

使用QPESUMS雨量資料 建立坡地災害熱區警戒模式



水土保持局技術研究發展小組
副總工程司 陳振宇

2016/12/27

Outline

1. Introduction

2. Materials and methods

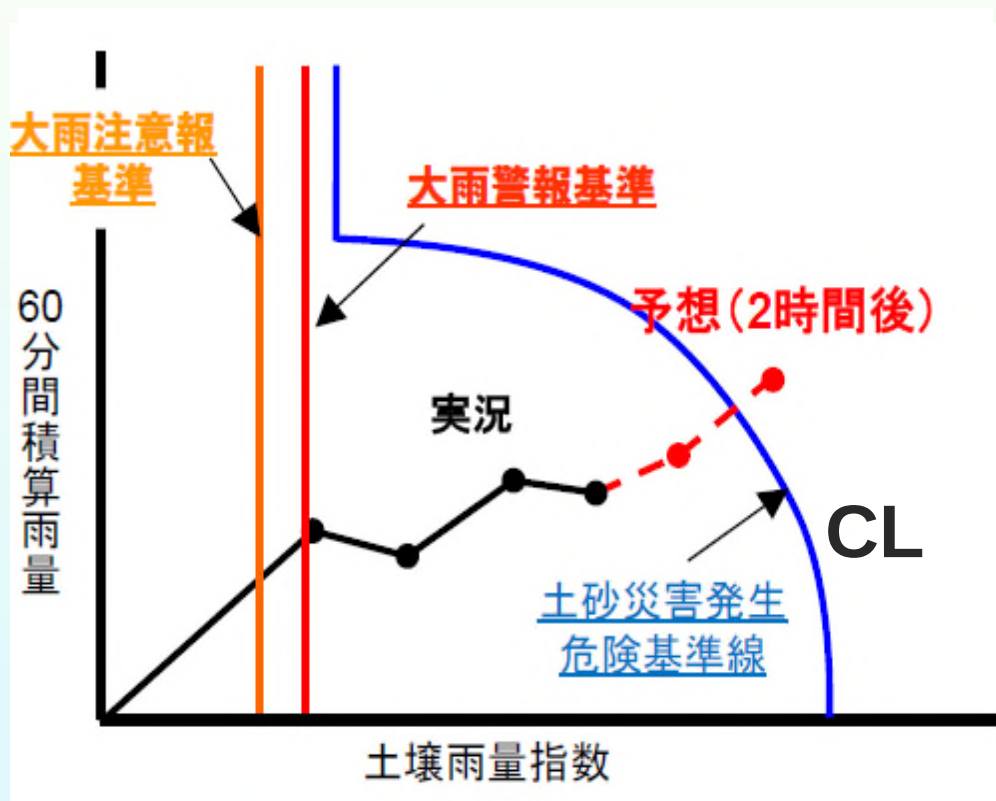
3. Results and discussions

4. Conclusions

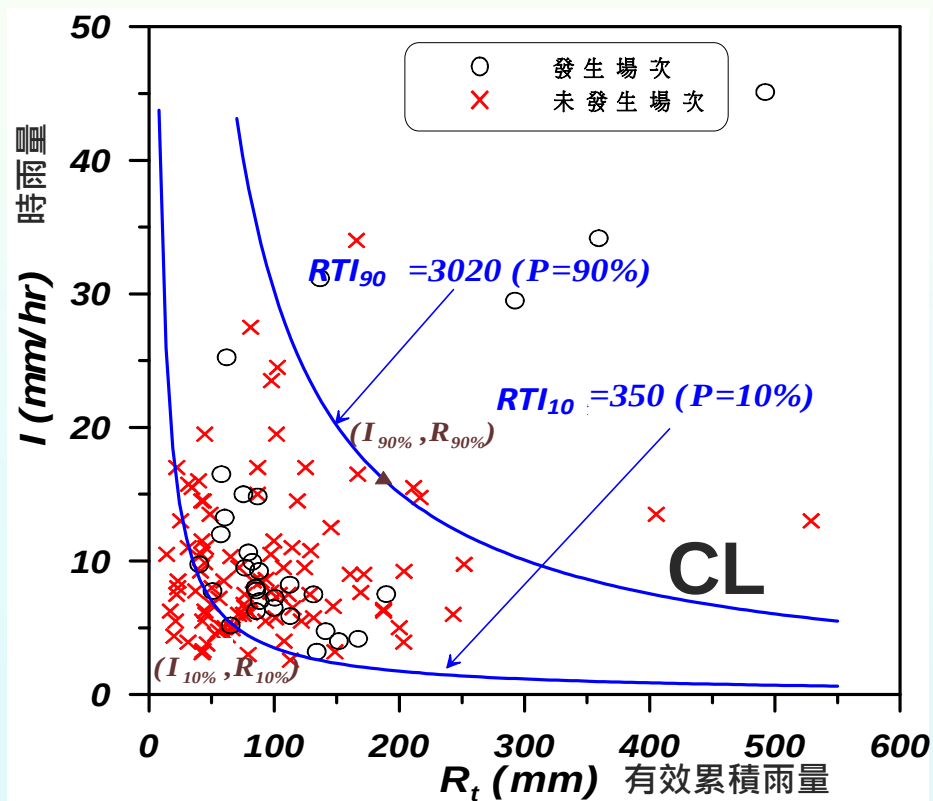
1. Introduction

Introduction

- ✓ 台日已建立以雨量為基礎的土砂災害警戒系統逾10年經驗
- ✓ 蒐集某地區多年雨場資料及災害資料，劃出該區之CL
- ✓ 圖上每一點(○或×)均代表一個雨場

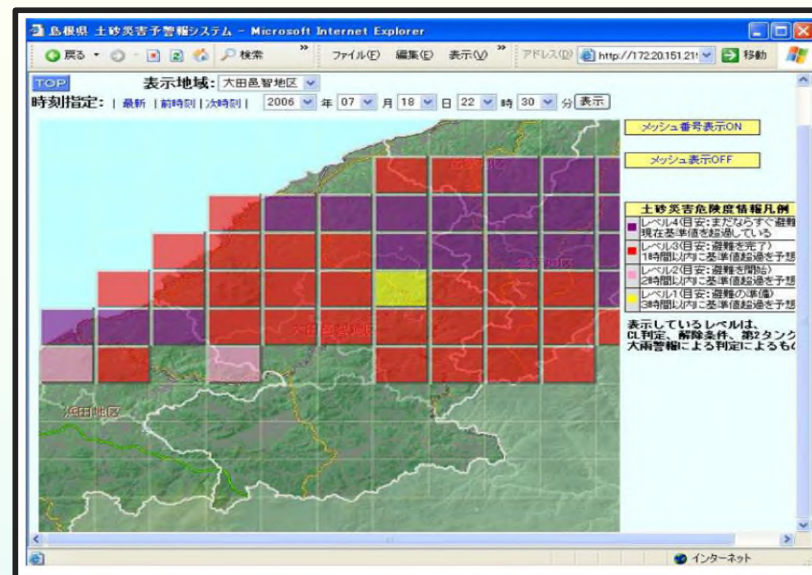
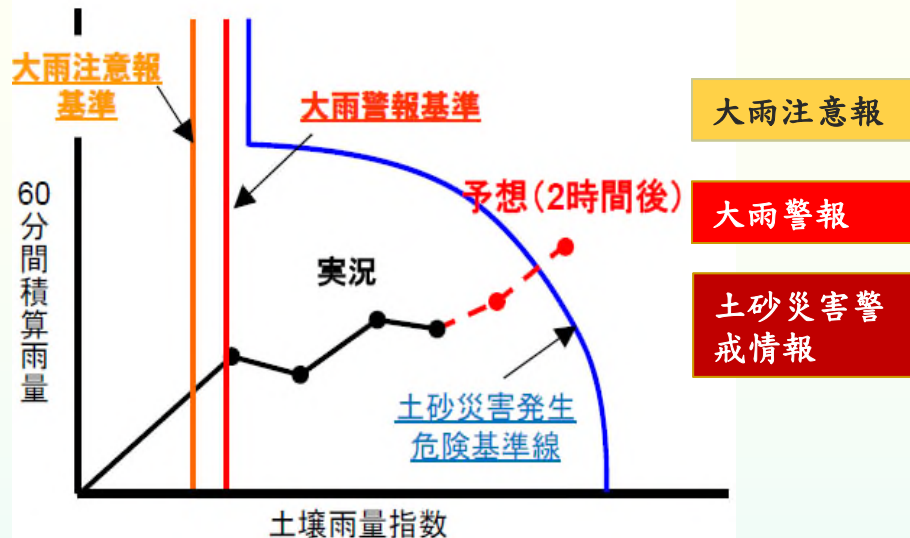


■ RBFN model in Japan since 2005



■ RTI model in Taiwan since 2005₄

日本土砂災害警戒系統(連携案方式, RBFN)

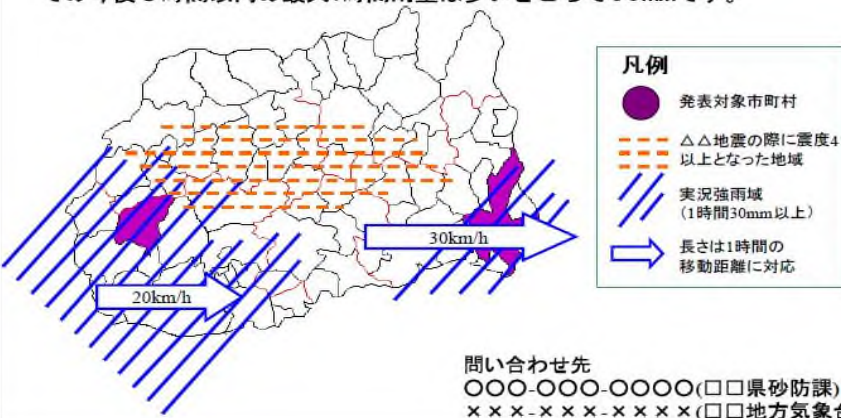


〇〇県土砂災害警戒情報第×号 平成△△年〇月〇日〇時〇分

△△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



避難準備情報

避難勧告

避難指示

- 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>

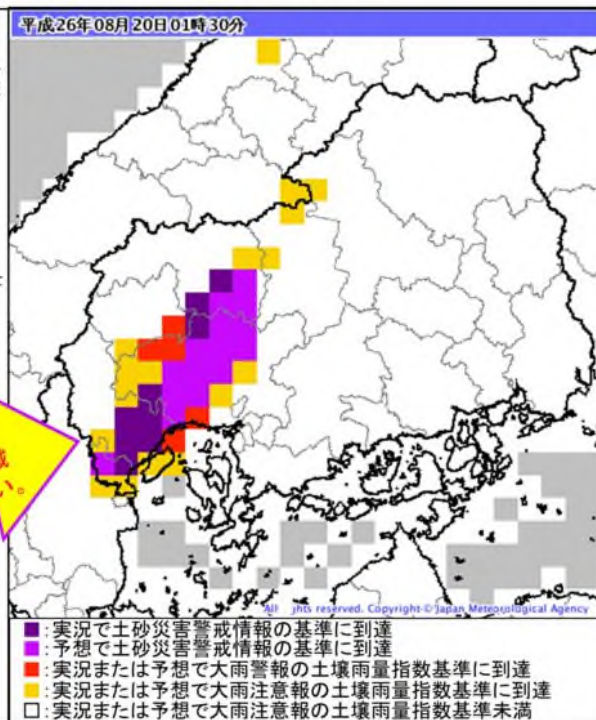
降り続く大雨のため、警戒対象地域では土砂災害の危険度が高まっています。

<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
大雨警戒の基準に到達	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滿	-

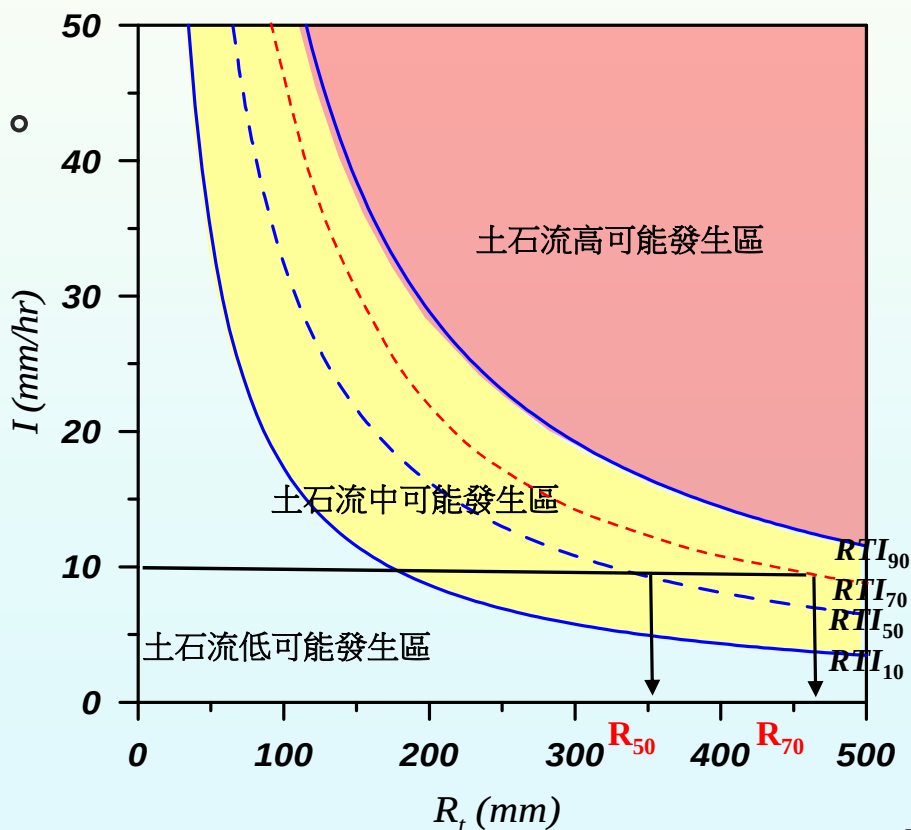
台灣土石流警戒基準值訂定方式

$$RTI = I \times R_t$$

有效累積雨量： $R_t = R_0 + \sum_{i=1}^7 0.7^i \times R_i$

本次降雨量+前7天有效累積雨量

- 依據歷史雨場事件計算RTI值，以RTI₇₀(70%)作為基準。
- 降雨強度 $I=10 \text{ mm/hr}$ ，由降雨警戒基準值RTI₇₀推求土石流警戒基準值R₇₀。
- 以50mm為1級距，設定土石流警戒基準值範圍以200mm為下限、600mm為上限(共9個級距)。



