

## 花崗岩地域における岩盤内地下水の流動経路に関する実験的研究

信州大学農学部 ○阪田 龍一・平松 晋也・福山 泰治郎

天竜川上流河川事務所 草野 慎一・鈴木 德行・中島 一郎・福本 晃久

## 1. はじめに

本研究では、深層崩壊発生予測に資することを目的とし、岩盤内地下水位と湧水量の観測を実施するとともに、原位置トレーサー試験を行うことにより岩盤内地下水の流動経路の把握を試みた。

## 2. 研究対象流域

長野県上伊那郡飯島町に位置する与田切川流域内の小流域(Y-2 流域：図-1)内の中腹に位置する 2 地点(Y-2Gw1, Y-2Gw2)で岩盤内地下水位を、流域下部の 2 地点(Y-2Sw1, Y-2Sw2)で湧水量をそれぞれ観測した。



図-1 研究対象地 Y-2 流域

## 3. 岩盤内地下水位と湧水量の降雨応答特性

Y-2 流域において、Y-2Gw1 と Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位の降雨応答特性が一致している事実より、両地点は同一の帯水層内に位置していることが示唆される(図-2)。Y-2Sw1 と Y-2Sw2 地点は隣接(水平距離 2m)しているにもかかわらず、湧水量の降雨応答特性が異なる。

Y-2Sw1 地点では無降雨期間が続いても湧水量が停止することなく常に一定量(120cc/sec)以上の湧水が確認されるのに対し、Y-2Sw2 地点では無降雨期間が続くと湧水が停止するようになる。これらの事実より、Y-2Sw1 地点への岩盤内での湧水の流動経路は、岩盤内に形成されている地下水面よりも低い位置に存在するものと推察されるのに対し、Y-2Sw2 地点への地下水の流動経路は、岩盤内に形成される地下水面よりも高い位置に存在するものと推察される。このため、Y-2Sw2 地点では、無降雨期間が続く岩盤内地下水位が低下すると、地下水面が湧水地点への流動経路よりも低くなり、流出が停止したものと推察される。Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位と Y-2Sw1 および Y-2Sw2 地点の湧水量との関係を示す図-3 より、Y-2Sw1 と Y-2Sw2 の両地点での湧水量は岩盤内地下水位の上昇とともに増加するものの、Y-2Gw1 と Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位 1,237m を境に Y-2Sw1 の湧水量は急増するのに対し、Y-2Sw2 の湧水量の上昇率が急激に減少することがわかる。また、Y-2Gw2 地点のボーリングコアを眺めると標高 1,237m~1,240m の区間において空洞がみられた。以上の結果より、地下水位の上昇にもなって岩盤内地下水位 1,237m 付近に存在する岩盤内の空洞を流下する湧水地点 Y-2Sw1 への地下水流動経路の存在により、Y-2Sw1 地点からの湧水量が増大したものと推察される。

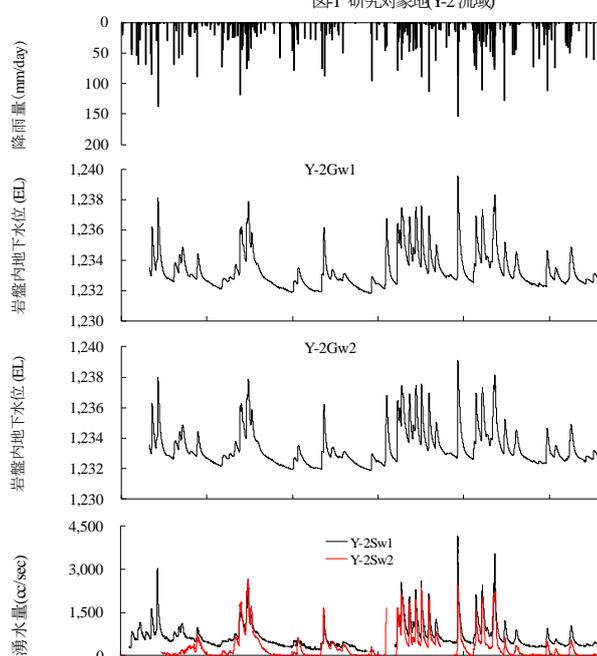


図-2 岩盤内地下水位と湧水量の経時変化(Y-2 流域)

