

1984-2015年日本廣域型 土砂災害警戒系統之演進



水土保持局技術研究發展小組

副總工程司 陳振宇

2016/11/02

日本廣域型土砂災害警戒系統之演進

1. 日本早期土砂災害警戒模式之演進(1984-2004)
2. 日本現行土砂災害警戒模式(2005- now)
3. 土砂災害警戒系統的未來發展趨勢？

參考文獻

1. 國土技術政策総合研究所(2001)，土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transport Infrastructure Development Institute – Japan(2004),
DEVELOPMENT OF WARNING AND EVACUATION SYSTEM AGAINST SEDIMENT DISASTERS IN DEVELOPING COUNTRIES
3. 國土技術政策総合研究所(2005)，国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法(案)
4. 國土技術政策総合研究所(2005)，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
5. Osanai, N., Shimizu, T., Kuramoto, K., Kojima, S., and Noro, T. (2010): Japanese early-warning for debris flows and slope failures using rainfall indices with Radial Basis Function Network, Landslides, Vol. 7, pp. 325–338.

1. 日本早期土砂災害警戒模式之演進 (1984-2004)

- 1.1 廣域警戒基準雨量設定方法
- 1.2 有效雨量法之演進
- 1.3 有效雨量法 - 指針案
- 1.4 有效雨量法 - 矢野案
- 1.5 有效雨量法 - 提言案

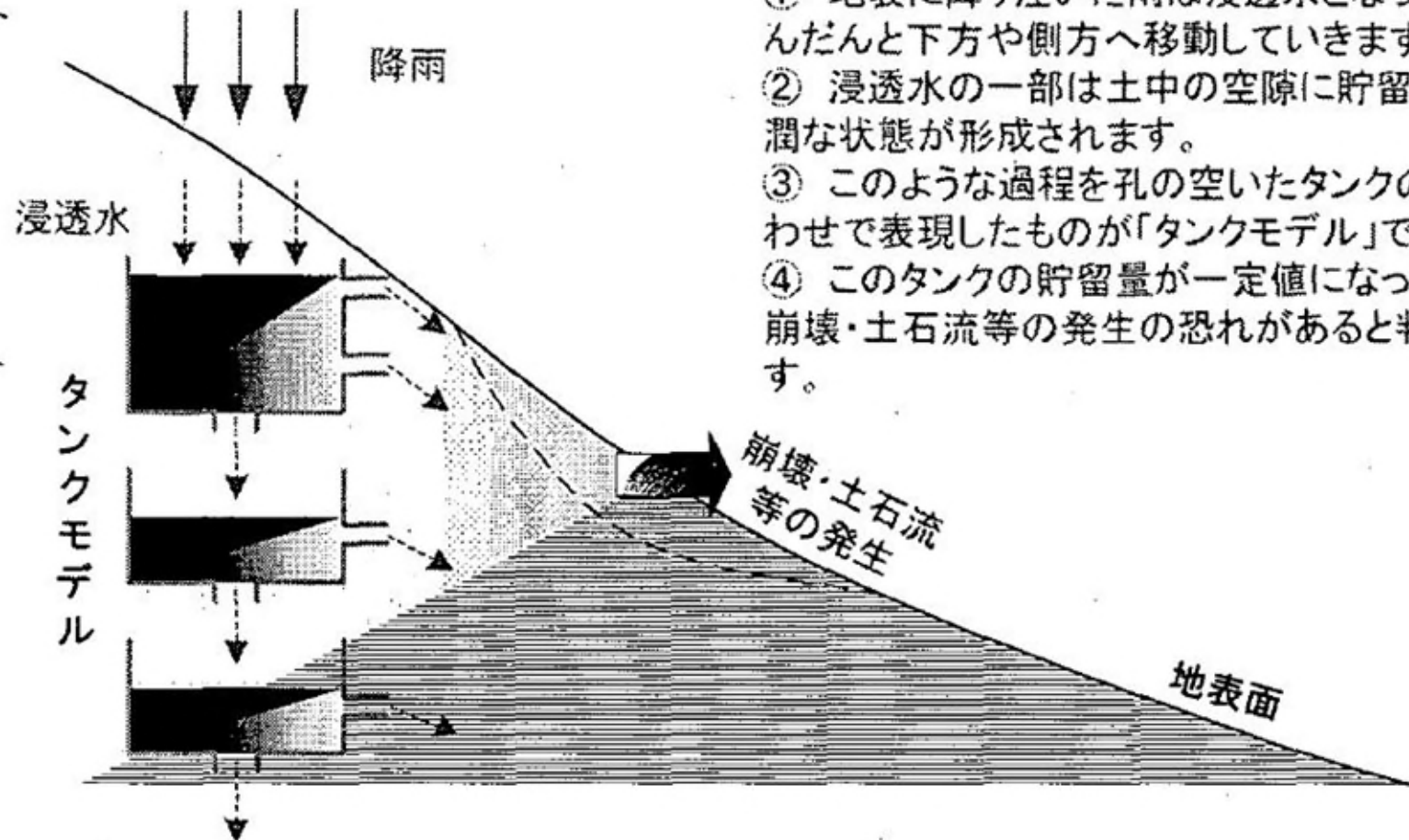
1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

- 警戒方式可分為廣域型及局部型
- 考量**基礎資料取得難易度及行政區運用之便利性**，世界各國仍以廣域型為主
- 目前廣域型常用的方法有：
 - ✓ 水桶模式(Tank model)
 - ✓ 有效雨量(Working rainfall)
 - ✓ 集流時間內降雨強度法(Rainfall intensity within the traveling time of runoff water)
 - ✓ 多重因子判別法(Multiple factor analysis)
 - ✓ 納入短期定量降水預報(Incorporate the forecast of short-term rainfall)
 - ✓ 納入地質因子(Incorporate geological factors)
 - ✓ 類神經網路法(Neural network)
 - ✓ 資料包絡線法(DEA)

1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

- 水桶模式(Tank model)
- 以多層水桶之貯水深・模擬土層中的含水量，並據以作為評估崩塌、土石流是否發生之警戒指標

(1) タンクモデルによる手法



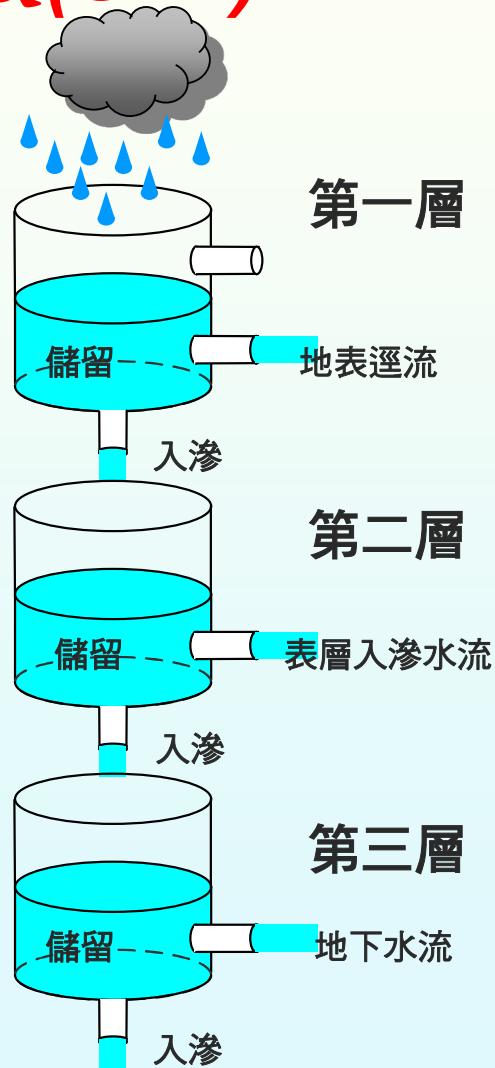
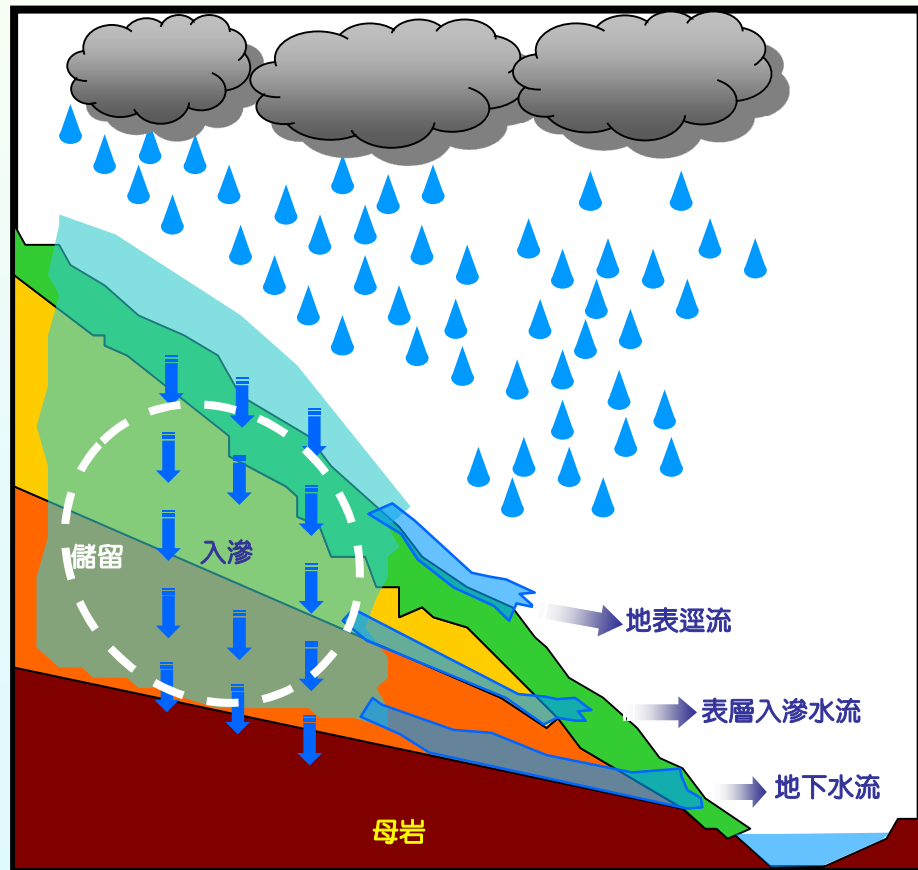
- ① 地表に降り注いだ雨は浸透水となって、だんだんと下方や側方へ移動していきます。
- ② 浸透水の一部は土中の空隙に貯留され湿潤な状態が形成されます。
- ③ このような過程を孔の空いたタンクの組合せで表現したものが「タンクモデル」です。
- ④ このタンクの貯留量が一定値になったとき、崩壊・土石流等の発生の恐れがあると判断します。

1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

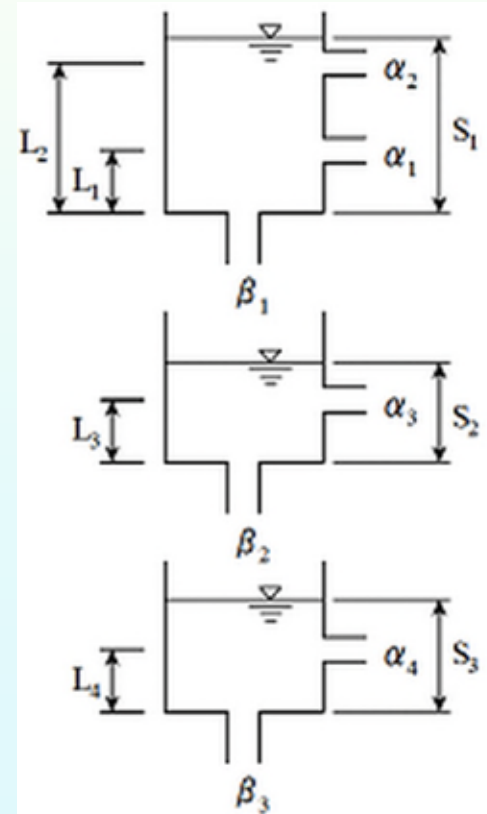
■ 水桶模式(Tank model)

水桶模式與土壤雨量指數(SWI)

$$q(t) = \int_0^{\infty} R(t - \tau)k(\tau)d\tau$$



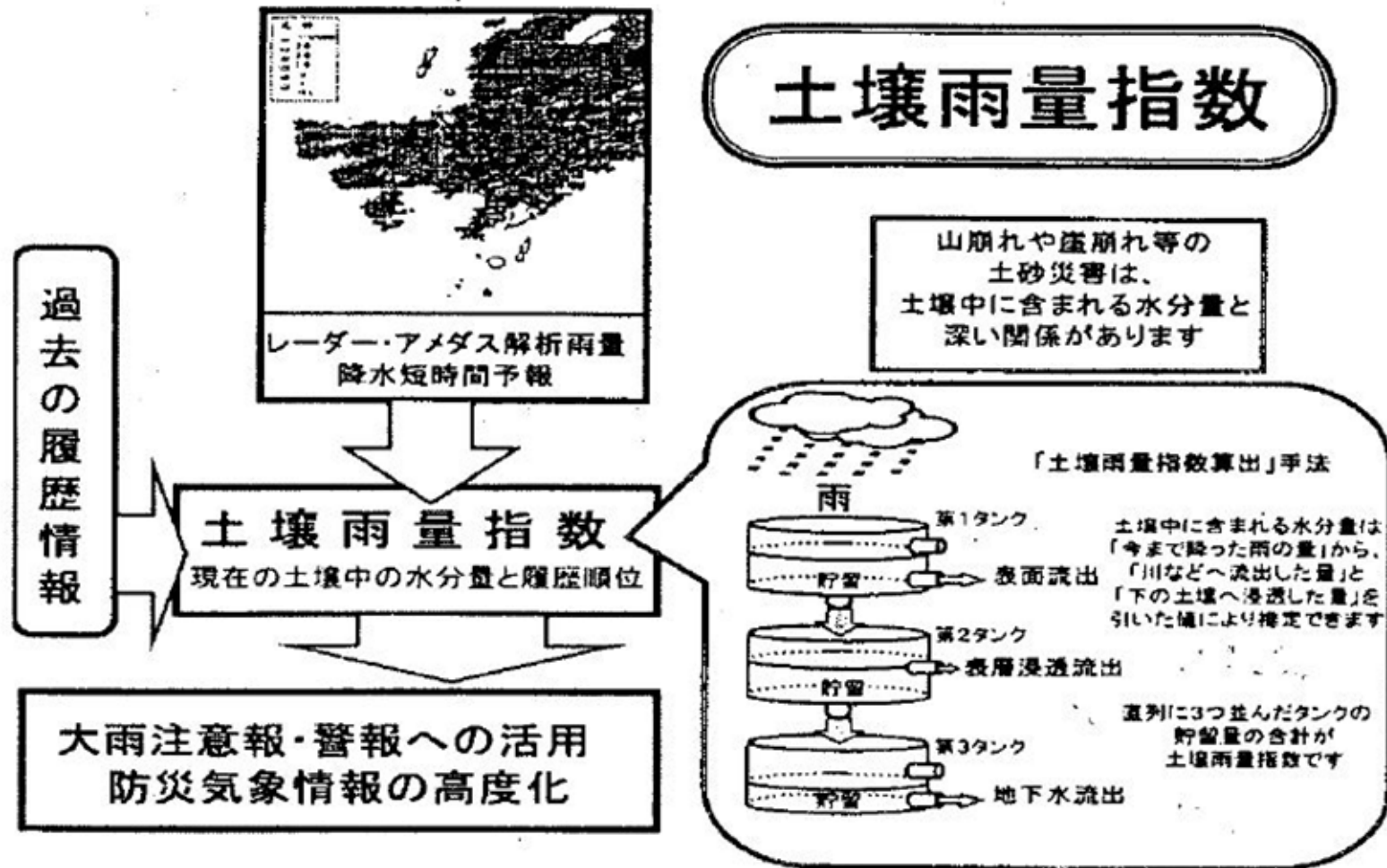
$$SWI = S_1 + S_2 + S_3$$



1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

■ 土壤雨量指數(SWI)

- 二地若目前的SWI相同，則平時降雨較少者，其致災風險較高
- 目前氣象廳使用目前的土壤雨量指數與歷史紀錄作比較，據以作為警報發布之參據



1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

■ 有効雨量(Working rainfall)

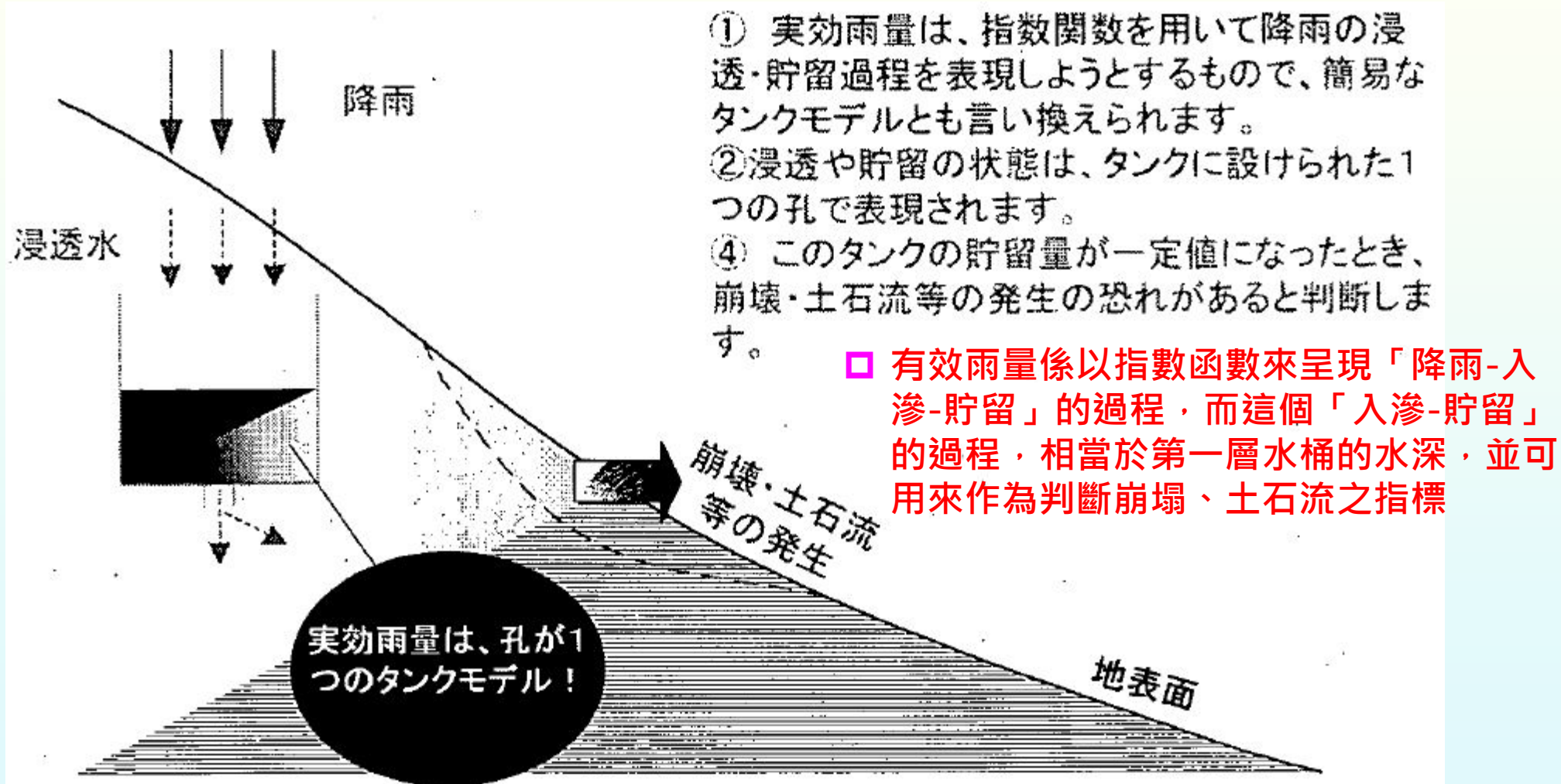


図 2.2 実効雨量による手法の概念

1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

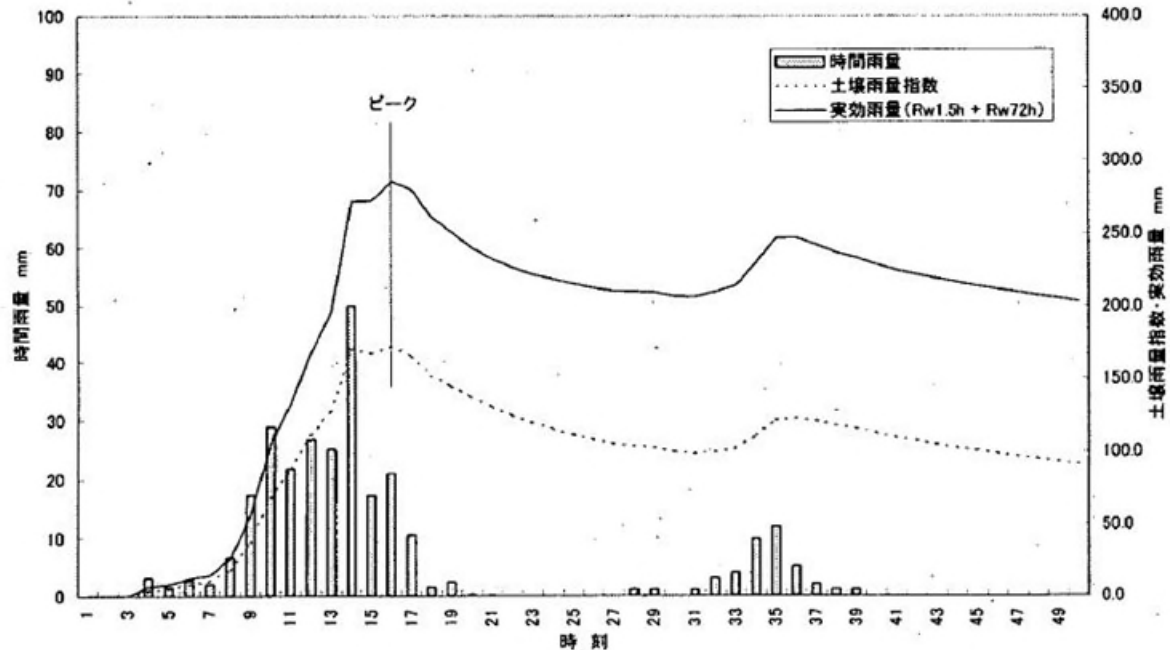
■ 有効雨量(Working rainfall)

「実効雨量と土壌雨量指数の類似性」

建設省（現国土交通省）では、地表と地中の水分量を独立する二つの実効雨量を用いて近似し、降雨強度（短時間の降雨量）が大きいときは総雨量（長時間の降雨量）が少なくても土砂災害が発生すること、また降雨強度が小さくても総雨量が大きければ土砂災害が発生していることを表現した土砂災害の予測手法を示している（後述する「総合土砂災害対策検討会による手法（提言案）」²⁴⁾）。

同手法による実効雨量と土壌雨量指数は、諸定数の違いにより値の差異はあるものの、下図のようにピークの位置や減衰特性が類似する³⁸⁾。

經測試，將「長期及短期有效雨量之和」作為指標(即「提言法」)，其峰值及線型與「土壌雨量指數」非常類似



1.1 廣域警戒基準雨量設定方法

手法名	手法名 (細分類)	指標	対象現象	概 要	特 徴	出 典
水 桶 模 式	鈴木による手法 鈴木法	① 1段目の貯留高 ② 2段目の貯留高	崩 壊 土石流	下方への流出孔と側方への流出孔を設けたタンクを直列3段に配置したモデルであり、雨量の入力値に対してタンクに貯留される水量の変化と崩壊・土石流等の発生タイミングにより解析した結果、花崗岩地帯の定数を用いた場合、異なる地質条件下でも比較的良好な災害予測が可能であるとしている。	地域浸透特性を表すタンクの諸定数は、流量観測結果などとの整合性の検討によって定めることが望ましいが、観測資料が不足することが多く、定数の同定に困難な面がある。	鈴木雅一・福島義宏・武居有恒他：土砂災害発生危険度予測，新砂防，No.110，pp.1-7,1979
	道上らによる手法 道上法	① 1段目の貯留高 ② 1・2段目貯留高の合計	崩 壊 土石流	同上	同上	通上正規・小島英司：集中豪雨によるがけ崩れの発生予測に関する研究，鳥取大学工学部研究報告，第12巻，第1号，pp.167-178,1981
	牧原らによる手法 牧原法	3つのタンク貯留高の合計値	崩 壊	適合性がみられるとしたもの。 最近では、気象庁が土壌雨量指数と称して公表している。	同上	牧原康雄・平沢正信：斜面崩壊危険度予測におけるタンクモデルの精度，気象庁研究情報，Vol.45，No.2，1993
有 効 雨 量 法	実効雨量による手法 指針案(A法)	実効雨量（前期日半減）	土石流	降り始めからの連続雨量に前期の実効雨量を加算した指標を用いて基準の設定や判定を行うもの。	検討段階では、当該時刻の時間雨量と当該時刻1時間前までの実効雨量に分解して基準の検討を行うが、判定は当該時刻までの実効雨量とするため、検討過程に理解を得にくい面がある。 降雨指標が単一で連続雨量と類似するため、周知しやすい反面、長雨や断続的な降雨下での不適合が指摘されている。	建設省河川局砂防部：土石流災害に関する警報の発令と避難指示のための降雨量設定指針（案），1984
	指針案による手法 （B案） 指針案(B法)	① 有効降雨強度 ② 実効雨量（前期日半減）	土石流	A案と同じ実効雨量と有効降雨強度を組合わせて評価するもの。組合わせ指標となるため、X,Yのグラフ上で基準の設定や判定を行う。	A案と同じ実効雨量を用いるため、長雨や断続的な降雨下での不適合が指摘されている。 指針案の中では、A案によって良好な設定が困難な場合の参考手法として位置付けられており、具体的に利用されている事例はA案と比べて少ない。	同上
	矢野による手法 （矢野案） 矢野案	① 実効雨量（1段タンク）	土石流	A案における実効雨量の演算方法を改良し、土中水分量の推移に調和的な指標としたもの。	実効雨量の演算方法の変更により、長雨や断続的な降雨下での不適合が改善されている。また、基準の解除にも有効な指標となっている。 ここで取り扱われる実効雨量は、下方への流出孔を1つとするタンクモデルと言い換えられる。 半減期の設定方法については、地域特性を反映するよう検討を要するとしているが、具体的な設定方法が示されていない。	矢野勝太郎：前期降雨の改良による土石流の警戒・避難基準雨量設定手法の研究，新砂防 Vol.43 No.4 (171)，1990
	総合土砂災害対策検討会による手法 （提言案） 提言案	① 実効雨量（半減期1.5時間） ② 実効雨量（半減期72時間）	崩 壊 土石流**	矢野案による実効雨量の演算方法を用い、3段のタンクモデルによる災害予測手法を応用して半減期1.5時間と半減期72時間の組合わせ指標としたもの。	矢野案と同様の実効雨量を用いるため、A案における長雨や断続的な降雨下での不適合が改善されている。また、基準の解除にも有効な指標となっている。 半減期は、花崗岩地帯におけるタンクモデルと類似性の高いものとしている。 異なる地域における適用に関しては、いくつかの地域における検討結果よりその汎用性が確認されている。	建設省河川局砂防部：総合土砂災害対策検討会における提言および検討結果，1993 松沢昌志・大原正則・今井一之・杉原忠広：がけ崩れ発生限界雨量について，砂防学会研究発表会要集，1993 瀬尾克典・原口勝則・衛井睦宏・吉田真也：土砂災害警戒避難基準雨量の課題と改良について，新砂防 Vol.53，No.6,2001
集 流 時 間 内 降 雨 強 度 法	平野らによる手法 平野法	流出水到達時間内の降雨強度	崩 壊 土石流	土石流や崩壊の発生モデル（物理モデル）をもとに、発生に関与する流出水到達時間内の降雨強度を指標とするもの。	流出水到達時間は、地形・地質などの条件によって異なるが、過去の発生・非発生降雨を解析することで、経験的に求める方法を示す。 取り扱う過去の災害発生降雨が適切でない場合、流出水到達時間を一義的に決定しがたい場合などがある。 山地災害危険区域における警戒避難基準雨量の設定指針（林野庁）で利用されている。	岩元賢・原田民司郎・平野宗夫：土砂災害に対する警戒・避難基準雨量の設定について，新砂防，Vol.43，No.3(170)，pp.3-8,1990
	重判別分析による手法 多重因子判別法 荒木法	地形要因と降雨要因の組合わせ	土石流 崩 壊**	発生に関連深い地形要因を土石流危険渓流ごとに調査・計測し、様々な降雨指標とともに重判別式を定めるもの。	事前の作業として多くの地形計測作業を要するが、地形図を用いた作業が主体でDEM等の利用によって省力化が望まれる。 渓流ごとの基準値の設定や類似する渓流の集合ごとに基準値の設定が可能。 渓流への適用も可能な手法と評価できる。	荒木義典・古川浩平・松永悟・小笠原貴人・石川芳治・水山高久：土石流危険渓流における地形特性を考慮した土砂崩壊の発生限界線の設定に関する研究，土木学会論文集，No.574，VI-36,1997

