

大分県温泉調査研究会

報告 第33号

昭和57年3月

目 次

別府南部温泉地域における熱水の流動経路……吉 と温泉水の形成	北	川 恭 三… (1) 岡 豪 一
地下熱水の蒸気化による地熱現象への影響……吉		川 恭 三… (11)
別府北部温泉資料の解析……神		山 孝 吉… (21)
温泉水が湧出管上昇中に受ける冷却の再検討…北		岡 豪 一… (28)
原爆被爆者の温泉療法 (第14報) ……八 辻		田 秋… (39) 秀 男
リウマチの温泉治療：慢性関節リウマチに……延 対する寒の地獄泉の影響	吉	永 正… (60) 田 史 郎
温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題 (上) …大		野 保 治… (63)
国東半島の温鉱泉の化学組成……志 川 江	賀 野 口	史 光… (77) 田 実 夫 芳 彦
直入町における現地調査並びに講演会……大分県環境管理課…		(81)

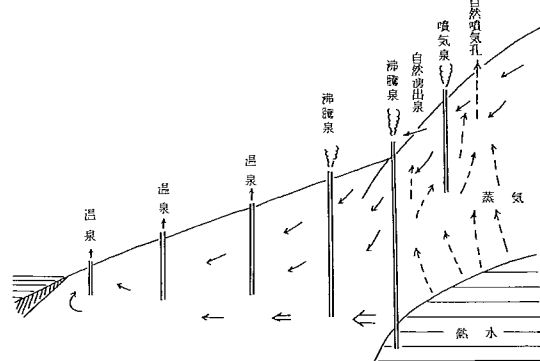
別府南部温泉地域における熱水の流動経路と温泉水の形成

京都大学理学部 吉川 恭三
北岡 豪一

1. 温泉水の形成

高温な温泉地での温泉水は熱水性のものと蒸気性のものとに大別できる。前者は食塩型の地下熱水が液体のまま地下水に混合してできた温泉水、後者は地中の熱水から発生した蒸気が上昇し、地下水に加わってできた温泉水である。実際に採湯される温泉水には両者がさらに混合したものが多く、また、そのような熱水起源の流体を含まなくても、地層の熱を奪うだけで高温となった地下水も加わっている。このような状態を単純に表現する概念図として、第1図が用いられる。

この2種の温泉水を最も簡単に区別する指標は、その含む塩素イオンの量である。熱水には塩素イオンが多いため、これが液体のまま地下水にうすめられてできた温泉水は塩化物泉となり、その多くは食塩泉である。一方、蒸気は塩素を含まず、それが地下水に入ると、熱と共にその含む硫化水素や炭酸ガスが水に溶け込む。そういう水が酸素の供給を受けやすいごく浅層にあると、塚原温泉や明バン温泉に代表されるような硫酸型の酸性泉となり、それが地下深くへの浸透過程で鉱物を溶かして硫酸塩泉に変る。そういう酸性泉のできないやや深層では、炭酸ガスが炭酸泉を作り、それが中和されて炭酸水素塩泉となる。



第1図 熱水から温泉水への概念図

別府南部温泉域の温泉水はほとんどが食塩泉か炭酸水素塩泉、またはそれらの混合か、それが地下水でうすめられた単純泉である。硫酸塩泉は、堀田、北田位付近の沸騰泉の一部と境川より北側の九大温研付近に僅かに見られる程度であるから、蒸気性温泉水の指標としては HCO_3^- が普通に使われる。これと熱水性温泉水の指標 Cl^- との対比から、両者の温泉水の混合や分布の状態を推定する試みがしばしば行われた。

第1図は、熱水から温泉水に至る基礎的経過を概念的に描いたものであるから、実際の温泉地の地下で、熱水や蒸気のたどる道程はこのように単純ではない。地質構造により流路が制限され、そのため液体から蒸気への状態変化が影響されると共に、両者の分離や流動上の選別が行われるなど、地下水への供給経路がそれぞれ複雑な形をとる。これらは生成された温泉水の温度や水質によく反映されるから、その分布を解析することにより、熱水が液体のまま、または蒸気として、地下水に供給される過程をたどり、それに影響する地下構造との関係を推定することができる。そのための第一段階として、最も資料が充実し、しかも過去に比較的規則正しい分布の得られている別府南部温泉域の温泉水を対象とし、熱水から温泉水への流動経路におこる水質変化を解析して、その分布と由来を求めるのがこの報告の主旨である。そして、その流動経路に地質構造の果す役割を見出し、他の温泉地域にも適用できる形で両者の関係の一般化をはかりたい、というのが今後の課題である。

2. 温泉水系

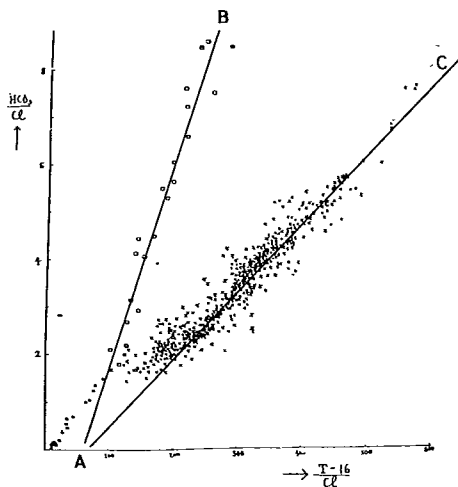
温泉水系という言葉の定義はあいまいで、場合によりかなり広い意味に使われている。基本的には、原因はともかく、温度や水質にある形を持つように作られた温泉水が、その形をあまり変えずに流れて行く時に、それを一つの温泉水系と言う、ということであろう。実際にはそれを広げて、流れる途中で形が変わっていても、それが他種の温泉水との混合と考えなくてもよい場合、例えば、地層中の沈澱や溶解、または温泉水以外の一般地下水による希釈の場合は、その変化させる要素も含めて、これを一つの温泉水系と呼ぶことが多い。つまり、ある地域での温泉水が生成原因の違う何種類かの温泉水の場合で作られたものと仮想し、その混合以前の各温泉水のひと続きの流れをそれぞれ独自の温泉水系と言っているのである。そして、各温泉水系が地下水による希釈や地層中での変化を受ける以前の形を考えて、それを源温泉水と呼ぶこともしばしば行われた。

こういう意味での温泉水系を求めるためにこれまでよく使われてきた方法は、地域に散在する多数の源泉から泉温や化学成分の資料を集め、それぞれをグラフで対応させながら、その全資料を包括する系統的な分布を見出す試みであった。例えば、 Cl^- と温度、 Cl^- と HCO_3^- のグラフで、どちらにも正の1次関係があれば、この地域には Cl^- と HCO_3^- 量が大きく高温のただ1種類の源温泉水があり、それが低温の地下水と混合しながら温泉水を作っている、と考える。また、 Cl^- の多いほど温度が低く、 HCO_3^- 量も小さいという負の関係のグラフが得られると、 HCO_3^- 量が多く温度の高い源温泉水と、 Cl^- 量が高いが温度の低い水の混合を考え、後者については海水浸入の可能性を求める、というようなことである。

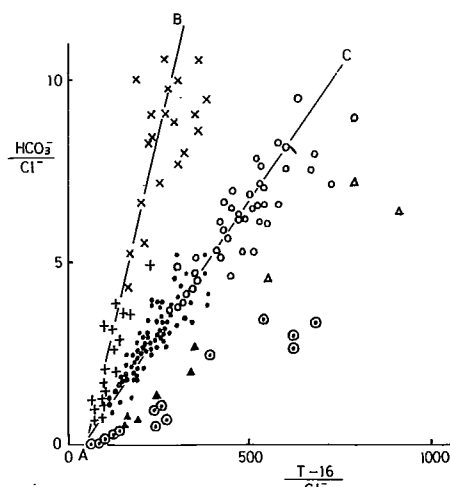
温泉地の中には、こういう簡単な1次関係とはならず、2種の源温泉水に地下水の混合を加えた三角形分布の与えられたものが多く、またさらに複雑に、四角形の分布となることもある。こうなると、その四角形の各頂点にそれぞれ源温泉水や地下水を考えることが意味があるのかどうかがあやしくなる。四角形と見えるのが、本当はもっと大きい三角形の一部なのかも知れないし、さらに詳しく見ると五角形と見えぬこともない。あるいは六角形かもしれない。というようにきりがなくなり、複雑になるばかりで、それから合理的な結論を引出す端緒が得られそうにもない。多角形分布だと、それぞれの頂点の持つ性質に、例えば海水とか、一般地下水とか、はっきりした意味を備えない限り、資料が不十分なためにただ偶然そう見える分布になったのではないか、という不信感がつきまとう。混合の結果こうなった、という必然性を自分にも他人にも納得させるには、直線関係にまさるものはない。

この見地から、吉川は1950年に別府市街地温泉の水系を解析したさい、測定した Cl^- 量、 HCO_3^- 量、泉温、相互間に得られた三角形分布の組合せに近いグラフを直線関係に置換える操作を行い、それによる水系の分類を試みたり。そのためにはまず混入する一般地下水の影響を除くこととし、その温度は 16° 、 Cl^- 量、 HCO_3^- 量は無視できるものと仮定して、温泉水の各測定値を HCO_3^-/Cl^- ($T-16$)/ Cl^- の比の値に置換え、その対応を見たのが第2図である。ここでのTは泉温で、化学成分量はg/lで表わされている。この図で、この地域の温泉水は3種の直線関係のどれかに属していることが見出され、その3本の直線は HCO_3^-/Cl^- の値が2程度の所で、ほぼ同一箇所に固まってくる。

そのうち、原点方向に向う黒丸の線は侵入してきた海水の影響を示すものだから、温泉水系から除くこととすると、この地域には3種の温泉水系が考えられる。一つは市街地のほぼ一帯、海門寺付近から秋葉、永石通りにかけて分布する比較的 Cl^- 量の多いもの、それに、田の湯、不老泉を経て流川2丁目方向に流れるいわゆる田の湯温泉脈を中心に、 Cl^- が少く、 HCO_3^- の多い高温水系、Cが混入し、市街地の大部分の温泉水を作っている。地域の北部ではこの水系に代って、もっと HCO_3^- が多いにかかわらずやや温度の低い別の温泉水系、Bが流入しており、その範囲は、境川寄りから富士見通りを経て、北浜旅館街に至る地区である。



第2図 温泉水系の解析 1950



第3図 温泉水系の解析 1971~80

以上は1950年時点で別府南部温泉地域に見られた状態であり、当時の源泉は大部分が国鉄線路北東にあったから、現在の温泉地域全体の立場から見るとその下流の一部にすぎず、その北西から供給された温泉水が地中を流れて来て湧出する、流出域と言われる範囲に当る。事実、当時の温泉の大部分は自噴泉であった。その後、温泉の開発は西方に進み、南立石の地熱地域と連続する形となって、第1図のように熱水が温泉水へ移ってゆく過程が認められた。

その時点で第2図を見直し、2種の直線関係を2本の直線、AとBで現わすと、地域全体の熱水性温泉水系Aがあり、それに地区により異なる蒸気性温泉水系、BとCが加わって、この地域の温泉水を形成しているとの温泉水系の由来が推定され、A、B、Cとも本来、ただ1種の深部熱水を起源としたものであり、それが液体のまま供給されたのがA、それから発生した蒸気が地下水に供給される過程の違いで、BとCの2種に分かれたものと考えられた。地下で熱水と共存する蒸気は、その温度で熱水中の濃度と平衡する炭酸ガスの分圧を持つ。それが上昇して地下水に加わり、熱と炭酸ガスを与え、その地下水が地層中で中和しHCO₃⁻を得ると、Bの性質を持つ。地下水との混合がより浅層で行われると、ガスの一部が蒸気泡と共に放出され、その残りの中和したものがCである、としてBとCの違いが説明された。²⁾

Bはおもに上流部の堀田温泉と境川との中間部付近の地下から出発し、そのまま富士見通りの北側を流れ、旧国道付近から南に広がり、北浜旅館街にまで至る水系であり、Cはおもに杉の井ホテル崖下の前八幡地獄の下流付近で作られ、山の手町あたりでより深く浸透しながら田の湯温泉脈に流れるものである。

このようにして、別府南部温泉域を作る温泉水系は単純化され、その形成過程や流動経路についてもかなり整然とした分布が得られるようになった。しかし、第2図の2種の直線関係には、そのどちらにもA点に近い部分にやや空白の所があるため、熱水が液体のまま熱水性温泉水を作り、蒸気性温泉水と混合してゆく過程になお不明確な点が残る。これは、第2図に用いた資料の範囲が温泉域全体からみると下流部の限られた範囲にすぎないためであり、その後に関された上流部の地熱域に近い温泉資料を加えると、この空白部分が埋められるものと期待された。上流部に掘さくされた温泉には高温のものが多く、沸騰泉も多数得られている。そこで、最近の1971~80年の間に別府南部温泉地域で測定された資料を用い、第2図と同じ方法で描いたのが第3図である。

ここでも、先と同じくAとB、AとCの2種の直線関係が得られ、期待された通りにA点に近い部分

も埋められた。ところが注目されるのは、新しく、AC線から離れて右寄りに分布する1群が現われたことである。しかも、それが上流部の沸騰泉（二重丸）やそれに近い高温泉（三角印）に限られ、地熱域の沸騰泉はすべてその群に含まれている。沸騰泉の泉温は地上で測定されたもので、沸騰点で押えられているから、それが沸騰をおこす前に地中で持っていた温度はもっと高いに違いない。それを使うと、図中の分布はもっと右寄りに、AC線からさらに離れる方向となるであろう。そうすると、この図で見える限りでは、地熱域にはまた別の水系があることとなり、しかも、その分布は必ずしも1本の直線では表わすことのできない散らばりを持っている。前記したように、同じ地域にあまり何種類もの水系を考えるのは、現象を複雑にするばかりで、その由来をさぐる便宜にはつながらない。だから、これを別の水系の混入による現象とする前に、グラフ上にこのように表示される原因を他に考えてみる必要がある。

第2、3図は現象を簡単に表示するため、なまの資料を整理、加工して作られたものであるから、その整理の過程で現象が歪曲され、あたかも他の水系があるかのように表現される危険も含んでいる。ここで最も気になるのは、温泉水に広く混入している地下水の温度を 16° と仮定したことである。市街地の温泉だけを対象としたさいには、この仮定はあまり差しさわりをおこさなかった。必ずしも 16° という値には固執しないが、それに近く、温泉水にくらべてかなり低温のものという意味から、多少の誤差は認めたと、大局的には温泉水系の推定に矛盾のない結果が得られた。しかし、ここに新しく加わった地熱域周辺の温泉水にも、果たしてこの仮定による誤差は無視できる程度のものであろうか。例えば、横軸の $(T-16)/CI$ の16の代りに100というような大きい値を入れると、この分布はずっと左寄りに移り、ACやABに近づくに違いない。地熱域中に浸透して熱水に混入する地下水には、そういう高い温度も考えられないことではないのである。

AB、ACの直線関係で表わされる温泉水と、ここに新しく現われた右寄りの温泉水とは、場所的にも、流動機構の面でも違った範囲にある（第9図）。前者は温泉地全体の中では下流域の、熱水が液体のまま、または蒸気として地下水に供給され、温泉水が作られる領域にある。そういう所では、水の中に熱水起源の流体が入ってくるのだから、入られる方の水は一般地下水とあまり変らぬ性状のままそれを受入れ、それを薄めてゆく形をとる。一方、後者は上流域にあり、地熱域の熱水層中に地下水が浸透し、熱水を希釈してゆく所の問題である。地熱域とは、地中に熱水と共に蒸気の共存する地域を言い、そこに浸透した地下水は地層中の熱を奪い、蒸気で加熱されながら下降する。そのため、熱水に達するまでに温度が上り、また、蒸気中のガス成分を溶解するため、一般地下水とは性状が変わってくる。第3図で、地熱域の中またはそれに近い所の高温水だけが直線関係からはずれた原因は、このような地下水混入過程の違いによるものと考えられる。

どの温泉地にも、上流で地下水が下向きに供給される範囲と、下流で温泉水が上向きに流動湧出する範囲とがあり、第3図における散らばりは、その二つの範囲の資料に共通の整理方法を適用することが無理なことを示す。温泉地でのかつての源泉分布はほとんど下流の流出域に限られていたから、そこに混入する地下水の影響は一般地下水とほぼ同様の形で表わすことができた。しかし、温泉地が上流域へと拡大を続けた現在、供給域から流出域まで連続した温泉水系を解析するためには、もう一度、なまの資料に戻り、特に上流域での温度や水質の変化状態を克明にたどってみる必要がある。

3. 熱水の希釈

第4図は別府南部温泉地域での1961～70年に測定された資料から、 CI' と泉温を対応させたものである。二重丸で示した沸騰泉は地上で沸騰状態の温度を測定したものであるから、 CI' 量に関係なく、ほぼ 100° の線に並び、このままでは地中の状態を現わす資料にはならない。そこで、井戸の中で沸騰する前の地中での水温を知るため、 Na/K を用いることにし、これまでの温泉分析書から

沸騰泉でのその比の値を求め、次式から温度Tを推定した²⁾。従って、この沸騰泉の資料と他の資料とは、その測定された年代が同じではない。

$$T = \frac{856}{\log \left(\frac{Na}{K} \right) + 0.857} - 273$$

この方法で推定される温度は、蒸気層中を浸透する地下水、従ってこの図では特にCl'量が低く、HCO₃量の比較的多い資料の場合に、温度が高めに見積られるのではないかと、この疑いを持っているが、ここではそれに言及する段階ではないので、上式による計算値をそのまま用いることにする。

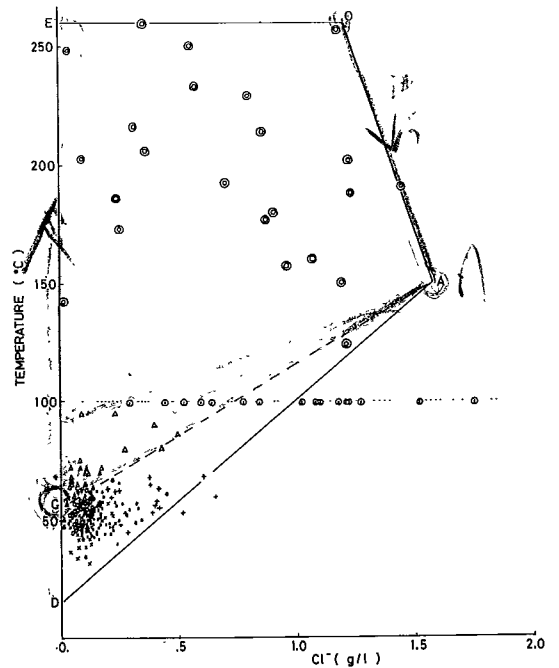
地中でこの温度の水が地上へ噴出するまでには沸騰で蒸気が逃げ、そのぶんだけ水中のCl'量が濃縮されている。そのため、地上試料で測定されたCl'量aが100°まで蒸発濃縮された時の値とし、濃縮前の地中でのCl'量bを次式から計算した。ここにiは推定された地中の温度における水のエンタルピーである。

$$b = a \frac{639 - i}{539}$$

第4図で100°以上の範囲はこうして求めたCl'量と温度の関係を示したものである。

この図によると、沸騰泉と一般温泉とでは分布に基本的な違いのあることが見出される。100°より泉温の低い温泉は、縦軸のほぼ16°程度を一つの頂点、Dとする3角形の中に入り、2種類の高温水が温度の低い一般地下水で希釈されたとみて矛盾のない分布をしている。ところが温度が100°より高い沸騰泉は、むしろ四角形に近い範囲内に広く散らばり、直線の組合せとしてその水系を判断するのが難しい状態である。この違いは前記のように、水の流動過程に蒸気の共存する影響の有無によると考えられるから、まず、熱水層内で水が蒸気と接触しながら流れる間の変化の過程を求め、次に、そうして形成された高温水が蒸気層を離れた場所で地下水に混入し、どういう温泉水を作るかを求める、二段階に分けた方法をとることにする。

地中温度や温泉変質帯の分布などから、別府南部温泉域に熱水や蒸気を供給する直接の源は、ラクテンチ付近から堀田温泉方向に向け、朝見川断層に平行して矩形状の形に分布する地熱域だとする。これは第9図で、150°から200°の等温泉が見られる範囲である。地熱域では比較的浅くに蒸気の層があり、それより深くに熱水がある。実際の採湯状態を見ると、地熱域の中でも一般温泉地域に近く、それに接する範囲の井戸には、Cl'量の高い熱水を直接噴出させている沸騰泉の多い傾向がある。ところが、地熱域の上流部では蒸気だけを噴出する噴気井が多くなり、水分を含む沸騰泉でもその水中のCl'量は低く、熱水というよりも、浸透混入した地下

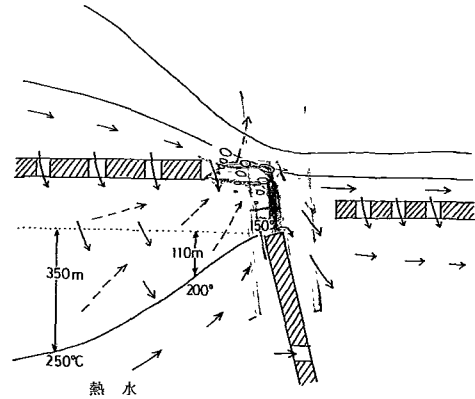


第4図

泉温とCl'量(100°より高い範囲は推定値)

水か、または蒸気の凝縮水のような性状を持つ。これらを総合して、地熱域地下の状態を概念的に描いたのが第5図である。

地熱域を境する断層部分は粘土化して、それを横切る水の流動をさえぎる。そのため、熱水は断層の交差で破碎された岩石中の割目か、断層活動後に崩壊した浅層部分、またはその後、その上に形成された地層を通してしか流出できず、地熱域周縁では垂直方向にくらべ水平方向の流動がかなり妨げられている。地熱域内では、地下の熱水は沸騰して蒸気を分離しながら、その蒸気と接触して流れ、その接触面の圧力はその温度での飽和圧力であるとする。沸騰の潜熱のため、熱水は流れるに従って温度が下り、その上面の圧力も低下する。もし、熱水中の圧力に静水圧的平衡の近似を行うなら、熱水と蒸気の境界面は地熱域の境界に近づくほど上昇する。温度250°の飽和圧力は40.6気圧、200°で15.8気圧、150°で4.9気圧だからもし、本来の熱水温度が250°で、沸騰しながら流れて地熱域の境界に至り、そこでの温度が150°だとすると、その二つの場所での熱水、蒸気境界面の高さの差は350mに達する。このように、熱水と蒸気の共存する地熱域の地下ではその上流部ほど蒸気層が厚く、熱水の存在範囲が深くなり、熱水の採取には深い掘さくが必要となるため、その上層の蒸気だけを取る噴気井が多い。地熱域の境界に近づくほど、熱水面が浅くなるため、熱水を直接に採取する沸騰泉が多くなる。



第5図 地熱域の熱水と蒸気

地熱域の熱水は流れるに従い沸騰のため温度が下り、同時にCl'を濃縮する。例えば、250°の熱水が蒸気発生潜熱だけで150°まで温度が下がったとすると、その間に約2割の蒸気が分離したことになり、そのためCl'量は1.27倍に濃縮される。従って、第4図のO点で示される熱水が、他の水の混合を受けずに沸騰しながら流れると、温度が下ると共にCl'量がふえて、OからAに向う線Eを進むことになる。これが水の希釈を受けない場合に本来の熱水系がたどる変化の過程で、それがA点で蒸気を含め地下水層に達し、それに混入すると、混合状態に応じ、図のAD線上の温泉水を作る。

地熱域の熱水は流れるに従い沸騰のため温度が下り、同時にCl'を濃縮する。例えば、250°の熱水が蒸気発生潜熱だけで150°まで温度が下がったとすると、その間に約2割の蒸気が分離したことになり、そのためCl'量は1.27倍に濃縮される。従って、第4図のO点で示される熱水が、他の水の混合を受けずに沸騰しながら流れると、温度が下ると共にCl'量がふえて、OからAに向う線Eを進むことになる。これが水の希釈を受けない場合に本来の熱水系がたどる変化の過程で、それがA点で蒸気を含め地下水層に達し、それに混入すると、混合状態に応じ、図のAD線上の温泉水を作る。

地熱域内で発生した蒸気は上昇して自然噴気を作ると共に、浅層の地下水に熱やガス成分を与え、断層頂部の出口付近で、第2、3図にBとCで示されるような蒸気性温泉水を作る。第4図では、これをCとして与えた。地熱域でも上向きの蒸気流量が少ない所では、逆に浅層から地下水が流入して、蒸気層の中を浸透下降する。その間、水は昇温し、一部は気化し、また噴気井に入って地上に噴出するものもあるが、残りは液体のまま熱水層に達し、熱水を希釈する。従って、地中で希釈を受けない熱水がOからAへと性質を変えるのと対照的に、浸透した地下水はDからEへと温度を上げ、そのうち、蒸気層中を浸透して熱水を希釈する水は、恐らく、CEの間の性質を持つであろう。

こうして、地熱域地下で蒸気と共存状態にある熱水は、その希釈状態に応じて、OACEでかこまれた範囲内のどこかの性質を持つようになる。AC線が蒸気の共存する領域の限界とすると、地熱域内の水や蒸気はそのAC線を横切って下流の地下水に入り、温泉水を作る。そこには蒸気がないから、熱伝導の影響を無視すると、水同志の混合状態だけで温泉水の性質がきまる。AC線上の温泉水はその両端の熱水性温泉水系と蒸気性温泉水系との混合として表わされるから、それに一般地下水Dを加えて、第2、3図の直線関係、AB、ACで示される温泉水が形成される。第4図では、Bの位置がCの至近にあるため、簡単のためにその表示をはぶいた。

以上のように、地熱域の地下では、熱水が蒸気に変ることで温度や化学成分量を変え、一方、そ

ここに浸透、混入する地下水はその蒸気を受けることで同じく変化するという、蒸気を媒体とする熱水、地下水の相補関係があり、両者の混合の結果として、温泉地域には第4図のAC線をどこかで切る形の高温水が供給される。従って、AC線は地熱地域と温泉地域との接触する境界としての意味を持ち、その線上の水は、地熱域から見れば、地層中を流出する水の性質を、また温泉域の立場からは、そこに供給される熱水起源流体の性質を現わしている。このように、Cl⁻量と温度との関係から推定された状態が、Cl⁻量とHCO₃⁻量との関係にどのように現われているかを次に検討する。

4. 熱水性温泉水の変化

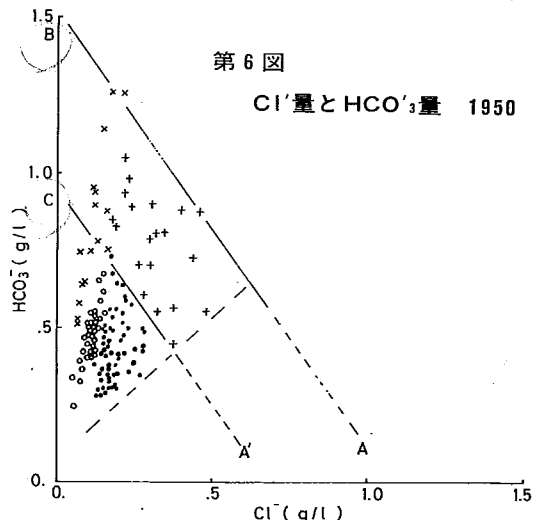
第2図を求めた1950年の測定値から、Cl⁻量とHCO₃⁻量とを対比させたのが第6図である。これでは、すべてを一つの三角形に含めてもよいように見えるが、その源泉を地域的に分類すると、第2図でAC線上にあった温泉水はそれの中により小さい三角形内に分布し、その限界を連ねる線CA'は大きい三角形分布の限界BAにはほぼ平行している。その延長が横軸を切る位置が異なることから、蒸気性温泉水のHCO₃⁻濃度がBとCで異なるのと同時に、混入する熱水性温泉水のCl⁻濃度も両地域で異なり、A'は熱水がより希釈された状態にあるものとみられる。

この希釈の状態を確かめるため、1961~70年の間に測定された資料を用いて第7図を作った。この時期にはほぼ現状に近い源泉分布が出来上り、地熱域周辺に開発された沸騰泉の資料もかなり加わっている。ここに2重丸で示した沸騰泉の分布を見ると、水で希釈されてCl⁻量が減り、HCO₃⁻量のふえてゆく状態は直線関係では表わされず、むしろ曲線に近い関係にあり、第6図のCA'線はそのまま直線として延長されるのではなく、横軸に近づく程、Cl⁻量の大きい方向に曲って、結局、A'はAに一致することが見出される。これを先の小さい三角形のもう一つの頂点Cと結び曲線ACを描くと、沸騰泉のほか、第3図のAC線にあった市街地温泉水の大部分がACDで示される範囲内に入ってしまふ。ここに示した沸騰泉のCl⁻量には沸騰による濃縮効果を考えていない。これは、この時期での測定値にNa、Kの分析値が少ないため、やむを得ず測定されたままのCl⁻量の値を用いたためである。もし濃縮効果を加えて計算し直したとすると、Aの位置は左寄りに移り、ACの勾配はやや急となるであろうが、それが曲線で示される状態には変りがない。

先にCl⁻量と温度との関係から求めた第4図では、地熱域と温泉域とがAC線を境に両側に分かれて分布することが見出された。ところが、この第7図では両者ともACDで囲まれた範囲内に入ってしまい、あたかも両領域が共存するかのように見える。これは、この図のACDの範囲に熱水領域での変化を現わす図と、温泉水領域での変化を現わす図とが重なったためにそう見えるだけのことで、これには、D点が原点に近く、Cl⁻量もHCO₃⁻量も小さいという性質だけが現われて、温度についての表示がないことが原因している。

まずACDが熱水領域であるとの立場からこの図を見る。地熱域の浅層から浸透した水は蒸気で加熱され、高温となりながら熱水層に達する。蒸気と共存する水には温度が高いほど炭酸ガスが溶け込まず、従ってそのHCO₃⁻量は少ない。D点はその最も高温となった状態、つまり、第4図でのE点に相当する。これは本来の熱水と温度があまり変らぬから、そのHCO₃⁻濃度にもあまり変りがなく、その混入で希釈された熱水は横軸にほぼ平行なAD線上の変化をするであろう。

浸透する水の流動が多いほど、蒸気との混合



による温度の上昇は少くなり、炭酸ガスの溶け込み方もふえ、 HCO_3^- 量もふえてくる。C点はその最も進んだ状態で、炭酸ガスを含む蒸気泡が混在しながら空気中へ逃げて行く時の60°程度の水が持つ HCO_3^- 量として現わされている。このようにして、熱水に混入し希釈する水の性質は、その温度が下ると共に、DからCに向かって変化する。これは第4図で、熱水に混入する水がEからCに向かって変化したのと同様である。この希釈により熱水の温度は下り、 HCO_3^- 量はふえる。その上限を現わすAC線が曲線となることから、地熱域の出口に近付き、熱水の希釈が進むに従い、そこに浸透混入する水の温度が下り、その HCO_3^- 量は大きいという条件と、地層中の蒸気や鉱物と平衡状態に置かれた高温水では、その温度の低いものほど HCO_3^- 量を多く含み得るといった条件との組み合わせた効果が考えられる。

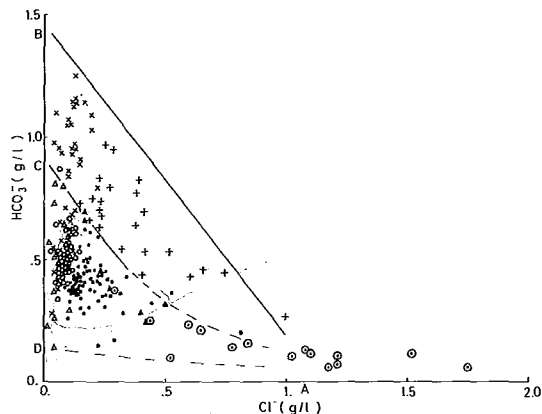
こうして、地熱域内で蒸気と共存する水はA C Dの範囲内のどこかの水質を持つこととなり、流れるに従い温度が下ると共に、AD線からAC線へ移ってゆき、第4図におけると同様に、AC線上のどこかの形を示しながら温泉地域へ供給される。

一方、A C Dを温泉地域としての立場から見る時、Dは蒸気や温泉水の影響のない一般地下水の性質を現わすものとみられる。地熱域との境界近くでは、上昇する蒸気を受けた地下水が、地区を別にしたCとBの2種の蒸気性温泉水を作っている。仮に、Cの影響範囲を第1地域、Bの影響範囲を第2地域と呼ぶと、第1地域での蒸気性温泉水Cは地下水Dと混合しながら、いわゆる田の湯温泉脈上にあるC D線上の温泉水を作り、それに断層の頂部を越え、あるいはその破れ目を通してきたAC線上の熱水起源高温水がまじって、市街地主要部の温泉水が形成される。

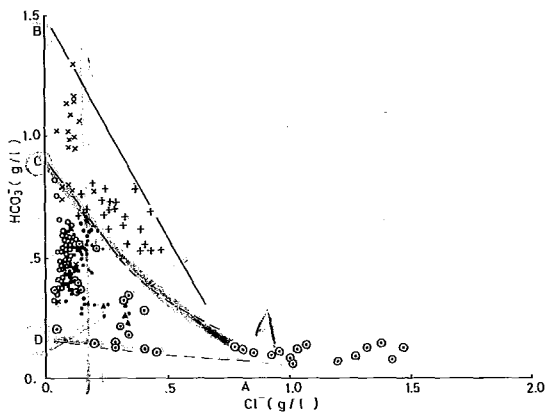
第2地域の蒸気性温泉水は比較的深部の高い水圧下で蒸気と出会ったため、炭酸ガスが泡となって逃げ出す機会がなく、その全部を溶解し、Cより高い HCO_3^- 量を持つBの形となったものである。それが地下水とまじると共に、AC線上の高温水と混合してCl'量を得、境川寄りから北浜旅館街へかけての温泉水を作っている。

第7図から、この両地域に対し地熱域から供給される高温水は、同じAC線上にあってもその位置が異なり、第1地域にはCの蒸気性温泉水の性質に近いものが供給され、第2地域には比較的Aに近い熱水性の性格の大きいものが入ってくるという違いが見出される。このことから第1地域への供給は断層の頂部を越えて流入する比較的浅い熱水がおもなのに対し、第2地域への熱水は断層の交差した破砕部分を通り、より深部を流れて来たものが多いという流動経路の違いが推定される。

第9図に第7図に用いたと同じ記号で各温泉水の地域的分布を現わした。図中の線は、先に発表した地下200mにおける地温分布に⁴⁾、その後の資料を加えて多少の修正を行ったものである。これ



第7図 Cl'量と HCO_3^- 量 1961~70

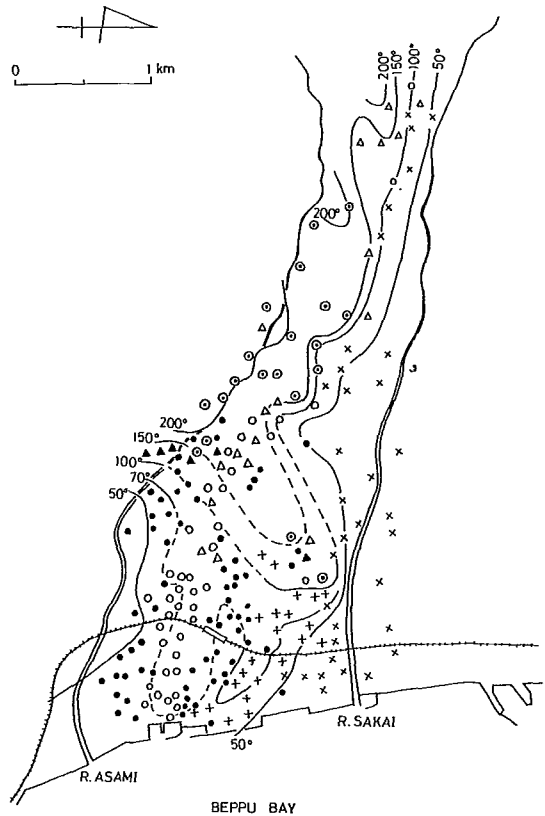


第8図 Cl'量と HCO_3^- 量 1971~80

によると、第1地域と第2地域とは場所的にはっきりと区別され、そのうち特に注目されるのは、第2地域の蒸気性温泉水Bと熱水性温泉水Aとの混合のおこる場所が、おもに富士見通りの自衛隊跡地や北東側付近から始まっていることである。そして、前記の朝見川断層に沿う地熱域からこの方向に等温帯が伸び、自衛隊跡地一帯に高温域を作っていることにも注目される。この原因や、それが温泉水の形成に与える影響については次年度の報告に記したい。

その後の1971～80年にこの地域で測定された資料を用い、第8図を作った。この時期の測定数はやや少ないが、全域にわたって分布していることから、第7図との比較は十分可能なものと思われる。図中のAC、ADの線は第7図と同じ位置を通るように引いた。この図を一見して、沸騰泉のうちCl⁻量がへり、HCO₃⁻量のふえたものの多いことが明かで、これはすでに由佐の報告した通りである⁵⁾。その変化はACDで囲まれた範囲内でおこり、第7図にくらべて、ACとADに挟まれた範囲全体にわたり沸騰泉が広く分布するようになった状態が見られる。これは第4図と第7図で推定した熱水希釈の過程がさらに進行していることを示す一つの現われである。

ここでもう一つ注目されるのは、第2地域温泉水のCl⁻量が全体として減少し、その限界を示すAB線が第7図におけるよりもかなり左に移っていることである。これは、この地域の温泉水に浸入する熱水性高温水が、AC線上をAからCの方向に動いたことを意味し、上記の自衛隊跡地深部を通る地熱域からの熱水が蒸気性温泉水の形に近づいていることを示す。このように時期を追っての温泉水の変化からも、地熱域地下での熱水希釈過程が温泉水の形成に果たす役割をうかがうことができる。



第9図 温泉水の分布と地下200 mでの地温分布

5. 結び

一般に、地熱地域を含む温泉地では、温泉水は熱水性と蒸気性の2種に分けられる。前者は地熱域内の熱水が液体のまま温泉域の地下水へ流入した温泉水、後者は蒸気として混入した温泉水である。この報告では、地熱域と温泉域の区別を地層中に共存する蒸気の有無で分け、蒸気性温泉水にも2種類のあることが示された。一つは上記のように、地熱域からの蒸気を受けて温泉域中で形成されるものであり、もう一つは、地熱域中に浸透、流入した地下水が、途中、蒸気で加熱され、ガス成分を溶解しながら深部の熱水に混入、希釈される過程に作られるものである。熱水は地熱域内でもすでにこの水による希釈を受けているため、本来の熱水から姿を変えながら温泉域へ流出する。従って、温泉域へ供給される熱水性温泉水は本来の熱水とそれを希釈する蒸気性温泉水との混合したものとなり、その混合状態に応じて、供給場所により水質が違ってくる。

地熱域内の熱水希釈はその上面に近い部分からおこり、熱水中でも浅い所ほど蒸気性温泉水の性格が強いであろう。一般に、地熱域から温泉域への水の流動は断層で遮断され、それを横切る流れ

は断層の頂部を越えたものが多い。そのため、熱水の中でも深部のものより上面に近い部分の水、さらにその上層の蒸気の方が温泉地域へ供給されやすい。地熱域からの水や蒸気の流出が進むと、熱水面が下り、地熱域浅層に蒸気の占める部分が増す。そのため深い熱水はますます断層を通過しにくくなり、温泉域に蒸気性温泉水の占める割合が増してくる。別府の南部温泉域では北部温泉域にくらべ、その効果がより顕著に現われているものと思われる。

この報告に用いた Cl^- 量、 HCO_3^- 量、泉温の資料の出所は参考文献に記した。^{1), 5), 6), 7)} また計算に用いた Na 、 K の値は大分県公害衛生センターと九州大学温泉治療学研究所の温泉分析書によった。共に厚く感謝を捧げる。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三：本報告2号, pp. 53~73 (1951).
- 2) 吉川恭三, 由佐悠紀：本報告23号, pp. 11~19 (1972).
- 3) Ellis A.J.; Mahon W.A.J. : Chemistry, Geotherm. Systems, Academic Press, pp.149 (1977).
- 4) 吉川恭三：本報告23号, pp. 1~10 (1972).
- 5) 由佐悠紀：本報告30号, pp. 10~18 (1979).
- 6) 由佐悠紀, 川村政和：本報告22号, pp. 55~65 (1971).
- 7) 北岡豪一：本報告30号, pp. 19~27 (1979).

