

建設省土木研究所

○瀬尾克美 万膳英彦

国際航業株式会社

塩島由道

1. はじめに

土石流対策として警戒・避難体制の整備の重要性が特に最近指摘されている。そして、警戒・避難を実施するための基準として最も適当なものは降雨であると思われる。今回はこの降雨の資料をいかに整理すれば警戒・避難体制に利用しやすいかを ①一連の降雨のとり方 ②1時間雨量と突効雨量、有効雨量と突効雨量での降雨資料整理の適合性 ③突効雨量算出の方法(半減期のとり方)の3点について検討したものである。

表-1 調査対象降雨の概要

地域	雨量観測所	対象降雨期間	土石流発生降雨 降雨数	時期	土石流非発生降雨 降雨数	抽出基準	備考
長崎	長崎海洋気象台	1950~1975年 (27年)	1	1952.7.23	13	8月分-12月(最大)の 降雨量(1日1時間 雨量)を抽出	
高知	佐川観測所	1930~1975年 (28年)	2	1950.8.17 1951.9.11	42	"	
香川	内海ダム観測所	1949~1975年 (9年)	2	1949.7.6 1951.9.11	11	"	
兵庫	神戸海洋気象台	1913, 1934~1975年 (25年)	2	1913.7.6 1942.7.9	37	"	
滋賀	雲井出張所	1934, 1940~1975年 (19年)	2	1934.9.26 1952.8.2	98	総雨量30mm以上の 降雨(1日1時間雨量) 20mm以上を抽出	
岐阜	八幡観測所	1931~1975年 (27年)	1	1956.7.12	153	総雨量30mm以上の 降雨(1日1時間雨量) 20mm以上を抽出	
山梨	日向山観測所	1932~1961, 62~1975年 (11年)	2	1932.6.14 1957.4.1	23	"	
群馬	松本観測所	1942~1975年 (16年)	1	1942.8.1	63	"	

2. 調査資料

今回使用した資料は、土石流発生地に近くでかつ長期間観測記録が保存されている観測所のもので、土石流が発生した時の降雨、非発生の降雨を以下に示す方法で整理、解析した。この資料の概要を表-1に記す。

3. 解析及び考察

3.1 一連の降雨のとり方

降雨中断時間が24, 18, 12, 6,

2, 1時間未満の降雨を各々一連の降雨として、連続雨量 R_c 、突効雨量(半減期1日 R_{w1} 、2日 R_{w2} 、3日 R_{w3} の三種類)の単一指標で土石流の発生、非発生の分離性の良否を求め最も分離性の良い中断時間を検討した。すなわち、土石流の発生した各単一指標の値以内に入っている非発生降雨の数を全非発生降雨数で除した値を適合率としている。各地域別の R_c 、 R_{w1} 、 R_{w2} 、 R_{w3} の平均適合率を表-2に示す。なお、一連の降雨の定義は図-1、突効雨量は前期降雨を24時間雨量に区分し、各々半減期を設定し減少させて連続雨量に計算した雨量である。減少係数(α)は

$\alpha = 0.5^{\frac{T}{\tau}}$ (τ : 連続雨量の降り始めからの日数 T : 半減期の日数)である。この表-2によれば、

中断時間によって平均適合率に大差がない。すなわち、一連の降雨の定義は2時間から1時間の間にあっては中断時間にこだわる必要がないということになる。

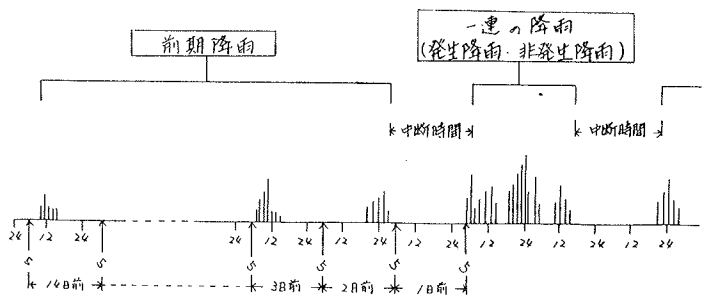


図-1 一連の降雨の定義図

表-2 地域別・中断時間・単一雨量指標判定表(平均適合率)

