

令和3年8月豪雨に於ける 水無川流域の土砂移動に関する分析

姫野 徳人¹・寺本 泰之¹・吉田 信也¹

¹長崎河川国道事務所 砂防課 (〒855-0866 長崎県島原市南下川尻町7-4)

令和3年8月、梅雨末期に近い気圧配置となったことから、活発な停滞前線の影響により、九州北部では11日からの降水量が1,000ミリを超え、多くの地域で河川の氾濫や土砂崩れなどの甚大な被害をもたらした。島原半島でも観測史上最大の連続雨量を観測し、雲仙岳測候所では11日から19日まで1049.5ミリもの降雨が続いた。

本稿では、令和3年8月の豪雨において、雲仙・普賢岳水無川流域の土砂移動状況について報告するとともに、今後の土砂移動に関する分析を行う。

キーワード 令和3年8月豪雨, 土砂移動, 土石流発生, ガリー侵食

1. はじめに

令和3年8月11日から19日にかけて、前線が九州付近に停滞し、前線に向かって太平洋高気圧の周辺から暖かく湿った空気が流れ込んだ影響により、九州では非常に不安定な天候となった。

これに伴い、各地では観測史上最大の降水量を記録し、河川の氾濫や土砂崩れ、道路の崩壊などが多発した。

令和3年度より雲仙普賢岳水無川は、全国2事例目となる直轄による砂防管理を実施している。令和3年8月、島原半島でも観測史上最大の連続雨量を記録したが水無川では土石流は発生しなかった。その時、水無川流域(写真-1)ではどのような現象が起きたのか、その現象について考察を行い、今後の土砂移動に関する分析結果について報告する。



写真-1 水無川流域

2. 流域の概要

水無川流域は赤松谷本川・赤松谷支川・水無川・おしが谷の大きく4つに分かれてる。その中でも土石流の発生源となる可能性が高い流域が赤松谷支川(炭酸谷・極楽谷)(以下「炭酸谷・極楽谷」という。)である(写真-2)。



写真-2 炭酸谷および極楽谷の位置

写真-2にある2つの谷は噴火前から存在しており、約30年前の雲仙・普賢岳噴火災害後、繰り返す火砕流により次第に谷の中央が盛り上がるように火砕流堆積

物が堆積し、地山と火砕流堆積物の間に雨が集まり流水によって谷が侵食され「ガリー」と呼ばれる侵食谷の発達が続いた（図-3）。

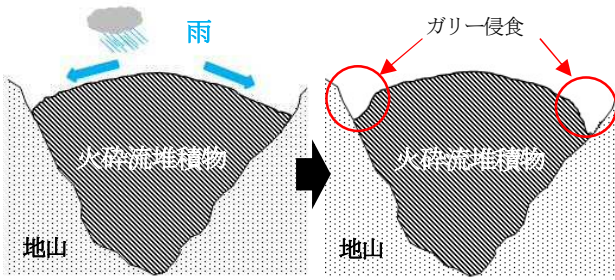


図-3 ガリー侵食による地形変化

現在のガリー内部は高さ約25m、幅約15m、長さ約1.2kmにも及び、ガリーの側岸の一方は地山、もう一方は火砕流堆積物で形成されており、脆く崩れやすい火砕流堆積物が雨水により崩壊しガリーの溪床に堆積している。堆積した土砂は流水によって運搬されやすく多くの水量の場合は土石流化し、少量の雨水でも下流に運搬される恐れがある。（写真-4）。

