
原 著

佐賀県富士町熊の川温泉の地質構造規制

株式会社ニチボー

板井 秀典, 三好 正

(平成11年11月10日受付, 平成13年1月9日受理)

Geologic Structural Control of Kumanokawa Hot Spring Area in Fuji-cho, Saga Prefecture

Hidenori ITAI, Tadasi MIYOSI

Nichiboh Co., LTD

Abstract

In recent years, thermal water supply from the Kumanokawa Hot Spring owned by the Fuji-cho has remarkably deteriorated, so re-drilling of a thermal spring well has been expected. A new drilling has been done to recover the original output. We have carried out geological, geochemical, and CSAMT (Controlled source audiofrequency magnetotelluric) surveys, and thermoluminescence measurements of fault clay in the vicinity of Kumanokawa Hot Spring area, and analyzed mutual relationships among those surveys and measurements. A new spring well of 650m depth was drilled ca.200m south of the preexisting wells, and thermal water of 38.9°C with 200 L/min has been obtained. The analyses of new data has resulted in new information concerning the geologic structural control of the Kumanokawa Hot Spring. They are: 1) The thermal water discharge occurs at the intersecting point of small faults with trends of NNE-SSW to N-S and joints with NE-SW and E-W trends in the Late Cretaceous Saga granite. 2) On the 500 m east side of the preexisting wells occurs a hydrothermal alteration zone striking NNE-SSW with nearly vertical dips and bearing many small clay veins. The width of the alteration zone is up to 200m. 3) From the CSAMT survey, the zone is inferred to be gradually shifting to NE-SW trend with westerly dip at greater depth. It attains low electric resistivity at-700m depth directly below the preexisting thermal spring wells. 4) The thermoluminescence measurements indicate that the hydrothermal alteration zone is younger than faults and joints. 5) The intersection of small open faults and joints provides a good passage to thermal water, whereas the hydrothermal alteration zone is a barrier to the water.

It is concluded that the thermal water in this area is derived from ca.-700m depth along the hanging side of the hydrothermal alteration zone. The zone prevents shallow ground water from reaching and mixing with the thermal water, and acts as a barrier to store thermal water upwelling from the depth. The thermal water discharges through small openings provided by the intersections of small faults and joints.

Key words : Kumanokawa Hot Spring, Geologic structural control, Soil gas element survey,

CSAMT survey, Thermoluminescence measurement, Barrier effect

キーワード：熊の川温泉，地質構造規制，地中ガス探査，CSAMT探査，熱蛍光量測定，堰き止め効果

1. はじめに

佐賀県富士町の熊の川温泉では，近年町有の熊の川第一泉源の減衰が著しいことから，泉源利用者から再開発が強く望まれていた．そこで，熊の川温泉の再開発を目的として，熊の川第二泉源の新規掘削地点決定のために地質等の詳細な調査検討を行なった(富士町報告, 1991)．

富士町報告(1967, 1988)によると，本温泉は嘉瀬川河床部において糸島花崗閃緑岩と佐賀花崗岩との境界付近にある小断層の開口亀裂と，それに交差する節理との交点付近から湧出していることが指摘されている．今回の調査(富士町報告, 1991)では，温泉を湧出する開口亀裂の下流側に河川に斜交した熱水変質による粘土化帯を見出した．この熱水変質帯が堰き止め粘土帯となって温泉および浅層地下水の流動を規制していると推定され，その地質構造規制について詳しく検討した．

新規掘削地点決定のための調査は，富士町報告(1967, 1988)の既存調査内容を再検討し，空中写真の判読については富士町報告(1988)の広範囲で詳細な調査資料を使用した．また，これまで広範囲の地質調査が行われていなかったために，地質踏査を改めて実施した．その結果，佐賀花崗岩体中に熱水変質帯を認めたため，変質帯調査に加えてX線回折による粘土鉱物の同定を行った．またその他の探査として，地化学探査として地中ガス測定および土壌水銀測定，ならびに電磁探査としてCSAMT探査を実施した．これらの調査結果から，熊の川温泉の湧出機構と地質構造との相関関係を見出し，新規掘削地点を選定した．

新規掘削地点は，既存泉源付近で温泉貯留層の中心部付近と考えられる地点を指定したが，既存泉源への影響を考慮して約200m南に離れた地点での掘削を行った(Fig. 3a)．掘削工事は平成4年6月までに実施され，掘削深度：650m，揚湯温度：38.7℃，揚水量：183 ℓ/minの新泉源(熊の川第二泉源)を得ることができた(富士町報告, 1992)．

本論では，これら新規掘削までの一連の調査と掘削結果のほかに，その後の熱蛍光量測定による断裂系の相対年代調査(富士町報告, 1994)も行ったので，これらの成果を報告する．

2. 熊の川温泉の概要

熊の川温泉は佐賀県富士町の南東部に位置し(Fig. 1)，古くからの温泉地である．本掘削工事以前の熊の川温泉の総湧出量は300 ℓ/min，温度は34℃，泉質は単純弱Rn泉と記載されている(金原, 1992)．泉源は「湯の原」，「熊の川荘」および「熊の川第一」の3箇所(Fig. 2)であるが，町有の「熊の川第一」泉源を除いて詳しいデータは公表されていない．「湯の原」および「熊の川荘」の2泉源は，元来自然湧出の温泉であり，かつては湧出した温泉水はそのまま河床部に設置された浴槽に引かれ利用されていた．現在は，深度数mの浅井戸に水中ポンプが設置され揚湯されている．この

