

---

智慧化土石流預警系統建置  
Setup of Intelligent Pre-warning System of  
Debris-flow  
成果報告書

---

執行 單位：國立臺灣大學

執行 期間：105 年 4 月 1 日至 105 年 12 月 31 日

計畫主持人：臺灣大學 生物環境系統工程學系 黃宏斌 教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 105 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)



# 智慧化土石流預警系統建置

## 摘要

由於全球氣候變遷影響，極端降雨事件發生越來越頻繁，尖峰流量到達時間也越來越短，土石流預警發布就更顯得重要。為降低民眾生命財產損失，未來土石流預警作業必須加以考量下列事項：

- 一、 檢討黃色警戒和紅色警戒發布期間是否新增疏散建議之必要性；
- 二、 當降雨快速增加時，疏散建議提早發布之決定；
- 三、 當土石流防災專員觀測到降雨量高於中央氣象局之觀測值，且已達到警戒值，或是降雨急速增加，水保局對於這些回傳訊息之分析及回饋程序。

為順利解決這些問題，建置智慧化土石流預警系統是刻不容緩，經評估後，規劃此系統可以分為三階段進行：第一階段：對於降雨量值與河川水位，自動記錄代替人工觀測；第二階段：即時分析回饋；第三階段：應用物聯網監測和巨量資料分析，自動調整各地區疏散警戒值。

**關鍵詞：**極端降雨事件、土石流、預警、物聯網、智慧化防災

# **Setup of Intelligent Pre-warning System of Debris-flow**

## **ABSTRACT**

Due to the effect of global climate change, extremely rainfall events happen frequently increasingly resulting in shorting arriving time of peak flow. This phenomenon explores the increasing importance of pre-warning announcement of debris flow. In order to draw down the loss of civil life and property, the operation of debris-flow pre-warning system has to consider following items:

1. To inspect the necessity of adding evacuation suggestion between the announcements of yellow and red warning.
2. When the rainfall increases rapidly, the decision of announcement time of evacuation could be ahead of schedule.
3. When the debris-flow disaster-prevention commissioner observes the rainfall accumulation which is larger than that of Central Weather Bureau, arriving the warning value for rainfall, or rainfall increasing rapidly, the process of Soil and Water Conservation Bureau analyze and feedback this importing information.

In order to resolve these problems, the setup of intelligent pre-warning system of debris-flow is very urgent and it could be actuated by three steps: first is automatically record rainfall or river level instead of manual observation, second is real-time analysis and feedback, and third is applying Internet of Things and Big Data to automatically revise each evacuation warning values.

**Keywords:** Extremely rainfall event, Debris flow, Pre-warning; internet of things, Intelligent pre-warning system of debris-flow

## 目次

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目次.....	III
圖次.....	IV
表次.....	V
第一章 前言.....	1-1
第一節 研究背景 .....	1-1
第二節 計畫目標 .....	1-3
第三節 研究方法與步驟 .....	1-5
第二章 智慧防災 .....	2-1
第一節 智慧防災 .....	2-1
第二節 智慧化土石流預警系統 .....	2-2
第三節 研究材料與程式軟體 .....	2-3
第四節 土石流警戒 .....	2-10
第三章 結果與討論 .....	3-1
第一節 功能設定 .....	3-1
第二節 討論.....	3-5
第四章 結論與建議 .....	4-1
參考文獻.....	參-1

## 圖次

圖 1 水位感測器.....	2-4
圖 2 Arduino 微處理控制器 .....	2-4
圖 3 XBee .....	2-6
圖 4 傾斗式雨量計 .....	2-8
圖 5 土石流警戒發布及作為(水保局網站資料).....	2-12
圖 6 土石流防災專員作業流程(水保局網站資料).....	2-13
圖 7 LabVIEW 程式撰寫之流程圖.....	3-1
圖 8a 土石流預警系統面板.....	3-2
圖 8b 土石流預警系統面板(降雨事件發生且累積雨量小於警戒值).....	3-2
圖 8c 土石流預警系統面板(降雨事件發生且累積雨量大於警戒值).....	3-3
圖 9a 水位預警系統面板.....	3-3
圖 9b 水位預警系統面板(水位上升到達警戒值).....	3-4
圖 9c 水位預警系統面板(水位上升到達行動值).....	3-4

## 表次

表 1	Arduino 微處理器之主要功能 .....	2-5
表 2	Arduino 主要型號 .....	2-5
表 3	WMO 蒐集之雨量計 .....	2-6
表 4	台灣各地之土石流警戒基準值 (水保局網站資料) .....	2-11





## 第一章 前言

### 第一節 研究背景

為保育水土資源，涵養水源，因應全球氣候變遷，減免災害，促進土地合理利用，增進國民福祉，除積極推動農村再生以促進農村永續發展及農村活化再生，改善基礎生產條件，維護農村生態及文化，提升農民生活品質外，也藉由前瞻構想和新興技術，配合行政院生產力 4.0 之「建構完善的智慧防救災聯網平台及災時援救設備」，積極建立坡地災害防災應變機制之監測儀器研發和預警模式，以提高警戒發布之準確性，降低災害衝擊，並達到水土保持法與農村再生賦予之立法目的。

目前農業委員會水土保持局(以下簡稱水保局)係依據中央氣象局(以下簡稱氣象局)提供之實際和預測雨量，配合土石流警戒基準值，與協力機構之專家學者共同分析研判，適時發布土石流警戒。當氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時，水保局將會發布該地區為黃色土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難勸告；如果某地區實際降雨量已經達到土石流警戒基準值時，則水保局會發布該地區為紅色土石流警戒區，地方政府應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。

此一發布程序實施以來，已經創下連續好多年風災、土石流等災害無傷亡的紀錄。雖然如此，為提高警戒發布之準確性，降低災害衝擊，下列事項仍然有必要加以重視和檢討：

- 一、當降雨量突然超過預期並急速增加時，黃色警戒和紅色警戒發布時間不僅比預期時間提前，且降雨期間縮短時，水保局或地方政府如何在最短時間內分析研判，同時以最快的時間通知當地所有

民眾完成撤離。

二、當居住於附近沒有政府單位設置雨量站的地區，其設有土石流防災專員(以下簡稱防災專員)會進行雨量觀測，當防災專員觀測到實際降雨量已經達到警戒值，且高於氣象局之實際觀測值時，水保局對於這些回傳訊息如何分析研判，並告知地方政府或防災專員該如何做明確之後續處置。

三、除了降雨量觀測外，地下水位變化、擋土牆龜裂、地層滑動等變化，如何在暴風雨中自動監測，並即時傳送資訊給防災專員，研判是否立即做疏散、撤離等應變措施，保障生命財產安全。

