



水保技術



水保技術

Journal of Water and Soil Conservation Technology

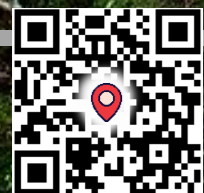
Vol.14

No.3

中華民國水土保持技師公會全國聯合會

地址：220 新北市板橋區雙十路2段143號4樓

TEL：02-82581918 FAX:02-82571900 <http://www.swcpea.org.tw/> e-mail:swcpea@seed.net.tw



9 771998 227007

中華民國水土保持技師公會全國聯合會暨

臺灣省水土保持技師公會 臺北市水土保持技師公會 新北市水土保持技師公會
臺中市水土保持技師公會 高雄市水土保持技師公會 聯合出刊

水保技術



ISSN 1998-2275

第14卷 第3期

2020.11

水土保持技師從事水土保持相關之調查、規劃、設計、
監造、研究、分析、試驗、評價、鑑定、施工及養護等業務

發行人：郭玉麟
出版者：中華民國水保技師公會
全國聯合會
會址：新北市板橋區雙十路2段
143號4樓

網址：<http://www.swcpea.org.tw/>

電話：(02)8258-1918
(02)2254-4483
(02)2253-8151
(02)8258-5680

傳真：(02)8257-1900
(02)2250-0061

主編委員：鍾東宏

編輯委員：劉衍志、吳烘森、吳正義

編輯助理：曾文萱

本刊為季刊，每年出版四次

本刊版權為水保技師公會所有

訂閱費：每期新台幣 100 元

(國外郵資另加)

印刷者：吉祥數位印刷社

地址：台南市育樂街 55 號 1 樓

電話：(06)2368-880

傳真：(06)2345-085

Publisher: Yu-Lin Kuo
Publication Office: The Union of Soil and Water
Conservation Professional
Engineer Associations
Address: 4F., No.143, Sec. 2, Shuangshi
Rd., Banqiao Dist., New
Taipei City 220, Taiwan
(R.O.C.)

Web Site: <http://www.swcpea.org.tw/>

Tel: +886 2 8258-1918
+886 2 2254-4483
+886 2 2253-8151
+886 2 8258-5680

Fax: +886 2 8257-1900
+886 2 2250-0061

Chief of Editor: Dung-Hung Chung

Board of Editor: Yen-Chih Liu, Hong-Sen Wu,
Cheng-Yi Wu

Assistant Editor: Wen-Hsuan Tseng

This journal is published quarterly.

Institutional subscription fee: NT\$100

Print: Ji Xiang Publishing Inc.

Address: 1F., No.55, Yule St., East
Dist., Tainan City
70145, Taiwan (R.O.C.)

Tel: +886 6 2368-880

Fax: +886 6 2345-085

本刊文責由作者自負，版權概屬本會所有。未經本會同意，禁止翻印或轉載。

水保技術

「水保技術」四字為鄭燮墨跡。鄭燮，字克柔，號板橋，清朝官員、學者、書畫家，擅長畫竹。鄭燮為官清廉，後因老病罷官客居揚州，身無長物，僅寥寥幾捲圖書隨身，賣畫為生。鄭燮為「揚州八怪」之一，其詩、書、畫被世人稱為「三絕」，以篆、隸、草、行、楷等各種書體的字形，並以蘭草畫法入書，形成有行無列、疏密錯落的書法風格，創造了「六分半書」的書體，後人亦稱之為「板橋」體。

鄭燮注重對自然和周圍事物的觀察，師承自然，與水土保持著重於自然變化、演替、行為相同。借板橋體書本刊刊名，實有見微知著、體察民需、難得糊塗之寄情，亦是對水土保持從業人員與學者之期許。



封面介紹：農東河 206 農路改善工程，選用道路退縮取代微型樁工法，解決路基崩塌問題。同時強化農路縱橫向排水處理，以截排水及分流等設計，攔阻坡面水與安全排放，減緩農路損壞肇因。新舊構造物界面銜接無縫接軌，以整體考量改善擋土牆、護欄、路面等施工界面，改善後環境煥然一新、整齊清爽。

封面照片提供：王冬成技師

目錄

人物專訪

- 4 經濟部礦務局局長兼經濟部礦業司司長-徐景文

學術論文

- 8 臺灣中部地區降雨沖蝕指數之研究
- 李明燾 陳政廷 莊純宛
- 30 臺灣中南部山坡地土壤沖蝕指數之時間與空間變化
- 陳俊元 鄭春發 簡士濠

技術論文

- 42 坡地人工噴植復育區植生演替趨勢調查分析-以臺南市南瀛天文館為例
- 郭玉麟 簡士濠

技術短文

- 58 水土保持局線上技術短講分享：無人載具高解析影像及點雲於山區河川表層粒徑分析之可行性研究 - 曾志民
- 60 水土保持局線上技術短講分享：應用開源分布式降雨逕流模式推估土石流潛勢溪流與農塘流量資訊
- 沈志全

評析專欄

- 62 水土保持書件之資訊公開與公民參與 - 劉衍志

活動花絮

人物專訪

經濟部礦務局局長兼經濟部礦業司司長 徐景文



文字整理／曾文萱

日期／2020年7月16日

徐景文局長畢業於國立中興大學水土保持系，具水土保持、水利技師執照，於民國76年考取高等考試水土保持類科榜首後，分發至臺灣省政府農林廳水土保持局擔任5職等的技佐，再於85年商調至行政院公共工程委員會服務，從技士、技正、科長、簡任技正、專門委員、副處長、工程管理處處長兼工程技術鑑定委員會執行秘書、技術處處長，歷經33年後，升任到13職等的礦務局局長，是一位真正從基層做起，擁有紮實專業技術的公務員。

訪談過程中，徐局長除了提及如何運用以往所學推動礦務局業務外，同時也分享針對礦務局核心願景所發展出之管理策略，以及未來對水土保持技師與公會的期許。



徐局長畢業於國立中興大學水土保持學研究所碩士、國立台灣大學土木所營建管理組博士，並同時具有水土保持、水利技師執照，歷任臺灣省政府農林廳水土保持局技佐、行政院公共工程委員會簡任技正、專門委員……等經歷，想請局長談談如何運用以往所學與經歷推動礦務局業務？

回顧過往公職生涯，很幸運一開始就有很資深的工程前輩帶著我跑工地，前輩從一開始就教導我要不斷學習、累積每階段所學點滴，因此前十年在省府服務時，在工地就開始接觸、學習督導公共工程，從最初的規劃設計到招標、履約、以及後期的營運、維護之工程作業流程，都是當時跑工地實務經驗下所磨練出的基本功。

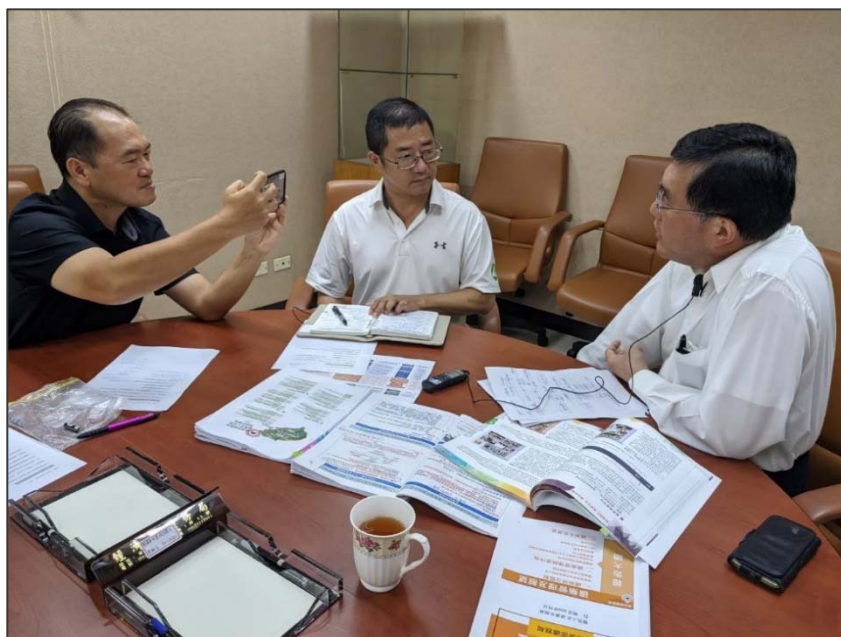
之後商調至工程會服務，參與賀伯颱風、九二一大地震、林肯大郡……等重大工程專案小組之成立。雖然隨著管理位階不同，所面臨的問題與挑戰也不盡相同，但也因此更明白如何管理組織。帶領同仁面對問題時，除了強調「分工合作」的重要性之外，整個團隊的「專業性」一定也要足夠。所以我常跟同仁說，你一定要很「專業」，因為當公務人員，除了依法行政以外，「專業」才是你的根。



礦務局的核心願景與未來發展目標

礦務局的核心願景為兼顧環境及經濟永續發展，尋求產業發展的最大可能。整合現有基礎資源於資訊平台，建立工作圈充實礦區履歷等.....作業內容皆是未來施政方向及目標。眼前翻閱的計畫與報告，幾乎都是礦務局對未來的規畫，而這些想法也會與時俱進不斷的調整、變動；同仁在年終時，會針對上年度的執行成果、工作亮點進行檢討，同時也會研擬明年度的工作計畫，針對延續的工作事項，製作Roadmap(路線圖)以及能掌握時間進度的Gantt Chart(甘特圖)，結合PDCA(計畫、執行、查核、行動)循環，邊執行、邊改善檢討，進而形成正面、良性循環之機制。

俗話說：「凡走過必留下痕跡」，建立資料庫除了讓資深同仁的經驗能不斷傳承之外，也能加強礦務局內部的橫向溝通。「礦區履歷」就是這樣的概念，不同的組室甚至別的單位，對礦區指導、輔導的相關資料都會進到「礦區履歷」中，就像人的「病歷」一樣。在礦區管理上，對每個礦區皆紮根紮得很深，從設定礦權開始到營運維護，透過時序表可以清楚了解申請情形，而這些資訊也都透明公開，歡迎大家到礦務局的網站去看。此外，礦務局也會依據不同屬性，成立不同性質的工作圈如：礦業轉型工作圈、礦業平台工作圈，這些工作圈集結同仁與產、官、學、研的專家，針對某些特定議題，成立工作坊，在整合學習、互動討論的過程中，針對問題進而凝聚共識。





對水土保持技師與公會的期許

「生為水保人，終生水保人」。我一直以水土保持系畢業為榮，雖然後來也念了與管理相關的課程，但我最「紮實」的功夫，還是當時在水土保持局累積的實務磨練。在工程會時，也曾擔任技師法的主管處長，對技師職業的效益評估本來就有一些想法，技師就是要能以「技術」為第一優先；而對公會的期許就是真的能為技師服務，建議公會可以試著建立資料庫，藉由分析類型不同的水保委託案件，由不同的技師去做，觀察「如期、如質、如度」的機率會有多高。另外，我最近看到幾個公會的查訪報告，發現不同資歷、年齡層的技師，對專業的論述是不太足夠的；因此，如何建立在職教育與標竿案例，以及經驗方面如何傳承，對公會而言，建立知識庫是很重要的。





臺灣中部地區降雨沖蝕指數之研究

Study on Rainfall Erosivity Index in Central Taiwan

李明熹¹、陳政廷²、莊純宛³

Ming-Hsi Lee¹ Chung-Ting Chen² Chun-Wan Chuang³

1.國立屏東科技大學水土保持系 副教授

2.國立屏東科技大學水土保持系 碩士生

3.國立屏東科技大學水土保持系 研究助理

1. Associate professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

2. Graduate student, Department of Soil and Water Conservation,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

3. Research Assistant, Department of Soil and Water Conservation,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu, Pingtung, Taiwan.

摘 要

近年來臺灣地區極端降雨事件逐漸增加，使得降雨型態與降雨沖蝕指數隨之變化，因此重新修訂降雨沖蝕指數以符合現今氣候狀況為相當重要的議題。本研究蒐集臺灣中部地區17年(2002年至2018年)共112個雨量站之10分鐘雨量資料，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，建立不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖，以提供水土保持相關從業人員參考。

關鍵字：降雨沖蝕指數、回歸關係式、空間分布等值圖

Abstract

In recent years, the rainfall characteristics and rainfall erosivity index have changed due to the increase of extreme rainfall events in Taiwan. Therefore, it is an important issue to revise the rainfall erosivity index to conform to the current climate. This study collected 10-minute rainfall data from 112 stations of the Central Weather Bureau in the central region for 17 years (2002 to 2018) and analyzed the annual average rainfall erosivity index of each rainfall station. The regression equations between the average rainfall erosivity index and rainfall were established for four seasons (spring, summer, autumn and winter), dry and wet seasons, and each year. The rainfall erosivity index of



different return periods was also established. The contour map of the spatial distribution of rainfall erosivity index was drawn. The results of this study can be provided to practitioners related to soil and water conservation as an important reference.

Key Word: rainfall erosivity index, regression equation, spatial distribution contour map

一、前言

目前臺灣所使用的降雨沖蝕指數係依據黃俊德(1979)利用8處測候所20年(1957年至1976年)的日卷自記雨量記錄及全臺灣200個雨量站的月雨量資料，利用 Laws 及 Parson(1943)的降雨動能公式及 Wischmeier and Smith(1958)的降雨沖蝕指數公式，所訂定之年平均降雨沖蝕指數，但由於氣候變遷的影響，使得近年來臺灣地區破紀錄之極端降雨事件逐漸增加(吳宜昭等人,2016)，造成降雨沖蝕指數亦有所改變，Takahiro et al. (2013)、Mondal et al. (2016)等研究均指出隨著降雨特性的改變，雨滴分離和攜帶土壤顆粒之能力亦會增加，降雨沖蝕指數會因而改變。盧昭堯等人(2005)、范正成等人(2009)、楊斯堯等人(2010)、蘇志強等人(2016)等研究亦發現臺灣年平均降雨沖蝕指數隨著極端降雨事件的增加有增大之趨勢。綜合上述學者的研究成果顯示，重新分析降雨沖蝕指數以符合現今氣候狀況為目前不可忽視之課題。

本研究蒐集中部地區17年(2002年至2018年)共112個雨量站之10分鐘雨量資料，分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，利用水文分析方法建立不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖，提供水土保持相關從業人員作為參考。

二、材料與方法

2.1研究區域

本研究區域包括中部6個縣市(臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣及嘉義市)，112個中央氣象局雨量站分布及基本資料如表1及圖1所示。本研究區域包括南部3個縣市(臺南市、高雄市及屏東縣)，91個中央氣象局雨量站位置分布及基本資料如圖1及表1所示。

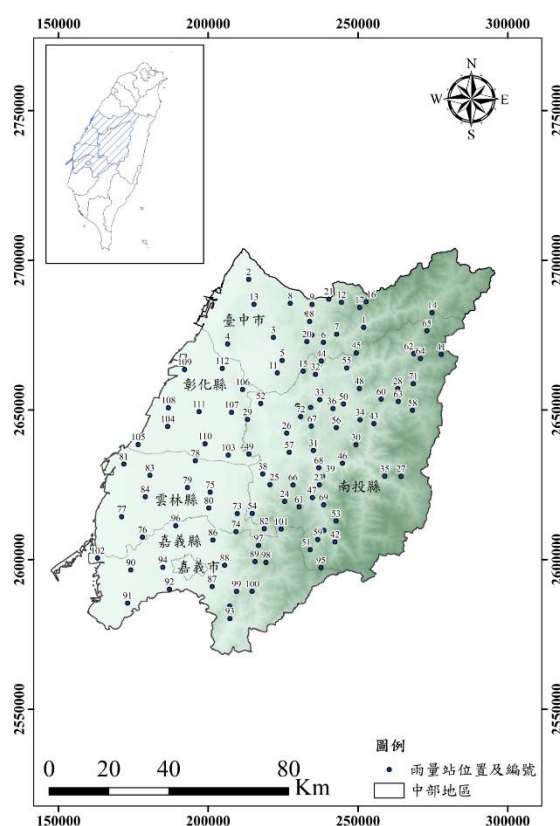


圖1 中部地區雨量站位置分佈圖



表1 中部地區112個中央氣象局雨量站基本資料表

縣市	鄉鎮區	編號	站名	海拔 (m)	站號	X (TWD97)	Y (TWD97)	有效降雨事件 (場)	年平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
臺中市	和平區	1	上谷關	1000	C1F871	251889	2677570	603	26573
	大甲區	2	大甲	100	C0F930	213512	2693587	399	11477
	北屯區	3	大坑	145	C0F970	221784	2674231	502	19229
	大肚區	4	大肚	273	C0F000	206516	2672043	380	12932
	太平區	5	中竹林	425	C0F9A0	224697	2666528	552	22506
	新社區	6	白毛臺	639	C1F9D1	238507	2672568	656	28075
	和平區	7	白冷	610	C1F9C1	242878	2675279	630	25546
	石岡區	8	石岡	311	C0F0B0	227421	2685628	563	19304
	東勢區	9	伯公龍	500	C1F9F1	234669	2685209	598	18497
	東勢區	10	東勢	379	C0F850	233042	2682331	636	23322
	霧峰區	11	桐林	130	C1F9B1	223072	2662389	540	21282
	和平區	12	烏石坑	930	C1F9H1	244498	2685943	751	33287
	神岡區	13	神岡	194	C0F9I0	215308	2685254	332	12528
	和平區	14	梨山	2215	C0F861	274747	2682464	420	12547
	太平區	15	清水林	723	C1F9J1	231737	2662929	670	26841
	和平區	16	雪嶺	2620	C1F941	252700	2686109	748	37222
	和平區	17	稍來	2205	C1F891	250569	2684215	424	38413
	東勢區	18	新伯公	417	C1F911	233861	2679561	652	28407
	東勢區	19	慶福山	810	C1F9G1	234598	2675075	621	19666
	新社區	20	龍安	563	C1F9E1	232929	2672818	670	30424
	和平區	21	雙崎	535	C0F900	240285	2686998	598	26174
南投縣	國姓鄉	22	九份二山	837	C1I230	234225	2650821	690	31086
	水里鄉	23	上安橋	781	C1I300	237133	2624948	464	15194
	竹山鎮	24	大鞍	1515	C1I121	225522	2619437	738	18528
	竹山鎮	25	中心崙	677	C1I201	220647	2625017	701	25117
	中寮鄉	26	中寮	192	C0H950	226212	2642249	674	24136
	信義鄉	27	丹大	2568	C1I050	264383	2627763	298	5120
	仁愛鄉	28	仁愛	1113	C1H870	263296	2657098	594	17384
	鳳鳴里	29	六分寮	428	C1H971	213128	2646784	531	19702
	仁愛鄉	30	文文社	1693	C1I040	249338	2638343	650	31362
	水里鄉	31	水里	593	C1I270	235137	2636434	657	22399
	國姓鄉	32	水長流	660	C1I190	235814	2661883	469	22775
	國姓鄉	33	北山	393	C1H930	237260	2653410	472	24431



表1 中部地區112個中央氣象局雨量站基本資料表(續)

縣市	鄉鎮區	編號	站名	海拔 (m)	站號	X (TWD97)	Y (TWD97)	有效降雨事件 (場)	年平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
南投縣	埔里鎮	34	北坑	601	C1I260	250702	2646682	835	25386
	信義鄉	35	卡奈托灣	1700	C1I140	258960	2627836	395	8333
	埔里鎮	36	外大坪	725	C1I240	241644	2650461	624	21990
	仁愛鄉	37	合歡山	3402	C0H9C0	277694	2670940	626	20687
	竹山鎮	38	竹山	161	C0I110	218218	2628621	626	21878
	信義鄉	39	西巒	1033	C1I310	238176	2627849	643	19816
	信義鄉	40	和社	825	C1I070	238661	2609753	540	14148
	仁愛鄉	41	昆陽	3076	C0H990	277811	2668493	565	7909
	信義鄉	42	東埔	887	C1I350	242354	2605897	426	14393
	仁愛鄉	43	武界	948	C1I030	255345	2645420	718	20648
	國姓鄉	44	長豐	736	C1H920	237790	2666334	607	22755
	仁愛鄉	45	阿眉	1710	C1H9B1	249461	2669020	698	31190
	信義鄉	46	青雲	393	C1I150	244844	2632153	610	19648
	信義鄉	47	信義	536	C0I080	234804	2620676	614	14710
	仁愛鄉	48	凌霄	1399	C1I400	250458	2657114	861	36122
	名間鄉	49	埔中	439	C1I280	213587	2635232	544	19988
	埔里鎮	50	埔里	440	C0H890	245156	2651954	714	20761
	信義鄉	51	神木村	1595	C0H9A0	234041	2603290	762	29587
	草屯鎮	52	草屯	120	C0H960	217527	2652156	483	15275
	信義鄉	53	望鄉	2403	C1I060	242674	2612851	568	22065
	竹山鎮	54	桶頭	311	C1I131	214711	2615417	801	35552
	仁愛鄉	55	清流	934	C1H900	246238	2663981	603	19417
	魚池鄉	56	魚池	724	C1H910	242781	2644059	691	22608
	集集鎮	57	集集	235	C1I170	227077	2635825	691	22514
	仁愛鄉	58	奧萬大	1275	C1I320	268178	2649839	631	15961
	信義鄉	59	新興橋	897	C1I340	236597	2606676	600	19077
	仁愛鄉	60	楓樹林	1266	C1I330	257743	2653572	671	24265
	鹿谷鄉	61	溪頭	1810	C1I101	230374	2617591	662	29981
	仁愛鄉	62	瑞岩	1840	C1H860	268652	2668755	660	16239
	仁愛鄉	63	萬大	1120	C1I020	263463	2652801	639	19697
	仁愛鄉	64	翠峰	2454	C1H000	270860	2667163	734	17061
	仁愛鄉	65	翠巒	2297	C1H850	273020	2676414	560	20472
	鹿谷鄉	66	鳳凰	910	C0I090	228314	2624937	720	27528



表1 中部地區112個中央氣象局雨量站基本資料表(續)

縣市	鄉鎮區	編號	站名	海拔 (m)	站碼	X (TWD97)	Y (TWD97)	有效降雨事件 (場)	年平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
南投縣	國姓鄉	67	樟湖	1098	C1I220	234422	2644553	761	31352
	水里鄉	68	龍神橋	339	C1I160	236904	2630663	495	21315
	信義鄉	69	豐丘	1151	C1I290	238515	2618291	567	14865
	草屯鎮	70	雙冬	630	C1H941	229870	2651436	567	18303
	仁愛鄉	71	廬山	1562	C0I010	268492	2658732	634	16010
	中寮鄉	72	蘆竹溝	529	C1I211	230863	2647736	716	29789
雲林縣	古坑鄉	73	大埔	369	C0K300	209732	2615364	545	19780
	古坑鄉	74	山豬湖	649	C1K380	209297	2609318	623	35661
	斗六市	75	斗六	40	C1K310	200676	2622501	452	18745
	北港鎮	76	北港	24	C1K350	178064	2607478	331	10571
	四湖鄉	77	四湖	23	C0K280	171139	2614314	320	11176
	西螺鎮	78	西螺	42	C0K420	195728	2633029	375	13321
	虎尾鎮	79	虎尾	38	C0K330	193105	2624046	409	16415
	斗南鎮	80	阿丹	51	C1K320	200209	2617242	374	18981
	麥寮鄉	81	後安寮	29	C1K260	171856	2631898	260	10532
	古坑鄉	82	草嶺	1132	C0K240	218719	2610281	657	28372
	崙背鄉	83	崙背	12	C0K250	180572	2628132	350	10959
	褒忠鄉	84	褒忠	30	C0K430	178978	2620974	343	11505
嘉義縣	番路鄉	85	小公田	768	C1M540	207162	2584418	553	26233
	大林鎮	86	中坑	167	C1M450	201571	2606518	447	22161
	中埔鄉	87	中埔	110	C1M551	201336	2591003	649	26437
	竹崎鄉	88	內埔	130	C1M490	205486	2598111	538	33556
	竹崎鄉	89	石磐龍	1083	C1M610	215632	2599324	754	49564
	朴子市	90	朴子	8	C1M510	174169	2596511	343	14422
	義竹鄉	91	東後寮	15	C0M520	173131	2585453	330	13907
	水上鄉	92	南靖	43	C1M560	187055	2590094	341	15292
	大埔鄉	93	馬頭山	245	C0M410	207253	2580276	621	36821
	太保市	94	魚寮	41	C1M500	184859	2597402	296	15942
	信義鄉	95	新高口	2540	C1I440	237630	2597307	582	22513
	溪口鄉	96	溪口	14	C1M460	189208	2611304	367	11439
	梅山鄉	97	瑞里	1252	C1M620	216839	2604692	690	30767
	竹崎鄉	98	奮起湖	1385	C0M530	219288	2599017	805	48711
	番路鄉	99	頭凍	986	C1M600	209456	2589351	872	45601



表1 中部地區112個中央氣象局雨量站基本資料表（續）

縣市	鄉鎮區	編號	站名	海拔 (m)	站碼	X (TWD97)	Y (TWD97)	有效降雨事件 (場)	年平均降雨沖蝕指數 (MJ-mm/ha-hr-yr)
嘉義縣	番路鄉	100	龍美	1090	C1M390	214679	2589370	710	36175
	阿里山鄉	101	豐山	1052	C1M630	224363	2610214	489	46333
	東石鄉	102	鰲鼓	23	C1M470	163077	2600494	262	14417
彰化縣	溪州鄉	103	下水埔	61	C1G690	206709	2634908	414	13129
	二林鎮	104	二林	27	C0G730	186475	2644463	333	11061
	大城鄉	105	臺西	64	C0G710	176639	2638440	251	13994
	芬園鄉	106	芬園	110	C0G620	211475	2656823	424	14062
	員林市	107	員林	34	C0G650	207820	2649169	386	13687
	芳苑鄉	108	草湖	10	C1G680	186737	2650697	158	12000
	鹿港鎮	109	鹿港	17	C0G640	192091	2663489	303	10804
	溪州鄉	110	溪州	50	C0G720	198979	2638688	390	13613
	溪湖鎮	111	溪湖	27	C0G660	196981	2649415	352	12623
	卦山里	112	彰化	98	C1G631	204722	2663864	278	9014

資料來源:中央氣象局及本研究彙整

表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式

站名	春	R ²	夏	R ²	秋	R ²	冬	R ²
上谷關	$R_s = 0.05P_s^{1.65}$	0.79	$R_s = 0.05P_s^{1.65}$	0.79	$R_s = 0.05P_s^{1.65}$	0.79	$R_s = 0.05P_s^{1.65}$	0.79
大甲	$R_s = 0.03P_s^{1.83}$	0.69	$R_s = 4.43P_s^{1.10}$	0.63	$R_s = 1.18P_s^{1.29}$	0.91	$R_s = 1.18P_s^{1.29}$	0.79
大坑	$R_s = 0.10P_s^{1.84}$	0.89	$R_s = 0.61P_s^{1.43}$	0.90	$R_s = 1.29P_s^{1.32}$	0.89	$R_s = 0.85P_s^{1.18}$	0.73
大肚	$R_s = 0.99P_s^{1.34}$	0.89	$R_s = 0.25P_s^{1.56}$	0.86	$R_s = 0.94P_s^{1.33}$	0.87	$R_s = 1.79P_s^{1.02}$	0.63
中竹林	$R_s = 0.73P_s^{1.39}$	0.89	$R_s = 0.25P_s^{1.56}$	0.89	$R_s = 1.96P_s^{1.26}$	0.86	$R_s = 0.52P_s^{1.31}$	0.71
白毛臺	$R_s = 1.30P_s^{1.26}$	0.72	$R_s = 0.24P_s^{1.55}$	0.86	$R_s = 1.36P_s^{1.31}$	0.94	$R_s = 0.93P_s^{1.17}$	0.70
白冷	$R_s = 1.22P_s^{1.26}$	0.77	$R_s = 0.23P_s^{1.54}$	0.87	$R_s = 1.31P_s^{1.29}$	0.90	$R_s = 1.19P_s^{1.12}$	0.75
石岡	$R_s = 0.56P_s^{1.42}$	0.87	$R_s = 0.80P_s^{1.38}$	0.82	$R_s = 0.57P_s^{1.46}$	0.88	$R_s = 1.09P_s^{1.16}$	0.79
伯公龍	$R_s = 0.53P_s^{1.42}$	0.86	$R_s = 0.38P_s^{1.48}$	0.89	$R_s = 4.49P_s^{1.10}$	0.82	$R_s = 0.74P_s^{1.25}$	0.74
東勢	$R_s = 1.31P_s^{1.29}$	0.79	$R_s = 0.27P_s^{1.52}$	0.88	$R_s = 1.73P_s^{1.26}$	0.91	$R_s = 0.91P_s^{1.21}$	0.69
桐林	$R_s = 0.30P_s^{1.52}$	0.86	$R_s = 0.26P_s^{1.56}$	0.82	$R_s = 1.92P_s^{1.27}$	0.81	$R_s = 0.53P_s^{1.36}$	0.76
烏石坑	$R_s = 1.35P_s^{1.25}$	0.85	$R_s = 0.07P_s^{1.70}$	0.89	$R_s = 1.49P_s^{1.29}$	0.86	$R_s = 1.37P_s^{1.15}$	0.74
神岡	$R_s = 0.38P_s^{1.50}$	0.91	$R_s = 2.35P_s^{1.22}$	0.94	$R_s = 1.66P_s^{1.21}$	0.81	$R_s = 0.48P_s^{1.35}$	0.79
梨山	$R_s = 2.35P_s^{1.07}$	0.68	$R_s = 0.12P_s^{1.57}$	0.85	$R_s = 0.42P_s^{1.40}$	0.77	$R_s = 0.53P_s^{1.23}$	0.86
清水林	$R_s = 0.24P_s^{1.54}$	0.87	$R_s = 7.22P_s^{1.07}$	0.86	$R_s = 1.34P_s^{1.33}$	0.85	$R_s = 0.53P_s^{1.31}$	0.74
雪嶺	$R_s = 2.55P_s^{1.13}$	0.81	$R_s = 0.04P_s^{1.74}$	0.90	$R_s = 0.37P_s^{1.43}$	0.90	$R_s = 0.83P_s^{1.19}$	0.73



