

研究ノート

平成 18 年台風 14 号により宮崎県耳川で発生した天然ダムの決壊過程と天然ダムに対する警戒避難のあり方に関する提案

Bursting process of a landslide dam caused by Typhoon 0514 (Nabi) in the Mimi River, Miyazaki Prefecture, Japan, and suggestions regarding evacuation procedures when a landslide dam bursts

千葉 幹^{*1}

Miki CHIBA

水山高久^{*3}

Takahisa MIZUYAMA

森 俊 勇^{*1}

Toshio MORI

里 深 好 文^{*3}

Yoshifumi SATOFUKA

内 川 龍 男^{*2}

Tathuo UCHIKAWA

Abstract

A large landslide caused by Typhoon 0514 formed a landslide dam on the Mimi River, Miyazaki Prefecture, Japan, during the night of September 6, 2005. Fortunately, the dam collapsed shortly afterwards and the resulting flood did not cause damage downstream because the flood discharge was small. We estimated the discharge rate downstream from the landslide dam using the discharge rate from hydroelectric dams and the time that the landslide dam collapsed based on the noise that local inhabitants heard. We also studied communications between disaster-prevention personnel regarding the landslide dam. Because they could not see the landslide dam as it formed during the night, and could not predict the flow when the dam burst, local inhabitants could not be suitably evacuated. In this study, we calculated the peak discharge rate when the landslide dam burst using a new simulation model. We found that the peak discharge rate in this model was greatly affected by the longitudinal form of a landslide dam, and had a tendency to increase when the longitudinal length was short. To predict the peak discharge rate rapidly when a landslide dam forms, a system that determines the longitudinal form of the landslide dam and the inflow rate is needed.

Key words : Typhoon 0514, landslide dam, peak discharge rate, communication

1. はじめに

2005 年 9 月 6 日夜、台風 14 号により、宮崎県耳川の野々尾地区直下においては、幅約 350 m、高低差約 270 m の大規模崩壊が発生し、天然ダムが形成され、短時間で決壊したと考えられる。本論では、この現象の概要及びその際の情報伝達体制について述べ(千葉ら, 2006)、さらに天然ダムに対する警戒避難を検討する場合に最も重要な決壊時ピーク流量が大きくなる条件について検討した結果を報告する。

2. 天然ダム形成時の状況

2.1 当該地域の概要

天然ダムが形成された地点は、宮崎県東臼杵郡西郷村野々尾地区直下で、二級河川である耳川沿いに位置する。上下流に発電用のダム(それぞれ高さ 87.0 m, 29.4 m)があり、大規模崩壊発生箇所は、地滑り危険箇所として抽出されていた。

情報伝達に関するヒアリングは、西郷村のほか、同じく耳川沿いにある諸塚村、東郷町、日向市に対しても実

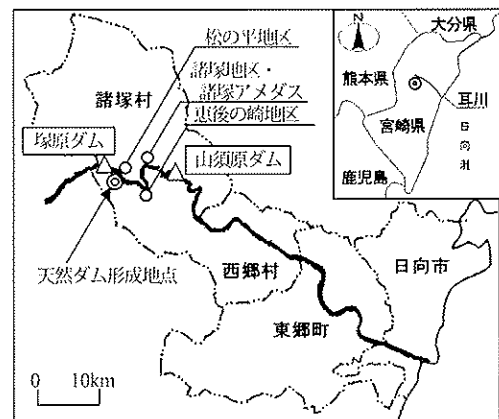


図-1 位置図
Fig.1 Location map

施した。

なお、西郷村は、平成 18 年 1 月 1 日に南郷村、北郷村と合併して「美郷町」となった。また東郷町は、平成 18 年 2 月 25 日に日向市と合併し、新「日向市」となった。本論では、地名を合併前の町村名で記載する。

