

惠 文 設 計 印 刷 TEL: 02-2311586 • FAX: 02-23117018	校對文稿專用章		簽章：
	100年	一校 <input type="checkbox"/> 二校 <input type="checkbox"/> (3)校 <input checked="" type="checkbox"/>	
	4月	請仔細校對簽名確認： <input type="checkbox"/> 須再校對 <input type="checkbox"/> 即可印刷	
	26日	印刷(抽印本)數量： 本	

桃園海岸林分發展與地形變遷之關聯性研究 (1978~2004)

莊永忠¹ 林雪美² 沈淑敏³ 廖學誠⁴

論文收件日期：98年11月12日

論文接受日期：99年11月20日

摘 要

海岸林分發展與環境變遷息息相關，地形即為重要影響因子之一。本研究透過地理資訊圖層套疊呈現1978~2004年間桃園海岸林分空間分布變化，探討其與地形變遷之關聯性，並對照林務局歷年保安林總成圖層分析造林地規劃之適宜性。結果顯示桃園海岸之林分在二十六年間因濱線內移致使林分前緣持續後退，其中又以草漯海濱、觀音工業區外濱海位置（富林溪口至大堀溪口，海湖底與樹林子）、以及觀音溪口至小飯瀝溪口段最為嚴重。而沙丘後退內移，以及沙丘位置之林木生長條件不佳亦造成林分受害，致使林帶寬度大為縮減，因而大幅降低林分阻隔飛沙與固定沙丘之能力。而對照林務局歷年保安林造林台帳圖後，亦發現許多保安林邊界已不符合近年海岸變遷與林分發展趨勢，應視目前情況進行擴編或解除，以利當地長期之林分發展。

關鍵詞：地形變遷、沙丘、保安林、桃園海岸

¹博士後研究員，英屬哥倫比亞大學地理學系，通訊作者。

TEL：1-604-7151958，E-mail：matthew.chuang@geog.ubc.ca。

²教授，國立臺灣師範大學地理學系。

³副教授，國立臺灣師範大學地理學系。

⁴教授，國立臺灣師範大學地理學系。

A Study of the Relationship between Stand Development and Coastal Morphology Change in Tao-Yuan Coast (1978~2004)

Abstract

Forest stand development in coastal region is highly related to environmental change. Morphology is one of the most important factors. This research analyzed the spatial distribution change of coastal stand in Tao-Yuan coastal from 1978 to 2004, and tried to find the relationship between morphology changing and stand development by using map overlay on GIS platform. Cadastral map of coastal protection forests was also used to examine the suitability of location planning. The results showed the forest stand of Tao-Yuan Coast have been withdrawing in 26 years due to the shoreline retreat, especially in the seacoast of Tsao-Ta and Guan-Ying Industrial Park, and the estuary of Guan-Ying River and Sao-Fan-Li River. The retreating sand dune and the bad conditions of habitats were also found as a reason to cause the vanishing forests with lower ability for dust prevention and sand dune fixation. Besides, as the boundaries of protection forest were not with the trend of stand development and coastal morphology change, it is necessary to take the proper act for boundaries modification of protection forests.

Keywords: Morphology Change, Protection Forest, Sand Dune, Tao-Yuan Coast.

¹ Postdoctoral Fellow, Department of Geography, The University of British Columbia. Corresponding Author. TEL: 1-604-7151958, E-mail: matthew.chuang@geog.ubc.ca.

² Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

³ Associate Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

⁴ Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University.

一、前 言

臺灣屬海島地形，且位於西太平洋季風區域，沿海地區常受西南氣流及東北季風影響，尤其西北部海岸常受季風、颱風、烈日高溫與鹽霧侵襲，影響沿岸自然環境與農作發展甚鉅。也因此自日治時代起，臺灣各地即開始於海岸地帶種植森林以防範相關災害。此林分狹義上代表近岸之保安林，廣義則包括海岸地區農田與濱海工業區之防風綠帶（陳財輝等，2004）。早期臺灣海岸地區林分除原生之天然林外，多以保護農業為目的所建造者居多，其利用形態係沿著濱線留存帶狀林帶作為防災或屏障效能，林份間空地則作為耕地使用（陳財輝，2008）。以防風林而言，其功能上可阻擋風之直接侵襲並降低風速，阻隔過濾飛砂與海水鹽份，使林後之農田、植物與建築物能夠受到保護（盛志澄、康翰，1961；江永哲，1987），且能改善沿海地區之微氣候，除減少林帶後端土地之溫度變化外，亦對於保持土壤水份與抑制土壤鹽化具有極大幫助，故自二十世紀初迄今，海岸造林一直為臺灣經營海岸環境之重要工作之一。以桃園海岸為例，林務局保安林造林資料顯示當地自1947年起大量種植木麻黃防風林，1982年後始以木麻黃與黃槿混植，1997年起則混合木麻黃、黃槿、林投與少數闊葉樹種進行補植，並於2001年起採複層林栽種造林，第一線主要為耐風抗鹽霧之木麻黃與黃槿；防風林內緣與道路周邊林帶則為白水木、白千層、海欖果及林投等樹種；於海岸沙丘部分更以草海桐、狼尾草、貓鼠刺、蟛蜞菊等植生進行定沙工程。其中木麻黃因具耐旱、耐鹽、抗潮、抗風且生長迅速之特性，故目前臺灣海岸之防風林與保安林多採用其作為造林樹種，其比例佔全省海岸防風林面積75%（羅紹麟，1983），可見其重要性。

然而海岸之林分發展除自身之演替更新外（陳財輝等，1990），極易受氣候、濱線變遷、土地覆蓋變遷、工業區設置與濱海開發工程等自然與人為因子直接或間接作用影響而產生分布變化。例如颱風引發之海岸前線侵蝕，以及飛砂與潮害即對海岸林造成嚴重危害（陳財輝，2009）；海風帶來之海岸鹽沫亦會造成植物生理上之逆壓，降低其生長能力（郭寶章，1993）；又如桃園竹圍漁港及永安漁港之人為擴建即嚴重危害當地之海岸林（吳哲榮、吳啟南，2003）；國際上因海岸工業區發展而造成之溢油或汙染事件也是破壞海岸林之重要元凶（陳宜清、歐陽良炯，2007）。上述案例中又以地形變遷為重要因子，因地形會直接影響海岸林分之生長區位與生長種類，濱線前進或後退則關係到海岸林生育地的縮減與否，而地形緩陡限制亦會直接影響海岸之人為開發，也因此臺灣東部岩岸之海岸林受人為影響程度明顯較低。而臺灣西部之海岸多為平緩之沙岸，在面對各項發展需求下，海岸開發

無法避免，以堤防、港口、消波塊、海埔地及排水道等構成之人工海岸線在過去數十年來持續增加，故海岸林所受到之衝擊亦十分顯著。另一方面，前人研究報告多著重於防風林與環境因子間之研究，但缺乏空間資訊之呈現分析。鑒於此，本研究即以海岸地形變遷為出發點，取1978~2004年臺灣西部桃園海岸為研究對象，依序探討：（1）海岸林分空間變遷趨勢；（2）濱線、沙丘變遷與海岸林分空間變化之關聯性；（3）保安林造林地之空間適切性，並提出經營管理之建議。