*): がけ崩れに限定して手法が提言されているが、背景するタンクモデルが土石流に対しても有効性を示すため、土石流への適用も可能な手法と評価できる。
 **): 文献のタイトルでは、土石流危険渓流を大きく取り上げているが、崩壊の発生と土石流の発生を同一視している。

1.2 有效雨量法之演進

指針A法：以半衰期方式納入前期雨量

優：使用單一指標(有效累積雨量)發警戒，容易理解

缺：(1)長延時雨場易超過警戒但未致災
(2)解除不易，須持續24h無降雨

指針B法：使用有效雨量強度及有效累積雨量二個指標發布警戒

矢野法：改進了指針法

優：(1)使用單一指標發警戒，容易理解
(2)改善A、B法的缺點

缺：半衰期設定不易

提言法：降雨指標類似矢野法

優：(1)改善A、B法的缺點
(2)不同地區允許用不同半衰期

缺：使用直線型CL ($y=ax+b$)，且使用有效雨量強度及有效累積雨量二個指標發布警戒民眾不易理解

指針案による手法(A案・B案)

1984 Only for 土石流

◆ 概要

- ① 土石流を対象に提案される。
- ② 降雨指標には降り始めからの連続雨量に前期降雨の影響を考慮した実効雨量を採用する。

◆ 長所

- ① A案の場合、基準値は実効雨量○mm(前期降雨を考慮しない場合は連続雨量○mm)といった単一指標での表記となり、わかりやすく周知しやすい。

◆ 短所

- ① 長雨・断続的降雨時に容易に基準を超過したり、長期間基準を下回らないことがある。
- ② 降り終わってから24時間以上の無降雨を確認しないと、解除の判断ができない。

矢野による手法(矢野案)

1990 Only for 土石流

◆ 概要

- ① 土石流を対象に提案される。
- ② 指針案による手法の課題を改善したものである。
- ③ 降雨指標には、土壌水分量の推移に調和的な実効雨量の計算方法を採用している。

◆ 長所

- ① 基準値は実効雨量○mmといった単一指標での表記となり、わかりやすく周知しやすい。
- ② 指針案による手法の課題が改善される。

◆ 短所

- ① 半減期の設定方法に課題を残している。

総合土砂災害対策検討会による手法(提言案)

1993 for 群發型的崩壊

◆ 概要

- ① これまで指針となるべきものがなかったがけ崩れに対応する手法として提案される。対象とするがけ崩れは集中的に発生するものに限定される。
- ② 指針案による手法の課題を改善したものである。
- ③ 降雨指標には、矢野案と同じく土壌水分量の推移に調和的な実効雨量の計算方法を採用している。
- ④ 実効雨量の演算にはタンクモデルによる土砂災害予測手法を応用した半減期を定めている。
- ⑤ 背景となるタンクモデルでは土石流も対象としており、土石流も含めて扱える手法と評価できる。

◆ 長所

- ① 指針案による手法の課題が改善される。
- ② 地域差を概ね許容できる一定の半減期を示している。

◆ 短所

- ① 基準値が $y=ax+b$ のような線形で表されるため、周知しにくい側面がある。基準線の切片値を基準値として単一指標のような表記を行うなどの工夫が望まれる。

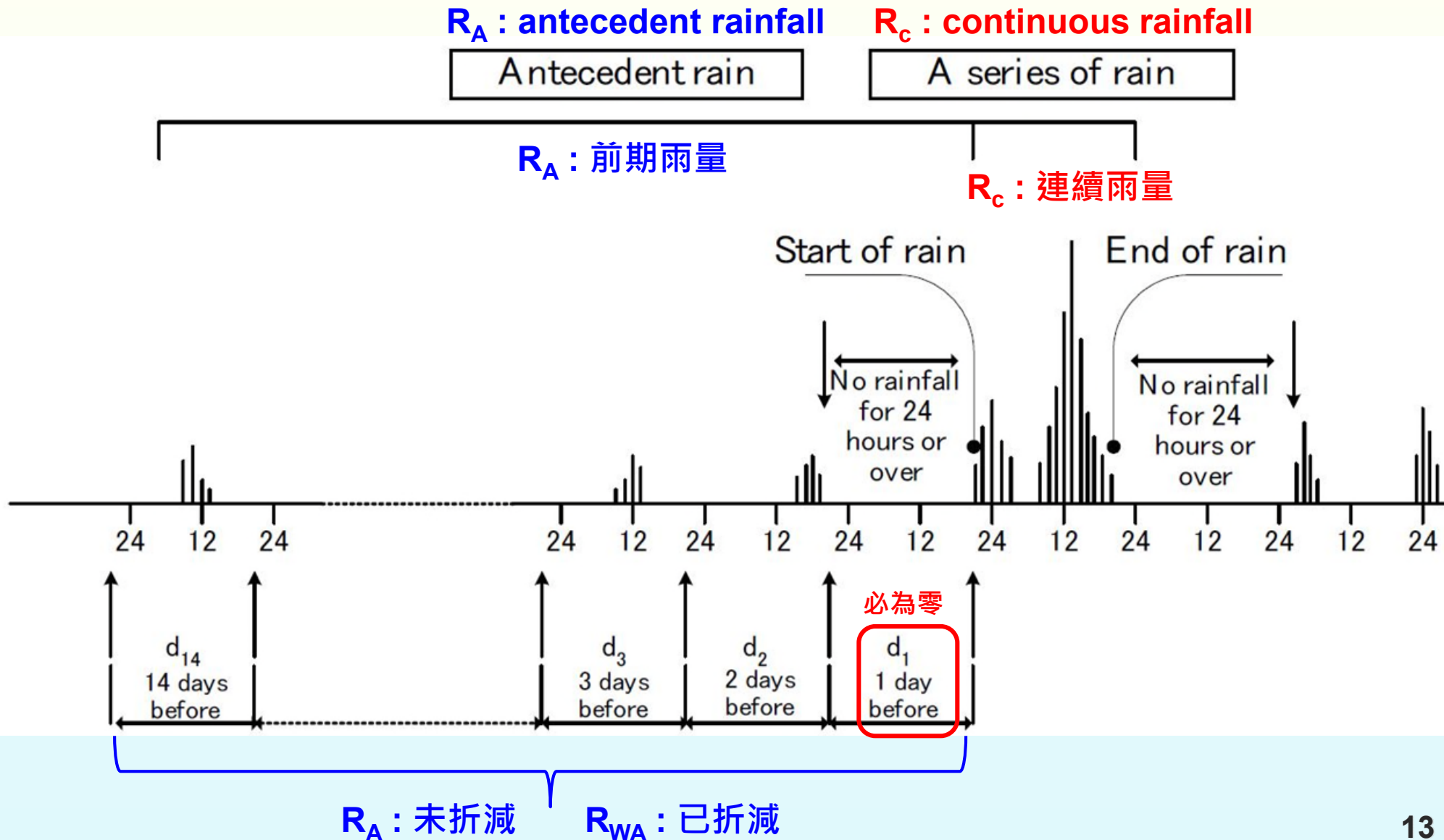
1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

Table 2.2 Application area and rainfall index of the Guideline Method ¹⁰⁾

Application area	It is specified in the Guidelines that, although stream-specific setting is more desirable, the same standard rainfalls can be used for more than one debris flow-prone mountain streams located in closer areas that have a similar topography, geology, and vegetation, if the rainfall data and the past disaster records are not sufficient for stream-specific setting. In the past setting cases, areas are usually grouped by the mechanical factors and characteristics and then standard rainfalls are set for each group which is usually a city or a town.
Rainfall index	The rainfall index is expressed by a combination of the rainfall intensity and the total rainfall. As shown in the figure below, the rainfall intensity is shown in the ordinate and the total rainfall in the abscissa. Debris flow-causing rainfall and non-causing rainfall are plotted in the figure by the ⊙ and × symbols, respectively. Then, those two rainfall groups are separated with a liner line or a curved line descending to the right. The lower left side of this line is the safe zone where a debris flow may not be caused. The upper right side of this line is the unsafe zone where a debris flow may be caused.

- 適用對象：土石流
- 前置工作
 - ✓ 類似地形、地質區域選為同一群組，使用相同警戒雨量
 - ✓ 同一行政區(市町村)儘量設為同一群組
 - ✓ 選擇代表雨量站
 - ✓ 蒐集歷年致災雨場(causing rainfall)及非致災雨場(Non-causing rainfall)資料
 - ✓ 找出區隔出致災與非致災雨量之CL線(直線或曲線)
- 分為A、B法，一般建議優先使用A法

■ 單一雨場定義為其降雨前、後24h以上均未降雨之連續雨量



- 有效雨量(working rainfall) R_w ：已考慮前期降雨的有效累積雨量
- 前期雨量(antecedent rainfall) R_A ：前幾天之累積雨量和(未折減)
- 前期有效雨量(antecedent working rainfall) R_{WA} ：將不同時間之前期降雨，其影響程度視為不同的累積雨量

$$R_w = R_{WA} + R_C$$

□ 折減係數 α_t 的計算方式很多。

□ 其中若半衰期T假設為1天，則第t日的折減係數為第t-1日(即前一天)的一半

$$R_{WA} = \alpha_1 \cdot d_1 + \alpha_2 \cdot d_2 + \cdots + \alpha_{14} \cdot d_{14} = \sum_{t=1}^{14} \alpha_t \cdot d_t$$

Where, the coefficient " α_t " is called the deduction coefficient of "t" days before. There are many ways to determine " α_t ". When the half-life is assumed to be one day, which means the value of α becomes 1/2 of " α_{t-1} " when one day has passed, the antecedent working rainfall (R_{WA}) is calculated as follows.

$$R_{WA} = 0.5 \cdot d_1 + 0.25 \cdot d_2 + 0.125 \cdot d_3 \cdots$$

When judging if a debris flow will occur or not, the appropriateness of judgment shall be evaluated by changing the half-life to 2 days and 3 days. The relationship between the deduction coefficient and the half-life is given by the following equation.

$$\alpha_t = 0.5^{t/T} \quad \square \text{ 假設半衰期為 } T, \text{ 則降雨開始前 } t \text{ 日的折減係數即為左式}$$

Where, T : day(s) of half-life; t : day(s) before the start of rainfall

- 一般折減係數 $<0.004 \rightarrow$ 太小，可略
- 若半衰期取為1天，則前期雨量取7日即足夠
- 同理：2天 $\rightarrow$ 15日；3天 $\rightarrow$ 23日

The results of operation regarding the deduction coefficient when the half-life is 1, 2, and 3 days are shown in Table 2.5. As to the period when the deduction coefficient is less than 0.004, operation can be omitted because an effect on operation values is usually very small. But, when the antecedent rainfall is large and the values derived by multiplying a deduction coefficient are not negligible, the omission rule can be ignored.

Table 2.5 Half-life and deduction coefficient (α_t)¹⁰⁾

Days before the start of rainfall	Half-life			Days before the start of rainfall	Half-life		
	1 day	2 days	3 days		1 day	2 days	3 days
1	0.50000	0.70711	0.79370	13	0.00012	0.01105	0.04961
2	0.25000	0.50000	0.62996	14	0.00006	0.00781	0.03937
3	0.12500	0.35355	0.50000	15	0.00003	0.00552	0.03125
4	0.03250	0.25000	0.39685	16	0.00002	0.00391	0.02480
5	0.03125	0.17678	0.31498	17	0.00001	0.00276	0.01969
6	0.01563	0.12500	0.25000	18	0.00000	0.00195	0.01563
7	0.00781	0.08839	0.19843	19	0.00000	0.00138	0.01240
8	0.00391	0.06250	0.15749	20	0.00000	0.00098	0.00984
9	0.00195	0.04419	0.12500	21	0.00000	0.00069	0.00781
10	0.00098	0.03125	0.09921	22	0.00000	0.00049	0.00620
11	0.00049	0.02210	0.07875	23	0.00000	0.00035	0.00492
12	0.00024	0.01563	0.06250	24	0.00000	0.00024	0.00391

Note 1: The shaded area in the table shows the period when an influence on the working rainfall would not be serious.

Note 2: For example, if the 24-hour rainfall is 200 mm when the deduction coefficient is 0.004, the value added to the working rainfall becomes $0.004 \times 200 \text{ mm} = 0.8 \text{ mm}$.

台灣現行的前期雨量折減係數相當於半衰期約為二日

N日前	折減係數(0.7)
1	0.70000
2	0.49000
3	0.34300
4	0.24010
5	0.16807
6	0.11765
7	0.08235
8	0.05765
9	0.04035
10	0.02825
11	0.01977
12	0.01384

0.08235x200mm=16.47mm

- 反曲點A為時雨量>4mm處，即累積雨量開始加速的點
- 反曲點B為時雨量<4mm且持續3小時以上
- 初期雨量(initial rainfall, RI)→雨場開始至反曲點A之累積雨量
- 有效降雨強度(effective rainfall intensity, IE) = effective rainfall / effective time

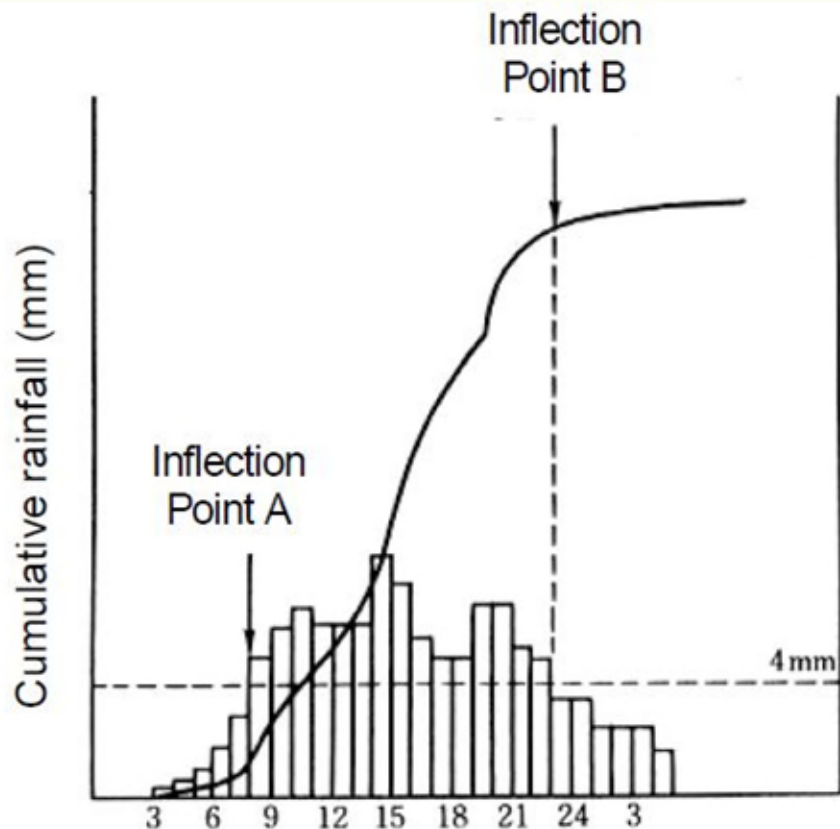


Fig. 2.3 Definitions of Inflection Point A and Inflection Point B

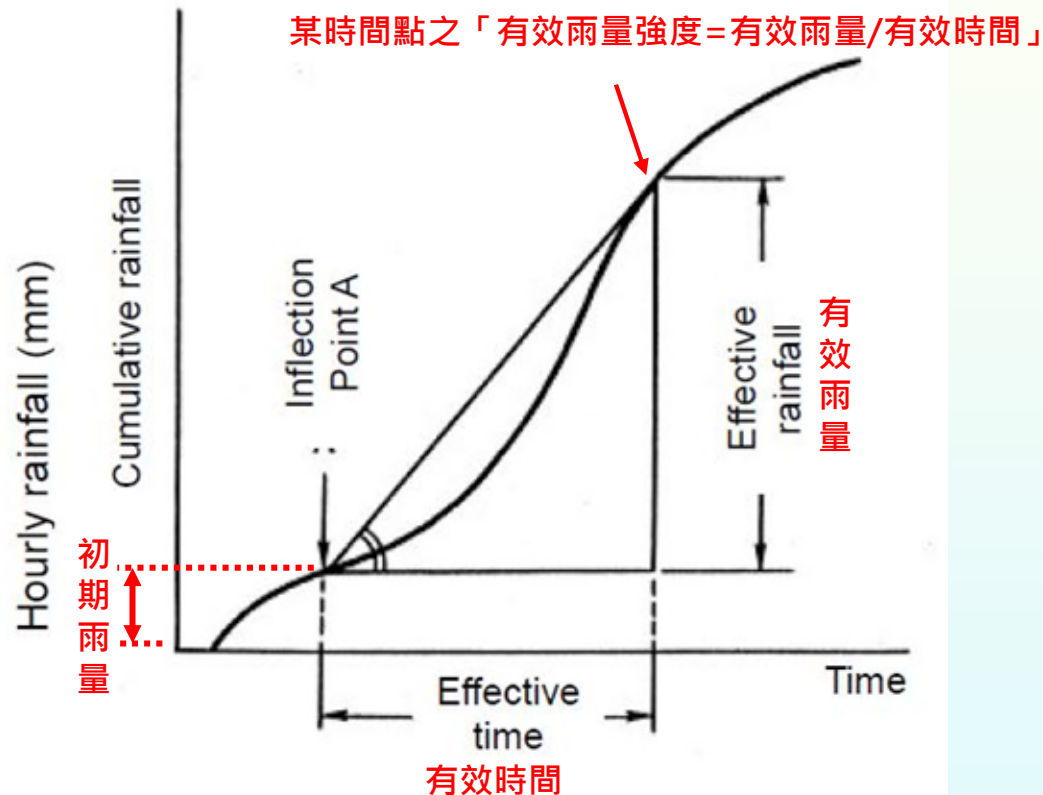


Fig. 2.4 Effective rainfall, effective time, and effective rainfall intensity¹⁰⁾

1.3 有効雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

【Step 1】指定参考雨量站

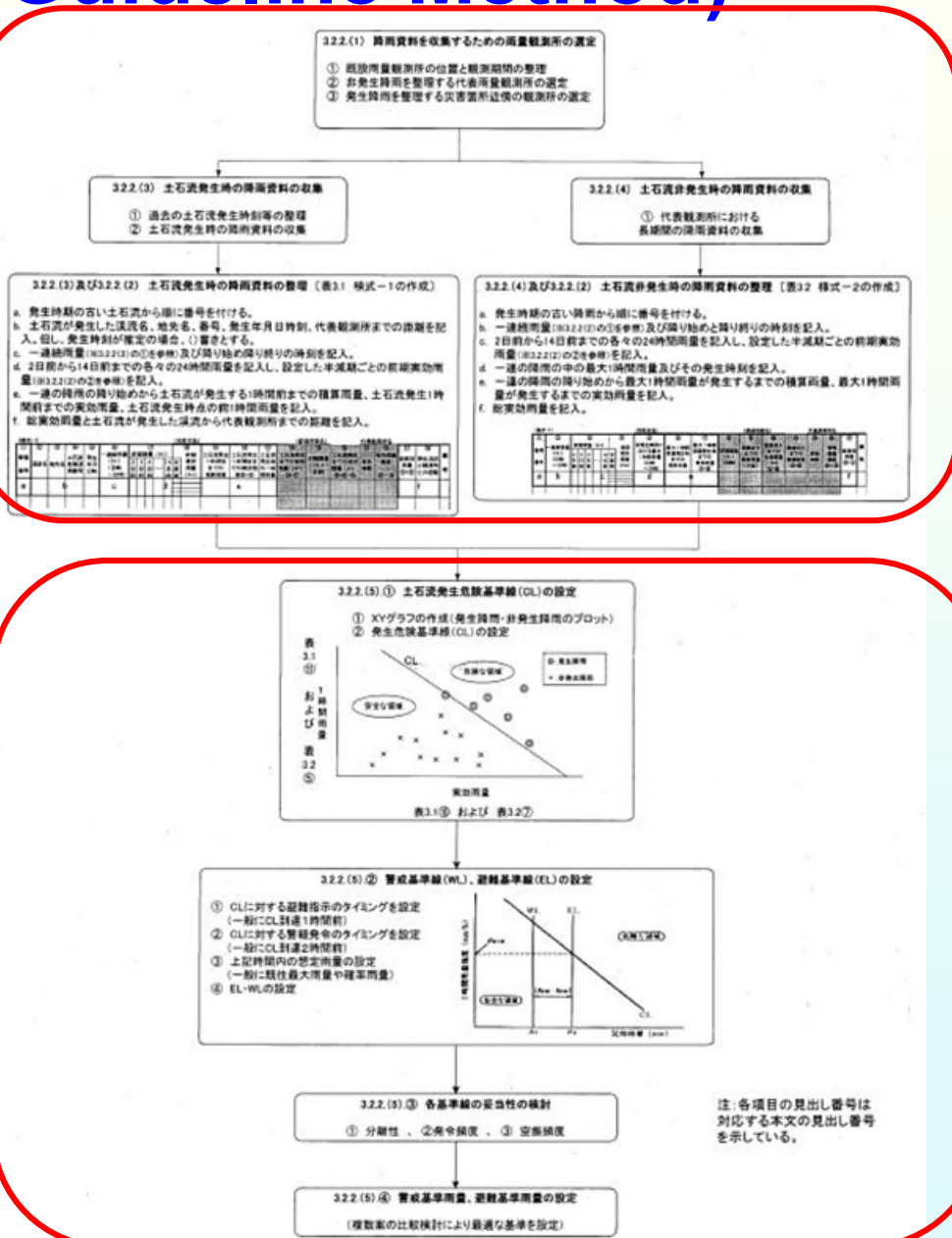
【Step 2】蒐集及分析雨場資料

【Step 3】CL設定

【Step 4】WL、EL設定

【Step 5】CL, WL, EL合宜性檢討

【Step 6】設定警戒基準雨量R1 設定避難基準雨量R2



1.3 有効雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

【Step 1】指定参考雨量站

3.2.2.(1) 降雨資料を収集するための雨量観測所の選定

- ① 既設雨量観測所の位置と観測期間の整理
- ② 非発生降雨を整理する代表雨量観測所の選定
- ③ 発生降雨を整理する災害箇所近傍の観測所の選定

【Step 2】蒐集及分析雨場資料

3.2.2.(3) 土石流発生時の降雨資料の収集

- ① 過去の土石流発生時刻等の整理
- ② 土石流発生時の降雨資料の収集

3.2.2.(4) 土石流非発生時の降雨資料の収集

- ① 代表観測所における長期間の降雨資料の収集

3.2.2.(3)及び3.2.2.(2) 土石流発生時の降雨資料の整理〔表3.1 様式-1の作成〕

- 発生時期の古い土石流から順に番号を付ける。
- 土石流が発生した溪流名、地先名、番号、発生年月日時刻、代表観測所までの距離を記入。但し、発生時刻が推定の場合、()書きとする。
- 一連続雨量(※3.2.2.(2)の①を参照)及び降り始め降り終りの時刻を記入。
- 2日前から14日前までの各々の24時間雨量を記入し、設定した半減期ごとの前期実効雨量(※3.2.2.(2)の②を参照)を記入。
- 一連の降雨の降り始めから土石流が発生する1時間前までの積算雨量、土石流発生1時間前までの実効雨量、土石流発生時点の前1時間雨量を記入。
- 総実効雨量と土石流が発生した溪流から代表観測所までの距離を記入。

〔様式-1〕									
① 発生時刻				② 前期実効雨量				③ 発生時刻	
番号	溪流名	地先名	発生時刻	14日前	7日前	2日前	当日	発生時刻	距離
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Table 2.3 致災雨場

