

東京農工大学 石川 芳治

広島大学 海堀 正博

京都大学 松浦 純生

森林総合研究所 大丸 裕武・岡田 康彦

林野庁整備課 徳留 善幸

広島県森林保全課 佐藤 親夫

応用地質株式会社 ○伊藤正美・山根 誠・池上 忠・富森 さとし

1. はじめに

2014 年 8 月 19 日から 20 日にかけての大雨により広島市を中心に発生した土石流等によって、死者 74 名という激甚な被害が生じた。近畿中国森林管理局及び広島県は、委員会を設置し、治山事業による復旧対策や災害に強い森林づくりに向けた方策等の検討を行った¹⁾。

本発表では、短時間豪雨による土石流発生時の水分飽和度や地盤空隙内の水圧変化等の崩壊に係る水理現象を再現することを目的として三次元浸透流解析を行い、発生機構のうち特に誘因について検討した事例を示す。素因については別途、口頭発表で提示する。

2. 解析手法・モデル及び条件

広島市安佐北区に位置する高松山国有林を対象とした。数値解析手法としては、統合型水循環シミュレーションシステム (GETFLOWS)²⁾ を用いた。解析モデルは、以下の要領で作成した。

2.1 計算格子の作成・条件設定

解析は、高松山国有林を含み、桐原川 (北辺)・根谷川 (西辺)・根谷川支流 (南辺) で囲まれる領域と対象とした。地形については、土砂災害以前のレーザープロファイラデータを用いた。

解析モデルの平面境界は、地形的な分水界 (尾根または谷) とした。平面格子の分割幅は、12.5×12.5m の正方形とした。

解析モデルの底面は、計算領域内の地表高さの高低差 (300m 程度) と同程度の深度までを包括する範囲である T.P. -300m とした。

2.2 三次元地盤モデルの作成

解析領域には、広島花崗岩類、崖錐、沖積層が分布している。基盤岩である広島花崗岩類を被覆する未固結堆積物 (崖錐堆積物、沖積層) の分布範囲は現地踏査及び地形判読により推定した (図-1)。

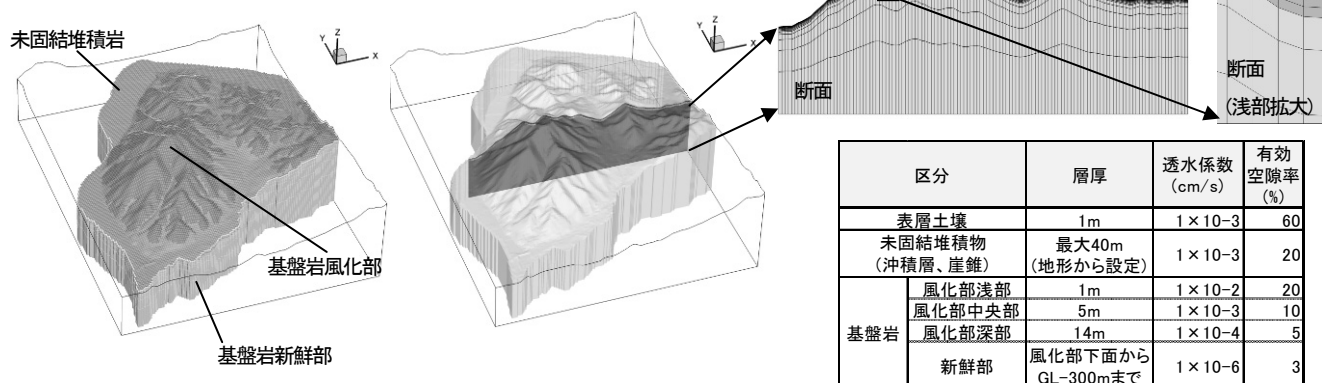


図-2 地質区分毎の層厚と水理定数

深度方向については、未固結堆積物の層厚は谷幅が広いほど、谷の下流ほど厚くなると考え、根谷川・桐原川の谷の中央で基盤深度が 40m となるように、基盤岩/未固結堆積物境界からの距離に応じて層厚を設定した (図-1)。

表層土壌、基盤の風化部は計算領域全体で一律の厚さで分布し、その下位に基盤岩 (新鮮部) が分布するものとした。表層土壌・未固結堆積物・基盤岩の層厚・水理定数を図-2 に示す。

