

桃芝與敏督利颱風對濁水溪植被面積變遷之影響—以濁水溪下游西濱至中沙大橋河段及清水溪南雲至龍門大橋河段為例

Impacts of Typhoons Toraji and Mindulle on Vegetations of the Lower Jhuoshuei River and Its Tributary Cingshuei Creek

陳添水

Tien-Shui Chen

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

摘要

本研究以桃芝與敏督利颱風前後之SPOT衛星影像資料進行影像變遷分析，探討颱風對濁水溪下游與其支流清水溪下游河段植被面積變遷之影響。分析結果顯示濁水溪下游西濱大橋至中沙大橋河段受2001年桃芝與納莉颱風挾帶豪雨沖刷，造成主河道之寬度明顯增加(最大增加約530m)、彎曲度減小、改道或分支等變化，河床植被有多處遭洪水沖毀或土砂覆蓋，植被相對面積由36.09%降為32.27%，翌年明顯增加為46.49%。2004年遇敏督利颱風侵襲，主河道位置再次顯著改變與呈現分支，部分植被亦遭洪水沖毀或土砂覆蓋，植被相對面積降為36.10%。清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段由於2001年桃芝與納莉颱風侵襲，主河道明顯往東位移，河床植被多遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積由50.47%降為23.61%，2003年增為59.85%，至2004年又遇敏督利颱風侵襲，使主河道移位與分支，河床植被再度遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積降為38.03%。

Abstract

This study compared the SPOT satellite imageries taken at the lower Jhuoshuei River and its tributary Cingshuei Creek before and after each typhoon of Toraji in 2001 and Mindulle in 2004. The results showed that for the lower Jhuoshuei River, Typhoon Toraji in 2001 increased the river width,

decreased the river curvature, shifted and branched the river course, and buried its vegetations with deposited sand and soils; the vegetation area reduced from 36.09% of total riverbed area to 32.27%. In the following year, the vegetation area increased to 46.49%. After Typhoon Mindulle in 2004, the river course shifted and branched again, and its vegetation area decreased to 36.10%. The fairly similar effects of Toraji and Mindulle to the lower Jhuoshuei River were observed for the Cingshuei Creek. Its vegetation area decreased from 50.47% to 23.61% in 2001 due to Toraji, increased to 59.85% in 2003, but decreased again to 38.03% in 2004 due to Mindulle.

關鍵詞：颱風、河岸棲地、植被、濁水溪、清水溪

Key words: Typhoons, riverine habitat, vegetation, Jhuoshuei River, Cingshuei Creek

收件日期：94年5月30日

接受日期：94年10月5日

Received: May 30, 2005

Accepted: October 5, 2005

緒 言

台灣由於天然地形陡峻、河川坡度大與河道短促，加上上游集水區遭濫墾、濫伐與超限利用，以及都市化將往日河川洪泛區大量開墾利用等人為開發，每年梅雨及颱風暴雨易形成洪水，挾帶大量泥砂快速流向中下游，往往釀成洪災。1999年九二一地震造成中部山區多處崩塌，大量土石崩落堆積於河谷河床。2001年7月底之桃芝颱風與9月中之納莉颱風侵襲，皆挾帶豐沛雨量致使濁水溪沿岸山坡地已鬆動之土石大量滑落，溪水暴漲並引發歷年未有之大規模不尋常土石流，再次造成濁水溪流域沿線慘重災情，上游大量土石及木材沖刷到中下游及出海口，中下游多數河段河床淤積嚴重，造成河床之地形、地物重大改變，影響河道之水理特性。2004年7月初又遇敏督利颱風引進旺盛西南氣流帶來豐沛雨量，中部地區豪雨成災，濁水溪流域沿岸部分山坡土石遭豪雨沖刷滑落河道，再度造成河床土石淤積。

遙測資料之應用領域相當廣泛，而於河川之應用多以流域或水庫整個集水區為研究範圍(蕭等 1994；李 1996；陳等 1996；李及黃 2001)。有關桃芝颱風對濁水溪水系影響之相關研究有賴等(2001)曾針對濁水溪中下游水系進行桃芝颱風災害原因調查與分析，並提出因應對策；陳等(2001)曾針對颱風之路徑與土石流災害紀錄進行比對，同時採用現地勘查及相關資料，檢討桃芝颱風所造成土石流災害之特性及災因，分析結果顯示颱風之路徑與災害息息相關，土石流災害點主要位於桃芝颱風越過中央山脈前後之迎風面，且降雨強度對於引發土石流災害之影響應較累積降雨量之因素重要。陳(2001)曾以桃芝颱風期間在東埔蚋溪及出水溪下游所形成土石流災害之地質特性進行探討，結果發現崩積層的組成、發達的不連續面以及破碎的岩層等地質環境，是其土石流發生機制上的主要地質特性。林(2001)曾針對溪頭地區桃芝颱風所造成水土災害特徵進行探討，結果顯示造成溪頭地區災害的主要現象是河道堆積物的沖刷

與堆積。楊等(2001)曾以現地測量、飛機航測、衛星遙測等方法針對草嶺堰塞湖及崩塌區進行監測分析，了解桃芝颱風對草嶺堰塞湖於桃芝風災前後之變化情況，其結果顯示堰塞湖蓄水量大幅縮減，但崩塌區大量土石之潛在危機卻仍然存在。相關研究多僅針對所造成之災害特性與原因進行調查分析與探討，且研究區多集中於溪流中上游土石流源頭區域，對於下游河床沖刷與土石淤積河段較少著墨，本研究目的主要以桃芝與敏督利颱風前後之衛星影像為材料，配合航照正射影像及地面勘查資料進行影像變遷分析，探討桃芝與敏督利等颱風對濁水溪下游與其支流清水溪下游河段植被面積變遷之影響，獲致該溪流河段棲地空間與面積之變化，尋求嚴重變遷區域，俾提供相關單位於溪流治理、規劃、防災及決策之參考。

材料與方法

一、研究區環境概況

濁水溪主流發源於合歡山主峰與東峰間，流經嘉義縣、南投縣、彰化縣及雲林縣等合計21個鄉鎮，由彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮鄉間流入台灣海峽。河流長度為186.6 km，流域面積為3,156.9 km²，豐水期為5至9

月。清水溪為濁水溪之支流，發源於阿里山西麓，流經嘉義、雲林、南投等縣，於南投縣竹山鎮及雲林縣林內鄉交界之南雲大橋下游匯入濁水溪本流，全長47.5 km，流域面積為421.39 km²。

