

紅土台地集水區整體治理調查規劃之研究

陳耐錦^[1] 許世孟^[2*] 溫惠鈺^[1] 徐森彥^[3]

摘要 葫蘆墩圳集水區內上游地區地質多為紅土台地，其特性膠結不易，易沖刷崩塌，若發生豪大雨將會導致邊坡崩塌破壞與河道土砂運移，會造成兩岸農地與民宅損壞等災害；而部分崩落土砂可能下移至坑溝而造成河道淤積，減小通水斷面，進而引起淹水等。故本研究針對紅土台地為主之葫蘆墩圳集水區為研究區域，透過基本資料蒐集、現地調查、集水區特性分析(包含水文水力分析、土砂生產量分析、淹水潛勢分析)、治理級序評估及效益評估等，指出集水區內之可能災害類型與區位，期透過整體治理調查規劃達到減緩洪水及土石災害，以保障人民生命財產安全。

關鍵詞：土砂生產量分析、淹水潛勢、治理級序評估、整治率分析。

Watershed Planning for the Integrated Management in Laterite Plateau

Nai-Chin Chen^[1] Shih-Meng Hsu^[2*] Hui-Yu Wen^[1] Sen-Yan Hsu^[3]

ABSTRACT The upstream area of Hu-Lu-Tun Canal watershed is mostly laterite plateau with loose cementation and easily collapse characteristics. The current disaster types in this watershed are the rainfall induced slope collapse and sediment transport. These damage the agricultural land and houses on both sides of the river, river channel siltation, the reduction of cross section of the river, and flooding. In this study, laterite plateau based Hu-Lu-Tun Canal watershed was selected as study area. In order to mitigate the sediment and flood disasters, we collected the basic data, and performed field investigation and watershed characteristic analyses (hydrologic and hydraulic analysis, sediment yield analysis, and inundation analysis) to attain the goal of integrated management plan so that people's lives and property are expected to be protected.

Key Words: sediment yield estimation, inundation potential, priority assessment, treatment efficiency

一、前言

台灣地區由於坡陡流急，且因季節與地形的影響，雨量豐沛集中，再加上原本岩層、地質及環境的特性，極易造成集水區地理環境的破壞。近年來由於經濟高度發展，坡地集水區的開墾行為，因此農作與遊憩的蓬勃發展，對水土資源需求的日漸加劇，且多有超限利用、過度開發等現象；而這些現象可能引發如崩塌、地滑、土壤或邊坡的沖蝕、土石流等災害。因此，集水區整體的治理規劃與其相

-
- [1] 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心副研究員
Associate Researcher, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Inc., Taipei 11071, Taiwan
- [2] 財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心高級研究員兼任組長 (* 通訊作者 E-mail: shihmeng@sinotech.org.tw)
Principal Researcher & Group Leader, Geotechnical Engineering Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Inc., Taipei 11071, Taiwan
- [3] 行政院農業委員會水土保持局台中分局分局長
Director, Taichung Branch, Soil and Water Conservation Bureau, Taichung 420, Taiwan

象可能引發如崩塌、地滑、土壤或邊坡的沖蝕、土石流等災害。因此，集水區整體的治理規劃與其相關問題均是台灣地區集水區重要的課題。大甲溪流域內之子集水區－葫蘆墩圳集水區內有車籠埔斷層經過，集水區內坡度較陡或岩層較破碎的區域常因劇烈的降雨而新生崩場地，在颱風或豪大雨來時，易有土砂從野溪上游沖刷而下，而部分溪流尚有不安定土砂，如受豪雨恐下移並嚴重影響附近民宅、農田及下游道路橋樑等公共設施之安全。為徹底解決洪水及土石災害、保障人民生命財產安全，達成易淹水地區水患治理計畫執行成效，選定本集水區辦理整體規劃，以求整體性、安全性、生態性及人文性之整治。葫蘆墩圳集水區內多為紅土台地，易因沖刷而產生崩塌，現況問題主要為豪大雨時，將導致邊坡崩塌破壞與河道土砂運移，造成兩岸農地與民宅損壞等災害。而部分崩落土砂可能下移至坑溝而造成河道淤積，減小通水斷面，進而引起淹水等。

有鑑於此，本文透過基本資料蒐集、現地調查、集水區特性分析、治理目標與對策擬定及效益評估等，指出集水區內之可能災害類型與區位、檢討既有工程功能與保育治理需求性制定、以及擬定分年分期治理計畫，期透過整體治理調查規劃達到減緩洪水及土石災害，以保障人民生命財產安全。