二、研究區與研究方法

（一）研究區介紹

本研究選定桃園縣觀音鄉與大園鄉境內位於老街溪與小飯瀝溪間之海岸地區做為研究區（圖1），其範圍包含大潭村、觀音村、白玉村、廣興村、富林村、樹林村、草漯村、北港村、南港村，面積約55.07 km²。選定此研究區之原因主要為該區涵蓋沙岸、緩丘與海岸沙丘與內陸沙丘等多樣地形。全區大致平緩，高程介於0 m至73 m間，海岸類型屬砂質海灘，海岸線平直且海底平淺，退潮時寬廣沙灘及沙洲出露，僅各河口附近有濱線凹入或瀉湖地形，海岸組成物質以沙礫及珊瑚礁為主，退潮時局部露出珊瑚礁及藻礁，尤以觀音海水浴場南側最為典型。觀音鄉海岸段（觀音溪口、觀塘工業區與大潭電廠）於2001~2004年間則有連續性之人工海岸結構物興建，故海岸線向外延展變化量較大。水系方面則有老街溪、富林溪、樹林溪、大堀溪、觀音溪與小飯瀝溪等溪流流經研究區，各自形成單獨入海之小流域。土地利用方面，除自日治時期開始種植之大面積海岸林、當地居民與1965年石門水庫淹沒區遷移至此之居民所屯墾之農地與建地外，觀音工業區與大園工業區亦佔極廣之面積比例。

另一方面，因濱線和盛行季風風向平行，且老街溪與大堀溪等溪輸砂豐富，故於其上形成連綿之沿岸沙丘，其中又以草漯沙丘群規模最大（圖2），分布於大園西方到觀音白沙屯一帶，寬度約1 km至3 km間（楊美萍，2004），其位於老街溪以南之許厝港至大堀溪之白玉村一帶，東西長約8 km，飛沙面積27 km²，具丘狀地形起伏之面積則有3.9 km²，沙丘形態有平行沙丘與垂直沙丘，其中垂直沙丘大致為數個新月形沙丘縱向排列，與西部新苗海岸的後龍沙丘群、臺南臺地沙丘群等同為臺灣沙丘規模較大者（林朝棨，1957）。在沙丘細部形態方面，因外側沙丘迎風面常遭刮蝕，故造成風蝕窪地、風蝕溝、風蝕吹穿、櫛齒丘（comblike dune）及零落的

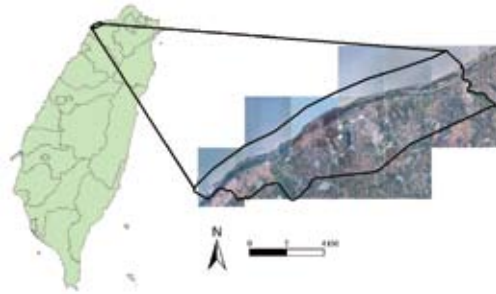


圖1 研究區位置圖

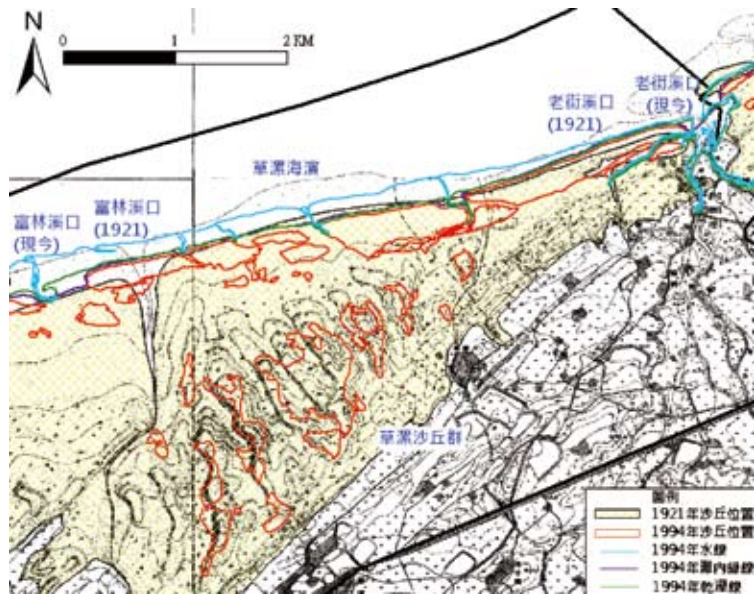


圖2 1921年臺灣地形圖與1994年第三版像片基本圖沙丘分布範圍

殘蝕沙丘 (remnant dunes) 散布之風蝕地貌 (張政亮, 1995)。而本研究於現場調查過程中發現, 研究區內之草漯海濱、海湖底至觀音溪口位置多呈現複層沙丘之形態, 鄰近灘內緣線為少量植被與沙籬覆蓋之活動性裸露沙丘, 內部則多為由木麻黃覆蓋之穩定沙丘。

(二) 研究方法

本研究主要應用地理資訊系統呈現1978~2004年間不同時期之林分分布、濱線位置與沙丘位置, 並應用圖層套疊分析桃園海岸林分發展與地形變遷之空間關聯性, 茲概述圖資生產與研究方法如下:

1. 林分圖層生產

本研究首先針對研究區範圍內不同時期之林分位置進行圖層生產，以農委會農林航空測量所拍攝之1978年第一版套色版像片基本圖、1994年第三版套色版像片基本圖、2002年正射影像，以及2004年第四版套色版像片基本圖為參考依據，於1/1,500比例尺下，透過ArcGIS 9.2進行海岸林向量圖層數化作業，數化判別標準為圈選出研究區濱海範圍內，像片基本圖上標有「木麻黃」「闊葉林」，或由正射影像與基本圖之顏色、質地與圖徵形狀判別其樹種（例如：木麻黃、黃槿或混合林）。而在獲得研究區四時期之海岸林分布位置圖後，本研究即可以地理資訊系統軟體進行圖層套疊，並對照濱線、沙丘與林務局歷年保安林造林台帳圖進行關聯性分析。

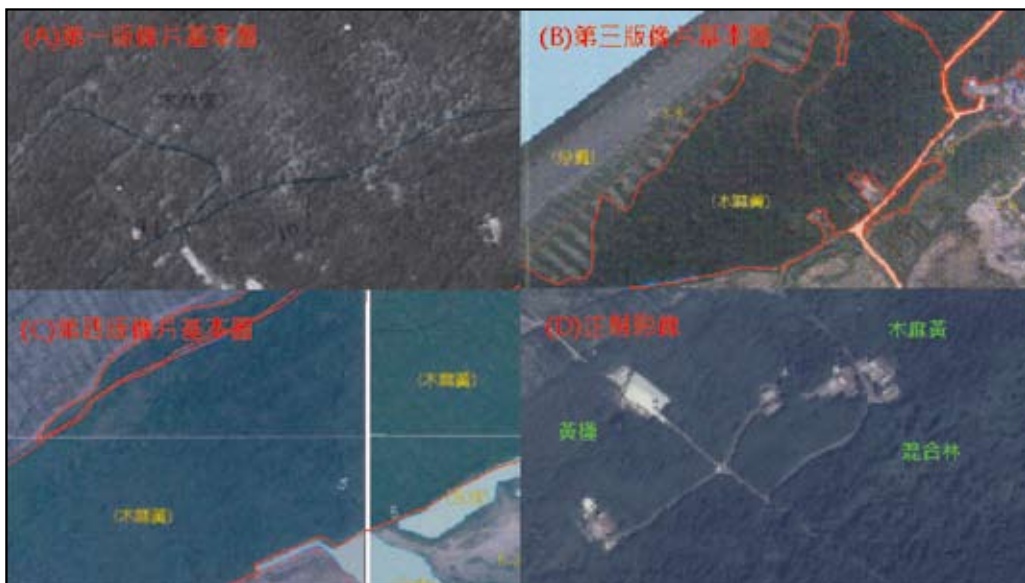


圖3 於像片基本圖與正射影像數化林分之判釋標準

2. 濱線與沙丘變遷繪製

而在地形特徵之萃取上，本研究以濱線與沙丘做為指標地形，以1/1,500比例尺進行繪製，透過ArcGIS 9.2之Editor模組進行向量檔數化作業。濱線在地形上之意義可視為海水與陸地交界之處，依定義不同主要分為水線、乾濕線與灘內緣線3種，其中水線繪製主要依據1978年第一版套色版像片基本圖、1994年第三版套色版像片基本圖，以及2004年第四版套色版像片基本圖所定義之海灘最外緣線（圖4）。