本研究區域有2條河段，一為濁水溪下游西濱大橋往上游至中沙大橋間之河段(圖1)，其範圍涵括彰化縣之大城鄉、竹塘鄉、溪州鄉及雲林縣之麥寮鄉、崙背鄉、二崙鄉、西螺鎮等7個鄉鎮之河岸地區。本區域總面積4,398.96 ha，主要地物包括水域、沙灘、野生植被、旱作物、水稻等。西濱大橋至自強大橋間近河道之河床尚存多處以前開採砂石遺留大坑洞形成之水池，高灘地上植物以甜根子草為主，近堤防之河床多已遭開墾種植水稻、西瓜與蔬菜等，其間夾雜野生草生地、灌叢與少量樹木，而高壓電塔穿梭其間。本河段北岸種植之農作物主要為水稻與西瓜，另於竹塘鄉鄰近溪州鄉區域有幾處養鴨池；南岸於自強大橋至中沙大橋之間農民架設許多藍色網室種植有機蔬菜。

另一研究河段為濁水溪之支流清水溪下游南雲大橋往上游至龍門大橋河段(圖2)，其範圍涵括南投縣竹山鎮及雲林縣林內鄉此2鄉鎮之河岸地區。本區域總面積571.72 ha，主要地物包括水域、砂石、野生植被、旱作

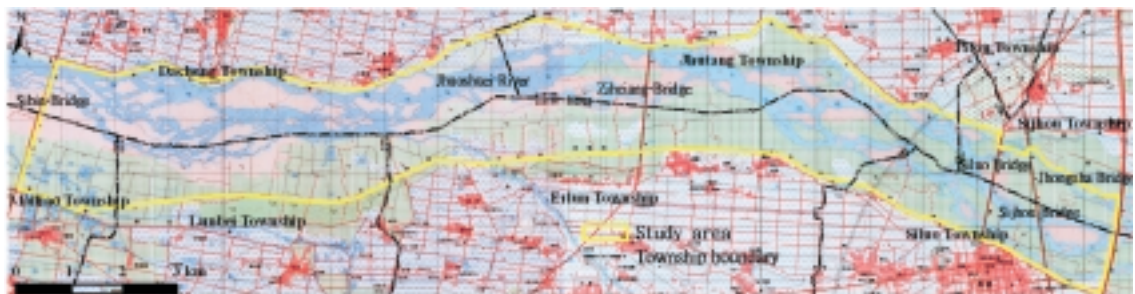


圖1. 濁水溪下游研究範圍圖。

Fig. 1. The study area at the lower Jhuoshuei River.



圖2. 清水溪下游研究範圍圖。

Fig. 2. The study area at the lower Cingshuei Creek.

物、水稻等。南雲大橋至鯉魚大橋河段近主河道兩側高灘地之植被以甜根子草為主，往外則以象草為主，近堤防之河床則分布野生草本(如大花咸豐草、龍爪茅、孟仁草等菊科與禾本科植物)與灌木植被(如篔簹麻、銀合歡、

田菁、馬纓丹等)，其間夾雜些許樹木(如山黃麻、構樹、血桐等)與竹類，於較開闊平緩之河床則被開墾種植果樹(如柑橘類、香蕉、木瓜等)、地瓜、水稻等，而高壓電塔穿梭其間，西岸南雲大橋旁則有1處大型砂石場。另

敏督利颱風後水利單位先於東岸南雲大橋旁近河道之河床構築蛇籠堤，再於其與近內陸原堤防間進行整地綠化，栽種草皮、杜鵑花、樹木與建築涼亭等。鯉魚大橋至龍門大橋河段近主河道兩側高灘地之植被亦以甜根子草為主，近堤防之河床主要為象草、竹類、山黃麻、構樹、血桐、銀合歡、馬纓丹、檳榔等，惟河床較少被開墾種植果樹與水稻，而東岸有1處鴨池位於河床上及幾處砂石場。另敏督利颱風時洪水重創西岸部分水泥堤防，之後水利單位改以構築蛇籠堤。

濁水溪下游河段研究區之氣象概況引述自中央氣象局西螺氣象觀測站(C1K230)1994年至2003年降雨紀錄資料，其統計資料見表1。降雨量主要集中於5月至9月，10月至翌年1月降雨量稀少，年平均降雨量為1296.6 mm。月平均降雨日數主要集中於5月至8月，年平均降雨日數為82.5日。2001年至2004年研究期間根據該觀測站之逐日雨量資料，達到「豪雨」標準以上即24小時累積雨量達130 mm以上計有8日(表2)，其中2001年桃芝颱風1日降雨為211 mm，納莉颱風期間2日降雨合計561.5 mm，2004年敏督利颱風期間3日降雨合計463.0 mm。

清水溪下游河段研究區之氣象則引述竹

山桶頭氣象觀測站(C1H130)1994年至2003年降雨紀錄資料。降雨量主要集中於5月至9月(表1)，11月至翌年1月降雨量稀少，年平均降雨量為2,702.2 mm。月平均降雨日數亦集中於5月至9月，年平均降雨日數為137.0日。本研究期間降雨量達到「豪雨」標準以上計有9日(表2)，其中桃芝颱風1日降雨為382.5 mm，納莉颱風期間2日降雨合計757.0 mm，敏督利颱風期間3日降雨合計668.5 mm。

二、材料與設備

(一)衛星影像資料

本研究所使用之法國SPOT衛星影像資料是向中央大學太空及遙測研究中心價購，影像皆為等級3(即之前Level 10)處理之多波段影像，影像之解像力為20m，已作系統改正，且使用地面控制點及林務局農航所40m網格數值地形模型資料完成精密幾何糾正，並以最近鄰法(nearest neighborhood, NN)之重新取樣方式投影套合在台灣二度橫麥卡脫地圖投影座標系統上。因溪流有豐水與乾旱變化，植被有季節生長交替，而農作有耕休時期，並配合接收影像之品質，本研究2河段各挑選5期影像，除1期為1月拍攝外，餘影像皆為每年10月所拍攝(表3)，10期影像(圖3及圖4)同

表1. 中央氣象局西螺(C1K230)及竹山桶頭(C1H130)氣象觀測站1994年至2003年降雨統計資料

Table 1. Monthly and yearly means (mm) and numbers (days) of precipitations at the Siluo and Tongtou Observatory of Taiwan Central Weather Bureau for 1994 to 2003