二、研究區域概述

葫蘆墩圳集水區位於臺中市中部，涵蓋神岡區、豐原區、石岡區與新社區等行政區域，總面積為 4,855 公頃，本計畫區之地理位置如圖 1 所示。計畫區域內主要包含下游之葫蘆墩圳灌溉系統、上游之食水料溪排水(以下簡稱食水料溪，其內包含上坑野溪及下坑野溪)，考慮集水區整體治理調查規劃，因此將計畫區域依水系劃分為四個集水區，分別為葫蘆墩圳區域(約 1467.72 公頃)、食水料溪集水區(約 2779.77 公頃)、上坑野溪集水區(約 266.81 公頃)及下坑野溪集水區(約 340.70 公頃)，如圖 1 所示。計畫區域內以軟埤仔溪排水(以下簡稱軟埤溪)為主之範圍屬葫蘆墩圳溪流之一，多為灌溉排水區域；而食水料溪集水區，上游屬階地地形，且因新社區主要聚落及農業區均位於此區，故多農業排水系統；中游屬丘陵地形，坡陡流急，當流至盤安橋下游處坡度即趨於平緩，屬平地地形。本研究範圍內有臺中農田水利會已設置之豐原、大南雨量站，然而一般水利會之雨量站早期僅有日雨量之觀測資料，時雨量資料僅近幾年才有進行紀錄，故不符合本研究進行頻率分析之資料年限需求。為了考量降雨於空間分布特性，故另參考鄰近雨量站作為後續分析之參考，各雨量站之基本資料如表 1 所示，雨量站位置圖如圖 1 所示；另本計畫區內並無流量站設置。



圖 1 研究區域地理位置圖

Fig.1 The location map of the study area

表 1 研究範圍鄰近雨量站基本資料表

Table 1 The rain gages used in the study area

站號	站名	TWD97 坐標 X	TWD97 坐標 Y	紀錄年份	統計年數	管轄單位
C1F850	東勢	233087	2682309	1990-2010	21	氣象局
C1F910	新伯公	233845	2679571	1990-2010	21	氣象局
C1F920	石岡	226690	2686011	1990-2010	21	氣象局

根據中央地質調查所 2001 年所出版之大甲、東勢及國姓五萬分之一地質圖幅，涵蓋葫蘆墩圳集水區之地層主要為上新世之卓蘭層、更新世之頭料山層、紅土台地堆積層與階地堆積層，及全新世之沖積層等，如圖 2 所示，各地層所佔研究範圍內之面積及比例如表 2 所示。紅土台地堆積層則分布於中興嶺、新社地區，不整合於卓蘭層及頭料山層之上，岩性以礫石層為主，偶夾透鏡狀薄層砂岩。本層受紅土化作用，礫石層上部常因上覆紅土而呈紅色，紅土層厚度 1 至 5 公尺不等(羅偉、吳樂群及陳華玟, 1999)。本層的出露面積為 2,049 公頃，佔全區面積之 42.2%。沖積層包括現代河床之沖積物與山坡堆積，主要分布於計畫區下游豐原一帶之平原地區，主要由粗礫、細砂、粉砂、及泥土堆積而成，厚度不大，其來源一部份來自河流之岩層，一部份來自河床兩側之山坡與台地堆積，經次生沖積而成。分布面積為 1,410 公頃，佔全區面積之 29.05%。卓蘭層主要分布於研究區域內上坑野溪、下坑野溪及食水料溪之中上游區域，地層走向大致為北東至北北西、向東南傾斜 20~45 度。本層整合於頭料山層香山相之下，而岩性以砂岩、泥岩、泥質砂岩與砂質泥岩互層組成。岩層膠結鬆散，除少部分鈣質膠結或受鐵液浸染的砂岩外，大部分岩質鬆軟。本層的岩性與上覆的頭料山層香山相地層甚為相似，為野外工作方便起見，以礫石層出現的岩層歸類為頭料山層，以下則為卓蘭層。本層出露面積為 944 公頃，佔全區面積之 19.44%。

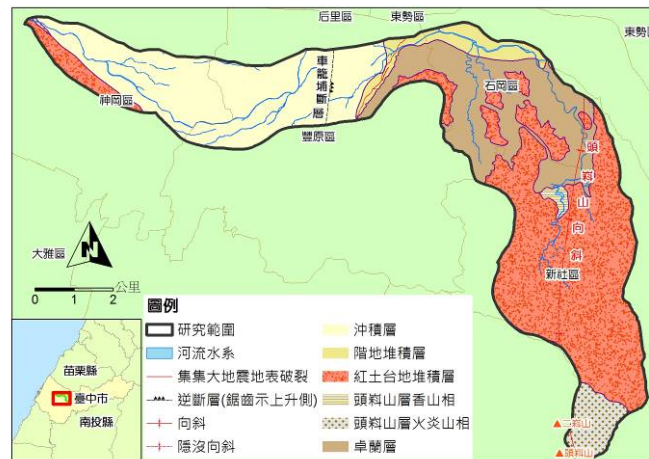


圖 2 研究區域地質圖

Fig.2 Geology map of the study area

表 2 研究範圍地層分布統計表

Table 2 The statistics of strata distribution in the study area

地層名稱	面積(公頃)	百分比(%)
紅土台地堆積層	2049	42.20
沖積層	1410	29.05
卓蘭層	944	19.44
階地堆積層	228	4.70
頭料山層火山相	190	3.91
頭料山層香山相	34	0.70
總計	4855	100.00

