

風化花崗岩山地源流域における地下水位変動の解析

京都大学大学院農学研究科 ○奥中季美・小杉賢一朗・宮田秀介・水山高久

1. 目的

豪雨に伴う山腹斜面の表層崩壊発生の要因として、地下水位の変動が挙げられる。一般に地下水位は降雨に伴って上昇し、降雨終了後はゆっくりと下降していく。しかし、1995-1999年に花崗岩流域源頭部で地下水位を計測したところ、梅雨や台風など、ある程度まとまった降雨の場合には、降雨終了後も地下水位が低下しなくなることがあった。これはその時の降雨だけでなく、それ以前の降雨や基岩層からの遅れた流出が関係していると考えられるが、その原因は明らかになっていない。

本研究では、1995-1999年の5年間にわたって計測された降雨量、地下水位、流出量の時系列を詳細に解析し、降雨に対する地下水位の変動とその要因を解析する。

2. 方法

対象流域は、兵庫県六甲山系住吉川流域内の西おたふく山山頂西側に位置する森林流域である。地質は六甲花崗岩と呼ばれる黒雲母花崗岩から成り、流域面積は1.87haである。植生は、コナラ、アカマツ、エゴ、リョウブ、ネジキ、アセビ等の繁茂する二次林で、林床はミヤコザサに覆われている。流域主谷の谷底部に4つの地下水位観測点（上流よりA～D点）を設け、水圧式水位計による連続観測を行った。また、流域出口には直角三角堰（E点）を設置し、同じく水圧式水位計により連続観測を行った。いずれも測定間隔は10分で、測器凍結のおそれのある冬期（12月中旬～3月下旬）を避けて計測した。降雨量は流域界より50mほど離れた樹冠被覆のない地点で観測した。

3. 結果及び考察

1) 降雨量と地下水位

観測結果の一例として、1999年の降雨量とB点における地下水位を図1に示した。図の横軸は月を表している。6月下旬～8月下旬と9月下旬～10月下旬の期間は上昇した水位は低下せず、約100cmの水位を保った。これらの恒常的な地下水が発生する時の各降雨イベントの降雨量はそれぞれ197.5mmと87mmで、この年2番目と5番目に多い降雨量であったことから、恒常地下水の発生が当該イベントの降雨量にのみ依存しているわけではないことがわかる。

そこで、より長期にわたる降雨の影響を評価するために、実効雨量（API, Antecedent Precipitation Index）を計算し、地下水位の変動との比較を行った。図2は、半減期を20日とした実効雨量と1999年のB点における地下水位との関係を表している。恒常地下水が発生する時刻は実行雨量が300mmを超える時刻と対応していることがわかる。

2) 恒常地下水の有無

1995-1999年の各年・各地点における恒常的な地下水の発生の有無を表1に示した。A点ではどの年も恒常的な地下水は見られなかった。1996年はどの地点でも水位はあまり観測されず、恒常地下水

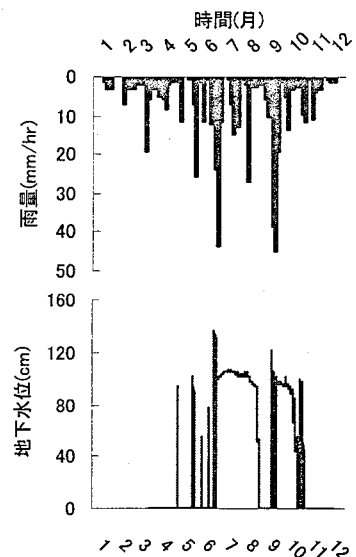


図1 1999年の降雨量とB点における地下水位

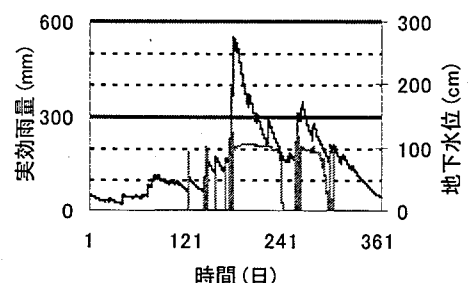


図2 1999年の実効雨量とB点における地下水位

はC点でのみ見られた。だが、継続期間は1~3日間と短く、一定値を保つというより降雨後の水位の低下が通常より若干緩やかになる程度のものであった。年降雨量の多い1997-99年は、B~Dの全地点で恒常地下水が発生した。恒常地下水が現れる時期は、どの年もおよそ5~7月の間と9月下旬あたりで、梅雨や台風による大雨を機に発生していた。