但由於各版像片基本圖拍攝時之潮位資料與套色依據各有不同，故本研究僅將水線做為參考用途。乾濕線則依據像片基本圖乾沙與濕沙分界繪製，此線一般可視為當日拍攝前所經過之前一次最高潮位，而桃園海岸潮汐屬於半日潮，故乾濕線位置變動差異較全日潮為小，可做為穩定參考指標之價值較高。至於灘內緣線部份，本研究繪製之比對標準則依據像片基本圖之：（1）5 m等高線；（2）植物線（固定叢生之灌木林，以及在圖上註明為木麻黃區域之前緣）；（3）人工結構物（堤防、道路、水田、魚池、建物），並以整體分布連續性為考量進行數化。

在沙丘判釋之部份，本研究依據1978年第一版套色版像片基本圖、1994年第三版套色版像片基本圖，以及2004年第四版套色版像片基本圖，以前述之灘內緣線為起始線，向內依序參考：（1）大於5 m，與鄰近平坦地高程差異大於2 m，且等高線成環狀向中心高起分布者；（2）土地覆蓋為裸露地、沙地與具孔隙之林分者兩條件繪製沙丘覆蓋範圍。

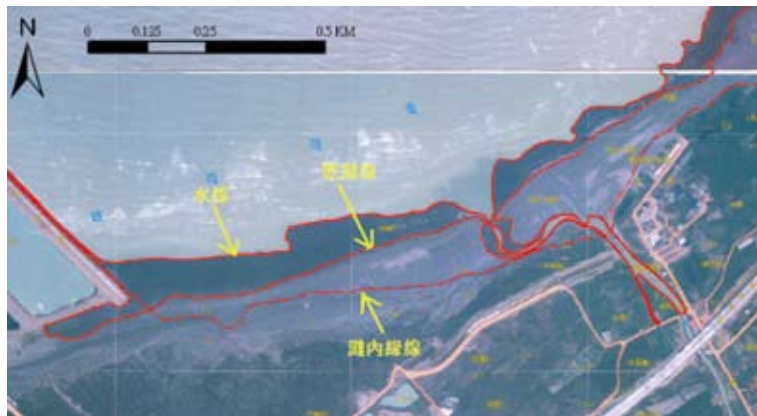


圖4 各版像片基本圖濱線判釋數化標準

3. 各年度圖層套疊與變遷分析

在建置研究區內各類圖層後，本研究即可針對不同時期之林分空間分布圖層，或同時期之林分、濱線與沙丘圖層進行套疊分析。此除可比較歷年林分變遷外，亦可透過不同類型圖層之空間分布分析其關聯性。在同類型圖層之差異比較上，由於僅透過向量圖層套疊將難以定義其變化量，故本研究分別將1978年、1994年、2002年與2004年之向量格式林分空間分布圖層，轉換為具相同座標系統與解析度之網格式圖層，如此將兩時期之圖層相減時，即可清楚呈現：（1）減少範圍；（2）未更動範圍；（3）新增範圍，並有利於量化呈現變動程度。

4. 保安林造林地之空間適切性

在分析桃園海岸林分發展與地形變遷之關聯性後，本研究更進一步將林分分布圖套疊林務局保安林造林台帳圖，以比較各時期保安林範圍劃設之適切性。因保安林造林台帳圖為歷年造林地之總成，故無法針對個別時期之造林成效進行檢視，但將保安林造林地範圍套疊地形變遷與各時期林分位置，仍有助於以地形觀點探討桃園海岸保安林擴編或解除之必要性。

三、研究結果與討論

(一) 1978～2004年桃園海岸濱線與沙丘之變遷趨勢

在分析1978～2004年間桃園海岸林分發展與地形變遷之關聯性之前，必須先針對本研究所選取之指標地形（濱線、沙丘）變遷趨勢進行歸納。本研究分別以水線、乾濕線與灘內緣線進行濱線變遷比較。在水線繪製方面，由於各套色版像片基本圖其水線定義不一，故本研究僅將此水線變遷視為參考。但吾人仍可發現自1978～2004年，在老街溪口、草漯海濱與觀音溪口等三處位置，因海岸位置與東北季風夾角較大，易將灘沙向內陸吹襲，且優勢沿岸流呈現北北東之方向，故在兩者之影響下而有明顯且一致之水線侵蝕後退。在乾濕線部分，由圖5可發現1978～2004年研究區全域之乾溼線整體為後退趨勢，與水線變遷一致，僅在大堀溪口有少量前移，至於觀音工業區外濱海區域則具有最顯著之侵蝕後退。灘內緣線於1978～2004年間則大致呈現侵蝕後退狀態，尤其以草漯海濱與大堀溪口後退最為明顯，其可能原因為草漯海濱受東北季風與波浪侵襲影響（現地考察發現當地高潮線之位置即可鄰近沙丘崖腳），以及大堀溪口輸沙量變化所造成。

歸納1978～2004年間桃園海岸之濱線變遷，顯示不論水線、乾濕線或灘內緣線均大致呈現整體侵蝕後退狀態，僅在大堀溪口、大潭與塘尾有些微進夷現象，其中大堀溪口進夷主要為河口輸沙所造成；而觀音溪口至小飯瀝溪口之海岸，則因大潭發電廠與觀塘工業區開發所興建之人工防坡堤，而使濱線向外擴展。

在沙丘變遷部分，本研究發現老街溪口與草漯海濱位置，於1978年呈現多數沙丘分布，但沙丘前緣與海灘受到外營力侵蝕，至2004年其結構已被破壞（圖6），海灘與沙丘之沙經由東北季風吹襲逐漸向內陸移動，此現象可透過灘面散落之碉堡及半倒之瞭望台證實（碉堡位置即為原沙丘位置，後因沙丘後退而出露）。而造成碉堡等人工結構物位移之原因，應為季風與潮流等外營力在該時期超越地形改變之

