

## 山陰の温泉の地質構造規制について\*

—— 山陰の温泉はどんな地質のところにあるか ——

杉 山 隆 二

岡山大学温泉研究所 地質学部門

岡山大学温泉研究所地質学部門は、極めて密接な関連をもつ温泉・ウラン・花崗岩の3つを主なる研究対象にして、その成因的諸問題を究明するため、それらの地質学的・鉱物学的研究を行っている。ここには温泉について、特に山陰の温泉について、それがどんな地質のところにあるか、その地質構造規制について説明する。

### 1

温泉はいわゆる“火山”と密接に関連して湧出している。わが国には特に活火山が多く、従って、その火山噴出物としての高温岩漿水、或は岩漿(熔岩)や噴気ガスによって温められた地下水(或は海水)などが、温泉としてその火山地帯附近の割目に沿って湧出している例は極めて多い。また、休火山にしても、新しい地質時代のもので、その火山活動の余燼として、その火山の周辺に温泉の湧出を見るものも多い。わが国の有名な温泉の大部分のものが、この新しい火山活動に関連したものであることは御承知の如くである。温泉といえば火山、そして、直ぐどれかの火山脈・火山帯と結びつけてその生成を考えるのが一般常識のようである。しかし、ここには、火山と直接結びつき難い山陰の、或は裏日本の温泉の説明をする。

### 2

山陰もその中に含まれるが、裏日本のいわゆる“グリーン・タフ(緑色凝灰岩層)”と呼んでいる第三紀層が分布している地域には、金・銀・銅・鉛・亜鉛・鉄などの金属の熱水鉱床が数多くある。その代表的なものは、小坂・花岡鉱山などのような、いわゆる“黒鉱(くろもの)鉱床”であり、また、阿仁・尾去沢鉱山などのような、熱水鉱脈である。熱水鉱床のあり方(生成)は温泉のあり方と深い関連をもっている。目下研究している人形峠・三朝・東郷一帯に賦存するウラン鉱床も、その起源は基盤花崗岩中にあるにしても、その鉱床生成には、第三紀

の火山活動に関係した低温熱水乃至温泉水の作用が極めて深い関連をもっていると考えている。熱水は温泉水と連続的である。熱水から沈澱した熱水鉱床のあり方は、温泉のあり方を教えて呉れる。熱水鉱床は種々の地質構造に支配されて形成しているが、それを**鉱床の地質構造規制(structural control)**と呼んでいる。

東北裏日本第三紀層中の金銅鉱脈の地質構造規制を検討したことがあるが、ここにその著例を挙げてみよう。地層が褶曲しており、2つ以上の背斜軸(褶曲軸)が交ると、そこに地層の盛り上りであるカルミネーション(culmination)或はドーム(dome)状部分を現出し、図1に示すように、鉱床がこのような部分にしばしば胚胎することが判った。即ち、このカルミネーション或はドーム状構造の翼部には、しばしば断層を生じ、また、この断層に沿って、しばしば断層粘土を生じている。そして、主鉱脈はこの断層粘土に伴ってその下盤側に形成している。更に、断層粘土脈に堰き止められた形で、網目状鉱脈(network veinlets)が発達していることがある。この熱水鉱脈の地質構造規制は、熱水の上昇通路としてカルミネーション或はドーム構造が好適であることを示している。また、上記の構造が熱水を貯溜し、鉱物を沈澱せしめる好条件を与えていることを示している。温泉についても、これに類似のカルミネーション或はドーム構造部や背斜構造部が、地下深所から温泉水を上昇させる通路として極めて好適な場を与えていることが多い。温泉の場合は、熱水鉱脈の場合に比して、その構造がやや大規模であり、構造の中核にはしばしば火成岩貫入岩体があり、これが大きな岩体である方が、古い地質時代から現在に至るまで長時間に亘って熱源を地下深所に保持するに好適な訳である。