表1に示したとおり、地下水位を計測した4地点のうち、下流の地点ほど恒常地下水の発生が多い。また、下流の地点ほど恒常地下水の継続期間も長くなっていた。このことから、深部に浸透した水が流域の末端付近で土層内に復帰して地下水を涵養し、さらにこの涵養域が湿度に応じて上流側に広がる可能性が考えられる。

3) ピーク地下水位と積算雨量の関係

1997-99年のB点における各降雨イベントに対するピーク地下水位と、ピーク地下水位までの積算降雨量の関係を示したものが図3である。恒常的な地下水が存在する場合で、降雨に対する反応が見られないものは降雨イベント最後の水位で示している。恒常地下水が無い場合は、降雨量約30mm以上で水位が発生し、降雨量が増加するとピーク水位も高くなる傾向が見られた。恒常地下水が存在する場合は、積算雨量が50mmより小さい降雨では、地下水位の増加はほとんど見られなかった。積算雨量が50mm程度の雨に対しては、数cm程度の上昇を示したが、恒常地下水が存在しない場合と比べ、上昇幅は少なかった。ただし地下水位の絶対値は、恒常地下水の有無にかかわらずほぼ同じであった。これらのことから、恒常地下水の波形は、その時のイベント降雨ではなく、それ以前からの一連の降雨の特性を反映したものであると考えられた。

4) ピーク地下水位と降雨強度の関係

1997-99年のD点における各降雨イベントに対するピーク地下水位とピーク雨量の関係を図4に示した。ピーク雨量は、各降雨イベント内で1時間の降雨量をとった時の最大値である。約20mm/hr以上のピーク雨量の場合、恒常地下水の有無にかかわらず、ピーク水位はほぼ同じであった。しかし、それ以下のピーク雨量の場合、恒常地下水が存在する時の方が高いピーク水位を示した。このことから、恒常地下水が存在する場合は降雨が弱い場合であってもピーク地下水位が大きくなりやすく、表層崩壊発生の危険度が増すと考えられる。

5) 地下水位の逓減曲線

1997-99年のB点における地下水位の逓減曲線を示したのが図5である。恒常地下水の逓減曲線の方が、通常の地下水位の逓減曲線よりも傾きは緩やかになっていた。このことは、恒常地下水と通常の地下水の涵養源が異なっていることを示唆している。

なお、恒常地下水の逓減曲線において降雨に関係の無い変動が見られた。特に冬期の逓減でより大きな変動が見られ、これは24時間周期の日変動とは異なっていた。

表1 各年・各地点における恒常地下水の有無

年	年降雨量 (mm)	A	B	C	D
1995	1452.5	×	×	○	○
1996	1504.5	×	×	○	×
1997	1773.5	×	○	○	○
1998	2143.5	×	○	○	○
1999	1765	×	○	○	○

○：恒常地下水有 ×：恒常地下水無

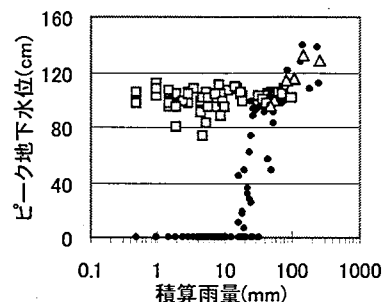


図3 1997-99年のB点におけるピーク地下水位と積算雨量
●：恒常無 □：恒常 △：恒常（上昇）

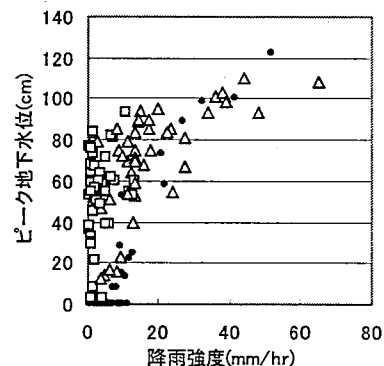


図4 1997-99年のD点におけるピーク地下水位と降雨強度
●：恒常無 □：恒常 △：恒常（上昇）

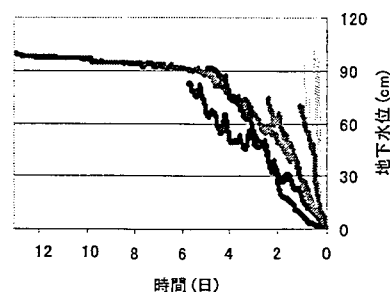


図5 1997-99年のB点における地下水位の逓減曲線
—— 恒常地下水
—— 通常の地下水