

## 温泉探し，よも山ばなし

京都大学名誉教授

初 田 甚 一 郎

### A Talk on Various Topics Regarding a Search for Hot-Spring Sources

Jin-ichiro HATSUDA

Professor Emeritus of Kyoto University

私と温泉との関係は昭和一桁の後半からである。地磁気の逆転説で世界的に名を知られた恩師松山基範先生のお伴をして、兵庫県の有馬温泉や城崎温泉に行ったのが始まりである。当時は近年のように温泉開発の声も余り聞かず、むしろ衰微してゆく源泉の復活が問題であったようである。従って既存の源泉の調査が主で、新規に掘削候補地点を探すことは、どちらかといえば稀であった。

源泉の調査は温度・湧出量などの測定が主な仕事であったが、極めて初歩的なもので、湧き落ちる水はメスシリンダーとストップウォッチで、また当時の城崎温泉の例のように、角型木製の源泉槽の底または側壁孔から湧出する場合には、予め槽の寸法を測っておき、一旦槽内の温泉水を出来るだけ汲み出しておいて、湯面の上昇速度を鉛直に立てた竹尺と秒時計で計るといった方法であった。これは湧泉の湧出力とでも言うべきものを知ることになり、大切な情報の一つである。

話は変わるが、古来の温泉は、かつて地表に何らかの温泉兆候があった所に、手を加えて出来上がったものが大部分と思われる。泉兆には鳥や獣、たとえば鶴・鷺・鹿・かもしかなどが傷を癒やしに沐浴していたのを狩人や木こりが見つけたなどと、神話伝説的なものもあるが、現実には色・におい・味・触感など、人間の五感に何等かの異常を感じさせる湧水・沈澱物・気泡などがこれに当る。

さて、本題に入って、温泉探しの第一歩は資料の蒐集である。現地を含む地域の地質図や地形図、もしあれば地質報告書など、可能なかぎり資料文献を漁りまくって参考事項を整理しておく。また近隣に温泉や鉱泉の有る場合には、それらの泉質、泉温、湧出状況なども調べる。地名にも湯谷、湯屋その他、湧・水・泉・香、とくに塩などの漢字の付いた所があるが、これらは今は絶えた湧泉の名残と、一応注意が必要である。現地ではその土地に詳しい古老の話など大変参考になる場合が多い。事情が許せば、それらの人の案内で、湧水、井戸、鉄気や気泡の出ているところなどを隈なく調べてまわる。

ここで、ちょっとお笑いぐさに、昔温泉探しに持ち歩いたバッグの内容を披露すると、まず、地質調査に必要な野帳・ハンマー・クリノメーター等はもちろんであるが、温度計（普通および

留点) , 試験管, pH試験紙, 北川式ガス検知器, 銀板の切片, 小ビーカー, 懐中電灯, それに手製の水の電気伝導度測定器などである。これらの内, 最後のものについては説明が必要である。内径8mm長さ約8cmのガラス管の, 両端を閉じるゴム栓の中央を貫いた導線の先端に, 直径8mm弱の白金円板が鐵付けしてある。試料水を満たして栓をするとき, 平行に向きあった両白金電極間の距離が一定になるように, 予め管に印がつけてある。試験水の抵抗は, ラジオ部品を使って組立てたブリッジ回路で簡単に測定できる。分極を避ける為には小型の直流プザーを利用し, 発生する交番電流を用いた。またブリッジのバランスを知るに必要なガルバの代りにイヤホンを使った。この装置全体は小形弁当箱位で, 測定も簡単で, 水の相異の判定に大変重宝したものである。

温泉探査にとって, 試験錐による地下の情報の重要なことは言うまでもない。そこで, しばしば掘削のことについて述べる。温泉探査の初期には掘削技術や機械も幼稚で, 主に水井戸を対象とした上総掘りと称する一種の衝撃式の掘削法が主流を占めていた。これはまず, 杉丸太か丸竹を束ねて作った水平な弾木(はじき)の先端から, ロープ代りに割竹をつなぎ合せたヘネと称するもので重いノミを地孔中にぶら下げ, 弾木の弾力を利用して激しく上下に動かし, その際の強い衝撃により岩盤を破碎しながら掘進する方法である。動力は専ら人力によって運転していたが, 後にはヘネはワイヤーロープに代り, 動力も石油エンジンなどにとって代られた。このような衝撃式掘削法(パーカッション方式)は柔らかい岩石や地層の掘削に適し, 掘進深度は普通300m位である。