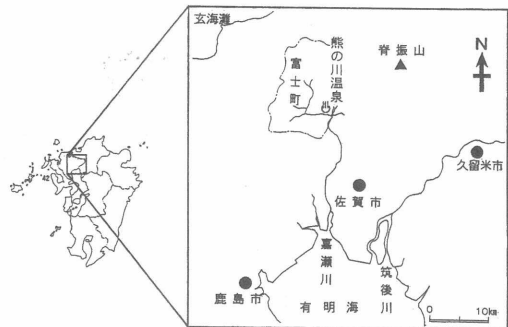


Fig.1 Location map of the Kumanokawa Hot Spring in Fuji-cho Saga prefecture

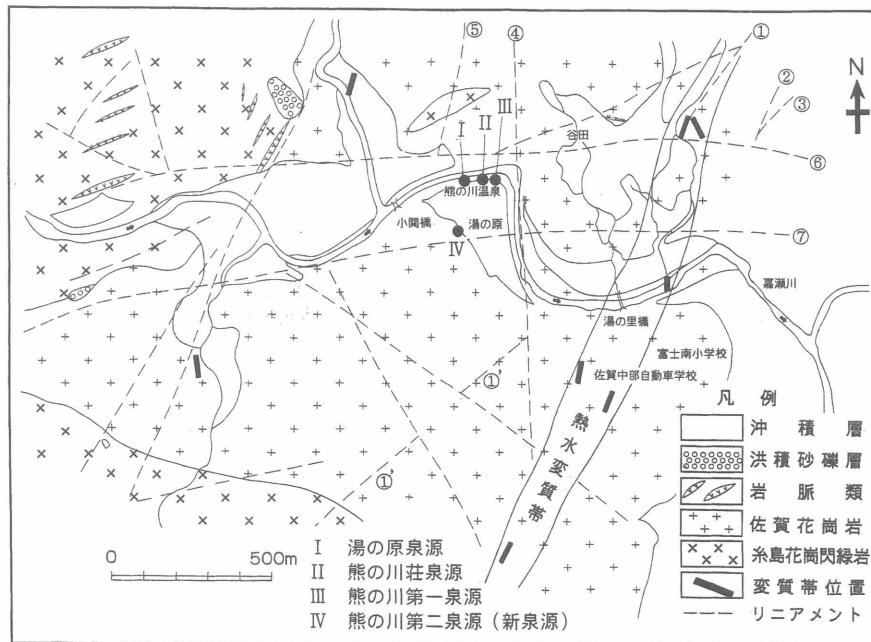


Fig.2 Geological map of the Kumanokawa Hot Spring area showing the preexisting wells

ため現在では、自然湧出はしておらず、水位が若干低下しているようである。ボーリング掘削による「熊の川第一」泉源は、「湯の原」および「熊の川荘」泉源の下流側において、掘削深度215mである。その汲み上げ可能量は開発時の昭和45年において87 l/minであったが、昭和63年で60 l/min、平成4年では32 l/minに減少している。Table 1に「熊の川第一」泉源および新泉源である「熊の川第二」泉源の分析結果をしめす。

3. 熊の川温泉近辺の地質

3.1 地質と変質帯

熊の川温泉周辺の地形は、北方に背振山系の稜線が東西方向に続き、南方は筑後平野が広がり、さらに有明海に至る(Fig. 1)。湧出地周辺は背振山系の南側山麓部にあり、標高300~400mの山地からなる。温泉は嘉瀬川の河床部から湧出しており、自然湧出は約100mの狭い範囲に限られている。

Table 1 Hot spring data of the Kumanokawa No.1 and No.2 wells

泉源名	熊の川第一	熊の川第二
分析年月	昭和63年3月	平成4年7月
掘削深度 (m)	215	650
湧出量 (l/min)	60	183
泉温 (°C)	25.1	38.7
外気温 (°C)	10.0	30.0
pH (-)	8.0	9.48
蒸発残留物 (mg/kg)	99	176
陽イオン (mg/kg)		
リチウム	—	0.0
ナトリウム	18.9	48.6
カリウム	0.7	0.3
マグネシウム	0.8	0.0
カルシウム	12.5	1.7
アルミニウム	0.2	0.0
マンガン	—	0.0
フェロ	—	0.4
陰イオン (mg/kg)		
フッ素	0.2	1.1
塩素	0.2	23.8
水酸	0.0	0.4
硫酸	6.0	14.6
炭酸水素	70.6	24.8
炭酸	0.0	25.6
ホウ酸	—	1.2
メタケイ酸	28.2	21.2
遊離二酸化炭素	3.1	2.1
ラドン (マッヘ)	26.65	34.62

湧出地周辺の地質は白亜紀後期の花崗岩類とこれを貫く岩脈類，ならびに第四紀の洪積砂礫層および沖積層からなる (Fig. 2)。花崗岩類には，糸島花崗閃緑岩と佐賀花崗岩が認められる。糸島花崗閃緑岩は湧出地の北西部および南西部に広く分布し，また湧出地北部にもレンズ状に産出する。佐賀花崗岩は糸島花崗閃緑岩に貫入し，湧出地周辺およびその東部に広く分布している。湧出地の西～北西部の糸島花崗閃緑岩分布域およびこれと佐賀花崗岩との境界部に粗粒花崗岩やペグマタイトからなる岩脈類の貫入がある。それらの貫入方向はENE-WSWからNNE-SSWのものが卓越する。