3.2.2.(4)及び3.2.2.(2) 土石流非発生時の降雨資料の整理〔表3.2 様式-2の作成〕

- 発生時期の古い降雨から順に番号を付ける。
- 一連続雨量(※3.2.2.(2)の①を参照)及び降り始めと降り終りの時刻を記入。
- 2日前から14日前までの各々の24時間雨量を記入し、設定した半減期ごとの前期実効雨量(※3.2.2.(2)の②を参照)を記入。
- 一連の降雨の中の最大1時間雨量及びその発生時刻を記入。
- 一連の降雨の降り始めから最大1時間雨量が発生するまでの積算雨量、最大1時間雨量が発生するまでの実効雨量を記入。
- 総実効雨量を記入。

〔様式-2〕									
① 前期実効雨量				② 発生時刻				③ 発生時刻	
番号	14日前	7日前	2日前	当日	発生時刻	最大1時間雨量	積算雨量	発生時刻	距離
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Table 2.4 非致災雨場

3.2.2.(5).① 土石流発生危険基準線(CL)の設定

■ 思考：歷史雨量蒐集項目？

- ✓ 災害發生時間、地點、規模
- ✓ 逐時(分)雨量、總雨量、降雨延時、前期雨量、有效雨量
- ✓ 地質、地文、水文條件
- ✓ 災害類型
- ✓ 事前有無地震、森林火災
- ✓ 照片、文獻
- ✓ 鄰近雨量站、距離多遠、建站多久
- ✓ 歷史雨量紀錄、重現期距雨量

Table 2.3 Form for recording the causing rainfall data (Form 1)¹⁰⁾

Municipality

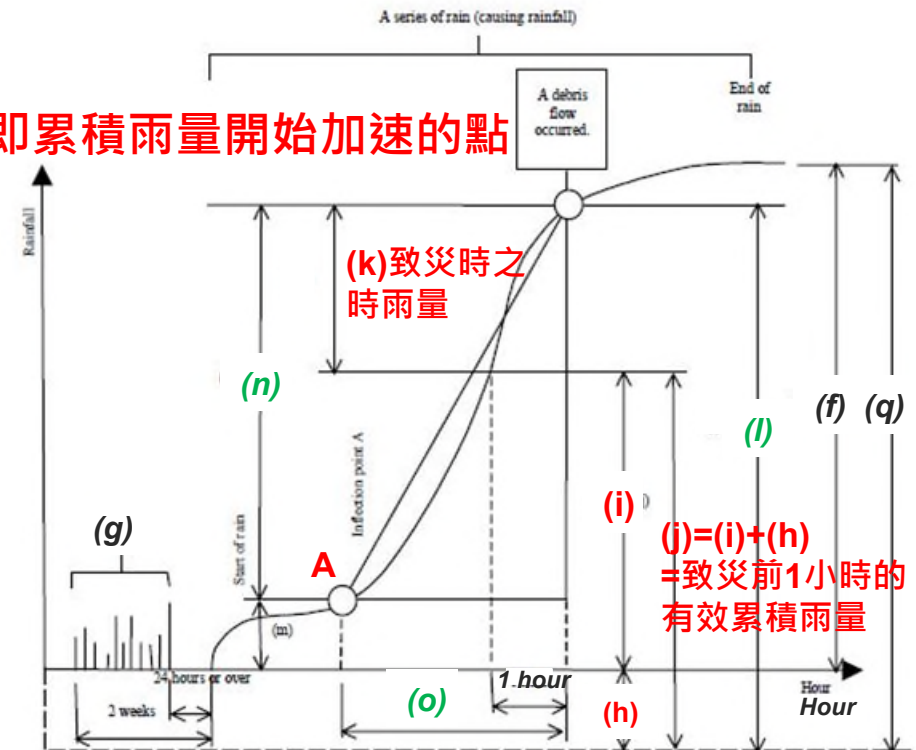
(Prefecture) **A法使用**

(Representative rainfall gauging station) **B法使用**

(a) Reference No.	(b) Mountain stream	(c) Address	(d) No. of debris flow hazard stream	(e) Occurrence date/time	(f) Continuous rainfall (R_C) (date/time-date/time)	(g) Antecedent rainfall (R_A)				(h) Antecedent working rainfall (R_{WA})	(i) Cumulative rainfall up to 1 hour before the occurrence of debris flow	(j) Working rainfall up to 1 hour before the occurrence of debris flow ((h) + (i))	(k) One-hour rainfall immediately before the occurrence of debris flow	(l) Working rainfall (R_W) up to the occurrence of debris flow ((j) + (k))	(m) Initial rainfall (R_I) (date/time)	(n) Effective rainfall (R_E) up to the occurrence of debris flow ((i) + (j) - (m))	(o) Effective time	(p) Effective rainfall intensity (I_E) (n) / (o)	(q) Total working rainfall ((f) + (h))	(r) Distance between mountain stream and rainfall gauging station	(s) Remarks	
a		b			c	2 days before	3 days before	4 days before	---	d											h	
						14 days before																
						Half-life																

Procedure for recording the causing rainfall data (Form 1).

- Put a reference number in chronological order.
- Fill in the name of a stream.
- Fill in the address of a stream.
- Fill in the stream No. ■ 反曲點A為時雨量>4mm處，即累積雨量開始加速的點
- Fill in the date and time when a debris flow occurred. If the occurrence time is an inferred time, show it with ().
- Fill in the continuous rainfall (R_C) and the time when the rain started and ended.
- Fill in the 24-hour rainfall of each day from 2 days before to 14 days before.
- Fill in the antecedent working rainfall (R_{WA}) for each specified half-life.
- Fill in the cumulative rainfall from the start of a series of rain up to 1 hour before the occurrence of debris flow.
- Fill in the working rainfall up to 1 hour before the occurrence of debris flow.
- Fill in the one-hour rainfall immediately before the occurrence of debris flow.
- Fill in the working rainfall up to the occurrence of debris flow.
- Fill in the initial rainfall (R_I) and the time of Inflection Point A.
- Fill in the effective rainfall (R_E) up to the occurrence of debris flow.
- Fill in the effective time up to the occurrence of debris flow.
- Fill in the effective rainfall intensity (I_E) up to the occurrence of debris flow.
- Fill in the total working rainfall of causing rain.
- Fill in the distance from stream to representative gauging station.



■ 稍後A法將使用 (k) (j) 欄位值來代表(點繪)該致災雨場

有效雨量強度 (p) = (n) / (o)

Table 2.4 Form for recording the non-causing rainfall data (Form 2) ¹⁰⁾

Municipality **A法使用** (Prefecture)

(Representative rainfall gauging station)

B法使用

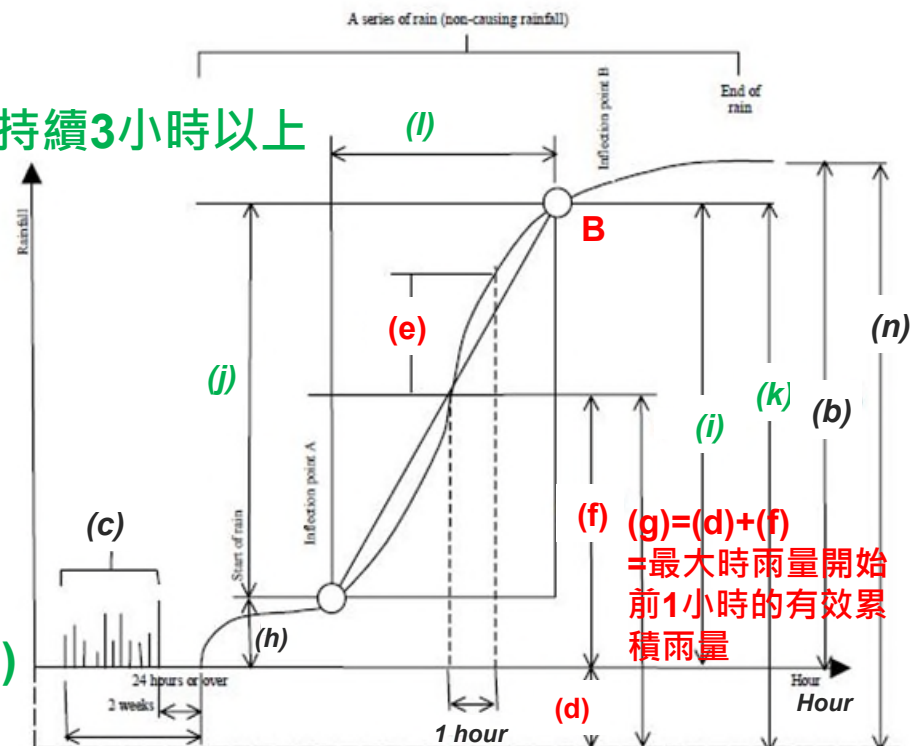
(a) Reference No.	(b) Continuous rainfall (R_C) (date/time-date/time)	(c) Antecedent rainfall (RA)					(h) Antecedent working rainfall (R_{WA})	(e) Maximum hourly rainfall of non-causing rain (date/time-date/time)	(f) Cumulative rainfall up to before the start of a maximum hourly rainfall	(g) Working rainfall up to before the start of a maximum hourly rainfall ((d) + (f))	(h) Initial rainfall (R_I) (date/time)	(i) Cumulative rainfall up to Inflection Point B (date/time)	(j) Effective rainfall (R_E) up to Inflection Point B ((i) - (h))	(k) Working rainfall up to Inflection Point B ((d) + (i))	(l) Effective time	(m) Effective rainfall intensity ((j) / (l))	(n) Total working rainfall ((b) + (d))	Remarks
		2 days before	3 days before	4 days before	...	14 days before												
a	b							(e)		(g)		d		(k)	e	(m)	n	

Procedure for recording the non-causing rainfall data (Form 2).

- Put a reference number in chronological order of rainfall data.
- Fill in the continuous rainfall (R_C) and the time when a rain started and ended.
- Fill in as done in (g) in Form 1.
- Fill in as done in (h) in Form 1.
- Fill in the maximum hourly rainfall in a series of rain and its starting time.
- Fill in the cumulative rainfall from the start of a series of rain up to before the start of a maximum hourly rainfall.
- Fill in the working rainfall up to before the start of a maximum hourly rainfall.
- Fill in the initial rainfall (R_I) and the time of Inflection Point A.
- Fill in the cumulative rainfall from the start of a series of rain up to Inflection Point B and the time of Inflection Point B.
- Fill in the effective rainfall up to Inflection Point B.
- Fill in the working rainfall up to Inflection Point B.
- Fill in the effective time up to Inflection Point B.
- Fill in the effective rainfall intensity (I_E) up to Inflection Point B.
- Fill in the total working rainfall of non-causing rain.

■ 反曲點B在B法中會用來決定有效雨量強度(m)

■ 稍後A法將使用 (e) (g) 欄位值來代表(點繪)該非致災雨場



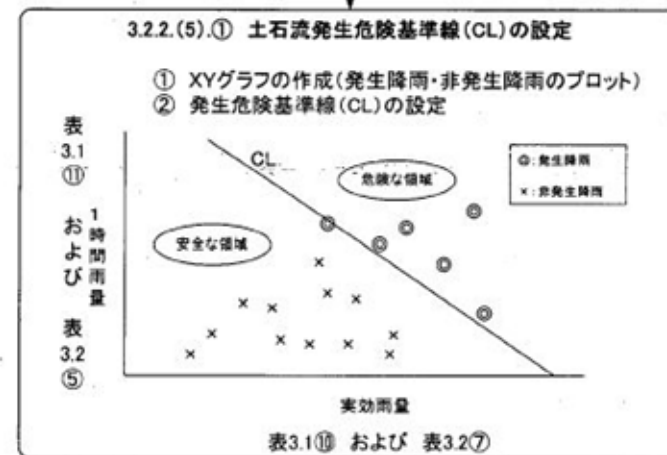
有效雨量強度 (m) = (j) / (l)

1.3 有効雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

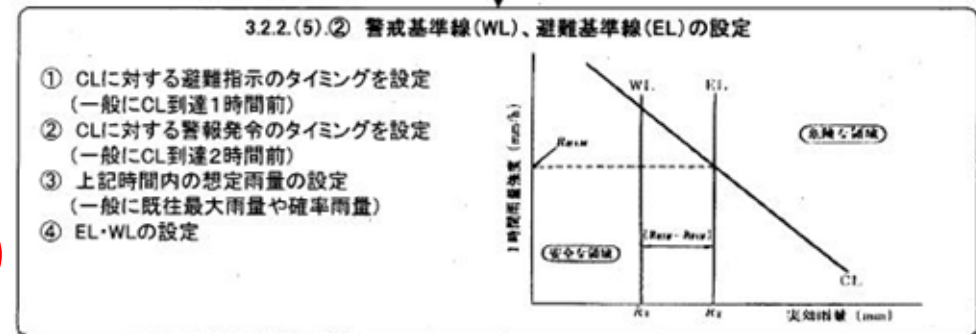
【Step 3】CL設定

劃定Critical line (CL)



【Step 4】WL、EL設定

劃定Warning line (WL)
及 Evacuation line (EL)



3.2.2.(5).③ 各基準線の妥当性の検討

- ① 分離性、② 発令頻度、③ 空振頻度

3.2.2.(5).④ 警戒基準雨量、避難基準雨量の設定

(複数案の比較検討により最適な基準を設定)

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

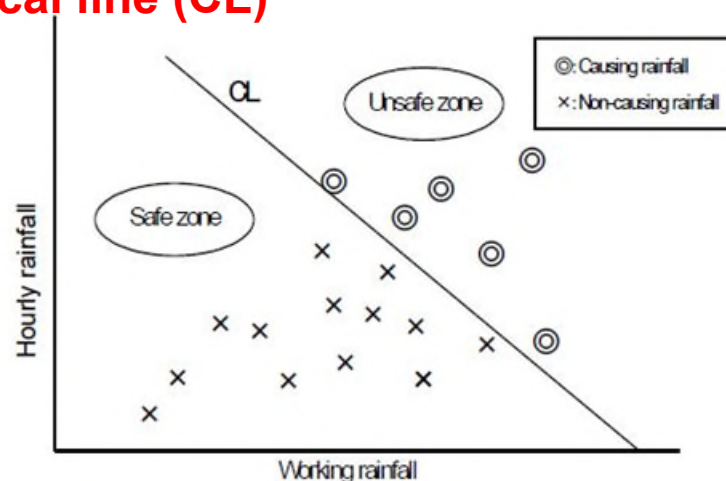
【Step 3】CL設定

將 Table 2.3 的 (j)(k)欄位值(致災雨場) , 及 Table 2.4 的 (g)(e)欄位值 (非致災雨場)點繪在圖上

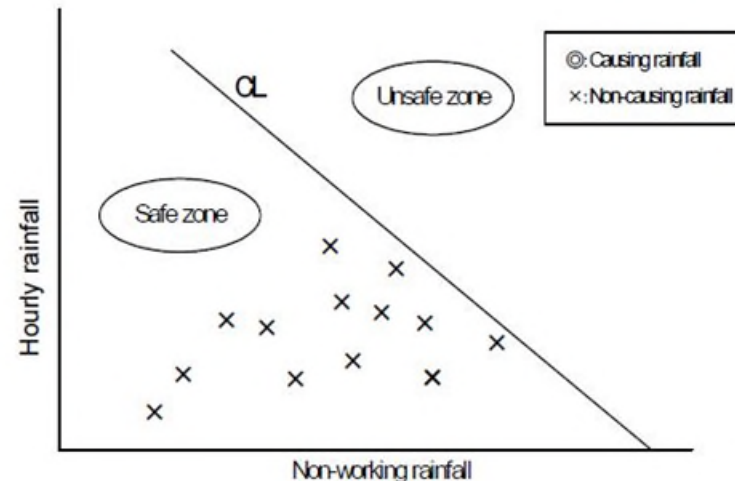
Table 2.6 Definitions of rainfall indexes depicted in a graph ¹⁰⁾

	The X axis (abscissa)	The Y axis (ordinate)
Causing rainfall	(j) : 致災前1小時的有效累積雨量 BEFORE THE OCCURRENCE OF DEATHS HOW	(k) : 致災時之時雨量
Non-causing rainfall	(g) : 最大時雨量開始前1小時 的有效累積雨量	(e) : 最大時雨量 PEAKS OF RAIN

劃定Critical line (CL)



(a) If causing rainfalls are available



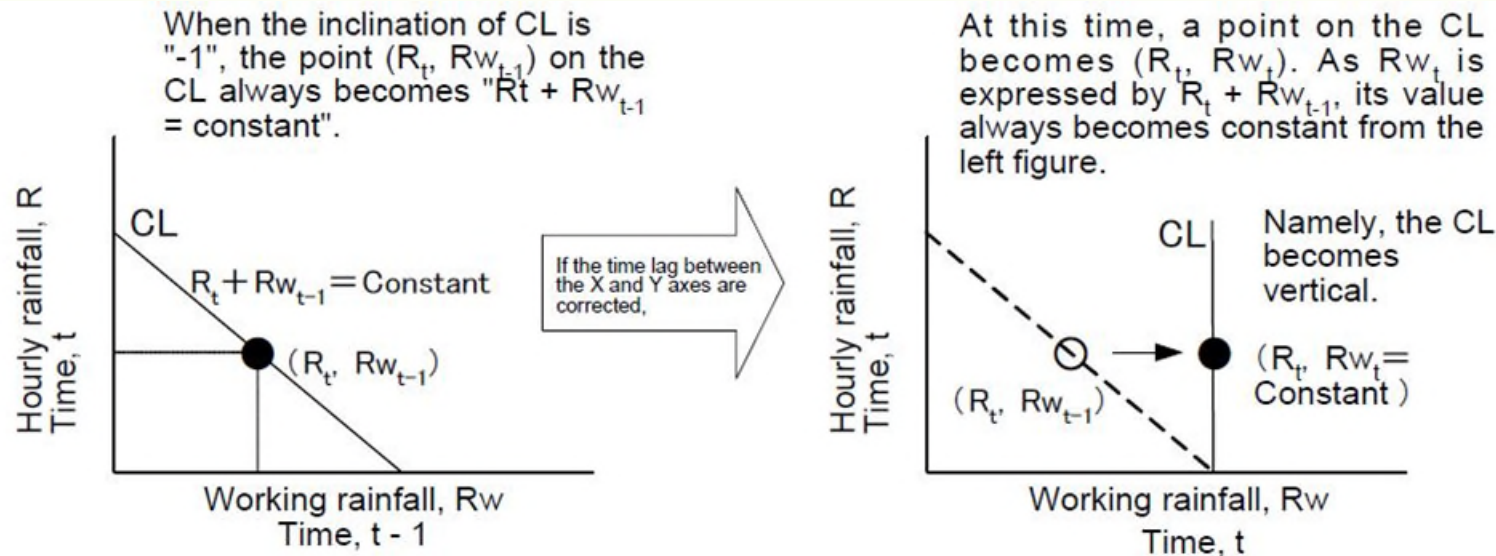
(b) If causing rainfalls are not available

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程(2/2)

【Step 3】CL設定

CL設定時，其斜率 a 必須 “ $-1 < a < 0$ ”



若CL斜率 a 為-1，會造成若取X-Y軸採用相同時間 t ，CL變為垂線→亦即不論降雨強度再大，CL左側永遠為安全區→不符真實情形

The inclination of the CL should be gentler than "-1" in Method A.

Therefore

When the CL becomes vertical or inclined to the right, a safe zone is generated even though the hourly rainfall is large, which does not match with an actuality.

Fig. 2.6 The limit of the critical line (CL) by Method A¹⁰⁾

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

【Step 4】WL、EL設定

劃定Warning line (WL)及 Evacuation line (EL)

- ✓ 理論上，每個地方疏散準備及執行疏散所需的時間都不同
- ✓ Table 2.7 建議分別設定為2小時及1小時，並找出該地區歷史最大2小時及1小時雨量，用以後續之WL及EL之設定

Table 2.7 The timing of a warning issuance and an evacuation instruction, and the forecasted rainfall during spare hours employed in the Guideline Method ¹⁰⁾

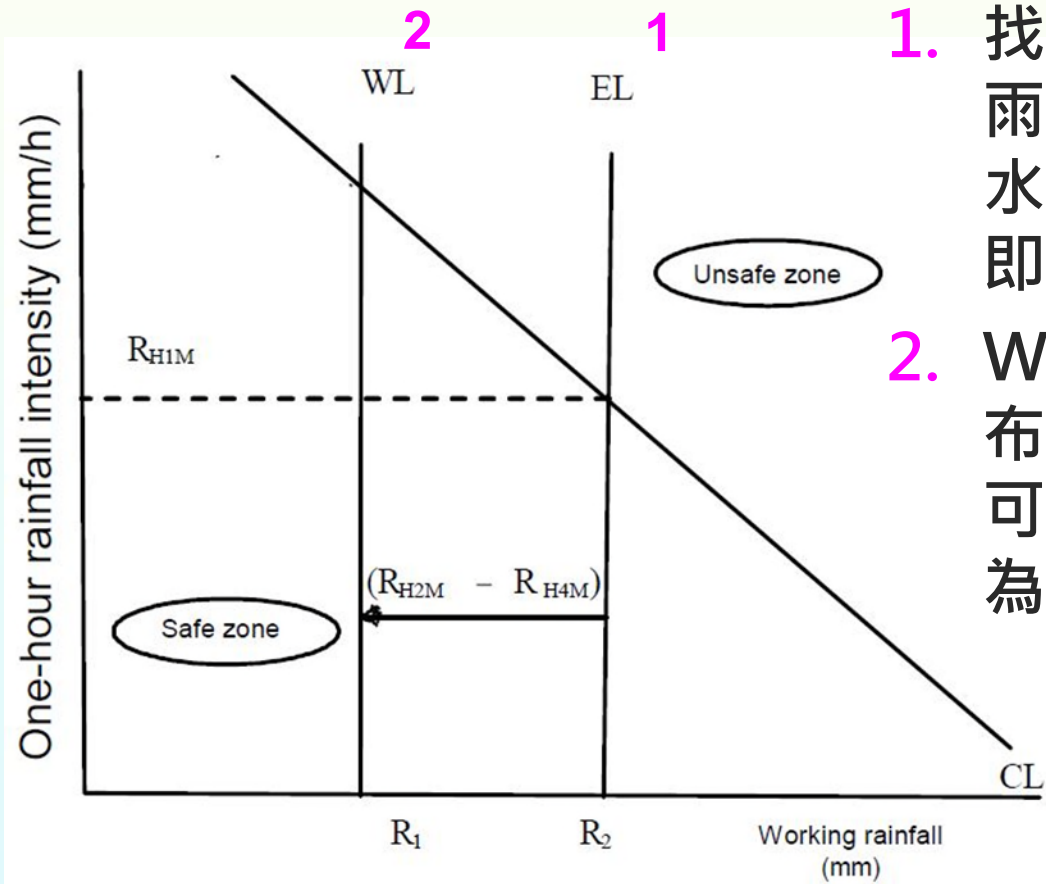
Type	Timing of issuance/ instruction	Forecasted rainfall during the spare hours
Issuance of a warning	2 hours before reaching the CL	Past maximum 2-hour rainfall (R_{H2M})
Instruction of an evacuation	1 hour before reaching the CL	Past maximum 1-hour rainfall (R_{H1M})

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

【Step 4】WL、EL設定

劃定Warning line (WL)及 Evacuation line (EL)



1. 找出歷史雨場中，最大歷史1小時雨量 R_{H1M} ，並標在縱軸，過此點作水平線交於CL；再過此交點作垂線即為EL
2. WL被要求在達到EL的前一小時發布，最大歷史2小時雨量 R_{H2M} ，故可由EL作其平行線而繪出，其間距為 $(R_{H2M} - R_{H1M})$ 。

Fig. 2.7 Setting of the warning line (WL) and the evacuation line (EL) (Method A) ¹⁰⁾

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程 【Step 5】 CL, WL, EL合宜性檢討

✓ 評估CL、EL、WL
設定之合宜性，可以
下列三指標作評估

- 分離率(Separability)
- 警戒發布及避難指示
之發布頻率
(Frequency of
warning issuance
and evacuation
instruction)
- 警戒發布及避難指示
之誤報頻率(Non-hit
rate of waning
issuance and
evacuation
instruction)

<Separability>

Kn : 非致災降雨雨場總資料數

Knc : 非致災降雨位於CL左下側(安全側)之資料數

If all debris flow causing rainfalls come in the unsafe zone in the upper right side and all non-causing rainfalls come in the safe zone in the lower left side taking the CL as the boundary line, it can be said that both rainfalls show a good separability. Actually, however, some of non-causing rainfalls come in the unsafe zone as seen in Fig. 2.8. Hence, the separability of the CL is investigated using the number of non-causing rainfalls. The total number of non-causing rainfalls is assumed as "Kn" and the number of non-causing rainfalls that come in the safe zone in assumed as "Knc". Then, calculation is made using an equation, $S_c = K_{nc} / K_n$. It is judged that the greater the value of S_c , the better the separability is.

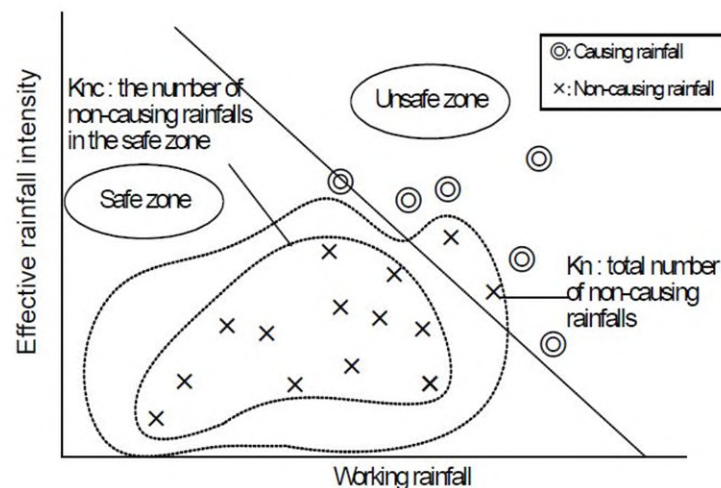


Fig. 2.8 Investigation of separability¹⁰⁾

$$S_c = K_{nc} / K_n = 12/14 \rightarrow S_c \text{ 愈大, 分離性愈佳}$$

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程

【Step 5】CL, WL, EL合宜性檢討

✓ 評估CL、EL、WL
設定之合宜性，可以
下列三指標作評估

- 分離率(Separability)
- 警戒發布及避難指示
之發布頻率
(Frequency of
warning issuance
and evacuation
instruction)
- 警戒發布及避難指示
之誤報頻率(Non-hit
rate of warning
issuance and
evacuation
instruction)

<Frequency of warning issuance and evacuation instruction>

K_{yw} : 致災之有效雨量超過R1之次數

K_{nw} : 非致災之有效雨量超過R1之次數

K_{ye} : 致災之有效雨量超過R2之次數

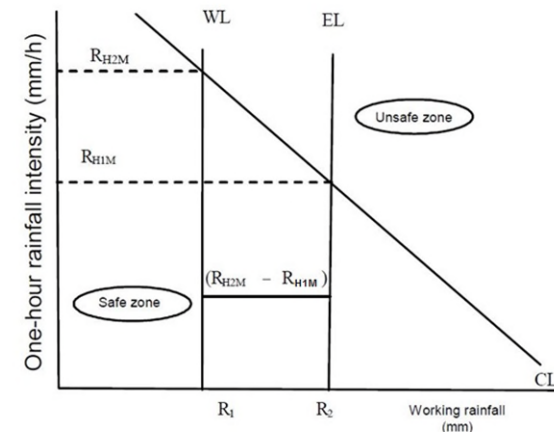
K_{ne} : 非致災之有效雨量超過R2之次數

n : 所蒐集之雨場分布於多少年

$$\text{Frequency of warning issuance: } F_w = \frac{k_{yw} + k_{nw}}{n} \quad (\text{time/year})$$

$$\text{Frequency of evacuation instruction: } F_w = \frac{k_{ye} + k_{ne}}{n} \quad (\text{time/year})$$

Where, "n" is the number of years in which the data are collected.



