雨量指標 R’を用いた火山噴出岩地域の土石流発生基準に関する検討

A STUDY ON THE OCCURRENCE CRITERIA OF DEBRIS FLOWS IN VOLCANIC ROCK AREAS USING RAINFALL INDEX R'

蒋　景彩[1]・林 美里[2]・湯浅 恭史[3]・古谷　綱崇[4]
Jingcai JIANG, Misato HAYASHI, Yasufumi YUASA and Tsunataka FURUYA

[1]徳島大学環境防災研究センター（〒770-8506 徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地）
E-mail: jiang@ce.tokushima-u.ac.jp
[2]中部地方整備局　天竜川上流河川事務所（〒399-4114 長野県駒ヶ根市上穂南 7-10）
E-mail: hayashi-m85al@mlit.go.jp
[3]徳島大学環境防災研究センター（〒770-8506 徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地）
E-mail: yuasa.yasufumi@tokushima-u.ac.jp
[4]国土防災技術株式会社高知支店（〒781-0081 高知市北川添 10 番 10 号）
E-mail: furuya@jce.co.jp

***Key Words**: debris flow, occurrence criteria, rainfall index, volcanic rock areas*

1. はじめに

降雨起因の土石流発生は，いわゆる素因としての地形・地質条件に，ある限界以上の外力降雨（誘因）が加わることによって引き起こされる．これまで地質・降雨と土砂災害の関係に着目した研究が数多く行われてきたが，中井ら [1),2)]により提案された長期および短期有効雨量を組み合わせた「雨量指標 R’」が花崗岩地区の土石流発生の判断基準に有効な指標である．

花崗岩地質と並んで土石流が多発するのは火山噴出岩類（文末の付録を参照）の地域である [3)]．著者ら [4)]は火山噴出岩地区の土石流 20 事例を用いて，雨量指標 R’に基づく土石流発生基準の検討を行った．本研究では，火山噴出岩地区で発生した新たな土石流 14 事例 [5),6)]を加えて，当該地質における土石流の発生基準となる雨量指標 R’値を明らかにするとともに，雨量指標 R’の基準値に基づく土石流警戒情報および土壌雨量指数に基づく土砂災害警戒情報の発表タイミングについての比較検討を行う．

2. 雨量指標 R’による土石流発生基準

(1) 雨量指標 R’

土石流の発生には「長期の先行降雨」と「直前の強い降雨」が大きく影響することが知られているが，雨量指標 R’は先行雨量と直前の雨量の影響を一つの指標として表現し，土砂災害の発生危険度を評価したものである [1),2)]．雨量指標 R’が式(1)と式(2)で計算され，先行降雨影響の指標として長期実効雨量，直前の強い降雨影響の指標として短期実効雨量がそれぞれ用いられる．広島周辺のまさ土地帯では土石流発生の基準値が R’=250㎜ であった [1),2)]．

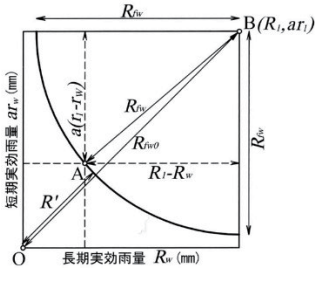


図-1 雨量指標の模式図（中井ら [1)-2)]）

$$R_{fw} = \sqrt{(R_1 - R_w)^2 + a^2(r_1 - r_w)^2} \quad (1)$$

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

ここに, R_w と r_w は長期と短期実効雨量 (mm), R_{fw} は楕円の長径, R_1 と r_1 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**）.

(2) 雨量指標 R’ による土石流発生の基準値

本研究は, 砂防便覧（令和 4 年版）[5]に掲載されている平成 11 年から令和 3 年まで火山噴出岩地域で発生した土石流災害のうち, 発生時間と場所を特定できる 32 事例に, 令和 4 年に火山噴出岩地区（静岡県松崎市と新潟県村上市）で発生した二つの土石流事例 [7),8)]を加えて, 合計 34 事例を対象とした.

