

## 第二章 新竹市沿海紅樹林現況調查

### 2-1 文獻回顧

新竹市沿海的紅樹林主要分布於香山區的客雅溪口、三姓公溪及大庄溪口草澤濕地以及海山罟紅樹林等三個區域。

香山客雅溪口紅樹林位於客雅溪口北側沙洲，主要是 1989 年由新竹市政府委託退除役官兵輔導委員會所種植，為水筆仔純林。根據 1995 年農委會特有生物中心的調查，其面積約 0.1 公頃，有逐漸擴張的趨勢（洪明仕、何平合，1999），但因客雅溪河口的強風吹襲，本區的水筆仔較海山罟地區的低矮，高約 80 公分（薛美莉，1995）。

三姓公溪及大庄溪口草澤濕地出現人工種植的紅樹林小植株，面積約 10 公頃（網路資料：自然保育網），與客雅溪口的紅樹林面積相比大了許多，但是很難從文獻上找到相關的資料，因此本區種植的時間及單位並沒有任何資料記載。市政府於民國 90 年計畫興建的客雅污水處理廠，位置就在三姓公溪和大庄溪之間，面積 17.2 公頃，使用的陸地為 1.2 公頃，將填築 16 公頃的海埔地，做為建廠用地（網路資料：新竹市政府網站）。

海山罟紅樹林與客雅溪口紅樹林同樣為水筆仔人工林，唯種植時間較早，於 1959 年造林，是少數非河口型的紅樹林，生長於潮間帶的高潮線，為海浪作用低的泥灘地。本區因海堤修建將紅樹林分為堤內（東側）與堤外（西側）兩區，而海堤東側的紅樹林因為西濱快速道路的開闢與傾倒工程廢土造成排水不良等因素，本區的紅樹林已逐漸消失。目前分布於海堤西側的水筆仔，細密而樹型高大，與客雅溪口矮小的水筆仔在外觀上各具特色（薛美莉，1995；洪明仕、何平合，1999）。

### 2-2 調查地點

現有文獻中所記載的新竹市沿海紅樹林高度、面積範圍及種類等資料，大約是在 1995 年之前所做的調查，由於紅樹林的繁衍速度快，且近年來新竹市沿海出現不少人為種植的紅樹林小苗區，因此必須重新調查紅樹林的分布概況，以作為未來保護區經營管理的基礎背景資料。

在 2003 年 1 月 18 日與 27 日、2 月 12 日以及 3 月 15 日等四次的現場調查結果，現今保護區內的紅樹林分布區域共九區，包括（圖 2-2-1）：

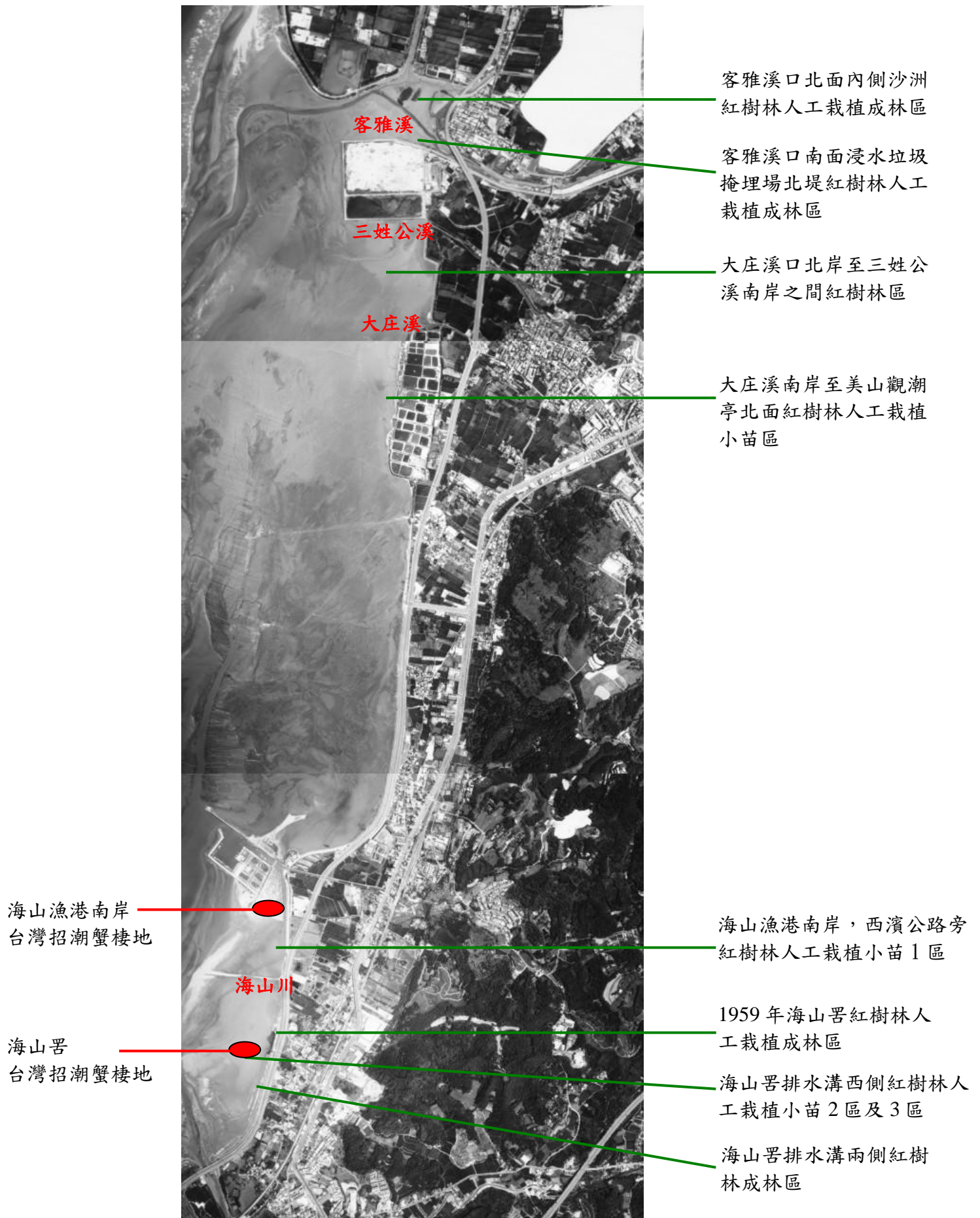


圖 2-2-1 新竹市沿海紅樹林及台灣招潮蟹棲地分布圖  
(航照圖組合自農林航空測量所 2001 年拍攝)

**客雅溪口（種類：水筆仔純林）**

1. 客雅溪口北面內側沙洲上 1989 年人工栽植水筆仔成林區
2. 客雅溪口南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤的人工栽植水筆仔成林區（圖 2-2-2）

**大庄溪口（種類：水筆仔及海茄苳）**

3. 大庄溪口北岸至三姓公溪南岸之間紅樹林區（即客雅污水處理廠預定地，本次不做調查）（圖 2-2-3）
4. 大庄溪口南岸至美山觀潮亭北面紅樹林人工栽植小苗區（圖 2-2-4）

**海山罟（種類：水筆仔、海茄苳及五梨跤）**

5. 海山漁港南岸，西濱公路旁人工栽植小苗區（本研究稱之為海山罟人工栽植小苗 1 區）
6. 1959 年海山罟水筆仔人工栽植成林區（圖 2-2-5）
7. 海山罟排水溝西側的紅樹林人工栽植小苗 2 區
8. 海山罟排水溝西側的紅樹林人工栽植小苗 3 區
9. 海山罟排水溝兩側的紅樹林成林區（圖 2-2-6）

由現勘結果得知，目前在新竹市沿海的紅樹林分布區域比文獻中的記載還要多，且推估其所佔面積較先前調查來的大。因此本研究採取以下的幾項方法來調查紅樹林現況，並且建議作為未來監測紅樹林族群變化的方法。



圖 2-2-2 客雅溪口南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤的水筆仔成林區（2003 年 2 月拍攝）



圖 2-2-3 大庄溪口北岸至三姓公溪南岸之間紅樹林區即客雅污水處理廠預定地（2003 年 1 月拍攝）



圖 2-2-4 大庄溪南岸至美山觀潮亭北面排列整齊的紅樹林人工栽植小苗區（2003 年 1 月拍攝）



圖 2-2-5 1959 年海山罟紅樹林人工栽植成林區，以及近年來由人工栽植的紅樹林小苗 2 區（箭頭處）（2003 年 1 月拍攝）



圖 2-2-6 海山罟排水溝兩側的紅樹林成林區（2003 年 3 月拍攝）

## 2-3 調查項目與方法

### 2-3-1 保護區內各區紅樹林的分布位置及面積大小

進行現場勘查與調查時，必須配合地圖上已畫出的紅樹林區域位置或利用航空照片圖判別紅樹林所在的區域，運用 MLR-SP24G（誤差範圍在 3 公尺之內）的全球衛星定位系統(Global Positioning, GPS)，將現有的紅樹林範圍重新標定出來。再將 GPS 所標定的點，輸入地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)的 Arcview 電腦軟體中，即可在已校正經緯度之地圖上得到目前紅樹林所分布的區域，並同時可運用 Arcview 電腦軟體計算出紅樹林面積。

### 2-3-2 紅樹林族群生長現況

在每個紅樹林區的垂直與水平堤岸方向，分別設置 3 條穿越線，可得到編號 1~9 的調查站，每個站取 3~10 株，觀察紅樹林的種類，並測量、記錄樹高及胸高周徑。紅樹林樹高為地面以上至樹冠，胸高周徑若不及胸高者，則測量主幹周徑，再將周徑換算為直徑。將測量後的紅樹林樹高與胸高直徑數值輸入電腦 Statview 軟體，可繪出不同區域的紅樹林高度及直徑的頻度分布圖。

