

# 針原川土石流の再現計算

京都大学防災研究所 ○中川 一・高橋 保・里深好文

## 1 はじめに

平成9年7月10日午前1時頃、鹿児島県出水市針原地区で発生した土石流によって、死者21名、負傷者13名がでる災害となった。本研究では、洪水流出解析を行って針原川の洪水流出特性を検討するとともに、深層斜面崩壊を模擬して土石流を発生させた数値解析を行い、その氾濫・堆積過程の再現を試みる。

## 2 針原川の洪水流出特性

針原川は図1に示すように鹿児島県と熊本県の県境に位置する標高687mの矢筈岳に源を発し、その西麓を流下して出水市境町針原地区を貫流した後、八代海に流出する流域面積約1.55km<sup>2</sup>、幹川流路長約2.3kmの小河川である。針原川の本川には砂防ダムが建設中で、その本体部はほぼ完成していた。図1に示した場所で深層斜面崩壊が発生し、この砂防ダムで崩壊土砂の約半分が捕捉されたと見積もられており、崩壊土砂の挙動にダム地点辺りの河川流量が寄与したのかどうか興味を持たれる。そこで、ダム地点での洪水流量を見積もるために、実斜面形状を考慮した雨水流の追跡モデル<sup>1)</sup>を用いた流出解析を行った。なお、ここでは先行降雨が十分あって、地表面は飽和状態であると仮定して中間流の計算は行わず、降雨は全て表面流になるとし、基底流量をゼロとしている。

ダム地点で評価した流域面積は0.475km<sup>2</sup>であり、降雨データとして気象庁出水観測所のデータを用いた。図2に計算結果を示す。10時～11時と16時～17時にかけて時間降雨強度が50mmを超える豪雨があるが、流域が小さいために洪水は急にピークを持つがまた同時に急激に低減するハイドログラフとなっている。そして、土石流が発生した7月10日午前1時頃には砂防ダム地点における本川流量はほとんど無いことがわかる。この結果は住民の目撃証言<sup>2)</sup>ともほぼ一致している。以上の結果から、斜面崩壊が発生した時刻には本川流量は小さいと考えられるので、斜面崩壊した土塊が本川の洪水流によって何らの影響も受けなかったとする取り扱いが可能と考えられる。図2 砂防ダム地点の洪水ハイドログラフ

## 3 発生土石流の概要

土石流は図1に示した斜面が崩壊し、その崩土が流動化して発生した。斜面崩壊土量は空中写真を用いて作成したメッシュデータおよび現地計測結果から、約16万m<sup>3</sup>と見積もられている<sup>3)</sup>。この崩壊土塊は、崩壊斜面の直下流にあった農業用のため池に流入し、砂防ダム上流左岸の標高約82mの高台に乗り上げた。ため池には約3500m<sup>3</sup>の水が貯まっていたと考えられており<sup>4)</sup>、洪水痕跡から判断して、ため池の一部の水がこの高台からさらに下流に流下したと考えられる。また、砂防ダムには土石流が来襲する前から標高60mあたりまで湛水していたとの情報もあることから、崩土の流入によってこの水が溢れて洪水痕跡を残したとも考えられるが、確証は得られていない。

砂防ダムの右岸側の斜面上の低木や竹が下流方向に倒れており、土砂が堆積していないことからこれは洪水による痕跡と考えられる。砂防ダム下流では、氾濫域の左端に立地していた家屋が写真1のように破壊されていた。氾濫域の針原川近傍で見られた写真2のような土砂の流入による家屋破壊状況と異なり、ほとんど土砂の流入の影響が認められないのに家屋が大破している。これは土石流により直接的に破壊されたのではなく、流水の影響と考えられる。