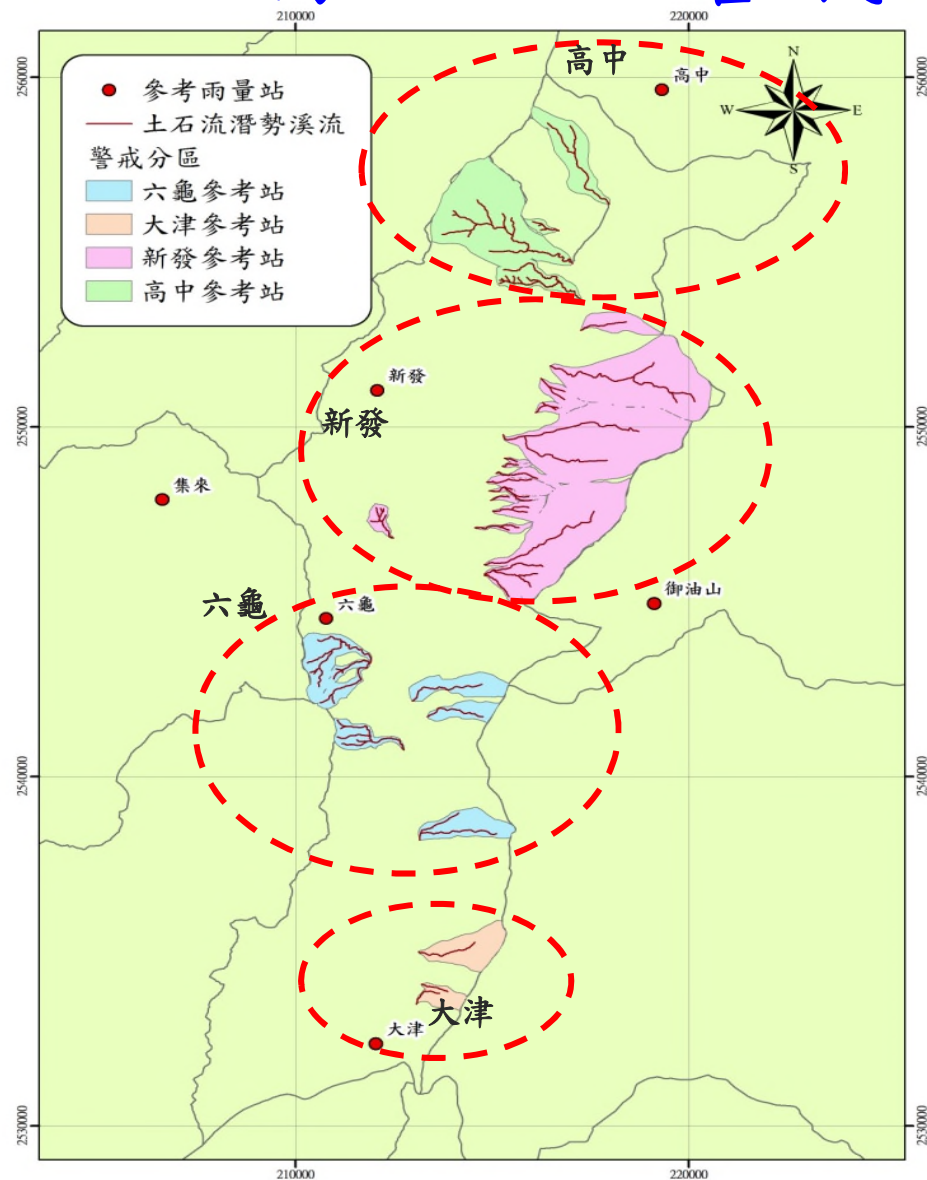
105年土石流警戒基準值明細表

105.03修訂

縣市	鄉鎮	警戒區範圍		土石流警戒基準值 (mm)	參考雨量站	
		警戒區座落村里 (土石流潛勢溪流總數)	土石流潛勢溪流數(條)		代表站1	代表站2
高雄市	杉林區	木梓里(1)、集來里(3)	4	450	崇木 (大坪里)	甲仙
	那瑪夏區	達卡努瓦里(6)	6	250	達卡努瓦	民權 ^W
		南沙魯里(2)、瑪雅里(6)	8		民權 ^W	達卡努瓦
	內門區	永吉里(1)、永富里(1)、金竹里(1)	3	500*	內門	月眉
	六龜區	大津里(3)	3	300	大津	六龜
		文武里(4)、中興里(3)	7		六龜	大津
		新發里(13)、興龍里(3)、六龜里(1)	17		新發	六龜
		寶來里(3)、荖濃里(1)	4		建山國小 ^S	新發
	田寮區	新興里(1)	1	600	尖山	阿公店
	甲仙區	大田里(3)、小林里(3)、和安里(2)、東安里(3)、關山里(4)、西安里(2)	17	350	甲仙	甲仙(2) ^W
	岡山區	華崗里(1)	1	600	阿公店	岡山
	美濃區	獅山里(1)	1	400*	吉東	美濃
		中圳里(3)、福安里(4)、廣林里(1)	8		美濃	美濃(2) ^W
	茂林區	多納里(1)	1	400	多納(1) ^W	萬山
		茂林里(1)	1		大津	萬山
		萬山里(1)	1		萬山	多納(1) ^W
	桃源區	梅山里(1)、拉芙蘭里(5)	6	250	梅山	復興
		建山里(2)、高中里(1)	3		建山國小 ^S	高中
		復興里(2)	2		復興	梅山
		桃源里(3)、勤和里(2)	5		復興	小關山
	旗山區	東平里(8)	8	400*	旗山	圓富國中 ^W
	阿蓮區	復安里(1)	1	600	阿公店	阿蓮
	鼓山區	桃源里(3)	3	550	鼓山	新興
	小計		111			

✓ 土石流防災資訊網 (<http://246.swcb.gov.tw>)

■ 現行土石流警戒分區與參考雨量站



□ 每一鄉鎮劃分為數個警戒分區

✓ 集水區

✓ 行政區(村里)

✓ 土石流潛勢溪流分布

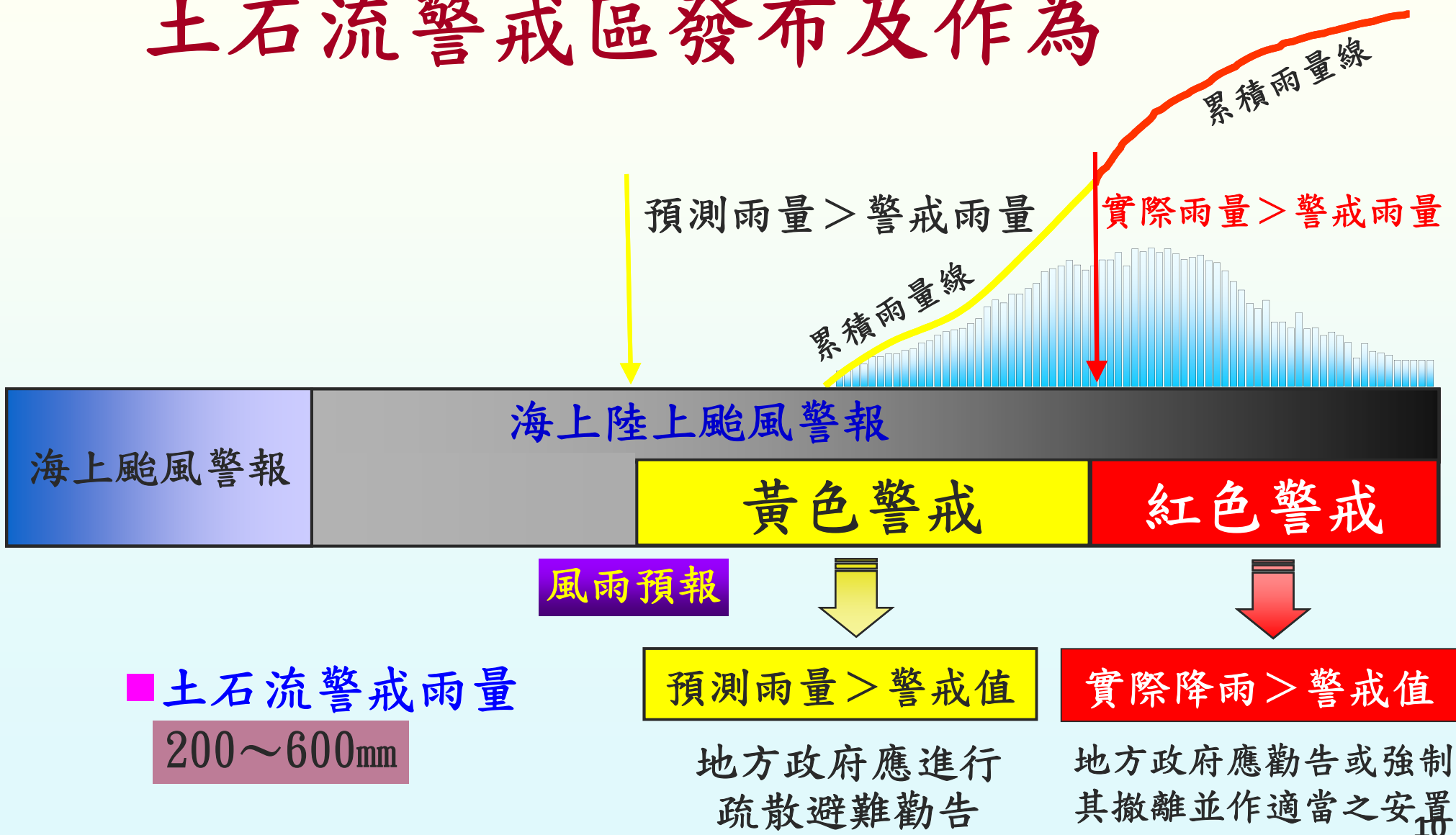
✓ 雨量站位置

□ 全台1687條土石流潛勢溪流分布於17縣市159鄉鎮685村里

✓ 分成457個警戒分區

✓ 採用450個地面自動雨量站

土石流警戒區發布及作為



Warning System in Taiwan

- ✓ The debris flow disaster alert in Taiwan is **issued by a fixed schedule** (e.g. daily 6:30, 12:30, 15:30, 18:30, 21:30, 00:30)
- ✓ Extra alerts will be issued if necessary
- ✓ 僅針對土石流潛勢溪流發布警戒(以溪流為發布單元)

※ 特急文件 務請優先處理



行政院農業委員會土石流災害緊急應變小組 土石流警戒區預報

預報時間：100年08月30日20時

類別：第13號

主旨：依據中央氣象局風雨資料研判：計48條土石流潛勢溪流達紅色警戒，70條土石流潛勢溪流達黃色警戒（行政區域分布詳附表），請依土石流防災疏散避難作業規定執行警戒作為。

說明：

一、警戒作為：

- (一) 黃色警戒：地方政府依災害防救法第二十四條，應進行疏散避難勸告。
- (二) 莫拉克災區特定區域及安全堪虞地區建議進行預防性疏散避難。
- (三) 紅色警戒：地方政府依災害防救法第二十四條，應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。

二、土石流警戒區範圍，請參考土石流潛勢溪流圖冊及貴府建置之保全對象清單。

三、雨量資料，請逕上中央氣象局網站查詢
(<http://www.cwb.gov.tw>)。

正本：宜蘭縣、基隆市、台北市、新北市、桃園縣、新竹縣、苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣、台東縣、花蓮縣災害應變中心

副本：詳附件。

土石流災害緊急應變小組 <http://246.swcb.gov.tw>
電話：0800-246246 傳真：049-2394309
EMAIL:swcbfems@mail.swcb.gov.tw