### 2-3-3 紅樹林與其他棲地的底質環境特徵調查

依不同棲地類型（例如：紅樹林成林區、紅樹林小苗區、無任何植被的潮間帶泥灘地區及沙洲區、草澤區以及台灣招潮蟹棲地等）分別設置編號 1~9 的調查站（設置方法同紅樹林族群生長現況調查之採樣站），在每個棲地類型中，進行樣本採集、測量及分析。

#### 一、測量項目：

A. 經緯度：每區所有測站皆以 GPS 做經緯度測量。

B. 底質環境因子：

(1) 氧化還原層：每區所有測站皆做此項測量，可得知底泥有氧層之深度。

(2) 粒徑：每區各取三個測站做此項測量，可知底泥之粉泥與黏土含量比例，可能與底泥有機物含量多寡有關。

(3) 有機物含量：每區各取三個測站做此項測量，底泥有機物質的含量可能影響底棲生物的分布。

(4) 含水量：每區各取三個測站做此項測量。

(5) pH 值：每區各取三個測站做此項測量。

C. 生物因子：

底棲無脊椎動物種類之鑑定與計數：每區各取三個測站做此項調查。

## 二、測量、採樣及分析方法

### B. 底質環境因子：

#### (1) 氧化還原層深度

以內徑 2 公分、長 100 公分的 PVC 塑膠管垂直插入底土中，再以塞子塞住上方管口，使管內呈真空即可取出塑膠管，管中呈灰黑色的泥層為還原層，呈黃褐色的泥層為氧化層。測量表面至還原層之距離長度，即為底土之氧化層深度（圖 2-3-1）。



圖 2-3-1 氧化還原層測量方法示意圖

#### (2) 底土粒徑分析

##### a. 採樣

在採集生物樣品的附近，以內徑 2.6 公分的塑膠管採集表層 2-3 公分的底泥樣品一個，低溫保存攜回實驗室。

##### b. 粒徑分析

用溼篩法，經過 Wentworth 系列的篩網(網目由 2.0 mm 或 1.0 mm 至 62  $\mu\text{m}$ )分級過篩。底質粒徑小於 62  $\mu\text{m}$  的粉泥-黏土含量 (silt/clay content) 採用 Hsieh & Chang (1991) 改良之定量吸管法分析。

底質粒徑大小則以粒徑中值(median grain size)表示，詳細方法參照 Hsieh & Chang (1991)所述。粒徑、篩選係數計算方法如下（謝蕙蓮等，1993）：

$$\begin{aligned}\text{粒徑中值} &= \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \\ \text{篩選係數} &= \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6} \\ \Phi \text{ 值} &= -\log_2 (\text{篩網孔徑})\end{aligned}$$

### (3)底泥全有機碳及全氮含量測定

#### a. 採樣

在採集生物樣品的附近，以內徑 2.6 公分的塑膠管採集表層 2-3 公分的底泥樣品一個，低溫保存攜回實驗室。

#### b. 底泥有機物含量分析

在各測站所採得之底泥，取一部份約 50 g 冷凍乾燥。若沉積物中有大型的底棲動物，如貧毛類、端腳類、螺類或碎屑，如樹枝、樹葉等，在樣品乾燥後，經過 0.5 mm 篩網去除。測量有機碳含量時，先將乾燥後的樣品加入與待測樣品等體積之 1N 濃 HCl，混合均勻靜置，以吸管吸除上層液，重複數次使濃 HCl 與無機碳完全反應，以去除無機碳，再次冷凍乾燥。樣品經充分研磨、混合均勻後，以碳、氮元素分析儀(Perkin Elmer EA 2400 Series II)分析底泥中全有機碳(TOC)及全氮(TN)含量。

### (4)含水量測定

#### a. 採樣

在採集生物樣品的附近，以內徑 2.6 公分的塑膠管採集表層 2-3 公分的底泥樣品一個，低溫保存攜回實驗室。

#### b. 含水量測定

秤量底泥濕重，之後置於 60 °C 的烘箱乾燥約 3 天，再秤量底土之乾重。

$$\text{含水量}(\%) = \{ (\text{濕重} - \text{乾重}) / \text{濕重} \} * 100\%$$

### (5)pH 值

#### a. 採樣

在採集生物樣品的附近，以內徑 2.6 公分的塑膠管採集表層 2-3 公分的底泥樣品一個，低溫保存攜回實驗室。

#### b. pH 值測定

每一樣品先取 5 克底土秤重、烘乾，求出含水量。再取 10 克的底土計算二倍底土重量的去離子水所應有的重量值。因取樣之底土並非完全乾燥，故加入的去離子水的重量必須扣除原本底土內所含水的重量，因此：

應加入之去離子水的重量 = 20 克 - (10 克 × 樣品含水量%)

10 克底土樣品加入所需之去離子水後，徹底攪拌 30 秒鐘，靜置 30 分鐘後，再徹底攪拌，測量 pH 值。

#### C. 生物因子：

##### 底棲動物採樣與種類之鑑定及計數

##### a. 採樣

底棲生物以內徑 10 公分的 PVC 塑膠管採取約 15 公分深的底泥，將採集到的底泥以網目 0.5 mm 的篩網篩選。留在篩網上的樣品以當地海水沖倒至塑膠罐中，先以薄荷腦麻醉，再以 10% 的福馬林固定。

樣品經過至少 48 小時的福馬林固定後，再次倒在 0.5 mm 的篩網上，以清水沖洗，去除福馬林，然後進行挑蟲的工作。

##### b. 鑑定及計數

將挑出來的動物鑑定物種並計量各種類的個體數。每生物因子測站各種類之數量以三重覆樣品的平均密度(個體數/平方公尺)表示。

## 2-4 結果及討論

### 2-4-1 保護區內各區紅樹林的分布位置及面積大小

將紅樹林分布的 GPS 位置點（附錄一），輸入地理資訊系統 Arcview 軟體中，即可得到目前新竹市沿海的紅樹林分布圖（圖 2-4-1、2-4-1(1)、2-4-1(2)、2-4-1(3)），再經由電腦軟體計算，可得到各區紅樹林的面積（表 2-4-1）。