三、歷年災害資料彙整與原因分析

為能夠整體瞭解研究區域歷年災害情形，本文參考經濟部水利署第三河川局「食水料溪排水系統治理規劃及治理計畫(2009)」及水保局臺中分局「食水料溪集水區野溪情勢調查(2010)」，可知研究區域內主要土砂災害，係由於中、上游之地質條件以紅土台地堆積層及頭料山層為主，每逢颱風豪雨所形成之逕流，造成地表沖蝕量大，使得野溪下游溪床易形成淤積；此外，集水區中、上游地形較為陡峭，野溪上游常有淘刷之情形，至下游因坡度變緩，而形成土石堆積，除造成下游兩岸漫流溢淹，影響保全對象之安全外，亦使原有生態棲地受到土砂下移，而影響生物棲息、避難之空間。本文蒐集水保局臺中分局「石岡鄉岡仙巷地滑細部工程規劃(2009)」、經濟部水利署第三河川局「食水料溪排水系統治理規劃及治理計畫(2009)」、水保局臺中分局「食水料溪集水區野溪情勢調查(2010)」及研究區域現地調查訪談，研究區域內歷史災害發生時間與災害情形概述，如圖 3 所示。

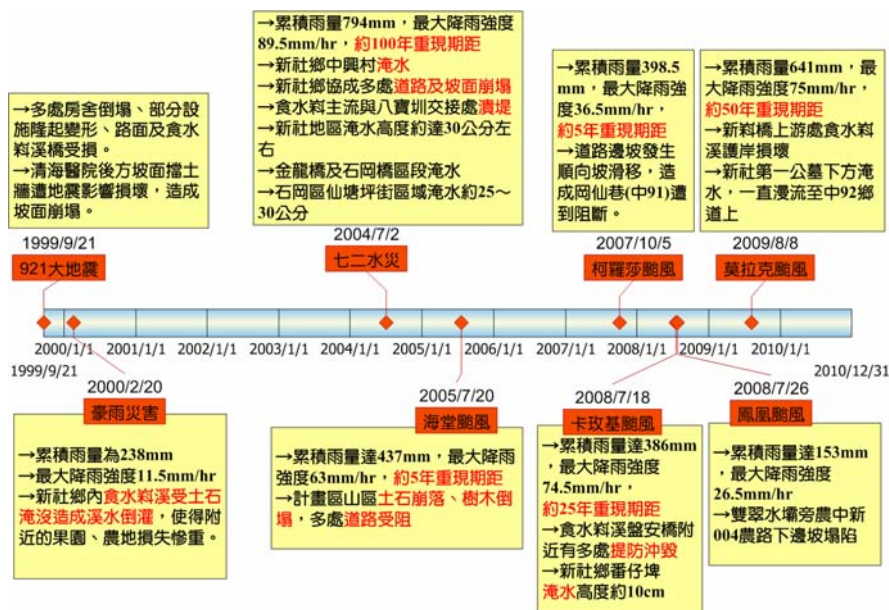


圖 3 研究區域內歷史災害發生時間序列

Fig.3 The historical records in the study area

四、集水區現況調查與特性分析

本研究針對紅土台地為主之葫蘆墩圳集水區為研究區域，透過基本資料蒐集、現地調查、集水區特性分析(包含水文水力分析、土砂生產量分析、淹水潛勢分析)，以指出集水區內之可能災害類型與區位。以下將針對集水區現況調查與特性分析，詳細說明。

1. 集水區現況調查

蒐集研究區域內過去之歷史災害紀錄，並配合現地調查及訪談災害區為附近居民，已瞭解過去曾發生災害之點位及致災原因，目前包含崩塌及淹水歷史災害。由現地調查結果可知，目前研究區域內各集水區之整體狀況尚稱穩定，僅有少數重點區位需進行相關處置，如圖 4 所示。由圖可知，葫蘆墩圳集水區內之重點治理區位共有 21 處，其中包含野溪治理 11 處、道路治理 1 處、淹水治理 1 處、橋樑修改 6 處，以及淤積 2 處。



圖 4 研究區域治理重點區位

Fig.4 The remediation sites of the study area

2. 水文水理分析

本文依水系將研究區域劃分為四個集水區，分別為葫蘆墩圳區域、食水料溪集水區、上坑野溪集水區及下坑野溪集水區；其中葫蘆墩圳區域屬人工灌溉渠道，已非天然流量，故不將葫蘆墩圳區域納入水文及水理分析中。本文首先以年最大值選用法推估各雨量站連續 24 小時累積降雨最大值，接著再以年最大值選用法計算的成果為分析對象，進行食水料溪集水區(包含上坑野溪及下坑野溪集水區)之降雨頻率分析，區域內選用 3 個氣象局(東勢、新伯公及石岡)雨量站，其基本資料詳如表 1。本研究選取 3 個雨量站之年最大降雨量，詳如表 3，再以徐昇氏權重推估食水料溪集水區內各雨量站控制範圍與百分比；若將年最大降雨量與對應之權重百分比計算，可求得食水料溪集水區之年最大 24 小時平均降雨量，如表 3 所示。本文即是以年最大 24 小時降雨資料進行頻率分析，由結果顯示出食水料溪集水區最佳機率分布皆為皮爾遜第三型分布，結果如表 4 所示。