中井ら [2)]による 2005 年台風第 11 号の土石流災害の検討事例を参考に, 雨量指標 R’ を計算するためのパラメータを以下のように設定した. 72 時間と 1.5 時間の実効雨量の最大値を考慮し, 基準点を R_1 =750 ㎜, r_1=250㎜ とした. 重み係数を花崗岩地区と同様 α=3 を用いた, なお, 対象 34 事例の降雨パターンから, 3 日間の急激の大雨によって発生した土石流と断続的な降雨の後の大雨（降雨期間 4 日～1 週間以上）によって発生したものがあり, 二つの降雨パターンに大きく分類できることが分かった. ここでは前者の降雨を降雨パターン I, 後者を降雨パターン II と呼ぶこととする.

土石流発生箇所の最寄りの雨量観測所などの雨量データから各事例における土石流発生時点の R’ 値を算定し, 計算結果を**図-2** に示す. なお, 土石流発生の明確な時刻を確認できない数事例については, 発生時間帯における R’ の平均値とした. **図-2** からわかるように, 災害発生時の R’ 値は 191～750㎜ の範囲内にあり, ばらつきが大きいが, R’ ＝200㎜ に達すると土石流が発生し, 250㎜ を超えると発生事例が多くなる. よって, 土石流発生非発生の境界値（基準値）を R’ ＝200㎜ としてよさそうである.

中井ら [1)]は 1999 年 6 月 29 日に広島県西部で発生した土砂災害（土石流 139 件, がけ崩れ 186 件）を含むいくつかの土砂災害事例から, 広島周辺のまさ土地帯では土石流発生の基準値 R’ ＝250㎜ を示している. これと比較すると, 火山噴出岩地区の土石流発生の基準値 R’ （＝200㎜）は花崗岩地区より幾分小さく, 土石流が発生しやすいことが考えられる.

本研究の対象となる 34 事例の時間雨量, 累積雨量と R’ の分布図および土石流発生時刻 [5),6)]から, R’ の最大ピーク値は時間雨量の最大ピーク値とほぼ同時またはその直後に出現するケースがほとんどである

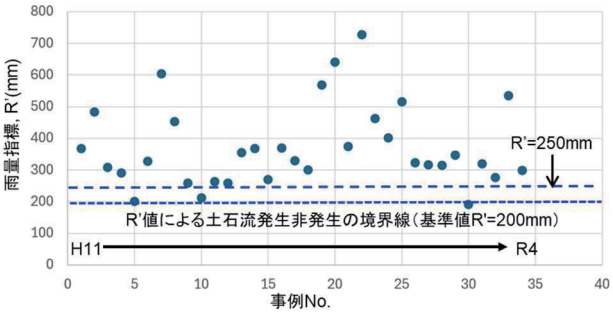


図-2 土石流発生時の雨量指標 R’ の分布（34 事例）

ことが分かった. また, 土石流の発生時刻は R’ の最大値（ピーク値）付近の事例が多いが, 先行降雨の影響が大きく影響する場合は, R’ のピーク値の前に発生するケースもある [5),6)].

3. R’ の基準値による土石流警戒情報の検討

土砂災害警戒情報の発表日時が判明した 9 事例について, 時間雨量, 累積雨量と R’ の分布図および土石流発生時刻を**図-3～11** に示すとともに, 土砂災害警戒情報の発表日時と R’ の基準値による土石流警戒情報の時刻を併記した. 図中の R’ 警戒情報は R’ の基準値に達したときに発表する警戒情報としているが, 避難の余裕時間を考慮し, 基準値 R’=200㎜ に到達する 2 時間前のタイミングを R’ 警戒情報とすることも可能である. この場合は, 従来の土砂災害警戒情報と同様, 2 時間先の予測雨量を使用し, 雨量指標 R’ 値を算出することになる. つまり, 予測した 2 時間後の雨量から基準値 R’=200㎜ を超えるとされたときに R’ 警戒情報を発表することになる.

本研究で設定した R’ 警戒情報を従来の土砂災害警戒情報の発表タイミングと比較すると, 両指標とも土石流が発生する前に発表できることが分かった. **図-3, 4, 6, 8** に示す 4 ケースでは, R’ 警戒情報は土砂災害警戒情報よりも早く発表できるが, 残りの 5 ケースは, R’ 警戒情報の発表タイミングが土砂災害警戒情報より若干遅くなる. なお, 基準値 R’=200㎜ に到達する 2 時間前を R’ 警戒情報としても, 上述した結果は変わらない.

