

濱海紅樹林整治研析

陳 賜 賢

喬聯技術顧問股份有限公司
負責人

陳 連 杰

新竹市政府產發處
保育科科长

張 登 凱

荒野協會理事

摘 要

新竹市濱海野生動物保護區因紅樹林擴張而造成濕地陸化效應與生態棲地單一化現象，且被部分人士認為是一項『濕地生物多樣性降低』成因。由於部分學者倡議及區域民眾不斷反映，地方政府研究且廣泛討論紅樹林『是否可能過度』擴張的議題，經小規模紅樹林試清除、監控清除區復育、舉辦研討會，再逐漸擴大疏伐面積，適度砍伐紅樹林，以及控制面積與數量；而歷年來，未清除區與清除區比較分析結果顯示，適度疏伐紅樹林有其必要；惟因受限於經費而無法大規模實施疏伐，導致效益略低。針對海山漁港北堤以北至三姓溪南之濱海紅樹林，大植株密集區採用機械疏伐，其餘小苗與零星區採取人工疏伐整治，避免人為清除速度不及自然擴散速度，以節省清除成本與維護費用，達成最經濟目標。為了克服潮汐與濕地承载力之限制，使用平浮筏載運挖土機作業，成為紅樹林整治技術之大突破，可作為爾後紅樹林整治的參考。疏伐整治對香山濕地紅樹林擴散有減緩及抑制效果，確可改善居民所反映之紅樹林藏污納垢、蚊蠅孳生叮咬民眾等現象，且最終可還原香山濕地原本之環境棲地；台灣招潮蟹族群之特有物種亦可在香山濕地永續繁衍，以確保生物多樣性，而解除紅樹林阻擋亦還給居民親海權及可就近欣賞螃蟹與候鳥等，更有利於推廣觀光。

一、 紅樹林疏伐整治探討

整治面積共348公頃，因濱海紅樹林面積廣且各區之植株大小與疏密各異，為求作業順利，實施機械搭配人工之清除整治作業，並分為工區1、2及其餘工區。為了避免清除困難，工區1、2採用機械施作；避免大型機械侵入而破壞棲地環境，其餘工區採用耗力且費時之人工清除。機械與人工清除整治作業說明如下：