門檻值，而將此段沙丘地形破壞，造成沙丘高程降低與大量沙灘消失，亦造成全段高程下降趨勢明顯。

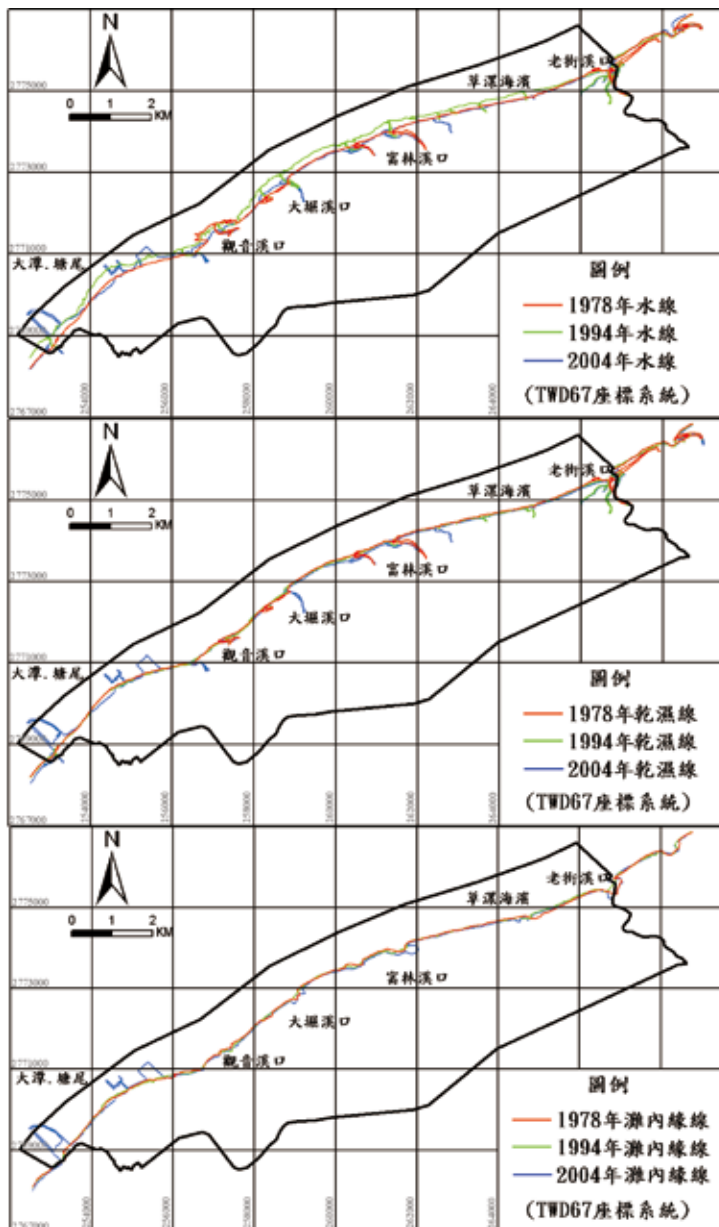


圖5 各時期濱線位置：(A) 水線；(B) 乾濕線；(C) 灘內緣線

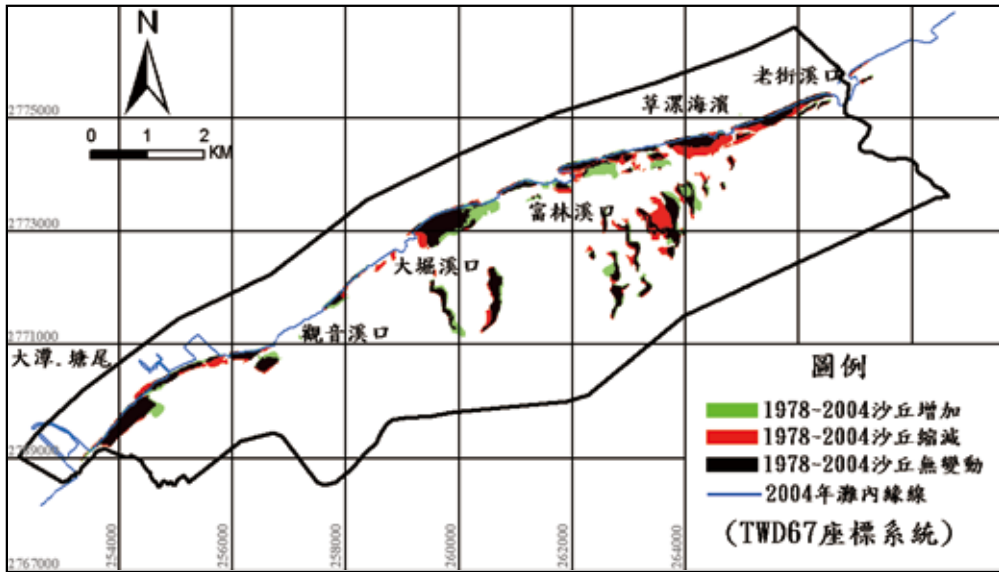


圖6 1978~2004年之沙丘分布變遷

(二) 桃園海岸林分發展趨勢及其與地形變遷之關聯性

在歸納1978~2004年桃園海岸之地形變遷趨勢後，本研究即可對應各時期林分空間分布資料進行關聯性比較。在林分發展方面，首先透過總面積與區塊個數了解1978~2004年間之林地面積變化與破碎化程度。表1顯示1978~1994年約十五年之時間內，林分之總面積有顯著之成長（增加169 ha），且不論在最大區塊面積與區塊連續性方面均有增加之趨勢。原因為1978年林分分布多為寬度較窄之林帶，各林帶中間夾雜水稻田與旱田，故雖然林分分布範圍廣闊，然而實質面積較小；且雖15年來濱線持續後退導致部份前緣林分向內退縮（圖7紅色部分），但林分位置整體向後延伸（圖7），符合該時期工作站於原有林帶後側大量混植木麻黃、黃槿、林投與少數闊葉樹之造林記錄；且研究區內濱海區域與現今觀音工業區位置之水稻田與旱田，於該時期大量減小或消失（主要轉變為林地或建地），因而使林地範圍之連續性增加。而1994~2002年間海岸林前緣因濱線繼續後退而進一步縮減，林帶後緣則受連接工業區之道路開闢影響而受害，林分面積減少約174 ha（主要減少區域為草漯沙丘群分布範圍與觀音工業區外濱海側），且整體分布破碎化（圖8）。以地景生態學而言，區塊破碎往往代表該時期內該區域受人為或自然干擾之程度明顯增加（Millington et al., 2003），而越破碎之區塊其受外在干擾程度則會越大，且區塊間距離增加亦會造成動植物基因傳遞上之困難度，故對多樣性亦有傷害（Roy

and Tomar, 2000；Vucetich and Waite, 1998；With and King, 1999），顯示在1978~1994年雖然林分面積增加，但1994~2002年間反而有退化趨勢。至於2002年至2004年兩年間之海岸林面積與區塊個數變化則不大，但總面積上則因富林溪沿岸綠帶之建立而有微幅增加趨勢（圖9、表1）。總體而言，林分發展在緊臨濱線部分為持續後退趨勢，在越內陸部分則受地形變遷影響越小，主要取決於人為土地利用模式。

