

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○恩田裕一  
 独立行政法人土木研究所 内田太郎  
 筑波大学第一学群 田中健太  
 筑波大学大学院生命環境科学研究科 高橋真哉  
 鹿児島大学農学部 地頭菌隆  
 宮崎河川国道事務所工務第二課 戸田博康

## 1. はじめに

深層崩壊については、発生件数が少ないため、研究例も少なく、その発生メカニズムについてわかっていないことが多い。深層崩壊プロセスとその原因の解明は、土砂災害予報の精度向上及び人的被害の軽減につながると思われる。地頭菌ほか(2004)では、崩壊発生に深層地下水が関与していることを指摘し、井戸水位と降雨量との関係について研究を行った。したがって、深層崩壊発生メカニズムの解明のためには、まず対象地域において地下水位と降雨量との関係を調べる必要がある。

2005年台風14号により宮崎県鰐塚山では大規模な崩壊が発生した。降雨強度自体は、最大時間雨量でも46mmあまり大きくないが、長期にわたって雨が降り続けたため(約3日間)累加雨量は1000mmを超えた。対象地域では、崩壊面積1万㎡以上の大規模な斜面崩壊が10か所以上も発生し、記録的な規模の土砂災害となった。この地域は深層崩壊が非常に卓越した地域であり、そのため、この地域における調査は、深層崩壊メカニズムの解明に対して非常に有効だと考えられる。そこで本研究では、大規模崩壊が発生した宮崎県鰐塚山において観測を行い、地下水の動きを把握することで得られたデータからこの地域の流動特性や崩壊メカニズムについて推定を行うことを目的とする。



図1. 観測測器の設置位置図

## 2. 観測項目

下記の項目について、観測を行った(図1)

- ・井戸水位 (10m, 40m)
- ・テンシオメータ (30cm, 60cm, 75cm)
- ・雨量
- ・下流部, 堰堤, 中央部, 上流部の流出量
- ・井戸, 渓流部, 中央部, 上流部の水質

## 3. 観測結果

2008年6月9日より、各項目の観測データが得られた。ハイドログラフの一例を図2に示す。10m井戸, 40m井戸とも降雨に反応して、上昇をした。40m井戸においては、11mのところまで水位上昇が頭打ちとなる現象がみられた。

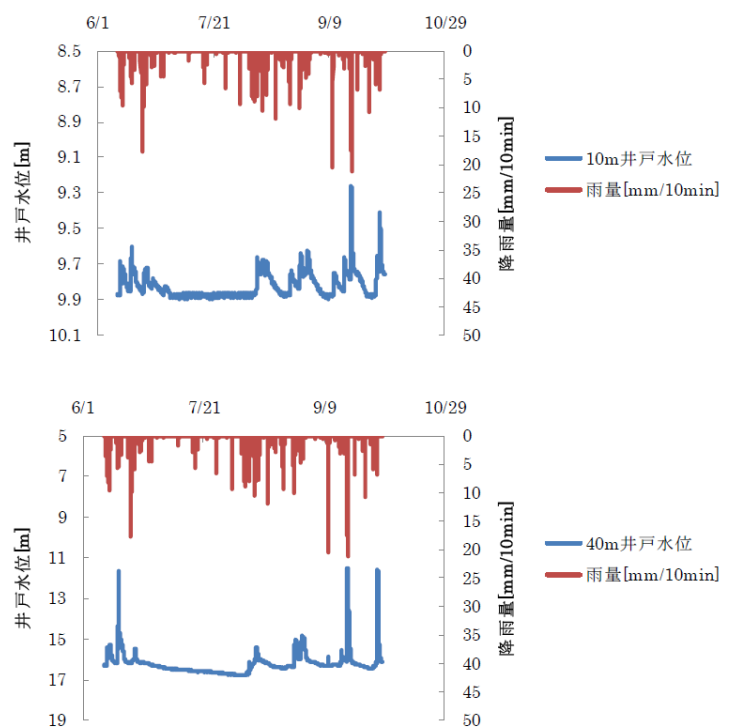


図2. 井戸ハイドログラフ

#### 4. 実効雨量の半減期と透水性との関係

実効雨量は、その半減期を変化させることで地下水流動特性を表すことができる可能性が指摘されている。森池ほか（2009）では、ハイドログラフの逓減特性から求められる透水量係数と実効雨量の最適半減期との間に高い相関があることを示した。しかし、実効雨量の半減期と透水性との間に具体的にどのような関係があるかわかっていない。そこで、実効雨量の半減期と透水性にどのような関係があるのか示すことを試みた。実効雨量は、