図-5, 7, 9, 10, 11 の 5 ケースでは, R’ 警戒情報は土砂災害警戒情報より遅くなるが, 土石流発生の 1 時間～数時間前に発表できることには意味がある. つまり, 土砂災害警戒情報と R’ 警戒情報を併用し, 複数の雨量指標による警戒情報を発表することによって, 避難を促すためのより確度の高い土石流警戒情報になる可能性があると考えられる.

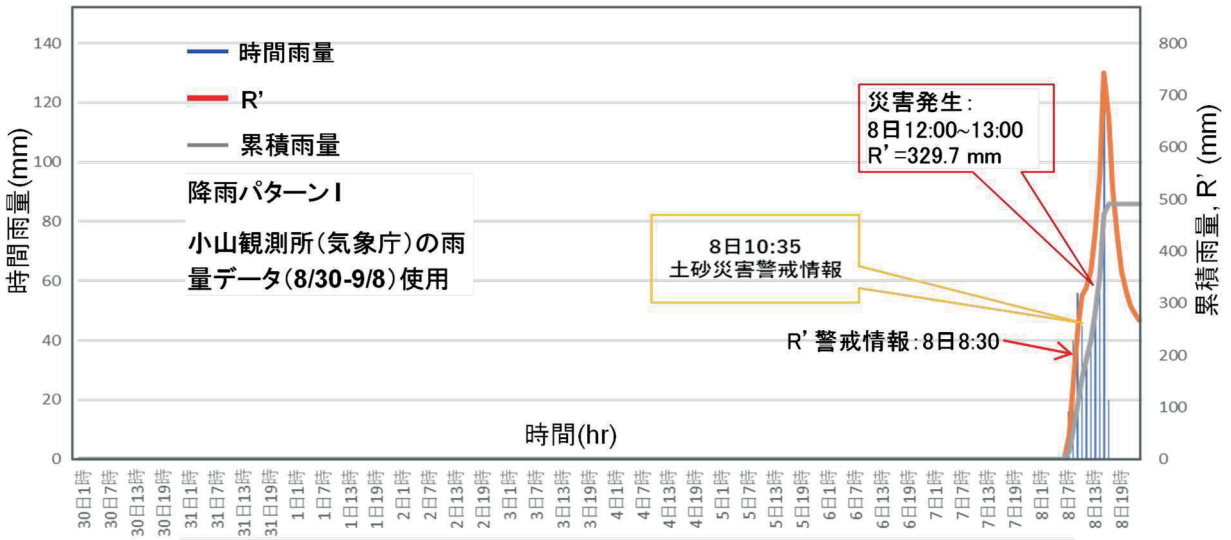


図-3 平成22年9月台風9号による土石流(静岡県小山町)

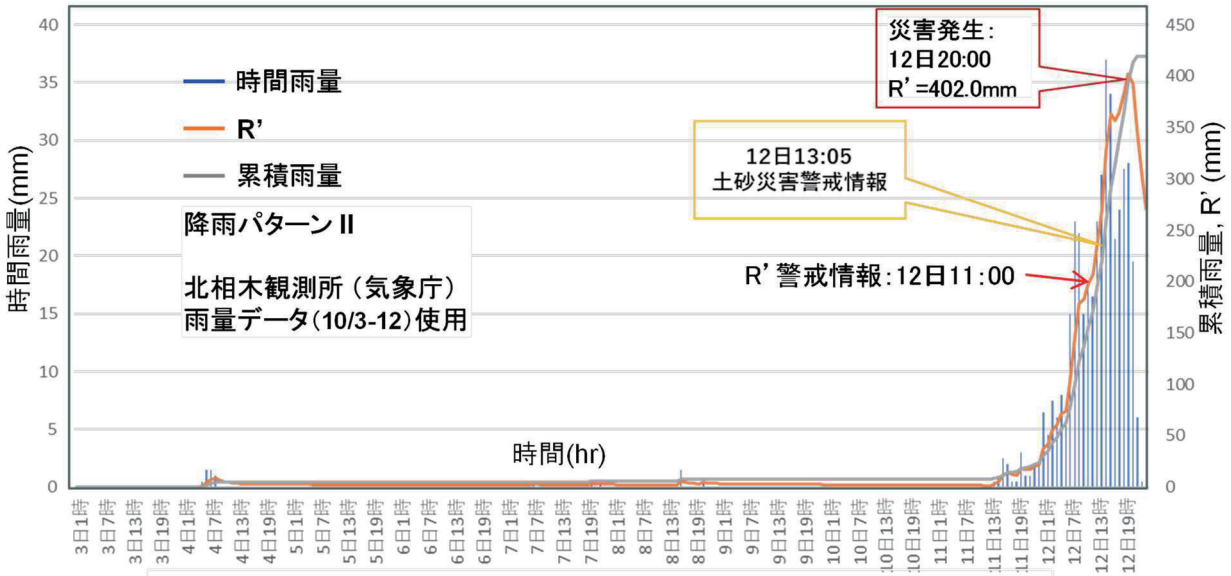


図-4 令和元年10月台風19号による土石流(長野県南佐久郡北相木村)

