

# 大分県温泉調査研究会

## 報告 第36号

昭和60年3月

### 目次

いわゆる深層熱水型温泉について……………	吉北	川岡	恭豪	三… (1)
沸騰泉の噴出量……………	吉大	川石	恭郁	三… (13)
天ヶ瀬温泉の現況……………	由志川	佐賀野	悠史	紀… (21)
寒の地獄冷浴による生体変化…………… —健康増進法としての意義—	辻麻白竹内	生坂内田	秀千義一	男… (28)
慢性関節リウマチの自立神経機能障害…………… に及ぼす温泉浴の影響	藤大延	井塚永	郁栄	夫… (34)
大分市内の温泉の試錐岩芯のX線解析…………… による鉱物成分の研究	森日	山高	善稔	藏… (38)
大分市における温泉開発の現状と法的…………… 問題 —今後の開発と検討課題—	大野	野保	治	治… (51)
原爆被爆者の温泉療法 (第17報) ……………	大内	太	門	門… (64)
深部地熱構造に関する研究会……………	大分県環境保全課			… (70)
大分県温泉調査研究会会則及び会員名簿……………				(71)

# 序

アメリカ地理学協会が数年前に出版したNature's World of Wondersという本があります。世界中から珍しい自然を選び、その地の生活、習慣との関係を記したものです。そのアジアの部を見て驚きました。地図に都市としてマークされているのが、日本では、東京と別府だけで、本文では、富士山と別府温泉しか取り上げられていないからです。こんなに大きい温泉地があり、多数の人が入浴に訪れるという自然と人間の結び付きが、日本を代表する珍しい習慣とみられたのでしょうか。

その日本の温泉を象徴する地が大分県です。源泉数や湧出量の多さはもちろん、温泉の多種多様な姿を含むのが大きい特徴です。別府から湯布院、九重を結ぶ、九州中部地溝と呼ばれる帯状地域には、噴気、沸騰泉を含む高温の温泉が群集し、食塩型熱水に起因した活発な温泉活動の舞台になっています。その地溝帯の外側には、南と北に分かれて、直線状のよく似た地温勾配を持つ層状温泉が並び、盆地性の深層熱水型温泉と言われています。山間部の川筋には、古来の自然湧出泉を中心にした比較的浅層の温泉群が散在し、上記2種いずれかの深部熱水が岩層中の流路を上昇し、浅層に流出したものと考えられます。さらに、火山の高地部には、蒸気やガスの影響を受けた浅い地下水が、温泉や冷泉として流出しています。

本調査研究会の目的を一口に言うと、温泉活用の可能性と、それに調和した温泉源保護の方法を追求することです。ところが、こんなに多様な姿を持つ大分県の温泉では、温泉地ごとに特徴とする温泉の姿が違い、活用の方法も違います。従って、温泉源保護の方法も県内一様の基準では満たされず、温泉地ごとに工夫を計る必要があります。そのためには、温泉地の歴史と温泉源の性状への正確な知識を持たねばなりません。大分県にいくに源泉が多いと言っても、温泉源の広さ、深さにくらべると、源泉はただの点にすぎず、よしの髄から天井をのぞいた程度です。その点ごとでの調査をつなぎ合せて温泉源の性状をつかむには、温泉についてのより一般的な知識と経験を背景に持つ必要があります。本会の報告が他分野の調査報告書にくらべて研究論文的な体裁の濃いのはそのためです。

温泉の効用は他の資源ほど社会経済の動きに影響されることはありませんが、それでも時代によってその活用の対象が変わり、それによって温泉源保護の方法にもたえず気を配らねばなりません。これらの趣旨を理解し、本会発足以来、たえず御指導、御援助をいただいた大分県当局や関係市町村に厚く感謝いたすと共に、調査に御協力いただいた源泉所有者、掘削業者の方々に深く御礼を申し上げます。

昭和60年3月

大分県温泉調査研究会会長  
吉川 恭三

# いわゆる深層熱水型温泉について

京都大学理学部 吉川 恭三  
北岡 豪一

## 1 深層温泉

一般に高温の温泉は、山間谷部の露岩地帯や山地が平地に変わる扇状地に多く、そういう地域では深部の高温水や蒸気が岩体の割れ目を上昇し、扇状地堆積物や浅層の割れ目を流れる循環性の地下水中に混入して種々の温泉水を形成している場合が多い。

このような、古来の温泉地以外で、水成の堆積層や堆積岩が厚く発達した平地部でも、近年、その深層に貯留する温泉水が、いわゆる深層熱水として注目され、盆地性深層熱水または構造性深層熱水と呼ばれながら開発利用される機会が増えてきた。こういう所は、地面近くに温泉の徴候があまり知られておらず、掘削によって初めて見出された温泉が多く、また、地下の増温率は高くないが、人工密度の高い平地部では、深く掘削することによって得られた温泉水を浴用をはじめ、暖房、施設園芸用など多目的に効率よく利用できる利点がある。

我国では、大分市<sup>1)</sup>、鹿児島市<sup>2)</sup>、津軽平野の弘前市、五所川原市などが、源泉数の上で典型的な都市型開発地であり、従来のリゾート温泉地と違う温泉利用の方向を求めることが今後の検討課題である。

水成堆積層深部における熱水の存在は古くから、石油・天然ガスの調査井掘削を通して知られており、北海道、秋田県、山形県、新潟県の平野部では温泉として利用されてきた所もあり、近年、改めて石油代替エネルギー源として深層熱水が見直されようとしている。<sup>3), 4)</sup>

ヨーロッパでは、特にハンガリー平原やパリ盆地で、オイルショック以降<sup>5), 6)</sup>、国家事業の一環として深層熱水の開発が行われ、規模の大きい多目的利用が進められている。中国大陸でも各地で深層熱水が開発され、特に天津市付近では利用の歴史が古く、現在も大規模に拡大中である。<sup>7)</sup>

このような深層熱水型温泉に共通してみられる特徴は、

- 1 開発域が盆地性の平地であること。
- 2 地温が深さに対し、ほぼ直線的に増温していること。
- 3 地下水頭や温泉水頭が深さで余り変らないこと。
- 4 かなり広い範囲にわたり、地温や地温勾配がほぼ一様で、また水頭の違いも小さいこと。
- 5 同じ地域の温泉でも泉質に極端な違いが見られ、Cl<sup>-</sup>濃度約1,000 ppm以上の食塩泉の地区と10ppm以下のアルカリ性単純泉などの地区とが接していることがある。

これらは、地層中で水の流動が上下方向にもまた水平方向にも小さく、深層熱水が層状に貯留した状態にあり、深部より地面に向かう熱の流れが熱伝導で支配されていることを示す。このような地域では、掘削により、同じ深さで同程度の泉温の温泉が得られる確率が高いから、開発の計画が立てやすい利点がある。

これを、古来、高温の温泉が得られている地域（仮りに地熱温泉地域と呼ぶ）と対比してみると、地熱温泉地域では、断層活動などによって生じた鉛直に近い断層系、もしくは割れ目系が地熱流体の流動や温泉源の分布を支配している場合が多く、縦割り型とも言える構造を持つのに対し、水成の堆積層、堆積岩層では、それが淡水成であろうと海成であろうと、地殻変動の影響を受けながらも、基本的には水平に幾重にも成層した横割り型の構造が卓越し、温泉水は全体として鉛直方向には動きにくく、水平方向に動きうる異方性を有していると言える。

本報告では、このような縦割り型と横割り型の構造対比を念頭においた上で、大分県内で開発中の深層熱水型温泉の掘削資料をもとに、堆積盆中の温泉水の存在流動状態を検討し、今後の開発と

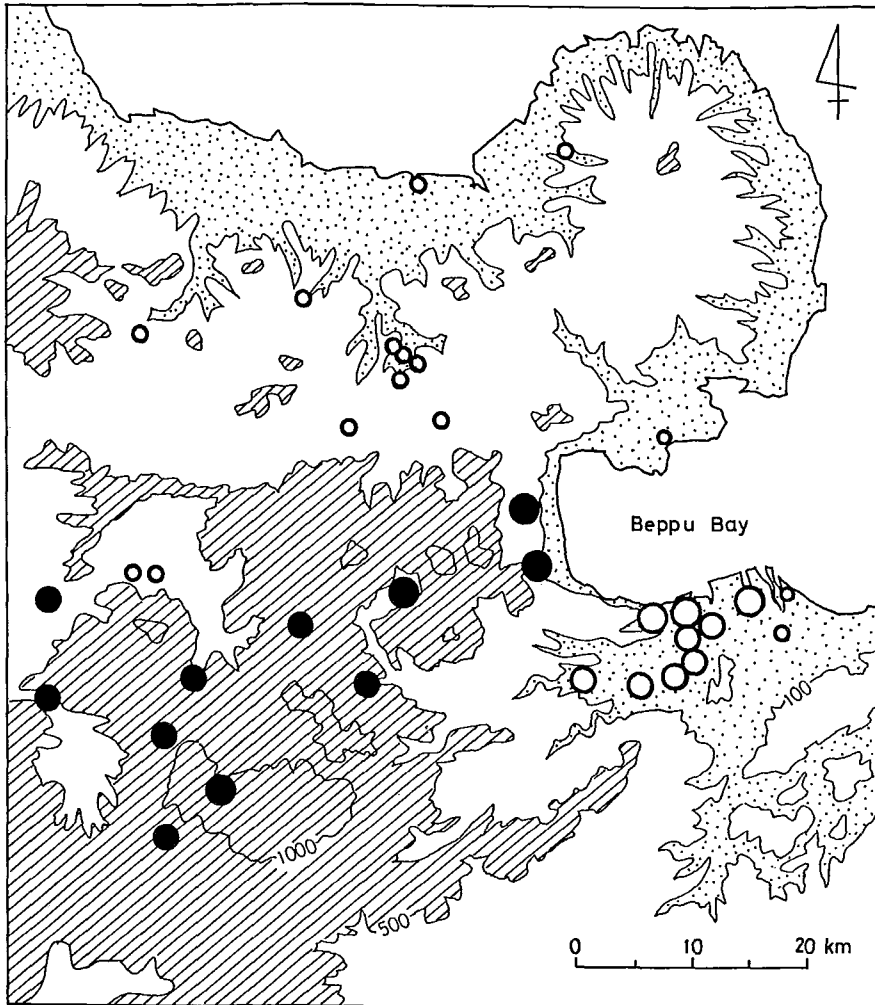


図1 温泉地の分布 (●は比較的浅層から高温水を湧出する温泉地、○は深層熱水型の温泉地で、小円は1源泉を示す)

保護に役立つ資料を得ようとするものである。

## 2 大分県内に見られる深層熱水型温泉の特徴

図1は、大分県内に散在する温泉地を、古くから比較的浅層より高温水を湧出している温泉地と、近年開発され、前節の深層熱水型とみられる温泉地とに分け、それぞれ、黒丸と白丸でその位置を示したものである。白丸は、400m以上の掘削深度を持ち、地温が深さに対してほぼ直線的に上昇しているものを一応の目安とし、1源泉を小円で示した。

この図で、標高が海拔100m以下の範囲を点点で、500m以上を斜線で区別すると、古来の温泉地が海拔400~500m以上の高地部とそのごく周辺に限られるのに対し、深層熱水型の新規開発泉は海拔300m程度以下の低地に分布している状態が分る。これらの温泉は、すべて大分-熊本構造線以北の、いわゆる九州中部地溝帯内にあるが、前者の分布域は中でもより狭い、別府から九重、阿蘇にいたる、さらに新しい火山活動と陥没構造を示す地帯にほぼ対応している。

図1で白丸の深層熱水型温泉につき、掘削中に測られた地温の鉛直分布を、源泉の多い大分市と

それ以外の地域（安心院町、院内町、耶馬溪町、宇佐市、真玉町、日出町、玖珠町、挾間町）に分け、それぞれ、図2と図3に示した。

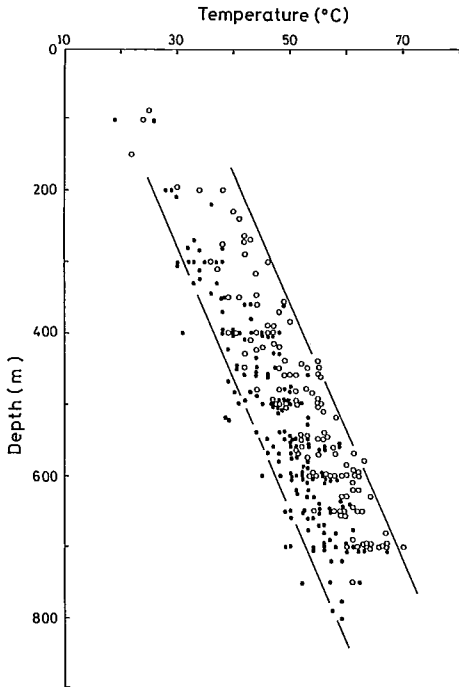


図2 大分市における地温と深さの関係（○は図4の斜線の範囲にある温泉、●はそれ以外の温泉を示す）

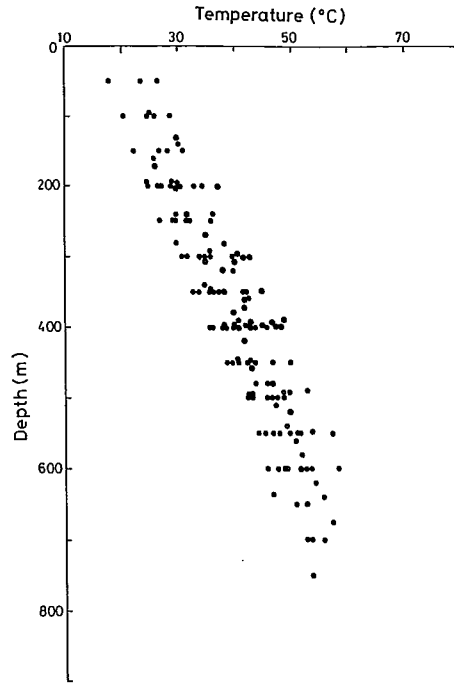


図3 大分市以外の県内の深層熱水型温泉地における地温と深さの関係（安心院町・院内町・耶馬溪町・宇佐市・真玉町・日出町・挾間町）

地温分布に見られる特性は、源泉分布の密度、広がりともに大きい大分市に最もよく現われているので、それを代表的なものとしてまとめると、

- 1 地温は各井戸で深さに対してほぼ直線的に増すが、いくらか湾曲したものも見られる。
- 2 各井戸での測定地温は、各深度で約15℃の幅を持つ範囲にあり、その両限はいずれも深さに対して直線に近く、100m当り5～6℃の増温率となっている。すなわち、大分市内の地温は、図2中に引いた2本の平行線の間になんとすべて分布する。

大分市以外の地域でも地温は各井戸で同様の直線的な分布をとり、大分市で求められた2本の直線の中に収まる。

- 3 2本の平行線のうち、低温側の線は地表まで延長すると年平均気温に近いので、熱伝導だけによる地温分布とみてよく、高温側の線は、その地表への外挿値が年平均気温よりも約15℃も高いので、熱伝導以外に熱を運び上げる別の作用が加わっているものと考えられる。
- 4 図4は、湧出泉温の平面分布を示したもので、全体として同じ程度の掘削深度であるにもかかわらず、斜線の範囲でいくらか泉温が高い。図2中の白丸はこの高泉温の範囲にある源泉を示し、それが深部の地温でも高温側にずれていることが確かめられる。
- 5 高泉温を示す部分が3本の脈状の分布をとり、互いにほぼ平行しているため、これら高温帯は断層など構造線の影響を反映している可能性がある。その方向が別府温泉の南縁を限る朝見川断層や、別府温泉における高温帯として古くから知られた田の湯温泉脈、海門寺温泉脈の方向とほぼ一致していることに注目される。
- 6 これら高温帯付近を境に泉質の顕著な違いが認められる。例えば、図5のCl<sup>-</sup>濃度の分布と対比させると、高温帯はCl<sup>-</sup>濃度の数10ppmから数1,000ppmへの急変部に当たる。

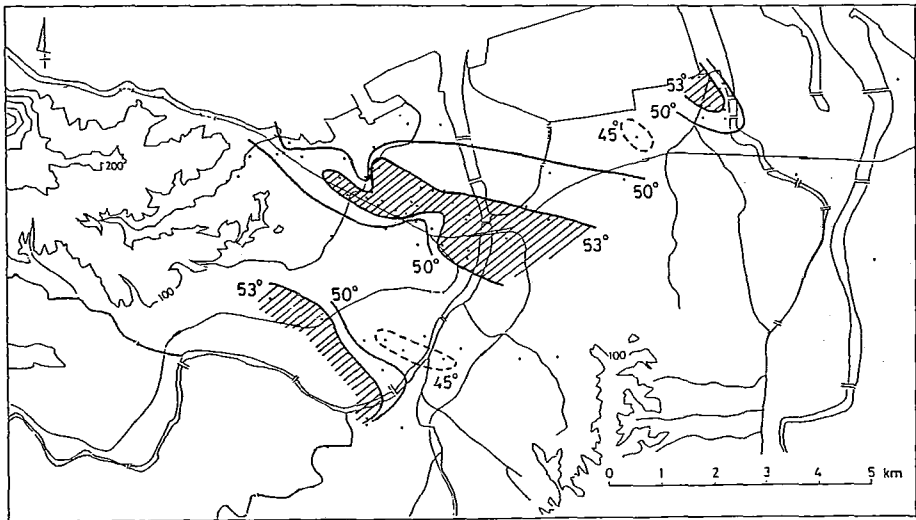


図4 大分市内の温泉における泉温の分布 (斜線は53℃以上の範囲を示す)

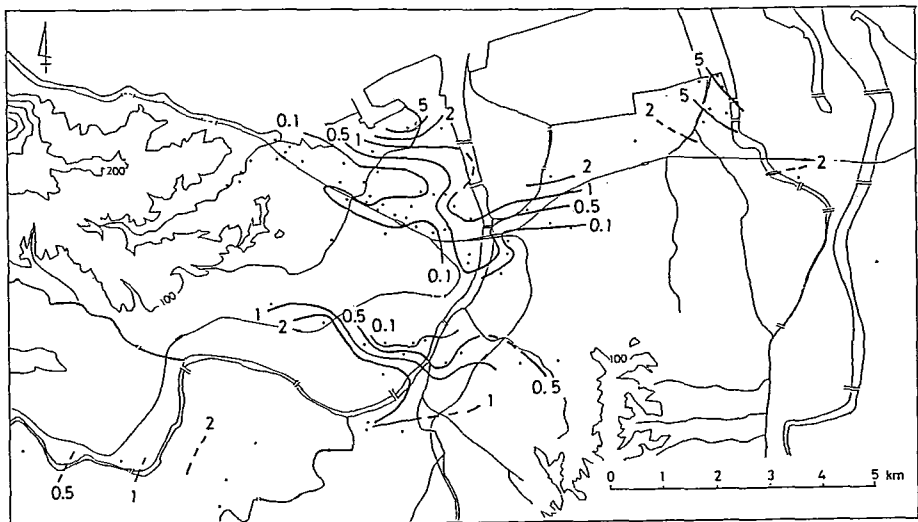


図5 大分市内の温泉におけるCl<sup>-</sup>濃度の分布 (単位:g/l)

7 水頭は、深さ方向にも水平方向にも変化が小さく、10m以上の差は認められない。

以上のうち、特に地温と泉質との分布の対応性に注目される。先に深層熱水型温泉の一つの特徴として記したように、例えば、安心院町の温泉ではともに600m深度ながら、安心院温泉センター源泉ではCl<sup>-</sup>、2,380ppm、pH、7.3に対し、六郎丸(老人憩の家)源泉ではCl<sup>-</sup>、6.8ppm、pH、9.1というように、同じ地域でもCl<sup>-</sup>量の多い食塩型の温泉と、少ないアルカリ性単純泉という極端に泉質の違う温泉水が採取される。この特徴は源泉数の多い大分市や鹿児島市では特にはっきりしており、この両極端な違いは、平面的な地域分布に現われるだけでなく、同じ場所でも採取の深さの違いによっても現われ、前者は海成の堆積層、後者は陸成または淡水成の堆積層の水質の違いを表わすものとみられている。<sup>9)</sup>

大分市の場合、ほぼ同じ深度で採湯されているにもかかわらず、高温帯を境として泉質に大きい違いがあるということは、もともと上下に幾重にも成層していた海成層と淡水成層が地殻変動によ

りその場所で上下に食い違う不連続を生じたと考えて矛盾しない状態である。そうして、 $Cl^-$ 量が急激に変る狭い範囲にある高温帯の温泉では、この両者の水質を持つ温泉水が混合しながら採湯されているものであろう。ただし、この混合が水平方向に流入する過程での混合であるのか、あるいは水平に成層していた地層の水がこの食い違いの面に沿って上昇する過程での混合であるのかの判別は今のところつかない。

### 3 地温勾配と温泉掘削

火山性の熱源のない平常地における地下増温率は深さ 300m 当り約 $10^{\circ}C$ とされている。実際、深い掘削資料をみると、新第三紀以降の堆積層が数 1,000m 以上あり、地層が海に傾斜した関東平野、濃尾平野、新潟平野、庄内平野などでの海岸部では、100m 当り $2\sim 4^{\circ}C$ のものが多い。<sup>3), 10), 11)</sup>

ところが、大分県内の低地部や、鹿児島市、島根半島の内陸側の平野部、山形県内陸の盆地列、津軽平野などの盆地もしくは盆地性の平野では、100m 当り $6^{\circ}C$ 前後 ( $4\sim 10^{\circ}C$ ) の増温率にある場合が多く、<sup>2), 3), 4)</sup> 深層熱水型温泉の開発域は、このような 100m 当り $5^{\circ}C$ 程度以上の増温率を持つ地域で進められているようである。古い時代に堆積した地層から成るヨーロッパの深層熱水開発域も地温勾配は $5\sim 10^{\circ}C$ の程度である。

100m 当り $6^{\circ}C$ の増温率は地熱流量が平常地の2倍であることを示すとは必ずしも言えない。熱流量は地温勾配と熱伝導率の積であるから同じ熱流量でも熱伝導率の値によって地温勾配はかなり変るし、また、地層中で水平な一般流があればそれによって地層の熱が運び出され、見掛け上低い地温勾配となる場合もある。地層が海に向かって傾斜しているような平野では熱の移流効果の無視されない場合も考えられる。その点、水平に成層した盆地性の平地では移流による熱の散逸効果は小さいであろう。

熱伝導率は、岩石マトリックスを構成する鉱物の種類によるよりも、空隙の容積とその配置様式に強く依存し、岩石試料の従来の実測資料は、 $10^{-3} cal \cdot cm^{-1} \cdot sec^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$ を単位として、大体 $3\sim 15$ の範囲まであり、砂、シルト、粘土などの水飽和未固結試料では、 $2\sim 3.5$ の程度である。<sup>12), 13), 14)</sup>

川西が非常法により測定した大分県内の試料では、安山岩が $3\sim 4$ 、花こう岩が $5\sim 6$ 、土壌が $3\sim 3.5$ となっている。<sup>15), 16)</sup>

これらの実測値を概観してみると、地溝帯深部を構成する花こう岩とその上層の安山岩や未固結試料とでは、水飽和の状態で大體 $1.5\sim 2.5$ 倍程度の違いとみて大きい誤りはないと思われる。例えば、熱流量が2 HFUの場合、安山岩を含む堆積層中の熱伝導率を上記単位で $3\sim 4$ とすれば、100m 当り $5\sim 7^{\circ}C$ の地温勾配となって大分市などの実状と合致し、熱伝導率が $5\sim 6$ の岩層では $3\sim 4^{\circ}C$ の地温勾配を持つことになる(図6)。

九州中部地溝帯の大分県側では、第四紀火山活動による安山岩溶岩やその他の噴出物から成る凝灰角礫層の厚い堆積層の下部に、かなり長期間の火山活動の跡を一括した、いわゆる宇佐層を挟んで、花こう岩が基盤としての役割を果たしている。図1に黒丸で示した温泉地の分布範囲ではこの基盤岩が深く、少なくとも2,000m以深に存在するものとみられるが、その北側の国東半島から安心院盆地にかけては比較的浅く、地面に露出している所もある。掘削資料では、宇佐市下

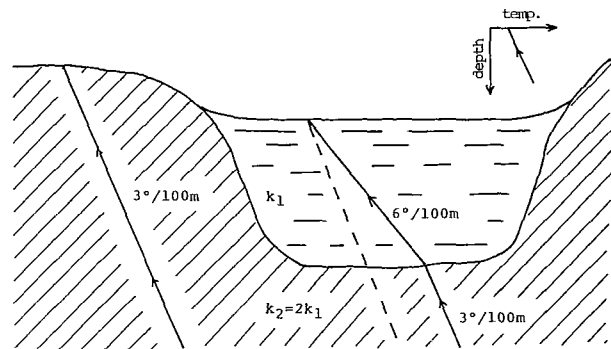


図6 熱伝導率が異なる地域での地温勾配の比較

麻生や安心院町六郎丸では500～600m深で花こう岩に達している。これらの地温はほぼ直線的に100m当り5～7℃の勾配で昇温しており、図5のような花こう岩中で増温率が減少するところまでの資料は得られていない。

この花こう岩の上面は場所によりかなりの起伏があり、地殻変動によるだけでなく、その上層の宇佐層堆積以前に風化、侵蝕を相当受けているものと思われる。その部分に透水性のよい層のみられる場合が多く、温泉採取の目標の層とされ、花こう岩を100mも内部に入ると亀裂が少ないとするのが普通である。そのため、それより深くまで掘削を進めた例が少なく、地温測定例はほとんど見られない。

かなり深い井戸を通して地上に採湯し、浴場で適温の温泉水を得ようとすれば、途中の冷却を考慮して地下で50℃台以上の温度がなければならず、100m当り6℃の増温率とすれば、この地温を示す深度は650m程度となる。温泉採取にはその範囲に透水層の存在が必要であり、前節の深層熱水型温泉を得るためには、地温の状態よりもこの深さに透水層があるかどうかの判断の方が重要となる場合が多い。

そのためには、まず花こう岩の上面が少なくとも600m以深にあることが必要であり、それよりも浅い場合には、花こう岩体内部に断層破碎などを伴った水の通路が開かれている特別な状態がなければならず、探査によりその程度を予知することは極めてむずかしい。また、花こう岩の上面が深くても、その上部の宇佐層は水理的に複雑で非常に固い、全く不透水性の溶岩を含むことが往々にしてある。この場合も地温は深さとともに直線的に上り、その周辺の状態とは変りがないが、ここでは温泉は得にくい。図1に白丸で示し、図3の地温測定例に使用した温泉には、このように地温の高い範囲で透水層が得られなくて失敗に終わったり、または、もっと浅い層からの水採取を余儀なくされ、低温の温泉水しか得られていないものも含まれている。

従って、深層熱水型温泉水の分布は、大分市のように、地層がかなり広い範囲にわたり層状に連なる場合だけとは限らず、その掘削場所での特に600m以深における透水層の存在が掘削の成否を決める重要な因子となる。

#### 4 高温帯の存在に対する考察

第1、第2節でみたように深層熱水型の温泉は、主に堆積層、堆積岩の厚く発達した盆地性の平地部で開発されており、そういう所での地温は一般に深さに対して直線的な分布をとることが多く、水頭は深さによる変化が小さい。そのため、上下方向の水の流動は横割り型の層状構造によって制限され、水平方向の流れも極めて緩慢であり、深部では事実上静止した貯留状態にあるとみなされる。

しかし、同じ地域でもCl<sup>-</sup>濃度の極端に異なる温泉水が隣接して分布することが多く、大分市では、濃度の急変部が地温のいくらか高まっている脈状の高温帯と場所的に対応していることが知られた。この地域の地温は、高温帯を含め、同じ深度で約15℃ずれた2本の平行線の間にほとんどすべて分布するのが特徴的であり、低温側の線は地表への外挿がほぼ年平均気温を指すため、熱伝導による地熱流を表わすとみられるが、高温側の地温分布に対しては、熱伝導に加え、別の伝熱作用が考えられねばならない。また、泉質の分布にはっきり現われた境界は、地質時代の積算としての層序に上下の食い違いの存在を示すとみるのが妥当である。このことから、高温帯の範囲内には断層面が存在し、その面に沿って深部の高温の水が上昇、浸出するような機構が考えられねばならない。

高温帯の水は、それ以外の同じ深さの水よりも相対的に密度が低いため、水頭が低くなっている。例えば、地温50℃の深さでは、大分市のようにそれよりも15℃高い高温帯の水は密度が0.76%だけ低いため、深さ1m当り0.76cmの水頭差を生じている。これは500m当り3.8mもの差に相当するも



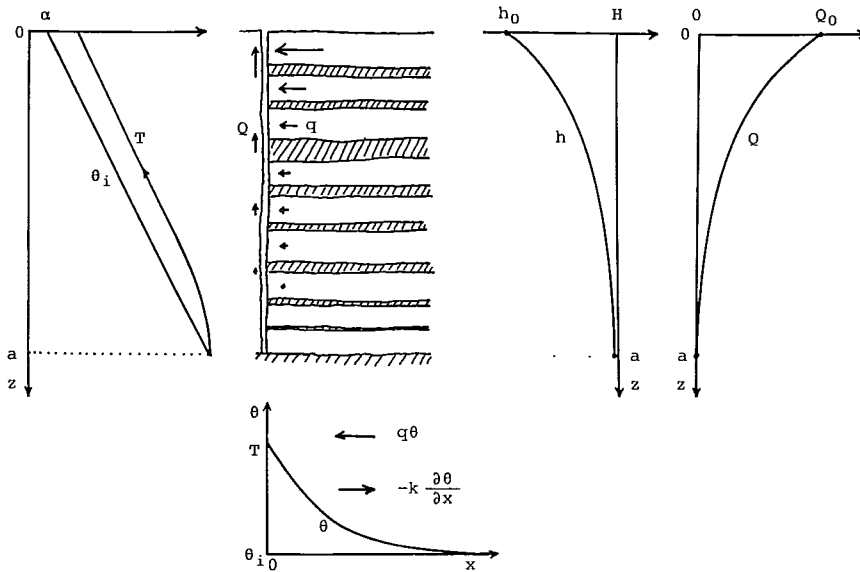


図7 深層熱水の断層付近における水理模式図

のであり、水頭の低い高温帯に向かう流れが生じているものと考えられる。

そこで、図7のように広い範囲にわたり水平な不透水層で何段も仕切られた横割り型の層状構造と、その中に鉛直の断層面のある状況を考える。これは、水の流動が地層中では水平方向だけに規制され、断層面に沿ってのみ上昇するという模式である。透水層と不透水層が交互に積層した構造をもつ地層では、水平方向の透水性や断層面に沿う鉛直方向の透水性は深さ方向に極めて不均一である。しかし、その方向でのある程度以上のスケールを通しての流量には、不均一性の効果は顕著に現われなくなり、平均量としての取り扱いも可能となる。以下で定義する単位面積当たりとか単位長当りの諸量は、このように不均一性の影響が現われない程度以上の範囲にわたり平均化されたものとする。

また、地下深部からの熱伝導による上向きの熱流が地温の水平方向の分布に与える影響は小さいとして無視する。すなわち、熱伝導による鉛直方向の熱流量は高温帯もそれ以外の場所でも一様と仮定する。

さて、図7のように、地面から深さ方向に $z$ 軸、断層面から水平方向に $x$ 軸をとる。高温帯の中心部には、図7の中央に割れ目で示した、上昇流のおこる断層破碎部があるとして、そこでの深さ $z$ における水頭を $h$ 、温度を $T$ とする。また、地層中 $(x, z)$ における地温を $\theta$ 、高温帯から十分離れたところの地温を $\theta_i$ 、水頭を $H$ とする。 $\theta_i$ は $z$ の関数であるが、 $H$ は一定と仮定する。

まず、断層面に沿う単位長当りの上向きの流量 $Q$ が水頭の鉛直勾配に比例するとして、

$$Q = K \frac{dh}{dz} \quad (1)$$

とおく。ここに $K$ は上昇流のおこる断層破碎部の透水量係数 [ $m^2 \cdot h^{-1}$ ]である。高温帯の水頭 $h$ とそれから離れた地層中の水頭 $H$ との差による高温帯に向かう水平流を考え、それを単位面積当たりで平均化した流量 $q$ で表わして、

$$q = b (H - h) \quad (2)$$

とおく。ここに、 $b$ は浸出を表わす係数 [ $h^{-1}$ ]である。係数 $K$ 、 $b$ は、深さ方向の全層にわたる平均として定義し、従って深さ方向で一様とする。

