

本團隊現階段初步利用財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會於2007年6月7日至6月16日及11月30日至12月11日兩次之水深地形測量成果(如圖 4.3)，北以布袋商港為界、南以好美里北埔地海堤-北段為界，建立2007年6月至2007年12月之泥沙收支模式如圖 4.5，透過此泥沙收支模式建構可發現，2007年6月至2007年12月間，好美寮沙洲及及瀉湖共流失 $1,087 \times 10^3 \text{ m}^3$ 之泥沙量，其中以瀉湖之泥沙流失量為 $975 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，沙洲之流失量為 $112 \times 10^3 \text{ m}^3$ 。

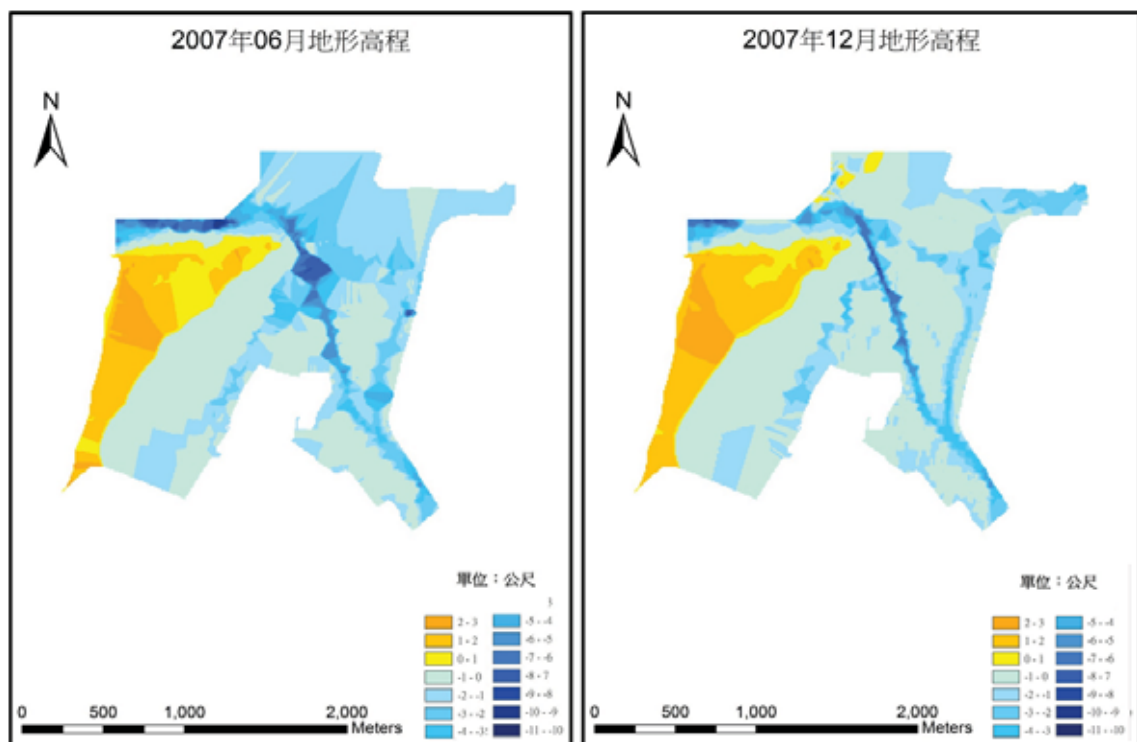


圖 4.3 好美寮沙洲及瀉湖水深地形調查成果 (經濟部水利署第五河川局，2008)