1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ A法設定警戒雨量作業流程 【Step 5】 CL, WL, EL合宜性檢討

✓ 評估CL、EL、WL 設定之合宜性，可以 下列三指標作評估

- 分離率(Separability)
- 警戒發布及避難指示
之發布頻率
(Frequency of
warning issuance
and evacuation
instruction)
- 警戒發布及避難指示
之誤報頻率(Non-hit
rate of warning
issuance and
evacuation
instruction)

<Non-hit rate of warning issuance and evacuation instruction>

Even though a warning is issued and an evacuation is instructed, a sediment disaster does not necessarily occur. This kind of non-hit rate is calculated using the following equations. The non-hit rate here is not intended for assessing the accuracy of the CL, but for assessing the adequacy of a forecasted rainfall used for the setting of the EL and WL.

$$\text{Non-hit rate of warning issuance: } M_w = \frac{k_{mw}}{n} \quad (\text{time/year})$$

$$\text{Non-hit rate of evacuation instruction: } M_e = \frac{k_{ne}}{n} \quad (\text{time/year})$$

K_{nw} : 非致災之有效雨量超過R1之次數

K_{ne} : 非致災之有效雨量超過R2之次數

n : 所蒐集之雨場分布於多少年

【Step 6】設定警戒基準雨量R1 設定避難基準雨量R2

After comparing various procedures and confirming the adequacy of the CL, EL, and WL, the standard rainfall for warning and the standard rainfall for evacuation are established as follows.

Standard rainfall for warning: R_1 (mm)

Standard rainfall for evacuation: R_2 (mm)

指針案A法計算範例【範例】雨場切割、有效雨量 R_{WA} 及 R_W 之計算例

此處半衰期設為1日，故前期雨量只須考慮7天

Table 1 Calculation result of antecedent working rainfall (R_{WA})

Days before the start of a series of rain	24-hour rainfall	Deduction coefficient	Added value	Cumulative antecedent working rainfall
1	0.0	0.50000	0.000	0.000
2	38.0	0.25000	9.500	9.500
3	0.0	0.12500	0.000	9.500
4	2.0	0.03250	0.065	9.565
5	0.0	0.03125	0.000	9.565
6	0.0	0.01563	0.000	9.565
7	7.0	0.00781	0.055	9.620
8	-	0.00391	-	9.620
Total				9.620

$R_{WA}=9.62\text{mm}$

指針案A法計算範例【範例】雨場切割、有效雨量 R_{WA} 及 R_W 之計算例

此處半衰期設為1日，故前期雨量只須考慮7天

Table 2 Sample data of hourly rainfall

Time of debris flow occurrence: September 12, 17:00

Time Date	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Daily rainfall	24-hour rainfall before the start of a series of rain
9/3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0
9/4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9/5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9/6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0
9/7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9/8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	8.0	6.0	8.0	6.0	38.0	38.0
9/9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9/10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	6.0	0.0	0.0	3.0	3.0	3.0	1.0	3.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	27.0	-
9/11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	1.0	0.0	1.0	1.0	3.0	7.0	6.0	4.0	6.0	7.0	5.0	10.0	9.0	9.0	10.0	8.0	94.0	-
9/12	6.0	7.0	5.0	7.0	8.0	6.0	6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0	12.0	6.0	4.0	6.0	11.0	15.0	8.0	0.0	0.0	0.0	139.0	-
9/13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

本雨場總雨量260mm

- 上表灰底部份即為雨場，其降雨延時為61h
- 黃底處為土石流發生時間 (時雨量4mm/h)
- 此雨場自開始至災害前1小時之累積雨量為216mm
- 有效雨量 $R_W = 216 + R_{WA} = 216 + 9.62 = 225.6 \text{ mm}$
- 故本致災雨場可以 (225.6, 4) 此點代表

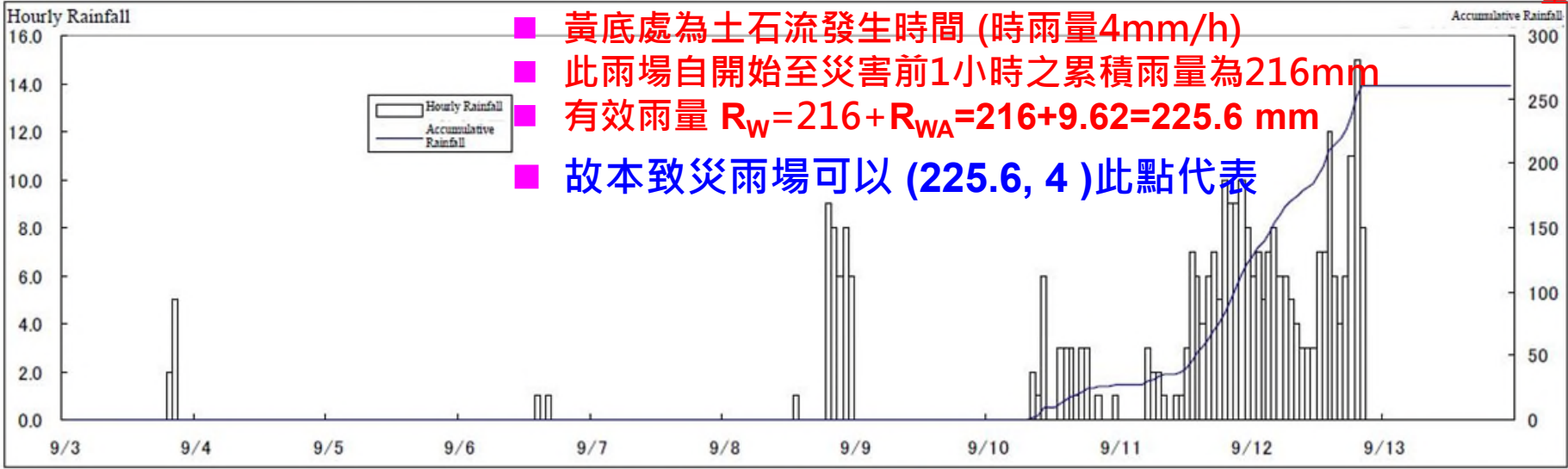


Fig. 1 Hyetograph of sample data

指針案A法計算範例【Step1】設定CL, WL, EL

Table 3 Sample rainfall data

Causing rainfall	Year	Mon.	Day	Hour	Hourly rainfall	Maximum two-hour rainfall	Working rainfall up to one hour before	Total working rainfall
	1980	9	12	17	26.0	29.0	162.3	188.3
	1982	8	2	2	14.0	18.0	112.3	126.3
	1982	8	1	16	28.0	38.0	74.3	102.3
Non-causing rainfall	Date/time of maximum hourly rainfall				Maximum hourly rainfall	Maximum two-hour rainfall	Working rainfall up to one hour before	Total working rainfall
	1983	5	16	19	14.0	22.0	52.1	66.1
	1983	8	16	17	32.0	48.0	20.0	52.0
	1983	9	28	18	16.0	20.0	126.0	142.0
	1985	6	24	8	8.0	12.0	39.2	47.2
	1985	7	1	2	17.0	33.0	177.9	194.9
	1986	8	4	19	12.0	38.0	67.4	79.4
	1986	9	3	4	14.0	26.0	55.6	69.6
	1988	9	25	15	11.0	19.0	68.5	79.5
	1989	7	17	18	17.0	33.0	24.4	40.4
	1989	8	27	13	19.0	28.0	51.1	70.1

The rainfall indexes depicted in the graph by Method A (Guideline Method) are shown in Table 4. The X-Y graph prepared from these data is presented in Fig. 2.

Table 4 Definitions of rainfall indexes depicted in the graph

	X-axis (abscissa)	Y-axis (ordinate)
Causing rainfall	(j) : 致災前1小時的有效累積雨量 the occurrence of debris flow	(k) : 致災時之時雨量 the occurrence of debris flow
Non-causing rainfall	(g) : 最大時雨量開始前1小時的有效累積雨量	(e) : 最大時雨量 series of rain

指針案A法計算範例【Step1】設定CL, WL, EL

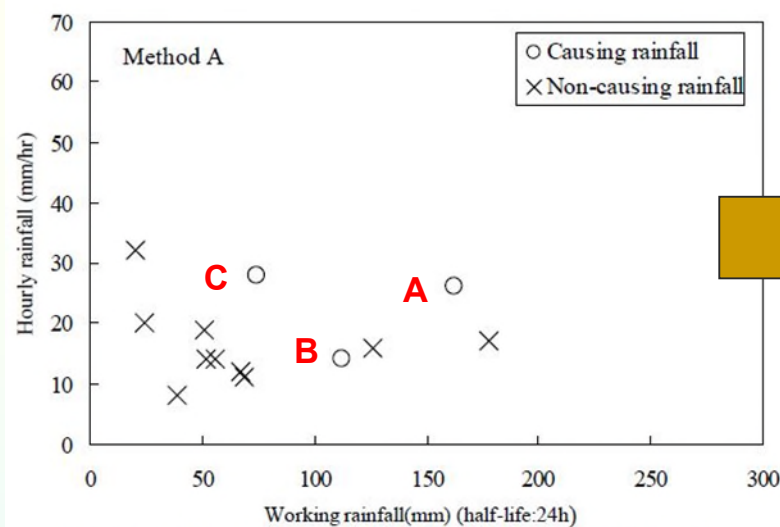


Fig. 2 X-Y graph by Method A (Guideline Method)

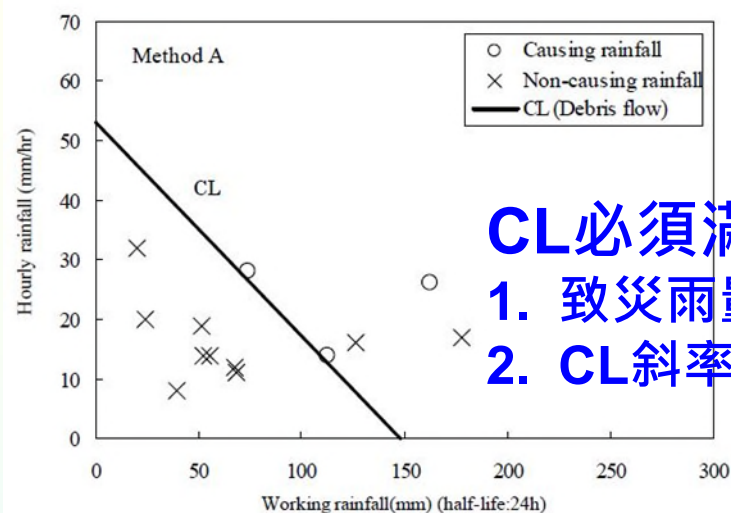


Fig. 3 Setting of the critical line (CL)

CL必須滿足二個條件
 1. 致災雨量均在CL右側
 2. CL斜率必須在 0~ -1間

1. 由Table 3查得 $R_{H1M}=32\text{mm}$
2. 由Table 3查得 $R_{H2M}=48\text{mm}$
3. 在Y軸上標註 R_{H1M} 位置，並作水平線與CL交點之垂線即為EL，其垂足即為 $R_2=58\text{mm}$
4. 平行EL，向左移動 $(R_{H2M}-R_{H1M})=16$ 之距離，即可得WL，其垂足即為 $R_1=(58-16)=42\text{mm}$

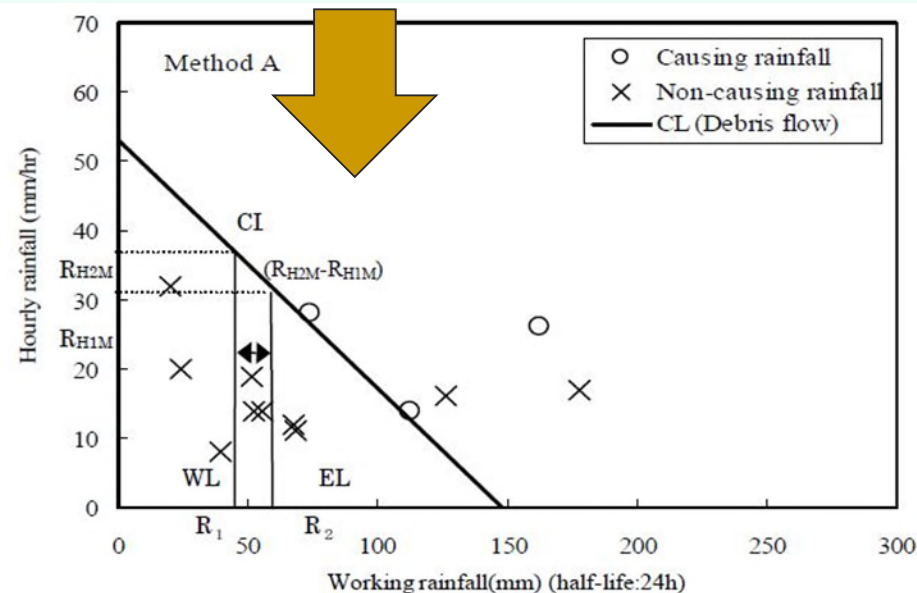


Fig. 4 Setting of the warning line (WL) and the evacuation line (EL)

指針案A法計算範例【Step2】 驗證合宜性

(1) Verification of separability

Among 10 non-causing rainfalls depicted in the graph, 8 rainfalls exist on the lower left side of the CL which is the safe zone. It is denoted as $S_c = 8/10 = 0.8$, which shows a high separability.

(2) Investigation of the frequency of warning issuance and evacuation instruction

The standard rainfall for warning, R_1 , is 42 mm and the standard rainfall for evacuation, R_2 , is 58 mm. The number of rainfalls of which total working rainfall exceeds R_1 and R_2 is as shown in Table 5.

Table 5 Comparison between total working rainfall, standard rainfall for warning, and standard rainfall for evacuation

Causing/non-causing	Rainfall exceeding R_1 (42 mm)	Rainfall exceeding R_2 (58 mm)
Causing rainfall	3	3
Non-causing rainfall	9	7

The data collection years are 10 years as is known from Table 3. Then, the frequency of warning issuance and the frequency of evacuation instruction are calculated as follows.

Frequency of warning issuance: $F_w = \frac{k_{yw} + k_{nw}}{n} = \frac{3 + 9}{10} = 1.2$ (time/year)

Frequency of evacuation instruction: $F_w = \frac{k_{ye} + k_{ne}}{n} = \frac{3 + 7}{10} = 1.0$ (time/year)

(3) Investigation of the non-hit rate of warning issuance and evacuation instruction

The non-hit rates of warning issuance and evacuation instruction are calculated as follows from Table 5.

Non-hit rate of warning issuance: $M_w = \frac{k_{nw}}{n} = 0.9$ (time/year)

Non-hit rate of evacuation instruction: $M_e = \frac{k_{ne}}{n} = 0.7$ (time/year)

1.3 有效雨量法-指針案(Guideline Method)

■ 指針法實際應用時應注意事項

- ✓ 因A法在設定CL時，XY軸有1小時之時差，故建議改用Fig. 2.14之呈現方法較佳
- ✓ B法因無時差問題，故用Fig. 2.13 或 Fig. 2.14之呈現方式均可

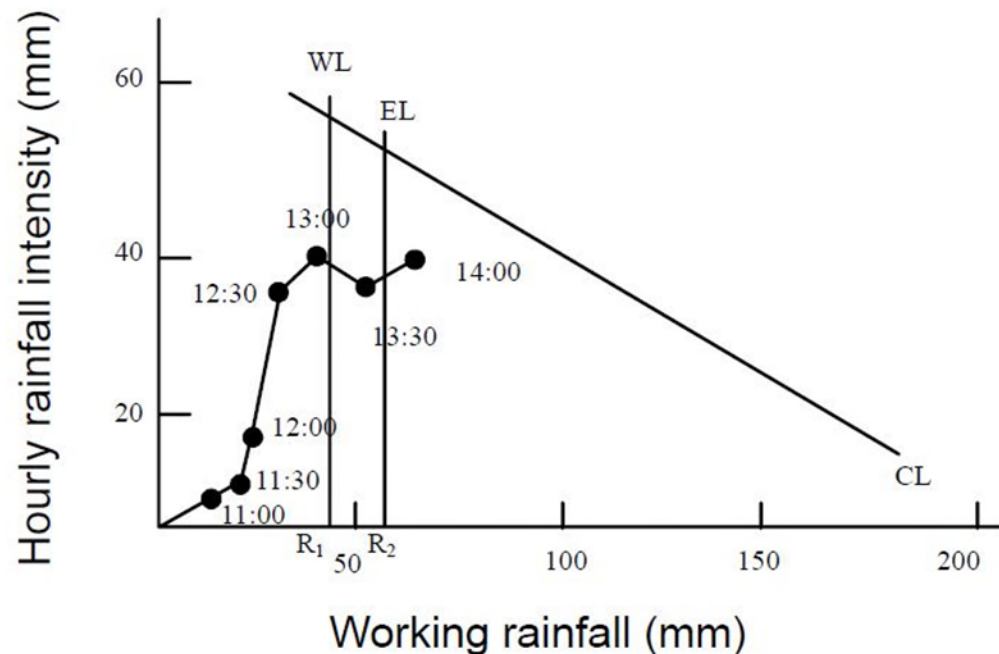


Fig. 2.13 Judgment by the snake line employed in Guideline Method ¹⁰⁾

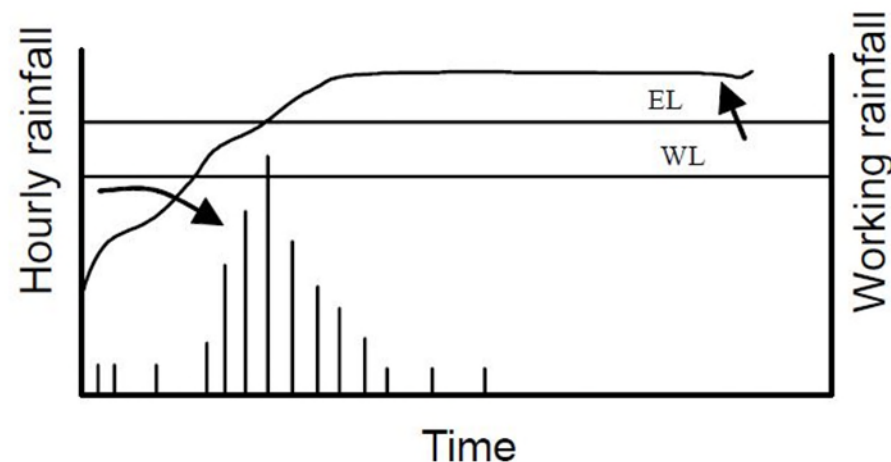


Fig. 2.14 Improvement of the judging method ¹⁰⁾

1.4 有效雨量法-矢野案(Yano Method)

■ 矢野法主要在改指針案A法之缺點

- ✓ A法僅對前期雨量有折減，但對目前的雨場，不論降雨延時多長，均未作折減(e.g., 4日 vs. 1日)，顯不合理
- ✓ 矢野法之**前期雨量折減方式**係以「時」為單位，**指針法**係以「日」為單位
- ✓ 矢野法之有效雨量計算方式不必設定雨場起、終點，有利於電腦運算

■ 矢野法在**設定CL時**，同A法係**使用有效累雨量及時雨量二個參數**，但**警戒發布時**，**僅使用有效累雨量**

■ 矢野法的缺點：在**半衰期的設定及警戒解除時機**，仍仰賴經驗法

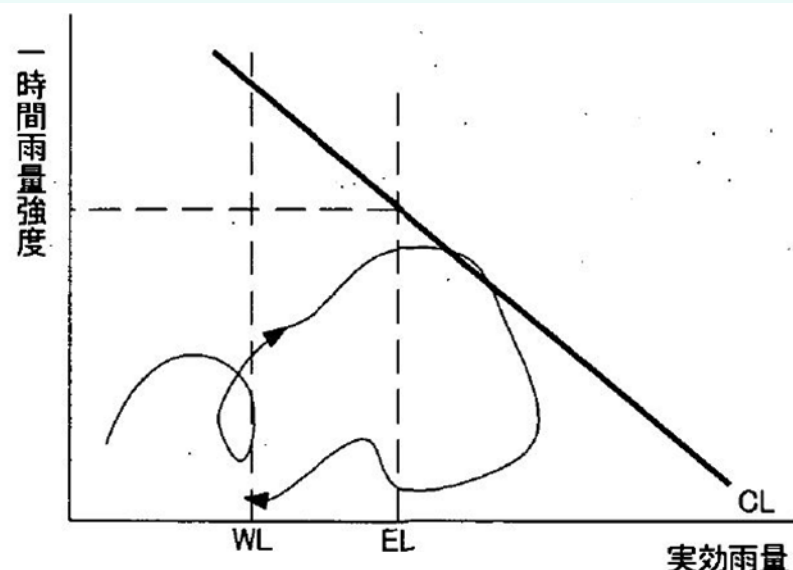
$$R_w = \sum \alpha_{li} \times R_{li}$$

R_w : 実効雨量

R_{li} : i 時間前の 1 時間雨量

α_{li} : i 時間前の減少係数

$\alpha_{li} = 0.5^{i/T}$ 、 T : 半減期 (時間)



1.5 有效雨量法-提言案(Committee Method)

- 適用對象：群發型崩塌、土石流
- 適用地區：急傾斜地崩壞危險箇所。相似地形、地質、植生的鄰近地區可使用相同的基準雨量
- 降雨指標
 - ✓ 半衰期1.5h之有效雨量：相當於水桶模式第1桶水的佇留高
 - ✓ 半衰期 72h之有效雨量：相當於水桶模式第2, 3桶水的佇留高
- 特性：
 - ✓ 指針法之有效雨量計算方式是以「日」為單位去折減
 - ✓ 提言法之有效雨量計算方式是以「時」為單位去折減(同矢野法)

$$R_w = \sum \alpha_{1i} \times R_{1i} \quad \alpha_{1i} = 0.5^{i/T}$$

where R_w : working rainfall

R_{1i} : one-hour rainfall at the time i -hours ago

α_{1i} : deduction coefficient at the time i - hour ago

T : half-life (hour)

1.5 有効雨量法-提言案

■ 基準雨量設定流程

【Step 1】蒐集雨場資料

致災雨場資料表

表 3.7 発生降雨整理表

整理項目	適用
① 整理番号	
② 現象の分類	がけ崩れ（集中発生）、がけ崩れ（単発）、土石流等
③ 箇所名または溪流名	
④ 住所または地先名	
⑤ 危険箇所番号または危険溪流番号	
⑥ 移動土砂の規模（量）	
⑦ 被害状況	
⑧ 発生年月日時刻	
⑨ 近傍観測所名	
⑩ 近傍観測所との距離	
⑪ 土砂災害発生1時間前の実効雨量（半減期 72 時間）	XY グラフに図示
⑫ "（半減期 1.5 時間）	"
⑬ 土砂災害発生時の実効雨量（半減期 72 時間）	"
⑭ "（半減期 1.5 時間）	"
⑮ 備考	

3.4.2(1) 降雨資料を収集するための雨量観測所の選定

- ① 既設雨量観測所の位置と観測期間の整理
- ② 非発生降雨を整理する代表雨量観測所の選定
- ③ 発生降雨を整理する災害箇所近傍の観測所の選定

3.4.2(3) 土砂災害発生時の降雨資料の収集

- ① 過去の土砂災害発生時刻等の整理
- ② 土砂災害発生時の降雨資料の収集

3.4.2(4) 土砂災害非発生時の降雨資料の収集

- ① 代表観測所における長期間の降雨資料の収集

3.4.2(3) 土砂災害発生時の降雨資料の整理

- a. 災害諸元の整理
- b. 近隣雨量観測所の整理
- c. 発生時の実効雨量の計算

表3.7

表3.7 発生降雨整理表

① 整理番号	
② 現象の分類	
③ 箇所名または溪流名	
④ 住所または地先名	
⑤ 危険箇所番号または危険溪流番号	
⑥ 移動土砂の規模（量）	
⑦ 被害状況	
⑧ 発生年月日時刻	
⑨ 近傍観測所名	
⑩ 近傍観測所との距離	
⑪ 土砂災害発生1時間前の実効雨量（半減期72時間）	
⑫ "（半減期1.5時間）	
⑬ 土砂災害発生時の実効雨量（半減期72時間）	
⑭ 土砂災害発生時の実効雨量（半減期1.5時間）	
⑮ 備考	

3.4.2(4) 土砂災害非発生時の降雨資料の整理

- a. 一連降雨の抽出整理
- b. 実効雨量の計算

表3.8

表3.8 非発生降雨整理表

① 整理番号	
② 代表観測所名	
③ 一連降雨（開始日時、終了日時、総雨量）	
④ 一連降雨量観測中の最大時間雨量（日時、雨量値）	
⑤ 最大時間雨量時の実効雨量（半減期12時間）	
⑥ 最大時間雨量時の実効雨量（半減期1.5時間）	
⑦ 最大実効雨量時刻	
⑧ 最大実効雨量時の実効雨量（半減期12時間）	
⑨ 最大実効雨量時の実効雨量（半減期1.5時間）	
⑩ 備考	

3.4.2(5)① 土石流発生危険基準線（CL）の設定

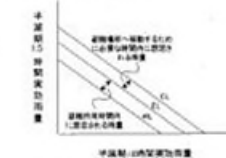
- ① XYグラフの作成（発生降雨・非発生降雨のプロット）
- ② 発生危険基準線（CL）の設定



実効雨量 半減期72時間
表3.7 ⑪ および 表3.8 ⑤

3.4.2(5)② 警戒基準線（WL）、避難基準線（EL）の設定

- ① CLに対する避難指示のタイミングを設定（一般にCL到達1時間前）
- ② CLに対する警戒発令のタイミングを設定（一般にCL到達2時間前）
- ③ 上記時間内の想定雨量の設定（既往最大雨量や確率雨量）
- ④ EL-WLの設定



3.4.2(5)④ 各基準線の妥当性の検討

- ① 分離性、② 発令強度、③ 空振強度

3.4.2(5)⑤ 警戒基準雨量、避難基準雨量の設定

（複数案の比較検討により最適な基準を設定）

注：各項目の見出
対応する本文の
を示している。

■ 思考：群發性崩塌如何決定雨場代表資料(點)?

