

雨量指標 R' と土石流発生との関係

— 2007年7月台風4号による鹿児島県大隅地方の土石流災害を事例として —

加藤 尚・本田尚正 (茨城大院)

要旨: 雨量指標 R' は、降雨履歴に対応して土砂災害の発生危険度を表す指標である。本研究では 2007 年 7 月の台風 4 号により鹿児島県大隅地方で発生した 7 件の土石流災害を事例として、災害発生地点ごとに降雨履歴と表層地質、斜面勾配との関係を詳細に分析し、それらと R' との比較検討を行った。その結果、土石流は地質的にはシラスやローム等の火山性堆積物の分布域に、地形的には $20^\circ \sim 30^\circ$ 程度の勾配でそれぞれ多く発生したことが、 R' に基づく土砂災害発生基準を大きく超えて土石流が発生した地点の地質は、付加コンプレックスの堆積岩と花崗岩であったことが分かった。 R' により土砂災害の危険度判定を行う場合、地形・地質といった対象場の持つ素因の影響を考慮する必要がある。
キーワード: 雨量指標 R' 、土石流、素因、表層地質、斜面勾配

Abstract: Rainfall index R' expresses the generation risk of sediment-related disaster corresponding to rain history. We investigate the relation between rain history, surface geology and slope incline of the disaster source point, and compare them with R' . Seven debris flow disasters of the Osumi district in Kagoshima Prefecture due to typhoon No. 4 in July, 2007 are chosen for investigation. Many of the debris flows occurred in distribution of volcanic sediment such as the Shirasu or loam. They also occurred in the area of incline from 20 to 30 degrees. In addition, there were spots where the debris flow occurred after R' value greatly exceeded the standard value of sediment-related disaster occurrence, and its geological feature were the sedimentary rock of the accretionary complex and granite. When we estimate the generation risk of sediment-related disaster by using R' , it is necessary to consider the influence of the inherent factors of a natural place such as geological and geographical features.

Keywords: rainfall index R' , debris flow, inherent factor of sediment-related disaster generation, surface geology, slope incline

I はじめに

雨量指標 R' は、「長期間の先行降雨」と「直前の短期間の降雨強度」に大きく依存する土砂災害の発生危険度を「長期実効雨量 R_w 」と「短期実効雨量 r_w 」の組合せによって 1 つの値で表現した手法であり、中井らにより開発された(2)。

一方、土砂災害の発生は、誘因である降雨履歴とともに、地質や地形といった、対象場が有する災害発生素因の影響も強く受けている。中井らは 1999 年 6 月 29 日に広島県西部で発生した土砂災害の解析などから、広島周辺のマサ土地帯では土砂災害発生基準として「崩壊： $R' = 125\text{mm}$ 、土石流： $R' = 250\text{mm}$ 」を用いて土砂災害の発生・非発生を判別できることを示した。

本研究では、素因が土砂災害発生に与える影響を明らかにするため、2007 年 7 月に鹿児島県大隅地方で発生した 7 件の土石流災害を事例として、各地点の地質や地形を詳細に分析し、 R' 値との比較検討を行った。

II 雨量指標 R' の概要

R' の基礎式は、次のとおりである。

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

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

ここに R_{fw} は楕円の長径、 R_w は長期実効雨量、 r_w は短期実効雨量、 R_l および r_l は楕円の中心座標、 R_{fw0} は $R_w = 0$ 、 $r_w = 0$ のときの R_{fw} 、 a は重み係数である(図-1)。 R_{fw} は中心を遠点に置く楕円の長径を用いて R_w と r_w の関係を表現しており、式(2)により初期値を 0 とし、土砂災害発生の危険度が増すにつれて上昇する値に変換したのが R' である。

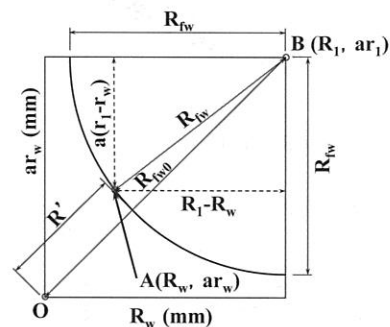


図-1. 雨量指標 R' の模式図
 Fig.1 Concept of rainfall index R'