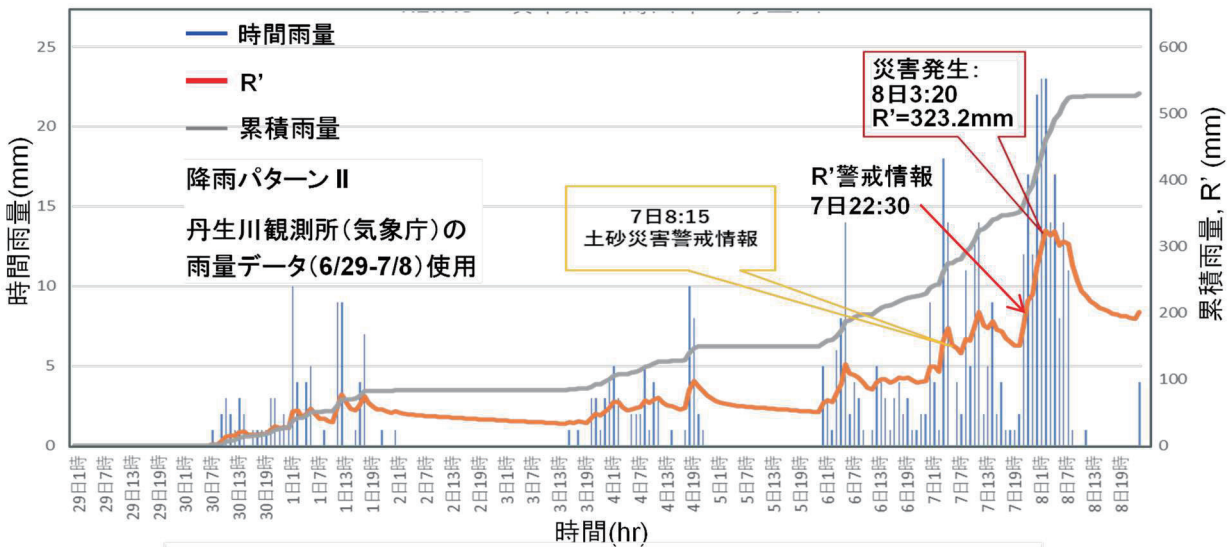


図-5 令和2年6月梅雨前線大雨による土石流(岐阜県高山市)

