

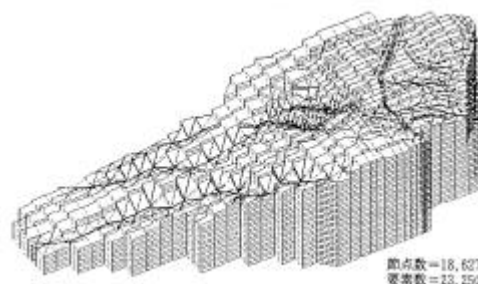
熱水変質作用を受けた岩盤内の地下水挙動について

東電設計（株） フェロー会員 森 吉昭

1. 熱水変質作用を受けた岩盤

我国には熱水変質作用を受けた岩盤が広く分布しているの
で、そこを通過する地下水の性状を解明することは、放射性
廃棄物の地層処分に関連して有用と考えられる。ここでは、
その一事例について報告する。

図－１は、調査検討を実施した2km×3.4kmのサイトの
地形を示したものである。最高標高1642mの山岳地帯で
あり、地質は新第三紀中新世（10.1～11Ma）に形成された花
崗閃緑岩と、その後の火山活動により形成された“角礫岩類”
および貫入安山岩類が分布している。



図－１ 対象山体の地形

この地域は安山岩類の貫入後まで、継続的に熱水変質作用を受けてきた。変質は、広域的な岩石自体の
変質、岩盤内の割れ目沿いの強い変質、同じく割れ目沿いの弱い変質の3つのタイプに区別できる。

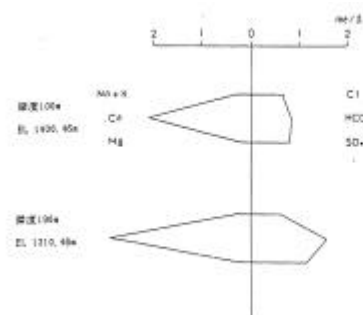
広域的な岩石変質作用では、岩石が灰白色に脱色しており、また、岩石内に緑泥石、緑レン石等の変質
鉱物が確認される。割れ目沿いの強い変質では、割れ目両側の母岩に左右対称な縞状の変色帯が形成され
ているが、その最大幅は3m程度である。割れ目内にはセリサイト、スメクタイトを主とする暗灰色～灰
色粘土脈が緻密に充填されている。割れ目沿いの弱い変質では、割れ目内にカルサイトおよびチャバサイ
トが層状に付着し、割れ目を充填している。このタイプでは、割れ目を完全に充填していないものもあり、
また割れ目沿いの母岩の変質はほとんど認められない。

2. 地下水圧の分布

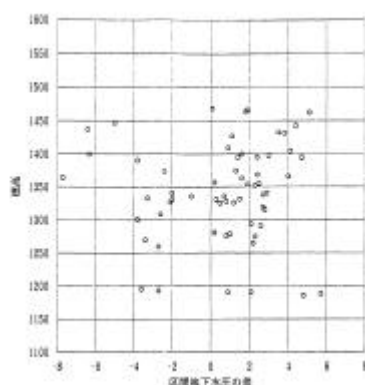
この地域の年間有効降雨量は1,008mmであり、この降雨によって地下水が形成されている。系外への
流出量実測結果から求めた深部岩盤の基底涵養雨量は1.8mm/dである。

この地域内に、21孔のボーリング（最大465m）を実施
し、5mステージ毎に区間パッカーにより地下水圧を測定
した。その結果、区間地下水圧は深度方向に静水圧増加し
つつあったものが、ある深度で急に変化する現象がしばし
ば見られた。そして当該ステージの圧力水頭と位置水頭か
ら求めた水頭ポテンシャルをつなぐと、地下水は多層構造
となった。

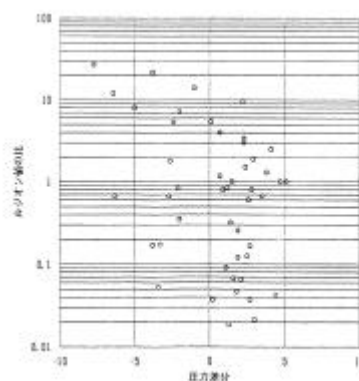
図－２は、深度185mでポテンシャルが22m低下したボ
ーリング孔の上位と下位地下水の水質組成を示したものであ
るが、下位地下水の方が、 Ca^{2+} と HCO_3^- 、 Mg^{2+} と
 SO_4^{2-} が大きく増加した。これより、上位と下位の地下
水では、異なる浸透経路が形成されていると推定される。



