

近年に発生した土砂・洪水氾濫における土砂生産状況

坂井佑介・山越隆雄・對馬美紗

1. はじめに

土砂・洪水氾濫は、過去にも度々発生し甚大な被害をもたらしてきたが、平成20年以降、その発生頻度が高まってきている。この要因として、気候変動による影響が指摘されており、降雨量が増加することにより、表層崩壊が多発しやすくなるとともに、河川流量の増加により上流域で生産された土砂が下流まで到達しやすくなることが指摘されている¹⁾。

土砂・洪水氾濫の発生について、内田・坂井²⁾は平成29年九州北部豪雨における赤谷川や平成30年7月豪雨における大屋大川の事例から、総降雨量や生産土砂量が多かったことなど、いくつかの特徴を整理した。

本稿では、今後の土砂・洪水氾濫に関する研究・分析に活用することを目的として、近年発生した主要な土砂・洪水氾濫について、土砂生産状況をはじめとする現象の概要等を整理したものである。

2. 近年の主要な土砂・洪水氾濫

2.1 対象流域

本稿で土砂生産状況を整理する流域は、平成20年以降に土砂・洪水氾濫が発生し、かつ数値標高モデル (DEM) 等の地形データを用いた土砂生産に関する情報収集が可能な流域とした。対象とする流域は、災害毎に以下の12河川である。なお、信濃川水系魚野川支川登川及び十勝川水系戸蔦別川について、砂防施設の効果によって土砂・洪水氾濫による顕著な被害は生じていないが、大量に土砂が生産されていたことから^{3),4)}、対象流域に加えている。次項以降に実際の土砂・洪水氾濫発生状況等について、いくつかの流域を取り上げて、詳述する。

【平成21年中国・九州北部豪雨】

佐波川水系剣川

【平成23年新潟・福島豪雨】

信濃川水系魚野川支川登川 (砂防施設の効果により土砂・洪水氾濫による顕著な被害は発生していない)

【平成23年台風12号】

那智川

【平成28年台風10号】

十勝川水系札内川支川戸蔦別川 (砂防施設の効果により土砂・洪水氾濫による顕著な被害は発生していない)

【平成29年九州北部豪雨】

筑後川水系赤谷川、筑後川水系北川、筑後川水系寒水川、筑後川水系白木谷川

【平成30年7月豪雨】

大屋大川、天地川、総頭川

【令和元年台風19号】

阿武隈川水系内川支川五福谷川

2.2 佐波川水系剣川

2.2.1 被害の概要

山口県防府市の佐波川水系剣川では、2009年7月21日の梅雨前線による豪雨によって、流域内で多数の斜面崩壊、土石流が発生して4名の人命被害が生じるとともに、下流河道に大量の土砂が流下・堆積し、土砂・洪水氾濫によって家屋、道路、農地等に被害が発生した。特に山口市と防府市を結ぶ幹線である国道262号線は47日間にわたり通行止めを余儀なくされた。

2.2.2 流域の諸元

佐波川水系剣川は、流域面積6.3km²、流路長4.5km、最高標高海拔426m (右田ヶ岳) であり、流域の地質は主に花崗岩である。剣川本川上流域の河道は自然河道であるが、中下流区間では、兩岸とも護岸が施工され、並行する国道262号線の下をボックスカルバートで横過しつつ南流し、防府市街地を通過して、佐波川に合流する。

2.2.3 土砂・洪水氾濫の状況

2009年7月21日0時～14時までの間の雨は、総雨量260mm、最大時間雨量51mm (山口県 真尾雨量観測所) であった。主要な土砂移動現象は、



写真-1 剣川上流域の表層崩壊、土石流発生状況（国総研撮影）

7月21日の12時頃に発生した。この豪雨によって、同流域内では、本川上流部だけでなく、支川でも、表層崩壊、土石流が多数発生し（写真-1）、流域内で合計して約40万 m^3 の土砂が生産された。

上流域で発生した土砂の一部は既設の砂防堰堤によって堆積したが、その容量を上回る土砂が下流に流出し、流木も大量に流出した。また、中下流域の複数の支川においても土石流が発生し、剣川下流に大量の細粒土砂が流出した。このことから、剣川下流において河床が上昇して河積が減少し、流木が橋梁を閉塞したことにより、溢水、氾濫が生じたものと考えられている³⁾。

