

温泉の地球化学的研究 (第18報)

土肥温泉

(財)中央温泉研究所

佐藤幸二・高橋 保

(昭和57年5月20日受付, 8月10日受理)

Geochemical Studies on Mineral Springs, XVIII

Toi Spa

Koji Sato and Tamotsu Takahashi

Hot Spring Research Center

Abstract

Geologically, the neighborhood of Toi spa, situated on the western shore of Izu Peninsula, Central Japan, is consisted of the Yugashima group (earlier Miocene), the Omi white tuff (later Miocene), rhyolitic andesite (later Miocene), the Koshimoda andesites (Pliocene) and alluvium deposits. Mineralization of gold bearing quartz veins of Toi Mine occurred after the intrusion of the rhyolitic andesite, and Amagane fault is formed after the sedimentation of Koshimoda andesites.

Thermal water of the spa which essentially belongs to the Ca-SO₄ type flowing along the veins, shifts its chemical character to the Ca-Cl type due to the invasion of sea water brought out by digging the mine and excessive lifting of thermal water. But recently, by close-down of the mine and limitation of the water lifting, the invasion is prevented.

As a result of electric prospecting, dips and strikes of Amagane fault and a few veins are estimated strictly, and the drilling point of a new thermal spring well is selected. The new well produces 298 l/min of thermal water of the Ca.Na-SO₄ type, marking 64 °C of temperature by lifting.

1. ま え が き

伊豆半島には多くの温泉があり、地質学的にも化学的にも、多くの調査、研究がなされている。西海岸のほぼ中央に位置する土肥温泉についても、これまでいくつかの調査、研究がなされているが、今回電気探査をも含めた調査を行ったので、その結果を報告する。

土肥町には北に小土肥、南に八木沢の温泉もあるが、本報で取扱うのは、土肥町主部に位置するいわゆる土肥温泉である。

2. 地質 (第1図参照)

土肥温泉付近の地質については、沢村(1955)、三本杉ら(1977)などの報告があるが、付近を構成する地層は、下位より湯ヶ島層群、大見白色凝灰岩類、流紋岩質安山岩、小下田安山岩類および沖積層である。

湯ヶ島層群は、下部の変朽安山岩類と上部の集塊岩層とに分けられ、土肥町市街の東部から南部の山地を主として分布している。変朽安山岩類の分布は広いが、集塊岩層は馬場、水口付近と横瀬川西とにみられる。

変朽安山岩類は緑色変質をうけており、斑状緑色安山岩、緻密な安山岩および玄武岩を主とし、同質の緑色凝灰角礫岩を少量含んでいる。集塊岩層は火山円礫岩様のものであって、雑多な色を呈する火山岩塊や火山礫より構成されている。岩相上は後述する小下田安山岩類によく似ているが、比較的硬く、全体的に緑色変質と鉍化作用をうけている。

大見白色凝灰岩類は、金山から火振川にかけて分布し、層理のよく発達した酸性凝灰岩や凝灰質砂岩よりなり、石英安山岩質の火山礫を含んでいる。N70°E～N70°Wの走向、20～30°Nの傾斜を示す。

流紋岩質安山岩は、大見白色凝灰岩類中に貫入したもので、灰白色、無斑晶質で節理の発達が著しい。大見白色凝灰岩類に対する変質作用はほとんど認められない。

小下田安山岩類は、火振川西と、平野、大藪付近の山脚部とにみられる。比較的大きな岩塊を含む火山角礫岩で雑多な色を呈する。岩相は湯ヶ島層群上部の集塊岩層に類似するが、変質、鉍化作用をうけていないこと、大きな岩塊を含むことなどで区別される。N40°W、N80°Wの走向、20～30°Nの傾斜を測定した。

後述するように、土肥鉍山の鉍化作用は小下田安山岩類の堆積以前に行われ、天金断層は小下田安山岩類をきっている。

3. 土肥鉍山と温泉

土肥鉍山に関しては、Kato (1931)、今井ら (1961) などの報文があるが、鉍脈は含金銀石英脈であり、湯ヶ島層群、大見白色凝灰岩類、流紋岩質安山岩の中に、平行した幾本もの鉍脈群として見出される。後述するように天金断層の両側で鉍脈の走向が異なり、同断層形成以前の鉍化作用とみられる。

一方、土肥温泉は歴史の古い温泉であるが、明治37年の分析によれば、5ヶの自然湧出泉は43～60℃の泉温を有し、蒸発残渣1.4～1.7 g/lのCa-SO₄泉が得られていた。大正初期には中浜、馬場、中村、屋形の各地区に自然湧出泉が存在していた。

