



# 從 仙台減災綱領 看 台灣歷年水利防災工程之成效

李欣輯／國家災害防救科技中心體系與社經組 副研究員

黃桂卿／國家災害防救科技中心體系與社經組 佐理研究員

楊松岳／經濟部水利署水利規劃試驗所 正工程司

水利工程建設在台灣已有數十年的歷史，無論是早期的水利灌溉、水資源供應或後來的經濟發展等，早已為台灣帶來許多實質的效益，近年特別是在水利防洪的減災工作上，更是貢獻良多。唯礙於早期淹水模擬技術缺乏，較難進行淹水規模的評估，直至 1982 年「防災科技研究計畫」的推動，使得淹水模擬技術至今 30 多年，已發展成熟，足以精確計算淹水規模，並進一步評估水利防洪工程的防災效益。本研究依據仙台減災綱領的減災目標，研擬三項效益評估指標，包括：(1) 減少災害影響人數之效益、(2) 減少災害死亡人數之效益及 (3) 減少關鍵基礎設施直接經濟損失之效益。文中選取第一代及第三代淹水潛勢圖，比較期間施作各項防洪工程實質帶來的工程效益；同時，選取全台六都人口最多之新北市作為研究示範。依據評估結果，近十多年北部地區新增之水利防洪工程，每年平均可減少 29 條人命的死亡，年期望效益為約為 112 億元。然而若以 60 年工程壽命計算，未來共可創造總年期望效益值 1,909 億元。此結果說明台灣北部地區水利防洪工程的顯著效益，亦突顯國內水利防災工作之重要性。

## 前言

近年全球暖化所造成的極端災害事件已引起全世界的關注。2015 年初在日本宮城縣仙台市舉行的第三屆世界減災會議，強調未來 2015 至 2030 年應將減少災害衝擊及生命財產損失當作重要的減災目標。接著，2015 年底於巴黎舉行的聯合國氣候變化綱要公約第 21 次締約方會議 (COP21)，UNFCCC 為了因應氣候變遷對各國帶來的衝擊，提出 Warsaw Loss and Damage Mechanism (WIM)，目的在於“dealing with climate-related effects, including residual impacts after adaptation”，並認為調適成效的量化研究將成為國際氣候變遷制度的新支柱。由此可知，如何量化未來災害衝擊及評估各項調適的效益，將成為未來全球重要的減災方向。反觀台灣的水利

防災情況，其實從數十年前開始，早已投入許多人力及資源，進行防洪減災的研究工作。自 1982 年至今，國內從「國科會防災科技研究計劃」、「防災國家型科技計畫」、「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，到現今之「行政院災害防救應用科技方案」，共經歷了 35 個年頭。期間無論於歷史資料蒐集、學理研究及基礎設施建置、到任務導向之研究方法建立等等，都有很大的進展，甚至這些年所累積之研發能量，早已落實於現今的防災政策中。然而，這些累積的研發能量，礙於過去水利防災效益技術的缺乏，無法突顯實質的防災成果。故本文將依據仙台減災綱領，提出實質可衡量減災效益之指標，進行台灣歷年水利防洪工作之成效分析，藉以說明過去台灣在水利防災領域之實質貢獻。

## 台灣歷年防洪科技研發歷程

1982 年以前，臺灣科技研發計畫因缺乏統籌協調機制，不同部門重覆執行相同課題，加上臺灣地區災害發生原因與防救需求多屬具有地域特性者，導致過去外國研究成果難以直接應用於國內，故當時研究成果落實應用比例偏低。國科會（現科技部）有鑑於此，乃邀請學者專家及相關事業單位共同策劃，針對學理之研究、資料之蒐集分析整理、未來實際應用等三方面兼籌並顧，於 1982 年成立大型「災防科技研究」，並正式啟動國內災防科技發展的研發能量（推動歷程詳如圖 1）。之後，1997 年「防災國家型科技計畫」接續推動我國災防科研工作（國家災害防救科技中心，2006），其中經歷 1999 年的集集大地震，促使災害防救法於 2000 年 7 月頒布施行，並據以建構災害防救運作體系，使近年災害防救工作效能得以大幅提升；尤其颱風災害的應變，已由被動之搶救作業，提升為主動之資訊分析研判與提早預警疏散，有效減少人員傷亡。2006 年隨著「防災國家型科技計畫」之退場，政府接續推動「強化災害防救科技研發與落實運作方案」（國家災害防救科技中心，2010），有效整合參與部會署之研發能量及成果，提升災害預警技術及精度，並轉化、落實應用至相關災害防救業務。2011 年開始更進一步執行「災害防救應用科技方案」，對於整合國內之災害防救研發推動工作，更向前大步邁進，亦使災害防救的運作機制愈趨完備（國家災害防救科技中心，2014）。

