

濕地明智利用之評估—以關渡平原水田濕地為例

許偉斌^{1,2}，陳慈愷¹，黃冠中¹，游政翰¹

¹ 國立臺灣大學土木工程學系；² 通訊作者 E-mail: R06521327@ntu.edu.tw

[摘要] 明智利用對於土地多元價值的實現至關重要，最初關渡平原的價值主要為蓄洪防災、保育水鳥，較為單一，功能實現的主體主要靠關渡自然保留區及關渡自然公園。在城市化進程中，若關渡平原水田僅能發揮普通農田的價值，就有可能面臨被廢棄並陸域化的威脅，因此本研究以關渡平原水田濕地為例，從水質處理能力、生物棲息環境供給能力、水田對臺北的獨特價值三方面指標出發，分析評估水田具有的多重附加價值，彰顯對其多元明智利用之重要性。說明水田與關渡自然保留區及關渡自然公園為密不可分的整體，共同滿足遊客不同的遊覽需求，維護關渡平原作為臺北唯一生態綠寶石的地位，發揮好生物保育及生態友好的示範性功能，也推動臺北的多元城市價值之實現。

關鍵字：關渡水田、明智利用、水質處理、棲地功能、多元價值

An Assessment of Wise Use of Wetlands—A Case Study of the Paddy Field Wetlands in the Guandu Plain

Wei-Bin Xu^{1,2}, Tzu-Yin Kasha Chen¹, Kuan-Chung Huang¹ and Cheng-Han Yu¹

¹Department of Civil Engineering, National Taiwan University; ²Corresponding author Email: R06521327@ntu.edu.tw

ABSTRACT Wise use is crucial to realize multiple values of a piece land. The initial functions of the Guandu Plain were mainly flood storage, disaster prevention, and waterbird conservation, meaning that its overall value was relatively singular with heavy reliance on Guandu Nature Reserve and Guandu Nature Park. The paddy field wetland of the Guandu Plain can also be valuable, but if it is only used as regular farmland, it may face the threat of becoming abandoned and desolate during the process of urbanization. Therefore, this study uses the paddy field wetland of the Guandu Plain as an example to demonstrate the importance of multiple and wise uses. The analysis and evaluation of various added values of the paddy field wetland were performed based on three indicative aspects, including water quality treatment capacity, biological habitat supply capacity, and its unique value to Taipei City. Our study shows that the paddy field wetland, Guandu Nature Reserve, and Guandu Nature Park are an inseparable whole to meet different tourist needs, maintain the Guandu Plain's value as the only ecological emerald of Taipei City, and play an important role in biological conservation and eco-friendly practices. The exemplary function of this organic ecosystem also facilitates the realization of Taipei as a city with multiple values.

Keywords: Guandu paddy field, wise use, water-treatment ability, function of habitat, multiple values

前言

水田是拉姆薩國際濕地公約(Ramsar Convention)與國際自然資源保育聯盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)所定義的濕地環境，與天然濕地完全相同，兼具水源涵養、地下水補給、淨化水質、溫濕度調節、調蓄洪水、維持生物多樣性及景觀遊憩和生態教育等多重價值與功能。而臺灣濕地保育法推行的目的之一是為了開展濕地生態保育，另一方面則更強調濕地之「明智利用」；所謂的「明智利用」，係指在濕地生態承載範圍內，以兼容並蓄方式使用濕地資源，維持質及量於穩定狀態下，對其生物資源、水資源與土地予以適時、適地、適量、適性之永續利用(王筱雯 2005)。而濕地中之水田農業，是落實「三生」觀念的重要途徑，即兼具生產、生活、生態的價值，更實為濕地明智利用的重要體現。

關渡平原水田位居臺北市北部的咽喉之地，現為大臺北地區僅存的、未經開發的一塊完整處女地。隨著臺北都市化進程不斷推進，如社子島的規劃開發、洲美快速道路的落成與輕軌捷運的建成，使得這一最後淨土的生態重要性越發突出。關渡平原大度路以北水田農業區及洲美水田農業區儘管受農業用途之限制而未明確列為「濕地保育」範圍之列，但依據濕地的定義來講，其為名符其實的濕地，特性與一般濕地較為類似，不僅能夠發揮滯洪、調節微氣候等功能，又兼具水質處理、提供生物棲息，更具有普通農田的經濟價值，實為濕地明智利用的典型案列。