表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	春	R ²	夏	R ²	秋	R ²	冬	R ²
稍來	$R_s = 2.01P_s^{1.17}$	0.78	$R_s = 0.01P_s^{1.86}$	0.89	$R_s = 1.32P_s^{1.20}$	0.62	$R_s = 0.42P_s^{1.37}$	0.81
新伯公	$R_s = 6.92P_s^{1.03}$	0.67	$R_s = 0.66P_s^{1.41}$	0.81	$R_s = 2.35P_s^{1.22}$	0.85	$R_s = 1.15P_s^{1.17}$	0.71
慶福山	$R_s = 0.81P_s^{1.36}$	0.82	$R_s = 0.64P_s^{1.41}$	0.78	$R_s = 2.89P_s^{1.16}$	0.80	$R_s = 0.57P_s^{1.27}$	0.78
龍安	$R_s = 1.17P_s^{1.30}$	0.83	$R_s = 0.35P_s^{1.51}$	0.87	$R_s = 2.31P_s^{1.22}$	0.91	$R_s = 0.77P_s^{1.24}$	0.76
雙崎	$R_s = 0.53P_s^{1.39}$	0.83	$R_s = 0.05P_s^{1.75}$	0.92	$R_s = 0.25P_s^{1.59}$	0.91	$R_s = 1.30P_s^{1.16}$	0.76
九份二山	$R_s = 4.67P_s^{1.06}$	0.79	$R_s = 0.06P_s^{1.73}$	0.84	$R_s = 3.33P_s^{1.28}$	0.88	$R_s = 0.60P_s^{1.28}$	0.83
上安橋	$R_s = 0.47P_s^{1.43}$	0.84	$R_s = 0.08P_s^{1.70}$	0.89	$R_s = 0.98P_s^{1.32}$	0.92	$R_s = 0.33P_s^{1.38}$	0.93
大鞍	$R_s = 8.58P_s^{0.97}$	0.80	$R_s = 0.57P_s^{1.41}$	0.68	$R_s = 1.59P_s^{1.26}$	0.86	$R_s = 1.47P_s^{1.09}$	0.77
中心崙	$R_s = 10.49P_s^{0.94}$	0.59	$R_s = 1.77P_s^{1.28}$	0.65	$R_s = 8.52P_s^{1.03}$	0.78	$R_s = 0.09P_s^{1.77}$	0.73
中寮	$R_s = 10.48P_s^{0.92}$	0.63	$R_s = 1.13P_s^{1.34}$	0.85	$R_s = 5.06P_s^{1.12}$	0.84	$R_s = 1.29P_s^{1.10}$	0.70
丹大	$R_s = 1.59P_s^{1.11}$	0.80	$R_s = 3.26P_s^{1.07}$	0.87	$R_s = 0.03P_s^{1.84}$	0.86	$R_s = 1.08P_s^{0.99}$	0.92
仁愛	$R_s = 1.41P_s^{1.20}$	0.73	$R_s = 0.29P_s^{1.50}$	0.85	$R_s = 0.36P_s^{1.47}$	0.85	$R_s = 0.63P_s^{1.22}$	0.91
六分寮	$R_s = 1.97P_s^{1.22}$	0.69	$R_s = 1.02P_s^{1.35}$	0.76	$R_s = 3.28P_s^{1.19}$	0.79	$R_s = 0.64P_s^{1.31}$	0.81
文文社	$R_s = 4.48P_s^{1.08}$	0.77	$R_s = 0.02P_s^{1.86}$	0.80	$R_s = 1.14P_s^{1.31}$	0.91	$R_s = 0.24P_s^{1.41}$	0.88
水里	$R_s = 6.18P_s^{1.02}$	0.80	$R_s = 0.11P_s^{1.66}$	0.79	$R_s = 1.20P_s^{1.32}$	0.85	$R_s = 0.46P_s^{1.30}$	0.93
水長流	$R_s = 0.97P_s^{1.32}$	0.79	$R_s = 0.74P_s^{1.39}$	0.77	$R_s = 0.22P_s^{1.64}$	0.89	$R_s = 0.23P_s^{1.51}$	0.80
北山	$R_s = 1.06P_s^{1.32}$	0.82	$R_s = 0.15P_s^{1.39}$	0.76	$R_s = 1.41P_s^{1.26}$	0.87	$R_s = 0.27P_s^{1.42}$	0.87
北坑	$R_s = 5.93P_s^{1.01}$	0.77	$R_s = 0.07P_s^{1.70}$	0.62	$R_s = 1.61P_s^{1.27}$	0.72	$R_s = 1.07P_s^{1.15}$	0.80
卡奈托灣	$R_s = 2.69P_s^{1.06}$	0.81	$R_s = 0.82P_s^{1.34}$	0.89	$R_s = 0.63P_s^{1.40}$	0.88	$R_s = 0.97P_s^{1.06}$	0.94
外大坪	$R_s = 1.10P_s^{1.28}$	0.86	$R_s = 0.87P_s^{1.37}$	0.71	$R_s = 1.33P_s^{1.27}$	0.82	$R_s = 0.58P_s^{1.28}$	0.81
合歡山	$R_s = 7.75P_s^{0.91}$	0.90	$R_s = 0.14P_s^{1.54}$	0.77	$R_s = 0.26P_s^{1.42}$	0.82	$R_s = 0.42P_s^{1.27}$	0.84
竹山	$R_s = 4.01P_s^{1.11}$	0.73	$R_s = 0.42P_s^{1.48}$	0.93	$R_s = 9.16P_s^{1.00}$	0.75	$R_s = 0.72P_s^{1.27}$	0.67
西巒	$R_s = 4.35P_s^{1.09}$	0.71	$R_s = 0.14P_s^{1.63}$	0.84	$R_s = 0.42P_s^{1.47}$	0.87	$R_s = 0.48P_s^{1.30}$	0.87
和社	$R_s = 5.51P_s^{0.94}$	0.88	$R_s = 0.04P_s^{1.78}$	0.79	$R_s = 0.46P_s^{1.40}$	0.88	$R_s = 0.66P_s^{1.21}$	0.85
昆陽	$R_s = 0.62P_s^{1.24}$	0.79	$R_s = 1.97P_s^{1.13}$	0.65	$R_s = 0.69P_s^{1.29}$	0.73	$R_s = 0.38P_s^{1.27}$	0.88
東埔	$R_s = 3.40P_s^{1.03}$	0.74	$R_s = 0.28P_s^{1.50}$	0.68	$R_s = 0.69P_s^{1.33}$	0.85	$R_s = 0.96P_s^{1.13}$	0.89
武界	$R_s = 1.71P_s^{1.20}$	0.87	$R_s = 0.18P_s^{1.58}$	0.60	$R_s = 0.46P_s^{1.45}$	0.92	$R_s = 0.76P_s^{1.19}$	0.73
長豐	$R_s = 0.39P_s^{1.44}$	0.84	$R_s = 1.16P_s^{1.32}$	0.70	$R_s = 1.20P_s^{1.29}$	0.83	$R_s = 0.81P_s^{1.20}$	0.70
阿眉	$R_s = 0.30P_s^{1.48}$	0.81	$R_s = 0.33P_s^{1.49}$	0.92	$R_s = 1.64P_s^{1.24}$	0.80	$R_s = 0.65P_s^{1.23}$	0.79
青雲	$R_s = 5.94P_s^{1.03}$	0.72	$R_s = 0.72P_s^{1.39}$	0.78	$R_s = 0.86P_s^{1.33}$	0.90	$R_s = 1.62P_s^{1.04}$	0.77
信義	$R_s = 1.59P_s^{1.20}$	0.75	$R_s = 1.06P_s^{1.33}$	0.83	$R_s = 0.76P_s^{1.35}$	0.78	$R_s = 0.59P_s^{1.20}$	0.89
凌霄	$R_s = 3.92P_s^{1.08}$	0.77	$R_s = 0.66P_s^{1.40}$	0.78	$R_s = 0.56P_s^{1.47}$	0.95	$R_s = 0.54P_s^{1.28}$	0.90
埔中	$R_s = 0.53P_s^{1.45}$	0.83	$R_s = 5.65P_s^{1.22}$	0.91	$R_s = 1.47P_s^{1.33}$	0.76	$R_s = 3.15P_s^{0.92}$	0.40



表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式（續）

站名	春	R ²	夏	R ²	秋	R ²	冬	R ²
埔里	$R_s = 2.87P_s^{1.12}$	0.77	$R_s = 1.58P_s^{1.27}$	0.67	$R_s = 1.48P_s^{1.28}$	0.76	$R_s = 0.96P_s^{1.16}$	0.89
神木村	$R_s = 2.77P_s^{1.11}$	0.86	$R_s = 0.19P_s^{1.54}$	0.84	$R_s = 0.47P_s^{1.41}$	0.92	$R_s = 0.66P_s^{1.20}$	0.88
草屯	$R_s = 0.51P_s^{1.45}$	0.77	$R_s = 0.55P_s^{1.45}$	0.88	$R_s = 1.63P_s^{1.27}$	0.86	$R_s = 1.01P_s^{1.24}$	0.71
望鄉	$R_s = 2.36P_s^{1.12}$	0.74	$R_s = 0.12P_s^{1.60}$	0.80	$R_s = 0.14P_s^{1.62}$	0.90	$R_s = 0.81P_s^{1.16}$	0.87
桶頭	$R_s = 0.56P_s^{1.45}$	0.88	$R_s = 1.22P_s^{1.33}$	0.86	$R_s = 7.73P_s^{1.04}$	0.82	$R_s = 0.53P_s^{1.38}$	0.69
清流	$R_s = 0.66P_s^{1.34}$	0.80	$R_s = 0.14P_s^{1.60}$	0.77	$R_s = 2.98P_s^{1.14}$	0.77	$R_s = 1.16P_s^{1.13}$	0.89
魚池	$R_s = 3.10P_s^{1.12}$	0.82	$R_s = 0.05P_s^{1.77}$	0.77	$R_s = 0.39P_s^{1.51}$	0.84	$R_s = 0.55P_s^{1.30}$	0.76
集集	$R_s = 1.93P_s^{1.21}$	0.82	$R_s = 0.72P_s^{1.40}$	0.78	$R_s = 1.17P_s^{1.35}$	0.94	$R_s = 0.34P_s^{1.41}$	0.85
奧萬大	$R_s = 1.93P_s^{1.21}$	0.82	$R_s = 0.72P_s^{1.40}$	0.78	$R_s = 1.17P_s^{1.35}$	0.94	$R_s = 0.34P_s^{1.41}$	0.85
新興橋	$R_s = 2.95P_s^{1.07}$	0.88	$R_s = 0.03P_s^{1.79}$	0.88	$R_s = 0.38P_s^{1.46}$	0.87	$R_s = 0.28P_s^{1.39}$	0.90
楓樹林	$R_s = 4.06P_s^{1.07}$	0.71	$R_s = 0.13P_s^{1.61}$	0.85	$R_s = 2.61P_s^{1.14}$	0.80	$R_s = 0.91P_s^{1.17}$	0.88
溪頭	$R_s = 1.00P_s^{1.34}$	0.84	$R_s = 0.02P_s^{1.85}$	0.85	$R_s = 3.95P_s^{1.13}$	0.78	$R_s = 0.96P_s^{1.23}$	0.66
瑞岩	$R_s = 4.95P_s^{0.98}$	0.76	$R_s = 0.21P_s^{1.51}$	0.82	$R_s = 0.20P_s^{1.54}$	0.87	$R_s = 0.40P_s^{1.28}$	0.88
萬大	$R_s = 0.86P_s^{0.31}$	0.70	$R_s = 0.13P_s^{1.61}$	0.77	$R_s = 1.27P_s^{1.25}$	0.89	$R_s = 0.43P_s^{1.29}$	0.90
翠峰	$R_s = 2.13P_s^{1.10}$	0.88	$R_s = 0.18P_s^{1.52}$	0.88	$R_s = 0.40P_s^{1.40}$	0.92	$R_s = 0.28P_s^{1.35}$	0.88
翠巒	$R_s = 0.87P_s^{1.22}$	0.77	$R_s = 0.12P_s^{1.59}$	0.82	$R_s = 0.10P_s^{1.62}$	0.87	$R_s = 0.41P_s^{1.28}$	0.92
鳳凰	$R_s = 4.39P_s^{1.10}$	0.62	$R_s = 0.71P_s^{1.41}$	0.71	$R_s = 9.27P_s^{1.00}$	0.72	$R_s = 1.10P_s^{1.17}$	0.82
樟湖	$R_s = 1.52P_s^{1.25}$	0.83	$R_s = 0.22P_s^{1.55}$	0.86	$R_s = 0.95P_s^{1.37}$	0.88	$R_s = 0.83P_s^{1.20}$	0.78
龍神橋	$R_s = 1.74P_s^{1.28}$	0.68	$R_s = 0.23P_s^{1.55}$	0.64	$R_s = 1.38P_s^{1.29}$	0.91	$R_s = 0.95P_s^{1.14}$	0.74
豐丘	$R_s = 2.04P_s^{1.16}$	0.78	$R_s = 0.49P_s^{1.42}$	0.73	$R_s = 0.20P_s^{1.58}$	0.90	$R_s = 1.97P_s^{1.00}$	0.68
雙冬	$R_s = 7.86P_s^{0.96}$	0.69	$R_s = 1.76P_s^{1.26}$	0.95	$R_s = 7.81P_s^{0.99}$	0.71	$R_s = 0.50P_s^{1.32}$	0.79
廬山	$R_s = 3.43P_s^{1.05}$	0.63	$R_s = 0.34P_s^{1.45}$	0.88	$R_s = 0.54P_s^{1.39}$	0.93	$R_s = 0.27P_s^{1.36}$	0.91
蘆竹浦	$R_s = 3.67P_s^{1.10}$	0.75	$R_s = 0.38P_s^{1.49}$	0.94	$R_s = 4.34P_s^{1.13}$	0.81	$R_s = 0.64P_s^{1.24}$	0.61
大埔	$R_s = 0.54P_s^{1.44}$	0.77	$R_s = 16.44P_s^{0.95}$	0.90	$R_s = 3.39P_s^{1.14}$	0.82	$R_s = 0.65P_s^{1.35}$	0.68
山豬湖	$R_s = 1.88P_s^{1.26}$	0.79	$R_s = 1.17P_s^{1.33}$	0.92	$R_s = 1.19P_s^{1.35}$	0.92	$R_s = 0.13P_s^{1.77}$	0.73
斗六	$R_s = 0.82P_s^{1.38}$	0.72	$R_s = 0.06P_s^{1.76}$	0.90	$R_s = 3.59P_s^{1.16}$	0.85	$R_s = 0.52P_s^{1.40}$	0.71
北港	$R_s = 0.89P_s^{1.39}$	0.82	$R_s = 0.16P_s^{1.62}$	0.79	$R_s = 2.18P_s^{1.19}$	0.81	$R_s = 0.24P_s^{1.62}$	0.86
四湖	$R_s = 1.23P_s^{1.31}$	0.84	$R_s = 1.90P_s^{1.27}$	0.82	$R_s = 3.38P_s^{1.11}$	0.88	$R_s = 0.42P_s^{1.48}$	0.75
西螺	$R_s = 1.05P_s^{1.37}$	0.81	$R_s = 0.68P_s^{1.42}$	0.84	$R_s = 5.81P_s^{0.98}$	0.66	$R_s = 0.15P_s^{1.71}$	0.74
虎尾	$R_s = 1.05P_s^{1.34}$	0.81	$R_s = 0.38P_s^{1.52}$	0.87	$R_s = 3.08P_s^{1.14}$	0.84	$R_s = 0.05P_s^{1.92}$	0.79
阿丹	$R_s = 0.13P_s^{1.73}$	0.84	$R_s = 1.93P_s^{1.28}$	0.93	$R_s = 10.72P_s^{0.99}$	0.84	$R_s = 0.14P_s^{0.77}$	0.77
後安寮	$R_s = 0.74P_s^{1.44}$	0.90	$R_s = 0.38P_s^{1.52}$	0.95	$R_s = 0.84P_s^{1.32}$	0.86	$R_s = 0.51P_s^{1.42}$	0.43
草嶺	$R_s = 3.14P_s^{1.15}$	0.79	$R_s = 0.07P_s^{1.70}$	0.90	$R_s = 1.04P_s^{1.35}$	0.91	$R_s = 0.77P_s^{1.26}$	0.63



表2 季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	春	R ²	夏	R ²	秋	R ²	冬	R ²
崙背	$R_s = 1.22P_s^{1.30}$	0.86	$R_s = 0.41P_s^{1.49}$	0.83	$R_s = 1.27P_s^{1.27}$	0.84	$R_s = 1.27P_s^{1.27}$	0.90
褒忠	$R_s = 0.83P_s^{1.40}$	0.81	$R_s = 0.88P_s^{1.39}$	0.89	$R_s = 3.00P_s^{1.09}$	0.78	$R_s = 0.25P_s^{1.58}$	0.87
小公田	$R_s = 2.52P_s^{1.21}$	0.86	$R_s = 1.90P_s^{1.25}$	0.75	$R_s = 3.27P_s^{1.13}$	0.85	$R_s = 0.60P_s^{1.26}$	0.75
中坑	$R_s = 0.59P_s^{1.47}$	0.93	$R_s = 2.23P_s^{1.24}$	0.96	$R_s = 2.23P_s^{1.26}$	0.91	$R_s = 0.26P_s^{1.56}$	0.67
中埔	$R_s = 1.95P_s^{1.23}$	0.60	$R_s = 0.25P_s^{1.54}$	0.89	$R_s = 3.83P_s^{1.16}$	0.83	$R_s = 0.34P_s^{1.50}$	0.86
內埔	$R_s = 2.77P_s^{1.18}$	0.82	$R_s = 0.21P_s^{1.58}$	0.76	$R_s = 2.10P_s^{1.27}$	0.90	$R_s = 0.34P_s^{1.44}$	0.90
石磐龍	$R_s = 2.53P_s^{1.20}$	0.78	$R_s = 0.24P_s^{1.54}$	0.89	$R_s = 1.37P_s^{1.34}$	0.89	$R_s = 0.45P_s^{1.37}$	0.88
朴子	$R_s = 1.29P_s^{1.33}$	0.82	$R_s = 0.23P_s^{1.59}$	0.85	$R_s = 1.48P_s^{1.26}$	0.90	$R_s = 0.59P_s^{1.40}$	0.64
東後寮	$R_s = 0.81P_s^{1.41}$	0.85	$R_s = 0.37P_s^{1.50}$	0.83	$R_s = 1.51P_s^{1.28}$	0.81	$R_s = 0.12P_s^{1.79}$	0.88
南靖	$R_s = 1.62P_s^{1.28}$	0.72	$R_s = 1.97P_s^{1.26}$	0.95	$R_s = 8.41P_s^{0.90}$	0.81	$R_s = 0.13P_s^{1.79}$	0.69
馬頭山	$R_s = 7.02P_s^{1.04}$	0.74	$R_s = 0.18P_s^{1.57}$	0.82	$R_s = 1.16P_s^{1.36}$	0.92	$R_s = 0.05P_s^{1.99}$	0.89
魚寮	$R_s = 1.74P_s^{1.26}$	0.80	$R_s = 1.17P_s^{1.35}$	0.92	$R_s = 4.46P_s^{1.09}$	0.89	$R_s = 0.04P_s^{2.12}$	0.89
新高口	$R_s = 1.13P_s^{1.23}$	0.92	$R_s = 0.30P_s^{1.47}$	0.91	$R_s = 0.99P_s^{1.26}$	0.91	$R_s = 0.35P_s^{1.32}$	0.90
溪口	$R_s = 2.22P_s^{1.20}$	0.83	$R_s = 0.51P_s^{1.46}$	0.83	$R_s = 3.19P_s^{1.09}$	0.81	$R_s = 0.48P_s^{1.47}$	0.76
瑞里	$R_s = 1.35P_s^{1.28}$	0.89	$R_s = 0.10P_s^{1.65}$	0.92	$R_s = 1.02P_s^{1.34}$	0.91	$R_s = 0.86P_s^{1.19}$	0.79
奮起湖	$R_s = 1.97P_s^{1.23}$	0.74	$R_s = 0.08P_s^{1.67}$	0.84	$R_s = 0.52P_s^{1.46}$	0.93	$R_s = 0.15P_s^{1.55}$	0.90
頭凍	$R_s = 7.42P_s^{1.04}$	0.77	$R_s = 0.29P_s^{1.51}$	0.86	$R_s = 10.79P_s^{1.02}$	0.90	$R_s = 0.31P_s^{1.49}$	0.85
龍美	$R_s = 5.29P_s^{1.11}$	0.68	$R_s = 0.78P_s^{1.36}$	0.73	$R_s = 1.21P_s^{1.34}$	0.89	$R_s = 0.25P_s^{1.50}$	0.75
豐山	$R_s = 3.07P_s^{1.12}$	0.79	$R_s = 0.02P_s^{1.87}$	0.92	$R_s = 0.33P_s^{1.51}$	0.97	$R_s = 0.48P_s^{1.32}$	0.71
鰲鼓	$R_s = 0.48P_s^{1.52}$	0.83	$R_s = 0.67P_s^{1.43}$	0.90	$R_s = 2.17P_s^{1.19}$	0.94	$R_s = 0.73P_s^{1.35}$	0.63
下水埔	$R_s = 1.93P_s^{1.22}$	0.75	$R_s = 0.52P_s^{1.43}$	0.90	$R_s = 1.59P_s^{1.29}$	0.80	$R_s = 2.61P_s^{0.94}$	0.51
二林	$R_s = 1.09P_s^{1.38}$	0.86	$R_s = 3.26P_s^{1.17}$	0.81	$R_s = 0.98P_s^{1.34}$	0.90	$R_s = 0.04P_s^{1.99}$	0.85
臺西	$R_s = 0.77P_s^{1.46}$	0.90	$R_s = 0.17P_s^{1.64}$	0.84	$R_s = 1.22P_s^{1.28}$	0.93	$R_s = 0.52P_s^{1.47}$	0.68
芬園	$R_s = 1.73P_s^{1.24}$	0.78	$R_s = 0.30P_s^{1.53}$	0.91	$R_s = 1.60P_s^{1.31}$	0.89	$R_s = 0.26P_s^{1.48}$	0.77
員林	$R_s = 3.19P_s^{1.13}$	0.70	$R_s = 0.37P_s^{1.51}$	0.95	$R_s = 2.86P_s^{1.18}$	0.86	$R_s = 0.16P_s^{1.48}$	0.84
草湖	$R_s = 0.07P_s^{1.86}$	0.89	$R_s = 0.04P_s^{1.85}$	0.93	$R_s = 2.04P_s^{1.24}$	0.88	$R_s = 0.40P_s^{1.45}$	0.85
鹿港	$R_s = 1.10P_s^{1.33}$	0.81	$R_s = 0.83P_s^{1.39}$	0.96	$R_s = 0.63P_s^{1.44}$	0.81	$R_s = 0.28P_s^{1.50}$	0.74
溪州	$R_s = 0.50P_s^{1.49}$	0.81	$R_s = 0.21P_s^{1.59}$	0.90	$R_s = 3.22P_s^{1.14}$	0.78	$R_s = 0.93P_s^{1.22}$	0.76
溪湖	$R_s = 0.11P_s^{1.72}$	0.87	$R_s = 0.71P_s^{1.41}$	0.84	$R_s = 2.51P_s^{1.14}$	0.75	$R_s = 0.21P_s^{1.55}$	0.89
彰化	$R_s = 1.00P_s^{1.35}$	0.63	$R_s = 1.95P_s^{1.22}$	0.50	$R_s = 6.02P_s^{0.93}$	0.85	$R_s = 2.39P_s^{0.96}$	0.57

2.2 研究方法

2.2.1 單場有效雨場事件之判定

本研究依據Wischmeier and Smith(1958)單場有效降雨事件之定義，將各雨量站17年之10分鐘等間隔降雨資料進行雨場分析，其



定義如下：

1.單場降雨之累積降雨量須超過12.7 mm，且該場降雨與前場降雨需間隔超過6小時以上，視為一場有效降雨事件。

2.降雨若低於12.7mm，但於15分鐘內降下6.35 mm以上之雨量，仍具備有沖蝕之潛在能力，則該場降雨應視為有效降雨事件，其降雨總動能須列入降雨總動能之計算。

2.2.2降雨沖蝕指數之計算

經由上述有效降雨事件判定後，計算出每場有效降雨事件之降雨強度，並使用 Wischmeier and Smith (1958) 依據 Laws 及 Parson(1943)對自然降雨實測資料推導而成之降雨動能公式，如(1)及(2)式，得出每公頃單位降雨量之降雨動能。

$$e_i = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I; \quad I < 76\text{mm/hr} \dots\dots\dots (1)$$

$$e_i = 0.283; \quad I > 76\text{mm/hr} \dots\dots\dots (2)$$

其中， e_i 為每公頃單位降雨量之降雨動能(MJ/ha-mm)； I 為降雨強度(mm/hr)。

單場降雨沖蝕指數為該場降雨的降雨總動能與該場降雨最大30分鐘降雨強度之乘積，如式(3)所示。

$$R_j = E_j \times I_{j30} = \sum_{i=1}^{T_j} (e_{ji} P_{ji}) \times I_{j30} \dots\dots\dots (3)$$

其中， R_j =第j場降雨的降雨沖蝕指數； E_j =($e_i P_{ji}$)第j場降雨中第i時刻的降雨動能； I_{j30} =第j場降雨的最大30分鐘降雨強度； e_{ji} =第j場降雨中的第i時刻的每公頃單位降雨量之降雨動能； P_{ji} =第j場降雨中第i時刻的降雨量； T_j =第j場降雨的降雨延時。

吳嘉俊等人(1996)指出降雨沖蝕指數是可以累加的，因此四季、乾濕季及年之降雨

沖蝕指數，可寫為(4)~(7)式。

$$R_s = \sum_{j=1}^s R_j \dots\dots\dots (4)$$

$$R_y = \sum_{j=1}^y R_j \dots\dots\dots (5)$$

$$R_{sd} = \sum_{j=1}^{sd} R_j \dots\dots\dots (6)$$

$$R_{sw} = \sum_{j=1}^{sw} R_j \dots\dots\dots (7)$$

R_j 為第j場降雨之單場降雨沖蝕指數； R_s 為每季的單場降雨沖蝕指數累加； R_{sd} 為乾季單場降雨沖蝕指數累加； R_{sw} 為濕季單場降雨沖蝕指數累加； R_y 為整年的單場降雨沖蝕指數累加。

2.2.3降雨沖蝕指數與降雨量推估關係式之建立

本研究利用乘冪回歸式建立降雨沖蝕指數與降雨量之推估關係式，四季、乾季、濕季及年之平均降雨沖蝕指數推估關係式，如(8)~(11)式所示。

$$R_{sm} = a P_{sm}^b \dots\dots\dots (8)$$

$$R_{sdm} = a P_{sdm}^b \dots\dots\dots (9)$$

$$R_{swm} = a P_{swm}^b \dots\dots\dots (10)$$

$$R_{ym} = a P_{ym}^b \dots\dots\dots (11)$$

其中， a 和 b 為待定係數； R_{sm} 為季平均降雨沖蝕指數； P_{sm} 為季平均降雨量； R_{sdm} 為乾季平均降雨沖蝕指數； P_{sdm} 為乾季平均降雨量； R_{swm} 為濕季平均降雨沖蝕指數； P_{swm} 為濕季平均降雨量； R_{ym} 為年平均降雨沖蝕指數； P_{ym} 為年平均降雨量。

2.2.4不同重現期距之年平均降雨沖蝕指數之推估

本研究透過水文統計方法(包含常態分佈、對數常態Ⅱ分佈、對數常態Ⅲ分佈、皮爾遜Ⅲ分佈及對數皮爾遜Ⅲ分佈)進行各雨量站年平均降雨沖蝕指數分析，列出各雨量



站最佳水文統計方法在不同重現期距之年平均降雨沖蝕指數。

2.2.5 降雨沖蝕指數空間分布等值圖之繪製

本研究使用ESRI公司開發之地理資訊系統軟體ArcMAP 10.2，利用IDW(距離反比加權法)模組繪製降雨沖蝕指數之空間分布等值圖。IDW為空間內插估計最常用的方法，利用鄰近已知點的數值加權，推估目前位置的變數值，其計算公式如(12)式所示。

$$z(x, y) = [\sum_{i=1}^N W(d_i) Z_i] / [\sum_{i=1}^N W(d_i)] \quad (12)$$

式中， $W(d_i)$ 為權重方程； Z_i 為第*i*個已知點的數值； d_i 為*i*點到未知點之間的距離。

三、結果與討論

3.1 年平均降雨沖蝕指數

本研究依據中部地區17年(2002年至2018年)共112個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，進行單場有效降雨事件之雨場分割，共計有62,002場有效降雨事件，平均每個雨量站約有554場(即每個雨量站每年平均約33場)，最多為嘉義縣頭凍雨量站共872場，彰化縣草湖雨量站為最少共158場，利用上述有效降雨事件分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，分析結果如表1所示。整體來說，中部地區年平均降雨沖蝕指數為21,458MJ-mm/ha-hr-yr，最大值為49,564MJ-mm/ha-hr-yr出現在嘉義縣石磐龍雨量站，南投縣丹大兩

量站為最小5,120MJ-mm/ha-hr-yr。

3.2 降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式

本研究利用乘冪回歸關係式進行降雨沖蝕指數與降雨量之分析，分別建立112個雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均之降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式。根據中央氣象局二十四節氣四季之定義：2月至4月為春季、5月至7月為夏季、8月至10月為秋季、11月至隔年1月為冬季；5月至10月為濕季、11月至隔年4月為乾季。四季分析結果顯示，春、夏、秋及冬季分別有99(88%)、102(91%)、110(98%)及94(83%)個雨量站判定係數(R^2)高於在0.7以上，如表2所示，換句話說，利用表2中之回歸關係式之判定係數推估季平均降雨沖蝕指數之可靠性，其結果顯示至少有八成三以上的雨量站可靠性良好。乾濕季分析結果顯示，乾及濕季分別有107(96%)及100(89%)個雨量站其回歸關係式之判定係數(R^2)高於0.7以上，如表3所示，換句話說，利用表3中之回歸關係式來推估乾濕季平均之降雨沖蝕指數之可靠性，其結果顯示至少有八成九以上的雨量站可靠性良好。年分析結果顯示，有99(88%)個雨量站其回歸關係式之判定係數(R^2)高於0.7以上，如表4所示，換句話說，利用表4中之回歸關係式來推估年平均降雨沖蝕指數之可靠性，其結果顯示有八成八的雨量站可靠性良好。

表3 乾濕季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式

站名	乾季	R^2	濕季	R^2	站名	乾季	R^2	濕季	R^2
上谷關	$R_{sd} = 0.56P_{sd}^{1.31}$	0.86	$R_{sw} = 0.09P_{sw}^{1.63}$	0.84	大肚	$R_{sd} = 0.40P_{sd}^{1.43}$	0.92	$R_{sw} = 1.70P_{sw}^{1.26}$	0.80
大甲	$R_{sd} = 0.32P_{sd}^{1.38}$	0.63	$R_{sw} = 0.62P_{sw}^{1.39}$	0.82	中竹林	$R_{sd} = 1.56P_{sd}^{1.16}$	0.83	$R_{sw} = 1.43P_{sw}^{1.29}$	0.95
大坑	$R_{sd} = 1.32P_{sd}^{1.19}$	0.77	$R_{sw} = 1.21P_{sw}^{1.32}$	0.84	白毛臺	$R_{sd} = 1.11P_{sd}^{1.22}$	0.80	$R_{sw} = 0.32P_{sw}^{1.48}$	0.84