淹水潛勢模擬技術的發展，始自 1982 年「防災科技研究計畫」的逕流模式研究開始，於 1997-1999 年「防災國家型科技計畫（NAPHM）」第一期防災計畫



圖 1 臺灣歷年災防研究整合性計畫（本研究整理）

期間，完成全台 20 縣市之第一代的淹水潛勢圖。接著鑑於洪災模擬技術的提升，於 2007-2010 的「強化災害防救科技研發與落實運作方案」中，水利署提出淹水潛勢圖更新的計畫，並於 2009 年完成全台 22 縣市之第二代淹水潛勢圖之更新作業。近年由於各項易淹水區的治理計畫陸續完成，大部份地區的淹水潛勢均大幅改善，二代淹水潛勢圖已難反應實際淹水改善的成果；再加上，依據「水災潛勢資料公開辦法」第九條規定，淹水潛勢圖應由製作機關每五年檢討一次。因此，水利作業主管機關於 2014 年啟動淹水潛勢圖第二次更新計畫（產製第三代的淹水潛勢圖），並已於 2016 年底完成全台淹水潛勢圖的更新作業。

依據水利署資料（表 1），第三代淹水潛勢圖的 DTM 採用內政部提供較新年份（民國 95 年）完成之數值高程，且網格精度全數小於 40m × 40m，相較一代及二代之模擬精度提升許多。另外在水工建造物的部份，除了與二代一樣考量滯洪設施、暴潮因素、外水溢流、水閘門及抽水站等水工建造物外，更進一步將下水道系統、區域排水系統、河海堤防及橋樑等防洪能力，一併建置於淹水模型中。最後更重要的，近年政府已於各易淹水地區展開多年治理計畫，且多數地

表 1 淹水潛勢圖改版歷程

淹水潛勢圖	第一代	第二代	第三代
時間	1997-1999	2006-2009	2014-2016
網格精度	200m × 200m	40m × 40m	小於 40m × 40m
DTM	農林航測所於民國 70-78 年間測量相片基本圖之資料	內政部於民國 94 年更新完成之數值高程（無第一代之人工地整問題）	採內政部提供最新年份（民國 95 年完成之數值高程
模式選定	全面採用同一種模式產製，無邊界銜接的問題	全國分區採數種模式製作，存在邊界銜接問題	制訂模式檢驗證標準，去除縣市邊界銜接問題
考量之水工建造物	滯洪設施		√
	暴潮因素		√
	外水溢流		√
	水閘門		√
	抽水站		√
	下水道系統		√
	區域排水系統		√
	河海堤防及橋樑		√
易淹水地區治理規劃結果			√

資料來源：水利署網站（本研究整理）

區已有顯著的治理成效，第三代淹水潛勢圖的改版，亦將治理的成果反應於潛勢圖的模擬成果中。故相較於一代及二代，三代圖資更能掌握實際淹水的規模。

## 水利防災工程效益之評估方法

從台灣歷年防洪科技研發歷程的分析來看，各代淹水潛勢模擬後的淹水改善成果，實為各項水利防災工程的整體貢獻。但因防洪工程治理成效很難單從短期一個計畫或一個工程就可得知，而是需要以長時間的尺度來比較及分析；另外，過去工程界在進行方案或計畫之成本效益評估時，由於效益評估技術的缺乏，故多以質化的方式來討論工程效益，如減少受傷人數、改善生活品質或促進社會經濟發展等。因此這些質化效益難以與量化的成本進行實質比較，故在評估方案或計畫之益本比時，實質的成效多半被低估。本研究依據仙台減災綱領的目標及文獻所建立之效益量化方法，就是為了減少工程效益低估的問題。以下首先針對 2015 年通過之仙台綱領減災目標進行說明。

