

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○服部聡子・恩田裕一・田中高志・辻村真貴
 JR 東日本研究開発センター防災研究所 島村誠・外狩麻子
 国土交通省国土技術政策総合研究所 内田太郎

1 はじめに

近年、降雨に対して遅れる流出応答に注目し、降雨停止後に発生する斜面崩壊の発生メカニズムを解明する試みが注目されている。しかし従来このような研究は、降雨に対し数時間から数日程度遅れて発生する流出や崩壊に注目しており、降雨後数ヶ月スケールの遅れを伴う流出・崩壊現象については、研究例がほとんどない。本研究で取り上げる熊の平流域では、1950年6月に直前の降雨が極めて少ないにもかかわらず崩壊が発生しており、降雨による涵養から数ヶ月遅れて生ずる岩盤地下水流動応答が発生要因の一つであると指摘されているが、トレーサー水文学的な詳細な解析は未だ行われていない。そこで本研究では、群馬県熊の平地域における岩盤地下水の挙動を、流出解析とトレーサー（同位体・溶存イオン）を用いて明らかにすることを目的とした。

2 調査地と方法

調査地域は、群馬県松井田町の旧信越本線熊の平駅北側斜面で、小流域を西側から K1, K2, K3 および K4 と設定した（図 1）。崩壊が発生したのは K4 流域である。また周辺の地質は非常に風化の進んだ安山岩質の凝灰角礫岩で、その上に厚い浅間山起源の軽石層が堆積している。

2002年5月より各小流域において渓流水および湧水の水文観測を行っている。また JR 東日本防災研究所により、K4 流域に設置された土壌中のみストレーナーがある井戸 A (9m) と岩盤中にストレーナーがある井戸 B (12m) の地下水水位が観測されている。降水・河川水・湧水・地下水の採水および無機溶存イオン濃度、酸素・水素安定同位体比の測定を行った。

3 結果と考察

3.1. 各流域間の地下水流動経路

長期水文観測の結果より、K1 と K2 流域渓流水のピークは、降雨のピークに対して少なくとも数時間以内で、流出に逓減は穏やかで数日に及ぶことが分かった。これに対し K4 流域では、K1 および K2 と同様に夏季において降雨に対し速やかな流出応答がみられるが、逓減は K1, K2 のそれに比較し顕著に緩やかであり、2, 3ヶ月後の冬季まで逓減の影響が流量に及ぶ（図 2）。ここから K4 流域は、K1 や K2 流域に比べて流域内の貯水容量が大きく、渓流水の滞留時間が比較的長いことが考えられ、K4 流域の高い SiO_2 濃度の結果もこのことに調和的である。また K4 流域における渓流水の酸素安定同位体比の時間変動幅は相対的に小さいことから、K1, K2 流域に比較し、より拡散的な地下水流動が卓越していることが想定される。これは、流域間における岩盤中の亀裂の量の違いに起因するものと思われる。

3.2. 先行降雨指数と地下水水位の関係

渓流水のハイドログラフと地下水水位変動とを比較すると、井戸 A が渓流水と同じような地下水水位変動パターンを示す一方、井戸 B はこれとは全く異なる変動を示し、K4 流域には複数の地下水流動が存在することが

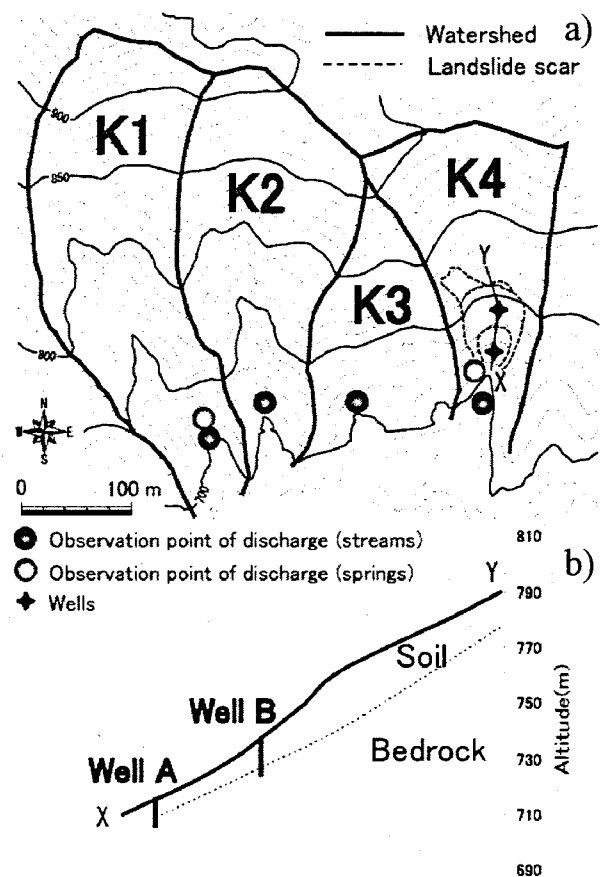


図 1. 調査流域(a)と K4 流域の断面図(b)

示唆される。このような K4 流域の地下水流動特性を定量化するために、矢野 (1990) に基づき実効雨量と地下水位変動との関係を検討した。使用する地下水位データは 2001 年 11 月から 2003 年 6 月のもので、降水量は JR 東日本防災研究所が観測している林外雨である。観測期間外や欠測期間の降水量は、軽井沢測候所によるデータを使用した。