流量の連続の式

$$-\frac{dQ}{dz} = q \quad (3)$$

から、 $h$  は、

$$\frac{d^2h}{dz^2} + \frac{b}{K}(H-h) = 0 \quad (4)$$

を満たさねばならない。十分深層では水は静止していて上昇流もないと仮定し、 $Q$  が十分無視できる深さを  $a$  として、

$$z = a \text{ で、 } \frac{dh}{dz} = 0 \quad (5)$$

とおく。地面

$$z = 0 \text{ で、 } h = h_0 \quad (6)$$

の条件をにおいて(4)式を解くと、

$$H-h = (H-h_0) \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}a\right)} \quad (7)$$

となり、深さとともに水頭差  $H-h$  の減少する解が得られる。(7)式を(1)、(2)式に代入すると、

$$Q = \sqrt{Kb}(H-h_0) \frac{\sinh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}a\right)} \quad (8)$$

$$\frac{q}{Q} = \sqrt{\frac{b}{K}} \coth\left(\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right) \quad (9)$$

などが得られる。

次に、水平の流れ  $q$  によって上昇流に取り込まれる単位面積当りの熱流量を  $\rho cf$  で表わす。ただし、 $\rho$ 、 $c$  はそれぞれ水の密度、比熱であり、いずれも温度による変化を無視する。 $\rho cf$  は、図7のように、 $q$  による移流量と熱伝導による冷却量の差とみなせるから、

$$\rho cf = \rho cq\theta - 2(-k \frac{\partial \theta}{\partial x}) \quad (10)$$

とおく。ただし、 $k$  は地層の熱伝導率であり、右辺第2項の係数2は冷却が高温帯の両側で行われていることを示す。前記のように、鉛直方向の熱流量は、高温帯もそれ以外の場所でも一様とし、それが水平方向の熱流に与える影響を無視したので、上式は積分できて、 $x=0$  で  $\theta = T$  とおくと、

$$\theta - \frac{f}{q} = (T - \frac{f}{q}) e^{-\gamma x} \quad (11)$$

となる。ただし、 $\gamma$  は、

$$\gamma = \frac{\rho cq}{2k} = \frac{\rho cb(H-h_0)}{2k} \frac{\cosh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right)}{\cosh\left(\sqrt{\frac{b}{K}}a\right)} \quad (12)$$

である。 $1/\gamma$  は高温帯の広がり程度の程度を表わし、それが深さとともに増すことが分る。また、(11)式は、 $x \rightarrow \infty$  の地温  $\theta_i$  を用いると、

$$f = \theta_i q \quad (13)$$

であるから、

$$\theta = \theta_i + (T - \theta_i) e^{-\gamma x} \quad (14)$$

とも書ける。

上昇流の温度  $T$  は、熱量の連続の式、

$$-\frac{d(QT)}{dz} = f \quad (15)$$

と流量連続の(3)式とを連立させた

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dz} &= \frac{q}{Q} (T - \theta_i) \\ &= \sqrt{\frac{b}{K}} \coth\left(\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right)(T - \theta_i) \end{aligned} \quad (16)$$

から求められる。

地温  $\theta_i$  は深さ  $z$  に関して直線分布、

$$\theta_i = \alpha + \beta z \quad (17)$$

とし、 $z = a$  で  $T = \theta_i (= \alpha + \beta a)$  の条件を入れると、

$$T = \theta_i + \frac{\beta}{\sqrt{\frac{b}{K}}} \tanh\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right) \quad (18)$$

が得られる。この式は、 $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)$  の値が 1 に比べて十分大のときは、

$$T = \theta_i + \frac{\beta}{\sqrt{\frac{b}{K}}} = \alpha + \frac{\beta}{\sqrt{\frac{b}{K}}} + \beta z \quad (19)$$

と近似され、また、1 に比べて十分小のときは、

$$T = \theta_i + \frac{\beta}{2}(a-z) = \alpha + \frac{\beta a}{2} + \frac{\beta}{2}z \quad (20)$$

のように、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  には無関係の地温勾配  $\beta/2$  の直線に近似される。

前者、(19)式は、上昇流の温度  $T$  が深さ  $z$  には無関係に、地温  $\theta_i$  よりも  $\beta/\sqrt{\frac{b}{K}}$  だけ高く現われる範囲のあることを示している。これは大分市の地温分布に見られた 2 本の平行線の関係と同様である。同じ深度で平行線間の地温のずれは約 15°C であるから、 $T - \theta_i = 15^\circ\text{C}$ 、 $\beta = 0.06^\circ\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$  とおくと、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値は  $4 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$  である。しかし、地温はこの平行線の間にはほとんどすべてが散らばっているもので、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  はこれより大きい種々の値でありうる。大分市以外の深層温泉開発地でも、地温は大分市で見られた 2 本の平行線の間にとまるから、一般的に、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値の  $4 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$  より小さい地域はないとみてよいであろう。

ところで、2 本の平行線の関係は、深さ 700m 似浅の実測値においてであるから、 $\sqrt{\frac{b}{K}} = 4 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$  で  $z = 700 \text{m}$  のとき、 $\tanh\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{b}{K}}(a-z)\right)$  が 1 に近い値でなければならない。その値が例えば、0.9~0.95 となる  $a$  の値は 1,430~1,620m であり、 $Q = 0$  の深さが 1,500m 程度以上であれば、実測の深度範囲で地温分布の両限として 15°C ずれた平行線の関係が成立するとみてよいことになる。この場合、深さ  $a$  での水頭  $h$  は  $H$  にほぼ一致する。 $a$  のこの値は、堆積層の基底までの深さとみて差支えない程度である。

上昇流部分での地温(18)式を次式のように無次元形に書き直し、

$$\frac{T - \alpha}{\beta a} = \frac{z}{a} + \frac{\tanh\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{b}{K}}a\left(1 - \frac{z}{a}\right)\right)}{\sqrt{\frac{b}{K}}a} \quad (21)$$

それを図化すると、図 8 のように無次元の温度  $(T - \alpha)/\beta a$  は、 $\sqrt{\frac{b}{K}}a$  の値が約 0.2 以下では無次元

の深さ  $z/a$  に対して勾配  $1/2$  の直線 A で近似され、逆に、約 200 以上ではバックグラウンド地温を表わす勾配  $1$  の直線 B で近似されるので、この 2 直線で挟まれた範囲内の値をとる。

実線 C は、 $\sqrt{\frac{b}{K}} a = 8$  の場合で、 $a = 2,000\text{m}$  のとき大分市における地温の最大のずれに対応されるものである。この  $a$  の値では、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値が先に求めた  $4 \times 10^{-3} \text{m}^{-1}$  よりも小さいと、地温が直線 B と平行な関係をとる範囲は急速に減少し、 $1 \times 10^{-4} \text{m}^{-1}$  になると直線 A の地温勾配  $\beta/2$  を表わす分布 (20式) にほぼ一致する。これは鉛直方向の透水性に比べて水平方向の透水性の著しく悪い場合であるから、固結度の発達した地層中の断層に該当する。また逆に、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値の大きい場合は、地温勾配  $\beta$  の直線部分の範囲は深部まで及び、地温のずれは縮まって、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値が  $0.1 \text{m}^{-1}$  にもなると高温帯はほとんど見られなくなる。

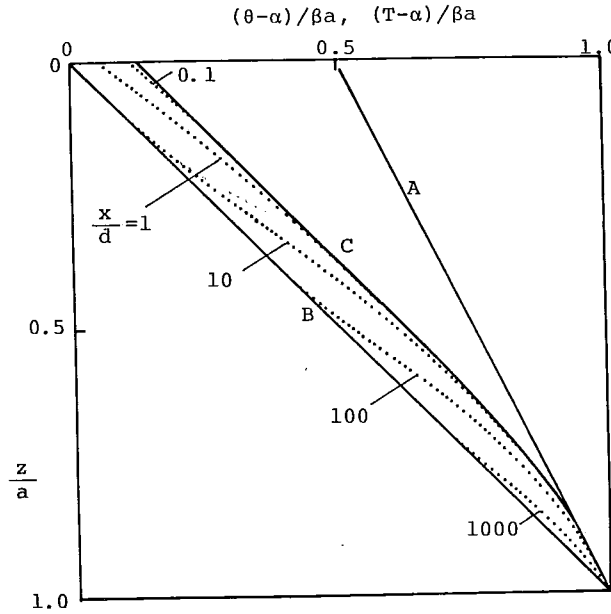


図 8 無次元化した地温の鉛直分布、実線 C と点線は、 $\sqrt{\frac{b}{K}} a = 8$  の場合における断層面と  $x/d$  における分布を示す。

図 8 の点線は、 $\sqrt{\frac{b}{K}} a = 8$  の場合の、無次元の地温  $(\theta - \alpha) / \beta a$  の断層面からの距離  $x/d$  による鉛直分布の違いを示したもので、(14)式を無次元形にした、

$$\frac{\theta - \alpha}{\beta a} = \frac{z}{a} + \left( \frac{T - \alpha}{\beta a} - \frac{z}{a} \right) e^{-rx} \quad (22)$$

ただし、

$$rx = \frac{\cosh \left( \sqrt{\frac{b}{K}} a \left( 1 - \frac{z}{a} \right) \right)}{\cosh \left( \sqrt{\frac{b}{K}} a \right)} \frac{x}{d} \quad (23)$$

$$d = \frac{2k}{\rho c b (H - h_0)} \quad (24)$$

を用いた。すなわち、上昇流部分以外では、地温の鉛直分布は直線よりはいくらか湾曲し、実測された状態に近い特徴を表わしている。図 9 は、同じく、 $\sqrt{\frac{b}{K}} a = 8$  の場合の深度による地温  $(\theta - \theta_i) / \beta a$  の水平分布の違いを示したものである。

このように、 $\sqrt{\frac{b}{K}}$  の値は、地温の鉛直分布からある程度の見積りは可能であるが、 $K$ 、 $b$  それぞれ

については、単独では求めることができない。ここでは、 $\sqrt{\frac{b}{k}} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ 、 $b = 5 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$  の場合について検討しておく。

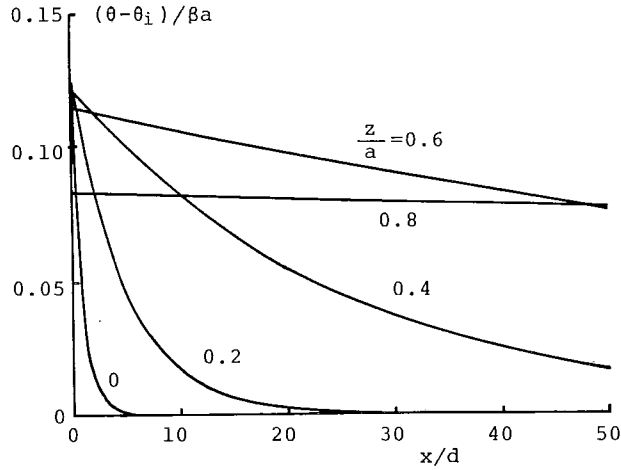


図9 無次元化した地温の深さによる水平分布の違い。ただし、 $\sqrt{\frac{b}{k}} a = 8$

この場合、 $K$ の値は、 $3.1 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ であるから、上昇流が幅数 $m$ の断層破碎部で生じているものとなれば、その部分の鉛直方向の透水係数は、 $1 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ 、すなわち、 $10^{-2} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ のオーダの値に対応する。また、上昇流の水理的な影響範囲を仮りに500m幅の程度とすれば、透水層と不透水層が積層した地層の水平方向の平均的な透水係数として、 $10^{-4} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ のオーダの値に対応される。

さらに、 $H - h_0 = 3 \text{ m}$ 、 $k = 3 \times 10^{-3} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ とおくと、 $a$ の値は(24)式から14mである。これは $z = 0$ における高温帯の広がり程度を表わす指標である。採湯される深度での広がりを見積るため、それを深度600~700mとし、 $a$ を1,500~2,000mとすると、その $z/a$ の値は0.3~0.4であるから、これに対応する図9の無次元温度 $(\theta - \theta_i) / \beta a$ の値が0.1~0.2となる $x/d$ を読み取ると20~50程度である。従って、採湯深度付近での高温帯の広がり幅は、600~1,400mの程度と見積られる。これは、図4に斜線で示した高泉温帯の広がりや、また、600m深地温の分布図<sup>1)</sup>に現われる高温帯の広がりと同程度であり、ここに与えた $b$ などの値は、それほど実状からかけ離れたものではないと思われる。

この場合、 $z = 0$ における流量 $Q_0 (= \sqrt{kb} (H - h_0))$ は、 $0.038 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ 、すなわち、断層線の長さ100m当り $63 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ である。この地域の源泉当りの揚湯量の平均は $112 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ であるから、地下より断層面に沿って地表近くまで浸出する水量は、約200mおきに井戸を線状に配置したときの揚湯量程度である。それが沖積層の不圧地下水中に浸出していたとしても温泉徴候は認められなかったであろう。

以上のように、広い範囲にわたり、横割り型の層状構造を持つ地層が、ある程度深くまで続いていると、その基盤から高温の熱水供給がなくても、地層中のそれぞれの深さでの地温を持つ水が、上下に通じた断層破碎部に徐々に浸出し上昇することで、大分市で見られた程度の地温のずれを持つ高温帯の存在や、そのずれの最大が深さによって変らないで地温が2本の平行線の間に乗ること、また、そのような現象のおこる断層と地層との相対的な水理特性などが知られた。

その考察の過程で、水の流動は極めて緩慢でありながらも比較的浅層に限られ、その移動量は深さに対してほぼ指数関数的 ( $\exp(-\sqrt{\frac{b}{k}} z)$  に比例して) 減少することも知られた。このような水平流動のうち、断層面に沿って地表近くまで浸出する水は広い範囲にわたり、浅層からの極めて遅い浸透によってまかなわれているとしなければならない。今回考察の対象とした不圧地下水層より下の

堆積層内では、水の大部分はいわゆる循環系に与することなく、深層では往古から貯留した状態にあるものと考えられる。

大分市では、源泉数が90口に達した現状においても、浅層の地下水が深部の温泉採取層にまで直接浸入している証拠は、水質からみても見当らず、やはり広い範囲にわたって幾重にも不透水性の層で限られた各層に古くから貯留している水が採取されている状態にあると思われる。

しかし、現在の採湯が続く、あるいはさらに全域にわたり採湯量が増えてくると、深部の温泉水層で水圧の低下がおこり、難透水性の部分を通して、広い範囲にわたり極めて徐々にではあろうが、浅層から深層にまで地下水が浸入するようになり、泉温や泉質に影響のおこる恐れも考えられる。現状ではそれを予知できるだけの資料はないが、いずれ生じてくる問題であり、将来にわたり検討され続けなければならないであろう。

### 参 考 文 献

- 1) 吉川恭三・北岡豪一：大分市における温泉源の分布。大分県温泉調査研究会報告，35号，p. 7～15，1984.
- 2) 露木利貞：鹿児島市内温泉の賦存状態—地域地下水の研究(1)—。鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学)，No. 8，p. 63～77，1975.
- 3) 安藤 武：地層地下水地熱資源。「地熱開発総合ハンドブック」(湯原治三監修)，p. 748～766，1982.
- 4) 田宮良一：山形県における深層熱水型温泉の開発利用と賦存状況について，地熱エネルギー，Vol. 8，No. 4，p. 9～26，1983.
- 5) 工藤聡信：ヨーロッパ諸国地熱水利用実態見聞記(その3)ハンガリーの巻，同上，Vol. 8，No. 4，p. 77～91，1983.
- 6) 大内来三：フランスの地熱開発—深層熱水の積極利用—。地熱，Vol. 12，No. 3，p. 15～18，1975.
- 7) 天津市地質鉱山局(副島寅二郎訳)：天津市の地熱資源の探査と利用。地熱エネルギー，Vol. 10，No. 1，p. 44～62，1985.
- 8) 九州大学温泉治療学研究所・大分県公害衛生センター：大分県温泉調査報告 温泉分析書，30号(1979)，31号(1980)。
- 9) 野田徹郎・北岡豪一：大分川流域温泉の継続観測の総括。大分県温泉調査研究会報告，32号，p. 7～15，1981.
- 10) 佐藤幸二：「非火山性」温泉に関する研究。温泉科学，Vol. 24，No. 2，p. 55～64，1973.
- 11) 乗富一雄：秋田および新潟平野部における地下温度勾配と地下構造。地熱，Vol. 12，No. 3，p. 45～57，1975.
- 12) Uyeda, S. and K. Horai : Terrestrial Heat Flow in Japan. J.G.R., Vol. 69, No.10, p. 2121～2141, 1964.
- 13) 伊藤芳朗・斉藤輝夫・南雲政博：岩石の種になる物理的状态における熱伝導率測定について—Box Probe法による—。地熱，Vol. 14，No. 2，p. 21～34，1977.
- 14) 田中彰一・宮沢 政：ニードルプローブ法による掘層の熱伝導率の測定について。同上，Vol. 16，No. 1，p. 1～10，1979.
- 15) 吉川恭三・川西 博：温泉試錐孔における岩石試料の熱伝導率測定法について。大分県温泉調査研究会報告，15号，p. 1～5，1964.
- 16) Kawanishi, H : Non-Steady Method for Determining Thermal Conductivity of Rocks. Res. Bull. Oita Univ. (Nat. Sci. ) , Vol. 3 , No. 3 , p. 37～46, 1968.

# 沸騰泉の噴出量

京都大学理学部 吉川 恭三  
大石 郁朗

## 1 沸騰泉

温泉は、地上に流出する状態によって、液体の熱水だけが流出する一般温泉、熱水と蒸気の混合流体が噴出する沸騰泉、および蒸気だけを噴出する噴気井に分類できる。

一般温泉井では、井戸管内での摩擦の影響や密度の変化が小さいとして、それらを見捨て、流出水頭で動水頭を近似する方法がふつうに行われ、一般地下水学における井戸理論が適用されている。

図1のように、厚さ一様な被圧帯水層に温泉井があり、自噴している場合を考える。

この自噴井の噴出量  $Q$  は、静止水頭  $H$  と動水頭  $h_w$  の差に比例し、次のように表わされるとする。

$$Q = K (H - h_w) \quad (1)$$

$$K = \frac{\rho_e \cdot 2 \pi D k}{\log \left( \frac{R}{r_w} \right)} \quad (2)$$

$D$  : 被圧帯水層の厚さ、 $k$  : 透水係数、 $\rho_e$  : 流入する熱水の密度、 $R$  : 噴出による水頭の影響半径、 $r_w$  : 井戸の半径

これにより、噴出量と静止水頭、動水頭の値を測定すれば、この井戸に対する地層の水理常数  $K$  の値を求めることができる。

このような一般温泉井では、静止水頭が地表面より高くなければ自噴せず、動力揚湯を行わねばならない。

これに対し、沸騰泉では静止水頭が地表面以下にあっても、井戸の中で沸騰を続けながら地上へ噴出する。この場合、沸騰に従って発生した蒸気が熱水とともに井戸内を上昇し噴出するから、井戸内を流れる流体の密度は一定でなく、上昇するほど小さくなる。そのため、上昇とともに流速が増大し、井戸管内での摩擦が流動に大きく影響しだすなど、井戸管内の沸騰、流速を支配する要素が地層中の条件に劣らぬ効果を与え、液体の温泉水だけが流出する一般温泉にくらべ、その噴出量に影響する要素が複雑となる。

このような沸騰泉が分布する地熱地帯で地下流体の流れを理論的に扱い、地層中の水理特性を推定するには、まず、井戸内の流れにおける摩擦の影響を考慮した上で、井戸孔口で観測される温度、圧力、噴出量の値によって、地層から井戸へ流入する場所でのそれらの値を推定する方法をとらねばならない。

これまでの沸騰泉に関する研究としては、地層中では液体の熱水が井戸を上昇途中で沸騰しつつ噴出するものとして、沸騰泉の噴出機構や過程を考察した福富の研究が最初である。

湯原・友定は、この方法を井戸に入る前の地層中で熱水が沸騰する状態にまで拡大し、自然噴気も含めた地上の観測値から地下の熱水の状態を推定することを試みた。

これらの研究では、流動途中の摩擦の影響を考慮していないが、吉川は、その影響下で自然噴気および沸騰泉のとるべき温度と噴出量の上限を求めた。

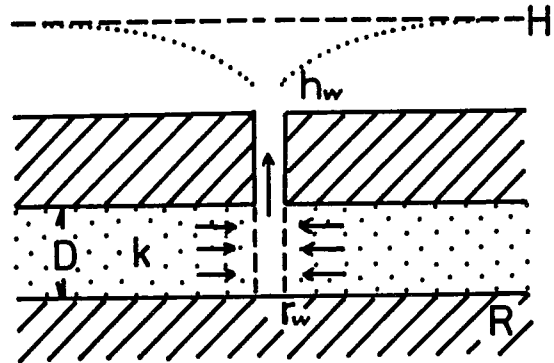


図1 被圧帯水層の温泉井

また、糸井・福田<sup>4)</sup>らは、地熱井内の流れについて摩擦を考慮した数値計算を行っている。

地熱地帯の地層中には、熱水と蒸気が存在し、その接触部では飽和状態の温度・圧力を持つと仮定する。従って、図2に示した飽和曲線上では、両者が混在し、それより上の白地の範囲には過熱蒸気、それより下の斜線部では液体の熱水の状態にある。

ここでは、地層中から熱水だけが井戸へと流入し、上昇する途中で沸騰を始め、そこからは気液2相流となり、沸騰泉として地上へ噴出する場合を扱う。

例えば、180℃の熱水があるとして、図2の点Aの状態ですべて井戸へ流入すれば、井戸中で点線上の状態を経由しながら上昇して点Bで沸騰を始め、その後は飽和曲線上を動いて孔口圧に対する飽和温度で噴出する。(図2では点Cで噴出。)

常に一定の噴出を継続する沸騰泉の定常流を取扱い、井戸管は垂直で、口径は一様であるとし、管の各断面ごとに温度、圧力、比体積、エンタルピーなどの値は一様と仮定する。また、噴出量が大きく、井戸管からの冷却は無視できるとする。

このような井戸管内の流れに対する摩擦の影響も考慮したベルヌーイ式、連続の式は、鉛直上向きにξ軸をとると次のようになる。

$$v dp + \frac{d(w^2)}{2} + \left(\frac{\lambda}{d_w}\right) \frac{w^2}{2} d\xi + g d\xi = 0 \quad (3)$$

$$Q = S \cdot \left(\frac{w}{v}\right) \quad (4)$$

p : 圧力、v : 比体積、w : 流速、d<sub>w</sub> : 井戸管の直径、S : 井戸管の断面積、λ : 井戸管の摩擦係数、Q : 噴出量(質量流量)、g : 重力加速度

(3)式第3項が摩擦項で、摩擦は管の長さ、流速の2乗に比例し、管の口径に反比例するととして、その係数をλとして表わす。

(3)式、(4)式より、

$$v dp + \left(\frac{Q^2}{S}\right) v dv + \left(\frac{\lambda}{d_w}\right) \left(\frac{Q^2}{S}\right) \frac{v^2}{2} d\xi + g d\xi = 0 \quad (5)$$

これをh<sub>1</sub>から孔口まで積分すれば、次式を得る。

$$\int_{p_1}^{p_0} v dp + \left(\frac{Q^2}{S}\right) \cdot \left[ \int_{p_1}^{p_0} v dv + \left(\frac{\lambda}{d_w}\right) \cdot \int_{h_1}^0 \frac{v^2}{2} d\xi \right] - g h_1 = 0 \quad (6)$$

なお、井戸孔口をξ=0、ξ=h<sub>1</sub>をξ=1、という添字で表わす。

計算は、井戸を垂直方向に適当な長さの区間に分割し、熱水温度、噴出量、井戸管の口径、摩擦係数を与えて、各区間ごとに(5)式が成立するようにdpを近似的にきめてゆく。

熱水と蒸気の混合流体の比体積vとエンタルピーiは、次式で与えられる。

$$v = x v_s + (1-x) v_l, \quad i = x i_s + (1-x) i_l \quad (7)$$

v<sub>s</sub>、i<sub>s</sub> : 蒸気の比体積およびエンタルピー、v<sub>l</sub>、i<sub>l</sub> : 熱水の比体積およびエンタルピー、x : 乾き度(単位質量中の蒸気の割合)

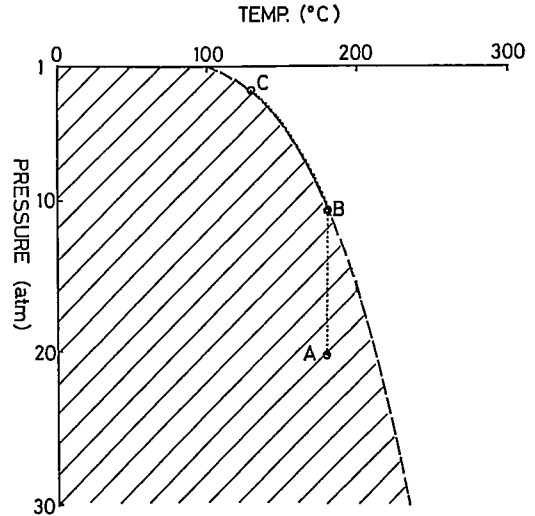


図2 飽和曲線(破線)と沸騰泉の噴出過程(点線)



熱水と蒸気が飽和状態にあると仮定すれば、 $v_s, v_e, i_s, i_e$ は圧力だけの関係で与えられるから、この(7)式より乾き度  $x$  を消去して、比体積  $v$  は圧力  $p$  とエンタルピー  $i$  の関数となる。そのため、井戸に流入した熱水のエンタルピーが沸騰後、飽和曲線上の各圧力の値につき、どのように変化するかを知らねば、比体積の値を求めることができない。

一般に摩擦効果の無視できない流体の流れでは、流体の持つエントロピーは増大を続ける。吉川<sup>3)</sup>は、このような非可逆断熱状態を仮定した蒸気の流れに対し、地層中でダルシー則が適用される範囲では、エンタルピー変化は無視でき、井戸内では次式によるエンタルピー変化がおこることを示した。

$$di + A \frac{d(w^2)}{2} + Agd\zeta = 0 \quad (8)$$

ここで  $A$  は、熱の仕事当量の逆数である。

実際に存在する程度の沸騰泉で、この過程によるエンタルピー変化がどの程度かを概算し、計算を行う区間の両端でどのくらいエンタルピーの変化があり、比体積に対する違いがあるかを検討する。(4)式と(8)式から、

$$i_1 - i_0 = A \left\{ \left( \frac{Q}{2} \right)^2 \left( \frac{v_0^2 - v_1^2}{2} \right) - gh_1 \right\} \quad (9)$$

を得る。

180℃の熱水が流入し、75mmの口径の井戸から、孔口圧2.6気圧で、10.8 ton/hrの噴出量があるときを考える。 $v_1$ は無視できるとして、エンタルピー変化  $\Delta i$  を求めると、

$$\Delta i = (i_1 - i_0) \sim 1.16 \text{ [Kcal/kg]}$$

このように、かなりの噴出量がある沸騰泉でも、エンタルピー変化は初期のエンタルピーの1%未満である。

従って、井戸内での比体積の変化を見積るのにエンタルピー変化の影響は小さく、

$$v_0 = \frac{i - i_s}{i_s - i} (v_s - v) + v$$

$$\Delta v_0 = \frac{\Delta i}{i_s - i} (v_s - v) \sim 0.0014 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

$$\frac{\Delta v_0}{v_0} \sim 0.0186$$

の程度にすぎない。

従って、計算のために分割した各区間では、その間でエンタルピーが一定として比体積を算出してもさしつかえないと思われ、そのように仮定した計算を行う。

以上の計算方法により得られた井戸内における気液2相流の圧力分布、温度分布の例が図3に示される。計算条件は、井戸の口径が75mm、摩擦係数が0.015（一般鋼管に対する実験からの値、以下すべて0.015を用いる。）、熱水の温度が180℃、孔口圧2.6気圧で、噴出量が10.8 ton/hrである。

沸騰が始まる所を沸騰面とよび、熱水の温度に対する飽和蒸気圧を持つ面と定義すると、この例では、孔口から370mの深さに沸騰面がある。

沸騰面近くでは、2相流の圧力勾配は、その面

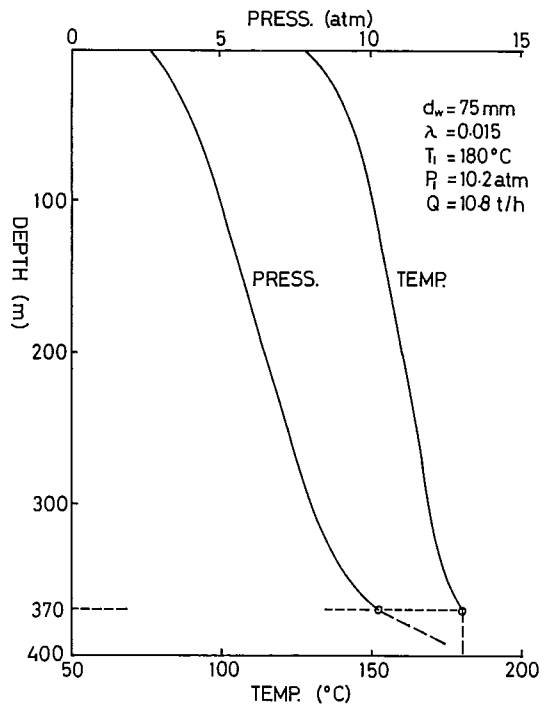


図3 井戸管内の気液2相流の圧力、温度分布

以下の熱水だけが流れる範囲の圧力勾配とほぼ同じであるが、上昇するに従って沸騰がすすみ体積が膨張し、圧力勾配はしだいにゆるやかになる。しかし、さらに上昇すると、流速の増大による摩擦の影響が大きくなり、再び圧力勾配は急となる。

温度は、沸騰面上で急に低下するが、これは沸騰により潜熱を奪われるためである。温度の変化は、圧力変化すなわち体積膨張の大きいところで急激になっている。

熱水温度を一定として、その飽和圧力により沸騰面を定義すると、沸騰面の深さが孔口圧ごとに求められる。噴出量を横軸として、図3と同じ条件で計算した例が図4に曲線群で示される。

沸騰面と孔口圧の関係をみると、孔口圧が低いほど沸騰面は深くなる。これは、噴出量一定として考えれば、2相流部分の圧力勾配はほぼ等しいであろうから、沸騰面での圧力を一定とし、孔口圧を低くとれば、孔口と沸騰面との距離が長くなる。同様に考えて、熱水温度と孔口圧が同じであれば、噴出量の大きい井戸ほどその沸騰面は浅い。

以上は、井戸内の沸騰面以浅における流れについてであるが、次に、その噴出量を供給する地層中からの熱水の流入状態について考察する。

(1)式と同様に、被圧層を通して熱水が井戸に流入する状態を仮定すると、この場合の動水頭は、沸騰面の高さとそれにかかる沸騰圧力に相当する水頭の和、 $h_B + p_B$  で与えられ、(1)式は次式のように変形される。

$$Q = K \{ H - (h_B + p_B) \} \\ = K \{ (H - p_B) - h_B \} \quad (10)$$

ただし、 $p_B = (p_B - 1) \times 10.3$ 、 $p_B$  は、気圧単位で表わした沸騰面の圧力である。

この式は、噴出量と沸騰面の深さの関係を示す。ここで、静止水頭が地面下 100m、熱水温度が 180℃、 $p_B$  が 10.2気圧、従って  $H - p_B$  の値 195m とすれば、(10)式は、図4に、たて軸上 195m の点 A を通り、勾配が K によってきまる直線で示される。

図4上で、曲線群とこの直線の交点を求めることにより、K の値に対する各孔口圧での沸騰泉の噴出量を求めることができる。このようにして、求められた噴出量を孔口圧に対して図5に示す。

この例では、とり得る孔口圧の上限が 6.7気圧で、それ以下に下げていくと噴出量は増加し、大気圧に近づくほどその増加率は小さくなる。

一般の沸騰泉では、観測により、まずその噴出エンタルピーから熱水温度を求め、各孔口圧に対する噴出量につき、図4と同様の関係が得られる。これから、観測された噴出量に対する沸騰面の深さ  $h_B$  が求められ、静止水頭が知られておれば、(10)式から温泉源の水理特性を示す常数 K の値が推定される。