重視關渡平原水田的明智利用價值，將有助於保持水田的自然生態功能，推動土地的永續經營，而不至於使水田濕地長久不使用而逐漸荒廢、陸域化，乃至最終逐漸消失。

本研究以關渡平原水田濕地為例，從水質處理能力、生物棲息環境供給能力、水田對臺北的獨特價值這 3 個指標入手，分析評估該濕地進行明智利用之潛力。

材料與方法

一、研究區域

關渡平原為臺北盆地內之沖積平原(如圖 1，黃色框線區域內)，隸屬臺北市北投區，位於基隆河及淡水河的匯流處，早年由這兩條河流沖積而造成，總面積約有 730 萬 m^2 。關渡平原自然資源豐富，是重要的候鳥棲息地；同時也是臺北市最大的濕地，物種豐富，為城市的生態綠寶石。平原內地勢總體平坦，地形大致由北向西南漸低，地表水也循此方向流動。關渡平原包括五個主要區域，分別是大度路以北水田農業區(圖 1 中綠色區域①)、洲美水田農業區(圖 1 中綠色區域②)、關渡自然公園(圖 1 中紅色區域③)、國際景觀公園及運動公園用地(圖 1 中紫色區域④)和關渡自然保留區(圖 1 中藍色區域⑤)，占地面積分別約為 320 萬、170 萬、57 萬、183 萬、55 萬 m^2 。其中，關渡自然公園位於關渡堤防以北，而堤防以南則是關渡自然保留區，現為全臺北市唯一的自然保留區，主要功能作為水鳥保護區，該區域地勢較低，且介於潮漲與潮退的區域。漲潮時攜帶的海水湧入，使得河水阻塞因此無法流出，常造成積水，沼澤地景便由此而生，而水筆仔紅樹林由於有特殊的支柱根結構及胎生現象，因此能夠適應沼澤環境。沼澤為生產力極高的生態系，由於淡水補給的緣故，其土壤具有豐富的有機質及營養鹽，供養了多種沼澤植物及水生動物，也為紅樹林提供了良好的生育環境，吸引了許多稀有的鳥類前來棲息、覓食，例如黑面琵鷺、黑尾鷗、羅紋鴨等。而該區域陸域化情勢嚴重，水筆仔紅樹林成林的生長態勢較快，覆蓋面積不斷擴大，導致該區域整體曼寧粗糙係數 n (Manning's roughness coefficient) 相應增大(施上粟等 2005)，植被阻水能力增強，水流流速變慢，泥砂沉積量增加，地形抬高(黃守忠等 2007)，因此河水較難進入該區域，泥灘地得不到軟化，硬化加劇。沼澤灘地不斷被擴張快速的水筆仔成林占滿，水鳥棲息地自然消失，生態多樣性受到威脅，水鳥種豐度及量

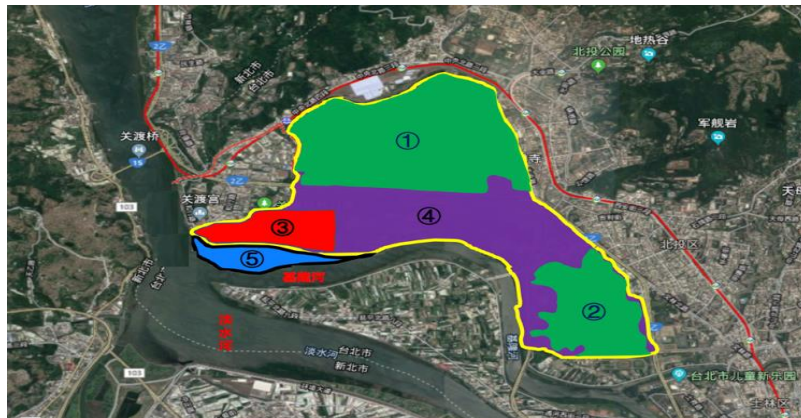


圖 1. 關渡平原空間位置示意圖

豐度雙雙下降(黃守忠等 2007)，但自然保留區受到文化資產保存法保護，因此過度擴張的紅樹林得不到合理疏伐，只能眼看陸域化越來越嚴重，卻又無計可施。由於淡水河為半日潮為主的混合潮，一日二次漲退潮，漲潮時，原停留於自然保留區灘地的水鳥便會飛往周邊的關渡自然公園，亦或是水田農業區棲息、覓食；而退潮時，部分水鳥則會重新返回沼澤。由此可見，關渡自然保留區、關渡自然公園、水田農業區對於水鳥而言是一個有機整體，密不可分，缺一不可。隨著自然保留區陸域化加劇，水田農業區對於水鳥的生態價值愈發突出。研究區域主要選定為關渡平原的水田農業區，即水田濕地。包括大度路以北水田農業區及洲美水田農業區。

關渡自然公園內亦有保留傳統的水田濕地，位於園區東側，但面積僅約有 5 萬 m^2 。而大度路以北的水田農業區及洲美水田農業區面積廣大，約有 490 萬 m^2 ，但目前耕作面積僅約為 200 萬 m^2 ，約為自然公園內水田面積的 40 倍。可想而知，關渡平原水田農業區不僅創造了可觀的農業產值，更重要的是具備提供各種水生動物及鳥類可加以利用的廣大棲息地及豐富食物來源的潛能，可作為明智利用的典範。

二、研究方法

本研究採用的方法包括數值模擬法、文獻

分析法、比較研究法三者。利用數值模擬法來評估水田濕地的水質處理能力。利用文獻分析法來說明水田的生物棲息環境供給能力。最後用比較研究法分析三大城市典型濕地的差異，說明關渡自然公園仍存在巨大旅遊價值尚待挖掘，關渡水田與關渡自然公園也可相輔相成，各自發揮獨特的景觀遊憩價值，兩者密不可分，由此分析水田對關渡平原及臺北的價值。並從這三方面來共同評估關渡水田可被明智利用的潛力。

1. 數值模擬及水質處理效率計算

水力效率 λ (Hydraulic efficiency) 是從水力學角度來衡量濕地內部流動狀況對於污染物移除的影響並反映水質處理效能高低的重要指標(Persson *et al.* 1999)，其定義公式詳見後文。利用數值模擬，並以「控制水深為單一變因，其餘條件均相同」為原則，對比關渡平原農業區水田濕地與關渡自然公園表面流人工濕地系統兩者的水力效率 λ 之差異，以此評估水田濕地是否能夠發揮較好的水質處理效能，附加水田農業區的價值及功能。

1.1 數值軟體及模組

選用軟體地表水模擬系統 SMS (Surface Water Modeling System) 及其內建模組 TABS-RMA2 (下文簡稱 RMA2) 及 TABS-RMA4 (下文簡稱 RMA4)，RMA2 用於模擬流場水理條件(包括流速及水深)，RMA4 用於模擬水質(即得到污染物出流濃度及歷程)。

利用 RMA4 模擬水質前，必須先在 RMA2 中完成數值網格及地形的建置，給定模擬區域合理的曼寧粗糙係數 n 值，設定水理的上下游邊界條件，完成流場水理的模擬。再將流速及水深成果運用於 RMA4，設定污染源釋放條件（即污染物入流濃度歷線），完成水質模擬，並得到污染物出流濃度歷線。