2.3 信濃川水系魚野川支川登川流域

2.3.1 被害の概要

2011年7月27日から30日にかけて、新潟県と福島県会津地方を中心に記録的な豪雨となった。そのため、信濃川水系魚野川流域内全体で約8,000箇所もの多数の土砂移動現象が発生し、魚沼市、南魚沼市では重傷者2名、家屋全壊5棟、床上浸水509棟などの被害が発生した。その中でも魚野川右支川登川では、特に顕著な土砂移動現象が生じ、本川下流部で土砂が氾濫したものの、これまでの直轄砂防事業によって整備されてきた砂防施設の効果が発揮され、人家への直接的な被害は生じなかった（写真-2）。

2.3.2 流域の諸元

登川は、流域面積80.8 km^2 、流路長18.5 km 、最高標高海拔1,967 n （巻機山）であり、流域の地質は主に花崗岩である。災害発生時点で、登川流域には合流点から床固工群が整備され、上流域には砂防堰堤および床固工が整備されていた。



写真-2 登川における土砂・洪水氾濫状況（北陸地整撮影）

2.3.3 土砂・洪水氾濫の状況

2011年7月25日～31日までの間の雨は、総雨量522 mm 、最大時間雨量62 mm （国交省 清水雨量観測所）であった。7月28日の夜に近隣の流域で土石流の発生が報告されていることから、主要な土砂移動現象はこの頃に始まったものと考えられる。この豪雨によって、同流域内では1,499箇所の新規崩壊が確認され、崩壊生産土砂量約55万 m^3 、河道生産土砂量（侵食量）約163万 m^3 で合わせて約218万 m^3 の土砂が生産されたと推定されている³⁾。既往の検討により実施された無施設時を想定した数値シミュレーションによると、主に左岸側に大きく氾濫することが想定されていたが、上流域で発生した土砂の一部が既設の砂防施設によって捕捉等されたため、下流河道区間の河床上昇を抑制し、被害を軽減させることができたものと考えられている³⁾。

2.4 那智川流域

2.4.1 被害の概要

2011年8月30日か9月4日にかけて、台風12号により紀伊半島一帯に記録的な豪雨となった。そのため、那智川流域内の内、那智大滝より下流の流域では、土石流が複数の支川で発生し、本川に流れ込んだ結果、本川の河床を上昇させ、土砂・洪水氾濫を生じさせた。この災害で、那智勝浦町では死者27名、行方不明者1名、負傷者4名、住宅の全壊・半壊合わせて1,008棟、床上浸水440棟、床下浸水962棟などの甚大な被害が発生した（写真-3）。

2.4.2 流域の諸元

那智川は、流域面積24.5 km^2 、流路長8.5 km 、最高標高海拔909.5 m （烏帽子岳）であり、流域



写真-3 那智川における土砂・洪水氾濫状況 (近畿地整撮影)



写真-4 赤谷川における土砂・洪水氾濫状況 (国総研撮影)

の地質は、熊野層群（砂岩泥岩互層）に熊野酸性岩（花崗岩）が貫入していて、流域の高標高部は花崗岩が覆っており、今回の災害で発生した表層崩壊はいずれも花崗岩の分布範囲で発生している。

2.4.3 土砂・洪水氾濫の状況

2011年8月30日～9月4日までの間の雨は、総雨量872mm、最大時間雨量123mm（和歌山県 市野々雨量観測所）であった。この雨により那智川の複数の支川では9月4日の未明に土石流が相次いで発生した。この土石流発生溪流からの生産土砂量は約40万 m^3 と見積もられている⁶⁾。特に、中流域の井関地区では、本川上流からの土砂流出に伴う河床上昇が生じるとともに、支川から流木や巨礫を含む大規模な土石流が流入したことによる河積阻害や橋梁の閉塞が発生し、本川の流向変更等も生じ、地区全体で越流・氾濫による家屋等の被害が発生した⁷⁾。