另外，目前之作法係防災專員於海上陸上颱風警報發布，且接獲水保局簡訊通知後才開始架設簡易雨量筒，因此他們不知道海上陸上颱風警報發布前之累積雨量，所通報之雨量並非當地實際累積雨量，既然沒有架設前之雨量累積速度資訊，自然也無從得知降雨強度增加或減弱之訊息，無法提高自我警覺意識。

再者，由於防災專員待命觀測期間，仍然持續降雨，因此，以其簡訊回傳起始值為零，每大於 50mm 回傳一次，作為防災專員所在位置的參考雨量，縱使不考慮在倒掉雨量筒內水量再繼續觀測時所沒紀錄到的雨量，也無法與實際降雨時間和雨量紀錄值吻合，所以，不僅紀錄之累積雨量小於氣象局之累積雨量外，也不容易作為建置永久雨量站之參考依據。

由於防災專員紀錄之時間起自海上陸上颱風警報發布之後，因此，所紀錄之累積雨量會小於氣象局所紀錄者。如果氣象局雨量站之紀錄雨量可以代表防災專員所在位置之雨量時，則其觀測雨量大於警戒雨量之發生時間會在氣象局發布之後，會產生沒有預先預警之效果。如果氣象局雨量站之紀錄雨量小於防災專員所在位置之雨量時，

當防災專員觀測雨量大於警戒雨量時，有可能已經遠超過紅色警戒時間，嚴重壓縮疏散撤離時間。

因此，防災專員所觀測之雨量和降雨強度(速度)必須準確，也隨時可以獲知紅色警戒預期到達時間和可利用之疏散避難時間，如此不僅可以提高防災專員之自我警覺意識，達到自我保護和維護社區民眾生命財產安全之目標，同時可以分析檢視降雨資料，作為當地是否需要設置永久雨量站之依據。這些問題如果要順利解決，則智慧化土石流預警系統之建置是不可或缺的。

## 第二節 計畫目標

### 一、全程目標

第一階段之智慧防災係不再要求防災專員在風雨中去觀測綠、黃、紅線累積雨量；而是利用累積雨量、警戒水位等感測器和無線傳輸設備將簡易雨量筒設定或警戒之降雨量值短距離自動傳輸至防災專員或村里長，再由防災專員傳回水保局災害應變中心，進一步亦可自動通知一定範圍內之居民或遊客。其中，因為長距離傳輸需要使用GPRS，維管費用較高，因此，本研究建議以短距離之XBee傳輸；第二階段則運用網路，結合各地區簡易雨量筒資訊和中央氣象局即時雨量資料並即時分析，經水保局應變中心審視後提供該地區和附近地區之疏散撤離時機是否該提早或是依據原有之警戒值，以強化災害情資雙向溝通；第三階段則應用物聯網監測和巨量資料分析，自動調整各地區之警戒值，且經過水保局應變中心審視後，再藉由物聯網回饋作為疏散、撤離預警使用。

### 二、本年度目標

第一年工作項目係先建立雨量和水位之自動觀測、處理和通訊系統。因此，需要組合感測器、處理器和通訊系統三大單元，達成運作自動化。

- (一) 雨量觀測：依據水保局設定之各鄉鎮市的土石流降雨量警戒值，於雨量計或簡易雨量筒上之雨量相對位置上裝置水位感測器，當觀測降雨量等於該雨量警戒值時，感測器啟動且回傳訊號至處理器，處理器會將該訊號處理後轉換成警示訊息，且訊息立刻藉由通訊系統短距離傳至防災專員或村里長，再由防災專員傳送資訊至水保局或水保局指定之機關單位。

未來，地下水位之行動值、警戒值警示也是可以同樣方法裝置水位感測器。另外，也可以利用在試驗室內先訂定壓力和電阻，以及雨量、水位和壓力間之相關模式後，再將壓力感測器裝置在雨量計或簡易雨量筒底部，當累積雨量產生之壓力等於警戒水位之雨量時，通訊系統就會被自動啟動傳回資訊。由於水位感測器僅能傳達警戒水位；而壓力感測器可以設定傳回不同水位，本研究擬同時使用水位和壓力感測器，並比較兩者在使用上之優缺點。

- (二) 微處理控制器：為雨量、水位感測器和通訊系統連結之微處理平台，可以將雨量、水位感測器之訊號處理後經由通訊系統傳至防災專員或村里長。

- (三) 通訊系統：一般短距離(約 100 公尺~3 公里)通訊技術採用 ZigBee 無線通訊技術，能夠布建大量的網路節點；長距離則使用 GPRS。由於 XBee 之維管費用較 GPRS 便宜，因此，本研究擬採用短距離、低延遲、高通量，容易使用之 XBee 無線模組作為通訊系統使用。

本年度之預期成果如下：

- (一) 組裝雨量計或簡易雨量筒之設定或警戒雨量感測器，以及微處理控制器和通訊系統作為發布土石流黃色或紅色警戒。
- (二) 組裝警戒地下水位感測器和微處理控制器和通訊系統，即時提供大面積地滑之警示。
- (三) 擇定一處觀測站，完成測試資訊回傳至防災專員、村里長。

### 第三節 研究方法與步驟

本研究擬以三年期間分別執行此三階段工作項目。

第一年工作內容主要在資訊蒐集和即時資訊傳遞。除了組裝雨量計或簡易雨量筒之設定或警戒雨量感測器，以及微處理控制器和通訊系統作為發布土石流黃色或紅色警戒外，也同時組裝警戒地下水位感測器和微處理控制器和通訊系統，即時提供大面積地滑之警示。另外，本研究將擇定一處觀測站，測試其資訊短距離回傳至防災專員，再由防災專員傳送資訊至水保局應變中心之成果。

第二年與第三年工作內容簡述如下：

- 一、地理資訊系統之網路加值運用：目前地理資訊系統已經是一項成熟之應用工具，包含內政部之行政區域圖、交通路線網路圖；以及中央地質調查所之地質、斷層、構造線、脆弱地質等圖資；藉由中央氣象局之雷達回波、高空、平地氣壓分布圖和雨量即時觀測值，以及防災專員回傳之雨量觀測值，防災應變中心可以快速得知當地路況，並規劃救災動線，除了能夠掌握災害規模外，水保局和地方政府亦可進行救災資源以及重機械救災機

具之調度。因此，未來第二、三年工作內容將著重在地理資訊系統之網路加值運用。

二、災害大數據分析與應用：許多災情資訊在災害發生期間傳回應變中心後，如果可以巨量資料分析技術為基礎，即時更新並預測，提供決策者確實掌握災情，以協助防救災工作進行。因此，未來第二、三年工作內容將著重在災害大數據分析與應用。

