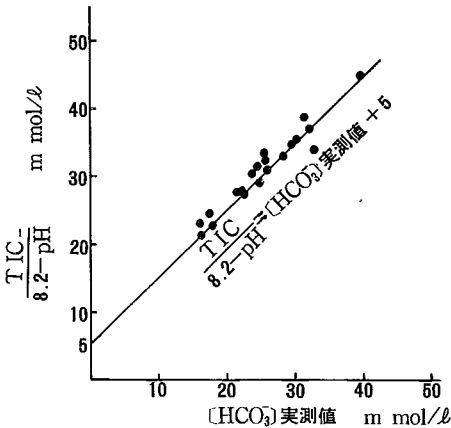
成立している。しかし値そのものは平均して前者は後者よりも 5 mmol/ℓ だけ高くなっている。

この 5 mmol の値の違いについては、考察の余地が多分にあるが、 $[H_2CO_3]$  のうちで、水素イオンの解離に無関係である分子状の  $CO_2$ 、つまり熱力学的には Henry の法則と一致する  $CO_2$  が溶存しているとの判断も可能である。

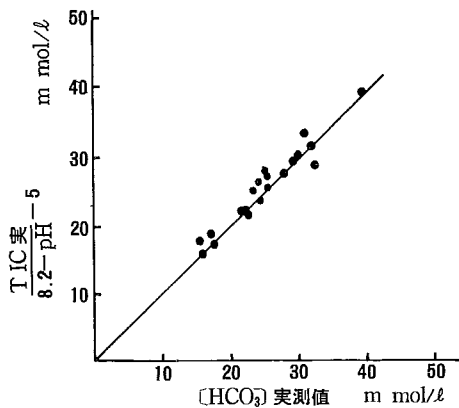
図 3 から判断すれば長湯温泉での TIC、pH および  $[HCO_3^-]$  の関係式は次式で与えられる。

$$[HCO_3^-](\text{mmol}) = \frac{TIC(\text{mmol})}{8.2 - pH} - 5 \quad (22)$$

2/  
図 3 実験式(20)から算出した  $[HCO_3^-]$  と実測値との関係



22  
図 4 実験式(22)より算出した  $[HCO_3^-]$  と実測値との関係



当然のことながら(22)式に TIC と pH の実測値を代入して  $[HCO_3^-]$  を求め、 $[HCO_3^-]$  実測値と比較すれば、表 4 および図 4 のごとくなり、両者の関係はほぼ (1 : 1) になる。

逆に pH と  $[HCO_3^-]$  の実測値から TIC を知る場合は(22)式から次式で与えられる。

$$TIC(\text{mmol}) = \{ [HCO_3^-](\text{mmol}) + 5 \} \times (8.2 - pH) \quad (23)$$

(23)式に pH および  $[HCO_3^-]$  の実測値を代入して TIC を算出して、TIC の実測値と比較すれば表 4 および図 5 に示したようになる。

#### 4. 結 言

●長湯温泉について脱炭酸反応が進行している途中での

$$\frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = K_1^* \quad \text{の値は定数とはなら}$$

ずに  $[H^+]$  の函数として示される。この場合、 $pK_1^* = a \text{pH} - b$  ( $a, b$  は定数、 $\text{pH} < 7.8$ ) として与えられる。

●長湯温泉の湧出口における  $pK_1^*$ 、TIC および  $[HCO_3^-]$  の関係は近似式として

$$[HCO_3^-](\text{mmol}) = \frac{TIC(\text{mmol})}{8.2 - \text{pH}} - 5 \quad (24)$$

となる。

このことから湧出口では 5 (8.2 - pH) mmol の分子状の  $CO_2$  の溶存が推察される。

最後にこの研究費の一部は大分県温泉調査研究会によるものであることを記すると共に分析の労にたづさわった田中和代氏に深く感謝する。

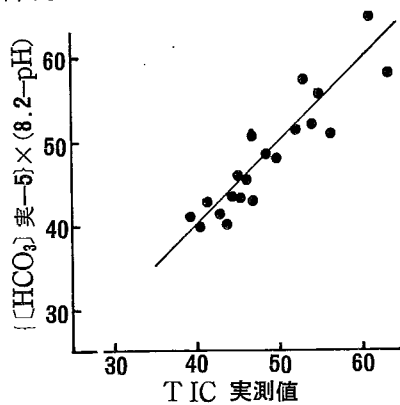
表4 湧出口におけるTIC,  $[\text{HCO}_3^-]$ の実測値と(21)式および(22)式より算出した値

単位 mmol/ℓ

	泉 温	pH	TIC実	$[\text{HCO}_3^-]$ 実	$[\text{HCO}_3^-]$ 計	TIC計
甲 斐 斌	35.8	6.58	44.5	22.1	23.0	43.4
豊 泉 荘	47.0	6.82	56.3	31.4	34.2	51.0
葛 淵 温 泉	44.0	6.76	54.2	32.5	31.7	52.5
愛 泉 館	36.8	6.50	47.2	25.0	24.0	51.0
旧 愛 泉 館	35.8	6.51	47.0	20.4	23.9	43.2
国民宿舎1	45.8	6.89	63.0	39.8	39.5	58.2
国民宿舎2	41.2	6.91	47.5	25.6	28.5	39.8
松 山 茂	38.8	6.85	44.0	25.8	25.7	40.0
憩 の 家	43.6	6.50	53.0	28.6	28.6	57.1
大 塚 峰 野	40.1	6.60	51.2	25.9	27.9	41.4
大 塚 茂	33.3	6.00	45.0	16.2	16.3	46.4
天 満 湯	44.5	6.50	49.3	24.0	25.3	49.3
紅 葉 館	40.5	6.40	38.8	18.1	18.3	41.6
丸 長	39.0	6.40	40.5	17.8	19.3	41.0
長 生 湯	46.5	6.70	52.0	29.5	29.7	51.8
大 丸 旅 館	48.2	6.60	54.7	30.2	30.2	56.3
上 野 屋	49.3	6.45	56.2	33.3	28.7	65.1
丸 善	40.0	6.35	49.3	22.6	22.9	49.1
御 前 湯	40.5	6.55	50.5	24.8	26.8	47.7
旧 御 前 湯	39.5	6.45	46.3	21.7	22.8	45.4
旧々御前湯	31.7	6.10	46.8	15.4	18.4	42.8

実：実測値，計：実験式(21)(22)に実測値を代入して得た値

図5 実験式(22)式より算出したTICと実測値との関係



<参 考 文 献>

- 1) 川野, 志賀: 大分県温泉調査研究会報告 第27号 (1976)
- 2) 猿橋勝子: 天然水中の物質代謝の研究, 第一報海水中の全炭酸について, 日化誌 74, 415-416 (1953)
- 3) 一國雅巳: 無機地球化学, p. 77, 培風館 (1972)
- 4) L. G. Berry, B. Mason "Mineralogy", p. 415, W. H. Freeman and Co., (1959)
- 5) G. G. Manov, R. G. Bates, W. J. Hamer, S. F. Acree: JACS., 65 1765 (1943)
- 6) I. M. Klotz: "Chemical Thermodynamics", p. 331, Prentice-Hall, Englewood Cliff, N. J (1950)

# 公共飲用泉中のひ素等の調査

大分県公害衛生センター

大分県環境管理課

## 1 緒言

温泉の浴用及び飲用による医療効果は医学的に高く評価されているが、一方温泉には種々の成分が含まれており、その適切な利用方法を誤れば、人体に思わぬ障害を与えることがある。従って温泉の利用には、医師の適切な指導が望まれているが現実には医師の指導によらず利用されているものが多い。

このようなことからひ素を含有する温泉の飲用については、昭和31年9月3日国発473号厚生大臣官房国立公園部長通知「ひ素含有温泉の飲用について」及び昭和42年12月25日国管発 才100号厚生省国立公園局管理課長通知「ひ素等を含有する温泉の飲用許可について」によりひ素等を含有する温泉を飲用する場合には、温泉について専門的知識を有する医師の意見を参考とすることとされていた。

以上のようなことからひ素及びその他の成分も含めて総合的な温泉の利用基準の設置が望まれていたところである。

この度昭和50年7月11日環自企才424号環境庁自然保護局長通知「温泉の利用基準について」により、硫化水素含有泉の浴用基準及びひ素等を含有する温泉の飲用基準が基けられた。

昭和51年8月から9月にかけて当センター及び県環境管理課の協同で、現在公共の飲用に供するものとして許可を受けている温泉について、ひ素等の調査を行なったのでここに報告する。

## 2 飲用利用基準

今回の通知では、ひ素、銅、ふっ素、鉛、水銀、遊離炭酸について基準を設けている。各成分の一日の総摂取量は以下の通りである。

### (1) 大人（16才以上）

ひ素0.3 mg、銅 2 mg、ふっ素1.6mg、鉛0.2mg、水銀0.002mg、  
遊離炭酸を含有する温泉を飲用する場合は、一日の総摂取量が1000mgを超えないこと。

### (2) 小人（15才以下）

15才から7才まで	大人を1としたときの	2分の1量
7才から5才まで	〃	3分の1量
5才から3才まで	〃	6分の1量
2才以下	〃	10分の1量

## 3 分析方法

重金属分析用の試料には現地で塩酸処理して分析に供した。

銅、鉛は、DDTC—MIBK抽出法により原子吸光法にて測定した。

ひ素はジエチルジチオカルバミン酸銀法により測定した。水銀は還元気化法により測定した。ふっ素は試料を蒸留したのち、ドータイトアルフツソンを使用して吸光光度測定した。遊離炭酸は、フェノールフタレインを指示薬として1/10N NaOH溶液で滴定した。この測定は現地で行った。

#### 4 飲用状況

今日調査した温泉は27件であり、内訳は現在飲用しているもの20件（清涼飲料水として販売しているもの1件含む）、特に飲用していないもの5件、新しく飲用の許可を受けようとするもの2件であった。

湯の平、六ヶ迫等著名な所では、飲用専用の場所を用けて、飲用するときの注意事項等が掲示されているが、専用の飲み口がなかったり掲示がはっきり見えるところにされてないものが見られ、指導の徹底が望まれる。

#### 5 分析結果及び考察

分析結果は別表1のとおりである。

銅、鉛、水銀は殆んど検出されなかった。

ひ素は金竜地獄の1.32mg/ℓと湯の平の0.18~0.33mg/ℓが比較的高く、他は極く微量であった。

ふっ素は、天ヶ瀬、湯の平、塚野、金竜地獄が高く1.5~5.3mg/ℓであった。

遊離炭酸は、六ヶ迫、七里田、塚野で800~1,300mg/ℓであった。

これを前記基準と比べてみて、一日の各成分の総摂取量が基準を超えないように、飲用しなければならない。一日の飲用量を1ℓ位とすればほとんどの温泉では、総摂取量は基準を超えない。しかし、湯の平（大湯、砂湯、銀の湯）、鉄輪（金竜地獄）、天ヶ瀬（湯山1138）の各温泉はひ素あるいはふっ素が基準を超えるので、飲用量を減ずる必要がある。

塚原温泉の場合、ある程度の量飲用しても6成分とも基準を超えることはないけれども、PHが1.7と非常に低く、多量に飲用することは余り良くないと思われるが、今回の通知では、適切な指導をするための根拠がなく、今後PH等についても基準が必要と思われる。

別表1

地区	源泉	採水月日	銅	鉛	ひ素	水銀	ふっ素	遊離炭酸	旧泉質
由布院	乙丸共回湯	51.8.11	0.005 以下	0.01 以下	0.071	0.0001 以下	0.1 以下	22.7	単純温泉
	たつみ旅館	"	"	"	0.105	"	"	4.36	"
	金鱗湖旅館	"	0.008	0.02	0.053	"	"	22.2	"
湯の平	大湯	8.18	0.005 以下	0.01 以下	0.33	"	3.0	44.5	弱食塩泉
	砂湯	"	"	"	0.18	"	1.8	78.5	"
	銀の湯	"	"	"	0.18	"	2.2	12.2	"
塚原	いずみ屋	8.11	"	"	0.005 以下	"	0.3	0.0	含硫化水素・酸性泉
七里田	3913	8.25	"	"	0.026	"	0.1	385	含硝酸・重碳酸土類泉
	長寿会倶楽部4059～2	"	"	"	0.035	"	"	893	"
長湯	葛洲湯泉 温	"	"	"	0.006	0.0002	"	456	含重曹・食塩泉
	天満温泉	"	"	"	0.005 以下	0.0001 以下	0.3	505	"
九重町	寒の地獄温泉	8.11	"	"	"	"	0.1	213.8	単純硫化水素泉
	長者へルスセンター	"	"	"	"	"	0.5	130.9	"
壁湯	福元屋	8.10	"	"	0.045	0.0002	0.1	6.11	単純温泉
久住町	久住高原荘	8.25	"	0.05	0.13	0.0003	0.1	715.7	含石膏・硫化水素泉
塚野	中山田380～2	8.26	"	0.01 以下	0.005 以下	0.0001 以下	1.5	829	含ホウ酸一炭酸重曹泉
廻樫野	しあわせの丘	"	"	"	"	"	0.4	248	含炭酸一重曹一弱食塩泉
阿蘇野	岩下6067～3	"	"	"	"	"	0.2	530	含重曹一重碳酸土類泉
竹田	十角温泉	8.25	"	"	"	"	0.1	36.6	"
別府	九日天温泉	9.2	"	"	0.041	"	"	23.2	単純温泉
	金竜地獄	"	0.006	"	1.32	"	3.1	60.8	弱食塩水
國見	憩の家	8.24	0.005 以下	"	0.005 以下	"	0.2	7.16	石膏硫化水素泉
耶馬溪	ろくめい館	8.10	"	"	"	"	0.4	6.54	"
天ヶ瀬	湯山1138	"	"	"	0.019	0.0002	5.3	8.73	"
六ヶヶ	薬師泉	8.17	"	"	0.005 以下	0.0001 以下	0.1	734	含重曹一炭酸弱食塩泉
	白鷺湯	"	"	"	"	"	0.6	1,160	"
	1755の2	"	"	"	"	"	0.3	1,300	"

(単位:mg/l)



# 温泉浴室中の硫化水素濃度

大分県公害衛生センター 大気部

川 島 真 也

溝 腰 利 男

溝 口 昇

## 1. はじめに

近年の公害問題の中で、硫化水素の占める位置は、ppbオーダ濃度における悪臭公害としてしか注目されていなかった。卵の腐敗臭として表現されている、この身近な物質も、 ppm オーダ濃度となると、人体への毒性が強くなり、有害ガスという表現が必要となってくる。慢性中毒のデータは、我々の知り得る範囲では、報告されていないが、急性中毒のデータは、数多く見受けられる<sup>1,2)</sup> (表1)

表1 硫化水素の生理作用<sup>1)</sup>

H <sub>2</sub> S濃度(ppm)	人 体 へ の 生 理 作 用
10～ 15	6時間：眼に炎症*
80～ 120	著しい症状なく、約6時間耐えられる
200～ 300	臭気は、かえって低濃度の場合のように強くないが、5～8分後に眼、鼻、喉などの粘膜に強い痛みを感じ、かろうじて、30分～1時間耐えられる。
500～ 700	約30分間呼吸すれば、亜急性中毒を起こして、生命が危険になる。
1,000～1,500	ただちに急性中毒を起こして失神し、呼吸マヒにより即死する。

\*：毒性データ（海外技術資料研究所）

大分県下の温泉には、硫化水素を多量に含有しているものがあり、以前から、この臭気で気分が悪くなったという人の話しも聞いていたので、これらの温泉の浴室での硫化水素濃度については、少なからず関心を持っていた。

今回、環境庁によって「硫化水素含有泉の浴用利用基準<sup>3)</sup>」が、定められた。その要旨は、「総硫黄が2 mg/kg以上含まれる温泉の施設管理者は、硫化水素による事故の事前防止のため、浴室の換気構造や湯の曝気装置等を設けることによって、硫化水素濃度が次に掲げる数値を越えないようにすること」となっている。その数値とは、

- ① 浴槽湯面から上位10cm位置：20ppm〔1ヶ月間程度の湯治客を対象（旧労働衛生基準）〕
- ② 浴室床面から上位70cm位置：10ppm〔旅館、浴場の従業員を対象（労働衛生基準）〕

この基準値は、環境庁としての目安であり、この通知の内容の運用の詳細は、都道府県知事にまかされている。大分県においても、その運用をいかにすべきかについて検討するため、代表的な酸性硫化水素泉を利用している別府市明礬地区の旅館、共同浴場の浴室においての実態を把握することを主たる目的に、この調査を行なった。又、天ヶ瀬町、久住町法華院の温泉においても若干の調査を行なった。

## 2. 硫化水素の定量分析法

大気中の硫化水素の分析法に関しては、種々の方法が考案されているが、今回は環境庁の通知<sup>3)</sup>に示されている検知管法で行なった。しかし、この方法は、簡易法であるため、基準値測定のために

用いるのは、正確さの点において、若干の疑問があったので、我々が通常行なっている、ガスクロマトグラフ (GC) による分析法と<sup>7)</sup>比較検討を行なった。

① GC分析条件

GC: 島津 GC-4 CM

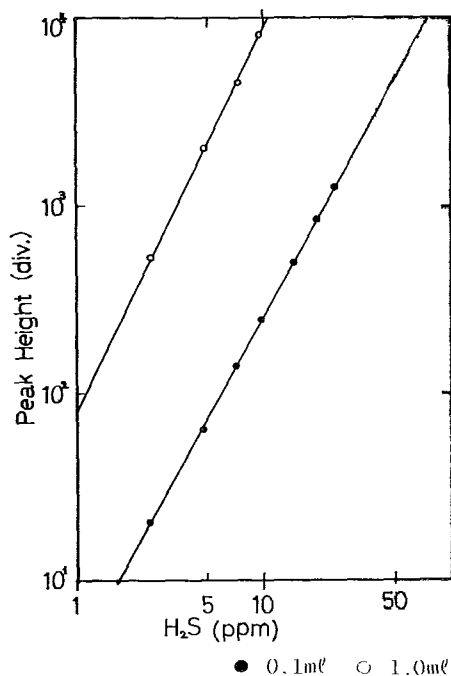
カラム: 内径 3 mm、ガラス製、3 m

カラム充填剤: 1, 2, 3-TCEP (25%) / Shimalite (80/100mesh)