ここで、(1)式を(10)式に変形する際、地層中で井戸に流入する所での水頭  $h_w$  のかわりに、井戸内で推定される水頭  $h_B + p_B$  を用いたが、後者は前者より低いであろうと考えられる。従って、上の方法で推定される常数 K の値は、水頭  $h_w$  を用いて得られる値より多少小さいものと思われる。

この常数 K は、地層の透水性や厚さ、熱水の密度や粘性、井戸の口径によって変化する。常温の水に対し、 $10^{-2} \sim 10^{-5} \text{ cm} / \text{ sec}$  の透水係数を持つ、厚さ 1 m 程度の透水層に、100~200℃の熱水が

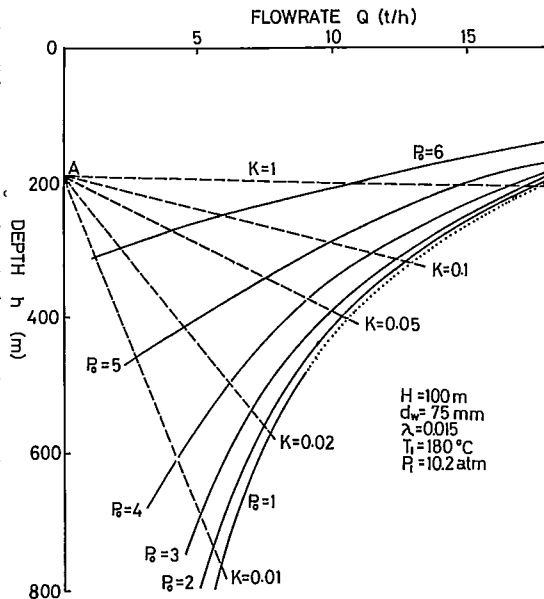


図4 沸騰面の深さと噴出量の関係  
井戸内の条件(実線)と地層内の条件(破線)

流れるとすれば、 $K$ は $1 \sim 10^{-3}$  ton/hr・mの値をとる。

## 2 沸騰面の深さ

1節の計算によって推定される沸騰面は、井戸の口径が大きいほど、熱水の温度の高いほど、また地層の透水性の悪いほど深くなる。

もし計算上得られる沸騰面が井戸の深さよりも深くなれば、熱水が地層中ですでに沸騰し、蒸気を含んだ状態として井戸に流入することになり、ここで取扱う沸騰泉の仮定は適用できない。実際に、地層中で沸騰がおり、蒸気が発生した場合には、その蒸気が分離して、熱水と別の径路を経て流れている状態がしばしば見られる。もし、その分離ができず、地中を混合したままの状態としてしか流れられない場合には、気泡が空隙につまって、地層の透水性が悪くなり、流動を妨害する場合が多い。

従来の地熱域の井戸掘削で、地温は高いが透水性が悪いため噴出しなとか、最初は沸騰泉としてしばらく噴出を継続したが、やがて間欠噴出を繰り返すようになり、ついには停止に至ったという例は、このような状態を示すものである。

従って、沸騰泉を継続噴出させるためには、熱水が井戸へ流入する透水層位置より浅くに沸騰面を保つようにしなければならない。

例えば、図4で $K=0.02$ の透水層から1気圧での噴出を継続させる時の沸騰面は、地面下570mである。従って、仮にこの透水層が500mの深さにあり、それ以外透水性を持った割目に当たらない井戸では、地上大気圧下に噴出を継続させることが難しいことになる。

しかし、この井戸でもし孔口圧が5気圧に保たれているとすると、沸騰面は地面下420m程度に上昇し、500m深の熱水を沸騰泉として継続噴出させることができる。ただし、その場合の噴出量は、1気圧下での値に対して約2/3に制限される。

そのように、沸騰泉の掘削に当たっては、地層中の割目の透水性や熱水温度に適したケーシングプログラム、井戸の深さ、または噴出量の制限などの配慮が必要となる場合が多い。

## 3 噴出量の上限值

沸騰開始後、井戸内の流速は大きくなり、流動摩擦が噴出量に大きく影響することは、1節で述べた。そのため井戸内での流体のエントロピーは、上昇と共に増大を続け、直管内の流動では、流速がその孔口での音速（エントロピー極大）を越えることはできない。

すなわち、噴出量は上限値を持ち、その値は孔口圧と乾き度によってきまる。そして、熱水だけが流入し、流動途中でエンタルピーが変わらないと仮定すれば、流入する熱水の温度から各圧力における乾き度が推定されるので、その温度がわかっているれば、孔口圧に対する噴出量の上限がきまる。

1節の図5には、その上限値を $Q_c$ として示してあり、 $K$ が0.05以上の例では、この上限値により噴出量が制限され、その時の孔口圧は大気圧以上になる。

孔口圧が大気圧以上となり、流速がその圧力での音速に近づくと、管内に衝撃波が生じ、強い流

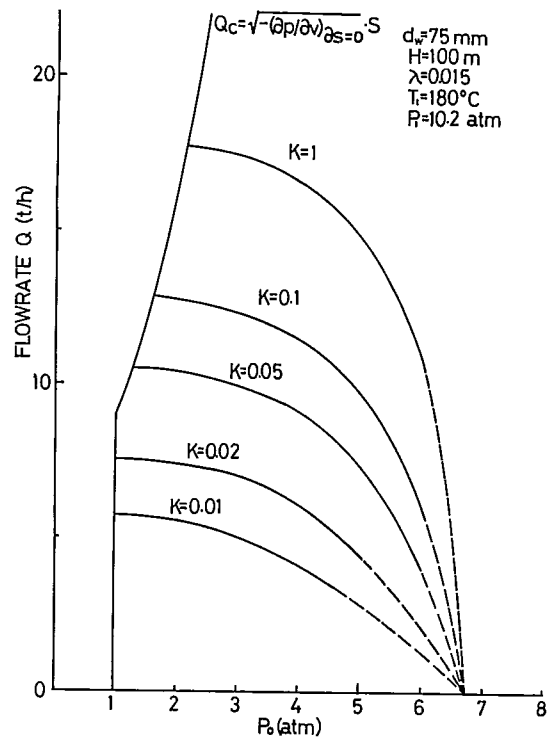


図5 孔口圧に対する噴出特性

動抵抗がおこる。そのため、孔口近傍のごく狭い範囲で急激な圧力解放がおこり、ごう音を伴って噴出し、井戸管に対して強い力が加わり、ケーシング挿入が困難であったり、ケーシング外からの脇吹きがあったりして工事が難しい。

このような沸騰泉では、大気中へ放出される時の流速を、大気圧での音速以下に保つような地上設備が必要となる。地上にセパレーターを設け、その中での圧力を高く保ちながら、蒸気と熱水を別々に放出するとか、地上で管を何本にも分け、それぞれの管からの噴出量は大気圧での上限値以下にするなどはその例である。

#### 4 地上配管による影響

大きい噴出量を持つ沸騰泉では、地上の配管部分で管を延長して抵抗を大きくしたり、管を分岐させて噴出量を分散させるなど、各管内の流速を音速以下に保ちながら大気へ放出させる方法がとられている。

このような地上の配管が沸騰泉の噴出に及ぼす影響や、そういう沸騰泉で噴出量を観測する時の問題点、またその観測値から地層中の水理特性、(1)式のKの値などを推定する方法などを考察する。

簡単のために、配管部分での管の曲りによる圧力損失、冷却の効果は無視し、地上配管が持つ基礎的な効果だけに注目して、次の4つの例を示す。

この場合、一般に(3)式の第4項、重力の効果は、第3項の摩擦の効果にくらべ小さいので、無視できるものとした。

##### 1) 引湯管の延長

強い沸騰泉の中には、井戸の位置よりかなり高い所にタンクを設け、井戸管を直接そこまで延長して、噴出させている場合がみられる。別府では、延長にして約300m、高度差約30m引湯している例もある。(これは、横断自動車道工事に伴って変更された。)

これらは、そのタンクより低所の広範囲に配湯する便宜上行なわれたものであるが、同時に、これにより、上記の噴出速度の制限や沸騰面を限界以下に保つ効果も与えられている。

それらの効果を原理的に大ざっぱに示すため、静止水頭地面下100m、熱水温度180℃、口径75mmの沸騰泉に、地上で200mmの引湯管が接続されている場合を考える。

図6の点Aで示される引湯管出口では、1気圧で8 ton/hrの噴出量があるとする。沸騰泉孔口地表部での圧力と噴出量との関係は、点Aから垂直上方に200m移動した点Bで与えられ、ここでの圧力は、5気圧である。この井戸におけるH-P<sub>B</sub>の値は195mであり、たて軸上の点Dで示され、点Bと点Dを結ぶ直線の勾配からK=0.057 ton/hr・mが求められる。

この引湯管がなく、井戸を地表で直接開放すれば点Cで示され、噴出量は11 ton/hrで、流速は約1.2気圧での音速に達する。この時、沸騰面は地下約380mであり、引湯した場合の点Bに対する沸騰面は約330mで、引湯管の接続により、沸騰面が約50m上昇していることがわかる。

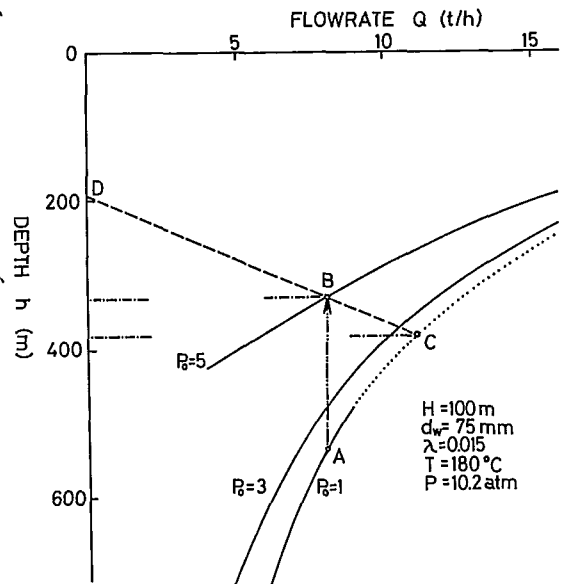


図6 例(1)引湯管の延長

(2) 引湯管による分岐

配湯のために孔口で引湯管を分岐させることはよく行なわれ、数本以上に分岐させている場合も多い。ここでは、簡単のため2本に分岐させているとし、それぞれ200mと50mの長さであるとする。沸騰泉は、静止水頭地面下100m、熱水温度180℃、口径75mmであり、引湯管の口径も75mmとする。

200mの引湯管からは4.5 ton/hr、50mの引湯管からは8.5 ton/hrが1気圧で放出され、その総噴出量は、13 ton/hrである。このとき、(1)で求めたと同様にして、図7で引湯管出口を示す点A、点Bからそれぞれ200mと50mだけ垂直上方へ移動した点A'、点B'より、分岐前の沸騰泉孔口地表部での圧力が3気圧であることがわかる。孔口圧が3気圧の場合の曲線上で、噴出量13 ton/hrとなる点Cとたて軸上の点Dを結び、 $K=0.124 \text{ ton/hr} \cdot \text{m}$ を得る。

(3) 分岐した引湯管を1本にしぼった場合

沸騰泉の噴出量観測の際、数本に分岐した管のバルブを閉じて1本だけから噴出させ、その噴出量を測ってその沸騰泉からの総噴出量とする場合がしばしばある。これは観測の便宜のため、やむをえずとられる方法であるが、それが実際の噴出量にくらべどの程度の違いがあるかは常に念頭において行わなければならない。

例えば、(2)の例の引湯管のうち、50mの引湯管を止めて、200mの引湯管で噴出量などを測定すれば、図7の直線CD上で、引湯管出口を表わす最下部の曲線との垂直方向に距離が200mとなる点Eが孔口地表部を示し、そこでは5.5気圧となっており、噴出量は9.2 ton/hrとなる。分岐して放出していたときより噴出量が3.8 ton/hr小さくなる。

(4) 口径の小さい引湯管による分岐

(3)までの例では、引湯管の口径が井戸管の口径と同じ場合について考えた。

実際は源泉を分配して引湯するときには、引湯管の口径は配湯量に適したものにすればよい。

ここでは、静止水頭地面下100m、熱水温度180℃、口径75mmの沸騰泉に、口径50mm、長さ140mの引湯管が2本接続されているとする。

2本の引湯管からは、大気圧でそれぞれ3.75 ton/hrずつ、計7.5 ton/hr噴出しており、図8の点Aが引湯管出口の状態を示す。分岐前の沸騰泉孔口地表部の圧力は、口径50mmの沸騰泉に対するこの図8で、点Aから140m垂直上方に移動した点A'から5気圧であるとわかる。次に、口径75mmの沸騰泉に対する図9上で、孔口

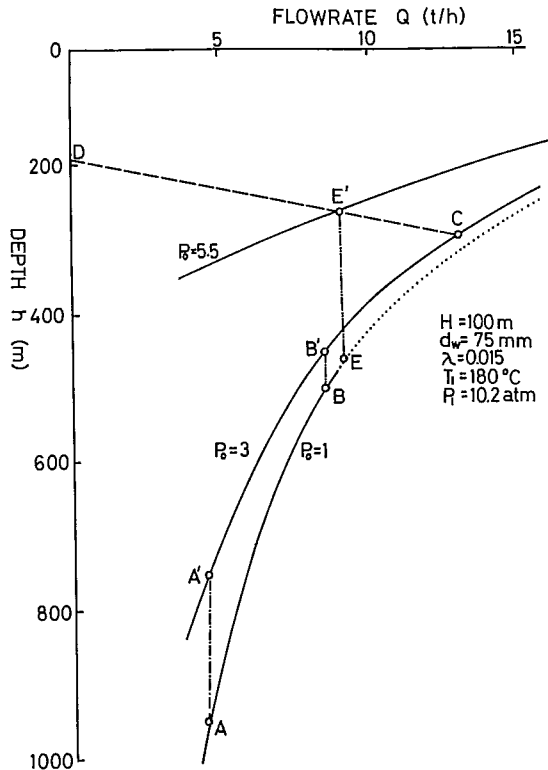


図7 例(2)引湯管による分岐  
例(3)分岐を1本にしぼった場合

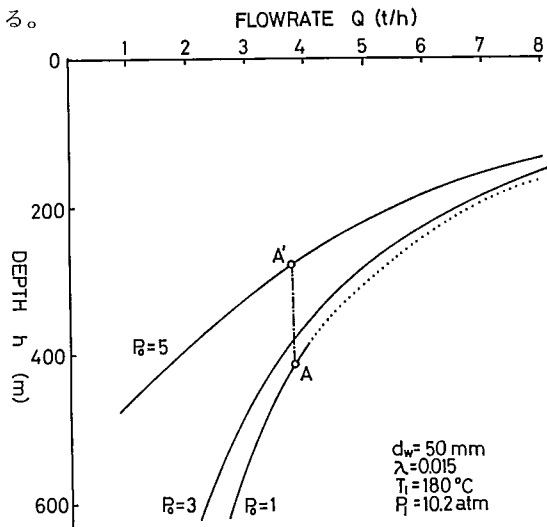


図8 例(4)口径の小さい引湯管による分岐  
(口径50mm)

圧5気圧、噴出量7.5 ton/hrの点Bと点Dを結ぶ直線の勾配から、 $K = 0.052$ と求められる。

引湯管がなく、地上で噴出させれば孔口では、図9の点Cの状態となり、流速は孔口での圧力約1.2気圧に対する音速に達し、噴出量10.5 ton/hrを得る。

この場合、配管によって沸騰面は約60m上昇する。

以上の4例のように、地上配管部分での延長や分岐によって噴出速度を大気圧での音速以下に保ったり、沸騰面を上昇させることで噴出の継続に効果を得ていたりすることがわかる。

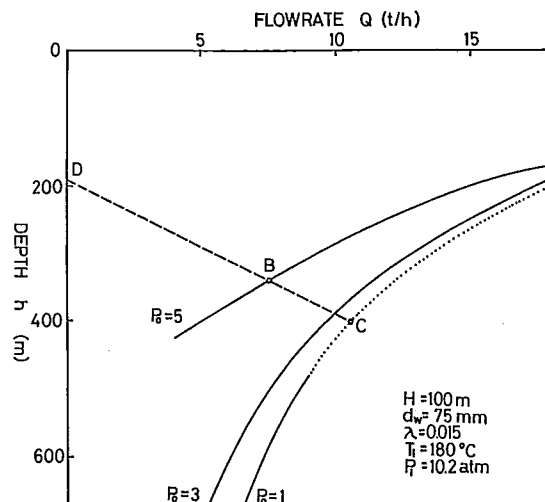


図9 例(4)口径の小さい引湯管による分岐 (口径75mm)

### 5 噴出量観測における課題

沸騰泉の噴出量観測には、噴出流体の密度を知る必要があるが、ほとんどの沸騰泉では孔口にセパレーターの設備がなく、熱水量と蒸気量を別々に測定できないため、乾き度の測定が難しく、ただ推定によるほかない場合が多い。

理論的には、流入する熱水の温度がわかれば孔口圧から乾き度がわかるが、実際の沸騰泉には地層中から熱水だけが流入しているとは限らず、地層中にすでに蒸気が存在し、井戸に流入後、熱水と混合して噴出している場合もあり、その区別が難しい。

また、乾き度が何かの方法で測定できたとしても、4節で示したように、地上配管の影響が加わった状態で観測されるので、実際の総噴出量の算定にも誤差を伴い、また、そうした観測値を利用して地下温泉源の水理特性を求めるにも問題が多い。

望ましい姿は、沸騰泉・噴気井においては、井戸孔口から地上配管に至る間にセパレーターを設け、熱水量・蒸気量を別々に測定できるように設備されていることである。

温泉法第16条（温泉管理者の報告義務）、第17条（立入検査）では、温泉の湧出量などの報告・検査をすることになっているが、沸騰泉の現状ではその定量的な管理・検査は不可能に近い場合が多い。

たぶん、これらの法制定時期における沸騰泉、噴気はほとんど自然噴出であり、その測定がきわめて難しいため、法の適用外のものとして放置されたものであろうが、現在では、その多くが人工的な掘削井にかわっているから、孔口でのセパレーター設置はそう難しいことではない。各県の条例などにより、沸騰泉掘削時に、その所有者に対しそれぞれ適当な観測設備を義務づけてもよい時期に来たと思われる。今後の検討課題としたい。

### 参 考 文 献

- 1) 福富孝治：伊豆にある定常沸騰泉の理論的考察。地震，14(1)，p. 1～25 (1942)
- 2) Yuhara, K. and Tomosada, A：Thermodynamical properties of natural steams and hydrothermal structure of Beppu Geothermal Area. Special Contributions, Geophysical Institute, Kyoto Univ. No. 5, p. 33～44 (1965)
- 3) Kikkawa, K.：Some physical properties of the steam discharged from geothermal ground. ditto. No.11, p. 91～101 (1971)
- 4) 糸井・福田・世古口・岩城：地熱井からの蒸気・熱水生産量に関する理論的研究。日本地熱学会誌，5(4)，p. 235～248 (1983)

# 天ヶ瀬温泉の現況 —昭和60年2月—

京都大学理学部 由 佐 悠 紀

大分大学教育学部 志 賀 史 光  
川 野 田 実 夫

## 1 ま え が き

天ヶ瀬温泉は、筑後川の上流に当る玖珠川が玖珠盆地から日田盆地へ抜ける峡谷の川岸に沿って、約 600m の範囲にゆう出している。また、それより約 2km 上流の玖珠盆地寄りには湯ノ釣温泉がある。いずれもかなり古くから開かれていた温泉であるが、科学的調査は、昭和26年に山下によって初めて行なわれた<sup>1)</sup>。その後、昭和41年および昭和43～45年には、山下らが温泉水質とともに水理的な調査を行ない、<sup>2), 3)</sup> 以来15年が経過した。この間、天ヶ瀬温泉の中心をなす玖珠川沿いでの新たな温泉開発はほとんど無かったけれども、南側の高地部ではやや深い温泉掘削が試みられ、沸騰泉が得られた。また、昭和56年度からは、地域農業の構造改善をめざした農水省の「新農業構造改善事業」のモデル地区として天瀬町が指定され、温泉熱の開発利用による省エネ型花き（バラ）の振興が図られている<sup>4)</sup>。

このように、天ヶ瀬温泉においても、浴用を主体とした単純な温泉利用の形態は、多様化への道をたどり始めようとしている。そこで、将来における温泉地熱開発と利用のための基礎資料とするため、これまでの調査結果をとりまとめると共に、現地調査を行なって現状の記録を残すことを試みた。

しかし、利用可能な資料は豊富とは言えず、また、川沿いにあるほとんどの源泉が密閉されていることなどのため、納得のいく調査は行なえず、所期の目的が十分に果たせたとはい難いことをお断りしたい。

## 2 近年の調査結果の概要

25万分の1 大分県地質図によれば、玖珠川南側の高地部は、更新世の万年山溶岩によっておおわれ、これを囲むように広い範囲にわたって、やや古い筑紫溶岩（豊肥火山岩類）が分布する（図1 参照）。

深く浸蝕された峡谷部は、それらよりずっと新しい阿蘇溶結凝灰岩によっておおわれているが、天ヶ瀬温泉がゆう出している谷底には、以上のものより古い時期の火山噴出物が露われている。

新農業構造改善事業による地熱調査と開発によって、地下構造に関する知見が得られた。その結果は公表されていないが、町当局のご好意により資料の一部を閲覧できたので、その概要をきわめておおまかに記しておく。

まず、峡谷南側の万年山溶岩から成る台地で、ボーリングが行なわれた結果、筑紫溶岩に相当する岩石類の存在が確認された。

この地域には、地熱活動の指標のひとつとされる白土化した変質帯の分布することが知られていたが、<sup>1)</sup> 近年の調査によってかなり詳しい分布図が得られた。それによれば、変質帯は天ヶ瀬温泉、赤岩、本城付近に集中しており、とくに赤岩川沿いには、広範囲に珪化帯の分布していることが見出

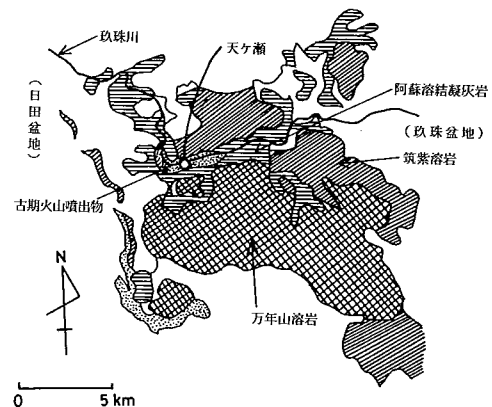


図1 天瀬町一帯の表層地質 (25万分の1 大分県地質図を簡略化)

された。これら珪化帯は熱水活動によって形成されたものであり、その分布が赤岩川に沿っていることから、熱水の通路としての南北系断層が推定されている（図2参照）。

図2は、温泉地と高温水が得られるボーリング井の分布である。そのうちF1とF2は沸騰泉であるが、地下高温水の開発は、赤岩川と玖珠川の合流点付近から始められ、次第に赤岩川沿いの高地部へと進んできたのであった。結果的には、赤岩川断層（仮称）に沿っ

ていたということになる。現在噴出中のF1とF2付近は、中でも一帯における熱水活動がもっとも活発な場所とみなされ、地化学的データより、地下深所には209℃以上のCl型熱水貯留層の存在が予想されている。

一方、航空写真などの解析によって、この一帯では東西性断層系の卓越していることが知られている。F1・F2付近でも赤岩川断層にほぼ直交する東西性の断層の存在が推定され、これに沿って新農業構造改善事業のための地熱開発が進められた。その結果、深度500mの2本の井戸（A1、A2）では高温水が得られ、また第3番の井戸（A3）が最近掘削された。

A1とA2における温度検層や地化学データによれば、水質はCl-HCO<sub>3</sub>型で、その温度は140℃前後と推定され、地下深部から供給されるCl型熱水と浅部地下水の混合によって形成されたものと考えられている。そして、これら高温水は、地表下300~400m深（海拔50~50m）付近に分布する筑紫溶岩中にあるらしい。

かつて山下は天ヶ瀬温泉の化学組成を分析し、その主要な温泉水系は、ある源温泉水が浅部の地下水と混合して形成されていると結論した<sup>1),2)</sup>。その後、昭和45年の温泉水頭分布の調査によって、赤岩川沿いに水頭の高い温泉水が分布し、この地域から玖珠川に沿って上流方向にも下流方向にも流れ出しているような水理状態にあることが見出された<sup>3)</sup>。当時、赤岩川沿いで沸騰泉やそれに準ずる高温泉が開発されはじめ、それらの化学成分濃度も高かったことから、赤岩川沿いの地下深部には、天ヶ瀬温泉を涵養する熱水の存在が推定された。前述のように、近年、高地部の桜竹・赤岩地区で沸騰泉や高温泉が開発されたことは、山下らの推定を裏付けたものと言える。

A1とA2では、掘削時に地下水頭が測定された。それによれば、A1における300m深までの水頭は地表下140~144mであったのに対し、それ以深の水頭は地表下180~184mと、約40mの低下が観測されている。一方、A2における300m深までの水頭は地表下110m程度であり、それ以深ではこれより数m低い傾向が認められる（最低地表下117m）。このように高地部の温泉水頭が深い所ほど低いということは、浅層から鉛直下向きの水の流動があることを示唆しており、地下深所から断層沿いに上昇する熱水が、浅層からの浸透水によって希釈されるような水理的条件にあることがうかがわれる。

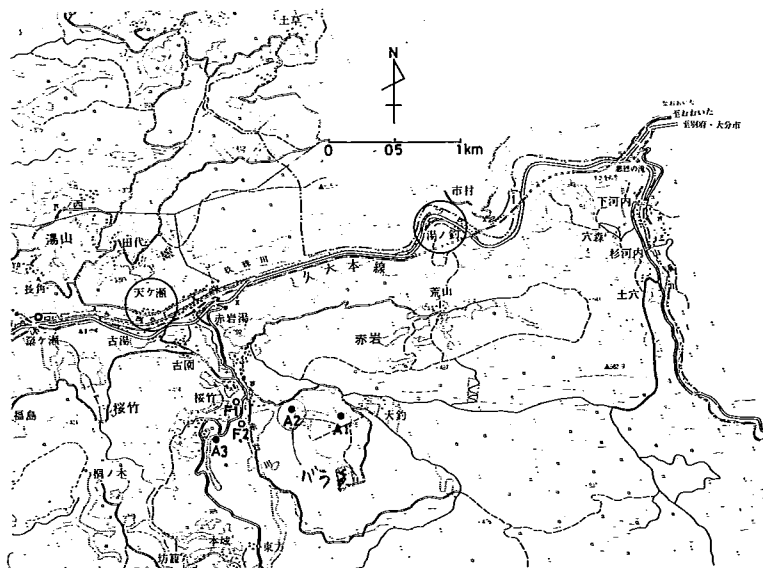


図2 天ヶ瀬・湯山釣温泉の位置と高地部におけるボーリング井の分布



### 3 温泉採取の形態

天ヶ瀬温泉の現状を把握するために、昭和60年2月25・26日に現地調査を行なった。温泉台帳によれば、天ヶ瀬温泉と湯ノ釣温泉の源泉数は、それぞれ68口および10口であるが、天ヶ瀬温泉では約半数が枯渇したり未利用の状態である。表1は、温泉台帳と天瀬町の資料をもとに現状をまとめたものである。現地調査では、利用・未利用の状態を調べようとしたが、所有者が不在であったり、揚湯ポンプの故障で一時的に使用を中止しているものもあって、その見極めは困難であった。したがって表1の統計は確定的なものではなく、おおよその状況と考えていただきたい。

表1 天ヶ瀬・湯ノ釣温泉の利用状況 (昭和60年2月)

	天ヶ瀬温泉	湯ノ釣温泉
台 帳 口 数	68	10
枯 渇 口 数	28	1
未 利 用 口 数	9	1
活 動 口 数	31	8
ボーリング井	17	10
エアリフト井	6	3
水中ポンプ井	1	0
熱交換井	4	0

天ヶ瀬温泉の源泉には、他の温泉地ではあまり見られないような特徴がいくつかある。そのひとつは、河川敷の流れのすぐそばに、およそ2m四方、深さ数mのコンクリート製の湯だめを作り、その中にゆう出する温泉水をポンプで汲み上げるといふ採湯方法である。現在でも、川沿いのほとんどの源泉はこのような構造をしている。

これら伝統的なものに加えて、左岸の道路沿いや斜面部にはボーリング井がある。それらではエアリフトという普通の揚湯法を用いているものもあるが、ボーリング井中にU字型に連結した水道管を挿入し、一方からは冷水を注入して、地下で暖められた温水を他方から取り出すという、いわゆる熱交換方式によって地下の熱を利用しているものがある。このような方法が採られているのは、エアリフトを行なうと、炭酸カルシウム質沈澱物が析出して揚湯管が閉塞されるためであるが、これもまた、天ヶ瀬温泉における温泉利用のもうひとつの特徴と言える。

以上のほか、前に述べたように、赤岩川沿いや高地部では、近年ボーリングによって沸騰泉や高温泉が開発された。そのうち、A2井では水中ポンプによって99℃の熱水が1分間当たり約160ℓ汲み上げられ、花き栽培用温室の冬期の熱源として利用されている。ポンプは180m深の143℃という高温部に設置されているが、このような高温水に水中ポンプが使用されたのは、新技術として評価される。

他方、湯ノ釣温泉の源泉は、深度82~300m、口径50mm前後のボーリング井であり、吸上ポンプまたはエアリフトによって揚湯されている。

### 4 化学組成

過去のデータと比較し、変化の有無を調べることを主目的として、天ヶ瀬温泉19口、湯ノ釣温泉2口の源泉について調査した。その結果を表2に示す。それらの位置は図2と図3に示した。天ヶ瀬温泉のF1は赤岩川沿いの沸騰泉であるが、井戸構造上、ゆう出管の裂け目から漏れ出る熱水を少

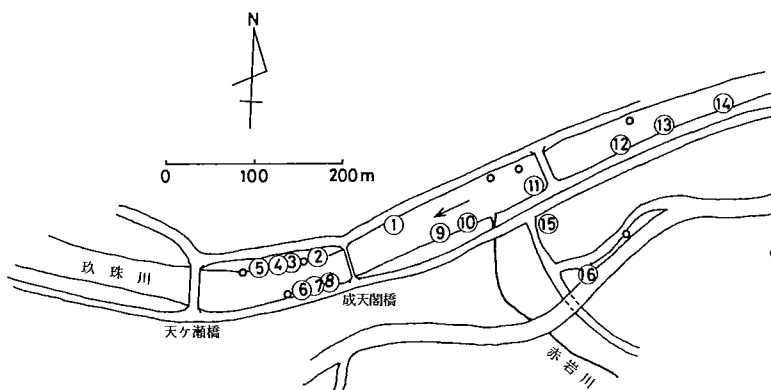


図3 天ヶ瀬温泉における調査源泉の分布

表2 化学分析結果 (単位・mg/l)