湧出地近郊のリニアメントを①～⑦の番号を付して，Fig. 2に示す。番号を付したリニアメントは，各種調査や探査結果から推定される構造と整合性が認められたものであり，整合性が不明瞭なリニアメントについては番号を付していない。番号を付したリニアメントについては節理を確認している。

湧出地近傍の嘉瀬川の本流は，E-W方向のリニアメント(⑥⑦)に沿って，西から東方向に流下しており，湧出地の数10m下流側でN-S方向のリニアメント④に沿って南側へ大きく曲流し，約300m南流する。さらに，東へ向きを変え湧出地の東方約1kmまで東流し，ここで再び南へ向きを変え佐賀市街の平野へと流下している。背振山系南斜面の嘉瀬川の支流はE-W, N-S, NNE-SSW, NE-SW方向のものが卓越し，これらは本地で認められるリニアメントに調和的である。

湧出地周辺では，破碎帯を伴うような規模の大きな断層の露頭は認められない。しかし，湧出地付近ではNNE-SSW方向の開口節理が認められ，これを富士町報告(1967)では小断層と記載している(④⑤と調和的)。小断層のほかにも，湧出地周辺にはNNE-SSWからN-S(④⑤と調和的)方向の節理系がよく発達し，E-W系(⑥⑦と調和的)およびNE-SW系(①③と調和的)の節理も認められる。以上のことから，湧出地はこれら3方向の小断層と節理の会合部にあたると思われる (Fig.2)。

湧出地の佐賀花崗岩中には，節理に沿った多くの変質脈が見られる。これらの変質脈の走向はほとんどN-SからNNE-SSWである。また，変質脈の幅は一般には10cm以下のことが多く，変質鉱物としては濁沸石，カオリン，セリサイト，緑泥石および緑泥石/モンモリロナイト混合層鉱物が認められる。とくに，湯の里橋近傍の嘉瀬川河床付近では，NNE-SSW方向の熱水変質脈(①②③とほぼ調和的)を伴う節理がよく発達し，1本の変質脈の幅も最大1mと大きくなり，多数の熱水変質脈が帯状に密集する。このような熱水変質脈の密集域は，湯の里橋の北北東および南南西方向の露頭で多数認められ，その分布状況から地質図 (Fig. 2) 中に「熱水変質帯」として示した。この熱水変質帯の幅は約200mに及び，この間に熱水変質脈の密集する領域が数条認められる。熱水変質帯中央部の湯の里橋付近の変質は著しく，幅40mにわたり全体的に変質している。熱水変質脈の傾斜は，何れも高角度であり，全体としてほぼ垂直とみなされる。

湧出地付近の地下水の湧水状況として，温泉湧出地周辺から熱水変質帯西縁部の間における嘉瀬川河床部の随所で湧水が認められるが，熱水変質帯より東側では認められない。このことは，熱水変質帯を境に浅層地下水の水位に差が生じていることを示しており，熱水変質帯が地下水堰き止め機能を有していることが推定される。

温泉湧出地付近の地下水と温泉水の関係は，熊の川温泉の古くからの泉源である「湯の原」，「熊の川荘」の2泉源の温泉湧出が元来自然湧出であったことから，少なくとも，水中ポンプ設置以前は，温泉水の水頭が浅層地下水の水頭よりも若干高かったといえる。

以上のことから温泉湧出地とその近郊の地形・地質的背景として，以下の事項が挙げられる。

- 1) 温泉は糸島花崗閃緑岩に佐賀花崗岩が貫入した境界付近の佐賀花崗岩分布域で湧出している。
- 2) 温泉はNNE-SSWからN-S方向の開口した小断層，NE-SW系の節理およびE-W系の節理の会合部から湧出している。
- 3) 温泉は河床部から湧出し，湧出地における温泉の水頭は，浅層地下水の水頭よりも高い。

- 4) 温泉湧出地の約500m下流側にNNE-SSW方向に伸びる熱水変質帯が相対的に集中する範囲があり、温泉の湧出に強く関与していると考えられる。
- 5) 熱水変質帯を境にして、浅層地下水の水位は西側で高く、東側では低くなっており、湧水の構造規制として熱水変質帯が地下水堰き止め機能を有していることが推定される。
- 6) 熊の川温泉の古くからの泉源である「湯の原」, 「熊の川荘」の2泉源が元来自然湧出であることを考えると、熱水変質帯による地下水堰き止め機能は、温泉の流動にもあてはまると推定される。

3.2 地化学探査

被覆層下部の断裂系の性状を把握する目的で、地中水銀ガス(金線法)、地中炭酸ガス(検知管法)および地中放射能ガス(α 線シンチレーションカウンター)による地中ガス探査ならびに土壤水銀の測定を行った。測定方法は古賀(1985)に従った。この地化学探査では、地中水銀ガスおよび土壤水銀の高濃度は地熱徴候を示唆し、地中炭酸ガス、地中放射能ガス(ラドン+トロン)およびラドン/トロン比は断層の存在を示唆している。地中ラドン/トロン比は地中放射能ガスの測定から得られ、半減期の違い(半減期;ラドン>>トロン)から、放射性揮発元素が発生してからの相対的時間経過を示すので、この比が高いほどその時間が長いことを示す。ラドン/トロン比の値が大きいほど、空隙を伝ってほかの場所から移動してきたガスが多く含まれることとなるため、断層などの裂隙の存在を推定することができる。