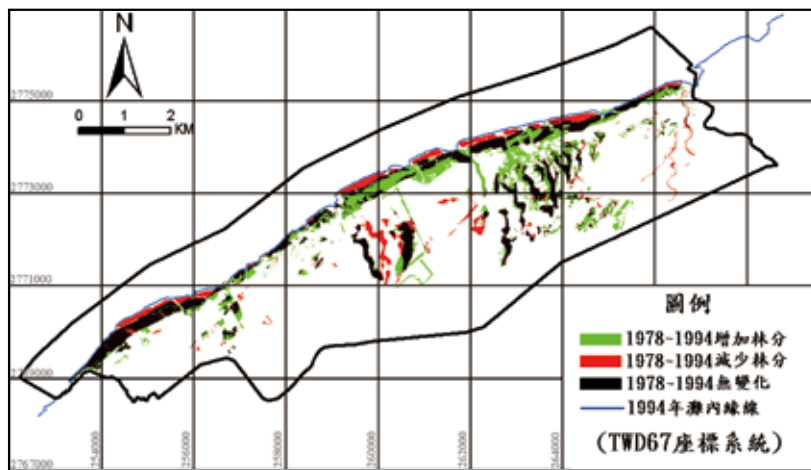


圖7 1978~1994年之林分變遷

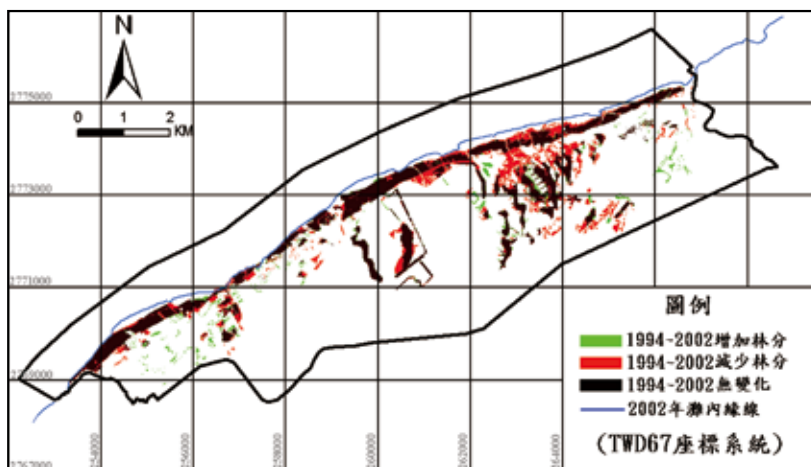


圖8 1994~2002年之林分變遷

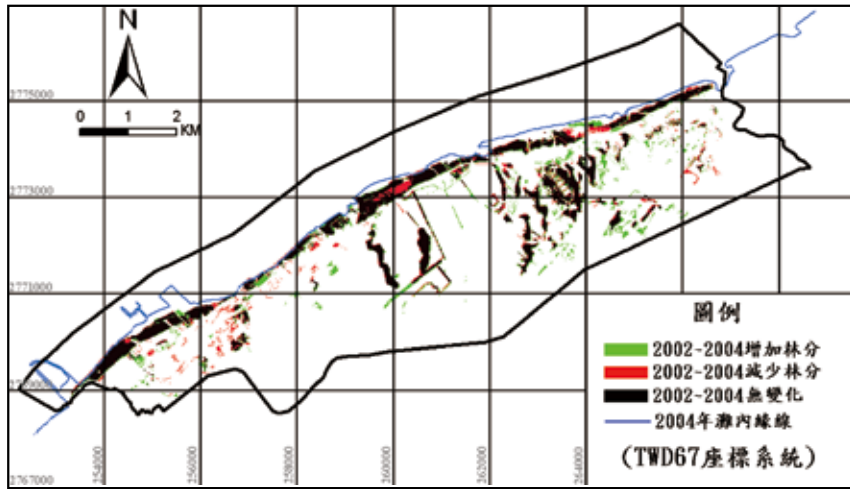


圖9 2002~2004年之林分變遷

表1 各時期桃園海岸林分之區塊個數與面積

年份日期	圖名	總面積 (ha)	平均區塊 面積 (ha)	最大區塊 面積 (ha)	最小區塊 面積 (ha)	區塊 個數 (個)
1978年	第一版像片 基本圖	505.7	2.19	34.39	0.022	231
1994年	第三版像片 基本圖	674.7	3.36	64.16	0.006	201
2002年	正射影像	500.3	1.02	39.21	0.002	490
2004年	第四版像片 基本圖	539.9	1.08	28.01	0.002	500

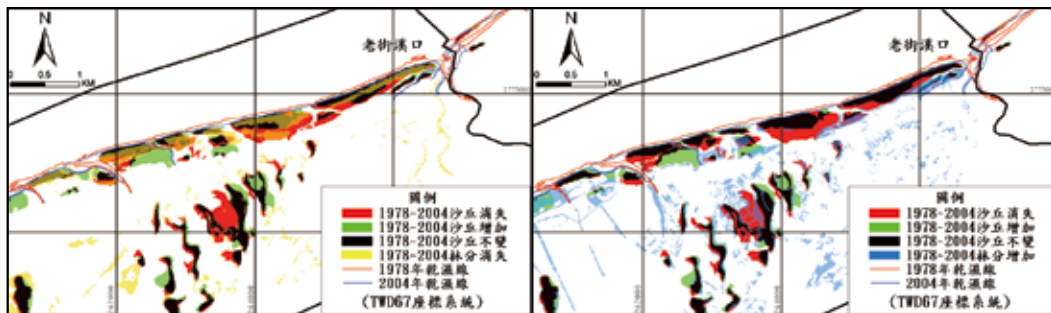


圖10 1978~2004年地形變遷與林分增減之位置對照圖
(老街溪口與草漯海濱)

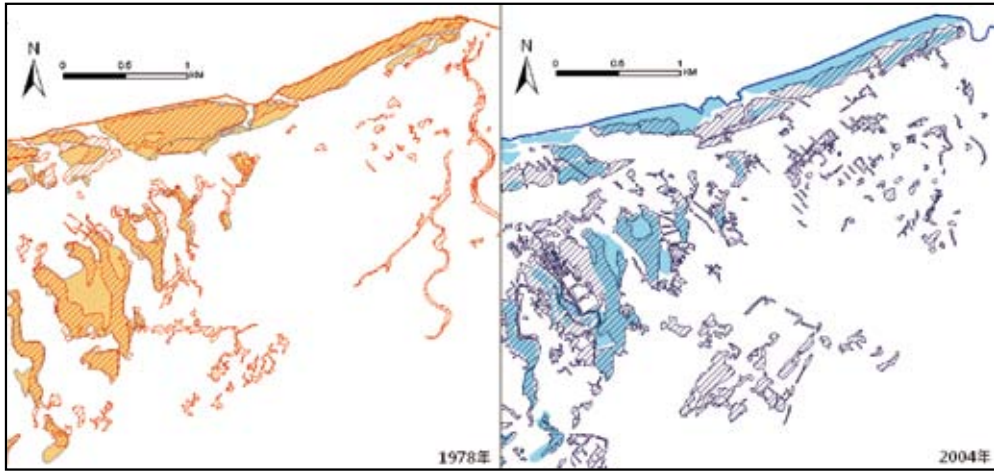


圖11 1978年與2004年沙丘與林分之位置對應（老街溪口與草漯海濱）
（實心部份為沙丘，斜線部份為林分分布位置）

而根據比對1978~2004年之林分增減與濱線及沙丘變遷位置，則可進一步推論兩者之關聯性，茲概述各區現象如下：

1. 在老街溪口與草漯海濱東側，由圖10可發現二十六年間乾濕線微幅向內縮減。沙丘變動量則頗高，且範圍增減位置均集中在沙丘內緣，呈現東側縮減西側增加之趨勢，推論主要為東北季風吹襲造成飛沙由東向西移動所造成。而觀察1978~2004年之林分減少位置，發現其主要分布在未變動之沙丘地上，林分增加位置則甚少覆蓋原有或新增之沙丘。此代表雖然1978年之林分與沙丘位置重合率相當高（圖11），顯示當時林務局造林計畫為透過於沙丘上種植海岸林帶，以穩固與保護沙丘，然而至2004年時，許多沿岸沙丘其表面已無原有或新增之植生保護（圖11），因此無法抑止海岸側飛沙受風吹襲而移動。而未變動沙丘上之林分減少原因，除東北季風不斷吹襲而使飛沙移動覆蓋林分，而造成林分死亡（柳楷，1975）之外，沙丘地區土壤排水不良致使積水亦為可能原因之一。
2. 草漯海濱至草漯沙丘群之林分變化量在二十六年間遠高於其他區域，呈現先增加後減少之趨勢。本處除濱線呈現一致性後退趨勢外，因濱線與季風角度夾角較大，故沙丘後緣向內入侵量亦相當大（張智原，2000）（圖12綠色部分）。由圖12黃色部分可看出林分減少位置多位於1978~2004年間未變動或消失之沙丘，且新增之林分位置僅少量座落於沙丘上，顯示至2004年止，草漯海濱之沙丘普遍缺乏完整植生覆蓋，僅剩少部分定沙植物能存活地表處，此除增加飛沙移動率與沙丘之不穩定性外，裸露之沙丘若受季風吹襲而持續向內擴張，將覆蓋沙丘後

緣之林帶，產生前緣後退、面積減小與破碎化之受害現象，2004年位於新增沙丘位置之海岸林區塊均較為破碎即為最好之例子。而1978~2004年間林分前緣因濱線持續後退大量縮減（圖12黃色部分），但由於草漯沙丘群一帶之土地利用型態於1978~1994主要由旱田廢耕轉變為林地，且林務局於當地進行許多混植作業，故在林地後緣向內延伸之情況下，1978~1994年草漯海濱林分面積反而有增加趨勢。而1994~2002年因海岸林內緣之人為土地開發情況增加，故林分區塊嚴重破碎化，由於破碎化增加了林分受風沙吹襲之機率，故也造成此段時間內該區減少之林地面積遠高於其他區域。以長期觀點而言，草漯海濱之林分在近海側受濱線後退影響，在內陸側則受人為開發影響，由於該區歷年地形變遷劇烈，故應劃設為林分補植與復育之重點區域。

