

土石流潛勢地區地方政府及民眾之疏散決策因子

陳振宇*

摘 要 受限於現行災害警戒系統精度不高、時間壓力以及諸多不確定因素，如何適時疏散土石流潛勢地區民眾，降低傷亡風險，已成為地方政府颱風豪雨期間經常面對的決策難題。本文以 AHP 問卷調查及成對比較方式，清楚呈現不同層級、不同區域之地方政府及民眾在疏散決策之差異，同時亦初步建立各級地方政府與民眾之土石流疏散避難決策模型，除可作為調整防災策略之重要參據外，後續亦可提供改進警戒系統及發展疏散決策支援系統之基礎資料。

關鍵詞：疏散避難、決策，地方政府，土石流、AHP。

The Factors of Evacuation Decisions for Local Governments and Inhabitants in Debris-Flow Potential Areas

Chen-Yu Chen*

ABSTRACT Owing to the limitations of disaster warning accuracy, time constrains and many uncertainties, deciding how to evacuate the inhabitants living in debris-flow potential areas in timely manner and reduce the risk of casualties has become a difficult decision for local governments during typhoons or heavy rainfall. Based on pair-wise comparison and the analytic hierarchy process, this study showed the significant difference between evacuation decisions for local governments at different levels and locations, and established preliminarily evacuation decision-making models. The findings also indicated that using only single disaster warning system is not enough to assist local governments in making evacuation decisions, and establishing a evacuation decision support system should be one of the priorities in future disaster prevention actions. The results of this study not only provide a strategy for strengthening disaster prevention but also offer a foundation for refining existing disaster warning systems and developing an evacuation decision support system.

Key Words : Evacuation, decision making, local government, debris flow, AHP.

一、前 言

台灣由於地理及環境因素，每年五至十一月防汛期間飽受颱風豪雨之威脅，其中因颱風豪雨所導致的土砂災害，往往是最容易造成人命傷亡的災害類型。面對可能發生的土砂災害，除了採取硬體的治理工程外，建立以雨量為基礎的土砂災害警戒系統，適時疏散災害潛勢區內的民眾，已是世界各國降低土砂災害

人命傷亡最直接且重要的方式。然而，每次執行疏散的場合，部份民眾不願意配合疏散，而與負責疏散工作之公職人員發生衝突之畫面也屢見不鮮。依據 2010 年日本全年度的土砂災害統計資料，由於諸多原因，都道府縣雖已針對所轄市町村的許多地區發布土砂災害警戒，但負責執行疏散避難決策的市町村政府，對於已發布警戒之地區，真正執行疏散避難指示的比例只有 12%；而民眾接獲土砂災害警戒訊息後，採取自

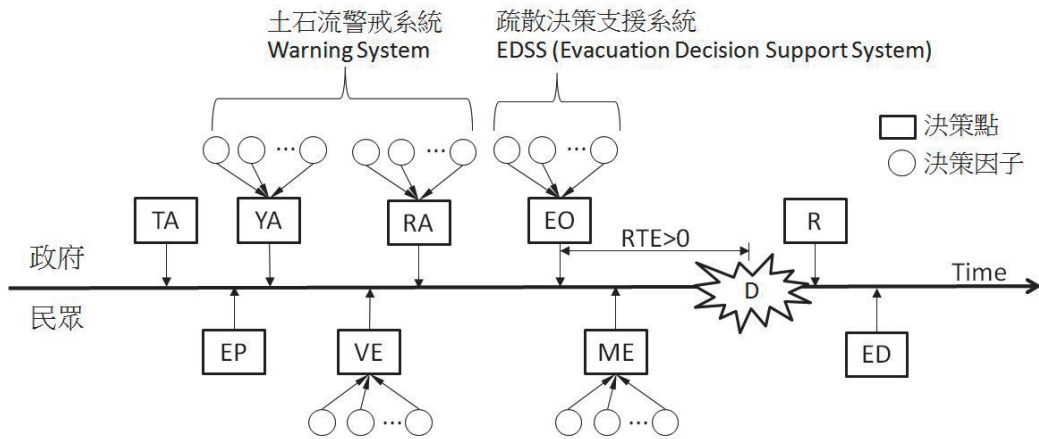
主性疏散避難的比例也只有 4% (岡本敦 et al., 2012)。如此偏低的數據顯示日本現行以雨量為基礎的警戒模式，在實務上並未充份獲得市町村政府及民眾的信任與認同。而台灣部份，在中央災害應變中心的強力主導下，土石流警戒發布後，地方政府執行疏散之比例雖遠高於日本，但近五年 (2007~2011 年) 之平均值也僅有 51.6% (陳振宇, 2012)。

依據災害防救法第 24 條：「為保護人民生命、財產安全或防止災害擴大，直轄市、縣 (市) 政府、鄉 (鎮、市、區) 公所於災害發生或有發生之虞時，應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。」台灣現行之疏散決策及執行之權責係在直轄市、縣 (市) 政府、鄉 (鎮、市、區) 公所層級 (以下簡稱為地方政府)，但實務上，位處第一線的村里長往往也扮演重要角色。

現行的土石流防災疏散避難機制及流程如圖 1。理想狀況下，在颱風或豪雨造成之危害 (hazard) 發生前，政府單位依據環境條件之變化依序發布颱風警報 (typhoon alert)、土石流黃色警戒 (yellow alert)、土石流紅色警戒 (red alert) 及強制撤離命令 (evacuation order)，民眾則依環境現況或前述政府發布之相關警戒資

訊，進行疏散準備 (evacuation preparedness)、自主疏散 (voluntary evacuation) 或配合政府之強制撤離命令進行強制疏散 (mandatory evacuation)，則可將人命傷亡降至最低。反之，若政府之警報與命令發布時間，或民眾之疏散行動是在危害發生之後，此時極可能造成人命的傷亡，形成災害 (disaster)。

然而對政府端所發布的警報而言，由於需考慮與預測未來各種可能發生之情境以作綜合性的研判，實為不確定因素下之決策 (decision under uncertainty)，為提高決策之品質，相關理論及工具也陸續被發展。例如，台灣及日本均已發展以雨量為基礎的土砂災害警戒系統 (warning system) 以作為發布警戒的決策依據 (Osanai et al. 2010；陳振宇, 2012)；但對於考量因素更為複雜的疏散避難決策而言，台灣及日本目前仍仰賴人為的判斷為主 (国土交通省河川局砂防部, 2007；陳亮全、馬士元, 2008)，尚無具體的疏散決策支援系統 (evacuation decision support system, EDSS) 可協助地方政府進行相關決策。此外，對於民眾而言，那些因子會影響民眾自主疏散或配合強制疏散的動機，也是許多研究持續關注的焦點。



- TA = 颱風警報 (Typhoon Alert)
- EP = 疏散準備 (Evacuation Preparedness)
- VE = 自主疏散 (Voluntary Evacuation)
- ME = 強制疏散 (Mandatory Evacuation)
- D = 災害發生 (Disaster Impact)
- ED = 因生活環境惡化所進行之疏散 (Evacuation due to Deterioration of the living environment)
- YA = 土石流黃色警戒 (Debris-flow Yellow Alert)
- RA = 土石流紅色警戒 (Debris-flow Red Alert)
- EO = 強制撤離命令 (Mandatory Evacuation Order)
- RTE = 疏散剩餘時間 (Remaining Time for Evacuation)
- R = 災後搶救 (Post-disaster Rescue)

圖 1 地方政府與民眾疏散避難決策之流程

Fig.1 The process of evacuation decision-making for local government and inhabitants during typhoon

本研究探討之地方政府疏散避難決策,係指地方政府依據災害防救法,於颱風豪雨期間經分析研判,強制撤離災害潛勢區民眾之決策,不包含災後搶救 (post-disasters rescue) 或因生活環境惡化所進行之疏散 (evacuation due to deterioration of the living environment); 而民眾之疏散避難決策,係指民眾接獲氣象或災害警戒相關訊息,或發現所處環境有災害前兆時,決定進行自主疏散避難或配合強制疏散之決策。

