

奥道後温泉の泉源開発とその化学的 地質学的研究

愛媛大学理学部 高津 寿雄*・宮久 三千年

(昭和46年4月20日受理)

Prospecting and Chemical-Geological Studies on Okudogo Hot Springs

Toshio KOZU and Michitoshi MIYAHISA

Department of Chemistry and Geology, Faculty of Science, Ehime University

Okudogo Spa is situated about 6.5km ENE of the central part of Matsuyama City, Ehime Prefecture. The rocks of this district are geologically composed of granites, such as biotite granite (Yuyama-type) and granodiorite (Matsuyama-type).

Boring was attempted in 1960-1966 to get more thermal water and was successful. After precise investigation it was found that the waters of these wells were 8.5-9.0 in pH and 32.2-40.4°C in temperature. By chemical research, present authors found that these waters are classified to an alkaline simple type which contained fluorine, hydrogen sulphide and radon respectively.

1. 緒 言

いわゆる非火山性温泉は、湧出量、泉温ともに火山性のそれにくらべて劣るものが多く、その開発の成功例は多くないと思われる。ごく小規模な冷泉から、湧出量 2t/min に近い優勢な温泉地へと発展した奥道後はそのようなものの1つであり、筆者らはその開発のはじめから完成にいたるまで、主として化学的および地質学的に検討を加えて来たので、その結果をここに報告して非火山性温泉の成因解明への一資料としたい。

尚本報告を集録中にも順次源泉開発を計画中であるがこれは後日紹介することにする。

2. 地域の概要と既往の調査研究ならびに開発

奥道後温泉源のある地区は開発当時は愛媛県温泉郡湯山村といわれ後に松山市に合併して松山市湯山町となり、特に奥道後温泉源の集まっている地区は現在松山市末(スエ)町と改称されている。ちなみに、著名な道後温泉は同じく松山市(もと道後湯之町)にあってこことは約4.5kmをへだてている。この末町を貫流している石手川流域には明治時代以前から花崗岩の岩盤の亀裂、細隙から冷鉱泉が僅かに自噴したり、あるいは浸透している箇所が発見されていて、そのうち所によってはその鉱泉水を貯えて加温し、利用していたのであろう湯山七湯などと呼ばれていた記録があるが詳細は不明である。筆者等が調査研究に着手した頃では湯山七湯の位置も遺跡も明確に探査することさえ出来なかった。

* 泉製紙株式会社

この地区について自然科学的に調査されたのは大正2年および同5年当時の農商務省技師河野密氏¹⁾と大築洋之助氏²⁾の地質調査が始めてであり、さらに昭和14年以降になって日本温泉協会学術委員小林儀一郎博士³⁾および同18年東京帝国大学教授加藤武夫博士⁴⁾等諸賢の再三の調査報告があり、温泉源開発に極めて重要な意見も述べられている。その後広島大学教授豊田英義氏や通産省地質調査所技官中村久由氏等の報告もあるが内容については大同小異であるので、ここでは加藤武夫教授の調査を引用して既往の調査研究の代表としたい。

「松山市湯山町字末は現在松山市末町と改名されているが、この地区を貫流する石手川流域の地盤は閃雲花崗岩岩盤よりなり末町を流れるに至っては峡谷をなし、湧ヶ淵と呼ばれる景勝の地となっている。この峡谷は一つの断層峡谷であり、断層は東北より西南に走りこの主断層に伴なって平行な多くの割目群が発達しており、石手川はこの断層砕裂帯を浸蝕、彫刻して流れている。この付近に露出する岩盤中の断層砕裂帯と南北に走る殆んどこれに垂直な割目群より成る砕裂帯とが交叉する所では、南北方向の割目から微温の鉱泉が少量ながら自噴している地点があり、また石手川の兩岸に近い水面にもガス泡の見える所もある。これらの自噴鉱泉は多少の硫化水素臭をもちいづれも炭酸ガスを伴っていることが定性的に確認されている。従ってこの地区付近で温泉源を求めべくボーリングを行う場合は先づ岩盤の細隙からの自噴水または浸透水を採取して化学試験を行うと同時に岩盤の砕裂帯の方向を調査研究して試錐地点を撰定すべきである。従ってボーリングは垂直または条件によって斜掘も考えられる」。以上の調査報告について加藤教授は次の如き意見を記述しておられる。すなわち「この地区のボーリングは深度300m程度掘進すれば鉱泉の自噴が見られるであろう。然し泉温の上昇は極めて微々たるもので、300mぐらいでは入浴に適する温度には達しないであろう。ただしこの鉱泉は岩盤源の温泉が地下水と混合して上昇して来るものであるから十分に深くボーリングすれば泉温は徐々に上昇するであろう。またこの地区の鉱泉源は如何に深く掘進するも、あるいは如何に多量の鉱泉の自噴を得ても、古来有名な道後温泉源に全く無関係であろう。それは温泉の通る割目群が殆んどこれに平行で全く別系統のものであるからである」。

