

應用遙測於濁水溪口海岸地區土地覆蓋變遷分析

Remote Sensing Analyses for the Land-cover Changes in the Coastal Zone of the Choshui Estuary

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, Chichi, Nantou, Taiwan

摘 要

本研究以不同年份之衛星影像為材料，配合航空照片及地面調查資料進行影像變遷分析，以瞭解濁水溪口地區之變遷情況。主要以1993/12/08、1996/10/18、1998/11/12與2001/10/23等4幅SPOT衛星影像，採用分類後比較法進行定量變遷分析。由1993年至2001年影像變遷分析結果顯示濁水溪口海岸地區於該8年期間，土地覆蓋之變化相當劇烈，主要為開發沿海工業區，於海岸淺水域大量抽砂造地，使陸域朝海擴張；河口海埔地遭濫墾闢設為魚塭，引入海水進行養殖。工業區開發與魚塭闢設改變了河口海岸地區之地形、景觀及生態環境，而颱風挾帶豪雨沖刷亦造成濱海地區地形之劇變。

Abstract

Remote sensing images taken by French SPOT satellites 1 and 2, available aerial photos and maps, and our field investigation, showed that there were great changes in land-cover in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001. Many of the shallow coastal water areas were filled up, the land areas were expanded, and industrial parks were established. Illegal fishponds were constructed for marine fish cultures in many parts of the coastal zone. The above industrial and fish culture developments have modified the terrain, landscape and environments. Also, washes of typhoons altered the surface of the beach areas.

關鍵詞：遙測、變遷、海岸地區、濁水溪口

Key words: remote sensing, change, coastal zone, Choshui Estuary

收件日期：92年3月7日

接受日期：92年6月2日

Received: March 7, 2003

Accepted: June 2, 2003

緒言

遙測技術可經常且正確提供地球上自然資源、人文資料以及人類在空中、水中以及陸地上活動情況；此項獲得之資料，可供人們做資源開發及土地利用政策上之有效依據(謝 1992)。遙測資料由空中俯瞰，具有綜觀覽要、多時攝像、大面積涵蓋及快速分析優點，並可與累積數十年之舊有影像比對，進而得知遞變過程及根據資料追蹤變遷因素，且推估將來可能發生之事件，做為事先之規劃與防範(蕭等 1994)。因此，應用遙測資料於觀測大面積、長時間的地貌變遷動態，是一項重要的技術(周等 1992)。

台灣西南海岸大多為砂岸，尤其河口地區更擁有寬廣的海埔地及沙洲，但由於河川上興建水庫、密築攔砂壩、濫採砂石等工程，已影響河川之輸砂能力，加上海岸地區地價低廉及政府各項獎勵措施，導致海埔地遭大規模開發，大肆興建濱海工業區、港灣、發電廠、海域休閒、垃圾掩埋場等多項工程之開發與興建等，大量抽砂填海造地，以致海岸侵蝕嚴重改變海岸地形，造成海岸環境惡化。

濁水溪源自中央山脈，納入多條支流後，流經南投縣由彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮鄉交界處出海，為台灣最長的河川。濁水溪口擁有廣闊的海埔地，河床上沙地、水澤及草澤鑲嵌分布，吸引許多水鳥來此渡冬，出海口原有的鹽生草澤已隨著工業區之開發而消失。海埔地遭濫墾闢設魚塭由來已久，濫墾情況嚴重，而重大工程開發有經濟部工業局規劃之雲林離島工業區，涵括雲林縣2/3

以上之海岸，其中包括麥寮工業區、隔離水道、麥寮工業專用港等工程建設，西濱快速道路的開闢，經濟部水利署規劃於濁水溪河口開發麥寮人工湖，政府並計畫在離島工業區以東開發新市鎮特定區，如此諸多已開發與規劃中之重大工程，勢必造成該地區之劇烈變化。