地下熱水の蒸気化による地熱現象 への影響

京大大学院理学部 吉川 恭三

1. 地熱現象

古来、自然湧出の外湯を利用しながら発展した温泉地が、その後、各旅館に源泉を掘さくして内湯となり、遂には古来の自然湧出泉も掘さく井に置き換えられたという例は多い。こうして、有名温泉地のほとんどから自然湧出の温泉は姿を消し、この傾向は昭和30年代に特に顕著に進んだ。

自然湧出の温泉は2種に大別される。一つは温泉水を湧出する地下水型の温泉で、川筋や海岸など比較的低位に多い。他は蒸気やガスを噴出する自然噴気孔で、群がって地熱地域を形成し、それに表層の水が加わった自然湧出泉も含めて、おもに温泉地背後の高地部に分布する。

温泉の掘さくが進むに従い、低位部の自然湧出泉はほとんど姿を消したのに対し、後者の自然噴気には勢力を弱めながらもなおよく寿命を保っているものが多い。別府温泉で昭和50年に活動中の自然噴気孔は104とされている。自然噴気には時により場所を移動しながらある範囲のほぼ全面からどこことなく噴出しているものが多いため、この数字が必ずしも正確とは言えないが、なおかなりの自然噴気が存在することは確かである。別府温泉だけでなく、高温な温泉地ではその背後地に地獄と呼ばれる自然噴気の集団や鉱泥地などを含む地熱域が見られ、温泉地内の深層掘さく井がふえ、自然湧出や浅い掘さく井がなくなっていった経過の中でも、そのような地獄が姿を消してしまったという例はあまりない。明かに勢力の衰えたと見られる噴気地域でも、整地や道路など地面条件の変更による影響がいちぢるしく、深部から上昇する蒸気活動の変化を即断しかねる場合がある。また、地獄のうちには旧何とか地獄と呼ばれるかつての地熱現象が停止した跡を残す所もあるが、その近くの別の場所に新しい地獄が作られ活動している場合が多く、蒸気の勢力が一方的に衰えたとはいきれない状態である。このようにみると、地下から上昇する蒸気は液体の温泉水を湧出する自然湧出泉にくらべ、温泉採取が深層へ進む過程の中でもかなりしぶとく抵抗し、自己保存をはかれる性格のものと思える。

しかし、自然噴気が必ずしも安定した現象であるとは言えない。別府温泉の中でも古来、地熱活動の活発だった鶴見、鉄輪地区などでは、かつて道端の各所に湯気を出す噴気が散在していたが、温泉開発や宅地化の進んだ昭和30年代にはほとんど姿を消している。鉄輪温泉でも昭和29年に多くの自然噴気孔が停止したと報告されており¹⁾、かつては数m程度の深さの孔で蒸気を噴出させることのできたものが、100m以上の深度の掘さく噴気井に置き換わってきているのが現状である。このように地下の蒸気も一般温泉と同様、深層の開発が進むに従い、次第にその採取深度が深まる傾向にある。しかし、一般温泉が季節変化や雨による影響を現わしながらも、長い眼で見れば着実に浅層から低温化したのにくらべ、噴気活動には、その地面微候に衰えをみせながらも、突然ある地区で活発になるというような、必ずしも一方的な低下とはいきれぬ現象が伴っている。

別府温泉で近年見られた例として、坊主地獄での小規模な爆発的噴出とか、鶴見権現社（火男火売神社）境内の自然林を枯死させた自然噴気の活動がある。後者については、古賀らによりこの報告30号に記されている通り²⁾、長く自然林の植生が保たれた神社境内にもかかわらず、かつて神社のまわりにあった自然噴気が噴気井や沸騰泉の掘さくで姿を消した近年になり、境内の一部に蒸気が出始め、樹木の根の組合せを伝わりながら、約2000m²にわたり次々に枯死を広げたものである。

ふつうこのように突発的な噴気活動がおこると、その原因として深部での地熱活動本体の活発化

が疑われることが多い。しかし、周辺一帯に数百m深度の掘さく井が分布し、それぞれが噴気や沸騰泉を噴出している現状で、より深部の地熱活動の消長がそれを越えて直接地面にまで影響を現わすとは考えにくい。むしろ深層温泉の開発が進む過程の中に、浅層への蒸気の流量をふやす機構をさぐる必要があると考えられる。

別府以外でも、地熱域周辺に数百m深度の沸騰泉の掘さくが進むと、従来の自然噴気がかえって力を増したという例がみられる。鬼首温泉で、発電井の開発と共に付近の片山地獄の活動が活発になったと言われており、また、ニュージーランド、ワイラケイでの地熱開発に伴ない、付近のGeysers-Valleyにおける浅層地熱の活動が衰えた反面、やや離れたKarapiti地区で活発な噴気活動がおり、それを合わせた自然噴気の活動はかつての地熱開発以前の状態より強まったとの例も報じられている³¹。

温泉開発に伴い、まず自然湧出泉が衰え、次に浅層の温泉が低温化する過程はどの温泉地にも共通して見られる現象である。これは、より深層の高温水を直接に採湯しだすと、その水圧が低下して浅層まで上昇する力が弱まるためにおこる。温泉の採湯が人工の掘さく井に移って以来、温泉地に見られたいろいろな現象には、この水圧低下の影響から説明できるものが多い。しかし、自然噴気が強まったという上記の諸例は、地下蒸気の活動には、これまで温泉地域で確められてきたこの種の機構を単純には適用できない面のあることを示す。

かつての自然噴気地域に深く掘さくされた井戸には、蒸気以外に大量の熱水を噴出する沸騰泉が多い。地面に出てくる浅層の地熱流体は乾いた水蒸気だけだが、その深部には液体の熱水が存在し、その熱水から発生した2次的な蒸気が浅層を占めるのが、地熱地域における標準的な地下状態である。深部掘さくでこの熱水を直接採取し始めると、当然、熱水の水圧に低下を招く。近年の深層温泉の開発に伴い、熱水の水圧も低下の傾向にあることは間違いなく、その一般的な低下傾向の中にありながら、時に浅層蒸気の活発化がおり得るという上記の実例は興味深い。

噴気活動に影響する要素は多い。まず考えられるのは地層の透水性の変化で、地面条件、特に宅地化とか道路整備による地面のふさがり、地中での水の沸騰による沈澱物の付着とか地層の粘土化など、透水性を妨げる原因はいろいろあり得る。こういう流路条件の変化が加わりながらも、深層の熱水圧が一方向的に低下してゆく中で、浅層の蒸気活動をたとえ一時的にせよ活発にするような機構の存在を想定し、その可能性を求めようとするのがこの研究の始まりであり、それを地熱域の地下で熱水から蒸気へ移行してゆく一般過程の中の問題としてとらえようとするのがこの報告の目的である。

2. 地下熱水と蒸気

一般に地熱域深部の熱水はその水頭が地面より低く、液体のままでは地上へ出てこれない状態にある。したがって、地層中で熱水と蒸気が分離すると、熱水はその水頭勾配に従っておもに横方向に流れ、より低地の地下水の中に入って熱水性の食塩泉型温泉水を作る。蒸気はその密度が小さいため、圧力勾配に従っておもに上向きに流れ、地面近くに達するか、途中で地下水に混入して蒸気性の温泉水を作る。そのため、地熱地域では浅層に乾いた蒸気があり、その深部に熱水の流動する地層のあることが多く、例えば杉の井ホテルの掘さくでは、深度180~250mには炭酸ガスを含む優質な蒸気層があり、350m程度より深くに熱水層があったと言われている。このような状態のため、開発の進んだ温泉地では背後丘陵部の高地には乾いた蒸気を噴出する噴気井、それよりやや低地には熱水性の高温水を蒸気と共に噴出する沸騰泉、さらに低地では熱水性、蒸気性両者の混合より成る温泉水というように、採湯の状態に規則的な地区別分布が見られる。

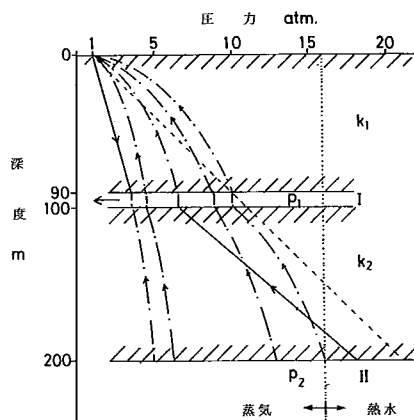
本報告の対象とするのは噴気井地域と沸騰泉地域の間とも言うべき範囲で、地下数百m程度の深さには熱水層、それより浅くに蒸気層があり、噴気井と沸騰泉が混在する地域である。別府の鶴見権現社はほぼその位置にあり、かつてこの周辺には自然噴気の群がりがあったとされ、現在は、

神社の西方には坊主地獄の自然噴気をはじめ過熱蒸気を噴出する噴気井、水分を含んでいても塩素イオン量が小さく基本的には噴気井とみなせる沸騰泉があり、神社から東に下るほど塩素イオンの多い熱水性の沸騰泉が密集する地域となる。また、この境内の自然林が枯れた跡に掘られた深さ300 mの井戸からは、蒸気主体でわずかに水を伴う噴気が出ており、その水は塩素イオンの多い熱水とされている。²⁾ したがって、この井戸では熱水が井戸の中を上昇中に沸騰して蒸気を含んだだけでなく、井戸下底ですでに熱水と共に蒸気が流入しているものと思われる。

このような場所での地下熱水とそれから発生した蒸気の流動を示す例として、第1図の状態を仮定する。こういう所の蒸気や熱水は地層の割目を通して流れるから、その透水性に不規則な分布のあるのが普通だが、それをマクロ的に見て、割目の比較的発達した地層とそれが少ない地層とに分け、一般堆積層の水理地質と同様に、それぞれが一様な透水係数を持つ幾つかの層の積み重なりとして取扱うことにする。ここでは地下200m以下に熱水の存在する第II層があり、そこから熱水またはそれから発生分離した蒸気が上部の透水性の悪い地層を通して上昇し、地下90~100m間にあるもう一つの透水層の第I層に入り、そこでまた熱水と蒸気が分離して、熱水はその透水層内を横向きに流れ、蒸気だけが上昇して地面に至るものとする。第II層中の熱水温度を200°とすると、15.9気圧で沸騰するから、第II層中の水圧 p_2 がこれより大きい間は熱水は液体のまま流れ、これより圧力が低くなると蒸気が発生し、その蒸気だけが地層中を上昇流動して第I層を経由し地表に向うものとする。

この場合に次の重要な仮定を置く。一つは、第II層から熱水が液体として上昇する場合、その途中で15.9気圧の飽和圧力以下に下っても、その熱水は、蒸気を生じさせずに過熱水のまま第I層に至り、その中で始めて沸騰現象をおこして蒸気が分離するという仮定である。熱水を通す割目がかなり大きい時には、沸騰泉の井戸におけるように上昇途中で沸騰し、蒸気まじりの液体として密度を下げながら流動するであろうが、地層中のごく小さな割目をゆっくり流れる中ではなかなか蒸気泡を作れず、過熱水のまま流れ、より大きな割目に至って始めて沸騰するのではないかとの考えに基づく仮定である。また、もしそのような小さな割目の中でも沸騰する場合には沈澱物が析出して割目を詰り、以後透水性の割目としての役を果たさず、過熱水としての流動を許す割目だけを通して熱水が上昇するのではないか、との考えも含んでいる。たとえ途中で蒸気泡が発生するとしても、その混合流体の流動は次章に記す液体としてだけの流動と蒸気だけの流動との中間状態を示すこととなり、量的には変わっても定性的にはこの報告で述べたい主旨と大きく異なるものではない。次の仮定は、熱水から発生する蒸気はその分離が行われる各透水層内ではその圧力下での飽和水蒸気の状態にあり、それから上昇流動する途中は常に等エンタルピーの状態を保つということである。実際には熱伝導による冷却がおこるであろうが、簡単のためにその冷却量を無視した状態を考えることにする。

以上の仮定のもとで、第II層での圧力を p_2 とし、それが15.9気圧より大きい間は熱水のまま第I層まで流動し、 p_2 が15.9気圧以下になると、熱水から蒸気が分離し、以後その沸騰による潜熱のため第II層中の温度は次第に低下し、 p_2 はその低下した各温度での飽和圧力を持つものとして、それぞれに対応する蒸気の上昇を考える。第I層と地面との間の透水係数を k_1 、第I層と第II層との間の透水係数を k_2 とし、第I、II層中ではそれらとくらべて無限大に近い透水係数を持つものとする。これはたとえば中間部の地層の透水係数を 10^{-5} cm/秒 とする時、透水層の透水係数が 10^{-3} cm/秒 と100



第1図：熱水と蒸気の流動模式図
 —————：水の圧力勾配 } $k_1 = k_2$
 - - - - -：蒸気の圧力勾配

倍に近い値を持つ時には十分満足される仮定で、これは透水層内の圧力勾配が無視できることに当る。

3. 地下蒸気による熱流

前節に仮定した地層構造のもとで、第II層中の熱水や蒸気に種々の圧力の値を与え、それが上昇して第I層に入り、それ以後は完全に乾いた過熱蒸気として地面に向う状態を考え、それにより運ばれる熱量を計算する。

この場合、第II層に与えた各圧力につき地層中の流動がそれぞれ定常状態にあるとし、また、第I層内で蒸気を分離したあとの熱水は系外に流れ出るとして、その取支関係には触れないことにする。また地面での圧力は1気圧として、そこから浸透する地下水の効果は一応考えずに計算を行う。

地中を垂直方向に流れる流体につき、一般に次の関係が与えられる。

$$q = \frac{k}{\mu} \left(\frac{dp}{dz} - \rho g \right) \dots\dots\dots(1)$$

この場合、 q は上向きにとった体積流量 ($cm/秒$)、 k は透水係数 (cm^2)、 μ と ρ とはそれぞれ流体の粘性係数 ($g/cm秒$)と密度 (g/cm^3)で、 p は流体の圧力 ($g/cm秒^2$)、 z は地面から下向きにとった深さ (cm)、 g は重力加速度である。普通に地下水の流動を扱うには、 μ を20°の水における値(1 c.p.)とし、圧力を淡水柱の高さで表わすことにより、透数係数を $cm/秒$ の単位で与えることが多い。この報告でも、この地層固有の値を他の温泉水の流動における状態と比較する場合の便宜からこれにならうこととし、(1)を次のように変形する。

$$q = \frac{k\rho_0g}{\mu_0} \left(\frac{1}{\rho_0g} \frac{dp}{dz} - \frac{\rho}{\rho_0} \right)$$

μ_0 と ρ_0 とは標準状態における水の粘性係数と密度である。この変形を行った上で、流体が熱水の時には、 $\rho/\rho_0 \doteq 1$ 、蒸気時には、 $\rho/\rho_0 \doteq 0$ と近似し、地層中の流体の流動につき改めて次の式を置く。

$$\text{熱水： } q = \frac{k}{\mu} \left(\frac{dp}{dz} - 1 \right) \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{蒸気： } q = \frac{k}{\mu} \frac{dp}{dz} \dots\dots\dots(3)$$

この場合の各指標は(1)式と異なり、 p は淡水柱の高さで表わした圧力 (m)で、ここでは1気圧を10mと近似する。 k はその地層に20°の水を流した時に示す透水係数で、 $cm/秒$ で表わされ、 μ をセンチポアズで表わした粘性係数の数値とし、第1表の値を用い、 z は下向きに m でとる。

第1図中に、地面で1気圧の点から下向きに45°の線を点線で記入した。(2)式から熱水が液体として流動する場合に、その圧力勾配が点線に平行な時は流動がなく、これより急な勾配を持った時は上向き、ゆるい勾配の時には下向きに流れることが分かる。一方、蒸気は(3)式から、圧力勾配のある時はそれに応じて浅層に向って流れる。

第1表
粘性係数の値 (c.p.)

温度	熱水	蒸気
200°	0.14	1.8×10^{-2}
180	0.15	1.7
160	0.17	1.5
140	0.19	1.3

(i) 熱水が上昇する場合

第II層中の圧力 p_2 が15.9気圧以上の時は、前記の仮定により第II層中の熱水は第I層まで液体のまま(2)式による流動を行うものとする。その時、第I層での圧力を p_1 とすると、I、II層間の100m範囲では熱水の密度を ρ_2 として、

$$\rho_2 q_2 = \frac{\rho_2 k_2}{\mu_2} \left(\frac{p_2 - p_1}{100} - 1 \right)$$

その熱水のエンタルピーを i_2 ($=203\text{cal/g}$) とすると、

$$i_2 \rho_2 q_2 = \frac{i_2 \rho_2 k_2}{\mu_2} \left(\frac{p_2 - p_1}{100} - 1 \right)$$

この流動区間では、 ρ_2 、 i_2 、 μ_2 の値に変化はないものとする。

この熱水が第 I 層内で沸騰し、それによりできる蒸気の割合 (乾き度) を x とすると、

$$x = \frac{i_2 - i_{1w}}{i_{1s} - i_{1w}}$$

ここに i_{1s} 、 i_{1w} はそれぞれ圧力 p_1 の飽和状態における蒸気と水のエンタルピーで、飽和蒸気表から求められ、これにより p_1 の値が定まると x の値がきまる。

第 I 層以浅では、ここで分離した蒸気だけが上昇するので、その流量は $x \rho_2 q_2$ であり、

$$x \rho_2 q_2 = \frac{x \rho_2 k_2}{\mu_2} \left(\frac{p_2 - p_1}{100} - 1 \right) \dots\dots\dots(4)$$

与えられ、 p_2 の値が定められていると p_1 の種々の値につきこの流量の値が求められる。

一方、この範囲での蒸気の体積流量を q_1 、密度を ρ とし、 μ_1 を圧力 p_1 での飽和蒸気における粘性係数とすると、(3)式から、

$$\rho q_1 = \frac{k_1 \rho}{\mu_1} \frac{dp}{dz}$$

この程度の範囲の等エンタルピー変化なら、水蒸気の密度変化にも理想気体における次の関係が近似的に適用できるとする。

$$\frac{\rho}{p} = \frac{\rho_1}{p_1}$$

ρ_1 は圧力 p_1 における飽和蒸気の密度である。この関係を上式に代入し、

$$\rho q_1 = \frac{k_1 \rho_1}{\mu_1} \frac{dp}{2p_1} \frac{dp^2}{dz}$$

地面で 1 気圧 (10 m) とし、この 90 m 区間で流量が一様であるから、

$$\rho q_1 = \frac{k_1 \rho_1}{\mu_1} \frac{\rho_1}{2p_1} \frac{p_1^2 - 100}{90} \dots\dots\dots(5)$$

p_1 の種々の値につき、 ρ_1 、 μ_1 の値が定められるから、それを用いてこの流量の値が求められる。

運ばれる熱量は p_1 での飽和蒸気の持つエンタルピーを i_1 として、

$$i_1 \rho q_1 = \frac{i_1 k_1}{\mu_1} \frac{\rho_1}{2p_1} \frac{p_1^2 - 100}{90}$$

(5)式で得られる蒸気の流量は、その同じ p_1 の値につき(4)式から得られる値と等しくなければならない。

$$\rho q_1 = x \rho_2 q_2 \dots\dots\dots(6)$$

第 II 層の圧力 p_2 を与えて、(4)(5)(6)式を連立させ、第 I 層の圧力 p_1 がとる値と、それから地面に向う蒸気の流量を見出すことができる。

第 2 図の実線は(4)式で p_2 に種々の値を与えた時に、 p_1 の値による蒸気流量の変化を示したもので、鎖線は(5)式から、 k_1 と k_2 の比を与えた時の p_1 の値による蒸気流量の変化である。両者の交点を求めると、その横軸の値が第 I 層の圧力 p_1 で、縦軸の値がその時の蒸気流量を与える。こうして、第 II 層での熱水の圧力 p_2 が変わる時に地面への蒸気流量がどう違ってくるかが見出され、それに圧力 p_1 での飽和蒸気のエンタルピーを乗じることにより地面へ運ばれる熱量の値が求められる。第 2 表に 1 例として $k_1 = k_2$ の時の値を記した。

(ii) 蒸気が上昇する場合

第II層での圧力が15.9気圧より低い場合は、その層内で沸騰がおこり、分離した蒸気だけが上昇する。その蒸気は第II層内ではその圧力における飽和蒸気だが、上昇途中エンタルピーを保存し、過熱蒸気として第I層を經由し地面に至る。この場合の流動は(3)式から(5)式を導いたと同じ方法で取扱われ、第II層から第I層までは、

$$\rho q = \frac{k_2}{\mu_2} \frac{\rho_2}{2p_2} \frac{p_2^2 - p_1^2}{100}$$

第I層内での圧力勾配は無視されるとし、それより地面までは、

$$\rho q = \frac{k_1}{\mu_2} \frac{\rho_2}{2p_2} \frac{p_2^2 - 100}{90}$$

この場合、 ρ_2 は圧力 p_2 での飽和蒸気の密度、 μ_2 は第I表で、その飽和蒸気を持つ温度における値である。この両式を連立させ、 p_1 を消去することにより、

$$\rho q = \frac{k_2}{\mu_2} \frac{\rho_2}{2p_2} \frac{p_2^2 - 100}{100 + k_2/k_1 \times 90} \dots\dots\dots(7)$$

第II層の飽和蒸気のエンタルピーを i_2 として、運ばれる熱量は、

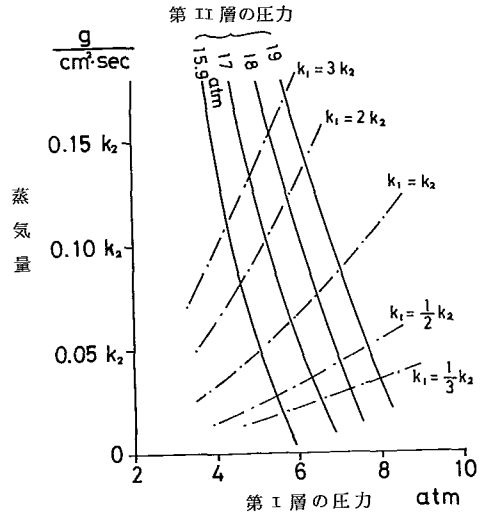
$$i_2 \rho q = \frac{i_2 k_2}{\mu_2} \frac{\rho_2}{2p_2} \frac{p_2^2 - 100}{100 + k_2/k_1 \times 90} \dots\dots\dots(8)$$

第II層中に井戸が掘られ、それからの採湯が進むと、水圧が低下して沸騰が始まり、その沸騰が進むにつれて潜熱が奪われ温度が低下する。その過程での蒸気流量の変化を求めるため、 p_2 に種々の値を与え、その圧力に対する飽和蒸気が増加するとして、(7)と(8)式から k_2/k_1 の種々の値について蒸気量と熱量を求めることができる。第2表に、 $k_1 = k_2$ の場合の値を記入した。

第2表 地面に向う蒸気量と熱量 ($k_1 = k_2 = k$ の場合)

k の単位は $cm^2/秒$

	第II層(気圧)	第I層(気圧)	地面への蒸気量(g/cm^2 秒)	熱量(cal/cm^2 秒)	第I層への熱水量(g/cm^2 秒)	熱量(cal/cm^2 秒)
二〇〇度の水	18	6.5	0.076 k	50 k	0.916 k	186 k
	17	5.8	0.062 k	41 k	0.733 k	149 k
	15.9	5.1	0.050 k	33 k	0.488 k	99 k
飽和蒸気	15.9 (200°)	10.1	0.125 k	83 k		
	12.8 (190°)	8.8	0.119 k	79 k		
	10.3 (180°)	7.1	0.081 k	53 k		
	8.1 (170°)	5.6	0.054 k	36 k		
	6.3 (160°)	4.3	0.034 k	23 k		
	4.9 (150°)	3.5	0.022 k	15 k		



第2図：熱水から分離した蒸気量
 ————：第I層で発生する蒸気量
 - - - - -：地面へ運ばれる蒸気量

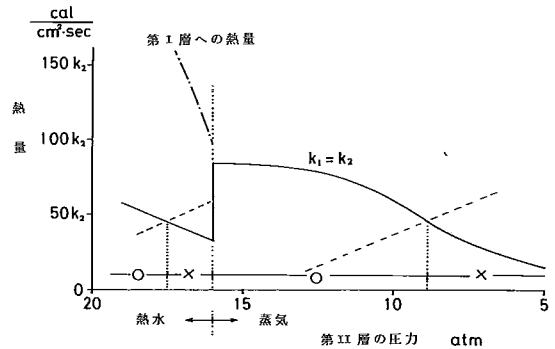
(iii) 熱流量の変化

上記の(i) (ii) の場合を通して、第II層中の圧力 p_2 の変化に対する地面への熱流量の変化を第3図と第4図に示した。第3図は $k_1=k_2$ の場合、第4図は $k_1=3k_2$ と $k_1=k_2/3$ の場合である。いずれも、熱水の沸騰点までは水圧低下に従い熱流量も減少し、予想される傾向を与えるが、第II層内で沸騰が始まり、それから蒸気だけが上昇する状態となると、地面への熱流量は急激に増加し、以後、第II層中の蒸気圧の低下に伴いややゆるい速度で減少するという共通した変化状態を示す。これは前記の地熱地域における噴気活動変化の実例と基本的には同様の傾向であり、この計算例は、熱水と蒸気が共存する地域における現象の特徴をよく例示したものと言えるであろう。

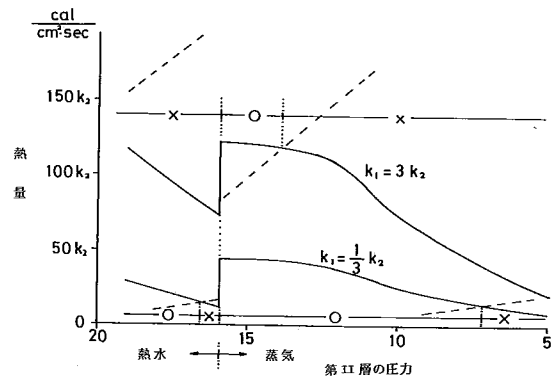
ここでは計算を簡単にするため、地層中の流動がそれぞれ定常の場合だけとしたが、実際には p_2 に変化があると、その変化は全層に非定常として伝わるから、熱流量の変化はこの計算例のように15.9気圧で不連続のものとはならず、全体としてもっとゆるやかな曲線となるに違いない。また、最初に第II層から出発した熱水は途中で沸騰圧以下になっても第I層までは過熱水として液体のまま運ばれると仮定した。もし実状がこの仮定に従わず、途中で蒸気を発生し混合流体として上昇する場合には、第1図でのI-II層間で流体の示す圧力勾配が、液体としてと蒸気としてとの中間を占めることとなり、この場合にも第3、4図での熱流量の不連続な違いはなくなり、もっとなめらかな変化を示すであろう。しかしその場合にも、第II層からの蒸気の発生により熱流量がかなり増加するという傾向には変りはない。

この計算は第II層での圧力を変えることで地面への熱流量がどう変化するかを求めたものである。これを実例が示すように、深層の温泉開発の進展と地面での噴気活動との関係に適用しようとするれば、第II層に井戸を掘り熱水の採湯を始めた後にその層内の圧力がどう低下してゆくかとの解析を加える必要があり、その上で始めて、深層開発後の年代と地面への蒸気流量の変化を対応させることができる。しかし、今はまだその解析を行うだけの段階に至っていないので、以下に、定性的に推定できる状態だけを記すにとどめる。

第II層中の流体が熱水の場合と蒸気の場合とで、人工的な開発により、 p_2 の値が低下してゆく機構が基本的に異なる。液体の熱水ばかりの時は、この層から採湯する井戸での水圧低下が層内の熱水中を伝わり、その水圧を低下させる。一方、蒸気の場合には、それを飽和蒸気と仮定すれば、層内の熱水の温度が変らぬ限り採湯量に無関係にその圧力は変わらず、熱水温度が 200° であれば、その飽和圧力は15.9気圧を保つはずである。それなのに、ここに p_2 が低下するとした理由は、採湯が進



第3図：蒸気が地面に運ぶ熱量
○：地面に噴気の出る範囲
×：噴気の出ない範囲



第4図：蒸気が地面に運ぶ熱量
○：地面に噴気の出る範囲
×：噴気の出ない範囲

み層内に蒸気が発生しだすと、その沸騰がますます進み、潜熱が奪われるため温度が下り、従って飽和圧力も下るという条件を考えたからである。この場合に潜熱の供給は流体だけでなく地層全体の温度低下でまかなわれるため、その熱容量は大きく、温度低下は極めて徐々に行われるに違いない。従って第Ⅱ層から同様の採湯が続けられるとしても、沸騰圧力以上の水圧の場合とそれ以下の場合とでは、 p_2 の低下の速度に大きな違いがあるものと思われ、もし第Ⅱ層からの採湯が始まって以来の年数に対応させて熱流量の変化を描いたとすると、第3、4図の p_2 の値に対応させた場合に比べ、層内の圧力が15.9気圧以下となった時点以後の熱流量の変化ははるかにゆるやかな曲線になるものと考えられる。

この計算例では、 p_2 が15.9気圧以上の時は熱水が第Ⅰ層まで上昇し、そこで分離された蒸気だけが地面に向うものとした。この熱水の量と熱量を $k_1=k_2$ の場合に求めた結果が第2表に記され、第3図に鎖線で示される。これは地面に達する蒸気にくらべ、量で約10倍、熱量で3倍以上であり、この差が第Ⅰ層内を横に流れて他地区の温泉水に供給されるものとみられる。従って、熱水と蒸気が共存する地熱地域では、深層熱水の開発に伴い地面への熱流量がふえ、地熱活動が活発になる時期がある反面、それに隣接する温泉地域では地熱地域から供給される熱水量が減少し、浅層からの低温化や、熱水性の温泉水から蒸気性の温泉水へと組成の変化がおこる可能性がある。

以上は深部第Ⅱ層から熱水だけが採取され、その水圧が低下してゆく時の状態を頭に描きながら行った計算である。実際の沸騰泉では地層中からの蒸気も井戸に流入している場合が多く、山下は地熱発電井でその効果を指摘している。^{44, 51} このように地熱地域の開発が熱水採取だけでなく、その上部の蒸気をも採取する方向で進む時には地下蒸気の上昇流動にその影響も加わり、地層中を地面に向う蒸気流量は当然減少する。従って、沸騰泉や噴気井の密集した開発地域直上では自然噴気の活動は一方向的に減少し、その反面、やや離れた深層未開発地の熱水層に開発地域からの熱水採取の影響が伝わると、そこでの熱水圧低下に伴ない、この計算例に示したような自然噴気の増加がおこる、というのが実際に見られる多くの場合であろう。鶴見権現社の例のように、その周辺のかって地面に蒸気が出ていた所では、近年の噴気井掘さくにより自然噴気が止ったままであるのに、古来、地熱活動がなく自然林の生育していた範囲にだけ蒸気が出てきた原因には、上記のことが考えられる。

この報告では水平方向に地層が一様と仮定したため、熱水や蒸気の上昇はその直上に向い、熱流量の変化も第Ⅱ層に圧力低下がおこった直上部の現象とされている。実際には地層の透水係数は一様ではなく、特に地熱地域を作るような所では、流体の上昇は岩石の割目を通るため、熱流量の変化も地表で不規則な分布を作るだろう。もし、第Ⅰ層、第Ⅱ層を垂直に断ち切る断層がある場合には、水平方向の流動はそこで遮断される反面、それに沿って分布する破碎帯に蒸気の上昇が集中し、その結果、地表ではかなり離れた場所に熱流の変化がうまれることも考えられる。これもまた、深層地熱の開発域と離れた場所に浅層の地熱活動が活発となる一つの原因である。

第3、4図に示した熱流量がどの程度の値のものかを参考のため試算する。 k_2 の値を、地下水層としては不透水性と言われる値に近い 10^{-5} cm/秒とすると、図中縦軸での $100k_2$ は 10^{-3} cal/cm²秒となる。もし1 km²の面積にわたりこの状態が分布すると、これは 10^7 cal/秒、すなわち約40 MWに相当する。(1 MW = 240 kcal/秒) ワイラケイ地域で熱水と蒸気の共存する範囲は15 km²とされているから、試みにこの値を入れると、600 MWとなり、Karapiti地区をはじめこの地域で見積られた蒸気による熱流量の値とそう大きな違いはなく、第3図の状態は量的にも実状と特にかけ離れたものではないことが示される。

4. 地面での地熱活動

これまでの計算は地面から水の浸透がないとして行ったが、実際には浅層に多少とも地下水の流れがあり、それから岩石の割目を通して浸透がおこり得る状態があるに違いない。第Ⅰ層からの蒸

気の上昇が烈しい間は、その蒸気が浸透水を蒸気化しながら上昇を続け、地温を高く保ち続けるために第Ⅰ層への水の浸入は防がれる。しかし、蒸気圧が低下して地面への熱流量が減少してくると、地下水の流入の方が力を増し、浸透過程で昇温しながらも第Ⅰ層に入って、そこに温泉水層を形成する。こうなると前章の計算例に使ったモデルはこわれ、地面への蒸気の上昇はなくなる。一たん水が浸入すると、その割目付近は温度が下り、その後も下向きの水の流動が続きやすくなる。その時にも、他の割目ではなお高温のまま蒸気が上昇するという、浸透と上昇のいりまじった状態もあり得る。したがって、第3、4図に示した熱流量はそのまま地面に現れるものではなく、熱流量がある程度以下の時には地面に全く地熱の徴候がない状態となる。

そのような限界の存在を知る目的で、次のような概算を行った。第1図の単純なモデルを用い、地表1気圧から第Ⅰ層の圧力 p_1 に向けて水が流れるとし、浸入する水の温度を 20° 、その下向きの流量を q_0 とする。

$$q_0 = k_1 \left(1 - \frac{p_1 - 10}{90} \right) = k_1 \frac{100 - p_1}{90}$$

これが第Ⅰ層から上昇するエンタルピー i の蒸気 q と混合し、その混合流体のエンタルピー θ より小さいと蒸気は全く水に吸収されて地面まで上昇せず、地熱の徴候は生じないものとする。そうすると、地熱活動の見られる限界として次式が与えられる。

$$\frac{20k_1 \frac{100 - p_1}{90} + iq}{k_1 \frac{100 - p_1}{90} + q} > \theta \dots\dots\dots(9)$$

ここでは θ の値として、 110 cal/g をとることにする。これには全く根拠がないが、この章で取扱うのは地面地熱活動の量的な問題ではなく、その変動してゆく傾向の定性的な問題であるから、 θ の値の違いでそう大きく影響されるものではない。(9)にこの値を入れて、

$$iq > k_1 \frac{100 - p_1}{1 - \frac{110}{i}}$$

第3、4図の場合に第Ⅰ層での蒸気のエンタルピー i は $655 \sim 667 \text{ cal/g}$ の間にあるから、その平均の 661 cal/g を代入して概算する。その時、

$$iq > k_1 \frac{100 - p_1}{0.83} \dots\dots\dots(10)$$

第Ⅱ層内が熱水の場合と蒸気の場合とに分け、熱水の場合は第2図から p_1 の値を求め、蒸気の場合は、地面での圧力を p_0 として、

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{90}{100} \frac{p_2^2 - p_1^2}{p_1^2 - p_0^2}$$

から、 k_1 と k_2 の各関係に対して p_2 を与えた時の p_1 の値を求める。それを(10式の右辺に代入して求めた値、すなわち限界における蒸気の熱量を第Ⅱ層中の p_2 の値と対応させて第3、4図中に破線で記入した。

先の仮定により、熱流量の変化曲線がこの破線より上にある範囲では蒸気が地面に現れるものとし、図の横軸上にこの範囲を○印、逆に熱流量がこれより小さく、地面に地熱現象の現われない範囲を×印で示した。これから、深部の熱水圧が一方的に低下してゆく中で、かつては地表に現れていた自然噴気が姿を消し、さらにある時期に至って再び復活し、その活動度を強め、また長年間のうちには次第に減衰し、なくなってゆくという、地面での地熱現象がさまざまに変化する過程を見