衝撃式にとって代る掘削法はロータリー方式である。これには色々あるが, 要はロッドと通称する鋼管をネジでつなぎ合せ, その先端にクラウンと呼ぶ切削部を取付けて回転させることにより岩盤を削ってゆくやり方である。ロッド内に少量ずつ落とされたスチールの散弾(ショット)が, クラウンと岩盤との間隙で, ロッドの荷重と廻転のために剪断破碎を受け, 生じた鋭利なエッジで岩盤を削って行く方式や, クラウンに超硬合金の小断片(チップ)を溶接してショットに代えたり, 更に硬い岩石に対しては, 工業用ダイヤモンドの微細粒を砲金の鋳物中に交ぜ入れたり, とときには小粒の結晶を表面に埋め込んだりしたクラウンを用いるなど様々である。回転方式では, コアチューブの取付けにより地層の柱状試料を採ることが出来, 温泉源探査にとっては有難い。

ところで, 近年のように一般に掘削深度が大になってくると, ロッドの上げ降ろしに要する時間が馬鹿にならなくなる。それはロッドの接続がネジ方式であるために, つないだり切り離したりするのに熟練者でもかなりの時間を要するが, その回数は深さと共に膨大なものとなるからである。掘削作業中たびたびロッドを引きあげることが必要な訳は, コアチューブの長さ制限があり, 一回に掘削できる深さに限界があるためである。この欠点を避けようと, 深掘りにはワイヤーライン方式という新しい掘削法が現れた。これではやや太いロッドを用い, 切りとられたコアをその中を通して地表へ運び出すことが出来るので, クラウンが磨滅するまでロッドを引きあげる必要がなく, 大きく時間を短縮でき, 1000m級の深掘りも随分楽になった。

温泉が付きものように思われている老人福祉施設やリゾート開発が近頃のように盛んになると, 過去永年に亘る渉猟で, それでなくても新泉源を得るのが難しくなって来ている上に, 土地選定が先行して限られた地域内にそれを求める場合が多い。従ってやむを得ず, 次第に火山性熱源の温泉を諦めて, 地下増温率による温水を求めようとする傾向が増えて来た。平均地下増温率は100mについて約3℃であるから1000mの地下では地表より約30℃高い地温に達することになる。この様ないわゆる深層地下水を採るには, 先に述べたワイヤーライン方式や, 油井の掘削に古くから用いられ, 近年改良が著しいトリコンビットを使った掘削法などが適している。但しこの方式によると, スライムばかりでコアは採れず, 地質学的立場からは残念である。

話が主題から大分それて来たので、このあたりで軌道修正をして温泉探査に戻ろう。戦後に僻地、とくに山村の人口過疎化が問題になり、対策として山村振興が政策として打出され、その末端に温泉開発が浮上して来た。そのせいで大体昭和30年代後半頃より温泉探査の要望が各地で起り始めた。私の関係した温泉探査は近畿・中国・四国が主であったが、やはりその頃に多かったようである。それらは概ね小規模であったが、探査の苦勞が実って後日当該地を訪れ、国民宿舎や保養センターなどが出来ているのを見ると、やはり悪い気はしない。

一般に火成岩は酸性になるほど放射性元素を多く含むと言われているが、調査したのがその代表である花こう岩の地域が多かったので、掘り当てた源泉は必然的に放射能泉(ラドン泉)が多かった。放射能探査と言えば、昭和25年(1950)に山口市宮野で自作の携帯用GM管装置を用いて探査したことがある。我が国で温泉探査にガイガー管を使ったのは恐らくこれが最初であろう。昭和37、38年の鳥取県関金町でのガンマ線放射能探査では、イギリスから購入したレッドボックスと称する小型野外用ガンマ線計数装置を使用した。当時はシンチレーションカウンターなどまだ現れていなかった時代で、計数は秒時計、数取り器とイヤホンによるもので、数え落としや統計的誤差を少なくするために随分苦勞したものである。シンチレーションカウンターが自由に入手できる今日からみれば馬鹿みたいな話であるが、あのような苦勞も今ではかえって懐かしく思われる。

