

臺灣颱風洪災損評估系統之建置與應用

The Development and Application of Taiwan Typhoon Loss Assessment System (TLAS)

國家災害防救科技中心
社會經濟組
副研究員

李欣輯*

Hsin-Chi Li

國家災害防救科技中心
社會經濟組
佐理研究員

陳怡臻

Yi-Chen Che

國家災害防救科技中心
社會資訊組
佐理研究員

郭玫君

Mei-Jun Guo

摘要

2009 年莫拉克颱風挾帶的巨大雨量造成台灣颱風史上最嚴重的災情，經過「莫拉克颱風災後重建推動委員會」的調查及統計，經濟總損失近新台幣 2 仟億元。然而由於莫拉克颱風為大規模的複合型災害，損失調查及評估的工作相當耗時費力，亦難對於災後復原工作提供即時的助益。故本文依據過去文獻研究及各部會歷年的災損調查成果，利用地理資訊系統發展各類淹水災害之快速損失計算模組，命名為「臺灣颱風洪災損評估系統(簡稱 TLAS Taiwan)」。此系統之建置對於災前的工程效益分析、風險評估，甚至是災後的損失計算等均有很大的助益，可作為國內各項防減災工作之重要評估工具。

關鍵詞：颱風災害，損失評估，風險分析，臺灣颱風洪災損評估系統。

ABSTRACT

Typhoon Morako 2009 caused the most serious damage in the historical typhoon event in Taiwan. The total economic loss was nearly NT 200 billion after one and half year survey by central government. But due to the severe disaster consequence, all kind of past-disaster recovery works had been started after just one month of the disaster, including recovery budgets and human resources. Meanwhile, the national wide loss survey of typhoon Morako become too late to be consulted by the recovery needs. Therefore, the efficiency of loss assessment plays a very important role.

This paper utilizes all kinds of loss researches and empirical survey data in Taiwan, mainly including land loss, household loss, agricultural loss, industry and commerce loss,

*通訊作者，國家災害防救科技中心社會經濟組副研究員，231 新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓，hsinchi@ncdr.nat.gov.tw

transportation and hydraulic use, and combine the technology of geographic information system, to built a calculated system, named Taiwan Typhoon Loss Assessment System, is called TLAS Taiwan.

This automatically evaluating system not only can estimate loss quickly after disaster impact, and if the numerical scheme can simulate flood with mitigation measures, this method can further be used to obtain the financial gain or loss of that mitigation measures. Therefore, TLAS Taiwan can be used in any real engineering application so that there will be a standard or reference value associated with future natural hazard.

Keywords: Typhoon disaster, Loss assessment, Risk analysis, TLAS.

一、前言

2009年莫拉克颱風挾帶的豐沛水氣，3天降下2,854釐米的雨量，相當於台灣一年平均雨量，造成台灣中南部及東南部河川流域近五十年最嚴重之颱洪災情。根據行政院災害防救委員會統計，莫拉克風災投入救援出動人力高達105,726人次、共計搶救52,717人，物質運送超過50萬噸，政府民間後續投入之大量人力及物力進行更是難以估算，可見災情之慘重。

依據災後勘災報告(李維森等，2010；陳振川，2011)，莫拉克颱風共造成全台造成699人死亡與失蹤，房屋毀損不堪居住1,766戶；農林漁牧產業、觀光設施、工商業等產業損失279.4億元。淹水總面積達83,220公頃，淹水50cm以上戶數共140,424戶，再加上坡地與河川災害戶，合計全台受災戶數共計146,739戶，受災人數共計510,668人。另外，莫拉克風災所引致的坡地災害(含落石坍方或土石流)共計有1,690件，直接或間接造成全台風災196座橋樑阻斷或受損，6大公路系統受災路段合計128處，里程長達653公里，且因崩塌於山區產生之鬆動土石高達12億立方公尺，造成山區攔砂壩淤滿、攔砂功能限縮，水庫淤積(南化、曾文)等災害。

最後經過「莫拉克颱風災後重建推動委員會」災後近一年半的調查及統計，得知全台經濟總損失近2千億元。但由於莫拉克這類型之大規模複合型災害，災後的損失評估及調查極為不

易，耗時且費力，而相較於災後重建的迫急性來說，目前國內災損評估方式，較難提供即時的助益。然而損失評估的結果實為災後重建重要的參考，因此本研究期望結合國內過去颱洪損失相關研究，並運用地理資訊統的技術，發展「臺灣颱洪災損評估系統(簡稱TLAS Taiwan)」，透過自動化的計算模組、圖型輸出展示平台等功能，提供即時災害損失評估之工具，供各項防災災工作之應用。

二、文獻分析

2.1 災害損失之研究

根據Hicks(1946)補償變量的定義，損失是指能使受災資本(capital)的所有權人保持與未受災時相同的福利水準，所需給予該人之最小補償金額。要使受災資本的所有權人能回復到未受災時相同的福利水準，有三種作法，一是使該受災資本恢復原狀(restoration)，二是以新的資本替代受災的資本(replacement)，三是直接提供該受災資本原來提供的服務(services)。經濟學家會取這三種成本之中最小者為真正的洪災損失(Grigg, Heiweg, 1974; Freeman, 1993)，因為這是使得受災資本的所有權人能回復到未受災時相同的福利水準之最具成本有效性的作法，若有較低機會成本的作法以達到相同的目標，就不應採用較高成本的作法。

以目前國內所有損失評估的研究來說，多數採用前兩種方法，主要在於第三種以機會成本概

念來衡量服務價值的方法並不易量化，故多半以恢復原狀或更新資本的方法分析。但這兩種方法所估計的準確度，又與各國的社經條件、政府操作模式及民眾復原行為有所不同。因此，要建立國內的損失評估系統，就必須以本土化的資料為主。以下分成四個面向來探討國內相關的損失文獻：

1. 家戶損失：國內家戶損失評估方法主要有兩種，一是以次級資料來計算家戶損失曲線(張齡方、蘇明道，2001；王如意，2002、2003；Liu, K.F. etc., 2009；李欣輯、劉格非，2010)；第二種方式是採用問卷進行實際的家戶調查(張靜貞等，2003；Shaw, D etc, 2007；Li, H.C. etc, 2008；李欣輯、楊惠萱，2011)。第一種方式多半受限於經費或實際資料取得的困難，例如範圍太大或是數量太多等，因此採用次級資料方式來蒐集(如主計處人口資料、家庭收支調查)，優點是省時省力可以快速取得分析資料，缺點就是受限於制式調查的內容，無法新增或進一步分析其他變項。第二種方式即可透過問卷的設計，較完整了解家戶損失與其防災行為之關係，藉以建立損失模型，此方式的優點在於透過第一手的資料分析，評估的精度較高，但缺點在於相當的費時費力。
2. 農業損失：國內過去對於颱風災害農業損失之研究並不多，主要是因為農委會每次於災後均會快速統計各項農業損失，除了少數學者為了針對特定的農作物進行分析外(朱蘭芬等，2007)，其餘農業損失的統計均以農委會公佈的資料為主，再依據此資料作細部的分派計算(陳吉仲，2003；Liu, K.F. etc., 2009；李欣輯、劉格非，2010)。
3. 工商業損失：由於工商損失的資料會直接影響各事業單位的經營利益，故多半列為公司機密，因此國內過去對於工商的損失研究多半是依據主計處每五年一次的工商普查資料，用以建立損失與受災面積之分析曲線(Liu, K.F. etc., 2009；李欣輯、劉格非，2010)；或是依據區域性營利單位申報之損失資料(例如稅籍資料)來推估，並藉以建立損失與淹水深度之