出すことができる。

この図で、 $k_1=3k_2$ の場合には、上昇する蒸気量が大きいのかかわらず、地面に蒸気の現われるのはごく限られた範囲にすぎないことに注目される。これは浅層の透水性がよいと浸透水の流入も多くなり、地層を冷やすためと解釈される。従って、鶴見権現社の例のように、地面近くに出てくる蒸気を防ぐ目的の場合は、そこに深い井戸を掘って蒸気を抜こうとすると深層の熱水圧を下げてかえって逆の効果となる恐れもあり、浅層を掘りおこして透水性を増し、地層を冷却させる工事が最も直接的な効果をあげるものと考えられる。

5. 結 び

地熱地域で深部熱水を採取すると熱水圧が低下し、沸騰がおこるため、熱水面が低下し、地層内が蒸気化してゆく傾向が続く。その蒸気は上昇して地面に自然噴気を作り、そのため地熱現象がかえって活発となる事例がうまれる。しかし、地層内の蒸気化が進むと、かって熱水だけを採取していた沸騰泉にも地下蒸気が入りだし、次第に噴気井に変わってゆく。地下蒸気が直接取り出されるようになると、蒸気圧が減じ、地面への流量が減る。そこで浅層から地下水の浸入が始まり、地面の地熱現象が衰えると共に、かって熱水、次に蒸気で占められていた地層に地下水が入り、蒸気性の温泉水が作られるようになる。こうして、下流域の温泉水は熱水性から蒸気性へと移る傾向を示す。

熱水圧が低下するにつれ、それから発生分離して上昇する蒸気がふえる一方で、より深部から上昇して供給される熱水量もふえてくる。これはかって一般温泉水の揚水影響の判断に適用され効果をあげた漏水影響の取扱いと同様のものと思われる。これが次第に平衡し、熱水圧低下の影響が目立たぬ方向に落付くか、それとも熱水圧が一方向的に低下を続けるかどうか、その場所での熱水採取量の限界を推定する要素となる。この点からも、地熱地域における地中の蒸気化の推移には関心を払う必要がある。

参 考 文 献

- 1) 山下幸三郎：本報告8号，pp.9—11，1957
- 2) 古賀昭人，野田徹郎：本報告30号，pp.28—31，1979
- 3) Allis R.G.：N. Z. Jour. Geol. Geophys. vol. 24 no. 1, pp.1—19, 1981
- 4) 山下幸三郎：温泉科学，21巻，1号，pp.26—36，1970
- 5) 同上：九電研期報 vol. 50, pp.1—24, 1978

別府北部温泉資料の解析

京都大学理学部 神山孝吉

1. 序論

別府北部には古くから鉄輪、明礬、柴石、亀川をはじめとして多くの温泉が自噴しており、さまざまな泉質の温泉が分布している。近年温泉の開発が活発になるとともにこれらの地域においても300メートルを越えるような深さの温泉掘削が行われるようになった。このような北部温泉の変貌を明らかにするために従来の温泉資料の整理を行った。用いた資料は、別府保健所の報告^{1) 2) 3)}、また別府保健所所有の温泉台帳などである。ここでは資料利用上の便宜から別府北部を戸籍上の名称大字亀川、同野田、鉄輪、内竈、北石垣、南石垣と考えた。

2. 既存資料の整理

2-1. 温泉孔数

北部全体の活動温泉孔数は昭和42年972孔、45年1281孔、55年1491孔で、42年から45年にかけては年平均103孔の増加、45年から55年にかけては年平均21孔の増加と新規開発は近年減少の傾向がみられる。このうち自噴井については昭和42年533孔、45年491孔、55年409孔と減少している。温泉孔数の地区別の変化を図1に示した。近年温泉の新規掘削は南石垣、北石垣、鶴見、内竈地区で増加の割合が大きい。亀川地区でも若干の増加はみられるが、野田、鉄輪地区では42年以後ほとんど孔数の増加がみられない。自噴井の孔数は亀川、野田、鉄輪、北石垣地区では減少、内竈、鶴見地区以外では自噴井は増加せずむしろ減少していることがわかる。なお参考までに昭和24年には亀川、野田、内竈地区合計247孔、北石垣、南石垣、鶴見、鉄輪地区合計149孔の活動温泉孔が記録されている。⁴⁾

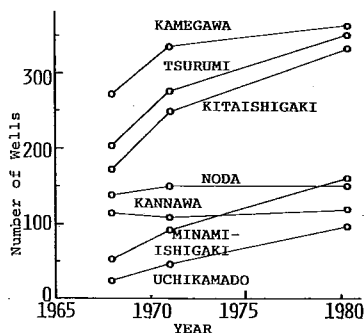


図1-A. 別府北部域の全温泉孔数の変化 (噴気も含む)

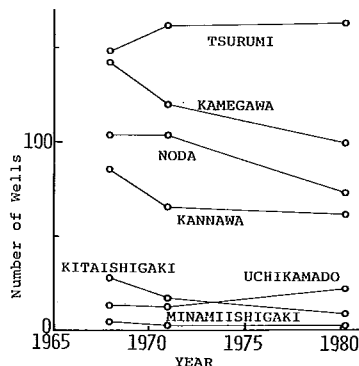


図1-B. 別府北部域の自噴温泉孔数の変化 (噴気も含む)

2-2. 温泉採取量の変化

自噴井からの採取量は昭和42年 78,000ℓ /分、45年 82,000 ℓ /分、55年 84,000ℓ /分と若干の増加をみているにすぎない(図2)。しかし自噴井の数が減少していることを考えあわせると、枯渇してしまった自噴井に比べて有勢な自噴井が開発されていると考えられる。

2-3. 温泉井の掘削深度の変化

北部各地区別の0~99m、100~199m、200~299m、300m以上の掘削深度を有する温泉井の孔数を図3に示した。またこの図からみた各地区の特徴を表1に示した。すなわち0~99m深度の温泉孔数は亀川、鉄輪地区で減少、野田、鶴見地区で変化なし、内竈地区で若干の増加がみられる。100~199m深度の孔数は北石垣地区が減少、野田、鉄輪、鶴見地区では若干の増加、内竈、亀川地区では増加がみられる。200~299m深度の孔数は野田、鉄輪地区が若干の増加、亀川、内竈地区が増加、鶴見、北石垣地区に顕著な増加がみられる。300m以上の孔数は鶴見、北石垣、南石垣地区で顕著に増加している。このように各地区別に特徴がみられ、全体として温泉孔の深度は増加している。しかしこれらの特徴からは温泉の採取により温泉水の水頭が下がりがたうて深部に温泉孔を開発しなければならなかったのか、もともと温泉水の取りにくい地域にまで開発がおよぶようになったため深部の温泉孔が増加してきたのかを判定するのは非常に難しいように思われる。

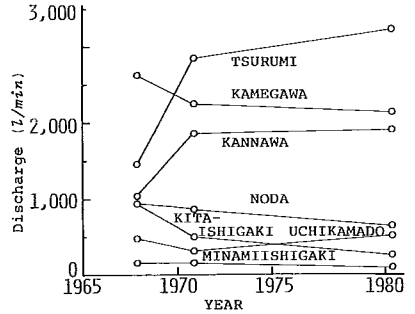


図2. 別府北部域の自噴温泉水量の変化

図3. 別府北部域の深度別温泉孔数の変化

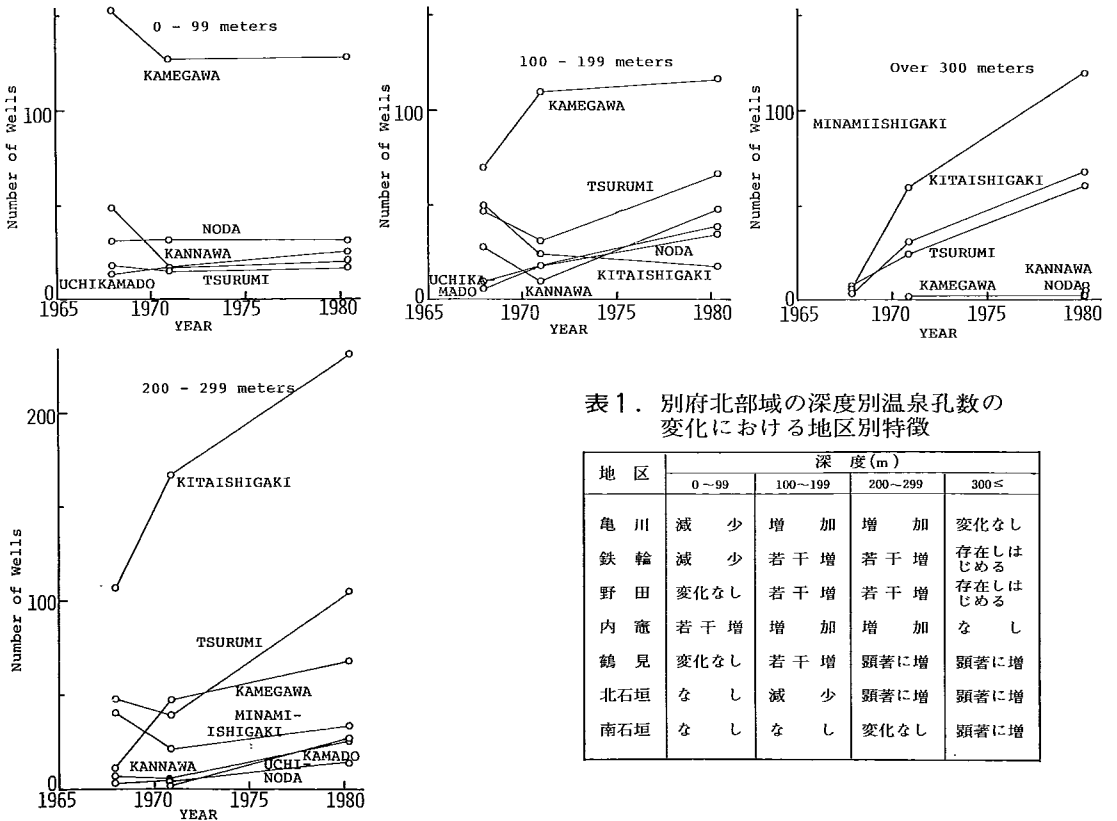


表1. 別府北部域の深度別温泉孔数の変化における地区別特徴

地区	深度(m)			
	0~99	100~199	200~299	300≤
亀川	減少	増加	増加	変化なし
鉄輪	減少	若干増	若干増	存在しはじめる
野田	変化なし	若干増	若干増	存在しはじめる
内竈	若干増	増加	増加	なし
鶴見	変化なし	若干増	顕著に増	顕著に増
北石垣	なし	減少	顕著に増	顕著に増
南石垣	なし	なし	変化なし	顕著に増

2-4. 採取温泉水の温度

各年度の温泉孔数と温泉水温を図4に示した。温度の高い温泉は鶴見、鉄輪、野田地区に数多くみられるが各地区ともその割合は減少している。北部全域について考えると70℃以下の温泉水が出現する割合が増加していると考えていいであろう。

3. 温泉の分布

温泉水の採取深度が年々増加していることは確かである。これが開発の地域が拡がりより深くの温泉を採取するようになったためか、温泉水の水頭が開発によって下がってきたためかが問題とされる場所である。ここでは温泉台帳から新規掘削、代替掘削、増掘による掘削深度の変化、その地域的分布を調べた。昭和29年以前、昭和30年～昭和34年、昭和35年～昭和39年、昭和40年～昭和44年、昭和45年～昭和49年、昭和50年以後の6期間における掘削孔の深度を50m間隔で分類し地図上にプロットした(図5)。昭和29年以前には、鉄輪、柴石、亀川、また平田から南須賀にかけての海岸線、国立別府病院から溝部学園にかけて温泉が散在しており、その深さは50m以内のものが多かった。昭和30年から34年にかけては明礬、亀川に100m以内、また100mを越える深度の温泉孔が亀川の一部、平田から南須賀にかけての海岸線より若干の山の手側、さらに坊主地獄の附近に開発されている。昭和35年から39年にかけては火売から鉄輪附近で100～200m深度のものが増え、また北石垣のかなり山の手に200～300m深度の温泉井が増加してきた。昭和40年から44年にかけては全域にわたって温泉の顕しい増加がみられるが、竹の内附近に300m弱のものが、また観光港の山の手側に200mから400mにわたるかなりの深度を有する温泉井が開発された。昭和45年から49年にかけては内竈地区に300m弱の深度の温泉井の開発され、また中須賀周辺は300m以上のものが、鉄輪周辺には200m以上のものが大部分となった。昭和50年以後は掘削の数も少なくなっているが平田の周辺がいままで100m強であったが200m弱に変化してきた。

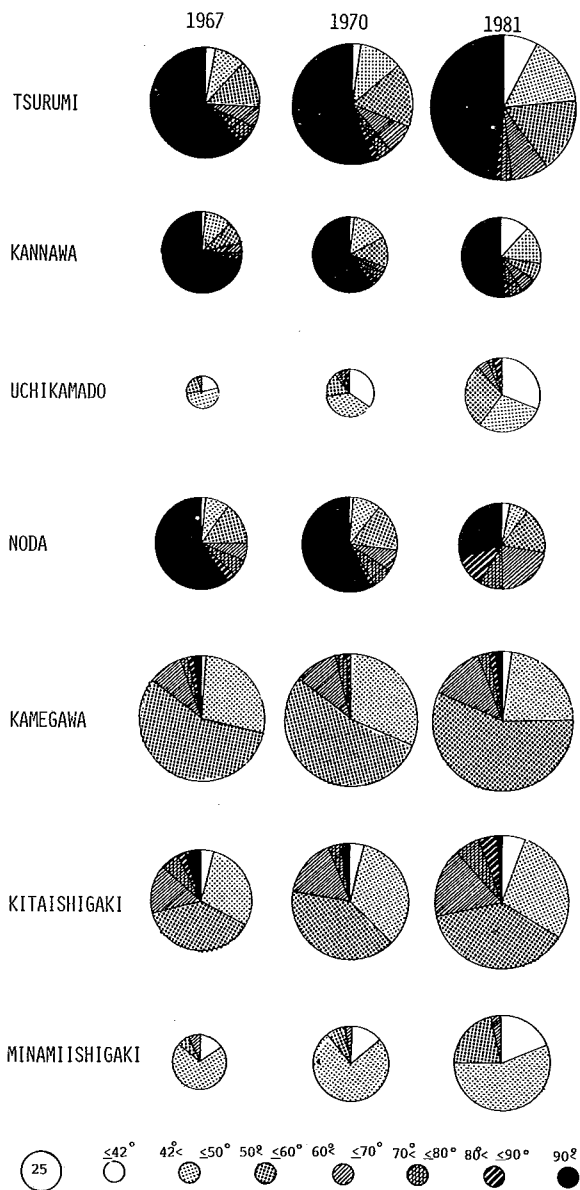


図4. 別府北部域の地区別温泉孔数と泉温の変化 (面積が孔数を示す)

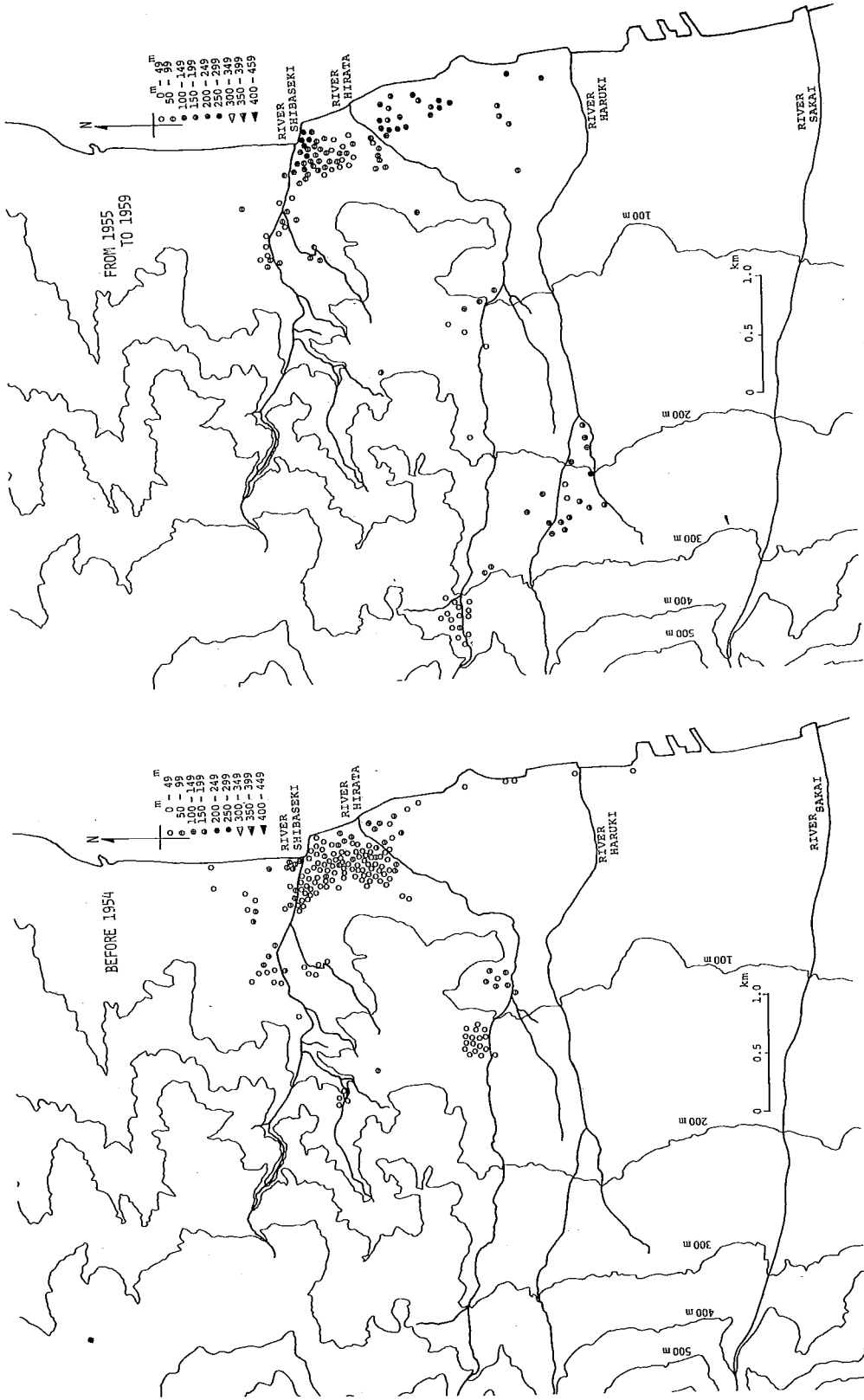


図5. 別府北部地域の温泉分布と温泉深度の変化

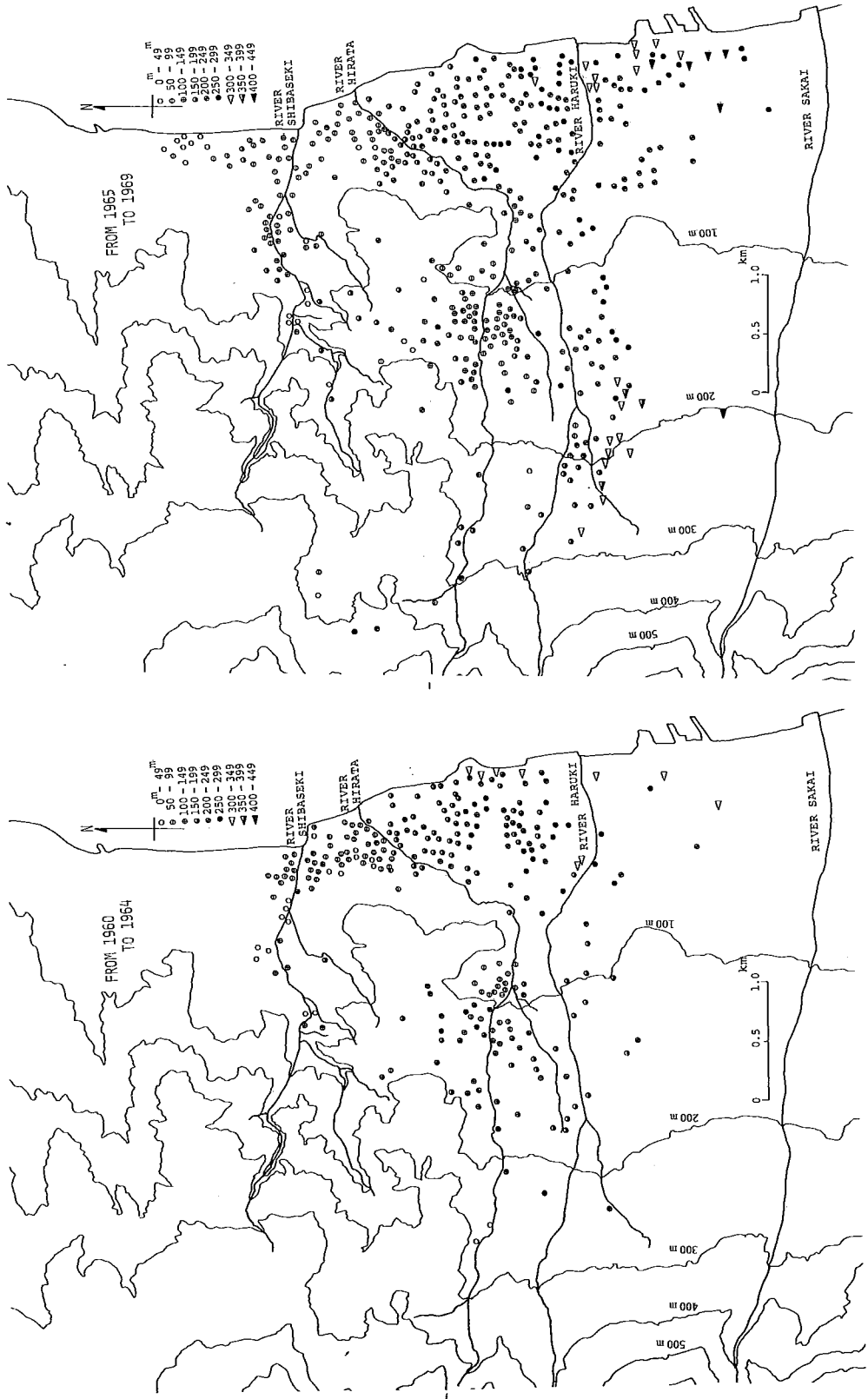


図5. 別府北部地域の温泉分布と温泉深度の変化

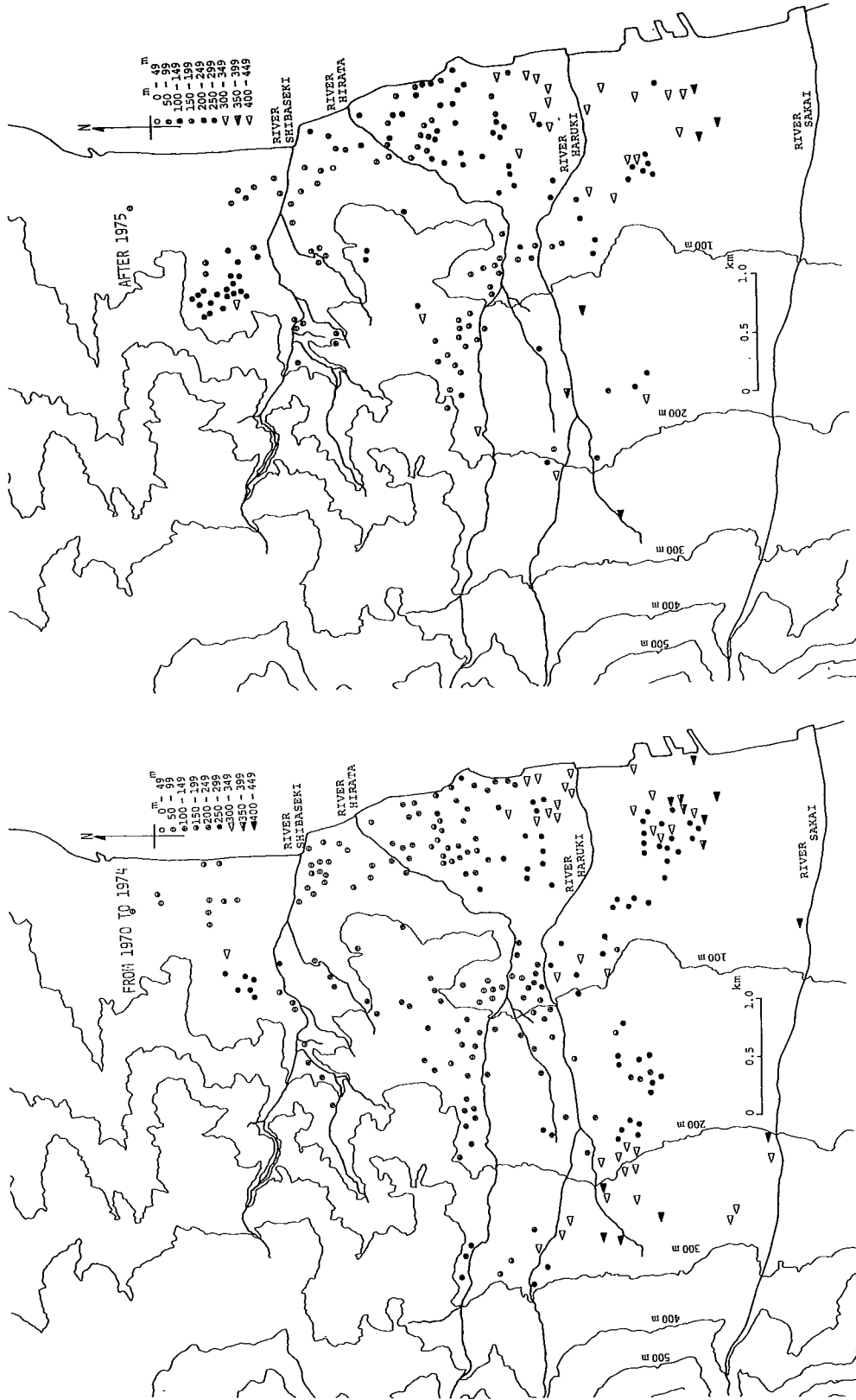


図5. 別府北部地域の温泉分布と温泉深度の変化

4. 結 論

このように整理をすると別府北部の温泉孔の深度は明らかに増加している。しかし図5は新規堀削、代替堀削、増掘した年度と地域を示したものであり、現在でも初期堀削時の深度のままの温泉井も存在している。また一つの温泉孔に着目すると深くなったり浅くなったりさまざまである。いっぽう新たに温泉井を堀削する場合には採取水量の増加を望んで堀削深を増加させるであろう。また新たなる地域に温泉が堀られる場合には今まで温泉の採取が行われていなかった所なので当然深くなる場合が多いであろう。温泉水頭が下がったか否かは重要な問題であるが地域的な問題もあり安易に解決はできない。むしろほぼ温泉の開発の終了した今後に残された問題であろう。最後にこれらの資料は全て別府保健所に負うものであり深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 大分県別府保健所：別府温泉の概況，昭和43年3月
- 2) 大分県別府保健所：別府温泉の現況と問題点，昭和46年2月
- 3) 大分県別府保健所：保健所報，昭和55年
- 4) 山下幸三郎：別府温泉の調査の結果に就て，地球物理，8，P29—P46，昭和25年

温泉水が湧出管上昇中に受ける冷却の再検討

京大物理学部 北岡 豪一

1. はじめに

地温の高くない地域で、近年、深い試錐による温泉開発が進んでいる。深い掘削泉では、温泉水が井戸管内を上昇する途中に熱伝導によって管壁から多くの熱量を失うので、所定の泉温を確保するためには大量の揚湯が余儀なくされる。一方、貯留性の深部温泉水層からの大量採取は温泉源に水理的にも熱的にもかなりの影響を与えることが予想される。したがって、このような温泉では、採取水量と熱量を調和させ、利用に差支えない範囲で低くしておくことが長い目でみて経済的であり、浅層温泉における以上に温泉源保護のための配慮が必要である。その採取条件に適正化を計る上で、温泉水が湧出途中に受ける冷却の問題がまず明らかにされねばならない¹⁾。

しかし、冷却の問題を理論的に解析することは容易でなく、たとえ解が求められたとしても実際に適用するにはかなり複雑な数値積分などの手続きを要するものと考えられる。瀬野は冷却で失われる熱量を湧出管と直角方向のニュートン冷却の形式で近似することにより湧出途中の泉温が説明されることを示した²⁾。この方法は簡潔で分りやすく、実用に便利な形である。

筆者らは、大分市街地の深層温泉にこの方法を適用して、かつて瀬野が別府温泉で得た冷却の係数と同様の値を得、その近似の方法がかなり一般的に適用される可能性を示した³⁾。

そこで、本報告では、この方法の一般化をさらに計るため、まず、その近似が理論的に有効かどうかを調べ、冷却の係数の安定性を検討した。実際の泉温には、熱伝導以外の解析にかかりにくい多くの因子が含まれるので、諸因子の影響を検討しやすい大分川沿岸地域の温泉で、この近似法の実際面への適用性と理論との対応性を調べ、さらに地温分布の複雑な別府南部地域の浅層温泉にも適用してその一般性を確かめようとした。

2. 瀬野による近似方法の妥当性について

鉛直の湧出管内を温泉水が上昇しているときの管単位長当りの熱収支は次式で与えられる。

$$\frac{dT}{dz} = \gamma F \quad (1)$$

ここに、

z : 地表面からの深さ [m]

T : 深さ z における管内温泉水の温度 [°C]

F : 円管単位表面積、単位時間当りに管壁を通して地層中に流れ去る熱量 [kcal/m²・h・°C]

$\gamma = 2\pi r_0 / (\rho c q)$ [m・h・°C/kcal]

r_0 : 湧出管の半径 [m]

ρ : 温泉水の密度 [kg/m³]

c : 温泉水の比熱 [kcal/kg・°C]

q : 温泉水の流量 [m³/h]

ただし、管内温泉水の温度は断面で一様とし、水の管軸方向の熱伝導は無視した。

瀬野は、 F に

$$F = \lambda (T - \theta_{\infty}) \quad (2)$$

の形を与えた。ここに、

λ : 冷却の係数 (熱伝達率) [kcal/m²·h·°C] (本稿では、kcal/m²·分·°Cで統一した)

θ_{∞} : 湧出管に影響されない深さ z の地温 [°C]

この形式は、一般に、壁面が気体や液体に接している場合とか壁面に薄層が形成されている場合、あるいは表面で熱放射のある場合などの伝熱問題によく用いられるが⁴⁾、地層に接した鉛直管の表面においてもこの近似形が有効かどうか問題である。

管内温泉水の冷却の問題は、管周囲の地中温度を求める熱伝導の問題に帰着されるが、はじめから地表面や管底の境界条件を考慮して三次元の問題として解くことは非常に困難なため、ここでは、この問題を解く基礎となる二次元の非定常モデルで管周辺の地温 θ と管壁における熱流 F の時間変化を調べ、上記近似の可能性について検討する。

この問題をいいかえると、無限の広がりをもつ等温 (θ_{∞}) の地層中に 1 本の円管を通し、その円管表面の温度を一定の θ_0 に保つ場合の問題である。これはCarslaw・Jaegerの文献などに解かれているので、その結果を実際の温泉の場合にあてはめてみる。

図 1 は、地層の熱伝導率 k に 1.9 kcal/m·h·°C、熱拡散率 κ に 2.5×10^{-3} m²/h (これらは、容積含水率が 0.3 m³/m³ の飽水土の場合に相当する)⁵⁾、 r_0 に 2.5 cm をあてたときの管周辺の地温分布の時間的な違いを示したものである。ただし、 r は円管中心より地層中の任意点までの距離である。地温は管近傍で急変しているので、 $(\theta - \theta_{\infty}) / (\theta_0 - \theta_{\infty}) = 0.02$ となる半径 R を影響圏とみなすことにすれば (R は θ_{∞} 、 θ_0 とは無関係)、図 2 に破線で示されるように、1 年～数年経過しても影響半径 R が 20～25 cm と管近傍に限られていることが注目される。

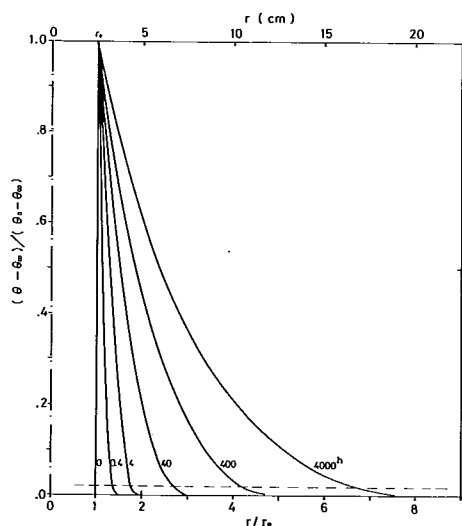


図 1 円管周辺の地温分布の時間変化
($k = 1.9 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot \text{°C}$ 、 $\kappa = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$ 、 $r_0 = 2.5 \text{ cm}$)

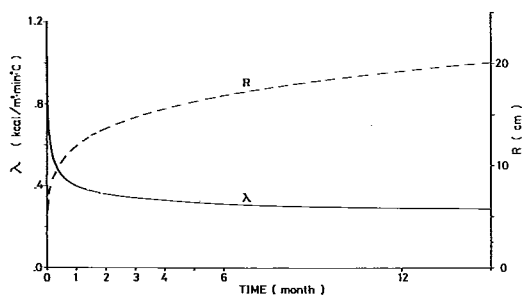


図 2 温泉井の地温への影響半径 R と冷却の係数 λ の時間変化

これから、実際の湧出管においても管全長にわたって平均的にみたととき、管近傍の半径方向の地温勾配は鉛直方向の地温勾配にくらべて十分大きいと考えられ (R を数 10 cm とすれば、たとえば大分川地域の深層温泉では、数 1000 倍オーダとなる)、地表および孔底に近い部分を除けば、鉛直方向の熱流成分は係数 λ にほとんど影響を及ぼさないとみなすことができる。冷却の問題に限れば、二次元性の仮定はかなり正確に実状を満たしていると推定される。

そして、また冷却の係数 λ は、形式的に、

$$\lambda = \frac{F}{\theta_0 - \theta_{\infty}} = \frac{k}{r_0} \cdot f\left(\frac{r_0}{\sqrt{\kappa t}}\right) \quad (3)$$

で表わされる。ただし、

$$f(x) = \frac{4}{\pi^2} \int_0^{\infty} e^{-xv} \frac{dv}{v [J_0^2(v) + Y_0^2(v)]}$$

で、 $J_0(v)$ と $Y_0(v)$ は、それぞれ零次のBessel関数とNeumann関数である。これから計算される λ は、図2の実線で示されるように、数ヶ月も経過するとかなり安定し、数年の間はほぼ一定の0.3kcal/m²・分・°C付近の値をとることが分る。地層は、水分含量が大きいほど k と k は大きくなるが、飽水土では比較的安定で、含水率に上記0.3m³/m³から±0.1m³の違いがあっても、 k 、 κ にそれぞれ、±15%、±19%程度の違いを与えるにすぎないので⁵⁾、係数 λ は地層の影響を強く受けない。 λ にはこのような安定性と普遍性があり、それが実際的にも上記薄層類似のニュートン冷却近似を可能にしていると考えられる。

以上は持続する熱源としての取り扱いであり、自噴泉のように常に湧出する温泉に対して有効である。揚湯が断続的に行われる動力泉では、管壁面の温度は周期的に変化し、それによって係数 λ は変動を伴っているものと考えられる。これについては次節で検討する。

3. 冷却の係数 λ の実際的意味

前節で瀬野の近似法の有効性が理論的に確められたが、これを実際の地表における泉温 T_0 に適用するにあたっては、深さ H の孔底でストレーナーを通して管内に流入する温泉水の温度 T_H や、上昇途中における地温 θ_{∞} の分布、管壁の材質と肉厚、さらに、動力泉の場合には揚湯の断続性など、種々の問題を考慮する必要がある。

深さごとの地温 θ_{∞} が既知で、孔底における泉温 T_H が孔底地温 $\theta_H (= \theta_{\infty})$ に等いと仮定すれば(1)、(2)式より、泉温 T_0 と、湧出量 q 、深度 H のあいだに冷却の係数 λ をパラメータとする一定の関係があり、地温が深さに対して直線的な関係にあるときは、瀬野が求めているように、

$$\frac{T_0 - \alpha}{T_H - \alpha} = \frac{1 - e^{-\gamma H}}{\gamma H} \quad (4)$$

である。ただし、 α は地表面地温(θ_{∞})である。しかし、別府のような浅層温泉地では、地温が深さに対して直線的な分布をとることはむしろまれで、凹状、凸状、あるいはそれらの入り混った複雑な分布をとるのが普通である。そのような場合にも考察が及べるように、湧出途中の地温に

$$\frac{\theta_{\infty} - \alpha}{\theta_H - \alpha} = \frac{1 - e^{-\mu z}}{1 - e^{-\mu H}} \quad (5)$$

のような指数型の分布を想定したときの関係式を求めておく。同様の手続きによってその場合には

$$\frac{T_0 - \alpha}{T_H - \alpha} = \frac{\mu}{\gamma + \mu} \cdot \frac{1 - e^{-(\gamma + \mu)H}}{1 - e^{-\mu H}} \quad (6)$$

となる。ここに、 μ (あるいは、 $p \equiv \mu H$) は、地温分布の形状を表わすパラメータである。

実測される T_0 、 q から係数 λ を評価するには(H 、 T_H 既知として)、パラメータ μ の入らない直線的な地温分布をした地域が望ましく、かつ、採取深度が深くて冷却の大きい温泉が好都合である。その条件を備える大分川沿岸地域の温泉から得られた資料は、冷却の問題を考える基礎として貴重である。

3・1 大分川沿岸地域の地下温度

図3は、大分川沿岸地域で掘削中に測られた地温を井戸ごとに滑かな曲線でつないだものである。地温はそれぞれの地域で10°C前後の幅をもちながらも平均的には深さに対して直線的な状態にあり、個々の井戸に着目しても、(a)と(c)地域では、各深度の地温が(5)式の $p (= \mu H)$ 値にして、 $-1 \sim +1$ の範囲内に収まり直線性が非常によい。ただし、ガス付随の高塩分水を噴出する(b)地域には、