表3 乾濕季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式（續）

站名	乾季	R ²	濕季	R ²	站名	乾季	R ²	濕季	R ²
白冷	$R_{sd} = 1.66P_{sd}^{1.15}$	0.78	$R_{sw} = 0.34P_{sw}^{1.46}$	0.83	和社	$R_{sd} = 0.26P_{sd}^{1.42}$	0.88	$R_{sw} = 0.02P_{sw}^{1.83}$	0.72
石岡	$R_{sd} = 1.90P_{sd}^{1.15}$	0.88	$R_{sw} = 1.18P_{sw}^{1.31}$	0.74	昆陽	$R_{sd} = 0.26P_{sd}^{1.35}$	0.76	$R_{sw} = 3.40P_{sw}^{1.05}$	0.67
伯公龍	$R_{sd} = 3.36P_{sd}^{1.15}$	0.80	$R_{sw} = 0.32P_{sw}^{1.48}$	0.84	東埔	$R_{sd} = 0.20P_{sd}^{1.48}$	0.92	$R_{sw} = 0.06P_{sw}^{1.65}$	0.73
東勢	$R_{sd} = 1.39P_{sd}^{1.91}$	0.85	$R_{sw} = 0.25P_{sw}^{1.51}$	0.78	武界	$R_{sd} = 1.14P_{sd}^{1.21}$	0.81	$R_{sw} = 2.02P_{sw}^{1.21}$	0.87
桐林	$R_{sd} = 1.66P_{sd}^{1.14}$	0.78	$R_{sw} = 0.74P_{sw}^{1.39}$	0.97	長豐	$R_{sd} = 3.66P_{sd}^{0.97}$	0.85	$R_{sw} = 0.27P_{sw}^{1.50}$	0.75
烏石坑	$R_{sd} = 4.81P_{sd}^{1.00}$	0.70	$R_{sw} = 0.07P_{sw}^{1.67}$	0.84	阿眉	$R_{sd} = 0.65P_{sd}^{1.29}$	0.84	$R_{sw} = 0.52P_{sw}^{1.40}$	0.80
神岡	$R_{sd} = 0.73P_{sd}^{1.32}$	0.95	$R_{sw} = 3.81P_{sw}^{1.14}$	0.84	青雲	$R_{sd} = 4.04P_{sd}^{1.02}$	0.86	$R_{sw} = 0.54P_{sw}^{1.40}$	0.86
梨山	$R_{sd} = 0.87P_{sd}^{1.20}$	0.78	$R_{sw} = 0.28P_{sw}^{1.42}$	0.77	信義	$R_{sd} = 2.64P_{sd}^{1.03}$	0.66	$R_{sw} = 0.34P_{sw}^{1.46}$	0.82
清水林	$R_{sd} = 1.58P_{sd}^{1.17}$	0.83	$R_{sw} = 4.46P_{sw}^{1.13}$	0.65	凌霄	$R_{sd} = 0.28P_{sd}^{1.44}$	0.92	$R_{sw} = 0.37P_{sw}^{1.45}$	0.84
雪嶺	$R_{sd} = 0.91P_{sd}^{1.22}$	0.74	$R_{sw} = 0.02P_{sw}^{1.76}$	0.90	埔中	$R_{sd} = 3.76P_{sd}^{1.00}$	0.75	$R_{sw} = 1.95P_{sw}^{1.25}$	0.88
稍來	$R_{sd} = 1.98P_{sd}^{1.12}$	0.75	$R_{sw} = 0.01P_{sw}^{1.85}$	0.78	埔里	$R_{sd} = 0.78P_{sd}^{1.26}$	0.85	$R_{sw} = 1.22P_{sw}^{1.29}$	0.77
新伯公	$R_{sd} = 2.27P_{sd}^{1.12}$	0.86	$R_{sw} = 2.17P_{sw}^{1.23}$	0.69	神木村	$R_{sd} = 0.10P_{sd}^{1.56}$	0.86	$R_{sw} = 0.12P_{sw}^{1.57}$	0.77
慶福山	$R_{sd} = 0.77P_{sd}^{1.29}$	0.84	$R_{sw} = 0.80P_{sw}^{1.35}$	0.85	草屯	$R_{sd} = 3.13P_{sd}^{1.04}$	0.85	$R_{sw} = 0.51P_{sw}^{1.43}$	0.96
龍安	$R_{sd} = 0.92P_{sd}^{1.26}$	0.82	$R_{sw} = 0.39P_{sw}^{1.46}$	0.87	望鄉	$R_{sd} = 0.42P_{sd}^{1.35}$	0.84	$R_{sw} = 0.30P_{sw}^{1.45}$	0.74
雙崎	$R_{sd} = 2.57P_{sd}^{1.10}$	0.91	$R_{sw} = 0.19P_{sw}^{1.55}$	0.96	桶頭	$R_{sd} = 1.27P_{sd}^{1.25}$	0.87	$R_{sw} = 0.74P_{sw}^{1.38}$	0.85
九份二山	$R_{sd} = 1.35P_{sd}^{1.20}$	0.77	$R_{sw} = 0.20P_{sw}^{1.55}$	0.80	清流	$R_{sd} = 1.32P_{sd}^{1.16}$	0.91	$R_{sw} = 0.09P_{sw}^{1.64}$	0.83
上安橋	$R_{sd} = 0.36P_{sd}^{1.43}$	0.92	$R_{sw} = 1.24P_{sw}^{1.28}$	0.72	魚池	$R_{sd} = 0.96P_{sd}^{1.23}$	0.78	$R_{sw} = 0.26P_{sw}^{1.30}$	0.74
大鞍	$R_{sd} = 4.80P_{sd}^{0.99}$	0.65	$R_{sw} = 1.37P_{sw}^{1.26}$	0.65	集集	$R_{sd} = 2.76P_{sd}^{1.08}$	0.77	$R_{sw} = 0.51P_{sw}^{1.42}$	0.84
中心崙	$R_{sd} = 1.81P_{sd}^{1.17}$	0.77	$R_{sw} = 21.1P_{sw}^{0.93}$	0.65	奧萬大	$R_{sd} = 0.35P_{sd}^{1.35}$	0.89	$R_{sw} = 0.09P_{sw}^{1.60}$	0.82
中寮	$R_{sd} = 2.78P_{sd}^{1.06}$	0.82	$R_{sw} = 1.12P_{sw}^{1.32}$	0.84	新興橋	$R_{sd} = 0.12P_{sd}^{1.56}$	0.82	$R_{sw} = 0.01P_{sw}^{1.83}$	0.82
丹大	$R_{sd} = 0.73P_{sd}^{1.20}$	0.81	$R_{sw} = 2.30P_{sw}^{1.12}$	0.87	楓樹林	$R_{sd} = 0.36P_{sd}^{1.38}$	0.89	$R_{sw} = 0.15P_{sw}^{1.56}$	0.82
仁愛	$R_{sd} = 0.51P_{sd}^{1.30}$	0.90	$R_{sw} = 0.18P_{sw}^{1.53}$	0.84	溪頭	$R_{sd} = 1.42P_{sd}^{1.22}$	0.85	$R_{sw} = 0.01P_{sw}^{1.93}$	0.85
六分寮	$R_{sd} = 2.01P_{sd}^{1.13}$	0.85	$R_{sw} = 1.42P_{sw}^{1.29}$	0.71	瑞岩	$R_{sd} = 0.49P_{sd}^{1.27}$	0.75	$R_{sw} = 0.66P_{sw}^{1.33}$	0.68
文文社	$R_{sd} = 0.29P_{sd}^{1.44}$	0.92	$R_{sw} = 0.03P_{sw}^{1.74}$	0.71	萬大	$R_{sd} = 0.38P_{sd}^{1.34}$	0.89	$R_{sw} = 0.11P_{sw}^{1.60}$	0.70
水里	$R_{sd} = 0.78P_{sd}^{1.31}$	0.85	$R_{sw} = 1.08P_{sw}^{1.32}$	0.93	翠峰	$R_{sd} = 0.50P_{sd}^{1.27}$	0.72	$R_{sw} = 0.87P_{sw}^{1.28}$	0.65
水長流	$R_{sd} = 0.23P_{sd}^{1.49}$	0.81	$R_{sw} = 0.69P_{sw}^{1.38}$	0.75	翠巒	$R_{sd} = 0.16P_{sd}^{1.43}$	0.90	$R_{sw} = 0.11P_{sw}^{1.56}$	0.71
北山	$R_{sd} = 0.33P_{sd}^{1.42}$	0.89	$R_{sw} = 1.01P_{sw}^{1.33}$	0.69	鳳凰	$R_{sd} = 1.54P_{sd}^{1.20}$	0.87	$R_{sw} = 0.85P_{sw}^{1.36}$	0.74
北坑	$R_{sd} = 5.88P_{sd}^{0.94}$	0.82	$R_{sw} = 0.02P_{sw}^{1.80}$	0.63	樟湖	$R_{sd} = 1.64P_{sd}^{1.19}$	0.77	$R_{sw} = 0.23P_{sw}^{1.52}$	0.87
卡奈托灣	$R_{sd} = 0.62P_{sd}^{1.27}$	0.82	$R_{sw} = 0.91P_{sw}^{1.30}$	0.89	龍神橋	$R_{sd} = 1.69P_{sd}^{1.22}$	0.81	$R_{sw} = 3.1P_{sw}^{1.15}$	0.79
外大坪	$R_{sd} = 0.67P_{sd}^{1.30}$	0.87	$R_{sw} = 3.84P_{sw}^{1.13}$	0.79	豐丘	$R_{sd} = 1.91P_{sd}^{1.10}$	0.78	$R_{sw} = 1.06P_{sw}^{1.29}$	0.60
合歡山	$R_{sd} = 0.53P_{sd}^{1.25}$	0.75	$R_{sw} = 4.79P_{sw}^{1.06}$	0.83	雙冬	$R_{sd} = 0.66P_{sd}^{1.30}$	0.82	$R_{sw} = 2.19P_{sw}^{1.21}$	0.90
竹山	$R_{sd} = 1.67P_{sd}^{1.18}$	0.83	$R_{sw} = 0.35P_{sw}^{1.48}$	0.90	廬山	$R_{sd} = 0.24P_{sd}^{1.40}$	0.90	$R_{sw} = 0.85P_{sw}^{1.30}$	0.77
西鑾	$R_{sd} = 1.90P_{sd}^{1.15}$	0.67	$R_{sw} = 3.40P_{sw}^{1.74}$	0.67	蘆竹溝	$R_{sd} = 1.63P_{sd}^{1.16}$	0.73	$R_{sw} = 4.69P_{sw}^{1.13}$	0.93



表3 乾濕季平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	乾季	R ²	濕季	R ²	站名	乾季	R ²	濕季	R ²
大埔	$R_{sd} = 0.87P_{sd}^{1.32}$	0.89	$R_{sw} = 4.32P_{sw}^{1.13}$	0.94	馬頭山	$R_{sd} = 0.63P_{sd}^{1.39}$	0.76	$R_{sw} = 0.46P_{sw}^{1.43}$	0.77
山豬湖	$R_{sd} = 0.60P_{sd}^{1.41}$	0.89	$R_{sw} = 4.04P_{sw}^{1.15}$	0.92	魚寮	$R_{sd} = 0.33P_{sd}^{1.55}$	0.87	$R_{sw} = 0.77P_{sw}^{1.39}$	0.93
斗六	$R_{sd} = 1.17P_{sd}^{1.24}$	0.75	$R_{sw} = 0.09P_{sw}^{1.69}$	0.84	新高口	$R_{sd} = 1.41P_{sd}^{1.14}$	0.86	$R_{sw} = 0.39P_{sw}^{1.40}$	0.89
北港	$R_{sd} = 0.80P_{sd}^{1.34}$	0.75	$R_{sw} = 0.34P_{sw}^{1.49}$	0.71	溪口	$R_{sd} = 0.81P_{sd}^{1.31}$	0.87	$R_{sw} = 0.24P_{sw}^{1.54}$	0.86
四湖	$R_{sd} = 0.30P_{sd}^{1.53}$	0.71	$R_{sw} = 2.16P_{sw}^{1.23}$	0.73	瑞里	$R_{sd} = 0.18P_{sd}^{1.57}$	0.81	$R_{sw} = 0.14P_{sw}^{1.57}$	0.83
西螺	$R_{sd} = 2.25P_{sd}^{1.11}$	0.84	$R_{sw} = 0.87P_{sw}^{1.37}$	0.85	奮起湖	$R_{sd} = 0.17P_{sd}^{1.56}$	0.86	$R_{sw} = 0.08P_{sw}^{1.64}$	0.80
虎尾	$R_{sd} = 0.84P_{sd}^{1.31}$	0.79	$R_{sw} = 0.27P_{sw}^{1.54}$	0.84	頭凍	$R_{sd} = 0.89P_{sd}^{1.33}$	0.86	$R_{sw} = 0.37P_{sw}^{1.45}$	0.83
阿丹	$R_{sd} = 0.53P_{sd}^{1.42}$	0.84	$R_{sw} = 1.31P_{sw}^{1.32}$	0.88	龍美	$R_{sd} = 4.07P_{sd}^{1.03}$	0.65	$R_{sw} = 0.80P_{sw}^{1.34}$	0.78
後安寮	$R_{sd} = 2.09P_{sd}^{1.17}$	0.73	$R_{sw} = 0.84P_{sw}^{1.38}$	0.93	豐山	$R_{sd} = 0.08P_{sd}^{1.67}$	0.89	$R_{sw} = 0.02P_{sw}^{1.82}$	0.84
草嶺	$R_{sd} = 0.61P_{sd}^{1.36}$	0.77	$R_{sw} = 0.41P_{sw}^{1.43}$	0.78	鰲鼓	$R_{sd} = 5.65P_{sd}^{0.99}$	0.74	$R_{sw} = 0.73P_{sw}^{1.40}$	0.78
崙背	$R_{sd} = 0.65P_{sd}^{1.35}$	0.83	$R_{sw} = 0.90P_{sw}^{1.36}$	0.79	下水埔	$R_{sd} = 4.21P_{sd}^{0.96}$	0.89	$R_{sw} = 1.50P_{sw}^{1.27}$	0.76
褒忠	$R_{sd} = 0.85P_{sd}^{1.31}$	0.82	$R_{sw} = 0.62P_{sw}^{1.42}$	0.87	二林	$R_{sd} = 0.38P_{sd}^{1.49}$	0.75	$R_{sw} = 1.51P_{sw}^{1.28}$	0.85
小公田	$R_{sd} = 1.74P_{sd}^{1.18}$	0.85	$R_{sw} = 8.33P_{sw}^{1.04}$	0.80	臺西	$R_{sd} = 0.38P_{sd}^{1.51}$	0.81	$R_{sw} = 0.51P_{sw}^{1.46}$	0.92
中坑	$R_{sd} = 0.35P_{sd}^{1.52}$	0.89	$R_{sw} = 2.14P_{sw}^{1.24}$	0.96	芬園	$R_{sd} = 0.68P_{sd}^{1.30}$	0.84	$R_{sw} = 2.80P_{sw}^{1.19}$	0.92
中埔	$R_{sd} = 2.00P_{sd}^{1.17}$	0.84	$R_{sw} = 0.56P_{sw}^{1.41}$	0.84	員林	$R_{sd} = 0.77P_{sd}^{1.32}$	0.86	$R_{sw} = 0.77P_{sw}^{1.37}$	0.84
內埔	$R_{sd} = 0.20P_{sd}^{1.63}$	0.93	$R_{sw} = 0.54P_{sw}^{1.42}$	0.64	草湖	$R_{sd} = 0.20P_{sd}^{1.61}$	0.93	$R_{sw} = 1.68P_{sw}^{1.28}$	0.64
石磐龍	$R_{sd} = 0.41P_{sd}^{1.45}$	0.77	$R_{sw} = 0.16P_{sw}^{1.56}$	0.86	鹿港	$R_{sd} = 0.71P_{sd}^{1.31}$	0.90	$R_{sw} = 0.86P_{sw}^{1.36}$	0.96
朴子	$R_{sd} = 0.46P_{sd}^{1.47}$	0.85	$R_{sw} = 0.35P_{sw}^{1.50}$	0.80	溪州	$R_{sd} = 3.77P_{sd}^{1.02}$	0.76	$R_{sw} = 0.26P_{sw}^{1.54}$	0.88
東後寮	$R_{sd} = 0.79P_{sd}^{1.38}$	0.78	$R_{sw} = 0.39P_{sw}^{1.47}$	0.78	溪湖	$R_{sd} = 0.65P_{sd}^{1.34}$	0.83	$R_{sw} = 1.77P_{sw}^{1.26}$	0.71
南靖	$R_{sd} = 2.58P_{sd}^{1.11}$	0.75	$R_{sw} = 1.22P_{sw}^{1.31}$	0.90	彰化	$R_{sd} = 1.87P_{sd}^{1.12}$	0.93	$R_{sw} = 1.01P_{sw}^{1.32}$	0.77

表4 年平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式

站名	年迴歸關係式	R ²	站名	年迴歸關係式	R ²	站名	年迴歸關係式	R ²
上谷關	$R_y = 0.05P_y^{1.65}$	0.79	桐林	$R_y = 0.08P_y^{1.66}$	0.96	雙崎	$R_y = 0.47P_y^{1.40}$	0.97
大甲	$R_y = 0.27P_y^{1.47}$	0.84	烏石坑	$R_y = 0.04P_y^{1.70}$	0.82	九份二山	$R_y = 0.38P_y^{1.44}$	0.75
大坑	$R_y = 0.27P_y^{1.49}$	0.95	神岡	$R_y = 0.62P_y^{1.24}$	0.82	上安橋	$R_y = 2.54P_y^{1.17}$	0.72
大肚	$R_y = 0.83P_y^{1.34}$	0.83	梨山	$R_y = 0.34P_y^{1.36}$	0.90	大鞍	$R_y = 2.09P_y^{1.19}$	0.66
中竹林	$R_y = 0.24P_y^{1.51}$	0.95	清水林	$R_y = 2.05P_y^{1.21}$	0.69	中心崙	$R_y = 0.78P_y^{1.35}$	0.97
白毛臺	$R_y = 0.32P_y^{1.45}$	0.79	雪嶺	$R_y = 0.03P_y^{1.66}$	0.85	中寮	$R_y = 1.13P_y^{1.30}$	0.84
白冷	$R_y = 0.28P_y^{1.46}$	0.80	稍來	$R_y = 0.01P_y^{1.81}$	0.72	丹大	$R_y = 1.40P_y^{1.17}$	0.78
石岡	$R_y = 0.47P_y^{1.41}$	0.86	新伯公	$R_y = 5.17P_y^{1.10}$	0.70	仁愛	$R_y = 0.26P_y^{1.44}$	0.84
伯公龍	$R_y = 0.56P_y^{1.38}$	0.81	慶福山	$R_y = 1.41P_y^{1.26}$	0.82	六分寮	$R_y = 2.32P_y^{1.21}$	0.64
東勢	$R_y = 0.59P_y^{1.37}$	0.69	龍安	$R_y = 0.31P_y^{1.47}$	0.83	文文社	$R_y = 0.23P_y^{1.46}$	0.85



表4 年平均降雨沖蝕指數與降雨量回歸關係式(續)

站名	年迴歸關係式	R ²	站名	年迴歸關係式	R ²	站名	年迴歸關係式	R ²
水里	$R_y = 0.93P_y^{1.32}$	0.92	新興橋	$R_y = 0.03P_y^{1.73}$	0.74	中埔	$R_y = 1.09P_y^{1.31}$	0.81
水長流	$R_y = 0.69P_y^{1.36}$	0.75	楓樹林	$R_y = 0.17P_y^{1.51}$	0.79	內埔	$R_y = 1.21P_y^{1.31}$	0.63
北山	$R_y = 1.47P_y^{1.25}$	0.91	溪頭	$R_y = 0.02P_y^{1.76}$	0.73	石磐龍	$R_y = 0.13P_y^{1.58}$	0.86
北坑	$R_y = 0.31P_y^{1.43}$	0.77	瑞岩	$R_y = 0.45P_y^{1.34}$	0.82	朴子	$R_y = 0.78P_y^{1.37}$	0.74
卡奈托灣	$R_y = 0.58P_y^{1.34}$	0.95	萬大	$R_y = 0.16P_y^{1.51}$	0.69	東後寮	$R_y = 0.92P_y^{1.34}$	0.70
外大坪	$R_y = 3.32P_y^{1.13}$	0.76	翠峰	$R_y = 0.87P_y^{1.24}$	0.65	南靖	$R_y = 1.74P_y^{1.25}$	0.86
合歡山	$R_y = 0.22P_y^{1.40}$	0.85	翠巒	$R_y = 0.34P_y^{1.37}$	0.73	馬頭山	$R_y = 0.62P_y^{1.38}$	0.79
竹山	$R_y = 0.38P_y^{1.44}$	0.99	鳳凰	$R_y = 0.73P_y^{1.36}$	0.96	魚寮	$R_y = 1.21P_y^{1.31}$	0.92
西巒	$R_y = 0.24P_y^{1.48}$	0.74	樟湖	$R_y = 0.28P_y^{1.47}$	0.84	新高口	$R_y = 0.24P_y^{1.44}$	0.97
和社	$R_y = 0.045P_y^{1.67}$	0.84	龍神橋	$R_y = 0.37P_y^{1.44}$	0.68	溪口	$R_y = 0.32P_y^{1.48}$	0.80
昆陽	$R_y = 8.90P_y^{0.89}$	0.64	豐丘	$R_y = 0.26P_y^{1.45}$	0.82	瑞里	$R_y = 0.20P_y^{1.51}$	0.78
東埔	$R_y = 1.01P_y^{1.26}$	0.66	雙冬	$R_y = 2.69P_y^{1.17}$	0.84	奮起湖	$R_y = 0.07P_y^{1.63}$	0.80
武界	$R_y = 0.92P_y^{1.29}$	0.83	廬山	$R_y = 0.75P_y^{1.28}$	0.77	頭凍	$R_y = 0.65P_y^{1.37}$	0.81
長豐	$R_y = 0.17P_y^{1.53}$	0.70	蘆竹滴	$R_y = 1.96P_y^{1.23}$	0.94	龍美	$R_y = 1.09P_y^{1.29}$	0.78
阿眉	$R_y = 0.15P_y^{1.53}$	0.73	大埔	$R_y = 5.81P_y^{1.08}$	0.94	豐山	$R_y = 0.01P_y^{1.85}$	0.84
青雲	$R_y = 0.52P_y^{1.38}$	0.83	山豬湖	$R_y = 5.16P_y^{1.11}$	0.92	鰲鼓	$R_y = 0.99P_y^{1.34}$	0.78
信義	$R_y = 0.68P_y^{1.32}$	0.80	斗六	$R_y = 0.14P_y^{1.61}$	0.81	下水埔	$R_y = 1.09P_y^{1.29}$	0.82
凌霄	$R_y = 0.20P_y^{1.50}$	0.83	北港	$R_y = 0.80P_y^{1.35}$	0.67	二林	$R_y = 5.50P_y^{1.08}$	0.77
埔中	$R_y = 1.72P_y^{1.25}$	0.88	四湖	$R_y = 2.14P_y^{1.22}$	0.71	臺西	$R_y = 0.43P_y^{1.46}$	0.90
埔里	$R_y = 0.60P_y^{1.36}$	0.73	西螺	$R_y = 0.81P_y^{1.36}$	0.80	芬園	$R_y = 1.06P_y^{1.30}$	0.91
神木村	$R_y = 0.11P_y^{1.55}$	0.74	虎尾	$R_y = 0.17P_y^{1.58}$	0.81	員林	$R_y = 1.08P_y^{1.30}$	0.77
草屯	$R_y = 0.43P_y^{1.44}$	0.91	阿丹	$R_y = 1.90P_y^{1.25}$	0.87	草湖	$R_y = 0.77P_y^{1.38}$	0.75
望鄉	$R_y = 0.60P_y^{1.34}$	0.74	後安寮	$R_y = 0.86P_y^{1.35}$	0.93	鹿港	$R_y = 0.26P_y^{1.51}$	0.87
桶頭	$R_y = 1.77P_y^{1.25}$	0.82	草嶺	$R_y = 0.42P_y^{1.42}$	0.97	溪州	$R_y = 0.65P_y^{1.02}$	0.80
清流	$R_y = 0.13P_y^{1.55}$	0.79	崙背	$R_y = 0.69P_y^{1.37}$	0.75	溪湖	$R_y = 8.54P_y^{1.38}$	0.71
魚池	$R_y = 0.59P_y^{1.37}$	0.67	褒忠	$R_y = 0.37P_y^{1.47}$	0.84	彰化	$R_y = 3.46P_y^{1.14}$	0.61
集集	$R_y = 0.81P_y^{1.34}$	0.82	小公田	$R_y = 7.70P_y^{1.04}$	0.83	-	-	-
奧萬大	$R_y = 0.14P_y^{1.50}$	0.83	中坑	$R_y = 2.00P_y^{1.23}$	0.97	-	-	-

3.3 不同重現期距之降雨沖蝕指數

本研究利用水文分析方法建立各個雨量站在不同重現期距之降雨沖蝕指數，如表5所示，由表5中可看出，112個雨量站2年重現期

距之降雨沖蝕指數平均值為 19,362MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為 44,277MJ-mm/ha-hr-yr(奮起湖雨量站)及



4,624MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)；5年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為29,807MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為70,823MJ-mm/ha-hr-yr(石磐龍雨量站)及7,429MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)；10年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為36,870MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為88,739MJ-mm/ha-hr-yr(石磐龍雨量站)及9,243MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)；25年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為46,065MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為117,381MJ-mm/ha-hr-yr(豐山雨量站)及11,494MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)；50年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為53,216MJ-

mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為143,046MJ-mm/ha-hr-yr(豐山雨量站)及13,148MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)；100年重現期距之降雨沖蝕指數平均值為60,738MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大及最小值分別為170,887MJ-mm/ha-hr-yr(豐山雨量站)及14,785MJ-mm/ha-hr-yr(丹大雨量站)。最佳水文統計分佈方法中，皮爾遜III共43站(38%)，對數皮爾遜III共31站(28%)，對數常態III共19站(17%)，常態分佈共14站(13%)，對數常態II共5站(4%)。由上述結果得知，不同重現期距之降雨沖蝕指數其最大值大部分在高海拔的雨量站，超過25年重現期距之最大值均位於豐山雨量站。

表5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位：MJ-mm/ha-hr-yr)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2年	5年	10年	25年	50年	100年	
臺中市	上谷關	26,573	39,955	46,956	54,420	59,240	63,575	常態分佈
	大甲	9,487	16,566	21,943	29,376	35,314	41,557	對數皮爾遜III
	大坑	15,896	26,851	35,250	47,064	56,697	67,015	對數常態III
	大肚	11,137	17,939	22,713	28,846	33,426	37,989	皮爾遜III
	中竹林	20,480	32,993	40,808	50,178	56,828	63,227	皮爾遜III
	白毛臺	25,471	39,493	48,490	59,453	67,331	74,976	皮爾遜III
	白冷	23,133	37,283	46,207	56,969	64,643	72,049	皮爾遜III
	石岡	18,248	26,035	30,759	36,321	40,213	43,923	皮爾遜III
	伯公龍	16,708	24,421	29,785	36,807	42,199	47,720	對數常態II
	東勢	20,747	31,851	39,739	50,195	58,295	66,635	對數皮爾遜III
	桐林	20,024	30,561	36,895	44,351	49,587	54,602	對數常態III
	烏石坑	33,287	49,813	58,459	67,677	73,630	78,984	常態分佈
	神岡	11,154	17,001	20,969	25,969	29,651	33,284	皮爾遜III
	梨山	12,037	20,600	26,105	32,907	37,885	42,799	對數常態III
	清水林	24,466	36,858	44,861	54,654	61,712	68,576	皮爾遜III
	雪嶺	32,960	55,652	70,244	88,053	100,863	113,305	皮爾遜III
	稍來	30,840	55,512	74,498	101,276	123,159	146,640	對數常態III
	新伯公	26,380	37,932	45,388	54,630	61,409	68,116	對數常態III
	慶福山	19,666	26,195	29,611	33,253	35,604	37,720	常態分佈



表 5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位：MJ-mm/ha-hr-yr)(續)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	
	龍安	28,114	41,637	50,314	61,023	68,849	76,570	對數常態Ⅲ
	雙崎	26,174	40,852	48,532	56,719	62,006	66,761	常態分佈
臺中市	九份二山	24,220	42,033	58,295	85,209	110,813	142,067	對數皮爾遜Ⅲ
	上安橋	15,847	20,360	22,382	24,299	25,413	26,336	皮爾遜Ⅲ
	大鞍	17,643	23,803	27,572	32,035	35,172	38,170	皮爾遜Ⅲ
	中心崙	25,117	33,048	37,198	41,622	44,479	47,049	常態分佈
	中寮	22,257	32,052	38,379	46,122	51,704	57,132	皮爾遜Ⅲ
	丹大	4,624	7,429	9,243	11,494	13,148	14,785	對數常態Ⅲ
	仁愛	14,427	26,919	35,135	44,788	51,300	57,201	對數皮爾遜Ⅲ
	六分寮	17,709	26,120	31,841	39,060	44,382	49,637	皮爾遜Ⅲ
	文文社	26,134	43,643	56,450	73,288	86,072	98,944	皮爾遜Ⅲ
	水里	19,323	33,153	42,404	53,962	62,422	70,736	皮爾遜Ⅲ
	水長流	18,324	30,972	42,012	59,558	75,634	94,646	對數皮爾遜Ⅲ
	北山	19,067	34,315	47,637	68,672	87,750	110,065	對數皮爾遜Ⅲ
	北坑	20,604	31,887	42,524	60,741	78,724	101,464	對數皮爾遜Ⅲ
	卡奈托灣	7,823	12,712	15,577	18,876	21,146	23,282	皮爾遜Ⅲ
	外大坪	15,047	26,600	40,070	68,324	102,182	152,968	對數皮爾遜Ⅲ
	合歡山	21,402	30,898	35,481	40,084	42,907	45,347	皮爾遜Ⅲ
	竹山	21,878	31,798	36,988	42,522	46,095	49,308	常態分佈
	西巒	19,816	27,049	30,834	34,868	37,474	39,817	常態分佈
	和社	12,522	20,715	26,047	32,602	37,343	41,964	皮爾遜Ⅲ
	昆陽	7,489	10,123	11,763	13,727	15,119	16,457	皮爾遜Ⅲ
	東埔	11,595	20,975	28,456	39,238	48,184	57,878	對數皮爾遜Ⅲ
	武界	16,190	27,445	37,188	52,192	65,381	80,338	對數常態Ⅲ
	長豐	21,006	32,657	39,839	48,380	54,404	60,175	皮爾遜Ⅲ
	阿眉	26,783	43,734	55,576	70,748	82,059	93,311	皮爾遜Ⅲ
	青雲	15,262	25,499	35,325	52,422	69,522	91,353	對數皮爾遜Ⅲ
	信義	13,676	20,720	25,045	30,177	33,791	37,248	皮爾遜Ⅲ
	凌霄	31,930	49,659	62,353	79,273	92,437	106,034	對數皮爾遜Ⅲ
	埔中	19,988	27,073	30,780	34,733	37,285	39,580	常態分佈
	埔里	18,460	28,181	35,179	44,578	51,955	59,633	對數皮爾遜Ⅲ
	神木村	23,105	42,600	57,466	77,463	92,887	108,576	皮爾遜Ⅲ
	草屯	15,275	21,822	25,247	28,899	31,257	33,378	常態分佈
	望鄉	19,114	30,242	38,064	48,121	55,638	63,128	皮爾遜Ⅲ
	桶頭	35,223	44,318	49,119	54,147	57,300	60,048	對數皮爾遜Ⅲ
	清流	16,991	27,565	34,695	43,646	50,221	56,697	皮爾遜Ⅲ

表 5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位: MJ-mm/ha-hr-yr)(續)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	
臺中市	魚池	17,848	30,195	40,285	54,358	65,483	76,978	皮爾遜Ⅲ
	集集	20,338	30,266	36,882	45,130	51,157	57,074	皮爾遜Ⅲ
	奧萬大	13,963	22,724	28,786	36,691	42,742	48,922	對數常態Ⅲ
	新興橋	14,734	28,096	38,191	51,702	62,088	72,628	皮爾遜Ⅲ
	楓樹林	17,291	33,703	49,770	77,889	105,933	141,455	對數皮爾遜Ⅲ
	溪頭	29,784	41,728	47,199	52,034	54,532	56,351	對數皮爾遜Ⅲ
	瑞岩	14,355	22,324	27,900	35,231	40,880	46,680	對數常態Ⅲ
	萬大	16,817	28,931	37,176	47,585	55,262	62,844	皮爾遜Ⅲ
	翠峰	17,061	24,061	27,723	31,627	34,148	36,416	常態分佈
	翠巒	19,034	30,068	36,178	42,494	46,301	49,464	對數皮爾遜Ⅲ
	鳳凰	27,969	39,068	44,631	50,382	53,998	57,186	皮爾遜Ⅲ
	樟湖	25,878	41,390	53,530	70,088	82,981	96,175	皮爾遜Ⅲ
	龍神橋	18,826	28,846	35,752	44,533	51,042	57,494	皮爾遜Ⅲ
	豐丘	13,705	20,752	25,143	30,302	33,863	37,193	對數皮爾遜Ⅲ
	雙冬	16,914	23,489	27,830	33,213	37,131	40,967	皮爾遜Ⅲ
	廬山	14,167	22,343	27,980	35,312	40,912	46,622	對數常態Ⅲ
	蘆竹滴	27,133	41,680	51,158	62,986	71,711	80,379	對數常態Ⅲ
雲林縣	大埔	20,013	26,569	29,871	33,296	35,456	37,364	皮爾遜Ⅲ
	山豬湖	33,650	44,824	52,079	61,111	67,761	74,357	對數常態Ⅱ
	斗六	15,185	25,916	34,939	48,761	60,979	74,984	對數皮爾遜Ⅲ
	北港	8,957	13,896	17,800	23,418	28,086	33,158	對數常態Ⅲ
	四湖	10,196	14,622	17,658	21,592	24,587	27,633	對數常態Ⅱ
	西螺	12,467	19,053	22,807	26,843	29,388	31,592	對數皮爾遜Ⅲ
	虎尾	14,179	22,357	28,371	36,575	43,095	49,944	對數常態Ⅱ
	阿丹	17,313	25,807	31,441	38,566	43,880	49,204	對數常態Ⅲ
	後安寮	10,541	15,545	18,158	20,939	22,733	24,345	皮爾遜Ⅲ
	草嶺	27,284	40,483	48,066	56,709	62,616	68,158	對數常態Ⅲ
	崙背	10,033	15,479	18,912	23,050	25,999	28,845	皮爾遜Ⅲ
	褒忠	10,198	15,826	19,742	24,870	28,809	32,843	對數常態Ⅲ
嘉義縣	小公田	25,680	36,393	41,695	46,751	49,590	51,821	對數皮爾遜Ⅲ
	中坑	19,586	31,059	38,959	49,225	57,060	65,044	對數常態Ⅲ
	中埔	25,383	35,676	41,488	47,812	51,885	55,495	對數皮爾遜Ⅲ
	內埔	29,395	42,666	52,551	65,679	75,717	85,869	皮爾遜Ⅲ
	石磐龍	43,776	70,823	88,739	110,997	127,221	143,120	皮爾遜Ⅲ
	朴子	12,170	19,821	25,389	32,689	38,220	43,782	皮爾遜Ⅲ
	東後寮	12,593	19,408	23,888	29,409	33,394	37,261	對數皮爾遜Ⅲ



表 5 不同重現期距之降雨沖蝕指數(單位：MJ-mm/ha-hr-yr)(續)