下一報預報時間：100年08月30日23時

預報時間：100年08月30日20時

類別：第13號

南瑪都颱風已發布土石流警戒區明細

縣市	鄉鎮區	警戒基準值 (毫米)	警戒區範圍 土石流潛勢溪流 (條)	警戒區 村莊(條數)	小計
高雄 市	甲仙區	200	3	紅色 復興里(1)、桃源里(2)、新和里(2)	3
	六龜區	200	7	德山里(2)、瑞山里(1)、瑞興里(1) 松美里(3)	4
	六龜區	200	16	寶來里(3)、文武里(2)、大津里(3) 中興里(1)、興龍里(2)、新發里(5)	6
	茂林區	200	2	中興里(2)	1
	茂林區	400	9	多納里(1)、茂林里(1)、美山里(1)	3
	甲仙區	200	10	南興里(1)、關山里(3)、和安里(1) 大田里(2)、東安里(3)	5
	那瑪夏區	200	6	小林里(3)、大田里(1)	2
	那瑪夏區	200	14	南沙里(2)、達卡里里(8)、瑪雅里(8)	3
	小計	5	61		27
	屏東縣				
屏東 縣	獅子鄉	500	17	母路村(4)、南港村(3)、內獅村(2) 獅子村(2)、竹坑村(3)、內文村(2) 菜寮村(1)	7
	霧台鄉	400	2	霧台村(1)、阿禮村(1)	2
	三地門鄉	400	1	連里村(1)	1
	三地門鄉	400	6	青雲村(1)、青山村(1)、安城村(1) 伊社村(3)	4
	瑪家鄉	400	1	瑪家村(1)	1
	瑪家鄉	400	5	北寮村(1)、佳義村(4)	2
	麟鳳鄉	550	1	平和村(1)	1
	麟鳳鄉	550	9	萬安村(1)、佳平村(2)	2
	麟鳳鄉	550	6	永義村(1)、義林村(1)、吉福村(2) 文興村(1)、望嘉村(1)	5
	麟鳳鄉	550	9	丹林村(2)、文興村(1)	2

■ The alerts will be issued by Website, SMS, Fax, Email, Voice phone, APP, CBS

■ The Format of Debris Flow Disaster Alert

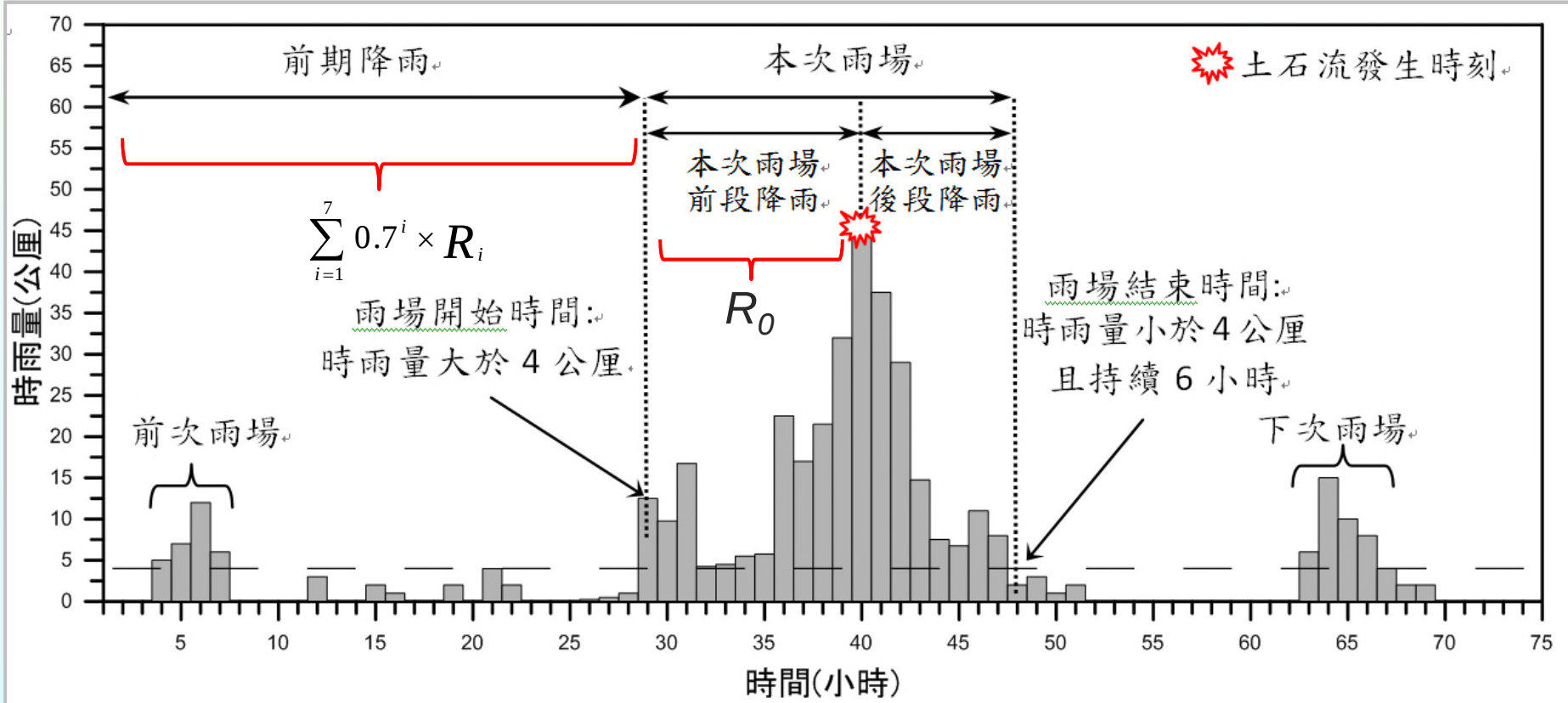
Introduction

現行RTI法之雨場分割方法

有效累積雨量：
$$R_t = R_0 + \sum_{i=1}^7 0.7^i \times R_i$$

本次降雨量+前7天有效累積雨量

問題一：若本次雨量延時甚長(例如連續降雨4日)，依目前公式 R_0 部份均不折減，是否合理？



Introduction

現行有效累積雨量(逐日折減):
$$R_t = R_0 + \sum_{i=1}^7 0.7^i \times R_i$$

本次降雨量+前7天有效累積雨量

問題二：如遇間歇性強降雨，其有效累積雨量之下降呈現不合理之階段式落差

華山雨量站雨量組體圖



Introduction

現行有效累積雨量(逐日折減):

本次降雨量+前7天有效累積雨量

$$R_t = R_0 + \sum_{i=1}^7 0.7^i \times R_i$$

問題三：有效累積雨量消散速度過慢，導致間歇性降雨動輒即達警戒

✓ 降雨已結束逾20h，警戒百分比僅由97.5降至78%

時間	時雨量	日累積雨量	有效累積雨量(雨量分割)	有效累積雨量(前期降雨逐日折減)	現行ema逐日折減警戒%
2016/7/1 17:00	36.5	83.5	76	292.41	97.5
2016/7/1 18:00	0.5	84	76	285.31	95.1
2016/7/1 19:00	0	84	76	252.01	84.0
2016/7/1 20:00	0	84	76	256.4	85.5
2016/7/1 21:00	0	84	76	240.58	80.2
2016/7/1 22:00	0	84	76	240.9	80.3
2016/7/1 23:00	0	84	0.5	235.05	78.4
2016/7/2 00:00	0	84	0	233.86	78.0
2016/7/2 01:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 02:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 03:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 04:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 05:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 06:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 07:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 08:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 09:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 10:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 11:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 12:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 13:00	0	0	0	233.84	77.9
2016/7/2 14:00	0	0	0	234.08	78.0

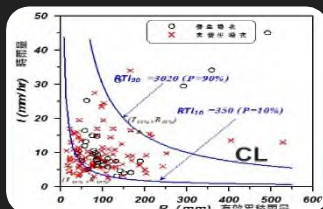
土石流警戒基準值分析結果(依村里)

資料更新時間： 105年07月02日14時20分 應變小組開設名稱： 無

排名	行政區	潛勢溪流數	參考雨量站	10分鐘	1小時	3小時	6小時	24小時	雨場分割ETR1	前期降雨ETR2	AR警戒雨量(原)	AR警戒雨量(動態)	保全人數	QPF 1小時	(ETR2+QPF 1小時)/警戒值	防災專員	定量降水 02日14時 ~ 02日20時	定量降水 02日20時 ~ 03日02時	定量降水 03日02時 ~ 03日08時	定量降水 03日08時 ~ 03日14時	(ETR2+定量降水)/警戒值	ETR2 AR警戒百分比
1	雲林縣古坑鄉桂林村	1(1)	華山(保)S	-	-	-	-	84.0	-	233.2	300	300	10	-	78%	-	21.0	-	-	-	85%	78%
2	雲林縣古坑鄉華山村	2(2)	華山(保)S	-	-	-	-	84.0	-	233.2	300	300	63	-	78%	-	21.0	-	-	-	85%	78%
3	桃園市復興區奎峰里	2(2)	霞雲SR	-	-	-	-	15.0	-	80.1	300	300	59	-	27%	-	39.0	-	-	30.0	50%	27%
4	桃園市復興區義盛里	5(5)	霞雲SR	-	-	-	-	15.0	-	80.1	300	300	19	-	27%	-	39.0	-	-	30.0	50%	27%
5	桃園市復興區霞雲里	2(2)	霞雲SR	-	-	-	-	15.0	-	80.1	300	300	6	-	27%	-	39.0	-	-	30.0	50%	27%
6	桃園市復興區羅浮里	5(5)	霞雲SR	-	-	-	-	15.0	-	80.1	300	300	41	-	27%	-	39.0	-	-	30.0	50%	27%
7	桃園市復興區三民里	3(2)	復興	6.0	12.0	12.5	12.5	23.5	12.5	83.4	300	300	66	-	28%	-	34.0	-	-	27.0	48%	28%
8	桃園市復興區澤仁里	2(2)	復興	6.0	12.0	12.5	12.5	23.5	12.5	83.4	300	300	16	-	28%	-	34.0	-	-	27.0	48%	28%
9	南投縣水里鄉新興村	3(3)	樟湖	-	-	-	-	65.0	-	92.0	250	250	240	-	37%	-	22.0	-	-	-	46%	37%
10	南投縣國姓鄉南港村	4(4)	樟湖	-	-	-	-	65.0	-	92.0	300	300	27	-	31%	-	22.0	-	-	-	38%	31%
11	南投縣仁愛鄉法治村	4(4)	武界	-	-	-	-	0.5	-	16.4	250	250	77	-	7%	-	61.0	-	-	12.0	36%	7%
12	南投縣仁愛鄉萬豐村	4(4)	武界	-	-	-	-	0.5	-	16.4	250	250	164	-	7%	-	61.0	-	-	12.0	36%	7%

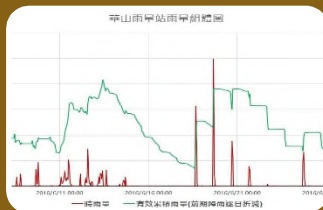
Introduction

待解決課題



CL訂定不易

- 歷史災例蒐集不易
- 缺少客觀且具一致性之劃法



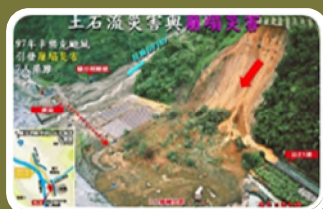
現行有效累積雨量計算方式之盲點

- 僅折減前七日降雨，未考量長延時降雨情境
- 間歇性降雨造成有效累積雨量階梯式下降，且消散過慢



地面雨量站空間密度不足

- 雨量站所在地距離土石流潛勢溪太遠
- 牽就於雨量站密度，警戒分區範圍過大



未整體考量坡地災害

- 僅針對土石流潛勢溪流發布警戒
- 未納入範圍更廣、更常發生之崩塌災害

2. Materials and methods

- 2.1 逐時折減之有效累積雨量
- 2.2 QPE網格雨量資料
- 2.3 研究區基本資料
- 2.4 臨界雨量(R_c)設定與調整機制

2.1 逐時折減之有效累積雨量

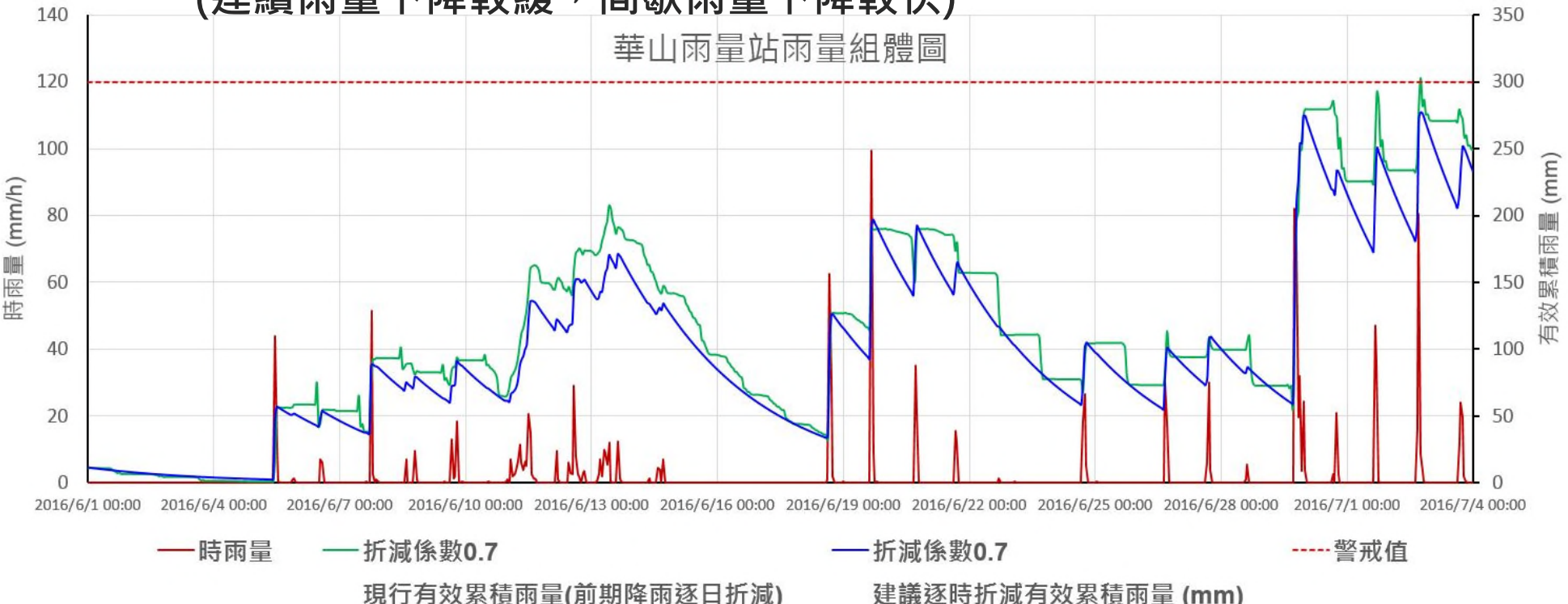
$$R_t = I_t + R_{t-1} \times (0.7)^{\frac{1}{24}}$$

