



# 日本「以地形、地質相關 主題圖推估全國各地土砂 災害發生風險方法之探討 」文獻導讀

作者：松田昌之・中谷洋明

導讀人：劉怡安

114年2月25日

原文連結：

<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1120pdf/ks1120.pdf>

譯文檔案查詢：

<https://tech.ardswc.gov.tw/api/File/1850>



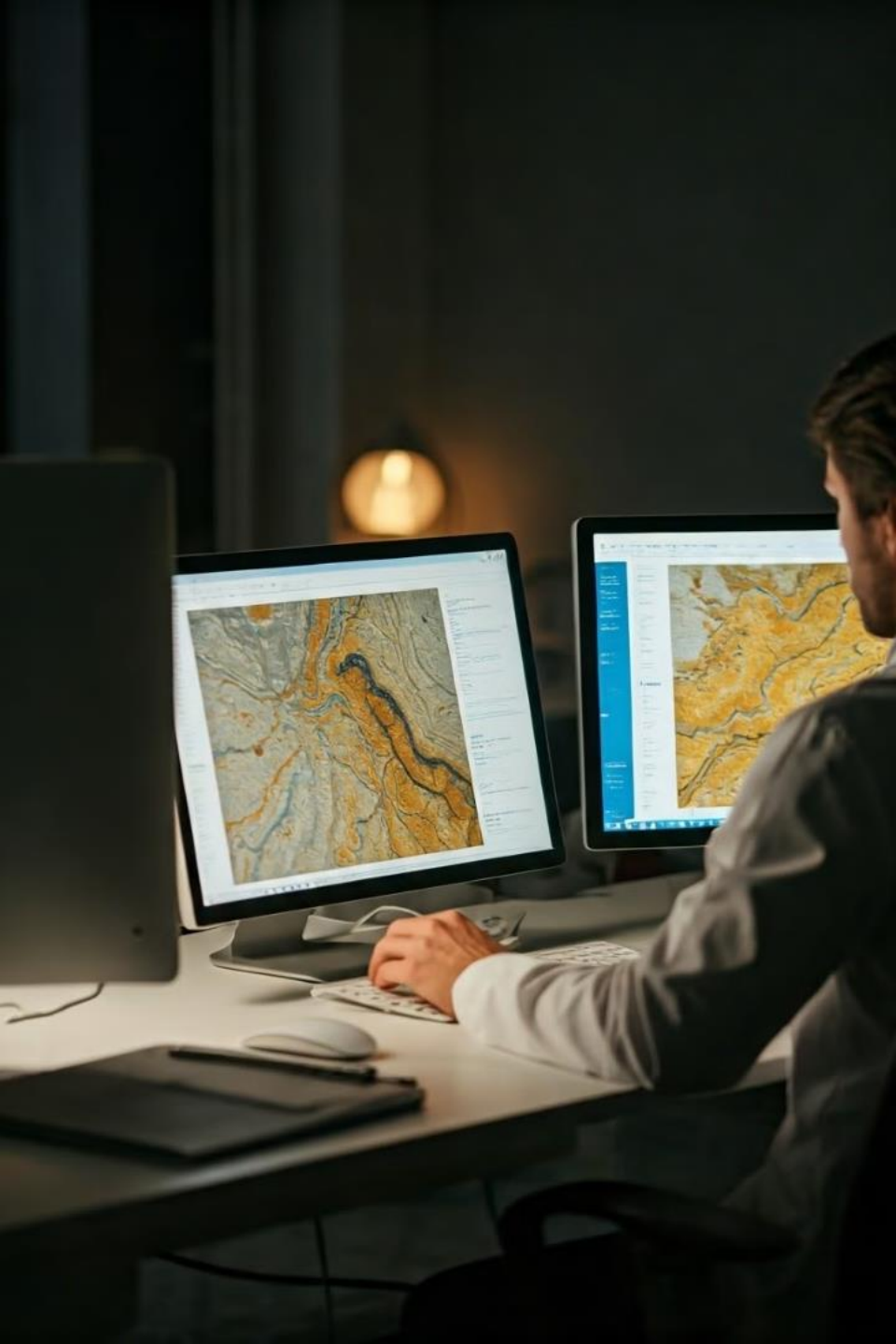
# 簡報大綱

- 研究背景與目的
- 研究方法
- 研究結果與應用
- 結論



# 研究背景與目的

- ◆傳統的土砂災害警戒資訊主要依賴降雨指標，未能充分考慮地形與地質條件，因此本研究運用地形與地質相關的主題圖，來評估日本全國各地發生土砂災害的風險。
- ◆研究利用國土交通省的過去災害資料，並與地形與地質主題圖進行比對，以研擬一套土砂災害風險的推估方法。





