

地附山地すべり地での地下水の排水状況

信州大学工学部	正員	○ 川上 浩
信州大学工学部	正員	阿部 廣史
長野県	正員	山浦 直人
長野県	正員	坂口 一俊

1. はじめに

1985年7月26日大崩落を起こした長野市地附山地すべり地内では、多くの対策工が実施されている。深礎工・アンカー工・杭打ち工などの抑止工と同時に、多くの集水井・排水トンネル工事が施工された。これらの排水施設では、長野県により長期間にわたり集水井・排水トンネルの排水量が計測されている。これらのデータは、今後の斜面の安定性を考え、対策工の効果を考える上で貴重な資料であるばかりでなく、地すべり地の地下水の挙動を知る上でも重要な資料である。まとめ得た範囲で地すべり地からの排水状況を示す。

2. 排水施設の状況

地すべり地における集水井・排水トンネルの配置状況を図-1に示す。集水井は計27基、排水トンネルは3本、総延長1630mである。集水井の深さは20~35mである。集水井W5・6・7の水は排水トンネルNo1へ、集水井W1・2・3・4・11・12の水はトンネルNo2へ排水されている。また、排水トンネル自体も基盤内の地下水を集めている。さらに、地すべり泥土が到達した末端の旧鬼沢沿いには、団地復旧工として7基の集水井が設けられている。

3. 集水井による排水

地附山では集水井の完成順に、その4時間ごとの排水量が計測されている。計測は1987年7月より1989年3月まで続けられている。滑落崖直下のW1およびW17の1988年5月の計測結果を1例として示すと図-2のごとくである。図には4時間雨量と対比して示すが、降雨後直ちに排水量が増加し、その後減少する。排水量の増加が降雨と時差を示すことは少なく、多くの場合降雨と同時に増大する。また、排水量の減少は降雨量が少ないと急速に減退し降雨量が多いと徐々に生ずる。また、全般的に見て、滑落崖に近い集水井は降雨に敏感に反応し、地すべり地下部の集水井は降雨に鈍感になる傾向がある。図-2の場合にもW17の排水量にその傾向がうかがえる。

4. 排水量の平面的分布

各集水井での排水量がどのように異なるかを図-1に示している。図は1988年6・7月の集水井の排水量分布を図中の円の大きさにより示している。この排水量分布は季節的に変動が少なく、集水井W1・17・19は他の集水井に比べて常に排水量が多い。これより図に矢印で示したような2つの地下水の流

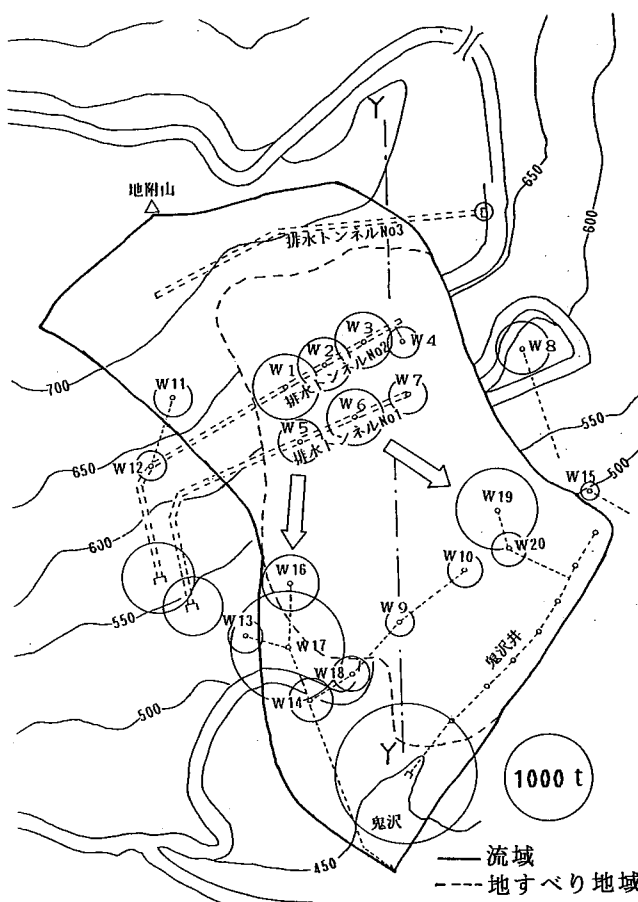


図-1 地附山地すべり地の排水施設

Drain Conditions of Groundwater in Jizukiyama Landslide Area ;H. Kawakami, H. Abe (Shinshu Univ.),
N. Yamaura, K. Sakaguchi (Nagano Pref. Office)