No.	泉温(°C)	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	採水月日	備 考
1	56.0	8.23	221	18.4	16.0	2.4	230	170	78.0	2・25	ブリジストンタイヤ
2	53.6	7.91	152	15.0	19.1	1.9	170	143	62.0	〃	成 天 閣
3	43.6	7.81	127	10.5	19.1	2.1	139	123	52.8	〃	清 風 荘
4	43.6	7.85	127	14.6	17.8	2.5	134	120	51.6	〃	久 寿 屋
5	35.4	7.71	105	9.4	16.5	2.2	109	108	44.4	〃	本 陣
6	55.6	8.19	197	17.1	17.7	2.1	207	157	64.4	2・26	水 光 園
7	63.1	—	—	—	—	—	—	—	—	〃	湯 の 香 荘
8	54.4	8.05	188	17.1	19.7	0.7	204	163	67.6	〃	河 野 徳 光
9	56.8	8.11	206	18.1	15.1	2.0	223	147	75.6	〃	日 田 屋
10	49.2	8.02	151	14.4	14.1	0.6	159	117	51.2	〃	山 田 敏 生
11	74.7	8.12	266	22.6	17.9	3.6	287	185	94.8	〃	赤 岩 共 同
12	70.5	8.23	238	19.2	13.8	1.4	248	184	78.8	〃	丸 山 荘
13	63.9	8.47	252	20.1	14.6	1.4	266	156	91.2	〃	ホ テ ル 天 ヶ 瀬
14	45.5	8.39	186	14.8	11.0	1.0	187	140	61.6	〃	水 光 園 別 荘
15	91.0	8.42	282	23.1	12.2	2.0	313	207	85.6	〃	小 松 屋
16	64.4	7.71	210	17.0	3.6	1.5	234	102	66.4	〃	ホ テ ル 浮 羽
F1	97.1	8.88	420	32.9	—	—	506	194	—	〃	温 泉 開 発 工 事
F2	98.7	9.09	414	31.9	0.6	0.9	495	175	96.5	〃	〃
A2	99.0	8.79	441	34.6	7.0	0.7	495	224	96.5	〃	赤 岩 2 号 井
湯ノ釣1	46.6	8.38	202	26.4	18.4	6.5	178	322	23.2	〃	溪 仙 閣
湯ノ釣2	51.1	8.26	198	23.4	18.9	5.8	170	317	22.0	〃	慈 恩

量しか採取できなかったもので、pHのほか、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の4成分しか分析していない。また、No.7では測温のみ行なった。No.6としてあるのは、No.6と7の混合水である。

天ヶ瀬温泉では、前述のように河川敷に設けたコンクリート製湯だめから、吸上ポンプで揚湯しているものが多い。高温の場合はポンプが空まわりするので、冷水をわざわざ混ぜて温度を下げることもある。また、玖珠川の出水時には源泉が水没するので、湯だめは密閉されている。そのため、源泉の場所で採水したり測温することは困難である。ボーリング井においても、そのほとんどは数10m送湯した浴場などでしか測温できない。したがって表2中の泉温は参考資料程度の意味しかなく、過去のデータとの比較はできにくい。

しかし、昭和26年頃と比べると、川沿いの源泉のほとんどが低温化したのは明らかである。当時はNo.14付近に100℃近くの高温水が沸騰しつつ自然ゆう出していたが、現在そのようなものは存在しない。また当時は、川中にも多くの自然ゆう出が見られ、白色の沈澱物(遊離硫黄と思われる)がそこかしこに観察された。温泉水には硫化水素等の硫黄成分がかなりの量含まれており、天ヶ瀬温泉の特徴のひとつであった<sup>1)</sup>。おそらく、硫化水素臭がかなり強く感じられたのではあるまいか。

しかし、現在では川中にそのような白色沈澱物は見られず、今回の調査ではNo.11の浴槽の底に、少量の沈澱物が観察されただけである。このように、玖珠川沿いの温泉活動は昭和26年頃の勢いを失っているが、これは最近起ったことではなく、すでに昭和40年代始めにも川中の自然ゆう出は目立たなくなっていた<sup>2)</sup>。ただ、今回の調査時には河川敷に遊歩道を取りつけるための工事が行なわれており、左岸寄りに川底が掘られてプール状になっている場所があった。そこからは湯気が立ち登っており、現在でも川底下のごく浅層に温泉水の分布していることが観察された。

Cl<sup>-</sup>濃度に対するHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度の関係をそれぞれ図4と図5に示す。図4以下では、玖珠川右岸のものを●、左岸のものを○、湯ノ釣温泉を×、高地部の高温水を⊕で表わした。また、No.15源泉付近のゆう水と、No.14より少し上流における玖珠川水の分析が、昭和43~44年の約15カ月にわたって行なわれているので<sup>3)</sup>、比較のために、図中にはそれぞれの平均値を△と▲で描いた。

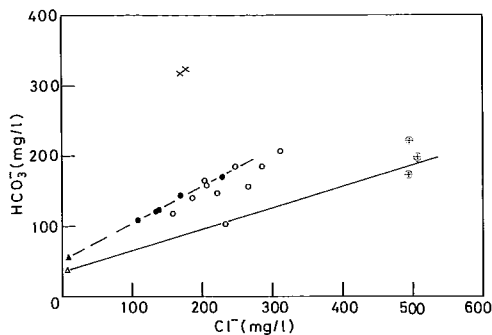


図4 Cl<sup>-</sup>とHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の関係

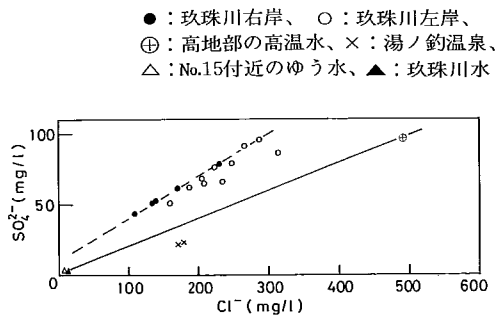


図5 Cl<sup>-</sup>とSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の関係

玖珠川沿いの温泉水は、 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ の両者とも $\text{Cl}^-$ に対して明瞭な直線関係を示し、右岸と左岸の違いは認められない。これらの関係は、昭和41年における関係とほぼ同じであり、陰イオン組成は変化していないと言える。また、これら直線関係は、浅層からの浸透水や河川水との混合を示しているが、とくに右岸にある5つの源泉につき図3と表1を対応させると、下流のものほど低濃度化していることが明らかである。図4の $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^-$ の関係では、それらを連ねる延長上に玖珠川水が位置している。一方、図5の $\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ では、前図ほど玖珠川水との関係ははっきりしないが、両図は温泉水と玖珠川水の混合が下流ほど進んでいることを示している。

ところが、天ヶ瀬温泉の源と考えられている高地部の高温水の組成は、上記直線の延長上には位置せず、 $\text{HCO}_3^-$ も $\text{SO}_4^{2-}$ も低濃度側にずれている。No.15付近のゆう水がこの一帯の浅層地下水の組成を代表すると仮定し、これが高温水と混合したとすれば、図4・5中にそれぞれ実線で示したような関係になる筈である。逆に言えば、玖珠川沿いの温泉水の $\text{HCO}_3^-$ と $\text{SO}_4^{2-}$ は、単純な混合過程から想定される濃度より高濃度になっている。これまで述べたような温泉生成モデルを認める限り、高地部から玖珠川方向へと温泉水が流動する途中で、 $\text{HCO}_3^-$ や $\text{SO}_4^{2-}$ が付加されていると考えなければならない。これには、たとえば別府温泉などで知られているような、地下の蒸気を通しての付加過程が考えられるであろう。<sup>6)</sup>

なお、玖珠川左岸斜面にあるNo.16の $\text{HCO}_3^-$ 濃度は他と比べて低く、図4に見られるように、単純混合による濃度とほとんど一致している。また、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度も若干低く、天ヶ瀬温泉においては特異な組成を示している。

一方、赤岩川上流の熱水活動域から離れた湯ノ釣温泉では、以前から知られていたように、天ヶ瀬温泉より $\text{HCO}_3^-$ 濃度は高く、 $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度は低い。これらから、天ヶ瀬温泉とは別の地熱—温泉系とする考え方もある。しかし、この違いは活発な地熱地域から離れるほど硫黄成分は減り、炭酸成分は増えるという一般的傾向（火山ガスに関するデビルの法則）の現われと解釈することもできる。<sup>2)</sup>

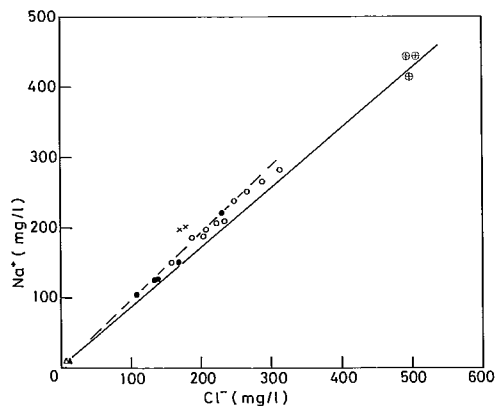


図6 Cl<sup>-</sup>とNa<sup>+</sup>の関係

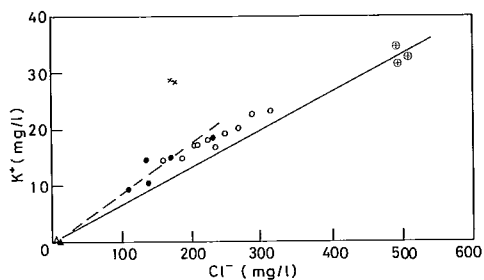


図7 Cl<sup>-</sup>とK<sup>+</sup>の関係

図6と図7は、それぞれ $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ および $\text{Cl}^- - \text{K}^+$ の関係である。両者とも明瞭な直線関係があり、これらも以前の調査結果とほとんど同じである。また、新たに見出された高地部の高温水も、ほぼ同じ直線上に位置しているように見える。したがって、玖珠川沿いの温泉水の $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ 濃度は高温水と浸透水の混合によってほぼ説明できるであろう。しかし、図中に実線で示した混合希釈線との関係を見ると、玖珠川沿いの温泉水はいずれも想定される濃度よりいくらか高く、地層から $\text{Na}^+$ や $\text{K}^+$ が若干溶出されている可能性がある。

No.16は特異な陰イオン組成を示していたが、 $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ の組成は他のものとあまり変わらない。しかし、やはり他に比べて混合希釈線にやや近い位置にあることが認められ、地層からの溶出による付加量はいくらか少ないようである。

湯ノ釣温泉における $\text{Na}^+$ 濃度は天ヶ瀬温泉のものより若干高めであり、 $\text{K}^+$ は明らかに高濃度を示す。

図8は $\text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$ の関係である。多くの地熱水で見られるように、高地部高温水中の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は非常に低い。とくに、 $\text{HCO}_3^-$ が比較的低いF2には $0.6\text{mg}/\ell$ しか含有されない。しかし、そのような高温水から作られたと考えられる玖珠川沿いの温泉水中の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は比較的高く、地層から溶出されたものの占める割合が大きいと考えられる。また、前に述べた $\text{HCO}_3^-$ 濃度の低いNo.16における $\text{Ca}^{2+}$ 濃度はかなり低く、たとえばA2のような高温水と浅層地下水との混合によって説明できる程度である。これらのことから、地層からの溶出をひき起こしたのは、付加された炭酸や硫黄成分であろうと考えられる。

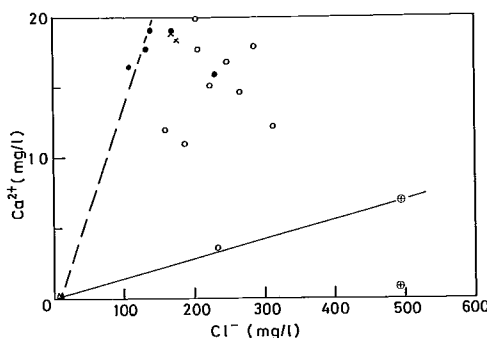


図8  $\text{Cl}^-$ と $\text{Ca}^{2+}$ の関係

一方、湯ノ釣温泉の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は、天ヶ瀬温泉のそれとほとんど同じである。

### 5 昭和41年当時との比較

前節で述べたように、昭和41年当時と比べて、天ヶ瀬・湯ノ釣両温泉の化学組成にはほとんど変化が認められない。次には、濃度がどのようになったかを調べよう。化学組成はほとんど変化していないから、代表として $\text{Cl}^-$ 濃度の変化を調べれば、ほぼ目的が達せられる。図9には、横軸に昭和41年当時の $\text{Cl}^-$ 濃度を、縦軸には今回の濃度をとって対比した。図中の直線は変化が無いときの関係である。この直線より上側にあれば濃度が増加したことになり、下側にあれば減少したことを意味する。各点は、この直線のまわりに大きく散らばっていて、ほとんど不変のもの、濃度が増したもの、減少したものとさまざまである。

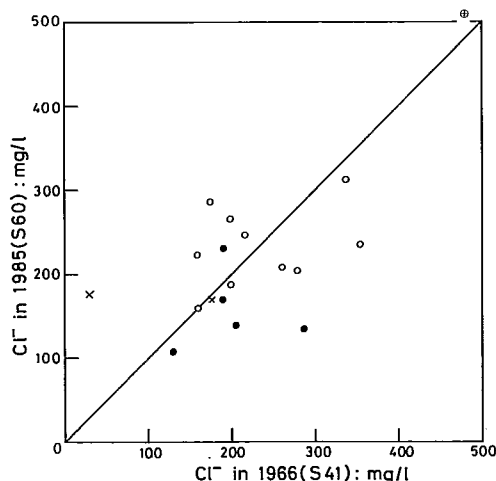


図9 昭和41年と昭和60年における $\text{Cl}^-$ 濃度の比較 (⊕は昭和48年との比較)

湯ノ釣温泉の1つはほとんど変化していないが、もうひとつでは大きく増加している。温泉台帳によれば、この源泉は昭和41年以降、掘りかえられておらず、前回の採水時には冷入が混入していたのかもしれない。

図中には、高地部の高温水 (F1) がプロットされているが、ほとんど不変である。ただし、こ

れは昭和48年との比較である。

以上より、天ヶ瀬・湯ノ釣温泉ともこの約20年間に化学成分濃度も組成も、全体的にはほとんど変化していないように思われる。

## 6 玖珠川右岸の温泉に関する覚書

Cl<sup>-</sup>濃度がやや大きく減少したもののの中に、玖珠川右岸のものが含まれている。これらについては特別な事情があるので簡単に述べておきたい。

我々が調査を行なったとき、成天閣橋当りから下流側で、河川敷に遊歩道を取りつけるための工事がなされていた。そのために、川底はブルドーザーなどで掘りかえされ、また、No.2 源泉では、湯だめを作り換える工事を行っており、かなりの量の温泉水が汲み出されていた。

それより下流にある源泉の所有者の話によれば、これら工事にもなって泉温が低下したという。実際、もっとも下流のNo.5 では、表1に記されているように、泉温がかなり低い。しかし、工事が停止する夜間には、若干泉温が回復するとのことであった。表1・図3を対照すれば、右岸に沿って下流ほど低温化・低濃度化していることが明らかである。これは、それらより上流での揚湯により温泉水頭が低下するとともに、川底の掘りかえしによって、温泉水への河川水混入量が下流ほど大きくなったためと考えられる。工事区間より上流のNo.1では、図9に記されているように、昭和41年当時より幾分濃度が増していて、工事の影響をまったく受けていないようである。

このことは、赤岩川方面から玖珠川の方へと流動してきた温泉水が、玖珠川沿いの比較的浅層部を下流側へと流れていることを裏付けている。

以上報告を終えるにあたり、天瀬町住民課、農業構造改善課、および調査に御協力いただいた大分大学学生諸氏に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 山下幸三郎：大分県天ヶ瀬温泉調査報告，大分県温泉調査研究会報告，3号，1—11，1952.
- 2) 山下幸三郎：大分県天ヶ瀬，湯ノ釣温泉の水系，同上，18号，15—18，1967.
- 3) 山下幸三郎・由佐悠紀・川野田実夫：天ヶ瀬温泉に及ぼす河川水の影響，同上，22号，13—24，1971.
- 4) 井本修：大分県天瀬町における地熱開発利用の現状，地熱エネルギー，10巻1号，7—14，1985.
- 5) 宮久三千年（編集）：大分県地質図，1971.
- 6) 吉川恭三・由佐悠紀：別府温泉南部域の炭酸成分，大分県温泉調査研究会報告，23号，1—10，1972.

# 寒の地獄冷浴による生体変化

—健康増進法としての意義—

九州大学生体防御医学研究所外科 辻 秀 男  
 麻 生 宰  
 白 坂 千 秋  
 竹 内 義 彦  
 内 田 一 郎

## 1 はじめに

冷水浴は、わが国では古来一種の健康増進法と考えられており、一部では現在においても賞用されている。温浴の場合とは異なり、冷浴を行なうにはある程度の克己心を要する。したがって冷浴後に得られる精神的満足感、反射性皮膚温感とともに一種の心身の充実感をもたらし、少なくとも主観的には健康感が増大することが経験される。しかし冷水浴がいわゆる健康度を客観的にも増進するかどうかの科学的検討はなされていないようである。

そこでわれわれは、九重地区「寒の地獄」を用いてこの点を検討してみた。寒の地獄は微量の硫化水素を含有する水温13℃の冷鉱泉である。毎年夏季には多数の浴客を迎え、その中には皮膚疾患などの治療を目的とする療養客もあるが、寒の地獄浴で体調が好転することを自覚して毎年定期的に訪れるものも少なくない。13℃の冷浴は、体感としてもかなり強い刺激であり、これに一定期間連浴すれば、生体には寒冷刺激によるトレーニング効果を生ずることが期待される。

われわれはさきに、寒の地獄の1週間連浴による体温ならびに2、3内分泌代謝反応の変化を報告した<sup>1),2)</sup>。その結果では、短期間の連浴でも産熱機能の増大や、糖・脂肪代謝の変化から生体エネルギー産生機能が改善されることが示唆された。これらの成績は、運動トレーニングによるエネルギー代謝効率改善と共通性があるように思われる。たとえば、持久性運動トレーニングによって、生体はエネルギー源をブドウ糖から脂質にシフトさせる。すなわち、冷水浴刺激によるトレーニングと、運動トレーニングとの間には正の交叉性があることが推定されるのである。事実、運動トレーニングは耐寒性を増大させることが報告されている<sup>3)</sup>。また運動能力(いわゆる体力)は、健康の一つの指標とも考えられていることから、われわれは冷浴の健康増進効果を検討するにあたり、体力をその指標として選ぶこととした。また体力の尺度としては、運動負荷に対する生体のホメオスターシス維持能力をうかがう目的で、心拍数や血圧レスポンスなど、2、3の生理学的、生化学的変化を観察した。

## 2 対象と方法

検査対象：年令19~22才の健康男子学生5例で、これら各被験者の身体計測値は表1に示すごとくである。被験者中1名(第2例)は、いわゆる運動家で、ほとんど毎日かなり激しい運動を行なってきたもので、安静時心拍数が著しく少ない点がこのことを裏書きしている。他の4例は定期的な運動トレーニングは行なっておらず、比較的安靜的な日常生活を送ってきたものであった。

表1 被験者の身体計測データ

No	年令	身長(cm)	体重(kg)	脂厚(cm) <sup>※</sup>	心拍数	血 圧	備 考
1	22	171	57.0	21.7	68	130/88	
2	21	171	73.5	23.6	52	136/80	運動選手
3	22	170	53.0	21.9	84	100/60	
4	20	167	55.5	17.4	76	132/70	
5	19	165	54.5	29.4	84	110/78	

方法：夏季休暇中の約2週 ※皮脂厚：三頭筋、肩胛骨下、前腸骨棘上における測定値の和

間を寒の地獄に滞在させ、午前および午後に1回あて、それぞれ15分間の寒の地獄浴を行なった。浴後は積極的に暖を取ったり運動することを禁じ、安静状態で必要な検査を行なった。また滞り期間中は、夕食後に30分前後の散歩をするほかは、登山や運動遊戯を行なうことを禁じた。栄養に関しては、旅館で供される食事は単調ながら質・量ともに充分と思われたが、その他にも菓子、ジュースや少量のアルコール飲料の摂取を許可した。

測定項目：

(1) 自覚症および体温 被験者に毎日の体感、食欲、睡眠状態などを記録させた。体温は第1日、第7日、第14日目午後の浴に際して、直腸温を浴前後2時間にわたって連続測定記録した (Erb社自動温度記録計)。

(2) 尿中カテコラミン 毎日24時間尿を6N-HClを入れた蓄尿瓶に集め、日立高速液体クロマトグラフ法を用いてアドレナリン、ノルアドレナリンを測定した。

(3) 運動負荷試験 寒の地獄へ出発当日、連浴開始後1週および2週後の3回、室温26~27℃の研究室内で次の検査を行なった。モナーク社自転車エルゴメーターを用いて毎分600KPM (約100ワット) のペダル踏み運動を5分間行なった。その間ならびに5分後までの心拍数 (EKGモニター)、血圧 (Critikon社 Exercise Monitor 1165型)、動脈血乳酸および動脈血 Base Excess (B. E.) (Radiometer社 ABL-3型) を測定した。

### 3 成績

(1) 自覚的体感 13℃の寒の地獄冷浴では、初回浴時には耐えがたいほどの寒冷感を覚え、数分後には押えがたい「ふるえ」を来す。四肢は自然に屈曲して軀幹に密着し、身体表面と水との接触面をできるだけ少なくするような体位をとる。浴後も、寒冷感と「ふるえ」は30~50分間持続し、その後疲労感とねむけを催す。連浴を重ねると、約1週間後には浴中の冷たさはずらぎ、四肢も伸ばすようになり、「ふるえ」の程度も軽減するものが多かった。しかしこの頃に、全身倦怠感や熱感を訴えるものがあった。さらに2週間になると、1例を除き浴中浴後の「ふるえ」は消失した。

被験者はいずれも食欲が亢進し、よく眠るということであつた。すなわち、比較的安静な状態で十分な食事と睡眠をとる生活であつたが、2週間後の体重は-0.5~+0.5とほとんど変化は見られなかった。

(2) 体温の変化 (図1) 初回浴では、直腸温は浴中やや上昇し、浴10分後頃より低下しはじめ、出浴後は急速に低下して50分後に最低となり、以後徐々に上昇したが、浴後2時間でもなお37℃以下に止つた。

1週間後の体温変化は初回浴の場合とほぼ同様であつたが、出浴後の体温回復は初回より遅れる傾向となり、最低体温は70分後に認められた。

2週間になると、浴中の体温上昇はもはや認められなくなり、出浴後の体温は観察期間中で最も低くなった。しかし最低体温に達するのは30分後と早くなり、以後は2週後に比べるとやや急速に上昇する傾向を示した。

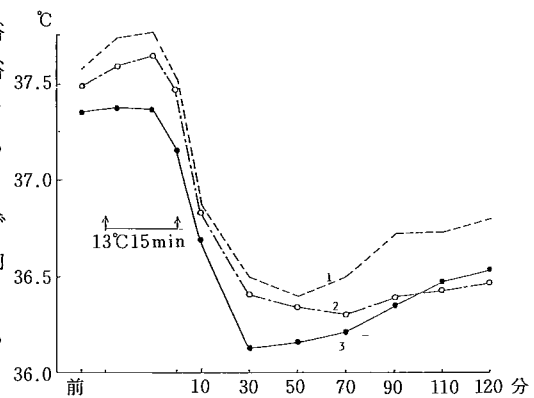


図1 寒の地獄冷前後の直腸温変化 (5例の平均値)  
1: 第1回目浴 2: 1週間連浴後  
3: 2週間連浴後

(3) 尿中カテコールアミン排泄量

① アドレナリン (図2) 寒の地獄浴開始前の平均値は $5.5 \pm 2.4$  mcg/day (平均値  $\pm$  SEM) と正常値であつた。浴開始当日は $16.1 \pm 5.8$  mcgに増加したが、個体差が大きく統計学的有意ではな

った。2日目にはやや低下したが11.7mcgと前値に比べて有意に多く、それ以後は正常値範囲内で推移した。ただ8日目に一過性の有意な排泄量増加が見られた点が注目された。

② ノルアドレナリン (図3) 浴開始前値は40±15mcg/dayと正常値であり、連浴第1日目には85±15mcgと有意に増加した。このノルアドレナリン排泄量増加は寒の地獄連浴中は持続的に認められた。

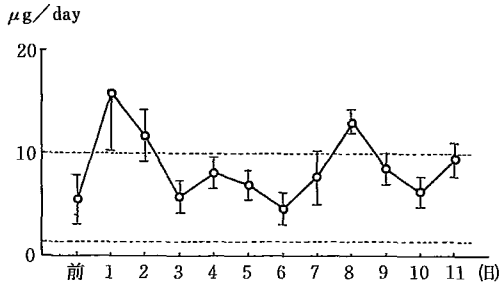


図2 寒の地獄連浴期間中の尿中アドレナリン排泄量経日変化 (平均値±SEM)

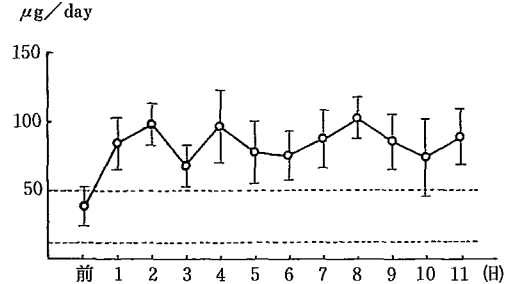


図3 寒の地獄連浴期間中の尿中ノルアドレナリン排泄量経日変化 (平均値±SEM)

(4) 運動負荷テスト

① 心拍数 (図4) 600KPMのエルゴメーター運動による心拍数変化は、冷浴開始前では5分後には平均170/分に上昇し、運動中止後3分では平均112/分に減少した。この心拍数変化は連浴経過に伴い漸次減少する傾向を示し、2週後では最大心拍数は160/分、3分後では100/分と、連浴前に比べて平均約10拍減少した。

② 血圧 (図5) 運動中の血圧の変化は心拍数の経過に類似し、運動5分継続後の値で約10mmHg、3分後では15mmHg低下した。

③ 乳酸 (図6) 運動前の空腹時乳酸は連浴経過と共に低下する傾向がうかがわれた。エルゴメーター運動後3分には血中乳酸は4～6mM/L増加し、以後徐々に減少した。2週連浴後の最高乳酸値は、初回に比べて平均約1.2mM/L低くなったが、統計学的には有意ではなかった。

④ Base Excess (図7) 運動負荷前の値は、有意差ではないが連浴経過に伴って増加する傾向であった。運動負荷後には減少するが、運動後3分の値は、寒の地獄連浴前と連浴2週後とで平均2mEq/L以上の差があり、連浴後の減少が少なかった。

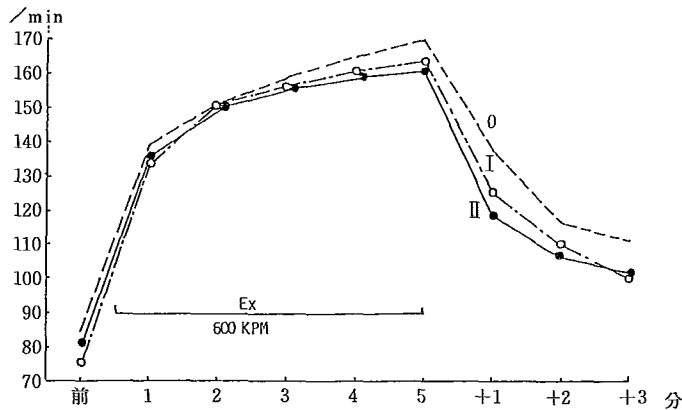


図4 運動負荷テスト (600KPM・5分) における心拍数の変化 (5例の平均値)。0:連浴前、I:連浴1週後、II:連浴2週後。



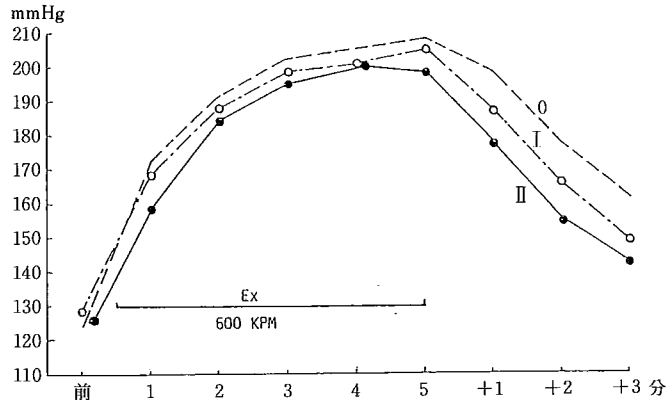


図5 運動負荷テスト (600KPM・5分) における最高血圧の変化 (5例の平均値)  
0 : 連浴前、I : 連浴1週後、II : 連浴2週後

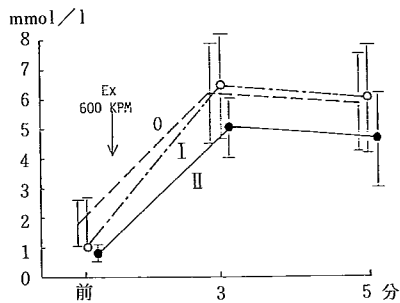


図6 運動負荷テスト (600KPM・5分) 前後の血中乳酸量  
0 : 連浴前、I : 連浴1週後、II : 連浴2週後

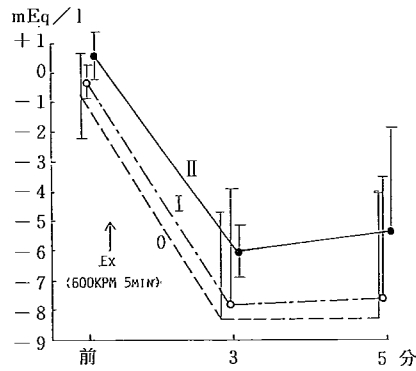


図7 運動負荷テスト (600KPM・5分) 前後の動脈血 Base Excess.  
0 : 連浴前、I : 連浴1週後、II : 連浴2週後

#### 4 考 察

寒の地獄13℃冷浴は、自覚的体感からはかなり強い刺激で、これに入るには当初ある程度のモチベーションを要する。他覚的にも、中心体温が2℃以上低下し、カテコラミン排泄増加を来すなどの変化をもたらした。

カテコラミンのうち、副腎髄質から分泌されるアドレナリンは、連浴の初期にだけ排泄増加し、冷浴を反復するに従って増加しなくなった。すなわち、アドレナリンは体温低下そのものが刺激となって増加するのではなく、むしろ感覚的寒冷感が刺激となって分泌され、寒冷感が薄らぐようになると最早分泌されなくなるように思われる。これに対して、交感神経末梢から分泌されるノルアドレナリンは、間歇的にせよ冷浴刺激が続いている間は衰えることなく分泌される。この点は、寒冷に適応した動物あるいは人でも、尿中ノルアドレナリン排泄は増加しているという諸家の報告と一致する<sup>4)</sup>。ノルアドレナリンは、生体が寒冷に適応するためのメディエーターとされているので、その尿中排泄が増加しているのは、寒冷への適応過程にあることを示すものと思われる。

アドレナリンは、連浴1週目頃に一過性の排泄増加を示した。その機序は明らかでないが、この頃に被験者の多くが全身倦怠感など、いわゆる浴反応 (湯あたり) に相当する症状を呈したことから、これと関連があると考えられる。浴反応は、温泉浴に際して見られることはよく知られているが、温泉浴に特有のものではなく、運動トレーニングなどでも1週目頃に認められる全身症状で、療養反応 (Kur-reakiton) と総称される非特異的生体反応と考えられている。新しい環境への適応

過程で、生体機能が一種の転換期に達した際にあらわれるものと思われる。冷浴についてみると、連浴1週目頃に自覚的寒冷感が薄らぎ、「ふるえ」の程度も軽減あるいは消失しかけた時期に相当する。

「ふるえ」は、下降した体温を上昇させるために不随意的に起こる筋収縮で、その中枢は間脳の体温中枢にあり、ここを灌流する血液温度が一定程度以下となると「ふるえ」を起こさせるものと考えられる。寒の地獄連浴1週後に「ふるえ」が起こらなくなったことは、「ふるえ」を起こさせる中枢のセットポイントが低い温度に調整されたことを意味する。

以上のことは、体温の変化に反映されている。すなわち、初回浴時の体温は、浴中浴後を通じて最も高く維持された。これは著しい「ふるえ」によって熱産生が促進されたことによる。1週後には「ふるえ」が軽減したために体温回復は遅延し、さらに2週後では体温は最低となった。この状態は *hypothermic adaptation* と呼ばれる状態に一致する<sup>5)</sup>。

寒冷適応においては、「ふるえ」による産熱にかわって化学的産熱反応が<sup>1)</sup>充進し、代謝レベルでの適応が行なわれる。これは、筋収縮といういわば機械的熱産生にかわって、主として脂肪を積極的に燃焼させることによって化学的に体温を産生するものである。本研究での体温経過からみると、化学的産熱機能は1週後ではまだ形成されていないと思われる。しかし「ふるえ」が消失した2週後では、浴後30分以降の体温上昇は1週目の体温回復に比べて早くなっており、化学的産熱機能が形成されかけていることがうかがわれる。

温泉地療養は一般に3～4週間行なうことが原則とされている。これは泉浴を含めて温泉地療養による生体機能の調整、すなわち適応が完成するにはこの期間が必要ということが経験的に知られているためである。この研究では、寒の地獄連浴は2週間しか行ない得なかったが、さらに1～2週間継続することが出来たら、上述の所見はもっと著しくなることが予想される。

このように、寒の地獄冷浴刺激への適応はいまだ充分ではなかったと考えられたにもかかわらず、エルゴメーター運動における生体反応にはすでにある程度の変化が認められた。すなわち、運動中ならびにその後の心拍数や血圧の減少傾向は、同一運動量の循環機能への負荷が相対的に軽減されたことを示唆している。また運動後の血中乳酸濃度やB. E. の変化は、組織への酸素供給が良好となったことを示し、いずれも体力が増大する傾向にあることを意味している。寒の地獄滞在中の被験者の運動量は、日常のそれに比べると著しく少なかった。すなわち、上述した体力改善は運動トレーニングによるものではなく、間歇的冷浴を含む寒の地獄滞在の結果によるものと考えられる。

寒の地獄連浴によって体力が増大する機序は明らかでないが、交感神経機能を介する生体機能の変化による可能性が考えられる。本研究とは逆の関係で、運動トレーニングを行なった動物では耐寒性が増大することが報告されている<sup>3)</sup>。ここで興味あることは、運動トレーニング動物は、寒冷刺激を受けた時のカテコラミンや副腎皮質ホルモン分泌が安静飼育動物より少なかったという。これは同じ寒冷刺激が、運動トレーニング動物には相対的に少ない影響しか及ぼさなかったということである。同様の関係は、寒冷トレーニングを受けた生体が、運動を行なった場合についても考えられることであろう。すなわち、寒の地獄連浴によって生体は高いカテコールアミン分泌状態におかれ、このことが生体機能全体をより高い活動レベルでの平衡状態に到らせるものであろう。これら適応現象の機序は、現在なお未解決の問題で、今後の興味ある研究課題である。

上述したことから、寒の地獄連浴が、生体の内部環境の恒常性維持能力を高めるという意味で、健康増進的に作用する可能性は充分考えられるところである。

## 5 おわりに

健康成人5名を対象として、寒の地獄連浴を2週間行ない、尿中カテコラミン、体力テストの成績などを検討した成績を報告した。その結果を総括すると、寒の地獄浴は交感神経機能を介して生

体のストレス耐性を増大させると考えられる。すなわち、寒冷浴は運動トレーニングと同様の機序により健康増進の目的に利用し得ると思われる。

#### 文 献

- 1) 辻秀男・麻生幸・白坂千秋・菊池哲茂：寒の地獄連浴による体温変化，温研紀要，31：131—137，1979.
- 2) 辻秀男・麻生幸・白坂千秋・菊池啓茂・佐藤賢治：寒の地獄連浴による代謝変化．温泉紀要，33：39—45，1980.
- 3) Chin A. K. , Seaman R. , and Kapileshwarker M. : Plasma catecholamine response to exercise and cold adaptation. *J. Appl. Physiol.* , 34 : 409—412, 1973.
- 4) 黒島晨汎：温度適応の代謝機構．代謝，16：35—44，1979.
- 5) Brück, K. , Baum, E. , and Schwennicke, H. P. : Coldadaptive modification in man induced by repeated shortterm cold-exposures and during a 10-day and —night cold-exposure. *Pflügers Arch.* , 363 : 125—133, 1976.