既往之研究,在地方政府之疏散決策因子方面, Lindell 及 Prater (2007) 曾協助美國德州政府建立沿海地區之颶風災害疏散管理決策支援系統 (hurricane evacuation management decision support system, EMDSS), Regnier (2008) 建議使用歷年颶風路徑配合隨機模型方式,提昇地方政府疏散決策品質。天野篤及高山陶子 (2006) 曾對於日本 2005 年颶風 14 號期間發生重大土石災害的鹿兒島縣、大分縣、宮崎縣等處,詳細調查縣府砂防課與地方氣象台聯合發布土石災害警戒情報後,市町村政府之避難指示下達過程、考量重點與困難之處;日本國土交通省砂防部 (2007) 亦曾彙整各市町村對於執行疏散避難決策上所面臨的問題,並編製土石災害警戒避難指南手冊,供地方政府參考;岡本敦等 (2012) 則藉由蒐集各地方政府之地域防災計畫內所列之避難指示發布基準,以及訪談決策人員,彙整 2008-2010 年間,日本地方政府發布避難指示的決策依據。台灣部份,陳亮全及馬士元 (2008) 曾針對土石流易發生地區,分別採用深度訪談及問卷方式,調查中央政府、縣市政府、鄉鎮公所及村里長對於土石流疏散避難決策之依據,並指出愈低層級的政府部門,或是接近災害易發生地區者,多以現地狀況作為疏散決策的考量點。

而在民眾疏散決策及行為方面, Dash 及 Gladwin (2007) 曾將歷年美國沿海颶風災害潛勢地區民眾之疏散決策相關研究,分成警戒傳遞、災害認知及疏散行為等三個領域作回顧整理,並建議未來可針對民眾的疏散率 (包含自主或強制疏散)、民眾如何運用與解讀颶風預報、如何將時間因子及民眾的疏散行為模式納入疏散決策系統、颶風預報應包含那些資訊等議題作進一步探討。在日本方面,牛山素行等曾調查災害警戒情報對受災地區民眾疏散決策之影響 (牛山素行, 2012; 牛山素行、今村文彥、寶馨, 2003); 井良沢道也及遠藤康多佳 (2010) 曾探討日本 2002 年 7 月豪雨災區內,已疏散及未疏散民眾之決策動機。在台灣部份,陳亮全等 (2007) 曾分別針對土石流潛勢區民眾之

疏散避難消息來源、疏散避難決策因子及避難處所考量因素等三方面進行調查;吳杰穎 (2009) 曾比較新竹縣尖石鄉及南投縣水里鄉二個不同土石流潛勢區居民之疏散避難決策與行為;白仁德 (2008) 曾特別針對尖石鄉及水里鄉之土石流潛勢區內弱勢族群,調查其避難決策並以二元羅吉斯回歸方式建立「是否採取避難」、「是否需要協助」及「避難過程所需時間」等三種疏散避難行為模式。林建元 (2007) 曾挑選轄區內有土石流潛勢溪流的 12 個鄉鎮,特別針對商業人口之疏散避難決策進行調查,並與國外之案例進行比較。

回顧目前國內外對於地方政府及民眾面對土石災害之疏散避難決策相關研究,大多係採取個別決策因子對於疏散決策影響之統計,缺乏對於各決策因子間相對權重之比較分析,故無法一窺其決策全貌,並建構各項決策因子在整體決策模式上所佔之比例與重要性,不利於釐清後續防災策略之改進方向。本研究採用 AHP(analytic hierarchy process)法,先參考相關文獻建立層級架構之 AHP 問卷,並挑選曾實際參與疏散避難決策之地方政府防災業務人員及位於土石流潛勢區之民眾 (以下統稱為專家) 進行問卷訪談,再將問卷藉由成對比較方式,分別建立地方政府觀點 (包含縣市、鄉鎮、村里層級) 及民眾觀點之土石流疏散避難決策模型;同時藉由層級架構的決策模型,清楚呈現各項決策因子在決策過程中所佔之權重,除可作為調整防災策略之重要參考依據外,亦可作為後續改進土石災害警戒系統及發展山區土石災害疏散避難決策支援系統之基礎資料。

二、材料及方法

本研究採用 AHP 法進行疏散決策因子的建構與權重分析,研究步驟分為確定問題、參考相關文獻以建立地方政府疏散決策因子之階層結構、設計問卷並邀請專家填寫以評鑑階層結構、建立成對矩陣並檢核階層一致性、建立各階層因子權重及討論等 6 個階段,研究流程如圖 2。

1. 問卷內容

本研究參酌有關疏散避難決策相關文獻 (如表 1), 考量國內實際疏散決策及執行之現況,依層級結構重新整理各項因子。由於政府與民眾之疏散避難決策之立場不同,本研究分別設計「地方政府疏散避難決策因子」及「土石流潛勢地區民眾疏散避難決策因子」

二份 AHP 問卷，其決策因子之層級關係及內容說明如表 2 及表 3。

2. 問卷調查對象

(1) 地方政府部份

本研究係以行政院農業委員會水土保持局公開之土石流潛勢溪流分布地區作為問卷調查範圍，調查時間為 2012 年 5 月至 8 月。依據水土保持局 2012 年公開之資料，目前台灣地區共有 1660 條土石流潛勢溪流，分布於 17 縣市 159 鄉鎮 680 村里，而近年 (2007-2011 年) 發生之重大土砂災害事件計有 327 件，如表 4(水土保持局 2012)。問卷調查對象，係針對前揭近年曾發生重大土砂災害之縣市、鄉鎮、村里之地方政府防災業務人員。因考量縣市政府相較於鄉鎮公所分工較細之情形，其中縣市政府之問卷調查對象涵蓋負責土石流防災業務之水土保持相關承辦人員，以及負責執行疏散工作的消防局人員；鄉鎮公所部份則以實際辦理土石流防災疏散業務

