

七股沿海地區地覆變遷分析

Analyses of Land-cover Changes in the Qigu Coastal Zone

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

*通訊作者：tschen@tesri.gov.tw

* Corresponding author: tschen@tesri.gov.tw

摘 要

本研究以台南市之七股沿海地區 1994 年、2004 年及 2010 年等 3 期 SPOT 衛星影像資料進行影像變遷分析，探討該地區之地覆變遷情況。綜合 1994 年與 2010 年衛星影像變遷分析，七股沿海該 16 年間主要變化如下，七股鹽田與魚塭部分區域原為水域轉變為荒地，部分區域原為乾涸之後海水流入；網子寮、頂頭額及新浮崙等離岸沙洲朝東與朝南漂移；另位於頂頭額沙洲南段之防風林與沙地大幅消失；黑面琵鷺保護區之東南與南側，原為沙地被開挖為養殖魚塭；曾文溪口河床則有遭洪水沖刷現象。此外，該期間七股沿海植被消長情形分析如下，七股溪口生長之紅樹林原先主要有 3 塊，面積合計 6.2 ha，2010 年僅剩 1 塊紅樹林面積減為 5.1 ha；網子寮沙洲北段原有 14.4 ha 植被消失，網子寮沙洲南段防風林造林面積由 4.2 ha 增為 14.8 ha；頂頭額沙洲北段防風林面積由 8.5 ha 降為 3.7 ha，殆此期間沙洲遭侵蝕所致；另頂頭額沙洲南段之防風林則遭侵蝕而消失，1994 年面積高達 87.8 ha，至 2010 年僅剩 7.3 ha。由影像變遷分析結果顯示，七股沿海離岸沙洲有朝東南方向漂移趨勢，殆與沙源補充、沿岸流、波浪及東北季風等因子有關，造成海岸嚴重侵蝕，尤其頂頭額沙洲南段之防風林面積不斷地縮減，甚至可能完全消失，亟需積極進行各種固堤與護沙措施。

Abstract

Remote sensing images taken by French SPOT satellites showed that there were changes in land covers in the coastal zone of Qigu in 1994, 2004 and 2010. Specifically, an analysis of images taken over the past 16 years revealed a number of changes. Firstly, sediments had eroded and were deposited in Wangziliao, Dingtou'e and Xinfulun offshore sandbars, which drifted east and/or south. Secondly, the southeast and southern areas of the Black-faced Spoonbill Refuge had been replaced by fish ponds. Finally, the riverbed was shown seriously eroded at Cengwen estuary. In addition to these changes in land covers, losses in coastal vegetation were also documented. In 1994, there were three mangrove swaths with a total area of 6.2 ha in the Qigu estuary. However, two of these were excavated in 2008, and in 2010 only an area of 5.1 ha remained. While the windbreak forest increased from 4.2 ha to 14.8 ha at the southern Wangziliao sandbar, its area reduced from 8.5 to 3.7 ha at the northern Dingtou'e sandbar. Another windbreak forest eroded and disappeared at the southern Dingtou'e sandbar, an area of approximately 87.8 ha in 1994 that diminished to only 7.3 ha in 2010. The windbreak forests have seriously eroded and may even disappear completely at the southern Dingtou'e sandbar. Therefore, urgent stabilization of the sand bank of this region is recommended in order to protect the greater Qigu area from further deterioration.

關鍵詞：七股、地覆、變遷

Key words : Qigu, land cover, change

收件日期：2013 年 3 月 4 日

接受日期：2013 年 5 月 9 日

Received: March 4, 2013

Accepted: May 9, 2013

緒 言

台南七股沿海地區擁有沙洲、鹽田、潟湖、河口、紅樹林、魚塭等多樣之濕地生態景觀，生態環境豐富且棲地多樣化，蘊育豐富之生物資源，為重要野鳥棲地。然由於河川輸砂量減少、地盤下陷、海岸開發、構築海堤及防護措施等諸多因素，以致海岸地形重大改變。

近些年來，七股海岸卻有嚴重侵蝕現象，致使海岸林消失，生態環境嚴重破壞問題。

遙感探測(remote sensing)利用裝置不需要與研究物體、地區或現象直接接觸便能取得資料(Lillesand and Kiefer 1994)，遙測技術可經常且正確提供地球上之自然資源與人文資料，以及人類在空中、水中及陸地上活動情況，所獲得資料可供資源開發與土地利用政策上之有

效依據(謝 1992)，應用遙測資料於觀測大面積與長時間地貌變遷動態，是一項重要技術(周等 1992)。遙測資料具有綜觀覽要、多時攝像、大面積涵蓋及快速分析等優點，並可與舊有影像比對，得知遞變過程，並根據資料追蹤變遷因素，以及推估將來可能發生之事件，做事先之規劃與防範(蕭等 1994)。近些年來，台灣使用遙測資料愈趨普遍，應用領域亦相當廣泛，包括土地利用／覆蓋、海洋探測、海岸環境監測、農作物調查監測、環境保護監測、氣候預測、防救災、地質調查、礦產探勘、工程應用、數位影像製圖、資源資訊系統建立等。