Nao KATO and Naomasa HONDA (Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University, Bunkyo 2-1-1 Mito Ibaraki 310-8512) Relation between rainfall index R' and debris flow occurrence — Experience of debris flow disaster of the Osumi district in Kagoshima Prefecture due to typhoon No. 4 in July, 2007 as example—

III 検討対象地域の概要および検討条件

1. 鹿児島県大隅地方の地形・地質および降雨特性 大隅半島は鹿児島湾の東側に位置し、北西側に高隈山地、南東側に肝属山地、西岸には桜島が展開する。地形的には、志布志湾に流れ込む肝属川の流域を除いて、ほぼ山地で占められており、急傾斜地も多い(図-2)。

地質的には、県土面積の約50%を覆うシラスが大隅地方にも広く分布する。その起源は始良カルデラであり、層厚は県全体では概ね10~150mである。シラスの特性としては、空隙が多く比重が軽いこと、水分を含むと著しく強度が低下することが挙げられ、水食を受けやすく、急傾斜地では大雨により土砂災害が発生することもしばしばである。その他に基盤岩として、白亜系~古第三系の四万十層群や、それを貫く中新世の花崗岩がある。さらにその上部を新第三紀の火山岩類や第四紀の堆積層が被覆し、最上部にはローム等の降下火山灰が薄く堆積している(図-3)。

鹿児島県は県全域で降水量が多く、年平均降水量は県内のほとんどの地域で2,000mmを超える。とくに梅雨期や台風襲来時には記録的な大雨となることがあり、洪水や浸水被害、土砂災害の頻度も少なくない。

2. 2007年7月台風4号の概要 台風4号は7月9日にカロリン諸島近海で発生し、14日14時過ぎに大型で強い勢力で大隅半島に上陸した。大隅地方では台風発生前から

の梅雨前線の活発な活動もあり、11日には南大隅町佐多で日雨量258mm、垂水市高峰で同じく241mmを観測するなど、各地で記録的な大雨となった。台風はその後勢力を弱めながら四国から本州の南岸を東に進み、16日に本州の東海上で温帯低気圧に変わった。この台風により、大隈地方では6地点で計7件の土石流が発生した(1)。

3. R' の算定に必要な条件 実効雨量は気象庁の雨量観測点3箇所(図-4および表-1参照)の降水量データから求めた。半減期は中井らに倣い、長期72時間、短期1.5時間とした。楕円の中心座標および重み係数は中井らを参考に、それぞれ、 $R_1=600\text{mm}$, $r_1=200\text{mm}$, $\alpha=3$ とした。

IV 結果および考察

図-4に土石流発生地点と表層地質との関係を、表-1に土石流の概要をそれぞれ示す。図-4の表層地質は20万分の1シームレス地質図(3)をもとに作成した。表-1中の勾配は5万分の1地形図より求めた。図-5に土石流発生時の各地点の実効雨量を示す。同図中には R' 値の目安として「 $R'=300\text{mm}$ 」のラインを描いた。図-6に観測雨量と土石流発生との関係を示す。図-4~図-6中の丸数字は表-1の丸数字(土石流発生地点の番号)に対応している。④では同一斜面上の隣接箇所において、異なる時刻に土石流が発生したため、発生順に④a、④bとした。