縣市	雨量站	不同重現期距之年降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)						統計分析方法
		2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	
嘉義縣	南靖	13,158	20,316	26,055	34,552	41,859	50,069	對數皮爾遜Ⅲ
	馬頭山	32,698	50,554	62,614	77,769	88,907	99,884	皮爾遜Ⅲ
	魚寮	13,061	23,815	31,625	41,856	49,577	57,292	對數皮爾遜Ⅲ
	新高口	22,513	33,638	39,458	45,663	49,671	53,275	常態分佈
	溪口	10,001	16,452	20,769	26,165	30,115	33,997	皮爾遜Ⅲ
	瑞里	28,396	43,794	53,065	63,558	70,522	76,818	對數皮爾遜Ⅲ
	奮起湖	44,277	68,868	84,537	103,237	116,307	128,648	對數皮爾遜Ⅲ
	頭凍	41,098	59,172	71,641	87,501	99,264	110,925	皮爾遜Ⅲ
	龍美	34,621	47,579	55,373	64,551	71,000	77,178	對數常態Ⅲ
	豐山	37,452	64,845	86,421	117,381	143,046	170,887	對數常態Ⅱ
	鰲鼓	12,595	20,192	25,532	32,578	38,024	43,627	對數常態Ⅲ
彰化縣	下水埔	12,767	16,838	19,153	21,722	23,420	24,962	對數皮爾遜Ⅲ
	二林	9,467	14,530	18,673	24,921	30,391	36,631	對數皮爾遜Ⅲ
	臺西	12,908	19,994	24,250	29,052	32,226	35,086	對數皮爾遜Ⅲ
	芬園	14,062	20,647	24,093	27,766	30,138	32,271	常態分佈
	員林	13,661	18,215	20,388	22,426	23,559	24,445	對數皮爾遜Ⅲ
	草湖	13,501	19,103	22,034	25,159	27,177	28,992	常態分佈
	鹿港	11,015	15,139	17,182	19,275	20,581	21,725	皮爾遜Ⅲ
	溪州	12,863	19,271	23,079	27,503	30,568	33,468	皮爾遜Ⅲ
	溪湖	12,623	16,642	18,744	20,986	22,433	23,735	常態分佈
	彰化	8,354	11,911	14,285	17,291	19,529	21,766	對數皮爾遜Ⅲ

3.4 降雨沖蝕指數空間分布等值圖

本研究依據112個雨量站共62,002場有效降雨事件，分別計算出各雨量站四季、乾濕季及年平均之降雨沖蝕指數，並利用IDW(距離反比加權法)模組繪製降雨沖蝕指數之空間分布等值圖。圖2至圖5為春、夏、秋及冬季平均降雨沖蝕指數(R_{sm})空間分布等值圖，由圖得知，夏季由於受到梅雨和颱風影響，降雨沖蝕指數均比春、秋及冬季明顯上升。其中春季之 R_{sm} 大致上均小於5,000MJ-mm/ha-hr。夏季之 R_{sm} 大致上小於23,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中於嘉義縣竹

崎鄉及阿里山鄉山區附近，臺中市和平區山區，南投縣國姓鄉、中寮鄉及仁愛鄉山區附近。秋季之 R_{sm} 大致上小於5,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在嘉義縣竹崎鄉及阿里山鄉山區附近。冬季之 R_{sm} 大致上均小於600MJ-mm/ha-hr，較大值集中在臺中市和平區山區附近。圖6及圖7為乾、濕季平均降雨沖蝕指數(R_{sdm} 、 R_{swm})空間分布等值圖，由圖得知，乾季 R_{sdm} 大致上小於3,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在臺中市的和平區及東勢區山區附近，其最大值為雪嶺雨量站的4,547MJ-mm/ha-hr。濕季之 R_{swm} 大致上均小於25,000MJ-mm/ha-hr，較大值集中在嘉義縣竹





崎鄉、番路鄉及阿里山鄉山區附近，南投縣仁愛鄉、國姓鄉及中寮鄉山區，臺中市和平區山區附近，其中最大值位於嘉義縣的石磐龍雨量站，其 R_{swm} 為45,969MJ-mm/ha-hr。圖8為年平均降雨沖蝕指數(R_{ym})空間分布等值圖， R_{ym} 大致上均小於30,000MJ-mm/ha-hr-yr，較大值集中在嘉義縣竹崎鄉、番路鄉及阿里山鄉山區附近，臺中市和平區山區附近，其中石磐龍雨量站之 R_{ym} 值高達49,564MJ-mm/ha-hr-yr。

四、結論與建議

本研究蒐集中部地區17年(2002年至2018年)共112個中央氣象局雨量站之10分鐘降雨資料，分析各雨量站之年平均降雨沖蝕指數，建立各雨量站四季(春、夏、秋及冬)、乾濕季及年平均降雨沖蝕指數與降雨量之回歸關係式，建立不同重現期距之降雨沖蝕指數，並繪製降雨沖蝕指數空間分布等值圖。研究結果說明如下：

1. 雨場分割結果共計62,002場有效降雨事件，平均每個雨量站約有554場，整體而言，中部地區年平均降雨沖蝕指數為21,458MJ-mm/ha-hr-yr，其中最大值出現於嘉義縣石磐龍雨量站(49,564 MJ-mm/ha-hr-yr)，最小值出現南投縣丹大雨量站(5,120MJ-mm/ha-hr-yr)。
2. 降雨沖蝕指數與降雨量回歸分析結果顯示，各雨量站回歸關係式之判定係數(R^2)有八成以上高於0.7，此結果說明利用本研究所建立之回歸關係式來推估各種降雨沖蝕指數具相當可靠性。
3. 不同重現期距之降雨沖蝕指數其最大值大部分在高海拔的雨量站，超過25年重現期距之最大值均位於豐山雨量站。各雨量站之最佳水文統計分佈方法中，皮爾遜III佔38%，對數皮爾遜III佔28%，對數常態III佔17%。
4. 夏季之季平均降雨沖蝕指數(R_{sm})比春、秋及冬季明顯較高，其中夏季之 R_{sm} 較大值集中在嘉義縣竹崎鄉及阿里山鄉山區附近，臺中市和平區山區，南投縣國姓鄉、信義鄉及仁愛鄉山區附近。秋季之 R_{sm} 較大值集中在嘉義縣竹崎鄉及阿里山鄉山區附近。冬季之 R_{sm} 由於受到東北季風的影響，較大值集中在臺中市和平區山區附近。乾季之平均降雨沖蝕指數(R_{sdm})較大值集中在臺中市的和平區及東勢區山區附近，其最大值為雪嶺雨量站的4,547MJ-mm/ha-hr。濕季之平均降雨沖蝕指數(R_{swm})較大值集中在嘉義縣竹崎鄉、番路鄉及阿里山鄉山區附近，南投縣仁愛鄉、國姓鄉及中寮鄉山區，臺中市和平區山區附近，其中最大值位於嘉義縣的石磐龍雨量站，其 R_{swm} 為45,969MJ-mm/ha-hr。年平均降雨沖蝕指數(R_{ym})大致上均小於30,000MJ-mm/ha-hr-yr，較大值集中在嘉義縣竹崎鄉、番路鄉及阿里山鄉山區附近，臺中市和平區山區附近，其中石磐龍雨量站之 R_{ym} 值高達49,564 MJ-mm/ha-hr-yr。
5. 近年來台灣中部地區受到極端降雨事件影響，部分地區之降雨沖蝕指數已與過去不同，建議水土保持相關從業人員估算土壤流失量時，可參考本研究成果。

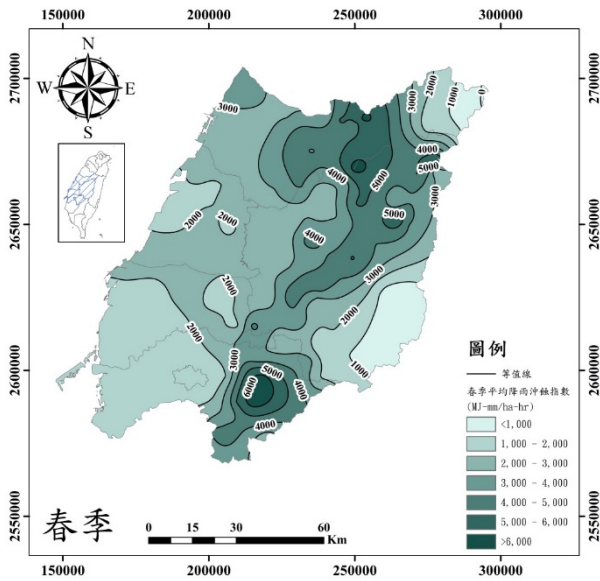


圖2 中部地區春季平均降雨沖蝕指數
空間分布等值圖

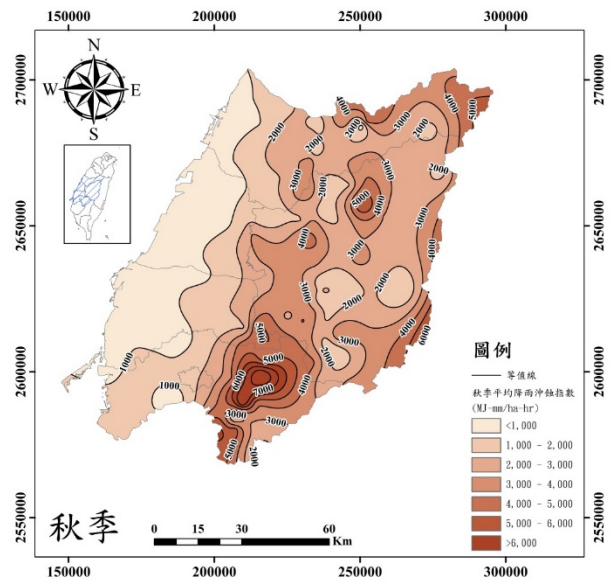


圖4 中部地區秋季平均降雨沖蝕指數
空間分布等值圖

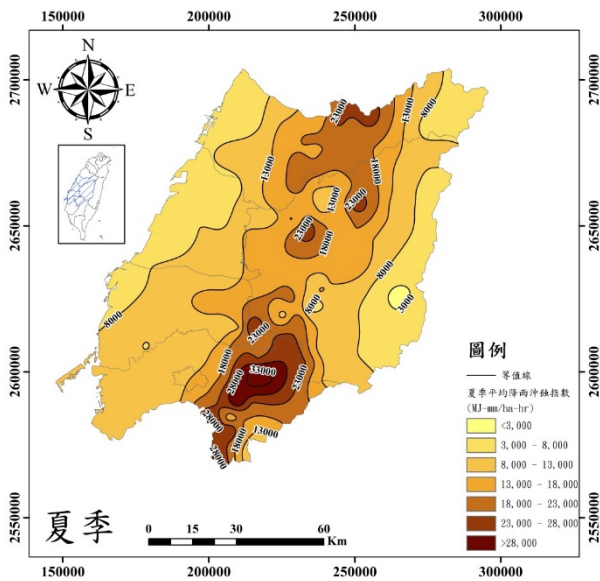


圖3 中部地區夏季平均降雨沖蝕指數
空間分布等值圖

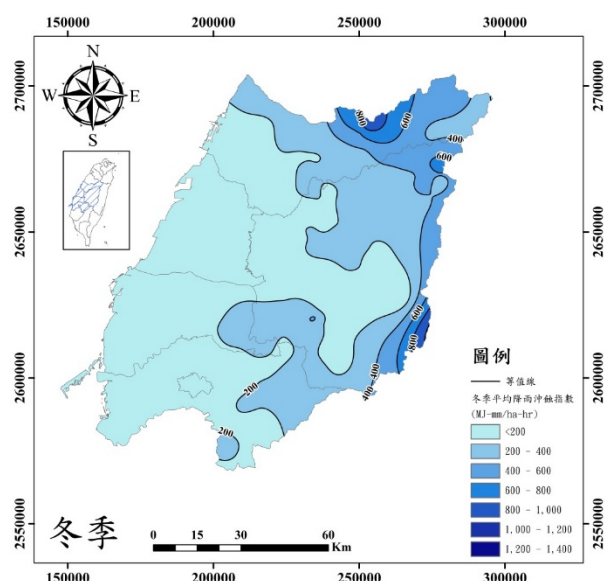


圖5 中部地區冬季平均降雨沖蝕指數
空間分布等值圖

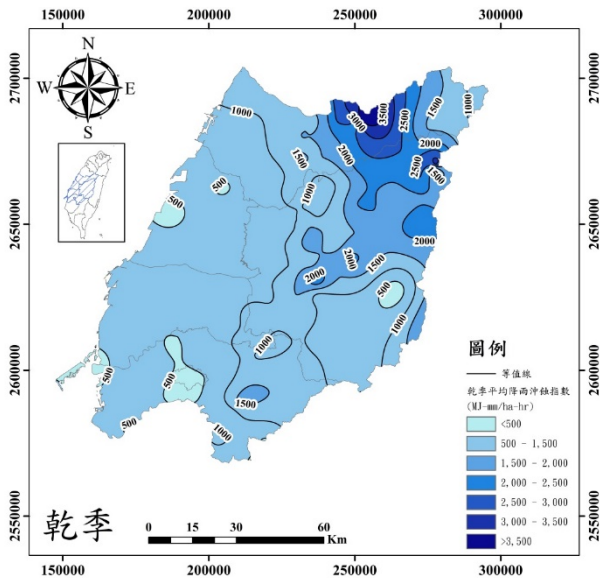


圖 6 中部地區乾季平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖

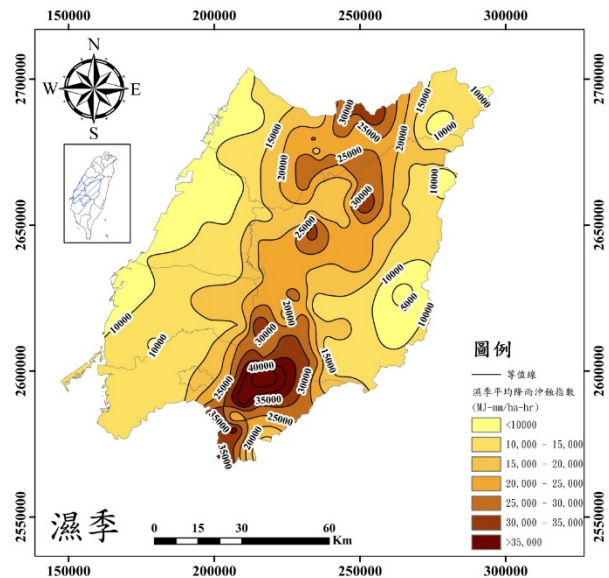


圖 7 中部地區濕季平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖

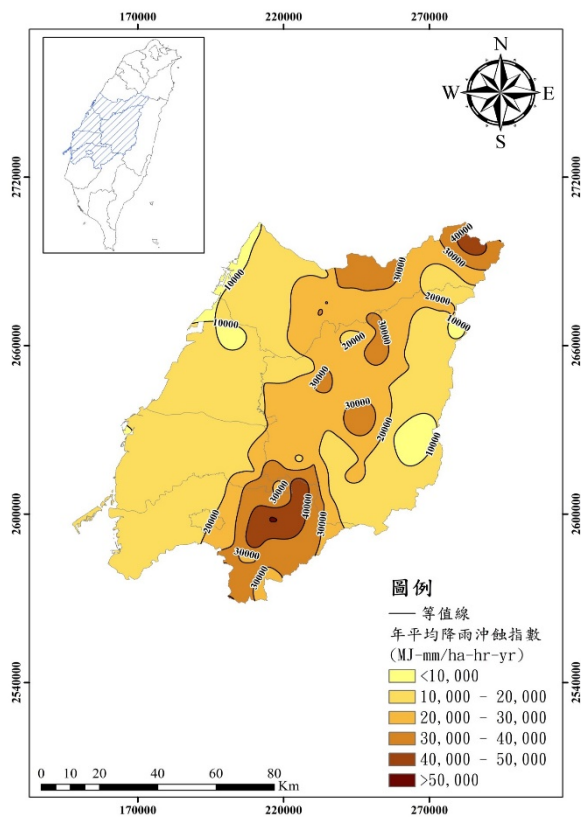


圖 8 中部地區年平均降雨沖蝕指數空間分布等值圖

五、致謝

本研究承蒙行政院農業委員會水土保持局(案號:1071220093A)及科技部(108-2625-M-020-003-)經費支持，以利本研究順利進行，謹此致謝。

參考文獻

1. 李明熹、廖怡雯、徐千筑(2018)，台灣南部降雨量與降雨沖蝕指數之時空變化，農業工程學報，第64卷，第1期，第41-59頁。
2. 吳宜昭、龔楚嫻、王安翔、于宜強(2016)，「臺灣地區短延時強降雨事件氣候特性分析」，災害防救電子報，第132期。
3. 吳嘉俊、盧光輝、林俐玲(1996)，「土壤流失量估算手冊」，行政院農業委員會，第5-39頁。



- 4.范正成、楊智翔、劉哲欣(2009),「臺北地區降雨沖蝕指數推估公式之建立及歷年變化趨勢分析」,中華水土保持學報,第40卷,第2期,第1-9頁。
- 5.黃俊德(1979),「臺灣降雨沖蝕指數之研究」,中華水土保持學報,第10卷,第1期,第127-142頁。
- 6.楊斯堯、詹錢登、黃文舜、曾國訓(2010),「運用時雨量資料推估降雨沖蝕指數」,中華水土保持學報,第41卷,第3期,第189-199頁。
- 7.盧昭堯、蘇志強、吳藝昀(2005),「臺灣地區年等降雨沖蝕指數圖之修訂」,中華水土保持學報,第36卷,第2期,第159-172頁。
- 8.蘇志強、吳佩儒、盧昭堯(2016),「臺灣降雨特性變化及降雨沖蝕指數圖修訂」,第47卷,第1期,第1-12頁。
- 9.Laws, J. O., and Parsons, D. A (1943)., “The relation of rain drop size to intensiNtp”, American Geophysical, Union Transactions, Vol. 24, pp. 452-460
- 10.Mondal, A., Khare, D., and Kundu, S.(2016), “Change in rainfall erosivity in the past and future due to climate change in the central part of India”, International Soil and Water Conservation Research, Vol.4, pp.186-194.
- 11.Takahiro Shiono, Shigeo Ogawa1, Teruhito Miyamoto, and Koji Kameyama (2013), “Expected impacts of climate change on rainfall erosivity of farmlands in Japan”, Ecological Engineering, Vol.61, pp.678-689.
- 12.Wischmeier, W. H., Smith, D. D., and Uhland, R. E. (1958), “Evaluation of factors in the soil loss equation, Agricultural Engineering”, Vol. 39, No. 1, pp. 458-462.



臺灣中南部山坡地土壤沖蝕指數之時間與空間變化

Variability of soil erodibility with time and its spatial distribution in central southern Taiwan

陳俊元¹、鄭春發²、簡士濠^{2*}

Jyun-Yuan Chen¹ Chun-Fa Cheng² Shih-Hao Jien^{3*}

1.國立屏東科技大學水土保持系 研究助理

2.國立屏東科技大學客家文化產業研究所 副教授

3.國立屏東科技大學水土保持系 教授（通訊作者 E-mail: shjien@g4e.npust.edu.tw）

1. Research Assistant, Department of Soil and Water Conservation,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu 91201, Pingtung, Taiwan.

2. Associate Professor, Graduate Institute of Hakka Cultural Industry,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu 91201, Pingtung, Taiwan.

3. Professor, Department of Soil and Water Conservation,
National Pingtung University of Science and Technology, Neipu 91201, Pingtung, Taiwan.

摘要

鑒於臺灣目前所參考之土壤沖蝕性指數乃於30餘年前建立，距今已久遠，加上近年來，氣候變遷引起諸多嚴重坡地災害，同時，近年山坡地過度開發且土地利用變化差異甚大，顯示土壤沖蝕指數(soil erodibility, K factor)極具重新建立與評估之必要性。本研究主要於嘉義縣、雲林縣、彰化縣、南投縣及台中市的山坡地範圍內(100 m-1000 m)，於各縣市選取最具代表性之30個基標土系(benchmark soil series)，建立該地區K值之數值與繪製空間等值分佈圖。本研究採Wischmeier et al. (1978)公式計算各縣市山坡地基標土系之K值，並以克利金模式(Kriging interpolation model)推估繪製空間分布等值圖，以提供水土保持相關從業人員之參考。同時，本研究評估自萬鑫森與黃俊義(1989)建立之K值至今，變異較大的區域的主因。研究結果顯示，台中市山坡地K值為0.015-0.063 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，南投縣山坡地K值為0.010-0.075 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，彰化縣山坡地K值為0.0072-0.067 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，雲林縣山坡地K值為0.0023-0.083 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，嘉義縣山坡地K值為0.0011-0.084 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，結果指出以嘉義縣山坡地土壤沖蝕潛勢最高，但彰化縣之山坡地土壤沖蝕指數變異最大。本研究調查之臺灣中部山坡地K值分佈與1989年建立之K值分佈局部區域具有顯著差異，對照不同年份之前後土地利用圖層顯示，土壤沖蝕指數增加主要為長期果樹栽植、長期維持旱田運作、竹林與廢棄果園至荒地所致。

關鍵字：土壤沖蝕指數、基標土系、空間分布、土壤沖蝕潛勢。



Abstract

Soil erodibility factor (the K factor) should be re-established because soil properties have been probably obviously influenced by climate change and over developed of slopelands in recent years in Taiwan. The old K factor developed by Wann and Huang (1989) used in Taiwan might not be suitable longer because it has already established thirty years at least. This study selected 30 benchmark soil series in slopelands (100 m- 1000 m) for each city (Taichung, Nantou, Changhua, Yunlin and Chiayi) in central and southern Taiwan to analyze surface soil properties and calculated the K factors (based on Wischmeier et al. (1978)) and its spatial distribution. The results revealed that the K factors were 0.015-0.063 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ in Taichung, 0.010-0.075 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ in Nantou, 0.0072-0.067 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ in Changhua, 0.0023-0.083 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ in Yunlin, and 0.0011-0.084 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹ in Chiayi. Comparing with the results from Wann and Huang (1989), new K factors obviously significantly changed with time, which might be attributed to obvious disturbance of surface soils by long-term influencing of land uses including poor management of fruit yards and dry farmlands.

Key Word: soil erodibility, benchmark soil, spatial distribution, soil erosion potential.

一、前言

目前推估臺灣山坡地土壤沖蝕量，仍以通用土壤流失公式 (Universal soil loss equation, USLE) 為主要估算土砂流失之方式。估算過程中，需參考 Wischmeier and Smith (1978) 所提出之線性圖解法 (Nomograph)，推估土壤沖蝕指數 (Soil erodibility, K factor)。土壤沖蝕指數係指土壤本身對沖蝕分離 (Detachment) 及搬運 (Transportation) 的容受能力，而該值可充分反映出土壤對沖蝕破壞之抵抗能力。當 K 值愈低顯示土壤愈抗沖蝕，而值越高即代表土壤愈不耐受沖蝕。Parysow et al. (2003), Wischmeier and Mannering (1969) 及林俐玲等人 (2001) 指出，K 值顯著受到土壤粒徑、有機碳含量、土壤構造與土壤導水度等性質影響。

Zuazo et al. (2006) 指出土壤團粒穩定度與土壤中的次生礦物 (鋁英石) 為影響火山灰土壤 K 值的主要因子。

自 1980 年開始，國內已有許多學者針對 K 值進行相關的探討。臺灣現行使用之土壤沖蝕性指數 (K) 資料為萬鑫森及黃俊義 (1989) 依據 Wischmeier and Smith 之列線圖推算得臺灣 280 處土壤之沖蝕性指數。此外，萬鑫森與黃俊義 (1981; 1983; 1989; 1993)，黃俊義與萬鑫森 (1994) 和黃俊義 (1986) 以特定土壤性質對照線解圖並求得 K 值，且設定 K 值低於 0.20 (英制單位) 以下者為低沖蝕性土壤，在 0.20-0.40 間者為中沖蝕性土壤，高於 0.40 以上者為高沖蝕性土壤，並於 1989 年繪製臺灣地區之 K 值概略分佈圖。然而，建立臺灣土壤沖蝕性指數 (K) 距今已超過三十年，近幾十年

來土地利用及開發程度已差異甚大。Roose(2003)指出K值為一動態變化(Dynamic)之數值，並非長期維持定值，該值將隨時間變化或土地管理上而有所變動。同時，目前水土保持技術規範中已建立的臺灣各地區土壤沖蝕指數參考地點之資料仍少，顯示臺灣坡地之K值有重新調查建立之必要性。

本研究期望以具代表性之基標土系(Benchmark soil series)概念，於臺灣中南部五縣市的山坡地系統性採集表土土樣。採樣點將均勻分布於海拔100-1000公尺間之山坡地範圍，分析各採樣點之土壤沖蝕指數，重新評估並繪製臺灣土壤沖蝕指數空間分布等值圖，期望可提供水土保持相關從業人員作為參考。

二、材料與方法

2.1 研究區域與基標土系選定

本研究區域包括臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣及嘉義縣等5個中南部縣市山坡地。本研究依據山地農牧局於1980-1988年間建立之山坡地土壤調查報告書，選取各縣市山坡地之前30大土系作為基標土系，臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣及嘉義縣之30大基標土系面積比例如表1~表5所示。所選定之30土系為該縣市山坡地分佈面積最廣之土系，其面積總和皆超過山坡地面積75%以上。

表1 臺中市山坡地之前30大土系及其所佔面積比例

順序	土系名稱	面積(m ²)	面積比例(%)
1	- 無調查	168,565,302.5	18.6
2	CCe 陳厝寮系	95,954,286.4	10.6
3	Hus 虎山系	76,656,106.2	8.46

4	Hyw 香員窩系	69,031,142.4	7.62
5	Naf 南富系	49,680,532.3	5.48
6	Tap 大坪林系	29,343,564.7	3.24
7	TLb 栗林村系	27,568,697.9	3.04
8	TWt 吳厝系	27,357,117.5	3.02
9	Taa 泰安系	25,555,928.6	2.82
10	Tlt 桐林村系	24,399,948.1	2.69
11	TSg 上楓樹系	22,938,537.3	2.53
12	TSp 水汴頭系	20,047,910.2	2.21
13	TWz 翁子系	18,724,662.6	2.07
14	TCO 社腳系	17,982,897.8	1.98
15	TCi 聚興系	17,568,239.9	1.94
16	Tm 大茅埔系	12,935,893.1	1.43
17	Nss 南勢山系	12,450,837.9	1.37
18	Pc 平鎮系	11,889,376.8	1.31
19	Hek 橫坑系	11,750,296.7	1.30
20	TTq 大肚系	11,654,700.3	1.29
21	CLv 盧厝系	8,725,662.9	0.96
22	Nhk 南湖坑系	7,458,058.7	0.82
23	CTg 大崎腳系	6,379,784.9	0.70
24	Hpk 象鼻坑系	5,657,906.2	0.62
25	Tcs 大尖石山系	5,543,676.3	0.61
26	TTz 潭子系	5,344,173.2	0.59
27	Ssc 上水井系	4,582,767.0	0.51
28	Cm 金面山系	4,436,522.9	0.49
29	Tc 銅鑼圈系	4,307,082.3	0.48
30	Tpk 頭汴坑系	4,169,820.9	0.46
總計	30	906,187,689.2	89.2

表2 南投縣山坡地之前30大土系及其所佔面積比例

順序	土系名稱	面積(m ²)	面積比例(%)
1	- 無調查	256,207,920.7	16.4
2	Naf 南富系	136,947,035.8	8.74
3	Kip 古亭笨系	113,534,192.8	7.25
4	Kuk 龜溝系	89,586,100.5	5.72
5	Nsh 南山系	81,612,065.7	5.21
6	Ank 暗坑系	56,262,236.5	3.59
7	Stm 三地門系	39,376,851.7	2.51
8	Ptp 坪頂埔系	33,438,086.7	2.13
9	Chc 車埕系	31,421,604.8	2.01
10	Yup 永平系	30,452,451.9	1.94
11	CTf 大埔美系	29,117,474.1	1.86
12	Ft 福田系	26,681,172.2	1.70
13	St 四座屋系	22,089,245.4	1.41
14	Tco 社腳系	21,989,060.3	1.40
15	Hos 和社系	21,813,026.1	1.39
16	Sft 壽豐村系	20,680,546.1	1.32
17	CCe 陳厝寮系	19,007,283.9	1.21
18	Kuh 國姓系	16,718,161.2	1.07



19	Tap	大坪林系	15,658,399.0	1.00
20	Ysl	延山里系	15,359,002.2	0.98
21	Tis	東義里系	14,820,653.6	0.95
22	Tc	銅鑼圈系	14,261,004.7	0.91
23	Mit	明德系	14,175,139.8	0.90
24	TSp	水汴頭系	13,544,044.3	0.86
25	Hyw	香員窩系	13,521,755.1	0.86
26	Ycl	油車坑系	12,055,816.2	0.77
27	Cc	樟樹林系	11,935,780.3	0.76
28	CLv	盧厝系	11,446,814.5	0.73
29	Pc	平鎮系	10,966,993.0	0.70
30	Hsm	哮貓系	10,615,950.1	0.68
總計		30	1,566,821,482.9	76.9

表 3 彰化縣山坡地之前 30 大土系及其所佔面積比例

順序	土系名稱		面積 (m ²)	面積比例 (%)
1	CTg	大崎腳系	39,226,575.8	1
2	Spc	十八股寮系	9,307,118.5	2
3	-	無調查	7,977,318.4	3
4	St	四座屋系	6,451,507.5	4
5	CCe	陳厝寮系	5,973,871.4	5
6	TSp	水汴頭系	4,867,978.6	6
7	Luk	六股路系	3,473,859.7	7
8	Ank	暗坑系	2,909,932.3	8
9	Ip	營盤坑系	2,768,130.9	9
10	Tc	銅鑼圈系	1,602,896.7	10
11	Kuh	國姓系	1,349,440.2	11
12	Sp	下水埔系	1,316,782.5	12
13	Kip	古亭笨系	1,071,365.9	13
14	CTf	大埔美系	884,445.9	14
15	Spp	小北埔系	788,698.3	15
16	Kk	公館系	450,488.1	16
17	Cm	金面山系	395,683.8	17
18	Lp	老北勢系	336,413.6	18
19	Ktp	-	335,911.2	19
20	Hc	後甲系	313,662.0	20
21	Te	湯園系	290,201.5	21
22	Lj	螺潭系	224,562.0	22
23	Llk	-	172,719.7	23
24	Cc	彰化系	95,546.3	24
25	Pt	北投子系	83,380.9	25
26	Ph	白河系	77,233.1	26
27	Pc	平鎮系	64,219.5	27
28	TLc	蘆竹南系	38,182.0	28
29	CTc	-	36,421.0	29
30	Tcu	九張犁系	29,011.1	30
總計	30		93,260,770.6	99.6

表 4 雲林縣山坡地之前 30 大土系及其所佔面積比例

順序	土系名稱		面積 (m ²)	面積比例 (%)
1	Yup	永平系	20,124,584.7	1
2	-	無調查	17,433,761.5	2
3	Hos	和社系	17,119,190.9	3
4	Ank	暗坑系	15,535,214.5	4
5	Kip	古亭笨系	15,101,109.0	5
6	Naf	南富系	7,722,359.7	6
7	Lu	鹿麻產系	6,700,657.2	7
8	Ysl	延山里系	4,068,651.1	8
9	Kuk	龜溝系	3,893,586.7	9
10	Kuh	國姓系	3,456,552.5	10
11	Kn	坎子頭系	3,436,044.6	11
12	Nt	內埔子系	3,331,693.0	12
13	Kst	過山村系	3,228,823.1	13
14	Khh	光興湖系	3,044,039.5	14
15	Cc	樟樹林系	3,027,188.7	15
16	Ce	陳厝寮系	2,528,450.5	16
17	Tcs	大崎頂系	2,056,921.0	17
18	Hsm	哮貓系	1,987,632.2	18
19	Chc	車埕系	1,559,360.8	19
20	Li	林子內系	1,443,664.3	20
21	Ts	座駕系	1,396,274.4	21
22	Tc	銅鑼圈系	1,309,793.9	22
23	Je	仁德系	1,127,659.7	23
24	Til	田寮系	1,125,530.2	24
25	Stk	樣仔坑系	1,099,582.6	25
26	TLc	蘆竹南系	1,085,585.7	26
27	Lt	隆田系	1,038,143.6	27
28	Kmc	光明橋系	940,336.8	28
29	Lv	盧厝系	906,627.7	29
30	Ytc	員仔城系	634,997.9	30
總計	30		157,350,216.8	93.7

表 5 嘉義縣山坡地之前 30 大土系及其所佔面積比例

順序	土系名稱		面積 (m ²)	面積比例 (%)
1	Yup	永平系	146,480,528.0	1
2	Hos	和社系	87,004,188.6	2
3	-	無調查	69,211,792.0	3
4	Kip	古亭笨系	60,109,516.0	4
5	Ank	暗坑系	51,050,574.1	5
6	Naf	南富系	27,041,269.2	6
7	Kst	過山村系	22,291,706.5	7
8	Kuh	國姓系	14,971,309.5	8
9	Aws	愛文山系	13,836,971.1	9
10	Tn	臺南系	10,572,118.9	10