図－２ 水質組成比較



図－３（a）標高と区間地下水圧差



図－３（b）ルジオン値比と区間地下水圧差

キーワード：熱水変質、地下水

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野3-3-3

TEL：03-5818-7561

FAX：03-5818-7565

図－3（a）は、区間地下水圧の不連続に変化したステージ標高と水圧差との関係を示したものであり、同（b）は、水圧変化ステージとその直前のステージとのルジオン値比を比較したものである。圧力は、 $-0.8\text{MPa} \sim +0.6\text{MPa}$ まで変化しているが、標高はランダムであり、ルジオン値変化に顕著な傾向は見られず、特定の標高に不透水層が広く分布する水理地質構造になっていないことがわかる。

そこで、水圧変化の生じた13ヶ所についてBTV調査を実施したところ、4ヶ所は強い熱水変質作用による粘土帯が存在し、残りの9ヶ所では割れ目に熱水鉱物が緻密に充填され開口割れ目の全く見られない状態であった。粘土の攪乱試料の透水係数は、 $1.79 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ （ $\rho_d = 1.65 \text{ g/cm}^3$ ）と難透水性であった。

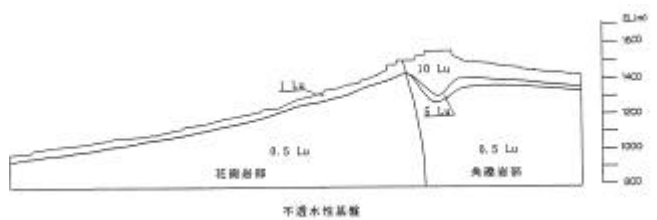
以上より、当該山体では、地山内の割れ目が熱水変質作用により、局所的に緻密に充填され、ランダムな不透水部が形成されたために、地下水が多層構造になっているものと考えられる。

そこで、このような多層構造は、全体としてどのような地下水の流れを形成しているのか、特に地山深部の地下水はどのように流れているのかについて、次に検討した。

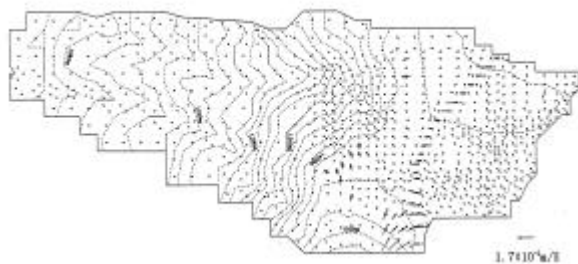
3. 3次元浸透流解析とトレーサー調査

ボーリング孔を利用した透水試験に基づいて、当該山体のルジオン値分布を図－4のとおりとし、3次元浸透流解析を実施した。周辺の境界に流れる河川あるいは溪流の水位や湧水点標高を固定し、底部は不透水に条件設定し、地表部に 1.8mm/d の降雨を入力した。

図－5（a）は、地下水位コンター並びに地下水表層の平面流速ベクトルを示したものであり、同（b）は中央断面の流速ベクトル図である。



図－4 ルジオン値分布



図－5（a）表層地下水の流速ベクトル



図－5（b）地下水流速ベクトル（断面）

- ①平面図から、地下水は地山の中央部に深く切れ込む沢に向かって流れ、地下水位コンターも沢に向かって密になっている。
- ②断面図から、尾根部地下水位は地形よりなだらかな高原状を呈し、そこから両側の谷に向かって流れ下っている。この高原状水位は、ボーリング孔区間地下水圧測定値から求めた多層の水頭ポテンシャルの内、最も低いものに一致する。
- ③尾根位置における深度方向の地下水は、表層110mまでは $5 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 、それ以深は $3 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ である。地表から100m以上深部の地下水の流速は、ほとんど $3 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 程度である。これを岩盤内の空隙率から実流速に換算すると、 $4 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ となる。

尾根に設置したボーリング孔を利用して地表から350mの深度にトレーサーを投入した。その結果、両側の谷溪流にそれぞれ191日、261日後に到達した。これより流速を求めると、 1.5×10^{-5} 、 $5.9 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ であり、解析結果と一致する。

4. まとめ

●熱水変質作用を受けた岩盤内にあっては、同作用によって形成された粘土脈や、割れ目を充填した熱水鉱物は、地山内にランダムな不透水部を形成し、このため多層な水頭ポテンシャルを有する地下水構造を形成する。

●この多層構造の内、最も低いポテンシャルによって形成される流れは、地山全体の透水性と周辺からの流入・流出、降雨等から決る広域地下水流れとなる。この流れの上に、これより高いポテンシャルを持つ地下水がランダムに分布しているものと考えられる。