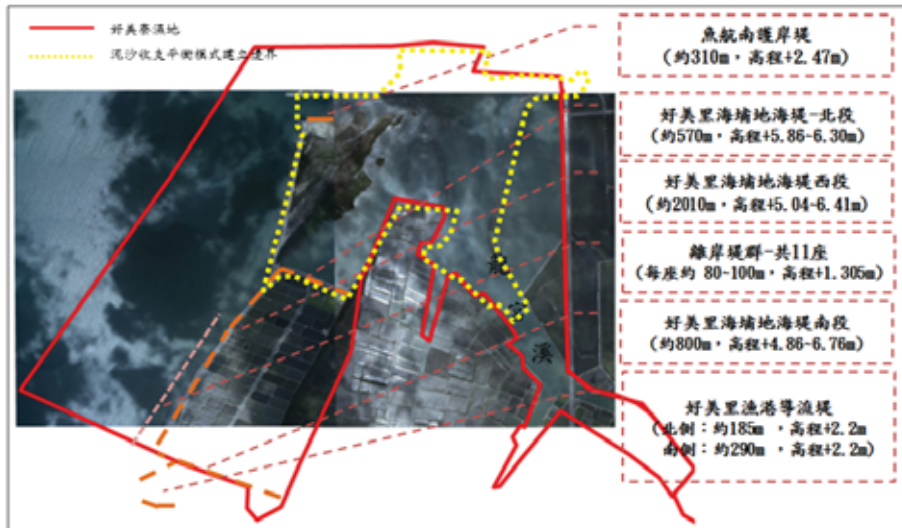


圖 4.4 好美寮濕地泥沙收支模式建構邊界

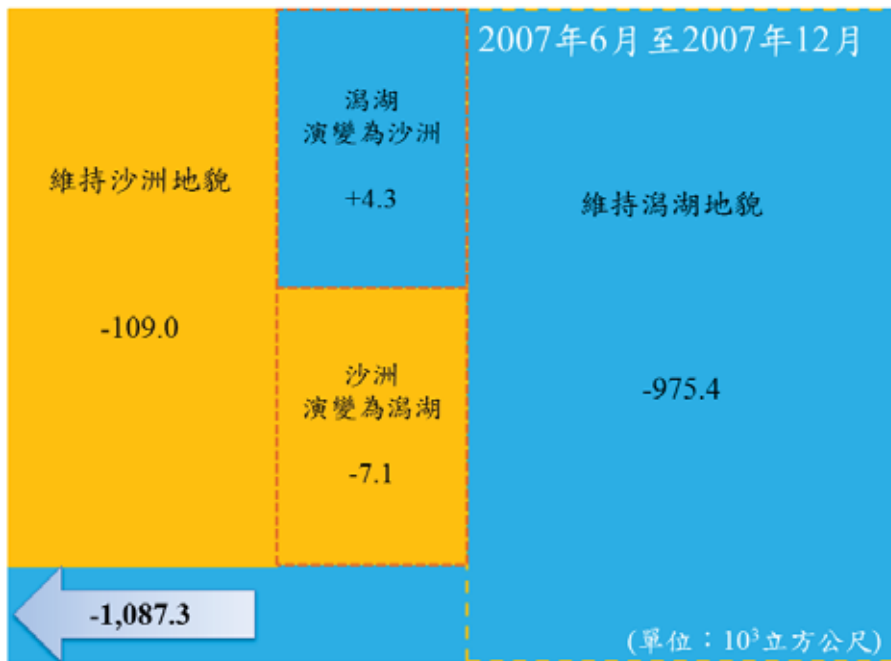


圖 4.5 好美寮濕地之 2007 年 6 月至 2007 年 12 月泥沙收支模式

第三節 好美寮濕地紅樹林浸淹時間分析

近年來因海平面上升及沿海地區地層下陷問題，對於好美寮濕地中現存之紅樹林已有所衝擊。根據楊勝崎(2012)之文獻整理：於紅樹林生長地中，可藉由海水之漲退引進沉積物及營養鹽並可藉由沖刷，降低紅樹林底質土壤中累積的鹽分及輸出有機碳與減少硫化物含量

(Mendelssohn and McKee, 2000)；而漲退潮造成的浸淹時間為影響灘地中紅樹林成長的最重要因子(Field, 1998)，過長的浸淹時間致使紅樹林幼苗根系不易固著，且減低紅樹林根系之氣孔導度，抑制其光合作用 (Ellison and Farnsworth, 1997; Chen et al., 2004)。根據中國海南省東寨港保護區西部林室村的調查成果，紅樹林生長區上下界之浸淹機率分別為 2.9%與 47.5%(張喬民等, 1997)。

本計畫根據中央研究院謝蕙蓮老師所提供之 2010 年好美寮濕地之沙洲高程調查(圖 4.6)，利用成功大學水利系蔡長泰老師研究團隊所發展的地文性淹水模式(Physiographic Inundation Model; 2007)於好美寮濕地內之沙洲進行極端事件下之紅樹林浸淹時間分析。根據中央氣象局逐時潮位紀錄，2011 年東石潮位站最大潮位發生於 2011 年 8 月 30 日 11 時 12 分，潮位紀錄為 2.17m，本計畫根據此事件進行 48 小時之紅樹林浸淹時間分析，由分析結果(圖 4.7)可發現紅樹林之浸淹時間及浸淹高度受地表高程與潮位高程所決定，當潮位高度大於地表高程時即發生浸淹，浸淹高度為潮位高度減地表高程。



圖 4.6 2010 年好美寮濕地之沙洲高程調查 (中央研究院謝蕙蓮老師提供)

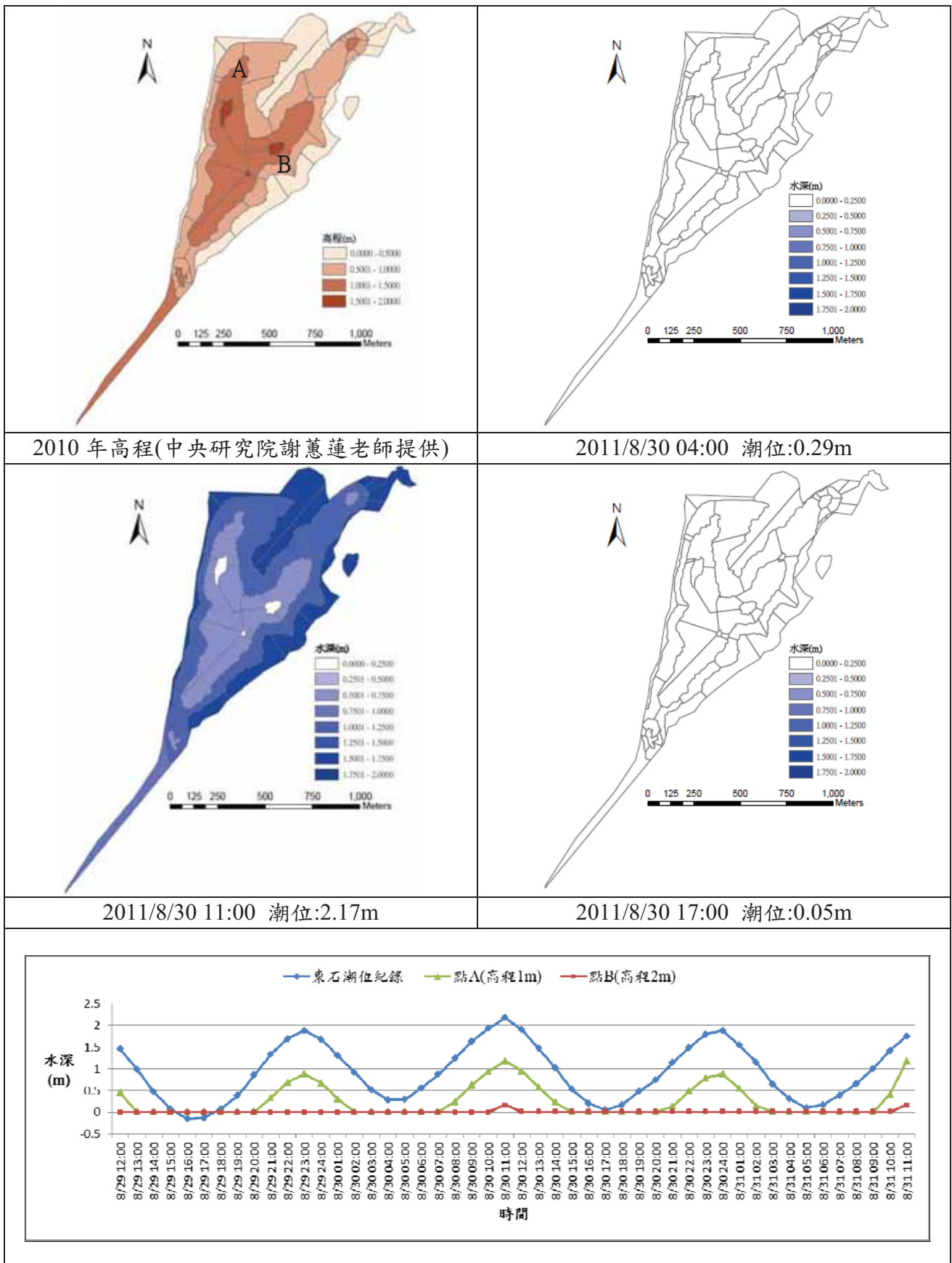


圖 4.7 好美寮濕地沙洲浸淹分析

本計畫進一步將 2012 年東石潮位站之逐時潮位紀錄依循 The Nature Conservancy(2009)提出之浸淹機率分析步驟進行計算，其步驟(參考自楊勝崎，2012)如下：