これらの調査報告を参考にして昭和17年ボーリングによって湯の元温泉源が開発され、同26年湧ヶ淵鉱泉源、続いて同27年末鉱泉源が竣工を見たのである。これらの鉱泉源については詳細な記録がないが起工関係者の談話と僅かの工事日誌の一部および筆者等の調査と研究結果から抄録すると次の如くである⁵⁾。

(1) 湯の元温泉源

湯の元温泉は湯の山温泉とも呼ばれ現在は松山市末町にある。松山市道後湯の町にある古来の道後温泉場より東北東約4km、上述の末町湧ヶ淵溪谷より石手川の下流500m西方で石手川岸より北方約100mの小さい谷間にある。この地区の地盤は黒雲母花崗岩岩盤で北東より南西に向って走る断層砕裂帯と西方を流れる萱谷川の南北に向う小断層砕裂帯と交叉する地点で付近の小溝河床の岩盤の細隙からガスを伴って鉱泉が自噴するのを発見し、溝の南側約2mの所に垂直ボーリングを行ない、掘進197mで温泉源の竣工を見た。当時の記録によると孔底温度38°C、自噴泉温32°C、自噴量78l/分であったという。昭和28年11月筆者等が調査し化学分析を行った結果は表示の如くであった。すなわち大きい変化はないが約10年を経て自噴量が1分間33l程度減少したことになる。しかし湯の元温泉と称して現在も加温の上利用している。

(2) 湧ヶ淵鉱泉源

既述の松山市末町にある湧ヶ淵渓谷の右岸の黒雲母花崗岩盤の露頭には所々鉱泉の浸透が見られていた。昭和25年の頭初そのうちの断崖2箇所之母岩盤亀裂より合計1分間0.78*l*程度の鉱泉が自噴しているのを知ったが、これが石手川に面する断崖で水面より約75cmおよび156cmの上部にあることから、水面より14mの高所から母岩盤に直接垂直ボーリングを行った。この地点は湯の元温泉源より東北東約800mの距離にある。工事担当者の簡単な記録によれば掘進深度55mで鉱泉の自噴が認められ当時の泉温も27°Cであった。さらに掘進し約170mの深度に達したとき泉温31°C自噴量約797*l*/分、深度188mに到って自噴量約820*l*/分を示したが泉温30°C以下を示す状況を見たので工事を中止し一応竣工としたがこの工事に約11ヶ月要したという。昭和28年1月筆者等が初めて調査および化学試験を行った結果は表示の如く泉温は29.5°C、自噴量も470*l*/分程度にまで減少していた。その後は鉱泉をそのまま石手川に放流し利用することなく現在に至っている。

(3) 末温泉源

末温泉源は開発当時は松山市大字湯山の内末字正沢を流れる石手川の右岸に発見された。その位置は上述湯の元温泉源より南西方約550m隔った地点で石手川はV字状の峽谷を出てやや河床堆積物をみる地形をなし、川岸より河床に続く花崗岩の露岩も比較的平坦である。昭和27年11月この地点付近で僅かに鉱泉を自噴する母岩盤の亀裂を発見し、その小亀裂の中央から垂直にボーリングを行った。掘進深度212mで自噴量250*l*/分、泉温33.1°Cで道後温泉の泉質に酷似し弗素の含有量も多い方であった。竣工後暫時そのまま放流していたが、昭和32年7月より東洋レーヨン株式会社の健康保険組合愛媛事務所がこれを浴用に利用するようになった。筆者等は昭和34年1月再び調査し化学試験研究した結果は表示の如く、その含有成分については殆んど変化なく自噴量も略々一定していた。ただ泉温だけが当時では32.3°Cであった。