## 4 土石流の再現計算

崩土全体が流動化して渾然一体となった土石流として流下したとは写真2 氾濫域の針原川近傍の家屋被害考えにくい。ここでは、崩壊斜面全体が降雨で十分飽和し、その流動は一種の連続体としての取り扱いが可能であると仮定して、土石流の氾濫・堆積過程の計算を行った<sup>5)</sup>。残念ながら崩壊後の崩壊斜面の地形データが入手できなかったため、鹿児島県から提供された崩壊斜面の平面形状と崩壊土量を手がかりとして適当なす

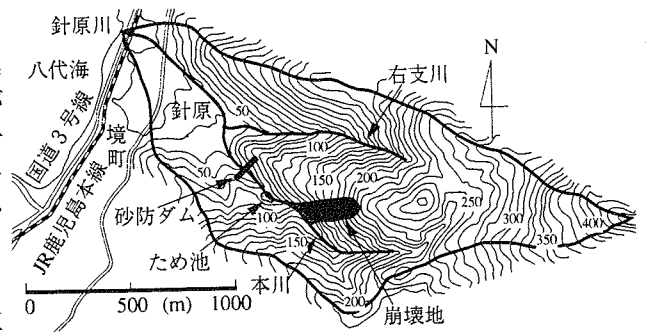


図1 針原川流域図

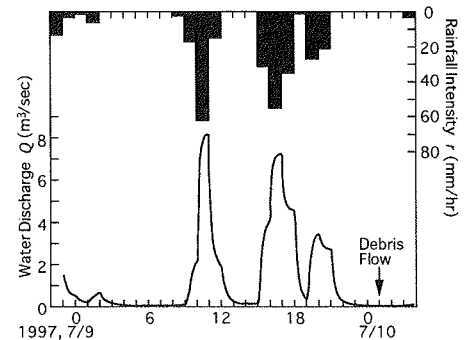


写真1 氾濫域左端付近の家屋被害



写真2 氾濫域の針原川近傍の家屋被害

べり面を仮定して崩壊地形を作成した。そして崩壊した斜面は十分水で飽和し、容積濃度が0.5の流動体として流下すると仮定した。すなわち、崩壊斜面を計算初期には拘束し、その拘束を解除することによって流動を開始させるという初期条件とするのである。

計算ケースは次の3通りである。すなわち、CASE 1としてダム上流にあったため池に約3,500 m<sup>3</sup>の水が貯水されていた場合、CASE 2としてため池だけでなく砂防ダムにも約10,000 m<sup>3</sup>の水が湛水していた場合（標高約60 mまで湛水）、CASE 3として砂防ダムには水でなく土砂が10,000 m<sup>3</sup>程度堆積していた場合、の3通りである。

図3に、CASE 1の最終的な土砂堆積厚の分布を示す。なお、図中に実測の土砂堆積範囲を示す（実線内：土石流の流下堆積域、点線内：土砂流の流下堆積域）。計算では土石流の主流部は針原川に沿って進行し、堆積の最先端も針原川沿いに延びているのに対し、実績の土石流堆積範囲は砂防ダムを乗り越えて直進したような形状を呈しているが、実績の土砂流堆積範囲は針原川に沿っていることから、計算で求めた土砂堆積範囲は実績よりも過大ではあるがほぼ実績を再現していると考えられる。また、砂防ダム上流左岸側で流下した土砂が標高約82 mの高台にまで乗り上げた様子は計算でもある程度再現されている。なお、ここでは示していないが、いずれの計算ケースでも斜面崩壊発生後1分程度で土石流の先端は針原地区に到達し、土砂の堆積範囲は崩壊が発生してから2分程度で決まり、それ以降はほとんど変化しないことが確認されている。