三、雲端平台建置：雲端平台包括監測、通報、資料儲存與分享之功能，也可以整合雨量、水位和視訊等感測設施回傳之資訊。雲端平台所蒐集、儲存之資訊可以提供決策者分析使用，以及做為防救災應變決策管理之參考。

## 第二章 智慧防災

### 第一節 智慧防災

「智慧防災」是「智慧國土」三個策略架構之一，「智慧國土」係自國土之生態價值出發，運用資通訊技術（ Information and Communication Technology, ICT ），以高度感知化（ Instrumented ）、網路化（ Interconnected ）及智慧化（ Intelligent ），整合「智慧防災」、「智慧運輸」及「智慧城鄉」等策略架構，達到經濟發展、社會正義與環境保護兼顧的永續發展目標。「智慧防災」以「離災避險」為最高防災指導原則，參照國際發展趨勢與國內作為，以及參考網路科技發展，達成資訊公開透明、雙向溝通、即時救災之效。其中，物聯網之建置更是智慧防災達成與否之關鍵。

無線射頻辨識 RFID (Radio Frequency Identification) 透過標籤 (Tag) 和讀寫器 (Card reader) 進行資料交換或是用來辨識物品種類。最初是要取代條碼 (Barcode)。物聯網 (the Internet of Things, IoT) 之概念就是在 RFID 技術下，將所有物品經由無線辨識技術與網際網路連接起來。物聯網可以建構 IBM 提出之智慧星球 (Smart Planet)，收斂至智慧城市 (Smart City)。智慧係指透過全面感知和訊息傳遞，將資料分析出更好模式或更高效率，帶給人類更智慧之生活。

物聯網包括現地資料收集與傳訊系統、通訊系統以及資料分析處理中心等三部分，主要係透過感測器大量收集現地資料，利用通訊系統將資料傳回資料中心之資料庫做為分析與對策擬定使用。藉由物聯網技術，結合防災監測網路資訊，以及目前已建置之各項圖資，由點、線到面之監測，並且在地理資訊系統內加值運用。

因此，智慧防災必須具備監測、資料傳輸、區域及廣域通報、巨量資料、雲端運算、決策管理等功能。同時，先進國家已經針對防災議題，利用網路與通訊科技及物聯網概念，結合政府與民間力量，以提高防災、抗災與救災的能力，亦即提昇對災害應變的能力。其中，各國發展之防災系統架構可歸納為 2 個重要趨勢：1.整合災害情資，提供聯網共享環境，2.導引民間創新活力，發展防災加值應用。

## 第二節 智慧化土石流預警系統

我國雖然於 2013 年推動建置完成防救災雲端計畫，已整合許多地理資訊如地形圖、災民收容地點及颱風氣象預報、土石流預報等 117 項以上防救災地理圖資，提供防救災作業應用。也透過搜尋引擎 - google，將天氣觀測、衛星雲圖、雷達回波圖、土石流監測、交通動態等基本資料同時呈現在臺灣防災地圖內。但是，這些資訊都是向民眾做單向傳輸，尚不足以構成智慧防災之雛形。

目前之土石流警戒發布係依據中央氣象局之降雨預報和即時雨量資料為準，為彌補中央氣象局在山坡地地區雨量站之不足，以及山區地形影響，水土保持局有簡易雨量筒提供土石流防災專員觀測。然而，風雨中目視觀測增加人身危險和觀測值不易準確，以及大量回報之觀測資料未能即時分析，回饋給防災專員作進一步疏離與否之準備，因此，結合簡易雨量筒資訊和中央氣象局即時雨量資料並即時分析疏散撤離時機將是智慧化土石流預警之第一階段工作。智慧防災大致可以分為三階段進行：

第一階段之智慧防災係不再要求防災專員在風雨中冒著危險去



觀測綠、黃、紅線累積雨量；而是利用累積雨量、警戒水位等感測器和無線傳輸設備將簡易雨量筒設定或警戒之降雨量值短距離自動傳輸至防災專員或村里長，再由防災專員傳回水保局災害應變中心，進一步亦可自動通知一定範圍內之居民或遊客。其中，因為長距離傳輸需要使用 GPRS，維管費用較高，因此，本研究建議以短距離之 XBee 傳輸；

第二階段則運用網路，結合各地區簡易雨量筒資訊和中央氣象局即時雨量資料並即時分析，經水保局應變中心審視後提供該地區和附近地區之疏散撤離時機是否該提早或是依據原有之警戒值，以強化災害情資雙向溝通；

第三階段則應用物聯網監測和巨量資料分析，自動調整各地區之警戒值，且經過水保局應變中心審視後，再藉由物聯網回饋作為疏散、撤離預警使用。

### 第三節 研究材料與程式軟體

#### 一、研究材料

研究材料主要分感測元件、微處理控制器和通訊系統三大類。感測元件有觀測水位之水位感測器。雨量觀測在第一年先以傳統之傾斗式雨量計為對象。

(一) 水位感測器：Keyes 公司生產之水位感測器，檢測面積為 40mm x16mm。

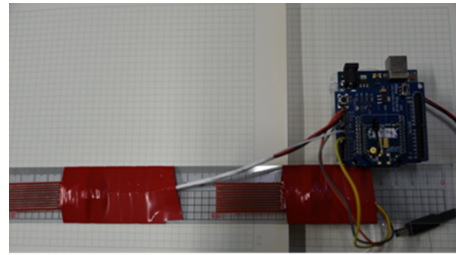


圖 1 水位感測器

(二) 微處理控制器：Allied electronics 公司生產之 Arduino 微處理控制器。Arduino 是一個以 ATmega328 微控制器為主之處理器，為開放原始碼之開發平台。具有 14 個數位輸入和輸出(其中 6 個可以 PWM 輸出，6 個類比輸入，以 USB 連接電腦或電源。