表 3 歷年連續 24 小時累積降雨最大值分析成果(單位：mm)

Table 3 The annual maximal accumulated rainfall in a consecutive 24-hour period (unit: mm)

年份	東勢	新伯公	石岡	平均降雨量	年份	東勢	新伯公	石岡	平均降雨量
1990	352	146	415	293.7	2001	272	274	416.5	319.4
1991	136.5	27	159.5	102.1	2002	86	86	102	91.2
1992	167.5	209	162	181.6	2003	112	132	128	124.8
1993	250	231	250	242.7	2004	595	610.5	584	597.4
1994	267	309	265.5	282.6	2005	365	387.5	385.5	380.2
1995	170.5	175	154	166.9	2006	404	437.5	271.5	374
1996	149	414.5	504	365.1	2007	286.5	292.5	330	302.8
1997	266.5	235	287.5	261.3	2008	473.5	514.5	430.5	475.3
1998	122.5	127	173	140.5	2009	479	515.5	409	470.3
1999	148	197	152.5	168.2	2010	181.5	162.5	222.5	187.5
2000	127.5	126	155	135.8					

資料來源：中央氣象局

表 4 延時 24 小時各重現期降雨頻率分析成果(單位：mm)

Table 4 The results of rainfall frequency analysis for the 24 hours return period (unit: mm)

重現期距	常態分布	對數常態 II	對數常態 III	皮爾遜 III	對數皮爾遜 III	極端值 I
2	269.7	240.3	247.5	245.4	241.6	249.3
5	385.4	360	370.3	371.6	372.4	395
10	445.9	444.9	450.1	453.2	462.2	491.5
20	495.9	529.8	525.6	529.4	549.6	584.1
25	510.5	557.5	549.4	553.1	577.5	613.4
50	552.1	645	622.6	625.2	664	703.9
100	589.6	735.3	695.1	695.3	750.7	793.7
200	623.9	828.9	767.7	764	838.1	883.1
備註				最佳分布		

於設計雨型部份，本文應用水利署目前使用之序位法區域雨型設計計算方式，獲得延時為 24 小時重現期降雨量之設計暴雨，所推估 24 小時的平均降雨設計雨型百分比，如圖 5 所示。

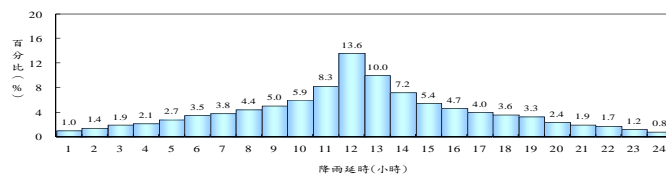


圖 5 研究區域 24 小時序位法雨型

Fig.5 The design hyetograph of the study area

經野溪現地調查後，顯示金龍橋、石岡橋皆曾發生淹水事件。金龍橋之現況為河道中有材料堆積，

兩岸既有結構物狀況尚稱良好，然其通洪斷面不足，逢豪雨即淹水，可能原因是橋墩間新設之混凝土塊，改變流況因而加遽淹水程度。石岡橋因橋底土石淤積，且樑底高度較低，易造成通水斷面不足。金仙橋為上坑野溪的終點係為重要斷面，故利用 HEC-RAS 進行石岡橋、金龍橋、金仙橋之通洪能力檢討，而其他橋樑部份因大多為人工渠道，斷面變化不大，故以水土保持技術規範(2010)及水保局「集水區整體治理規劃參考手冊」(2008)之方式－曼寧公式來進行通水能力之分析。

由水理檢算結果，位於食水料溪九溝渠支流上之永源橋、興中橋，食水料溪瀟堀支流上之馬力埔橋，食水料溪主流上之番社嶺橋、石岡橋，以及葫蘆墩圳區域內之師範街末端野溪無名版橋等 6 座橋樑，於 50 年重現期洪峰流量下水理檢算不通過，亦即會發生溢流現象。針對金龍橋段部分，雖然水理檢算結果顯示其於清水流狀態下，通洪斷面尚足以容許 50 年重現期洪峰流量通過，但根據現地調查及里長訪談結果，均表示其下之橋涵會因為大型異物阻塞而造成河水溢流。

3. 土砂生產量計算

本研究區內之土砂生產量估算，原本應包含土壤沖蝕量及崩塌土砂量，唯經現調後發現，於研究區域內並無明顯之淺層崩塌區塊，故將以土壤沖蝕量來計算計畫區域內之土砂產量。依據水土保持技術規範(2010)內所述，採用萬用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE)來進行土壤流失量之估算，其公式如下：

$$A_m = R_m \cdot K_m \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

式中， A_m =土壤流失量(公噸/公頃-年)； R_m =降雨沖蝕指數(10^6 焦耳-毫米/公頃-小時-年)； K_m =土壤沖蝕性指數(公噸-公頃-小時-年/ 10^6 焦耳-毫米-公頃-年)； L =坡長因子； S =坡度因子； C =覆蓋與管理因子； P =水土保持處理因子。