1.2 數值模組控制方程式 (Governing equations)

RMA2 水理模組控制方程式為二維水深平均質量及動量守恆方程式，如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

式 (1)

$$\begin{aligned} h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left[E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] + gh \left[\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right] \\ + \frac{gun^2}{(1.486h^{\frac{1}{3}})^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \zeta V_a^2 \cos\psi - 2h\nu\omega \sin\Phi \\ = 0 \end{aligned}$$

式 (2)

$$\begin{aligned} h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left[E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + gh \left[\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right] \\ + \frac{gvn^2}{(1.486h^{\frac{1}{3}})^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - \zeta V_a^2 \sin\psi + 2h\nu\omega \sin\Phi = 0 \end{aligned}$$

式 (3)

式中， h 為水深， u, v 分別為笛卡爾坐標系中的縱向及橫向流速。 x, y 分別為縱向及橫向坐標。 t 為時間。 ρ 為流體密度。 E_{xx}, E_{yy}, E_{xy} 及 E_{yx} 為紊流粘滯係數。 g 為重力加速度。 a 為底床高程。 n 為曼寧粗糙係數。1.486 為從公制單位轉換為非公制單位的轉換常數。 ζ 為風剪力經驗係數。 V_a 為風速。 ψ 為風向角度。 ω 為地球自轉速率。 Φ 為當地緯度。

RMA4 水質模組控制方程式，為深度平均傳輸擴散方程式，如下：

$$h \left(\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} D_x \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial y} D_y \frac{\partial c}{\partial y} - \sigma + kc + \frac{R(c)}{h} \right) = 0$$

式 (4)

式中， h 為水深， c 為物質濃度， t 為時間， u, v 分別為笛卡爾坐標系中的縱向及橫向流速。 x, y 為縱向及橫向坐標。 D_x, D_y 為紊流參混

或延散係數。 k 為物質的一階衰減反應係數。 σ 為物質的源或匯。 $R(c)$ 為降雨或蒸發速率。

1.3 模擬區域及數值網格、地形

關渡平原水田農業區面積廣闊，以「1分地」的概念確定該區域的代表性模擬區域，即取「1分地」的水田範圍作為「單位水田」，進行水質的數值模擬。而不需要真正模擬整個研究區域。「單位水田」面積約為 1 分，即模擬區域的面積 S 為 1000m^2 ，長度 L 為 100m ，寬度 W 則為 10m 。同時，人工濕地系統的水質模擬區域「單位濕地」也取相同的設計尺寸（長度 L' 亦為 100m ，寬度 W' 亦為 10m 。），作為模擬對比組。根據《臺北市政府運用生態工法提昇關渡自然公園水磨坑溪水質細部設計及施工監造計畫》（下文簡稱《臺北市政府施工監造計畫》）可知，人工濕地系統底床坡降 S 為 0.0006 。因此「單位濕地」及「單位水田」底床坡降均設為 0.0006 ，上游入流邊界處至下游出流邊界處高程均勻降低，為均勻坡降，上游入流邊界處高程最高（高程為 $+0.06\text{m}$ ）、下游出流邊界處高程最低（高程為 0m ）。

「單位濕地」及「單位水田」的數值網格均為「 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 」單位網格，整個模擬區域共 1000 個網格。由於控制變因，兩者的數值網格尺寸及地形皆一致，完成「單位濕地」與「單位水田」在 RMA2 中的數值網格及地形建置，如圖 2 所示。

1.4 模擬區域曼寧粗糙係數 n 值

休耕期的水田，可以配合適當需求發揮水質處理的功能，實現濕地明智利用的附加價值。

農業區土地利用形態若為「休耕地」，其曼寧粗糙係數 n 值（下文簡稱 n 值）則為 0.070 （李冠擘 2009）。而根據《臺北市政府施工監造計畫》可知，人工濕地系統的平均 n' 值（下文簡稱 n' 值）為 0.080 ，與休耕期水田的 n 值相近，因此將「單位水田」及「單位濕地」的 n 值、 n' 值均設為 0.080 ，滿足「控制水深為單一變因」的原則。

