

大分県温泉調査研究会

報告 第30号

昭和54年3月

目 次

別府における温泉水頭の長期変化……………	山下 幸三郎… (1)
別府温泉南部域の化学成分長期変化について…	由佐 悠紀… (10)
温泉水中のトリチウム濃度 (I) ……………	北岡 豪一… (19)
別府市火男火売神社の地熱異常現象……………	古賀 昭人… (28)
	野田 徹郎
大分川流域温泉の継続観測……………	野田 徹郎… (32)
	北岡 豪一
河川水の水質に及ぼす温泉の影響……………	川野 田実夫… (43)
	志賀 史光
	矢野 哲郎
老化と温泉：コラーゲン代謝に及ぼす……………	阿南 公展… (49)
泉浴の影響 (第3報)	織部 和宏
	織部 元広
	轟 木峻
	大塚 栄治
	酒井 好吉
	延 永 正
原爆被爆者の温泉療法 (第11報) ……………	八田 秋… (55)
	辻 秀男
天瀬町・日田市の温泉現況調査……………	大分県環境管理課 (70)
	日田保健所総務課

別府における温泉水頭の長期変化

京都大学理学部 山下 幸三郎

1 まえがき

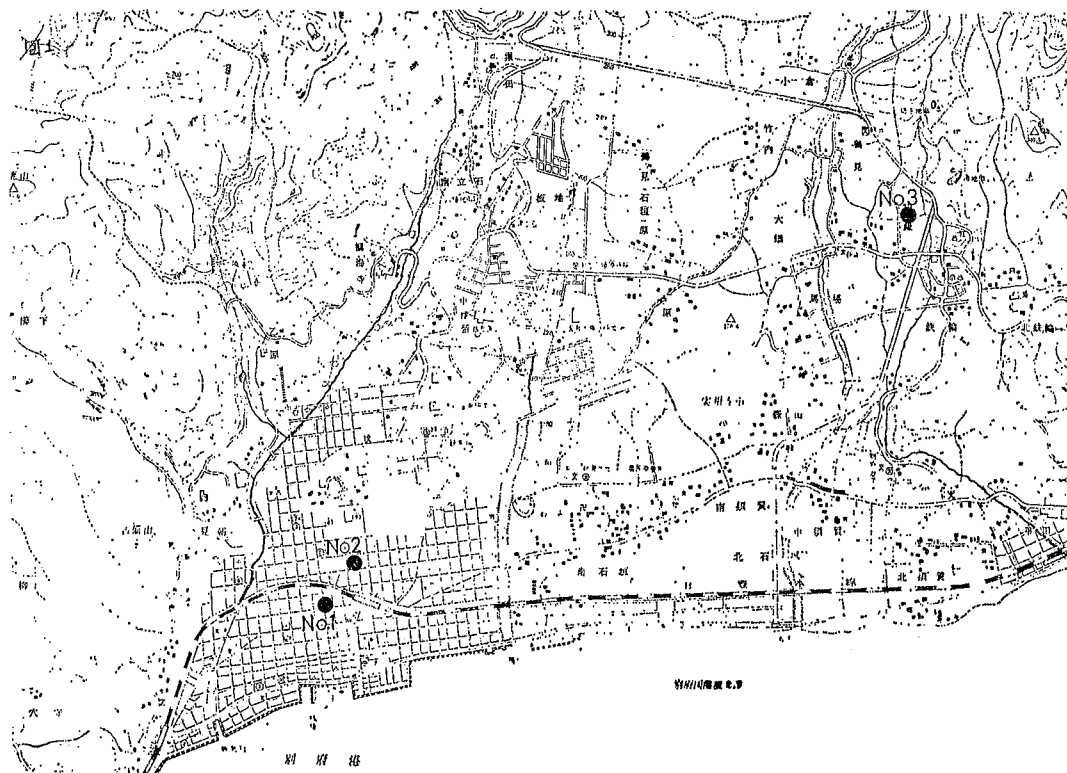
温泉の揚水影響は温泉源の保護について温泉行政上重要な資料で、昭和25年以降大分県内の各所の温泉について揚水試験を実施した。特に別府の旧市内は最も温泉の密集地帯で、昭和31年以降精密な揚水試験を行い、この結果に基づき温泉開発が行なわれたが、この結果が適正であるか否かを判断する示標として温泉水頭の観察が最も有効な方法であることから、旧市内温泉群の主要な供給源で自然湧出のある田の湯温泉脈上の市営不老泉において別府市の好意により観測井を設置し、1959年より水位水温の観測を開始した。この地域は自然湧出のあった地域で温泉水が最も浅層にまで流出しているので、温泉観測井の設置が最も容易であった。しかし浅層の冷地下水が混入し両者の変化が重合され

表1 観測井の構造

観測井番	№1(不老泉井)	№2(田の湯温泉井)	№3(農研井)
位置	不老泉南東隅	大字別府上田の湯	大字鶴見710
深度(m)	4	100	300
口径(mm)	150	38	75
地高(海拔m)	8	22	155
水頭(地表面から)	-(1~1.5m)	-(3~4m)	-(21~30m)

ているので、解析において両者の特性の識別を容易にする目的で田の湯温泉脈上に新掘された温泉について1955年から2ヶ年間比較観測を行なった。更に自然噴気のある高温地熱地帯である鉄輪における熱水の動向も研究課題として注目していたが、たまたま1967年

図1 観測井の位置



大分県温泉熱利用農業研究所において熱量不足により新掘したが噴出しなかった井戸を借用し観測を開始した。

これらの井戸の構造を表 1 にその位置を図 1 に示す。

これらの観測井の資料を整理解析し温泉源の動向と保護涵養について考察した。

2 不老泉井の水位・水温の変化について

観測井は1959年から水位の自記々録と水温の週 1 回の測定を行なった。観測井は海岸から約 400m の所にあるが、浅層地下水であるからか潮汐による変化は認められない。(被圧温泉水では鉄道線以西でも潮汐の影響がある) 又気圧による変化も現われない。短期間の主要な変化は降雨によるもので降雨の水位に及ぼす影響については既に報告しているように一連の降雨による水位の上昇は雨後数時間内に出現し、その後は指数函数的に自然減衰して行く。このような降雨影響には降雨の水位に及ぼす効果が小さく且つ自然減衰の速い型と、降雨の効果が大きく自然減衰の遅い型とがある。(図 2、3 参照)

図 4 は 1959 年からの水位、水温の年変化である。図で注目されることは①水位と降雨とは密接な関係があり、降雨による水位の年変化は 1970 年頃から顕著に大きくなっている。②水位は 1967 年頃より漸次低下しているが、1971 年以降は低下傾向が鈍化し安定状態にあるようにも見える。③ 1964~1965 年における顕著な水位降下は国鉄複線化工事及び亀の井ホテル新築工事による多量の地下水の採取による影響であり工事終了後旧に復している。④水温には年変化があり、最高は 9 月に最低は 3 月に現われる。又冷地下水に比較して高温で温泉水の流出していることを示唆している。

2-2 降雨の影響

降雨の影響について更に詳しく調べると、図 5、6 は一連の降雨による水位の上昇を示す。図 5 の 1962 年における場合、降雨があると殆んどその時間内に水位の上昇が始まり、一連の降雨による雨量

図 2 水位の自然減衰

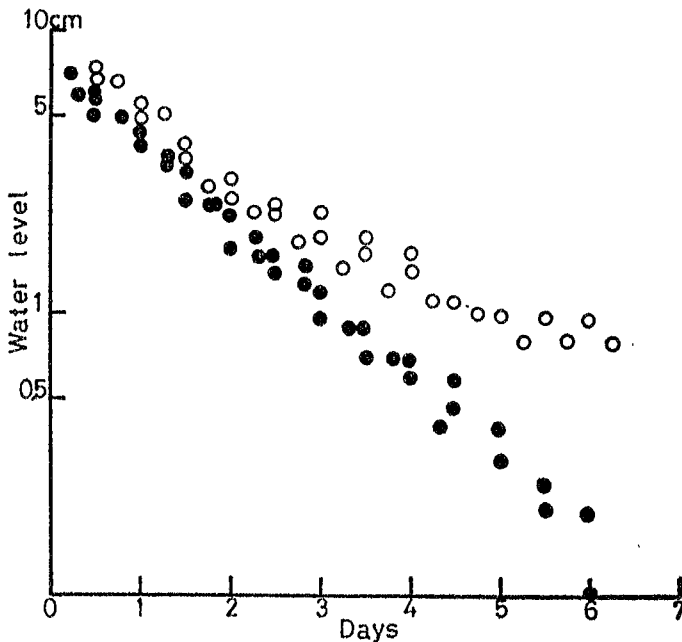


図3 降雨量と水位上昇量との関係

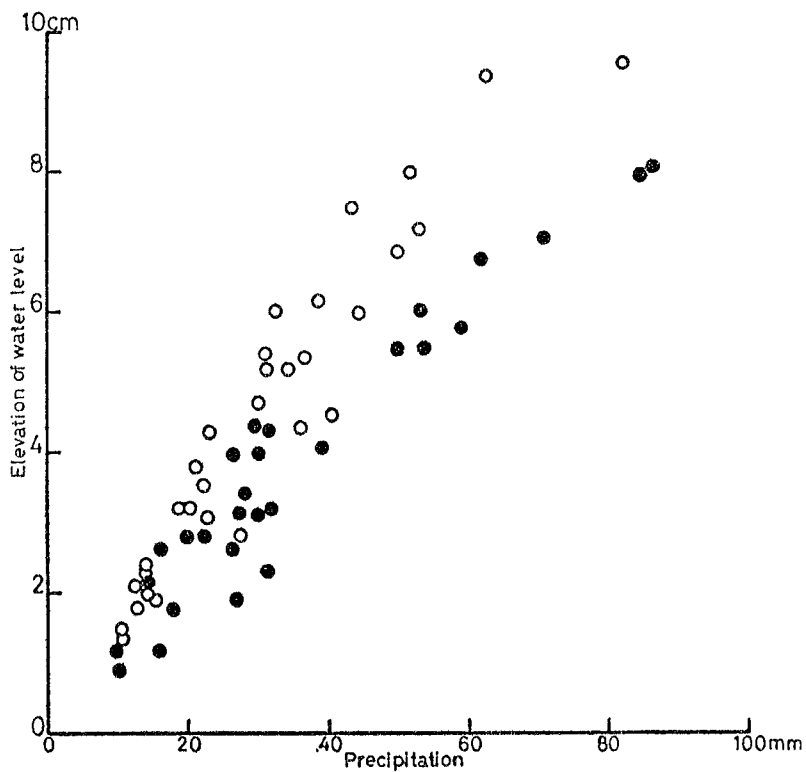


図4 不老泉井の水位・水温の年変化

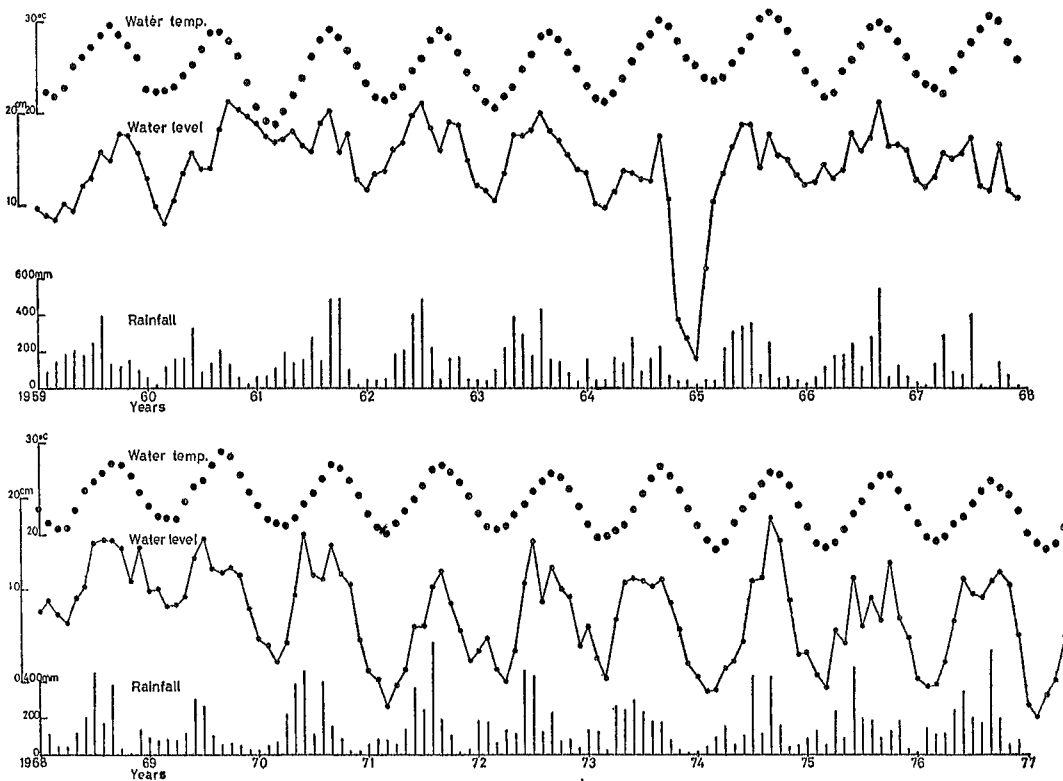


図5 水位と降雨の関係

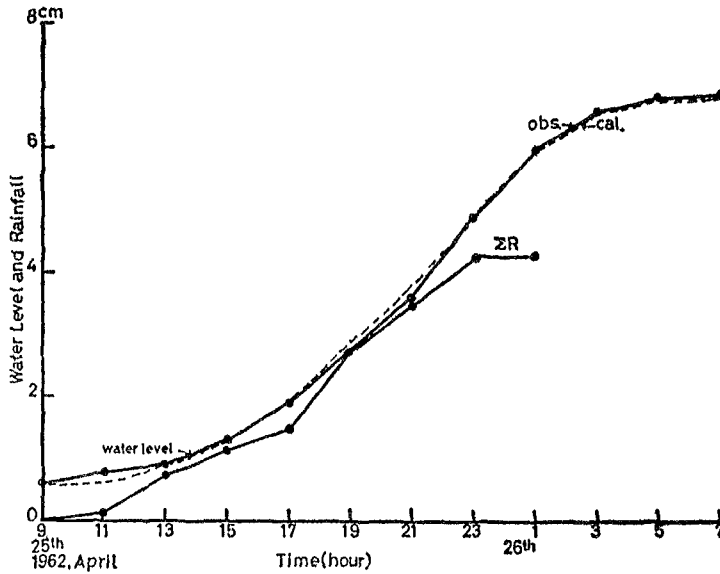
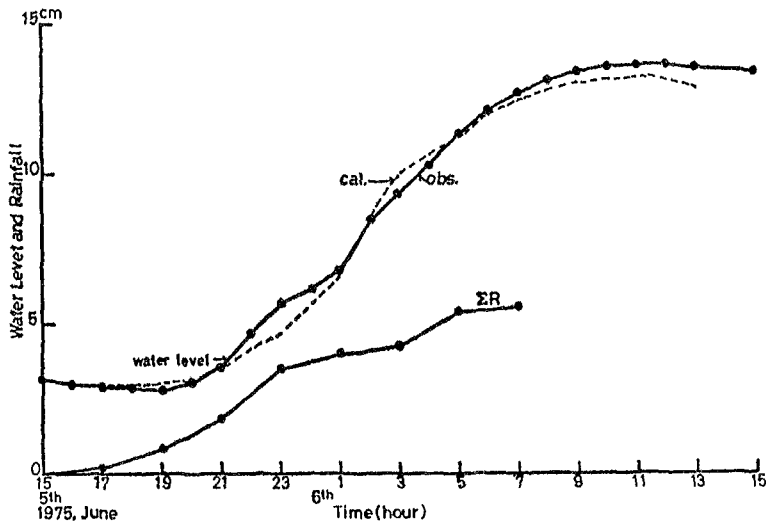


図6 水位と降雨の関係



と水位の上昇量との割合 $\Delta H/R \approx 1.5$ である。図6の1975年では、降雨に対する水位の上昇は1962年と比較して遅れて上昇を始め、 $\Delta H/R = 2.5$ と降雨量に対する水位上昇量は大きい。

一連の降雨と水位との関係は次式によって表わされる。

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = -f(H, t) + \beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots \quad (1)$$

自然減衰が指数函数的な減衰であると

$$\frac{dH}{dt} = -\alpha H + \beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots \quad (2)$$

上式を積分すると

$$Ht = He + H_0 e^{-\alpha t} + \int (\beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots) e^{-\alpha(t-t')} dt' \quad (3)$$

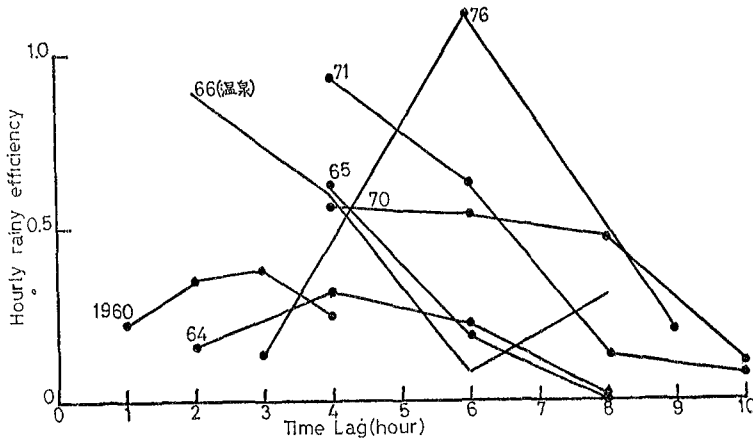
実際計算では

$$H_t = H_e + H_0 e^{-\alpha t} + \sum_i (\beta_0 R_0 + \beta_1 R_1 + \beta_2 R_2 + \dots) e^{-\alpha(t-t_i)} \dots (4)$$

ここに H_e は降雨影響が全く無くなった時の水位、 H_0 は降雨によって上昇した水位、 α は減衰指数、 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$ は各期間の降雨のその時間における降雨効果係数、 R_0, R_1, R_2, \dots は各期間の降雨量である。

この関係式を用いて一連の降雨について降雨効果係数を求め経年的な変化を図7に示す。

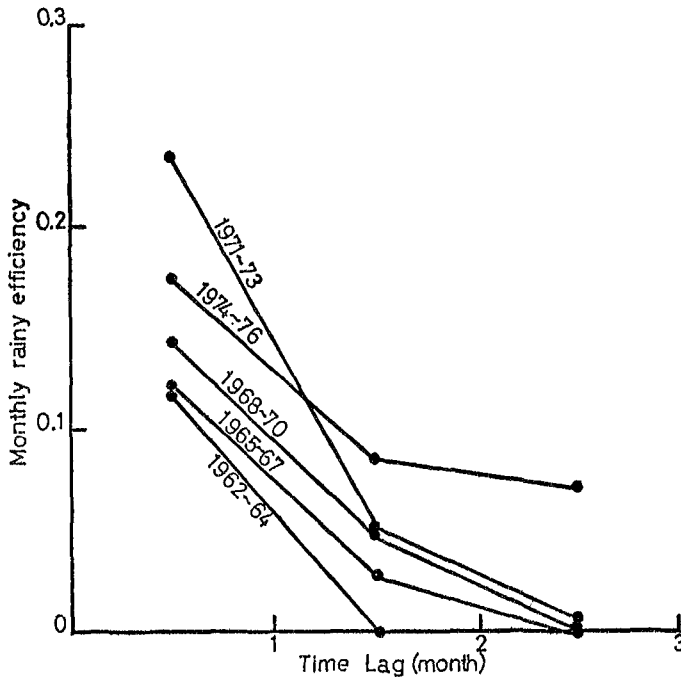
図7 降雨効果係数の経年変化



1960年以降漸次出現時間の遅れが大きくなると共に降雨効果係数は大きくなっている。16.2温泉井の降雨効果について比較すると、出現時間の遅れは略同じであるが、降雨効果係数は温泉井の方が大きい。

降雨効果係数を月単位で求めると図8のように観測の初期においては降雨効果係数は小さく、且つ2ヶ月以内で降雨影響は消滅するが、後年になるに従って効果係数は大きくなり、影響は残存してく

図8 降雨効果係数の経年変化



る。このような降雨影響の変化は降雨効果が小さく且つ減衰の速い型の降雨影響の出現が少なくなり降雨効果が大きく減衰の遅い型の出現が主体となったことを意味し、降雨影響の機構に大きい変化が起ったことを示唆している。No.2 温泉井の月単位による降雨効果係数は不老泉井より非常に大きい。

以上の関係から前者の型の降雨影響は浅層の冷地下水が主要な役割をしている場合に起る変化で、後者は温泉水によると推察される。上述の降雨効果係数及び出現時間の変化は地表から雨水の滲透によって供給される浅層の冷地下水が減少していることを意味していると解される。

2-2 水温について

図4における水温には年変化があり、年較差は約8℃である。

一般に地下水温とは地中温度と密接な関係があり、特種な地域を除けば両者の温度は略一致する。地中温度は地温不易層（別府では地下13m位）以浅では日射の影響を受け日変化や年変化がある。その関係式は次式で表わされる。

$$\theta = \theta_0 + Ae^{-\frac{2\pi z}{T}} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\ell} \right) \dots\dots(5)$$

ここに θ は地温、 θ_0 は年平均地温で地温不易層の温度を示す、 A は振幅で地温較差の $\frac{1}{2}$ 、 ℓ は地層の熱の伝達に関する定数、 z は地中の深さ、 t は時間、 T は地温変化の周期である。京大別府研究施設で測定した資料から上式の定数を求めると年変化は次式で表わされる。

$$\theta = 17.9 + 12.3e^{-\frac{2\pi z}{15.7}} \sin 2\pi \left(\frac{t}{12} - \frac{z}{15.7} \right) \dots\dots(6)$$

θ : °C

t : 月

z : m

図9 不老泉井の水温及び地中温度の年変化

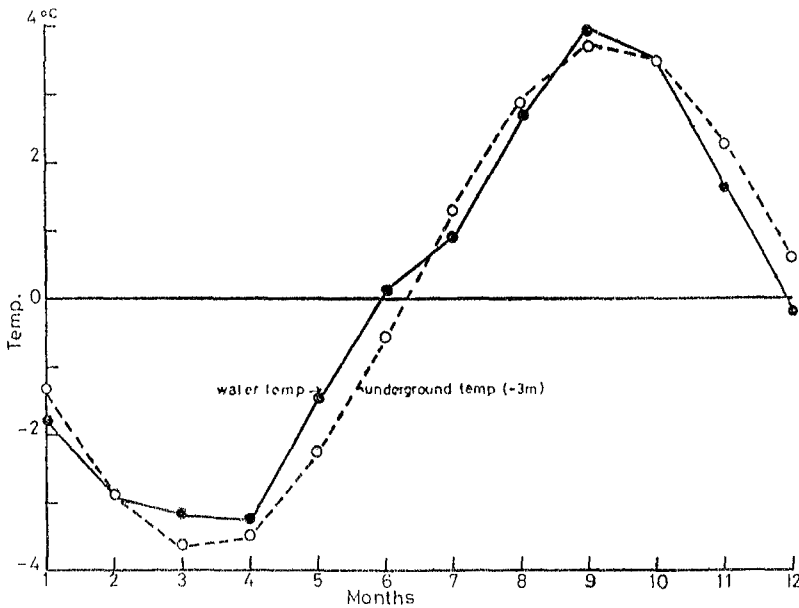


図9によれば不老泉井の水温年変化は上式から求めた地下3mにおける年変化と略一致する。したがって井水温と地中温度の相違は θ_0 のみである。両者を比較して井水温は著しく高く、温泉水が浅層に流出していることが察知される。

降雨による水位上昇時における水温の動向は浅層冷地下水との行動を解明する上で重要な観測であるが今だなされていない。

表2 不老泉井の水位・水温の年平均値及び年雨量（雨量は京大別府研究施設で測定）

年次	平均水位 cm	平均水温 ℃	年雨量 mm
1959	12.71	25.82	1949
60	14.80	25.12	1521
61	16.76	24.01	2212
62	16.43	24.82	2024
63	15.48	24.77	2084
64	12.57	25.61	1466
65	15.38	27.03	1805
66	15.58	26.15	1983
67	13.70	26.24	1282
68	11.32	24.35	1740
69	10.95	25.01	1328
70	8.78	24.06	1972
71	4.20	24.01	1962
72	6.97	23.52	2102
73	7.30	23.19	1816
74	6.23	22.91	1700
75	6.01	22.64	1941
76	6.48	22.53	2278

今後の研究に俟ちたい。

2-3 水位水温の長期変化とその原因

長期変化の解析で水位については降雨影響を除去すればよいが、上述の如く降雨効果に変化して行くので正確な除去が出来ない。したがって年平均水位を求めた。又水温の年変化は略一定であるから年平均温度によって察知される。

年平均水位は表2及び図4でも明らかなように降雨による変化もあるが、1967年以降漸次低下し1970年からは低下傾向が鈍化している。しかし年雨量を比較して尚低下傾向を示していると思われる。

水位低下の始まった1967年は大分県では国体が開催された年であり、別府では1965年以降ホテルの増改築、道路の整備、環境整備などが盛んに行なわれ、又温泉の開発も活潑に行なわれた時期である。水位の低下と共に降雨効果も変化し図7、8でも明らかなように降雨による水位変化が大きくなり、出現時間が遅れてきている。1970年以降水位低下は鈍化している。1968年に温泉の保護対策として温泉の開発制限や採取量の制限が実施された。上記水位低下の鈍化はこのような保護対策の効果によると思われる。以上の関係から1967年以降の水位低下は国体の開催による各種の施設の整備によって雨水の地下浸透が抑制され冷地下水の供給量が減少したことに起

因すると思われる。

地下水水温の変化には降雨量との関係があり、降雨の多い年は水温は低下している。亀の井ホテルの増築工事、鉄道の複線化工事による地下水の揚水により水位が著しく低下したが、水温は逆に上昇している。（図2参照）この地域の浅層地下水は冷地下水と温泉水との混合であり、降雨量の増加により冷地下水の供給が増大し、温泉水の混入割合が小さくなって水温が低下し、又降雨量が少ないと冷地下水の供給が減少し温泉水の混入割合が増加して水温が上昇したと推察される。

1970年以降は降雨量による水温の変化は不明確になって漸次低下している。このような変化は浅層冷地下水の供給が著しく減少し浅層地下水への供給は温泉水が主要で、降雨による両者の混合割合に大きな変化をあたえないからであろう。水温の低下は温泉水頭の低下による温泉水の供給の減少によると思われる。したがって現在の水位や水温は旧市内温泉の動向を指示している。水位、水温の変動は小さいが、尚低下傾向を示している。この原因は温泉口の増加による過剰採取によるか、或は都市化による浅層冷地下水の減少が尚続いているか区別は出来ないが両者共に関係があると思われる。

古賀らの別府温泉水中のトリチウム量の測定から田の湯地区の温泉には多量のトリチウムを含むことから浅層冷地下水が多量に混入していることが示された。又筆者は別府旧市内の温泉水中のリチウム量の分布からも同様な結果が得られた。更にリチウム量や他の成分相互間の相関々係から別府旧市内の温泉水の約80%は浅層の地下水によって供給され残余が地下深部から流出する高温熱水によることが判明した。したがって都市化に伴う地下水涵養面積の縮小によって地下水が減少すると共に温泉供給量も亦減少する。

現在温泉の多い県では温泉の保護対策として採取規制や集中管理による有効利用法などが実施されているが、これは温泉供給量が常に一定であるとの前提のもとに取られた対策である。したがって温泉水の涵養強化策を同時に実施しなければ十分な効果は期待出来ない。別府旧市内温泉の採湯量は温泉孔数の増加にも拘らず大きい増加はない。この事実は新温泉による採湯量の大部分は自噴温泉の湧出量の減少によって維持されているからである。

新温泉の採湯によって温泉水頭が低下して自噴温泉が減少すると共に自噴による無駄な流出がなくなり、且つポンプ揚湯により不用な採取が抑制されたからである。しかし自噴井の減少がただちに温泉の涸渇現象であると見做すことは出来ない。別府温泉で熱水湧出の温泉は大部分がポンプ揚湯であり、無駄な放流は殆んどなくなったと思われる。別府における温泉熱の有効利用は主として山の手にある噴気沸騰泉による無駄な放出の利用であるが、この地域は海岸部にある温泉の熱源であり、噴気利用には多量の水が必要で、近年水の需要が多くなり水資源の不足が心配されている時でもあるから噴気は無駄な放出を抑制し、地下水の涵養を強化し、温泉供給量の増加を計ることが今後の温泉源の保護対策についての重要な課題である。

温泉の涵養強化についての具体的な方法として ①地下水涵養域の縮小防止 ②地下水の人工的強化 ③温泉採取地域から外部への温泉水の流出防止 ④温泉水に関連のある地下水の採取や流動を阻害する地下工事の規制などが考えられ、これらの対策を実施するには温泉地周辺の可成り広い範囲に亘って各種の施設や工事の施行について制約を設けなければならない。

温泉法は温泉の保護が重要な立法主旨であるにも拘らずこれについての十分な規制条項がない。したがって上記対策が有効に実施出来るような法制面の整備強化も亦重要な課題である。

3. 農研井の水頭変化

農研井については 1966年より気泡式液面記録計による観測を開始したが、初期には電源の不備、記録装置の設置不備、井水面の急変動などがあって明確な記録が得られなかった。1972年より水面が安定し水面変化の連続記録が得られるようになった。

図10 農研井の水頭変化

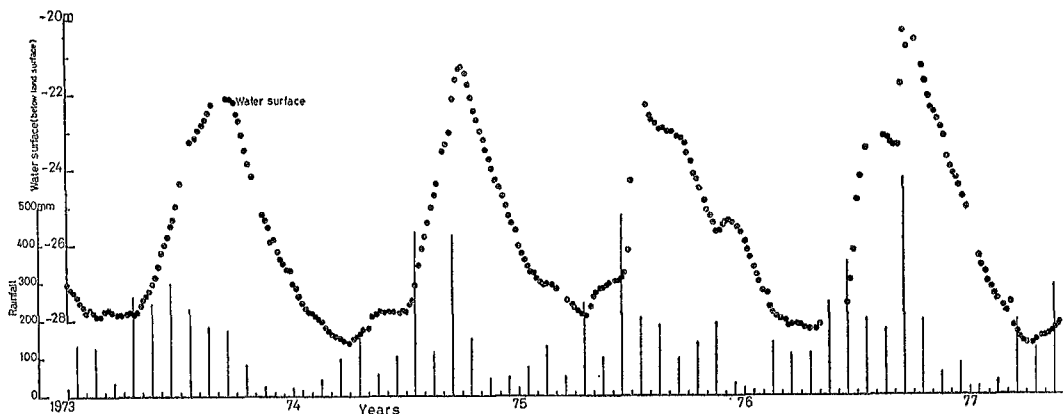


図10は記録の一部である。図で明らかなように降雨による水面変化は上述の別府旧市内の観測井と比較して著しく大きく、年較差は約7mである。しかし降雨影響には遅れがあって旧市内観測井のような短時間には現われない。この様な降雨影響は九重火山地域の八丁原地熱地帯の深度600m以深の高温熱水の水頭観測結果に類似している。したがって自然噴気のある地熱地帯では浅層水と深部熱水との間には密接な連絡があると思われる。

表3 農研井の降雨効果

観測井	β_0	β_1	β_2	β_3	$e^{-\alpha}$	備考
農研井	0.54	0.56	0.50	0.009	0.41	雨量: cm 水位: m 時間単位: 月
八丁原還元1号井	0	1.02	0.22	0.31	0.54	深度 1400m ケーソシグ 600m

現在までの観測では明確な水頭降下は認められない。深部の温泉水の涵養域は浅層水に比較して広く井戸周辺の土地開発による滲透域の減少は全涵養域の広さに比較して小さいからであろう。又温泉

開発の規制が実施された後の記録である。今後の研究に俟たねばならない。

このような温泉水頭の長期観測は温泉開発の適否を監視する重要な観測で温泉保護対策を実施する上で重要な資料である。上記観測井は継続されているが尚一層の拡充強化が望まれる。

終りに観測に協力された別府市温泉課、大分県温泉熱利用農業研究所、京大別府研究施設の由佐悠紀、堀清和、森忠敬の諸氏に厚く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) K. YAMASHITA: Effect of Rainfall on the Water Level in Furosen Well of Beppu Spa, Special Contributions, Geophys. Inst., Kyoto Univ., No. 3, 1963.
- 2) 山下: 別府市内日豊線複線化工事並に亀の井ホテル増築に伴う浅層地下水の揚水が周辺温泉に及ぼす影響調査報告, 大分県温泉調査研究会報告, 16, 昭.40.
- 3) 岡田武松著: 気象学
- 4) 古賀, 吉川: 別府温泉水中のトリチウム, 大分県温泉調査研究会報告, 21, 昭. 45.
- 5) 山下: 別府旧市内温泉のLi⁺量分布と水系について, 全上, 16, 昭. 40.
- 6) 山下: 八丁原地熱地帯の概況, 九電研究期報 Vol.50, 昭. 53.

