

【P1】

安山岩地域の特異な地下水形態

鶴藤井基礎設計事務所 常陸 了

1・概要

松江市南方の安山岩地帯において、深井戸による水源開発をおこなった。その結果、山地部で1000t/dayもの良質な湧水源を確保することができた。

この地下水帯は、県内の山地部としてはきわめて珍しく非常に豊富な水量をもっている。ここでは、調査の概要とその地下水面形態及び地下水変動の特異性について述べる。

2・湧水源

松江市の南方約10kmの山中に、大小3ヶ所の湧水源がある。1年間の観測の結果、それらの総湧水量は最大で3800t/dayであった。それぞれの湧水量を次に示した

最大湧水量 NO.1;2500t/day, NO.2;600t/day, NO.3;700t/day

が、その最大の湧水源NO.1で2500t/dayもの水量を観測した。

この湧水源は、標高約400mの高原地帯にあり、南北方向に平行する谷筋の1つに湧水孔が集中した湧水群として存在する。この高原面は、山陽地帯に発達する吉備高原面に対比される特徴的な高原山地で、遙か宍道湖を望む見晴らしの良い地域である。

3・地質構造

地質は、新第三紀中新世の大森層及び久利層よりなる。大森層は複輝石安山岩を主体とし、久利層は泥岩を主体とする堆積岩よりなる。花崗岩を基盤とするこれらの地質構造を図-1に示す。

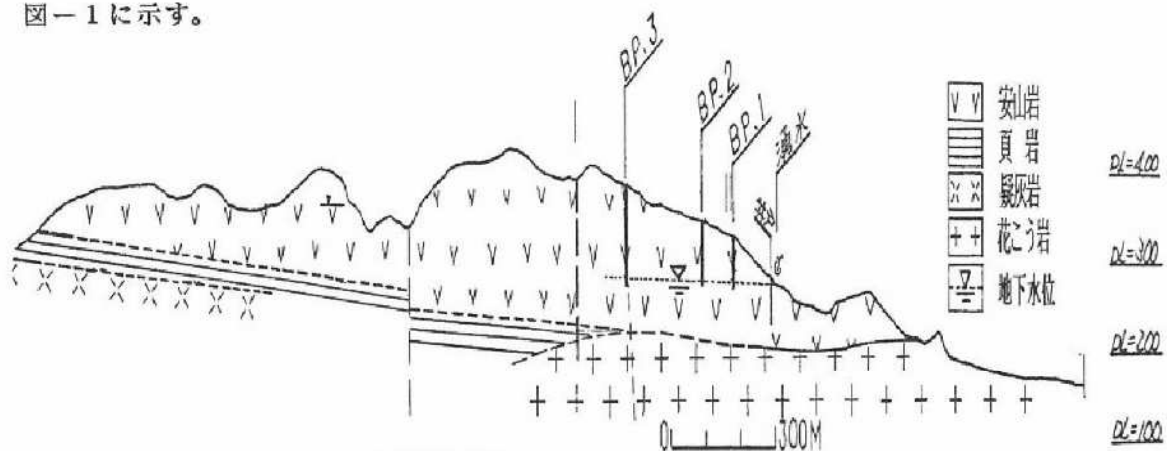


図-1 地質断面図

図-1によれば、調査地の地質は下位から順に花崗岩、凝灰岩、頁岩、安山岩である。最上位の安山岩は、頁岩と花崗岩を不整合に被い、その境界面はゆるく北に傾斜する。この安山岩の最大層厚は約200mと推定されるが、全体に層厚変化に富んでいる。

4・地下水形態

1) 地下水面

大量の湧水のある谷筋は細長くほぼ南北に延び、湧水ヶ所からその山頂部までの距離は約500mである。その間に3ヶ所の調査孔を設け、地質調査と地下水位観測を実施した。湧水ヶ所と観測孔の地下水位について深度と標高を示すと次のようになり、図-1に示したようにほぼ水平に近い自由水面を持つことが明かとなった。その傾斜角は、北へ約0.8度である。

表-1 水面の位置（観測孔設置時）

	水面標高	水面深度	湧水ヶ所からの距離
湧水ヶ所	278m	0m	0m
BP. 1	283m	52m	127m
BP. 2	282m	66m	220m
BP. 3	285m	102m	440m

地質は、開口亀裂の発達した安山岩よりなる。特に大きく開口した縦亀裂の発達が著しく、その亀裂は深部まで進行している。ボーリング調査では最大鉛直幅65cmの空洞として確認した。これによって地下水面が深くなったものと考えられる。

2) 地下水面変動と湧水量

また日雨量と地下水位、そして湧水量との関係について、平成3年度の1年間にわたって観測した結果を図-2に示した。

これによると、集中豪雨から約27日後に地下水位は最も高くなり、その5日後に湧水量の最大値を観測した。そのNO. 1の湧水量の経日変化は、地下水位のそれと非常に調和的であり、年変動が大きい。