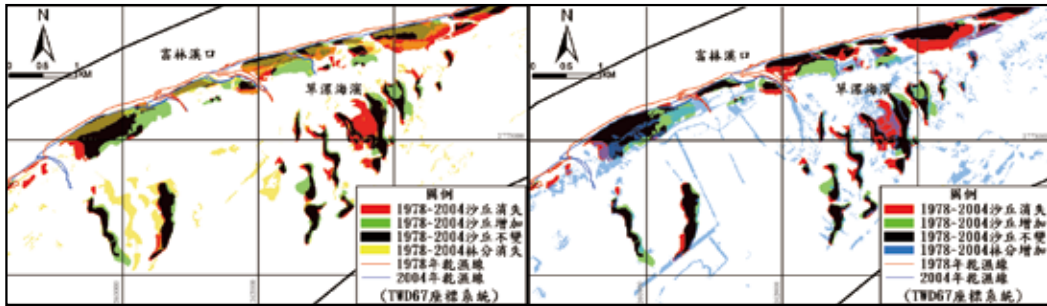


圖12 1978~2004年地形變遷與林分增減之位置對照圖（草漯海濱）

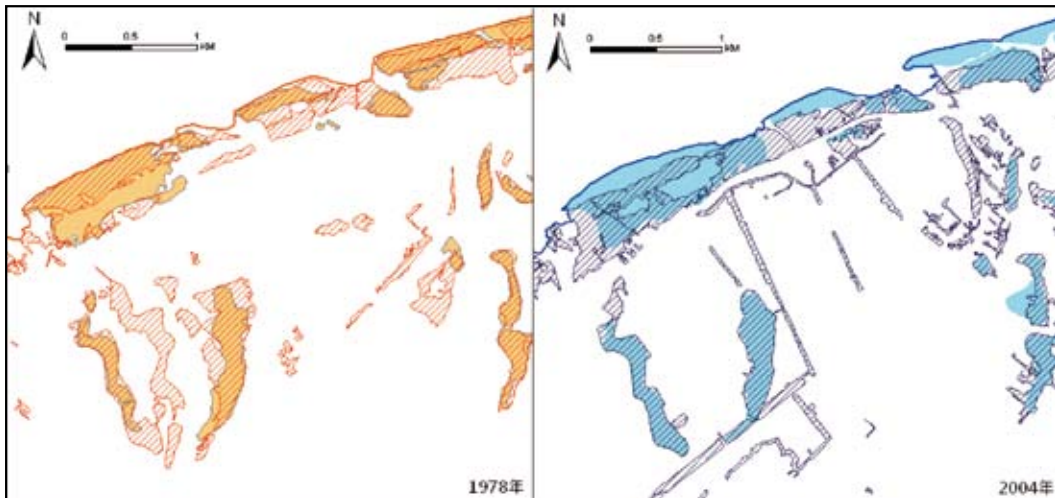


圖13 1978年與2004年沙丘與林分之位置對應（富林溪口與大堀溪口）
（實心部份為沙丘，斜線部份為林分位置）

3. 位於現今觀音工業區外濱海位置（富林溪口至大堀溪口）之林分（圖12），為本研究區範圍內林相最寬且生長最好的地區，但二十六年來也是呈現集中性後退趨勢，除濱線後退影響外（圖12），沙丘位置之林木生長條件差（鹽沫、飛沙與排水不良）亦為主因之一。然而在沙丘後緣部份，因林務局1974~1984年的復育造林，以及1980年6月觀音工業區開發案之復育植林（張智原，2000），而使內陸側之林帶寬度大幅增加，但90年代又因工業區範圍拓展而有部分縮減趨勢。整體而言，地形變遷主要影響近海側之林分，內陸之林分主要則受人為開發影響。
4. 大堀溪口至觀音溪口之濱線與沙丘於1978~2004年間呈現相對較小之變化，主要是因此段海岸與東北季風方向夾角僅兩度（張智原，2000），使沙丘較能維持在與濱線平行之穩定狀態（圖12），再加上觀音海水浴場一帶廣設沙籬，故飛沙移動之機率因此減少。而此區域之林分發展在二十六年間相對穩定，並因工作站持續造林而有面積增加之趨勢，代表在地形變遷較小之區域，不論是造林補植或是原有林分之維持保育均較具成效。
5. 觀音溪口至小飯瀝溪口（塘尾與大潭）之海岸，由圖14可看出於1978~2004年間因人工化港灣工程興建防波堤與人工結構物影響，故濱線有局部外移現象，至於沙丘在二十六年間則因土地利用型態變遷而呈現小面積減少之趨勢，整體而言由天然海岸轉變為人工海岸。而海岸之林分發展除內陸側接鄰農地處有局部林木增加情況外，並沒有明顯復育造林之動作，故新增林分分布較為破碎且不明顯，且塘尾與大潭一帶受港灣工程部分移除沙丘位置上原有之林分，以及沙丘位置之林地生長條件劣化影響，故在面積上有顯著之減少（圖14）。整體而言，於1978~2004年間，此段海岸地形變遷受人為活動影響而有較小之變動，但鄰近海岸之海岸林則受自然作用與人為作用雙重影響而有顯著之劣化。