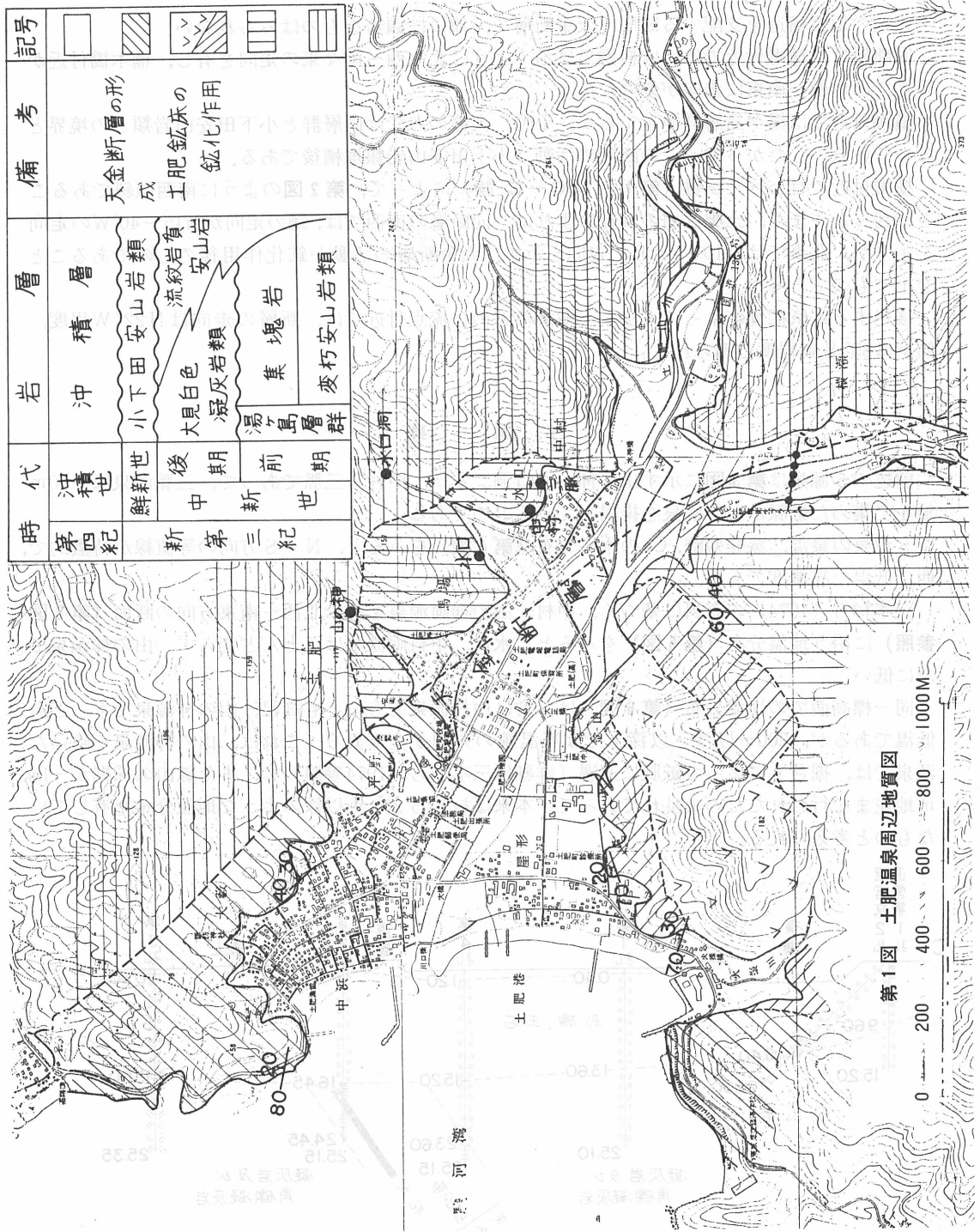
土肥鉍山の採掘が大正末期に通洞地並以下に下るにつれ、坑内に温泉が湧出しはじめ、温泉は鉍脈に沿って流動、湧出していることがわかった。それと前後して温泉の自噴は次第に停止し、ポンプ揚湯が開始された。

採掘坑道が深くなるにつれて、以浅の坑道の温泉は順次湧出を停止し、昭和8年頃の—130 m坑道採掘によって、地表の温泉は全く涸渇した(今井ら, 1961)。

昭和24年には、掘さく深度9.4～120mの源泉37ヶがあつて、泉温43～65℃の温泉が揚湯されている。昭和40年の鉍山閉山に伴って、坑道とは一応無関係の源泉が求められ、昭和44年には100～600m深度の5源泉から53.6～61℃の温泉3 t/minが揚湯されている。蒸発残渣は2～10.6 g/l、泉温はCa-Cl泉である。昭和51年には、同じ5源泉から46～62℃の温泉2.6 t/minが揚湯され、成分含量は幾分薄くなり、組成としてCa-SO₄泉の方向へ変っている。