別府温泉南部域の化学成分長期変化について

京大理学部 由 佐 悠 紀

1 まえがき

大正末期に別府温泉の研究が始まって以来、いく度となく温泉水の化学分析が行われ、昭和20年代には、浜脇¹⁾ 一帯における海水浸入域が、それ以前より広い範囲に拡大していることが見出された。一方、海水汚染を受けていない地域における化学組成の分布状態に、顕著な変化は認められなかったが、全体的に Cl^- 濃度がわずかに減少している傾向が指摘され、深層温泉水の圧力低下のためと考えられた。以上の結果は、別府南部域における温泉の大部分が、日豊線よりやや上流部から海岸に至る別府市街地部に分布し、多くの温泉が自噴状態にあった時代に得られたものである。

その後、温泉需要の増大と掘さく技術や採湯技術の進歩などがあいまって、昭和30年代から40年代には温泉の開発が急速な勢いで進み、別府における温泉の分布状態は大きく変化した。山の手一帯では、数多くの噴気・沸騰泉の開発により、化学成分濃度の高い NaCl 型高温水や高温蒸気が多量に採取され、低地部においては、それまで温泉が出にくいとされていた地域にまで深い掘さくが行われて、エアリフトによる採湯が行われるようになった。そして、市街地温泉では次第に自噴泉の数が減少し、動力揚湯泉が増した。また、それまでの温泉孔が老朽化していたという事情もあり、より多量の温泉を得るために、温泉井の掘りなおしが進み、採湯深度も深くなった。

このように温泉開発が進行し、温泉井が別府市のほぼ全域にわたって分布するようになった昭和42年から45年にかけて、筆者らは全市にわたる化学成分の調査を行い、当時における化学組成分布状態などを明らかにした。

このような温泉分布域の拡大や採湯深度の増大など一連の温泉開発は、地下における温泉水流動状態に何らかの影響をおよぼすであろうことが容易に想像される。とくに、山の手一帯での噴気・沸騰泉開発が低地部温泉に与える影響は、それがどのようなものであるのか予測をつけにくいだけに、いっそう憂慮され、長期にわたってモニタリングを続ける必要があると思われる。

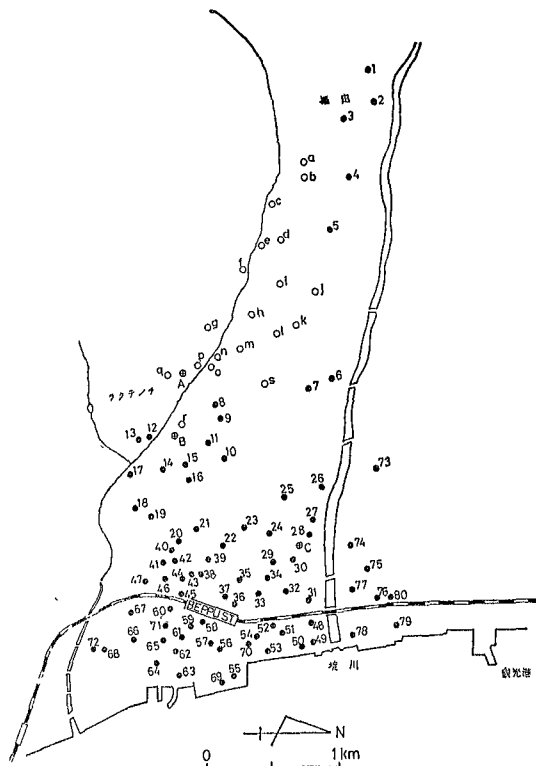
本報告は、このような考えに沿い、前回の調査から約10年を経た昭和53年での別府温泉南部域に対する資料を提供しようとするものである。なお、浜脇一帯の海水汚染温泉については、吉川と北岡により報告されているので、ここでの対象から除いた。長期モニタリングを行う成分には、 Cl^- と HCO_3^- の2つを選んだ。これまでの研究により、前者は低地部温泉に対する NaCl 型熱水の効果を、後者は高温蒸気の効果を示す指標と考えられる成分である。そしてまた、一般には、前者が深層温泉水の、後者がそれより浅層に分布する温泉水の特徴を代表すると考えてよい。

2 低地部にある沸騰泉と高温動力揚湯泉の化学成分濃度変化

昭和47年10月以来、低地部にある2つの沸騰泉と1つの動力揚湯泉につき、ほとんど毎週、化学分析を続けている。図1には、後に述べる他の調査温泉とともに、それら3つの孔の位置を示した。A、Cが沸騰泉、Bが動力揚湯泉である。

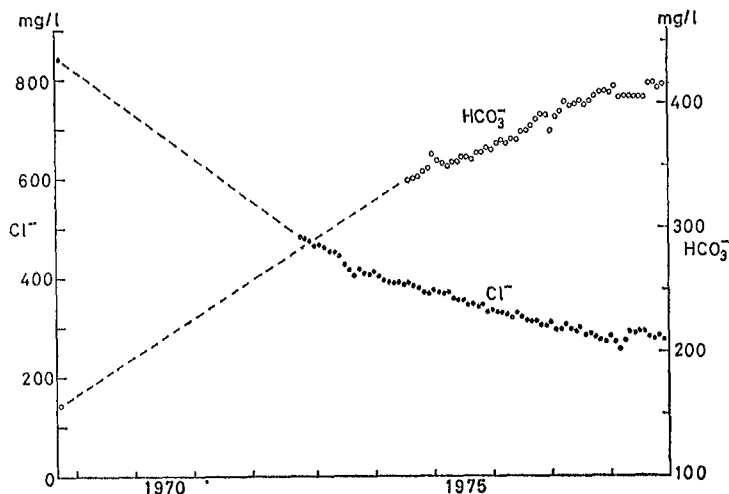
そのうち、もっとも上流部の山すそに位置する沸騰泉Aは、その Cl^- 濃度が平均 $1000\text{mg}/\ell$ 以上、 HCO_3^- 濃度は $150\text{mg}/\ell$ 前後、また Na^+ 濃度は $800\text{mg}/\ell$ 以上と、いわゆる NaCl 型熱水に特有の組成を示す。 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$ 濃度ともかなりの巾をもって変化するが、噴出水が直接流入するタンクの中に、時折低温の表流水を混入させることがあるために、濃度変化のすべてが噴出水そのものの変化かどうかははっきりしない。ただし、濃度の上限値をつらねると、52年末頃までは、 Cl^- 濃度がわずかに低下し、 HCO_3^- 濃度は逆に増加した傾向がある。しかし、53年には、 Cl^- 濃度が急激に増して1500

図1 調査温泉井の位置 (数字は一般温泉, アルファベットは沸騰泉で, それぞれ末尾の表中のものと対応する。)



ることが明らかで、53年末に至って、 Cl^- 濃度は約 210mg/l と43年頃の $\frac{1}{4}$ に減じ、 HCO_3^- 濃度は約 420mg/l と3倍近くにまで増加した。

図2 沸騰泉Cにおける Cl^- と HCO_3^- 濃度の変化



てきたと見なされ、浅層水の水圧に対して、深部温泉の水圧が相対的に低下しつつあると考えられる。

mg/l を越えるようになり、 HCO_3^- 濃度は 130mg/l 程度にまで減少した。

他方、もうひとつの沸騰泉Cと動力湯泉Bでは、注目すべき変化が観測されたので、以下に述べる。

2-1 沸騰泉Cの濃度変化

この沸騰泉(深度 225m)は昭和40年3月に掘さくされた。周囲の温泉の中には、 60°C に近いかなり高温を示すものもあるが、多くは 50°C 前後で、深度も 200m どまりである。掘さくから3年7ヶ月後の43年10月における Na^- 、 Cl^- および HCO_3^- 濃度は、それぞれ 445 、 842 および 157mg/l と NaCl 型熱水の特徴を示していた。

その後、昭和47年10月より、連続測定が行われている。49年7月までは、 Cl^- と Na^+ および K^+ を測定していたが、49年8月から Na^+ と K^+ の分析を中止し、代わりに HCO_3^- 濃度の測定をはじめた。図2には、その資料から求めた月平均値の変化を示した。なお参考のために、43年10月の分析値もプロットした。 Cl^- 濃度の減少・ HCO_3^- 濃度の増加が確実に進行してい

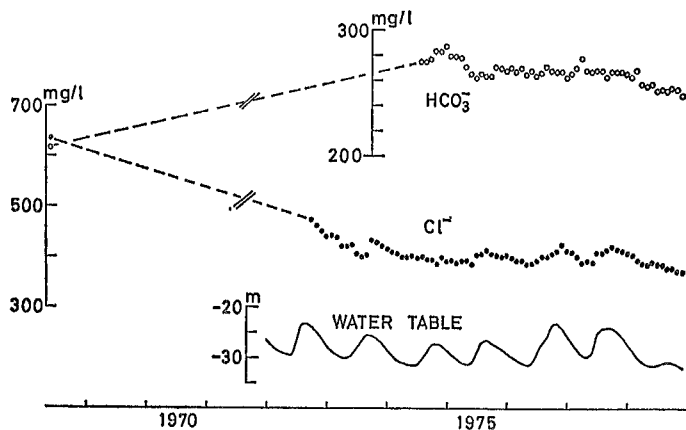
この沸騰泉の周囲にあるいくぶん浅い掘さく井から得られる温泉水は、 Cl^- 濃度が $100\sim 200\text{mg/l}$ 、 HCO_3^- 濃度は 500mg/l 以上、中には 1000mg/l を越えるような組成を示す。このように、この地域には、深部に高 Cl^- 濃度・低 HCO_3^- 濃度の高温水が分布しその上部に低 Cl^- 濃度・高 HCO_3^- 濃度の対照的な組成を持つ温泉水があると考えてよい。したがって、年とともにこの沸騰泉からの噴出水中に占める深層水の割合が減少し

2-2 動力揚湯泉Bの濃度変化

この温泉は、最初昭和38年7月に100m深まで掘さくして得られた。当時は沸騰泉で、昭和43年6月には、 Na^+ 濃度470mg/l、 Cl^- 濃度637mg/l、 HCO_3^- 濃度207mg/l というように、NaCl型熱水の特徴を持っていた。その後沸騰の勢いが弱まったため、46年9月に193m深まで掘さくし、160mから193m深の間にストレーナーを切ったが、沸騰が連続せず、46年12月以降はエアリフトによる揚湯が行われている。しかし、温度は96~98°Cとなお高温状態が維持されている。

化学成分量の連続測定は、AやCと同様に行われており、 Cl^- と HCO_3^- の月平均濃度の変化を図3に示した。比較のために、増掘前の値もプロットしたが、増掘後の方が Cl^- 濃度は減少し、 HCO_3^- 濃度は増加している。

図3 動力揚湯泉Bにおける Cl^- と HCO_3^- 濃度の変化(図中の二重斜線は井戸の掘りなおしを示す。)



連続測定が開始された後、 Cl^- 、 HCO_3^- の両者とも変化しているが、前述した沸騰泉Cで観測されたような一方向に向う変化ははっきりせず、ある一定値のまわりに季節的变化を繰り返していることが、とくに Cl^- 濃度で特徴的である。

HCO_3^- 濃度の季節変化は、 Cl^- 濃度ほど明瞭ではないが、 Cl^- 濃度が増せば HCO_3^- 濃度は減少し、 Cl^- 濃度が減少すれば HCO_3^- 濃度は増すというように、相反的傾向が認められる。しかし、昭和53

年にはいってからは、両者共に減少しており、この相反的關係がくずれたように見えるが、今後の変化状態を見ない限り断定はできない。

このような季節変化をもたらす要因として、この地域における温泉水層も含めた地下水圧の変動にともなう地下水・温泉水の流動状態の変化が挙げられる。地下水圧の季節変化は、最上層部を流れる不圧地下水水位の季節的昇降によってひきおこされると考えられるから、図中には、この井戸から約600メートル北のほぼ同じ標高の所に位置する京大地球物理学研究施設における不圧地下水水位の変化を対比させて描いた。水位上昇時に Cl^- 濃度が増加し、水位低下時に減少するというように、両者に明瞭な対応があり、地下水圧の変動が Cl^- 濃度の変動をもたらしていることが明らかである。

別府温泉南部域の温泉水系は、大別して種の水の混合により形成されていると考えられる。第1のものは、山岳部地下深所から供給されるNaCl型熱水である。第2の水は、おもに上流部の地熱域において、浸透水が地下から上昇してくる CO_2 を含む蒸気と出会うことによって生成される HCO_3^- を多量に含む水であり、NaCl型熱水の上部に分布する。 HCO_3^- 濃度は、蒸気と出会う深さの違いによって、500mg/l程度のもものと、1000mg/l以上のものがある。そして、第3の水は、もっとも浅層を流れる通常の地下水である。

不圧地下水水位の昇降にともなう地下水圧の変動量は、浅層ほど大きく深層ほど小さいと考えられる。したがって、不圧地下水水位上昇時には、噴出水中に占める浅層からの水の割合が増し、水位低下時には、その割合が減じて、みかけ上深層水の割合が増加するのが普通であろうと思われる。この地域における深さ方向の地下水・温泉水の分布が前述のような状態ならば、 Cl^- 濃度は水位上昇時に減少し、水位低下時に増加することになる。しかし、図3に示される両者の関係は逆である。ボーリング時の記録によれば、110m以深は、孔底まで、安山岩の転石や砂礫から成る比較的一様な地層

と判断され、特殊な地下水理状態は考えにくい。別府南部域の大部分とは異なり、この地域では、むしろ浅層にCl⁻高濃度温泉水の分布を考えた方が、図3の変化を無理なく説明できそうである。

この孔井からわずか45mしか離れていない深度85mの沸騰泉のCl⁻濃度は811mg/ℓ（図1および末尾の表、r）とかなりの高濃度を示すこと、この孔井が現在より浅かった沸騰泉時代には600mg/ℓを越すCl⁻濃度であったことなども、この一帯で局所的にCl⁻濃度が逆転成層していることを示唆するように思われる。

3 一般温泉の変化

昭和42年から45年に調査した温泉の中から、別府温泉南部域にできるだけ均等に散らばるように選んだ75口、および補助として5口、合計80口につき、昭和53年7月末に採水分析した。ただし、海水汚染域は除いた。分析結果は末尾の表に掲げた。化学分析はpH、Na⁺、K⁺、Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Cl⁻およびHCO₃⁻の7成分について行っているが、ここでは、Cl⁻、HCO₃⁻および泉温につき前回と今回の結果を比較し、この間の変化を調べる。

75口のうち、前回と今回の調査の間に掘りなおされたものが29口ある。そのうち、8口については、掘りなおし後の分析値が公表されているので、それらを前回の分析値として採用する。残り21口については、前回のわれわれの調査結果をそのまま用いる。これら21口の掘りなおし後の井戸深は、以前より深いかあるいは同深度のものが大部分で、浅くなったものは、わずかに3口である。また補助として選んだ5口のうちの3口については、数年前の分析値が公表されているので、これらも過去の資料として利用する。

表1 泉温、Cl⁻濃度、HCO₃⁻濃度平均値の比較

	前回*	今回 (昭和53年7月)
泉温(°C)	54.5	50.3
Cl ⁻ (mg/ℓ)	197	129
HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ)	569	567

* 調査年毎の口数は次の通りである。

昭和42年18口：44年 3口：45年 41口：
46年 2口：48年 6口：50年 1口。

まず変化の傾向を知るために、境川より南側に分布する71口につき、前回と今回それぞれの泉温、Cl⁻濃度およびHCO₃⁻濃度の平均値を求め、表1に掲げた。（末尾の表中、72については、過去の資料がない。）泉温はできるだけボーリング孔口に近い所で測定するように努めたが、かなりへだたった所にある浴槽で測定せざるを得なかったものがあり、また、エアリフトポンプのスイッチ投入後十分な時間を経ないままやむをえず測定したものもあるなど、正確さを欠いた点がある。しかし、これらのことを考慮しても、54.5°Cと50.3°Cの差は大きく、境川以南における平均採湯温度は、この10年間にいくぶん低下したのではないかとと思われる。

Cl⁻濃度の変化は非常に明らかで、前回平均で197mg/ℓであったもので、今回は129mg/ℓと約2/3にまで減少している。一方、HCO₃⁻濃度は前回は569mg/ℓ、今回は567mg/ℓとほとんど同じである。これは、各温泉毎のHCO₃⁻濃度が変化しなかったのではなく、濃度の増加したもの、減少したものがあつた、平均値がたまたま同じような値になったに過ぎない。

さて、Cl⁻濃度平均値は前回と比べて低下しているが、その地域的な特徴を調べるため、各温泉につき、前回の値に対する今回の値の比を求めて、地図上にプロットしたところ、Cl⁻濃度が減少した範囲とほとんど変化しなかった範囲をかなり明確に区切ることができた。図4には、境川以北の調査温泉も含めて、比の値が0.5未満、0.5から0.9、および0.9以上のものとする段階に分けて、それぞれを異なった印で示した。ほとんど変化していないか、あるいはいくぶん増加した0.9以上のものは、堀田から境川に沿って海岸に至る一帯と、別府駅より南側海岸よりの部分に集っているが、これらはもともとCl⁻濃度の薄いものであつた。この2つの地域には含まれた別府温泉南部域の大部分の範囲で、ほとんど変化しなかったものが数口あるが、Cl⁻濃度の低下していることがわかる。とくに、別府駅の西および北西部で、その低下が著しい。

図4 Cl⁻濃度変化の分布（前回調査時における濃度に対する今回の濃度の比）

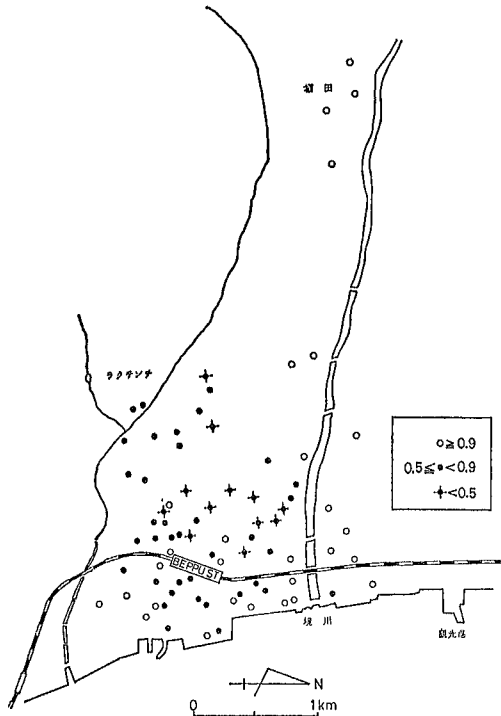
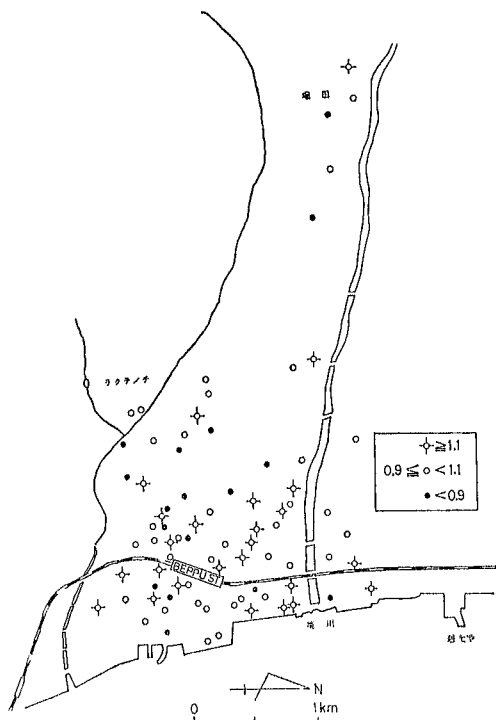


図5 HCO₃⁻濃度変化の分布（前回調査時における濃度に対する今回の濃度の比）



HCO₃⁻濃度についても、同様の比を求め、3段階に分けて図5に表わした。この3段階は、HCO₃⁻濃度が減少したもの（0.9未満）、ほとんど変化しなかったもの（0.9～1.1）、および増加したもの（1.1以上）である。図によれば別府駅北西部から日豊線を越えて南東部に至る範囲と境川川口附近にHCO₃⁻濃度の増したものが多い。その中でも、比の値が1.2を越えるほどに著しく増加したものは、別府駅北西部に集中していることを注記しておきたい。なお、図4、5には沸騰泉Cもプロットした。

図4、図5を対比して、地域毎の変化の状態が次のようにまとめられるであろう。

- ①ラクテンチ下一帯では、Cl⁻濃度が減じ、HCO₃⁻濃度はほとんど不変。
- ②これよりやや下流部に、両者共減少した範囲がある。
- ③堀田から境川に沿って海岸に至る範囲と別府駅南側海岸寄りでは、HCO₃⁻濃度にやや増加の傾向があるが、大勢としてほとんど泉質の変化なし。
- ④別府駅北西部に、Cl⁻濃度が著しく減じ、HCO₃⁻濃度の著しく増した範囲がある。
- ⑤日豊線より海側の中央部では、Cl⁻濃度がわずかに減じ、HCO₃⁻濃度はほとんど不変。

これらの中でとくに注目されるのは、第4項に掲げた別府駅北西部における変化である。この一帯は、いわゆる海門寺温泉脈の延長上に位置し、約10年前の資料によって描かれたCl⁻濃度分布図では、500mg/lを越えるほどの高濃度域であった。一方、吉川によってまとめられた地下200メートル深の地温分布図によれば、山の手の高温域から低地部へと細長く伸び出した100℃の等温線の先端は、ほとんどこの地域にまで達している。これらのことから、この一帯でかつて採取されていた温泉水の特徴は、山岳部深所に端を発して、低地部地下深層を流下してきたNaCl型高温水によって与えられていたと解釈される。しかし、今やその特徴はほとんど失われ、この周辺部に分布しているCl⁻低濃度・HCO₃⁻高濃度の温泉水とほとんど類似の泉質を示すに至っている。

これは、前記のNaCl型高温水の圧力が、そ

の上部あるいは周辺部に分布している Cl^- 低濃度・ HCO_3^- 高濃度温泉水の圧力に対して、相対的に低下したことを示唆している。この低下が確実に進行していることは、本地域にある沸騰泉Cの濃度変化（図2）からも明らかである。

深層温泉水の圧力低下の傾向は、より上流部でも伺われる。その範囲で、約10年前に採取されていた温泉の多くは、 Cl^- 濃度が $100\sim 200\text{mg}/\ell$ 、 HCO_3^- 濃度が $400\sim 500\text{mg}/\ell$ であったが、第2項に記したように、現在は両者共いくらか減少している。この範囲内にかけて存在した井戸底までの深さがわずかに8.5mほどの宮地嶽神社井でも、ほぼ同じ濃度の温水が得られていたが、次第に低温・低濃度化した。これは深部温泉水の圧力低下によると解釈されたが、今回得られた資料は、そのような圧力低下が広い範囲にわたって、なお進行していることを示している。

それに対し、さらに下流部の市街地では、その中央域で Cl^- 濃度のわずかな減少が認められるが、上流部に比べると、変化の度合は小さいと云える。とくに、別府駅南側のいわゆる田の湯温泉脈上に分布する温泉水の濃度変化は小さい。これらは100~150m深と比較的浅い掘さくによって採取されている。それらの Cl^- 濃度と HCO_3^- 濃度はそれぞれ $100\text{mg}/\ell$ および $400\text{mg}/\ell$ 程度で、NaCl型熱水よりむしろ上流部地熱域で浸透水が蒸気と出会うと生じた温泉水の寄与を強く受けていると考えられる。

さきに述べた別府駅北西部における Cl^- 濃度の著しい低下とあわせると、NaCl型熱水の特性を持つ深層水の圧力低下がとくに進んでいるという姿が浮びあがってくるであろう。この圧力低下の原因を解明するには、多面にわたる調査研究を必要とする。しかし、低地部における各温泉井からの採湯の影響とともに、山の手に開発された沸騰泉を通して多量のNaCl型高温水が採取されるようになったことの影響が、はやくも低地部にまで及びつつあるのではないかとの疑いがもたれる。

4 山の手沸騰泉に関する資料

昭和150年8月に南部域山の手に分布する沸騰泉のうち、14口につき採水したので、その分析結果を末尾の表に紹介した。また、昭和153年6月には、北岡により、主にトリチウム濃度測定のための採水が行われ、pH、 Cl^- 、 HCO_3^- 濃度に関する資料の提供を受けた。北岡の報告に掲げてあるものと重複するものもあるが、便宜のため末尾の表に示した。

50年と53年の両回とも分析されたものについてみると、 Cl^- 濃度が増し、 HCO_3^- 濃度が減少してNaCl型熱水の性質がより強くなったものが多い。これらの変化は、前節までに述べた低地部の沸騰泉Cやその周辺の温泉における組成の変化とは逆の傾向にあり、両者の対応関係に興味を持たれる。しかし、わずかる年間の変化であり、また、以前の分析では、現在より高い Cl^- 濃度が報じられているものもあるので、この動きについては今後も注意したい。

5 まとめ

観光港以南域の海水浸入温泉を除く約80口の一般温泉と沸騰泉につき、化学分析を行い過去の資料と比較した。一般温泉では、 Cl^- 濃度減少の傾向が認められた。とくに、別府駅北西部に分布する、かつて Cl^- 濃度の高かった温泉で、 Cl^- 濃度の減少・ HCO_3^- 濃度の増加が著しい。同じ地域にある沸騰泉でも同様の変化が観測された。これらは、低地部における深層温泉水の圧力低下を示唆していると考えられ、今後の動向が注目される。また、上流部にある動力湯湯泉の Cl^- 濃度は、不圧地下水位変化とよく対応した季節変化を繰り返していることが見出された。

本調査を行うにあたり、京都大学地球物理学研究施設の北岡豪一・森忠敬・堀清和の各氏から多大の御協力をいただいた。さらに、北岡豪一氏からは、沸騰泉に関する資料の提供を受けた。また、別府保健所には源泉改掘などの資料を閲覧させていただいた。記して、深く感謝の意を捧げる。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三・軽部末蔵：別府温泉のCl量分布の変動について，大分県温泉調査研究会報告，1号 PP.55—65，1950。
- 2) 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。
- 3) 由佐悠紀・川村政和：化学成分から見た別府市中央部の温泉，同上，22号，PP.55—65，1971。
- 4) 吉川恭三・北岡豪一：別府南部温泉地域への海水浸入，同上，28号，PP.17—25，1977。
- 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) 大分県温泉調査研究会：温泉分析書。
- 7) 吉川恭三：別府温泉の地下構造(1)，大分県温泉調査研究会報告，23号，PP.1—10，1972。
- 8) 吉川恭三・由佐悠紀：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。
- 9) 北岡豪一：温泉水中のトリチウム濃度(I)別府南部地域，同上，30号。

表：一般温泉の分析結果（昭和53年7月採水。単位はmg/l）

№	名 称	泉 温℃	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
1	白 石	43.0	7.36	164	28.7	32.6	37.7	134	462
2	本 城 組		7.60	266	44.4	53.9	63.9	202	775
3	佐 藤 哲 夫	33.0	7.59	66	12.2	28.5	24.3	49.0	317
4	佐 藤 栄 三	46.0	7.11	147	31.5	47.5	73.5	47.0	1025
5	平 野 安 夫	41.0	7.04	49	9.7	29.2	25.2	47.0	287
6	穂 本	39.0	7.40	171	36.9	28.1	77.5	99.3	961
7	豊 心 荘	51.0	7.07	108	26.1	8.6	50.1	62.7	658
8	本 光 寺	51.7	7.54	85	12.0	37.4	36.1	55.5	526
9	広瀬アパート	52.8	7.40	102	16.1	24.9	40.8	75.4	595
10	松 野	41.0	7.27	64	9.1	36.1	25.3	49.3	322
11	三 共 寮	46.5	7.65	103	16.3	62.5	42.8	76.4	609
12	後 藤	80.0	7.86	335	40.9	38.8	5.9	338	227
13	温泉プール	76.0	7.72	266	36.1	66.2	10.6	240	298
14	中原温泉	50.9	7.29	192	16.9	47.2	23.5	254	304
15	ウメ産業	65.0	7.39	119	19.7	38.6	35.9	110	503
16	碧 泉 荘	45.0	7.31	66	10.4	51.8	32.8	54.5	412
17	加 藤 保 夫	56.2	7.74	155	18.5	34.2	23.8	150	271
18	新 光 泉	46.0	7.75	137	13.7	41.5	35.3	203	306
19	住友海上寮	47.8	6.87	103	13.9	50.0	27.7	115	355
20	九日天温泉	45.0	7.22	77	11.4	47.8	34.7	57.1	449
21	二 豊 閣	48.5	7.24	110	15.4	49.0	32.3	77.8	471
22	農林中金寮	56.5	7.15	161	19.3	35.0	20.6	97.3	494
23	かわの旅館	57.3	7.18	127	14.0	31.5	25.3	105	397

24	友永一六	47.0	7.46	157	18.3	27.0	14.8	99.6	400
25	藤屋農園	58.0	8.12	150	12.9	10.4	5.5	85.1	323
26	第2ふじ湯	50.5	7.81	172	44.8	34.9	88.9	97.0	1026
27	第1ふじ湯	52.2	7.19	218	28.3	18.6	82.8	112	1091
28	篠原	45.5	7.45	211	31.3	7.2	81.6	126	1165
29	友永誉平	54.8	7.99	255	17.6	16.6	7.3	150	528
30	広津	47.0	7.32	195	21.7	64.7	52.7	116	782
31	姫野	52.5	7.83	213	35.8	28.5	30.5	113	638
32	釜我	44.0	7.51	234	27.5	62.8	75.0	253	786
33	神聖庁	54.0	7.61	332	20.7	32.4	19.5	244	675
34	橋本医院	44.1	8.03	427	22.5	33.3	11.1	435	531
35	扇山荘	54.0	7.78	382	14.2	29.0	20.2	409	554
36	生野医院	49.6	7.48	232	19.5	39.1	24.2	160	610
37	島沢	52.0	7.06	126	1.61	28.5	20.1	93.4	386
38	栄久土地	41.3	7.36	108	12.2	31.8	21.9	62.9	389
39	小松園	51.5	7.41	141	14.5	34.7	25.2	94.1	489
40	九電ゆのか荘	53.0	7.08	97	14.9	59.0	39.2	63.6	531
41	白石	45.5	6.96	97	14.0	15.0	32.6	61.0	490
42	旅館青山	45.5	7.34	86	11.7	20.7	27.8	67.2	381
43	つるみ荘	53.5	7.70	174	17.4	22.4	29.0	109	554
44	浅井	49.5	7.01	123	14.7	14.7	2.22	80.8	432
45	よしのや	49.5	6.90	101	14.0	50.0	33.8	79.2	464
46	池田	37.5	6.51	69	9.4	14.2	32.2	52.8	410
47	清八	49.0	6.90	108	15.4	53.9	34.1	103	447
48	石崎	54.1	7.19	226	48.5	3.4	85.8	125	1155
49	郵政クラブ	49.1	7.32	196	47.4	12.8	80.1	123	997
50	斉藤	49.0	7.15	227	45.6	5.5	97.4	122	1297
51	弓ヶ浜温泉	49.5	7.06	163	27.6	11.8	102	144	1068
52	梶原	41.0	7.22	132	18.1	39.7	67.7	150	641
53	的ヶ浜温泉	51.6	8.22	281	42.3	26.8	7.3	162	549
54	上のヶ浜温泉	58.0	7.37	263	27.1	20.6	64.2	323	669
55	竹の井	52.0	7.87	243	43.3	32.0	57.7	155	761
56	鹿の湯	56.7	7.43	226	25.3	39.8	30.6	139	676
57	海門寺温泉	53.7	6.80	150	14.9	34.0	22.9	100	465
58	松野旅館	50.0	7.61	139	15.3	21.5	22.0	99.5	431
59	北町温泉	53.5	7.61	152	17.6	46.2	28.4	108	503
60	不老泉	56.5	6.35	110	15.5	57.1	40.3	76.1	555
61	別府急配	43.7	7.37	101	12.4	35.8	24.6	78.7	375