分析曲線(王如意，2002、2003；糠瑞林等，2005)。只有少數學者由於是小區域的研究，因此採用問卷訪問的方式來進行調查(張靜貞等，2007)，但這類型調查常受限於樣本數不足，而影響評估的精度。

4. 公設損失：依據土地利用之分類，公設包括公共建物(如政府機關、學校、醫院、社會福利設施)、維生設施(如水廠、電廠、加油站)、遊憩設施(如博物館、遊樂區、公園等)及各類水利設施(道路、河道、堤防、水閘門、抽水站)等，這類的損失多是依據公部門每年公布的資料來估算(例如：公共工程委會)，再進行逐項的損失推估(張靜貞，2004；Liu, K.F. etc., 2009)。

2.2 國內損失系統之發展

十多年前，臺灣為了加強國內災害防救的分析能力，自美國引進美國聯邦緊急措施署(FEMA)於1997年發布的商用損失及風險評估系統，稱為HAZUS 97，並將各模組系統以本土的資料予以修正，重命名為HAZ-Taiwan，唯此分析系統目前只應用於地震災害損失估計，並未包含颱風所造成的淹水及坡地災害。

國內最早的颱風災害損失分析系統為王如意(2002, 2003)以台灣近四十年共45場的颱風事件的損失資料、北區國稅局資料、土地使用分區資料、台北縣市納莉颱風損失資料、產業類型資料、戶口及住宅普查資料，據以建立北部地區之水災損失評估系統。此系統包括淹水潛勢分析、災損調查、災損分析、危險評估分析等四大模組，並透過網際網路的操作方式提供相關的決策資訊。後來其他學者發展的系統雖也是應用各種調查及土地使用資料來計算，但更強化地理資訊系統的模組開發功能，作為資料建置、管理與分析之工具，同時也作為結果展示的平台(蘇明道等，2002；Kang, J.L. etc., 2005；蔣偉寧等，2005)。

然由於上述損失系統多半是依據區域性的資料建立，且有些土地利用資料已較老舊，故較難符合現階段全台損失估算的需要。因此本研究依據過去文獻研究、國家災害防救科技中心及各

部會歷年的災損調查成果，並結合地理資訊系統技術，嘗試建立全台適用之災害損失評估系統，藉以提升颱風災損評估效率。

三、即時損失評估系統之建立

TLAS Taiwan 建置軟體規模為 Microsoft Windows XP SP3、Microsoft.NET Framework 3.5 SP1 及 ESRI ArcGIS Desktop 10 地理資訊系統，建置的內容包括空間的彙整輸入與分析、損失計算模組、分析與展示三項功能。其中空間的彙整輸入與分析為最基本但卻是最重要的工作，包括彙整系統所要之地理圖資，例如行政區圖、水系流域圖、地形圖、歷年災害圖、門牌資料及各類土地利用圖層等，建立成可以隨時取用之應用圖資的資料庫，同時為了加快系統計算速度，亦須事先進行圖資合併或分割的工作，例如土地利用及行政區圖資之可以事前合併，簡化系統計算流程及時間。另外損失模組及系統展示介面的建置內容，均利用軟體的內建功能開發成可自動化計算的模組，取代過去相當耗時費力的人工評估流程，此即為 TLAS Taiwan 重要的核心價值，以下就特別針對此二功能進行說明：

3.1 損失計算模組建置

本研究災損計算模組是依據國內各類颱風

災害損失相關研究、部會署歷年損失統計資料，及國家災害防救科技中心從 2005 至 2012 年針對颱風災害所進行的災損調查資料所建立。同時依據土地法(圖 1)、國土測繪中心的土地利用圖資(圖 2)，並參照莫拉克災後的調查報告(李維森等，2010)，將所有損失項目歸納成七個模組：影響人數估算模組、土地流失模組、住宅損失模組、農林漁牧模組、工商服務損失模組、公用建物損失模組、交通及水利設施損失模組(表 1)，各項損失模組細項分類架構如圖 3 所示。

土地法	土地利用型態	內容	
第一類	建築用地	土地法中是指住宅、商業、工業、文教及行政等建物的用地。	
	農耕用地	指水田、旱田、果園、茶園、檳榔等。	
第二類	林業用地	開發	竹林、伐木地等等。
		未開發	指未開發之土地。如闊葉木、針葉林、灌木林、草地、崩塌地、荒地等類。
	休閒旅遊用地	如渡假村、森林遊樂區等。	
	其他生產用地	如礦地、牧地、鹽地等生產的用地，都歸此類。	
第三類	交通水利用地	如道路、橋樑、溝渠、水道、堤堰等等。	
第四類	其他	未歸入上述幾類的用地，如沙漠、雪山等等。	

圖 1 土地法之分類

代碼	類別	說明	面積	佔比	代碼	類別	說明	面積	佔比	代碼	類別	說明	面積	佔比	代碼	類別	說明	面積	佔比					
0101	第一類	建築用地	102	0.05	0102	第一類	農耕用地	265	1.31	0103	第一類	林業用地	205	0.99	0104	第一類	交通水利用地	204	0.99	0105	第一類	其他	153	0.73
010101	第一類	住宅	102	0.05	010201	第一類	水田	265	1.31	010301	第一類	針葉林	205	0.99	010401	第一類	道路	204	0.99	010501	第一類	沙漠	153	0.73
010102	第一類	商業	102	0.05	010202	第一類	旱田	265	1.31	010302	第一類	闊葉林	205	0.99	010402	第一類	橋樑	204	0.99	010502	第一類	雪山	153	0.73
010103	第一類	工業	102	0.05	010203	第一類	果園	265	1.31	010303	第一類	草地	205	0.99	010403	第一類	溝渠	204	0.99	010503	第一類	崩塌地	153	0.73
010104	第一類	文教	102	0.05	010204	第一類	茶園	265	1.31	010304	第一類	荒地	205	0.99	010404	第一類	水利設施	204	0.99	010504	第一類	其他	153	0.73
010105	第一類	行政	102	0.05	010205	第一類	其他	265	1.31	010305	第一類	其他	205	0.99	010405	第一類	其他	204	0.99	010505	第一類	其他	153	0.73