依照上述通用土壤流失公式(USLE)各因子推估研究區域範圍之土壤沖蝕量分布，可計算得知整個研究區域年土壤沖蝕量為 469,381.4 (ton/yr)，年平均沖蝕深度為 6.91 (mm/yr)，研究區域沖蝕較嚴重區域集中於上、下坑野溪河道兩側以及食水料溪中游。若將土壤沖蝕量分析結果套疊各子集水區範圍，可得知各子集水區之土壤沖蝕量，如表 5 所示。其中以下坑野溪集水區之土壤沖蝕最為嚴重，葫蘆墩圳區域為最小。

表 5 研究區域內各集水區之年平均土壤沖蝕量、沖蝕深度及土砂生產量

Table 5 The annual mean soil erosion volume, depth, and sediment yield of the study area

集水區名稱	集水區面積 (ha)	年平均沖蝕量 (ton/ha/yr)	年平均沖蝕深度 (mm/yr)	土砂生產量 (m ³ /yr)
下坑野溪	340.70	294.97	18.48	21,183.60
上坑野溪	266.81	229.66	16.40	12,315.07
食水料溪	2,779.77	116.37	8.31	60,070.76
葫蘆墩圳區域	1467.72	66.17	0.75	4487.20

註：葫蘆墩圳區域範圍不含其他區域；食水料溪集水區範圍不含上、下坑野溪集水區

若將集水區之土壤沖蝕量乘以坡面土砂遞移率後，可得到研究區內之土砂產量空間分布，如圖 6 所示，主要集中於上、下坑野溪河道兩側以及食水料溪中游部份。計算各子集水區之土砂產量，如表 5 所示，食水料溪集水區最多，其值為 60,071 m³/yr；下坑野溪集水區次之，其值為 21,184 m³/yr；上坑野溪集水區土砂產量為第三，其值為 12,315 m³/yr；葫蘆墩圳區域最少，其值為 4487 m³/yr。而此計算成果後續將提供集水區整治率分析。

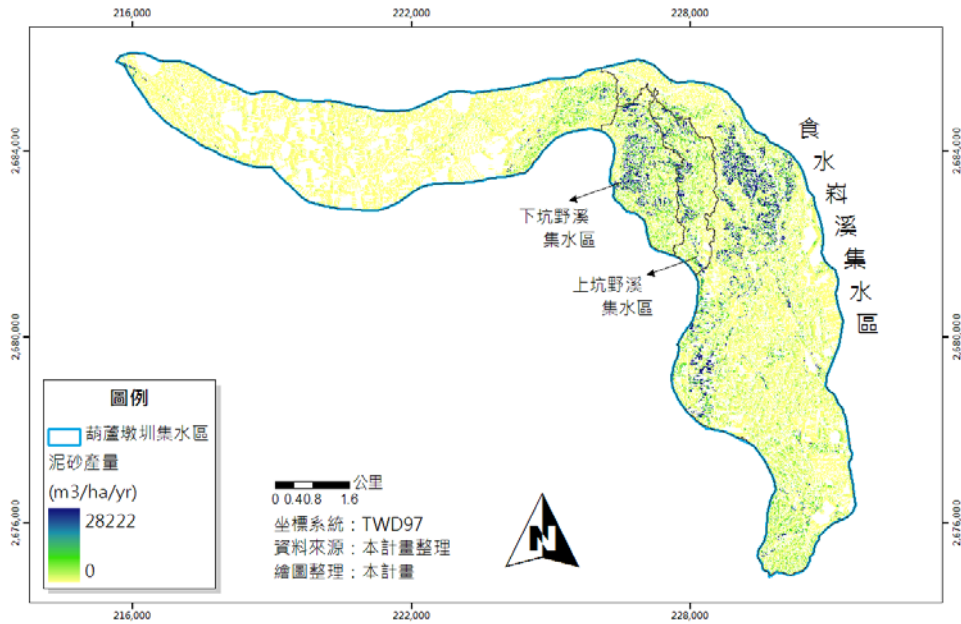


圖 6 研究區域內各集水區土砂生產量之分布

Fig.6 The sediment yield distribution of the study area

4. 易淹水區位與淹水潛勢分析

經現調後得知，於下游段主要淹水區域位於下坑野溪之末端金龍橋段，以及食水料溪之末段石岡橋段處，曾發生過淹水災害，根據訪談附近居民後表示，該處會淹水係因其下之橋涵通洪斷面不足，造成因暴雨帶來之地表逕流來不急宜洩而發生淹水。上游段則是因新社地區並無區域排水設施，僅靠灌溉渠道進行地表逕流排水，故於 2004 年七二水災時由於暴雨造成地表水宣洩不及，使得整個新社區淹水，淹水高度約達 30 公分左右。為詳細分析區域之淹水情況，故利用所蒐集之地形、雨量及土壤等相關資料，以 FLO-2D 二維模式，選擇由現地訪談而得，較易有淹水狀況之食水料溪集水區(包含上、下坑野溪集水區)進行模擬，並利用不同重現期距之雨量分別模擬淹水深度與範圍，作為排水改善方案之規劃依據。