62	梅園温泉	51.5	6.57	133	16.2	40.3	28.7	99.8	473
63	竹瓦温泉	58.0	6.50	142	21.5	26.8	41.6	126	592
64	楠温泉	49.7	7.25	103	12.4	50.4	35.8	113	423
65	松下金物店	56.0	6.35	112	14.5	61.2	43.3	88.0	573
66	坂本長平	45.3	6.29	100	13.0	47.9	30.2	106	378
67	宮崎製パン	38.8	6.24	94	12.4	50.0	27.9	75.8	393
68	永石温泉	50.2	7.22	141	17.1	37.4	25.9	160	333
69	加賀	56.0	7.77	262	44.7	36.0	46.2	199	808
70	くれ竹	51.2	8.00	311	29.5	27.6	39.0	270	697
71	香蘭	41.5	6.57	61	8.4	44.0	28.1	50.4	353
72	東義雄	56.0	6.78	227	35.4	48.1	34.7	175	660
73	牧	(42.0)	7.98	96	23.4	36.4	35.3	60.4	456
74	屋田温泉	48.0	7.88	113	31.6	34.0	42.2	69.5	548
75	藤内茂	45.0	7.84	102	26.2	38.5	33.8	57.0	468
76	安部アパート	43.0	7.70	154	38.8	40.6	66.2	96.5	800
77	安部善明	49.6	8.00	159	32.5	29.9	41.2	85.7	594
78	若草温泉	46.0	7.56	131	27.5	52.0	48.0	83.7	589
79	内田病院	43.0	7.45	132	34.2	59.0	68.5	90.9	799
80	安部キヌエ	46.5	7.69	120	33.0	33.8	45.5	73.8	600

表：沸騰泉(噴気)の分析結果(単位はmg/l)

名 称	昭和50年8月			昭和53年6月*		
	pH	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
a 首藤久	7.50	66.8	62.8			
b 佐藤睦子	6.60	69.6	91.2	8.27	77.8	90
c 熊谷守人	8.18	1014	65.7	7.90	1201	68
d 荒金吉五郎				8.30	43.4	209
e 杉の井				8.23	1425	77
f 杉の井				9.20	314	216
g キャッスル	8.40	856	109	8.65	931	95
h 倉田	8.60	136	361	9.06	144	364
i 不動建設				9.07	41.6	371
j 林興産				8.40	1380	145
k 鶴見園	9.09	346	344	9.50	215	537
l 椋野義秀	8.88	345	183			
m 市(丸尾)	8.61	123	412	8.85	135	397
n 寺司				8.35	408	126
o 林興産	8.62	960	109	8.50	1008	82
p 市(一の出)	8.50	323	322	8.66	406	278
q 生永源一	8.70	1036	123	8.82	1274	93
r 後藤豊次	8.50	787	130	8.76	811	117
s 嘉麻興業	8.90	156	541			

* (北岡豪一氏提供)

温泉水中のトリチウム濃度

(I) 別府南部地域

京都大学理学部 北 岡 豪 一

1 はじめに

別府温泉におけるトリチウムについては、1970年の古賀・吉川の研究⁽¹⁾にはじまり、1978年の川村・野田による報告がある⁽²⁾。これらの研究で、別府の温泉水は種々のトリチウム濃度をもつことが示され、トリチウムを水循環の時間的スケールの一つの指標として、地下温泉水の水文学的な研究に有効に利用しうることが強調された。

筆者も温泉水を対象に、電解濃縮と液シン計測による方法で、トリチウム濃度の測定をはじめた。濃縮率の再現性に関する実験の結果、濃度にして、2桁の有効数字の得られることが確かめられたので、1976年から実際の試料の測定に入った。1試料の濃度測定には約1ヶ月を要するため、まだ資料収集の段階であるが、これまでの2年間に採取した試料のうち、別府南部地域温泉のトリチウム濃度にいくらかの特徴が見出された。本稿はその測定結果の紹介に主眼をおき、それに対するより詳しい解釈については、資料の蓄積を待ちたい。

2 測定方法

採取した試水を蒸留ののち、2段階の電気分解により、2000ccから5~20ccまで濃縮した。電解はアルカリ溶液にした試水を、Ni-Ni型電極のセル6本によって、電流密度一定(直流50mA/cm²)の条件で行い、それぞれの濃縮液は、真空蒸留により回収した。濃縮液中のトリチウム量は、Insta-Gelと濃縮液のカクテルをPackard-Tri-Carb-3330型液体シンチレーションカウンタによって計測した。

なお、電解の濃縮率は、予め求めておいた電解分離係数と濃縮温度との関係を用いて決定し、液シンの計数効率⁽³⁾は、外部標準線源によるチャンネル比法から求めた。濃縮率、計数効率の精度は、それぞれ、±7~9%、±2.5~3.5%であり、トリチウム濃度には、さらに計数値の統計誤差(標準偏差1σを用いた)が含まれる。

3 雨水中のトリチウム濃度

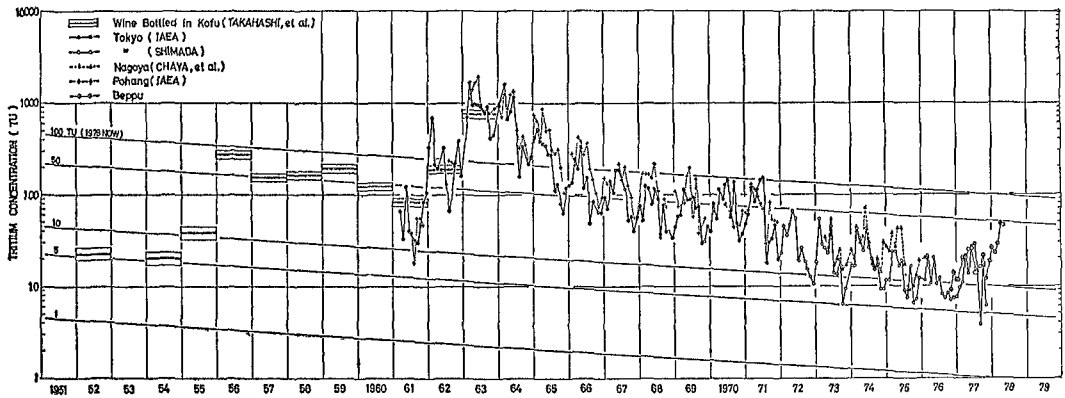
表1は、別府市内の京大地球物理学研究施設構内で採取した1ヶ月分の雨水を1試料とし、1976年11月から1978年5月までの試料を測定した結果である。これと、嶋田による東京における値とをくらべると、図1に示すように、別府の値は若干高めであるが、両者に大差はない。1971年までのIAEAによる資料においても、南朝鮮南東部のPohangの降水値は東京値に比べ幾分高めであるが、その差は小さく(図1)、今回の値はそれらの時間変化のほぼ延長上に位置している。したがって、別府地域における以前の雨水中のトリチウム濃度として、

表1 別府における雨水中のトリチウム濃度

年 月	トリチウム (TU)	降 水 量 (mm)	
1976	Nov.	8.9±0.8	61
	Dec.	13.7±1.2	83
1977	Jan.&Feb.	11.7±1.0	23+37
	Mar.	20.3±1.4	198
	Apr.	20.6±1.6	123
	May.	25.0±2.1	291
	Jun.	26.0±2.3	542
	Jul.&Aug.	13.8±1.2	95+327
	Sep.	16.1±1.4	164
1978	Oct.	21.9±2.0	136
	Nov.	12.1±0.9	88
	Dec.	18.5±1.4	36
	Jan.	25.9±2.3	34
	Feb.	23.1±2.0	67
	Mar.	28.8±2.5	99
	Apr.	48.5±4.3	118
May.	46.3±4.3	98	

(この期間中、77年9月と78年3月に核)
(実験が行われた)

図1 雨水中トリチウム濃度の変化



【出典】 Takahashi, T., et al.; Radioisotopes, 18 (12), p.32 (1969). IAEA; Environmental Isotope Data, No.1 (1969), No.2 (1970), No.3 (1971), No.4 (1973), No.5 (1975). 嶋田純, 樞根勇; 「関東平野台地における地下水のかん養機構に関する研究」 (昭和52年度文部省科学研究費一般研究C報告書) p.59 (1978). 茶谷邦男, et al.; Radioisotopes, 26 (9), p.42 (1977).

資料の豊富な東京、あるいは Pohang における値を第一近似値として利用することができる。

雨水中のトリチウム濃度は、その起源となる気団の特性を反映し、降水ごとになりに変化する。図1に示す月値においても、年平均値を中心に、±5割程度の変動幅がみられる。その幅を考慮に入れると、図中に放射崩壊による減衰線を記入したように、現在もし、濃度5 TUでいど以下の地下水が見出されたとすれば、その水は、1952年10月以降の一連の水爆実験で人工的につくられたトリチウムを混入しているにしても、少なくとも、それ以前の天然の条件における古い雨水を含んでいることは確かであり、さらに、1 TU よりも低い濃度を示せば、50年ていどよりも以前のかかなり古い時期に涵養された雨水が大部分を占めているとみなしてよいであろう。そして、10 TU ていどよりも高い濃度を示せば、その水には、核実験による人工トリチウムを含む、新しい雨水が混入しているとみて差しつかえない。

4 温泉水中のトリチウム濃度

別府南部地域における温泉水中のトリチウム濃度の測定値を、pH、Cl⁻、HCO₃⁻濃度、採水深度とともに表2に掲げる。噴気泉、沸騰泉とそれ以外の一般温泉との区別は便宜的なものであり、主として湧出状態の目視による。採水深度は掘削明細書によるものであるが、1965年より以前に掘削された源泉については、温泉台帳に記載してある掘削深度を〔 〕内に示した。なお、海岸温泉の大部分は、公表済みであるが、その後、液シンの計数効率の校正曲線を、外部標準の計数率との関係をとる方式から、そのチャンネル比との関係から求める方式に切り替えたため、わずかの修正を施し再掲した。

トリチウム濃度でまず注目されることは、地表水を含め、過去2年間に採取した天然水約 110試料
表2 別府南部地域温泉水中のトリチウム濃度

	採水年月日	トリチウム (TU)	泉温 (°C)	pH	Cl (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	採水深度 ^{**} (m)	No.
噴気泉(凝縮水)								
後藤保	78.8.28	0.4±0.3	88	(4.75)	<5	-	250=400	1
蒲池明	"	3.1±0.4	97	(8.15)	78	(303)	230-285	2
沸騰泉								
佐藤睦子	78.8.28	9.3±0.9	97	8.3	78	90	145=170	3
杉の井(1634-2)	78.6.10	4.4±0.4	97	8.2	1,425	77	203=302	4

杉の井(2307)	78.6.10	17.8±1.6	100	9.2	314	216	165=300	5
鴨 住	78.8.31	16.7±1.4	97.5	9.1	144	364	150=200	6
鶴見園(2141-4)	76.11.26	19.2±1.7	100	9.6	249	431	300=350	7
〃	78.6.13	19.8±1.4	99	9.5	215	537	〃	〃
丸尾温泉	78.9.18	20.9±1.6	99	8.85	135	397	170=310	8
キヤッスル	76.11.25	19.7±1.6	100	8.9	833	90	200=420	9
〃	78.6.13	14.1±1.1	99.5	8.65	931	95	〃	〃
一の出温泉	78.9.18	17.9±1.3	99	8.7	406	278	240=300	10
中島茂	〃	7.0±1.5	99.5	8.75	1,478	129	110-140=250	11
生永源一	〃	11.4±0.9	98	8.8	1,274	93	64=194	12
天満温泉	76.11.26	17.4±1.7	98	9.2	314	373	205=225	13
境川沿い一般温泉								
関門パイロット	76.11.26	3.0±0.4	52.2	7.2	197	787	150-200	14
山下香次郎	78.10.4	0.6±0.4	40.4	8.25	49	442	372-400	15
九大温研	78.9.1	0.8±0.5	(45.5)	9.1	20	131	300-375	16
天寿荘	78.10.3	0.9±0.4	51.3	8.0	114	777	245-300	17
大成ツルヨ	78.10.5	2.3±0.8	43.0	8.25	67	504	297-327	18
第2ふじ湯*	78.7.26	2.0±0.5	50.5	7.8	97	1,026	190-220	19
安部キヌエ*	78.7.27	1.7±0.3	46.5	7.7	74	600	272-300	20
石崎玉記	76.11.26	3.2±0.4	54.1	7.4	127	1,140	240-300	21
日豊本線以西一般温泉								
あけぼの荘	78.10.3	22.9±1.7	52.5	7.95	32	561	143-171	22
広瀬アパート*	〃	22.9±1.6	53.0	7.4	75	595	92-120	23
自衛隊病院	78.6.13	16.3±1.6	65.5	8.65	223	447	256-300	24
宮地淳	78.9.18	13.4±0.9	96.5	8.7	386	264	160-193	25
温泉プール*	〃	19.2±1.4	76.0	7.7	240	298	77-100	26
旅館青山*	78.7.26	21.6±1.6	(45.5)	7.35	67	381	88-100	27
田の湯温泉(女)	76.11.26	32.7±2.6	52.2	7.0	55	432	{59}	28
橋本医院	〃	4.8±0.5	(38)	8.1	479	508	205-216	29
神聖庁*	78.7.25	9.6±0.8	54.0	7.6	244	675	185-200	30
海岸地域一般温泉								
旅館加賀*	78.7.27	1.1±0.4	56.0	7.8	199	808	211-250	31
柳温泉	77.12.10	44.3±3.1	40.0	7.0	46	289	{70}	32
財前米穀店	77.12.5	1.2±0.4	57.3	7.0	151	683	142-160	33
小代病院	77.12.2	1.9±0.4	59.0	7.8	549	692	95-130	34
平居専門店	77.12.1	10.5±1.0	44.5	7.5	146	293	{109}	35
垣迫医院	77.11.30	0.8±0.4	48.1	7.7	2,390	314	{119}	36
第一生命	77.12.13	3.8±0.5	51.0	7.7	1,710	323	{140}	37
九州電力	77.12.1	3.1±0.5	48.0	7.3	134	386	{105}	38
菊水旅館	77.12.14	2.2±0.4	50.0	7.35	172	399	{148}	39
中央青果市場	〃	0.7±0.3	47.0	7.65	174	331	{91}	40
武田荘	〃	0.9±0.5	44.4	7.6	1,700	323	{80}	41
銀波荘	〃	1.9±0.4	42.0	7.85	135	297	{100}	42
みくに荘	77.12.13	2.9±0.5	(36.0)	7.65	4,910	306	{80}	43
旅館泉丈	77.11.30	3.7±0.5	41.0	7.8	1,930	503	92-96	44

*印のpH, Cl⁻, HCO₃⁻量は、由佐悠紀氏提供による(由佐の報告と重複)

** : = (素掘り), - (ストレーナー), [] (掘削深度)

(海岸地域のはりまや旅館泉〔16.4±1.9TU(1977.12.10)〕は、地下からの温泉水以外の水による汚染の可能性大のため除外した。)

中には、50TUを上まわる高い濃度の水が見出されないことである。これは、数100TU以上の高い濃度を示した10~20数年間の雨水が地中を浸透、流動する途中で、濃度の低い水との混合や分散などの過程を通して著しく希釈された結果とみて差しつかえないであろう。

ところが、表2の資料につき、トリチウム濃度を5TUごとに区切り、各濃度範囲の資料個数を数えると図2に示すように、5TU以下と20TU前後とに2つのピークが現われ、とくに一般温泉では5~15TUの個数が少ない。資料総数が少ないことや、また採水点に地理的な偏りがあることなど、多くの問題を含んでいるが、別府南部地域のこれまでの資料では、温泉水は、5TUをいど以下の低いトリチウム濃度のグループと、10TUをいど以上の高濃度のグループとに大ま

図2 温泉水中トリチウム濃度の度数分布

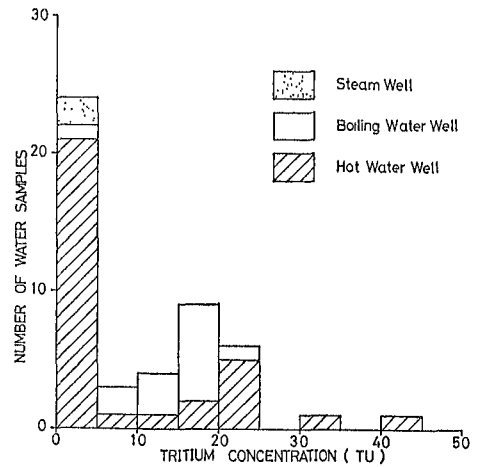
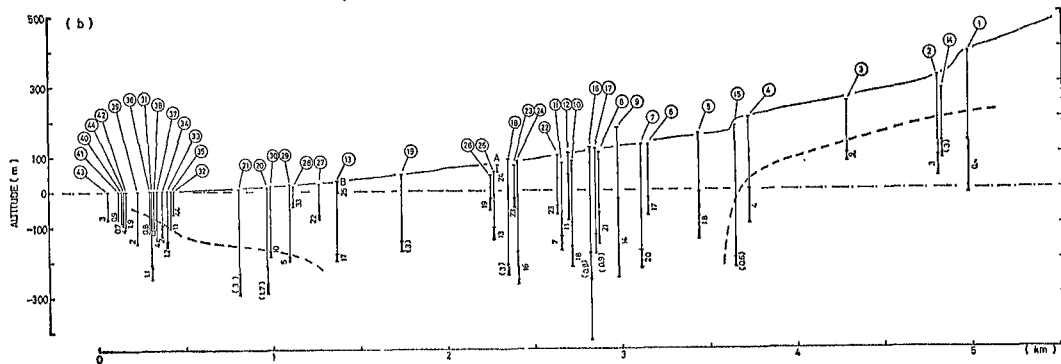
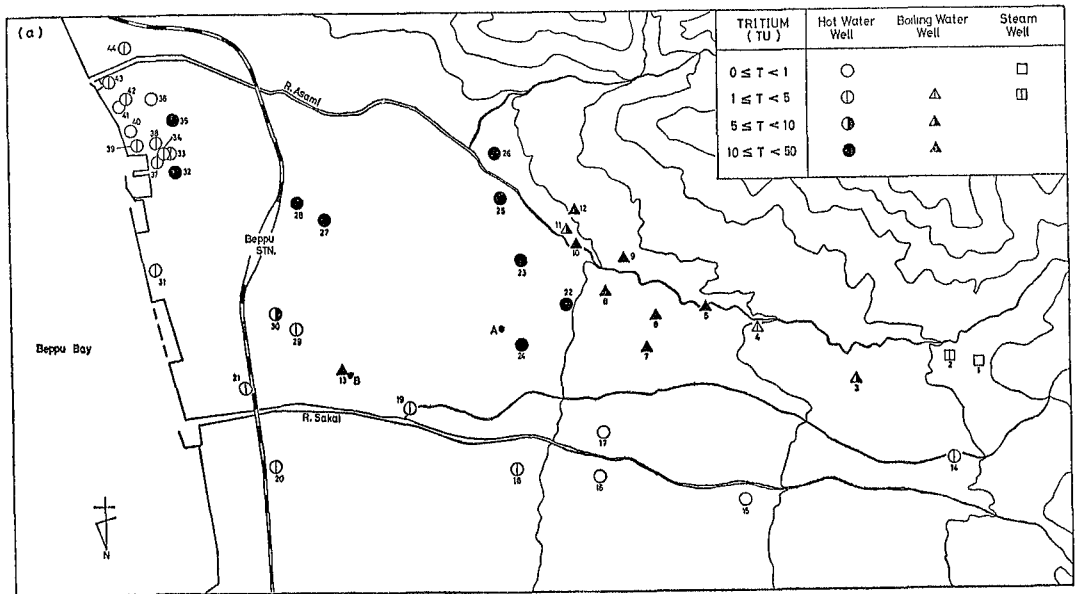


図3 トリチウム濃度の水平的分布(a),および鉛直的分布(b) [(b)図の採取位置の数字はトリチウム濃度(TU), ()は境川沿いの地域を表わす]



かに2分されそうである。

このことは、往時のトリチウム高濃度の雨水がかなりの程度に希釈された段階とはいえ、前節で述べたことから、水爆実験以前の古い雨水をかなり含む温泉水と、それ以降の人工トリチウムで汚染された新しい雨水を混入している温泉水との大ざっぱな仕分けが可能であることを示しているといえよう。

図3(a)は、温泉水のトリチウム濃度を、1 TU未満、1 TU以上5 TU未満、5 TU以上10 TU未満と、10 TU以上とに区分し、それぞれを異なる記号で表わしたものである。(図中の数字は表2の番号を表わす)。採水点に空白地域が広いが、全体的には山の手から市街地、さらに海岸近くまで高濃度域が広く分布し、それを半ば取り囲むように、もっとも内陸に位置する噴気泉や、境川および海岸に沿う一般温泉で低濃度となっている。

図3(b)は、各源泉の採水位置を東西方向の鉛直面に投影したものである(地表面は $\#61$ 泉と $\#63$ 泉を結ぶ測線に沿う形状を表わす)。南北2 kmでいど幅の中にある温泉をすべて一平面に記入したため込み入っているが、同じ縮尺の(a)図と対応させながら眺めると、トリチウム濃度の立体的な分布の状態が浮かび上がってくる。

4. 1 浅層水

まず、浅層の部分に着目しよう。図3には、京大研究施設水位観測井A(23.7 \pm 1.8 TU, 1977.10.19, 不圧地下水水面23.8 m深)と天満温泉浅井戸B(24.8 TU \pm 1.9 TU, 1976.11.25, 30 m深度)も記入したが、浅層の水は、44 TU(柳温泉 $\#632$)を最高に20 TUでいどよりも高濃度にあり、水爆実験以降の新しい雨水を混入していることは明白である。市街地には、30 TUをこす温泉水が見出されるが、青山泉 $\#627$ あたりから山の手沸騰泉地域にかけ、そして不圧地下水水面近くから海面下100 mでいどの深さまでの範囲に、19~25 TUの水が広く、しかもかなり一様な濃度で分布し、場所的な濃度の違いの小さいことが注目される。

市街地では、海岸に近いほど高濃度化の傾向をうかがわせる。これは一つには、京大研究施設の水道水が比較的高い濃度を示したので(41 TU, 1978.7.28)、このような上水道水やその排水の地中浸透の影響が深度の浅い温泉水のトリチウム濃度に現われているとみることもある程度可能であろう。

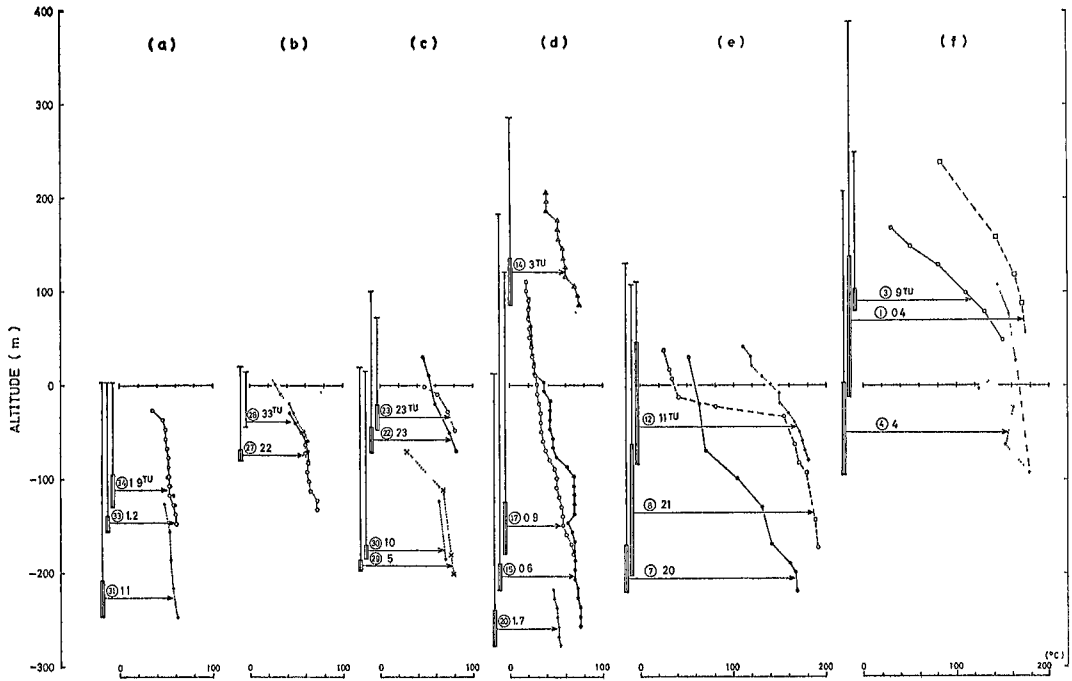
4. 2 境川に沿う一般温泉

この地域の温泉水は、例外なく低いトリチウム濃度を示し、中には1 TU以下のものも見出される。この一帯は、深部まで地温上昇のゆるやかな低温地帯であり、採取深度も深く、したがって温泉の孔数も少ない。

図4は、掘削時に測定された地温分布のいくつかの例を掘削明細書から転載したものである。たとえば、境川沿いの比較的上流部では[(d)図]、地温が何段かのステップ状のプロフィールをもつため、浅層にはかなり優勢な冷地下水の存在を思わせ、そして、深さに対する全体的な分布は、下方向にやや凸の傾向をもつため、鉛直方向の浸透をうかがわせる。しかし、採取温泉水中のトリチウム濃度が低いため、浅層水が深層まで達するのにかなりの時間を要していることが分かる。このことは、ステップ状の地温分布から推定される透水性の悪い層が何段階にも介在するため、深部になると下方向の水の浸透補給がかなり弱められているとして解される。

また、この低温地帯は、別府温泉においてももっとも HCO_3^- 濃度の高い地域である。⁽⁵⁾このような HCO_3^- 高濃度水に対し、吉川・由佐は、比較的深所で蒸気の混入による CO_2 と熱の供給を受け形成される機構を提出した。これに、深部ほど循環速度がおそく、年代の古い水が滞留するような、よく行われる仮定を適用すれば、この地帯の HCO_3^- 濃度の高い水が低いトリチウムレベルにあることは不合理的でない。

図4 地温分布とトリチウム濃度



4. 3 噴気・沸騰泉

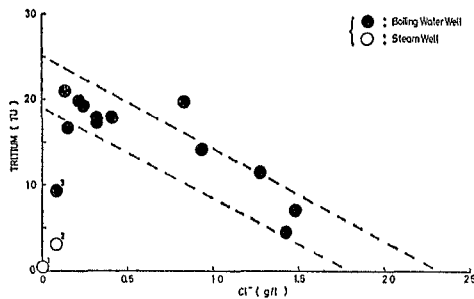
山の手の沸騰泉地域では、かなりの深所から噴出している高温水にまで、15~20TUの高濃度のトリチウムが検出されるので、この地域では新しい雨水による地下水が、地下深くまで浸透していると判定される。図4に掲げた地温の鉛直分布〔(e)図〕は、深さに対し下方に凸状のプロファイルを示し、冷地下水の浸透は明らかで、これら沸騰高温水のトリチウム濃度は非常に高い。他方、地温分布が上向きに凸を示す範囲では、上昇流があると思われるが、そのような傾向をもつ沸騰泉〔(e)図のNo.12泉、(f)図のNo.3, 4泉〕ではトリチウム濃度が相対的に低い。このように、定性的には、地下温度の分布から推定される地下水理状態と、トリチウム濃度の分布とが、矛盾なく関連付けられる。

噴気・沸騰泉地帯の地下深所には、Cl⁻に富む熱水が存在し、沸騰泉を含め、山麓一帯の一般温泉も、基本的には、そのような熱水と浅層からの浸透地下水との混合により生じたものと考えられている。図5は、沸騰泉のトリチウム濃度とCl⁻濃度とを対比させたものである。両者の間には、かなり直線に近い負の相関が認められるように、大ざっぱには、Cl⁻濃度が2000mg/lていどでトリチウム濃度の低い熱水が、Cl⁻濃度が低くトリチウム濃度の高い地下水の混入を受けて、順次、Cl⁻濃度が低められ、トリチウム濃度が高められている状況にあるとみることができる。実際、Cl⁻~0へのトリチウム濃度の外挿値19~25TUは、この地域浅層に広く分布する地下水の濃度とよく一致している。また、図5が全体的に直線に近い相関にあることは、浅層地下水と深部熱水との混合が、トリチウムの半減期(12.35年)以下のかかなり短かい時間で行なわれていることを暗示している。

一方、もっとも地高の高い地域で噴出する噴気泉においては、その凝縮水のトリチウム濃度は著しく低く、図5にプロットしても、沸騰泉の系列から大きくはずれる。噴気の測定個数が少ないが、噴気を構成する水蒸気も雨水由来とすれば、その水はかなり古い年代に供給されたとみなければならず地下蒸気溜りへの上方からの浸透供給がきわめて緩慢であることを示している。実際、噴気泉No.1の地温分布〔図4(f)〕は、上向きに凸の形状を示しており、上昇流が卓越していると推定される。

水の気液間での、トリチウムTと水素Hとの分離係数は、大気圧、100°Cで、1.035であり(筆者実

図5 噴気、沸騰泉のトリチウム濃度とCl⁻濃度との相関



測値)、地下においても、液相の熱水と、それと平衡にある水蒸気との間のトリチウムの濃度比は充分1に近いと考えられる。そして、上述のように、Cl⁻濃度の高い原熱水のトリチウム濃度は低く推定されるので噴気中の水蒸気は、直接深部原熱水の蒸発したものである公算が強い。

とくに、噴気泉 $\#$ 1は、高音をとまないうが噴出しているにもかかわらず、その噴気温度は88℃に過ぎず、また、その凝縮液のpHは、日数を置いて測定したところ、4.75を示した。これは、噴気中に水蒸気

以外のガス成分がかなり含まれていることを示している。古賀・野田の研究によると、この地帯の噴気のCO₂含有量は非常に高いが、H₂S量もかなり検出されている。そして彼らの観点にしたがえば、pH値が低ければ、CO₂/H₂Sの比率が低く、噴気は地下熱水溜りから短いルートを通ってきたことになる。別府南部地域の沸騰泉からのガス成分のCO₂/H₂S比が一般に高く観測されている中で、この噴気泉 $\#$ 1のCO₂/H₂S比が低く推定されることは、この噴気が直接深部熱水に由来する可能性を示し、トリチウム濃度の低さはそれを反映しているものと思われる。