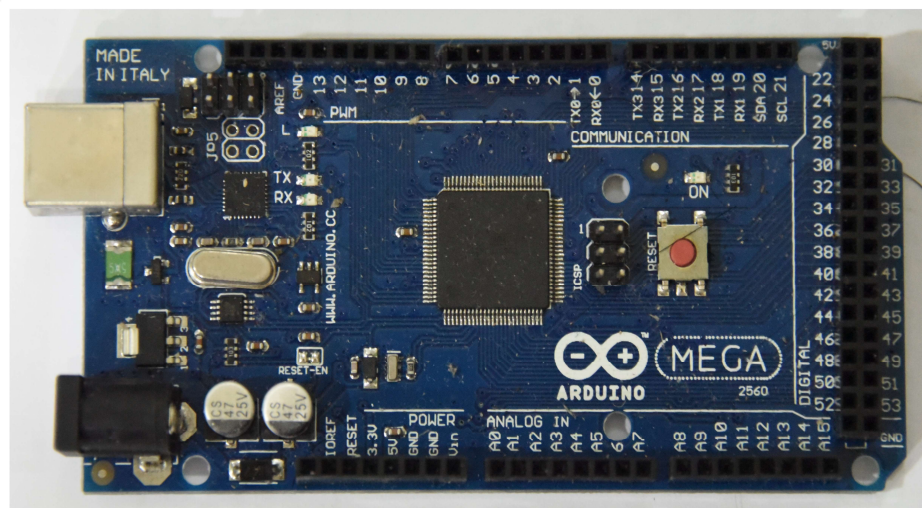


圖 2 Arduino 微處理控制器

由於微處理器型號不同，Arduino 有下列不同形式：

**表 1 Arduino 微處理器之主要功能**

	ATMEG A8	ATMEG A168	ATMEG A328P	ATMEG A32U4	ATMEG A2560
Flash (Byte)	8196	16384	32768	32k	256k
SRAM (Byte)	1024	1024	2048	2.5k	8k
EEPROM (Byte)	512	512	1024	1k	4k
PWM (Channel)	3	6	6	7	15
Serial (Channel)	1	1	1	1	4

**表 2 Arduino 主要型號**

Arduino UNO	Arduino Leonardo	Arduino Nano	Arduino MEGA
ATMEGA328	ATMEGA32U4	ATMEGA328	ATMEGA2560

(四) 通訊系統：Digi International 公司製造生產之 XBee，係具備資料擷取功能，自無線端點連接到設備之無線通訊模組。有 Chip Antenna、Wire Antenna、u.FL Antenna、RPSMA Antenna 和 Trace Antenna 等 5 種類型天線。它可以藉由快速點對多點或對等網絡之 IEEE 802.15.4 網路協議運作，具有低延遲

和高通量，以及容易使用之優點。



圖 3 XBee

## 二、雨量計

### (一) 雨量計型式

世界氣象組織(WMO)曾於 2007~2008 年間於義大利 Vigna di Valle 舉行 Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges，蒐集世界各地 26 種、計有傾斗式、載重式、光學式、聲波式(又稱撞擊式)、壓力式、水準式和微都卜勒雷達式等七大類型式雨量計，予以互相觀摩、比較。雖然最早期之自動雨量觀測儀器有虹吸式雨量計，目前已經較為少見。該次會議也沒有蒐集虹吸式雨量計，所蒐集之 26 種雨量計如下表所示：

表 3 WMO 蒐集之雨量計

Model/Manufacture	Collecting surface (cm <sup>2</sup> )	bucket capacity(g)	Type	Operational range(mm/hr)
7499020BoMV2/RIMCO	223.6	20	Tipping bucket	0-500
AP23/PAAR	500	5	Tipping bucket	0-720

R01 3070/PRECIS-MECANIQUE	1000	20	Tipping bucket	0-450
PT 5.4032.35.008/THIES	200	2	Tipping bucket	0-420
R 102 (REFERENCE GAUGE)/ETG	1000	20	Tipping bucket	0-300
DQA031/LSI LASTEM	324	6.48	Tipping bucket	unlimited
T-PLUV UM7525/I/SIAP-MICROS	1000	20	Tipping bucket	0-250
PM B2 (REFERENCE GAUGE)/CAE	1000	20	Tipping bucket	0-300
RAIN COLLECTOR II (7852)/DAVIS	214	5.43	Tipping bucket	0-2540
15188/LAMBRECHT	200	2	Tipping bucket	0-600
PP040/MTX	1000	20	Tipping bucket	unlimited
ARG100/ENV. MEAS. Lmt.	254	5.08	Tipping bucket	Not decleared
MRW500(REFERENCE GAUGE)/METEOSERVIS	500		Weighing Gauge	2-400
VRG101/VAISALA	400		Weighing Gauge	0.5-2000
PLUVIO/OTT	200		Weighing Gauge	0-1200
PG200/EWS	200		Weighing Gauge	0.1 to infinite
T-200B (REFERENCE GAUGE)/GEONOR	200		Weighing Gauge	0-600
TRwS/MPS	500		Weighing Gauge	0-3600
MPA-1M/SA "MIRRAD"			Weighing Gauge	0-1800
PWD22/ VAISALA			Optical Disdrometer	0.05-999.9
PARSIVEL/OTT			Optical	0.001-1200

			Disdrometer	
LPM/THIES			Optical Disdrometer	0.005-250
WXT510/VAISALA			Acoustic detection of individual rain drops	0-200
ANS 410-H/EIGENBRODT	200		Pressure sensor	0-1200
Electrical raingauge/KNMI	400		Level sensor	0-300
DROP/PVK-ATTEX			Micro Doppler radar	0.1-240

## (二) 傾斗式雨量筒

1889 年，德國人 Sprung 和 Fuess 設計傾斗式雨量計，為目前氣象觀測自動化最常見之雨量觀測儀器。



圖 4 傾斗式雨量計

其中，雨量筒傾斗容量計算如下：

1. 當雨量筒承雨口徑為 200mm 時，0.5mm 降雨之一次傾倒雨量為 15.7cc。

量得三角形傾斗尺寸為 55mm 長，18mm 高，28mm 寬。

因此，傾斗之容量為：

$$V = 55 \times 18 \times 28 \div 2 = 13860 \text{mm}^3 = 13.86 \text{cm}^3 \\ = 0.01386 \text{m}^3$$

而承雨口之面積為：

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3.1416}{4} 20^2 = 314.16 \text{cm}^2 = 0.031416 \text{m}^2$$

- (1) 因此，1mm 傾斗之容量為：

$$V = 0.1 \times 314.16 = 31.416 \text{cm}^3 = 31.4 \text{cc}$$

- (2) 0.5mm 傾斗之容量則為：

$$V = 0.05 \times 314.16 = 15.708 \text{cm}^3 = 15.7 \text{cc}$$

2. 如果雨量筒承雨口徑 160mm 時，0.5mm 降雨之一次傾倒雨量為 10cc。其中，承雨口之面積為：

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3.1416}{4} 16^2 = 201.06 \text{cm}^2 = 0.020106 \text{m}^2$$