### 3

満洲の五龍背・湯崗子・興城などの温泉や、朝鮮の金剛山温泉などを訪れた際に、新しい火山と全く関係のな

\* 岡山大学温泉研究所創立25周年記念講演(1964年7月28日、三朝町菅温泉会館)。

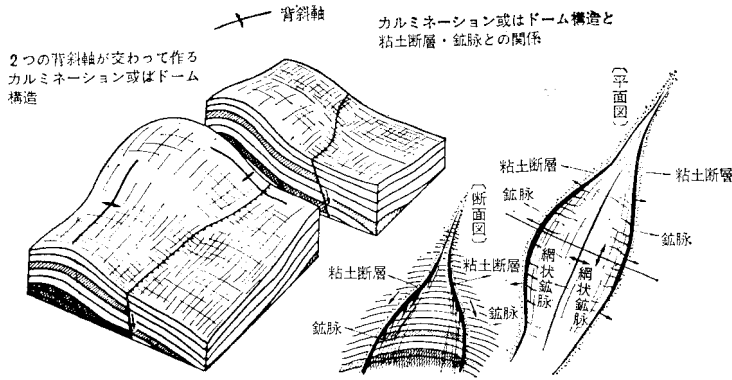


図 1.

いところに温泉が湧出しており、不思議に思ったことがある。湯岡子温泉を含む地域の図幅調査を行った際に、中生代末の貫入と考えられているいわゆる“千山花崗岩”が温泉に関係あるものと一応考察したが、これは朝鮮の金剛山の花崗岩、即ち中生代末のいわゆる“仏国寺花崗岩”に相当している。

かつて、新潟県下の温泉の泉温および分布と地質との関係を検討してみたことがあるが、火山形態をとどめている新しい火山と温泉分布との間には、図2にも明らかのように、その関係が認め難い。そして、中生代末期とか白堊紀末の貫入といわれており、筆者が古第三紀（約6000万年位前）に進入したと考えている、草水（くそうづ）・小川（こがわ）型優白ペグマタイト質花崗岩類と、新第三紀中新世末期（1100-1200万年位前）に進入したと考えている谷川岳型石英閃緑岩類との、大きな進入岩体の分布地域に温泉の分布地域が極めてよく合致している。即ち、妙高火山や焼山火山附近の温泉と新しい火山との関係を否定するものではないが、新潟県下の温泉の大部分は新生代第三紀の半深成乃至深成の火成岩の大きな進入岩体に関係があり、その熱源はこれに依存していることが判った。そして、たとえ、新期の地層に被われていても、第三紀の半深成乃至深成の火成岩類の大きな進入岩体が、古期岩類を貫いて高まり盛り上って、ドーム状或は背斜状の構造を作っているところ、即ち第三紀花崗岩類のカルミネーション

の部分近くに温泉が賦存している。これを温泉の地質構造規制の第1条件と考えている。

鳥取県・島根県下の山陰の温泉についても、温泉分布と基盤花崗岩類との関係を検討してみた。山陰の花崗岩類のうち、小鴨（おがも）花崗岩類と呼んでいるものは、優白ペグマタイト質花崗岩で、新潟県下の小川型花崗岩に対比されるものである。また、鉛山石英閃緑岩類は谷川岳石英閃緑岩類に対比されるものである。人形峠花崗岩類としたものは、古期（1億8000万年位前）の奥津花崗閃緑

岩類に、小鴨花崗岩類の進入に伴う微斜長石という桃色の加里長石が多量に斑状に添加されたものであり、これまでを小鴨花崗岩類進入の勢力範囲と考察すればよい。

鳥取県下の温泉はすべて、図3に見るように、この鉛山および小鴨の2つの第三紀の半深成乃至深成火成岩類の大きな進入岩体中にあること、そして、それが高く盛り上って新期地層がカルミネーション（ドーム或は背斜）を作った部分にあることは明らかである。