# 研究方法

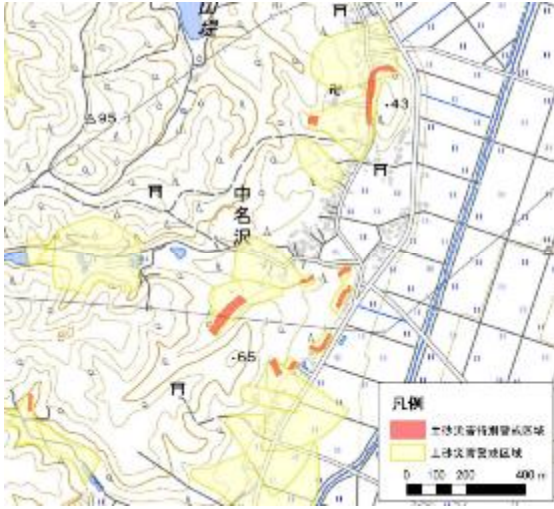
## 資料蒐集

- 各類地形地質主題圖
- 災害案例資料

## 關聯性分析

- 分析主題圖與災害案例之間的關聯性

# 資料蒐集-地形與地質相關主題圖



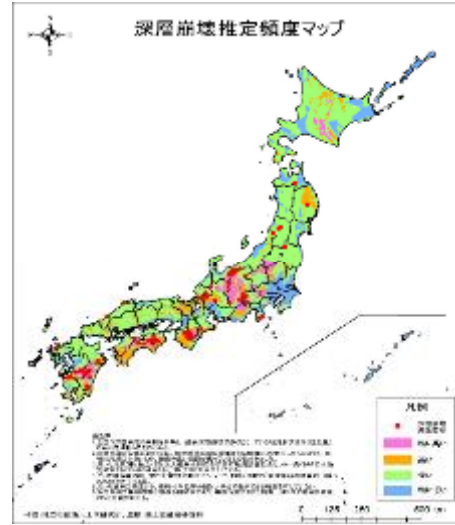
## 土砂災害警戒區域等

依過去土砂災害發生狀況分析結果，劃設土石流、山崩與地滑等可能造成民宅等危害的區域。

概要

特性

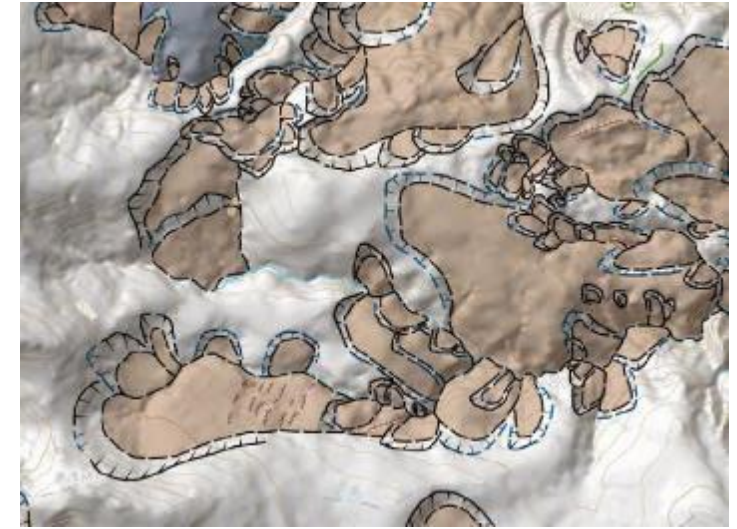
反映可能發生災害的地形、地質條件



## 深層崩壊推估頻率地圖

依據地形起伏量及特定地質類型之分布，評估各地區的深層崩壊發生相對危險度，分成「特別高」、「高」、「低」、「特別低」4等級。

評估深層崩壊高危險性坡面分布



## 地滑地形分布圖

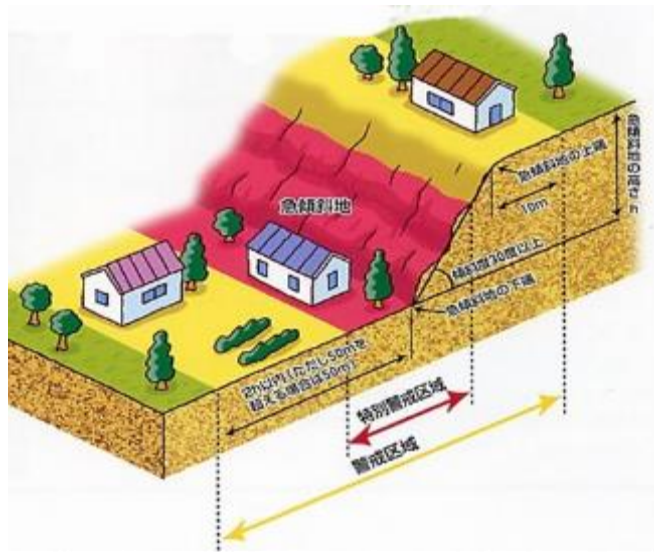
全日本國土進行航照判釋地滑地形，繪製成五萬分之一比例尺地滑地形分布圖

顯示地滑遺跡分布，篩選出地滑再活動、趾部崩壊可能性較高地點

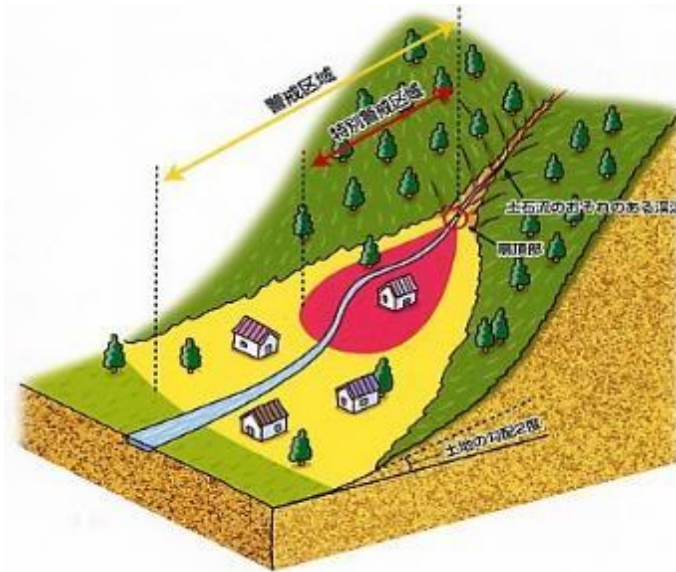
# 資料蒐集-土砂災害警戒區域等劃分

依土砂災害防止法指定「土砂災害警戒區域」、「土砂災害特別警戒區域」。

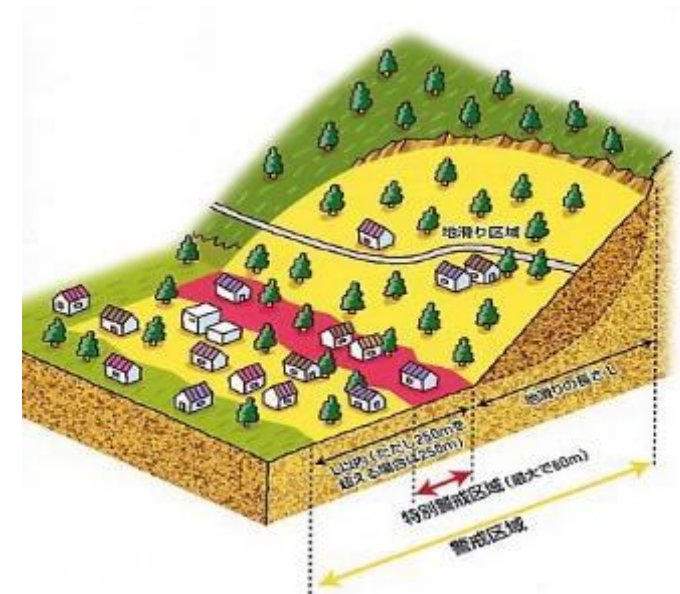
- **土砂災害警戒區域**：有危害居民等生命身體之虞的災害潛勢區，依政令規定應特別進行警戒避難體制整備之區域。
- **土砂災害特別警戒區域**：有損毀建築、嚴重危害居民生命或身體之虞的重大土砂災害潛勢區，應限制一定開發行為，及應依政令所定基準實施有居室建築物結構管制者，指定為土砂災害特別警戒區域。



