

由水平衡特性評估關渡自然公園之水量管理 Based on Characteristics of Water Balance to Manage Water Usage in Kuan-Du Natural Park

台灣大學農業工程學系碩士

台灣大學農業工程學系教授

邱文雅

張文亮

Wen-ya Chiu

Wen-lian Chang

摘 要

濕地為一獨特的生態系統模式，特別是在水、土壤及植物三個環境基本因子方面，水質優劣對水域生態具有直接之衝擊。關渡濕地主要水源包括南邊之淡水河、基隆河，北邊流經北投地區之貴子坑溪、水磨坑溪，以及東側隸屬於七星農田水利會所管轄之八仙圳灌排水路。影響關渡濕地的二大潛在環境因子為「潮汐」及「農田都會區廢污染」。水源受潮汐影響，關渡濕地為感潮性鹹水濕地與半鹹水濕地之覆合型濕地，且濕地水域有漸趨鹽化的現象。

水、土壤環境對濕地的綜合影響，表現在濕地植物的生長。關渡濕地之水文以潮汐入流量及河川入流量為主，在各入流量正常之情形下，年蓄積量為 296.5~583.4 公分，入流頻率不穩定之八仙圳佔地表河川總入流量之 16~20%，水磨坑溪佔地表河川總入流量之 22~27%，基隆河感潮水佔地表河川總入流量之 53~62%。濕地內水澤因潮汐影響水位變動最大在 20~50 公分。一旦關渡濕地入流量被截斷，短期間內關渡濕地因蓄水量不足導致土壤嚴重鹽化，土壤水份壓力勢能與滲透壓勢能同時增加，將改變濕地植物生長之土壤環境條件。

關鍵詞：濕地，水文收支，土壤鹽化，植物群落，土壤水份壓力勢能，滲透壓勢能。

ABSTRACT

Wetlands are generally considered as one of the most unique and productive ecological systems in the world. Water, soil and plant have complex inter-relationships to reach their balance. However, water quality has a direct impact on these interactions, and polluted water will degrade ecological balance.

The purpose of this study is to measure water quality effect on soil properties and plant distribution in Kuan-Du wetland. Kuan-Du wetland has four water sources,

namely, Ki-Long river, Kai-Zu-Kong stream, Sei-Mo-Kong stream, and Eighth-Sen irrigation channel. Based on the investigated results, those water sources can be classified as by tiding effect and by domestic/irrigation waste water effect. As a result of the tiding effect, soils are more salty and plants are dominated by salty tolerance. Wastewater caused more anaerobic in soil and entropy in water.

Although water sources have been effected by tiding and wastewater, there is little we can do, for it is not feasible to obtain clean water from other water sources in Kuan-Du wetland. Total amount of surface water flow into Kuan-Du wetland is about 296.5 to 583.4 cm in depth. Maximal fluctuation of water level is 20 to 50 cm annually. Ratio of surface water inflow is about 53% to 62% from Ki-Long river, 22%-27% from Sei-Mo-Kong stream, and 16%-20% from Eighth-Sen irrigation channel. Tiding water controlled by closing water gate in Ki-Long river will reduce saline effect, but water will not be sufficient to supply evapotranspiration in the wetland. As a result of the drought, soil water and salinity potential will be increased, and plant distribution in wetland will be changed.

Keywords: Wetland, Water budget, Soil salinity, Plant community, Soil water pressure potential, Osmotic pressure potential.

一、前言

關渡濕地為一非封閉型濕地，水流即是濕地系統與外界環境交換物質的主要介質。水資源特性對濕地的影響可由二方面評估，由進出水量的確認與測定可瞭解濕地水文的律動情形；水質的好壞將對該水域生物相之棲地環境造成影響。水資源條件與生物條件間相互影響改變。水資源條件差異造成不同棲地型態，影響到生物相的生態分佈情形；而濕地植物會以團粒沉積減緩沖蝕、累積沉降物干擾水流，濕地動物的習性也可能改變水文狀況。基於管理方式上的方便性及可行性，由水資源條件之控制來管理濕地的棲地環境才是較合理的作法。

水文條件中水位控制是最常被使用的棲地經營管理方法之一。濕地採取水位控制的可行性隨著濕地所在地理位置水文條件差異，可分成三種型態：包括(1)入流水少，水位受氣候影響；(2)適當入流量，具有發展水位控制的最佳潛力；(3)過多的水量，可採用水位控制的管理方式 (Kington and Verry, 1983)。濕地水文中最重

要的即是水文週期的界定，水文週期可用以定義濕地水位漲落變化，同時也是濕地水文特徵。對感潮濕地而言，潮汐與水位律動關係密切，潮汐的重要性在於水質的交換而非水位的大量變動，水位若維持在 10~25 公分將有助於挺水植物及沉水植物的生長 (Hindman and Stotts, 1989)。但亦有學者表示不同的意見，Fredrickson and Reid (1990)陳述“因為許多濕地管理方式的目標都是放在反制季節性或長期性乾旱的影響，所以一般都傾向於限制濕地水位的波動。這種錯誤的觀念是基於許多濕地中的野生動物，在其生命週期的大部分階段中都需要水源而產生的。” Kushlan 於 1989 年提出動物界中的鳥綱在利用濕地時，通常對於水位的波動具有適應的能力，所以在人為濕地管理法上需要主動且適宜地處理濕地水位。

濕地水質對土壤特性的影響表現在植物分佈及演替上。特別是鹽份及長期淹水對植物生長的影響及不同維管束植物的競爭性 (Cooper, 1982; Pennings and Callaway, 1992)，所以入流水源鹽分濃度會改變濕地植物相分佈 (Walsh et al.,