### 仙台減災綱領簡述

2015 年 3 月 14 到 18 日在日本宮城縣仙台市舉行的第三屆世界減災會議通過 2015-2030 年減災綱領，此綱領立基於 2005 年通過之兵庫行動綱領，訂定出未來 15 年具體減災協議（國家災害防救科技中心，2015）。仙台綱領的七大目標分別為 (1) 實質地降低全球因災害的死亡率；(2) 實質地減少因災害影響的人數；(3) 減少災害造成的直接經濟損失；(4) 實質地減少災害對關鍵基礎設施的破壞，以及造成基本服務的中斷；(5) 大幅增加具有國家和地方減災策略的國家數目；(6) 大幅度強化針對開發中國家的國際合作；(7) 實質地改善民眾對多重危害的早期預警系統和災害風險資訊與評估的資訊之可及性和管道。

為了讓上述七項目標得以明確操作，仙台綱領提出四項優先行動，分別為「明瞭災害風險」、「強化災害風險治理」、「投資減災」、「對應變及重建作更完善的事先整備 (Build Back Better)」。這四項優先工作雖然路徑不同，但最終的目標一致，都是為了減少災害造成實質經濟損失（陳可慧等，2016；李香潔等，2017），藉以達成全球經濟永續發展的防災效益。因此仙台減災綱領提出之工作目標，很適合作為防災效益的評估指標。

## 水利防洪工程效益之評量指標建立

防災工程之效益定義為「有」與「無」治理工程時，造成之損失值差異（Li, H.C. *et. al.*, 2008）。若施作工程後造成的損失，較無作為之損失來得小，其差值就可計為正效益；反之，就稱則為負效益。因此效益評估的關鍵步驟，就是災害衝擊之損失量化分析。

依據仙台減災綱領的七大目標第 1 至第 4 項，超過總標目的半數均以減少實質標的物的損失為主。因此，本研究依據上述四項目標建立三項實質損失量化的估算方法，進一步評估不同水利工程之防災效益。個別論述如下：

### (1) 減少災害影響人數的效益評估方法

本研究將依據內政部歷年門牌點位資料，以家戶單位進行分析，在確定災害影響範圍的條件下，就可以利用各區的門牌點位精準計算出受淹的戶數，進而計算影響人數。然而在影響戶數減少之效益計算，依據實際災害調查的資料（Li, H.C. *et. al.*, 2008），一般洪災事件造成的住宅損失平均每戶為 27,407 元，此損失值估算包括了人力資本損失（受傷之花費，不含死亡）、家俱家電損失、交通工具損失，居住服務中斷的損失（如暫住旅館、租房等）及其他（如清理花費、公共花費等）。故此指標的總效益計算為「減少之影響戶數」乘上「每戶平均損失值」，即為本研究影響戶數減少之效益。

$$\text{影響戶數減少效益} = \text{總減少戶數} * 27407 \text{ 元 / 戶} \quad (1)$$

### (2) 減少災害死亡人數之效益評估方法

本研究將依據歷史的洪災事件，估算平均每場洪災事件的死亡率，並藉由第一項指標的計算結果，推估淹水衝擊造成的死亡人數，再進一步比較因水利防洪工程改善，帶來的死亡人數減少的防災效益。至於關於死亡人數減少的效益是否得以貨幣化的議題，一直存在很多的爭論。但為了完整進行效益的比較，本研究單純依據文獻的分析，初步歸納人命損失的現值為 1200 萬元至 3400 萬元之間（薛立敏等 1987；Liu, J.T. *et. al.*, 1997；Ko-Fei Liu, 2009），本研究即採平均值為 2,300 萬元 / 人，作為估算的參考值。最後此指標的總效益計算式如下所示。