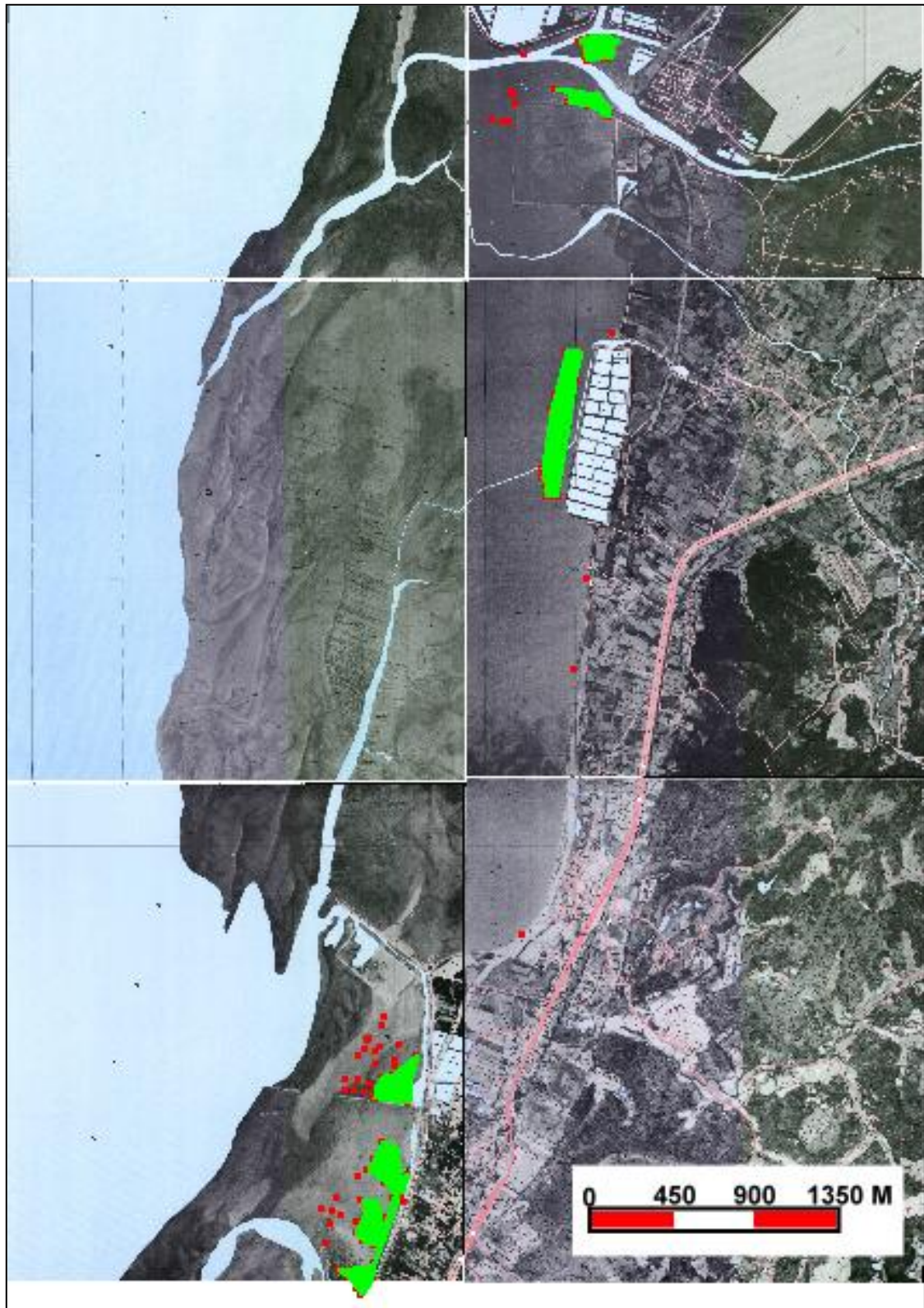


圖 2-4-1 新竹市沿海紅樹林分布圖（綠色區塊表示紅樹林區，紅色點為本研究中紅樹林與其他棲地的調查點。本底圖為農林航空測量所 83 年出版之相片基本圖。）

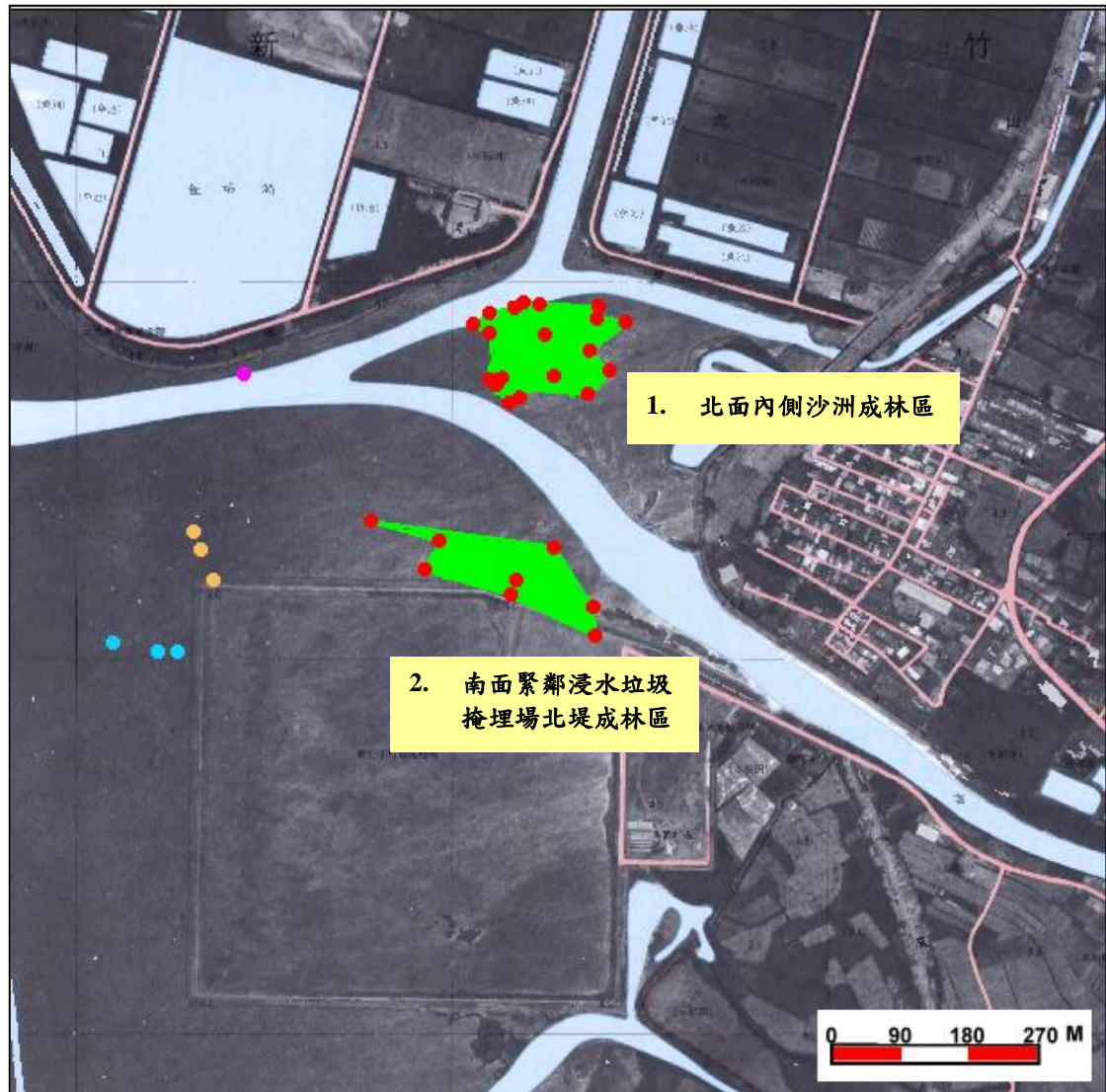


圖 2-4-1(1) 客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區、南面浸水垃圾掩埋場北堤紅樹林人工栽植成林區與其他棲地之 GPS 定位點與面積範圍（本底圖為農林航空測量所 83 年出版之相片基本圖）

各棲地類型之調查點或 GPS 定位點：

- 紅樹林
- 潮間帶泥灘地
- 河道泥灘地
- GPS 校正點



圖 2-4-1(2) 大庄溪口南岸紅樹林人工栽植小苗區之 GPS 定位點與面積範圍（本底圖為農林航空測量所 83 年出版之相片基本圖）

各棲地類型之調查點或 GPS 定位點：

- 紅樹林
- GPS 校正點

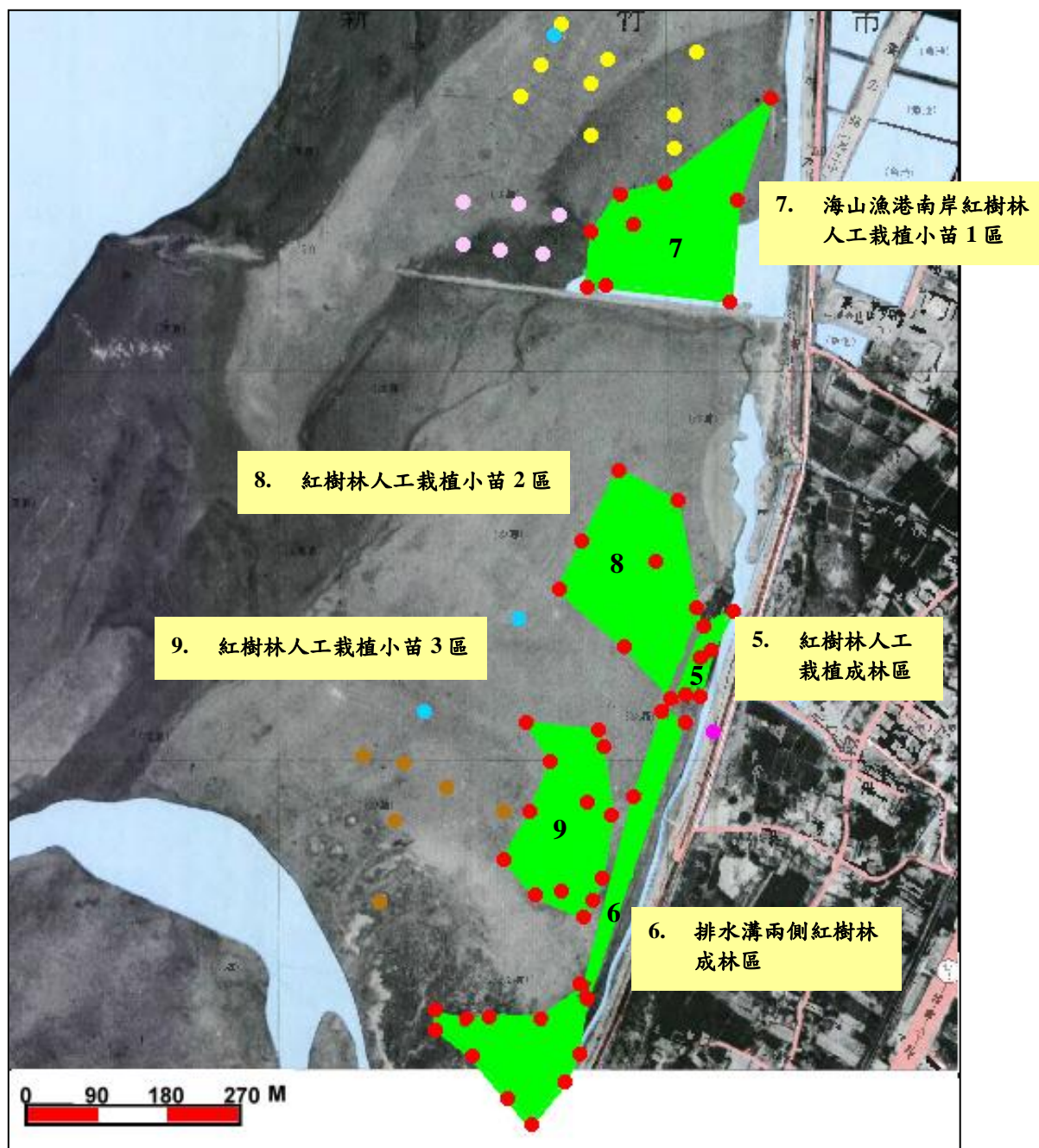


圖 2-4-1(3) 海山厝紅樹林人工栽植成林區、排水溝兩側紅樹林成林區、海山漁港南岸紅樹林人工栽植小苗 1 區、排水溝西側紅樹林人工栽植小苗 2 區、3 區與其他棲地之 GPS 定位點與面積範圍（本底圖為農林航空測量所 83 年出版之相片基本圖）

各棲地類型之調查點或 GPS 定位點：	
● 紅樹林	● 草澤區
● 台灣招潮蟹棲地	● 沙洲
● 潮間帶泥灘地	● GPS 校正點

客雅溪口北面內側沙洲上人工栽植水筆仔成林區，面積約為 1.75 公頃，與 1995 年紀錄的 0.1 公頃相比較（薛美莉，1995），確實有顯著增加。分布在大庄溪口南北岸的紅樹林面積廣大，因三姓公溪南岸至大庄溪出海口北岸為污水處理場預定地，將來在這個區域內的紅樹林將被填埋，故本研究不進行此區的調查；而南岸至美山觀潮亭北岸之間的紅樹林面積約 7.38 公頃。本區的紅樹林種類有水筆仔及海茄苳兩種，外觀上這些植株較客雅溪口的矮小，在本研究的調查期間內，尚未觀察到水筆仔的胎生苗或海茄苳的蒴果。