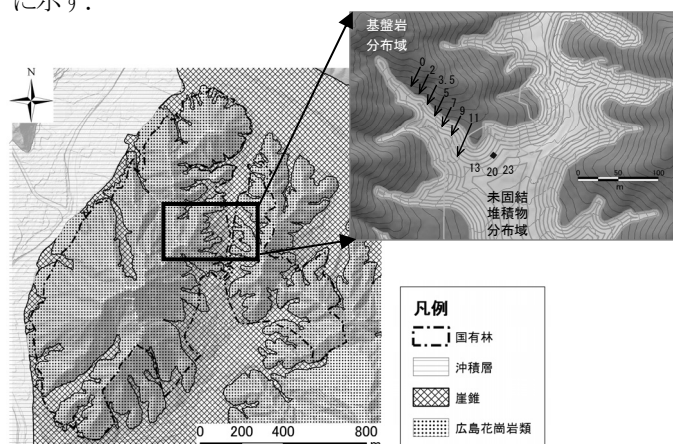


図-1 地質分布状況と未固結堆積物のモデル化

2.3 降雨条件

「先行降雨なし短時間豪雨型」である本災害の降雨イベント (ケース①) と、過去に広島で発生した土砂災害時の降雨イベントのうち、「先行降雨あり・長雨豪雨型」 (1999 年 6 月広島豪雨災害: ケース②), 「先行降雨あり短時間豪雨型」 (2010 年 7 月庄原災害: ケース③) の 3 パターンの降雨条件 (図-3) を用いて、同モデルで解析を行い、再現した水理現象を比較した。災害の前後期間の 1 時間雨量をもとに、1 時間単位の時系列データとして、モデルへ設定した。

降雨条件	対象となる災害	降雨パターン	観測所
ケース①	2014年8月災害	先行降雨なし・短時間豪雨型	三入(気象庁)
ケース②	1999年6月災害	先行降雨あり・長雨豪雨型	海見山(気象庁)
ケース③	2010年7月災害	先行降雨あり・短時間豪雨型	大戸(広島県)

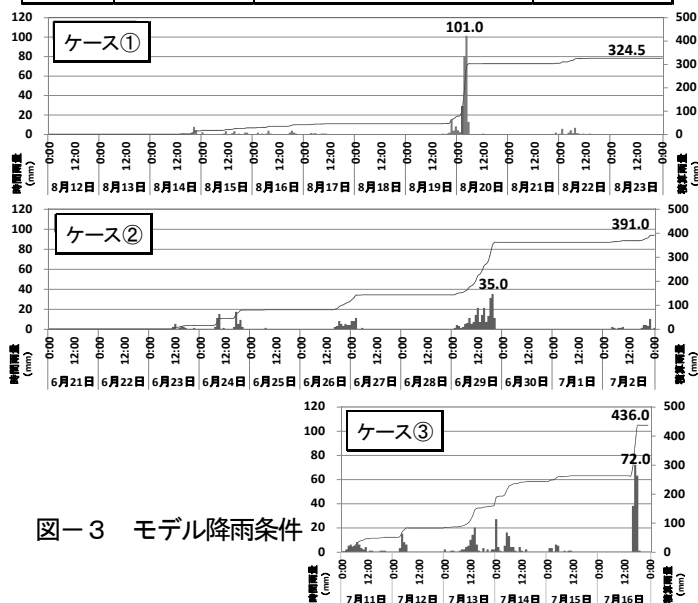


図-3 モデル降雨条件

3. 解析結果

ケース①による計算結果では、直前の時間雨量が101mmである8月20日4:00に、地表からGL-0.25mまでの表層土壌はほぼ飽和状態となり、地表流の水深は急激に上昇した。一方、GL-0.75m以深では水分飽和度に大きな上昇はみられなかった。また同時刻では、尾根付近の0次谷や溪流の一部の表層土壌・基盤岩風化部浅部・未固結堆積物の空隙内で水圧の上昇がみられた。

ケース②による計算結果では、直前の時間雨量がピークで累積雨量が361mmとなる6月29日16:00には、表層土壌に加え、GL-1.5mまでの基盤岩風化部浅部・未固結堆積物における水分飽和度の上昇が見られた。

ケース③による計算結果では、時間雨量のピークから1時間後で累積雨量が436mmとなる7月16日18:00には、表層土壌に加え、GL-1.5mまで基盤岩風化部浅部・未固結堆積物の水分飽和度の上昇が見られた。