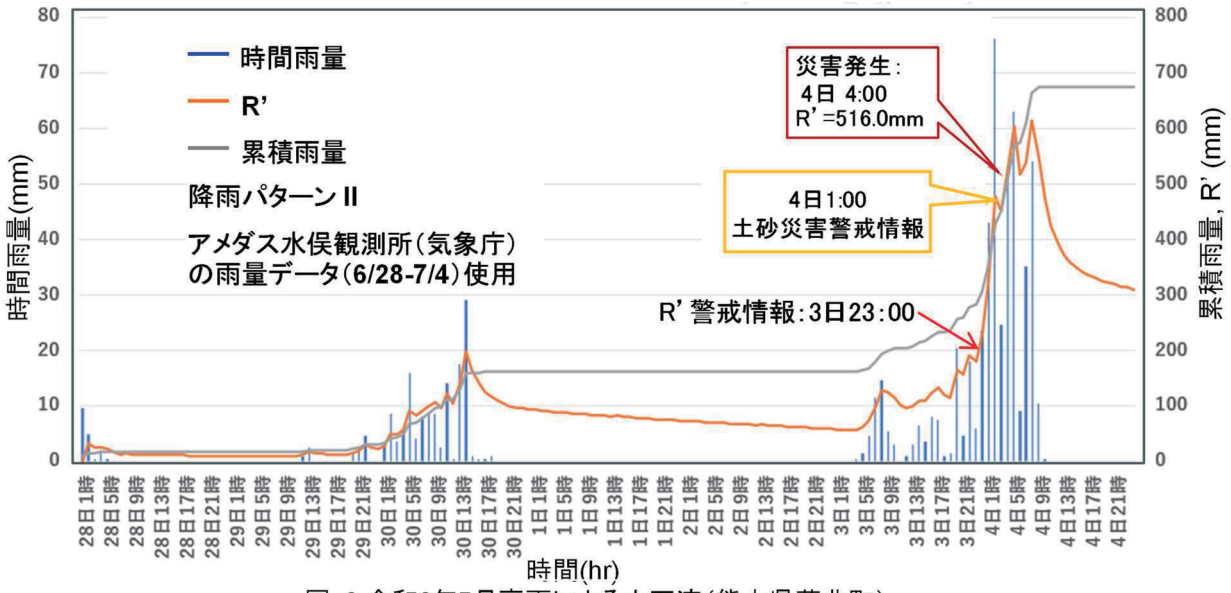


図-6 令和2年7月豪雨による土石流(熊本県芦北町)

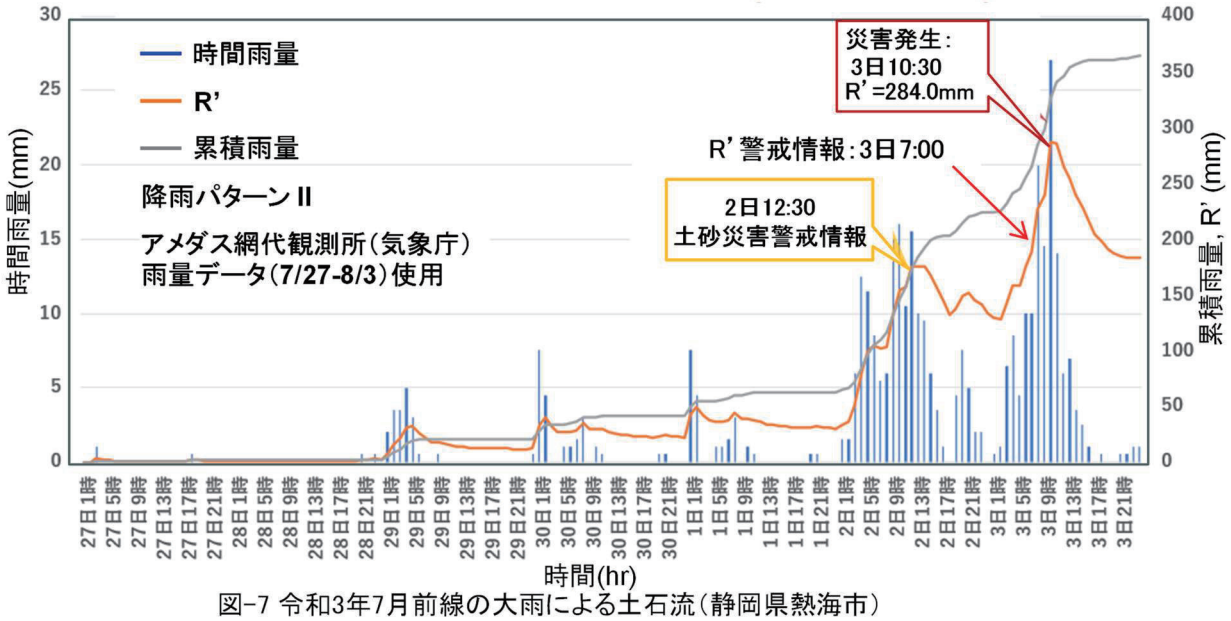


図-7 令和3年7月前線の大雨による土石流(静岡県熱海市)