(一)機械清除整治作業

採用機械清除整治作業之紅樹林密集區面積共289公頃如下：

工區1(如圖1)：在水資源中心或大庄溪以南，沿著釣魚池西側至美山惠民宮前。經插竿測量結果，得其面積為48.52公頃，占全部紅樹林清除區面積之13.94%。

工區2(如圖2)：在朝山區海山漁港以北，沿西濱公路(台61線)西側，尚未達風情海岸。經插竿測量結果，得其面積為5.89公頃，僅占全部紅樹林清除區之1.69%。

工區1西側的外廓北區與外廓南區：面積分別為1.45與3.34公頃。地盤泥濘而不利機械作業，為前期清除整治廊道外擴之7年植株，目前發現有絨毛大眼蟹族群。

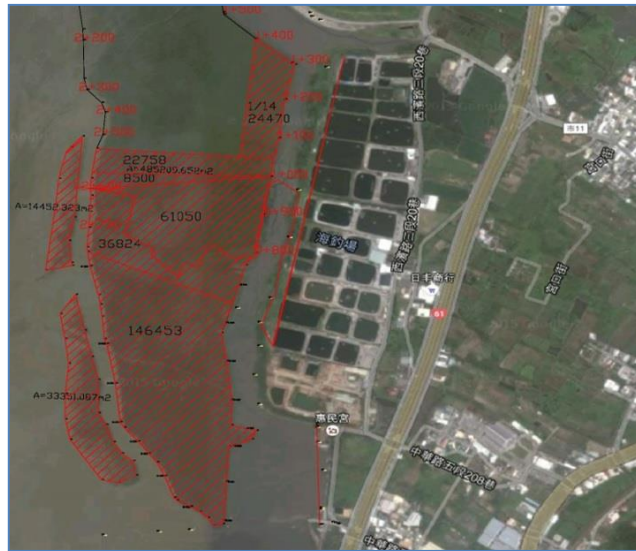


圖1 紅樹林機械清除整治工區1之平面

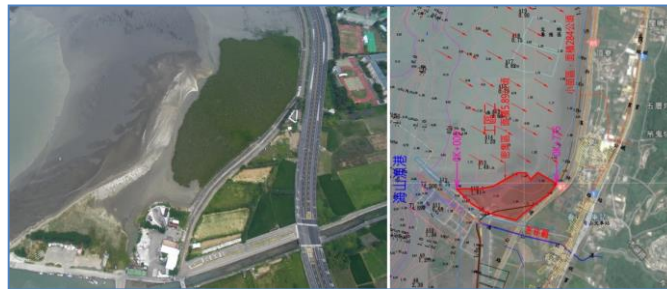


圖2 紅樹林機械清除整治工區2之平面

1. 密集區放樣標示

放樣插竿並標示如圖3，再完成面積測量。周圍每間隔100m，以插竿標示。



圖3 紅樹林機械清除之現場插竿標示

2. 機械作業模擬

在工區2(海山漁港以北)模擬作業如圖4，操作員熟悉泥灘地整治作業之剷、挖、壓、埋、撫平等程序，以利於大面積且更泥濘區之作業。



圖4 紅樹林機械清除作業流程之模擬

3. 機械作業實施

操作員經一週熟悉工址環境之後，正式展開作業，以200型怪手裝長爪鏟斗加焊鐵板，以利於一起剷除大小植株。惟因清除區過於泥濘，底鋪鐵板實難保怪手無陷落之虞，故另製作浮台作為載具如圖5。但仍因潮差大，浮台作業效率低；漲潮時，浮台無支點，反力不足，且無法目視水面下之小植株，不利於確實剷除；退潮後，則因浮台重達23噸，故滑行艱難。經團隊研討結果，將浮台減重至13噸，並改成船型浮筏如圖6，經實際模擬結果顯示其可順利作業，為加速作業進度，第二部T120型浮筏與怪手加入作業。



圖5 浮台改良前之紅樹林機械清除施工



圖6 紅樹林機械清除用之T200型(左)與T120型(右)浮筏

於浮筏乘載怪手時，因底部光面與土粒間摩擦力小，雖較鋪鐵板作業模式效率略高但有滑動或失穩現象，故每剷範圍不宜過大，以免影響清除工率，使機具確保安全，避免機械損失。對清除效能與工作安全衝突情況，團隊選擇『工作安全』，使用浮筏之整治流程如圖7。



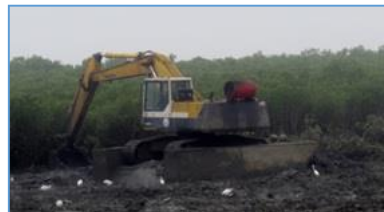
挖溝



剷樹



挖土掩埋



壓實



撫平



整治後狀況

圖7 紅樹林機械清除整治用之浮筏作業程序

120型怪手因鏟斗小，工作效率不及200型；為提升工作效率，在抓斗前加焊鐵耙如圖8，以增大其剷除面積。



圖8 紅樹林機械清除用之120型鏟斗前加焊長耙

大庄紅樹林面積寬廣，植株大小、疏密隨生長時間而異，從岸邊原先栽植區經繁衍慢慢往外擴散，植株呈現岸邊者高，越往灘地外海就越漸矮小，北邊植株高於南邊植株；土質也呈現岸邊較硬，越往灘地外海就越泥濘。此兩情形影響紅樹林清除工率。如圖9，剷除工作以小怪手加長耙效率較佳，挖及埋則大怪手優於小怪手。為使機具發揮最大效益，於清除工作由南往北推展至釣魚池西側(紅樹林較高之大區)時，由小怪手負責剷樹工作，大怪手則實施挖、埋、壓及撫平作業。



圖9 紅樹林機械清除時之雙怪手配合作業

大庄密集區(即工區1)完成53.3公頃之機械整治作業，隨後施工機械移往海山漁港北岸(即工區2)進行5.9公頃整治作業，兩區之紅樹林清除治理完成後如圖10所示。而機械整治成果亦經由空拍顯現。



工區1



工區2

圖10 紅樹林機械清除完成之工區1與工區2

(二)人工清除整治作業

人工清除作業係為了紅樹林小苗擴散區，面積共288.81公頃；針對生長3年內的植株，絕大多數為海茄苳。人工清除作業開始於大庄紅樹林外圍絨毛大眼蟹棲地旁擴散區之大植株，接著是大庄紅樹林周邊密集區，後期慢慢地由外圍北從往南至蚵