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly
Siluo													
Precipitation	29.1	61.5	53.3	76.7	184.4	279.9	219.8	240.8	146.1	18.4	3.2	24.4	1296.6
Number of precipitation	4.6	6.5	8.6	7.7	9.7	11.0	10.7	12.4	5.9	2.3	1.6	3.5	82.5
Tongtou													
Precipitation	44.2	87.8	76.6	125.5	308.9	660.8	538.5	595.7	348.3	67.9	15.4	29.7	2702.2
Number of precipitation	5.9	7.1	7.2	9.8	16.9	19.7	20.0	22.9	15.5	5.6	2.1	4.3	137.0

表2. 中央氣象局西螺(C1K230)及竹山桶頭(C1H130)氣象觀測站2001年至2004年豪雨統計表

Table 2. Precipitations (mm/day) of torrential rains at the Siluo and Tongtou Observatory of Taiwan Central Weather Bureau for 2001 to 2004

Typhoon name	Date	Siluo	Tongtou
Toraji	30 Jul. 2001	211.0	382.5
-	1 Sep. 2001	232.5	20.5
Nari	17 Sep. 2001	306.0	481.0
Nari	18 Sep. 2001	255.5	276.0
-	31 May. 2002	136.0	162.0
-	26 May. 2004	-	140.0
Mindulle	2 Jul. 2004	246.5	273.0
Mindulle	3 Jul. 2004	172.5	294.5
Mindulle	4 Jul. 2004	44.0	101.0
Aere	24 Aug. 2004	70.0	156.0
Aere	25 Aug. 2004	135.0	208.0

表3. 濁水溪下游及清水溪下游SPOT XS影像之屬性表

Table 3. Sources of SPOT XS imageries for the lower Jhuoshuei River and Cingshuei Creek

Date	Time (a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
Jhuoshuei River						
1 Jan. 2001	10:53:48	I0004932	SPOT1	16.1°	160.6°	40.7°
23 Oct. 2001	10:48:29	I0004824	SPOT2	8.0°	159.0°	53.0°
10 Oct. 2002	10:51:21	I0007329	SPOT4	16.1°	154.9°	56.8°
19 Oct. 2003	11:00:39	I0007328	SPOT4	29.6°	161.7°	54.6°
17 Oct. 2004	11:01:29	I0007325	SPOT4	29.6°	161.8°	55.0°
Cingshuei River						
8 Oct. 2000	10:29:35	I0006933	SPOT4	-24.1°	146.6°	54.9°
22 Oct. 2001	10:40:16	I0005787	SPOT4	-1.6°	155.9°	51.7°
5 Oct. 2002	10:47:26	I0006936	SPOT4	13.1°	152.1°	58.2°
10 Oct. 2003	10:33:34	I0006937	SPOT4	-17.9°	148.4°	55.0°
9 Oct. 2004	10:38:26	I0007327	SPOT2	-2.6°	150.4°	55.6°

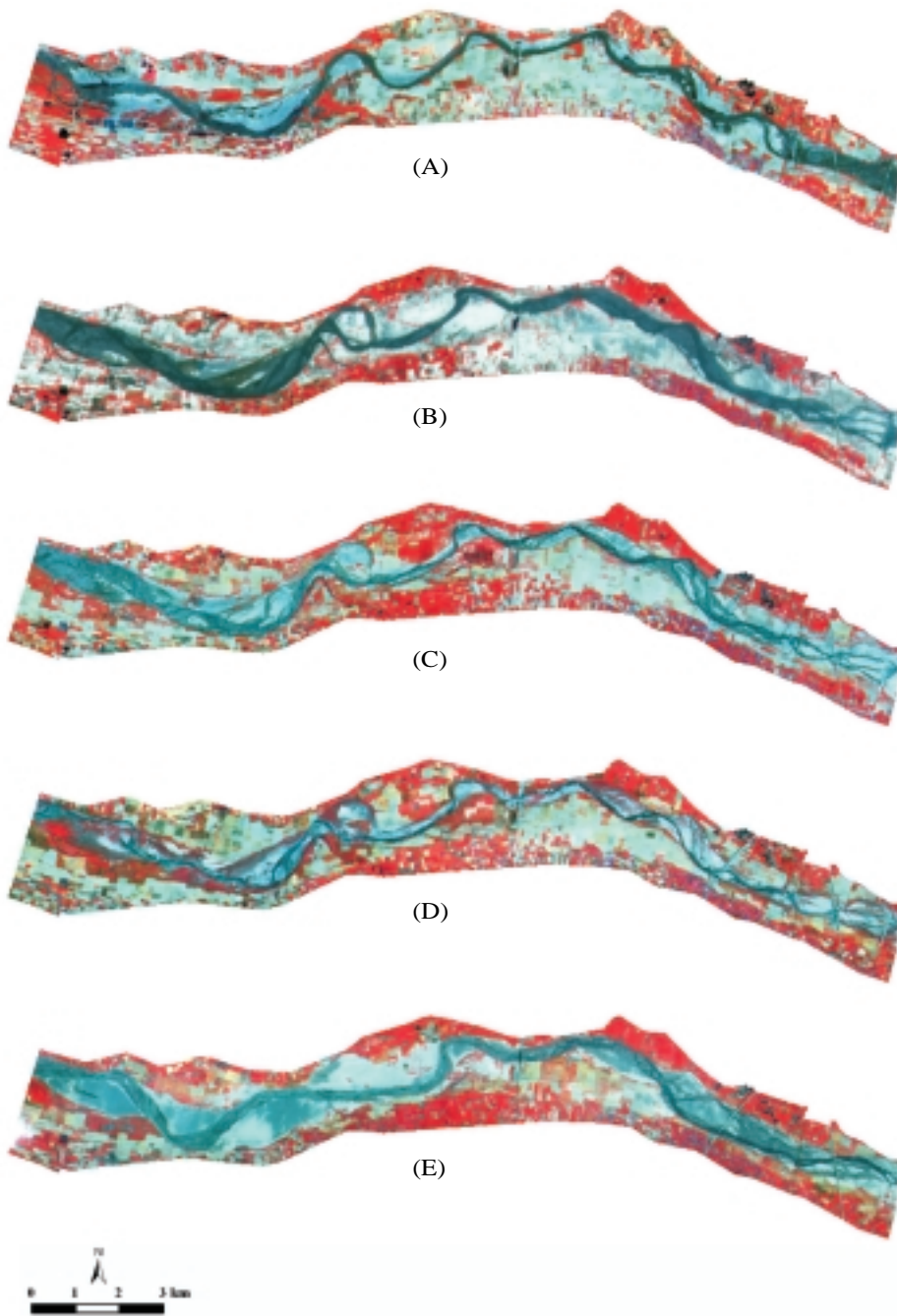


圖3. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 3. The imageries of the lower Jhuoshuei River by SPOT 3/2/1 on 1 Jan. 2001 (A), 23 Oct. 2001 (B), 10 Oct. 2002 (C), 19 Oct. 2003 (D) and 17 Oct. 2004 (E) (red hues, the areas covered with vegetations; dark blue hues, the areas covered with water).

