

分布型流出モデルを用いた深層崩壊と地中水貯留高・地形に関する考察

徳島大学大学院 学生会員 ○長谷川諒
 徳島大学大学院 正会員 田村隆雄
 徳島大学大学院 正会員 武藤裕則

1. 研究の背景・目的：我が国の山地流域は急傾斜であり、台風によって引き起こされる豪雨により、斜面崩壊が発生する。過去に、徳島県的那賀川流域での1976年の深層崩壊を対象に、タンクモデルを組み込んだ分布型流出モデルを用いた斜面内の水分量と斜面崩壊の関係性についての考察が行われ、深層崩壊が発生した斜面の周辺の最大貯留高は大きく、その内訳においては地下水が多く含まれていたほか、崩壊発生には40mm/hr未満の降雨が1日以上継続して降り続いたことが関係していると考えられた¹⁾。ここで本研究では、分布型流出モデルを、2011年台風12号の豪雨によって、崩壊幅約130m、崩壊長約550m、崩壊深約20m、流出土砂量約12万m³の規模の崩壊が発生した和歌山県の富田川流域に適用し、分布型流出モデルを用いた深層崩壊の考察が他流域でもできるかを検討し、深層崩壊の発生の評価において、何が有効であるかを考察する。

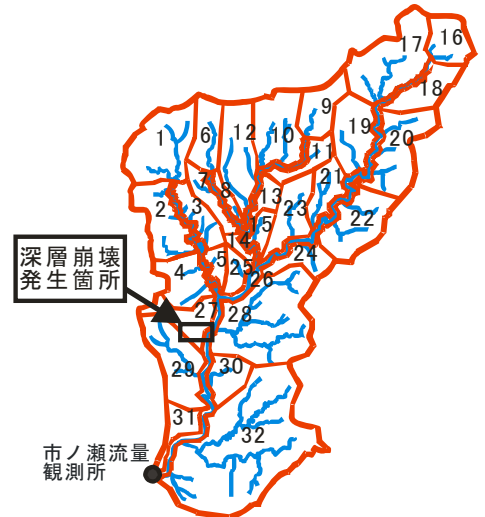


図1 対象流域分割図

2. 解析対象流域および使用モデル：解析対象流域は、和歌山県にある二級河川・富田川の市ノ瀬流量観測所を末端とする流域（流域面積：169.4km²）である。使用するモデルは、遮断蒸発モデル、地表面流分離直列2段タンクモデル、修正Muskingum-Cunge法からなる分布型流出モデルを用いる。解析を行うにあたって、図1に示すように流域を32個のサブ流域に分ける。斜面内の水分量の算出方法としては、表層タンクおよび地下水タンクの貯留高の量を用いる。このタンクモデルでは、表層タンク上部の貯留高を S_s 、表層タンク下部の貯留高を $(1-C_f)h_1$ 、地下水貯留高を $S_{Gmax}-S_{Gini}$ とする。タンクモデルにおける貯留高の位置を図2に示す。 S_s の最大値は $\gamma D/2$ と同じ値となる。また、表層タンクの水は浸透係数 λ_g および λ_j を通じて地下水タンクに浸透する。地中水貯留高の最大値 S_{max} を以下のように定義する。

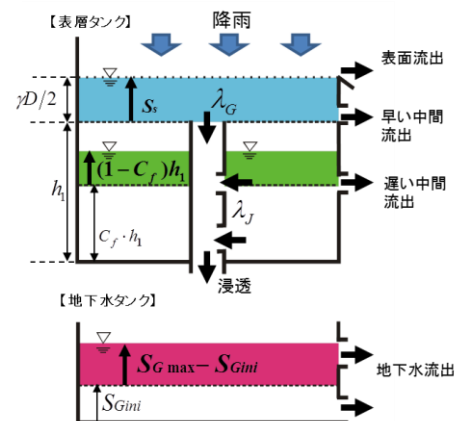


図2 タンクモデルにおける地中水貯留高の位置

$$S_{max} = \gamma D/2 + (1-C_f)h_1 + (S_{Gmax} - S_{Gini}) \quad (1)$$

3. 地中水の鉛直・水平分布と深層崩壊との関連性：図3に、対象流域の全サブ流域の S_{max} を示す。崩壊はサブ流域番号27番の斜面で発生した。27番の内訳について見てみると、 $S_{Gmax}-S_{Gini}$ の量が多く、地中水貯留高中に占める割合が全体の50%を超えている。27番周辺のサブ流域について見てみると、25番と26番は S_{max} が27番より大きく、 $S_{Gmax}-S_{Gini}$ が27番より小さいことから、貯留高全体に占める地下水の割合が小さいことがわかる。28～30番は27番と同じく地下水貯留高の占める割合が50%を超えているが、 S_{max} の値も大きい。以上のことから、富田川流域においては、深層崩壊発生斜面を含むサブ流域は、最大地中水貯留高は小さかったが、地下水の割合が大きいということが示される。このことから、深層崩壊が発生した斜面の特徴として考えられる要素としては、最大地中水貯留高の量よりも地中水全体における地下水の比率であ

キーワード：深層崩壊、分布型流出モデル、地中水貯留高、斜面長、斜面勾配、降雨強度

連絡先：〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 TEL088-656-9407

る，ということが考えられる．得られた地下水量のデータと，サブ流域の斜面長と斜面勾配の散布図を図4に示す．サブ流域27番の斜面長および斜面勾配は大きい傾向を示しており，特に斜面勾配においては，最大地下水貯留高が40mm以上を記録したサブ流域中では一番大きい．このことから，サブ流域27番は地下水を多く含んでいたことに加え，長く急な勾配を有する斜面であったことがわかる．1，17，19番については，斜面長と斜面勾配の値が27番より大きかったが，地下水貯留高の値が小さい結果となった．これは，表層タンクから地下水タンクにつながる浸透係数 λ_g および λ_j が27番より小さく，結果地下水タンクに水が貯まらず表面流および中間流として流出したと考える．