陡坡崩塌



土石流



地滑



## 資料蒐集-土砂災害資料

利用國土交通省砂防部門土砂災害資料庫，彙整降雨引致土砂災害與重大大規模崩塌事件。

### 1 近年降雨引致災害

1995-2018年約24年間  
16,218件案例

### 2 重大大規模崩塌

1885-2018年約223件案例

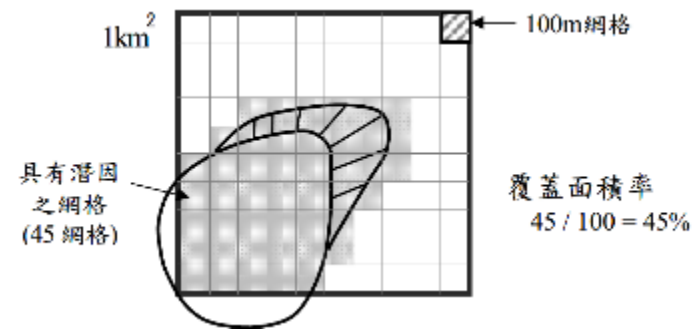
### 3 資料處理

標定災害位置並數位化彙整  
算出個別潛因覆蓋面積率

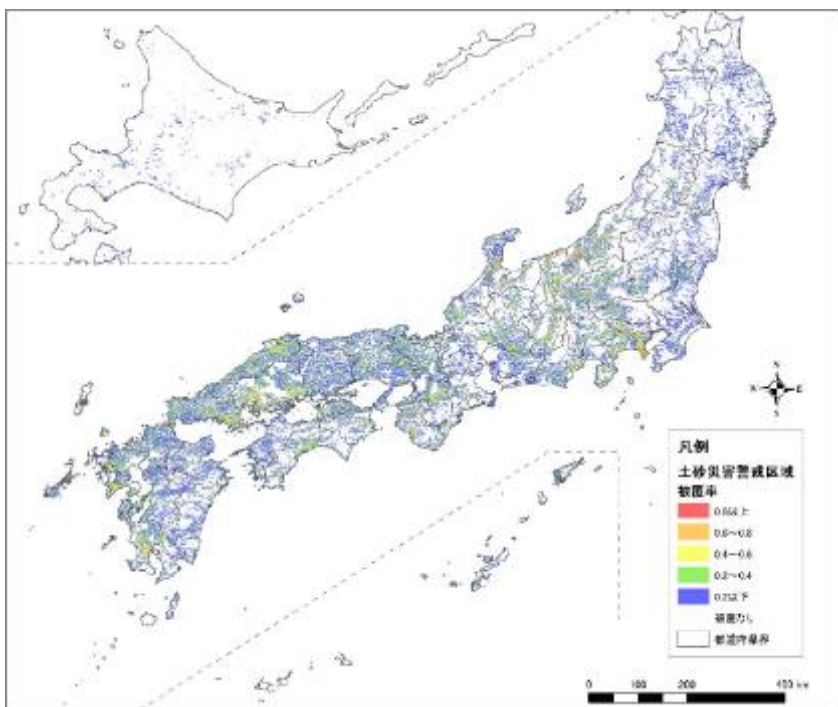


# 關聯性分析-覆蓋面積率

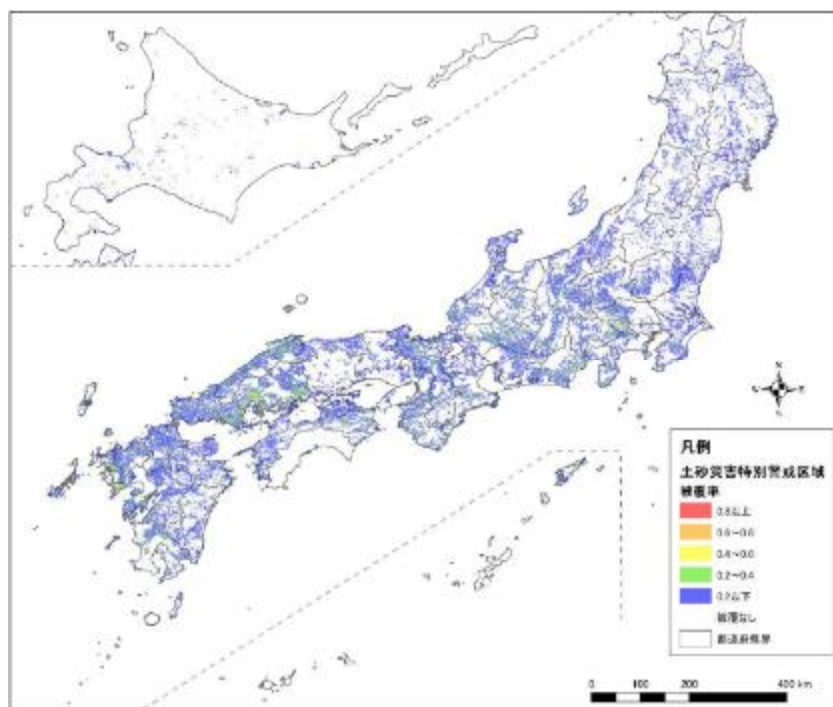
$$\text{覆蓋面積率} = \frac{\text{三維網格內具有潛因屬性的覆蓋面積}}{\text{三維網格之面積}}$$



## 土砂災害警戒區域等覆蓋面積率



土砂災害警戒區域 ( Y ) 覆蓋面積率



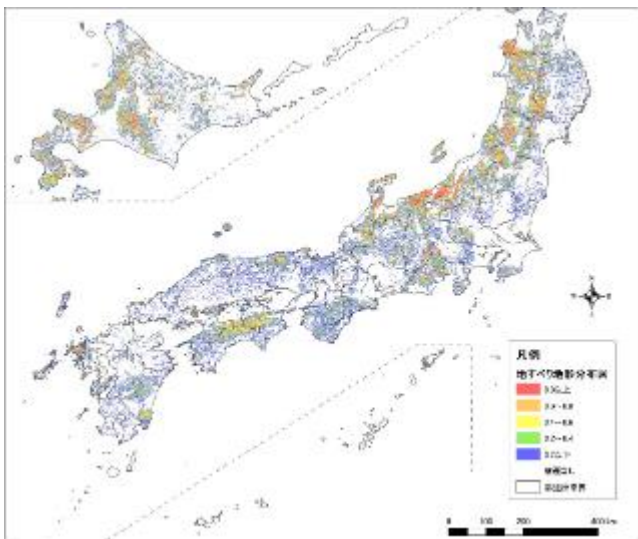
土砂災害特別警戒區域 ( R ) 覆蓋面積率

- ✓ 土砂災害特別警戒區域係指災害所產生土砂等會造成木造房屋倒塌等狀況的推估區域，是屬於土砂災害警戒區域的一部分
- ✓ 土砂災害特別警戒區域R覆蓋面積率比土砂災害警戒區域Y低。



# 地滑覆蓋面積率

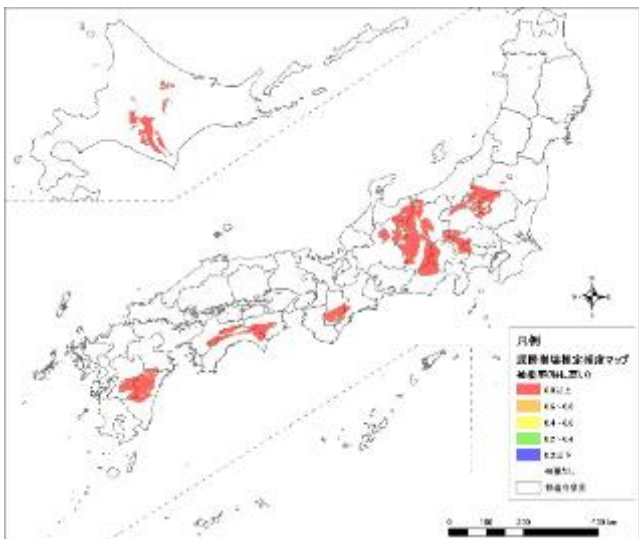
- ✓ 顯示從北海道中央部西側到北海道西南部的覆蓋面積率較高。
- ✓ 日本海側的秋田縣到石川縣山區的覆蓋面積率也很高。
- ✓ 四國北側的覆蓋面積率也相當高。



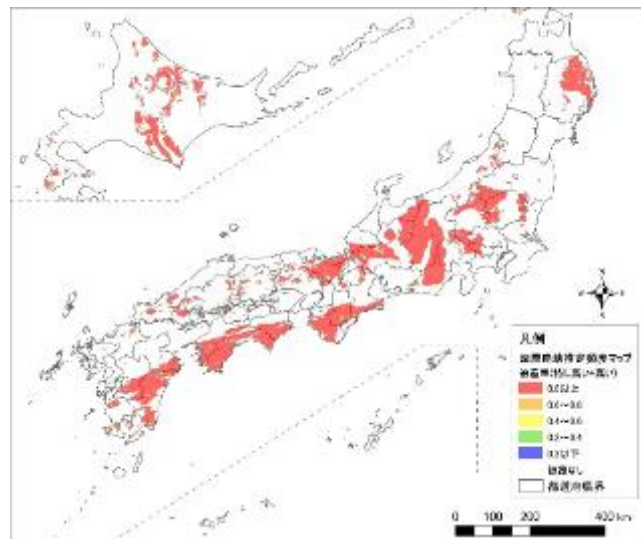
地滑地形分布覆蓋面積率 ( S )