話はさかのぼるが昭和17、18年に兵庫県武庫郡山田村箕谷及び小部(Obu)〔六甲山塊の一部で現在は神戸市に編入〕で、既知の断層を横切って地中空気のラドン測定を試み、表土に隠れた断層の発見、追跡にこの方法が大変有効であることを見出した。以後研究改良を加えて物理探査の一方法として発展に努力して来たが、原子炉用ウラン鉱探しが始まるようになって、放射能探査といえば後者と思う人が多くなってしまったのは残念である。ラドン法による断層追跡は、戦後数年に亘り青森県から新潟県に至る油田地帯で、帝国石油や石油資源開発と共同して行い、地質構造の解明に役立てたことも度々ある。一般に断層破碎帯のところには、ラドンに限らず他の放射性元素も集中していることが判ったので、有効さは劣っても操作のより簡単なガンマ線法がよく用いられ、最近では地震予知とも関連して活断層の発見には欠かせないものとされている。言うまでもなく温泉は、地盤の割れ目など弱い部分を通して地表に向かって来るから、断層や亀裂とは密接な関係がある場合が多い。従って、放射能探査は対象が放射能泉でなくても一般の温泉探査に適用できる訳である。

温泉探査で誰しもが最初に思い付くのは地下の温度の測定であろう。普通地下1mの深さの地温測定を面積的に行って等温線を描いてみるがよく行われている。実際には地形その他の制約を受けて、線状の測定で辛抱せねばならない場合もよくある。地温探査実施の時期は秋から冬にかけてがよい。その頃は水田の水も涸れている利点もあるが、夏期は地形・地物による日射の影響が顕著に現れる上に、気温の高いため全般的に地表近くの地中温度も高くなっているので温度差が小さく、下方からの影響が否かを判定し難い。また春から初夏にかけては降雨の影響を受け易い。尚地温より気温の方が高い時には留点温度計は使えない。地温調査が数日に亘るときには、適当な箇所に基準点を選び、測定期間中温度計を挿入したまま放置し、1日朝夕2回測温して必要があれば補正に役立てることも試みたが、従来例では深さ1mでの日変化は認められなかった。更に深い地中温度の測定は、今からおよそ30年前のことであるが、福井県の京福電鉄芦原温泉駅の傍らで行ったことがある。この時は、長さ5m位の2吋パイプの先端をとがらせて閉じたものを地中に打ち込み、水を満たして一昼夜以上放置し、管内の水温が周囲と同じになる頃を待ってサーミスター温度計を1mずつ降ろして測温した。その結果は地温も地温増加率もある方向に明瞭に大きくなって行くことが判ったが、温泉掘削候補地点は他の所有者の土地に入って

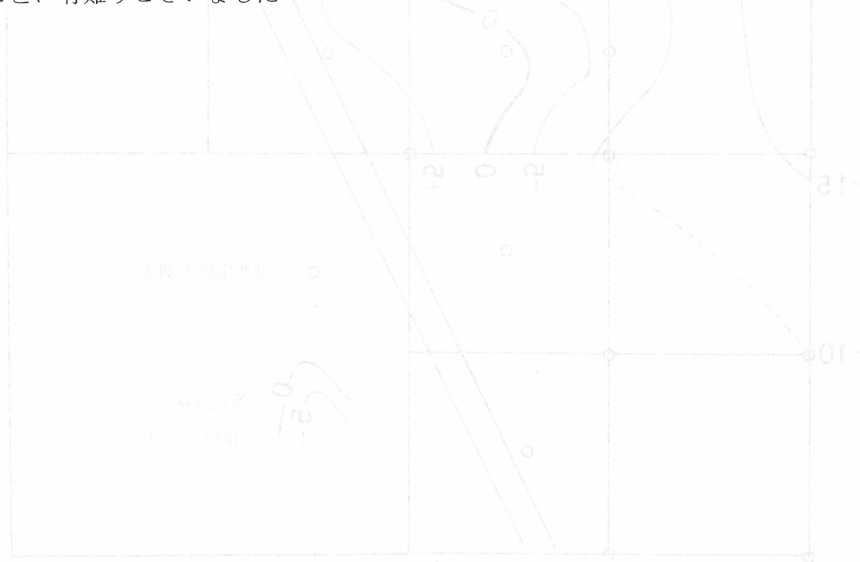
しまうという笑えぬ結果となった，という笑い話もある。

最近ヘリコプターやセスナのような小型航空機を利用する温泉探査が話題にのぼっている。元来エアボーン放射能探査はウラン鉱を目的としたものであった。ところが最近では対象を拡げて航空機に大きなシンチレーターを使ったガンマ線スペクトロメーターと、赤外線放射温度計、電波高度計などを搭載して一定高度を飛行し、温泉の出そうなところを探ることが行われている。しかしこれは、飽くまで広域探査で、ジャストポイントを求めるものではないであろう。