1. 從小到大依次排序，共 n 筆的潮位記錄資料；
2. 將排序後之潮位資料由大至小依序給定序號 M
(如最大的水位記錄序號為 1)
3. 計算浸淹機率： $P_s = 100 * (M / (n + 1))$

其中： P_s 為浸淹機率、 M 為水位資料排序、 n 為水位記錄的筆數；

4. 以浸淹機率為橫軸，高程為縱軸繪製浸淹機率曲線。

根據分析成果(圖 4.8)，參考中國海南省東寨港保護區西部林室村的調查之紅樹林生長區上下界之浸淹機率 2.9%與 47.5%；本區域浸淹機率 2.9%與 47.5%對應之高程為 1.482m 及 0.583m，亦即好美寮沙洲中高程界於 0.583 至 1.482m 間之區域為適合紅樹林生長之區域，故好美寮沙洲 86.0 萬 m^2 面積中，具有 55.9 萬 m^2 (亦即 65%)之區域其浸淹時間符合紅樹林生長之需求。

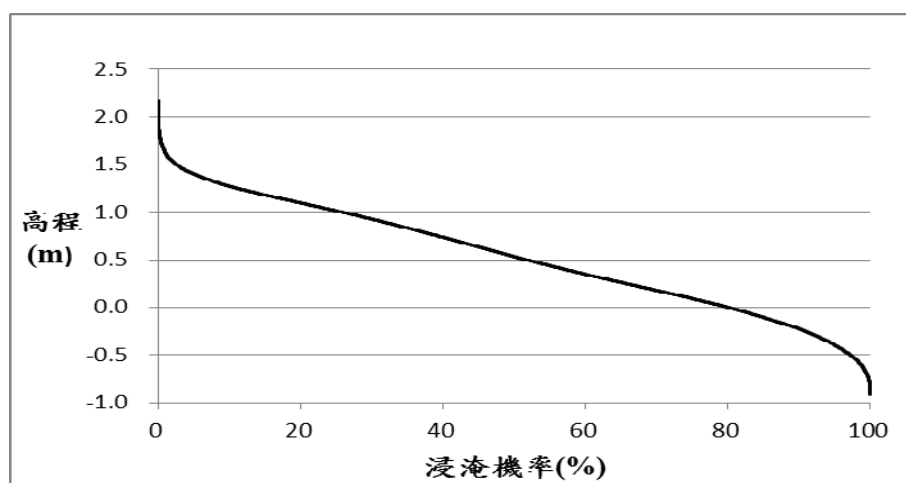


圖 4.8 好美寮濕地沙洲浸淹機率分析

第四節 小結

好美寮濕地目前面臨之主要環境課題為紅樹林之消失與沙洲之侵蝕，根據歷年之航照圖比對，台 61 線西側原有大片紅樹林，於 2002 年之航照圖中已經消失；且由 2010 年之航照圖顯示，相較於過去，好美里海堤外之沙洲呈現侵蝕狀況。透過泥沙收支模式(Sediment Budget)之建構可探究海岸變遷與地貌演變之緣由，然而其需透過長時間的資料收集與分析以探究不同時間與空間上之變遷趨勢，故好美寮濕地之變遷分析仍需仰賴未來持續性的調查成果進行分析與修正之。此外，高雄港務局擬進行布袋國內商港整體規劃，擴建好美寮濕地北側之布袋港南堤，於原有 544m 之漁航南護岸向海測沿伸 2,055m(圖 4.9)；此計畫已於 2007 年 12 月 20 日通過環境影響評估，並於 2012 年報請行政院核定，擬定於 2014 年施工。此工程對於好美寮濕地沙洲之影響，需進行進一步之分析與探討。



圖 4.9 布袋港開發整體配置規劃圖 (交通部高雄港務局，2008)

第五章 布袋鹽田濕地水門操作試驗

第一節 水門操作試驗設計

完善的水文條件與環境之建立，是生物棲地營造工作之基礎。本團隊將水文環境營造規劃落實於實際操作面，於本年度 3 月 20 日及 4 月 24 日開啟布袋鹽田濕地西南嶼為於龍宮溪旁四孔水門之一孔水門(圖 5.1)，透過實際之操作試驗，復育及維持永續濕地環境之水文條件需求。

