

温泉科学

第8巻 第1号

昭和32年3月

原 著

温泉の地球化学的研究 第五報 四万温泉

*坂本峻雄 **益子安 *佐藤幸二

(中央温泉研究所 *地質部 **化学部)

(昭和31年10月20日受理)

1. 緒言

四万温泉は群馬県吾妻郡中之条町にあり、吾妻川の支流四万川に沿っている。四万川は上信越国立公園の奥深い溪谷である。

信越線渋川駅より長野原線中之条駅で下車、バスで40分で四万温泉に達する。

今回、同温泉について30年5月より6月にかけて2回の調査を行った。

2. 地形及び地質

四万川の東には赤沢山(1,454m)、大正ヶ平(1,291m)、西には新行山(1,171m)、高野山(1,111m)があり、何れも川に面して比高500m~600mの急斜面をなしている。

温泉場は四万川の急流に臨み、3温泉場がある。最も上流にあるのは日向見(ひなたみ)(海拔700m)であつて、四万川と日向見川との合流点にある。その下流1,300mで西より支流新湯川が合流するところに新湯(あらゆ)(海拔650m)があり、更にその下流1,000mの所に山口(海拔620m)がある。

全区域を通じて平坦地は少いが、山口の東及び北では小学校、百庚申を経て新湯に至る旧道附近から川に向つて緩やかな斜面をなし、新湯附近に至つて、川に向い高さ約20mの急崖をなしている。新湯及び日向見の合流点附近には川を挟んで河成段丘の狭い平地が発達している。

附近を構成する岩石は下部新第三紀と思われ、御坂層と総称せられている地層である。温泉場附近では閃緑岩質の貫入岩体によつて変質を受け、極めて複雑な構成を示している。岩石はホルンフェルス、珩岩、閃緑岩、斑岩があり、就中青灰色堅緻なホルンフェルス状岩石と珩岩、閃緑岩が多く、接触部は複雑に貫入し、或は捕獲岩体状をなしているが相互の境界は漸移的に見えることが多い。嘉満ヶ淵(かまがぶち)の下流渡戸橋には、ホルンフェルス状岩石の中に厚さ数mの礫岩層があり緩やかに南方に傾斜している。かなり変質を受けているが、尙徑15cm内外の円礫を明らかに認めることができる。従つてホルンフェルスの原岩は恐らく凝灰岩質頁岩、砂岩でこれに礫岩を伴うものであろう。緑岩はこれと略々同時期の熔岩、岩床等よりなり、閃緑岩、斑岩は稍後期の貫入岩体であらう。

即ち、新第三紀の初期(?)、火山活動によつて、御坂層の原岩たる凝灰質砂岩、頁岩、礫岩が、熔岩や岩床を伴つて堆積した。堆積は引続いて行われ、上記御坂層の原岩は地下深く潜つた。この地下深処に潜つた事と、その後の閃緑岩の貫入とが御坂層に変質を与えたものである。後に、附近一帯の上昇と共に、堆積は止み、代つて侵蝕が行われ現在では遂に川の流路に深成岩体が顔を出す迄につたものであると考えられる。

この後期貫入岩体は、日向見川に於いて四万川との合流点附近から上流、新湯川では四万川との合流点附近、四万川に於いては山口附近に見られ、日向見と新湯との間、新湯と山口との間には認められない。又、この岩体には一の方向性が認められる。即ち、日向見川に於て見られる閃緑岩とホルンフェルスとの境界、新湯で認められる閃緑岩と珩岩との境界、山口に於ける珩質角礫岩々脈の方向はすべて北西—南東方向を示している。この方向は日向見川及び新湯より下流の四万川の流路の方向と同じであつて、深成岩体の貫入方向が後世になつて川の流路を規定したものと考えられる。

青灰色緻密なホルンフェルス状岩石及び灰緑色珩岩は何れも緑泥石を多量に含み、時として区別し難い。何れも黄鉄鉱々染を伴い、月見橋附近及び落合橋上流の道路切取に露出するものはその量が多い。

以上は川沿に見られる地質であるが附近の山には閃緑岩の如き深成岩の貫入岩体はなく、御坂層と石英粗面岩が見られる。

3. 泉 源

イ 分布及び湧出状態

温泉はすべて自然湧出であつて、さく井は一切行われていない。本温泉は、日向見、新湯、山口の3ヶ所に分れる事は前述の通りである。今回の調査で分析を行つた源泉数は26ヶ所であつて、その中1ヶ所を除いてはすべて以上の3区域内に存在する。日向見には3ヶ所、新湯に10ヶ所、山口には12ヶ所と分布している。その外、3区域とも未利用、未分析の源泉である。地表に露出している岩盤から湧出しているものもあり、河原等では砂利、表土等でおおわれているものもあるが、それとても数尺掘れば岩盤に達し、結局調査し得た範囲のものはすべて岩盤から湧出しているもののみである。