各測定項目の結果を評価するため、Fig. 3aに探査地域周辺のリニアメントを示し、各測定項目の結果をFig. 3bからFig. 3fに示す。また、これらのリニアメントと各測定結果との関係をTable 2に示す。

地化学探査結果をまとめると、以下のように考えられる。

- 1) リニアメント①④⑥⑦の4種の構造方向が認められる。
- 2) 全体的な各測定項目の高濃度分布は、湧出地付近よりも、湧出地の下流側の熱水変質帯分布域およびその周辺に認められる。このことは、温泉湧出を規制している表層の地質構造の透水性(空隙)が、温泉湧出地よりもむしろ、その東方域(下流側の熱水変質帯付近)で大きいことを示し

Table 2 Relationship between lineaments and results of geochemical and CSAMT surveys in the Kumanokawa Hot Spring area

グループ	A			B		C	
リニアメントNo.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
方向性	NE-SW	NNE-SSW	NE-SW	N-S	N-S	E-W	E-W
変質帯	○	○	○				
節理	○	○	○	◎	◎	○	○
地中水銀ガス	○			△			△
土壤水銀	○					○	○
地中放射能ガス						△	○
ラドン/トロン	△					△	○
地中炭酸ガス	○					△	
比抵抗平面図の 比抵抗領域	深度300mにおいて明瞭			深度700mにおいてこれらのリニアメントに囲まれる範囲において認められ、既存の泉源もこの範囲に分布している			

◎：開口節理明瞭，○：明瞭，△：認められる程度，節理は全てほぼ垂直

ている。

- 3) リニアメント④は湧出地付近を通るN-S方向のリニアメントであり、地中水銀ガスだけがこの方向で認められる。
- 4) 熱水変質帯上にあるNE-SW方向のリニアメント①の延長には、地中水銀ガス及び地中炭酸ガスの高濃度分布が認められ、さらにリニアメント①'へ続いている。これは、リニアメント①の構造がリニアメント①'へ続いていることを示唆している。このリニアメント①-①'は、熱水変質帯の西縁部に位置する。
- 5) E-W方向のリニアメント⑥は地中水銀ガスを除く他の全ての測定項目が検出され、またE-W方向のリニアメント⑦では地中放射能ガスが顕著に示されるとともに、地中炭酸ガスを除く全ての測定項目でも認められる。
- 6) E-W方向のリニアメント⑦では、地中炭酸ガスを除く測定項目のいずれでも高濃度域が東側から西方へ延びているが、リニアメント①-①'との交点付近から西方への延長が途切れている。これは空中写真の判読ではリニアメント①はリニアメント⑦に切られるものの、地化学探査ではリニアメント⑦がリニアメント①-①'によって切られていることを示している。

3.3 CSAMT探査

CSAMT探査は地下の電気比抵抗分布を把握する手法の一つである。調査地を構成する花崗岩類は、新鮮硬質な状態では一般に数千～数万 $\Omega \cdot m$ の高い比抵抗値を示すが、風化や破碎および粘土化によって比抵抗値が低くなる。CSAMT探査はこのような花崗岩類の物理的特性を利用し、花崗岩類の新鮮硬質領域とそれ以外を区別することによって、地下構造を把握するために試みるものである。解析方法は村上・小川(1986)に示された水平多重構造の一次元インバージョン法に従った。すなわち、各層の層厚 h と比抵抗 ρ を未知数とする非線形最小二乗法によって最適曲線を求め、そのときの層厚と比抵抗を出力した。計算は電算プログラムによって行った。発信電極と受信地との距離は5～6 kmであり、表皮深度が1500 mを超えるデータについては、ニアフィールド効果が懸念されるため、解析には使用していない。

この結果から比抵抗柱状図を作成し、これを基に深度300 mおよび深度700 mの比抵抗平面図を作成した(Fig. 3g, h)。以下、深度別に低比抵抗帯の形状について記述する。

1) 深度300m比抵抗平面図 (Fig. 3g)

100 $\Omega \cdot m$ 未満の低比抵抗領域が調査地の中央部をNE-SW方向に斜断する。この低比抵抗領域は、熱水変質帯分布域の方向がNNE-SSW方向であるので、調査地北東部においては、熱水変質帯分布域と一致するが、南西部では若干西側にずれている。リニアメントとの整合性は、調査地北東部でリニアメント③の直下にあり、南西部ではリニアメント①のやや西側にずれている。この低比抵抗領域は、その分布状況から、熱水変質帯の地下における性状を示しているものと推定される。すなわち、変質帯の地表での方向がNNE-SSWであるのに対し、地下ではNE-SWに変化していると推定される。

2) 深度700 m比抵抗平面図 (Fig. 3h)

調査地域の西部を除くほぼ全域は1,600 $\Omega \cdot m$ 以上の高比抵抗領域で占められるが、200 $\Omega \cdot m$ 前後の低比抵抗領域が湯の原地区にだけ分布する。湯の原地区の低比抵抗領域は、温泉湧出地の直下にあることから、温泉貯留層の存在を示唆している。一方、深度300mで認められた熱水変質帯を示唆する低比抵抗の帯状領域は、深度700 mでは不明瞭である。しかし、調査地北部の低比抵抗領域と