れが推察される。地すべり発生前の湧水点の分布を図-3に示すが、地すべり発生前には地すべり土塊の両側面に沿う地下水の流れとおおよそ一致している。特に、W17の位置は、地すべり発生前には湿地の存在したところである。

5. 集水井の排水パターン

各集水井の毎月の排水量の変化を比較検討してみたい。図-4に滑落崖直下の集水井および排水トンネルNo.2での毎月の排水量を示している。季節的に排水量は変動するが、その変動のパターンは各井戸によって異なっている。単純に降水量の分布と比較する意味で図の最下の(f)図に降水量分布図を示している。推定される蒸発散量を差し引いて有効降水量と対比することも検討したが、特に良い関係は認められない。降雨パターンに類似の排水パターンを示しているのはW3であり、続いてW1であろう。雨があれば排水量も増えるのは表層地下水あるいは降雨直後に増大する直接排水量を主に担当している集水井であると考えうる。

一方、これらの集水井より深部に掘削された2号トンネルでは(e)の如き排水を示す。(e)図は他の井戸の図と排水量の縮尺が異なり、多量の水を排水している。

後に図-8に示すように、集水井は主に地すべり崩土中の水をcollectしているのに対し、排水トンネルは基1盤岩(裾花凝灰岩下部層)の水をcollectしている。滑落崖直下の基盤に多量の水がある事を示している。

また、降水量分布と排水量分布のことなる点は、3・4月の融雪期に水量が増加することである。集水井の排水量と共に融雪水は降雨水より地下への浸透性がよく、深層地下水ともなりやすい。

図-5には排水トンネルNo.1の近くに位置する集水井の排水量を示している。これらはいずれも降水量と同じパターンで排水量が増減している。トンネルNo.1のみが3・4・5月に多大の排水量を示す。これをみても集水井は表層地下水を排水し、トンネルNo.1は基盤の地下水を加えて排水していると