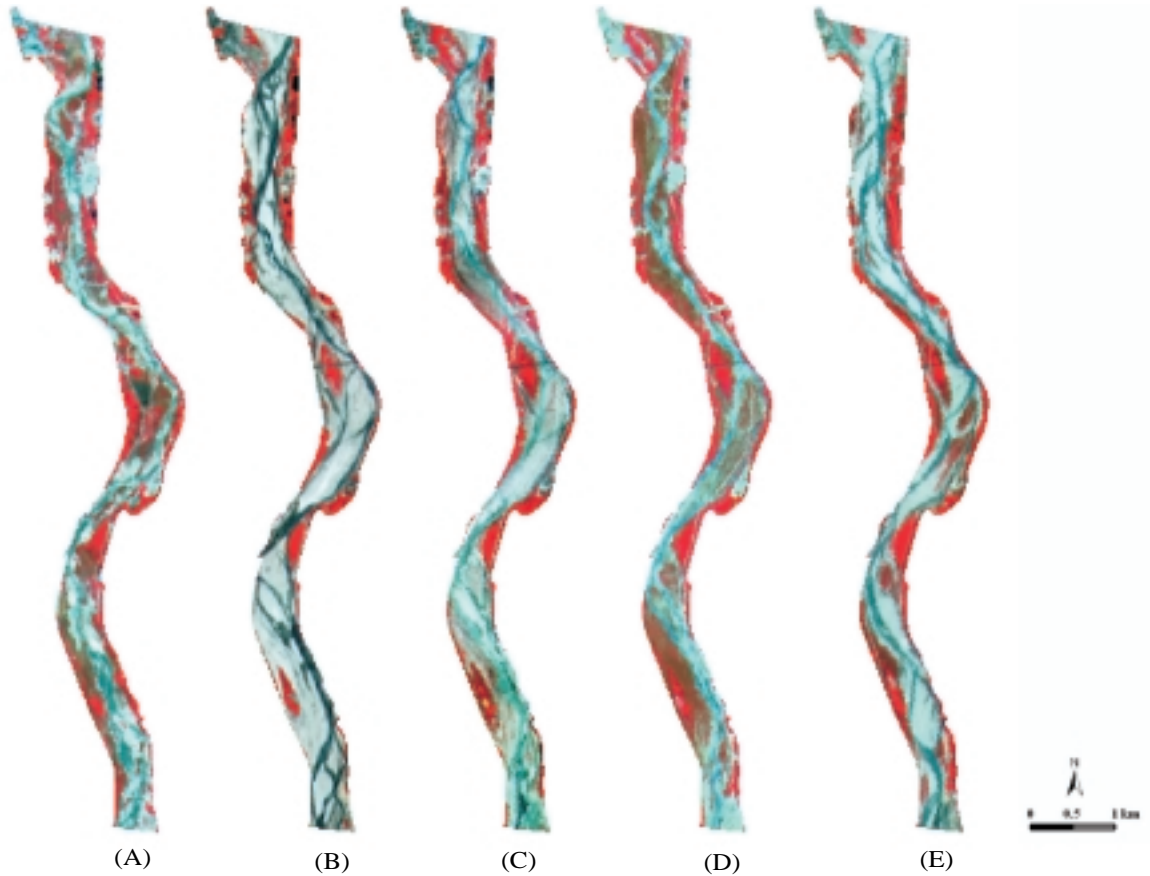


圖4. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 4. The imageries of the lower Cingshuei Creek by SPOT 3/2/1 on 8 Oct. 2000 (A), 22 Oct. 2001 (B), 5 Oct. 2002 (C), 10 Oct. 2003 (D) and 9 Oct. 2004 (E) (red hues, the areas covered with vegetations; dark blue hues, the areas covered with water).

為溪流乾早期與非植被生長期，如此溪水量與植被生長狀況較相近，可消除前述因子之影響，且其太陽方位角與仰角相近，亦可減低因地形產生之陰影效應。

(二)彩色正射航照影像

本研究所用彩色正射航照影像是向群立科技公司價購，影像解像力為50 cm。濁水溪下游河段研究區有16幅，清水溪河段有10幅，為2002年或2003年所拍攝，以作為衛星影像分類時輔助判釋地覆類別及研究區影像切取用。

(三)其它圖籍資料

其它圖檔資料包括行政院主計處所提供之村里行政界線資料庫、康訊科技掃描之內政部1/25,000地形圖影像。

(四)主要研究工具

主要研究分析軟體包括ERDAS IMAGINE遙測影像處理系統軟體、ESRI ArcView地理資訊系統軟體、MrSID影像壓縮軟體、SuperPad行動地理資訊系統軟體、Microsoft Excel統計分析軟體及Microsoft Word文書處理軟體等。

三、研究方法

(一) 文獻及圖檔資料蒐集與處理

蒐集整理相關調查報告與參考文獻，並取得研究區之相關數值影像資料等，取得之衛星影像資料以ERDAS IMAGINE軟體先作資料轉檔才可運用及分析，而取得之彩色正射航照影像檔案很大，則以MrSID軟體作影像壓縮。

(二) 現場勘查

攜帶GPS & PDA (安裝有SuperPad軟體與儲存壓縮過之彩色正射航照影像)至現場勘查定位與記錄，瞭解研究區土地利用及植被分布覆蓋情形，以輔助分類體系之初擬及訓練樣本之選取。