ただ、噴気泉 $\#$ 2からの凝縮水には、いくらかのトリチウムが検出されたが、この噴気の湿り度は高く、そのCl⁻濃度78mg/lは凝縮水としては高すぎる値である。したがって $\#$ 2泉は、いくらか沸騰泉の性格をも兼ね備えているが、トリチウム濃度の低さからして、その水の大部分は原熱水が蒸発したものと考えられる。また同様に、沸騰泉 $\#$ 3は、図5において沸騰泉の系列からはずれ、噴気泉寄りに位置しているため、この噴出水中には、熱水由来の蒸気もかなり混入しているものと考えられる。このように考えると、図5の各プロットの散らばりには、浸透する地下水のトリチウム濃度の違いのほか、原熱水に直接由来するような、トリチウム濃度の低い蒸気の寄与のしかたも影響を与えているものと思われる。

4. 4 市街地温泉

市街地には、トリチウム濃度が別府南部地域最高の44TUから、1TU以下の低レベルまでの種々の温泉水があり、その平面的な分布はやや複雑である。深度別にみても、70m深度の温泉水で高濃度が確認されるにもかかわらず、それよりやや深いが、100m以浅で1TU以下の温泉水もいくつか見出される。

ところが、一見複雑な平面的分布も、海岸から上流域に至る測線に沿って地下断面的分布として投影すれば〔図3(b)〕、トリチウム濃度の高い領域と濃度の低い領域とがかなり明瞭に区別される。図3(b)中に描いた破線は、大よそトリチウム濃度10TUを示すが、少なくともこれまでの資料からは、海岸で浅く、内陸に向かうほど深まるような線が、海岸から1000mのていどまで描けそうである。

他方、沸騰泉地帯と噴気地帯との間にも、トリチウム濃度が不連続的に変わる境界の存在は明らかと思われる。噴気地帯における浅層水の資料がないため、その線を描くことはできないが、概念的には、図3(b)に記入した形状に近いものと考えられる。

このような、トリチウム濃度10TUていどの大ざっぱな等値線を念頭におき、境川付近より南側の地域について、図3(b)を全体的に眺めると、朝見川河口を通る南北線から大体、1.5~3.5kmの間の沸騰泉の多い地域において、地下深くまで新しい水が浸透し、熱水と混合しながら次々と温泉水が形成される状況が一層明きらかとなり、この沸騰泉地域が、別府南部地域の地下温泉水への大きい供給域になっていることが分かる。

吉川は、掘削時に得られる静止水頭を検討し、高地部では、浅層の地下水位にくらべ熱水性の温泉水頭の方が低く、低地部にゆくほどその差がちぢまり、海岸から1000m 付近で両者がほぼ一致していることを明きらかにし、これより上流側で地下水は下向きに浸透し熱水と混合する状態にあるとした。この図式は、トリチウムから得られた結果とよく符合している。

さて、以上の結果にもとづき、トリチウム濃度に明きらかな濃度の違いがみられた市街地の浅、深2水系について、やや模式的で、大ざっぱな記述を試みよう。まず、トリチウム濃度の高い水は、図3(b)の分布の状態から、沸騰泉地域の比較的浅部で形成されたとみることが可能である。いわゆる田の湯温泉脈とその上流域では、温泉水中の HCO_3^- 濃度が境川に沿うものにくらべ低い⁽⁹⁾が、その温泉水に対し、比較的浅部で地下蒸気との出合いを設定した吉川・由佐⁽⁶⁾の図式は、この解釈に強い裏付けを与える。

このような温泉水は、地形に沿うように低地部に向かう流動途中に、上方からの浸透などによる新しい水の供給を受け続けるため、高いトリチウム濃度を保持しているものと考えられる。したがって、田の湯温泉脈にあたる $\text{M}627$ 泉、 $\text{M}628$ 泉や、さらに海岸寄りの $\text{M}632$ 泉でトリチウム濃度が高いのは流下する温泉水がもともと高濃度にあると考えてよいであろう。そして、図4(b)に掲げたように、田の湯温泉付近では、深度50~100mですでに60°Cの地温に達し、それ以深では深さに対する地温の上昇割合が低くなっている。トリチウム濃度が30TUをこすものの採取深度は比較的浅く、地温が急変する範囲から得られている。したがって、このような温泉水は、ごく浅層の地下水の影響を強く受け(Cl^- 濃度が50mg/l くらいと、とくに低い)、もともとトリチウム濃度の高い温泉水がさらに高められたとみれば不合理でない。

一方、沸騰泉地域の比較的深部で形成され、熱水の混入割合が高いと考えられる水は、上方からの新しい水の補給をほとんど受けず、長年月を経て海岸地域まで流下していると考えることができよう(かりに、10~20TUの水がピストン流的に押し流された場合、それが1TU くらい以下の濃度まで放射崩壊で減衰するには、40~50余年の歳月を要する)。海岸地域温泉のトリチウム濃度が著しく低いことには、このような深部の水の流動が緩慢であることに加え、かつての自噴井の多くが動力揚湯井に切り替わったことなどを背景に、海水浸入域の拡大と同時に(表2には海水混入泉もいくつかある)、堆積粘土層から古い水が浸出するような条件も考えられよう。

以上、資料はまだ不充分だけれども、別府南部地域温泉のトリチウム濃度分布に関する資料を提供し、若干の解釈を試みた。トリチウム濃度の分布から導かれる温泉の姿は、これまで多くの研究者によって考えられてきたものと大きくは矛盾しない。とくに、地下温泉水の供給地域がはっきり現われたことは、今回の収穫の一つであると思われる。

トリチウム濃度は、測度の精度からしても、1TU 以下以下の濃度の水には細かい議論はできずしかも、数10TU までの狭いオーダー範囲を対象としなければならないので、資料の取り扱いはかなり制限を受ける。トリチウムは、その水がいつごろの雨水に由来し、どのような経路をたどってきたかの手がかりとして、たしかに有効なトレーサーと考えられるが、測定精度の問題と同時に、地下における混合過程一つをとってみても、資料を定量的に眺めるにはまだ多くの難問や障害がある。

現在、50TU をこす高濃度の水が見出されないこと、浅層には濃度の比較的均一な地下水が広く分布していること、詳細は後にゆずるが、時間的に濃度変化しているものもあることなどを手がかりに、今後さらに資料を収集し、検討をすすめてゆきたい。

終わりに、御指導と御助言いただいた京大地球物理学研究施設の吉川恭三教授と由佐悠紀博士に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 古賀昭人, 吉川恭三: 別府温泉水中のトリチウム, 大分県温泉調査研究会報告, 21, p. 1 (1970)
- 2) 川村政和, 野田徹郎: 別府温泉におけるトリチウム (温泉科学会第31回大会講演要旨), 温泉科学, 29 (3), p.164 (1978)
- 3) 北岡豪一: 水のトリチウム濃度の測定, 「山地部岩石層の地下水理学的研究」 (昭和53年度文部省科学研究費一般研究B報告書), p. 1 (1979)
- 4) 嶋田純: 降水中のトリチウム濃度の時系列変化と降水の起源となる気団との関係, Radioisotopes, 97 (12), p.13 (1978)
- 5) 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 p.55 (1971)
- 6) 吉川恭三, 由佐悠紀: 別府温泉南部域の炭酸成分, 同上, 23, p.11 (1972)
- 7) 古賀昭人, 野田徹郎: 別府地熱地帯の噴気ガス成分, 同上, 24, p.55 (1973)
- 8) 吉川恭三: 別府温泉の地下構造(1), 同上, 23, p. 1 (1972)
- 9) 由佐悠紀: 別府温泉南部地域の化学成分長期変化について, 同上, 今号.

別府市火男火売神社の地熱異常現象

九州大学温泉治療学研究所
温泉理学科

古賀 昭人・野田 徹郎

1 はじめに

別府市鉄輪の火売町に火男火売（ほのおほのめ）という変わった名前だが由緒ある神社があり、別名を鶴見権現社とも云っている。祭神としては、イザナギ、イザナミ、火迦具士の三体で神代時代の神様であるが、古事記にもあるようにイザナミの命が火迦具士の神を生んだ時に焼けただれて死に黄泉の国へ行ったという話があり、文字通り火迦具士は火の神様であったに違いない。八世紀に別府温泉の熱源である背後の鶴見山が噴火したさいに、それを鎮めるためにこれら三神が祭られ、以来鶴見山の守護神として1200年余を闊し今日に至っている。

神社の境内には、うっそうとした樹木があり、大分県ならびに別府市の保護樹林として指定されているが、20数年前から地熱異常現象が生じ、最近それが次第にエスカレートし大木が次々に枯死する事態が起って来た。神社側と別府市役所は大いに驚ろき、高温の場所に溝を作って応急的な放熱化をはかり一応の成果を収めたが、更に深度 300m のボーリングを行って蒸気井を作った。我々は溝を作って応急処置を行った1か月後、現地で地球化学的地熱探査を行ったが、それらの結果とボーリング後得た蒸気井の性質などについて報告する。

2 火男火売神社の地熱異常現象

図1は火男火売神社の位置図ならびに境内の地熱異常地域を示している。昭和51年初めからこの地域について市役所は幾つかの点で毎月地温測定を行っていたが次第に上昇し、昭和53年になると 100℃に達する所も現われ、夏の異常渇水と相まって大木の枯死が相次ぎ、池に引いてあるパイプはそこを通るため加温されて45℃の湯が出る始末となった。遂に市役所はブルドーザーで昭和53年10月に現地に3×3mの溝を縦横に掘って放熱化を行った。掘られた溝の土壌はすでに変質化が進んでいて白っぽくなっているもあった。

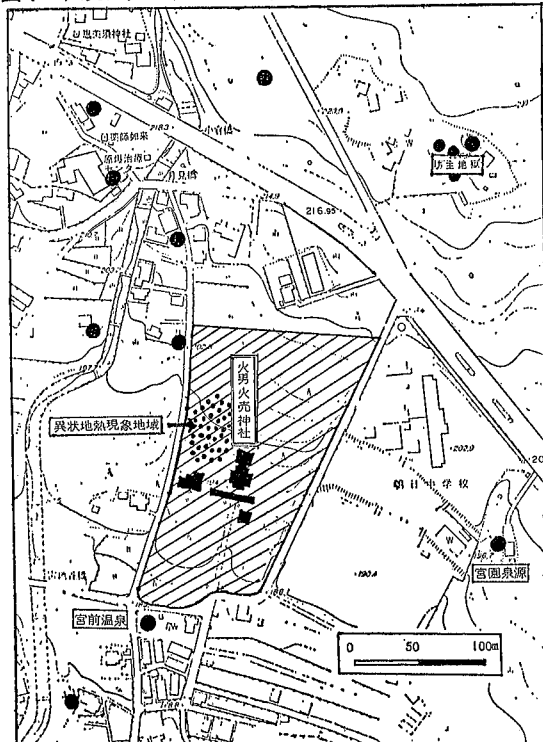
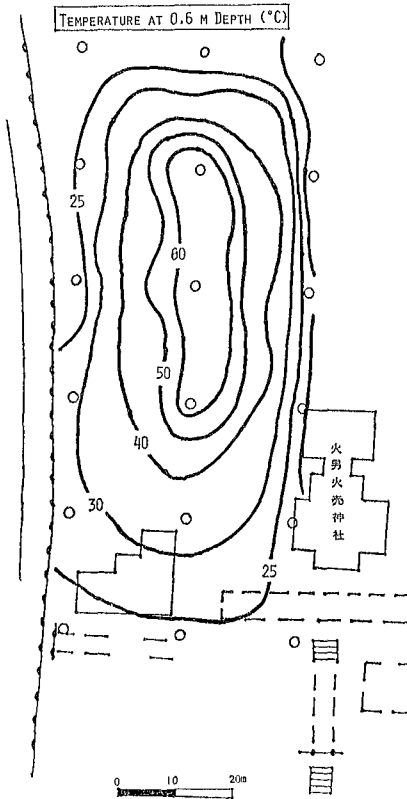


図1の黒丸は神社附近の掘さくされた蒸気井を示しており、天然の坊主地獄も意外に近い所にあることが分る。我々は昭和53年11月7日、現地で20m間隔でメッシュを切り、その18地点について鉄棒で深さ60cmの穴をあげ、1) 地下温度、2) 60cm深度の土中水銀、3) 同じくソイルエア（地中空気）の水銀蒸気、4) ソイルエア中のガス成分を測定した。これらの方法は通常、地表徴候が余りない所で行なう最良の地球化学的地熱探査法であり、多くの実証例があ

図2 火男火売神社境内の0.6m深度の地温異常図



蒸気量を捕え、回収後に水銀量を測定するのだが、本調査では強勢な地熱地帯のために一夜放置（20時間）で行った。それでも上昇している水銀蒸気は相当に多く、図2の0.6mの温度異常図と図4は良く似た形を示す。これらの水銀蒸気は深部から水蒸気により運ばれたもので地下の高温を示す指示元素であり、土中水銀は現在を含めた過去の蓄積量を示すに反し、ソイルエアの水銀は現在上昇しているものを捕えている。

4) ソイルエア中のガス成分 (図5)

一方、ソイルエア中のガス成分がガスクロマトグラフを用いて測定された。地下深部に地熱があれば、水素が多量に出ており、指示元素の一つであるが、本調査では18点中13点で水素が検出され、特に最高温地点では6900PPMに達した。また、メタンと炭酸ガスの比が地熱を指示しており、図5のように $\lg \text{CH}_4/\text{CO}_2$ の分布図は図2、3、4と同様な傾向を示し地温との相関係数は+0.72であった。 CH_4/CO_2 比は地温異常の顕著でない地帯、たとえば水素が検出されないような地帯でも測定可能で地熱探査に使用できる。

る。結果については図2、3、4、5の各々に示される。

1) 地下温度 (図2)

本測定点における地下温度の最高は71°Cで、前に述べたような100°Cに達する所はなかった。多分ブルドーザーによる溝の放熱効果が進み、一時的な応急対策が成功したとも見ることができる。アノマリー図は社務所の方向に進んでおり、社務所下の杉の大木に枯死徴候が見えるのは地熱異常の影響がここまで現われたとすべきであろう（この大木はその後、伐採された）。本殿裏の樹林地帯では温度の上昇はそれ程みられず、枯死の恐れは現段階ではないものと考えられる。

2) 60cm深度の土中の水銀量 (図3)

土壌の水銀の分布は地下に包蔵されている地熱の有無、広がりを示す。調査域の土中水銀量は意外に高く相当長期間にわたって蒸気による変質を受けて来たことを意味しており、浅部に地熱が包蔵されているのは必定である。しかも、地下温度が高くない所、たとえば本殿の裏附近でも土中の水銀量が高いことは、この境内どこを掘っても蒸気井が得られることを示している。

3) ソイルガスの水銀量 (図4)

通常の地熱地帯では、あらかじめ電気炉で焼いた長さ10cm径1mmの金線を1週間放置し、深部から上昇した水銀

図3 火男火売神社境内の土壌中の水銀異常図

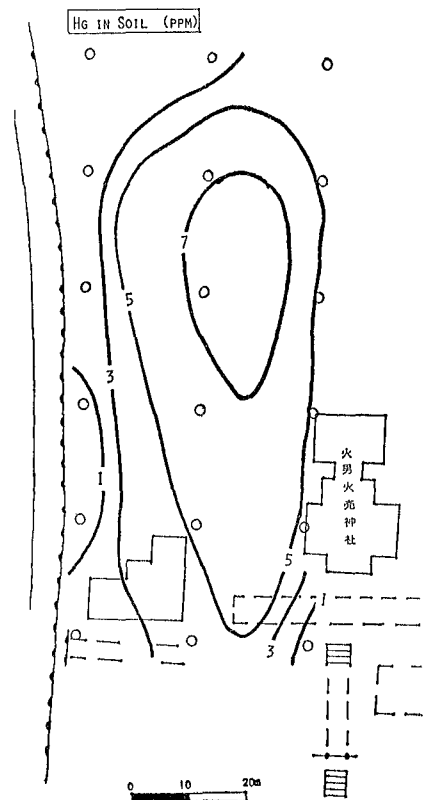


図4 火男火売神社境内のソイルエア中の水銀蒸気異常図

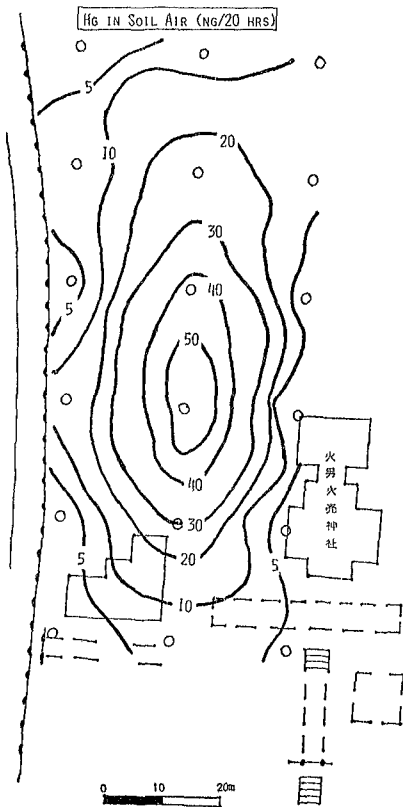
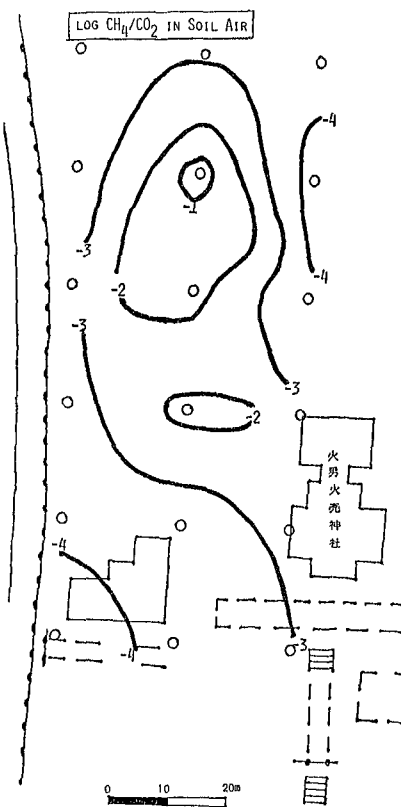


図5 火男火売神社境内のソイルエア中のCH₄/CO₂比



以上のような各調査は大木が枯死した地帯は相当量の熱が上昇していることを意味しており、その区域は社務所の下を通過して東部の方まで広がっていることを示している。放置すれば異常地域は拡大の様相を呈するかも知れないし、本坊主地獄みたいに突然、水蒸気爆発を起す可能性も秘めていたとも云える。

3 ボーリングによる蒸気井の性質

地熱異常を本格的に防止する手段として、昭和53年12月の初めから高温の場所で、300mのボーリングがなされ、昭和54年1月下旬、蒸気を噴出した。269mまでケーシングがなされており、掘削後の温泉測定によると、10mで103℃、50mで116℃、100mで127℃、200mで157℃、300mで、186℃とされている。蒸気噴出量は附近の蒸気井に比し期待に反して少なく僅かに水がついており、優勢な蒸気だまりに遭遇していないようである。

表1は、この噴気分析結果と、附近の蒸気井である神社前の宮前温泉と朝日中学横にある別府市所有の宮園蒸気井との比較である。火男火売神社と宮前温泉の噴気は噴気量の多寡はあってもよく似て

表1 蒸気井のガス分析

名称	ガス %	ミリモル/モルH ₂ O		モル比 CO ₂ /H ₂ S	%	%		
		CO ₂	H ₂ S			残余ガス	H ₂	CH ₄
火男火売神社	0.26	2.55	0.010	250	0.023	7.3	1.9	90.8
宮前温泉	0.36	3.63	0.014	261	0.042	6.9	1.8	91.3
宮園蒸気井	0.47	4.60	0.040	116	—	—	—	—

おり、特に CO₂/H₂S 比や非凝結ガス中で CO₂ や H₂S を除いた残余ガス中の H₂ や CH₄ もほぼ同じであり同系統と思われる。朝日中学横の宮園蒸気井はやや離れているが、優勢である。一方、凝縮水中の水銀測定は火男火売神社の 0.54 μg/ℓ に比し宮前温泉の方は 3.10 μg/ℓ と多いのは、神社側の勢が弱いのと、少し水がついているためであろう。見掛上、掘削後とるヶ月経た現在では噴気量は不変と思われる。

4 おわりに

火の神様を祭る火男火売神社が最近までうっそうとした大木でおおわれていたのは、過去数百年にわたって今回のような地熱異常現象は起らなかったと考えることができる。これから以後どうなるのか興味ある現象であるが、蒸気により運ばれた大量の熱が地表に上昇した事は間違いない。これは当地区の土壌やソイルエア中の水銀量の異常さにより確かめられており、昭和54年3月30日の当地を襲った突風により相当数の大木が根こそぎ倒れ、拝殿や神殿に多大の被害を与えたのは、やはり地熱による地盤の軟弱化も一因であることを否定できないであろう。

高温地区に溝を掘って放熱化を行ったのは一応の成果を収めたが、ボーリングによる地下高温蒸気の排出による放熱化は、逆に周囲から熱を吸引する恐れがあるとの説もあって、効果は長い眼でみないと分らない。やはり、定期的な地温の測定、ソイルエア中の水銀蒸気量の測定が追跡調査に最適であろう。

(終りに、本調査費の一部を大分県温泉調査研究会より受けた。記して厚く感謝する。)

湧出量： 0.5 ℓ/min	F ⁻	1.71 mg/ℓ
、 PH： 5.9	Cl ⁻	2190
Na ⁺ 1305 mg/ℓ	HCO ₃ ⁻	40.3
K ⁺ 176	SO ₄ ²⁻	164
Mg ²⁺ 0.44		
Ca ²⁺ 63.1		
Al ³⁺ 0.14		
Mn ²⁺ 0.10		
Fe ²⁺ 0.35		
SiO ₂ 331 mg/ℓ		
HBO ₂ 70.0 μ		
T _{SiO₂} = 199°C T _{Na・K・Ca} = 188°C		

〔追記〕 前述のようにボーリングした蒸気井は僅かに熱水がついているが、昭和54年6月4日に採水して左記の分析結果を得た。湧出量が極めて小さいので、この熱水は蒸発濃縮されている可能性があるが、食塩泉タイプであり、深部熱水と云うべき性質のものである。化学成部から見た地下熱水の平衡温度は SiO₂ や Na、K、Ca 法でそれぞれ 199°C と 188°C であるが蒸発濃縮を考えれば T_{Na・K・Ca} が正しく、実測温度 186°C によく合っているとすべきであろう。とにかく、300m 下では 200°C 足らずの地熱があると思われる。

大分川流域温泉の継続観測（資料）

九州大学温泉治療学研究所 野 田 徹 郎

京 都 大 学 理 学 部 北 岡 豪 一

本稿は昭和49年6月から53年7月に至る大分川流域温泉の継続観測データ（泉温、湧出量、化学分析値）をまとめて掲載する資料篇とし、主目的であるデータを用いた温泉活動の推移、生成湧出機構の解析は来年度に行うことにする。

大分川流域温泉については、過去3年にわたり、挾間町周辺の温泉調査⁽¹⁾、⁽²⁾、庄内町の温泉調査⁽³⁾として本研究会で報告を行った。同地域は近年になって飛躍的に開発が進んだ新開発の温泉地でありそのような開発の初期段階で、温泉の特性の推移を把握することは重要な意味を持つと思われた。既に、同地域の高塩分泉については、新規掘削が集中し、しかも各井からの同泉質の温泉の多量の噴騰がみられた開発のごく初期に著しい泉温、湧出量、化学成分濃度の低下がみられたことを報告した。又、坂本政行泉においては昭和50年4月の大分中部地震に起因すると思われる、恐らくは坑内破損による温泉活動の低下が観測された。庄内町の温泉においても、開発の急速な進行に伴ない自噴量の減少と湯量を確保するための動力揚湯設備の新設が普遍的に観察された。

このような開発のごく初期の段階での急激な温泉特性の変化がその後どのように推移するかを観測し、温泉活動の推移や生成湧出機構を究明する手掛かりにしようというのが継続観測の意図であった

著者らによる継続観測は昭和49年6月の現地観察、採水に始まった。その後約1年を経過した昭和50年4月23日に、4月21日の大分中部地震の影響をも考慮して観測を再開し、後はほぼ毎月一回の定期的な観測を実施した。観測対象は大分川流域のほとんどの高塩分泉と、庄内町に広がる弱アルカリ型単純泉の代表として、小野屋温泉と愛泉会泉、及び大分市内の弱アルカリ型単純泉、西大分温泉と古国府温泉〔新〕を加えた。昭和51年2月18日採水分迄は、主要化学成分 Na、K、Ca、Mg、Cl、HC O₃、(SO₄ は極微量なので分析せず) の分析を行った。後は最も変動がよく表われるであろう ClとHCO₃ についてのみ分析を実施した。長期的な変化を見るには観測頻度を減らしてもよいと思われたので、昭和52年に入ってから隔月の観測を行い、昭和53年は9月7日にただ一回の観測を実施した。

この間に集積した泉温、湧出量、化学成分濃度のデータは、多いもので泉源一口当り30日弱分に相当するものとなり、全体ではほう大なものとなった。一方、幾つかの温泉では最近顕著な活動変化の兆しとも見られる変動が観測された。又、陽イオン成分についての分析はこころ3年ほど試みておらずその変化も興味あるところである。そこで、本年は昭和53年9月7日迄の観測資料を報告するに留め更に数回の観測を含めた本格的な継続観測についての解析は来年度に行うことにする。

大分川流域温泉継続観測資料

(S49. 6~S53. 9. 7)

源泉名又は所有者名 湧出地、湧出形*	調査採 水月日	泉 温 (°C)	湧 出 量 (ℓ/min)	化学分析値 (mg/ℓ)						備 考
				Cl	HCO ₃	Na	K	Ca	Mg	
西大分温泉 大分市、P	S 50. 8. 26	48. 0	89	39.8	527	202	25.2	1.2	0.263	
	10. 6	48.5	63	32.3	520	186	25.2			
	11. 7	48.0	50	8.8	525	198	31.1	1.65	0.24	
	12. 4	48.6	46	8.76	525		31.2	1.8	0.267	

	51. 1. 12	48.0	47	8. 16	540	208	31.3	1.5	0.370	
	2. 18	48.5	54	8. 31	540	208	31.3	1.8	0.250	
	3. 24	46.6	—	8. 34	525					
	8. 12	48.4	—	9. 90	553					
古国府温泉(旧) 大分市. A	S 50. 8. 28	22.5	79	3,290	3,120	2,270	182	277	358	未利用
	10. 6	22.6	74	3,320	2,990	2,260	189	252	348	
	11. 7	22.4	82	3,520	3,300	2,580	176	251	368	
	12. 4	22.3	77	3,510	3,070	2,480	158	234	360	
	51. 1. 12	22.3	76	3,510	3,400	2,600	180		335	
	2. 18	22.4	79			2,610	182	255	350	
	3. 24	22.3	71	3,520	3,020					
	4. 14	22.4	73	3,340	3,010					
	5. 12	22.4	70	3,530	3,040					
	6. 16	22.6	83	3,590	3,020					
	7. 5	21.6	82	3,550	3,000					
	8. 12	22.8	69	3,520	3,010					
	9. 3	22.6	78	3,510	3,000					
	10. 1	22.6	—	3,500	3,030					
	11. 8	22.6	—	3,390	2,980					
	12. 22	22.5	—	3,390						
	52. 2. 8	22.4	—	3,360	3,080					
	3. 3	22.4	56	3,370	3,070					
	5. 11	22.6	—	3,510	3,070					
	7. 18	22.6	—	3,470	2,980					
9. 14	22.5	—	3,470	2,930						
11. 7	—	—	3,340	2,970						
53. 9. 7	—	—	3,250	2,960					現在採水不能	
古国府温泉(新) 大分市. A	S 49. 6			15	410	154	15.6	0.68	0.336	
	50. 8. 28	39.5	94	6.5	397	145	14.0	0.23	0.133	
	53. 9. 7	>40	—	7.02	309					
二豊林業(株) 大分市. S	S 49. 6	—	—	2,290	1,800	1,530	64.6	169	200	未利用 8. 26、10. 6 休止
	50. 4. 23	—	—		1,800	1,540	61.7		206	
	5. 22	38.1	26	2,230	2,160	1,510	56.1	200	222	
	8. 1	38.4	21	2,210	2,060	1,670	64.2	160	204	
	11. 7	38.4	28	2,330	2,200	1,710	63.4	170	216	
12. 4	38.3	29	2,220	2,120	1,540	55	160			

	51. 1. 12	40.4	46	2,400	1,940	1,670	63.3	172	197	2. 18 休止
	3. 24	40.0	36	2,400	2,050					
	4. 14	38.8	40	1,980	1,790					
	5. 12	40.1	45	2,350	2,080					
	6. 16	20.8	4.9	2,350	2,130					7. 5 休止
	8. 12	40.2	41	2,310	2,100					9. 3、10. 1、 11. 8、12. 22 休止
	52. 3. 3	39.7	48	2,340	2,100					2. 8、5. 11 休止
	7. 18	19.6	2.7	2,310	2,070					9. 14、11. 7 休止
	53. 9. 7	39.4	44	1,930	1,830					
笠木俊一〔旧〕 大分市. S	S 50. 6. 27	37.9	30	2,260	4,150	2,220	104	170	275	これ以後利 用せず 通常バルブ 閉止のため 温度上昇に 時間が かかり测温 不正確
	8. 1	37.9	24	2,310	4,020	2,240	102	170	265	
	8. 26	37.5	28	2,120	3,310	1,870	104	200	263	
	10. 6	37.6	23	2,260	3,990	2,000	93.3	210	309	
	11. 7	37.9	21	2,320	4,040	2,200	93.6	202	323	
	12. 4	37.8	22	2,340	4,020	2,200	90.7	208	319	
	51. 1. 12	37.5	17.6	2,420	3,970	2,200	96.7	188	304	
	2. 18	37.6	18.7			2,280	98.0	200	319	
	3. 24	37.1	19.4	2,410	2,700					
	4. 14	37.4	17.7	2,380	3,400					
	5. 12	—	—	2,370	4,350					
	6. 16	38.6	37	2,400	3,970					
	7. 5	30.1	62	2,040	4,250					
	8. 12	26.4	69	2,300	3,850					
	9. 3	32.5	82	2,410	4,150					
	10. 1	30.3	83	2,420	4,200					
	11. 8	32.0	99	2,360	4,040					
	12. 22	34	81	2,470						
	52. 2. 8	32.4	75	2,330	4,120					
	3. 3	31.2	93	2,320	4,130					
5. 11	>29	83	2,480	4,120						
7. 18	27.9	76	2,420	4,080						
9. 14	>26.6	91	2,430	4,100						
11. 7	27.8	94	2,470	4,120						
53. 9. 7	26.2	91	2,380	4,130						
笠木俊一〔新〕 大分市. S	S 50. 8. 26	32.5	150	1,230	1,970	1,060	45.5	165	186	未利用、通 常バルブ閉 止のため温 度上昇の時
	10. 6	27.3		1,390	2,500	1,180	44.5	170	255	