最後に少し時間を頂いて、複数の異なった探査方法を重畳した事例をお目につけよう。昭和27年兵庫県城崎町の依頼を受けて京大理学部地質学鉱物学科熊谷直一先生(現・京大名誉教授)御指導のもとに物理地質学講座の主なメンバーで新源泉の探査を行った。地質調査と既存泉源の分布状態から、温泉に関係ある地質構造線(断層)は、町の主要部を流れる大谷川に沿って北70度東に走るものと、上流の屈曲点近くでこれにほぼ直交して城崎中学校付近を過るもののが考えられる。探査は中学校のグラウンドを中心として、地温探査、放射能探査(ラドン法)及び電気探査(自然電位法、比抵抗法)を行った。

図1は自然電位の分布であるが、大略の傾向は右手の山側で電位が高く、グラウンドの平坦部(側溝より左の部分)で低くなっている。表土層中を流れる地電流は、電気良導体の食塩泉源に近付けば、それに吸込まれるような状態になるはずで、地表の等電位線をみると大体に於いて合理的な測定結果が出ていると思われる。一般に自然電位からの解釈は概略の推定で我慢せねばならぬことが多い。次の図2は深さ1mの地温分布を示したもので、最高最低温度差7℃以上もあり、顕著な高温中心が現れている。図3は地下1mから採集した地中空気のラドン濃度分布を示したものであるが、二つの著しい高濃度部が側溝に並行して並んでいる。これらの地温及び放射能探査の結果を組合せて地下構造を推定してみたのが図4である。地表で地温と放射能の最高点とか位置がずれて現れているが、熱は岩盤も表土層も余り大差なく伝わって行くが、ラドンガスは岩盤亀裂の地下露頭に出て初めて表土層中に拡散するものと考えるとうまく説明できる。

以上、大変急ぎまして、しかもまとまりの悪い話になりまして申し訳ありませんが、長時間の御静聴まことに有難うございました。



自然電位分布 (図1)

