

新豐紅樹林在 1948 至 2015 年間的變遷

傅淑瑋¹，李鎮宇²，鄧國禎¹，葉堃生¹，黃俐雯³，王相華^{3,4}

¹農林航空測量所；²明新科技大學；³林業試驗所；⁴通訊作者 E-mail: hhwang9@gmail.com

[摘要] 本研究經由 1948-2015 年間 30 個時期的航照圖判讀，說明新竹新豐紅樹林分布變遷之過程；並藉由專家、在地耆老深入訪談，以及航照圖比對、文獻回顧等程序，歸納出新豐紅樹林分布變遷之主要可能原因。新豐紅樹林在 1948 至 1987 年間的面積變化不大，在 3.5-5.4 公頃間小幅度波動；在 1948 至 1956 年間，紅樹林主要分布於屈指狀的內瀉湖中，在 1978 至 1987 年間，內瀉湖區多被開墾為農地及魚塢，壓縮紅樹林的生存空間，但同時間紅樹林開始向新豐溪出海口的外瀉湖區逐漸擴散。在 1989-2001 年間，因經濟改善、漁撈方式改變、紅樹林保育意識提昇，當地居民對紅樹林的干擾減少，紅樹林在外瀉湖區大幅擴增，並於 2001 年面積達到高峰(14.4 公頃)。1996 年賀伯颱風造成出海口砂嘴地形侵蝕，2001 及 2004 年，出海口砂嘴再陸續經歷納莉、艾利颱風的破壞，導致砂嘴缺口加大，無法屏障砂嘴後方紅樹林密集分布的區域，海浪直接拍打到紅樹林的前緣，不利於紅樹林的生長，於 2015 年面積縮小為 8.5 公頃。新豐溪出海口砂嘴嚴重侵蝕是造成新豐紅樹林近年來呈現面積退縮的主要原因，而砂嘴受侵蝕後無法由海岸砂源自然回補的可能原因是極端氣候造成之強浪侵蝕及(或)海岸輸砂量不足，但尚需要進一步的研究予以釐清。本文也針對新豐出海口砂嘴侵蝕之處理方式及紅樹林後續經營管理方式提出建議。

關鍵字：海岸工程、全球變遷、新豐、紅樹林、輸砂量、颱風

Changes in Mangrove Distribution in Hsinfeng, Northwestern Taiwan between 1948 and 2015

Shu-Wei Fu¹, Chen-Yu Li², Kuo-Chen Teng¹, Kuen-Sheng Yeh¹, Li-Wen Huang³ and Hsiang-Hua Wang^{3,4}

¹Aerial Survey Office; ²Minhsin University of Science and Technology; ³Taiwan Forestry Research Institute; ⁴Corresponding author E-mail: hhwang9@gmail.com

ABSTRACT In this paper, the processes of Hsingeng mangrove distribution are illustrated by aerial photographs in 30 different periods between 1948 and 2014. The main possible causes of mangrove distribution changes are proposed by in-depth interviews with experts and elderly local people, as well as aerial photographs comparison and literature review. Mangrove area was 3.5-5.4 ha between 1948 and 1987 with no big changes. The mangrove distributed mainly in the finger-shaped inner-lagoon of the Hsinfeng River between 1948 and 1956, and then the inner-lagoon reduced as the land was reclaimed for more agricultural land and fishpond. On the other hand, the mangrove spread to the outer-lagoon between 1978 and 1987. As people's livelihood

and fishing practices improved and mangrove conservation awareness increased, local residents cut back on cutting mangroves after 1989 and the mangrove quickly spread in the outer-lagoon, reaching its largest size (14.4 ha) in 2001. Since then, the mangrove area reduced gradually and dropped to 8.5 ha in 2015. Typhoon Herb in 1996 broke the sand spit terrain, which is further severely damaged by Typhoon Nari and Aere in 2001 and 2004, respectively. Consequently, the mangrove area has receded as it is directly impacted by waves. Sand spit erosion was the main cause of Hsinfeng mangrove withdrawal in recent years. It is possible that under extreme weather, strong wave erosions and (or) insufficient amount of sand exported to the coastal area have caused sand spit erosion, which cannot recover naturally by coastal sand source. Further research is needed to test the hypothesis. Recommendations to sand spit erosion treatment and follow-up mangrove management are also proposed in this paper.

Keywords: coastal engineering, Global change, Hsinfeng, Mangrove, sediment discharge, Typhoon

前言

就適生環境而言，廣義的紅樹林(Mangrove)植物泛指適生於熱帶、亞熱帶河口潮間帶之樹林或灌木。其中，部分具有支柱根、呼吸根、胎生種實特徵，分布區域侷限於河口及潮間帶者稱之為真紅樹林(True mangrove)。臺灣原生者有 6 種，包括海茄苳(*Avicenia marina*)、水筆仔(*Kandelia obovata*)、欖李(*Lumnitzera racemosa*)、紅海欖(*Rhizophora stylosa*)、紅茄苳(*Bruguiera conjugate*)及細蕊紅樹(*Ceriop tagal*)，其中紅茄苳及細蕊紅樹已於高雄港擴建工程時遭清除而導致滅絕。

紅樹林分布變遷是國人關注的河流出口及海岸潮間帶生態議題。李建堂(2003)於淡水河紅樹林之研究中提及，在人為擾動(砂石採用、農耕)與紅樹林增生雙重影響下，水筆仔分布範圍在 1986 年之前並無明顯的變化；但自 1986 年後，人為擾動程度逐漸減少，河岸的淤積地逐漸增高、增廣，有利於水筆仔的生長、擴展，因此其分布面積呈現快速的成長。在淤砂不斷堆積的作用下，可預期淡水河口的泥灘地會持續堆高與擴大，因此水筆仔的分布面積將會持續增加，如不適當控制其增生現象，有可能影響豪雨期間的河水排流，引發水患，也會因棲地單一化，減少棲息水鳥的族群數量及多樣性(施上粟等 2005)。東石因海埔

新生地及魚塭開發而砍伐紅樹林，對紅樹林造成直接的破壞；地層下陷造成海平面相對的上升，則間接造成研究區內紅樹林分布的改變(陳映志 2001)，受到東石海埔地開發及地層下陷的影響，原來分布於東石沿海的紅樹林目前已完全消失；相對地，原先少量分布於朴子溪的紅樹林卻大幅度的增加(陳映志 2001)，有可能造成豪雨期溪水無法宣洩，危及居民生命、財產，亟需謀求管理對策(張淑蕙 2012)。臺灣雖小，但不同區域的環境特性及發展過程並不相同，因此紅樹林分布變遷的原因也不盡相同，故要探討紅樹林的變遷，有必要先瞭解個別紅樹林分布地區之生態及人文環境變遷狀況，以利於掌握紅樹林變遷的過程及其原因，方能提出適合當地的紅樹林經營管理方式。