	11.7	28.8		1,450	2,500	1,120	44.3	150	248	間がかり 測温不正確
	12.4	32.0	234	1,370	2,450	1,180	41.3	147	244	
51.	1.12	33.1	203	915	1,930	880	33.7	104	167	測温開始時 24.3℃
	2.18	33.9	278	1,350	2,700	1,250	48.7	158	246	
	3.24	30.4	234	1,460	2,460					
	4.14	29.7	250	1,490	2,510					
	5.12	33.3	288	1,380	2,400					
	6.16	33.2	227	1,360	2,390					
	7.5	31.9	234	1,390	2,440					
	8.12	32.5	242	1,360	2,450					
	9.3			1,330	2,330					
	10.1	28.4		1,010	2,050					
	11.8	28.4		1,470	2,500					
	12.22	18.4		1,510						
52.	2.8			1,440	2,770					
	3.3	20.1		1,430	2,430					
	5.11			1,470	2,510					
	7.18	18.7		1,470	2,470					
	9.14	22.8		1,460	2,440					
	11.7	21.4		1,490	2,410					
53.	9.7			1,330	2,410					
塚野温泉	S 49.6			1,960		1,790	41.2	67	101	
大分市. N	50.5.22	16.8		1,040		1,290	33.1	58.5	59.3	
	6.27	17.2		1,330	1,770	1,290	37.3	63.6	58.9	
	8.1	17.2		1,430	1,820	1,320	39.3	60.1	63.0	
	9.2	17.2	13.2	1,620	1,860	1,350		69.1	86.4	
	10.6	17.0	13.3	1,820	1,960	1,530	38.6	79.7	106	
	11.7	17.0	12.5	1,960	2,100	1,710	41.0	86.6	108	
	12.4	16.8	12.4	2,000	2,030	1,580	37	83	120	
51.	1.12	16.6	23.1	1,990	1,980	1,660	41.5	74.8	102	
	2.18	16.6	11.6	2,030		1,720	41.9	79.2	107	
	3.24	16.6		2,060	2,040					
	4.14	16.6		2,030	2,060					
	5.12	16.8		2,020	2,080					
	6.16	16.8		2,090	2,070					
	7.5	16.8		2,020	2,030					
	8.12	17.0		1,970	2,010					

	9.17	17.0		1,960	2,010					
	10.1	17.0		1,870	2,070					
	11.8	17.0		1,880	2,050					
	12.22	16.9		2,010						
	52.2.8	15.8		2,010	2,050					
	3.3	15.8	4.4	2,060	2,130					
	5.11	15.7	1.2	1,890	2,090					
	7.18	16.6	2.9	1,830	2,050					
	9.14	17.2	2.8	1,790	2,100					
	11.7	16.8	3.2	1,870	2,090					
	53.9.7	17.2	4.0	1,590	2,000					
国分養殖業生産組合	S 50.8.26	37.5	11.5	192	1,610					
大分市. S	10.6	37.7		204	1,680					
	11.7	37.6		199	1,650					
	12.4	37.8	94	206	1,620					
	51.1.12	36.9		184	1,510					} ポンプ揚湯
	2.18	37.5	84	185	1,560					
	3.24	37.8	74	213	1,710					
二宮益雄(本管)	S 50.9.2	35.0	56	12.1	731	250	18.7	8.91	15.3	
挾間町. S	10.6	34.7	11.6	11.7	744	257	18.6	8.9	15.4	
	11.7	34.9	17.0	12.1	757	257	20.4	7.8	16.1	
	12.4	34.4	50	12.1	765	252	20.6	8.3	15.7	
	51.1.12	34.8	67	12.4	802	259	20.0	11.0	14.1	
	2.18	34.8	48	12.3	764	259	21.9	8.7	15.4	
	3.24	33.9		12.0	726					
	8.12	34.8	61	12.1	749					
	9.3	34.9		12.8	739					
	53.9.7	>32		5.29	542					
二宮益雄(外管)	S 50.9.2	31.5	75	1.4	321	87.5	11.9	8.51	12.4	
挾間町. S	10.6	31.2		2.24	327	85	11.7	7.8	12.3	
	11.7	31.5		2.83	335	83.5	12.4	6.9	12	
	12.4	31.2	89	2.99	331	84	12.5	6.6	13	
	51.1.12	31.3	55	3.51	330	86	12.9	5.90	10.8	
	2.18	31.4	48	2.47	341	85.5	13.6	5.63	10.5	
	3.24	31.6		2.45	347					
	8.12	30.9	68	2.83	317					

	9.3	30.9		2.82	320						
	53.9.7	>32		4.55	482						
坂本政行	S 49.6			3,000	3,000	2,420	162	120	203		
挾間町. S	50.4.23	38.5		2,560	2,680	2,120	158	100	179	S50.4.21 未明 大分中部地 震、M6.4 7月内管挿 入工事	
	5.22	37.6	132	2,240	2,210	1,820	122	82.1	156		
	6.27	29.7	89	842	1,080	770	54.8	36.5	50.8		
	8.1	42.7	174	5,200	3,950	3,930	267	192	324		
	8.28	42.8	268	4,920	3,440	3,680	236	190	325		
	10.6	42.4	234	5,160	3,890	3,860	284	220	383		
	11.7	42.6	234	5,090	3,910	3,820	269	207	391		
	12.4	42.8	221	5,120	3,910	3,830	269	204	373		
	51.1.12	42.5	250	5,130	4,100	3,840	266	204	354		
	2.18	42.4	250	4,380		3,440	236	200	329		
	3.24	42.4	268	5,030	3,740						
	4.14	42.3	242	4,860	3,710						
	5.12	42.5	208	4,850	3,820						
	6.16	42.6	250	4,980	3,830						
	7.5	42.6	192	4,650	3,450						
	8.12	41.8	203	4,090	3,190						
	9.3	41.8	179	4,030	3,220						
	10.1	40.2	192	2,910	2,590						
	11.8	42.2	170	4,580	3,700						
	12.22	42.0	208	4,490							
	52.2.8	41.8	156	4,480	3,730						
	3.3	42.0	188	4,640	3,770						
	5.11	42.2	181	4,680	3,700						
	7.18	42.3		4,600	3,700						
	9.14	42.4		4,640	3,680						
	11.7	42.2	192	4,610	3,720						
	53.9.7	42.4	203	4,290	3,050						
国中産業(株)	S 49.6	45.5		7,620	4,170	5,230	329		375		
挾間町. S	50.4.23			4,800	3,460	3,480	231	309	275		
	5.22			4,650	3,150	3,270	217	223	245		
	6.27	41.9		4,460	3,120	3,390	225	237	218		
	8.1	41.9	660	4,440	3,000	3,340	227	225	219		
	9.5	42.5		4,240	2,650	3,140	205	220	234		

	10. 6	42.0		4,110	2,870	3,190	216	220	249	
	11. 7	42.1		4,330	2,900	3,050	194		266	
	12. 4	42.0		4,390	2,870	3,000	202	222	260	
	51. 1.12	42.1		4,310	3,000	3,180	206	196	233	
	2. 18	42.0				3,050	213	241	253	
	3. 24	41.5		4,220	2,780					
	4. 14	41.4		4,070	2,740					
	5. 12	41.0		4,060	2,790					
	6. 16	40.5		3,930	2,710					
	7. 5	40.4		3,900	2,680					
	8. 12	39.8		3,760	2,560					
	9. 17	39.5		3,730	2,570					
	10. 1	39.1		3,710	2,610					
	11. 8	38.8		3,600	2,560					
	12. 22	38.3		3,530						
	52. 2. 8	38.1		3,420	2,470					
	3. 3	37.2		3,270	2,510					
	5. 11	38.2		3,470	2,490					
	7. 18	38.2		3,450	2,440					
	9. 14	38.3		3,410	2,430					
	11. 7	38.2		3,420	2,450					
	53. 9. 7	36.9		3,040	2,250					
三ヶ尻昭三	S 49. 6		この間 300 ~420	7,560	3,040	4,800	362	368	298	バルブ半開
挾間町. S	50. 5. 22	38.7		4,550	2,560	3,170	228	205	197	
	6. 27	38.6		3,990	2,450	3,160	211	170	166	
	8. 1	38.5		4,030	2,390	3,010	207	196	175	
	8. 28	39.0		3,880	2,150	3,000	197	178	165	
	10. 6	38.6		4,040	2,320	3,080	191	200	187	
	11. 7	38.5		4,220	2,380	3,020	203	190	194	
	12. 4	38.4		4,280	2,360	3,030	206	190	189	
	51. 1. 12	38.4		4,210	2,700	3,050	214	195	180	
	2. 18	38.2		✕		3,060	215	196	196	
	3. 24	38.4		✕	4,180	2,280				
	4. 14	38.3			4,120	2,350				
	5. 12	38.4			4,150	2,360				
	6. 16	38.4			4,070	2,390				
	7. 5	38.4		4,110	2,330					

	8.12	38.5		4,080	2,290				
	9.17	38.3		4,080	2,440				
	10.1	38.3		4,020	2,430				
	11.8	38.2		4,000	2,290				
	12.22	38.0		4,030					
	52.2.8	38.0		3,930	2,330				
	3.3	37.8		3,990	2,310				
	5.11	38.2		3,970	2,340				
	7.18	38.3		4,100	2,320				
	9.14	38.2		4,070	2,270				
	11.7	38.2	#	4,070	2,340				
	53.9.7	38.2		3,810	2,200				
上田慶吉	S 49.6			1,380	1,620	1,000	80.1	202	128
挾間町. S	50.6.27	30.0	71	1,100	1,830	930	75.0		
	8.1	29.9	58	1,140	1,720	930	76.7	170	132
	8.28	30.2	71	1,140	1,760	911	76.7		114
	10.6	30.0	71	1,140	1,770	946	77.7	170	133
	11.7	30.0	69	1,220	1,760	880	70.5	160	130
	12.4	29.9	63	1,140	1,760	880	69.3	160	121
	51.1.12	29.9	60	1,160	1,760	910	68.9	158	121
	2.18	30.0	61			935	70.1	164	121
	3.24	30.0	66	1,220	1,740				
	4.14	30.0	70	1,200	1,770				
	5.12	30.0	62	1,170	1,750				
	6.16	30.0	66	1,120	1,730				
	7.5	30.0	62	1,170	1,740				
	8.12	30.0	58	1,160	1,750				
	9.17	30.0	65	1,140	1,700				
	10.1	30.0	65	1,090	1,840				
	11.8	29.8	60	1,110	1,720				
	12.22	29.9	56	1,110					
	52.2.8	29.7	66	1,070	1,670				
	3.3	29.8	61	1,090	1,690				
	5.11	30.0	63	1,070	1,730				
	7.18	29.9	58	1,080	1,700				
	9.14	29.9	63	1,080	1,690				
	11.7	30.0	56	1,090	1,730				
	53.9.7	30.0	57	1,020	1,700				

海老毛温泉 狭間町, S	S 49. 6			6,150	3,900	4,100	234	458	469	4.21大分 中部地震時 一時停止 この時スケール除去 作業中		
	50. 4. 23	40.2		5,860	4,040	3,610			467			
		5. 22	40.6		5,930	4,000	3,870	230	419		447	
		6. 27	37.7	79	4,560	3,450	3,110	178			290	
		8. 1	40.9	150	5,690	3,890	4,020	228			390	
		8. 28	40.8	156	5,600		4,010	222	385		408	
		10. 6	40.7	130	5,880	3,790	4,060	227	414		462	
		11. 7	40.6	156	6,080	3,920	3,950	213	438		441	
		12. 4	40.4	138	5,960	3,910	3,950	220	427		462	
		51. 1. 12	40.6	151	6,150	4,100	4,010	230	475		468	12月スケール除去
		2. 18	40.8	128	6,040		4,050	233	421		486	
		3. 24	40.6	146	6,210	3,850						
		4. 14	40.8	138	6,050	3,900						
		5. 12	40.8	114	6,010	4,020						
		6. 16	40.6	111	5,990	3,890						この時スケール除去?
		7. 5	40.4	84	5,920	3,840						
		8. 12	41.0	130	5,990	3,820						
		9. 17	40.7	142	5,990	3,950						
		10. 1	40.8	142	6,010	3,920						
		11. 8	40.8	121	5,850	3,860						
		12. 22	40.6	117	5,880							
		52. 2. 8	40.6	125	5,940	3,860						
		3. 3	40.8	132	6,000	3,970						
		5. 11	40.8	102	5,970	3,910						
		7. 18	40.3	79	5,830	3,790					8月スケール除去	
	9. 14	40.3	156	5,790	3,690							
	11. 7	40.5	133	5,870	3,840							
	53. 9. 7	40.3	69	5,790	3,440							
坂本 毎 狭間町, S	S 52. 5. 1	44.3	67	6,930	3,740					この間一時停止		
	11. 7	44.5	79	7,000	3,680							
	53. 9. 7	44.5	78	6,950	3,570							
小野屋温泉 庄内町, S	S 50. 4. 23			11.1	215	92.1		0.87	0.143			
	5. 22	44.0		6.29	136	48.7	7.09	0.55	0.11			
	6. 27	42.2		6.52	134	47	7.34	0.485				
	8. 1	43.6		6.66	130	49	7.67	0.59	0.175			
	8. 28	45.0	107	5.03	147	57		0.70	0.219		エアリフト	

	10.6	44.6		7.67	130	49	7.55	0.61	0.253	自噴量54 ℓ/min(S 52.3.24測 定)
	11.7	43.6		5.51	145	51.3		0.613	0.189	
	12.4	42.8		6.68	128	47.5	5.42	0.59	0.204	
	51.1.12	41.2		5.74	140	52				
	2.18	43.4		5.36	147	55.0		0.635	0.270	
	3.24	43.2		4.26	156					
愛泉会 庄内町, S	S 50.8.28	43.0	375	5.28	123	60	6.48	0.73	0.219	現在は再び 自噴のみ
	10.6	41.2		5.05	127	59	6.56	0.67	0.186	
	11.7	41.8		5.50	125	53	5.42	0.69	0.18	
	12.4	41.8		5.30	127	55.5	5.84	0.60	0.18	
	51.1.12	42.0		5.01	131	58	5.82	0.56	0.21	
	2.18	41.9		5.31	127	60	6.58	0.60	0.161	
	8.12	42.0		5.99	127					
9.3	41.8		6.40	136					現在エアリ フト	
佐藤 栄 野津原町, N	S 50.8.27	22.6		3,880	2,540	2,850	197		55.2	
	10.6	20.3	約4	3,700	2,960	2,790	191	220	66.4	
	51.10.1	19.0		3,980	3,030					
妙見泉 野津原町, N	S 50.8.27	22.5	1.4	5,630	3,050	4,090		300	92.7	採水時外気 温 17.1℃ 8.0 18.2 28.2 28.2 22.1
	10.6	21.6		6,150	4,110	4,600			92.6	
	51.1.12	9.2		6,610	4,150	4,880	301	347	95.4	
	2.18	12.1				4,910	303	349	92.7	
	3.24	11.6		6,620	4,120					
	5.12	17.4		6,450	4,170					
	7.5	19.0		6,440	4,170					
	8.12	24.4		6,400	4,090					
	10.1	19.6		6,020	4,180					
	12.22	9.2		6,270						
	52.3.3	9.9		6,440	4,330					
	5.11	16.0		6,400	4,210					
	7.18	22.2		6,450	4,150					
	9.14	23.8		6,430	4,130					
	11.7	18.7		6,360	4,200					
53.9.7	23.3		6,250	4,260						

湧出形 (N:自然湧出、S:自噴、A:エアリフト、P:吸上ポンプ)

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎・大分県：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，大分県調査研究会報告，27，P.25～33，1976。
- 2) 野田徹郎・北岡豪一：挾間町ならびにその周辺の温泉調査（その2）高塩分泉の化学成分，同上，28，P.31～41，1977。
- 3) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎：庄内町の温泉調査，同上，29，P.1～15，1978。

河川水の水質に及ぼす温泉の影響

— 大分川水系について —

大分大学 川 野 田 実 夫
 大分大学 志 賀 史 光
 渡町台小学校 矢 野 哲 郎

1 緒 言

大分川は流域面積¹⁾640km²、幹川流路延長55km、平均流量約30t/sの河川である。流域の地質は上部は新第三紀安山岩、中部部²⁾は崖錐および扇状地堆積層（山陰系、琉球系および瀬戸内系¹⁾の各々の火山噴出物）で、この地質が全流域面積の50%以上を占めている。また下部部¹⁾は沖積層となっている。

この河川の流域には由布院温泉をはじめとする大小さまざまな温泉、鉱泉群が存在しており、それ等の影響を受けて大分川水系の河川水は通常の河川水²⁾に比べてかなり特異な水質を呈している。

各温泉群からの化学成分の排出量については、川村が由布院温泉について、野田、古賀等が温の平温泉について報告している。

筆者等は大分川本川及び支川17定点で河川水を採水して主要化学成分を分析すると共に、最下流の調査点で経時観測を行い大分川水系の水質の代表値を得た。今回はこれらの結果から大分川に及ぼす温泉水の影響について報告する。

2 調査方法

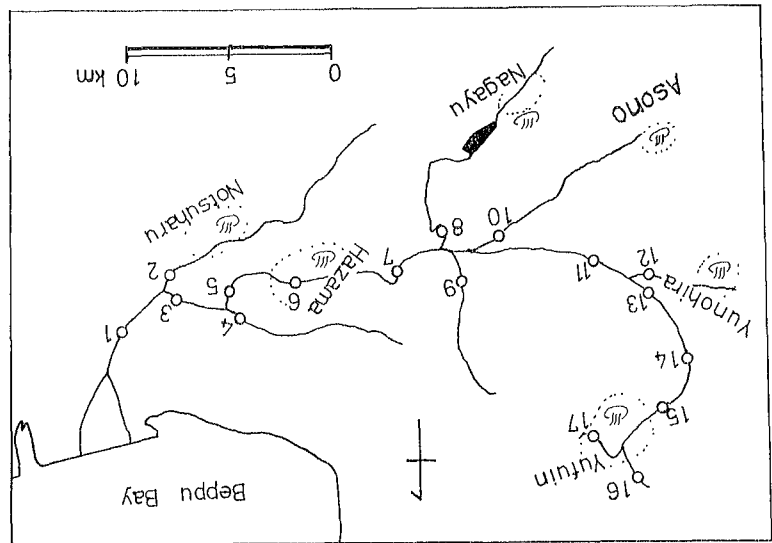
河川水の採水地点を図1に示した。採水は図1中に示す17定点で1977年4月、6月、8月及び10月に各1回行った。また最下流の調査地点定点1（府内大橋）では4月から11月までの期間に19回観測を行った。分析項目はNa⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、Alkalinity及びSiO₂である。

3 本川及び支川のCl⁻濃度の分布

河川水に与える温泉水の影響を定性的に把握するために本川及び支川のCl⁻濃度の分布を図2に示した。

一般に温泉や鉱泉、あるいは人為汚染等の少ない河

図1 大分川流域の採水地点



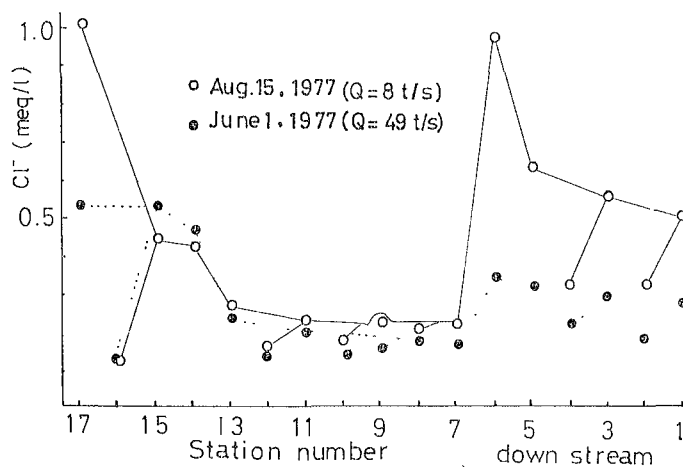
定点1本川（府内大橋）、定点2七瀬川（田尻橋）、定点3本川（明礪橋）、定点4賀来川（賀来橋）、定点5本川（小野鶴橋）、定点6本川（天神橋）、定点7本川（篠原ダム）、定点8芹川（猿渡橋）、定点9小挾間川（小野屋橋）定点10阿蘇野川（東南橋）、定点11本川（庄内大橋）、定点12花合野川（厳島橋）、定点13本川（幸野発電所）、定点14本川（川西橋）、定点15本川（はちやま橋）定点16白滝川（上倉谷橋）、定点17金鱗湖出口

川水中の Cl^- は大部分が海洋性起源であり、陸上起源のものは少ないので河川水中の Cl^- 濃度の上昇はあまりみられない。例えば大野川の全流域では Cl^- 濃度は 0.14meq/l (5mg/l) 以下である。

図2中に示した Cl^- 濃度は4回の調査のうちで定点1(府内大橋)での流量が 8t/s と低い8月15日の測定値と 49t/s の流量を示した6月1日の測定値である。湧水のために温泉の影響が強調されている8月15日の測定結果についてみると Cl^- 濃度が 0.14meq/l 以下

の河川水は定点16(白滝川)のみで従来流域に温泉が存在しなかった小狭間川でも 0.2meq/l (7.1mg/l) と高くなっている。これは近年この流域に開発された温泉が河川水中の Cl^- 濃度を若干高めていることを示している。湧水時の大分川本川の Cl^- 濃度は、由布院温泉によって高められているが、花合野川、阿蘇野川等の合流によって希釈されて定点11(庄内大橋)から定点7(篠原ダム)までの間は 0.2meq/l のほぼ一定値を示している。定点6(天神橋)では挟間温泉の流入により急激に濃度が上昇し 0.97meq/l を示した。その後賀来川や七瀬川の合流によって希釈されるが定点1(府内大橋)でもなお 0.50meq/l (17.8mg/l) と九州河川の平均(4.6mg/l)、日本河川の平均(8.5mg/l) に対して3~4倍の値である。また調査の前日まで降雨が続き定点1での流量が 49t/s と高められた6月1日の測定値についてみると、全体的には Cl^- 濃度が低目ながら流下に伴う変化のパターンは湧水時の場合とほぼ同様である。しかし由布院温泉が流入した直後の本川の調査点である定点15(はちやま橋)及び定点14(川西橋)では Cl^- 濃度は湧水時の測定値を上回っている。このことは由布院温泉の場合降雨によって湧出量が増加していることを示唆しているのかもしれない。

図2 大分川水系の Cl^- 濃度の分布



4 大分川の水質の代表値

定点1(府内大橋)は、大分川水系の主要な支川がほとんど集められた地点で、海水の朔上もみられない地点である。筆者等は、この地点で降雨により流量が著しく変化する時期を選んで化学成分濃度の経時変化の様子を観察した。流量は建設省九州地方建設局大分工事事務所のデータから得た。当局の説明によると、府内大橋での河床は絶えず変化しているので正確な測定値は得られにくいとのことであった。そこで当局が明礪橋(本川)と光吉(七瀬川)で測定した流量の和を定点1の流量とした。本川と七瀬川の流量比は常に約5:1で両河川の集水面積比($494\text{km}^2:106.6\text{km}^2$)とほぼ等しかった。

測定結果を表1に示した。

各成分について成分濃度と流量の関係をみると図3に示しているように大略両者の間に逆相関がみられる。そこで各成分について、濃度と流量との間の関係曲線を求めて、この地点の年間平均流量 30t/s を外挿して平均濃度を求めた。これをこの河川の代表値とする。

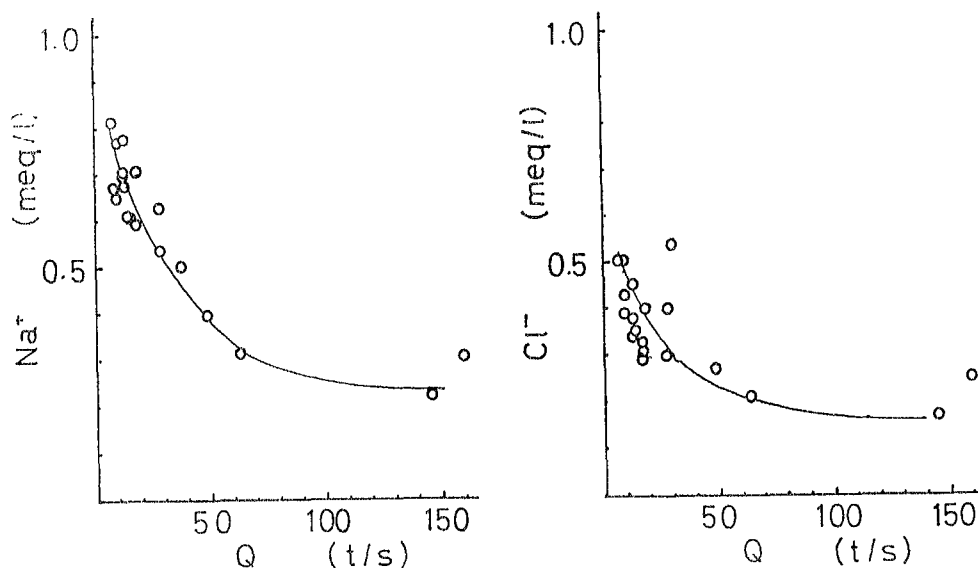
5 主要温泉群の水質と湧出量

大分川水系の流域に湧出する温泉群のうち特に河川水に影響を及ぼすと考えられる由布院、湯の平挟間および野津原の各温泉群の主要化学組成と湧出量について述べる。

表1 定点1（府内大橋）における化学組成

Date of sampling	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Alkalinity	Si mg-at/l	Q t/s
1977 Apr. 11	0.50	0.06	0.59	0.33	0.30	0.28	0.93	0.58	38
June 1	0.39	0.05	0.46	0.30	0.27	0.24	0.77	0.55	49
Aug. 15	0.81	0.11	0.77	0.52	0.50	0.33	1.29	0.67	8
Sept. 8 12:00	0.65	0.11	0.71	0.47	0.39	0.36	1.29	0.69	10
Sept. 8 18:00	0.77	0.12	0.73	0.48	0.45	0.36	1.34	0.70	12
Sept. 9 6:00	0.70	0.10	0.70	0.47	0.38	0.35	1.24	0.70	13
Sept. 9 12:00	0.70	0.10	0.57	0.47	0.34	0.34	1.30	0.70	13
Sept. 9 18:00	0.68	0.11	0.67	0.47	0.35	0.35	1.30	0.72	14
Sept. 10 6:00	0.61	0.10	0.62	0.44	0.29	0.35	1.20	0.71	15
Sept. 10 12:00	0.63	0.10	0.57	0.44	0.30	0.36	1.21	0.69	28
Sept. 12	0.59	0.08	0.71	0.58	0.32	0.45	1.26	0.72	18
Sept. 13	0.71	0.08	0.77	0.59	0.40	0.35	1.25	0.77	19
Sept. 30	0.53	0.07	0.69	0.56	0.54	0.33	1.03	0.60	30
Oct. 3	0.31	0.07	0.50	0.26	0.25	0.28	0.70	0.39	160
Oct. 4	0.22	0.03	0.42	0.21	0.17	0.27	0.58	0.41	145
Oct. 5	0.31	0.05	0.50	0.27	0.21	0.27	0.76	0.51	63
Oct. 17	0.60	0.09	0.70	0.43	0.33	0.45	1.24	0.79	17
Oct. 28	0.76	0.08	0.70	0.50	0.50	0.36	1.40	0.81	10
Nov. 9	0.66	0.08	0.73	0.52	0.43	0.35	1.43	0.81	10
Mean ⁷⁾ Ono river	0.52 (0.31)	0.06 (0.08)	0.62 (0.54)	0.30 (0.14)	0.30 (0.14)	0.30 (0.22)	1.02 (0.85)	0.60 (0.70)	30

図3 定点1における化学成分濃度と流量の関係



由布院温泉の化学組成については、川村、山下等の報告⁸⁾があり、また湧出量についても佐藤他、川村⁹⁾の報告がある。筆者等は化学組成については「大分県鉱泉誌」¹⁰⁾から平均値を求め、湧出量は大分保健所から発表された「管内温泉概況」¹¹⁾の値を引用した。筆者等は定点15(川西橋)でCl⁻量及び概算の流量について4回測定し、その結果Cl⁻0.42~0.49 meq/l、流量4~2 t/sを得た。この結果と、

由布院温泉の平均 Cl⁻ 量 3.69meq/ℓ (大分県鉱泉誌と管内温泉概況から求めた) 及び筆者等が測定した白滝川の値 0.11meq/ℓ とから湧出量を計算すると、この温泉群の総湧出量は 270~350ℓ/s となった。これによって求められた結果は「管内温泉概況」に記されている 320ℓ/s が概ね正しいことを示している。

湯の平温泉群についても同様に化学成分湧出量はそれぞれ「大分県鉱泉誌」と「管内温泉概況」を参照して平均化学組成を求めた。Cl⁻ について平均濃度と湧出量の積、つまり Cl⁻ のフラックスは 53.6meq/s となり、野田、古賀等の報告にある 44.1meq/ℓ を約 20% 上回った。

長湯温泉については平均化学組成は筆者等の測定値から、また湧出量は「管内温泉概況」から得た。

挾間温泉、野津原温泉群については、化学組成は筆者等と吉川、北岡他の測定値を参照し、各々の温泉口について吉川、北岡他が湧出量を測定しているのてこれらの結果から平均化学組成を算出した。各々の温泉群の平均化学組成と湧出量を表 2 に示した。主要温泉群の湧出量の和は 0.4t/s ととなるこれは年間総雨量に対して 1.2% にあたる。この湧出率の算出の根拠は「周防難南部地域主要水系調査書」に記されている雨量のデータから、大分川の集水面積を 600km² とし、80% の地域の平均雨量を 2000mm/年、20% のそれを 1600mm/年とした時の値である。

表 2 主要温泉群の平均化学組成と湧出量

	Yufuin	Yunohira	Nagayu	Hazama	Notsuharu
Rate of welling (ℓ/s)	320	4.7	39.1	36.7	3.5
Na ⁺ (meq/ℓ)	7.5	15	18	95	50
K ⁺ (℄)	0.50	0.40	2.1	4.0	1.5
Ca ²⁺ (℄)	0.67	2.0	6.2	8.5	7.7
Mg ²⁺ (℄)	0.55	0.11	2.4	14	15
Cl ⁻ (℄)	3.69	11.4	4.48	85.2	38.9
SO ²⁻ (℄)	1.2	2.2	6.8	0	0
Alkalinity	4.24	3.90	38.	35.7	34.4
Si (mgat/l)	2.6	1.6	2.3	2.6	0.71

6 河川水及び温泉水中の成分流出率

定点 1 での大分川の河川水の涵養源を表流水、地下水及び温泉水として、それぞれの流量と化学成分濃度を以下の記号で示せば次式が得られる。

Qr : 表流水の流量

Qg : 地下水の流量

Qh : 温泉水の湧出量

Cr : 表流水の成分濃度

Cg : 地下水の成分濃度

Ch : 温泉水の成分濃度

Cm : 定点 1 での成分濃度

$$C_m = \frac{Q_r \cdot C_r + Q_g \cdot C_g + Q_h \cdot C_h}{Q_r + Q_g + Q_h} \quad (1)$$

実際の表流水にはすでに地下水が含まれているのであろうから、Qr、Qgの代りに Qrgを、Cr、Cgの代りに Crgを用いるとすれば

$$C_m = \frac{Q_r \cdot C_{rg} + Q_h \cdot C_h}{Q_{rg} + Q_h} \quad (2)$$

また、定点 1 での流量 Q は (Qrg + Qh) に等しいとすれば Qrg ≫ Qh であるから Qrg = Q とし次式

が得られる。

$$C_m = C_{rg} + \frac{Q_h \cdot C_h}{Q} \quad (3)$$

定点1での流量が30t/sの時の河川水中の成分の流出率に対する温泉の寄与率、すなわち $Q_h \cdot C_h / Q \cdot C_m$ を表3に示した。この表でわかるように陽イオンでは Na^+ が41%、陰イオンでは Cl^- が50%を越している。

また(3)式に $Q=30t/s$ の時の C_m 、つまり本稿の4で述べた大分川の代表値と $Q \cdot h \cdot C_h$ を代入すると C_{rg} が得られる。この値は大分川水系の流域に温泉が存在しないと仮定した時の河川水質を示すものである。 C_{rg} の計算結果を1965年当時の小挾間川の平均化学組成と対比して表4に示した。小挾間川は定点9に示された河川で流域地質も大部が火山噴出物の堆積岩であり、1965年当時は流域に温泉の湧出はなかった。計算値 C_{rg} とこの小挾間川の化学組成は概ね一致していると言える。このことは先に述べた温泉の寄与率の算出が大略妥当であることを示している。