之單位為主，村里部份則為村里長或村里幹事。扣除問卷填答不完整或經 AHP 法一致性檢測結果差異過大之問卷，列為本研究有效問卷之回收情形如表 4。

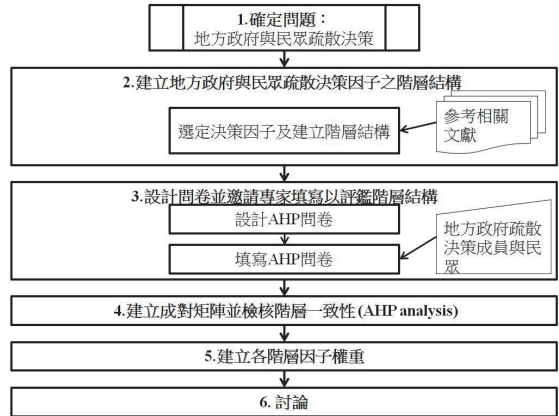


圖 2 研究流程圖

Fig.2 Flow chart of the study process

表 1 地方政府與民眾之疏散避難決策因子相關文獻

Table 1 Summary of literature pertaining to evacuation decision-making

決策者	決策因子	參考文獻
地方政府	災害潛勢區人口規模與分布、家庭人口數、家庭車輛數、旅館數量、流動人口數、事前疏散比例、自主疏散比例、疏散路線及所需時間、避難地點、疏散成本 (政府、個人、商業損失)、颶風規模與路徑、歷史災例、發布時間	Lindell and Prater (2007) ; Regnier (2008) ; Wolshon et al. (2001) (in English)
	土砂災害警戒範圍、警戒命中率與誤報率、災害潛勢、現地雨量與水位資訊、已有災情傳出、現地回報狀況、是否於日落前發布、弱勢族群分布、避難處所距離、避難路線安全性、交通工具、地方自主防災能力、過去經驗、歷年災例、現地環境變化或災害前兆、通訊狀況、道路阻斷情形、民眾災害意識與受災經驗	国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター (2010) ; 国土交通省河川局砂防部 (2007) ; 天野篤、高山陶子 (2006) ; 岡本敦等 (2012) (in Japanese)
	颱風動態、預測雨量、土石流警戒、現地雨量與水位、現地環境狀況、災害潛勢、歷史災例、避難處所位置及條件、高災害潛勢區之預防性疏散、居民人口結構、是否有弱勢族群、社區自主防災能力、警戒發布時機、日間或夜間、上級單位的疏散避難建議、社區居民的疏散避難建議、避難時間是否足夠、過去經驗、過去曾下達強制撤離但無災害發生之經驗、交通中斷、開設避難處所之支出、影響民眾收入或造成財物損失、通訊中斷	行政院農業委員會 (2010) ; 陳亮全、馬士元 (2008) ; 陳振宇 (2012) (in Chinese)
民眾	環境因素、個人經驗、社會因素、疏散時可能的阻礙、鄰居開始疏散、人口特性 (性別、年齡、教育、收入、種族、婚姻狀況)、過去經驗 (含受災經驗及假警報經驗)、風險認知、住家位置、居住地特性、地方政府行動、家屋型式、經濟條件、避難指示之傳達方式、家庭成員 (人數、是否有老人或小孩)、接獲警戒訊息、對警戒訊息內容之解讀	M. K. Lindell, Lu and Prater (2005) ; Flynn (1979) ; Zeigler and Johnson (1984) ; Dow and Cutter (1998) ; Whitehead et al. (2000) ; Baker (1991) ; Gladwin and Peacock (1997) ; Perry (1979) (in English)
	土砂災害警戒情報、警戒情報或撤離指示內容是否明確具體、日間或夜間、避難處所距離與安全性、避難路線安全性、通訊中斷、老弱婦孺疏散不易、災害與風險認知、過去經驗、風雨逐漸增強、災情傳出、交通狀況、預測雨量、現地環境變化、康多佳 (2010) (in Japanese)	牛山素 (2012) ; 牛山素行等 (2003) ; 天野篤、高山陶子 (2006) ; 井良沢道也、遠藤康多佳 (2010) (in Japanese)
	風雨逐漸增強、接獲颱風警報、接獲疏散避難勸告、住家環境災害潛勢、鄰居開始避難、對外交通可能中斷、受災經驗、擔心財物損失、過去曾經避難但無災害發生、因避難增加之費用、收入減少、避難處所本身及前往途中是否安全、避難處所距離、避難處所食宿條件、個人風險認知、社經條件 (教育程度、年齡、性別)、住所特性、親友影響	陳亮全等 (2007) ; 林建元 (2007) ; 白仁德 (2008) ; 吳杰穎 (2009) (in Chinese)

表 2 地方政府疏散避難決策因子層級關係及內容說明

Table 2 The hierarchy and content of evacuation decision-making factors for local government

層級一 (評估指標)	層級二 (評估項目)	評估項目內容說明
一、警戒資訊	1. 颱風警報	考量該地區是否位於颱風警報範圍
	2. 氣象局預測雨量值	依據氣象局發布之總雨量預測及24小時雨量預測, 評估該地區受災之風險
	3. 目前實際雨量值	依據鄰近該地區之氣象局自動雨量站之觀測值, 或以當地土石流防災專員以簡易雨量筒觀測之現地雨量作為參考
	4. 水保局土石流警戒	依據水土保持局是否已針對該地區發布之土石流黃色警戒或土石流紅色警戒
	5. 水利署淹水警戒	依據水利署是否已對該地區發布淹水警戒
	6. 公路局封路封橋資訊	考量該地區周邊的重要道路、橋梁是否已被或可能被列入封路封橋範圍
	7. 基層單位現地回報之狀況與建議	依據鄉公所或村里長回報現地的風雨及災情狀況, 以及對於啟動疏散與否之建議
二、環境現況	1. 已有明顯風雨	該地區已有明顯的風雨
	2. 已有災情傳出	該地區附近已有災情傳出(淹水、土砂災害)
	3. 部份道路或橋梁已中斷	該地區已有部份交通要道中斷, 若不先行疏散, 擔心後續變為孤島
	4. 通訊是否容易中斷	考量如通訊中斷, 聯絡不易, 故先行疏散
	5. 擔心入夜後發生災害	考量災害可能於入夜後發生, 不易通報及疏散, 故先行疏散
三、過去經驗	1. 警戒誤報率	考量該地區過去已有多次發布警戒, 甚至已疏散民眾, 但多未發生災害之情形
	2. 警戒命中率	考量該地區曾經有警戒發布後, 確實發生災害之情形
	3. 有多次災害記錄	考量該地區災害發生之頻率較高
四、災害潛勢	1. 位於災害潛勢區	考量該地區是否位於土石流潛勢溪流、淹水潛勢區或地質敏感區
	2. 交通易中斷, 形成孤島	考量該地區是否易因交通中斷, 形成孤島
五、社區現況	1. 人口結構	考量該地區是否有較多的弱勢族群, 災時需較多的資源與協助
	2. 是否有自主防災能力	該地區是否有自主防災組織及充足物資, 可因應短期災害或受災第一時間能自助自救等
	3. 避難處所位置	考量該地區之避難處所是在社區內, 或必須至外地避難, 涉及所需動員之人力物力及是否在風雨來臨前即作預防性撤離
六、行政考量	1. 上級機關要求疏散	中央或縣市政府下令疏散
	2. 疏散民眾及開設避難處所之費用與人力	考量每次疏散鄉公所或村里所需耗費的人力與經費
	3. 當地民眾對疏散之配合度	考量民眾是否願意配合疏散, 亦即落實執行疏散之困難度

表 3 土石流潛勢地區民眾疏散避難決策因子層級關係及內容說明

Table 3 The hierarchy and content of evacuation decision-making factors for inhabitants in debris-flow potential areas

層級一 (評估指標)	層級二 (評估項目)	評估項目內容說明
一、接獲警報	1. 颱風警報	依據本村是否位於颱風警報範圍
	2. 水保局土石流警戒	依據水土保持局是否已針對本村發布之「土石流黃色警戒」或「土石流紅色警戒」
	3. 水利署淹水警戒	依據水利署是否已對本村發布淹水警戒
	4. 撤離通知	接獲包含鄉公所、村里長、親友等通知之避難勸告或強制撤離通知
	5. 社區有災害潛勢	考量本村範圍有政府公布的土石流潛勢溪流、淹水潛勢區或地質敏感區
二、過去經驗	1. 曾經受災	依據自身或鄰居的受災經驗判斷
	2. 曾疏散, 但無災害發生	依據過去曾經多次疏散, 但事後並未發生災害的經驗作判斷
	3. 易成孤島	依據過去颱風豪雨本村是否曾形成孤島, 出入不便, 甚至無法外出就學、就醫、工作或補給糧食
	4. 防災演練或宣導	曾經參與防災演練或宣導, 了解災害之風險及可能性
	5. 與以往颱風比較	依據以往颱風的風雨狀況及本村之受災情形, 感覺本次風雨可能帶來的風險
三、環境現況	1. 風雨增強	風雨已有明顯增強, 感到一定的風險性
	2. 災情傳出	附近已有災情傳出, 擔心災情比想像中嚴重
	3. 鄰居已疏散	附近鄰居已經疏散, 擔心災情比想像中嚴重
	4. 日間或夜間	例如因目前是夜間, 在山區交通不便, 打算等到明天天亮再疏散或是提早疏散
四、避難處所	1. 距離遠近	例如考量避難處所之路程、所需時間之長短, 以及自己是否有交通工具可抵達
	2. 食宿條件	例如考量避難處所是否有供餐、生活機能、住宿條件、是否與熟人同住等
	3. 安全性	包含前往避難處所路途之安全性, 以及避難處所之安全性
五、家庭與經濟	1. 家庭成員	因家中成員有老弱婦孺, 疏散不易或需他人協助
	2. 影響收入	考量如去避難將無法工作, 影響收入
	3. 財物損失	擔心疏散期間, 家中遭竊或農作家畜無人照料等造成損失

