

山地源流域における岩盤内地下水の降雨応答特性に地形・地質が及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○三道義己・小杉賢一朗・藤本将光・谷誠・水山高久
 国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 岡本敦・木下篤彦
 国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所 草野慎一
 信州大学農学部 平松晋也・福山福山泰治郎・阪田龍一
 筑波大学生命科学研究科 恩田裕一
 国土交通省四国地方整備局四国山地砂防事務所 桜井亘
 (独)森林総合研究所 細田育広

1. 背景・目的

岩盤内を流れる地下水が、斜面水文過程に大きく寄与していることが近年の研究により明らかになっている。岩盤地下水は深層崩壊の発生誘引となり、地下水の降雨応答特性の違いが、降雨ピークと崩壊発生の時間差に多様性をもたらすことが示唆されている(中澤ら、2004)。そこで本研究では、地形や地質の異なる流域で計測された地下水位データに対し統計的な解析を行うことで、地質・地形の違いが岩盤内地下水の降雨応答特性におよぼす影響を検討した。また、降雨応答特性と地下水の浸透距離の関係について比較・考察を行った。

2. 方法

山地源頭部に位置する9流域において、合計49本のボーリング孔内水位と降水量を、8ヶ月～10年間連続観測した。図1に観測サイトの位置ならびに地質を示す。各ボーリング孔で観測された地下水位の変動の大きさを表す指標として、水位の標準偏差を求めた。また、地下水位が降雨に対しどの程度遅れて応答を示すのかを明らかにするために、日雨量に対するボーリング孔内水位の相互相関関数を求めた。さらに、地下水の浸透距離を評価するために、ボーリング孔の主尾根からの水平距離と、地下水位の地表面からの平均深さを求めた。

3. 結果・考察

図2に花崗岩を地質とするF流域、花崗閃緑岩を地質とするY2流域、堆積岩を地質とするP流域で観測された雨量とボーリング孔内水位を示す。F流域の地下水位は、緩やかな季節変動を示し、個々の降雨に対する鋭敏な反応は見られなかった。一方Y2流域の地下水位は、個々の降雨に鋭敏な反応を示し、水位の変動量が比較的大きかった。P流域の地下水位は、F流域やY2流域では反応が見られない程の弱い雨にも反応を示したが、水位の変動量は最も小さくなった。

図3には各ボーリング孔の水位の、地表面からの平均深さと標準偏差の関係を示す。花崗岩流域においては、平均水位が深く、標準偏差が大きい(水位の変動が大きい)傾向が見られた。堆積岩流域においては、平均水位が浅く、水位の変動が小さい傾向が見られた。花崗閃緑岩流域は、花崗岩流域と堆積岩流域の中間的な傾向を示すことがわかった。

図4は、図2に示した各流域について算定した、日雨量と孔内水位の相互相関関数である。F流域の相互相関関数は、22日目に小さなピークを持つ平たい関数となった。これに対して、Y2およびP流域の相互相関関数は1～2日目に大きなピークを示し、その値はY2流域でより大きくなった。

各観測孔について、図4に示したような相互相関関数を求め、そのピークの値(相互相関係数の最大値)とピークになるときの遅れ時間の関係を求めた(図5)。相互相関係数の最大値は、遅れ時間が長くなるほど小