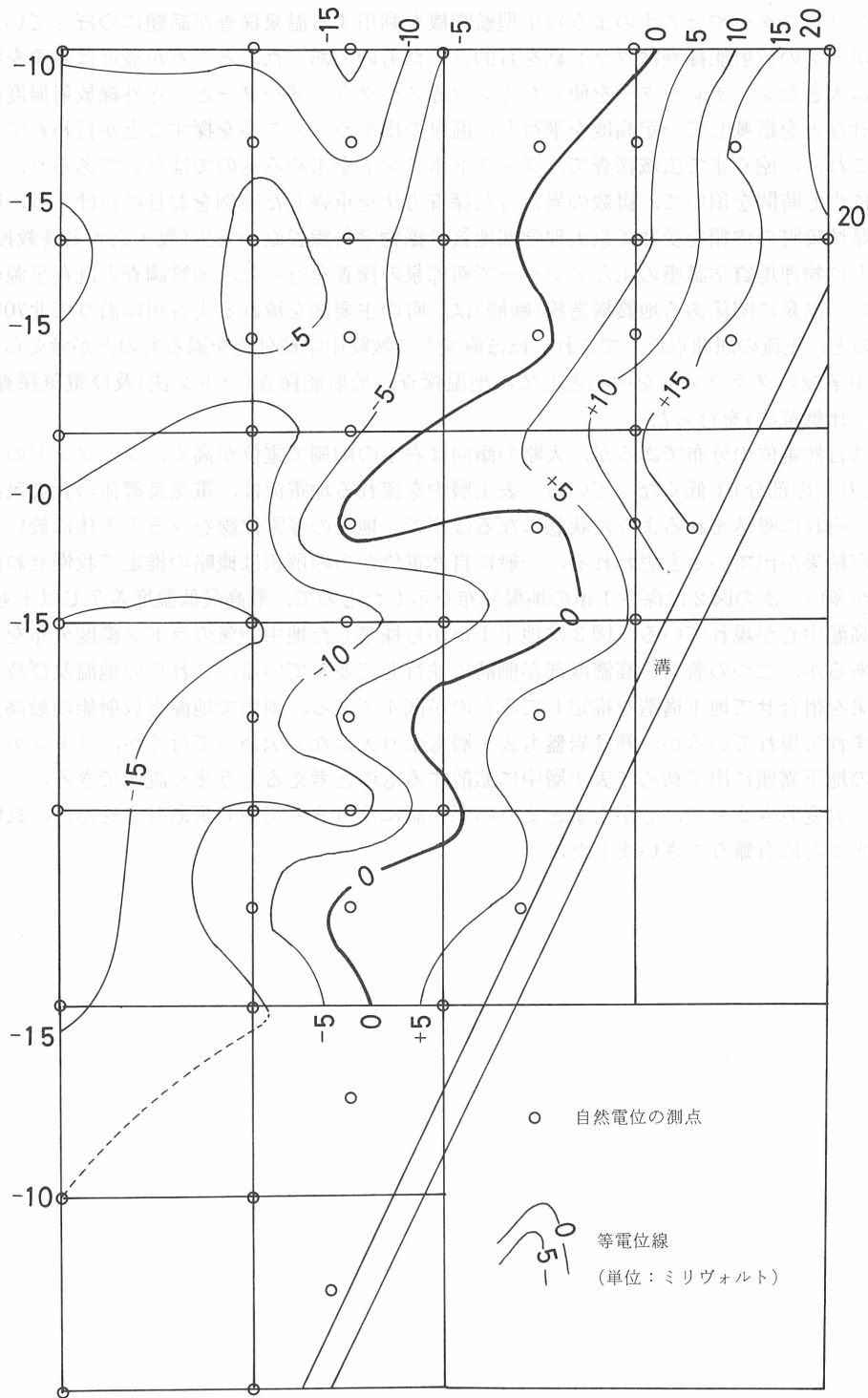


図1 自然電位

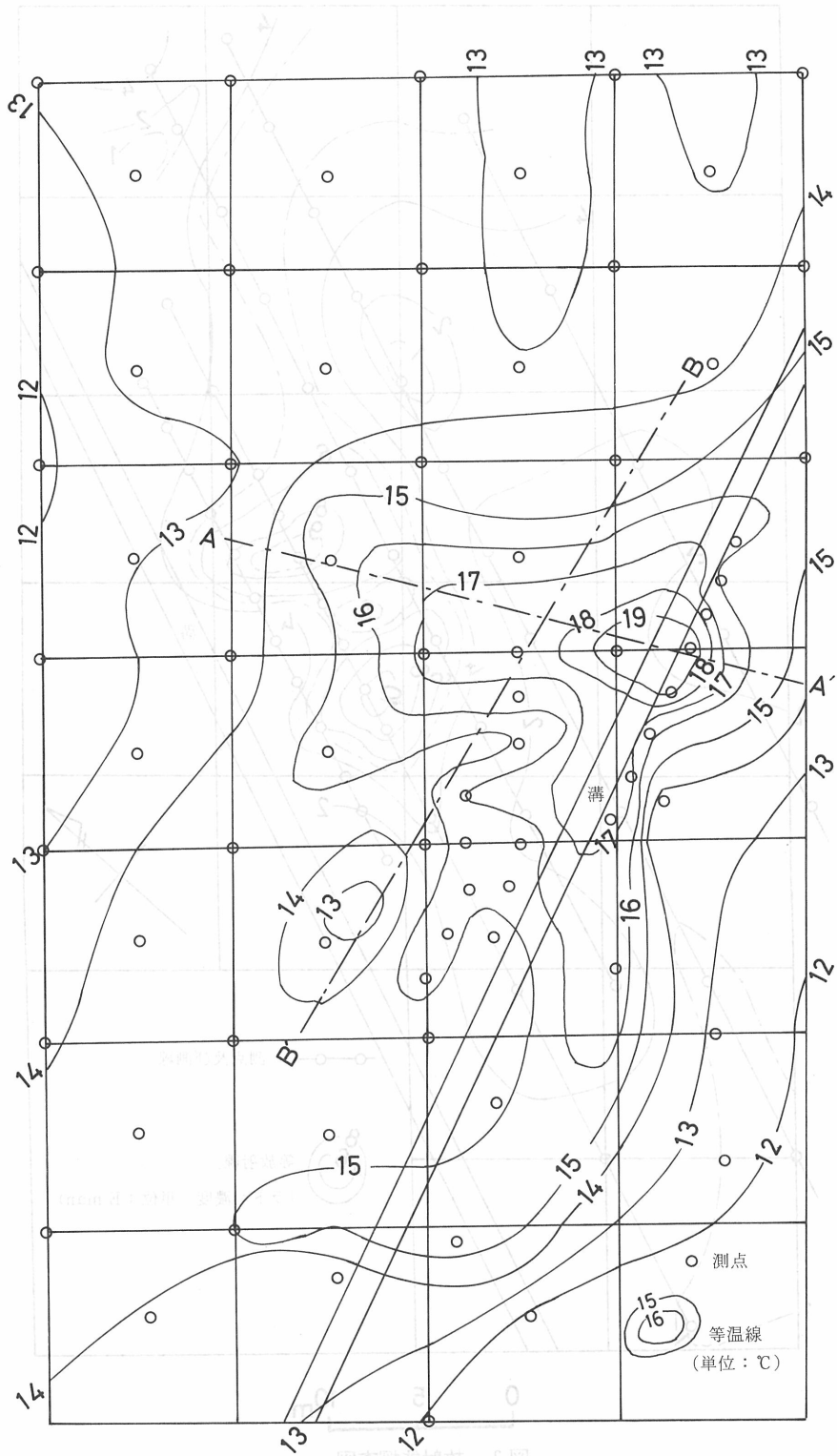


