

大分県温泉調査研究会

報 告 第 37 号

昭和 61 年 3 月

目 次

| | |
|-------------------------|-----------------|
| 別府市における噴気・沸騰泉の調査…………… | 由 佐 悠 紀… (1) |
| (1) 春木川以南域 | 大 石 郁 朗 |
| 温泉源の分布と地温勾配…………… | 北 岡 豪 一… (10) |
| | 吉 川 恭 三 |
| 沸騰泉における冷却の影響…………… | 吉 川 恭 三… (19) |
| | 大 石 郁 朗 |
| 冷水浴の自律神経機能に及ぼす影響…………… | 藤 井 郁 夫… (24) |
| | 延 永 正 郎 |
| | 吉 田 史 郎 |
| 温泉地療養、ことに運動療法の…………… | 辻 秀 男… (28) |
| 肺疾患患者肺機能に及ぼす影響 | 竹 内 義 彦 |
| | 麻 生 宰 |
| 庄内町とその周辺温鉱泉の化学組成…………… | 川 野 田 実 夫… (33) |
| | 志 賀 史 光 |
| | 渡 辺 文 也 |
| 大分市温泉の地質…………… | 森 山 善 藏… (38) |
| | 日 高 稔 |
| 県下の温泉地における集中管理の…………… | 大 野 保 治… (50) |
| 法律問題 (上) | |
| 原爆被爆者の温泉療法 (第18報) …………… | 大 内 太 門… (56) |
| | 辻 秀 男 |
| 深部地熱構造に関する研究会…………… | 大分県 環境保全課… (61) |
| 大分県温泉調査研究会会則及び会員名簿…………… | (62) |

序

温泉地に行って感じるのは、どの温泉地にも共通の現象があり、共通の問題をかかえている、ということ、それなのに、またそれぞれ、ひとあじ違った面を持っている、ということです。その共通の問題を、さらに共通なものへと練り上げ、社会の流れの中にそれなりの位置を占めさせるのが、学術的、科学的と言われるこの世の本流に従う技術とされています。どれもこれもばらばらで、個性的、というのでは学問にならないし、共通の課題としての共通の解決法もうまれません。だから、学問も、技術も、行政も、人情さえも、本流としてのモデルを作ること、その作られたモデルに従うことに努力を傾け、モデルに合わせるための涙ぐましいこじつけも、しばしば、見られます。その時には、本流モデルでは説明のできない、ひとすじ違う所は、誤差として片付けられがちです。誤差とは、余分のものであり、不完全、非効率の象徴のように取扱われもします。

一方、「真理は誤差の中にある」ということばが、研究者の修身教科書として言い伝えられ、学生の頃から、折にふれ聞かされたものです。人はうまれて、死んでゆく、という共通の運命をせおったものとして、人間に迫るよりも、それぞれが違った生き方、死に方をする計算外の運命の中こそ、人間の本質とか、共通したものを引出す鍵がある、という意味と解釈しています。また、売れない物を調べあげ分析することが、次に売れる物を作りだす一番の近道という意味もあると、思っています。

大分県温泉調査研究会の報告も37号を重ねました。その仕事は、どちらかという、後者の誤差を尊重する側に重みがかかり、その時々の本流モデルに従って県内の温泉を整理し、きれいな形に仕上げるというよりも、温泉地ごとの、ひとあじ違う状態、現象を調査し、分析して、次の創造の源にするという姿勢を保っていると思えてなりません。だから、時代の変遷の中にも、それなりの価値を發揮し、将来に続く息の長い仕事を残せたものでありましょう。現代は、新しい技術による資料の蓄積と共に、本流としてのモデルが次々に信頼を失ってゆく時代であります。見通しのない未知の時代に入りました。この時にこそ、本調査研究会の実力をいかし、各温泉地の個性を見つめ、その価値を引出しつつ、温泉の利用と保護に創造性を發揮するよう努力を傾けたいと存じます。この37年間の足跡は、大分県および関係市町村の温かい御理解と御協力により成しとげられたもので、深く感謝いたしますと共に、今後、その御期待に沿えるよう、会員諸氏の一層の御活躍を切望いたします。

昭和 61 年 3 月

大分県温泉調査研究会会長

吉 川 恭 三

別府市における噴気・沸騰泉の調査

(1) 春木川以南域

京都大学理学部 由 佐 悠 紀
大 石 郁 朗

1 ま え が き

別府温泉には約 250孔という多数の噴気・沸騰泉が存在し、一孔当りの噴出量・噴出熱量が一般温泉に比べて格段に多量なことから、別府温泉全体におけるその寄与は大きい。そのため、噴気・沸騰泉の活動状況を把握し、基礎資料として整えておくことは、温泉の利用や保護など実用的な観点から、また研究的な観点からも重要である。

別府温泉の噴気・沸騰泉の調査は、本調査研究会により過去二度、昭和36年と昭和48年¹⁾～50年^{2),3),4)}に行われ、当時の活動状況や利用状況が明らかにされた。そして、今年度から三ヶ年計画で、三度目の調査が行われることになった。

初年度では、春木川以南にある噴気・沸騰泉の観測を実施したので、その結果を報告する。

2 調査の概要

今回の調査に先立って、昭和59年度には、温泉台帳を基に、前回の調査原簿なども参考にして、調査対象となる噴気・沸騰泉のリストを準備した。このリストに基づいて、現地を訪問し、各孔井の位置を確認するとともに、温度・噴出量・噴出熱量の測定や化学分析のための採水を行った。その際、孔井所有者から噴出状況や利用状況について聞き取りを行い、参考のため、孔井や配管設備などを写真撮影した。

現況を把握するという目的から考えると、常時噴出しているそのままの状態、噴出量や噴出熱量を測定することが理想である。しかし、実際には、測定時に噴出口を開放したり、配管設備を操作・調整しなければならぬので、噴出状態が若干変化するのはやむを得ない。また、各孔井の設備は必ずしも測定に適しておらず、無理な操作によって孔井や設備が破損するおそれがあるばかりでなく、危険でもあるため、常に最善の測定法を適用できるとは限らない。これらの事情や孔井の多さを考慮し、精度を多少犠牲にしても、噴出量・噴出熱量の概値を安全かつ迅速に把握するという方針の下で、測定を行った。

調査は昭和60年7月から9月の間に実施され、測定不能の数孔を除き、調査予定範囲に分布するすべての噴気・沸騰泉について測定を終了した。調査した孔井のうち、活動孔の位置を図1に示し各孔井の測定結果を末尾の一覧表に掲げた。

3 噴出量・噴出熱量の測定

噴出量・噴出熱量の測定は、前回の方法とほぼ同様であるが、噴出流体の種類により、次の(A)、(B)、(C)の適当な方法を選んで行った。このうち、(B)の方法は、今回新たに採用したものである。

(A) 過熱蒸気・飽和蒸気：

ピトー管を用い、噴出口中央の全圧と静圧の差圧を測定する。蒸気の温度を測定し、噴出口での圧力を大気圧とみなして、蒸気表から密度とエンタルピーを求め、次式から噴出量 Q と噴出熱量 H を算出する。

$$U = 0.77 \cdot \sqrt{2 \Delta P / \rho}$$

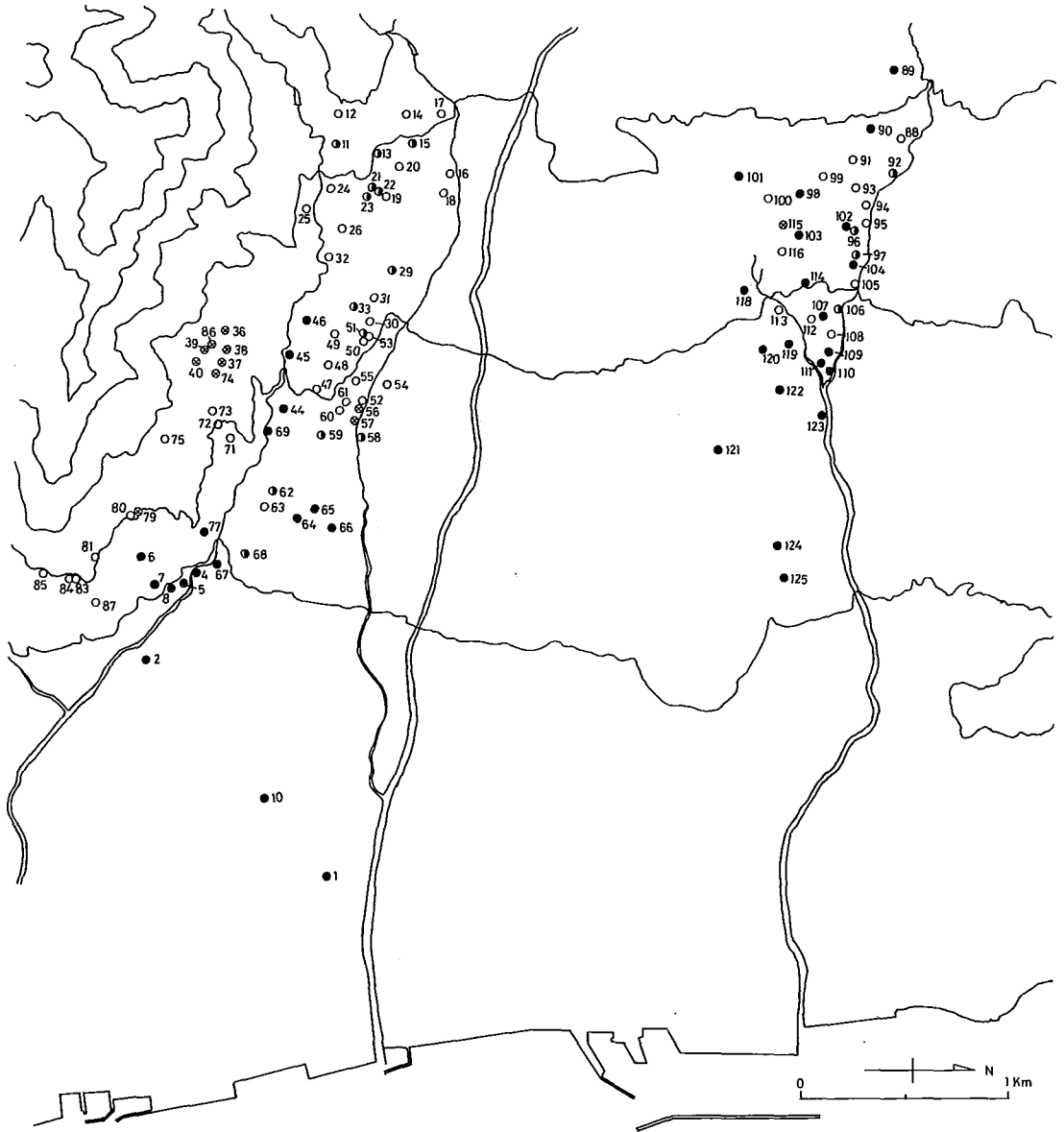


図1 噴気・沸騰泉の分布

○：噴気、●：Cl 濃度 100mg/l 未満の熱水をとまなうもの、

●：Cl 濃度 100mg/l 以上の沸騰泉、⊗：判定不能

$$\left. \begin{aligned} Q &= S \cdot \rho \cdot U \\ H &= i \cdot Q \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、 U は噴出口断面における流体の平均速度、 ΔP は噴出口中央での全圧と静圧の差圧、 ρ は流体の密度、 S は噴出口断面積、 i は流体のエンタルピーである。すべての孔井について、流体の平均速度は、噴出口中央での最大速度に0.77を乗じて求めた。¹⁾

(B) 蒸気と熱水の混合流体：

(A)と同様に、ピトー管で差圧を測定する。噴出流体の密度とエンタルピーは、熱量計を用いて測定し、(1)式から噴出量・噴出熱量を求める。使用した熱量計は、熱容量のわかっている容器に一定量の冷水を入れたもので、これに噴出流体の一部をチューブによって導き込み、その前後の温度変化と質量変化から密度とエンタルピーを知るという原理によるものである。⁵⁾

(C) 熱水：

一定容積の容器に熱水を受け、一杯になるまでの時間を測って、流量を求める。

孔井の噴出口を開放して測定する場合は、(A)または(B)の方法による。混合流体をタンクなどで蒸気と熱水に分離している場合は、蒸気量と熱水量を別々に(A)と(C)の方法で測定し、全量を求める。蒸気量あるいは熱水量のいずれか一方しか測定できない場合や、流体の密度・エンタルピーが測定できない場合については、流体の状態が似ている近くの孔井または前回調査の密度や湿度（全量に対する熱水の重量比）を使用して、全量を計算する。噴出口の分岐や配管の構造により、噴出量の一部しか測定できない場合や、タンク・配管からの蒸気や熱水の漏出がある場合には、配管の口径を考慮したり、漏出状態から判断して、全量を推定する。

上記のように、噴出量・噴出熱量を算出する際、推定値を用いた孔井が10数本あるが、概値を把握するという方針からみれば、許容範囲内の誤差と思われる。

4 測定結果について

4-1 境川以南域

測定結果をまとめ、比較のために前回・前々回の結果も併せて、表1に示した。なお、測定不能であったいくつかの孔井については、過去のデータを用いた。調査した孔井87孔のうち、2孔は自力での噴出が停止したためエアリフトを行っており、11孔は噴出が停止していたり、噴出勢力が極端に衰弱していた。結局、噴気または沸騰泉とみなせる活動孔は74孔であった。

それらの噴出状態から、蒸気のみを噴出する噴気と熱水をとまなうものに分類し、さらに熱水はCl濃度が100mg/ℓ以上のもの(沸騰泉)と、未満のものに分けて、それぞれを図1に異なった印で描いた。⊗印は判定できなかったものである。大きくみて、上流部に噴気、下流部に沸騰泉が分布するという、これまでに知られていた傾向に変化はない。低Cl濃度のものには、20mg/ℓに達しないものと、100mg/ℓに近いものがある。前者は、熱水量が少なく、蒸気の凝縮水とみなされるのに対し、後者の噴出状態は沸騰泉状であり、地下熱水の寄与をいくらか受けているものと考えられる。

さて、昭和60年5月に掘さくされたNa10井(市役所前)は、噴出勢力のかなり強い沸騰泉であるが、現在噴出を停止させた状態にあるため、表1の統計からは除外した。この孔井では、地面下35m深さ付近で炭酸カルシウム質スケール(アラゴナイト)の付着が激しく、熱水はこの深さ付近で沸騰を開始するものと思われる。噴出量は、このスケール付着に左右され、1週間程噴出させ続けると、管が閉塞されて噴出が停止する。末尾の表に掲げた値は、噴出テスト時に測定されたものの平均値であるが、スケールを完全に除去すると、30ton/hr程度の噴出量となる。

Na63は、バルブを全開すると130℃に達する過熱蒸気が激しく噴出する強勢な孔井である。し

かし、現在は、バルブを閉止に近い状態にまでしぼり込み、ごくわずかな量を探っているに過ぎないので、これも表1の統計には入れていない。

表1 境川以南域（大字別府、南立石）における観測結果

| 調査年、昭和 | 36年 ¹⁾ | 48～49年 ²⁾ | 60年(今回) |
|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 調査孔数 | 70 | 97 | 87 ^{2B)} |
| 観測孔数 | 47 | 68 | 71 |
| 100℃を超える孔数 | 11 | 12 | 8(+1) |
| 最高温度 ℃ | 133.0 | 134.5 | 135.2 |
| 最高噴出量 kg/h | 14162.4 | 23100 | 22120 |
| 最高熱量 kcal/h | 19.6×10 ⁵ | 27.4×10 ⁵ | 42.05×10 ⁵ |
| 合計熱水量 ton/day | 3131 | 4335 | 4106 |
| 合計蒸気量 ton/day | 464 | 1598 | 2325 |
| 合計噴出量 ton/day | 3595 | 5933 | 6431 |
| 合計熱量 kcal/day | 6.12×10 ⁸ | 15.26×10 ⁸ | 18.76×10 ⁸ |
| 平均噴出量 ton/day | 76.5 | 87.3 | 90.6 |
| 平均熱量 kcal/day | 1.30×10 ⁷ | 2.24×10 ⁷ | 2.64×10 ⁷ |
| 平均熱水比 | 0.87 | 0.73 | 0.64 |

注) 活動孔数（微弱なものは除く）は74孔。内1孔は閉止未利用、1孔はバルブをしぼっているため利用量は微少、1孔は危険なため観測不能。

Na56からは、熱水をいくらか含む蒸気がかなり多量に噴出しているが、その噴出口が池の中にあるため、非常に危険で近寄ることができない。

表1は、上記3孔を除いた統計である。最高温度はNa52の135.2℃で、100℃を超える過熱蒸気を噴出している孔井は8孔（Na63を加えると9孔）である。最高噴出量と最高熱量を示すのはそれぞれNa69およびNa66である。ただし、後者は昭和58年の測定値である。杉乃井ホテル発電用孔井からの噴出量は直接測定が不可能なので、末尾の表には、発電量から推算された7孔の総蒸気量（杉乃井ホテル提供）と余剰の熱水量（直接測定）の合計値を掲げた。そのうち、Na38井がもっとも強勢で、全量の約半を占めるとのことである。そうとすれば、このNa38井が最高熱量を噴出しているということになる。

この地域からの合計噴出量は6431ton/day 合計熱量は18.76×10⁸ kcal/day、また、1孔当りの平均噴出量と平均熱量は、それぞれ90.6ton/dayおよび2.64×10⁷ kcal/dayと、いずれも前回、前々回より増加している。ただし、前回と比べて、熱水量はわずかに減少し、蒸気量は逆に増加している。そのため、平均的な熱水比（噴出量中に占める熱水の重量比）は、0.73から0.64へと低下した。また、前々回の平均熱水比は0.87であった。これは、噴気・沸騰泉の地獄的な開発状態にも左右されるが、一方では、地下における地熱流体のありかたに変化が起っていることを暗示しているとも思われ、興味深い。

4-2 春木川右岸域

今回の調査対象孔数は、前回と同じ38孔であった。そのうち、前回は29孔が活動していたが、掘り直しなどによって活動孔が増加し、現在は37孔から噴出している。なお、停止中の1孔（Na117）も、冬期には噴出させる予定とのことであった。また、Na103はかなり強勢な沸騰泉であるが、前回と同様に危険すぎて、今回も測定を諦めざるを得なかった。

そのほか、この地域でも、孔井の構造などのために測定できなかったものがいくつかあった。

それらについては過去のデータを参照し、36孔についての統計結果を、前回の結果とともに、表2に掲げた。図1に示した噴出流体の種類の種類によれば、最上流部に高いCl濃度の沸騰泉があるなどやや複雑ではあるが、この地域でも、境川以南域と同様に、上流部に噴気、下流部に沸騰泉が分布するという傾向が認められる。

表2 春木川右岸域（大字鶴見）における観測結果

| 調査年、昭和 | 48～49年 ²⁾ | 60年(今回) |
|---------------|----------------------|---------------------|
| 調査孔数 | 38 ^{注1)} | 38 ^{注2)} |
| 観測孔数 | 28 | 36 |
| 100℃を超える孔数 | 1 | 1 |
| 最高温度 ℃ | 123.0 | 131.6 |
| 最高噴出量 kg/h | 12950 | 18320 |
| 最高熱量 kcal/h | 19.9×10^5 | 58.43×10^5 |
| 合計熱水量 ton/day | 2278 | 2381 |
| 合計蒸気量 ton/day | 569 | 1356 |
| 合計噴出量 ton/day | 2847 | 3737 |
| 合計熱量 kcal/day | 6.30×10^8 | 11.04×10^8 |
| 平均噴出量 ton/day | 101.7 | 103.8 |
| 平均熱量 kcal/day | 2.17×10^7 | 3.07×10^7 |
| 平均熱水比 | 0.80 | 0.64 |

注1) 活動孔数は29孔 } 内1孔は危険なため観測不能
 注2) 活動孔数は37孔 }

最高温度は、この地域における唯一の過熱蒸気噴出井No.91の131.6℃である。噴出勢力はNo.90とNo.114の両沸騰泉が群を抜いており、それぞれ最高熱量と最高噴出量を示す。いずれもCl濃度が高く、No.90は、この地域における最高濃度(1971mg/ℓ)の熱水を噴出している。

最上流部に探さくされた深度600mのNo.89井からも、高Cl濃度(1953mg/ℓ)の熱水が噴出している。しかも、蒸気量が非常に少なく、他の沸騰泉とは、その噴出状態が若干異なっているようである。あるいは、水頭の高い熱水が、噴出口近くのごく浅い所で沸騰しているのではないかと思われる。

合計噴出量は3737ton/dayと前回よりおよそ900ton/day増加したが、1孔当りの平均噴出量はあまり変化しておらず、活動孔数の増加分だけ増量したと言える。一方、その内容を見ると、熱水量はそれほど増えず、増加量のほとんどは蒸気の増量によっている。そのため、合計熱量は前回より75%、1孔当りの平均熱量は40%程度増えた。平均熱水比は、偶然にも、境川以南域とまったく同じの0.64であり、この地域でも前回の値0.80より低下している。

5 あとがき

別府温泉の現況を把握するための三ヶ年計画の初年度に当る昭和60年度には、春木川以南域に分布する125孔の噴気・沸騰泉について活動状況を調査した。そのうち111孔が活動しており、その全噴出量は10,168ton/dayと昭和48～49年における8,780ton/dayよりおよそ16%増加した。この増量は、格段と言えらるほどではないかもしれないが、全噴出量中に占める熱水の割合が低下したこと、言い換えれば、蒸気量が増したことが質的な変化を示すものとして特筆される。これにともなう、全熱量は 29.80×10^8 kcal/day(0℃基準)と、前回の値 21.56×10^8 kcal/dayより40%弱増

加した。このことは、沸騰泉開発による地下熱水採取の影響の現われとも思われ、今後の動向が注目される。⁶⁾

噴気・沸騰泉の利用形態についても聞き取りを行ったが、給湯会社の名義変更や一部統合などがあつたものの、全体としては、前回の状態から大きく変化してはいないようである。ただ、新しい利用形態として、地熱発電（杉乃井ホテル）が始められたことが挙げられる。また、一部の噴気では、簡易型の熱交換器が設備されている。

今回の調査に当り、別府保健所、別府市温泉課には、多大のご支援をいただいた。試水の化学分析には、大分大学・川野田実夫助教授と学生諸氏のご協力を得た。記して謝意を表するとともに、孔井所有者各位に厚く御礼申しあげる。

参 考 文 献

- 1) 湯原浩三：別府周辺噴気口の噴出熱量と熱力学的性質，大分県温泉調査研究会報告15号，15—25 1964.
- 2) 吉川恭三・由佐悠紀：別府温泉の現況調査，(1)別府南部域の噴気・沸騰泉，同上，25号，1—8，1974.
- 3) 吉川恭三・由佐悠紀・北岡豪一：同上，(2)別府北部域の噴気・沸騰泉，同上，26号，1—7，1 975.
- 4) 吉川恭三・由佐悠紀：同上，(3)別府全域の噴気・沸騰泉と一般温泉，同上，27号，1—15，1976.
- 5) 由佐悠紀：噴気・沸騰泉の観測，同上，28号，26—30，1977.
- 6) 吉川恭三：地下熱水の蒸気化による地熱現象への影響，同上，33号，11—20，1982.

春木川以南域における噴気・沸騰泉調査結果一覧表

| 番 号 | 深度 (m) | 口径 (mm) | 温 度 (℃) | 噴 出 量 (kg/hr) | 湿 り 度 | 噴 出 熱 量 (10 ⁵ kcal/hr) | pH | Cl ⁻ (mg/ℓ) | HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ) | 備 考 |
|-------|-----------|------------|------------|------------------|-----------|--------------------------------------|------|---------------------------|---|-------|
| 大字別府 | | | | | | | | | | |
| 1 | 231 | 75 | 100 | 7293 | 0.864 | 12.65 | 9.04 | 235 | 492 | |
| 2 | 85 | 75 | 99.3 | 3015 | 0.887 | 4.84 | | | | |
| 3 | 150 | 40 | — | — | — | — | | | | エアリフト |
| 4 | 183 | 50 | 98.6 | 11010 | 0.952 | 13.70 | 9.22 | 651 | 200 | |
| 5 | 300 | 100 | (98) | (6000) | (0.990) | (6.31) | | | | |
| 6 | 250 | 80 | 98.8 | 12660 | 0.973 | 14.38 | 8.67 | 896 | 87 | |
| 7 | 194 | 50 | 98.9 | 16160 | 0.988 | 17.02 | 9.09 | 583 | 153 | |
| 8 | 250 | 75 | 99.3 | 3575 | 0.794 | 7.52 | 9.15 | 1060 | 145 | |
| 9 | 400 | 80 | | | | | | | | 微弱 |
| 10 | 300 | 100 | (99.3) | (24930) | (0.963) | (29.90) | | | | 噴出テスト |
| 大字南立石 | | | | | | | | | | |
| 11 | 300 | 50 | 97.3 | 470 | 0.493 | 1.75 | | | | |
| 12 | 400 | 65 | 95.0 | 2037 | 0 | 12.98 | | | | |
| 13 | 132 | 40 | 95.0 | 668 | 0.371 | 2.88 | 7.67 | 12.0 | 240 | |
| 14 | 95 | 40 | 96.0 | 264 | 0 | 1.68 | | | | |
| 15 | 255 | 50 | 95.8 | 634 | 0.324 | 2.93 | | | | |
| 16 | 250 | 50 | 94.5 | 4464 | 0 | 28.44 | | | | |

| 番号 | 深度 (m) | 口径 (mm) | 温度 (°C) | 噴出量 (kg/hr) | 湿り度 | 噴出熱量 (10 ⁶ kcal/hr) | pH | Cl ⁻ (mg/ℓ) | HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ) | 備考 |
|----|-----------|------------|------------|----------------|----------|-----------------------------------|------|---------------------------|---|-------|
| 17 | 300 | 50 | 94.4 | 148 | 0 | 0.94 | | | | |
| 18 | 500 | 65 | 98.7 | 830 | 0 | 5.30 | | | | 59年5月 |
| 19 | 190 | 50 | 118.0 | 552 | 0 | 3.57 | | | | |
| 20 | 250 | 50 | 97.0 | 3059 | 0 | 19.51 | | | | |
| 21 | 不明 | 100 | 96.7 | 2460 | 0.791 | 5.16 | 8.05 | 16.2 | 378 | |
| 22 | 300 | 80 | 97.0 | (1574) | (0.791) | (3.30) | 7.18 | 64.6 | 118 | |
| 23 | 109 | 75 | 97.5 | (4830) | (0.791) | (10.12) | | | | |
| 24 | 350 | 50 | 97.9 | 658 | 0 | 4.20 | | | | |
| 25 | 96 | 38 | 110.0 | 900 | 0 | 5.80 | | | | |
| 26 | 300 | 50 | 97.5 | 497 | 0 | 3.17 | | | | |
| 27 | 200 | 40 | | | | | | | | エアリフト |
| 28 | | | | | | | | | | 微弱 |
| 29 | 200 | 40 | 98.1 | 1061 | 0.089 | 6.27 | 8.04 | 7.7 | 118 | |
| 30 | 160 | 80 | (96.0) | (2410) | (0) | (15.40) | | | | 48年8月 |
| 31 | 300 | 100 | 105.0 | 623 | 0 | 4.00 | | | | |
| 32 | 300 | 50 | 97.0 | 217 | 0 | 1.39 | | | | |
| 33 | 200 | 50 | 98.3 | 2146 | 0.260 | 10.68 | 7.25 | 84.4 | 92 | |
| 34 | 200 | 80 | | | | | | | | 停止 |
| 35 | 200 | 100 | | | | | | | | 停止 |
| 36 | 200 | 80 | | | | | | | | 杉乃井発電 |
| 37 | 530 | 100 | | | | | | | | 〃 |
| 38 | 200 | 80 | | 37400* | | 220 * | 7.88 | 914 | 82 | 〃 |
| 39 | 200 | 80 | | | | | | | | 〃 |
| 40 | 200 | 80 | | | | | | | | 〃 |
| 41 | 200 | 75 | | | | | | | | 停止 |
| 42 | 380 | 100 | | | | | | | | 不明 |
| 43 | 293 | 80 | | | | | | | | 不明 |
| 44 | 300 | 80 | | (2000) | (0.35) | (9.0) | | | | |
| 45 | 300 | 65 | 98.6 | 2806 | 0.794 | 5.89 | 8.37 | 1502 | 74 | |
| 46 | 187 | 50 | (98.6) | (9860) | (0.990) | 10.40 | | | | 48年8月 |
| 47 | 191 | 50 | (121.5) | (2956) | (0) | (19.20) | | | | 〃 |
| 48 | 200 | 50 | 98.6 | 690 | 0 | 4.41 | | | | |
| 49 | 190 | 50 | 98.2 | 366 | 0 | 2.34 | | | | |
| 50 | 126 | 75 | 98.5 | 824 | 0 | 5.28 | | | | |
| 51 | 120 | 40 | 98.7 | 464 | 0.583 | 1.50 | | | | |
| 52 | 不明 | 40 | 135.2 | 2538 | 0 | 16.65 | | | | |
| 53 | 250 | 100 | 98.6 | 369 | 0 | 2.36 | | | | |
| 54 | 106 | 40 | 99.8 | 141 | 0 | 0.90 | | | | |
| 55 | 150 | 50 | 98.1 | 680 | 0 | 4.34 | | | | |
| 56 | 不明 | 不明 | | | | | | | | 測定不能 |
| 57 | 200 | 100 | | (8000) | (0.5) | 22.13 ** | | | | |
| 58 | 不明 | 40 | 98.2 | 2190 | 0.255 | 10.97 | | | | |