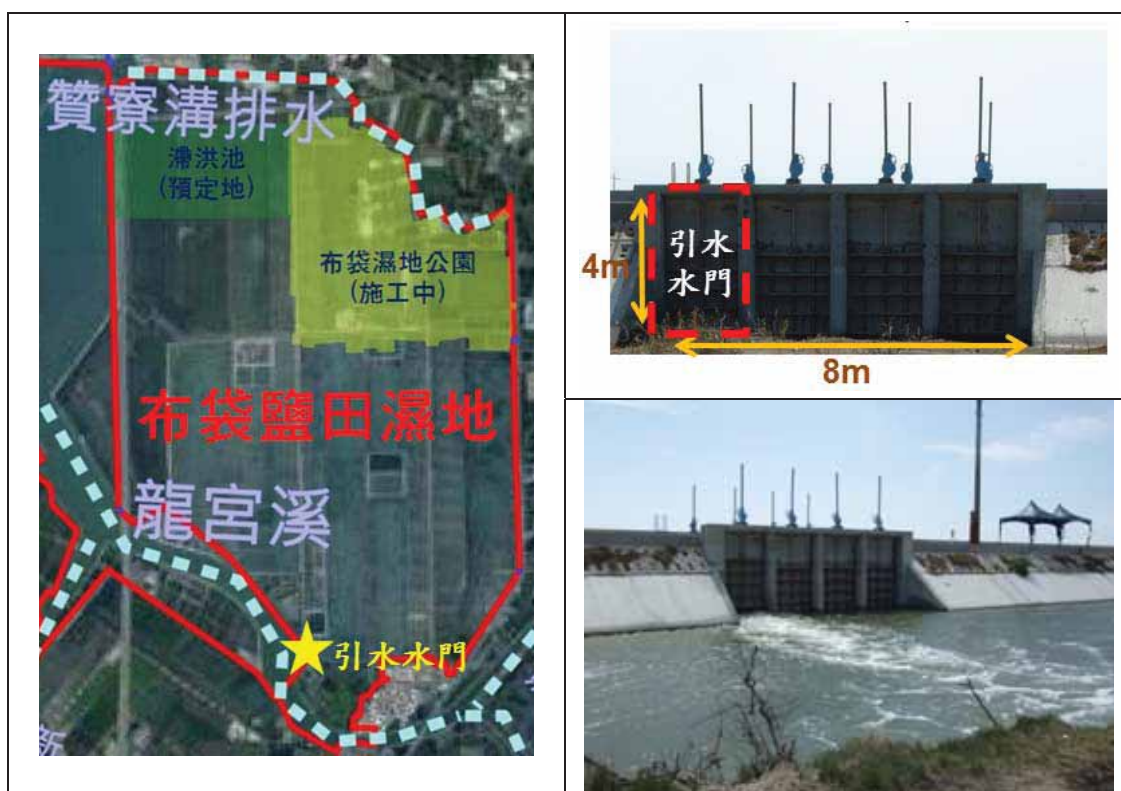


圖 5.1 引水試驗操作水門位置圖(底圖：Google Earth, 2011)

(一) 試驗工作內容

試驗前準備、水門操作試驗及試驗後監測之細部工作項分別敘述如下：

(1) 試驗前準備：

相關單位協商及工作人員培訓

水門操作涉及水利法，故試驗前需先與各權責單位報備，並由水門管理人員協助執行水門之操作。本團隊整理出本計畫區內水門操作之相關管理單位、管轄範圍、及權責如表 5.1，以提供後續執行水門操作試驗之報備與協調工作參考。

表 5.1 計畫區內之水門操作之相關管理單位

管理單位	計畫區內受管轄範圍	權責
雲嘉南風景區管理處	布袋鹽田濕地全區	土地所有權及主管機關
營建署 城鄉發展分署	布袋鹽田濕地全區	設立國家重要濕地，並提供相關保育計畫補助
嘉義縣政府	布袋鹽田濕地全區	行政管轄
嘉義縣政府 水利處	贊寮溝及龍宮溪排水系統	水門及抽水站管理
布袋鎮公所	鹽田及贊寮溝週邊 水門及抽水設施	受嘉義縣政府委託，協助水門及抽水設施管理

監測工作

基地基本資料監測，以探討試驗前後之差異，監測項目包含：鳥類調查、水位及鹽度調查。

(2) 水門操作試驗：

為掌握試驗期間之水文環境變化，試驗期間需進行水文量、水位及水質之監測工作，詳細之監測規劃及頻度設計如圖 5.2。

(3) 試驗後監測：

基地基本資料監測，以掌握試驗後之影響，監測項目包含：鳥類調查、水位及鹽度調查。

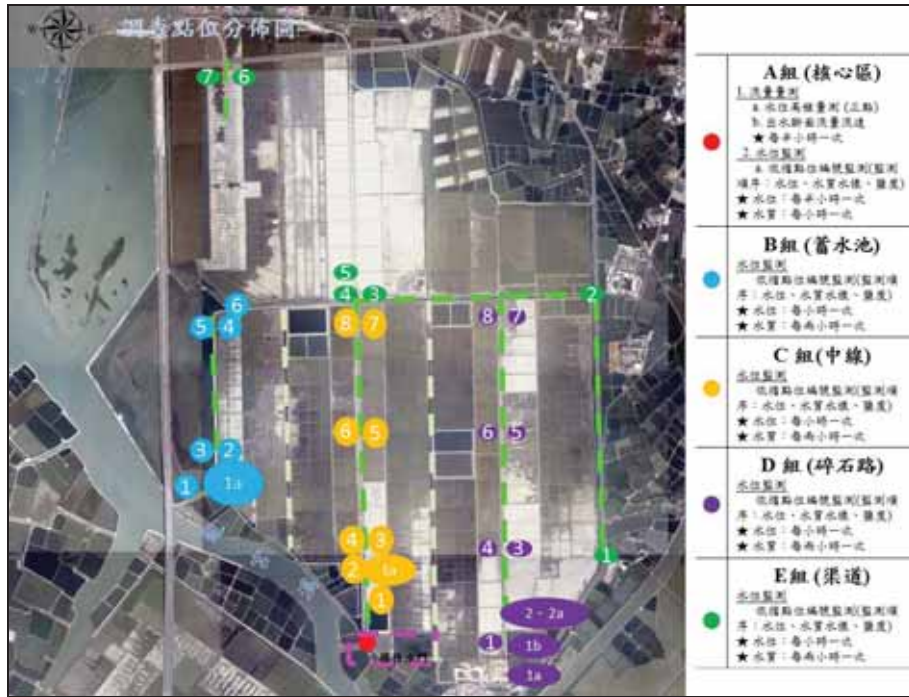


圖 5.2 水門操作試驗監測工作規劃

(二) 試驗設計

本團隊針對布袋鹽田濕地西南嶼龍宮溪旁四孔水門之一孔水門進行水門操作試驗，因操作之水門位屬龍宮溪下游，引水量受潮汐所影響，故本團隊分別於3月20日及4月24日進行兩次之引水試驗，以探討不同氣象條件下之引水成效，詳細試驗設計細節如表 5.2。

表 5.2 水門操作試驗設計細節

日期	2012年3月20日	2012年4月24日
天氣	晴	晴
水門開起高度	10 cm	10 cm
水門開起時間	10:00AM – 15:30PM	10:30AM – 16:00PM
潮汐與潮位	高潮=>低潮 (1.09 m) (-0.26 cm)	低潮=>高潮=>低潮 (0.98m) (1.26cm) (0.20cm)

註 1：本資料來源為 2012 年東石潮位站潮汐預測表(中央氣象局，2011)

註 2：H:高潮 High tide、L:低潮 Low tide

第二節 監測資料

(一) 第一次水門操作試驗 (2012 年 3 月 20 日)

1. 流量監測

本次引水時間為 3 月 20 日 10 時 00 分至 15 時 30 分，透過外水水位與操作水門底之高程差推估本次引水量(式 5.1)，本次水門操作試驗引水量估計約為 11,948 m³，各時間點之估計流量如圖 5.3。

$$Q = C_{df} b h \sqrt{2g(H - 0.5h)} \dots\dots\dots(式 5.1)$$

其中，

Q：流量(cms)