11	Kuk	龜溝系	8,713,263.9	11
12	Li	林子內系	8,260,217.9	12
13	Spc	十八股寮系	7,729,448.0	13
14	Ykt	油礦底系	7,288,714.4	14
15	Chc	車埕系	6,334,194.4	15
16	Nt	內埔子系	6,002,759.2	16
17	Pu	坡堵系	4,901,829.2	17
18	Fs	鳳山崎系	4,531,207.4	18
19	Ce	陳厝寮系	4,332,553.2	19
20	Je	仁德系	4,039,404.4	20
21	Pul	布拉社系	4,035,811.3	21
22	Fal	番路系	3,948,113.6	22
23	Hss	和源山系	3,928,989.5	23
24	Khh	光興湖系	3,817,109.9	24
25	Slp	上鹿埔系	3,564,590.3	25
26	Lv	盧厝系	3,393,726.1	26
27	TLc	蘆竹南系	3,169,396.5	27
28	Ysl	延山里系	3,099,711.5	28
29	Ph	白河系	2,892,233.0	29
30	Ytc	員仔城系	2,631,578.3	30
總計		30	676,772,769.4	88.5

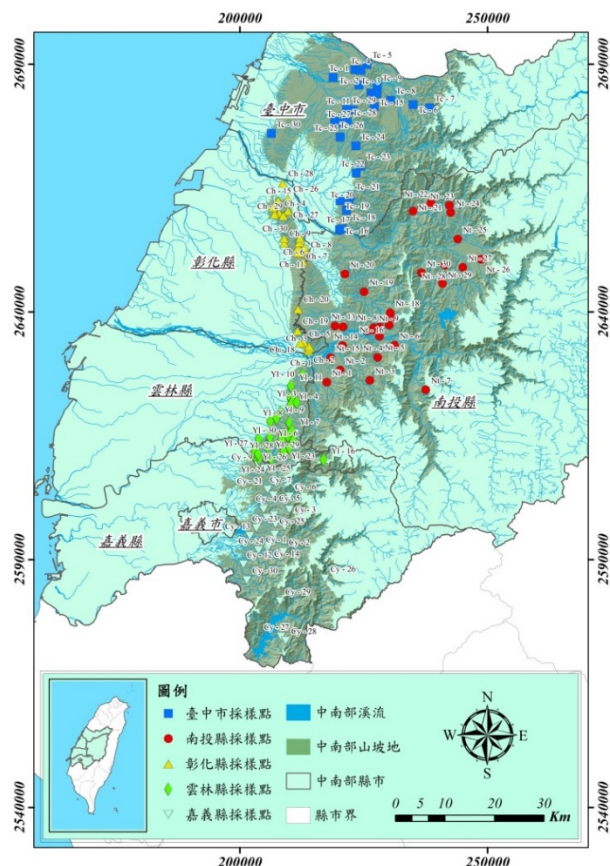


圖1 中南部地區採樣點位分佈圖
(採用TWD97二度分帶座標)

2.2 研究方法

2.2.1 基標土系調查

採樣人員進行調查及採樣前，需評估現場土壤是否受整地嚴重或填埋客土，如無特殊整地行為，即以土鑽採集表土。對照土壤調查報書之敘述(臺中縣、市山坡地土壤調查報告書，1985；南投縣、彰化縣山坡地土壤調查報告書，1984；嘉義縣、雲林縣山坡地土壤調查報告書，1981)，評估現地土壤是否相符土壤調查報書之敘述，供判斷該採樣點之合適性，若不合適者則棄之，另尋其它代表性點位。確認採樣點的合適性後，即進行基標土系調查，記錄採樣點之座標、海拔、坡度、坡向及土地利用並採集供後續分析，中南部採樣點分布圖如圖1所示。

2.2.2 土壤性質分析

於採樣現地進行土壤結構鑑定及土色判別，以現地張力入滲計測定土壤導水度，與打入土罐(soil core)供測定土壤總體密度，並採集0-30公分之表土作為分析樣本，攜回實驗室後分析以下土壤性質：

1.土壤質地分析：比重計法(Gee and Bauder, 1986)與乾篩法

利用比重計法測定土壤砂粒(2-0.05 mm)、粉粒(0.05-0.002 mm)及黏粒(< 2 μ m)之組成比例。利用乾篩機分離粗砂(2-0.5 mm)、中砂(0.5-0.25 mm)、細砂(0.25-0.1 mm)、極細砂(0.1-0.05 mm)。

2.土壤構造鑑定：現地鑑定土壤構造與大小

依美國農部(USDA)國家土壤調查中心(National Soil Survey Center)出版之土壤調查描述手冊(Field Book for Describing and



Sampling Soils, 2014)中之規範，現地鑑定土壤構造與大小。

3.土壤團粒穩定度：平均重量直徑法(weight-mean diameter, MWD)(Le Bissonnais, 1996)

以多重溼篩法計算出土壤團粒之平均重量粒徑，亦即分別記錄2 mm、1 mm、0.5 mm、0.25 mm、0.104 mm篩網上剩餘土重，在與各篩網之中值粒徑區間乘積之總合。

4.土壤水力傳導度測定：張力入滲計(Campbell et al., 1986)

以張力入滲計測定現地土壤導水度。如遇無法利用張力入滲計之地形位置，則利用既定體積之不銹鋼土罐(soil core)，貫入土壤，攜回實驗室，以定水頭法測定土壤飽和導水度。

5.土壤有機質含量：濕式氧化法(Nelson and Sommers, 1982)

取0.5g風乾土壤置於500 ml三角錐瓶中，於抽氣櫃中依序加入20ml 1 N重鉻酸鉀($K_2Cr_2O_7$)及20 ml 95 %濃硫酸(H_2SO_4)，充分震盪使土壤與溶液混合後，靜置約30分鐘。加入100 ml去離子水、5ml 98%濃磷酸(H_3PO_3)及4滴菲羅琳指示劑(o-phenanthroline indicator)，以0.5 N硫酸亞鐵銨溶液($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$)滴定至終點。

6.土壤總體密度：土罐法

利用體積固定為 $100cm^3$ 之不銹鋼土罐，貫入土壤中，以不擾動土樣的方式將土罐及土樣帶回實驗室，將土樣以 $105\pm 5^\circ C$ 烘乾後並秤重，得到的乾土重與土壤體積之比即為土壤總體密度。

7.土壤含石量：重量法

秤取一定重量之土樣後，將土樣通過#10

篩網，停留於篩網上的土敲碎，並再過一次#10篩網，而停留於篩網上的則為石頭，將石頭秤後，與過篩前的重量相比，即為土壤含石量。

2.2.3 土壤沖蝕指數推估

本研究依據Wischmeier(Wischmeier and Smith, 1984)公式(如式(1)所示)，將土壤分析結果代入進行推算得到各採樣點之土壤沖蝕性指數(K)。

K (公制) $=0.1317 \times K$ (英制)

$$=0.1317 \times [2.1M^{1.14} (10^{-4}) (12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)] / 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中： M = 粉粒與極細砂

$(0.002 \sim 0.1mm) \times (100\% - \text{黏粒}\%)$ ；

a = 有機質含量(%)；

b = 土壤結構參數；

c = 土壤滲透性參數。

※當土壤之有機質含量超過4%時仍以4%計算。

表6 土壤結構參數

結構參數值	土壤結構	粒徑大小(mm)
1	極細顆粒	<1.0
2	細顆粒	1.0~2.0
3	中或粗顆粒	2.0~10.0
4	塊狀、片狀或粗顆粒	>10.0

表7 土壤滲透性參數

滲透性參數值	滲透性	滲透速率(mm/hr)
1	極快	>125.0
2	快	62.5~125.0
3	中等	20~62.5
4	中等慢	5.0~20.0
5	慢	1.25~5.0
6	極慢	<1.25

2.2.4 土壤沖蝕指數空間分布圖之繪製

本研究使用美國環境系統研究所公司(Environmental Systems Research Institute,



Inc., ESRI)開發之地理資訊系統軟體ArcMap 10.2，將利用150個樣點之土壤沖蝕指數(K)以一般克利金(Ordinary Kriging)法的內插方式推估中南部山坡地範圍內之土壤沖蝕指數，並將其繪製成各縣市山坡地(100 m - 1000 m)之土壤沖蝕性指數(K factor)之空間分布圖。其中一般克利金法為平均值未知但為一常數，因此採用一般克利金法以已知點(Z0)數值推估未知區域內之推估未知點(Z0')，其推估值具有最佳、線性及不偏估之特性。

1. 最佳：推估值與已知值之差的變異數最小

$$\text{Var} [Z_0' - Z_0] = \min \dots\dots\dots (2)$$

※ $\text{Var} []$ = 對中括號內的值取變異數。

2. 線性：推估值為已知值的線性組合

$$Z_0' = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_i \dots\dots\dots (3)$$

其中 λ_i 為一常數。

三、結果與討論

3.1 土壤沖蝕指數 (soil erodibility, K)

本研究於臺灣中南部山坡地採集150個土樣，並攜回實驗室進行土壤分析，將獲得之土壤性質參數計算各點為之土壤沖蝕指數。表6顯示，臺中市山坡地基標土系之土壤沖蝕指數最小值約為0.0009 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，最大值約為0.0630 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，南投縣則約介於0.0093 - 0.0745 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，而彰化縣約介於0.0072 - 0.0780 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，雲林縣約介於0.0227 - 0.0826 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，嘉義縣約介於0.0116 - 0.0844 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹。

本研究將臺灣中南部山坡地基標土系之K值，以縣市做區分後，可發現雲林縣及南投

縣東邊山坡地的土壤沖蝕指數(如表8及圖2(a)所示)趨勢大致與萬鑫森與黃俊義(1989)的結果(圖2(b)所示)相符。南投縣山坡地往南部之土壤沖蝕指數遞增，其中雲林縣及嘉義縣山坡地多屬高沖蝕性，彰化縣及臺中市則以中、低沖蝕性居多。

本研究統計分析顯示(圖3)，台中市、南投縣及彰化縣之平均土壤沖蝕指數無明顯差異，屬於中低沖蝕潛勢，但彰化縣之土壤沖蝕指數變異係數達52%，顯示彰化縣之山坡地土壤性質變異高，極可能為土地利用管理不佳所致。雲林縣與嘉義縣之土壤沖蝕指數顯著為五縣市中最高，但變異係數皆低於30%，顯示應非為土地利用管理不善，應為源自於母岩之土壤自身性質不佳，即中度排水且土壤團粒穩定性較差(表9)之緣故所造成之高沖蝕潛勢。

3.2 土壤沖蝕指數空間分布圖

本研究利用Wischmeier (Wischmeier and Smith, 1984)公式所推算得到的土壤沖蝕性指數(K)，以地理統計的概念，分別以一般克利金(Ordinary Kriging)法繪製各縣市山坡地(100 m - 1000 m)之土壤沖蝕性指數(K)空間分佈圖如圖2所示。本研究繪製之K值分佈圖相較於萬鑫森與黃俊義(1989)之結果，以清水溪周圍的鄉鎮(如雲林縣之林內鄉、斗六市及古坑鄉北邊，以及南投縣竹山鎮)的K值差異最顯著，K值由1989年的0.040 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹增加至2016年的大於0.050 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹，推論應是1999年921大地震造成的重大崩坍和土砂災害，將部分山坡地土壤性質嚴重擾動所致。李錫堤(2011)根據前人文獻整理，草嶺大崩山共有五次，其中，921大地震地震時，草嶺山快速崩塌，造成土石



運移長達3-4公里，總崩塌及堆積面積約528 ha，土石堆積於清水溪河谷，致使清水溪受堵而形成「新草嶺潭(堰塞湖)」。

此外，本研究中南部山坡地之K值分佈範圍為於0.02576 - 0.05080 t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹之間，愈往南部的土壤K值有增加之趨勢。

3.3 土壤沖蝕指數與土地利用之關係

對照本研究與萬與黃(1989)之土壤沖蝕指數分布圖，並擷取出偏差度超過50%之土壤沖蝕指數之處(表10)，其中土壤沖蝕指數

增加比例為52%；而減少之比例為48%。表10顯示，彰化縣山坡地之土壤沖蝕指數於30年間變化較其他縣市明顯，且多數皆為隨時間增加。對照土地利用圖層顯示，彰化縣山坡地土壤沖蝕指數增加之土地利用變化為林地轉為果園、茶園轉作果樹、果園變為荒地、或草生地變為稀疏闊葉林覆蓋。同樣的土地利用轉變也於其他縣市發現；綜上而論，長期果樹或檳榔栽植、林地轉作果樹或旱田、果園或茶園管理不當變為荒地皆使得土壤沖蝕指數顯著增加而增加土壤沖蝕潛勢。

表8 臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣及嘉義縣山坡地基標土系之土壤沖蝕性指數

臺中市採樣點 編號	K	南投縣採樣點 編號	K	彰化縣採樣點 編號	K	雲林縣採樣點 編號	K	嘉義縣採樣點 編號	K
Tc - 1	0.0590	Nt - 1	0.0490	Ch - 1	0.0672	Yl - 1	0.0380	Cy - 1	0.0370
Tc - 2	0.0610	Nt - 2	0.0397	Ch - 2	0.0662	Yl - 2	0.0420	Cy - 2	0.0344
Tc - 3	0.0379	Nt - 3	0.0503	Ch - 3	0.0609	Yl - 3	0.0706	Cy - 3	0.0619
Tc - 4	0.0228	Nt - 4	0.0313	Ch - 4	0.0167	Yl - 4	0.0587	Cy - 4	0.0644
Tc - 5	0.0431	Nt - 5	0.0469	Ch - 5	0.0589	Yl - 5	0.0561	Cy - 5	0.0459
Tc - 6	0.0504	Nt - 6	0.0421	Ch - 6	0.0507	Yl - 6	0.0826	Cy - 6	0.0253
Tc - 7	0.0258	Nt - 7	0.0288	Ch - 7	0.0385	Yl - 7	0.0327	Cy - 7	0.0616
Tc - 8	0.0293	Nt - 8	0.0686	Ch - 8	0.0246	Yl - 8	0.0569	Cy - 8	0.0656
Tc - 9	0.0517	Nt - 9	0.0361	Ch - 9	0.0260	Yl - 9	0.0529	Cy - 9	0.0512
Tc - 10	0.0340	Nt - 10	0.0344	Ch - 10	0.0393	Yl - 10	0.0274	Cy - 10	0.0728
Tc - 11	0.0393	Nt - 11	0.0402	Ch - 11	0.0336	Yl - 11	0.0588	Cy - 11	0.0453
Tc - 12	0.0403	Nt - 12	0.0196	Ch - 12	0.0261	Yl - 12	0.0631	Cy - 12	0.0418
Tc - 13	0.0298	Nt - 13	0.0289	Ch - 13	0.0425	Yl - 13	0.0499	Cy - 13	0.0603
Tc - 14	0.0009	Nt - 14	0.0434	Ch - 14	0.0157	Yl - 14	0.0552	Cy - 14	0.0554
Tc - 15	0.0195	Nt - 15	0.0745	Ch - 15	0.0119	Yl - 15	0.0421	Cy - 15	0.0473
Tc - 16	0.0329	Nt - 16	0.0608	Ch - 16	0.0197	Yl - 16	0.0571	Cy - 16	0.0591
Tc - 17	0.0207	Nt - 17	0.0513	Ch - 17	0.0270	Yl - 17	0.0600	Cy - 17	0.0572
Tc - 18	0.0505	Nt - 18	0.0272	Ch - 18	0.0580	Yl - 18	0.0617	Cy - 18	0.0556
Tc - 19	0.0596	Nt - 19	0.0717	Ch - 19	0.0072	Yl - 19	0.0463	Cy - 19	0.0626
Tc - 20	0.0369	Nt - 20	0.0469	Ch - 20	0.0460	Yl - 20	0.0473	Cy - 20	0.0548
Tc - 21	0.0593	Nt - 21	0.0382	Ch - 21	0.0149	Yl - 21	0.0629	Cy - 21	0.0580
Tc - 22	0.0482	Nt - 22	0.0359	Ch - 22	0.0411	Yl - 22	0.0373	Cy - 22	0.0405
Tc - 23	0.0630	Nt - 23	0.0392	Ch - 23	0.0252	Yl - 23	0.0227	Cy - 23	0.0667
Tc - 24	0.0542	Nt - 24	0.0093	Ch - 24	0.0324	Yl - 24	0.0328	Cy - 24	0.0491
Tc - 25	0.0323	Nt - 25	0.0100	Ch - 25	0.0780	Yl - 25	0.0336	Cy - 25	0.0431
Tc - 26	0.0152	Nt - 26	0.0300	Ch - 26	0.0141	Yl - 26	0.0486	Cy - 26	0.0587
Tc - 27	0.0243	Nt - 27	0.0178	Ch - 27	0.0664	Yl - 27	0.0542	Cy - 27	0.0844
Tc - 28	0.0407	Nt - 28	0.0348	Ch - 28	0.0328	Yl - 28	0.0590	Cy - 28	0.0689
Tc - 29	0.0586	Nt - 29	0.0248	Ch - 29	0.0462	Yl - 29	0.0369	Cy - 29	0.0703
Tc - 30	0.0468	Nt - 30	0.0398	Ch - 30	0.0270	Yl - 30	0.0510	Cy - 30	0.0116

註：K為土壤沖蝕性指數 (t·ha·yr·ha⁻¹·MJ⁻¹·mm⁻¹)



表9 臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣及嘉義縣山坡地表土(0-30cm)土壤性質

縣市	砂粒	粉粒	黏粒	有機質	導水度	總體密度	含石量	團粒穩定度
	----- % -----				mm/hr	g/cm ³	%	mm
臺中市	51.6 ± 19.5	37.0 ± 14.7	11.4 ± 9.79	1.56 ± 0.65	47.2 ± 49.6	1.26 ± 0.14	23.9 ± 24.7	1.09 ± 0.54
南投縣	48.1 ± 9.03	35.3 ± 11.5	16.6 ± 7.31	1.30 ± 0.64	30.0 ± 35.3	1.28 ± 0.13	13.5 ± 23.4	1.02 ± 0.45
彰化縣	52.5 ± 17.3	33.2 ± 13.1	14.4 ± 8.03	2.10 ± 1.70	98.6 ± 40.2	1.23 ± 0.14	17.7 ± 18.4	0.92 ± 0.35
雲林縣	46.5 ± 14.2	36.3 ± 10.6	17.2 ± 9.20	2.84 ± 1.39	84.5 ± 50.9	1.32 ± 0.17	15.6 ± 17.2	0.86 ± 0.39
嘉義縣	59.6 ± 11.9	27.7 ± 13.0	12.6 ± 8.42	2.23 ± 1.31	70.2 ± 54.6	1.24 ± 0.16	9.13 ± 12.3	0.96 ± 0.33

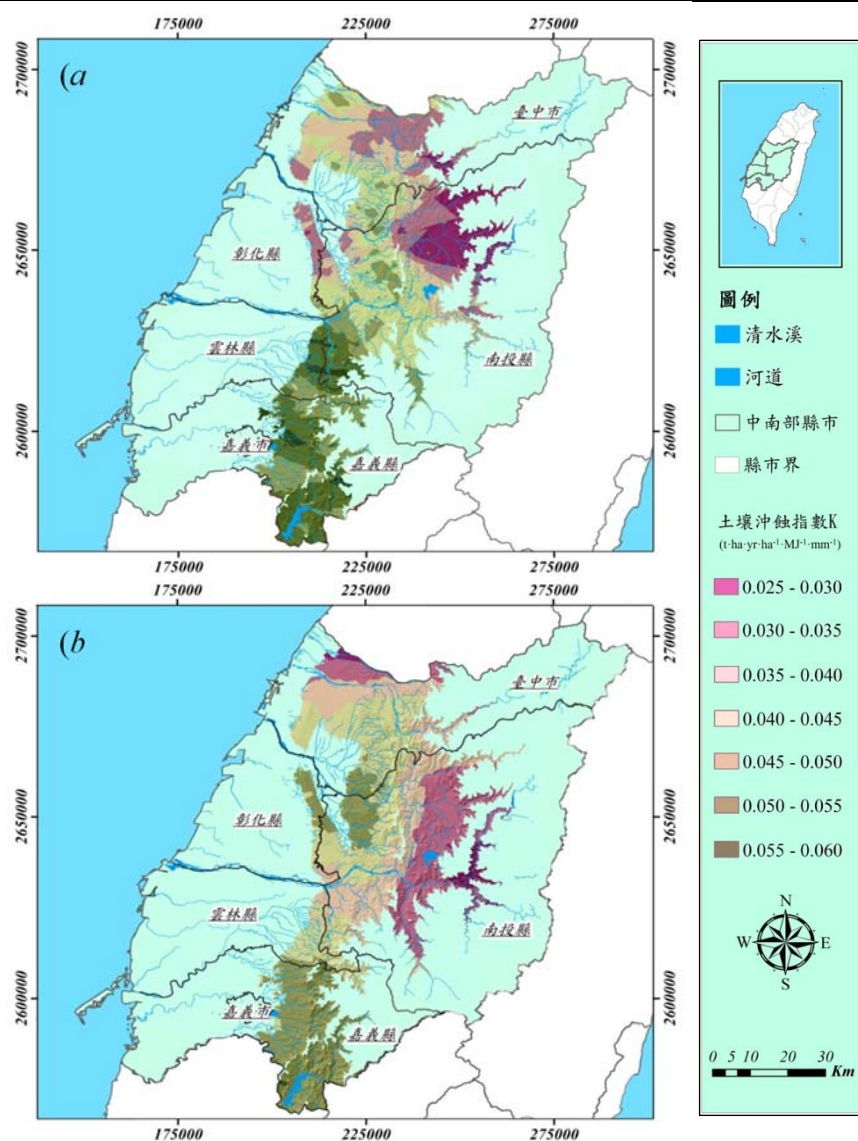


圖2 臺灣中南部山坡地土壤沖蝕指數分布圖：(a)本研究結果(克利金法)；(b)萬鑫森與黃俊義(1989)重新數化結果(克利金法)。(採用TWD97二度分帶座標)

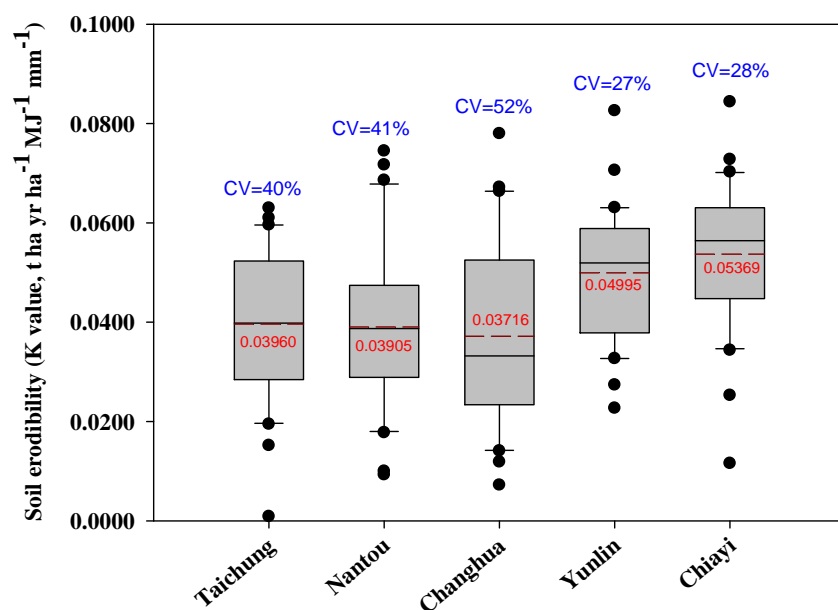


圖3 臺灣中南部各縣市山坡地土壤沖蝕指數盒狀圖分析；紅線紅字為平均值；藍字為各縣市沖蝕指數之變異係數。

表10 本研究與萬與黃(1989)於中南部各縣市土壤沖蝕指數K值之差異 (偏差值 > 50%)

本研究 採樣編號	採樣 縣市	採樣 鄉鎮	採樣 地點	TWD97 N	TWD97 Y	土地利用		土地利用 有變化	本研究 K 值 (A)	萬與黃 K 值 (B)	差值 (B-A)	差異 (%)
						1999 年	2011 年					
Tc - 2	臺中	后里鄉	廣福村	223215.0	2688897.9	旱田	常綠果樹	✓	0.0610	0.033557	-0.02744	81.8
Tc - 14	臺中	石岡鄉	金星村	227662.0	2683968.0	果園	果園	✓	0.0009	0.039441	+0.03854	97.7
Tc - 15	臺中	新社鄉	崑山村	227150.0	2681354.0	果園	果園	✓	0.0195	0.040507	+0.02101	51.9
Tc - 17	臺中	霧峰鄉	萬豐村	220583.0	2656754.0	竹林	果園	✓	0.0207	0.048054	+0.02735	56.9
Nt - 8	南投	集集鎮	集集里	228239.0	2636960.0	香蕉園	雜木林	✓	0.0686	0.042364	-0.02624	61.9
Nt - 15	南投	竹山鎮	延正里	218322.0	2630764.0	茶園	草生地	✓	0.0745	0.039360	-0.03514	89.3
Nt - 16	南投	集集鎮	廣明里	230136.0	2637326.0	香蕉園	闊葉林	✓	0.0608	0.039305	-0.02150	54.7
Nt - 19	南投	中寮鄉	廣福村	225054.0	2644071.0	檳榔	-	✓	0.0717	0.046743	-0.02496	53.4
Nt - 24	南投	埔里鎮	合成里	242542.0	2660049.0	旱田	旱田		0.0093	0.033197	+0.02390	72.0
Nt - 25	南投	埔里鎮	向善里	243980.0	2654695.0	旱田	旱田		0.0100	0.031799	+0.02180	68.6
Ch - 3	彰化	二水鄉	合興村	214165.0	2632712.0	旱田	旱田		0.0609	0.039142	-0.02176	55.6
Ch - 4	彰化	花壇鄉	灣東村	207932.0	2659924.0	闊葉林	闊葉林		0.0167	0.046100	+0.02940	63.8
Ch - 5	彰化	二水鄉	大園村	212893.0	2633607.0	果園	雜木林	✓	0.0589	0.038816	-0.02008	51.7
Ch - 11	彰化	芬園鄉	中崙村	211697.0	2651945.0	闊葉林	果園	✓	0.0074	0.045729	+0.03833	83.8
Ch - 14	彰化	花壇鄉	灣東村	206943.0	2659681.0	荒地	果園	✓	0.0157	0.045968	+0.03027	65.8
Ch - 15	彰化	彰化市	安溪里	207741.9	2662478.0	闊葉林	闊葉林		0.0119	0.046089	+0.03419	74.2
Ch - 19	彰化	二水鄉	合和村	211647.6	2636187.1	茶園	荒地	✓	0.0072	0.040344	+0.03314	82.2
Ch - 21	彰化	芬園鄉	溪頭村	212999.0	2652711.0	荒地	荒地	✓	0.0149	0.046037	+0.03114	67.6
Ch - 25	彰化	彰化市	桃源里	206665.0	2661097.0	草生地	竹林	✓	0.0780	0.046213	-0.03179	68.8
Ch - 26	彰化	彰化市	快官里	209692.0	2662841.0	草生地	闊葉林	✓	0.0141	0.045965	+0.03187	69.3
Yl - 3	雲林	斗六市	湖山里	211447.0	2621737.0	竹林	雜木林	✓	0.0706	0.039810	-0.03079	77.3
Yl - 6	雲林	古坑鄉	東和村	209934.0	2617649.0	果園	闊葉林	✓	0.0826	0.041630	-0.04097	98.4
Cy - 27	嘉義	大埔鄉	茄苳村	208338.0	2574433.0	竹林	果園	✓	0.0844	0.046716	-0.03768	80.7
Cy - 30	嘉義	中埔鄉	汧水村	201414.2	2585820.0	檳榔	檳榔		0.0116	0.046293	+0.03469	74.9
Cy - 10	嘉義	梅山鄉	梅南村	203645.0	2609270.0	草生地	旱田	✓	0.0728	0.046345	-0.02646	57.1



四、結論與建議

- 1.臺灣中南部山坡地之土壤沖蝕指數往南部有遞增趨勢，其中雲林縣及嘉義縣土壤沖蝕指數最高，土壤之抗沖蝕能力較差。
- 2.本研究結果與1989年之臺灣土壤沖蝕分布相較結果，顯示以往K值分佈卻與本研究值分佈具有明顯差異，尤以清水溪周圍的鄉鎮(如雲林縣之林內鄉、斗六市及古坑鄉北邊，以及南投縣竹山鎮)差異最顯著，K值由1989年的 $0.040 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ 增加至2016年的大於 $0.050 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{yr}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ，推論原因為該區域遭受地震崩塌後土壤嚴重擾動，土壤越趨劣化。
- 3.本研究採 Wischmeier et al.(1978)公式計算土壤沖蝕指數(K值)，計算因子需要考量土壤團粒與導水度方較為準確，但建議未來可針對等級來修正計算方式以適切臺灣狀況。

五、致謝

研究承蒙行政院農業委員會水土保持局(氣候變遷下臺灣中南部開發行為土砂估算模式之探討，計畫編號：SWCB-106-220)經費支持，以利本研究順利進行，謹此致謝。

參考文獻

- 1.林俐玲、杜怡德、王仲豪(2001)，「土壤質地與K值相關性及空間變異性之探討-以東勢、國姓區塊為例」，中華水土保持學報，第33卷，第2期，第105-122頁。
- 2.林俐玲、陳品岡(2010)，「修正版通用土壤流失公式(RUSLE)之簡介」，水土保持技術，第5卷，第4期，第251-257頁。
- 3.李錫堤(2011)，「天塹可以飛渡、崩山足以斷流(草嶺潭順向坡滑動)」，中華水土保持學報，第42卷，第4期，第325-335頁。
- 4.黃俊義(1986)，「臺灣坡地土壤沖蝕性及流失量之推估」，中華水土保持學報，第17卷，第139-154頁。
- 5.黃俊義、萬鑫森(1994)，「臺灣坡地土壤沖蝕」，海峽兩岸農地水土保持學術研討會論文集，第186-213頁。
- 6.萬鑫森、黃俊義(1993)，「雲林、澎湖地區土壤沖蝕性及流失量之推估」，水土保持學報，第25卷，第1-12頁。
- 7.萬鑫森、黃俊義(1981)，「臺灣西北部土壤沖蝕及流失量之估算」，中華水土保持學報，第12卷，第57-67頁。
- 8.萬鑫森、黃俊義(1989)，「臺灣坡地土壤沖蝕」，中華水土保持學報，第20卷，第2期，第17-45頁。
- 9.萬鑫森、黃俊義(1983)，「臺灣南部土壤沖蝕性及流失量之估算」，中華水土保持學報，第14卷，第3期，第21-28頁。
- 10.臺中縣、市山坡地土壤調查報告書。1985。臺灣省政府農林廳山地農牧局，南投。臺灣。
- 11.南投縣、彰化縣山坡地土壤調查報告書。1984。臺灣省政府農林廳山地農牧局，南投。臺灣。



- 12.嘉義縣、雲林縣山坡地土壤調查報告書。1981。臺灣省政府農林廳山地農牧局，南投。臺灣。
- 13.Le Bissonnais, Y. (1996), "Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology",
- 14.European Journal of Soil Science, Vol. 47, No. 4, pp. 425-437
- 15.Nelson, D. W., and Sommer, L. E. (1982), "Total carbon. Organic carbon, and organic matter, In Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D.R. (ed.) Methods of soil and analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties," Agronomy monograph No. 2. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA., pp. 539-577.
- 16.Parysow, P., Wang, G., Gertner, G., and Anderson, A. B. (2003), "Spatial uncertainty analysis for mapping soil erodibility based on joint sequential simulation", Catena, Vol. 53, No. 1, pp. 65-78.
- 17.Roose, E. (2003), "Soil erosion research in Africa: A review". In:Gebriels, D., Corneils, W. (eds) 25years of assessment of erosion, Proceedings of International Symposium. Ghent, Belgium, ICE and Universiteit Gent, pp. 29-43. Dep. Agric. Handb., No. 537.

坡地人工噴植復育區植生演替趨勢調查分析-

以臺南市南瀛天文館為例

Investigation of Vegetation succession at landslide scars with hydroseeding: take a site of Tainan Astronomical Education Area as an example

郭玉麟¹、簡士濠²

Yu-Lin Kuo¹ Shih-Hao Jien²

1.中華民國水土保持技師公會全國聯合會 理事長

2.國立屏東科技大學水土保持系 教授

1. President, The Union of the Soil and Water Conservation Professional Engineer Associations,
Taiwan.

2. Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Pingtung University
of Science and Technology, Neipu, pingtung, Taiwan.

