

土砂災害発生予測精度向上に向けた素因特性ごとに適した降雨指標の検討

国土技術政策総合研究所 ○戸舘 光, 村田 郁央, 鈴木 大和, 野呂 智之
アジア航測株式会社 秋山 怜子, 松田 昌之

1. はじめに

現在の土砂災害警戒情報は、「都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き 平成 17 年 6 月（平成 27 年 2 月改訂）」、「土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案) 平成 13 年 9 月」に従い、全国で設定・運用されている。また、土砂災害警戒情報の運用開始後、1km メッシュで解析雨量、土壌雨量指数が整備されており、気象庁から発表される気象情報等はこれらに基づく情報である。

土砂災害警戒情報を発表するための、警戒避難基準雨量を設定する手法は、昭和 48 年頃から検討されてきており、特に土石流の発生と降雨量との関係については多くの検討がなされてきた。

解析雨量と土壌雨量指数に基づく土砂災害警戒情報が運用されている一方で、実際の斜面における降雨流出や斜面状態を示す指標として、矢野案（半減期を用いた実効雨量）をもとに、土砂災害発生限界の検討も実施されてきている。代表的な研究として、中井ら¹⁾による R' を用いた検討、小杉ら²⁾による方法があり、いずれも従来の土砂災害警戒避難基準雨量設定に従った短時間降雨指標と長時間降雨指標による 2 軸による評価を 1 つの指標または閾値で評価しようとした取り組みである。一方、林ら³⁾は、現在の土壌雨量指数に採用されている三段タンクモデルに対して、地域の降雨特性に応じた任意のパラメータを持つ一段のタンクモデルによる実効雨量として評価しようとしている。

2. 研究目的

先述した土砂災害警戒情報は、空振りや捕捉できない災害は完全には無くなっておらず、更なる精度向上が求められている。これらの一因として、現在の土砂災害発生予測手法がうまく機能しない一定の地質・地形条件が存在することが考えられ、素因条件に依らずパラメータが一律に設定されている土壌雨量指数では、特定の条件で発生する災害の予測には対応できていない可能性がある。

そこで、本検討では土砂災害発生予測手法の精度向上の可能性を探るため、災害が発生したときの土壌雨

量指数や半減期の異なる実効雨量等複数の降雨指標について分析し、素因特性に応じた土砂災害発生予測に適した降雨指標について検討を行った。

3. 研究方法

3.1 検討の流れ

本検討は図 1 のフローに従い実施した。

対象災害として 2001 年～2016 年までで、位置情報が確かなものを約 1000 件選定した。災害発生時刻については約半数が不明確であるため、降雨イベントの最初に雨量 1mm を記録した時刻を災害発生時刻とした。選定した災害が発生した第 3 次メッシュについて、シームレス地質図、10mDEM を用いて、地質等の素因特性の代表値を抽出した。降雨指標は、1988 年～2016 年の解析雨量データを用い、半減期 1h～1344h の実効雨量について算出を行った。本検討では各降雨指標の卓越性を相対的に評価するため、降雨指標の履歴順位について整理・分析を行った。なお、履歴順位は降雨イベント中の最高順位を用いた。

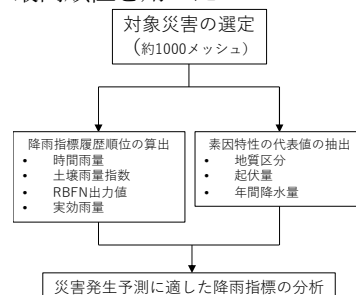


図 1 検討フロー

3.2 降雨指標の適合性検討

本検討における対象災害は、これまでの災害報告等より位置情報が確認できた災害を抽出している。そのため、一般に用いられる捕捉率・空振り率といった指標による評価は難しい。そこで、以下の 2 つの視点によって、素因特性ごとに災害発生時に卓越する降雨指標を抽出する。このとき、特に実効雨量の半減期に着目する。