1991)。鹽份不單是對植物造成影響也包括生物(Wilson and Keddy, 1991)。張文亮等人(1996)曾經對關渡濕地作過初步研究，結果顯示關渡濕地由於水源之差異包括鹹水水源及淡水水源，而將濕地區分成鹹水草澤及半鹹水草澤之覆合型濕地。張文亮等人(1997)，以多變量統計分析探討影響關渡濕地的環境因子，結果顯示在感潮河段中由潮汐所帶來的鹽份因子為主要之因子，其次則為污水及廢水中氮素之影響。關渡濕地受潮汐作用之鹽份因子的影響明顯。因此對於關渡濕地中土壤鹽份累積的管理為一重點。

濕地水資源管理可以影響濕地未來的經營模式，因此水文及水量可用於控制濕地的發展(McNamara, 1992)。特別對感潮濕地而言，防潮閘的控制將可影響濕地內的鹽份變動(Leonard et al., 1993)。國內之中興顧問公司(1996)及許銘熙等人(1998)曾對關渡一帶的水文進行研究，探討關渡濕地在防洪時的淹水情形。

二、理 論

由水量管理濕地時，現地基本的水文收支為首要工作。基本的水文收支項目如(1)式所示。

$$\frac{dV}{dt} = P_n + S_i + G_i - ET - S_o - G_o - K \pm T \dots\dots(1)$$

其中 V 表濕地儲水量體積， A 表濕地面積， dV/dt 為單位時間內濕地儲水量的體積變化， P_n 表淨降雨量， S_i 表地表入流量（包括積水流量）， G_i 為地下水入流量， ET 為蒸發散量， S_o 表地表出流量， G_o 表地下水出流量， K 表土壤入滲量， T 為潮汐入流量(+)或出流量(-)。在本研究過程中，由於缺乏地下水資料因此不考慮地下水量變化的影響。亦由於降雨資料是直接取自中央氣象局台北站之氣象記錄，因此降雨量非為淨降雨量。蒸發散量乃是採用經驗公式 Modified Penman Method (Mitsch and Gosselink, 1993) 間接求得，如下式所示

$$ET = W \times R_n + (1 - W) \times f(u) \times (e_a - e_d) \dots\dots(2)$$

其中 W 為因溫度及緯度而異之參數， R_n 為淨輻

射量(mm/day)， $f(u)$ 為 2m 高度之風速函數(km/day)， $(e_a - e_d)$ 為飽和蒸汽壓與實際蒸汽壓之差(mbar)。

入滲量以土壤飽和導水實驗法測定之。在定水頭之實驗裝置下，導水係數為單位時間內流經土柱之出流量，單位為 cm/天，表示如下

$$K = \frac{Q \cdot \ell}{A \cdot h} \dots\dots\dots(3)$$

其中 Q 為經土柱之出流量(ml/day)， ℓ 為土柱厚度(cm)， A 為土柱之表面積(cm²)， h 為定水頭高度，即氣柱至土柱表面之高度。

其餘河川地表入出流量及潮汐交換量則是由現場測量，並以任意時段內之平均水深及水量的變動以單位時間的深度表示之，例如 mm/月或 mm/年。

土壤環境對濕地植物的影響可藉由植群分佈的關係加以瞭解。植物的生長主要視其系統內部之能量狀況而定，而外界環境對於植物生長的影響統稱之為生長逆境(Kramer, 1983)。生長逆境影響程度的強弱可由植物所具有的能量而定。水份總勢能的觀念好比是水之自由能量的測量，Weatherley (1970) 及 Passioura (1980) 提出植物細胞中的水份總勢能 Ψ_T 如下式所示

$$\Psi_T = \Psi_o + \Psi_p \dots\dots\dots(4)$$

其中 Ψ_o 為滲透壓勢能，主要來自於維管束細胞中溶解的溶質。根據美國鹽性研究所(U. S. Salinity Laboratory, 1954)以電導度測定土壤溶液，發現溶液之滲透壓勢能與鹽份之間存在良好的相關性，因此 Ψ_o 可由土壤中之鹽份測定依公式換算求得，其關係如下式

$$\Psi_o = 0.36 \times EC \dots\dots\dots(5)$$

其中 Ψ_o 的單位為(atm)， EC 的單位為(ms/cm)。 Ψ_p 為土壤水份壓力勢能主要引發於植物組織細胞中因水份擴散導致的膨脹壓力，大部分在植物凋萎時產生的負壓，因此 Ψ_p 受土壤中的含水量所影響。可由實驗繪得體積含水量與土壤水份壓力勢能關係之土壤水份特性曲線。