摘 要

台灣因受1999年的921地震及2009年的莫拉克颱風風災後，山坡地自然崩塌地數量急速增加，又因人為開發利用山坡地的開挖整地皆造成坡地上植被消失，土壤裸露、流失等。為防止土壤因裸露而造成土壤流失及崩塌等，常利用人工噴植復育以減少土壤裸露時間、降低土壤流失量。人工噴植復育之目的除加速植生覆蓋外，亦可加速植生演替。本研究試區位於臺南市大內區之山坡地，南瀛天文館自2004年開始興建並施作邊坡穩定人工植生復育工程，本研究自歷年施工工程中規劃1個對照區及5個不同人為復育年份樣區進行植生調查，從人工噴植復育開始至進入自然演替過程中，依據現場植生調查以了解地上植物群落變化及植生演替之趨勢。調查結果顯示，樣區I與對照樣區的物種組成最為相似，而人工噴植的植生種類歷經10年演替已不復見。整體而言，樣區I與對照樣區的植被在演替上仍屬初期的次生林環境；樣區II歷經8年演替，現況未發現人工噴植的植生種類，優勢植物皆為研究區域周邊森林之原生物種，顯示樣區II植被種類主要由周邊森林拓殖，由草生地逐漸演替為先驅樹林。樣區III現況以植生工程噴植的臺灣欒樹為優勢，林下並有其自行下種之小苗，次優勢者為自生之先驅樹種，顯示歷經5年演替，噴植的臺灣欒樹已搶先建立穩定族群、並有自然更新之潛力，不易被其他先驅樹種所取代；林下地被以外來入侵種為優勢，原噴植的草種已被外來入侵種競爭取代。樣區IV現況以大花咸豐草及百喜草為優勢，未發現其他撒播的植生種類，顯示歷經5年演替，原撒播的植生已逐漸被外來入侵種競爭取代。樣區V現況以外來入侵種(大花咸豐草及大黍)為優勢，原噴植的草種僅存部分百喜草族群，顯示歷經2年演替，原噴植草種已逐漸被外來入侵種競爭取代。後續，這項研究還測量了正在復育的崩塌地上的生物量和土壤有機



碳儲量，並與該地區未受干擾的低海拔常綠闊葉林進行了比較。研究得出的結果人工植生復育的坡面是強大的碳匯，且可以有效改善崩塌地植被初期的遲滯並加速中後期植被演替。

關鍵字：人工植生復育、植生演替、植生工程

Abstract

After Ji-Ji Earthquake in 1999 and Typhoon Morakot in 2009, landslide disasters obviously increase in Taiwan. Overuse of slopelands results in rapid disappearing of vegetation cover and serious soil erosion. Artificial hydroseeding at landslide scars could be a critical and effective method to accelerate vegetation cover to prevent bared slopeland soils from erosion. This study tried to evaluate vegetation succession along a chronosequence of landslide scars in southern Taiwan. In this study, we established a chronosequence including four former landslide scars in the mudstone area, southern Taiwan, ranging in age from 1 to 11 years post disturbance as determined by landslide mapping from remote sensing. The younger landslide scars (plot IV) were artificially colonized by *Paspalum notatum*, *Miscanthus* and *Koeleria elegans*, while after approx. 5 (plot III) to 8 (plot II) years of succession, natural tree species were dominating. Our results indicated that the aboriginal tree species are dominant at landslide scars after 5 years since artificial hydroseeding exogenous species such as *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. and *Panicum maximum* are dominant after 2 years. Furthermore, this study also measured biomass and soil organic carbon stocks on the recovering landslide scars and compared to an undisturbed low elevation evergreen broad forest stand in the area. Our results from this in-situ study suggest that recovering landslide scars are strong carbon sinks and artificial intervention could effectively overcome an initial lag period of vegetation re-establishment and accelerate vegetation succession.

Key Word : hydroseeding; vegetation succession; vegetation engineering

一、前言

台灣因受1999年的921地震及2009年的莫拉克颱風88風災後，山坡地自然崩塌地數量急速增加，又因人為開發利用山坡地的開挖整地皆造成坡地上植被消失，土壤裸露、流失等，為防止土壤因裸露而造成土壤流失崩塌等，常利用人工噴植復育以減少土壤裸露時間、降低土壤流失量。然而人工噴植復育之目的除加速植生覆蓋外，亦可促進植生演替之進行。

人工植生復育初期為達快速植生覆蓋，設計百喜草、百慕達草等抗土壤沖蝕性佳、匍匐性及覆蓋率高之草種，再配合耐旱性適

地生長之喬灌木種子進行噴植作業。研究區域選擇位於臺南市大內區之臺南市南瀛天文館，依施工年份分為五樣區及一對照樣區，依據調查地上部植生調查結果可了解各工區之植生群落成長及演替情形。

二、研究區域與方法

2.1環境概況

2.1.1地理位置

本研究區域位於台南市大內區二重溪段之山坡地上，屬內政部經建版二萬五千分之一地形圖善化圖幅（圖號：94192NW，第二



版)，依二度分帶橫麥卡托投影南北向座標為185500~186200 東西向座標為2559400~2559800，研究區域範圍約為0.99公頃。

交通上以基地西側南182為主要聯外道路。自基地沿南182向東行駛，可連接台84線至國道3號，通往台南市官田區；自基地沿南184向南行駛，則可通往山上區，平時交通便捷，研究區域地理位置詳圖1。

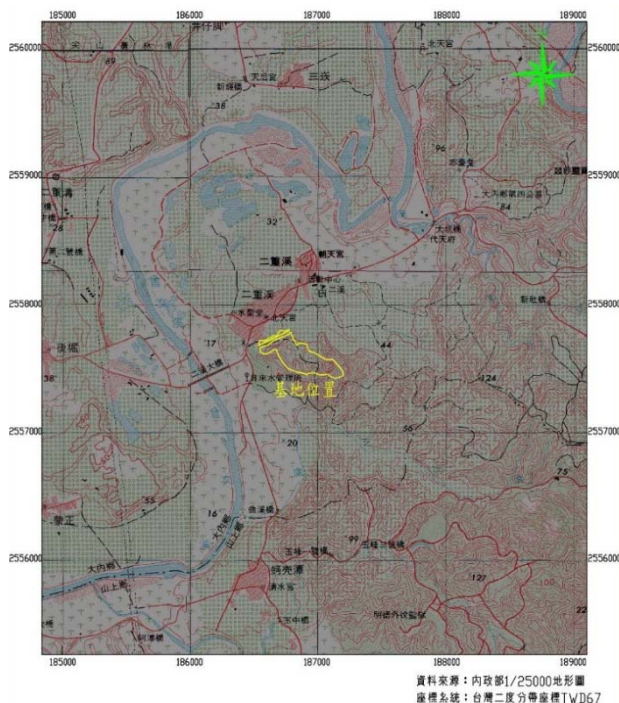


圖1 研究區域地理位置圖

2.1.2氣候

本案計畫基地位於台南市大內區曲溪里，地處北回歸線以南，屬熱帶季風氣候，年平均溫度為 23.6°C ，年雨量約為2,000公釐。茲參考中央氣象局氣候資料年報，彙整統計新化氣象站近十年(民國85年至民國94年)之降水量、降水日數、氣溫、相對溼度、風向、風速、蒸發量、氣壓、日照時數、全天空輻射量、雲量等氣象資料，藉以了解開發基地附近之氣象概況。

1.降水量

計畫地區十年平均年累積降水量為1983.9mm；月降水量以七月份之508.9mm最高，十一月份之6.8mm最低。

2.降水日數

計畫地區十年平均年累積降水日數為87日；月降水日數以八月份之17日最高，十一月份之2日最低。

3.氣溫

計畫地區十年平均年氣溫為 23.6°C ；月平均氣溫以七月份之 28.0°C 最高，一月份之 17.1°C 最低。

4.相對濕度

計畫地區十年平均年平均相對濕度為83.7%；月平均相對濕度以八月份之87.6%最高，十二月份之81.1%最低。

5.風向

風向以NW方向最多。

6.風速

計畫地區十年平均年平均風速 2.1m/sec ；月平均風速以一月份之 2.5m/sec 最高，五月份及六月份之 1.7m/sec 最低。

7.蒸發量

計畫地區十年平均年累計蒸發量為877.2mm；月平均蒸發量以五月份之92.8mm最高，十二月份之53.2mm最低。

8.氣壓

計畫地區十年平均氣壓為1019.4hPa；月平均氣壓以十月份之1024.2hPa最高，八月份之1007.0hPa最低。

9.日照時數



計畫地區十年平均年累計日照時數為1757.1小時；月平均日照時數以七月份之178.4小時最高，十一月份之125.4小時最低。

10. 全天空輻射量

計畫地區十年平均年平均雲量為5.9/10；月平均雲量以二月份為6.5/10最高，十月份為5.0/10最低。

11. 颱風

台灣地區七月至九月經常遭受颱風侵襲，依據中央氣象局統計近一百年來侵台颱風路徑資料顯示，颱風中心路經高雄附近者，其中以南部及海上向西或西北進行者佔31%、沿西岸或台灣海峽北上者佔7%、通過中南部再向東北出海者佔7%。

2.1.3 地形、地質與土壤

1. 地形

基地週邊由四個獨立丘陵相連而成，獨立丘陵間形成兩道南北向帶狀的谷地，基地東側地勢較高，高程介於海拔50m至100m之間，西側地勢較為平緩，高程介於海拔35m至85m之間，工區坡度介於45°至70°之間。

2. 地質

(1) 環境地質

本基地所出露之地層，依據中央地質調查所出版之臺南以東丘陵區地質圖。基地出露地層有關廟層南化泥岩，鄰近地層為階地堆積層。基地地區各地層特性說明如下：

(a) 階地堆積層(Qt)

本層由更新世或全新世河流所夾帶泥、砂、礫石堆積而成，零星分佈於曾文溪兩岸。

(b) 南化泥岩(Pnh)

南化泥岩底部為厚層塊狀細粒亞混雜砂岩，局部為長石質，有時為粉砂岩，其中夾有薄層砂岩及頁岩互層。本層之中部為塊狀青灰色至暗灰色泥岩，構成南化泥岩之主體。本層之上部為砂岩及泥岩之互層，乃南化泥岩與其上以砂岩為主之關廟層間之過渡層，此互層中之砂岩為薄層及塊狀厚層，細粒，灰色至黃棕色，岩性鬆軟。南化泥岩岩質鬆軟，雨季時在泥岩面上沖刷成許多溝壑，易形成惡地。層位上可與臺灣北部之卓蘭層對比，露出厚度2300m以上。南化泥岩沉積物之來源推測為較深海中迅速堆積之沉積物，可能係沉積於臺灣次等地槽內局部坡度較大之盆地部份。

(c) 關廟層(Pkm)

本層以塊狀細粒至粉砂質厚石英砂岩為主，夾有薄層砂岩及泥岩之互層，砂岩厚質每層5~20。岩層傾角甚小，平均在十五度以下，此厚層塊狀砂岩常沿其傾斜方向形成斜坡；而在反傾斜方向上造成懸崖，此為本層在地形表現上之特徵。關廟層之上部在本區為砂岩或粉粒岩，及青灰色泥岩之互層。其上為石灰岩層，石灰岩形成大岡山、小岡山，橫山及虎頭山等獨立山峰，統稱上部關廟層之石灰岩為岡山石灰岩。層位上可與台灣北部之頭嵙山層香山相對比，厚度長達1800m以上。

(2) 基地地質

本基地地層分為二個層次，茲將本基地地層之變化情形分述如下：

(a)砂岩塊、卵礫石、粘土質粉土或粉土質粘土夾砂石層

本基地由地表面起至地表下約0.35~10.5m出現之土層為砂岩塊、卵礫石、粘土質粉土或粉土質粘土夾砂石。本土層標準貫入試驗N值約為33至55，分布厚度各孔均有所不同。

(b)泥質砂岩層

砂岩塊、卵礫石、粘土質粉土或粉土質粘土夾砂石下方出現之土層為泥質砂岩層。本土層標準貫入試驗N值約為38至>100，分布厚度各孔均有所不同。

3.土壤

基地範圍地表土壤主要為砂，頁岩風化後形成之砂土以及青灰泥岩風化後形成之粉砂土、壤土。經深度風化而成之黃棕色留積土，厚度約3~10m以內，沖蝕性高，土壤貧瘠，由於巨厚的南化泥岩位於淺層，因此本區幾乎無崩積土區。覆土主要由沉泥質風化而成，土壤統一分類為低塑性泥岩SM，或灰色泥質砂岩SS。

2.2各分區人工噴植復育處理概述

本計畫共設置1個對照樣區及5個樣區(I、II、III、IV及V)，樣區位置如圖2所示，各樣區之完工日期與工程處理方式詳表1，樣區植被現況如圖3。

2.3植生調查

2.3.1調查方法

本計畫植物調查以穿越線記錄區域內及周邊植物種類，並針對不同完工時期設置植物樣區，量化分析物種優勢度及歧異度。樣

區設置依工區主要植被類型設置森林樣區或草生樣區，並選擇一處未有工程施作且長期未擾動的區域設置對照樣區，以比較植生演替狀況。

森林樣區大小為10m×10m，每個森林樣區分成4個5m×5m的小區分別進行調查；草生樣區則於工程施作範圍內隨機設置20個1m×1m草生樣框做為小區，再合併為1個樣區進行分析。樣區記錄胸高直徑(DBH)大於1公分之木本植物名稱、胸高直徑及株數；胸高直徑小於1公分之木本植物與草本植物則記錄其覆蓋度並記錄其名稱。

2.3.2資料分析

1.重要值指數(IVI)

利用Excel統計樣區內木本植物及草本植物之重要值。

(1)木本植物

相對密度=(某一物種的株數/所有樣區內全部物種之株數)×100%

相對面積=(某一物種的面積/所有樣區內全部物種之面積)×100%

面積以胸高斷面積表示

相對頻度=(某一物種出現的樣區數/所有物種出現的樣區數)×100%

重要值指數=(相對密度+相對面積+相對頻度)

(2)草本植物

相對覆蓋度=(某一物種的覆蓋度/所有物種之覆蓋度)×100%

相對頻度=(某一物種出現的樣區數/所有物種出現的樣區數)×100%

重要值指數=(相對覆蓋度+相對頻度)

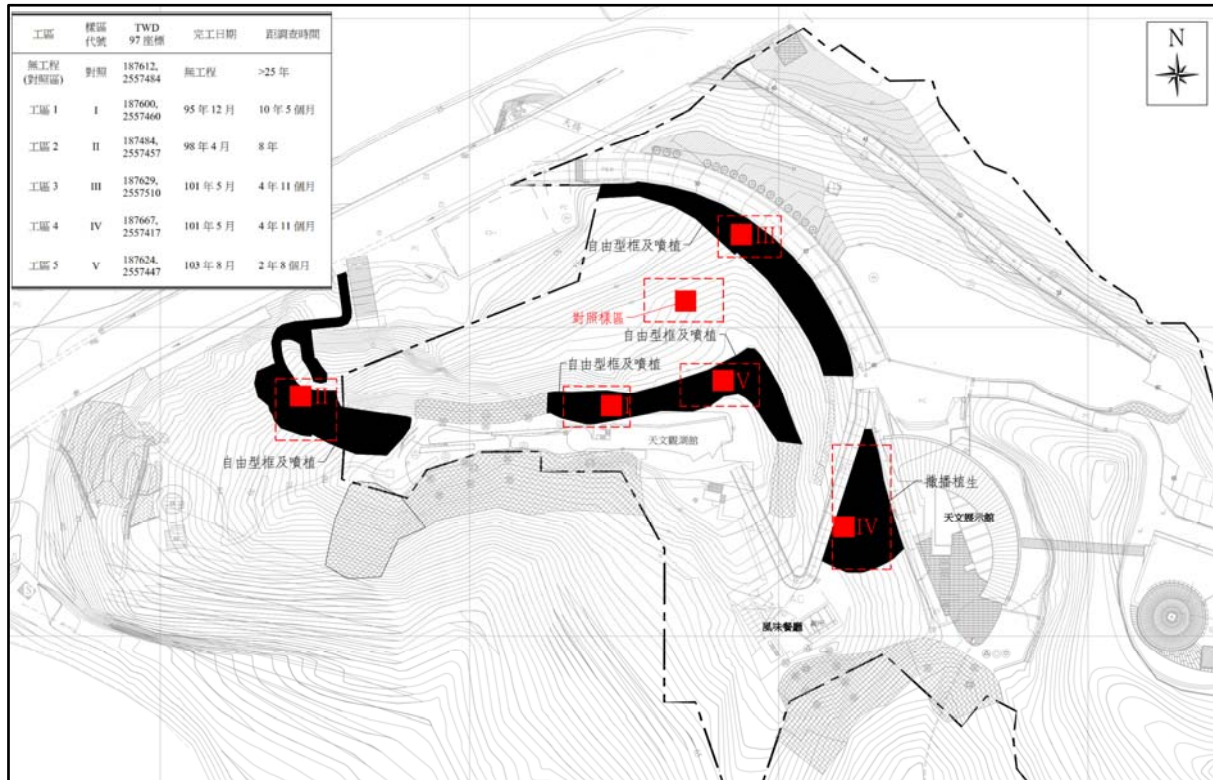


圖2 調查樣區分布位置圖



圖3 調查樣區現況圖

表1 各調查樣區之工程完工日期及植生種類

工區	樣區代號	TWD 97 座標	完工日期	距調查時間	施作工法	植生種類
無工程(對照區)	對照	187612, 2557484	無工程	>25 年	—	—
工區 1	I	187600, 2557460	95 年 12 月	10 年 5 個月	自由型框及噴植	律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、臺灣蘆竹、山水柳、鐵掃帚
工區 2	II	187484, 2557457	98 年 4 月	8 年	自由型框及噴植	律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、山鹽青、臺灣欒樹、鐵掃帚
工區 3	III	187629, 2557510	101 年 5 月	4 年 11 個月	自由型框及噴植	類地毯草、百慕達草、百喜草
工區 4	IV	187667, 2557417	101 年 5 月	4 年 11 個月	撒播植生	律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、山鹽青、臺灣欒樹、鐵掃帚
工區 5	V	187624, 2557447	103 年 8 月	2 年 8 個月	自由型框及噴植	—

2. 歧異度分析

歧異度指數是以生物社會的豐富度及均勻程度的組合所表示，木本植物以株數為介量，草本植物則以覆蓋度為介量，計算Simpson及Shannon歧異度指數。

(1) Simpson指數

$$\lambda = 1 - \sum (n_i / N)^2$$

λ ：歧異度指數

n_i ：第*i*個物種的個體數

N ：所有物種總個體數

n_i/N 為機率，表示在一樣區內同時選出兩棵，其同屬於同一種的機率是多少。其最大值是1；如果優勢度集中於少數種時， λ 值愈高。

(2) Shannon指數

$$H' = -\sum ((n_i / N) \ln(n_i / N))$$

H' ：歧異度指數

n_i ：第*i*個物種的個體數

N ：所有物種總個體數

此指數受種數及個體數影響，種數愈多，種間的個體分布愈平均，則值愈高。但相對的，較無法表現出稀有種。

2.3.3 調查時間

2017年5月22日～25日。

三、結果與討論

3.1 植物種類

本研究調查臺南市南瀛天文館之水土保持工程區域內及周邊物種資料，共記錄有73科159屬180種維管束植物(表2)，各樣區分別記錄有22科33種(對照樣區)、17科26種(I)、30科52種(II)、12科19種(III)、17科30種(IV)、23科41種(V)，統計資料詳表3，植物物種名錄詳見附錄。依植被環境區分，屬森林環境的對照樣區、I、II、IV，以對照樣區原生種比例最高(81.8%)，其次為樣區II(75%)，樣區III原生種比例最低(57.9%)；屬草生地環境的

IV及V，兩者原生種比例差不多，分別為60%與61.0%。

3.2重要性指數分析(IVI)

3.2.1對照樣區

對照樣區位於無水土保持工程，約於民國93年徵收為臺南市南瀛天文館用地，依據Google Earth研判，推估約有25年以上未受人為擾動，現況為森林環境。由表4及表5植物

優勢度可知木本植物以龍眼為主，有許多胸徑級1~3公分的小樹，推測應為原果園栽植的龍眼及後續自行更新的龍眼苗木，林下亦有不少龍眼小苗，顯示龍眼於林下自然更新良好。果園廢棄後自生的木本植物以蟲屎、盤龍木藤蔓及山柚為主，盤龍木藤蔓徑粗介於1~3公分；地被以山棕及龍眼小苗為主，其次為盤龍木及三葉崖爬藤。

表2 臺南市南瀛天文館植物物種屬性表(含非水土保持工程區域)

	蕨類植物	裸子植物	雙子葉植物	單子葉植物	總計
科數	5	0	55	13	73
屬數	6	0	118	35	159
種數	7	0	132	41	180
草本	7	0	34	32	73
喬木	0	0	47	4	51
灌木	0	0	34	3	37
藤本	0	0	17	2	19
原生	7	0	63	23	93
特有	0	0	6	2	8
歸化	0	0	26	8	34
栽培	0	0	37	8	45

表3 臺南市南瀛天文館水土保持工程樣區植物物種屬性表

樣區	對照	I	II	III	IV	V
科數	22	17	30	12	17	23
屬數	31	23	50	19	28	41
種數	33	26	52	19	30	41
草本	10	8	21	7	10	17
喬木	9	7	11	6	5	6
灌木	9	6	11	2	7	5
藤本	5	5	9	4	8	13
原生	23	15	38	10	16	24
特有	4	1	1	1	2	1
歸化	3	9	11	7	10	14
栽培	3	1	2	1	2	2
原生種比例	81.8%	61.5%	75.0%	57.9%	60.0%	61.0%

表4 對照樣區木本植物優勢度

物種	1-3 cm	3-10 cm	>10 cm	ALL	斷面積 (cm ²)	相對 密度 (%)	相對 優勢度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
龍眼	16	16	2	34	918.3	61.8	52.8	27.3	141.9
蟲屎	-	-	2	2	528.3	3.6	30.4	18.2	52.2
盤龍木	11	2	-	13	74.3	23.6	4.3	18.2	46.1
山柚	1	4	-	5	80.3	9.1	4.6	27.3	41.0
澀葉榕	-	-	1	1	136.8	1.8	7.9	9.1	18.8
合計	28	22	5	55	1738.1	100.0	100.0	100.0	300.0

表5 對照樣區地被植物優勢度

中名	相對覆蓋度 (%)	相對頻度 (%)	重要值指數 IVI
山棕	50.2	15.0	65.2
龍眼	26.5	15.0	41.5
盤龍木	9.6	15.0	24.6
三葉崖爬藤	6.4	15.0	21.4
密毛魔芋	1.9	10.0	11.9
雨傘仔	2.2	5.0	7.2
烏柑仔	1.2	5.0	6.2
海金沙	0.8	5.0	5.8
山柚	0.4	5.0	5.4
三角葉西番蓮	0.4	5.0	5.4
半邊羽裂鳳尾蕨	0.4	5.0	5.4
合計	100.0	100.0	200.0

3.2.2樣區I

樣區I主要工法為自由型框，完工距今約10年，噴植種類有律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、台灣蘆竹、山水柳、鐵掃帚。由表6及表7植物優勢度可知木本植物以龍眼為主，以胸徑大於10公分者為主，推測可能為自由型框工程施作時保留的龍眼果樹，林

下亦有不少龍眼小苗，顯示龍眼於林下自然更新良好。完工後自生的木本植物以盤龍木、山柚及構樹為主，盤龍木藤蔓徑粗介於1~3公分；地被以山棕及龍眼小苗為主，其次為大黍、三角葉西番蓮、盤龍木、三葉崖爬藤及蟲屎小苗等。樣區I調查未發現工程噴植的植生種類，推測應已被演替淘汰。

3.2.3樣區II

樣區II主要工法為自由型框及噴植，完工距今約8年，噴植種類有律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、台灣蘆竹、山水柳、鐵掃帚，現況為森林環境。由表8及表9植物優勢度可知木本植物以血桐為主，其次為西印度櫻桃，木本植物皆為完工後自生；地被以月桃及求米草為主，其次為甜根子草、龍眼小苗、山棕及三角葉西番蓮等。樣區II調查未發現工程噴植的植生種類，推測應已被演替淘汰。

表6 樣區I木本植物優勢度

物種	1-3 cm	3-10 cm	>10 cm	ALL	斷面積 (cm ²)	相對密度 (%)	相對優勢度 (%)	相對頻度 (%)	重要值指數 IVI
龍眼	3	1	6	10	1648.5	29.4	50.5	23.5	103.4
盤龍木	9	-	-	9	23.5	26.5	0.7	23.5	50.7
山柚	3	4	-	7	66.2	20.6	2.0	11.8	34.4
構樹	-	-	1	1	765.5	2.9	23.5	5.9	32.3
三葉崖爬藤	4	-	-	4	12.7	11.8	0.4	17.6	29.8
稜果榕	-	-	1	1	343.1	2.9	10.5	5.9	19.3
血桐	-	-	1	1	333.3	2.9	10.2	5.9	19.0
蟲屎	-	1	-	1	70.9	2.9	2.2	5.9	11.0
合計	19	6	9	34	3263.6	100.0	100.0	100.0	300.0

3.2.4樣區III

樣區III主要工法為自由型框及噴植，完工距今約5年，噴植種類有律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、山鹽青、臺灣欒樹、鐵掃帚，現況為森林環境。由表10及表11植物優勢度可知木本植物以臺灣欒樹為主，主要

為早期工程噴植，亦有部分自然更新之臺灣欒樹小苗，完工後自生的木本植物以血桐及銀合歡為主；地被以大花咸豐草為主，其次為三角葉西番蓮、山葛、銀合歡小苗、白茅等。樣區III調查僅發現臺灣欒樹為早期工程噴植的植生，其餘噴植種類推測應已被演替淘汰。

表7 樣區I地被植物優勢度

中名	相對覆蓋度 (%)	相對頻度(%)	重要值指數 IVI
山棕	46.3	10.0	56.3
龍眼	10.5	10.0	20.5
大黍	12.1	5.0	17.1
三角葉西番蓮	4.2	10.0	14.2
盤龍木	5.7	7.5	13.2
三葉崖爬藤	5.1	7.5	12.6
蟲屎	4.3	7.5	11.8
山柚	1.8	5.0	6.8
烏柑仔	0.9	5.0	5.9
構樹	0.8	5.0	5.8
鞭葉鐵線蕨	0.7	5.0	5.7
多花油柑	2.0	2.5	4.5
海金沙	1.5	2.5	4.0
野牽牛	1.5	2.5	4.0
銀合歡	0.8	2.5	3.3
臺灣欒樹	0.6	2.5	3.1
箭葉鳳尾蕨	0.4	2.5	2.9
腺果藤	0.3	2.5	2.8
半邊羽裂	0.3	2.5	2.8
鳳尾蕨	0.2	2.5	2.7
大花咸豐草	0.2	2.5	2.7
合計	100.0	100.0	200.0

3.2.5樣區IV

樣區IV主要工法為撒播植生，完工距今約5年，撒播種類有類地毯草、百慕達草、百喜草，現況為草生地環境。由表12植物優勢度可知草生地植物以大花咸豐草及百喜草為主，其次為海金沙、羅滋草、菜欒藤等。樣區IV調查僅發現百喜草為早期工程撒播的植生，其餘撒播種類推測應已被演替淘汰。

3.2.6樣區V

樣區V主要工法為自由型框及噴植，完工距今約2年，噴植種類有律柏草、百慕達草、類地毯草、百喜草、山鹽青、臺灣欒樹、鐵掃帚，現況為草生地環境。由表13植物優勢度可知草生地植物以大花咸豐草及大黍為主，其次為野牽牛、山葛、白茅、黃鵪菜、百喜草等。樣區IV調查僅發現百喜草為早期工程撒播的植生，其餘撒播種類推測應已被演替淘汰。

表8 樣區II木本植物優勢度

物種	1-3 cm	3-10 cm	>10 cm	ALL	斷面積 (cm ²)	相對 密度 (%)	相對 優勢度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IV
血桐	-	3	6	9	1555.4	69.2	94.9	33.3	197.4
西印度 櫻桃	1	-	1	2	80.3	15.4	4.9	33.3	53.6
土密樹	1	-	-	1	1.8	7.7	0.1	16.7	24.5
山柚	1	-	-	1	1.8	7.7	0.1	16.7	24.5
合計	3	3	7	13	1639.2	100.0	100.0	100.0	300.0

3.3歧異度分析

樣區I~III現況為森林環境，木本植物植物種數介於4~5種之間、Simpson歧異度指數(λ)介於0.22~0.51之間、Shannon歧異度指數(H')介於0.94~1.17之間，以樣區I及II木本植物歧異度最高，樣區III木本植物歧異度最低

(表14)。地被植物種數介於11~23種之間、Simpson歧異度指數(λ)介於0.20~0.34之間、Shannon歧異度指數(H')介於1.41~2.18之間，以樣區III地被歧異度最高，對照樣區地被歧異度最低(表14)。樣區IV及V現況為草生地環境，以樣區V地被物種數及歧異度較高，樣區IV地被歧異度較低。

表9 樣區II地被植物優勢度

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
月桃	37.3	8.0	45.3
求米草	17.3	4.0	21.3
甜根子草	9.3	4.0	13.3
龍眼	5.3	8.0	13.3
山棕	5.1	8.0	13.1
三角葉西番蓮	4.1	8.0	12.1
小花蔓澤蘭	3.6	8.0	11.6
雙穗雀稗	3.5	8.0	11.5
大花咸豐草	4.8	4.0	8.8
漢氏山葡萄	1.7	6.0	7.7
山柚	1.1	4.0	5.1
蟲屎	0.8	4.0	4.8
月橘	0.6	4.0	4.6
雞屎藤	0.5	4.0	4.5
銀合歡	1.3	2.0	3.3
香澤蘭	1.2	2.0	3.2
野牽牛	0.6	2.0	2.6
姑婆芋	0.5	2.0	2.5
土密樹	0.5	2.0	2.5
烏柑仔	0.5	2.0	2.5
海金沙	0.3	2.0	2.3
日本薯蕷	0.3	2.0	2.3
鞭葉鐵線蕨	>0.1	2.0	2.0
合計	100.0	100.0	200.0

3.4演替趨勢分析

將森林樣區(對照樣區、樣區I、II、III)之物種依重要值指數(IVI)列示比較如圖4及圖5，草生樣區(樣區IV及V)之物種依重要值指數(IVI)列示比較如圖6。

1. 樣區I與對照樣區的物種組成最為相似：木本植物以龍眼及盤龍木為主，地被以山棕、龍眼小苗(圖7照片a)、盤龍木為主。顯示樣區I自由型框工程施作時保留的龍眼母樹(圖7照片b)有助於植被恢復為工程擾動前的森林植被狀態，水保工程噴植的植生種類歷經10年演替已不復見。然而除了最優勢的龍眼之外，自生的原生樹種以先驅樹種為主(蟲屎及山柚)，整體而言樣區I與對照樣區的植被在演替上仍屬初期的次生林環境。

表10 樣區III木本植物優勢度

物種	1-3 cm	3-10 cm	>10 cm	ALL	斷面積 (cm ²)	相對 密度 (%)	相對 優勢度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
臺灣欒樹	1	13	1	15	981.0	55.6	67.7	33.3	156.6
血桐	-	2	2	4	262.0	14.8	18.1	16.7	49.6
銀合歡	-	4	-	4	109.9	14.8	7.6	16.7	39.1
龍眼	-	1	-	1	60.8	3.7	4.2	8.3	16.2
蟲屎	-	1	-	1	33.2	3.7	2.3	8.3	14.3
盤龍木	1	-	-	1	1.5	3.7	0.1	8.3	12.1
山柚	1	-	-	1	1.0	3.7	0.1	8.3	12.1
合計	3	21	3	27	1449.3	100.0	100.0	100.0	300.0

表11 樣區III地被植物優勢度

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
大花咸豐草	38.5	11.1	49.6
三角葉西番蓮	13.5	11.1	24.6
山葛	11.7	11.1	22.8
銀合歡	7.9	11.1	19.0
白茅	9.0	8.3	17.3
盤龍木	6.0	8.3	14.3
臺灣欒樹	2.3	8.3	10.6
山柚	2.2	5.6	7.8

表11 樣區III地被植物優勢度(續)

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
海金沙	3.7	2.8	6.5
野牽牛	0.9	5.6	6.5
龍眼	0.7	5.6	6.3
大黍	1.3	2.8	4.1
香澤蘭	1.3	2.8	4.1
蟲屎	0.7	2.8	3.5
月橘	0.3	2.8	3.1
合計	100.0	100.0	200.0