國土測繪中心提供

圖 2 所有土地利用分類

表 1 損失資料庫對應清單

模組	計算公式	損失參照資料	
影響人數估算模組	$INP = \sum_{i=1}^N HN_i \times LA_i$	INP：影響戶數 HN _i ：住宅門牌點位(戶) LA _i ：影響範圍 I：縣市類別	內政部之門牌點位資料(99年、100年、101年)
土地流失模組	$LL = \sum_{i=1}^N LV_i \times LLA_i$	LL：土地損失(元) LV：土地價值(元/平方公尺) LLA：影響面積(平方公尺) i：土地類別	1. 各縣之土地公告現值 2. 參考文獻：(Liu, 2009)
住宅損失模組(水災)	$Ln(\text{水災損失}) = -0.421 + 1.875Ln(\text{淹水深度}) - 1.06(\text{房屋自有}) + 0.736Ln(\text{家戶人口數}) + 0.637Ln(\text{淹水延時}) - 0.834(\text{住居類型}) - 0.028(\text{居住年數}) + 1.159Ln(\text{收入})$		1. NCDR 自行研發之水災模組 2. 參考文獻：(Li, 2008)
農林漁牧模組	$CL = \sum_i \alpha_i [CPA_i \times CLA_i]$	CL：地上(作)物損失(元) CPA _i ：單位面積地上(作)物價值(元/平方公尺) CLA _i ：地上(作)物受影響面積(公頃) α _i ：修正係數 i：地上物類別	1991-2011 重大颱風災害農林漁牧損失資料(農委會)
工商服務模組	$ICL = \sum_i \alpha_i [ICP_i \times ICLA_i]$	ICL：工商損失值(元) ICP _i ：單位面積產值(元/平方公尺) ICLA _i ：工商用地受影響面積(平方公尺) α：修正係數 i：工商類別	2001、2006、2011 年之工商業普查資料(主計處)
公用建物模組	$BL = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \alpha_i [BC_{ij} \times BLA_{ij}]$	BL：公用建物損失(元) BC _{ij} ：建築成本(元/平方公尺) BLA _{ij} ：公用建物受影響面積(平方公尺) α _i ：修正係數 i：縣市類別 j：建物類別	1. 2001-2011 年台灣地區住宅類建築造價參考表(中華民國產物保險商業同業公會) 2. 參考文獻：(Liu, 2009)
交通及水利設施模組	$THL = \sum_{i=1}^N \alpha_i [SUC_i \times SLN_i]$	THL：交通及水利設施損失(元) SUC：結構物單位成本(元/公尺或元/平方公尺) SLN：結構物受損單位(公尺或平方公尺) α _i ：修正係數 i：結構物類別	1. 歷年颱風事件工程復建經費(公共工程委員會) 2. 88 風災後各地水利會搶修復建工程經費 參考文獻：(Liu, 2009)



圖 3 損失計算模組之架構

表 1 的影響人數估算模組是依據內政部之門牌點位資料(99 年、100 年、101 年)以家戶單位進行分析，只要確定淹水的範圍，就可以利用最新的門牌點位計算出受淹的家戶。目前系統更新至 101 年的門牌點位資料，故可求得相當精準的影響戶數。住宅損失模組依據實際調查料驗證的結果(Li, H.C., 2008)，其損失計算的準確率為 84%，就社會科學的涉及人類活動的分析模型而言，解釋力已算相當不錯。土地流失模組的計算，是依據各地區實際的公告現值來計算，雖然與實際市價有些差距，但因這是政府公告的資料，故較有公信力。農林漁牧模組是直接依據農委會 1991-2011 重大颱風災害農林漁牧損失的平均資料來計算農業損失，再作細部的分派計算。工商服務損失模組的計算是依據主計每五年公佈一次的工商業普查資料，推估受災面積範圍內平均工商業產值損失，目前已系統更新至 2011 年最新公佈的資料。至於在公用建物損失模組部份，由於實際公共建物的損失估算困難，故依據損失

理論(Shaw, D. et. al., 2007)過去研究多半以重建成本來應反損失，因此本系依據台灣地區 2001-2011 住宅類建築造價資料(中華民國產物保險商業同業公會)進行損失推估。最後在交通及水利設施損失模組部份，依據過去文獻(Liu, K.F. etc., 2009)，這部份的損失多依據公部門每年公布的資料來估算(例如：公共工程委會)，因此亦參照政府公告各類公共工程實際的損失來進行推估。

3.2 系統分析及展示介面

TLAS Taiwan 操作畫面之主要功能可分成三欄的視窗(如圖 4 所示)，第一欄(圖中紅字 1)為災損分析及查詢視窗，第二欄(圖中紅字 2)為圖資表列視窗，最後一欄(圖中紅字 3)為結果展示視窗。第二及第三欄的功能為資料整理及展示，主要的計算功能為第一欄。在第一欄的分析功能包括災害類別選擇(本研究目前以水災損失為主)、分析年份選取(不同年份輸入的變數資料不同)、