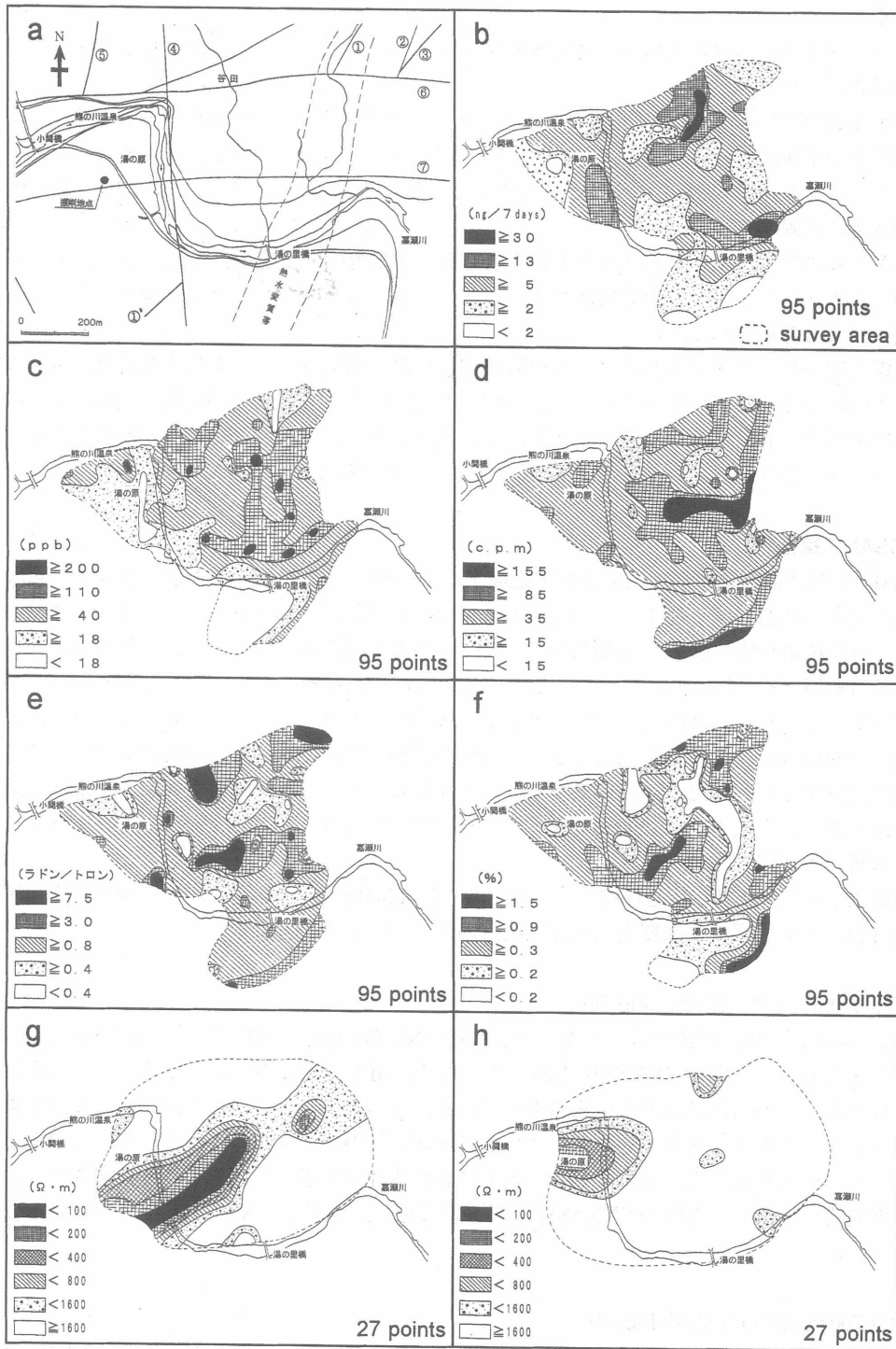


Fig.3 Iso-concentration maps by geochemical survey and resistivity contour maps by CSAMT survey. a: Survey area, lineaments and locality of new well, b: Hg in soil air, c: Hg in soil, d: Rn²²² and Rn²²⁰ in soil air, e: Rn²²²/Rn²²⁰ ratios in soil air, f: CO₂ in soil air, g: Resistivity at-300 m depth, h: Resistivity at-700 m depth

湯の原地区の低比抵抗領域とを結ぶと、その方向と深度300mで認められた熱水変質帯の方向とがほぼ一致することから、熱水変質帯は深度300mよりもさらに西側にずれていて、調査地北部から湯の原に至る線上にあるものと推定される。

以上のCSAMT探査結果から、次の事項が指摘される。湧出地の地下700m付近において、温泉貯留層とみられる低電気比抵抗領域が認められる。また熱水変質帯は、地表では温泉湧出地の東側約500mに位置し、NNE-SSW方向ではほぼ垂直であるが、地下で次第にNE-SW方向に向きを変えたとともに、傾斜して西側(湧出地側)へずれ、深度700m付近において湧出地の直下の低比抵抗領域に達している。

4. 掘削結果

熊の川第二泉源の新規掘削は既存泉源への影響を考慮し、湧出地直下の低比抵抗領域(Fig. 3h)の南側周縁部で行われた(Fig. 3a)。その掘削結果とCSAMT探査結果(Fig. 4)を以下に示す。