沿海生態系於空間複雜度與時間變異度有極大差異，故監測與研究沿海生態系之生物物理特性與控制過程相當具有挑戰性。再者，沿海生態系之影響遠遠超過區域尺度，於如此大區域中，透過遙測獲取數據是唯一實際可行之方法(Klemas 2009)。近年來有關衛星影像應用於沿海地區變遷之研究，如 Liu *et al.*(2008)探討過去 10 年中國沿海地區耕地流失與建設用地佔用之機制，指出土地利用轉變之主要驅動力，為人口成長與技術進步，推動快速工業化、公共運輸設施建造、鄉村都市化及東部沿海地區農村聚落擴展。Ahmed *et al.*(2009)以 Landsat 衛星影像確認 3 個北非近海瀉湖過去 30 年(1972-2004)期間之重要環境特徵，並分析主要環境變遷原因，認為遙測於偵測與定量近海瀉湖與其鄰近地景之地表覆蓋變遷，為一種極具有潛力之應用方法。Ardli and Wolff(2009)以印尼爪哇之塞加拉阿納克瀉湖(Segara Anakan lagoon)1987 年～2006 年間之 4 幅 SPOT 衛星影像，量化土地利用與覆蓋空間變遷特性，主要變遷原因為來自於內陸河流沉積物淤塞瀉湖，以及紅樹林轉變與資源開發。Kurt *et al.*(2010)以 1987 年與 2007 年之 2 幅 Landsat

衛星影像分析土耳其伊斯坦堡(Istanbul)沿海地區海岸線變遷，指出該期間伊斯坦堡海岸線之長度擴增 32 km。El-Asmar and Hereher(2011)以多光譜掃描儀、Landsat 及 SPOT 感測器獲取之 4 幅衛星影像，評估 1973 年～2007 年間尼羅河三角洲(Nile Delta)沿海地區之時空變遷，結果顯示大約 50% 沿海地帶受到侵蝕，13% 為淤積，而曼扎拉瀉湖(Manzala lagoon)面積估計明顯削減 34.5%，變遷主要為尼羅河洪水之管控與人類活動改變土地利用型態所致。

有關七股海岸變遷之相關研究報告，如簡等(2006)曾針對青山漁港西南航道至頂頭額汕間約 10 km 海岸，進行地形水深測量、潮流波及漂砂調查與分析，探討七股瀉湖沙洲變遷之物理機制與消退原因，並以數值模式與現場試驗方法進行防護工法成效評估，研擬七股瀉湖沙洲保護之對策與方案。林等(2007)曾藉由歷史地圖、航照、衛星影像及地面斷面調查等資料，研究外傘頂洲與網子寮沙洲之地形變遷。方與楊(2007)曾探討臺南地區海岸沙洲之變遷，針對其變遷因素，研擬永續發展策略。洪與林(2008)以網子寮沙洲附近海氣象資料與福衛二號衛星影像，配合地形剖面實測，探討濱線變動與地形變動之動力機制。本研究目的主要以七股沿海地區遙測影像為材料，配合相關圖檔及地面調查資料，進行影像變遷分析，探討該地區沙洲、植被及瀉湖等棲地變遷情況與因素，提供保育決策、規劃與經營管理之參考。