島根県下の温泉については（図4）、温泉と冷鉱泉とを区別したが、温泉については、前述の地質構造規制が極めて明瞭である。また、三瓶火山の噴出が基盤花崗岩の

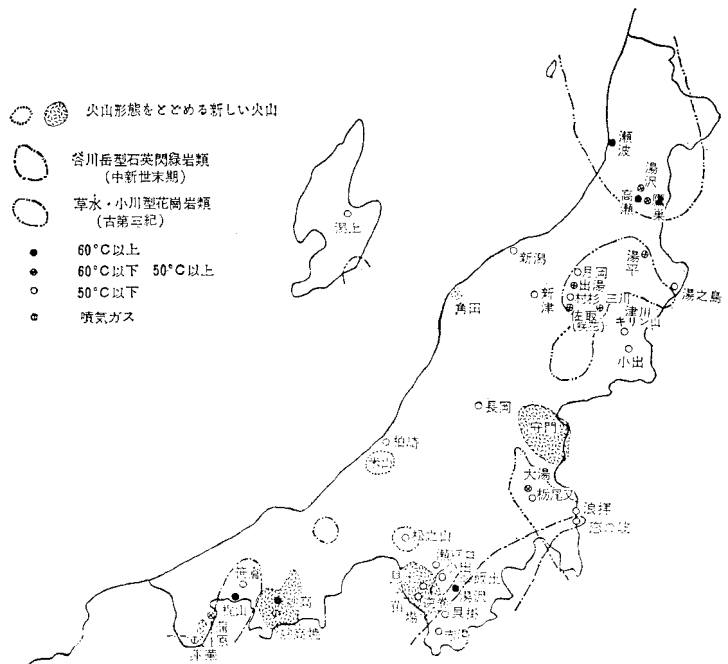


図2. 新潟県の温泉.

盛り上った中心部に行われたことは、興味深いところである。なお、大部分は第三紀層に被われているが、基盤花崗岩類の分布の北縁を直線的に限る断層に沿って、温泉・鉱泉列のあることも注目される。次に、新第三紀中新世前期(2000-2500万年位前)の複合進入岩体である湯抱(ゆがかえ)火成岩類の分布を示す図を掲げたが(図5)、その酸性半花崗岩質花崗岩進入岩体中に池田・浅原・小林などの含ウラン強放射能の冷鉱泉を伴うことは、問題のあるところである。また、その分布の北限には、大部分は第三紀層に被われているが、直線的な断層が推定され、これに沿って、温泉・鉱泉列のあることも注目される。更に、この進入岩体の西縁(北西縁)を直線的に限る推定断層に沿って、大江高山の新しい火山が、三瓶火山の寄生火山的に噴出しており温泉津(ゆのつ)の温泉を見ることも興味ある事実である。

4

次に、温泉は岩石中の裂罅(れっか)或は割目から湧出して来る。断層という言葉はこの裂罅或は割目と同義に使って、「温泉は断層から湧出する」としている人が多い。しかし、断層は地殻の食い違いであって、割目を作ることもあるが、横圧力によって生ずる大きな断層は、多くの場合粘土化して断層粘土を生じ、これが不透水層の壁の役目をなしている。そして、断層運動によって生ずる断層粘土脈に平行して、それに沿って割目を生ずる場合もあるが、これに斜交しており、これによって切られる割目や破碎帯のある場合が多く、且つこれらが重要である。温泉はしばしば、この断層粘土脈によって堰き止められ、それに沿って上流側の割目から湧出している。従って、温泉は断層に沿って分布していることが多い。

しかし、断層を温泉脈と考え、断層に沿う2つの既存温泉の中間に温泉を求めて失敗した例は多く、このようなところには必ずしも温泉を伴う割目があるとは限らない。断層粘土がなくても、時には、貫入火成岩体の貫入面に沿う粘土化変質帯が不透水壁を作って、同じ役割を果たしていることもある。

温泉地の地質構造として、上記のように、花崗岩のカルミネーション・盛り上がりがあり、その下流側に粘土断層或は粘土化帯があり、温泉水を堰き止め貯溜していることは、温泉の地質構造規制の必須条件である。この温泉の断層堰き止め・貯溜構造を、**温泉の地質構造規制の第2条件**としている。そして、この断層不透水壁が温泉湧出地域と非湧出地域とを劇然と区分していることが一般である。