2.5 筑後川水系赤谷川

2.5.1 被害の概要

福岡県朝倉市の筑後川水右岸流域において、2017年7月5日から7日にかけての豪雨により、少なくとも赤谷川、北川、寒水川、白木谷川において土砂・洪水氾濫が発生し、多数の死者・行方不明者、全壊・流出家屋が発生するなど、甚大な被害が発生した。このうち、本項では、この中で最も流域面積が大きく顕著な被害が生じた赤谷川について記載する。

2.5.2 流域の諸元

筑後川水系赤谷川は、流域面積20.0 km^2 、流路長9.4km、最高標高海拔696m（広蔵山）であり、流域の地質は主に花崗閃緑岩、泥質片岩である。

地形的特徴として、流域内の支川である乙石川・大山川が合流する区間では谷底平野を呈しており、大山川合流後から筑後川に合流するまでの区間は、谷が開けて家屋等が立地している。河道は上流域から下流域まで概ね護岸が整備されている。

2.5.3 土砂・洪水氾濫の状況

2017年7月5日0時～7日24時までの間の雨は、総雨量894mm、最大時間雨量124mm（福岡県北小路公民館雨量観測所）であった。主要な土砂移動現象は乙石川上流域で発生した大規模な崩壊であるが、この他にも多数の土石流・斜面崩壊が発生しており、災害前後のLP差分解析によると流域内で合計して約276万 m^3 の土砂が生産された。最も多くの土砂が生産された流域は乙石川、次いで赤谷川本川の中上流域で多く、大山川で生産された土砂はそれほど多くない。生産された土砂は谷底平野を流れる河道部を埋塞し（写真-4）、筑後川本川までの河道沿いで土砂・泥水が氾濫した。

2.6 大屋大川

2.6.1 被害の概要

2018年6月28日より、梅雨前線の停滞や台風7号の影響によって、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となった。この豪雨により、広島県西部の瀬戸内海に流れ込む大屋大川（呉市）、天地川（坂町）、総頭川（坂町）で土砂・洪水氾濫が発生した。この土砂・洪水氾濫により、多数の死者・行方不明者、全壊・流出家屋が発生するとともに、大量に堆積した土砂のために早期の生活再建を困難なものとした。本項では、このうち、流域規模が最も大きく、死者5名、人家被害136棟が発生した大屋大川について記載する。

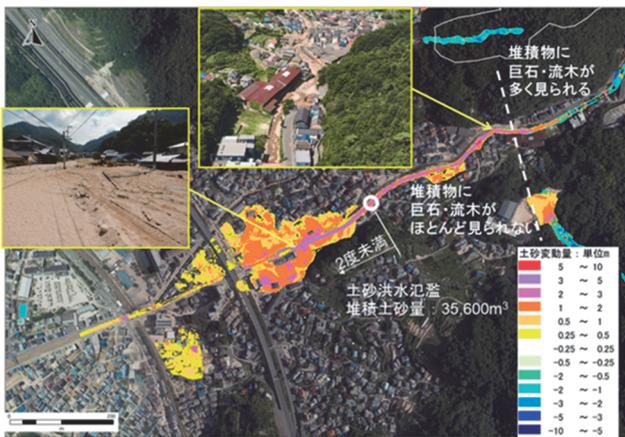


図-1 大屋大川下流域における平成30年7月豪雨前後のレーザ計測差分解析結果

2.6.2 流域の諸元

大屋大川は、流域面積6.4km²、流路長6.2km、最高標高海拔593m（絵下山）であり、流域の地質は主に花崗岩である。上流域から谷出口までは谷幅の狭い溪谷となっており、砂防堰堤や床固工が整備されている区間もある。谷出口から下流は護岸が整備されており、支川である背戸の川と合流した後に河口に至る。また谷出口から河口までは扇状地を呈しており、この区間に住宅が多数立地している。

2.6.3 土砂・洪水氾濫の状況

2018年7月5日9時～8日0時までの間の雨は、総雨量426mm、最大時間雨量55mm（広島県 天応雨量観測所）であった。流域内において複数の斜面崩壊・土石流が発生したが、特筆して規模の大きな土砂移動現象は発生していない。災害前後のLP差分解析によると流域内で約14万m³の土砂が生産され下流域に流出した。