其中由於鄉鎮公所人員之高流動性，本次問卷發送對象雖已鎖定近年曾發生重大土砂災害之鄉鎮為主，但回傳問卷者仍有逾一半之比例係初接土石流防災業務之新手，為確保問卷結果能確實反映實務作業情形，本研究對於後續決策因子之分析，僅採用承辦防災業務 2 年以上且具有疏散決策或執行經驗之問卷作為分析對象。

(2) 土石流潛勢區民眾部份

有關土石流潛勢地區民眾之疏散決策因子問卷調查對象，則以土石流潛勢溪流所在之村里民眾為主，其中部份曾有疏散避難經驗，部份則無，本研究將分別統計分析，以作為比較。

3. AHP 理論與計算方式

AHP 法為 Thomas L. Saaty 所發展出來的多屬性決策分析方法 (multiple attribute decision analysis, MADA)，其目的在利用層級結構將複雜問題系統化，並逐步分解成多個小的子問題後，經由相關決策人員針對兩兩因子進行成對比較評估後，以建立各項因子或方案之權重，如此可使複雜的問題較易進行決策 (簡禎富 2005)。

在進行兩兩因子重要性之成對比較時，Saaty(1980) 建議使用 1-9 之比較尺度，其中 1 代表該兩個因子之重要性相同 (equal importance)，9 代表一個因子相較於另一個因子為絕對重要 (extreme importance)。如假設共有 n 個因子將進行比較，其中 a_{ij} 代表 i 因子相對於 j 因子之相對重要性，則所有因子兩兩比對結果可以寫成一成對比較矩陣 (pair-wise comparison matrix) A ，如式 (1)。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

若此 n 個因子之權重 (weight) 為已知，其中 i 因子之權重為 w_i 而 j 因子之權重為 w_j ，則 $a_{ij} = w_i/w_j$ ，亦即

$$a_{ij} w_j = w_i \text{ for } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = n w_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\text{或 } Aw = nw \quad (4)$$

表 4 台灣土石流潛勢溪流及近年重大土砂災害統計與有效問卷回收統計

Table 4 Statistics of debris-flow potential torrents, significant sediment disaster and effective questionnaires

	土石流潛勢溪流數 (2012)	重大土砂災害事件數 (2006- 2011)	有效問 卷數	縣市 (決策經驗)		鄉鎮 (決策經驗)		村里 (決策經驗)		民眾 (疏散經驗)	
				有	無	有	無	有	無	有	無
宜蘭縣**	142	49	3	-	-	-	1	1	-	-	1
基隆市*	34	2	2	1	-	-	-	-	-	-	1
台北市*	50	2	2	1	-	1	-	-	-	-	-
新北市*	220	6	9	1	-	1	5	-	-	-	2
桃園縣**	51	4	2	-	1	-	-	-	-	-	1
新竹縣**	76	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-
苗栗縣**	78	13	5	1	-	-	1	-	-	1	2
台中市*	106	10	4	-	-	-	1	-	-	1	2
彰化縣*	7	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1
南投縣***	247	54	17	2	2	2	4	-	-	2	5
雲林縣**	12	13	0	-	-	-	-	-	-	-	-
嘉義縣***	80	37	7	2	-	2	-	-	-	1	2
台南市**	48	16	3	1	-	-	-	-	-	1	1
高雄市***	109	67	3	1	-	-	-	-	-	-	2
屏東縣***	70	34	2	1	-	-	-	1	-	-	-
台東縣**	165	8	2	2	-	-	-	-	-	-	-
花蓮縣**	165	8	15	1	1	4	-	2	1	3	3
合計	1,660	327	78	14	4	10	12	5	1	9	23

註 1：依調查區位之交通狀況概分為 *都會周邊坡地 **淺山地區 ***深山地區

註 2：部份縣市範圍廣大，則依轄區內主要災害地點作為分類依據，例如高雄市主要土石流災區為桃源區、那瑪夏區等，故列為深山地區

其中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 稱為權重向量, 亦即為矩陣 A 的特徵向量 (eigenvector), 且當矩陣 A 之元素滿足 $a_{ik}a_{kj}=a_{ij}$ 之關係時, 即稱矩陣 A 具有一致性 (consistent)。由於式 (4) 實為一個矩陣求解特徵值的問題, 且矩陣 A 的每一列元素均可視為第一列元素乘上一定值, 故矩陣 A 之秩 (rank) 為 1, 亦即矩陣 A 的 n 個特徵值中, 只有一個不為零 (記作 λ_{max}), 且其值為 n 。

但實際上, 由於權重向量 w 是未知數, 且成對比較矩陣 A 的元素 a_{ij} 僅是填寫問卷者對於各項因子兩兩比較的估計值, 故矩陣 A 可能不具一致性 (inconsistent)。因此這個不具一致性矩陣之特徵值問題可改寫為

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (5)$$

其中 λ_{max} 為矩陣 A 的最大特徵值, 如矩陣 A 的一致性愈佳, 其值將近似於 n , 其他的特徵值則近似於零。因此 Saaty (1980) 定義一致性指數 (consistent index) $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$ 作為判斷矩陣 A 是否具有一致性的評估標準, 並建議 $CI < 0.10$ 即可視為滿足一致性。

4. 專家意見整合方式

本研究為確保每一份問卷均符合一致性, 係以每一層級之成對比較矩陣的一致性指數 $CI < 0.1$ 作為合格問卷之判斷條件。同時, 為提醒受訪專家注意填答問卷時之一致性, 每層級進行成對比較前, 均要求受訪專家依重要性排列該層級內的所有因子後, 再進行兩兩因子的成對比較; 此外, 在進行每層級之一致性分析時, 如發生 CI 大於 0.1 之情況, 亦可依前揭因子之排列順序, 配合 Saaty 開發的 Super Decisions 免費軟體 (<http://www.superdecisions.com>) 計算後所提出之建議, 微調成對比較值, 直到所有層級之 CI 值均小於 0.1 後, 再以 Super Decisions 軟體計算出各問卷之決策因子權重向量。

由於每一份 AHP 問卷實為反應每一個受訪專家的決策模式, 故每一份問卷分析出之各項決策因子權重均不同, 而在統合群體意見時, 一般常使用算術平均數法 (arithmetic mean method) 或幾何平均數法 (geometric mean method) (Chen et al. 2008)。由於幾何平均數法相對於算術平均數法而言, 其受極端值的影響較小, 故本研究採用幾何平均數法整合各專家問卷所得的各項決策因子權重值, 再將整合後之決策因子正規化, 使整合後之同一層級決策因子權重總和為 1, 分析流程如圖 3。

三、結果與討論

1. 地方政府疏散決策因子

依據前節所述方式分析地方政府疏散避難決策因子問卷之結果, 如表 5。其中在層級一的決策因子權重上, 縣市、鄉鎮、村里統計結果大致相同, 主要以「警戒資訊」及「環境現況」為最重要的二項決策因子, 其合計權重合計已逾 50%。值得注意的是, 愈基層的單位, 對警戒資訊之信賴度似乎愈低, 但對環境現況之信賴度則愈高, 此結果與陳亮全及馬士元 (2008) 調查結果一致。

在層級二的決策因子部份, 警戒資訊方面仍以「目前實際降雨值」與「基層單位現地回報之狀況與建議」為主要考量, 合計權重已逾 50%, 且愈基層單位, 且二者合計所佔之比重愈高, 統計結果似可反應目前的警戒系統對於小尺度地區適用性較差的問題 (陳振宇 2012), 亦即地方政府相關決策仍偏重現地資訊。即便是針對調查區 (土石流潛勢區) 所發布的土石流警戒, 調查結果亦顯示, 愈基層的單位對其信賴度愈低。

在環境現況方面, 「已有災情傳出」及「部份道路或橋梁已中斷」合計權重約 56%, 而「通訊是否容易中斷」及「擔心入夜後發生災害」等預防性考量僅各佔 16%, 似乎反應目前地方政府之防災作為, 仍著重於災害發生後的應變, 較少考量防範未然的措施, 此部份應可列入後續強化基層防災教育訓練之具體改進方向。