## 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

九州大学生体防御医学研究所内科 藤井郁夫  
大塚栄治  
延永正

### はじめに

今まで多くの研究者により温泉浴、特に連浴による自律神経機能の正常化が報告されている<sup>1), 2), 3)</sup>。その理由は交感神経側に傾いているものは副交感神経側に、副交感神経側に傾いているものは交感神経側に調整され、その結果生体機能の正常化として表現されるものと解されている。

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、臨床的症状、徴候から交感・副交感神経の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、鷲皮反応、発汗試験、体位変換時の反射性頻脈、血清 dopamine- $\beta$ -hydroxylase 活性値等が用いられ、副交感神経機能の指標としては Aschner 眼球圧迫試験、Erbn 踵趾試験が用いられ、両系を同時に測定する方法として Valsalva-manuever、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<sup>4)</sup>。

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、慢性関節リウマチ (RA) の自律神経機能に及ぼす温泉浴の影響を検討した。この方法の原理は洞調律は洞結節の自動能とこれを支配する交感・副交感の両自律神経系により規定されていて、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 が糖尿病性自律神経機能障害者において、この変動が減少したことに由来している。すなわち、R-R 間隔の変動の減少した自律神経機能障害を有する RA 患者20名において、入院時と37℃単純泉連浴1カ月・2カ月後に変動係数を測定し、17名について改善がみられ、泉浴による自律神経系に対する効果を確認した。

### 対象および方法

対象は自律神経機能障害を有する RA 患者18名 (男/女=6/12、うち MRA 3名、平均年齢 58.2才 (44-78)) と JRA 患者1名 (女、12才) について測定を行なった。なお自律神経機能障害の判定は、我々が昭和59年の日本リウマチ学会総会で発表した年齢別正常値、および景山氏らの測定した正常値により行なった。

方法：R-R 間隔の測定には機種 Medical electronics Commercial 社の AUTONOMIC R-100 を用いた。すなわち食後1時間以上たってから10分間以上の Bed 上仰臥位安静をとらせ、上記の機器を使用して連続的に100心拍の R-R 間隔を測定し、平均 Mean、標準偏差 SD、変動係数 CV (Coefficient Variation=SD/Mean $\times$ 100%) を計算した。これを入院時、温泉浴 (単純泉37℃による運動浴1日1回) 連浴1カ月後、2カ月後の3回行なった。なお自律神経機能は変動係数 CV によって示され、これが小さい時自律神経機能異常ありと判定される。

### 結 果

CV 値は Control、RA 患者とともに加齢とともに有意に低下がみられた ( $p < 0.01$ )。自律神経障害を有する RA 患者の割合は本法では約40%であった (図1)。特に環軸関節亜脱臼例、アミロイドーシス合併例、血管炎合併例 (MRA) において CV 値は低値を示した (図2)。

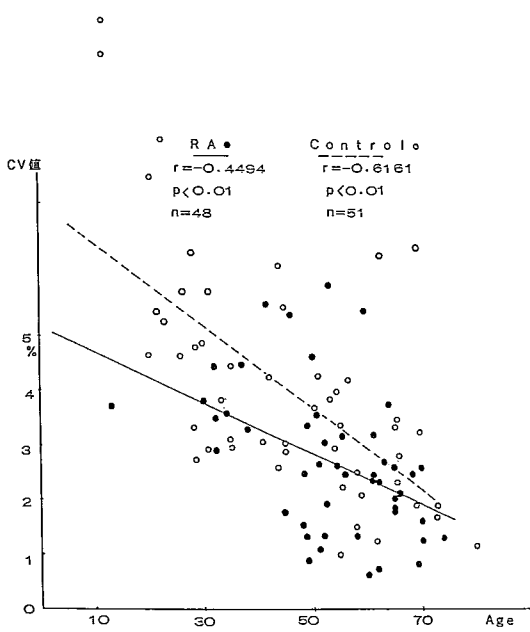


図1 RA患者ならびに対照者の年齢とCV値

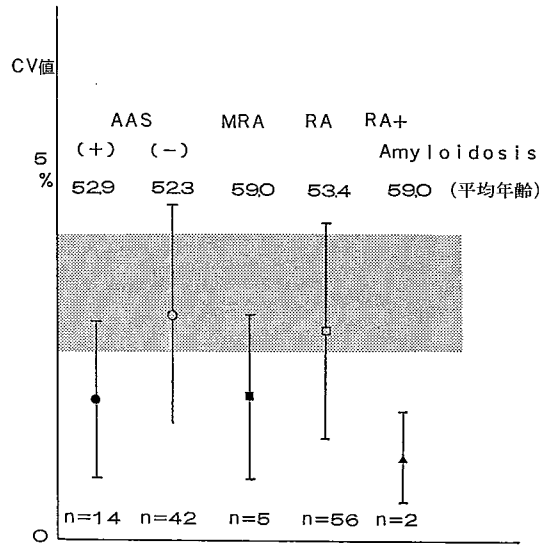


図2 各種RA患者のCV値

自律神経機能障害を有するRA患者16名については、入院時のCV = 2.02 ± 0.15% (年齢58.2才、ControlではCV = 4.07 ± 1.42%) で、温泉連浴2カ月後には3.47 ± 1.12%と増加、つまり自律神経機能の改善がみられた (p < 0.001)。16名中改善したものは14名で87.5%であった。これに1カ月しかfollowできなかった2名を加えると、88.9%に改善がみられた (図3)。また入院時、1カ月目、2カ月目と継続してfollow出来た7名についてみると (図4) 入院時CV = 2.17 ± 1.45%、1カ月目3.29 ± 1.51%、2カ月目3.46 ± 1.45%であり、前から1カ月目にかけて7名中5名に改善がみられ (p < 0.1)、1カ月目から2カ月目にかけては7名中4名に改善、2名に悪化 (p = N. S.) がみられた。

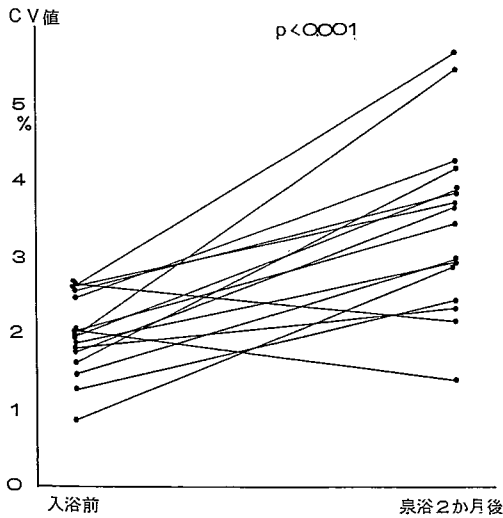


図3 RA患者の温泉連浴によるCV値の変動

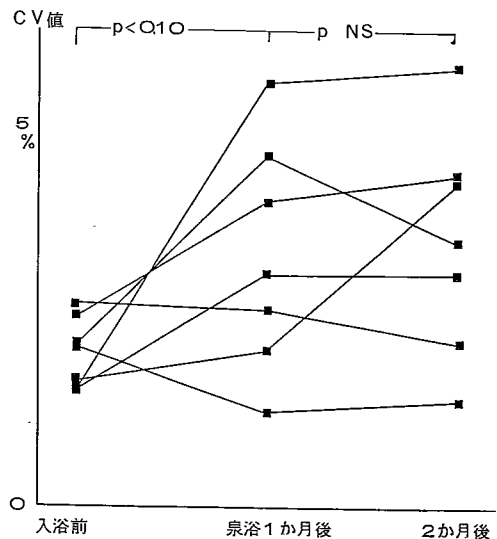


図4 RA患者の温泉連浴によるCV値の変動

血沈値 (ESR)、RAの活動指数 (A. I.) と CV 値との関係を見ると (図 5・6)、ESR、CV どちらも改善した者は18例中6例で、ESRの変動とCV値の変動には有意の相関関係はなかった。また A. I. と CV 間では改善した例が14例中10例にみられたが、有意な相関関係はなかった。

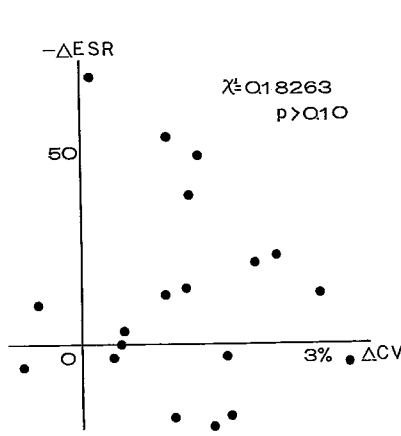


図5 ΔCVと-ΔESRとの相関

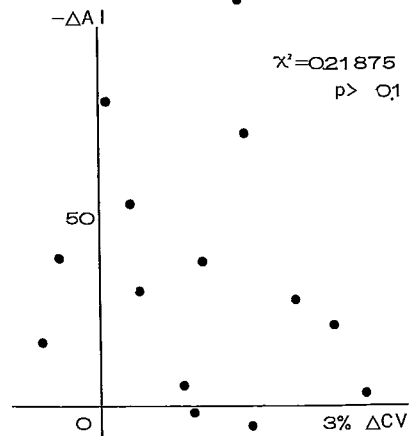


図6 ΔCVと-ΔAIとの相関

### 考 察

自律神経機能障害はRAによくみられる合併症の1つであり、D. Edomonton<sup>5)</sup>らの報告では約1/3の例にみられ、我々の検査でも約40%にみられた。

温泉連浴の自律神経機能障害に対する効果は以前より多数報告がある。<sup>1), 2), 3)</sup> 心電図R-R間隔の変動を用いたものとしては、1984年鈴木氏の報告<sup>3)</sup>がある。我々は自律神経機能障害のあるRA患者18名について検討したところ16名に改善がみられ、前1・2カ月目にfollow出来た7名については前から1カ月目にかけてCV値の改善がみられたが、1カ月目から2カ月目にかけては変動が少なく、従来言われている温泉効果の発現時期とよく一致する結果を得た。心電図R-R間隔の変動は迷走神経心臓枝に支配されている。つまりCV値の低下は副交感神経系が強く障害されている事を示すが、交感神経系機能の指標としての dopamine-β-hydroxylase 活性や負荷前後のレニン活性の変動もCVと強く相関を示すと報告されている事よりCV値の低下は両自律神経系の機能低下を示しているものとみてよいかもしれない。ただ今回の試験では消炎鎮痛剤も同時に投与されていたので、それによる鎮痛効果のため交感神経優位の状態が改善され、自律神経障害の改善に影響を与えた事も考えられるが、この点については今回検討していない。今後の検討が必要であろう。

### ま と め

R-R間隔の測定による自律神経機能検査法を用いて、温泉浴の自律神経障害に及ぼす影響をRA患者において検討したところ、2カ月後には18名中16名において改善がみられ温泉連浴の自律神経調整作用を確認した。この際1カ月後と2カ月後との間には有意の変動がなく、温泉効果が少なくとも1カ月後には出現し、その後は馴れの現象がおこるといふ従来の成績を支持するものである。

### 参 考 文 献

- 1) 杉山尚：消化器疾患の温泉療法，日温気物誌47：149～160，1983。
- 2) 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。

- 3) 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り血中ホルモン動態と自律神経機能，日温気物誌42：27～29，1978.
- 4) 島津邦男：自律神経機能検査法，内科55：209～214，1985—2.
- 5) D. Edomonton：Autonomic neuropathy in Rheumatoid Arthritis, Br. Med. J. 2：173～175，1979.
- 6) 景山茂：糖尿病性自律神経障害の定量化とその進展因子の分析に関する研究，慈医誌95：191，1980.

# 大分市内の温泉の試錐岩芯の X線解析による鉱物成分の研究

大分大学教育学部 森 山 善 藏  
大分上野丘高校 日 高 稔

## まえがき

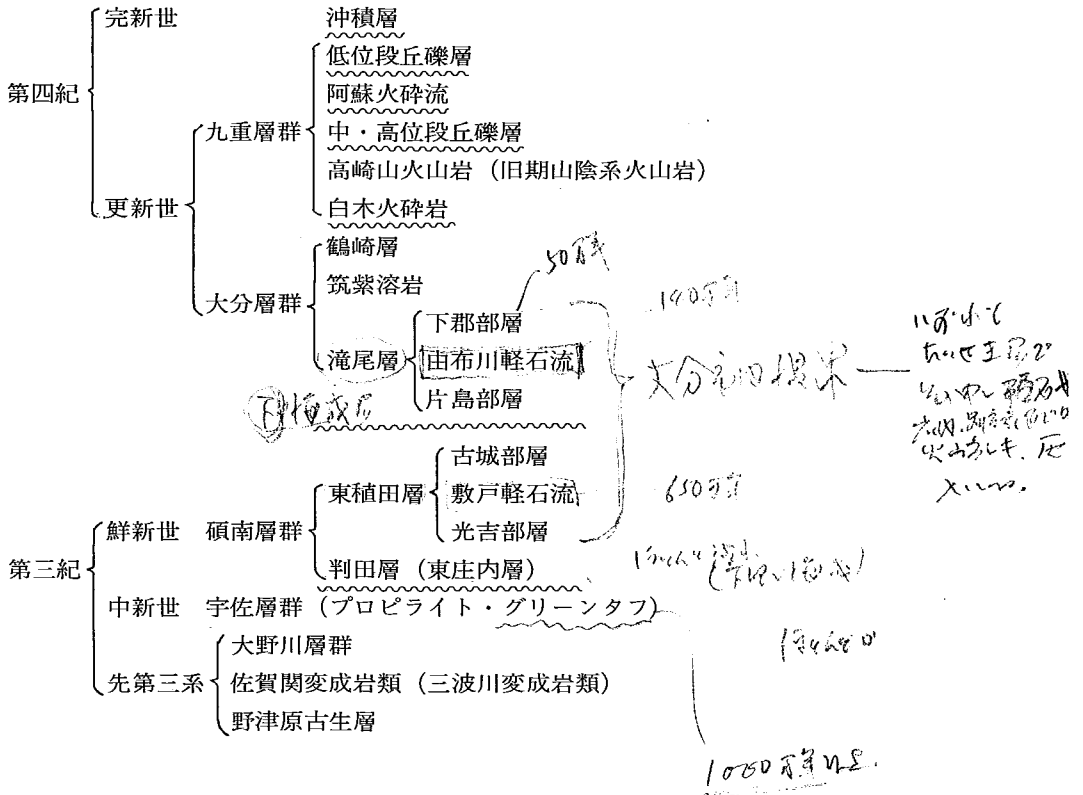
大分市内の温泉は大分川下流域の平野部で近年とみに開発が進み、掘削井は80井を超えている。しかし、その温泉地質についてはまだ解明されていない点が多く、とくに地下の貯湯構造については手さぐりの状態である。

筆者らは、すでに地表の地質踏査を主とする研究をおこない、地質分布・層序・地質構造などについて本調査研究会報告32号（1981年）に報告した。しかし地下地質については資料が少なく、何本かの試錐資料を記載するにとどまった。

今回、地下地質を直接知ることのできる試錐岩芯を市内の3本の温泉について蒐集することができたので、その岩芯について岩質と鉱物成分の研究をおこなったが、とくに鉱物成分については温泉変質による粘土鉱物の生成状況をも調べるためにX線粉末回折法による解析をおこなった。その結果、いくつかの新知見が得られたのでここに報告するしだいである。なお、大分市からは別府湾をはさんで北に位置する日出町で掘削した温泉の試錐岩芯試料1個を得ることができたので参考資料としてそのX線解析結果も合わせて報告する。

## 1 地質の概要

大分市内の温泉に含まれる地域は大分川下流域のみならず大野川下流域まで広がる大分平野の全域である。この地域の地表に露出している岩石、地層は次のように層序区分される。





大分平野の東縁から南縁にかけては佐賀関変成岩類、大野川層群および野津原古生層などの先第三系が山地を形成しているが、平野地域では南部に碩南層群が、北部に大分層群が広く発達している。東部の大野川以東には九重層群の海成段丘礫層が分布するが、西部には大分層群後期の火山性岩石を多量に含む地層が発達し、さらに九重層群の高崎山火山岩（旧期山陰系火山岩）の噴出が見られる。これら各地層群の時代は、碩南層群が新第三紀鮮新世、大分層群が更新世前～中期、九重層群が更新世後期である。大分平野からは離れているが、別府市観海寺、南立石付近には中新世の宇佐層群のプロピライトが分布しているが、大分平野の地下の碩南層群か大分層群の下位にも存在するのではないかという考えも出されている。しかし今のところ証拠がなく一つの考え方にすぎない。さて、上記第四紀更新世および新第三紀の諸岩層は丘陵ないし台地を形成しているが、平地部は沖積層からなり、裏川河口付近で最も厚く80mに達するが、大分市街地では20～40mの厚さである。

さて、地質構造をみると、まず大分平野は中央構造線の九州における延長である大分—熊本構造線を南縁にもつ後期新生代の堆積盆地である。地体構造区分では西南日本内帯に属し、領家帯の諸岩層および佐賀関変成岩類などの古期岩類が後期新生代諸岩層の基盤をなしているものと考えられる。

碩南層群は全体的に南へ傾斜しており、大分層群がそれを傾斜不整合で覆い、大分層群はゆるやかではあるが北へ傾斜している。九重層群は大分層群を不整合に覆い、堆積層は段丘を形成している。大分・碩南両層群には西北西—東南東方向と北東—南西方向の2方向の断層があるが、その他にも小さな断層がほぼ東西方向に発達している。沖積層の下にも何本もの断層があるものと推定されるが地表では確認されない。とくに、大分—熊本構造線の方向とほぼ同じ方向の断層が発達しているものと推定される。地表で見られる断層は、大分—熊本構造線方向のもの他に北西—南東のものもある。

各地層群の岩質的特徴をみるとおよそ次のようである。

- a 宇佐層群……大分市内の温泉地域の地表には露出が見られないが、別府市観海寺付近にはかなりの分布をしている。青緑色を呈し、プロピライト（変朽安山岩）と一部グリーンタフとよばれる凝灰岩（角礫を含む）からなっている。本層群は馬上・鯛生などの金山を構成しているものであり、第三紀中新世にできたものである。大分県下の新生界では最も古いものであるが、大分市温泉地域の地下深くの、碩南層群の下に存在するかどうかは不明である。
- b 碩南層群……下部は礫・砂・泥岩などからなる非火山性の碎屑岩であるが中部は火山碎屑岩（特に軽石流）であり、上部は凝灰岩を挟む砂岩・礫岩からなる。火山碎屑物は敷戸軽石流を含めて輝石安山岩質である。
- c 大分層群……下半部を滝尾層、上半部を鶴崎層という。滝尾層は礫岩・砂岩・泥岩の互層にはじまり、軽石流および凝灰角礫岩（由布川軽石流）、砂岩・礫岩互層と重なっている。含まれる火山碎屑物は由布川軽石流を含めて黒雲母角閃石安山岩質である。鶴崎層は礫岩・砂岩・泥岩の互層にはじまり、主部は凝灰質砂岩と泥岩からなり、上部は砂岩であるが、中に軽石層が挟まれている。軽石は黒雲母流紋岩質である。  
滝尾層の上部に両輝石安山岩からなる筑紫溶岩があるが、大分市西部から別府市にかけての山地（小鹿山）を形成している。
- d 九重層群……堆積層は段丘を形成しており、平野の地下には分布していない。おもな発達地は大野川以東である。火山性岩石としては高崎山を形成している山陰系（旧期）火山岩と阿蘇火砕流がある。前者は角閃石安山岩であり、後者は輝石安山岩質である。

さて、それぞれの地層群の堆積環境を産出化石から推定してみると次のようになる。

碩南層群……淡水湖（判田層）～汽水湖（東植田層）

大分層群……淡水湖（滝尾層下部）～汽水湖（滝尾層上部）～内湾（鶴崎層）  
九重層群……大野川以東の中・高位段丘層は内湾、低位段丘層は河、大野川以西の段丘層は河。

## 2 試錐岩芯（コア）の岩質

今回の研究に使用した大分市内の温泉の試錐岩芯を採取した試錐は次のとおりである。（A、B、Cは試錐記号）。

A……大分市古国府、管氏宅。深度 600m。最深部地温55℃

B……大分市元町、帆秋氏宅。深度 700m。最深部地温63℃

C……大分市生石、富士紡績。深度 600m。最深部地温60℃

なお、本報告のテーマには直接関係しないがめったに得られない深部岩芯であるので、次のものをとりあげてみた。

D……速見郡日出町真那井、佐藤氏宅。深度 585m。最深部地温 不明。

各試錐の採取された岩芯の岩質について概要を述べる。

A……最上部は中～粗粒砂であり沖積層のものである。その下に砂礫があり沖積層の基底である。その下に黒灰～灰色の泥岩があり泥岩層の上部と下部に軽石凝灰岩が薄く挟まれている。深度 150m～240m までは泥岩・砂岩が主体であるが、180m付近に中礫からなる礫岩層がある。240～340mは軽石凝灰岩・凝灰岩さらに凝灰角礫岩が発達する。以下 420m、500m、550m、600m と 4 個所のコアが採取されたが、いずれも凝灰質であり、それぞれ順に、凝灰質砂岩、凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰岩である。

B……最上部は砂礫（中～小礫からなる）であるがその下が薄い砂層で再び砂礫となる。これらの厚さが35mであり、沖積層である。35m～150mは中ほどに薄い礫層と砂層を挟む以外泥岩からなる。180m付近は中粒砂岩、230mには細礫（円礫からなる）岩、350mには砂岩がある。450mと500mは白色の凝灰岩であり、600m、660m、700mにはいずれも凝灰質砂岩がある。

C……最上部は砂礫で沖積層、500mには凝灰質砂岩、600mには凝灰岩がある。

D…… 585mに凝灰質砂岩がある。

A～Cを通じて、深度 600mのところの凝灰岩または凝灰質砂岩は帯青緑色である。Dの 585mの凝灰質砂岩もやや青緑色を呈するが乾燥すると淡黄白色である。沖積層と考えられるもの以外は、固結度の強弱はあるがいずれも固結している。

## 3 岩芯（コア）のX線解析

岩芯の鉱物成分を調べるために粉末回折法によるX線解析をおこなった。とくに温泉によって岩芯の岩石が何らかの鉱物学的な変化をうけているかどうかを鉱物成分の面から知ることに重点をおいたために、深い位置の岩芯をおもに試料として使用した。ただAについては、やや浅い位置の岩芯をも試料にしてX線回折をおこなった。

X線解析をおこなった岩芯試料についてはその深度と岩質について表-1に記載してある通りである。さらに、各岩芯試料のX線解析によってわかった鉱物成分を表-1に記載してある。含まれる鉱物名の他に、その含有量を、多量・中量・少量の3段階に分けて表示した。

また、各岩芯試料ごとのX線回折グラフをもすべて資料として記載してある。

## 4 各岩芯（コア）の鉱物成分

表-1より次のようなことが明らかになった。

- ① Quartz（石英）とFeldspar（長石）はすべての岩芯試料に含まれているが、古国府（A）の500m～600mではQuartzが多く、550mではFeldsparも多い。日出（D）ではQuartzが少なく

Feldsparが多い。

- ② Orthopyroxene (紫蘇輝石) と Augite (普通輝石) は古国府 (A) では浅い所には含まれないか、含まれていても少ないが前者は 420m に普通に含まれている。生石 (C) の 600m には両者とも含まれていない。
- ③ Amphibole (角閃石) は元町 (B) の 700m、生石 (C)、日出 (D) には含まれていない。古国府 (A) と、元町 (B) の 660m ~ 500m には含まれているが含有量は少ない。
- ④ Calcite (方解石) がただ 1 つ古国府 (A) の 500m の凝灰岩中に含まれている。
- ⑤ Mica (雲母) は古国府 (A) の浅い所と 500m、600m のところに含まれるが、元町 (B) では 600m のところに少量含まれている。
- ⑥ 粘土鉱物である Kaolin (高陵土) と Smectite (スメクタイト) が古国府 (A) に含まれているが、前者は他の試錐には見られない。しかし後者の Smectite は元町 (B) と生石 (C) の 600m の付近、および日出 (D) の 585m に含まれている。

Smectite はモンモリロナイトともよばれ、帯緑色を呈し、温泉水による変質鉱物である。また Kaolin も温泉水による変質で生じる白色粘土鉱物である。しかし両者とも温泉水以外によっても生じる場合があるので、温泉による変質で生じたとは断定できないが、4 つの温泉試錐に共通して、温泉賦存層付近に生じていることから、大分市温泉による変質と考えることができる。

- ⑦ Cristobalite (高温石英) は元町 (B) の 600m に含まれるが、他にはどこにも含まれていない。これは火山性岩石中に含まれるものであり、普通の石英の同質異像である。

また、Amorphous (非晶質物質) が古国府 (A) の 45m に見られるが、これは軽石凝灰岩中の火山ガラスであると思われる。

## 5 ま と め

各試錐岩芯の鉱物成分と岩質、さらに地表踏査によってたてた層序にもとづいて、きわめて大まかではあるが、地質断面図を描くと図-2 のようになる。鉱物成分からみれば、3 本の試錐とも、600m 付近に Smectite が存在し、温泉水による変質の可能性がみとめられる。この Smectite は古国府 (A) では 420m、500m、550m にも見られることから、温泉水が 420m 付近まで賦存するものと考えられる。もっとも Smectite の存在が現在温泉水に岩芯が接しているとはかぎらず、かつて接していたが現在は温泉水位が下がっていることも考えられる。

現在温泉を採取している 600m 付近は、3 本ともに、大分層群滝尾層の下部の片島部層の下部の可能性が高い。しかし、古国府 (A) と元町 (B) では大分層群の下位の碩南層群東植田層下部である可能性も考えられるが資料が足りずはっきりしない。

さて、今回の研究でも岩芯資料が少なく、地下地質と温泉の貯留構造を明らかにすることができなかった。今後、岩芯資料の蒐集につとめ、岩石・鉱物学的な面からの研究データを増やしていくことが重要であると思われる。

## 参 考 文 献

- 1) 首藤次男 (1953) : 豊州累層群の地史学的研究 (I、II)、地質学雑誌 Vol. 59, No.693, 695
- 2) 大分県 (1972) : 大分県の地質
- 3) 森山善蔵 (1973) : 別府温泉の地質環境、別府市誌
- 4) 岡田雅子 (1976) : 大分県鶴崎台地の地質の再検討、第四紀研究 Vol. 15, No. 3
- 5) 野田徹郎・北岡豪一 (1977) : 挾間町ならびにその周辺の温泉調査 (その 2)、大分県温泉調査研究会報告 No.27.
- 6) 森山善蔵・日高稔 (1981) : 大分市の温泉地質、大分県温泉調査研究会報告 No.32.