死亡人數減少效益 = 總死亡人數減少量 \* 2300 萬元 / 人  
(2)

(3) 減少關鍵基礎設施直接損失的效益評估方法

國家災害防救科技中心於 2013 年建置完成台灣颱風洪災損評估系統 (TLAS Taiwan)，損失模組包括影響戶數估算模組、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等七類 (李欣輯等, 2013)。TLAS Taiwan 之商服務損失模組、公用建物損失模組，交通及水利設施損失模組，即是針對台灣主要關鍵基礎設施而建置。因此本研究即以 TLAS 進行淹水潛勢範圍內關鍵基礎設施直接經濟損失的計算，其中各模組之簡化公式如表 2 所示。

依據主計處工商普查統計資料，工業主要區分五類，以製造業為主要產業；商業區分成 12 項，以零售批發及服務業為主。過去由於工商損失的資料多半列為公司機密，因此在資料可及性的考量，表 5 中的計算公式採主計處每五年一次的工商普查資料，依據各類工業及商業之產值，建立受災面積與損失之分析公式。另外在公設及交通水利損失之計算，對工程部門來說並不困難，主要依據工程復建成本或造價來估算，進行逐項設施的損失推估。

歷年淹水防治效益分析 - 以新北市之例

本研究以新北市為例，依據不同時期下淹水潛勢圖造成的衝擊的損失，作為水利防洪工程效益之示範案例，並藉以說明各效益指標之應用方式。

單場事件效益指標之分析

依據經濟部水利署第十河川局資料，大台北地區由於為全台人口密度最高都市，亦是台灣社經高度發展的地區，因此政府於 1980 年開始擬定各種防洪計畫，包括 1980 至 1984 年間完成二重疏洪道及五座抽水站及堤防的增建；1985 至 1987 完成蘆洲抽水站興建工作；1991 年基隆河河道的截彎取直、堤防改建、水門增建及洪水預報系統更新，直至 2005 年完成的員山子分洪道等重大工程。這些工程主要最大的成本為台北地區防洪計畫第 3 期 (1990-1999)，包括抽水站及堤防的增建，五股疏左及社子島高保護等工程，共花費 996 億元；另一項為兩期的基隆河整治計畫 (1991-2005) 總投資金額為 438 億元，兩項治理費用總計超過 1,400 億元。然而，這些水利防洪工程歷年來的確逐步且有效的減輕北部地區洪患的衝擊，特別是歷年水患最嚴重的新北地區，這些防洪的成效若得以量化，即可看出歷年治理工程實質的效益。

依據這些工程實際施作的時間，本研究選取一代淹水潛勢圖 (1997-1999) 作為新北市淹水情況的對照

表 2 關鍵設施之損失簡化計算公式

模組	計算公式	損失參照資料
工商損失 模組	$ICL = \sum_i^N \alpha_i [ICP_i \times ICLA_i]$ ICL：商業損失值 (元) ICPi：單位面積產值 (元 / 平方公尺) ICLAi：受影響面積 (平方公尺) α：修正係數 i：縣市	2001、2006、2011 年之商業普查資料 (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) BCij：建築成本 (元 / 平方公尺) BLAij：公用建物受影響面積 (平方公尺) αi：修正係數 i：縣市類別 j：建物類別	歷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)
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) αi：修正係數 i：結構物類別	歷年颱風事件工程復建經費 (公共工程委員會)

資料來源：李欣輯等 (2013)

組；選取三代淹水潛勢圖（2014-2016）作為比較組，進行水利防洪工程效益的示範評估，藉以討論新北市地區近年來增加許多水利防洪工程後的實質成效。依據水利署之淹水潛勢圖資（由於淹水潛勢圖資，有各種不同的模擬情境，此處取 24 小時 450 mm 的降雨情境為例，進行指標計算說明），圖 2 至圖 3 即為新北市地區一代及三代淹水潛勢圖的模擬結果。另外，表 3 為依據圖 2 及圖 3 所計算的影響戶數及各項關鍵基礎設施直接經濟損失的結果。

