

局所豪雨による土砂災害への雨量指標 R' の適用について — 中国地方南部と九州北部の事例による検証 —

復建調査設計(株)

○中井 真司, 永井 瑞紀

広島大学大学院教育学研究科 吉富 健一

広島大学大学院総合科学研究科 海堀 正博

1. はじめに

近年、局所豪雨による激甚な土砂災害が頻繁に発生しており、平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害や、平成29年7月九州北部豪雨による土砂災害は記憶に新しい。

筆者らは、土砂移動現象の発生予測のための雨量指標 R' を提案し¹⁾、これまでに、地域ごとの災害の発生条件を考慮した警戒避難方法について検討してきている²⁾³⁾など。雨量指標 R' は、式(1)、(2)により算出される1つの値を用いて、土砂災害発生の危険度を予測できる指標である。単純な式で係数も少ないため、地域ごとの特性を反映させることが容易で、さらに単一指標であるため、統計的手法を用いた検討を行うことができるという特徴を有している。

$$R_{fw} = \sqrt{(R_l - R_w)^2 + a^2(r_l - r_w)^2} \quad \cdots (1)$$

$$R' = R_{fw0} - R_{fw} \quad \cdots (2)$$

ここに、
 R_w : 長期実効雨量 (mm)
 r_w : 短期実効雨量 (mm)
 R_l : 座標上の横軸基準点
 r_l : 座標上の縦軸基準点
 a : 重み係数
 R_{fw0} : $R_w=0, r_w=0$ のときの R_{fw} 値

2. 中国地方南部における事例

1999年6月に広島県南西部で発生した土砂災害、1988年7月に広島県北西部で発生した土砂災害などの事例検証から、広島周辺のまさ土分布域では、半減期72時間と1.5時間の実効雨量の組み合わせを用い、 $R_l=600\text{mm}$ 、 $r_l=200\text{mm}$ 、 $a=3$ とした場合、 $R'>125\text{mm}$ でがけ崩れ、 $R'>175\text{mm}$ で山地崩壊、 $R'>250\text{mm}$ で土石流が発生し始めることが明らかになっている¹⁾。その後の研究²⁾³⁾などで中国地方南部に甚大な被害をもたらした土砂災害は $R'>400\text{mm}$ で発生していることがわかっている (表-1)。

表-1 中国地方南部の甚大な災害時の雨量指標 R'

	雨量指標 R'	長期実効雨量 R_w (半減期 72 時間)	短期実効雨量 r_w (半減期 1.5 時間)
S42.7 呉豪雨災害 呉観測所(気象庁)	421.1mm	295.5mm	100.0mm
S63.7 広島北西部災害 加計観測所(気象庁)	430.1mm	262.4mm	117.6mm
H11.6 広島県西部災害 呉観測所(気象庁)	415.7mm	248.9mm	115.6mm
H11.6 広島県西部災害 魚切ダム(広島県)	437.2mm	303.4mm	105.0mm
H21.7 防府豪雨災害 防府観測所(気象庁)	408.5mm	291.1mm	95.6mm
H21.7 防府豪雨災害 山口観測所(気象庁)	440.1mm	288.5mm	112.0mm
H22.7 庄原豪雨災害 大戸(広島県)	470.9mm	300.3mm	123.4mm
H26.8 広島豪雨災害 安佐北区上原(広島県)	550.8mm	304.7mm	187.6mm

雨量指標 R' は $R_l=600\text{mm}$ 、 $r_l=200\text{mm}$ 、 $a=3$ を用いて算定

3. 九州北部における事例

これまでに九州北部で発生した豪雨災害を対象に、雨量指標 R' を算定した (表-2)。雨量指標 R' を算定する際の係数 R_l 、 r_l はそれぞれ長期実効雨量 (R_w)、短期実効雨量 (r_w) よりも大きな値である必要があり、中国地方南部でのこれまでの検討事例では $R_l=600\text{mm}$ 、 $r_l=200\text{mm}$ を用いている。しかし、表-2 に示す全ての豪雨で r_w は 200mm を超え、今回の災害の北小路公民館と長崎大水害時の長崎観測所では R_w も 600mm を超えているため、今回の雨量指標 R' の検討にあたっては $R_l=900\text{mm}$ 、 $r_l=300\text{mm}$ 、 $a=3$ を用いた。

表-2 九州北部の甚大な災害時の雨量指標 R'