新竹縣新豐溪口(舊名紅毛港)之紅樹林早在西元 1932 年之日治時期就有研究記載(Kudo 1932)，當時紀錄有水筆仔及海茄苳兩個物種，並提及水筆仔分布於下游河岸兩側，海茄苳分布於在河口，文中敘述此處之紅樹林可能是 140 年前從大陸引進來的。新豐紅樹林之管理由縣府統籌、鄉公所負責現場管理維護，爾後因地方居民日益重視濕地保育，並於 2010 年成立「新竹縣濕地永續發展協會」，縣政府遂委託該協會執行環境巡守、清潔等工作。包含紅樹林在內的新豐濕地總面積 157 公頃，於 2015 年 1 月 28 日正式公告為國家級重要濕地，並受 2015 年 2 月 2 日正式施行之濕地保

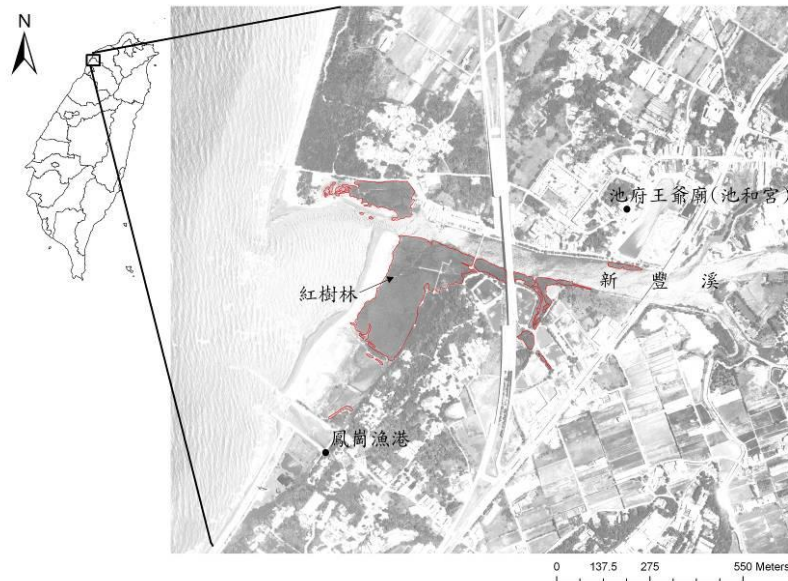


圖 1. 研究區域位置圖

育法保護。依據林業試驗所與農林航空測量所之合作調查成果，新竹縣新豐溪口之紅樹林於 1978 年時面積為 3.9 公頃，1996 年增加為 12.8 公頃，2012 年又降低為 9.5 公頃，在時間序列上呈現先增後減之變化(王相華等 2015)。為進一步瞭解新豐紅樹林(圖 1)分布區域、面積之細部變化過程，並分析其變化原因，本研究經由 1948-2015 年間 30 個時期航照圖判讀，呈現新豐紅樹林分布的變遷過程；並藉由專家、在地耆老深入訪談(半結構式)，以及航照資料比對、文獻回顧，探究影響新豐紅樹林分布變遷之主要原因，並提出經營管理上的建議。

材料與方法

一、航照圖調閱、判釋

經查閱相關航照保管單位於 1948 至 2015 年間航空攝影影像，共取得與製作 30 個時期之正射影像。其中，1948 年及 1956 年航照為中央研究院提供，係美國及中華民國空軍拍攝之影像，惟因缺乏內外方位參數資料，僅能以 Arc GIS 軟體 Georeferencing 工具進行影像空間對位並糾正；1978 年至 2015 年為農林航空測量所自行拍攝之影像，具有內外方位參數資

料，則以 Intergraph ImageStation 相關軟體進行定位並輔以數值高程模型(Digital Terrain Model, DTM)進行正射糾正，處理流程如圖 2，相關作業皆基於正射影像成果，以人工判釋方式圈繪而得。

研究區域主要分布之紅樹林樹種為海茄苳及水筆仔，判釋依據為紅樹林臨近水岸，呈現純林、密集且細緻的生長樣態，可與木麻黃(*Casuarina equisetifolia*)及其他零星分布的闊葉樹種區別(鄧國禎 2015)，再以 ArcGIS 軟體套疊正射影像進行判釋及圈繪。本研究係以 2012 年彩色正射影像為基期影像，並於 2013 年進行現地檢核，確認紅樹林判釋、圈繪範圍之正確性。最後再依年度進行前、後期正射影像比對，並修測紅樹林分布範圍，統計各期影像紅樹林之面積。

二、專家、耆老訪談

「半結構式訪談」又稱為「深度訪談」，主要是研究者利用較寬廣的研究問題作為訪談的依據，導引訪談的進行；訪談主題及訪談指引通常在訪談開始前被設計出來，做為訪談的架構，用字及問題順序並不用太侷限，但最主要的內容必須與研究問題相符，討論方式則