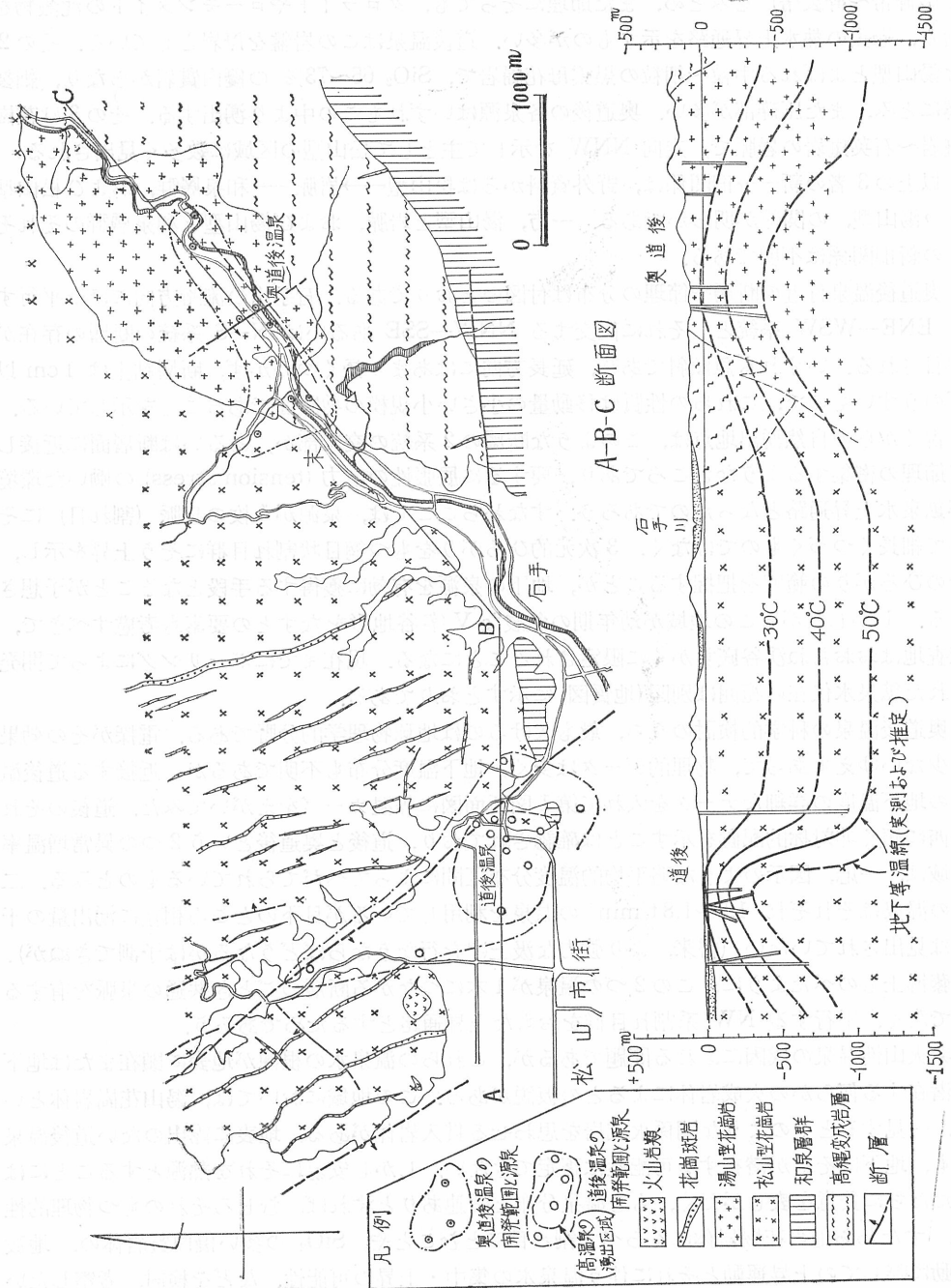
以上3箇所の源泉は同質の母岩盤上からボーリングを行ない掘進深度も夫々200m前後であって特に注目されることは湯の元、湧ヶ淵の両源泉は竣工直後と約5年経過後とでは自噴量が減少し、泉温も僅かながら低下の状態にある。ただし泉質に就いてはいづれも弗素を含むアルカリ性単純泉として経年の変化はほとんど認められない。