1.5 模擬區域水理邊界條件

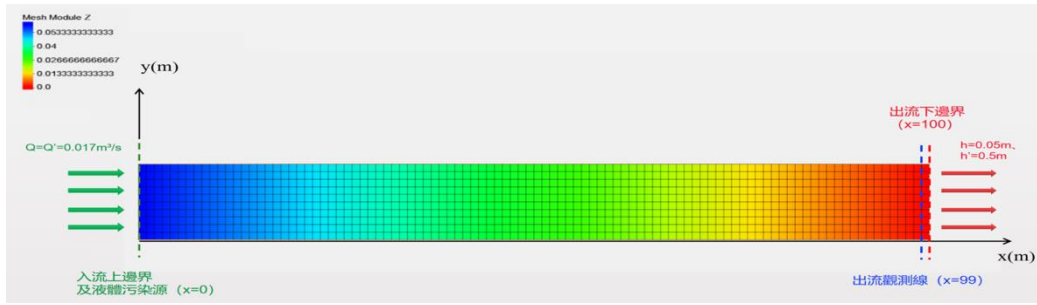


圖 2. RMA2 數值網格、地形、上下邊界、污染源入流及出流示意

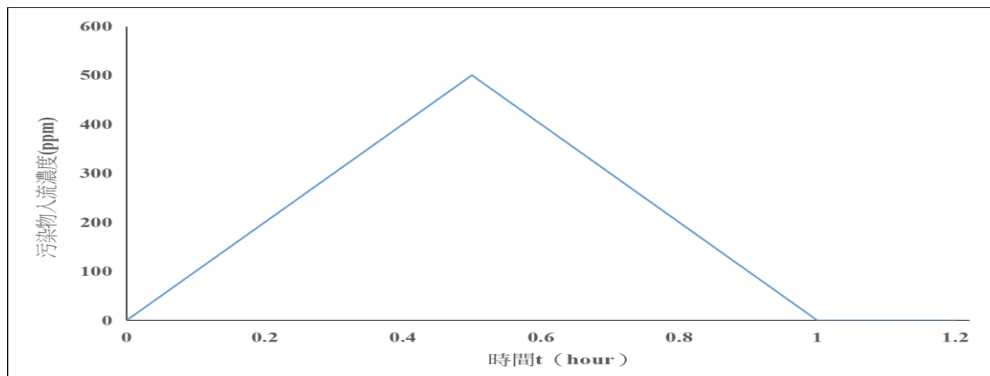


圖 3. 污染源入流濃度歷線

模擬區域水理邊界條件指的是「單位濕地」及「單位水田」在 RMA2 中流場的人流上邊界條件及出流下邊界條件。上、下邊界條件需根據模擬區域中具體的流況而給定。「單位濕地」及「單位水田」的流速通常較小，因此福祿數(Froude number)Fr 一般小於 1.0，流況為「亞臨界流(Sub-critical flow)」，此時上邊界條件給定所需的人流流量 Q ，而下邊界條件則給定出流水位 h 。

根據「現地走訪調查調研」及「專家訪談」的結果，可知水田平均水深 D 一般為 0.050m，經營時水田蓄滿需 1h，可推算「單位水田」的人流流量 Q 約為 $0.014\text{m}^3/\text{s}$ 。根據《臺北市政府施工監造計畫》，可知人工濕地系統的設計入流流量 Q' 為 $0.017\text{m}^3/\text{s}$ ，與「單位水田」的人流流量 Q 較接近。為了仍滿足「控制水深為單一變因」的原則，將「單位水田」及「單位濕地」的 Q 值、 Q' 值均設為 $0.017\text{m}^3/\text{s}$ 。

根據《臺北市政府施工監造計畫》，可知人工濕地系統的設計平均水深 D' 為 0.500m，

因此「單位濕地」的平均水深 D' 與「單位水田」的平均水深 D 差了 1 個量級，以水深為變因來探究兩者水質處理效率的差異，並評估水田濕地是否能夠發揮良好的水質處理效能。由於下游出流邊界處高程為 0m，而「單位水田」的平均水深 D 及「單位濕地」的平均水深 D' 分別為 0.050m 及 0.500m，可推算兩者的下游出流邊界處的水位 h 及 h' 分別為 0.050m 及 0.500m。

1.6 模擬區域污染源入流條件及下游出流觀測

在 RMA4 上游入流邊界($x=0\text{m}$ 處)佈設的液體污染源其排放形式為「空間均勻線源」及「時間連續源」，見圖 2。污染源入流濃度歷線為「三角型歷線」，峰值濃度 C_p 為 500ppm，入流歷時 H 長達 1h，見圖 3。

而污染物出流濃度觀測線，佈於出流下邊界的上游 1m 處($x=99\text{m}$)，見圖 2。

1.7 模擬總時長及時間間隔

RMA2 水理及 RMA4 水質模擬的總時長

皆為 12h，時間間隔 Δt 皆為 36s。

1.8 水質處理效能評估

以水力效率 λ 為指標衡量水質處理效能， λ 計算公式如下：

$$\lambda = \frac{t_m \times t_p}{t_n^2}$$

式 (5)

式中， t_m 為污染物在研究區域的平均停留時間(Mean retention time)。 t_n 為污染物理論停留時間(Nominal retention time)，或稱水力停留時間(Hydraulic retention time, HRT)。 t_p 為污染物出流濃度歷線中尖峰濃度 C_p 出現的時刻。 t_m 及 t_n 的計算公式如下：

$$t_m = \frac{\int_0^{\infty} t C(t) dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$$

式 (6)

式中， t 為時間， $C(t)$ 為出流濃度歷線中污染物在 t 時刻所對應的濃度。

$$t_n = \frac{V}{Q}$$

式 (7)

式中， V 為研究區域的水體體積。由於底床坡降 S 較小，僅為 0.0006。因此單位水田的 V 可近似等於區域底面面積 S 乘以平均水深 D 而得。同理單位濕地的 V 等於 S 乘 D 。 Q 為水流入流流量，對應單位水田的 Q 與單位濕地的 Q 。

以 λ 衡量水質處理效能時，具體處理能力的分級標準如表 1(Persson *et al.*1999)：

2. 文獻分析法

利用文獻分析法，根據具體的研究需求蒐集相關資料，加以整理、統計、分析。從兩方面評估關渡平原農業區水田濕地的生物棲息環境供給能力：一方面，統計關渡區域常見鳥類的出沒月份，並與關渡水田的實際稻作時節進行時間比對分析，評估稻作時節是否恰為鳥類大量頻繁出沒關渡並棲息的時間節點，以此

評判耕作是否會影響鳥類棲息水田，同時也得出關渡水田是否能因應鳥類特殊棲息時節的需求，提供較好的覓食、棲息條件等結論。另一方面，整理統計在關渡區域棲息過的生物物種及在除關渡水田外的其他水田區域出現的物種，並進行比對分析，找出關渡區域與水田區域的共有物種，以此來論證關渡水田對於關渡平原生物多樣性的獨特價值及重要貢獻。