# 深層崩塌推估頻率地圖覆蓋面積率

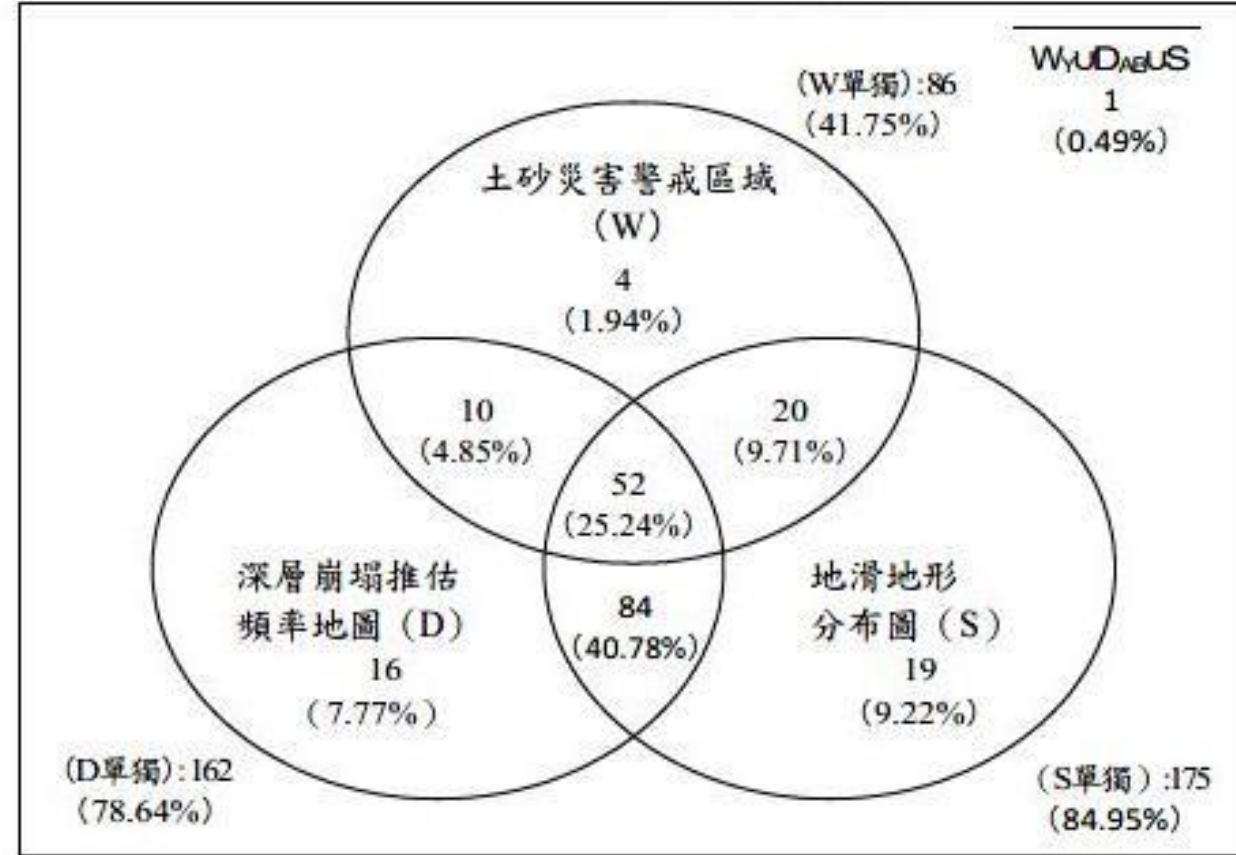
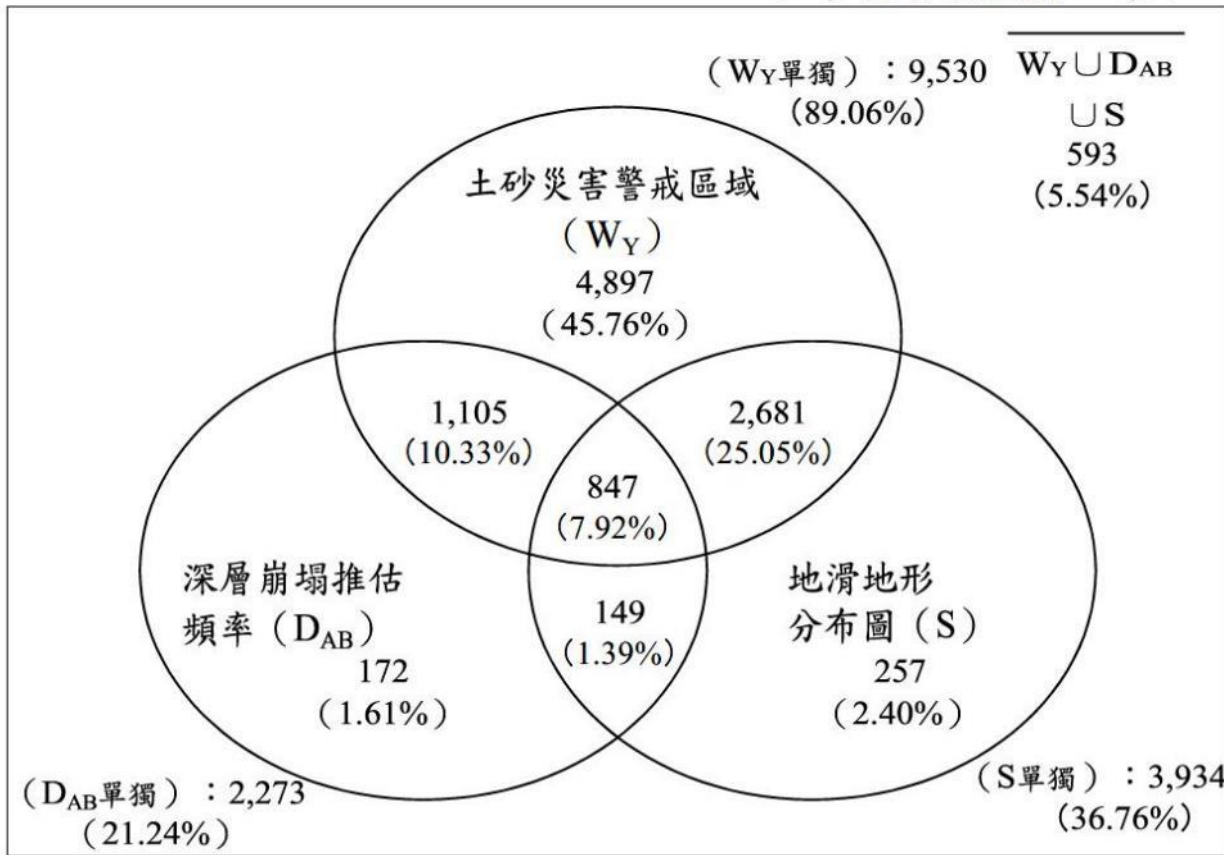
- ✓ 符合深層崩塌推估頻率地圖「特別高」區域，覆蓋面積率多大於0.8，在該等區域邊界附近出現了小於0.8的網格，但數量極少。
- ✓ 符合深層崩塌推估頻率地圖「特別高+高」區域，覆蓋面積率小於0.8的區域分佈趨勢也和深層崩塌頻率地圖「特別高」者相同，大多分布在面積率大於0.8區域的邊界附近。



深層崩塌推估頻率地圖「特別高」之覆蓋面積率



深層崩塌推估頻率地圖「特別高+高」之覆蓋面積率



## 關聯性分析-災害紀錄與地形、地質潛因彙整

- 日本全國降雨所致土砂災害所產生網格為10,701個；其中，土砂災害警戒區域之中符合潛因狀況的網格約佔整體近**90%**，表示潛因與災害發生區域相當一致。
- 重大大規模崩塌網格206個，深層崩塌推估頻率地圖佔整體78.64%，和災害紀錄相當一致。

# 關聯性分析-災害正判率及捕捉率

本研究先就各潛因的網格與災害網格計算，結果顯示就土砂災害警戒區域及深層崩塌推估頻率地圖種類別（潛因）而言，不同災害類別會產生不同關聯性，很難優劣判斷。

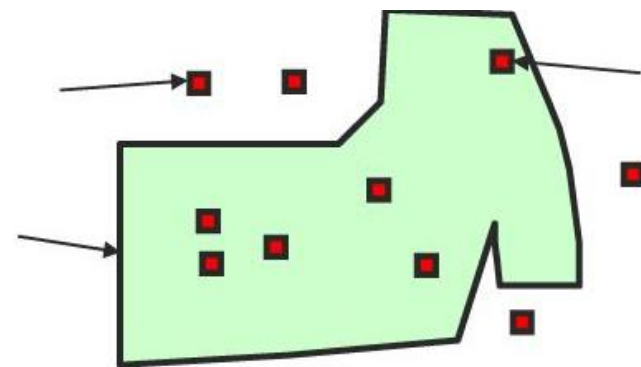
## 計算範例：

- 符合土砂災害警戒區域（ $W_Y$ ）潛因網格數**128,662**個
  - 土砂災害網格總數**10,701**個
  - 位於土砂災害警戒區域（ $W_Y$ ）網格數**9,530**個
- 
- 土砂災害警戒區域之土砂災害正判率= $9530/128665=7.41\%$
  - 土砂災害警戒區域之土砂災害捕捉率= $9530/10701=89.06\%$

$$\text{正判率} = \frac{\text{某條件下的災害網格數}}{\text{符合某條件之網格數}}$$
$$\text{捕捉率} = \frac{\text{某條件下的災害網格數}}{\text{全部崩塌網格數}}$$

災害網格  
(例：全部10網格)

符合某條件  
下的範圍  
(例：100網格)



條件下的災害  
網格  
(例：6網格)

上例之中

正判率 = 6 網格 / 100 網格 = 6%

捕捉率 = 6 網格 / 10 網格 = 60%



# 關聯性分析-潛因組合與災害關聯性

1

## 土砂災害預測最佳組合

土砂災害警戒區域與地滑地形分布圖

( $W_Y \cap S$ 與 $W_R \cap S$ )組合對一般土砂災害

正判率及捕捉率均高

2

## 大規模崩塌預測

深層崩塌推估頻率地圖與地滑地形分布

圖組合( $D_{AB} \cap S$ )，對大規模崩塌預測效

果顯著

3

## 權衡考量

正判率與捕捉率呈現權衡關係，需同時

考慮兩者以選擇最佳潛因組合

正判率	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害	6.72%	7.45%	7.07%	8.22%	2.35%	6.33%	6.77%
土石流	2.20%	1.70%	2.42%	1.89%	0.83%	2.21%	2.48%
山崩	4.47%	4.69%	4.63%	5.21%	1.33%	3.68%	3.86%
地滑	0.44%	1.66%	0.45%	1.80%	0.32%	0.81%	0.85%
大規模崩塌	0.21%	0.15%	0.23%	0.16%	0.32%	0.39%	0.40%