$$\int_0^t I(t) \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t-\tau}{H}} d\tau \quad (1)$$

であらわされる。離散化して、時刻  $t$  での実効雨量は、

$$I(t) = R_t + R_{t-1} \left\{ \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{H}} \right\} + R_{t-2} \left\{ \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{H}} \right\}^2 + \dots \quad (2)$$

1 段タンクモデルを考える(図 3)と、浸透係数を  $\alpha$  [1/単位時間] として、

$$I(t) = I_{(t-1)}(1 - \alpha) + R(t) = R(t) + R_{t-1}(1 - \alpha) + R_{t-2}(1 - \alpha)^2 + \dots \quad (3)$$

(2)式と(3)式の関係から、

$$1 - \alpha = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{1}{H}} \quad (4)$$

により、実効雨量は 1 段タンクモデルに変換される。

(4)式より、半減期が無限大になる時つまり、積算雨量になる時、 $\alpha$  はゼロになり一段タンクモデルにおいても浸透していかないことが分かる。また、半減期がゼロに近づくと  $\alpha$  は 1 に近づいていき、降った雨がそのまま抜けていくことがわかり、この結果は妥当性があると考えられる。浸透係数  $\alpha$  は単位時間当たり減衰する割合、すなわちその対象地域における透水性を表しているから、実効雨量との比較は有効であると考えられる。

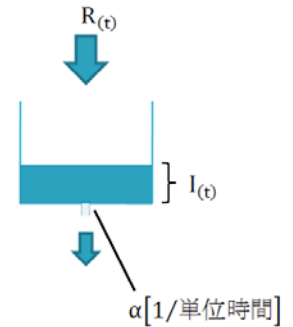


図 3. 1 段タンクモデル概念図

#### 5. 実効雨量と遅れ時間、水位上昇量との関係

降雨ピークから水位ピークまでの遅れ時間と各半減期での実効雨量との関係と 1 降雨イベントでの水位上昇量と各半減期での実効雨量との関係を調べた。近似式から  $R^2$  値を求め、 $R^2$  値が最大となる半減期を最適半減期とした。その結果、遅れ時間⇒半減期 80.4 時間、水位上昇量⇒半減期 5 時間となった。以降、遅れ時間は解析した中で最も近い半減期 84 時間で比較し、水位上昇量は半減期 6 時間で解析した。

#### 6. 崩壊発生時への適用

得られた半減期と崩壊発生時の雨量データ (AMeDAS) から、崩壊発生時の実効雨量を再現した。また、半減期 84 時間のときの遅れ時間との関係の近似式から、崩壊発生時の実効雨量を当てはめて、降雨ピークから水位ピークの遅れ時間を推定したところ 2.5 [min] となり、降雨ピークの直後に水位もピークになったと推定される。

実際は、降雨ピークからおおよそ 30 分後に崩壊が起こったと推定されており、深層崩壊としては比較的遅れ時間が短い時間で崩壊が起こっているため、計算結果と整合性があると考えられる。

#### 7. 結論

・最適半減期の実効雨量がその地域の地下水の流動特性を表す有効な指標である可能性が示唆された。また、従来、深層崩壊は一般に降雨ピークから遅れて発生することが多いとされてきたが、雨の降り方によっては、降雨ピーク直後に深層崩壊が発生する可能性が示唆された。

文献：森池寛通ほか(2009) 異なる流域面積の流量観測による長期雨量指標の設定方法の検討. 砂防学会誌, 62(1), 32-39.