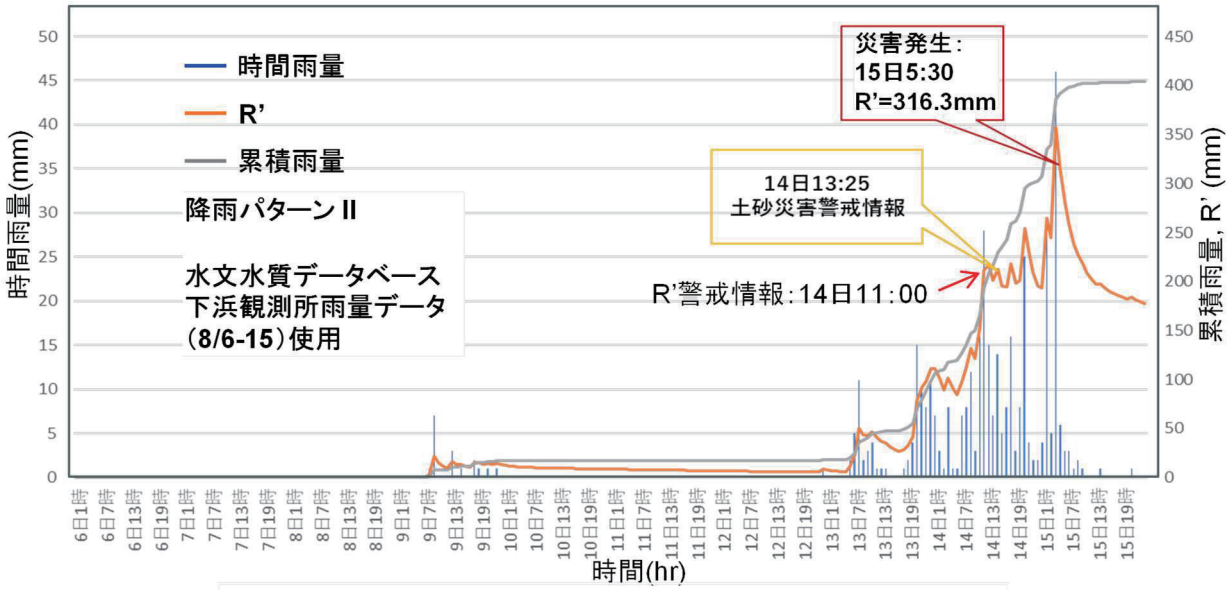


図-8 令和3年8月前線の大雨による土石流(長野県岡谷市)

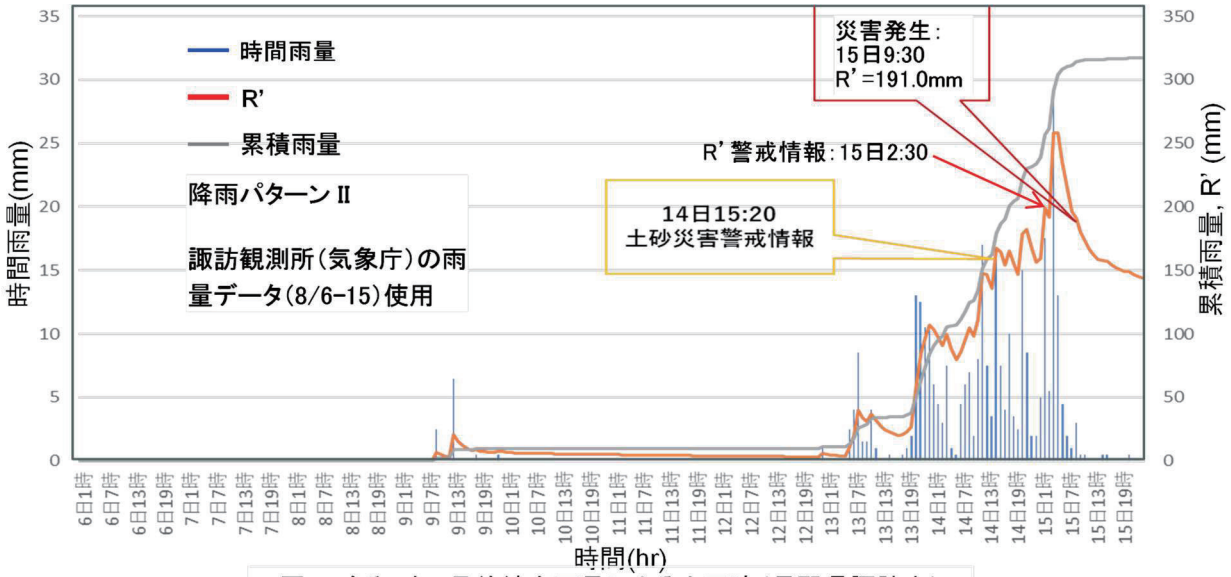


図-9 令和3年8月前線大雨号による土石流(長野県諏訪市)