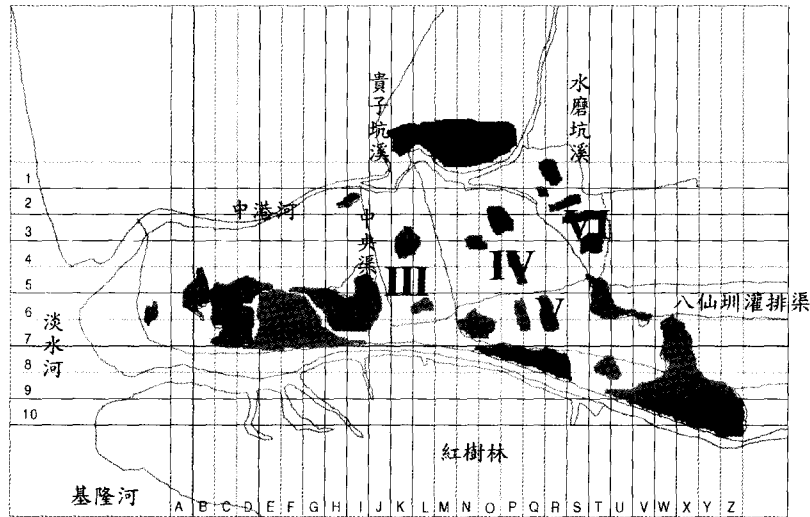


圖 1 關渡濕地水源與地理位置圖

三、材料與方法

(一) 研究地點

本研究地點在台北市近郊之關渡濕地。關渡濕地位於關渡平原西南區，基隆河及淡水河交會處，距離淡水河口約 8~10 公里，佔地面積 55 公頃，水域位處於淡水與鹹水相混之潮間帶。關渡濕地之主要水源除南邊受潮汐影響的淡水河與基隆河以外，還包括來自北邊流經北投地區之貴子坑溪、水磨坑溪，以及東側隸屬於七星農田水利會所管轄之八仙圳灌溉與排水系統。濕地面積雖小，但水源情況卻相當複雜。濕地內部有多條渠道貫穿，以及多處水澤。西南角及東南角分別有二處大型填土區平均高度約有 3 公尺，目前由台北市建設局建設賞鳥平台。水磨坑溪以北之填土區標高約有 9 公尺，傾斜緩坡已為一樹林，目前規劃為關渡自然公園之教育中心。

(二) 分析與實驗

關渡濕地周圍水源之潮汐出入範圍包括中央渠道、水磨坑溪、貴子坑溪，以八仙圳、濕地內各大小不同之長年性或暫時性水澤約十二處。依其水路分佈及棲地環境之類似性，將關渡濕地區分成六區，如圖 1 所示。記錄每月大潮日

各分區之水位時變化量。土壤入滲係數之測定依圖 1，採用 I、II、V 區及田區等四處土壤進行測定。土壤導水係數之測定乃是採用定水頭裝置將取風乾之土壤分層放置於圓形之壓克力土柱模型中，土柱規格外徑為內徑 9cm×高 10cm。以定水頭方式讓水流入使土柱達飽和狀態，由於所測為飽和導水係數，因此自土壤達飽和後開始記錄單位時間內的流出量。其餘氣象資料，如溫度、降水量等取自中央氣象局台北站 1998 年 5 月至 1999 年 4 月之資料。

水源水質特性對濕地土壤甚而植物分佈的影響實驗期自 1996 年 7 月至 1998 年 11 月間。依 American Standard Methods 分析水中的溶氧 (DO) 測定，利用 BOD 瓶現場採取原水樣後，立即加入固氧試劑，回實驗室中以滴定法分析。電導度 (EC)、酸鹼值 (pH) 則分別以電極現場測定之。營養鹽包括正磷酸鹽 (PO_4^{3-})、氨態氮 (NH_4^+) 與硝酸態氮 (NO_3^-) 則是於採樣後分別依維生素丙比色法、納氏比色法及硝酸態氮比色法以分光光度計測定，懸浮顆粒 (SS) 是以定量之水樣過濾，稱其濾紙上殘留之顆粒乾重。棋盤式格化之關渡濕地土壤採樣法以每格大小 50m×60m 進行土壤含鹽度及土壤水份的測定，如圖 1 所示。由於濕地土壤表層多為錯縱複雜之植物根系及腐植

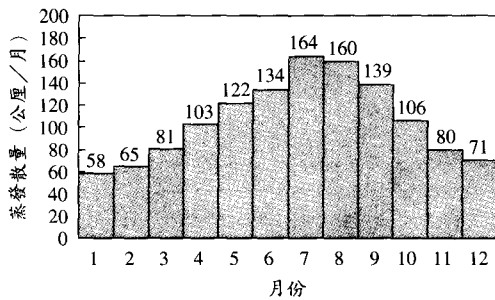


圖 2 關渡濕地各月份平均蒸發散量(1981~1990)

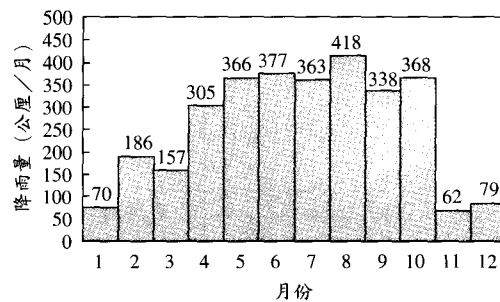


圖 3 各月份平均降雨量 (資料取自中央氣象局台北測站, 1996~1999)

質，採集時取 10~20 公分深之表土並避免表層之腐質根系的干擾，以直徑 5 公分，高度 5 公分之黃銅製圓柱型容器採集同一深度未擾動之土壤，採樣後立即封蓋避免原土樣水份條件改變。

水量對植物的影響可由土壤水份特性曲線測定加以瞭解。將關渡濕地內土壤分草澤區及稻作區二組土壤，分別插入氣壓張力計。每日量測張力計讀數及土壤重量變化，並轉換成含水量記錄之，以繪求其土壤水份特性曲線，此方法測定之壓力僅限於-80kPa，因為水份壓力勢能一旦低於此值，空氣及水氣即會以氣泡之型式影響實驗之準確性。實驗結果及關渡地區土壤等值線繪製選用工具為 SURFER 3.2 版。