(三) 影像處理與分析

1. 研究區影像切取

使用ArcView軟體以彩色正射航照影像為底圖沿堤防、道路或橋樑描繪出研究範圍區域，此為(.shp)向量式圖層，之後以Spatial

Analyst模組將其轉換為(.img)網格檔作為切取衛星影像之基準。

2. 影像變遷分析

考量植被因類型與生長狀況不一，所呈現色調較多，故先以非監督分類分成10個組類之影像，然後參考原始影像、航照影像及組類記號檔比較其各波段光譜值分析判別各組類為何種地物，再予以合併成水體、植被及其它地覆等3個組類(表4)，之後以監督分類之平行六面體法進行分類，然後各期分類影像以隨機方式每類挑選50個檢核點，配合航照影像與原始影像逐點核對檢核點地物類別，最後進行分類準確度評估，並作成誤差矩陣表加以分析比較。

3. 圖層製作與資料分析

以ArcView軟體套疊相關圖層與地圖物件後轉檔輸出，另將所蒐集降雨、影像與圖層屬性資料等以Excel軟體處理分析。

表4. 濁水溪下游及清水溪下游SPOT XS影像分類體系

Table 4. The classification system of SPOT imageries of the lower Jhuoshuei River and Cingshuei Creek

Class	Code	Main land cover
Jhuoshuei River		
Water	1	Main current, deep pools and ponds
Vegetation	2	Wild vegetation, paddy, fruits and vegetables
Other land cover	3	Gravel sand, barren lands, built-up lands, dikes, roads and bridges
Cingshuei River		
Water	1	Main current, deep pools and ponds
Vegetation	2	Grassland, secondary forest, scrub, bamboo, fruit trees and paddy
Other land cover	3	Gravel sand, barren lands, built-up lands, dikes, roads and bridges

結果與討論

一、影像分類

濁水溪下游河段2001年至2004年5期分類影像見圖5，其整體分類準確度皆超過88%

(表5)，Kappa係數皆大於0.82，而5期分類影像第3類之漏授(omission error)介於13.7%至22.4%間，表示第3類(其它地覆)被歸類為第1、2類機率較高，主要是因潮濕沙地與水域波譜反射值相近，又休耕地有時被歸類為植

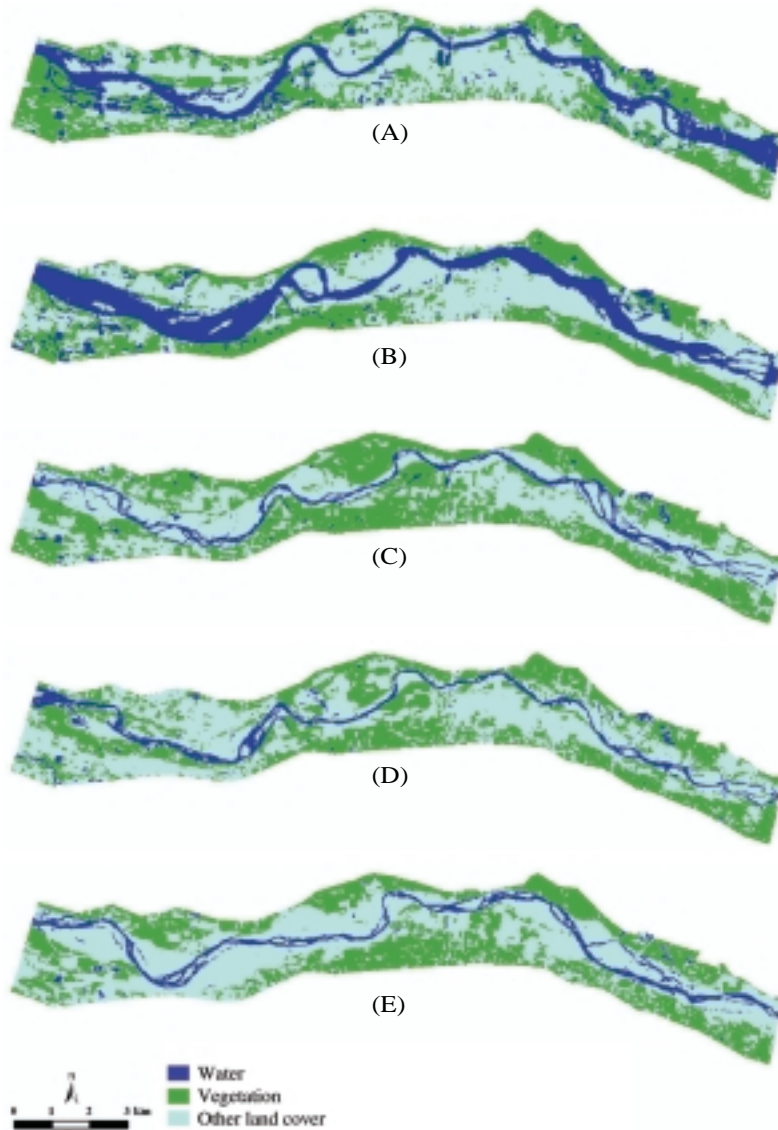


圖5. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年分類影像。

Fig. 5. The classified imageries of the lower Jhuoshuei River by SPOT 3/2/1 on 1 Jan. 2001 (A), 23 Oct. 2001 (B), 10 Oct. 2002 (C), 19 Oct. 2003 (D) and 17 Oct. 2004 (E).

表5. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 5. An error matrix for classification accuracy of the 2001 to 2004 imageries of the lower Jhuoshuei River

Classification data code	Reference data code			Row total	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3					
1 Jan. 2001								
1	44	0	6	50	97.8%	88.0%	2.2%	12.0%
2	0	45	5	50	95.7%	90.0%	4.3%	10.0%
3	1	2	47	50	81.0%	94.0%	19.0%	6.0%
Column total	45	47	58	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			
23 Oct. 2001								
1	46	0	4	50	97.9%	92.0%	2.1%	8.0%
2	0	45	5	50	93.8%	90.0%	6.3%	10.0%
3	1	3	46	50	83.6%	92.0%	16.4%	8.0%
Column total	47	48	55	150	Overall Accuracy=91.3%, Kappa=0.87			
10 Oct. 2002								
1	45	0	5	50	93.8%	90.0%	6.3%	10.0%
2	0	45	5	50	97.8%	90.0%	2.2%	10.0%
3	3	1	46	50	82.1%	92.0%	17.9%	8.0%
Column total	48	46	56	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			
19 Oct. 2003								
1	43	0	7	50	95.6%	86.0%	4.4%	14.0%
2	0	44	6	50	93.6%	88.0%	6.4%	12.0%
3	2	3	45	50	77.6%	90.0%	22.4%	10.0%
Column total	45	47	58	150	Overall Accuracy=88.0%, Kappa=0.82			
17 Oct. 2004								
1	46	1	3	50	93.9%	92.0%	6.1%	8.0%
2	0	46	4	50	92.0%	92.0%	8.0%	8.0%
3	3	3	44	50	86.3%	88.0%	13.7%	12.0%
Column total	49	50	51	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			