- ✓ 以最早崩塌的發生時間
- ✓ 以最早及最晚崩塌的發生時間之時間點中值
- ✓ 以最早及最晚崩塌的發生雨量之雨量中值
- ✓ 以最大崩塌規模的發生時間
- ✓ 以最大時雨量作為發生時間

實務上無法掌握
正確時間

1.5 有効雨量法-提言案

■ 基準雨量設定流程

【Step 1】蒐集雨場資料

非致災雨場資料表

表 3.8 非発生降雨整理表

整理項目	適用
① 整理番号	
② 代表観測所名	
③ 一連続雨量（開始日時、終了日時、総雨量）	A案・B案に同じ
④ 一連続雨量期間中の最大時間雨量（日時、雨量値）	
⑤ 最大時間雨量時の実効雨量（半減期 72 時間）	
⑥ "（半減期 1.5 時間）	
⑦ 最大実効雨量時刻	一連続降雨期間中における $\sqrt{x^2 + y^2}$ の最大時刻（原点 より最も離れる時刻）
⑧ 最大実効雨量時の実効雨量（半減期 72 時間）	XYグラフに図示
⑨ "（半減期 1.5 時間）	"
⑩ 備考	

- 3.4.2(1) 降雨資料を収集するための雨量観測所の選定
- ① 既設雨量観測所の位置と観測期間の整理
 - ② 非発生降雨を整理する代表雨量観測所の選定
 - ③ 発生降雨を整理する災害箇所近傍の観測所の選定

- 3.4.2(3) 土砂災害発生時の降雨資料の収集
- ① 過去の土砂災害発生時刻等の整理
 - ② 土砂災害発生時の降雨資料の収集

- 3.4.2(4) 土砂災害非発生時の降雨資料の収集
- ① 代表観測所における長期間の降雨資料の収集

3.4.2(3) 土砂災害発生時の降雨資料の整理

- a. 災害諸元の整理
- b. 近隣雨量観測所の整理
- c. 発生時の実効雨量の計算

表3.7 発生降雨整理表

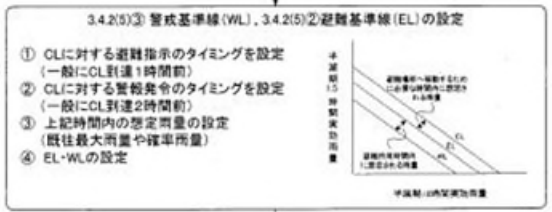
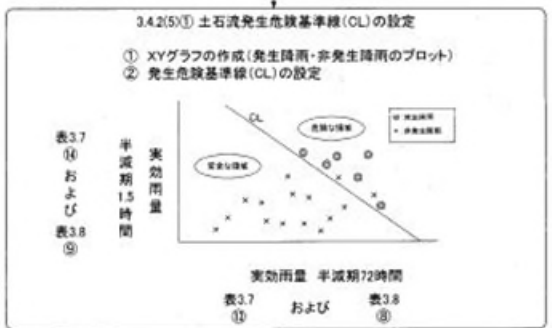
① 整理番号
② 観測所の分類
③ 箇所名または河川名
④ 住所または地名
⑤ 危険箇所番号または危険渓流番号
⑥ 移動土砂の規模(量)
⑦ 被害状況
⑧ 発生年月日時刻
⑨ 近隣観測所名
⑩ 近隣観測所との距離
⑪ 土砂災害発生1時間前の実効雨量(半減期72時間)
⑫ 土砂災害発生時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑬ 土砂災害発生時の実効雨量(半減期72時間)
⑭ 土砂災害発生時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑮ 備考

3.4.2(4) 土砂災害非発生時の降雨資料の整理

- a. 一連降雨の抽出整理
- b. 実効雨量の計算

表3.8 非発生降雨整理表

① 整理番号
② 代表観測所名
③ 一連雨量(開始日時、終了日時、総雨量)
④ 一連雨量期間中の最大時間雨量(日時、雨量値)
⑤ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期72時間)
⑥ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑦ 最大実効雨量時刻
⑧ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期72時間)
⑨ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑩ 備考



3.4.2(5)④ 各基準線の妥当性の検討

- ① 分離性、② 発生頻度、③ 空振頻度

3.4.2(5)⑤ 警戒基準雨量、避難基準雨量の設定

(複数案の比較検討により最適な基準を設定)

注: 各項目の見出
対応する本文の
を示している。

1.5 有効雨量法-提言案

■ 基準雨量設定流程

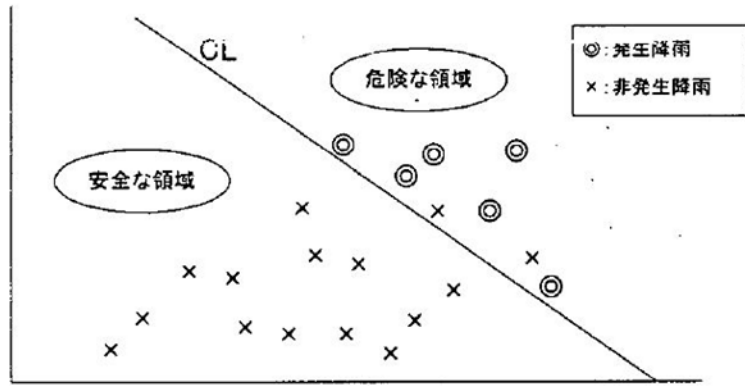
【Step 2】設定CL

3.4.2(5)① 土石流発生危険基準線(CL)の設定

- ① XYグラフの作成(発生降雨・非発生降雨のプロット)
- ② 発生危険基準線(CL)の設定

表3.7
⑭
および
表3.8
⑨

半減期1.5時間
実効雨量



実効雨量 半減期72時間

表3.7
⑬
および
表3.8
⑧

3.4.2(1) 降雨資料を収集するための雨量観測所の選定
① 既設雨量観測所の位置と観測期間の整理
② 非発生降雨を整理する代表雨量観測所の選定
③ 発生降雨を整理する災害箇所近傍の観測所の選定

3.4.2(3) 土石災害発生時の降雨資料の収集
① 過去の土石災害発生時刻等の整理
② 土石災害発生時の降雨資料の収集

3.4.2(4) 土石災害非発生時の降雨資料の収集
① 代表観測所における長期間の降雨資料の収集

3.4.2(3) 土石災害発生時の降雨資料の整理

a. 災害諸元の整理
b. 近隣雨量観測所の整理
c. 発生時の実効雨量の計算

表3.7 発生降雨整理表

① 整理番号
② 現象の分類
③ 箇所名または河川名
④ 住所または地名
⑤ 危険箇所番号または危険流域番号
⑥ 移動土砂の規模(量)
⑦ 被害状況
⑧ 発生年月日時刻
⑨ 近隣観測所名
⑩ 土石災害発生1時間前の実効雨量(半減期1.5時間)
⑪ 土石災害発生時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑫ 土石災害発生時の実効雨量(半減期72時間)
⑬ 土石災害発生時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑭ 備考

表3.7

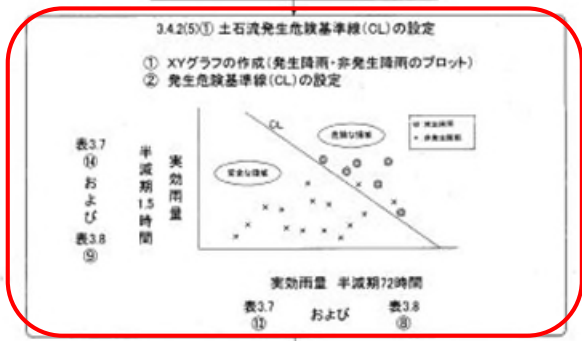
3.4.2(4) 土石災害非発生時の降雨資料の整理

a. 一連降雨の抽出整理
b. 実効雨量の計算

表3.8 非発生降雨整理表

① 整理番号
② 代表観測所名
③ 一連降雨(開始日時、終了日時、総雨量)
④ 一連降雨量観測中の最大時間雨量(1時間、雨量観測)
⑤ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑥ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期72時間)
⑦ 最大実効雨量時刻
⑧ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期1.5時間)
⑨ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期72時間)
⑩ 備考

表3.8



3.4.2(5)③ 警戒基準線(WL), 3.4.2(5)② 避難基準線(EL)の設定

① CLに対する避難指示のタイミングを設定(一般にCL到達1時間前)
② CLに対する警戒発令のタイミングを設定(一般にCL到達2時間前)
③ 上記時間内の想定雨量の設定(既往最大雨量や確率雨量)
④ EL-WLの設定

3.4.2(5)④ 各基準線の妥当性の検討

① 分離性、② 発令頻度、③ 空振頻度

3.4.2(5)⑤ 警戒基準雨量、避難基準雨量の設定
(複数案の比較検討により最適な基準を設定)

注: 各項目の見出
対応する本文の
を示している。

1.5 有効雨量法-提言案

【Step 3】設定EL (四種常用方式如下)

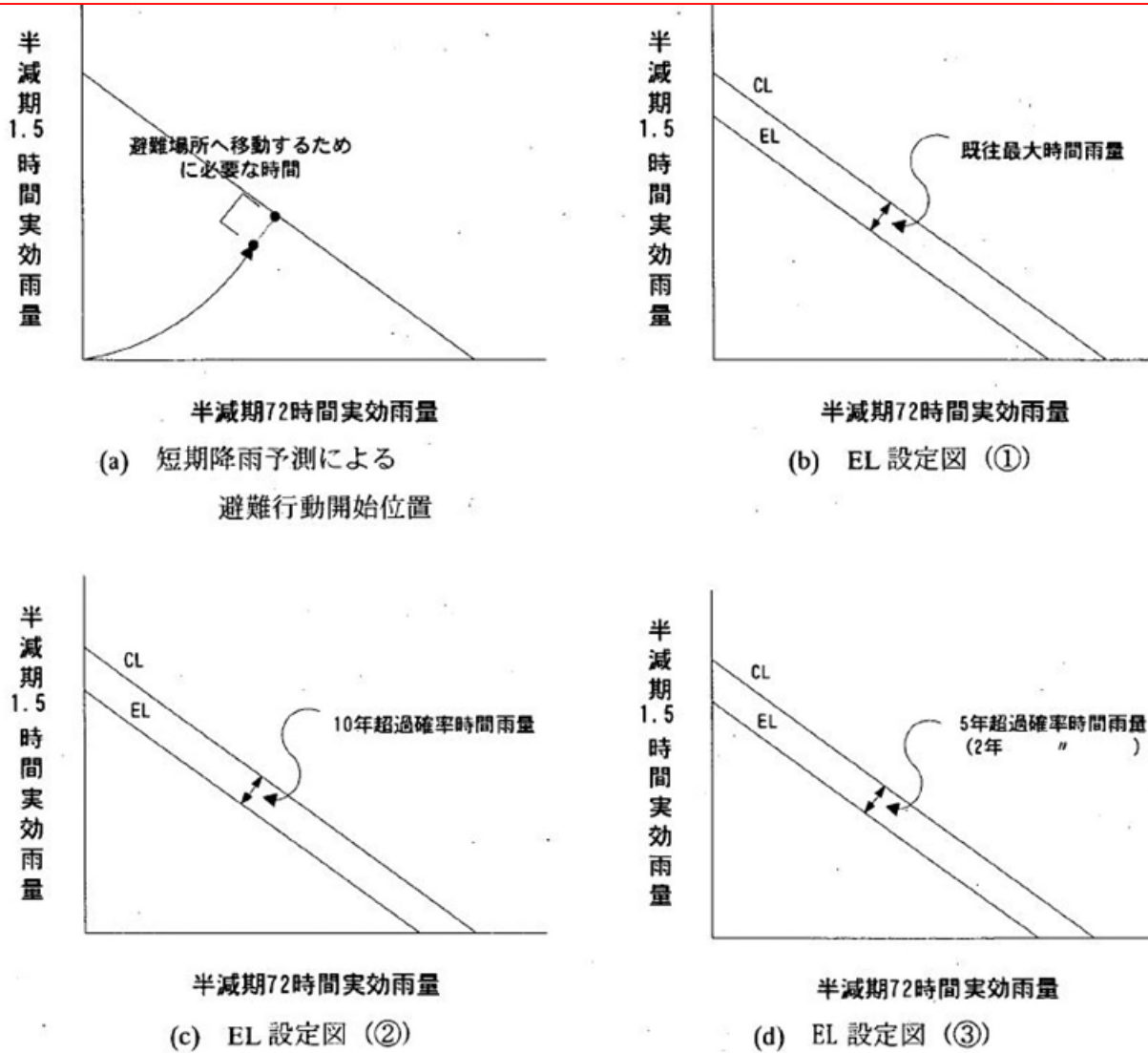
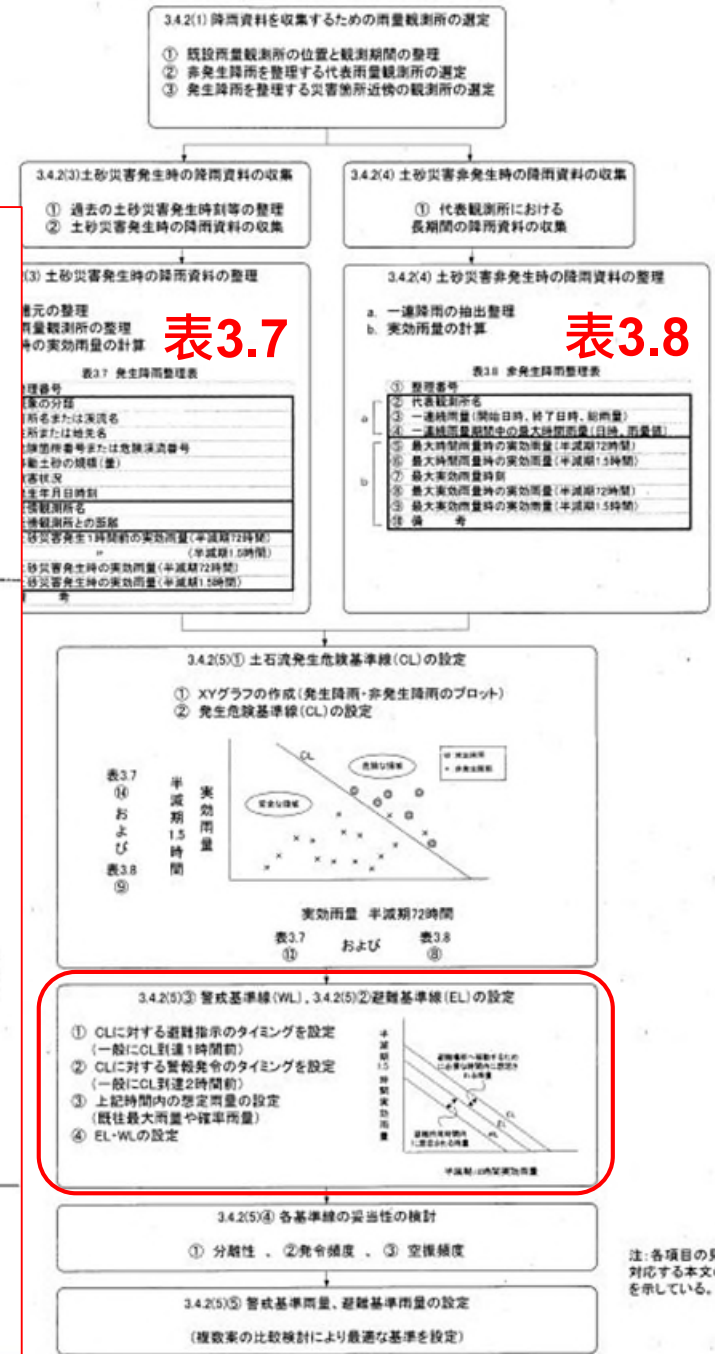
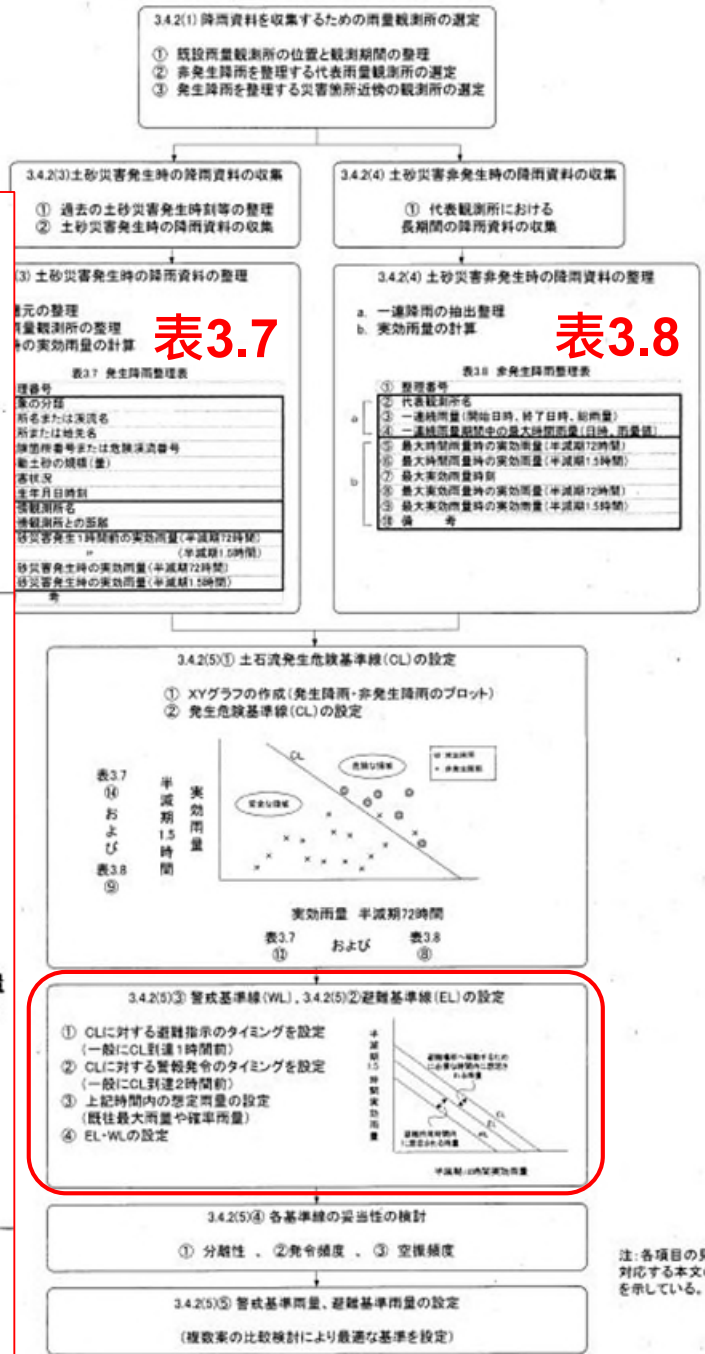
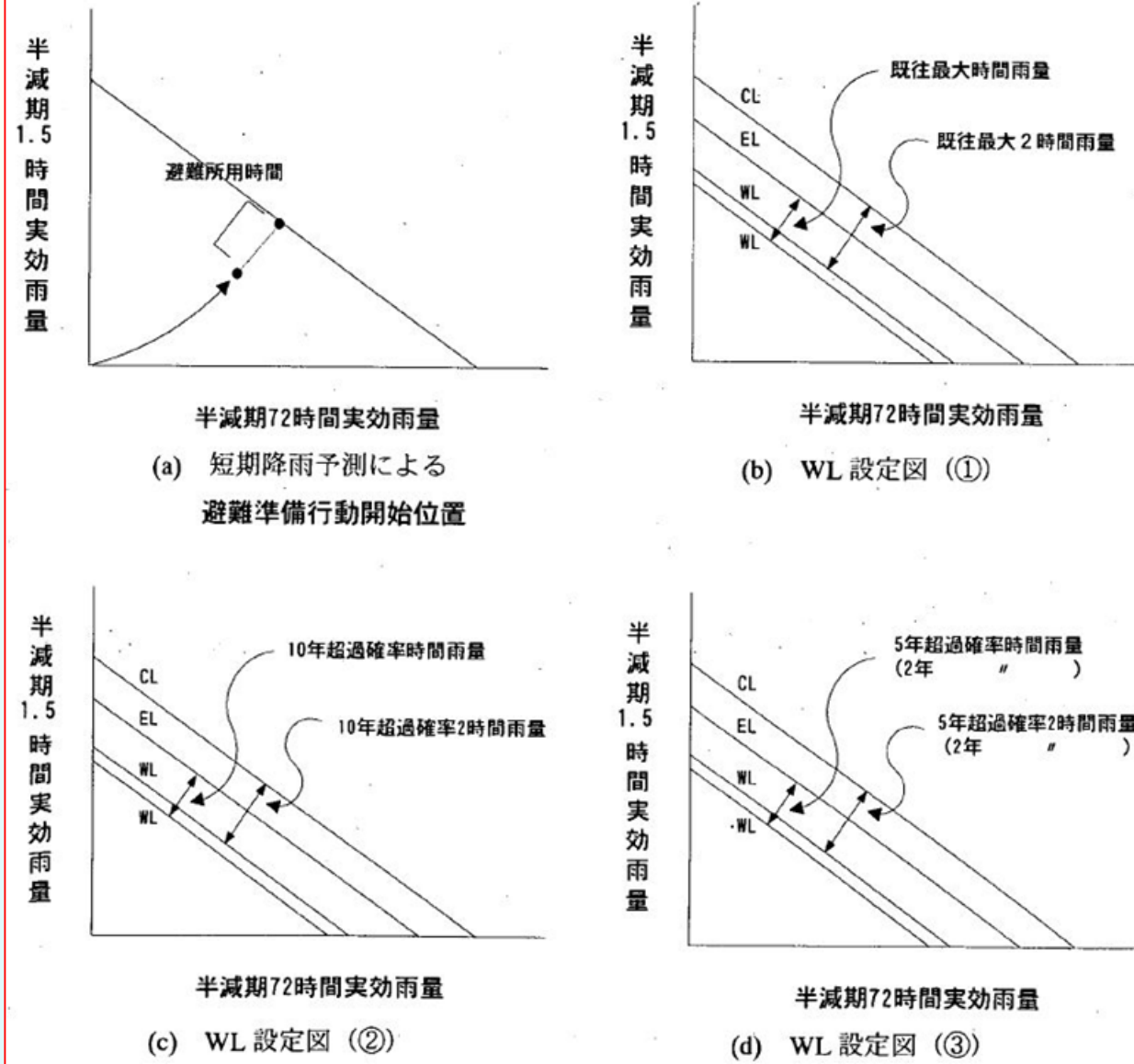


図 3.20 避難基準線の設定



1.5 有効雨量法-提言案

【Step 4】設定WL (四種常用方式如下)



1.5 有効雨量法-提言案

■ 基準雨量設定流程

【Step 5】CL, WL, EL合宜性検討

【Step 6】設定警戒基準雨量
設定避難基準雨量

3.4.2(1) 降雨資料を収集するための雨量観測所の選定

- ① 既設雨量観測所の位置と観測期間の整理
- ② 非発生降雨を整理する代表雨量観測所の選定
- ③ 発生降雨を整理する災害箇所近傍の観測所の選定

3.4.2(3) 土石災害発生時の降雨資料の収集

- ① 過去の土石災害発生時刻等の整理
- ② 土石災害発生時の降雨資料の収集

3.4.2(4) 土石災害非発生時の降雨資料の収集

- ① 代表観測所における長期間の降雨資料の収集

3.4.2(3) 土石災害発生時の降雨資料の整理

- a. 災害諸元の整理
- b. 近隣雨量観測所の整理
- c. 発生時の実効雨量の計算

表3.7

表3.7 発生降雨整理表

① 整理番号	② 観測所の分類	③ 箇所名または河川名	④ 住所または地名	⑤ 危険箇所番号または危険渓流番号	⑥ 移動土砂の規模(量)	⑦ 被害状況	⑧ 発生年月日時刻	⑨ 近隣観測所名	⑩ 近隣観測所との距離	⑪ 土石災害発生1時間前の実効雨量(半減期12時間)	⑫ 土石災害発生1時間前の実効雨量(半減期15時間)	⑬ 土石災害発生時の実効雨量(半減期12時間)	⑭ 土石災害発生時の実効雨量(半減期15時間)	⑮ 備考

3.4.2(4) 土石災害非発生時の降雨資料の整理

- a. 一連降雨の抽出整理
- b. 実効雨量の計算

表3.8

表3.8 非発生降雨整理表

① 整理番号	② 代表観測所名	③ 一連降雨(開始日時、終了日時、総雨量)	④ 一連降雨量観測中の最大時間雨量(日時、雨量値)	⑤ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期12時間)	⑥ 最大時間雨量時の実効雨量(半減期15時間)	⑦ 最大実効雨量時刻	⑧ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期12時間)	⑨ 最大実効雨量時の実効雨量(半減期15時間)	⑩ 備考

3.4.2(5)① 土石災害発生危険基準線(CL)の設定

- ① XYグラフの作成(発生降雨・非発生降雨のプロット)
- ② 発生危険基準線(CL)の設定

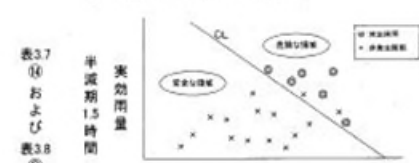
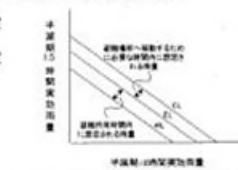


表3.7 ⑪ 半減期15時間
表3.8 ⑧ 実効雨量
表3.7 ⑫ 半減期12時間
表3.8 ⑨ 実効雨量

3.4.2(5)② 警戒基準線(WL), 3.4.2(5)③ 避難基準線(EL)の設定

- ① CLに対する避難指示のタイミングを設定(一般にCL到達1時間前)
- ② CLに対する警戒発令のタイミングを設定(一般にCL到達2時間前)
- ③ 上記時間内の想定雨量の設定(既往最大雨量や確率雨量)
- ④ EL-WLの設定