この泉質に関して、甘露寺ら(1977)は、土肥温泉は本来Ca-SO₄泉であるが、海水の混入によってCa-Cl泉が生成したとしている。

(地質図一帯) 編者 鈴木天



第1図 土肥温泉周辺地質図

4. 天金断層 (第1図参照)

付近の地質構造を支配する断層は天金断層で、他には顕著なものはみられない。

同断層は、横瀬付近ではほぼ横瀬川に沿うように北々西～南々東の走向を有し、楠木橋付近から北では北西～南東に走向が変る。

横瀬付近では湯ヶ島層群中を走るが、平野、大藪の方では同層群と小下田安山岩類との境界となっている。したがって、この断層の活動は小下田安山岩類堆積後である。

横瀬付近で行われた試錐(第1,7図C-C'線)によって、第2図のように南西傾斜であることが判った。また、土肥鉦山の資料によれば、同断層の南西では、鍾の走向がN15~40°Wの走向を示すが、北東ではN10~30°Eの走向を示す。天金断層の活動が鉦化作用後のものであることを示すものであろう。

後述する電気探査によって、山川と横瀬川との合流点付近では、断層の走向はN22°W程度、傾斜は85°SW程度とみられる。

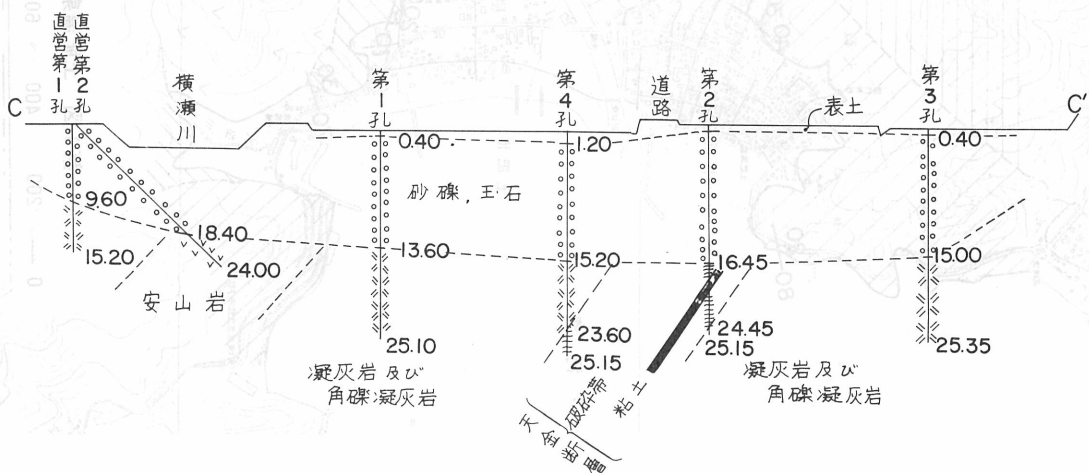
5. 源 泉

前述の5源泉は第3図に示す山の神、水口洞、水口、中村、三脈であって、三脈源泉は-90m地並で集めた鉦脈からの温泉を揚湯しているものである。

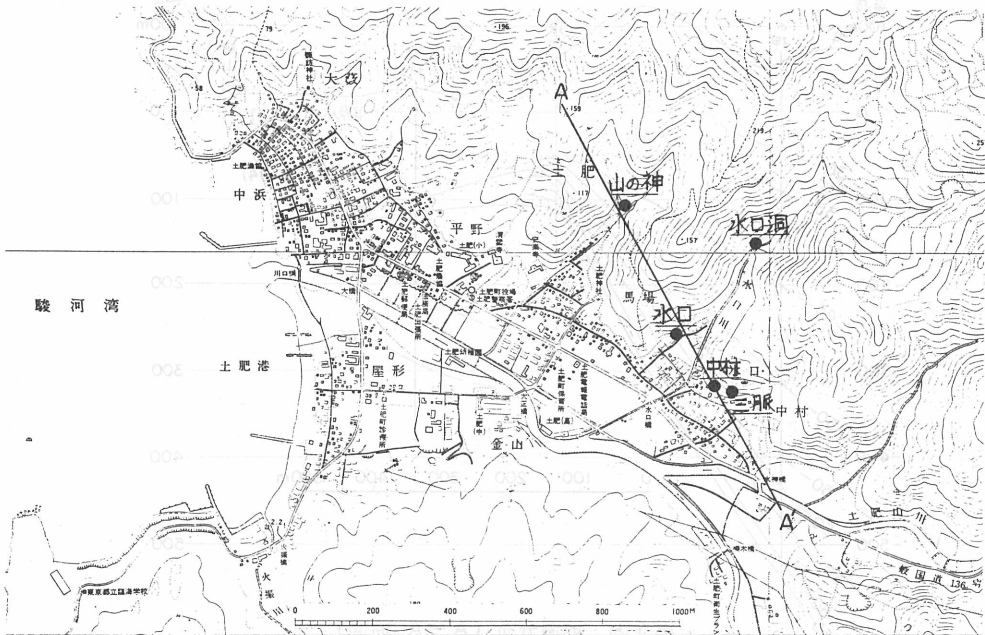
5源泉の泉温、蒸発残渣、Clの水平分布(第4図)をみると、N-S方向の等値線が特徴的で、西で低温、高濃度である。

