

雲仙水無川における土石流発生条件について

アジア航測株式会社

○平川泰之, 岡野和行, 武石久佳

国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所

植野利康, 光武久修

1 はじめに

雲仙岳の水無川では近年、主に炭酸谷と極楽谷でのみ、土石流が発生している。この理由として、平成噴火以前の地盤（地山）と、平成噴火による火砕流堆積物（新規火砕物）の境界部からの地下水湧出が、大きく影響している可能性があることを昨年度報告した（図1）<sup>1)</sup>。これは土石流発生の「素因」に焦点をあてたものである。本研究では引き続いて、土石流発生の「誘因」を明らかにするためのアプローチとして、地下水の貯留・湧出を表現するためにタンクモデルを使用し、土石流の発生予測を試みた。

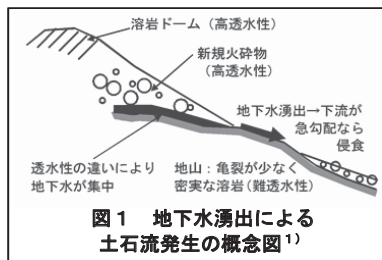


図1 地下水湧出による土石流発生の概念図<sup>1)</sup>

2 研究方法

2.1 対象溪流の概要

対象溪流は、長崎県雲仙普賢岳の東に位置する水無川流域のうち、炭酸谷と極楽谷である（図2）。1990～1996年の噴火では火砕流が繰り返し発生し水無川流域全体に厚く堆積したが、両溪流の中流部では一部地山が露出しており、これが土石流発生の素因であると推察される<sup>1)</sup>。新規火砕物は雨水によって侵食されやすく、一部は土石流となって流下している。平成27年には6月11日と8月25日の2回、土石流発生が確認された。

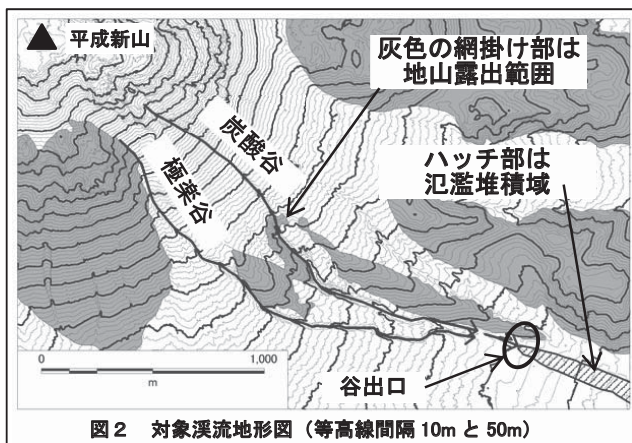


図2 対象溪流地形図（等高線間隔10mと50m）

2.2 解析方法

解析には2段タンクモデルを用いた（図3）。1段目タンクが表層部、2段目タンクが新規火砕物、2段目タンクの底面が地山上面を示すと意図したものである。

周辺の降雨観測所の10分間雨量を用いてテイセン法によって流域平均雨量を算出し、タンクモデルの入力条件として与え、算出される貯留高〔S1+S2〕を土石流発生危険度を表す指標値とした。計算の刻み時間は1分間隔である。

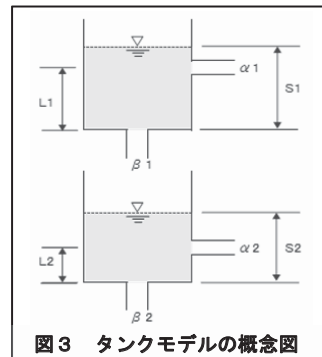


図3 タンクモデルの概念図

解析の手順を図4に示す。まず再現計算によってL1, L2, alpha 1, alpha 2, beta 1, beta 2の6つのパラメータを設定した。再現対象は平成19年～25年の間で、土石流発生事例4