I_t 為目前的時雨量， R_{t-1} 為1小時前的有效累積雨量，
半衰期T=24h

■ 折減係數0.7不變，半衰期維持24小時，但採逐時折減方式計算

- ✓ 可逐時反應土壤含水量變化
- ✓ 不必考慮前期雨量需採用多少天才合理
- ✓ 不會發生階梯式的下降
- ✓ 雨停後有效累積雨量下降速度相對合理

(連續雨量下降較緩，間歇雨量下降較快)



2.1 逐時折減之有效累積雨量

$$R_t = I_t + R_{t-1} \times (0.7)^{\frac{1}{24}}$$

I_t 為目前的時雨量， R_{t-1} 為1小時前的有效累積雨量，
半衰期T=24h

■ 折減係數0.7不變，半衰期維持24小時，但採逐時折減方式計算

時間	時雨量	日累積雨量	有效累積雨量(雨量分割)	有效累積雨量(前期降雨逐日折減)	現行fema逐日折減警戒%	時雨量	逐時折減有效累積雨量(mm)	逐時折減警戒%
2016/6/29 17:00	0	0	0	56.08	18.7	0	58.7297712	19.6
2016/6/29 18:00	82	82	82	119.17	39.7	82	139.8634149	46.6
2016/6/29 19:00	71	153	146.5	196.23	65.4	71	208.80021	69.6
2016/6/29 20:00	19.5	172.5	166	202.49	67.5	19.5	225.2200792	75.1
2016/6/29 21:00	32	204.5	198	247.49	82.5	32	253.8977295	84.6
2016/6/29 22:00	3.5	208	201.5	249.49	83.2	3.5	253.6523395	84.6
2016/6/29 23:00	24.5	232.5	226	274.99	91.7	24.5	274.4105693	91.5
2016/6/30 00:00	4	236.5	230	279.49	93.2	4	274.3625827	91.5
2016/6/30 01:00	0	0	230	279.46	93.2	0	270.315304	90.1
2016/6/30 02:00	0	0	230	279.44	93.1	0	266.327729	88.8
2016/6/30 03:00	0	0	230	279.44	93.1	0	262.3989769	87.5
2016/6/30 04:00	0	0	230	279.44	93.1	0	258.5281802	86.2
2016/6/30 05:00	0	0	230	279.44	93.1	0	254.7144837	84.9
2016/6/30 06:00	0	0	0	279.44	93.1	0	250.9570453	83.7
2016/6/30 07:00	0	0	0	279.44	93.1	0	247.255035	82.4
2016/6/30 08:00	0	0	0	279.44	93.1	0	243.6076351	81.2
2016/6/30 09:00	0	0	0	279.44	93.1	0	240.0140401	80.0
2016/6/30 10:00	0	0	0	279.44	93.1	0	236.4734563	78.8
2016/6/30 11:00	0	0	0	279.44	93.1	0	232.9851017	77.7
2016/6/30 12:00	0	0	0	279.44	93.1	0	229.5482057	76.5

逐日折減方式，降雨結束後12小時，有效累積雨量不變

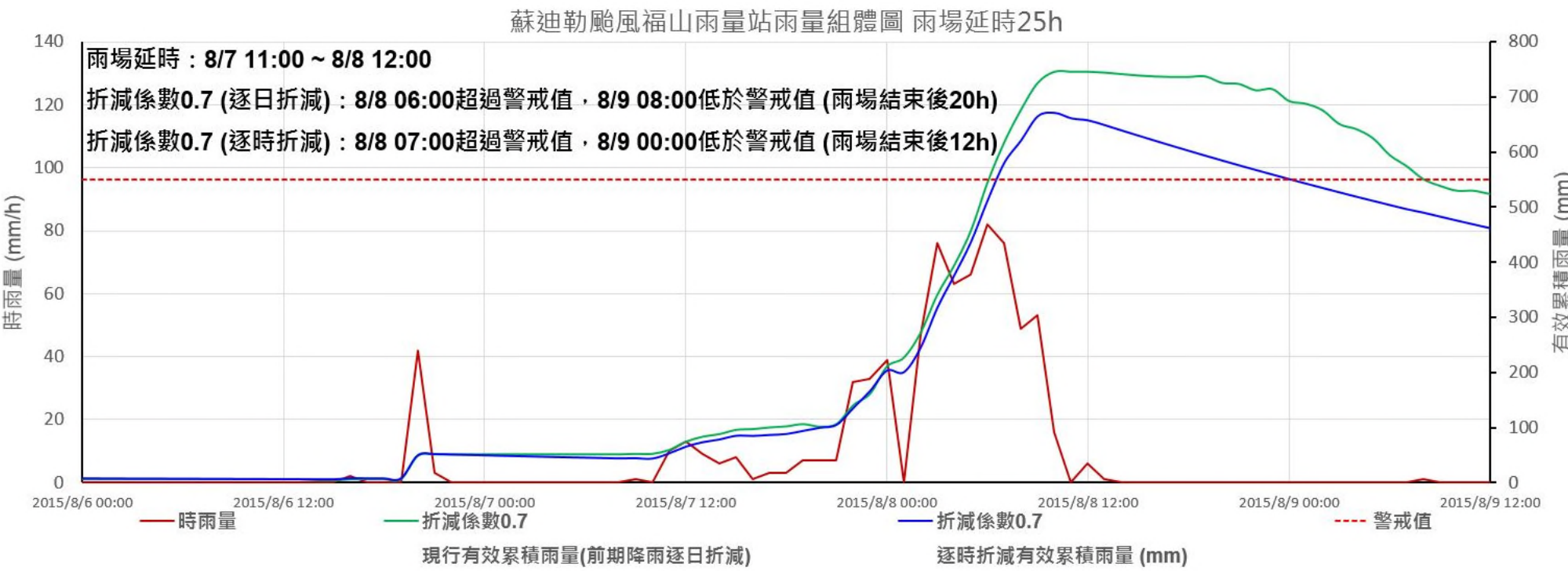
逐時折減方式，有效累積雨量合理變化

2.1 逐時折減之有效累積雨量

$$R_t = I_t + R_{t-1} \times (0.7)^{\frac{1}{24}}$$

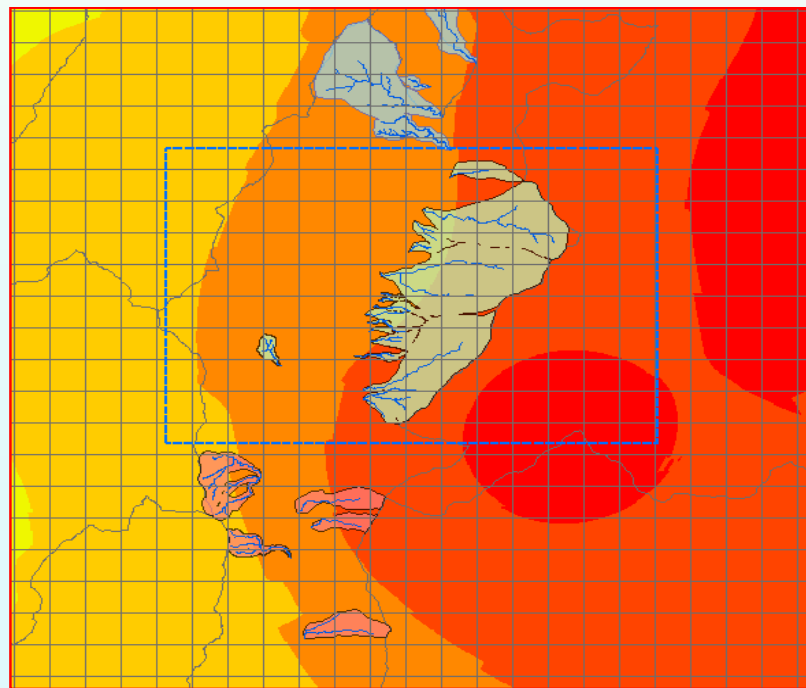
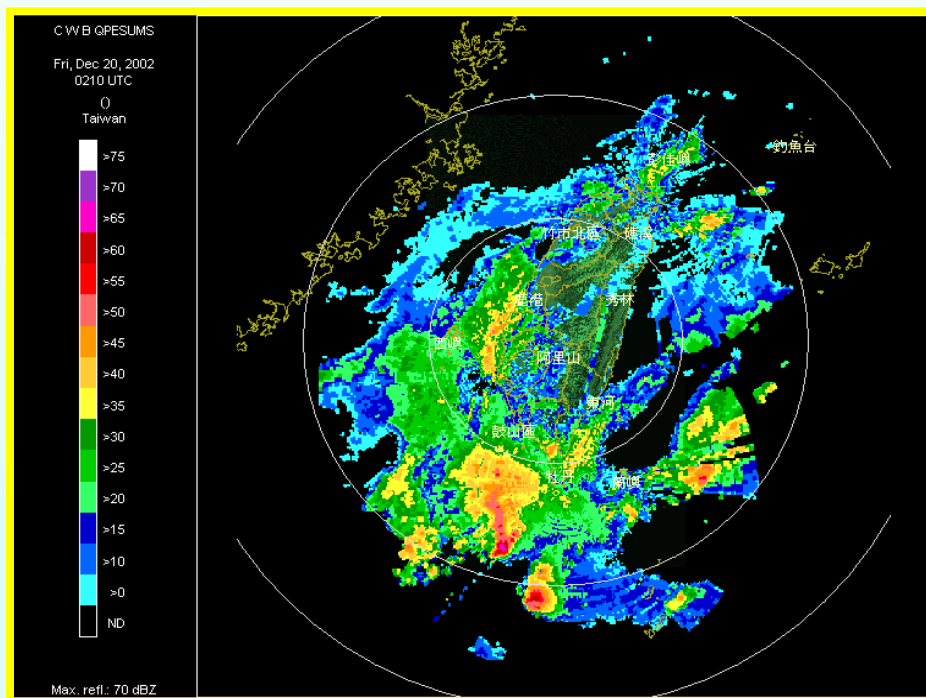
I_t 為目前的時雨量， R_{t-1} 為1小時前的有效累積雨量，
半衰期T=24h

- 折減係數0.7不變，半衰期維持24小時，但採逐時折減方式計算
- 案例探討：2015蘇迪勒颱風 福山站(烏來區福山里參考站)
 - ✓ 山區有零星崩塌，未有重大災害發生 8/8 05:00發布紅色警戒(警戒值550)



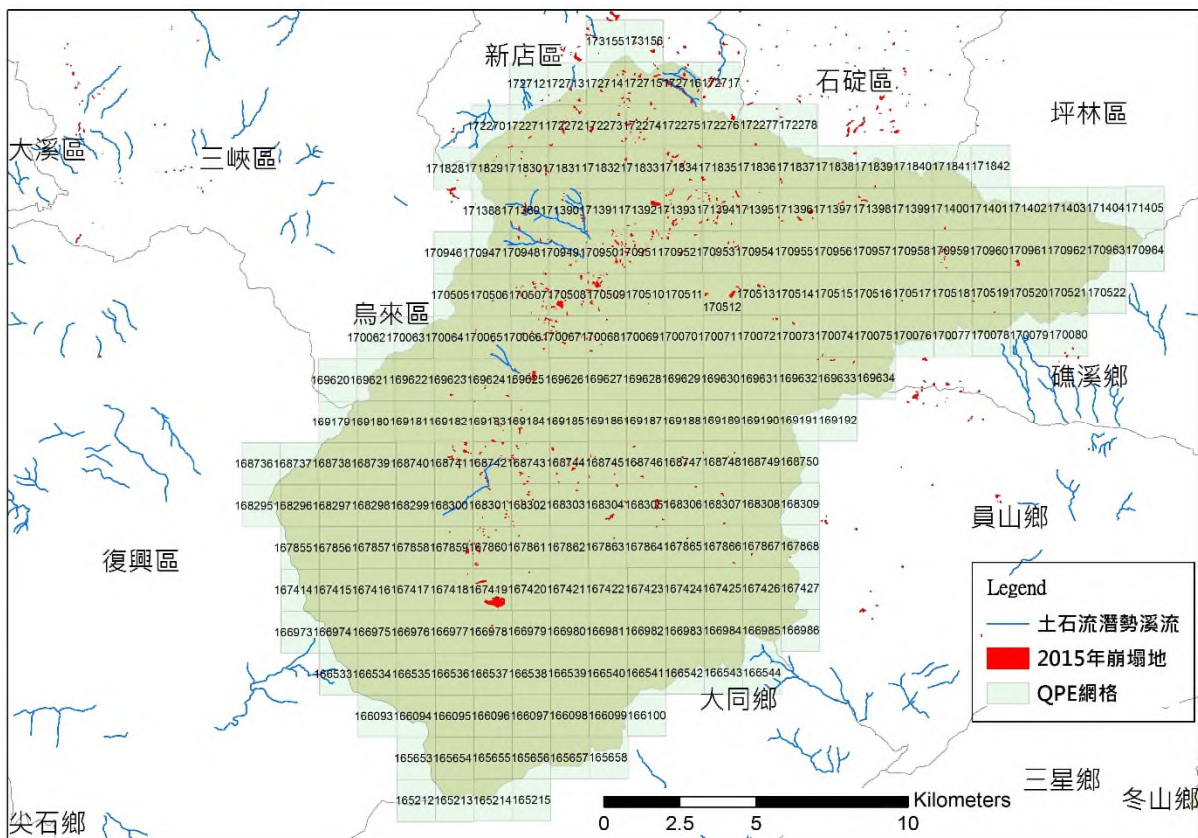
2.2 QPE網格雨量資料

- 本研究採用QPESUMS之QPE(Quantitative Precipitation Estimation)定量降雨估計資料
 - ✓ 網格尺寸：1.3x1.3 (km)，計 $441 \times 561 = 247,401$ 格(本島24,828)
 - ✓ 10分鐘更新
- 使用2005/07/01~2015/12/31雨量資料，並計算出逐時有效累積雨量(EAR, Effective Accumulated Rainfall)