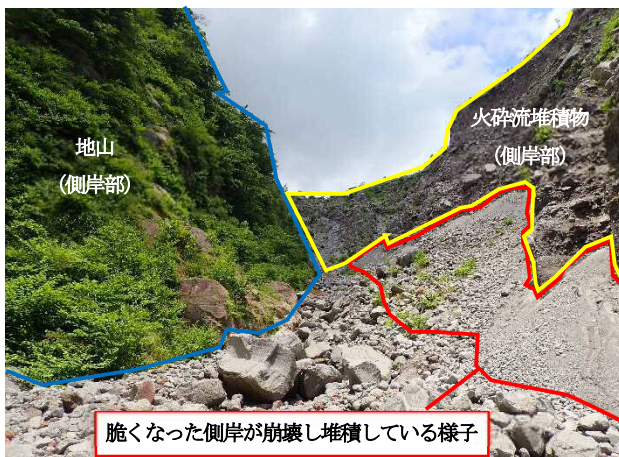


写真-4 ガリー内部（炭酸谷）のようす

3. 流出土砂量

(1) これまでの流出土砂量

1996年から2021年にかけての水無川流域における累積流出土砂量と、炭酸谷・極楽谷における年平均流出土砂量の推移を表している（図-1）。

1996年から2021年にかけて、炭酸谷・極楽谷の累積流出土砂量は、他の流域と比べて約140万m³と、圧倒的に多いが、流出土砂量は年々減少傾向にある。

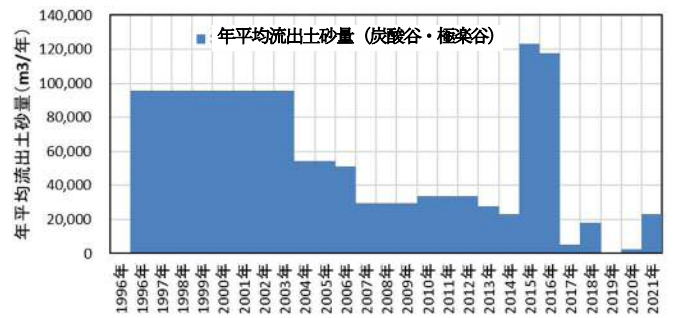
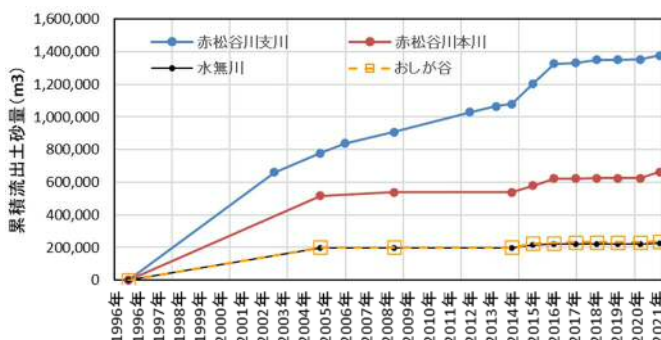


図-1 各流域における年平均の流出土砂量

(2) 土石流発生回数

近年の土石流発生としては、2015年と2016年に発生しており、その後現在に至るまで土砂移動はあるものの土石流現象は発生していない。土石流の発生状況について雲仙・普賢岳の噴火後からの経年変化をみると、土石流発生回数自体は年々減少しており、図-1の流出土砂量と同様の傾向にあることがわかる（図-2）。

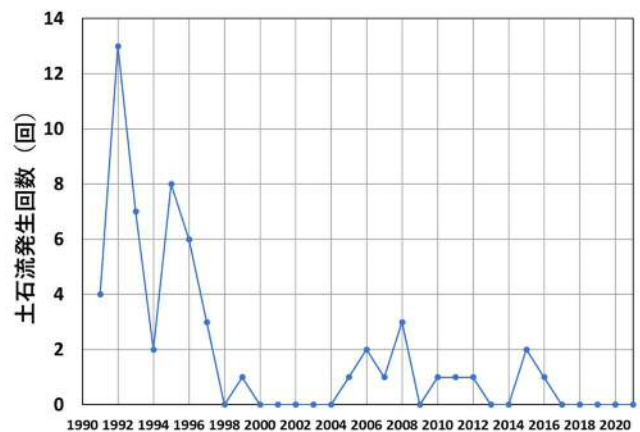


図-2 土石流発生回数の推移

(3) 2015年と2016年に発生した土石流

2015年に2回の土石流で7.5万m³、2016年には1回の土石流で6.5万m³もの流出土砂量となった。土石流による被害としては、砂防設備が効果を発揮し、砂防設備内で食い止められたため人家等への被害はなかった。また、2015年の土石流発生前の雨量状況は時間最大115ミリ、2016年では97ミリを記録していた（写真-5）。