海山罟區域的紅樹林人工栽植成林區總面積約為 0.35 公頃，加上排水溝兩側的紅樹林成林區 2.39 公頃，共約 2.74 公頃，相較 1995 年 0.26 公頃的紀錄（1995，薛美莉），亦有顯著增加。此外，目前海山罟地區的紅樹林還包括了分布在海山川北面，為近幾年人工栽植的小苗區，面積約為 3.01 公頃，及排水溝西側的兩區人工種植小苗區，分別為 2.94 公頃與 2.21 公頃。又根據現場勘查可以明顯看出，海山罟地區的紅樹林成林區所衍生的小苗，其分布概況是沿著排水溝或有水道流經的區域生長，而近幾年來，海山罟出現排列整齊的紅樹林小苗，顯然為人為刻意栽種（圖 2-4-2）。



圖 2-4-2 自然衍生與人工栽種的紅樹林分布特性圖（A 箭頭處為人工栽種的紅樹林，B 箭頭處為沿著水道自然散佈的紅樹林）（2003 年 3 月拍攝）

**表 2-4-1 新竹市沿海紅樹林的分布地點、面積及種類表**

區域	地點	面積（公頃）	紅樹林種類	備註
客雅溪口	1. 北面內側沙洲成林區	1.75	水筆仔純林	1989 年種植
	2. 南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤成林區	1.54	水筆仔純林	
大庄溪口	3. 大庄溪至三姓公溪南岸之間（客雅污水處理廠預定地）	本研究未進行調查	水筆仔、海茄苳	實際種植年份不詳
	4. 大庄溪口南岸至美山觀潮亭北面人工栽植小苗區	7.38	水筆仔、海茄苳	實際種植年份不詳
海山畧	5. 1959 年人工栽植成林區	0.35	水筆仔純林	1959 年種植
	6. 排水溝兩側成林區	2.39	水筆仔、海茄苳、五梨跤	
	7. 海山漁港南岸，西濱公路旁人工栽植小苗 1 區	3.01	水筆仔、海茄苳	實際種植年份不詳 （推估為近一、二年種植）
	8. 排水溝西側人工栽植小苗 2 區	2.94	水筆仔、海茄苳、五梨跤	實際種植年份不詳 （推估為近一、二年種植）
	9. 排水溝西側人工栽植小苗 3 區	2.21	水筆仔、海茄苳、五梨跤	實際種植年份不詳 （推估為近一、二年種植）
新竹市沿海紅樹林總面積		21.57		

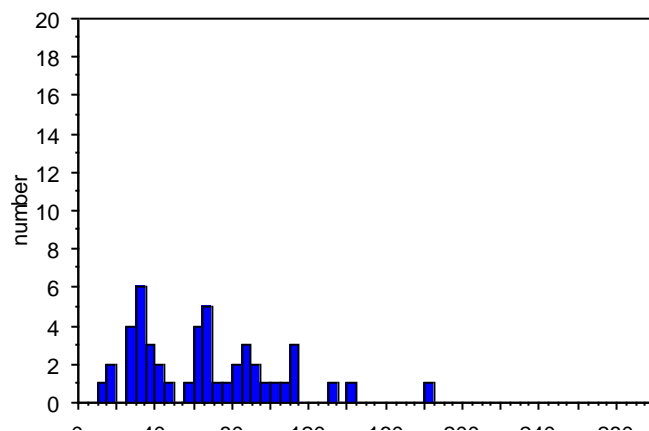
### 2-4-2 紅樹林族群生長現況

根據各區域紅樹林高度及胸高直徑的調查結果，得到不同區域的高度及胸徑頻度分布圖（圖 2-4-3、2-4-4、2-4-5、2-4-6、2-4-7 及 2-4-8）。從高度頻度分布圖與分析結果可得，在北面內側沙洲的成熟水筆仔，平均高度為  $128.0 \pm 8.5$  (mean $\pm$ S.E.,  $n=32$ ) 公分，胸高直徑為  $12.2 \pm 2.1$  ( $n=32$ ) 公分；小苗高度為  $33.1 \pm 1.0$  ( $n=45$ ) 公分，胸高直徑為  $0.8 \pm 0.0$  ( $n=45$ ) 公分。而 1995 年所調查的水筆仔高度約為 80 公分（薛美莉，1995），由此兩次調查結果顯示，目前客雅溪口的水筆仔純林包含了小苗與成熟植株，且族群持續有成長的趨勢。此外，由於本區為河口型紅樹林，胎生苗容易隨著潮水漲退而被帶往較內陸的河道，本次勘查也發現位於金城橋附近的河道中，已有水筆仔小苗開始生長，這些靠近內陸河道內的紅樹林應定期清除，以防止河道淤積，產生阻塞的現象。

海山罟於 1959 年栽種的水筆仔成林區，其平均高度為  $172.5 \pm 11.5$  ( $n=24$ ) 公分，胸高直徑為  $9.99 \pm 1.0$  ( $n=24$ ) 公分；小苗的高度為  $34.0 \pm 1.7$  ( $n=30$ ) 公分，胸高直徑為  $0.5 \pm 0.0$  ( $n=30$ ) 公分。在此區目前也發現有海茄苳與五梨跤的分布，已非過去水筆仔純林。大庄溪口南岸水筆仔紅樹林的平均高度為  $92.8 \pm 2.1$  ( $n=52$ ) 公分，胸高直徑為  $3.4 \pm 0.2$  ( $n=52$ ) 公分；海茄苳的平均高度為  $75.3 \pm 7.0$  ( $n=10$ ) 公分，胸高直徑為  $3.0 \pm 0.6$  ( $n=10$ ) 公分。其平均高度較客雅溪口及海山罟的紅樹林矮，且未發現有水筆仔胎生苗或海茄苳蒴果，推測本區的紅樹林應該尚未成熟。

目前新竹市沿海的紅樹林的種類有水筆仔、海茄苳與五梨跤等三種，成熟的水筆仔與五梨跤以胎生苗繁殖，五梨跤有深入地下的支柱根（圖 2-4-9），且葉片較水筆仔大。海茄苳以蒴果繁殖，並有棒狀呼吸根由地表下往上生長（圖 2-4-10）。

客雅溪口南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤  
紅樹林成林區



客雅溪口北面內側沙洲紅樹林成林區

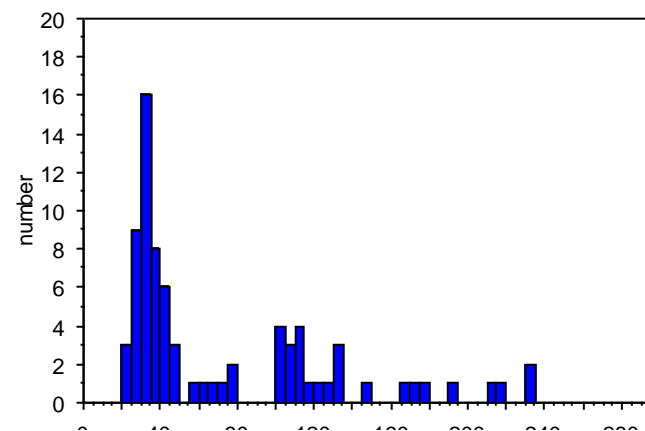
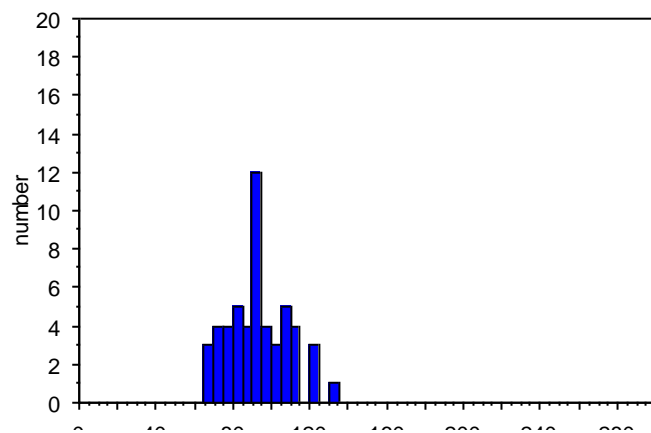


圖 2-4-3 客雅溪口南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤與北面內側沙洲上紅樹林成林區  
(水筆仔)之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖

大庄溪口南岸至美山觀潮亭北面---水筆仔



大庄溪口南岸至美山觀潮亭北面---海茄苳

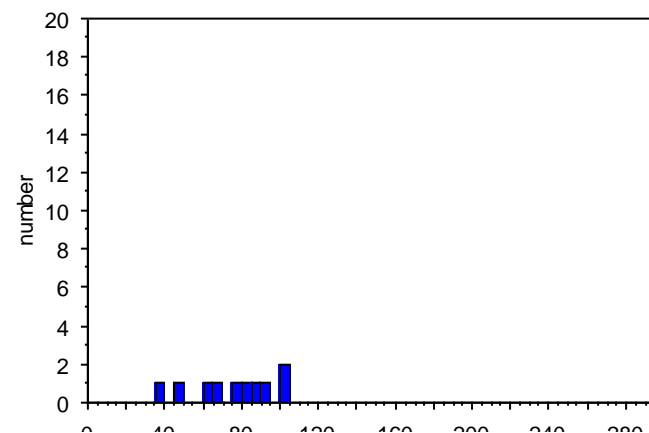
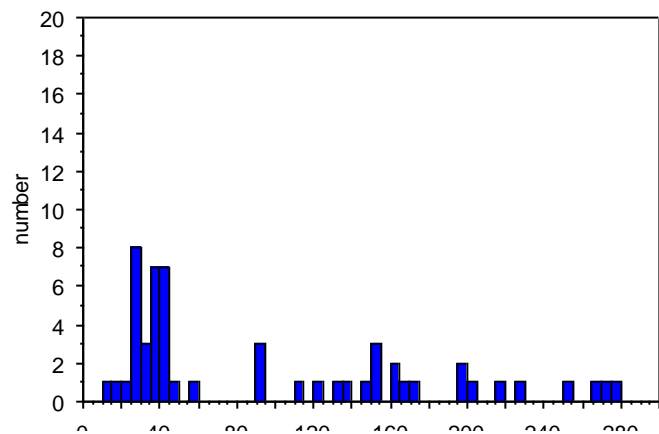