三本杉ら(1974)の資料に基づく、中村、山の神両源泉を結ぶ北西～南東方向の断面(第3図参照)に沿う地温分布(第5図)をみると、水口、中村両源泉はほとんど変わらず、山の神源泉で急に低い。

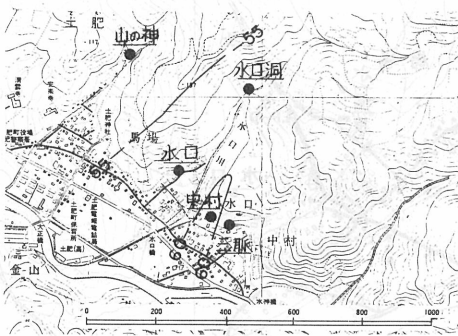
同一標高面での地温分布(第6図)は、常に中村源泉でもっとも高温、山の神源泉でもっとも低温であるが、200m以浅と以深とでは等温線の方が全く異なる。これは、山の神源泉を除いた源泉では、掘さくによって鉦脈に遭遇(詳細は三本杉ら、1974参照)し、また鉦山の採掘が-180m地並まで行われたための乱れであって、本来はむしろ200m以深のような地温分布を有していたものと考えられる。



第2図 C-C'断面試錐結果 (数字は深度m)

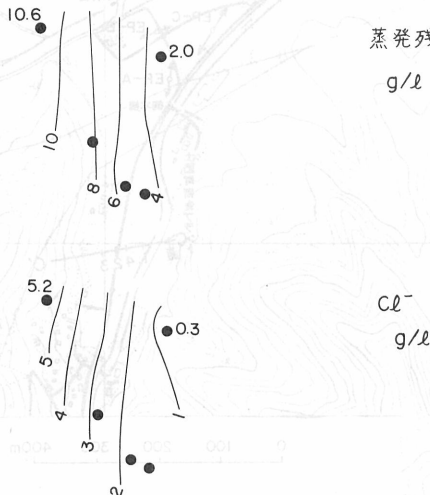


第3図 源泉と断面線



源泉位置と
泉温 °C

温泉の泉質は、古くは左程濃くないCa-SO₄泉であったが、昭和44年には濃いCa-Cl泉となり、昭和51年にはやはりCa-Cl泉ながら、蒸発残渣、Cl含量ともに減少し、Ca-SO₄泉の方向に変わっている。昭和44年には温泉水位が海拔-50~-80mであったが、昭和51年には海拔+10~+30mと上昇しており、やはり海水の混入の度合が変化して温泉水の泉質が変わったとみるべきである。