| 番 号 | 深度 (m) | 口径 (mm) | 温 度 (°C) | 噴 出 量 (kg/hr) | 湿り度 | 噴 出 熱 量 (10 ⁵ kcal/hr) | pH | Cl ⁻ (mg/ℓ) | HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ) | 備 考 |
|------|-----------|------------|-------------|------------------|----------|--------------------------------------|------|---------------------------|---|---------|
| 59 | 200 | 80 | 99.1 | 4084 | 0.792 | 8.64 | 9.10 | 20.5 | 304 | |
| 60 | 300 | 100 | 98.0 | 2021 | 0 | 12.91 | | | | |
| 61 | 182 | 75 | | (2000) | 0 | (12.8) | | | | |
| 62 | 300 | 38 | 99.2 | 1354 | 0.681 | 3.65 | 9.05 | 80.4 | 493 | |
| 63 | 130 | 100 | | | | | | | | しぼり込み |
| 64 | 245 | 65 | 99.0 | 755 | (0.693) | 2.00 | 9.47 | 136 | 517 | |
| 65 | 350 | 50 | (95) | (2190) | (0.863) | 3.80 | | | | 48年12月 |
| 66 | 500 | 100 | 98.0 | 20900 | 0.811 | 42.05 | | | | 58年1~3月 |
| 67 | 160 | 50 | 100 | 10400 | 0.900 | 16.20 | 9.10 | 152 | 261 | |
| 68 | 310 | 75 | 99.0 | 1735 | 0.534 | 6.08 | 9.12 | 97.4 | 432 | |
| 69 | 300 | 80 | 98.7 | 22120 | 0.929 | 30.30 | 9.37 | 105 | 378 | |
| 70 | 260 | 80 | | | | | | | | 微弱 |
| 71 | 160 | 75 | 97.0 | 111 | 0 | 0.71 | | | | |
| 72 | 200 | 80 | 98.3 | 1184 | 0 | 7.56 | | | | |
| 73 | 177 | 100 | 118.0 | 1273 | 0 | 8.25 | | | | |
| 74 | 200 | 80 | | | | | | | | 杉乃井発電 |
| 75 | 100 | 50 | 98.4 | 496 | 0 | 3.17 | | | | |
| 76 | 145 | 4寸 | | | | | | | | 不明 |
| 77 | 420 | 80 | 99.0 | (10200) | (0.951) | (12.90) | 9.23 | 317 | 154 | 49年1月 |
| 78 | 不明 | 1.4寸 | | | | | | | | 微弱 |
| 79 | 240 | 100 | 99.1 | 21690 | 0.979 | 23.97 | | | | |
| 80 | 150 | 75 | 98.5 | 513 | 0 | 3.28 | | | | |
| 81 | 190 | 50 | 129.0 | 1498 | 0 | 9.78 | | | | |
| 82 | 215 | 100 | | | | | | | | 微弱 |
| 83 | 90 | 3寸 | 98.3 | 311 | 0 | 1.98 | | | | |
| 84 | 90 | 3寸 | 98.3 | 262 | 0 | 1.67 | | | | |
| 85 | 不明 | 1.3寸 | 106.0 | 482 | 0 | 3.10 | | | | |
| 86 | 200 | 80 | | | | | | | | 杉乃井発電 |
| 87 | 不明 | 50 | 95.0 | 903 | 0 | 5.75 | | | | |
| 大字鶴見 | | | | | | | | | | |
| 88 | 200 | 50 | 98.0 | 1544 | 0 | 9.85 | | | | |
| 89 | 600 | 75 | 98.5 | 3896 | (1.0) | 3.84 | 8.00 | 1953 | 63 | 蒸気微量 |
| 90 | 500 | 50 | 97.5 | 16470 | 0.524 | 58.43 | 8.74 | 1971 | 71 | |
| 91 | 300 | 50 | 131.6 | 1786 | 0 | 11.69 | | | | |
| 92 | 150 | 50 | 97.0 | 2380 | 0.636 | 6.99 | | | | |
| 93 | 200 | 50 | | 1333 | 0 | 8.52 | | | | |
| 94 | 200 | 50 | 98.5 | 742 | 0 | 4.74 | | | | |
| 95 | 180 | 50 | 98.3 | 1474 | 0 | 9.41 | | | | |
| 96 | 181 | 50 | 99.0 | 2973 | 0.457 | 11.76 | 9.20 | 19.6 | 568 | |
| 97 | 100 | 50 | 99.0 | 4066 | 0.845 | 7.54 | 9.30 | 17.0 | 240 | |
| 98 | 400 | 50 | 98.8 | 8726 | 0.693 | 23.11 | 8.26 | 907 | 97 | |
| 99 | 375 | 50 | 97.0 | 2273 | 0 | 14.51 | | | | |
| 100 | 403 | 80 | 98.0 | 2040 | 0 | 13.00 | | | | 53年3月 |
| 101 | 600 | 50 | 85.0 | 6549 | 0.942 | 7.64 | | | | |
| 102 | 275 | 50 | 98.5 | 5929 | 0.521 | 21.19 | 8.31 | 496 | 103 | |

| 番号 | 深度 (m) | 口径 (mm) | 温度 (℃) | 噴出量 (kg/hr) | 湿り度 | 噴出熱量 (10 ⁵ kcal/hr) | pH | Cl ⁻ (mg/ℓ) | HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ) | 備考 |
|-----|-----------|------------|-----------|----------------|----------|-----------------------------------|------|---------------------------|---|--------|
| 103 | 400 | 50 | | | | | 8.47 | 1790 | 67 | 測定不能 |
| 104 | 200 | 75 | 99.0 | 2306 | 0.824 | 4.47 | 8.70 | 1663 | 60 | |
| 105 | 200 | 75 | 98.5 | 487 | 0 | 3.11 | | | | |
| 106 | 200 | 75 | 98.0 | 6248 | 0.926 | 8.63 | 9.17 | 19.7 | 236 | |
| 107 | 200 | 80 | 98.8 | 11820 | 0.654 | 33.76 | 8.40 | 1785 | 115 | |
| 108 | 192 | 50 | 99.3 | 2000 | 0 | 12.78 | | | | |
| 109 | 200 | 50 | 97.8 | 1481 | (1.0) | 1.45 | 8.81 | 1516 | 66 | 蒸気微量 |
| 110 | 300 | 80 | 98.5 | 1727 | 0.701 | 4.49 | 3.34 | 1694 | 0 | |
| 111 | 300 | 50 | 91.0 | 972 | 0.520 | 4.10 | 8.76 | 1171 | 57 | |
| 112 | 150 | 38 | 99.1 | 303 | 0 | 1.94 | | | | |
| 113 | 300 | 40 | 99.0 | 513 | 0 | 3.28 | | | | |
| 114 | 270 | 80 | 98.7 | 18320 | (0.654) | 52.30 | 8.72 | 1785 | 66 | |
| 115 | 465 | 50 | (98) | (6200) | (0.9) | (9.50) | | | | 48年10月 |
| 116 | 300 | 75 | 99.0 | 1805 | 0 | 11.52 | | | | |
| 117 | 400 | 40 | | | | | | | | 休止 |
| 118 | 265 | 40 | 97.1 | 7606 | 0.498 | 28.13 | 8.72 | 1658 | 54 | |
| 119 | 280 | 50 | 99.1 | 2159 | 0.606 | 6.73 | 8.62 | 1395 | 67 | |
| 120 | 350 | 40 | 99.1 | 2709 | 0.642 | 7.92 | 8.68 | 1699 | 54 | |
| 121 | 331 | 40 | 99.3 | 5568 | (0.7) | 15.59 | 6.70 | 1219 | 10 | |
| 122 | 350 | 50 | 99.2 | 6125 | 0.772 | 13.61 | 8.60 | 1740 | 51 | |
| 123 | 300 | 50 | 99.5 | 2136 | 0.980 | 2.36 | 8.09 | 1427 | 32 | |
| 124 | 300 | 40 | 99.3 | 9646 | 0.896 | 14.88 | 8.01 | 912 | 21 | |
| 125 | 450 | 50 | 99.0 | 3389 | (0.8) | 7.05 | 8.65 | 642 | 72 | |

* : 杉乃井ホテル発電用孔井7孔の合計量、内熱水量 3,400kg/h

** : 温泉水造成交量より推定

温泉源の分布と地温勾配

京都大学理学部 北岡 豪 一
吉川 恭 三

1 はじめに

深層熱水型温泉は、厚く成層した堆積岩の深部に、上下に流動が少なく、水平に長期にわたり貯留した状態の温泉水を採取するものである。

これに対し、古くから開かれた浅層温泉では、基盤岩の縦割り部を上昇した高温水が浅層の横割り型の地層に流出し、循環性の地下水に加わって水平に広がってゆく状態が一般的に見られる。

大分県内には、別府・九重を結ぶ、いわゆる九州中部地溝内に、食塩型熱水を起因とする活発な温泉・地熱活動があり、それを挟んで南北両側の平地部に深層熱水型温泉が広く分布する。深層熱水型温泉の開発域では、地温は深さに対し、どの地域でも 100 m 当り 5～7° の割合でほぼ直線的に増温し、その大部分が、15° 離れた勾配 6° /100m の 2 本の平行線の間に乗るといふ特徴がみられる¹⁾。

その低温側の線は、熱伝導支配の地温を表すのに対し、高温側を限る線は、昨年度報告したように、横割り型の地層中に局所的に存在する縦割部の影響を表し、地層中の水が縦割り部に集り上昇する状態を考えて矛盾しないものである。

ところが、庄内町には、地温がそれよりもさらに高温側にずれ、地温勾配の大きく現われる地区がみられる。これは、浅層泉源の形成される場合と同様に、深部基盤の縦割り部を上昇した高温水が、中層の横割り部地層中に流出する影響を現わす可能性が考えられる。

昨年は、基盤が深く、それからの流入影響の無視できる場合を考察したが、地層の縦割りと横割りの組合せを基本とするこのモデルは、さらに、浅層あるいは中層に泉源の形成される場合にも、地層の水利条件を適当に組み込むことで適用される可能性がある。

本報告では、昨年モデルに、基盤から高温水の流入する場合を加えて考察し、種々の泉源形成に適用できる基礎モデルを目指そうとした。そして、ケーススタディとして、掘削資料の比較的豊富な大分川流域の温泉開発域を対象に、地区ごとに地温の整理を行いつつ、それに基づき地下温泉水の貯留・流動の状態を推定しようとした。

2 深層熱水型温泉の位置付け

図1は、深さに対する地温を、深層熱水型温泉の採取域と、地熱地域の代表例として九重地域と対比させたものである。深層熱水型温泉の地温の現われる範囲を点々で表し、その下限を表すものとして、勾配 0.06° /m (地表温度15°C) の直線を取り、深部まで延長して一点鎖線で示

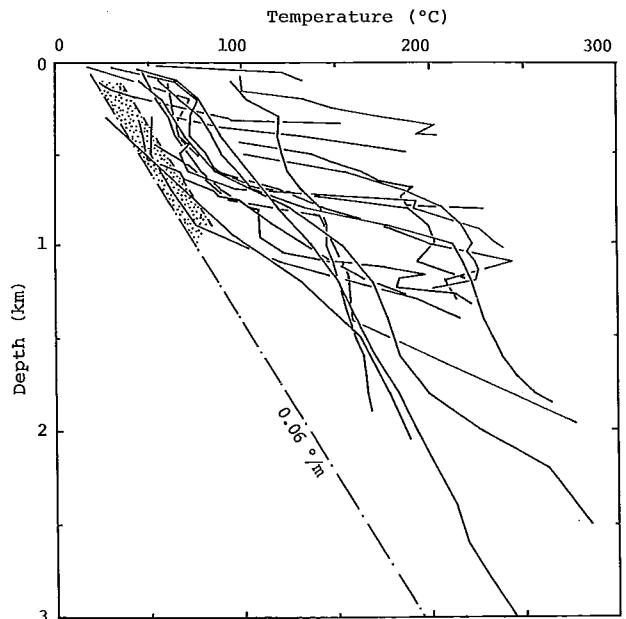


図1 深層熱水型温泉の地温範囲と地熱地域の地温

した。図に用いた資料は県に保管されている掘削明細書に依る。

この図から明らかに、一点鎖線よりも低温側には地温はほとんど現われない。地溝帯の北側で開発された深層温泉の地温を示す図2、および、大分川流域のそれを示す図4以降の諸図には、これと同じ直線が引いてある（ただし、破線は大分市内地温の高温側の線を表す）。これらの図から、地溝帯の南北両側でほぼ同様のバックグラウンドとしての地温が考えられてよく、図1の一点鎖線はそれを代表する。

従って、地熱地域を含めた全域で、最も低温側に位置する深層熱水型温泉は、熱伝導支配の領域であり、地下温泉水は上下の方向に流動の少ない状態にあると言える。その意味で、深部から高温水の流入影響の大きい場合は、厳密には深層熱水型温泉とは言えなくなる。

なお、別府温泉地域では、約 200℃までの高温部が数 100 m 以浅のかなり浅層まで持ち上った状態にあるが、地温は低温側のもも含め、この図に現われた分布の範囲にあるとみなせる。

3 基盤から高温水の流入のある場合の地温形成

前回と同様に、水平方向にしか水の流れない成層地層中に縦割りがあり、そこだけで上下の流動が許されるものとする。座標は、縦割りの上端を原点として下向きに z 軸、縦割りを原点として水平に x 軸をとる。 $z = 0$ で浅層に流出した水は、地下水で十分希釈され、それによる地温への影響は無視できるものとする。

縦割り部を上昇する流量を Q 、水頭を h 、水温を T 、縦割り部の影響が無視できる地層中の水頭を H 、水温（＝バックグラウンド地温）を g とおき、 H は一様、 g は深さに対して

$$g = \alpha + \beta z \quad (1)$$

の直線分布とする。

縦割り部では、 Q と h の間に

$$Q = K \frac{dh}{dz} \quad (2)$$

の関係を仮定し、地層から縦割り部に入る水平流を q 、熱流を f として、それぞれ、

$$q = b(H - h) \quad (3)$$

$$f = (q\theta + k \frac{\partial \theta}{\partial x})_{x=0} \quad (4)$$

で表されるものとする。ここに、 θ は、座標 (x, z) における地温、 $k = k/\rho c$ で、 k は地層の熱伝導率、

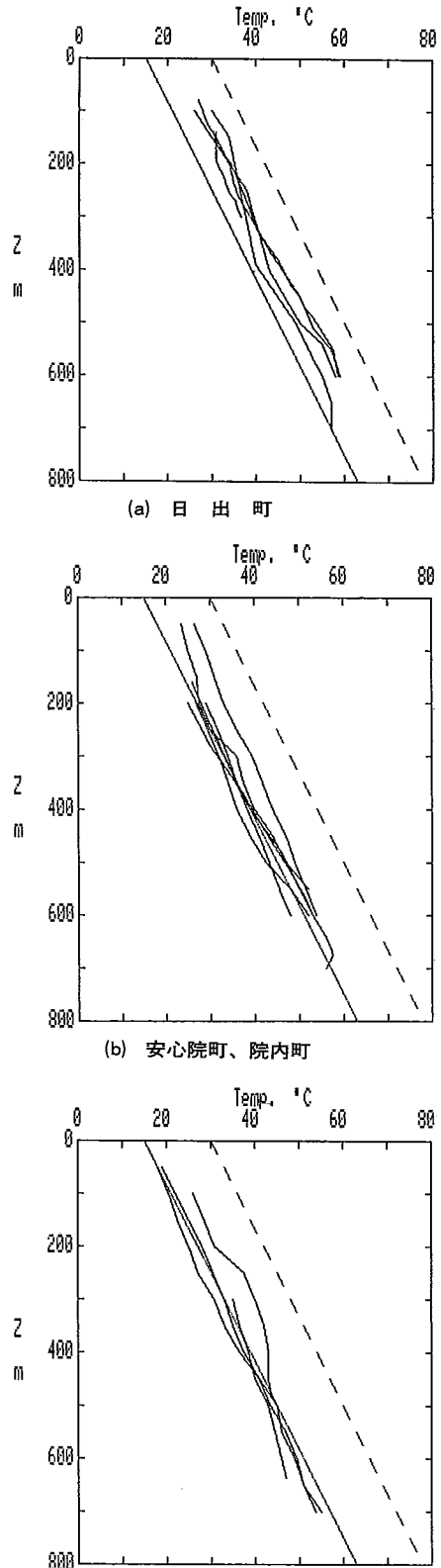


図2 北部地域の地温の状態

ρ 、 c はそれぞれ、水の密度、比熱である。また、 K は縦割り部の透水性を表す係数、 b は地層から縦割り部への浸出を表す係数で、ともに一様とする。

水量と熱量の連続の方程式

$$-\frac{dQ}{dz} = q \quad (5)$$

$$-\frac{d(QT)}{dz} = f \quad (6)$$

から、縦割り部の水頭 h 、水温 T は、それぞれ、

$$\frac{d^2 h}{dz^2} + \frac{b}{K}(H-h) = 0 \quad (7)$$

$$-Q \frac{dT}{dz} = k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=0} \quad (8)$$

で表される。ただし、縦割り部では、熱伝導による上下方向の熱流は小さいとして無視した。

地層中で上下方向の熱伝導を無視すると、(4)式右辺の括弧の中は、 x に依存しない保存量となるから、 $x=d$ で $\theta = g$ とおけば、(8)式の右辺は

$$k \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=0} = \frac{q(T-g)}{1 - \exp(-qd/k)} \quad (9)$$

となる。もし、 $qd \ll k$ であれば、

$$-\frac{dT}{dz} = \frac{k}{Qd}(T-g) \quad (10)$$

となり、いわゆる冷却の式と同じ表現になる。 d が大きく、 $qd \gg k$ の場合は、(8)式は

$$-\frac{dT}{dz} = \frac{q}{Q}(T-g) \quad (11)$$

となり、 f は qg で表される。 q/Q は(7)式の解を(2)と(3)式に代入して求められる。

基盤の深さを $z = \ell$ とし、そこで縦割り部が閉じている場合は、前回求めたように、水頭差 $H-h$ と縦割り部を上昇する水温 T_1 の鉛直分布は、

$$H-h = (H-h_0) \cosh \sqrt{\frac{b}{K}}(\ell-z) / \cosh \sqrt{\frac{b}{K}}\ell \quad (12)$$

$$T_1 = g + (\beta / \sqrt{\frac{b}{K}}) \tanh \sqrt{\frac{b}{K}} \frac{\ell-z}{2} \quad (13)$$

である。ただし、 h_0 は、 $z=0$ の h で $h_0 < H$ である。

これに対し、 $z = \ell$ の基底から、その深さの地温よりも A だけ高い高温水の流入のある場合は、 $z = \ell$ における水頭 h_ℓ と地層中の水頭 H との大小により、いくつかの異なる状態が考えられる。

基底では、基盤岩表層の風化層を含め、その付近で透水性のよい場合がしばしばみられる。もし、 $z = \ell$ で $h_\ell = H$ とできるときは、水頭差 $H-h$ は、

$$H-h = (H-h_0) \sinh \sqrt{\frac{b}{K}}(\ell-z) / \sinh \sqrt{\frac{b}{K}}\ell \quad (14)$$

となり、この場合の縦割り部の温度 T_2 は、同様にして、

$$T_2 = g + (\beta / \sqrt{\frac{b}{K}}) \tanh \sqrt{\frac{b}{K}}(\ell-z) + A / \cosh \sqrt{\frac{b}{K}}(\ell-z) \quad (15)$$

と求められる。従って、 $h_\ell \leq H$ の条件では、 T は、 $T_1 \leq T \leq T_2$ の範囲内である値をとると考えることができる (図 3 (a))。この場合、 A が余り大きくなく、 $\sqrt{\frac{b}{K}}(\ell-z)$ の値が大となる z の範囲では、 T_1 、 T_2 は、いずれも、

$$T = g + \beta / \sqrt{\frac{b}{K}} \tag{16}$$

に近づき、 T は、 g よりも $\beta / \sqrt{\frac{b}{K}}$ だけ高い直線分布をとるようになる。大分市でみられる高温側の直線はこの状態を表すとみなして差しつかえない。

ところで、 $h_1 > H$ の場合は、 $z < \ell$ の範囲で $h = H$ となる $z = a$ があるから、水頭差 $H - h$ の分布は、(14)式中の ℓ を a で置き換えた形で表現され、 $a < z < \ell$ で $h > H$ 、 $z \leq a$ で $h \leq H$ となる。すなわち、 $a < z < \ell$ の範囲で縦割り部から地層に向けて高温水の流出が生じ、その間、 T の変化はない。その結果、 g よりも高温の地層がその範囲に生ずることとなる。

この場合、高温水は、水平に広がる過程で冷却され、高温水の水温は縦割り部から離れるにつれて次第に g に近づく。したがって、高温層の広がりは一一般に限られ、その直下では、地温の鉛直勾配は小さい。

もし、基盤からの高温水の流入量が少なく、高温部の広がりが大きくないときは、 $z < a$ の範囲で縦割り部の温度 T_3 は、(15)式と同様にして、

$$T_3 = g + \left(\beta / \sqrt{\frac{b}{K}}\right) \tanh \sqrt{\frac{b}{K}} (a - z) + A' / \cosh \sqrt{\frac{b}{K}} (a - z) \tag{17}$$

と求められる。ここに、 $A' = A + \beta (\ell - a)$ である。

これに対し、基盤からの流入量が大きく、広い範囲にわたり中層泉源が形成される場合には、地層から縦割り部に流入する水温は、 $z < a$ の範囲で、

$$g' = \alpha + \beta' z, \quad \beta' = \beta + A' / a \tag{18}$$

に近づくから、縦割り部を上昇する水温 T_4 は、

$$T_4 = g' + \left(\beta' / \sqrt{\frac{b}{K}}\right) \tanh \sqrt{\frac{b}{K}} (\ell - z). \tag{19}$$

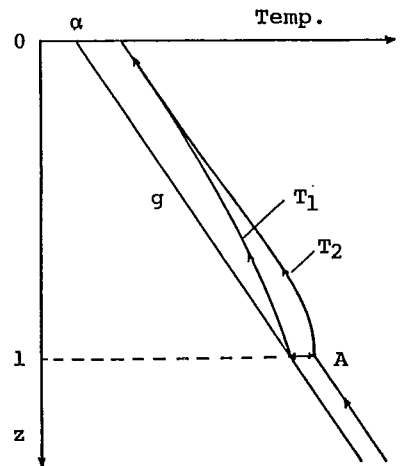
の分布に近づく。従って、 $h_1 > H$ の場合の T は、中層泉源の規模に応じて、 $T_3 < T < T_4$ の範囲である値をとることになる (図3(b))。

4 地域別にみた地下温度の状態

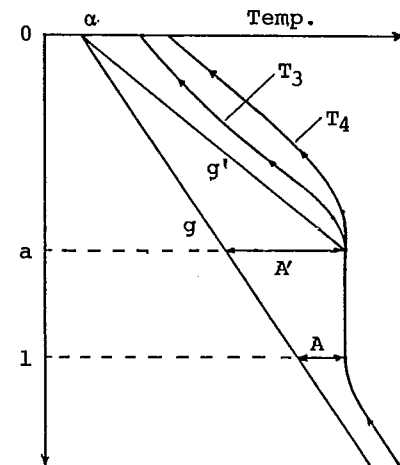
以降は、前節で行った考察の結果を温泉開発の進んだ大分川流域の諸地域で得られている掘削資料に適用する。また、浅層泉源の例として、同流域上流部の長湯温泉についても検討を試みる。

大分市、挾間町、庄内町の地下温度は、深度との関係をそれぞれ図4、図5、図7の各図に示すように、全体としては大部分が同様の範囲に収まり、深層熱水型温泉としての特徴を持つが、地温勾配のかなり異なるものや、その範囲からはずれるものなどが各地区で特徴的にみられる。

掘削明細書に記載されている地温は、地下の直接的な、唯一とも言える情報源ではあるが、掘削工事の影響もあり、研究の資料として必ずしも適しているとはいえない。しかし、同じ地域で工事中に測られた地温と工事終了後に測られた地温とで大きい違いが認めら



(a) $h_1 \leq H$



(b) $h_2 > H$

図3 縦割り部を上昇する水温

れず、また、異なる掘削者で同様の結果が得られているので、深度数10m、地温5°程度以内の精度を問題としない大まかな議論には、その資料は十分利用可能と思われる。

(1) 大分市

この地域の温泉開発はなお進行中で、昭和61年3月までに100孔を越した。昨年度の報告で述べた、高温帯が3本に分れて分布する状態や、地温の上限が、 $\sqrt{\frac{b}{K}} = 0.004 \text{ m}^{-1}$ に対応する直線(16式)で表されることなどは、変更がない。^{1), 2)}

しかし、採取域の拡大に伴い、比較的深部で、バックグラウンド地温よりもさらに低温側にシフトする一群のあることがよりはっきりしてきた(図4)。それは、原川地区にもみられるが特に上流側周辺部の畑中、宮崎、鷺野、田尻等、比較的限られた地区で、地温勾配の小さいものがある。この一帯は、大分層群とその南西側に露出する碩南層群を限る断層が走向し、その線上で大分川は著しく屈曲するなど、規模の大きい地層の食い違いの存在することは明らかで、この低温帯がこの地域の深層熱水型温泉の分布限界を表わす可能性がある。

大分市は、地温、水質の分布において研究に良質の条件を備え、深層熱水型温泉の研究に手掛りを与えてくれた。この地域の温泉については、その後の採湯の現況調査を含めた新たな追加資料を整理し、次年度改めて検討する予定である。

(2) 挾間町

この地区の温泉開発はこの10年間ほとんど停滞し、図10のNo.3(町老人福祉センター)と、No.11(冷研リウマチ村)の2井が追加されたのみである。

地温は図5(図中の番号は図10と対応)に示したように、この地区には直線的な分布を持つものが少ない。ただ、地温の現われる範囲が、全体として大分市と同じ2本の平行線の間に入るため、大分市と同様の $\sqrt{\frac{b}{K}}$ 値を持つ縦割り部が推定されてよい。

平行線の間で地温勾配の大きいものと小さいものが現われる理由として、縦割り部

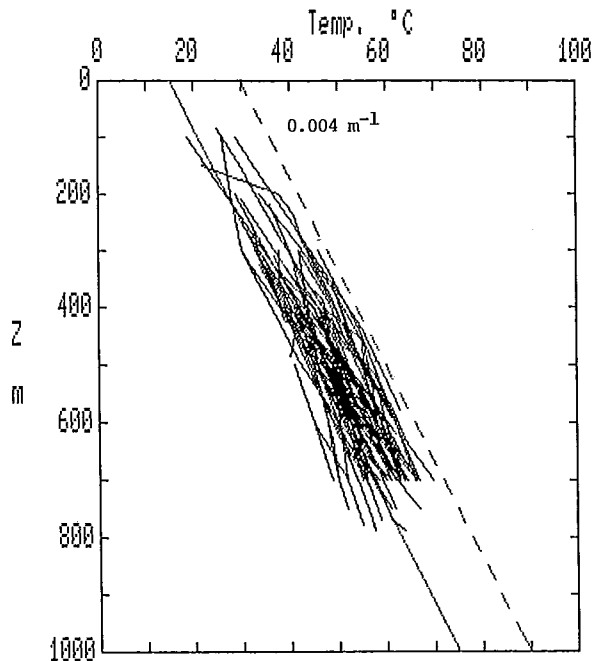


図4 大分市の地温

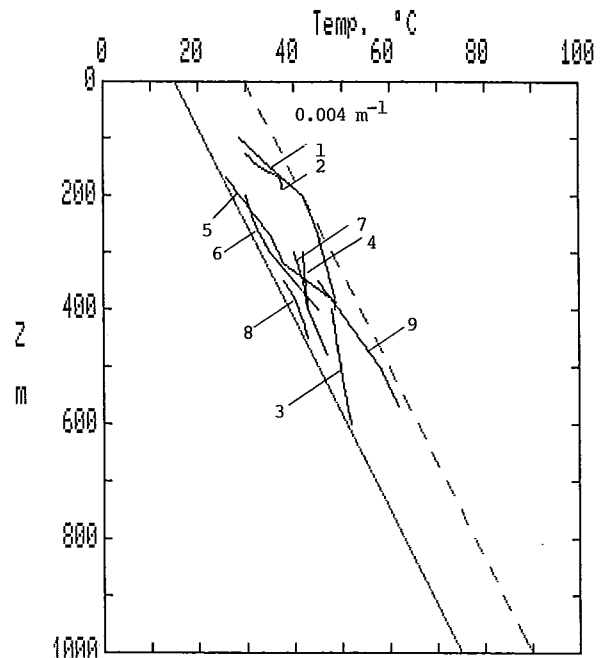


図5 挾間町の地温

の傾斜した状態がまず考えられる。傾斜による地温の鉛直分布への影響について、その傾向だけを調べる目的で、 $\sqrt{\frac{b}{K}}=0.004\text{m}^{-1}$ 、 $k/\{b(H-h_0)\}=10\text{m}$ の縦割り部が1/5の傾斜を持つ場合を想定し、それに向う水と熱の流れを水平と仮定してその周りの地温を計算すると、その鉛直分布が掘削の位置によって異なる状態が、図6のように描かれる。これから、掘削が縦割り部と交差する以浅で地温

