

## 土砂・洪水氾濫時の降雨特性に関する一考察

三井共同建設コンサルタント株式会社 正会員 ○原田 紹臣  
 正会員 黒澤 祥一  
 非会員 和田 浩幸  
 立命館大学 正会員 里深 好文  
 京都大学 非会員 水山 高久

## 1. はじめに

近年、豪雨により上流域から流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道閉塞が引き起こされ土砂と泥水の氾濫が発生する現象（例えば、平成30年7月豪雨<sup>1),2)</sup>：図-1、平成29年7月九州北部豪雨<sup>2),3)</sup>、令和元年東日本台風<sup>2)</sup>）が全国的に報告され、河川砂防技術基準<sup>4)</sup>において、新たに土砂・洪水氾濫が定義された。なお、これらの土砂・洪水氾濫の被災時における豪雨は、線状降水帯の発生に伴う集中豪雨の影響を受けたものと報告<sup>1),5)</sup>されており、一般的に、これらの関係性について整理が重要であると考えられる。また、令和3年度には、更に土砂・洪水氾濫対策における施設配置計画の推進<sup>4)</sup>が示され、土砂・洪水氾濫対策（ハード対策）に際して、これらの施設規模を決定するための着眼すべき降雨特性指標に関する整理が必要である。

そこで、本稿では、近年の主な土砂・洪水氾濫被害事例を対象に、被災時における各降雨特性指標との関係性について整理し、施設による土砂・洪水氾濫対策に際して着眼すべき降雨特性指標等について整理する。

## 2. 土砂・洪水氾濫時における降雨特性分析・考察

今後の土砂・洪水氾濫対策（ハード対策）<sup>4),6)</sup>に際して、着眼すべき降雨特性等に関する整理が必要であるため、近年の主な土砂・洪水氾濫被害事例<sup>1),5)</sup>（表-1）を対象に、被災時における各降雨特性指標との関係性について整理する。なお、平成29年7月九州北部豪雨における朝倉市の赤谷川（優勢な地質：変成岩等の互層、流域面積：約20.0km<sup>2</sup>）、平成30年7月豪雨における呉市の大屋大川（花崗岩、約6.4km<sup>2</sup>）、令和元年東日本台風における丸森町内の五福谷川（花崗岩、約26.1km<sup>2</sup>）を対象に、被災時の降雨特性<sup>7)</sup>（表-2）についてそれぞれ整理する。

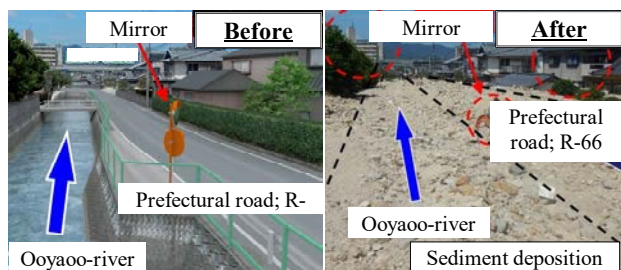


図-1 土砂洪水氾濫による被害事例（H30、広島：大屋大川）<sup>2)</sup>  
 右：被災前イメージ、左：被災後

各土砂・洪水氾濫における降雨特性指標として、時間雨量、連続雨量（24時間無降雨<sup>8)</sup>条件）に加えて、一般的な土壌雨量指数や実効雨量（1.5時間、72時間）<sup>9)</sup>を整理し、それぞれの雨量、歴代順位、極値統計解析による超過確率年数<sup>10)</sup>を用いて評価する。ここで、線状降水帯による影響の一つとして考えられる集中的且つ長時間の豪雨<sup>3)</sup>を表現するため、今回、2時間無降雨条件<sup>11)</sup>の連続雨量を参考に評価する。なお、2時間無降雨条件の総雨量は、図-1に示すように、無降雨条件の閾値  $T_{no\text{rain}}$  を2時間として降雨イベントを細分化して整理するため、集中的且つ長時間の降雨イベント<sup>3)</sup>の集合体を強調させて評価できるものと考えられる。その際、その他参考として、72時間無降雨条件についても併せて検討する。

なお、これまでに土砂・洪水氾濫被害を受けていない地域等での計画規模の設定に際して、「極値統計解析の本質は外挿」<sup>12)</sup>の考え方を参考に、未経験豪雨を考慮した検討手法を提案する。本手法は、表-1に示す土砂・洪水氾濫による被災事例に関して、被災以前（ただし、降雨観測期間中）において、これらの災害（経験）がなかったものと仮定し、その直前までの観測データを用いて降雨確率分布を決定（図-2： $RP_w$ ）するとともに、これらの対象降雨イベント（Target event）の超過確率年数を求める。そして、得られた土砂・洪水氾濫時の超過確率年数を、新たに検討対象（未被災地域）での計画規模設定時の参考とする。なお、従来まで一般的に採用されている手法<sup>10)</sup>（対象降雨イベントも含めた観測結果全てを用いて極値統計処理により内挿）させた超過確率年数（ $RP_{es}$ ：図-2）と比較して整理する。表-3に各土砂・洪水氾濫被害時（表-1）における時間雨

