

那智川の土石流の市街地への氾濫・堆積シミュレーション

京都大学大学院農学研究科 正会員 ○中谷 加奈, 水山 高久
立命館大学理工学部 非会員 中尾 友亮
立命館大学理工学部 学生会員 速見 智
立命館大学理工学部 正会員 里深 好文

1. はじめに

平成 23 年 9 月 3 日から 4 日にかけて台風 12 号によって広範囲で記録的な豪雨が発生して紀伊半島を中心に大きな被害をもたらした¹⁾。半数以上の人的被害を記録した和歌山県では、那智川流域で被害の甚大度が高く、那智川流域の市野々観測所では最大 1 時間雨量は 120 mm (200 年確率) が観測された。支川溪流从那智川へ多量の土砂が流出したことも、被害が拡大した一因と考えられる。金山谷川からは最大 101, 200m³ の土砂が移動して、下流の井関地区では洪水氾濫によって大きな人的・物的被害が発生した。井関の氾濫被害が拡大したのは、金山谷からの土石流が那智川本川に流出したことによると推測されている。

本研究では、金山谷川からの土石流の流出が、井関地区への氾濫・堆積過程に及ぼした影響を検証するため、数値シミュレーションを実施した。

2. シミュレーション

汎用土石流シミュレータ Kanako2D²⁾ を適用、またプログラムを一部変更して、シミュレーションを行った。土石流が発生・流動した金山谷を一次元領域 (図 1 赤線、約 2 km)、金山谷と那智川が合流して氾濫被害の起こった領域を二次元領域 (図 1 青点線で囲われた約 500m 四方、標高 50m より下流) とした。金山谷の河道幅は、災害後の航空写真より設定した (図 2)。

供給ハイドログラフは井関で洪水氾濫が発生した 9 月 4 日の雨量を元に算出した。9 月 4 日は 0 - 4 時までの 4 時間で時間雨量が特に大きかった。この雨量を元に、流出係数を 1 として合理式で那智川本川と金山谷 (1. 37km²) の流量を算出した (表 1)。土石流が発生する際、水の貯留や解放機能は明確にされていないが、災害発生前後に流域に降った以上の水が短時間で一気に流出することが、推測されている。災害後の住民ヒアリングから、金山谷の土石流継続時間は約 20 分と記録されている³⁾。本検討では、表 1 に示した 4 時間分の金山谷の流量が、20 分間で一度に流出したと仮定して、供給ハイドログラフを矩形で設定した (図 3)。

上流端からは水のみを供給して、土石流は河道上の土砂を侵食して発達・流動したものとする。災害前後の航空写真の比較から移動可能土砂量を推定し、各区間からの流出 (侵食) 土砂量を領域毎に均一厚で侵食可能深として設定した。

表 1 : 計算対象の時間雨量と流量

2011/9/4 時刻	時間 雨量 (mm)	那智川流量 (m ³ /s)	金山谷川 流量 (m ³ /s)
0:00-1:00	60	270	23
1:00-2:00	65	292	26
2:00-3:00	124	540	45
3:00-4:00	110	495	42