文獻分析法所採用資料的來源說明：①用於統計關渡區域常見鳥類出沒月份的資料取自於「關渡自然公園與自然保留區之解說教育宣導資料庫」及「關渡自然公園每月鳥況的常年記錄」。②整理、統計在關渡區域及在除關渡水田外的其他水田區域棲息過的生物物種時，所用資料取自相關文獻及現地記錄。文獻主要來源於關渡自然公園、水田生態系、環境資訊中心、人禾環境倫理發展基金會、海生館、臺灣農業故事館的網站。而現地記錄分別來源於宜蘭五十二甲濕地、宜蘭縣無尾港文教促進會、狸和禾小穀倉、溪州尚水友善農產、心福田自然栽培生態農園等農民自創的網站及相關輔導團體的網站記錄，乃至眾多觀光及個人觀察記錄的網站。除關渡水田外的其他水田區域，主要指宜蘭五十二甲濕地水田、宜蘭無尾港水田、宜蘭塭底水田、宜蘭新南村水田、貢寮水梯田、彰化溪州水田、彰化福寶水田、高雄鳥松濕地等。

3. 比較研究法

基於相關文獻資料整理數據，對比臺北、倫敦、香港三大國際城市的典型濕地之差異。亦說明關渡自然公園與關渡水田農業區各自發揮獨特生態、遊憩、景觀價值，密不可分，相輔相成，可共同推動關渡平原的旅遊事業，並進一步影響臺北市的城市價值及生態定位。

結果與討論

一、水質數值模擬及處理效能評估

單位水田及單位濕地的污染物出流濃度歷程模擬成果如圖 4。

表 1. 水質處理效能分級表

分級標準	層級
$\lambda < 0.5$	差(Poor)
$0.5 < \lambda < 0.75$	滿意(Satisfactory)
$\lambda > 0.75$	優良(Good)

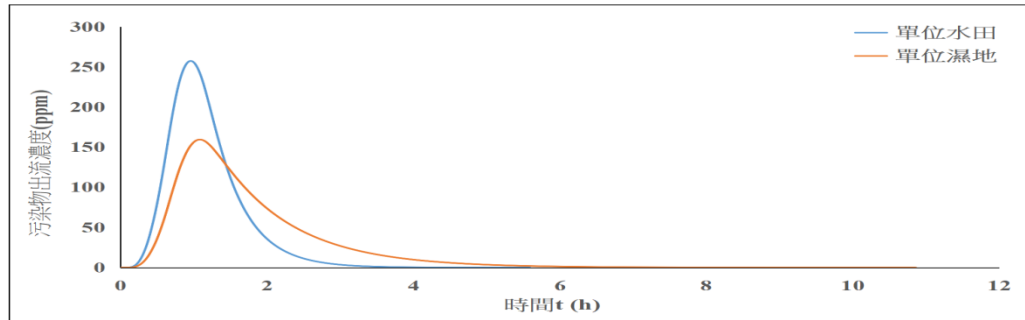


圖 4. 污染物出流濃度

表 2. 水質處理能力計算成果表

模擬案例	流量 Q(m ³ /s)	體積 V(m ³)	平均停留時間 t _m (h)	理論停留時間 t _n (h)	尖峰時刻 t _p (h)	水力效率 λ
單位水田	0.017	50	1.161	1.492	0.960	0.501
單位濕地	0.017	500	1.743	8.670	1.080	0.025

根據水力效率 λ 相關的計算表達式，計算中間量及 λ 最終結果，成果如表 2。

若僅考慮單位水田與單位濕地的水深不同，而不考慮兩者中水生植物種類差異之影響時(且上述水質模擬軟體也僅能模擬水深不同之情形，無法模擬水生植物種類差異而造成水質處理能力之不同)，結合表 2 結果可知，單位水田的水力效率 λ 大於單位濕地的水力效率 λ' 。說明處於休耕期的單位水田其水質處理能力是大於單位濕地的。同時根據表 2，可知單位水田的水質處理能力已達「滿意」的級別，而單位濕地的水質處理能力僅為「差」。因此若能安排好耕作時期，合理經營水田，配合水質淨化需求，就可增加水田的附加價值，實現較高效率的水質處理。

二、生物棲息環境供給能力評估

將關渡區域行為較相近的鳥類科別列在一起進行出沒時節的統計，如鷓鴣科和鴿科、鵝科和鶯科以及椋科和鶉科整合為一類，具體統計成果如圖 5。

根據統計結果可知，在關渡地區出現過的鳥類共有 52 科 260 種，依其遷移屬性可分為過境鳥、冬候鳥、夏候鳥、留鳥與籠中逸鳥。其中鳥類相組成以候鳥及過境鳥為主，種類最豐富的時期是秋季(即 9 月-11 月)及春季(即 3 月-5 月)，而數量最多的時期則是冬季(即 12 月-2 月)。

留鳥包括小白鷺、黑冠麻鷺、松雀鷹、鳳頭蒼鷹、白腹秧雞、董雞、緋秧雞、彩鷓、金背鳩和領角鴉等，值得注意的是這些物種都有在水田被觀察記錄過。其中白腹秧雞、秧雞和彩鷓的巢和蛋更是於春季容易在水田中被觀察到。因為彼時已過插秧時節，秧苗較高，可提供鳥巢隱藏的空間。

就鷓鴣科而言，鷓鴣科和鴿科的鳥分為兩類，一類僅在關渡過境，至更南方過冬，例如尖尾鷓、游鷓、大杓鷓、反嘴鷓、鷹斑鷓、黃足鷓和黑尾鷓、高蹺鷓、灰斑鷓、金斑鷓、蒙古鷓、鐵嘴鷓等；另一類則會在關渡過冬，如小環頸鷓、東方環頸鷓、磯鷓、田鷓、青足鷓與濱鷓等。8 月鷓鴣科的過境鳥類就會抵達關渡，9