有關濁水溪口地區之相關研究有黃等(1994)曾進行濁水溪口生物資源調查，發現該溪口具豐富的生物相，因擁有許多草澤及沙丘植物相，成為動物棲息及覓食之最佳棲地。謝等(1994)曾研究濁水溪口附近海岸地形變動，發現1972-1991年間濁水溪口海岸地形變動以淤積為主，且其淤積形態受波浪之影響最大。林(1998)曾研究雲林海岸的風砂活動，結果顯示風砂活動主要是在冬季強烈的東北季風下進行，因海岸線均已被海堤所包圍，以濁水溪口南側寬廣的高潮汐灘地為主要區域。周等(2001)曾以不同年份之航照圖影像針對濁水溪口風飛砂現象進行比對分析，結果顯示1978-1984年間，濁水溪口的砂灘被大量開發為旱田與魚池等，砂地面積大幅減少，之後淤砂量開始回升。而1991-1998年間，因濁水溪大量採砂的影響，淤砂量的增量逐漸降低。馮等(2001)曾進行麥寮人工湖工程可行性規劃研究，其計畫構想為利用濁水溪口南岸河口區域之河川浮覆地(占地約200 ha)，於四周圍堤以形成蓄水空間。蕭等(1993)雖曾以1972-1992年衛星影像研究濁水溪口20年間之環境變遷，但該研究距今已9年矣，而近10年來對於海岸開發步伐急遽加快，該河口地區因許多工程開發案已有重大程度之改變，且其僅採用定性方法之重疊法

做變遷分析。本研究以衛星影像為材料，配合航空照片及地面調查資料進行影像定量變遷分析，定量方法更能獲悉變化量，以瞭解1993年後濁水溪口地區之變遷情況，俾提供相關單位在決策、規劃及經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區環境概況

濁水溪發源於合歡山主峰與東峰之間，流經嘉義縣、南投縣、彰化縣及雲林縣4個行政區，最後於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5-9月。

本研究區涵括西濱大橋以西河口，以及大城鄉、麥寮鄉與台西鄉海岸以西地區，主要包括海域、沙灘、麥寮工業區、魚塭、防風林、河床旱作地等(圖1)，面積為14,023.22 ha。在大城鄉海堤外多已開挖為魚池進行養殖，濁水溪口高灘地的河床植物以甜根子草為主，近堤防之河床多已開墾種植瓜類、花生與蔬菜等農作物，然因2001年7月桃芝颱風

侵襲，遭受洪水沖毀與泥沙覆蓋，僅在土堤岸還留存些許的木麻黃。濁水溪口南岸河岸到堤防之間，在靠近河岸、海岸區域為新開挖之魚池，其中有幾處為養鴨池，另在靠近堤防區域則是廢棄魚池，大多已演替為草地與灌木林。再往南則是防風林，主要樹種為木麻黃，在內陸區域則多為養殖魚池，其間夾雜著房舍、旱田及幾處鴨池，部分廢棄魚池也已成爲草地。另外麥寮工業區目前已廠房林立，在它的東南側則是海埔地，大多被開闢為養殖魚池。

研究區之氣象概況引述自中央氣象局大城台西氣象站1993-2001年紀錄資料，其統計資料見表1。平均氣溫以7月之28.2°C為最高，1月及2月之16.4°C最低，年平均氣溫為22.8°C。雨季與旱季之雨量變化大，降雨量集中於4-8月，以6月之平均降雨量208.4 mm為最高，10月至翌年1月降雨量稀少，尤以11月之7.3 mm最低，年平均降雨量為1,066.3 mm，平均降雨日數以8月之12.4日最多，11月之1.4日最少，年平均降雨日數為78日。每年10月至翌年3月為東北季風期，主要

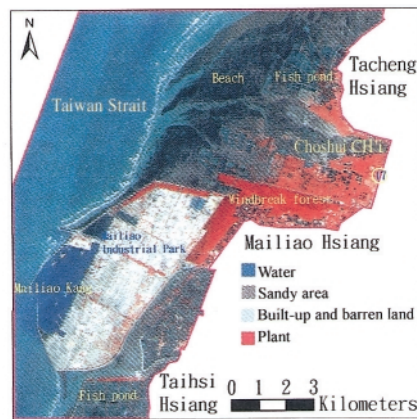


圖1. 濁水溪口研究範圍圖。

Fig. 1. The map showing the coastal zone of the Choshui Estuary on 4 Mar. 2001.