カラム温度: 70°C

検出器: FPD (温度: 150°C)

図1 硫化水素検量線



硫化水素ガスをガスタイトシリンジでGCに直接導入して得られた検量線を図1に示す。0.1mlを直接導入する時、ガスタイトシリンジ内でガスを希釈する操作を行なうことにより、測定範囲は2~120ppm程度となる。

② 使用した硫化水素検知管

光明理化学工業 (北川式)

120S型 2~160ppm/100ml

120sb型 1.5~165ppm/100ml

120C型 50~1,600ppm/100ml

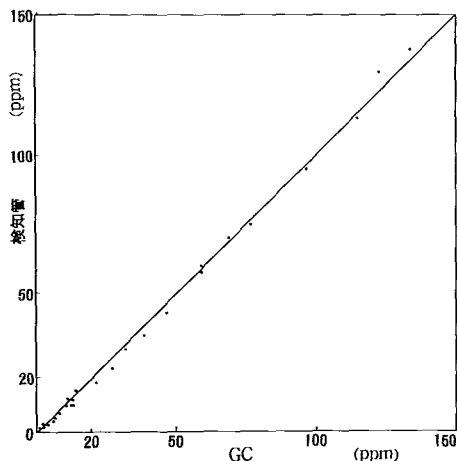
北沢産業 (ガステック)

4L型 1~120ppm/100ml

③ GCとの検知管の比較

GCによって、濃度を決定した硫化水素ガス1~150ppmを検知管 (北川式Lot.3770126) によって測定した結果、図2に示すように、GCとほぼ、同じ値を得ることができた。又、50ppm程度の濃度における検知管による測定値の標準偏差は、3~4ppmであった。以上のように、検知管法は、充分実用に耐え得ると思われるが、Lotによる差や製造後、日数を経るに従って高い値を示す傾向、メーカーによる差等の問題点があることを忘れてはならない。又、今回購入した検知管の中で、北川式120sb型Lot.0015086は、真の値の1.4倍もの高い値を示すものがあったので温泉の管理者に測定を義務づける場合、当センターでチェックしたLot.の検知管を配布するようなシステムを考えておく必要がある。

図2 検知管とGCの比較



3. 調査方法

浴室での、ガス濃度測定は、測定条件の設定に難しい問題があるが、中でも換気量が最も重要な要因になると思われる。浴室の硫化水素濃度の測定報告は、群馬県衛生研究所

の行なった報告が唯一のものと思われるが、この報告では、換気条件が示されていない。

浴室の硫化水素濃度は、室内に供給される硫化水素量と室内空気の換気量及び、浴室容積の関係によって決まる。

$$K_2 = K_0 + \{1 - \exp(-Q \cdot t/V)\} M/Q + (K_1 - K_0) \exp(-Q \cdot t/V) \quad (式1)$$

$K_2$  : t分後に到達するガス濃度 (ppm)

$K_0$  : 外気中に含まれるガス濃度 (〇)

$K_1$  : 換気初めにおけるその室のガス濃度 (ppm)

$V$  : 室の容積 ( $m^3$ )

$Q$  : 換気量 ( $m^3/min$ )

$M$  : 発生ガス量 ( $ml/min$ )

浴室に供給される硫化水素量が常に一定であると仮定すると、室内の濃度は、換気量によってのみ決まる。それゆえ、濃度測定を行なう場合、どのような換気状態下で行なうのかが問題となってくる。硫化水素は、金属を腐食するため、機械的な換気を行なうことが、できないために、自然換気による方法のみが行なわれている。しかし、この方法は、外気の風向、風速、気温や室内温度、換気口の大きさ、位置等の要因によって、換気量に変動をもたらす。又、硫化水素の供給が送湯管からの溶存硫化水素と管内で発生した硫化水素ガスによって行なわれているということは、浴室内の位置によって、濃度の違いを生ずることになる。環境庁の「利用基準」では、通常の入浴状態を測定の対象としているが、その意味の示すものは、極めて漠然としたものでしかない。

今回、我々の行なった調査では、最悪の換気状態で、濃度がどの程度上昇するかをチェックすることを主眼とした。

① 狭い浴室

「静かに30分間入浴している状態」を仮想し、開閉可能な窓を全て閉めた状態で、湯面上10cm (入湯口より50cm離れた位置) と洗い場の床+70cm (適時選んだ位置) における濃度の経時変化を測定した。

② 比較的広い浴室 (自然換気口のある浴室)

短時間では、換気に及ぼす要因が変化しないと仮定し、浴室内の幾つかの位置で濃度測定を行なった。

4. 結果と考察

以下、各浴室ごとの測定結果と、それに対する若干の考察を述べる。

表2 浴室への硫化水素流入量

旅館名	湯量 ( $l/min$ )	溶存硫化物( $mg/l$ )*		浴室体積 ( $m^3$ )
		入湯口	流出口	
みどり荘	45	25	17	50
若杉旅館	7	55	13	25
鶴寿温泉	16	19	7	55
えびす屋	1	8	2	50
地蔵湯	3	60	5	100
法華院温泉	250	60	25	80

\* 北川式溶存硫化物検知管にて測定

図3 みどり荘浴室

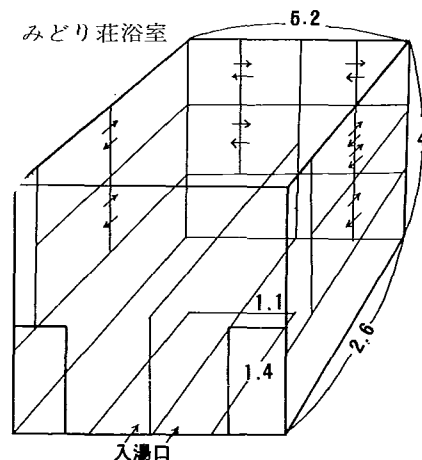


図4 みどり荘 (1977. 2. 15) 9

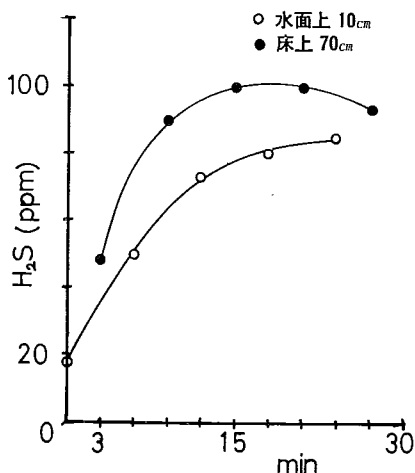
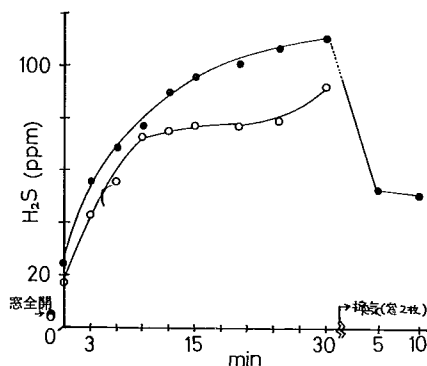


図5 みどり荘 (1977. 2. 16)



① みどり荘 (図3)

この浴室は、換気口がなく、窓を閉めた状態では、窓の隙間と壁の割目が換気口の役割を果たす。図4、図5に、濃度の経時変化を示す。これから判るように、窓を閉め切った時点(0 min)で、基準値を越えてしまい、さらに時間が経つに従って増加するが、約30分後には、濃度曲線がゆるやかになりつつ、100ppmに達する。この値は、定常状態に近い値であろうと思われる。定常状態になった頃、位置を変えて測定してみたが、濃度差は、ほとんどなかった。

この調査を始める前に問題点としていたことは、深夜、浴室の窓を閉め切った状態が朝まで続いて、非常に高濃度の硫化水素が、溜まっていて、入浴客が、浴室に入った時点で、急性中毒を起こすのではないかと、ということであった。しかし、前述の結果に加え、夜間窓を開けておかねば、浴室の腐食が激しいので、管理者が窓を開けるようにしているということから、急性中毒を起こすような事態には、ならないであろう。

この浴室で、基準を満足させるためには、窓をかなり開けた状態にせねばならないが、冬期にお

図6 若杉旅館浴室

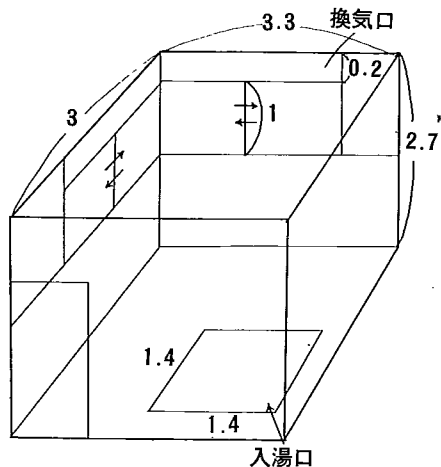
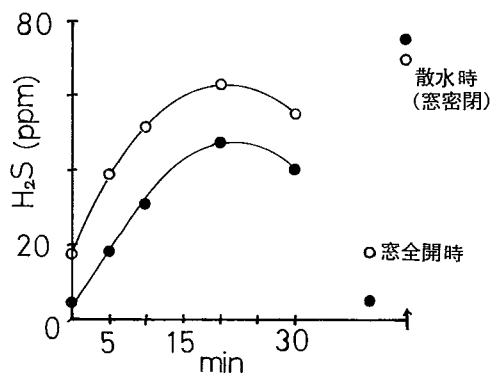


図7 若杉旅館 (1977. 2. 15)



いては、浴室内温度との関連で、可能とは思われない。

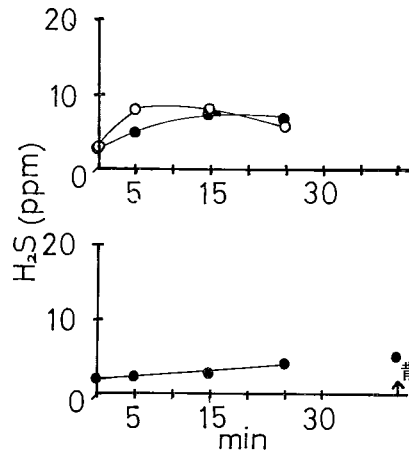
② 若杉旅館旧館 (図6)

この浴室は、上部に換気口があるため、窓を閉め切っても、かなりの換気が行なわれている。測定を行なった時、0～20分間は、無風状態に近かったが、25分以後は、風が少し強くなった。今回の調査で判断する限り、100ppmを越えることはないと思われるが、窓を全開にしても、水面上で18ppm、床上で5ppmの濃度なので、基準を満たすことは、かなり難しい。

③ 鶴寿温泉

この浴室は、建物が老朽化しているため、随所で換気が行なわれている。今回の調査では基準を満足していたが、調査時は、風が強く換気がかなり良く行なわれていたので、無風状態で測定すれば、基準を越える可能性がある。この温泉の溶存硫化物濃度は、51年12月23日の予備調査時には、1mg/l程度であったが、今回は、20mg/lであった。このような、変動が常であるならば、今回の調査で問題とならなかった温泉についても、時期をかえて、調査してみる必要がある。

図8 鶴寿温泉(1977. 2 .15)



④ 地蔵湯 (図10)

浴室上部の四方に大きな換気口と、脱衣場付近の直径15cm程度の換気パイプを有する。窓もあるが、通常は閉じられている。

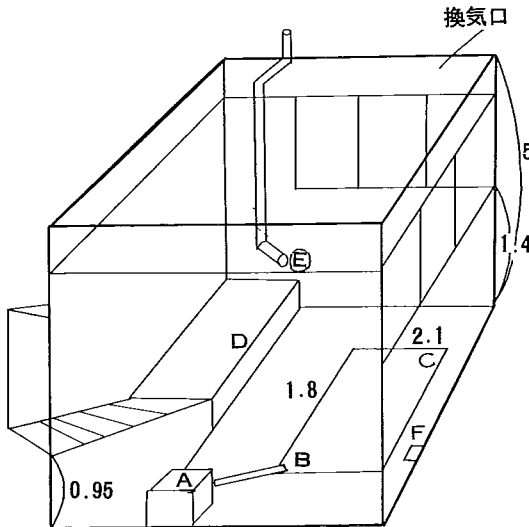
位置による濃度の違いを測定したが、通常、入浴客が利用するC、Dでは、基準を満足するようであるが、Bの入湯位置では、50ppm程度を示す。

Aの取湯口では、80ppm程度であるが、入浴客がここに顔を近づけることは、あまりないと思われる。

図9 えびすや(1977. 2 .15)

⑤ 法華院温泉 (図11)

図10 地蔵湯浴室

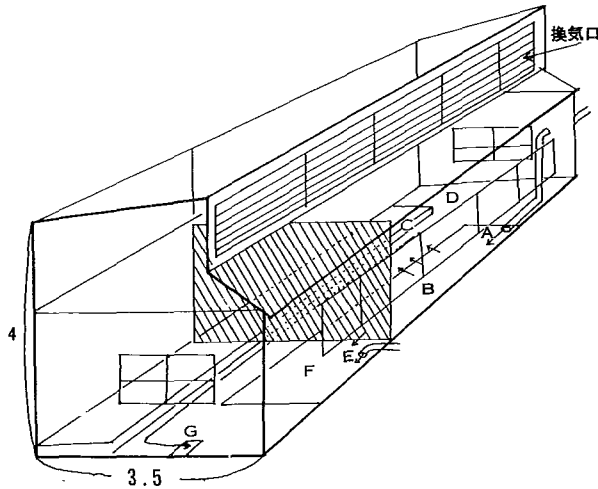


浴室上部 3.5m付近の換気口と 1 m付近の窓を有する。位置による濃度の違いを測定したが、入湯口Aにおいて、実に 700ppmという高濃度を示した。この値は、30分間で生命が危険になるというものであり、短時間でも急性中毒を起こす可能性があると考えられる。

表3 地蔵湯 硫化水素濃度 (ppm)

測定点 年月日	A	B	C	D	E	F
51. 12. 23		65	15	15		
52. 1. 24		75	40	20	20	35
52. 3. 29		80	50	15	20	70
52. 2. 16			18	12		

図11 法華院温泉浴室



このような高い値を示す原因として、溶存硫化物濃度が $60\text{mg}/\ell$ 、 $\text{pH}7$ であるにもかかわらず、湯の流入量が $250\ell/\text{min}$ と非常に大量であることと、送湯管の中で、溶存硫化水素が、かなりガス化していることが考えられる。

入湯口Eでは、 $250\text{ppm}$ であったが、ここの流入量はAに比べて、かなり少ないのが低い値を示す原因であろう。通常、入浴客の利用する位置B, C, D, Fでは、 $100\text{ppm}$ 程度を示し、2 mの高さにおいても、ほぼ同様であった。この浴槽を激しく、かきまぜると、それらの位置で、 $160\sim 200\text{ppm}$ 程度に上昇する。

この温泉を利用する湯治客は、年間2, 3人であり、大部分は、登山客が1泊する程度であるので、ここに、今回の基準を適用するか否かについては議論の余地がある。しかし、それよりも問題となるのは、この浴室では、急性中毒を起こす可能性が充分にあることである。そのため、濃度を下げる対策が早急に必要とされる。具体的な方法は、我々の専門外の領域なので、詳しい議論は避けるが、次の3点が考えられる。

- I) 浴槽に入る湯量を少なくする。
- II) 送湯管の中で硫化水素が、ガス化しつつあると思われるので、浴室に入る直前の部位で、ガス抜きを行なう。
- III) エアレーションによって、溶存硫化物濃度を低くする。しかし、この場合 湯の $\text{pH}$ が中性であるので、酸性硫化水素泉に比べ、エアレーションの効率が低下し、その結果、湯温 $45^\circ\text{C}$ 程度のものが、さらに温度低下を起こすことになり、<sup>6)</sup>浴用としての価値がなくなる心配がある。

⑥ その他

天ヶ瀬地区の調査を行なう時、大分県鉱泉誌(1970)によって、溶存硫化水素量の多い温泉を選んだが、現存している旅館が少なく、又、溶存硫化物量に変化していたため、調査としては、不完全に終わった。小松屋において、入湯口で、 $20\text{ppm}$ を示したが、浴槽では、検出できなかった。

今回は、硫化水素泉を利用している全ての浴室を調査したわけではないが、調査した範囲で基準を満足していた旅館、温泉名を列挙しておく。(右肩の数値は、溶存硫化物( $\text{mg}/\ell$ )を示す)

明礬地区：湯元屋<sup>0</sup>、山田屋<sup>0</sup>、豊前屋<sup>0</sup>、やまなみ荘<sup>0</sup>、大和屋<sup>1</sup>、岡本屋<sup>1</sup>、えびす屋<sup>8</sup>。

堀田地区：堀田東温泉<sup>2</sup>

天ヶ瀬地区：鳳陽館<sup>0</sup>、露天風呂（3ヶ所）<sup>0</sup>、碧水園<sup>3</sup>、小松屋<sup>5</sup>。

## 5. ま と め

今回の調査について総括的に展望してみる。

- ① 基準値（10, 20ppm）の医学的意味が明確でない。労働衛生基準値を入浴者に適用できるか否か？又、硫化水素臭をかなり感じる浴室では、この基準を満足することは困難である。
- ② 浴室の管理者に測定を義務づける場合、測定方法は検知管法で充分だが、基準値を満足しているか否かをチェックするためには、換気状態により、かなり頻繁に測定を行なわねばならない。
- ③ 換気口を新たに設ける場合、床面に近い位置と上部の2ヶ所が必要であるが、冬期において、浴室温度が下がりすぎる可能性がある。
- ④ 浴室に流入する硫化水素量を少なくする方法（湯の流入量を減らしたり、エアレーション等）が、根本的な対策であるが、どの程度まで、減らせれば基準を満足することができるか？という問題については、浴室ごとに検討して行かねばならない。エアレーションを行なう場合、硫化水素泉の医学的効用の面から、どの程度の溶存硫化物濃度が必要なのかということも検討すべきであろう。
- ⑤ 調査中、入浴客に硫化水素臭について質問を行なったが、数10ppm程度の濃度では、気分が悪いと答えた者は、いなかった。他県では、心血管性疾患、その他を有する老人や身体的に未発達な小児に「事故」が多発している<sup>2)</sup>というが、大分県においては、そのような「事故」の報告を我々は知らない。
- ⑥ 入浴客に対して、自衛のため次のいくつかの項目を守ってもらう。

