

(36) 地下水ポテンシャルおよび 温度検層による水理地質調査

日本道路公団 正会員 ○菅原 捷
水資源開発公団 神尾重雄
(株)日さく 吉田 誠

Hydro-Geological Investigations Using Groundwater Potential and Temperature Distributions

Hayashi SUGAWARA, Japan Road Corporation
Shigeo KANNO, Water Resources Development
Public Corporation
Makoto YOSHIDA, Nissaku Co., Ltd.

Abstract

Volcanic terrain is good sources of groundwater for agricultural, domestic and industrial uses. On developing underground water in these days, it becomes short in quantity and worse in quality all over the country. To prevent these problem it is essential to investigate hydrogeological conditions, total amounts of groundwater and capable amounts of yield.

Geology in volcanic terrain is very complex due to volcanic activities and sedimentational conditions. More extensive and particular investigations should be done in the area. The authors take several exploratory investigations in the area as usual. They present investigational methods of groundwater potential and temperature distributions in holes in the paper. These two methods are very useful to investigate these complex hydrogeological conditions in volcanic terrain.

1. はじめに

火山山麓は地下水の豊富な包蔵地域であり、従来から農業用水や家庭用水或いは工業用水として広く取水されてきた。しかし、開発が進むにつれて、全国的に地下水の枯渇や水質の悪化が問題になっている。それらの問題を未然に防止するために地下水の賦存量や適性な採取可能量を評価する必要がある。

本調査は日量最大17,000m³の地下水の採取を目的に行った諸調査の一部をまとめたものである。本論では水理地質構造の解明のために行った各種の調査技術のうち、地下水のポテンシャル分布調査と温度検層について述べる。

火山山麓は火山活動に伴って複雑な地質構成および地質構造となっている。したがって従来の地下水調査法よりも、より詳細な解析が可能な調査法が必要である。地下水のポテンシャル分布調査は各ボアホールで地質の変化毎、および一定間隔毎にその点での地下水のポテンシャルを測定し、三次元的なポテンシャル分布を求めて地下水の流れを推定するものである。温度検層はボアホール毎に深さ1 m間隔で地下水温を測定するものである。地下水温の分布および水温変化によって帯水層の正確な位置や連続性が推定でき、さらに透水性の評価が可能となった。

2. 地形および地質概要

2. 1 地形概要

調査地域を含む広域の地形は大きく、山地、山麓地、丘陵地、台地および低地に分けられる。山地は標高2000m級の火山であり、低地は標高250m程度の河岸沖積平野で、その間直距離20km余に山麓地、丘陵地、台地の各地形が細かく分布している。

調査対象地域はこのうち、山麓地から低地にかけて東西約7km、南北約9kmの範囲である。調査地の南西部の山地を除く主要部分は、北部の標高1300mの山麓地から南部の標高300mの低地まで低下し、南部ほど傾斜がゆるやかである（図-1）。河川は南に直流する必従河川で、高地（標高800～400m）や平地（標高300～400m）が形成されている。これらの地形の相違は地質および地質構造を反映したものであり、同時に水理地質構造に対応する。すなわち山麓地（標高800m以上）は涵養域、台地（標高800～400m）は流動（貯留）域、平地（標高300～400m）は流出域に相当する。

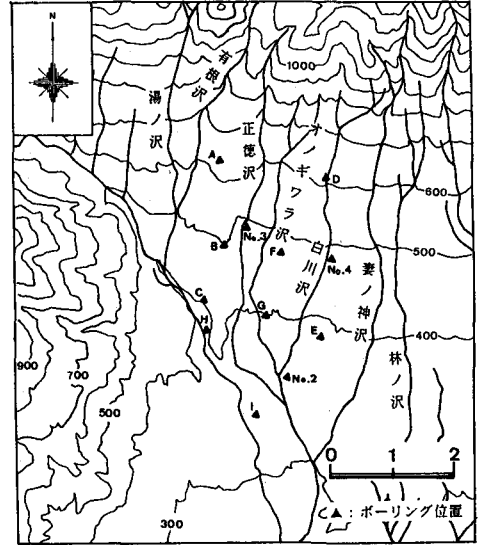


図-1 調査地の地形とボアホール的位置

2. 2 地質概要

調査地および周辺の基盤は中生代白亜紀の花崗閃緑岩からなり、それを覆って新第三系の火山性堆積岩および第四系の火山岩や火山砕屑物が存在する。これらの地層の堆積構造は複雑で、垂直方向はもちろんのこと水平方向にもその連続性は大変悪い。