被，3個類別間部分仍有混淆，造成錯誤分類。

清水溪下游河段2000年至2004年5期分類影像見圖6，其整體分類準確度皆超過86.0%(表6)，Kappa係數皆大於0.79，而5期分類影像第3類之漏授介於14.3%至18.5%間，表示類別間亦有混淆，尤其生長在近河道高灘地之甜根子草冬季處於乾枯期，低密度植被區域易被歸為第3類，降低分類之準確度。

二、主河道之變遷

濁水溪下游河段研究區由2001年1月(桃

芝颱風前)影像顯示西濱大橋至自強大橋間主河道(深藍色粗線條)有3條明顯支流(深藍色細長線條)(圖5A)，以及約6處以前開採砂石遺留坑洞形成之深潭(深藍色大區塊)，而北岸溪州大橋下溯2 km則有2處鴨池。當年桃芝與納莉颱風後主河道由於洪水之沖刷致使寬度增加與彎曲度減小(圖5B)，尤以西濱大橋上溯7 km間河段主河道之寬度劇增，寬度最大增加約530m，顯示其受洪水沖刷較嚴重；自強大橋下溯4-5 km區域河段之主河道於南側明顯增加1條支流；西螺大橋下溯2 km間河段主河道原有分支而改道移向南岸；溪州大橋至中

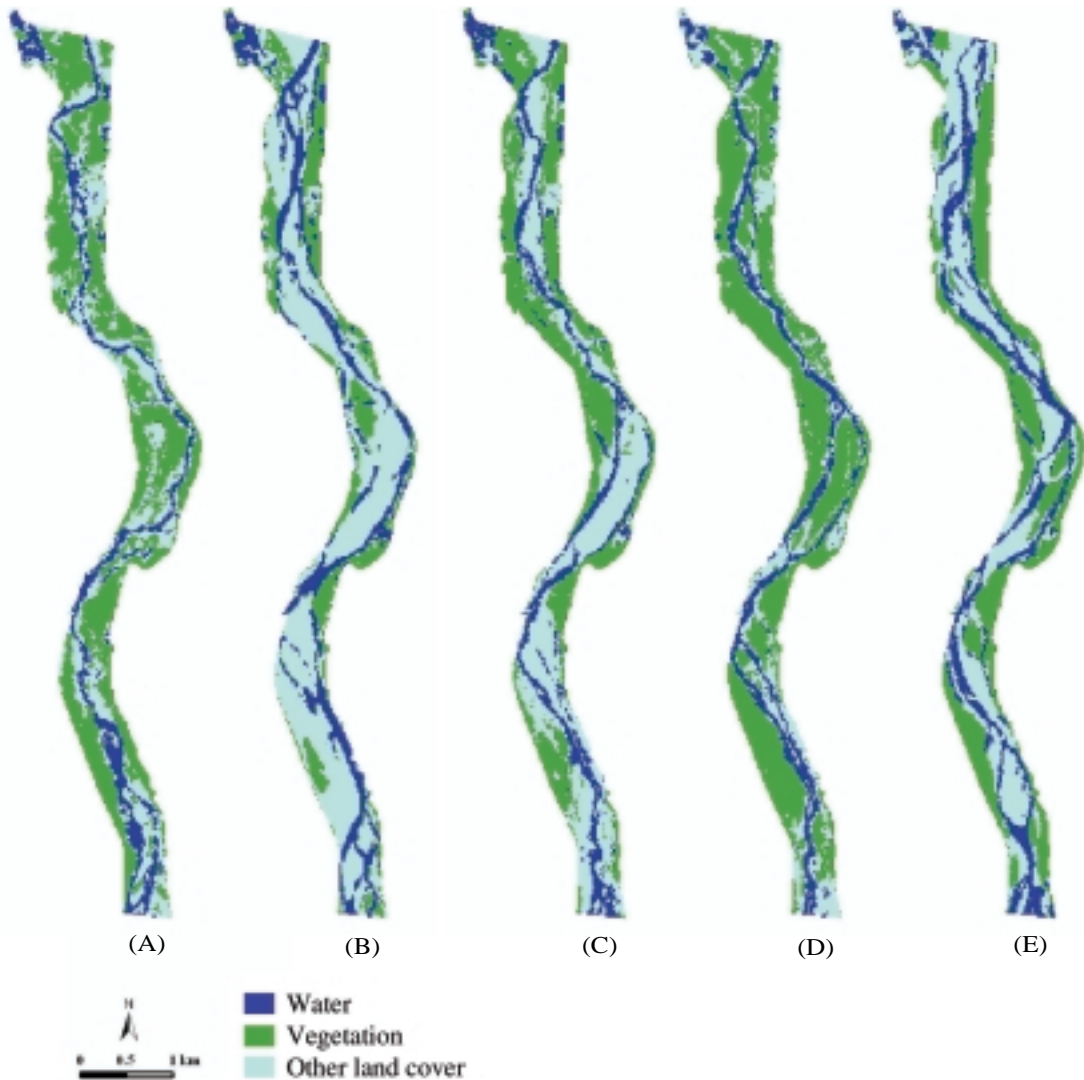


圖6. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年分類影像。

Fig. 6. The classified imageries of the lower Cingshuei Creek by SPOT 3/2/1 on 8 Oct. 2000 (A), 22 Oct. 2001 (B), 5 Oct. 2002 (C), 10 Oct. 2003 (D) and 9 Oct. 2004 (E).