I) 入湯口には、できるだけ近づかぬこと。

II) 湯を激しく、かきまわさぬこと。

III) 体調の悪い時や多量の飲酒時は入浴せぬこと。

IV) 長時間、入浴する時は、窓を時々開けるようにし、浴室を出る時は、窓を開け放つこと。

又、今回の調査で、浴室内に硫化水素と共に亜硫酸ガスが、1ppm程度存在していることが判明した。GCによって定量を試みているが、今回は再現性のあるデータを得るに到らなかったため、今後、引き続き定量法の確立に努力したい。

最後に、調査中協力していただいた旅館及び、大分県環境管理課温泉係の職員の方々と、この調査を行なう機会を与えていただいた、大分県温泉調査研究会に感謝します。

## < 参 考 文 献 >

- 1) 日本薬学会編：衛生試験法注解，pp.1072，金原出版（1976）
- 2) 樋口洋一郎，深町道子，狩野和男，滝島常男，田所作太郎：群馬県衛生研究所・公害研究所年報，7，111（1975）
- 3) 環境庁自然保護局長：環自企，第424号（昭和50年7月11日）
- 4) 酒井幸子，滝島常雄：温泉工学会誌，9，61（1974）
- 5) 佐藤鑑：建築学大系，第22巻，室内環境計画，pp.403～563，彰国社（1973）
- 6) 甘露路泰雄：温泉工学会誌，11，73（1976）
- 7) 環境庁：環境庁告示 第9号（昭和47年5月30日）

# 筋湯における温泉権の実態（下）

大分大学教育学部 大野 保治

## はじめに

前号（本研究報告第27号—昭和51年3月刊）で「筋湯における温泉権の実態(上)」について報告したが、このような公法形態の「財産区」による温泉利用の実例は、全国的にも、さほど多くはない。それも、独立した特種な「温泉財産区」のそれではなく、山林・原野を主な管理対象にした、いわゆる一般的な「財産区」で、その一部門として源泉とその利用施設を附従的に支配管理するといった当該〈飯田財産区〉のごときは、全国的にも数少ない事例ではないかと考えられる。

本号では、先ず、この「財産区」一般の概況とその歴史的沿革、並びに将来の課題に照射を向けたあと、一般財産区の特種形態とみられる「温泉財産区」の概要に触れることにする。次いで、当該地域が阿蘇国立公園（特別地域）に編入されていることから、国立公園内の温泉利用の法的諸問題について、若干の考察を試みる。なお前回の報告で、時間的余裕がなかったことから見送ってきた事項（Ⅳ3）を、本号で補稿として稿末に掲載することにした。ご了承を乞う次第である。

## I 財産区について

### 1 財産区の概況

現行の地方自治法は、その第1条の2第3項に「財産区」を特別地方公共団体（法人）と規定し、第294条ないし第297条に財産区に関する規定9ヵ条を掲げている。これらは、ほぼ明治22年町村制第114条および明治44年改正町村制第124条および第125条の規定を踏襲したものである。即ち、「財産区」とは、市制・町村制の施行以来、主として市町村の一部で財産を有し若しくは公の施設を設けているものを指すが、さらに後に、市町村の廃置分合若しくは境界変更の際、財産処分に関する協議に基づき市町村の一部が財産を所有したり、公の施設を設けているものも含まれることになる。「財産区」は後述するように、法的に問題が極めて多いが、取り敢えずここでは、所轄官庁である自治省財政局調査課の行なった調査（昭和38年4月1日現在）に基づき、その概況を述べることにする。

自治省の調査資料によると、財産区の数是全国で3,916となっており、それを設置時期別に区分すると、次のとおりである。

- |                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| A 地方自治法施行（昭22・5・3）以前のもの            | 2,242 |
| B 地方自治法施行後町村合併促進法施行（昭28・10・1）以前のもの | 82    |
| C 町村合併促進法施行後のもの                    | 1,592 |

なお、Aについて財産区の件数を都道府県別にみると、最も多いのは兵庫県<sup>(1)</sup>の646で、ついで青森県（283）、奈良県（235）、岡山県（229）、長野県（225）などである。他方、財産区の最も少ないのは鹿児島県の0で、北海道・群馬・佐賀・宮崎の各県はそれぞれ1、山口県が2、埼玉県が4、東京都・福井県がそれぞれ5となっている。

次に、Bの分布についてみれば、鳥取県19、長野県14、岡山県11が比較的が多い。さらにCに



については、長野県140、山梨県130、福島県121の順で多い。

また、財産区の区域が二つ以上の市町村の区域にわたっていることから、財産区の事務を共同処理するために設置された一部事務組合（地方自治法才284条）も「財産区に準ずる性格」をもっている<sup>(9)</sup>ので、その数を概観すれば、全部で100、うち組合の存在する都道府県は15府県で、当該組合の最も多いのは山梨県の60が顕著であり、その他、神奈川・長野・静岡・滋賀の各県がそれぞれ5、福岡県4の順で、これに続いている。

次いで、財産区の所有する財産のうちでは「山林」が最も多く2,845財産区、45組合がこれを所有または管理している<sup>(9)</sup>。これは全財産区の72.7%、全組合の45%に当たる。

財産区に関する調

昭和51年3月31日現在

都道府県名	財産区を有する市町村数	財産区 の 合計数	山 林		原 野		宅 地		田 畑		用水路沼地		墓 地		左以外の 土 地		その他 *
			数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	数	面積 m <sup>2</sup>	
大分県	4	280	31	3,332	52	5,512	11	20.8	6	273	85	331	82	58.5	13	27.1	

(注) ※の項目には、現金・有価証券、公民館、上水道、公会堂、火葬場、漁業権となっているが、該当するものがないことから省略した。

都道府県名	議会を設けている 財産区の数	管理会を設けている 財産区の数	総会を設けている 財産区の数	何らの機関も設 けていない財産 区の数	合 計
大 分 県	1	5	0	274	280

— 大分県地方課 —

ちなみに、本県(地方課)の調査資料—上表参照—によれば、財産区を有する市町村は4、その総数は280、内訳として山林と原野を所有もしくは管理するもの83、用水路・沼地が85、墓地が82、その他30となっている。管理機関の状況としては、法定の議会を設けているもの1、同じく管理会が5となっている<sup>(9)</sup>ほかは、実に274財産区が公的機関を設置していない。法に定められた管理機関を設けない背景には——その管理財産が用水路や沼地、墓地といった非財産的価値のものが多く、その規模も比較的小さく、それらは歴史的背景のもとに部落(組)の共有財産であるといった伝統的規範意識が残存するとともに、現実に公的な管理機関を持たずとも維持管理が可能である、といった実情によるものかと思われる。

2 財産区の沿革(概要)

そもそも「財産区」は、明治22年2月から施行された町村制の規定の中で、初めて法律制度として登場してきたものである。当時、町村制の規定(才114条)の社会的・政治的背景には、次のような事情が存した。——その実質的背景には、旧幕以来の入会財産の処理があり、それをめぐって明治新政府の方針は必ずしも統一してはいなかった。明治当初、新政府はこれを「公共財産」とはみず、主要な傾向としては「人民共有、私有財産」として処理しようとしていた。かくして、地所官民有区分の際、官有地編入を免れた入会財産たる旧村持山は「民有地」として取り扱われ、管理処分も農民の手で自主的に行なわれてきた。明治11年の太政官布告(17—19号)による三新法(郡区町村編成法・府県会規則・地方税規則)においても「私有財産」として扱われ、町村会も、その管理には何ら関与しなかった経緯が見られる。

ところが、政府のこの方針は、町村制の施行とそれに伴う町村合併の少し前から、若干の変更を

遂げるに至った。即ち、明治20年の内務省訓令（48号）により、入会財産も「区町村公共ノ経済ニ属スヘキ共有物」に該当し、従って町村会の評決事項に入れられるのではないか、という疑義ないし不安が生じた。その直後、明治22年の内務省令（1号）は「公共財産トハ首トシテ其性質上府県又ハ区町村ノ所有ニ属スヘキ財産」であって「従来専ラ官庁ニ於テ管理シヌハ府県会区町村会外ニ人民ノ協議ヲ設ケテ取支ヲ処理セシ類ノモノ」（傍点は筆者、以下同じ）であるとした。こうして町村制施行の直前になって、政府は、従来人民の協議に任せていた入会財産をも私有財産ではなく「公共財産」として取り扱う旨を示し、ここに「公有財産としての部落有財産」という公的観念が権力によって創出されたのであった。<sup>(5)</sup>

入会財産を公有財産たる部落有財産として把握し、これを市町村会のコントロールの下に置くという政府の方針は、一面では、広範な農民の不安と抵抗を呼び起さざるを得なかった。そのため、町村合併が円滑に実現しそうにないことを憂えた明治政府は新たに〈財産区制度〉を創設し、町村の一部としての部落の財産について部落の権利主体性を承認し、且つ部落がその固有の管理機関を持ち、市町村の介入を排除して部落財産の管理をすることができる途を開いたのである。要するに、入会財産を公共の名のもとに公有財産に組み入れ、これを市町村長や市町村議会の公法的規制の下に置こうとするのが政府の基本的施策であった。しかし他方で、市町村より下位の大字（部落）に独立の法人格を認めない建前であった地方行政の根本原則からいえば、市町村の一部たる部落に財産権の主体たる地位を認め、且つ法人格を与えることは極めて重要な例外であり、かかる例外を法制制度化しなければならなかったこと自体、政府の地方行政政策の「眼界」を示すとともに、地方行政の観点からすれば、本来「歓迎されない妥協の産物ないし必要悪」として受けとめられた。また一方、農民の側からすれば、本来私有財産として部落住民の自由な管理収益に委ねらるべきものを、権力介入によりコントロールしようとする財産区制度は「鬼子的存在」なのであり、この宿命的人格は大正一昭和（戦前より戦後）にかけて、今日までなお一貫して続いている、といってもよいのである。<sup>(6)</sup>

### 3 財産区の今後の課題

本報告書は、山林・原野を主たる内容とした一般的な「財産区」を論証しようとするものではなく、その実態における事実としての「温泉の財産区」を主要な研究シエマとするものである。従って、前者の財産区一般の将来の課題については、ここでは、ごく簡略に述べるにとどめる。

財産区制度は前項に述べたように、明治22年に市町村制度により出発を始めた時から、本来、矛盾をはらんだ制度なのであり、町村合併に対する農民の抵抗や不満をさし当たり緩和するための「過渡的措置」として、案出された制度であった。そして、この不満の最も中心的な核心は、部落有財産が市町村会の管理に服するという点にあったのであるから、それを緩和する目的のために設けられた財産区は、市町村会の管理を排除するという点にその存在理由があったのであり、それ故、財産区に固有の管理機関を設けるという町村制才114条の規定が財産区の核心的規定であるとともに、実はこのこと自体、財産区に固有の管理機関を持たせなければ「町村の一部」の利益がそのまま認められる、という財産区制度の根本的矛盾をはらんでいた。しかし他方、町村制本来の趣旨からは、財産区に固有の管理機関を持たせることは望ましくないから、出来るだけそれを限定しようとする。しかし、それをあまり限定したのでは、そもそも財産区制度を設けた意味がないという矛盾——なのであった。

財産区創設の歴史的沿革をかく顧みるならば、疑いもなく、旧村持山は、入会財産としての「村（ムラ）」に属する財産であった。従って、それは、町村合併以降、入会団体としての「部落」の所有に当然帰すべきものであり、町村の一部としての部落の所有即ち財産区有に属すべきものではなかったのである。町村合併に際し、入会財産を消滅せしめる法律上の規定は存せず、また現実の管理利用秩序の点でも何らの変化がなく、さらに農民の規範意識の上でも、入会財産としての観念

には変化をもたらさなかった。それ故、慣習規範の平面では、部落有村野は圧倒的多くの場合それは入会財産であり、財産区財産ではなかった。現実には部落有林ないし区有林と呼ばれているものが果たしてそのいずれに属するものであるか——人會財産か財産区財産か——については、明治町村制施行以来今日に至るまで極めて重要な見解の対立が続いていることも、先に触れたとおりである。

以上の内容を裁判判例に即してみる限り、一般的傾向としては、それぞれの慣習や沿革を重視する判決例では部落有財産を入会財産として正しく把握する結論に達しているのに対し、財産区財産（公有財産）とみるケースは、それらの実態把握をおろそかにし、政府の政策に無批判に従い、あるいは概念法学的観念論ないし形式論で簡単に割り切って、入会権の実態を正しく反映しない結果となっているといえよう。

叙上のような経過に鑑みるならば、財産区は、将来にわたって生々発展を遂げてゆくような制度ではなく、むしろ時代の急激な進展の中で変質を余儀なくされるものである。創設以来80年、現代においてもそれは「荒廃」することなく、むしろ「深刻化の徴候」さえ見られる。それが大きな破綻を示さずに今日まで延命してきた背景には、事実上、財産区制度が「法律的に厳格に運用されなかった」ことと、「財産区財産、とくに土地の経済的価値が少なくとも今までは低かったことによる<sup>(8)</sup>」と考えられる。しかし将来、行政指導方針が厳しくなって法治主義の原則が貫徹し、また財産区財産の経済的価値が上昇してきた今日、上記のような制度的矛盾が大きく露呈してくるならば、現行のような財産区制度は、その根底から大きく揺らぐことにもなり兼ねないだろう。抜本的な対策としては、財産区制度そのものを冷静に再検討する必要がある、より望ましい方向に近代化を進めてゆくことが行政の上からも、また地域住民にしても好結果をもたらすのではない<sup>(9)</sup>か、と考えられる。

## II 温泉財産区について

### 1 温泉利用の沿革

古来、温泉の利用方法は慣習規範に支えられた共浴場——俗に“部落湯”とか“共同湯”とかの名称で呼ばれていた——における共同利用で、部落（温泉入会）団体が源泉に接し、またはその近傍に共浴場を設置して、その構成員が個別利用権者として無償で入浴や洗濯などに利用しあう、というのが温泉の古典的利用形態であった。温泉浴は、一面ではまた医療的効能が多であることから、近隣の湯治客が来集して滞在のための施設を必要とし、その結果、部落団体の個別権利者の中から旅館業を営む者が出るに及んで、従来の共浴場を自己の営業上の必要からこれを利用せんとする旅館業者（とその集団）と、地域入会団体との利用が競合して、社会紛争を惹起するに至るというのが一般的傾向であった<sup>(10)</sup>。

また、全国の主要な温泉場の多くでは、源泉や共浴場の維持管理には営業を行なうことで利得する旅館業者が主にこれに当たっていたが、明治も中期以降となると、営業者は私有財産制度の確立——その典型である土地所有権の効果として——から自家所有地内に掘削をなし、自家専用の源泉つまり「内湯」を持つようになって「外湯」たる共浴場の重要性が薄れてくると、源泉や共浴場の管理にもさほどの熱意を示さなくなった。こうして、総有的な共同体的利用に支えられてきた共浴場も、いつしか近代（法）的な個別所有関係へと解体・移行せざるを得なくなる、というのが実態であった<sup>(11)</sup>。

### 2 温泉財産区の設立

これまで総有温泉をその共同体的規制の下に利用し、営業を行なってきた旅館業者とその集団は、明治中期以降は、自己の自由に使用しうる個人源泉（内湯）を確保し、これによりますます営業の独立的発展を企てた。その結果、これまで共浴場維持のため、温泉入会団体内部において規範

化されていた温泉利用に関する諸々の共同体的規制——例えば内湯禁止、浴槽制限、泉源掘削の禁止等の慣習規範——は、入会団体の有力者層である旅館業者自らが破ろうとする事態ともなった。

こうした温泉利用の危機的状況に直面した部落入会団体<sup>(12)</sup>では、先ず、その内部における旅館業者の慣習規範の違反、なかんずく泉源掘削を禁止するとともに、これが対抗上、自らも掘削を進める必要を痛感させた。然しながら、社会的に劣位に立ち資力にも乏しい地元利用集団にとっては、何らかの別の法形式に依拠した部落団体の再編成が要請された。その法形式としては、当該温泉地の置かれた社会的・経済的・歴史的条件に規定されて種々の法形態が採られたが、前章に触れた「旧財産区」もその1つであった。もっとも旧財産区の設立には、危機に際し再編のため、一旦は町村有の形式を採ったものの、その後何らかの理由で再び財産区の形式に再編された場合もある。「新財産区」の設立も、同様な理由で町村有とされてきたものが、戦後の町村合併に際して昭和29年の改正地方自治法の規定により、その源泉権を旧町村の住民即ち部落入会団体の手にとどめるために、再び財産区の形式に再編された場合である<sup>(13)</sup>。

部落入会団体の再編のため、「財産区」や「町村有」の公法形態が採用された例をみると、明治の町村制の施行に当たり、一字一村として温泉部落たる自然村がそのまま行政村となった場合、また一字一村ではなく、近隣の他部落を併せて町村制が施行された時は、他部落が社会経済上、また町村制上、温泉部落に対抗しうるものではなく、温泉部落が中心となり支配的地位を占める場合であった<sup>(14)</sup>。しかも、それ以後、行政町村の範囲が町村合併により拡大する時も同様で、旧温泉町村が中心となり、新町村において支配的地位を占める場合もあった<sup>(15)</sup>。このような行政町村と温泉部落団体の関係を前提とする限り、町村議会・町村長は温泉部落団体の利益のために行動し、町村は財産区の行動に何らの制約も加えるものではなかったと考えられる。従って、部落団体の温泉利用に関する共同体的規制を財産区・町村の条例等により代位補強し、これを部落団体の外部者にも及ぼすことができる。また、本来、部落団体の資力をもっては難しい共浴場の改築費・源泉の掘削費・集配湯施設等の負担について、町村有の場合には行政町村の財政に転嫁することができ、財産区の場合には町村長の協力に依存することができる。——以上が部落団体の意思により、進んで公法形態を採用した理由<sup>(16)</sup>と考えられる。その結果として、形式との矛盾は比較的少なく、得るところは比較的大きかった、といってもよいであろう<sup>(17)</sup>。