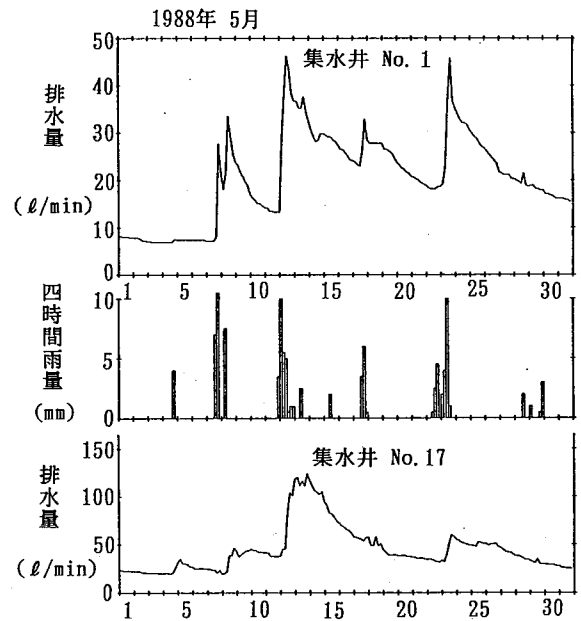


図-2 W1及びW17の1988年5月の排水量変化

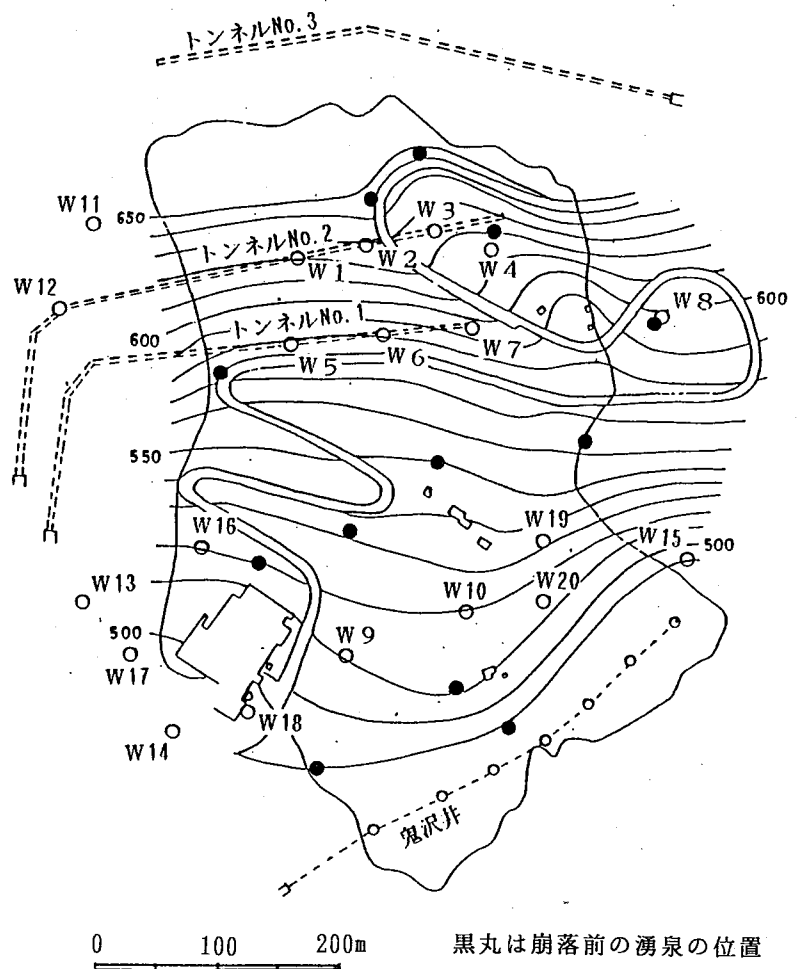


図-3 地すべり前の湧水点分布

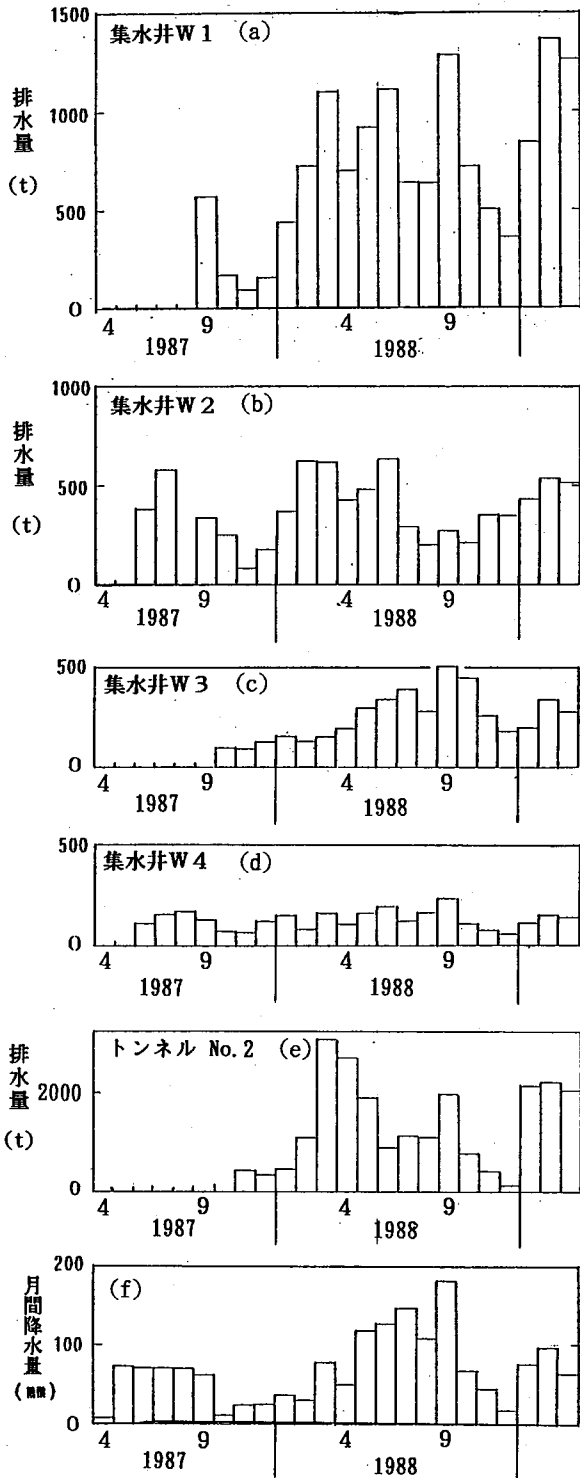


図-4 排水トンネルNo.2系の排水パターン

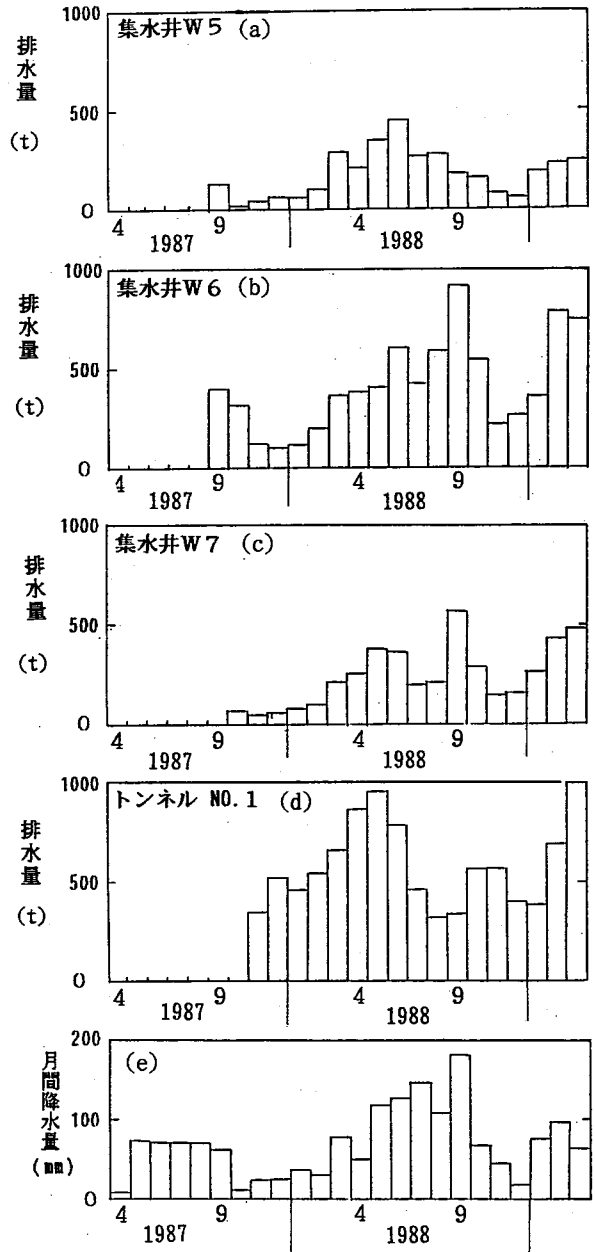


図-5 排水トンネルNo.1系の排水パターン

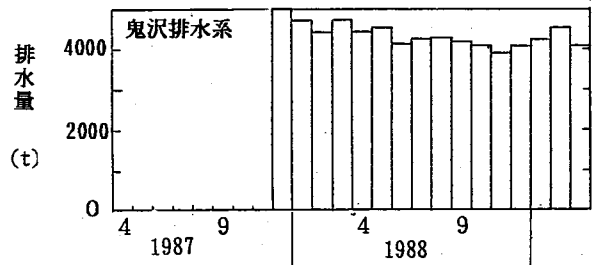


図-6 鬼沢水系の排水パターン

いえる。

図-6には鬼沢の7基の集水井とW19・20の排水量を示している。ここでは降水量に関係なく一定の排水量となっている。鬼沢はもともと小さな沢が存在していたが、1964年の湯谷団地造成時に埋めたたものである。地すべり地の末端であり、浅い集水井とはいえ基盤内の地下水を排水しているのであろう。次ぎに示す、図-7でわかる様全排水量の1/3を占める程、排水量が多いことも特筆すべきことである。

なお、排水トンネルNo.3は、他のトンネルに比し排水量は極端に少ない。その排水パターンは降水量と同様であり、降雨浸透水をわずかに集めているとみられる。

6. 地すべり地の系統別排水量

集水井・排水トンネルによる排水量を次の3つの排水系統に分け、その排水量の和を求めて考える。

A：地すべり地上部のトンネルNo.1・2・3，集水井W1～8・11・12・15

B：地すべり地下部の集水井W9・10・13・14・16・17・18

C：地すべり地最下部の7基の鬼沢排水系とW19・20

図-7に1988年7月の状況を示す。どの期間でも、排水量Aは降雨により急増し、その後急速にもとの状態に戻る傾向にある。また、Bは降雨時のピークがにぶく排水量の増加分はゆっくりと低減する。そしてCは降雨にあまり影響されることなく、ほぼ一定の水量を排水している。その総計としての(A+B+C)は降雨により排水量が急増し、各々の集水井、排水トンネルの排水量のピークが一致しているため、排水量の時間的なずれがないことを示している。