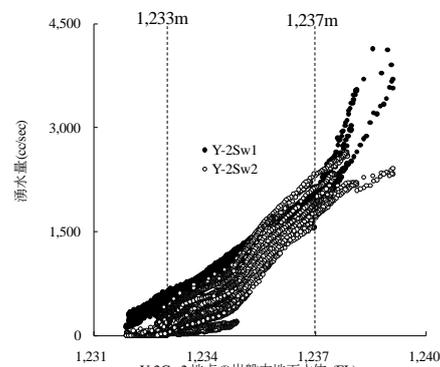


図-3 岩盤内地下水位と湧水量との関係

## 4. 岩盤内地下水の流動経路

前章での観測結果から示唆された岩盤内地下水の流動経路を明らかにするため、塩化ナトリウムを用いた 7 回の原位置トレーサー試験を行った。

トレーサー投入時の岩盤内地下水位の相違によりトレーサーの湧水地点への到達所要時間やトレーサーに対する湧水の電気伝導度の反応度合、トレーサーの到達が確認された湧水地点等に違いはみられるものの、全てのトレーサー試験において湧水地点へのトレーサーの到達が確認され、岩盤内地下水位観測孔から湧水地点へと向かう岩盤内地下水の流動経路の存在が明らかになった。Y-2Gw2 地点でのトレーサー投入時の岩盤内地下水位が 1,233.15m (試験

No.Y-2-2-3 : 図4) 以上になると Y-2Sw1 と Y-2Sw2 の両湧水地点でトレーサーの到達が確認された。これに対し、Y-2Gw1 地点にトレーサーを投入しても、今回試験を実施したトレーサー投入時の Y-2Gw1 地点での岩盤内地下水位が 1,232.86m~1,234.86m (試験 No.Y-2-1-3 : 図4) の範囲内では、湧水地点 Y-2Sw1 へのトレーサーの到達は確認できたものの、湧水地点 Y-2Sw2 への到達を確認するまでには至らなかった。このように、湧水地点 Y-2Sw2 へのトレーサーの到達が Y-2Gw2 地点にトレーサーを投入した際には確認されたのに対し、Y-2Gw1 地点にトレーサーを投入した際には確認されなかったといった注目すべき事実は、

「Y-2Gw1 地点と Y-2Gw2 地点とではその下流に位置する湧水地点である Y-2Sw1 と Y-2Sw2 への岩盤内地下水の流動経路が異なる」といった興味深い事実を示唆するものである。

岩盤内地下水位と湧水地点でのトレーサーの回収率および岩盤内地下水のみかけの流速との関係を示す図5より、Y-2Gw2 地点にトレーサーを投入した際の湧水地点 Y-2Sw1 での回収率が 87~100%と極端に高いことがわかる。これに対し、Y-2Gw1 地点にトレーサーを投入した際の湧水地点でのトレーサーの回収率は、50~80%程度と低い値を示した事実より、Y-2Gw1 地点の地下水は湧水地点 Y-2Sw1 だけではなく湧水地点外へも流出しているものと推察される。また、トレーサー試験の結果を基に求めた岩盤内地下水のみかけの流速は 0.43m/min~1.20m/min と大きな値を示し、岩盤内地下水位の上昇とともに速くなる傾向が顕著に認められた。

以上の結果、岩盤内地下水位観測孔から湧水地点までの水平距離 30m 程度の間で岩盤内地下水位観測孔毎に異なる岩盤内地下水の流動経路が存在し、そのみかけの流速は極めて速い事実に加え、Y-2 流域内において「選択的かつ速い岩盤内地下水の流動経路」が存在するという極めて興味深い事実が明らかになった。

以上の知見を基に策定した岩盤内地下水位観測地点から湧水地点までの地下水流動経路の概念を図6~8に示す。Y-2Gw1 地点の岩盤内地下水位が 1,237m 未満の場合と Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位が 1,233.15m 未満の場合には、図6に示すように Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水は湧水地点 Y-2Sw1 へと集中的に流下し、Y-2Gw1 地点の岩盤内地下水は湧水地点 Y-2Sw1 と湧水地点外に流下する。Y-2Gw2 地点での岩盤内地下水位が 1,233.15m 以上になると Y-2Gw2 地点からは Y-2Sw1 地点だけではなく湧水地点 Y-2Sw2 へも岩盤内地下水が流下するようになる(図7)。また、岩盤内地下水位が 1,237m に達すると湧水量が急増するといった前述の現地観測結果を勘案すると、Y-2Gw2 地点での岩盤内地下水位が 1,237m まで上昇すると、図8に示すように多量の岩盤内地下水が集中的に Y-2Sw1 地点へと流下することが想定される。