井戸 A の地下水位変動は、実効雨量の変動とほぼ一致していた (図 3)。特に、半減期 100 日の雨量の増減と相関が高く、8 月から 12 月にかけての穏やかな地下水位通減状況を良好に再現するためには、半減期を 100 日以上にする必要があった。これに対して井戸 B の地下水位変動は、いかなる半減期の実効雨量変動とも対応が見られなかった (図 4)。一方、井戸 B の地下水位変動と日雨量の移動平均したものとを対応させた結果、移動平均日数を 180 日にし、位相を 50 日ずらしたところ両者は比較的良く対応した (図 5)。

以上の解析から K4 における地下水流動は、おもに 2 つの流動パターンからなっているものと考えられる。一つは井戸 A の水位変動に代表されるもので、降雨直後から降雨停止後数ヶ月後まで断続的に涵養一流出が継続されるものである。他方は、井戸 B の水位変動にみられるように、降雨停止後数ヶ月の遅れを経て、涵養一流出が生ずるものである。

4 まとめ

崩壊が発生した K4 流域では、地質条件の同じ K1, K2 に比較しより拡散的な地下水流動が卓越していることが示唆された。また K4 流域の中にも複数の地下水位流動パターンがあり、降雨発生からその後数ヶ月にわたって断続的に涵養一流出が生ずるものと、降雨に伴い涵養一流出が生ずるまでに数ヶ月を要するような月遅れで流動する岩盤地下水の挙動の一層の解明につながるだろう。

【引用文献】

矢野勝太郎 (1990) : 前期降雨の改良による土石流の警戒・避難基準雨量設定手法の研究, 砂防学会誌, 34-4, 3-13.

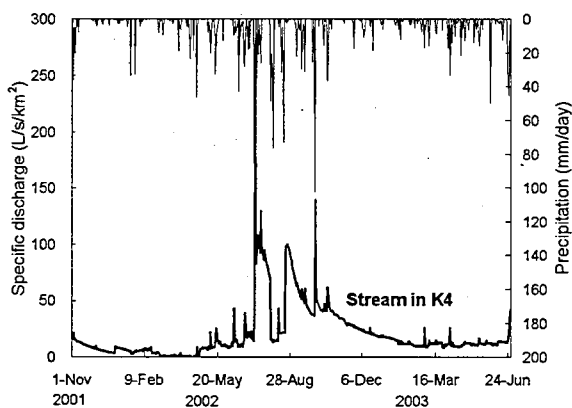


図 2 K4 流域における河川水の比流量変化

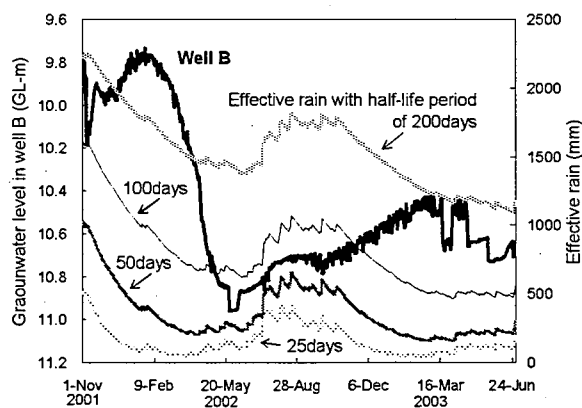


図 4 井戸 B の地下水位と実効雨量の関係

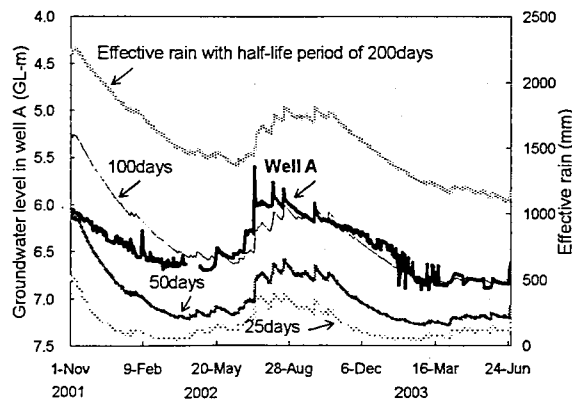


図 3 井戸 A の地下水位と実効雨量の関係

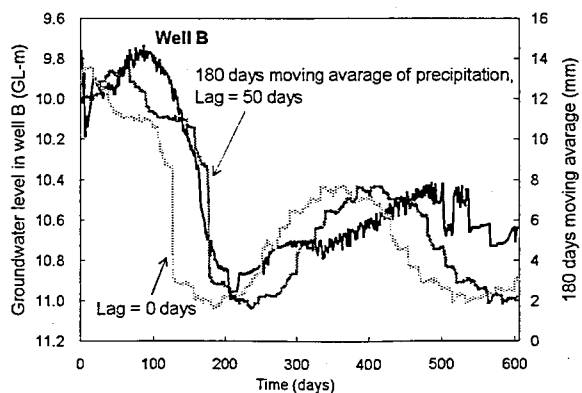


図 5 井戸 B の地下水位と雨量の移動平均の関係