表3 河川水および温泉

	河川水 ($Q \cdot C_m$) (eq/s)	温泉水 ($Q_h \cdot C_h$) (eq/s)	$\frac{(Q_h \cdot C_h)}{(Q \cdot C_m)}$
Na^+	16.5	6.8	0.41
K^+	2.0	0.39	0.20
Ca^{2+}	18	0.80	0.04
Mg^{2+}	11	1.7	0.15
Cl^-	9.0	4.6	0.51
SO_4^{2-}	9.0	0.64	0.07
Alkalinity	30.6	4.28	0.14
Si	17(g-at/s)	1.0(g-at/s)	0.06

表4 平水時における C_{rg} (計算値) と小挾間川の平均化学組成 (1965年5月~1966年1月)

	計算値 (C_{rg})	小挾間川 平均
Na^+	0.32	0.32
K^+	0.06	0.05
Ca^{2+}	0.57	0.46
Mg^{2+}	0.30	0.22
Cl^-	0.15	0.12
SO_4^{2-}	0.28	0.16
Alkalinity	0.88	0.74
Si	0.54	0.67

参 考 文 献

- 1) 国土調土地局：周防灘南部主要水系調査書（1975）
- 2) 川村政和：由布院温泉の地下構造と熱エネルギー及び化学物質排出量，大分県温泉調査研究報告25，15~22（1974）
- 3) 野田徹郎，古賀昭人：湯の平温泉の活動の消長と化学組成，大分県温泉調査研究会報告27，46~52（1976）
- 4) 志賀史光，川野田実夫：湧水の化学組成と地質との関係，大分大学教育学部研究紀要3，5，27~38（1970）
- 5) 阿南国康：河川水中における岩石の溶離成分の変動，大分大学教育学部化学教室卒業論文集11~17（1965）
- 6) 小林純：日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究，農学研究48，2，63~106，（1961）
- 7) 志賀史光，細川巖：大野川の研究(1) 流域地質による化学組成の変化，陸水雑誌27，1，1~15（1966）
- 8) 川村政和，山下幸三郎：由布院温泉の化学成分からみた水系とその流界，大分県温泉調査研究会報告24，7~21（1973）
- 9) 佐藤光一，矢野行雄，羽田野宗人，片岡武雄：湯布院温泉現況調査，大分県温泉調査研究会報告18，76告~78（1967）

- 10) 大分県厚生部：大分県鉱泉誌（1970）
- 11) 大分保健所：管内温泉概況（1972）
- 12) 志賀史光，川野田実夫：くじゅう火山の温泉群(4) 長湯温泉について，大分県温泉調査研究会報告20（66～72）（1969）
- 13) 川野田実夫，志賀史光：くじゅう火山の温泉群(11) くじゅう北東部の炭酸泉の全炭酸，大分県温泉調査研究会報告27，34～40（1976）
- 14) 吉川恭三，北岡豪一，野田徹郎，大分県環境管理課，大分保健所：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，大分県温泉調査研究会報告27，25～33（1976）

老化と温泉：コラーゲン代謝に及ぼす 泉浴の影響（第3報）

九州大学温泉治療学研究所内科

阿南公展 織部和宏
織部元広 轟木峻
大塚栄治 酒井好古
延永 正

尿中ヒドロキシプロリン（以下ハイプロ）が体内の結合組織代謝の動態を反映するひとつの指標とされることはよく知られている。前々回¹⁾、前回²⁾と我々は、本誌上で、この尿中ハイプロをもちいて、泉浴の結合組織代謝主としてコラーゲン代謝に及ぼす影響を発表してきたが、今回は、主に慢性関節リウマチ（以下RA）に焦点をしばり、症例を増やし、また、温水浴を加えて検討した。更に、ステロイド剤の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす影響につき若干の検討を加えた。

対象；当科入院中のRA39例、全身性エリテマトーデス（以下SLE）3例を対象とした（表1、2）。RA群³⁾はいずれもアメリカリウマチ協会のRA診断基準による典型例ないし確定例をもちいた。

表1 RAにおける温泉泥浴、温水浴、運動浴、機能訓練前後の尿中ヒドロキシプロリン排泄量

Patient	age	sex	disease		before total amount	after total amount
1	56才	♀	RA	鉱水浴	3.8 (mg/3hrs)	2.8 (mg/3hrs)
2	43	♀	♀	♀	3.5	3.4
3	58	♀	♀	♀	5.6	4.3
4	64	♀	♀	♀	3.8	2.6
5	25	♀	♀	♀	2.4	1.8
6	59	♀	♀	♀	9.4	2.6
7	49	♀	MRA	♀	5.5	1.5
8	60	♀	RA	♀	2.6	2.2
9	57	♀	MRA	♀	6.5	4.5
10	27	♀	RA	♀	0.9	0.4
11	43	♀	♀	♀	7.0	4.2
12	58	♀	♀	♀	3.1	2.9
13	49	♀	♀	♀	3.4	2.2
14	38	♀	♀	♀	12.85	6.91
15	64	♀	♀	♀	13.07	12.74
16	50	♀	♀	♀	16.88	9.06
17	51	♀	♀	♀	23.29	9.68
18	42	♀	♀	♀	2.8	2.0
19	53	♀	♀	♀	3.7	1.1
(1), (1)'有意差なし					(1) mean ± S · D =6.8 ± 5.67	(1)' mean ± S · D =4.0 ± 3.19

Patient	age	sex	Disease		before total amount	after total amount
№20	53才	♀	RA	温水浴	2.9 (mg/3hrs)	3.4 (mg/3hrs)
21	59	♀	♀	♀	1.6	2.4
22	68	♀	♀	♀	5.9	1.9
23	69	♀	♀	♀	7.05	4.2
24	38	♀	♀	♀	7.76	7.05
25	64	♀	♀	♀	5.38	5.08
26	51	♀	♀	♀	4.68	3.41
(2). (2)'有意差なし					mean±S·D =5.0±2.03	mean±S·D =3.92±1.61

Patient	age	sex	Disease		before total amount	after total amount
№27	46才	♀	RA	運動浴	7.0 (mg/3hrs)	6.8 (mg/3hrs)
28	59	♀	♀	♀	4.3	3.2
29	28	♀	♀	♀	3.4	1.9
30	77	♀	♀	♀	2.9	2.8
31	49	♀	♀	♀	5.7	5.0
32	50	♀	♀	♀	15.0	4.9
33	49	♂	♀	♀	10.9	19.8
34	63	♀	MRA	♀	6.7	7.1
35	58	♀	RA	♀	4.4	2.1
36	49	♀	♀	♀	2.6	1.1
37	59	♀	♀	♀	8.3	4.7
38	50	♀	♀	♀	8.8	12.28
39	64	♀	♀	♀	15.31	11.94
40	69	♀	♀	♀	7.66	5.81
41	38	♀	♀	♀	9.44	5.8
42	51	♀	♀	♀	38.96	3.73
(3). (3)'有意差なし					ean±S·D =9.46±8.48	mean±S·D =6.19±4.68

Patient	age	sex	Disease		before total amount	after total amount
№43	63才	♀	RA	機能訓練	2.1 (mg/3hrs)	2.7 (mg/3hrs)
44	55	♀	♀	♀	2.6	4.2
45	63	♀	♀	♀	1.6	1.8
46	56	♀	♀	♀	2.4	2.9
47	53	♀	MRA	♀	2.7	2.2
48	51	♀	RA	♀	2.1	2.5
49	42	♀	MRA	♀	1.9	2.3
50	58	♀	RA	♀	2.04	2.89
51	23	♀	♀	♀	1.6	2.25
52	49	♀	♀	♀	9.85	1.51
53	59	♀	♀	♀	21.45	5.16
54	50	♀	♀	♀	11.31	9.03
55	51	♀	♀	♀	9.17	14.94
(4). (4)'有意差なし					mean±S·D =5.45±5.72	mean±S·D =4.18±3.64

表2 SLE患者におけるステロイドの温泉泥浴入浴前後の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす影響

patient	age	sex	disease	steroid	尿中ハイプロ排泄量(mg/3hrs)	
					前	後
No. 1	40	♀	SLE	プレドニゾン30mg	13.9	2.0
	2	♀	〃	〃 30mg	15.6	7.5
	3	♀	〃	〃 60mg	13.1	6.4
No. 1	40	♀	SLE	非投与	5.7	4.5
	2	♀	〃	〃	7.6	28.9
	3	♀	〃	〃	8.4	4.8

* P<0.05

**P<0.01

性別は男性2例、女性37例で、年齢は23才から77才まで平均52.3才であった。RAのStageはIが2例、IIが10例、IIIは11例、IVは14例、classはIが3例、IIが26例、IIIが10例であった。また5例は、厚生省特定疾患診断の手引きによる悪性関節リウマチに該当するものであった。一方、SLEは、アメリカリウマチ協会のSLE予備診断基準による確実例以上を対象とした。性別は全員女性で、年齢は平均38才であった。

方法：方法は従来の方法で行った。すなわち、当日は食事をせずに朝7時に排尿させ、その後10時まで蓄尿し、10時から10分ないし15分にわたって、温泉泥浴、運動浴、機能訓練、温水浴を割り当てに従って行ない、その後3時間蓄尿した。この間食事は与えなかった。温泉泥浴は19例に、運動浴は16例に、機能訓練は13例に、温水浴は7例に施行した。入浴時間は10分とし、機能訓練は15分間それぞれ各自好きな運動をおこなわせた。ここで温水浴とは、水道水をわかした通常の風呂のことである。蓄尿によって得られた尿は、尿量を正確に測定し、一部をもって尿中ハイプロ排泄量の測定に供した。尿中ハイプロ測定値は、Prockop-Udenfriend法をもちい、従来通り、1検体につき3重に実施し、その平均値を求め、それをその検体の値とした。今回、対象としたSLE3例は、ステロイドの尿中ハイプロ排泄量に及ぼす影響を検討する為に、ステロイドを検査前に投与した場合と、ステロイドを検査終了後に投与した場合にわけ、それぞれの尿中ハイプロ排泄量を測定した。尚、ステロイド投与方法はいずれもプレドニゾンにて30から50mgであり、入浴としては温泉泥浴を用いたが、以下のハイプロ測定法は従来通りに行った。

結果：

1) 各種温浴並びに機能訓練の尿中ハイプロ排泄に及ぼす影響。

温泉泥浴群では、19例中全例に浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を認めたが、その差は推計学的には有意ではなかった(図1、表1)。

運動浴群では16例中13例に浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を、3例に増加を認めたが、しかし、前後の平均値の差はやはり有意ではなかった(図2、表1)。

温水浴をおこなった群では7例中5例に浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を、残り2例には増加を認めたが、推計学的な有意差は認められなかった(図3、表1)。

一方、機能訓練群では、13例中9例に浴後の尿中ハイプロ排泄量の増加を認め、残り4例が減少を認めたが、この場合も推計学的な有意差は認められなかった(図4、表1)。

2) ステロイド剤の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす影響

SLE患者に対して行ったステロイド剤の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす検討では、ステロイド投与群は全例が、前値において高値を示し、温泉泥浴入浴後はそれが有意に低下した。これに対し非投与群は3例中2例が浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を示し、1例が増加したが、その差は推計学的には有意でなかった(図5、表2)。すなわち、このことから、ステロイド剤は投与後の尿中ハイプロ

排泄量を増加せしめることが推察されたが、その作用は長く続かないものと思われる。またステロイド剤を投与しなかったSLE例の成績から、RAだけでなくSLEにおいても、温泉泥浴後尿中ハイドロキプロリン排泄量は、減少するものが多いことが示された。

図1 RA患者の温泉泥浴入浴前後3時間の尿中ハイドロキプロリン排泄量

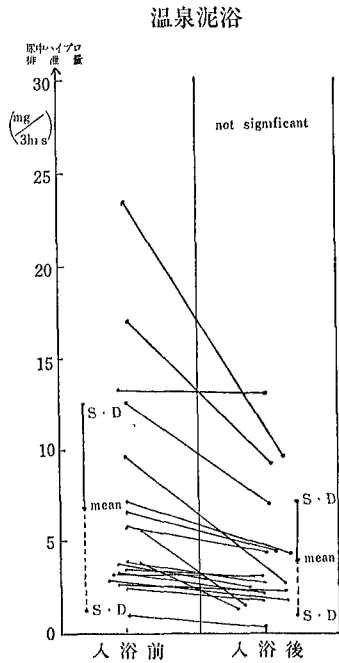


図2 RA患者の運動浴入浴前後3時間の尿中ハイドロキプロリン排泄量

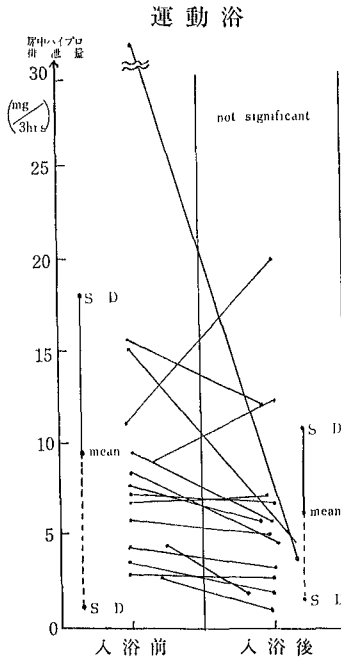


図3 RA患者の温水浴入浴前後3時間の尿中ハイドロキプロリン排泄量

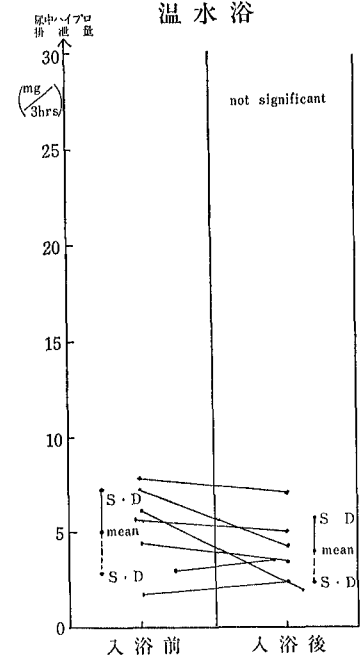


図4 RA患者の機能訓練前後3時間の尿中ハイドロキプロリン排泄量

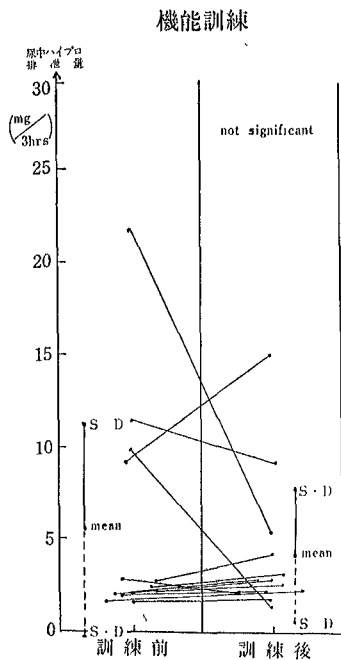
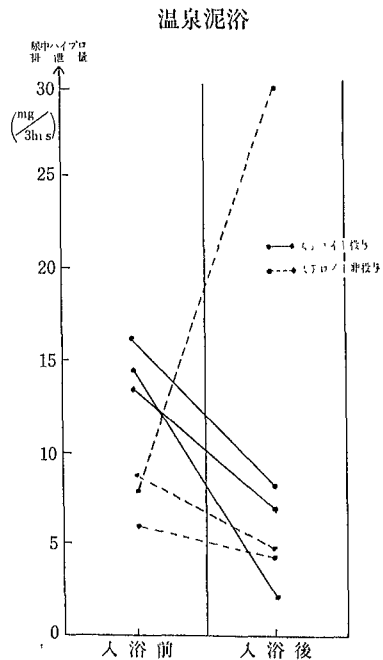


図5 SLE患者におけるステロイドの温泉泥浴入浴前後3時間の尿中ハイドロキプロリン排泄量に及ぼす影響



＜考 按＞

今回、症例を増やして泉浴のRAの結合織代謝に及ぼす影響を検討した結果、前回と同様の結果を得た。すなわち、温泉泥浴群、運動浴群では浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を認め、特に温泉泥浴群では、全体に減少を認めた。一方、機能訓練では、浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を認めたのは4例のみであり、むしろ、機能訓練によって尿中ハイプロは増加する傾向を示した。今回、新たに検討した温水浴群では、7例中5例に浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少を認めており、このことは、温熱自体が多少とも、コラーゲン代謝に影響を与えていることを示唆するものと思われた。更に、温泉泥浴において、全体に浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少をみたことは、温熱に加え、温泉のもつ種々の含有成分がコラーゲン代謝に、より強い影響を及ぼしている可能性がうかがわれた。機能訓練において、尿中ハイプロ排泄量が増加する傾向を示した理由は、前回と同様に、運動により、コラーゲン代謝が促進された結果、尿中ハイプロ増加につながったものと推測される。しかし、4例において逆に、尿中ハイプロ排泄量の減少を認めたが、これは症状の程度、運動量の程度、個体差などによることも考えられ、今後の検討が必要かと思われる。また運動浴群で、温泉泥浴群程、浴後の尿中ハイプロ排泄量の減少がみられなかった理由としてひとつは含有成分の差が考えられるが、他のひとつは、運動浴では、浴中にて機能訓練をすることが温泉泥浴群に比し尿中ハイプロ排泄量が減少しなかった理由かもしれない。ともかく、泉浴により尿中ハイプロ排泄量が減少することは、一般にRAにおいては、炎症の結果、尿中ハイプロ排泄量が増加するといわれていることから、RA患者にとって好ましいことと考えられた。

SLEを対象として行ったステロイド剤の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす影響の検討では、ステロイドを投与した場合、3例とも温泉泥浴前の尿中ハイプロ排泄量が高値を示し、それが泥浴後の3時間において、著明に減少したことより、ステロイド剤は投与直後の尿中ハイプロ排泄量を増加せしめることが推測された。そして泥浴後の3時間においてこれが、通常値にまで低下したことは、ステロイド剤の作用が、投与後3時間以降まで持続しないことを示唆するものと思われた。また、ステロイド剤非投与のSLEにおいても、温泉泥浴後、尿中ハイプロ排泄量が減少するものが多かったことより本症においても、RAと同様、温泉泥浴は尿中ハイプロ排泄を減少せしめるものと思われた。ただ、例数がわずかる例と少ないので、今後、更に症例を増やして検討していく必要があると思われる。

＜結 語＞

RA39例を対象とし、19例に温泉泥浴を、16例に運動浴を、13例に機能訓練を、7例に温水浴をおこなわせ、前後3時間の尿中ハイプロ排泄量を検討した。その結果、温泉泥浴群、運動浴群、温水浴群では浴後の尿中ハイプロ排泄量が減少する傾向を認めた。機能訓練群では逆に、尿中ハイプロ排泄量の増加傾向を認めた。泉浴はRAでは、コラーゲン代謝に対して抑制的に作用すると思われる結果が再確認された。

SLE3例を対象として行った、ステロイド剤の尿中ハイプロ排泄量に及ぼす検討では、ステロイド剤は投与直後の尿中ハイプロ排泄量を増加させることが推測された。またステロイド剤非投与の場合、RAと同様に温泉泥浴によって尿中ハイプロ排泄量は減少する傾向を示した。

参 考 文 献

- 1) 延永正・他：大分県温泉調査研究会報告書，28：80，1977
- 2) 阿南公展・他：大分県温泉調査研究会報告書，29：48，1978
- 3) Ropes, M. W. et al: Ann. Rheum. Dis. 18:49, 1959
- 4) 厚生省公衆衛生局難病対策課：特定疾患診断の手引き P. 18, 1975
- 5) Cohen, A. S. et al: Bull. Rheum. Dis 21:643, 1971

- 6) Prockop, D. J. et al : Anal. Biochem. 1 : 228, 1960
- 7) Smith, Q. T., et al : Acta Dermatovener (Stockholm) . 45 : 44, 1965

原爆被爆者の温泉療法（第11報）

別府原爆センター 八 田 秋
 九大温研社 秀 男

はじめに

昭和35年2月7日に開所、昭和46年4月に改築再出発し、昭和53年度をもって18年をけみした。関係各方面の温かいご援助と、職員の一丸となった献身的な努力に支えられて、53年度には、改築直後の年間最高利用数をしのぎ、これまでの最高の成績を挙げたことを深く感謝するものである。

利用者概況

昭和53年4月から、昭和54年3月までの1年間の人所者は、表Ⅰ、Ⅱの如く、利用者実数は4208名、これを月別にみると、月間300名を切つたのは6、7月のみであり、多かったのは、月間400名を数えた5、10、1月で、最高は5月の476名であった。

利用者延数からみると、総数21,119名、平均1日58.43名、利用率は81.15%で、2月の平均1日72.9名（利用率101.25%）

表Ⅰ 利用者男女別年令表年令

月別	年令	<30才	31~40	40~45	46~50	51~55	56~60	61~65	66~70	71<	計
4	男女	2 2	2 2	1 3	4 4	3 11	6 23	10 36	27 59	74 78	129 218
	男女	3 2	3 8	2 3	8 8	6 24	14 19	26 44	39 73	88 106	189 287
5	男女	1 2	1 2	0 0	1 1	1 8	2 16	4 29	13 33	46 89	69 180
	男女	5 6	1 3	1 4	5 5	2 12	7 17	11 20	15 36	38 52	85 155
6	男女	20 37	15 20	6 16	7 7	15 18	5 20	14 19	19 28	37 36	138 201
	男女	0 5	1 3	0 3	4 11	2 18	9 20	21 37	19 52	68 62	124 211
7	男女	1 1	1 1	1 2	1 2	3 14	6 32	22 45	34 57	76 116	145 270
	男女	0 0	1 0	0 2	1 6	2 21	9 27	25 43	34 59	73 68	145 226
8	男女	6 11	3 5	1 7	3 4	5 15	8 27	20 41	22 43	53 55	121 208
	男女	6 9	4 4	2 6	0 3	5 16	7 29	31 39	33 64	53 93	141 263
9	男女	0 0	0 0	0 0	5 3	7 11	8 36	25 40	27 59	61 52	133 201
	男女	5 2	2 3	2 0	6 6	6 14	13 13	9 40	25 52	71 100	139 230
10	男女	49 77	34 51	16 46	45 60	57 182	94 279	218 453	307 615	738 907	1,558 2,650
	合計										4,208

が最高であった。
 年間利用者の年令別、男女別状況（表Ⅰ）は61才<が全数の3/4を占めたが、30才>の若年者も126を数えた。
 男女比では、本年度も3：5強で女性が多かった。

表Ⅱ 利用者数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均日延数
4	347	1,929	64.3
5	476	1,838	59.3
6	249	1,664	55.5
7	240	1,022	32.9
8	339	1,228	39.6
9	335	1,748	58.3
10	415	1,994	64.3
11	371	2,051	68.4
12	329	1,436	51.3
1	404	2,221	71.6
2	334	2,041	72.9
3	369	1,947	62.8
合計	4,208	21,119	58.43

た。

温療期間を滞在日数から見ると(表Ⅲ)、3日>が1,727名(41.04%)、4~6日が1,410名(33.50%)、7日<が1071名(25.45%)で、7日<が前年度より120名少なかった。

診療例は本年度は307例を算えた(表Ⅳ)、これらの療例中、年間入所4回が1名、3回が3名、2回が16例あるが、再録されていない。

これを疾患別にみると、表Ⅴの如く、急性胃腸炎、感冒性疾患、湯中り、レ線宿酔など一過性急性のものを除くと、85種類、573疾患である。被爆者は加齢とともに、多くは2種類以上の疾患をもっている。

最多例は、例年同様高血圧症94例で、次いで心疾患50例、膝関節炎45例、糖尿病36例(うち9例は腎性糖尿病)、変形性脊椎症33例、骨折后25例、軟骨ヘルニア21例、脊椎分離、すべり症20例、肝炎19例、便秘症18例、低血圧症16例、片マ、下半マヒ13例など、ほぼ例年と類似の傾向を示したが、なお貧血症8例白血球数異常3例など血液疾患が少数に見られた。

表Ⅲ 温療期間

温療日数	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	計
4	111	94	138	4	347
5	330	91	51	4	476
6	49	82	98	20	249
7	124	71	38	7	240
8	209	67	61	2	339
9	129	70	132	4	335
10	210	151	42	12	415
11	83	243	43	2	371
12	153	133	39	4	329
1	123	179	96	6	404
2	94	82	146	12	334
3	112	147	105	5	369
計	1,727	1,410	989	82	4,208

表Ⅳ 診療症例 昭和53年度

№	年月	姓	性	年	病名	滞在日数	治療法	転帰	備考
1	53.4	今	♂	81	低血圧症、慢性気管支炎	9	糖液、VB ₁ C、昇圧剤、ベレルガール	軽快	km 1.5±
2		今	♀	72	高血圧症、心筋症、肝炎、痒疹、腰痛	9	ぬるま湯、安臥、糖液、VB ₁ C、強肝剤、展伸	〃	入市
3		永	♀	68	高血圧症、心肥大、軟骨ヘルニア術后	9	展伸、VB ₁	〃	〃
4		佃	♀	54	左上下肢血行障害	4	サークレチン、VE	〃	〃
5		岡	♀	67	高血圧症、咽頭炎	8	鎮痛剤	〃	4.1+
6		石	♂	74	弁膜症	8	強心剤	〃	入市
7		福	♀	65	高血圧症、腰痛症、両膝関節炎	8	降圧剤	〃	4.1
8		岡	♂	72	心筋症、変形性腰椎症(Lv)	11	マイクロ、VB ₁ 、リハビリ	〃	3.0+
9		石	♀	70	高血圧症	10	安定剤	〃	2.0
10		梅	♂	80	痛風症、便秘症	11	抗痛風剤、緩下剤、マイクロ	〃	入市
11		梅	♀	74	高血圧症、変形性腰椎症、不眠症	11	展伸、VB ₁ 、しっぶ剤、睡眠剤	〃	〃
12		道	♀	73	慢性腎炎	11	利尿剤	〃	2.0
13		岡	♂	79	右膝関節炎、慢性便秘症	7	マイクロ、緩下剤	〃	1.5
14		平	♂	70	腰椎すべり症(Lv)、咽頭炎	4	感冒・抗生剤	〃	入市
15		坪	♀	67	冠不全、高血圧症、腰痛すべり症(Lv)	8	展伸、VB ₁	〃	3.0-
16		藤	♂	74	白血球増多症、気管支拡張症	15	祛痰・抗生剤	〃	2.7-
17		石	♂	66	慢性肝炎、腰痛症	15	展伸、マイクロ、VB ₁	〃	入市
18		板	♀	66	高血圧症、気管支喘息	8	降圧剤、抗喘息剤	〃	4.0-
19		中	♀	71	高血圧症、動脈硬化症、両下腿浮腫	8	ぬるま湯、安臥、VB ₁ 、しっぶ、降圧剤、ベノスタジン	〃	1.5+

20	加	♂	73	低血圧症、下眠症	10	糖液、VB ₁ C、渦流浴	♯	2.0+
21	山	♂	54	胃術后、高血圧症、腎炎、糖尿病、不眠症	8	利尿剤、強肝剤、泡気浴、薬浴	♯	1.8±
22	梅	♀	69	両膝関節炎、変形性腰椎症、全すべり症(L _{IV})	13	マイクロ、VB ₁ 、展伸	♯	入市
23	石	♀	81	高血圧症、陳旧性腰椎骨折(L _I)	13	マイクロ、降圧剤、VB ₁	♯	入市
24	北	♀	77	高血圧症、変形性腰椎症(L _{III.V})	20	VB ₁ 、マイクロ、しっぶ	♯	♯
25	5 木	♀	63	両膝関節炎、左手指神経炎、変形性腰椎症(L _V)、移動性長S字結腸症	16	展伸、緩下剤	♯	♯
26	増	♂	54	軟骨ヘルニア、十二指腸潰瘍	4	展伸、VB ₁ 、しっぶ、抗潰瘍剤	♯	♯
27	増	♀	48	慢性肺炎、右肩関節炎	4	マイクロ、しっぶ、強肝剤、VB ₁	♯	3.0
28	曾	♀	73	高血圧性心肥大症	7	ぬるま湯、安臥	♯	入市
29	高	♂	87	便秘症	10	低周波	♯	♯
30	高	♀	78	軟骨ヘルニア、左気胸后、亜急性腸炎	10	止痢剤	♯	♯
31	高	♀	55	亜急性扁桃腺炎	10	感冒・抗生剤	♯	♯
32	井	♂	82	左片マ、前立腺肥大、胃潰瘍、不整脈	7		不変	♯
33	湯	♂	66	高血圧性心肥大	6	ぬるま湯、安臥	軽快	3.0-
34	安	♀	79	高血圧症、両膝関節炎	8	ぬるま湯、安臥、ザルプロ糖、マイクロ、しっぶ	♯	2.0±
35	井	♂	85	変形性腰椎症、不全外痔瘻	10	マイクロ、坐浴	♯	入市
36	桑	♂	65	右膝関節炎、気管支喘息	7	ザルプロ糖、マイクロ、抗喘息剤	♯	4.0+
37	山	♀	70	右項筋痛症	11	マイクロ、VB ₁	♯	1.1±
38	西	♀	64	関節ロイマ、腰痛症、感冒	11	感冒・抗生剤、マイクロ	♯	3.0+
39	作	♀	59	出血素因、甲状腺機能低下症、糖尿病、膀胱炎	11	マイクロ、抗生剤	♯	入市
40	松	♀	70	腰椎すべり症、右頸腕症候群	11	展伸、VB ₁	♯	2.0+
41	清	♀	72	高血圧症、気管支炎	6	ぬるま湯、安臥、降圧剤、感冒・抗生剤	♯	入市
42	竹	♀	54	右変形性股関節炎、変形性腰椎症(L _V)	6	展伸、マイクロ	♯	3.0±
43	竹	♂	60	高血圧症、変形性腰椎症	6	展伸、VB ₁	♯	3.0+
44	西	♀	75	糖尿病、左膝関節炎、右肩関節炎	16	ラスチノン、VB ₁ C、マイクロ	♯	4.0+
45	山	♂	65	高血圧症、心肥大、慢性肝・腎炎、腎性糖尿病	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、糖液、VB ₁ C	♯	入市
46	樋	♀	67	高血圧症、肝炎、糖尿病	7	ぬるま湯、安臥、降圧剤、強肝剤、ラスチノン	♯	入市
47	屋	♂	80	高血圧症、不整脈	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤	♯	1.5-
48	蔵	♀	62	肝炎	8	糖液、VB ₁ C	♯	3.0-
49	高	♀	69	糖尿病	8			3.0+
50	渡	♀	70	高血圧症、左膝関節炎	8	降圧剤、ぬるま湯、安臥、VB ₁	♯	3.0
51	6 野	♀	80	高血圧性心障害、慢性腎炎、右頸動脈瘤、慢性腎炎	9	ぬるま湯、安臥、マイクロ、降圧・利尿剤	♯	入市
52	樞	♀	80	右片マ、心筋症	9	VB ₁ 、強心剤、消化剤	♯	かんど
53	竹	♂	80	高血圧症、糖尿病、変形性腰椎症	9	ぬるま湯、安臥、展伸、強心・利尿剤	♯	入市
54	谷	♀	68	高血圧症、咽頭炎	4	降圧剤、感冒・抗生剤	♯	2.0+
55	福	♀	69	高血圧症、メニエール病	14	ぬるま湯、安臥、糖液、VB ₁ C、メリスロン	♯	2.0
56	重	♀	74	両膝関節炎	7	マイクロ	♯	1.5
57	福	♂	74	高血圧症	14	ぬるま湯、安臥、降圧剤、健胃剤	♯	入市