田區，最後才是釣魚池旁之民國102年維護區，人工清除整治作業情形如圖11。



大庄溪口小苗清除



水資源中心外側清除



水資源中心外側清除



三姓溪口清除



三姓溪口北岸清除



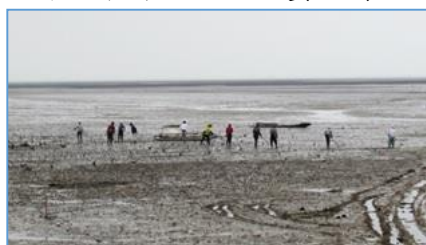
三姓溪口南岸清除



美山外圍絨毛大眼蟹區清除



美山外圍北端整治



美山蚵道左側整治作業



美山蚵道左側西南方整治作業



美山蚵道右側外圍整治



蚵田北段人力整治

圖11 紅樹林人工清除之作業情形



美山北端外圍整治



惠民宮前整治



蚵田區整治作業



蚵田區整治作業



海山漁港北岸蚵田區整治



風情海岸區整治



海山漁港北岸整治



海山漁港北岸最後清理

圖11 紅樹林人工清除之作業情形(續1)

海山漁港往北至三姓溪南的潮間帶之小苗區如圖12，面積共59公頃，對紅樹林之小植株作第一、二輪之人工清除；成果由清除整治前與後之照片比對，如圖13。

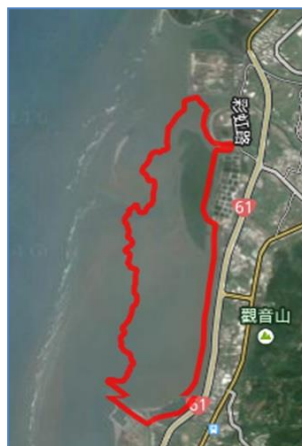


圖12 紅樹林之人工清除整治小苗區平面



三姓溪口整治前



整治後



三姓溪草生地整治前



整治後



三姓溪口南岸整治前



整治後



三姓溪出海口灘地整治前



整治後



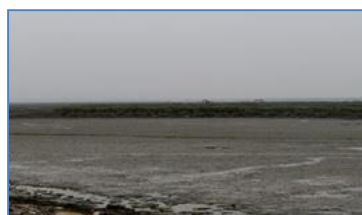
大庄溪口整治前



整治後



水資源中心西側整治前



整治後

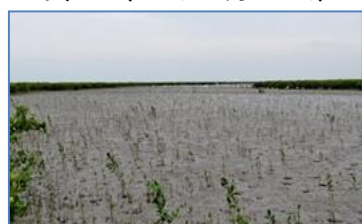
圖13 人工清除整治紅樹林前後之比較



美山蚵田右側整治前



整治後



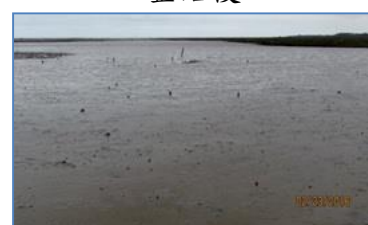
絨毛大眼蟹廊道整治前



整治後



美山蚵田右側整治前



整治後



美山蚵田右側整治前



整治後



美山蚵田左側整治前



整治後



美山蚵田右側外圍整治前



整治後

圖13 人工清除整治紅樹林前後之比較(續1)



蚵田整治前



整治後



蚵田整治前



整治後



蚵田整治前



整治後



蚵田整治前



整治後

圖13 人工清除整治紅樹林前後之比較(續2)

二、紅樹林環境分析

(一)大庄紅樹林整治區

大庄紅樹林於民國86年以人工大範圍栽植，大植株範圍為64公頃，因該區水文條件適合紅樹林生長，再加上大庄溪與釣魚池排放口帶來的豐富營養鹽，故較其它同時期栽種之紅樹林植株來得高大密集如圖14。水筆仔剛栽種在該區沿岸初期，板根特別粗大，以抵抗風浪；後期因密集生長，彼此為競爭陽光，植株細長，高約6m，葉大且大多長在頂層；靠近惠民宮與離岸40m外的灘地漸為海茄苳取代。由於紅樹林分布密度過高且面積廣，為香山濕地紅樹林生長最密集且範圍最寬廣之區，同時也是香山濕地紅樹林最大的擴散源頭[1]。