沙大橋間河段主河道則呈現分支現象。然自2002年3月1日集集攔河堰正式通水後，其下游河川僅維持生態基本流量，因此之後取得影像顯示主河道之寬度大幅縮減一半，2002年影像顯示西濱大橋上溯5 km間及西螺大橋下溯6 km間河段主河道分支較明顯(圖5C)；

2003年影像顯示主河道位置無明顯變化(圖5D)，惟前述河段主河道分支消滅；2004年6月底因敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，影像顯示主河道位置顯著改變與呈現分支(圖5E)，尤以西濱大橋上溯7 km間及自強大橋上溯4 km間河段主河道明顯往左位移。

表6. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 6. An error matrix for classification accuracy of the 2000 to 2004 imageries of the lower Cingshuei Creek

Classification data code	Reference data code			Row total	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3					
8 Oct. 2000								
1	43	1	6	50	95.6%	86.0%	4.4%	14.0%
2	0	46	4	50	90.2%	92.0%	9.8%	8.0%
3	2	4	44	50	81.5%	88.0%	18.5%	12.0%
Column total	45	51	54	150	Overall Accuracy=88.7%, Kappa=0.83			
22 Oct. 2001								
1	43	4	3	50	87.8%	86.0%	12.2%	14.0%
2	2	42	6	50	87.5%	84.0%	12.5%	16.0%
3	4	2	44	50	83.0%	88.0%	17.0%	12.0%
Column total	49	48	53	150	Overall Accuracy=86.0%, Kappa=0.79			
5 Oct. 2002								
1	43	3	4	50	91.5%	86.0%	8.5%	14.0%
2	2	45	3	50	83.3%	90.0%	16.7%	10.0%
3	2	6	42	50	85.7%	84.0%	14.3%	16.0%
Total	47	54	49	150	Overall Accuracy=86.7%, Kappa=0.80			
10 Oct. 2003								
1	43	2	5	50	93.5%	86.0%	6.5%	14.0%
2	0	47	3	50	88.7%	94.0%	11.3%	6.0%
3	3	4	43	50	84.3%	86.0%	15.7%	14.0%
Column total	46	53	51	150	Overall Accuracy=88.7%, Kappa=0.83			
9 Oct. 2004								
1	45	1	4	50	90.0%	90.0%	10.0%	10.0%
2	0	46	4	50	95.8%	92.0%	4.2%	8.0%
3	5	1	44	50	84.6%	88.0%	15.4%	12.0%
Column total	50	48	52	150	Overall Accuracy=90.0%, Kappa=0.85			

清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段主要由於2001年桃芝與納莉颱風之侵襲，降下豐沛雨量形成洪水，使主河道明顯往東位移(圖6A-B)，尤其以鯉魚大橋下溯3 km間與龍門大橋下溯3 km間河段最為明顯，最大移位約300m；而2001、2002與2003年等3期影像顯示主河道之位置與變化不大(圖6B-D)，僅於龍門大橋下溯2 km間河段主河道位置最大移位約200m；直至2004年6月底遇敏督利颱風侵襲，同樣帶來豐沛雨量，使主河道明顯移位與分支(圖6E)，仍以鯉魚大橋下溯3 km間與龍門大橋下溯3 km間河段最為明顯。賴

等(2001)述及野溪所發生土石流匯入主流河道，減少主流路通水斷面使主流流路偏移，而清水溪之2條較大支流過溪與加走寮溪分別由鯉魚大橋下游處及龍門大橋上游處匯入清水溪，尤其加走寮溪於桃芝颱風時發生嚴重土石流災害。

三、植被之變遷

濁水溪下游河段原本生長或種植於河床之野生植被或墾植地，有多處遭2001年桃芝與納莉颱風洪水沖毀或土砂覆蓋，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床植被受創最嚴重，植

被面積由1,587.56 ha (36.09%)降為1,419.64 ha (32.27%)(表6)，面積減少3.82%；至2002年河床植被面積明顯增加為2045.08 ha (46.49%)；2003年植被面積降低為38.99%；至2004年遇敏督利颱風侵襲，部分植被遭洪水沖毀或土砂覆蓋，尤以西濱大橋至自強大橋間河段近主河道兩側之植被受損較嚴重，植被面積降為1,587.96 ha (36.10%)。雖然本河段所取衛星影像除1幅為1月桃芝颱風前拍攝影像外，其餘4幅影像皆為10月拍攝，日期很接近，惟近堤防之河床多已被開墾種植水稻、西瓜與蔬菜等旱作物，其耕種採收與否會影響植被總面積之計算，但仍可清楚顯示近主河道兩側之植被遭洪水沖毀或土砂覆蓋之位置。

清水溪下游河段於桃芝颱風前植被覆蓋相當繁茂(圖6A)，面積為288.52 ha (表7)，占50.47%，歷經桃芝與納莉颱風侵襲，河床植被多遭洪水沖毀或土砂覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處之植被殘存(圖6B)，植被之面積降為134.96 ha (23.61%) (表7)，面積減少26.86%；2002年植被逐漸回復覆蓋，面積為220.04 ha (38.49%)，增加14.88%；至2003年由於2年期間無大豪雨發生，植被之面積增為342.2 ha (59.85%)，已較桃芝颱風前之覆蓋面積增加9.38%；惟2004年又遇敏督利颱風侵襲，河床植被再度遭洪水沖毀或土砂覆蓋(圖6E)，植被面積降為217.4 ha(38.03%)，

較前1年減少21.82%，敏督利颱風帶來之累積雨量雖較高，然所減少之相對面積較2001年小，此殆因桃芝颱風期間該區域之暴雨集中且降雨強度大之故。

自然河道的水理變化常隨河道型態、沖淤與流量變化呈漸進式的改變，然而有洪水、暴雨或地震發生時，常會使自然河道之各種現存情況產生劇烈改變(詹及陳 2002)。濁水溪為一典型之擺盪分歧蜿蜒型之沖積性河川，流量多發生在5月至10月間，尤以8、9月颱風季節流量最高，故河川流量主要由颱風暴雨在集水區內所產生的地表逕流匯集而成(賴等 2002)。桃芝颱風帶來之高降雨量與降雨強度及九二一地震造成嚴重的坡地崩塌破壞，兩者是造成崩塌與土石流災害之主要原因(陳等 2001)。顯示颱風暴雨為影響溪流地形與地物劇變之主要天然因子，而九二一地震所造成土層鬆軟與大量崩落之土砂成為河道泥砂主要來源，則是另一天然因子。

河床植物的功能包含降低河川水體水溫、降低河川營養源負載、降低河岸侵蝕、減少流入河川的土壤沖蝕量、提供陸域及兩生生物棲地、保護魚類棲地、保持河川生態食物鏈的完整性等，可見河濱植生對於河川生態的重要性。河川洪水週期性氾濫，不僅造成河道及洪水平原水砂供給平衡上的衝擊，亦造成洪水平原型態上的變化，同時也

表7. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年地覆類別面積變化

Table 7. Changes in land-cover areas (ha) (% in parentheses) of the lower Jhuoshuei River, 2001 to 2004