以上が既往の調査の概要と、奥道後温泉地区の出現以前の鉱泉開発の経過である。既述の加藤博士は道後温泉の近代的開発にも貢献するところが大きかったが、その所見と予想は適確で、地質構造の大綱は今日も殆ど変るところがないことを特記したい。

3. 奥道後付近の地質⁶⁾

松山市街地にそそぐ石手川の流域の山地は、古いものから順に①高麗変成岩層（おそらく古生代）、②領家花崗岩類（おそらく中生代初期～後期にわたる）とそれに伴う岩脈類、③和泉砂岩層群（上部白亜紀）、④火山岩の小岩体群（新第三紀）および⑤第四紀層などであり、温泉源はこのうち主として②の花崗岩類から湧出している。なお、四国西部においては、上記のいずれをも母岩として大小多くの温泉冷泉が存在している。

花崗岩類はつぎの3つの岩体群にわけられる。その1は松山型とよばれる粗粒塊状の角閃石黒雲母花崗閃緑岩で、SiO₂ 63～65%の範囲にあり、新鮮な露出においては節理の間隔がやや



第1図 松山市道後—奥道後地区地質平面および断面図

広く数 10 cm を示し堅硬な岩盤をなす。しばしば粘土をともなう剪断面やその集合（いわゆる破碎帯～碎裂帯）をみとめ、また節理にそっても、クロライトやローモンタイトの沈澱物を含み、過去の熱水上昇通路を示すものが多い。道後温泉はこの岩盤を母岩としている。その2は湯山型とよばれる中粒～細粒の黒雲母花崗岩で、 SiO_2 65～73% の優白質岩からなり、細裂罅にとみ、また圧碎部が多い。奥道後の各泉源はいずれもこの中より湧出する。その3は花崗斑岩～石英斑岩の岩脈で、走向 NNW を示して主として松山型の区域に数多く見出される。