旧財産区・新財産区いずれの場合も、部落団体の再編のため進んでその形式を採用し、これによる管理運営を行なうことが必要であったから、財産区の機構と部落団体の機構は併立し、ともに機能している場合が多い。財産区の機構が名目上の存在で、部落団体の機構でいっさい行なう例は先ず見られない。従って問題は、形式たる財産区の機構が実体たる部落団体の機構といかに結びつき、いかなる点で実体たる部落団体の機能を遂行しているか、逆に、形式たる財産区の機構がいかなる点で実体たる部落団体の機能の遂行を妨げているか、ということである。かかる実態は、当該財産区の具体的諸条件によって規定されると考えられるが、当筋湯温泉では、両機能にさしたる対立矛盾はみられず、それぞれの機能が充分に発揮されており、相互補完的に併立していることも、前号で少しばかり触れたところである。

### 3 全国の温泉財産区の概況

前章で示した自治省調査資料によると、わが国の「温泉財産区」の総数は27であるが、その内訳として、源泉権をその財産として表示しているもの24（87源泉）、引湯権（筆者注——オ二次温泉権と考えられる）のもの2、鉱泉権（同——鉱泉地に湧出する源泉と考えられる）1となっている。その地理的分布は全国にわたるが、東北地方が10で最も多く、県別では、青森県と長野県とがそれぞれ6を占めてトップに立っている。

なお、温泉財産区は源泉または引湯権のほか、当然ながら温泉利用に伴う諸施設を所有・管理

するが、さらには附従的財産として山林・原野を併有するものも、ごく少数ながら見られる。然し、そこでは、その主要な管理対象は温泉関係財産である。当飯田財産区のような山林・原野を主たる財産内容に持ち、その一部門として源泉権とその利用施設を併せ管理する——前号で報告したように、地域住民による直轄利用と民間人（会社）に賃貸する契約利用とによる——がごとき特殊形態のものは、前記総数の中には含まれていないと推測される。然しながら、当飯田財産区の温泉利用と管理の実態をみる限り、それは独立した「温泉財産区」と実質的にさして異なるものではなく、相当の程度にまで独自性を確保しているように思われる。蓋し、同一地域内に複数の財産区を併立する煩雑を避け、法的一体性を保持しながら、それぞれの機構と機能を併立させているからであろう。但し、その管理の細部に当たっては、必ずしも問題なしとしないことは、前号でも若干それを指摘したところである。

### III 国立公園内の温泉利用の法律問題

#### 1 法規制の再検討

湯布院町から九重高原長者原に至る九州横断道路沿いの蛇行状の沿線地域、並びに筋湯温泉・長者原温泉群・牧の戸峠・九重連山一帯のかなり広範な地域は、阿蘇国立公園特別地域（その一部は特別保護地区）に編入されている。このような地域での温泉利用については、現在、自然公園法（昭32・6・1法才161号）に基づき、環境庁の所管するところであり、また国有林内にある源泉利用並びにボーリングによる温泉の利用については、国有財産法（昭23・6・23法才73号）に基づき、これを所管する林野庁（営林署）による法規制が加えられる。以下、国立公園内の温泉利用の法律問題をめぐって、若干の検討を試みることにする。

自然公園法才17条によると——特別地域内において、工作物を新築・改築又は増築すること（3項1号）、鉱物を掘採し又は土砂を採取すること（同3号）、土地を開墾しその他土地の形状を変更すること（同7号）、これらの行為には「環境庁長官の許可を受けねばならない」と定めている。なお、この才17条の規定に関しては、自然公園法施行規則（昭32・10・11省令才41号）第12条があり、「許可又は届出を要しない行為」として、宅地内の土石を採取すること（同条18号）、土地の形状を変更するおそれのない範囲内で鉱物を採取し、又は土石を採取すること（同19号）、が示されている。

また、国有林野を使用する場合には、国有財産法才18条3項の規定に基づき、その用途や目的を妨げない限度で使用（又は収益）が許されると定められていることから、国有林内の温泉利用については別に通達がある（資料5参照）。この林野庁通達（林野政才738号）に示されたく国有林内の温泉取扱いについて——自然湧出の温泉については、管理のための施設をした上で利用者に対し最少量を分湯するも温泉敷の使用はこれを認めないとする、また国有林内で温泉ボーリングする者に対しては、温泉掘削を許可するに際して国3、ボーリング者7の割合を基準とし、その地方の実例等を勘案して両者が協議して定める割合で利用すること、湯口は両者で管理するもその費用はボーリング者が負担すること、等が定められている。

叙上のような内容につき、一読して批判の声も挙げられよう。先ず、自然公園法による規制に対して、環境庁監修『自然公園等関係法規集』によれば、温泉の掘削は「土砂の採取に当たる」旨の記載が見られるが、これが解釈論として、温泉掘削の行為が果たして同法才17条にいう「土石の掘削に当たる」——地中の源泉を土砂礫・地下水等と同じく土地構成物とみることによる——のか、「鉱物を採取」する——地中の鉱物に準ずるもの（＝公物）とみることによる——のかは、かつて戦前から戦後にかけて学者の見解も分かれていたところであり、またボーリングや給湯に必要な工事

や諸施設の設置が「その他土地の形状を変更すること」に該当するか否かも、問題なしとしないだろう。この点、上掲規則（12条）が説くように、「土地の形状を変更するおそれのない範囲内」に該当し、従って「許可（又は届出）」を要しない——もっとも温泉の場合は、温泉法（3条）により都道府県知事の許可を要する——のではないかと考えられる。

以上、いずれにしろ温泉の掘削は、当然の可能性として温泉の湧出を伴ない、湧出すれば当然ながら湯口施設・貯湯槽・引湯管・浴場等の「工作物」の設置を必要ならしめ、且つ、当該工作物の設置については同法17条3項の規定により「許可」を要するものであるから、もし温泉の掘削後、これらの工作物の設置が不許可となる場合においては——例えば自然の風致を害するなどの理由で——温泉掘削の初期の目的は達せられず、掘削工事は結局のところ徒労に帰することにもなり兼ねない。だからといって、温泉の掘削許可、即「工作物」の設置許可ということにすれば、解釈論の是非は問わないとしても、自然公園法の立法意志もその実効性も確保しえなくなることから、法手続論ないし法政策論として、国（環境庁や林野庁）の法規制の必要性も——但し、必要且つ最少限度の介入で——認められて然るべきではないかと考える。

## 2 地下泉源の調査・利用をめぐる法問題

電力会社が温泉地近郊で地熱発電を計画したり、国または公共団体が温泉地の周縁に幹線道路の建設を計画したりして、「地質調査」と称しテスト・ボーリング（試掘）を行なう場合、温泉法（オ3条）の適用を受けるか否かも、困難且つ重要な問題を提起する。

結論から先にいえば、厚生省の有権解釈は、これを肯定する。上掲書『温泉必携』によれば、温泉水・地下水の地質構造（質、量、圧力）並びに地熱、水位等の諸調査についても、その目的が温泉湧出の調査である限り、温泉法オ3条適用を受けるから同条に規定する許可手続を必要とする、旨の記載が見られる。

然し、かかる見解には、安易に賛同しかねる向きも多いであろう。まず、解釈論の立場から——温泉法オ3条にいう「温泉を湧出させる目的で土地を掘さくする……（都道府県知事に申請して許可を受けなければならない）」中の「温泉を湧出させる目的」の含意は果たして何か、が問われよう。この点、全国主要な温泉地における支配的な社会通念に従えば、一般住民の温泉を掘削する主な目的（仮に、これを掘削目的と呼ぶことにする）は地中の温泉原液（またはガス水蒸気）の採取にあり、具体的には日常生活での温泉浴や洗濯・洗蓑用、ときには温室用や部屋の熱源（の確保）などに利用すること（仮に、これを利用目的と呼ぶことにする）を前提としている。ここでは、温泉の採取（掘削目的）は即ち温泉の利用（利用目的）に直結し、両者は不可分一体である。上掲例のごとき「地熱発電」用という利用目的は、燃料革命による熱エネルギーの再開発という社会的要請からの極めて異例なものであり、その掘削目的は、一時的な試掘にあっては直接泉液または高圧水蒸気の採取にあるのではなく、それは「地熱測定」にあるのであり、また試掘の結果をまっぴら実施する本格的掘削にあっては、その目的は「動力源として採取する」ことにある、と考えられる。また、上掲例の道路建設のための試掘目的も、当該地下の泉脈・泉質の状況や既設泉への影響などをみる「地質・地下水・地熱調査」にあると考えられ、直接採取にあるのではない。然しながら、いずれにしろ、試掘の掘削も、その結果として温泉湧出の如何と深く関わり合っていることを思えば、それは「温泉湧出の調査」と解されなくもない。さすれば、上掲例のごときは、同法3条にいう「温泉を湧出させる目的で土地を掘さくすることに該当する」と解する上記有権解釈も、その限りで、あながちこれを否定しざる訳にはゆかないだろう。

叙上のような「温泉を湧出させる目的」の解釈をめぐって、温泉の掘削による湧出—採取—利用が温泉利用の一連の事実行為を意味し、分離しえぬと解するのが、社会通念に適う解釈論ではあるまいか。当該有権解釈のごとく、解釈の枠を広げることにより行政権力の強化がはかられ、民主的

な権力作用抑制の行政理念から、そこに疑念を感ずるとすれば、その論拠（リーガル・リーズニング）は温泉法の特種性からする政策的裁量に委ねられた解釈、即ち政策（論）的解釈に道を譲ることにもなろうか。——厚生省見解は、このような推論に立っているように思われる。

### 〔前号補講〕 IV—3 阿蘇国立公園内の温泉利用

長者原温泉群の周辺一帯は、筋湯温泉（但し、温泉街地区のみ）をも含めて阿蘇国立公園（特別地域）に編入されている。従って、こうした特別地域での温用利用については、国有財産法や自然公園法の厳しい規則を受けるとともに、国有林野にある温泉利用（新規ボーリングを含む）についても、これを所管する林野庁（営林署）の法規制を受ける。

上掲温泉群は、いずれも特別地域に所在することから、自然公園法才17条3項（1号、3号、7号）の法規制を受けて、温泉掘削はもちろん、利用施設等の「工作物」の設置には環境庁長官の許可を必要とする。よって、温泉掘削の県への許可申請と国へのそれとが競合する形となるが、温泉法上の許可行為が最終的には優先すると考えられることから、現在では、国（環境庁）の許可処分を得た上で県へ掘削申請を提出するよう、行政指導がなされている。なお、国有林内に湧出する温泉の利用については、別に林野庁通達（42林野政才738号）があり、これによって管理処分がなされている。

以上を長者原温泉群（特別地域）での具体的事例でみるなら、最近、久住町が同町赤川の国有林野に国民宿舎（久住高原荘）建設のため温泉掘削を申請したケースがある。県温泉審議会への掘削申請（昭50・8・28許可）に先立って、国有林野を使用できる国の許可が必要であることから、同町では国有財産法才18条3項の規定に基づき、国有林野使用許可願を提出していたところ許可がおりた（昭50・8・27）。然し、その条件として、湧出温泉の利用については「国およびボーリング者があらかじめ協議して定めた協定に従ってするものとする」（同許可書22条）と決められている。これは、上掲通達書に即した規定だと考えられる（資料4参照）。

いま一件は、長者原牧の戸温泉（大字田野、国有林九重山）の事例である。同国有林内に所在する九重観光ホテルと玖珠営林署との間に〈国有林野貸付契約〉が結ばれており（昭46・4・21付け）、貸付の指定物件は建物敷・道路敷のほか鉱泉（1口）、鉱泉敷となっており、その貸付面積は2,463.6平方メートル、貸付料金は486,238円（昭45・10・1～48・9・30）である。その主要な契約項目としては、貸付料に対する滞納違約金（3条）、使定用途（5条）、標識などの設置義務（9条）、契約の解除（13条）、契約の継続（16条）、実地調査等（15条）などが見られる。

なお、国立公園内にある私有地の温泉利用で問題となった事例があるので、参考までに掲げる。牧の戸温泉近隣に住む中村某は昭和50年、自己の所有地に掘削をなし温泉権付き分譲地（別荘用）の計画を樹て、先ず環境庁に温泉掘削の許可を得た（昭49・12・12）うえ、引き続いて工作物の許可を得（昭50・6・7・）、さらに大分県温泉審議会に掘削の申請をなした。同審議会では、国立公園特別地域内とはいえ国の適法手続を踏み、温泉法上も不許可にする合理的理由なしとして、これを許可した（昭50・6・16付）。もっとも、この手続過程で、主務官庁たる環境庁の意向として、かかる国立公園内での別荘用地分譲という営利行為は望ましくないとして、国で一括購入することを検討してみたものの、大蔵省予算が獲得できぬままに許可を与えざるを得なかったとのことである。文化財産保護法等でもかかる事例が見られるといわれるが、現憲法が私有財産制を採っている以上、「私権の尊重と公共の福祉」の困難な課題がここにも存する（おわり）ように思われる。

#### 〈註記〉

(1) この資料は〈昭和38年現在〉でやや古いのが、自治省では現在、再調査を進めているようである

- から、遠からず最新の資料が得られることと思われる。
- (2) 財産区の管理する財産には、このように山林が多いが、現に財産区が所有し又は設置している財産又は公の施設（地方自治法才294条）は、土地（田、畑、宅地等）を筆頭に山林、建物、沼地、用水路、温泉、火葬場、漁業権、共同作業場、有価証券等、動産をも含めて多岐にわたる。——以上、長野士郎『地方自治法』P 1203。
- (3) 「議会」(1)を設けているのは天カ瀬町、「管理会」(5)はいずれも九重町の各財産区である。
- (4) 財産区の沿革については、詳しくは川島・潮見・渡辺編『入会権の解体III』P 293以下、福島・渡辺「入会の法律問題」（法律時報才28巻7号）P 13、渡辺編著『入会と財産区』P 10以下、武井他『日本近代化と村の解体』P 124以下などが参考となろう。
- (5)(6)(8)この要旨——上掲書（渡辺）P 10～、105—6、248など参照のこと。
- (7) 戦前において、「財産区財産」と認定している判例には、長崎控訴審大13・10・6判、大審院昭11・1・21判、同昭19・6・22判ほかがある。これに対し、部落有林を「入会財産」とするものには、大審院明34・2・1判、同明35・12・8判、長崎地裁大12・12・17判、京都地裁（舞鶴支部）昭8・12・23判などがある。戦後に至り、とくに昭和30年代になってから、入会財産説を一層明白に主張する注目すべき下級審判決が幾つか続いて出された。即ち、大阪高裁昭30・10・31判、千葉地裁昭35・8・18判、鳥取地裁昭38・9・27判、東京地裁昭41・2・15判、同昭41・4・27などである。然し、こうした判例傾向に反するものとして、東京高裁昭33・10・24判、大阪高裁昭37・9・25判など。なかでも最高裁昭42・3・17判は「入会裁判の方向に否定的役割を果たすもの」として、入会研究学者の厳しい批判を受けている。——以上、注釈民法(7)P 555—6参照されたい。
- (9) 入会権の近代化については、高須・松岡『入会林野近代化法』、黒木『現代農業法と入会権の近代化』が参考となる。
- (10) 川島・潮見・渡辺編『温泉権の研究』P 2—5、川島編『注釈民法(7)』P 622など。
- (11) 上掲書（川島他編）P 623—4のほか、拙稿として本研究会報告「湯平における温泉権の実態」（才23号）、「宝泉寺における温泉権の実態(上)」（才25号）、「同(下)」（才26号）などを参照されたい。
- (12) この典型的事例としては城崎温泉（兵庫県）——上掲書（川島他編）P 382以下を見よ。
- (13) 具体的な法形態としては市町村、組合、会社それに財産区（新・旧）がある。川島他の上掲書に例示された温泉場のほか、別府温泉については『別府市誌』P 467以下を参照されたい。
- (14) 上掲書（渡辺）P 235～7。
- (15)(16)(17) 別府温泉での(15)の例としては、明治当初、旧市内は浜脇村と別府村、旧朝日は鶴見村と鉄輪村であった。(16)の例としては、温泉のない鶴見村と温泉のある鉄輪村とが合併（明22）して朝日村をつくった時。(17)の例としては、温泉のない石垣村（南・北）の別府市に合併（昭10）した時などがこれに該当しよう。
- (18) 別府市内の市有区営温泉も、かかる「理由」に基づく。
- (19) 温泉財産区に限らず、一般財産区の財産は固定資産税を免除されるというのも、地域住民にとっては主要な「理由」であつたろう。
- (20) 環境庁（自然保護局）監修『自然公園等関係法規集』P 264—5（昭31・2・2国管発才24号）。
- (21) 前者の代表的な見解は川島説であり、地中の温泉は「不断に流動して」おり、「権利客体の特定性を欠くから、これに対して近代法上の『所有権』は成立する余地はない」（上掲注釈民法P 614）と論断する。後者の見解は、戦前の美濃博士に代表される公物使用権説である。戦前、公法学者の間には、温泉を採取し利用する権利は「地下に在る公物」たる温泉の使用権（公法上の権利）として構成する見解が支配的であつた。然し戦後、近代的私的所有権制度（私有財産制）



を承認する現憲法のもとでは、かかる公法学者の見解は容れられないことが公認されている。

(22) この点につき、田中二郎『行政法(上)』P. 11、13、36以下を見よ。

(23)(25) 本文掲出の『温泉必携』P. 67(群馬県万座温泉)。

(24)(25) 同上書P. 77(県の直轄行事—地すべり対策)。なお、この該当事例としては、別府明ばん温泉周辺を通る計画のある九州縦貫道路の調査ボーリングがあり、道路公団では本県温泉審議会に申請した。

(26) かかる見解に立てば、別府温泉(旧市内)で最近目立ちはじめた高層ビル(4、5階以上)の基礎建築で、かなり深く掘り下げることから既設泉への影響が考えられ、温泉掘削の申請も必要とされるのではないか?(現在、申請は必要ないとされている)

(27) 行政行為の中で、法規裁量(霸束裁量)と便宜裁量(目的裁量)を区別する必要があるが、一般的に、この両者の区別の基準をどこに求めるかについては学説上にも異論があり、判例上も一貫していない。要は、法の趣旨目的の「合理的解釈」によって区別するほかはないだろう。——以上の要旨、上例書(田中)『行政法(上)』P. 104など参照のこと。

(28) 上掲書(田中)P. 42、66など。

#### (付記)

本稿作成にあたっては、県環境管理課温泉係の羽田野係長ほか職員、財産区については県地方課の中村行政係長、武田主事の皆さんから貴重なご教示を頂いた。記して厚く感謝する。