深度350mまでは佐賀花崗岩が分布し、それ以深は、佐賀花崗岩と糸島花崗閃緑岩が交互に分布する(Fig. 4; 地質柱状図)。深度330m以深の随所において、スライム表面に酸化鉄の付着による赤褐色化が認められ、亀裂の存在がうかがわれる。深度587.0~588.5mに熱水変質帯とみられる白色の粘土化帯が認められ、軟質化している。また、この付近の電気検層における電気比抵抗値は他の深度の値と比較し、特に低くなっている(Fig. 4; 比抵抗)。

掘削地点におけるCSAMT探査の比抵抗柱状図(Fig. 4; CSAMT比抵抗)の深度415m~641m間においてその上下層より低い電気比抵抗値である293Ω・mを示していたことから、この間に帯水層を想定していた。掘削の結果、深度330m以深の随所において亀裂の存在がうかがわれたことや、深度587.0~588.5mに熱水変質帯が認められ、軟質化するとともに、電気検層において深度587m付近に低比抵抗領域が認められることは、CSAMT探査の結果に調和的であった。

掘削において熱水変質帯を確認したことは、CSAMT探査で指摘した熱水変質帯の地下での性状を明確化した。すなわち、地表ではほぼ垂直である温泉湧出地の東側約500mに位置する熱水変質帯は、地下では傾斜して西側(湧出地側)へずれていることを確認した。

