

降雨データから斜面崩壊発生時期を予測する方法

— 警戒・避難警報の指標 —

森林総合研究所九州支所 河合 英二
水谷 完治
竹下 幸

1. はじめに

土砂災害による人身事故を軽減するためには土木的な工事だけでなく災害の発生時期を予測し住民を避難誘導させることが重要である。災害の発生を予測するには特定の斜面に対してひずみ計のデータや安定解析式を適応させて降雨条件を考慮して予測する方法と斜面を特定せずある広い地域に対して降雨の危険指標を導きだし、危険指標に到達する時刻から推定する方法がある。広い地域の住民を対象にする場合には、いまのところ後者の方法が有効と考えられる。

2. 研究の方法と結果

長崎市を対象に、過去に災害を引き起こした降雨の特性を解析し、災害発生危険雨量を基準化、指標化し、発生時期を予測する。長崎市の災害は素因に開発の因子が加わって発生しているものが多数認められ、本来の自然斜面の災害発生雨量より低い数値となっている。この数値に安全率、災害規模等を考慮してそれぞれ2段階に分けた警戒・避難指標を考える。

警戒警報は全ての災害発生の前に発令するため、安全率の高い方から警戒指標1(WL.1)、警戒指標2(WL.2)とする。避難指標1(E.1)は小規模災害の発生前に避難することを目標にし、避難指標2(E.2)は「1965年7月災害」程度(中災害)の発生前に避難することを目標にする。

災害発生雨量の基準値を求める方法として、ここでは①1時間雨量強度-累加雨量の組合せによる方法、②実効雨量による方法、③タンクモデルによる方法の3つの場合について検討した。なお、長崎市の災害発生に対する最適実行雨量半減期やタンク貯留量の検討は資料数の不足から十分には出来なかったが、比較的災害発生と対応関係のよい48時間半減期による実行雨量と、1と2と3段階貯留量を加えたタンク貯留量(S1+2+3)を採用した。

① 1時間雨量強度と累加雨量の組合せによる方法

豪雨による土砂災害は、多量の累加雨量があった後

に強い雨が降る時に発生するが多い。そこで雨量要因を直前の雨量強度Y(mm/hr)とそれ以前の累加雨量Xの二つに分けてこの両者がどのような状況下にある時に現実の災害が発生しているかを検討した。結果は図-1に示すとおりである。なお、連続雨量に先行降雨の実効雨量を加えて累加雨量とした。連続雨量は24時間連続して1.0mm未満の降水量の場合、これを連続雨量の切れ目とし、先行降雨は鈴木による実効雨量式³⁾に半減期48時間を採用し実効雨量として求めた。図中の△-●印は自然斜面、△-○印は何等かの人為改変があった斜面で後者の場合に少ない雨でも災害が発生していることが認められる。

一般に累加雨量(Y)が多い場合には、小さい雨量強度(X)でも災害が発生し、逆に累加雨量が少ない場合には大きい雨量強度がないと災害が発生しない。この関係が近似的に $Y=a+b/x^2$ で表わされるものとして、警戒、避難の雨量指標を設定すると次のとおりである。

警戒指標1(WL.1): $Y=3.33+347000/X^2$

警戒指標2(WL.2): $Y=6.67+533000/X^2$

避難指標1(E.1): $Y=15.33+746700/X^2$

避難指標2(E.2): $Y=19.84+1625000/X^2$

上記によって求めた各曲線を図-1に併記している。この図上に対象の降雨をプロットし、各警戒・避難指標の境界線に達した時点で避難・警戒警報を発令する。

② 実効雨量による方法

実効雨量は鈴木³⁾の計算式から求めた。

雨量と実効雨量の変化の1例を図-2に示す。

土砂災害の発生時刻が確認できなかった場合は1時間最大降雨強度を記録した前後の時刻を発生時刻と推察した。開発によるマイナス災害を含めると半減期48時間では、118~203mmの間で災害が発生している(表-1)。これらの数値から警戒指標1(WL.1)は実効雨量90mmに設定した。次に、災害の発生時の最小実効雨量が118mmであることから、警戒指標2(WL.2)は100mmに設定した。また、小災害は149mm以上から、中災害は208mm以上から発生して

Eiji KAWAI, Kanji MIZUTANI and Miyuki TAKESITA (Kyushu Res. Center, For. and Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860)

Methods of study to predict the time of slope failure based on record of observed rainfall. Rainfall indices for warning and evacuating program

いるものと推察されるので、避難指標1 (E.1)は130mmに、避難指標2 (E.2)は180mmに設定する。

③ タンクモデルによる方法

タンクモデルが、崖崩れ発生の限界雨量の推定にも有効であることは既に確かめられている^{3, 4)}。タンクモデルを用いる場合はその構造と諸定数を流域に適合させる必要があるが、長崎市では観測資料もないことから、小葉竹ら²⁾の火山岩のモデルを適用した。このタンクモデルの遅れ時間は1時間となっているが、小面積の山腹崩壊も対象とすることを考慮して、遅れ時間については無視して取り扱った。