図-2. 大隅地方の概要
Fig.2 Outline of Osumi Region

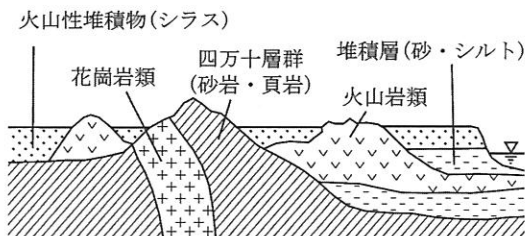


図-3. 大隅地方の地質概念図
Fig.3 Geological future schema of Osumi Region

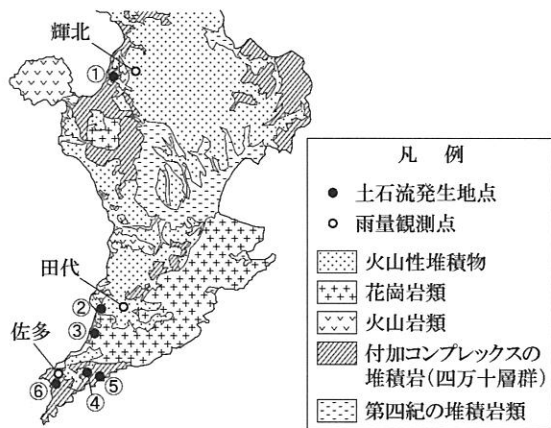


図-4. 土石流発生地点と表層地質
Fig. 4 Debris flow generation spot and surface geology

表-1. 発生土石流の概要
Table. 1 Detail of debris flow generation

	地区名	日時	R' (mm)	勾配 (°)	表層地質	雨量 観測点
①	垂水市二川	7/14 12:00	327	25~30	シラス	輝北
②	根占山本	7/14 11:00	345	20~25	シラス	田代
③	南大隅 根占辺田	7/11 7:00	387	25~35	花崗岩	田代
④a	大隅 佐多郡	7/4 0:00	281	20~30	シラス	佐多
④b		7/11 2:00	152			
⑤	町 佐多浜尻	7/11 9:00	423	25~35	固結砂岩	佐多
⑥	佐多伊座敷	7/11 7:00	564	15~20	固結頁岩	佐多

表-1および図-5によれば、土石流発生時の R' は小さい地点で152mm、大きい地点で564mmであり、300mm前後での発生が最も多い。それらの値と対象場を持つ素因である地形・地質との関係について、以下に考察する。

1. 地形と R' の関係 ①~⑥の斜面勾配は、ほとんどの地点で $20^\circ \sim 30^\circ$ 程度であった。一般に 20° 程度以上の勾配で土石流の発生域となり得ることから、どの地点も土石流の発生しやすい勾配であったといえる。実際、6地点のすべてが土石流危険渓流に指定されていた。また、同じ地質区分の地点で比較すると、表-1のとおり①と②、⑤と⑥では、それぞれ僅差ではあるが急勾配ほど R' が小さくなる傾向がみられた。

2. 地質と R' の関係 ①~⑥の各表層地質を調べた結果、シラスやローム等の火山性堆積物、付加コンプレックス由来の堆積岩(四万十層群)、花崗岩の3種類であることが確認できた。それらはいずれもⅢの1.で概説したとおり、大隅地方を代表する地質である。

(i) 火山性堆積物 火山性堆積物の分布が確認できたのは、①、②、④の3地点である。

①では白亜系四万十層群の砂岩泥岩互層基盤上に堆積しているシラスをロームが被覆していたと考えられる。土石流発生時の R' は327mmであり、直前までの12時間で158mmの大雨を観測している(図-6(a))。②では花崗岩