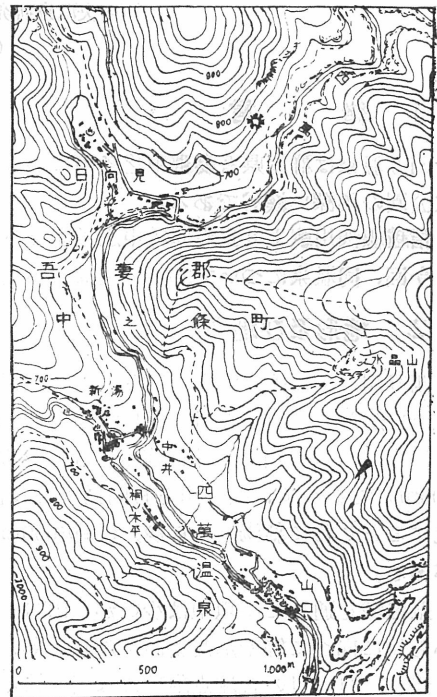
日向見では7ヶ所の源泉を認めたが、日向見川の河床をなす岩盤のワレメから湧出するもの4ヶ所、同川の左岸平地(川の水面より約5m高い)より湧出するもの3ヶ所である。

新湯は四万川と新湯川との合流点から、新湯川に沿つて上流の方に約300m位の間、新湯川の西岸或いはその川中より湧出している。大部分は薄い表土におおわれているが、岩盤より湧出し川筋に沿つて川の水面より10mと高くない部分に存在している。利用源泉は20ヶ所近くあり、その他若干の未利用源泉がある。

山口は新湯より四万川沿いに下流1,000m位の所にあるが、この源泉は四万川の左岸のみにあり、最も高位置の源泉は川の水面より約15m程ある。低いものは四万川の川中にある。之等源泉は川沿いに約150m程の間に存在しているが、利用源泉は15ヶ所程でその他に未利用源泉がある。

日向見の上流、四万川、日向見川何れの川筋にも未利用の温泉があり、又新湯川の上流にもある。

第1図 四万温泉略図



山口より下流の方では、鶯の湯が存在するのみである。この鶯ノ湯は以前利用されたことのある微温泉で、川筋よりも20m近く高い。山腹の表土から湧出していて、岩盤は露出していない。

今回分析した源泉について云えば、四方温泉は日向見、新湯、山口の3区域に分れ、岩盤から自然湧出している。川筋に沿って存在し、川の水面より20mと高い所には存在していない。

ロ 湧出量及び泉温

既に述べた様に、本温泉の源泉はすべて自然湧出であつて、湧出量を正確に測定出来ないものが多い。実測したもの、温泉組合が調査したものを第1表に示す。最大湧出量を有すると思われるものは、No.14の500l/mであるがNo.11も350l/mと大きな値を示している。日向見、新湯、山口の3源泉群の総湧出量は3,000l/mを越える。温泉は最高82°C (No.5)で、最も低いものは46°C (No.3)である(鶯ノ湯を除く)。未利用の自然湧出泉で之より温度の低いものもあるが、大部分は上記の如く高温であり、この温泉と湧出量とを堪案すれば、四方温泉はその勢力豊富、優秀な温泉群であると云える。

ハ 揚湯方法及び利用状況

四方温泉は、温泉の必要度に比較して充分に潤沢な高温泉が随所に湧出しているため、之を揚湯し利用するには湧出量のごく一部で足り、極めて原始的な簡略な方法が採用されている。新湯では水車を利用して温泉をくみあげている例が見られるが、くみ上げられる量は、実際にその源泉から湧出している温泉の量の数分の一にも達しないし、又山口では河床に散在する源泉を利用するため、河床に//ため//を築いているが之も極めて簡略なものであり//ため//の周囲から著量の温泉が河の中に流れ出している。