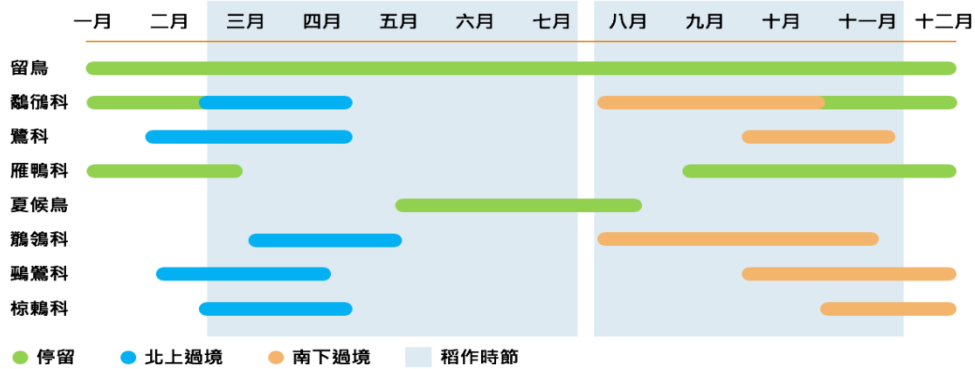


圖 5. 關渡平原區域的鳥類及出沒時節

月底前鸕鶿科鳥類到齊。10 月鸕鶿科的過境鳥會陸續離開關渡、繼續南下，僅留下過冬的鸕鶿科鳥類。隔年 3、4 月過境鳥會再次出現、覓食，補足體力，此時在關渡過冬的鳥類如小環頸鴿、東方環頸鴿、濱鴿會先行離開，數量突然下降。4 月底前除留鳥外會逐漸離開關渡。

就鷺科而言，鳥類除了留鳥的小白鷺與夏候鳥的黃小鷺和栗小鷺之外皆為冬候鳥，大多會在 10-11 月南下過境關渡，2-4 月北上過境關渡。偶爾有少量大白鷺、中白鷺及蒼鷺在夏天可見，6-7 月只有夏候鳥黃小鷺及栗小鷺活動頻繁。

就雁鴨科鳥類而言，如小水鴨常在關渡過冬且族群龐大，9 月陸續抵達關渡並停留，直到隔年 3 月再北上離開。

鵲鴝科、棕鵝科、鷗鷺科的鳥類也以過境關渡為主。其中鵲鴝科鳥類會較早南下過境關渡並停留較久，較晚北上；棕鵝科則在 11 月過境關渡，較晚南下過境。鷗鷺科則主要出現於 10 月至 12 月。

圖 5 兩塊藍色區域代表關渡稻作時節，為一年種植 2 期，收成 2 次。3 月到 7 月為第 1 期：3 月中旬前後插秧，並在 7 月收割，為期約 145 天。8 月到 11 月為第 2 期稻作：但不再插秧，為期約 115 天，保留原有稻頭，使稻子繼續生長，直至 11 月收割。第 2 期稻作氣候溫暖，生長時長比第 1 期縮短約 1 個月。

從時節來看，可發現水稻的耕作期節和鳥

類棲息的時間並沒有衝突，且稻作時節恰為鳥類頻繁出沒於關渡棲息的時間節點，例如 3 月及 4 月的插秧期和 10 月及 11 月的收割期。因此，可知耕作並不會太大程度上影響鳥類棲息，甚至對其會有正向吸引。例如春季插秧時水田魚蝦螺貝類和水棲昆蟲數量逐漸增多，給北上或南下過境的鳥類提供豐富及穩定的食物來源，補充所需營養。且水稻具有一定高度但又不曾過密能發揮隱蔽功能，提供留鳥舒適的繁殖、棲息場所。而夏季時水田較密，但鳥類也較少到關渡棲息，並不衝突。而冬季水田休耕會放水，能提供水鳥優良的棲息環境。因此，可認為關渡水田能較好地因應鳥類特殊的棲息時節需求，並提供豐富食物來源及舒適棲息環境。

另一方面，整理、統計在關渡區域棲息過的生物物種及在除關渡水田外的其他水田區域棲息過的生物物種，結果如圖 6 所示：

由圖 6 可知，在關渡區域及除關渡水田外的其他水田區域同時出現過的物種有 4 大類：保育鳥類、普通鳥類、魚蝦螺貝類、水棲昆蟲類。若將關渡與除關渡水田外的其他水田視為一個整體，則會發現不管哪一大類物種，在水田區域出現的物種數占整體物種數均達 42.9% 以上，說明水田對於這 4 大類物種都尤為重要，可提供良好的棲息條件，水田是這些物種賴以生存的寶貴環境。對於鳥類而言，其喜歡水田環境，因為水田能夠提供其覓食、休憩、繁殖的場所，特別是對於候鳥的價值更為

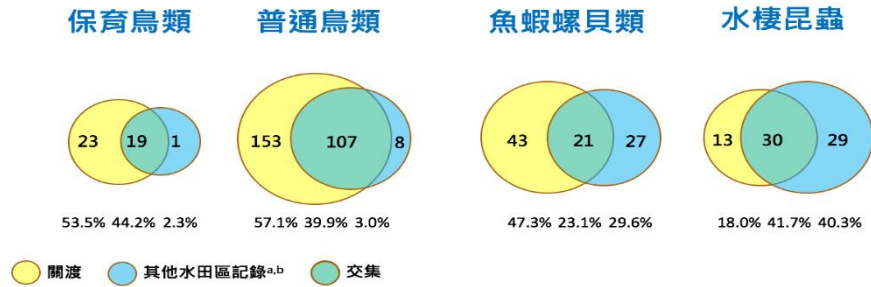


圖 6. 關渡及除關渡水田外的其他水田中棲息物種

明顯，當沿海灘地被潮水淹沒時，水田能夠提供大片而且連續的棲地以供候鳥過境時休憩之需。對於魚蝦類而言，水田能夠提供其幼苗寬敞、充足的生存水域，水稻秧苗生長過程中伴生的微生物及害蟲正好為魚蝦提供了充足的食物來源。而魚蝦的排洩廢物也能夠為水稻生長提供充足的養料，兩者互補共生，維持生態、增加產值。對於螺貝類而言，水田的水流流速適中，水質較為乾淨，水田中的微生物及浮游動物也能給螺貝類提供豐富的食物來源，水田軟泥也是底棲軟體螺貝休憩的良好場所，因此水田對於螺貝類的生存也尤為重要。而對於水棲昆蟲類而言，至少有一個特定的生長發育期是必需在水中完成的，如產卵期、幼蟲期、蛹期亦或是成蟲期，而水田正有寬廣水域可供其生長發育之需，水中的微生物及浮游植物也是其重要的食物來源之一。