熊の川第二泉源の分析結果をTable 1に示す。

5. 地質構造およびそれらの新旧関係

熊の川温泉の地質構造規制を検討するために、熊の川温泉近辺のリニアメントと各種調査結果との相関関係について検討した。その結果をTable 2に示す。

Table 2を総合すると、性質を異にする3方向の構造が指摘される。それらは次のようにA, B, Cのグループに分けられる。

Aグループ：リニアメント①を主とし、リニアメント①②③の熱水変質帯およびその延長線上のNNE-SSW~NE-SW方向のリニアメント。

Bグループ：リニアメント④⑤の小断層と推定される開口節理を伴うN-S方向のリニアメント。

Cグループ：リニアメント⑥⑦の節理からなるE-W方向のリニアメント。

これらの構造の新旧関係を比較すると、以下の理由から、グループAの熱水変質帯を伴う構造が他の構造よりも新期であると考えられる。

Fig. 5は富士町における断層の熱蛍光強度(富士町報告, 1994)を示したものである。これは熊の川

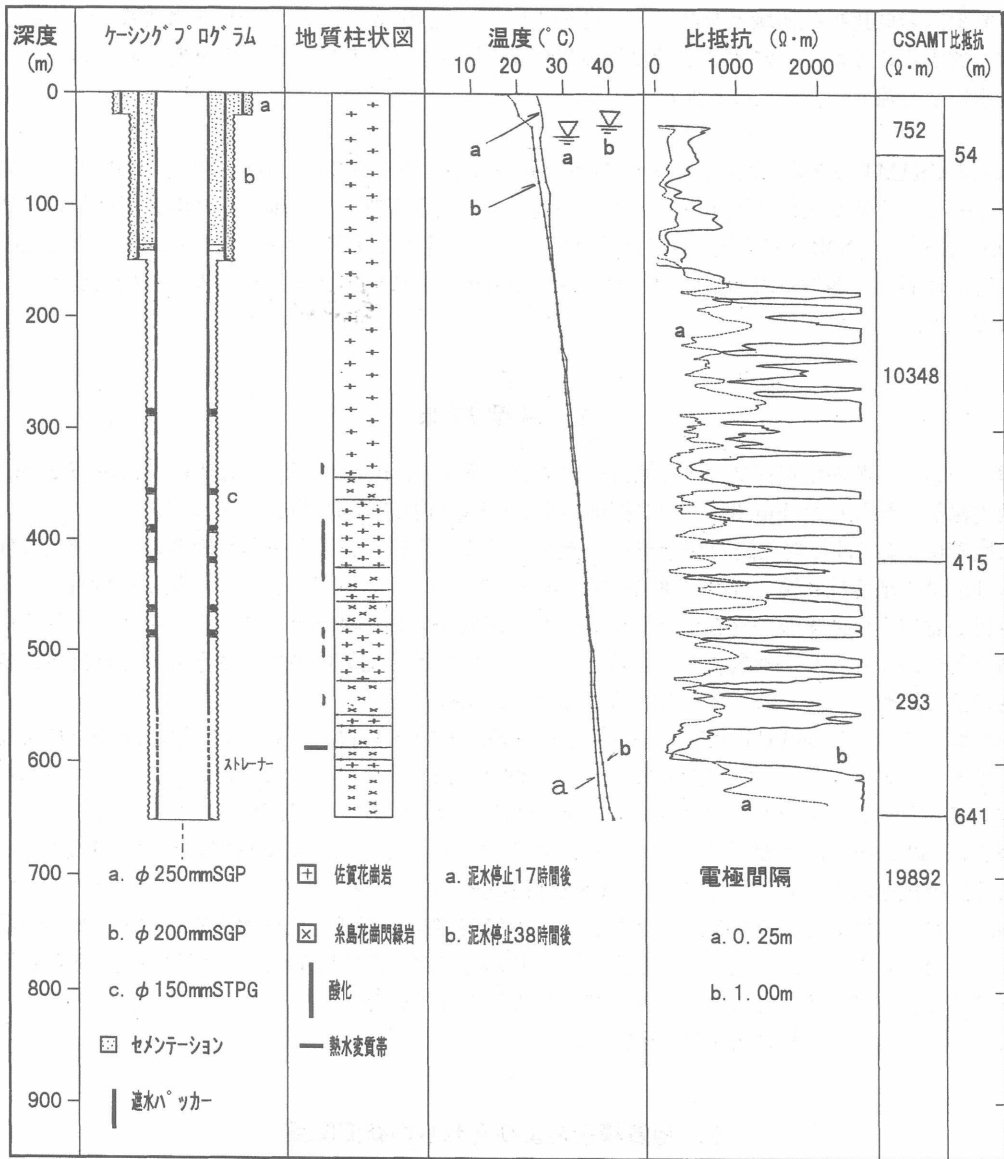


Fig.4 Drilling data of the Kumanokawa No.2 well

温泉そのものを規制する断層粘土からサンプリングされたものではないが、その周辺域における断層粘土のサンプルであり、背振山系南部の断裂系の一般的な新旧関係を示す資料として扱える。これによると、一般にE-W方向およびN-S方向の断層が示す熱蛍光強度は、NNE-SSWおよびNE-SW方向のそれに比較すると大きい。Geyh and Schleicher(1990)によれば、熱蛍光強度が大きいほど古期とされている。これに従えば、N-SまたはE-W方向の構造がより古期で、NNE-SSW~NE-SW方向の構造がより新期であることになる。

また、温泉湧出地近傍では、以下の事象においても同じ新旧関係が推定される。すなわち、NNE-SSW方向の熱水変質帯は他方向の節理に切断されていない。また地化学探査において、E-W方向のリニアメント⑦に調和的な各測定成分の高濃度異常が、リニアメント①-①'との交点付近より西側

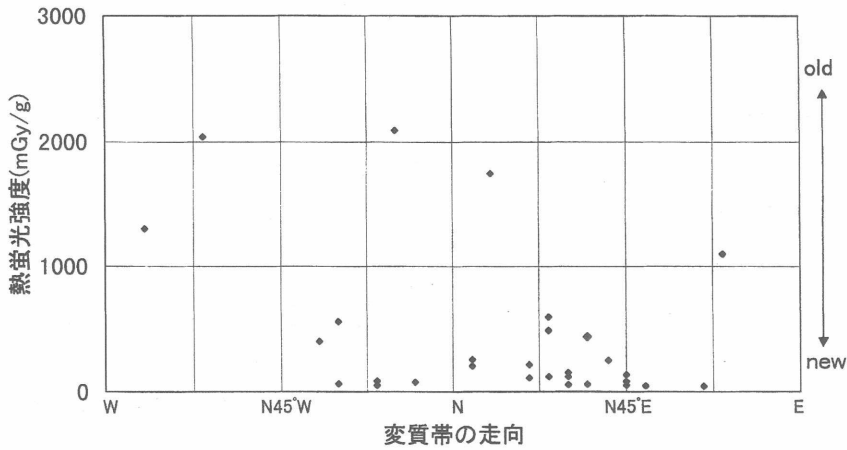


Fig.5 Thermoluminescence intensity for fault clays against strike of faults in the north Fuji-cho

への延長が認められない。これらのことから、NNE-SSW～NE-SW方向がより新期であると考えられるのである。

以上のことから、熱水変質帯を伴うNNE-SSW～NE-SW方向の構造は温泉の湧出を規制する他のN-SおよびE-W方向の構造より新期であることが推定される。

考 察

以上の調査結果の総合より、熊の川温泉を規制する地質構造と温泉の湧出機構をFig. 6に模式的に示す。

熊の川温泉の地質構造規制

グループAの熱水変質帯を伴うNNE-SSW方向の構造は、温泉湧出地の下流側にあり、地下で次第にNE-SW方向に変化するとともに西側の温泉湧出地方向にずれ、湧出地直下の深度700m付近の低比抵抗領域に達している。グループBおよびCの構造は、温泉湧出地付近で会合し、それらの傾斜がほぼ垂直であることから、地下の低比抵抗領域に達し、グループAの熱水変質帯を伴うNNE-SSW方向の構造と会合する。しかし、グループBおよびCはグループAより古期であると考えられる。したがって、グループBおよびCは、地下でグループAに切られた地点を境にして、より以浅と以深の間に地質的な連続はなく、不連続と考えられる。

すなわち、地下で西傾斜となるグループAの熱水変質帯を伴う構造は、調査地では最も新しい断裂系であるので、CSAMT探査で確認された地下700mよりもさらに深い地下深部に達していると推定される。また、グループAの構造は、地下700m付近においてグループBおよびCと会合することによって、空隙の大きい領域を形成し、湧出地直下の低比抵抗領域となったものと推定される。

熊の川温泉の温泉湧出機構

水平方向の地下水の流れがほとんどないと推定される地下深部において、温泉水は当地域で最も新期である熱水変質帯を伴うグループAの構造に沿って上昇すると考えられる。熱水変質帯は深度700m付近において、節理からなる東西方向のグループC、および開口しており空隙が大きいグループBの断裂系と会合し、さらに空隙の大きい領域を形成し、温泉貯留層を形成するであろう。それ