調査対象の地質は第四系更新統最上部～完新統に属し、図-2に示すように安山岩、玄武岩質安山岩、角礫凝灰岩、火山礫凝灰岩、火山泥流等で構成されるが、一部旧河床砂礫も存在する。また安山岩や玄武岩質安山岩は熔岩でしばしば自破碎熔岩状を呈している。

一般的な傾向としては上部標高および西部程熔岩の割合が大きく、下部標高および東部程角礫凝灰岩や火山礫凝灰岩が多くなる。

地質構造は大局的に

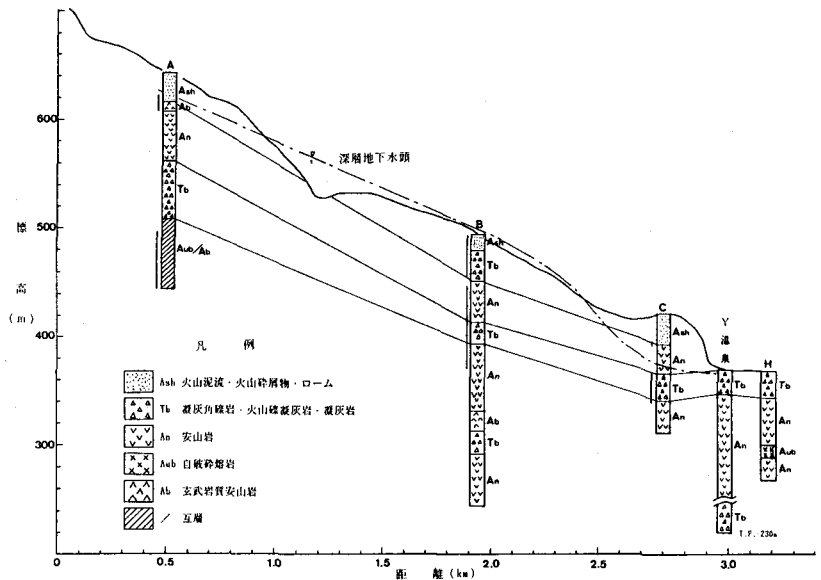


図-2 地質断面（A-B-C-H測線）

は地形に調和的で南に3～4度、東に1度程度で緩く傾斜しているが、火山特有の地質構造をなしており、各層の膨縮が著しく、その連続性は悪い(図-2)。

凝灰角礫岩や安山岩熔岩、玄武岩質安山岩の主要部は緻密で非透水性であるが、安山岩や玄武岩質安山岩のなかには自破碎熔岩部があり、この部分が有効な帯水層となっている。なお図-2に示すように上部に厚さ40～50mの安山岩熔岩があり、これがキャップロックとなって被圧地下水を形成している。さらに同様な構造は深部にもあり、全体として複雑な帯水層の構造となっている。

3. 調査方法および結果

本地域で行われた調査は、気象調査、地質踏査、放射能探査(ラドン、トリチウム)、温度検層、水文調査(流量観測)、水質分析、水位変動調査、揚水試験、自噴量観測、水収支の検討等である。これらの調査により、地下水盆の形状と規模、水理地質構造(被圧帯水層を形成している)、地下水の賦存量・涵養量・流出量、取水による影響等が判明した。

本論では主として地下水流動系の検討のために行った地下水のポテンシャル分布調査と温度検層について述べる。

3. 1 地下水のポテンシャル分布調査

(1) 調査方法

ボアホール掘削中に地質に応じて測定点をきめ上部にバッカーをかけ測定管(ケーシングやロッド)中の地下水位をその点での地下水のポテンシャルとした。なお以前に掘削した古いボアホールは各スクリーンの上下にバッカーをかけて測定した。

(2) 調査結果

図-3はE孔における地下水ポテンシャルの鉛直分布である。図から明らかなように深度および地質によってポテンシャルが異なる。深度10mでは、地質は火山泥流で難透水性であり、地形の影響でポテンシャルは-2mである。深度20～30mでは+4mと自噴状態になる。これは玄武岩質安山岩中のキレツの多いところが透水層を形成し、上部の火山泥流がキャップロックを形成しているためである。さらに深度60～70mでは安山岩の自破碎熔岩が存在し、深度50～60mの凝灰角礫岩がキャップロックとなって顕著な被圧透水層を形成しており、ポテンシャルは+45mとなっている。深度100～130mには厚い凝灰角礫岩があり、非透水層を形成して深度60～100m付近の顕著な被圧透水層とは明瞭に分離されている。130m以深は安山岩の自破碎熔岩部が多く透水層となっているが、地下水の上流からの供給と下流への流出との関係でポテンシャルが低くなるものと考えられる。なお深度170～180mは緻密な安山岩熔岩が存在し、ポテンシャルはその上下よりさらに低くなっている。