直線性から乱れているものがある。(その最大のずれは ρ 値にして、 -2.5 、 $+2.5$ である)。

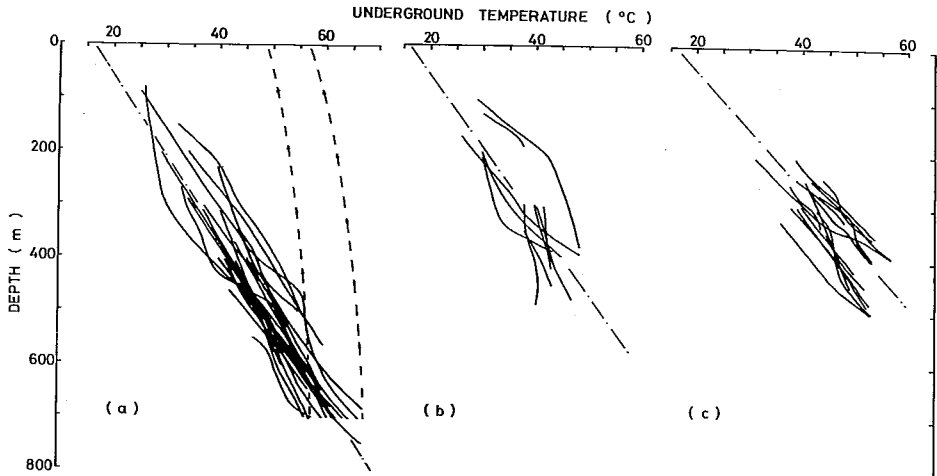


図3. 大分川沿岸地域の地下温度 (a): 大分市街地、(b): 狭間町(大分市西部を含む)、(c): 庄内町

(a)地域の温泉に対して前回³⁾行った係数 λ の見積りには、温泉を地温の高低で2つのグループに分け、それぞれのグループで孔底地温の平均値を T_H とし、揚湯量に対応する泉温の散らばり具合から、 λ のとりうる範囲として、 $0.2 \sim 1.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 、その平均的な値(実用値)として、大体 $0.5 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ を得た。

ところで、孔底泉温に差があるときの揚湯中の管内温泉水の水温分布の1例を(a)図に破線で示すように(ただし、 $q = 100 \text{ l/分}$ 、 $\lambda = 0.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 、 $2r_o = 4.5 \text{ cm}$ とした計算値)孔底水温の違いはほとんどそのまま地表の泉温に伝達されるので、今回は、個々の井戸ごとに掘削時の地温を用いることにする。

しかし、掘削中に測定される地温には工事の影響が入っており、また、深層地温の測定は技術的に困難なため、その精度にそれほど期待されない。その不確かさは多日に見積って数 °C 程度であろう。また、地温に等しい水温の温泉水が収水されるとしても、収水範囲の長い場合には、 T_H のとり方にそれだけの不確かさがある。この地域の収水範囲は $50 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$ あるので、その中心から両端までの深度差は、 $1.5 \sim 3 \text{ °C}$ の地温差に相当する。このように、個々の井戸地温を用いても、この程度の不確かさが含まれているとみななければならない。

3・2 大分川沿岸地域温泉の湧出泉温

この地域温泉からの自噴湧出量、動力揚湯量は、ともに 50 l/分 前後から数 100 l/分 と大きいため、温泉水層の水圧は温泉井を中心にかなり低下しているものと考えられる。したがって、他水層からの水の浸入を受け、収水水温が掘削時に測られた地温と異なる恐れがある。

そこで、掘削後1年以内のなるべく初期の観測値を用いることとし、収水水温 T_H としては、掘削明細書に記載されている収水範囲で一様に温泉水が管内に流入しているものとしてその間の平均地温を用いることにする。そして、井戸ごとに T_H の異なる湧出泉温 T_o を共通の平面上にプロットさせるため、 T_o を、 $(T_o - \alpha) / (T_H - \alpha)$ の形で整理することにする。この表現は、(4)、(5)式の左辺と同一であり、湧出泉温が孔底水温に等しく、冷却のない場合が1、また泉温が地表地温に等しく、温泉熱量の100%が冷却された場合が0の値をとる。

図4は、この表示による湧出泉温を深度ごとに湧出量(揚湯量)と対比させたものである。プロット記号の、○はすべて動力揚湯泉、+のすべてと●のほとんどは自噴湧出泉である。実線は(5)式

の計算値で、 λ の値が0.25、0.5、1.0 kcal/m²・分・°Cについて示した（ただし、 $2r_0 = 4.5\text{cm}$ 、 $\rho c = 1\text{kcal/l}$ 、 $\alpha = 16^\circ\text{C}$ ）。

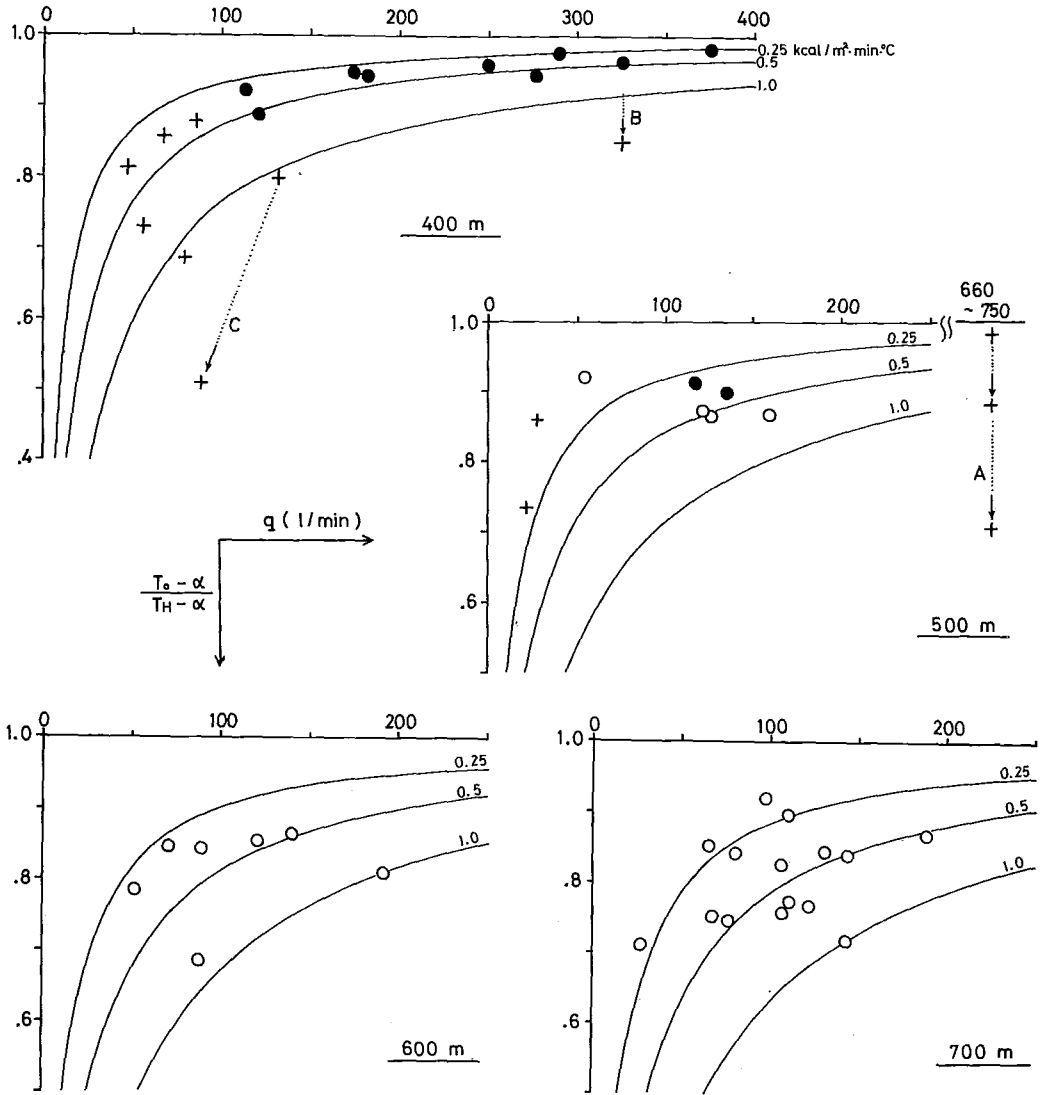


図4. 孔井深度別にみた泉温と湧出量(揚湯量)の関係

(○、+、●はそれぞれ、図3の(a)、(b)、(c)地域に対応)

一部の+印泉を除くほとんどすべてのこの地域温泉は、前回結果とほぼ同じ、0.2~1.0 kcal/m²・分・°Cの λ の範囲に泉温が収まり、自噴泉では、0.2~0.5 kcal/m²・分・°Cの比較的狭い範囲にある。700m深度の図が、前回にくらべて若干 λ 値の低い側にずれているのは、 T_H のとり方の違いによるものである。個々の井戸地温を用いたときの T_H の前記不確かさは、図4の縦軸値にして、大体、±0.05以内と考えてよいであろう。

3・3 湧出泉温に影響を与える因子

図4の λ に考察を加える前に、(4)式の仮定に含まれない泉温への影響因子を検討しておく。その

因子として考えられることを列挙すると、(1)動力泉では揚湯の断続性に伴う管壁面の温度変化、(2)湧出管の材質、(3)エアリフト泉、泡沸湧出泉では、気泡中への蒸発による潜熱の損失、(4)地下水流(5)他水層由来の水の混入(井戸の欠陥も含める)、(6)地上配管中での冷却、などがある。

このうち、(1)については、後で詳しく検討することにして、まず、(2)の湧出管の材質による影響を調べておく。実際、管材料として、鉄と硬質塩化ビニール樹脂が同じ位の頻度で使用されており両者のあいだで熱伝導率が数100倍異なるため、その違いは無視できないと思われる。

第2節では、湧出管中の温泉水が地層に直接接した取り扱いであったので、前出の $2r_o$ を管の内径とし、管の肉厚を b 、熱伝導率を k_p 、管外壁と地層との接触面における熱伝達率を λ_b で表わすことにすると、みかけの冷却の係数 λ は、

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_b} + \frac{r_o + b}{k_p} \log \left(\frac{r_o + b}{r_o} \right) \quad (7)$$

で表わされる。ただし、流れている水の表面熱伝達率は、 λ にくらべて十分大きいので、内壁における熱抵抗を無視した。鉄管の場合は、 k_p が約 $40 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ であるから、 $r_o = 2.5 \text{ cm}$ 、 $b = 5 \text{ mm}$ の円管では、上式の第2項は第1項にくらべて十分小さく、 $\lambda \doteq \lambda_b$ とできる。ところが、 k_p が約 $0.2 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ のビニール管では、 $\lambda_b = 0.50 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ のとき $\lambda = 0.28 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ となり、 $\lambda_b = 0.30 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ に対しては $\lambda = 0.20 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ である。このように、みかけの λ の値は湧出管の材質によって、 $0.1 \sim 0.2 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ 程度の影響を受けていると考えられる。しかし、図4の散らばりには管の材質による系統性が明瞭でないため、ほかの因子による影響がより強く現われていると考えられる。

次に、(3)の、まず、エアリフト泉の場合において、圧入される空気中への蒸発に伴う泉温低下量を見積ると、注入空気が乾いていて、湧出口における気液容積比が10程度(揚程が数10mに相当)としても、温泉水の水温が 50°C では、約 0.5°C と、測温誤差の程度に計算される。また、挾間町の泡沸泉においても、溶存ガスの分圧は10気圧前後以下と見積られているから、⁹⁾噴出口における気液分離比も約10以下となって、泡沸現象に伴う泉温低下も同様に無視される程度である。

(4)の地下水流が存在すると、壁面における熱伝達率が増すが、本地域のように地温の直線性のよい場合には、地下水の流動は小さいとみてよく、その影響は無視してさしつかえないであろう。

(5)については、たとえば、+印の高塩分泉のうち、図4のA、B、C泉は、矢印で示した期間内に著しいCl濃度の低下を生じているので、それに伴う泉温の低下は、低温、低濃度の水による希釈を示していることは明らかである。とくに低下の著しいC泉は、大分地震時に生じた湧出管の破損によるものである。そのほかの温泉については、このような影響を評価することは困難であるが図4の全体がある程度 λ 一定の計算曲線に沿うような分布をしているので、他水層からの水の混入影響は全般的に小さいものと思われる。高塩分泉にも、その泉温が全体の分布から推定される範囲に属しているものが多いため、A、B、C泉の低温化は、地域的な現象ではなく、その湧出管自身の構造上の欠陥、あるいは、温泉水層への他水層からの水の混入影響としてもその湧出管周辺で生じた現象であることが知られる。

(6)に関しては、泉温の観測が源泉に最も近いバルブ口でなされ(温泉水が地上で長い配管や大きいタンクを経由してきた場合は、本報告の資料としては採用してない)、その地上配管長は埋設湧出管長にくらべると十分短く、かつ、流れている空気に対する表面熱伝達率の値は、今考察している冷却の係数 λ と同じ程度であるから、地上における冷却は無視される。

3・4 揚湯の断続性による影響

この地域の動力揚湯泉では、終日あるいは半日程度のあいだ液面スイッチによる動力の作動制御がなされていて、必要量に即応するような揚湯が行われている。これは恐らく昼間をピークとする

日周期的な変化で、管内温泉水の温度もそれに伴って変化しているものとみなされる。

揚湯が休止したとき、管内温泉水の温度 T は、その深さの地温 θ_{∞} に近づくように冷却すると考えられる。この冷却に対しても、(3)式を仮定して

$$\pi r_o^2 \cdot \rho c \cdot \left(-\frac{dT}{dt} \right) = 2\pi r_o \cdot \lambda \cdot (T - \theta_{\infty}) \quad (8)$$

とし、 $t = t_s$ で $T = T_s$ とすれば、

$$\frac{T - \theta_{\infty}}{T_s - \theta_{\infty}} = e^{-(t-t_s)/\tau} \quad (9)$$

のように、管内温泉水の温度は時定数 $\tau (= \rho c r_o / 2\lambda)$ で指数関数的に低下してゆく。 τ は、 λ の値、0.3、0.5 kcal/m²・分・°C に対応して、それぞれ、42分、25分と計算されるので、揚湯が休止されると数時間もたてば管内温泉水の温度はほとんど θ_{∞} の地温に近づいていると考えられる。

したがって、揚湯のピーク時には、液面スイッチは頻繁に on-off をくり返し、管内の水温は最も高くなり (T_{max} とする)、夜半から朝方にかけて θ_{∞} に近づき最底になっている (T_{min} とする) と考えられる。

そこで、問題を単純化して、管壁面の温度 Θ を $T - \theta_{\infty}$ で表わし、 Θ が平均値 Θ_M を中心に

$$\Theta = \Theta_M + \Theta_A \cos(\omega t) \quad (10)$$

のような単振動変化をしているものとし、2節と同じモデルで、その変化が λ に及ぼす影響を調べてみることにする。

$\Theta_M = 0$ のときの問題は Carslaw・Jaeger などの文献に解かれており、管壁における熱流束 F に関しては高志の論文¹⁰に詳細な検討がなされている。その理論解析の結果を用い、 $\Theta_M = \Theta_A$ ($\Theta_M = (T_{max} + T_{min})/2 - \theta_{\infty}$ 、 $\Theta_A = (T_{max} - T_{min})/2$ 、 $T_{min} = \theta_{\infty}$ とする) とし、(10)式の第1項と第2項を境界条件とするそれぞれの解に重ね合わせることができるものとするれば、 $\lambda (= F/\Theta_M)$ は

$$\lambda = \frac{k}{r_o} \cdot f\left(\frac{r_o}{\sqrt{\kappa t}}\right) + k \cdot g\left(\sqrt{\frac{\omega}{\kappa}} r_o\right) \cdot \cos(\omega t - \phi) \quad (11)$$

となる。ここに、 $g(x)$ は

$$\sqrt{\frac{\kappa}{\omega}} g(x) = \left| \frac{H_0^{(1)}(x\sqrt{i})}{H_0^{(1)}(x\sqrt{i})} \right| \quad (12)$$

であり、 $H_0^{(1)}(x\sqrt{i})$ 、 $H_0^{(1)}(x\sqrt{i})$ はそれぞれ、零次、一次の Hankel の第一関数である。

(11)式右辺の第1項は、持続する熱源に基づくもので、それを $\bar{\lambda}$ 、第2項は、周期的変化による変動成分でそれを λ' で表わすことにする。 k 、 κ 、 r_o に前節と同じ数値を用い、(12)式の関数値に高志が作成した数表を用いると、 λ' の振幅 $k \cdot g(\sqrt{\omega/\kappa} \cdot r_o)$ は 0.74 kcal/m²・分・°C、位相差 ϕ は 1.52 時間と求められる。すなわち、管の表面温度が平均値と同じ振幅で日周期変化をする場合には、冷却の係数 λ は、表面温度の変化に 1 時間半遅れで追随するように、前節で得た $\bar{\lambda} = 0.3$ kcal/m²・分・°C を中心として ± 0.7 kcal/m²・分・°C の変動を伴うことになる。なお、周日変化に由来する逸散熱量の非定常項は約 1 日で消失することが高志の論文¹⁰に証明されている。

湧出管内の水温は、実際にはこのような単振動変化ではなく、冷却の時定数の短かさからしても揚湯の断続性に従うように矩形波のなかなり不規則な変化をしていると考えられる。したがって、この理論結果をただちに実際にあてはめることはできないが、1日のうち、どちらかといえば揚湯頻度の高い昼間に観測がなされるので、観測時における管内の水温は日平均値よりも高い状態にあ

ると考えられる。これは、管周囲の地温勾配が日平均値よりも高い状態、すなわち、 λ が $\bar{\lambda}$ 値よりも高い値をとる条件で観測が行われるとみなされ、動力泉で観察される泉温が $\bar{\lambda} + \lambda'$ すなわち、 $1.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ の与える温度を下限とし、 $\bar{\lambda}$ すなわち、 $0.2 \sim 0.3 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ (材質を考慮して)の与える温度を上限とする範囲にはほぼ収まっているのは、理論結果と矛盾してない。

そして、さらに、自噴湧出泉において実測値の収まる λ の範囲が、 $0.2 \sim 0.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ と、持続する熱源における理論値 $0.2 \sim 0.3 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ に非常によく一致していることが注目される (種々の不確定因子からの影響を考慮に入れて)。したがって、第2節で理論面からその有効性が推定された二次元性の仮定は、実際的にもかなりよく満たされ、かつ、温泉井の影響範囲も半径数10 cm程度の管近傍に限られるとみなしてよいであろう。

以上の検討を総括して、冷却の係数 λ は、 $0.2 \sim 1.0 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ の範囲の値をとりうるが、実用値として用いる場合には、常に湧出させてある自噴泉では、 $0.3 \pm 0.2 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 、動力揚湯泉では、 $0.5 \pm 0.3 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 程度の値が適当ではないかと思われる。

4. 別府温泉への適用

別府温泉南部地域で、昭和40年から48年にかけて新掘あるいは増掘された温泉井の中から、孔底地温が 100 °C 以下のものに限定し、途中の地温が比較的良好に測られているものに着目する。掘削工事が終了すると、多くは半年以内に、泉温と揚湯量が別府保健所の手によって測定されているのでその資料を使わせていただくことにする。

図5は、掘削工事中に測られた地下温度 θ_{∞} を $(\theta_{\infty} - \alpha) / (\theta_H - \alpha)$ の形で表わしたものである。破線は、(3)式の指数関数型の分布を想定したときの計算値である。実際の地温は、このような単純な関数形では表現しきれないが、ある程度はこの関数形で近似されるとみなせるので、地温分布の状態をひとつのパラメータ p で代表させることにすると、この地域の地下温度の示す p の下限および上限の値は、 $100 \sim 150 \text{ m}$ 深度の温泉では、 -5 および $+10$ 、 $200 \sim 300 \text{ m}$ 深度の温泉では、 -5 および $+5$ の程度である。ただし、 $\alpha = 16 \text{ °C}$ とした。

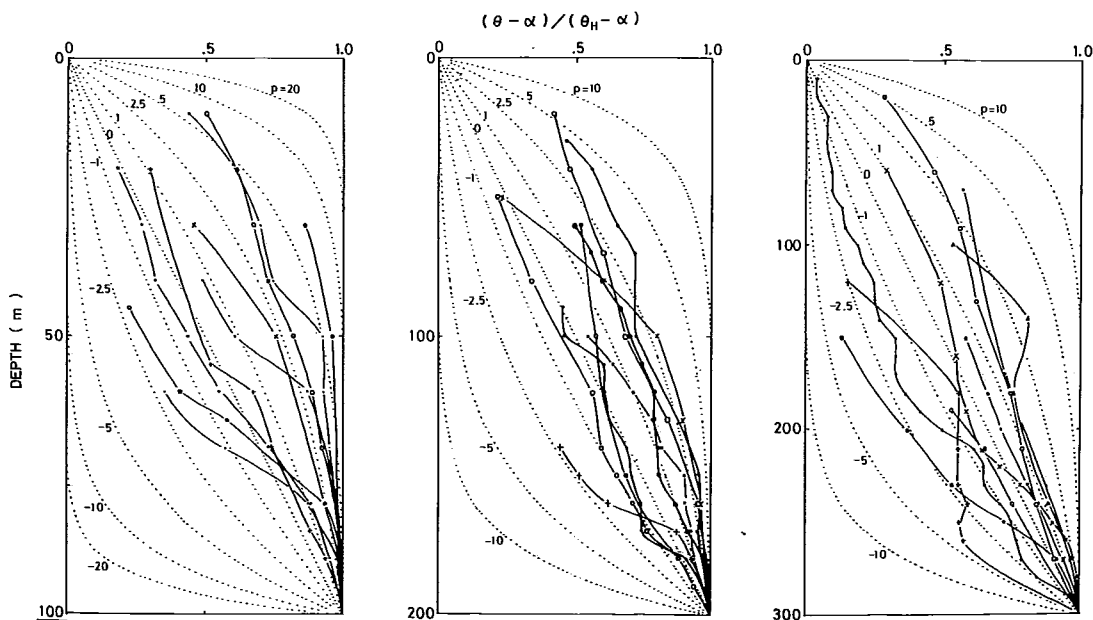


図5 別府温泉南部地域における地下温度

図6は、泉温 T_0 を前節と同様に、 $(T_0 - \alpha) / (T_H - \alpha)$ で表現し、それを揚湯量に対比させたものである。記号は、地温の形状から、 p 値が約2以上の、上向きに顕著な凸形状をとるものを○印、逆に、-2前後以下の下凸分布をとるものを+印、その間の直線的な分布状態にあるものを●印で表わした。●の中には、上凸あるいは下凸傾向をもつものや、または凹凸兼ね備えたものもあるが、 $|p|$ の値が2程度以下では、 p の泉温への影響が、 T_H のとり方（前節と同様にストレーナーの中心付近の地温を取水水温とみなした）の不確かさによる影響の範囲に含まれるため、このような分類とした。自噴泉（いずれも上凸）は⊙印で示した。

この図を図4と比較して分るように、別府温泉では大分川地域の温泉にくらべて、泉温のばらつきがかなり大きい。図中の実線は、 λ の値が $0.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ で、 $p = 0$ の直線分布を想定したときの計算値である。上凸の○は、この曲線よりも高温側に、下凸の+は低温側に位置しているため、地温の分布が泉温に大きく寄与していることは明らかである。

そこで、 p の上下限界に上記値を、 λ の上限、下限に大分川地域で得た $1.0, 0.25 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ を与え、泉温に上限を与える条件として p の上限と λ の下限をとり、また、泉温に下限を与える条件として p の下限と λ の上限をとって、それぞれ(5)式から計算すると、図6に示す2本の曲線（TTTT, UUUU）が描かれる。実測値のほとんどすべてがこの両曲線で限られた範囲内に収まり、大分川地域で求められた λ の範囲は別府温泉でもあてはまるとみてさしつかえないことが分る（図中の鎖線は、 $\lambda = 0.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 一定で、 p に上、下限値を入れたときの計算値である）。

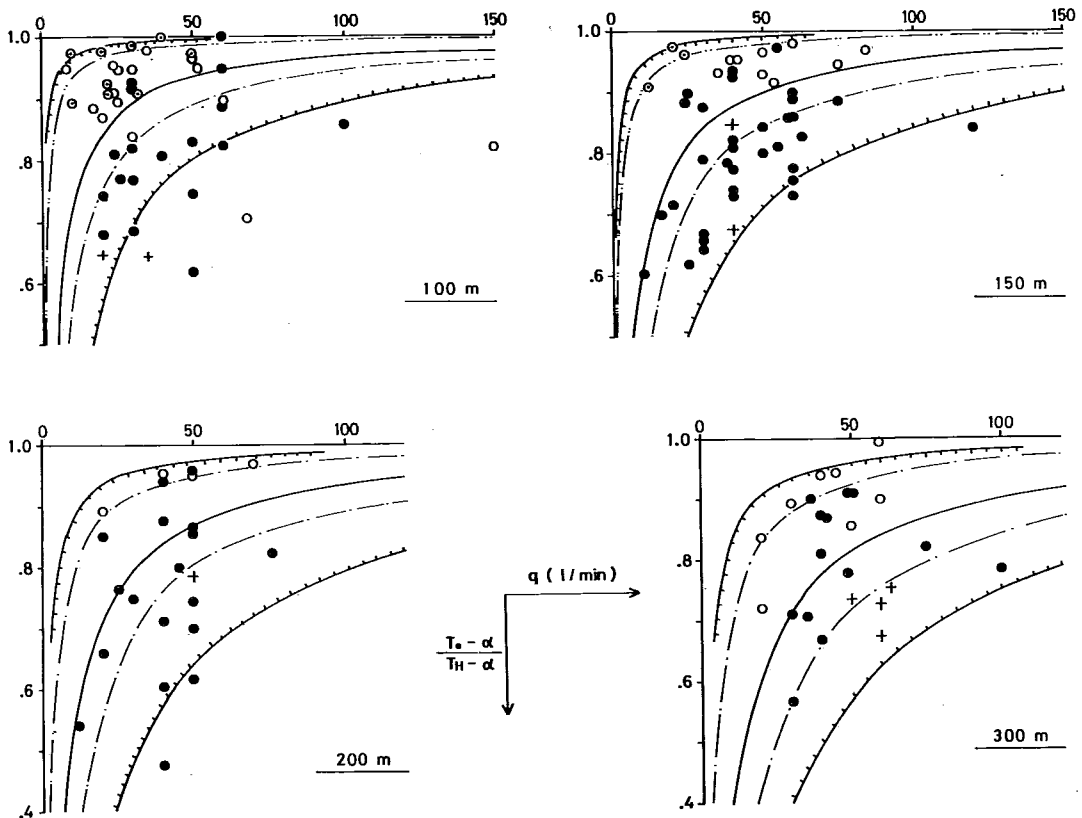


図6 孔井深度別にみた泉温と湧出量（揚湯量）の関係（別府温泉南部地域）

ところで、大分市の動力泉では、 λ 値が $0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ 付近に対応する泉温が多くみられたが、別府地域では、直線的な分布に近い●印が、その係数値の示す実線よりも低温側にずれているものが多い。大分と別府とでは、温泉の利用形態が異なり、揚湯時間にかなりの違いがあるので、単純には比較できないが、●印について実線からのずれを温度差に直し、その偏差分だけ T_H に修正を加えてみる。すなわち、水温 T_H の温泉水を収水したときと同じ冷却を受けるものとして観測泉温から逆に収水水温 T_H' を推定してみる。そしてその T_H' に対応する地温の現われる深さを温泉井ごとに求めると (図7)、いずれもその位置が孔底から地表に向かって60mの範囲内にあり、しかも、その大部分がストレーナ表示のある収水範囲に収まっていることが確かめられる。図6で実線からのずれの大きいものは、大体孔底地温の高いものが多いため、そのばらつきには T_H のとりかたの任意性が効いているようである。

とくにずれの大きいものの中には、収水範囲よりも浅層の地温に対応する温度の温泉水の流入を考えねばならないものがある (それもストレーナーの上端から数10mの範囲内である。図7×印)。このような温泉では、浅層の低温水が混入している可能性があるが、その数は少なく、地域性もそれほど顕著でない。

このように、別府南部地域の大部分の温泉は、ストレーナーの切られている範囲内の、地温と同じ水温をもつ水が採取されていて、他水層由来の水の混入影響は小さいとみなされ、温泉水が湧出途中に受ける冷却のされ方 (λ 値) は、大分川地域の深層温泉と同様であることが確かめられる。瀬野による近似の方法がかなり一般的に適用されることが知らされる。

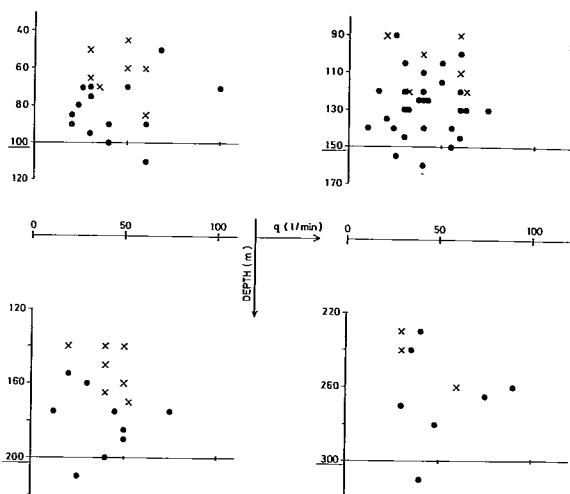


図7 泉温より推定した流入温泉水の水温に等しい地温の深度 (孔井深度別)

5. ま と め

- (1) 湧出管内を上昇中に受ける温泉水の冷却を二次元の非定常熱伝導問題として検討した結果、温泉の地温への影響範囲は数10cm程度のごく近傍に限られ、冷却の問題に対しては二次元性の近似は十分に可能であること、そして、冷却の係数は、数ヶ月も経過すると、かなり安定した約 $0.3 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ に落ち着くことが確かめられた。これによって、瀬野による近似の仮定の有効性が理論的に保障された。
- (2) 地温が直線的な分布状態にある大分川沿岸地域の深層温泉資料に、その近似法を用いて整理したところ、大分市から庄内町にいたるいずれの地域においても、冷却の係数が $0.2 \sim 1.0 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ の範囲に収まり、自噴泉では、 $0.2 \sim 0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{分} \cdot \text{°C}$ の値をとることが分った。
- (3) 動力泉における係数の散らばりのおもな原因が、揚湯の断続性にもとづく水温の周日変化によるものとして係数の変動範囲を理論から推定したところ、実際の散らばりを説明するのに好都合の結果が得られた。また、自噴湧出泉で得られる係数と理論値との一致がよいため、実際的にも冷却熱流の二次元性の仮定は実状を満たし、温泉井の影響範囲は管近傍に限られると推定される。
- (4) この近似方法をさらに、別府温泉にあてはめたところ、地温の凹または凸状の分布が泉温に明

らかに影響を与えており、それを考慮すると、大分川地域で得られたのと同様の係数で適用されることが確かめられた。

- (5) したがって、瀬野による冷却の近似法はかなり一般的に適用され、その冷却の係数の実用値として、

自噴湧出泉： 0.3 ± 0.2 kcal/m²・分・℃

動力揚湯泉： 0.5 ± 0.3 kcal/m²・分・℃

が適当である。

- (6) この研究過程で、大部分の温泉では、ストレーナーの切られている範囲の地層中の温泉水が取水されており、他水層由来の水の混入影響の小さいことが知られた。ただ、挾間町で湧出する高塩分泉の中には、明らかに低温、低濃度の水の混入影響を受けているものがあるが、これは、井戸管の構造上の欠陥、あるいはその井戸周辺で生じた現象によるものである。別府温泉にも、対象とした孔数の数割程度であるが、浅層水が混入していると思われる泉温を示すものがある。

終りに、掘削明細書の閲覧に便宜を与えていただいた大分県環境管理課と、別府温泉の泉温と揚湯量の資料を御提供いただいた別府保健所の各職員諸氏に厚くお礼を申し上げます。また、助言をいただいた京大地球物理学研究施設の吉川恭三教授に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 吉川恭三：温泉の保護と適正採湯量，さらに地熱開発との関係について，水温の研究，Vol. 25, No. 3, p. 2-14 (1981)
- 2) 瀬野錦蔵：温泉湧出導管中における温度垂直分布の近似解，地球物理，Vol. 6, No. 3, p. 187-191 (1941)
- 3) 吉川，北岡：大分市温泉の現況，本報告，第32号，p. 56-64 (1981)
- 4) Carslaw, H.S.; Jaeger, J.C.: Conduction of Heat in Solids, Oxford Univ. Press. (1959)
- 5) 高志 勤：土壤凍結工法について(I)，冷凍，Vol. 36, No. 408, p. 1-15 (1961)
- 6) 吉川，北岡，野田：挾間町ならびにその周辺の温泉調査，本報告，第27号，p. 25-33(1976)
- 7) 吉川，北岡，野田：庄内町の温泉調査，本報告，第29号，p. 1-15 (1978)
- 8) 野田，北岡：大分川流域温泉の継続観測の総括，本報告，第32号，p. 43-55 (1981)
- 9) 野田，北岡：大分川流域高塩分泉の付随ガスについて，本報告，第32号，p. 7-15 (1981)
- 10) 高志 勤：熱ポンプの熱源としての地下熱利用の再検討，冷凍，Vol. 37, No. 419, p. 1-17 (1962)

原爆被爆者の温泉療法(第14報)

別府原爆センター 八 田 秋
九 大 温 研 辻 秀 男

1. はじめに

創立22周年を経た当センターは、関係者方面のご理解とご援助に加えて、職員各位の献身的なご努力によって、さらに良好な成績をあげることができた。すなわち昭和56年4月から、昭和57年3月までの利用者数4,143名(2位)、その延数22,711名(1位)を数えた。

表Ⅰ 利用者男女別年令表

月別	年令	年齢										計
		<30歳	31~39	40~44	45~49	50~54	55~59	60~64	65~69	70<		
4	男	5	1	0	2	3	2	11	24	69	117	
	女	1	3	0	1	5	22	23	45	100	200	
5	男	2	1	1	0	5	7	22	29	69	136	
	女	1	5	0	5	10	31	39	55	103	249	
6	男	2	0	0	2	12	8	18	27	63	132	
	女	2	0	0	2	10	20	18	36	71	159	
7	男	3	3	0	1	4	2	7	11	38	69	
	女	3	3	0	4	6	10	20	27	44	117	
8	男	33	7	5	4	8	10	14	22	51	154	
	女	39	17	3	7	14	20	40	37	60	237	
9	男	0	0	1	0	4	7	18	24	80	134	
	女	0	1	2	1	15	23	51	43	97	233	
10	男	0	0	1	0	0	3	18	23	77	122	
	女	0	0	1	1	7	30	37	52	112	240	
11	男	1	2	1	1	2	8	19	32	92	158	
	女	0	0	0	2	11	25	42	54	98	232	
12	男	3	4	1	5	7	8	25	29	65	147	
	女	7	3	4	3	9	16	43	42	83	210	
1	男	3	3	0	2	6	5	17	34	51	121	
	女	9	6	2	4	6	27	44	45	107	250	
2	男	0	1	1	1	1	14	21	34	57	130	
	女	1	0	0	2	7	22	47	47	76	202	
3	男	3	2	0	0	4	9	18	28	95	159	
	女	2	1	2	3	5	16	32	61	113	235	
合計	男	55	24	11	18	56	83	208	317	807	1,579	
	女	65	39	14	35	105	262	436	544	1,064	2,564	
		120	63	25	53	161	345	644	861	1,871	4,143	

表Ⅱ 利用者数とその延数

月別	利用者数	利用延数	平均一日延数
4	317	2,049	68.3
5	385	1,923	62.0
6	291	1,547	51.6
7	186	1,104	35.6
8	391	1,670	53.9
9	367	2,054	68.5
10	362	2,128	68.7
11	390	2,192	73.1
12	357	1,501	55.6
1	371	2,382	76.8
2	332	1,914	68.4
3	394	2,247	72.5
合計	4,143	22,711	62.9

表Ⅲ 温療期間

月別	温療日数				計
	3日>	4日~6日	7日~13日	14日<	
4	46	148	110	13	317
5	131	160	89	5	385
6	126	59	95	11	291
7	61	60	51	14	186
8	222	90	78	1	391
9	104	121	138	4	367
10	47	211	93	11	362
11	90	241	52	7	390
12	199	87	65	6	357
1	119	83	157	12	371
2	88	146	95	3	332
3	122	102	155	15	394
合計	1,355	1,508	1,178	102	4,143

2. 利用者概況

これらの利用者の月別、年齢別、男女別の利用状況は表 I、II の如くである。利用者実数 4,143 名を月別にみると、300 を切ったのは、6、7 月の 2 ヶ月のみであり、最高は 3 月の 394 名であった。

利用者延数からみると、総数 22,711 名、平均 1 日 62.9 名で、利用率は 87.36% となり、1 月の平均 1 日 76.8 名（利用率 106.7%）が最高であった。

年間利用者の年齢別、男女別（表 I）では、60 歳未満が全数の 81.5%、70 歳未満が 45.16% をしめ、被爆者の加齢とともに顕著となっているが、しかし 30 歳以上の若年層を 120 名（2.89%）を数えた。

男女比はほぼ 3 : 5 で、女性が多い。

治療期間を滞在日数から見ると（表 III）、3 日以上が 1,355 名（32.70%）、4 ~ 6 日が 1,508（36.39%）、7 日未満が 1,280 名（30.89 名）で実数で昨年よりさらに 20 名多かった。