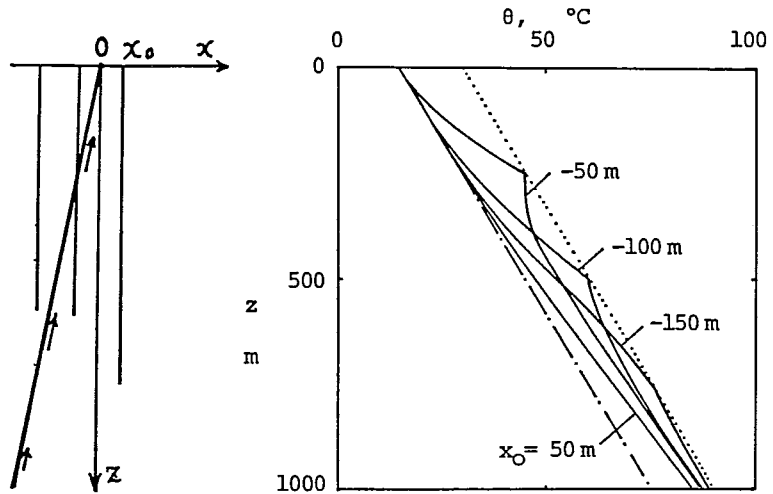


図6 縦割りが傾斜したときの地温の鉛直分布

勾配が大きく、その下で小さく現われる傾向が知られる。交差点が深いほどその傾向は顕著でなくなり、また、傾斜と反対側で掘削された場合には縦割りが鉛直の場合と区別がつかないが、地温勾配の小的部分を伴う源泉では、その付近に傾斜した縦割りの存在を示すとみて矛盾しない。

一方、この地区の掘削泉はガスを伴い高塩分水を噴出することで特徴付けられ、それは水質の面から往古の海水であると推定されている。⁹⁾ その水質は、この地区の平地部全域にわたり、また、かつて自然湧出していた黒川鉱泉も含めると、地表近くから少なくとも600mの深さまで見られ、広い範囲に同様の水質の温泉水が長期間貯留した状態にあるといえる。この水質は、さらに下流側、大分市内の大分川とその支流の七瀬川に挟まれた地区にも広くみられる。

掘削明細書の記載によると、No.1(海老毛温泉)泉では、地下200~280mと、380mから孔底(400m)までの範囲が硬岩でその間の地層水が採取されており、No.5(坂本毎)泉でも、200~270mの硬岩の下層の水が採られている。No.3泉では、400~450mと、500m前後に極めて硬い層があり、さらに下層の温泉水が採取されており、そのCl⁻濃度はこの地区最高の10.1g/lに達する。

このように、この地域では何段かの硬岩で限られた各地層の温泉水が採取され、深部のものほど高濃度の傾向を持つが、いずれも同種の水質を示すので、各層の間で水の連絡のあることは明らかである。これは、例えば約500m以深の高塩分水が縦割り部を通して300~400mの地層中に浸透して、そこに中層泉源を形成し、その泉源の水はさらに上層の縦割り部を通して浅層に向う状況を想定して矛盾しないものである。それはまた、縦割り部付近では、前節で述べたように中層泉源とその下部で地温の勾配がなくなることとも矛盾しない。ただ、地温は高温部の広がり縦割り部付近に限られた状態を示しているため、縦割り部の水の移動は極めて緩慢であり、地層水が往古から保存されてきた条件はあったと言え、深層熱水型のやや変形した状態と言えよう。

このように、傾斜した縦割りを考慮しても、また中層泉源を考慮しても、いずれも地温の鉛直分布に勾配小的部分を伴う源泉の付近で縦割り部が考えられることで共通している。その傾向を持つ源泉は図5から拾い上げると、図10に黒丸で示したNo.1、2、3、4の各源であり、大分川支流の黒川に沿うように直線状に配置している。その両側に位置するNo.5、6泉は、縦割り部からやや離れた位置で地温勾配が大きく現われる理論の傾向と矛盾しないものである。従って、理由はともあれ温泉水の上昇通路となる縦割りは黒川に沿うように走向し、黒川鉱泉(図中+印)がかつて存在していたことから、その縦割りは地表まで通じる部分もあったと言えよう。

なお、図10に△で示す源泉では高塩分希釈型⁶⁾とも言える泉質を持ち、No.10（大分市、増野泉）では縦割りの存在を暗示する地温を示しているため、この付近が高塩分水のひとつの境界となっているのかも知れない。また、最近掘削されたNo.11泉では、地温は破線付近の高温を示し水質は弱アルカリ単純泉という、この地区としては特異なものであり注目される。

(3) 庄内町

庄内町の地温を図7に示す。前述のように、この地区には、地温が大分市の範囲よりも高温側に延び、地温勾配の大きい一群のあることが特徴である。

地温は図8に示されるように、勾配が大きく、高温を示すA、深度約600mで高温側に湾曲するB、そして深部まで比較的低温の低いCの3種類のパターンに大別される。その平面的な分布の状態は、図9（図幅は図10に連続）A、B、Cそれぞれを●、◎、○で区別して示したように、高温を示す源泉はひとかたまりの範囲に限られていて、線状配列の傾向は読みとれない。Bタイプの源泉は数は少ないがその下流側に隣接するように位置している。

この地区の温泉水は、全般的に黄褐色を呈しているが、溶存成分をほとんど含まないものと、 SO_4^- 成分に著しく富み、芒硝型の水質をもつものとに大別される⁴⁾。そしてAタイプの泉源は、前者に対応され、成分をほとんど含まないのに対し、B、Cで SO_4^- の高い傾向が認められる。特に深度600m以上の源泉で SO_4^- は数100 ppm以上となり、Bタイプの源泉でこの地区最高の3,590 ppmを含む水が見出される。

柱状図の記載には、ほとんどの井戸で全層にわたり軟岩とあり、それから硬軟の層序を見出すことは困難であるが、地層の色についての記載に注目してみると、灰色から赤黒色へ変化する深さと、灰色から青黒色に変化する深さに系統性が認められる。それぞれ、350~430m、550~580mの範囲内で色の変化が記載されている。両者を同時に記載したものはないが、これからこの地区の地層は、400m前後と570m前後を境界として、水質の異なる地下水層が形成されているとみることも出来よう。すなわち深度400m前後から570m前後までに溶存成分に乏しい水、それ以深に、 SO_4^- 成分に富む水が分れて貯留した状態が考えられる。

以上のような地温、水質、地層の色、のいずれの分布の状態もみたと解釈として、以下の模式が考えられる。すなわちこの地域の高温度および、 SO_4^- 成分の起因として深部基盤の縦割り部を上昇する高温水に求める。その高温水は約570m以深の範囲に流出し、 SO_4^- リッチの中層泉源を形成する

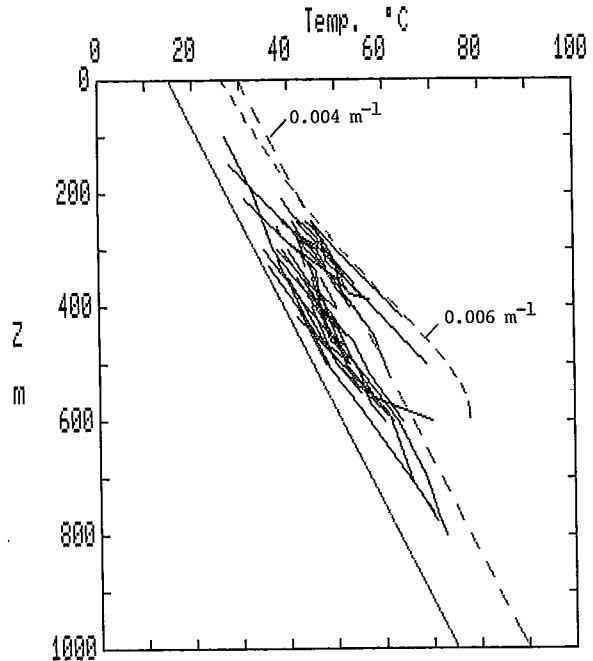


図7 庄内町の地温

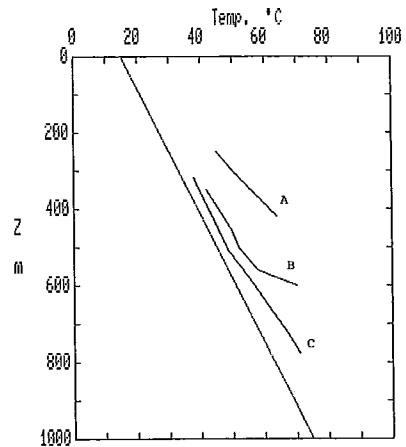


図8 庄内町の地温のパターン

が、流出の出口となる縦割り部は局所的でかつ流出量も少ないため、地温の高い範囲はその付近に限られる。縦割り部は中層で浅まで続いていて、高温水はそれに沿って周りの溶存成分に乏しい水を取り込みながら上昇し、その過程で、 SO_4 成分は著しい希釈を受ける。これは前節で述べた T_3 に対応される。 T_3 が高温部の実測地温の分布に類似するためには、570~600m地温を75~80°C、 $\sqrt{\frac{b}{K}} = 0.006 m^{-1}$ の条件が妥当である。その計算結果を図7中に破線で示した。こうしてこの地域の地温、泉質の分布の状態が理解される。

なお、この地域の下流側には狭間町鬼瀬にかけて深度が浅いにもかかわらず、数100ppmの SO_4 を含む温泉がある(図9, 10×印)。これらは恐らくこの地域の中層泉源から流下したもので、地質構造に支配された流路をとり浅層に流出したものであろう。

(4) 浅層泉源としての長湯温泉

長湯温泉は大分川支流の芹川沿いに細長く分布し、ガスを伴って噴出する炭酸泉群である。古くから知られた温泉地であるが、比較的近年掘削された源泉について、その地温の鉛直分布を図示してみると、図11に一括されるように、全体的に地温は高く、最も低い地温でも庄内町の上限程度である。そして、下流側に位置するものほど浅層の地温が高く、その下で地温変化はゆるやかとなっている。

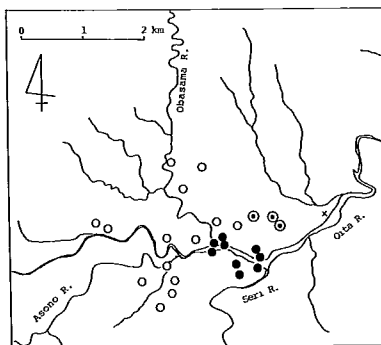


図9 地温に基づく庄内町の源泉分布

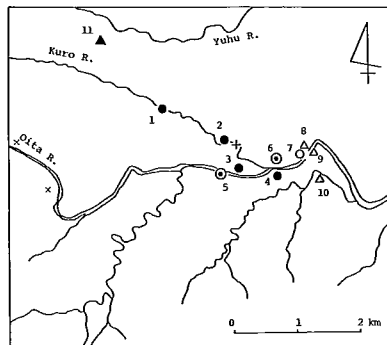


図10 地温に基づく狭間町の源泉分布

低温部を持たないこのような地温は、地下の広い範囲に、深層熱水型温泉とは異なる熱源があるとみなければならない。それを、もし600m以深に地温70°C前後の中層泉源が広い範囲にわたり形成されていて、その高温水が縦割り部を通して上昇するものとするれば、その水温は前節で考察した T_4 に対応される。その計算値は大分市と同様の $\sqrt{\frac{b}{K}} = 0.004 m^{-1}$ を用いることにより、図中に破線で示したように、実測値の上限付近を通る曲線が描ける。

最近の現況調査の報告で述べられているように、新開発域の西方上流部ほど地温は低く掘削の深度も深まる傾向のあることを考え合せると、中層泉源に発し周りの水を取り込みながら上昇した温泉水は、約100m以浅の浅層で地下水に加わって横に流れはじめるが、上流部では希釈効果などのために浅層泉源が形成されるまでには至

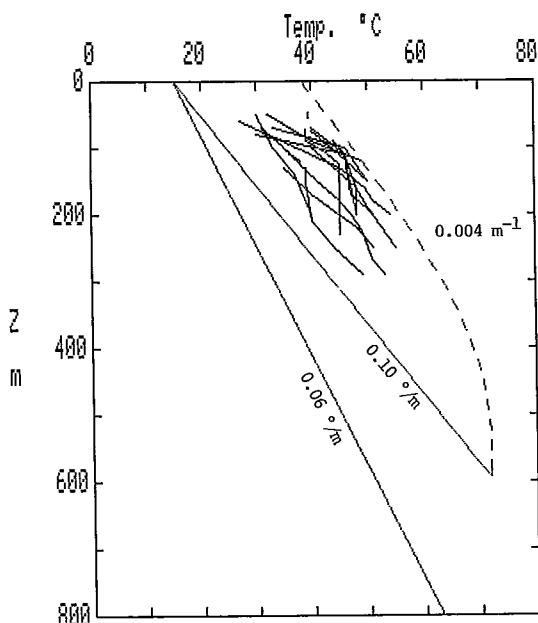


図11 長湯温泉における地温

らない。しかし、この地域のいたるところで高温水の上昇流出が生じているとすれば、下流になるほど浅層泉源が発達し、その下層で地温が立つようになる。

長湯温泉はこのように、中層泉源と浅層泉源、および両者を連結する縦割り構造を考えることにより、地下温度の状態が理解され、その縦割りは川筋に沿う泉源分布と同じ方向性を持つと考えられる。

5 おわりに

地層を縦割りと横割りの組み合わせとみなし、両者の間で水と熱の交流を基礎としたモデルにより、種々の泉源形成の過程が容易に理解されることが知られた。

これら泉源の分布域は、平野あるいは盆地であり、地形的にみても地下水の流出域にあたり、水は上向きに流れる地域である。そういう地域では、横割り型の堆積地層が発達し、水は局所的に存在する縦割り部を通してのみ上昇し、熱と成分を持ち上げるが、その過程は極めて緩慢であり、地層水は長期にわたり貯留される。しかし、内陸の盆地部では下からの高温水の上昇流出の影響が大きく、中層泉源や浅層泉源の形成される場合が多いといえよう。

終りに、掘削明細書の閲覧に便宜を計っていただいた大分県環境保全課に厚くお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三・北岡豪一：いわゆる深層熱水型温泉について，大分県温泉調査研究会報告，36号，*p.1*～12，1985.
- 2) 吉川恭三・北岡豪一：大分市における温泉源の分布，同上，35号，*p.7*～15，1984.
- 3) 吉川恭三・北岡豪一：大分市温泉の現況，同上，32号，*p.56*～64，1981.
- 4) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎：庄内町の温泉調査，同上，29号，*p.1*～15，1978.
- 5) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，同上，27号，*p.25*～33，1976.
- 6) 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）．同上，28号，*p.31*～41，1977.
- 7) 由佐悠紀・神山孝吉・志賀史光・川野田実夫：長湯温泉の現況調査—昭和58年—．同上，35号，*p.25*～33，1984.

沸騰泉における冷却の影響

京都大学理学部 吉川 恭三
大石 郁朗

1 まえがき

沸騰泉は、地層中から流入した熱水が、井戸管内で沸騰しつつ上昇し、熱水と蒸気の混合流体を噴出する温泉である。前報告では、井戸管内の気液2相流の流動摩擦を考慮した数値計算により、沸騰泉の噴出量や噴出条件についての解析を行ったが、井戸管壁からの熱伝導による流体の冷却は無視し、流体のエンタルピーは一定として計算した。しかし、実際には、冷却効果が沸騰泉の噴出に影響を与えていると考えられる。本報告では、井戸管内を上昇する流体の冷却を考慮した数値計算を行い、冷却効果による影響がどの程度現われるかを検討する。

2 沸騰泉の噴出過程

ここでは、厚さ一定の被圧層から熱水だけが流入し井戸管内上昇途中で沸騰を始め、そこから気液2相流となり、地上へ噴出する定常沸騰泉を扱う。まず、図1の模式図で示すように、沸騰泉の噴出過程を次の3部分にわけて考える。①は、被圧層から井戸への熱水流入、②は、熱水の上昇、③は、沸騰後の流動・噴出。これらの3つの過程での流動、冷却に関する理論や基礎式について述べる。

① 被圧層から井戸への熱水流入

液体の熱水だけが流入する場合を考えると、一般地下水に対する井戸理論が応用できる。厚さ一定の被圧層に掘削された井戸への熱水の流入量 Q は、静止水頭 H と動水頭の差に比例するものとする。沸騰泉の場合、動水頭は沸騰面の高さ h_B と沸騰面にかかる圧力水頭の和で与えられるから、流入量 Q は次式で表わされる。

$$Q = K \{ H - (h_B + p'_B) \} \quad (1)$$

$$K = \frac{\rho_l \cdot 2\pi Dk}{\log\left(\frac{R}{r_w}\right)} \quad (2)$$

p'_B : 沸騰面の圧力から大気圧を差し引き、水柱の高さに換算した値、 D : 被圧層の厚さ、 k : 透水係数、 ρ_l : 流入する熱水の密度、 R : 噴出時の水頭の影響半径、 r_w : 井戸の半径。

②熱水の上昇

被圧層から井戸へ流入し、井戸管内を上昇する熱水の流速は、沸騰を開始するまでは比較的小さく、例えば、口径75mmの管内を10l/hrの熱水が流れるかなり優勢な沸騰泉でも、その流速は約0.6m/secであるから、一般にその間の流動摩擦は無視できる程度である。

熱水が、井戸管内を上昇する間に受ける冷却効果については、単位時間、単位管壁面積当りに熱水が熱伝導で失う熱量を

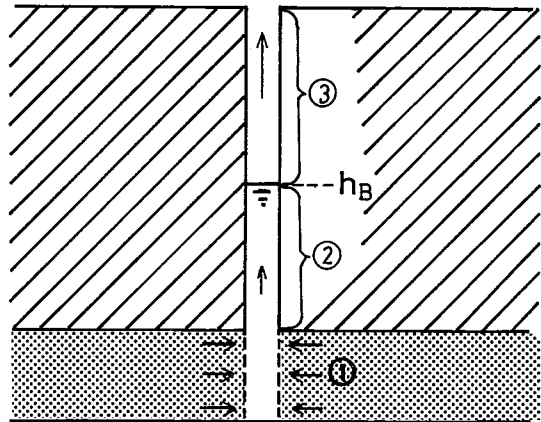


図1 沸騰線の噴出過程の模式図

(斜線領域は不透水層を示し、点の領域は被圧水層を示す。)

$$\lambda_c (T - \theta_\infty)$$

で近似した解析方法がよく用いられている。 λ_c : 冷却の係数、 T : 井戸管内の熱水の温度、 θ_∞ : 井戸の影響を受けない範囲での地温。

これによると、温度 T 、比熱 C の熱水が、質量流量 Q で上昇する間の温度変化は

$$CQ \frac{dT}{dz} = 2\pi r_w \lambda_c (T - \theta_\infty) \quad (3)$$

で与えられる。

鉛直方向の一般的な地温勾配を

$$\theta_\infty = \alpha + \beta z \quad (4)$$

とし、深さ L から、その深さでの地温と同じ温度の熱水が流入するとし、 $Z = L$ で $T = \alpha + \beta L$ の境界条件で上式を解けば

$$T = \alpha + \beta z + \frac{\beta \cdot Q}{a} \left\{ 1 - \exp\left(-a \frac{L-Z}{Q}\right) \right\} \quad (5)$$

$$a = \frac{2\pi r_w \lambda_c}{C} \quad (6)$$

③ 沸騰後の流動・噴出

熱水の圧力は、②の区間を上昇するに従い低下し、熱水の温度に対する飽和蒸気圧以下になると沸騰が始まる。沸騰面以浅では、蒸気と熱水の気液 2 相流として流動し、その流速が大きくなるから、流動摩擦の影響を無視できず、摩擦を考慮したベルヌーイ式と連続の式

$$vdp + \frac{d(w^2)}{2} + \left(\frac{\lambda}{d_w}\right) \frac{w^2}{2} dz + gdz = 0 \quad (7)$$

$$Q = S \left(\frac{w}{v}\right) \quad (8)$$

で流動状態が表わされる。

p : 圧力、 v : 比体積、 w : 流速、 d_w : 井戸の直径、 S : 井戸の断面積、 λ : 摩擦係数、 g : 重力加速度

冷却によるエンタルピー i の変化は、次式により与えられる。

$$Q \frac{di}{dz} = 2\pi r_w \lambda_c (T - \theta_\infty) \quad (9)$$

(7)、(8)、(9)式から、孔口圧、孔口での乾き度、噴出量に種々の条件を与え、それぞれ数値計算によって、気液 2 相流の区間での圧力分布、温度分布、乾き度分布などを求めた。沸騰面の深さは、乾き度が 0 になる深さと考え、諸量の分布から、沸騰面の深さ、温度、圧力を求めた。その計算例として、孔口圧が 1 気圧の場合について、沸騰面の温度ごとに、噴出量と沸騰面の深さの関係を図 2 に示す。

計算条件は、地温勾配が $\theta_\infty = 20 + 0.32z$ 、井戸の口径が 100mm、冷却の係数が $0.005 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 、摩擦係数 0.015 である。

尚、冷却の係数については、北岡により、自噴湧出泉に対する实用値として $0.005 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ 程度が適当であると報告されている。

冷却を無視した場合には、流体のエンタルピーは流入する熱水の温度（エンタルピー）できまり、沸騰面での温度や圧力もこれによりきまるのに対し、冷却を無視できない場合では、流入する熱水の温度が同じでも、沸騰面での温度や圧力は、噴出量や外部の温度条件により異なる値をとる。

噴出量が大きいつきは、冷却の効果は小さく、沸騰面は、冷却を無視した場合とほぼ同様の深

さになり、この場合、噴出量が大きいほど、沸騰面は浅い。

噴出量が小さく、冷却の効果が大きくなるほど、2つの場合での違いが明らかになる。冷却を無視した場合、噴出量が小さいほど井戸管内での圧力勾配が小さくなり、沸騰面は井戸の深さに対して考え難い程度にまで深くなる。

冷却を考慮すると、無視した時とくらべ、比体積が小さく（密度は大きく）、ベルヌーイ式における重力項が大きくなり、圧力勾配も大きくなるので、沸騰面が浅くなる。噴出量が小さいほど、その効果が大きく現われ、沸騰面が地表面に近付く。その結果、図2の曲線で示されるように、沸騰面の高さは、噴出量5t/hr付近で最低値をとる。

冷却を考慮した場合、口径 100mm の井戸で2t/hrの噴出量があるとき沸騰面の高さは、沸騰面温度 120°C で地表面下約80mである。これに対し、冷却を無視した計算では、熱水温度即ち、沸騰面温度 120°C で地表面下約 220mに沸騰面がくる。

このように噴出量が小さく、冷却効果の大きいときには、沸騰面の高さがかなり違ってくる。

3 沸騰泉噴出の条件

冷却の効果を無視した前報告では、沸騰泉として噴出するためには、井戸へ熱水が流入する深さで浅に沸騰面が存在しなければならず、これを満たす深度の井戸を掘削したり、井戸の口径や地上設備などの工夫によって沸騰面を上昇させることが、沸騰泉を得る条件とした。

冷却が著しい時には、その効果により井戸管内で沸騰がおこらない場合も考えられ、噴出の可能性はより制限されるであろう。そのような沸騰泉噴出の条件を計算例によって示す。

気液2相流についての計算で得られた沸騰面の高さや温度が図2に例示された。一方、地層中から流入し上昇する熱水の温度は、(5)、(6)式で表わされ、これらに図2の計算と同じ地温勾配、口径冷却の係数を与えて、350mの深さから132°Cの熱水が流入した場合について計算し、結果を噴出量と深さに対して示したものが図3である。図2と図3を重ね合わせ、図2の沸騰面の高さを示す曲線と、図3でその沸騰面温度と同じ温度を示す曲線との交点を求めると、孔口圧が1気圧で噴出するときの噴出量と沸騰面の高さが示される。

例えば、沸騰面の温度が120°Cの場合でみると、図2、図3上のT=120°Cの曲線は、点Aで交わる。図2の曲線上で、交点Aより右側では、熱水が120°C以上の温度で上昇してくるから、孔口圧1気圧以上で噴出可能であり、交点Aより左側では、熱水が120°C以下の温度でしか上昇してこないから、沸騰が始まらず、沸騰泉として噴出できない。

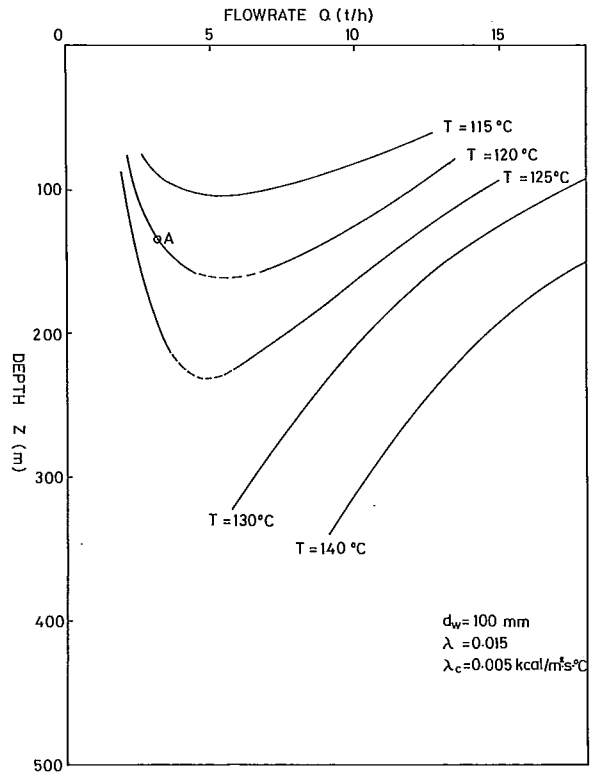


図2 気液2相流の条件から求めた沸騰面の高さと噴出量の関係

種々の沸騰面温度に対し、同様のことをすれば、沸騰泉として噴出可能な領域と可能でない領域にわけられ噴出量と沸騰面の高さをそれぞれ横軸と縦軸にとった図上に示される。

このようにして求めた噴出可能な領域を、イ) 500mの深さから180℃の熱水が流入する場合、ロ) 400mから148℃で流入する場合、ハ) 350mから132℃で流入する場合について、図4に示す。これによると、イ)、ロ)、ハ)の順に、即ち浅い層から低温の熱水をとるほど、図上での噴出可能な領域は狭くなる。

噴出の条件を地層の透水性の点から考えてみる。噴出の条件は、図4に示される噴出可能な領域と、熱水流入に関する(1)式が共通点をもつことであり、領域の左下端部と(1)式で表わされる直線が接するような K の値が、噴出に必要な透水性の最小値である。

静止水頭を地下50mとして、この K の最小値をイ)、ロ)、ハ)について求めると、順に0.0055、0.0064、0.0106 $t/hr \cdot m$ となり、より浅い層から低温の熱水を採取し、沸騰泉として噴出させようとするれば、その分だけ、地層の透水性がより良好である必要がある。

掘削された井戸が噴出しないとき井戸内の水を排出させているうちに噴出が始まることがある。これは、水を排出させて井戸内を暖め、流入する熱水の冷却を少なくすることにより、上記の噴出に必要な透水性 K の最小値が、この井戸のもつ K の値より小さくなり噴出可能となる場合も考えられる。