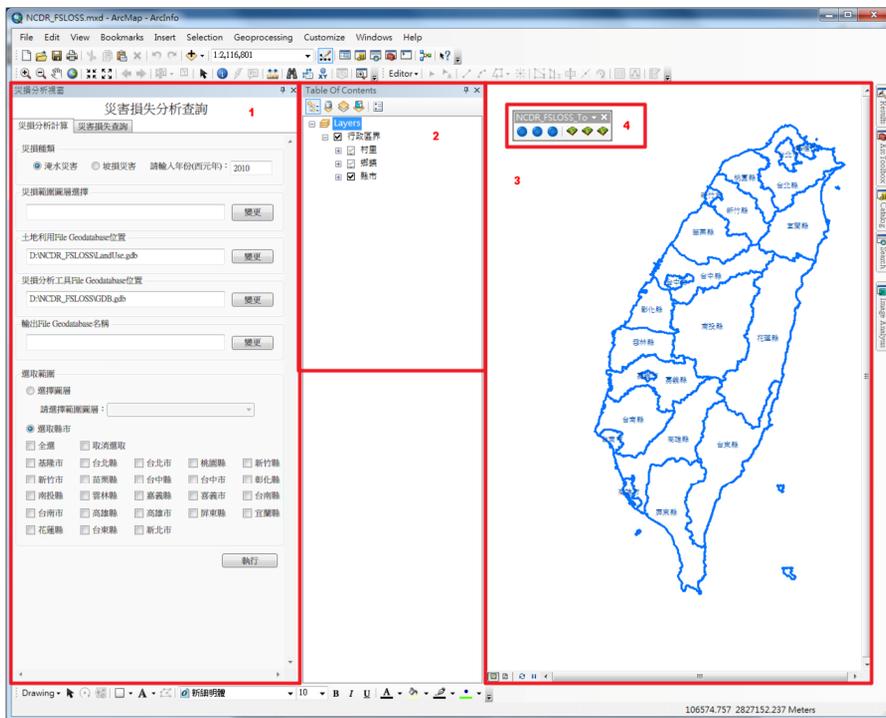


圖 4 臺灣颱風災損評估系統操作及展示介面

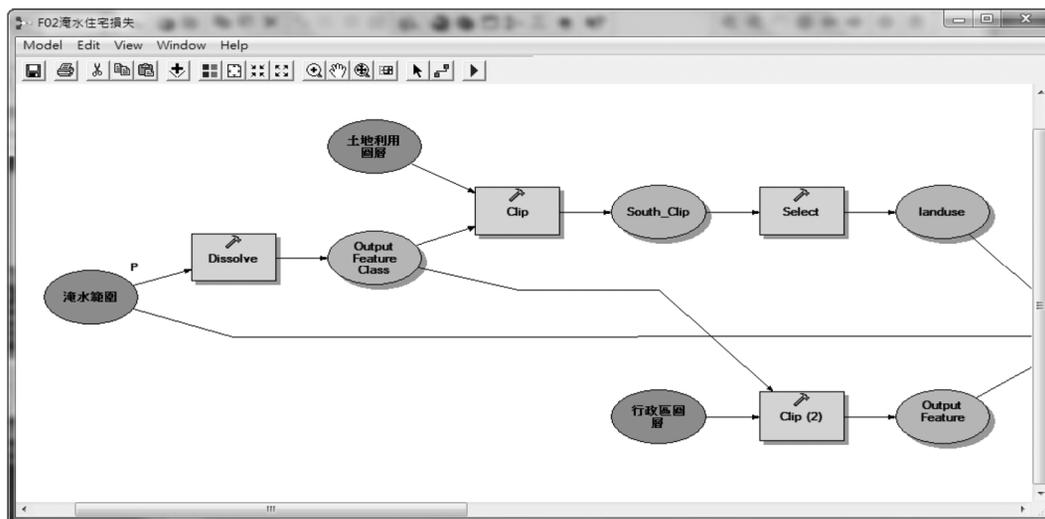


圖 5 系統內建計算模組

輸入輸出圖程選項(匯入災害影響範圍)及分析範圍選擇(自訂範圍或依行政區)。在完成上述的分析設定後，TLAS Taiwan 的內建模組功能會依據設定的計算流程(如圖 5)自動完成計算。然而，由於本系統的計算模式是以土地利用分類為依據，只要在計算範圍內的所有被水淹到的土地，系統都會予分析，並歸類至對應之損失模組，然後進行損失計算。最後系統會以圖層的方式展示計算結果(如圖 4 第三欄)，使用者可依據不同的縣市、鄉鎮市區及土地利用類別的方式來展示。

四、TLAS Taiwan 於防災工作之應用

一般來說，災害損失評估工作相當耗時且費力，特別是大規模災害，每次災後必須出動大量的人力及物力至災區進行調查，例如：國科會在莫拉克災害事件中，共動員 14 所大學，超過 200 人進行全面性災情普查及重點勘查(李維森等，2010)，方能獲得詳實及完整的資料。然而國內也不是所有的災害事件均會動員大量的人力去調查，規模較小的災害就直接參考部會署的調查報告。只是國內目前並未有負責單位於每次災後統一彙整災害的損失，除了「莫拉克颱風災後重建推動委員會」特別針對莫拉克風災進行近一年半的調查及損失統計外，其餘的損失資料均分散在

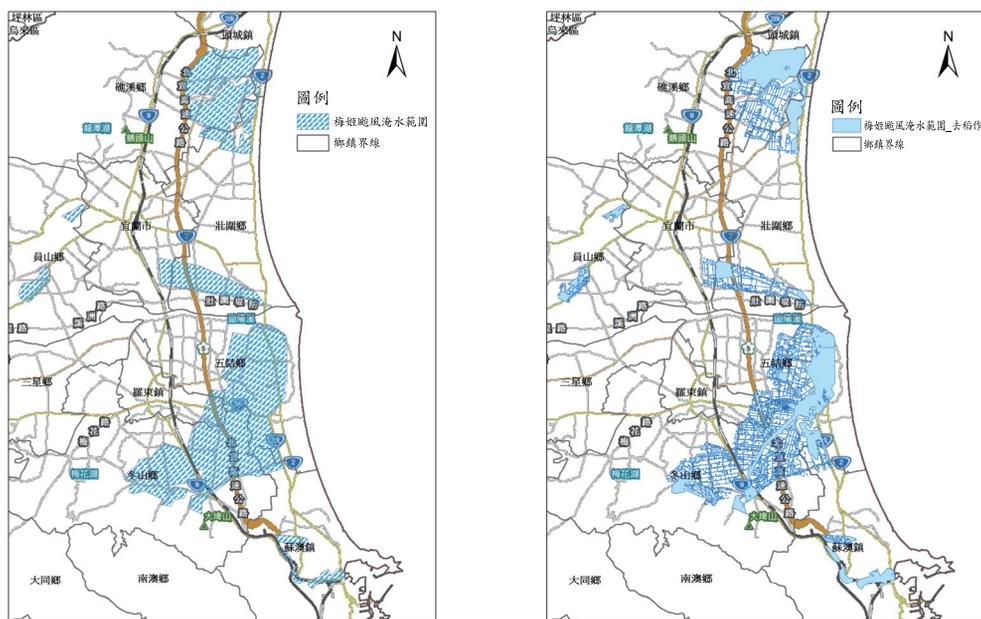
各業務權屬的機關中，例如農業損失屬農委會、土石流災害屬水保局、水利損失屬水利署、非土石流的坡地災害屬地調所、道路橋梁損失屬交通部，校設損失屬教育部等。故過去災後所彙整的損失資料並不完整，均只是部份災損統計。

儘管如此，上述的調查工作仍是相當重要的，且亦須持續的進行，以供未來防減災工作之規劃基礎。但是若就災後重建的急迫性而言，目前國內災損評估方式或損失彙整的方式，實難於災後提供即時且全面性的助益，而 TLAS Taiwan 的建置就是為了彌補災損資訊提供不足的問題。

TLAS Taiwan 所建置的自動損失計算模組，可以快速產製初步的損失評估結果，即時提供災後重建或人力物力配置之參考。除了災後損失評估之外，TLAS Taiwan 亦可應用於災前工程效益分析，作為防洪治理工程最佳方案之選擇工具。以下就針對 TLAS Taiwan 依災後損失評估及災前治理工程之成本效益分析應用進行細部說明：