従つて前項で述べた全四方温泉の湧出量3000l/mは、極めて内輪の測定値で厳密にはこの数倍に達する温泉が湧出しているのである。

本温泉の湧き出し方は、後章で述べる様に珪質角礫岩々脈の晶洞にそつて出の場合と、玢岩及び閃緑岩の節理にそつて出の場合とでは、多少その趣を異にしているが、此の岩石の縦の晶洞や節理が温泉の地下から地表への通路となつている。従つて或る一つの自然湧出地点があれば、そこは1本の竹筒から水が湧き出す様に温泉がわいているのではなく、それを中心として或る広さ(例えば1間四方ほど)に散在する岩盤の節理や晶洞の夫々から温泉が地表に溢出していると云つた様な状態である。

そこで四方温泉では、この温泉をとる為にどのようにしているかと云うと、その様な自然湧出地点があればその岩盤をおおつている表土或いは砂利等があれば、それ等をさらつて岩盤を掘り出し、温泉が湧き出している周囲を石を積んで囲つてしまふ。更にその天井にも石を積みコンクリートで土饅頭の様にぬり立て、その釣鐘状のものに鉄のパイプを打込み、そのパイプを浴槽或は温泉貯溜槽にみちびくのである。湧出地点が河原の様に水をかぶる心配のない場合は、コンクリートや石で//ため//を築き適当なふたをしめて置く場合もある。

之等の自然湧出源泉の中、河床の中に存在するものは四方川の水圧の影響が大きく、四方川の水位を高めれば自然湧出する温泉の水位も高くなる場合が多いので、人為的に水位を上げている例が見受けられる。

この様に河川の水位と温泉の水位とが鋭敏に関係し合う事は、之等源泉の湧出機構の一端を暗示するものである。

この様にして揚湯した温泉は、浴湯の他に洗濯、炊事、乾燥等に利用されるし、又湯滝や蒸風呂などに利用されている。

4. 泉 質

今回分析を行つた源泉は26ヶ所であつて、その結果は第1表に示す如くである。

之等温泉の湧出は前述の如く、日向見、新湯、山口の3地区に限られている。即ち地域的に次の3源泉群に分け得る。

- (1) 日向見源泉群
- (2) 新湯源泉群
- (3) 山口源泉群

以下 各源泉群に就て述べる。

(1) 日向見源泉群

分析の対象となつたのは3源泉である。

此の源泉群の泉質は、石膏泉に属し他の2源泉群に比し、成分上著しい相違を示す。即ち、pHは8.65~9.2で、固形物総量(表中総計として示されている)も少く、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 、 HBO_2 、 HAsO_2 等が殆んど含有されない。

分析の対象とならなかつた温泉が、他に数ヶ所あるが、泉温は何れも 40°C 内外で、pH値も9.0附近を示し、電気抵抗も前記3源泉と大差がないので、成分も殆んど同一のものと推定される。

(2) 新湯源泉群

10源泉が分析の対象となつた。

本源泉群の泉質は含砒素・弱食塩泉及び含砒素・石膏・弱食塩泉の2種類である。新湯川左岸の各源泉は弱食塩泉の傾向が強く、四万温泉中最も高温で固形物総量も多い。

新湯川右岸及び四万川との合流点附近の源泉は、含石膏・弱食塩泉に属し、新湯川左岸の諸源泉に比して固形物総量が少い。

新湯源泉群に属する諸源泉は、何れも砒素を(HAsO_2 の型で)含有し、その含量は固形物総量にほぼ比例している。メタ亜砒酸が $1.5\sim 2.7\text{mg/l}$ 含有される如き例は、本邦では比較的稀で注目に値する。

(3) 山口源泉群

分析を行つたのは13源泉である。薦ノ湯は1つだけ離れて存在するが便宜上この群に入れて記述をすすめる。

本源泉群の泉質は、薦ノ湯と他の1つの源泉を除けば、含砒素・石膏・弱食塩泉である。但し上の2源泉も millival% に就て云えば、含石膏・弱食塩泉で、固形物総量が少いために分類上含砒素弱食塩泉となつている。

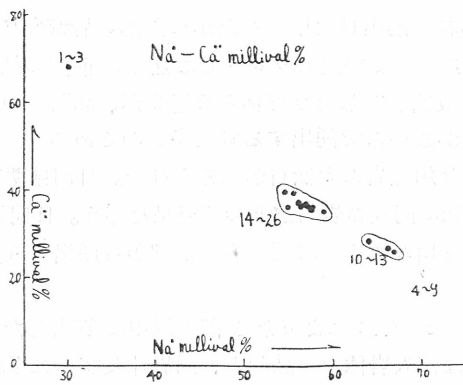
山口源泉群は、前述した新湯川右岸の源泉に比して更に石膏の含有率が多い含砒素・石膏・弱食塩泉である。液性も若干アルカリ性で固形物総量も少い。又新湯源泉群と同様メタ亜砒酸を含有している。