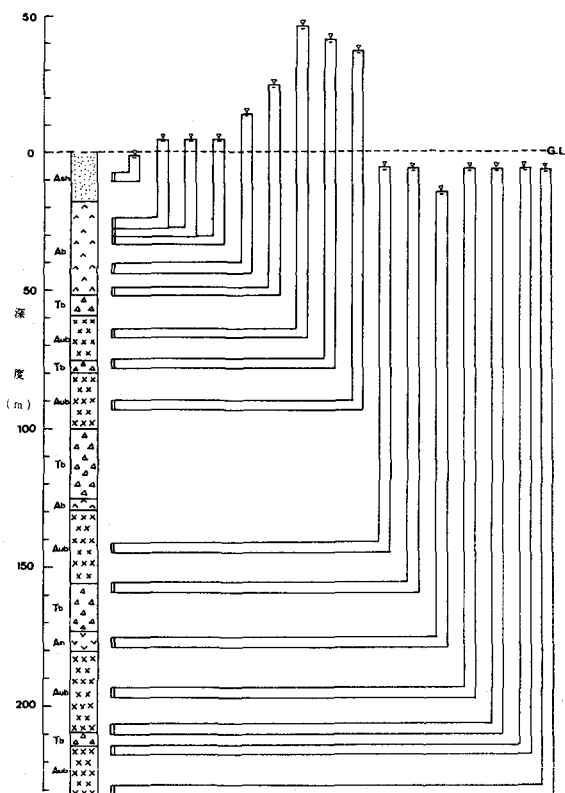
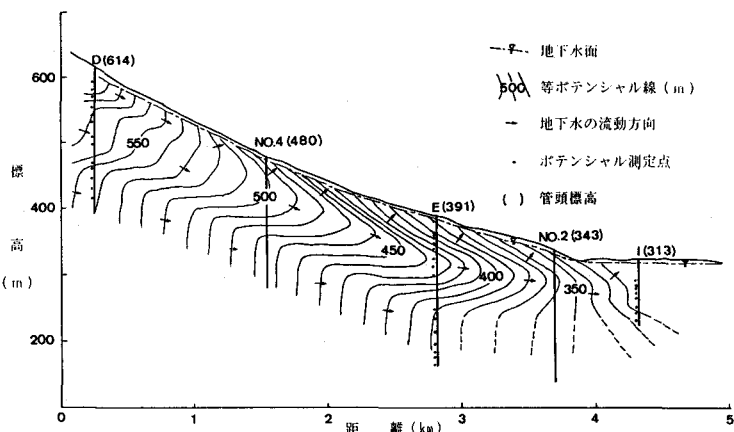


図-3 地下水ポテンシャルの鉛直分布(E孔)

各孔でのポテンシャルの測定結果をまとめ、地下水の流動方向に近い南—北断面およびそれに直交する東—西断面をとり地下水の流動方向を検討した。図—4はボアホールD-No.4-E-No.2-I断面(南—北断面)のポテンシャルの鉛直断面分布を示したものである。この断面においては深度50~100m付近に地形に平行に高いポテンシャルを示すゾーンが存在し、特にE孔およびNo.2孔では極めて高く、優勢な帯水層であること示している。



図—4 地下水ポテンシャル分布断面 (D-No.4-E-No.2-I測線)

3. 2温度検層

(1) 調査方法

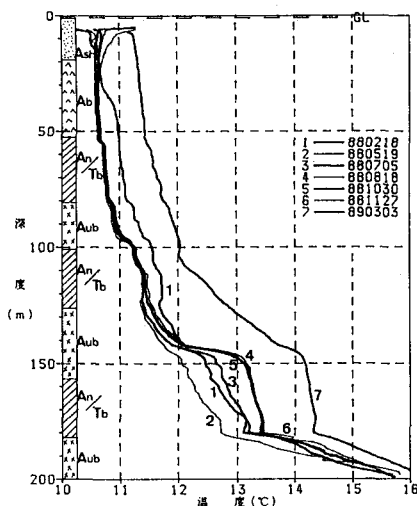
地下水温を左右する地温は、ある深さまでは気温の影響をうけ季節変動を示すが、それ以深では変動を示さず、深さに応じた増温傾向を示すのが一般的である ($3\sim4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)。日本においては季節変動を示さなくなる深さが10~20mといわれており、また一定になる地温は調査地付近では 12°C 程度である。しかし近くに温泉のような熱源があったり、外部から冷水の供給があったりすると前述の傾向が大きく乱される。また人為的に異なった温度の水を注入しても、しばらくすると地温に応じた一定の水温に変化してゆく。これらの性質を利用して、地盤の透水性を調査する方法が温度検層である。