捕捉率	$W_Y \cap D_{AB}$	$W_Y \cap S$	$W_R \cap D_{AB}$	$W_R \cap S$	$D_{AB} \cap S$	$W_Y \cap D_{AB} \cap S$	$W_R \cap D_{AB} \cap S$
土砂災害	18.24%	32.97%	15.35%	28.66%	9.31%	7.92%	6.73%
土石流	28.26%	35.56%	24.93%	31.22%	15.68%	13.11%	11.69%
山崩	16.47%	28.14%	13.63%	24.66%	7.14%	6.25%	5.21%
地滑	10.66%	66.08%	8.73%	56.34%	11.25%	9.15%	7.56%
大規模崩塌	30.10%	34.95%	25.73%	29.13%	66.02%	25.24%	20.87%

備註:  $W_Y$  : 土砂災害警戒區域、 $W_R$  : 土砂災害特別警戒區域  
 $S$  : 地滑、 $D_{AB}$  : 深層崩塌推估頻率地圖「特別高+高」



# 研究結果與應用

## 土砂災害發生機率地圖製作流程

1

### 設定發生機率等級

根據潛因組合的正判率和捕捉率設定三個等級

2

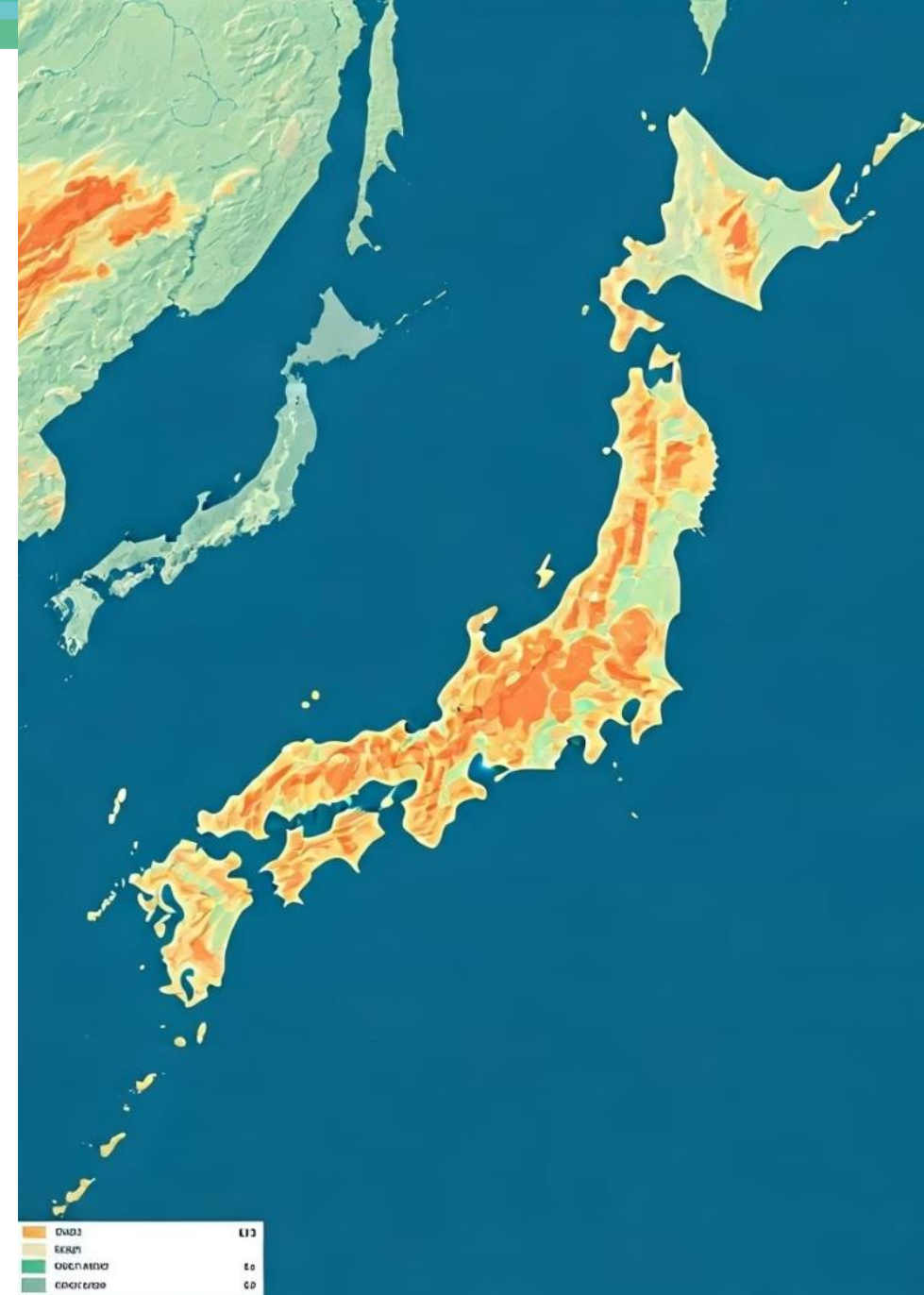
### 計算100年發生機率

將24年統計數據換算為100年間發生災害的機率

3

### 繪製地圖

以1公里網格為單位，製作彩色土砂災害發生機率地圖



# 研究結果與應用-土砂災害發生機率地圖製作

## 設定發生機率等級

### 【發生機率等級1】

**區域概要：**屬於較廣闊的區域，且應注意土砂災害地區。

**選定標準：**

- 對於土砂災害整體而言捕捉率最大  
(但正判率比不考慮潛因的正判率高)
- 最好由複數潛因構成，只要任何一者評估為風險較高的組合即可。

### 【發生機率等級2】

**區域概要：**與災害之關聯性特別高，是土砂災害發生機率高的區域

**選定基準：**

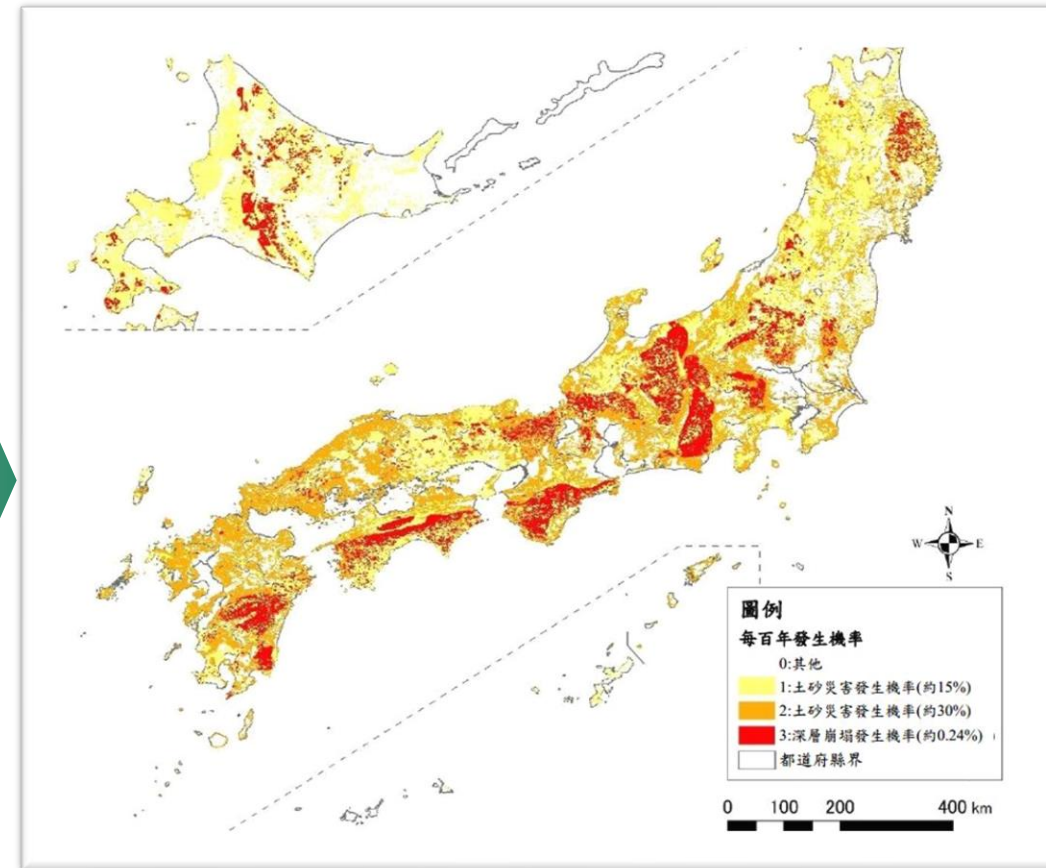
- 正判率高且捕捉率也高
- 對正判率的重視還高於捕捉率

### 【發生機率等級3】

**區域概要：**重大大規模崩塌發生機率高的地區

**選定基準：**大規模崩塌案例的正判率與捕捉率皆高

計算100年  
發生機率



依據地形與地質潛因製作的土砂災害發生機率地圖



# 研究結果與應用-地圖驗證結果

## 過去災害紀錄驗證

- 土砂災害：等級2正判率及捕捉率均高，合適當作災害指標。
- 大規模崩塌：等級3乃係針對大規模崩塌特別設定的指標，故等級3以上的正判率0.32%（約為不考量潛因時的6倍），捕捉率也高達66%，等級2以上的正判率0.12%（約為不考量潛因時的2.3倍），捕捉率高達81.1%，等級2及等級3以上區域可當作大規模崩塌發生機率指標。

## 以2019年東日本颱風案例驗證預測能力

- 2019年東日本颱風土砂災害集中出現在降雨引致土砂災害機率特別高的發生機率等級2。
- 若能搭配使用本資料所介紹土砂災害發生機率地圖與降雨條件，極有可能有效率地鎖定災害危險性高的地點，作為發布土砂災害警戒資訊時的補充資訊。

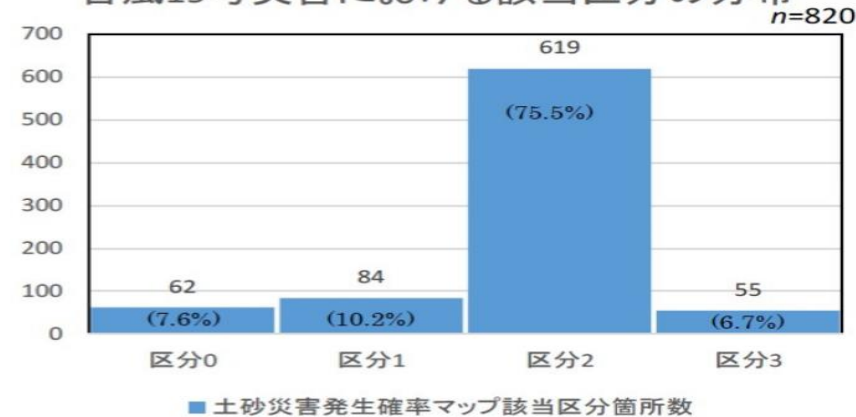
基準等級別之正判率等累計結果（降雨引致之土砂災害）

基準等級	基準等級別			
	網格總數	土砂災害地點數	正判率	捕捉率
等級0 (其他)	131,601	593	0.45%	5.5%
等級1以上	252,277	10,108	4.01%	94.5%
等級2以上	134,401	8,422	6.27%	78.7%
等級3以上	42,411	996	2.35%	9.3%

基準分級別正判率等累計結果（大規模崩塌）

基準等級	基準等級別			
	網格總數	大規模崩塌地點數	正判率	捕捉率
等級0 (其他)	131,601	1	0.00%	0.5%
等級1以上	252,277	205	0.08%	99.5%
等級2以上	134,401	167	0.12%	81.1%
等級3以上	42,411	136	0.32%	66.0%

台風19号災害における該当区分の分布



2019年東日本颱風（第19號颱風）發生災害地點的發生機率等級統計



# 結論-與台灣防災實務比較



## 防災資訊圖資(公開)

- ◆大規模崩塌潛勢區(79處)
- ◆土石流影響範圍(1745條)
- ◆新生崩塌判釋、全臺崩塌地圖層
- ◆不安定土砂集水區潛勢圖(1218處)