*1 正会員 財団法人砂防フロンティア整備推進機構 Member, Sabo Frontier Foundation (kikaku@sff.or.jp) *2 宮崎県日向土木事務所 Hyuga Civil office, Miyazaki Prefectural Government *3 正会員 京都大学大学院農学研究科 Member, Graduate School of Agriculture, Kyoto University

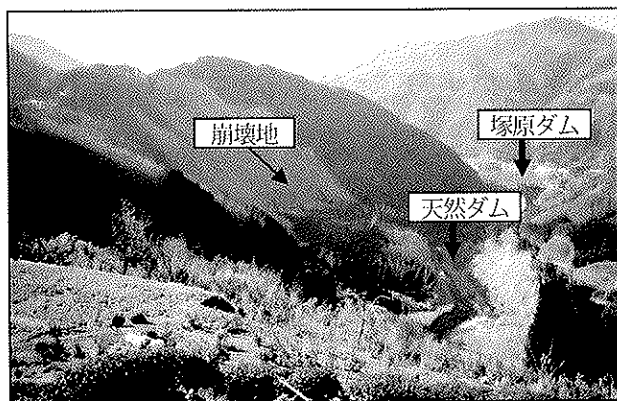


写真-1 崩壊地（平成 18 年 2 月撮影）
Photo 1 Landslide site (February, 2006)

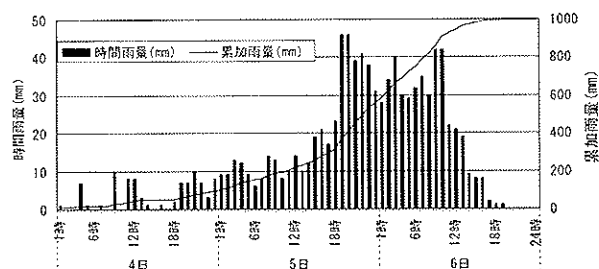


図-2 諸塚（アメダス）の雨量
Fig. 2 Rainfall gauge discharge at Morothuka (AMeDAS)

2.2 気象

耳川流域では、9月4日明け方からほぼ全域で雨となり、5日夜から6日昼過ぎにかけて強い雨が降り続いた（図-2）。諸塚観測所（AMeDAS）のデータによると、9月4日1時～6日24時の総雨量が986 mmに達した。

2.3 ダムの放流量、流入量

崩壊の上流約0.5 kmに塚原ダム（流域面積410.6 km²）、下流約10 kmには山須原ダム（流域面積598.6 km²）があり、一部欠測があるものの、それぞれ流入量、流出量が記録されている。

このうち、天然ダム形成時と推定される時刻前後の山須原ダム流入量は、図-4(a)のとおりである。

2.4 洪水痕跡調査の結果

大規模崩壊の上流側に残るビニール袋や流木は、概ね標高220 m付近までに見られた。また、残っている崩壊土塊のうち、削られずに残っている部分が概ね標高220 m程度である。被災前の河床は1:2500地形図から読み取ると、標高163 m程度となるため、天然ダムの高さは、57 m以上であったと考えられる。なお、塚原ダムは欠測前後の流量の変化の傾向からみて、9月6日11:00くらいに放流量がピークに達したと思われ、欠測期間を除いた最大値は、9月6日10:30に記録した3586 m³/sである。下流域の洪水痕跡は、このときのものと考えられる。

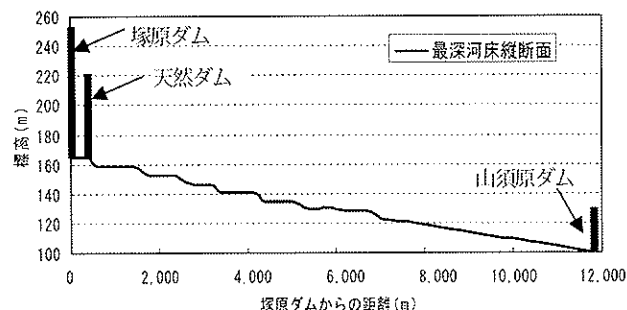


図-3 塚原ダムから山須原ダムまでの縦断面
Fig. 3 Longitudinal profile of Mimi River between Tsukabaru dam to Yamasubaru dam