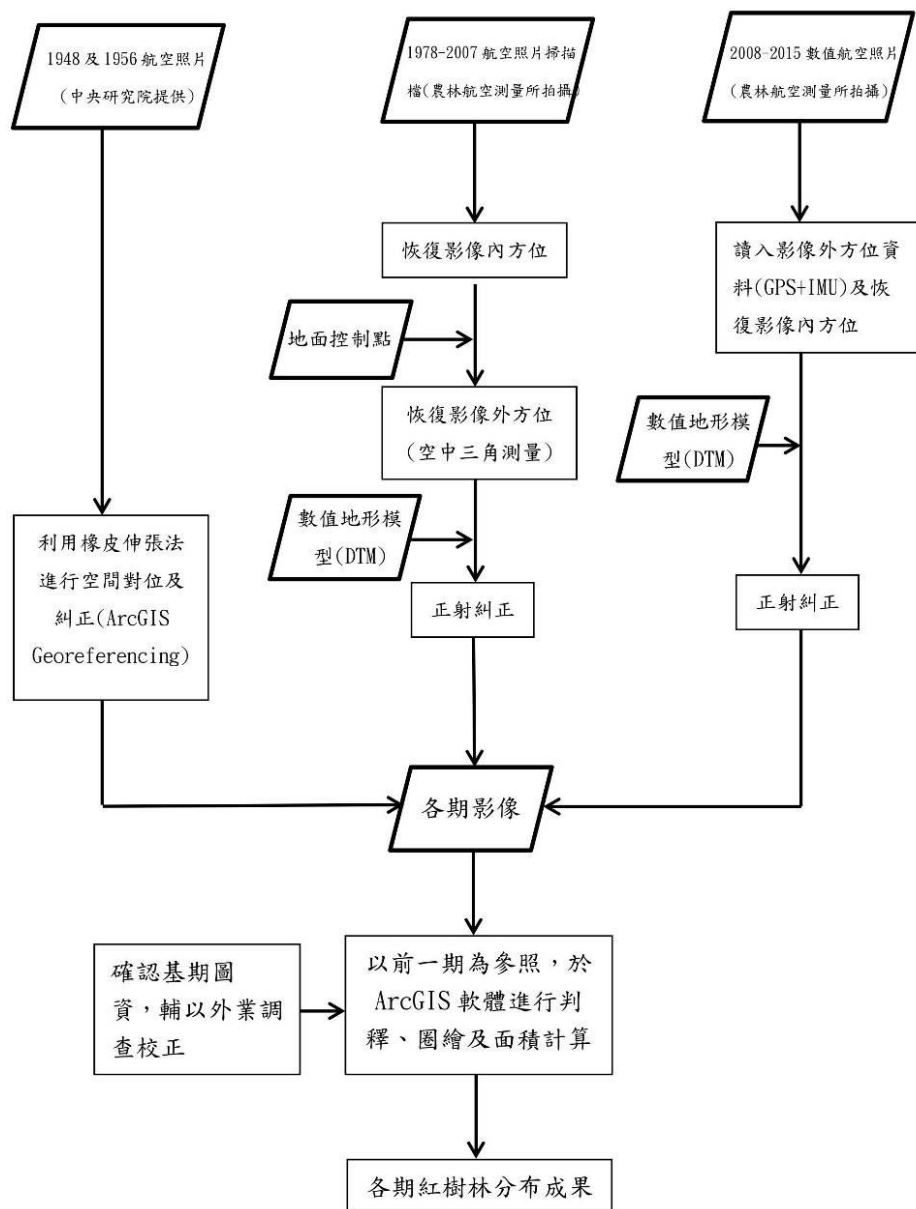


圖 2. 航照影像判釋流程圖

採取較具彈性的方式進行。深度訪談指的是希望透過訪談取得一些重要因素，而這些重要因素並非單純用問卷或短時間的普通訪談就能得到結果(文崇一、楊國樞 2000)。深度訪談有別於單純訪談，深度訪談目的在於透析真正原因、真實意涵、衝擊影響、未來發展以及解決之道(萬文隆 2004)。本研究針對新豐紅樹林變遷，分別深度訪談 2 位海岸地形專家(其中 1 位是在新竹海濱長大)，以及 2 位對紅樹林高

度關注的在地耆老，用以彙整紅樹林變遷之可能影響因子(事件)及其發生的時間，並針對受訪者提出之影響因子(事件)發生時間，調閱航照圖資，判釋是否的確造成海岸地貌及紅樹林分布之影響。

結果

一、紅樹林面積及分布區域變遷

新豐紅樹林之面積在 1948 至 1980 年代中期間變化不大，面積在 3.5-5.4 公頃間，1980 年代末期至 1990 年代間急遽增加，並於 2001 年面積達到高峰(約 14.4 公頃)，隨後又急遽減少，在 2015 年降低至 8.5 公頃，較 2001 年減少約 6 公頃(圖 3)。整體而言，新豐紅樹林之面積變化呈現，在 1990 年代急遽增加，2000 年代初期至今逐漸減少之趨勢。

新豐紅樹林分布區域之細部變化詳如附錄之航照圖資，主要變化大致可區分為 4 個時期。

1. 紅樹林於 1948-1956 年間主要分布於新豐溪出海口內緣之屈指狀潟湖(內潟湖)中，雖然分布區塊有些微變化，但整體面積變動不大。
2. 在 1978-1987 年間，內潟湖區多被開墾為農地及魚塭，限縮了紅樹林在內潟湖區之生存及增生空間；同時，紅樹林開始向新豐溪出海口外緣、砂嘴內側之潟湖區(外潟湖)逐漸擴散、增生。
3. 在 1989-2001 年間，紅樹林之面積於外潟湖區域快速擴增。
4. 在 2003 至 2015 年間，紅樹林於原先擴增之外潟湖區域內逐漸縮減。

三、紅樹林變遷之可能原因

訪談內容經分析、歸類，將變遷原因區分為自然因素及人為因素，其中人為因素再細分為經濟與生活方式改變、河川及海岸工程 2 類別，結果整理如表 1。

專家及在地耆老訪談資料經整理後，再經由航照圖比對、文獻回顧之程序，歸納、分析影響新豐紅樹林變遷過程及主要可能原因如下：

1. 1948 年至 1987 年：此一時期，在地居民於逐漸淤積之內潟湖區域增闢農田、魚塭，也會砍伐紅樹林當材薪使用；外潟湖區是牽罟捕魚的場域，妨礙捕撈作業的紅樹林會予以適度清除，但紅樹林在外潟湖區仍然呈現逐漸擴張、增生的現象。在潟湖淤積、農地魚塭闢建，以及木材取用、紅樹林在外潟湖區域自然增長等因素綜合影響下，紅樹林面積呈現小幅度波

動，但變化不大。

2. 1989 年至 2001 年：因經濟環境改善，漁民捕撈方式改變，從 1980 年代末期開始，當地漁民鮮少於外潟湖區進行傳統之牽罟捕魚，故不會清除妨礙牽罟捕撈工作之紅樹林，因而紅樹林在此區域內明顯增生；同時，也因臺灣經濟改善、紅樹林保護意識高漲，除政府單位著手保護紅樹林外，當地居民也歷經數年的籌備，於 2000 年成立「新竹縣濕地永續發展協會」來保護紅樹林及其週邊濕地。在紅樹林人為移除壓力降低、環境保護意識提昇兩因素影響下，紅樹林的面積在外潟湖區大幅增生；此外，1996 年賀伯颱風侵襲新竹地區，造成海岸地形的改變，也為日後新豐溪出海口砂嘴的崩壞埋下誘因。雖然公部門開始進行「拋石(消波塊)補強」工程，但效果並不顯著。