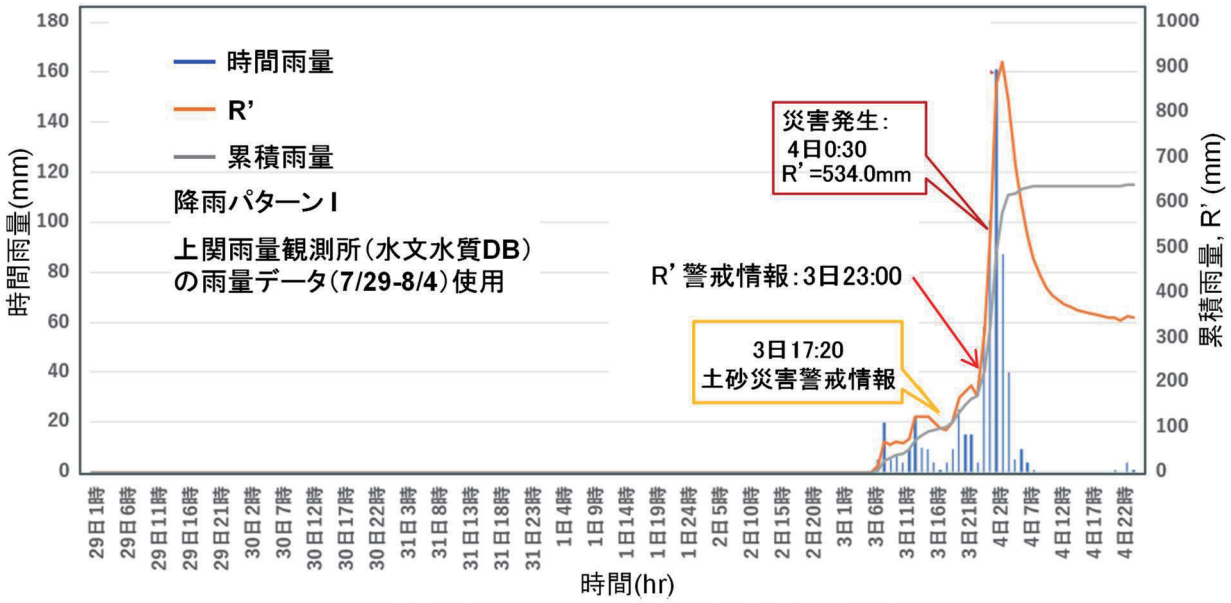


図-10 令和4年8月豪雨による土石流(新潟県村上市)

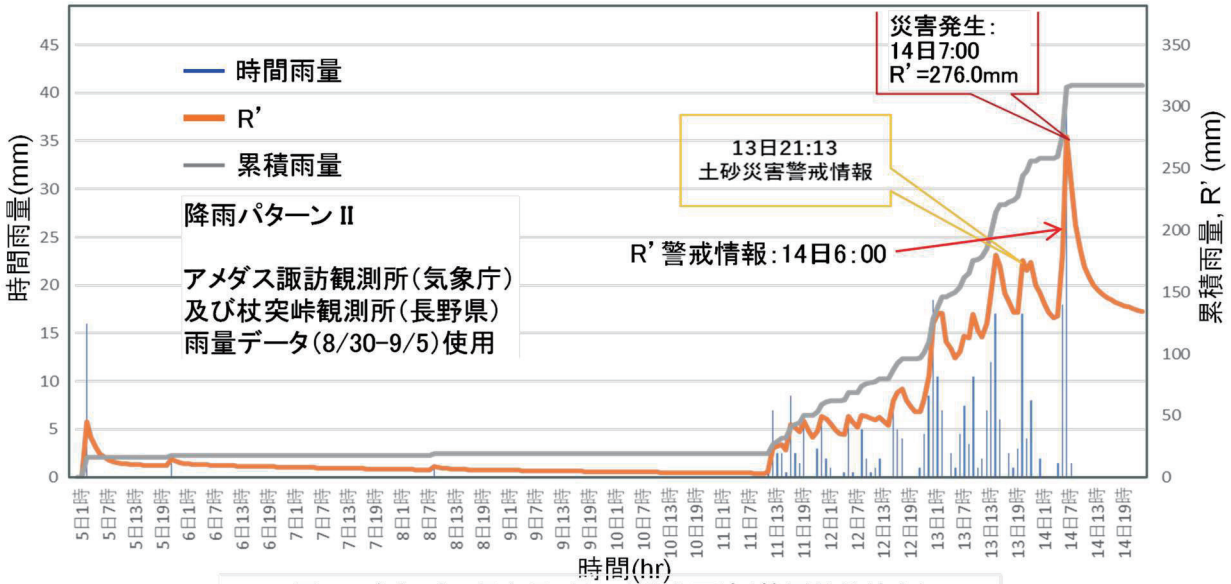


図-11 令和4年8月台風4号による土石流(静岡県松崎市)