本文以 2004 年敏督利颱風期間之雨量，進行淹水模式之率定工作，並採用給定全區降雨方式進行分析。率定結果顯示(如圖 7)，新社區馬力埔橋鄰近村落平均最大水深約 1.42 m，與訪談結果大致相符，另外石岡區仙糖坪巷於七二水災淹水深度平均最大水深約 0.27 m，與訪談結果大致相符。就淹水範圍而言，結果顯示淹水主要區域包含石岡橋、上坑野溪、下坑野溪、食水料主排匯流處、萬安橋至廣興橋之間、八寶圳匯流口、番社嶺橋、番仔埤支線出口、馬力埔橋鄰近村落。綜合以上，本模式可大致掌握淹水趨勢。而在 50 年重現期降雨量之淹水範圍推估部分，本文利用 24 小時 50 年降雨重現期之設計雨量(總降雨量 625.2 mm)，進行研究區域內全區降雨方式模擬，如圖 8 所示，其模擬結果顯示淹水範圍主要分布在石岡區九房里、新社區大南里、新社區永源里、新社區崑山里及新社區協成里，這些區域需嚴防大雨來臨可能導致淹水之情況。

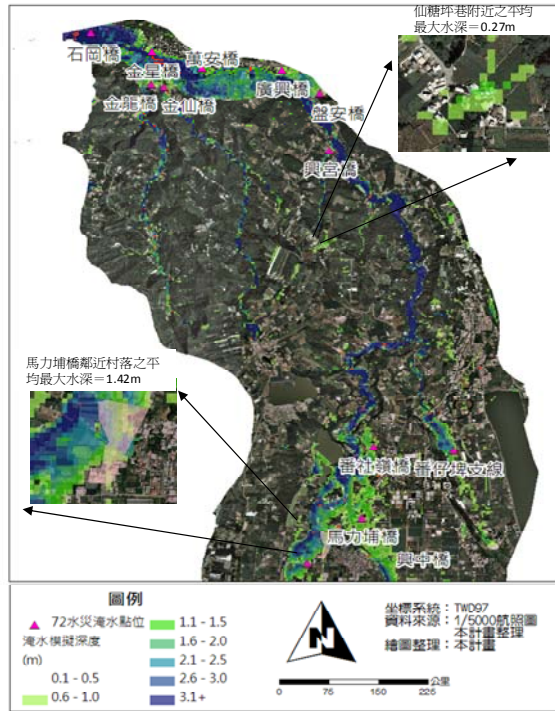


圖 7 敏督利颱風淹水模擬成果

Fig.7 Simulation results of the inundation area for the Mindulli typhoon

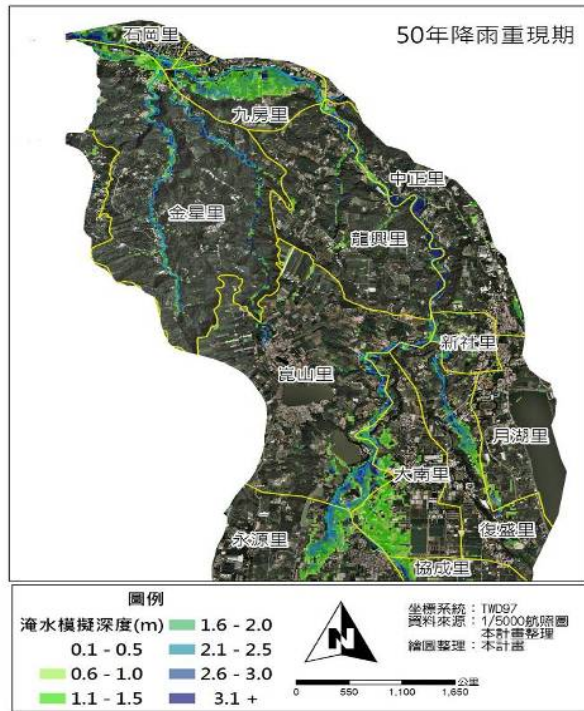


圖 8 50 年重現期降雨量之淹水模擬成果

Fig.8 Simulated results of the inundated area under the 50-year return period rainfall condition

五、治理級序評估

集水區內之雨量、水文、地質、土壤、土地利用現況、土地利用演變情況等將會影響洪水、崩塌地、土石流等自然災害發生之潛在威脅，另外保全對象位置、環境生態等及以往災害與治理情形，亦將影響集水區治理之優先順序。因研究區域規模不大，且經過現地調查後可知，集水區整體來看尚屬穩定狀態，僅有部分重點區位需進行進一步之治理。故參考水土保持局「集水區整體調查規劃參考手冊」之方式，將保全對象、地形起伏比、地質、綠覆率、土壤沖蝕及崩塌率等六項評估因子，調整其成為符合此區域特性之評估方式，並進行重點區位之治理級序評估。