次に、口径の小さい井戸は、冷却の影響を受けにくいから、噴出可能な領域は広く、流量が小さくても沸騰泉として噴出しやすい。

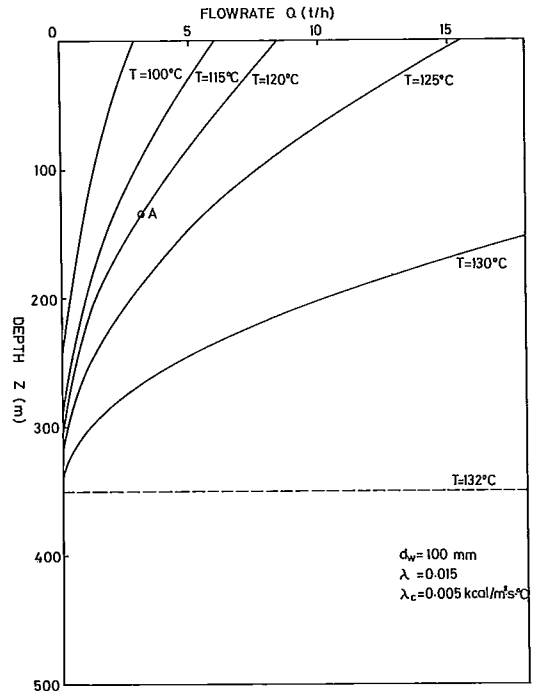


図3 上昇する熱水の温度

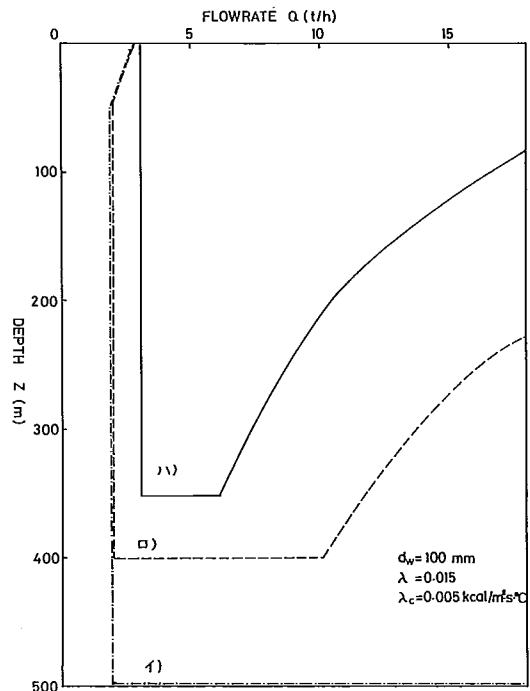


図4 沸騰線として噴出可能な領域

イ) 500mから180℃の熱水が流入する場合(一点鎖線内)
 ロ) 400mから148℃の熱水が流入する場合(破線内)
 ハ) 350mから132℃の熱水が流入する場合(実線内)
 可能な領域は、イ)、ロ)、ハ)の記号を含む右上の領域である。

別府における沸騰泉は、50mm程度の小口径で掘削されている場合が多いことは、上記の傾向と合致する。しかし、ここで扱ったような熱水だけが流入する沸騰泉の噴出量の実測値は、数 t/hr を越える場合がほとんどで、冷却の影響が小さいと考えられ、前報告のように冷却を無視した計算を行なっても、さしつかえないと思われる。

沸騰泉の噴出特性、即ち孔口圧と噴出量の関係は、③で述べた計算を種々の孔口圧に対し行ない沸騰面の高さを求め、(1)式と組み合わせることにより求めることができる。図2の曲線と組み合わせるならば、孔口圧1気圧のときの噴出量が得られ、図4で示された領域の左右の境界と(1)式で表わされる直線との交点から大小2つの噴出量がきまる。その間の噴出量では、孔口圧は1気圧以上となる。

孔口を開放すると1気圧で大きい方の噴出量を得る。バルブを徐々に絞るにつれ、孔口圧が高くなり、噴出量が減少し、そのため冷却効果が現われだして、孔口圧も噴出量も減少し始め、ついに孔口圧は1気圧となる。このときの状態を示すのが左側の交点であり、1気圧での小さい方の噴出量を得るが、それ以下の噴出量では、冷却のため沸騰泉としては噴出できない。

定性的には、以上のような噴出特性を示すものと考えられる。

4 あとがき

沸騰泉の噴出過程に対する冷却の影響を考慮し、地表の噴出状態から、沸騰面の位置を推定する方法を与え、沸騰泉の噴出に必要な透水性の最小値が見積もられた。それにより、熱水がより浅い層から低温で流入するほど、より良い透水性が必要となることがわかった。

また、井戸が小口径であることは、冷却を少なくし、沸騰泉を噴出しやすくする傾向がある。

本報告では、簡単のため、地温を深さの一次式で与え、数値計算で沸騰泉に対する影響を調べたが、近似計算の精度の都合から詳細な考察は行なわなかった。

今後の課題として、実際の地温勾配での冷却の影響を調べるとともに、噴出量等の実測データと比較検討することにより、沸騰泉の噴出過程をより正確に把握したい。

参 考 文 献

- 1) 吉川・大石：沸騰泉の噴出量．大分県温泉調査研究会報告，第36号，p 13～20 (1985)
- 2) 北岡豪一：温泉水が湧出管上昇中に受ける冷却の再検討，同上，第33号，p 28～38 (1982)

冷水浴の自律神経機能に及ぼす影響

九州大学生体防御医学研究所内科 藤井郁夫、延永 正
国立別府病院理療科 吉 田 史 郎

はじめに

今まで多くの研究者により温泉浴、冷水浴による自律神経機能に対する影響が報告されている。それは冷水浴は交感神経系に影響を与え、温水浴では交感、副交感神経系に対して一定の方向性がないというものである。^{1) 2) 3) 4)}

自律神経機能検査法については以前は何ら特殊な測定器具を使用する事なく、臨床的症狀、徴候から、交感、副交感神経機能を把握しており、瞳孔の大きさ、心拍数、発汗の程度、排尿量などが指標として用いられてきた。

定量、半定量的機能検査法としては交感神経機能の指標として寒冷昇圧試験、驚皮反応、発汗試験、体位変換時の反射性頻脈、血中ドーパミン β ・ヒドロキシラーゼ活性値等が用いられ、副交感神経機能の指標としては、*Achmer* 眼球圧迫試験、*Erben* 踵趾試験が用いられ、両神経系を同時に測定する方法としては *Valsalva* — *maneuver*、イリスコーダーを用いた定量的対光反射試験が使用されている。

今回我々は心電図 *R-R* 間隔の変動を用いて、自律神経機能を非侵襲的かつ定量的に測定し、冷水浴、温水浴の自律神経機能に対する影響を検討した。この方法の原理は洞調律は洞結節の自動性とこれを支配する交感、副交感の両神経系により規定されており、成人では *m-second* 単位で *R-R* 間隔が変動しており、1973年英国の *Wheeler* と *Watkins* が糖尿病の自律神経機能障害者において、この変動が減少していた事をみたのに由来している。

前回は自律神経機能障害者においては温泉連浴が効果がある事を報告したが、今回は冷水浴、温水浴の1回浴について検討を行い、冷水浴は交感神経系に影響があり、温水浴では交感・副交感神経系に対しては一定の方向を示さない成績を得た。

方 法

(図1) 冷水浴には健康人6名、温水浴は健康人7名、慢性関節リウマチ患者6名について行った。昼食後約2時間後に10分間ベッド上にて仰臥位安静をとらせ、自律神経機能を測定した。そして今回は人工冷却装置を使用して、浴槽を14℃まで低下させ、循環させた状態で10分間の冷水浴を行い自律神経機能を測定した。後日同様の方法にて、40℃の温水浴を行い、前後にて自律神経機能の測定を行った。自律神経機能の測定の方法は、心電図 *R-R* 間隔を連続100回測定し、変動係数 *CV* を計測した。変動係数 *CV* (*Coefficient variation*) は標準偏差/平均 $\times 100\%$ で示し、*CV* 値の正常値は30才台で $3.96 \pm 1.04\%$ 、40才台で $3.97 \pm 1.37\%$ 、50才台で $3.30 \pm 0.78\%$ であった。低値を示すは

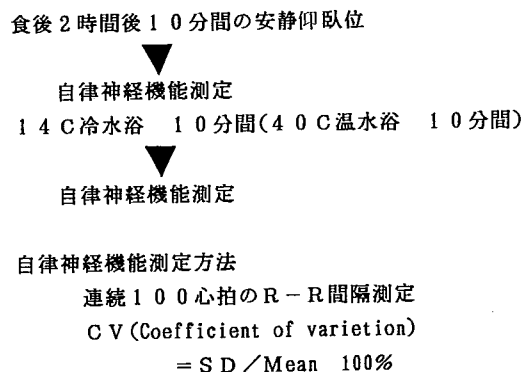


図1 方法

ど、自律神経機能障害が強いと判定した。

結 果

図2は14℃冷水1回浴を行った前後のCV値を示している。縦軸がCV値を%で示している。入浴前が $CV=3.91\pm 1.16\%$ 、後が $CV=3.58\pm 0.84\%$ と前後で有意差はみられないが、低下する傾向がみられる。入浴を行った健康人6名中5名において有意な低下がみられた。この事は冷水浴が交感神経系に対し刺激的に作用している事を示している。

この事を指示するもう一つの定量的な方法として、冷水浴の直前、直後、30分、60分後の血中ノルアドレナリンを自律神経系の指標として測定したものが図3である。冷水浴12分間行った前後のもので、縦軸が血中ノルアドレナリン値を示している。冷水浴直後は前値に比べ4倍以上の増加がみられ ($P<0.005$) 有意であった。ノルアドレナリンが交感神経系の指標になる事から冷水浴が交感神経系に対して刺激的事を示し、図2のCV値の変動を裏付ける結果であった。

次に温水の1回浴について検討を行った(図4)。これは40℃の温泉に1回浴を行った前後での自律神経機能の変化を示したものである。健康者7名、慢性関節リウマチの患者6名について行った。入浴前が $CV=3.14\pm 1.22\%$ 、後が $CV=3.14\pm 1.24\%$ で、前後で全く変動が見られなかった。前に比べCV値が上昇した者が13名中6名低下した者が6名、ほとんど変化がみられなかった者が1名であった。この結果は40℃温水浴1回浴では自律神経機能に対して一定の影響を与えない事が示された。

この事を指示するもう一つの定量的な方法として、温水浴の直前、直後、30分、60分後の血中ノルアドレナリンを自律神経系の指標として測定したものが図5である。温水浴を行った前後のもので、図3の冷水浴時に比べ有意な増加または低下がみられず、この事実は温水浴が、交感、副交感神

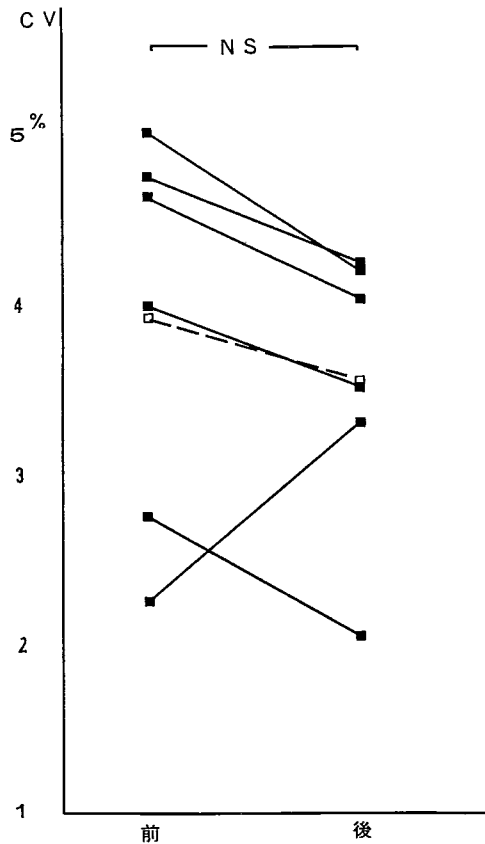


図2 冷水 (14℃) 単浴によるCV値の変動

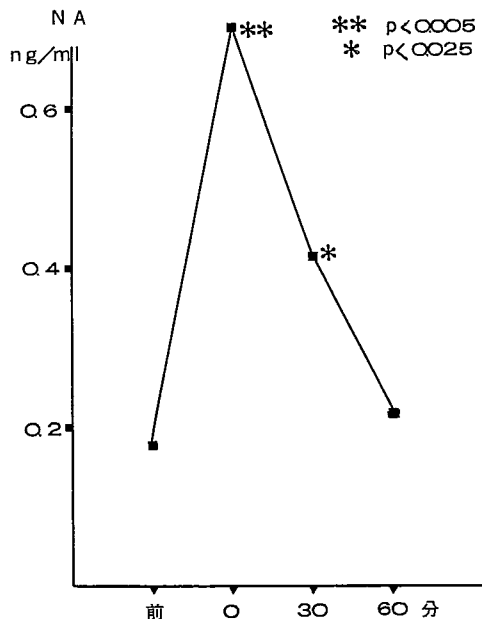


図3 冷水1回浴前後の血中ノルアドレナリンレベル

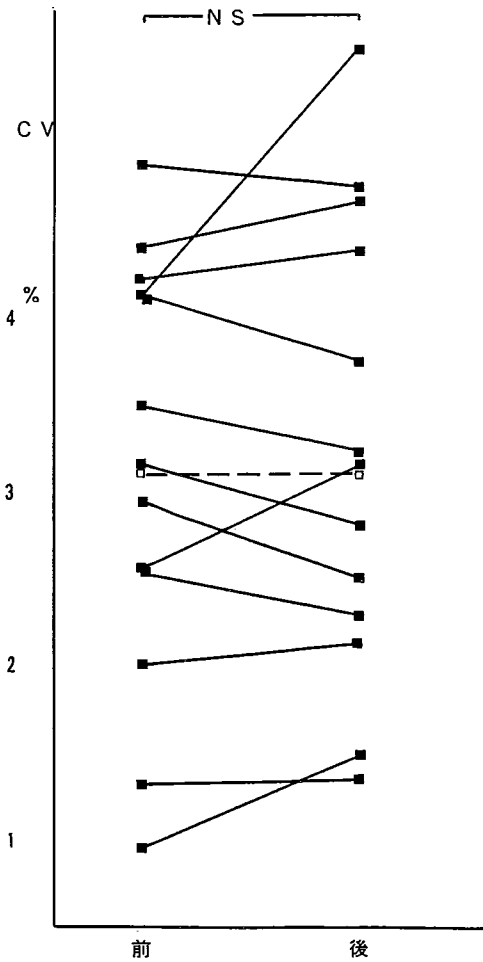


図4 温泉単浴によるCV値の変動

経系に対して一定の影響を与えないことを示しており、図4のCV値の変動を裏付ける結果であった。

次に温水浴の連浴を行った場合について検討した。すなわち温泉浴(40℃)の連浴を1ヵ月間行った場合の前後で比較検討を行った。(図6)

対象は慢性関節リウマチ患者12名について行い、入浴前が $CV=2.61\pm 1.17\%$ 、入浴後が $CV=3.17\pm 1.65\%$ 、上昇した者が12名中6名、低下した者が5名、変化がみられなかった者が1名である。以上より温泉連浴も自律神経系に対して一定の傾向を持って影響を与えなかった。ただし前回報告したように、自律神経機能障害者において⁶⁾は有意にCV値の上昇がみられ、自律神経

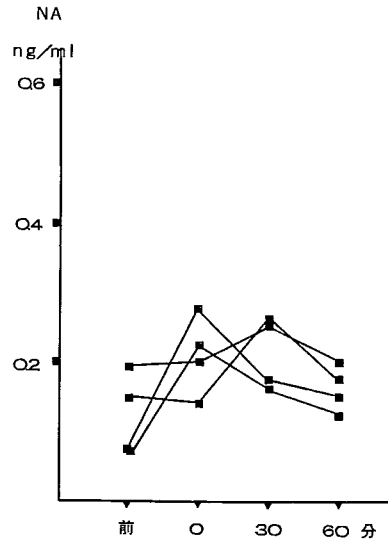


図5 温泉単浴前後の血中ノルアドレナリンレベル

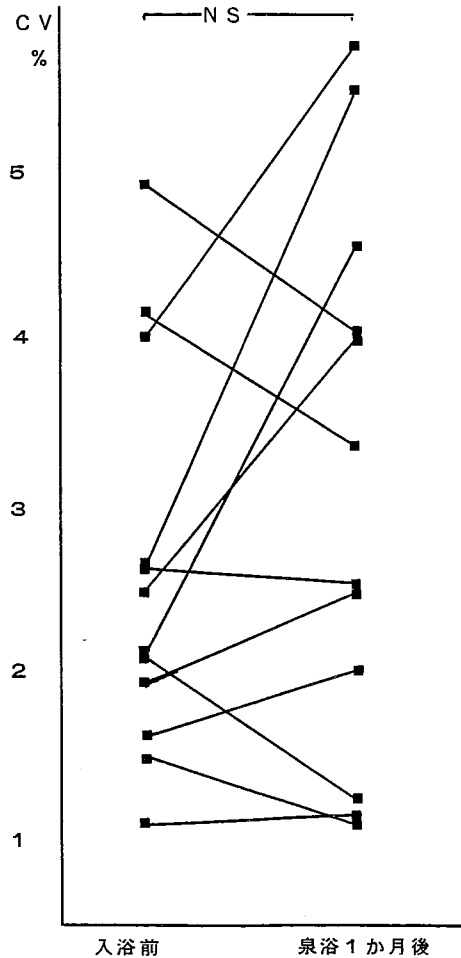


図6 温泉連浴によるCV値の変動

機能の改善がみられた。

考 察

温泉、冷水の自律神経系に対する効果は以前より多数報告がある。心電図R—R間隔の変動を用いたものとしては、1984年鈴木³⁾の報告がある。我々は今回冷水、温水1回浴、連浴の自律神経に対する影響を調べた。冷水浴ではCV値の低下により交感神経系に対して刺激的に作用することがみられ、これは当科の吉田¹⁾が報告した血中ノルアドレナリンが増加したという結果を裏付けるものであろう。しかし温水浴が必ずしも副交感神経系を刺激するとは限らない成績がえられ、これも吉田¹⁾らが報告したノルアドレナリンが変化しなかったという結果と矛盾しないものであった。

ま と め

心電図R—R間隔の測定による自律神経機能検査法を用いて、温水、冷水浴の自律神経機能に及ぼす影響を検討した。その結果、冷水浴では交感神経刺激作用、温水浴では交感、副交感の両自律神経系に影響を与え、一定の方向のみには作用しないという結果を得た。

これは従来¹⁾の成績を支持するものであった。

参 考 文 献

- 1) 吉田史郎ほか：慢性関節リウマチに対する冷泉浴の作用機序，大分県温泉調査研究会報告35，39～42，1984
- 2) 杉山尚：消化器疾患の温泉療法、日温気物誌47：149～160，1983
- 3) 鈴木仁一：温泉浴前後の自律神経機能、日温気物誌48：19～20，1984
- 4) 阿岸祐幸：全身水浴による温度刺激ならびに連続泉浴による血中ホルモン動態と自律神経機能 日温気物誌42：27～29，1978
- 5) 島津邦男：自律神経機能検査法：内科55：209～214，1985—2
- 6) 藤井郁夫ほか：慢性関節リウマチの自律神経機能障害に及ぼす温泉浴の影響，大分県温泉調査研究会報告36：34～37，1985

温泉地療養、ことに運動療法の 肺疾患患者肺機能に及ぼす影響

九州大学生体防御医学研究所外科 辻 秀 男
竹 内 義 彦
麻 生 幸

1 はじめに

さきにわれわれは、温泉地療養における運動療法の肺機能に及ぼす影響について報告した¹⁾。すなわち、肺に疾患のない平均年齢65才の23例に、屋内外の歩行運動を主とする軽い運動トレーニングを行ない、肺活量その他の肺換気機能、肺胞動脈血酸素較差や動脈血酸素分圧に明らかな改善が認められた。これらの成績は、比較的高年齢者の低肺機能傾向は日常生活における運動量減少に起因することを示唆するものであり、したがってこれは運動訓練によって回復可能であった。

他方、呼吸器になんらかの疾患のあるものは、一般に肺機能が低下しており、その結果日常生活さえ制限されているものも少なくない。このような呼吸器疾患患者では、疾患そのものが肺機能を制限しているのであるから、これを治癒させない限り肺機能も運動能力も改善されないと考えられよう。しかし例えば心臓疾患患者においては、漸増的な運動負荷によって体力を回復させることが可能であるばかりでなく、これが心疾患そのものにも好影響があることが明らかにされ、このことは今日すでに常識となっている。またわれわれは、運動が禁忌とされる肝疾患患者においても、肺機能に悪影響を与えることなく患者体力を向上させ得ることを報告した²⁾。このように、なんらかの疾患があるものでも、体力レベルが向上することは患者自身にとってもまた家庭や社会にとっても有意義なことは論ずるまでもないであろう。

そこで、今回われわれは、肺疾患をもつ患者に対して運動療法を主とする温泉地療養を行ない、とくに肺機能に及ぼす影響について検討したので、その結果を報告する。

2 対象と方法

外科的消化器疾患の治療を目的として当科に入院して来た患者のうち、症状、病歴、理学的ならびに胸部X線検査から、肺になんらかの疾患あるいは異常が認められた9例を対象とした(表1)。年齢は55才より76才(平均68.2才)、男女ほぼ同数であり、外科治療の対象となった疾患は胃癌と胆石症が大部分を占めた。

これらの患者に見られた肺合併疾患は、いずれも慢性的疾患あるいは異常で、急性症状を呈していたものはなかった。喫煙習慣のあったものは1例のみで、この患者も入院後には禁煙した。

これらに対して、さきに報告したと同様の方法で運動療法に重点をおいた温泉地療養を行なった¹⁾。すなわち、入院後直ちにトレッドミル歩行テストによる体力評価を行ない、それぞれの体力に応じて廊下歩行、運動庭園歩行や階段昇降を1日1~2回、約20分ずつ実施させ、その後には泉浴ついで休息をとらせた。運動強度は、多少の息苦しさを感じない程度とし、その循環系機能への影響についてはトレッドミル歩行テスト時の血圧、心電図所見から危険のないことを確かめた。このように、運動強度を自覚的症状でコントロールすれば過負荷となることはなく、しかも運動強度は自発的に漸増して行くのが常である。運動量については、歩行計を装着させて毎日の歩行数を記録するようにした。

そのほか、肺感染症が疑われるものには抗生剤や祛痰剤を投与し、喀痰量の多いものには体位排痰やネブライザー吸入を併施したが、格別な肺理学療法は行なっていない。療養期間は、手術待期

表1 対象症例

| 患者 | 年 | 性 | 病名 | 合併肺疾患 | 喫煙歴 | 運動療法期間(日) |
|------|----|---|-----|--------|---------|-----------|
| 1 IS | 55 | 男 | 胃癌 | 片肺切除 | (-) | 5 |
| 2 NA | 59 | 女 | 胆石 | 陳旧性結核 | (-) | 14 |
| 3 NY | 63 | 男 | 食道癌 | 気管支喘息 | (-) | 14 |
| 4 MH | 70 | 男 | 胃癌 | じん肺症 | (-) | 10 |
| 5 MT | 70 | 男 | 胃癌 | 気管支拡張症 | (-) | 21 |
| 6 CU | 72 | 女 | 胆石 | 気管支喘息 | (-) | 7 |
| 7 AM | 73 | 女 | 胃癌 | 肺線維症 | (-) | 14 |
| 8 RH | 76 | 女 | 胃癌 | 気管支喘息 | (+)→(-) | 18 |
| 9 KS | 76 | 男 | 胆石 | じん肺症 | (-) | 14 |

患者であるため比較的短く、1～2週間であったが、症例5のように肺疾患が高度であったため3週間に及んだものもあった(表1)。

入院時ならびに療養後に肺機能を測定した。前報におけると同様、熱線式自動呼吸機能測定装置(ミナト AS-4500)による肺活量や時限肺活量(1秒率 $FEV_{1.0}$ など)を測定した。また一定時間安静臥床後に、室内空気呼吸状態の下で動脈血を採取し、自動血液ガス分析装置(ラジオメーター社、ABL-3)を用いて酸素分圧(PaO_2)および炭酸ガス分圧($PaCO_2$)を測定し、肺泡式($A-aDO_2=150-1.25PaCO_2-PaO_2$)を用いて肺泡-動脈血酸素分圧較差($A-aDO_2$)を算出した。

統計的有意差の検定にはPaired Student's t test を用い、P値が0.05以下を有意とした。

3 結果

1) 体力

トレッドミル歩行テスト時の心拍数からみた患者体力は、療養後には全例で多少とも改善した(データ省略)。

2) 呼吸機能(図1)

スパイロメトリーによる肺活量(VC)ならびに時限肺活量1秒率($FEV_{1.0}$)は、全体として低下しているものが多かった。 $\%VC$ 、 $\%FEV_{1.0}$ は、同年齢、同体格の健康者の測定値に対する患者測定値の割合であり、われわれの症例の療養前の $\%VC$ は80%以下のものが6例、 $\%FEV_{1.0}$ は全例が80%以下であった。

これら呼吸機能は、療養の前後で差はなかった。

3) 動脈血ガス(図2)

動脈血酸素分圧(PaO_2)の療養前値は9例中6例が70mmHg以下と低下していた。療養後には前値が85mmHgと良好であった1例を除き、全例が明らかな上昇を示した。

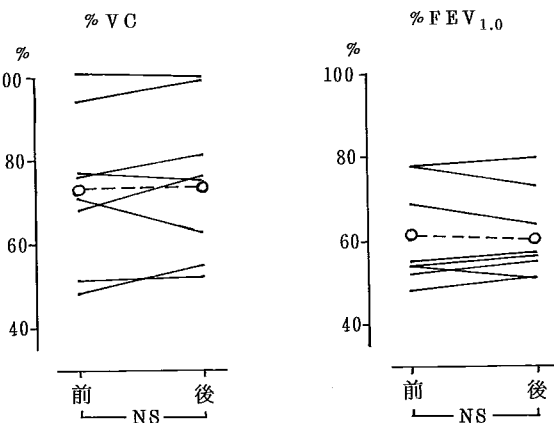


図1 療養前後の%肺活量(%VC)及び%1秒率(% $FEV_{1.0}$)の変化 (○-----○ 平均値) (NS:有意差なし)

肺泡、動脈血酸素較差 ($A-aDO_2$) の療養前の値は1例を除きすべて20mmHg以上と高値を示した(正常値20mmHg以下)。療養後にも多くの例でなお高値に止まったが、全例に減少傾向が見られ、平均値では療養前の36mmHgより療養後の27mmHgへと有意の減少を示した。

症例 70才 男 胃癌 (表2)

胃癌手術治療の目的で入院したが、約20年前から気管支拡張症に罹患していた患者である。大量の膿性喀痰を排出しており、わずかの体動でも呼吸困難と頻脈を認めた。

入院時のスパイロメトリーの成績は、同年、同体格のもの50%前後と著しい換気機能低下を示しており、 $A-aDO_2$ も51.8mmHgと著しく増大し、その結果 PaO_2 は67mmHgと低下していた。

本例に対しては、抗生剤の投与と吸入療法ならびに体位排痰により喀痰減少につとめるとともに、漸増的運動療法と泉浴を約1ヵ月間行なった。

入院当初は、平地歩行に際しても呼吸困難があるため、これを恐れて安静臥床することが多かった。7度傾斜毎分60mのトレッドミル歩行テストでは、1分後に心拍数145/分と増加し、それ以上の運動継続は不可能であった。そこでまず廊下歩行から始めて、徐々に距離と速度を増加させた。その結果、約10日後にはトレッドミル歩行2分間継続可能となり、その時の心拍数は毎

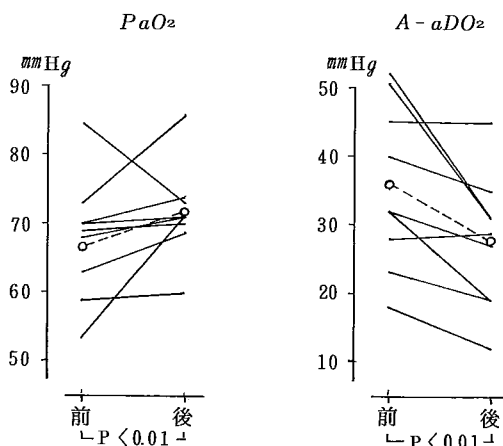


図2 療養前後の動脈血酸素分圧 (PaO_2) 及び肺泡・動脈血酸素較差 ($A-aDO_2$) の変化 (○-----○ 平均値)

表2 症例5 MT 70才 男の療養経過

| | 26/Ⅱ | 17/Ⅲ | 25/Ⅲ |
|---|-------|-------|-------|
| トレッドミルテスト (7°50m/min) 心拍数/歩行時間 (min) | 145/1 | 168/2 | 165/5 |
| PWC_{130} (ml/kg/min) | 11.4 | — | 12.9 |
| 肺活量 (ml) | 1688 | 1692 | 1690 |
| %肺活量 (%) | 51 | 52 | 52 |
| $FEV_{1.0}$ (ml) | 928 | 896 | 963 |
| % $FEV_{1.0}$ (%) | 55 | 53 | 57 |
| PaO_2 (mmHg) | 67.0 | — | 72.0 |
| $A-aDO_2$ (mmHg) | 51.8 | — | 30.5 |