#### <参考資料1—1>

#### 確 約 書

今般湯坪部落民は貴社の地熱発電研究所の末記所在の掘さく井(第5号)から流出する不用熱水を利用させていただくことにつきまして、下記の事項を厳守し、貴社の事業運営に協力するとともにいささかの御迷惑もお掛けしないことを誓約いたします。

#### 記

- 1 本熱水利用に際しましては、貴社の御指示に従い貴社の地熱発電研究に支障を来さないよういたします。
- 2 流出する不用熱水の利用目的は部落の公共の福利の為とし、いやくも利益追求の目的に利用いたしません。又熱水利用に関して第三者の介入は絶対にいたさせません。
- 3 本熱水利用に伴う諸施設の築造、維持管理その一切は全て部落で責任をもつて行い、貴社にはいささかも御迷惑をかけません。又本熱水利用に起因して、人畜その他に被害が生じても損害賠償その他何らの要求もいたしません。
- 4 将来貴社の地熱発電計画の都合で不用熱水の流出を停止、あるいは制限され、又は自然現象で熱水の湧出が停止あるいは減少した場合、私共部落民は何らの異議苦情を申さざるは勿論損害賠償その他形式の如何を問わず一切の請求はいたしません。
- 5 その他本確約書に記載していない事項発生した場合は私共部落民相互の責任において一切解決し貴社に御迷惑をおかけしません。

昭和37年5月25日

大分県玖珠郡九重町大字湯坪

代表者 菅 輝 一 ㊟

” 赤 峰 禾 雄 ㊟

立会人 大分県玖珠郡九重町

町 長 江 藤 茂 雄 ㊟

福岡市渡辺通2丁目35番地  
九州電力株式会社  
代表取締役 赤羽善治 殿

掘さく用地の表示  
大分県玖珠郡九重町大字湯坪字大岳488番地  
田 1反7畝18歩の内3畝

〈参考資料1—2〉

請書

昭和40年3月30日付九州電力株式会社社長赤羽善治より九重町長江藤茂雄に対する請書は、これを再確認する。

- (1) その取扱いは、現在分湯している日向上、日向下、湯坪下および狭間地区と同条件とする。
- (2) 大岳地区においても、上記同様の条件により分湯するものとする。

立会人 大分県厚生部長 伊勢久伸

昭和40年9月17日

福岡市渡辺通2丁目1街区82号  
九州電力株式会社  
代表取締役  
社長 赤羽善治

大分県玖珠郡九重町  
九重町長 江藤茂雄 殿

〈参考資料1—3〉

請書

大岳地熱発電事業にともない、噴出する熱湯を九重町の計画する地域開発に供与するため下記のとおりお請けします。

記

- 1 分湯の位置  
狭間地区配湯タンクまたは天ヶ谷
- 2 分湯施設  
九電が敷設する口径35センチの約 $\frac{1}{2}$ に相当する分湯ができるよう配湯タンクに分湯用のバルブを設置すること。
- 3 分湯の時期  
九重町側からの申し出によつて双方協議して決める。
- 4 分湯量  
実際に分湯する量は九電、九重町双方の利湯計画の樹立にともない、その都度相互に誠意をもつて協議処理する。

昭和40年 3 月30日

九州電力株式会社

代表取締役

社 長 赤 羽 善 治

九重町長 江 藤 茂 雄 殿

<参考資料1—4>

覚 書

九重町長（以下「町」という。）および九州電力株式会社大分支店長（以下「九電」という。）は、九重町湯坪地区に発生した昭和42年産水稻の被害処理および九電が行なう九重町における地熱開発事業に伴う農作物の被害発生を未然に防止することに関して、次のとおり覚書を締結する。

（被害の処理）

第1 本覚書のうち、湯坪地区水稻（昭和42年産）に対する地区民からの要求及びその被害処理については、一切町が代表するものとする。

第2 九電は、湯坪地区水稻（昭和42年産）の被害処理費として 金 5,060,000 円を町に支払うものとする。

第3 前項の被害処理費の配分については、町の責任で処理するものとする。

第4 町は、湯坪地区水稻被害（昭和42年産）について今後名目の如何を問わず一切請求しないものとする。

（被害の防止）

第5 九電は、河川、農地等（以下「河川等」という。）に、温泉水が流入しないよう、適切な措置を講ずるものとする。

ただし、やむを得ず河川等に温泉水を流入させる必要が生じたときは、事前に町と協議するものとする。

（相互協力）

第6 町および九電は、地域の発展のため相互に協力するものとする。

（その他）

第7 町および九電は、不測の事態が発生する等新たな問題が生じたときは、そのつど協議のうえ対策を講ずるものとする。

第8 本覚書に定めのない事項および疑惑を生じた事項については双方誠意をもつて協議解決するものとする。

この取決めが成立したことを証するため覚書を三通作成し、町、九電および立会人がそれぞれ一通を保有する。

昭和43年 3 月15日

九重町長 帆 足 直

九州電力株式会社大分支店長 川 合 辰 雄

立会人 大 分 県 農 政 部 長 佐 藤 太 一

<参考資料1—5>

覚 書

筋湯組甲斐明生外31名（以下甲という明細別紙のとおり）と九州電力株式会社（以下乙という）

とは乙の玖珠郡九重町大字湯坪字八丁原地内の地熱発電について次のとおり覚書を交換する。

第1条 甲は乙の八丁原地区の地熱発電に協力する。

第2条 甲は次の各号に掲げることを条件として乙の温泉掘削に意議を言わないものとする。

- 1 乙は乙の温泉掘削により既存の筋湯地区泉源の枯湯、減泉、変質、混濁等甲に迷惑をかけない。万一迷惑が生じた場合は、乙は甲の要求（生活権をも含む）により誠意をもつて解決する。
- 2 乙は乙の温泉掘ちくにより汚水が流出する場合は甲に被害を与えないよう措置する。
- 3 乙は乙の温泉掘さくにより噴気の騒音については防音設備を完全にする。
- 4 乙は乙の温泉掘さくにより蒸気とママに蒸気が湧出する場合は、甲の要請により、乙は乙の計画に支障のない限り分湯するものとする。

なお、分湯の条件については別途通り決める。

第3条 この覚書の履行について必要な事項でこの覚書に定めのない事項については其の都度甲、乙誠意をもつて協議のうえ解決する。

この覚書の確実であることを証するため本書2通を作成し、甲、乙各1通を保有する。

昭和43年5月1日

玖珠郡九重町大字湯坪

甲 筋湯組代表 甲 斐 明 生 ㊟

乙 九州電力株式会社

代表取締役

社 長 瓦 林 潔 ㊟

立会人 玖珠郡九重町

九重町長 帆 足 直 ㊟

<参考資料1-6>

九重町長 帆 足 直 殿

昭和46年5月26日

福岡市渡辺通2丁目1街区82号

九州電力株式会社

代表取締役

社 長 瓦 林 潔

念 書

当社は、大岳地熱発電所の補充井を貴町の末記の土地に掘さくするにあたり、次の事項を確約し、後日の証として念書を一札差入れます。

1 当社は、当社の大岳発電所の蒸気井から噴出する熱湯を、貴町が地域発展ならびに公共の福祉のために利用される場合は、その分湯計画が確定しだい誠意をもつて協力いたします。

(なお、後日については、後日協議いたします。)

2 蒸気井の掘さくにさいしては、公害がおこらないよう次のとおり措置いたします。

(1) 掘さくの附近被害については、極力最小限になるよう努力し、万一被害が起つても、当社の責任と負担で解決し、貴町に迷惑をかけません。

(2) 蒸気井掘さく後は、昭和43年3月15日貴町と締結した覚書第5（被害の防止）を遵守いたします。

(3) 不測の事態が発生する等新たな問題が生じたときは、貴町と協議のうえ解決いたします。  
掘さく地点の表示 玖珠郡九重町大字湯坪字大岳4 4 4 番地地内

<参考資料1-7>

覚 書

湯坪噴熱鉱泉利用組合（以下甲という。）と九州電力株式会社（以下乙という。）とは、甲の大嶽地嶽の保存および乙の大岳地熱発電開発について次のとおり覚書を交換する。

- 1 乙は甲の大嶽地嶽に影響をおよぼさないよう十分留意して温泉掘さくを実施するものとする。
  - 2 乙は、甲が大嶽地嶽利用上必要とする温度確保のため、毎年8月中旬に2定点（井路の入口、出口）において一定量（4時パイプ）の水温を甲と立会測定のうち、記録しておくものとする。
  - 3 将来、万一大嶽地嶽に影響が生じた場合は甲に迷惑をおよぼさないよう次のとおり措置するものとする。
    - (1) 2項により昭和46年8月中旬に測定した水温を基準として水温差が5度以上低下した場合は、甲、乙、協議し、甲の意見を尊重する。
    - (2) 前号の水温差が10度以下低下した場合は、甲と協議のうえ熱交換または蒸気噴入等の措置を講じ、その他の利用権については、別途協議する。
    - (3) 前号の熱交換または蒸気噴入の施設の設置およびその保守は、湯田利用耕作者のあるかぎり乙の負担とする。  
ただし、その温度調整・運用は甲がするものとし、その温度上昇によつて甲に被害を与えても甲の責任と負担で処理するものとする。
  - 4 前項の協議についての折衝の当事者は甲、乙とする。
  - 5 甲は、前各項に掲げることを条件として、乙の大岳地区地熱発電用の温泉掘さくに同意し、かつ地熱発電開発に協力するものとする。
  - 6 本覚書に記載していない事項および本覚書に疑惑を生じた場合は、甲、乙誠意をもつて協議のうえ、解決するものとする。
- 上記覚書の証として本書3番を作成し、甲、乙および立会人それぞれとの1通を保有する。

昭和46年8月18日

甲 大分県玖珠郡九重町大字湯坪

湯坪噴熱鉱泉利用組合

理 事 長 伊 東 政 人

理 事 熊 谷 義 一

〃 熊 谷 愛 蔵

〃 赤 峰 尚 知

〃 甲 斐 正 和

〃 甲 斐 一 男

乙 福岡市渡辺通2丁目1街区3 2号

九州電力株式会社

代表取締役 瓦 林 潔

社 長

立会人 大分県玖珠郡九重町大字右田

九重町長 帆 足 直

〈参考資料 2〉

契 約 書

昭和38年3月31日付九重町飯田財産区管理者九重町長帆足直を甲とし、九重町寒之地獄株式会社社長武石柳次を乙として締結したる土地賃貸借契約書に従い下記の条項を定む。

- 1 期間は昭和48年4月1日より昭和53年3月31日まで5ヶ年間とする。
- 2 前項期間の賃貸料金は1,000,000円とする。

内 訳

冷泉使用料金（浴場建物を含む）1ヶ年300,000円

- 3 前項料金の納期は毎年10月末日までに当該年度分全額を納入するものとする。
  - 4 甲の所有である冷泉浴場の建物に対する維持管理は甲の負担とする。
  - 5 契約に記載なき事項が生じた場合は双方誠意をもつて協議のうえ決定する。
- 上記契約を証するため本書2通を作成し双方記名押印の上各1通を所有する。

昭和48年7月10日

甲 玖珠郡九重町飯田財産区管理者  
九重町長 帆 足 直

乙 玖珠郡九重町大字田野257番地  
寒之地獄株式会社  
社 長 武 石 柳 次

立会人 玖珠郡九重町飯田財産区管理委員  
会 長 時 松 元 紀

〈参考資料 3〉

九重町野上、南山田、東飯田、飯田財産区管理条例

昭和31年10月1日九重町条例第19号

改正 昭和32年11月21日条例第1号

第1条（目的） この条例は、地方自治法（昭和22年法律第67号）第296条の3第1項及び第296条の4第1項の規定に基づき、野上、南山田、東飯田及び飯田財産区管理会の設置、組織及び運営の4第1項の規定に基づき、野上、南山田、

第2条（設置及び組織） 野上、南山田、東飯田及び飯田財産区に夫々財産区管理会を置く。

2 前項の各管理会は、夫々財産区管理委員7人を以って組織する。

3 委員の任期は、4年とする。ただし、欠員補充の場合は、残任期間とする。

第3条（委員の選任） 委員は、野上、南山田、東飯田及び飯田財産区の区域内に3ヵ月以上住所を有する者（世帯主）で九重町の議会の議員の被選挙権を有するものの中から九重町長が議会の同意を得て選任する。

第4条（失職及び資格決定） 省略

第5条（会長） 各管理会は、委員のうちから夫々会長を互選しなければならない。

2 会長は、管理会の会議を主宰し等理会に関する事務を処理し、管理会を代表する。

3 会長は、事故あるとき、または会長が欠けたときは、会長の指定する委員がその職務を代理する。

第6条（招集） 管理会は、会長が招集する。

2 委員から管理会の招集の請求があるときは、会長は、これを招集しなければならない。

管 任

に関する事項を定めることを目的とする。

第7条（会議） 管理会は、4人以上の委員が出席しなければ会議を開くことができない。

2 会長及び委員は、自己又は父母、祖父母、配偶者、子、孫若しくは兄弟姉妹の一身上に関する事件については、その議事に参与することができない。ただし、委員会の同意を得たときは、会議に出席し発言することができる。

3 管理会の議事は、出席委員の過半数を以て決する。可否同数のときは、会長の決するところによる。

第8条 前3項に定めるものの外、管理会の議事運営に関し必要な事項は、各管理会が定める。

第9条（管理会の同意を要するもの） 野上、南山田、東飯田財産区田財産区の財産管理又は処分であつた管理会の同意を要するものは、次のとおりとする。

第10条（雑則） この条例に定めるものの外、管理会の議事運営については、町の議会の議事運営の例による。

附 則

この条例は、昭和31年11月1日から施行する。

附 則（昭和32年1月21日条例第19号）

この条例は、公布の日から施行する。

<参 考 資 料 4 >

国有林野使用許可書 第 1 1 6 2 号  
昭和50年 8 月 27 日

直入郡久住町

久住町長 佐 藤 俊 明 殿

竹 田 営 林 署 長 ㊟

昭和50年6月5日付けをもって申請のあつた当署管理にかかる国有林野を使用することについては、国有財産法（昭和23年法律第73号）第18条第3項の規定にもとづき、下記の条件を付して許可する。

なおこの許可について不服があるときは、この許可があつたことを知つた日の翌日から起算して60日以内に農林大臣に対して審査請求することができる。

記

（使用許可地、使用目的、使用許可期間、使用料）

第1条 使用許可地、使用目的、使用許可期間、および使用料は次のとおりとする。

県	郡 (市)	(町) 村	大字	(字) 国有林	(地番) 林小班	使 用 的 目 的	面 積	使 用 期 間	使 用 料			
									年 額	第 1 次	第 2 次	第 3 次
大 分	直 入	(久 住)	久 住	久 住	65 ほ	温泉ボーリング用地	0.0113		1,000			
					65 へほ	資材搬入路敷	0.0068					
	計						0.0181	自50.8.29 至51.3.31				

（指定する用途）

第2条 使用を許可された者は、使用を許可された土地を、前条に記載した使用目的および使用許可申請書に添付した利用計画（造成計画、防災計画、および工作物その他施設の構造配置計画を

含む。) および事業計画の用途に自ら使用し、営林署長の承認を得ないで変更してはならない。  
(使用料および延帯金)

第3条 使用料は、竹田営林署歳入徴収官の発する納入告知書により、指定期日までに納付しな  
ければならない。

(以下省略)

第21条 本許可に係る土地から温泉が湧出したときは、ボーリング者は本許可についての用途変更  
申請書を営林署長に提出するものとする。

第22条 本許可に係る土地から温泉が湧出したときの当該温泉の利用については国および、ボーリ  
ング者があらかじめ協議して定めた協定に従ってするものとする。

第23条 本許可に係る土地から温泉が湧出しない場合は完全に埋戻しを行ない工事に使用した器具、  
材料を撤去したのち返地届を当署あて提出するものとする。

第24条 温泉源試掘後の公害、その他の損害保償については一切の責を負うものとする。 以上

### <参 考 資 料 5>

林野庁通達に示された国有林内の温泉取扱いについて

(42・4・18日付林野庁長官から、各営林局長へあてた文書(42林野政第738号)の“国有林野の管  
管理処分の事務運営について”のうちの「第6自然休養林等の管理」の項目中より)

#### 3 温泉の取扱い

##### (1) 自然にゆう出する温泉

自然にゆう出する温泉は、管理のための施設をした上で利用者に対し、利用上必要とする最  
少量を分湯するものとし、温泉敷の使用は認めないこととする。

この場合の分湯料金は、当該温泉の市場価格、事業費および利用歩合、市場利率、企業利益  
等を因子とし、過去の利用実績等を参しゃくして評定するものとする。

##### (2) ボーリングによりゆう出する温泉

国有林野内でボーリングしようとする者に対し、そのボーリング用地の使用を許可する場合  
には、ボーリングにより温泉がゆう出したときの条件として次の事項を付するものとする。

ア 温泉は、国3、ボーリング者7の割合を基準とし、その地方の実例等を勘案して国および  
ボーリング者ぎ協議して定める割合で利用すること。

イ 湯口は管理施設を設け国およびボーリング者で管理することとし、その設置および維持管  
理の費用はボーリング者が負担すること。

ウ その他営林署長が必要と認める事項。



# 老化と温泉

## 1 ヒドロキシプロリン代謝と泉浴——主として慢性関節リウマチ患者における観察

九州大学温泉治療学研究所内科 延 永 正  
阿 南 公 展  
江 崎 一 子

### はじめに

動物においては老化とともに実質細胞が減少し、結合組織が増加する。また結合組織の中では線維成分が増加し基質成分は減少する<sup>1)2)</sup>。

これらの現象は外見的には筋肉の萎縮、皮膚の乾燥としわの増加などにみることができ、内部的には動脈硬化、肺、肝、腎などにおける結合組織の増加としてみる事ができる。

結合組織の線維成分は膠原線維、弾力線維、細網線維の3者からなるが、弾力線維はむしろ加齢とともに減少するとされ、これに対して膠原線維は明らかに増加することが知られている<sup>1)2)</sup>。