写真-5 2015年に発生した土石流

4. 令和3年8月の謎と考察

(1) 雨量との関係性に迫る

冒頭でも述べたように令和3年8月に各地で記録的豪雨となり、雲仙温泉街では人的被害を伴う土砂災害が発生した。このため水無川流域でも土石流発生が疑われたが、結果的には土石流の発生を確認できなかったためこの謎を考察する。

まず降雨に着目した。図-3は雲仙・普賢岳周辺にある雨量観測所を示している。東側の観測所は概ね同様の雨量傾向を示していることから、雨量変化が確認される「雲仙岳測候所」「岩床山観測所」「大野木場観測所」の3箇所について比較してみた(図-4)。



図-3 雨量観測所位置図(抜粋)

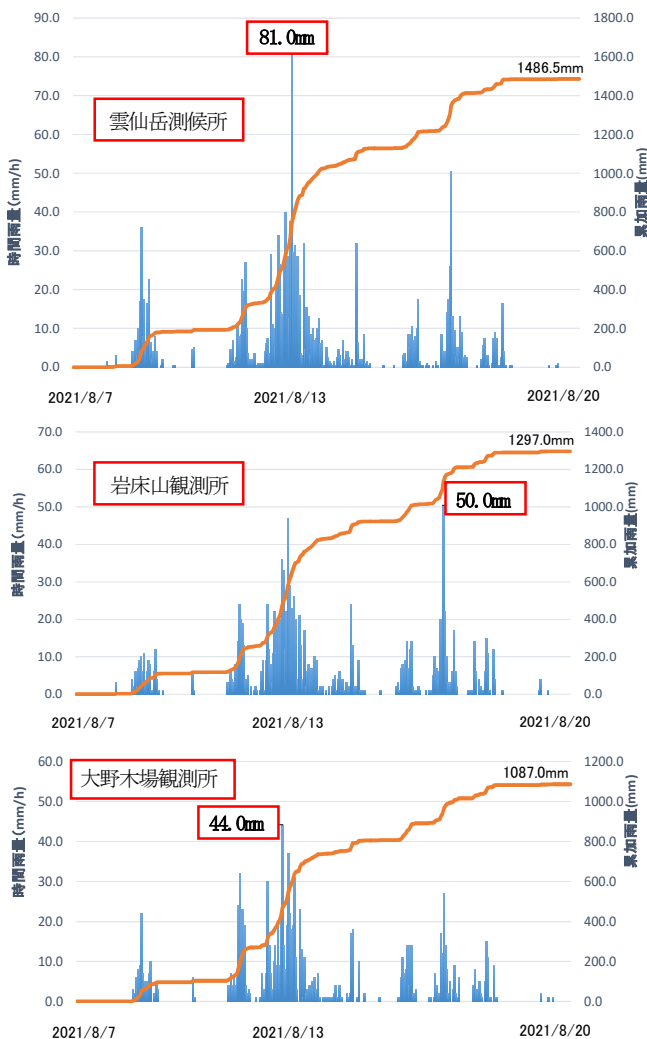


図-4 3観測所のハイトグラフ

これらより時間雨量・累加雨量とも、島原半島の西岸側から雲仙普賢岳を越えて東岸側に向かうにつれて小さくなっている。

次に雲仙・普賢岳の雨量を想定するため、等雨量線図を描いたところ最も土砂移動の激しい炭酸谷・極楽谷においては、流域周辺の3観測所で累加雨量1000mmを超えているが、最大時間雨量は40～50ミリ程度であることがわかった(図-5)。