圖14 紅樹林植株密集高大之大庄區

如圖15，海茄苳在灘地密集生長，不斷擴大面積，成為香山濕地的強勢物種；其林下的呼吸根密布且占著林下每寸土地，幾乎無其他生物立足空間，嚴重地改變香山濕地的生物相，故有必要清除整治該區的紅樹林。該區北段地勢較高，地質稍硬且越往海側越泥濘；中南段地勢較低，離岸20m即相當泥濘；越往西側越泥濘，深陷及膝，不利人員或機械行走，是作業最難克服的問題。



圖15 呼吸根密布之海茄苳林下

(二)海山漁港北岸紅樹林整治區

於民國86年以人工栽種，當時僅是成排成行的水筆仔。因受鋒面，冬季東北季風吹來，植株獨立擋風砂與海浪，前6年存活率僅40%；爾後開始繁殖，胎生苗緊密聚集成叢，外圍植株即削減風浪，內圍與靠岸處植株便能向上生長，逐漸茁壯高大。爾後從大庄飄來海茄苳，在外圍生長，漸把水筆仔侷限在岸邊，民國99年由外向內整治20m，目前面積約6公頃如圖16，植株高約4m。該區地質堤岸邊較硬，且越往外越泥濘。



圖16 海山漁港北岸之紅樹林

(三)人工整治區

面積288公頃，涵蓋三姓溪河口、釣魚池旁嚴重密集擴散區、密集區、蚵田區、風情海岸、海山漁港北岸，全為海茄冬擴散區，處處可見到海茄冬幼株，幼苗擴散分布平面如圖17及分述如下：



圖17 紅樹林幼苗擴散分布平面

1. 釣魚池旁小苗嚴重密集擴散區

釣魚池步道側之帶狀區長900~1000m，寬40m，為102年機械整治範圍，當年整治後因維護費不足而未列入103~104年維護區；因緊鄰釣魚池，常遭池水排放，故營養鹽豐富；經二年擴散生長，植株密密麻麻地生長如圖18，且比他區茂密高大。



圖18 紅樹林小苗嚴重密集擴散區

2. 密集區

三姓溪出海口：為民國99年整治區，離大庄紅樹林區約400m，海茄苳總苗藉由西南氣流，於漲潮時，漂至此地，因有垃圾掩埋場堤防阻擋，海茄苳蒴果滯留河口，退潮水位下降時，卡在河口兩岸灘地及著跟生長，相當密集如圖19；由於河岸沉積泥濘，清除相當耗力。



圖19 三姓溪河口之紅樹林幼苗

水資源中心：此區為民國97~98年整治區，大庄溪河溝貫穿，緊鄰大庄紅樹林區，每年均會移入大量水筆仔胎生苗與海茄苳蒴果，隔年可見密密麻麻幼株占滿灘地，如圖20。此處為整治多年之較硬實的灘地，有利於人員之行走作業。



圖20 水資源中心西側之紅樹林幼苗

大庄紅樹林外西側：為民國99年的整治區。有一條狀長1,200m，寬40m廊道；為香山濕地絨毛大眼蟹主要棲地如圖21。每年藉由東北季風與退潮水流，海茄苳蒴果從大庄紅樹林區大量溢出。從整條長達1km的廊道如圖22，可見紅樹林植株密布數量驚人。



圖21 香山濕地之絨毛大眼蟹



圖22 絨毛大眼蟹棲地之紅樹林幼株

大庄紅樹林西側外灘：有美山港檢所西側蚵農車道貫穿至蚵田，離大庄紅樹林最近距離20m，最遠400m；沿車道走，可發現海茄冬幼苗密布在車道兩側，尤其在大庄區紅樹林周遭100m內圍之幼苗嚴重密集擴散區；往外較疏鬆，種苗來自大庄區紅樹林。藉由東北季風期退潮水流，海茄冬蒴果往西南方空曠灘地散播如圖23。



圖23 大庄紅樹林西側外灘地之幼苗

海山漁港北岸紅樹林周邊：民國86年有人為栽種且原全數為水筆仔，爾後從大庄區飄來海茄冬蒴果在此生長繁衍，最後水筆仔被包圍且侷限岸邊，外圍全為海茄冬植株；且每年藉由西南氣流與退潮水流，大多會有大量水筆仔胎生苗與海茄冬蒴果往北溢出如圖24。