	雨量指標 R'	長期実効雨量 R_w (半減期 72 時間)	短期実効雨量 r_w (半減期 1.5 時間)
H29.7 九州北部豪雨 北小路公民館(福岡県)	1043.1mm	796.9mm	254.4mm
H29.7 九州北部豪雨 朝倉観測所(気象庁)	658.9mm	520.5mm	206.4mm
H24.7 九州北部豪雨 阿蘇乙姫観測所(気象庁)	734.1mm	598.0mm	227.1mm
S57.7 長崎大水害 長崎観測所(気象庁)	803.7mm	618.9mm	214.9mm

雨量指標 R' は $R_l=900\text{mm}$ 、 $r_l=300\text{mm}$ 、 $a=3$ を用いて算定

図-1 に国土地理院により判読された平成29年7月九州北部豪雨の崩壊地⁴⁾に、雨量指標 R' のコンター図を重ねたものを示す。この災害で甚大な被害が発生した範囲は概ね $R'>450\text{mm}$ となっており、砂防学会の災害報告⁵⁾にも示されるように $R'>650\text{mm}$ の範囲では非常に集中して土砂移動が発生している。この中心部に位置する北小路公民館では 1000mm を越える値となっている。これは、中国地方南部で発生した甚大な災害時の R' 値が最大で $400\sim 550\text{mm}$ 程度であったことと比較すると、遥かに大きな値である。

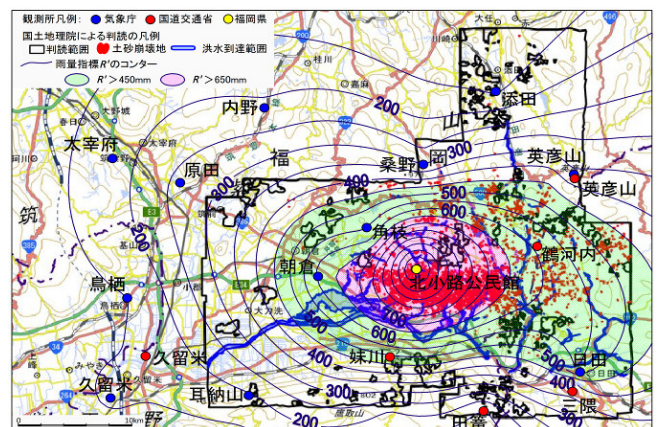


図-1 平成29年7月九州北部豪雨時の雨量指標 R'
 国土地理院による正射画像判読図(朝倉地区・東峰地区)⁴⁾に加筆

平成 24 年九州北部豪雨や長崎大水害の際にも、雨量指標 R' は 700~800mm 以上に達していることから、九州北部での激甚な豪雨災害は、中国地方南部のこれまでの災害よりも大きな降雨条件下で発生していることがわかる。

4. 地域の降雨特性と限界降雨量について

地域ごとに土砂移動現象の発生に対する耐力に違いがあり、降雨履歴や地質条件など地域特性によって異なるものであると考えられる。ここでは、特に降雨履歴に着目して、中国地方南部と九州北部における土石流の限界降雨量について検討する。

気象庁による 1981~2010 年の平年値では、平成 26 年 8 月豪雨の被災地付近に位置する広島県の三入観測所の年間降水量は 1690.2mm、朝倉観測所の年間降水量は 1860.4mm となっている。北小路公民館の年間降水量は不明であるが、気象庁のメッシュ平年値図⁹⁾から朝倉観測所よりも年間降水量が多いことがわかる(図-2)。なお、三入観測所と朝倉観測所の年間降水量を月別に比較すると 6~8 月を除けば降水量は同等であり、年間降水量の差は梅雨期~夏期の降雨の違いによることがわかる(図-3)。