表12 樣區IV地被植物優勢度

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
大花咸豐草	40.9	22.1	63.0
百喜草	27.7	17.4	45.1
海金沙	2.9	10.5	13.4
羅滋草	7.0	3.5	10.5
菜藥藤	3.3	7.0	10.3
圓果雀稗	3.6	3.5	7.1
野牽牛	0.5	5.8	6.3
雙穗雀稗	0.9	4.7	5.6
大黍	1.7	3.5	5.2
白茅	3.9	1.2	5.1
小花蔓澤蘭	0.3	4.7	5.0
銀合歡	2.0	2.3	4.3
雞屎藤	0.7	3.5	4.2
龍眼	2.0	1.2	3.2
三角葉西番蓮	0.1	2.3	2.4
漢氏山葡萄	0.9	1.2	2.1
蟲屎	0.5	1.2	1.7
鷓鴣菜	0.4	1.2	1.6
玉葉金花	0.4	1.2	1.6
箭葉鳳尾蕨	0.3	1.2	1.5
山葛	0.1	1.2	1.3
合計	100.0	100.0	200.0

表13 樣區V地被植物優勢度

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
大花咸豐草	35.6	16.7	52.3
大黍	19.6	7.1	26.7
野牽牛	3.9	8.3	12.2
山葛	3.8	8.3	12.1
白茅	7.7	3.6	11.3
黃鹌菜	1.4	7.1	8.5
百喜草	5.6	2.4	8.0
小花蔓澤蘭	1.3	4.8	6.1
香澤蘭	2.5	3.6	6.1
龍眼	4.1	1.2	5.3
象草	3.8	1.2	5.0
酢醬草	0.7	3.6	4.3
通泉草	0.6	3.6	4.2
菜藥藤	0.5	3.6	4.1
香附子	2.6	1.2	3.8
羅滋草	1.4	2.4	3.8
一枝香	1.3	2.4	3.7
海金沙	0.6	2.4	3.0
漢氏山葡萄	0.5	2.4	2.9
短角苦瓜	0.3	2.4	2.7
三角葉西番蓮	0.6	1.2	1.8
棟	0.6	1.2	1.8
月橘	0.3	1.2	1.5
臺灣樂樹	0.3	1.2	1.5

表13 樣區V地被植物優勢度(續)

中名	相對 覆蓋度 (%)	相對 頻度 (%)	重要值 指數 IVI
紅仔珠	0.3	1.2	1.5
腺果藤	0.1	1.2	1.3
大飛揚草	0.1	1.2	1.3
日本薯蕷	0.0	1.2	1.2
蟲屎	0.0	1.2	1.2
兔兒菜	0.0	1.2	1.2
合計	100.0	100.0	200.0

表14 森林樣區木本植物物種歧異度

樣區	距離 調查時間	種數	歧異度指數	
			λ	H'
對照	-	5	0.45	1.05
I	10年5個月	8	0.22	1.70
II	8年	7	0.36	1.38
III	4年11個月	4	0.51	0.94

- 樣區II歷經8年演替，現況未發現植生工程噴植的植生種類，木本植物物種以先驅樹種(血桐)為主、地被以月桃及求米草為主，優勢植物皆為工區周邊森林之原生物種，顯示樣區II植被種類主要由周邊森林拓殖，由草生地逐漸演替為先驅樹林(圖7照片c)。
- 樣區III現況木本植物以植生工程噴植的臺灣樂樹為優勢，林下並有其自行下種之小苗，次優勢者為自生之先驅樹種(血桐及銀合歡)，顯示歷經5年演替，噴植的臺灣樂樹已搶先建立穩定族群(圖7照片d)、並有自然更新之潛力，不易被其他先驅樹種所取代；林下地被以外來入侵種(大花咸豐草)為優勢，原噴植的草種已被外來入侵種競爭取代。
- 樣區IV現況以大花咸豐草及百喜草為優勢，未發現其他撒播的植生種類，顯示歷經5年演替，原撒播的植生已逐漸被外來入侵種競爭取代。其間有零星自生之樹苗(銀合歡、龍眼及蟲屎，圖7照片e)，後續

若無維管除草作業，應可由草生地逐漸演替為先驅樹林。

5. 樣區V現況以外來入侵種(大花咸豐草及大黍)為優勢，原噴植的草種僅存部分百喜草族群，顯示歷經2年演替，原噴植草種已逐漸被外來入侵種競爭取代。其間有零星自生之樹苗(龍眼、臺灣欒樹及棟)，後續若無維管除草作業，應可由草生地逐漸演替為先驅樹林。

四、結論與建議

1. 本研究調查臺南市南瀛天文館之水土保持工程區域內及周邊物種資料，共記錄有73科159屬180種維管束植物(表2)，各樣區分別記錄有22科33種(對照樣區)、17科26種(I)、30科52種(II)、12科19種(III)、17科30種(IV)、23科41種(V)，統計資料詳表3，植物物種名錄詳見附錄。依植被環

境區分，屬森林環境的對照樣區、I、II、IV，以對照樣區原生種比例最高(81.8%)，其次為樣區II(75%)，樣區III原生種比例最低(57.9%)；屬草生地環境的IV及V，演替時間越久，原生比例越高。

2. 樣區I~III現況為森林環境，木本植物植物種數介於4~5種之間、Simpson歧異度指數(λ)介於0.22~0.51之間、Shannon歧異度指數(H')介於0.94~1.17之間，以樣區I及II木本植物歧異度最高，樣區III木本植物歧異度最低(表14)。地被植物種數介於11~23種之間、Simpson歧異度指數(λ)介於0.20~0.34之間、Shannon歧異度指數(H')介於1.41~2.18之間，以樣區III地被歧異度最高，對照樣區地被歧異度最低。樣區IV及V現況為草生地環境，以樣區V地被物種數及歧異度較高，樣區IV地被歧異度較低。

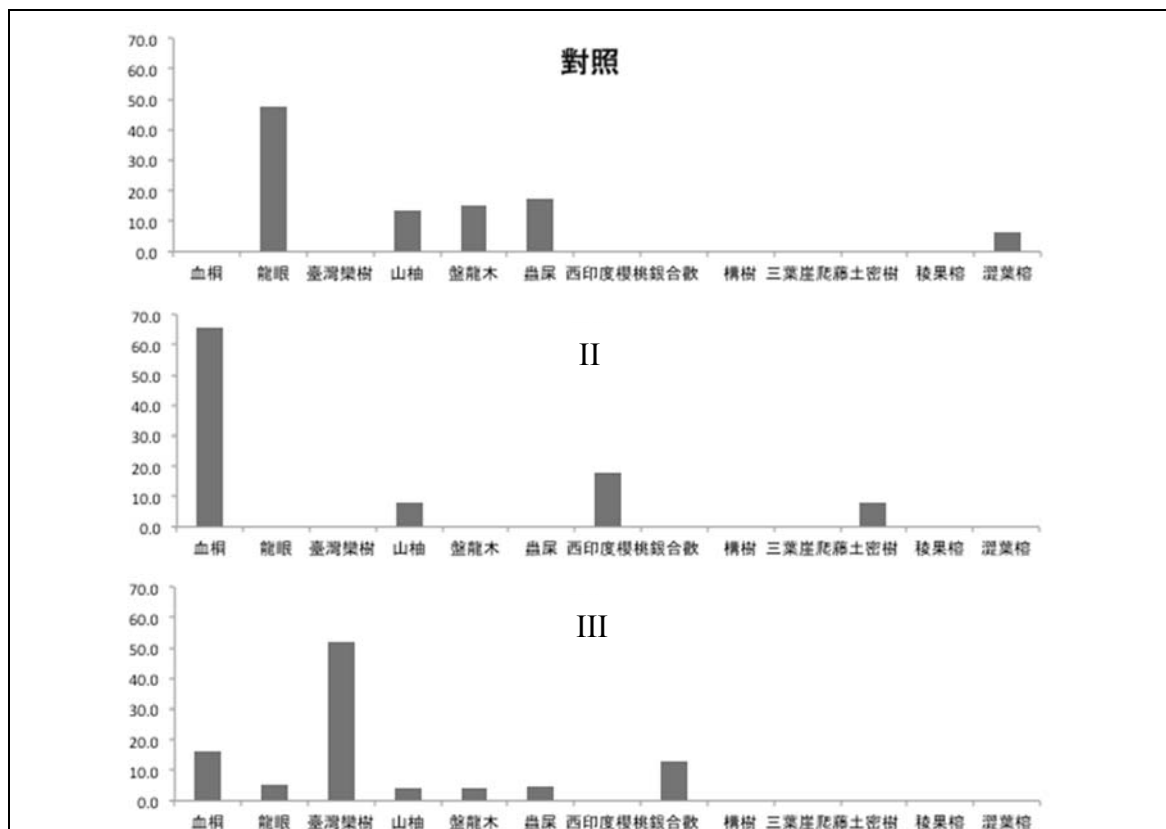


圖4 森林樣區木本植物物種組成比較

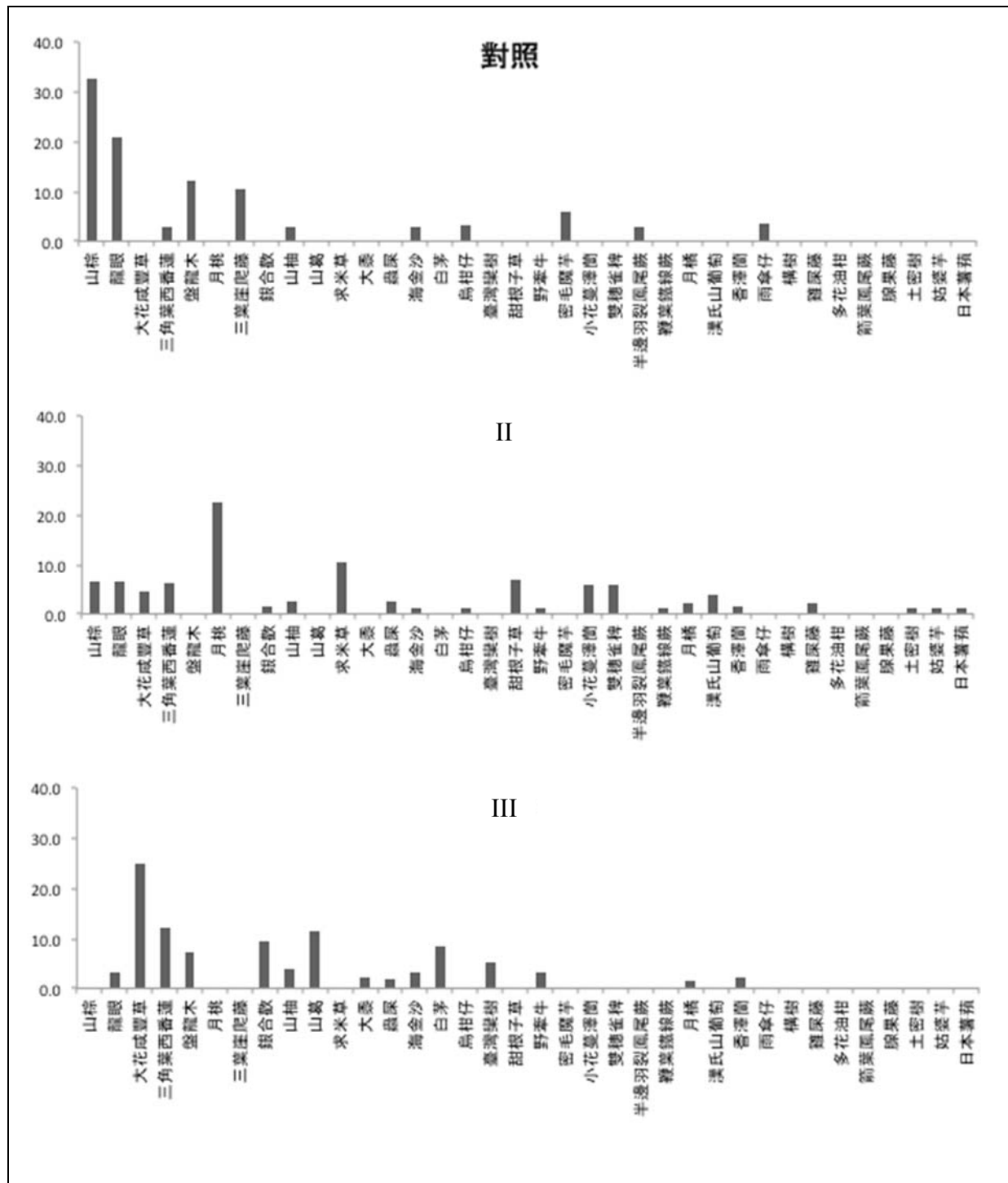


圖5 森林樣區地被植物物種組成比較

3. 從人工噴植復育開始，各樣區歷經5年以上演替，原噴植之植生種皆以不復見，且逐漸由草生相演替為次生林相，並達複層植被之覆蓋。
4. 本研究以南台灣為樣區，取工程完工10年內工區進行植生調查分析，建議可針對不同海拔及更長年限進行長期追蹤調查及分析。

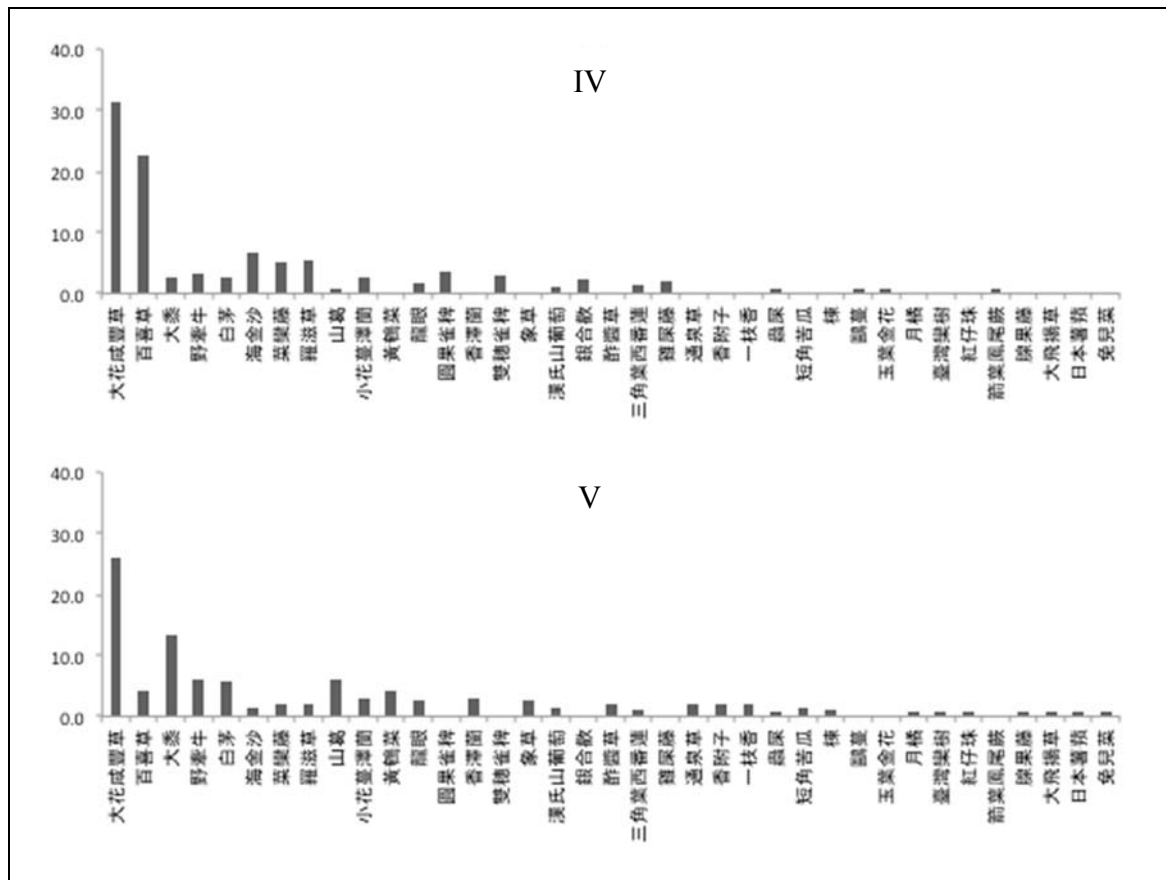


圖6 草生樣區物種組成比較



圖7 植生演替現況(民國106年5月)

參考文獻

1. 陳智豪、鄭旭涵、彭心燕、林信輝，2010，「崩塌地植生復育適用評估因子之分析研究」，中華水土保持學報，41(4)：296-307。
2. 蔡尚惠、陳朝圳、林昭遠、陳韋智，2015，「高屏流域崩塌地之植生復育分析」，林業研究季刊，37(4)：229-248。
3. 黃雅莉，2011，「高屏流域國有林崩塌之變遷與植生恢復」，國立屏東科技大學森林系碩士論文。
4. 林信輝、程怡婕、陳建男，2011，「崩塌地整治區植被類型與棲地特性」，林業研究專訊，18(4)。
5. 水土保持局，2009，「坡地保育治理地區植生群落與棲地環境變遷評估成果報告」，行政院農業委員會。
6. 馮喬舒，2009，「崩塌地植生復育成效及其演替系列之研究」，國立中興大學水土保持學系研究所碩士論文。
7. 賴明洲，2007，「植被復育重建生態工程」，明文書局。
8. 賴睽翔，2009，「崩塌地噴植地區植物初期生長對入侵演替機制影響之研究」，國立中興大學碩士論文。
9. 劉棠瑞、蘇鴻傑，1983，「森林植物生態學」，臺灣商務印書館
10. 劉業經、呂福原、歐辰雄，1994，「台灣樹木誌(增訂再版)」，國立中興大學農學院。
11. 臺灣植物誌第二版編輯委員會，1993~1998，「臺灣植物誌(Flora of Taiwan)第二版」，中華民國國家科學委員會。
12. 環佑實業有限公司，2009，「台南縣南瀛天文教育園區預先環境影響評估說明書」。
13. 森山工程顧問有限公司，郭玉麟，2004，「台南縣南瀛天文教育園區第一期工程水土保持計畫」。
14. 森山工程顧問有限公司，郭玉麟，2008，「南瀛天文教育園區旁崩塌地復建工程」。
15. 森山工程顧問有限公司，郭玉麟，2009，「台南縣南瀛天文教育園區水土保持計畫」。
16. 森山工程顧問有限公司，郭玉麟，2013，「南瀛天文教育園區邊坡災修復建工程委託設計」。
17. Lin, W.T., W.C. Chou, C.Y. Lin, P.H. Huang, and J. S. Tsai, 2005, "Vegetation recovery monitoring and assessment at landslides caused by earthquake in Central Taiwan," Forest. Ecol. Manag., 210: 55-66.

水土保持局線上技術短講分享

無人載具高解析影像及點雲於山區河川表層粒徑分析之可行性研究

Feasibility Study on Particle Size Analysis of Mountain River Bed Based on UAV-associated High Resolution Images and Point Clouds

主講人：財團法人私立長榮大學 曾志民 教授

摘要

目前河床粒徑資訊之調查仍依賴局部河段開挖進行篩分析，或進行現地表層粒徑調查，惟受限於人力及時間成本，現地調查分析仍僅限於部分局部河段，分析成果資訊無法提供足夠之空間及時間頻率代表性。目前已有相關研究利用河床現地拍攝表層粒徑材料相片進行影像判釋獲得河床材料粒徑資訊，惟此種作法之仍無法有效克服作業時間效率問題。近年無人載具 UAV 航拍技術快速發展演進，目前已可高效率進行廣域航拍，利用航拍影像產製高解析度正射影像，也可進一步利用影像立體像對進行特徵點匹配產製三維密點雲，並進一步產製高精度數值地形。以航高 50 公尺為例，目前已可產製約 1~2 公分等級高解析度正射影像及同尺度高精度數值地形，以及超過 500 點/平方公尺之高密度三維密點雲，可有效兼顧高空間解析度及高作業時間效率之優勢。

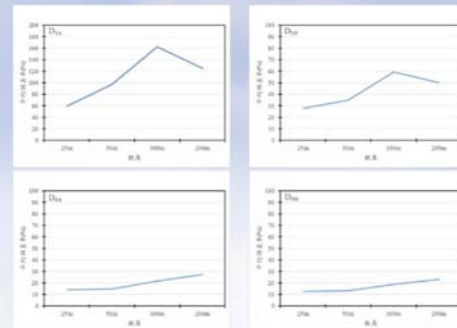
本研究利用無人載具UAV航拍產製之正射影像及三維密點雲，分別利用影像判釋表層粒徑分布，以及點雲糙度特性分析表層指標粒徑。綜合兩種分析方式之平均誤差率比較顯示，在航高25公尺的條件下，密點雲分析約數公分範圍之中小粒徑之平均誤差率大約只有影像分析結果的一半，顯示密點雲在較小顆粒材料判釋上之優勢。

關鍵字：山區河川、粒徑調查、無人載具、高解析影像、點雲

精選內容：



不同航高之判釋誤差率變化

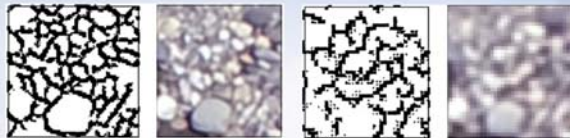


各指標粒徑之平均判釋誤差率皆隨航高增加而加大，其中 D_{15} 及 D_{50} 之平均判釋誤差率從航高100公尺到200公尺雖略有下降，但因誤差率仍屬偏高之範圍。

不同航高影像之最小可判釋粒徑



最小可判釋粒徑約為 3 公分(GSD:0.81cm) 最小可判釋粒徑約為 8 公分(GSD:1.62cm)



最小可判釋粒徑約為 15 公分(GSD:2.92cm) 最小可判釋粒徑約為 28 公分(GSD:5.53cm)

本計畫航高範圍(25m ~ 200m)內，最小判釋粒徑大致為影像解析度之3 ~ 5倍

結論

1. 依據不同航高產製正射影像之粒徑區隔效果比較，在本計畫的航高範圍(25m ~ 200m)內，利用影像分析之**最小判釋粒徑大致為影像解析度之3 ~ 5倍**。
2. 依據航高25公尺各土壤特性分群裡之最佳一致性參數檢定成果，4個土壤特性分群中除均勻細顆粒群外，其他3群類別皆可以採用同一組最佳參數。
3. 判釋品質受到影像解析度影響甚鉅，**判釋誤差率較高之粒徑區間主要集中在最小可判釋粒徑值附近範圍**，且不同指標粒徑之平均判釋誤差率隨航高增加而加大。
4. 本研究利用航拍產製密點雲之糙度特性來推估指標粒徑，成果顯示利用**5公尺移動視窗空間分析單元且去除地形坡度趨勢影響**後之表層糙度，可分析出較佳品質之河床指標粒徑。

結論

5. 綜合影像判釋及密點雲糙度特性兩種分析方法比較可知，在航高25公尺的條件下，約介於**數公分範圍之中小粒徑尺寸**，密點雲分析結果之平均誤差率大約只有影像分析結果的一半，顯示密點雲在較小顆粒材料判釋上之優勢；至於**數十公分之較大粒徑範圍**，兩者的判釋品質約略相近。

研究計畫科目：108 年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載



加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



水土保持局線上技術短講分享

應用開源分布式降雨逕流模式推估土石流潛勢溪流與農塘流量資訊

Open Source Distributed Rainfall Runoff Model to Estimate the Potential Debris Flow Torrent and Agricultural Pond Streamflow

中華民國地球科學學會 沈志全 博士

摘要

在面對土石流潛勢溪流產生的坡地災害與農塘滯洪保水的研究分析與調查過程中，降雨事件發生後，如何有效了解流域集水區的降雨及流量的時間空間分布情況，將有助於助研究人員了解土石流潛勢溪流與農塘現場可能發生的狀況，進一步針對土石流災害與農塘集水區的滯洪保土功能進行改善與分析量的評估。

而一般流量推估方式主要透過現場儀器監測進行觀測，或利用水文模式進行流量推估。監測儀器數值若可以搭配模式分析計算成果，有助於提高模式準確度與提供鄰近區域更完整的流量資訊內容。而在降雨逕流模式中集塊式降雨逕流模式只能取得單一點位流量分析資訊，透過分布式降雨逕流模式可以獲得整體集水區範圍網格的流量空間與時間分布，對於整個集水區水情資訊有更全面的了解。

●分享主軸

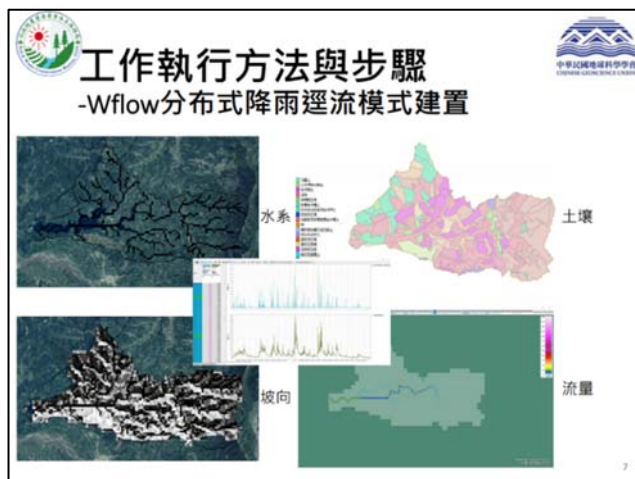
1.QPESUMS 降雨資料應用

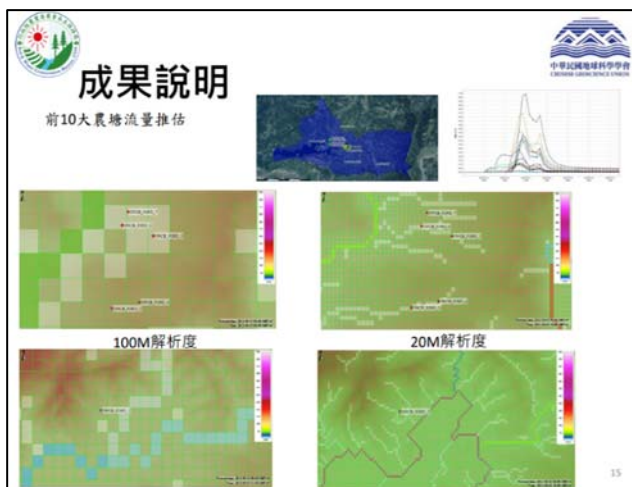
2.開源分布式降雨逕流模式(WFLOW)<https://wflow.readthedocs.io/en/latest/>

3.自由軟體Delft-FEWS平台<https://oss.deltares.nl/web/delft-fews>

關鍵字：開源軟體、分布式降雨逕流、水庫集水區、土石流潛勢溪流、農塘

精選內容：





農塘流量推估成果彙整

農塘編號	蘇力2013		蘇拉2012		辛樂克2008	
	20M (CMS)	100M (CMS)	20M (CMS)	100M (CMS)	20M (CMS)	100M (CMS)
SWCB_POND_1	0.004	0.4	0.004	0.61	0.006	0.889
SWCB_POND_21	0.129	0.091	0.155	0.082	0.247	0.128
SWCB_POND_26	0.1	0.454	0.103	0.674	0.156	0.934
SWCB_POND_3	0.509	0.114	0.532	0.099	0.82	0.147
SWCB_POND_37	0.004	0.291	0.004	0.245	0.005	0.463
SWCB_POND_4	0.165	0.109	0.171	0.097	0.265	0.142
SWCB_POND_5	0.395	0.479	0.43	0.531	0.645	0.746
SWCB_POND_6	0.745	0.992	0.792	1.252	1.291	1.738
SWCB_POND_7	0.015	0.425	0.013	0.423	0.019	0.593
SWCB_POND_9	0.183	0.117	0.209	0.112	0.301	0.157

20M解析度模式農塘不在主要降雨逕流網絡之流路上，會出現較大數值差異

- ## 結論與建議
- 結論
 - 完成鯉魚潭水庫集水區
 - 基本資料收集
 - QPESUMS降雨量、土壤資料、DEM高程資訊、水庫入流資訊
 - 分布式降雨逕流模式建置
 - 完成20M、100M解析度模式建置
 - 模式與資料整合驗證
 - 3場事件有兩場成果效率係數 (NS) 0.7~0.8之間
 - 可依照農塘與土石流潛勢溪流位置提供流量資訊
 - 20M、100M解析度
 - 20M解析度資料可呈現較細緻流量推估成果

- ## 結論與建議
- 建議
 - 未來搭配現場觀測儀器提供小區域範圍的檢定驗證
 - 現有模式建議可以持續擴大於不同研究區域範圍
 - 持續完成各流域集水區分布式降雨逕流模式建置
 - 提供各管轄區域農塘與土石流潛勢溪流流量參考資訊
 - 參考美國NWM模式架構建立全山坡地流域集水區完整流量資訊。
 - 提供短中長期參考流量，作為工程設計與防災整備參考
 - 基礎資料整合與開放
 - 定期更新全山坡地土壤類型、土壤厚度與土地利用資訊
 - 相關開放資料可以統一窗口
 - 集水區資料集

研究計畫科目：108 年水土保持局創新研究計畫

研究報告全文下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Results/ResultsInnovation>

歷次技術短講影音及簡報 PDF 下載：<https://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion>

觀看本文簡報影音及 PDF 檔下載



加入 Facebook 社團，即時獲得技術短講公告



水土保持書件之資訊公開與公民參與

整理、補充：劉衍志技師

一、前言

現行水土保持書件審查係依據水土保持法第12條，由主管機關審查核定。中央主管機關以組織委員會進行審查，地方主管機關則依水土保持計畫審核監督辦法第18條，以及政府採購法規定，成立共同供應契約相關機關、機構或團體協助技術審查。

立法委員陳椒華於2020年3月16日於立法院經濟委員會質詢時，要求水土保持計畫應比照環境影響評估及都市計畫委員會審議，公開計畫內容及納入公民參與。陳委員續於隔日，在行政院蘇院長於立法院施政報告就本案提出質詢，並復於同年4月7日與台灣水資源保育聯盟等8個環保團體召開「水土保持計畫資訊及審查應公開及法制化」聯合記者會，提出相同訴求。

由於各界對於公共事務參與，以及對於國土保安等議題日益關切與重視，山坡地開發可能涉及環境改變，因此在水土保持相關書件之資訊公開與納入公民參與之程序，已漸為時勢所趨。然而水土保持相關書件之資訊公開與公民參與不僅僅是法制化的問題，連帶涉及開發規模、開發強度、開發型態、開發者之利益與公開意願、設計內容之智慧財產權保護、專業審查與公民意見之相容性、審查程序與時程之延宕、變更內容之覆議、主管機關管理複雜度與行政成本提高等，以及因此付出相應之社會成本、投資意願降低

等非關審查與管理之效應，皆是此議題需要廣泛討論、凝聚共識的部分。由於牽涉頗廣，因此在陳椒華立法委員於2020年3月16日於立法院經濟委員會質詢時，農委會陳吉仲主委現場承諾同意委員研議「應提送環評之水土保持計畫」納入資訊公開及公民參與。

本文首先就資訊公開與公民參與之意涵與相關案例進行梳理，其次針對此次自陳吉仲主委承諾後水土保持局召開之各次諮商會議內容進行整理，並探討水土保持書件資訊公開與公民參與的價值，以及在此過程中的經驗學習等，以提供做為日後相關議論之參考。

二、資訊公開與公民參與

2.1 資訊公開

依據「政府資訊公開法」[1]，其第1條即揭櫫立法目的：

「為建立政府資訊公開制度，便利人民共享及公平利用政府資訊，保障人民知的權利，增進人民對公共事務之瞭解、信賴及監督，並促進民主參與，特制定本法。」

也就是說，該法是針對「政府資訊」的公開做規範。該法第4條則定義何謂政府：

「本法所稱政府機關，指中央、地方各級機關及其設立之實（試）驗、研究、文教、醫療及特種基金管理等機構。」



受政府機關委託行使公權力之個人、法人或團體，於本法適用範圍內，就其受託事務視同政府機關。」

上述定義了「狹義政府」與「廣義政府」，前者比較容易理解，後者則有2個條件：1.「受政府機關委託行使公權力」，以及2.「於本法適用範圍內」。而該法第2條：

「政府資訊之公開，依本法之規定。但其他法律另有規定者，依其規定。」

亦即前述條件2可能因「其他法律另有規定者，依其規定」，使之有商榷空間。換句話說，在法的層面上，並非所有政府資訊皆可依該法取得，仍需視其他相關法規辦理。

此外，該法第18條：

「政府資訊屬於下列各款情形之一者，應限制公開或不予提供之…」

則羅列9項限制公開或不予提供項目，其中與水土保持書件相關的項目如下：

「三、政府機關作成意思決定前，內部單位之擬稿或其他準備作業。但對公益有必要者，得公開或提供之。

四、政府機關為實施監督、管理、檢（調）查、取締等業務，而取得或製作監督、管理、檢（調）查、取締對象之相關資料，其公開或提供將對實施目的造成困難或妨害者。

六、公開或提供有侵害個人隱私、職業上秘密或著作權人之公開發表權者。但對公益有必要或為保護人民生命、身體、健康有必要或經當事人同意者，不在此限。

七、個人、法人或團體營業上秘密或經營事業有關之資訊，其公開或提供有侵害該個人、法人或團體之權利、競爭地位或其他正當利益者。但對公益有必要或為保護人民生命、身體、健康有必要或經當事人同意者，不在此限。」