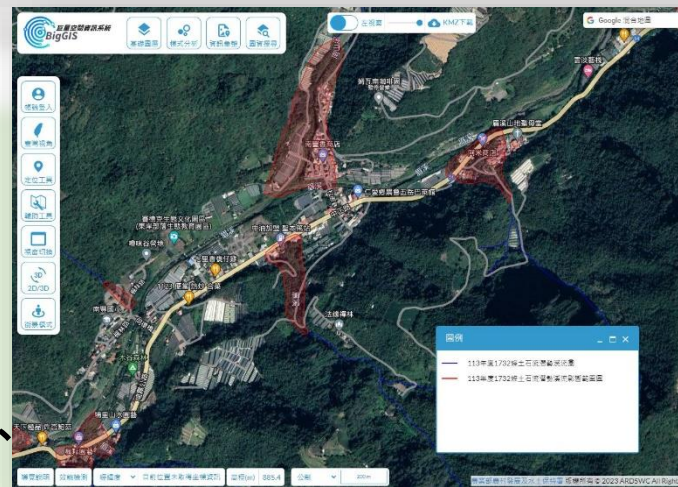


## 防災警戒

- ◆大規模崩塌
- ◆土石流



➤ 依降雨、地文因子、現場環境變異調整



以手機開啟BigGIS可整合GPS顯示使用者所在位置

# 結論 - 與台灣防災實務比較

## 警戒發布方式及應變作為

- **中央發布警戒**
- **地方執行疏散(含預防性)**

### 颱風登陸

-24小時      -18小時      -12小時

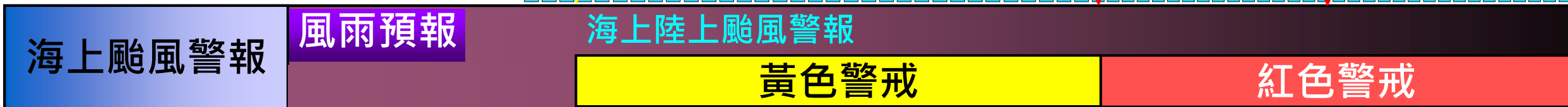
土石流及  
大崩1型

大崩2型

土石流及  
大崩1型

大崩2型

累積雨量線



- 土石流及第1類型大規模崩塌  
警戒雨量 **200 ~ 650mm**

- 第2類型大規模崩塌  
警戒雨量 **600 ~ 1500mm**

第1類型大規模崩塌為與土石流影響範圍重疊  
第2類型大規模崩塌為獨立影響範圍

發布條件：預測雨量 > 警戒值

應變作為：

1. 地方政府應進行疏散撤離勸告
2. 行動不便、老弱婦孺及定期就醫需求者  
建議進行預防性疏散

發布條件：實際降雨 > 警戒值

應變作為：

地方機關應勸告或強制其撤離，並作適當安置。

**疏散對象：**土石流及大規模崩塌潛勢區影響範圍內保全住戶，  
非全村或全鄉疏散。



# 結論 - 與台灣防災實務比較

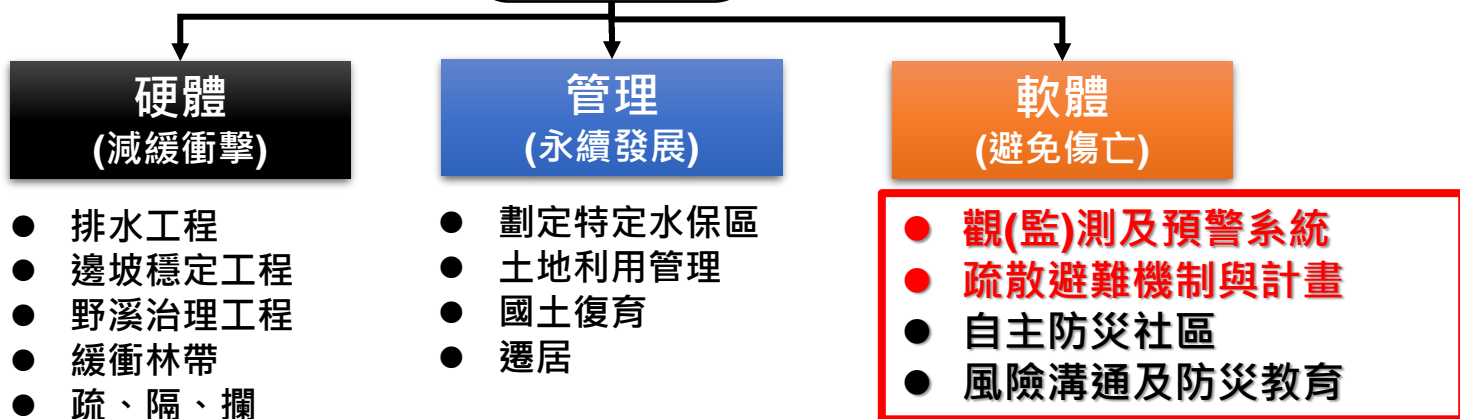