図 1 : シミュレーションに用いた金山谷、井関地区の概要

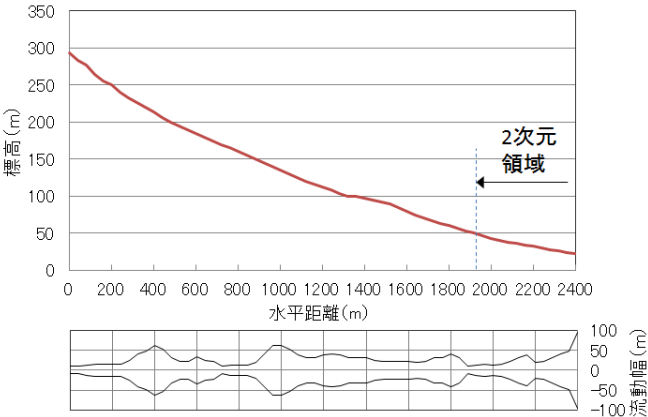


図 2 : 金山谷 (一次元領域と二次元領域の一部) の縦断面図と河道幅

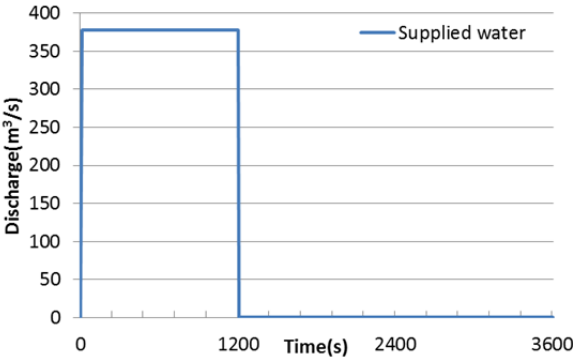


図 3 : 供給ハイドログラフ

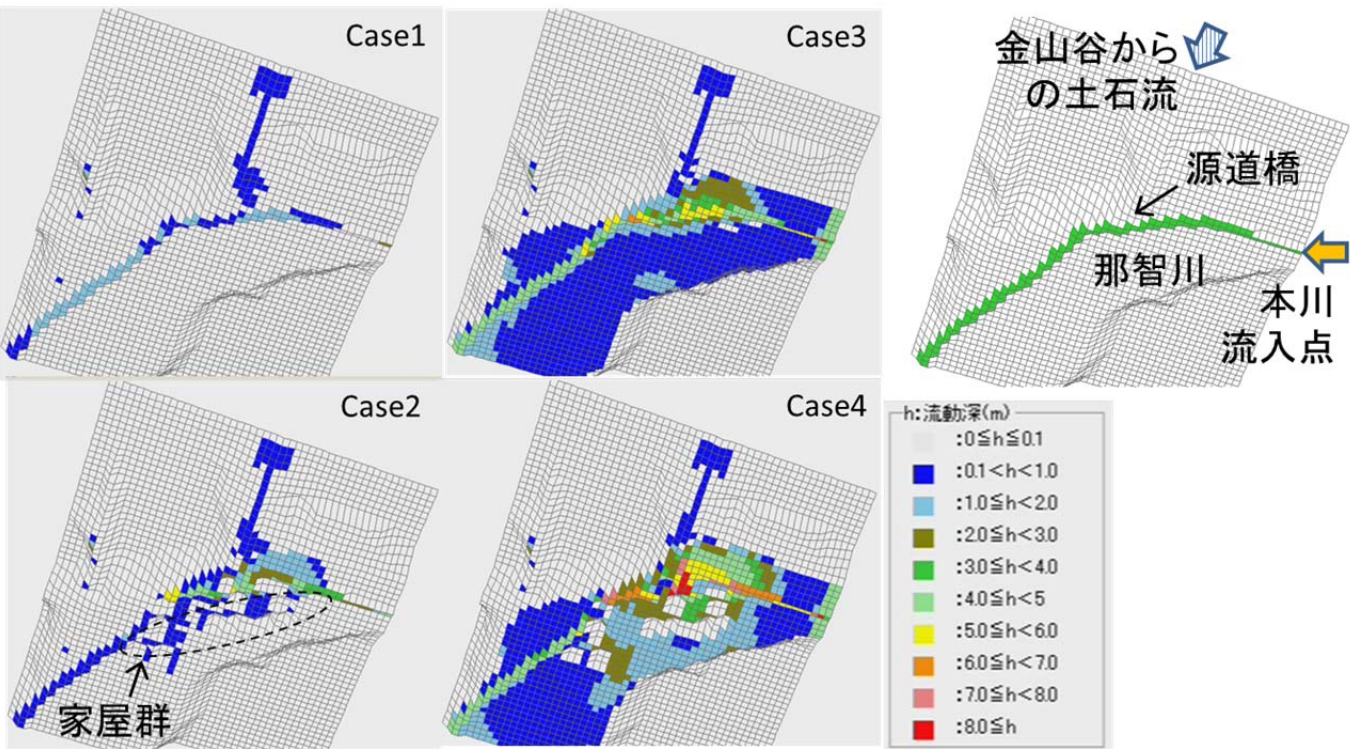


図 4：計算終了時の Case1-4 の流動深

表 2：数値計算に用いた各パラメータ

パラメータ	数値
計算時間(秒)	3600
計算の時間間隔(秒)	0.01
粒径(m)	0.5
砂礫の密度(kg/m³) σ	2650
流動層密度(kg/m³) ρ	1000
河床の容積濃度	0.65
重力加速度(m/s²)	9.8
侵食速度係数	0.0007
堆積速度係数	0.05
マンニングの粗度係数(s/m ^{1/3})	0.03
一次元領域の計算点個数	48
一次元領域の計算点間隔 (m)	40
二次元領域の計算点個数	59 × 51
二次元領域の計算点間隔 (m)	10 × 10

一次元領域に 74,030 m³ (空隙込) の土砂を河道上に敷き、その他のパラメータは表 2 の様に設定した。

砂防分野では、土石流の発生から流動をシミュレーションする際、下流に位置する家屋や本川の影響を考慮せずに検討することが多い。しかし、井関の災害後の状況から家屋や本川流れが氾濫・堆積過程に影響したと推測されるため、表 3 に示す 4 ケースを検討した。家屋を考慮するケースでは、10m グリッドで表現できる家屋群を、高さ一律 6m (2 階建て相当) で地盤高を上げ、家屋の破壊は考慮しない。

表 3：検討ケース

	家屋	本川流量
Case1	×	×
Case2	○	×
Case3	×	○
Case4	○	○

本川流量を考慮する場合は、本川に計算前に 3m の水位を、計算開始後以降は 540m³/s の流量を供給し続けた。

3. 結果

計算終了時の二次元領域での流動深 (氾濫) 結果を図 4 に示す。家屋を考慮すると、地盤高が高くなるために流れ方向が変化して、特に家屋周辺での水位や堆積厚が大きくなる。本川を考慮する場合、土石流到達後の本川付近での流動・氾濫過程が変化する。計算終了時において、本川を考慮しない場合は、那智川本川内に殆ど氾濫範囲が収まるが、本川を考慮すると氾濫範囲が広がり、実災害での氾濫範囲と近くなる。家屋も本川も考慮する場合は、合流点付近の家屋周辺における局所的な水位上昇が最大となる。

(謝辞)

本研究を進めるにあたり、国際航業株式会社より貴重なデータを提供頂いた。ここに記して感謝いたします。

(参考文献)

1) 台風 12 号による紀伊半島で発生した土砂災害中間報告 (2012), 社団法人砂防学会「紀伊半島土砂災害調査委員会」
2) 中谷加奈ら (2008) : GUI を実装した汎用土石流シミュレータ開発, 第 4 回土砂災害に関するシンポジウム論文集
3) 紀伊半島大水害 災害記録写真集～あの日、那智谷で何が起ったのか (2012), 那智谷大水害遺族会