土砂堆積状況として、谷出口付近の勾配2～3°程度まで巨石・流木が堆積している。一方で、谷出口付近より下流では、巨石・流木は多くは見

られないものの、河道内で3m・河道外でも2m以上の土砂堆積が見られた（図-1）。堆積した土砂の粒径分布を調査した結果、谷出口より下流約800m区間（勾配：2°程度）に主として粗砂が堆積しており、さらに、谷出口より800m区間より下流には主として細砂が堆積していた。以上の結果から、斜面崩壊等で発生した細粒分を多量に含む土砂が流出したことにより、広範に被害が広がった可能性が考えられた。

3. 土砂生産状況の整理

ここまで述べてきた事例では、いずれの場合においても、豪雨によって、上流域で多くの斜面崩壊や土石流が発生し、その土砂が河道に流入したことによって、最終的に下流に流出・堆積し、河床上昇や河道埋塞が引き起こされたことがわかる。このように、土砂・洪水氾濫の発生には、上流域の土砂生産状況が強く関わっている。

そこで、土砂生産状況として、土砂・洪水氾濫が発生した流域内における生産土砂量を把握する。また、気候変動による河川流量の増加によって土砂・洪水氾濫が発生する恐れが高まっていることを踏まえ、河川流量に関わる流域面積、生産土砂量を流域面積で除した比生産土砂量を整理する。さらに、降雨状況、地質を整理した。

生産土砂量は、災害前後の2時期のDEMの差分がマイナスとなった値を流域内で合計して算出した。流域面積は一級河川の水系に属する支川の場合は本川合流点を末端、海に流れ込む河川の場合は河口を末端とした面積を基本とした。使用したDEMの諸元を表-1、各河川の流域図を図-2、整理結果を表-2に示す。なお、那智川について、既往研究⁶⁾で整理されている土砂量を引用しているため表-1に表示していない。また、2.2～2.5で記載した流域面積もここに記載した方法で把握した

表-1 使用したDEMの諸元

災害名	災害前			災害後		
	作成機関	計測方法	メッシュサイズ	作成機関	計測方法	メッシュサイズ
平成21年7月中国・九州北部豪雨	中国地方整備局	航空レーザ測量	1 m	中国地方整備局	航空レーザ測量	1 m
平成23年新潟・福島豪雨	北陸地方整備局	航空レーザ測量	1 m	北陸地方整備局	航空レーザ測量	1 m
平成28年台風10号	北海道開発局	航空レーザ測量	2m, 1 m	北海道開発局	航空レーザ測量	1 m
平成29年7月九州北部豪雨	九州地方整備局	航空レーザ測量	1 m	九州地方整備局	航空レーザ測量	1 m
平成30年7月豪雨	広島県	航空レーザ測量	1m	広島県	航空レーザ測量	1 m
令和元年台風19号	東北地方整備局	航空レーザ測量	2m	東北地方整備局	航空レーザ測量	1 m
	林野庁東北森林管理局	航空レーザ測量	1 m			
	宮城県	航空レーザ測量	2m			

値を記載している。ここで、生産土砂量や流域面積等は既に調査主体や事業実施主体によって報告されている事例もあるが、流域の設定範囲や集計方法が異なること等により、本項の数値が若干異なっている場合があることに留意する必要がある。

土砂・洪水氾濫は様々な要因が重なって発生するが、まず大量の降雨があることが前提で、さらに、一出水期間中に多くの土砂が生産され、下流へ流送されて、保全対象周辺で河床上昇が生じることで発生する。表-2では、主な土砂・洪水氾濫12事例について、雨量、生産土砂量、流域面積、主な地質などの基本的な情報をまとめているが、いずれの事例でも約10万m³以上の土砂が流域内で生産されていた。なお、生産土砂量が一定量あったとしても、流域面積がとても大きい場合には、下流で顕著な河床上昇が生じないことも考えられるため、単位面積当たりの生産土砂量（比生産土砂量）としても一定程度必要と考えられる。今回収集した事例では、おおむね1万m³/km²以上であった（図-3）。また、12事例中花崗岩類が10事例を占めるが、同じ豪雨災害でも異なる地質の流域で発生している事例もあり、一概に花崗岩類の地質の流域でのみ発生するというものではない