表-1 過去の主な土砂・洪水氾濫被害の概要<sup>5)</sup>

	Disaster day	Basin area km <sup>2</sup>	Geology type
Asakura city: Akatani river	5 <sup>th</sup> July, 2017	20.0	Metamorphic rock <i>et al.</i>
Kure city: Oyaoakawa	6 <sup>th</sup> July, 2018	6.4	Igneous rock
Marumori town: Gohukuya river	12 <sup>th</sup> Oct., 2019	26.1	Igneous rock

表-2 分析対象とする降雨解析期間（公開されている期間）<sup>7)</sup>

	Observation time
Asakura city	1 <sup>st</sup> Jan. 1976 – 31 <sup>st</sup> Dec. 2020
Kure city	1 <sup>st</sup> Jan. 1950 – 31 <sup>st</sup> Dec. 2020
Marumori town	26 <sup>th</sup> Dec. 1980 – 31 <sup>st</sup> Dec. 2020

キーワード 土砂・洪水氾濫、降雨解析、線状降水帯、土壌雨量指数

〒552-0007 大阪市港区弁天1丁目2番1-1000号 TEL06-6599-6019

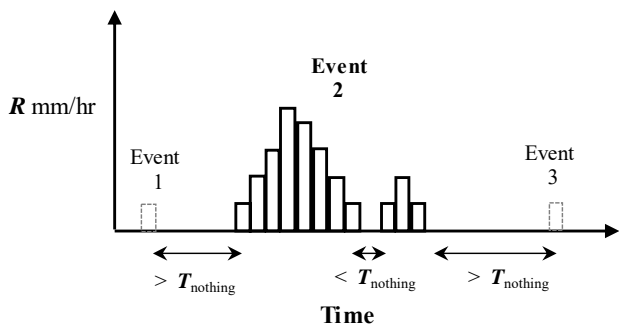


図-1 連続雨量（降雨イベント）に関する定義図

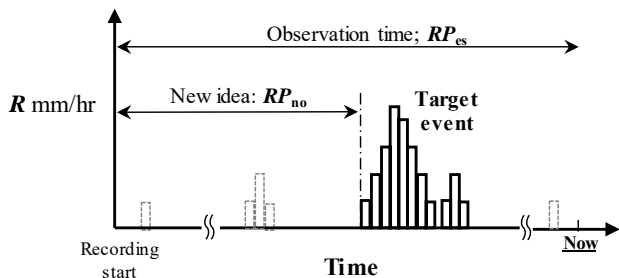


図-2 未経験豪雨解析に関する定義図

量 $R_{max}$ 、連続雨量（24時間無降雨条件） $\Sigma R_{24}$ 、実効雨量（1.5時間： $ER_{1.5}$ 、72時間： $ER_{72}$ ）、土壌雨量指数 $SWI$ 、今回新たに定義した2時間及び72時間無降雨条件の連続雨量（ $\Sigma R_2$ 、 $\Sigma R_{72}$ ）と、これらの雨量に対する観測期間（表-2）中のデータを用いて整理した歴代順位、超過確率年数を示す。その際、超過確率年数については、提案する $RP_{ex}$ と $RP_{no}$ （図-2）の両方を示している。これらより、従来までの一般的な降雨特性の指標である $R_{max}$ 、 $\Sigma R_{24}$ 、 $ER_{1.5}$ 、 $ER_{72}$ や $SWI$ については、3事象の全てが歴代1位の指標は無く、土砂・洪水氾濫における降雨特性の影響について説明するには困難であると考えられる。一方、今回、採用した2時間無降雨条件の連続雨量 $\Sigma R_2$ は、3事象とも歴代1位として評価された。

以上までの検討結果により、線状降水帯による降雨特性に着眼して採用した2時間無降雨条件の連続雨量としての評価が、歴代順位の観点より、土砂・洪水氾濫対策の検討において有効な手法の一つであると考えられる。

また、超過確率年数の解析に関して、今回提案する未経験豪雨解析（ $RP_{no}$ ）と従来までの解析手法での結果（ $RP_{ex}$ ）の結果とを比較したところ、顕著な差（最大で約15倍）が確認され、土砂・洪水氾濫と降雨特性指標との関係を説明する際の有効な手法の一つであると考えられる。また、3事象における2時間無降雨条件での連続雨量の超過確率年数に着眼した場合、少なくとも、確率年数が小さい五福谷川において観測された降雨特性（例えば、 $RP_{ex}$ ：40年、 $RP_{no}$ ：70年）以上が必要であると推察される。