分168と年齢別最大心拍数を上回るところまで耐えうようになった。これは忍耐力と意欲の増大を示唆する所見と思われる。その後はさらに戸外歩行、階段昇降などを積極的に励行するようになり、入院1ヵ月後にはトレッドミルテストならびに PWC_{130} の値からみて明らかな体力改善が認められた。

この間の呼吸機能の変化を見ると、肺活量や1秒率など換気能力には全く改善は認められず、さきに示した全症例と同様の結果である。しかし動脈血ガス検査成績では、 $A - aDO_2$ は約20mmHgも減少して肺胞における酸素摂取能力が向上し、これに伴って PaO_2 もほぼ正常域にまで上昇した。患者は運動をすることが苦にならなくなり、気分的にも明るくなり、すべてに積極的となった。そこで胃癌に対する根治手術を行なったが、術後の経過は順調で、2週間後に退院した。

4 考 察

前報においては、呼吸器に格別な異常のない比較的高齢者で、肺機能に及ぼす運動トレーニングの影響を検討し、血液ガスの改善とともに肺活量の有意の増加が認められたことを報告した。しかし今回の肺疾患患者での検討では、体力や血液ガスには改善が認められたものの、肺活量などには全く変化がなかった。

³⁾ Sinclairらや⁴⁾ Alisonらは、慢性閉塞性肺疾患の患者に数ヵ月にわたる運動トレーニングを行なった結果を報告している。それらによると、体力や自覚症状には改善がみられたが、 VC や FEV などは改善しなかったという。すなわち今回のわれわれの成績はこれらの報告に一致する成績である。

以上の成績からすると、呼吸器疾患のない健康者で、安静的な日常生活のため一時的に胸郭弾性が低下していたと考えられるものでは、軽い運動トレーニングによっても弾性の回復、ひいては肺活量も増加すると考えられよう。これに対して、呼吸器疾患ことに慢性閉塞性疾患のあるものでは、疾患そのものが換気機能を制限しているため、換気機能も改善されないものと考えられる。

運動訓練によって肺換気機能は変化しなかったのに、 $A - aDO_2$ と PaO_2 には有意の改善がみられた。すなわち、肺胞における空気から肺動脈血への酸素の移行がより効率的になったわけである。

肺内における肺胞から血中への酸素移行には種々の要因が関係し、肺胞換気状態や血液の酸素結合能などは重要な因子であるが、これらが一定である場合の酸素移行の良否は $A - aDO_2$ で示される。これは肺胞気と動脈血の酸素分圧差を換気要素としての動脈血炭酸ガス分圧で補正した数値であり次の3つの要因が関係する。すなわち1) 肺内における換気と血流との不均等分布の多少、2) 肺動脈血流のうちガス交換に関与しないいわゆるシャント血流の増減、3) 肺胞膜のガス拡散能である。運動トレーニングでこれらのどの要因が変化するかはまだ充分明らかでないが、われわれが少数例で検討した結果では、換気・血流不均等分布の改善によるものであることが示唆された。肺胞は肺内のすべての部分で一様に換気されてはおらず、またすべての肺胞が一様に血流を受けてはいない。その結果、血流はあるのに換気されていない肺胞や、換気されているが血流のない肺胞がありこれを換気・血流の不均等と呼び、不均等部分が多いほど酸素の血中への移行は少なくなる。そしてこのような不均等部分の分布は、生体の酸素需要状況などによって変化しているのである。

もし生体が長期間無刺激、安静状態におかれると、酸素需要が減少するので換気、血流の不均等部分が増加し、酸素需給が低いレベルで平衡するものと考えられる。その結果、 PaO_2 は低下傾向となることも容易に理解されよう。老人では一般に低酸素血症に傾くことが知られているが⁵⁾、その原因には非活動的な生活に由来する上述のような機序も関与しているものと考えられる。

温泉地療養は、呼吸機能を促進して無気状態の肺胞をおし拡げ、また循環機能を亢進させて肺血流を増加させ、換気・血流の不均等を是正し、血液酸素の増加をもたらす。このことが患者に与える利益については言をまたないが、呈示した症例は外科臨床における本療法の意義を示唆するものといえよう。高齢患者における手術後肺合併症は今日でも重要な問題となっている。ことに、本患者のような肺合併病変をもつものの術後管理にはかなりの困難を伴うのが常である。それにもかかわらず、この患者の術後経過が順調であったことには、術前の処置による体力の増加と酸素摂取機能の改善が寄与するところが大きかったと考えられるのである。

5 おわりに

慢性的肺疾患をもつ老人患者に、運動訓練を主とする短期間の温泉地療養を行ない、肺機能に及ぼす影響を検討した。

その結果、肺活量など換気機能に変化は見られなかったが、全例に体力改善が認められ、また有意差をもって肺胞動脈血酸素較差が減少し、動脈血酸素分圧が上昇した。

すなわち、温泉地療養は肺疾患患者に対しても、その活動性を向上させ、生体防御機能を増大させると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 辻 秀男、麻生 宰、竹内義彦：温泉地療養，ことに運動療法の肺機能に及ぼす影響。大分県温泉調査研究会報告 34：30—34，昭58。
- 2) 辻 秀男：肝臓疾患患者に対する温泉地療養の影響。大分県温泉調査研究会報告 35：34—38，昭59
- 3) Sinclair, D.J.M. and Ingram, C. G. : *Controlled trial of supervised exercise training in chronic bronchitis. Brit. Med. J., 23;519—521,1980*
- 4) Alison, J.A., Samios, R. and Anderson, S.D. : *Evaluation of exercise training in patients with chronic air - way obstruction. Physical Therapy, 61:1273—1277,1981.*
- 5) 福地義之助，原沢道美：老年者における血液ガス組成について—正常値および体位性変動に関する検討。日本老年医学会誌，10：59—65，1973。

庄内町とその周辺温鉱泉の化学組成

大分大学教育学部 川野 田実夫
 大分大学 志賀 史光
 竹田市立竹田中学校 渡辺 文也

1 はじめに

大分川中流域（挾間町・庄内町）では昭和40年代後半から急速に温泉開発が進められ、現在（昭和60年）挾間町で15口、庄内町58口、さらに野津原町では17口の温・鉱泉が台帳に記載されている。挾間町を中心とする温泉群については、吉川¹⁾や野田・北岡²⁾による調査結果が報告されている。野田・北岡は昭和49年6月から53年9月にかけて、この地域の温泉の定期観測を行って、高塩分泉に含まれる化学成分は海水起源である可能性が極めて高いこと、また昭和49年から同51年にかけてこの地域のいくつかの温鉱泉水中の塩化物イオン濃度が低下現象を示したことを指摘している。

そこで筆者等は、大分川中流域の温泉のうち、比較的近年に開発されて、調査資料の少ない庄内町の温泉を中心にして調査を行い、温泉水中の化学組成を明らかにした。また挾間町や野津原町の温鉱泉についてもいくつか採水分析を行い、過去の分析結果と比較して、この地域の温泉の長期変動について検討した。

2 大分川中・下流域の温泉分布と調査の概要

図1に大分川中・下流域の温泉の分布状況を示す。この地域では先に述べたように、この10数年間に急速に温泉開発が進められ、現在、温泉台帳には大分市の99口を含めて179口の温泉（鉱泉を含む）が登録されている。（以下、特に必要のない場合は温泉と鉱泉の区別はしない）

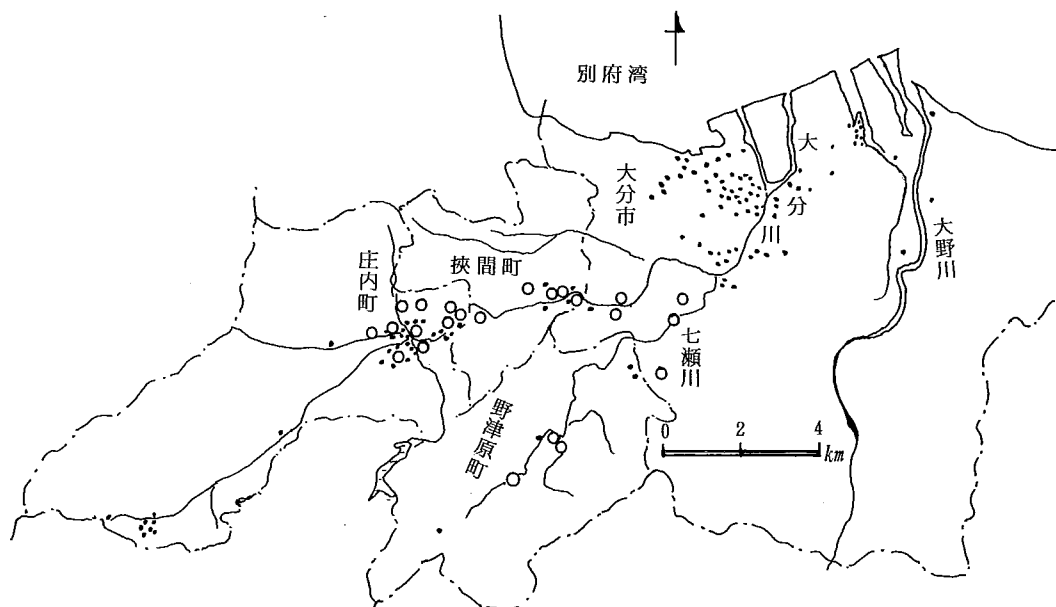


図1 大分川中・下流域の温泉分布

庄内町では当初大分川左岸の小野屋周辺地区で200～400mの掘削で泉温40数度Cの温泉を得た。その後、大分川右岸の五ヶ瀬地区、庄内町東部の長宝地区等でも続々と温泉開発がなされ、現在で

は図1に見るように、温泉口数では挾間町を上回り、分布の密度も大分市街地とほぼ等しいように見うけられる。

庄内町の温泉の利用状況は浴用が主であるが、五ヶ瀬地区では一部農芸用の利用も考えられてい

表1 調査温泉の概要

| No | 温 名・所有者 | 湧 出 地 | 採水年月日 | 湧出形 ※1 | 泉 温 ※2 |
|----|--------------|----------|-------------|-----------|-----------|
| 1 | 情 和 園 | 庄内町西長宝久保 | 昭60. 12. 10 | P | 53.5℃ |
| 2 | 堂 面 温 泉 | 〃 〃 | 〃 | P | (36.0) |
| 3 | 佐 藤 利 雄 | 〃 透内 | 〃 | P | (46.7) |
| 4 | 阿 部 静 雄 | 〃 畑田 | 〃 | P | 22.0 |
| 5 | 米 津 博 他 11 名 | 〃 五ヶ瀬 | 〃 | P | (41.0) |
| 6 | 寿 楽 園 | 〃 大竜 | 〃 | P | — |
| 7 | 小野屋温泉センター | 〃 小野屋 | 〃 | P | (50.5) |
| 8 | 寿 建 設 | 〃 東長宝 | 〃 | P | — |
| 9 | 長 宝 団 地 | 〃 〃 | 〃 | P | (49.3) |
| 10 | 加 藤 登 | 〃 櫟木 | 〃 | P | (41.0) |
| 11 | 篠 原 温 泉 | 挾間町篠原 | 〃 | P | (43.5) |
| 12 | 海 老 毛 温 泉 | 〃 海老毛 | 〃 | S | 41.0 |
| 13 | 老人福祉センター | 〃 向原 | 〃 | S | 43.8 |
| 14 | 坂 本 政 行 | 〃 鶴田 | 〃 | S | 41.8 |
| 15 | (挾間温泉センター) | 〃 〃 | 〃 | S | 31.5 |
| 16 | 国 分 養 鰻 場 | 大分市国分 | 60. 12. 18 | S | 31.6 |
| 17 | 富 士 見 温 泉 | 〃 横瀬 | 〃 | P | (30.5) |
| 18 | 塚 野 鉦 泉 | 〃 塚野 | 〃 | N | 15.2 |
| 19 | 下 矢 ノ 原 | 野津原町下矢ノ原 | 〃 | N | 17.0 |
| 20 | 妙 見 泉 | 〃 〃 | 〃 | N | 8.0 |
| 21 | 河 野 熊 雄 | 〃 河津原 | 〃 | N | 8.0 |
| 22 | 笠 木 俊 一 | 大分市田島 | 〃 | S | 14.8 |
| 23 | 二 豊 林 業 | 〃 雄城台 | 〃 | P | 48.6 |

※1 湧出形 P：ポンプ、S：自噴、N：自然湧出

※2 () は引湯泉の水溫

る。

今回の調査では図中に○印で示す23口の温泉の採水と化学分析を行った。うち10口が庄内町の温泉である。採水は表1の概要に示したように昭和60年12月10日と同年12月18日に行った。

表2 分 析 表

| No | pH | Na ⁺ (mg/ℓ) | K ⁺ (mg/ℓ) | Ca ²⁺ (mg/ℓ) | Mg ²⁺ (mg/ℓ) | Cl ⁻ (mg/ℓ) | SO ₄ ²⁻ (mg/ℓ) | HCO ₃ ⁻ (mg/ℓ) | 電気伝導度 (at 25℃)(μS/cm) |
|----|------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---|--------------------------|
| 1 | 8.21 | 1,070 | 172.0 | 99.6 | 3.6 | 521.8 | 2,020.0 | 160 | 5,870 |
| 2 | 8.20 | 780 | 175.0 | 60.1 | 2.7 | 220.4 | 1,570.0 | 219 | 4,400 |
| 3 | 8.29 | 48.0 | 7.5 | 0.6 | 0.1 | 22.6 | 24.6 | 105 | 236 |
| 4 | 8.24 | 32.5 | 3.7 | 0.5 | 0.1 | 11.3 | 20.1 | 80.2 | 155 |
| 5 | 7.89 | 51.0 | 12.2 | 1.5 | 0.4 | 22.6 | 31.1 | 99.6 | 260 |
| 6 | 8.03 | 93.0 | 20.6 | 2.8 | 0.5 | 54.0 | 55.3 | 160 | 482 |
| 7 | 8.08 | 64.0 | 8.9 | 1.2 | 0.2 | 22.6 | 20.3 | 95.8 | 149 |
| 8 | 8.02 | 90.0 | 19.2 | 2.2 | 0.4 | 65.7 | 78.8 | 130 | 490 |
| 9 | 8.32 | 451 | 64.4 | 28.9 | 1.6 | 127.1 | 797.5 | 137 | 2,300 |
| 10 | 8.40 | 595 | 74.0 | 23.4 | 0.7 | 231.1 | 2,030.0 | 313 | 3,160 |
| 11 | 8.30 | 411 | 49.0 | 12.2 | 0.5 | 228.3 | 421.0 | 351 | 2,000 |
| 12 | 6.84 | 4,150 | 280.0 | 482.9 | 411.4 | 7,099 | 2.3 | 3,800 | 23,200 |
| 13 | 6.89 | 6,080 | 424.0 | 45.7 | 59.7 | 11,000 | 2.0 | 3,890 | 33,600 |
| 14 | 6.86 | 2,550 | 199.0 | 172.5 | 234.1 | 3,367 | 2.0 | 3,100 | 13,780 |
| 15 | 7.12 | 825 | 65.0 | 20.7 | 47.6 | 571.3 | 2.3 | 1,690 | 3,960 |
| 16 | 7.00 | 180 | 32.8 | 15.0 | 22.5 | 38.5 | 4.7 | 641 | 107 |
| 17 | 7.26 | 1,800 | 149.0 | 171.0 | 293.0 | 2,977 | 2.0 | 2,830 | 12,040 |
| 18 | 6.45 | 2,500 | 69.5 | 213.0 | 234.3 | 3,367 | 2.3 | 2,690 | 12,960 |
| 19 | 6.74 | 3,255 | 233.0 | 274.0 | 33.7 | 4,372 | 3.8 | 3,400 | 16,280 |
| 20 | 6.82 | 4,550 | 315.0 | 236.0 | 95.1 | 6,287 | 3.3 | 4,530 | 21,800 |
| 21 | 6.47 | 208 | 15.4 | 72.6 | 33.7 | 130.3 | 4.2 | 852 | 151 |
| 22 | 7.32 | 353 | 19.6 | 23.4 | 28.0 | 142.7 | 3.4 | 1,070 | 184 |
| 23 | 7.98 | 1,570 | 58.1 | 21.4 | 55.8 | 1,354 | 3.4 | 2,580 | 7,240 |

3 庄内町温泉の化学組成

化学分析結果を表2に示した。

温泉は溶存化学成分量と化学組成比等から泉質を判別する機会が多い。溶存塩分量から庄内町の温泉の泉質を分類すると、塩分量 $1,000\text{mg}/\ell$ 以下の単純泉とそうでないものに分類される。単純泉は小野屋を中心にして分布し、塩分量の高い温泉は庄内町東部（東長宝櫟木）に分布している。No 1で示した情和園は、野田・北岡²⁾の調査時では Cl 量が $10\text{mg}/\ell$ 以下で他の化学成分量も低く単純泉であったが、今回の測定値は Cl $521.8\text{mg}/\ell$ 、電気伝導度も $5,000\mu\text{S}$ をオーバーしていた。これは当泉源が昭和59年4月に再掘を行い掘削深度もそれまでの310mから700mに深められたことによるものである。今回調査を行った温泉のうち電気伝導度が $2,000\mu\text{S}$ を越えたものは、情和園、No 2堂面温泉、No 9長宝団地泉およびNo 10の加藤泉の4泉で、いずれも掘削深度が700m以上のものである。

pH はNo 5の米津博泉以外は8.0～8.4で弱アルカリ性の泉質を示している。

図2に陽イオン、陰イオンの三角グラフを示す。

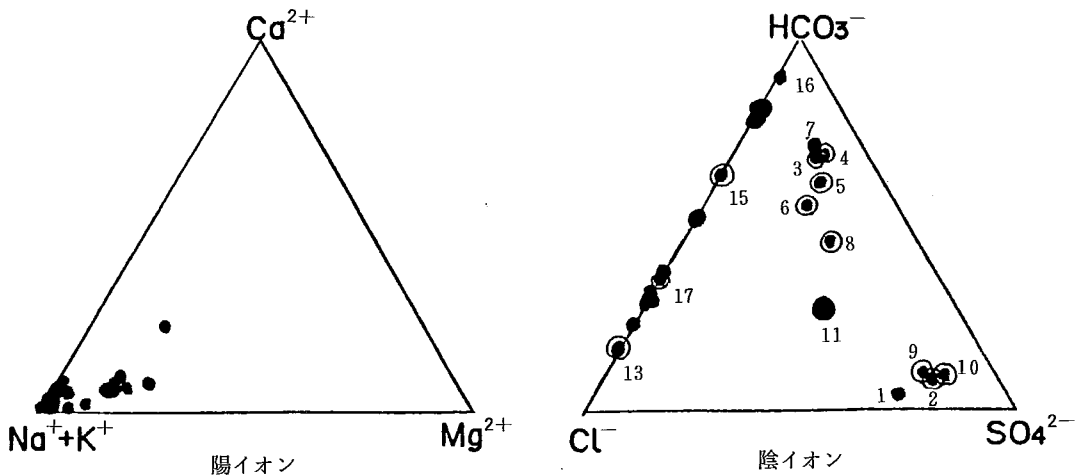


図2 陽イオン・陰イオンの三角図

陽イオンではアルカリ金属 (Na , K) 隅近くに大部分のものがプロットされている。図中のアルカリ金属隅からやや離れて Ca 、 Mg 方向にプロットされている温泉は挾間町や野津原町の温鉱泉である。

陰イオンの三角図をみると、今回調査した23口の温泉は、 Cl と HCO_3 を結ぶ辺上にプロットされるグループと、 Cl 、 SO_4 および HCO_3 を頂点とする三角形の内側に分布する温泉群とに分けられる。前者の温泉は挾間町、野津原町および大分市西部の温泉で、後者は、庄内町の温泉とNo 11で示している篠原温泉である。

野田、北岡は挾間町周辺の温泉を、高塩分型泉、弱アルカリ型泉および含芒硝型泉等に分類している。庄内町の温泉はこの三角図にみるように、陰イオンでは、 HCO_3 、 SO_4 が Cl 量を上回っている。No 1、No 2、No 9 およびNo 10で示している庄内町東部の温泉は $\text{SO}_4 \gg \text{HCO}_3$ であるので、野田等の分類に基づけば含芒硝型ということになる。一方、小野屋とその周辺の単純泉は $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$ になるので、無理に泉質を表現すれば弱アルカリ単純泉になる。このように庄内町の温泉は、挾間町の温泉とは明らかに異なる化学組成を示している。特に近時に掘削された深度700mを越す小野屋北部および小野屋東部の温泉は SO_4 $2,000\text{mg}/\ell$ 以上を含むものもあり大分川中流域の温泉の中で特異な水質を示している。野田、北岡は篠原温泉の SO_4 の起源について、長湯温泉との関連性

を示唆しているが、距離的にも接近している小野屋東部の温泉との関連もさらに高い可能性があるものと思われる。

4 海老毛温泉、妙見泉および塚野鉱泉の長期変動

野田、北岡は先に述べたように昭和49年から53年にかけて大分川中流域の温泉研究に精力的に取り組む、この地域の温泉の化学成分濃度に変動あり、特に昭和50年に急激にCl濃度が低下したことを明らかにした³⁾。

筆者等は、自然湧出泉である妙見泉、塚野鉱泉と、自噴泉で再掘後も以前の深度と等しく湧出状況に大きな変動のみられない、海老毛温泉について化学成分濃度の長期変動の様子を検討した。図3にCl濃度の経年変動を3つの温泉について示す。

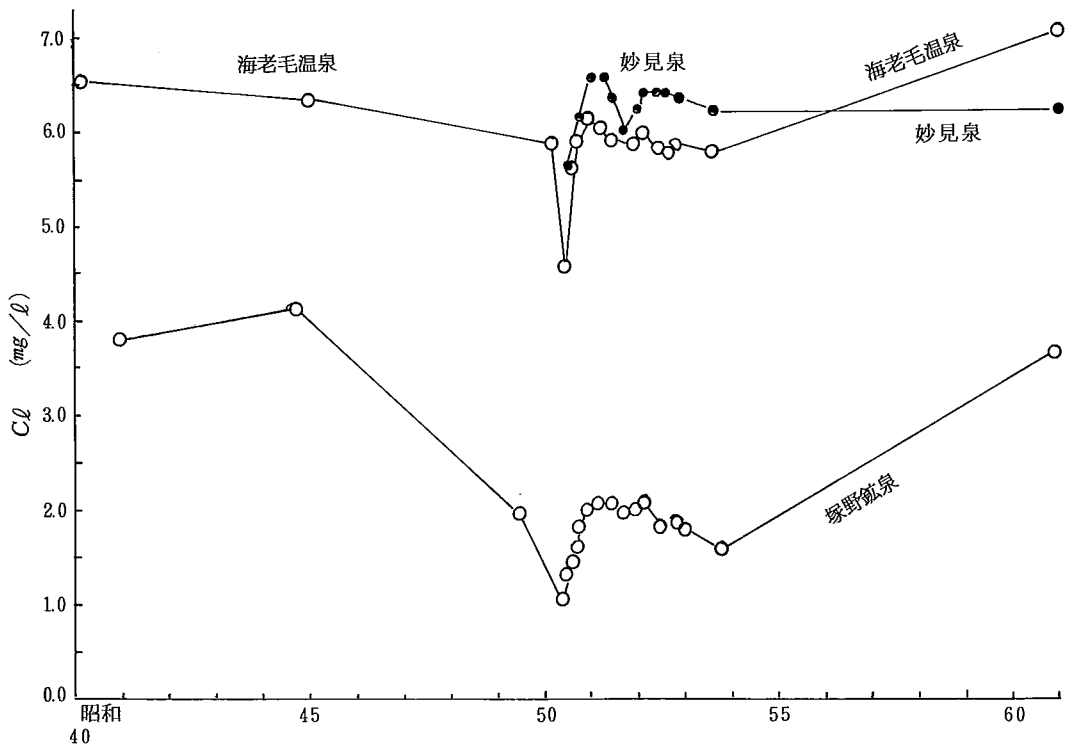


図3 Cl量の経年変化

今回のClの測定値は3つの温泉ともに昭和50年から51年にかけての低濃度期の値を上回り、昭和45年以前の値近くに回復していることが明らかになった。しかし昭和54年からの最近5年間の測定値がないことから、この地域の温泉の化学成分濃度がどのような経路をたどって以前の濃度に回復したかについては検討することができなかった。温泉分布の密度も高く、温泉開発も一時の勢はないものの、進行が続いている大分川中流域について、今後、温泉資源の保全の立場から監視を続けるためにルーチン観測の体制化を希望する。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三・北岡豪一・野田徹郎・大分県：大分県温泉調査研究会報告，27，25—33（1976）
- 2) 野田徹郎・北岡豪一：大分県温泉調査研究会報告，28，31—41（1977）
- 3) 野田徹郎・北岡豪一：大分県温泉調査研究会報告，30，32—42（1979）

大分市温泉の地質

大分大学 森 山 善 蔵
佐賀関高校 日 高 稔

はじめに

大分市八幡で温泉の掘削に成功（昭和39年）以来、大分市内では温泉の開発が進み、現在では掘削井の数は100井を越えている。掘削深度は全般に500~800mと非常に深い。源泉の分布は大分市内の平野部全域にわたっており、以前は市内西部~中部に偏っていたが最近では東部でも開発がおこなわれ、大野川をわたって東岸（志村、迫）にまでおよんでいる。この大分市温泉の地質環境を解明するために筆者らは昭和55年度から断続的ではあるが調査、研究を続け、すでに、本調査研究会報告32号（56年3月）、36号（60年3月）において報告をおこなってきた。しかし、温泉掘削の試錐データ、その他の資料が十分に得られないために温泉地質について不明な点が多く残されたままである。今年度は新たに20本余りの温泉試錐のデータを入手できたので、それらを検討し、さらに地質踏査を含む地質学的研究をおこない、いくつかの新知見を得たので、ここに報告するしだいである。

1 地質概説

当地域は地体構造上西南日本内帯の領家帯に属し、中央構造線の延長である大分—熊本構造線と松山—伊万里構造線に挟まれたいわゆる長崎三角地帯とよばれる地溝帯の東部に位置している。東部の坂の市~戸次にかけては、古生代の佐賀関変成岩類が分布し、南部には古生代の野津原古生層と中生代の大野川層群が分布する。これらの古期岩層を基盤にして、新第三紀の碩南層群、第四紀の大分層群、九重層群などの後期新生界が発達している。これら3つの地層群は水底堆積物を主体とし、いくつもの層準に火山砕屑物が含まれ、また西部と北部では溶岩も発達する。霊山山系北部で基盤の大野川層群に断層またはアバットの形で碩南層群が接して発達し、挟間町向の原から大分市松岡を結ぶほぼ東西方向の線まで分布するが、それから北側には大分層群が発達する。九重層群は主として段丘堆積物からなり、碩南、大分両層群を削ってその上に発達している。沖積層は大分川、大野川などの各河川流域に分布し、大分平野を形成する。

当地域に分布する諸岩石、地層の層序は表1のようにまとめられる。

なお、別府市観海寺に分布する変朽安山岩（プロピライト）は、今まで中新世の宇佐層群に属するという説（首藤 1953 松本 1963）と、もっと新しく第四紀初期のものではないかとする説（森山 1973 日高 1978）があったが、最近、九州大学の渡辺他（1986）が 1.9×10^6 年という

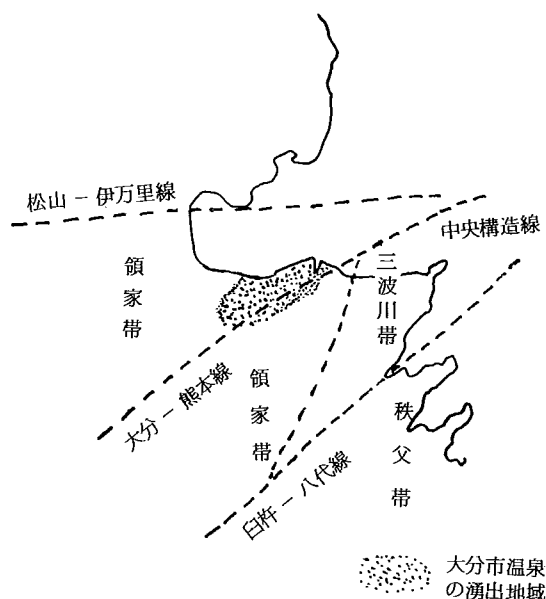


図1 大分県の地体構造

フィッシュトラック年代を報告した。筆者らは、この値にもとづいてプロピライトを宇佐層群からはずし、第四紀初期の生成に関わるものとして、大分層群に含めることとした。また、由布川火砕流（軽石流）、白木火砕岩の層位についても新たな証拠の発見によって、56年3月の本調査会報告32号において報告した層位を表1のように修正した。