Aが降雨に対して反応が良いのは、山頂部の降雨浸透水を主とする比較的浅層の地下水を集めていることをしめす。また、Cが降雨に対して反応しないのは、地すべり地最下部では地下水の流れが定常的な状態になった深層の地下水を排水しているためと考えられる。

図-8に地すべり地の縦断面図を示す。集水井は地すべり崩土の

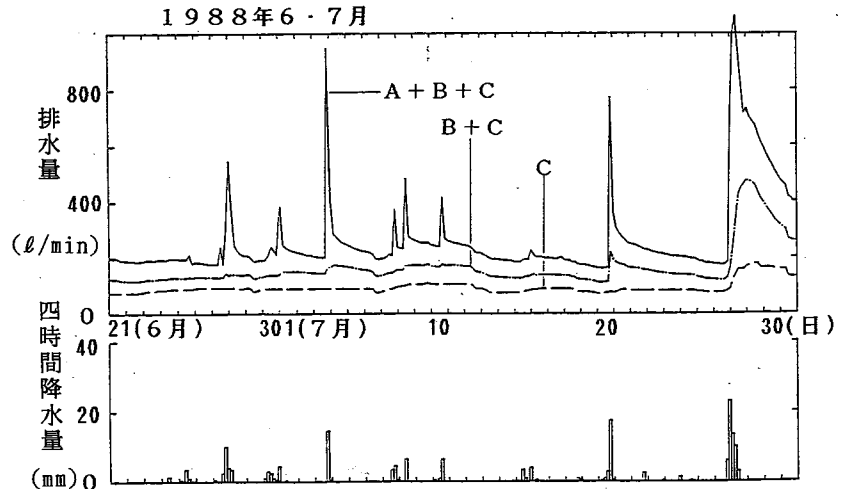


図-7 系統別排水量(1988年7月)

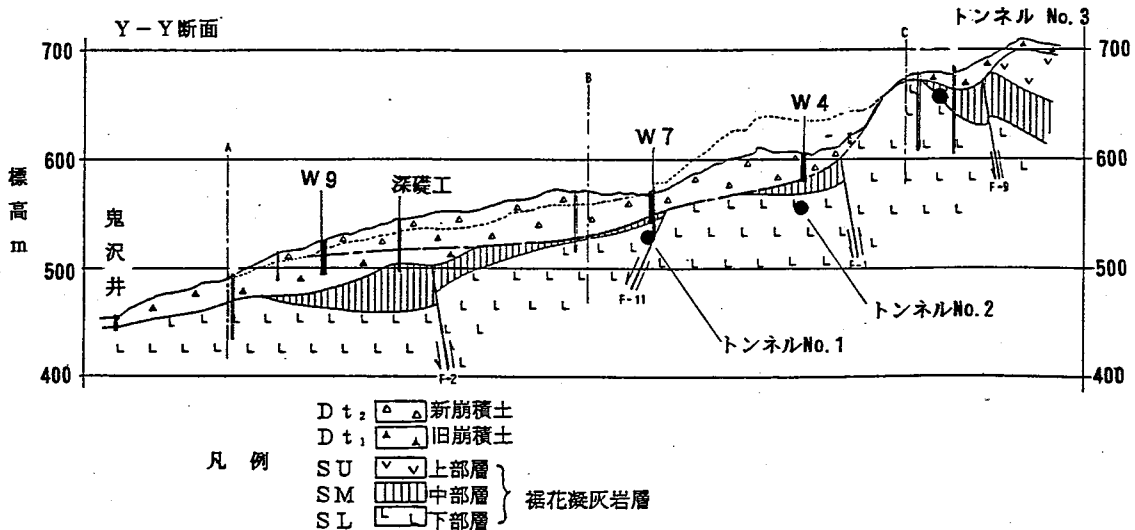


図-8 地附山地すべりY-Y断面図

中にあり、排水トンネルは基盤岩の中にある。地すべり地上部の集水井は降雨水が浸透して押し出してくる表層地下水を排水し、排水トンネルと鬼沢集水井は基盤内地下水を排水しているとみられる。