これらのことから、被災地周辺は、特に梅雨期~夏期にかけては、これまでも広島周辺より大きな雨にさらされてきた地域であるといえる。

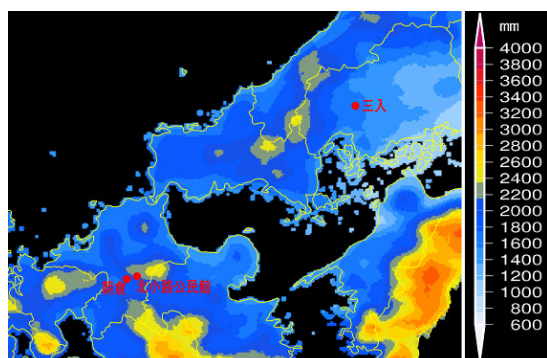


図-2 各観測所の平年降水量
気象庁メッシュ平年値[降水量(年)]⁹⁾に加筆

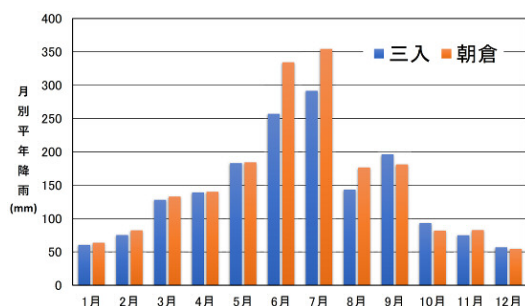


図-3 三入観測所と朝倉観測所の月別平年降水量

筆者らは、Gumbel の極値分布に従って算定した雨量指標 R' の生起確率を用いて、地域ごとの限界降雨を評価することに取り組んできた。これまでの研究から、広島県においては 8 年確率程度の雨量指標 R' が土石流発生降雨の下限値であることがわかっている³⁾。

平成 26 年 8 月豪雨により激甚な災害が発生した広島市安佐北区に位置する三入観測所で、1976 年~災害の前年の 2013 年までの観測データを用いて雨量指標 R' の生起確率を算定すると、8 年確率の R' は 259.2mm となり、 $R' > 250$ で土石流が発生し始めるとする目安と概ね調和的である。また、激甚な災害が発生するという目安となる $R' = 400$ mm は概ね 100 年確率に該当し、この近くの上原観測所で災害時に記録した $R' = 550.8$ mm (表-1) は、計算上 6300 年確率に該当する。

朝倉観測所の 1976 年~2013 年の雨量データを用いて算定すると、8 年確率の R' は 313.7mm、100 年確率の R' は 445.6mm、6300 年確率の R' は 657.3mm となる。 R' の生起確率の観点からは、甚大な被害が発生した $R' > 450$ mm は概ね 100 年確率、非常に集中して土砂移動が発生した $R' > 650$ mm は、平成 26 年 8 月豪雨により激甚な災害が発生した広島市安佐北区の上原観測所に相当する降雨であったと言える。

被災範囲の中心部の北小路公民館付近ではさらに大きな値となっているが、①これまでの災害事例を検討した雨量が被災地の中心部のデータではない。②北小路公民館付近は、生起確率の算定に用いた朝倉よりも年間降水量が多い地域である。③地質特性や流域特性など、他の要因にも違いがある。などの可能性も考えられる。

4. まとめ

雨量指標 R' は、単一指標により、危険な「場所」、「時」、さらに「災害規模」をリアルタイムで予測し、わかりやすく伝えることができる手法で、これまで中国地方南部の事例で検証を行ってきた。平成 29 年 7 月九州北部豪雨の検証においても、中国地方南部の事例と同様に、甚大な被害は R' 値が 100 年確率程度を上回る範囲で発生していることがわかった。このことは、地域に応じた適切な係数を用い、降雨履歴を考慮した閾値を設けることで、雨量指標 R' により様々な地域の災害発生を予測できる可能性を示している。

謝辞：本研究の実施にあたり、現地調査に同行頂き、貴重な資料を提供頂いた、地盤工学会平成 29 年 7 月九州北部豪雨地盤災害調査団のメンバー各位に深く御礼申し上げます。

参考文献：

- 1) 中井真司, 佐々木康, 海堀正博, 森脇武夫 (2004) : 警戒・避難のための雨量指標の改良 (危険雨量指標 R_d の再吟味と R' の提案), 広島大学工学研究科研究報告, Vol 53, No 1, pp 53-62.
- 2) 中井真司, 海堀正博, 佐々木康, 森脇武夫 (2007) : 最近の土砂災害への新しい雨量指標 R' の適用と警戒避難のための表現方法, 砂防学会誌, Vol 60, No 1, p 37-42
- 3) 中井真司, 海堀正博, 佐々木康, 森脇武夫 (2008) : 雨量指標 R' による土砂災害発生基準の設定と監視雨量強度 R_R の提案—地域ごとの降雨履歴特性を反映した適用の可能性—, 砂防学会誌, Vol 60, No 6, pp 4-10
- 4) 国土地理院 (2017) : 平成 29 年 7 月九州北部豪雨に関する情報, 正射画像判読図 (朝倉地区・東峰地区), http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H29hukuoka_oita-heavyrain.html
- 5) 丸谷知己, 海堀正博, 他 (2017) : 2017 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害, 砂防学会誌, Vol 70, No 4, pp 31-42
- 6) 気象庁 (2014) : メッシュ平年値 2010 降水量 (年), http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdmr/atlas/precipitation_13.pdf