可想而知，同樣擁有水田的關渡濕地也有機會發揮與其他水田一樣的价值。

反觀這 4 類物種除「水棲昆蟲類」外，其餘 3 類在關渡單獨出現的物種數均佔總體 47.3% 以上，說明關渡本身具有供養特定生物的价值，可維持這部分生物的物種多樣性。但在「水棲昆蟲類」方面，在關渡單獨出現的物種比例只佔總體 18%。若依據水棲昆蟲喜好的特定鹽度、水深等棲地條件，以生態友好方式管理關渡水田，打造生態友好型水田濕地，少用化肥農藥，營造良好棲地環境，將有機會增加關渡平原的物種數，特別是大幅度增加水棲昆蟲和魚蝦螺貝類數量。

同時，根據前人研究，鳥類偏愛棲息於水田及其周邊區域(邱文雅等 2002)。經過翻耕的水田土壤硬度降低，適合鷺科等鳥類覓食。此外水稻田的灌溉水深由於不同生長時期秧苗高度不同，需適時適度地調整，這就會吸引具有不同棲息水深需求的各式鳥類前來停留及覓食，關渡區域的生物物種數及數量便會增加。

綜上兩方面的評估結果，可認為關渡水田的生物棲息環境供給能力良好且較具有可觀前景，有利於推動關渡平原生態價值最大化的實現。

三、水田對臺北的价值潛力評估

關渡平原擁有全臺北市唯一以保護水鳥為主要功能的自然公園及自然保留區，更擁有距離臺北市最近的大範圍農區——關渡水田。

對比 WWT 倫敦濕地中心與香港濕地公園，關渡自然公園的不同之處在於它與關渡水田及自然保留區共同為關渡平原上的重要組成部分。而關渡水田對於鳥類來說，具有重要的覓食價值及棲息功能，吸引了為數眾多的各式鳥類出現於關渡平原。隨著外界條件的變化，這些鳥類為適應環境而輾轉於水田、自然公園及自然保留區之間。因此，水田對於臺北市的意義就在於能夠發揮自身的獨特價值，吸引鳥類棲息以維護好關渡平原保護水鳥的應有職能，讓臺北市成為名副其實的鳥類家園。

而臺北關渡自然公園、WWT 倫敦濕地中

表 3. 三大城市的典型濕地對比表

城市	臺北	倫敦	香港
濕地面積(m ²)	570000	430000	610000
通車距離(km)	15	13	37
通車時間(min)	30	40	30
年造訪人次(萬)	11.8	19.0	46.0
票價(元/新臺幣)	60	350	120
營業額(萬元/新臺幣)	708	6650	5520

注：通車距離指城市中心到濕地的路線距離。而通車時間指從城市中心到濕地自駕的時間。倫敦及香港濕地的票價將會受匯率實時波動的影響而相應改變。

心、香港濕地公園情況整理如表 3。

從表 3，可知關渡自然公園面積大於倫敦 WWT 濕地中心，但略小於香港濕地公園。而從通車距離及通車時間來看，關渡自然公園具有離臺北市中心近，方便市民到達的地域優勢。就造訪人次及營業額來看，關渡自然公園是遠不及香港濕地公園的，也低於倫敦 WWT 濕地中心。原因可能在於：遊客自行前往關渡自然公園若搭乘大眾運輸則較為不便。現有捷運路線並無直接設立關渡自然公園的直達站，遊客需要選擇轉乘公車亦或步行至關渡自然公園。而且臺北市區並無直達關渡自然公園的公車，都需要遊客自行轉乘多趟公車才能到達。公車的發車時間間隔皆為 20 分鐘以上，因此選擇大眾運輸前往的遊客數量自然較少。此外，關渡自然公園對外的宣傳力度仍不夠，在國際濕地中的知名度仍不及香港濕地公園、倫敦 WWT 濕地中心。

但就票價來看，臺北關渡自然公園是最便宜的，具有相對的價格優勢，對於吸引遊客觀光仍存在較大潛力。目前造訪關渡的外國遊客比例仍較低，但本土遊客人數存在上升潛力。

因此，倘若能增加前往關渡自然公園的公車班次，並開設臺北市區直達關渡自然公園的公車，將縮短遊客轉乘時間，極大方便遊客前往遊覽。同時加大關渡自然公園對外宣傳，可提升其國際知名度及影響力，讓更多海內外遊客了解到關渡自然公園的獨特遊覽價值，吸引更多遊客造訪。

相對於關渡自然公園來說，水田具有自身景觀特色，兩者發揮不同遊憩、觀光價值：關

渡水田能夠提供遊客親近農業、實際農耕的獨特體驗，也能給關渡自然公園帶來一定的人流量。而造訪關渡自然公園的遊客，也有機會到水田參訪，兩者相輔相成、相得益彰，使關渡平原能夠滿足遊客的不同需求。兩者也能共同推動臺北作為世界知名城市應有的生態、遊憩、景觀、教育價值的實現。