蒸発残渣
g/l

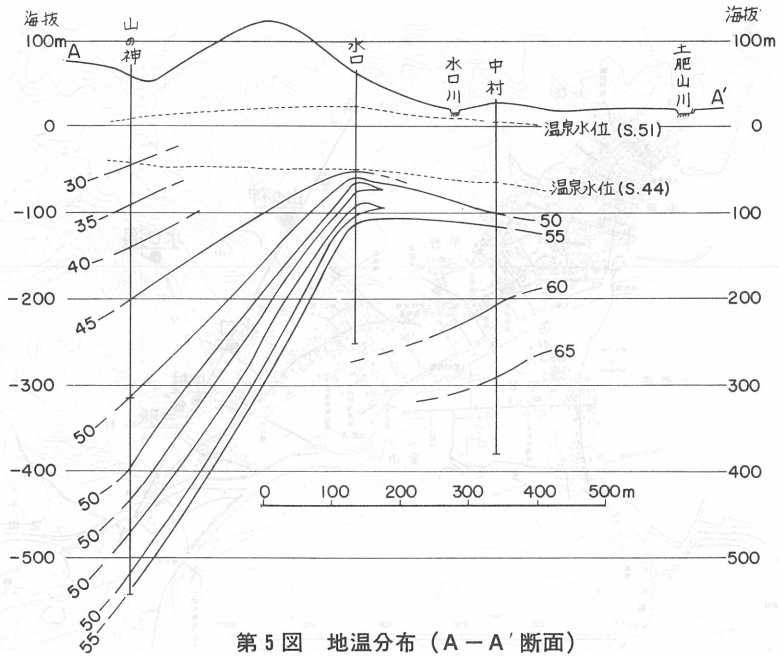
Cl⁻
g/l

6. 電気探査

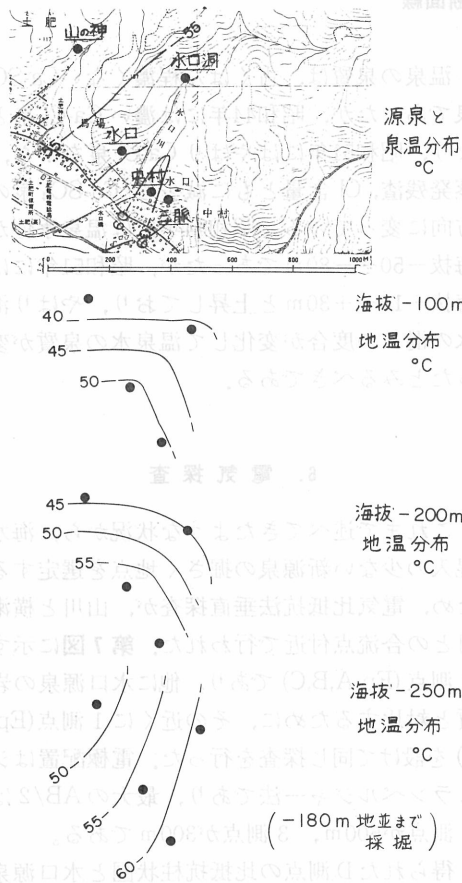
これまで述べてきたような状況から、海水混入の少ない新源泉の掘さく地点を選定するため、電気比抵抗法垂直探査が、山川と横瀬川との合流点付近で行われた。第7図に示す3測点(Ep-A,B,C)であり、他に水口源泉の岩質と対比するために、その近くに1測点(Ep-D)を設けて同じ探査を行った。電極配置はシュランベルジャー法であり、最大のAB/2は1測点が500m、3測点が300mである。

得られたD測点の比抵抗柱状図と水口源泉の掘さく柱状図(第8図)とを対比すると、

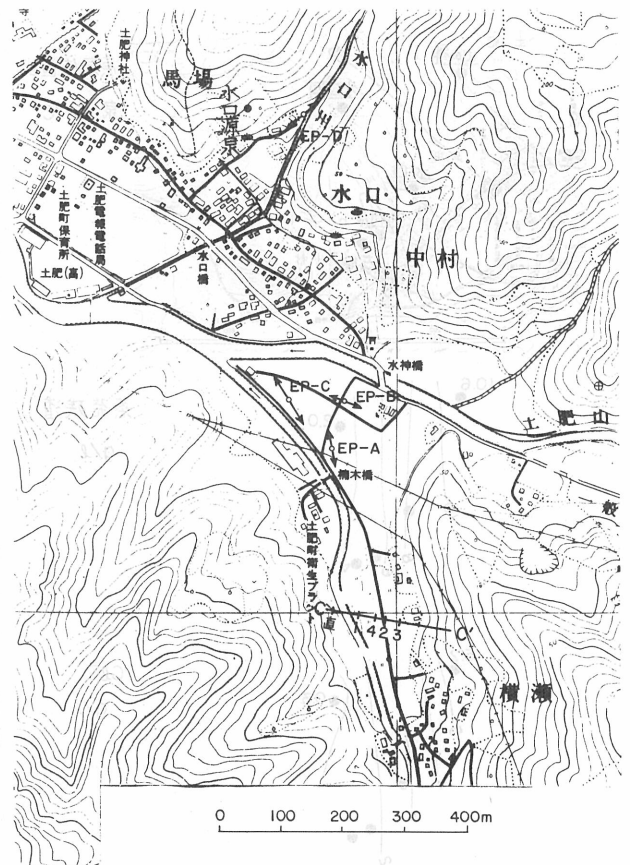
第4図 昭和44年6月温泉状況



第5図 地温分布 (A-A'断面)



第6図 地温分布 (同一標高面)