四、結果與討論

關渡濕地之水文收支情形，以下將針對各水文量逐一討論，包括蒸發散量、降雨量、土壤入滲量、河川流量及潮汐流量等，而後再針對關渡濕地之水文收支概算作一討論。

(一) 水文收支

關渡濕地的蒸發散情形根據 Modified Penman Method 計算關渡濕地之蒸發散量的變化，採用氣象記錄值(1981~1990)，如圖 2 所示。關渡濕地蒸發散勢能的變化平均從一月份的 56 公厘/月到七月份的 164 公厘/月，年蒸發散量在 1283 公厘/年。

由於圖 3 中所採用的降雨量為中央氣象區台北測站 1996 年到 1999 年之降水記錄。此數值

並非針對關渡濕地所作的測量，因此降雨量與實際狀況勢必有差異性存在。全年平均的降雨量變化從十一月份的 62 公厘/月到八月份的 418 公厘/月，雨量變異性相當大。由三年之平均降雨的分佈情形顯示，從 4 月到 10 月為暴雨季，而其餘月份之降雨量則普遍較少。關渡濕地雨量集中在夏季水量較為豐沛，冬季則為乾季。由於關渡濕地早期為水田耕種區，田埂有一定高度，意即蓄深度為 5 公分左右，一旦降雨深度大於 5 公分時，多出之降雨深度即成為地表逕流而流去。若視關渡濕地為一小集水區，則對該集水區而言，淨降雨量只限於該地形所能蓄積的水文量。

土壤入滲率經實驗所測分別是第 I 區窪池底泥 2.44 公厘/天，第 II 區中央渠道旁蘆葦區的 57.1 公厘/天，第 V 區較接近填土區之 122.4 公厘/天以及稻作區之 25.7 公厘/天。關渡濕地土壤導水係數的變化量在十的 3 次方間。根據 Hemond 和 Fifield(1982) 的研究同為海岸鹹水草澤之 Sippewissett 大草澤，其表土 30 公分以上之導水係數為 15 公厘/天。本研究地點在十年前曾為水田，且全區土壤質地並不均一，因此在水量收支表概算部分假設田區土壤之滲透係數 25 公厘/天作為參考值。

本研究中關渡濕地的入流河川包括八仙圳及水磨坑溪。研究測量期間，除 11 月份有測得八仙圳之入流量為 0.09cms，其餘時間由於所測得之流速為零，因此八仙圳無流量進入關渡濕地當中。這是由於八仙圳之水量來源主要是受到水田稻作耕期與否的影響，在非灌溉期間水源受水

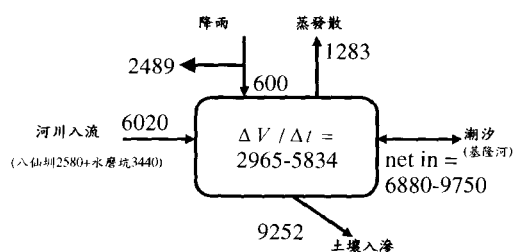


圖 4 關渡濕地年水量收支概算 (公厘/年)

利會管制而測不到進入濕地的入流量，特別是在每年的 12 月至翌年的 4 月。假設一年中有半年期間八仙圳有入流現象，且發生在 3~6 月及 9-11 月，則八仙圳於灌溉期間之淨入流量為 0.09cms，而非灌溉期之淨入流量為 0cms。

水磨坑溪開門處由於仍處感潮段，水位的變動亦會隨漲退潮而律動，由於觀測期不夠長，因此資料較為缺乏，開門處水位的變動平均在 1.45 公尺到 2.1 公尺間。水磨坑溪的水位變動同時受到中央渠道及中港河漲退潮的影響，春季期間進入關渡濕地的淨入流量維持在 0.03cms 到 0.06cms 之間。

關渡濕地受潮汐作用影響甚大，潮汐流量的主要出入口在中央渠道開門處。研究期間因潮汐作用而蓄積在關渡濕地中的潮汐淨入流量約維持在 0.12cms 到 0.17cms 之間。濕地內溝渠水位因潮汐作用水位差變動在 0.9 公尺到 1.0 公尺。因此濕地內與感潮溝渠相通之水澤，變化亦會因退潮而乾涸，或因漲潮而蓄積。

利用平均水深觀念，關渡濕地面積 55 公頃，將各水文項之出入流量除上濕地的面積可以得到以單位時間之深度，藉此表示濕地水文的蓄積或排出情形。如圖 4 所示為關渡濕地的年水量收支，所有的單位以公厘/年表示。圖中顯示潮汐量對關渡濕地的影響是降雨量的 11~16 倍，河川之總入流量與潮汐交換量相近，對關渡濕地而言亦是重要，入流頻率不穩定之八仙圳佔地表總入流量之 16~20%，水磨坑溪佔地表總入流量之 22~27%，基隆河感潮水佔地表總入流量之 53~62%。圖 4 顯示關渡濕地的年水文收支為正，表

示水量蓄積於濕地內，尚不致於發生旱象。但蓄積的水量多為鹽份較高之鹹水，一旦中央渠道之防潮閘關閉，對關渡濕地的影響立即顯現，特別是入流量減少，關渡濕地面臨排水乾涸的危機。