2.5 目撃等の情報

九州電力㈱によると、塚原ダムに派遣した職員が目視にて塚原ダムからダム直下流の水位を確認した。（6日22:25 平常水位より62 m高い水位上昇を確認、6日22:56 約5 m低下、6日24:15 約35 m低下）

大規模崩壊地の対岸上部に位置する松の平地区の住民によると、9月6日21:50自宅テレビを見ているとき、ダムの放流とは違う音がしたため、自宅前に出てみたところ、ザーザーとか、ガラガラという音が続き、最後にその音を確認したのが、22:20であったとのことである。（振動などは感じず、また夜間で水位の変化などはわからなかったとのこと）

2.6 現象の推定

天然ダム形成地点と山須原ダム間の距離は約10 kmであり、流量が1500 m³/sの場合の到達時間は Manning式で粗度係数0.04 s/m^{1/3}とすると、約30分となる。このことから、山須原ダムへの流入量を30分前にずらし、天然ダム直下流地点での流量とみなした。

また図-4(a)に示している山須原ダムの流入記録によると、9月6日夜に山須原ダム流入量として記録されている最低値は、502 m³/s（10分間隔のデータに基づく）である。このとき山須原ダムへの流入は、天然ダムが形成されたことにより本川の天然ダム上流からの流入が一時的に0となっており、支川など残流域からの流入だけになっていると解釈した。

以上から、推定した天然ダム上下流の流量を図-4(b)に示した。なお、流入量はダム水位の変化に基づいて求められたものである。

図-4(b)によると、天然ダムの形成が始まってから、決壊までの時間は50分（21:40～22:30）、また天然ダム直下流でのピーク流量は2423 m³/s（22:50時点、うち上流からの流入分1314 m³/s）となっている。

ここで高さ62 mの天然ダムが形成されたとの情報を得た時点で、満水までの時間、ピーク流量を既往の方法（田畑ら、2001・J.Costa, 1988）で推定した場合、以下のような結果となった。このとき流入量は1500 m³/s、ダムせき止め幅及び河床勾配は森林基本図より、130

m, 1/200 として算出した。

- ・満水までの所要時間は約 34 分
(湛水量約 309 万 m^3 ÷ 流入量 1500 m^3/s)
- ・ピーク流量
(Costa の方法 (天然ダム) 1735 m^3/s)

$$Q_{\max} = 181(HV)^{0.43}$$

ここに, $Q_{\max}$ はピーク流量 (m^3/s), H はダム高 (m), V はダム決壊時の上流貯水量 ($\times 10^6 \text{ m}^3$) である。湛水池が上流のダムによって小さくなり、湛水量はダムがない場合と比較して約 1/7 になっていると考えられる。ダムがなかったと仮定した場合、ピーク流量は 4001 m^3/s と算定される。

(田畑らの方法 5167 m^3/s)

$$q/q_m = K \cdot ((gh)^{0.5} / \tan \theta / q_m / 1,000)^{0.5616}$$

ここに, q は単位幅あたりのピーク流量 (m^3/s), q_m は単位幅あたりの流入量 (m^3/s), g は重力加速度で 9.8 (m/s^2), h は天然ダムの堤高 (m), θ は河床勾配 ($^\circ$) である。

なお、諸塚村役場によれば、6 日夜、国道 327 号が冠水するほどの出水はなかったとのことであるため、諸塚地区で約 3000 m^3/s 以下の流量であったと考えられる。

3. 情報伝達

大規模崩壊の発生は、夜間であったため、崩壊が目撃されたのは、7 日朝になってからであった。そのため、崩壊地の上部地区住民は、朝になって、崩壊現場を見てから避難を開始している。

またダムを管理する九州電力㈱は、現地に派遣している職員が 6 日 22:25 に通常より 62 m 高い水位上昇を目撃したが、この後カメラの映像で誤報でないことを確認