C_{df}：速縮系數($C_{df} = \frac{0.61}{\sqrt{1+0.61(h/H)}} \cong 0.6$)

b：水門寬(2.24m)

h：水門開啟高度(m)

H：外水水位-水門底高程

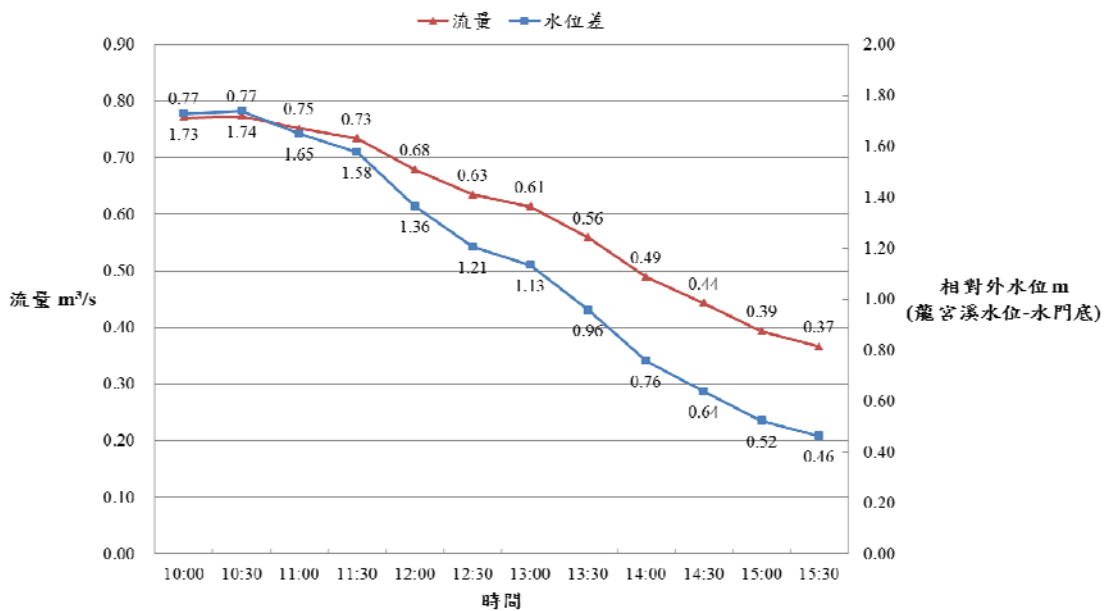


圖 5.3 第一次水門操作試驗流量估算

2. 各時間點水位監測

水門操作試驗中及試驗後之水位監測結果如圖 5.4。本團隊依據各時間點之水位紀錄、鹽度紀錄及中央氣象局將軍海象站之風力資料，分析區域中各區塊之水位變動情形並推估其緣由，由分析結果可發現，此次水門操作試驗之影響範圍受區域內之路堤及水道所限制，引水影響範圍僅限於布袋鹽田濕地南邊 199 公頃(即布袋鹽田濕地總面積之 11.6%)之區域(如圖 5.6)；此外，由 3 月 22 日 9 時 30 分之水位監測結果可發現，除布袋鹽田濕地西南隅之測站(C1 及 C4)有記錄到存留受試驗影響補充之水量外，其餘區域之水位皆已回復至水門操作試驗前。