圖24 海山漁港北岸紅樹林周邊幼苗

蚵田區：香山蚵田溯自光緒20年(西元1894)，全盛期面積達60甲，民國25年台灣新聞社評選香山蚵為全台灣第二名，如今也是北台灣僅剩的蚵田。以往蚵田僅在近岸灘地，83年海山漁港南海堤250m、防波堤兼碼頭310m完工之後，因突堤作用而造成蚵田泥化、濕地高程抬升、蚵串被埋與蚵架損害，近年來情況尤其明顯，故蚵田逐漸外移，目前蚵田距岸最遠(700m)處之低潮線帶，長時間泡水，不利於紅樹林生長。惟近年來紅樹林又快速往外灘地擴張，加上蚵架阻礙水流，致潮水流速變緩，使泥砂沉澱及蚵田區高程抬升，環境轉為有利於紅樹林生長，於103年發現海茄冬幼苗侵入蚵田區；蚵農須自行拔除，以致怨聲載道。105年狀況依然，於海茄冬繁殖期過後，紅樹林幼苗又站上蚵田，且範圍與數量較往年嚴重如圖25。



圖25 蚵田區之紅樹林幼苗

風情海岸區：為最平坦且寬廣濕地型灘地，紅樹林栽種時之含砂量高，但目前已全泥化。因民國99年之整治維護而不見紅樹林的大植株；但每年依然可見疏鬆的紅樹林幼苗移入生長，如圖26所示。



圖26 風情海岸區之紅樹林幼苗

三、 治理作業相關問題

(一) 工程技術提升

以往機械整治採取鋪鐵板方式，但因鐵板面積小且非連續，承載怪手重量使應力集中，發生凹陷而將鐵板下泥地內的空氣及水擠出，泥灘地內形成缺水及缺氧狀態，而造成生物死亡。本次採用面積 625cm×454cm 浮筏作為載具，如圖 27，利於在泥灘地上滑行、降低對灘地擠壓、減少生物傷亡，加速整治後之生態回復。此次採用機械配合人工，大規模執行紅樹林疏伐，取代以往人工剷除或小面積之鋪鐵板機械作業，此為相當大膽且突破之創舉，而用浮筏載送施工機械，更是紅樹林整治工作技術面的一大突破，應可作為後續紅樹林大面積整治的典範。



圖27 浮筏載具滑行灘地之情形

(二) 民眾干擾問題

農用機具須從美山港檢所前蚵車道進出，本次施工機械亦由該道進出工區，蚵道因履帶輾壓造成蚵農工作車行駛困難，經蚵農向施工廠商反應及協商之後，廠商用小山貓整平蚵道(如圖 28)，也注意施工機械避開了蚵道。



圖28 使用小山貓整修蚵道之情形

四、 相關探討

(一) 香山濕地紅樹林擴張歷程

香山濕地紅樹林非出自天然的遷入；根據日治時期文獻，香山濕地沒有紅樹林的紀錄；香山濕地的紅樹林是人為栽植而來。紅樹林成功地在香山濕地建立族群大致在民國90年代末期，之後迅速擴張其範圍。根據91年Google地圖顯示，香山濕地紅樹林覆蓋總面積不超過10公頃。民國96年大庄溪口以南，靠近堤岸的濕地已出現大面積的紅樹林覆蓋，香山濕地紅樹林總面積已接近100公頃；5年間增加將近10倍。紅樹林擴張未曾停止，迄103年，含被清除掉的紅樹林總面積達170公頃。紅樹林組成以海茄苳向外灘擴展之程度最大，少部分植株甚至在牡蠣養殖區的高灘地上著生幼苗，而水筆仔主要集中在近岸的高灘地。

(二) 香山濕地泥化現象探討

香山老一輩沿海居民口訴，在西濱公路施工當時(約民國85年)，堤岸邊灘地都還是屬於砂質含量高的灘地，但民國90年左右，泥化現象已慢慢隨紅樹林生長擴散而擴大泥化面積，此現象由南至北從三姓溪河口一直延伸到海山漁港北側，東西由西濱防波堤一直到蚵田溝東岸，除了海山漁港防坡堤北岸堤防前有約10m寬沙丘外，潮間帶幾乎淪陷。探究目前香山濕地泥化現象之幾項元素如下：