根據上述六項評估因子所得評定分數，依其對造成災害之支配功能，研定各因子在集水區治理級序之評估權值，並計算集水區各分項之加權累積分數為該集水區得分，以茲各治理重點區位間互相比較優先次序。其治理級序排定原則為優先治理區之加權總得分為 40 分以上，重要治理區之加權總得分在 40 分至 25 分之間，一般治理集水區之加權總得分在 25 分以下。研究區域各治理重點區位之得分如表 6 所示，由表中可知，共有 4 處優先治理區，7 處重要治理區，10 處一般治理區域。

表 6 研究區域內重點區位治理級序評估得分表

Table 6 The priority assessment for the remediation sites

項次	評估點位	保全對象 (40%)	地形起伏比 (10%)	地質 (10%)	綠覆率 (10%)	土壤沖蝕 (10%)	崩塌率 (20%)	總得分	治理級序
1	新料橋上游河段	3.6	2	4	2	6	4	21.6	一般治理
2	新料橋鄰近坑溝	10.8	2	4	2	6	4	28.8	重要治理
3	崑南枝 28 右 13	2.8	2	4	2	6	4	20.8	一般治理
4	永源里山腳巷蝕溝	2.8	2	6	2	6	4	22.8	一般治理
5	崑南街支線坑溝	2.8	2	6	2	4	4	20.8	一般治理
6	聯勤第 3 彈藥庫旁坑溝	2.8	2	6	2	4	4	20.8	一般治理
7	中正里 10 鄰排水	10.8	2	4	2	6	4	28.8	重要治理
8	農中石 007 旁坑溝	2.8	2	4	2	6	4	20.8	一般治理
9	聯勤第 3 彈藥庫後方坑溝	6.8	2	6	2	4	4	24.8	一般治理
10	師範街末端野溪	24.8	6	4	2	5	4	45.8	優先治理
11	聯合新村旁野溪	24	4	4	2	6	4	44	優先治理
12	農中新 004 道路	0.8	2	4	2	4	4	16.8	一般治理
13	中正里 9 鄰排水	12.4	4	4	2	5	4	31.4	重要治理
14	石岡橋	24	4	2	2	3	4	39	重要治理
15	番社嶺橋	12	2	6	2	4	4	30	重要治理
16	永源橋	24	2	6	2	6	4	44	優先治理
17	興中橋	12	2	6	2	6	4	32	重要治理
18	馬力埔橋	24	2	6	2	6	4	44	優先治理
19	金龍橋	24	2	2	2	3	4	37	重要治理
20	食水料溪半山橋河段清疏	2.8	2	6	2	6	4	22.8	一般治理
21	金仙橋上游清疏	2	2	4	2	6	4	20	一般治理

集水區整體治理一般係以河溪治理、土砂控制及坡地保育為主軸，根據歷年治理工程及現階段調查分析，本集水區之問題及治理皆以土砂控制為主，因此，本集水區整體治理主要係以土砂整治觀點考量，藉由集水區土砂整治率評估模式之應用，有效評估水土保持措施之土砂整治成效，以提供集水區水土保持工作治理規劃之土砂效益評量參考，即為「為達到集水區治理計畫目標所需投入之總治理工作規模與現階段已完成工作規模之比率」。土砂整治率運算係依照 2004 年水土保持局「集水區整體調查治理規劃作業研究及土砂生產量推估模式之建立」報告書中所提出集水區整治率計算公式：

$$\text{土砂整治率}(F) = \left[\frac{\text{防砂量}}{\text{泥砂生產量}} \right] \%$$

防砂量(m³) = 防砂壩(壩高×壩長×10 倍壩高×3) + 崩塌地處理(面積×2) + 護岸(有效高 H×2×長度 L) + 蝕溝控制(溝長 L×溝寬 W×溝深 D)。

泥砂生產量(m³) = 依據土壤沖蝕量估算得本區泥砂生產量。

根據研究範圍及水系分布，主要可分為 4 個集水分區，分別為葫蘆墩圳集水分區、食水料溪集水分區、上坑野溪集水分區及下坑野溪集水分區；其中，為於計畫範圍下游之葫蘆墩圳集水分區絕大部

分屬於平地範圍，因此本計畫將以位於坡地範圍之食水料溪集水分區、上坑集水分區、下坑集水分區等 3 個集水分區計進行土砂整治率估算。

就防砂量部分，主要針對各區內之防砂壩、護岸、土砂清淤及崩場地處理進行估算，根據歷年治理工程之統計，各集水分區之治理工程構造物統計如表 7 所示；並依據防砂量公式計算求得各集水分區之防砂量，各集水分區之防砂量計算如下：

- (1) 上坑野溪集水區防砂量(m³)=3×2×774+10,000+3,570×2=21,784(m³)
- (2) 下坑野溪集水區防砂量(m³)=3×2×9,150=54,900(m³)
- (3) 食水料溪集水區防砂量(m³)=3×5×15×50×3+3×2×20,721+22,100+7,452×2
=195,080 (m³)

表 7 研究區域內治理工程及防砂量統計表

Table 7 The remediation plan and sediment prevention of the study area

集水分區名稱	防砂壩(座)	護岸長(m)	清淤量(m ³)	崩場地處理面積(m ²)	防砂量(m ³)
上坑野溪集水區	—	774	10,000	3,570	21,784
下坑野溪集水區	—	9,150	—	—	54,900
食水料溪集水區	3	20,721	22,100	7,452	195,080