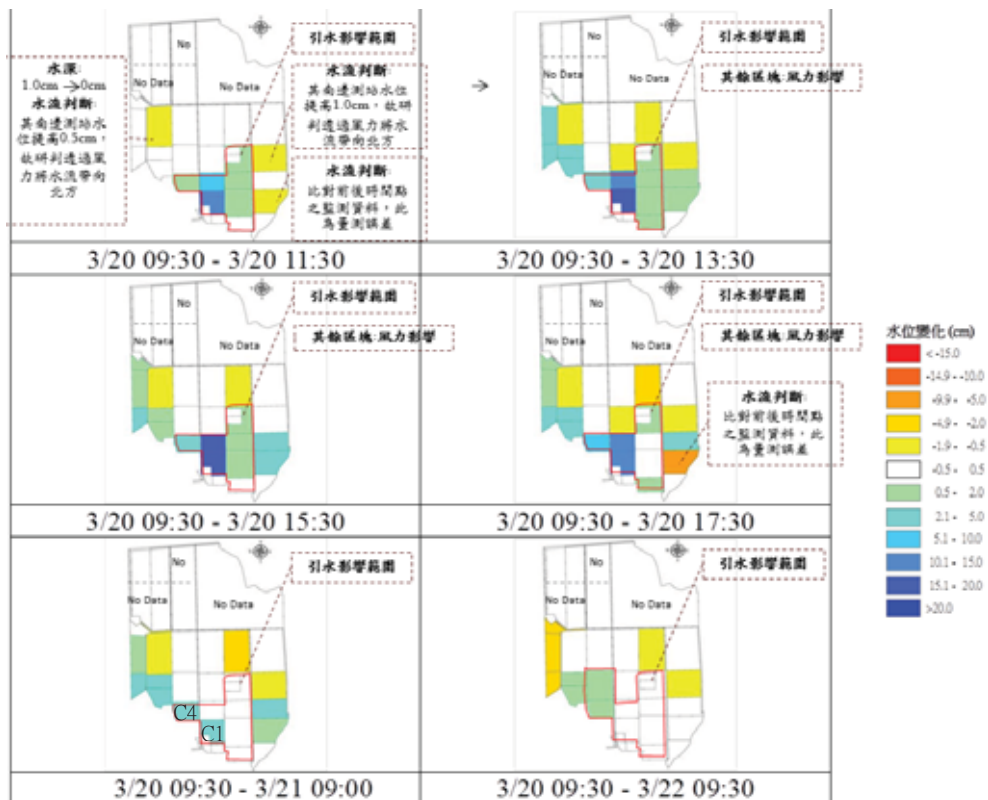


圖 5.4 第一次水門操作試驗水位監測

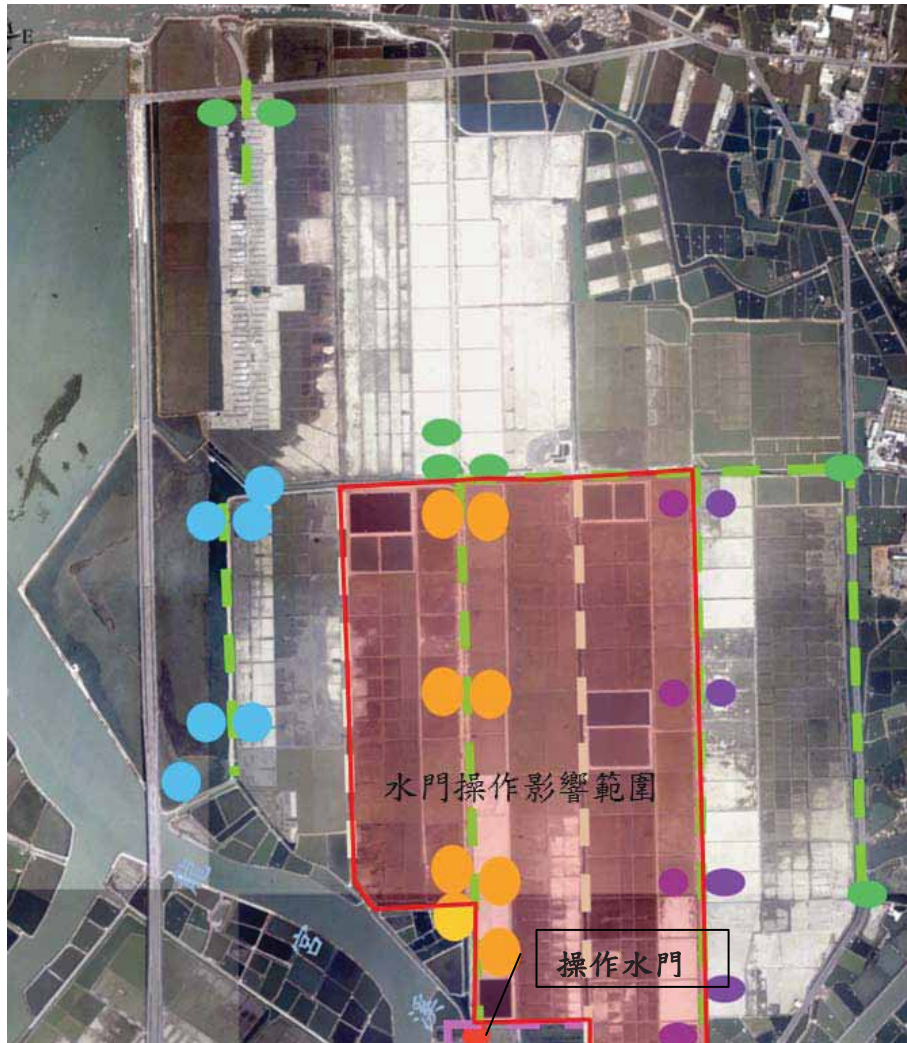


圖 5.5 龍宮溪水門操作試驗後水文量補助之範圍

3. 鹽度監測

本團隊於布袋鹽田濕地中分別於試驗前、試驗中試驗後進行鹽度監測，其中受水門操作影響而有較大引水量之點位，其水位鹽度監測結果如圖 5.6。由結果可發現，透過水門操作引水進入鹽田中，受水文量補充之區域，其鹽度會隨著水源的補充而下降至 2%，但隔天隨即回復至水門操作前之鹽度約 3%，且隨著鹽田內水量的蒸發，其鹽度會逐漸提升，於 3 月 26 日鹽度達 3.5 至 4.0%。

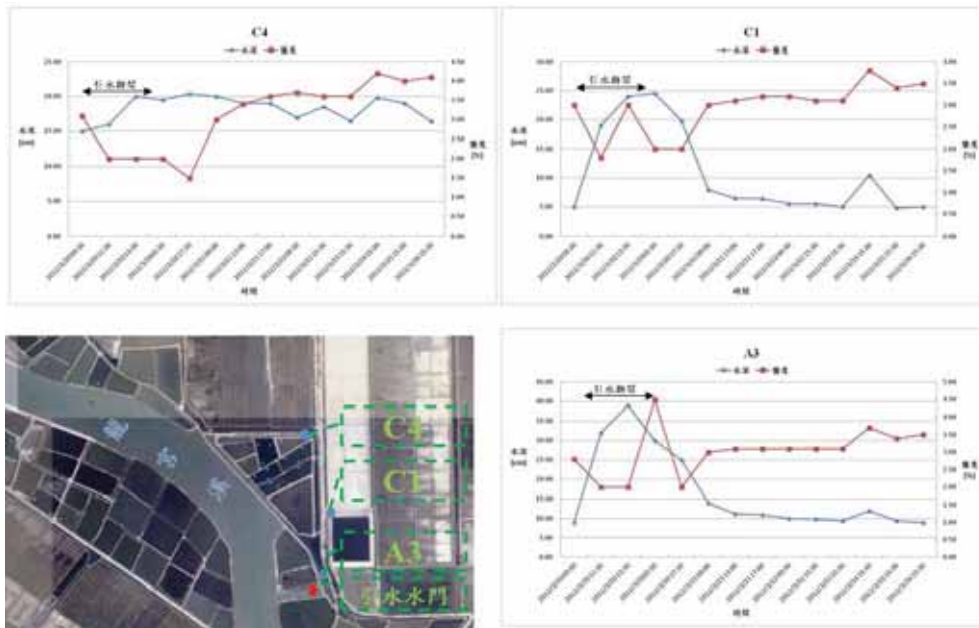


圖 5.6 第一次水門操作試驗鹽度監測

(二) 第二次水門操作試驗 (2012 年 4 月 24 日)

1. 流量監測

本次引水時間為 4 月 24 日 10 時 30 分至 16 時 00 分，透過外水水位與操作水門底之高程差推估本次引水量(式 5.1)，本次水門操作試驗引水量估計約為 14,450 m³，各時間點之估計流量如圖 5.7。