1. 新竹漁港於民國 80 年完成啟用。民國 82 年該漁港開始為期 4 年的續期建設，於 85 年完成之後的漁港具有 1,200m 的凸堤，阻擋了頭前溪砂源，減少漂沙作用。
2. 海山漁港從民國 78 年開始興建，至 83 年完成；凸堤向外延伸 700m，阻隔南來北往漂沙，使海沙堆積在漁港南北兩岸。
3. 親水垃圾掩埋場的興建。正方形的掩埋場占地 36 公頃，位於客雅溪與三姓溪之間。南北兩道護牆由陸地向外灘延伸 600m，阻撓漲潮時由北而來的沿岸流。

上述地景改變造成的泥灘效是紅樹林建立先驅族群的條件，栽植成功的時間與其完美配合，先驅的紅樹植株進一步影響棲息的微環境，緊接著於民國90年後的紅樹林擴張則一發不可收拾。三姓溪口以南紅樹林面積曾達62公頃，茂密的紅樹林像一道柵欄，阻礙水流使微細粒徑的細泥沉積，是目前香山濕地泥化的最大幫手。

(三) 造成紅樹林擴張之可能環境因子

生態系基本組成包括生物因子及非生物因子，陽光、土壤、溫度、濕度與空氣等都屬於非生物因子；而生產者(綠色植物)、消費者(以其他生物為食)及分解者(細菌和真菌)屬於生物因子。一個地區生態系的生物特徵與當地環境因子息息相關，香山濕地也不例外，茲就香山濕地紅樹林生長及擴散之相關因子分析如下：

1. 溪流匯入

香山濕地有三大河系匯入，分別為頭前溪、客雅溪與鹽港溪。河流攜帶來自中上游的有機碎屑、化學污染物與河砂等物質，這些物質均與香山濕地上的生物有極密切關係。早期每年洪水期，河流自上游挾帶大量土石傾洩而下，至下游河道坡度減緩，水流速度降低，沉積作用增強，砂依粒徑粗細逐一沉積，顆粒較大者於河口附近沉積，粒徑較小的細泥則經潮流帶動流經紅樹林區。紅樹林阻礙了水的流速，同時也將細泥留了下來，而這也是紅樹林植生環境產生泥化的原因。

2. 潮汐

潮汐的變化看似平常，卻是攜帶紅樹林植物種子及胎生苗的主要營力。香山濕地的潮流方向大致與等深線平行，漲潮時向東北；退潮時向西南，速度30~50cm/s。沿岸潮流對紅樹林的生長與散播無明顯作用，因被潮流帶出的胎生苗或蒴果只能順

著潮流飄向遠處，但近岸隨潮溝方向漲落消退所形成的潮溝流卻能將水筆仔的胎生苗與海茄苳的蒴果不斷地推向高潮線，並在沿岸受風面的凹處聚集，造成大量的植株在該處密集叢生。依據潮位與地面高程之關係，農曆初三的前後3天及18日的前後3天為潮水高於地面的淹沒期，水筆仔的胎生苗與海茄苳的蒴果被潮水逐日攜至較高之灘地。其餘時候之潮位低於灘地，因此，在無潮水干擾或無海水浸泡的環境下，灘地上之原有胎生苗與蒴果順利地發根及固著。水筆仔之胎生苗與海茄苳之蒴果分別於春季與秋季成熟，藉由潮水帶動，水筆仔的胎生苗就逐漸在海山漁港北側與海山厝南側擴散至高潮線處的岸邊生長；海茄苳的蒴果則由退潮的水流帶出外灘地，並呈多方向性之擴散，到處蔓延。

3. 風力

香山濕地緊鄰臺灣海峽，背倚雪山山脈；因雪山山脈為東北、西南走向，與東北季風及西南季風等盛行風平行，對季風的地形摩擦阻滯效應小，而造成新竹沿海地帶的強勁風力。根據中央氣象局資料顯示，新竹地區冬季平均風速為6.4~6.9 m/s，主要風向北北東至東北方之間，夏季風速為4.2~6.1m/s，主要風向為南南西至西南之間，最大風速為14.6m/s。新竹沿海地區強勁風力對紅樹林植物之擴散是助力也是限制因子，故若單獨生長之紅樹林植株，初期須獨自對抗強風水流，根頭長得較粗大，約6年才能順利長大茁壯，但若有其它植株遮蔽強風，則可順利於2至3年內長成並開花，風力在紅樹林繁殖期成為種苗擴散的助力之一。