四万温泉は各源泉群の地理的分布がそのまま、化学的分布としてあらわれている。即ち温泉の湧出は日向見、新湯、山口の3地域に限られ、各地域ごとに泉質が異つている。又、同一地域に湧出する温泉の組成(millival%)は殆んど同じである。此の中、日向見源泉群と他の2源泉群との間には、泉質上大きな相違が認められる。即ち、石膏泉と食塩泉であるが、更に HBO_2 、 HAsO_2 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 等(特に HBO_2)に於ていちじるしい相違が認められる。

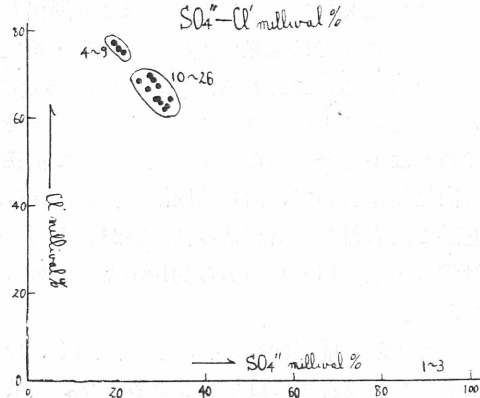
之に反して、新湯、山口両源泉群の間には食塩泉と云う点では大差なく、たゞ石膏の含有率の大小によつて差が生ずる。此の2源泉群に関しては、泉質の変化の傾向が西北~東南の方向に明瞭に認められる。新湯の中、北に位置する(新湯川左岸の)諸源泉は食塩泉の傾向が強く、南下するに従つて Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} の含有率が増加し、 Na^+ 、 Cl^- の millival% が減少して行く。此の傾向は固形物総量及び他の成分、例えば HAsO_2 、 HCO_3^- 等に於ても同様認められる。

以上は第2図~第4図よりよく観察することが出来る。

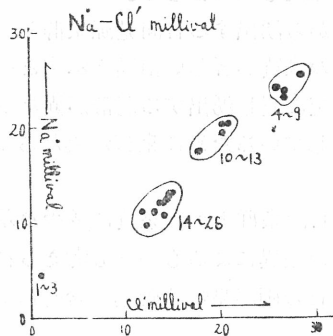
ネ2図



ネ3図



ネ4図



5. 温泉の湧出機構

温泉湧出地の岩石は、日向見では旅館西側の日向見川の河床及び河岸、新湯では新湯川と四万川との合流点附近から上流にかけての河床、山口では共同浴場下から山口の滝迄兩岸及び河床等によく観察することが出来る。

何れの地点でも珩岩或いはホルンフェルス状青灰色岩の中に閃緑岩及び斑岩の貫入が認められる。特に河床の岩盤上の露出を見ると青灰色岩体と灰白色霜降り状岩体の移化する状態が明かである。

本温泉の地下から地表への通路には次の2種類がある。

- (1) 珩質角礫岩々脈の晶洞
- (2) 珩岩及び閃緑岩の節理

(1)の晶洞は不規則ながらパイプ状を呈し、これを通る温泉は河水面より相当高い水準迄上昇して湧出するものがある。(2)のワレメは多くの節理が交錯しており温泉は横に拡がり易いから河岸及び河床など低い水準に湧出するものが多い。温泉は(1)を通つて直接地表に湧出するものと、(2)から湧出するものとあるが、(2)の奥には(1)があるものと考えらるべきであろう。

山口共同浴場裏手には幅数米の珩質角礫岩の岩脈が認められ、温泉は川の水面より約10m高いその晶洞より直接湧出している。山口において最も高処に存在する源泉は川の水面より約15mの高さにあるが、これも同様な岩脈の晶洞より湧出するものと思われる。共同浴場の下の崖の中腹から出ている源泉はその奥に珩質角礫岩々脈が推定され、同岩脈の晶洞を通つて来た温泉が珩岩のワレメを通つて地表に湧出しているのであろう。そのすぐ下方の河岸に山口で最も有力な源泉があり、これは珩岩のワレメより湧出している。従つて、山口では共同浴場附近に珩質角礫岩々脈があり、この岩脈中の晶洞と岩脈に接する珩岩、閃緑岩のワレメがもつとも有力な温泉の通路となつている。