- (1) 因此，1mm 傾斗之容量為：

$$V = 0.1 \times 201.06 = 20.106 \text{cm}^3 = 20.1 \text{cc}$$

- (2) 0.5mm 傾斗之容量則為：

$$V = 0.05 \times 201.06 = 10.053 \text{cm}^3 = 10.1 \text{cc}$$

### 三、程式軟體

LabVIEW ( Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench ) 是美國國家儀器公司所開發之圖控程式語言，初期是為

了儀器自動控制所設計，至今已經轉變成為高階程式語言。圖控程式語言有別於傳統程式語言在於程式設計者架構流程圖的同時也完成程式撰寫的工作。

LabVIEW 用途如下：

- (一) 資料呈現 (data presentation)：數據可以藉由各種圖表呈現；
- (二) 資料儲存 (data storage)：計算結果可以藉由不同之檔案格式儲存或輸出；
- (三) 資料分析 (data analysis)：提供基本數學運算或統計分析；
- (四) 訊號擷取 (signal acquisition)：擷取各種類的訊號；
- (五) 環境控制 (serial instrument control)：以虛擬介面控制實驗室儀器。

LabVIEW 引進虛擬儀器概念，使用者可以透過虛擬介面控制實驗室儀器或虛擬儀器。近年來已經可以透過 LabVIEW 開發環境設計、編譯程式後下載至微處理器或 FPGA 晶片獨立運作。

本研究使用 LabVIEW 開發程式，再將程式寫入 Arduino 之微處理器。

## 第四節 土石流警戒

### 一、土石流警戒基準值

- (一) 土石流警戒基準值係利用氣象局之雨量資料，以有效累積雨量及降雨強度之乘積為降雨驅動指標，將具有相類似性質之土石流潛勢溪流集水區整合為一群集，以統計方法計算出同一群集之土石流降雨警戒雨量值，再簡化為累積雨量，以訂定各地區之土石流警戒基準值，提供於疏散避難時之參考。

當某地區有效累積降雨量超過警戒值時，該地區就可能



發生土石流。目前水保局於 200 至 600mm 之累積雨量範圍內，將土石流警戒基準值劃分為九個級距。每年再依據新增之雨量資料或是地震、颱風等重大事件檢討修正。

表 4 台灣各地之土石流警戒基準值 (水保局網站資料)

200 mm(0)	350mm(14)	450mm(12)	550mm(40)	600mm(25)
	復興鄉、泰安鄉、卓蘭鎮、竹山鎮、魚池鄉、鹿谷鄉、中寮鄉、南化區、新社區、竹崎鄉、東山區、來義鄉、霧台鄉、甲仙區	大埔鄉、北屯區、番路鄉、楠西區、達仁鄉、秀林鄉、大武鄉、南澳鄉、鳳林鎮、草屯鎮、太平區、杉林區	大同鄉、員山鄉、頭城鎮、七堵區、八里區、平溪區、土城區、中和區、坪林區、烏來區、新莊區、萬里區、雙溪區、大溪鎮、桃園市、龜山鄉、北埔鄉、芎林鄉、苑裡鎮、通霄鎮、竹南鎮、外埔鄉、潭子鄉、田中鎮、龍崎鄉、六甲鄉、內門區、鼓山區、枋山鄉、春日鄉、泰武鄉、高樹鄉、臺東市、東河鄉、暖暖區、壽豐鄉、吉安鄉、基隆中正區、基隆中山區、臺北中山區	三星鄉、冬山鄉、仁愛區、安樂區、南港區、貢寮區、樹林區、峨眉鄉、沙鹿區、社頭鄉、田寮區、岡山區、阿蓮區、牡丹鄉、萬巒鄉、池上鄉、海端鄉、鹿野鄉、關山鎮、玉里鎮、卓溪鄉、花蓮市、富里鄉、基隆信義區、臺北信義區
		500mm(47)		
250mm(6)	400mm(10)	蘇澳鎮、南澳鄉、東岳村、礁溪鄉、士林區、內湖區、文山區、北投區、三芝區、三峽區、石門區、石碇區、汐止區、金山區、淡水區、深坑區、新店區、瑞芳區、五股區、泰山區、鶯歌區、竹東鎮、新埔鎮、橫山鄉、關西鎮、三灣鄉、大湖鄉、公館鄉、南庄鄉、獅潭鄉、集集鎮、霧峰區、二水鄉、白河區、美濃區、旗山區、獅子鄉、萬榮鄉、玉井區、延平鄉、民間鄉、長濱鄉、成功鎮、卑南鄉、名間鄉、瑞穗鄉、銅鑼鄉		
仁愛鄉、水里鄉、信義鄉、桃源區、阿里山鄉、那瑪夏區	金峰鄉、中埔鄉、滿州鄉、茂林區、瑪家鄉、六龜區、豐濱鄉、光復鄉、三地門鄉、太麻里鄉			
300mm(8)				
東勢區、五峰鄉、尖石鄉、國姓鄉、和平區、梅山鄉、埔里鎮、古坑鄉				

## (二) 土石流警戒區發布時機及作為

土石流警戒區分黃色警戒和紅色警戒區兩區。其中，

1. 黃色警戒：當氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時，由水保局發布該地區為黃色土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難勸告。
2. 紅色警戒：當某地區實際降雨已達土石流警戒基準值時，由水保局發布該地區為紅色土石流警戒區，地方政府應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。
3. 地方政府可依各地區當地雨量及實際狀況，自行發布局部地區為黃色警戒或紅色警戒土石流警戒區。