以民國102年為例，8月20日潭美颱風來襲時，海茄苳正值花期，蒴果均未熟，經強風一掃，打落樹梢頂部的大多數花果，但下方處的枝極則不受影響。9月19日天兔颱風來襲則將成熟蒴果全數打落，隨風浪四處飄散及蔓延。於海茄苳蒴果尚未成熟時，若颱風來襲，則可打落部分花苞與小果實，對棲地維護有利；若颱風9至10月來襲，該時蒴果已成熟，遭打落的蒴果隨風浪四處蔓延，則不利於棲地維護。

4. 砂丘

香山濕地的沙丘分布於海山漁港南岸與鹽港溪南岸，因沙丘地形易受季風及潮浪的營力作用而呈現不穩定的型態，且砂粒含水能力較差，不利於紅樹林植株之著根生長，因此，沙丘地形成為紅樹林擴張的限制因子之一。惟民國104年觀察到海山厝與南港外灘沙丘明顯大量流失，該現象值得關注。

(四)紅樹林擴散營力之探討

1. 水筆仔之擴散營力

香山濕地的水筆仔胎生苗於每年2至4月成熟，掉落的胎生苗受潮水與東北季風兩種營力作用；於東北季風的作用力大於潮水時，胎生苗便往南漂移，停滯在受風面的凹處岸邊、灘地或原有紅樹林區。水筆仔之胎生苗具飄浮特性，成熟掉落後受潮水承載，再加上風力的作用而四處漂流，一旦被潮水帶離岸邊則無法著地，也就了無生機；但若被潮水或風浪推送至岸邊，會隨著潮水有小、中、大潮變化，則可受潮水作用而一天一天地被推上岸邊的最高潮線一帶；於下一次大潮到來前，有15日供水筆仔胎生苗固著生長；也使水筆仔易侷限在靠岸邊繁衍生長，而不易朝外灘地擴散。於水筆仔被栽植後之起初幾年，因相鄰植株間距較寬，未能抵抗風浪而立穩，其板根長得特別發達粗壯。而於水筆仔周圍增加植株之後，因緊密叢生之水筆仔須彼此爭陽光，植株皆筆直地生長。

2. 海茄苳之擴散營力

香山濕地的海茄苳蒴果成熟於每年8至10月，正是西南氣流與東北季風的交會期。9月前西南氣流旺盛；9月後之東北季風開始稍強，而香山濕地的海茄苳蒴果就在季風與潮流雙重營力下四處擴散。若成熟期的海茄苳蒴果根毛已發育，則蒴果大小均可發育生長。蒴果剛掉落時，會浮在水面約一日。於吸飽水後，子葉會膨脹撐開種皮，沉入水中隨潮流帶動。若灘地有凹洞或雜物卡住；退潮時，能裸露地面，照到陽光，便有機會生長。若被帶至較深水域，則無法生長；被沖上岸邊，吸收不到水分，也會乾黑而枯死。香山濕地近岸潮溝水流之方向，漲潮前期自南往北流，爾後轉為從北向南流；退潮至中後期之時，潮水由南往北退，爾後轉為北向南退。海茄苳的蒴果在潮水與風力共同作用下，其生長呈現出多方向性的擴散趨勢。若海茄苳呼吸根長期浸泡水中，則會死亡，且外灘水較深處易有藤壺附生枝幹，阻礙其呼吸與光合作用，使得幼苗不易生長，造成傾倒垂死狀況，例如美山外灘地。為了避免因長期水流作用而使海茄苳植株無法立足灘地生長，演化出支持根，而該處的淹水深度成為海茄苳往外擴散之界線。

