

花崗岩地域における岩盤内地下水の流動経路の推定

信州大学農学部 〇阪田 龍一・平松 晋也・福山 泰治郎・宮前 崇
 天竜川上流河川事務所 蒲原 潤一・福本 晃久

1. はじめに

本研究は、花崗岩流域内の岩盤内地下水位と湧水量の関係を明らかにし、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することにより、深層崩壊発生予測に資することを目的として実施したものである。

2. 研究対象流域

対象流域は、図-1 に示す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)であり、流域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。

3. 岩盤内地下水位と湧水量の降雨応答特性

岩盤内地下水位と湧水量の経時変化を示す図-2 より、Y-2Gw1 と Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位の挙動が一致していることから、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。一方、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、湧水量の挙動が異なっている。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10日以上無降雨期間が続くと湧水が停止することがある。これらの事実より、Y-2Sw1 地点への岩盤内での地下水の流動経路は、岩盤内に常に形成されている地下水面(1,231.71m)よりも低い位置に存在するのに対し、Y-2Sw2 地点への地下水の流動経路は、岩盤内に常時形成されてい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。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、両地点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、岩盤内地下水位 1,237m 付近を境に Y-2Sw1 の湧水量は急増するのに対し、Y-2Sw2 の湧水量の上昇度合が急減していることがわかる。また、Y-2Gw2 地点のボーリングコアを眺めると標高 1,238m~1,240m の区間において空洞がみられた。以上の結果より、地下水位の上昇にともなって Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位 1,238m 付近に存在する岩盤内の空洞を流下して湧水地点 Y-2Sw1 へと向かう地下水流動経路(速い流れ)の存在により、Y-2Sw1 地点からの湧水量が急増したものと推察される。

4. 岩盤内地下水の流動経路

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原位置トレーサー試験を16回実施した。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 Y-2Sw1 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水平距離 30m 程度下流に位置する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~1,237.54m(試験 No.Y-2-1-5 : 図-4) の範囲内では、湧水地点 Y-2Sw1 へのトレーサーの到達

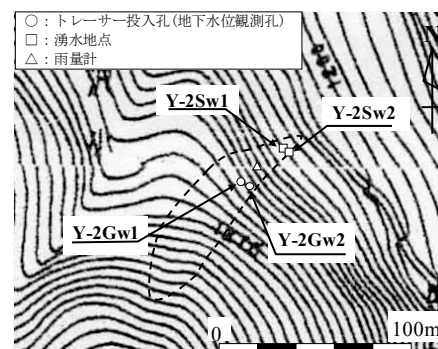


図-1 研究対象地 (Y-2 流域)

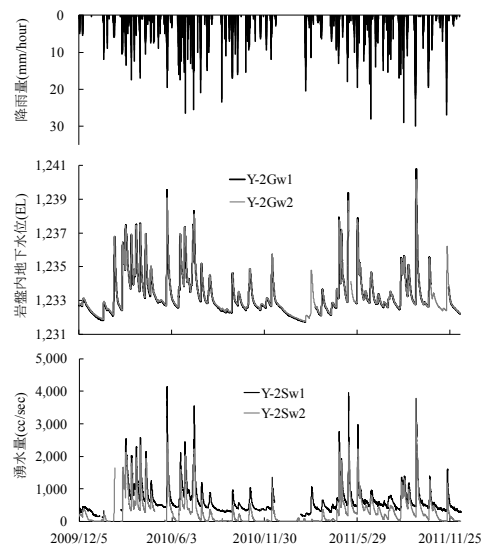


図-2 岩盤内地下水位と湧水量の経時変化 (Y-2 流域)

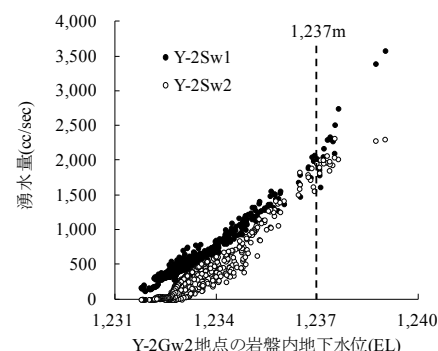


図-3 岩盤内地下水位と湧水量との関係

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。この事実、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 地点にトレーサを投入した際の湧水地点 Y-2Sw1 での回収率が 15~49%と高いのに対し、Y-2Gw1 地点にトレーサを投入した際の湧水地点 Y-2Sw1 でのトレーサの回収率は 9~15%程度と低い値を示した事実より、Y-2Gw1 地点の地下水は Y-2Gw2 地点の地下水に比べて湧水地点以外への流出量が多いこ

とがわかる。また、トレーサ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、岩盤内地下水位の上昇とともに速くなる傾向が明瞭に認められた。Y-2Gw2 地点から Y-2Sw1 地点へのみかけの流速は、0.74~7.81cm/sec と他の経路よりも速く、特に、岩盤内地下水位 1,238m 付近を境に急増するようになる。この事実、水文観測結果から得られた「地下水位の上昇にともなう Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水位 1,238m 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」という推論を支持するものである。