3.4.2(5)④ 各基準線の妥当性の検討

- ① 分離性
- ② 発令頻度
- ③ 空振頻度

3.4.2(5)⑤ 警戒基準雨量、避難基準雨量の設定

(複数案の比較検討により最適な基準を設定)

注: 各項目の見出
対応する本文の
を示している。

1.5 有效雨量法-提言案

■ 基準雨量設定時之注意與考量事項

✓ 警戒分區

- 地形、地質、植生、雨量資料、災害特性、行政區

✓ 致災雨量資料蒐集

- 災害規模大小
- 致災雨量資料之可信度：發生時間、雨量資料時間間距、雨量資料之空間代表性
- 每次災害事件後，以航遙測資訊加強蒐集災例

✓ 非致災雨量資料蒐集

- 廣域地區以未發生過、或少有災害之雨量站，其非致災雨量資料之可信賴度較高

✓ 提高CL設定之客觀性

✓ 火山地區之雨量資料間距至少應為10或20min

1.5 有効雨量法-提言案

■ 若該區域僅有非致災降雨資料時，CL之設定方式

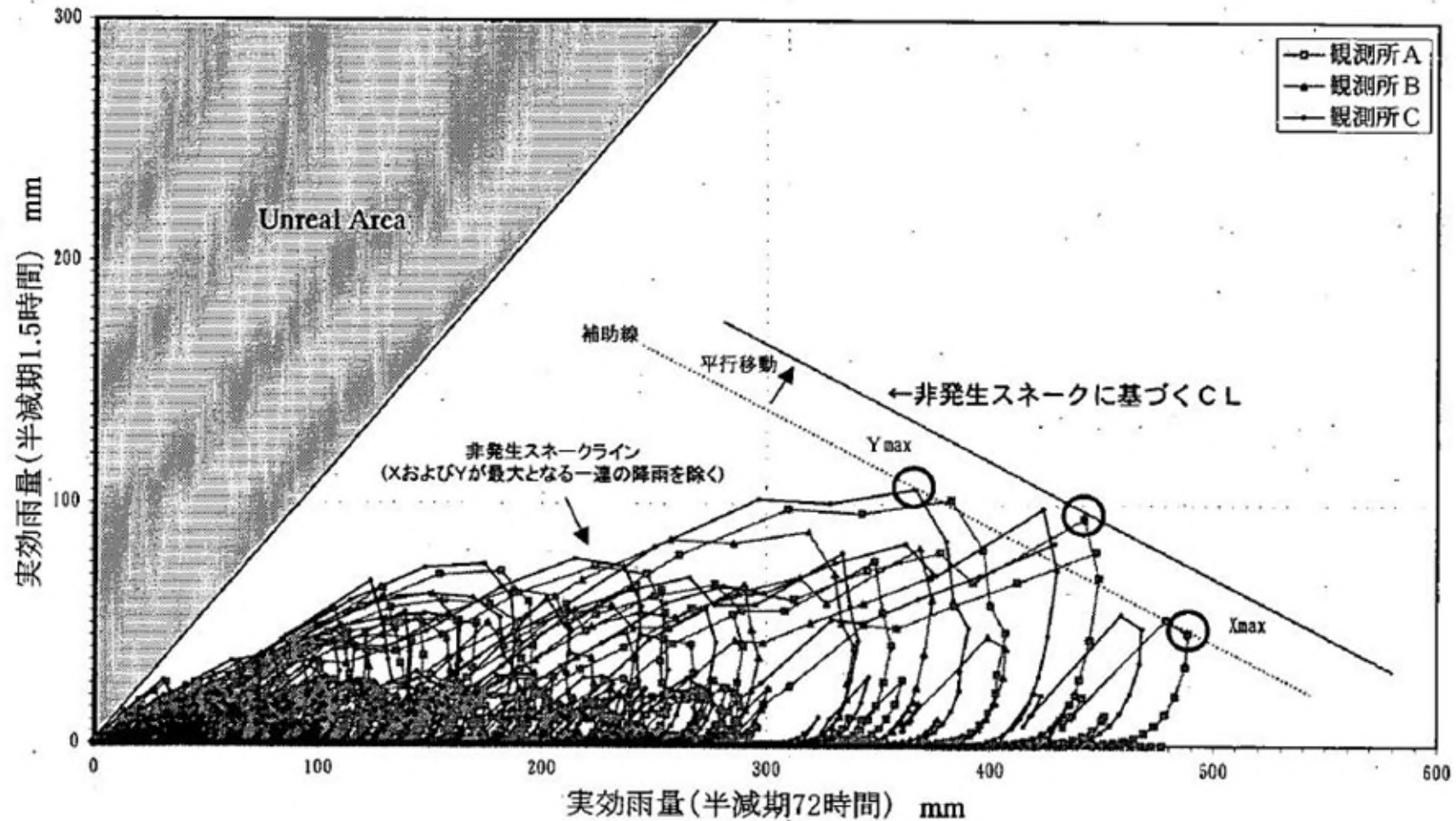


図 3.22 非発生降雨のみでのCL設定の概念

2. 日本現行土砂災害警戒模式 (2005- now)

2.1 短期定量降水預報之導入

2.2 AND/OR警戒模式

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案方式)

2.4 氣象廳土砂災害警戒判定メッシュ情報

2.1 短期定量降水預報之導入

■ 導入短期降雨預測技術之必要性(1/2)

- ✓ 提言法(含)之前作法，均僅使用實際降雨作為後續是否發布警戒(WL)及避難指示(EL)之指標
- ✓ 實務上經常因為後續降雨停歇，蛇曲線並未超過CL, 造成誤報率過高的問題

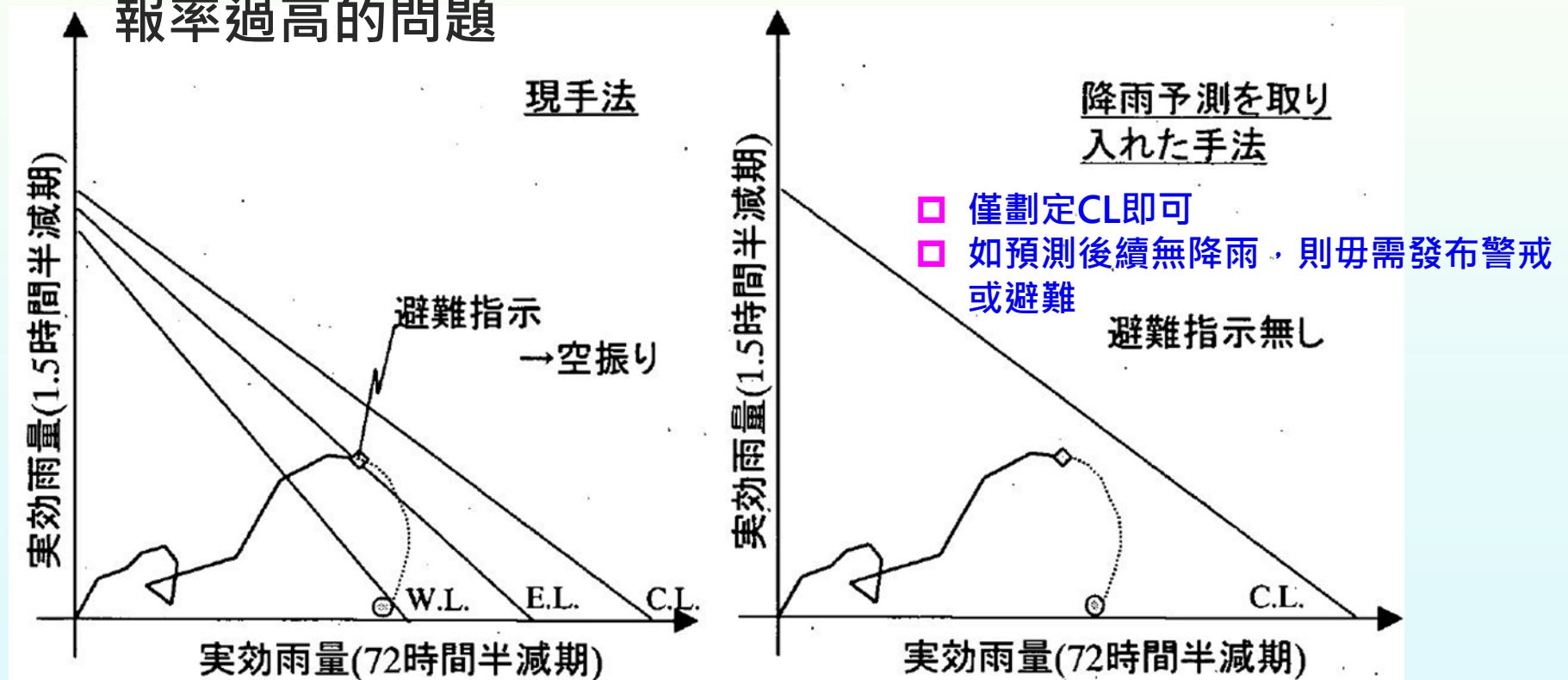


図-1 現手法では避難指示が空振りに終わる場合

2.1 短期定量降水預報之導入

■ 導入短期降雨預測技術之必要性(2/2)

- ✓ 由於提言法(含)之前作法，均只使用歷史最大雨量作為劃定EL及WL之基準，無法因應未來可能發生之極端降雨情勢

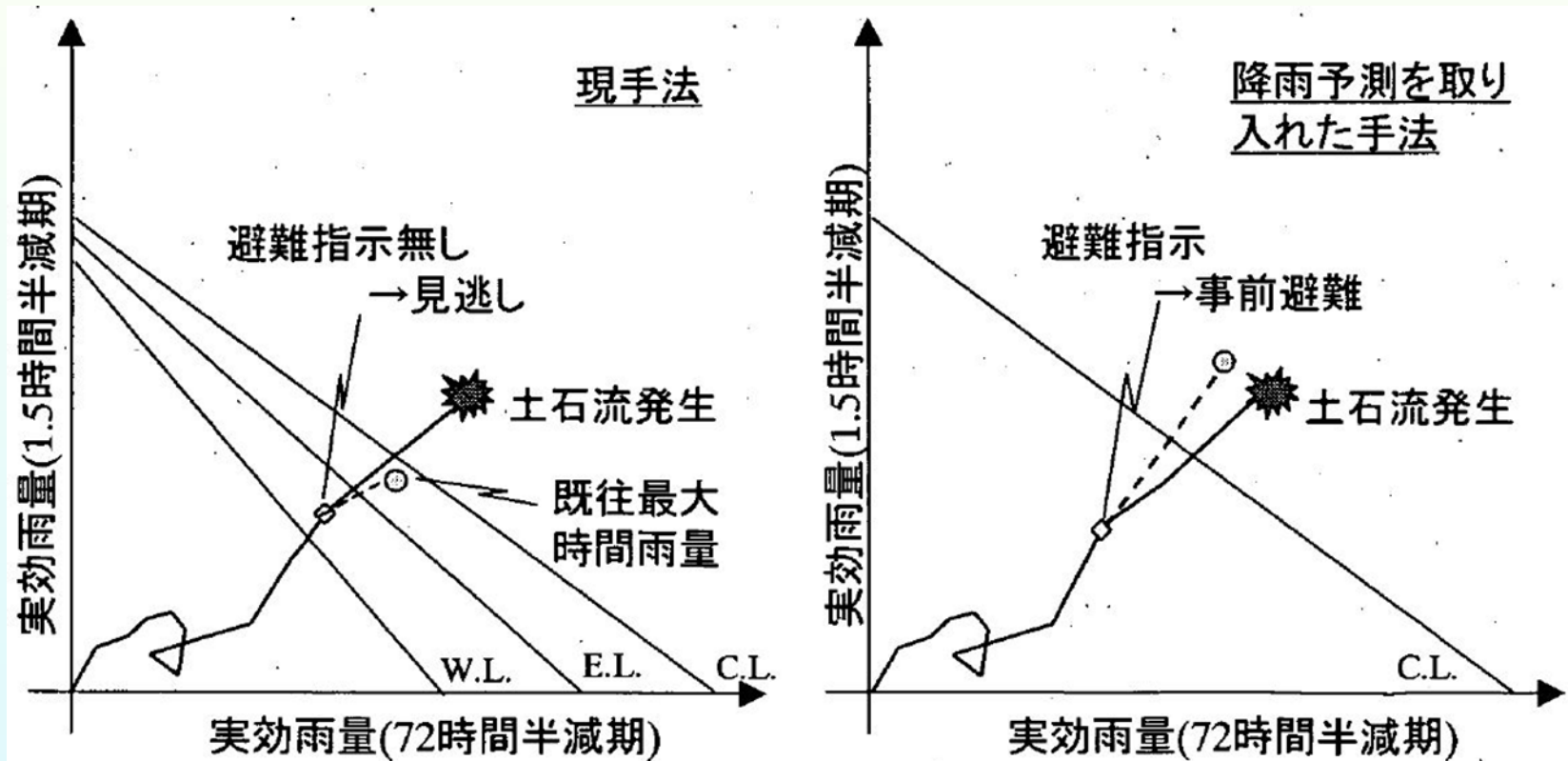
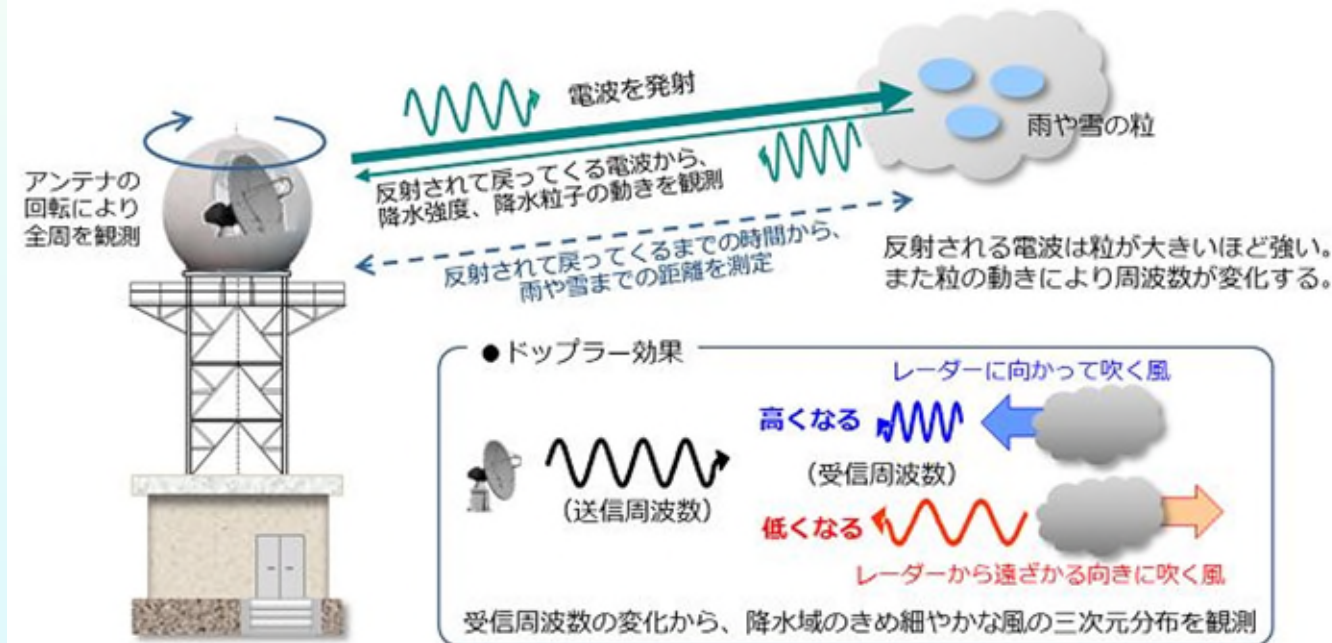


図-2 現手法では避難が失敗に終わる場合

2.1 短期定量降水預報之導入

- 日本氣象廳自1954年開始建置雷達，目前已遍布全國20處
- 氣象雷達不只可作即時降雨估算，也可作短期降水預報
- 舊型C-band雷達→解析度1KM，每10min提供資料，須與地面雨量站校正
- 新型雙偏極化(MP) X-band雷達
 - ✓ 波長短，解析度高(250m)
 - ✓ 不需與地面雨量站校正，每1~2min即可提供資料



気象レーダーによる観測の概要



東京レーダー（千葉県柏市）

2.2 AND/OR警戒模式

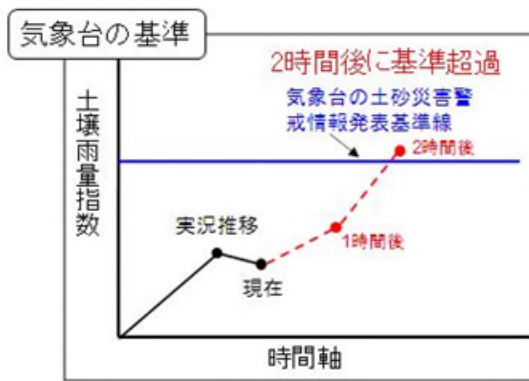
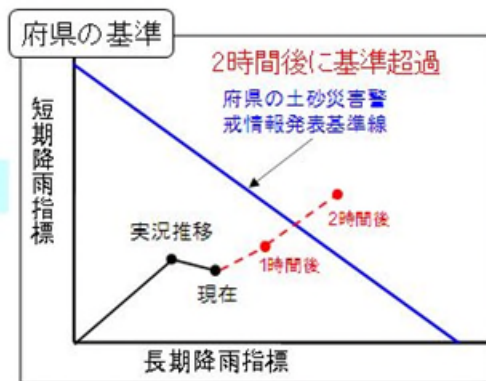
■ 依據2005年「都道府県と気象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き」日本現行土砂災害警戒模式可採下列二法之一

✓ AND/OR方式

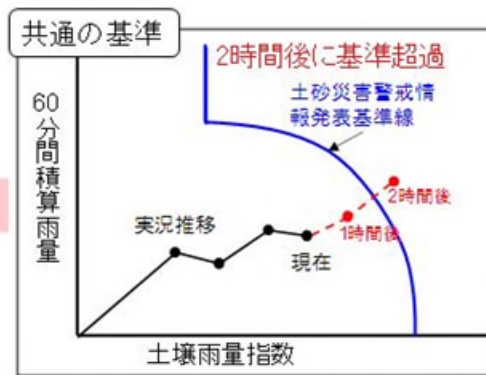
- 平時：需縣府、氣象台之基準同時達到才發布
- 震度5強以上地震後：縣府、氣象台調整後之基準，任一達到即發布

✓ 連携案方式(RBFN)

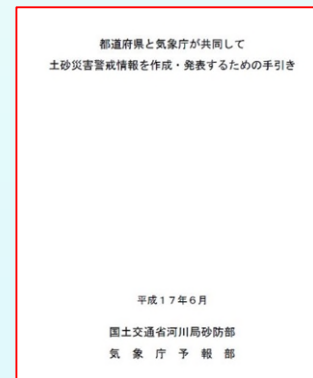
AND/OR方式



連携案方式



- 縣府之基準即「提言案」
- 氣象廳之基準係使用「土壤雨量指數」
- 截至2016/03 止全日本47個都道府縣只剩大阪、熊本、宮崎使用此方式



2.2 AND/OR警戒モード

■ 気象廳之基準-土壤雨量指數

国土交通省
気象庁
Japan Meteorological Agency

キーワードを入力し検索ボタンを押下

本文 | ENGLISH | ご意見・ご感想 | サイトマップ

ホーム | 防災情報 | 各種データ・資料 | 知識・解説 | 気象庁について | 案内・申

ホーム > 知識・解説 > 気象警報・注意報 > 警報・注意報発表基準一覧表 > 大雨警報・注意報の土壤雨量指数基準値

大雨警報・注意報の土壤雨量指数基準値

大雨警報・注意報の土壤雨量指数基準値は1 km四方毎に設定していますが、警報・注意報発表基準一覧表では、各市における基準値の最低値を示しています。

1 km四方毎の基準値をご覧いただくには、下表の地域をクリックして下さい。

地方予報区	府県予報区
北海道地方	宗谷地方 上川・留萌地方 石狩・空知・後志地方 網走・北見・紋別地方 釧路・根室・十勝地方 胆振・日高地方 渡島・檜山地方
東北地方	青森県 秋田県 岩手県 宮城県 山形県 福島県
関東甲信地方	茨城県 栃木県 群馬県 埼玉県 東京都 千葉県 神奈川県 長野県 山梨県
東海地方	静岡県 愛知県 岐阜県 三重県
北陸地方	新潟県 富山県 石川県 福井県
近畿地方	滋賀県 京都府 大阪府 兵庫県 奈良県 和歌山県
中国地方	岡山県 広島県 鳥取県 島根県
四国地方	徳島県 香川県 愛媛県 高知県
九州北部地方 (山口県を含む)	山口県 福岡県 大分県 長崎県 佐賀県 熊本県
九州南部・奄美地方	宮崎県 鹿児島県
沖縄地方	沖縄本島地方 大東島地方 宮古島地方 八重山地方

※ 大東島地方は、大雨による土砂災害の発生する危険性が認められないため、土壤雨量指数の基準はありません。

▶ 「大雨警報・注意報の土壤雨量指数基準値」のご利用にあたって

▶ 土壤雨量指数について

(別添)大雨警報・注意報の土壤雨量指数基準値

平成22年5月27日現在

市町村等を まとめた地域	市町村等	地域メッシュコード (1km格子対応)	土壤雨量指数	
			注意報	警報
京都・亀岡	京都市	52352567	99	123
京都・亀岡	京都市	52352576	99	123
京都・亀岡	京都市	52352586	104	130
京都・亀岡	京都市	52352587	104	130
京都・亀岡	京都市	52352588	104	130
京都・亀岡	京都市	52352597	104	130
京都・亀岡	京都市	52352598	104	130
京都・亀岡	京都市	52352599	104	130
京都・亀岡	京都市	52352690	97	121
京都・亀岡	京都市	52352691	97	121
京都・亀岡	京都市	52353418	103	128
京都・亀岡	京都市	52353429	103	128
京都・亀岡	京都市	52353439	103	128
京都・亀岡	京都市	52353449	96	120
京都・亀岡	京都市	52353459	96	120
京都・亀岡	京都市	52353469	96	120
京都・亀岡	京都市	52353507	104	130
京都・亀岡	京都市	52353508	104	130
京都・亀岡	京都市	52353509	104	130
京都・亀岡	京都市	52353511	105	132
京都・亀岡	京都市	52353517	104	130
京都・亀岡	京都市	52353518	104	130
京都・亀岡	京都市	52353519	104	130
京都・亀岡	京都市	52353520	105	132
京都・亀岡	京都市	52353521	105	132
京都・亀岡	京都市	52353522	105	132
京都・亀岡	京都市	52353527	104	130
京都・亀岡	京都市	52353528	104	130
京都・亀岡	京都市	52353529	104	130
京都・亀岡	京都市	52353530	105	132
京都・亀岡	京都市	52353531	105	132
京都・亀岡	京都市	52353532	105	132
京都・亀岡	京都市	52353533	105	132
京都・亀岡	京都市	52353537	105	—
京都・亀岡	京都市	52353538	104	130
京都・亀岡	京都市	52353539	104	130
京都・亀岡	京都市	52353540	100	125
京都・亀岡	京都市	52353541	100	125
京都・亀岡	京都市	52353542	100	125
京都・亀岡	京都市	52353543	100	125
京都・亀岡	京都市	52353544	100	125
京都・亀岡	京都市	52353547	105	—
京都・亀岡	京都市	52353548	105	—
京都・亀岡	京都市	52353549	105	—
京都・亀岡	京都市	52353550	100	125
京都・亀岡	京都市	52353551	100	125
京都・亀岡	京都市	52353552	100	125
京都・亀岡	京都市	52353553	100	125
京都・亀岡	京都市	52353554	100	125
京都・亀岡	京都市	52353557	105	—
京都・亀岡	京都市	52353558	105	—
京都・亀岡	京都市	52353559	105	—
京都・亀岡	京都市	52353560	100	125
京都・亀岡	京都市	52353561	100	125
京都・亀岡	京都市	52353562	100	125
京都・亀岡	京都市	52353563	100	125
京都・亀岡	京都市	52353564	100	125
京都・亀岡	京都市	52353565	100	125
京都・亀岡	京都市	52353566	100	125
京都・亀岡	京都市	52353567	100	125

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

Table 1 Summary of rainfall indices and methods of setting the Critical Line used by MLIT in Japan

Year		Short-term rainfall index	Long-term rainfall index	Method of boundary fitting
1984	指針案 A法	60-min cumulative rainfall	AP (half time: 24 h)	By eye
1984	指針案 B法	Effective rainfall	AP (half time: 24 h)	By eye
1993	提言案	AP (half time: 1.5 h)	AP (half time: 72 h)	By eye
2005	連携案	60-min cumulative rainfall	Soil–water index	Radial Basis Function Network

After Terada and Nakaya 2001, with the addition of the method of 2005 by the authors. AP is defined as $P = \sum \alpha_i R_i$, where P is AP, $\alpha = 0.5^{i/T}$ is decay coefficient before i th hour, R_i is hourly rainfall before i th hour, and T is a relaxation time (time to halve) (h)

AP antecedent precipitation

- 適用對象：群發型崩塌、土石流 (以5 km網格為警戒單元)
- 由國土交通省河川局砂防部、氣象庁予報部、国土技術政策総合研究所共同發表，2005年三個縣試用，2008年全日本使用
- 優點
 - ✓ 不需要大量的致災降雨資料
 - ✓ 適用於無災例地區
 - ✓ CL劃設方式較客觀
 - ✓ 使用降水雷達資料，解決山區雨量站不足問題
 - ✓ 導入預測雨量作為警戒發布參據，故僅劃設CL，無WL及EL