表1. 中央氣象局大城台西氣象站(C0G710)1993-2001年部分氣象統計資料

Table 1. Weather statistics (monthly mean) collected at the Taihsi Observatory of Taiwan Central Weather Bureau, 1993 to 2001

Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean or total
Temperature(°C)	16.4	16.4	19.0	22.7	25.4	27.5	28.2	27.9	26.8	24.6	21.7	18.4	22.8
Precipitation(mm)	19.8	56.3	54.7	98.2	171.8	208.4	191.4	204.1	50.5	16.8	7.3	14.4	1066.3
No. of precipitation days(days)	3.9	11	10	11	10	11	8	10	6	2	1	3	90
Prevailing wind direction	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	S	S	S	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
Wind speed(m/sec)	6.9	6.7	5.7	4.5	3.4	3.6	3.2	3.2	3.6	5.5	5.9	7.1	5.0

為北北東風向，平均風速5.5-7.1 m/sec，6-8月為西南季風期，以南風向為主，風速較緩，平均風速皆在4 m/sec以下。

二、材料與設備

(一) 衛星影像資料

本研究所使用法國SPOT衛星影像資料是向中央大學太空及遙測研究中心購得，影像皆為Level 10處理之產品，已作輻射糾正，且使用地面控制點及數值地形模型資料完成幾何糾正，旋轉對齊，並以KD16重新取樣方法投影在台灣地區二度TM座標系統上。所挑選4幅影像分別於1993、1996、1998及2001年拍攝，皆為冬季與低潮影像(圖2)，其屬性資料詳見表2，為SPOT 1或SPOT 2衛星所拍攝之多波段影像，具有綠光、紅光及近紅外光等3個波段，影像之解像力為20m。

(二) 航空照片

航空照片則是向林務局農林航空測量所請購，取得1993、1996、1998及2001年等4年合計157張黑白照片，因部分區域欠缺航空照片或不完整，僅作為衛星影像分類時輔助判釋地覆類別用。

(三) 其它圖籍資料

包括內政部經建二版1/50,000地形圖2張及經建三版1/25,000地形圖2張，為向科隆特

科技公司購得。另第四版1/5,000像片基本圖18張則向林務局農林航空測量所購得。

(四) 主要研究工具

軟體：ERDAS IMAGINE 8.4影像處理軟體、ESRI ArcView 8.2 地理資訊系統軟體及Microsoft Office 2000整合應用軟體。

硬體：Pentium III-667個人電腦及ALPS MD-5000彩色乾式印表機。

三、研究方法

(一) 資料、圖籍及圖檔之蒐集與處理

蒐集整理相關調查報告與參考文獻，並取得研究區之地形圖、像片基本圖、航空照片、數值影像資料及SPOT衛星影像資料等，取回之衛星影像資料須先作資料轉檔才可運用及分析。

(二) 現場勘查

攜帶相關地圖、照片及影像至現場勘查比對，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

使用ERDAS IMAGINE軟體將所獲取之1/5,000像片基本圖影像作定位與鑲嵌處理，以及將經Level 10處理之SPOT 衛星多波段影像作影像處理與變遷分析。