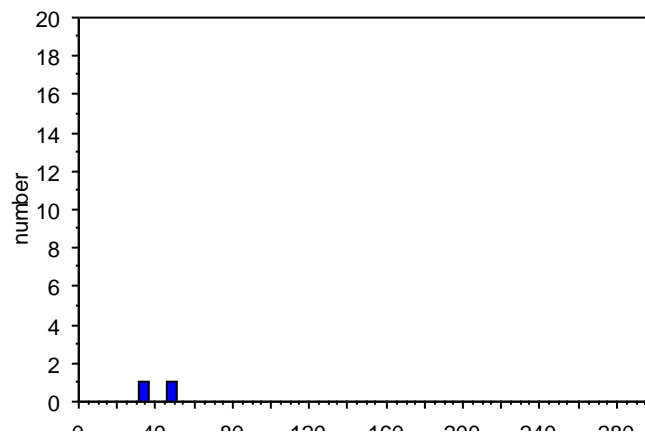
圖 2-4-4 大庄溪口南岸至美山觀潮亭北面紅樹林人工栽植小苗區內水筆仔及海茄苳之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖

1959 年海山罟人工栽種植紅樹林成林區

水筆仔



海茄苳



五梨跤

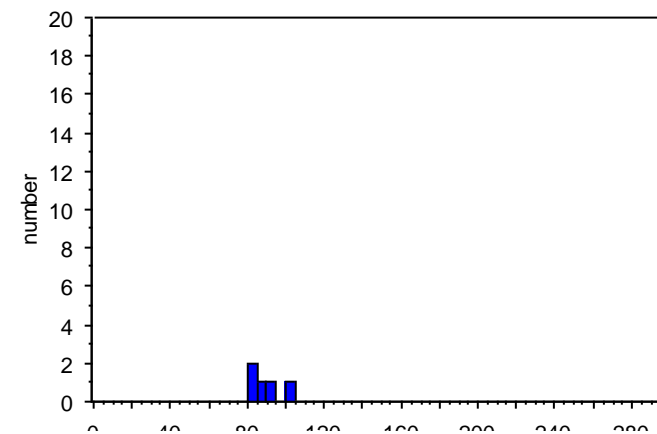
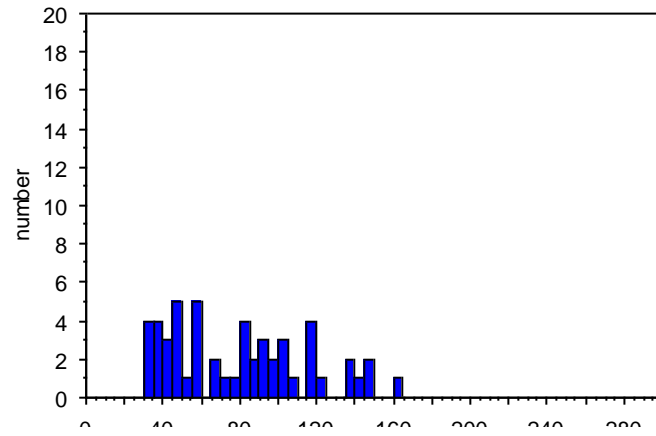


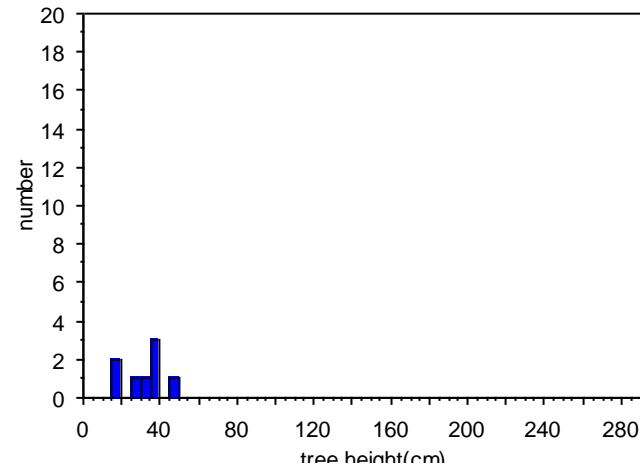
圖 2-4-5 1959 年海山罟紅樹林人工栽植成林區內水筆仔、海茄苳及五梨跤之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖

海山罟排水溝兩側的紅樹林成林區

水筆仔



海茄苳



五梨跤

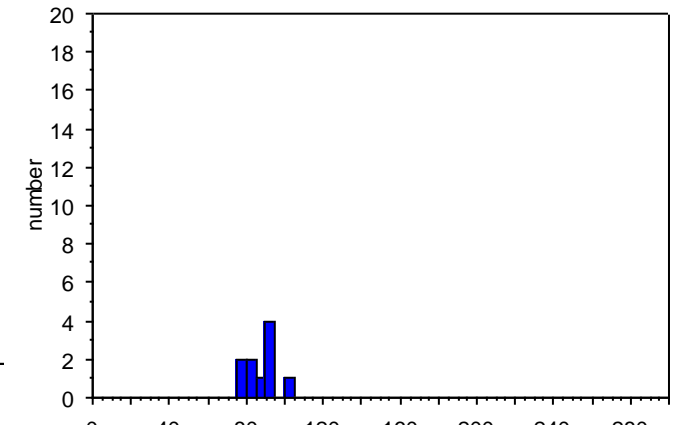
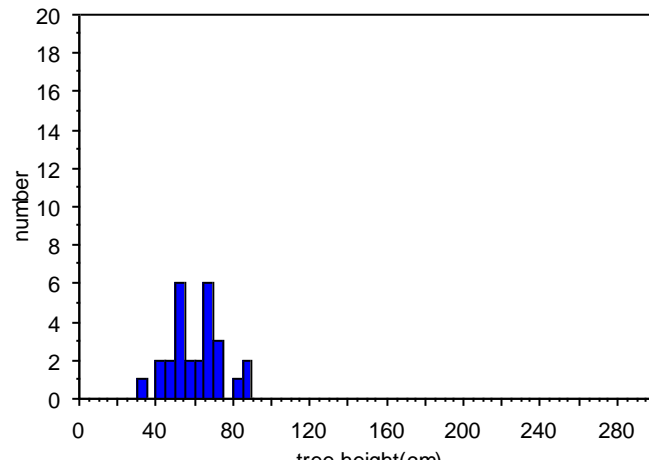


圖 2-4-6 海山罟排水溝兩側的紅樹林成林區內水筆仔、海茄苳及五梨跤之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖

海山漁港南岸，西濱公路旁人工栽植小苗 1 區（水筆仔）



海山罟排水溝西側人工栽植小苗 2 區（水筆仔）

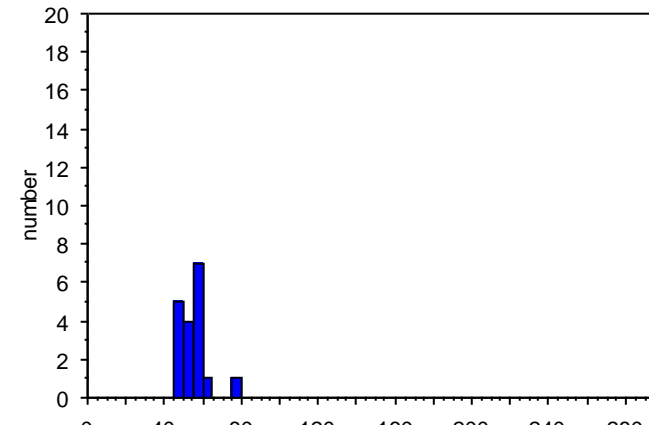
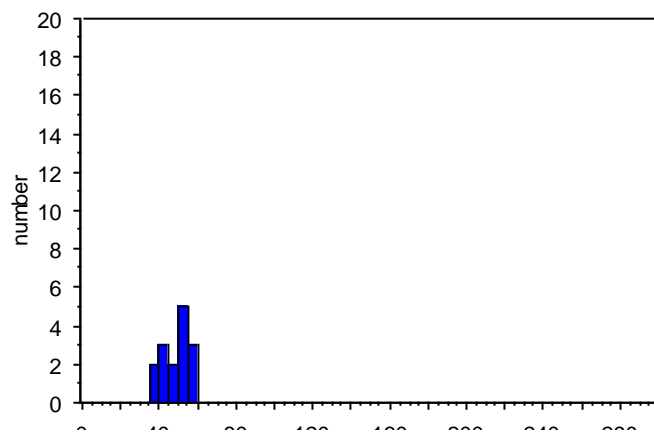


圖 2-4-7 海山漁港南岸人工栽植小苗 1 區及海山罟排水溝西側人工栽植小苗 2 區內水筆仔之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖

海山罟排水溝西側人工栽植小苗 3 區（水筆仔）



海山罟排水溝西側人工栽植小苗 3 區（五梨跤）

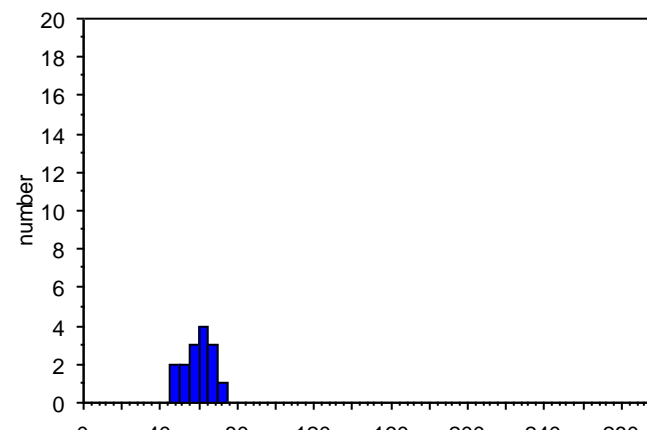


圖 2-4-8 海山罟排水溝西側人工栽植小苗 3 區內水筆仔與海茄苳之高度頻度分布及胸徑頻度分布圖



圖 2-4-9 海山罟人工種植的水筆仔及五梨跤混生小苗區（箭頭處為五梨跤）（2003 年 3 月拍攝）



圖 2-4-10 海茄苳的呼吸根

### 2-4-3 紅樹林與其他棲地的底質特徵調查

海山罟、大庄溪口與客雅溪口不同棲地類型底質物理與化學特性分析結果顯示，在粒徑方面，海山罟台灣招潮蟹棲地、沙洲與草澤底質粒徑較其他棲地大，平均粒徑介於 0.13~0.15mm 之間，屬於細砂(fine sand)的底質。海山罟的泥灘地底質粒徑分析結果中，有一個採樣點粒徑高達 0.27mm，是所有棲地中粒徑最大者，屬於中等粗砂(medium sand)的底質，比其他地點的泥灘地底質粒徑高（客雅溪口泥灘地粒徑為 0.06~0.08mm）。大庄溪口南岸的人工栽植小苗區與客雅溪口泥灘地，底質粒徑較小，平均值為 0.06mm，屬於粉泥(silt)的底質。海山罟與客雅溪口紅樹林區的底質粒徑為 0.07~0.10mm，屬於極細砂(very fine sand)的底質（表 2-4-2、圖 2-4-11）。粉泥黏土含量方面，海山罟的沙洲與草澤的粉泥黏土含量較低，值介於 7.44~7.80%。大庄溪口南岸的紅樹林人工栽植小苗區與客雅溪口的潮間帶泥灘地底質粉泥黏土含量較高，值介於 43.34~46.69%之間。海山罟潮間帶泥灘地三個採樣點底質的粉泥黏土含量差異最大，最大值為 49.26%，最小值為 1.59%。導致此差異可能是因為有一個採樣點的底質是屬於砂質，該點的粒徑較大，粉泥黏土含量較小（表 2-4-2、圖 2-4-11）。

在氧化還原層深度方面，海山罟紅樹林人工栽植成林區的平均有氧層深度為  $5.2 \pm 1.6$  (n=8)公分，為所有紅樹林區中最淺的。客雅溪口潮間帶泥灘地最淺，平均有氧層深度為  $1.0 \pm 0.5$  (n=3)公分。海山罟台灣招潮蟹棲地與草澤區底質有氧層深度皆大於 40 公分，此兩棲地的含水量是所有棲地中較少的，平均含水量為 15.9~16.5%；而底質是偏鹼性，pH 值約為 8.6，表示此區環境屬於砂質、較乾且偏鹼性的底質（表 2-4-2、圖 2-4-12）。

全有機碳(TOC)及全氮(TN)在海山罟紅樹林人工栽植成林區及客雅溪口南面緊鄰浸水垃圾掩埋場北堤的人工栽植水筆仔成林區，其平均含量分別為  $0.40 \pm 0.07\%$  (n=3)、 $0.03 \pm 0.01$  (n=3) 與  $0.54 \pm 0.19$  (n=3)、 $0.06 \pm 0.50$  (n=3)，較海山罟紅樹林人工栽植小苗區高。客雅溪口的河道泥灘地與潮間帶泥灘地之全有機碳及全氮含量高，可能與上游河道的排放物質有關（圖 2-4-13）。

分布在紅樹林區的底棲動物以多毛類、端腳類和螃蟹為主，除了在大庄溪南岸的紅樹林人工栽植小苗區有較多的多毛類，平均每平方公尺有  $2929.9 \pm 1856.3$  (n=3)隻，其餘紅樹林人工栽植成林區內的底棲動物每平方公尺皆少於 1000 隻（表 2-4-3）。

表 2-4-2 各種棲地類型的底質物理化學特性分析表

地點	海山罟(HS)									大庄溪口(TC)	客雅溪口(KY)			
測站	紅樹林 1 (MM1)	紅樹林 2 (MM2)	人工苗 1 (MAS1)	人工苗 2 (MAS2)	人工苗 3 (MAS3)	沙洲 (TS)	泥灘地 (TMF)	台灣招潮蟹棲地(UF)	草澤(G)	人工苗(MAS)	紅樹林 1 (MM1)	紅樹林 2(MM2)	河道泥灘地 (RF)	泥灘地 (TMF)
採樣時間	2003.01.18	2003.03.15	2003.01.27	2003.01.18	2003.03.15	2003.01.18	2003.01.18	2003.01.27	2003.01.27	2003.01.27	2003.02.12	2003.03.15	2003.02.12	2003.02.12
粒徑 grain size (mm)	0.10±0.02 (n=3)	*	0.11±0.02 (n=3)	0.07±0.01 (n=3)	*	0.15±0.02 (n=3)	0.14±0.07 (n=3)	0.13±0.01 (n=6)	0.15±0.01 (n=3)	0.06±0.01 (n=3)	0.09±0.03 (n=3)	0.07±0.01 (n=3)	0.08±0.00 (n=3)	0.06±0.01 (n=3)
粉泥／黏土含量 silt／clay (%)	32.84±10.70 (n=3)	*	19.25±5.60 (n=3)	39.33±6.15 (n=3)	*	7.80±4.57 (n=3)	24.94±13.77 (n=3)	10.85±3.32 (n=6)	7.44±1.99 (n=3)	46.69±10.03 (n=3)	33.80±12.10 (n=3)	41.27±5.96 (n=3)	30.38±2.32 (n=3)	43.34±9.48 (n=3)
篩選度 sorting coefficient	1.47±0.04 (n=3)	*	1.10±0.17 (n=3)	1.24±0.07 (n=3)	*	0.65±0.11 (n=3)	0.90±0.24 (n=3)	0.86±0.13 (n=6)	0.70±0.09 (n=3)	1.93±0.04 (n=3)	1.89±0.23 (n=3)	1.56±0.05 (n=3)	1.50±0.12 (n=3)	1.44±0.12 (n=3)
全有機碳含量 TOC (%)	0.40±0.07 (n=3)	*	0.18±0.03 (n=3)	0.21±0.01 (n=3)	*	0.06±0.02 (n=3)	0.23±0.13 (n=3)	0.16±0.02 (n=6)	0.14±0.02 (n=3)	0.53±0.15 (n=3)	0.54±0.19 (n=3)	0.44±0.03 (n=3)	0.43±0.05 (n=3)	0.68±0.06 (n=3)
全氮含量 TN(%)	0.03±0.01 (n=3)	*	0.02±0.01 (n=3)	0.01±0.00 (n=3)	*	0.00±0.00 (n=3)	0.02±0.01 (n=3)	0.02±0.00 (n=6)	0.02±0.00 (n=3)	0.06±0.02 (n=3)	0.06±0.02 (n=3)	0.04±0.00 (n=3)	0.05±0.00 (n=3)	0.08±0.01 (n=3)
含水量(%)	20.19±1.31 (n=3)	*	20.13±1.39 (n=3)	22.50±0.70 (n=3)	*	21.10±0.58 (n=3)	21.12±6.32 (n=3)	16.45±1.77 (n=6)	15.93±2.54 (n=3)	29.13±2.89 (n=3)	22.11±3.19 (n=3)	2.05±0.17 (n=3)	23.47±1.13 (n=3)	33.26±3.52 (n=3)
pH 值	7.55±0.06 (n=3)	*	8.13±0.02 (n=3)	8.01±0.08 (n=3)	*	7.52±0.06 (n=3)	7.31±0.13 (n=3)	8.61±0.14 (n=6)	8.63±0.25 (n=3)	7.92±0.02 (n=3)	7.54±0.06 (n=3)	6.95±0.11 (n=3)	7.75±0.03 (n=3)	7.60±0.02 (n=3)
氧化層深度 (cm)	5.19±1.59 (n=8)	18.00±5.46 (n=6)	25.89±3.23 (n=9)	33.83±2.04 (n=6)	38.33±1.67 (n=3)	29.17±3.93 (n=6)	34.67±2.67 (n=3)	40.00±0.00 (n=9)	40.00±0.00 (n=6)	7.07±0.92 (n=14)	24.69±6.01 (n=8)	31.78±3.27 (n=9)	4.83±0.44 (n=3)	1.00±0.50 (n=3)

數值表示為 mean±S.E.

\* 表示沒有進行採樣

HSMM1：海山罟紅樹林人工栽植成林區

HSMM2：海山罟排水溝兩側紅樹林成林區

KYMM1：客雅溪口南面人工栽植水筆仔成林區

KYMM2：客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區

HSMAS1：海山罟紅樹林人工栽植小苗 1 區

HSMAS2：海山罟紅樹林人工栽植小苗 2 區

(亦為海山罟台灣招潮蟹棲地)