と考えている。

また、今回収集した事例では、流域面積3.2～308.1km²の流域で発生していた。流域面積は水の流量に関わるが、流域面積が小さすぎると、土石流が発生したとしてもその土砂をその到達範囲よりさらに下流に流送するための水の流量が不足する等が考えられる。このことから、土砂・洪水氾濫は一定程度の面積を有する流域で発生するものと考えられるが、土砂の流送に関しては、河床勾配、川幅、ハイドログラフ、土砂の粒径等の要因も影響が大きいため、今後、さらに事例を集めるとここで示す流域面積の範囲に収まらないことも考えられる。

4. おわりに

本稿では、近年発生した土砂・洪水氾濫について、いくつかの事例を紹介するとともに、その発生した事例の基礎情報を整理し、流域の規模や、生産土砂量および比生産土砂量について一定の下限値を示した。これらの数値は、近年の限られた数の事例に基づく大まかな目安に過ぎないが、今後、全国で、土砂・洪水氾濫が発生する可能性のある流域を抽出する場合の参考となるものと考え

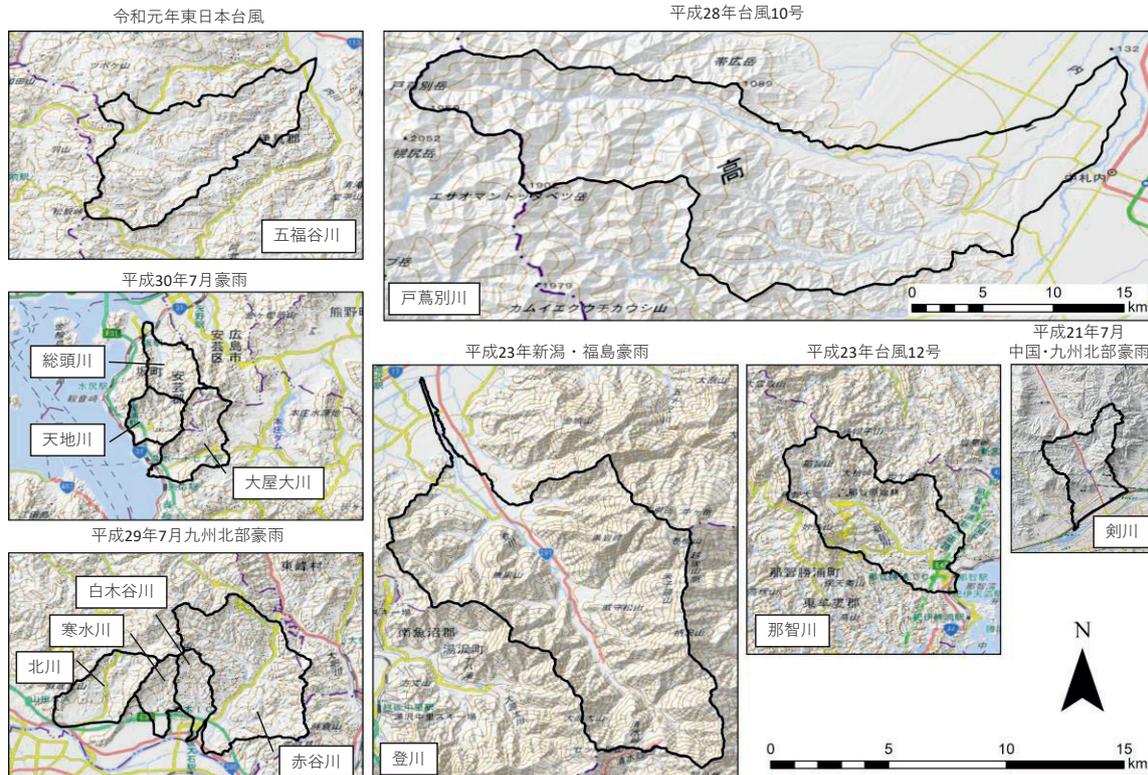


図-2 各河川の流域図（戸蔭別川以外は同縮尺で表示）

表-2 土砂生産状況等の整理結果

河川名	流域面積 (km ²)	生産土砂量 (万m ³)	比生産土砂量 (万m ³ /km ²)	降雨状況			主な地質 (シームレス地質図v2を参照)
				総雨量 (mm)	最大時間雨量 (mm)	観測所名	
剣川	7.3	40	5.5	260.0	51.0	山口県 真尾雨量観測所	花崗岩
登川	80.8	228	2.8	522.0	62.0	国交省 清水雨量観測所	花崗岩・花崗閃緑岩
那智川*	24.4	40	1.6	872.0	123.0	和歌山県 市野々雨量観測所	花崗岩・砂岩泥岩互層
戸蔭別川	308.1	464	1.5	532.0	41.0	国交省 戸蔭別雨量観測所	砂岩・泥岩・砂岩泥岩互層
赤谷川	20.0	276	13.8	894.0	124.0	福岡県 北小路公民館雨量観測所	花崗閃緑岩, 泥質片岩
白木谷川	3.4	52	15.2				花崗閃緑岩
寒水川	3.2	56	17.7				泥質片岩
北川	7.0	70	10.0				花崗閃緑岩
大屋大川	6.4	14	2.2	426.0	55.0	広島県 天応雨量観測所	花崗岩
天地川	3.6	17	4.7				
総頭川	4.6	23	5.0				
五福谷川	26.1	79	3.0	607.5	80.5	AMeDAS 筆甫観測所	花崗閃緑岩

*生産土砂量は木下ら⁶⁾の那智川流域内の土石流発生渓流における生産土砂量を集計した。

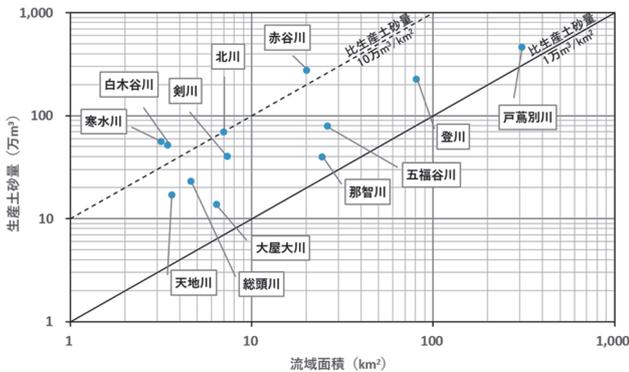