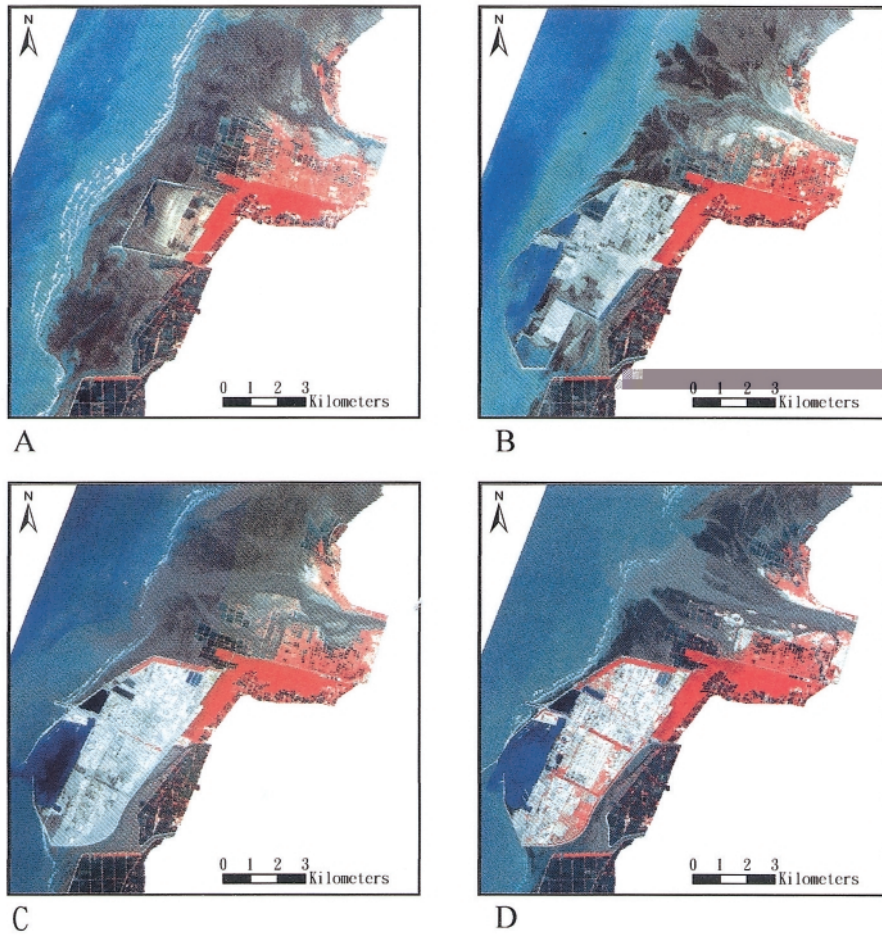


圖2. 濁水溪口地區SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 2. The imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary by SPOT 3/2/1 on 8 Dec. 1993(A), 18 Oct. 1996(B), 12 Nov. 1998(C) and 23 Oct. 2001(D).

表2. 濁水溪口地區 SPOT XS 影像之屬性

Table 2. Sources of SPOT images for the coastal zone of the Choshui Estuary

Date	Time(a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
8 Dec. 1993	10:55:39	I0004127	SPOT2	R23.7°	164.4°	42.2°
18 Oct. 1996	10:57:56	I0004126	SPOT2	R28.9°	161.5°	54.4°
12 Nov. 1998	10:41:32	I0004107	SPOT2	L7.3°	159.8°	46.6°
23 Oct. 2001	10:48:29	I0004825	SPOT2	R8.0°	159.0°	53.0°

1. 研究區影像切取

將獲取之衛星影像作初步判釋比對，因內陸區域各地覆區塊小且複雜，以地面解像力20m之SPOT衛星影像區分不易，故將影像內陸區域沿道路或水道切除，惟保留防風林區域及部分魚塢。

2. 影像變遷分析

本研究採用分類後比較法(post-classification comparison)進行變遷分析，此法為常用的定量變遷偵測方法，須對當時現況相當程度之瞭解或參考地面真實資料，才易於進行與分析。必須將每幅影像以影像分類方法各自分類地覆類別，然後比較及探討其變化，此法較為繁複，其詳細步驟見陳(2002)，茲簡述修改如下：

(1) 初擬分類體系

本研究挑選訓練樣區時，原先將地覆類別分為7類(海域、溪流、水池、沙地、植物、建物、荒地等)。

(2) 選取訓練樣本

訓練樣本之選取採小區塊(本研究以2x2區塊為限)多樣區之原則。

(3) 訓練樣本分離度分析

對性質相近或選取不適當的組類予以合併或刪除。

(4) 影像分類

本研究採用常用之高斯最大概似分類法(Gaussian maximum likelihood classifier)進行

影像分類。然後反覆進行樣本分析、影像分類與評估，將光譜值接近而不易區分之類別合併或刪除，最後僅分為水域、沙地、建地與荒地、植物等4大類，並以1-4代碼表示(表3)。另由於各期影像海域上有波浪造成的泡沫線，影像分類時易被歸類為第3類(建地與荒地)，須將分類影像該位置改為第1類(水域)，以提高分類準確度。

(5) 分類準確度評估

各期分類影像以隨機方式每類挑選50個檢核點，合計200個，配合像片基本圖、各期航空照片及未分類影像逐點核對檢核點地物類別，之後進行分類準確度評估，並作成誤差矩陣表加以分析比較。

(6) 分類後比較

將欲比較之兩期影像類別代號作修改，前期影像類別代號1-4依序改為4，3，2及1，後期影像類別代號1-4依序改為5，9，13及17，再以後期影像減掉前期影像，如此各類別之變化可得唯一值(1-16)，如表4所示。再將相減影像各類別變化之像元數換算為面積及百分比。

結果與討論

4期分類影像見圖3，其整體分類準確度皆超過90% (表5-8)，Kappa係數大於0.87，其中前3期分類影像第2類之誤授超過14%，主

表3. 濁水溪口地區影像分類體系

Table 3. The classification system of SPOT images of the coastal zone of the Choshui Estuary