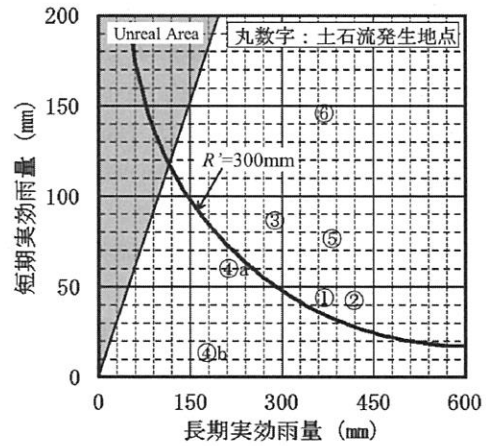
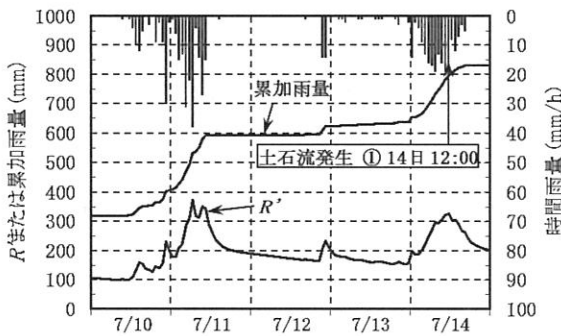
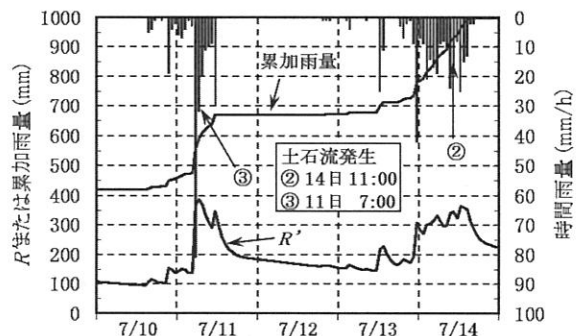


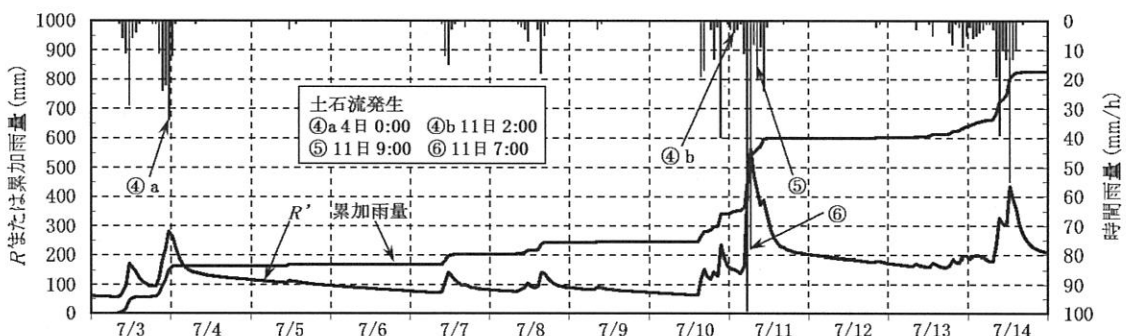
図-5. 雨量指標 R' と土石流発生との関係
Fig. 5 Relationship between rainfall index R' and debris flow generation



(a) 輝北雨量観測所の場合
(a) In case of Kihoku rainfall gauging station



(b) 田代雨量観測所の場合
(b) In case of Tashiro rainfall gauging station



(c) 佐多雨量観測所の場合
(c) In case of Sata rainfall gauging station

図-6. 観測雨量と土石流発生との関係
Fig. 6 Relationship between observed rainfall and debris flow generation

基盤上に堆積しているシラスをロームが被覆していたと考えられる。土石流発生時の R' は345mmであり、①と同じく、半日ほど強い雨が続いた後に発生した(図-6(b))。④では古第三系四万十層群の砂岩基盤上に堆積しているシラスをロームが被覆していたと考えられる。④aは3日夜の激しい雨の直後、 $R'=281\text{mm}$ に達した時点で発生し、④bは10日夜の激しい雨により一時的に R' が200mmを超えた4時間後、 $R'=152\text{mm}$ の時点で発生した((図-6(c))。)

以上より、火山性堆積物の分布域では、④bで顕著に小さい R' であったことを除き、 $R'=300\text{mm}$ 前後で土石流が発生したと考えられる。

(ii) 四万十層群 四万十層群の分布が確認できたのは、⑤、⑥の2地点である。

⑤では古第三系四万十層群の砂岩層が表層に表われていたと考えられる。11日朝の猛烈な雨の2時間後、 R' が423mmになった時点で土石流が発生した。⑥では古第三系四万十層群の砂岩頁岩互層が表層に表われていたと考えられる。土石流発生時の R' は564mmであり、直前の3時間に188mmの豪雨を観測している(図-6(c))。