材料與方法

一、研究區環境概況

七股區位在台南市西側之沿海地區，北以將軍溪為界，南至曾文溪(圖 1)，早期為台江內海之一部分，後來因曾文溪改道，內海逐漸

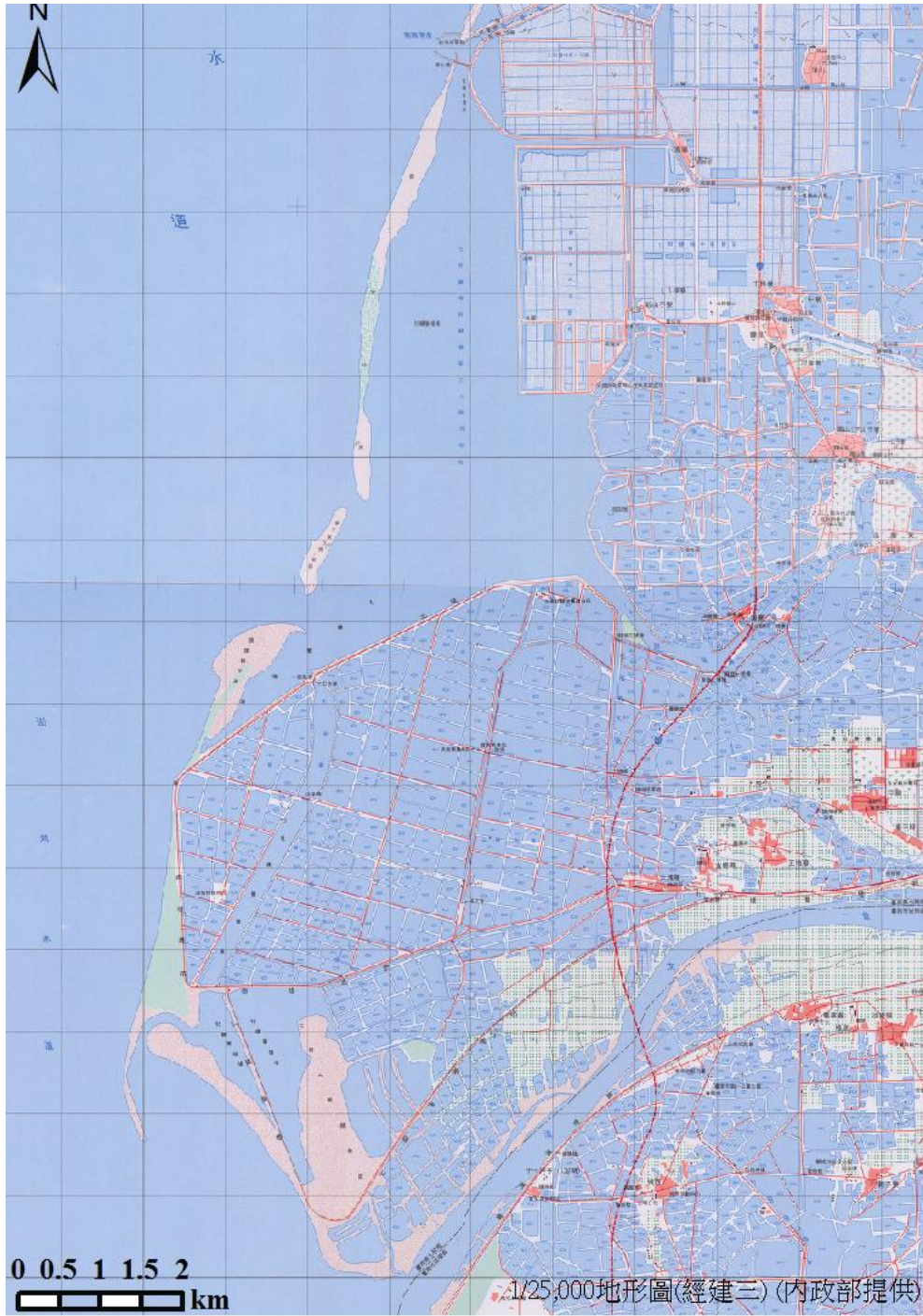


圖 1.七股沿海地區研究範圍圖。

Fig. 1. The study area in the Qigu coastal zone.

陸化而形成陸地。七股沿海主要有網子寮、頂頭額及新浮崙等沙洲屏障，沙洲為抵抗波浪與潮流之第一道防線，避免外海強風大浪直接侵襲內陸。七股瀉湖為台灣最大瀉湖，具高生產力與多樣性之生態環境，漁民們在瀉湖中從事養殖牡蠣與文蛤，以及設置定置網捕魚等行為。七股鹽田已全面廢曬，之後興建台灣鹽業博物館與七股鹽山，當地又有大量魚塭，養殖虱目魚，也形成當地特色，部分成功轉型發展觀光漁村，七股已成為著名觀光景點。此外，七股之紅樹林分布，許多是生長在魚塭堤岸、排水溝堤岸或大排水溝河床中，紅樹林周遭也蘊藏著豐富生機如彈塗魚、各種招潮蟹及貝類等，成為鳥類覓食、築巢或休憩場所。

曾文溪口每年冬季全球瀕臨絕種黑面琵鷺便會從北方飛至該區域附近避寒度冬，成為全世界黑面琵鷺最重要之棲息地，在 2002 年農委會劃定 634 ha「台南縣曾文溪口野生動物重要棲息環境」，其中 300 ha 劃為「台南縣曾文溪口北岸黑面琵鷺野生動物保護區」，以保護其生態資源。尤其，近些年來度冬黑面琵鷺已超過千隻，甚至占全世界一半以上數量，可見其重要性。

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，為定

量離岸沙洲之完整地形與植被之考量，故挑選低潮位影像。影像皆為等級 3 處理之多波段影像，由於影像時間上差異，影像為不同感測器所拍攝，影像之解像力亦不同，SPOT2 為 20 m，而 SPOT5 為 10 m，3 期影像雖然解像力有差異，惟影像皆已作系統改正，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，並將 1994 年影像像元大小重新取樣改以 10 m x 10 m，以套合其它 2 期影像。