関金温泉はこの好例である(図6)。ここは花崗岩が分布する地域であるが、筆者が創案した F. F. A. (Fracture Fabric Analysis) の方法によって、花崗岩中の裂罅系を明らかにし、関金温泉附近での花崗岩の盛り上がり構造・背斜状構造が極めて明瞭に認められた(杉山, 1962)。そして、その下流側翼部を切って、地表でも観察し得る北東-南西方向の顕著な粘土断層がある。この断層が温泉水を堰き止め、貯溜している。従って、その上流側では割目から高温の温泉が自噴している。これに対して、断層裏側の下流側では、地下水面が急に低下しており、地表下 10 m 前後になり、40°C 前後の温泉が地下にあっても、それを吸い上げポンプでは汲み揚げるのが難しい状態である。

5

山陰の温泉では、新しい火山に関連して、火山ガスな



図 3. 鳥取県下の基盤花崗岩類の構造と温泉との関係。

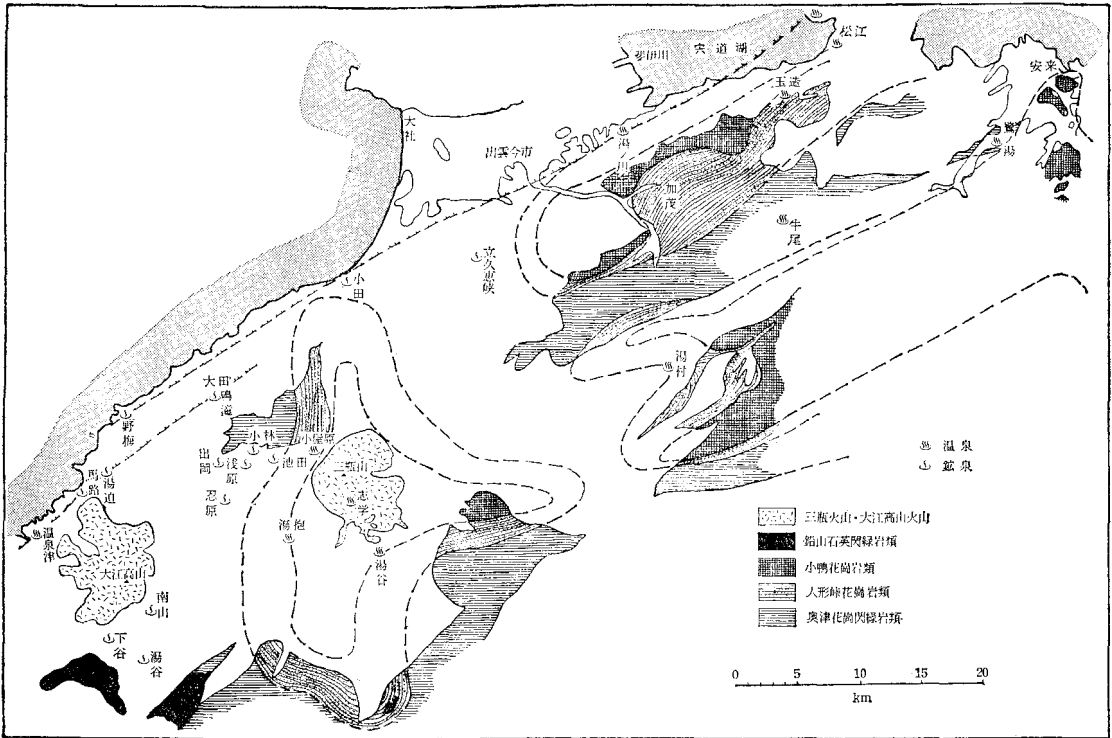


図 4. 島根県下の基盤花崗岩類の構造と温泉との関係。