4.1 災後損失推估-以宜蘭縣梅姬颱風為例

2010 年 10 月梅姬(Megi)颱風在外圍環流和東北季風作用下產生共伴效應，為東北部地區聚積了強烈的對流雲系，其中又以 21 日的降雨量最大。蘇澳地區測得的當日累積降雨為



(a) 宜蘭縣梅姬颱風淹水範圍

(b) 宜蘭縣梅姬颱風淹水範圍(扣除稻作面積)

圖 6 宜蘭縣梅姬颱風淹水範圍分布圖

985.5 mm，整場事件宜蘭地區最大累積雨量超過 1500 mm，造成縣內多起嚴重的土砂災害及淹水災情。

根據水利規劃試驗所之梅姬颱風淹水範圍調查結果(圖 6(a))，淹水鄉鎮遍及頭城鎮、礁溪鄉、壯圍鄉、宜蘭市、員山鄉、五結鄉、羅東鎮、冬山鄉和蘇澳鎮等 9 鄉鎮，面積約有 50 平方公里，淹水面積較大的鄉鎮為礁溪鄉、五結鄉、冬山鄉，但影響戶數多且災情較嚴重的為蘇澳鎮，平均淹水深度約 0.5 到 1 公尺左右(葉克家等，2011)。梅姬颱風淹水區內主要的土地利用為農作用地約佔 6 成多，1 成為水產養殖用地，其次是交通、住宅和其他用地各接近 1 成，其中農作用地又以稻作面積比例最高，約 28 平方公里。然而稻米常會配合節氣、地理環境或政府政策而耕作，依據第 1823 期臺灣地區稻作生育情形旬報資料(圖 7)，梅姬颱風侵襲時，宜蘭稻作正處於休耕狀態，因此儘管農地淹水但不會造成損失。

本研究依水利署調查之梅姬颱風淹水範圍為分析依據，在考量淹水範圍的水稻面積比例極高，且均處於休耕狀態，故本研究在計算時即去

除淹水範圍中的稻作土地利用面積(圖 6(b))，以減少 TLAS Taiwan 評估結果之誤差。由於梅姬颱風除了低窪地區和蘇澳地區水深有高達 3 公尺的紀錄外，平均淹水深度多介於 0.5~1 公尺間，因此本研究初步以 1 公尺水深進行災損計算與校驗。根據 TLAS Taiwan 計算結果顯示，梅姬颱風災害損失合計約 14 億~22 億元(表 2)，主要損失類別包括住宅(約 6~9 億元)、商業(約 3,000 萬)、工業(約 2,000 萬)、農業(約 3300~6600 萬元)、交通道路(約 1~3 億元)、休閒設施(1~3 億元)、水利用地(1~3 億元)等。

由於各災害類型皆有其權責單位負責調查損失，如水利署會針對轄區淹水範圍之水利設施進行損失調查，農作物損失則由農委會負責統計，因此調查項目及結果總是分散且無整合，加上損失的統計單位也不盡相同，容易造成後續 TLAS Taiwan 驗證工作上的困難。然目前除了農委會之梅姬颱風農業損失金額外，均未見其他權責單位公佈的相關的損失調查資料，故本研究先以農委會公佈之農損資料進行 TLAS Taiwan 農業模組之驗證。

台灣地區稻作生育情形旬報表(第 1821 期)

中華民國 99 年第 2 期作(10 月 1 日~10 月 10 日)

99 年 10 月 12 日

一、各縣市收穫面積及進度

單位：公頃

縣 市 別	計 畫 面 積	初 步 統 計 積 植 面 積	截 至 10 月 10 日 止 已 收 穫 面 積	收 穫 速 度 (%)	預 估 下 旬 收 穫 面 積	上 年 實 際 積 植 面 積
台北院轄市	259	258	-	-	-	245
台 北 縣	20	12	-	-	-	15
桃 園 縣	4,240	4,177	-	-	-	4158
新 竹 市	615	596	-	-	-	609
新 竹 縣	3,094	3,194	-	-	-	3153
苗 栗 縣	5,255	4,833	-	-	-	4909
台 中 市	696	802	-	-	-	826
台 中 縣	13,500	12,736	-	-	-	12734
彰 化 縣	21,246	21,116	108	0.51	67	20647
南 投 縣	2,400	2,373	120	5.06	5	2272
雲 林 縣	14,980	14,922	95	0.64	230	14491
嘉 義 市	770	700	-	-	-	672
嘉 義 縣	16,500	15,287	-	-	-	14615
台 南 市	300	298	50	16.78	70	306
台 南 縣	9,500	8,910	20	0.22	107	8684
高雄院轄市	5	0.44	-	-	-	2
高 雄 縣	750	620	68	10.90	114	642
屏 東 縣	1,270	1,201	1,100	91.60	81	1289
台 東 縣	6,255	6,150	-	-	-	6220
花 蓮 縣	7,525	7,816	-	-	-	7194
宜 蘭 縣	-	6	-	-	-	-
合 計	109,180	106,008	1,561	1.47	674	103682

圖 7 台灣地區稻作生育情形旬報表

表 2 宜蘭縣梅姬颱風 TLAS Taiwan 損失結果

單位：千元

土地利用別	地上物損失上限	地上物損失下限
農業用地	65,628	33,061
林業用地	4,809	2,422
交通用地	276,469	139,274
水利用地	287,074	144,616
工業	----	27,232
住宅	931,828	688,742
其他建築用地	123,476	62,202
商業	----	33,220
公設用地	210,262	105,921
遊憩用地	322,100	162,260
合計	2,221,650	1,398,955

根據農委會統計¹梅姬颱風造成全台灣整體農業損失高達 1 億 3,590 萬元，特別又以農產損失最高約 6,166 萬元，其次為漁產損失 4,527 萬元、畜禽損失 1,010 萬元、農田及農業設施 1,853 萬元、林產損失 23 萬元和畜禽設施 11 萬元。受災縣市中以宜蘭縣損失居冠，當地漁業損失慘重初步估計約 4,500 萬元，農產損失初步估計也近 3,200 萬元，畜禽損失約為 900 萬元，總農業產物損失將近 8,600 萬元。

TLAS Taiwan 計算結果顯示在扣除稻作面積後，淹水範圍內的農業土地利用類型以水產養殖面積最大約近 6 平方公里，一般農作面積約 3.5 平方公里，畜牧和農業附帶設施面積較少分別約

¹ http://www.coa.gov.tw/show_news.php?cat=show_news&serial=coa_diamond_20101023145732

表 3 梅姬颱風農業損失統計表

單位：千元

類別		全台總計	宜蘭縣	TLAS Taiwan 計算結果	
				損失上限	損失下限
合計		117,373	86,229	70,436	35,482
農林漁牧業 產物損失	小計	117,265	86,121	68,317	34,415
	農產	61,664	31,854	53,436	26,919
	畜禽	10,102	8,781	45	23
	漁產	45,267	45,267	10,027	5,051
	林業	232	220	4,809	2,422
農林漁牧業 民間設施損失	畜禽設施	108	108	-	-
	農業設施	-	-	2,119	1,067