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 程度の間で異なる岩盤内地下水の流動経路が存在し、みかけの流速は 0.72~7.81cm/sec と極めて速い事実に加え、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。以上の知見を基に推察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。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-2Gw1 と Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水は共に湧水地点 Y-2Sw1 と湧水地点外に流下するものの、Y-2Sw2 地点への到達は認められない。岩盤内地下水位が 1,233.15m を上回ると、図-7 に示すように Y-2Gw2 地点からは Y-2Sw1 地点と湧水地点以外だけではなく、湧水地点 Y-2Sw2 へも岩盤内地下水が流下するようになる。また、岩盤内地下水位が 1,237m 付近まで達すると Y-2Sw1 地点の湧水量が急増するといった前述の現地観測結果に加えて、Y-2Gw2 地点から Y-2Sw1 地点へと向かう岩盤内地下水のみかけの流速の上昇率が岩盤内地下水位 1,238m を境に急増するといったトレーサ試験結果を勘案すると、岩盤内地下水位が空洞の存在する 1,238m 付近まで上昇した場合には、図-8 に示すように Y-2Gw2 地点の岩盤内地下水は集中的に Y-2Sw1 地点へと流下することになる。

5. おわりに

本研究では原位置トレーサ試験により、対象流域内で岩盤内地下水位観測孔から湧水地点へと向かう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。今後は、種々の地下水位に対してトレーサ試験を追加するとともに水質分析を実施し、岩盤内の簡易地下水流動モデルを構築することにより深層崩壊の予測問題へと研究を展開していく予定である。

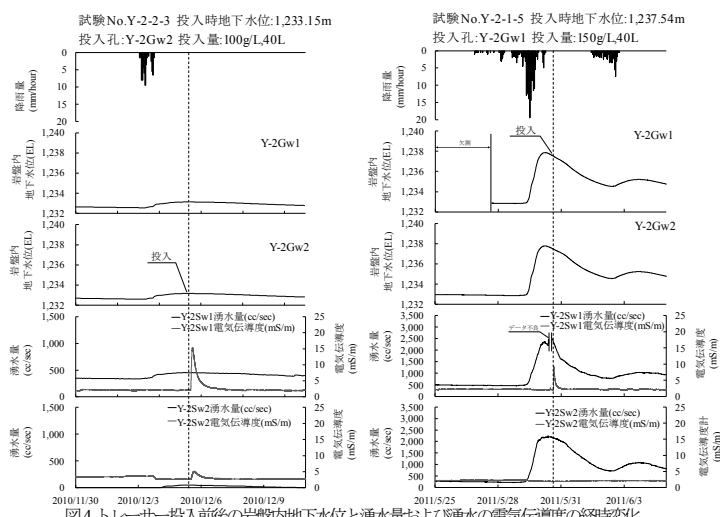


図4 トレーサ投入前後の岩盤内地下水位と湧水量および湧水の電気伝導率の経時変化

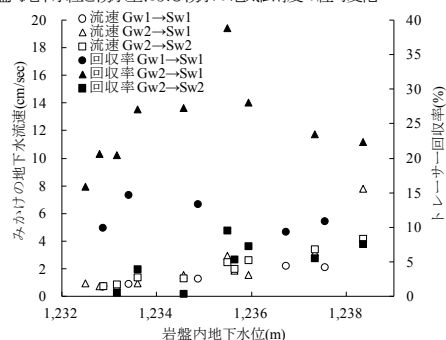


図5 岩盤内地下水位とトレーサ回収率およびみかけの地下水流速との関係

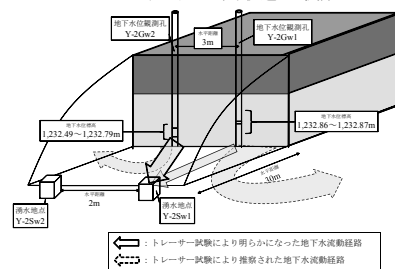


図6 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位: 1,233.15m 未満)

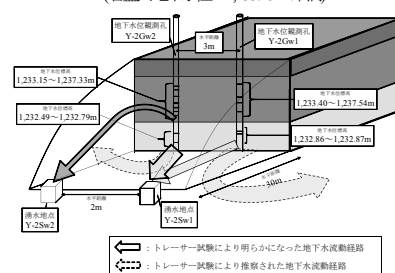


図7 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位: 1,233.15m 以上 1,238m 未満)

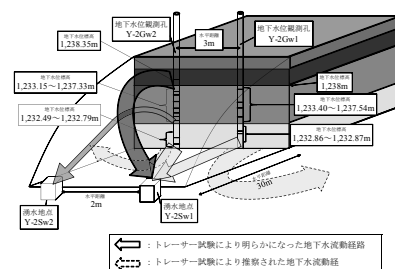


図8 岩盤内地下水の流動経路 (岩盤内地下水位: 1,238m 以上)