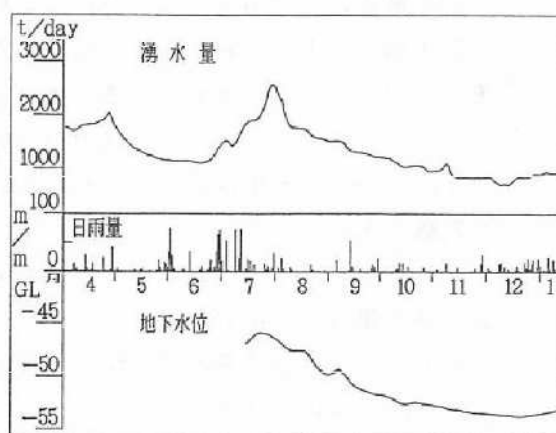


表-2 地下水面変化と湧水量

	BP.1の水位	NO.1湧水量
最大	GL-45.9m	2500t/day
最小	GL-53.7m	650t/day
差	7.8m	1850t/day

図-2 雨量・水位・湧水量の関係

このことから、この地下水は降雨量に敏感に反応する自由地下水といえる。

5・地下水の特異性

調査結果に基づき、湧水源の上流にあたる谷間で水源井戸（φ200mm，L50m）を掘削し、その水源井戸を利用して、夏の渇水期に連続揚水試験を実施した。日量1500tの揚水量で、約2カ月間の連続揚水試験であったが、そのときの揚水孔の水位低下量は2.58mであった。

約2ヶ月間の連続揚水後に水位回復試験を実施し、揚水井と観測孔BP.1について水位観測を行った。その結果を図-3に示したが、108mも離れた揚水井と観測孔BP.1の最大水位降下量及び水位回復曲線がほぼ同じ状況を示した。

・連続揚水2カ月時点での地下水面

揚水井 水面標高 279.34m
(水位降下量2.58m)

BP.1 水面標高 280.18m
(水位降下量2.21m)

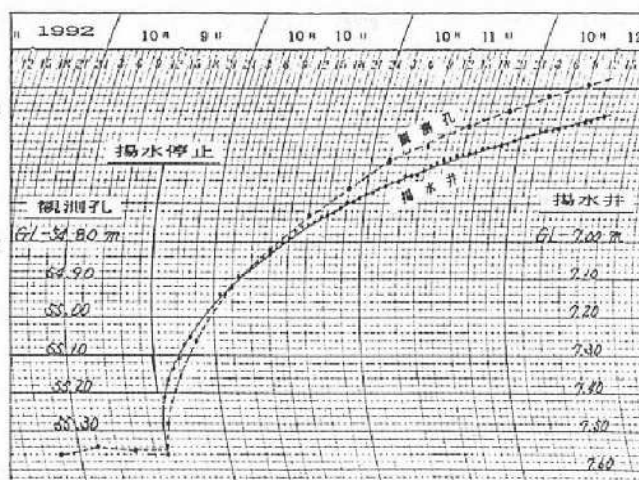


図-3 揚水停止による水位回復曲線

図-3で特に注目すべきことは、揚水井と108m上流の観測孔との水位回復開始時刻が殆ど同時であったことである。

第4項でも述べたように、ここでの地下水はほぼ水平に近い自由水面を持つ自由面地下水であり、賦存形態からみれば裂か水である。揚水試験時の動水勾配からみても、さほど大きな流速は予想し難い。

動水勾配・・・108m離れて0.84m下がり

このような状況の中で、100mもの距離を隔てた水位観測孔の地下水変化が、なぜ揚水井での変化（水位降下量、水位回復開始時刻、水位回復曲線）とほぼ同じ結果になったのか、これはきわめて特異な現象である。

調査結果をまとめると次のようになる。

1) 帯水層を形成する地盤の地質は、亀裂の発達した安山岩溶岩よりなる。

安山岩は一般に溶岩としての粘性が大きく、かつ固結温度の高い火山岩である。そのため常温で急に冷却されると冷却節理が発達し地下水の胚胎が可能となる。

ここに分布する安山岩は陸成の溶岩流であり、特に縦方向の開口亀裂が特徴的である。場所によっては5cmから20cm幅の空洞もみられ、全体に亀裂の発達した岩盤である。

2) その安山岩の下位には、不透水層を形成する頁岩（一部では花崗岩）が分布し、北に緩く傾斜している。

そのため、周辺の安山岩地域の地下水の多くは北向き（BP.1から揚水井の方向）に流下する。

3) 自然状態での地下水面は、地表面からの深度がGL-50mからGL-100mと深く、水平に近い緩やかな勾配を持つ。

4) 湧水ヶ所は、その傾斜した基盤構造の下流域に当たり、しかも他の谷筋とは全く異なっており、大量の湧水が流出する条件にある。これは地形・地質的にみてそこが断層線上に位置し、亀裂の集中した裂か帯が存在するためと考えられる。