依據圖 2 及圖 3 的淹水分佈情況，明顯得知，相較於 1999 年的水利防洪情況，在近十多年新增的水利防洪工程保護下，第三代淹水潛勢圖的淹水面積已大幅減少，初步顯示防災工程的成效。再者，從表 3 的

表 3 淹水損失評估結果

項目	損失內容	第一代淹水潛勢圖 (A)	第三代淹水潛勢圖 (B)	差異量 (A-B)
影響戶數 (戶)	居住家戶	172,976	58,442	114,534
工商損失 (百萬)	工業、商業	34,610	5,636	28,974
交通設施 (百萬)	以道路為主	352	88	264
水利設施 (百萬)	水利構造物	46	37	9
公共設施 (百萬)	政府機關、學校、醫院、水電設施等	1,239	167	1,072

損失評估結果來看，三代淹水潛勢圖造成的影響戶數為 58,442 戶，較一代之影響戶數減少 114,534 戶，減少率為 66%。另外，依據 TLAS 之工商、交通、水利及公共損失模組之評估結果，直接經濟損失減少值分別為 28,974 百萬元、264 百萬元、9 百萬元及 1,072 百萬元，其中損失減少最大者為工商產業，減少率達 84%，雖然工商損失減少的面積不是最大，但因都會區的工商產值很高，故只要有效減少工商用地的淹水潛勢，損失就會大幅減輕。其餘的損失減少量雖不如工商多，但在近年水利防洪工程的施作下，對水災損失的減輕均有正面的助益。最後，依據表 3 淹水損失評估的結果，本研究應用前文建置之效益評估方法，將三項評估指標的計算結果，呈現如表 4。

第一項指標為「減少災害影響人數的效益」，本研究是以戶數計算。表 4 第二欄即為計算的影響戶數的減少量，將此值代入公式 1，即可求得減災的效益為 3,139 百萬元。

表 4 水利防洪工程效益指標分析

效益指標	減少量	減災效益(百萬)	備註
(1) 影響人數 (戶數計算)	114,534	3,139	公式 1
(2) 死亡人數 (人)	89	2,042	公式 2
(3) 關鍵設施損失 (百萬)	30,318	30,318	表 2 公式
總減災效益 (百萬)		35,499	

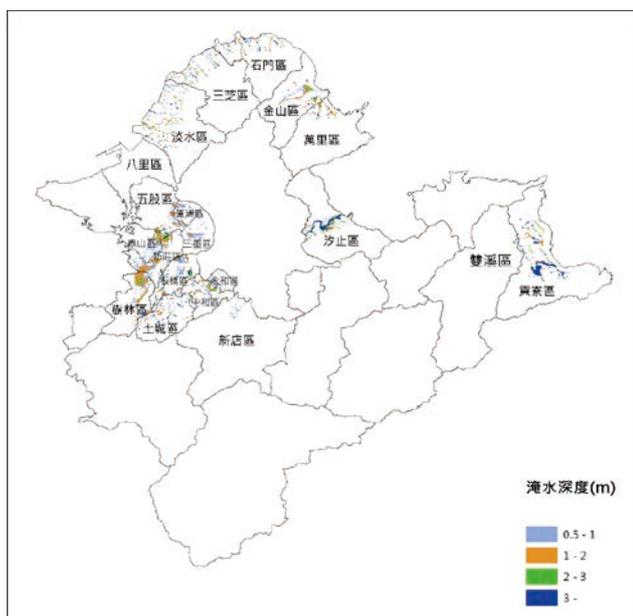


圖 2 第一代淹水潛勢圖 (450 mm/24hr)\_ 新北市 (前台北縣) (資料來源：國家災害防救科技中心)



圖 3 第三代淹水潛勢圖 (450 mm/24hr)\_ 新北市 (資料來源：經濟部水利署水規所)