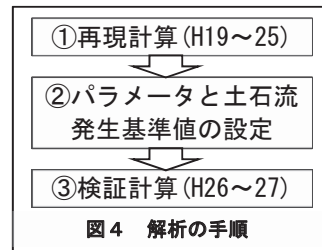


図4 解析の手順

事例、非発生事例5事例（うち土砂流出3事例、出水2事例）である。これらの事例を対象として、6つのパラメータを各々3通りに変えて3<sup>6</sup>=729ケースの計算を行った。土石流発生時・非発生時の貯留高の分離性が良いケースを採用し、そのケースにおける土石流発生時の貯留高を発生基準値とした。

ここで土石流発生等の定義は次のようである。概ね図2の谷出口より下流まで土石流堆積物が確認された場合を土石流発生事例とした。非発生事例のうち、谷出口より約2km下流の土砂観測プール付近で明瞭な土砂流出が認められた場合を土砂流出とした。発生時刻は監視カメラによる段波発生時、振動センサーによる振幅増加時、水位計による水位ピーク時など、各々の事例での取得データを用いて適宜設定した。

次に、設定したパラメータと基準値を用いて、平成26年～27年の土石流2事例と土砂流出1事例について検証計算を行った。さらに平成23年～27年の長期間の検証計算も行い、的中状況を評価した。

3 解析結果および考察

再現計算の結果、パラメータは表1に示す値を採用し、土石流発生基準としては貯留高〔S1+S2〕=123mmを採用した。

	第1タンク	第2タンク
流出孔の高さ (mm)	L1= 40	L2= 5
流出係数 (1/hr)	alpha 1= 0.30	alpha 2= 0.05
浸透係数 (1/hr)	beta 1= 0.06	beta 2= 0.02

タンクモデルによる貯留高の推移と土石流等発生時刻の比較例を図5に示す。土石流発生事例においては、再現計算(1)だけでなく検証計算(2)でも、実績に近い時刻に貯留高が基準値を超過している。また貯留高の中で2段目タンクの貯留高S2の割合が少なくないことから、新規火砕物内部の地下水の影響の大きさが示唆される。

一方で土砂流出事例(3)は、谷出口まで流下する規模の土石流は発生しなかったが、カメラ画像等により、渓流内に留まる小規模な土砂流出は発生したことが分かっている事例である。これに対して貯留高は基準値には至っていないものの近い値(112mm)まで上昇している。すなわち、実態としては土石流発生事例に近い状態であり、タンクモデルによる貯留高もその状態を再現できていると考える。