(二) 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。

(三) 主要研究工具

主要研究分析軟體為 ERDAS IMAGINE 遙測影像處理系統軟體與 ESRI ArcView 地理資訊系統軟體。

三、研究方法

(一) 影像資料獲取與前處理

向中央大學太空及遙測研究中心購得 1994 年、2004 年及 2010 年等 3 期之法國 SPOT 衛星多波段影像資料，原為文字檔，須先以 ERDAS IMAGINE 進行轉檔、定位、重取樣、鑲嵌及切取等前處理，影像屬性資料詳見表 1。

表 1. 七股沿海地區 SPOT XS 影像之屬性表

Table 1. Sources of SPOT XS imageries for the Qigu coastal zone

Date	Time (a.m.)	Satellite number	Incidence (°)	Orientation (°)	Azimuth (°)	Elevation (°)
3 Jan. 1994	10:55:54	SPOT2	23.7	10.6	159.6	40.6
14 Jan. 2004	11:00:13	SPOT5	29.3	14.4	158.7	41.9
17 Jan. 2010	10:45:00	SPOT5	8.3	13.4	153.5	41.3

(二) 影像套疊分析

將已前處理之前後期影像以 IMAGINE 軟體進行影像重疊分析，將前期影像之第 3 波段(紅外光波段)以藍色與綠色顯示，後期影像以紅色顯示，3 種色調重疊後得到重疊影像，再以 ArcView 軟體進行比對分析判釋地物之變化，繪製變遷區域。所得之重疊影像，基於 Young (1802)提出三原色說之加色混合原理，地覆無變化，顏色呈灰色或黑白調，變遷區域顏色為後期光譜反射值較強之紅色調，或是前期光譜反射值較強之青色調(藍色加綠色混合)。於近紅外光波段，植被、建物與荒地之波譜反射值較高，沙灘與水體較低，紅色調與青色調顏色愈深表示 2 期影像波譜反射值之變化愈大。

(三) 沙洲植被消長分析

分別將 1994 年、2004 年及 2010 年等 3 期影像之第 1、2 及 3 波段以藍色、綠色及紅色顯示，以 ArcView 軟體針對七股溪口、網子寮及頂頭額沙洲上之植被分別進行螢幕數化、計算面積及比對分析。

(四) 七股潟湖面積消長分析

就 1994 年與 2010 年此 2 期影像，以 ArcView 軟體分別進行螢幕數化、計算面積及比對分析。

結果與討論

一、地覆變遷

於 1925 年前曾文海埔地尚未開發，河川上游未興建大型水工構造物，七股沙洲地區獲得充沛漂砂補給，其灘線變遷幅度相當大，沙洲多有向海側方向展延現象；而隨著海埔地開發，以及曾文溪上游水庫與攔河堰興建，沙洲灘線則有往陸側方向後退之情形，由

1966~1989 年期間，沙洲整體之灘線平均共後退約 280 m；而 1994 年青山漁港西南航道防波堤建造完成後，沙洲灘線後退變遷情形相當劇烈，其中於 2000~2005 年期間離岸沙洲之灘線後退約 50~140 m (簡等 2006)。網子寮沙洲原細長狹窄，卻有多次新潮口的形成與閉合，尤其北段前沙丘消失，整個高程下降形成一潮汐灘地，而南段的海岸線也後退百公尺以上，海灘消失，主要為海岸工程結構物建構導致沙洲砂量收支嚴重失衡有關(林等 2007)。網子寮沙洲冬季受由北往南沿岸輸砂、風砂搬運影響往南移動；夏季則受颱風波浪越洗作用影響往東移動，這兩股分力使網子寮沙洲長期以來呈現往東南遷移之現象(洪與林 2008)。綜合以上前人研究，顯示七股沿海之離岸沙洲有逐漸朝內陸方向漂移之趨勢。

本研究由 1994 年與 2004 年此 2 期 SPOT 衛星影像變遷分析，結果發現七股沿海該 10 年間主要變化如下，結果亦顯示離岸沙洲大致朝內陸方向漂移，其中網子寮離岸沙洲朝東與朝南漂移，且新增 1 處潮口(圖 2)，而頂頭額沙洲北段朝南漂移，新浮崙沙洲朝東與朝南漂移變化，原為水域轉變為沙地，呈現紅色調，而原為沙地轉變為水域，則呈現青色調。七股鹽田及魚塢部分區域，原為水域轉變為荒地，呈現紅色調，部分區域原為乾涸引進海水，則呈現青色調。另位於頂頭額沙洲南端即七股西堤堤防西側之防風林消失，轉變為水域，波譜反射值降低，呈現帶狀之青色調。台南縣曾文溪口北岸黑面琵鷺動物保護區之東南與南側，原為沙地被開挖為養殖魚塢，轉變為水域，波譜反射值降低，呈現塊狀之青色調。曾文溪口河床沖刷與堆積變化，呈現青色調與紅色調。