道上の例⁴⁾のとおり最初に3段目の貯留量は10mm, 1, 2段目は0とした。タンクの貯留量の変化も実効雨量の変化と同様に降雨強度の大きい雨が連続すると大きくなり、雨が止むと次第に減少する。

災害はS (1+2+3) 貯留量では140~184mmの間で発生している (表-1)。

警戒指標1 (WL. 1) は, S (1+2+3) が110mm, 警戒指標2 (WL. 2) は120mmに設定する。

小災害は150mm以上から, 中災害は184mmから発生しているものと推察されるので, 避難指標1 (E. 1) は135mm, 避難指標2 (E. 2) は160mmに設定する。

3. まとめ

実際の降雨の場合は10分間隔ぐらいに降雨データをインプットする。ここで「57, 7長崎災害」で最も早く土砂災害が起こった芒塚の災害 (20時15分頃) における警報が発令される時刻を検証してみた。

降雨資料は, 分単位で同じ降雨強度が続いたものと仮定して発令時刻を分単位に補正計算したら (表-2)。これによれば, いずれの方式の基準雨量でも芒塚地区の災害発生前に発令されることになる。

参考文献

- (1) 河合英二: 98回日林論, 615~616, 1987
- (2) 小葉竹重機・石原安雄: 土木論集, 337, 129~135, 1983
- (3) 鈴木雅一・小橋澄治: 新砂防, 121, 16~26, 1981
- (4) 道上正規・小橋澄治: 文部省科研費自然災害特研報, 昭57, 57~74, 1982

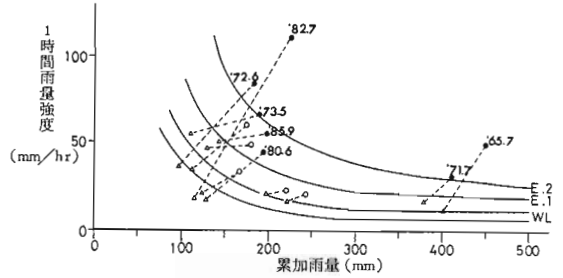


図-1 警戒・避難警報のためのチャート

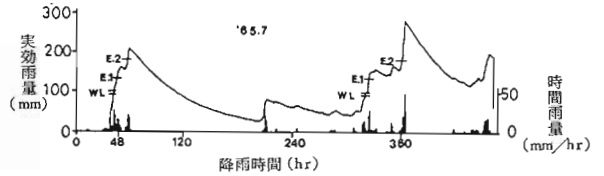


図-2 長崎市の実効雨量と警戒・避難指標 (半減期: 48 hr)

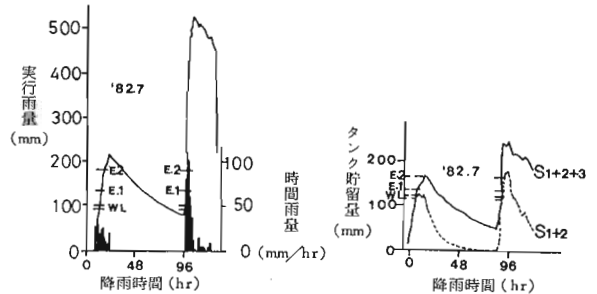


図-3 長崎市の実効雨量と警戒・避難指標

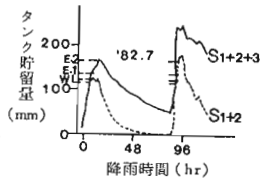


図-4 長崎市のタンク貯留量と警戒・避難指標

表-1 災害発生時の実効雨量・タンク貯留量および最大実効雨量・タンク貯留量

	災害発生時の実効雨量・タンク貯留量 (mm)		最大実効雨量・タンク貯留量 (mm)		災害の規模
	実効雨量	タンク貯留量	実効雨量	タンク貯留量	
1963.07	171	168	202	176	開発災害
1965.07	208	184	284	236	中災害
1971.07	190	170	276	229	開発災害
1972.07	145	140	217	172	小災害
1973.05	173	164	202	164	小災害
1976.09	165	156	165	156	開発災害
1980.06	173	159	284	204	小災害
1981.06	149	147	243	167	小災害
1982.07	193	172	532	251	大災害
1985.06	118	165	203	165	開発災害

表-2 警戒・避難発令時刻

	時間雨量-累加雨量	実効雨量	タンク貯留量
警戒警報 (WL.1)	19h05m	17h以前	19h12m
警戒警報 (WL.2)	19 12	18 18	19 16
避難警報 (E. 1)	19 20	19 20	19 20
避難警報 (E. 2)	19 34	19 37	19 32