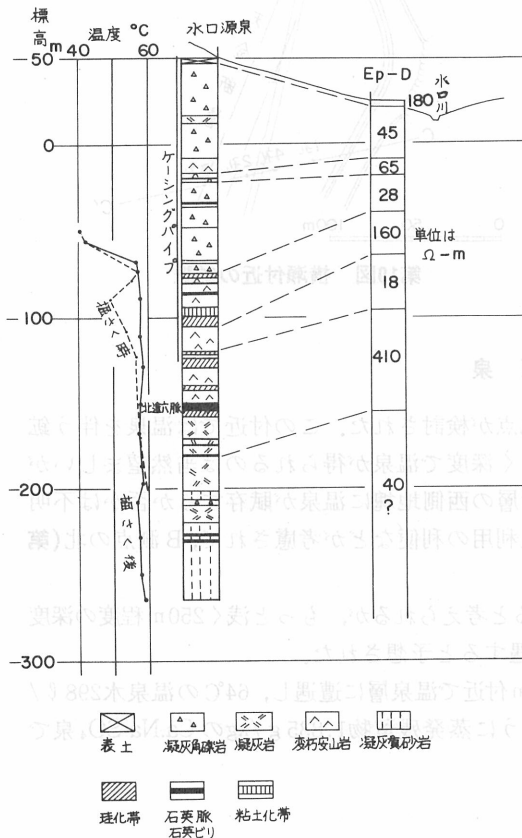


第7図 電気探査測点位置図

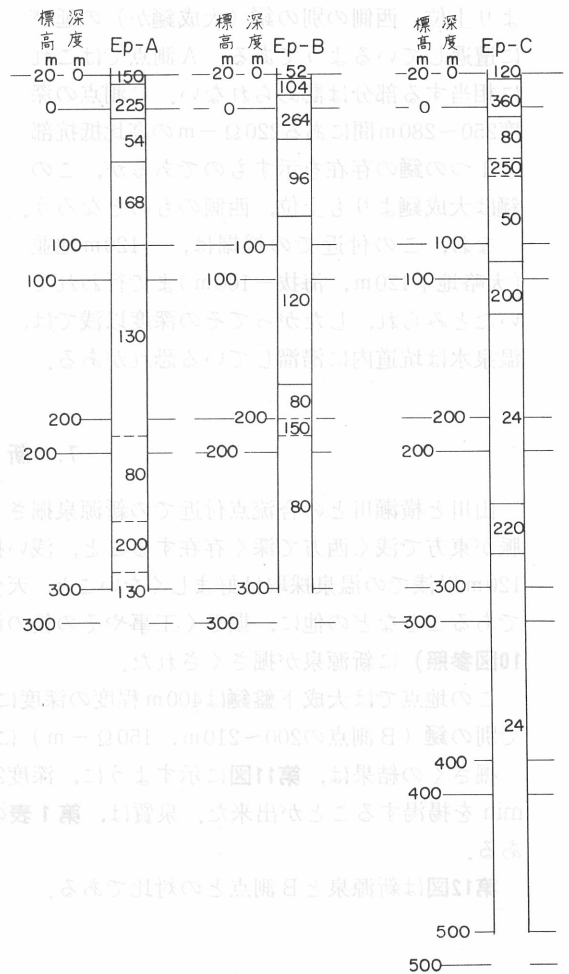
珪化帯、鉍化帯で160Ω-m, 410Ω-mと比抵抗が高くなっており、後者は水口源泉の主な温泉層である北進六脈と呼ばれる鉍脈部分に相当すると考えられる。その他の部分の比抵抗が全体に低いが、これは温泉水位(昭和51年で海拔+24m)以深が、高温(55℃以上)のCa-Cl泉(蒸発残渣8g/l程度)で満たされているためであろう。

A, B, Cの3測点付近では、これまでの調査から、天金断層の東縁は地表でA測点から、B C測点間を通り、西に傾斜すると考えられる。したがって、C測点でのみ断層と地下で遭遇するが、深度145~250mでの24Ω-mという低比抵抗部分(第9図)がその破碎、粘土化部分に相当するものであろう。その結果、天金断層はこの付近でN22°W程度の走向、85°SW程度の傾斜を有し、破碎、粘土化部分の厚みは15m程度と計算された。A, Bの2測点は断層の東側に位置するので断層に遭遇せず、比抵抗柱状図においても、C測点で見出されたような低比抵抗部は見出されない。C測点の145m以浅は天金断層の南西側地塊、250m以深は北東側地塊ということになる。