五、 結論與建議

1. 不論在生態、環境保護或學術教育及經濟價值上，紅樹林生態系具有相當重要的貢獻與地位，不幸的是紅樹林擴張與香山濕地原有生物多樣性卻相違背；但紅樹林不是原罪，重點是人們要認清保育對象是甚麼？民國 83 年李前總統登輝自印尼返國後，指示廣植紅樹林以保護西海岸，因而地方政府積極進行紅樹林栽植與復育計畫[2]。栽植紅樹林不能與復育紅樹林劃上等號；建議只在原紅樹林生態系被破壞區作復育。原無紅樹林之海岸是否需栽植紅樹林，須審慎評估後再作決定。從生物多樣性保育的角度來考量，我們須維持棲地的多樣性，而非僅以單一物種為主的棲地或物種保育為著眼點。
2. 栽植或擴張紅樹林之不良後果包括特殊本土物種的消失、底棲無脊椎動物棲息地減小、鳥類覓食場所的縮減等。並非一定要在每一塊濕地上都種大片的紅樹林，才算是保育成功。一些不可能變更為紅樹林棲地的地區花經費種植紅樹，所栽種的紅樹林不但使得原棲地被破壞殆盡，紅樹林也因環境根本不合適而死亡或生長不佳，或因快速擴散帶來負面效應[3]。
3. 依據新竹市濱海野生動物保護區設立目標與保護對象經營管理[4]，候鳥(水鳥)棲息地維護與濕地底棲動物多樣性是最重要目標，而紅樹林擴張則與上述目標相違背。除非更改保護區經營管理目標，否則香山濕地紅樹林應予清除整治，至少要讓覆蓋面積降低至可輕易控制的程度[5]。
4. 民國 98 年時，測量新竹香山濕地紅樹林面積已達 141 公頃，經歷年來連續執行小規模紅樹林清除，累計清除面積 58 公頃，再加上本次清除 59 公頃。主要密集區大致整治完成，其顯現歷年來之清除與維護成果。
5. 本案之大面積整治，還原了香山濕地原有棲地環境，顯見已達成目標。
6. 機械配合人工大規模執行紅樹林疏伐，取代以往人工剷除或小面積之鋪鐵板機械作業，為相當大膽且突破之創舉，以浮筏運載施工機械更是紅樹林整治工作技術面的大突破，應可作為後續紅樹林大面積整治參考。
7. 生物衝擊與人民安居為清除工作最掙扎抉擇，不清除紅樹林，原生物種恐不復存在，機具施工又可能造成環境傷害。本次機械整治實際工作天數僅 107 日，盡力縮短作業時間，降低生物傷害及減輕棲地生物衝擊。
8. 避開工區 1 之外圍絨毛大眼蟹等棲地與工區 2 之台灣招潮蟹棲地，於施工期設置旗杆標示，禁止機械進入，而採用人工清除。

9. 解說員除了巡勘亦勸告民眾勿逗留觀看，避免吸入紅樹林落葉枝幹所支解之腐質與翻攪泥灘所釋放之二氧化硫；此也加強說明清除工作之必要性。
10. 本次作業時間為海茄苳繁殖期後期，蒴果大多已落果，且擴散至濕地各處；建議爾後紅樹林整治或維護作業提前於海茄苳繁殖期前，即每年7月前，使提升抑制紅樹林擴散之效益。
11. 因寒流來襲氣溫低之冬季濕冷，不利於灘地作業，故建議例行紅樹林整治工作避免於冬季實施。
12. 建議紅樹林清除區另案辦理物種環境之後續觀察，如甲殼類螃蟹、螺貝類、彈塗魚等之物種與數量調查、長期棲地生態復原觀測、生態參數監測等。
13. 本區紅樹林清除後，預期「客雅溪紅樹林」將成為爾後紅樹林擴散源，建議後續辦理其整治工作，於海茄苳繁殖期(9至11月)設網攔截，以防種苗溢出。
14. 大庄區紅樹林整治後，棲地環境微改變將引導物種演替。該階段是生態最佳比對觀察期，建議另案實施調查及觀測研究。

六、參考文獻

1. 薛美莉，1995，淺談紅樹林之生育環境，台灣省特有生物研究保育中心。
2. 范貴珠，2006，適用於台灣之紅樹林造林技術，台灣林業雙月刊。
3. 楊樹森，2010，香山濕地紅樹林整治及效益評估計畫，內政部營建署。
4. 104年度新竹市濱海野生動物保護區維計畫，新竹市濱海野生動物保護區維護計畫。
5. 楊樹森，2015，新竹香山濕地紅樹林擴張歷程及其可能因素探討，濕地學刊第三期。

投稿 105.05.12
校稿 105.05.23
定稿 104.05.24