Class	Code	Subclass
Water	1	Sea, streams, canals and ponds
Sandy area	2	Beach and sandy areas
Built-up and barren land	3	Built-up lands, barren lands, roads and dikes
Plant	4	Windbreak forest, trees, grassland, corp

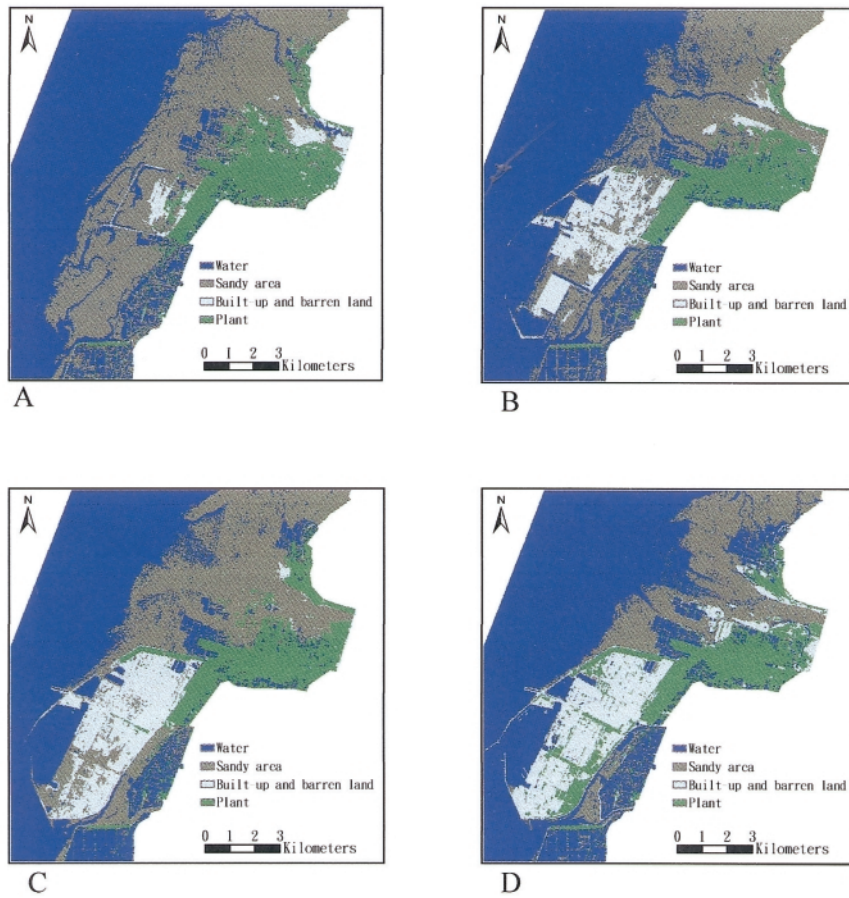


圖3. 濁水溪口地區分類影像。

Fig. 3. The classified imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary on 8 Dec. 1993(A), 18 Oct. 1996(B), 12 Nov. 1998(C) and 23 Oct. 2001(D).

表4. 分類後比較法兩期分類影像地覆類別代碼表

Table 4. The codes of two-dates images used in the post-classification comparison method for the coastal zone of the Choshui Estuary (original codes in the parentheses)

Earlier stage classified image	Later stage classified image			
	5(1)	9(2)	13(3)	17(4)
4(1)	1	5	9	13
3(2)	2	6	10	14
2(3)	3	7	11	15
1(4)	4	8	12	16

表5. 濁水溪口1993年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 5. An error matrix of classification accuracy for the 1993 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	46	4	0	0	50	53	50	46	86.8%	92.0%	13.2%	8.0%
2	5	42	2	1	50	47	50	42	89.4%	84.0%	10.6%	16.0%
3	0	1	46	3	50	49	50	46	93.9%	92.0%	6.1%	8.0%
4	2	0	1	47	50	51	50	47	92.2%	94.0%	7.8%	6.0%
Total	53	47	49	51	200	200	200	181				

