極端氣候對水雉(*Hydrophasianus chirurgus*)繁殖成功的影響

Impact of Extreme Weathers on Breeding Success of Pheasant-Tailed Jacana (*Hydrophasianus chirurgus*)

羅柳墀

Liu-Chih Lo

國立高雄師範大學地理學系　高雄市和平一路 116 號

Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, Kaohsiung, Taiwan

* 通訊作者：robert@nknu.edu.tw

* Corresponding author: robert@nknu.edu.tw

摘　要

水雉是行政院農業委員會公告的保育類動物，在台灣本島一些濕地偶可發現，族群數量十分稀少，且僅局限於少數棲地繁殖。2006 至 2008 年間於高雄縣舊鐵橋人工濕地，每年都持續出現水雉的繁殖。自 2008 年 1 月起至 12 月止在此濕地進行繁殖調查，發現水雉活動大部分集中在浮葉植物生長茂密且人爲干擾較少的區域，繁殖前濕地內最高族群量爲 6 隻，進入繁殖季後僅剩 1 對在此繁殖。在 2008 年繁殖季中，共築巢 5 次，總計產下 18 顆蛋，平均產卵數爲 3.6 個(n=5)，但都繁殖失敗未發現有雛鳥孵出，每個繁殖巢中蛋出現存活的時間平均爲 6.4 天(n=5)，繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的平均間隔時間爲 11.5 天(n=4)。5 個巢均位於同一水池面積約爲 25 x 30m 的印度莕菜植群中，新舊巢間距離平均爲 4.5m (分別爲 8、1、6 及 3m)。2008 年水雉在舊鐵橋人工濕地繁殖失敗的原因皆可歸因於氣候因素，每當颱風、颱風外圍環流或區域性的大風雨，常造成繁殖巢材流失或分離，以致巢內的蛋掉入水中，由找到殘留在水下植物基部的蛋可以得到證實。爲考慮氣候因素對水雉繁殖的影響，未來繁殖棲地的營造應該增加浮葉植物的密度，植物種類也應以葉面積較小的浮葉植物較爲適合。

Abstract

Pheasant-tailed jacana is catalogued as a rare and precious species of bird protected by law in Taiwan. It is found occasionally in wetlands and breeds only in a few habitats. At the Old Bridge Artificial Wetland in Kaohsiung County, jacanas bred yearly from 2006 to 2008. In January to December 2008, I made field observation and found that they were mostly in areas of the wetland with dense floating-leaf plants and less human interferences. There were 6 jacanas in the pre-breeding season but only a pair remained during the breeding season. The pair built five nests and laid a total of 18 eggs; average clutch size was 3.6 eggs. However, all of the eggs failed to hatch after an average incubation period of only 6.4 days. The time intervals of the nest buildings averaged 11.5 days. The five nests were built in an area of 25 x 30m covered with floating-leaf plants (*Nymphoides indica*). Distance between a newly built nest to the previous one for the 5 nests were 8, 1, 6 and 3m, respectively, at an average of 4.5m. Their breeding failures were attributable to extreme weathers due to typhoons, circumfluence of typhoons, or local storms that destroyed the nests, causing eggs to fall into water. They were proved by findings the eggs at the base of floating-leaf plants in water. With consideration of the impact of extreme weathers on jacana’s breeding, it is recommended to improve its breeding habitat by enhancing the density of the floating plants with smaller leaf plant varieties.

關鍵詞：濕地、浮葉植物、產卵數、繁殖失敗、颱風

Key words: wetland, floating-leaf plant, clutch size, breeding failure, typhoon

收件日期：99 年 8 月 23 日　　接受日期：100 年 3 月 11 日

Received: August 23, 2010　　Accepted: March 11, 2011

緒　言

水雉(*Hydrophasianus chirurgus*)在台灣是屬於珍貴稀有保育類野生動物(行政院農業委員會林務局 2009)，在台灣一些濕地偶爾可見其蹤影，族群數量很稀少，以台灣唯一的水雉保護區(官田水雉復育區)所在的台南縣爲主要分布區。在 1997 及 1998 年該保護區尙未成立前繁殖季的繁殖族群量曾降至 50 隻以下，面臨瀕危的險境(翁 1999)。2008 年全台南縣的水雉族群量估計低於 250 隻(Ueng and Yang 2008)，其數量甚至少於瀕臨絕種保育類野生動物—黑面琵鷺(*Platalea minor*)度冬的族群量(2009 年全台普查 1,104 隻) (Yu 2009)。水雉除活動於濕地外，也在稻田中覓食，不幸的是台南縣當地農民常爲了節省人工與防止水稻種子被覓食，而在稻種內加入氨基甲酸鹽的有毒農藥，使水雉常有被毒死的慘況(翁 2008)。如在