HSMAS3：海山罟紅樹林人工栽植小苗 3 區

TCMAS：大庄溪口南岸紅樹林

HSTMF：海山罟潮間帶泥灘地

HSTS：海山罟潮間帶沙洲

HSUF：海山漁港南岸台灣招潮蟹棲地

HSG：海山罟草澤區

KYTMF：客雅溪口潮間帶泥灘地

KYRF：客雅溪口河道泥灘地

表 2-4-3 各種棲地類型的底棲動物密度變化

地點	海山罟							大庄溪	客雅溪口			
測站	紅樹林 1 (MM1)	人工苗 1 (MAS1)	人工苗 2 (MAS2)	沙洲 (TS)	泥灘地 (TMF)	台灣招潮 蟹 棲地(UF)	草澤(G)	人工苗(MAS)	紅樹林 1 (MM1)	紅樹林 2(MM2)	河道泥灘地 (RF)	泥灘地 (TMF)
採樣時間	2003.01.18	2003.01.27	2003.01.18	2003.01.18	2003.01.18	2003.01.27	2003.01.27	2003.01.27	2003.02.12	2003.03.15	2003.02.12	2003.02.12
<b>polychaete 多毛類</b>	339.7±224.7 (n=3)	467.1±278.4 (n=3)	46.7±11.2 (n=3)	382.2±382.2 (n=3)	0	21.2±21.2 (n=6)	85.9±85.9 (n=3)	2929.9±1856.3 (n=3)	42.5±42.5 (n=3)	42.5±42.5 (n=3)	721.9±297.2 (n=3)	763.3±514.8 (n=3)
<b>bivalve 二枚貝</b>	0	0	0	42.5±42.5 (n=3)	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>amphipod 端腳類</b>	0	0	0	84.9±84.9 (n=3)	0	0	0	0	42.5±42.5 (n=3)	891.7±828.8 (n=3)	42.5±42.5 (n=3)	84.9±84.9 (n=3)
<b>Nemertines 紐蟲</b>	0	0	0	0	0	0	42.5±42.5 (n=3)	0	0	0	169.7±112.4 (n=3)	0
<b>crabs 蟹類</b>	0	127.4±73.6 (n=3)	0	42.5±42.5 (n=3)	0	21.2±21.2 (n=6)	0	84.9±42.5 (n=3)	127.4±73.6 (n=3)	84.9±42.5 (n=3)	127.4±127.4 (n=3)	169.7±84.9 (n=3)
<b>insect 昆蟲</b>	0	0	0	0	0	21.2±21.2 (n=6)	0	0	0	0	0	0
<b>unknown 待確定</b>	42.5±42.5 (n=3)	0	0	0	0	0	0	42.5±42.5 (n=3)	0	0	0	0

數值表示為(平均個體數/平方公尺)±S.E.

HSMM1：海山罟紅樹林人工栽植成林區  
 HSMM2：海山罟排水溝兩側紅樹林成林區  
 KYMM1：客雅溪口南面人工栽植水筆仔成林區  
 KYMM2：客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區  
 HSMAS1：海山罟紅樹林人工栽植小苗 1 區  
 HSMAS2：海山罟紅樹林人工栽植小苗 2 區  
 (亦為海山罟台灣招潮蟹棲地)  
 HSMAS3：海山罟紅樹林人工栽植小苗 3 區  
 TCMAS：大庄溪口南岸紅樹林

HSTMF：海山罟潮間帶泥灘地  
 HSTS：海山罟潮間帶沙洲  
 HSUF：海山漁港南岸台灣招潮蟹棲地  
 HSG：海山罟草澤區  
 KYTMF：客雅溪口潮間帶泥灘地  
 KYRF：客雅溪口河道泥灘地

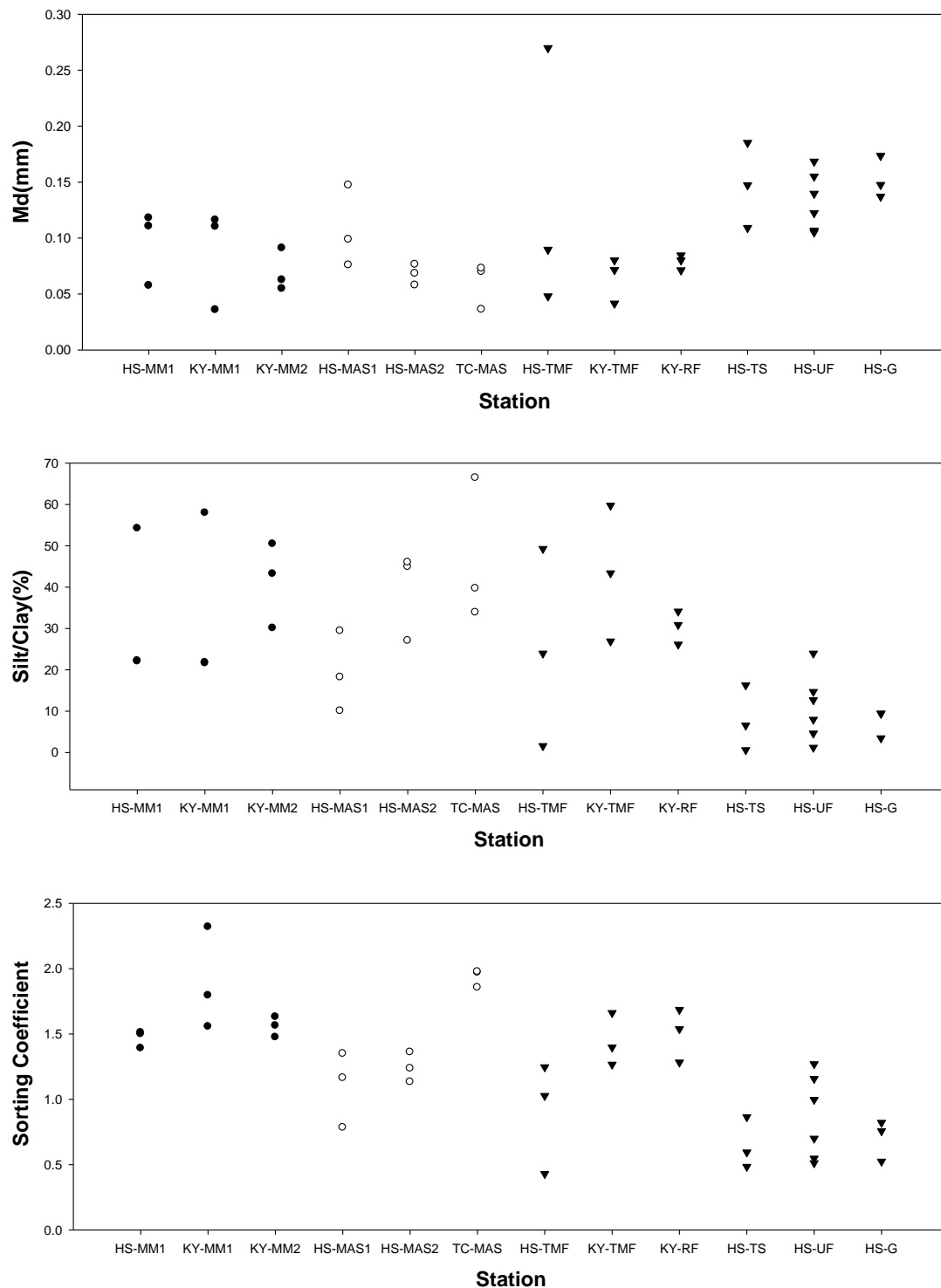


圖 4-2-11 各紅樹林區與其他棲地之粒徑(Md)、粉泥黏土含量 (Silt/Clay content)、篩選度(Sorting coefficient)變化。

HSMM1：海山罟紅樹林人工栽植成林區

HSMM2：海山罟排水溝兩側紅樹林成林區

KYMM1：客雅溪口南面人工栽植水筆仔成林區

KYMM2：客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區

HSMAS1：海山罟紅樹林人工栽植小苗 1 區

HSMAS2：海山罟紅樹林人工栽植小苗 2 區

(亦為海山罟台灣招潮蟹棲地)

HSMAS3：海山罟紅樹林人工栽植小苗 3 區

TCMAS：大庄溪口南岸紅樹林

HSTMF：海山罟潮間帶泥灘地

HSTS：海山罟潮間帶沙洲

HSUF：海山漁港南岸台灣招潮蟹棲地

HSG：海山罟草澤區

KYTMF：客雅溪口潮間帶泥灘地

KYRF：客雅溪口河道泥灘地

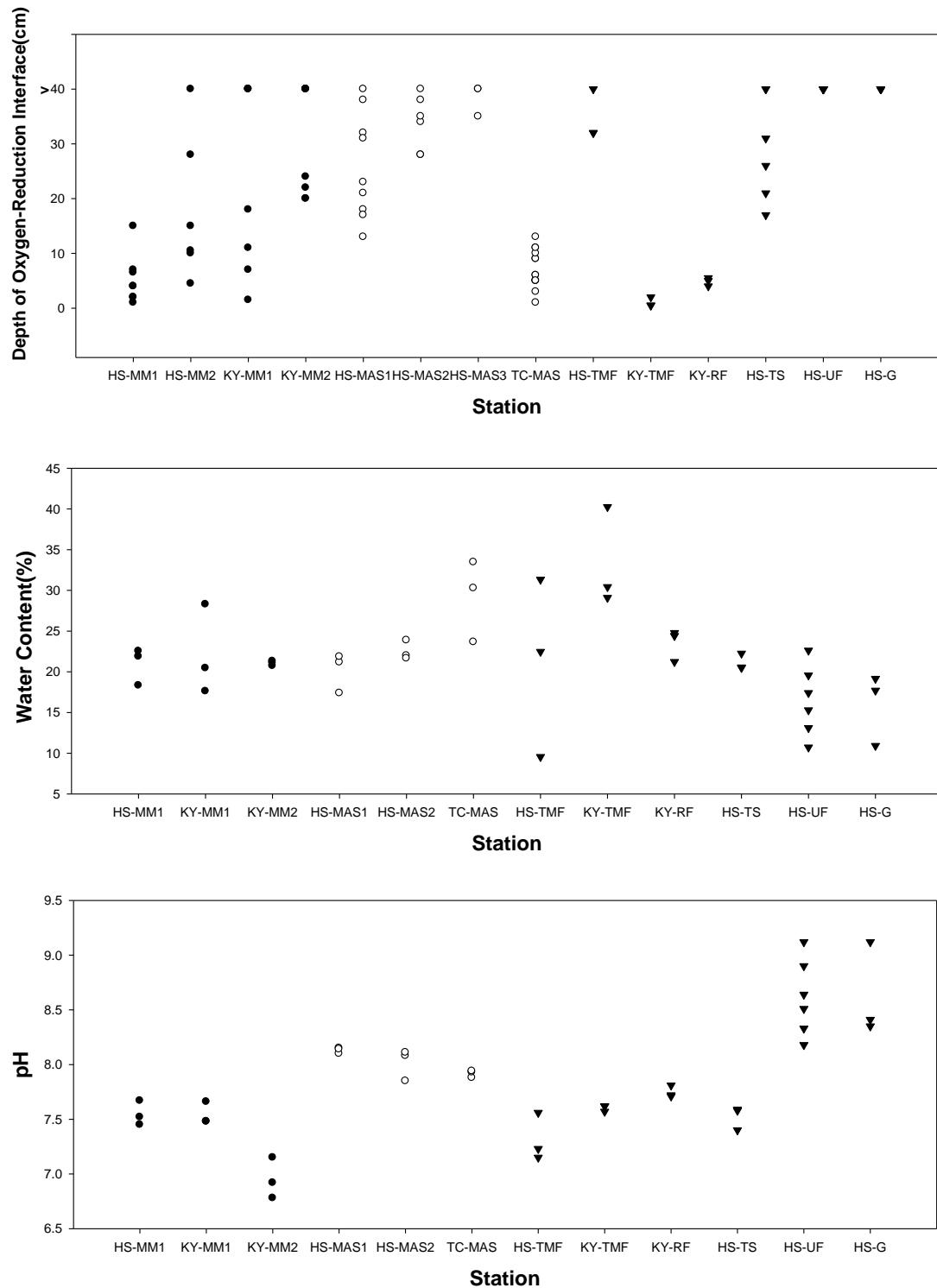


圖 4-2-12 各紅樹林區與其他棲地之氧化還原深度(Depth of Oxygen-Reduction Interface)、含水量(Water content)、pH 值變化。