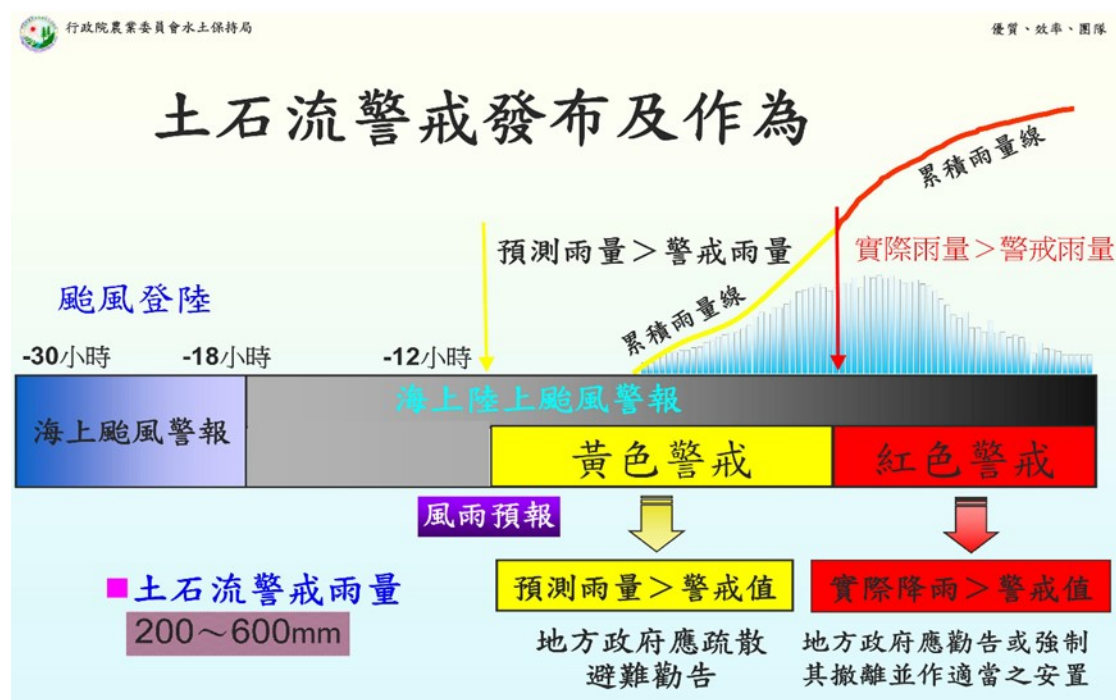


圖 5 土石流警戒發布及作為(水保局網站資料)

### (三) 防災專員作業流程

防災專員作業流程簡述如下：

1. 當氣象局發布海上陸上颱風警報後，水保局會立刻啟動應變機制，通知防災專員架設雨量筒。
2. 防災專員接到簡訊通知後，立刻到預定地點架設雨量筒。
3. 雨量筒架設完成後，立刻回傳簡訊，待命觀測。起始值為 0。
4. 當降雨量大於 50mm 後，每 50mm 回傳一次。
5. 如果氣象局之預測雨量大於警戒值時，水保局會發布黃色警戒，除了通知保全對象外，防災專員協助地方政府進行疏散避難勸告。
6. 當氣象局之實際雨量大於警戒值時，水保局會發布紅色警戒，除了通知保全對象外，防災專員協助地方政府指示撤離、強制疏散。

## 土石流防災專員作業流程

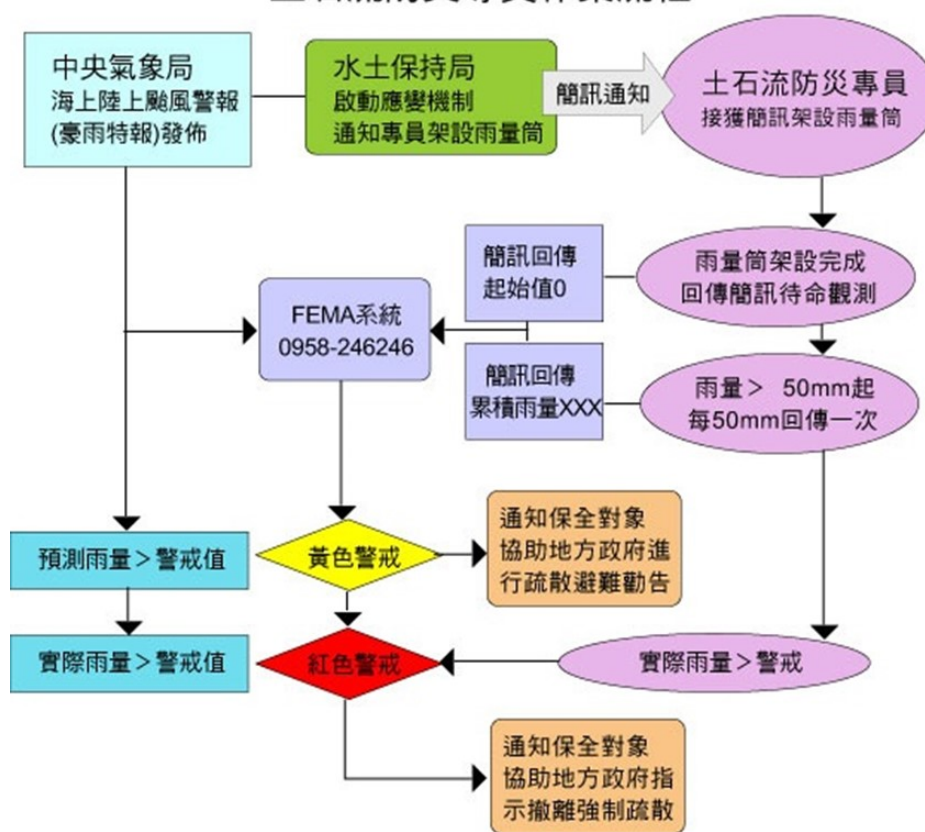


圖 6 土石流防災專員作業流程(水保局網站資料)



## 第三章 結果與討論

### 第一節 功能設定

本研究設定土石流預警功能有下列兩項：

- 一、當累積雨量大於警戒值時，會發出警戒訊號。
- 二、隨著降雨延時增加，即時計算分析剩餘之疏散避難時間。

以 LabVIEW 程式撰寫之流程圖，如圖 7 所示。

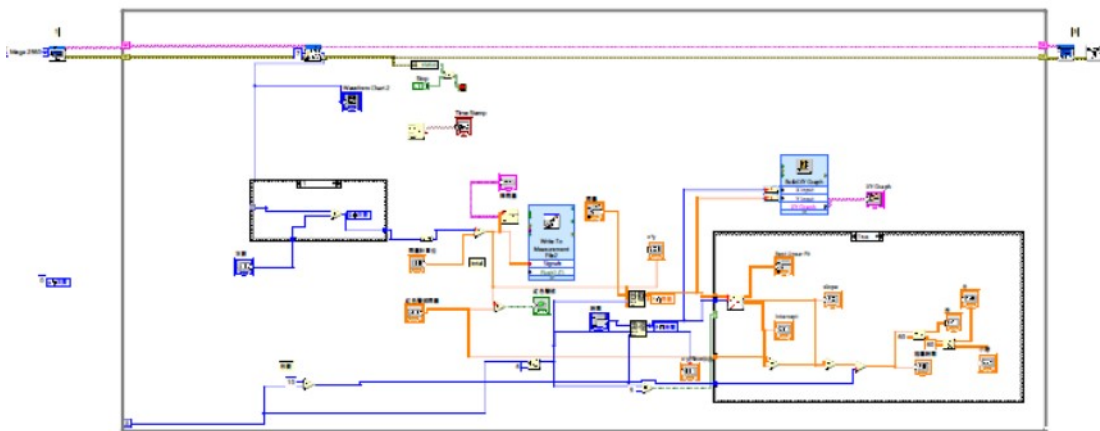


圖 7 LabVIEW 程式撰寫之流程圖

土石流預警系統面板上提供下列資訊(如圖 8a 所示)：

- 一、傾斗傾倒次數及其訊號圖(圖中左側)
- 二、雨量計傾斗單位(左上從左邊數來第三個)
- 三、累積雨量及其累積曲線(中上右與右下)
- 四、紅色警戒信號燈(右上)
- 五、剩餘之疏散避難時間(燈右下)