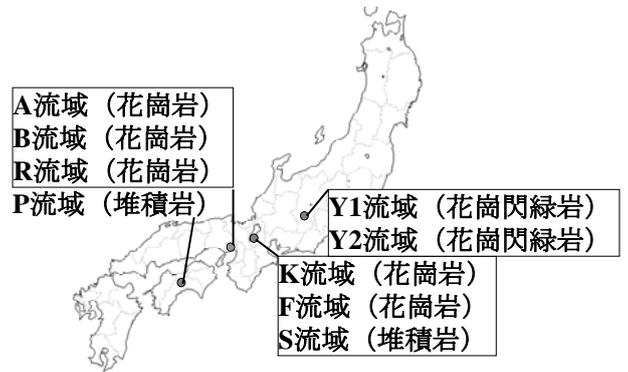


図1 観測サイト

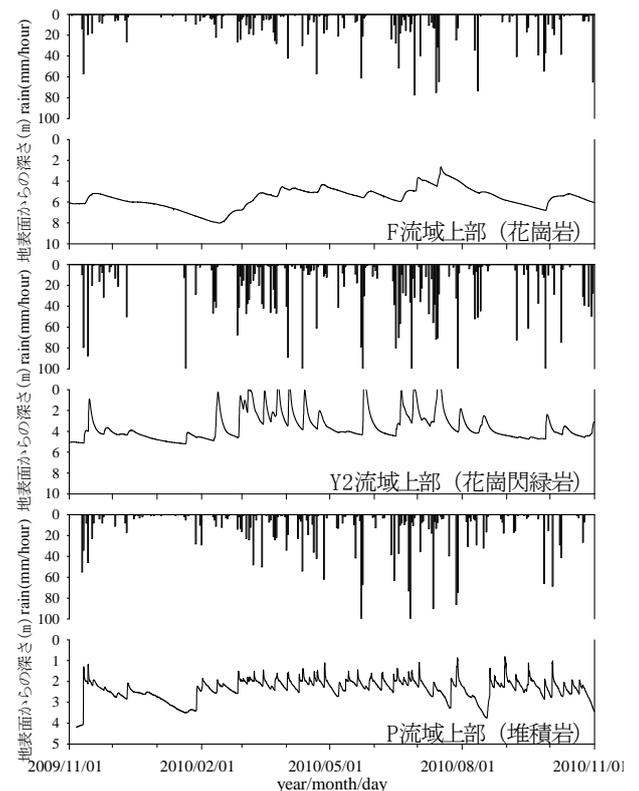


図2 花崗岩、花崗閃緑岩、堆積岩地質における日雨量と地下水位の観測結果

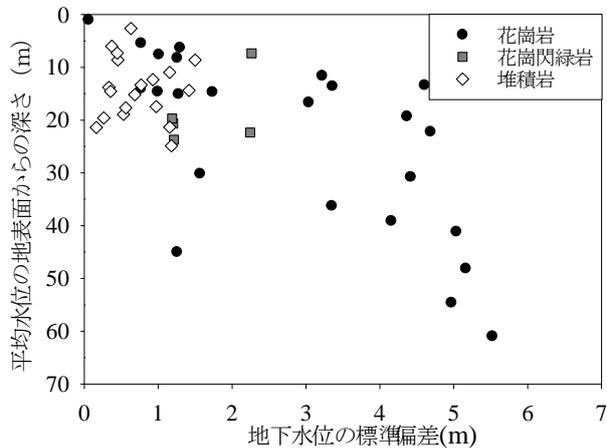


図3 地下水位の標準偏差と平均水位の深さの関係

さくなる傾向を示した。また遅れ時間は、総じて、花崗岩流域で大きく、花崗閃緑岩・堆積岩流域において小さくなった。つまり、降雨に対する地下水の反応が、花崗岩流域において緩やかであり、花崗閃緑岩・堆積岩流域において鋭敏であることを示しており、図2に示した傾向と良く一致していた。

図6に相互相関係数の最大値の遅れ時間と、地下水位の標準偏差との関係を示す。花崗岩流域では、他の地質の流域に比べ、遅れ時間・標準偏差とも大きいことがわかる。ただし、同じ地質に属する孔を比べた場合、両者の間に明確な相関は見られなかった。すなわち、水位変動の大きさと降雨に対する反応の遅れ時間の間には、明瞭な対応関係が見られないといえる。

図7は、相互相関係数の最大値の遅れ時間と、水位の平均深さならびにボーリング孔の主尾根からの距離の関係を示したものである。花崗岩流域において遅れ時間が大きくなる孔は、平均水位が深い、もしくは主尾根からの距離が大きい傾向にあった。つまり、雨水の鉛直浸透もしくは側方浸透の距離が長い地点において、遅れ時間が大きくなると思われる。ただし、例外的な孔も存在した。花崗閃緑岩流域および堆積岩流域の遅れ時間が、花崗岩流域よりも短くなるのは、平均水位が浅い（すなわち雨水の鉛直浸透距離が短い）ことが関係していると考えられる。ただし、同様の平均水位・主尾根までの距離を持つ場合であっても、遅れ時間は花崗岩流域で花崗閃緑岩・堆積岩流域よりも大きく、岩質の違いも降雨の浸透時間に影響を及ぼしていると考えられた。

4. まとめ

統計的な解析によって、地質および地形が岩盤地下水の降雨応答特性に与える影響を検討した。地下水面の深さと変動の大きさは、花崗岩流域で最も大きく、堆積岩流域において最も小さく、花崗閃緑岩流域では両者の中間的な傾向を示した。降雨に対する応答時間は、総じて、花崗岩流域において花崗閃緑岩・堆積岩流域よりも遅くなった。

