

四国における土石流発生降雨の検討

四国地方建設局 河川計画課 正員 芦田義則

1. まえがき

総合的な土石流対策の一環として警戒避難体制の整備が求められている。警戒避難のためには、土石流発生降雨の目安雨量を得ることが重要な課題となっている。そこで、四国地方で土石流が発生した73ヶの降雨資料をもとに検討を行ったので報告する。

2. 発生降雨の整理

同一の降雨で複数の事例がある場合には、パターンの類似したものについてまとめ27ヶの降雨パターンを採用した。地質については花崗岩地域のものそうでないものとに分けた。

降雨を説明する変数は図-1に示すように定義し、整理した。なお複数の変曲点がある場合には最後の変曲点までを初期降雨とした。

3. 変数の特性

1) 連続降雨の最小値は

86.5mmであった。

2) 最大1時間雨量の最低値は

13mm/hrであった。

3) 最大1時間降雨と連続降雨の相関係数は

0.03と低く、

下限値を $I = R/T$ の式で包絡する

こともできなかった。

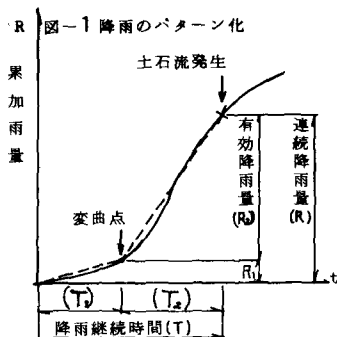
4) (初期降雨強度/有効降雨強度) > 2 となった。

5) 初期降雨強度は10mm/hr以下であった。

6) 有効降雨強度の最小値は5.2mm/hrであった。

7) 分散分析によって変数(特性値)に対する因子(地域差, 地質差, 初期降雨等)の有意性を検討した(表-1)。この結果, 地域差, 地質差は変数に対し有意な差があることが判った。各変数の地域差について分散分析を行うと表-2のようになった。なお花崗岩地帯での土石流発生事例はすべて愛媛, 香川県に含まれている。

8) 降雨強度比 ($\sigma = I_2/I_1$) と R_1 の関係を調べると池谷の式が適用できることが判った(図-3)。



T_1 : 初期降雨継続時間
 T_2 : 有効降雨継続時間
 R_1 : 初期降雨雨量
 $I = R/T$: 平均降雨強度
 $I_1 = R_1/T_1$: 初期
 $I_2 = R_2/T_2$: 有効
 $\sigma = I_2/I_1$: 降雨強度比

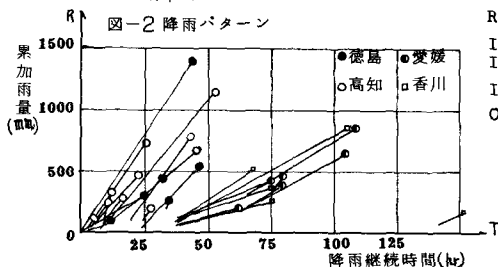


表-1 分散分析による有意性の検討

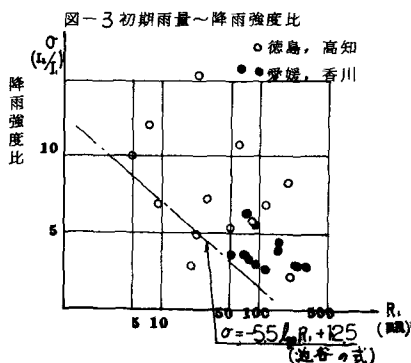
変数	因子	地域差	地質差	R_1		T		T_2	
				果別	花崗岩	$\leq 50 \text{ mm}$ $> 50 \text{ mm}$	$\leq 50 \text{ hr}$ $> 50 \text{ hr}$	$\leq 10 \text{ hr}$ $> 10 \text{ hr}$	
全データ	T	○	○	—	—	—	—	—	
	I_1	○	○	—	○	—	—	—	
	T_2	×	×	×	—	—	—	—	
	I_2	○	○	○	—	—	—	—	
下限値	I	×	×	—	×	—	—	—	
	I_2	○	×	×	—	—	○	—	

○ 有意

表-2 分散分析による地域分類

変数	高知	徳島	愛媛	香川
T	$\bar{T} = 29.0$	$\bar{T} = 91.0$		
I	$\bar{I} = 17.2$	$\bar{I} = 5.4$		
I_2	30.9	$\bar{I}_2 = 16.8$		

(全データ)



4. 土石流発生条件式の検討

1) $T \sim I$ 関係: 連続雨量に関する土石流発生条件式を検討するため $T \sim I$ 関係を調べた。これより下限値と包絡する曲線として、 $I = 60.49 / T^{0.714}$ (式-1) と得た (図-4)。