膠原線維の主成分はコラーゲンで、この蛋白は哺乳動物では体蛋白全体の約30%を占めている。

従って老化とコラーゲン代謝とは密接な関係にあるわけで、コラーゲン代謝から老化の一面をみることができるといえよう。

ヒドロキシプロリン (Hy-pro) は主としてコラーゲンのみに含まれるアミノ酸で、しかもその10%以上を占める重要な構成成分である。

我々は温泉と老化の研究において、コラーゲン代謝に及ぼす泉浴の影響をみるため、コラーゲンの代謝を反映する Hy-pro の消長を泉浴の前後で比較した。ただ、今回は対象患者が主として、慢性関節リウマチ (RA) となったが、これは、本症患者が最も多く温泉を利用していることの外に、コラーゲン代謝がはなはだ活発で、温泉の影響をみ易いと思われたからである。従って炎症時のコラーゲン代謝に及ぼす温泉の影響が主体になることをあらかじめご了承頂きたい。

### 対象と方法

1、対象 当科入院中の女性患者8名について行なった。内訳はRA7名 (アメリカリウマチ協会 (ARA) の診断基準<sup>4)</sup>による classical RA に相当し、そのうちの1名は慢性甲状腺炎と Sjögren 症候群を合併、他の1名は皮下結節を伴い、いわゆる悪性関節リウマチに該当するものであった) と全身性エリテマトーデス (SLE) 1名である。年齢は25才から64才までで、平均53才であった。RA 患者の stage は II-2名、III-2名、IV-3名、class は II-5名、III-2名であった。なお SLE の1例は ARA の分類期準<sup>5)</sup>による確実な SLE に相当し、さらに Sjögren 症候群も合併していた。

2 泉浴法 朝食後直ちに排尿し、その後3時間の尿を蓄尿し前尿とする。次いで当研究所の温泉泥浴 (別府市紺屋地獄から採取した温泉泥を含水量70~80%に稀釈し、スチームで41~43℃に加熱したもの) に10~15分間入浴せしめ、浴後淡水温浴を約5分間おこない、身体についた泥を洗い落す。そしてさらに入浴時間も含めてその後3時間の尿を集めて、後尿とする。その間水以外の飲食は一切禁止する。前尿と後尿はそれぞれ尿量を測定した後別々によく混合し、各一部を Hy-pro の測定に供した。

### 3 ヒドロキシプロリンの測定法

Hy-pro の測定法としては多くの方法があるが、原理はいずれも同一である。

我々はクロラミン T を用いて Hy-pro をピロールまで酸化し、それをトルエンで抽出し、Ehrlich 試薬で呈色する Prockop らの方法<sup>6)</sup>を用いた。すなわち試験管に尿 2 ml を取り、等量の 12NHCl を加

えて封管し、124°Cで3時間加水分解した。水解後蒸留水を加え5 mlとした後Resin-Charcoal (分析用の陽イオン交換樹脂-AGI-X 8、200~400 mesh、塩素型、20 gをNorit A炭素10 gと混合し、6NHClで洗い、さらにエタノール、エーテルで洗った後吸引、乾燥せしめた粉末) 約1 mlを加え、3,000 rpm、10分間遠沈し、上澄液4 mlをとった。これに1%フェノールフタレインを一滴たらし、10N KOHと1NHClを用いてpHをかすかなピンク色になるよう調整し、蒸留水を加えて8 mlとした。これにKClを飽和になるまで加え再度pHをピンク色に調整後硼酸緩衝液(硼酸61.84gとKCl225 gを約800mlの蒸留水に加えてKOHでpHを8.7に調整後さらに蒸留水を加えて1000mlとしたもの)2mlアラニン溶液(10gのアラニンを蒸留水90mlに加えてKOHでpHを8.7に調整後さらに蒸留水を加えて100mlとしたもの)1mlを加えて混合。それにクロラミンT溶液(蒸留水で0.02Mに調整、その都度作成)2mlを加えて室温に20分間放置した。その後チオ硫酸ソーダ(蒸留水で3.6M溶液としたもの。これはトルエンを加えておくとも室温で数週間使用可能)6mlを加えて反応を停止せしめ、KClで再度飽和した後トルエン10mlを加えた。試験管に蓋をし1分間Vortex Mixerではげしく攪拌した後、1500 rpmで3分間遠沈すると2相に分れるので、そのトルエン部分を吸引除去した。残りを30分間沸騰水中で加熱した後、流水中で冷却し、再びトルエン10mlを加えてよく攪拌、トルエン部分5mlを他の試験管にとり、これにEhrlich試薬(濃硫酸27.4mlを純アルコール200mlにゆっくり加え、冷却。他のピーカーにも純アルコール200mlと分析用のP-Dimethylaminobenzaldehyde 120 gを加え、それに濃硫酸アルコール溶液を徐々に加えながら混合。この溶液は冷蔵庫内で数週間貯蔵可能)2mlを加えてすばやく振盪、十分混合して15分後560muの波長で吸光度を測定した。上記の操作は各検体につき三重に実施し、その平均値を求めたが、3本のうち1本のみが異常なバラツキを示した場合は残りの2本について平均値を算出し、その検体の価とした。そしてあらかじめ作製した標準曲線より尿中Hy-pro量を算出した。なお上記の方法で測定されたHy-proは総Hy-pro量である。

表 主としてRAにおける尿中ヒドロキシプロリン排泄量に及ぼす温泉泥浴の影響

No.	Patient	Age	Disease	Stage	Class	urinary hydroxyproline			
						Before		After	
						concentrat.	total amount	conc.	total amount
1	Son. Kaz.	25	RA	II	II	0.040(mg/ml)	2.4 (mg/3hr)	0.024(mg/ml)	1.4(mg/3hr)
2	Ish. Asa.	49	"	III	III	0.012	4.6	0.010	1.5
3	Kim. Yas.	53	RA, + chr. thyroiditis+ Sjogren	IV	III	0.018	3.7	0.022	1.1
4	Ino. Ter.	57	malignant RA	III	II	0.040	6.5	0.057	4.5
5	Tas. Chi.	59	RA	IV	II	0.033	9.4	0.044	2.6
6	Got. Sat.	60	"	II	II	0.010	2.0	0.012	2.0
7	Ara. Tom.	64	"	IV	II	0.075	3.8	0.019	2.6
	Mean. ±SD.	52.4		II		0.033 ± 0.020	4.6 ± 2.4	0.027 ± 0.015 §	2.2 ± 1.2 * *
8	Sum. Yuk.	39	SLE+Sjoren			0.008	0.4	0.027	3.8

§ not significant, \* \* p<0.01

### 結 果

温泉泥浴前後の尿中Hy-pro排泄量は表と、図に示した通りである。すなわち尿中濃度であらわした場合には前後で有意の差はなかったが、3時間内に排泄される総量であらわすとRA 7例中1例を除いていずれも浴後減少がみられ、その差は1%の危険率で有意であった。

SLEの1例は尿中Hy-pro量がはなはだ少なく、浴後はかえって増加した。(表)

### 考 案

老化と温泉という大問題に入る前に、コラーゲン代謝の活発な膠原病において、温泉がその代謝にどのように影響しているかをみてみた。その結果少なくとも、温泉泥浴の1回入浴によって尿中Hy-proはその濃度において減少傾向を示し、一定時間内の総量は明らかに減少することが示された。

RA患者の尿中Hy-proは正常者に比べて増加することが知られており、Wessel<sup>7)</sup>らはその程度がstageとともに大きくなることをみている。またHartmann<sup>8)</sup>はステロイド投与によって、増加した尿中Hy-proが正常範囲にまで減少することをみている。すなわち以上の事実より尿中Hy-proはRAの炎症の拡がり強さを反映するものであるという。

そうすると温泉泥浴によって尿中Hy-proが低下した事実は、泉浴の抗炎症作用を示しているものと考えられる。実際温泉浴の抗炎症作用は多くの人によって指摘されているところであり、その副腎皮質刺激作用によってステロイド様の作用を示すこともよく知られた事実である<sup>9)10)</sup>。

尿中Hy-proの増加機転としては、(1)線維細胞におけるコラーゲンの合成促進、(2)既存のコラーゲンの分解亢進 (3)並びに両者共存の3つが考えられるが、炎症時にはコラーゲン線維の成熟抑制と分解亢進が重視されている。従って温泉泥浴はステロイドと同じようにコラーゲン線維の成熟を促進するか、あるいは既存のコラーゲンの分解を抑制することによってHy-proの排泄を低下せしめていることになるが、いずれにせよコラーゲン線維を安定強化しているものと考えられる。このことはRAにみられる骨の粗しょう化や破壊から、それを守ることを意味するものであり、本症の治療上はなほだ有意義な効果ということができよう。

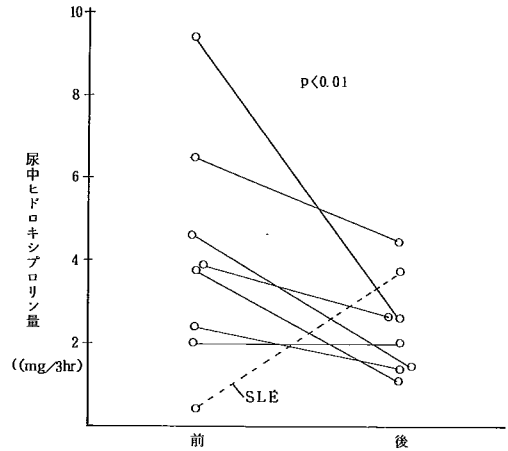
温泉泥浴のこのようなHy-pro排泄抑制作用の機序については今後検討を要する課題であろう。

### 結 語

RA 7例とSLEの1例を温泉泥（紺屋泥）に入浴せしめ、その前後の尿中ヒドロキシプロリン量を測定した。その結果いずれの例でも尿中濃度に著変はなかったが、3時間尿中の総量はRAにおいて有意に減少し、SLEでは逆に増加した。このことから温泉泥浴はRAの炎症に対して抗炎症的に作用し、コラーゲン線維を安定化する作用があるものと推定された。

### < 参 考 文 献 >

- (1) Sobel, H. et al : Proe, Soc, Exp, Biol, Med., 87 : 346, 1954
- (2) Kirk, J, E, et al : J, Gerontol., 12 : 20, 1957
- (3) Hosoda, Y, et al : Angiology, 16 : 325, 1965
- (4) Ropes, M, W, et al : Ann, rheum, Dis., 18 : 49, 1959
- (5) Cohen, A, S, et al : Bull, Rheum, Dis., 21 : 643, 1971
- (6) Prockop, D, J, et al : Anal, Biochem., 1 : 228, 1960
- (7) Wessel, G, et al : Z, Rheumaforsch., 29 : 203, 1970



図：RAにおける尿中ヒドロキシプロリン排泄量に及ぼす温泉泥浴の影響

- (8) Hartmann, F. : Klin, Wschr, 44 : 1053, 1966
- (9) 矢野良一 : 福岡医誌、45 : 246, 1954
- (10) 杉山 尚 : リウマチ、17 : 147, 1977

## 原爆被爆者の温泉療法（第8報）

原爆センター 八 田 秋  
九大温研 辻 秀 男

はじめに

昭和35年2月1日に当所が発足してから、すでに16年、昭和46年4月に改築再発足してからも6年の歳月が流れた。昨年は“15年の歩み”を刊行し、ここに昭和51年度の業績を報告することが出来ることを、深く喜びとするものである。

表Ⅰ 利用者男女別年令表

月別	性別	年令									計
		<30才	31~40	41~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66<		
4	男	3	4	0	0	2	4	12	105	130	
	女	2	5	6	4	12	24	45	168	266	
5	男	1	2	1	2	2	7	21	103	139	
	女	1	5	3	6	22	26	48	140	251	
6	男	0	1	1	3	1	10	16	55	87	
	女	2	4	4	4	10	21	25	110	180	
7	男	8	7	0	5	8	13	21	71	133	
	女	6	3	6	5	13	18	18	47	116	
8	男	36	18	6	9	5	11	16	36	137	
	女	37	27	11	15	18	28	28	43	207	
9	男	2	2	1	4	2	13	13	68	106	
	女	1	2	3	15	16	34	39	92	202	
10	男	2	1	0	7	4	7	26	108	155	
	女	4	4	4	16	23	42	52	149	294	
11	男	1	1	1	7	5	6	21	78	120	
	女	2	0	4	12	13	25	41	95	192	
12	男	11	3	2	6	2	9	35	46	114	
	女	10	8	4	6	15	24	23	43	133	
1	男	6	6	1	3	9	11	32	34	102	
	女	5	5	5	10	15	43	40	128	251	
2	男	0	1	2	7	5	17	24	70	126	
	女	0	1	2	6	17	42	44	92	204	
3	男	7	4	1	4	2	7	20	67	112	
	女	5	8	4	7	13	21	33	100	191	
合計	男	77	50	16	57	47	115	257	841	1,460	
	女	75	72	56	106	187	348	436	1,207	2,487	
										3,947	

表Ⅱ 利用者数とその延長

月別	利用者数	利用延数	平均・日数延
4	396	1,980	66.0
5	390	1,949	62.9
6	267	1,588	52.9
7	249	1,239	39.9
8	344	1,226	39.5
9	307	1,556	51.9
10	449	1,914	61.7
11	312	1,746	58.2
12	247	1,014	32.7
1	353	2,177	70.2
2	330	1,866	66.6
3	303	1,777	57.3
合計	3,947	20,032	55.0

表Ⅲ 温泉期間

月別	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	計
4	189	122	73	12	396
5	204	98	81	7	390
6	62	129	64	12	267
7	93	109	42	5	249
8	224	80	39	1	344
9	127	49	131	0	307
10	273	108	61	7	449
11	76	168	64	4	312
12	139	35	68	5	247
1	40	157	152	4	353
2	79	116	130	5	330
3	92	86	122	3	303
合計	1,598	1,257	1,027	65	3,947

## 利用者概況

昭和51年度には、12月と3月とに何故かキャンセルが多かったが、比較的成績がよく、昭和46年度の改築の年の入所者が、延数約20,400名であったのに次いで、約20,000名の多くを数えたのである。

すなわち昭和51年4月から、52年3月末までの1年間の入所者は、表Ⅰ、Ⅱの如くであって、利用者実数は3,947名、これを月別にみると、やはり7、8月が最少であるが、例年に比べると多かった。多かったのは、4、5、10、1月などで、10月に最高であった。

利用者延数から見ると、総数20,032名で、平均1日55名、利用率は76.38%であり、1月の平均1日70.2名（利用率97.5%）が最高であった。

年間利用者の年齢別、男女別状況（表Ⅱ）は、例年と同様に61才が全数の2/3を越え、被爆者の加齢とともに、この傾向は増く著しくなるものと思われる。しかし30才<の若年者も、なお152名を算えたのである。

男女比では、2：3強で女性に多いことは、数年来同様である。

温療期間を滞在日数から見ると（表Ⅲ）、3日>1,598名（40.48%）、4～6日1,257名（31.84%）、7日<1,092名（27.66%）で、この3群中、3日>が1/3よりかなり多いことは好ましいことではなく、7日<の増加が望まれる。

## 診療例

本年度は、従来の週1回の診療を改めて、8月以降は週2回としたためもあってか、診療症例は199名で、これまでの最高であった。（表Ⅳ）。

表Ⅳ 診療症例 昭和51年度

No.	年・月	姓	性	年	病 名	滞在 日数	治 療 法	転 帰	被 爆 距 離
1	51. 4	川	♂	72	変形性腰椎症・第Ⅴ腰椎すべり症	12	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・牽引	軽 快	KM 1.5+
2		高	♂	86	高血圧症・便秘症	15	降圧剤・緩下剤	"	入市
3		高	♀	53	片頭痛	15	ミグレニン	"	"
4		新	♀	70	両膝関節炎	14	マイクロ	"	1.5+
5	5	松	♀	74	高血圧症	10	降圧剤・VB <sub>1</sub> ・微温浴・安臥	"	2.0+
6		松	♂	77	高血圧症	10	降圧剤・VB <sub>1</sub>	"	2.0+
7		井	♂	82	変形性腰椎症	11	マイクロ	"	入市
8		辻	♂	81	高血圧症・腎炎・左膝関節炎	11	微温浴・安臥・利尿剤・マイクロ	"	1.5+
9		花	♀	42	右膝関節捻挫	7	鎮痛剤・湿布・マイクロ	"	入市
10		矢	♀	39	糖尿病・右耳湿疹・局所リンパ腺炎	7	抗生剤・軟膏	"	4.0+
11		山	♀	75	高血圧症・耳鳴・右上膊骨折后痛	11	微温浴・安臥・降圧剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ	"	4.0±
12	6	高	♀	57	高血圧症	9	微温浴・安臥・降圧剤	"	入市
13		高	♂	63	高血圧症・左片マ	9	微温浴・安臥・降圧剤・VB <sub>1</sub> ・リハビリ	"	"
14		木	♀	75	高血圧症・右半身挫傷后・便秘症	33	湿布・マイクロ・VB <sub>1</sub> ・緩下剤	"	1.0+
15		吉	♂	60	左鎖骨骨折后・大腸炎	13	止痢剤	"	1.5+
16		福	♂	77	高血圧症・気管支拡張症疑	7	降圧剤・微温浴・安臥	"	2.0+
17		栗	♂	70	変形性腎椎症	9		不 変	4.1-