図-3 近年土砂・洪水氾濫が発生した流域の生産土砂量

ている。

土砂・洪水氾濫を引き起こす豪雨時の山地流域の土砂動態については未解明な点が多い。対策検討のために必要な数値計算手法の改良等の今後の研究開発に資するよう、近年の土砂・洪水氾濫事例について、ここで示した以外の河床変動状況や空中写真等の基本的な情報・データを精査してまとめて残すようにするとともに、河床変動計算等を用いた数値計算による解析を進める所存である。

謝 辞

本稿に係るデータを提供頂いた林野庁東北森林管理局、宮城県、広島県に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部：気候変動を踏まえた砂防技術検討会（第1回）資料4-1、https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kiko_hendo/200108/04shiryu1.pdf
- 2) 内田太郎・坂井佑介：特徴的な土砂災害形態としての土砂・洪水氾濫とその対策、2019年度砂防学会研究発表会概要集、pp.7～8、2019
- 3) 渡邊正一ら：平成23年7月新潟・福島豪雨時の登川流域における砂防施設効果、砂防学会誌、Vol.68、No.2、pp.35～40、2015
- 4) 小山内信智ら：平成28年台風10号豪雨により北海道十勝地方で発生した土砂流出、砂防学会誌、Vol.69、No.6、pp.80～91、2017
- 5) 古川浩平ら：2009年7月21日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告、砂防学会誌、Vol.62、No.3、pp.62～73、2009
- 6) 木下篤彦ら：平成23年台風12号による那智川流域における土石流災害実態、平成24年度砂防学会研究発表会概要集、pp.96～97、2012
- 7) 松村和樹ら：2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害、砂防学会誌、Vol.64、No.5、pp.43～53、2012

坂井佑介



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室主任研究官
SAKAI Yusuke

山越隆雄



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室長
YAMAKOSHI Takao

對馬美紗



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室交流研究員
TSUSHIMA Misa