表一 各試料（岩芯）の鉱物成分（X線回折法による）

Sample					Quartz	Feldspar	Orthopyroxene	Augite	Amphibole	Calcite	Mica	Kaolin	Smectite	Cristobalite	Amorphous mineral	
試錐位置	試錐記号	料X線分析試(岩芯)番号	深 度	岩 質												
大分市古国府	A	F-4	45	軽石凝灰岩	○	○					△				○	
		F-10	230	泥 岩	○	○					△	○				
		F-3	420	凝灰質砂岩	○	○	○		○					△		
		O-4	500	凝 灰 岩	◎	○			△	○	△	△	△			
		F-6	550	凝灰質砂岩	◎	◎			△	△				△		
		O-3	600	凝 灰 岩	◎	○	○	△	○		△	△	△			
大分市元町	B	O-8	500	凝 灰 岩	○	○	○	○	○							
		O-7	600	凝灰質砂岩	○	○	○	○	△		△		△	○		
		O-9	660	凝灰質砂岩	○	○	○	○	○							
		O-6	700	凝灰質砂岩	○	○	○	○								
大分市生石町	C	O-2	500	凝灰質砂岩	○	○	○	○								
		O-1	600	凝 灰 岩	○	○						◎	○			
※日出町真那井	D	H-1	585	凝灰質砂岩	△	◎							◎	△		

凡例：◎……多量 ○……中量 △……少量

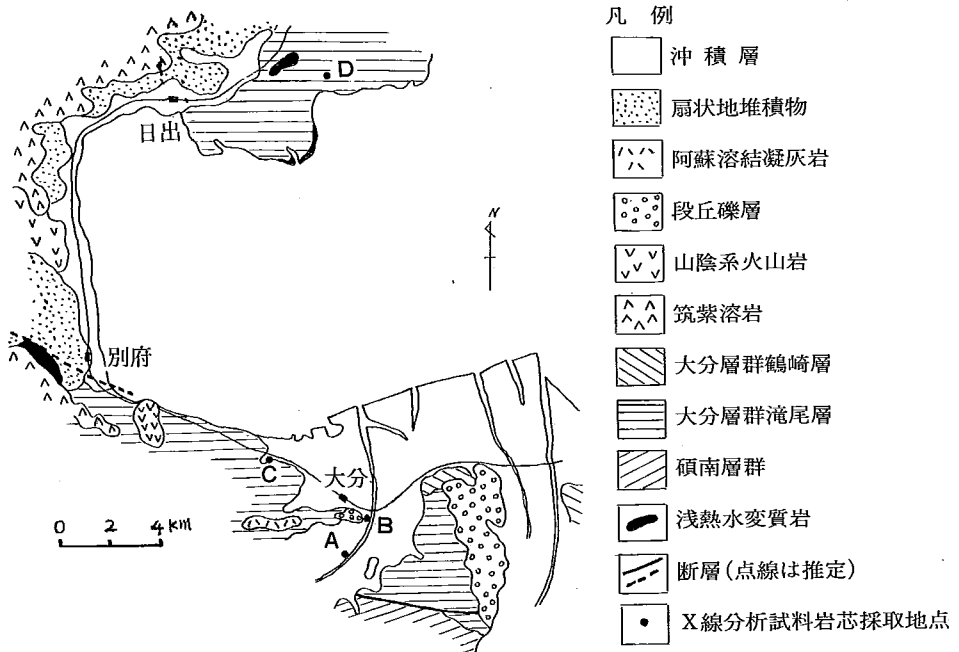


図1 別府湾周辺の地質略図及びX線分析試料岩芯の採取位置

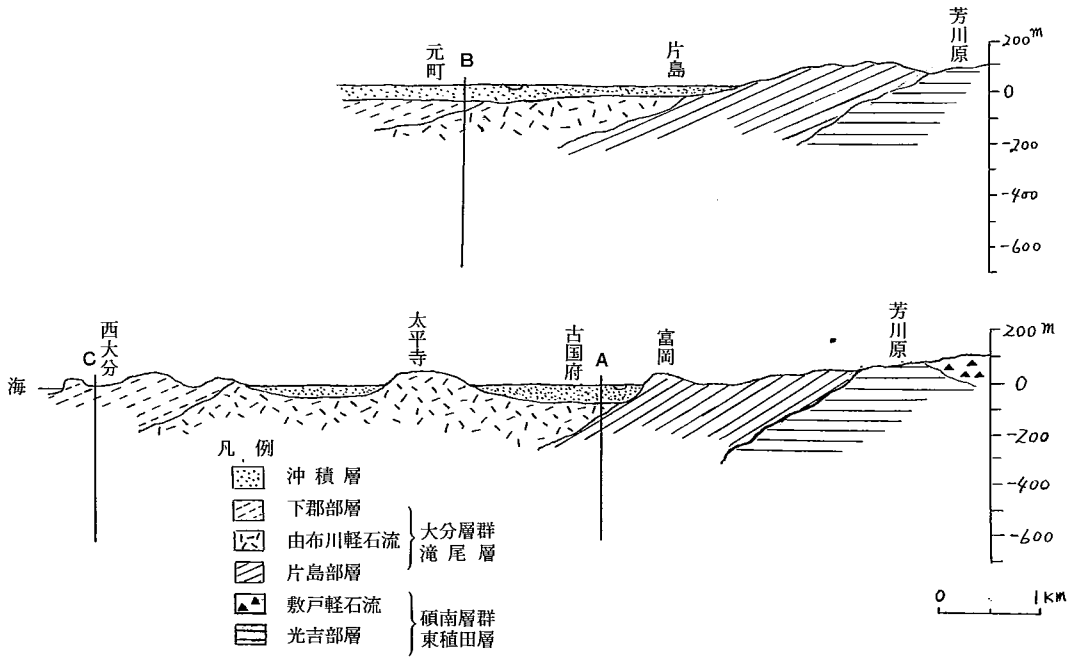


図2 岩芯を採取した試錐の位置と深さ及び地質断面略図

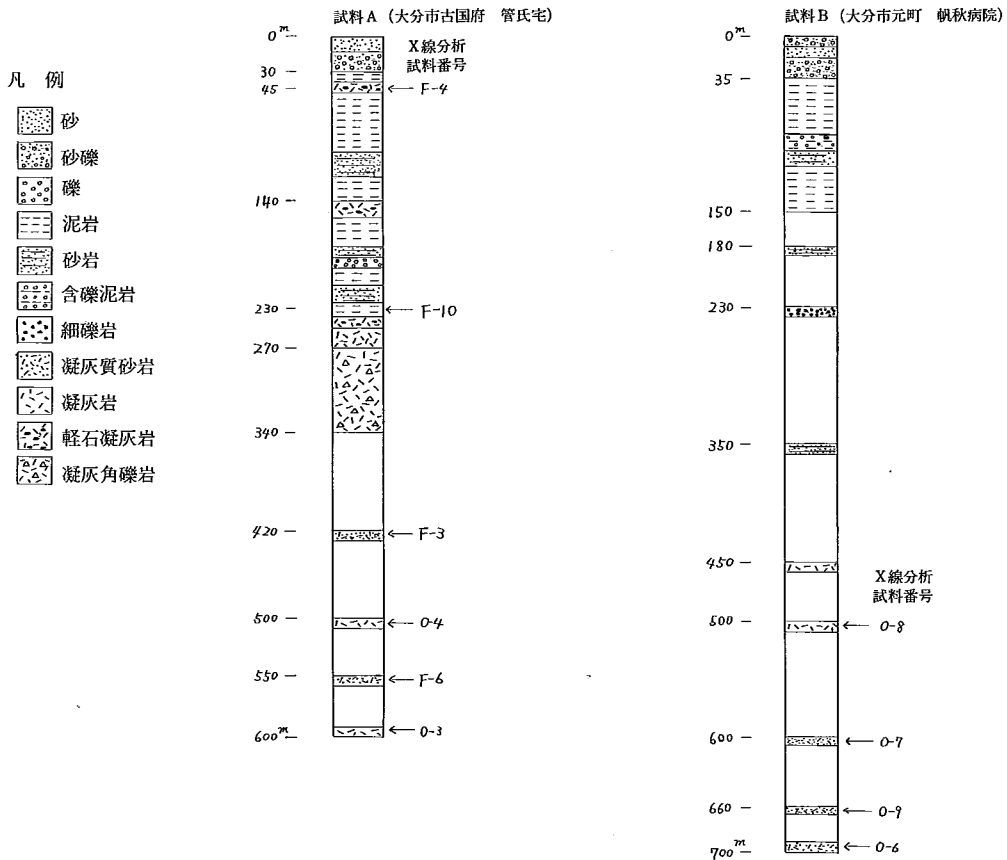


図3 岩芯採取位置の地質柱状図及びX線分析試料の採取位置

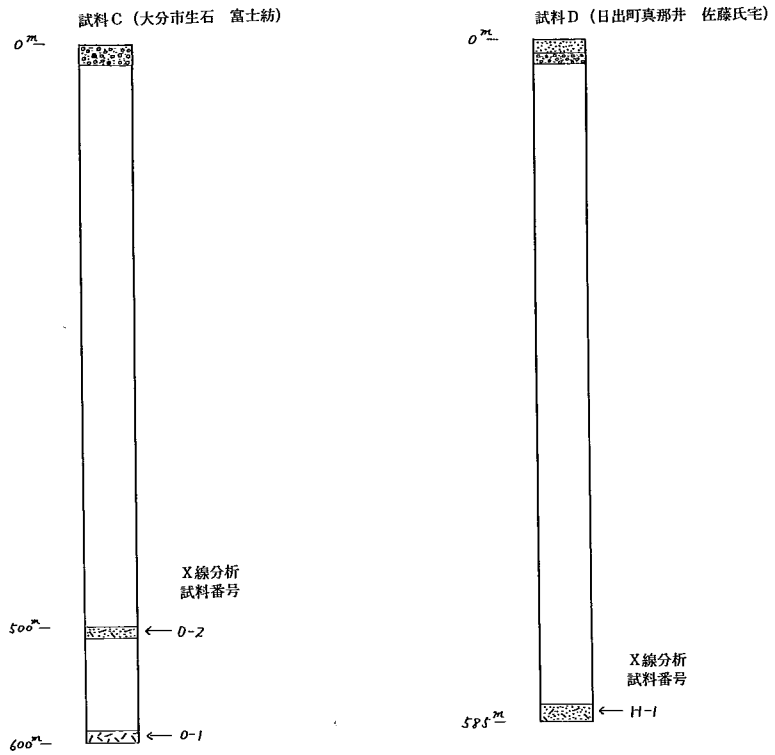
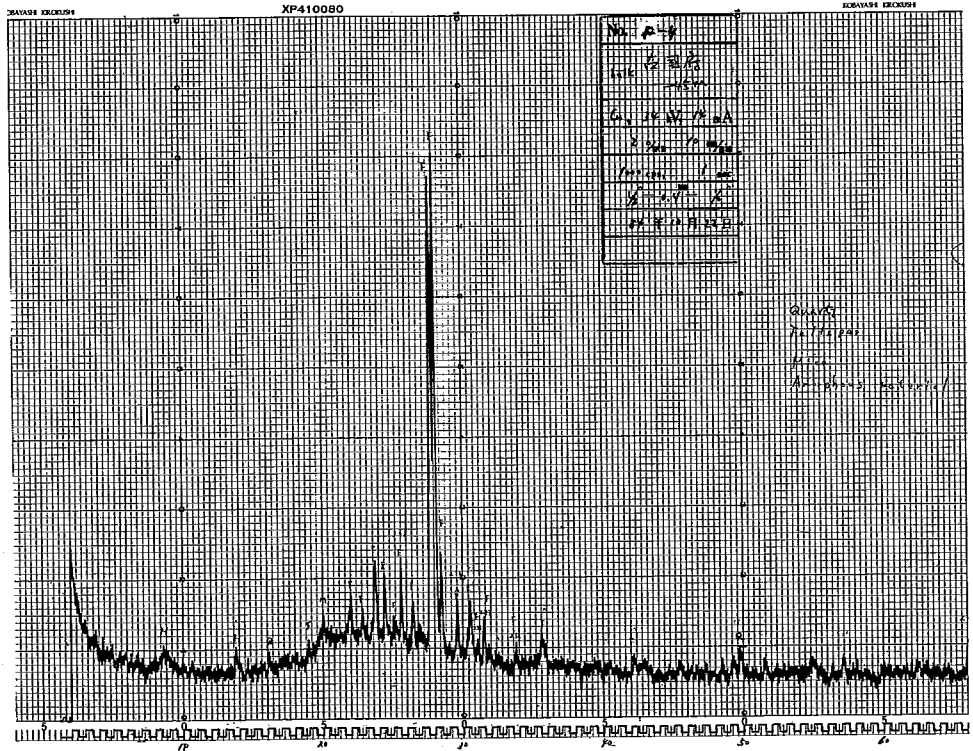
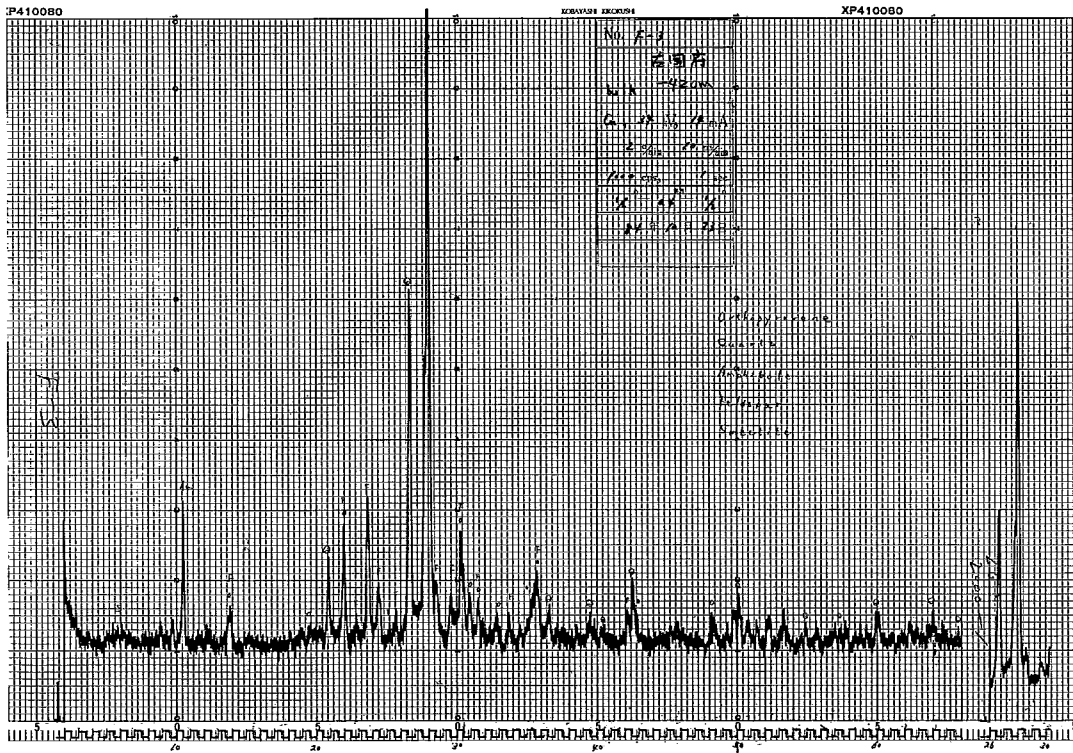
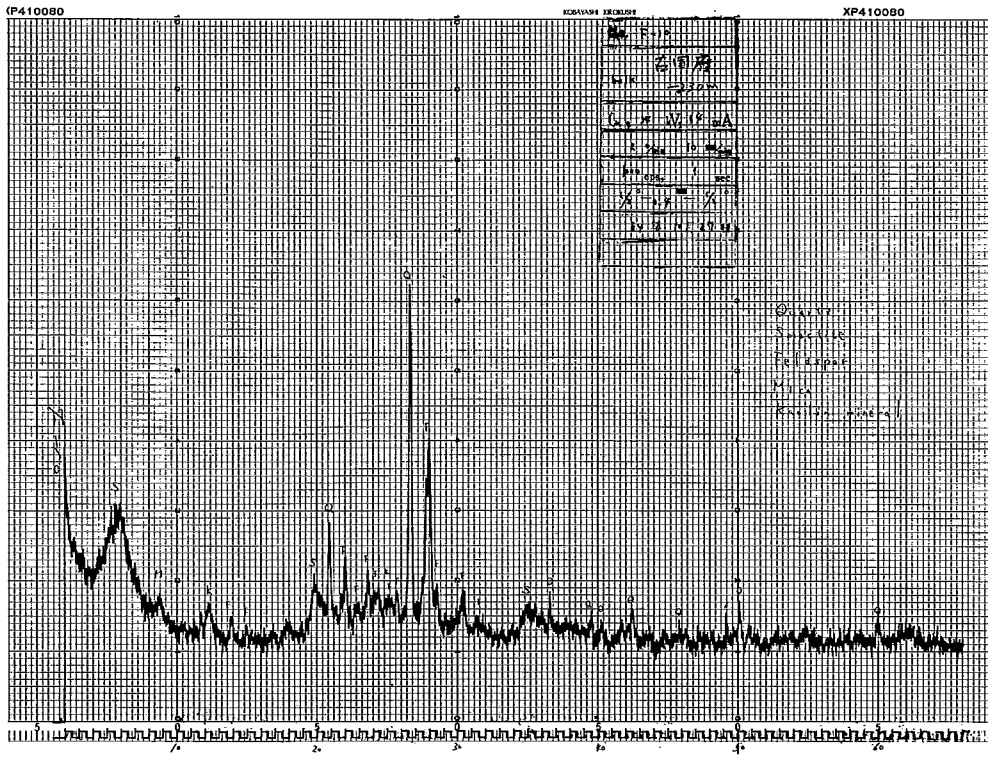


図4 岩芯採取位置の地質柱状図及びX線分析試料採取位置 (凡例は図3にあり)

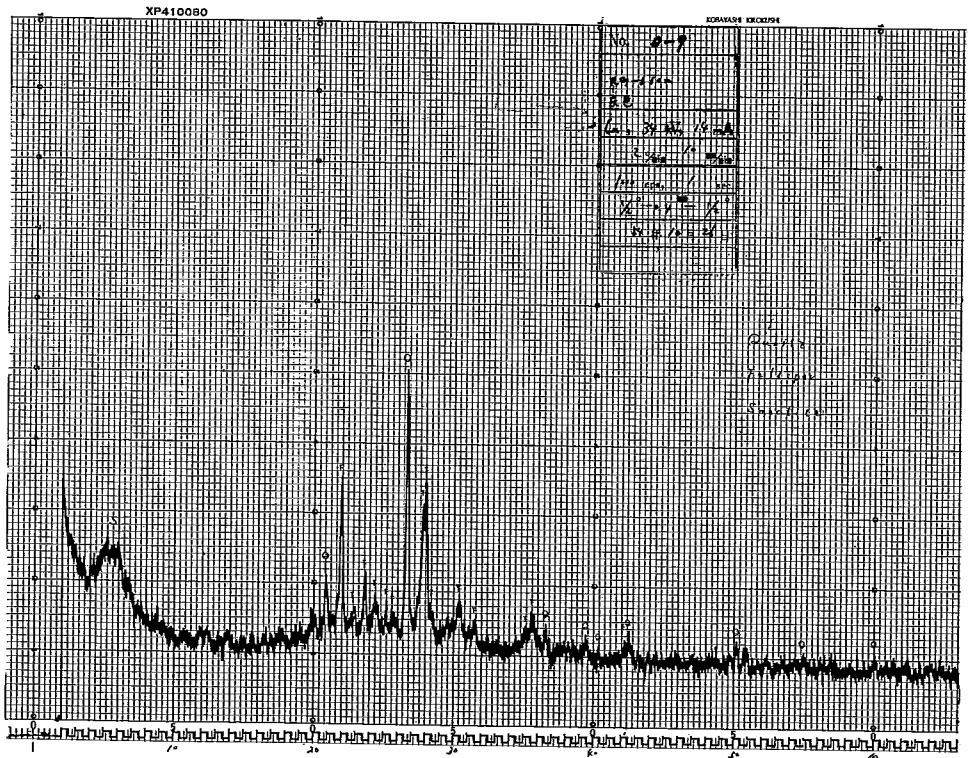
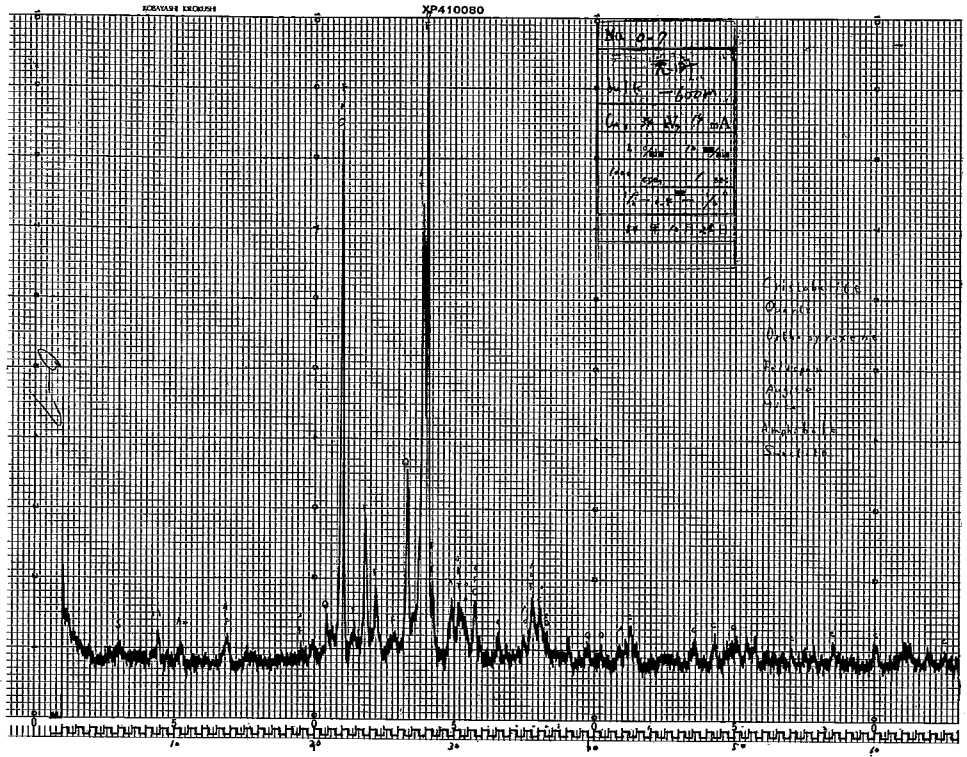




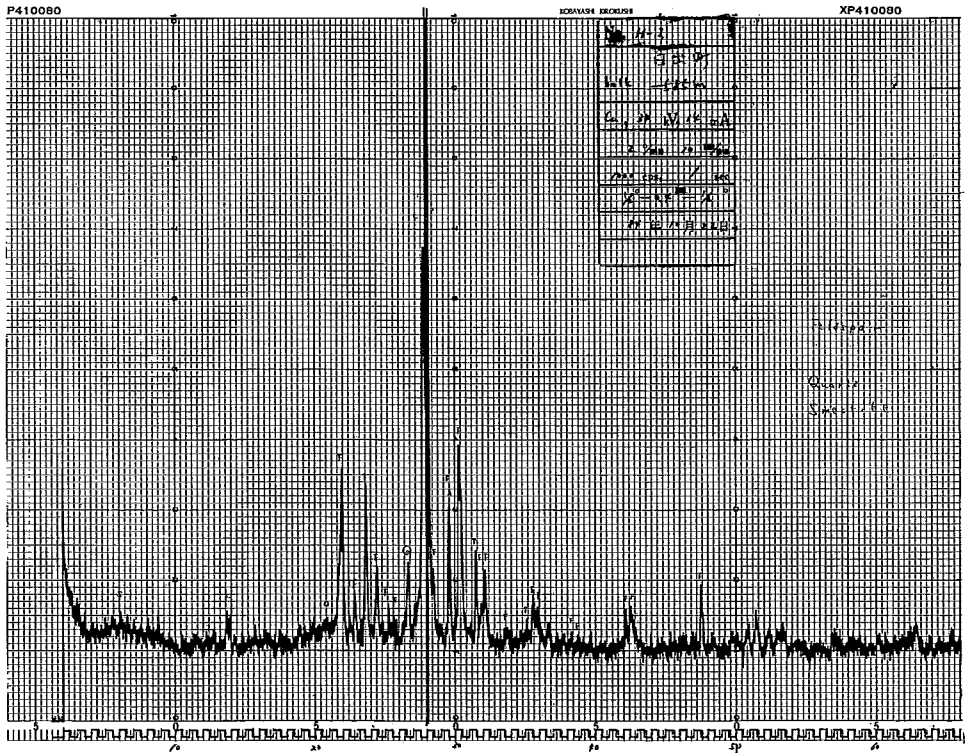
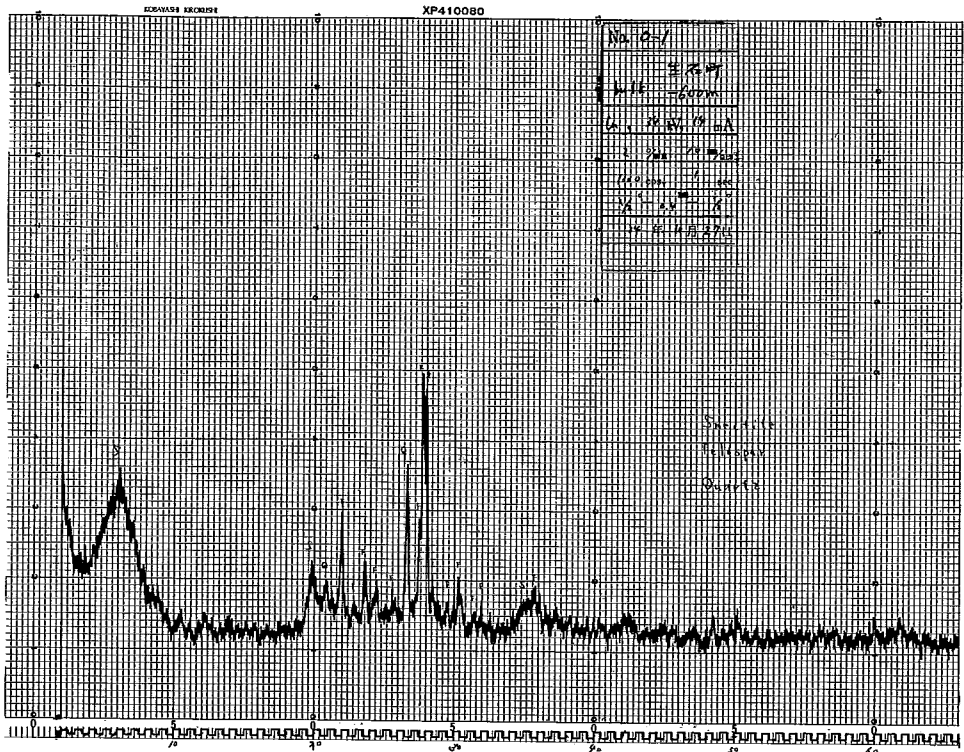












# 大分市における温泉開発の現状と法的問題

## — 今後の開発と検討課題 —

大分大学教育学部 大野 保 治

### 1 大分市における温泉利用の現状

#### (1) 大分県下の温泉利用の現況

大分県の温泉利用の現況は、およそ次のとおりである。<sup>1)</sup>

大分県では、ほぼ全県にわたる31町村で温泉が湧出をみており、昭和59年3月末における源泉総数は3,963口、これは全国で第1位、湧出量は毎分196,417ℓであって全国第2位である。泉質は多種多様で、しかも高温に恵まれているものが多く、古来、浴用を中心にして県民の保養や観光面に利用されている。また、いわゆる石油ショックの昭和50年前後から、温泉は新しいエネルギー資源として脚光を浴び、地熱発電をはじめ施設農業、養殖漁業、冷暖房用等多岐にわたって利用の拡大が図られ、将来とも産業振興面で温泉の果たす役割がおおいに期待されているのである。

県当局（環境保健部）においても、このような温泉の利用形態の拡大等にもない、温泉資源の保護と利用の適正を期するため、既設温泉との調和に配慮しながら温泉および利用施設への立入検査、温泉に関する各分野での科学的調査研究等を実施し、温泉の合理的かつ効率的利用に特設の努力を払っている。

昭和59年3月末現在における本県市町村別の具体的な「温泉及び利用状況」は、稿末の参考資料のとおりである。ちなみに、温泉法に基づく昭和58年度の許可申請件数は、掘削97件、増掘11件、動力装置109件の合計217件であり、そのいずれれもが許可されている。また、温泉を公共の浴用または飲用に供しようとする者は、知事の許可を受けねばならない（同第12条）が、58年度の利用許可件数は浴用49件、飲用3件の合計52件となっている。

#### (2) 大分市における温泉利用の状況

昭和59年3月末現在の大分市における掘削井の総数は、81口である（次頁一覧表のNo.68を例外として除けば80口）。大分市での最初の掘削は、昭和39年10月であり（同じくNo.3）、つづいて40年代が7件、他はすべて50年代に入ってからである。<sup>2)</sup>

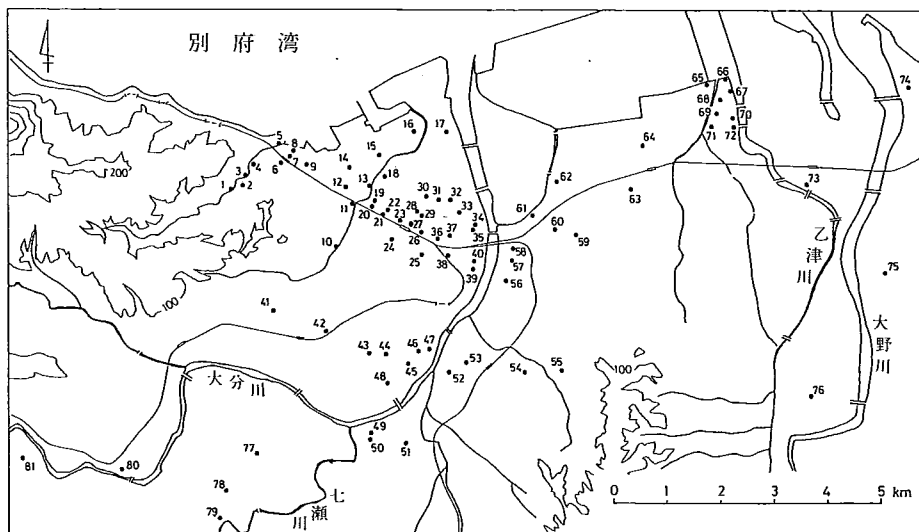


図1 源泉の分布（数字は表1の番号と対応）

— 会報第35号 吉川・北岡報告より —

表1 源泉一覧表 (大分市)

—会報第35号 吉川・北岡報告より—

番号	所有者	所在地	深度 (m)	掘削年月	利用区分
1	阿部 清	八幡	600	48. 8	自家浴用
2	阿部 吉之助 外	〃	〃	42. 5	〃
3	藤本 重次 外	生石	500	39. 10	公共浴用
4	富士 紡績	〃	636	55. 12	自家浴用
5	安部 武徳	〃	700	55. 7	公共浴用
6	高橋 久夫 外	〃	655	56. 8	自家浴用
7	阿部 敬一 外	〃	600	46. 10	〃
8	小野 良任	〃	〃	51. 11	公共浴用
9	阿部 英三	〃	〃	58. 7	自家浴用
10	久保田 哲郎	駄原	700	55. 5	公共浴用
11	山内 乳業	〃	〃	56. 6	〃
12	長田 商事	中春日町1	〃	56. 10	その他
13	塚川 光直	東春日町2	〃	53. 10	公共浴用
14	渡辺 ユキ	王子中町3	〃	56. 11	〃
15	是永 イトエ	勢家町2	〃	55. 9	〃
16	浦野 スマ	新川町2	〃	57. 3	〃
17	浅野 卯之助	豊町2	〃	54. 6	〃
18	グロリア企業開発	寿町	〃	57. 11	〃
19	井上 産業	新町	〃	55. 11	〃
20	相良 勇	〃	〃	57. 12	〃
21	黒河 弘之	末広町2	〃	55. 7	〃
22	文化 温泉	〃	〃	55. 4	〃
23	榎本 直美	末広町1	〃	58. 4	〃
24	三ツ尻 節子	東大道1	〃	55. 11	〃
25	ヤマウチ調理食品	金池南2	〃	56. 7	その他
26	ホテルとよみ	金池町1	〃	58. 12	公共浴用
27	大分グリーンホテル	〃	〃	58. 11	〃
28	河野 千代	府内町1	〃	57. 10	〃
29	井野辺 義一	〃	〃	58. 2	〃
30	大分オリエンタルホテル	府内町3	〃	58. 6	〃
31	中村 英次郎	大手町3	〃	54. 9	〃
32	竹田 貞夫	長浜町1	680	55. 4	〃
33	神崎 政祐	長浜町2	700	53. 5	〃
34	井ノ口 千鳥	錦町2	650	55. 2	〃
35	岡本 肇	〃	700	57. 5	自家浴用
36	日名子 鉄勝	額徳町1	600	57. 5	〃
37	志賀 静雄	額徳町2	575	54. 10	公共浴用
38	芦刈 信義	大分	600	57. 7	〃
39	至 誠 会	〃	500	52. 9	〃
40	〃	〃	700	57. 7	〃
41	城南 温泉	永興	750	55. 5	〃
42	首藤 八重子	〃	604	56. 8	その他
43	大分 船場	羽屋	700	55. 11	公共浴用
44	鈴木 哲	〃	600	54. 4	自家浴用
45	管 強	古国府	〃	55. 4	〃
46	日産 サニー	〃	520	44. 8	〃
47	塊 明子	〃	700	55. 10	公共浴用
48	水宮 整彦	畑中	〃	56. 11	〃
49	あけぼの	光吉	〃	56. 4	〃
50	城野 興産	〃	600	56. 7	〃
51	佐藤 成一	宮崎	750	57. 8	自家浴用
52	首藤 洋治	津守	700	58. 8	〃
53	福田 隆康	〃	750	58. 10	〃
54	植木 南雄	〃	〃	56. 9	その他
55	愛 恵 会	片島	755	58. 10	公共浴用
56	帝国カーボン工業	下郷	500	54. 11	自家浴用
57	宮崎 奉治	〃	〃	54. 1	公共浴用
58	菱甲 産業	〃	700	59. 1	未利用
59	同 仁 会	〃	750	57. 4	公共浴用
60	大分ヤクルトハウジング	〃	700	57. 9	自家浴用
61	林 正吉	〃	〃	56. 8	公共浴用
62	大丸 工業	牧	〃	57. 4	自家浴用
63	太東 興産	千歳	800	58. 12	未利用
64	久保田 哲郎	高松	700	57. 6	公共浴用
65	高石 正雄	向原沖3	〃	57. 11	〃
66	眞殊 キミ子	原川3	〃	57. 10	〃
67	友永 保	原川2	〃	58. 12	〃
68	日通 商事	三川	108	46. 8	未利用
69	大分 船場	三川新町1	700	56. 10	公共浴用
70	有 豊 開発	三川新町2	〃	56. 12	〃
71	大山 重信	三川新町1	500	56. 11	〃
72	山口 重信	三川下3	610	57. 4	〃
73	サンリツ	鶴崎	800	57. 3	〃
74	中島 工業	北	〃	58. 10	その他
75	市原 商事	迫	〃	56. 7	自家浴用
76	江藤 義隆	丸亀	〃	58. 3	その他
77	二豊 林業	上宗方	480	49. 4	未利用
78	霊山 会	上市	450	53. 2	公共浴用
79	笠木 俊一	口戸	485	49. 10	未利用
80	国分養殖漁業	国分	415	50. 7	その他
81	増野 正記 外	鬼崎	500	53. 6	自家浴用