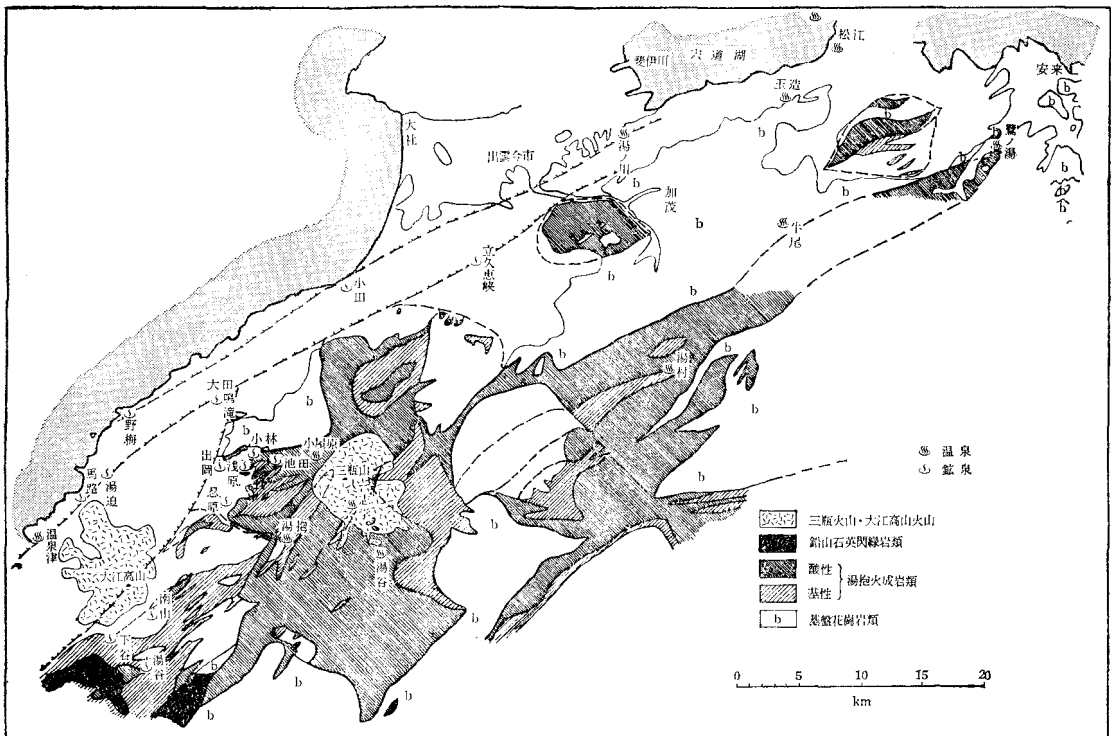


図 5. 島根県下の湯抱火成岩類の分布と温泉との関係。

どの圧力によって、即ち内生的な力によって、地下深所から温泉が噴騰して来るような例はない。そして、外因的な力によって、特殊な地質構造に規制されて湧出して来る温泉が大部分である。その湧出機構を見ると、今迄述べた粘土断層の堰き止め構造があるが、時にその上流側に地下水を地下深所に送り込む明瞭な構造が認められることがある。そして、その構造と断層堰き止め貯溜構造とが地下深所の熱源のところで連絡しており、しかも、堰き止め断層の直ぐ近くの上流側に、温泉水が上昇して来ることの出来るような、そして地下深所にまで続く、深い割目或は破碎帯、或は割目に富む岩脈などの存在が必要条件になって来る。この温泉湧出機構が**温泉の地質構造規制の第3条件**である。そして、地下水を地下深所に供給する構造と温泉水を堰き止め地表に或は地表近くに上昇湧出させる構造との間に落差が大きい程、それだけ温泉が地質構造的に被圧され噴騰する訳であり、その落差が小さい時には、自然噴湯しない訳である。