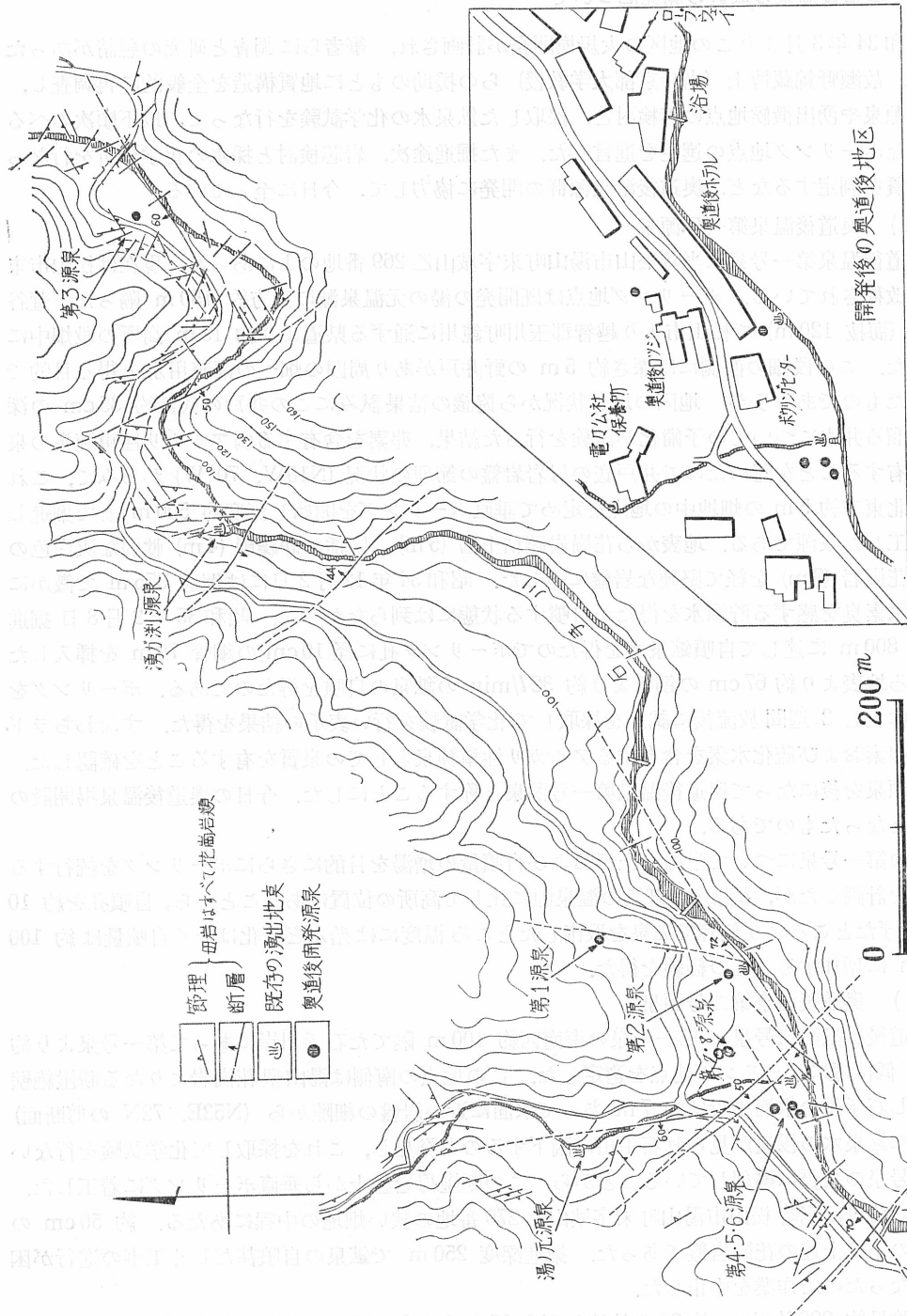
以上の3者の新→旧関係は、野外資料からは松山型→岩脈→和泉層群、および松山型→湯山型、の関係が明らかである。一方、湯山型と岩脈、および湯山型と和泉層群のそれぞれの新旧関係は不明である。

奥道後温泉付近の断層や節理の分布は付図のとおりである。石手川の流路方向にはほぼ平行する ENE—WSW 系統と、それに直交する NNW—SSE あるいは N—S 系統の断層の存在が注目される。いずれも急傾斜であり、延長方向にはあまり長くつづかず、断層粘土は 1 cm 以下のうすいもので、これらの性質は移動量の小さい小規模の剪断面であることを示している。

古くからの自然湧出地点は、このような断層の2系統の交叉部か、あるいは断層面に近接して節理の密集するようなところであり、要するに展張性の応力 (tension stress) の働いた環境が鉱泉水上昇通路となったのであろう。すなわちここでは、泉源が1枚の泉脈（割れ目）にそって細長くつづくものではなく、3次元のひろがりをもつ網目状割れ目群にそう上昇を示し、そのひろがりの範囲を把握することが、地下の泉源を有効に獲得する手段となることが予想される。しかしながらこの地域が幼年期の急峻な V 字谷地形をなすとの要素も考慮すべきで、探査地はおおむね渓谷底ちかくに限定されることになる。現在までにボーリングによって開発された鉱泉水伏在の範囲は別図(地質図)に示すとおりである。

奥道後温泉の科学的検討のうち、最も欠けるのは地球物理学的分野である。電探がその効果の少ないゆえもあって、物理的データは少く、地下温度分布も不明であるが、近接する道後温泉の地下温度の詳細なデータを入れて第1図断面図に等温カーブをえがいてみた。道後のそれが西に傾く非対称的配置を示すことは確認されており、道後と奥道後という2つの異常増温率区域は、一応、図示のような略平均的温度分布区間によってへだてられているものとみる。二つの温泉はそれぞれ 1.5～1.8 t/min の温泉を利用しているが目下のところ相互に湧出量の干渉は見出されていない（将来、より強力な汲上げを行なうならばどうなるかは予測できぬが）。加藤博士のべたように、この2つの温泉が1本につながる断層のごとき共通の泉脈を有するのでなく、平行する NW 系割れ目群をおもな上昇通路とするためであろう。