資料來源：農委會統計室 99 年 11 月 3 日

0.1 和 0.2 平方公里。損失方面，1 公尺淹水深度的農作物損失約 2,600 萬~5,400 萬元之間，水產養殖產物損失約 500 萬~1000 萬，畜牧產物損失約 2 萬~5 萬元，林業 200 萬~500 萬元，農業附帶設施損失約 100 萬~220 萬元之間(表 3)。

若將整體所計算的農業損失與農委會實際災損調查結果相比，本研究所計算出農作物損失的最大值約為 7,100 萬元，雖與農委會所公佈的實際調查值 8,600 元稍有落差，但準確率仍有 83%，就實際的災後調查來說，已具參考性。兩者差異主要在於個別的損失項目仍有高估或低估的問題，例如：水產養殖和畜禽損失的評估結果則顯得低估，而農業設施損失則是有些高估的現象。此誤差主要來自於無法得知實際的淹水深度，且目前所有的國內損失調查結果均難有精準的深度分布圖，故只能用假設或模擬給定深度，因此最後評估結果必定會存在一些誤差。

此外，驗證資料精確度的不確定性也是誤差原因，例如農委會的水產養殖和畜禽統計資料，通常產量與產值皆以重量如公噸為單位，若要配合淹水災況轉以面積方式進行評估，其間的轉換誤差亦難以避免。這顯示完善的災損評估，除了有好的評估系統之外，也需建立在充分而完整的調查機制上。

4.2 災前防災工程之效益分析-以新塭易淹水示範區為例

根據水利署水規所之「嘉義縣布袋鎮新塭地區淹水改善檢討規劃報告」，新塭地區位於八掌溪與龍宮溪之間，鄰嘉義、台南縣界，集水嘉義新塭位於八掌溪與龍宮溪之間，鄰嘉義、台南縣界。由於該區地勢過於低平，不利於平地之排水，因此時常遭受水患之苦，尤以 2004 年七二水災及 2005 年的六一二豪雨淹水最為嚴重，村莊人口總數近 5000 人，半數以上面積均淹水，最大淹水深度逾 1 公尺。所以在過去的易淹水計畫中，優先將新塭地區納入整治之示範區，期望能透過工程的治理降低未來水災發生之機率。接下來本研究即運用 TLAS Taiwan，進行新塭地區治理工程的成本效益分析，探討此工程帶來的效益是否有大於投入的成本。

所謂工程效益指的是某特定對象(範圍或地區)在「無」及「有」治理工程時，面臨相同災害潛勢的威脅下，所造成損失之差值(Li, H.C., 2008)。也就是說，當我們要計算特定地區對於某種設計水準之治理工程效益前，必須先求得該地區在無工程治理時之損失程度，此結果在計算效益時稱之為基線(baseline)，而在施行治理工程後之損失程度，相對於此基線所得到的差異值，即為此工程所帶來的效益。

本研究依據水利規劃試驗所針對新塭地區有無改善工程之淹水模擬資料，包括 2 年、5 年、10 年、20 年、50 年及 100 年重現期淹水深圖(如圖 8)，並個別代入 TLAS Taiwan 進行損失計算，