し、22:50 に下流域の市町村など関係機関へ通報した。

諸塚村松の平地区住民 (小松氏ら) は、前述の音が止まなかったため、22:00 頃に諸塚村役場へ報告し、また恵後の崎地区 (地区内に特別養護老人ホームを含む。) に対して避難するように連絡した。さらに 22:30 頃には直接特別養護老人ホームへ行き、避難の開始を確認している。このため、下流の洪水影響範囲へ最も早く連絡したのは、松の平地区住民ということになる。

諸塚村役場は、松の平地区からの連絡を受け、西郷村へ連絡 (6 日 22:10) をしたが、確認がとれなかった。しかし、影響のある地区 (恵後の崎地区) が避難したことを確認できたため、避難の呼びかけ等は行っていない。

また連絡を受けた市町村のうち、西郷村と日向市は確認がとれないまま、それぞれ 6 日 22:59 に防災無線で、6 日 23:00 に電話で避難をよびかけている。

さらに山須原ダムより耳川沿いに約 18 km 下流に位置する東郷町では、九州電力㈱から連絡を受けたが、影響は小さいと考え、また夜間であり混乱を避けるため、避難の呼びかけ等は行っていない。

これら情報伝達における主な課題は、天然ダムや耳川の流れの状況が目視できなかったこと、天然ダムの決壊による洪水の影響を受ける範囲と時間を予想できなかったことという点にある。

特別養護老人ホームでは、前述した 6 日 22:00 頃の自主避難のほか、6 日 10:30 に降雨によって耳川の水位が上昇したことによる自主避難、8 日 11:00 に対岸の地滑りに動きが見られたことによる避難指示による避難と、3 日間に 3 回も避難することとなった。3 回とも地域防災計画書に記載されていた場所への避難であったが、前 2 回は諸塚村中央公民館へ、このとき他の避難者との共用でお互いに気をつかうことが多かったことから 3 回目の避難は諸塚村民体育館を専有することとなった。

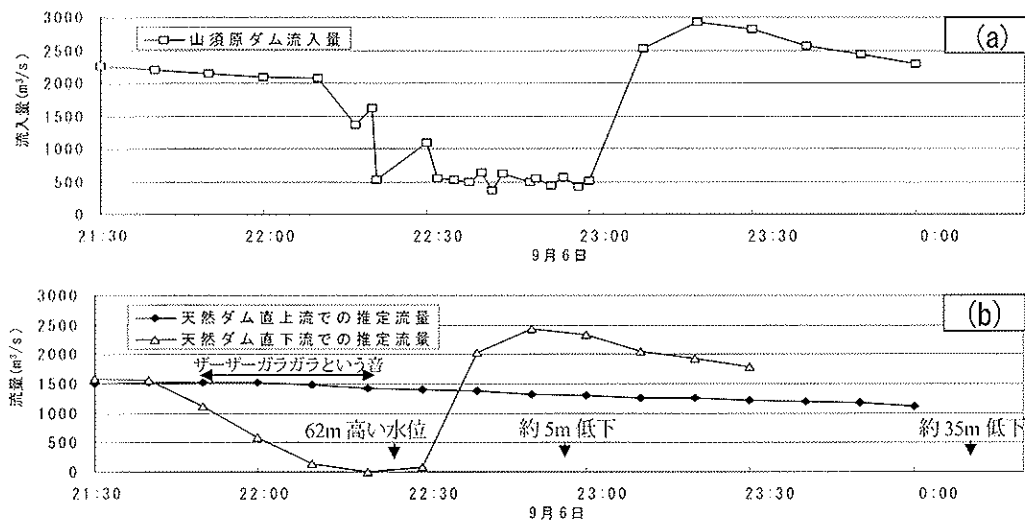


図-4 天然ダム決壊前後の山須原ダム流入量(a)と天然ダム直上流及び直下流での推定流量(b)