當降雨事件發生且累積雨量大於警戒值時，面板呈現如圖 8c 所示。

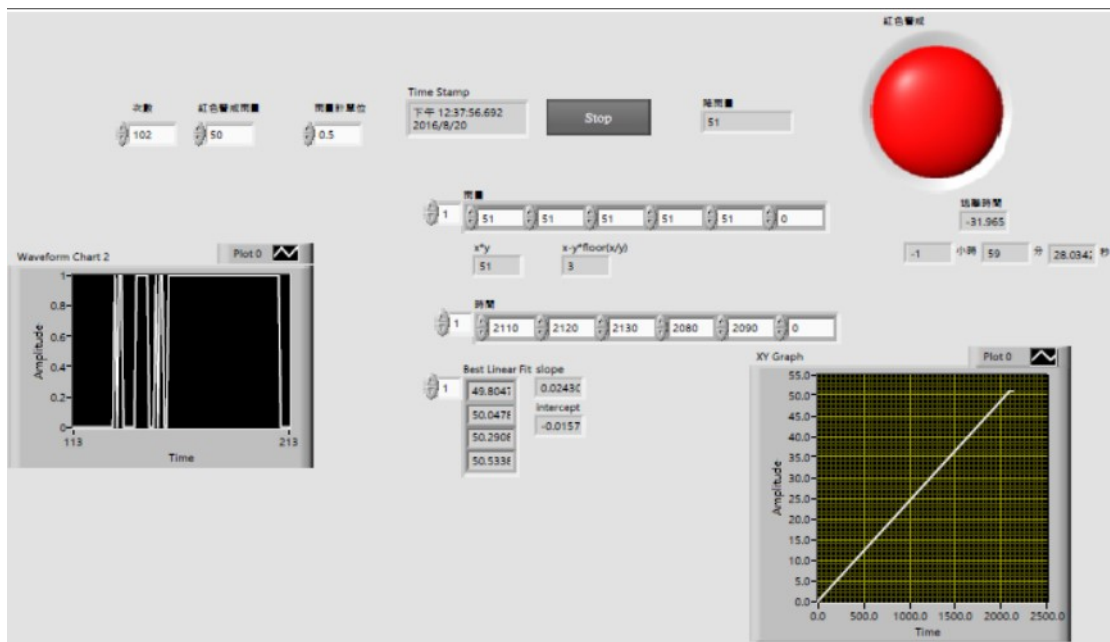


圖 8c 土石流預警系統面板(降雨事件發生且累積雨量大於警戒值)

水位預警系統面板上提供下列資訊(如圖 9a 所示)：

- 一、黃色警戒信號燈(左側，警戒值)
- 二、紅色警戒信號燈(右側，行動值)

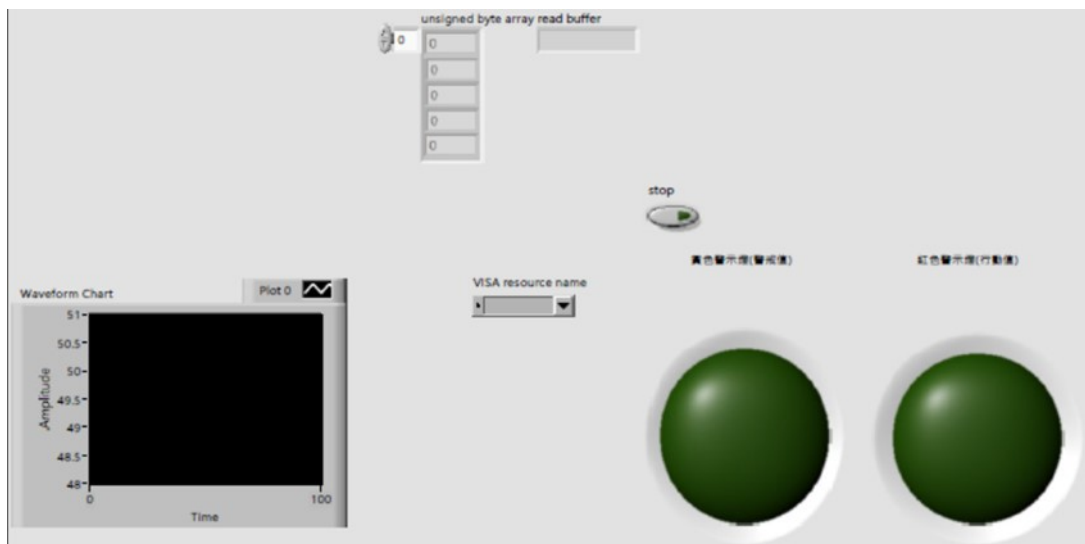


圖 9a 水位預警系統面板

當水位上升到達警戒值時，面板呈現如圖 9b 所示。

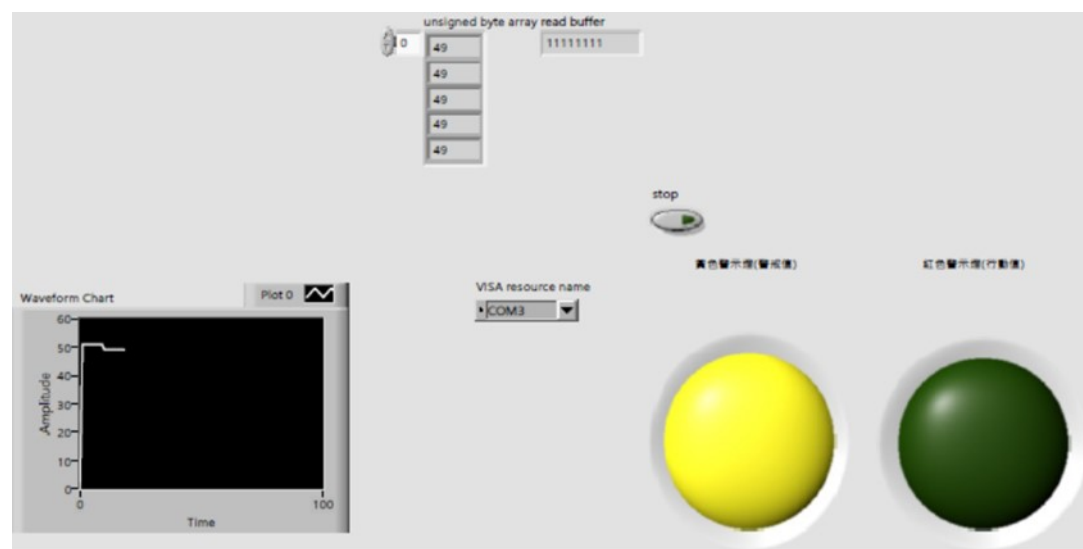


圖 9b 水位預警系統面板(水位上升到達警戒值)