3. 2001 年代至今：2001 年及 2004 年，出海口砂嘴再陸續經歷納莉、艾利颱風的破壞，砂嘴缺口加大，無法屏障砂嘴內側紅樹林密集分布的外潟湖區域，導致海浪直接拍打到紅樹林密集生長區域，不利於紅樹林的生長，面積逐漸縮小。檢視賀伯、納莉、艾利颱風前、後 6 期之航照影像(圖 4)，可明顯觀察到出海口砂嘴破損，以及投置消波塊之情形；1994 至 2015 年間 4 幅接近高潮期拍攝之影像(圖 4)也顯示，砂嘴破壞後海浪直接拍打到紅樹林密集生長區域，以及在紅樹林密集生長區域之外側，於 2015 年生成長約 250m 寬 30-60m 帶狀砂丘之情形(圖 5)。

討論

一、新豐紅樹林面積在近年來縮減的原因

新豐紅樹林在 2001 年至 2015 年間由 14.4 公頃縮減為 8.5 公頃，本研究深度訪談之 2 位專家均指出：「受到河川及海岸工程之影響，近年來海岸砂源明顯減少，導致新豐溪出海口砂嘴於颱風大浪、河川洪水侵蝕後，砂源無法自然回補，可能是新豐紅樹林於 2001 年至 2015 年間面積逐漸縮減之主要原因」。此外，受訪

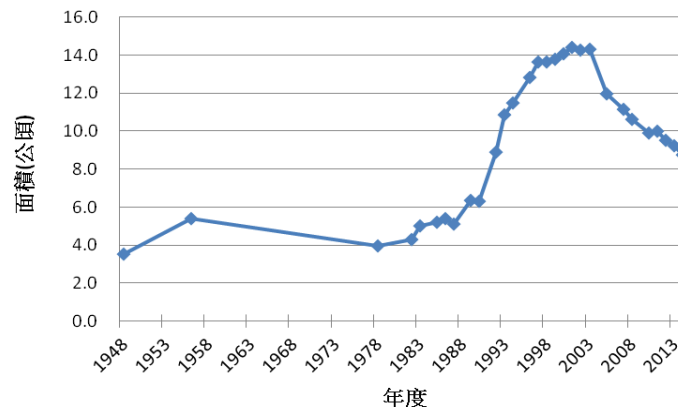


圖 3. 新豐紅樹林在 1948 年至 2015 年間之面積變化

表 1. 受訪專家及在地耆老評估影響新豐紅樹林變遷之主要可能原因

受訪者	變遷原因		
	自然因素 (含氣候變遷)	人為因素	
		經濟與生活方式改變	河川及海岸工程
專家 1	1. 屈指狀內瀉湖淤積 2. 2004 年颱風(艾利) 3. 氣候變遷造成海岸侵蝕	在地居民於 1940 至 1970 年代會 移除內瀉湖區之部分紅樹林，開 墾為魚塢及農田	溪流攔砂壩及海岸水泥護 岸工程造成河川及海岸輸 砂量減小，導致砂源不足
專家 2	1. 2001 年(納莉)及 2004 年 (艾利) 颱風 2. 氣候變遷造成海岸侵蝕	1980 年代開始臺灣經濟快速發 展，紅樹林保護意識提升，減少 對紅樹林的破壞	溪流及海岸工程造成輸砂 量減小，導致砂源不足，遭 侵蝕的砂嘴無法自然回補
耆老 1	1. 內瀉湖淤積 2. 1964 年颱風(葛樂禮) 及 1996 年颱風(賀伯)造成海 岸地形改變 3. 如無人為干擾，紅樹林在 瀉湖區會自然增生	1. 農民早期(1940~1970 年帶)於內 瀉湖區開墾，並清除外瀉湖區 會影響牽罟捕魚區域之紅樹林 2. 漁撈方式於 1980 年代開始有明 顯改變，居民鮮少在砂嘴內側 之新豐溪出海口捕魚(牽罟)，因 此紅樹林在此區域增生 3. 1990 年代開始，居民對紅樹林 保育的意識提昇	
耆老 2	1. 1996 年颱風(賀伯)及後續 大颱風對海岸地形有影響 2. 如無人為干擾，紅樹林在 瀉湖區會自然增生	1. 早期當地居民會砍海茄苳當炭 薪材 2. 當地居民歷經數年的籌備，於 2000 年成立「新竹縣濕地永續 發展協會」來保護紅樹林	公部門於出海口砂嘴侵蝕 區域進行“拋石(消波塊)填 補”工程，但不夠確實