一般的な地質構造をみると、碩南層群の東植田、判田両層ともに東西方向の走向で、ゆるやかな褶曲を伴いながら南へ傾斜し、大分層群の滝尾、鶴崎両層は碩南層群に傾斜不整合で重なり、東北東—西南西の走向で北へ傾斜する。九重層群は段丘堆積層はほとんど水平層である。瀬戸内系、筑紫系、万年山系、山陰系の各溶岩はそれぞれ山塊を形成しているが、山陰系以外の溶岩からなる山は、解析が進んでおり、火山の形態があまり残っていない。碩南層群と大分層群には断層があちこちで見られ、全般的傾向として西北西—東南東、北東—南西の走向で北落ちのものが多。

表1 大分市及び付近の層序

| 時代 | | 地層名 | | | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|---------|-------|
| 新 生 代 | 完 新 世 | 沖積層 | | | |
| | | 第 四 紀 | 九 重 層 群 | 低位段丘堆積層 | |
| | 阿蘇火砕流 | | | | |
| | 中位段丘堆積層 | | | | |
| | 大 分 層 群 | | 高位段丘堆積層 | | |
| | | | 山陰系火山岩 | | |
| | | | 白木火砕岩 | | |
| | 新 鮮 世 | | 大 分 層 群 | 鶴崎層 | |
| | | | | 万年山溶岩 | |
| | | | | 由布川火砕流 | |
| | | 筑紫溶岩 | | | |
| | | 碩 南 層 群 | | 滝尾層 | 下郡部層 |
| | | | | | 羽田火砕岩 |
| | | | 片島部層 | | |
| | 新 鮮 世 | 碩 南 層 群 | 瀬戸内系火山岩 | | |
| | | | 東植田層 | 古城部層 | |
| | | | | 敷戸火砕流 | |
| 光吉部層 | | | | | |
| | 判田層 | | | | |
| 中 生 代 | 大野川層群 | | | | |
| 古 生 代 | 佐賀関変成岩類、野津原古生層 | | | | |

----- 不整合、 ———— 整合

2 地質各説

古い方から順に、各層序単位ごとに岩相、岩質、化石、その他地質学的特性について記載する。

(1) 佐賀関変成岩類

大野川以東の神崎一坂の市—宮河内—戸次を結ぶ線より東側に分布し、九六位山、白山などを構成する。石墨片岩、緑色片岩、石英片岩などの結晶片岩類からなるが、九六位山麓の広内付近には蛇紋岩が貫入している。蛇紋岩は暗緑色で堅硬であり、佐賀関半島の中央部にも分布している。結晶片岩類はその特徴から、四国から続く三波川結晶片岩類に属するものとされている。

(2) 野津原古生層

霊山の北西山麓の平野地区から野津原町東部にかけて分布する。泥質ホルンフェルスと珪質ホルンフェルスからなる弱い熱変成岩である。原岩は粘板岩と砂岩であり、非常に堅硬、緻密である。広域変成作用も受けており、片状を呈するところも見られる。野津原古生層は近年、朝地変成岩ともよばれている。

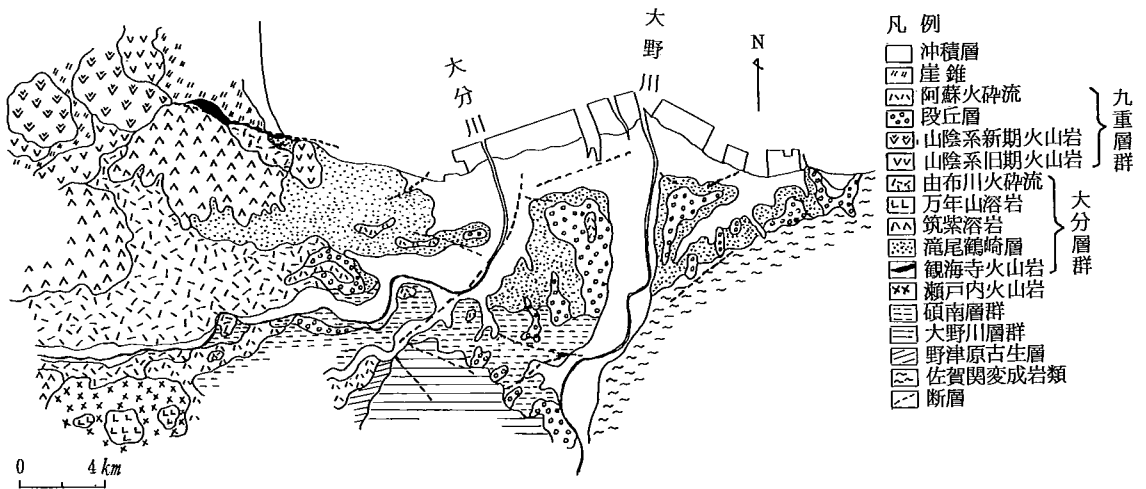


図2 大分市付近の地質略図

(3) 大野川層群

霊山、本宮山などの霊山山系を構成し、河原内から戸次、吉野にかけて分布する。これは竹田から大野川流域、臼杵川流域にかけて広く発達する中生代白亜紀の地層の一部であり、海成の地向斜堆積物である。礫岩、砂岩、頁岩からなるが、霊山付近は礫岩が多く、東南方向に行くほど砂岩と頁岩が多く発達している。本宮山ではアンモナイトやイノセラムスの化石、河原内、吉野などではイノセラムス化石が産出する。

(4) 碩南層群

本層群は岩相によって、下半部の判田層、上半部の東植田層に分ける。

判田層は判田地区の大野川左岸から霊山北東部山麓にかけて分布し、さらに庄内町南部にも発達するが、庄内町南部のものは東庄内層ともよばれる。下部には厚い礫岩層が発達するが、中部は砂岩や泥岩あるいは砂岩泥岩互層、上部は礫岩層である。火山砕屑物をまったく含まず淡水性貝化石（ドブ貝、ナガタニシ貝）や植物化石（シリプトビシ、メタセコイア）を産出する。礫岩中の礫は安山岩、代三五溶岩、チャート、流紋岩、白亜紀砂岩などからなり、中～小亜円礫が多い。

東植田層は判田層の北側に東西方向の延びをもって分布する。全体的にゆるやかではあるが南へ傾斜しているため、北へ行くほど古い地層が露出している。最下位の光吉部層は、光吉から鷲野にかけての地域に厚く発達するが、宗方、雄城台、国分などにも分布する。下部は礫岩ないし砂質礫岩、中部は砂岩泥岩互層、上部は厚い礫岩からなる。中部には白色の凝灰岩層が数枚挟まれている。上部礫岩層は最上部が砂質となり砂岩層に漸移している。敷戸火砕流は敷戸軽石流ともよばれ、軽石層、軽石凝灰岩、軽石質凝灰角礫岩などからなる。下部は塊状で強く固結しているが、上部は微層理を呈しやや固結の程度が弱い。含まれる角礫は小～中礫が多く、両輝石安山岩質である。マトリックス中には輝石結晶片と黒雲母が少量含まれる。芳川原自衛隊弾薬庫付近では2～3mの珪藻土層が軽石凝灰岩層にひきつづいて堆積しており、宗方付近にも少し見られるが、さらに西方には分布しない。淡水性の珪藻化石 *Stephanodiscus niagarae* や *Zelkova ungeri* のような植物葉片化石を産出する。

本層群の最上部にあたる古城部層は、古城山、且ノ原、西寒田、塚野などに広く分布する。下部は垂角中礫からなる礫岩の厚層からなり、垂角細礫岩と泥岩の互相がその上に続く。中部はよく円磨された軽石礫を含む凝灰質砂岩と泥岩の互層であり、厚さ50cm内外のリズムで規則正しい互層をなしている。上部は粗粒砂岩から円中礫を主とする礫岩に漸移し、最上部は円～垂円中礫からなる礫岩層からなるが、西寒田付近ではよく円磨された大礫を多く含むようになる。秋岡～塚野にかけての霊山山体に近接する所では角～垂角の中～大礫からなる淘汰の悪い礫岩層が発達し、基盤岩層にアバットしている。本部層の礫岩中の礫は、チャート、珪岩、頁岩、砂岩の他に安山岩なども含まれる。大分市の南西方の庄内町南部には東植田層の堆積とほぼ同じ頃に噴出した火山岩が分布する。斜方輝石安山岩で、堅硬緻密である。これは瀬戸内系火山岩に属するもので、大分市付近の火山岩中で最も古いものである。

(5) 大分層群

堆積層を2つに分け下部を滝尾層、上部を鶴崎層とよぶ。滝尾層は最も広い分布を示し、鶴崎台地、上野丘陵、西大分丘陵、さらに高崎山の西側にまで分布する。南へ傾斜する傾南層群に傾斜不整合で重なり、全体的に北へ傾く単斜構造をしている。岩相によって下位から、片島部層、羽田火砕岩層、下郡部層の3つに分けられる。滝尾層の基底をなす片島部層は片島、米良、芳川原などに厚く発達するが松岡の西の菰田付近や八幡の払川流域などにも分布する。本部層は下半部が中～小円礫を主とする礫岩層と含礫泥岩層からなる。礫は斜方輝石安山岩、両輝石安山岩、砂岩、頁岩などからなる。上半部は軽石砂層、含礫凝灰質砂岩層からなり、角閃石紫蘇輝石黒雲母安山岩質で、角閃石片や黒雲母片がマトリックス中に少し含まれる。羽田火砕岩層は降下軽石層と軽石質凝灰角礫岩からなり、角閃石黒雲母安山岩質である。今まではこの羽田火砕岩層は挾間町を中心に広く分布する、いわゆる由布川軽石流に属するものとされていたが、フィッシュトラック法による絶対年代測定の結果、羽田火砕岩層は 1.44×10^6 年（岡口 1976）、由布川軽石流は 0.46×10^6 年～ 0.44×10^6 年（森山他 1985）となり、両者は同じものではないことが明らかとなった。下郡部層は、長谷、下郡、西大分丘陵などに分布し、粗粒砂岩層、砂岩礫岩互層、凝灰質泥岩、砂岩泥岩互層からなる。志手から生石にかけての丘陵では礫岩と粗粒砂岩が発達し、全般に西に行くにつれて粗粒となっている。長谷では竹の葉の化石や *Salix sp.* *Acer pictum* などの植物葉片化石を産出する。

鶴崎層は鶴崎台地北縁から大野川をこえて丹生台地をはじめ坂の市地区に分布する。牧付近に基底礫岩が分布するが、中～小垂円礫を主とし、マトリックスはシルトであり、シルトがレンズ状に発達する所もある。この礫岩層とその上位に重なる軽石層、凝灰質泥岩を牧砂礫層とよぶ。高城や大在南部では泥岩層、凝灰質砂岩層、砂岩泥岩互層が分布するが、これらは牧砂礫層の上位に重なるもので高城互層とよばれる。牧と小池原では牧砂礫層からトウヨウゾウの臼歯の化石が、大在では高城互層から内湾性の貝化石を産出する。鶴崎層は大分川より西側には分布せず、大野川以東によく発達する。坂の市東部～丹生台地南部では佐賀関変成岩類に不整合で接している。

つぎに、大分層群に属する火山岩について述べる。大分市北西部に隣接する別府市観海寺付近に狭少な分布を示す観海寺火山岩はプロピライトからなり、緑色、淡青色、淡赤紫色などを呈し、緑泥石、斜長石、単斜輝石を多く含む。輝石安山岩が浅熱水変質をうけたものと考えられる。このプロピライトは以前は大分県の新世代火山活動の始まりとされる中新世の宇佐層群に属するとされていたが、前述のように最近の絶対年代測定により、ずっと新しく第四紀更新世初期のものであることがわかったので、大分層群初期の火山活動によるものであることが明らかとなった。

筑紫溶岩は大分市北西部の小鹿山系と庄内町に広く分布する。前者は両輝石安山岩、後者は城

ヶ岳のみが斜方輝石安山岩であるが他は両輝石安山岩である。滝尾層下郡互層中に両輝石安山岩質の角礫や火山灰が含まれることから、その堆積と同じ時期に噴出がおこなわれたものと考えられる。万年山溶岩は大分市西方の冠山（庄内町）と湯の平付近に分布する。黒雲母斜長石流紋岩で、鶴崎層中に同岩質の軽石、角礫が含まれることから、噴出時期がほぼ同時期と考えられる。由布川火砕流は、大分市西部から挾間町、庄内町にかけて広く分布するが、由布川流域に最もよく発達し、深い浸食によって両岸が60m以上の高さに達する由布川峡谷を形成している。多量の軽石の他に角閃石安山岩、輝石安山岩、ガラス質珪長質岩などの細～小角礫が散在し、黒雲母片が普遍的に含まれている。全体的に淡桃色から灰色を帯びるが、大將軍山その他庄内町の大分川南岸には堅硬なよく固結したものもあるが、全体的には軟質なものが多い。噴出源については城島付近ではないかとする説もあるが、まだ不明な点が多い。

(6) 九重層群

本層群の堆積層は段丘堆積物であり、主として礫層（いわゆる段丘礫層）からなるが、大野川東岸の丹生台地には海成の砂層や泥層も分布する。大分市付近の段丘を海拔高度から大きく分けると、90～160m、40～100m、15～50mの3つになり、それぞれ高位段丘、中位段丘、低位段丘とよぶが、各々の中はさらにいくつかの面に分けられるところもある。丹生台地と鶴崎台地には段丘堆積層がとくに広く分布するが、大分川河岸にも低位段丘の堆積層（砂礫層）がかなり発達する。九重層群の火山性岩石の中で最も古いのは白木火砕岩であり、これは角閃石安山岩質の凝灰角礫岩と凝灰岩からなるが分布は白木付近のみである。山陰系火山岩はこの火砕岩にひきつづいて噴出したものであるが、噴出時期によって新、旧2つに分ける。山陰系旧期火山岩は高崎山をつくり、含両輝石角閃石安山岩からなる。山陰系新期火山岩は由布山や鶴見山をつくっており、前者は含カンラン石両輝石角閃石安山岩、後者は含石英両輝石角閃石安山岩からなる。九重層群で最も新しい火山性岩石である阿蘇火砕流は溶結凝灰岩となっている所と非溶結で火山灰ないし火山泥流堆積物となっている所とがある。前者は永興、寒田など大分市内では分布が狭いが、挾間町、庄内町などではかなり広く分布する。後者は大分市内には分布が広く、とくに明野、明治では火山灰状を呈して厚く発達する。

(7) 沖積層

大分川、大野川の各流域に広く分布し、大分平野を形成する。砂と泥からなるが基底には砂礫層がある。舞鶴橋より下流の大分川右岸から三佐付近にかけて、とくに厚く沖積層が発達し最も厚いところで80mに達する。南大分や舞鶴橋より下流左岸の市街地では20～50mとあまり深くはない。沖積層には所によって内湾性貝化石が含まれている。

3 温泉孔の試錐資料

温泉が採取されている地域を広くカバーするように収集した26本の試錐資料にもとづいて地質柱状図をつくり、さらに地温と温泉の湧出温度を付記して図4にまとめた。

なお、温泉孔の位置は次のとおりである。(図3を参照)

すべて大分市内であるので、大分市と記すのは省略する。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1 大字鬼崎字鶴川621 | 2 大字国分1360 |
| 3 大字横瀬1194の3 | 4 上宗方667-14 |
| 5 下宗方1307 | 6 田尻上橋453-7 |
| 7 大字鴛野字登立832-1 | 8 大字大分字藪脇4232-1 |
| 9 大字畑中字村ノ内1056 | 10 古国府516-4 |
| 11 羽屋字不定343-3 | 12 大字下郡3474-6 |
| 13 大字生石湊町通り25-2 | 14 大分市生石 富士紡績 |

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 15 東春日町25-2 | 16 都町2-145 |
| 17 中央町2-45 | 18 勢家字京泊1310-3 |
| 19 中島西3-5648 | 20 岩田町1-2 |
| 21 豊町1-26 | 22 西新地1-10 |
| 23 大字千歳字高城411-2 | 24 原川1-3-1 |
| 25 三川新町2-1-11 | 26 大字森町字切戸通358-99 |

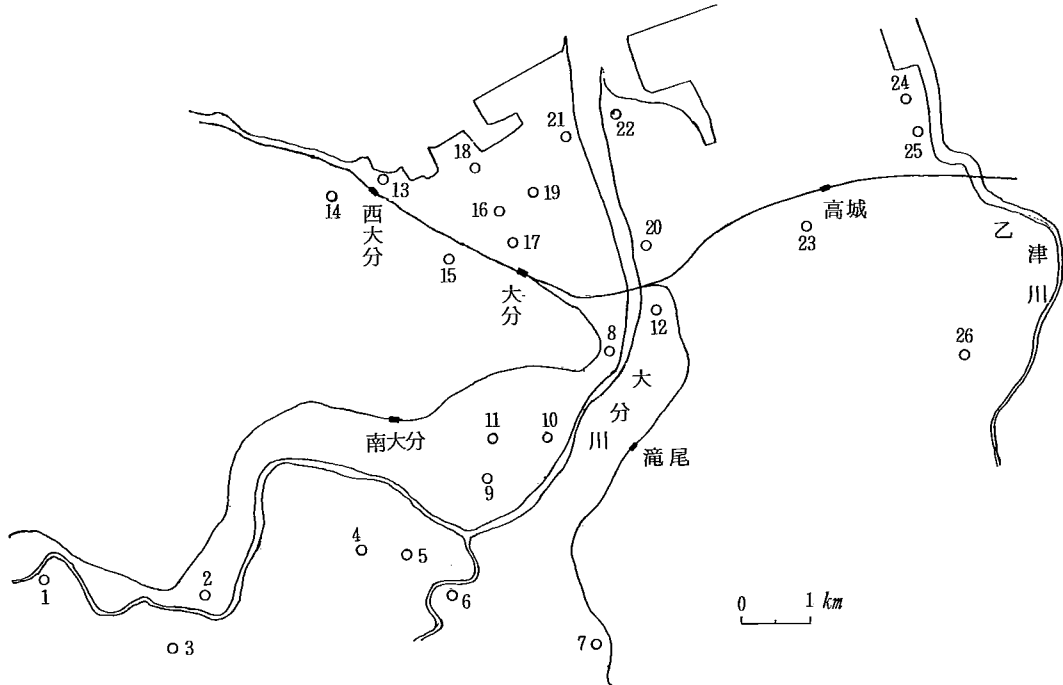


図3 温泉孔の試錐資料採取地点

8、10、14の試錐においては岩芯が不連続ではあるが採取されたのでX線分析した結果、いずれの地点でも地下600m前後にはスメクタイトとよばれる温泉変質鉱物が含まれ、そのために青緑色を帯びていることがわかった(本調査会報告36号)。

4 温泉の貯留岩層

今まで掘削された温泉の中で最も深いのは800mで、鶴崎(岡病院)、川添迫(市原商事)など大分市東部であるが、その他の地域でもほとんどが700m前後である。試錐のデータからみて大分市温泉はすべて堆積層の中から採取しており、その地下の堆積層に、地表に分布する地質の地層名を対応させると図4に記したようになる。

したがって貯留岩層は、大分層群滝尾層と碩南層群からなる。南大分駅と川添橋を結ぶ線より北側の地域では大分層群滝尾層から採湯し、それより南側の地域では碩南層群の東植田層または判田層から採湯している。貯留岩層の構成岩石の種類には特に一定の傾向はなく、礫岩、砂岩、泥岩、凝灰岩、火山碎屑岩などさまざまな岩石からなる。

大分層群は全般に北へゆるく傾く単斜構造をしているため、北へいくほど厚くなるが、最も厚いところで1,000mと推定される。碩南層群は褶曲をくりかえしながら全般に南へ傾いているので地下の地質構造を推定するのは難しいが、大分平野北部の沖積層分布地の地下にも判田層が存在

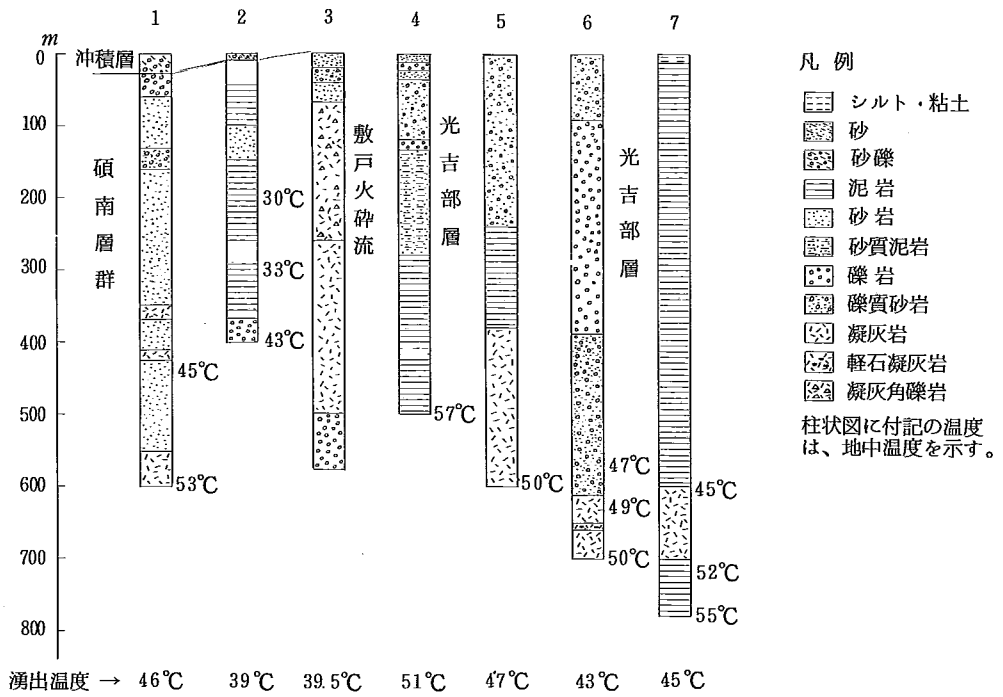


図4 温泉孔の地質柱状図 (その1) (番号は試錐位置を示す。図3を参照)

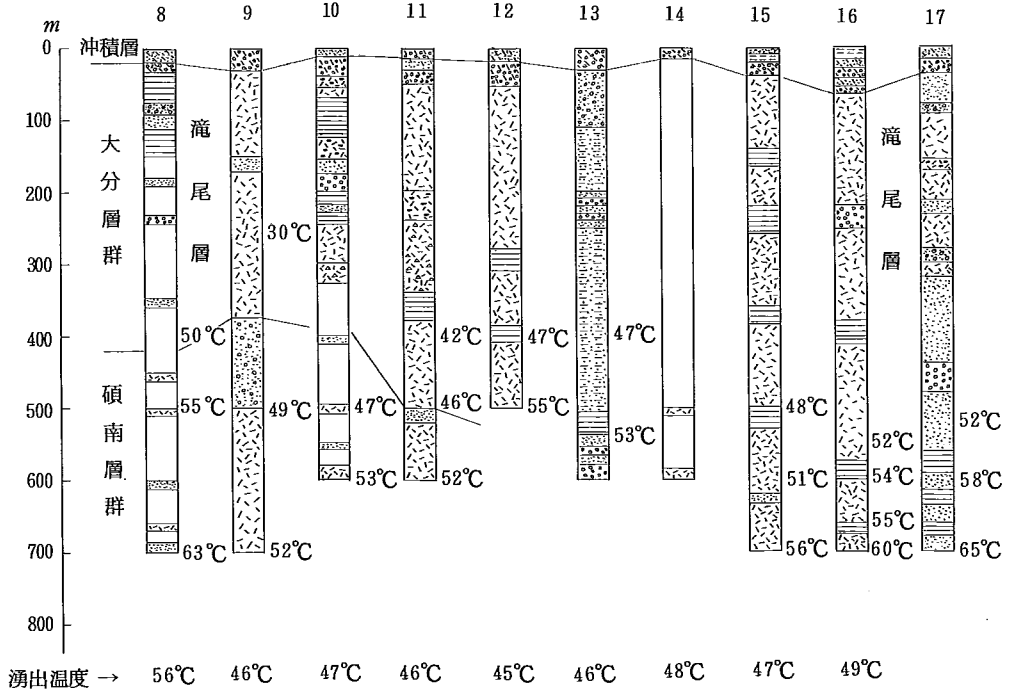


図4 温泉孔の地質柱状図 (その2)

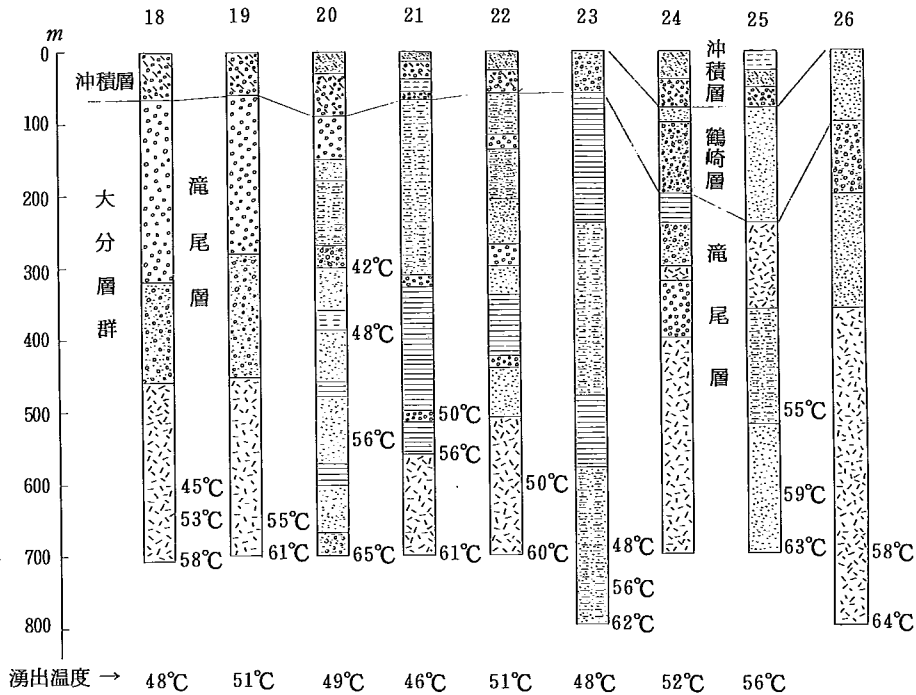


図4 温泉孔の地質柱状図 (その3)

するものと考えられる。大分平野南部の東植田層露出地域においても、その下位に判田層が存在し、基盤の古期岩層までの深さは1,000~2,000mではないかと思われる。しかし、地層の厚さに関するデータが少ないため、前記の2つの厚さの値はおおまかな推定値である。

一方、大分市東部に分布する大分層群鶴崎層は滝尾層の上位に重なるがあまり厚く発達せず、厚さ100~150mであり、温泉水は賦存していない。九重層群の堆積層は段丘堆積物であって、温泉の賦存は考えられない。いずれにしても、大分市温泉は大分平野地下に分布する大分・碩南両層群の堆積層中に賦存する温泉水を採湯しているわけである。

5 構造発達史および火山活動史

大分市温泉の貯留岩層が碩南・大分両層群であることから、これらの地層の堆積盆地の形成と変遷、構造運動および火山活動などについて地史的な面を中心にして総合的に考察してみる。

まず、碩南層群の時代についてとりあげてみる。中生代の大野川層群堆積後陸化していた大分県中部で、新第三紀後期になると、大分—熊本構造線と松山—伊万里構造線が活動して、大分県中部に東西方向の沈降凹地帯が生じ、大分市から庄内町にかけての一带に淡水湖を生じ、そこに碩南層群が堆積した。その基盤は大分市南部では霊山山系から続く大野川層群であるが北部や西部、庄内町では大野川層群であるか、領家帯カコウ岩か、あるいは野津原古生層であるのか不明である。碩南層群の堆積が行われている間にも、瀬戸内系火山活動がおり、庄内町南部に斜方輝石安山岩溶岩が噴出し、ついで横瀬から敷戸にかけての大分市南部に、軽石を主成分とする輝石安山岩質の火砕流（敷戸火砕流）が噴出した。

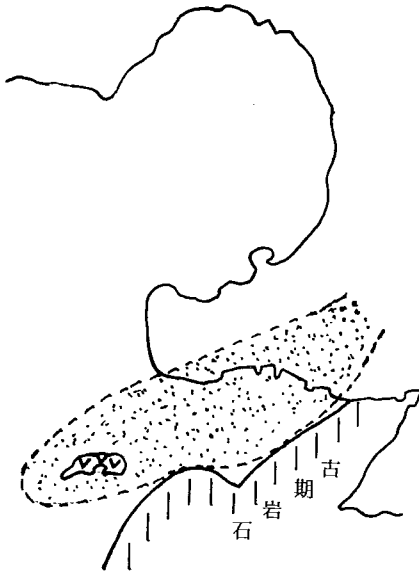


図5 碩南層群の堆積盆地と瀬戸内系火山岩



図6 大分層群滝尾層の堆積盆地と筑紫溶岩

碩南層群は鮮新世末に陸化し、かなりの侵食、削剝をうけたが、第四紀更新世初期になると、別府湾周縁から大分市北半にかけての広い範囲が沈降して大分層群が堆積した。環境は、扇状地性三角洲→内湾→淡水湖→扇状地性三角洲→内湾と変化し前3者の堆積物は滝尾層、後2者の堆積物は鶴崎層とよばれ、それぞれの地層の堆積中に2回の海面上昇期があり、現在の別府湾よりずっと広い内湾となった。いっぽう大分層群の堆積がおこなわれている間に、5回の大きい火山活動があり、溶岩あるいは火山碎屑物を噴出した。それらを古い方から順に挙げると、滝尾層の期間には、観海寺火山岩→羽田火碎岩→筑紫溶岩、鶴崎層の期間中には、由布川火碎流→万年山溶岩となる。時間的には、およそ200万年前から40万年の短い間にこれだけの