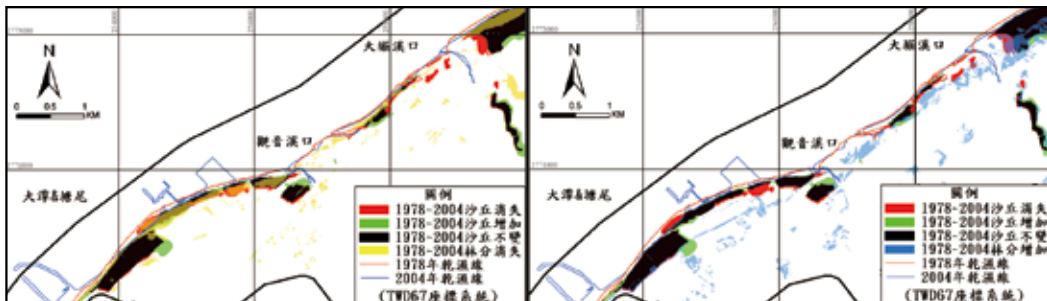


圖14 1978~2004年地形變遷與林分增減之位置對照圖
（觀音溪口至小飯瀝溪口）

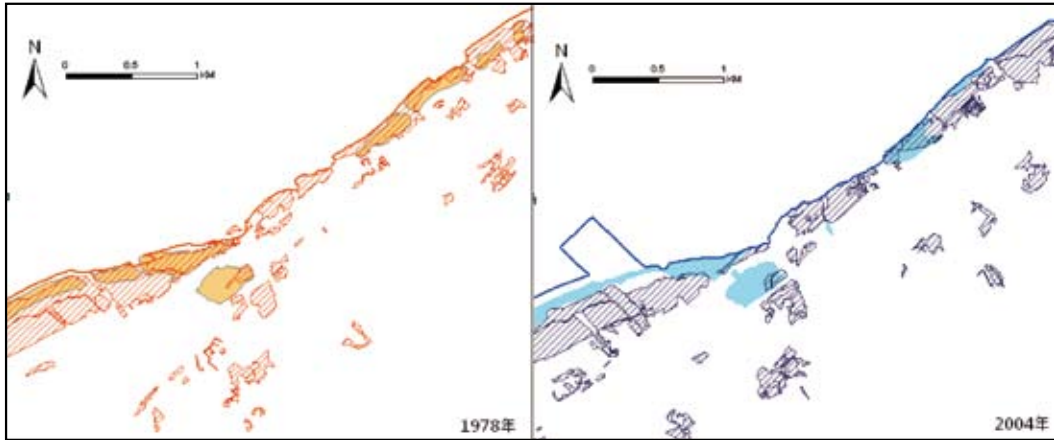


圖15 1978年與2004年沙丘與林分之位置對應（觀音溪口、塘尾、大潭）
（實心部份為沙丘，斜線部份為海岸林）

探討上述1978~2004年之各區地形變遷與林分發展後，可知桃園海岸濱線、沙灘與沙丘等海岸地形易受季風、潮流侵襲，以及河岸輸砂綜合影響而呈現後退趨勢，故在濱線變化較大與沙丘變動嚴重之環境惡劣處會有較大之林分面積縮減情況，甚至導致主林帶沒有充份之寬度提供林木生長與更新，最終造成長期林帶寬度窄化與破碎化。但值得一提的是，在許多沙丘未變動之區域，因風沙、鹽漬、土壤鹽化與排水不良等對林木生長不利之條件，故固有之木麻黃與黃槿林木紛紛死亡，新成沙丘上之林木新增補植成活率亦不高。顯示桃園海岸造林計畫雖為透過於沙丘上種植海岸林，以穩固與保護沙丘，但長期成效卻有限。由於前人研究指出，沙丘移動覆蓋防風林為造成林分死亡原因之一，故穩固或減緩沙丘移動之措施設立有其必要性。而在定沙相關研究方面，游繁結（1986）由沙粒物理特性與沙粒含水比探討飛沙移動特性，以探討定沙工法；江永哲、林壯沛（1985）則比較不同攔砂構造物防治飛沙之效果，得出竹沙籬之定沙效果較尼龍網與木片為佳，而連續性複層攔沙籬之堆沙效果亦較單層沙籬為佳；張煜權（2005）則提出利用水庫淤泥漿灌溉沙丘地之定沙技術。而另沙丘上亦可種植馬鞍藤與甜根子草等植物以增加定沙效果。另一方面，鑒於沙丘位置之林木生長條件差，故合適樹種選擇與栽植方式亦為影響成林效果之關鍵因素。木麻黃因具耐旱、耐鹽、抗潮、抗風且生長迅速之特性，故目前臺灣海岸之海岸林與保安林多採用其作為造林樹種（羅紹麟，1983）。然而木麻黃雖生長容易且快速，但根系淺且缺乏直根，故在強風時容易傾倒，且枝幹易折損，故本質上不適作為海岸之永久樹種。目前林務局方面，即鼓勵以黃槿、林投、

草海桐與竹類等當地樹種取代木麻黃造林，並配合多樹種之混植技術，以減少造林與維護成本，裨益海岸林之長期生長。

（三）海岸保安林造林地劃設位置之適宜性

大部份臺灣海岸林主要屬於保安林管轄範圍，包含了海岸防風保安林及飛砂捍止保安林（郭寶章，1993），海岸防風保安林其主要目的為降低風速與風力，阻止鹽霧並過濾潮風，以保護沿海地區農田與人為設施，使農作物產量與農田面積增加，並維持居民與交通之安全。飛砂防止保安林則主要在安定飛砂，保護耕地免於受到飛砂之掩埋而荒廢，並可減緩沙丘的移動，以保護海岸鄰近地區居民以及交通之安全。而桃園海岸之林分均屬於保安林類型中之飛砂捍止保安林（編號1106與1109），並歸屬林務局管轄。各時期保安林造林地總成與造林地號（地段、母號、子號）共1465筆，總面積則為611.25 ha。本研究以保安林空間分布圖層套疊1978～2004年地形變遷與1978～2004年林分增減位置，除可檢視保安林造林地設置位置是否受地形變遷影響外，亦可探討1978～2004年間之造林地經營成效。

由圖16與圖17可發現於二十六年間，因桃園海岸濱線持續後退，故在老街溪口至草漯海濱、富林溪口至大堀溪口，以及觀音溪口部分已有部分劃設之保安林造林地已落於乾濕線外緣。此代表以地形變遷觀點而言，該處之保安林造林地劃設位置持續劣化中，登記位置受濱線變遷影響，已不符合預定需求，也因此若欲進行桃園海岸保安林地之擴編與解編，除林木位置與保安對象須納入考量外，地形變遷亦為重要之參考指標。另一方面，在套疊1978～2004年林分增減位置與保安林造林地位置圖層後（圖18），可發現許多保安林造林地內之林分減少情況十分嚴重，尤其以由老街溪口至大堀溪口之海岸，以及大潭與塘尾之海岸為最，且內陸側許多新增之林帶亦未納入保安林之範圍內。顯示此保安林造林地劃設位置可能面臨：（1）劃設區位因自然或人為因素無法造林；（2）林地生長條件不佳，因此降低成林率；（3）擴編困難，致使無法納入新增之林分以進行長期保育等三項問題。上述分析結果均值得相關經營管理單位重視，並採取有效對策，以減緩當地林分受環境影響而劣化之速率。