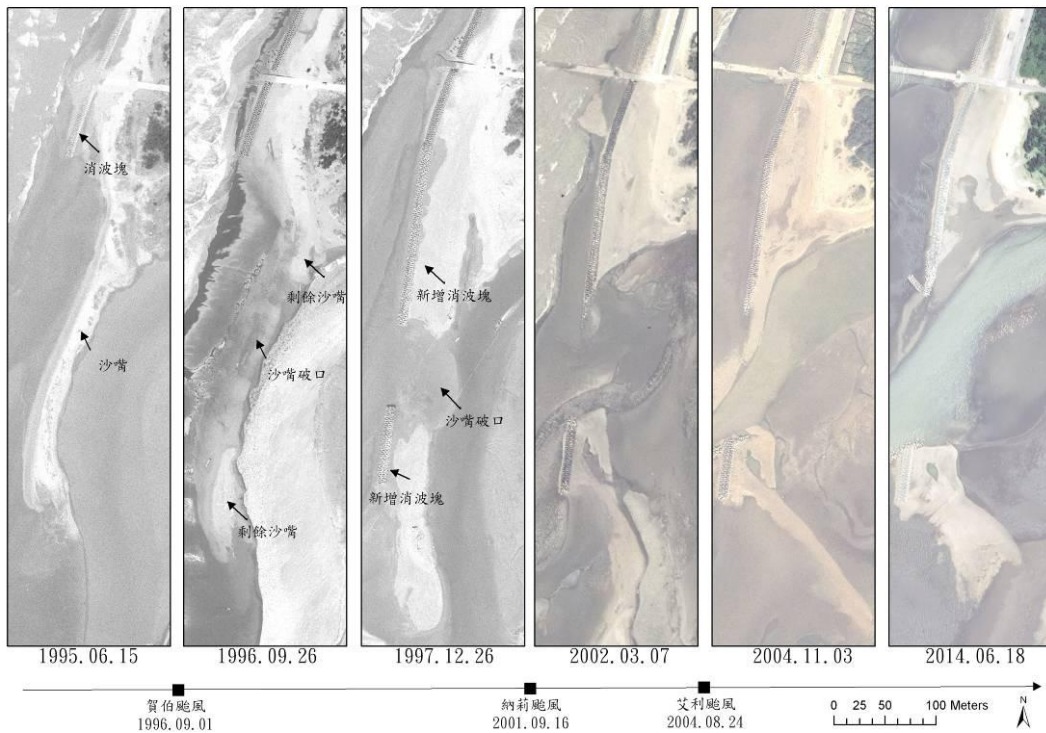


圖 4. 新豐溪出海口砂嘴在賀伯、納莉、艾利颱風前、後 6 時期(1995~2014)之航照影像。顯示砂嘴破壞過程及消波塊投擲作業情形

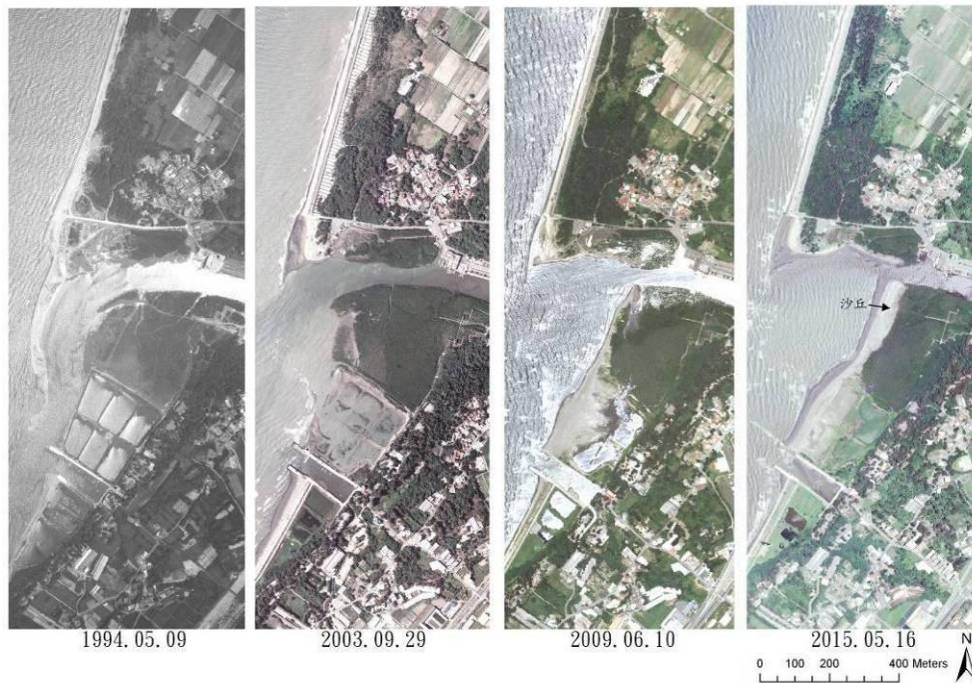


圖 5. 新豐溪出海口於 1994 至 2015 年間 4 幅接近高潮期間拍攝之航照影像。顯示砂嘴在 2000 年代明顯受到破壞，高潮期間海浪可直接拍打、侵蝕紅樹林密集生長的區域。在紅樹林密集生長區域之外側，在 2015 年的航照上可明顯看到新生成的帶狀砂丘(長約 250m，寬 30-60m)



圖 6. 新豐紅樹林的海茄苳於 2016 年 4 月觀察到罹患嚴重病蟲害

專家也表示：「氣候變遷引發之海平面上升、波浪強度增加等因素，也可能是造成新豐溪出海口海岸侵蝕的原因」。國內針對濁水溪輸砂特性變動之研究(黃依凡 2010)顯示，受到攔砂壩及攔河堰工程之影響，濁水溪主流中下游河道具有明顯的泥砂暫存能力，並且延後輸出前期上游供應之泥砂，大幅減少能夠輸送至下游河口的泥砂量，恐對海岸侵蝕呈現不利的影響。針對外傘頂洲面積縮減之研究(陳文俊、郭豐益 2009)也提及：「截至 2005 年，砂洲面積至少流失超過 51%，原因尚無法完全確知，但人為因素造成沿岸漂砂的供給減少是主要原因之一」；陳癸月及盧光輝(2004)針對蘭陽平原海岸變遷的研究亦指出：「治山防洪計畫，在上游設置防砂壩、下游興建堤防圍堵、設堰攔阻取水，使得輸砂能力明顯減弱，致海岸砂源減少，是造成了蘭陽平原多處海岸受侵蝕後退的重要原因之一」。新豐溪為縣管河川，並無輸砂量之長期監測資料，但水利署經管之新竹縣境中央河川鳳山溪及頭前溪輸砂量，近年來有減少之現象(水利署網站資料：<http://www.wra.gov.tw/lp.asp?ctNode=2418&CtUnit=330&BaseDSD=7>)，由鄰近鳳山溪、頭前溪之狀況推測，新豐溪之輸砂量也可能有減少的現象。除了河川及海岸輸砂減少外，國內外也有許多研究報告直指，全球變遷造成海平面

上昇(Tseng *et al.* 2010, McNamara *et al.* 2011, 莊文傑、李俊穎 2015)及極端氣候(例如強烈颶風等)頻度增加(Pereira and Coelho 2013, Johnson *et al.* 2015)，對海岸地形及生態都會產生嚴重影響。臺灣周邊海域自 1961~2003 年的海平面上升率為+2.4mm/年(Wu *et al.* 2012)，但 1993~2012 年針對臺灣五大港口的監測發現，海平面上升率平均大約為+7.2mm/年(莊文傑、李俊穎 2015)，顯示近年來海平面上升率有明顯提升的趨勢；國科會氣候變遷研究團隊發表之「臺灣氣候變遷科學報告 2011」也指出，侵襲臺灣之颱風強度及頻度有增加的趨勢(許晃雄等 2011)，而颱風(颶風)掀起的強浪會加遽對海岸的侵蝕，導致海岸地形的改變(Kahn 1986, Otvos and Carter 2008, Stănică *et al.* 2011, Pereira and Coelho 2013, Balke *et al.* 2015, Johnson *et al.* 2015)，尤其對砂質海岸的影響更為明顯(Johnson *et al.* 2015)，而尖岬型海崖(cuspate-cape)或嘴型海岸(spit coastline)也比較容易受到強浪的侵蝕(Stott *et al.* 2006, Johnson *et al.* 2015)。新豐溪出海口有明顯的砂嘴地形且屬於砂質海岸，在極端氣候影響下，應屬於易受侵蝕的海岸區域。