掘削深度については、1件の例外(No.3)を除いて最も浅いもので415m、最深のものは800mもあり、源泉の地理的分布は全市にわたるが、とくに大分川の領域地帯に集中化がみられる(分布図を参照)。源泉80口のうち、自噴のもの9件、あと71件はすべて動力使用であって、水蒸気・ガス状のものは皆無である。これを湧出温度別に示せば、25℃未満のもの2件、25℃～42℃は3件、42℃以上は75件で、9割以上が入浴可能な泉温を保つ。また、湧出量については、自噴のものが毎分818ℓ、動力泉の総量は同じく7,002ℓと圧倒的に多いことを知りうる。

つづいて、利用目的別に分類すると、総数81口のうち、個人用としての自家浴用(うち1件はアパート使用)は19件、公共浴用として公衆温泉に利用しているもの15件、病院等(老人ホーム1件を含む)の医療施設に利用しているもの13件、ホテル・旅館等接客サービス用のもの23件、合計70件で、総数のうち約9割が入浴用として利用されている。

その他、産業用に利用されているものとしては園芸用、養魚用に3件、温泉プール用に同じく3件、この他、自動車洗用・食器洗浄・反物洗浄が各1件である(共用のもの2件を含む)。また、未利用のものは5件を数える。うち1件は分譲住宅用、残り4件は不明となっている。これらの温泉利用を法的主体の側面から分つと、いずれも個人(営業形態としての医療法人、会社等を含む)が大半で、源泉を共有しているものも5件ほどみられる。

## 2 大分市における温泉開発

### (1) 都市開発行政と温泉

戦後、わが国で、国土開発に伴って「地域開発」「都市開発」とか「開発行政」などの耳新しい呼び方で行政活動が積極的に展開したのは、昭和30年代になってからであった<sup>3)</sup>。しかし、これらの用語概念は、専門学者や行政機関などの間でも不統一であり、その意味するところもまた、かなり漠然としているように思われる。

ちなみに、専門書をひもとくと「都市(地域)開発」とは「都市(地域)社会の自然的・社会的・経済的・文化的基盤を整備して、未利用の資源や生活空間を計画的・効率的に利用しうることによって、都市(地域)住民の生活水準を高め、福祉を増進する組織的体系かつ総合的な行政活動」と理解されている<sup>4)</sup>。新産業都市として躍進中の大分市における最近10年間にみられる温泉湧出——温泉利用の社会現象は、都市開発行政の一環としてこれを位置づけるとともに、各部門別の行政を統合して総合行政の中に組み込んで把握し、施策する必要があるように思われる。

一般に温泉地における温泉の掘削は、法理上、土地所有権の効果(権能)として土地所有者の自由な意思に委ねられてきた。それは、土地所有権の自由(自由な使用・収益・処分)の権能——民法第206条)に基づく「掘削の自由」の原則のもとに、これを無制限に許容した結果が昭和30年代に入って全国各地の温泉場にみられた“濫掘——したがって濫用”の社会問題であった。こうして、漸く掘削規制への途が開かれたのである。

そこで、この機会に、土地所有権にかかわる社会政策ないしは都市計画の歴史的経過を回顧してみることも<sup>5)</sup>、あながち無益ではあるまい。

——土地所有権は、元来、自由主義的概念のもとにあつては財産権として「所有権」の中心的位置を占め、神聖不可侵の自然権とされてきた。民法上の規制や建築警察等による行政的規制がある他は、土地所有権の内容としての個別の土地行使や建築行為は、地域社会の秩序維持に悪影響を及ぼすような土地利用行為の規制を、保健衛生や近隣者の安全などの観点から、必要最少限度において行なっていたに過ぎなかった。換言すれば、国や都市などの公権力は、19世紀までは専ら「私有財産の不可侵」と「契約の自由」を基礎とする個人相互の自由な競争に委ねていた。こうした基本理念のもとで、公権力は、地域社会や国土の開発などについても、原則として不干渉主義を墨守し、これらの事項は、地域住民の自治や民間開発者の自由な意思に任せていたのである。

もちろん、土地の権利関係やその他の開発行為には、古くから近隣の所有権者や占有権者の利益を保護するために、私法とくに基本法としての民法上の相隣関係や権利濫用等の法理による権利調整に関する制約が存在してはいた。しかし、このような伝統的規制は、充分な社会的機能を営まなかったことから、そのような開発整備は、近代国家における新しい行政理念に基づいて国民の福祉向上のための計画的開発行政へと大きく第一歩を踏み出したのであった。大分市における温泉開発も、叙上のような歴史的な基本視点から、改めてこれにアプローチする必要があるように思われる。

## (2) 広域性を配慮した温泉開発行政

全国的に、戦後における急激な都市化と工業化は、量的に限られた土地に対する多方面な需要を喚起し、その利用方法や開発・処分を従来のような土地所有者または民間デベロッパーの私的イニシヤチヴに委ねるのではなく、公行政のリーダーシップのもとで一定の計画にしたがい、土地を一種の資源として適正かつ合理的に配分すべきであると考えられるようになった。つまり、土地の利用・開発行為に対する古典的ないしレッセ・フェールの原則を放棄し、広範な国家干渉を加えざるを得なくなってきたのである。その干渉は、土地利用に対する広範かつ公的統制思想に立脚した計画規制または配分調整的な規制に変わってきている<sup>6)</sup>。

大分市は、昭和30年代後半、新産業都市計画の国家的施策の波に乗って以来、都市化傾向が顕著となり、中堅都市としての機能は、その郊外や周辺部にも拡大し、都市の建設・整備は単独都市の計画の域を超えて、その農村地域をも包括する広域性を帯びるに至っている。

大分市が「地方の時代」<sup>7)</sup>にあって、地方中核都市として真の主役となるためには、大分市自身が定住するにふさわしい生活条件をまず整備するとともに、「魅力ある都市づくり」が要請される。そのためには、秩序ある都市空間のもとに上下水道・都市交通施設・保健医療施設・教育文化施設・社会福祉施設・商店街サービス娯楽施設など都市にふさわしい諸施設を整備しなければならない。最近10年間に大分市にみられた地下資源としての温泉源の活用は、地下何千メートルもの掘削技術の飛躍的發展と民間人の経済力の伸長と相まって、予想外な展開を遂げてきたのであるが、とりわけ、保健医療施設や旅客サービス営業面へ寄与するところ大なるものがあることは、ここに述べるまでもあるまい。

温泉開発の地域への貢献について、一面では、大分市全域の広域的利用計画を展望に入れつつ、他面では、地区（街区）などの詳細な計画策定をおがみ併せて、温泉資源を合理的にまた多面的に活用することが肝要であろう。経済の高度成長の過程で、市民の生活様式は農村を問わず都市化し、その活動範囲も広域化している。今や都市と近郊農民とは1つの生活圏として一本化しつつあり、その整備についても、それぞれの地域的な特異性の中で考えてみるのが不可欠となってきている。こうした農村部との一体的な大分市圏整備のために、温泉の有効的活用を市民挙げて考えてみるべきであろう。現に、大分市近郊において産業用に温泉が利用されていることから、全市的取り組みのもとで英智を出せば、その実現性はかなりの確度をもって可能であろう。大分市とその近郷における温泉利用は、総合的計画のもとにこれを推進し、必要とあらば「温泉利用計画要綱」のごときものを作成して具体的検討を試みてもよい時期にきていると考える。

## (3) 多面的利用の温泉開発

既設温泉地での温泉利用は、その歴史的経過をたどるなら、入浴等を主とした湯治的医療効果を前提に出発し、ひいては観光的温泉へと進んでゆくというのが伝統的利用のパターンであった。また、そのための温泉利用が、他のそれに優先して保護されることも当然視されてきた。しかし、一面では、観光温泉地へと脱皮するのではなく、伝統的利用パターンを墨守して素朴な「国民保養温泉」へと再起の途をもとめている温泉地も全国に少なくない<sup>8)</sup>。

いま、大分市での温泉利用の実情をみると、入浴中心の利用が9割余を占めており、全国的利用パターンと軌を1にしている。しかし、大分市は隣接の泉都、別府市とはその歴史的・社会的かつ



経済的背景を異にして新進気鋭の都市づくりに邁進している。このような大分市であるからには、全国並みの温泉地での本来的伝統の温泉利用から脱却して、新たな温泉利用の方策を模索してしかるべきではあるまいか。先にも触れたように、大分市では「公衆温泉」の源泉用のほか医療施設や接客サービス用に主に利用されているが、少数ながら産業用にも利用されており、将来は多方面への活用が期待されている。

多様化した温泉利用は、視点を変えてみれば、急速な都市化の結果が都市機能においても多面化してきていることを意味しよう。かつての大分市は、平盤な狭域の一商業都市に過ぎず、隣接の別府市が“泉都一湯の町”として全国的に魅力のある温泉都市として宿泊・歓楽的機能を発揮していたことから、昭和40年代前半ごろまでは両市は相互に依存し、相互に補完しあう共存共栄の関係に立っていた。しかし、大分市は周知のように第三次産業部門が急速に発展をみた結果、広域圏都市として別府市への依存率を弱め、その結果、観光温泉都市別府は、基盤が急激に低下して経済的浮揚の途を模索して苦悩しているのである。

温泉の多面的利用として、入浴以外のそれとえば、現在脚光を浴びている地熱発電等への活用が考えられるが、大分市周辺ではその地勢的条件からして、実現不可能であろう。やはり、産業面への利用開発を志向すべきである。それはさて置き、温泉の多面的利用はまた「温泉に対する権利」の側面からこれを捉えると、法律的権利関係の多様化をも意味する。温泉に対する権利は、世に「温泉権」と称されてほぼ社会的にも承認を得ているが、それは元来、私的性質のものである。今日の私有財産制のもとでは、温泉に対する権利も、一種の私有財産権であるというのが基本原則である。よって、温泉は、その土地所有（占有）者の個別的支配に服し、したがって大分市においても、主に個人権利者による個別利用がなされているというのも、当然の論理的帰結であった。

地下の温泉源は、重ねて指摘するなら、国民共有の天然資源である。この有限の地下資源は必ずしも合理的に利用されてはいないというのが実情であろう。別府温泉で、かつては日常的に熱湯を川に捨てて“湯川”になっていた経緯もあり、現に山手近郊で幾条も立ちのぼる湯煙り（噴気）は温泉情緒を添えるには十分であっても、資源の活用や温泉法の趣旨に照せば、それは由々しい問題である。これが解決への1つの施策は、各地温泉地でいま課題となっている、いわゆる「温泉の集中管理」である。<sup>12)</sup>大分市においても、このような集中管理方式により、より多くの市民に温泉利用の機会が与えられることが望まれる。

### 3 具体的な検討課題

#### (1) 温泉法令の再検討

温泉法は、昭和23年7月10日に制定をみた（法律第125号）。爾来、同24年、25年、46年と所轄または関係官庁の設置・統合等で都合3回の改正をみている。温泉法の制定とともに施行された下位規範の温泉法施行規則（厚生省令第35号）も、温泉法の一部改正にマッチして形式的な改正をみている。<sup>13)</sup>

これらの改正は、いずれも部分的かつ形式的なものであり、温泉法自体の法制度ないし法システムを全面的・実体的に改めるといったものではなく、したがって温泉法の適用や運用に決定的な影響を与えるとといったようなものではなかった。

そこで、国並びに県段階での温泉法体系の全面的見直し作業を実施し、法令の内容や運用の実務面まで含めて、全面的に総点検をしてみたいかがであろうか。——国会レベルでの法律改正は、さほど簡単にゆかないであろうが、県段階での条例や規則・規程・細則等の改正は、必ずしも不可能ではないと思われる。温泉法の運用をめぐるっては、県や市町村レベルでの地域社会の特殊性に即した裁量の領域が比較的広く、柔軟かつダイナミックに対応してその妙を発揮することが期待されるからである。例えば、温泉審議会運営規程における審議基準（第6条）の内容、すなわち距離制

限、利用目的、埋設管の口径、動力装置などや申請手続き、代替掘削（その要件、許可基準、許可要件など）、温泉事務処理要綱の中の温泉台帳の規定などである。もっとも、法令の改正作業は、法の安定性の側面から慎重でなければならない、法の公正の側面からも安直に走ってはならないこと勿論であるが、他面では、激しい社会的変容に即応して臨機応変に改めるべきは改めるため、検討を加えてみる必要があろう。

申請事務の手続きにしても、窓口（県下各保健所）での申請書受理行為、書式の内容、これらにともなう行政指導の在り方、許可・不許可の書面形式、許可（不許可）書の通知行為、不許可の際の救済手続きなど、この際に検討を加えてみることを提案したい。

ちなみに、掘削の自由を制限する「公共性」——憲法上の「公共の福祉」を基本理念とする——を例にとってみても、終戦30～40年の時間的経過は、その内実を変えてきている。憲法学説上、それは「人権相互のあいだの矛盾・衝突を調整する原理」であり、「実質的公平の原理」を意味するとされる。何が「公共」であり、その利益がどのような内容であるかについては、客観的条件（立場、処、時、集団など）によって異なるであろう。法律でどこまで制約できるか、という「制約の限界」の問題にも発展しよう。「公共性」という、それ自体無内容な概念は、解釈者とくに行政担当者によってどのようにも解されることを想えば、この際、根本的に再検討を加えてみる必要を感じるのである。

## (2) 掘削の自由と公的制限

温泉の掘削は、財産権の不可侵（憲法第29条）の大前提のもとに、土地所有権の効果として自由に行使できることが学説、判例ともに認められている。とはいえ、それは絶対的なものではなく（同条2項）、「所有権の自由」の制限として今日最も重要なのは私法的制限である<sup>14)</sup>、むしろ、公法的制限である。現在、所有権の自由を制限する行政法規は数えきれぬほど多いが、これらの行政法規において、所有権の自由の制限を正当づけているのが周知の「公共の福祉」思想であることは、ここに改めて述べるまでもない。

ところで今日、一般市民は勿論のこと法律関係者——裁判官をも含めて——においても、公共の福祉によって所有権の自由を制限しうるのは、自明の理であるかのように考えられている。思うに、日本の社会では戦前から“公益優先”の社会的所有権思想の伝統があり、また戦後の日本国憲法が「財産権の内容は、公共の福祉に適合するように、法律でこれを定める」（第29条2項）と謳ってあることから、公共の福祉の名目さえあれば、安易に所有権の自由を制限できるとする考え方が支配的なのである。所有権の自由を規制する行政法規の中には、十分な論証もなく「公共の福祉」とか「公共性」といったマジック・ワードを条文の中に挿入しておけば、違憲のそしりを免れるといった一般的風潮さえあるのである。何が「公共の福祉」であるかは、具体的な事例に即して考えねばならないはずなのに、日本では諸外国に比べて極めて抽象的かつ安易に公共の福祉が捉えられている、と指摘されている<sup>15)</sup>。

例えば、著名な事例としてよく挙げられるものに、公衆浴場合憲訴訟がある<sup>16)</sup>（最高裁昭40.1.26刑集 9.1.89）。公衆浴場法では、公衆浴場の設置に距離制限を設け、既設の浴場の近くに新しい浴場を設けることを禁止することが出来るとしている（第2条2項）。これは、憲法論としては職業選択の自由（第22条）の制限に関する問題であるが、実質的には、私法（民法）上の所有権の自由な行使の制限を意味しよう。最高裁の判旨は——公衆浴場は、多数の国民の日常生活に欠くべからざる、多分に公共性をもつ厚生施設である。もし、その設立を業者の自由に任せて濫立・偏在することになると、多数の国民が不便をきたすばかりか、濫立によって無用の競争を生じ、そのため経済的に不合理をもたらし、ひいては浴場の衛生施設の低下等好ましからざる影響をきたすおそれがあり、国民保健及び環境衛生の上から、出来る限り配置を適正にすることが公共の福祉に合致するのである、と。

これに対し、憲法学者の多くが、中でも渡辺洋三教授（憲法社会学）はシャープな批判を加えている。すなわち、①公衆浴場が多数の国民生活に欠くべからざる公共性をもつなら、偏在が起こった場合には、地方公共団体が自ら経営すればよい。住民の健康と衛生を守ることは地方公共団体の当然の任務のはずであり、公衆浴場の公共性を主張するなら、浴場公営論をもってゆくの筋であろう。②自由競争を許すほうが浴場設備の低下をもたらすということは、明らかに資本主義の下での企業の経済法則に反する。自由競争のほうが客に対するサービスが向上するのは、国民のよく知るところである。③仮に自由競争で設備の低下を招くことがあっても、それに伴う国民保健及び環境衛生上の弊害は、別途に公衆衛生的な見地からする規制によって除去すればよいではないか、と。

同教授は、公衆浴場設置の距離制限を肯定する最高裁（裁判官）の公共の福祉観は、「浴場を利用する住民大衆の立場からみた」ものではなく、それは「浴場を経営する業者の立場からみたところの私的利益擁護のため」のものであると決めつけている。そして、問題は常に、誰の、どのような所有権が、どのような理由によって制限されねばならないか、という具体的問題として考えてみる必要があることを説いておられる。

以上のような法の論理を大分市における温泉利用の具体的問題について援用して考察するなら、どのようなことになるであろうか。天然資源である地下温水を、市民のごく一部である公衆温泉経営者・医療施設設置者・接客宿泊業者らの経済的優位に立つ者のみが私的利益追求の手段として温泉開発をすすめることが出来るのも、温泉掘削に莫大な経費を要するからであり、それはそれで資本主義の論理が貫徹するのもしやむを得ないところであろう。もっとも、これらの業者も、地下温水を独占的・排他的に利用しているわけではなく、大分市民でこれらの諸施設を利用する限り誰でも温泉入浴の利便が反射的利益として与えられるのであるから、非難される謂われはない、との反論がなされるかもしれない。

元来、日本の自然湧出の温泉は、多かれ少なかれその地域住民全体の共同利用に供されてきた場合が多い。そうして、その集団構成員は、何らかの形で共同浴場で入浴する権利をもっていた。今日、熱海とともに、あれほど近代化し資本主義化した別府温泉でも、各種形態の共同浴場が存在して“市民皆浴”がともかく実現している<sup>17)</sup>。日本中の多くの温泉地に共同浴場がみられるということは、昔から日本の温泉場にそのような一種の地域住民集団の共同的権利（民法上、それは総有的権利と呼ばれる）があったことの現われでもある。とはいっても、新興都市大分は、温泉地として歴史的背景をもたず、したがって市民も温泉入湯に対する郷愁のごときものもなく、また若年世帯ではさほどの愛着も懐かないことが予想されるし、加えて地下深度が深いため掘削に巨額の投資を要することなどからすれば、大分市においてはやはり公共団体か、これに代わる法的主体が「集中管理方式」で広く市民大衆に利用される、開かれた温泉開発を推進してみるのも今後の検討に値しよう。

### (3) 温泉法第4条と審議基準の確立

温泉の掘削は、土地所有権の効果として、民法上、所有権の自由に基づく「掘削の自由」が認められてきたことは、再三述べてきた。温泉法の従来の基本理念は、このように自由な掘削を承認するが、全国の主要な温泉地で見られた昭和30年代のような無秩序・無統制の濫掘許容の温泉行政は、再びこれを許してはなるまい。

大分市でも、昨今のような掘削傾向を野放しに放置する限り、そのような禍痕を将来に遺すであろうことは想像するに難くない。現時点で何らかの抜本策を講じておかねばとする基本的認識は、温泉関係者のひとしく認めるところであろう。

さて、温泉法に対する最たる批判は、温泉の掘削をめぐる第4条の規定があまりにも一般的・抽象的にすぎ、紛争の現実的解決にその実効性を発揮しえないという点にあるようである。そこで、

取りあえず、法案4条に関する法律論（行政行為論ないしは裁量論）<sup>189</sup>を参考までに概述してみることにはしたい。

一般に、法律は、行政庁が解釈を加える余地がないほど一義的明確さをもって行為要件を定め、これに該当する事実が存する場合、法律の規定を単純に執行すべくその行為を義務づける（これを行政法上、羈束行為と呼んでいる）のが理想であろう。しかしながら、あらゆる場合を想定して万全の法律を定めるなど、それは到底不可能である。そこで、抽象的・画一的に定められた法に対し、行政担当者は、予測しがたい情勢の変化に対応し、また不断の社会的変遷を考慮しながら個別な具体的事例に合わせて合目的的に処理しなければならない。

こうしたことから、立法者は、行政行為の要件を定めるにあたって不確定・抽象的概念を用い、あるいは多数の行為の可能性の間の選択の余地を与えている場合（これを裁量行為と呼んでいる）が少なくない。したがって行政は、上述のような羈束行為と裁量行為との間の、不安定かつ不明確な立場に置かれているというのが、むしろ宿命なのである。

温泉法がその第4条に掲げる「公益を害する虞がある（と認められるときの他は、知事は……掘削の許可を与えなければならない）」といった文言も、確かに不確定な概念ではある。もっとも、その例示として「温泉のゆう出量、温度若しくは成分に影響を及ぼす」ことを挙げてはいるが、これとて、その文言のもつ表意的内容とは別に自然科学的な要因、社会科学的な影響などを深く探索しない限り、最終的に確たる判断をくだすことは難しい。

また、このような不確定概念には、2つの型がみられると説かれている。<sup>191</sup>1つは、解釈によって客観的に意味内容が確定できるものであり、そこには解釈の余地（裁量）が少なく、したがって違法な解釈は司法的統制に服すると考えられる場合である。他は、その解釈・価値判断について客観的基準が容易に見出しがたいため、裁判所の判断をもってしても不可能ないしは不適合とみなさざるを得ない場合である。その多くは、行政の領域に属する政策的・専門的事項に関するものである。法第4条も、この種のものと思われる。じじつ、最高裁も、二日市温泉（福岡県）の行政訴訟事件<sup>20</sup>（県知事の掘削許可取消訴訟）で「公益を害する虞がある」かどうかの判断は「主として専門的技術的判断を基礎とする行政庁の裁量によって決定さるべきである」としている（昭33.7.1判決）。これは、法第4条の不確定概念がもはや法律概念ではなく、裁量概念であって、三権分立の原則の大前提から行政庁の判断を尊重し、その優位性を承認したものに他ならないと考えられる。

以上のように、行政当局は、行政行為（処分）をなすに当たり、その取り組みの姿勢として常に柔軟、かつダイナミックでなければならない。硬直した行政は活力に乏しく、マンネリズムに落ちいつて万事ことなかれ主義に陥り易く、国民の行政需要に応えられないばかりか不満を助長することにもなりかねない。このような意味で、温泉審議会における審議においても、ふだんから審議（許可）基準を明確にしておき、その時どきの恣意的判断を排除して、現代国家が要請する「法による行政」「法治主義」の原則の実現に努めなければならないのである。

#### (4) 「施設の具体化」と保留の取り扱いの問題

温泉法第4条による県知事の行政処分は、掘削の「許可」か、さもなければ「不許可」のいずれかであり、後者の場合は「理由を附した書面」でこれをしなければならない旨、定めている（同条）。

ところが本県では、昭和52年まで、掘削申請の時点で申請地に何らかの物的施設（例えば家屋・倉庫、園芸用の温室などの土地工作物、それも未完成のものでよいとされていた）が見られなければ直ちに許可を与えず、条件不備の、いわゆる「保留」として継続審議にするとといった取り扱いがなされていた。その意図するところは、県下の温泉地——とりわけ別府温泉や湯布院温泉など——で掘削が許されて温泉が湧出をみても、これを未利用のままに放置して後日、源泉地盤の地価の高騰をまって「温泉（権）付き分譲地（ないしは宅地）」として高価に売却することが一部に行なわれていたため、これを未然に防止しようとする点にあった。このような利権目当ての掘削を抑止せ

んがために採られた当県温泉審議会の「保留」の処分——厳格な意味では行政処分でなく、単なる事務的手続き——は、温泉行政の政策的視点からすれば、あながち不当・不適の措置とはいえないかもしれない。何故なら、申請地に何らかの「施設の具体化」が見られれば担当監視員が現地に赴いて確認した上で再度、継続審議として温泉審議会に諮り、形式的に承認したあと直ちに正規の掘削許可書が出されるからである。それは、保留とはいえ、一種の実質的な「条件付き許可」（この場合の条件は、行政行為の付款と呼ばれる）と解されなくもないことから、さして問題視するには当たらないとし、かつては妥当な措置として公然と処理されていた。じじつ、当時の温泉行政担当者はそのように解し、そう弁明して、保留の取り扱いを何年間にもわたって実施していたのである。

しかしながら、このような「施設の具体化をみるまでは保留」といった多分に政策的な取り扱いは、実際的なものであっても行政法上の適法な処分とはみなし難く、当然のことながら、温泉関係者の批判を呼んだ。申請者にしてみれば、このような保留の取り扱いがなされると早急に何らかの施設の築造を迫られ、その結果、かなりの額の経済的出費を余儀なくされることになり、それは、ひいては「掘削の自由」を制限して国民の権利を侵害することにもなりかねないからである。のみならず、行政処分の法理上からも、いささか疑問を投げかけよう。すなわち、温泉審議会での県知事の諮問内容ないし審議課題は、当該諮問案件である温泉掘削の是非——許可・不許可のいずれか——をめぐる専門的・技術的立場からする判断にとどまるべきであり、審議内容の明示的限界を超えて行政当局が意図する政策目的をも含めて——行政処分の重要な判断要素として——審議し、その結論として、掘削の条件不備を理由にした中途半端な「保留」の取り扱いをすることは、法第4条の趣旨に照らして、やはり妥当かつ適法の処分とはいいがたいであろう。

行政事件訴訟法は、この点、その第3条で「裁量の範囲をこえ又は濫用のあった場合には……の処分を取り消すことができる」と定め、違法な裁量があった場合は「裁量の瑕疵」をきたしたものの——講学上説くところの「裁量の<sup>と</sup>越

あるいは「裁量の濫用」——として行政訴訟への途を開いているのである。叙上のような「施設の具体化」を見なければ掘削の許可は見合せるといった、かつての本県温泉審議会での「保留」の取り扱いは、やはり改めるべきものであった。

県下の温泉地では、幸い、この種の行政訴訟が起された事例はなく、かつ現在では、このような取り扱い措置は改められているので、現時点でことさら批判を試みる実益は存しないのであるが、今後の温泉審議会での審議の在り方として参考までに取り上げ、この機会に提言を試みた次第である。

#### (5) 揚湯量の規制と地下水の問題

昭和34年2月19日、大分県では、濫掘傾向に歯止めをかけるため温泉審議会運営規程が制定され、審議会での客観的基準として「審議基準」が設けられた（第6条）。

その主要な事項を示せば、①既設泉から60m（噴気・沸騰泉からは150m）以内の地点では掘削は認めない。但し、代替掘削の場合は、この限りではない。②掘削または増掘する場合の埋設管の口径は、公共浴場は50mm以内、自家浴用の場合は40mm、噴気・沸騰泉の場合は80mm以内とする。③揚湯量は毎分1口当たり50ℓ以内、地下水位のいかんにより使用馬力（4分の1、2分の1、1馬力等）を決めること、などである。

一般に、入浴のための揚湯量の相当性は、掘削深度と口径の大小とに密接に相関すると説かれている。また、温泉水は単純な地下水とは異なり、三大要素の1つである泉温と無関係ではありえず、とりわけ入浴に利用するには42～43℃前後の適温が要求され、そのための揚湯適量は重要な要素ともなり得る。大分市内の温泉は、県下の温泉地に比べて概して深度500～800mと深く、地温の状態や湧出途中の冷却の問題もあって、あまり高温の温泉採取は望めないとされる。<sup>21)</sup> 調査データによると、深度600m以上の69井の平均温度は49.6度、揚湯量は単純平均量にして毎分112ℓであることなどを参酌して、埋設管の口径や動力装置の基準などが合理的かつ適正に決めらるべきである。その

決定に際しては、温泉の利用目的のほか、市内での地温の地域性にも留意する必要のあることも指摘されている。<sup>22)</sup> 現在、大分市内での温泉利用は、必ずしも入浴用だけでなく、温泉熱を産業用に利用しているものもあるのであるから、例えば規模の大きい施設農業（園芸用の温室栽培など）や養魚場などでは、入浴用比べて積算湯量はそれなりに多量に要求されると考えられる。現に利用されている個別的事例に徴して、合理的基準が決定されるしかるべきであろう。

元来、水量・熱量ともに決して恵まれているとは言えないとされる大分市の温泉源について、それを保護し有効に利用してゆくには、入浴用としての利用と産業用としてのそれとが今後競合することも予測され、したがって両者の調整が今後の課題となるであろう。大分市が温泉行政を推進するに当たっては、利用主体者により、また利用目的にそって地域性をも配慮し、その社会的寄与をも考慮して、総合的・計画的視野のもとに温泉開発を合理的に配分してゆかねばならなくなると思われる。

なお、「地下水」については、<sup>23)</sup> 筆者の全く専門外ではあるが、法社会的見地から概要のみ付記しておこう。——地下温水と並んで、地下水に対してもまた、同じ民法体系のもとに土地所有者の所有権が学説・判例ともに一応は承認されている。しかし、地下水は、温泉と違って温度・成分に直接かかわり合いのないものであり、また地下で多少とも流動しているといわれ、温泉と同様に民法上の土地所有権に従属するものとしては、本来なじみ難いものなのである。地下水もまた重要な天然資源であり、国民全体のものと考えて、その私権性を否定する法体系が整備されてしかるべきである。じじつ、こうした発想から東京・大阪・名古屋などの大都市では、工業用水法やビル用水法によって地下水の汲み上げは規制されている。しかしながら、地下水の使用による地盤低下は、工業用水やビル用水だけでなく、一部の地帯では農業用水や上水道用水などにも利用されて地盤低下を招いているといわれる（九州地方では佐賀平野や熊本平野など）。当大分市における地下水利用の実態は承知しないが、市内全域にわたる 100本近い泉孔から汲み上げられる相当量の温泉水が大分市の地盤低下に将来どのような影響を及ぼすかを探査するのも、今後の検討課題であろう。

#### (6) 未利用温泉の取り扱いについて

大分市では、現在のところ、未利用のものが5泉ある（一覧表参照）。このような未利用温泉をどう取り扱うかも、今後に課せられた問題である。5件のうち1件は、住宅分譲用とあるところから察すると、掘削して湧出はみたが分譲住宅が売れないため未利用のままにしているのか、あるいは分譲用住宅の造成工事が完了していないためかとも考えられる。いずれにしろ、このような未利用温泉の放置は、温泉法の趣旨に鑑みて決して望ましいものとは言えないであろう。

全国一の源泉を誇る別府温泉でも、市の全域にわたって未利用・休止中の泉孔が実に 442件もあり、大分市のそれに比べて、はるかに重要な問題を提起する。未利用温泉と休止温泉との相違は、ここに説明を加えるまでもなく、前者はいつでも利用しうる状態にある源泉であるのに対し、後者のそれは、湧出が止まっていて直ちには利用不能のものである。これらの温泉は、泉孔の形態からみて、①温泉孔の所在が間違いなく確認できるもの、②それらしき痕跡が推定できるもの、さらに③全く痕跡すら不明であるものがあり、それに対応して温泉の権利関係も、④所有者が判明して権利の帰属に問題がないもの、⑤現地に所有者が定住していないため調査しなければ不明なもの、⑥源泉が相続や転売などのため複雑で全く不明のもの、などに分けられよう。こうした現状からも、この際、温泉行政担当者には、<sup>24)</sup> 県や各保健所備え付けの温泉台帳の整理が強く望まれるのである。