非火山性温泉の成因にふれる問題であるが、これらの温泉水の根源が地表に頭在または地下に潜在する何らかの火成岩体によるとの仮説がある。この地域においては、湯山花崗岩体という、一見するとそのような関係火成岩を思わせる貫入岩体がある。地表に露出のない道後温泉でも、地下にそれが潜在する可能性は否定できない。しかし安易にそれを熱源とすることには今ただちに賛意を表しがたく、もし温泉分布と関連ありとすれば、むしろそのもつ物理的性質、すなわち他の花崗岩体にくらべて割れ目にとむことや、 SiO_2 の多い優白質岩体の、地殻変動に際しての上昇運動とそれに伴う温泉水の集中・上昇の可能性、などを検討、考察したいと思う。



第2図 奥道後温泉地形地質図

4. 奥道後温泉の最近の開発について

昭和34年3月よりこの地区の大規模開発が計画され、筆者らに調査と研究の懇請があったので、故瀬野錦蔵博士（当時京都大学教授）らの援助のもとに地質構造を全般的に再調査し、また源泉や湧出徴候地点の再検討と、採取した鉱泉水の化学試験を行なって、以下順次のべるようなボーリング地点の選定を進言した。また掘進途次、岩芯検討と採水の化学分析を行なって泉質を判定するなど、奥道後温泉源群の開発に協力して、今日に至っている。

(1) 奥道後温泉第一号源泉

奥道後温泉第一号泉は当時松山市湯山町末字城山乙269番地の1にあった。現在は松山市末町と改称されている。ボーリング地点は既開発の湯の元温泉源の東方約150m隔った下萱谷の麓（海拔120m）で松山市より越智郡玉川町鈍川に通ずる県道より約13m高所の段畑中に掘ったのであろうが、地区の地勢状況から協議の結果試みにこの井戸の底部約35cmの深さに溜る井水についての予備化学試験を行った結果、弗素を含有する弱アルカリ性単純泉の泉質を有することを認めたので井戸底の母岩岩盤の節理の状況（N10W, 70°W）からみて、これより北東方約5mの畑地中の地点を定めて垂直ボーリングを開始し深度約500mまで掘進して竣工した泉源である。地表から花崗岩礫粘土層（5m）、同種の砂礫層（4m）軟弱な灰白色の風化花崗岩（9m）を経て堅硬な岩盤に達した。昭和34年12月2日には掘進375mで微かに硫化水素臭を感じずる貯溜水を得たが自噴する状態には到らなかった。昭和35年2月8日掘進深度800mに達して自噴鉱泉水を得たのでボーリング孔に径10cmの鋼管70mを挿入したところ地表より約67cmの鋼管より約32l/minの鉱泉の自噴を得たのである。ボーリングを一時休止し2週間放流後に試水を採取して化学試験を行い表示の結果を得た。すなわちラドン、弗素および硫化水素を含有するアルカリ性単純泉としての泉質を有することを確認した。この源泉を後になって奥道後温泉第一号源泉と称することにした。今日の奥道後温泉場開設の端緒となったものである。

この第一号泉について泉温の上昇および自噴量の増湯を目的にさらにボーリングを続行することを計画したが、本源泉が既設の温泉源に比して高所の位置にあることから、自噴孔を約10m下げたところより側管で鉱泉を取出したところ温度には殆んど変化はなく自噴量は約100l/minに増加することの経験を得た。

(2) 奥道後温泉第二号源泉

奥道後温泉第二号泉は第一号泉の南南西約100m隔てた石手川岸にあって第一号泉より約35m低位置にボーリング地点を選定した。この地点の南側は湯山型花崗岩よりなる断崖絶壁をなし石手川の水面までは約7mあって水面に近い岩盤の細隙から（N53E, 72Nの剪断面）僅かに鉱泉水の浸透が見られ石手川に滴下するのを発見し、これを採取して化学試験を行ない第一号泉の泉質に酷似していることから、この断崖母岩盤上から垂直ボーリングに着工した。地点の位置は当時松山市湯山町末字城山乙270番地の狭い畑地の中程にあたる。約50cmの表土の下は上述の花崗岩盤であった。掘進深度250mで鉱泉の自噴甚だしく工事の進行が困難となったので作業を中止した。