新豐溪出海口砂嘴從 1996 年開始受到颱風、強浪的嚴重侵蝕，逐漸喪失原有對內側紅樹林密集生長區域的保護作用；而被颱風侵蝕

所產生之砂嘴破洞，在歷經 10 多年後，至今仍無法經由河川及海岸輸砂之砂源回補。本研究結合航照影像判讀、專家耆老訪談及文獻回顧等多元資訊，經彙整評估後認為，海平面上升對砂嘴地形的影響應不至於太顯著，砂嘴無法回補的主要可能原因是極端氣候造成之颱風強浪侵蝕及(或)海岸輸砂量不足，但尚需要進一步的研究予以釐清。

二、後續經營管理方式探討

新豐紅樹林面臨之威脅是紅樹林面積在 90 年代後逐漸縮減，主要原因是新豐溪出海口之砂嘴毀損，導致海浪直接侵蝕紅樹林密集生長區域，致使紅樹林明顯退縮；此外，2015 年的航照顯示，在紅樹林密集生長區域之前緣新生成一片(長約 250m，寬 30~60m)之砂丘，此一新形成的砂丘地形改變了紅樹林密集生長區域之微環境，筆者在 2016 年 4 月至現場勘查時，發現多數海茄苳感染嚴重病蟲害(圖 6)，但水筆仔並無此一受害現象，病蟲害之類別尚待確認。此一病蟲害現象有可能與出海口外側砂嘴毀損、出海口內側砂丘形成有關。因水筆仔本身喜愛生存於距出海口有一段距離、潮汐升降較緩和的環境，但海茄苳則喜愛生長於離出海口較近、潮汐變動較明顯的環境。前述海岸砂嘴及出海口地形的改變，除了限縮紅樹林生長區域外，也有可能營造了不利於海茄苳生存的環境，長期而言有可能會造成紅樹林組成的改變，從原本海茄苳佔優勢之組成改變成水筆仔佔優勢之組成。

針對新豐紅樹林因出海口外側砂嘴侵蝕而逐漸退縮之現況，不建議採行水泥防坡堤及拋石等剛性工法(rigid technique)來修補砂嘴缺口，因賀伯颱風過後至今，水利工程單位曾經在新豐溪出海口砂嘴進行數次拋石補強工程，但效果似乎不彰。近年來國外相關研究建議採行柔性工法(flexible technique)來處理海岸侵蝕問題，針對砂嘴破口回補可嘗試合併抽砂養灘(beach nourishment)及設置竹製圍籬(bamboo fence)兩種柔性工法(Martins and

Pereira 2014, Albers and Schmitt 2015)。砂嘴缺口回補所需之砂源可考慮由出海口內側新形成之砂丘，或附近海岸因突堤效應導致上風處泥砂淤積的區域取得；竹製圍籬經國外實驗證實，可減緩海浪波能、增加泥砂沉積(Albers and Schmitt 2015)，施作方式可參考 Albers and Schmitt (2015)之報告內容。臺灣海岸線因沿岸輸砂量減少，許多地區由早期的淤積轉為侵蝕之現象非常明顯(林宗儀等 2011)；此外，為防止極端氣候的威脅，臺灣海岸、溪流地區進行了許多短期有效的防災硬體工程(如水泥護岸、攔砂壩等)，此類剛性工法反而造成海岸輸砂量減少，也間接降低了海岸對極端氣候的長期自然防護能力。新豐紅樹林只是其中一個案例，在極端氣候頻率增加的影響下，海岸侵蝕問題勢必加遽，充沛的河川輸砂量有助於海岸地形的穩定與保護，也有利紅樹林生存棲地的保護。

穩定的海岸地形有利於紅樹林保育，而紅樹林的保育也有利於海岸區域的屏障。南亞海嘯發生於 2004 年底，後續相關研究指出，紅樹林有緩減海嘯災害之功能(Danielsen *et al.* 2005, Dahdouh-Guebas *et al.* 2005, Kathiresan and Rajendran 2005)，在有茂密紅樹林屏障的海岸區域，居民財產損失及死亡率都明顯低於鄰近沒有紅樹林屏障的海岸區域(Vermaat and Thampanya 2006)。新豐紅樹林之變遷雖然只是地方小區域的案例，但在全球變遷導致極端氣候頻度增加的趨勢下，政府應重視紅樹林對海岸區域防護所扮演的角色，並將紅樹林保育納為海岸經營管理的重要課題之一。

誌謝

本文係農業委員會林務局農林航空測量所及農業委員會林業試驗所 104 年度「紅樹林分布區域之變遷過程及原因探討—以新竹紅毛港及香山濕地為例」合作案之研究成果。本研究獲得兩機關之行政、經費支援，以及諸位受訪專家、耆老無私提供之寶貴資訊，謹表達