18	51.6	金	♀	77	高血圧症	20	微温浴・安臥	軽快	2.0+
19		川	♀	59	左大腿骨髓炎術后	11		〃	入市
20		酒	♀	75	右膝単純性関節炎	25	鎮痛・消炎剤	〃	3.0-
21		中	♀	68	左膝挛縮症	9	マッサージ	〃	入市
22		福	♀	76	糖尿病・高血圧症・腰痛	17	微温浴・安臥	〃	入市
23		前	♀	50	変形性頸椎症	8	鎮痛・消炎剤	〃	2.0-
24	7	坂	♀	59	左膝変形性関節炎	8		〃	入市
25		徳	♂	64	高血圧症・糖尿病・両膝関節炎	10		〃	入市
26		青	♂	79	椎間軟骨ヘルニア(LIV≡V)・高血圧症	15	微温浴・安臥・降圧剤	〃	2.5-
27		中	♀	64	高血圧症・糖尿病・咽頭炎	21	微温浴・安臥・感冒剤	〃	1.0+
28		森	♀	52	多発性関節リウマチ	11	鎮痛・消炎剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ	〃	入市
29		岸	♂	70	高血圧症・右母趾挫傷	18	微温浴・安臥・軟膏	〃	入市
30		梅	♂	78	肝炎・高血圧症・小関節炎・便秘症	18	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub>	〃	入市
31		梅	♀	72	高血圧症・不眠症	18	微温浴・安臥・睡眠剤・降圧剤	〃	入市
32	8	森	♀	67	多発性関節リウマチ	2	鎮痛・消炎剤	不変	入市
33		向	♂	51	右口掌骨骨折后・右肘外傷性関節炎	12	湿布・VB <sub>1</sub>	軽快	4.1-
34		長	♂	59	多発性関節炎・VB <sub>1</sub> 欠乏症	3	鎮痛・消炎剤・湿布・VB <sub>1</sub>	〃	2.0+
35		長	♀	54	右足関節炎	3		不変	2.0+
36		沢	♀	64	高血圧症・右坐骨神経痛	13	微温浴・安臥・降圧剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ	軽快	入市
37		岩	♀	64	高血圧症・冠不全	8	微温浴・安臥・降圧剤	〃	2.0-
38		沢	♀	44	腰椎間軟骨ヘルニア	7	牽引	〃	1.5-
39		可	♂	44	両膝間軟炎	7	鎮痛剤	〃	入市
40		下	♀	64	咽頭炎	7	感冒剤・抗生剤	全治	100-
41		山	♂	37	右耳癩	3	抗生剤・耳タンポン	〃	入市
42		高	♀	63	左乳がん術后・白血球減少症			不変	1.0+
43		長	♀	66	高血圧症・慢性肝炎・両下肢神経痛・右室肥大	14	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub> ・降圧剤	軽快	4.1+
44		末	♂	81	右膝関節炎・腎炎・糖尿病	14	鎮痛剤・利尿剤・マイクロ	〃	1.5-
45		末	♀	63	高血圧症・両股関節炎	14	微温浴・安臥・降圧剤・マイクロ・リハ	〃	1.7+
46		川	♂	82	慢性じんま疹・変形性腰椎症	8	鎮痛剤・マイクロ・抗アレルギー剤	〃	入市
47		浦	♀	60	肝炎・甲状腺腫瘍・肩こり・食欲不振	8	食欲増進剤・筋弛緩剤	〃	入市
48		森	♀	52	多発性関節リウマチ	2	鎮痛・消炎剤・マイクロ	不変	入市
49		土	♀	78	慢性便秘・不眠症	14	緩下剤・気泡浴	軽快	4.0+
50	9	本	♀	49	片頭痛・胃潰瘍術后	3	ミグレニン	〃	入市
51		藤	♂	76	高血圧症・VB <sub>1</sub> 欠乏症・腎結核術后	5	VB <sub>1</sub>	〃	1.5-
52		引	♂	70	高血圧症・右股関節成形術后	12	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub> ・降圧剤	〃	4.1-
53		許	♀	63	左尺骨下端亀裂	4	鎮痛剤・抗生剤・消炎剤・湿布	〃	2.0+
54		森	♂	49	高血圧症・冠不全・左片マ	6	脊髄通電・リハ	〃	4.0-

55	519	波	♀	69	右膝関節炎・高血圧症	9	微温浴・安臥・鎮痛剤・湿布	軽快	3.0-
56		日	♂	73	咽頭炎	9	感冒剤・抗生剤	全治	2.0-
57		日	♀	65	"	9	" "	"	入市
58		壽	♂	71	気管支拡張症・神経痛・左室肥大	8	鎮痛剤・抗生剤・VB <sub>1</sub>	軽快	入市
59		林	♂	83	不完全右片マ・搔痒症	7	筋弛緩剤・塗布剤	"	入市
60		上	♀	61	片頭痛・肝炎疑・咽頭炎	8	ミグレニン・感冒剤	"	入市
61		川	♀	64	多発性関節リウマチ・帯状疱疹	4	鎮痛・消炎剤・抗生剤	"	入市
62		末	♂	65	高血圧症	4	微温浴・安臥	"	入市
63		山	♂	50	高血圧症・外傷性頸腕症候群	4	" "	"	入市
64		門	♂	66	男性乳がん術後・右上肢運動障害・胃潰瘍	8	リハビリ	"	
65		本	♂	74	高血圧症・糖尿病・両膝関節炎・前立腺肥大	9	微温浴・安臥	"	1.0+
66		木	♀	65	慢性肝炎・右大腿骨折後	18	リハビリ	"	1.5-
67	10	黄	♂	51	高血圧症・慢性腎炎・胃がん術後・不眠症	7	降圧剤・気泡浴	"	2.0±
68		山	♀	61	関節リウマチ・慢性肝炎	4		不変	1.5+
69		村	♀	84	心筋障害・便秘症	26	利尿・強心剤・緩下剤・半浴	軽快	1.7-
70		森	♀	76	高血圧症・糖尿病・片頭痛	12	降圧剤・ミグレニン	"	入市
71		佐	♀	60	右肩関節周囲炎・慢性腸通過障害	15	鎮痛剤・緩下剤・VB <sub>1</sub> ・マイリロ	"	4.0-
72		菅	♀	82	糖尿病・貧血症疑	7		"	1.5-
73		日	♀	58	尾骨部挫傷	10		全治	2.5+
74		松	♀	71	高血圧症・大動脈弁狭窄・子宮がん照射後	7	微温浴・安臥・節浴	軽快	3.0-
75		山	♀	74	右膝癒痕痛	7	鎮静剤・マイクロ	"	2.0-
76		吉	♀	75	高血圧症・糖尿病	7	微温浴・安臥	"	1.5-
77		東	♀	79	高血圧症・両膝変形性関節炎	32	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub> ・マイクロ・降圧剤	"	1.5+
78		立	♂	83	高血圧症・心筋障害・腎炎	9	降圧・強心剤・利尿剤・半浴	"	1.0+
79		川	♀	65	両膝関節炎	7	VB <sub>1</sub> ・湿布・マイクロ	"	1.0+
80		新	♀	70	両膝関節炎・高血圧症・心肥大・片頭痛・両掌皸皮症	29	微温浴・安臥・降圧剤・マイクロ	"	1.5+
81		高	♀	74	脳貧血	7	VB <sub>1</sub> ・糖液	全治	2.0-
82		村	♀	54	高血圧症	8	微温浴・安臥	軽快	入市
83		長	♀	70	咽頭炎	8	感冒剤	全治	3.0-
84		松	♀	69	右腰痛症・低血圧症・便秘症・胃潰瘍	8	鎮痛剤・湿布	軽快	3.0+
85		井	♂	70	胃がん術後・無胃性貧血	8	増血剤・強心剤	"	1.5+
86		道	♂	70	高血圧症・両中指関節炎	8	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub>	"	1.0+
87		木	♀	75	高血圧症・両膝関節炎・左肩関節周囲炎	6	鎮痛・消炎剤・湿布・マイクロ	"	1.0+
88		森	♂	49	高血圧・冠不全・左片マ	27	脊髓通電・リハ・降圧・強心剤	"	4.0-
89		高	♀	59	高血圧症・右膝関節炎	8	微温浴・安臥・湿布・マイクロ	"	1.0+
90		高	♂	64	咽頭炎	8	感冒剤・抗生剤	"	1.5+
91		億	♂	74	高血圧症・右顔面神経マヒ・手足汗疱状白癬	6	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub> ・低周波・薬湯	"	入市



92	51.11	竹	♀	69	右膝挛縮(骨折后)・耳鳴	20	鎮痛剤・リハビリ・気泡浴	軽快	3.0+
93		高	♀	77	右膝内障害	14	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ・湿布	"	2.0+
94		福	♂	66	気管支炎	7	感冒剤・抗生剤	全治	入市
95		稲	♀	56	軟骨ヘルニア(腰椎)・常習性便秘・慢性胃炎	20	腰椎牽引・VB <sub>1</sub> ・緩下剤・健胃剤	軽快	入市
96		撰	♀	82	高血圧症	7	微温浴・安臥・降圧剤	"	4.1-
97		長	♂	73	糖尿病疑	7		"	入市
98		池	♂	72	高血圧症・左片マ	11	微温浴・安臥・VB <sub>1</sub> ・降圧剤・リハ	"	"
99		撰	♀	49	出血素因	7	V.C・止血剤	"	"
100		浅	♀	64	高血圧症・左第Ⅱ肋・軟間離開	11	降圧剤・鎮痛剤・湿布	"	3.0+
101		佐	♂	83	高血圧症・両肩関節周囲炎・便秘症	7	微温浴・安臥・降圧剤・緩下剤 VB <sub>1</sub> ・マイクロ	"	入市
102		宮	♂	73	高血圧症・冠不全・慢性胃炎	11	強心剤・健胃剤	"	"
103		天	♀	80	高血圧症・心肥大	3	降圧剤	不変	"
104		結	♂	76	高血圧症・糖尿病・慢性湿疹	8	微温浴・安臥・薬湯・降圧剤	軽快	"
105		森	♀	74	高血圧症・指趾凍傷	16	V.E	全治	"
106		網	♀	71	高血圧症・腰部挫傷・糖尿病	16	薬浴・降圧剤・鎮痛剤	軽快	3.0+
107		川	♀	53	気管支炎・低血圧症	8	感冒・抗生剤	全治	入市
108		吉	♂	67	高血圧症	3		不変	2.6+
109		梅	♂	78	高血圧症・肝炎・痛風・慢性便秘	17	抗痛風剤・緩下剤	軽快	入市
110		梅	♀	72	高血圧症・不眠症・変形性腰椎症	17	微温浴・安臥・降圧剤・牽引・気泡浴	"	"
111		久	♀	73	胃術后貧血症	15	造血剤	"	1.5+
112		山	♀	72	右膝関節内出血	23	消炎剤・マイクロ・湿布・VB <sub>1</sub>	全治	2.0+
113	12	船	♂	65	慢性肝炎	10	強肝剤・糖液	軽快	入市
114		船	♀	65	高血圧症・両膝変形性関節炎	10	降圧剤・撒注・湿布	"	"
115		中	♂	61	左足関節捻挫	8	鎮痛剤・湿布	"	"
116		田	♂	76	高血圧症・冠不全	16	降圧剤	"	2.0+
117		佐	♀	72	特発性心筋症・胃がん術后	12	強心剤	"	入市
118		小	♀	63	高血圧症・右膝蓋下粘液膜炎・不眠症	26	降圧剤・局注・気泡浴	"	1.5+
119		大	♂	64	不整脈	3		不変	1.5+
120		窪	♀	51	左鎖骨・肋骨・頸椎・腰椎多発骨折后	25	血行促進剤・マイクロ・リハビリ	軽快	3.0+
121		井	♀	73	高血圧症・両肩関節炎	12	鎮痛剤・マイクロ・降圧剤	"	入市
122		菊	♀	74	気管支拡張症	11	消炎剤・抗生剤	"	1.5+
123		広	♀	32	不眠症・感冒	7	感冒・抗生剤・睡眠剤	"	2.0+
124		長	♂	64	高血圧症・急性気管支炎	8	感冒・抗生剤・降圧剤	"	入市
125		小	♀	57	高血圧症・右肩関節周囲炎	15	感冒・抗生剤・降圧剤	"	2.0-
126		友	♂	70	高血圧症・右肩関節周囲炎	5	微温浴・安臥・降圧剤・マイクロ	"	1.5+
127		藤	♀	60	特発性心筋症	8	強心剤	"	1.5+
128		野	♀	51	高血圧症・右肩・左足挫傷・ア ンギーナ	13	降圧剤・マイスロ・感冒・抗生剤	全治	1.0+

129	51.12	藤	♂	57	脊髄性右片マ・下肢血行不全	9	牽引・VB <sub>1</sub> ・血行促進剤	軽快	1.0+
130		亀	♀	48	左脛骨陳旧性骨髓炎	5	マイクロ・鎮痛・抗生剤・VB <sub>1</sub>	"	1.3-
131	52.1	西	♀	57	高血圧症	8	微温浴・安臥・降圧剤	"	2.0+
132		重	♀	74	高血圧症・慢性腎炎	4	微温浴・安臥	不変	1.5+
133		重	♂	76	右片マ・白内陳	4	VB <sub>1</sub> ・還元剤	"	2.0±
134		下	♀	64	咽頭炎	8	感冒・抗生剤	全治	入市
135		河	♀	57	腰椎分離症・軟骨ヘルニア	8	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ	軽快	3.0+
136		奥	♀	76	変形性頸椎症・感冒	14	マイクロ・感冒・抗生剤	"	2.0+
137		藤	♀	66	貧血症・慢性便秘症	8	腸運動促進剤	"	1.0±
138		桑	♂	72	高血圧症・冠不全	13	強心剤	"	入市
139		升	♀	75	高血圧症・ウイルソン氏ブロック・変形性脊椎症	11	降圧剤・牽引・VB <sub>1</sub>	"	"
140		竹	♀	69	慢性胃炎・咽頭炎	11	健胃剤・感冒剤	全治	"
141		朽	♀	79	じんま疹・高血圧症	11	ガンマー・グロブリン・抗アレルギー剤・降圧剤	"	4.1-
142		蓼	♀	62	右気胸・右下腿慢性湿疹	11	鎮咳・抗生剤・消炎剤・軟膏	"	8.0+
143		小	♀	65	右季肋部痛・背部湿疹・不眠症	11	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・湿布・軟膏・気泡浴	"	3.0-
144		横	♀	74	外傷性腰椎すべり症	11	牽引・マイクロ・VB <sub>1</sub>	軽快	入市
145		九	♀	80	胸椎(Ⅶ)圧迫骨折後・貧血症	11	牽引・VB <sub>1</sub>	"	"
146		新	♂	66	亜急性胃炎	5	健胃剤・鎮痛剤	全治	"
147		田	♀	53	高血圧症・心筋炎	4	降圧剤・強心剤・VB <sub>1</sub>	軽快	3.0+
148		山	♀	74	高血圧症・外傷性変形性腰椎症	9	牽引・マイクロ・VB <sub>1</sub> ・鎮痛剤	軽快	入市
149		久	♀	52	糖尿病・掌蹠膿疱症	11	薬浴・軟膏・抗糖剤	"	"
150		小	♂	47	高血圧症	11	微温浴・安臥	"	2.0+
151		藤	♂	47	頸腕症候群	13	頸椎牽引・マイクロ・VB <sub>1</sub>	"	4.0+
152		林	♂	63	不完全右片マ・搔癬症	8	抗アレルギー剤・軟膏	"	入市
153	2	砂	♀	56	肝炎・アンギーナ	6	感冒・抗生剤	全治	"
154		大	♀	57	多発性肋骨骨折後・感冒	8	鎮痛剤・マイクロ・VB <sub>1</sub> ・湿布	軽快	3.0+
155		玉	♂	64	右肩関節周囲炎	8	鎮痛剤・マイクロ・VB <sub>1</sub>	"	3.0-
156		岡	♂	72	両下腿浮腫・難聴	10	利尿剤・抗浮腫剤注	"	入市
157		若	♀	75	両膝関節炎・冠不全	10	強心剤・半浴・鎮痛剤・マイクロ・VB <sub>1</sub>	"	"
158		古	♀	73	両膝関節炎・心筋炎・アンギーナ	10	強心剤・VB <sub>1</sub> ・湿布・感冒・抗生剤	"	"
159		島	♀	60	咽頭炎	10	感冒・抗生剤	全治	"
160		片	♀	78	高血圧症・気管支炎	10	感冒・抗生剤	"	"
161		窪	♀	51	多発性骨折后	48	血行促進剤・マイクロ・リハビリ・VB <sub>1</sub>	軽快	"
162		上	♀	61	肝炎・両膝関節炎・感冒・高血圧症	10	微温浴・安臥・マイクロ・強肝剤・感冒・抗生剤	"	入市
163		竹	♀	79	胃潰瘍	10	鎮痛剤	"	"
164		佐	♂	76	咽頭炎	10	感冒・抗生剤	全治	"
165		中	♀	59	右下頸陳旧性骨髓炎	5		不変	"

166	52.2	古	♀	51	貧血症・湿疹・膀胱炎	6	造血剤・抗生剤・軟膏	軽快	入市
167		挽	♂	65	高血圧症・冠不全	6	微温半浴・安臥・降圧剤	"	2.0+
168		加	♀	61	アンギーナ	4	感冒・抗生剤	全治	2.0-
169		大	♂	58	右半身広汎性挫傷后・右第Ⅲ肋骨折・アンギーナ	8	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ・感冒・抗生剤	軽快	入市
170		山	♀	64	右室肥大・乳がん術后	8	VB <sub>1</sub>	"	2.0+
171		日	♂	82	両肩挫傷后・糖尿病・右顔面神経マヒ	16	鎮痛剤・マイクロ・薬浴・抗糖剤	"	3.0-
172		池	♂	48	高血圧症・右片マ・変形性腰椎症	22	降圧剤・VB <sub>1</sub> ・リハビリ・脊髄通電	"	入市
173		本	♀	61	右膝内障	10	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ・湿布	"	"
174		畠	♂	59	掌蹠膿疱疹	10	アンチニン・軟膏	"	"
175		前	♀	49	片頭痛・肝炎・不眠症・気管支炎	10	鎮痛剤・催眠剤・感冒・抗生剤	"	3.0-
176		谷	♂	61	陳旧性肺浸潤・感冒	10	感冒・抗生剤	全治	入市
177		本	♂	63	右腰痛・アンギーナ	10	感冒・抗生剤・マイクロ・撒曹剤	"	"
178		谷	♀	62	咽頭炎	9	感冒・抗生剤	"	4.1-
179		竹	♂	80	便秘症・亜急性胃炎	5	鎮痛剤・健胃剤・浣腸	"	入市
180		中	♀	59	貧血症・低血圧症	6	造血剤・VB <sub>12</sub> C	不変	"
181	3	土	♂	72	左室肥大・腰椎すべり症	8	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ・牽引	軽快	"
182		有	♂	79	冠不全・急性胃炎	11	鎮痛・健胃剤・強心剤	全治	"
183		中	♂	50	バージャー氏病	14	薬浴	軽快	"
184		重	♂	82	陳旧性肋膜炎・洞房ブロック	10	半浴・強心剤・VB <sub>1</sub>	"	"
185		高	♀	74	高血圧症・アンギーナ	10	降圧剤・感冒・抗生剤	全治	2.0+
186		高	♂	76	左心肥大・期外収縮・気管支炎・腰痛症	10	感冒・抗生剤・マイクロ	軽快	2.0+
187		堀	♀	70	両膝関節炎・咽頭炎	12	感冒・抗生剤・マイクロ・撒曹剤	"	1.1±
188		村	♂	70	左顔面筋率縮	9	鎮痙剤・低周波・VB <sub>1</sub>	"	入市
189		部	♂	67	高血圧症	4	微温浴・安臥・降圧剤	不変	"
190		部	♀	61	慢性胃炎	4		"	3.0-
191		植	♀	51	亜急性関節ロイマ・感冒	14	感冒・抗生剤・抗ロイマ剤・コルチユイド・マイクロ・撒曹剤	軽快	入市
192		有	♂	79	冠不全・右腰仙関節炎	11	強心剤・鎮痛・消炎剤・撒曹剤・マイクロ	"	"
193		梅	♀	68	慢性肝炎・両膝関節炎・腰椎変形(外傷性)	13	鎮痛剤・マイクロ・牽引・強肝剤・VB <sub>1</sub>	"	"
194		石	♂	79	左気管支炎・口角炎	14	感冒・抗生剤・VB <sub>2</sub>	全治	"
195		丸	♀	76	片頭痛・慢性胃炎・不眠症	22	頭痛剤・健胃剤・睡眠剤・糖液	"	1.0+
196		青	♀	57	貧血症・感冒	17	感冒・抗生剤	"	2.0+
197		河	♂	67	両側膝関節炎・ビタミン欠乏症	8	VB <sub>1</sub> ・リハビリ	軽快	3.0-
198		谷	♂	72	両膝関節炎・肝炎后	14	鎮痛剤・マイクロ・撒曹剤	"	入市
199		今	♂	75	変形性腰椎症	10	鎮痛剤・VB <sub>1</sub> ・マイクロ	"	"