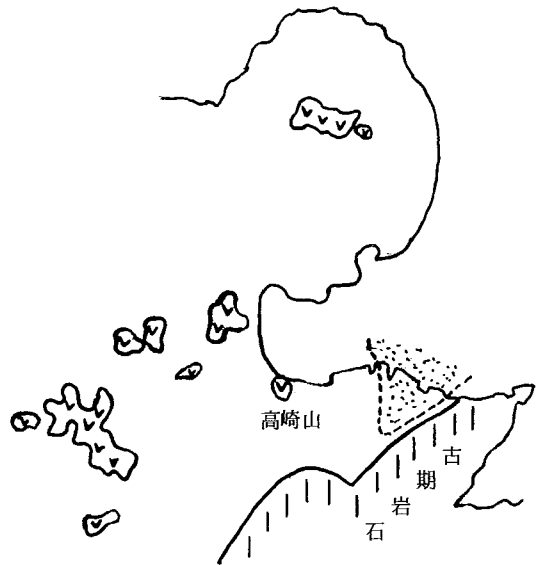


図7 大分層群鶴崎層の堆積盆地と山陰系旧期火山岩

火山活動が次々とおこなわれたわけで、すでに堆積を終えて大分層群の堆積の基盤となっていた碩南層群や、さらにその下位の古期岩類、さらに堆積中の滝尾、鶴崎両層を含めて地殻変動をうけ多数の断層を生じた。全体的には東西方向と北西—南東方向の断層が多いが、北東—南西方向のものも生じた。

更新世後期になると九重層群の堆積がおこなわれた。大野川以東では鶴崎層を侵食した上に内湾が入って、海成段丘堆積層（高位および中位段丘）が形成されたが、他の地域では海の侵入はなく河成段丘礫層が堆積した。九重層群の堆積の初期には山陰系旧期火山活動がおこり、高崎山火山岩が噴出した。やや酸性の角閃石安山岩溶岩からなり、その噴出の時期は33万年～24万年前（森山他 1985）である。トロイデ型の火山の形態を示している。溶岩が大分層群滝尾層の堆積層中に貫入し、噴出したものである。この山陰系旧期火山活動は、国東半島の両子山、別府市の実相寺山、大平山、湯布院町の福万山などをも形成した。これらの火山の形成後しばらくして山陰系新期火山活動がおこり、鶴見山、由布山、九重火山群などが形成された。岩質は旧期のものと同じ角閃石安山岩であるが、旧期の方がやや酸性である。山陰系新期火山岩の絶対年代については不明であるが、有史時代に入ってから噴出したという記録があり、かなり新しい地質時代に噴出したものと考えられる。

更新世末期には阿蘇火山の大噴火によって火砕流が大分市にまで達し、明治、永興など各地に溶結凝灰岩や非溶結の火砕流堆積物などが分布しており、阿蘇火砕流とよばれる。

（火山性岩石の絶対年代）

大分市とその付近に分布する溶岩や火山砕屑岩の絶対年代についてはまだ多くは測定されていないが、フィッシュトラック法などで測定され、報告されているものを次に記す。

九 重 層 群

| | |
|------------|-------------------------------------|
| 阿蘇火砕流（阿蘇Ⅳ） |0.033×10 ⁶ 年 |
| 山陰系新期火山岩 |0.1×10 ⁶ 年 |
| 山陰系旧期火山岩 |0.33～0.24×10 ⁶ 年（※） |

大 分 層 群

| | |
|--------|-------------------------------------|
| 万年山溶岩 |0.41×10 ⁶ 年 |
| 由布川火砕流 |0.46～0.42×10 ⁶ 年（※） |
| 筑紫溶岩 |1.0～0.7×10 ⁶ 年 |
| 羽田火砕岩 |1.44×10 ⁶ 年（※） |
| 観海寺火山岩 |1.9×10 ⁶ 年（※） |

碩 南 層 群

| | |
|--------|--------------------------------|
| 敷戸火砕流 |6.52×10 ⁶ 年（※） |
| 瀬戸内火山岩 |14.2×10 ⁶ 年 |

なお、（※）印のついた値は、直接に大分市付近の当該岩石試料について測定したものであるが、他の値は大分市付近の当該岩石に対比される県内他域の岩石についての測定値である。これらの絶対年代の文献は、岡口（1976）、森山他（1985）、鎌田（1985）などである。

6 地 質 構 造

当地域の地質構造は、基本的には大分—熊本構造線と湯布院—朝見川断層の方向、すなわち北東—南西と西北西—東南東の2方向の断層の発達によって特徴づけられる。前者の方向の断層は碩南層群に多く発達するが、七瀬川、大分川、払川などに沿って地下に断層が存在する可能性があり、後者の方向の断層は大分層群中にかなり多く発達しており、上野丘陵、鶴崎台地と丹生台地の北部に見られるが、沖積面下の地下にも多くの断層が存在するものと推定される。他に、東北東—西南西や東—西方向などの断層も見られる。地下の地質構造についてはデータが少なく確かなことはわからないが、碩南層群とその基盤の古期岩層にもかなり多くの断層が発達し、さらに不整合面ともあいまって碩南層群の基底面は複雑な凹凸をなしているものと思われる。

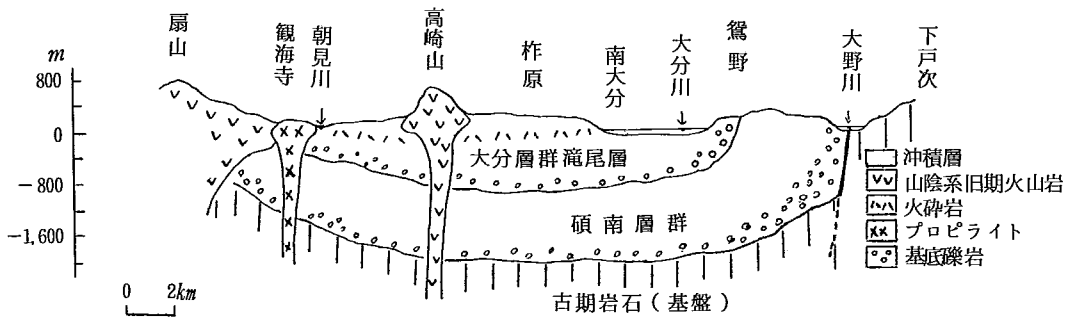


図8 碩南・大分両層群（温泉貯留層）の模式断面図

碩南層群はゆるやかに褶曲しながら全体としては南へ傾き、大分層群滝尾層は碩南層群を傾斜不整合におおってゆるやかに北へ傾き、鶴崎層は大分市東部で滝尾層と佐賀関変成岩を不整合におおっている。九重層群の堆積層は大分層群あるいは碩南層群からなる台地の侵食面上に段丘をつくっている。

火山性岩石のうち、由布川火砕流の噴出源は、由布川の上流方向ではないかと考えられるが、敷戸火砕流については不明である。観海寺火山岩は碩南層群に貫入し、大分層群におおわれている。筑紫溶岩、万年山溶岩は大分層群滝尾層に貫入、あるいは進入している。高崎山火山岩（山陰系旧期火山岩）は朝見川断層の延長線上で、大分層群滝尾層を貫いて噴出したものである。由布山や鶴見山のような山陰系新期火山体を含め山陰系火山体は、九州中部地溝帯にほぼ北東—南西に配列して噴出した山陰系火山活動によるものであり、両子山、久住山などと同系統である。

7 温泉の成因

大分市温泉の成因についてはまだ解明されていないが、吉川他（1981）が地球物理学的視点からの推論を試みた。それによれば「九州中部地溝帯の深部に高熱源が存在しており、それが温泉活動の源」と結論づけられている。

確かに、重力ブーゲー異常図などのデータから、別府湾から湯布院、九重地域をへて阿蘇にいたる、いわゆる九州中部地溝帯には、別府湾、庄内町付近などに重力負異常の中心地があり、近い過去に火山噴火の中心地であり、カルデラ性の地域であることを示している。大分市付近の地下深所に熱源がまだ残っていると考えることはできる。しかし、鎌田（1985）によれば、別府湾と庄内町付近を噴出の中心とする火山活動は 100 万年以前に終わっているとされているので、熱源としてもかなり時間がたち、温度があまり高くない可能性がある。

現在の地下の熱源によって温泉が生成されているという考え方に対して、過去の何回もの火山活動にともなって生じた温泉水が碩南層群あるいは大分層群の堆積層中にとじこめられてきたものとする考え方ができる。この場合、温泉の生成に関係した火山活動の中で、大分市温泉地域で最も新しいものは高崎山火山岩の噴出（山陰系旧期火山岩）であり、その時代は 33 万年～24 万年前である。噴出が終ってから 24 万年も経ているので、その当時の熱源はかなり温度が下がり現在にいたっているものと思われる。

大分市温泉地域に分布する他の火山性岩石はすべて、高崎山火山活動より古い時代のものであり、それらの火山活動の熱源はすでに温度が下がり、現在の温泉を生成する熱源としてのたつきはないものと考えられる。

大分市の北方に分布する由布山と鶴見山のような山陰系新期火山岩は、現在でも、地下深所に高温の熱源を有しており、別府温泉を生成する原因をなしている。しかし、地質構造的には、大

分市温泉地域は朝見川断層によって別府温泉地域とは大変異なっており、別府温泉の熱源が地下深所において大分市温泉の熱源にもなっているということは考えられない。

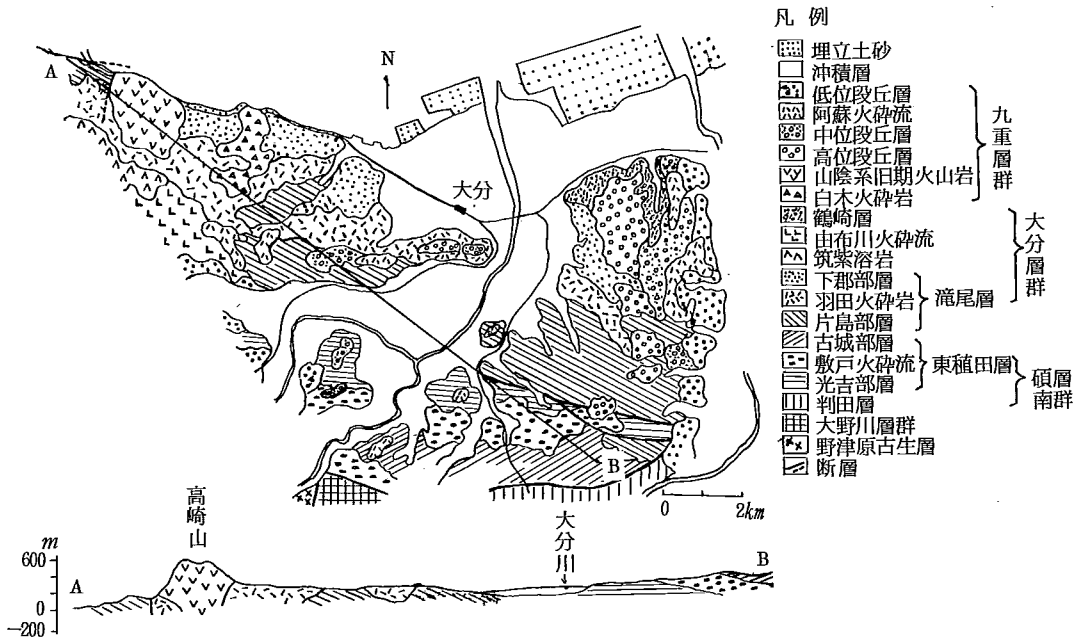


図9 大分市温泉の地質図

大分市温泉が碩南、大分両層群の堆積盆地内で堆積中あるいはその後の火山活動にともなって生成された温泉水からなり、堆積層中にとじこめられて現在にいたったと考えとしても、なお九州中部地溝帯の地下深所に熱源があって、温泉が生成されている可能性は否定できないが、地下増温率からみると、あまり温度の高い熱源ではないと考えられる。

なお、温泉水の化学成分とその温泉水の貯留層の堆積環境との間には密接な関係があると思われるが、今後の課題としたい。

参考文献

- 森山善蔵・日高稔 (1981) : 大分市の温泉地質, 本研究会報告32号
- 森山善蔵・日高稔 (1985) : 大分市温泉の岩芯のX線分析による鉱物学的研究, 本研究会報告36号
- 首藤次男 (1953) : 豊州累層群の地史的な研究, 地質学雑誌 Vol.59, No.693, 695
- 松本征夫 (1963) : 北中部九州における後期新生代の火山活動, 九大生産研報No.34
- 森山善蔵 (1973) : 別府地方の地質図と岩石について, 本研究会報告23号
- 日高 稔 (1978) : 大分県日出地方の大分層群, 第四紀研究 Vol.17, No.2
- 渡辺公一郎・林正雄 (1986) : 九州北部、英彦山地域に分布する火山岩類のフィッシュントラック年代, 地質学雑誌 Vol.92, No.3
- 岡口雅子 (1976) : 鶴崎台地の地質の再検討, 第四紀研究 Vol.15, No.3
- 森山善蔵・日高稔・津崎俊幸・津崎美智子 (1985) : 由布川火砕流の研究, 大分大学教育学部総合研究「大分川流域」報告
- 鎌田浩毅 (1985) : 九州中北部における火山活動の推移と地質構造, 地質調査書報告No.264.

県下の温泉地における集中管理の法律問題 (上)

大分大学教育学部 大野 保治

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| はじめに | (2) 組合型の集中管理 |
| 1 集中管理の法的意味 | (3) 会社型の集中管理 (以上本号掲載) |
| 2 温泉の集中をめぐる法律問題 | 4 別府温泉における最近の問題状況 |
| (1) 集中管理の社会的要件 | 5 湯平温泉における集中管理の実情と問題点 |
| (2) 温泉権そのものの集中 | 6 県下の主要温泉地での実情 |
| (3) 第二次温泉権の集中 | (1) 宝泉寺温泉 (3) 天ヶ瀬温泉 |
| (4) 集中された温泉権の管理 | (2) 筋湯温泉 (4) その他 |
| 3 集中管理の法的諸型態 | 7 集中管理をめぐる社会紛争 |
| (1) 公共団体型の集中管理 | 8 結語 (以上次号掲載予定) |

はじめに

全国の多くの温泉地では、昨今、温泉利用をめぐる幾つかの社会問題をかかえている。その最たるものは、温泉の利用とりわけ源泉の利用はどうあるべきか、であろう。集中管理方式はこうして、問題解決への一手段として脚光を浴びるに至っている。合理的、計画的、かつ効率よく使う—これは経済の法則であり、またその論理でもあるが、限られた温泉エネルギーとその利用もこうした視点から再検討を迫られているのである。

本稿は、大分県下の温泉地における集中管理の実情と問題状況を見据え、その法社会学的視点からする法律論と併せて、ここで再び問い直そうとするものである。

1 集中管理の法的意味

近代法においては、一般に私的自治の原則が支配しており、また財産権自由の原則も広く承認されている。それは、わが憲法（第29条財産権の保障）も認めるところであり、現在の資本主義社会が拠って立つ法原理の根拠でもある。

そもそも、「温泉の権利」ないし「温泉に対する権利」とは、どのような権利なのか。—現行温泉法は行政取締法規であって、私法上の実体法規ではなく、この課題に明確な答は出していない。もっとも、判例や学説にしたがう限りでは、温泉の権利、すなわち通常いうところの「温泉権」は、私法上では一種の私有財産権として性格づけられ—したがって法的構成され—ており、また事実そのようなものとして、社会生活の面でも取引の対象とされている。

温泉の権利の基本的性格は、民法上では物権としての「所有権」に類似する権利として、強いて言えば温泉所有権とも称されうるものである。わが民法典によれば、「物」の所有者は自由にその物を使用し、収益し、処分することができる、と定める（第206条）。この場合「物」である温泉は、保健衛生の行政的視点から、その特性が規定される。現行温泉法によると、温泉は地中から湧出する一定の温度（25度摂氏）と特別の成分をもつ液体もしくは水蒸気・ガス状のもの、と定められている（第2条）。

現在、温泉法を適用するに当たって、このような温泉に対する権利関係は複雑かつ難解な法律問題を数多く提出する。すなわち、財産権自由の原則は即「掘削の自由」として観念され、温泉の権利者はすべて個別的に権利を行使してその権利内容である一定の利益を享受したり、また処分したりする権能（管理権）を有すると考えられている。近代法における財産権自由の原則のもとにおいては、その権利者が複数に存する場合、それぞれの権利は相互に独立して対等であるとともに、そ

の権利行使もまた権利者の自由にゆだねられるとするのが基本である。要約するなら、今日の私有財産制のもとにあっては、温泉権は一種独特の私有財産権であり、基本的には私的性質をもつことから、温泉はその権利者の個別的な支配に服するということである。これは、私有財産制の根本原則に他ならない。

このように、温泉がその権利主体の個別的な支配権に服するということの当然の帰結として、掘削して多量に湧出がみられた場合、余湯を惜しげもなく河川や下水路に放流する。別府温泉のある地区では、これが灌漑用水に流入し稲作を枯死させて“温泉公害”と騒がれたり、県道側溝に捨てた熱湯で子供がヤケドしたとして県に対して損害賠償請求訴訟が起きたりしている（昭和40年代）。このように、不要の温泉を「捨てる自由」を行使している者がいる反面、温泉場に住みながら入浴の利便に恵まれぬ者もいる。このような温泉の需給関係を調整して、利用を統一的・計画的に、かつ効率的に使うための一つの手段として「集中管理」が昨今、脚光を浴びることになったのである。集中管理と聞けば、世人の多くは、複数の源泉の湯を堅固な貯湯タンクに集めた上で配管し供給するといった物理的ないしは工作技術的な側面のみを連想しがちであるが、それらと並んで、私的性質をも調整するという法律的技術の側面が存することも等閑視してはなるまい。前者が自然科学的な工学技術なら、後者の法律的技術はまさに社会工学的、ないしは社会科学的な法テクノロジーと呼ぶこともできようか。

さて、今日、温泉の集中管理という法技術的処理の問題としては、①個別的な温泉権に属している管理機能をどうして集中すべきか、②集中した管理機能をどのように総合的に行使（配分）すべきか、③その集中管理として新たに作られた利用関係をどのような法的形態に構成すべきか、とりわけ既存の温泉利用者の権利をどう扱ってゆくべきかが法的課題として大きく意味をもって登場してくるのである。

2 温泉の集中をめぐる法律問題

温泉の集中管理にともなう法律上の（法社会的）問題は、①集中管理を実現させる法社会的要件、②温泉権とりわけ源泉権の集中にともなう問題、③集中された温泉の管理にともなう問題がいちおう考えられる。そこで、こうした問題について、以下、順に考察をすすめてみることにする。

(1) 集中管理の社会的要件

上述したように、温泉の権利は、私法的性格の財産権であって管理権能を併せもっている。本来、源泉権者がもっている管理権能を放棄して、他の法的主体に集中させるということは取りもなおさず「権利を放棄する」ことを意味する。温泉地区で、源泉権者が挙げて集中管理を実現しようとする気運が社会的に盛り上り、既得の権利を権利者が全面的に単一主体に提供しようとする場合ならいざ知らず、よほどのことがない限り、そのようなことは期待すべくもない。一部の権利者が集中管理への参加をししぶ承諾したもの、個別利用になお固執した場合、参加者の事業団体からの温泉利用権はどのような権利の性格で、その権利は完全に確保されるのか、といった問題が生じよう。県下の湯の平温泉で、集中管理に踏み切った直後に参加者（5名）が提訴した温泉訴訟事件は、まさにこうした問題が問われた事例であった（詳細は次号で報告する予定である）。こうしたことに不安を憶えて、集中管理方式に積極的に参加しようとしなくなる者が出るのも、あながち非難できぬところである。これを要するに集中管理方式の実現の成否は、温泉地域住民に共同体的な意識として「和」の精神から全員一致の協力体制が得られるか否か、の一事にかかっているように思われる。

そしてまた、元来、日本の自然湧出の温泉は多かれ少なかれ、温泉地域住民の社会的コントロールに服してきた場合が多い。“自然に湧き出る湯は皆のもの”といった共同体意識に支えられ、温

泉地域住民はその構成メンバーとしての資格に基づき、何らかの形で入浴する等の権利（温泉入会権）をもって利用しあってきた。豊富な温泉に加えて交通の利便に比較的恵まれて繁栄してきた別府温泉にしても、大東京を控えて近代的な発展を遂げた東の泉都熱海温泉にしても、今日なお共浴場が存在していることは興味深い。日本中の多くの温泉場に共浴場が存在するということは、地域住民に一種の総有的権利が存在していたことの証明に他ならない。そして、昔からの天然湧出の温泉については、何らかの形で部落集団のコントロールが機能していたことも否定できぬ事実である。このように法社会学的視点から見るかぎり、温泉に対する権利の実体は、完全に個人的かつ独立の権利とは認めがたく、いわば「共同体のために何らかの規制を受けることを前提し、承認している権利」（川島編『続温泉権の研究』）とみなさなければならないであろう。

このような温泉地にあっては、集中管理方式は比較的実施しやすいと考えられる。地域の特性上、共同体社会のコントロールが存するか否か、またこれが強いかわ弱いかは、集中管理が実行しやすいか否かに影響する。したがって、集中管理を検討する場合、温泉が天然湧出であるかどうか、それに対する権利はどういう性格の権利であるかを見極めて、それに対応した措置を講じなければならないであろう。加えて、当該温泉地の地勢（地形）、地下泉脈構造や湧出泉の数の多寡、湧出量の限定性などから地域住民に共通の温泉に対する危機感の存否等々は、集中管理を成功させるか否かの決定的モメントたりうるであろう。

（2）源泉権そのものの集中

① 掘削権の集中 一般に、伝統的な温泉地では、旧慣温泉権と並んで近代的な温泉権とが共存し、両者の対抗関係や近代的温泉権相互の利害衝突で社会的紛争を生じる事例が少なくない。ましてや数多くの温泉権、とりわけ源泉権を集中して単一主体に帰属せしめるなど、至難のわざとも言える。事実、その困難なことは、県内の宝泉寺温泉（九重町）における集中管理の推進過程で実証されたところである（本誌第25号、昭和49年、参照）。仮に、ある地区内で源泉権の大部分が集中されることになっても、その地区すべての源泉を網羅的に単一主体に集中するのではない限り、その実効性は期待しえないであろう。何故なら、不参加の一部源泉権者（非集中権者）が自己の権利防衛のため増掘・再掘を試みたり、湯量を増やすなどして対抗上の措置を講ずることが予想されるからである。そうなれば、事業団体の新規源泉に何らかの影響を与えずには措かない。一般に、温泉とくに源泉は周辺に新たな掘削がなされると、早かれ遅かれ、また多かれ少なかれ、何らかの影響を生じるものであると説かれている（もっとも、それは自然科学的な厳格な意味でのことであるが）。要するに、温泉地区挙げて、また温泉権者全員の協力体制が整わぬ以上、集中管理はむずかしいの一語に尽きる。

そこで、集中管理を実施するに際しては、事業団体が既存の源泉すべてをその所有者から買い上げて集中することが望まれる。しかし、これとて、現実問題として源泉のもつ経済的価値を的確に評価することは至難であり、たとえ評価されたにしてもこれらを買収するには莫大な資金を要することを想えば、それは実現不可能であろう。この点については、宝泉寺温泉での前掲拙稿報告で「源泉の評価が困難で……」、「源泉の補償がむずかしく……」などの発言（温泉協同組合設立総会での議事録）がこれを雄弁に物語っている。事業団体の「買い上げ」が困難だとすれば、次善の対策が講じられねばならない。いま、大分県域で最初のモデルケースと称される湯平温泉（湯布院町）でどのような方策が採られたかについては次号で報告する予定である。

いずれにしろ、既存の源泉権者の権利をどう取り扱うかが集中管理ではまさに問題となるのである。この問題と並んで、集中管理の実施後、事業団体のそれを除いて掘削はいっさい認めないとしなければ、集中管理はその実効性を期待しえないであろう。よって、源泉権の集中の成功いかんは、上述の2点にかかっていると看しても過言ではない。とくに後者の問題の場合、事業団体を除いて地区住民から温泉掘削の権利——既存の源泉権者からは「既得権」——を全面的に奪うことになる

のであるから、それがための法的手続を踏むことが必要となる。別府温泉での「特別保護地域」設定のときのように、地方条例をもって規制することが欠かせぬ要件となろう。この場合、関係地区住民の承認と行政機関による周知義務が要請されることは論をまたない。

② 源泉権の出資 集中管理をすすめる過程で、その事業団体に源泉権を出資する場合にも問題があるように思われる。源泉権の出資とは、法学上、出資者がその事業体の集中管理に参加する法的資格を取得することを意味する。これには、①会社への出資（商法第168、172条など）、②民法上の組合（民法第667条以下）への出資、③権利能力なき社団（民法、法人の項）への出資の3型態が考えられるが、後にも若干触れるので深くは立ち入らないことにする。

(3) 第二次温泉権の集中

温泉の集中には、温泉権そのもの（すなわち源泉権）を集中することなしに、複数の源泉権をそのまま存続させつつ、副次的に派生する第二次温泉権を集中させるという手法も可能である。判りやすく述べれば、それは源泉権者から単に温泉の供給を受けて、温泉利用権のみを集中して利用するというタイプである。このような源泉からの利用権については、①物権的な温泉利用権、②債権的な温泉利用権の性格の2つのものが存することも、すでに研究報告済みである。以下、それぞれについて分説する。

① 物権的利用権を集中する場合 ここで再び物権的利用権の権利内容を説明するなら、それは源泉から湧出する温泉のうち一定の量を譲り受けた温泉に対する利用権である。温泉地では通常、掘削して予想外に多量に湧出をみた場合、そのうちの一部を——全湧出量の何割とか何分の1とか、また毎分（毎時）何リットルとかいった表示の仕方でも——他人に譲渡する事例も少なくない。別府温泉でも、由布院温泉でも、このような事例は見られるが、とくに権利関係を法的に明確にしておかないと後日紛争を生じ、時には訴訟になるといったケースもかつてあった。このような物権的利用権を集中管理するというのが、この場合である。

法律（民法）上、正確を期して説くなら、事業団体の源泉権者に対して取得した権利は「一種の他物権としての性格」をもつものであり、源泉権を物権的に制約するのであって、集中管理の法律関係においては上述(1)の源泉権の集中に類推して考えることができよう。

② 債権的利用権を集中する場合 物権的利用権に対して債権的利用権の場合は、契約により事業団体が源泉権者から温泉の供給を受ける債権——通常、一般的には、給湯会社等から供給契約を締結することによって生ずる民法上の債権と同性格の権利——を取得するという方法である。この場合の法律関係は、上述の源泉権の集中や他物権的温泉利用権の設定による集中とは、全く異なる。すなわち、この場合、源泉権者は依然として源泉権は保有しており、供給契約によって約定した存続期間が満了するか、または解約により、集中された温泉権は源泉権者に復帰する。しかし、この集中管理は永続性に欠けて一時的・過渡的で——具体的に述べれば、5年契約ですでに1年経過しておれば残存期間4年だけとといったふうに——不安定なものになることが予想される。この方法には、むしろ源泉権者の側に利点があり、もし源泉権者が将来自己に温泉利用を留保しておきたいといった事態が生じた時には、必要量の温泉を取りもどすことも可能となるからである。

別府鉄輪温泉に例をとろう。実現には至らなかった事例だが、昭和27年、ある観光業者で給湯事業を営む会社の源泉が周辺の濫掘の影響を受けて完全に枯渇した。会社では、これが復旧に多大の経費を要したとして受湯者70～80人に応分の負担金を請求した。これに対し受湯者の側では、契約文書に、この権利（受湯権）は「永久」であって「責任保証 満20カ年」とする旨の文言があることを理由に、会社の請求を拒否した。当該会社では直ちに給湯停止の挙に出たことから、紛糾したのであった（一部の者は訴訟を起こした。詳細は大分大学（教育学部）紀要第3巻第5号参照）。この紛争の折、ある住宅地区の受湯者20～30名は集中管理方式を実現しようとする動きを見せたが、この方式を採用してもまた別の問題が生ずることを危惧する声が出て、ついに沙汰やみになったと