一方、付近の鉍脈に関しては、土肥鉍山の資料(第10図)があり、大成鍾がN10°Eの走向、70°Wの傾斜、1.2mの鍾幅、大成下盤鍾がN30°Eの走向、65°Wの傾斜、1.5mの鍾幅とされている。



第8図 水口源泉とEp-D測点との対比



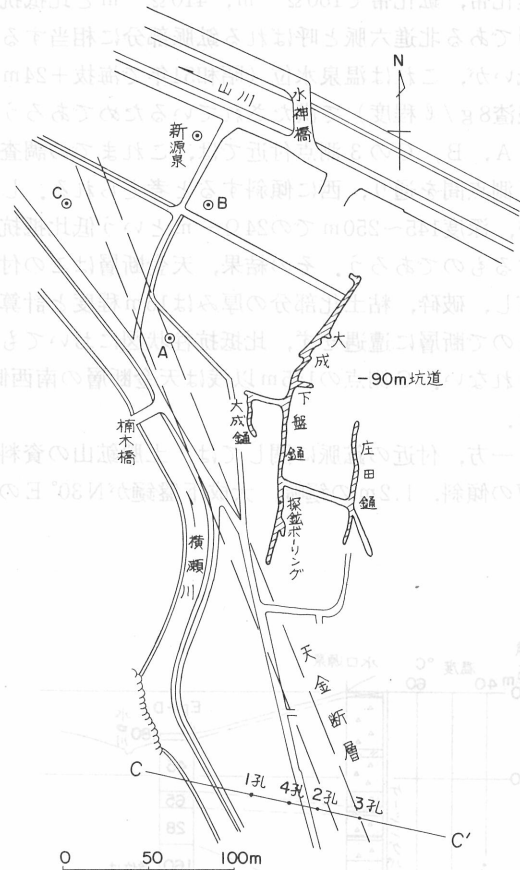
第9図 Ep-A,B,C測点の比抵抗柱状図

しかし、大成下盤鍾は南部では $N5^{\circ}E$ 、北部では $N35^{\circ}E$ と走向が異り、南部で $70^{\circ}W$ の傾斜を有することが、同鍾の深部探鉱ボーリングによって判明している。

大成下盤鍾の傾斜が、A測点の付近でも $70^{\circ}W$ であれば、A測点においては深度300m付近で同鍾に遭遇すると予想された。比抵抗柱状図の深度260~290mにある $200\Omega\text{-m}$ の高比抵抗部がそれに相当するものと考えられるので同鍾の傾斜は $68^{\circ}W$ ということになる。B測点では深度350m付近で同鍾に遭遇すると考えられるが、同測点の測定深度はそこまで及んでいない。

しかし、B測点の深度200~210mには、 $150\Omega\text{-m}$ という高比抵抗部があり、大成下盤鍾より上位、西側の別の鍾（大成鍾か）の延びに遭遇しているようである。A測点ではこれに相当する部分は認められない。C測点の深度250~280m間にある $220\Omega\text{-m}$ の高比抵抗部も1つの鍾の存在を示すものであるが、この鍾は大成鍾よりも上位、西側のものとなろう。

なお、この付近での採掘は、-120m地並（大略地下120m、海拔-100m）まで行われていたとみられ、したがってその深度以浅では、温泉水は坑道内に滞留している恐れがある。



第10図 横瀬付近の鉱脈

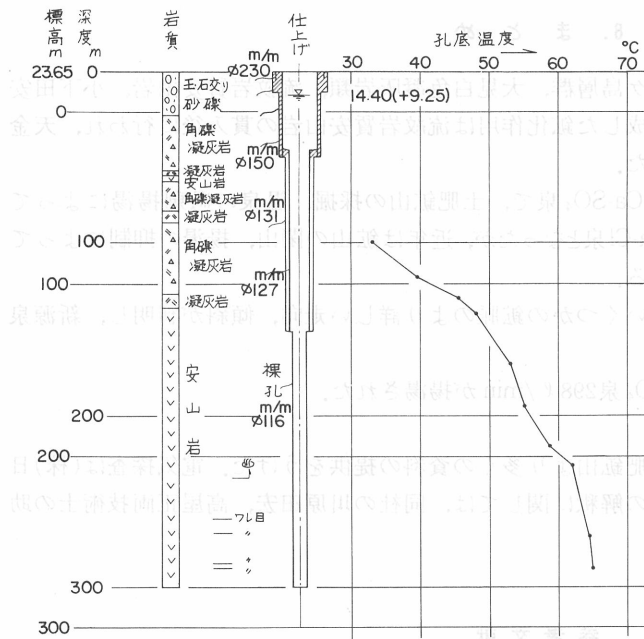
7. 新 源 泉

山川と横瀬川との合流点付近での新源泉掘さく地点が検討された。この付近では温泉を伴う鉱脈が東方で浅く西方で深く存在すること、浅い掘さく深度で温泉が得られるのは当然望ましいが120m以浅での温泉採取は好ましくないこと、天金断層の西側地塊に温泉が賦存するか否かは不明であることなどの他に、掘さく工事やその後の温泉利用の利便などが考慮されて、B測点の北(第10図参照)に新源泉が掘さくされた。