図2 地温(1m深)探查図

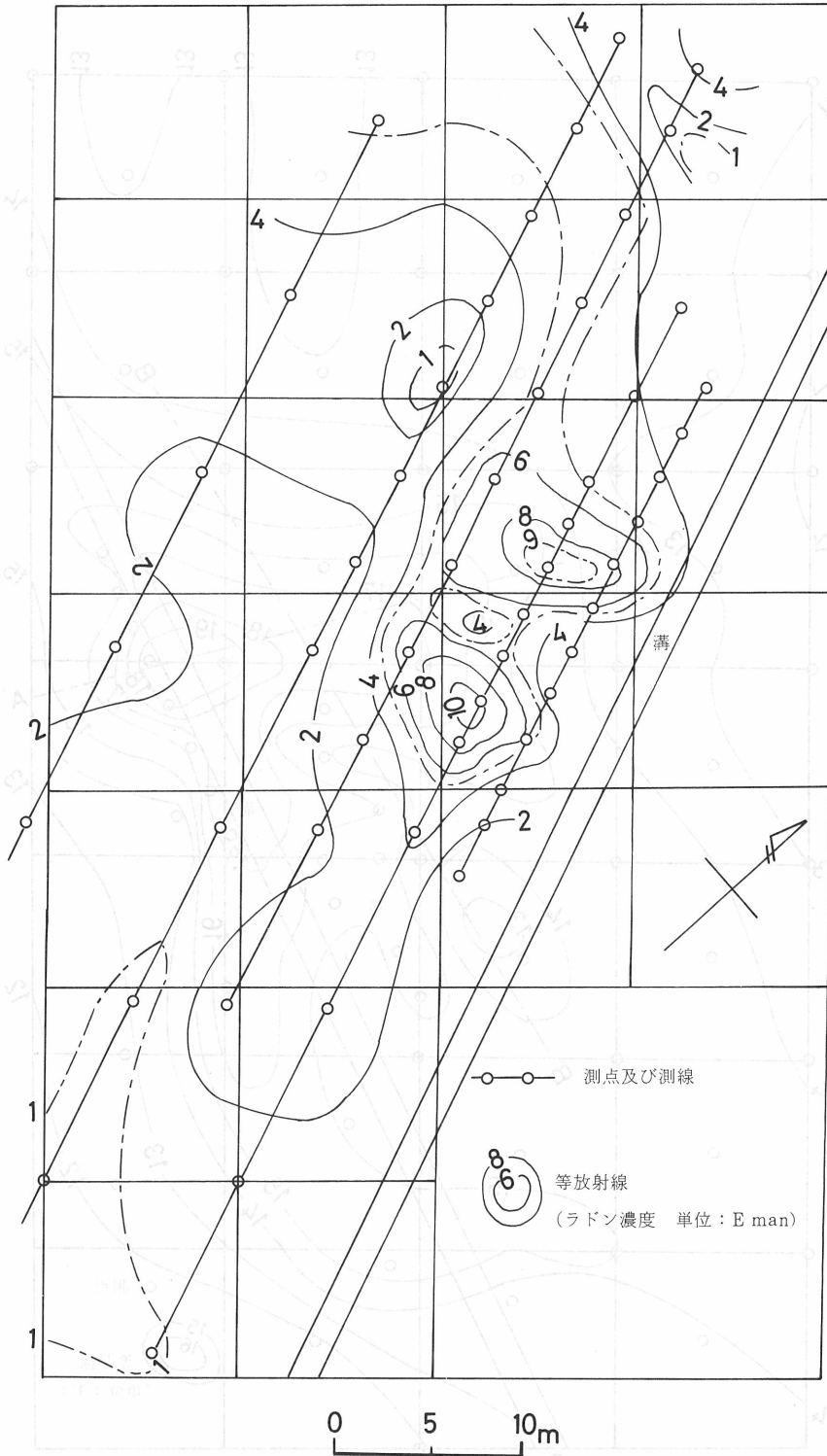


図3 放射能探査図  
(地中空気(1m深)のラドン分布)