4. 解析結果から推定される土石流の誘因

ケース①では、土石流発生域となった0次谷付近では、崩壊発生推定時間帯に地表流が発生し、地表流の水深が上昇していた。基盤岩風化部では水分飽和度の上昇の程度は小さかったが、地盤の空隙内の水圧が上昇した(図-4)。0次谷付近や溪流沿いの地形変換点付近では、圧力上昇が特に大きかった。これらの傾向から、短時間豪雨による急激な雨水浸透に伴い、①土石流発生源の位置する0次谷では、水分飽和度や圧力変化が大きくなって、崩壊が発生しやすい状況であったこと、②溪流の地形変換点においても圧力変化が大きくなり、溪床侵食や溪岸崩壊が容易に起きる場となったことが推定された。

次に降雨パターンによる水理現象の違いについて述べる。

ケース②：ケース①ほどの地表流の発生や基盤岩風化部の圧力上昇はみられなかった(図-4)が、基盤岩風化部の水飽

和度はケース①よりも高い。先行降雨によって基盤浅部においても水分飽和率度の上昇がみられ、これによって斜面の強度低下をもたらし、面的な表層崩壊の発生を引き起こすことが推定された。

ケース③：ケース①と同様に谷の源頭部や山腹斜面において地表流が発生し、基盤岩風化部の圧力が上昇した(図-4)。また、ケース②と同様に基盤岩風化部の水分飽和度の上昇もみられた。ただし、これらの再現現象の程度はケース①、ケース②ほどではないことから、ケース③では両者の中間的な特徴を有していると推定された。

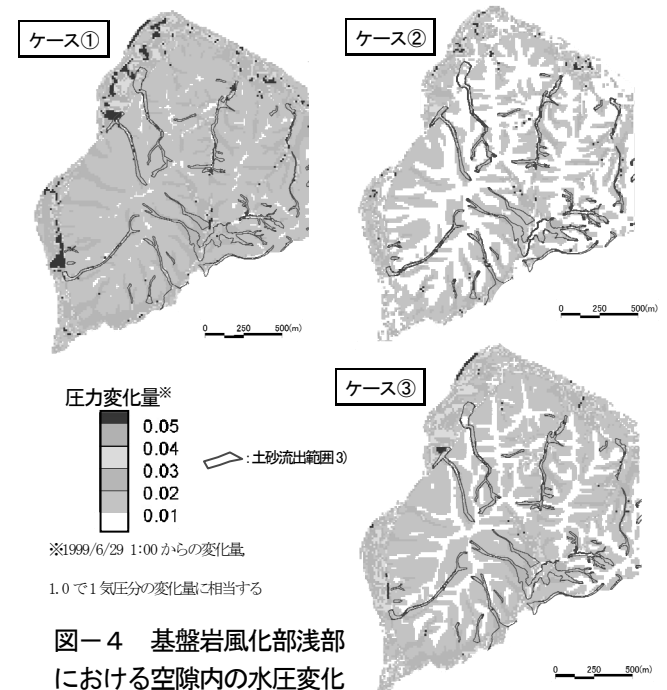


図-4 基盤岩風化部浅部における空隙内の水圧変化

5. まとめ

2014年8月広島大規模土砂災害における崩壊及び土砂流出現象は、最大時間雨量101mm/h、連続雨量257mm(気象庁三入)の降雨を誘因としている。3つの異なる降雨パターンを条件とした三次元浸透流解析によって、本災害のような先行降雨がなく、短時間かつ強度の降雨イベントは、地表付近の飽和及び基盤浅層部における圧力上昇を引き起こし、その結果、土石流発生域である0次谷付近における崩壊や、溪流の地形変換点における溪床侵食や溪岸崩壊を発生させ、土石流を発生・成長させた可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 林野庁近畿中国森林管理局・広島県(2015)：8月19日からの大雨による広島市における山地災害対策検討会検討結果とりまとめについて、<http://www.rinya.maff.go.jp/kinki/press/tisan/150210.html>，参照2015-02-10
- 2) 登坂博行・小島圭二・三木章生・千野剛司(1996)：地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発，地下水学会誌，第38巻第4号，p.253-267
- 3) 国土地理院(2014)：平成26年(2014年)8月豪雨による被害状況に関する情報，<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-0816heavyrain-index.html>，参照2014-11-01