4. あとがき

本研究では土石流の発生しやすい火山噴出岩地区で発生した土石流事例について，雨量指標 R’を用いて土石流発生・非発生の境界線（基準値）を検討した．その結果，R’=200㎜に達すると土石流が発生し，250㎜ を超えると発生事例が多くなることが分かった．さらにこの基準値（R’=200㎜）に達したタイミングを土石流警戒情報（R’警戒情報）の発表時刻と設定し，従来の土砂災害警戒情報と比較することでその適用性と有効性を検討・考察した．9 事例に対する検討結果であるが，設定した R’警戒情報は土砂災害警戒情報と同様，土砂災害発生前に発表できること，半数程度の事例では土砂災害警戒情報より早いタイミングで土石流の警戒情報が発表されることが判明した．

本田の研究 [9]によると，降雨特性と土石流発生との関係を表現する上で，R’の有用性は極めて高い．本論では土石流の発生事例のみで R’による警戒情報を検討しているが，今後非発生の事例についても検討する必要がある．さらに R’による土石流発生基準と素因（地質・地形）との関係をより明確化し，土壌雨量指数に基づく土砂災害警戒情報と併用することによって，土石流発生危険度判定の精度向上につながることが期待される．

付録

砂防便覧では，過去の土石流事例は以下の 7 種類の地質で区分・整理されている．1)花崗岩，2)その他の深成岩（閃緑岩，石英閃緑岩，角閃岩，黒雲母岩，斑れい岩，輝緑岩，橄欖岩等），3)火山噴出岩（流紋岩，石英粗面岩，安山岩，玄武岩，黒岩等），4)変成岩（片麻岩，雲母岩，千枚岩，蛇紋岩，珪岩，大理石等），5)古生層，中生層，6)第三紀層，7)第四紀層（洪積層，沖積層）．本論に用いている火山噴出岩は砂防便覧の用語をそのまま引用した．なお，砂防便覧（平成 26 年版）に掲載されている平成 8 年～24 年の土石流事例数は石川 [10]により地質区分ごとに整理されている．

参考文献

1) 中井真司，海堀正博，佐々木康，森脇武夫：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 pp．37-42，2007.

2) 中井真司，海堀正博，佐々木康，森脇武夫：雨量指 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．4-10，2008.

3) 一般社団法人 全国治水砂防協会：砂防便覧（平成 26 年版），2014.

4) 蒋 景彩，大上侑真，湯浅恭史：雨量指標 R’を用いた土石流発生基準に関する検討―火山噴出岩地質の場合―，令和 7 年度自然災害フォーラム論文集，pp．7-16，2025.

5) 一般社団法人 全国治水砂防協会：砂防便覧（令和 4 年版），2024.

6) 林 美里：雨量指標 R’による土石流発生基準に関する検討−中部地方 5 県の事例を対象に−，徳島大学卒業論文，2024.

7) 静岡県：令和４年長野県内で発生した主な土砂災害，https://www.pref.nagano.lg.jp/sabo/infra/sabo/dosha/kiroku/documents/r4dosyasaigai.pdf，2024 年 9 月閲覧.

8) 新潟県：令和 4 年 8 月 3 日からの大雨による災害と被害の概要，https://www.pref.niigata.lg.jp/site/saigai-archive/heavy -rain-in-august2022.html，2024 年 9 月閲覧.

9) 本田尚正：降雨および地質特性と土石流発生に関する一考察，土木学会論文集 B1（水工学），Vol．72，No．4，pp．I_241-I_246，2016.

10) 石川芳治：流域面積，降雨量，地質が土石流の流出土砂量・ピーク流量に与える影響と確率的手法を用いた流出土砂量・ピーク流量の推定法，砂防学会誌，Vol．73，No．5，pp．15-26，2021.

（2026.5.29　受付）