いう経緯がある。もっとも、本件訴訟の大分地裁判決では、この受湯権は「債権」である旨判示したが、こうした温泉権の性格としては「物権」に近い権利すなわち物権的利用権と考えられ、仮にそのような権利であるとすれば、その集中管理の法律関係では④の場合に準ずることになると考えられる。

(4) 集中された温泉の管理

温泉の集中管理の終局の目的は、集中された温泉をいかに統一的に管理するか、ということである。そして、その統一的管理は、統一的計画のもとに温泉を供給することであることは、言うをまたない。温泉の配湯一般に関する法律問題は、著名な温泉地には必ずといってよいほど見られる配湯会社のそれと、さして変らない。多少とも異なる点といえば、既存の源泉権者に対する優先的配湯の問題であろう。

① 既存の源泉権者への配湯 集中管理による配湯の問題では、当然のことながら既存の源泉者に対する配慮である。それというのも、既存の温泉を単一主体に集中する場合、たいていは源泉者に源泉の対価を支払うことなしに源泉の権利を集中主体（事業団体）に移（移転登記）すという事例が多いからである。通常は、その代償として、事業団体が「既存の源泉権をもってするのと同様の温泉利用を無償で保障する」旨の特約を結ぶことが多いようである。しかし、この場合、文書による契約書をしかと取りかわし、後日紛争を生じないようにしておくことが肝心である。

また、こうした場合、源泉権者がもつ当該権利の性格はどのようなものであろうか。既存の源泉権者が事業団体に対してもつ権利、すなわち「受湯権」は「第三者に対抗しうる権利」であり、またそれは「他の受湯権者に優先して温泉を利用する権利（優先受湯権）」と考えられている（前掲『続温泉権の研究』）。

② 公営事業ないし公共団体への配湯 集中管理の主体すなわち事業団体が次節に述べる市町村とか財産区等の公共団体である場合には、公共団体・病院（診療機関）・社会施設などのごとき公共的色彩をもつ事業体に優先して配湯する例が多い。温泉地によっては、これを「公益配湯」などと呼んでいる。配湯に際しては、需要者ごとにメーターを取り付けて使用量に応じて規定の料金を徴収するのが通例であり、これは公益配湯でも例外ではない。

③ 一般配湯 既存の源泉権者や公益配湯のほかは、一般配湯である。配湯契約で問題となりうるのは、主として温泉の温度や配湯の量、それに使用料金などである。集中管理された温泉も配湯会社のそれも内容的には大差はなく、したがってここでは省略することにする。

3 集中管理の法的諸型態

温泉を集中管理するに際して、どのような事業団体が集中の主体となるかは、種々の形態があって、一概には言えない。全国の主要な温泉地を概観するとき、それは④地方公共団体——県、市町村、財産区など——が集中管理の主体となる場合（これを公共団体型と呼ぶことにする。以下同じ）、⑤組合が集中管理の主体となる場合（組合型）、⑥会社が集中管理の主体となる場合（会社型）の三型態に大別されよう。よって、以下、順を追って見てゆくことにする。

(1) 公共団体型の集中管理

従来の全国の温泉地、また現在の著名な温泉地での基本的かつ典型的な形態は、県や市町村、財産区などが集中管理の主体となるものである。この公共団体型は、歴史的・社会的要因のもとに各温泉場に特有の形態をなして登場してきたのであるが、この型は、今後とも維持されるであろうと考えられる。県下では、別府温泉をはじめ由布院温泉、湯平温泉、天ヶ瀬温泉、筋湯温泉（財産区）、長湯温泉などに数多く見られるところであり、これまで本誌等で調査報告してきたので、ここでは再び繰り返さないことにする。

(2) 組合型の集中管理

これにも種々の形態があるが、大分県下では宝泉寺温泉で試みに取り上げられたことのある協同組合法に基づく型態のものや、別府温泉に多く見られる温泉組合などがある。後者の問題状況については次号で取り上げる予定なので、ここでは前者について簡単に述べることにする。

中小企業等協同組合法（昭24 法第181号）による組合が集中の単一主体となる場合、その特色として、組合に加入するかしないかの自由があるから、市町村の場合と違い非加入者に対して統制力は及びえない。すなわち、これに加入した者のみが相互扶助の精神で集中管理をおこなう組織である。また、この組織については、次項の株式会社の場合と違って出資した金額（出資金）の大小により発言権が決まるということではなく、出資金額にかかわらず、出資者は平等の議決権（投票権）を有する。協同組合制度の目的の1つは、共同施設を設けて相互に扶助しあうことであって、温泉の集中管理のための共同施設を設けて共同して管理することが主要な目的なのである。要するに、温泉目的の協同組合は原則として、出資をして組合員になった者に温泉を供給するための共同事業である。それ故、この組合型は、源泉を集中するかしないかということとは直接関係はないが、幾つかの源泉を集中して共同の施設をする場合によく使われるタイプのものである。

(3) 会社型の集中管理

つづいて会社型、その中でも株式会社に集中する場合を考えてみよう。

これにも、幾つかの形態が見られる。よく見られるのは、旧慣温泉権者が源泉そのものを「現物出資」して会社に譲渡するという方法である。別府温泉の亀川温泉株式会社がこの型と考えられるが、このような型態以外のものに、自己に源泉を留保しつつ利用権だけを会社にゆだねるといった方法も可能である。いずれの場合にも、従来の温泉権者は、一定の範囲内での温泉利用を一種の「既得権」として会社に承認させるのが通例である。

会社による集中管理で「現物出資」して参加する場合、特に注意を要する点がある。以下に具体的な事例で示そう。別府近郊のある温泉地区で、温泉業者が集中管理を実施して紛争を生じた。その経緯を述べると、源泉を現物出資させて株式会社を設立したが、その際、現物出資者との間に契約を結び、将来その会社が新規温泉を掘削することによって既存の源泉を枯渇させても、従来の温泉権者には一定量の温泉を配湯する旨確約した。ところが後日、そのような事態が起きたので従来の温泉業者は当該会社に約定どおり新源泉からの補償配湯を請求したところ、会社はこれを拒絶し、温泉が欲しければ応分の金額を支払えとあって紛糾したのであった。このような事例は、他の温泉場においても時として聞かれるところである。

また、会社に集中する場合、持株の多寡による会社支配の問題も軽視してはならぬ問題である。集中管理の主体が株式会社の場合、株式総会の決議は投票株式の「数」で決まることから、大株主が会社を支配するといったことも実現可能である。増資をして地元の温泉業者が全部の新株引き受けができないと、地元以外の他の大資本家が増資を引き受け、多数株をもつことによって会社の支配権を掌握するといったことは、何もこの温泉会社に限ったことではない。このような点にも配慮が肝要であろう。

別府の亀川温泉株式会社の最近の実情と問題点については、次号で調査報告する所存である。

(つづく)

原爆被爆者の温泉療法（第18報）

別府原爆センター* 大 内 太 門
 九大生医研外科** 辻 秀 男

1 はじめに

原爆が投下されて40年になるが、当センター利用者の数は年々増加し、入所予約申込の取消を待つ入所希望者が少ない状況にある。職員数は前年度と同じ14名である。

2 利用者の概況

昭和60年4月から昭和61年3月までの1年間の入所者数は3,983名、延23,405名、1日平均64.9名、利用率90%であった（表1）。

入所者の延人員、受診患者数（688名）は開所以来最高である。入所者の年齢は70才以上が約48%となった（表2）。

表1 利用者数とその延数

| 月別 | 利用者数 | 利用延数 | 平均1日延数 |
|----|-------|--------|--------|
| 4 | 330 | 2,146 | 71.5 |
| 5 | 346 | 1,868 | 60.3 |
| 6 | 226 | 1,535 | 51.2 |
| 7 | 254 | 1,302 | 42.0 |
| 8 | 295 | 1,414 | 45.6 |
| 9 | 285 | 1,951 | 65.0 |
| 10 | 331 | 2,149 | 69.3 |
| 11 | 433 | 2,446 | 81.5 |
| 12 | 319 | 1,552 | 57.5 |
| 1 | 375 | 2,399 | 77.4 |
| 2 | 380 | 2,112 | 75.4 |
| 3 | 409 | 2,531 | 81.7 |
| 合計 | 3,983 | 23,405 | 64.9 |

表2 利用者男女別年齢表

| 月別 | 年齢 | 年齢 | | | | | | | | | 計 |
|----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | <30才 | 31~39 | 40~44 | 45~49 | 50~54 | 55~59 | 60~64 | 64~69 | 70才< | |
| 4 | 男 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 6 | 10 | 19 | 71 | 111 |
| | 女 | 1 | 0 | 1 | 0 | 11 | 20 | 39 | 40 | 107 | 219 |
| 5 | 男 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 8 | 12 | 21 | 56 | 109 |
| | 女 | 1 | 1 | 0 | 6 | 13 | 31 | 45 | 39 | 101 | 237 |
| 6 | 男 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 | 3 | 8 | 14 | 46 | 78 |
| | 女 | 1 | 1 | 1 | 2 | 10 | 23 | 20 | 29 | 61 | 148 |
| 7 | 男 | 7 | 2 | 2 | 3 | 3 | 17 | 17 | 18 | 38 | 107 |
| | 女 | 8 | 4 | 4 | 4 | 6 | 14 | 22 | 29 | 56 | 147 |
| 8 | 男 | 30 | 5 | 2 | 2 | 5 | 17 | 8 | 10 | 29 | 108 |
| | 女 | 28 | 12 | 8 | 8 | 13 | 24 | 19 | 16 | 59 | 187 |
| 9 | 男 | 4 | 1 | 0 | 1 | 3 | 4 | 4 | 12 | 48 | 77 |
| | 女 | 2 | 1 | 0 | 3 | 6 | 16 | 29 | 53 | 98 | 208 |
| 10 | 男 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 9 | 20 | 55 | 92 |
| | 女 | 0 | 0 | 2 | 2 | 8 | 18 | 31 | 40 | 138 | 239 |
| 11 | 男 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 9 | 20 | 33 | 99 | 166 |
| | 女 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 20 | 55 | 58 | 128 | 267 |
| 12 | 男 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | 10 | 25 | 59 | 111 |
| | 女 | 7 | 3 | 3 | 6 | 9 | 20 | 38 | 42 | 80 | 208 |
| 1 | 男 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 18 | 26 | 75 | 133 |
| | 女 | 9 | 3 | 4 | 6 | 5 | 21 | 45 | 50 | 99 | 242 |
| 2 | 男 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 | 17 | 26 | 73 | 127 |
| | 女 | 1 | 0 | 0 | 2 | 5 | 32 | 52 | 51 | 110 | 253 |
| 3 | 男 | 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 7 | 16 | 18 | 92 | 141 |
| | 女 | 2 | 3 | 1 | 1 | 5 | 32 | 41 | 59 | 124 | 268 |
| 合計 | 男 | 59 | 15 | 10 | 15 | 29 | 100 | 149 | 242 | 741 | 1,360 |
| | 女 | 61 | 28 | 24 | 42 | 94 | 271 | 436 | 506 | 1,161 | 2,623 |
| | 計 | 120 | 43 | 34 | 57 | 123 | 371 | 585 | 748 | 1,902 | 3,983 |

3 温泉と温泉療養

センターは別府の療養地区にあって環境は療養に最適である。

温泉はセンター敷地内に泉源があって噴気を伴い自噴である。5年毎に成分分析を行い、昭和60年6月の分析成績は、泉温95.8℃、湧出量33ℓ/m、無色澄明、微塩味、無臭、pH値8.6、成分総計3.54g、泉質 ナトリウム塩化物泉。

浴場では男女別大浴槽と気泡浴の入浴のほか飲泉もできる。噴気は調理(蒸す、茹でる)にも利用している。

温泉の適応症は筋肉痛、関節痛、神

表3 利用者の滞在日数

| 温療日数 月別 | < 3日 | 4日 ~ 6日 | 7日 ~ 13日 | 14日< | 計 |
|------------|-------|------------|-------------|------|-------|
| 4 | 78 | 56 | 177 | 19 | 330 |
| 5 | 162 | 60 | 104 | 20 | 346 |
| 6 | 65 | 55 | 81 | 25 | 226 |
| 7 | 106 | 95 | 39 | 14 | 254 |
| 8 | 149 | 76 | 67 | 3 | 295 |
| 9 | 64 | 95 | 108 | 18 | 285 |
| 10 | 119 | 74 | 106 | 32 | 331 |
| 11 | 71 | 297 | 62 | 3 | 433 |
| 12 | 142 | 80 | 84 | 13 | 319 |
| 1 | 94 | 94 | 166 | 21 | 375 |
| 2 | 146 | 88 | 131 | 15 | 380 |
| 3 | 75 | 138 | 189 | 7 | 409 |
| 計 | 1,271 | 1,208 | 1,314 | 190 | 3,983 |

表4 受診患者の年齢別、男女別

| 年 齢 | < 39才 | | 40~49才 | | 50~59才 | | 60~69才 | | 70~79才 | | 80才< | | 計 | |
|-----|-------|---|--------|---|--------|----|--------|-----|--------|-----|------|----|-------|-----|
| | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 |
| 人 数 | | 2 | 1 | 6 | 13 | 44 | 69 | 164 | 83 | 213 | 44 | 49 | 210 | 478 |
| 計 | 2 | | 7 | | 57 | | 233 | | 296 | | 93 | | 688 | |
| % | 0.3 | | 1.0 | | 8.3 | | 33.9 | | 43.0 | | 13.5 | | 100.0 | |

表5 受診患者の滞在日数

| 性 別 | < 3日 | | 4~6日 | | 7~13日 | | 14~20日 | | 21日< | | 計 | |
|-----|------|----|------|----|-------|-----|--------|----|------|----|-------|-----|
| | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 |
| 人 数 | 5 | 11 | 24 | 54 | 142 | 309 | 33 | 86 | 6 | 18 | 210 | 478 |
| 計 | 16 | | 78 | | 451 | | 119 | | 24 | | 688 | |
| % | 2.3 | | 11.4 | | 65.5 | | 17.3 | | 3.5 | | 100.0 | |

表6 被爆者健康手帳区分による受診患者数

| | 第1号 | 第2号 | 第3号 | 第4号 | 付添者 | 計 |
|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| 男 | 76 | 82 | 1 | 0 | 51 | 210 |
| 女 | 202 | 133 | 57 | 0 | 86 | 478 |
| 人 数 | 278 | 215 | 58 | 0 | 137 | 688 |
| % | 40.4 | 31.3 | 8.4 | 0 | 19.9 | 100.0 |

頭痛、病後回復期、慢性皮膚病で入所者の多くに喜ばれる。

入所料金(1日3食付。相部屋3人以上3,400円、2人部屋3,500円)が低額であるから療養のための経済的負担が比較的軽くてすむ。

日帰り、会食のための団体などは受付けていない。

以上の理由から被爆者の入所希望者が多く、申込は夏期の7、8月をのぞき定員を超える。療養

表7 受診患者の病名

| 病名 | 69才以下 | | 70才以上 | | 計 | | 計 |
|----------------------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|-------|
| | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | |
| 変形性脊椎症 | 12 | 41 | 16 | 61 | 28 | 102 | 130 |
| 脊椎骨粗鬆症 | 0 | 12 | 4 | 49 | 4 | 61 | 65 |
| 脊椎圧迫骨折、腰椎捻り症、椎間板ヘルニア | 0 | 9 | 4 | 15 | 4 | 24 | 28 |
| 腰痛症 | 5 | 33 | 16 | 32 | 21 | 65 | 86 |
| 筋肉痛 | 1 | 6 | 0 | 7 | 1 | 13 | 14 |
| 肩関節周囲炎、肩関節痛 | 3 | 12 | 8 | 10 | 11 | 22 | 33 |
| 肩凝症 | 4 | 23 | 4 | 15 | 8 | 38 | 46 |
| 関節リウマチ | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 変形性膝関節症、膝関節痛 | 14 | 55 | 22 | 100 | 36 | 155 | 191 |
| 外傷(挫傷、挫創、捻挫、骨折)後遺症 | 2 | 16 | 10 | 9 | 12 | 25 | 37 |
| 虚血性心疾患 | 2 | 6 | 7 | 18 | 9 | 24 | 33 |
| 不整脈 | 3 | 2 | 4 | 2 | 7 | 4 | 11 |
| 刺戟傳導障害 | 1 | 4 | 6 | 4 | 7 | 8 | 15 |
| その他心疾患 | 1 | 0 | 0 | 5 | 1 | 5 | 6 |
| 高血圧症 | 14 | 43 | 30 | 49 | 44 | 92 | 136 |
| 低血圧症 | 2 | 6 | 0 | 1 | 2 | 7 | 9 |
| その他血管系疾患 | 1 | 1 | 6 | 4 | 7 | 5 | 12 |
| 頭痛 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 5 | 6 |
| 不眠 | 4 | 6 | 5 | 13 | 9 | 19 | 28 |
| 眩暈 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 4 | 4 |
| 脳卒中後遺症 | 4 | 4 | 9 | 6 | 13 | 10 | 23 |
| 脳動脈硬化症 | 0 | 0 | 5 | 4 | 5 | 4 | 9 |
| 自律神経失調症 | 0 | 6 | 0 | 3 | 0 | 9 | 9 |
| 神経痛 | 0 | 4 | 4 | 2 | 4 | 6 | 10 |
| その他神経系疾患 | 2 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1 | 5 |
| 気管支炎 | 1 | 9 | 4 | 11 | 5 | 20 | 25 |
| 感冒 | 11 | 34 | 10 | 35 | 21 | 69 | 90 |
| 口内炎 | 0 | 1 | 1 | 5 | 1 | 6 | 7 |
| 胃腸疾患 | 10 | 25 | 10 | 25 | 20 | 50 | 70 |
| 肝臓胆嚢疾患 | 5 | 2 | 0 | 1 | 5 | 3 | 8 |
| 便秘 | 11 | 23 | 10 | 21 | 21 | 44 | 65 |
| 泌尿器疾患 | 4 | 3 | 8 | 5 | 12 | 8 | 20 |
| 糖尿 | 12 | 21 | 13 | 14 | 25 | 35 | 60 |
| 貧血症 | 2 | 0 | 0 | 5 | 2 | 5 | 7 |
| 白血球増多、減少 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 |
| 乳癌、胃潰瘍など術後 | 2 | 5 | 0 | 4 | 2 | 9 | 11 |
| 眼疾患(白内障、結膜炎) | 4 | 2 | 4 | 22 | 8 | 24 | 32 |
| 湿疹、皮膚炎、皮膚癢痒症、白癬症 | 5 | 11 | 11 | 11 | 16 | 22 | 38 |
| その他皮膚疾患 | 2 | 0 | 1 | 9 | 3 | 9 | 12 |
| 耳鼻咽喉疾患 | 4 | 3 | 0 | 1 | 4 | 4 | 8 |
| その他 | 1 | 7 | 0 | 2 | 1 | 9 | 10 |
| 計 | 151 | 443 | 237 | 586 | 388 | 1,029 | 1,417 |

効果が顕著のため毎年定期的に入所する受診患者が少なくない。本年度年間2回以上入所した受診患者は、2回41名、3回7名、4回2名、5回3名であった。

4 診 察

入所者のうち希望者のみ週2日（火、金）診察する。本年度の受診患者は688名（男210名、女478名）、年齢は70才以上が389名（56.5%）、その中80才以上が93名であった（表4）。滞在日数は7～13日が最も多く、7日以上が86.3%を占める（表5）。被爆者手帳による区分では第1号が278名（40.4%）である（表6）。

広島県、市委託の被爆者健康診断は17件であった。

5 病 名

受診患者の病名は表7の通りで、四肢、背腰部の痛みを訴える患者、高血圧症治療中の患者が多い。白血球数の異常を認めた患者が3例あった。（83才女、脊椎骨粗鬆症 2,100、78才男、糖尿病 2,800、67才男 右上腕骨骨折後遺症 11,500）。

6 治 療

温泉浴のほかマイクロ波治療、低周波治療、マッサージなどの理学的治療を行う。慢性疾患の患者は地元の主治医から薬を貰って来ているが、必要であれば処方、投薬する。診察日は週2日であるが、急患の出た場合は近くに医院があるので、受診するか往診を依頼し、必要があれば入院治療も受けられる。

7 転 帰

大多数の患者は慢性疾患であるから、滞在中に治癒となる患者は稀れであるが、症状は軽快する本年度中、不幸の転帰をとった患者は0であった。

8 入所中の体重の変化

入所者のほぼ全員について、入所時と退所時との体重を測定しているが、そのうちの470名について体重変化をみると表8のようである。

療養後に体重が減少したものが約20%に認められたが半数以上で体重は増加している。平約体重でみると、入所時では51.8kgであったものが退所時には52.3kgと約500gの増加を示した。

このことは、療養を休養効果と考えれば有効であったことになるが、反面、栄養過剰・運動不足の結果とも考えられる。療養の理想的なあり方としては、精神的には充分な休養をとり、体力的にはこれを維持あるいはさらに向上することと考えられる。この立場からすれば、体重増加は余り好ましいことではないかも知れない。

療養のあり方については、今後改善すべき点があるかどうかを検討したい。

表8 療養前後の体重変化
(470名)

| | | |
|--------|-----|-------|
| 増加したもの | 254 | 54.0% |
| 不 変 | 123 | 26.2% |
| 減少したもの | 93 | 19.8% |

9 む す び

本年度の入所者延人員23,405名、平均利用率90%、受診患者数688名は共に開所以来最高であった。受診患者の年齢70才以上は56%、男：女 3：7で滞在日数は7～13日が約66%である。疾患別では運動器疾患が最も多い。

昭和60年6月の温泉分析による泉質はナトリウム―塩化物泉である。

本年度も核禁会議からマイクロ波治療器、体重計、スタンド水銀血圧計、診察用デスク及椅子などの寄贈を受けた。茲にご厚意に対し謹んで謝意を表します。

* 原子爆弾被爆者別府温泉療養研究所付属診療所

** 九州大学生体防禦医学研究所外科

◎ 深部地熱構造に関する研究会

昭和61年3月25日、別府市内の「つるみ荘」会議室において大分県温泉調査研究会会員、県企画調整課職員等41名が出席し、県内における地熱開発の現況について地熱開発関係4社の講師から説明があった。

会員から個々の項目について活発な質疑応答があり、盛会のうち無事終了した。

講師及び演題

- 九州電力株式会社火力部地熱課長 富田 凡人
 - (1) 大岳・八丁原両P/Sの現況について
- 出光地熱開発株式会社企画部企画課長代理 本松 利郎
- 〃 事業部事業課地質技師 近藤 充
 - (1) 滝上プロジェクトの概況について
 - ① 調査井位置図について
 - ② 探査実績について
 - ③ 調査井掘削実績について
- 新エネルギー総合開発機構久住調査事務所長 成安 広民
 - (1) 久住地域における地熱開発促進調査について
- 電源開発株式会社深部地熱調査豊肥事業所長 磯山 泰造
- 電源開発株式会社地熱開発室室長代理 増野 昇
 - (1) 熱水利用発電プラント開発事業について

大分県温泉調査研究会会則

第1条 この会は大分県温泉調査研究会（以下、単に「会」という。）という。

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

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

第4条 会は前条の目的を達成するために下記の事業を行う。

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

第5条 会は下記の構成員をもって組織する。

学識経験者

県および温泉所在地市・町・村の代表者

関係行政庁の吏員

第6条 会の役員は下記のとおりとし、総会によって選任する。

| | |
|-------|-----|
| 会 長 | 1 名 |
| 副 会 長 | 2 名 |
| 常務理事 | 1 名 |
| 理 事 | 若干名 |
| 監 事 | 2 名 |

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

第7条 会長は会務を総理し会議の議長となる。

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

3 常務理事は会長を補佐して会の常務に従事する。但し、会の出納事務は常務理事が処理するものとする。

4 理事は会務に従事する。

5 監事は会計並びに会務を監査する。

第8条 会に顧問を置くことができる。

(1) 顧問は役員会の承認を得て会長が委嘱する。この場合、総会に報告しなければならない。

(2) 顧問は会の事業について会長の諮問に応ずるものとする。

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

第10条 会に下記の職員を置く。

(1) 書記 若干名

(2) 書記は会長が任命又は委嘱する。

(3) 書記は上司の指揮を受け庶務に従事する。

第11条 会議は総会及び役員会とする。

第12条 総会は会長が招集する。

2 総会は通常総会及び臨時総会とし、通常総会は毎年4月、臨時総会は会長が必要と認めたととき、又は会員の5分の1の請求があったときに招集する。

3 総会の招集は開会5日前までに会員に届くように会議に付議する事項、日時及び場所を通知しなければならない。

第13条 総会において下記の事項を議決する。

(1) 会則の変更

(2) 役員を選出

(3) 予算及び事業計画

(4) 解散

(5) その他重要事項

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

2 議事は出席会員の過半数で決し、可否同数のときは議長の決するところによる。

3 議事に関しては議事録を調製し、会長の指名した2名以上の者がこれに署名しなければならない。

第15条 下記の事項について会長は専決することができる。

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

2 下記の事項については総会に報告し、承認を得なければならない。

- (1) 前項の専決事項
- (2) 前年度の事業及び決算

第16条 役員会は会長が招集する。

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

第17条 第14条第1項及び第2項の規定は役員会に準用する。

第18条 会は議事遂行上必要がある場合は、専門委員会を設けることができる。

2 前項の委員会に関する事項は総会で定める。

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

第20条 会の会計年度は毎年4月1日から始まり翌年3月31日に終る。

2 年度における剰余金は翌年度に繰越すことができる。

附 則

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

附 則

この会則の改正は、昭和46年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和48年4月1日から適用する。

この会則の改正は、昭和59年4月1日から適用する。

大分県温泉調査研究会会員名簿（60年度）

| 役職名 | 数 | 職名 | 氏名 |
|------|----|--|---|
| 会長 | 1 | 京都大学理学部教授 | 吉川恭三 |
| 副会長 | 2 | 大分県環境保健部長 九州大学生体防御医学研究所教授 | 手嶋朝夫 辻秀男 |
| 常務理事 | 1 | 大分県環境保健部環境保全課長 | 小河敦 |
| 理事 | 12 | 大分大学教育学部教授 " " 九州大学生体防御医学研究所教授 京都大学理学部助教授 別府市長 大分市長 湯布院町長 九重町長 天瀬町長 直入町長 久住町長 大分県公害衛生センター所長 | 志賀史光 森山善藏 延永正紀 由佐悠紀 脇屋長可 佐藤益哉 吉村格 高倉源八 山田良久 大島千年 衛藤千龍 林薰 |
| 監事 | 2 | 別府保健所長 別府市温泉課長 | 上杉正見 高橋順一郎 |
| 会員 | 34 | 臼杵市長 杵築市長 挾間町長 庄内町長 玖珠町長 安心院町長 真玉町長 国見町長 耶馬溪町長 山国町長 本耶馬溪町長 | 佐々木順一 石田野秀夫 川野秀秋 工藤千次 濱田欣正 徳光正則 正尾力強 岐部強彦 小畑知彦 吉峯高幸 横井泉 |

| 役職名 | 数 | 職 名 | 氏 名 |
|-----|-----------|---|--|
| 会 員 | | 京都大学理学部助手 | 北 岡 豪 一 |
| | | ” ” | 神 山 孝 吉 |
| | | ” ” | 大 石 郁 朗 |
| | | 九州大学生体防御医学研究所教授 | 中 溝 慶 生 |
| | | ” ” 講師 | 麻 生 宰 |
| | | 国立別府病院医師 | 吉 田 史 郎 |
| | | 九州大学生産科学研究所地熱開発センター教授 | 古 賀 昭 人 |
| | | 大分大学教育学部教授 | 川 西 博 |
| | | ” ” | 大 野 保 治 |
| | | ” 助教授 | 川 野 田 実 夫 |
| | | 原爆被爆者別府温泉療養研究所顧問 | 八 田 秋 |
| | | ” 所長 | 大 内 太 門 |
| | | | 山 下 幸 三 郎 |
| | | | 日 高 稔 |
| | | | 辻 生 純 明 |
| | 後 藤 光 男 | | |
| | 生 野 喜 和 人 | | |
| | 山 田 謙 吾 | | |
| | 溝 口 昇 夫 | | |
| | 安 藤 章 夫 | | |
| | 後 藤 成 一 | | |
| | 淵 祐 一 | | |
| | 四 童 子 真 一 | | |
| 顧 問 | 3 | 大分県林業水産環境委員長 別府市議会議長 九州大学名誉教授 | 小 田 高 義 村 田 政 弘 矢 野 良 一 |
| 書 記 | 4 | 大分県環境保健部環境保全課自然保護温泉係長 ” 主査 ” 主任 ” 主事 | 田 口 利 明 浜 崎 潤 治 渡 辺 政 治 荒 川 孝 二 |

大分県温泉調査研究会報告 第37号

昭和61年3月 印刷

昭和61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保全課内

印刷者 大分市新川町2-5-4
(有)大分プリント社
電話 32-3717