Overall accuracy=90.5%, Kappa=0.87

表6. 濁水溪口1996年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 6. An error matrix of classification accuracy for the 1996 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	47	2	1	0	50	52	50	47	90.4%	94.0%	9.6%	8.0%
2	2	43	4	1	50	48	50	43	89.6%	86.0%	10.4%	14.0%
3	0	3	47	0	50	55	50	47	85.5%	94.0%	14.5%	6.0%
4	3	0	3	44	50	45	50	44	97.8%	88.0%	2.2%	12.0%
Total	52	48	55	45	200	200	200	181				

Overall accuracy=90.5%, Kappa=0.87

表7. 濁水溪口1998年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 7. An error matrix of classification accuracy for the 1998 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	45	5	0	0	50	52	50	45	86.5%	90.0%	13.5%	10.0%
2	6	41	3	0	50	49	50	41	83.7%	82.0%	16.3%	18.0%
3	0	1	48	1	50	52	50	48	96.0%	96.0%	7.7%	4.0%
4	1	2	1	46	50	47	50	46	92.0%	92.0%	2.1%	8.0%
Total	52	49	52	47	200	200	200	180				

Overall accuracy=90.0%, Kappa=0.87

表8. 濁水溪口2001年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 8. An error matrix of classification accuracy for the 2001 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	48	2	0	0	50	54	50	48	88.9%	96.0%	11.1%	4.0%
2	3	47	0	0	50	49	50	47	95.9%	94.0%	4.1%	6.0%
3	1	0	45	4	50	47	50	45	90.0%	90.0%	4.3%	10.0%
4	2	0	2	46	50	50	50	46	92.0%	92.0%	8.0%	8.0%
Total	54	49	47	50	200	200	200	186				

Overall accuracy=93.0%, Kappa=0.91

要是因潮濕沙地與水域波譜反射值相近，又乾燥沙地與荒地反射值相近，易造成錯誤分類，而2001年分類影像第2類之誤授降至6%，乃河口大片沙灘因桃芝颱風豪雨沖刷劇變，以及麥寮工業區基地之沙地多已轉變為荒地與建物，致使沙地銳減。至於各類別地覆空間變化見圖4，其面積變化詳見表9-11，影像變遷分析結果分階段列舉敘述如下：

一、1993至1996年之變化

原為第1類(水域)有610.28 ha轉變為第2類

(沙地)(表9)，主要是魚池因1996年7月賀伯颱風時遭洪水沖毀沙埋及河道改變。原為第2類(沙地)有1235.33 ha轉變為第1類(水域)，主要是河道改變及麥寮工業區基地抽沙。原為第2類(沙地)有816.48 ha轉變為第3類(建地與荒地)，主要是麥寮工業區基地填土整地。原為第3類(建地與荒地)有127.78 ha轉變為第4類(植物)，主要是河床種植作物。原為第4類(植物)分別有119.48 ha及338.97 ha轉變為第1類(水域)及第2類(沙地)，主要是溪口南岸魚池因1996年7月賀伯颱風時遭洪水沖毀浸水或

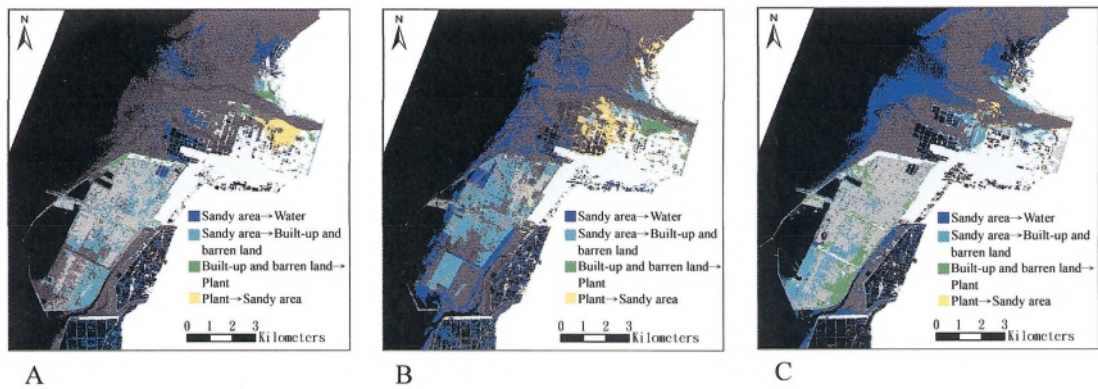


圖4. 濁水溪口地區分類後比較變遷影像。

Fig. 4. The post-classification comparison imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary on 1993 & 1996 (A), 1996 & 1998 (B) and 1998 & 2001 (C).