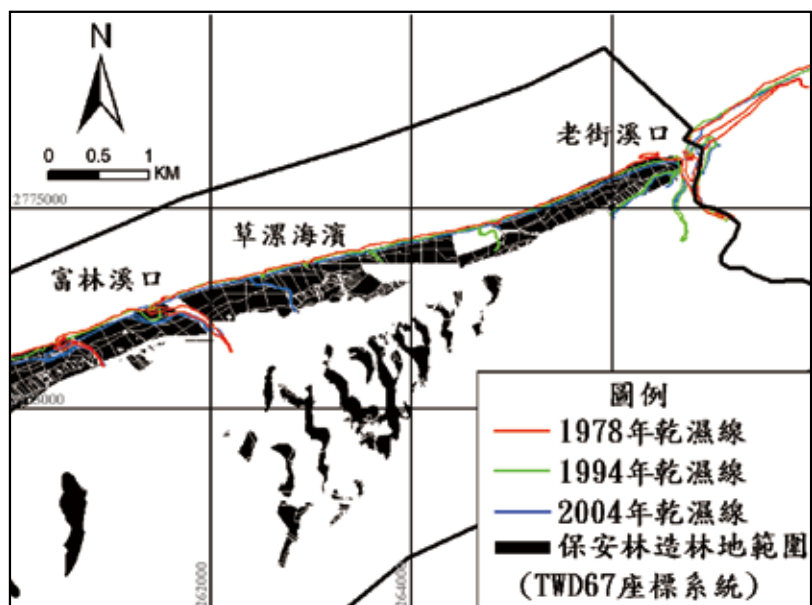


圖16 濱線變遷與保安林造林地位置對照圖

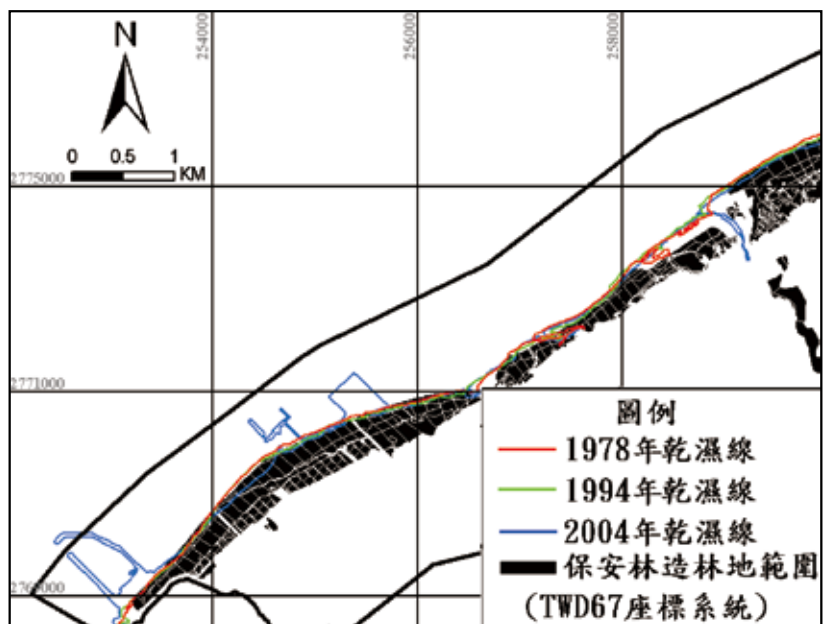


圖17 濱線變遷與保安林造林地位置對照圖

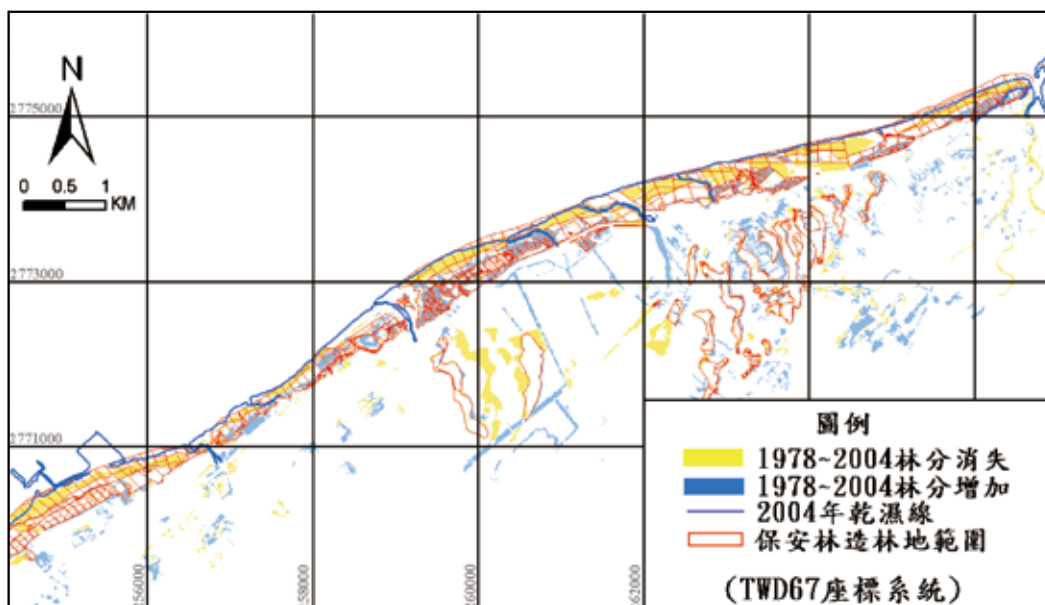


圖18 保安林造林地與歷年林分變遷位置對照圖

四、結 論

本研究透過地理資訊圖層套疊呈現1978~2004年間桃園海岸地形變遷與林分發展變化，除分析兩者之關聯性外，並對照林務局提供之飛砂捍止保安林造林位置圖層，探討保安林劃設位置之適切性。結果顯示桃園海岸在二十六年間因濱線持續後退，使海岸林前緣持續內移。而沙丘之後退內移，以及沙丘位置之林木生長條件不佳亦造成林分受害，致使林帶寬度大為縮減，因而大幅降低阻隔飛沙與固定沙丘之能力。也因此穩定濱線與沙丘之變遷速率，並選擇合適樹種與栽植方式，將是影響未來桃園海岸林分發展之關鍵因素。另一方面，本研究亦發現保安林造林地登記位置受長期濱線後退影響，已不符合預定需求，也因此參考地形變遷趨勢進行保安林地之擴編與解編，將為未來經營海岸造林之必要考量。

謝 辭

感謝兩位匿名審查者所提供之寶貴建議，使本文內容臻於完整。本研究構想延續「工業化海岸健診計畫—大園觀音工業化海岸診斷與復育先驅研究」之部份研究成果，特此感謝。

參考文獻

- 江永哲、林壯沛，1985，不同材料攔砂構造物防治飛砂功效試驗，《中華水土保持學報》，第 16 期，第 1 卷，頁 60-77。
- 江永哲，1987，臺灣現存防風林功效之探討，《現代育林》，第 3 期，第 1 卷，頁 26-40。
- 吳哲榮、吳啟南，2003，遙測技術應用於臺灣西海岸五十年來變遷分析，《航測及遙測學刊》，第 8 期，第 3 卷，頁 95-109。
- 林朝榮，1957，《台灣地形》，南投：台灣省文獻委員會。
- 柳楮，1975，台灣西海岸砂丘生態之研究，《林業試驗所報告第 266 號》，臺北市：臺灣省林業試驗所。
- 盛志澄、康翰，1961，臺灣之防風林，《農復會特刊》，第 32 期。
- 郭寶章，1993，桃園海岸之防風林消長、鹽霧危害與稻作生產相關文獻之析釋，《中華林學會叢書》，臺北市：中華林學會。
- 張政亮，1995，台灣海岸沙丘地之環境經營，《中國文化大學地學研究所研究報告》，第 8 期，頁 313-334。
- 張智原，2000，《台灣西北部海岸變遷之研究 - 淡水河口至新竹頭前溪口》，中國文化大學地學研究所碩士論文。
- 張煜權，2005，利用水庫淤泥漿灌溉砂丘地之定砂技術，《立德學報》，第 2 期，第 2 卷，頁 77-86。
- 陳財輝、呂錦明、沈慈安，1990，苗栗海岸地區不同齡級木麻黃防風林生長之調查，《林業試驗所研究報告季刊》，第 5 期，第 1 卷，頁 17-24。
- 陳財輝、游漢明、洪富文，2004，桃園許厝港海岸飛砂之移動及定砂植物之生長，《中華林學季刊》，第 37 期，第 4 卷，頁 367-377。
- 陳宜清、歐陽良炯，2007，環境敏感指標地圖在臺灣海岸油污清理之應用探討，《科學與工程技術期刊》，第 3 期，第 3 卷，頁 13-24。
- 陳財輝，2008，人工海岸保安林復舊，《林業研究專訊》，第 15 期，第 1 卷，頁 18-21。
- 陳財輝，2009，氣候變遷對海岸林的影響，《林業研究專訊》，第 16 期，第 3 卷，頁 4-8。
- 游繁結，1986，台灣西海岸飛砂量推估之初步研究，《中華水土保持學報》，第 17 期，第 1 卷，頁 107-117。

莊永忠、林雪美、沈淑敏、廖學誠：桃園海岸林分發展與地形變遷之關聯性研究（1978～2004）

楊美萍，2004，《桃園縣海岸地形變遷之研究》，國立台灣大學地理學系碩士論文。

羅紹麟，1983，台灣海岸防風林經濟效益之研究，《中華林學季刊》，第16期，第1卷，頁25-33。

Millington, A. C., Velez-Liendo, X. M. and Bradley, A. V., 2003, *Scale dependence in multitemporal mapping of forest fragmentation in Bolivia: implications for explaining temporal trends in landscape ecology and applications to biodiversity conservation*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 57, pp. 289-299.

Roy, P. S. and Tomar, S., 2000, *Biodiversity characterization at landscape level using geospatial modeling technique*. Biological Conservation, 95, pp. 95-109.

Vucetich, J. A. and Waite, T. A. ,1998, *Erosion of heterozygosity in fluctuating populations*. Conservation Biology, 13, pp.860-868.

With, K. A. and King, A. W., 1999, *Extinction thresholds for species in fractal landscapes*. Conservation Biology, 13, pp.314-326.