## 5. おわりに

本研究では原位置トレーサー試験により、Y-2 流域内で岩盤内地下水位観測孔から湧水地点への選択的かつ速い岩盤内地下水の流動経路が存在している事実や、岩盤内地下水位の変動とともに流動経路が変化している事実が明らかになった。今後融雪期や多雨期における岩盤内地下水位が 1,237m 以上の高水位期でトレーサー試験を行うことにより、推定した事項の適用性を検討する予定である。

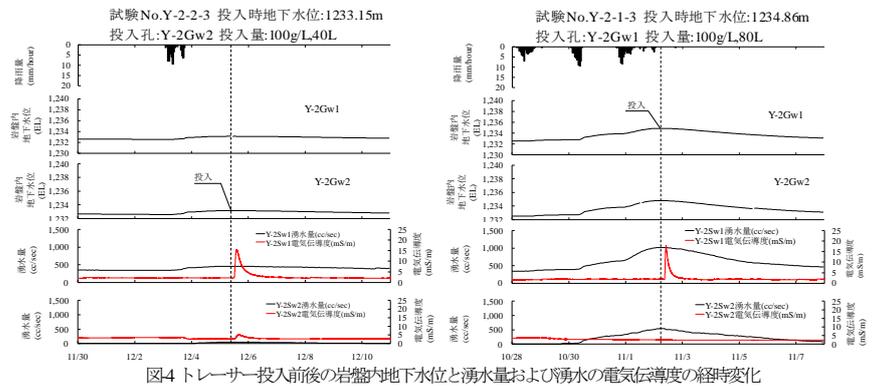


図4 トレーサー投入前後の岩盤内地下水位と湧水量および湧水の電気伝導度の経時変化

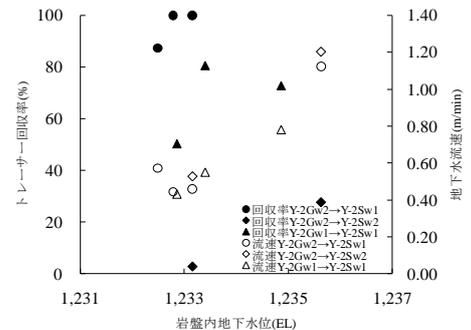


図5 岩盤内地下水位とトレーサー回収率および岩盤内地下水のみかけの流速との関係

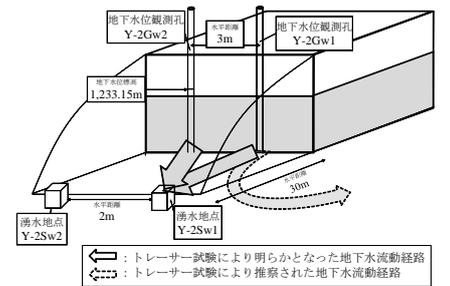


図6 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位 Y-2Gw1 : 1,237m 以下、Y-2Gw2 : 1,233.15m 未満)

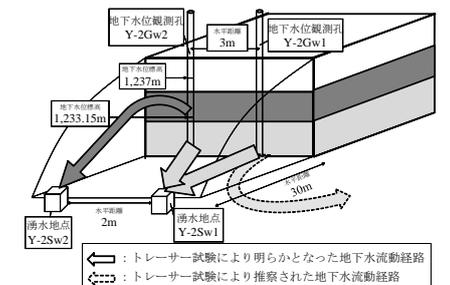


図7 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位 Y-2Gw2 : 1,233.15m 以上、1,237m 以下)

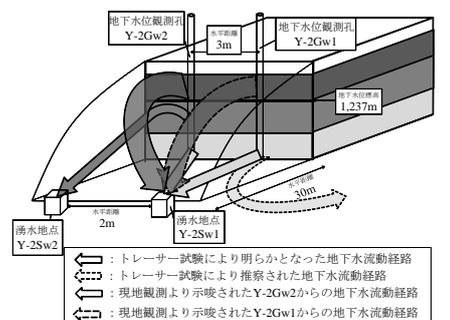


図8 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位 1,237m 以上の場合)