4. 地中水及び降雨の時間変化と深層崩壊：

次に，深層崩壊が発生するまでに，地中水貯留高や降雨がどのように変化し，崩壊発生に関わったかを調べる．図5に，サブ流域27番の2011年9月2日～5日における降雨と地中水貯留高の経時変化を示す．崩壊発生時刻は9月4日の午前7時頃である．降雨について見てみると，最初の2日間は20mm/hr以下の弱い雨が降り続き，崩壊発生の10時間前から30mm/hr程度の雨が多く降った．地中水貯留高について見ていくと，表層水，地下水共に崩壊発生時刻までは増加の傾向を示しており，崩壊発生の1時間前に最大値である S_{max} に到達している．このことから，地下水貯留高がピークに達している時に30mmの時間雨量の雨が降ったことによって，崩壊が発生したということが考えられる．

5. まとめ：今回の解析で，分布型流出モデルを用いた斜面崩壊評価手法が他流域にも適用できることを確認できたほか，深層崩壊の発生の評価において三つの面からの知見が得られた．まず地中水の鉛直・水平分布の面においては，地中水量の大きさよりも，貯留高全体における地下水貯留高の割合に着目することが有効である．さらに，サブ流域の地形やモデルパラメータも崩壊発生評価に使用できるということが見出された．崩壊時刻においては，地中水貯留高の増加に加え，降雨量の変化にも着目することが重要である．今後は，大規模な崩壊が多数発生した一級河川にも適用していくとともに，これらの情報を基にしたハザードマップの作成にもつなげていきたいと考えている．

参考文献 1) 田村隆雄，能田慎也，武藤裕則：分布型流出モデルを用いた那賀川上流における森林斜面の貯水高と斜面崩壊に関する考察，水工学論文集，第56巻，pp.469-474，2012

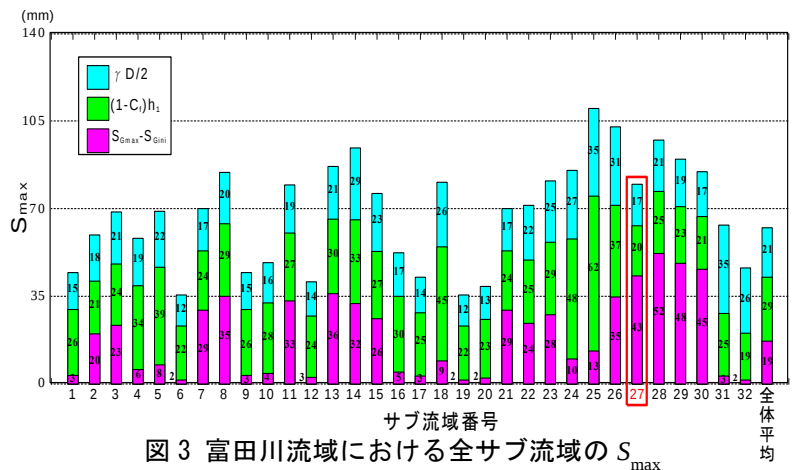


図3 富田川流域における全サブ流域の S_{max}

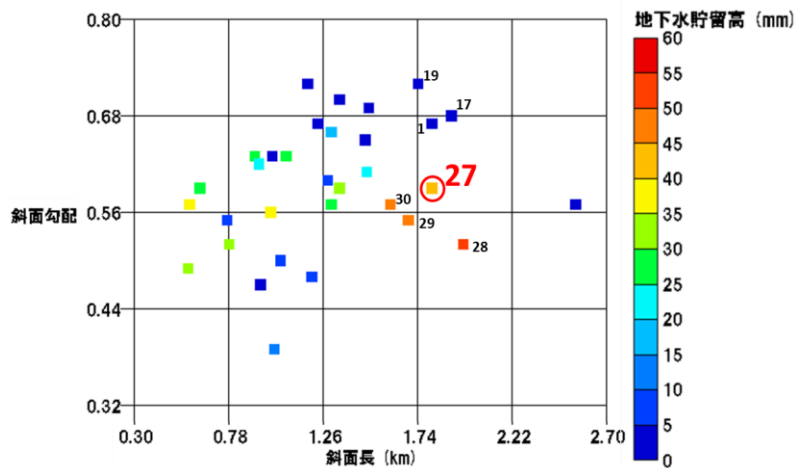


図4 サブ流域の地下水貯留高と地形データの散布図

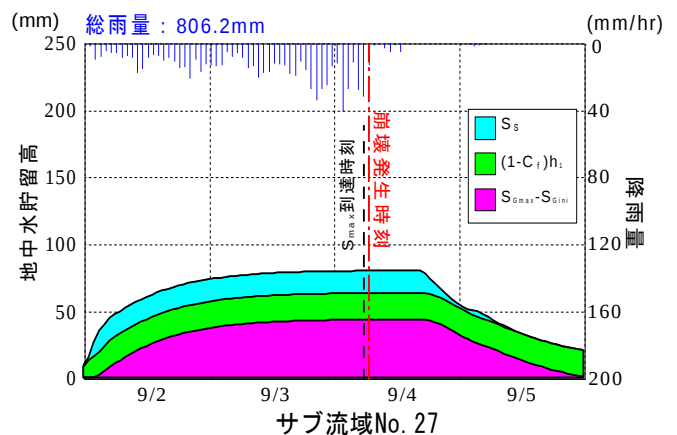


図5 サブ流域27番の貯留高経時変化