表 V 症 例 分 類

病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数	病 名	例数
リウマチ	7	めまい	1	食道痙攣	1	V ₁ 欠乏症	1
股関節炎	5	慢性気管支炎	11	慢性胃炎	13	アルコール中毒症	1
膝関節炎	85	気管支拡張症	5	十二指腸・胃潰瘍	8	肥 胖 症	1
肩関節・周囲炎	19	気管支喘息	5	幽 門 狭 窄	1	甲状腺術後(がんを含む)	1
その他の関節炎	13	肺 気 腫	5	胃術後(がんを含む)	3	甲状腺機能低下	1
変形性脊椎症	60	肺 線 症	1	常習性嘔吐	1	自律神経失調症	2
脊椎分離・すべり症	27	陳久性肺浸潤	2	舌炎、口内炎	5	乳・子宮がん術後	3
軟骨ヘルニア	26	肋 膜 炎 後	1	胃術後障害	3	外傷・同後・火傷	18
椎間板症	4	呼吸困難症	2	大腸運動異常	3	高度ケロイド	2
亀 背	1	不 整 脈	14	長 S 字結腸症	1	刺 虫 症	1
脊椎左・右湾曲症	1	心 悸 亢 進	1	便 秘 症	33	皮 膚 炎	2
椎弓異状・仙骨化	8	突発性頻脈症	2	慢 性 腸 炎	2	濕 疹	3
骨折後(脊椎を含む)	35	徐 脈	2	直 腸 が ん	1	帯 状 疱 疹 後	3
オステロポローゼ	5	心肥大・心筋症	96	痔 疾	1	その他の皮膚病	16
関節強直・変縮	2	冠 不 全	25	食欲不振・全身倦怠	3	粘 液 囊 腫	1
腱 鞘 炎	1	虚血性心疾患	11	内 臓 下 重 症	1	血管周囲細胞腫	1
頸腕症候群	3	心筋硬塞後	1	肝 腫 大	1	瘰 癧	1
頭 挫 傷 後	2	心弁膜症(術後を含む)	3	慢 性 肝 炎	17	難 聴 ・ 内 耳 障 害	3
神経痛・炎	5	狭心症(神経性を含む)	2	胆 囊 炎	3	膽 炎	1
筋 痛 症	22	動脈硬化症	4	胆 石 症	3	背 部 異 物	1
腰痛症	20	動 脈 瘤	3	慢 性 腎 炎	5	線 内 障	1
脊髄・小脳変性	2	静 脈 瘤	1	膀 胱 炎	3	結 膜 炎	1
片マ・下半マ	8	浮 腫	4	尿 路 結 石	5	アレルギ一性体質	2
神 経 マ	3	高 血 圧 症	111	前 立 腺 肥 大	4	湯 中 り 症	5
不 眠 症	11	低 血 圧 症	19	糖尿病(腎性を含む)	31	急 性 胃 腸 炎	15
頭 痛	7	貧 血 症	19	尿 崩 症	1	感 冒 性 疾 患	42
水 頭 症	1	白血球増多症	1	痛 風	3	計	1004
メニエール氏病	6	出血性素因	3	アザソン氏病	1		

表IV 診療症例 昭和56年度

No.	年月	姓	性	年	病 名	滞在 日数	治 療 法	転帰	備考
1	56.4	平	♂	69	変形性頸椎症	12	頸椎展伸、マイクロ	軽快	2.0km
2		徳	♂	68	高血圧性心肥大、糖尿病、変形性腰椎症、除久性圧迫骨折(L I、II)	14 13 12	薬浴、マイクロ、腰椎展伸	〃	入市
3		西	♀	62	変形性腰椎症、腰椎すべり症(L V)、両膝関節炎	9	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁	〃	〃
4		馬	♀	62	糖尿、突発性頻脈症、感冒、便秘	18 15 14	薬浴、感冒・抗生剤、緩下剤	〃	2.2+
5		安	♂	60	陳久性腰椎弓骨折(L V)、慢性腸炎、右肩関節周囲炎	18 17	マイクロ、止痢・抗生剤、男性ホルモン剤	〃	0.9+
6		井	♂	76	悪急性腸炎	8	止痢・抗生剤	〃	0.4+
7		田	♀	76	感冒	8	感冒・抗生剤	〃	4.1+
8		小	♂	78	不眠症	8	気泡浴、安定剤	〃	4.1+
9		引	♂	78	心肥大	8	半浴、ぬるま湯、安臥	不変	入市
10		山	♂	67	変形性腰椎症(L I~IV)	8	腰椎展伸、VB ₁ 、鎮痛剤、しっぶ	軽快	1.3-
11		由	♀	61	低血圧性、肝炎、掻痒症	6 7 6	糖液、VB ₁ B ₂ C、フルコートク、強肝剤	〃	4.1-
12		天	♀	60	高血圧性心肥大、椎間板症、軟骨ヘルニア(L V-S I)帯状疱疹後	6 5 7 10	VB ₁ 、コルチコイド、鎮痛剤、しっぶ、マイクロ	〃	入市
13		佐	♀	68	多発関節リウマチ、左膝関節炎、腸炎	6 21 15 8 14 6	抗リウマチ剤、マイクロ、カシワドール、止痢・抗生剤	〃	入市
14		牧	♂	63	気管支喘息	14 7	アロテック注	〃	2.0+
15		杉	♂	70	多発関節炎	7	VB ₁ 、マイクロ、鎮痛剤、男性ホルモン剤	〃	2.5-
16		小	♀	78	心筋症、低血圧症、慢性気管支炎、便秘症、感冒	7 7	感冒、抗生剤、強心剤、緩下剤	〃	入市
17		古	♀	64	メニエール氏病	9	糖液、VB ₁ B ₂ C、止暈剤	〃	〃
18		須	♂	66	高血圧性心肥大、冠不全 両上肢発疹	6 3	半浴、ぬるま湯、安臥、強心剤、抗アレルギー剤、コルチコイドク	〃	〃
19		西	♂	83	軟骨ヘルニア、心筋症、掻痒症	7	ぬるま湯、安臥、抗アレルギー剤、コルチコイドク	〃	〃
20		加	♂	73	腎炎	6	ぬるま湯、安臥、VB ₁ 、利尿剤	〃	〃
21		加	♂	75	高血圧性心肥大、慢性胃炎	6	半浴、ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	〃
22		福	♀	63	出血性素因、感冒	11	止血剤、感冒・抗生剤	〃	〃
23		梅	♀	72	変形性腰椎症、全すべり症(L III-IV)、両膝関節炎	11	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁	〃	〃
24		湯	♀	72	亀背、気管支炎、便秘症	17	緩下剤、祛痰・抗生剤	〃	2.0±
25		藤	♂	77	白血球増多症、気管枝拡張症、両手指浮腫、前立線肥大	10 11 12 15	抗生剤、祛痰剤、利尿剤、ベノスタジン、プロスタチン	〃	2.7+
26		小	♀	59	軟骨ヘルニア、高血圧症、感冒便秘症	17 15 12 11	腰椎展伸、マイクロ、降圧剤、感冒・抗生剤	〃	1.3+
27		今	♀	77	高血圧性心肥大、気管支拡張症、変形性腰椎症、左肩こり	17 9 15 12	VB ₁ 、マイクロ、祛痰・抗生剤降圧剤、しっぶ	〃	2.0+
28		飯	♀	79	右肩筋痛	9	ノイコリン注、しっぶ、カシワドール注	〃	3.5+
29		篠	♀	77	心筋症、気管支炎	9	半浴、ぬるま湯、安臥、強心剤、鎮痛、抗生剤	〃	入市
30		吉	♀	71	右内耳障害、気管支炎	9	VB ₁ 、鎮痛剤	〃	2.0+
31		大	♀	75	貧血症、低血圧症、変形性腰椎症(D VII、L III、IV)	9	マイクロ、鎮痛剤、緩下剤、しっぶ	〃	3.1±
32		上	♀	73	高血圧性心肥大、糖尿病、左足関節炎	8	マイクロ、鎮痛剤、しっぶ	〃	4.0+
33		児	♀	64	高血圧性心肥大	10	ぬるま湯、安臥	〃	入市

34		石	♂	76	上気道炎	15	鎮咳・抗生剤、うがい	〃	1.7±
35		石	♀	83	高血圧性心肥大、陳久性腰椎骨折(L I)	11	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	入市
36		阪	♂	80	上気道炎	10	感冒・抗生剤	〃	2.5±
37		岡	♂	67	脳挫傷後	15	VB ₁ 、安定剤、脳血行増進剤	〃	入市
38		木	♀	67	移動性長S字状結腸症、変形性腰痛症	15	VB ₁ 、腰椎展伸、腸運動整調剤	〃	〃
39		大	♂	71	高血圧症	15	降圧剤	〃	4.0+
40		上	♀	81	陳久性腰椎骨折(L IV、V)軟骨ヘルニア、膀胱結石、右肩・膝挫傷	7	VB ₁ 、腰椎展伸、しっぶ	〃	1.0+
41		東	♀	64	糖尿病、右腓骨端骨折後	11	マイクロ、鎮痛剤、しっぶ	〃	入市
42		丸	♂	78	糖尿病、右肘関節炎	8	薬浴、鎮痛剤	〃	〃
43		岡	♂	77	圧迫骨折後(L I)、腰椎すべり症(L IV-V)、慢性気管支炎	7	ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	〃	2.3+
44		室	♀	79	高血圧性心肥大、冠不全	7	半浴、ぬるま湯、安臥、ニトロ、降圧剤	〃	2.3+
45		九	♀	69	高血圧症	7	ぬるま湯、安臥	〃	1.6+
46		中	♀	81	両膝関節炎	7	マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	2.6+
47		高	♀	80	腰部挫傷後	11	マイクロ、腰椎展伸、鎮痛剤	〃	入市
48		高	♂	90	変形性腰椎症、便秘症	11	緩下剤、腸運動整調剤	〃	〃
49		倉	♀	70	多発関節リウマチ、斑点	7	マイクロ、しっぶ、止血剤、カシワドール注	〃	〃
50		六	♀	54	心肥大(運動家性)左膝関節炎	4	半浴、ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	〃	2.3+
51	56.5	神	♂	71	冠不全、心筋硬塞後、不眠症、常時性便秘	6 9 8 10 7	半浴、ぬるま湯、強心剤、ニトロ、VB ₁ 、緩下剤	〃	2.5+
52		松	♂	61	高血圧症、出血傾向、自律神経失調症	9	止血剤、VC、降圧剤、ペレルガール	〃	2.0+
53		福	♂	67	糖尿病疑	10	温療	〃	2.0±
54		福	♂	59	腎性糖尿病	10	温療	〃	4.1-
55		清	♂	50	軟骨ヘルニア、糖尿病	10	腰椎展伸	〃	4.1+
56		栗	♀	63	頸椎間板症、白癬症、悪急性胃腸炎	5 7 6	マイクロ、鎮痛剤、グリセチンV、止痢・抗生剤	〃	入市
57		真	♂	85	変形性右膝関節炎	7 8	マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	2.0+
58		高	♂	82	貧血性、慢性気管支炎、左前脛筋痛	8 7	ノイコリン、しっぶ、鎮痛剤鎮咳剤	〃	入市
59		高	♀	68	慢性肝炎、右乳房手術後痛	14	強肝剤、鎮痛剤、しっぶ	〃	1.0+
60		末	♀	67	変形性両股関節炎	14	鎮痛剤、しっぶ、同化ホルモン	〃	1.7+
61		住	♂	73	高血圧性心肥大、冠不全、左膝挫傷	8	ぬるま湯、半浴、強心剤、マイクロ	〃	入市
62		木	♀	68	高血圧性心肥大、アレルギー性鼻炎、気管支炎、腰椎すべり症(L II-III)	12	ぬるま湯、安臥、抗アレルギー剤	〃	1.4+
63		新	♀	70	腰椎分離症(L III、IV)、同すべり症(L V~S I)	7	腰椎展伸、ミグレニン	〃	入市
64		三	♀	73	高血圧性心肥大	7	ぬるま湯、半浴、安臥	〃	かノゴ
65		横	♀	59	高血圧性心肥大、メニエール氏病	7	半浴、ぬるま湯	〃	かんご
66		中	♀	83	心室性不整脈	7	半浴	不変	入市
67		水	♂	73	左半マ	7	リハビリ	軽快	入市
68		北	♀	58	糖尿病、膀胱炎、発疹、軟骨ヘルニア	16 14 13	薬浴、腰椎展伸、抗生剤、フルコートクリーム	〃	2.0

69		森	♂	62	心肥大、慢性肝炎、変形性腰椎症、右膝関節炎	16	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、鎮痛剤	〃	1.3+
70		日	♀	56	貧血症、低血圧症	7	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	入市
71		下	♂	62	右肋膜炎後、胃潰瘍術後	7	消化剤	〃	3.0-
72		大	♂	77	圧迫骨折(DⅦ、LⅡ)、背筋痛	9	マイクロ、VB ₁ 、ノイコリン注	〃	1.7+
73		平	♀	67	圧迫骨折後(DⅧ)、変形性頸椎症、高血圧症、慢性胃炎	14 21 17	頸・腰椎展伸、VB ₁ 、ぬるま湯、安臥、健胃剤	〃	1.6±
74		森	♂	76	左膝関節炎	12	マイクロ、鎮痛剤、しっぶ、カシワドール注	〃	入市
75		武	♀	53	腰椎すべり症(LⅣ-V)、両アキレス腱鞘炎	11 8	マイクロ、腰椎展伸、しっぶ、鎮痛剤	〃	3.0+
76		宮	♀	70	心悸亢進	9	半浴、ぬるま湯	〃	かんご
77		吉	♀	73	両膝関節炎	6	マイクロ、鎮痛剤、カシワドール注、しっぶ	〃	入市
78		藤	♀	58	変形性腰椎症(LⅡ、Ⅲ)、両膝関節炎	8	マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	1.5±
79		南	♀	68	両膝関節炎	7	マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	2.5+
80		田	♀	73	変形性腰椎症(LⅠ、Ⅳ)	10	マイクロ、VB ₁	〃	入市
81		松	♂	80	不整脈、気管支喘息	7	ぬるま湯、半浴	〃	2.5±
82		松	♀	72	腰椎左方すべり症(LⅣ-V)左股関節炎、動脈硬化症、膀胱結石	7	腰椎展伸、マイクロ、鎮痛剤	〃	2.5+
83		隅	♂	62	低血圧症	7	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	2.5+
84		斉	♀	72	変形性腰椎症(LⅤ)、右上膊骨折後、両肩筋痛	11	マイクロ	〃	1.2+
85		高	♀	61	糖尿病	2	温療	不変	3.0-
86	56.6	中	♀	61	後頭部痛	3	ミグレニン	軽快	入市
87		崎	♂	83	心筋症、左項部筋痛	11	半浴、ぬるま湯、マイクロ	〃	〃
88		川	♀	71	心肥大、大動脈拡張腰椎分離症(LⅤ)	16	半浴、ぬるま湯	〃	〃
89		山	♂	70	痛風疑、高血圧症	14	ぬるま湯、安臥、マイクロ、降圧剤、抗痛風剤	〃	〃
90		岩	♀	74	陳久性骨盤骨折	10	マイクロ、鎮痛剤	〃	1.5±
91		高	♀	72	腰椎左方すべり症(LⅡ-Ⅲ)	10	腰椎展伸、VB ₁	〃	かんご
92		野	♀	75	円板性エリテマトーテス	10	ユベラ、ネリソマクリーム	〃	入市
93		野	♂	82	高血圧症、気管支拡張症	10	ぬるま湯、安臥	〃	〃
94		池	♂	79	高血圧症	10	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	〃
95		古	♂	66	慢性肝炎、じんま疹	8	抗アレルギー剤	〃	1.5+
96		竹	♂	74	気管支拡張症、前立腺肥大、便秘症	11	祛病剤、抗生剤、緩下剤	〃	2.0±
97		斉	♀	80	高血圧症	11	ぬるま湯、安臥	〃	1.8+
98		高	♂	60	肺気腫、慢性胃炎、両肩関節周囲炎	11	マイクロ、健胃剤、男性ホルモン剤	〃	入市
99		木	♀	59	高血圧症、腰痛症	11	ぬるま湯、安臥	〃	1.8±
100		益	♂	69	心筋症、変形性腰椎症	9	ぬるま湯、半浴、腰椎展伸、VB ₁ 、鎮痛剤	〃	入市
101		佐	♂	57	軟骨ヘルニア、右手・腰部筋痛	7	マイクロ、VB ₁ 、腰椎展伸	〃	1.8-(長崎)
102		山	♀	77	高血圧症、糖尿病、便秘症、不眠症、変形性両膝関節炎、左片マ	13	ぬるま湯、安臥、マイクロ、降圧剤、抗糖尿病剤、緩下剤	〃	1.2+
103		沖	♂	82	変形性腰椎症	18	腰椎展伸、マイクロ、VB ₁	〃	1.0-

104		池	♂	77	心肥大、解離性大動脈瘤 慢性胃炎、アフト性口内炎	14	半浴、ぬるま湯、健胃剤、含嗽剤	〃	入市
105		池	♀	68	高血圧性心肥大、感冒	14	半浴、ぬるま湯、感冒・抗生剤	〃	〃
106		新	♀	56	慢性肝炎、両膝関節炎、腰痛症	7	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	1.7±
107		木	♂	75	変形性右膝関節炎	6	マイクロ、カシワドール注	〃	入市
108		森	♀	57	軟骨ヘルニア	4	腰椎展伸、鎮痛剤	〃	〃
109		渋	♀	69	全身倦怠	7	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃
110		吉	♀	77	気管支喘息、右膝関節炎	3	マイクロ、しっぶ、抗喘息剤	〃	〃
111		松	♀	72	高血圧性心肥大、狭心症、肝炎	6	ぬるま湯、半浴、強心剤	〃	2.0±
112		馬	♀	61	心筋症、右肋・肋軟骨解離	4	半浴、ぬるま湯、しっぶ、 鎮痛剤、強心剤	〃	2.0± (長崎)
113		藤	♂	74	胃切除後貧血、痛風、前立腺肥 大、めまい	9 7	抗痛風剤、糖液、VB ₁ B ₂ C、 抗暈剤	〃	3.0±
114		石	♀	64	腰椎すべり症(LV-SI)、低 血圧症、左膝関節炎	10	腰椎展伸、VB ₁ 、鎮痛剤	〃	入市
115		大	♂	91	腰椎すべり症(LII-III、LIV-V)	6	腰椎展伸、マイクロ	〃	3.2+
116		大	♀	82	多発関節リウマチ	6	マイクロ	不変	3.2+
117		落	♀	72	内臓下垂症、腰痛症、両膝関節炎	14	マイクロ、しっぶ、カシワドール 注	軽快	1.4+
118		角	♀	66	高血圧症、変形性両膝関節炎	6	マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	入市
119		木	♀	50	脊髄小脳変性、右膝関節炎	10	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、リハビリ	〃	〃
120		和	♀	79	右半マ後、腰痛症、右下腿節痛、 便秘症	14	鎮痛剤、VB ₁ 、しっぶ	〃	1.3+
121		内	♀	70	慢性胃炎、心肥大、左気管支炎	7	半浴、ぬるま湯	〃	2.5+
122		谷	♀	78	低血圧症、圧迫骨折後(DX)	10	マイクロ	〃	入市
123		湯	♀	66	メニエール氏病、圧迫骨折後 (DX)、軟骨ヘルニア(LV-SI)	10	腰椎展伸、VB ₁ 、鎮痛剤	〃	2.5+
124		大	♀	65	糖尿病、右膝関節炎、腰椎分離 症(LIII)	15	マイクロ、しっぶ、カシワド ール注、鎮痛剤	〃	入市
125		下	♀	66	糖尿病、両膝関節炎、湯中り症	15	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、 ミグレン	〃	〃
126		梶	♀	59	心肥大、低血圧症、自律神経失 調症	外来	ベレルガール、VB ₁ B ₂ C	不変	2.5+
127		中	♀	79	腰痛症、右膝関節炎、難聴	7	マイクロ、VB ₁ 、腰椎展伸	軽快	入市
128		畔	♀	80	右肩、両膝関節炎	7	マイクロ、鎮痛剤、 男性ホルモン、しっぶ	〃	2.0+
129		藤	♀	73	糖尿病、高血圧性心肥大、貧血 症、慢性腎炎、腰痛症	8	薬浴、ぬるま湯、安臥、マイ クロ、半浴	〃	1.7-
130		川	♀	59	下肢浮腫(術後)、膈炎、水頭症	8	温療、抗生剤	〃	2.0-
131		竹	♀	74	高血圧症、左膝半強直	14 14	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、 ぬるま湯、安臥	〃	入市
132	56.7	桧	♀	74	軟骨ヘルニア(LV-SI)、低 血圧症、食欲不振	8 8	腰椎展伸、VB ₁ 、糖液、 VB ₁ B ₂ C、健胃剤	〃	〃
133		加	♀	73	脊椎粗鬆症、圧迫骨折(LI)	8	マイクロ、VB ₁	〃	〃
134		中	♀	68	高血圧性心肥大	8	半浴、ぬるま湯、安臥	〃	〃
135		天	♀	51	片頭痛、右肩節痛	7	マイクロ、ミグレン	〃	〃
136		加	♀	70	高血圧症	8	ぬるま湯、安臥	〃	〃
137		湯	♀	66	心肥大、右脚ブロック、 白癬症	10	ぬるま湯、安臥、半浴	〃	〃
138		岩	♂	77	糖尿病、貧血症、高血圧症、 冠不全、咽頭炎	17 18 15	薬浴、感冒・抗生剤	〃	2.0+

139		高	♀	64	高血圧性心肥大、感冒	17 18 15	半浴、ぬるま湯、安臥、CO ₂ ガス浴	〃	入市
140		川	♀	64	両膝関節炎、左手背Ⅱ度火傷	11	マイクロ、鎮痛剤、しっぶ、 抗生剤、軟骨 ぬるま湯、安臥、降圧剤、腰椎 展伸、マイクロ、しっぶ、カク リン液、穿刺、コルチコイド	〃	1.7±
141		石	♀	72	高血圧症、外傷性変形性頸・腰 椎症、結膜炎、左足背粘濁囊腫	15	温療	〃	2.5+
142		高	♂	56	胃潰瘍	5	温療	不変	3.0+ (長崎)
143		山	♂	79	両膝関節炎	9	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、 カシワドール注	軽快	3.5-
144		清	♀	69	高血圧性心肥大、V・欠乏症	10	半浴、ぬるま湯、安臥、VB ₁	〃	かんご
145		石	♂	70	慢性肝炎、感冒、変形性腰椎症	11 12	マイクロ、しっぶ、腰椎展伸 感冒・抗生剤	〃	入市
146		丹	♂	73	慢性気管支炎、軟骨ヘルニア、 左肩筋痛	11 7	祛痰・抗生剤、腰椎展伸	〃	1.2+
147		鱈	♀	70	腰痛症、胆嚢炎、左膝関節炎	11 8	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、 鎮痛剤、カシワドール注	〃	2.0+
148		田	♀	74	両膝関節炎、変形性腰椎症 (LⅢ、Ⅳ)	11	マイクロ、VB ₁	〃	入市
149		塩	♀	72	陳久性肺浸病、肺動脈弁狭窄症、 右膝関節炎、腰痛症	8	マイクロ、しっぶ、半浴	〃	2.2+
150		玉	♀	70	高血圧症、腰痛症	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	入市
151		古	♀	66	心筋症、貧血症、パーキンソン 氏病	8	半浴、ぬるま湯	〃	2.2+
152		大	♂	61	糖尿病、右坐骨神経痛	8	薬浴	不変	入市
153		谷	♂	82	肝腫大、黄疸	5	糖液、VB ₁ B ₂ C	軽快	1.3+
154		足	♂	49	多発性神経炎、腸運動充進	3	止痢、抗生剤	〃	1.2+
155		尾	♀	64	メニエール氏病、小脳萎縮、 肝炎、痛風、子宮がん	15	糖液、VB ₁ B ₂ C	不変	かんご
156		岩	♀	69	高血圧性心肥大、冠不全	7	半浴、ぬるま湯	軽快	2.0+
157		市	♂	71	常習性下痢	13	止痢・抗生剤、リンデル点注	〃	入市
158	56.8	松	♂	74	痒疹、右膝関節炎、陳久性圧迫 骨折(DⅦ)、軟骨ヘルニア	13	脱感作剤、デルモベートザルベ、 腰椎展伸、マイクロ、鎮痛剤	〃	20.±
159		森	♀	79	心肥大、変形性腰椎症、骨粗鬆 症、頭部挫傷	14	鎮痛剤、VB ₁ 、しっぶ、カシ ワドール注	〃	1.7+
160		角	♂	67	右肩関節周囲炎	9	マイクロ、鎮痛剤、VB ₁	〃	3.5+
161		三	♂	72	肺気腫	7	祛痰・抗生剤	〃	2.0+
162		上	♀	67	低血圧症	12	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	かんご
163		川	♂	50	両肩関節炎	7	マイクロ、鎮痛剤、カシワド ール注	〃	1.5+
164		小	♀	53	高血圧性心肥大、咽頭炎 右肩筋痛	7	マイクロ、複合トローチ	〃	入市
165		増	♀	76	心筋症、左膝関節炎、仙骨化	7	半浴、ぬるま湯、マイクロ	〃	〃
166		川	♀	69	頭部・腰部挫傷、左腕関節捻挫	7	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	〃
167		下	♀	69	腰椎骨折後(LⅤ)、拘束性換気 障害	16 14	マイクロ、鎮痛剤	〃	1.0+
168		川	♀	75	変形性腰椎症、変形性両膝関節 炎、項筋痛	7	マイクロ、VB ₁ 、腰椎展伸	〃	かんご
169		恵	♀	73	高血圧性心肥大、下半身半マ	7	半浴、ぬるま湯、安臥、リハビリ	〃	〃
170		大	♀	74	貧血症	7	温療	〃	〃
171		下	♀	81	高血圧性心肥大	7	半浴、ぬるま湯	〃	〃
172		上	♀	59	尿崩症、下肢皮膚着色、左季肋 部筋挫傷	7	温療	〃	1.6+
173		佐	♀	59	高血圧性心肥大、不眠症	11	ぬるま湯、降圧剤、安定剤	〃	4.0+

174		小	♀	72	気管支炎	11	祛痰・抗生剤、半浴、ぬるま湯	〃	入市
175		谷	♀	62	頭痛、不眠症	11	安定剤	〃	1.5±
176		宗	♂	69	糖尿病、緑内障	4	温療	不変	入市
177		荒	♀	73	変形性腰椎症、片頭痛	7	マイクロ、腰椎展伸、鎮痛剤 ミグレニン	軽快	2.1+
178		高	♀	69	全身浮腫、腹水	7	利尿剤	〃	3.0±
179	56.9	西	♂	72	心肥大、心室性不整脈、両坐骨 神経鈍マ	9	半浴、ぬるま湯、VB ₁ 、強心・ 整調剤	〃	1.7±
180		西	♀	70	左膝関節内障害、右踵趾根関節 周囲仮骨形成	9	マイクロ、カシワドール注	〃	2.5+
181		立	♂	80	変形性両膝関節炎	7	マイクロ、水中射浴、鎮痛剤	〃	入市
182		可	♀	70	高血圧性心肥大、肝炎	14	半浴、ぬるま湯、安臥、降圧 剤、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃
183		阪	♂	42	高血圧性心肥大、腎性糖尿病、 肝炎	14	ぬるま湯、安臥、利尿・強心 剤、強肝剤	〃	〃
184		上	♀	70	気管支拡張、亜急性胃腸炎	6	止痢・抗生剤	〃	2.0±
185		徳	♀	70	両膝関節炎	7	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	4.1+
186		田	♀	69	両膝・右肘関節炎	9	マイクロ、鎮痛剤	〃	1.4±
187		横	♀	62	左膝関節炎、慢性便秘	13	緩下剤	〃	2.0+
188		白	♀	52	変形性腰椎症(LV)	8	マイクロ、しっぶ、VB ₁	〃	1.8+ (長崎)
189		有	♂	73	気管支喘息	7	抗喘息剤	〃	かんご
190		平	♂	61	糖尿病、尿路結石、右肩関節周 囲炎、腸炎	6	マイクロ、VB ₁ B ₂ C、鎮痛剤、 男性ホルモン、止痢・抗生剤	〃	3.0-
191		久	♀	36	右乳がん術後、癒痕潰瘍	6	グラマイコーチソシザルベ	〃	1.2- (長崎)
192		川	♀	79	椎間板症(DIX)、骨粗鬆症	7	腰椎展伸、同化ホルモン	〃	2.0±
193		田	♂	87	高血圧性心肥大、変形性脊椎症 右肩関節周囲炎、腸炎	15	マイクロ、VB ₁ 、鎮痛・男性ホ ルモン剤、止痢剤	〃	2.5±
194		石	♀	70	高血圧症、慢性胃炎、右肩筋痛	15	ぬるま湯、安臥、マイクロ、 イルガピリン坐薬、飲泉	〃	1.8+
195		岡	♀	74	高血圧性心肥大、胆石症 右足関節捻挫	15 10	ぬるま湯、安臥、降圧剤、 CO ₂ ガス浴	〃	4.0-
196		樋	♂	65	左片マ	8	ぬるま湯、VB ₁ 、リハビリ	〃	入市
197		川	♂	74	高血圧症、右口角部湿疹	10 11	ぬるま湯、安臥、降圧剤、 フルコートク	〃	〃
198		川	♀	67	変形性頸・腰椎症、骨粗鬆症、 右膝関節炎	10 11	頸・腰椎展伸、マイクロ、 しっぶ、同化ホルモン	〃	〃
199		山	♂	72	高血圧症、不整脈、変形性 腰椎症	10 11	ぬるま湯、マイクロ、VB ₁ 、 腰椎展伸、アミサリン	〃	〃
200		土	♀	69	湯中り症	10	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃
201		向	♀	65	慢性胃炎、圧迫骨折後(DVII)	10	マイクロ、胸椎展伸	〃	2.0±
202		花	♀	77	高血圧症、慢性便秘症	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、緩下剤	〃	2.5+
203		光	♀	74	心肥大、腰痛症、両膝関節炎	8	ぬるま湯、半浴	〃	2.0+
204		森	♀	75	両II趾骨根関節炎、変形性両膝 関節炎	9	しっぶ、鎮痛剤	〃	入市
205		森	♀	64	圧迫骨折後(LI)、高血圧症、 膀胱結石	12	ぬるま湯、安臥、マイクロ、 腰椎展伸	〃	〃
206		森	♂	77	白内障	12	カタリン液	不変	〃
207		宮	♀	72	心筋症、骨粗鬆症、多発性圧迫 骨折(DX、XI、LI、IV)	12	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 腰椎展伸、鎮痛剤	軽快	黒雨
208		森	♂	78	右胸部帯状疱疹後神経痛	9	コルチコイド	〃	入市

209	56.10	松	♂	76	右手背擦過症	11	グラマイコーチゾンザルベ、消炎・抗生剤	〃	入市	
210		則	♂	75	不整脈、変形性腰椎症 椎弓骨折後(LV)、右膝関節炎	7 13	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ、鎮痛剤、VB ₁	〃	〃	
211		久	♀	52	右手掌白癬症	7	グリセオフルビシ、 テルヌシッド	〃	2.5±	
212		井	♂	87	変形性腰椎症、貧血症、舌炎	7	マイクロ、テツクール	〃	入市	
213		井	♀	83	左膝関節炎、貧血症、頭痛	7	マイクロ、しっぶ、 カシワドール注、テツクール	〃	〃	
214		森	♂	60	左肋間神経痛、右足関節炎	10	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	〃	
215		森	♀	59	高血圧性心肥大、両膝関節炎	10	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ、降圧剤	〃	3.5+	
216		沖	♂	69	高血圧症	5	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	2.5±	
217		池	♀	69	圧迫骨折(LI-II)、低血圧症 便秘症	8	糖液、VB ₁ B ₂ C、しっぶ、 昇圧剤	〃	1.5+	
218		小	♀	53	高血圧症、虚血性心疾患、 軟骨ヘルニア、多発関節炎	14 13	ぬるま湯、半浴、強心・降圧・鎮痛剤、 腰椎展伸VB ₁ 、マイクロ、カシワドール注	〃	4.1±	
219		免	♀	71	心筋症、両膝関節炎	11	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ	〃	1.5+	
220		関	♀	75	高血圧性心肥大、圧迫骨折 (LI)、両膝関節炎	11 14	半浴、ぬるま湯、安臥、VB ₁ マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	1.3-	
221		山	♀	74	高血圧性心肥大、変形性腰椎症 右膝関節炎	13	ぬるま湯、安臥、マイクロ、 しっぶ、カシワドール注	〃	2.0-	
222		野	♀	67	圧迫骨折後(DVIII)、高血圧症	9	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	4.1+	
223		白	♀	73	虚血性心障害、心室性不整脈、 胆嚢炎、腸炎	15	半浴、ぬるま湯、強心剤、止痢剤	〃	2.0+	
224		神	♀	74	心肥大、虚血性心障害、便秘症、皮下 逸血、両膝関節炎、変形性腰椎症	15	半浴、ぬるま湯、安臥、強心剤、緩 下剤、マイクロしっぶ、鎮痛剤、腰椎展伸	〃	2.0-	
225		山	♀	58	出血性素因、感冒	5	止血・吸収剤、感冒・抗生剤	〃	1.1+	
226		板	♀	69	高血圧症、気管支喘息、 軟骨ヘルニア、両膝関節炎	11	糖液、VB ₁ B ₂ C、腰椎展伸、マイ クロ、しっぶ、強心剤、鎮痛剤	〃	3.1-	
227		西	♀	83	腰痛症	7	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	入市	
228		隅	♀	58	僧帽新辛狭窄術後、常習性便秘	12	半浴、ぬるま湯、強心剤、緩下剤	〃	かんご	
229		56.11	横	♀	66	腰椎すべり症(LIV~V)	11	マイクロ、腰椎展伸、VB ₁	〃	入市
230			沖	♀	78	両手指知覚鈍マ	11	VB ₁	〃	1.3-
231			松	♀	68	心肥大(右脚ブロック)、貧血症 アデイソン氏病	10	半浴、ぬるま湯、強心剤	〃	1.5-
232	木		♀	56	高血圧症、感冒	5	ぬるま湯、安臥、降圧剤、感冒剤	〃	1.7±	
233	児		♀	67	低血圧症、両膝関節炎	11	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	2.0+	
234	菊		♂	83	気管支炎	7	感冒・抗生剤、咳嗽剤	〃	入市	
235	菊		♀	73	冠不全、両膝関節炎、慢性便秘	7	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 半浴、ぬるま湯	〃	〃	
236	同		♀	56	常習性便秘	5	緩下剤、整腸剤	〃	2.0±	
237	河		♀	74	圧迫骨折後(LI)、 軟骨ヘルニア(LV-SI)	7	マイクロ、しっぶ、腰椎展伸、 鎮痛剤	〃	入市	
238	横		♀	67	高血圧症、肥肢症、変形性腰椎 症、両膝関節炎、感冒、火傷	12	降圧剤、マイクロ、しっぶ、 鎮痛剤、感冒剤	〃	2.3±	
239	山	♂	82	胃潰瘍術後、肝炎、貧血、 両下腿発疹	11	フルコートクリーム	〃	2.0+		
240	若	♂	74	高血圧症、右膝関節炎	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、 マイクロ、しっぶ	〃	1.0±		
241	若	♀	65	貧血症、慢性胃炎、左下腿静脈 瘤	8	テツクール、健胃剤、しっぶ	〃	入市		
242	佐	♀	62	両股関節炎	8	しっぶ、鎮痛剤、 カシワドール注	〃	〃		
243	高	♂	71	肺気腫、血管周囲細胞腫	7	温療	〃	3.5-		

244		浜	♀	64	刺虫症	11	しっぶ、鎮痛・抗生剤	軽快	入市
245		松	♂	70	虚血性心障害、両側腎石症 変形性腰椎症	7	半浴、ぬるま湯、マイクロ、VB ₁	〃	1.4±
246		松	♀	67	多発関節リウマチ、便秘症、 頭痛、腰痛症	7	マイクロ、鎮痛剤、緩下剤	〃	1.4-
247		浜	♀	70	糖尿病、不眠症	7	睡眠剤	〃	3.0-
248		西	♀	78	冠不全、拘束性換気障害	11	半浴、ぬるま湯	〃	3.5±
249		豊	♂	72	高血圧性心肥大、咽頭炎	8	ぬるま湯、安臥、強心剤、 感冒・抗生剤	〃	入市
250		岡	♂	62	変形性腰椎症、全すべり症 (LⅣ-V)、十二指腸潰瘍	4	腰椎展伸、鎮痛剤、抗潰瘍剤	〃	2.0-
251		上	♂	64	腰痛症、肩こり	4	マイクロ	〃	1.5±
252		児	♀	57	冠不全、低血圧症、肩こり	4	マイクロ、VB ₁ 、強心剤、 半浴、ぬるま湯	〃	1.8-
253		野	♀	82	高血圧性心肥大、便秘症	4	ぬるま湯、安臥	〃	1.0+
254		鶴	♀	63	不整脈(副調律)	4	半浴、ぬるま湯	不変	2.6± (長崎)
255		橋	♂	72	虚血性心障害	4	半浴、ぬるま湯	〃	2.6± (長崎)
256		山	♀	58	咽頭炎	6	感冒・抗生剤、トローチ	軽快	1.5+
257		沖	♀	57	高血圧性心肥大、右変形性膝関 節炎	7	半浴、ぬるま湯、安臥、 しっぶ、鎮痛剤	〃	かんご
258		馬	♀	68	高血圧症、貧血症、変形性頸椎症	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤	〃	入市
259		森	♀	48	メニエール氏病、仙骨化	8	マイクロ、鎮痛剤、VB ₁ 水中射浴	〃	〃
260		鈴	♂	85	心筋症、便秘症、咽頭炎、変形 性頸椎症(CⅤ、Ⅳ)、CⅢ分離症	7	感冒・抗生剤、半浴、ぬるま 湯、強心剤、マイクロ、緩下剤	〃	〃
261	56.12	清	♀	66	高血圧症、腰椎すべり症(LⅣ -Ⅴ)頸椎分離(Ⅲ)アフラ性口内炎	14	腰椎展伸、VB ₁ 、しっぶ、 喀嗽剤	〃	2.0-
262		本	♀	71	冠不全、両膝関節炎、 右肩関節周囲炎	14	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ、VB ₁	〃	2.0-
263		中	♂	69	高血圧性心肥大、冠不全	11	半浴、ぬるま湯、安臥	〃	入市
264		渡	♂	79	高血圧性心肥大、変形性両膝関 節炎	13	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシ ワドール注、ぬるま湯、安臥	〃	1.7+
265		佐	♀	63	外傷性腰椎弓骨折後(LⅣ、左) 慢性肝炎、気管支炎	10	強肝剤、糖液、VB ₁ B ₂ C、 腰椎展伸、感冒・抗生剤	〃	4.1+
266		住	♀	58	高血圧性心肥大、両膝関節炎 軟骨ヘルニア(LⅤ-SⅠ)	10	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 腰椎展伸	〃	4.0+
267		別	♂	62	胃潰瘍、低血圧症、腰痛症	8	マイクロ、しっぶ	〃	入市
268		畠	♂	67	冠不全、左肩関節炎	13	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 鎮痛剤	〃	2.0+
269		山	♀	67	腰痛症、右膝関節炎	9	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	3.0-
270		中	♂	62	慢性肝炎、便秘症、変形性腰椎 症、軟骨ヘルニア(LⅤ-SⅠ)	7	腰椎展伸、糖液、VB ₁ B ₂ C、 緩下剤	〃	入市
271		上	♀	55	軟骨ヘルニア(LⅤ-SⅠ)、 左中指骨折後	7	腰椎展伸	〃	2.0±
272		坂	♀	60	右肩関節炎、直腸がん疑	11	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	2.3+
273		平	♂	72	高血圧症、腰椎すべり症 (LⅣ-V)、項筋痛	11	腰椎展伸、降圧剤、緩下剤	〃	0.9±
274		竹	♀	68	変形性腰椎症(LⅤ)、両膝関節 炎、便秘症	10	マイクロ、しっぶ、腰椎展伸 緩下剤	〃	入市
275		山	♂	71	咽頭炎、背部異物	7	感冒・抗生剤、トローチ	〃	1.5+
276		山	♀	69	頸骨骨折(CⅣ)、便秘症、 外痔核、感冒	7	緩下剤、坐薬、感冒・抗生剤 頸固定	〃	かんご
277		土	♂	63	軟骨ヘルニア(LⅢ-Ⅳ、LⅣ- Ⅴ)、仙骨化、胃切除後、便秘症	8	マイクロ、腰椎展伸、緩下剤	〃	4.0+
278		土	♀	60	高血圧症	8	ぬるま湯、安臥	〃	入市