(二) 濕地水位的律動及滯留

1999/1 到 1999/3 關渡濕地內各分區水澤水位的調查如圖 5a、5b、5c。圖中顯示第 I 區之水位變動量幾乎為零，水深維持在 40~50 公分左右，顯示第 I 區之水塘為一永久性池塘，水位之變動不受潮汐所影響，水文變化主要受到氣候所控制。第 II 區位於潮汐入口處旁，水位受潮汐影響，水深變動從 0 到 50 公分。其次為第 V 區水深變動平均從 0~15 到 45 公分。第 III 區雖與感潮渠道較近但由於地勢較高，水深變動平均從 2 公分到 30 公分。第 IV 區水深變化從 1~15 到 15~25 公分，第 VI 區水深變化從 2 公分到 25 公分。由於地表下之流水水位變動無法得知，因此在退潮時水面洩降，底泥裸露於水面外，此時正是底棲生物與空氣接觸而鳥類覓食的最佳時段，底質土壤與空氣進行反應或氧化的機會。各分區之水位因潮汐產生週期性的律動，除大小潮時水澤水位有退乾機率外，大部分時候土表多有薄膜流存在，六區之最大水位差可達 20~50 公分。

由以上關渡濕地水文收支及水位的律動，試推求其水文的滯留時間。對關渡濕地而言，由於蓄水深度平均為 5 公分，由圖 4 中關渡濕地的蓄積率在 2965~5834 公厘/年，將蓄積率除上儲水深即可概算出關渡濕地之水文滯留時間為 3 天到 6 天。一般 5 到 14 日的滯留時間有助於濕地水質的淨化 (Wile et al., 1985)，所以關渡濕地水文的滯留的時間相較下較短暫，對於水質淨化的功能仍有待改善加強。

(三) 關渡濕地水源特性對植被分佈之影響

圖 6a、6b 所示為關渡濕地田區與草澤區之土壤水份特性曲線。土壤體積含水量在 52% 以上即為飽和狀態。因此各樣點之體積含水量大於 52% 則表示該樣點處植物水份勢能不受水份壓力勢能所影響，而僅受滲透壓勢能作用。圖 7 所