新湯川左岸の諸源泉は合計湧出量 200l/m を超える。岩盤の露出しているのは 1 源泉に過ぎないが、そこでは閃緑岩と玢岩との境界より湧出している。同川の右岸には 350l/m を超える優秀な源泉がある。こゝでは源泉保護の為、埋立・築堤が行われて湧出口は見られなかつたが、岩盤のワレメより出ていると云われるが、この様に多量に湧出するのは普通のワレメではなく、前記の晶洞状のものであると推定される。普通のワレメであれば散逸してしまうであろう温泉が、晶洞状のものであれば不完全ながらパイプ状をなして散逸する事がないので湧出する量は多いのである。

日向見川に於いて、山口共同浴場裏手に見られる様な角礫岩の大転石が認められた。日向見薬師堂基礎では岩盤の露出が見られないが、その下手の池底に同様の岩石があつて温泉を伴う。日向見薬師堂の源泉は川の水面から約10m高所にある。日向見川の河岸では閃緑岩の節理から湧出する温泉がある。

温泉の熱源は前記地質の項に述べた如く、玢岩、ホルンフェルスよりなる御坂層中に貫入した閃緑岩系統の深成岩体に負うものであろう。温泉の通路は貫入岩体中の晶洞と、同岩体及びそれぞれに接する母岩のワレメであり、これらの貫入岩体の有する北西—南東性が、弱帯を作り川の流路を規定し、更に温泉の分布をも規定したものであろう。

泉質の項で、日向見川沿いの弱帯から湧出する日向見源泉群と、四万川(新湯より下流)沿いの弱帯から湧出する新湯、山口源泉群との泉質が著しい相違を示すと述べた。この日向見源泉群と、新湯、山口源泉群とが成因的に同一系統に属し湧出する弱帯が異なるために泉質の相違が現われるのか、それとも成因的に別の系統に属しているために泉質が異なるのかは、将来解明されるべき大きな課題であらう。

同一弱帯上にある新湯源泉群と山口源泉群とが、泉質に多少の差異を有するのは、温泉の通路を構成する岩石及びその物理的条件等の差異によるものとも考えられる。

泉質の項で述べた如く、新湯、山口の両源泉群は砒素を含有しているので飲用には注意すべきである。

最後に、現地調査に際して多大の御援助、御協力を戴いた田村茂氏、田村喜一郎氏を始め関係者の方々、室内研究に御協力を戴いた中央温泉研究所の方々深く感謝するものである。

又、今回の調査には、鹿児島大学露木利貞教授が参加した。

Geochemical Studies on the Mineral Springs

Part 5 Shima Spa.

*Takao SAKAMOTO, **Yasushi MASHIKO, *Koji SATO

(*Geological Inst. & **Chemical Inst., Hot Spring Reserch Center)

Shima spa where is at northern area of the plain of Kanto in Honshu, Japan, consists of three villages called Hinatami, Arayu and Yamaguchi. These villages are the colonies of the innes and hotels for cure around several thermal springs. The geological surrounding of the spa is "Misaka formation" which belongs to the lower Neogene, and is intruded by the dioritic rock. The passages to bring out the thermal spring water to the surface of ground, are formed by a kind of the intrusive rock. The some doundaries between this intrusive rocks and the country rocks or the fissures near the intrusive rocks form the passages too. The figures of these passages are the irregular tubes. These intrusive rocks with thermal spring are observed at Hinatami, Arayu and Yamaguchi. The results of chemical analyses are shown in Table 1. These springs might be reduced to three groups not only by physiographically, but by chemical qualities, as follows :

Hinatami.....sulphated bitter spring

Arayuarsenic common salt spring and arsenic sulphated common salt spring

Yamaguchiarsenic sulphated common salt spring

In regard to chemical constituent of the spring water, there is a remarkable difference between the spring water of Hinatami area and that of other two areas, but the spring water of Arayu is similar to that of Yamaguchi area. Being shown in Fig. 2-4, the spring water of the northern part of Arayu area is higher in the total concentration and in the concentration of NaCl, but is lower in the concentration of CaSO_4 than those of Yamaguchi area.

In this district, two geological weak zones are observed. One is along the River Hinatami, the other is found from Arayu village to Yamaguchi village.

It is very interesting that we always find the intrusive rocks along these weak zone.

Since the thermal springs of Hinatami area and that of Arayu-Yamaguchi area are respectively welling out along different weak zone, the chemical characters of thermal spring water of Hinatami area is remarkably different from that of Arayu-Yamaguchi area. On the other hand, the thermal springs of Arayu area and of Yamaguchi area have similar chemical characters, because it seems that these springs well out from the same weak zone.

Then we deduce that the temperature of all these springs of all these springs of all these springs may be caused by the dioritic rocks which intrude into the stratum named Misaka formation.