279		藤	♀	70	糖尿病、右膝関節炎、便秘症	13	薬浴、マイクロ、しっぶ、緩下剤	軽快	2.5+
280		平	♀	68	肺気腫、感冒	8	感冒・抗生剤、トローチ	〃	1.5+
281		葭	♀	66	高血圧症、急性胃腸炎	6	止痢・抗生剤、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	3.6-
282		小	♀	63	腰痛症、右肩・左膝関節炎	8	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシワドール注	〃	0.8-
283		堀	♂	70	両足趾白癬症	8	グリセチン、デルマシッド	〃	1.5+
284		福	♀	79	急性腸炎	5	止痢・抗生剤	〃	1.5+
285	57.1	島	♀	79	高血圧症、気管支喘息	12	ぬるま湯、抗喘息剤	〃	1.6-
286		藤	♀	72	高血圧症、胆石症、便秘症	8	ぬるま湯、安臥、降圧剤、緩下剤	〃	2.0+
287		西	♂	67	変形性腰椎症、右膝関節炎	15	腰椎展伸、マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	4.1+
288		末	♀	76	慢性胃炎、右膝蓋骨折後、感冒	11	しっぶ、感冒剤	〃	入市
289		皆	♀	65	冠不全、左肩周囲炎	9	半浴、ぬるま湯、マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	〃
290		渡	♂	66	糖尿病、右肩関節周囲炎	10	薬浴、マイクロ	〃	1.5+
291		渡	♀	62	貧血症、左膝関節炎	10	糖液、VB ₁ B ₂ C、マイクロ	〃	かんご
292		空	♀	59	高血圧性心肥大、軟骨ヘルニア術後	10	半浴、ぬるま湯、安臥	〃	〃
293		斉	♀	75	糖尿病、肺気腫、変形性頸椎症口内炎	11	頸椎展伸、硼砂グリセリン、喀嗽剤	〃	入市
294		小	♀	70	圧迫骨折後(LI)、変形性腰椎症	11	腰椎展伸、VB ₁ 、マイクロ	〃	2.5+
295		田	♀	73	変形性腰椎症、左膝関節炎、頸骨半脱臼、感冒	11	頸椎展伸、マイクロ、感冒・抗生剤	〃	入市
296		松	♂	67	不整脈、左胸部挫傷	14	ぬるま湯、しっぶ	〃	1.5+
297		西	♀	76	高血圧性心肥大、両膝関節炎、変形性腰椎症、右腎結石、食欲不振	11	半浴、ぬるま湯、マイクロ、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	1.3+
298		長	♀	69	多発関節リウマチ、高血圧症	7	ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	〃	3.2±
299		高	♀	63	高血圧症、胃炎	7	ぬるま湯、安臥、	〃	3.5+
300		谷	♀	71	胃ポリープ術後、貧血症、多発筋痛	7	ぬるま湯、鎮痛剤	〃	1.2±
301		升	♀	81	心肥大、ウイルソブロック、変形性腰椎症、項筋痛	11	半浴、ぬるま湯、腰椎展伸、マイクロ、しっぶ	〃	入市
302		溝	♂	67	糖尿病	11	温療	不変	2.0+
303		平	♂	62	不整脈、変形性腰椎症、胃潰瘍術後、腸炎、感冒	11	マイクロ、VB ₁ 、整脈剤、感冒・抗生剤	軽快	入市
304		山	♀	70	高血圧症、右肩関節周囲炎	9	ぬるま湯、安臥、マイクロ、しっぶ	〃	2.5±
305		久	♀	57	糖尿病、不眠症、両手・足膿疱症	12	薬浴、睡眠剤	〃	入市
306		藤	♀	73	高血圧性心肥大、糖尿病、慢性胃炎、甲状腺機能低下、変形性腰椎・すべり症	9	半浴、ぬるま湯、安臥、マイクロ、しっぶ、腰椎展伸	〃	1.7-
307		佐	♂	65	軟骨ヘルニア、右肩関節周囲炎	11	マイクロ、しっぶ、男性ホルモン剤	〃	2.0-
308		数	♀	79	房室性不整脈、貧血症、右膝挫傷、膀胱炎、感冒	21	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、感冒・抗生剤、抗生剤	〃	入市
309		竹	♀	74	胃潰瘍後、圧迫骨折後(DⅧ)、両膝関節炎	21	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシワドール注、腰椎展伸	〃	〃
310		沖	♀	79	心肥大、便秘症、右肩筋痛	20	強心剤、マイクロ、緩下剤	〃	〃
311		増	♀	71	圧迫骨折後(DⅨ、XI)、咽頭炎	12	感冒・抗生剤	〃	3.0-
312		岩	♀	70	変形性腰椎症(LV)	12	腰椎展伸、マイクロ	〃	2.5+
313		大	♀	68	メニエール氏病、肝炎、肺動脈瓣狭窄、両膝関節炎、皮膚炎	8	半浴、ぬるま湯、マイクロ、VB ₁ 、フルコートク	〃	2.3-

314		砂	♀	61	左前胸部挫傷	8	しっぶ、鎮痛剤	軽快	入市
315		森	♀	70	高血圧症、冠不全、腰椎すべり症(LⅣ-V)	13	半浴、ぬるま湯、安臥、VB ₁ 腰椎展伸	〃	〃
316		熊	♂	83	変形性腰椎症	12	腰椎展伸、VB ₁	〃	〃
317	57.2	伊	♀	71	椎間板症(DⅦ)	14	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、鎮痛剤	〃	〃
318		浜	♀	75	心筋症、高血圧症、不眠症	15	ぬるま湯、安臥、降圧剤、睡眠剤	〃	〃
319		西	♀	68	感冒	15	感冒、抗生剤	〃	〃
320		益	♂	71	変形性頸椎症(CⅤ、Ⅳ)、高血圧性心肥大、便秘症、背部皮膚炎	15	半浴、ぬるま湯、フルコートク、安定剤、緩下剤	〃	2.3-
321		益	♀	70	左胸鎖関節炎	15	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	入市
322		高	♀	73	高血圧性心肥大、右膝関節炎、変形性腰椎症(LⅢ、Ⅳ)腰椎左弯	15	腰椎展伸、VB ₁ 、しっぶ、強心・降圧剤	〃	〃
323		松	♀	67	高血圧症、左片マ、左膝関節炎 気管支炎	15	マイクロ、VB ₁ 、感冒・抗生剤	〃	〃
324		新	♂	64	心筋症、左肩癒痕痛、内耳障害 両下腿筋痛	15	半浴、ぬるま湯、マイクロ、鎮痛剤、カシワドール注	〃	〃
325		住	♀	71	甲状腺がん術後、右膝挫傷	15	ぬるま湯、しっぶ、マイクロ	〃	〃
326		山	♀	73	高血圧性心肥大、両膝関節炎 咽頭炎	15	ぬるま湯、安臥、マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、感冒・抗生剤	〃	〃
327		東	♀	64	軟骨ヘルニア	14	腰椎展伸	〃	〃
328		大	♂	74	冠不全、腎性糖尿病、肺浸潤後 湯中り	11	半浴、ぬるま湯、マイクロ、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃
329		伊	♀	78	高血圧性心肥大、右肩筋痛 急性胃腸炎	14	ぬるま湯、安臥、マイクロ、しっぶ、止痢・抗生剤	〃	〃
330		下	♂	79	高血圧症、前立腺肥大	14	ぬるま湯、安臥	〃	〃
331		河	♀	82	高血圧性心肥大、冠不全 腹部大動脈瘤	9	半浴、ぬるま湯、安臥	〃	4.1-
332		池	♀	57	腰椎すべり症(LⅤ-SⅠ)、咽頭炎	5	腰椎展伸、感冒・抗生剤	〃	入市
333		山	♀	61	腰椎すべり症(LⅤ)、多発関節炎	10	マイクロ、しっぶ	〃	黒雨
334		川	♀	64	低血圧症、慢性胃炎、湯中り	10	糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃
335		河	♀	63	腰痛症、頸腕症候群	11	頸椎展伸、マイクロ、鎮痛剤	〃	1.0+
336		松	♀	65	変形性腰椎症(LⅤ)、腰椎すべり症(LⅥ~Ⅶ)、頸腕症候群	11	腰椎展伸、マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	黒雨
337		中	♀	71	変形性腰椎症(LⅤ)、腰椎すべり症(LⅤ~SⅠ)	11	腰椎展伸、VB ₁	〃	入市
338		堂	♂	88	左膝関節炎、右手知覚鈍マ	11	マイクロ、VB ₁	〃	〃
339		織	♀	68	心筋炎、上気道炎	11	感冒・抗生剤、半浴	〃	〃
340		吉	♀	71	大腸運動失調症	8	腸運動整調剤	〃	〃
341		川	♀	75	高血圧性心肥大	15	ぬるま湯、安臥、降下剤	〃	かんご
342		三	♀	73	頸椎捻挫後	8	頸椎展伸、鎮痛剤	〃	入市
343		植	♂	72	高血圧性心肥大	8	半浴、ぬるま湯	〃	かんご
344		斉	♂	74	気管支炎	7	感冒・抗生剤	〃	入市
345		宮	♀	64	高血圧性心肥大	13	ぬるま湯	〃	〃
346		尼	♀	61	高血圧性心肥大	12	半浴、ぬるま湯、安臥	〃	〃
347		近	♀	83	慢性腎炎、下行結腸運動障害	13	ぬるま湯、腸運動整調剤	〃	1.5+
348		村	♀	65	高血圧症、貧血症、便秘症 圧迫骨折後(LⅣ)	11	マイクロ、緩下剤	〃	入市

349	川	♀	59	慢性胃炎、軟骨ヘルニア (LV~SI)	11	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、健胃剤	軽快	かんご	
350	玉	♀	73	冠不全、多発関節リウマチ	5	半浴、ぬるま湯、VB ₁	〃	入市	
351	横	♀	70	高血圧性心肥大、不眠症、左橈骨下部皮下血腫、前胸部濕疹	11	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、緩下剤、フルコートク	〃	3.0+	
351	流	♀	69	虚血性心疾患、高血圧性心肥大、変形性腰椎症(LIII、IV)、圧迫骨折後(LI)両膝関節炎	15	半浴、ぬるま湯、腰椎展伸、マイクロ、VB ₁ 、降圧剤	〃	入市	
353	伊	♀	79	両股関節炎、強直	12	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシワドール注	〃	1.5+	
354	二	♀	59	軟骨ヘルニア(LV~SI)、右膝関節炎	12	腰椎展伸、マイクロ、鎮痛剤しっぶ	〃	入市	
355	福	♀	71	右中足部捻挫	14	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	〃	
356	為	♀	73	虚血性心障害、肺線症、仙骨化、腰椎分離症(LII、VI)、亜急性腸炎	11	ぬるま湯、安臥、マイクロ、止痢剤	〃	1.0+	
357	小	♀	64	糖尿病、変形性腰椎症	5	腰椎展伸、VB ₁ B ₂ C、鎮痛剤	〃	かんご	
358	市	♂	65	冠不全	4	半浴、ぬるま湯、強心剤	〃	1.5±	
359	市	♀	62	高血圧症	4	ぬるま湯、安臥	〃	入市	
360	福	♀	64	高血圧性心肥大	5	ぬるま湯、安臥	〃	かんご	
361	有	♀	69	心筋症	5	半浴、ぬるま湯	〃	〃	
362	森	♀	65	高血圧症、虚血性心障害、亜急性胃炎	11	半浴、ぬるま湯、安臥、糖液、VB ₁ B ₂ C、鎮痛剤、強心剤、降圧剤	〃	入市	
363	橋	♀	73	高血圧性心肥大、食道痙攣	9	ぬるま湯、安臥、鎮痛剤	〃	〃	
364	石	♀	68	徐脈、低血圧症、常習性嘔吐	9	鎮痛剤	〃	1.7±	
365	西	♂	74	胃潰瘍術後胃障害	5	飲泉(センター)	〃	入市	
366	佐	♂	65	幽門狭窄疑	10	糖液、VB ₁ B ₂ C、鎮痙・抗潰瘍剤	〃	〃	
367	荒	♀	66	変形性腰椎症(LIII、IV、V)、右肩関節周囲炎、両膝関節炎、気管支炎	10	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、VB ₁ 、感冒・抗生剤	〃	黒雨	
368	柏	♀	65	右上肢術後肥大、咽頭炎	10	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、感冒・抗生剤、トローチ	〃	入市	
369	吉	♀	74	糖尿病、感冒	10	感冒・抗生剤、トローチ	〃	3.0+	
370	永	♀	79	低血圧症、心筋症、不整脈、圧迫骨折後(LV)、感冒	10	半浴、ぬるま湯、糖液、VB ₁ B ₂ C、マイクロ、感冒・抗生剤	〃	2.2±	
371	石	♂	53	狭心症、肝炎、糖尿病、十二指腸潰瘍、慢性アルコール中毒症	5	半浴、ぬるま湯	不変	0.8+	
372	57.3	石	♀	64	腰椎弓関節炎、便秘症	10	マイクロ、緩下剤	軽快	入市
373	高	♀	71	胆石症、左膝関節炎、感冒	8	マイクロ、感冒・抗生剤	〃	〃	
374	横	♀	71	冠不全、高血圧症、右膝関節炎	10	半浴、ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	〃	〃	
375	木	♀	71	高血圧症、左膝関節炎	10	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	黒雨	
376	庄	♂	78	高血圧性心肥大、右肩骨頭肥大	10	半浴、ぬるま湯、マイクロ、リハビリ	〃	〃	
377	大	♂	79	右足関節炎、不眠症	10	気泡浴、マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシワドール注	〃	入市	
378	村	♂	75	動脈硬化症、変形性腰椎症、左胸部挫傷、不眠症	15	気泡浴、抗動脈硬化剤、しっぶ、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	〃	
379	倉	♀	66	左下肢知覚異常、亜急性胃腸炎	15	VB ₁ 、健胃・止痢剤	〃	かんご	
380	小	♀	75	心筋症、肝炎	9	ぬるま湯、半浴	〃	入市	
381	山	♀	70	低血圧症、腰椎すべり症 (LV~SI)	8	腰椎展伸、マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、糖液、VB ₁ B ₂ C	〃	2.0±	
382	武	♀	58	冠不全、多発関節リウマチ	6	半浴、ぬるま湯、マイクロ、しっぶ、カシワドール注	〃	1.0-	
383	中	♀	78	冠不全、高血圧性心肥大、左股関節形成術後	6	半浴、ぬるま湯、マイクロ	〃	1.0+	

384	延	♂	75	心筋症、右膝関節炎	6	半浴、ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	軽快	入市
385	岡	♂	73	高血圧症、慢性便秘、変形性腰椎症	6	ぬるま湯、安臥、しっぶ	〃	〃
386	堀	♂	75	右膝関節炎	6	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、カシワドール注	〃	〃
387	米	♀	59	右肘関節炎	8	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤	〃	かんご
388	若	♂	65	虚血性心障害、胃潰瘍、肋間神経痛	8	半浴、ぬるま湯	〃	4.0-
389	江	♂	81	じん癩疹	8	抗ヒスタミン剤、脱感作剤、オイラゾーンD	〃	入市 (長崎)
390	宮	♂	82	慢性濕疹	8	脱感作剤	〃	4.1-
391	山	♂	73	高血圧性心肥大、腰痛症、腎炎	8	半浴、ぬるま湯、マイクロ	〃	1.4+
392	山	♀	65	右下腿挫傷、皮下溢血	8	しっぶ、鎮痛剤	〃	1.4+
393	大	♀	66	糖尿病、右膝関節炎、腸炎	15	整腸・抗生剤	〃	入市
394	寺	♀	84	虚血性心障害	8	半浴、ぬるま湯	〃	1.3±
395	中	♂	74	徐脈、虚血性心障害、両扁平足	8	半浴、ぬるま湯、しっぶ	〃	入市
396	野	♀	74	心肥大、アレルギー性体質	3	強心剤	不変	〃
397	永	♂	73	動脈硬化症、左腹部痛 変形性腰椎症	11	ぬるま湯、鎮痛剤、しっぶ、VB ₁	軽快	1.8+
398	寺	♀	67	変形性腰椎症、圧迫骨折(D XII) 両眼神経痛	8	マイクロ、しっぶ、VB ₁ 、 鎮痛剤	〃	1.3+
399	増	♀	76	冠不全、両膝関節炎	8	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ、カシワドール注	〃	入市
400	中	♀	69	高血圧症、咽頭炎	8	感冒・抗生剤	〃	〃
401	出	♂	74	高血圧症、肝炎	11	ぬるま湯、安臥	〃	〃
402	木	♀	75	高血圧性心肥大	8	ぬるま湯、安臥、半浴	〃	1.5-
403	幸	♀	71	気管支炎、口内炎	8	抗生剤、硼砂グリセリン、 含嗽剤	〃	入市
404	三	♀	66	胆術後瘻孔形成	8	包帯交換	〃	2.3+
405	市	♀	68	発作性心頻搏、圧迫骨折後 (L I)、左扁桃腺炎、便秘	8	抗生剤、VB ₁ 、腸運動整調剤	〃	1.5+
406	中	♂	74	冠不全	4	半浴、ぬるま湯	不変	4.0 (長崎)
407	北	♀	63	慢性胃炎、貧血症、帯状疱疹後痛	10	テツクール、健胃剤、鎮痛剤、 糖液、VB ₁ B ₂ C	軽快	入市
408	山	♂	77	冠不全、軟骨ヘルニア(L V) 左膝関節炎、右中指瘻疽	10	半浴、ぬるま湯、マイクロ、 しっぶ、VB ₁ 、腰椎展伸	〃	〃
409	下	♀	67	頸椎骨折後(C VI、VII)、両頸腕 症候群	10	マイクロ、頸椎展伸、鎮痛剤 VB ₁	〃	黒雨
410	谷	♂	66	低血圧症、左膝関節炎	10	マイクロ、しっぶ、鎮痛剤、 カシワドール注	〃	入市
411	吉	♀	64	両肩関節炎、便秘	10	マイクロ、VB ₁ 、鎮痛剤、 緩下剤	〃	かんご
412	尾	♂	81	軟骨ヘルニア(L V-V)、 両膝関節炎	10	マイクロ、しっぶ、 カシワドール注	〃	1.0+
413	片	♀	70	高血圧性心肥大、両膝関節炎	10	ぬるま湯、降圧剤、マイクロ しっぶ、VB ₁	〃	入市
414	平	♀	72	高血圧性心肥大、変形性腰椎症 両側変形性膝関節炎(左関節鼠)	10	半浴、ぬるま湯、腰椎展伸、 マイクロ、しっぶ	〃	かんご
415	加	♀	60	冠不全、膀胱炎	10	半浴、ぬるま湯、抗生剤	〃	〃
416	土	♀	76	右顎下腺炎	7	抗生剤、含嗽剤、硼砂 グリセリン	〃	入市
417	吉	♀	74	心筋症、腰痛症、便秘症	8	ぬるま湯、マイクロ、しっぶ	〃	1.4+

(備考欄、被爆距離、遮蔽有無)

表VI 糖尿病の薬浴効果

症例 No.	性	年	開始日	薬浴回数	糖	前	I	II	III	IV	V	備考
2	♂	68	56. 4. 2	8	尿血 mg/dl	冊 175	冊 150					Deamelin-S
②			56.11.16	6	尿血 "	冊 160	冊 170	冊 170				"
②			57. 1. 7	8	尿血 "	冊 130	冊 130	冊 130				"
4	♀	62	56. 4. 2	13	尿血 "	十 120	冊 140	冊 175	冊 140	冊 130		感冒 EG 2.5
④			56. 9. 2	16	尿血 "	冊 140	冊 140	冊 150	冊 130	冊 150		"
④			57. 1. 7	1	尿血 "	冊 130	十 130					"
42	♂	78	56. 4.27	6	尿血 "	冊 120	冊 120					抗糖尿病
68	♀	58	56. 5.13	11	尿血 "	— 100	十 110	冊 100	十 130			EG 0.5×2
⑥8			56.10.12	10	尿血 "	— 120	— 130	十 110	冊 120			ブドウ摂取 EG 0.5×2
⑥8			57. 2.15	9	尿血 "	— 90	十 100	— 90	十 100			"
129	♀	73	56.6. 29	6	尿血 "	— 80	— 90					Daonil 2.5
138	♂	77	56. 7. 6	13	尿血 "	十 100	十 120	— 120	十 130	十 120		ダイアビニース (250)×0.5T、中止
⑬8			56.11.10	13	尿血 "	冊 130	十 130	十 120	冊 120	十 140		ダイアビニース 感冒
⑬8			57. 3. 8	13	尿血 "	十 110	十 130	十 130	冊 120	十 90		ダイアビニース、そばまんじゅう、せんべい、摂取
152	♂	61	56. 7.27	6	尿血 "	冊 120	冊 120					ダイアビニース(250)×2
279	♀	70	56.12.17	7	尿血 "	冊 160	冊 160	冊 160				DA- 2.5T
290	♂	66	57. 1.11	8	尿血 "	冊 175	冊 120	冊 130				
305	♀	57	57. 1.18	5	尿血 "	冊 130	冊 200	冊 175	冊 130			DeamelinS

3. 診療症例

本年度の診療例は417例を数えた(表IV)。これらのうち、年間入所7回が1名、5回が1名、4回が4名、3回が7名、2回が20名であるが、診療例数には算入されていない。入所者実人員4,143名に対しては、これら回数を算入した501例は、12.1%が受診したことになる。

これらを疾患別に見ると、表Vの如く、このうち急性胃腸炎、舌炎・口内炎、刺虫症、肺炎、湯中り症、感冒性疾患、癩疽など、急性、一過性のものを除くと、103種類、934疾患となる。被爆者は加齢とともに、多くは2種類以上の疾患を有しているのである。

最多例は心疾患に関係あるものの合計152例で、2位は高血圧症の111例、3位は膝関節炎の85例、4位は変形性脊椎症の60例、5位は椎体の在迫骨折を含む骨折が35例、なお、脊椎分変症・すべり症の27例、軟骨ヘルニアの26例など、脊椎性の疾患が多かった。糖尿病は31例でやや多く、便秘症33例も多かった。その他やや多いのは、肩関節・周囲炎の19例、筋痛症22例、腰痛症20例、低血圧症19例、貧血症19例、慢性肝炎17例、慢性胃炎13例などであった。

治療法では、多くの症例は主治医から薬剤をもらってきているので、表中記載の薬剤は、それ以外に必要としたものか、追加を要したもののみである。

温療としては、変血圧症にはぬるま湯と浴後30分の安臥(67例)、心疾患にはぬるま湯と、淡水面をまづ乳嘴の高さにとどめる半浴(97例)とし、異常がなければ静かに肩までつからせる浴法を

表Ⅶ 炭酸ガス浴効果

例	姓	性	年	病 名	開始時	CO ₂ 浴数	血 圧		CTR(%)		備 考
							前	後	前	後	
I	高	♀	64	高血圧性心肥大	56.11.9	14	184/108	167/100	57.20	56.00	降圧剤併用
II	"	♀	65	"	57.3.8	11	170/95	154/98	57.30	54.50	"
III	岡	♀	74	"	56.9.25	6	180/80	198/100	57.40	59.50	"
IV	"	♀	74	"	57.2.8	8	164/90	146/80	57.40	55.10	"

とった。糖尿病には薬浴（10例、18シリーズ）、心疾患にCO₂ガス浴（2例、4シリーズ）などを行った外、胃障害にセンター泉（1日1ℓ、2例）などを行って効果をあげた。

なお、不眠症の3例に気泡浴、関節疾患などの2例に水中射浴などを行い、男女浴室の所謂超短波気泡浴を、毎夕午後6～8時に噴出させ、希望者の利用に当てている。

その外補助療法としては、マイクロ波184例、脊椎展伸73例、リハビリ5例などが行われた。希望者にはこの外専任のマッサージ師が当たっている。

薬浴のねらいは、温泉水本来の作用を損うことなく、極微量の成分を付加することによって、温泉効果を強化せんとするものである。糖尿病に対しては、浴泉水1ℓに対して、CuSO₄ 1.0mg、ZnSO₄ 10mgを付加し、1日1回、40℃前後、5～10分浴を行うものである。本薬浴を行ないえたのは10例、18シリーズであって、その効果は、表Ⅶの如くであった。

検査には尿糖にはウロスティックス、血糖にはデキストロスティックス、尿ケトン体にはケトスティックスを用いたが、ケトン体を検出するような重症例は1例も見出しえなかった。薬浴開始前と週2回の診療日毎に、尿・血糖の検査を行った。備考欄に示すように抗糖尿剤を使用していた症例が多いが、必ずしも効果を挙げていないことは、薬浴開始前の成績が示す如くであるので、そのまま併用したものが多い。

これらに毎日薬浴を行うと、多少とも効果を示したが、今回は薬浴回数10回を超えるものに尿糖の陰性化が顕著でなかった。これは感冒などの合併や、間食に適當でないものがあつたためと思われる。

症例No.に○印は2回目、●印は3回目を示すものである。年間に数回薬浴シリーズを重ねた方が、より効果的と思われる。なお本薬浴療法を効果的に行うためには、やはり食餌療法に十分な注意を払うべきである。

西独フィッシャー社製のCO₂ガスキャビンを、本年度の2例、4シリーズに利用、その成績は表Ⅶの如くである。高血圧性心肥大の第I、II例ともに回を重ねると多少とも血圧の低下と、CTRの減少を示した。

4. 血圧測定

診療例以外の入所者にも、なるべく多くの人に入所後早目に血圧測定をすすめており、また退所前にも入浴直後の影響をさけて血圧測定を行なうことにしている。

本年度協力をえた方々の測定成績は付図の如く、37グループ、1,088名で、各グループ毎にその人数、滞在日数、入所年月日を付記した。

これら37グループの中、7日未満滞在は32グループ、他の5グループは6日以上の滞在に過ぎなかった。しかし入所時に血圧の特に高いものには、受診をすすめるか、高温浴をさけるよう注意を与えることができる。

これらの成績を見ると、多くのグループは正常化傾向を示しているが、冬期の2、3のグループ

で不変あるいは上昇傾向を示したものがある。血圧の測定には各種の影響をさけるため、食事、運動ことに、入浴などの影響の少ない早期起床直後が望ましいが、実行がむづかしく、少なくとも入浴前の測定が必要である。冬期の上昇グループは、寒冷な気温の影響を受けたものと見られる。

5. むすび

関係各方面のご援助、入所者のご理解とご協力、職員各位のご努力に支えられて、当センターも22周年をけみし、これまでも勝る成績を挙げえたことは、われわれの大きな喜びであり、各位に深く感謝を捧げるとともに、今後とも一層のご援助、ご協力を切望する次第である。

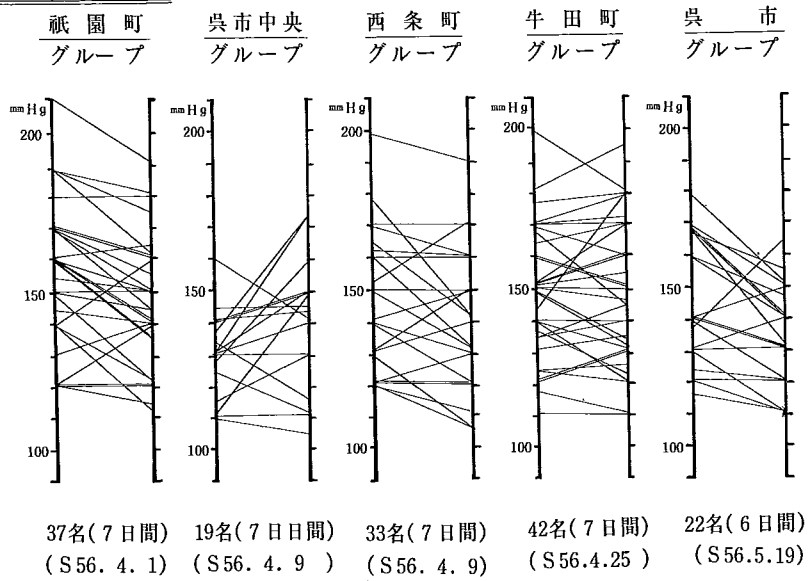
本年度は核禁会議のご好意により、縦来の血球計算器と心電計とを、新たに日本光電工業社製の自動血球計算器MeK-3100と6チャンネルプログラム心電計(Cardiofax)とを更新することができ診療に威力を加えたとし、別府市のご好意により、治療園の一部をゲイト・ボール場に変更することができた。その他にも各方面からの数々のご好意を上せられたことを付言して、謹んで厚く謝意を表するものである。

著者の1人八田は、本年度を以って退任し、後任として温泉治療歴豊かな大内太門博士を所長として迎えることができた。よせられた数々のご交誼を深謝し、従前にも増してご援助賜わらんことを切望する次第である。

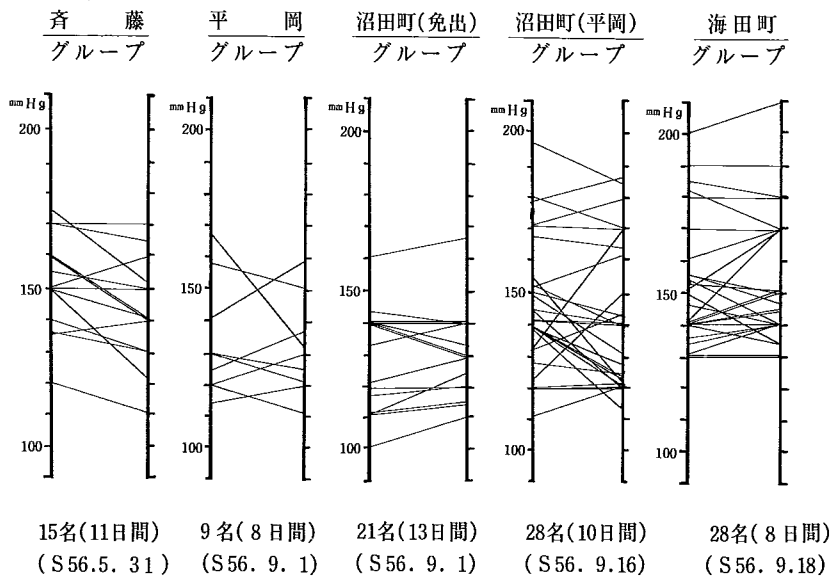
6. 参考文献

全前

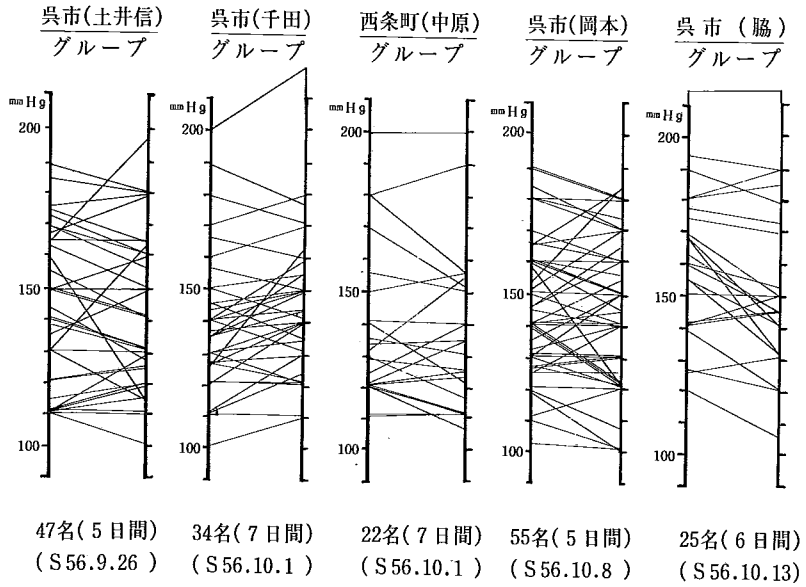
温療前後の最高血圧



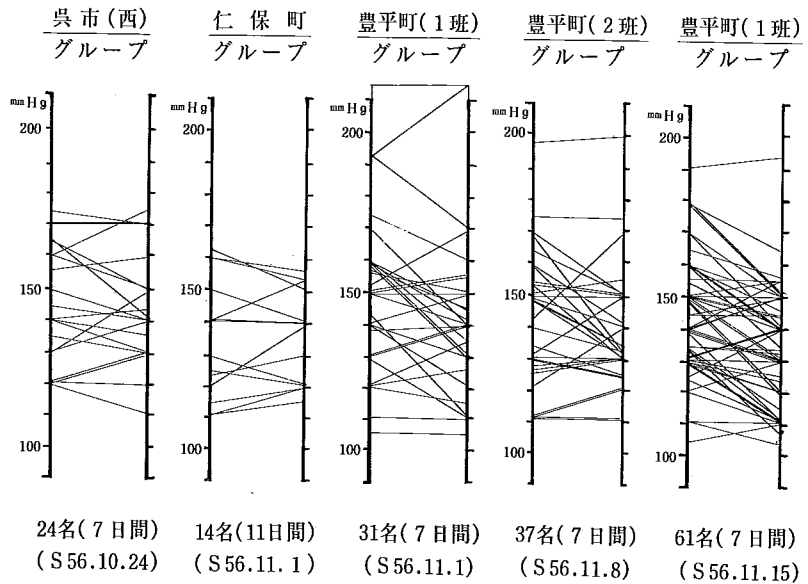
温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧



温療前後の最高血圧

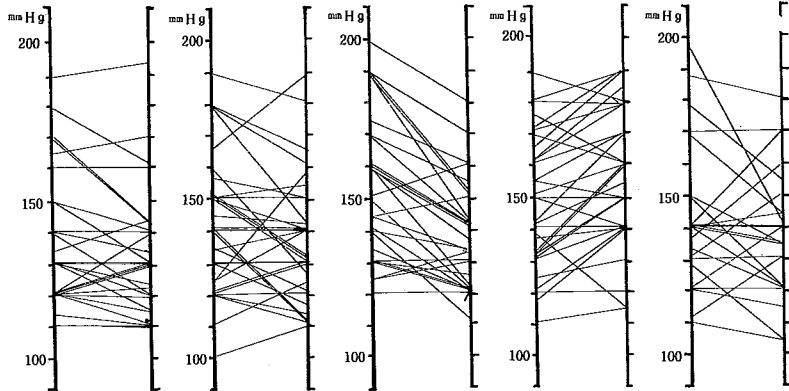
千代田町(1班)
グループ

戸河内町
グループ

千代田町(2班)
グループ

千代田町(3班)
グループ

千代田町(4班)
グループ



31名(7日間)
(S56.11.22)

34名(7日間)
(S56.11.26)

34名(7日間)
(S56.11.28)

33名(7日間)
(S56.12.4)

24名(7日間)
(S56.12.10)

温療前後の最高血圧

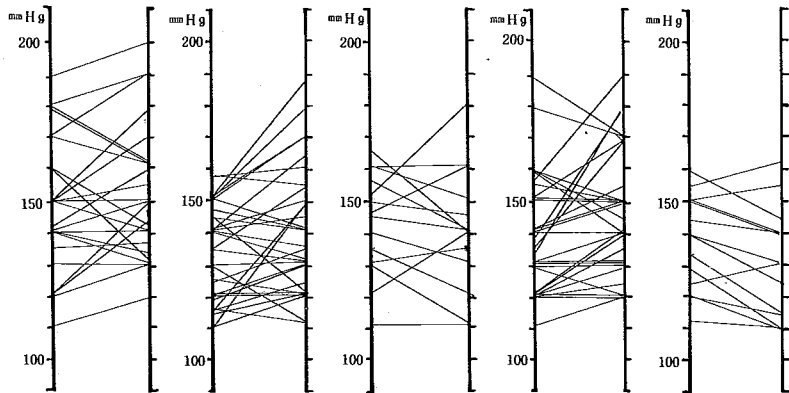
大和町
グループ

佐東町
グループ

吉野勝
グループ

安芸町
グループ

筒賀村
グループ



24名(7日間)
(S57.1.4)

32名(10日間)
(S57.1.10)

14名(11日間)
(S57.1.20)

36名(7日間)
(S57.1.21)

15名(6日間)
(S57.2.1)