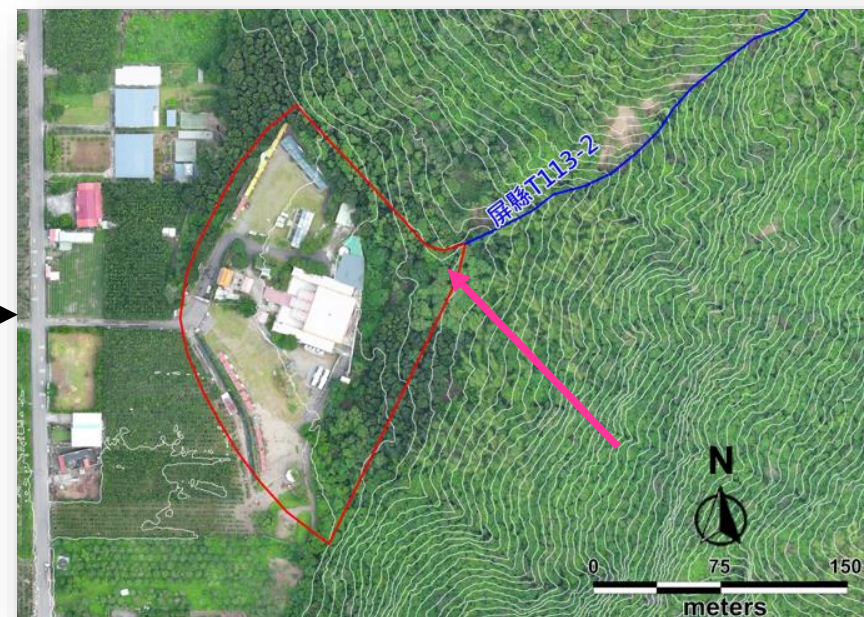
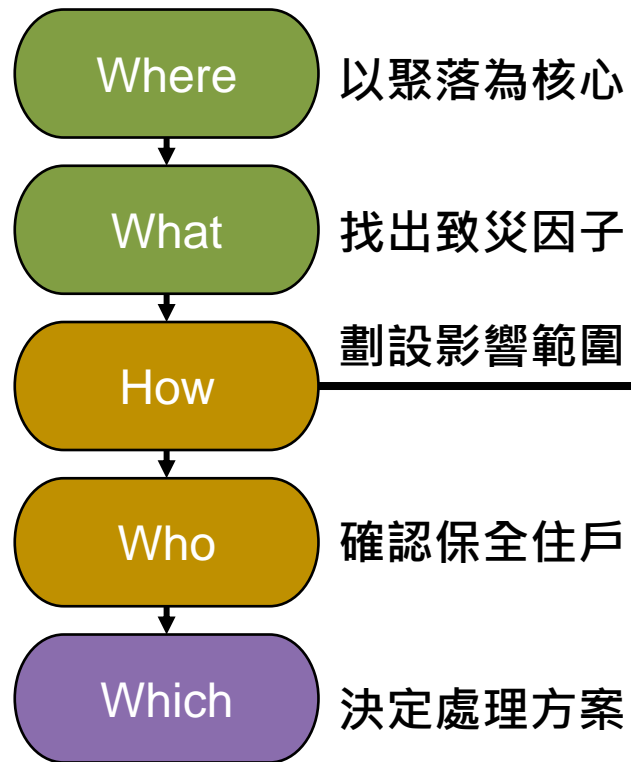
## 災害管理架構

風險鑑別  
Risk Identification

風險估計  
Risk Estimation

風險評估  
Risk Evaluation

風險處理  
Risk Disposal



- 排水工程
- 邊坡穩定工程
- 野溪治理工程
- 緩衝林帶
- 疏、隔、攔

- 劃定特定水保區
- 土地利用管理
- 國土復育
- 遷居

- 觀(監)測及預警系統
- 疏散避難機制與計畫
- 自主防災社區
- 風險溝通及防災教育

適時發布警戒





# 結論 - 與台灣防災實務比較

## □ 土石流警戒基準值常態性檢討

1. 更新週期為**每年一次**
2. 考量因子
  - ✓ 新增**雨場**事件、新增**土石流**事件(無重大災害)
  - ✓ 警戒區**環境變異**
  - ✓ 近**五年**無災害紀錄且未曾調整
  - ✓ 近年因地震調降警戒值之情形

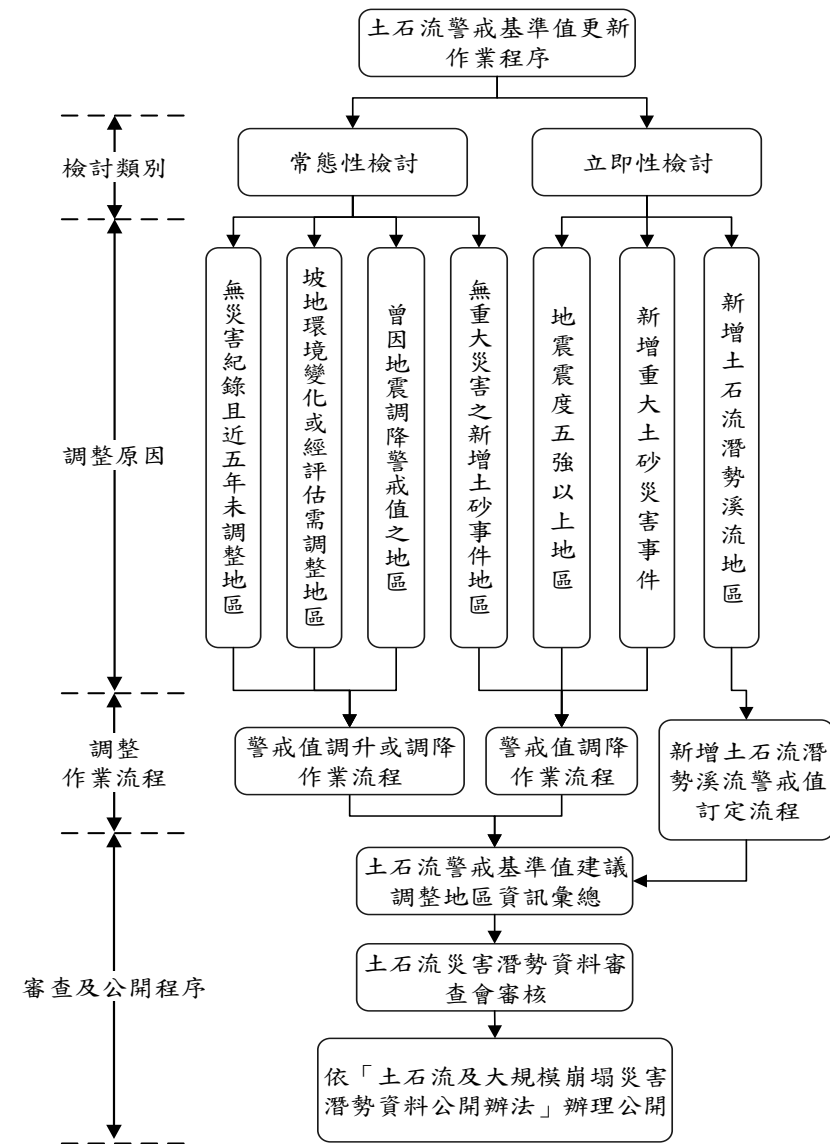
## □ 土石流警戒基準值立即性檢討

1. 依實際需要**機動提報審查**
2. 考量因子
  - ✓ 新增**重大土砂災害**事件(如莫拉克)
  - ✓ **震度5強**以上事件
  - ✓ 重大土砂災害後**新增土石流警戒區**