當水位上升到達行動值時，面板呈現如圖 9c 所示。

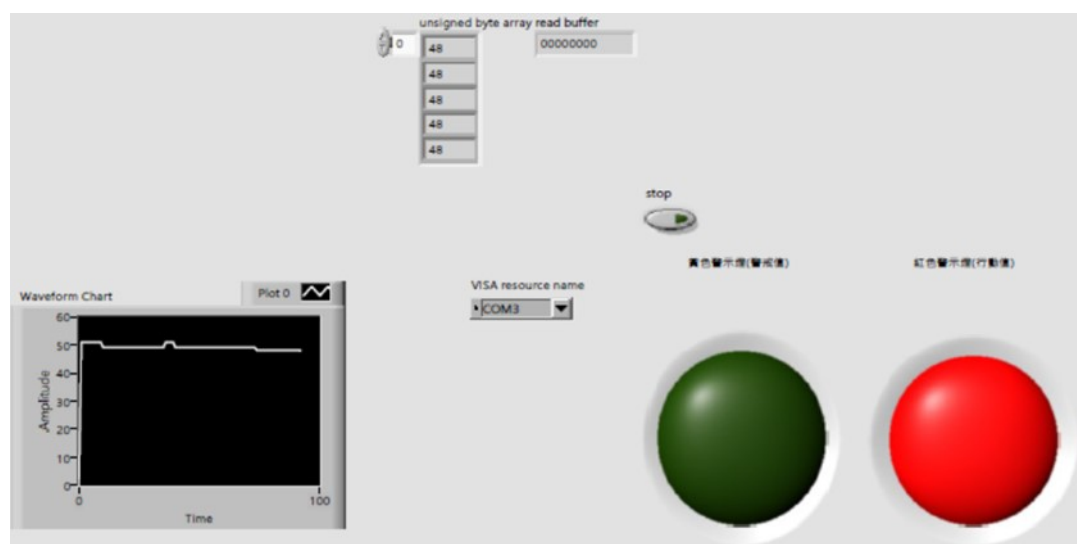


圖 9c 水位預警系統面板(水位上升到達行動值)



## 第二節 討論

目前之土石流預警系統係與傾斗式雨量計連結，也就是系統係接收傾斗式雨量計發出之訊號，經過多次測試和修改程式後，證明自行研發之程式和硬體設備可以準確發布黃色和紅色警戒，以及依據既有之降雨強度估計逃離時間，並隨著時間增加而調整。

土石流預警系統之逃離時間計算係以降雨事件之累積雨量及其降雨強度，以直線迴歸方程式估計到達土石流警戒值之時間。未來可以試著採用二次方程式、指數方程式等不同模式測試其準確度。

水位預警系統經過不同水位測試後，為了降低耗電量，將原先黃、紅燈都亮之設計更改為：當紅燈亮後，即切斷黃燈電源，亦即僅有黃燈或紅燈亮。



## 第四章 結論與建議

本年度之研究成果如下：

- 一、組裝雨量計或簡易雨量筒之設定或警戒雨量感測器，以及微處理控制器和通訊系統作為發布土石流黃色或紅色警戒。
- 二、組裝警戒水位感測器和微處理控制器和通訊系統，即時提供大面積地滑或護岸水位之警示。
- 三、目前水保局台北分局正擇定二處觀測站，將完成測試資訊回傳至防災專員、村里長。

本年度建議如下：

- 一、未來希望能夠有機會發展簡易傾斗式雨量筒，以降低成本並廣為使用。
- 二、目前研究成果僅止於有線連結階段，本研究將繼續研發無線傳輸之通信系統，以擴大預警系統之通信功能。



## 參考文獻

1. Bagree, R., 2012, Characterization and Design of a Readout Circuit for a Piezoelectric-based Acoustic Disdrometer, M.S. thesis of Delft University of Technology
2. Bishop, R.H., 2007, Learning with LabVIEW 8, Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc.
3. Molini, A., 2007.09, Field Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges, Data ManagerReport,
4. Salmi, A., Elomaa, L., kopsala, P. & laukkanen, E., 2008, Piezoelectric Vaisala Raincap Rain Sensor Applied to Drop Size Distribution Monitoring
5. 文淵閣工作室, 2015.11, 用 Linklt One 玩出物聯網大未來, 基峯資訊股份有限公司,
6. 王晉倫, 2011.01, 土石流監測與防災資訊系統, 國土資訊系統成果展示研討會論文集, III-1-1~III-1-9
7. 白乃遠、曾奕霖, 2016.02, App Inventor 2 Android 應用開發實務, 博碩文化股份有限公司,
8. 林博雄、張譯心、王璿瑋、李育棋、林連楓, 2014, 不同季節降雨形態下傾斗式雨量筒與撞擊感測式雨量計之比較
9. 林博雄、張譯心、魏聰輝、李育棋, 2015.08, 傾斗式雨量筒與撞擊感測式雨量計之比較,
10. 柯博文, 2015.12, Raspberry Pi 最佳入門與實戰應用, 基峯資訊股份有限公司,
11. 柯博文, 2015.04, Arduino 互動設計專題與實戰, 基峯資訊股份有限公司,

12. 孫駿榮、蘇海永, 2015.10, 用 Arduino 全面打造物聯網, 碁峯資訊股份有限公司,
13. 陳亮全, 2011.10, 智慧聯網於防救災應用, 2011 年行政院智慧聯網產業發展策略會議
14. 詹錢登, 2012.10, 土石流警戒值之訂定及應用, 氣象資訊在坡地災害之預警應用研習會
15. 詹錢登、李明熹、郭峰豪, 2008.12, 以降雨因子進行土石流警戒值訂定,,
16. 廖泰杉, 2013.12, 崩塌災害評估儀器與預警系統技術發展國家實驗研究院儀器科技研究中心成果報告書
17. 蘇文瑞、張子瑩、陳宏宇, 2015.06, 從資料整合與資訊加值的工作到智慧防災之實現與展望, 國土及公共治理季刊, 第三卷, 第二期, 44-52