自噴量約296l/min、約30日放流し昭和35年6月2日試水を採取し化学試験を行ない表示の如き結果を得た。第一号泉の泉質に比較すればラドン、弗素および硫化水素の含有量も多く

アルカリ性単純泉であることを確認した。この源泉を奥道後温泉第二号源泉とし現在利用している。

(3) 奥道後温泉第三号源泉

奥道後温泉第三号泉は当時松山市宿野野字向河原甲 289 番地の 1 の狭い畑地の中にある。ボーリング地点の位置は既述の湧ヶ淵鉱泉源の東北東約 270 m、石手川に架かる宿野野橋畔西側より 30 m 南方で石手川岸より 9 m 西にある。この地点の下方石手川左岸に露出する花崗母岩岩盤のなかには、N60E、76N の断層があってこれに方解石の細脈を伴うので、おそらく古い鉱泉水の上昇通路であろうと推定し、ボーリング地点を選定した。現在の奥道後温泉の源泉としては最東端にあっている。昭和 35 年 5 月ボーリングに着工し、河床堆積物 4 m で母岩盤に達し 370 m まで掘進する間はコアを観察するに、第一号泉および第二号泉と同様であったが以下 400 m の深度に到るまでに数カ所乳白色堅硬の珪質岩（フェルサイト）に遭遇しその約 2~4 m を抜くのにながわめて困難であった。第三回目のこの種の層に達したときボーリングを中止した。昭和 35 年 10 月 8 日ボーリング孔の鋼管ケースより流出する鉱泉を採取し化学試験を行った。当時の温泉 21.1°C、自噴量僅かに 12 l/min で他の鉱泉源に比して望少く考えられたがラドン含有量が特に多く再三の測定による平均値が 31.61 マツヘを示すのでその利用法を考慮中である。なお一応ポンプ汲上試験等を試みたが成功しなかった。現在では孔口のケーシング鋼管には密栓をして保護し利用はしていない。しかしこれを奥道後温泉第三号源泉としている。

(4) 奥道後温泉第四号源泉

奥道後温泉第四号泉は当時松山市湯山町末字湯の本甲 268 番地に開発された源泉で、第二号源泉の西南西方 100 m、石手川右岸に近い地点を選定してボーリングを行なったものである。露頭花崗母岩盤に直接垂直ボーリングを行ない、深度 310 m 付近から自噴温泉が得られ、深度約 360 m に達する頃には泉温 34.6°C、自噴量 267 l/min を得たので工事を竣工とした。温泉は石手川に放流していたが約 2 ヶ月後試水を採取し化学分析を行った結果は表示の如く弗素、硫化水素およびラドンを含有するアルカリ性単純泉であることを確認した。当時この源泉付近では硫化水素臭が感ぜられ、近郊の人々は湯の香があると称して重宝がっていた。これを奥道後温泉第四号源泉とした。

(5) 奥道後温泉第五号源泉

奥道後温泉第五号泉は第四号泉と同地番中において接近し北方約 10 m を離れた高所にボーリング地点を選定した。これは石手川の河川敷に近い第四号泉は増水期に泉源が水没するおそれがあるためであった。位置が段々畑の一端にあってほぼ 1 m の粘土と土砂層を経て母岩盤に達し以後同様に掘進し深度 460 m で竣工とした源泉である。孔底温度 40.2°C、泉温 38°C、自噴量 260 l/min、試水の化学分析結果は表示の如く弗素、硫化水素およびラドンを含むアルカリ性単純泉としての泉質をもち、奥道後温泉の源泉では最優秀であった。この奥道後温泉第五号源泉の竣工後既に松山市末町地区に奥道後温泉場を建設するべく土木工事を進行し始め、石手川の流域の所々は地ならしが行われまた道路の曲り角などは削り取って道幅を広くし建築地を整備することなどの大工事が進められていた。