温療前後の最高血圧

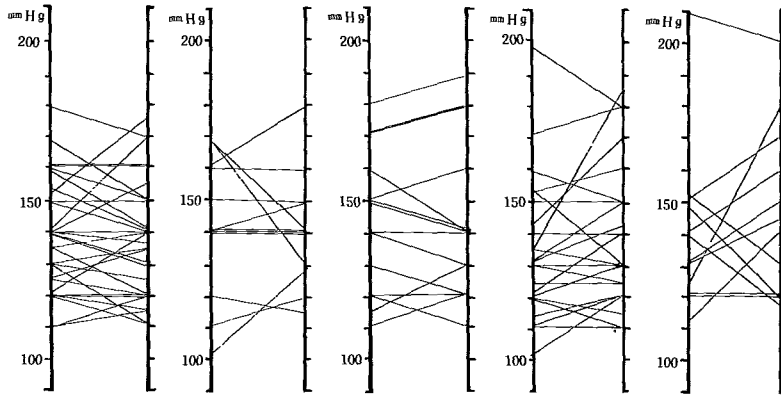
安佐町(1)
グループ

沼田町
グループ

沖美町
グループ

安佐町(2)
グループ

高陽町
グループ



31名(10日間)
(S57.2.23)

12名(10日間)
(S57.3.1)

15名(8日間)
(S57.3.1)

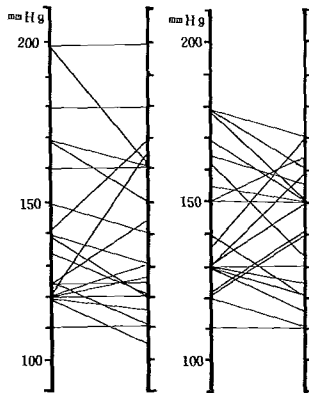
23名(10日間)
(S57.3.5)

13名(7日間)
(S57.3.10)

温療前後の最高血圧

東広島市
グループ

段原町
グループ



21名(8日間)
(S57.3.15)

22名(8日間)
(S57.3.23)

〈リウマチの温泉治療〉

慢性関節リウマチに対する寒の地獄泉の影響

九州大学生体防御医学研究所 延 永 正
吉 田 史 郎

はじめに

慢性関節リウマチ(RA)の治療に温泉が用いられ有効であることが確かめられている。しかし冷鉱泉の効用について検討した成績はない。われわれは九重寒の地獄泉(単純硫化水素冷鉱泉)のRAに及ぼす影響について検討したのでその成績を述べる。

対象と方法

対象はアメリカリウマチ協会診断基準によるdefinite~classical RAの女性5名、男性4名、合計9名である。年齢は43歳から62歳までで平均年齢50.8歳。StageはI 3名、II 3名、III 2名、IV 1名。Classは2名がIで他はIIである。罹病年数は8ヶ月から9年で平均4年7ヶ月。9人中1名に悪性関節リウマチ、1名に胃潰瘍、女性1名にSjögren症候群を合併していた(表1)。

入浴方法は午前と午後の1日2回入浴で、その前後にストーブにて十分な保温を行った。入浴時間は、開始日より最初の3日目までは5分間。4日目より7日目までは約10分間。それ以後は15分間として合計21日間行った。

使用した寒の地獄泉は泉温13~14℃の単純硫化水素泉で表2のような組成を有している。

なおRAの薬物療法はそれまでのものを継続し、本試験期間中変更しないようにした。

結果

1. 朝のこわばりの持続時間におよぼす影響

特に有意差はみられなかったが、こわばり時間の短縮傾向が2週目までに認められた。中には1週目より全くこわばりの消失したものもみられた(図1)。

2. 血沈におよぼす影響

1週目では前値と比較して1%

表1 対象患者の内訳

Name	Sex	Age	Stage	Class	Duration	Complication
Y.I.	F	50	IV	2	6Y	
H.I.	F	43	II	1	6Y	
K.H.	F	53	III	2	1Y8M	
M.E.	F	47	I	2	9M	
Y.Y.	F	50	I	1	9Y	SjS
H.S.	M	62	III	2	8Y	gastric ulcer
Y.S.	M	59	II	2	8M	
T.Y.	M	51	I	2	2Y6M	
N.A.	M	51	II	2	7Y	MRA
mean		50.8			4Y7M	

表2 寒の地獄泉の泉質

	mg	mval	mval%		mg	mval	mval%
H ⁺	0.080	0.079	2.21	Cl ⁻	23.8	0.671	17.30
Na ⁺	11.4	0.496	13.87	SO ₄ ²⁻	0.32	0.006	0.15
K ⁺	4.17	0.107	2.99	HSO ₄ ⁻	152	3.16	81.46
Mg ⁺⁺	8.20	0.674	18.85		4.07	0.042	1.08
Ca ⁺⁺	40.8	2.04	57.04				
Al ⁺⁺⁺	1.46	0.162	4.53				
Mn ⁺⁺	0.445	0.016	0.45				
Fe ⁺⁺	0.051	0.002	0.06				
Total	66.61	3.576	100.		180.2	3.879	100.
HAsO ₄	0.01	0.00		H ₂ S	2.4	0.14	
H ₂ SiO ₄	115	1.47		Temp.	13°C		
HBO ₃	0.3	0.01		PH	4.1		単純硫化水素泉

(1979.9.4 九大温研 古賀昭人)

以内の危険率をもって有意に改善した。しかし、2週目および3週目では前値と比べてあまり差はなかった(図2)。

3. 握力におよぼす影響

前値と比べ1~3週目すべてに有意に増強した。特に入浴後1週間で著明な増強を認めた(図3)。

4. 関節点数

疼痛関節点数は軽度の改善に止まったが、個々の関節の疼痛の程度は減弱している。つまり、疼痛の完全消失とまではいかなかったので点数にはあまり変化はなかった(図4)。

5. Activity Index(A.I)の変動

朝のこわばりの持続時間、握力、疼痛関節点数、血沈を総合してリウマチの活動性を表わしたものがA、I、(Lansbury)であるが、握力の著明な増強、朝のこわばり時間の短縮、血沈の改善によってA、I、は前値と比べて1週目より有意に減少、2週目、3週目もわずかずつではあるが減少し、改善が認められた(図5)。

6. ADL(生活動作)におよぼす影響

ADLは経過とともに軽度ではあるが改善し、3週目では前値と比べて有意に改善が認められている(図6)。

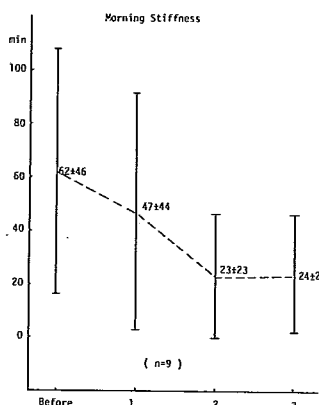


図1 寒の地獄泉連浴による朝のこわばりの持続時間の変動

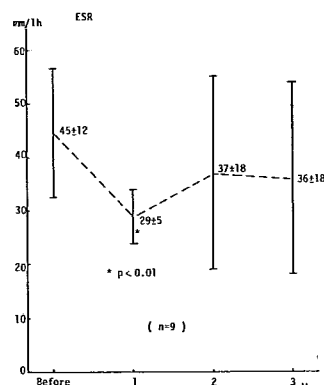


図2 寒の地獄泉連浴による血沈の変動

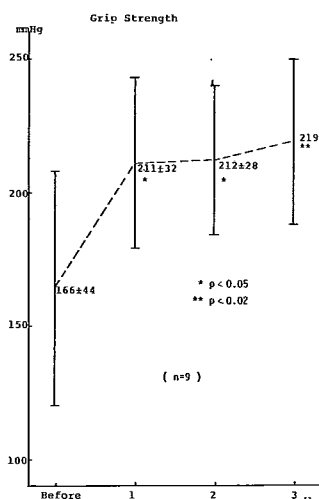


図3 寒の地獄泉連浴による握力の変動

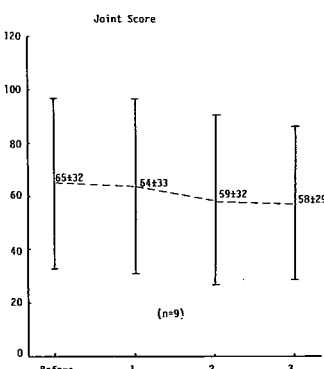


図4 寒の地獄泉連浴による関節点数の変動

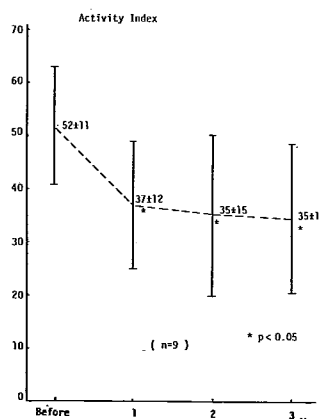


図5 寒の地獄泉連浴によるランスバリー活動指数の変動

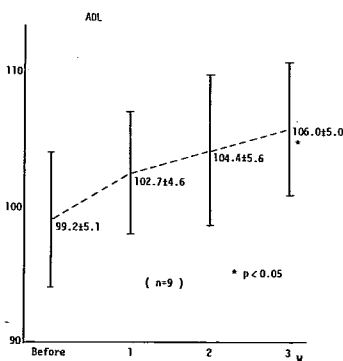


図6 寒の地獄泉連浴によるADLの変動

考 案

温泉の作用機序に対する最近の考え方として非特異的刺激作用を重視するものが多い。寒の地獄泉は13℃という極めて低温の鉱泉であり、その入浴に際しては強い寒気をおぼえ、ついには、Shiveringを催す程である。従ってその低温刺激作用は相当強力なものと思われる。事実われわれが健康者について本泉入浴後の血漿コルチゾールを測定したところ4例中3例に上昇を認めた。

RAに対する寒の地獄泉の効果はほぼ満足すべきものであり、活動性の総合評価法であるランスバリーの活動指数は1週以後3週迄有意に改善した。特に握力の改善が著明であり、そのためか生活動作能力(ADL)も有意の改善をみた。一方血沈の悪化はみられなかったので少なくとも本療法によってRAの炎症が増悪することはないようである。よってRAに対する寒の地獄泉の作用も、温泉の場合と同様非特異的刺激作用が主体をなすものと思われる。

本泉の含有化学成分は少なく単純泉に相当するが、硫化水素が2.4mg/l含まれている。従ってこれら成分の作用も当然考えられるが、温度の影響に比べれば小さいものと思われる。ただこれら成分が刺激作用を増強していることは間違いないと思われるが。

いずれにせよ冷泉も温泉と同様にRAに有効であることが示され、特に握力の増強やADLの改善が著明であったことより、リハビリテーションの前処置としての有用性は強調されてよいと思われる。なお本泉の連浴によってRAの炎症が増強されることはなかった。

結 論

冷鉱泉である寒の地獄泉(泉温13℃の単純硫化水素泉)のRAに対する効果を3週間連浴によって観察し、次の成績をえた。

- (1) 朝のこわばりの持続時間は改善したが有意ではなかった。
- (2) 血沈は1週目に有意の改善をみた。
- (3) 握力は1週以後3週迄有意の改善をみた。
- (4) 関節点数の改善は軽度であった。
- (5) Lausburyの活動指数は1週以後3週迄有意の改善をみた。
- (6) ADLは改善をみ、3週後には有意になった。

以上より冷鉱泉もRAに有用であることが示された。

文 献

- (1) 大島良雄、矢野良一：温泉療養の指針
日本温泉協会、東京、1979
- (2) Ropes, M. W, et al : Bull, Rheum, Dis., 9 : 175, 1958
- (3) 延永 正 他：温研紀要, 32 : 278, 1981

温泉法と地熱開発をめぐる法的諸問題（上）

大分大学教育学部 大野 保治

はじめに

- | | |
|----------------|-----------------|
| I 温泉法の実態とその問題点 | IV 地熱開発と温泉法との交錯 |
| II 温泉の権利をめぐる | V 地熱法の法制化と問題点 |
| III 温泉審議会の実情 | 資料 |

（以上 本号報告）

（以上 次号掲載）

本稿は地熱開発セミナー（フジテクノシステムK・K主催）で昭和55年11月25日、翌年2月18日と2回、東京で研究報告したものを論文ふう書き改めたものである。

はじめに

わが国の温泉は、古来、多くの人びとに親しまれ、国民の保健休養、レクリエーションからレジャー等の中心となって利用されてきており、こうした傾向は、今後とも継続するであろうと思われる。

現在、周知のように、温泉に関する法規については戦後昭和23年に制定された「温泉法」（法律125号）のみが存在する。ところが、この温泉法は、公法・私法・行政法に関連するところ甚だ広範に及んでおり、また本法の解釈・運用をめぐる多くの疑問や混乱を生じ、世の温泉関係者や学識者から何らかの法的措置を要望する声がつとに挙がっていることも、ここに指摘するまでもないところである。

このような法的背景とともに、ここ数年来、石油危機の世界的社会情勢は石油に替わるエネルギー資源に刮目させ、その1つとして、わが国に全国的に豊富に賦存するとみられている「地熱」が脚光を浴びることになった。現下の厳しいエネルギー体制下にあつて、地熱資源が今後のエネルギー供給の有力な担い手として浮上し、エネルギー国策上の位置づけを明確にし、それに伴つてその開発・利用が緊急の国策として重要課題となつてきたのである。地下資源として急速にクローズアップされた当該エネルギーも、その開発過程では、国家法の次元で前掲温泉法に服している。現今でさえ、温泉法の解釈や運用に問題が多く内在しているのに加え、温泉法の成立過程で全くといってよいほど地熱開発一発電を前提として制定されたわけでもない現行温泉法に地熱開発が加わるとなれば、さらに法的混乱は助長し、混迷の度を深めるであろうことは推察するに難くない。しかしながら、避けることの許されない法的課題である以上、問題の所在を明らかにし、これが打開への対応策を模索し検討することは、国民ひとしく期待するところでもあろう。

I、温泉法の実態とその問題点

1 温泉法の基本的性格

「温泉法」は、国内法体系の中で、どのような性格なり問題をもつのであろうか。

温泉のもつ、法規としての基本的性格や法的構成は、種々の点において極めて明確性を欠いている。こうしたことが、温泉法の解釈や適用をめぐる数多くの問題を投げかけるのであるが、それについては逐一後述するとして、現行法規の温泉法は「温泉の掘削および利用に関する行政的監督ないし取締を内容とするもの」（川島武宜編『注釈民法（7）』有斐閣 昭43 P. 610）と説かれ、主として社会の保健衛生・取締の視点から公的規制を加える行政法規、と解されている。

この点に関し、当該温泉法は、その目的として「温泉の保護」と「利用の適正」化によって「公共の福祉の増進に寄与する」ことを掲げる（第1条）。これは、いわゆる一般的かつ抽象的表現をとる普遍条項（行政法上の不確定概念）であるため、社会生活の実態に即した運用面で多くの矛盾や不合理を招来していることも、周知の事実である。

このように当該温泉法は、本来的には行政法規に属するものであって、温泉に関する私法上の権利関係を規定する実体法規でないところに根本的な問題をはらんでおり、先ず、この点を明確に把握しておく必要があると思われる。

2 戦前の温泉法令

ここで、戦前の温泉行政を一瞥しておこう。戦前において、温泉行政の所轄官庁は警察当局であり、温泉の掘削や利用は警察権のコントロールのもとに置かれていた。すなわち、主として公安的（保健・衛生）観点から行政上の規制が加えられるとともに、法令の上でも、温泉に関する独立の「法律」はなく、もっぱら地方長官の定める「命令」（府県令）があるだけであった。本県——大分県——に例をとれば、明治45年に「大分県鉱泉取締規則」（明45・6・5 県令第32号）が制定され、戦前にこのような府県令をもっていたのは、全国で1道1府29県に及んでいたことを知り得る（武田軍治『地下水利用権論』岩波書店 昭17）。この警察命令たる鉱泉取締規則の内容は、概して温泉の試掘、浚渫、修理、増掘等に当たって、あるいは温泉を利用する——自然湧出泉の利用をも含めて——に際して、地方長官の許可を要するというのである。

この「許可」の性格については、行政講学上、権利設定行為としての行政処分か警察許可であるのかどうか、その論拠の詳細はここでは措き、当時一般に認容されていた私法学者を中心とした支配的見解は、温泉の掘削行為は温泉採取権を公的に設定するものではなく、温泉に関する権利はすでに「私法上の権利（私権）」として存在することを前提に、濫掘によって近隣の温泉に異変を生ずることを抑止する目的のものであったとされる。そして戦後の全国的統一法規としての温泉法第4条は、この趣旨を継承する。当時としても、公法学者の中には（例えば著名な美濃部達吉博士などは）、温泉を「公物」と観念することから、これを採取・利用する権利すなわち鉱泉採取権は、地下にある公物（鉱泉）を使用する権利、つまり「公物使用权」であるとして法的構成し、公法上の権利（公権）とみる見解もなかったわけではない。地下の温泉（源）を公権・私権いずれの対象とするかの見解は後述するとして、戦後の温泉法が叙上の警察命令の性格なり趣旨を基本的に継承していることに、異論をさしはさむ余地はなさそうである。

要するに、旧憲法下における警察命令においても、また現行温泉法においても、これら法令の核心的課題は温泉利用に関する権利の設定にあるのではなく、温泉を湧出させる目的の土地掘削の許可に、実は存したのである。ちなみに、ここにいう「許可」は行政行為の一種であって、行政講学上、「一般的な禁止（不作意義務）」を特定の場合に解除し、適法に一定の行為をなすことを得し

める行為」(田中二郎『行政法(上)』)と解されている。

3 温泉法の法的枠組

つぎに、温泉法を構成するシステム、ないしは法的枠組について考察してみる。

その骨子は、およそ次のように構成されると考えられる。すなわち、「温泉をゆう出させる目的で土地を掘削しようとする者」は、「都道府県知事に申請してその許可を受けなければならない」(第3条1項)のであって、掘削の目的(掘削目的)はあくまで「温泉の湧出」にあり、また掘削する土地も必ずしも自己の所有にかかる土地とは限らない。掘削に必要な土地につき、何らかの法律上の権利を有すればよいとする。つづいて第4条で、都道府県知事は「温泉のゆう出量、温度若しくは成分に影響を及ぼし、その他公益を害する虞があると認めるときの外は」、掘削の「許可を与えなければならない。」というのである。この第4条は、当該温泉法の解釈論上、最も問題をほらみ、かつ運用をめぐる物議をかもしやすい条項であるので、次項に論述することにする。

要するに、当温泉法に規定する「許可・不許可の行政処分」こそ本法規の重樞かつ核心の中心課題であり、本法における温泉源保護の眼目とも称さるべきであるばかりか、こうした行政処分の適否が社会の現実態に妥当するか否かに温泉法の真価が問われていると言っても、あえて過言ではないであろう。

4 温泉法の問題点

温泉法の問題の所在は、基本的に次の2法理にあることを指適しておきたい。第1——温泉掘削に対する許可制にかかわるもので、それは所有権の自由に基づく「掘削の自由」の問題である。第2——それは公法的規制をめぐる問題である。前者は、私法上の温泉の権利・義務にかかわり、後者は公法的性格の側面に関するものである。換言すれば、温泉法は、私法の実態面と公法的規制面の互いに絡み合う二重構造的性格をもつ。このような温泉法の二律背反的な性格が、さらに地熱開発の法的導入(組入れ)を加えてますます混迷を深めているのである。

温泉の権利関係については、あとで章を改めて論述するとして、要するにそれは、今日の私有財産制度の下にあっては私法的性格のもの(私権)であり、一種の私有財産権であるというのがその基本的性格である。したがって、温泉に関する権利は民法に礎定されている「所有権」とほぼ同性格の、いわゆる財産権であり、温泉の利用あるいは処分は、所有権に類似の私的性格をもつ。このことは、温泉は即、権利者の個別的支配に専属するというをも意味する。これはまた、私有財産制度の根本原則にほかならない。したがって温泉は、権利者個人——会社も、法律的には「個人」として個人と同じ性格をもって現われる——の個別的意思に服することになる。温泉が、その権利者の個別的支配に服するということの当然の結果として、この権利者は、湧出温泉の不要(余剰)温泉を自己の自由な意思のもとに、文字どおり“湯水”のように「捨てる自由」があることはもちろん、この高圧地下エネルギーを地上に誘導し、“噴気”“地獄”としていたずらに空間に放出することもまた、処分の自由である(例えば、別府温泉郊外に立ちのぼる幾十条もの“湯煙”が情緒を添えている光景を想起されたい!)。だとすれば、無限に近い(?)地熱エネルギーを科学技術の粋を活かして有効・効率的に利用する「地熱発電」は、もとより自由な利用・収益の社会福祉に合致する行為と言わねばならない。民法の規定(第206条)によれば、「所有者」は自己の所有物を自由に使用し、或いは処分する権能を有することを承認しているからである。この点については、あと(II)に再び触れるであろう。

第2の問題点はどうか。現行温泉法は、戦前の警察行政と鉱泉取締規則の基本的性格を継承しているものの、戦前の取締規則とは若干趣旨を異にし、それは、温泉の利用一般を統制しているわけではない。本温泉法で、知事の「許可を受けねばならない」のは温泉の掘削(法第3条)や動力装

置（同8条）等の事実行為であり、温泉の権利自体でないことは上述したところである。このように現行温泉法が、温泉権の私権性を承認しているとは言っても、温泉の利用を全面的に統制しないというのではなく、例えば次のような場合には国家権力の統制をも認めているのである。——第1に、知事は「温泉源保護のために必要があると認めるときは、温泉源より温泉を採取する者に対して、温泉の採取の制限を命ずることができる。」（同9条）としていること。このような文言からすれば、戦前の公物使用権の見解に黙示の承認を与えるかのごとき国（厚生省）の姿勢をも感知することもできるのである。第2に、「温泉を公共の浴用又は飲用に供しようとする者は……都道府県知事に申請してその許可を受けなければならない。」（同12条）として、温泉の営業の自由にも制限を加えている。このことはまた、浴場を営む者も同様である。温泉の権利は、私権性を前提しながらも、一面では、このように公権的支配に服する公法的規制のもとに、公権的性格の法規でもあることを無視ないし軽視してはならないと考える。

II 温泉の権利をめぐって

1 温泉利用の歴史的展開

温泉利用の法律関係は、過去の社会的実態としてどのような展開を遂げてきたのであろうか。ここでは、その展開過程を先ず概観し、しかる後に筋を追って温泉の権利の個別の問題に触れることにしたい。

(1) 2型の温泉——自然湧出泉と人工掘削泉　　温泉には自然湧出泉と人工掘削泉とがある。古い温泉地では、どこも明治終期までは自然湧出泉が温泉のほとんど大部分を占めていたが、大正期に入ってから温泉掘削が始められ、昭和期に至って温泉が盛んとなるや、掘削も一層盛んとなった。この傾向は、戦後になり旅行ブームや観光ブームを迎えるに及び、さらに飛躍的に拡大する。温泉はもともと湯治用のものであったが、今日では、観光用のものに変質しつつある。

こうして新しい温泉の掘削が進むにつれ、徳川時代以来つづいてきた古い自然湧出泉はその影響により次第に湯量が減少し、あるいは温度低下におちいり、そのうち多くのものは遂に枯渇するに至る。一般的には、人工掘削泉の増大と自然湧出泉の減少という傾向が明治以降のほとんどの温泉場にみられる傾向である。このプロセスは、権利関係の側面では、自然湧出泉中心に維持されてきた「旧慣温泉権」が解体し、人工掘削泉を中心とする「近代的温泉権」が成長してくるプロセスでもある。したがって今日、温泉権をめぐる対抗関係としては、旧慣温泉権と近代的温泉権また近代的温泉権相互の対抗関係という、二重の、異質の対抗関係がみられる。

(2) 共同風呂として　　自然湧出泉が支配的であった明治以前の時期において、温泉は、原則として私的支配の対象となりえなかった。「自然に湧く湯は皆のもの」という考え方に支えられて、温泉は、それを利用する地域住民（部落）集団の総有的支配のもとに置かれていた。明治以前の温泉権の古典的形態は、林野における入会権、農業水利権、漁業権などに類似する共同体の権利であったと規定することができる。また、その利用形態も、現に今日その原型をとどめている林野入会権の古典的形態たる共同利用形態に類似するものであった。いわゆる「共同風呂」とか「部落湯」とか呼ばれるものはその典型であり、村落共同体のメンバーは、そのメンバーの資格に基づいて共同風呂（部落湯）を維持・管理し利用し合ってきたのである。

(3) 近代的温泉権の登場　　ところが、明治期に入ってから温泉権の変化は、先ず土地制度の変革に伴って生じた。地租改正により、土地私有制度が確立され、さらに明治民法は、土地所有権の効力が地下に及ぶことを明言した（第207条）。かくして国家法の平面では、土地所有者

が、その土地の地下を流れる温泉すなわち温泉源に対しても私的支配権をもつものとして法的構成されるに至った。もっとも温泉は、地下にある状態のままでは人はこれを支配しえず、それが地上に湧出して初めてこれを支配しうる。それ故、温泉権は、湧出口（湯口）の土地支配権を前提としてのみ成立しうるものなのである。そして、この土地支配権は、上述したごとく私的支配権の対象となるに至ったのである。このような傾向は、温泉の掘削が進むにしたがって、とくに顕著となっていった。自己が私的に支配する土地に対し、自己の資本を投下することによって初めて支配可能となった人工泉に対しては、天然湧出泉に対するよりも強い私的支配意識が生まれるのは当然である。「天然に湧き出る湯は皆のもの」であるとしても、個人の私的資本の投下により湧出する湯はその個人のものであるという資本主義的原則が、ここに貫徹するからである。こうして、日本全国の温泉一般の傾向としては、人工掘削泉が増大するにつれて温泉の私的支配が進み、それに伴って総有的支配に基礎をおく旧慣温泉権は変質し、あるいは解体を余義なくされるに至った。そのことは、近代的温泉権の優位が確立したことを意味する。

(4) 濫掘対策 旧慣温泉権の解体した温泉地では、とくに大正後期から昭和に入って、交通機関の発達、温泉場の繁栄、掘削技術の進歩等により私有源泉の掘削が急テンポで進められ、一部の発達した温泉地では大正後期から昭和初期にかけて、濫掘への懸念とその対策とが問題となり始めている（例えば、別府温泉では、その八湯中、最も早く繁栄した浜脇温泉にこうした傾向がみられた）。ここで問題となるのは、その旧慣温泉権がほぼ完全に解体し、温泉の個人有化が進み、近代的温泉権相互の対抗関係において、既設温泉権者がその既得権を守るために新温泉の掘削を阻止しようとする目的であったことである。こうして、濫掘対策の名において新規温泉の掘削を防ぐ手段としては、次の2つの方法が採られた。1つは、温泉を利用する旅館業者（とくに有力大旅館業者）が申し合わせて共同出資して統一温泉を掘り、それを共同で利用する方法である。いま1つは、個人名義の掘削をやめ、市町村の公共名義で掘削許可をとるという方法である。しかし、こうした濫掘対策が本格的にならないうちに戦争の進展に伴って観光客は急速に減少し、温泉場そのものもさびれたので、濫掘問題はさして深刻になるにまで至らず戦後を迎えたのであった。

2 地下温泉の所有関係

(1) 土地所有権一体説 地下の温泉源は、地表に湧出して初めて人間の支配の対象となるが、地下の温泉源ないし温泉脈の所有関係は、どう解されるべきか。一応のところ、それは土地構成物として「地下水」と同じカテゴリーに入れてもよいであろう。その最も古典的・伝統的な法律観念は、その土地所有関係に、その権利を帰属せしめるという考え方である。述べるまでもなく、それは民法上の「土地所有権はその上下に及ぶ」とする規定（第207条）に基づく。この構想と立論は、大陸法諸国の基本的法命題に由来するといわれ、また英米法諸国のコモン・ロー中心の諸国でも、同様であるとされる。

こうした法学的見解のもとでは、地下温泉源も、それ自体として独自の法律制度を形成するものではなく、土地法とくに土地所有権法の一環として、その地位が認められるにとどまる。地下泉源が土地所有権に包含され帰属するとなす見解は、今日といえども、なお根強く支持されているように思われる。この事実を立証する資料（厚生省国立公園局管理課『温泉に関する諸権利の実態の法律的意義に関する研究』プリント版）によれば、土地所有権と温泉権（源泉権を含む）とが合体して取引の対象となり、これらを分離して処分するという社会的慣行が存しない温泉地も、今日なお少くないのを知りうるのである。

(2) 分離説 地下泉源の所有権の帰属をめぐり、叙上のように源泉土地所有権と地上に湧出する温泉とを合体して把握する見解に対して、これを否定的に解する見解もなかったわけではない。例えば、我妻榮教授は、「地下水」を地下停水（止水・滲透水）と地下流水とが存することを前提

に、前者はともかくとして、後者は、土地所有権の客体となることは必ずしも適切ではない旨の見解を示しておられる（我妻栄『物権法』民法講義II P.258）また、戦前の唯一の地下水研究者であった武田軍治氏も、その著作（前掲『地下水利用権論』 P.42）で、前記鉱泉取締規則の中にみられる「所有者」については、「土地所有者より独立したる温泉自体の所有権の存在をも認めんとする意なりやは明確を欠く……」と述べておられる。一方、斯界の碩学・川島武宜東大名誉教授は、地下の泉源については「いわゆる流水であろうと止水であろうと……地上における空気のごとく不断に流動しているのであって、権利客体としての客観性を欠くから、これに対して近代法上の『所有権』が成立する余地はない」と断言しておられる（前掲『注釈民法』 P.614）。

ちなみに、この点、アメリカでは地下水の水利権について、地下流水と同じく専用権主義を採用している州が若干あるようである（金沢良雄『水法』法律学全集 P.51）。これは、地下水の利用関係の面での制度に関するものとは言え、その前提として、地下水につき、所有権を否定するものと言いうるのであろう。わが国では、地下水水利権は、土地所有権を法的論拠として承認されているのが原則である——事実に基づく慣行として認められる場合ももちろんある——から、民法上（第207条）、土地所有権の支配からこれを除外する旨の「法律」の規定が存しない限り、これに対して物権の成立を認めるには、とくにそのような慣習法が存在するものでない限りは許されない、と考えるのが妥当ではあるまいか。

3 温泉利用の法的形態

源泉はいつでも、人が支配する（とくに採取し、利用する）ことができる状態にある温泉であり、実際には、地上に湧出している温泉や地下に埋設した送湯管によって採取されうる状態にある温泉、などがこれに属する。このような状態にある温泉に対しては物権的な支配権を承認してこれに法的保護を与える必要があり、判例および学説は、これを承認しているのである。その源泉を利用するに当たっては、種々の法的形態が存するので、主要なものを列挙して概説することにする。

(1) 共浴場による共同利用 利用形態のうち、最も古典的な利用形態は、共浴場による共同利用形態のものである。温泉団体が直接、共浴場施設を所有し管理する場合、団体がその施設を団体メンバーに賃貸し、または浴場経営を委託し、団体メンバーがただ（無償）で入浴する場合などがよい例である。全国的にこのような形態の利用は姿を消しつつあり、鄙（ひな）びた山間僻地の“いで湯”に見られる程度である。現在の温泉地にみられる共浴場は、主として観光行政や営利事業として経営されているものが多く、伝統的な共同入会権の慣行につながるもの（旧慣温泉権）は少ないようである。

(2) 個人有温泉利用 旧慣温泉権においても、主要な利用形態は、個人の温泉利用である。このうち、2種類ある。1つは、入会権の分割利用あるいは水利権の個人引水権に類似する個人利用であり、他の1つは、温泉団体との契約に基づく契約利用である。このうち後者は、法的には近代的温泉権と同性質のものであるから、ここでは省略する。

(3) 市町村有温泉 一般的にいえば、総有温泉権の解体に伴って旧慣温泉権および温泉利用権の個別私権化がしだいに進行していくと、旧慣温泉権の主体であった温泉団体はその重要性を失って、しだいに特定の利用者や旅館業者（グループ）へと移ってゆく。温泉総有団体の解体過程に現われる各種の団体の中で、典型的なものがこの市町村経営（公営）になる温泉利用である。

このような市町村有の温泉の中には、純粹に新しい近代法的温泉と認められるものもあるが、同時に、旧慣温泉権の解体過程においてその再編ないしは温泉利用権者の集中管理と認められるものが、必ずしも少なくはない。この場合、温泉の掘削・利用は条例によって規制されるが、とくに、この地域の温泉権を市町村が独占している場合には、地方公共団体の公的規制は事実上、旧総有団体の掘削・利用の規制と同一の機能を果たすことになる。

当県別府温泉には、市有市営および市有区営の公共温泉が市内至るところにあり、その数は前者が16温泉、後者は実に54温泉あって“市民皆浴”を実現している（別府市教委編『別府市誌』昭50参照）。

(4) 財産区有温泉 特別地方公共団体たる「財産区」が源泉を所有している場合は、旧部落団体の再編である場合が通常であろう。温泉財産区は入会林野の場合におけるほど重要な意味をもたず、全国的にもさほど多くはない。財産区は、旧部落団体の旧慣温泉権の管理を承継し、共同浴場を直轄管理し、あるいは温泉を配湯し、場合によっては源泉を賃貸するなどの事業を営んでいる。大分県では筋湯温泉がそうであるが、それは純粹の温泉財産区ではなく、入会林野を主とした一般財産区の中で「温泉部」として旧慣温泉権を維持・管理している特殊な形態のものである。

(5) 組合有温泉 旧慣温泉権の解体過程で、利用権者が組合をつくって、従来の温泉利用秩序を維持し、既得権を防衛するという例も全国的にかなり見られる。組合が、その地区のすべての温泉利用権者を組織し、かつ源泉権を独占している場合には、組合が事実上、温泉総有団体と同様の機能を果たしているが、そうでなく地区の一部の権利者しか組織せず、利用者グループと利用しないグループとが対立して利用権をめぐるトラブルが起きることも、ままある。

組合と呼ばれているものの法的性質には、民法上の組合、権利能力なき社団、特別法上の組合（とくに事業企業等協同組合法に基づく温泉協同組合）の3種類が見られる。それに対応して温泉権も④組合員の共有となっているもの、⑤組合長名義となっているもの、⑥法人たる組合の所有となっているもの、の3つのタイプに分かれる。

(6) 会社有温泉 旧慣団体の解体過程で株式会社をつくるということは、稀にしか見られない。しかし、旧温泉権者が温泉権を現物出資して会社に譲渡する形態のもの、温泉権を保留して利用面だけを会社にゆだねる形態のもの、などが見られる。この他、合資会社形態のものも、稀にある。

4 温泉の権利の性格

地上に湧出し、人間の支配の対象たりえた温泉（源泉）は、どのような「物」——民法にいう権利の客体——であり、また、それに対する権利はどのように理論構成されるべきか。別言すれば、温泉に対する権利を「温泉権」の名称で概念把握するとして、この温泉権とは、そもそも法律上——ということは国家法（民法の法体系）の次元で——いかなる性格の権利であり、かつ、どのような法的構成をとるかということである。

(1) 土地所有権と温泉との関係 世上にいうところの温泉の権利は、ただ漠然と「温泉に対する権利」とか「温泉を使用する（ことのできる）権利」とかに観念されており、法社会学的にも定着しているわけではなく、また判例・学説のうえで法的公認された確たる権利でもない。もっとも、上述のような温泉権の観念が示された判例としては、当大分県別府温泉で争われた大分地裁判決（昭36・9・15判）を挙げることができる。判決文にいわく、「（温泉権とは）湧出温泉につき増掘浚渫ないしは引湯などをなし得る直接排他的な支配権」として〈一種の物件〉としての説明を加えたうえで、さらに「この権利はその鉱泉地と離れて独立の財産権である」と判示している。こうした大分地裁での判旨は、温泉権の概念構成上、温泉の権利なるものがいかなる性格のもとにいかにか法的構成されうるであろうかを示唆しており、その限りで甚だ興味を引くのである。

さて、専門的な法技術論に立ち入ることは避けることにし、前節および本節を要約するに、地下の温泉源にあっては①温泉源を地下水などと同じ土地構成物として把握し土地所有権に包摂されるとする見解と、②その土地の構成物とは異なり、客体としての特定性を欠くとして直ちに民法上の「所有権」を構成するのは困難であるとする見解が存した。

湧出した温泉は先の大分地裁判決にも示されているように、温泉が源泉地盤所有権とは別個・独

立の財産権として取引の対象となっているのが、全国各地にみられる—それも著名温泉地に多い—実態である。こうしたことにかんがみ、これに対する権利を源泉地盤たる土地所有権の一機能として構成することは、必ずしも適切ではないように思われる。こうしたことから、温泉に対する権利を土地所有権とは一応切り離し、湧出温泉液（源泉・原泉）のみを「物」として法的把握したうえで〈温泉権〉と定義づけることが望ましいと考える（後述Ⅳの温泉法の改正問題で再び触れる）。

(2) 第一次温泉権と第二次温泉権 土地所有権からセパレートされた温泉の権利、すなわち温泉権は、民法上「物権」がその特性として定義づけられるように全面的排他性と包括的支配権とを有することから、第1次的には、温泉に対する民法上の「所有権」と軌を同じくする物権——正しくは「温泉所有権」とも称されるべきもの——として処理されて然るべきであろう。また第2次的には、策1次温泉権者（源泉権者・湯口権者）の同意に基づいて派生する物権的な分湯利用の關係（この利用の段階で「分湯権」の権利構成を承認することができよう）、さらには債権的な利用關係（同じく、この段階で「配湯権」ないしは「引湯権（受湯権）」を承認することができよう）が成立するものとして処理され構成される、と考えられる。

上述のような意味で、第1次(的)温泉権とは、湯口における源泉に対するあらゆる機能を含む包括的全面的な支配権として承認されたものであり、第2次(的)温泉権とは、源泉権から派生した利用關係で、大別して「分湯」と「配湯」の権利關係であるといえよう。

(3) 分湯と配湯 両者は紛わしい権利概念なので、ここで一応分説しておきたい。第2次的利用關係の法的形態には種々のものがあるが、その典型は「分湯」と「配湯」である。前者は、源泉権者がその支配・管理する温泉の一部を他の人に譲渡した場合（通常は湧出総量の何割とか、一定の口数に分割してその幾口とかいうふうに）であり、後者は、特定の量の湯を動産として導管施設を通して継続的に配給する——あたかも飲料水を配給すると同様に——ことを契約（温泉供給契約）する場合である。通常は、個人の余剰温泉を他人に使用させたり、ときには著名温泉地にみられるように配湯会社とその所有する複数の源泉を集湯し、受湯希望者に温泉供給契約に基づいて一定量の湯を一定期間、継続的に供給するという形態をとる。温泉供給契約で問題となるのは、存続期間、転貸・譲渡、対抗力、さらには源泉権者の源泉の第三者譲渡による給湯契約の有効性などであるが、その詳細は紙幅の都合で触れないことにする。