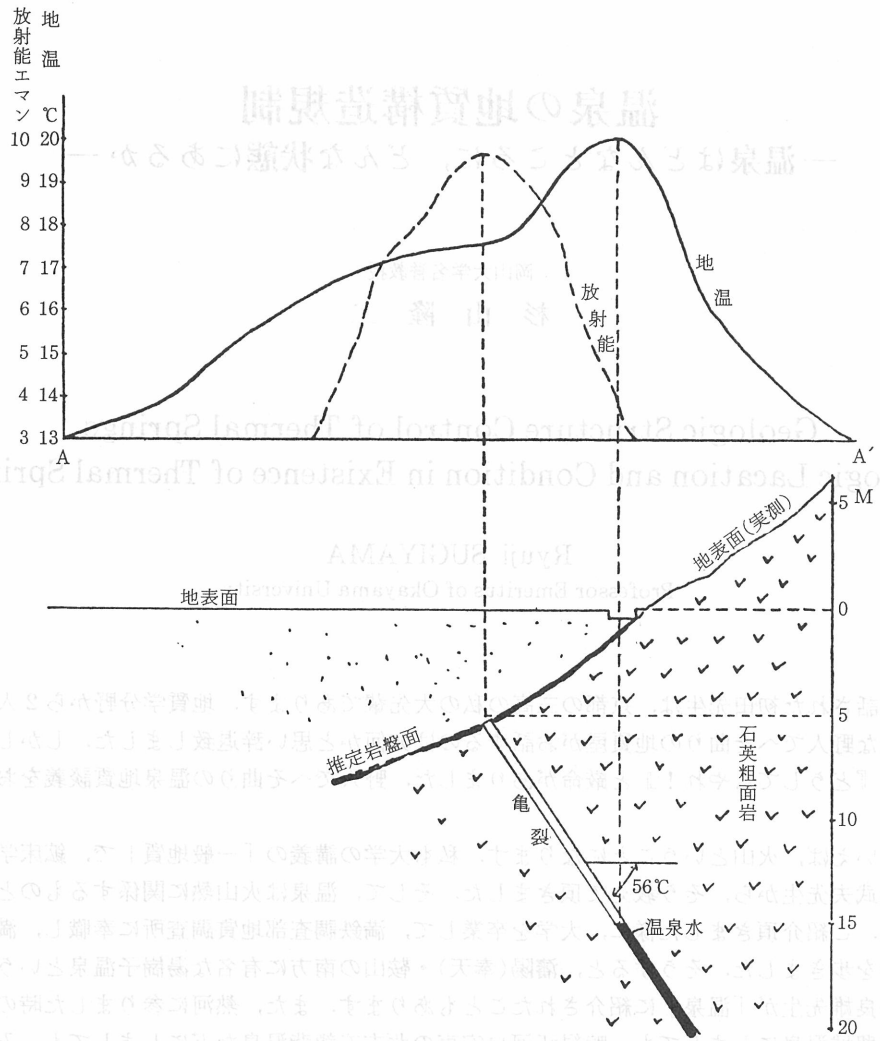


図4 推定地下構造  
 (地温及放射能の最高中心を通る断面)  
 (図2及び図3参照)