在過去經驗方面, 影響疏散決策的因子主要為「有多次災害記錄」, 其比重約佔 59%; 另值得注意的是, 地方政府對於「警戒命中率」之重視遠高於「警戒誤

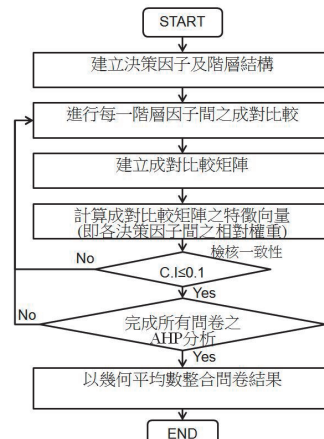


圖 3 本研究採用之 AHP 法分析流程

Fig.3 The analysis process of this study using AHP

報率」，故未來如欲提高警戒發布後之疏散率時，似可優先針對提高土石災害警戒之命中率作為改進目標，並於警戒發布時，同時提供當地歷史災例資訊，以滿足地方政府決策時之需求。

在災害潛勢方面，由於近年多起大型災害期間，許多重要山區道路及橋梁損毀，造成後續疏散及搶救災之困難，故調查結果顯示，「位於災害潛勢區」及「交通易中斷，形成孤島」此二項決策因子所佔之權重相當。

在社區現況方面，調查結果顯示，社區是否具有自主防災能力（例如是否有自主防災組織及充足物資），係地方政府考量是否下達強制撤離的重要因素，且愈基層的單位愈重視此項因素。故如欲減少動輒下達強制撤離所耗費的人力、物力以及民怨的反彈，強化社區自主防災能力，似為一可行之方向。

在行政考量方面，「當地民眾對疏散之配合度」約佔了一半的權重，且愈基層、愈直接面對民眾與實

際執行疏散之層級，對此部份考量之權重愈大；反之「疏散民眾及開設避難處所之費用與人力」其權重不到 2 成，似乎顯示疏散的直接成本遠低於間接成本，亦即對地方政府而言，直接成本只是單純地耗費預算及相關費用，但執行「強制撤離」後續可能引發的民怨等間接成本，才是行政單位無法承受之重。同時，此部份亦反映目前民眾之防災教育及宣導，應將配合疏散等觀念列為優先執行目標。此外，由於目前中央災害應變中心運作時，經常以防災視訊會議或多種管道，對於分析研判有災害發生之虞之地區，強烈建議或要求縣市政府進行疏散，故由調查結果亦顯示「上級機關要求疏散」此項因子於縣市層級所佔權重高達 4 成，惟愈往基層其所佔權重愈低，恰與「當地民眾對疏散之配合度」之趨勢相反。此部份除突顯目前縣市政府缺乏災害潛勢分析研判能力之現況外，亦顯示基層疏散決策者，面對災害潛勢分析結果（理論）與實際操作面上衝突時，所面臨之難處。

表 5 地方政府疏散避難決策因子權重

Table 5 The weights of the factors in evacuation decision by local governments

層級一	層級二	整體	縣市	鄉鎮	村里
警戒資訊		0.236	0.311	0.190	0.209
環境現況		0.272	0.238	0.244	0.329
過去經驗		0.107	0.101	0.114	0.100
災害潛勢		0.146	0.110	0.221	0.120
社區現況		0.157	0.145	0.140	0.179
行政考量		0.083	0.095	0.091	0.062
	颱風警報	0.053	0.056	0.068	0.038
	氣象局預測雨量值	0.091	0.067	0.103	0.102
	目前實際雨量值	0.269	0.192	0.289	0.333
警戒資訊	水保局土石流警戒	0.172	0.202	0.183	0.131
	水利署淹水警戒	0.095	0.104	0.084	0.094
	公路局封路封橋資訊	0.086	0.124	0.075	0.065
	鄉公所或村里長現地回報狀況與建議	0.233	0.256	0.198	0.236
	已有明顯風雨	0.125	0.123	0.114	0.136
	已有災情傳出	0.309	0.353	0.289	0.283
環境現況	部份道路或橋梁已中斷	0.251	0.213	0.252	0.291
	通訊是否容易中斷	0.155	0.152	0.158	0.155
	擔心入夜後發生災害	0.159	0.159	0.187	0.135
	警戒誤報率	0.111	0.144	0.114	0.082
過去經驗	警戒命中率	0.300	0.305	0.300	0.291
	有多次災害記錄	0.589	0.551	0.586	0.627
災害潛勢	位於災害潛勢區	0.499	0.464	0.505	0.527
	交通易中斷，形成孤島	0.501	0.536	0.495	0.473
	人口結構	0.227	0.276	0.228	0.178
社區現況	是否有自主防災能力	0.530	0.413	0.554	0.620
	避難處所位置	0.243	0.311	0.217	0.202
	上級機關要求疏散	0.315	0.399	0.299	0.257
行政考量	疏散及開設避難處所之費用與人力	0.198	0.174	0.209	0.210
	當地民眾對疏散之配合度	0.486	0.427	0.492	0.533

註：本表以各層級群組因子間之相對權重表示，黑體字為相對重要因子（權重和已逾或已接近 50%）。

此外，為瞭解不同地理區位對於地方政府疏散決策的影響，本研究進一步將問卷依填寫人所負責之地區分成「都會周邊」、「淺山」及「深山」三類，其分類原則如表 4 說明，調查統計結果如表 6 及表 7。

由統計結果顯示，對於層級一之疏散決策因子，愈基層的單位在不同不同地理區位的分類下，其決策因子權重之差異性愈明顯，亦即目前各級政府在進行

疏散避難決策時，已有因地制宜之考量。

在層級二之疏散決策因子部份，則有地理區位愈位處深山，愈仰賴現地資訊之趨勢。例如在「現地回報狀況」，以及「已有災情傳出」部份，大致上愈接近深山區者，其所佔權重愈高。其他決策因子，則無明顯變化之趨勢。

表 6 不同區位地方政府疏散避難決策因子權重 (層級一)

Table 6 The weights of the factors in evacuation decision for different regions of local government (Level 1)

層級一	縣市			鄉鎮			村里		
	都會周邊	淺山	深山	都會周邊	淺山	深山	都會周邊	淺山	深山
警戒資訊	0.330	0.388	0.205	0.101	0.202	0.232	-	0.257	0.074
環境現況	0.192	0.223	0.263	0.369	0.274	0.148	-	0.303	0.370
過去經驗	0.061	0.086	0.145	0.140	0.093	0.122	-	0.099	0.085
災害潛勢	0.101	0.120	0.128	0.147	0.215	0.270	-	0.133	0.065
社區現況	0.209	0.080	0.175	0.170	0.129	0.129	-	0.142	0.367
行政考量	0.107	0.103	0.085	0.074	0.087	0.099	-	0.066	0.040

註：本表以各層級群組因子間之相對權重表示，黑體字為相對重要因子 (權重和已逾或已接近 50%)。

表 7 不同區位地方政府疏散避難決策因子權重 (層級二)

Table 7 The weights of the factors in evacuation decision for different regions of local government (Level 2)