泥砂生產量部分，根據土砂量計算結果可知各集水分區每年之泥砂產量，由於研究範圍內歷年治理工程之統計與防砂量計算，主要針對近 10 年之治理工程進行推估，因此本文亦以 10 年之泥砂生產量進行推估，經計算各集水分區之總泥砂生產量，分別為上坑野溪集水分區—123,150.70 立方公尺、下坑野溪集水分區—211,836.00 立方公尺以及食水料溪集水分區—600,707.60 立方公尺。

根據以上水土保持治理工程防砂量及泥砂生產量之計算結果，依土砂整治率之公式可求得各集水分區之現況整治率，分別為上坑野溪集水分區—17.69%、下坑野溪集水分區—25.92%以及食水料溪集水分區—32.48%。各集水分區之土砂整治率如表 7 及圖 9 所示。由整治率分析結果可以看出，此 3 個集水分區現況之土砂整治率約在 15%~35%之間，以食水料溪集水分區之 32.48%最高，而根據歷年治理工程統計，本研究範圍之治理工程亦多集中於食水料溪集水分區內，與整治率分析之結果相符，顯示本區之水土保持治理工程已發揮一定之治理成效。

表 7 研究區域內各集水區之預期土砂整治率

Table 7 The treatment efficiency of the study area

集水分區名稱	總泥砂生產量(m ³)	防砂量(m ³)	土砂整治率(%)
上坑野溪集水區	123,150.70	21,784	17.69%
下坑野溪集水區	211,836.00	54,900	25.92%
食水料溪集水區	600,707.60	195,080	32.48%

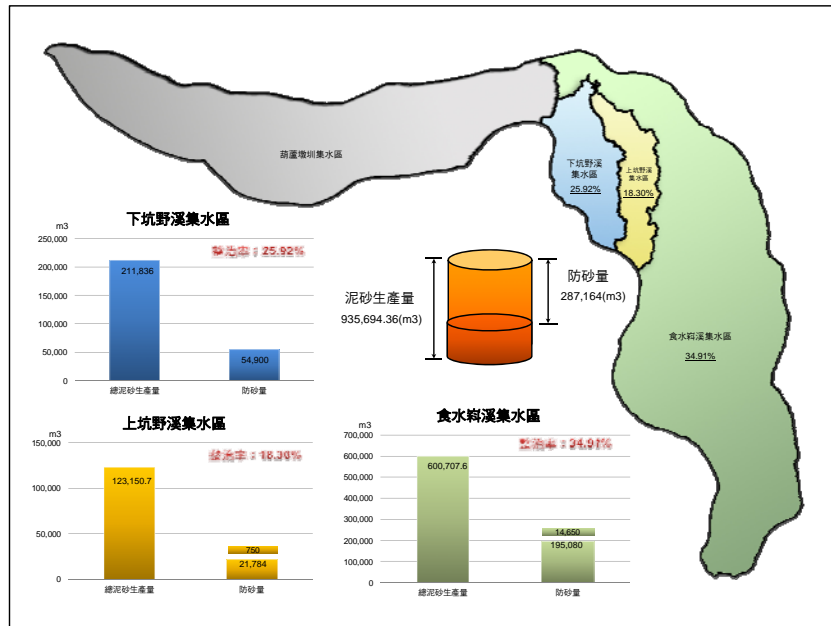


圖 9 研究區域內各集水分區預期土砂整治率統計圖

Fig.9 The treatment efficiency distribution of the study area

五、結 論

本文綜合上述現地調查及相關集水區特性分析，本計畫提出分年分期治理計畫，分為 4 年進行治理，總治理經費共編列 28,100 仟元。經過本計畫所提出之治理計畫後，集水區內之土砂整治率經集水區面積加權平均後可達 32.7%，預計可保護之效益金額約為 14,007 仟元；分為 4 年整治後，每年預計之保護效益約為 3,502 仟元，每年之治理預算成本約為 2,800 仟元，故預計整治後之益本比可達 1.25。透過集水區整體現況調查及特性分析，可針對地質多為紅土台地之葫蘆墩圳集水區進行整體安全性之檢討與評估，並且藉由治理對策研擬及分年分期治理計畫擬定，可抑止土砂下移，減低災損程度，以達成易淹水區域水患治理計畫執行成效。

參考文獻

1. 經濟部水利署第三河川局（2009），「食水料溪排水系統治理規劃及治理計畫」。
2. 行政院農業委員會水土保持局臺中分局（2010），「食水料溪集水區野溪情勢調查」。
3. 行政院農業委員會水土保持局臺中分局（2009），「石岡鄉岡仙巷地滑細部工程規劃」。
4. 經濟部水利署第三河川局（2009），「食水料溪排水系統治理規劃及治理計畫」成果報告。
5. 行政院農業委員會水土保持局（2010），「水土保持技術規範」。
6. 行政院農業委員會水土保持局（2008），「集水區整體治理規劃參考手冊」。