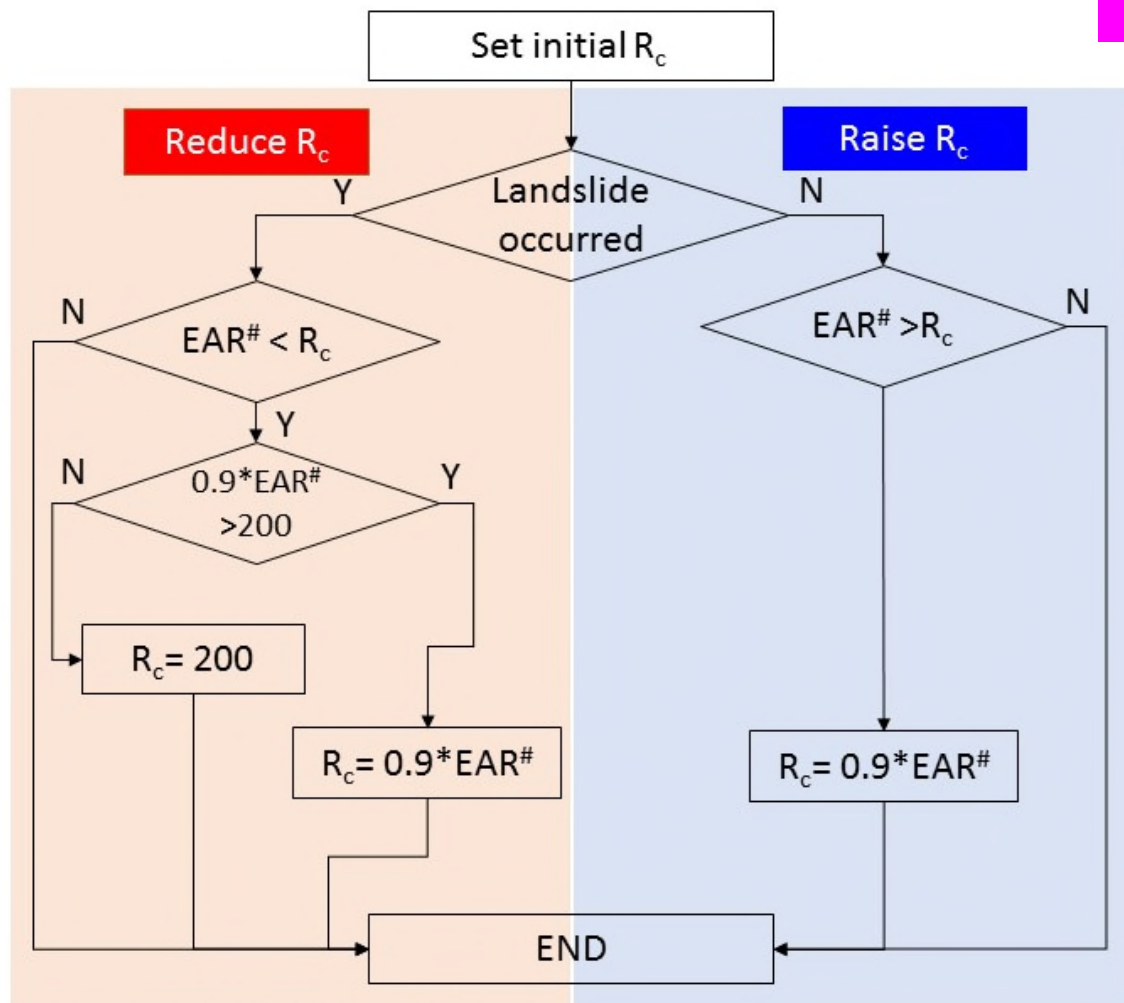
2.3 研究區基本資料

- 新北市烏來區：321KM²，6,177人，土石流潛溪流6條
- 雨量資料：
 - ✓ 轄區QPE網格數共237格
 - ✓ 2005/07/01~2015/12/31 QPE雨量資料



- 崩塌位置：
 - ✓ 2005~2015林務局年度衛星判釋全島崩塌圖層
- 崩塌發生時間：
 - ✓ 2006~2015年水保局重大土石災例報告
 - ✓ 2015年蘇迪勒颱風造成崩塌最為顯著

2.4 臨界雨量(R_c)設定與調整機制



R_c : critical rainfall for each mesh

EAR : effective accumulated rainfall

EAR# : if the occurring time of landslide is known, EAR# is the EAR at the occurring time, else EAR# is the max EAR during the rainfall event

基本假設

警戒單元

✓ 個別QPE網格(1.3x1.3km)

僅針對颱風豪雨事件造成之群發型崩塌及土石流發布警戒，不考慮地震事件

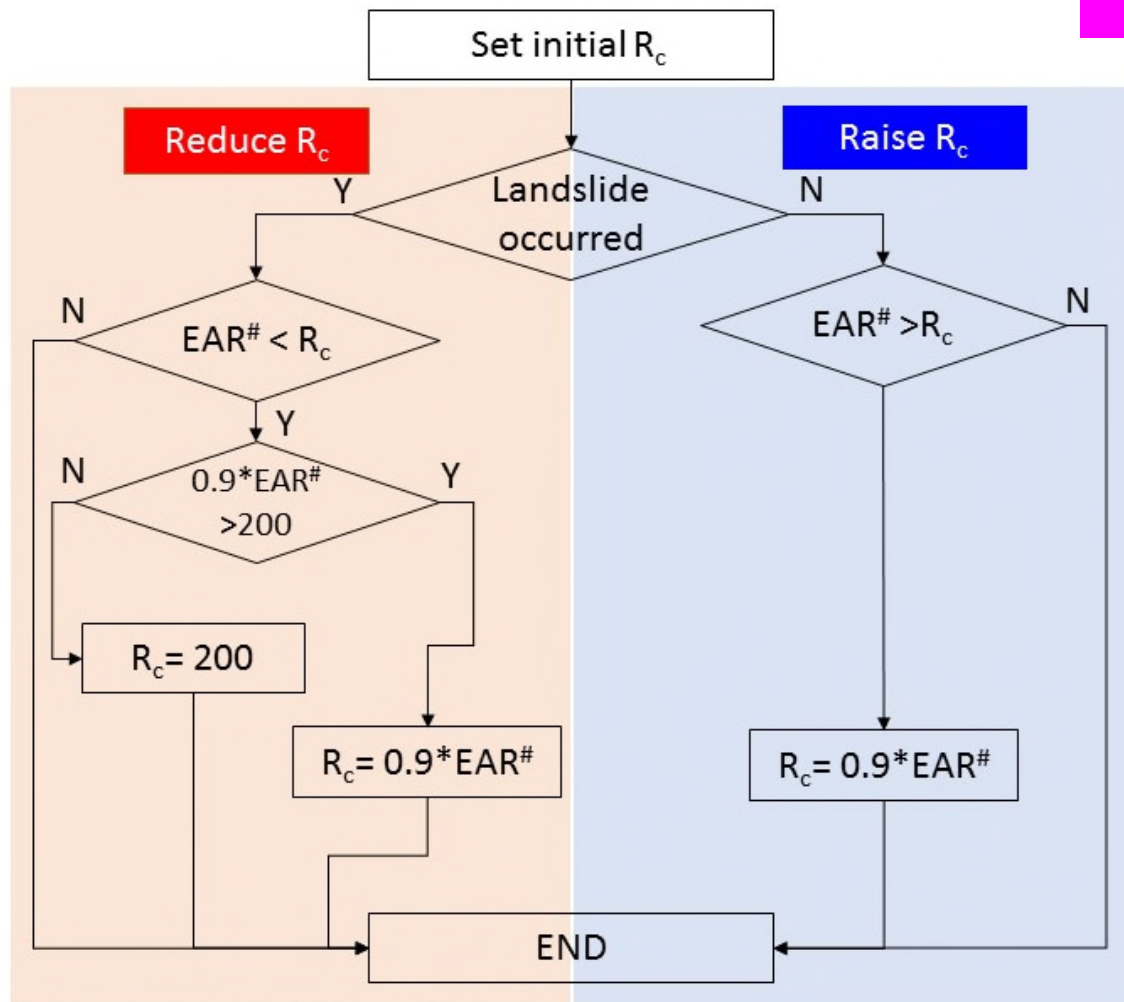
崩塌事件判定原則

✓ 若某網格內有新生(擴大)崩塌則稱該網格發生崩塌

崩塌發生時間判定原則

✓ 如有明確災害紀錄，從之
✓ 如無，則假設崩塌發生在當年度最大EAR發生時刻

2.4 臨界雨量(R_c)設定與調整機制



R_c : critical rainfall for each mesh

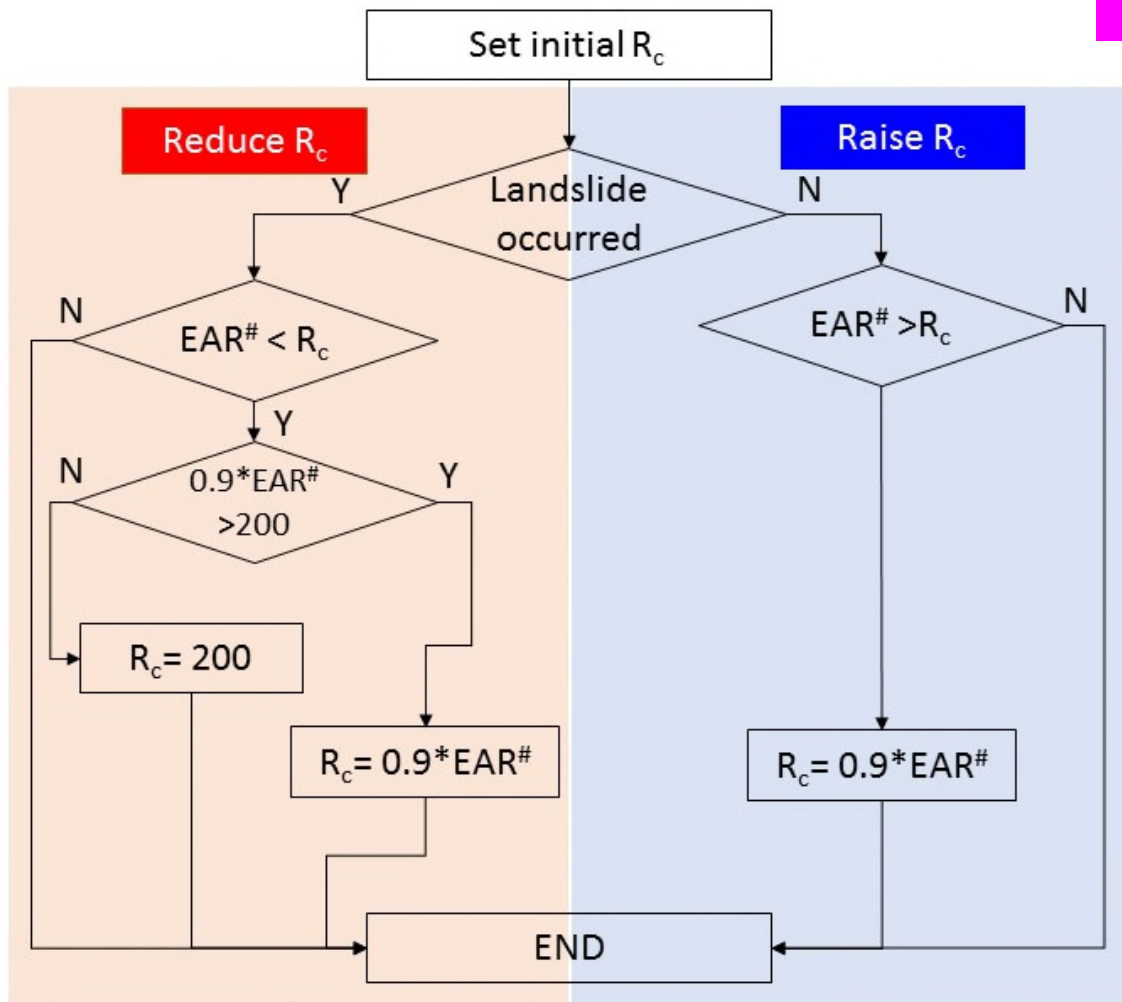
EAR : effective accumulated rainfall

EAR# : if the occurring time of landslide is known, EAR# is the EAR at the occurring time, else EAR# is the max EAR during the rainfall event