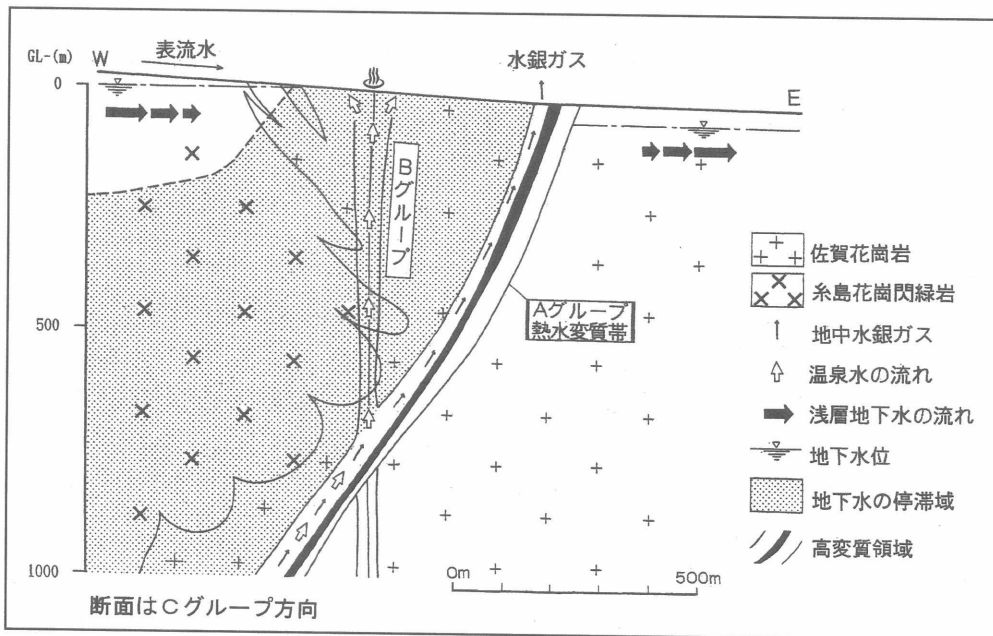


Fig. 6 A possible model for the flow system of the Kumanokawa Hot Spring

より上部においては、温泉水は対流によってグループBやCを伝わり、温泉湧出に至るものと推定される。

次に、熊の川温泉から温泉水が東方(河川の流下方向)に流出していない理由について考察する。一般に浅層の地下水は、浅層に達した温泉水とともに河川の流下による影響を受け、河川の下流方向に移動する。しかし、温泉貯留層から上昇して浅層に達した温泉水は下流側で河川に斜交する熱水変質帯が地下水の堰き止め機能を有しているため、河川下流方向に流下しないと推定される。この堰き止め機能は熱水変質帯が粘土化していること、熱水変質帯を挟んで地下水水位が西側領域の方が東側領域に比べ高いとみなされること、および他の断裂系よりも新期であることなどから推定される。

以上のように、熊の川温泉の湧出機構は、地下深部まで連続する熱水変質帯が温泉水の通路を提供し、これが古い構造と会合することによって、温泉貯留層が形成され、熱水変質帯がもつ浅層地下水の堰き止め機能が作用して、温泉水が古い構造に沿って対流によって地表に湧出していると結論される。

これらの成果は、杉山(1989, 1990)の考え方を支持している。

謝 辞

熊の川温泉の調査を実施するにあたり、富士町役場および熊の川温泉の関係各位には、多大なご協力をいただくとともに、小論の報告を快くご承諾いただいた。九州産業大学の林正雄教授、ジオクワロジー・ジャパン株式会社の大四雅弘博士、九州大学の古賀昭人名誉教授、同じく九州大学の甲斐辰次氏および佐賀大学の半田駿教授には、各種探査においてご指導をいただいた。また、山口大学の松本徂夫名誉教授ならびに山口大学の西村祐二郎教授には、終始貴重なご指導をいただくとともに、粗稿の加筆訂正をお願いした。国際協力事業団の河内洋佑博士にはアブストラクトの英文をみていただいた。さらに、匿名の査読者の各位にご指導を戴いた。これらの方々には厚くお礼申し

あげる。

(1998年11月13日 日本応用地質学会九州支部 第14回研究発表会, および1999年6月20日 日本地質学会西日本支部第139回例会にて発表)

引用文献

- 富士町報告(1967) 古湯・熊の川温泉調査報告 富士町, 佐賀.
- 富士町報告(1988) 富士町古湯・熊の川温泉泉源開発基礎調査 富士町, 国際鉱業株式会社, 佐賀.
- 富士町報告(1991) 熊の川温泉泉源開発調査委託業務 富士町, 株式会社ニチボー, 佐賀.
- 富士町報告(1992) 平成3年度富士町熊の川第2泉源ボーリング工事 富士町, 株式会社ニチボー, 佐賀.
- 富士町報告(1994) 平成5年度富士町温泉開発調査業務委託 富士町, 株式会社ニチボー, 佐賀.
- Geyh, M.A. and Schleicher, H. (1990) Absolute Age Determination, 256-270. Springer-Verlag, Berlin.
- 金原啓司(1992) 日本温泉・鉱泉分布図及び一覧. 地質調査所, 284-285, 茨城.
- 古賀昭人(1985) 化学的地熱診断法.九州大学生産科学研究所報告, **79**, 69-86.
- 村上 裕, 小川康雄(1986) 電気・電磁探査におけるインバージョン. 物理探査, **38**, 440-451.
- 杉山隆二(1989) どこを掘れば温泉に当たるか? 温泉工学会誌, **23**(1), 56-68.
- 杉山隆二(1990) 温泉の地質構造規制. 温泉科学, **40** (1/2), 34-41.