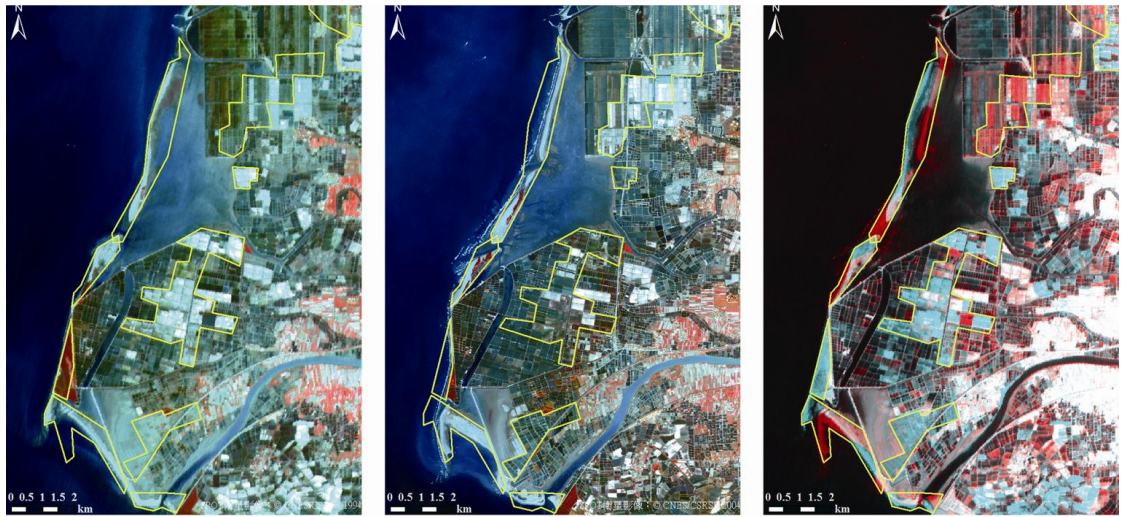


圖 2. 七股沿海地區 1994~2004 年 SPOT 衛星影像。(左：1994 年，中：2004 年，右：重疊)

Fig. 2. Satellite images of the Qigu coastal zone by SPOT 3/2/1 in 1994 (left), 2004 (middle) and the two images overlapped (right).

另由 2004 年與 2010 年此 2 期影像變遷分析，顯示該近 6 年間離岸沙洲仍持續朝內陸方向漂移，其中網子寮離岸沙洲仍朝東與朝南

漂移，潮口位置產生變化，而頂頭額沙洲北段持續朝南漂移，新浮崙沙洲朝東南漂移變化(圖 3)。七股部分鹽田及魚塢由於受降雨及



圖 3. 七股沿海地區 2004~2010 年 SPOT 衛星影像。(左：2004 年，中：2010 年，右：重疊)

Fig. 3. Satellite images of the Qigu coastal zone by SPOT 3/2/1 in 2004 (left), 2010 (middle) and the two images overlapped (right).

其作業過程而呈現變化。至於曾文溪口應是受莫拉克颱風帶來豪雨，造成河床多處有沖刷現象，原為沙地或旱作地轉變為水域，呈現青色調。

陳與張(2003)曾以經過率定曲線法之統計分析與檢定修正，推估曾文溪主流下游與主要支流後崛溪、菜寮溪歷年輸沙量，結果顯示曾文水庫興建前，主流下游年平均輸沙量為 1,480 萬噸，建庫後降為 965 萬噸，較建庫前減少 515 萬噸，約減少 35%。其中，除水庫年平均淤積量 570 萬噸外，菜寮溪年平均減少 360 萬噸，亦是造成主流下游輸沙量減少之主要原因，輸沙量減少勢必影響離岸沙洲沙量收支之動態平衡，故離岸沙洲消失應與上游河川輸沙量減少有關。由於海岸地區海埔地開發、海岸結構物興建，改變近岸潮波流特性及海岸漂沙平衡機制，加上海岸沙源供給量短缺情形下，西南海岸多處已呈現侵蝕現象。

二、沙洲植被消長

由於所挑選 1994 年、2004 年及 2010 年等 3 期影像之拍攝時間間隔較長，分別為 10 年與 6 年，且沙洲植被為獨立區塊，種類簡單，易清楚看出其間之變化，再者將影像之第 1、2 及 3 波段分別以藍色、綠色及紅色顯示，影像上植被呈現紅色調，乾燥沙地呈現淡青色調，而潮濕沙地呈現灰