また、そうした権利の問題とは別に、これらの未利用温泉や休止温泉、なかんづく休止温泉の取り扱いについてはいささか問題である。それは、休止中のもので後日に掘削（増掘、代替えを含む）の申請があった場合、これをストレートに認めてよいかどうか、である。休止中の温泉は、新温泉とは違って、一応の既得権をもっているとして一般には解されており、また実際に許可がなされている。

しかし、休止温泉の多い温泉地にあつては尚のこと、休止中の温泉の掘削を新規温泉と同格に扱うことは、問題を残しように思われる。安易な許可処分は、濫掘規制の趣旨を骨抜きにする虞なしとしないからである。

そこで、やはりこの際、未利用温泉をも含めて休止温泉の実態をしきりに調査し、その原因や再掘・再利用の意思の有無、今後の利用目的、周辺温泉との関連などで指導・助言など行政指導を加える必要があるのではないかと考える。そのためには、温泉台帳を常日頃から整備して事実関係を明確にしておき、とくに温泉紛争が生じないよう、また生じてもこれに対応できるような態勢をとっておくことが望まれる。また、源泉所有者も、貴重な財産的価値をもつ温泉であればなおのこと、権利の上に眠ることをせず、こうした調査や指導に積極的に協力を措しんではなるまい。

(7) 保護地域の設定の検討

周知のように、大分県では、温泉審議会運営規程によって、別府温泉と湯布院温泉とで「保護地域」による掘削規制がしかれている。すなわち、別府温泉では、特別保護地域が3地区、保護地域が2地区、併せて5地区が指定されており、その区画は上記規程に明示されている。また、湯布院温泉でも、特別保護地域と保護地域が各3地区定められている。

このような泉源の保護政策から特定の地域での掘削を禁止ないしは抑止する施策は本県だけでなく、若干の県でも見られるところである（湯河原温泉、伊東温泉など）。述べるまでもなく、こうした温泉地での施策は、温泉の濫掘によって温泉水位が低下して紛争を生じたことと、温泉水位の低下による揚湯量の減少をカバーするために増掘ないしは新規掘削が相つぎ、社会問題となって掘削規制の強化が強く叫ばれることに因るものであった。

本県での当該保護地域の掘削規制を摘記するなら、運営規程第7条によって、①特別保護地域にあつては掘削は認めないこと、②保護地域にあつては、既設温泉から100m、但し湯布院地方にあつては150m（噴気・沸騰泉にあつては、いずれも150m）以内での掘削はこれを認めない、としている。

大分市の温泉孔の分布を見ると、現在のところ、さほど集中しているとはみられないが、早晚、保護地域の設定の必要性が粗上に上るのではあるまいか。もともと、昭和34年段階の規制で一般地域での60mの距離規制があるので早急に保護地域の検討は必要ないかもしれず、また深度が深いため多額の掘削費用がかかることなどを併せ考えると、市民誰もが容易に温泉開発にのり出すことも考えられず、保護地域の設定による掘削規制は近い将来の問題として、現在では時期尚早とも考えられなくもない。

(参考資料) 県下の温泉利用状況

—大分県環境保健部—

管轄保健所名	源泉総数(A+B)	利用源泉(A)		未利用源泉(B)		温度別源泉数				湧出量		管轄著名温泉地
		自噴	動力	自噴	動力	25℃未満	25℃~42℃	42℃以上	水蒸気ガス	自噴 <sub>1/分</sub>	動力 <sub>1/分</sub>	
高田	7	2	2	3	—	2	5	—	—	420	350	別府温泉
国東	5	2	3	—	—	1	4	—	—	338	176	
日出	39	20	19	—	—	2	29	8	—	1,828	528	
別府	2,693	428	1,823	166	276	—	320	2,179	194	12,669	74,901	
大分(市内)	80	9	68	—	3	2	3	75	—	818	7,002	湯布院温泉ほか
大分(郊外)	806	229	547	5	25	14	51	740	1	15,367	27,510	
臼杵	12	8	—	4	—	12	—	—	—	11	—	長湯温泉・久住温泉ほか
佐伯	2	1	1	—	—	2	—	—	—	4	12	
竹田	56	37	4	14	1	6	21	29	—	4,723	475	
玖珠	179	111	34	10	24	13	51	95	20	9,592	1,520	九重温泉群
日田	58	6	38	—	14	1	19	38	—	473	2,852	天ヶ瀬温泉ほか
中津	17	10	2	4	1	1	11	5	—	2,269	254	
宇佐	9	—	6	—	3	1	5	3	—	—	617	
合計	3,963	863	2,547	206	347	57	519	3,172	215	48,512	116,197	

(昭59. 3. 31現在)

参 考 文 献 (注記)

- 1) 昭和59年版—「環境保全の現況と対策」(昭60. 3 大分県環境保健部編)中の温泉資源の保護と利用(202頁~205頁)参照。
- 2) 大分県温泉調査研究会第35号に掲載の吉川・北岡報告「大分市における温泉権の分布」より引用。
- 3) 昭和30年代の地域開発関係法令は次のとおり——  
首都圏整備法(昭31) 東北開発促進法(昭32) 九州地方開発促進法(昭34) 四国(北陸・中国)地方開発促進法(いずれも昭35) 低開発地域工業開発促進法・炭産地振興臨時措置法・豪雪地帯対策特別措置法(いずれも昭36) 全国総合開発計画(昭37) 新産都市建設促進法(昭37) 近畿圏整備法(昭38) 工業整備特別地域整備促進法(昭39) 山村振興法(昭40)
- 4) 地方自治行政研究会編著『地方自治(現代行政全集2)』(昭58 ぎょうせい)中の第4章広域市町村圏とコミュニティ対策(296頁以下)、第5章地域対策の現状と動向(373頁以下)、成田頼明他編『行政法講座下巻』(1970年 青林書院)102頁など。
- 5) 山本草二他著『未来社会と法(現代法学全集54)』(昭51 筑摩書房)中の第2部国土開発(119頁以下)。
- 6) ジュリスト総合特集『現代都市と自治』(1975年 有斐閣)、同『地方自治の可能性』(1980年)などの諸論稿が参考となる。
- 7) 「地方の時代」については、前掲『地方自治』中の第3部が包括的にこれを取り上げている。
- 8) 本県では、昭和34年5月に湯布院温泉、53年3月に長湯温泉、今年(昭60)になって鉄輪・柴石・明礬温泉一帯が国民休養温泉地の指定を受けた。
- 9) 別府温泉の法社会学的記述については別府市教委『別府市誌』(昭50)中の拙稿を参照。なお、最近出版の新版『別府市誌』(昭60. 3)も新しいデータを加えており参考になる。
- 10) 最近では、昭和60年度から3年計画で久住町を中心に新エネルギー総合開発機構(略称NEDO)が1,000~1,500m級の調査井7本を掘って本格的な地熱開発促進調査が加われる旨報道された(昭60. 4. 13「大分合同新聞」。なお、温泉法と地熱開発をめぐる法律問題については拙稿「温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題(上)・(中)・(下)」(大分県温泉調査研究会報第33・34・35号)を参照のこと。
- 11) 温泉権については舟橋諄一著『物権法(法律学全集18)』(昭35 有斐閣)中の「物権の変動」(22頁)、川島武宜他編『温泉権の研究』(1964年 勁草書房)、川島武宜他編『注釈民法(7)物権(2)』(昭43 有斐閣)中の後注(3)(609頁以下)が網羅して注釈を加えている。
- 12) 県下の温泉地で集中管理方式にかかわるものとしては拙稿「湯の平における温泉権の実態」(大分県温泉調査研究会報第23号)、同「宝泉寺における温泉権の実態(上)・(下)」(同第33~35号)、同「別府温泉の集中管理について」(同第32号)などを参照されたい。
- 13) 大分県温泉調査研究会『30年のあゆみ』(昭54. 3)中の拙稿「温泉法の回顧と展望」(50~59頁)、羽田野宗人「温泉行政の沿革」(64~70頁)など参照。
- 14) 次のようなものが代表的である——土地収用法(公共事業のための土地の収用・使用)都市計画法(開発許可の制度)建築基準法(建築の規制)航空法(空港周辺の建築制限)電波法(中継波の通路部分の建築制限)大気汚染防止法・工場排水規制法・騒音規制法(公害防止のための機械設備等に関する制限)文化財保護法(重要文化財の管理の制限)鉱業法(鉱業権・租鉱権を土地所有権とは別の物権として独立させた)農地法(農地の処分の制限)など。
- 15) 渡辺洋三著『現代法の構造』(1975年 岩波書店)中の「現代所有権の思想」(100頁以下)が参考となる。
- 16) 上掲『現代法の構造』中の123頁、130頁など。



- 17) 昭和50年刊行の『別府市誌』のあとに出版された同名誌（昭60．3）によれば、現代の別府市内における各種形態の共同温泉は175温泉の多きを数える。
- 18) 行政行為については、田中二郎著『行政法総論（法律学全集6）』（昭32 有斐閣）第2章（257頁以下）参照。羈束行為と裁量行為については前掲書（281～295頁）のほか、成田頼明他編『行政法講座下巻』（1970年 青林書院）中の第3章（220頁以下）を参照のこと。
- 19) 前掲『行政法講座』中の245～246頁など。
- 20) 二日市温泉訴訟については前掲『注釈民法』の中の633～634頁参照、また行政訴訟については、雄川一郎著『行政争訟（法律学全集9）』が詳しい。
- 21・22) 前掲—吉川・北岡報告を参照されたい。
- 23) 地下水については、金沢良雄著『水法（法律学全集15）』中の第6章（150頁以下）。国際的比較の研究書にはA．ヴェストホッフ著 板橋郁夫訳『ドイツ水法概論』（昭46 成文堂）と板橋郁夫著『米国水法研究』（昭41 同）が参考となる。
- 24) 「温泉台帳」が判決の中に現われたものとしては大分地裁昭36．9．15判の温泉訴訟がある。この中で、温泉権の変動について、温泉台帳に登載することで第三者に対抗しようとした法律論が展開された（もっとも、傍論としてはあるが）。「事実上の公示作用を営んでいる」かどうかは、議論の岐れるところであるが、このような作用を営んでいることを全面的に否定できないことを考え併せて、やはり温泉台帳を整理しておくことが必要であろう。この点について前掲『温泉権の研究』516頁、520頁などでも触れている。

# 原爆被爆者の温泉療法(第17報)

別府原爆センター 大内太門

## 1 はじめに

広島、長崎に原爆が投下されて、今年（昭和60年）は40周年を迎え、被爆生存者は高齢化したが、当センター利用者は減少の兆が見られず、本年度の利用者数は前年度を上回った。

## 2 利用者概況

昭和59年4月から昭和60年3月までの1年間の入所者は4,029名、延数22,900名、1日平均63.5名、利用率88%であった(表1)。延人員、1日平均利用者数は共に開所以来最高である。入所予約申込を1年前から受け付けているので7月、8月の閑散期を除いてはキャンセル待ちとして受け付ける日が多い。年齢別では65才以上が2,756名、67.9%を占める(表2)。

滞在日数は7日以上が1,459名(36.2%)である(表3)。1泊の申込みは受け付けていない。

表1 利用者数とその延数

月別	利用実数	利用延数	一日平均利用者数
4	356	2,242	74.7
5	325	1,864	60.1
6	278	1,735	57.8
7	245	1,042	33.6
8	281	1,500	48.4
9	340	1,955	65.2
10	336	2,107	68.0
11	433	2,204	73.5
12	335	1,559	57.7
1	367	2,320	74.8
2	376	2,175	77.7
3	357	2,197	70.9
合計	4,029	22,900	63.5

表2 利用者男女別年令表

年令月別	<30才	31~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	70才<	計	
4	男	1	2	0	1	1	6	10	23	75	119
	女	0	1	0	3	8	19	32	53	121	237
5	男	3	2	1	0	3	4	11	22	57	103
	女	2	1	2	1	5	25	31	50	105	222
6	男	0	0	1	0	1	7	14	14	46	83
	女	2	2	1	0	4	22	38	43	83	195
7	男	3	2	0	1	4	8	9	17	33	77
	女	13	1	2	0	7	20	41	30	54	168
8	男	28	4	7	1	6	8	8	19	28	109
	女	26	9	10	4	9	18	22	19	55	172
9	男	0	1	0	3	7	10	16	22	51	110
	女	1	0	1	2	11	28	35	55	97	230
10	男	0	0	0	0	1	3	9	26	68	107
	女	0	1	0	3	6	15	37	54	113	229
11	男	0	1	2	3	4	12	17	38	79	156
	女	3	1	4	3	10	27	45	64	120	277
12	男	7	4	2	3	8	10	10	17	53	114
	女	10	5	3	5	9	22	27	44	96	221
1	男	6	2	1	2	3	3	7	27	68	119
	女	8	3	2	4	7	20	56	49	99	248
2	男	0	3	0	1	2	4	13	30	76	129
	女	0	0	0	0	6	25	49	62	105	247
3	男	2	0	0	1	0	4	12	23	91	133
	女	2	2	0	1	5	20	32	49	113	224
合計	男	50	21	14	16	40	79	136	278	725	1,359
	女	67	26	25	26	87	261	445	572	1,161	2,670
計		117	47	39	42	127	340	581	850	1,886	4,029

表3 利用者の滞在日数

滞在日数月別	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	計
4	87	77	176	16	356
5	89	114	113	9	325
6	89	62	114	13	278
7	120	78	42	5	245
8	118	73	85	5	281
9	116	101	119	4	340
10	102	125	80	29	336
11	113	264	51	5	433
12	161	85	79	10	335
1	100	92	155	20	367
2	91	127	148	10	376
3	75	111	159	12	357
計	1,261	1,309	1,321	138	4,029

### 3 利用料金

当センターは独立採算で運営している。利用料金は従来3食付1泊の基本料金に冷暖房料、テレビ聴視料、丹前使用料を加算していたが、昭和59年4月1日から基本料金に従来の加算料金を含めることにより料金計算が簡略となった。新料金の一部を掲げる。1人1日の料金は2人同室3,500円、相部屋3人以上3,400円、15人以上の団体（3泊以上）3,100円、以上は被爆者本人の料金で付添人は割増料金となる。このほか長期滞在者の割引料金などがある。

### 4 診 療

診療は入所者のうち希望者のみ週2日（火・金）診察する。本年度の受診患者数は636名（男189名、女447名）であった。

年齢別では70才以上が354名（55.6%）、このうち80才以上が86名（13.5%）である。男：女は3：7となった（表4）。

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	1	1	0	2	11	40	53	174	86	182	38	48	189	447
計	2		2		51		227		268		86		636	
%	0.3		0.3		8.0		35.7		42.1		13.5		100	

滞在日数 療養期間は14日以上が望ましいのであるが、7日以上が555名（87.3%）、14日以上は131名（20.6%）であった（表5）。滞在日数14日以上の入所者138名中131名が受診していることになる。

表5 受診患者の滞在日数

	<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	3	4	20	54	125	299	37	59	4	31	189	447
計	7		74		424		96		35		636	
%	1.1		11.6		66.7		15.1		5.5		100	

### 5 被爆者健康手帳による区分

健康手帳で第4号はいない。第1号は256名であった（表6）。636名の受診患者中長崎市で被爆したものは男女各2名である。広島県、市委託の原爆被爆者の健康診断は12件であった。

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	72	80	3	0	34	189
女	184	131	52	0	80	447
人数	256	211	55	0	114	636
%	40.3	33.2	8.6	0	17.9	100

## 6 血圧測定

受診の有無に拘らず入所時と退所時に血圧を測定している。測定成績の一部を附図として掲げる。15グループの中で退所時最高血圧が 150mmを越えて上昇したものが数例あるが大多数は 150mm以下の正常範囲におさまっている。

## 7 病 名

受診患者の主訴で最も多いのは、関節痛、筋肉痛、背腰部の痛みである。636名の病名は1,208で、このうち 100名以上の疾患は変形性脊椎症 152、変形性膝関節症、膝関節痛 143、感冒 106、高血圧症100である（表7）。

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	20	51	29	52	49	103	152
脊椎骨粗鬆症	1	11	0	45	1	56	57
脊椎圧迫骨折、腰椎捻り症 椎間板ヘルニア	2	4	5	10	7	14	21
腰 痛 症	2	32	9	27	11	59	70
筋 肉 痛	2	11	2	3	4	14	18
肩関節周囲炎、肩関節痛	9	5	6	12	15	17	32
肩 凝 症	1	20	0	15	1	35	36
関節リウマチ	0	4	0	3	0	7	7
変形性膝関節症、膝関節痛	4	45	16	78	20	123	143
関節炎、関節痛(肩関節、膝 関節を除く)	1	3	0	6	1	9	10
外傷(挫傷、挫創、捻挫、骨 折) 外傷後遺症	7	7	7	10	14	17	31
関節拘縮	0	2	1	1	1	3	4
虚血性心疾患	0	9	10	16	10	25	35
不整脈(期外収縮、心房細 動、脚ブロックなど)	1	1	6	8	7	9	16
心 肥 大	0	1	0	2	0	3	3
高血圧症	9	32	18	41	27	73	100
低血圧症	0	3	0	1	0	4	4
高脂血症	0	4	0	2	0	6	6
頭 痛	2	2	1	3	3	5	8
不 眠 症	4	2	4	3	8	5	13
め ま い	0	1	1	2	1	3	4
脳卒中後遺症	3	1	4	3	7	4	11
脳動脈硬化症	0	0	6	0	6	0	6
自律神経失調症	1	12	1	2	2	14	16
神 経 痛	0	6	0	4	0	10	10
その他神経系疾患	2	0	2	0	4	0	4
気管支炎	3	6	4	12	7	18	25

病 名	69才以下		70才以上		計		計
	男	女	男	女	男	女	
気管支喘息肺気腫	1	1	5	0	6	1	7
感 冒	8	51	9	38	17	89	106
口 内 炎	0	1	1	4	1	5	6
胃炎、胃腸炎	3	15	7	21	10	36	46
肝炎、肝硬変	6	6	1	1	7	7	14
便秘 症	4	12	10	20	14	32	46
泌尿器疾患（膀胱炎、腎不全、頻尿など）	1	5	4	4	5	9	14
糖 尿 病	10	10	10	10	20	20	40
貧 血 症	1	1	3	5	4	6	10
術後（乳癌、胃潰瘍など）	1	2	1	1	2	3	5
眼疾患（白内障、結膜炎など）	2	3	7	20	9	23	32
皮膚炎、湿疹	3	2	3	7	6	9	15
その他皮膚疾患	2	7	5	11	7	18	25
計	116	391	198	503	314	894	1,208

## 8 治 療

慢性疾患の患者は主治医の診療を受けており、旅行中の内服薬を貰って来ているので、追加の必要を認めた場合、検査（血糖、脂質、血球数、血色素量などの血液検査、心電図、レ線検査など）を行い、投薬する。

センター内の温泉の泉質はナトリウム一塩化物泉、泉温83.5℃ 自噴 湧出量80ℓ / min（昭和55年2月分析）男女別大浴槽と気泡浴槽を満たすに充分の量を確保している。

理学療法のうち治療件数の多いのはマイクロ波治療と低周波治療である。

## 9 治療成績と転帰

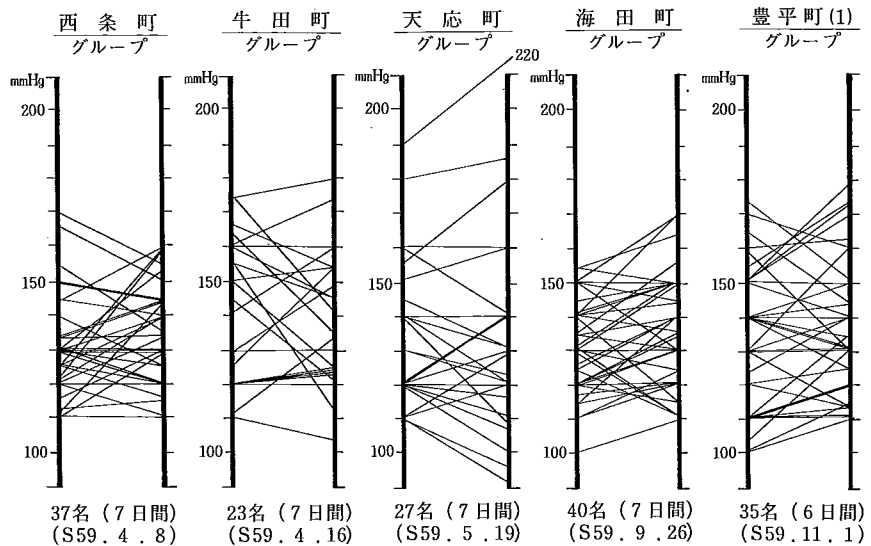
慢性疾患が多く、2週間前後の短期間の療養で治療成績を論ずることはできないが、滞在中に症状が軽快、軽減するため毎年1回、定期的に入所する患者が多い。本年度は年2回が51名、3回7名、4回4名であった。入所時と退所時になるべく血圧と体重を測定し、もし異常を認めたときは受診するよう又療養心得を特に守るように注意しているのであるが、本年度入所者4,029名中4名の方が逝くなられた。第1例 84才男 同室者と連れ立って所内浴場に行き、浴槽内で突然意識喪失、死亡。後頭下穿刺により血液を認めた（脳内出血）。第2例 63才女 トイレから自室に帰りつき倒れ、夫の目の前で急死。以前から心臓病の治療をうけていたという。センターでは受診していなかった（急性心不全）。第3例 74才男 受診したが心不全と糖尿病のため近くの病院に入院させた。病院で2日目に死亡（心不全）。第4例 80才女 受診していなかった。外出しようとセンターの玄関まで出て来たが気分が悪くなった。直ちに入院させ、気分はよくなったが経過観察のため病院に泊り、翌日死亡（心不全）。以上いずれも温泉に入るのを楽しみにして来別した患者である。高齢者の療養の場合、予期しない事態の起こることがある。事故の場合速やかに手当ができるよう、入浴には1人で行かぬこと、時間外に浴場に行かぬこと、1人で外出するときは、センターの電話番号を記したプレート（所謂迷子札）の携帯を励行することなど注意している。

## 10 む す び

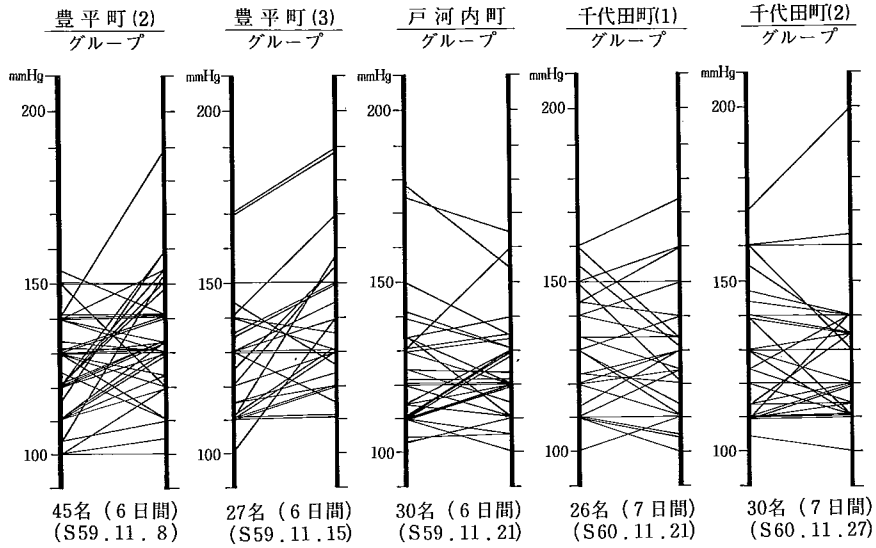
昭和59年度の入所者の平均利用率は88%で、年齢別では65才以上が68%であった。入所者延数22,900名と受診患者数636名は開所以来最高である。疾患別では運動器疾患が最も多く、次いで循環器疾患、感冒が多い。温泉療養の効果顯著のため毎年定期的に入所する被爆者が少なくない。本年度中に2回以上受診した患者は62名であった。

最後に本年度は核禁会議から、薬剤自動分割分包機、心電図収集端末装置の寄贈をうけた。茲にご厚意に対し謹んで謝意を表します。

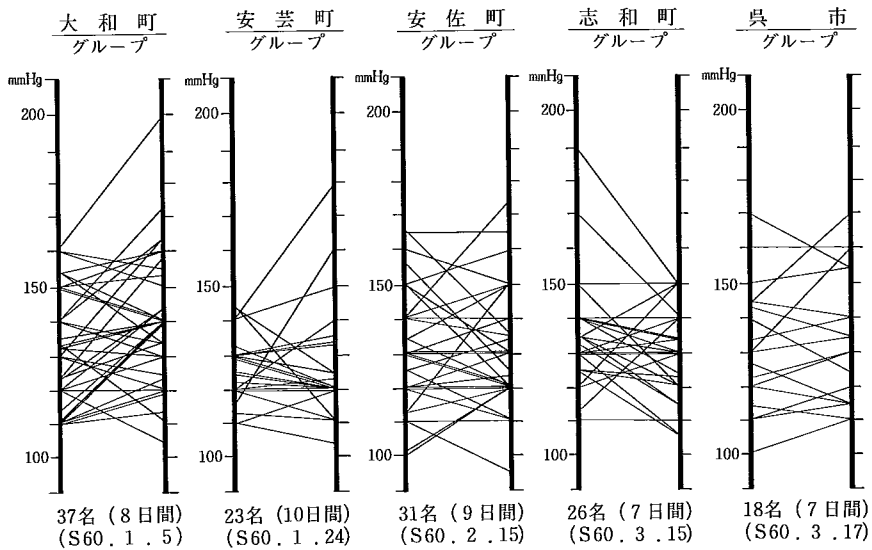
### 温泉前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



## ◎ 深部地熱構造に関する研究会

昭和60年2月27日、別府市内の「つるみ荘」会議室において大分県温泉調査研究会会員、県総合エネルギー対策課職員等37名が出席し、県内における地熱開発の現況について地熱開発関係3社の講師から説明があった。

会員から個々の項目について活発な質疑応答があり、盛会のうち無事終了した。

### 講師及び演題

- 九州電力株式会社火力部地熱課長 富田凡人  
(1) 大岳・八丁原両P/Sの現況について
- 出光地熱開発株式会社企画部長 堀井彰三  
〃 本松利郎
- 出光地熱開発株式会社九州事務所 関義己  
〃 古屋茂継  
(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 調査井掘削の概要について
  - ④ 杭井圧力観測システムについて
- 新エネルギー総合開発機構 豊肥調査事務所長 安武秀雄
- 電源開発株式会社深部地熱調査 豊肥事業所長 磯山泰造
- 電源開発株式会社深部地熱調査 豊肥事業所 戸高法文  
(1) 豊肥地域大規模深部地熱発電所環境保全実証調査実施内容について



## 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 役員は任期は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るとき、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・脱会

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（59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	森 山 善 蔵 志 賀 史 光 延 永 正 由 佐 悠 紀 脇 屋 長 可 佐 藤 益 美 清 水 喜 徳 郎 高 倉 源 八 山 田 良 久 大 島 千 年 衛 藤 龍 天 林 薫
監 事	2	別府保健所長 別府市温泉課長	上 杉 正 見 淵 満 雄
会 員	33	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 二 徳 挾 間 藤 千 信 工 濱 田 千 秋 徳 光 正 欣 次 正 尾 正 則 岐 部 力 強 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
		九州大学生体防御医学研究所教授	中 溝 慶 生
		" 講師	麻 生 宰 郎
		" 医員	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 治
		" "	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 門
		" 所長	大 内 太 三 郎
		大分県立上野丘高等学校教諭	日 高 稔 也
		別府市観光経済部長	生 野 友 也
		" 温泉課課長補佐	小 野 落 成 敏
		大分県環境保健部環境保全課課長補佐	生 野 喜 和 人
		大分県公害衛生センター化学部長	山 田 謙 吾
		" 大気部長	溝 口 昇 夫
" 主任研究員	安 藤 章 夫		
" 主任	後 藤 成 一		
" 技師	淵 祐 一		
別府保健所総務温泉課長	上 田 精		
顧 問	3	大分県林業水産環境委員長	友 岡 春 夫
		別府市議会議長	首 藤 節 生
		九州大学名誉教授	矢 野 良 一

大分県温泉調査研究会報告 第36号

昭和60年3月 印刷

昭和60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



②

4. 何: 此) 持片 (wii) 2007 同 2 月 2 日... 80.  
 何: 同 | 2 月 2 日 15 時 30 分... 時. 自 2 月 2 日  
 2007 年 2 月 2 日. 1 月 2 日 15 時 30 分... 時.  
 17 時 30 分. 2 月 2 日. 2007 年 2 月 2 日... 時.  
 2 月 2 日 15 時 30 分.

5. 此) 1500 元 持片 (wii) 2007 年 2 月 2 日... 80.  
 何: 同 | 2 月 2 日 15 時 30 分... 時. 自 2 月 2 日  
 2007 年 2 月 2 日. 1 月 2 日 15 時 30 分... 時.  
 17 時 30 分. 2 月 2 日. 2007 年 2 月 2 日... 時.  
 2 月 2 日 15 時 30 分.

6. 此) 1500 元 持片 (wii) 2007 年 2 月 2 日... 80.  
 何: 同 | 2 月 2 日 15 時 30 分... 時. 自 2 月 2 日  
 2007 年 2 月 2 日. 1 月 2 日 15 時 30 分... 時.  
 17 時 30 分. 2 月 2 日. 2007 年 2 月 2 日... 時.  
 2 月 2 日 15 時 30 分.

7. 此) 1500 元 持片 (wii) 2007 年 2 月 2 日... 80.  
 何: 同 | 2 月 2 日 15 時 30 分... 時. 自 2 月 2 日  
 2007 年 2 月 2 日. 1 月 2 日 15 時 30 分... 時.  
 17 時 30 分. 2 月 2 日. 2007 年 2 月 2 日... 時.  
 2 月 2 日 15 時 30 分.

8. 此) 1500 元 持片 (wii) 2007 年 2 月 2 日... 80.  
 何: 同 | 2 月 2 日 15 時 30 分... 時. 自 2 月 2 日  
 2007 年 2 月 2 日. 1 月 2 日 15 時 30 分... 時.  
 17 時 30 分. 2 月 2 日. 2007 年 2 月 2 日... 時.  
 2 月 2 日 15 時 30 分.





12,

12. 13. 14.

成... 13,

大... 11... 12... 13... 14... 15... 16... 17... 18... 19... 20... 21... 22... 23... 24... 25... 26... 27... 28... 29... 30... 31... 32... 33... 34... 35... 36... 37... 38... 39... 40... 41... 42... 43... 44... 45... 46... 47... 48... 49... 50... 51... 52... 53... 54... 55... 56... 57... 58... 59... 60... 61... 62... 63... 64... 65... 66... 67... 68... 69... 70... 71... 72... 73... 74... 75... 76... 77... 78... 79... 80... 81... 82... 83... 84... 85... 86... 87... 88... 89... 90... 91... 92... 93... 94... 95... 96... 97... 98... 99... 100...

... 11... 12... 13... 14... 15... 16... 17... 18... 19... 20... 21... 22... 23... 24... 25... 26... 27... 28... 29... 30... 31... 32... 33... 34... 35... 36... 37... 38... 39... 40... 41... 42... 43... 44... 45... 46... 47... 48... 49... 50... 51... 52... 53... 54... 55... 56... 57... 58... 59... 60... 61... 62... 63... 64... 65... 66... 67... 68... 69... 70... 71... 72... 73... 74... 75... 76... 77... 78... 79... 80... 81... 82... 83... 84... 85... 86... 87... 88... 89... 90... 91... 92... 93... 94... 95... 96... 97... 98... 99... 100...





9

可打以 橋上本せりもの。k. 60 単位の本つり  
 橋下本つりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 刻本上端の 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 (80m高) 60m高の 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 200m高の 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの

橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの

橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの  
 橋上本せりもの 橋上本せりもの 橋上本せりもの