第二項指標為「減少災害死亡人數之效益」，由公式 2 進行評估。但由於水災死亡率缺乏實際的調查資料，特別是若要區分各縣市又更加困難。因此本研究依據新北市消防局 105 度消防統計年報（新北市政府消防局，2017），概估新北市地區因水災造成的死亡率。據年報統計，新北市 2007 至 2016 年新北市風災害事件加上水災事件的合計共 95 場，其中總搶救人數約為 2,996 人，其死亡 8 人、失蹤 4 人，但其中確實歸因為水災死亡的人數，只有 1 人。因此在總搶救人數 2,996 人下，概估的死亡率約為 0.025 %。

接著依據主計處 105 年家庭收支調查報告，新北市每戶平均人口為 3.1 人，代入表 4 中第二欄影響戶數的減少量中，可求得總影響人數減少量為 355,056 人，再乘上死亡率，即可求得死亡人數的減少量約為 89 人。最後再代入公式 2，可求得減少災害死亡人數之效益為 2,042 百萬元。

第三項指標為「減少關鍵基礎設施直接經濟損失的效益」，即為表 3 中工商損失、交通設施損失、水利設施損失及公共設施損失的總和。依據前文工程效益的定義，損失的減少量即為效益，故表 4 第指標 (3) 第二欄的減少量，已是計算完成的效益值。因此，關鍵基礎設施直接經濟損失減少的效益為 30,318 百萬元。

將上述三項指標的效益值予以加總，求得總工程效益為 35,499 百萬元。但此效益值只是單場事件的比較而已，尚未考慮發生的機率。因此，若要進行完整之風險分析，則需要將不同事件的發生機率代入計算，以年期望效益的方法來呈現。

### 總年期望效益分析

同樣依據前文指標，可進行不同事件之工程效益評估。由於第一代淹水潛勢圖於新北地區 24 小時的雨量下只有 150 mm、300 mm、450 mm、600 mm 四種情境，因此本研究即以這四種雨量來進行分析（第三代亦配合相近的雨量情境）。在發生機率部份，本研究採中央氣象局於新店屈尺測站（C0A580）歷年雨量資料，採極端值第一型分佈法進行頻率分析。最後據前述效益指標評估方法，將四種情境之效益評估結果呈現如表 5。

由於 24 小時 150 mm 以下的降雨事件對新北地區

表 5 四種模擬情況之工程效益評估

模擬雨量 (24hr)	總工程效益 (百萬元)	發生機率	期望效益值 (百萬元)
150mm 以下	0	0.35	0
150mm ~ 300mm	7,732	0.32	2,451
300mm ~ 450mm	21,610	0.23	5,035
450mm ~ 600mm	35,499	0.08	2,840
600mm 以上	42,189	0.02	844
合計		1	11,170

可能造成的衝擊很小，故表 5 中直接假設為無損失。依據表 5 其他事件之計算結果，水利防洪工程之年期望效益為 11,170 百萬元（約每年可減少 29 人之死亡數量）。假設水利工程的壽命為 60 年，採用 6%（蕭代基、薛立敏，1986）公共工程折現率來進行現值計算，將未來 60 年工程效益折現於基準年（本研究採 2017 為基準年），最後其水利工程的總年期望效益值為 1,909 億元。此結果簡單比對前文提及之大台北地區近年的防洪治理成本 1,400 億元來看，其水利防洪工程帶來的實質效益是大於工程成本，顯示水利防災工程的正面成效。

### 結論

鑑於台灣過去洪災事件發生頻繁，每次均造成人民生命與財產的損失，因此國內自 1982「國科會防災科技研究計劃」開始，經歷多年的努力，至今於淹水規模的評估技術上，已有成熟的發展，對於防洪效益之評估有相當大助益。據此，本研究依據仙台綱領之減災目標，建立效益評估指標，包括：(1) 減少災害影響人數的效益評估方法、(2) 減少災害死亡人數之效益評估方法、(3) 減少關鍵基礎設施直接損失的效益評估方法，並以新北市為示範區，進行實質水利防洪效益之評估。文中以 1997 年建置之第一代淹水潛勢圖作為評估對照組，取 2016 完成之第三代淹水潛勢圖作為比較組，取 150 mm/24hr、300 mm/24hr、450 mm/24hr、600 mm/24hr 四種情境，評估新北地區自 1997 年完工至今之水利防洪工程所帶來的防洪效益。最後依據本研究的整體分析，北部地區近年新增之水利防洪工程，除了有效減輕洪患威脅外，平均每年可減少 29 條