綠色調，三者以肉眼即可區分，故直接進行螢幕數化。

七股沿海沙洲植被之消長情形分析區域如圖 4，各區域面積變化結果如表 2，七股溪



圖 4. 七股沿海重要區域植被消長情形分析區域。(V1：七股溪口，V2：網子寮沙洲北段，V3：網子寮沙洲南段，V4：頂頭額沙洲北段，V5：頂頭額沙洲南段)

Fig. 4. Satellite images showing the areas of vegetation change analysis in the Qigu coastal zone. V1: Qigu Estuary, V2: northern Wangziliao sandbar, V3:southern Wangziliao sandbar, V4:northern Dingtou'e sandbar and V5:southern Dingtou'e sandbar.

表 2. 七股沿海地區 1994~2010 年植被面積變化矩陣表

Table 2. A change matrix of vegetation areas (ha) in the Qigu coastal zone from 1994 to 2010

Vegetation	1994	2004	2010
V1	6.2	6.2	5.1
V2	14.4	0.0	0.0
V3	4.2	8.2	14.8
V4	8.5	12.8	3.7
V5	87.8	22.6	7.3

口生長於河道之紅樹林原先主要有 3 塊，1994 年面積合計有 6.2 ha，於 2008 年時被認為會影響七股溪排水順暢之虞，挖除上游段 2 塊紅樹林，2010 年僅剩 1 塊紅樹林之面積為 5.1 ha (圖 5-V1)。網子寮沙洲北段於 1994 年時原生長有 14.4 ha 植被，於 2004 年影像即消失(圖 5-V2)；南段沙洲上防風林則持續進行造林，防風林面積逐漸增加，1994 年為 4.2 ha，2004 年增為 8.2 ha，至 2010 年則增為 14.8 ha(圖 5-V3)。頂頭額沙洲北段之防風林面積，1994 年時有 8.5 ha，2004 年增為 12.8 ha，至 2010 年卻降為 3.7 ha(圖 5-V4)，殆此期間沙洲遭侵蝕所致。另位於頂頭額沙洲南段即七股西堤堤防西側之防風林則不斷地遭侵蝕而消失，1994 年面積高達 87.8 ha，2004 年降為 22.6 ha，至 2010 年僅剩 7.3 ha(圖 5-V5)。

三、七股瀉湖面積消長

七股瀉湖除於網子寮汕東側、瀉湖南北 2 個潮口、七股溪口與大寮大排水溝附近水域較深外，其餘水域之水深大致皆小於 1 m (簡等 2006)。關於七股瀉湖邊界之界定，其東側與南側可明確以堤防為界，西側為離岸沙洲較不易

界定，一般應以滿潮時水體所覆蓋區域為界，惟配合滿潮潮位之清晰影像攝取不易，且本研究當初考量以能見到離岸沙洲之完整地形與植被之定量，故挑選低潮位影像，遂以通常不為水體所浸潤，而於影像上呈現亮色調之乾燥沙地為界。七股瀉湖面積消長分析結果如圖 6，由 1994 年影像瀉湖面積量測約為 1,300 ha，至 2010 年瀉湖面積為 1,050 ha，面積減少 250 ha(19%)，主要是由於網子寮沙洲北段朝內陸方向漂移所形成，結果顯示離岸沙洲逐漸朝內陸靠近，加上瀉湖泥沙經年累月淤積，造成瀉湖水域逐漸消失。

北門與七股瀉湖外海沙洲，近年來更由於颱風侵襲西海岸頻繁，沙洲規模有變遷消退加快之趨勢，多處沙洲之脊線高度明顯降低，沙灘急遽向內陸消退，且部分段幾近於平均海水面，更使得防風林地受浸海水而死亡(蘇與彭 2010)。台南海岸地區之變遷，除象徵地理變化，同時意味人為影響生態環境改變，人類活動不僅造成河流改道縮減，同時造成沙洲消退(方與楊 2007)。綜合以上前人與本研究結果，影響本研究區地景變遷之自然驅動力主要包括沿岸流、波浪、東北季風及颱風等，主要藉