今回の検討では、土砂・洪水氾濫被害の報告が無かった場合、被災がなかったものと仮定して議論しているとともに、他の無降雨時間（例えば、3時間）など、今後、更なる議論が望まれる。

表-3 降雨分析結果一覧（未経験豪雨解析 $RP_{no}$ 含む）

		Value	Lanking	$RP_{ex}$ (year)	$RP_{no}$ (year)
Asa-kura City	$R_{max}$ :mm/hr	<b>106</b>	<b>1<sup>st</sup></b>	<b>200</b>	<b>1,000</b>
	$\Sigma R_{24}$ :mm	655	1 <sup>st</sup>	70	150
	$ER_{72}$ :mm	519	1 <sup>st</sup>	70	700
	$ER_{1.5}$ :mm	192	1 <sup>st</sup>	400	500
	$SWI$ :mm	106	25 <sup>th</sup>	2	3
	$\Sigma R_{72}$ :mm	665	8 <sup>th</sup>	5	10
	$\Sigma R_2$ :mm	<b>555</b>	<b>1<sup>st</sup></b>	<b>70</b>	<b>1,000</b>
Kure City	$R_{max}$ :mm/hr	<b>52</b>	<b>3<sup>rd</sup></b>	<b>12</b>	<b>15</b>
	$\Sigma R_{24}$ :mm	470	2 <sup>nd</sup>	40	80
	$ER_{72}$ :mm	365	1 <sup>st</sup>	5	200
	$ER_{1.5}$ :mm	86	3 <sup>rd</sup>	15	15
	$SWI$ :mm	210	1 <sup>st</sup>	70	100
	$\Sigma R_{72}$ :mm	520	5 <sup>th</sup>	13	18
	$\Sigma R_2$ :mm	<b>402</b>	<b>1<sup>st</sup></b>	<b>110</b>	<b>400</b>
Maru-mori town	$R_{max}$ :mm/hr	<b>75</b>	<b>2<sup>nd</sup></b>	<b>30</b>	<b>40</b>
	$\Sigma R_{24}$ :mm	607	1 <sup>st</sup>	40	60
	$ER_{72}$ :mm	75	2 <sup>nd</sup>	25	35
	$ER_{1.5}$ :mm	75	2 <sup>nd</sup>	40	40
	$SWI$ :mm	280	1 <sup>st</sup>	70	150
	$\Sigma R_{72}$ :mm	632	2 <sup>nd</sup>	25	40
	$\Sigma R_2$ :mm	<b>594</b>	<b>1<sup>st</sup></b>	<b>40</b>	<b>70</b>

\*  $RP_{ex}$ : return period for experienced heavy rain,  $RP_{no}$ : return period for inexperienced heavy rain,  $R_{max}$ : maximum rainfall per hour,  $\Sigma R_{24}$ : total rainfall-no rainfall for 24 hours,  $ER_{72}$ : effective rainfall of 72 hours,  $ER_{1.5}$ : effective rainfall of 1.5 hours,  $SWI$ : soil water index,  $\Sigma R_{72}$ : total rainfall-no rainfall for 72 hours,  $\Sigma R_2$ : total rainfall-no rainfall for 2 hours

参考文献

- 1) 藤田正治：土砂・洪水氾濫災害について考える、砂防と治水、Vol.53, pp.4-5, 2020.
- 2) 国土交通省 砂防部 (<http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo>)
- 3) 津口裕茂：集中豪雨をもたらす線状降水帯について、環境技術、Vol.48, No.4, pp.180-184, 2019.
- 4) 国土交通省：河川砂防技術基準、2019 (2021).
- 5) 坂井 佑介・山越 隆雄・對馬 美紗：近年に発生した土砂・洪水氾濫における土砂生産状況、土木技術資料、Vol.63, No.3, pp.30-35, 2021.
- 6) 林真一郎・蒲原潤一・山越隆雄・坂井佑介：砂防事業における土砂・洪水氾濫対策の最近の取組、令和3年度砂防学会研究発表会概要集, pp.21-22, 2021.
- 7) 国土交通省 気象庁 (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm>)
- 8) 砂防学会：砂防用語集、2004.
- 9) 寺田秀樹・中谷洋明：土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法、国土技術政策総合研究所資料、No.5, 2001.
- 10) 国土技術研究センター：中小河川計画の手引き、1999.
- 11) 中部地方整備局：実効雨量（換算連続雨量法）を使用した事前通行規制手法のガイドライン（案）、2001.
- 12) 北野利一・高橋倫也・田中茂信：ベイズ手法による降水量の極値の予測分布～最尤法による相違と相互補完、土木学会論文集 B1, Vol.72, No.4, pp.I\_463-I\_468, 2016.