人命死亡，帶來的年期望效益值為 112 億元。若以未來 60 年工程壽命計算，將創造總年期望效益值為 1,909 億元，高於歷年之工程成本，此結果突顯了歷年水利防洪工程的實質效益。

## 參考文獻

1. 國家災害防救科技中心 (2006)，防災國家型科技計畫 (NAPHM)，摘要報告，v4，國家災害防救科技中心出版 (naphm95-01)。
2. 國家災害防救科技中心 (2010)，強化災害防救科技研發與落實運作方案，研究報告，國家災害防救科技中心出版 (ISBN 987-986-03-2394-8)。
3. 國家災害防救科技中心 (2014)，行政院災害防救應用科技方案，研究報告，國家災害防救科技中心出版。
4. 陳淑惠、張靜貞、李欣輯、楊惠萱、鄧傳忠、李香潔、郭彥廉、李洋寧，2011，莫拉克颱風社會衝擊與復原調查 (第一期)，國家災害防救科技中心。台北市。
5. Li, H.C., Y.L. Kuo, D. Shaw, and T.H. Huang, 2008, "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*, v.5 n.2, p41-58.
6. 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。
7. 李欣輯、陳怡臻、郭玫君 (2013)，臺灣颱風災損評估系統之建置與應用，*農工學報*，第五十九卷，第四期，第 42-55 頁。
8. 薛立敏、王素庭 (1987)，「台灣地區就業人口「生命價值」之評估 --- 工資風險貼水法之理論與實證」，*經濟專論*，108 輯。
9. Liu, J.T., J.K. Hammit, and J.L. Liu, 1997, "Estimated Hedonic Wage Function and Value of Life in a Developing Country", *Economics Letters*. 57. pp. 353-5-358.
10. Ko-Fei Liu, Hsin-Chi Li, and Yu-Charn Hsu, 2009.4, "Debris flow hazard assessment with numerical simulation", *Natural Hazards*, Vol. 49 No.1, pp. 137-161.
11. 新北市政府消防局 (2017)，中華民國 105 年新北市消防統計年報，新北市政府消防局。新北市。
12. 國家災害防救科技中心 (2015)，仙台減災綱領中文版。
13. 陳可慧、李燕玲、張芝苓、李維森、陳宏宇 (2016)，「仙台減災綱領」相對於科技發展之檢視與建議，*木土水利*，第 34 卷，第 3 期，第 92-98 頁。
14. 李香潔、張欽儀、莊明仁、李欣輯、李中生、李沁妍、蘇昭郎、林李耀、陳宏宇 (2017)，從仙台減災綱領檢討未來防滅災之規劃方向，國家災害防救科技中心，NCDR 105-T01，新北市。
15. 蕭代基、薛立敏 (1986)，「核能發電社會成本評估方法，核能發電對環境之影響」，七十五年近代工程技術研討會專集，民國 75 年，第 699-717 頁。

## 台灣公共建設檔案工作成果報告

感謝曾元一董事長推動發起「台灣公共建設檔案計畫」，微電影拍攝歷經兩年，初步成果如下：

### 2017 年 3 月已發行



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第一部：台灣北部水力發電【1/3】



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第一部：台灣北部水力發電【2/3】



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第一部：台灣北部水力發電【3/3】



### 2017 年 9 月最新發行



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第二部：中部水力發電【一】



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第二部：中部水力發電【二】1/2



台灣公共建設檔案 水力電能篇  
第二部：中部水力發電【二】2/2



水力發電之中部大甲溪、南部、東部均已拍攝完成，進行後製中，預計 2018 年春發行。2018 年將繼續製作農田灌溉、火力發電、鐵路等各專題。