表9. 濁水溪口1993-1996年地覆類別面積變化矩陣

Table 9. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 1996

Classified image in 1993	Classified image in 1996			
	1	2	3	4
Water	5,781.11	610.28	180.20	49.17
Sandy area	1,235.33	3,008.20	816.48	79.36
Built-up and barren land	9.06	157.27	147.84	127.78
Plant	119.48	338.97	93.89	1,268.78

表10. 濁水溪口1996-1998年地覆類別面積變化矩陣表

Table 10. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1996 to 1998

Classified image in 1996	Classified image in 1998			
	1	2	3	4
Water	5,614.80	1,253.78	207.89	68.52
Sandy area	544.70	2,752.75	540.72	276.55
Built-up and barren land	14.70	223.33	874.28	126.11
Plant	58.02	146.75	25.09	1,295.23

表11. 濁水溪口1998-2001年地覆類別面積變化矩陣表

Table 11. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1998 to 2001

Classified image in 1998	Classified image in 2001			
	1	2	3	4
Water	5,825.77	288.64	52.22	65.59
Sandy area	1,379.64	2,257.05	572.50	167.42
Built-up and barren land	31.73	39.16	1,245.33	331.77
Plant	159.03	92.34	188.59	1,326.44

沙埋。

二、1996至1998年之變化

原為第1類(水域)有1253.78 ha轉變為第2類(沙地)(表10)，主要是由於麥寮工業區基地圍堤促使河口淤沙。原為第2類(沙地)有540.72 ha轉變為第3類(建地與荒地)，主要是麥寮工業區基地持續填土整地。原為第2類(沙地)及第3類(荒地)分別有276.55 ha及126.11 ha轉變為第4類(植物)，主要是河床種植作物及麥寮工業區廠區造林。原為第4類(植物)有146.75 ha轉變為第2類(沙地)，主要是河床部分原有植被區域遭洪水沖毀沙埋。

三、1998至2001年之變化

原為第2類(沙地)有1379.64 ha轉變為第1類(水域)(表11)，主要是河口大片沙灘遭2001年7月桃芝颱風豪雨沖刷劇變，以及大城鄉海岸新闢魚池。原為第3類(荒地)有331.77 ha轉變為第4類(植物)，主要是麥寮工業區廠區造林。原為第4類(植物)分別有92.34 ha及188.59 ha轉變為第2類(沙地)及第3類(荒地)，主要是河床作物區遭洪水沖毀沙埋。

四、綜合1993至2001年之變化

於此8年期間濁水溪口地物面積變化最大者為沙灘，1993年沙灘面積為5139.38 ha(表12)，主要受颱風豪雨沖刷使河道改變及麥寮

表12. 濁水溪口1993-2001年地覆類別面積變化矩陣表

Table 12. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001

Land cover	1993	1996	1998	2001	1993-2001
Water	6,620.77	7,144.98	6,232.22	7,396.17	775.41
Sandy area	5,139.38	4,114.72	4,376.61	2,677.19	-2,462.19
Built-up and barren land	441.95	1,238.42	1,647.98	2,058.64	1,616.69
Plant	1,821.13	1,525.09	1,766.41	1,891.22	70.09

表13. 濁水溪口1993-2001年地覆類別相對面積變化矩陣表

Table 13. A change matrix of land-cover relative areas (%) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001

Land cover	1993	1996	1998	2001	1993-2001
Water	47.21	50.95	44.44	52.74	5.53
Sandy area	36.65	29.34	31.21	19.09	-17.56
Built-up and barren land	3.15	8.33	11.75	14.68	11.53
Plant	12.99	10.88	12.60	13.49	0.50

工業區基地抽沙填土整地，至1996年劇減1024.66 ha，之後再由於受颱風豪雨沖刷及被闢設為魚塭，至2001年面積僅餘2677.19 ha，大幅減少2462.19 ha，相對面積減少17.56% (表13)。相對地，建地與荒地之面積由1993年之441.95 ha，至1996年劇增796.47 ha，至2001年增為2058.64 ha，大幅增加1616.69 ha，相對面積增加11.53%。