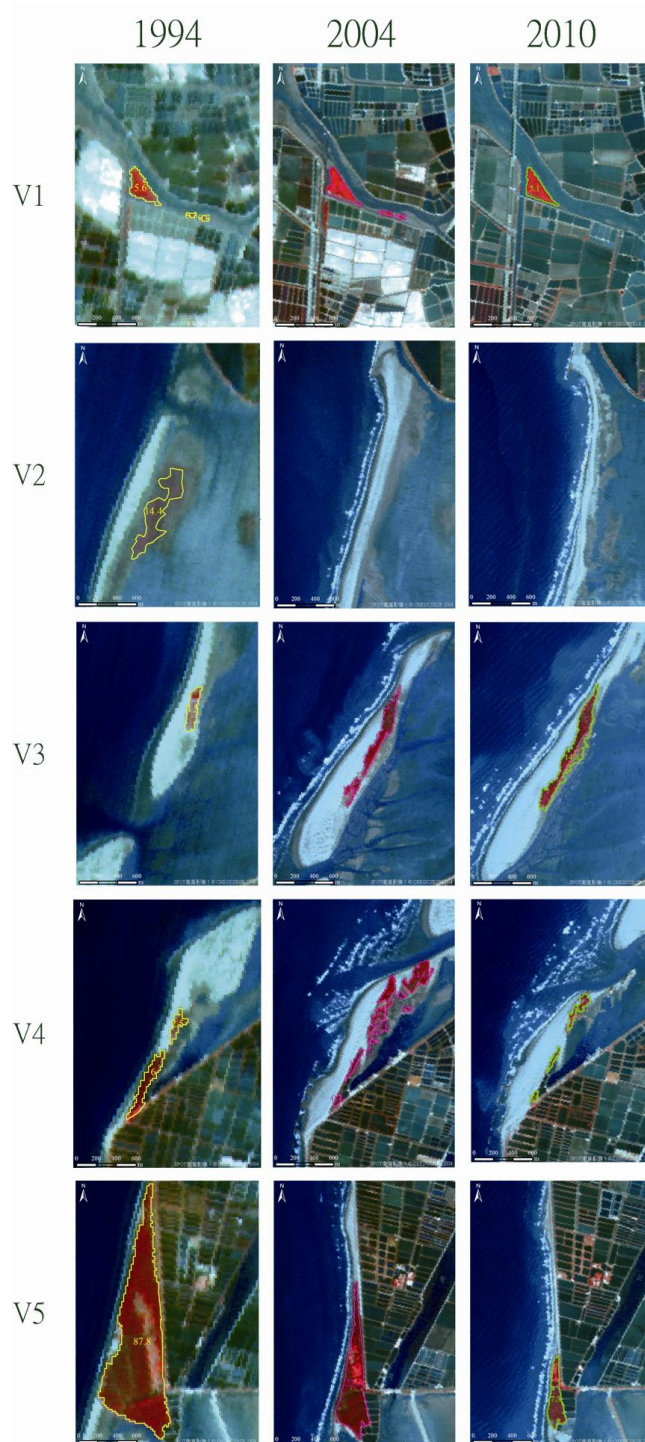


圖 5. 七股沿海重要區域植被消長情形。

Fig. 5. Satellite images showing the changes in coastal vegetation in the Qigu coastal zone.

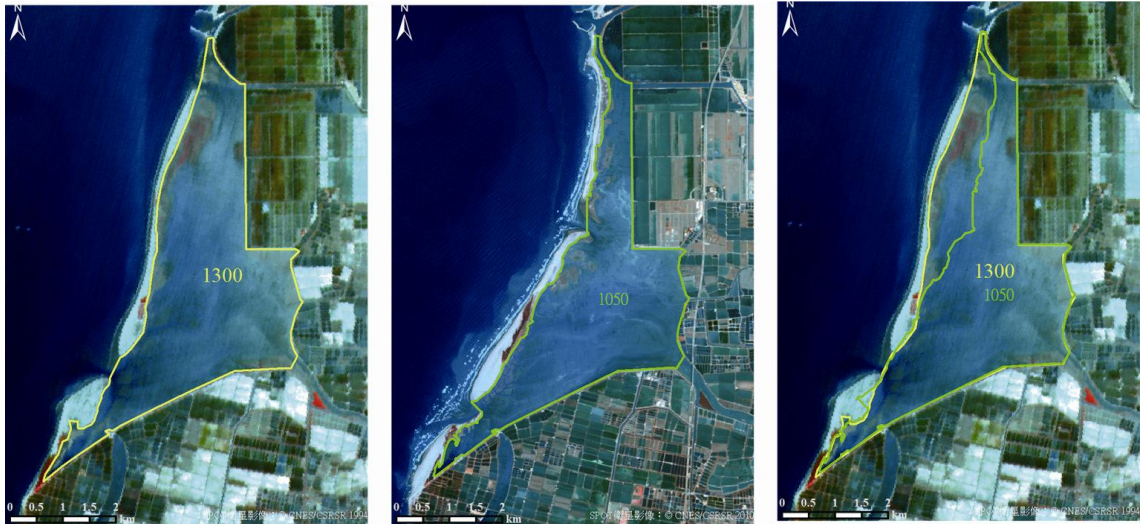


圖 6. 七股潟湖面積變化（左：1994 年，中：2010 年，右：重疊。）

Fig. 6. Satellite images showing the changes of the area at the Qigu lagoon by SPOT 3/2/1 in 1994 (left), 2010 (middle) and the two area shapes overlapped (right).