山陰の温泉は、上記の地質構造規制の3つの条件のところに賦存している。従って、これを仮説として、温泉探査を行っている。

6

最後に、三朝温泉を例にとって、簡単に上記の3つの地質構造規制の説明をする(図7)。

当温泉地の北側と南側との山地には、花崗岩を不整合に被って新第三紀鮮新世の地層(いわゆる三朝層群)が乗っているが、それは玄武岩・安山岩の熔岩流とその火山砕屑岩層とから成っており、それぞれ北側は北西に南側は南西に傾いている。これは基盤の小鴨花崗岩類が盛り上っている構造を示している。この新第三紀の地層の基底には、南北両側ともに、低品位ながらウラン鉱床を発見している。

この花崗岩盛り上りの中に、2重破線で示したような粘土断層があって、これが温泉水を堰き止め、貯留している。従って、その直ぐ裏側には温泉を求め難い。

この断層に斜交して、破線で示したような割目・破碎帯があり、これがいわゆる温泉脈である。これらは、地表地質調査のほか、電気探査・放射能探査などの方法や、多くの試錐結果などによって認められたものである。

現在の三朝川は直線的流路をとっているが、古い時代には蛇行流路をとっており、従って、河川勾配も緩かった時がある。この時の旧河道は河岸砂礫層に被われて、現在の三朝地区の温泉地となっている。温泉脈を、現河道の河床よりも旧河道の河床の方が低い位置で切っている場合、旧河道のところで温泉は溢れ出し、旧河道に沿って砂礫層中の地下水を押し分けて温泉流となって流下する。現在の三朝地区の温泉は、その好例であり、点をうった温泉地域では、地下水面まで地表から約2m程掘ると温泉が求められる。最近、発電所の排水路工事のため附近地下水面が急に下ったこと、温泉湧出点付近で直接ポンプ揚湯をしているため流下温泉流量が減少し泉温も低下したこと、浴槽の溢出口(のみくち)を地下水面の低下のため順次切り下げるため更に地下水面の低下を来すこと、などの悪循環的な事由から、当研究所分室附近の温泉は使用不能に近くになっている。

山田地区の温泉は、南北断層に堰き止められている温泉水が漏出して、ほぼ三朝川の川筋に沿って幅広く流下しているが、地表下4~7mの厚さの河岸砂礫層の下の風化花崗岩が割れ目に富み、地表近くは冷地下水であるが、溪泉閣前付近で深度20m前後で40~45°Cとなり、深度50~60mで70°Cを越す高温泉水となり、これを超して深くなるとまた温度が低下している。断面を見ると、溢出口より地下の割れ目を満す冷地下水中に恰も舌状に高温泉水が流下している形状を示している。従って、これらは浅いボーリングで採湯している。

最近、泉脈そのものにボーリングで逢着し、採湯している温泉が多くなって来ている。

三朝温泉は弱塩類放射能温泉であり、ラジウム・ラドン温泉として有名であるが、そのラジウム・ラドン温泉は、三朝地区の当研究所分室附近のような泉脈から溢れ

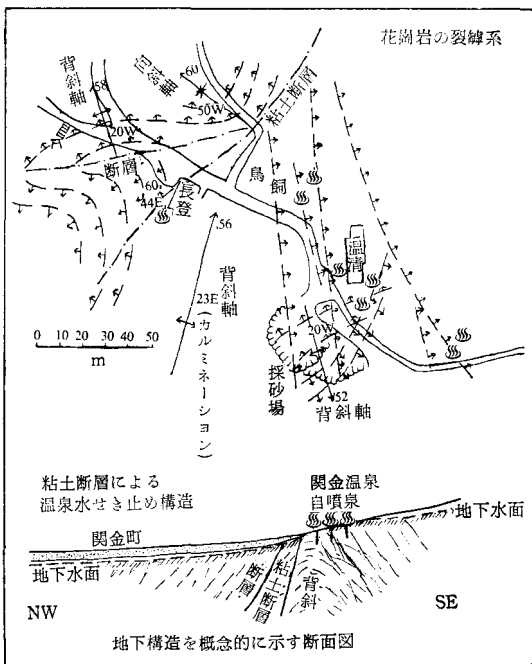


図 6. 関金温泉.