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

CL劃設流程

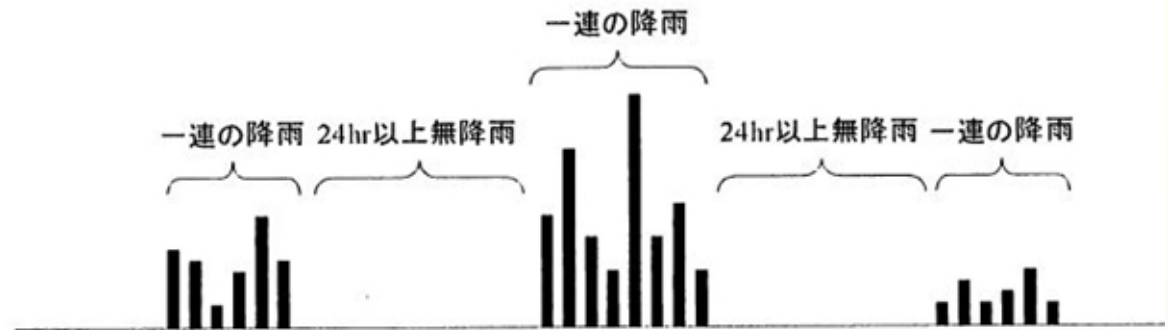


図-2 一連の降雨の概念図

非致災降雨資料密度高
→RBFN輸出値高

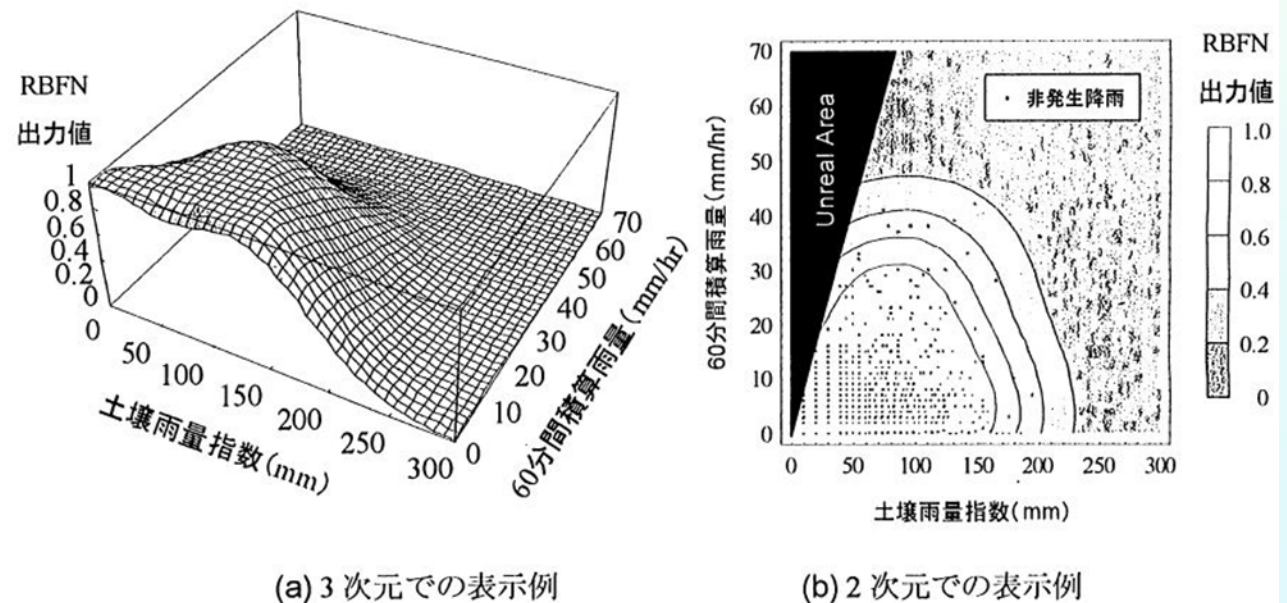
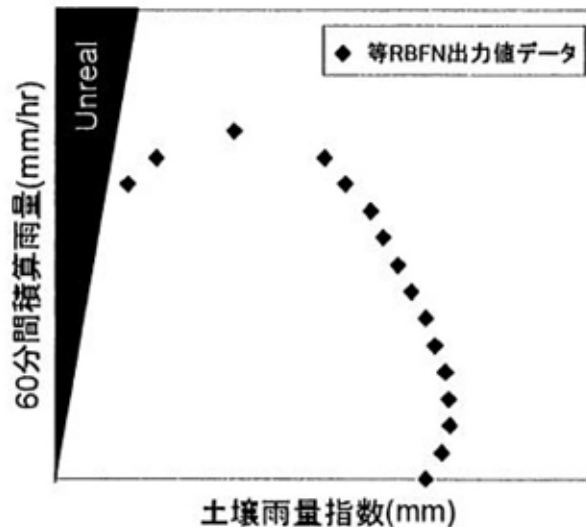


図-3 応答曲面の設定例

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

■ RBFN輸出値資料取出

各 CL 適用地域について、3－4. にて設定した応答曲面から当該応答曲面の RBFN 出力値 0.1～0.9 (0.1 間隔) の等 RBFN 出力値データをそれぞれ抽出する (抽出したすべての等 RBFN 出力値データのうち、いずれかひとつは CL を設定する際の基本データとなる)。ここで、等 RBFN 出力値データの抽出間隔は y 軸方向 (60 分間積算雨量) に 1mm/hr 単位とし、それぞれに対応する x 軸方向 (土壌雨量指数) の値を抽出する。



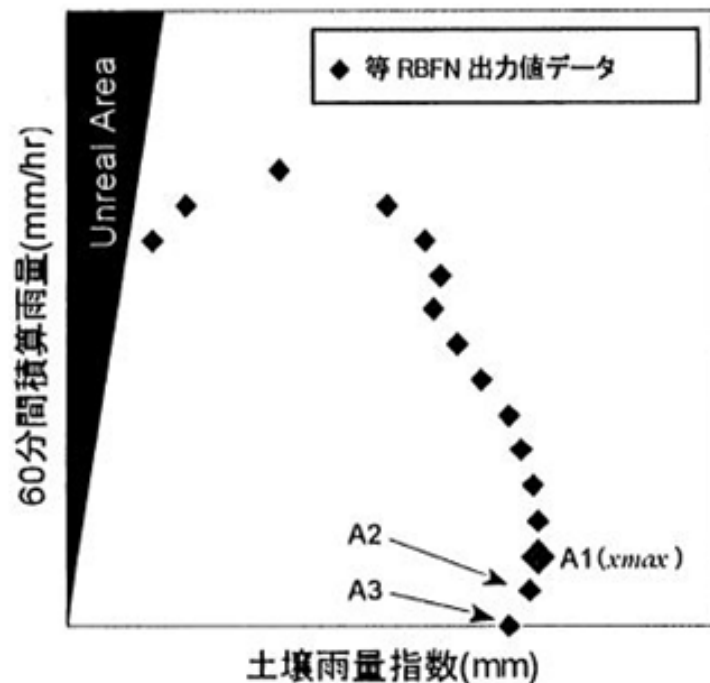
在 y 軸以 1mm/h 之間距抽出對RBFN曲面上所對應的點，並找出其土壤雨量指數

図-4 等 RBFN 出力値データの抽出例

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

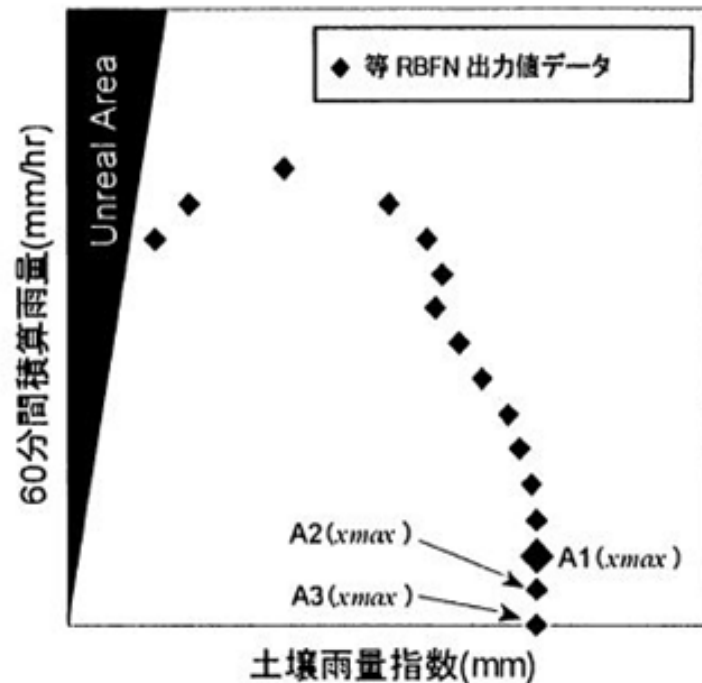
■ CL之検討修正流程

✓ RBFN等値線之修正



(a) 修正前

真實的CL斜率必為 $0 \sim -\infty$,
故須修正



(b) 修正後

図-5 等 RBFN 出力値データの修正方法

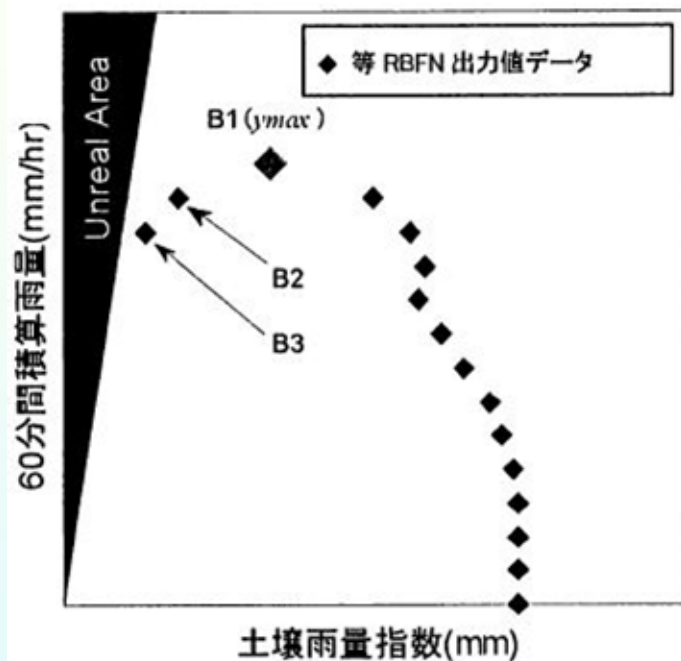
(60 分間積算雨量 $\neq$ min で土壌雨量指数=max となる場合)

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

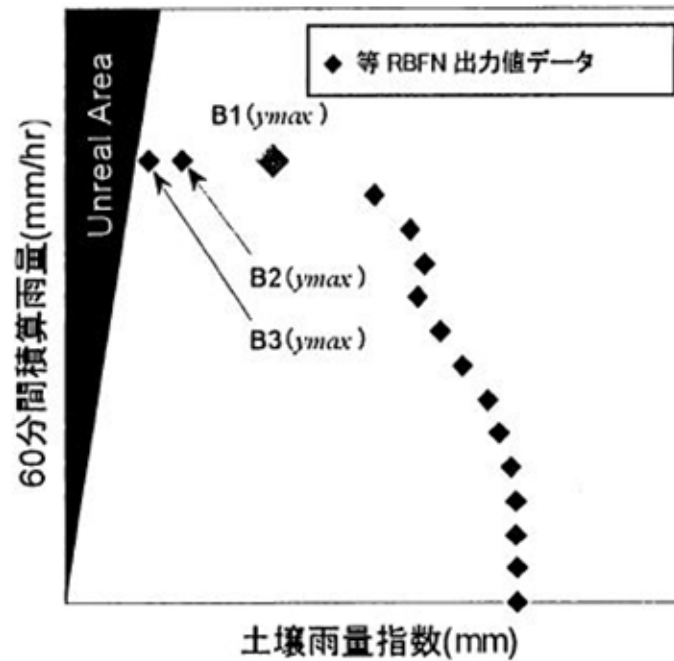
■ CL之檢討修正流程

✓ RBFN等值線之修正

真實的CL斜率必為 $0 \sim -\infty$,
故須修正



(a) 修正前



(b) 修正後

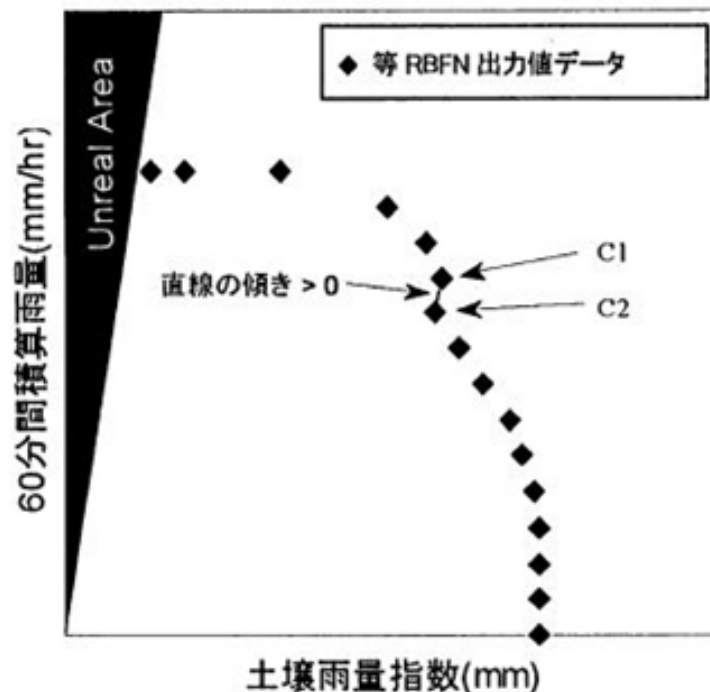
図-6 等 RBFN 出力値データの修正方法
(土壤雨量指数 $\neq \min$ で 60 分間積算雨量 = max となる場合)

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

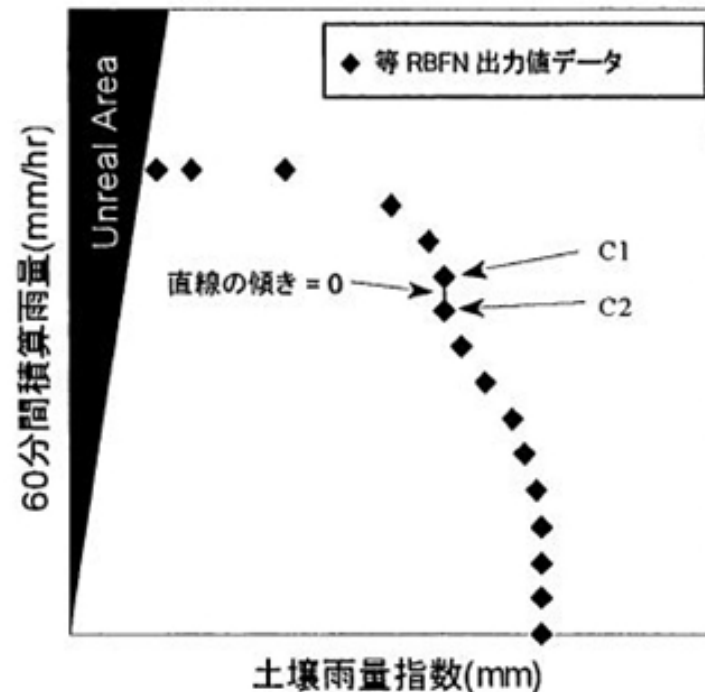
■ CL之檢討修正流程

✓ RBFN等值線之修正

真實的CL斜率必為 $0 \sim -\infty$,
故須修正



(a) 修正前



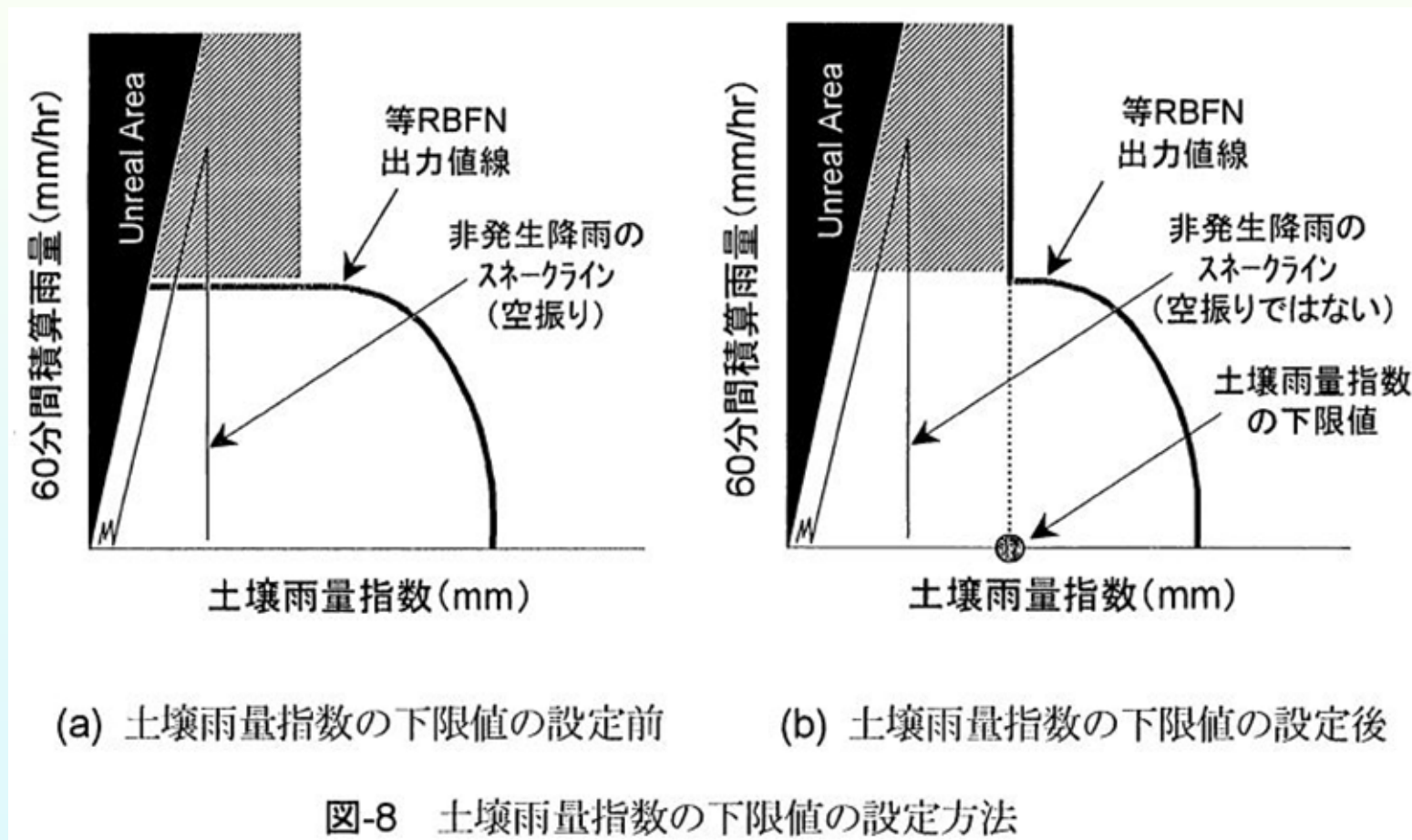
(b) 修正後

図-7 等 RBFN 出力値データの修正方法 (2点間の直線の傾き >0 となる場合)

2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

■ CL之検討修正流程

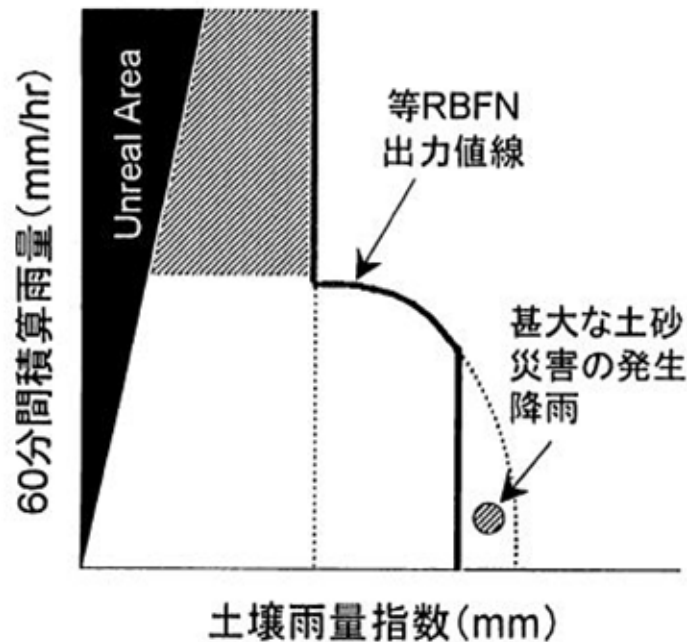
✓ 土壤雨量指数下限値修正



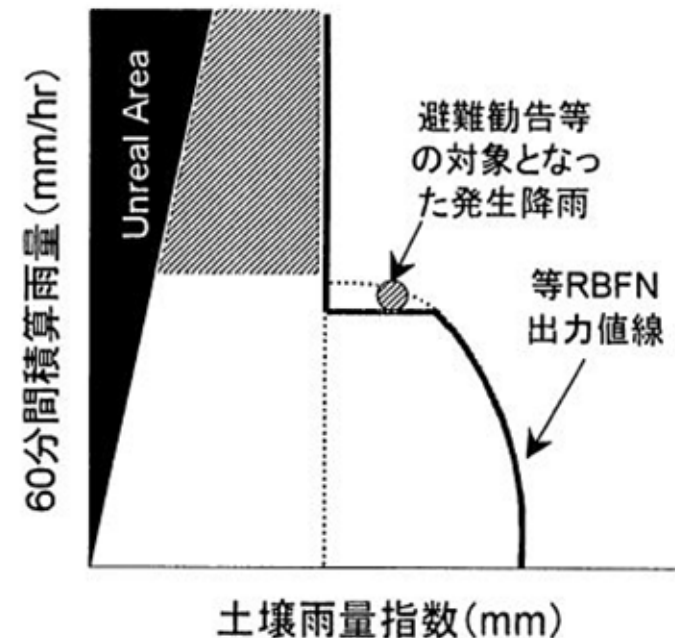
2.3 RBFN土砂災害警戒模式(連携案)

■ CL之検討修正流程

- ✓ 依據災例資料修正



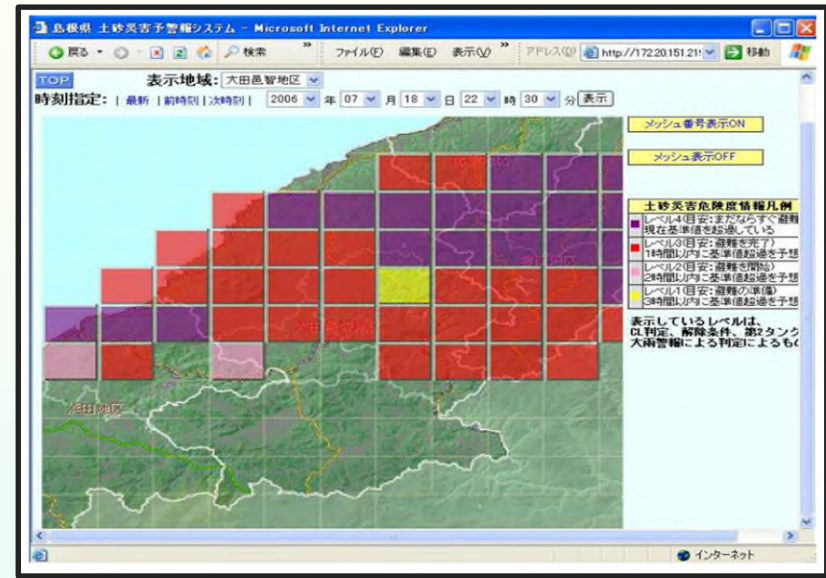
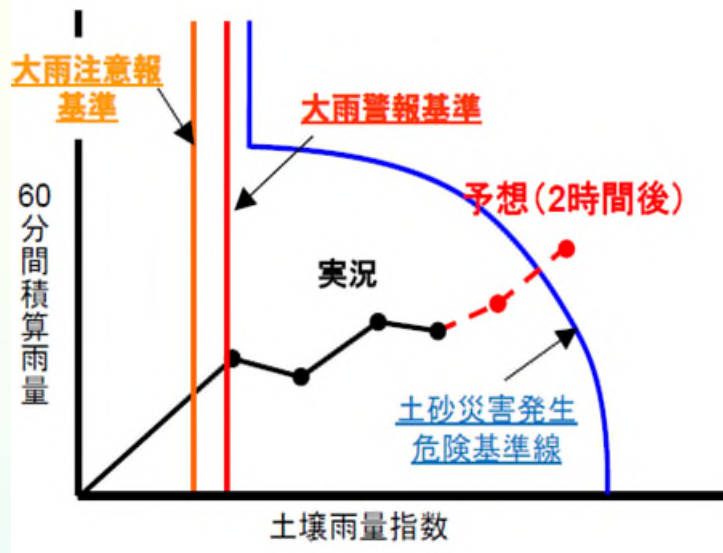
(a) 土壌雨量指数の補正



(b) 60 分間積算雨量の補正

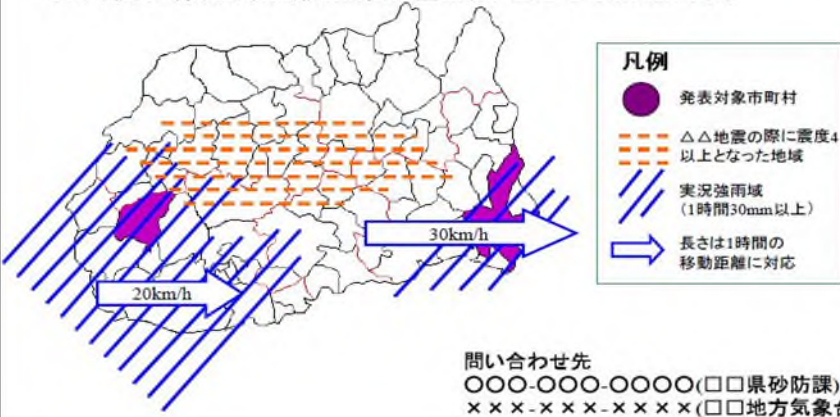
図-10 の CL 案の修正方法

日本土砂災害警戒系統(連携案方式, RBFN)