誠摯謝意。

引用文獻

- 文崇一、楊國樞。2000。訪問調查法，社會及行為科學研究法(下冊)。台北，東華書局。
- 王相華、傅淑瑋、鄧國禎、洪西洲、廖學儀。2015。臺灣紅樹林面積變遷及物種組成現況。臺灣林業 41(2):47-51。
- 李建堂。2003。淡水河口水筆仔紅樹林分布變遷之研究。華岡地理學報 (16):59-69
- 林宗儀、陳華玟、陳勉銘。2011。尋找近期臺灣砂質海岸侵蝕熱點。工程環境會刊 27:77-92。
- 施上粟、李鴻源、許志揚、游蕙綾。2005。關渡紅樹林植群變遷之衝擊評估，臺灣水利 53 (2):31-41。
- 張淑蕙。2012。地層下陷對台灣西南沿海紅樹林生態系的影響—以急水溪及朴子溪為例。崑山科技大學進修部環境工程研究所碩士論文，39 頁。
- 莊文傑、李俊穎。2015。全球暖化引致臺灣海域海面水位昇降變動率之評估研究(2/4) —臺灣近岸驗潮站潮位基準偏移量校正方法之研究。交通運輸研究所，97 頁。
- 許立志、李建堂。2010。關渡自然保留區的紅樹林分布變遷與其經營管理。2010 環境與旅遊管理學術研討會論文集：13-26。
- 許晃雄、陳正達、盧孟明、陳永明、周佳、吳宜昭。2011。臺灣氣候變遷科學報告 2011。行政院國家科學委員會，362 頁。
- 陳文俊、郭豐益。2009。雲嘉海岸離岸砂洲變遷之探討。第十四屆中國海洋(岸)工程學術研討會論文集：。
- 陳映志。2001。嘉義縣東石地區紅樹林分布變遷之研究。國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文，81 頁。
- 陳癸月、盧光輝。2004。蘭陽平原土地利用與海岸變遷。華岡農科學報 13:1-14。
- 陳慶芳。2013。臺灣紅樹林管理策略之研究—以新竹市濱海野生動物保護區為例。國立成功大學海洋科技與事務研究所碩士論文，58 頁。
- 黃依凡。2010。濁水溪河川輸砂特性變動之研究。國立彰化師範大學地理學系碩士論文，86 頁。
- 萬文龍。2004。深度訪談在質性研究中的應用。生活科技教育月刊 37(4):17-23。
- 鄧國禎。2015。航照樹語：臺灣地區常見樹種立體相片對判釋。行政院農業委員會林務局農林航空測量所。
- 盧道杰、施上粟、黃國文、趙芝良、薛美莉、羅曄菱。2012。淡水河紅樹林、挖子尾與關渡三個自然保留區經營管理效能的系統評量。國家公園學報 22(4):34-46。
- Albers T and Schmitt K. 2015. Dyke design, floodplain restoration and mangrove co-management as parts of an area coastal protection strategy for the mud coasts of the Mekong Delta, Vietnam. *Wetlands Ecology and Management* 23:991-1004.
- Balke T, A Swales, CE Lovelock, PMJ Herman and TJ Bouma. 2015. Limits to seaward expansion of mangroves: Translating physical disturbance mechanisms into seedling survival gradients. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 467:6-25.
- Dahdouh-Guebas F, LP Jayatissa, DD Nitto, JO Bosire, DL Seen and N Koedam. 2005. How effective were mangroves as a defence against the recent tsunami? *Current Biology* 15(14):443-447.
- Danielsen F, MK Sørensen, MF Olwig, V Selvam, F Parish, ND Burgess, T Hiraiishi, VM Karunakaran, MS Rasmussen, LB Hansen, A Quarto and N Suryadiputra. 2005. The Asian tsunami: A protective role for coastal vegetation. *Science* 310(5748):643-643.
- Johnson JM, LJ Moore, K Ells, AB Murray, PN Adams, RA MacKenzie and JM Jaeger. 2015. Recent shifts in coastline change and shoreline stabilization linked to storm climate change. *Earth Surface Processes and Landforms* 40(5):569-585.
- Kahn JH. 1986. Geomorphic recovery of the Chandeleur Islands, Louisiana, after a major hurricane. *Journal of Coastal Research* 2(3):337-344.
- Kathiresan K and N Rajendran. 2005. *Coastal mangrove forests mitigated tsunami. Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 65:601-606.
- Kudo Y. 1932. The mangrove of Formosa. *The Botanical Magazine* 46 (544):147-156.

- Martins KA and PS Pereira. 2014. Coastal erosion at Pau Amarelo beach, Northeast of Brazil. *Journal of Coastal Research: Special Issue 71: Coastal erosion and management along developing coasts*: pp. 17-23.
- McNamara DE, AB Murray and MD Smith. 2011. Coastal sustainability depends on how economic and coastline responses to climate change affect each other. *Geophysical research letters* 38, L07401, doi:10.1029/2011GL047207.
- Otvos EG and GA Carter. 2008. Hurricane degradation-barrier development cycles, northeastern gulf of Mexico: Landform evolution and island chain history. *Journal of Coastal Research* 24(2):463-478.
- Pereira C and C Coelho. 2013. Mapping erosion risk under different scenarios of climate change for Aveiro coast, Portugal. *Natural Hazards* 69(1):1033-1050.
- Shih SS, HL Hsieh, PH Chen, CP Chen and HJ Lin. 2015. Tradeoffs between reducing flood risks and storing carbon stocks in riverine mangroves. *Ocean and Coastal Management* 105:116-126.
- Slott JM, A Brad Murray and AD Ashton. 2006. Coastline responses to changing storm patterns. *Geophysical research letters* 33, L18404, doi: 10.1029/2006GL027445.
- Stănică A, S Dan, JA Jiménez and GV Ungureanu. 2011. Dealing with erosion along the Danube Delta coast. The CONSCIENCE experience towards a sustainable coastline management. *Ocean and Coastal Management* 54(12):898-906.
- Tseng YH, LC Breaker and ETY Chang. 2010. Sea level variations in the regional seas around Taiwan. *Journal of Oceanography* 66(1):27-39.
- Vermaat JE and U Thampanya. 2006. Mangroves mitigate tsunami damage: a further response. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 69:1-3.
- Wu L, C Kao, T Hsu, Y Wang and J Wang. 2012. Spatial and Temporal Features of Regional Variations in Mean Sea Level around Taiwan. *Open Journal of Marine Science* 2(2):58-65.