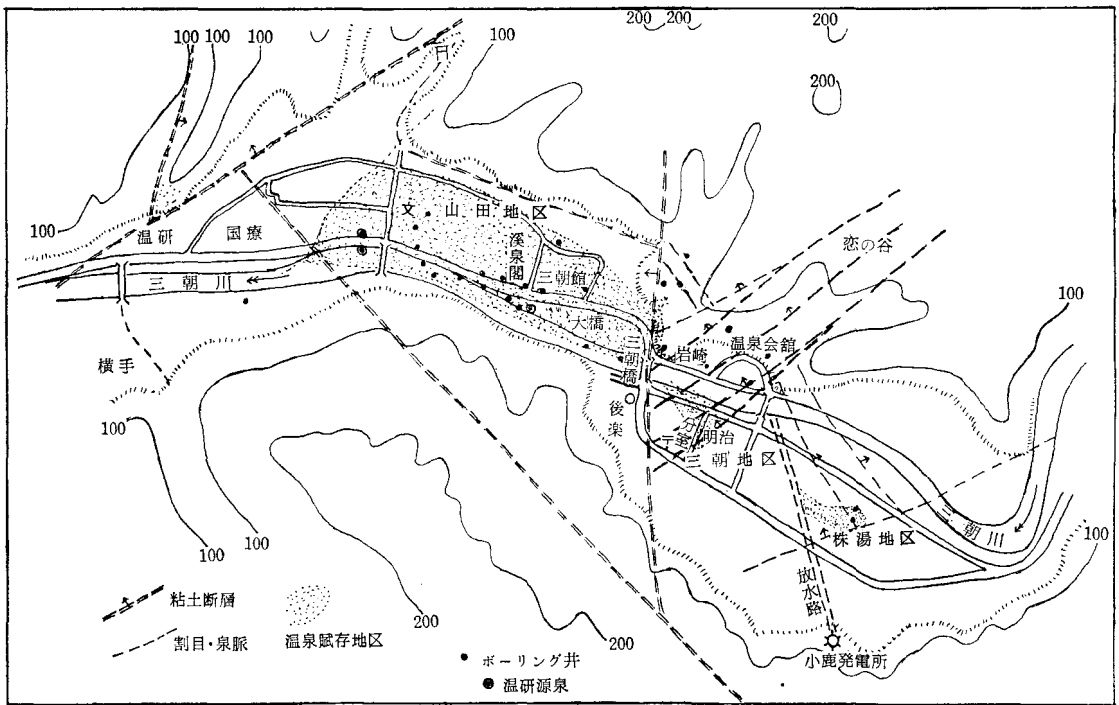


図 7. 三朝温泉の断層・裂隙系。

出し旧河道の砂礫層中を流下している形式の温泉である。そして、ボーリングによって泉脈に到達して採湯している温泉は、むしろウラン温泉である。附近のウラン鉱床との関係については、ここには説明は省略するが、興味あることである。

三朝温泉は現在その湧出量総計が概ね 2000 l/min. であり、鳥取市吉方温泉および岡山県湯原温泉位の規模である。しかし、地下には倍する採湯可能な湯量が包蔵されていることが推定される。旧来の泉源が干渉することをおそれて、互に牽制しているため、多量採湯が不可能である。従って、三朝地区以外の山田地区の開発を考慮しているほか、最近大瀬地区で 45°C 弱であるが 200 l/min. の湧出量をもつ泉源の発見に成功し、新三朝温泉の出現も夢でなくなっている。

三朝温泉だけでなく、山陰さらに山陽各地の温泉の開発に、筆者の研究による上述の温泉地質構造規制の rule を用い、試錐の数も漸次多くなって来ており、既にその探查成果も湧出量にして 1000 l/min. を超えている。

ここに簡単に温泉の地質構造規制の rule の説明を行った次第である。

\* \* \*

#### 参考文献

- 杉山隆二 (1962). 関金温泉の地質について. 鳥取県温泉調査報告 (V), 関金温泉 (1), 鳥取県厚生部.  
 杉山隆二 (1963). 山陰の温泉の地質 (その 1). 温泉工学会誌 1, [1], 42-47.