Land cover	1 Jan. 2001	23 Oct. 2001	10 Oct. 2002	19 Oct. 2003	17 Oct. 2004
Water	875.32 (19.90)	1132.04 (25.73)	342.24 (7.78)	343.76 (7.81)	355.88 (8.09)
Vegetation	1587.56 (36.09)	1419.64 (32.27)	2,045.08 (46.49)	1,715.04 (38.99)	1,587.96 (36.10)
Other land cover	1936.08 (44.01)	1847.28 (41.99)	2,011.64 (45.73)	2,340.16 (53.20)	2,455.12 (55.81)

表8. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年地覆類別面積變化

Table 8. Changes in land-cover areas (ha) (% in parentheses) of the lower Cingshuei Creek, 2000 to 2004

Land cover	8 Oct. 2000	22 Oct. 2001	5 Oct. 2002	10 Oct. 2003	9 Oct. 2004
Water	90.48 (15.83)	124.4 (21.76)	103.32 (18.07)	91.6 (16.02)	127.88 (22.37)
Vegetation	288.52 (50.47)	134.96 (23.61)	220.04 (38.49)	342.2 (59.85)	217.4 (38.03)
Other land cover	192.72 (33.71)	312.36 (54.64)	248.36 (43.44)	137.92 (24.12)	226.44 (39.61)

影響河濱植生群落的結構與組成(顧等 2004)。然而，於乾旱之河川適量的洪水對重建生態完整性是很重要的，經常性的淹沒促使Colorado River (1992-1999)之植物覆蓋度增加 (Zamora-Arroyo *et al.* 2001)。洪水發生時，生長離主河道愈遠、地勢愈高的植物存活率就愈高(Stromberg 1993)，本研究結果與其研究發現相符，河床植被於歷經颱風侵襲多遭洪水沖毀或土石覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處之植被殘存。

結 論

由SPOT衛星影像變遷分析結果，濁水溪下游西濱大橋至中沙大橋河段受2001年桃芝與納莉颱風挾帶豪雨沖刷，造成主河道之寬度明顯增加、彎曲度減小、改道或分支等變化，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床受創最嚴重，寬度最大增加約530m；而自2002年集集攔河堰正式通水後，主河道之寬度大為縮減一半；2004年遇敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，主河道位置再次顯著改變與呈現分支，尤以西濱大橋上溯7 km間及自強大橋上溯4 km間河段主河道明顯位移。植被方面原本生長或種植於河床之野生植被或墾植地，有多處遭桃芝與納莉颱風洪水沖毀或土石覆蓋，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床受創最嚴重，植被相對面積由36.09%降為

32.27%；2002年明顯增加為46.49%，至2004年遇敏督利颱風侵襲，部分植被遭洪水沖毀或土石覆蓋，尤以西濱大橋至自強大橋間河段近主河道兩側之植被受損較嚴重，植被相對面積降為36.10%，惟植被面積會受水稻與旱作物耕種採收與否影響。

清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段由於2001年桃芝與納莉颱風侵襲，降下豐沛雨量，使主河道明顯往東位移，2002與2003年變化不大，至2004年遇敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，使主河道移位與分支。植被方面於桃芝颱風前該河段除主河道外，植被覆蓋繁茂，相對面積占50.47%，歷經桃芝與納莉颱風侵襲，河床植被多遭洪水沖毀或土石覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處有植被殘存，植被相對面積降為23.61%；至2003年植被相對面積增為59.85%，植被覆蓋狀況已較桃芝颱風前增加9.38%；惟2004年又遇敏督利颱風侵襲，河床植被再度遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積降為38.03%，敏督利颱風帶來之累積雨量雖較高，然所減少之相對面積較2001年小，此殆因桃芝颱風期間該區域之暴雨集中且降雨強度大之故。

謝 誌

承蒙特有生物研究保育中心長官對本研究計畫之支持與勉勵，行政院主計處、群立

科技公司及康訊科技公司等單位提供相關圖檔資料，組內同仁李小姐芬芳與陳小姐怡姣協助野外勘查，且陳小姐並協助資料之蒐集與繕打，以及兩位審查委員提供改進意見使本文更加充實，謹申謝忱。

引用文獻

- 李培芬。1996。七家灣溪集水區之遙測監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。台中。103頁。
- 李國忠、黃德銘。2001。陳有蘭河流域土地利用變遷與社經發展之實證分析。台大實驗林研究報告15(3): 157-176。
- 林俊全。2001。溪頭地區桃芝颱風水土災害特徵之探討。中華水土保持學報32(4): 261-270。
- 陳天建、王國隆、洪鳳儀、劉東京、蔡修毓、林美聆。2001。桃芝颱風土石流災害特性與災因檢討。中華水土保持學報32(4): 279-288。
- 陳宏宇。2001。東埔蚋溪及出水溪之土石流的地質特性。中華水土保持學報32(4): 289-296。
- 陳朝圳、吳守從、鍾家正。1996。地理資訊系統應用於南化水庫集水區土地利用變遷之研究。中興大學實驗林研究彙刊18(2): 98-112。
- 楊明德、王瑞德、王慶豐、楊擘芬。2001。桃芝颱風對草嶺堰塞湖影響之調查分析。中華水土保持學報32(4): 303-313。
- 詹錢登、陳宗顯。2002。濁水溪河道斷面及流量曲線之變化。第十三屆水利工程研討會 P44-49。
- 賴建信、游繁結、顏宏哲。2001。桃芝颱風濁水溪中下游地區災害原因分析及因應對策。中華水土保持學報32(4): 327-338。
- 賴建信、陳文正、張玄宜、王信仁、陳峻淵。2002。濁水溪下游段近期河道變遷與河床變化初步探討。第十三屆水利工程研討會 B259-268。
- 蕭國鑫、劉治中、李惠容。1994。遙測與GIS結合應用於德基水庫集水區土地利用／覆蓋監測。遙感探測21: 21-54。
- 顧玉蓉、趙偉成、謝正倫。2004。河川水文特性對河濱植生影響之研究。台灣水利52(3): 48-59。
- Stromberg, J. C. 1993. Fremont cottonwood-Goodding willow riparian forests: A review of their ecology, threats, and recovery potential. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 26: 97-110.
- Zamora-Arroyo, F., P. L. Nagler, M. Briggs, D. Radtke, H. Rodriguez, J. Garcia, C. Valdez, A. Huete and E. P. Glenn. 2001. Regeneration of native trees in response to flood releases from the United States into the delta of the Colorado River, Mexico. *Journal of Arid Environments* 49(1): 49-64.