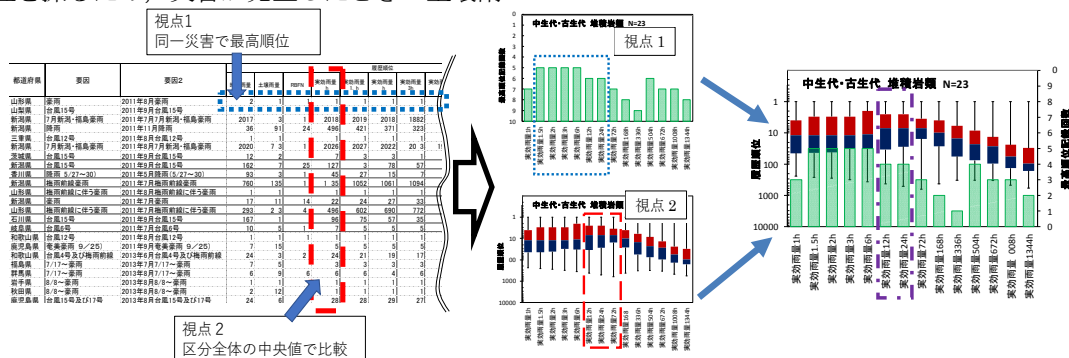


図 2 降雨指標の適合性評価

表 1 降雨指標の適合性検討結果

最大順位率	サンプル数	時間雨量	土壌雨量	RBFN	実効雨量													
					半減期 1h	半減期 1.5h	半減期 2h	半減期 3h	半減期 6h	半減期 12h	半減期 24h	半減期 72h	半減期 168h	半減期 336h	半減期 504h	半減期 672h	半減期 1008h	半減期 1344h
新生代 堆積岩類	131	0.17	0.43	0.31	0.24	0.28	0.27	0.27	0.26	0.26	0.28	0.22	0.21	0.18	0.11	0.10	0.08	0.06
中生代・古生代 堆積岩類	23	0.13	0.43	0.22	0.13	0.22	0.22	0.22	0.22	0.17	0.17	0.13	0.09	0.04	0.17	0.13	0.13	0.09
新生代 付加コンプレックス	16	0.25	0.44	0.19	0.19	0.25	0.31	0.38	0.31	0.13	0.19	0.19	0.13	0.19	0.19	0.19	0.19	0.13
中生代・古生代 付加コンプレックス	75	0.19	0.48	0.31	0.20	0.28	0.28	0.29	0.28	0.28	0.24	0.17	0.20	0.13	0.11	0.09	0.08	0.09
新生代 火山性未固結堆積物	6	0.00	0.50	0.50	0.17	0.33	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.17	0.17
新生代 火山岩類	98	0.26	0.33	0.40	0.32	0.31	0.33	0.34	0.33	0.30	0.22	0.19	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05
中生代・古生代 火山岩類	17	0.12	0.65	0.24	0.29	0.29	0.29	0.29	0.35	0.35	0.35	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	0.00
新生代 深成岩類	16	0.13	0.63	0.38	0.13	0.19	0.31	0.38	0.38	0.44	0.44	0.38	0.25	0.25	0.25	0.31	0.31	0.31
中生代・古生代 深成岩類	51	0.20	0.55	0.25	0.16	0.18	0.22	0.24	0.25	0.27	0.27	0.20	0.10	0.12	0.08	0.08	0.06	0.06
中生代・古生代 変成岩類	18	0.33	0.44	0.33	0.28	0.17	0.17	0.17	0.22	0.17	0.17	0.22	0.17	0.06	0.11	0.06	0.06	0.06

災害カバー率	サンプル数	時間雨量	土壌雨量	RBFN	実効雨量													
					半減期 1h	半減期 1.5h	半減期 2h	半減期 3h	半減期 6h	半減期 12h	半減期 24h	半減期 72h	半減期 168h	半減期 336h	半減期 504h	半減期 672h	半減期 1008h	半減期 1344h
新生代 堆積岩類	131	0.55	0.73	0.63	0.59	0.61	0.61	0.62	0.65	0.63	0.60	0.56	0.46	0.32	0.24	0.21	0.15	0.12
中生代・古生代 堆積岩類	23	0.35	0.61	0.48	0.48	0.43	0.43	0.48	0.48	0.61	0.61	0.57	0.57	0.35	0.30	0.22	0.17	0.13
新生代 付加コンプレックス	16	0.56	0.81	0.63	0.63	0.63	0.63	0.69	0.75	0.75	0.63	0.69	0.50	0.38	0.19	0.19	0.25	0.25
中生代・古生代 付加コンプレックス	75	0.49	0.71	0.64	0.61	0.63	0.67	0.67	0.71	0.68	0.64	0.63	0.45	0.35	0.25	0.19	0.13	0.15
新生代 火山性未固結堆積物	6	0.33	0.83	0.67	0.50	0.50	0.50	0.50	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.33	0.33
新生代 火山岩類	98	0.53	0.69	0.63	0.57	0.58	0.59	0.58	0.61	0.60	0.58	0.51	0.44	0.31	0.22	0.15	0.11	0.09
中生代・古生代 火山岩類	17	0.59	0.88	0.82	0.53	0.59	0.59	0.65	0.71	0.71	0.71	0.71	0.65	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06
新生代 深成岩類	16	0.56	0.81	0.56	0.50	0.50	0.56	0.69	0.75	0.75	0.75	0.75	0.63	0.56	0.44	0.38	0.38	0.31
中生代・古生代 深成岩類	51	0.41	0.78	0.55	0.53	0.57	0.59	0.57	0.67	0.71	0.75	0.69	0.51	0.22	0.18	0.16	0.12	0.08
中生代・古生代 変成岩類	18	0.44	0.72	0.72	0.61	0.67	0.61	0.67	0.72	0.72	0.72	0.61	0.50	0.44	0.44	0.22	0.11	0.06