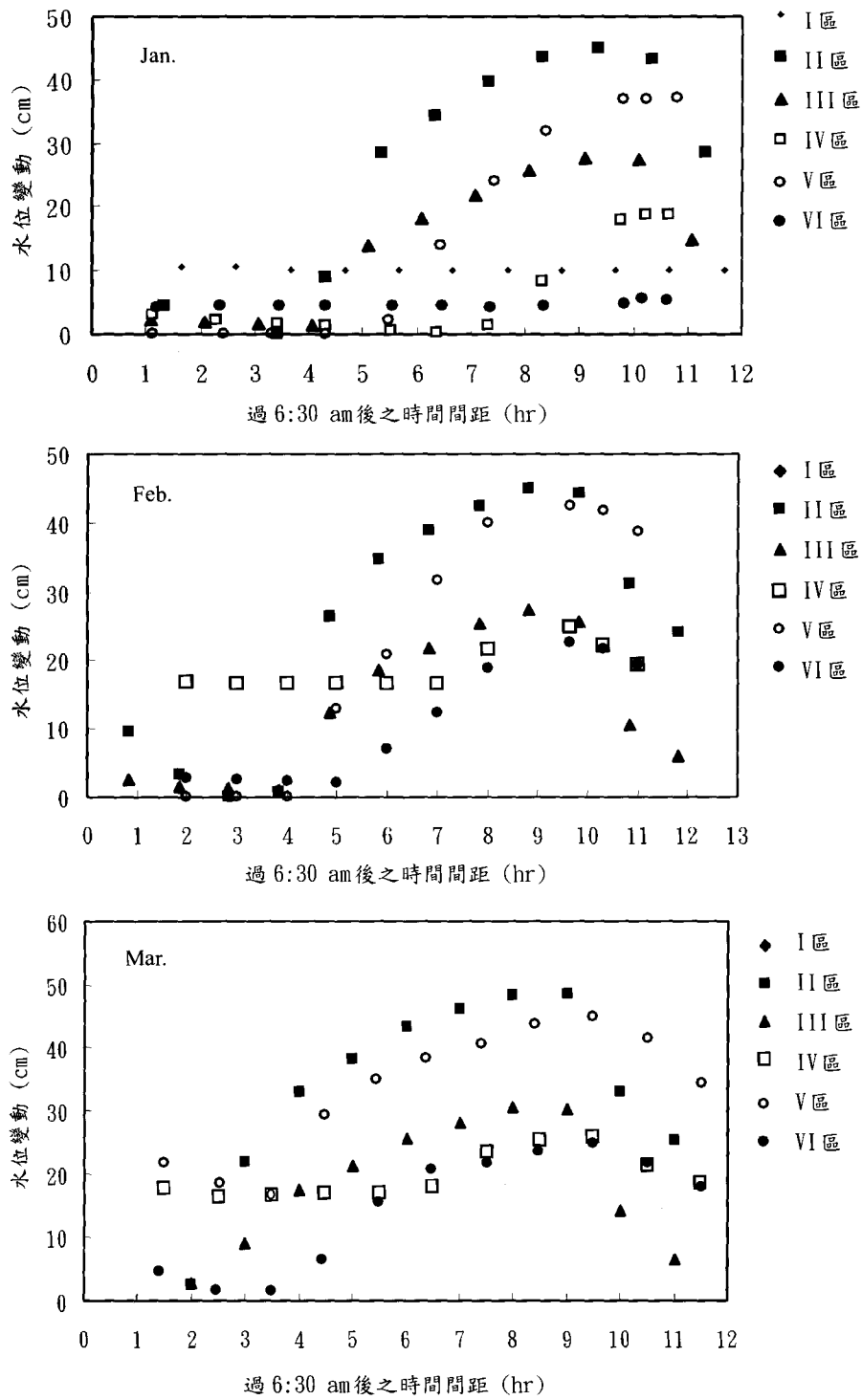


圖 5 關渡濕地民國 88 年 1 月至 3 月份六區水深半日變動圖

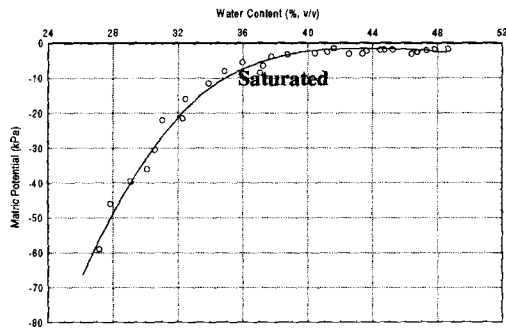


圖 6(a) 關渡濕地鄰近草澤區土壤水份特性曲線圖

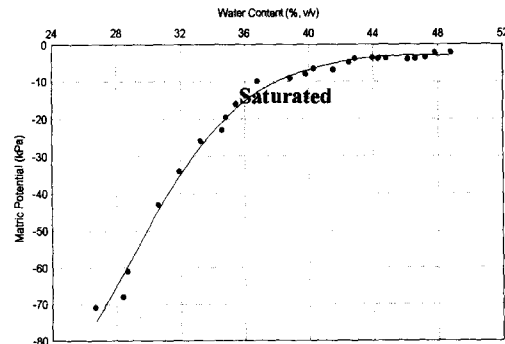


圖 6(b) 關渡濕地鄰近田區土壤水份特性曲線圖

示為關渡濕地土壤水份勢能之分佈圖配合 1996 年關渡濕地植群分佈圖。圖中顯示關渡濕地第 II 區、第 III 區及第 VI 區之土壤對於植物之生長形成較大之逆境水份勢能平均小於 -300kPa ，水份勢能小於 -300kPa 之棲地植被相大部分是水生植群的蘆葦及茫茫鹹草等高莖草澤區。而水份勢能在 $-200\sim-100\text{kPa}$ 之間的植被相則多為濕生植物的鋪地黍或長梗滿天星等低莖短草地。水份勢能大於 -100kPa 的區域則包括外圍的次生林地、陸生草地等廢土區衍生以區及東側之稻作田區等地。

(四) 水量管理土壤水份壓力潛能及滲透壓潛能

由圖 4 之關渡濕地水文收支圖中，進一步探討水量管理對關渡濕地之水文收支變化的影響，以及濕地土壤水份總勢能的變動情形。關渡濕地與外圍水源間有二處防潮閘門，分別位於中央渠道入口控制基隆河之潮汐入流量，以及水磨坑溪入口處控制水磨坑之入流量。年蓄積量維持在 $2965\sim 5834$ 公厘/年，相當於 $247\sim 486$ 公厘/月。假設濕地為一窪蓄池，具有初始蓄積量 247 公厘/月。土壤入滲量依前文的假設為 25.7 公厘/天即 771 公厘/月。八仙圳之入流量依灌溉月份在 3~6 月及 9~11 月時為 0.07cms 即 360 公厘/月，其餘月份皆無入流量。水磨坑溪之淨入流量為 0.06cms 即 286 公厘/月，自基隆河流入之潮汐量為 0.12cms 即 560 公厘/月。

依選定之閘門控制其開啟或關閉條件演算在不同水量管理控制下，濕地之水文收支及缺水

乾旱發生之時間的影響，對植物的影響即在於土壤之水份總勢能的改變，由於不同植物對於水份總勢能的差異將導致植群的演替。水量管理因此可作為關渡濕地以水量管理濕地植物地景之參考。在此水閘門操作的模擬下是假設從一月份作為操作的起始月。

(1) 同時關閉中央渠道防潮閘及水磨坑溪閘門

同時關閉此二閘門將使得關渡濕地成為以降雨為主之降雨養源型濕地。由於目前八仙圳之入流頻率並不穩定，因此八仙圳的水量管理在此條件下顯得格外重要。在目前之水量收支限制下，關閉中央渠道防潮閘及水磨坑溪閘門對關渡濕地之水文收支影響如圖 8 所示。表中顯示關渡濕地由於入流量受阻絕，在當年度 4~5 個月後水量對濕地土壤條件的影響隨即發生。由於濕地水量不足造成土壤含水量急速下降，同時土壤水份壓力勢能上升，水份總勢能因而增加影響濕地植物的生長條件。

(2) 關閉中央渠道防潮閘，開啟水磨坑溪閘門

在關閉中央渠道閘門的條件下，關渡濕地斷絕基隆河潮汐進入的水路，關渡濕地的淨入流來源除降雨量外，八仙圳及水磨坑溪成為水源，出流量仍維持為蒸發散及入滲。結果顯示當基隆河進入關渡濕地之閘門關閉後，當月累計蓄水量呈現負值表示水量不足的現象，但缺水量對土壤含水量的影響並不顯著，因此土壤水份壓力勢能的改變亦不大。但隨著減少潮汐入流