基本假設

- 初始臨界雨量(R_c)設定
 - ✓ 以2005年資料作初始設定
 - ✓ 無崩塌網格，以2015年該網格最大EAR為 R_c 初始值
 - ✓ 有崩塌網格，以2015年該網格(最大EAR)*0.9為 R_c 初始值
- 最低臨界雨量(R_c)設定
 - ✓ 參考現行土石流警戒基準值，假設因降雨而導致之崩塌之有效累積雨量為200mm (即最小 $R_c=200$)
- 若某網格 $EAR > R_c$ 則發布該網格為警戒區

2.4 臨界雨量(R_c)設定與調整機制



R_c : critical rainfall for each mesh

EAR : effective accumulated rainfall

EAR# : if the occurring time of landslide is known, EAR# is the EAR at the occurring time, else EAR# is the max EAR during the rainfall event

■ R_c 調整機制

□ 當年度網格未發生崩塌

- ✓ 若該網格年度 $EAR\# > R_c$ ，則 $R_c = (EAR\#) * 0.9$ 【調昇】
- ✓ 若該網格年度 $EAR\# \leq R_c$ ，則 R_c 不變

□ 當年度網格發生崩塌

- ✓ 若該網格年度 $EAR\# < R_c$ 且 $EAR\# > 200$ ，則 $R_c = (EAR\#) * 0.9$ 【調降】
- ✓ 若該網格年度 $EAR\# < R_c$ 且 $EAR\# < 200$ ，則 $R_c = 200$
- ✓ 其他，則 R_c 不變

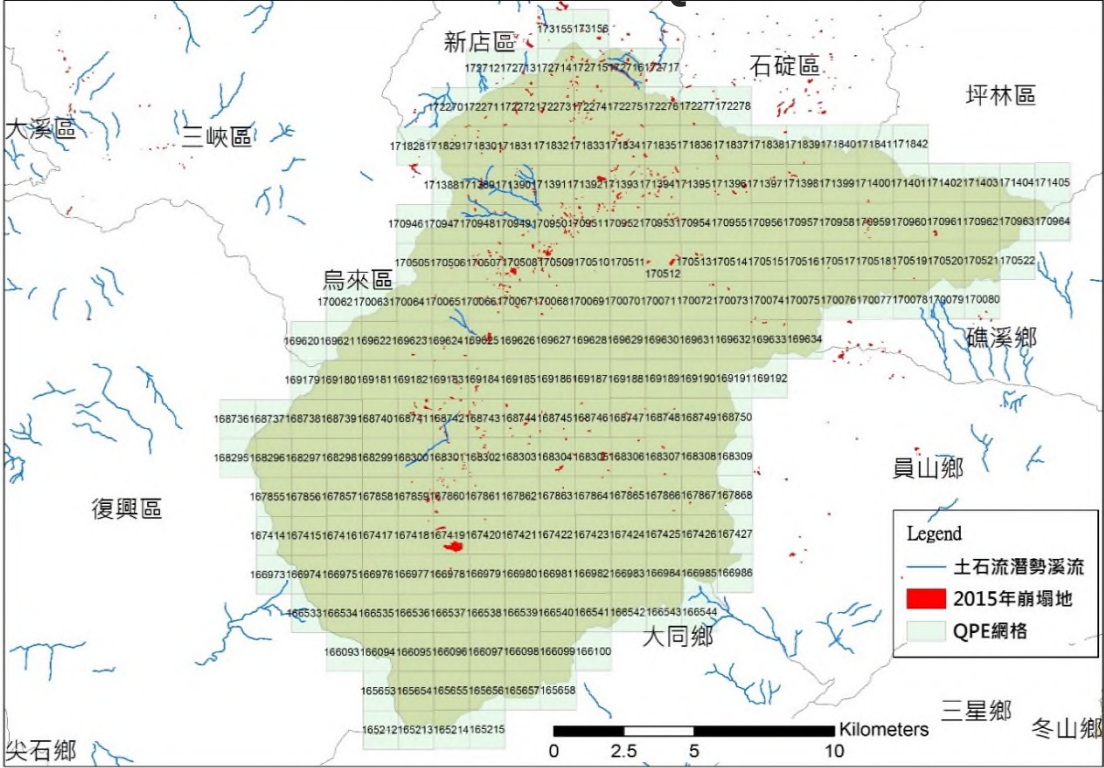
3. Results and Discussions

3.1 結果

警戒發布空間域精度

	警戒Y	警戒N
崩塌Y	A	B
崩塌N	C	D
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
$(A+D)/(A+B+C+D)$	$C/(A+B+C+D)$	$B/(A+B+C+D)$

研究區QPE網格數共237格



2006	警戒Y	警戒N	2007	警戒Y	警戒N
崩塌Y	0	35	崩塌Y	27	9
崩塌N	1	201	崩塌N	127	74
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
84.8	0.4	14.8	42.6	53.6	3.8
2008	警戒Y	警戒N	2009	警戒Y	警戒N
崩塌Y	35	5	崩塌Y	12	18
崩塌N	162	35	崩塌N	8	199
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
29.5	68.4	2.1	89.0	3.4	7.6
2010	警戒Y	警戒N	2011	警戒Y	警戒N
崩塌Y	15	7	崩塌Y	11	24
崩塌N	25	190	崩塌N	6	196
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
86.5	10.5	3.0	87.3	2.5	10.1
2012	警戒Y	警戒N	2013	警戒Y	警戒N
崩塌Y	21	3	崩塌Y	4	8
崩塌N	151	62	崩塌N	9	216
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
35.0	63.7	1.3	92.8	3.8	3.4
2014	警戒Y	警戒N	2015	警戒Y	警戒N
崩塌Y	2	20	崩塌Y	71	23
崩塌N	0	215	崩塌N	81	62
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)	正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
91.6	0.0	8.4	56.1	34.2	9.7

10年平均正判率69.5%、誤判率24.1%、漏判率6.4%

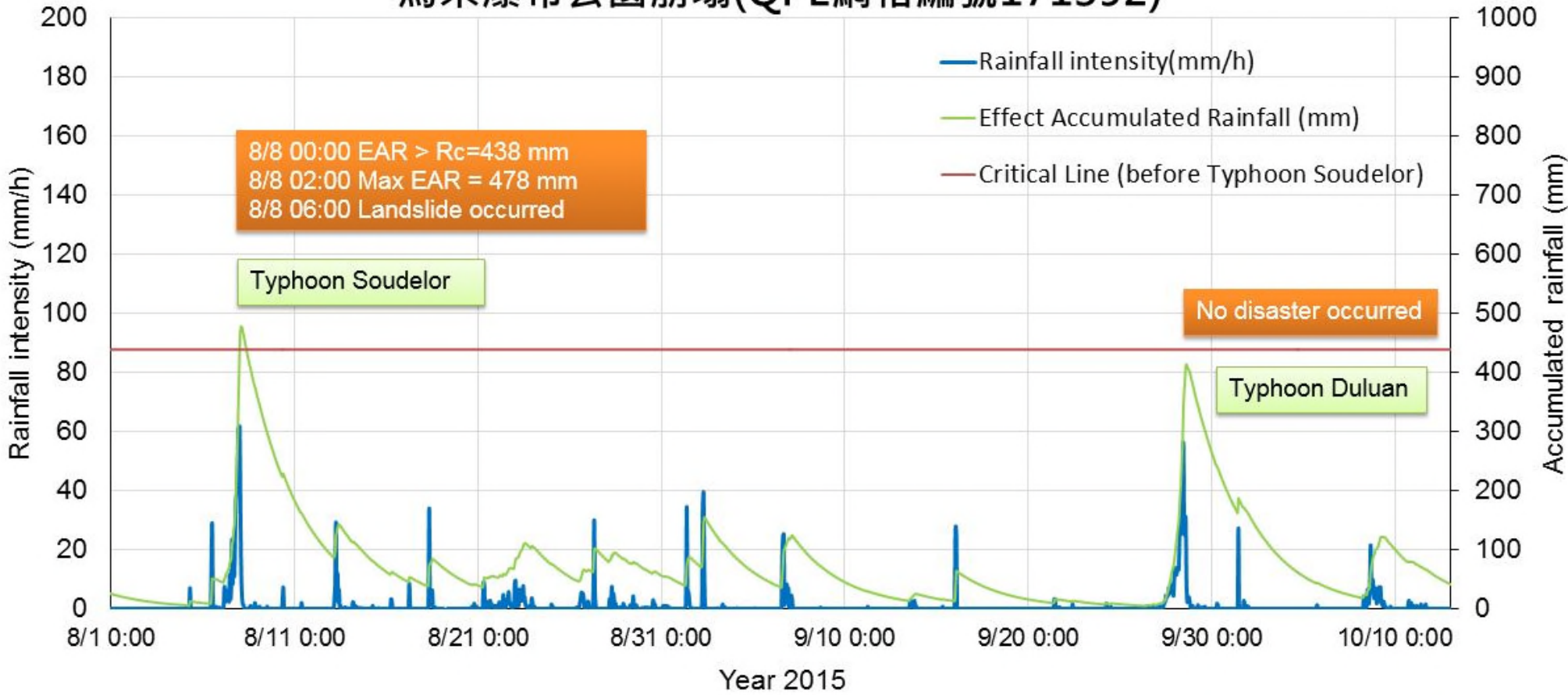
3.1 結果

警戒發布時間域精度

104 年蘇迪勒颱風重大土砂災例最速報
104 年蘇迪勒颱風 新北市—烏來區烏來里

- ✓ 蘇迪勒颱風時，崩塌發生於8/8 06:00
- ✓ 蘇迪勒颱風時，於災害前6小時發布警戒
- ✓ 杜鵑颱風時，未發生災害，亦未達警戒

烏來瀑布公園崩塌(QPE網格編號171392)



3.1 結果

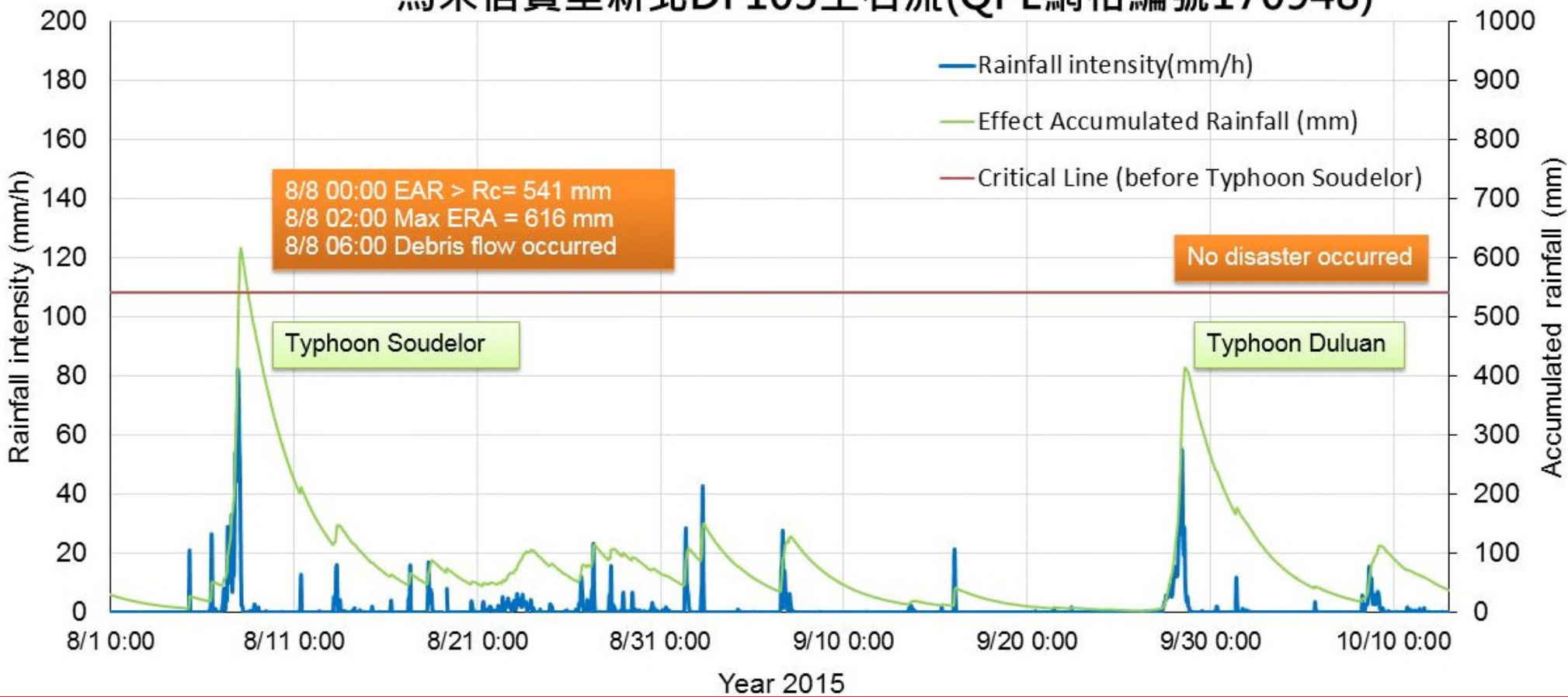
警戒發布時間域精度

104 年蘇迪勒颱風重大土砂災例最速報

104 年蘇迪勒颱風 新 北 市—烏來區信賢里

- ✓ 蘇迪勒颱風時，土石流發生於8/8 06:00
- ✓ 蘇迪勒颱風時，於災害前6小時發布警戒
- ✓ 杜鵑颱風時，未發生災害，亦未達警戒

烏來信賢里新北DF103土石流(QPE網格編號170948)