Fig. 4 Inflow rate at Yamashubaru dam before and after the outburst (a), and the estimated discharge rates upstream and downstream from the landslide dam (b)

また避難路が崩落するなどの状況のなか、避難を可能としたのは、情報の入手や避難にあたって助力した地区の公民館組織の存在であった。この公民館組織は、諸塚村の地域防災計画上でも災害情報の収集・伝達等の役割を担うこととなっているが、地元に着した組織であり、災害時に果たす役割は大きいと考えられる。

なお、東郷町、日向市（山須原ダムより耳川沿いに約21 km 下流）では、9月7日昼前に天然ダムや塚原ダムが決壊するとの情報（結果的には誤報であった。）が、東郷町消防団から東郷町と日向市へ伝わり、役場や区長から関係地区に対して避難の呼びかけがなされた例があった。この情報は、役場から九州電力へ確認した結果、誤報であることが判明し、すぐに広報された。

4. 決壊時流量の予測

本件の場合、決壊時流量がそれほど多くならなかったために災害にはならず、下流に貯水池があったので、さらに下流に影響することもなかったが、天然ダムの形成に対して適切に対応したとは言いがたい。天然ダム形成時に適切に対応するためには決壊（多くは満水して、越流して決壊する。）の時期と、ピーク流量の推定が必要である。著者らは、数値シミュレーションで決壊時の流量を予測する方法を開発しており（里深ほか、2007）、これを耳川の野々尾地区で形成された天然ダムにあてはめて今回の流量を推定した。さらに、野々尾地区に隣接する島戸地区では、地すべりの動きが観測されており、今後天然ダムが形成されるおそれがあるため、天然ダムの形状と流入流量を変化させて決壊時流量を計算し、どのような場合に注意すべきか警戒避難体制のあり方を明らかにすることを試みた。

4.1 野々尾地区での天然ダム決壊流量の推定

決壊時流量の推定方法の詳細は前報（里深ほか）を見ていただくこととしてここでは省略する。台風14号で発生した野々尾地区での天然ダム決壊流量の再現計算にあたって、計算条件は、天然ダムへの流入量は塚原ダムの放流量を用いたほか、内部摩擦角は 35° 、マンシングの粗度係数は $0.05 \text{ s/m}^{1/3}$ とした。天然ダム決壊後の堤体材料調査は、表面サンプリングに容積サンプリングを組み合わせた方法（線格子法+ふるい分析法）と容積サンプリングによる方法（四分法：表層を取り除かず実施）によって行った。採取箇所は、崩壊発生後形成された滑落崖からの崖すい堆積物（No.1）、強風化部～表層部（No.2, 6）、風化部～強風化部（No.3～5）の計4箇所であり、これらで移動土塊の約3分の2を占める。残りは風化の進んでいない岩塊部となっている。結果は図-5のようであった。平均粒径の値は10 mm から600 mm の範囲に散らばり、一つの値で代表させることは難しい。そのため、平均粒径の違いによって、決壊時流量がどの程度変化するかを見るため、平均粒径を40 mm, 100 mm, 400 mm と変化させ、天然ダムの形状を縦断方向

の長さ370 m, 高さ57 m, 幅120 mとして、決壊時流量を計算してみた。計算した決壊時流量と併せて、山須原ダム流入量の実測値から推定した値（山須原ダム流入量の実測値から支川からの流入量分として $502 \text{ m}^3/\text{s}$ を除いた値）を示した。

結果は、図-6のように天然ダム直下流地点では粒径が小さくなると流量はかなり大きくなることが分かる。しかし下流では粒径の違いによる流量の差がほとんどなくなっている。保全対象が天然ダムの下流の近いところにある場合には崩壊土砂の粒径の把握が重要な項目となる。今回の場合、諸塚地区地点での目撃証言から決壊時流量は河道内に収まる量（約 $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下）であったことが分かっているため、平均粒径は400 mm として、流入流量、天然ダム形状の決壊時流量に与える影響を検討する。