前者の「分湯」は、さらに2つに分けられる。その1つの法的形式は、源泉権そのものの分割であり、それは「温泉権の共有」と呼ばれるものである。この場合、共有の源泉権の譲受人は、その地位を継承して共同の源泉権者となるのであるから、問題を生じる余地は少ない。分湯のもう1つの法的形式は、譲受人が源泉そのものに対して譲渡人（源泉者）と同じ資格で源泉にタッチできる機能はなく、基本的には譲渡人のみがその機能を有し、譲受人はたかだか限られた範囲でしかタッチできない場合である（これは、民法上、厳密に言えば源泉に対する一種の「他物権的利用権」である）。

このように、現実に存在する分湯権なり配湯権には、強力な物権的性格のものから、単なる債権としか認められないものまで、その中間には種々多様な法的形式、したがってそれに対応した法的効力をもつものが連続して存在している。——以上を集約するなら、①純粋物権的なもの、②なかば物権的なもの、③なかば債権的なもの、④純粋債権的なもの、まで段階を異にする4パターンがあることを示しており、その権利の性格が不分明であることから起きる社会紛争は、温泉訴訟として全国的に少なくないところである。

III 温泉審議会の実情

1 温泉行政と審議会

新憲法の発布に伴ない、これまで戦前の各県鉱泉取締規則は失効し、昭和23年、温泉法及び同施行規則（省令）が公布施行される運びとなった。これにより、全国温泉地の温泉に対する法的規制は、その第一歩を踏み出すことになったのである。

温泉法制定について、第二回国会における厚生大臣の行なった提案理由説明は、当該温泉法制定の社会的背景を要述しているの、ここに再録してみることにする。――

「我が国は、世界に冠たる温泉国であり、まして、古来温泉は国民の保養又は療養に広く利用されて参ったのでありますが、温泉地の発達に伴い、或いは濫掘の結果、水位が下って、湧出量が減退又は枯渇するとか、或いは温泉に関する権利関係が複雑を極め、各種の紛争を起す等いろいろの問題を処理しますため、将来都道府県令をもって温泉に対する取締を行って参ったのでありますが、新憲法の施行により昨年来、これ等の府県令はその効力を失ったのであります。しかしながら、温泉は我が国の天恵の資源として極めて重要なものでありまして、それを保護するとともに、その利用の適正を図り、一面、国民の健康と療養に利すると同時に、他面、その国際的利用による外貨の獲得に役立ちますことは国家再建上、緊急の要務と存じますので、この際、従来の都道府県令の内容とするところを基礎としてこれを若干、拡大しまして温泉の保護とその利用の適正化に遺憾なきを期するため、この法律を提出した次第であります。」

その後、温泉法の改正は第3次まで行われているが、通商産業省設置法の施行に伴う改正、審議会等の整理に伴う改正、環境庁設置法による改正等で、内容の実体的改正はなされていない。

また、戦後の温泉行政は、昭和23年行政機構の再編成によって衛生部が全国都道府県に新設され衛生部医務課の所管となっている。なお、温泉法公布に伴ない、温泉行政事務は都道府県知事への、いわゆる機関委任事務となったものである。その後、昭和29年には、衛生部薬務課の所管となり、同31年衛生部が厚生部となり、同部衛生課の所管となった。翌翌33年、本大分県では初めて温泉係が設置される運びとなったが、それ以前は薬務係で取り扱われた。温泉係が設置された当初は、山形県と大分県の2県のみであった（昭和55年3月現在、温泉係が設置されている県は全国に8県である）。昭和34年、厚生部薬務温泉課の所管となり、同46年、環境庁が設置されるや、本県（大分県）でも、機構改革によって環境保健部環境管理課の所管となり、今日に至っている。県の地方機関には各地に保健所があり、同所総務課が温泉行政の窓口となっているが、別府保健所のみ、37年に温泉課が設置されている。保健所に課制を設けている県は、当大分県と神奈川県（小田原保健所）のみである。

2 温泉審議会の組織など

(1) 温泉審議会令 昭和23年8月、温泉審議会令（政令）が全国に公布施行されることになり、温泉法第19条の規定を実施するため、東京に中央温泉審議会（厚生大臣の監督委員30名以内）が設置され、また地方には、都道府県温泉審議会（同15名以内）が置かれることになった。これに伴ない、本県でも、大分県温泉審議会設置規程が制定告示され、施行の日から適用されている。当初、温泉審議会委員は、関係行政庁の官吏または吏員、温泉に関する事業に従事する者、学識のある者からそれぞれ5名となっており、昭和23年11月15日付で厚生大臣が任命している。翌24年1月には、大分県温泉審議会議事規則が制定され、同年11月から適用されている。

第1回の大分県温泉審議会は、昭和23年12月24日に開催された。しかし間もなく、同25年5月には「法律第34号審議会等の整理に伴う厚生省設置法の一部を改正する法律」第3条により、温泉審議会の組織、所管事務および委員その他については都道府県の条例で定めねばならないことになり、

これまでの温泉審議会は廃止された。同時に、大分県温泉審議会規程も廃止され、新たに同25年5月、大分県温泉審議会条例が制定されて同年4月から適用、今日に至っている。

厚生大臣の諮問機関としていた中央温泉審議会は同25年に廃止されたが、これに代わるべき機関の必要性から温泉行政懇談会（法律に基づかない諮問的機関）を設置し、この懇談会はその後、国民保養温泉地の選定その他重要な事項に対処するため、同27年温泉協議会となった。しかし36年9月、行政管理庁の命令によって、この協議会は廃止され、その後（37年2月以降）は温泉行政懇談会を設置し、今日に至っている。（以上一大分県温泉調査研究会『30年の歩み』（昭54・3）より）

(2) 温泉審議会の概要——大分県の場合 温泉法第20条は、知事が温泉の掘削を許可するときは温泉審議会の意見を聞かねばならない、と定めている。温泉審議会の委員には、通常、県庁関係者や学識経験者のほかに、主要温泉地の町村長や温泉業者の代表が加わっている。本県——大分県——に例をとれば、現在の会長は九大名誉教授（元九大温泉治療学研究所長）、副会長は京大地球物理学研究施設長であり、以下、県部長2名（環境保健部長、商工労働部長）、県議会1名（林業水産環境委員長＝県議）、学識経験者として九大理学部教授1名（九大温泉治療学研究所）、大分大学教育学部教授2名（地学、法学）、弁護士1名（前県弁護士会長）、温泉市町村の代表として市町村長3名、それに商工会議所（別府）会頭1名、合計13名で構成されている。

委員の任期は2年であり、再任をさまたげない。ほかに事務局として幹事10名（県所管課長、保健所長など）、書記5名（同上係長、主査など）がいる。

3 温泉審議会の運営の実態

(1) 掘削申請の実務 温泉掘削の申請の実務として、全国都道府県では、およそ次のように運営されている。——申請者は、書類を保健所を経由して県知事に提出するが保健所長は、書類を受理した段階で現地調査を行い別に問題のないと思われるときは、当該申請についての意見を市町村長に求める。掘削許可を受けるためには、実際問題として、この段階で市町村の何らかの意見（ときには不同意、継続審議の要請もある）が必要となる。ところで多くの県では、市町村長が何らかの意見書を添付するに際して、周辺の既存源泉権者や、場合によっては温泉組合等の意見書（多くは「同意書」）を極力取るように行政指導を行っている。したがって多くの温泉場では、周辺100～300メートルの既設権者の同意書を取ることを要求される。もちろん、このような同意書の添付は、掘削の許可処分に必要な条件ではなく、それは当該掘削の許可処分をめぐって周辺住民とのトラブルを避けるための便宜的な手段から採られたものであり、同意書の添付があれば許可を出しやすいというにすぎず、県にとり許可処分した後で万一影響があつて既得源泉権者から県が非難されるのを予防するための事前指導とも考えられる。よって、既得源泉権者から同意が得られなくとも、あえて掘削申請をしてきた人がいる場合、県はその申請書を受理して、公益的見地から独自に許可・不許可の判断を迫られることになる。全国的にみても、以上のような同意書の有無にかかわらず知事が掘削許可を出しているのが常態である。

大分県でも、数年前までは極力、周辺既得権者の同意を取り付けるよう行政指導してきたが、実際問題としては、温泉審議会で行政処分をするに際してさしたる意味をもたず、参考資料にする程度であった。現在、かつての指導を改め、同意書の添付は不必要としたため、全くといってよいほど提出されていない。もっとも、掘削地点での申請をめぐり、既得権利者と新規掘削申請者とが距離制限からもめて何らかのトラブルがあり、当該保健所窓口で調整ができない場合などは、その申請を直ちに不許可処分にせず、「継続審議」という形で保留にし、その間、県所管温泉係員と当該保健所職員とが現地に赴き、申請利害関係者との仲に立って調整し、解決をみってから再度審査の対象として審議会にはかり、その結果報告をまって「掘削許可」の通知書を申請人に附与することになっている。

(2) 大分県温泉審議会の運営状況 つぎに、当大分県の温泉掘削と源泉数の推移をみよう。——本県は源泉数が多いことも特徴であり、全国のほぼ25%を占める。別府温泉の昭和24年当時の数字をみても、すでに温泉台帳に登載された口数は2062口、うち活動口数は1072口となっている。昭和55年3月末現在での許可件数は合計4,943件（代替掘削を含む）、うち増掘許可件数は543件、また動力装置は1,932件に達している。

その間、掘削状況を見ると、昭和30年代の高度経済成長の波にのった35年頃から急速に増え、42年がピークである。43年以降の減少傾向については、温泉の保護規制に因るものと思われる。また、最近数年間の掘削傾向としては、従来未開発市町村であった地域（大分市、庄内町、杵築市など）での温泉掘削が多いことを指摘することができよう。昭和55年度末における源泉数は同24年当時と比較すると、ほぼ倍以上の数字となっている。現在（昭56・3・31）、その台帳口数は3,903口となっているが、このうち1,042口は未利用または枯湯泉である。

最後に、本県における温泉保護規制について概述する。——温泉法の本来の趣旨に即して、本県では「温泉源の保護」には特段の努力が重ねられてきたが、温泉保護規制としての具体的内容について述べると、昭和34年に温泉審議会運営規程として審議基準が設けられ、掘削口径および動力装置等の基準が定められている。同37年、別府市鶴水園北浜埋立地区を「特別保護地域」と指定し、新規掘削を全く認めないことに決定している（第99回温泉審議会）。つづいて同43年には、大分県温泉調査研究会の科学的調査に基づいて別府温泉に「特別保護地域」・「保護地域」を設定、その他県下一円の湧出町村において距離制限を設けるなどして積極的に温泉の保護にのり出している。また同47年には、湯布院温泉にも特別保護地域・保護地域の設定をなし、翌48年には、別府温泉の保護地域の拡張改正を行って保護規制を強めている。規制の内容は、特別保護地域では新規掘削をすべて認めず、保護地域にあつては既設の温泉から100メートル（湯布院町の一部では150メートル）、噴気・沸騰泉からは150メートル、その他県下一円にあつては、既設の温泉から60メートル、噴気・沸騰泉からは150メートルの距離規制を定めている。

このように、かなり厳しい温泉の保護規制によって、とかく温泉紛争の多かった問題や苦情も最近ではかなりの程度に影をひそめた。なお、これらの規制・基準は、大分県温泉審議会運営規程で定められている。

4 掘削許可と濫掘規制

(1) 法第4条の解釈 戦後の温泉法第4条は、温泉湧出を目的とする土地掘削申請に対して、「温泉の湧出量、温度若しくは成分に影響を及ぼし、その他公益を害する虞があると認めるときの外は、（知事は）……許可を与えなければならない。」と定める。このため、新規の掘削が激増し、全国各地の温泉地で昭和30年代後半～40年代に温泉濫掘を招き、ために社会問題化したのであった。これを温泉の権利の側面からみれば、戦前のそれが主として旧慣温泉権と近代的温泉権の対抗関係から生じたのに対し、戦後のそれは、近代的温泉権相互の紛争であり、換言すれば同一国家法上の権利を基盤とする争いであり、その社会的内容は、温泉採取のために投下された資本利益の保障をめぐる対抗利害の関係として理解されよう。

さて、上述の法第4条は一読してわかるように、極めて抽象的な規定であり、具体的な事例について直接濫掘を規制するような法的機能を営まないとする批判は、つとに温泉関係者のひとしく認めるところであった。「湧出量の減少」とか「温度の低下」とか具体的に例示してみたところで、新規掘削をする以前に掘削湧出後の影響を科学的精緻さをもって立証するなど、果たして予測可能であろうか。個々の、かつ千差万別の態様をもつ温泉井について調査のうえ、専門技術的な実証を呈示するには相当数の年月日と膨大な経費を必要とするばかりか、その影響度合も、直接的か間接的か——多くの地質学者は比較的長期（例えば10年ぐらゐ）の経過の中で影響するであろうと説い

ている——不明である。温泉法はこの点、どの「程度」の科学的緻密さで因果関係の立証をすれば足りるのかも定かでない。いささかなりとも影響を与えるような事態となれば許可してはならないとの趣旨であれば、新規掘削が既設泉に全く影響しないなど稀有のことであるから、新規掘削はほとんど認められないということになり、不合理である。さすれば温泉法は、既設泉者の私的利益をことさら厚く擁護することになり、社会的公正を欠くことになろう。若しそうでなく、社会通念上、既設温泉権者が甘受しうる（受忍義務の）範囲内であれば新規掘削を許可せよとの趣旨であると解すれば、その「程度」をどこにおくかで既設権者の地位は脅威にさらされることにもなろう。もちろん、法技術的には、民法解釈上の権利濫用の法理が役立つであろうが、温泉法が私法体系の民法系列に属さないものである以上、この法理のストレートな導入は、温泉法の運用を誤まることにもなりかねない。

第4条の解釈で極めて注目すべき、また先例的機能を果たすことになった具体的な温泉訴訟の事例——二日市温泉訴訟（福岡県）——があり、おおいに参考になると考えられるので以下、これについて概述することにする。

(2) 二日市温泉訴訟の概要 二日市温泉において、温泉業者の間に既設温泉から60間（100メートル余）を距てなければ新温泉を掘削しないとの申し合わせがあったにもかかわらず、原告の土地より18メートルしか離れていない地点で（某有力旅館業者の）新規掘削申請を県知事（福岡県）が許可した。そのため、原告は、湧出がとまり温度が低下したのでエアープンプの位置を下げ、かつ動力装置の馬力を上げるなどの影響があったとして県知事の許可処分の取消を求めた。

〔第一審福岡地裁の判決要旨〕 温泉法第4条の解釈について、「温泉のゆう出量、温度若しくは成分に影響を及ぼす場合でも、その程度が公益を害する虞がない限り許可を与うべきものと解すべきである」という見地から、新温泉のために原告温泉の湧出がとまり、原告が約3尺ポンプの位置を掘り下げたこと、また従来より強力な揚湯機械を据え付けねばならなかったことを認めながら、かかる事実をもって「なお、そのゆう出量に公益を害する虞ある程度の変化があるとは認め」られないとして、原告の請求を棄却した（昭29・6・2判）

〔第2審福岡高裁の判決要旨〕 既得温泉権者もまた、他人の地下の源泉そのものについて全面的・排他的・独占的な支配権を有するものではなく、自己の土地所有権の効果として「共に地下水の一種たる温泉を平等に利用する権利を有する」ことを認めたとうえで、新規掘削により他の既得温泉権者に著しい損害を及ぼし、または営業を困難ならしめる等のことがない限り、権利濫用とはならず、掘削禁止を請求することはできないとして第一審を全面的に支持した（昭31・11・8判）。

〔最高裁の判決要旨〕 最高裁もまたこれを支持して、温泉法の趣旨は、「既存の温泉井所有者の既得の利益を直接保護する趣旨から出たものではないことは明らかである」とし、進んで「ゆう出量の減少、温度低下若しくは成分の変化は、いずれも『公益を害する虞がある』場合の例示と解すべきものであり、『公益を害する虞がある』場合とは、ひつきよう、温泉源を保護しその利用の適正化を図るという見地からとくに必要があると認められる場合を指すものと解すべきである。すなわち、同条は、この見地からとくに必要があると認められる場合以外掘削の許可を拒み得ないとの趣旨を定めたものと解すべきである」としたのである（昭33・7・1判）。

(3) 川島教授の批判 この福岡地裁、同高裁並びに最高裁の判旨に対し、温泉研究の権威者、川島武宜東大名誉教授は、民法上の権利濫用の法理（第1条3項）を駆使して次のように鋭く批判する（前掲＝『注釈民法（7）』P.634）。第1に、温泉所有権が地下の温泉一般に関する独占的支配権でないことは当然であるが、そのことから直ちに土地所有者の平等の効果が抽象的に導き出されるわけではない。社会関係を具体的に考察するならば、すでに権利が存在し、そのうえに一定の資本利益ないし生活利益が保証されている場合、すでに具体的に存在している社会利益を後の者はくつがえし得ないと考えるべきであろう。新規掘削の場合の利益調整は、先行する一定の権利

関係の存在を前提にしたうえでの利益調整であるべきである（既得権の承認——後述）。第2に、この利益調整の基準として、結局、新規掘削が既設温泉に与える影響の程度が問題となるが、著しい影響ないし損害という場合の「著しい」とは何を指すのか、具体的基準が明らかでない。旅館営業の困難・支障等の基準も、なおあいまいである。——以上のような同教授のシビアな批判は当を得たものと考えられる。

(4) 厚生省の行政解釈 さて、ここで、温泉行政の所轄官庁たる厚生省の行政解釈なり行政指導を参照してみたい。上述の一連の司法判断（福岡地裁、同高裁、最高裁）は、以下に述べる厚生省の法解釈といみじくも符合し、同様の判断枠組のもとに思料しているようである。すなわち、温泉法制定時の厚生大臣の国会での趣旨説明を受けて出されたとおもわれる厚生省通達（昭23・8・25発厚生次官通達 衛第14号）によると、許可・不許可の基準となる温泉法の趣旨・目的は「温泉の保護（濫削防止、温泉資源保護）」と「利用の適正（公衆衛生、権利者の調整）」にあると説示し、また温泉法第4条に掲げる「温泉のゆう出量、温度若しくは成分に影響を及ぼす」とは例示であり、これらの影響があっても公益を害する虞がなければ許可すべきであると教示している（昭33・5・21発 国立公園部長回答）。

さらに続いて、公益を害する虞のある影響に該当するかどうかの認定基準として、既設温泉が使用に耐ええなくなった場合は「該当」、どうにか使用に耐える場合は「概ね該当」、影響を及ぼされてもさして困難を感じない場合は「概ね該当しない」、軽微量の影響を及ぼした場合は「該当しない」、という抽象的基準を設けている（昭26・2・12発 国立公園部長回答）。この点、温泉法制定時の各都道府県知事あての通知——「温泉法施行に関する件」——の中でも、「本法の目的とするところは、温泉の保護と温泉利用の適正化とによって公共の福祉の増進を図ることにある。従って、温泉の保護に急なるあまり、徒らに既得権者の擁護に墮し、却って本法の趣旨を没却することのないよう留意する」ようにとの行政指導が講ぜられているのも、同様の目的から出ているものとみてよからう。本件司法当局者が当該訴訟で何らかの司法判断を迫られたとき、叙上のように行政解釈と行政目的に準拠しながら、司法解釈を下したであろうことは推察できるところである。同時にまた、この場合の許可基準は、掘削が権利濫用とならないとの民事裁判の基準とも一致しているように思われる。しかしながら、温泉法においては、その行政法規的性格から「公益」の観点を打ち出し、この観点から権利行使が制限されるのに対して、民法上のそれは相対立する「私益」のいずれの利益をどこまで保護するかという観点に立って法的判断がなされるのであり、両者の法解釈の対応の視点は全く異なっていることも理解する必要があるだろう。この点に関して、川島教授は、先にも掲げた著作（『注釈民法(7)』、P.636）の中で、「民法上の判断が、温泉法の解釈によって影響を受けるのは妥当ではないとおもわれる」と警告しておられる。

5 結 び

温泉審議会を中心とした温泉行政とその運営は、根拠法である温泉法にあまりに問題が多いことから社会的不合理を生じ、法律的に不分明で混迷の度を深めていることは、これまで縷述してきたとおりである。この節を結びにあたり、当面する温泉行政の問題点を列挙しておく。

- ①法制上、許可実務取り扱い上の問題点として、現行温泉法を実体法的な性格のものに全面的改正を検討することが望まれる（この点、後章で再び触れる）。その法整備の中で、温泉権の権利の性格や温泉権の保護規制の具体的施策を明確に打ち出すこと。
- ②掘削の許可・不許可の客観的基準を明確にし、濫削防止のための歯止めにする事。
- ③運営面からは、温泉審議会の制度、組織、機能、手続等を再検討し、改善を試みる事。とくに問題の起きている申請に対しては、事前の行政指導を強め、利害関係人の意思が充分に反映するような手続や公聴制度をさらに充実し、権利救済の途を開いておくことが望まれる事。

-
- ④地熱開発などの申請には、できれば行政当局主催の説明会を開き、これには業者、利害関係人、地域住民、それに温泉審議会関係者、関連の行政機関も立ち合うことにすること。
 - ⑤地熱開発の場合、申請前に既設温泉場との競合や環境破壊、公害問題などに慎重に配慮し、地域住民の合意を得てから遂進することが望まれること。
 - ⑥温泉源保護のための集中管理等の事業の実施には、自治体中心の発想でなく、地域社会の実情にそってその温泉地の特殊事情を考慮すること。
 - ⑦温泉の多目的利用については、その温泉地の規模や立地条件、自然環境などを考慮して優先順位を決定し、効率的な利用を図ること。
 - ⑧国民保養温泉地の指定やその整備事業では、その温泉地の自然的環境や社会的歴史的背景を考えて、長期的展望のもとに進め拙速に陥ってはならないこと。
 - ⑨公共温泉の集団的利用と個人温泉の個別利用とが共存している温泉地にあつては、両者の調和を考え調整しながら、両者の共存関係を高める方向で行政を進めてゆく配慮が望まれること。
 - ⑩旧慣温泉権のなお温存しているような鄙（ひな）びた温泉場では、その古典的利用関係を大切にすること。

要するに、今日の温泉行政としては、現状の温泉利用の実態を十分に把握し、その温泉地の将来進むべき方向の中で温泉利用を考慮し、その位置づけや性格づけを明確にしたうえで地域住民の健康福祉の向上に努力することが望まれる。

(以下次号)

国東半島の温鉱泉の化学組成

大分大学教育学部 志賀 史光
 〃 川野 田実夫
 豊岡小学校 江口 芳彦

1. まえがき

国東半島は、両子山 (606 m)、文珠山 (600 m)、千灯岳 (606 m)、および尻付山 (587 m) 等からなる両子山群を中心として半径13~15kmのほぼ円型に広がる火山半島である。この半島は、付け根の部分で西北から東南に延びる田原山山地によって九州本島と分かれている。この田原山山地はホルストで、両子火山群との間に断層谷を形成している。

温泉は国東半島の中央部よりやや北に位置する赤根谷に溪泉、そこから西に、尻付温泉、真玉温泉 (西真玉) が並んでいる。この地域は旧期の酸性熱水による変質帯が広範囲に分布している。¹⁾ この3孔の温泉はいずれもボーリング井で地元民に利用されている。また豊後高田市入津に近時ボーリングされたと思われる温泉が湧出しているが、これは現在のところ未利用のままである。今回筆者等が調査を行った鉱泉のうち、温度を持った鉱泉、つまり温泉は以上述べた4孔だけであった。

鉱泉は、田原山山地と両子山群との間の地溝を流れる桂川に沿っていくつか湧出しているが、これ等はいずれも二酸化炭素を伴っている。また田原山山地九州本島側の地溝を流れる立石川の河床にも二酸化炭素を伴った鉱泉が湧出している。

国東半島北部の周防灘に浮かぶ姫島も火山島で、この島の東部両瀬に、拍子水と称される鉱泉が湧出している。

筆者等は今回、以上述べた地域の温鉱泉について化学成分の測定を行ったので結果を報告する。

2. 調査温鉱泉

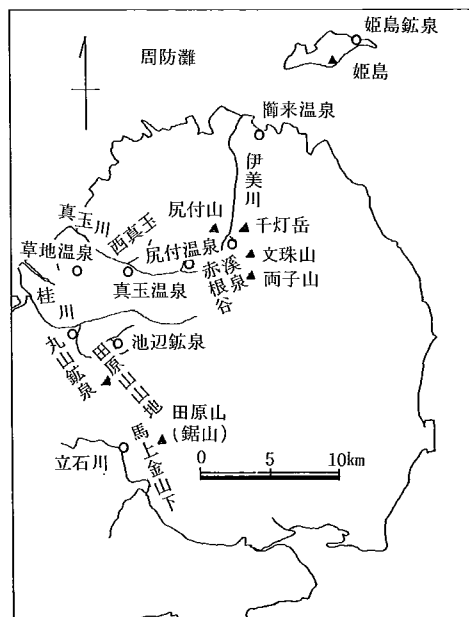
図1 温鉱泉採水点略図

採水調査を行った温鉱泉を図1に示した。図1中の泉名は大部分地元民や所有者の呼称であるが、以下に示す3つの泉名は筆者等が便宜上付けた「呼名」である。
 「草地温泉」：豊後高田市入津、草地小学校裏手のボーリング井。

「丸山鉱泉」：豊後高田市丸山地先、桂川左岸の河床に自然湧出する鉱泉。

「馬上金山下鉱泉」：速見郡山香町を流れる立石川にかかる金山橋(国道10号線)下流約300mの左岸の河床から湧出する鉱泉。

また温泉、鉱泉の区別は泉温の測定結果から、30℃を越えるものを温泉、30℃以下のものを鉱泉とした。ただし「櫛来温泉」は泉温が30℃以下であったが、所有者(大沢氏、民宿シーサイド大沢)の呼称をそのまま用いた。



3. 調査結果

分析結果を表1に示す。

表1 調査温鉱泉分析結果 単位mg/ℓ

泉名	泉温	pH	ΣCO ₂	Na	k	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	比色SiO ₂	採水期と備考
姫島鉱泉	26.7	6.15	3280	114	12.0	299	248	175	187	1860	105	1981.7.29 (拍子水)
榊来温泉	21.2	7.01	390	8200	370	300	1440	16100	1660	378	33.8	11.28
溪泉	33.8	7.41	88.0	460	1.4	313	5.2	17.4	720	75.6	47.0	11.28
真玉温泉	41.0	6.66	836	342	30.0	48.4	32.4	224	52.0	833	157	11.28
尻付温泉	37.1	7.24	560	257	23.6	46.9	28.6	121	43.0	725	107	8.7
草地温泉	31.9	6.71	440	244	39.0	54.6	41.7	380	1.2	493	127	11.28
丸山鉱泉	12.0	6.03	1910	155	16.0	103	83.5	135	4.5	981	117	11.28
池辺鉱泉	10.9	5.99	1038	41.0	8.5	49.6	36.2	24.8	2.6	411	62	11.28
馬上金山下鉱泉	13.3	5.83	387	33.0	5.4	99.5	12.0	17.0	256	59.1	56.3	11.28.立石川河床湧出

主要化学成分組成

国東半島および姫島の温鉱泉の化学成分濃度は各温鉱泉ごとに、まちまちの値である。その中で榊来温泉はCl 16.1g/ℓで塩分組成は、図2に示すように海水そのものに近い。

榊来温泉以外の温鉱泉のCl量は溪泉、池辺鉱泉および馬上金山下鉱泉がそれぞれ30mg/ℓ以下で低いが、他は草地温泉の380mg/ℓまで分布している。このように成分濃度にひらきがある温鉱泉について、その化学組成を比較するために、主要カチオンと主要アニオンの当量比三角ダイヤグラムを図3に示す。

図2 榊来温泉主要成分のClに対する重量比

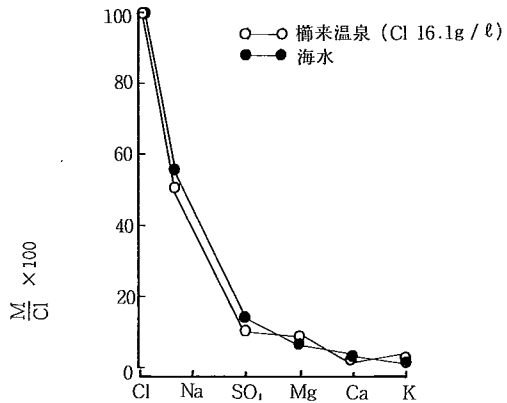
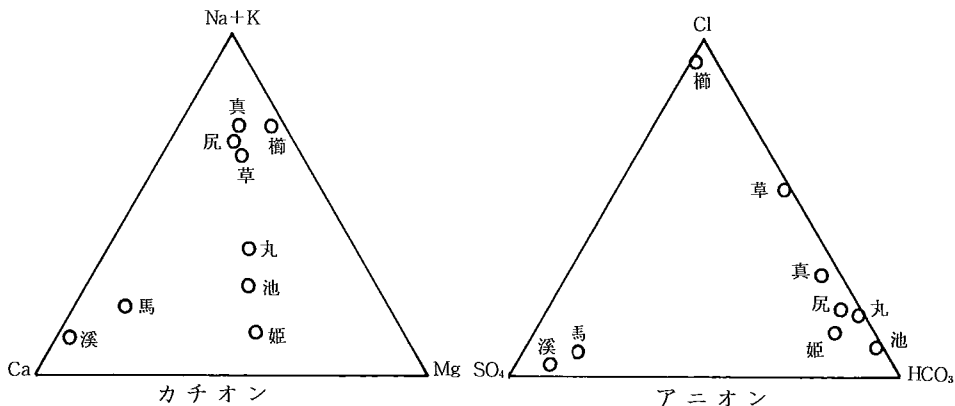


図3 主要カチオンと主要アニオンの当量比三角ダイヤグラム(図中の漢字は泉名の頭文字である)



カチオンについてみるとアルカリ金属が卓越するものは尻付温泉、真玉温泉および草地温泉である。この3つの温泉はいずれも二酸化炭素を伴う炭酸泉である。

アルカリ土類金属元素の比率の高い残りの温鉱泉のうち、溪泉と馬上金山下鉱泉は著しくCa側にプロットされている。この2つの温鉱泉と楠来温泉を除いた残りの炭酸泉のMgとCaの当量の大小関係は $Mg \geq Ca$ である。これ等の炭酸泉についてMg/Caを計算すると、その値は1.0~1.4になり、大分郡挾間町や野津原町の炭酸泉の値²⁾に近い。

主要アニオンのキイダイグラムをみると馬上金山下鉱泉と溪泉は SO_4 が卓越していることがわかる。他の炭酸泉は HCO_3 -Clの辺に沿って分布しており、 SO_4 濃度の比率が低いことを示している。特に草地温泉、丸山鉱泉、池辺鉱泉は SO_4 濃度もそれぞれ $1.2mg/l$ 、 $4.5mg/l$ 、 $2.6mg/l$ で検出限界に近い値である。これ等3つの炭酸泉にみられる²⁾ SO_4 低濃度の傾向は挾間町や野津原町の炭酸泉にもみられる。

図2のダイアグラムからカチオンとアニオンのそれぞれの成分の中で卓越する成分同しを組合せた化学組成分別に各温鉱泉を分類すると以下ようになる。

- (1) [Na+K] [Cl] : 草地温泉、楠来温泉
- (2) [Na+K] [HCO_3] : 真玉温泉、尻付温泉
- (3) [Ca+Mg] [HCO_3] : 丸山鉱泉、池辺鉱泉、姫島鉱泉
- (4) [Ca] [SO_4] : 溪泉、馬上金山下鉱泉

溪泉のCa、 SO_4 について

溪泉は両子火山群に馬蹄形に囲まれて国東半島の北側に開いた赤根谷の温泉である。先に述べたように、この温泉水の化学成分はカチオンではCaが当量百分率で86%に達し、アニオンでは SO_4 が87%を示す典型的なセッコウ泉である。それぞれの濃度はCa $313mg/l$ 、 SO_4 $720mg/l$ で、それぞれがイオン状態で溶解しているとすれば、そのイオン積は 5.9×10^{-5} となる。25°Cにおける $CaSO_4$ の溶解度積は化学便覧³⁾によると 1.2×10^{-6} とも 2.27×10^{-5} とも記されているが、いずれにしても、この温泉水のイオン積は溶解度積を上回っている。

そこで、この温泉について $CaSO_4$ (セッコウ)の溶出機構について考察を行う。

一般に温泉水中のセッコウの由来は次の2つの場合が想定される。

(i) 火山ガス中のイオウ化合物の酸化によって、水中に H_2SO_4 が生成され、それとケイ酸塩の化学反応により、 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} が溶出した場合。

(ii) 地層中に $CaSO_4$ が存在し、それと温泉水とが接触しセッコウが溶出した場合。

溪泉の湧出する上流には赤根鉱山(廃坑)があり、その坑内水は SO_4 濃度が高く、硫酸酸性を呈している。今仮りに溪泉がこの坑内水に近い性質の水によって涵養されているとすれば(i)に示した機構によって温泉水中にセッコウが溶出される。この場合は当然Caと同時にNaやMg等の他の陽イオンと SiO_2 が溶出されるはずである。ところがこの温泉のNaは $46.0mg/l$ 、Mgは $5.2mg/l$ 、さらに比色 SiO_2 は $47mg/l$ と比較的低い。したがって(i)の機構は考えにくい。

筆者等は $CaSO_4$ の当量百分率が86%を越すことと、この赤根谷の付近が旧期の酸性熱水による変質帯に属し、白土や緑泥岩が見られること等により、この温泉水の通路に沈澱岩としてか、2次の生成物としてかのセッコウが存在し、それが温泉水に溶出されているものと推察する。

炭酸物質について

表2に調査炭酸泉の炭酸物質の濃度を示す。 ΣCO_2 (全炭酸)は姫島鉱泉が $74.5 mmol/l$ を記録し、今回調査した温鉱泉の最高値を示した。この値は筆者等が測定した大分県下の炭酸泉⁴⁾の中でも、海老毛温泉($77.7 mmol/l$)、下矢野原(野津原町) $76.5 mmol/l$ につぐ3番目に高い値である。田原山

山地の国東半島側の地溝に湧出する丸山、池辺の各鉱泉も20mmol/ℓを越しており比較的高い値である。HCO₃はCO₂を含む水と岩石、土壌との作用によって生じる成分である。したがってΣCO₂の高い温鉱泉は、一般的にHCO₃も高くなる。このような温鉱泉ではCO₂の供給がそれぞれの温鉱泉の溶解成分を増加させると言える。その中にあって馬上金山下鉱泉はΣCO₂に対してHCO₃のモル比は11%でCO₂による溶解作用が少ないことを示している。これは、この温泉の場合、CO₂の供給が極めて浅い所でなされるのか、あるいは、この鉱泉と接する地質がCO₂に対して、化学的抵抗性が大であるかのどちらかである。

表2 炭酸物質濃度

泉名	泉温	炭酸物質mol/ℓ			CO ₂ 分圧%
		ΣCO ₂	HCO ₃	CO ₂	
姫島鉱泉	26.7	74.5	30.5	44.0	136
真玉温泉	41.0	19.0	13.7	5.3	23.6
尻付温泉	37.1	12.7	11.9	0.8	3.2
草地温泉	31.9	10.0	8.1	1.9	6.0
丸山鉱泉	12.0	43.4	16.1	27.3	54.6
池辺鉱泉	10.9	23.6	6.7	16.9	32.9
馬上金山下鉱泉	13.3	8.8	1.0	7.8	16.3
4) 丸善(長湯)	40.0	49.3	34.7	14.6	62.1
4) 黒川(挾間)	17.5	30.8	5.6	25.2	59.3
4) 塚野(野津原)	18.5	53.0	32.3	20.7	49.9

CO₂はΣCO₂とHCO₃の差で遊離の二酸化炭素である。姫島鉱泉はCO₂の泡を伴って湧出する泡沸泉で、CO₂分圧が、一回の測定結果であるが136%を記録した。CO₂分圧は真玉、尻付および草地の各温泉の方が他の鉱泉に比べて低い。CO₂分圧が湧出孔に到るまでの過程におけるCO₂逸散のパラメーターになるとすれば、泉温の高い温泉水の方が鉱泉よりもCO₂の水相からの離脱が大であるといえる。

4. おわりに

以上、国東半島域の温鉱泉について定性的に述べた。今回調査地域を回っただけでも温泉開発が進められようとする地点がいくつか見られた。これ等の開発が正しくなされるためにも、今後地球科学的な調査研究がこの地域でなされることを望む。

<参考文献>

- 1) 森山善三, 桃井斉, 横溝宏佳, 日高稔: 地形分類図, 土地分類基本調査「鶴川・姫島」大分県 1975
- 2) 志賀史光, 川野田実夫: 大分県温泉調査研究会報告, 21, 1970
- 3) 化学便覧, 基礎編II, 丸善(東京) 1975
- 4) 川野田実夫, 志賀史光: 大分県温泉調査研究会報告, 28, 1977

直入町における現地調査並びに講演会

◎直入町における現地講演会

昭和56年11月26日、直入町高齢者コミュニティセンター会議室にて、矢野、山下、伊藤3氏による、温泉についての講演会を開催。町民及び湯治客約 150名が出席、活発な質疑応答があり盛会であった。

〈演題〉

- 人体への温泉の効用

九州大学名誉教授 矢野良一

- 長湯温泉について

元京大地球物理学研究所 山下幸三郎

- 長湯温泉湯治患者の管理について

直入町伊藤医院院長 伊藤孝



講演する九州大学名誉教授 矢野良一先生

◎直入町高齢者コミュニティセンター

泉源 直入町大字長湯宇山田

掘削 昭和56年1月30日

口径 50mm 深度 200m

温度 50℃ 揚湯量 160ℓ/m

利用人員 年間約 3,900人



◎長湯温泉

長湯温泉は、九重山群の東のふもとと海拔約 500m の高原を流れる芹川に沿って大小の温泉が立ち並ぶのどかな湯治場で御前湯、天満湯、長生湯の町営共同浴場と、直入町高齢者コミュニティセンター、町営国民宿舎「直入荘」がある。

泉質は、鉄分を含む炭酸水素塩泉で、飲用すれば胃腸病、慢性便秘によく、浴用は心臓病、高血圧、リウマチ、更年期障害などに効果があるという。



長湯温泉旅館街