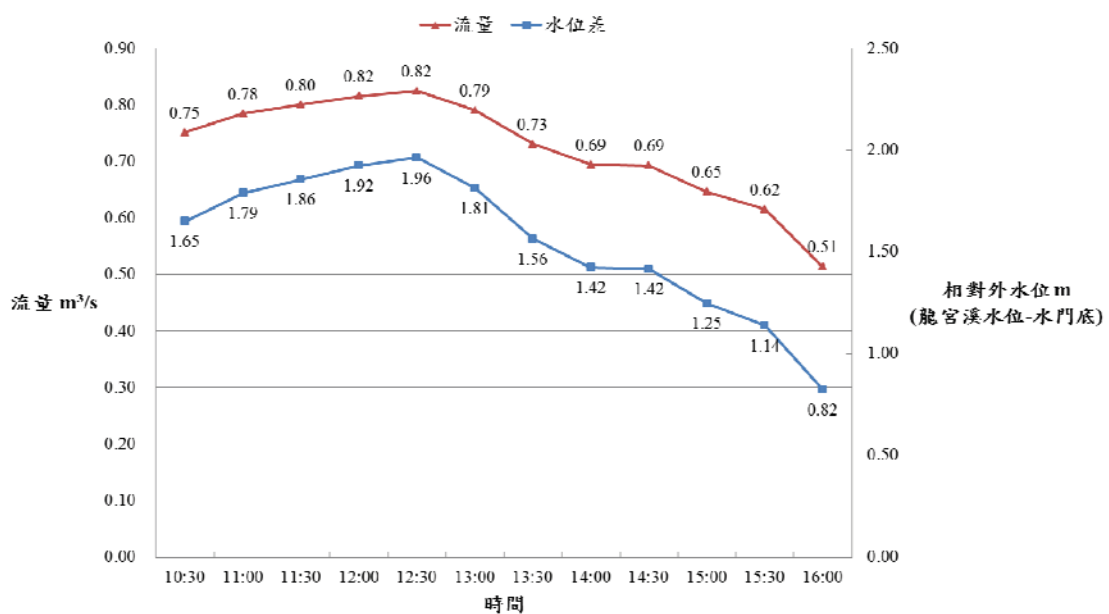


圖 5.7 第二次水門操作試驗流量估算

2. 各時間點水位監測

水門操作試驗中及試驗後之水位監測結果如圖 5.8。本團隊依據各時間點之水位紀錄、鹽度紀錄及中央氣象局將軍海象站之風力資料，分析區域中各區塊之水位變動情形並推估其緣由，由分析結果可發現，此次水門操作試驗之影響範圍與第一次引水試驗成果雷同，其受區域內之路堤及水道所限制，引水影響範圍僅限於布袋鹽田濕地南邊 199 公頃(即布袋鹽田濕地總面積之 11.6%)之區域(如圖 5.6)；此外，由 4 月 25 日 13 時 30 分之水位監測結果可發現，除布袋鹽田濕地南側之測站(C4、C6、D1)有記錄到尚存有受試驗影響補充之水量外，其餘區域之水位皆已回復至水門操作試驗前。而根據中央氣象局鰲鼓測站紀錄，自 4 月 25 日 23 時至 4 月 26 日 8 時累積雨量達 29.5mm，因此於 4 月 26 日 13 時 30 分之水位監測結果可發現，布袋鹽田濕地內約 212 公頃之鹽田(即布袋鹽田濕地總面積之 29.4%)受降雨影響而使水位提升 5-15 cm。

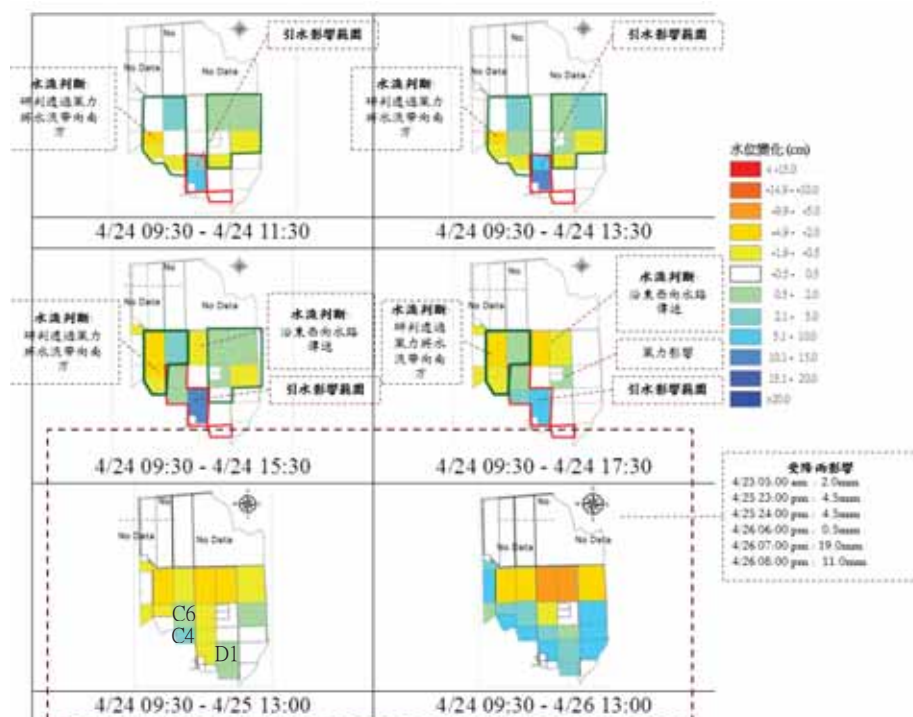


圖 5.8 第二次水門操作試驗水位監測

3. 鹽度監測

本團隊於布袋鹽田濕地中分別於試驗前、試驗中試驗後進行鹽度監測，其中受水門操作影響而有較大引水量之點位，其水位鹽度監測結果如圖 5.9。由結果可發現，透過水門操作引水進入鹽田中，受水文量補充之區域，其鹽度會隨著水源的補充而下降至 3%，而隔天隨著鹽田內水量的蒸發，其鹽度會略為提升，直至 4 月 26 日受降雨之淡水補充的影響，鹽度略為下降。