## □ 土石流警戒基準值

- ✓ 一般**土石流發生降雨指標  $R_{70}$**  為警戒值訂定參考基準
- ✓ 因**地震**、集水區**環境變異**等風險考量，可改取 $R_{50}$  或  $R_{60}$  為參考基準

## 土石流警戒基準值更新原則



# 結論



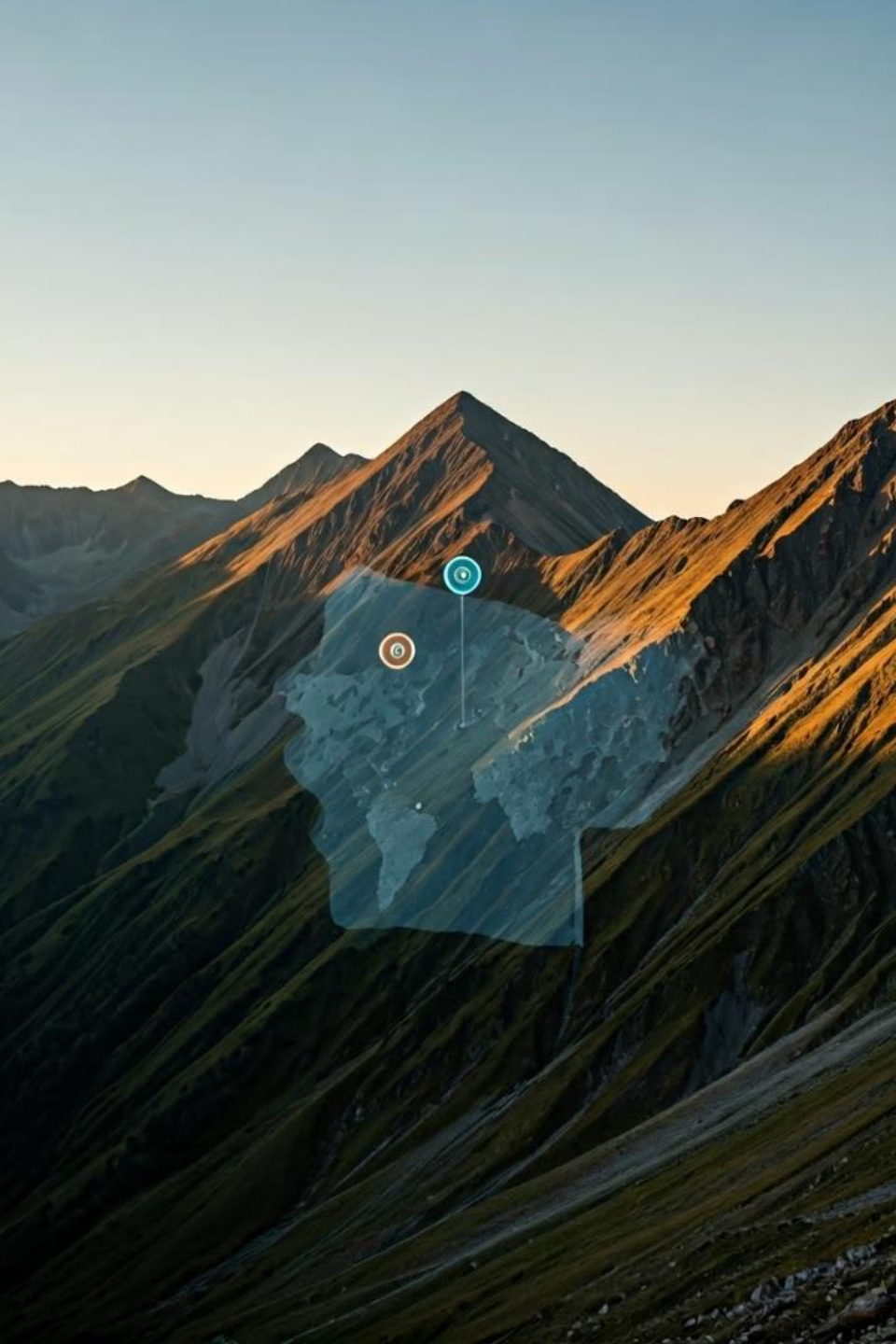
## 研究顯示

- ◆ 降雨誘發土砂災害與土砂災害警戒區域圖 + 地滑地形分布圖 相關性高
- ◆ 重大深層崩塌與深層崩塌推估頻率地圖 + 地滑地形分布圖 相關性高



## 未來精進

- ◆ 納入2018年後的新災害資料 及更精細的地形分析數據（如DEM）。
- ◆ 強化不同地形與地質條件下的區域災害發生率分析，提升預測精度。
- ◆ 更新地滑地形分布圖，補充光達（LiDAR）等新技術掌握的地形資料。





## 結論-建議

- ◆ 增強地形與地質數據整合，提高災害風險分級準確度。
- ◆ 持續完善的即時監測系統，防災資訊即時更新。
- ◆ 強化政府、學術機構與民間數據共享，提高決策效率。

# 参考文献

- ・ 防災科学技術研究所 (2014) : 地すべり地形分布図・ <http://www.j-shis.bosai.go.jp/news-20140724> (2019年8月15日アクセス)
- ・ 千木良雅弘 (2015) : 深層崩壊の場所の予測と今後の研究展開について・ 応用地質, Vol.56, No.5, p.200-209
- ・ 土志田正二 (2015) : 地すべり地形分布図と地質との関係・ 地すべり学会誌・ Vol.52, No.6, p.271-281
- ・ 橋口祥治 (2019) : 降水15時間予報の提供開始・ 天気, 2019 Jan., p.83-90
- ・ 檜垣大助・ 緒續英章・ 井良沢道也・ 今村隆正・ 山田孝・ 丸谷智己 (2016) : 土砂災害と防災教育・ 朝倉書店・ p.7
- ・ 木下博久・ 長谷川修一・ 野々村敦子・ 山中稔 (2019) : 谷密度を指標とした流域スケールにおける斜面崩壊危険度評価手法の検討・ 応用地質・ Vol.59, No.6, pp.472-484
- ・ 気象庁 (2017) : 気象業務はいま2017, p.32-35
- ・ 国土交通省 (2010) : 深層崩壊に関する全国マップについて・ [http://www.mlit.go.jp/report/press/river03\\_hh\\_000252.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/river03_hh_000252.html)・ 参照2019-08-115
- ・ 小杉賢一郎 (2015) : 斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法・ 砂防学会誌・ Vol.67, No.5, p.12-23
- ・ 熊谷小緒里 (2015) : 降水短時間予報の改善・ 平成25年度予報技術研修テキスト・ p.67-71
- ・ 永田和彦・ 辻村豊 (2006) : 解析雨量及び降水短時間予報の特性と利用上の注意点・ 平成18年度量的予報研修テキスト・ p.9-24
- ・ 太田陽子・ 鎮西清高・ 野上道男・ 松田時彦・ 町田洋・ 小池一之 (2010) : 日本列島の地形学・ 東京大学出版会・ p.134-137
- ・ 小山内信智・ 小嶋伸一・ 倉本和正 (2009) : 降雨出現確率法 (連携案) を用いた土砂災害警戒情報の概要・ 砂防学会誌・ Vol.62, No.4, p.56-60
- ・ 砂防フロンティア整備推進機構 (2001) : 土砂災害防止に関する基礎調査の手引き, 30pp.
- ・ 砂防・地すべり技術センター (2011) ~ (2018) : 土砂災害の実態2011年度版~2018年度版・
- ・ 産業技術総合研究所 (2019) : 20万分の1日本シームレス地質図 <https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html?lang=ja&p=download>・ 参照2019-08-15
- ・ 下河敏彦 (2018) : 高精度地形情報の活用と防災・ 応用地質・ Vol.59, No.5, p.302-310



# 報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署  
與您一起打拼