以上のとおり、⑥の R' は全地点中最も高く、今回の土石流発生地点の中では四万十層群の分布域での R' が他より高い値となった。

(iii) 花崗岩 花崗岩の分布が確認できたのは③の1地点である。土石流発生時の R' は387mmであり、直前の2時間に113mmの豪雨を観測している(図-6(b))。

花崗岩自体は基盤岩であり硬いが、風化すると脆くなるため、一般的に花崗岩の分布域は土砂災害の発生しやすい地域として知られる。本研究の他の地質の地点と R' を比較すると、勾配が同程度で四万十層群の⑤よりやや小さく、火山性堆積物の各地点より大きい値である。

3. まとめ 土石流発生と地形や地質などの素因の関係を明らかにするため、 R' と斜面勾配、表層地質の比較を行った。そして、検討対象地点が全6地点と少数であることには注意を要するものの、次のような結果を得た。

(1) 土石流の発生は $20^\circ \sim 30^\circ$ 程度の勾配で最も多く、同じ地質区分の間では、急勾配であるほど土石流発生時の R' が小さくなる傾向を示した。

(2) R' は火山性堆積物、四万十層群、花崗岩の3種類の間で差がみられた。火山性堆積物の分布域では $R'=300\text{mm}$ 前後であったが、他の2つではそれを大きく上回り、四万十層群の分布域で最も大きい値となった。

(3) ④bの事例では、 R' は地形・地質に関わらず、他より顕著に小さい値となった。

まず(1)については、土石流の一般的な傾向とも一致することから妥当な結果といえる。一方、今回の検討では、

斜面勾配の算定(5万分の1地形図を使用)や地質区分の設定(20万分の1シームレス地質図を使用)を大まかにやっていることから、(1)の傾向をより定量的に評価するためには、対象場の有する素因の情報をより詳細に入力して検討する必要がある。

次に(2)については、固結度が低く、とくに含水によって脆弱化しやすい性質の火山性堆積物に比して、固結度の高い四万十層群や花崗岩の分布域でより土石流発生時の R' が大きくなったことは、妥当な結果といえる。土砂災害発生基準としての R' の精度は、地質図幅から得られる表層地質の情報によりさらに向上すると考えられる。

一方、土石流の発生には断層、節理、走向傾斜等の地質構造、表土や植生等の被覆状況や、過去の災害履歴等が大きく影響している。したがって、今後はより詳細な地質情報を用いた検討を行い、それらと今回の結果とを比較して、図幅から得られる地質情報と R' との関連性についてさらに検証する必要がある。

なお、今回の検討結果から、花崗岩の分布域での土石流発生基準は $R'=350 \sim 400\text{mm}$ 程度と見積もられるが、これは中井らによる広島県域での基準値($R'=250\text{mm}$)と比べてもかなり大きい。両者の差の妥当性を議論するためには、本研究で花崗岩地域を対象としたデータは③のみであるため、検証のために事例を増やす必要がある。

最後に(3)については、④bでは対象場の素因がほぼ同じと考えられる近傍の④aに数日間遅れて土石流が発生していることから、崩土の再侵食による土砂移動等、他とは異なる発生機構であった可能性が考えられる。これについては今後詳細なデータを入手し、確認していきたい。

V おわりに

雨量指標 R' と土石流発生との関係から、地形や地質など対象場が有する素因の違いが発生危険度に大きく影響することが確認できた。土砂災害発生基準としての R' の利活用にあたって、それらの素因の情報をどのような形で基準値 R' の決定過程に盛り込むかが今後の課題である。

引用文献

- (1) 鹿児島県土木部砂防課(2007):平成19年梅雨前線豪雨及び台風4号に伴う大隅地方土砂災害
- (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,60(1):pp.37-42
- (3) 産業技術総合研究所(2013):20万分の1シームレス地質図(詳細図)