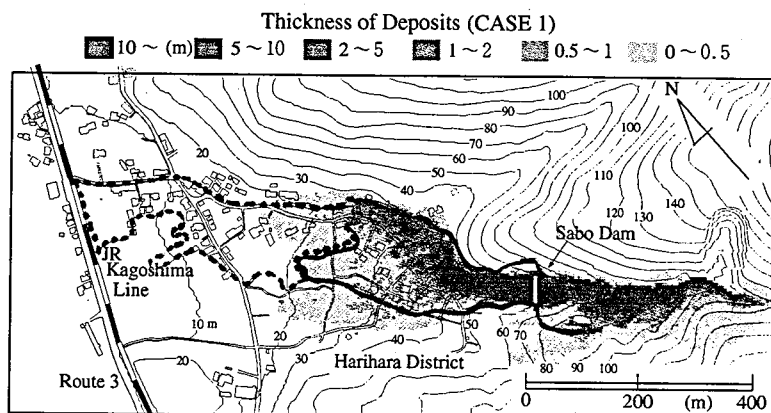


図3 土砂堆積厚の分布に関する計算結果 (CASE 1)

砂防ダム下流と上流で堆積した土砂の量を各計算毎にまとめたものを表1に示す。同表には現地調査や空中写真測量から評価された土砂収支の結果も示してある<sup>2)</sup>。実測の土砂収支では、砂防ダム上・下流部でそれぞれ約8万 m<sup>3</sup>の土砂が堆積しているが、計算でもほぼ同様の結果となっている。なお、CASE 3では崩壊前から砂防ダムに土砂が1万 m<sup>3</sup>貯まっていたとしているので、総土砂量が17万 m<sup>3</sup>となっている。

表1 土砂収支の比較

	実測値	計算値		
		CASE 1	CASE 2	CASE 3
崩壊土砂量 (m <sup>3</sup> )	160,000	160,000	160,000	170,000
崩壊地内の残存土砂量 (m <sup>3</sup> )	10,000	89,800	90,200	101,400
崩壊地脚部の河床堆積土砂量 (m <sup>3</sup> )	20,000			
針原川砂防ダム堆積土砂量 (m <sup>3</sup> )	50,000			
針原地区内氾濫堆積土砂量 (m <sup>3</sup> )	80,000	70,200	69,800	68,600

## 5 おわりに ー超過土石流への対応ー

従来の砂防計画では今回生じたような深層崩壊に起因して発生するような土石流は対象とされていない。計画を上回るような土石流に対して今後の砂防計画をどのように考えるか検討する必要がある。土石流対策として緊急に土砂災害ハザードマップを作成・公表して、有効な避難計画を策定することが重要であると考え。とくに、今回のような超過規模の土石流に対しては地域住民に、扇状地が形成された頃からの地形変化の情報を提供し、ハザードマップに示された危険範囲を周知し、的確な避難・予警報システムのもとに日頃から避難訓練等を実施していくことが重要である。ただし、計画規模の土石流や超過規模の土石流をどのように設定するかは、砂防計画の基本となるところであり、今後緊急に検討すべき課題であろう。

## 謝 辞

本研究は文部省科学研究費突発災害調査研究で分担者が行った研究成果の一部であり、研究代表者の鹿児島大学農学部教授下川悦郎先生をはじめ多くの方々のお世話になった。関係各位に記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 立川康人・原口 明・椎葉充晴・高棹琢馬：流域地形の三角形要素網表現に基づく分布型降雨流出モデルの開発，土木学会論文集，No.565/II-39，5月，1997，pp.1-10.
- 2) 鹿児島県：第1回針原川土石流検討委員会討議資料，1997.
- 3) 南 哲行・山田 孝・水野秀明・古賀省三：平成9年7月10日に鹿児島県出水市針原川で発生した土石流の土砂量と面積について（速報），砂防学会誌，Vol.50，No.3，(212)，9月，1997，pp.81-82.
- 4) 橋本晴行・平野宗夫・疋田 誠・パクキイチアン・玉松潤一郎：'97年7月出水市針原川で発生した土石流の流動・堆積特性について，第16回日本自然災害学会学術講演会講演概要集，1997，pp.103-104.
- 5) 中川 一・高橋 保・澤田豊明・里深好文：計画土石流の設定と避難計画，京都大学防災研究所年報，第39号B-2，1996，pp.347-371.