58	波	♂	72	軟骨ヘルニア	7	展伸、VB ₁	♣	入市
59	本	♀	71	両膝関節炎	9	マイクロ、ザルプロ糖液、しっぶ	♣	2.0
60	井	♂	76	急性胃炎	7	鎮痛剤、健胃剤	全治	1.0±
61	岡	♂	74	動脈硬化症、下半身マヒ	6	リハビリ	不変	入市
62	永	♀	58	心手術后、胆嚢炎、左下顎関節炎	5	マイクロ、VB ₁ C、消炎剤、アミ サリン	軽快	
63	土	♀	61	高血圧性心肥大、変形性腰椎症 (L _{II}) 右足関節捻挫	16	ぬるま湯、安臥、降圧剤、マイク ロ	♣	3.0
64	馬	♀	59	糖尿病性神経炎、左項筋痛	16	薬浴、VB ₁ C、マイクロ	♣	3.0
65	上	♂	81	不整脈、便秘症	10	VE、同化ホルモン、緩下剤、糖 液、VB ₁ C	♣	2.0-
66	上	♀	81	陳久性腰椎骨折(L _V)	10	VB ₁ C、鎮痛剤、マイクロ	♣	2.0-
67	斧	♂	79	軟骨ヘルニア	9	展伸、VB ₁ 、鎮痛剤	♣	1.5
68	藤	♀	70	右膝関節炎、心肥大	11	半浴、強心剤、ザルプロ糖液、し っぶ	♣	3.0
69	長	♀	50	肝腫大、白血球減少症、便秘症	11	緩下剤	♣	2.5-
70	新	♀	68	両膝関節炎、頸腕症候群(右)、便秘 症	22	マイクロ、しっぶ、緩下剤	♣	入市
71	伊	♂	72	肝炎、右腕関節ロイマ	18	ザルプロ糖液、マイクロ、しっぶ	♣	入市
72	道	♂	72	動脈硬化症、変形性頸腰椎症	11	展伸、VB ₁ 、降圧剤	♣	1.0
73	熊	♀	72	陳久性胸椎骨折障害(D _{VI}) 胃潰瘍疑 慢性気管支炎、左膝関節炎、便秘症	11	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、消炎剤 抗潰瘍剤	♣	4.1+
74	田	♂	81	狭心症、右背筋痛	17	半浴、マイクロ	♣	2.0+
75	本	♀	68	気管支拡張症疑、右膝関節炎	11	マイクロ、VB ₁ 、しっぶ、ザルプ ロ糖液、アブラクタン	♣	2.0
76	清	♀	63	高血圧症、感冒	11	ぬるま湯、安臥、感冒・抗生剤	♣	2.0-
77	古	♀	81	慢性腎炎	11	利尿剤	♣	2.0-
78	広	♀	64	腰椎分離症(右L _{IV})、急性胃腸炎	11	伸展、VB ₁ 、マイクロ、しっぶ、 止痢剤	♣	1.0-
79	高	♀	65	レ線宿酔、乳がん術后痛、軟骨ヘル ニア	11	展伸、糖液、VB ₁ C、マイクロ	♣	1.0+
80	末	♀	65	高血圧症、両変形性股関節炎、湯中 り症	11	降圧剤、しっぶ、コルチコイド	♣	2.0
81	吉	♂	76	糖尿病、右肩関節炎、便秘症	14	薬浴、マイクロ、緩下剤	♣	入市
82	加	♀	76	腰痛、便秘症、オステオポローゼ	17	マイクロ、鎮痛剤、しっぶ、緩下 剤	♣	入市
83	岡	♀	79	乳房手術后右腕浮腫	14	ベノスタジン	♣	入市
84	木	♀	80	左肩関節周囲炎、動脈硬化症、めま い	17	マイクロ、VB ₁ 、しっぶ、鎮痛剤	♣	入市
85	煙	♀	63	アンギーナ	7	感冒・抗生剤、鎮咳剤	全治	3.0+
86	向	♀	71	亜急性胃炎	12	健胃・鎮痙剤	♣	入市
87	上	♀	77	陳久性腰椎骨折(L _{IV})	17	展伸、マイクロ、VB ₁	軽快	
88	炭	♂	82	陳久性従隔膜炎	15	半浴	♣	1.0+
89	新	♂	68	高血圧症、慢性便秘症	22	降圧剤、緩下剤	♣	入市
90	野	♂	80	高血圧症、気管支拡張疑	10	ぬるま湯、安臥、降圧剤	♣	入市
91	野	♀	72	右頸腕症候群	10	マイクロ、VB ₁	♣	入市
92	木	♀	81	高血圧症	11	ぬるま湯、安臥	♣	2.0±
93	岡	♀	59	腰痛、右肩・右足関節炎	10	マイクロ、ザルプロ糖液	♣	入市
94	7 福	♀	81	糖尿病、軟骨ヘルニア	11	展伸	♣	2.0±
95	山	♀	78	低血圧症、頭痛、慢性胃炎	11	健胃剤	♣	4.0-

96	三	♂	63	腰椎すべり症(L _{III-IV})	10	展伸、マイクロ、VB ₁	◇	4.1-	
97	今	♀	72	軟骨ヘルニア	11	展伸	◇	入市	
98	西	♂	73	高血圧症、左片マ	8	リハビリ、VB ₁ 、降圧剤	不変	4.0+	
99	松	♀	80	高血圧症、外傷性胸椎変形(D _{VII-VIII})	16	マイクロ、VB ₁ 、鎮痛剤	軽快	3.0±	
100	中	♀	79	高血圧症、腰椎すべり症(L _{IV})	15	ぬるま湯、安臥、展伸、マイクロ VB ₁ 、降圧・利尿剤	◇	3.0+	
101	石	♀	70	外傷性頸椎変形、両下腿浮腫	15	展伸、マイクロ、しっぶ、ベノス タジン、緩下剤	◇	2.5+	
102	齊	♀	67	高血圧症、変形性腰椎症、左撓骨骨折後	13	ぬるま湯、安臥、降圧・利尿剤	◇	2.0	
103	平	♀	65	高血圧症、右肩関節炎	10	マイクロ、VB ₁ 、しっぶ、降圧剤	◇	2.0±	
104	田	♀	72	左肩関節炎	10	マイクロ、VB ₁ 、しっぶ	◇	入市	
105	橋	♀	65	低血圧症	5	VB ₁ 、トレステン	◇	3.0+	
106	高	♀	64	右膝関節炎	15	マイクロ、ザルプロ糖液、しっぶ	◇	入市	
107	植	♀	70	高血圧症、腰椎すべり症	8	ぬるま湯、安臥、展伸、降圧・利 尿剤	◇	4.0 長崎	
108	山	♂	58	本態性高血圧症、胃炎、両頸腕症候群	14	半浴、強心剤、マイクロ	◇	1.0	
109	鳥	♂	66	低血圧症、常習下痢、右項筋痛	14	糖液、VB ₁ C、マイクロ、鎮痛剤	◇	入市	
110	松	♀	51	胃潰瘍、自律神経失調症	25	糖液、VB ₁ C、VE、マイクロ、 飲泉	◇	2.5+	
111	青	♂	72	腰痛すべり症、胸椎圧迫骨折(D _{XI}) 便秘症	20	マイクロ、VB ₁ 、緩下剤	◇	1.0±	
112	洲	♂	62	咽頭炎	4	感冒・抗生剤	全治	3.0+	
113	富	♂	46	左片マ	3	リハビリ、VB ₁ 、低周波(脊髄通 電)	転院	2.0-	
114	竹	♀	77	両膝変形関節炎、高血圧症、心筋症	11	ぬるま湯、半浴、降圧・利尿剤、 強心剤、しっぶ	軽快	入市	
115	難	♀	76	高血圧症、両側膝関節炎兼内障害	11	マイクロ、VB ₁ 、しっぶ、降圧剤	◇	入市	
116	道	♂	70	咽頭炎	3	感冒剤	◇	1.5+	
117	道	♀	63	高血圧症、肝炎	3	ぬるま湯、安臥	◇	1.5+	
118	隅	♀	68	高血圧症	3	ぬるま湯、安臥	◇	入市	
119	浜	♂	73	高血圧症	3	ぬるま湯、安臥、降圧剤	◇	1.5±	
120	浜	♀	68	腰椎すべり症(L _{III-IV})	3		◇	1.5+	
121	築	♀	61	メニエール病、慢性便秘症	5	糖液、VB ₁ C、ガスコン	◇	2.0+	
122	中	♀	70	動脈硬化症、右肩関節炎、心肥大	11	マイクロ、VB ₁ 、アーテン	◇	入市	
123	三	♀	64	右中指関節炎、右足背ガングリオン	8	マイクロ、抗痛風剤、コルチコイ ド注入	◇	4.0+	
124	橋	♀	49	変形性頸椎症、右撓骨神経炎	8	VB ₁ 、低周波	◇	入市	
125	荒	♀	69	XII胸椎骨折后、変形性腰椎症、軟骨 ヘルニア	10	展伸、VB ₁ 、マイクロ	◇	2.0-	
126	川	♀	66	多発関節ロイマ	9	ザルプロ糖液、しっぶ	◇	入市	
127	秋	♀	56	陳旧性肺浸潤、貧血症、常習下痢	9	糖液、VB ₁ C	◇	4.0-	
128	亀	♀	71	左膝・足根関節炎	5	VB ₁ 、マイクロ、しっぶ	◇	2.0±	
129	8	堀	♀	58	低血圧症、膀胱炎	11	抗生剤	◇	4.1
130	己	♀	78	心肥大、両膝関節炎、腰椎すべり症 (L _{IV-V})	10	ぬるま湯、安臥、VB ₁ 、マイクロ しっぶ	◇	1.8-	
131	山	♀	72	高血圧症、左足関節炎	7	ぬるま湯、安臥、降圧剤、マイク ロ、しっぶ	◇	2.0+	
132	田	♀	69	右片マ、胃術后、高血圧症、変形性 腰椎症	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、利尿剤 VB ₁	◇	2.3+	
133	小	♂	67	高血圧症、心筋硬塞后、咽頭炎	6	半浴、降圧剤、強心剤、VB ₁ E、 トローチ	◇	2.0+	

134	小	♀	71	高血圧性心肥大	6	降圧・利尿剤、VB ₁ E	◇	2.0+
135	大	♂	64	肝炎、左坐骨神経痛	5	VB ₁ 、マイクロ	◇	3.0+
136	大	♀	63	貧血性、腰椎分離症(右L _{III-IV})、右肩関節炎	5	造血剤、VB ₁ 、マイクロ	◇	3.0+
137	伊	♀	41	肝炎、白血球減少症	4	糖液、VB ₁ 、VC	◇	入市
138	佐	♂	61	軟骨ヘルニア	9	展伸、VB ₁ 、マイクロ	◇	2.0
139	後	♀	51	胃術后、心肥大、項筋痛	15	半浴、VB ₁ 、マイクロ、VC、しっぶ	◇	入市
140	井	♀	80	気管支拡張疑	9	半浴、強心剤、VB ₁ E	◇	1.5-
141	茸	♀	72	高血圧性心肥大、右変形性膝関節炎	20	降圧剤、利尿剤、VB ₁ CE	◇	2.5+
142	光	♀	67	急性気管支炎	8	感冒・抗生剤	全治	4.0-
143	沢	♂	48	開頭術后頭痛、亜急性肝炎	36	糖液、VB ₁ C、強肝剤、抗うつ剤	軽快	入市
144	大	♂	52	癒痕性十二指腸、総輸胆管狭窄術后慢性肝炎	5	糖液、VB ₁ C	◇	4.0+
145	府	♂	69	左膝関節内障害	14	ザルプロ糖液、鎮痛剤、マイクロ	◇	1.5-
146	湯	♂	85	不整脈、慢性気管支炎、食道痙攣	3	抗生剤、アミサリン	◇	2.0+
147	9 川	♂	69	高血圧症、右横隔膜マヒ、糖尿病	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、VE	◇	2.0±
148	氏	♀	81	糖尿病、亜急性気管支炎	8	感冒・抗生剤	◇	2.3+
149	原	♀	68	高血圧症、急性気管支炎	8	ぬるま湯、安臥、感冒・抗生剤	◇	1.7±
150	上	♀	78	心肥大、両肩関節炎、変形性頸椎症	11	展伸、VB ₁ 、マイクロ、しっぶ	◇	黒雨
151	庄	♀	73	高血圧症、変形性腰椎症(L _{IV})	11	展伸、VB ₁ 、マイクロ	◇	◇
152	服	♂	88	高血圧性心肥大、慢性腎炎、変形性腰椎症(L _{II-III})	11	ぬるま湯、安臥	◇	◇
153	石	♀	80	不眠症	11		◇	
154	川	♀	64	肝炎	11		不変	入市
155	宮	♀	71	腰痛症	11	展伸	軽快	
156	大	♂	45	腰痛症	6	展伸	◇	1.3
157	佐	♀	61	変形性腰椎症、左膝関節炎	10	展伸、VB ₁	◇	2.0
158	川	♂	75	左片マ、便秘症	7	VB ₁ 、緩下剤	不変	入市
159	平	♂	58	両側腎石症、糖尿病	8	薬浴、マイクロ	軽快	3.0±
160	木	♀	67	高血圧症、気管支喘息、肝炎、軟骨ヘルニア、両側膝関節炎	8	ぬるま湯、安臥、マイクロ、スメルモン	◇	2.0+
161	横	♂	70	高血圧症、腎炎、右片マ	8	降圧剤、VB ₁ 、脊髄通電	◇	入市
162	倉	♂	60	慢性肝炎	8	糖液、VB ₁ C	◇	3.-0
163	縄	♀	81	左膝関節炎、腰椎骨折后、甲状腺術后	10	ザルプロ糖液、マイクロ、しっぶ	◇	入市
164	口	♀	81	変形性腰椎症、腰椎すべり症(L _{III-IV})	10	展伸、VB ₁ 、鎮痛剤	◇	入市
165	上	♂	80	不整脈、大腸炎	8	止痢・抗生剤、糖液、VB ₁ C	全治	4.0-
166	岸	♀	69	高血圧性心肥大、IX胸椎骨折后、項筋痛	13	展伸、マイクロ	軽快	1.8-
167	森	♂	70	糖尿病(腎性)	6			入市
168	権	♂	88	痒疹、慢性気管支炎、XII胸椎骨折術后	10	アタラックスP、オイラゾーン軟膏	軽快	入市
169	有	♀	56	両下腿浮腫、慢性腎炎、不眠症	9	VB ₁ 、ボミカエキス、気泡浴	◇	入市
170	土	♂	58	左頸部癒痕潰瘍、陳久性肋膜炎	9	ソルコザルベ	◇	1.0+
171	門	♀	53	陳久性縦隔肋膜炎、肺門リンパ腺腫脹	3	鎮咳剤	◇	0.9+

172	10	遠	♀	69	じんま疹、突発性頻脈症	13	ハイスタミン	〃	
173		藤	♀	76	高血圧症	7	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	2.3-
174		楠	♂	82	変形性腰椎症	7	鎮痛剤、VB ₁ 、マイクロ	〃	1.7-
175		上	♀	78	陳久性腰椎骨折(LIV、V)軟骨ヘルニア、膀胱結石	7	展伸、VB ₁	〃	1.0+
176		白	♀	52	甲状腺肥大、軟骨ヘルニア、咽頭炎	7	展伸、VB ₁ 、気泡浴	〃	入市 長崎
177		李	♂	48	肝炎、腎性糖尿、不整脈、幽門狭窄疑	6	健胃・鎮痙剤	〃	2.0±
178		児	♀	62	気管支拡張疑、膀胱炎	10	祛痰・鎮咳剤、抗生剤	〃	入市
179		立	♂	85	高血圧、心筋症、糖尿病、慢性腎炎 両下肢半マ	18	薬浴、気泡浴、利尿剤、ラスチノ ン	〃	1.0±
180		中	♀	72	上気道炎	11	感冒・鎮咳剤、トローチ	〃	1.5+
181		長	♂	79	高血圧症、糖尿病	15	ぬるま湯、安臥	〃	2.5+
182		梶	♂	67	糖尿病、感冒	4	感冒・抗生剤、鎮咳剤	〃	入市
183	11	西	♀	77	両膝関節炎、陳久性腰椎骨折(LI、V) 急性腸炎	10	止痢・抗生剤、鎮痛剤、マイクロ しゅぶ、ザルプロ糖液	〃	入市
184		中	♀	69	高血圧症、慢性胃炎、膀胱炎	10	抗生剤、健胃剤	〃	2.8-
185		渡	♀	68	带状疱疹(腰部)	8	リンデロン、カナマイ軟膏	〃	2.0+
186		増	♀	76	右頸動脈瘤	8		不変	1.1+
187		福	♂	76	特発性心筋症、不整脈	4	強心剤	〃	入市
188		新	♂	81	慢性胃炎	7	健胃剤	軽快	入市
189		菊	♀	49	特発性心筋症	7	半浴・ぬるま湯	不変	入市
190		藤	♀	52	慢性胃炎、低血圧症、不眠症	7	糖液、VB ₁ C、睡眠剤	軽快	2.0±
191		上	♀	53	咽頭炎	7	感冒・抗生剤、下熱剤	〃	入市
192		石	♂	79	慢性肝炎、腎炎	11	ベノスタジン	〃	2.5+
193		石	♀	70	右片マ、急性胃腸炎	11	VB ₁ 、リハビリ、アブラクトン、 抗生・止痢剤	〃	
194		貞	♂	64	慢性扁桃腺炎	7	抗生剤、うがい剤、トローチ	〃	入市
195		中	♀	70	右膝関節炎、不眠症	14	ザルプロ糖液、VB ₁ C、マイクロ 睡眠剤	〃	入市
196		崎	♂	59	高血圧症、右肩・膝関節炎、慢性便秘 症	10	VB ₁ 、マイクロ、緩下剤	〃	4.0-
197		崎	♀	54	子宮手術后、排尿困難、便秘症	10	緩下剤	〃	入市
198		石	♂	61	両膝関節炎	6	鎮痛剤、ザルプロ糖液、マイクロ	〃	入市
199		鈴	♂	82	上気道炎	6	感冒・抗生剤、鎮咳剤	〃	入市
200		大	♂	76	左半マ	6	VB ₁	〃	入市
201		大	♀	74	高血圧症、胃潰瘍疑	6	ぬるま湯、安臥、抗潰瘍剤	〃	2.0±
202		中	♀	82	高血圧症、右足・足根関節捻挫	10	降圧剤、鎮痛剤、マイクロ、しゅぶ	〃	
203		江	♂	72	三尖弁狭窄、血痰	4	祛痰・止血剤、強心剤	〃	入市
204		栗	♀	66	糖尿病	6	安定剤	不変	入市
205		浜	♀	51	アンギーナ	6		軽快	2.5
206		厚	♂	61	感冒	8		〃	入市
207	12	井	♀	75	高血圧症、両膝関節炎(ロイマ)	7	ぬるま湯、安臥、ザルプロ糖液、 マイクロ、降圧剤、鎮痛剤、しゅぶ	〃	
208		下	♀	72	高血圧症、胸椎VII圧迫骨折后、気管 支炎	10	ぬるま湯、安臥、イクロ、降圧・ 利尿剤	〃	かんど
209		増	♂	79	高血圧症、胸椎XII圧迫骨折后、変形 性腰椎症	7	ぬるま湯、安臥、VB ₁ 、展伸、マ イクロ、しゅぶ	〃	入市

210	山	♂	67	冠不全	7	VE、VB ₁	〃	1.0±
211	藤	♂	70	高血圧性心肥大	7	ぬるま湯、安臥、VB ₁	〃	入市
212	新	♂	79	右漆性肋膜炎	11	ザルプロ糖液、利尿剤、穿刺	転医	
213	福	♀	78	高血圧性心障害、右膝関節炎、腰椎(L _I)骨折后、糖尿病	14	VB ₁ C、強心剤、マイクロ、抗糖尿剤、薬浴	軽快	入市
214	稲	♀	75	低血圧症、軟骨ヘルニア疑	7	展伸、VB ₁	〃	
215	河	♀	74	高血圧症	7	ぬるま湯、安臥、降圧・利尿剤	〃	
216	今	♀	69	左上膊骨折后	11	マイクロ	〃	入市
217	香	♀	68	低血圧症、メニエール氏病	12	糖液、VB ₁ C	〃	入市
218	原	♀	64	感冒、高血圧症、糖尿病	8	感冒剤、VB ₁	〃	入市
219	藤	♀	62	心肥大、低血圧症、腰椎半脱臼(L _{III} 、IV)	7	糖液、VB ₁ C	〃	1.2+
220	森	♀	66	亜急性胃炎	8	健胃・鎮座剤	全治	3.0+
221	藤	♀	72	胃潰瘍、咽頭炎	10	感冒・抗生剤、抗潰瘍剤	軽快	3.0-
222	中	♂	75	低血圧症	6	糖液、VB ₁ C	〃	入市
223	清	♀	52	再生不良性貧血、胃潰瘍疑	3	糖液、VB ₁ C、抗潰瘍剤	〃	2.5+
224	54.1 堀	♂	67	高血圧症、糖尿病、肝便変症疑	7	ぬるま湯、安臥、降圧・利尿剤	〃	入市
225	藤	♂	67	胃潰瘍、肝炎疑	7		〃	〃
226	三	♂	71	高血圧症、不整脈	7		〃	〃
227	岡	♂	60	気管支拡張症疑	7		〃	〃
228	有	♂	58	左肺摘出術后、右項筋痛	7	マイクロ	〃	1.5+
229	桑	♂	75	高血圧症、右片マ	13	降圧剤	〃	入市
230	藤	♀	68	右腎石症、膀胱結石、便秘症	8	緩下剤	〃	0.8+
231	大	♂	77	糖尿病	14	薬浴	〃	入市
232	西	♂	81	指趾知覚鈍マ	14	VE、マイクロ	〃	かんど
233	西	♀	75	慢性便秘症	14	緩下剤	〃	かんど
234	黒	♀	77	高血圧症、糖尿病、左膝関節炎、腰椎すべり症(L _{IV} 、V)	10	ぬるま湯、マイクロ、ザルプロ糖液、しっぶ	〃	1.6±
235	住	♀	63	上気道炎	8	感冒・抗生剤、鎮咳剤	〃	入市
236	横	♀	76	腰椎すべり症、右膝関節炎、上気道炎	11	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁ 、感冒・抗生剤	〃	入市
237	竹	♀	78	高血圧症、変形性腰椎症、項筋痛、ウイルソンブロック	11	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁ 、強心剤	〃	〃
238	西	♀	74	高血圧症、変形性腰椎症、両膝関節炎、アレルギー性皮膚炎	11	マイクロ、抗ヒスタミン剤	〃	1.3+
239	西	♂	65	右膝関節炎兼不完全強直	11	マイクロ、ザルプロ糖液、しっぶ	〃	4.1+
240	西	♀	61	第IX胸椎陳久性骨折、両膝関節炎	11	腰椎展伸、マイクロ、ザルプロ糖液、VE	〃	3.0-
241	木	♀	66	心肥大、腰椎すべり症(L _{II-III})咽頭炎、皮膚炎	12	マイクロ、強心剤、抗生剤、抗アレルギー剤、鶴寿泉(週2回)	〃	1.4+
242	馬	♀	66	変形性頸椎症(C _{III-IV})胃潰瘍疑	5	抗潰瘍剤	〃	入市
243	橘	♀	67	低血圧症、両膝関節炎、感冒	11	マイクロ、ザルプロ糖液、感冒・抗生剤	〃	かんど
244	寺	♀	73	両胫骨右上膊骨折、右肋(VI、VII、VIII)骨折后、呼吸困難(右横隔膜マヒ)	11		〃	入市
245	久	♀	56	変形性頸椎症、腰痛	13	頸椎展伸、マイクロ、VB ₁	〃	〃
246	久	♀	55	糖尿病、不眠症	11	気泡・薬浴	〃	〃
247	大	♀	66	咽頭炎	6	感冒・抗生剤、うがい、トローチ	〃	2.3+

248	中	♀	62	軟骨ヘルニア(L _V -S _I)	10	腰椎展伸	〃	かんど	
249	中	♀	66	右膝変形性関節炎、腰痛症	10	マイクロ、VB ₁	〃	〃	
250	大	♂	69	軟骨ヘルニア疑、自律神経失調症	10	マイクロ	〃	入市	
251	小	♂	81	じんま疹、急性腸炎	10	抗ヒスタミン剤、VB ₁ C、止痢剤	〃	1.7	
252	山	♂	61	低血圧症、貧血症、胃術后	9	糖液、VB ₁ C、鉄剤、抗潰瘍剤	〃	12.+	
253	山	♀	55	高血圧症、心肥大、軟骨ヘルニア疑	9	ぬるま湯、安臥、腰の展伸、マイクロ	〃	1.2+	
254	吉	♀	67	貧血症、亀背、腰椎すべり症(L _V -S _I)	8	糖液、VB ₁ C、腰椎展伸	〃	2.5-	
255	柴	♀	70	心肥大	8	ぬるま湯、半浴、安臥、降圧剤	〃	入市	
256	向	♂	68	低血圧症	10	糖液、VB ₁ CE	〃	〃	
257	2	田	♂	79	変形性腰椎症	15	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁	〃	4.1-
258	田	♀	76	高血圧症、心肥大	15	ぬるま湯、半浴、安臥、降圧・利尿剤	〃	4.1-	
259	高	♀	70	高血圧症、心筋症、腰痛	15	ぬるま湯、安臥、VB ₁ 、腰椎展伸降圧・利尿剤	〃	4.1-	
260	西	♂	62	咽頭炎	15	感冒・抗生剤、うがい、トローチ	〃	4.1-	
261	益	♂	69	高血圧症、心肥大、変形性頸椎症(C _V -IV)	15	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	2.3-	
262	山	♀	70	高血圧症	15	ぬるま湯、安臥、降圧・利尿剤	〃	4.1-	
263	川	♀	70	右膝関節炎、慢性気管支炎	10	ザルプロ糖液、マイクロ、しっぶ	〃	4.0-	
264	石	♂	74	高血圧症、心肥大、慢性気管支炎、腰痛	8	ぬるま湯、半浴、安臥、抗生剤、ノイコリン筋注	〃	2.0+	
265	石	♀	69	高血圧症、心肥大、感冒	8	ぬるま湯、安臥、感冒・抗生剤、トローチ	〃	かんど	
266	中	♀	56	呼吸困難	5	VE	〃	入市	
267	佐	♀	59	高血圧症、腎炎	8	ぬるま湯、安臥	〃	かんど	
268	藤	♀	78	変形性腰椎症、貧血症、咽頭炎	26	VB ₁ 、感冒・抗生・鎮咳剤、トローチ、マイクロ	〃	1.3±	
269	花	♂	75	胃術后、腎性糖尿病	10	丸山ワクチン	〃	入市	
270	渡	♀	73	貧血症、低血圧症、右肩関節炎、項筋痛	10	糖液、VB ₁ C、マイクロ	〃	〃	
271	加	♀	57	高血圧症、心肥大、慢性胃炎	10	ぬるま湯、安臥、降圧剤、ミグレン	〃	〃	
272	北	♂	69	気管支炎	21	感冒・抗生・鎮咳剤	〃	4.1±	
273	上	♂	70	胸椎ⅫⅨ圧迫骨折后、気管支拡張、便秘症	10	胸椎展伸、マイクロ、抗生剤、ソルベン、VB ₁	〃	入市	
274	吉	♀	59	低血圧症、椎間板障害	9	VB ₁ 、マイクロ	〃	〃	
275	本	♀	63	腰椎Ⅲ、Ⅳ陳旧性骨折	10	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁ 、ナイキサン	〃	〃	
276	末	♀	54	高血圧症、糖尿病	10	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	かんど	
277	山	♀	51	多発性関節炎、変形性腰椎症	11	マイクロ、ザルプロ糖液、腰椎展伸	〃	入市	
278	中	♀	66	腰椎Ⅲ陳旧性圧迫骨折、軟骨ヘルニア、咽頭炎	15	感冒・抗生剤、うがい、トローチ 腰椎展伸、マイクロ	〃	〃	
279	落	♂	63	高血圧症、単純性紫斑病、咽頭炎	21	感冒・抗生剤、うがい	〃	0.5+	
280	徳	♂	66	高血圧症、心肥大、糖尿病、両膝関節炎	9	マイクロ、しっぶ	〃	入市	
281	要	♂	72	糖尿病、気管支喘息、大動脈瘤疑	10	スパイロ	〃	〃	
282	松	♀	71	高血圧、心肥大、狭心症、肝炎	6	ぬるま湯、半浴、安臥、強心剤	〃	2.0+	
283	仲	♂	75	高血圧症、心肥大	10	ぬるま湯、半浴、安臥、降圧剤	〃	入市	
284	片	♀	67	高血圧症、両膝変形性関節炎	10	VB ₁ 、マイクロ、降圧・利尿剤、ぬるま湯、安臥	〃	〃	
285	3	宮	♀	53	更年期症状、自律神経失調症	9	安定剤、VB ₁ E、甲状腺剤	〃	1.2+

286	伊	♂	69	肝硬変症疑、腎性糖尿病	10	VB ₁ CE、性ホルモン剤	〃	2.5-
287	西	♂	75	糖尿病、急性腸炎	10	薬浴、インスリン、止痢・抗生剤	〃	入市
288	西	♀	71	高血圧症、心肥大、肺炎	10	ぬるま湯、安臥	〃	〃
289	野	♀	57	肝硬変症、腎石症、急性アングீナ	7	感冒・抗生剤	〃	〃
290	山	♂	74	軟骨ヘルニア(L _v)、心不全、感冒	10	展伸、VB ₁ 、感冒・抗生剤	〃	〃
291	石	♀	80	慢性気管支炎、片頭痛、腰痛	10	消炎・抗生剤、安定剤、サルプロ糖液	〃	放射能雨
292	大	♀	78	変形性腰椎症、アングீナ	10	感冒・抗生剤、鎮咳剤	〃	〃
293	矢	♀	75	貧血性、耳鳴	10	VB ₁	〃	1.0-
294	丸	♂	76	糖尿病、左膝関節炎、感冒	13	感冒・抗生剤、マイクロ、薬浴	〃	入市
295	藤	♀	59	脊髄性左半マヒ、慢性気管支炎	11	頸椎展伸、VB ₁ 、鎮痛・消炎剤	〃	1.0+
296	渡	♀	67	胸椎Ⅻ陳久性圧迫骨折、腰椎横すべり(L _{Ⅲ-Ⅳ})	12	腰椎展伸、VB ₁	〃	入市
297	内	♀	68	咽頭炎、腸炎	3	感冒・抗生剤	〃	〃
298	竹	♀	66	軟骨ヘルニア、右膝関節炎、慢性胃炎	5	展伸、マイクロ、健胃剤	〃	1.3+
299	新	♀	66	軟骨ヘルニア、両膝関節炎、胸腔圧迫	8	展伸、マイタロ	〃	1.2±
300	武	♀	50	腰性すべり症(L _{Ⅳ-v})	4	腰椎展伸、マイクロ	〃	3.0+
301	大	♂	83	高血圧症、心筋症、両下肢マヒ	10	ぬるま湯、安臥、リハビリ、降圧剤、強心剤	〃	入市
302	大	♀	72	上気道炎	10	冒感・抗生剤	〃	2.0-
303	杉	♂	77	陳久性椎弓(L _{Ⅲ-Ⅳ})骨折、心筋症、	12	強心剤、マイクロ	〃	2.0+
304	笹	♀	64	気管支喘息	8	抗喘息剤、スメルモノ注	〃	長崎 3.5+
305	松	♀	76	右膝・左足・左肩関節炎	6	ザルプロ糖液、マイクロ、しっぶ血行促進剤	〃	2.0+
306	湯	♀	70	左肩関節炎、亀背	5	VB ₁ E、消炎、鎮痛剤、マイクロ	〃	2.0±
307	宇	♀	74	高血圧症、右肩ケロイド、拘束性換気障害	5	ぬるま湯、安臥、半浴、降圧剤	〃	1.5-