2) $I_2 \sim T_2, R_1$ 関係: $I_2 = \alpha / T_2^n / R_1^m$ ($\alpha, n, m > 0$) の形で土石流発生条件を表現することを考えた。しかし、 R_1 は I_2 の下限値に対して有意な因子となっておらず、 I_2 と R_1 の下限値には $I_2 \propto 1/R_1^m$ の関係が見い出せなかった (図-5, 図-6)。

そこで、 $I_2 = \alpha / T_2^n$ ($\alpha, n > 0$) の形で土石流発生条件式を作成した。これより次の3式を得た。

$$I_2 = 53.41 / T_2^{0.655} \quad (\text{全データ下限値を包絡}) \quad (\text{式-2})$$

$$I_2 = 46.90 / T_2^{0.490} \quad (\text{花崗岩地帯のデータを除く}) \quad (\text{式-3})$$

$$I_2 = 34.87 / T_2^{0.178} \quad (\text{高知県の下限値を包絡}) \quad (\text{式-4})$$

なお、条件式について分散分析を行うと (式-1) ~ (式-3) は有意だが (式-4) は有意とは言えず、また、(式-2) と (式-3) の間に有意な差を認められなかった。

(式-2) ~ (式-4) の使用に当っては、変曲点の認定が困難であるため、 n 時間前の降雨と (式-2) ~ (式-4) の照合を逐次行う必要がある。

5. 気象通報発令基準との関係

各県の大雨注意報および大雨警報を降雨強度曲線化したものと土石流発生条件式の比較を行った (図-8)。これによると土石流発生条件式は注意報と警報の中間に位置している。なお、気象通報の発令基準は高知、愛媛、香川については山地部、徳島については南部のものを採用した。

6 おわりに

1) 降雨には図-2に見られる違いがあり、例えば、愛媛、香川で高知に見られるような強度の強い降雨があった場合の土石流発生の有無についてはさらに検討する必要がある。

2) 降雨規模と土石流の発生確率と対応づけるには、土石流の発生しなかった降雨を含めて検討する必要がある。

3) さらに精度の良い条件式を作成するためには、溪流の持つ素因、さらに細かい地域割を行った降雨パターンの検討が必要となる。

4) $R_1 \leq 50 \text{ mm}$ の降雨はすべて徳島・高知の資料であり、 $I_2 \sim R_1$ の有意差には地域差の因子が大きく寄与している。そこで、高知・徳島と愛媛・香川のデータに分けて考えると、 $I_2 \propto R_1$ の関係となった (図-5)。これより、土石流の発生に関する降雨の条件は、 I_2, T_2 のみであると考えられるが、断定はできない。

参考文献

- 1) 瀬尾克美; 船崎昌雄 土石流と降雨量について、新砂防 89, 昭和48年
- 2) 池谷 浩; 降雨強度による土石流からの避難基準に関する一私案、新砂防 94, 昭和49年

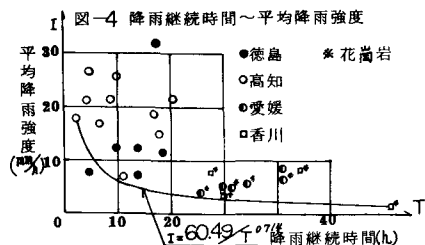


図-4 降雨継続時間～平均降雨強度

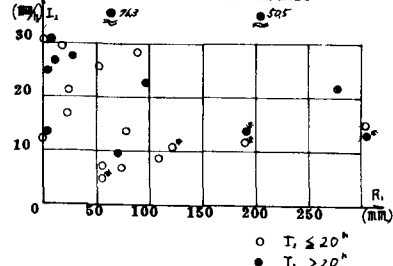


図-5 初期雨量～有効降雨強度

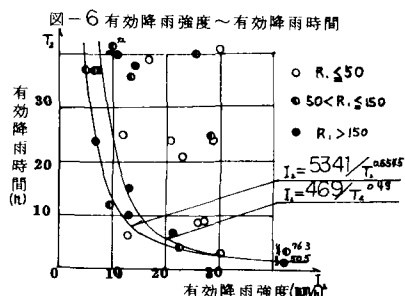


図-6 有効降雨強度～有効降雨時間

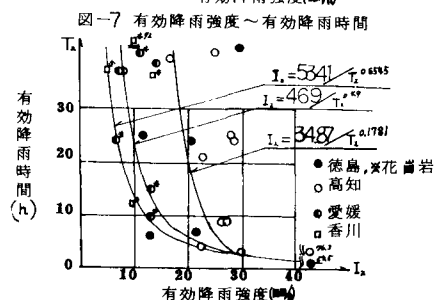


図-7 有効降雨強度～有効降雨時間

図-8 気象通報発令基準～土石流発生条件式