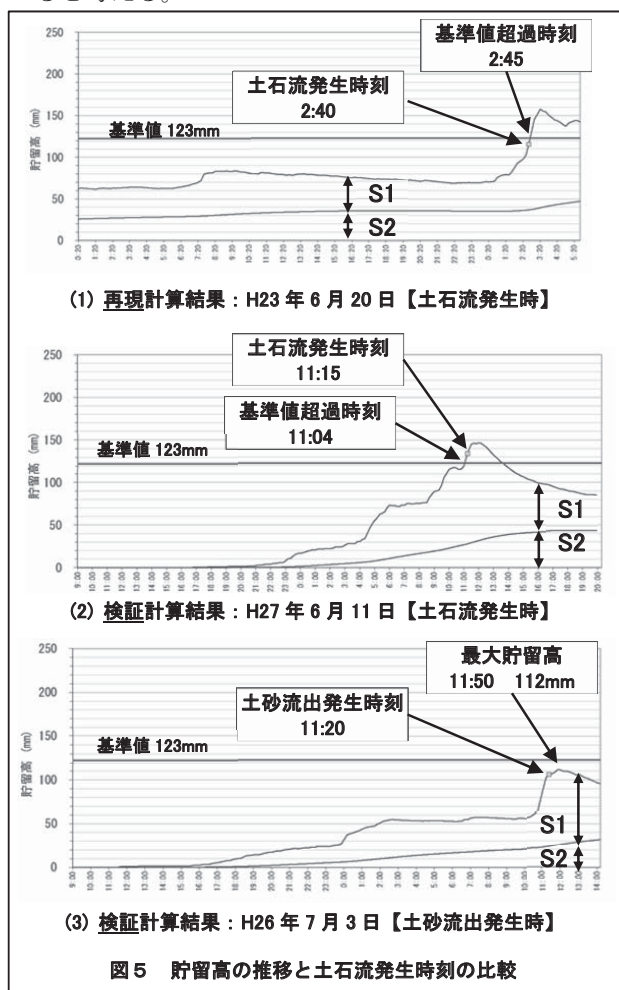


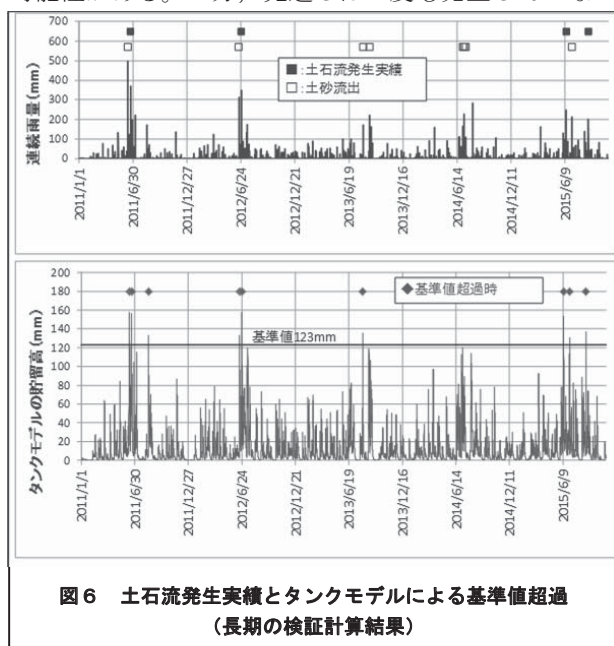
図5 貯留高の推移と土石流発生時刻の比較

区分	発生時刻					現象	基準値超過時刻	時刻差
	年	月	日	時	分			
再現計算	H19	10	9	17	16	土石流	17時38分	22分(遅)
	H22	6	30	8	54	土石流	8時45分	9分(早)
	H23	6	20	2	40	土石流	2時45分	5分(遅)
	H24	6	24	6	0	土石流	5時55分	5分(早)
検証計算	H27	6	11	11	15	土石流	11時4分	11分(早)
	H27	8	25	5	35	土石流	5時38分	3分(遅)

注：時刻差の(早)は、発生時刻より基準値超過時刻が早い場合である。

再現計算・検証計算の対象とした全土石流発生事例について、発生時刻と基準値超過時刻を比較した結果(表2)、ほぼ全ての事例で両者の差が10分程度の間に入っている。観測データの種類や場所が事例ごとに異なるため発生時刻そのものにも不確実性が存在することを考慮すると、十分に高い精度であると評価する。

次に平成23年~27年の長期間の検証計算結果を図6に示す。この結果から基準値超過の的中状況を評価すると、対象期間内に基準値超過は9回発生しており、そのうち4回が中(土石流発生)となる。残る5回は空振りであるが、そのうち多くの事例において土砂流出は発生していることから、土石流発生に近い状態であった可能性がある。一方、見逃しは一度も発生していない。



#### 4. まとめと課題

今回提案したタンクモデルによる土石流発生予測手法は、炭酸谷・極楽谷における発生・非発生実績に対して整合的であった。このことは、前報で提案した地下水湧出による土石流発生モデル(図1)を支持する。同時に、水無川における土砂流出の大部分は土石流によるものであるため、土砂管理において有用であると考えられる。

しかし、流域特性を示す物理量(例えば流域面積)がパラメータに関連付けられていないので、他流域や流域状況の変化には適応しにくい。また土石流発生的重要原因と考えられる湧水量そのものを再現していないので、土石流発生要因の解明という点では十分ではない。今後、湧水状況の現地観測等によって実態を明らかにし、発生要因の解明をさらに進めていきたい。

#### 【参考文献】

- 1)：平川ら(2015)：雲仙水無川における土砂移動と地形・地質的素因の関係、平成27年度砂防学会研究発表会概要集、p. B-54。