層級一	層級二	縣市			鄉鎮			村里		
		都會周邊	淺山	深山	都會周邊	淺山	深山	都會周邊	淺山	深山
警戒資訊	颱風警報	0.051	0.064	0.056	0.053	0.078	0.072	-	0.034	0.047
	預測雨量	0.116	0.070	0.048	0.059	0.125	0.085	-	0.135	0.024
	實際雨量值	0.166	0.256	0.184	0.283	0.297	0.233	-	0.343	0.220
	土石流警戒	0.195	0.195	0.210	0.211	0.116	0.251	-	0.139	0.077
	淹水警戒	0.164	0.108	0.066	0.153	0.081	0.066	-	0.113	0.034
	封路封橋資訊	0.084	0.112	0.122	0.094	0.078	0.065	-	0.052	0.119
	現地回報狀況	0.223	0.196	0.315	0.145	0.224	0.229	-	0.184	0.479
環境現況	已有明顯風雨	0.175	0.133	0.108	0.117	0.089	0.132	-	0.112	0.195
	已有災情傳出	0.226	0.329	0.423	0.323	0.252	0.293	-	0.214	0.586
	部份交通中斷	0.152	0.261	0.185	0.291	0.181	0.405	-	0.338	0.107
	通訊容易中斷	0.223	0.145	0.135	0.118	0.254	0.084	-	0.192	0.043
	擔心入夜後發生災害	0.223	0.132	0.149	0.151	0.224	0.085	-	0.144	0.068
過去經驗	警戒誤報率	0.168	0.172	0.116	0.090	0.118	0.123	-	0.082	0.081
	警戒命中率	0.201	0.428	0.261	0.584	0.275	0.295	-	0.321	0.188
	多次受災記錄	0.631	0.400	0.623	0.326	0.607	0.582	-	0.597	0.731
災害潛勢	位於潛勢區	0.757	0.242	0.594	0.255	0.527	0.589	-	0.465	0.750
	易形成孤島	0.243	0.758	0.406	0.745	0.473	0.411	-	0.535	0.250
社區現況	人口結構	0.397	0.233	0.313	0.225	0.161	0.288	-	0.186	0.088
	自主防災能力	0.265	0.444	0.420	0.648	0.598	0.555	-	0.684	0.243
	避難處所位置	0.338	0.323	0.267	0.127	0.241	0.157	-	0.131	0.669
行政考量	上級要求疏散	0.372	0.489	0.411	0.153	0.272	0.392	-	0.319	0.088
	疏散及開設避難處所之成本	0.114	0.201	0.169	0.246	0.228	0.170	-	0.220	0.139
	當地民眾對疏散之配合度	0.514	0.309	0.420	0.601	0.500	0.438	-	0.461	0.773

註：本表以各層級群組因子間之相對權重表示，黑體字為相對重要因子 (權重和已逾或已接近 50%)。

2. 民眾疏散避難決策因子

(1) 有疏散避難經驗之民眾調查結果

由調查結果顯示，對有疏散避難經驗之民眾而言，層級一之整體決策因子中「避難處所」及「環境現況」是最重要的二項決策因子，合計約佔 50%(如表 8)。但經由區位的比對分析則發現，不同區位之民眾疏散避難決策因子差異甚大。例如，都會周邊地區的民眾最重視「避難處所」及「家庭與經濟」，合計高達 65%；淺山地區的民眾則較重視「環境現況」及「避難處所」；深山地區之民眾則較仰賴「環境現況」及「過去經驗」。故相關單位如欲進行防災相關教育訓練時，宜考量其差異，方能達到事半功倍的效果。此外，「過去經驗」與「環境現況」此二項所佔之權重，呈現愈深山之區域愈高；而「避難處所」及「家庭與經濟」此二項則呈現愈往都會周邊方向，其所佔權重愈高。

在層級二「接獲警報」決策因子項下，「撤離通知」及「土石流警戒」為民眾最重視的二項警戒資訊；而在「過去經驗」項下，「曾經受災」及「防災演練或宣導」則為影響民眾疏散決策最重要的經驗因素，其中「曾經受災」此項因子，呈現愈往山區其所佔權重愈大，但「防災演練或宣導」此項因子則反之。此結果是否代表目前的防災演練及宣導固然已具有一定成效，但尚未滿足山區環境的某些防災特殊需求，值得進一步探討。在「環境現況」部份，「災情傳出」、「日間或夜間」為民眾主要之考量，此外在「鄰居已疏散」此因子，亦佔有相當之比例。對避難處所之考量上，安全性為民眾之最優先考量，但對深山地區之民眾而言，「距離遠近」所佔之權重明顯高於其他地區。在「家庭與經濟」方面，「家庭成員」是否有老弱婦孺為主要之考量，但愈接近都會周邊地區，「影響收入」及「財物損失」之考量所佔權重愈大。

表 8 民眾疏散避難決策因子權重

Table 8 The weights of the factors in evacuation decision for inhabitants

層級一	層級二	有疏散避難經驗				無疏散避難經驗			
		整體	都會周邊	淺山	深山	整體	都會周邊	淺山	深山
接獲警報		0.173	0.121	0.172	0.177	0.172	0.135	0.145	0.250
過去經驗		0.223	0.164	0.212	0.250	0.220	0.142	0.227	0.231
環境現況		0.239	0.061	0.261	0.273	0.284	0.149	0.305	0.308
避難處所		0.258	0.393	0.243	0.233	0.230	0.249	0.251	0.148
家庭與經濟		0.107	0.260	0.111	0.066	0.094	0.325	0.073	0.062
接獲警報	颱風警報	0.140	0.064	0.155	0.134	0.132	0.103	0.156	0.092
	土石流警戒	0.256	0.328	0.241	0.259	0.273	0.304	0.275	0.215
	淹水警戒	0.108	0.081	0.094	0.157	0.158	0.242	0.156	0.105
	撤離通知	0.329	0.360	0.314	0.339	0.273	0.267	0.206	0.458
	社區有災害潛勢	0.167	0.167	0.196	0.110	0.164	0.084	0.207	0.130
過去經驗	曾經受災	0.315	0.219	0.296	0.386	0.227	0.129	0.256	0.222
	曾疏散，但無災害發生	0.102	0.109	0.087	0.135	0.081	0.089	0.089	0.055
	易成孤島	0.222	0.137	0.259	0.169	0.255	0.391	0.195	0.321
	防災演練或宣導	0.261	0.432	0.261	0.207	0.255	0.284	0.230	0.268
	與以往颱風比較	0.101	0.102	0.096	0.104	0.182	0.106	0.230	0.134
環境現況	風雨增強	0.150	0.200	0.123	0.195	0.191	0.446	0.173	0.102
	災情傳出	0.311	0.308	0.278	0.370	0.322	0.227	0.418	0.166
	鄰居已疏散	0.256	0.357	0.239	0.245	0.328	0.193	0.281	0.506
	日間或夜間	0.283	0.135	0.360	0.189	0.160	0.135	0.128	0.226
避難處所	距離遠近	0.234	0.200	0.189	0.359	0.256	0.388	0.269	0.159
	食宿條件	0.132	0.200	0.097	0.206	0.157	0.224	0.146	0.134
	安全性	0.634	0.600	0.714	0.435	0.587	0.388	0.585	0.708
家庭與經濟	家庭成員	0.477	0.143	0.489	0.588	0.548	0.536	0.648	0.316
	影響收入	0.229	0.429	0.231	0.161	0.210	0.271	0.150	0.325
	財物損失	0.293	0.429	0.280	0.251	0.242	0.194	0.202	0.359

註：本表以各層級群組因子間之相對權重表示，黑體字為相對重要因子（權重和已逾或已接近 50%）。

(2) 無疏散避難經驗之民眾調查結果

調查結果顯示,無疏散經驗民眾在層級一之疏散避難決策因子權重,與有疏散避難經驗民眾之調查結果幾乎完全一致,在不同區位之比對分析下,亦與有疏散經驗民眾之調查結果相似,呈現地域性的差異。

在層級二「接獲警報」之決策因子項下,調查結果與有疏散經驗之民眾相似,「撤離通知」及「土石流警戒」亦為民眾最重視的二項警戒資訊。在「過去經驗」此項目下,「易成孤島」及「防災演練或宣導」為主要的二項決策因子,此部份為有疏散經驗民眾之調查結果略有不同,可能與無疏散經驗民眾多數亦無受災經驗有關;另較特別的是,都會周邊之無疏散經驗民眾反而比山區民眾更重視「易成孤島」此決策項目,或許與其職業或工作型態有關,導致對於交通中斷時間之忍受度較低。在「環境現況」方面,無疏散經驗民眾較重視「鄰居已疏散」及「災情傳出」此二項決策因子,且愈往山區「鄰居已疏散」此項決策因子所佔之權重愈高;此外,「日間或夜間」此決策因子,對於有無疏散經驗民眾之調查