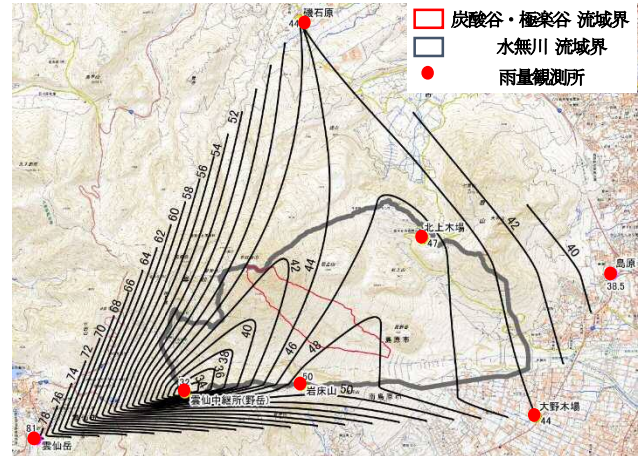


図-5 令和3年8月大雨の等雨量線図【最大1時間雨量】

一方、土石流発生時の雨量条件を整理したところ、土石流発生限界雨量が経年的に上昇し、近年は60ミリ程度となっていることが判明した(図-6)。

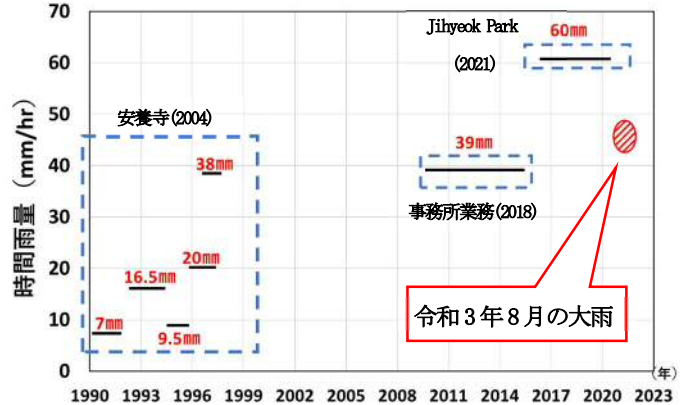


図-6 土石流発生時限界時間雨量下限値の推移

これらより、令和3年8月の大雨で土石流が発生しなかった理由は、累加雨量は大きかったが時間雨量さほど大きくなく、土石流発生限界雨量に達しなかったためであると考えられる。

(2) 航空レーザー計測データによる土砂変動量解析

次に、土砂移動状況について着目した。令和2年12月から令和3年9月の航空レーザー計測データを用いて土砂変動状況を標高差解析した(図-7)。令和3年8月の出水時に流域周辺で一番降水量の多かった雲仙岳測候所の日雨量を確認すると8月の降水量が突出しており、2番目の5月20日で日雨量135ミリに対し時間雨量は19.5ミリであるため、この降雨規模では大きな流水が発生しないことから、ほとんどが8月の大雨による土砂移動であると想定される(図-8)。

また、図-9のように差分解析結果を数値で表してみると炭酸谷・極楽谷で57,800m³も侵食している。しかし、溪床部への堆積量は39,600m³に留まっていることから、堆積量と侵食量の差分土砂量18,200m³はどこへ流出したか疑問に思うだろう。実際、流下はしているが巨礫を含んだ「土石流」ではなく、側岸崩壊によって溪床に堆積した細粒土砂が、短期雨量はさほどなかったものの、降雨が長期的に続き最大時間雨量40~50ミリ相当ではあったため、流水と一緒に掃流砂として流下したと考えられる。

そして、令和3年8月の大雨で流下した細粒土砂は赤松谷川7号から9号床固を中心に4,380m³堆積し無人化施工機械を使用して除石を行っている(写真-6)。また、残り13,820m³が上記で述べたように掃流砂として赤松谷川床固工群より下流に流下した土砂量である。



図-8 雲仙岳測候所の日雨量 (2020. 12~2021. 9)



図-7 差分結果 (炭酸谷・極楽谷 : 2020. 12~2021. 9)

	炭酸谷	極楽谷
堆積	25,900m ³	13,700m ³
侵食	-42,400m ³	-15,400m ³

図-9 土砂変動量 (炭酸谷・極楽谷 : 2020. 12~2021. 9)



写真-6 除石前と除石後 (赤松谷川8号~9号床固)