この地点では大成下盤鍾は400m程度の深度にあると考えられるが、もっと浅く250m程度の深度で別の鍾(B測点の200~210m、 $150\Omega\text{-m}$)に遭遇すると予想された。

掘さくの結果は、第11図に示すように、深度230m付近で温泉層に遭遇し、 $64^{\circ}C$ の温泉水 $298\ell/\text{min}$ を揚湯することが出来た。泉質は、第1表のように蒸発残留物 $1.835\text{g}/\text{kg}$ のCa.Na-SO₄泉である。

第12図は新源泉とB測点との対比である。

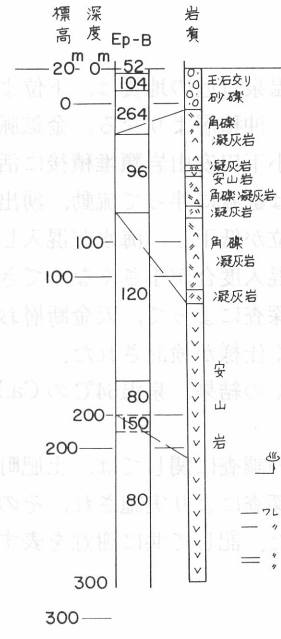


第11図 新源泉の状況

S. 54.1~8

エアリフト 64°C 327 l/min

水位降下 36.5 m程度



第12図 新源泉と Ep-B

測点の対比

第1表 新源泉と山の神源泉の主要化学成分

源泉名	下庄田(新源泉)		山の神源泉
pH	8.60		7.85
蒸発残留物	1.835 g/kg		1.057 g/kg
	mg/kg	mval%	mg/kg
Na ⁺	182.3	30.45	161.0
Ca ²⁺	360.6	69.09	180.8
Cl ⁻	130.6	14.86	519.3
SO ₄ ²⁻	993.1	83.48	893.8
HCO ₃ ⁻	14.0	0.93	342.4
H ₂ SiO ₃	71.4		45
成分総計	1.766 g/kg		
泉質	Ca・Na-SO ₄ 泉 (含芒硝・石膏泉)		(Ca-Cl 泉) 塩土土類泉
	S. 54		S. 44
	静岡衛研		中央温泉研

8. ま と め

土肥温泉付近の地質は、下位より湯ヶ島層群、大見白色凝灰岩類、流紋岩質安山岩、小下田安山岩類、沖積層よりなる。金鉱脈を生成した鉱化作用は流紋岩質安山岩の貫入後に行われ、天金断層は小下田安山岩類堆積後に活動した。

温泉は鉱脈に伴って流動、湧出するCa-SO₄泉で、土肥鉱山の採掘、温泉の過剰揚湯によって温泉水位が低下し、海水が混入してCa-Cl泉となったが、近年は鉱山の閉山、揚湯の抑制によって海水の混入度合いが小さくなってきている。

電気探査によって、天金断層およびいくつかの鉱脈のより詳しい走向、傾斜が判明し、新源泉の掘さく仕様が検討された。

掘さくの結果、泉温64℃のCa・Na-SO₄泉298 l/minが揚湯された。

今回の調査に関しては、土肥町、土肥鉱山より多くの資料の提供をうけた。電気探査は(株)日本地下探査により実施され、その結果の解釈に関しては、同社の川原田宏、高屋正両技術士の助言を得た。記して共に謝意を表する。

参 考 文 献

- 今井秀喜ら(1961)：温泉を伴う金鉱脈の二三について，日本鉱業会誌，Vol. 77, No.875
 甘露寺泰雄ら(1977)：土肥温泉の泉質と塩化土類泉の起源について，温泉科学，Vol. 27, No.4
 Kato, Takeo (1931)：Mineralization Sequence in the Formation of the Gold-Silver Veins of the Toi Mine, Idzu Province, Jap, Jour. Geol. Geogr., Vol. 9
 三本杉巳代治ら(1974)：静岡県田方郡土肥町土肥温泉の地質と温泉の開発，三本杉温泉開発研究所研究報告，No.4
 沢村孝之助(1955)：5万分1地質図幅「修善寺」，同説明書，地質調査所