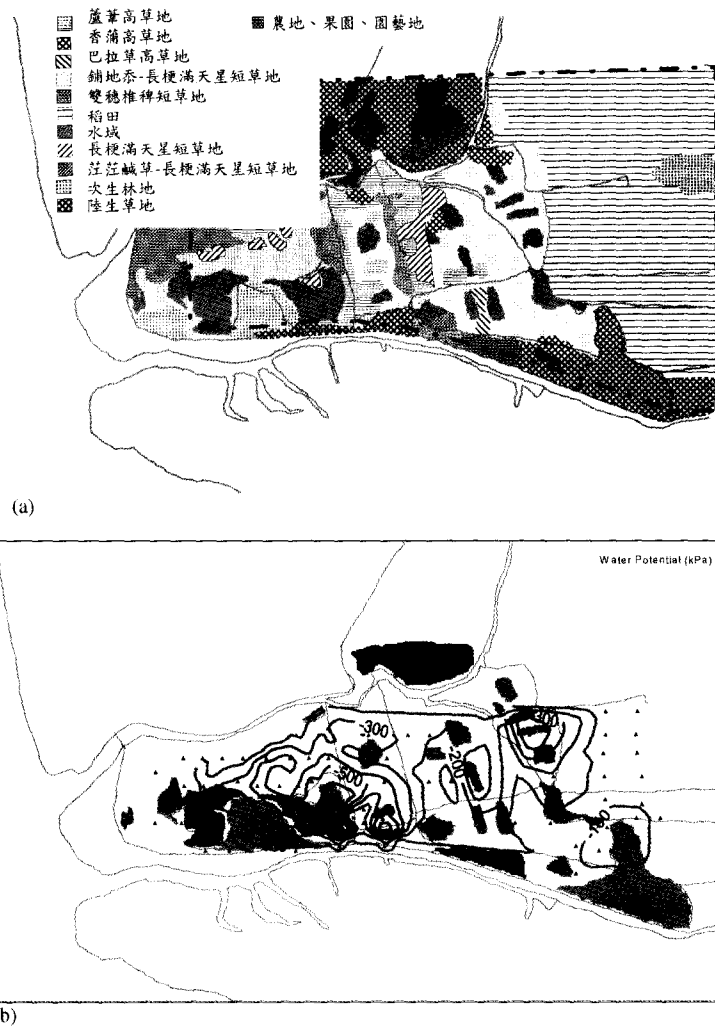


圖 7 關渡濕地(a)植被分佈調查圖（植被圖改編自地靈國際工程顧問公司，1996），(b)土壤水份總勢能曲線。

量的時間延長，關渡濕地乾涸的情形也愈加嚴重，土壤含水量與壓力勢能的變化如圖 9 所示。潮汐閘門關閉後 8~9 個月時土壤含水量即驟然遞減，雖然水磨坑溪的水量持續進入，但水量不足的現象仍表現在土壤水份壓力勢能的變化上。濕地乾涸、植被相的演替即有可能在此時逐一發生而造成濕地陸域化與濕地環境變遷的情形。

(3) 關閉水磨坑溪閘門，開啟中央渠道防潮閘

在關閉水磨坑閘門的條件下，進入關渡濕地的淨入流來源包括潮汐量、降雨量、八仙圳入流，出流量包括蒸發散量及入滲量。如圖 10 所示為演算結果，水磨坑溪閘門之關閉對關渡濕地水量在初期的影響並不顯著，土壤之體積含水量維持在飽和狀態即 52%，土壤之壓力勢能影響也不大；然而，在減少水磨坑溪之半鹹水入流量後，關渡濕地之水量來源以高鹽份之基

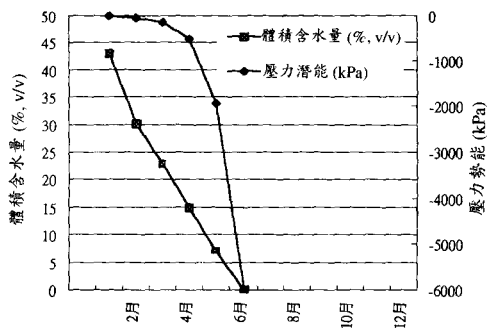


圖 8 關閉水磨坑溪及中央渠道閘門對含水量及土壤水份壓力勢能的影響。

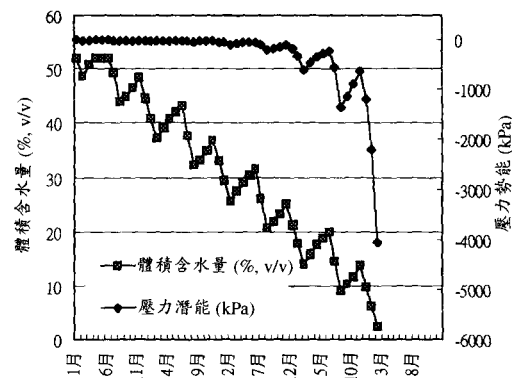


圖 10 關閉水磨坑溪及中央渠道閘門對含水量及土壤水份壓力勢能的影響。

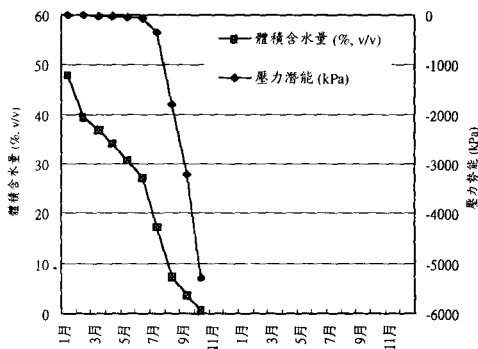


圖 9 關閉中央渠道閘門對含水量及土壤水份壓力勢能的影響。

隆河潮水為主，造成濕地內土壤鹽化情形增加，同時導致土壤滲透壓勢能上升。由於滲透壓勢能與壓力勢能同時增加，連帶使得濕地植物所處土壤條件之水份總勢能上升，土壤含水量在長期水量漸趨不足的條件下，雖有週期性的補注現象，但大體來說仍呈現乾涸的劣化情況。約至第三年末到第四年初時，水量不足的影響明顯發生。