3.1 結果

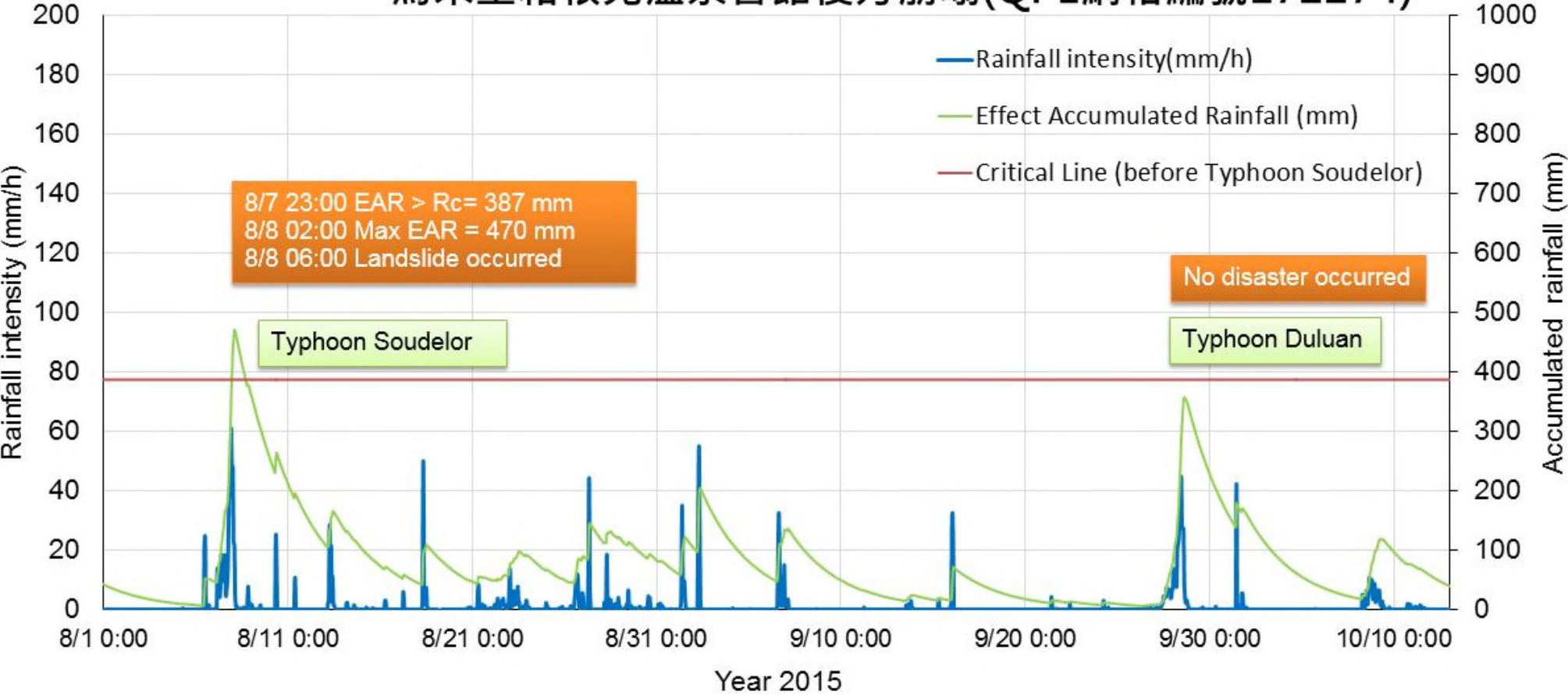
警戒發布時間域精度

104 年蘇迪勒颱風重大土砂災例最速報

104 年蘇迪勒颱風 新 北 市—烏來區烏來里

- ✓ 蘇迪勒颱風時，崩塌發生於8/8 06:00
- ✓ 蘇迪勒颱風時，於災害前7小時發布警戒
- ✓ 杜鵑颱風時，未發生災害，亦未達警戒

烏來里箱根苑溫泉會館後方崩塌(QPE網格編號172274)



3.1 結果

警戒發布時間域精度

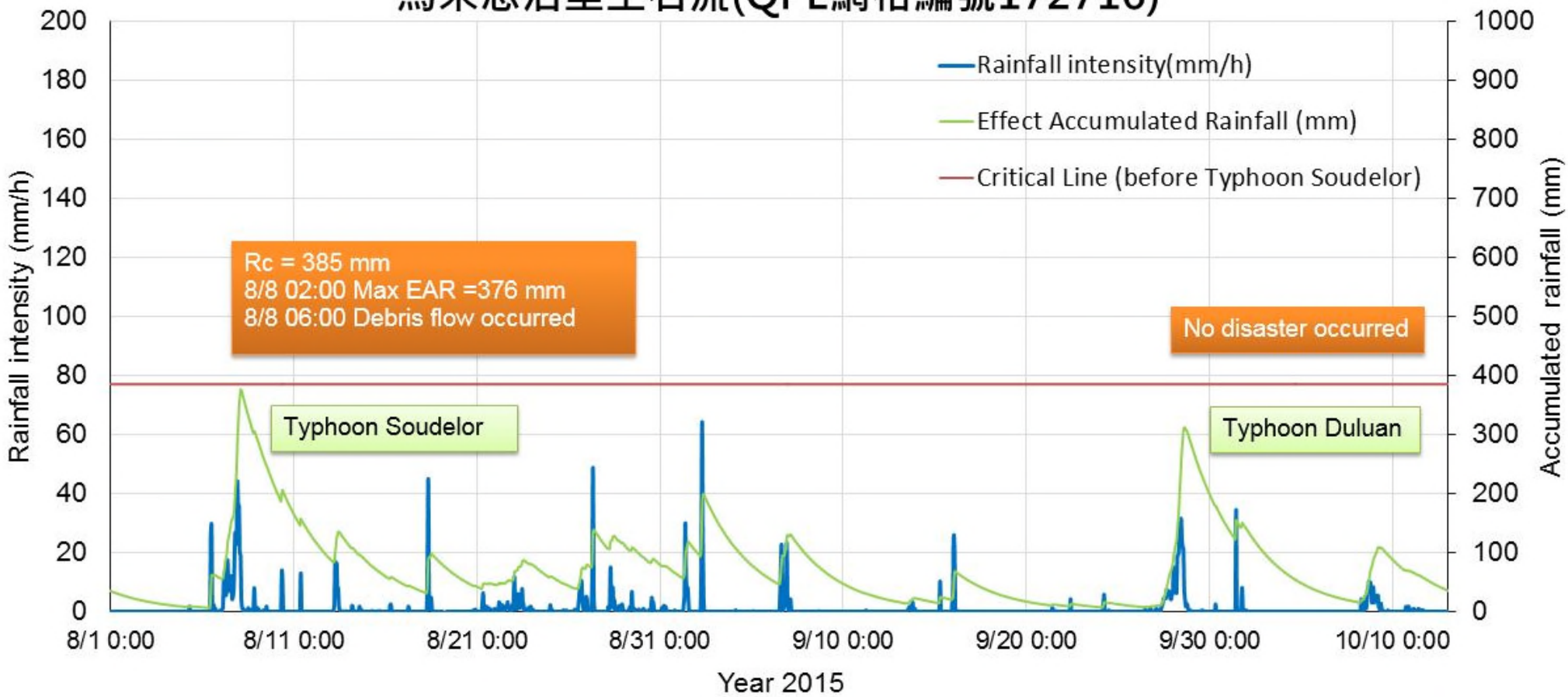
104 年蘇迪勒颱風重大土砂災例最速報

104 年蘇迪勒颱風

新 北 市—烏來區忠治里

- ✓ 蘇迪勒颱風時，土石流發生於8/8 06:00
- ✓ 蘇迪勒颱風時災害發生，但未達警戒發布標準
- ✓ 杜鵑颱風時，未發生災害，亦未達警戒

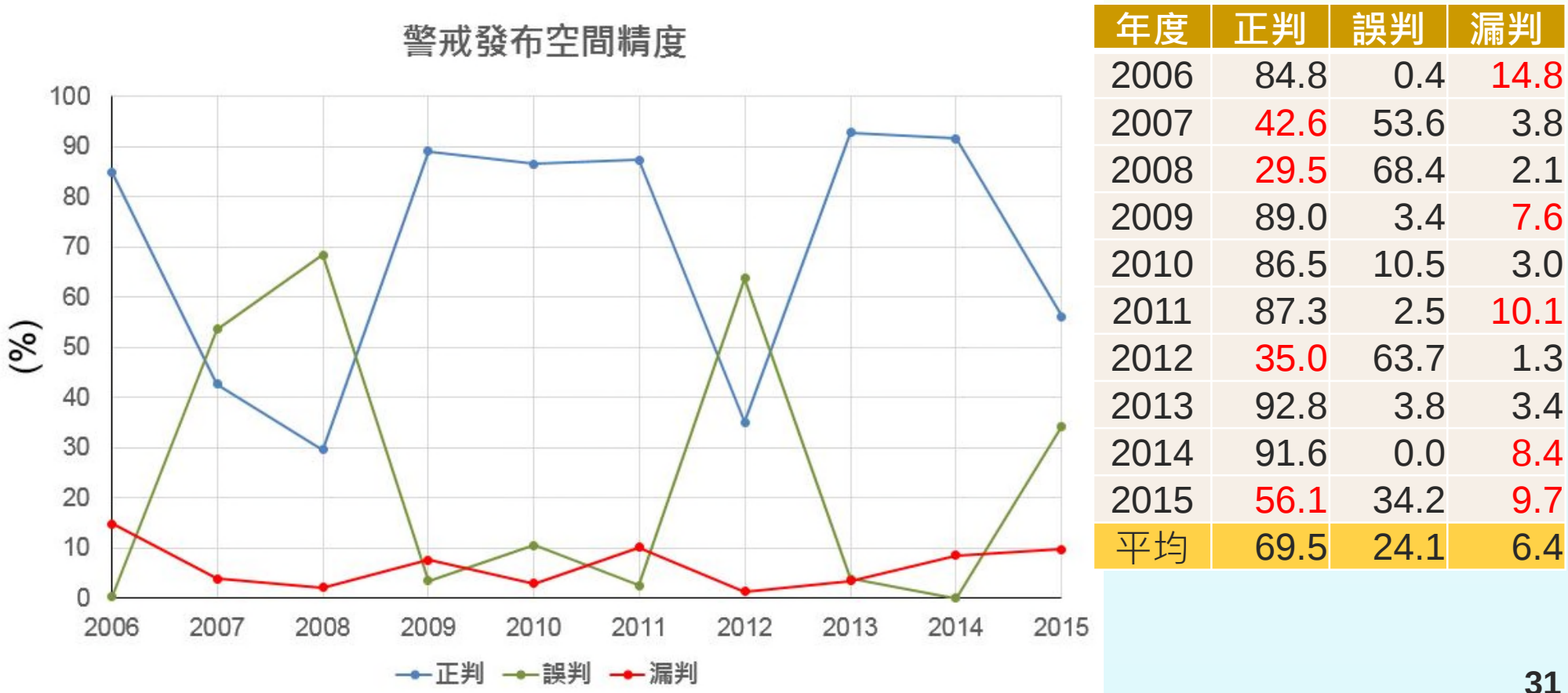
烏來忠治里土石流(QPE網格編號172716)



3.2 討論

警戒發布空間域精度

- ✓ 整體而言，正判率呈上昇趨勢，誤報率呈下降趨勢，漏報率低
- ✓ 目前使用之崩塌地圖資，無法判定該崩塌為降雨、地震或人為因素所造成，故可能導致部份年度正判率不佳



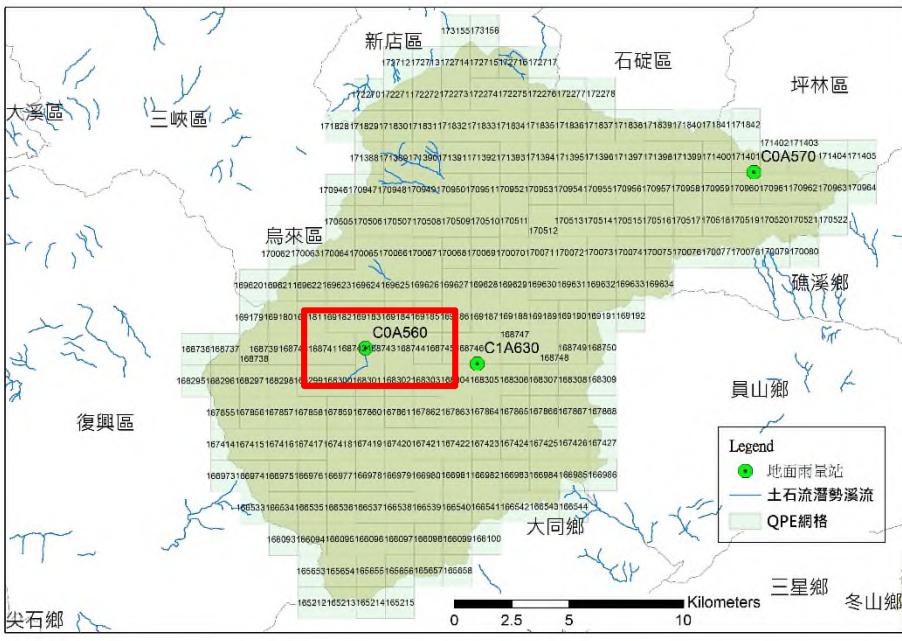
3.2 討論

■ 為進一步討論預測精度，針對實際崩塌網格，定義**捕捉率**= $A/(A+B)$

	警戒Y	警戒N
崩塌Y	A	B
崩塌N	C	D
正判(%)	誤判(%)	漏判(%)
$(A+D)/(A+B+C+D)$	$C/(A+B+C+D)$	$B/(A+B+C+D)$