由輸沙、風沙搬運、越洗等作用，影響沙洲漂移、海岸沖淤、防風林及潟湖消長之變化趨勢；人為驅動力則包括河海工程結構物影響沙洲砂量收支平衡，造林則與植被之消長有關。離岸沙洲朝內陸漂移，使得沙洲靠海側產生侵蝕，原有防風林傾倒枯死，而原護堤植被遭沙埋覆蓋，棲地型態改變，會導致生物死亡或遷移，改變原來生物相，造成物種組成與結構產生變化。此外潟湖淤積變淺面積縮減，其生物承載量勢必降低，影響食物鏈，生物族群消長變化，進而影響整個生態系。

結論與建議

由前人與本研究衛星影像變遷分析結果顯示，七股沿海離岸沙洲有朝東南方向漂移趨

勢，殆與沙源補充、沿岸流、波浪及東北季風等因子有關，造成海岸嚴重侵蝕，而七股潟湖則由於離岸沙洲朝內陸方向漂移，加上潟湖泥沙淤積，造成潟湖水域面積減少，至於七股西堤堤防西側之防風林面積亦不斷地縮減，甚至可能完全消失，亟需積極進行各種固堤與護沙措施，而固堤與護沙之措施不應一味仰賴剛性之工程結構物作為防堵，不但破壞美觀，有時反而適得其反，加劇侵蝕作用，除考量適地植被進行固沙與造林外，更有必要思考配合疏導方式如兼具滯洪與保育之多功能溼地。此外，更重要應考量如何補充沙源，解決下游河段輸沙量減少問題，台灣河川輸沙多淤積於中上游河段，多到甚至欲開放外銷，宜設法輸運至下游河段，以解決海岸侵蝕問題。

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，中央大學太空及遙測研究中心、行政院主計處、康訊科技公司等單位提供相關圖檔資料，同仁詹小姐雅祺、黃小姐詩晴及沈先生明晃協助野外勘查或資料之蒐集整理，以及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

- 蘇煥智、彭紹博。2010。治水新思維--台南縣治水政策白皮書。余紀忠文教基金會及台南縣政府。
- 方偉達、楊孟潭。2007。臺南地區海岸變遷與永續發展策略。2007。土地研究學術研討會-城鄉治理與永續發展論文集。臺北大學不動產與城鄉環境學系編印。
- 林宗儀、羅毓芳、洪敬媛。2007。台灣西南部海岸沙洲島的地形變遷：第二十九屆海洋工程研討會論文集 433-438。
- 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。
- 洪敬媛、林宗儀。2008。台南網子寮沙洲近期地形變動：第三十屆海洋工程研討會論文集 505-510。
- 陳翰霖、張瑞津。2003。曾文水庫對流量和輸沙量的影響。地理研究報告 39：37-53。
- 簡仲和、郭晉安、黃建維、蔡宗利、陳嘉君、廖彩文、葉美蘭、黃俊維、曾鈺蘋。2006。七股潟湖保護對策研究(2/2)。經濟部水利署第六河川局。
- 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。
- Ahmed, M. H., B. M. El Leithy, J. R. Thompson, R. J. Flower, M. Ramdani, F. Ayache and S. M. Hassan. 2009. Application of remote sensing to site characterization and environmental change analysis of North African coastal lagoons. *Hydrobiologia* 622:147-171.
- Ardli, E. R. and M. Wolff. 2009. Land use and land cover change affecting habitat distribution in the Segara Anakan lagoon, Java, Indonesia. *Regional Environmental Change* 9:235-243.
- El-Asmar, H. M. and M. E. Hereher. 2011. Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing. *Environmental Earth Sciences* 62(4):769-777. doi:10.1007/s12665-010-0564-9.
- Klemas, V. 2009. Sensors and Techniques for Observing Coastal Ecosystems. *In: Remote Sensing and Geospatial Technologies for Coastal Ecosystem Assessment and Management*, X. Yang (Editor). Springer-Verlag, Berlin.
- Kurt, S., A. Karaburun and A. Demirci. 2010. Coastline changes in Istanbul between 1987 and 2007. *Scientific Research and Essays* 5(19):3009-3017.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1994. Remote sensing and image interpretation. 3rd ed., John Wiley and Sons, New York.
- Liu, Y. S., L. J. Wang and H. L. Long. 2008. Spatio-temporal analysis of land-use conversion in the eastern coastal China during 1996-2005.

Journal of Geographical Sciences 18(3):
274–282. doi:10.1007/s11442-008-0274-3.

Young, T. 1802. The Bakerian lecture: On the
theory of light and colours. Phil. Trans. R.
Soc. Lond. 92, 12–48. doi:10.1098/rstl.
1802.0004.