結果差異較大,尤其是在淺山區域調查結果相差接近3倍,此部份可能也是後續進行社區防災教育宣導時加強的重點區域。在「避難處所」及「家庭與經濟」方面,整體來說大致與有疏散避難經驗民眾之調查結果類似。

3. 現行土石流警戒機制改進建議

為探討現行土石流警戒機制之優先改進方向,本研究亦於地方政府疏散決策因子之問卷中,請受訪者依其建議之優先順序排列,最後再採用序位法(即累積序位數目愈小者愈優先)評估優先順序。其問卷選項內容及說明如表9,調查結果如表10。

調查結果發現,對於縣市政府及鄉鎮公所而言,「提高警戒命中率」及「縮小警戒發布範圍」是最重要的二項改進方向,亦即對於地方政府而言是能否較精確地預測可能發生土砂災害的時間與位置,對於後續執行疏散避難等相關防災作為,是最迫切需要的資訊。而對於村里長而言,可能因其不易主動取得較詳細之警戒資訊,故其將「提供更詳細的警戒發布資訊」列為第一優先改進建議,未來相關單位進行基層防災教育訓練時,應可列為重點。

表 9 現行土石流警戒機制改進建議項目

Table 9 The proposal to improve the existing debris-flow warning system

項目	說明
降低警戒誤報率	警戒誤報率=已發布警戒但無災害發生之鄉鎮數/已發布警戒之鄉鎮數。 日本2008年之警戒誤報率約87.8%,台灣歷年平均約75.2%。
提高警戒命中率	警戒命中率=位於警戒區內且警戒發布後才發生之災害件數/災害總件數。 日本2008年之警戒命中率約53.2%,台灣歷年平均約45.4%。
縮小警戒發布範圍	日本目前土砂災害警戒發布之最小單元為市町村(等同於台灣的鄉鎮),但另提供5KM大小的網格式風險地圖,提醒那一個區塊災害發生風險較高。 台灣目前土石流警戒發布之最小單元為村里,但以Google地圖方式提供每一條土石流潛勢溪流之紅、黃警戒等級。
增加土石流災害警戒的適用範圍	日本目前土砂災害警戒適用範圍為土石流及淺層崩塌,不含地滑及深層崩塌。 台灣目前僅有土石流警戒。
提供更詳細的警戒發布資訊	例如除提供紅、黃警戒之等級外,另提供目前雨量、該地區歷年災例之雨量及災情狀況、後續預測雨量、附近地區之淹水及封路封橋資訊等。
其他	請填列明確需求。

表 10 現行土石流警戒機制優先改進建議調查結果

Table 10 The priority recommendation to improve the existing debris-flow warning system

建議優先改進順序	縣市				鄉鎮				村里			
	整體	都會周邊	淺山	深山	整體	都會周邊	淺山	深山	整體	都會周邊	淺山	深山
降低警戒誤報率	4	6	4	2	4	3	5	4	4	-	5	2
提高警戒命中率	1	5	1	1	2	2	3	1	2	-	2	4
縮小警戒發布範圍	2	3	2	2	1	1	1	1	4	-	4	5
增加土石流災害警戒的適用範圍	5	4	5	5	5	5	4	5	3	-	3	3
提供更詳細的警戒資訊	3	1	3	4	3	3	2	3	1	-	1	1
其他	6	2	6	6	6	6	6	6	6	-	6	6

此外，許多研究指出的「狼來了」效應（假警報，亦即已發布土砂災害警戒，但未有災害發生），在本次的調查中，似乎呈現影響不大的情形。例如，在表 5 地方政府疏散避難決策因子中，「警戒誤報率」之權重在「過去經驗」該層級下，僅佔 1 成，且對愈基層的單位而言，其權重愈小。同時，在表 8 民眾疏散避難決策因子中「曾疏散，但無災害發生」同樣也在「過去經驗」該層級中僅佔 1 成，對照表 10 之調查結果，「降低警戒誤報率」之優先順序也僅在第 4 位，是故未來在改善或評估警戒模式時，應以提高命中率為優先考量，以符實際需求。

四、結 論

儘管疏散避難已被公認為降低土砂災害的有效方式，但不論對於地方政府或是民眾而言，疏散避難決策實為一複雜的「不確定情況下之決策」。其困難在於，如何在時間壓力及諸多不確定因素的情況下，兼顧民眾安全及疏散成本（包含疏散時須增加的費用，以及因經濟活動停止造成的損失）作出適當的決策。

本研究經由歸納整理，已分別建立地方政府及民眾之疏散避難決策因子層級架構，並利用問卷訪談目前實際負責疏散避難決策之地方政府業務人員及已有疏散避難經驗之民眾，再以成對比較方式及 AHP 理論分析擷取各決策因子在前揭人員決策過程中所佔之權重，已初步建構地方政府及土石流潛勢地區民眾之疏散避難決策模型。研究結果顯示，不同層級（縣市、鄉鎮、村里）地方政府之疏散決策因子明顯不同，而不同區域（都會周邊、淺山、深山）之地方政府及民眾之疏散決策因子亦有顯著差異。研究結果亦發現，不論地方政府或是民眾，皆認為提高現行警戒模式之命中率，比降低誤報率來得重要。

經由本研究所建構之地方政府及土石流潛勢地區民眾疏散避難決策模型，除可清楚呈現各項決策因子之重要性，亦能從中發現現行防災工作尚待加強之處，例如現行土石流警戒系統對於小區域之適用性不足，造成愈基層單位對於土石流警戒資訊之參考度愈低；而不同區域民眾疏散避難決策之差異，亦可作為後續推動防災工作改進之方向。

此外，由於 AHP 法實為反映在現況條件下之決策因子，若現況條件有所改變時（例如，土砂災害警戒系統之精度已大幅提昇，或是已採取新的防災策略與作為），各決策因子之權重應會有所改變。故有關決策因

子之問卷調查，應定期更新，同時也可檢視經過調整後之防災策略是否已達成預期目標。

事實上，研究結果亦顯示，山區土砂災害疏散避難決策所考量的重點，不僅只有警戒資訊，尚包括時間、空間及社區現況等多重複雜因素，故若僅單純發展災害警戒系統（如土石流、水災、道路橋梁警戒等），並不足以協助地方政府或民眾在災害期間作出正確的疏散避難決策。因此，面對山區日趨複雜的災害型態（例如莫拉克颱風期間發生的複合型土砂災害），建立土砂災害疏散避難決策支援系統應是未來防災的重點工作之一，而本研究所建構的疏散避難決策模式亦可作發展初期之基礎資料。此外，國外目前有關颶風災害之疏散避難決策支援系統，大多僅考量沿海地區民眾疏散問題；相對而言，國內面臨之颱風豪雨期間山區民眾疏散決策所需考量之狀況更為複雜。同時，由本研究結果亦可看出，山區疏散決策受地理環境差異之影響甚大，故未來發展疏散避難決策支援系統時，建議宜以村里為單元，並依不同地方政府層級作不同之規劃。

參考文獻

- [1] 水土保持局 (2012)，土石流防災資訊網，上網日期：2012/11/3。檢自：<http://246.swcb.gov.tw>。(Soil and Water Conservation Bureau (SWCB) (2012). *Debris flow disaster prevention website*. (<http://246eng.swcb.gov.tw>) (2012/11/3)(in Chinese))
- [2] 天野篤、高山陶子 (2006)，「土砂災害と防災情報～台風 0514 号災害の避難に学ぶ～」，日本地すべり学会誌，43(6)，370-375。(AMANO, A. and TAKAYAMA, T. (2006). "On the situation of early warning information for sediment-related disasters ~Teachings of evacuation at T0514 disaster~." *Journal of the Japan Landslide Society*, 43(6), 370-375. (in Japanese))
- [3] 牛山素行、今村文彦、寶馨 (2003)，「颱風 0206 号接近時の住民の災害対応の實態と課題」，京都大学防災研究所年報，46(B)，249-262。(Ushiyama, M., Imamura, F., and Takara, K. (2003). "Investigation of people's behavior in the highly flood disaster information ago - A case study on the typhoon No.0206 July, 2002." *Annals of Disaster Prevention Research Institute Kyoto University*, 46(B), 249-262. (in Japanese))