年度	捕捉率	福山雨量站累積雨量超過500mm之雨場數	福山雨量站累積雨量超過400mm之雨場數	福山雨量站累積雨量超過300mm之雨場數	福山雨量站累積雨量超過200mm之雨場數
2006	0.0	0	0	0	1
2007	75.0	1	3	3	4
2008	87.5	2	2	3	3
2009	40.0	0	0	2	2
2010	68.2	0	0	0	2
2011	31.4	0	0	0	2
2012	87.5	1	1	1	2
2013	33.3	0	3	4	4
2014	9.1	0	0	1	1
2015	75.5	2	2	3	3
平均	50.8	0.6	1.1	1.7	2.4

- 由捕捉率與雨場之比較可知
 - 累積雨量>500mm之雨場，捕捉率明顯較高
 - 推論**本模式對於降雨導致之崩塌具有良好的預測性**
 - 未來如能將崩塌圖層區分其致災原因，當可進一步提高預測精度



■ 烏來歷年可能致災雨場明細(福山站：降雨延時>10h，總雨量>200mm)

年度	代表日期	雨場名稱	總雨量(mm)
2005	7月17日	海棠颱風	551
	8月4日	馬莎颱風	875
	8月31日	泰利颱風	455
	9月22日	丹瑞颱風	635
	10月1日	龍王颱風	251
2006	8月8日	寶發颱風	220
2007	8月7日	帕布及梧提颱風	272
	8月17日	聖帕颱風	415
	9月17日	韋帕颱風	415
	10月4日	柯羅莎颱風	691
2008	7月27日	鳳凰颱風	373
	9月12日	辛樂克颱風	975
	9月27日	薔蜜颱風	563
2009	8月8日	莫拉克颱風	385
	10月4日	芭瑪颱風	397

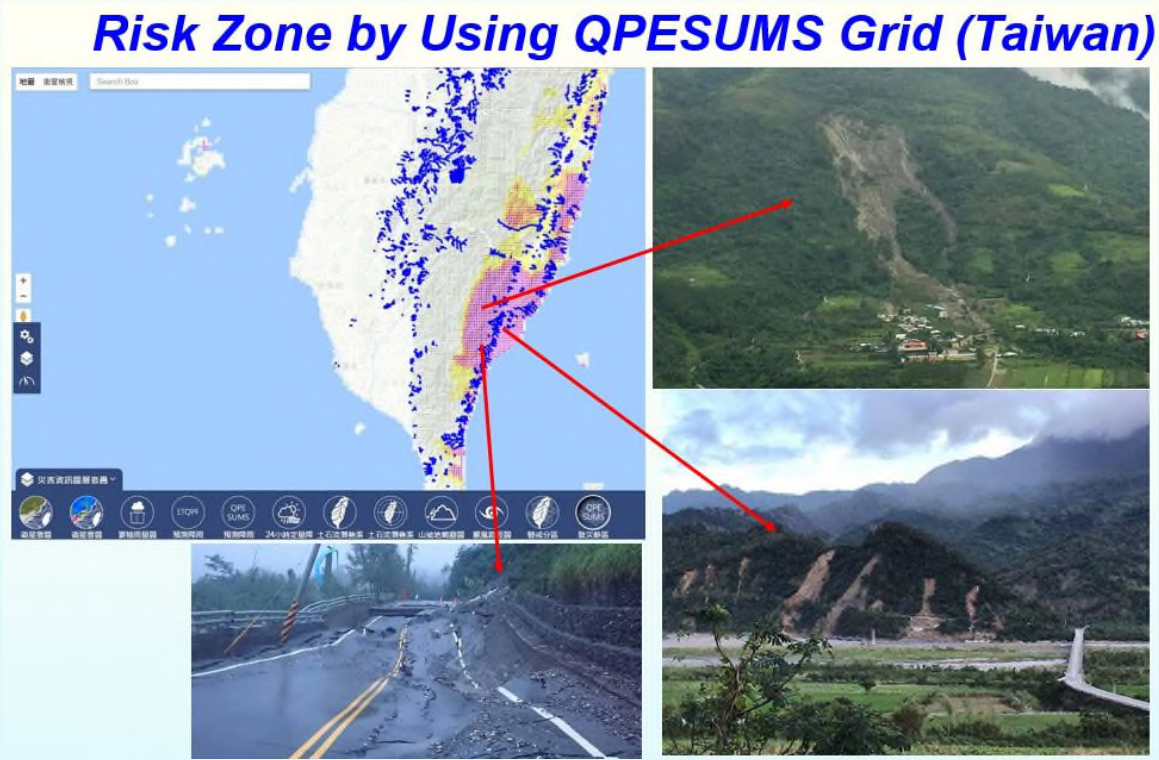
年度	代表日期	雨場名稱	總雨量(mm)
2010	9月18日	凡那比颱風	201
	10月20日	梅姬颱風	287
2011	6月24日	米雷颱風	202
	8月28日	南瑪都颱風	240
2012	6月11日	0610豪雨	381
	7月30日	蘇拉颱風	927
2013	7月12日	蘇力颱風	331
	8月20日	潭美颱風	417
	9月20日	天兔颱風	445
	10月5日	菲特颱風	396
2014	7月21日	麥德姆颱風	304
2015	7月6日	蓮花暨昌鴻颱風	300
	8月8日	蘇迪勒颱風	836
	9月27日	杜鵑颱風	718

3.2 討論

- 如將各網格之EAR正規化(Normalization)→N-EAR

$$N-EAR=EAR/R_c$$

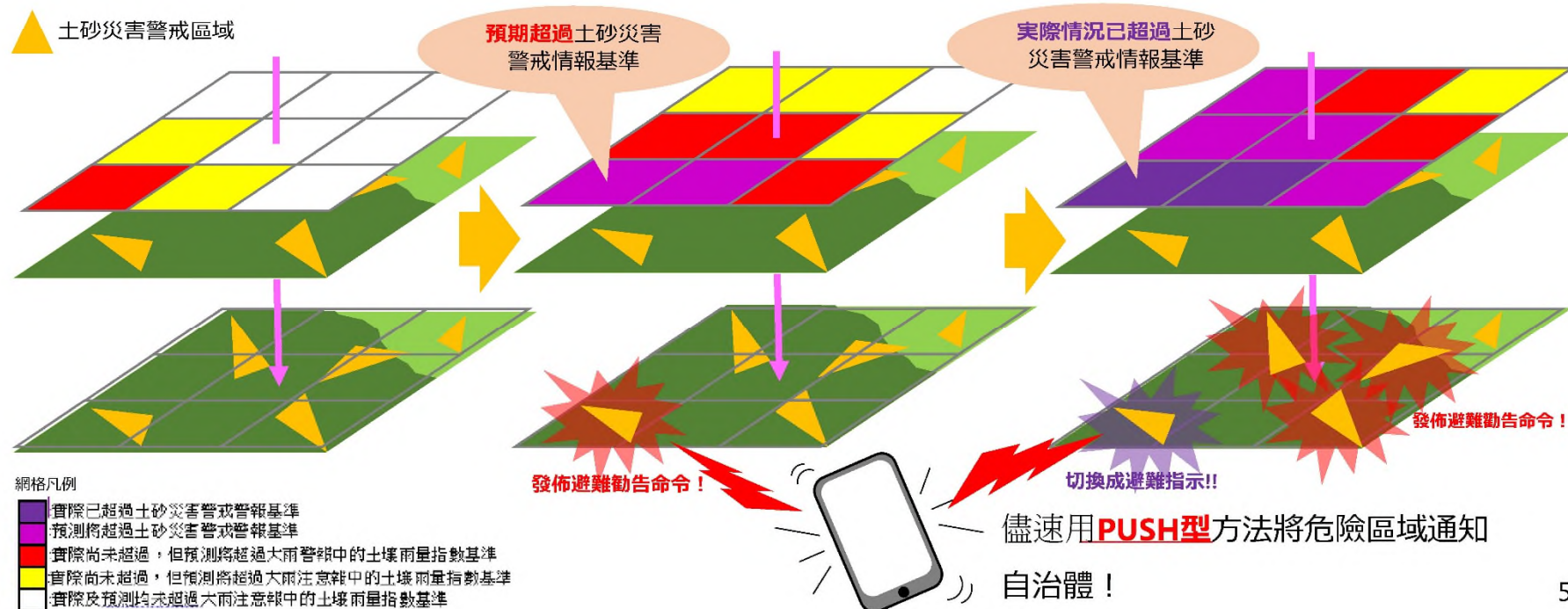
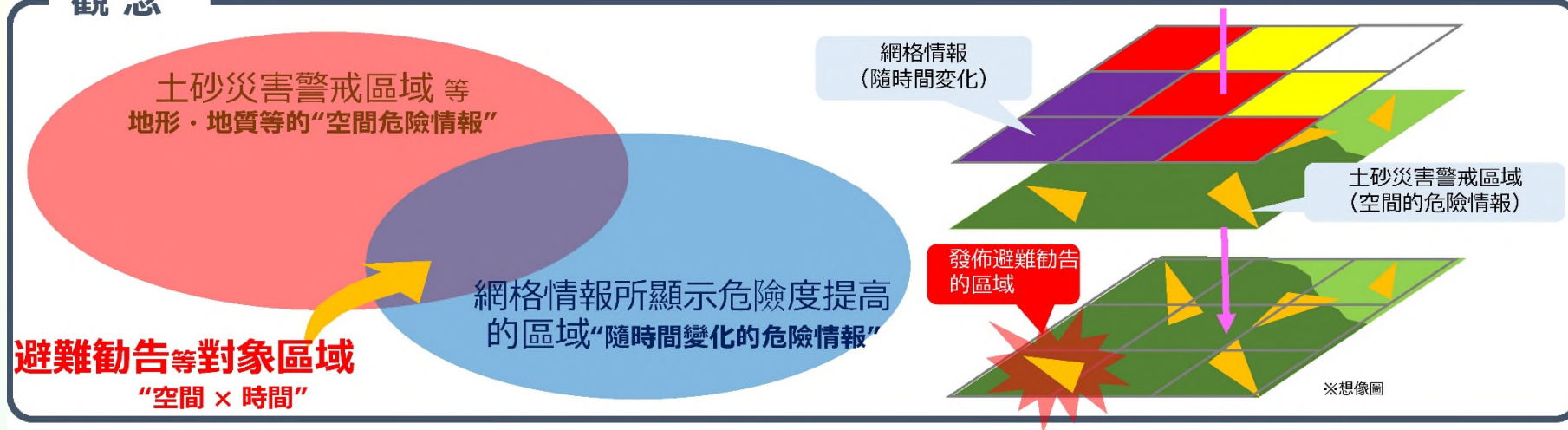
- 則N-EAR可視為該網格地區之土壤飽和度，亦可視為該網格地區之致災風險，並利於視覺化管理



致災風險顏色	風險等級	N-EAR
極高	極高	>1
高	高	0.9~1
中高	中高	0.8~0.9
中	中	0.6~0.8

- 2016/9/15 莫蘭蒂颱風期間台東地區N-EAR分布與坡地災害

觀念



4. Conclusions

■ 結論

- 本研究提出有效累積雨量計算之改進方案(逐時折減法)
 - ✓ 不必考慮雨場起、終點，且計算快速
 - ✓ 較符合實驗時土壤含水量之變化趨勢
- 使用QPESUMS格網資料，提高空間解析度
- 訂定警戒值之方式簡單、客觀、可靠，且具一致性
- 可適用於群發型之崩塌及土石流警戒
- 以烏來地區10年測試結果，平均警戒精度正判率約為7成，漏判率僅6%，成效良好，且多在災害發生前6小時即可提出預警
- 本模式對於降雨導致之崩塌，具有良好的捕捉率
- 本研究已建立視覺化之降雨致災熱區警戒模式

■ 結論

- 日本現行二種土砂災害警戒模式均採用
 - ✓ 電達降水資料
 - ✓ 以網格方式呈現各地風險等級
 - ✓ 以網格內之**土砂災害警戒區**或**土砂災害危險箇所**(亦即事前調查完成之災害潛勢區)作為明確之疏散避難範圍
- 國內目前以溪流條數發布方式，不利於未來整合各類型坡地災害之警戒發布
- 現階段本研究提出之降雨致災熱區警戒模式，可作為未來警戒整合發布之可能型式

■ 參考文獻

1. 詹錢登、李明燾(2004)，土石流發生降雨警戒模式，中華水土保持學報，35(3): 275-285.
2. 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.
3. Saito, H., and H. Matsuyama, 2012: Catastrophic landslide disasters triggered by record-breaking rainfall in Japan: Their accurate detection with Normalized Soil Water Index in the Kii Peninsula for the year 2011. SOLA, 8, 81-84.

An aerial photograph showing a massive mountain range in the background, with steep, rocky slopes and some snow or light-colored rock patches. A wide, braided river of light-colored sediment (debris flow) flows from the mountains down into a valley. The river is flanked by green, forested hillsides. In the lower part of the image, a small town with several buildings and houses is visible, situated near the river. The overall scene suggests a recent geological event, such as a landslide or earthquake, that has caused the debris flow.

Thanks for your attention~~