地区名	中 断 時 間 (A)							雨 量 指 標			
	24	18	12	6	3	2	1	RC	Rw1	Rw2	Rw3
長 崎	0.69 [△]	0.69 [△]	0.69	0.77	0.86	0.87 [○]	0.86	0.82 [△]	0.73	0.91	0.93 [○]
高 知	0.92	0.88	0.88	0.88	0.91	0.93	0.91	0.91	0.91	0.90	0.88
香 川	0.89	0.86	0.86	0.86	0.86	0.88	0.89	0.86	0.87	0.87	0.87
兵 庫	0.85	0.66	0.52	0.42 [△]	0.50	0.59 [○]	0.58	0.55	0.51	0.49	0.52
滋 賀	0.93	0.94 [○]	0.70	0.65 [△]	0.70	0.75	0.74	0.51 [△]	0.78	0.90 [○]	0.90 [○]
岐 阜	0.92	0.94 [○]	0.94 [○]	0.91	0.83	0.84	0.77 [△]	0.83	0.89	0.89	0.89
山 梨	0.52	0.58	0.58	0.42 [○]	0.49	0.52	0.46 [△]	0.45 [△]	0.55	0.55	0.60
群 馬	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85 [○]
平均値	0.80	0.79	0.77	0.76	0.76	0.79	0.77	0.70	0.77	0.81	0.82

※ 適合率の最大値と最小値に0.1以上の差がある地域については○、△印をつける。

○：各地域別 最大適合率

△：各地域別 最小適合率

3.2 1時間雨量-実効雨量(A案), 有効雨量-実効雨量(B案)の適合性

土石流の発生降雨, 非発生降雨を表-3, 表-4の様式に整理した。

表-3 発生降雨整理表

示明村名: (都道府県)														代表観測所:						
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦ 前期雨量(RA)				⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱
整理番号	渓流名	地点名	土石流発生位置	発生年月日時	一連降雨量(RC)日時	2日前	3日前	4日前	14日前	前期実効雨量(RRA)	土石流発生/時間	土石流発生/時間	土石流発生/時間	土石流発生/時間	初期雨量(R1)	土石流発生/時間	有効雨量(R2)	有効雨量強度(IE)	発生位置と観測所の距離	備考
番号	名	名	法番号	日時	(日時) ~ (日時)	前	前	前	前	前	積算雨量	実効雨量	間雨量	間雨量	(日時)	(日時)	時間	⑭ ÷ ⑮	⑯ ÷ ⑰	
												⑩ ÷ ⑪			⑫ ÷ ⑬			⑭ ÷ ⑮	⑯ ÷ ⑰	

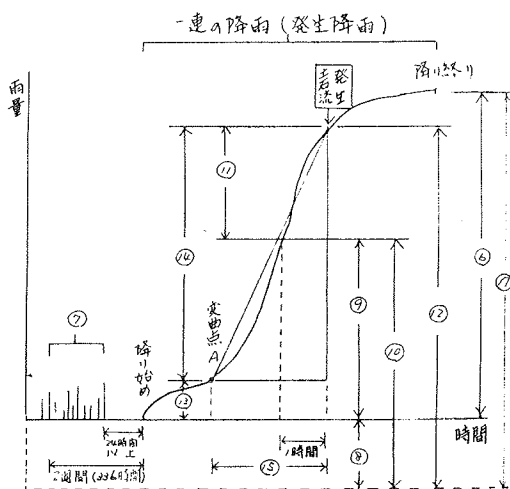


図-2 発生降雨整理表説明図

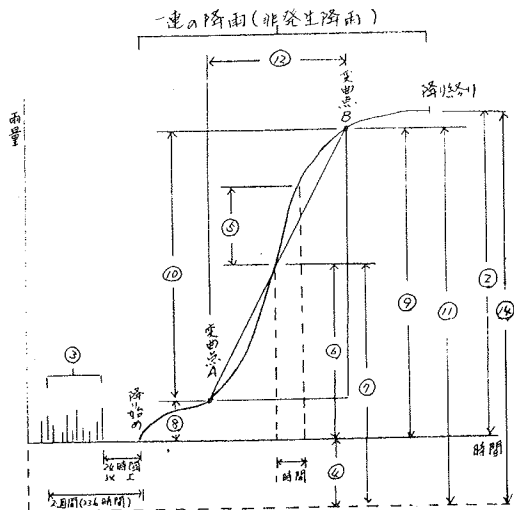


図-3 非発生降雨整理表説明図

表-4 非発生降雨整理表

市町村名: (都道府県) 代表観測所:

①	②	③ 前期降雨				④ 前期実効雨量 (RWA)	⑤ 非発生降雨における最大1時間雨量 (R ₁)	⑥ 最大1時間雨量発生時の実効雨量 (R ₂)	⑦ 最大1時間雨量発生時の実効雨量 (R ₂)	⑧ 初期雨量 (R ₂)	⑨ 変曲点Bまでの積算雨量 (R ₂)	⑩ 変曲点Bまでの有効雨量 (R ₂)	⑪ 変曲点Bまでの実効雨量 (R ₂)	⑫ 有効雨量 (R ₂)	⑬ 有効雨量強度 (R ₂)	⑭ 総実効雨量 (R ₂)	備考
整理番号	連続雨量 (R _c) (年月日) ~年月日	2日前	3日前	4日前	14日前	1時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)	(日時)

この表-3, 4のデータを図-4, 5のようにプロットし, 土石流発生, 非発生, 境界と土石流発生危険基準線 (C.L) とする。また, C.Lに達するまでに少なくとも2時間あるいは1時間の余裕がある基準線を各々警戒基準線 (W.L), 避難基準線 (E.L) とする。

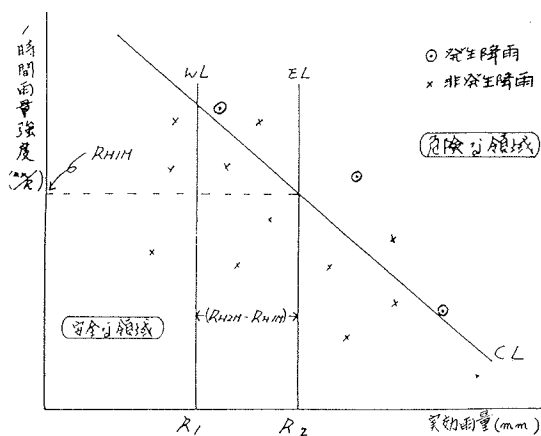


図-4 警戒基準線, 避難基準線の設定

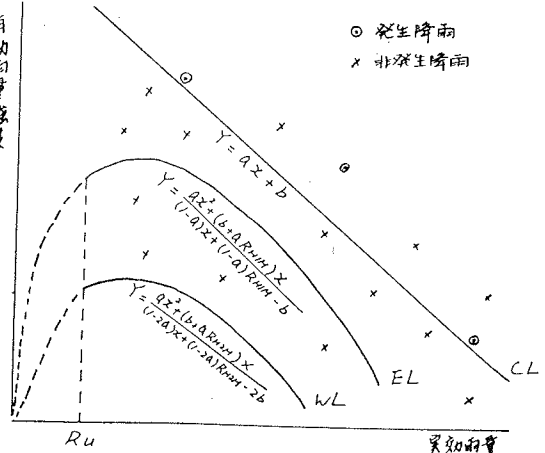


図-5 避難基準線, 警戒基準線の設定

この W.L, E.L を降雨値がオーバーした時点で各々警戒勧告, 避難勧告を出すことにする。ここで警戒・避難勧告の空振り状況は A 案の場合は表-4 の ⑭ 欄の値が各々 R₁, R₂ を越える非発生降雨数を全非発生降雨数で除した値 (WR, ER), あるいは観測年数で除した値 (MW, ME) で示し, また B 案では各々 W.L, E.L より右上にある非発生降雨数を全非発生降雨数で除した値 (WR, ER) あるいは観測年数で除した値 (MW, ME) で示している。この結果を表-5, 6 に示す。

表-5 警戒勧告の空振り率 (WR) 及び年平均空振り頻度 (MW)

		長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値
		WR	WR	WR	WR	WR/MW	WR/MW	WR/MW	WR/MW	WR/MW
1時間雨量	最大値	100.0	67.5	44.4	60.0	9.3	0.37	100.0	5.48	28.6
1時間雨量	最小値	100.0	65.0	44.4	54.3	6.7	0.26	99.9	2.19	23.8
(A案)	平均値	100.0	66.3	41.6	57.1	8.3	0.33	95.0	4.66	27.4

有効雨量強度	最大値	66.7	77.5	55.6	76.3	10.7	0.42	50.0	2.74	19.0
有効雨量強度	最小値	2.4	72.5	44.4	60.0	6.7	0.26	41.9	2.30	19.0
(B案)	平均値	39.6	75.0	50.0	65.0	9.0	0.36	45.4	2.49	19.0