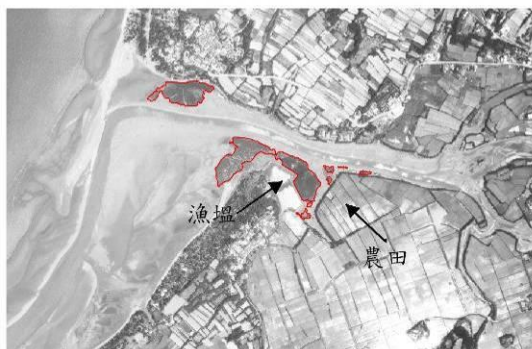
附錄：新豐紅樹林分布變遷航照影像



約3.5公頃 1948.07.10



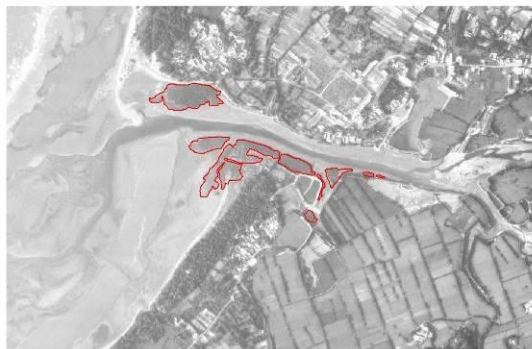
約5.4公頃 1956.06.05



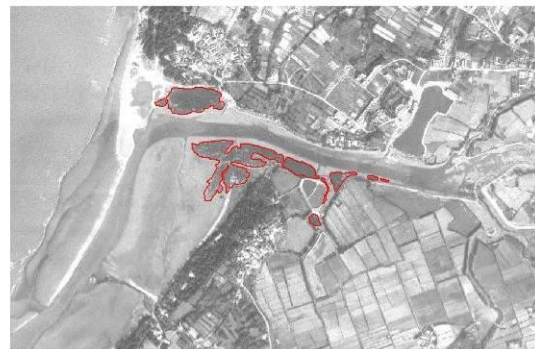
約3.9公頃 1978.04.12



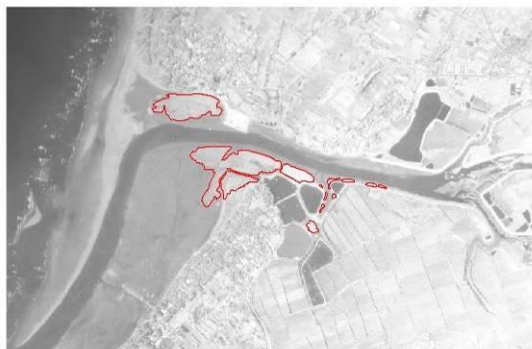
約4.3公頃 1982.06.04



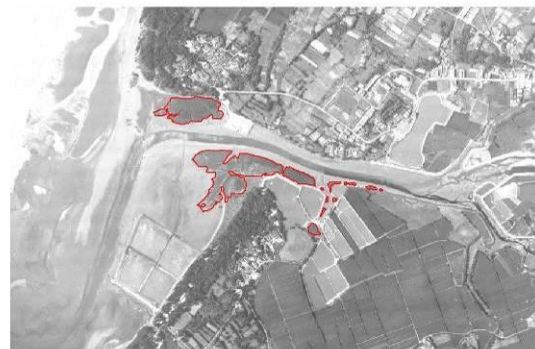
約5.0公頃 1983.11.02



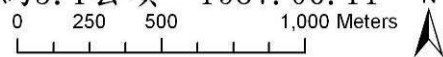
約5.2公頃 1985.01.23

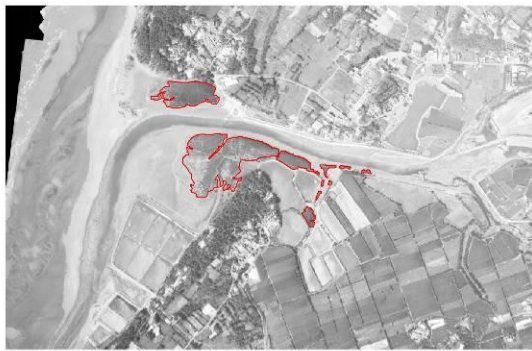


約5.4公頃 1986.09.11

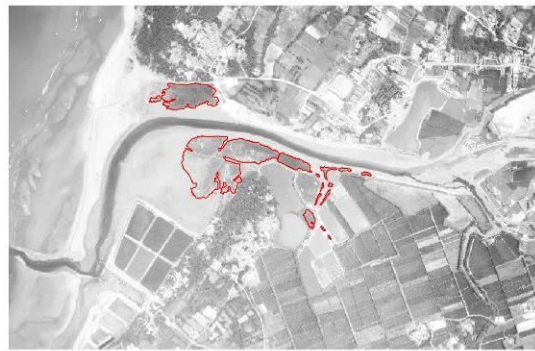


約5.1公頃 1987.06.11

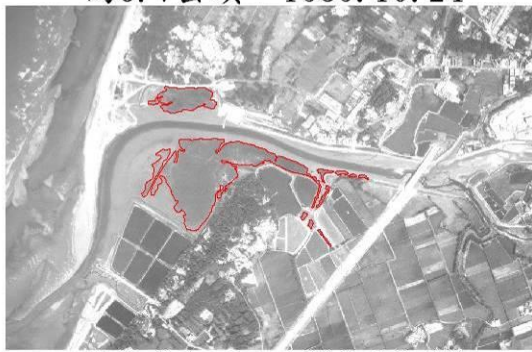




約6.7公頃 1989.10.24



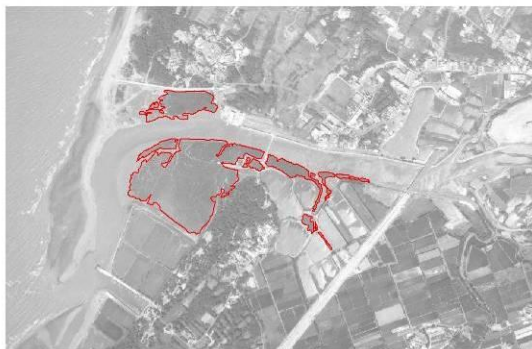
約6.3公頃 1990.05.31



約8.9公頃 1992.10.18



約10.9公頃 1993.08.30



約11.5公頃 1994.09.26



約12.8公頃 1996.09.26



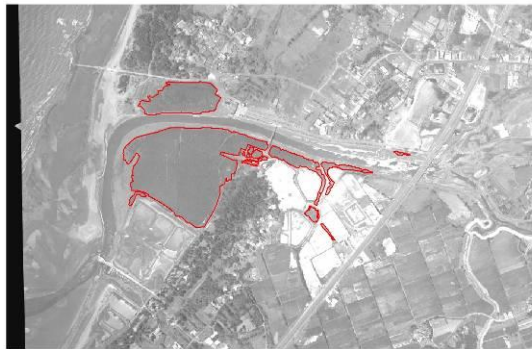
約13.6公頃 1997.12.26



約13.6公頃 1998.09.14

0 250 500 1,000 Meters





約13.8公頃 1999.05.11



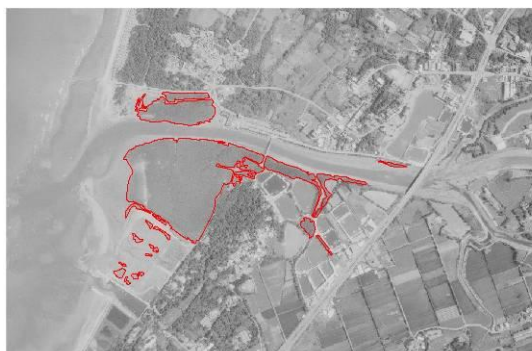
約14.1公頃 2000.05.23



約14.4公頃 2001.10.03



約14.2公頃 2002.07.02



約14.3公頃 2003.06.21



約12.0公頃 2005.10.11



約11.1公頃 2007.07.09



約10.6公頃 2008.11.22

0 250 500 1,000 Meters





約9.9公頃 2010.06.07



約10.0公頃 2011.05.29



約9.5公頃 2012.05.26



約9.2公頃 2013.10.31



約8.8公頃 2014.06.18



約8.5公頃 2015.05.16