結論

本研究以關渡平原水田濕地為例，從水質處理能力、生物棲息環境供給能力、水田對臺北獨特價值三方面指標出發，說明農田具有除經濟效益外的附加價值潛力：①水田的水質處理能力優於人工濕地。安排好耕作方式及時間，合理經營水田，配合水質淨化需求，能夠增加水田的附加價值，實現較高效率的水質處理。②水稻田的耕作期節和鳥類的棲息時間並沒有衝突，稻作甚至對鳥類有正向吸引力，稻作時節恰為鳥類大量頻繁出沒於關渡棲息的時間節點，水田也能提供鳥類豐富的食物來源及舒適棲息環境。關渡區域本身有一定的棲息環境供給價值，供養特定生物、維持生物多樣性，但若能以生態友好方式管理水田，少用化肥農藥，創造良好棲地條件，將有機會增加關渡平原區域的物種數，吸引原本在關渡區域沒有出現的物種前來棲息、覓食，特別是有機會大幅度增加水棲昆蟲和魚蝦螺貝類的種類及數量。關渡水田的生物棲息環境供給能力良好、具有可觀前景，有利於推動關渡平原生態價值最大化的實現。③關渡水田與關渡自然公園具有自

身特色，兩者發揮不同的遊憩、觀光價值，相輔相成、相得益彰，使關渡平原能滿足不同遊覽需求，共同推動臺北城市多元價值的實現。基於以上 3 個指標的評估，強調對關渡平原水田進行明智利用是實現土地永續經營的重要手段，是落實「三生」價值的有效途徑，是防止水田濕地荒廢、陸域化的必要措施，以此維護關渡平原作為臺北唯一生態綠寶石的獨特地位，發揮好鳥類保育及生態友好示範的功

53(2):31-53。
黃守忠、施上粟。2007。河口濕地棲地多樣性維護—淡水河口紅樹林之經營管理。臺灣濕地 65:16-23。

財團法人臺灣水利環境科技研究發展教育基金會。2005。期中報告。臺北市政府運用生態工法提昇關渡自然公園水磨坑溪水質細部設計及施工監造計畫。

王筱雯。2005。濕地環境明智利用-民眾參與之落實。水利署電子報，0141 期。檢自：http://epaper.wra.gov.tw/Article_Detail.aspx?s=AA4D848F6C68D956。

李冠曄。2009。氣候變異對於都市淹水影響之評估與應用研究。國立交通大學土木工程系所碩士論文，新竹市。檢自：<https://hdl.handle.net/11296/wxzh9d>。

關渡自然公園與保留區教育宣導資料庫、每月鳥況的常年記錄網頁。2017。檢自：<https://gd-park.org.tw>。

陳哲雄。2016。關渡紅樹林陸域化嚴重 無計可施。檢自：<http://www.commonhealth.com.tw>。

環境資訊中心網頁。2017。檢自：<https://gd-park.org.tw>。

人禾環境倫理發展基金會網頁。2017。檢自：<https://eeft.org.tw>。

國立海洋生物博物館網頁。2017。檢自：<https://www.nmmba.gov.tw>。

行政院農業委員會-臺灣農業故事館網頁。2017。檢自 <https://theme.coa.gov.tw/storyboard.php?type=a&print=Y>。

能。

引用文獻

邱文雅、張文亮。2002。關渡自然公園水稻田供為野鳥棲地之研究。農業工程學報 48(4):81-90。

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。臺灣水利荒野保護協會網頁。2017。檢自：<https://www.sow.org.tw/taxonomy/85>。

宜蘭縣無尾港文教促進會網頁。2017。檢自：<http://www.wuweiriver.org.tw>。

狸和禾小穀倉網頁。2017。檢自：<http://monghoho.blogspot.com>。

溪州尚水友善農產網頁。2017。檢自：<http://water-farmer.com.tw>。

心福田自然栽培生態農園網頁。2017。檢自：<https://blog.xuite.net/heartnaturefarm/twblog>。

J.Persson,N.L.G.Somes and T.H.F. Wong. 1999. Hydraulic Efficiency of Constructed Wetlands and Ponds. *Water Science and Technology* 40(3):291-300.

Jensen,B.B. 2002.Knowledge, Action,and Pro-environmental Behavior. *Environmental Education Research* 8(3):326-334.

Shao-Wei Liao, Wen-Liang Chang and Shih-Wei Lin .2008. Status and habitat preferences for endemic inhabitants of fiddler crab *Uca formosensis* in Hsiang-Shan wetland. *Environmental Monitoring and Assessment publication* 140:203-214.

Min, J. and Wise,W.R.2009.Simulating short-circuiting flow in a constructed wetland: The implications of bathymetry and vegetation effects. *Hydrological Processes* 23(6):830-841.

Shang-Shu Shih, Shang-Shang Hong and Tsang-Jung Chang.2016.Flume Experiments for Optimizing the Hydraulic Performance of a Deep-Water Wetland Utilizing Emergent Vegetation and. *Water* 8(6):265-279.

Tsang-Jung Chang, Yu-Sheng Chang,Wei-Ting Lee and Shang-Shu Shih.2016.Flow uniformity and hydraulic efficiency improvement of deep-water constructed wetlands. *Ecological Engineering* 92:28-36.

Shang-Shu Shih, Yun-Qi Zeng, Hong-Yuan Lee, Marinus L. Otte and Wei-Ta Fang.2017.Tracer

Experiments and Hydraulic Performance
Improvements in a Treatment Pond. *Water*
9(2):137-152.
Yang Shihong, Xiao Yanan and Xu Junzeng.2018.The

Economic Value of Gas Exchange in a Paddy
Field Ecosystem Using Water-Saving Irrigation.
Polish Journal of Environmental Studies
27(5):2267-2275.