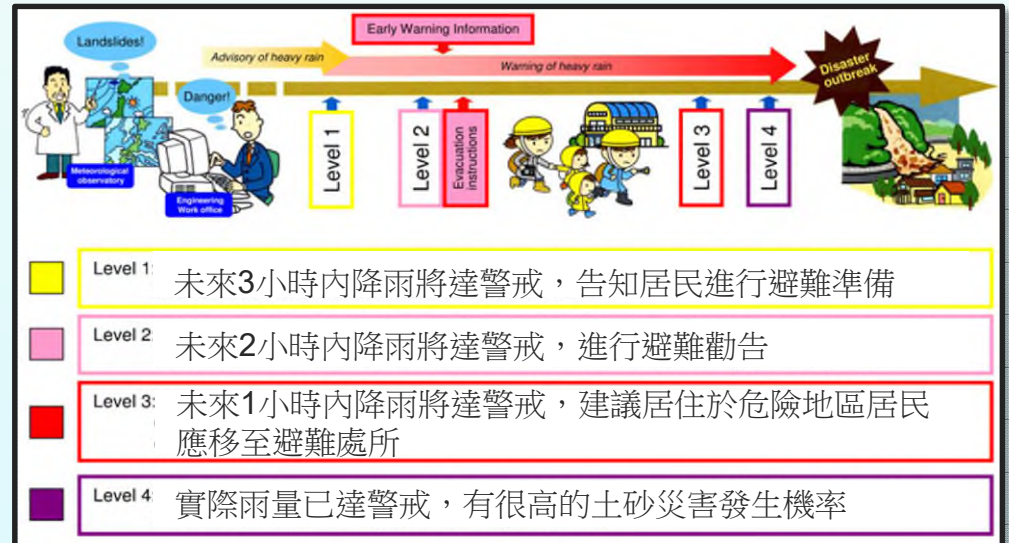


〇〇県土砂災害警戒情報第×号 平成△△年〇月〇日〇時〇分
△△県 △△地方気象台 共同発表

警戒対象市町村: 〇〇市、××町
今後2時間以内に、大雨による土砂災害の危険度が非常に高くなる見込みです。土砂災害危険箇所及びその周辺では厳重に警戒して下さい。警戒対象市町村での今後3時間以内の最大1時間雨量は多いところで60mmです。



警報單格式



2.4 氣象廳土砂災害警戒判定メッシュ情報

○開始在大雨警報訊息中加註土砂災害（2010年）

✓ 2010年起氣象廳預期大雨可能造成重大災情而發佈大雨警報時，將預期的災害區分**淹水災害**與**土砂災害**兩種。市町村可以此作為發佈「避難準備情報⁷」的判斷材料。

各市町村の発表文の例

注意警戒が必要な事項、注意警戒期間、ピーク時間、雨量や波の高さなどの予想最大値を記載しています。

平成××年××月××日××時××分 京都地方気象台発表

a

京都府の注意警戒事項

【特別警報（大雨）】京都府では、16日昼前まで土砂災害や河川の増水に警戒してください。南部では、16日朝まで低い土地の浸水に警戒してください。

b

お知らせ ×××地震の影響を考慮し、大雨警報・注意報について、通常より引き下げた暫定基準で運用しています。

=====

c

京都市 **【発表】大雨特別警報（土砂災害、浸水害）** **【継続】洪水警報 雷、強風注意報**

d

特記事項 土砂災害警戒 浸水警戒

土砂災害 警戒期間 16日昼前まで

注意期間 16日夜遅くまで

e

浸水 警戒期間 16日朝まで

注意期間 16日昼前まで

1時間最大雨量 50ミリ

洪水 警戒期間 16日昼前まで

注意期間 16日昼過ぎまで

雷 注意期間 16日昼前まで

風 注意期間 16日夕方まで

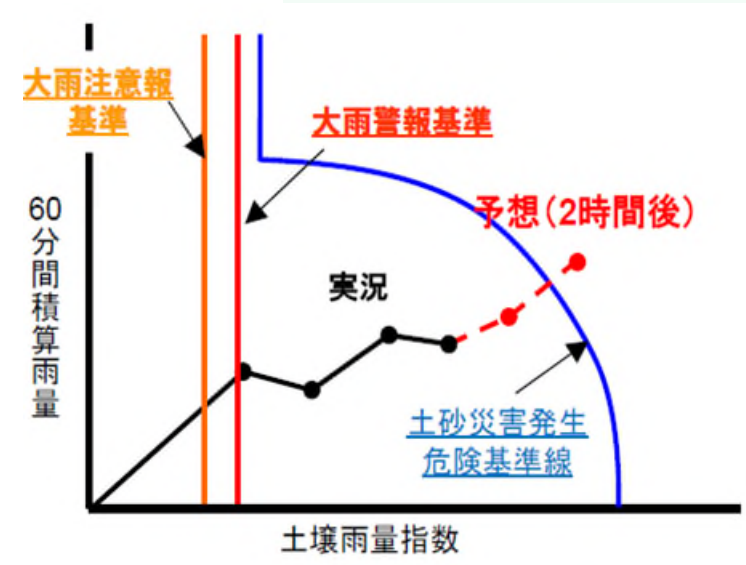
ピークは16日明け方

北の風

最大風速 15メートル

f

付加事項 はん濫 竜巻



■ 2008/2010年起氣象廳開始使用土壤雨量指數/流域雨量指數作為發布大雨/洪水注意報及大雨/洪水警報之基準

大雨・洪水警報注意報基準の新しい指標

～土壤雨量指数と流域雨量指数の導入～

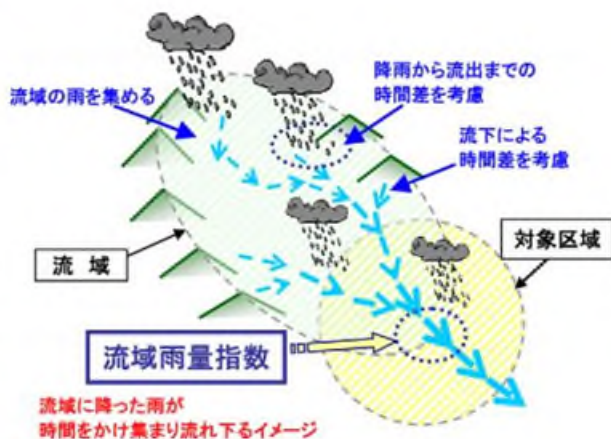
気象庁では、平成20年5月28日より、大雨、洪水警報・注意報の基準に、土砂災害や水害の発生と対応のよい新たな指標（土壤雨量指数、流域雨量指数）を導入しました。これらの指標について解説します。

● 流域雨量指数の導入

これまで、警報等発表対象区域（以下、対象区域）に降る雨の量だけを基準として洪水警報・注意報を発表していましたが、上流域に降る雨の量や流下による時間差を考慮した流域雨量指数を新たに基準に用いることにより、洪水発生危険度をより高い確度でとらえられるようになりました。

雨が降ると、河川には流域に降った雨が集められ、時間をかけて下流へと流れていきます。このため、その場所に降った雨が少量でも、上流域に降った雨の量が多ければ洪水の危険度が高まる場合があります。また洪水の危険度が高まる時間も、流域の形状や降雨の様子によって変わってきます。

これを踏まえて、流域で降った雨の量や流下する時間などを考慮し、対象区域の洪水の危険度の高まりを表現したのが流域雨量指数です。



□ 大雨注意報/警報又分為

✓ 大雨注意報/警報(土砂災害)

➤ 使用土壤雨量指數為發布基準

✓ 大雨注意報/警報(浸水害)

➤ 使用實際降雨量為發布基準

□ 土壤雨量指數計算方式參考(5km網格)

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>

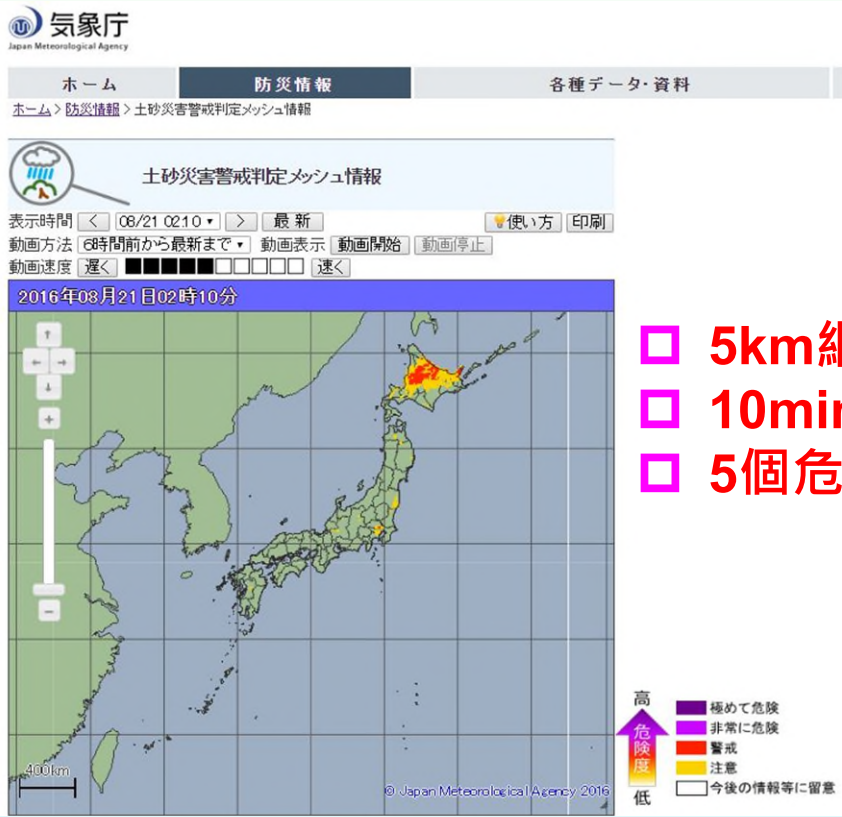
□ 流域雨量指數計算方式參考(5km網格)

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/ryuikishisu.ht>

2.4 氣象廳土砂災害警戒判定メッシュ情報

○公佈土砂災害警戒判定網格情報(5km網格) (2013年6月起)

- ✓ 為補足土砂災害警戒情報資訊，氣象廳從2013年6月起發表可呈現5個等級危險度的5km網格，稱為「土砂災害警戒判定網格情報」。這個5km網格清楚呈現哪些地方已達到土砂災害警戒情報或大雨警報發布基準。因此只要將土砂災害警戒區或土砂災害危險處所地點與目前呈現高危險度的5km網格位置疊合，即可明確知道那些地方應該優先疏散，縮小疏散範圍。
- ✓ 為了確保避難所需時間，此情報使用未來2小時的預期雨量，實施危險度判定。



- 5km網格
- 10min更新
- 5個危険等級

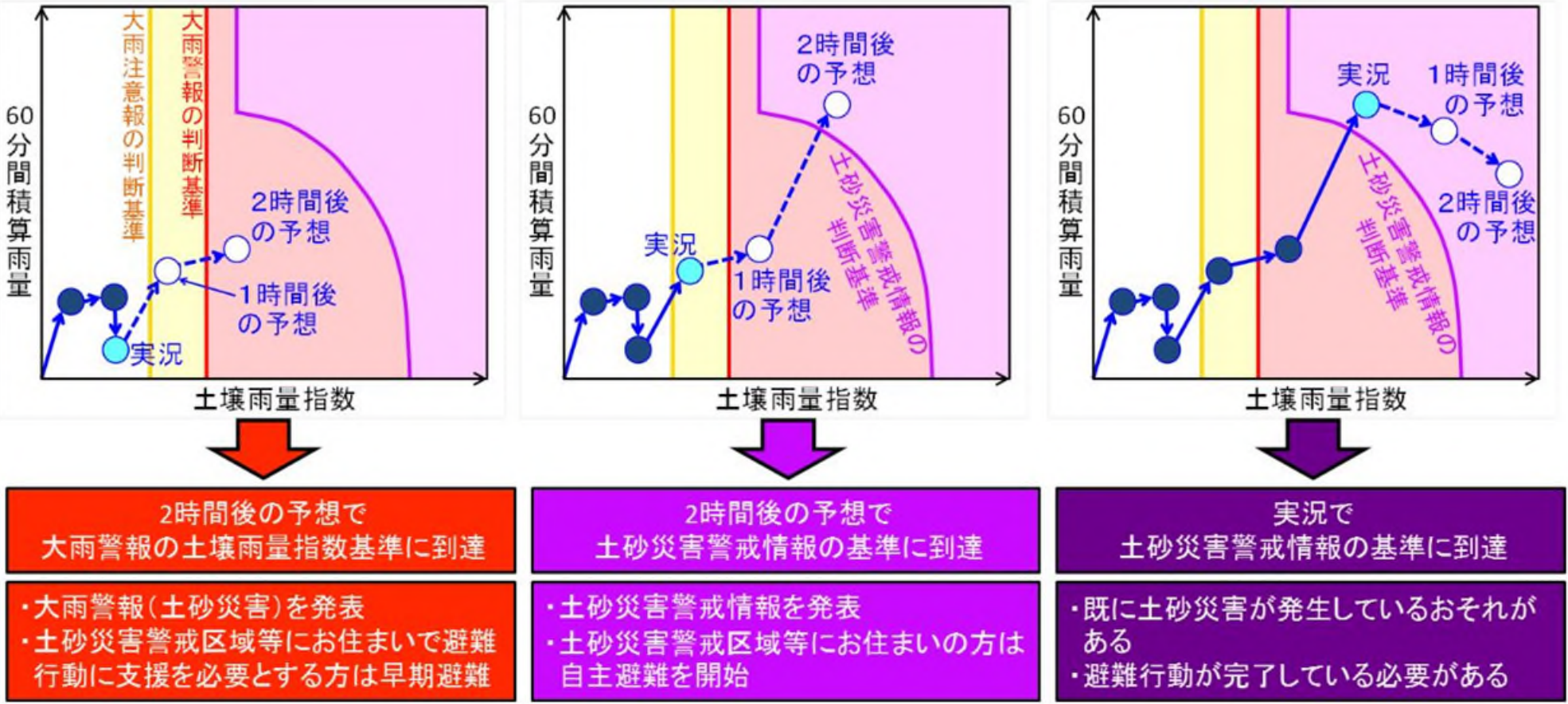
■メッシュの色と避難行動

色	説明	内閣府のガイドラインで土砂災害警戒区域等を対象に発令が必要とされている避難情報
極めて危険	< 実況で土砂災害警戒情報の基準※に到達 > 過去の土砂災害発生時に匹敵する極めて危険な状況。既に土砂災害が発生しているおそれもあり。この状況になる前に避難を完了する。まだ避難していない場合は直ちに身の安全を確保する。	避難指示
非常に危険	< 予想で土砂災害警戒情報の基準※に到達 > 土砂災害がいつ発生してもおかしくない非常に危険な状況。速やかに土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域等の外の少しでも安全な場所へ避難する。	避難勧告
警戒	< 実況または予想で大雨警報の基準に到達 > 土砂災害への警戒が必要。避難準備をし、早めの避難を心がける。	避難準備情報
注意	< 実況または予想で大雨注意報の基準に到達 > 土砂災害への注意が必要。今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に留意する。	-
今後の情報等に留意	< 実況及び予想で大雨注意報の基準未達 > 今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に留意する。	-

※大阪府、熊本県、宮崎県では、府県の監視基準と気象台の監視基準に基づいて土砂災害警戒情報を発表していますが、土砂災害警戒判定メッシュ情報は気象台の監視基準のみで判定しています。

2.4 氣象廳土砂災害警戒判定メッシュ情報

■ 但氣象廳的格網顏色定義方式明顯與砂防單位不同(JMA僅採用SWI)



- 實際已超過土砂災害警戒情報基準
- 預測將超過土砂災害警戒情報基準
- 實際尚未超過，但預測將超過大雨警報中的土壌雨量指數基準
- 實際尚未超過，但預測將超過大雨注意報中的土壌雨量指數基準
- 實際及預測均未超過大雨注意報中的土壌雨量指數基準

- 日本気象庁網頁除呈現與都道府県共同發布之「土砂災害警戒情報」(圖文)外，2013年6月起亦提供以「土壤雨量指數」為評估基準的「土砂災害警戒判定メッシュ情報」(5km網格)
- 上揭5km網格之警戒等級定義、顏色(危險度)等與都道府県の警戒系統不同

【土砂災害警戒情報（左）・土砂災害警戒判定メッシュ情報（右）の発表例】

広島県土砂災害警戒情報 第1号

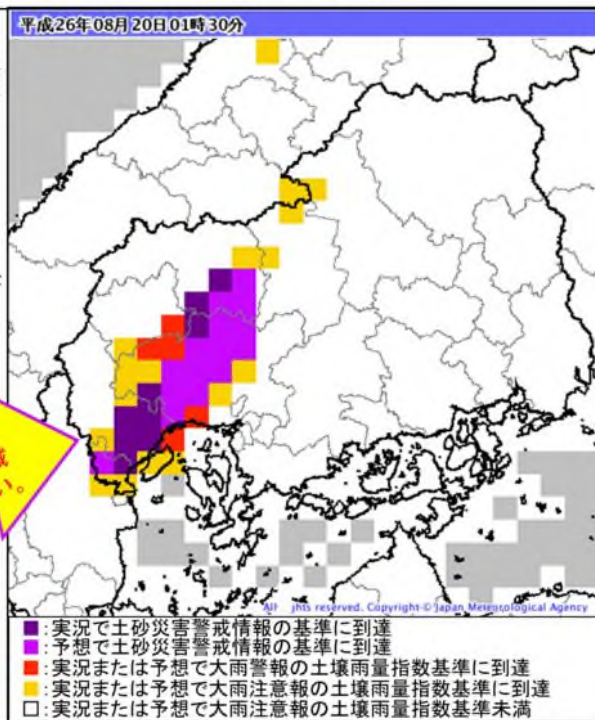
平成26年8月20日 1時15分
広島県 広島地方気象台 共同発表

【警戒対象地域】
広島市* 廿日市*

*印は、新たに警戒対象となった市町村を示します。

【警戒文】

<概況>
降り続く大雨のため、警戒対象地域では土砂災害の危険度が高まっています。
<とるべき措置>
崖の近くなど土砂災害の発生しやすい特にお住まいの方は、早目の避難を心がけるとともに、市町村から発表される避難勧告等の情報に注意してください。
<補足情報>
危険度の分布は、インターネットで確認できます。〔広島県土砂災害危険度情報、気象庁土砂災害警戒判定メッシュ情報〕



土砂災害警戒判定メッシュ情報

+

土砂災害危険箇所
土砂災害警戒区域等

||

生命に危険が及ぶ区域
(避難が必要な区域)

土砂災害発生の危険度の高まり	内閣府のガイドラインで、メッシュ内の土砂災害危険箇所・土砂災害警戒区域等を対象に発令を検討することとされている避難情報
■: 実況で土砂災害警戒情報の基準に到達	避難指示
■: 予想で土砂災害警戒情報の基準に到達	避難勧告
■: 大雨警報の基準に到達	避難準備情報
■: 大雨注意報の基準に到達	-
■: 大雨注意報の基準未達	-

3.土砂災害警戒系統的未來發展趨勢？

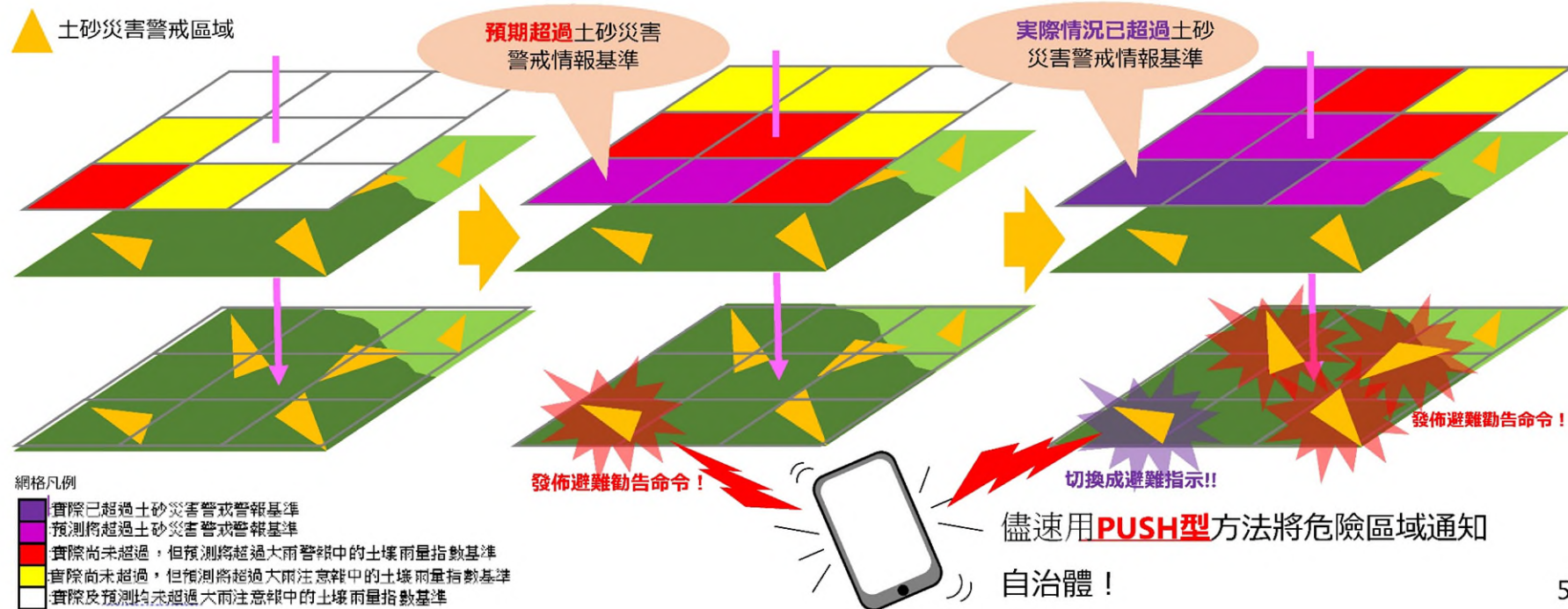
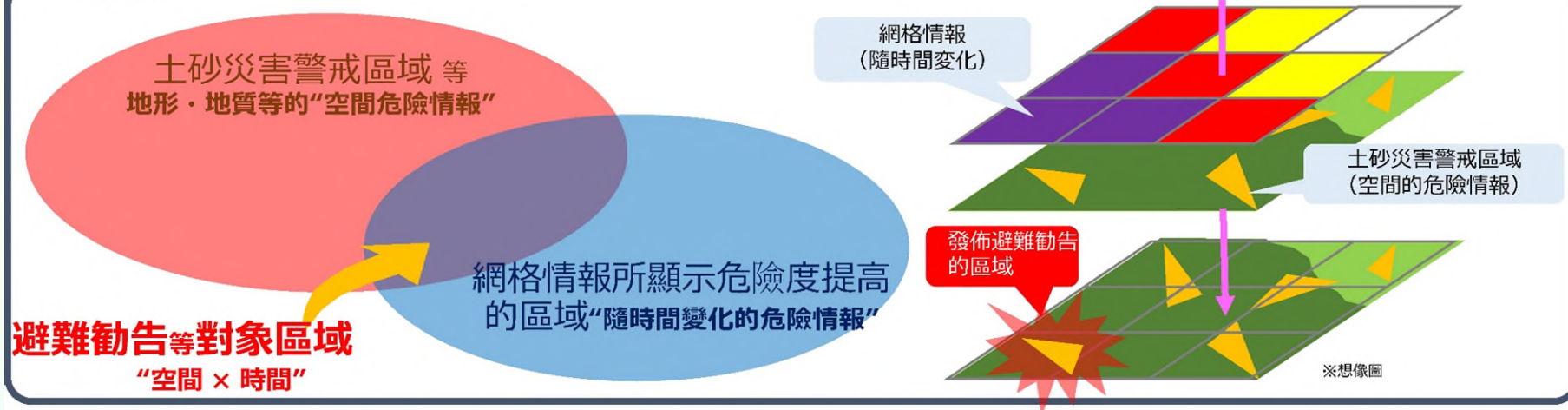
■ 短期：

- ✓ 以雷達提高降雨空間解析度
- ✓ 網格式警戒單元
- ✓ 地圖+時間軸為主之視覺化介面

■ 長期

- ✓ 如何將警戒預測結果轉化為民眾有感的風險溝通
- ✓ 斜坡單元式警戒單元
- ✓ 整合式複合型土砂災害警戒系統

觀念



■ 下一代警戒系統應具備的能力

□ 現行警戒模式僅能提供廣域範圍內是否可能發生災害的簡略警戒資訊

✓ 發生時間（非常粗略）

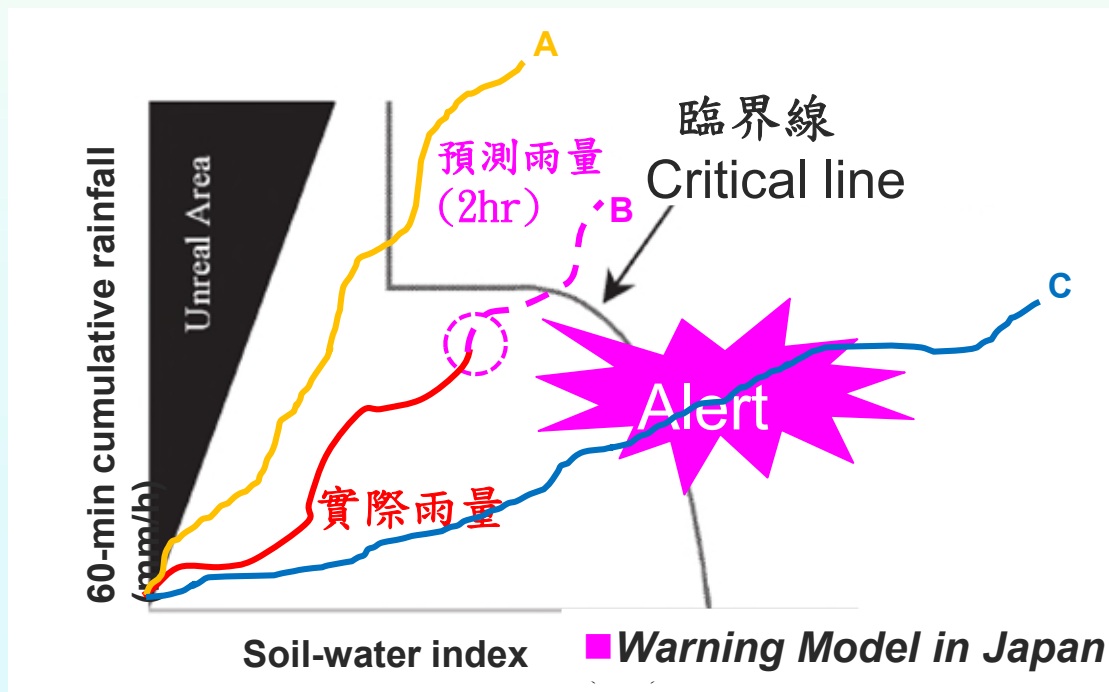
✗ 發生地點

✗ 災害類型

✗ 災害規模

✗ 境況模擬能力

不同降雨型態，災害類型之差異？



■ 討論

- ✓ 現行的警戒系統缺了什麼？
- ✓ 有沒有好的參考範例？
- ✓ 現行的紅黃警戒發布模式能否提供足夠資訊？
- ✓ :
- ✓ :



謝謝聆聽
敬請指教