〔備考欄 被爆距離、遮蔽有無〕

治療法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、表中記載はそれ以外のものか、追加を必要としたものである。温療を主とし高血圧症例には、微温浴と浴后30分間の安臥(60例)、心疾患には浴水面を乳嘴の高さにとどめる半浴(14例)、不眠症には気泡浴または渦流浴(6例)、糖尿病には薬浴(8例)などを行ったが、皮膚炎の1例に明礬鶴寿泉の泉浴、胃潰瘍兼自体神経失調症の1例に的ヶ浜飲泉(1日約1ℓ)を行い効果をあげることができた。その外補助療法として、マイクロ波106例、低周波4例(半マ、変形性頸症、便秘など)、頸、胸、腰椎の展伸55例、リハビリ6例などが行なわれた。本年度はマッサージ師が退職したのでリハビリを多く施行しえなかったのである。

薬浴のねらいは、温泉本来の作用を損うことなく、微量の成分を付加することによって温泉効果を強化せんものとするものである。糖尿病に対しては浴泉水1ℓに対し、硫酸銅1.4mg、硫酸亜鉛11.4mgを付加するもので、昨年度に引続いて実施しているものである。その効果は表Ⅵの如くである。

糖尿病は36例を算えたが、デキストロスティクス法による血糖値がほぼ正常値を示し、腎性糖尿を思わせ9例を除くと27例で、307症例の8.8%に弱り、最近の広島からの報告とほぼ一致する。このうち種々の事情で薬浴を行いたものは8例である。

薬浴開始前の尿、血糖値に対し、週2回の検診日に行った検査成績を見ると、何れも多少の改善がみられるが、今回は薬浴15回に及ぶものはなかった。患者の希望によってラスチノン投与2例、イン

表V 症例分類

病名	例数	病名	例数	病名	例数	病名	例数
リウマチ	4	気管支拡張症	7	白血球減少症	2	甲状腺腫・機能低下	2
膝関節炎	45	気胸	1	出血性素因	1	甲状腺術后	1
肩関節炎	12	陳久性肋膜炎	3	食道癌	1	更年期障害	1
その他の関節炎	8	湿性肋膜炎	1	慢性胃炎	7	自律神経失調症	3
関節半強直	1	陳久性肺浸潤	3	胃・十二指腸潰瘍	10	乳がん術后	2
変形性脊椎症	33	肺線症	1	幽門狭窄	1	子宮術后	1
脊椎分離・すべり症	20	横隔膜マヒ	2	急性胃・腸炎	11	胃術后	5
軟骨ヘルニア	21	呼吸困難	2	移動性長S字結腸症	1	総輸胆管術后	1
椎間板障害	1	血痰	1	便秘症	18	開頭術后	1
骨折后(脊椎を含む)	25	不整脈	9	常習性下痢	3	外傷	4
オステロポローゼ	1	突発性頰脈症	1	痔瘻	1	単純性紫斑病	1
ガングリオン	1	心肥大・心筋	40	慢性肺炎	2	じんま疹	2
頸腕症候群	4	冠不全	7	肝炎	19	痒状疱疹	2
神経痛・炎	4	心弁膜症	2	肝硬変症	3	皮膚病	2
筋痛	9	心手術后	1	担囊炎	1	癩痕性潰瘍	1
片マ・下半マヒ	13	動脈硬化症	5	慢性腎炎	11	ケロイド	1
神経マヒ	1	動脈瘤	3	膀胱炎	4	感冒性疾患	40
不眠症	8	血行不全	1	尿路結石	4	湯中り	1
頭痛	2	浮腫	4	前立腺肥大	1	レ線宿酔	1
メニエール氏病	3	高血庄症	94	排尿困難	1	計	573
めまい	1	低血庄症	16	痛風	1		
慢性気管支炎	10	貧血症	8	糖尿	27		
気管支喘息	5	白血球増多症	1	腎性糖尿病	9		

スリン注が2例あるが、かような症例は重症のためもあってか、却って効果が少ないようである。No.246は昨年のNo.150と同一症例で、昨年は15回の薬浴を行い著効を収めたものであるが、本年は8回薬浴にとどまった。糖尿病の原因はインスリン不足が多いが、標的臓器のインスリン受容体の不良もあって多岐であるし一概にはいえないであろう。

表VI 糖尿病の薬浴効果

症例No.	薬浴回数	糖	前	I	II	III	IV	備考
21	2	尿血 mg/dl	+90	-100				
159	3	尿血	+150	+90				
179	11	尿血	++175	++175	++175	++140	++130	ラスチノン2T
213	8	尿血	++140	++230	++150	++175		
231	13	尿血	++250	++160	+150	-150	+150	インスリン10EH
246	8	尿血	++150	+140	±160			
287	8	尿血	+175	+175	+140			インスリン5EH
294	6	尿血	++160	++160	++160			

CuSO₄ 1.4mg, ZnSO₄ 11.4mg/1kg 付加

しかし⁽²⁾10~20mgのCuを投与するとインスリン40EHを節約できるといわれる⁽³⁾、アドレナリンによる肝のグリコーゲン分解が4萬分の1グラムのCuで抑制されるといわれる。

他方Znも痕跡程度でカルボキシンラーゼを賦活して含水炭素の生成を促すし、アドレナリンによる高血糖とグリコーゲン分解を抑制するといわれる。そして両者ともMnと共にインスリン節約的であるという。

この外Znについては、脾のランゲルハン氏島のβ細胞のZnに対する補給的な作用も考えられるの

である。

この意味で今後とも糖尿病に対する薬浴をつづけてみる方針である。

血庄測定

受診の有無にかかわらず、入所后なるべく早く多くの入所者に血庄測定をすすめることにしている。

また術后1年以内のがん患者には、控目に1日1回以上の入浴を差控えるし、悪性腫瘍や活動性の結核患者には、温療の中止をすすめることにしている。

入所時と退所時とに血庄測定を行ないえた症例は、図の如く22グループ、834名で、各グループ毎にその入数、滞在日数、入所年月日を下記した。

これら22グループ中、7日以上滞りは9グループで、他の13グループは6日以上の滞在に過ぎなかったが、参考のため図示した。

血庄の測定には、各種の影響をさけるため、食事、運動、入浴後の早朝が望ましいが必ずしもそうでないものもあるようである。

これらの成績をみると、多少とも正常化をますものが多いが、4、5日間の滞在では不十分で6日以下の滞在グループにより明かである。季節的には4、9、10、11、12月のグループに落付いた動きを示し、冬期には例外的な症例を認めるようである。

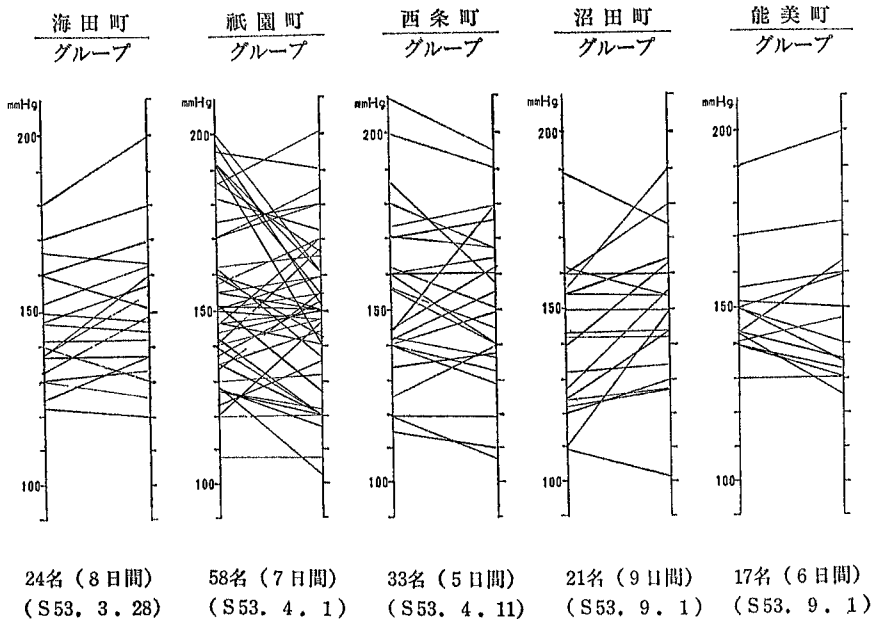
むすび

本年度はこれまでに最高の成績をあげたことは一つには温療の意義がよりよく理解されたものであろうが、これまでに示された関係各方面のご援助とご好意とに深く感謝するとともに、職員の方々の献身的なご努力に厚く感謝するものである。ことに福田のテレメーターとミナト医科学のスパイロメーターをご寄付いただいた核禁会議、客室用のカラーテレビ2基をご寄贈いただいた原水禁集民会議の各位に心からなる感謝を捧げるとともに、今後のご協力ご援助をお願いするものである。

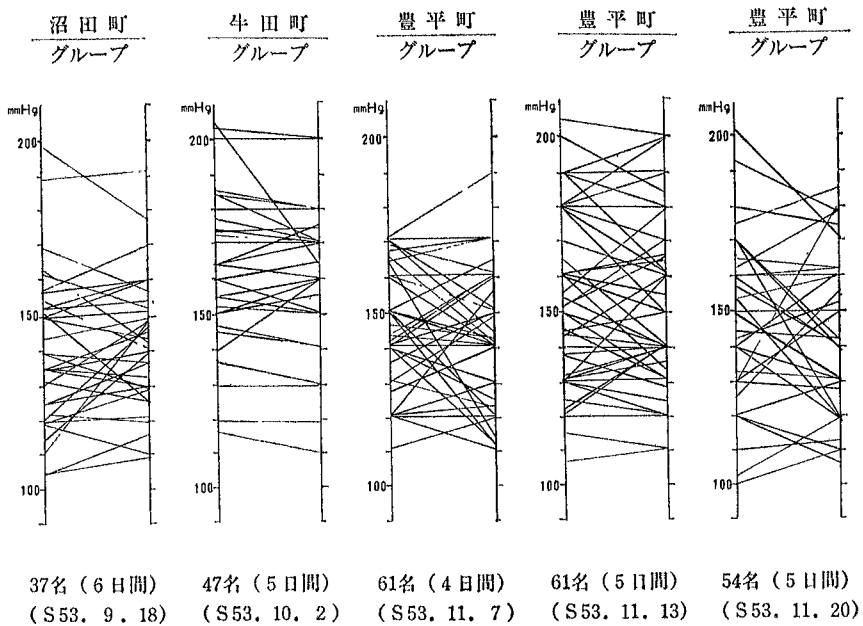
参 考 文 献

- 1) 伊藤千賀子：広島県原爆被爆者福祉センター会報 No.58 P8 昭54
- 2) Schnetz : Handbuch der Inneren mechzin III Auflage BdVII/2 S.317 Julius Springer, Berlin 1938.
- 3) J.Kühnau; Lehrbuch d. Bader u. KlimaheilKunde I H.vogt Julius Spnirger. Berlin 1940

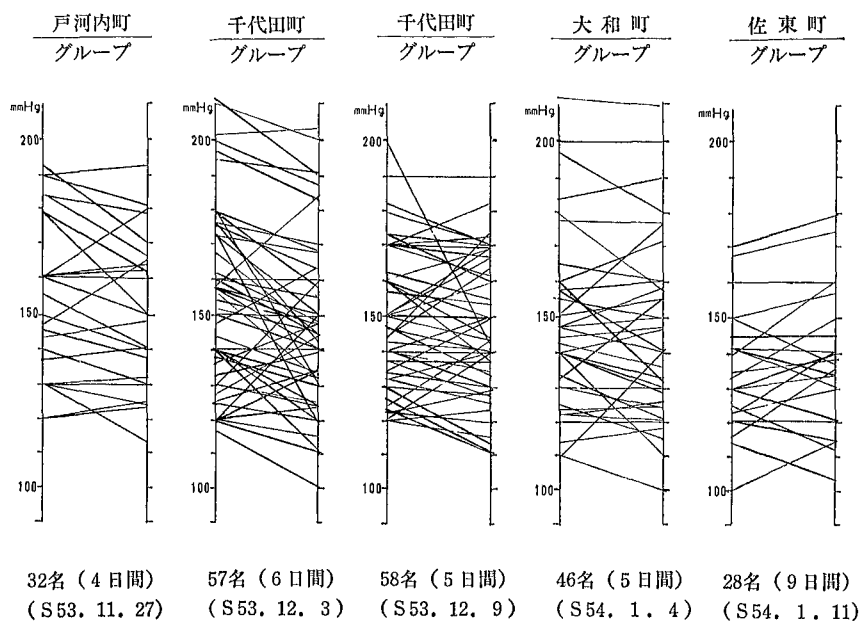
温療前後の最高血圧



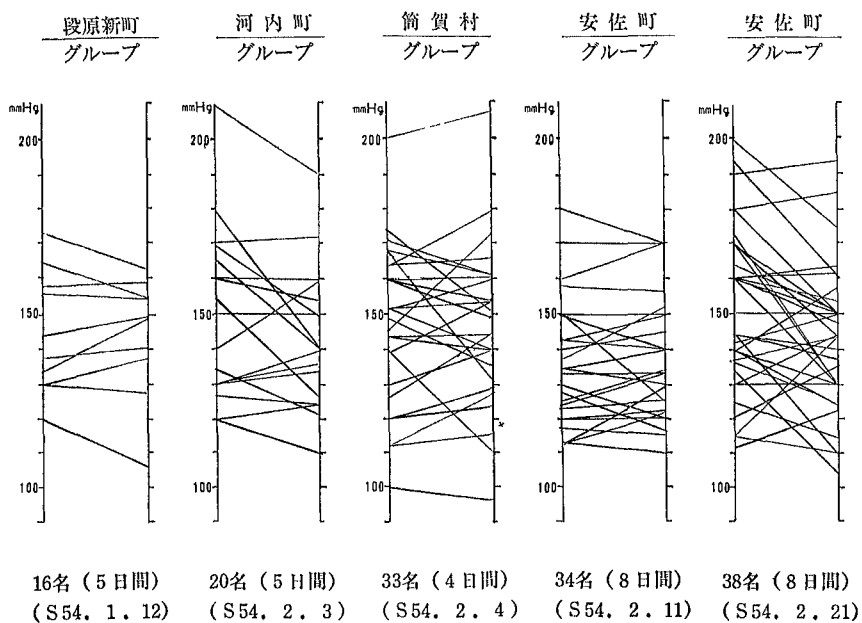
温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧

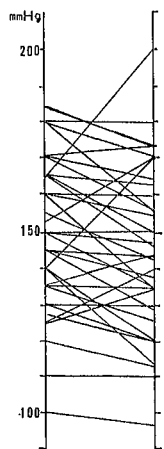


温療前後の最高血圧



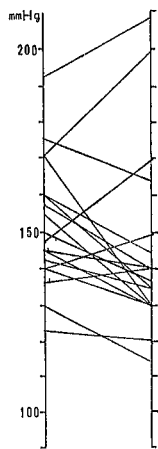
温療前後の最高血圧

芸北町
グループ



39名 (6日間)
(S54. 3. 2)

湯来町
グループ



20名 (9日間)
(S54. 3. 10)

天瀬町・日田市の温泉現況調査

大分県環境管理課
日田保健所総務課

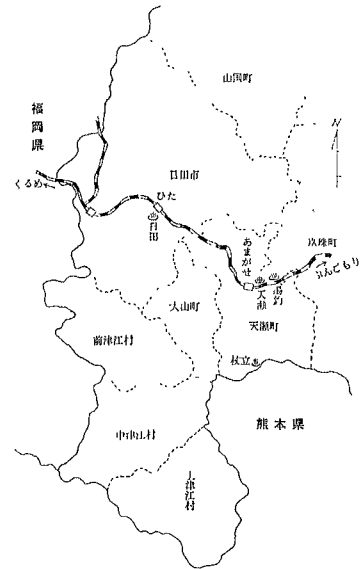
天瀬町には、玖珠川に沿って天瀬駅前上流約 300メートル付近から天瀬温泉があり、更に上流約 2 km のところに湯釣温泉がある。また熊本県境杖立温泉には大分県側に 3 孔の源泉を持つ天瀬杖立温泉がある。日田市内には市の中心部に温泉がゆう出している。

これらの温泉の現況調査を53年11月から54年4月の間に実施したので、その調査結果を報告する。なお、この調査は、前は44年1月から同年4月上旬の間に実施している。

1. 調査の目的並びに調査方法

一斉調査により源泉の現況並びに利用状況の現況を把握し、今後の温泉行政の基礎資料とする。台帳登載、未登載を問わず、全源泉について、その温度、ゆう出量、停止、枯渇等の状況並びに利用の状況について調査した。なお源泉の位置をそれぞれ図面に記入し温泉分布図とし、大分県環境管理課と日田保健所が保管している。

図1 天瀬町、日田市の温泉地



2. 調査年月日

天瀬地区	53. 11. 7~9
天瀬地区	12. 18~20
天瀬、湯釣	54. 3. 22~24
杖立、日田市	4. 16~18

3. 調査結果

調査結果については、第1表のとおりであり、44年の調査資料と比較してみた。天瀬温泉と湯釣温泉は天瀬温泉としてまとめた。なお、各源泉別の調査結果は別表のとおりである。

第1表

温泉地別	区分	調査年	孔数		温度		ゆう出量		深度		備考
			台帳	活動	高~低℃	平均℃	総ゆう出量 ℓ/m	平均ゆう出量 ℓ/m	最高深 m	平均深度 m	
天瀬 (天瀬湯釣)	自噴	44		8		71.8	788.0	98.5			
		54		6	99~65	80.8	470	78.3	150	39.3	
	動力揚湯 (直結)	44		14		64.2	421.3	32.4			直結とは、水を混合していないもの
		54		13	98~33	56.7	710	71	300	112.8	
	動力揚湯 (水を混合)	44		20		54.5	1032.8	64.7			
		54		17	74.5~26.5	56.7	1036.9	79.7	7.5	3.41	
	計	44	73	42	100.5~	61.6	2242.1	60.6	300	51.4	
		54	75	36	98~26.5	61.3	2216.9	76.4	300	65.5	

杖立	44	2	2		59.0	270.0	135.0	200	200	
	54	3	3	59 ~56	57.3	657.0	219.0	252	217	
日田	44	8	3		38.7	720.0	240.0	700	647.6	
	54	7	5	38 ~25	30.5	397.0	198.5	700	435	

(活動孔数のうち測定できないものがあったため総ゆる出量を活動孔数で除した数字と一致しないものがある。)

天瀬温泉は、そのほとんどが玖珠川両川の川敷にある。河川水の混入を防ぐため、コンクリートの枠をつくり、高温のものは水を混入しそれぞれ利用場所に動力揚湯している。湯釣温泉は玖珠川左岸のみにあり掘さく泉である。

前回の調査と比較してみると、台帳孔数2の増加に対して活動孔数は6減少している。前回調査時と条件が異なるため、単純に比較することができないが、平均温度、総ゆる出量については前回とほぼ変わりがなく平均ゆる出量が2割ほど増加している。

杖立は前述したように大分県側に3孔あるが掘さく泉であり、動力揚湯している。前回調査と比較すると台帳孔数、活動孔数とも1孔増加している。温度については若干減少している。総ゆる出量、平均ゆる出量とも大幅に増加しているが、これは新たに掘さくした219ℓの温泉があり(前回平均ゆる出量135ℓ)、更に既設の1孔のゆる出量が前回調査時の倍近くになっている(動力の出力アップによるものと思われる)ためと思われる。

日田市内の温泉は比較的新しい温泉で掘さく泉であり、動力揚湯しているが温度は低い。前回調査と比較すると、台帳孔数では1孔減少しているが、活動孔数は逆に2増加している。平均温度、総ゆる出量、平均ゆる出量とも減少している。活動孔数2孔の増加にかかわらず逆に総ゆる出量が減少しているのは、前回調査で大量にゆる出していた源泉が今回測定できなかったことが最大の原因であると思われる。平均温度の減少については養鰻用に利用されている低温の温泉が掘さくされたためであると思われる。利用状況については第2表のとおりである。

第2表

温泉 地別	利用 別	旅館・ホテル ・保養所		公衆浴場		共同浴場		自家浴用		温室栽培		給湯事業用	
		利用孔数	軒	利用孔数	ヶ所	利用孔数	ヶ所	利用孔数	世帯	利用孔数	ヶ所	利用孔数	口数
天瀬		29	24			3	4	5	35			2	194
杖立		3	1										
日田		3	11					1	1				

(利用孔数は、1個の源泉が、いくつかの目的に利用されているので、活動孔の数字とは一致しない。)

各温泉ともほとんどが旅館、ホテル等の利用でその他として給湯事業用がある。以上源泉の状況並びに利用状況の調査報告である。おわりに本調査にご協力いただいた、温泉所有者の方々に感謝いたします。

参 考 文 献

直入町、竹田市、日田郡、日田市の温泉調査：山田不二丸：大分県温泉調査報告第20号(昭和44年)

温泉地名 天 瀬

温泉所在地		温泉所有者	温度 ℃	湧出量 ℓ/m	湧出区分			口径 mm	深度 m	掘さく (届出) 年月日	停止 枯濁	利用状況	備 考
大字	地 番				自然	掘さく 自噴	動力						
湯山	1135 (1号)	大庭 保外 2名	—	—			KW			24.3.15	枯濁		
〃	1135 (2号)	森山 招治	61	34			○ 2.2 吸上			24.3.15		久寿屋	加水
〃	1135 (3号)	久積 潤吾	—	—						24.2.16	枯濁		
〃	1135	久積 新一	—	—				38	3.5	28.8		〃	
〃	1135	湯浅 マサヨ	—	—				25	2	29.5		〃	
〃	1135の1 の先	大庭 保	26.5				○ 7.5×2 吸上	200 ×200	1.5	35.3.15		天竜荘	量については測定 不能、動力は1140 の1と共用
〃	1135の1 の先	大庭 武	72	240			○ 3.7 吸上					本 陣	加水
〃	1135の1 の先	大庭 一雄	67.5	30			○ 5.5 吸上	263 ×324	2	40.6.30		未利用	水光園山荘、個人 加水少量
〃	1139地先	久積道雄外 1名	69				○ 7.5 吸上	200 ×200	2	40.11.20		清風荘	量については測定 不能
〃	1140の1	大庭 保	74	52			○ 7.5×2 吸上			大 3.7.1		天竜荘	加水
〃	1140の1	久積 新一						200 ×200	3	35.1.28		未利用	
〃	1140の1	大庭 チヨ						180 ×180	3	27.10.31		利用不明	本陣
〃	1140の1	大庭 幸生	55				○ 7.5	200 ×200	2	35.11.30		築紫館	量については測定 不能
〃	1140の1	〃	—	—				35	2	28.3.12		枯濁	
〃	1143	彌豊和相互 銀行	—	—				38	3	24.2.16		〃	
〃	1143地先	古賀 大助	—	—				38	3	32.7.20		〃	
〃	1143地先	古賀 ユキエ	—	—				51	3	29.3.30		〃	
〃	1143地先	古賀 琢美	51	120			○ 3.7×2 吸上	180 ×180	2.5	35.5.3		成天閣	動力1台予備 加水
〃	1145の1 の1の地 先	ブリヂスト ン健康保険 組合	63 (52)	23.5 (26.6)			○ 2.2×2 吸上	200 ×200	3	39.2.21			動力1台予備 ()内は加水した もの
〃	1145の1 の2の地 先	大庭 一城						200 ×200	6.5	33.9.5 増掘 40.5.10		未利用	
〃	1145の2 地先	小野 京市	—	—						28.10.12		枯濁	
〃	1156の3	大庭 重登	40.5	38.7			○ 0.4 吸上	200 ×200	6	32.10.30 増掘 39.12.26		大観荘	水道水加水
〃	1160の2 地先	湯山発電所 自治会々長	74.5	20			○ 1.5 吸上			24.5.31		自家浴用	加水

湯山	1160の12の地先	穴見 一幸	—	—			KW	200×200	4	34.3.17	枯渴		
◇	1160の13	三戸 章	69 (49)	79 (184.6)			○ 3.7 吸上	200×300	4.6	33.5.14	鳳陽館	()内は水道水を加水したもの	
◇	1162地先	九州電力(株)	—	—						24.3.15	枯渴		
桜竹	33の3	(合)温泉開発工事	99	120	○			100	230	48.1.10	給湯用	個人70軒70口、旅館14軒114口、病院1軒10口(1口3ℓ)	噴気、36の1と合流
◇	36の1	〃	88	150	○			100	180	50.11.10	〃		
◇	327の1	石田 久弥	—	—				75	200	43.11.30	停止		
◇	362の1地先	日隈昇 外2名	—	—						24.2.16	枯渴		
桜竹	362の1地先	佐藤 通生	49	11			○ 1.5 吸上			24.3.15	日田屋	加水	
◇	362の1地先	山田 敏雄	61	120			○ 2.2 吸上	200×200	3	39.2.10	日田屋、自家浴用7戸、共同湯(神田湯)	水道水加水	
◇	363	古賀ユキエ	—	—				38	1.7	28.3.10	未利用		
◇	364の1地先	諫山シナ子	—	—						24.3.5	枯渴		
◇	364の3地先	〃	—	—				200×200	2	36.5.20	〃		
◇	364の3	古賀ユキエ	—	—						24.2.16	枯渴		
◇	469の1	安達 君子	—	—						28.10.12	未利用		
◇	469の2	河野 徳光	65	60	○			200×200	3	34.5.27	未利用		
◇	470の3地先	萩原 利夫	72	120	○			38	2.5		水光園	470の5と合流	
◇	470の3地先	深町 幸作	46.5				○ 3.75×2 吸上			28.8.11	共同湯2個、1口20ℓ、自家浴用25戸(52口)	動力1台予備、加水	
◇	470の5地先	萩原 利夫	—	—	○			38	2	29.3.30		470の3と合流	
◇	474	織田元一郎	—	—						24.3.51	未利用		
◇	476地先	日隈 正	—	—				200×200	3	35.10.20	枯渴		
◇	534の2	(株)山一観光	—	—				100	150	52.3.10	グランドホテルサンビレッヂ	測定不能 熱交換	
赤岩	2の5	武石崎太郎	93	100			○ 1.5 エアー リフト	75	40		日田屋		
◇	2の5	武石崎太郎	—	—				75	160	40.9.30	日田屋	熱交換、測定不能	
◇	3の5	平川 千里	98	30			○ 3.75 エアー リフト	50	80	38.8.16	ホテル 浮羽	温度、量については聞き取りによる	
◇	3の12	福永 克己	—	—				75	150	38.4.10	停止		

赤岩	5の2	福永 克己	—	—			KW	75	180	39.12.31	停止		
〃	6の2 地先	日隈 杉太	51	80			〇 1.5 吸上			大 14.11.2	共同湯 (赤岩共同)	加水	
〃	6の2 地先	〃	—	—						28.10.12	枯渴		
〃	6の19	神野 香	80	20		〇		80	150	50.4.25	福 屋	熱交換	
〃	7の12	小野健次郎	—	—				67	3.2	33.7.31	枯渴		
〃	7の13	阿部 明	—	—				200 ×200	4	36.1.5	〃		
〃	7の14	〃	55	40			〇 1.5 エア リフト	50	100	36.9.18	丸山荘	正確に測定で きず	
〃	21の2	磯水 光 園	—	—				50	250	48.8.10	停止		
〃	23	福田 圭介	—	—				50	232.5	49.6.30	〃		
〃	98の2	関根マツノ	—	—			〇 0.75 エア リフト			大 14.1.26	水光園別荘	測定不能	
〃	98の10	佐藤 文子	—	—				60 ×60	10	36.3.3	未利用		
〃	98の15	下川フサエ	56	—			〇 1.5 エア リフト	75	6.3	33.11.8	ホテル天瀬	量については 測定不能	
〃	100の6	下川フサエ	65	80			〇 1.5 吸上	170 ×170	7.5	37.12.5	ホテル天瀬	加水	
〃	101の9 地先	江藤 義雄	—	—						28.10.12	枯渴		
〃	137の2 地先	織田 トネ	—	—				200 ×200	8	35.6.8	〃		
〃	137の7 地先	織田 亮一	—	—				100 ×100	7	37.5.28	〃		
〃	138の2 地先	関根マツノ	—	—				50	100	38.2.20	〃		
計		台帳孔数65 活動孔数30	平均 65.4	自 約 1,098.2	470	6	22	平均 48					

温泉地名 湯ノ釣

温泉所在地		温泉所有者	温度 ℃	ゆう出量 ℓ/m	ゆう出区分		口径 mm	深度 m	掘さく (届出) 年月日	停止 枯渴	利用状況	備 考
大字	地 番				自然	掘さく 動力						
赤岩	908の2	木村 政夫	36	40		KW 〇 吸上	50	148	36.6.3		自家浴用	
〃	913の2 地先	井上 鉄夫	33	90		〇 吸上	50	148	38.12.15		ドライブイン 赤岩	自家用のみに 使用
〃	913の2	江藤 武男					50	150	39.2.20		未利用	
〃	913の2 地先	江藤 之外 4名				〇 2.2 吸上	50	100	36.4.20		一休、高砂 つるや、慈恩	測定不能

赤岩	913の2 地先	古城 邦雄	42	70			○ 0.75 吸上	50	82	36.12.8	自家浴用	
〃	917地先	江藤 武男	—	—						24.3.15	枯渴	
〃	917の3 地先	〃	54	80			○ 3.57 吸上	50	100	37.10.13	溪仙閣	100m下のタンクで測定
〃	917の3	江藤加多生	53	100			○ 2.2 エア リフト	38	150	39.9.10	ドライブイン 丸幸、寿	
〃	925の4	古賀 金義	58	130			○ 1.5 エア リフト	50	100	45.10.22	ドライブイン ゆのつる、山 荘	
〃	1548の7	河野主賀雄	46	30			○ 2.2 エア リフト	50	300	43.6.10	ドライブイン 大門 ホテル大門	
計		台帳孔数10 活動孔数9	平均 46	動 540			8		平均 142			

温泉地名 日 田

温泉所在地		温泉所有者	温度 ℃	ゆう出量 ℓ/m	ゆう出区分		口径 mm	深度 m	掘さく (届出) 年月日	停止 枯渴	利用状況	備考
大字	地番				自然	掘さく 自噴 動力						
竹田	1069	(財)日田市 開発公社	38	277			○ KW 11 エア リフト	75	600	42.6.26	旅館5軒、自 家浴用1軒	
限	196の1 196の3	日田 市長	—	—			○ 11 エア リフト	100	643	36.5.18	旅館5軒	測定不能
〃	200	日田観光協 会長	—	—				60	185	29.11.20	枯渴	
上野	1の1	日田観光開 発KK	34	(推定) 120			○ 11 エア リフト	89	700	35.4.28	雅除苑	
庄手	685の1 (西)	(株)日田淡水 魚センター	25				○ 7.5 中 水ポ ンプ	150	250	49.1.20	養鱈用	温度は吐出口 の温度、量は 測定不能
〃	685の1 (東)	〃	25				○ 7.5 中 水ポ ンプ	150	230	47.11.10	〃	〃
字 小谷	2670	川原鹿之助								6.6.20	未利用	抗孔は水没し 利用不可能、 長期に亘り放 置の状態
計		台帳孔数7 活動孔数5	平均 30.5	動 397			5		平均 435			

温泉地名 天瀬杖立

温泉所在地		温泉所有者	温度 ℃	ゆう出量 ℓ/m	ゆう出区分			口径 mm	深度 m	掘さく (届出) 年月日	停止 枯渴	利用状況	備考
大字	地番				自然	掘さく 自噴	掘さく 動力						
出口	4204の2	河津 自然	57	278			○ 5.5 エア リフト	75	200	37.10.31		肥前屋	
〃	4205の1	杖立観光 ホテル	59	219			○ 11 エア リフト	50	252	48.8.12		〃	
〃	4205の7	河津 昭生	56	160			○ 5.5 エア リフト	75	200	38.12.20		〃	
計		台帳孔数3 活動孔数3	平均 57.3	動 6573			3	平均 217					

大分県温泉調査研究会報告 第30号

昭和54年3月 印刷

昭和54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