在該條中，亦提及部分公開或提供：

「政府資訊含有前項各款限制公開或不予提供之事項者，應僅就其他部分公開或提供之。」

從第18條可得知，即使是廣義的政府資訊，亦非所有皆可公開。此項限制除了確保資訊持有者之權益，更重要的是促使公民在「知的權利」的認知上更加成熟化，而避免「知的權利」無限上綱。

考量到所有資訊的產生與提供皆有其成本，因此第22條規定了相關費用的收取：

「政府機關依本法公開或提供政府資訊時，得按申請政府資訊之用途，向申請人收取費用；申請政府資訊供學術研究或公益用途者，其費用得予減免。

前項費用，包括政府資訊之檢索、審查、複製及重製所需之成本；其收費標準，由各政府機關定之。」

異言之，即使是以公帑產生之政府資訊，各政府機關亦應將額外生成的「提供成本」納入考量，或針對高頻率、高人力需求的資訊檢索予以自動化或自助化，以減少第一線人員疲於奔命的情形。

2.2 公民參與

公民參與的觀念目前仍在發展中，各方的解釋與說明亦各有異趣，再加上實際操作上需視實際情況選擇適當方式進行，不同的領域亦有不同的操作強度，因此目前難以有明確定義。依據維基百科[2]，其對公民參與的說明如下：

「公民參與 (civic engagement, civic participation) 意指人的一種行為與涉入過程，其能主動參與一個方案、團體、組織（機構）或環境當中的決策，這些包括影響他們的工作職場、醫療院所、鄰里、學校、宗教集會、社會等，也有像致力於環境改造的草根社區組織 (community organizing)。公民參與是一種減少心理疏離並增加知覺能力及控制感的良好方式。」

維基百科強調「涉入」各種組織或方案，並提及公民參與與心理與認知的關聯。科技部人文及社會科學研究發展司透過「人文創新與社會實踐計畫」，提出公民參與和地方治理的看法[3]，其中針對公民參與的「本質」，即強調決策圈外群體的參與，有下列陳述：

「公民參與的本質，是試圖由下而上的去影響公共事務的決定。更具體的來說，根據 Arnstein 的定義，「公民參與即公民力量的展現 (citizen participation is citizen power)」。公民參與的實質內涵必須透過權力的重分配才能得以彰顯，也就是讓那些身處在政治和經濟決策之外的群體，能夠透過公民參與的方式引入有意義的社會改革，使得決策圈外的群體也能共享社會的進步與繁榮。換言之，沒有觸及權力重新分配的參與，對無權力者來說只是一個空泛且令人沮喪的過程。」

在內政部全球資訊網[4]中，將公民參與及擁抱國際做連結，並說明其需求性：

「守護人民安全、建構永續國土是內政部重要的施政願景，而這些願景的落實，必需奠基於健全的「公民參與」環境上，經由程序正義的落實，方能使內政部各項政策措施更臻周延完善。因此，促進民眾參與，活絡市民社會發展，是內政部持續努力的施政目標，在都市計畫、都市更新、土地徵收及社會住宅等重大政策的推動過程中，內政部將致力於完備相關公民參與機制，並將持續推動公民參政相關法制改革，確保民主政治參與，及建立政黨良性競爭機制，促進政黨政治健全發展；並將鬆綁人民團體管理相關法制，打造公民社會優質發展環境。

另一方面，在全球化的影響之下，各國交流日益頻繁，臺灣亦無法自外於此，為吸引專業優質的人才來臺(留臺)工作，內政部持續強化人才延攬政策，適度鬆綁國籍與入出國及移民等相關法規，以營造友善的留才環境。另外，隨著越來越多新住民加入，政府對他們的照顧與輔導也更顯重要。是故，內政部移民署辦理各種計畫與方案，協助新住民在臺生活適應、建構其家庭生活輔導機制，並且培力新住民子女，期望營造友善的生活空間、減少新住民適應環境的阻礙，並且培育多元文化人才，以創造繽紛且國際化的社會。」

內政部主管業務範圍甚大，且與「人」及「團體」的關係甚篤，是故在業務推展上必定與公民參與及資訊公開關係密切甚至有所衝撞。然而在換位思考與心態轉換後，將之做為取得共識、完善計畫、透明推動與管理的「手段」，甚至進一步把國際因子納入考量，為新的公民來源做到超前布署。



此外，國家發展委員會亦針對「政府管制考核新思維，邁向公民參與新契機」[5]提出相應說明，摘錄如下：

「政府政策及計畫之推動，與民眾息息相關。因此在執行過程中，應導入民眾力量監督政府施政，提升政策及計畫執行效能。國發會正規劃提供資訊平臺，將各機關施政計畫相關資訊及數據予以公開及透明化，讓社會大眾得以即時掌握政府重大計畫目標、推動策略、績效指標及執行成果等資訊。此外，國發會將擴大運用資訊系統，強化網路管考及公民管考，進一步建立公眾參與監督機制，參採民眾回饋意見，以精進執行效益。」

國發會將公民參與視為政策與計畫推動的一部分，並結合資訊公開，使之成為監督管理的方法之一。

此外，各縣市政府乃至於鄉鎮公所亦多有將公民參與納入政策制定與公/私計畫推動的一環，以桃園市環保局「桃園海岸生態保護白皮書」[6]第七章「公民參與」為例，即在整個計畫推動過程中將公民參與的部分納入，並討論到公民參與較佳的引入時間，如圖1所示。在該圖中，現階段的資訊公開與公民參與多在計畫技術評估之後才啟動，而在未來理想的流程中，則規劃資訊公開與公民參與在計畫初期即納入。而臺北市更歸納出「公民參與機制運用方式一覽表」如表1[7]，透過歷次辦理的經驗與檢討，逐漸將公民參與的經驗與做法歸納出來，提供給各界參考。

2.3 綜合討論

在前述已提及甚多資訊公開與公民參與的說明與操作方式。資訊公開指的是透過政

府政策或公共事務的訊息開發，除可向外提供資訊給關心者，向內亦制約執行過程的透明化，且可做為推動經驗與系統構建的組織流程資產(Lessons Learned)的歸納依據。而關心政府政策或公共事務的群眾，除透過資訊公開取得資訊外，在公民參與的過程中與領域內專家、志同道合者、對地方或自身利益關心者的交流，逐漸提高在其關心領域的知識深度與廣度、面對事物的心態、交涉方法、資源連結、推動公共事務的正念等，對於個人、群體乃至於社會意識，都是一個向上提升的過程。資訊公開與公民參與所涉及之千絲萬縷，特別在當前資訊的真確性與重製性，都可能令不容易形成的公民參與及政策計畫推動成果化為烏有，而其反噬力量也甚為強大，這也就是為什麼各單位在推動或連結公民參與時，需持續穩定且謹慎地摸石渡河。

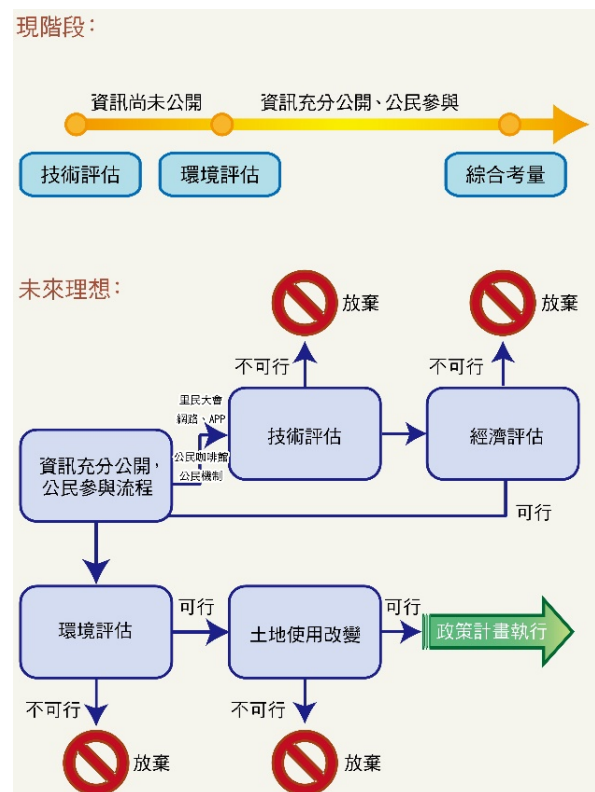


圖 1 現階段與未來理想之重大建設資訊公開時間流程圖比較[6]

表 1 公民參與機制運用方式一覽表(1/2)[7]

●由行政機關辦理且有行政法令規範應/得執行之公民參與機制

目的	公開閱覽	說明會	公聽會	聽證
目的	讓民眾對於政策資訊有一定程度了解，達到資訊對等之目的。	行政機關向民眾說明政策之方式。	蒐集民意及彙整利害關係人意見，為一種行政機關(雙)向與民眾溝通政策之方式。	讓利害關係人針對重點有陳述及釐清之機會
適用時機	1. 已有具體型之規劃，透過此方式讓民眾對於規劃方案有所認識。 有時會成為其他公民參與方式之輔助或前期步驟，如先以公開閱覽讓民眾對政策議題內容有所認知，再進行說明會/座談會。 2. 法令規範需辦理者，如都市計畫之主要計畫擬定後，送主管政府都市計畫委員會審議前，應公開展覽 30 天及說明會。	1. 行政機關已有具體型(或更細緻明確)之政策規劃，透過說明會方式向民眾說明，使其對於政策有更清楚認識。 2. 法令規範需辦理者，如都市計畫之主要計畫擬定後，送主管政府都市計畫委員會審議前，應公開展覽 30 天及說明會。	1. 政策方案研訂過程中：政策已有初步規劃，惟仍持續收集民眾多元意見。 2. 法規修訂過程中：法規修訂過程，徵詢民眾意見。 3. 行政裁量之參考：在做成行政處分前，行政機關應徵詢不同意見，以作為裁量之參考。 4. 法令規範需辦理者。	1. 涉及重大公共利益之法規命令與行政規則之訂定、行政計畫之擬定。 2. 行政處分之作成。 3. 法令規範需辦理者
主持人	無	執行機關首長或其指定人員為主持人。	執行機關首長或其指定人員為主持人，必要時得邀請相關專業人員協助。	執行機關首長或其指定人員為主持人，必要時得由律師、相關專業人員或其他熟諳法令之人員在場協助之。
參與人員	一般民眾	一般民眾或依執行機關規劃之對象	1. 執行機關得視需要邀請專家學者、相關權益團體、意見領袖、有關機關、其他非政府組織或已知之利害關係人。 2. 一般民眾	1. 案件當事人 2. 其他利害關係人 3. 證人、鑑定人及其他第三人
獲致之結論內容		獲致之結論較為具體，但以行政機關說明之政策為主。	獲致之結論較為具體，具有較明確的政策方向，且會包含各利害關係人及民眾提出之意見。	獲致之結論較為具體，具有較明確的政策方向，且會包含各利害關係人及民眾提出之意見。
結論效力		意見收集及綜整回應	會議結論供參採 行政機關應做意見回應(說明採納情形或未採納原因)或送相關專業委員會討論	會議結論較具拘束力 依行政程序法第 108 條：行政機關作成聽證之行政處分時，除依第四十三條之規定外，並應斟酌全部聽證之結果，但法規明定應依聽證紀錄作成處分者，從其規定。 前項行政處分應以書面為之，並通知當事人。
公民參與方式參考規範			1. 臺北市政府所屬各機關辦理公聽會應行注意事項(行政規則) 2. 臺北市辦理臺北都會區大眾捷運系統規劃召開公聽會作業準則(自治規則) 3. 環境影響評估公聽會作業要點	1. 行政程序法(法律) 2. 臺北市政府及所屬各機關舉行聽證應行注意事項(行政規則) 3. 內政部辦理都市更新聽證程序作業要點 4. 商業爭議案件聽證作業要點

表 1 公民參與機制運用方式一覽表(2/2)[7]

●由行政機關依業務需要辦理之公民參與機制

目的	公民咖啡館	i-Voting	工作坊	座談會/論壇	個人訪談/現場會勘
目的	蒐集民意 以較為輕鬆方式促使民眾參與公共議題之討論。	運用網路資訊技術廣為收集民意，促進市民參與市政推動。	1. 蒐集民意 2. 透過結合課程、活動與討論等不同形式之工作坊，提高參與者對議題之認知及參與度。	蒐集民意 針對特定議題蒐集該專業領域不同意見代表進行討論，以收集多元意見。	蒐集民意
適用時機或議題	政策先期評估 需廣納民眾各式多元意見，並促進民眾參與公共事務之討論，及凝聚政策共識。	1. 意見蒐集 2. 已有超過 1 個初步政策規劃方案，期透過 i-Voting 方式了解民意。	政策制訂初期 政策制訂初期，需廣納民眾各式多元意見，並促進民眾參與公共事務、從中學習公共政策議題，及凝聚政策共識。	政策方案研訂過程中 政策方案已有初步方向，透過座談會、論壇方式，廣納不同代表如學者專家、民意代表、NGO 團體代表及一般民眾等不同意見領袖之建言。	政策方案執行前 適用小型或在地政策方案施行前，徵詢週邊民眾意見。
主持人	執行機關首長或其指定人員為主持人，必要時得邀請相關專業人員協助。	無	執行機關首長或其指定人員為主持人。	執行機關首長或其指定人員為主持人。	執行機關首長或發起單位指定人員。
參與人員	一般民眾或依執行機關規劃之對象	一般民眾或依議題規劃之特定範圍對象，如特定地區民眾	一般民眾或依執行機關規劃之對象，如學者專家、利益團體	一般民眾或依執行機關規劃之對象，如學者專家、利益團體、地方居民或關心議題人士	一般民眾或依執行機關規劃之對象，如學者專家、利益團體、地方居民或關心議題人士
獲致之結論內容	獲致之結論發散且多樣，需要再進行歸納綜整。	獲致之結論明確，為多數民眾投票贊同經多元討論後所規劃之多種方案中的一種。	獲致之結論發散多元，需要再進行歸納綜整。	獲致之結論較為具體，惟仍需綜整轉化為具體政策。	因可與參與人員密切互動徵詢，所獲致之結論較具體。
結論效力	意見收集及綜整回應	議案主責機關應依投票結果按其提案上報說明書所載投票結果運用方式辦理。	意見收集及綜整回應	意見收集及綜整回應	意見收集
公民參與方式參考規範	臺北市政府及所屬各機關辦理公民咖啡館活動須知(行政規則)	臺北市政府網路投票作業要點(行政規則)			



綜合上述各個針對資訊公開及公民參與的文獻資料，可歸整出幾個共同觀點：

1. 資訊公開及公民參與是大勢所趨。
2. 資訊公開及公民參與可以成為監督者角色。
3. 資訊公開及公民參與可以具備回饋功能。
4. 資訊公開及公民參與可以為政策或計畫背書。
5. 資訊公開及公民參與可以促使相關議題透明化。
6. 資訊公開及公民參與可以減少公眾疏離。

然而，在資訊公開部分，政府資訊公開法尚有納入成本與費用的文字，且由於資訊的可控度較高，因此容易形成規章制度。但公民參與在目前僅出現類似「操作建議」，且多半見諸學術研究或討論之中，尚未有具體的規範或制度，顯示公民參與的不確定性，而其相關成本諸如資源調度、時間安排等，亦可能反成為公共事務推動的阻礙。歸納桃園市與臺北市經驗，公民參與在實際操作上，採用的方式大致有：

1. 將公民參與限制在特定階段。
2. 在不同階段採取或主導不同規模強度之公民參與模式。

而這也是水土保持書件在推動資訊公開與公民參與時可以參考的做法。

三、議論過程

3.1 水土保持局諮商會議

在陳椒華立法委員於2020年3月16日於立法院經濟委員會質詢時，農委會陳吉仲主

委現場承諾同意委員研議「應提送環評之水土保持計畫」納入資訊公開及公民參與。在此之後，水土保持局即召開數次「推動水土保持計畫資訊公開及公民參與諮商會議」，擷錄各次會議主要結論如下：

1. 會議名稱：推動水土保持計畫資訊公開及公民參與諮商會議(簡稱「會議1」)[8]

時間：109年5月5日

議題：推動水土保持計畫資訊公開及公民參與相關事宜

結論：

- (1) 本次會議層諮商性質，水土保持計畫資訊公開及納入公民參與機制，獲多數與會機關及專家學者支持及高度共識。

- (2) 各機關及學者專家針對執行細節主要意見，包括：法律保留及授權明確性、公內容及操作程務、檢討調整審查收費標準、地質調查及安全評估資訊應否納入(位屬地質敏感區者)、共同供應契約檢視等，將由本局或洽相關機關研議處理。

2. 會議名稱：推動水土保持計畫資訊公開及公民參與第2次諮商會議(簡稱「會議2」)[9]

時間：109年6月3日

議題：推動水土保持計畫資訊公開及公民參與相關事宜

結論：

- (1) 本次會議層諮商性質，水土保持計畫資訊公開及納入公民參與機制，獲多數與會機關、團體支持，凝聚相當程度共識。



(2)與會人員針對執行細節主要意見，包括：審查時間、專業意見、參與資格及時機、公民參與意見法律效力，分階段推動、示範區試辦、機密資料處理、地質調查及安全評估等，本局將納入後續推動參考。

(3)水土保持計畫審查公民參與所提意見，如非屬水土保持範疇，建議由其他權責機關依其主管法令處理，例如：環境影響評估法、建築法及各目的事業主管法令等，以釐清權責及避免失焦。

3.會議名稱：研商「推動水土保持計畫資訊公開及公民參與」相關議題及配套措施會議(簡稱「會議3」)[10]

時間：109年7月16日

議題：推動水土保持計畫資訊公開及公民參與之法律保留及授權明確性，與其適用書件

結論：

(1)涉及國防安全之軍事工程，水土保持計畫不予公開，且不開放公民參與；調查局、國安局、總統府等機密場所，比照辦理。另後續修法時，仍請參考政府資訊公開法之精神研處。

(2)水土保持計畫係由主管機關依法審查，故資訊公開應屬主管機關權責，並刪除委由受託廠商公開之文字。

(3)水土保持計畫附圖12、13之整地方式因屬細部設計，故不列入公開之圖說。

以下分別就資訊公開及公民參與兩個主題，歸納各次諮商會議之意見：

1.資訊公開

(1)資訊公開作業要點、配套措施、規模、資格、平台之訂定(會議1，環境保護署、中央地質調查所、公路總局、高速公路局、專家、立法委員陳椒華國會辦公室、台灣水資源保育聯盟；會議2，臺東縣政府、成功大學、中華民國水土保持技師公會全國聯合會；會議3，環境保護署、中華民國水利技師公會全國聯合會)

(2)資訊公開格式與內容規定(會議1，公路總局、立法委員陳椒華國會辦公室、台灣水資源保育聯盟；會議2，中華民國水土保持技師公會全國聯合會、中華民國應用地質技師公會全國聯合會；會議3，營建署、經濟部智慧財產局)

(3)個人資料去識別化、個人資料保護法、智慧財產權、著作權(會議1，中央地質調查所、營建署、臺南市政府、立法委員陳椒華國會辦公室；會議2，中華民國水土保持技師公會全國聯合會；會議3，環境保護署、臺北市政府、中華民國應用地質技師公會全國聯合會、中華民國大地技師公會)

(4)歷史資料之追溯(會議1，營建署；會議2，嘉義縣政府；會議3，營建署)

(5)機密資料之公開限制(會議1，專家；會議3，國防部軍備局)

(6)專業設計之公開限制(會議1，專家；會議3，經濟部智慧財產局)

3.2 各次諮商會議之意見歸納



(7)衍生之行政協助費用或審查費(會議1，臺南市政府、專家)

(8)如何取得資訊公開之資訊(會議1，專家、台灣水資源保育聯盟)

(9)既有法規之修正(會議3，行政院農業委員會法規會)

2. 公民參與

(1)公民參與作業要點、配套措施、規模、資格之訂定(文1，高速公路局、臺北市府、專家、立法委員陳椒華國會辦公室、台灣水資源保育聯盟；會議2，臺東縣政府、成功大學、中華民國水土保持技師公會全國聯合會、中華民國水利技師公會全國聯合會、中華民國應用地質技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會)

(2)衍生之行政協助費用或審查費(會議1，臺南市政府、專家)

(3)公民參與及審查流程之配套(會議1，專家；會議2，中華民國土木技師公會全國聯合會；會議3，行政院農業委員會法規會、臺北市府)

(4)公民參與意見與專業意見之衝突與因應(會議1，專家；會議2，臺東縣政府、中華民國水土保持技師公會全國聯合會、中華民國水利技師公會全國聯合會、社團法人台灣坡地防災學會；會議3，行政院農業委員會法規會)

(5)共同供應契約之調整(會議1，專家)

(6)平衡追求的公益與各種程序的成本(會議1，專家；會議2，嘉義縣政府、中華民國水土保持技師公會全國聯合會)

(7)如何取得公民參與之資訊(會議1，專家、台灣水資源保育聯盟)

(8)宜考量相關部會及機關之審查整合(會議2，中華民國水土保持技師公會全國聯合會)

(9)公民參與時機宜於上位計畫辦理(會議2，中華民國水土保持技師公會全國聯合會、台灣水資源保育聯盟)

(10)技術規範或手冊修正納入公民意見(會議2，中華民國水利技師公會全國聯合會)

(11)既有法規、作業準則之調整以符合公民參與需求(會議2，社團法人台灣坡地防災學會；會議3，行政院農業委員會法規會)

(12)公民意見取得與上傳(會議3，中華民國水土保持技師公會全國聯合會、中華民國應用地質技師公會全國聯合會)

3.3 綜合討論

綜上所述，對於資訊公開及公民參與，各單位及專家皆提出對於日後執行時的訴求，以及就可能的問題提出意見。就陳立委辦公室及環保團體的目標，是希望在不妨害個資的情況下做到全部的資訊公開，而公民參與部分亦不做規模與資格的限制，並確實回覆公民意見。然而從現行法規、制度、各單位意見來看，比較傾向短期先就特定規模案件做試行，陳立委辦公室亦同意，唯就長期而言，陳立委辦公室及環保團體要求各相關單位就各自權責相關法規進行修正。

經濟部智慧財產局與行政院農業委員會法規會在會議 3 中，針對資訊公開部分提出法規見解。前者指出 2 點做為判斷是否合於著作權法保護範圍，節錄如下：

- 1.依著作權法第3條第1項第1款規定，著作係指文學、科學、藝術或其他學術範圍之創作，且須符合「原創性」（為著作人自行獨立創作，非抄襲他人者）及「創作性」（作品須符合一定之「創作高度」）等二項要件，方屬受著作權法保護之著作。水土保持計畫中之水文、地形或地質等圖說屬自然資源調查，是專業技師依實際地形狀況而製作，任何人來完成均相同時，則該圖說可能因欠缺「原創性」而不受著作權法保護，而可公開。但水土保持計畫中之其他部分，如符合上開要件，仍屬受著作權法保護之著作，該部是否可以公開仍有疑義。因著作權係屬私權，水土保持計畫內容是否受著作權法保護，如有爭議，仍應由司法機關依具體個案調查事實認定之。
- 2.機關公開水土保持計畫涉及著作人格權中的公開發表權問題：按著作權法第15條第1項規定，著作人就其著作享有公開發表之權利，故只有著作人才能行使公開發表權，有權決定要不要將著作公開發表。由於水土保持計畫內容係開發業者出資委託專業技師所撰寫或繪製完成，次按著作權法第12條規定，著作人及著作財產權等歸屬問題應視契約約定為出資人（開發業者）或受聘人（專業技師）享有，因而機關並非著作人或著作財產權人，除其他法令另有規定外，欲公開水土保持計畫之內容，仍將涉及公開發表權的問題。

行政院農業委員會法規會在會議 3 亦提出意見，節錄如下：「資訊公開及公民參與之範圍，前者建議可參考政府資訊公開法之精神為之；後者則可參考法律、法規命令草案預告之精神為之」。

從上述可知，雖然資訊公開及公民參與為大勢所趨，但在現有的法規框架，包含「著作及資訊權力保護」部分的著作權法、智慧財產權法及政府資訊公開法，以及「水土保持畫件」部分的既有相關法規、作業要點等。後者雖然可以呼應陳委員及環保團體的訴求進行制定、修正或調整，唯前者屬於廣用性法規，其主管權責皆非水土保持、環境影響評估或縣市政府等主管單位可以影響者。也因此水土保持畫件之資訊公開與公民參與議論，至本文刊登之時暫告一段落。

四、結論與建議

本次議論基於資訊公開及公民參與為大勢所趨，從國土保安與環境保護的觀點的確有其立足點，唯並非所有開發行為及其相關畫件皆有資訊公開及公民參與之必要性。從開發者的角度來看，相關畫件提送與行政流程的干擾越少越好，因為關乎於投資意願，以及衍生費用、時間拉長、時機錯過及收益短少等不確定風險。從專業技師的角度來看，資訊公開可能致使設計方法等著作權無法受到保障，公民參與則可能致使公民意見難以回應，以及溝通時間的增長，甚至有非專業干預專業的情形發生。從審查者的角度來看，依據政府資訊公開法，受政府委託審查之結果屬於廣義政府資訊，該部之公開有其法律依據；然而公民參與部分，則可能有公民意見影響專業審查，以及審查時間延宕之情形。從主管機關的角度來看，資訊公開及公民參



與皆可能增加其行政業務及行政成本，在出現爭議時的平衡拿捏也亦存在一定程度風險。

水土保持書件的資訊公開，首要應做到水土保持書件之資訊收集，不僅僅用於資訊公開的因應，同時亦可減輕逐年增加案件的管理壓力，並做為日後管理作業之依據。公民參與部分，由於水土保持案件地區差異甚大，可參考臺北市政府於會議2所提，邀請陳情民眾參與，並與專業技師公開討論，除可達到公民參與的目標，同時也做為山坡地水土保持的宣導機會，一次次地將公民參與推向成熟，共同為這片土地與環境的保護盡份心力！

參考文獻

1. 「政府資訊公開法」，2005年12月28日。
2. 「公民參與」，維基百科，
<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/公民參與>。
3. 「公民參與和地方治理」，人文創新與社會實踐計畫，科技部人文及社會科學研究發展司，
https://www.hisp.ntu.edu.tw/report_paper?id=85。
4. 「公民參與·擁抱國際」，中華民國內政部全球資訊網，
https://www.moi.gov.tw/chi/chi_ipmoi_note/policy_index03.aspx。
5. 「政府管制考核新思維，邁向公民參與新契機」，國家發展委員會，
https://www.ndc.gov.tw/News_Content.aspx?n=114AAE178CD95D4C&sms=DF717169EA26F1A3&s=61D456768E73CD92。
6. 「桃園海岸生態保護白皮書」，桃園市環保局，
<https://in.ncu.edu.tw/~enviener/white/>。
7. 「公民參與機制運用方式一覽表」，臺北市政府，
<https://www-ws.gov.taipei/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvMzcwL3JlbGZpbGUvMTcwMjIvNTkxNi83MTEyMTYyNjU5MjYucGRm&n=NzExMjE2MjY1OTI2LnBkZg%3D%3D>。
8. 「推動水土保持計畫資訊公開及公民參與諮商會議記錄」，行政院農業委員會水土保持局，2020年5月5日。
9. 「推動水土保持計畫資訊公開及公民參與第2次諮商會議記錄」，行政院農業委員會水土保持局，2020年6月3日。
10. 「研商「推動水土保持計畫資訊公開及公民參與」相關議題及配套措施會議記錄」，行政院農業委員會水土保持局，2020年7月16日。

★109年7月25日全國聯合會舉辦「第七屆第三次會員大會暨專題講座」、新北市公會舉辦「第四屆第三次會員大會暨專題講座」



中華民國土木技師公會全聯會洪啓德理事長



新北市政府農業局譚錫輝副局長



行政院公共工程委員會林傑主任秘書



臺中市應用地質技師公會李準勝理事長



會員大會活動照片



會員大會活動照片



★109年9月4日臺北市公會召開「第9屆第4次理、監事會會議」、臺灣省公會召開「第9屆第4次理、監事會會議」、全國聯合會召開「第7屆第10次理、監事會會議」、新北市公會召開「第4屆第12次理、監事會會議」



臺北市公會
召開「第9屆第4次理、監事會會議」



臺灣省公會
召開「第9屆第4次理、監事會會議」



全國聯合會召開
「第7屆第10次理、監事會會議」



新北市公會
召開「第4屆第12次理、監事會會議」

★109年9月29日臺中市公會協同辦理「109年度水土保持服務團組織培訓暨技術研討會」



專題演講



長官致詞



綜合討論



綜合討論



經驗分享



餐敘及交流



★109 年 9 月份臺灣省公會舉辦北、中、南「109 年水土保持教育訓練講習會」



北部場 新北市政府水利局 宋德仁局長



北部場 內政部營建署綜合計畫組朱偉廷科長



中部場 臺中市政府水利局范世億局長座談會



中部場 經濟部水利署水利規劃試驗所劉敏梧科長



南部場 高雄市政府水利局 蔡長展局長



南部場 PeoPo 公民新聞平台企劃王建雄先生

「水土保持技術」文稿稿約

本期刊為社團法人中華民國水土保持技師公會全國聯合會發行之季刊，為行政院公共工程委員會95年2月20日工程企字第09500060870號函公告為「國內外專業期刊」。本刊成立之宗旨以提升國內水土保持技術水準，並提供國外內水土保持及相關領域在學術研究及技術應用上具有公信力之發表及交流園地。為貫徹本刊可讀性與風格，並確保刊出文稿內容之嚴謹與完整，謹訂定以下稿約：

- 一、本刊接受之文稿，包含有關於水土保持技術之學術論文與技術論文，需未經發表之論文、工程案例分析、報導文字或新型之工法、材料、分析模式等之介紹，或曾於研討會發表，但經增補或改寫內容之論文。或者其他符合本刊宗旨之文字。
- 二、每篇論文或報導之長度，以不超過10印刷頁（約15000字）為原則。
- 三、稿件以中文或英文撰寫均可，書寫範圍統一使用A4稿紙(21×29.5 cm)橫寫。
- 四、文稿之技術性名詞應使用通行之譯名。非經常性使用之技術名詞須加註該名詞之原文，以免誤解。
- 五、任何一篇文稿應包括以下幾個部份：

1. 標題（中、英文），以簡明為原則。
2. 作者真實姓名及服務機關或單位（中、英文並列）。
3. 關鍵詞（2至4個）及不超過250字之單一段中英文摘要。
4. 文稿之主體，其第一段必須是「前言」、「引言」、「緣起」、「簡介」等等，最後一段必須是「結論」或「結論與建議」。內容應具條理分明之段落，並冠以適當之子標題，其編號階層以3級為原則，如：

一、章節

1.1 小節

1.1.1 小小節

5. 後記或致謝（無則免）。

6. 參考文獻。

- 六、文稿如有列舉事項，請依層次使用1、2、...；(1)、(2)、...；(a)、(b)、...；(i)、(ii)、...等編號。公式請以方程式編輯器編輯，其符號應於第一次出現時予以定義。公式應以(1)、(2)、(3)、...等統一編號，引用時以公式(1)、公式(2)...繕寫之。
- 七、文稿之圖片及表格需提供 Microsoft Office Word 可編輯之檔案，可為向量檔或高解析度點陣檔，若過於模糊請自行數化。圖片及表格應予編號命名，編號方式為表1、圖1等，其所述內容應全篇一致。圖表下方需標註資料來源，可對應參考文獻或本研究成果。
- 八、參考文獻依文稿引用次序予以編號，如[1]、[2]...，未引用之文獻則不可列入。參考文獻內容應依序為：作者姓名、年代、文獻標題、期刊或書名，刊載卷號期數、發行地點等，舉例如下：

[1]陳昶憲、雷祖強、許汎穎、郭怡君(2004)，「未設測站日流量預測」，中華水土保持學報，第35卷，第2期，第119-129頁。

[2]種田行男(1955)，「農地保全」，理工圖書，東京。

[3]Delhomme, J. P. (1979), "Kriging in the Design of Streamflow Sampling Networks", WRR, Vol.15, No.6, pp.1833-1840.

[4]Goovaerts, P. (1997), "Geostatistics for natural resources evaluation", Oxford University Press, pp.181-182.

- 九、文稿若有侵害他人之著作權、專利權、智慧財產權或商業機密者，概由作者自行負責，與本刊無涉。
- 十、投稿本刊之文稿，均由學者專家依主旨從嚴審核以決定是否採用。未盡之處將於審查過程補充。

來稿請以電子郵件方式寄至 swcpea@seed.net.tw，聯絡電話：02-82581918洽曾文萱小姐。