応答時間は、地質に加え、特に花崗岩流域では地下水面の深さ、主尾根までの距離に依存する傾向が見られ、これらのパラメータから深層崩壊の発生時刻を予測できる可能性がある。ただし、例外的な挙動を示すボーリング孔も多く存在しており、今後、より多くの地下水データ、地質データを詳細に解析していく必要がある。

引用文献

中澤努ら(2004)、地質調査研究報告、55(5)、p113-127

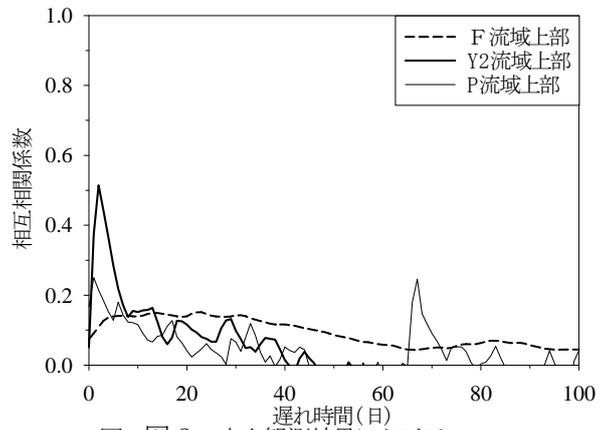


図4 図2の水文観測結果における日雨量に対する地下水位の相互相関係数

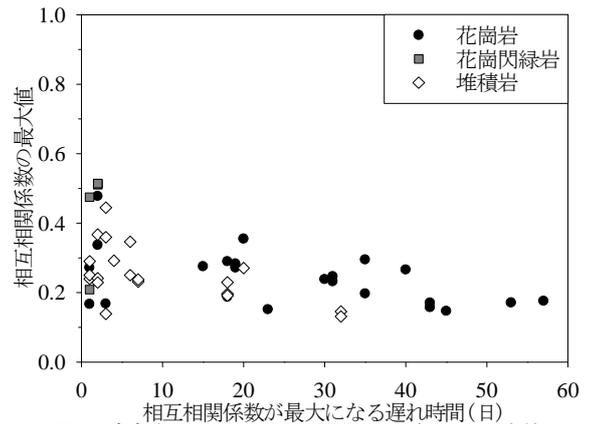


図5 各観測孔における日雨量に対する地下水位の相互相関係数の最大値

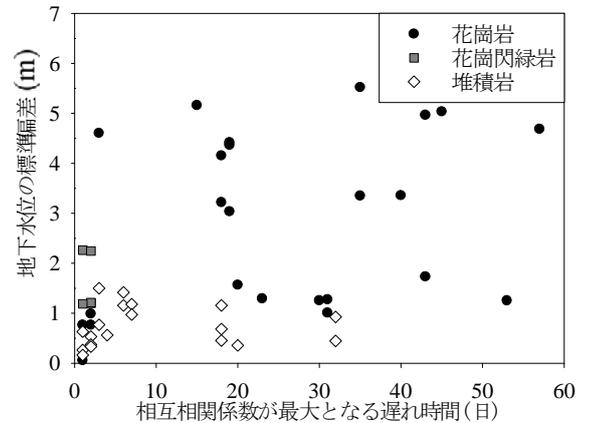


図6 相互相関係数が最大になる遅れ時間と地下水位の標準偏差の関係

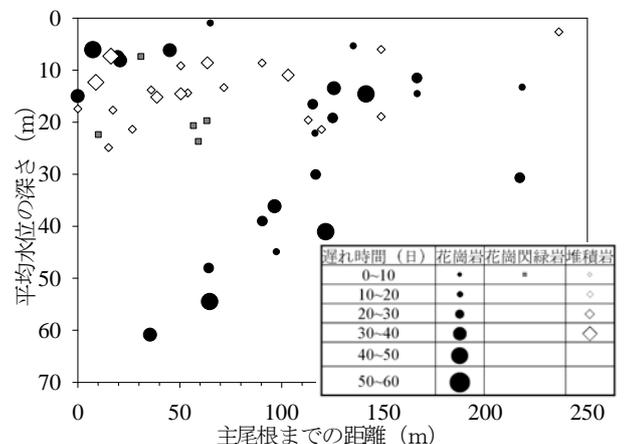


図7 相互相関係数が最大になる遅れ時間と主尾根までの距離・平均水位の深さとの関係