- [4] 牛山素行 (2012), 「情報による土砂災害犠牲者の軽減可能性について」, 平成 24 年度砂防学会研究発表會概要集, 138-139。(Ushiyama, M. (2012). "The possibility of reducing sediment disaster victims based on information." *Proceedings of Conference of Japan Society of Erosion Control Engineering 2012*, 138-139 (in Japanese))
- [5] 井良沢道也、遠藤康多佳 (2010), 「2002 年 7 月豪雨により発生した釜石市土砂災害の住民意識調査」, 岩大演報, 41, 259-272。(Irasawa, M., and Endo, Y. (2010). "An opinion poll administered to Kamaishi City residents about at sediment disaster generated by rainfall in July 2002." *Journal of Iwate University*, 41, 259-272. (in Japanese))
- [6] 白仁徳 (2008), 「大規模災害下避難決策需求與支援之研究—大規模災害下弱勢族群之避難疏散需求與資源運籌決策支援之研究—以颱風土石流災害為例(ii)」, 行政院國家科學委員會, 台灣。(Pai, J.T. (2008). *The study of the evacuation of the disadvantage groups under large-scale disaster*. National Science Council, Taiwan. (in Chinese))
- [7] 行政院農業委員會 (2010), 「土石流防災疏散避難作業規定」。(Council of Agriculture (COA) (2010). *Directions Governing the evacuation for debris flow disaster*. (in Chinese))
- [8] 国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター(2010), 「土砂災害の警戒避難等における技術的課題について」, 第 23 回 (平成 22 年度) 砂防研究報告會第 3 分科會。(National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) (2010). "Studies of warning system and evacuation for sediment disaster." *23th Sabo research report*. (in Japanese))
- [9] 国土交通省河川局砂防部 (2007), 「土砂災害警戒避難ガイドライン」, 日本。(Department of Erosion and Sediment Control (DESC) (2007). *Guidelines of warning system and evacuation. Japan*. (in Japanese))
- [10] 岡本敦、富田陽子、水野正樹、林真一郎、西本晴男、石井靖雄 (2012), 「土砂災害警戒避難に関するデータ解析共同研究」, 国土技術政策総合研究所, 日本。(Okamoto, A., Tomita, Y., Mizuno, M., Hayashi, S., Nishimoto, H., Ishii, Y., and Chiba, S. (2012). *The data analysis regarding the warning and evacuation information against sediment-related disaster*. National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM), Japan (in Japanese))
- [11] 林建元 (2007), 「大規模災害下避難疏散決策需求與支援之研究—以颱風土石流易發生地區為例—總計畫暨子計畫：大規模災害下商業人口之避難疏散決策需求與支援之研究 (I)」, 行政院國家科學委員會, 台灣。(Lin, C.Y. (2007). *The study of evacuation of commercial population under large-scale disaster*. National Science Council, Taiwan. (in Chinese))
- [12] 吳杰穎 (2009), 「不同土石流潛勢區居民疏散避難決策與行為之比較」, 坡地防災學報, 8(1), 1-14。(Wu, J.Y. (2009). "The Comparative Study of Residential Evacuation Decision and Behavior for the Vulnerable Debris Flow Areas." *Journal of Slope Land Hazard Prevention*, 8(1), 1-14. (in Chinese))
- [13] 陳亮全、吳杰穎、劉怡君、李宜樺 (2007), 「土石流潛勢區內居民疏散避難行為與決策之研究—以泰利颱風為例」, 中華水土保持學報, 38(4), 325-340。(Chen, L.C., Wu, J.Y., Liu, Y.C. and Lee, I.H. (2007). "A study of residential evacuation behavior and decision-making in a vulnerable debris flow area: The case of typhoon Talim." *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 38(4), 325-340. (in Chinese))
- [14] 陳亮全、馬士元 (2008), 「大規模災害下避難決策需求與支援之研究—以颱風土石流易發生地區為例—子計畫—大規模災害下政府避難疏散決策及執行過程之研究 (II)」, 行政院國家科學委員會, 台灣。(Chen, L.C. and Mars, S. (2008). *The study of evacuation decision of government under large-scale disaster*. National Science Council, Taiwan. (in Chinese))
- [15] 陳振宇 (2012), 「以雨量為基礎之土砂災害警戒系統成效評估—以台灣及日本為例」, 中華水土保持學報, 44(1), 49-64。(Chen, C.Y. (2012). "Evaluation of Rainfall-Based Sediment Disaster Warning System: Case Study in Taiwan and Japan." *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*, 44(1), 49-64. (in Chinese))
- [16] 簡禎富 (2005), 「決策分析與管理」, 雙葉書廊有限公司, 台灣。(Chien, C.F. (2005). *Decision*

- making and management*, Yen Yen Book Gallery Co. Ltd., Taiwan. (in Chinese))
- [17] Baker, E.J. (1991). "Hurricane evacuation behavior." *International journal of mass emergencies and disasters*, 9(2), 287.
- [18] Chen, S.C., Ferng, J.W., Wang, Y.T., Wu, T.Y., and Wang, J.J. (2008). "Assessment of disaster resilience capacity of hillslope communities with high risk for geological hazards." *Engineering Geology*, 98(3-4), 86-101.
- [19] Dash, N., and Gladwin, H. (2007). "Evacuation decision making and behavioral responses: Individual and household." *Natural Hazards Review*, 8(3), 69-77.
- [20] Dow, K., and Cutter, S.L. (1998). "Crying wolf: Repeat responses to hurricane evacuation orders." *Coastal Management*, 26(4), 237-252.
- [21] Flynn, C.B.(1979). *Three Mile Island Telephone Survey*, Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-1093, Washington D.C .
- [22] Gladwin, H., and Peacock, W.G. (1997). "Warning and Evacuation: A Night of Hard Choices." *Hurricane Andrew: Gender, Ethnicity and the Sociology of Disasters*, W.G. Peacock, B.H. Morrow, and H. Gladwin, eds., Routledge, London, 52-73.
- [23] Lindell, M., and Prater, C. (2007). "A hurricane evacuation management decision support system (EMDSS)." *Natural Hazards*, 40(3), 627-634.
- [24] Lindell, M. K., Lu, J.C., and Prater, C.S. (2005). "Household Decision Making and Evacuation in Response to Hurricane Lili." *Natural Hazards Review*, 6(4), 171-179.
- [25] 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*, 7(3), 325-338.
- [26] Perry, R.W. (1979). "Evacuation decision-making in natural disasters." *Mass Emergencies*, 4, 25-38.
- [27] Regnier, E. (2008). "Public Evacuation Decisions and Hurricane Track Uncertainty." *Management Science*, 54(1), 16-28.
- [28] Sataty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, John Wiley, New York.
- [29] Whitehead, J.C., Edwards, B., Van Willigen, M., Maiolo, J.R., Wilson, K., and Smith, K.T. (2000). "Heading for higher ground: factors affecting real and hypothetical hurricane evacuation behavior." *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, 2(4), 133-142.
- [30] Wolshon, B., Urbina, E., and Levitan, M. (2001). *National review of hurricane evacuation plans and policies*, LSU Hurricane Center.
- [31] Zeigler, D.J., and Johnson, J.H. (1984). "EVACUATION BEHAVIOR IN RESPONSE TO NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENTS." *The Professional Geographer*, 36(2), 207-215.

2013 年 01 月 30 日 收稿

2013 年 03 月 01 日 修正

2013 年 03 月 13 日 接受

(本文開放討論至 2013 年 12 月 31 日)