五、結 論

關渡濕地的水質環境經潮汐作用的鹽份潛在因子與都市廢水作用之營養鹽因子為影響關渡濕地水質變異的二項主要環境因子。關渡濕地潛在因子的變動逐漸由自然環境條件所引發的

鹽份因子(即潮汐自然作用)，轉趨因人為條件造成的優養化因子(即農田排水與都市廢水)，且關渡濕地水域鹽化有增加的趨勢。

水文收支有助濕地規劃及經營管理時的參考，但本研究在水份平衡中並不考慮非飽和狀態的水文流動影響，同時地下水的補助與不同區域的入滲變異亦加以忽略。關渡濕地水源在不考慮非飽和蒸發散、非飽和入滲量及忽略中港河進出流量的假設下，以潮汐入流量及河川入流量為主，水文呈蓄積的結果約 2965~5384 公厘/年。入流頻率不穩定之八仙圳佔地表總入流量之 16~20%，水磨坑溪佔地表總入流量之 22~27%，基隆河感潮水佔地表總入流量之 53~62%，因此關渡濕地主要仍受到基隆河潮汐入流量的影響。濕地水文的滯留時間約為 3~6 天，此參數有利於關渡濕地在進行水質改善的規劃與管理時供作參考。

根據土壤水份平衡，在閘門管理上，任一水閘門的關閉都會在數月或數年後呈現水量不足的嚴重影響，造成濕地植物的生長環境改變，並發生土壤乾涸陸域化及鹽化的現象。所以濕地需要經常性或週期性地維持足量的水源作為濕地生態的長期管理目標。

六、參考文獻

1. Cooper, A., (1982) The effects of salinity and

- water logging on the growth and action uptake of salt marsh plants. *New physiologist*. 90., 263-275.
2. Fredrickson, L. H., and F. A. Reid, (1986) Wetland and riparian habitats: a nongame management overview, p59-96 in J. B. Hale, L. B. Best, and R. L. Clawson, eds., *Management of nongame wildlife in the midwest: a developing art*. North Cent. Sect. Wildl. Soc., Chelsea, MI.
 3. Hemond, H. F., and J. L. Fifield, (1982) Subsurface flow in salt marsh peat: a model and field study, *Limnol. Oceanogr.* 27, 126-136.
 4. Hindman and Stotts, (1989) Chesapeake Bay and North Carolina sounds., p. 27-55, in L. M. Smith, R. L. Pederson and R. M. Kaminski eds. *Habitat management for migrating and wintering waterfowl in North American Texas* Tech Univ Press, Lubbock.
 5. Kinghton, M. D. and E. S. Verry, (1983) How to evaluate water impoundment sites. U.S. For. Serv. North Cent. For Exp. Stn. HT-58. 6.
 6. Kramer, P. J., (1983) *Water Relations of Plants*, Academic Press, N.Y.
 7. Kushlan, J. A., (1989) Avian use of fluctuating wetlands, *Freshwater Wetlands and Wildlife*, DOE, Symposium Series no. 61, R. R. Sharitz and J. W. Gibbons, eds., USDOE Office of Scientific and Technical Information, Oak Ridge, Tennessee, 593-604.
 8. Leonard, G. P., M.K. Wiley, J. L. Pamela and D.B. Richard, (1993) Tide gate influences on a tidal marsh, *Water Resources Bulletin*, 29(6), 1009-1019.
 9. McNamara, J. P., Siegel, D. I., Glaser, P. H., and R. M. Beck. (1992) Hydrologic controls on peatland development in the Malloryville Wetland, New York (USA) . *Journal of Hydrology*. 140, 279-296.
 10. Mitsch, W. J., & J. G. Gosselink, (1993) *Wetlands*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, N.Y.
 11. Passioura, J. B., (1980) The Meaning of Matric potential. *J. Exp. Bot.* 31, 1161-1169.
 12. Pennings, S. C., and R. M. Callaway. (1992) Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology*, 73, 681-690.
 13. U. S. Salinity Laboratory (1954) *Diagnosis and Improvement of Salinity and Alkali Soils*. U.S.D.A. Agri. Handbook #60.
 14. Walsh, G. E., D. E. Weber, M. T. Nguyen and L. K. Esry, (1991) Responses of Wetland Plants to Effluents in Water and Sediment, *Environmental and Experimental Botany*, 31(3), 351-358.
 15. Weatherley, P. E., (1970) Some Aspects of Water Relation. *Adv. Bot. Res.* 3, 171-206.
 16. Wilson, S. D., and P. A. Keddy. (1991) Competition, survivorship and growth in macrophytes communities. *Freshwater Biology*, 25, 331-337.
 17. 中興工程顧問公司, (1996) 關渡及社子島地區環境分析與整體劃構構想案環境調查及防洪排水之分析研究, 台北市政府都市發展局。
 18. 台北市野鳥學會, 地靈國際工程顧問公司, (1996) 關渡自然公園計畫檢討修正及環境分析一期末報告, 台北市政府。
 19. 許銘熙、吳啟瑞、傅金城, (1998) 關渡堤防北移之濕地水理分析, 農業工程研討會論文集, 237-244。
 20. 張文亮、邱文雅、郭勝豐, (1997) 以多變量統計方法區分關渡濕地內水質之變異性, 農業工程研討會, 681~688。
 21. 郭勝豐、張文亮、邱文雅, (1998) 濕地與水土資源管理之相關性研究, *中華生質能源學會會誌*, 17, 3-4:111-121。

收稿日期：民國 89 年 3 月 3 日
 修正日期：民國 89 年 4 月 18 日
 接受日期：民國 89 年 6 月 2 日