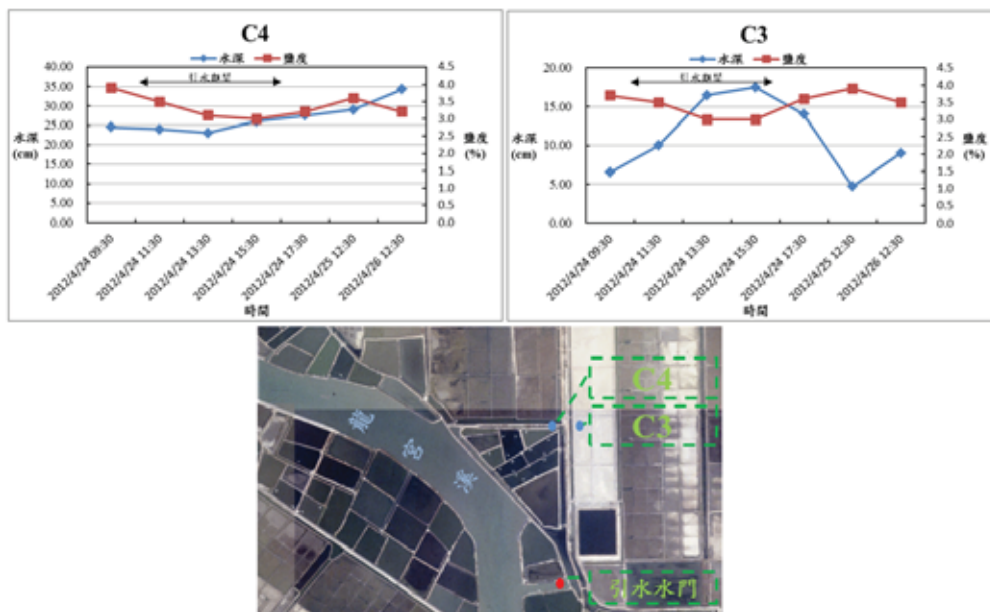


圖 5.9 第二次水門操作試驗鹽度監測

第三節 小結

本團隊已透過兩次之水門操作試驗，了解不同氣象條件下之引水影響範圍、引水成效及不同階段之水位鹽度變動情形，並釐清相關因子如：引水量估算及影響出流之蒸發、入滲及可能之抽水量。然而，區域內尚未有完整之地形資料，故完整之水力特性分析仍仰賴地形調查資料與水力模擬。

(一) 引水量估算

根據本計畫於 2012 年 3 月 20 日在龍宮溪操作水門外之潮位監測紀錄與中央氣象局東石及將軍潮位站之逐時潮位資料進行比對，本區域之潮位與東石潮位站之潮位紀錄較為吻合，兩地區之潮位資料差值約 10cm，時間差小於 0.5hr(圖 5.10)。本計畫進一並依據 2012 年 3 月 20 日及 4 月 24 日之測量紀錄進行推估，未來若欲進行引水量估算，可利用計算式 4.1，依循不同之水門操作方式進行估算，其中 H(外水水位-水門底高程)則可以東石潮位站潮位-(-0.67)m 進行估算。

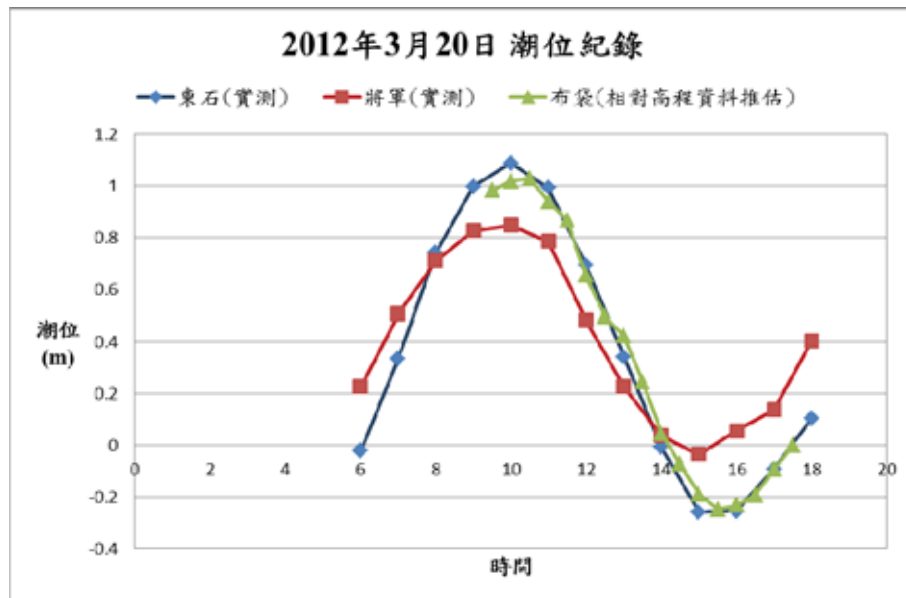


圖 5.10 第二次水門操作試驗鹽度監測

(二) 出流量

本計畫區受限於區域內之結構，無法透過重力排水的方式將區域中之水量排出，且本區域之土壤屬不易透水之阻水層，入滲量可忽略(財團法人台灣大學建築與城鄉研究發展基金會，2011)；故受水門操作補助之水量主要可藉由蒸發及龍宮溪旁一座 0.4cms 之抽水站排出。本計畫根據 2012 年 6 月 25 日、7 月 2 日、7 月 9 日及 7 月 19 日

於布袋鹽田濕地 D 區(圖 5.2)之水位監測資料(表 5.3)進行蒸發量之估算，由估算結果可發現，布袋鹽田濕地內之蒸發量平均約為 1.04 cm/天，亦即受引水影響之布袋鹽田濕地南邊 199 公頃之區域，其每日蒸發量可達 20,696m³。

表 5.3 布袋鹽田濕地 D 區 2012 年 6 月 25 日至 7 月 19 日水位監測紀錄

單位：公分

日期 \ 點位	D 1	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8
6 月 25 日	35.0	41.0	49.0	44.0	50.0	42.0	49.0
7 月 2 日	27.0	37.0	42.0	38.0	44.0	33.0	41.0
7 月 9 日	21.0	25.0	35.0	29.0	36.0	25.0	33.0
7 月 19 日	11.0	10.0	23.0	15.0	25.0	12.0	22.0

表 5.4 布袋鹽田濕地 D 區 2012 年 6 月 25 日至 7 月 19 日蒸發量估算

單位：公分

日期 \ 點位	D 1	D 3	D 4	D 5	D 6	D 7	D 8
2012/6/25 - 2012/7/2	1.14	0.57	1.00	0.86	0.86	1.29	1.14
2012/7/2 - 2012/7/9	0.67	1.33	0.78	1.00	0.89	0.89	0.89
2012/7/9 - 2012/7/19	1.00	1.50	1.20	1.40	1.10	1.30	1.10

(三) 初步成果

本團隊整理兩次試驗之成果如表 5.5。

表 5.5 水門操作試驗成果

實 驗 背 景	日期	2012 年 3 月 20 日	2012 年 4 月 24 日
	天氣	晴	晴
	水門開起高度	10 cm	10 cm
	水門開起時間	10:00AM – 15:30PM	10:30AM – 16:00PM
	潮汐與潮位	高潮=>低潮 (1.09 m) (-0.26 cm)	低潮=>高潮=>低潮 (0.98m) (1.26cm) (0.20cm)
	風向	北風	南風