4.2 島戸地区において天然ダムの形状と流入流量を変化させた場合の決壊流量の推定

計算した天然ダムの形状を図-7に示す。計算条件は、天然ダム湛水域の川幅を127 m, 平均粒径400 mm, 内部摩擦角、マンシングの粗度係数は4.1での計算と同じ値を用いた。また天然ダムへの流入量は、塚原ダム放流量にして、1, 10, 100年確率規模相当の流量（それぞれ1000, 2000, $3657 \text{ m}^3/\text{s}$ ）とした。

計算の結果は、表-1に示すとおりで、流入流量の増加とともに決壊時ピーク流量が増加するが、①、④、⑥を比較するとダム高さとダム長さはそれほど影響しておらず、縦断形状が相似形であればピーク流量は大きく変

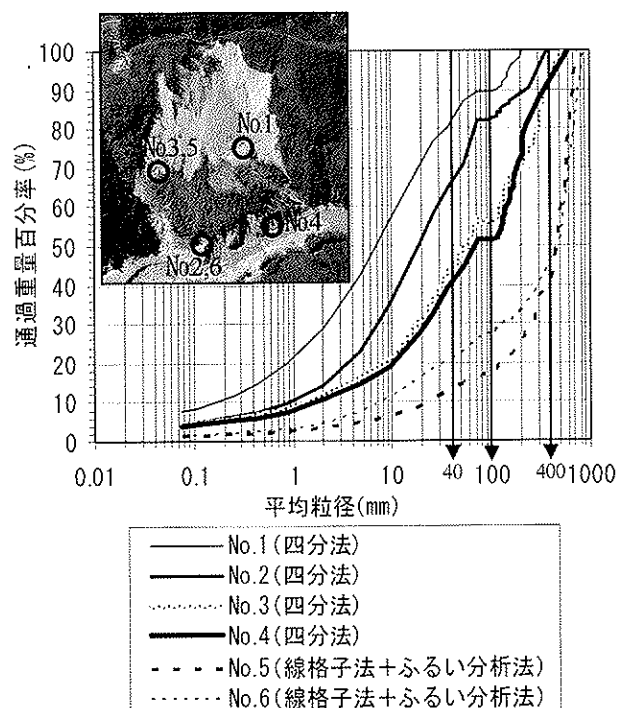


図-5 天然ダム周辺土砂の粒度分布

Fig.5 Grain size distribution of the sediment around the landslide dam

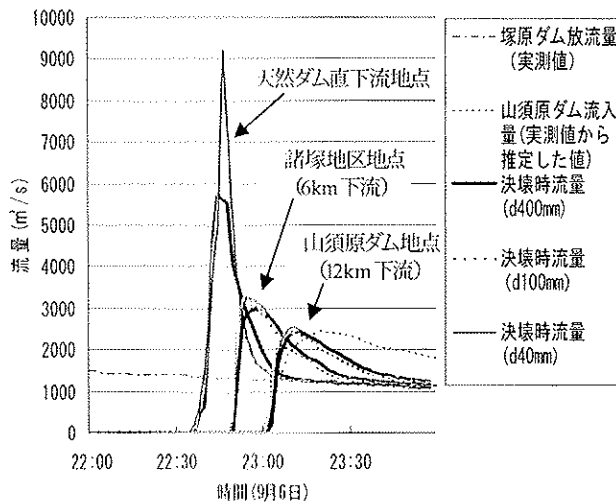


図-6 平均粒径別の天然ダム決壊時流量

Fig.6 Comparison of outburst discharge calculated according to the difference in the average grain size

化しない。最もピーク流量に関係するのは天然ダムの縦断形状で、縦断方向に短い場合に、ピーク流量が大きくなる。ダム高さの減少が急激なためと考えられる。三角形の場合には極端に大きくなる。したがって、天然ダムの縦断形状が縦断方向に短く、三角形に近い場合には注意が必要ということになる。逆に言うと、流下方向に長い天然ダムのピーク流量は、今回の計算条件内では、流入量の 2 倍以内の流量程度で収まると考えて良いことになる。