7. 水収支状況

今回の調査対象期間のうち、1987年は降水量が少なく平年の約半分であった。また、1988年及び1989年はほぼ平年に近い降水量となっている。ここでは、ペンマン法による過去34年間の平均可能蒸発量を求め、その60%を蒸発量として水収支を検討する。蒸発量は、主に、気温の高低に支配されており、夏期に多く、冬期に少ない傾向が認められている。

図-9の上図には、総降水量と総排水量(A+B+C)の関係を示す。総排水量は総降水量と同様な傾向を示し、降水量の約50%を排水している。一方、前述の計算による蒸発量は8月までに降水量の60%に達し、その後50%程度になることを示している。この様に、排水量が予想以上に多く、地表流出量がほとんど見込めない状況である。実際には、かなりの地表流出量があると思われる。また、排水施設は浸透した地下水の全部を排水しているわけではない。したがって、ここでは地形的流域より広い地域から、地下水が流入していると考えられる。

図-9の下図に、期間に分けて排水量を示す。期間の分割の方法は、大きな雨の直前で、直接排水流量が減少した時期とした。そして、

$$\text{総降水量} = \text{集水井・排水トンネルの排水量} + \text{蒸発量} + (\text{地表流出量})$$

が成り立つものとして地表流出量を求めて示している。しかしながら、1988年3月・4月・12月は(排水量+蒸発量)が降水量を越えている。特に、1988年4月下旬・1989年3月では、排水量だけで降水量の90%近くになっている。これは、降水量が平年に比べかなり少なかったことと、降雪により地下水流出が遅れ、3月、4月の融雪期に流出したためと考えられる。

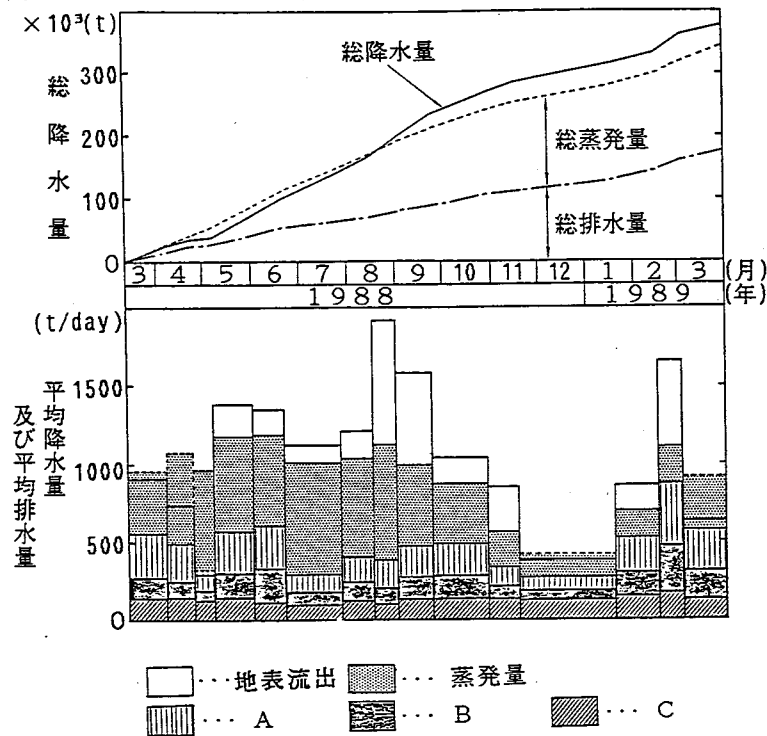


図-9 水収支状況

8. 結論

地すべり地上部の集水井では、降雨後直ちに排水量が増加し、主として浅層地下水を排水している。これらの集水井の排水量変化は降水量の状況を反映している。一方、排水トンネルNo.1, No.2及び鬼沢系の集水

井は降雨には直接反応しない基盤内の地下水を排水している。地形的流域を決めて計算される総降水量と総排水量の対比では排水量は多大であり、排水施設が効果的であること及び地形的流域以外から地下水が流入している可能性があることを指摘できる。また、3～4月の融雪期の排水量は降水量と等量か、またはそれ以上であり、融雪水が浸透して地下水となりやすいものであることを示している。