HSMM1：海山罟紅樹林人工栽植成林區  
 HSMM2：海山罟排水溝兩側紅樹林成林區  
 KYMM1：客雅溪口南面人工栽植水筆仔成林區  
 KYMM2：客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區  
 HSMAS1：海山罟紅樹林人工栽植小苗 1 區  
 HSMAS2：海山罟紅樹林人工栽植小苗 2 區  
 (亦為海山罟台灣招潮蟹棲地)  
 HSMAS3：海山罟紅樹林人工栽植小苗 3 區  
 TCMAS：大庄溪口南岸紅樹林

HSTMF：海山罟潮間帶泥灘地  
 HSTS：海山罟潮間帶沙洲  
 HSUF：海山漁港南岸台灣招潮蟹棲地  
 HSG：海山罟草澤區  
 KYTMF：客雅溪口潮間帶泥灘地  
 KYRF：客雅溪口河道泥灘地

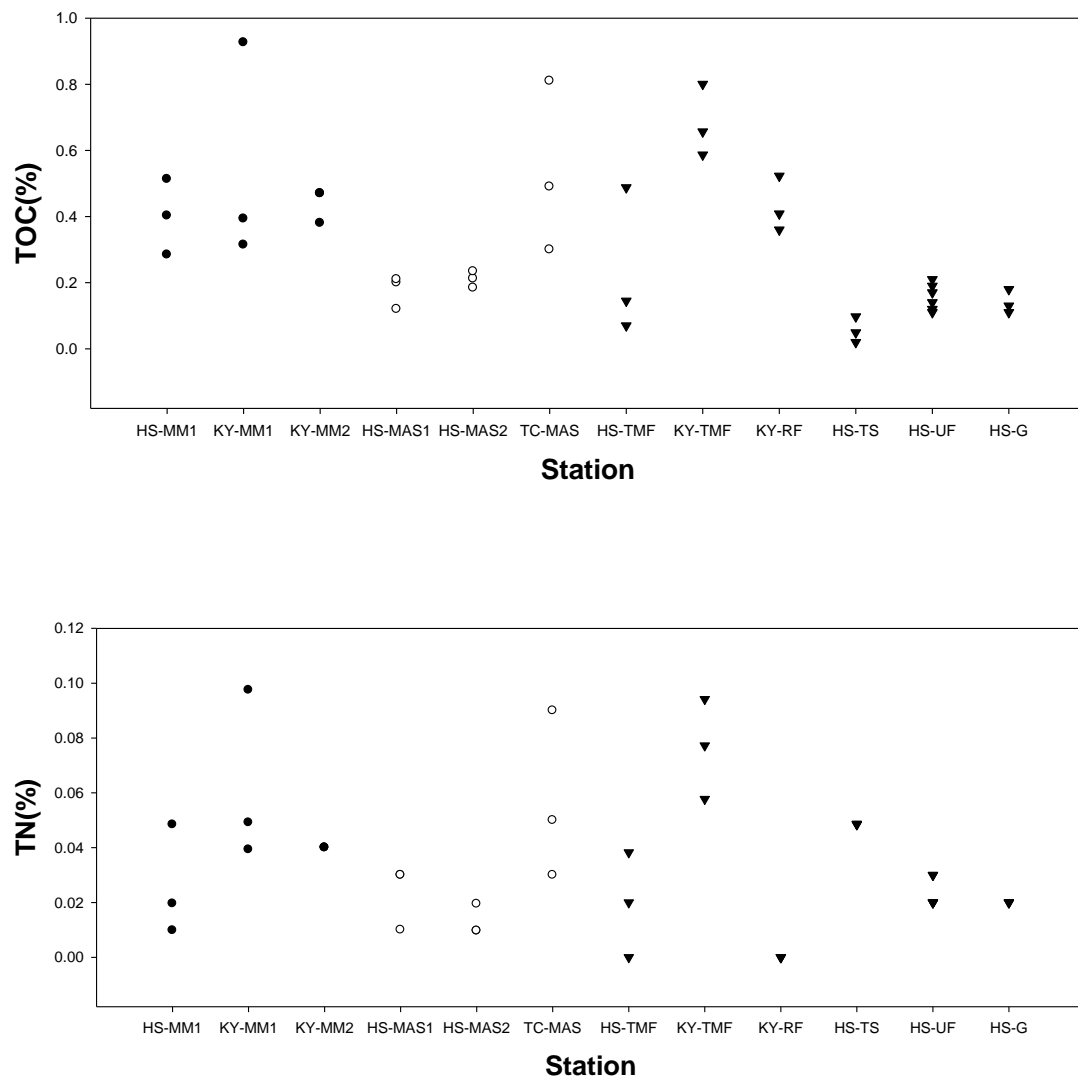


圖 4-2-13 各紅樹林區與其他棲地之全有機碳(TOC)及全氮(TN)含量變化。

HSMM1：海山罟紅樹林人工栽植成林區

HSMM2：海山罟排水溝兩側紅樹林成林區

KYMM1：客雅溪口南面人工栽植水筆仔成林區

KYMM2：客雅溪口北面沙洲紅樹林人工栽植成林區

HSMAS1：海山罟紅樹林人工栽植小苗 1 區

HSMAS2：海山罟紅樹林人工栽植小苗 2 區

(亦為海山罟台灣招潮蟹棲地)

HSMAS3：海山罟紅樹林人工栽植小苗 3 區

TCMAS：大庄溪口南岸紅樹林

HSTMF：海山罟潮間帶泥灘地

HSTS：海山罟潮間帶沙洲

HSUF：海山漁港南岸台灣招潮蟹棲地

HSG：海山罟草澤區

KYTMF：客雅溪口潮間帶泥灘地

KYRF：客雅溪口河道泥灘地

#### 2-4-4 紅樹林對棲地的效應

紅樹林對棲地有多重的生物效應，其中最顯著的是：

(1)來自地上植株在空間上所形成的物理結構體，此結構體具有消減風浪、減緩水流的功能；目前台灣一些相關單位即是利用此項功能廣植紅樹林於海岸地帶，藉以抵抗巨大的風浪、潮汐、沿岸流等外在營力，而達到保護海岸地帶的目的。

(2)由於植株使水流流速減緩，水體中懸浮的顆粒（細泥顆粒、有機顆粒等）便漸次沉降，經年累月使紅樹林林下及周邊鄰近的底質變成細粒的泥質，泥質地與沙質地在物理、化學特性上有許多生態上的差異，繼之改變了灘地的生態特性。舉例而言，空曠沙灘地的初級生產者以底棲微細藻類為主，而紅樹林則以 C3 木本植物為主；又如，紅樹林沼澤的底棲動物耐低溶氧，但沙質灘地則為需氧性較高的物種所偏好。

(3)紅樹林林相逐漸形成之後，林下及周邊灘地的高程也隨之抬升，潮間灘地逐漸陸域化而縮小。

(4)紅樹林林木有遮蔭效應，使棲地的微氣候產生變化，例如改變底泥的溫度（Hsieh, 1995）。

(5)海岸紅樹林擴張造成高程提高的後果之一是阻礙河川的排水，使濱海鄉鎮村里於雨季時容易遭逢水患，而引起民怨。

(6)紅樹林林相創造了更多的微棲地類型，包括地下根、呼吸根、地上樹幹、枝條及樹冠層等，形成多層次複合的空間結構，提供給不同的生物利用。地表之上空域的植體空間結構增加了陸域或傾向陸域生活的動物的棲息空間；地表之上水域及地表之下泥域的植體空間結構則為水生生物所利用。此外，紅樹林耐鹽分，但不耐久淹，因此沿著較深的潮溝、灣澳的潮間帶陸緣生長，形成曲折蜿蜒的沼澤地形，也產生多樣化的微棲地。紅樹林沼澤生態系有豐富的漁產，包括蝦、蟹、魚類等，與此多樣化的微棲地有密切關係。

(7)紅樹林產生的落葉累積在底泥中，雖不能為多數的消費者直接利用（Rodelli et al., 1984），但在持續的分解過程中，養分緩慢釋出，而可支撐豐富的微生物相（Chiu and Chou, 1991）。紅樹林是碎屑分解者微生物的主要棲地，這些微生物成為底泥中原生動物（纖毛蟲等）及微小動物（扁蟲、線蟲等）的主要食物，再由此建構碎屑食物網。

(8)紅樹林落葉漸次分解形成碎屑，碎屑為有機顆粒物質，利於重金屬與之嵌合，紅樹林底泥常成重金屬蓄積並使之安定之處。