温度はボアホール毎に深さ1m間隔で測定したが、季節を変えたり、自噴するボアホールにおいては自噴中や自噴前後に測定した。

(2) 調査結果

調査地は火山に近いので深部に高温のところがあること(深部で 22°C が測定された)、融雪期の浸透水で低温部があること(深さ100mで 7.2°C が測定された)、帯水層の構造が複雑で、透水層も場所によって著しく異なるなどの特徴がある。

図—5はE孔における孔内温度の測定結果である。図中増温勾配が大きいところは不透水層~非透水層を示し(深度95~115m、140~150m、175~200m)、増温勾配が小さいところは帯水層か、その上下に帯水層が存在しボアホール内を地下水が上下に移動していることを示している(深度95m以浅、115~140m、150~170m)。なお深度150~170mの温度が時期によって異なるのは深さ175m付近からの湧水量(上向きに移動)が変化するためと考えられる。



図—5 孔内温度の分布 (E孔)

図—6はNo.2における測定結果である。No.2は深部にかなり高温の熱源があること、深度110m前後に著し

い透水層があり、大量の地下水が自噴しているという特徴がある。そのため、深度120m以深では増温勾配が大きく、難～非透水層を形成しているが、自噴中か否かによって増温勾配の変化点が異なる。自噴中は深部の高温の地下水がボアホールの上部（深度60mとか70m）まで上がってくるが、自噴を止めてしばらくすると下部の高温水の上昇が妨げられ、深度110m前後の帯水層の存在を示している。

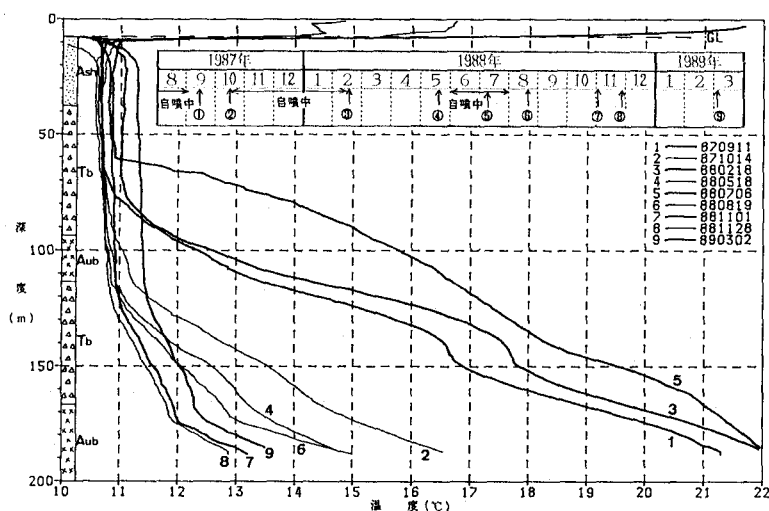


図-6 孔内温度の分布 (No.2孔)

4. 考察

地下水の採取を目的に各種の調査や試験が行われたが、調査地は湧泉が多く地下水の豊富な地域であるため、容易に必要な量が確保できるものと予想されたので、当初余り計画的な調査が行われなかった。したがって調査精度に精粗があり精密な対比が難しいが、各種の調査法による調査結果とよく対応する。地下水のポテンシャル分布や温度勾配の変化点から予想される帯水層は、他の地質調査から想定される地質構造の解析結果や自噴井、湧泉の分布とよく合う。

5. おわりに

火山地帯のように地質構成や地質構造が複雑なところでは、通常の調査法、すなわち地質踏査や電気探査、ボーリング等だけで帯水層を見出すことは困難である。そういう水理地質条件のところで地下水の流動系を把握するためには詳細な地下水のポテンシャル分布や温度検層によるボアホール内の地下水の流動を調べることは直接的な調査法として効果的な方法であることが分った。今回の調査は必ずしも計画的に行われていないので、場所によって精度が異なり、データ不足のところが生じた。しかしこれらの方法は特に火山岩地域のように地質が複雑なところでは効果的な調査方法である。

本調査、試験を行うにあたりう権根勇筑波大学教授、田中正同講師、土木研究所吉野文雄水文研究室長、その他の方々にご指導、ご協力を頂いた。記して関係各位に謝意を表します。

《参考文献》

- 1) 権根 勇・島野安雄・田中伸広 (1987) : 阿蘇西麓台地における地下水流動系、
ハイドロロジー、第17巻、2号、111～120
- 2) 谷口真人・三条和博・権根 勇 (1984) : 地下水調査における地下水温の重要性、
ハイドロロジー、第14巻、50～60
- 3) 山本荘毅 (1983) : 新版 地下水調査法、古今書院