表-6 避難勧告の空振り率(ER)及び平均空振り頻度(ME)

		長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値	
		ER	ER	ER	ER	ER ME	ER ME	ER ME	ER ME	ER (%)	ME (回/年)
1時間雨量	最大値	100.0	50.0	22.2	17.1	6.7 0.26	100.0 5.48	14.3 0.30	81.4 3.00	49.0	2.26
一実効雨量	最小値	67.0	45.0	22.2	17.1	2.7 0.11	35.1 1.93	9.5 0.20	30.5 1.13	28.6	0.86
(A案)	平均値	87.5	47.5	22.2	17.1	4.4 0.17	82.4 4.52	11.9 0.25	48.7 1.80	40.2	1.69

有効雨量強度	最大値	16.7	40.0	33.3	36.3	6.7 0.26	45.2 2.48	14.3 0.30	6.8 0.25	24.7	0.82
一実効雨量	最小値	0.0	30.0	33.3	28.6	1.3 0.05	35.8 1.96	5.8 0.10	6.8 0.25	12.7	0.59
(B案)	平均値	6.3	34.4	33.3	31.4	4.3 0.17	40.9 2.24	10.1 0.20	6.8 0.25	20.9	0.72

表-5, 6によるとB案の方が優れており, 警戒勧告の空振り率は約40%, 避難勧告の空振り率は約20%, 1年に約1回の警戒勧告, 3年に約2回の避難勧告を出すことになる。

3.3 実効雨量算出の方法(半減期のとり方)

表-2および表-7, 8により半減期を考慮した方が空振り率が小さくなっており, かつ半減期2, 3日の空振り率が小くなっている。

表-7 降雨指標別警戒勧告の空振り率

降雨指標	A 案									B 案									最小の空振り率の順位
	長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値	長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値	
連続雨量	-	65.0	33.3	34.3	6.7	100.0	28.6	100.0	55.4	66.7	75.0	55.6	74.3	7.3	45.2	19.0	11.9	44.6	4
実効雨量 RW1	-	65.0	44.4	57.1	8.0	100.0	28.6	91.5	56.4	50.0	75.0	55.6	60.0	6.7	44.4	19.0	11.9	41.0	3
半減期2日 RW2	100.0	67.5	44.4	57.1	9.3	100.0	28.6	92.5	51.3	33.3	75.0	74.4	62.9	9.3	50.0	19.0	11.9	38.2	2
半減期3日 RW3	100.0	67.5	44.4	60.0	9.3	99.9	33.8	100.0	49.3	8.3	72.5	74.4	62.9	10.7	41.9	19.0	11.9	34.0	6

○ : 最も空振り率の小さいもの

表-8 降雨指標別避難勧告の空振り率

降雨指標	A 案									B 案									最小の空振り率の順位
	長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値	長崎	高知	香川	兵庫	滋賀	岐阜	山梨	群馬	平均値	
連続雨量	100.0	65.0	22.2	17.1	2.7	100.0	14.3	42.3	43.0	16.7	30.0	33.3	34.3	4.0	41.2	14.3	6.8	27.1	3
実効雨量 RW1	100.0	65.0	22.2	17.1	2.7	100.0	14.3	40.6	42.7	8.3	35.0	33.3	31.4	1.3	41.2	14.3	6.8	21.5	3
半減期2日 RW2	83.3	50.0	22.2	17.1	5.3	94.6	9.5	30.5	39.1	0.0	22.5	33.3	28.6	5.3	45.2	5.8	6.8	19.7	6
半減期3日 RW3	66.7	50.0	22.2	17.1	6.7	35.1	9.5	31.4	36.1	0.0	40.0	33.3	31.4	6.7	35.8	5.8	6.8	20.0	7

○ : 最も空振り率の小さいもの

4. まとめ

- (1) 一連の降雨を定義する中断時間は1~24時間の間であれば基準雨量の解析には差がでないと考えられる。
- (2) 1時間雨量と実効雨量での解析より有効雨量と実効雨量での解析が空振り率が低い。
- (3) 前期降雨を考慮した方(実効雨量)が考慮しないより空振り率が小さくなり, かつ実効雨量に採用する半減期2日, 3日が空振り率が小さい。
- (4) 空振り率は各地域により差があり, 今後, 空振り率と降雨特性及び地域特性について検討する必要がある。