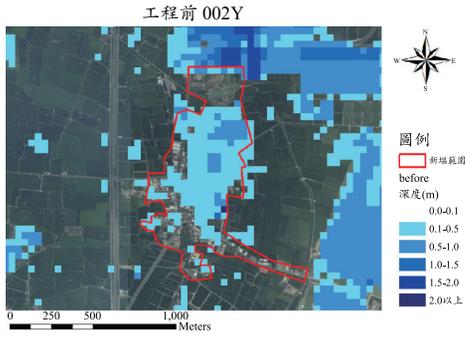


圖 8-1 新塭地區 2 年重現期現況淹水深度圖

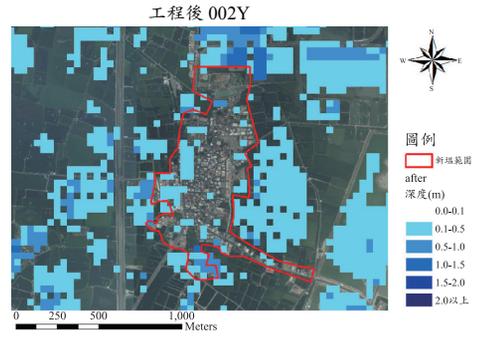


圖 8-2 新塭地區 2 年重現期現況淹水深度圖

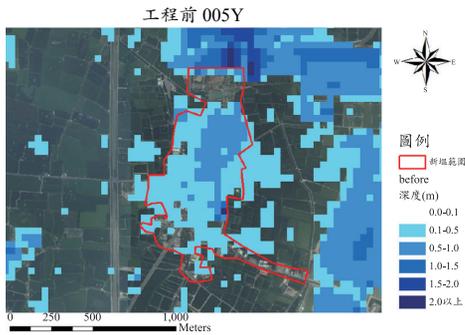


圖 8-3 新塭地區 5 年重現期現況淹水深度圖

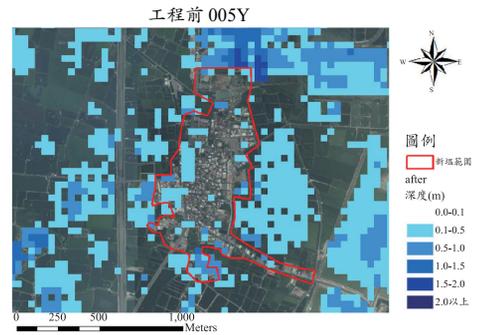


圖 8-4 新塭地區 5 年重現期現況淹水深度圖

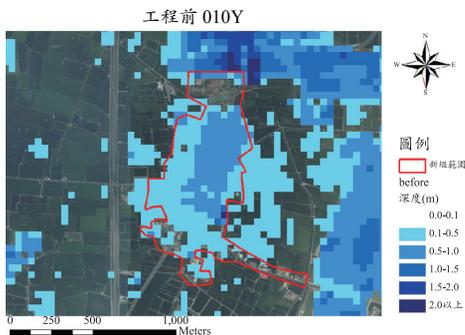


圖 8-5 新塭地區 10 年重現期現況淹水深度圖

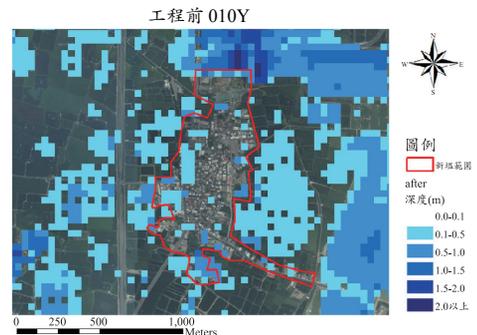


圖 8-6 新塭地區 10 年重現期現況淹水深度圖

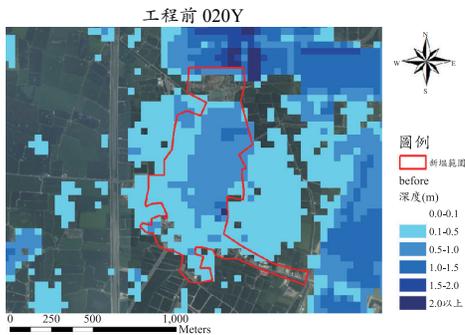


圖 8-7 新塭地區 20 年重現期現況淹水深度圖

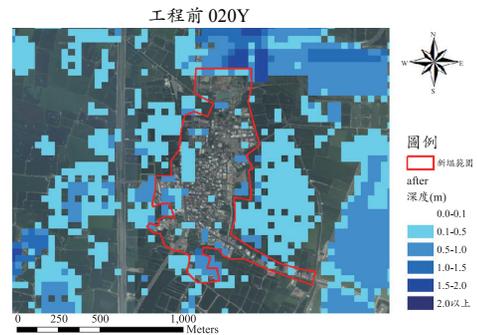


圖 8-8 新塭地區 20 年重現期現況淹水深度圖

資料來源：水利規劃試驗所

圖 8 新塭地區各重現期距之淹水模擬圖

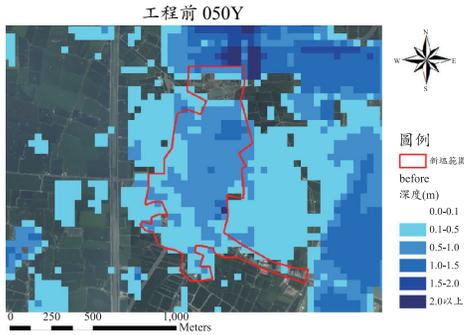


圖 8-9 新塭地區 50 年重現期現況淹水深度圖

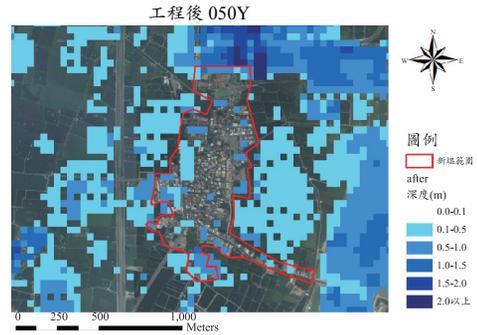


圖 8-10 新塭地區 50 年重現期現況淹水深度圖

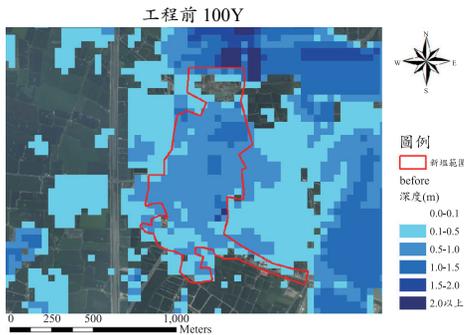


圖 8-11 新塭地區 100 年重現期現況淹水深度圖

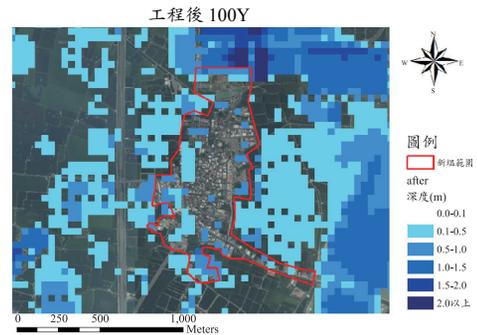


圖 8-12 新塭地區 100 年重現期現況淹水深度圖

資料來源：水利規劃試驗所

圖 8 新塭地區各重現期距之淹水模擬圖(續)

表 4 新塭地區有改善工程之計劃效益計算

重現期距	無計劃之損失值 (A)	有計劃之損失值 (B)	計劃效益 (C=A-B)	發生機率 (D)	效益期望值 (E=C*D)
2 年	48,750,277	8,599,623	40,150,654	0.5	20,075,327
5 年	83,686,834	11,518,617	72,168,217	0.3	21,650,465
10 年	100,024,382	13,667,726	86,356,656	0.1	8,635,666
20 年	144,539,520	15,501,946	129,037,574	0.05	6,451,879
50 年	186,419,069	16,406,666	170,012,403	0.03	5,100,372
100 年	230,889,031	19,628,743	211,260,289	0.01	2,112,603
年平均之計劃效益					64,026,311

最後的計算結果如表 4 所示。透過表 4 中的(A)及(B)欄清楚得知新塭地區在「無」及「有」工程整治計畫時的損失值，而(C)欄為兩者之損失差值，即為實際的計畫效益。表中的(D)欄為不同重現期距發生的機率，此資料為水規所經篩選計畫區內之雨量站於民國 20 年至 94 年共計 75 年之各年最大一日及二日暴雨量資料，採用 Log-Pearson Type

III 法分析，所求得之之暴雨量頻率曲線(水規所，2006)。接著，將不同降雨頻率下的計劃效益乘上不同降雨頻率發生的機率，求得不同重現期距下之期望效益值。最後再加總表 4 中的(E)欄，即可得知此治理計劃之平均年效益為 64,026,311 元。

至於在工程成本方面，依據《嘉義縣布袋鎮新塭地區淹水改善檢討規劃報告》，新塭地

表 5 經濟效益指標之計算

變數	金額(元)	淨現值(元) (A) - (B)	益本比(A) / (B)
新塭地區治理工程之年效益(A) (本研究計算)	64,026,311	32,146,311	2.01
新塭地區治理工程之年成本(B) (資料來源：水利規劃試驗所)	31,880,000		

區規劃之治理工程包括(1)排水整治工程、(2)鹽田蓄洪工程、(3)抽水站改善工程、(4)聯絡道路加高工程及(5)市區及中小排系統等五大類。此計劃的固定成本約為 34,570 萬元，變動成本約為 1,078.6 萬元。依據水規所的計算結果，基準年採民國 95 年，年利率採 6%，經濟分析年限採 50 年，求得計劃的年成本為 31,880,000 元。