註. 被爆距離欄の+・-は遮蔽の有無

これらの症例を疾患別に見ると表Vの如く急性胃炎、腸炎、癩、感冒性疾患など一過性急性のものを除くと、63種類、344疾患である。症例数にくらべて疾患数の多いのは、1症例で、2種類以上

表 V

病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数
リウマチ	6	上肢運動マヒ	1	出血素因	1	がん術后	6
膝関節炎	21	顔面神経マヒ	3	急性胃炎	3	子宮がん照射后	1
肩関節炎	6	不眠症	9	胃潰瘍	5	外傷后	14
その他の関節炎	6	片頭痛	7	腸通過障害	3	湿疹	5
膝関節挛縮	3	耳鳴	2	腸炎	1	じんま疹	2
股関節成形術后	1	気管支拡張症	3	便秘症	1	帯状疱疹	1
変形性脊椎症	10	気胸	1	肝炎	11	鞏皮症	1
脊椎分離症・すべり症	4	陳久性肺浸潤	1	腎炎	13	汗疱状白せん	1
軟骨ヘルニア	4	陳久性肋膜炎	1	膀胱炎	5	膿疱症	2
慢性骨髓炎	3	心肥大・不全	18	前立腺肥大	1	凍傷	1
骨折后	12	冠不全	9	痛風	1	掻痒症	2
粘液癌后	1	下肢血行不全	2	V.B <sub>1</sub> 欠乏症	3	白内障	1
頸腕症候群	2	脳貧血	2	糖尿病	13	口角炎	1
神経痛	3	高血圧症	73	甲状腺腫	1	癬	1
筋痛	2	低血圧症	4	甲状腺腫	1	感冒性疾患	35
腰痛	4	貧血症	8	胃術后	2	食欲不振	2
片マ	9	白血球減少症	1	腎術后	1	合計	384

の疾患をもつたものが多かったためである。

最多例は高血圧症の73例であり、本年度は気候不順で、寒気が長くつづいたためも一因であろう。次が心臓疾患計27例、膝関節炎21例、外傷后14例、肝炎13例、糖尿病13例、骨折后12例、便秘症11例、変形性脊椎症10例、片マ9例、貧血症9例などが多かった。ことに注目すべきことは、心疾患と重症ではないが糖尿病が多かったことである。

診療例は希望者のみに限られているので、これらの統計はその一斑を示すに過ぎないが、毎年のデータの積重ねによって、大方の傾向を窺い知ることができるであろう。

治療法では、ほとんどの症例が主治医から薬剤を持参しているので、表中の記載は、それ以外のものか、追加を必要としたものである。

高血圧例には微温浴と浴後30分間の安臥はこれまでも行なわせてきたが、それ以外に本年度では、心疾患の変化の大きな症例には、浴水面を乳嘴の高さにとどめる半浴（3例）、不眠症の症例には気泡浴（5例）、糖尿病の症例には薬浴（硫酸銅＋硫酸亜鉛付加）、バージャー氏病には薬浴（コロイド硫黄付加）などを行なわせた。

付加の方法は浴水1kgに対し、硫酸銅 <sup>(1)</sup>1.4mg/kg、硫酸亜鉛 <sup>(2)</sup>205mg/kgとした。これはかつての実験データに基くものである。コロイド硫黄の場合では、ほぼ0.04cc/kgとした。

これらの付加効果は、温療期間が充分の症例がないので、ただちに結論しえないが、尿糖の消失したものを認めた。

その外脊椎牽引10例、低周波通電3例、リハビリ11例を算えた。

治療成績は、短期療養例を除き、全治または軽快を示した。

#### 血圧測定

受診の有無にかかわらず、多くの入所者に可及的入所後速やかに血圧測定を行ない、ふたたび退

所前に測定することによって、高血圧者には高温浴をさけ、微温浴と浴後30分間の安臥をすすめ、甚だしいものには受診をすすめることにしている。すなわち最高血圧 160mmを越えるものには、37℃～40℃の微温浴とするのである。

また術後1年以内のがん患者については、控目に1日1回以上の入浴を差控えるように指示を与えるし、活動性の結核患者には、温療を中止するよう指示することは勿論である。

入所時ならびに退所時に血圧測定を行ないえた症例は、図の如く25グループ、724名で、各グループ毎にその人数、滞在日数と入所年月日を下記した。

これら25グループ中、7日以上滞りは11グループであり、他の14グループは6日以上の滞りに過ぎなかったが、参考のために図示した。

血圧の測定には、早朝が望ましく、食事、運動、入浴などの影響をさくべきであるが、種々の事情から必ずしも適当な時刻がえらべなかったものもあるようである。

これらの成績を見ると、やはり7日以下の滞在側により正常化傾向が出ており、1、2月の寒冷期には、非効果例がより多いようである。

#### む す び

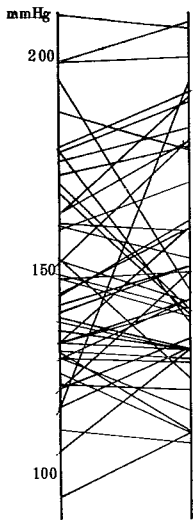
昨年度に引続き諸物価高騰のため、7月から入所料を1日300円増額して、2,400円としたのであるが、今日のような経済状態では、1泊3食付でなおかような価格は破格といえるであろうが、出来るだけ長期の温療をつづけ、所期の効果をあげるためには、これでもなお入所者の負担は軽いとはいえないのであって、何等かの補助が望まれるのである。

今後とも引続き関係方面のご援助をお願いしてやまない。なおこれまでに示された種々のご好意と職員一同の献身的なご努力に対し深く感謝するとともに、特にX線写真の自動現像器をご寄付いただいた核禁会議、客室用のテレビをご寄付いただいた原水爆禁止国民会議、石油ストーブをご寄付いただいた別府ロータリークラブの各位に心からなる感謝を捧げるものである。

#### 〈参考文献〉

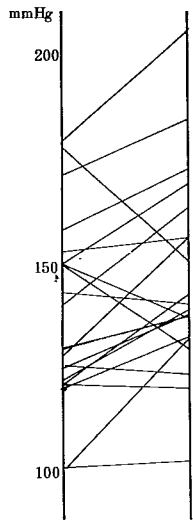
- 1) 八田・辻：温泉成分付加の研究(Zn 付加)  
温研紀要17(1)：36 1965
- 2) 八田：温泉作用の向目的修飾の研究・Cu の泉水付加実験  
温研紀要19(4)：320 1967

① 祇園町  
グループ



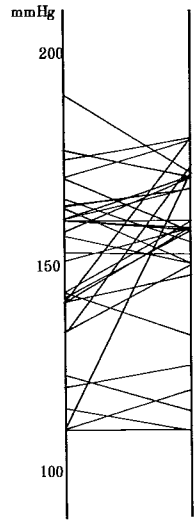
49名(6日間)  
(S51.4.5)

② 呉市  
グループ



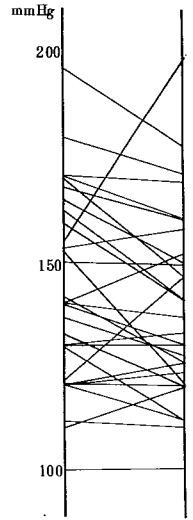
20名(4日間)  
(S51.4.6)

③ 段原町  
グループ



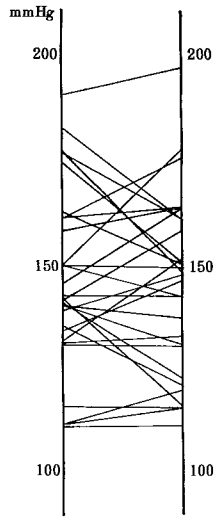
33名(5日間)  
(S51.6.21)

④ 戸河内町  
グループ



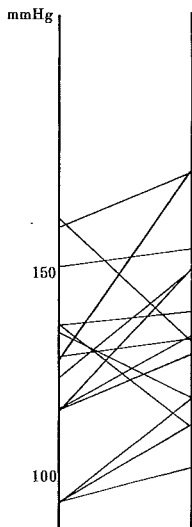
34名(5日間)  
(S51.7.1)

⑤ 東広島市  
グループ



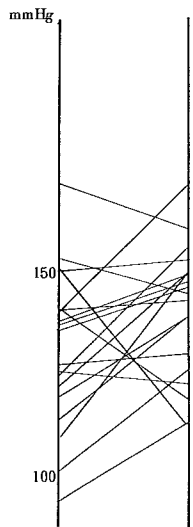
31名(5日間)  
(S51.7.8)

⑥ 東広島市  
グループ



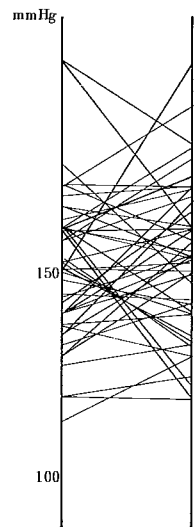
16名(6日間)  
(S51.9.4)

⑦ 沼田町  
グループ



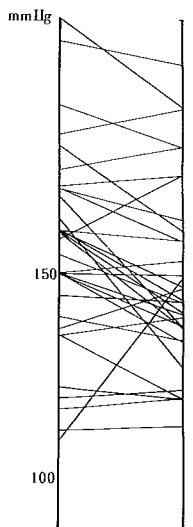
21名(7日間)  
(S51.9.4)

⑧ 沼田町  
グループ



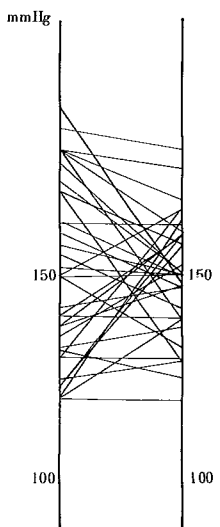
51名(7日間)  
(S51.9.21)

⑨ 呉市  
グループ



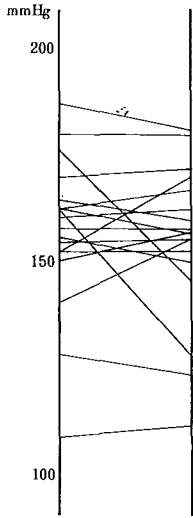
39名(4日間)  
(S51.10.15)

⑩ 呉市  
グループ



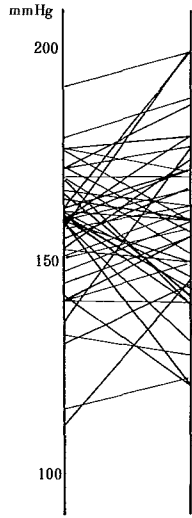
40名(4日間)  
(S51.10.19)

⑪ 呉 市  
グループ



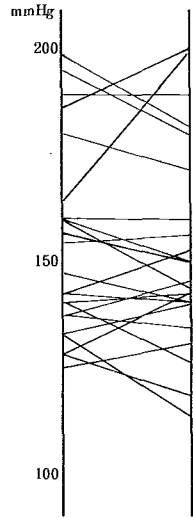
21名(4日間)  
(S51.1.0.23)

⑫ 千代田町  
グループ



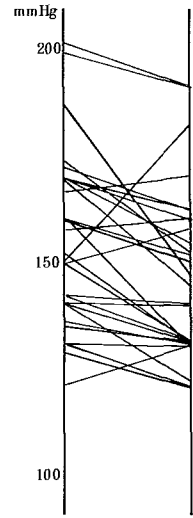
33名(7日間)  
(S51.1.1.4)

⑬ 千代田町  
グループ



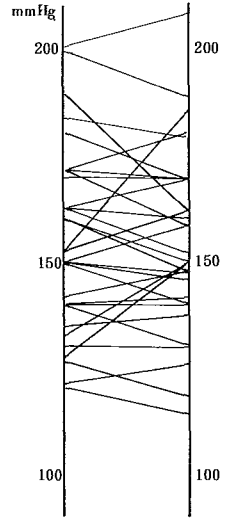
24名(5日間)  
(S51.1.1.11)

⑭ 千代田町  
グループ



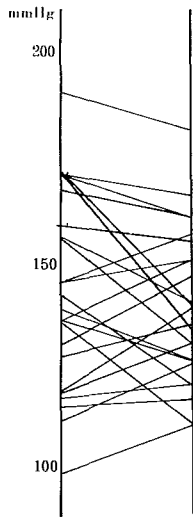
32名(6日間)  
(S51.1.1.17)

⑮ 千代田町  
グループ



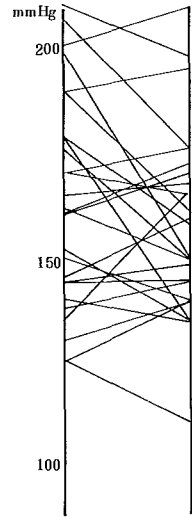
31名(5日間)  
(S51.1.1.23)

⑯ 佐 東 町  
グループ



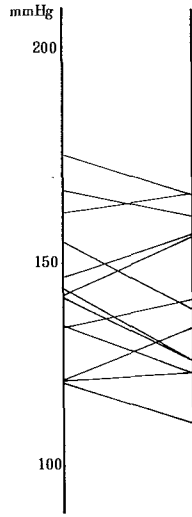
25名(9日間)  
(S52.1.1.2)

⑰ 高 陽 町  
グループ



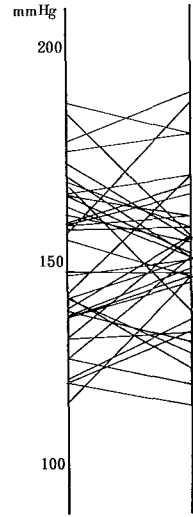
27名(7日間)  
(S52.1.2.2)

⑱ 五 日 市  
グループ



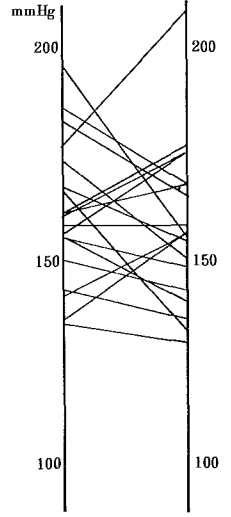
13名(8日間)  
(S52.2.1)

⑲ 安 芸 町  
グループ



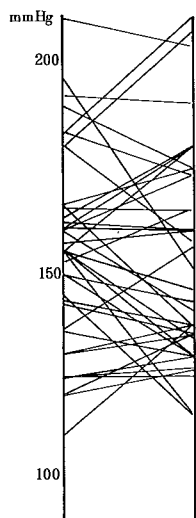
38名(4日間)  
(S52.2.2)

⑳ 段 原 町  
グループ



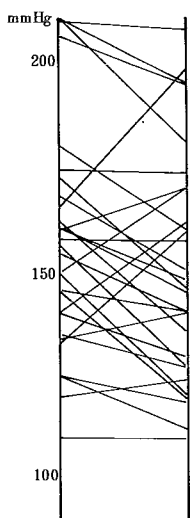
18名(6日間)  
(S52.2.8)

㊸ 安佐町  
グループ



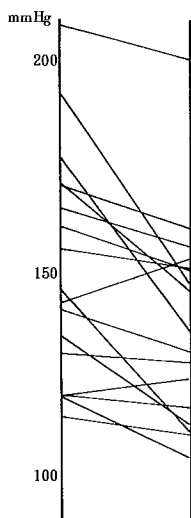
41名(8日間)  
(S52. 2.16)

㊸ 安佐町  
グループ



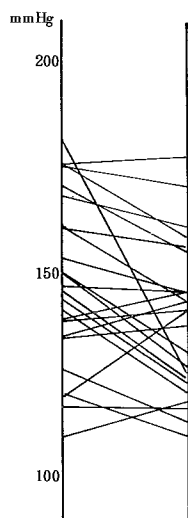
31名(8日間)  
(S52. 2.26)

㊸ 沼田町  
グループ



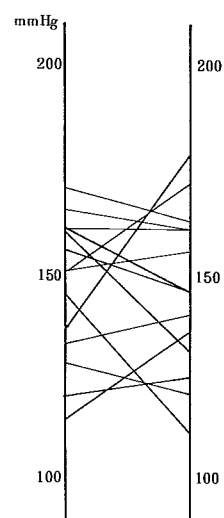
17名(9日間)  
(S52. 3. 1)

㊸ 湯来町  
グループ



24名(8日間)  
(S52. 3. 8)

㊸ 高陽町  
グループ



15名(10日間)  
(S52. 3. 8)



大分県温泉調査研究会報告 第28号

昭和52年3月 印刷

昭和52年3月 発行

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

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