抽出された実効雨量

抽出された実効雨量よりも数値が高い土砂災害警戒情報の指標（1時間雨量、土壌雨量指数、RBFN）

視点 1：単一の災害において、最も高い履歴順位を記録した降雨指標

履歴順位が相対的に高い順位の降雨指標が災害発生に影響を及ぼす可能性があると考える見方。土砂量の小さい災害においても、卓越する指標が評価できる。

視点 2：同一素因で発生した複数の災害において、相対的に高い履歴順位の分布を持つ降雨指標

より高い履歴順位で発生した降雨指標が災害発生に影響を及ぼす可能性があると考える見方。降雨指標ごとの履歴順位の高さを評価できる。

以上 2 つの視点による整理イメージを図 2 に示す。

また、素因特性ごとの各降雨指標について整理する際には、卓越する指標の抽出と同様の視点から以下の 2 つの指標により評価した。

視点 1：最大順位率（＝同一災害において最高履歴順位を記録した回数／対象災害数）

視点 2：災害カバー率（＝履歴順位 10 位以内を記録した回数／対象災害数）

さらに、各地質区分の特徴的な災害について災害発生時の時系列変化について確認した。各地質区分において、卓越すると思われる降雨指標において履歴順位が高い災害（2 例）、卓越する降雨指標の履歴順位が低い災害（1 例）を例にあげ、ハイエトグラフ、実効雨量・降雨指標の履歴順位の時系列変化を整理し、降雨状況を確認した。

4. 研究結果

素因特性ごとに卓越する降雨指標を分析した結果を表 1 に示す。どの抽出基準においても概ね半減期 3h～24h の指標が適合性が高いという結果となった。また、災害カバー率でみると半減期 6h 以上の指標が多かった。特異的な点として、新生代火山未固結堆積物が、災害カバー率において半減期の長い指標で高い率を示している。ただし、これは対象が 6 サンプルと少ない上、規模の大きい降雨による災害が大きかったために、見かけ上長い降雨指標が卓越しているように見えるためと考えられる。

また、全体として素因ごとに卓越する降雨指標は、

個別災害において相対的に履歴順位が高い指標、同一素因区分において災害が発生した履歴順位が高い指標、いずれの場合においても、土壌雨量指数が卓越していた。さらに特徴的な災害について時系列変化を確認すると、いずれの降雨指標でも履歴 10 位以内を記録するような大規模降雨の場合、履歴順位が同時に高くなり、降雨指標の評価に差がつかなかった。その一方で、降雨減少時には半減期の違いによって差が出やすかった。

5. おわりに

本検討より、災害発生箇所を地質等により区分した場合に、実効雨量が災害発生予測に適用できる可能性がある区分が存在することが示唆された。ただし、いずれの区分に置いても土壌雨量指数が他の指標よりも卓越していたことから、土壌雨量指数が全国を網羅する指標として適しているといえる。

また、降雨指標の履歴順位時系列変化を整理した結果から、降雨減少時に半減期による差異が存在するため、豪雨後に再び降雨イベントが発生するようなケースでは実効雨量が災害発生の評価に適していると考えられる。

さらに、半減期が非常に長い実効雨量が卓越する区分について考えた場合、こういった区分の地域では土壌雨量指数での評価が難しいため、災害発生予測に半減期の長い実効雨量を活用することが期待できる。そのため、今後は事例の収集（特に少雨が長く続いた後の災害）と、さらに詳細な素因区分による半減期の長い実効雨量が卓越する区分の明確化が課題である。

<参考文献>

- 1) 中井ら：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.37-42，2007
- 2) 小杉賢一朗：斜面崩壊の誘引となった降雨の評価手法，砂防学会誌，Vol.67，No.5，p.12-23，2015
- 3) 林ら：最近の土砂災害における実効雨量の係数の特性について，砂防学会誌，Vol.66，No.2，p.31-39，2013