(6) 奥道後温泉第六号源泉

奥道後温泉第六号泉は第四、第五の両源泉と同地区同地番中においてその位置を第五号泉よ

り約 7 m 西北西の地点に選定しボーリングは方向 S80°W, 傾斜角下向 80° の傾斜掘進したものである。その理由はこの地点が NS, NE, NNW などの各系統の割れ目の交錯することから、既に竣工した源泉のほかになお温泉の湧出孔を得る可能性のあることおよび既設孔の影響を見ることが出来ることを考慮して工事を進化したものである。基盤をなす花崗岩盤も岩質一様で、コアの外観もボーリングの深度によって変化が見られず淡青緑色の湯山型花崗岩であった。掘進深度約 507 m に達して孔底温度 43°C, 泉温 39.9°C, 自噴量約 279 l/min を得たので工事を竣工とした。鉱泉は暫時放流していたが約 3 週間後化学試験を行った結果は表示の如く従来の源泉の泉質に酷似し優秀なる温泉源であることを確認した。竣工後簡単な源泉の装備を行なった後これを奥道後温泉第六号源泉とした。此頃には奥道後温泉場の建設も進行し既設源泉も送湯管を設置し付近一帯は地ならし工事が進捗して既設源泉の温泉水採取の状況は急変してきた。

(7) 奥道後温泉第七号源泉

奥道後温泉第七号泉は次に記述する第八号泉と共に第六号泉より東北東方約 86 m, 第二号泉の北西方約 46 m を隔てた畑地の中間にボーリング地点を選定し第七号泉は垂直に、第八号泉は斜掘することにした。地点はいつも六号泉と同地区中で地番が判明しなかったが沖積層約 1.5 m で母岩盤に達し深度 412 m で竣工とした。孔底温度 43.2°C, 泉温も当初は 40.4°C を示し自噴量 201 l/min であった。竣工 2 ヶ月後第八号泉と同時に化学試験を行ない表示の結果を得た。

(8) 奥道後温泉第八号源泉

奥道後温泉第八号泉のボーリング地点は第七号泉と同所で下向 80°, 南 55° 西の方向に傾斜掘進を行ない深度 392 m で自噴量 220 l/min を得た。工事担当者の手記によれば深度 380 m のとき孔底温度 38.2°C, 泉温 36.1°C を示し以下ボーリングを進行するも泉温の上昇も、自噴量の増加も見られなかったのでボーリングを中止し奥道後温泉第八号源泉を竣工とした。

以上第四号源泉より第八号源泉に至る 5 箇所源泉は互いに位置が近接しているに関らず各源泉の自噴量に大きい相互の干渉関係は見られなかったのみならず奥道後温泉源群中のいづれよりも優秀であった。

その後順次これらの地区よりはるかに離れた地区にボーリングを行ってみてはいるが、いづれも特記する程のものはなく、いづれもこれら以下であるので、いづれの日にか優秀な新源泉の開発竣工を見た際には改めて上述にならって詳細報告をすることにする。

稿を終るに臨み本研究結果の一部は既に本学会ならびに日本化学会に於て報告講演をした。なおまた長期に渉って研究したことについては文部省より科学研究費交付金を逐次支給を受け、また愛媛大学地域社会研究所よりも研究費を給されたのでここに深甚なる感謝の意を表す。

なおまた研究継続中、工事現場への案内、試料採取、種々の測定器機の運搬等に尽力下さった坪内寿夫氏ならびに兵頭平吉氏に篤く御礼申し上げる。また長期に渉って試験研究や測定に協力された愛媛大学助教授河淵計明博士および当時愛媛大学教官であった御手洗清氏、花崗岩類の考察に関し援助された愛媛県立大洲高等学校教諭平岡卓郎氏に敬意を表し謹謝する。

文 献

- 1) 河野 密：農商務省地質調査所報告 第48号 (1914).
- 2) 大築洋之助：農商務省地質調査所報告 第59号 (1916).
- 3) 小林儀一郎：道後温泉調査報告(手記) 道後温泉事務所保管 (1930).
- 4) 加藤武夫：道後温泉調査報告(手記) (1943).
- 5) 高津寿雄・豊田英義・須賀正夫・細原匡一：温泉の研究(1) 愛媛大学地域社会総合研究所研究報告 B シリーズ第4号 (1955).
- 6) 宮久三千年・野間泰二・石橋 澄：愛媛県道後温泉付近の地質. 愛媛大学紀要 II. D. 3 卷2号 (1959).
- 平岡卓郎：湯山花崗岩と松山花崗岩. 愛媛の地学記念号 (1967).