5. 今後想定される土砂流出状況

以上のことから、土砂流出は継続的にみられるが、大規模な土石流が発生しづらくなっている。

しかし、それは土石流発生限界雨量が少々上がり、偶然それ以上の降雨が近年なかったともいえる。

また、土石流発生最後の年である平成28年から令和3年までの同じ地点で高低差を比較した結果、約6mも河床が上昇していることから、今後想定される土砂量は未知数である（写真-7）。

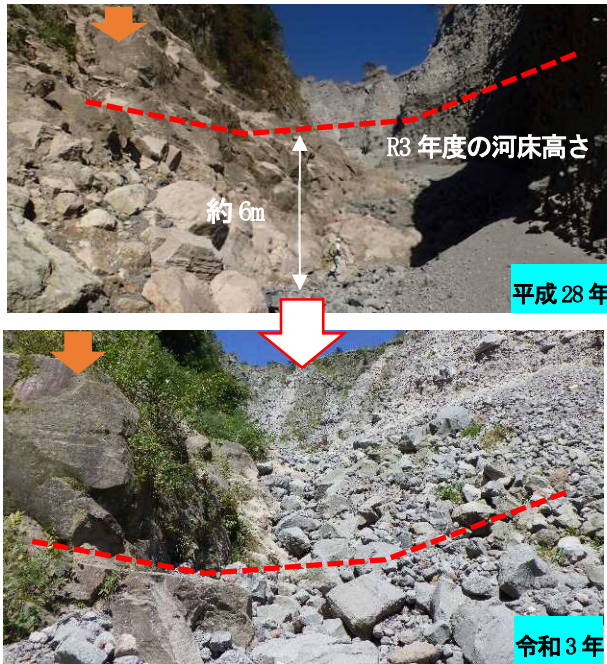


写真-7 炭酸谷上流部の高低差 (平成28年～令和3年)

6. まとめ

平成初期の噴火で堆積した火砕流堆積物の多さから現在でもガリーの長期的発達が続いている。令和3年8月の大雨で幸い土石流は発生していないが、溪床内に土砂が堆積し続けており、今後それがいつ土石流として発生するかわからないことが現状である。

以上のことから今回の分析で近年の土石流発生までにはサイクルがあるのではないかと考える（図-10）。

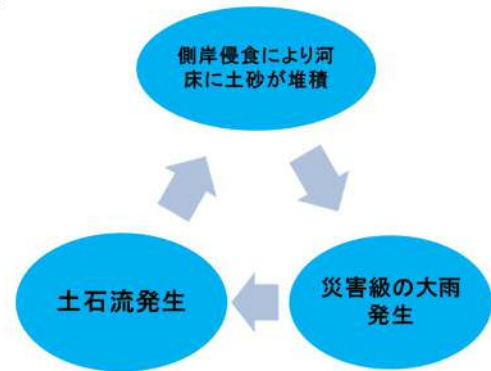


図-10 土石流発生までのサイクル

実際、2015年と2016年の土石流が起こる前も、流出土砂量の減少する一定の期間があったことから、溪床に土砂が堆積し続け、それを一気に押し流すほどの雨が降った結果、土石流が発生していることが想定される。

よって現在は「側岸侵食により河床に土砂が堆積」している状況であり、今後の降雨によっては、これまでにない大規模な土石流も予測される。

そして我々は今後、更に土砂流出の特性を把握し、降雨規模とサイクルによる流出量、堆積箇所を解析することで、無人化除石による効果的かつ効率的な砂防設備の維持管理を実施していく。また、流域の監視、砂防設備の維持管理等を引き続き行うだけでなく、地域の住民、各行政機関等と連携し安全に関する情報発信も積極的に行っていく。

参考文献

- 1) 安養寺信夫：北海道大学演習林研究報告, Vol. 61, No. 1, p. 11-71
- 2) Christopher Gomez et al : Geosciences Vol. 11, No. 11, p. 457
- 3) Jihyeok Park, et al : 2021年度砂防学会研究発表会概要集, P1-030