1972至1991年間濁水溪口海岸地形變動以淤積為主(謝等 1994)，另依省水利局測量調查，1978年時，河口兩岸並無魚塭存在，然於1985年時，魚塭已充斥在河口段，面積約為609 ha；其中南岸548 ha，北岸61 ha，1992年衛星影像顯示，南岸魚塭面積已增加至1,050 ha，又於1972年至1992年間濁水溪口主要環境變遷為大片之河川地被開發為魚塭

及農業用地，而魚塭開發占用河道，使流道減少40% (蕭等 1993)。因濁水溪出海口之主深槽偏向北岸，南岸則淤積為大片砂灘，故魚塭主要分布於南岸，且大多是在1993年以前開闢的，由影像可明顯看出其開闢之時間先後、空間位置及利用狀況，乃由防風林北側河床先開闢，逐漸朝主河道逼近，再向外海擴展，先開闢之魚塭因距河海漸遠而廢棄，廢棄魚塭逐漸朝向草地、灌叢及樹林之序列演替。南岸濫墾魚塭(含已廢棄魚塭)在1995年達到高峰期，面積高達約2,800 ha，迫使河道僅剩約4 km，由於魚塭開闢於河床，占用原來之河道，之後才於1996年因賀伯颱風侵襲，魚塭遭洪水沖毀大半。濁水溪口北岸魚塭直至1998年才明顯增至約400 ha，2001年時圍墾面積已增至近1,000 ha。

結 論

由1993年至2001年濁水溪口衛星影像變遷分析結果，可明顯看出此期間麥寮工業區基地由抽砂填海造地至建廠、河口海埔地遭濫墾關設為魚塭與遭受颱風沖毀之變化情形。雖影響之自然營力因素甚多，卻多屬長期性之緩慢變化，相對地人類活動才是造成河口變遷之最大因素。筆者歸納此8年短期期間造成該地區激烈變化之主因有三，其一為沿海工業區之開發，大量抽砂填海造地至建廠，地物變化由海域、海灘至荒地與建物之逐漸轉變；其二為濫墾關設魚塭，開挖海灘引入海水進行養殖；其三為颱風挾帶豪雨沖刷造成地形劇變，溪口海域與海灘空間位置互變，以及溪床魚池、植被與農作地轉變為沙地。前二者為人類開發，直接對河口地形、景觀及生態造成重大改變；後者屬自然營力，雖在短期內即劇烈改變河口地形，卻有助於河口恢復原貌。

每幅衛星影像記錄了當時之地表資料，影像可累積易保管與取得、涵蓋範圍廣及可快速分析得知變遷資訊，提供管理者或決策者迅速又真實之情況，大幅縮減調查範圍，從而節省時間、人力與經費，故應用衛星影像於大面積與長時間監測地形、地物之變遷，是一項非常有效的技術。

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，組內同仁蘇小姐美如協助圖籍取得與野外調查及陳小姐怡姣協助資料蒐集與繕打，謹申謝忱。

引用文獻

- 林宗儀。1998。雲林海岸的風砂活動現況。第二十屆海洋工程研討會論文集 443-447 頁。
- 周天穎、杜昌柏、白金城。1992。地理資訊系統及遙測技術應用於空間分析之研究。遙感探測 17: 50-67。
- 周湘俊、許盈松、張哲豪、楊舒雲。2001。濁水溪河口風飛砂現象研究。第十二屆水利工程研討會論文集 35-42頁。
- 陳添水。2002。應用遙測於大肚溪口地區環境變遷分析。特有生物研究 4(1): 61-74。
- 黃朝慶、劉靜榆、侯安璟、賴國祥。1994。濁水溪口生物資源調查。台灣省特有生物研究保育中心八十三年度試驗研究計畫執行成果(棲地生態組)25-67頁。
- 馮德榮、蕭健雄、李耀輝、龔誠山、蔡文豪、鍾文祥。2001。麥寮人工湖工程可行性規劃研究。第二十三屆海洋工程研討會論文集 378-384頁。
- 蕭國鑫、李元炎、吳啓南、陳仁仲。1993。濁水溪口環境變遷分析。遙感探測 19: 1-24。
- 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。
- 謝仁馨。1992。航照判讀與遙感探測。中華民國航空測量與遙感探測學會出版。
- 謝正倫、曾志民、黃煌輝。1994。濁水溪口附近海岸地形變動之現場調查及數值研究。台灣水利 42(2): 38-55。