そこで、これらの点をふまえ図-4に示したような地下水流動モデルを考え、裂か帯中の流路を集水暗渠の様な導水路と考えた。

図-1によれば、上流側に当たる観測孔BP.3から下流側にかけて、その谷筋の地下水位にはあまり水位差がないことから、4000t/dayもの湧水量を考慮すれば流路幅の大きな導水路が予想される。

a) 水位降下量

このように、地下導水路の流れが良いことから、1500t/dayの長期揚水試験時に、108m離れた揚水井とBP.1の水位降下量がわずか0.37mしか違わなかった。

ちなみに、揚水井と観測孔の水位差について、安山岩の裂か帯と粗粒砂地盤での試験例を比較してみると次のようになる。

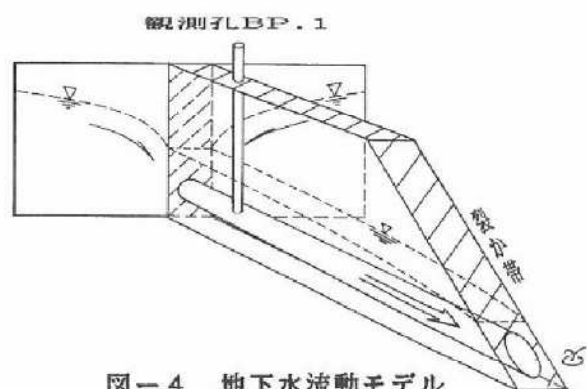


図-4 地下水流動モデル

表-3 安山岩と砂層での試験値の比較

	安山岩	砂層
揚水井からの距離(m)	108	100
揚水量(t/day)	1500	2160
揚水井水位降下量(m)	2.58	4.38
観測孔水位降下量(m)	2.21	0.18
観測期間	2ヶ月	5日

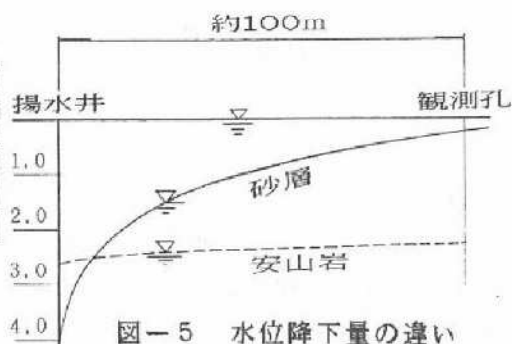


図-5 水位降下量の違い

b) 圧力伝播

しかし、図-4のモデルで考えても、揚水停止後の水位の回復がほとんど同時に始まる点については説明がつかない。

揚水試験開始直後から、観測孔B.P.1の水位が降下し始めるまでの期間は約3日間であり、揚水停止による水位の回復開始までにもかなりの時間がかかるものと予想された。しかし揚水停止によって、揚水孔と同時にB.P.1の水位も回復し始めた。水位回復時点では、2カ月間の連続揚水で水みちが洗浄され、透水性が良くなったためとも考えられるが、揚水井との距離(100m)を考えるとその観測孔の水位回復開始が余りにも速すぎる。

このような遠隔地への水位変動(水頭変化)の伝達には、圧力伝播による場合がある。この観測結果から逆に、亀裂の発達した岩盤の中に、圧力伝播を生じるような地下水流動層が形成されているものと考え、その亀裂空間(構造)を予想してみた。

圧力伝播は閉鎖された地下水帯(ex.被圧地下水)での現象であることから、はじめに図-4のような地下水脈構造を予想した。揚水井から汲み上げる地下水は、GL-20mからGL-45m間に存在する通水性の高い裂か帯の地下水である。その地下水は、縦断方向では幅の狭い帯状の地下水脈として、断層に沿って延びている。

調査ボーリングによれば、この安山岩は数枚の溶岩流からなり、ほぼ水平堆積していることが予想される。ここでの地下水脈の上盤は、その溶岩構造に支配された難透水性ゾーンと考えれば、岩盤内で閉鎖された連続するパイプ状の地下水脈(導水管)の存在が考えられる。

このような状況の中で、B.P.1はその導水管に達する観測孔であり、その地下水位はそこでのピエゾメーター水頭を表しているとすれば、これを圧力伝播として考え得る。

6・まとめ

ここで述べた岩盤裂か水脈での圧力伝播現象は、きわめてモデル的な事例である。

私たちがよく取り扱う地下水に、地すべり地帯での地下水がある。そこでの地下水位は全長多孔管による孔内水位であり、複雑な二重水位・三重水位など複数の地下水構造は把握しにくい状況にある。また、地すべり崩土内の地下水とその基盤岩内の地下水とは一般に異なる動きを示すため、あえて基盤内の孔壁を止水することもある。

しかし、ときにはその基盤内の地下水が降雨時に被圧され、地すべり運動の大きな誘因となる。このような岩盤内の地下水は、地すべり崩土への地下水の供給と言うよりは、地すべり面に対する被圧水圧としての働きが大きいと考えられる。これは、降雨により上流域の岩盤地下水が地すべり面に連続した瞬間、圧力伝播により大きな間隙水圧となって作用する。このように考えると、圧力伝播という地下水の動きは、地質構造によっては地すべり解析においても重要な誘因として考慮すべき現象である。