5. まとめ

2005 年の台風 14 号によって宮崎県耳川上流域に形成された天然ダムを事例として、天然ダムの上下流に位置する発電用ダムの流量から、天然ダム直下流での流量を推定し、流量の変化と地元のヒアリング結果から天然ダムの形成時刻と決壊時刻を推定した。

また情報伝達状況についてヒアリングし、市町村担当者が、夜間でもあり天然ダムを現地確認できなかったこともあり、天然ダムによる洪水の影響を予測できなかったために、適切な避難を呼びかけられなかったことを把握した。

最近開発された数値シミュレーション（前出）で天然ダム決壊時の流量を予測し、決壊時のピーク流量が大きくなる条件について検討した。その結果、天然ダムの縦断形状との関係が深く、流下方向に短いと極端に大きい場合があることが分かった。

これからの天然ダムへの対応方策としては、天然ダムが形成された場合に、天然ダムの縦断形状と流入量を把握する手段を確立しておくことで、いち早く決壊時のピーク流量の規模を推定できるものと考えられる。

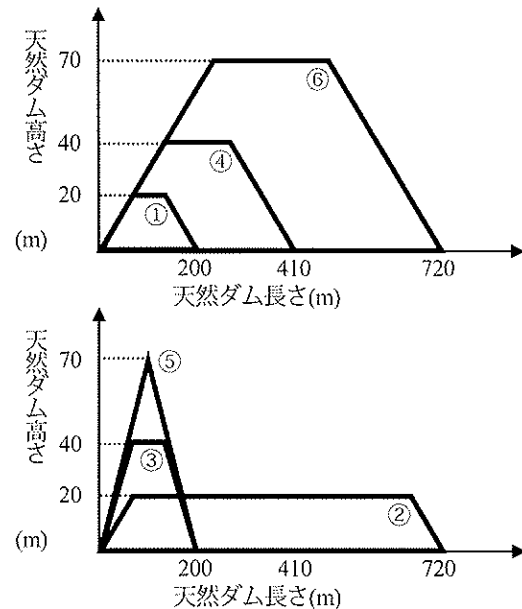


図-7 計算した天然ダムの縦断形状

Fig.7 Longitudinal form of the landslide dam, based on our calculations

表-1 決壊流量の計算結果
Table 1 Calculated peak discharge rate

	ダム長さ (m)	ダム高さ (m)	天然ダムへの流入量 (m³/s)		
			1000	2000	3657
①	200	20	1913.1	3005.3	4891.8
②	720		1023.3	2039.4	3768.3
③	200	40	4252.0	5487.7	7233.4
④	410		2119.0	3361.3	5389.6
⑤	200	70	25494.6	26540.7	27145.2
⑥	720		1784.7	3175.4	5110.0

参考文献

- 千葉幹・内川龍男・水山高久：台風 14 号により宮崎県耳川で発生した天然ダムとそれに関する情報伝達について、平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集，p.198-199，2006
J. Costa (1988) : Floods From Dam Failure, Floods Geomorphology, p. 436-439
田畑茂清，池島 剛・井上公夫・水山高久 (2001) : 天然ダム決壊による洪水のピーク流量の簡易予測に関する研究，砂防学会誌，Vol.54, No. 4, p.73-76
里深好文・吉野弘祐・小川紀一郎・森俊勇・水山高久・高濱淳一郎 (2007) : 高磯山天然ダム決壊時に発生した洪水の再現，砂防学会誌，Vol.59, No. 6, p.32-37
建設省土木研究所砂防研究室 (2004) : 流砂系における土砂移動実態の研究 調査・解析の手引き (案)，p.49-53
北陸地方整備局 (2005) : 地質調査共通仕様書，第 12 章粒度分析

(Received 16 November 2006 ; Accepted 1 February 2007)