最後依據常用的經濟效益指標有淨現值(net present value, NPV)及益本比(benefit-cost ratio, B/C ratio)，將新塭地治理工程計之各項效益呈現如表 5。根據表 5 的計算結果，可以得知新塭地區治理工程的經濟效益指標：淨現值為 32,146,311 元；益本比為 2.01。同樣的計劃案水利署水規所(水規所，2006)分析的益本比為 1.17。兩者差距的主要原因在於計算的項目不同，水規所計算的效益除了少部份的間接效益(包括交通、住宅、土地增徵值效益)，主要的效益即為計畫帶來的直接效益，包括住宅、農業、漁業、牧業、部份公設等效益。然而本研究所計算的直接效益除了住宅、農業、漁業、牧業，還加上工商效益、公共設施(政府機關、學校、社福機構、休閒設施等)，同時也考量在住宅部份也考量間接損失的計算。因此計算因的效益項目更多，故最後求得的益本比也較高。但無論是本研究還是水規所計算的結果，均顯示治理的工程效益大於工程成本，表示新塭易淹水地區之工程治理計劃值得推動，確實對淹水災害的減輕有實際且正面的效益。

五、結 論

由於大規模颱風災害所造成的災況多半非常複雜，而其災後損失評估及調查的結果，對災後重建的需要又相當重要，但目前國內各單位災

損評估或調查的方式，實難對災後之重建復原工作提供即時且全面性的助益。然而本研究所建置之 TLAS Taiwan，就是為了解決災損資訊提供不足的問題。TLAS Taiwan 是依據各類災損理論、部會署損失資料及地理資訊系統技術，所建立的水災損失評估系統。文中以宜蘭縣梅姬颱風之淹水事件作示範案例，進行災後損失推估，同時透過實際農損調查資料，得到不錯的驗證結果。另外，此系統除了災後損失評估，亦可作為治理工程成本效益分析之工具，文中以新塭易淹水地區之治理工程為例，進行「無治理工程」及「有治理工程」的損失計算，並進行成本效益分析，求得整體計劃之益本比為 2.01，表示此治理工程的確有相當好的災防效益。最後期望此系統於災後損失評估及災前工程效益分析的功能，可提供相關單位未來於重建經費初估、預算配置或防災策略規劃之參考。

參考文獻

1. Freeman, A. Myrick III, *The Measurement of Environmental and Resource Values, Theory and Methods*, Washington, D.C.: Resources of the Future, 1993.
2. Grigg, N. S. and O. J., *Heiweg, Estimating Direct Residential Flood Damage in Urban Areas*, Colorado: Colorado State University, 1974.
3. Li, H.C., Kuo, Y.L., Shaw, D., and Huang, T.H., "The Household Benefits Assessment of the Flood Reduction Plan in a Flood-prone Area: A Case Study of Sinwen, Chiayi, Taiwan," *Agricultural and Resources Economics*, Vol. 5, No. 2, pp. 41-58, 2008.
4. Hicks, J., *Value and Capital: An Inquiry into Some Fundamental Principles of Economic*

- Theory, Oxford: Clarendon Press, 1946.
5. Kang, J.L., Su, M.D.*, Chang, L.F., "Loss Functions and Framework for Regional Flood Damage Estimation in Residential Area," *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, No. 3, pp. 193-199, 2005.
 6. Liu, K.F., Li, H.C., and Hsu, Y.C., "Debris flow hazard assessment with numerical simulation," *Natural Hazards*, Vol. 49, No. 1, pp. 137-161, 2009.
 7. Shaw, D., Huang, H.H., Horng, M.J., Lu, M.M., and Lo, Y.L., "A Probabilistic Flood Risk Analysis of Household Losses in the Danshuei River Basin," *Taiwan Economic Forecast and Policy*, Vol. 27, No. 3, pp. 31-53, 2007.
 8. 王如意、蘇明道, 「水災損失評估系統模式之建立(1/2)」, 經濟部水資源局補助研究報告, 編號 MOEA/WRB/ST-910013V1, 台北, 2002。
 9. 王如意、蘇明道, 「水災損失評估系統模式之建立(2/2)」, 經濟部水資源局補助研究報告, 編號 MOEA/WRB/ST-920003V2, 台北, 2003。
 10. 朱蘭芬、陳吉仲、陳星瑞, 「臺灣稻米損失函數之估計及其天然災害保險費率之計算」, 農業經濟叢刊, 第 13 卷, 第 2 期, 第 37-67 頁, 2007。
 11. 李欣輯、劉格非, 「土石流間接災損評估研究_以台中松鶴一溪為例」, 中國土木水利工程學刊, 第 22 卷, 第 2 期, 第 159-166 頁, 2010。
 12. 李維森、葉克家、林其璋、謝正倫、溫志超、葉一隆、謝龍生、陳聯光、李欣輯、王怡文, 「莫拉克颱風之災情勘查與分析」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, 編號 NSC 98-2625-M-492 -010, 台北, 2010。
 13. 張靜貞, 「颶風災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究-總計畫暨子計畫: 公共部門颶風災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究(2/2)」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, 編號 NSC92-2625-Z001-001, 台北, 2004。
 14. 張靜貞、羅紀瓊、林振輝, 「基隆河汐止、五堵地區居民參與洪災保險意願之研究」, 台灣經濟預測與政策, 第 34 卷, 第 1 期, 第 39-72 頁, 2003。
 15. 張靜貞、蘇明道、糠瑞林、許文科、鄧慰先、周磊, 「防洪工程之成本效益與風險評估-以基隆河流域整治計畫為例」, 台灣經濟預測與政策, 第 37 卷, 第 2 期, 第 111-137 頁, 2007。
 16. 張齡方、蘇明道, 「空間資料於洪災損失推估之應用」, 農業工程學報, 第 47 卷, 第 1 期, 第 20-28 頁, 2001。
 17. 陳吉仲, 「颶風災害損失評估與風險分攤及減輕機制之研究---子計畫: 農業颶風災害損失之估計與風險分攤及減輕之經濟分析」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, 編號 NSC91-2625-Z005-004, 台北, 2003。
 18. 陳振川, 「從莫拉克颶風災後重建經驗看如何因應巨大天然災害」, 中工高雄會刊, 第 18 卷, 第 4 期, 第 97-100 頁, 2011。
 19. 蔣偉寧、許文科、洪東謀, 「洪災風險評估系統之研發-基隆河流域案例研究-子計畫: 整合性洪災風險評估系統之開發(I)」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, 編號 NSC 93- 2625-Z-008-021, 台北, 2005。
 20. 糠瑞林、蘇明道、張齡方、林美君, 2005, 「工商業淹水災害損失曲線」, 臺灣水利, 第 53 卷, 第 2 期, 第 21-30 頁, 2005。
 21. 蘇明道、張齡方、林美君、糠瑞林, 「基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究」, 行政院國家科學委員會專題研究計畫, 編號 NSC 90-2625-Z-002-013, 台北, 2002。
 22. 經濟部水利署水利規劃試驗所, 「嘉義縣布袋鎮新塭地區淹水改善檢討規劃報告」, 民國 95 年。

收稿日期: 民國 102 年 3 月 4 日

修正日期: 民國 102 年 6 月 19 日

接受日期: 民國 102 年 7 月 4 日