2009 年 12 月至 2010 年 1 月間在台南縣計有 71 隻水雉屍體被發現(聯合報 2010 年 1 月 20 日報導)，致使水雉存活的族群遭受更嚴重的威脅，因此水雉繁殖區域內無毒環境的提供及繁殖棲地的有效規劃就更爲重要了。

水雉是一妻多夫制(polyandry)繁殖的鳥類，雌鳥的個體較雄鳥大，並主動吸引雄鳥繁殖。有研究指出一妻多夫制繁殖的鳥類，在繁殖失敗率高的情況下，雄鳥負責擔負起大部分親鳥的撫育工作，可以減輕雌鳥生殖上的負擔，而產下較多的子代(Betts and Jenni 1991; Butchart 2000; Mace 2000)。雄鳥育幼的情形也較雌鳥更爲常見，而推測這情形是在環境多變影響繁殖成功的情況下，長期演化遺傳而產生(Osborne 1982; Andersson 2005)。在官田水雉復育區也發現在繁殖期間雌鳥花較多的時間在覓食，以補充多次生殖所需要的能量(Chen *et al*. 2008)。水雉科鳥類的蛋有很高的繁殖失敗率，有些可高達 80%以上(Osborne 1982; Mace 2000)，甚至最高可達 94.4% (Butchart 2000)。台灣地區水雉的繁殖失敗率沒有上述那麼高的情形，但也曾高達 49.0% (Chen *et al*. 2008)。所以在水雉繁殖失敗率高的情況下，如何營造較穩定且適合水雉繁殖的棲地，以提高水雉繁殖的成功率，是水雉保育工作的重要課題。

高屏溪舊鐵橋人工濕地是台灣第一座以淨化水質爲目標的人工濕地，提供了濕地淨水的功能，也營造出休閒遊憩的空間和生物多樣性保育的場域，並規劃未來能成爲水雉繁殖的重要棲息地(羅 2006)。它於 2004 年整地完成開始進水，2006 年即有水雉出現並開始築巢繁殖，但可惜皆未繁殖成功。在歷經 2006、2007 年繁殖失敗後，有需要對濕地內水雉的繁殖狀況進行詳細的調查，以探討水雉繁殖失敗的原因，並提供未來水雉繁殖棲地規劃和經營管理上重要的參考。

台灣位於亞洲的季風區，氣候受到全球暖化強烈的影響，近百年來所增加的溫度約爲全球平均增加溫度的 2 倍，颱風下雨的天數與強度將較以往更爲強烈(劉等 2007; 陳 2008)。鳥類的生態行爲受到全球暖化的影響，在全球各地不同的地區、不同的鳥種所受的衝擊也不相同(Crick 2004)。針對台灣地區鳥類的繁殖狀況是否因全球氣候變遷導致極端天氣增加，而強烈的受到天氣的影響，其中尤其以濕地中繁殖的鳥類受到更直接的衝擊，而繁殖失敗率高的水雉更迫切的需要我們做深入的調查。

材料與方法

一、研究地點

高屏溪舊鐵橋人工濕地位於高雄縣大樹鄉高屏溪右岸，面積爲 116.9 ha，區域內有 13 個面積大小不等的水池(A1-A6 池及 B1-B7 池) (圖 1)，分別由來自永豐餘造紙廠處理過的排放水(A 系統，A1-A6 池)，與來自竹寮溝溪上游未經處理過的民生廢水(B 系統，B1-B7 池)。其中具有較多種類且生長茂密的浮葉性植物區域共有 5 處，水池中常見的浮葉植物有 7 種及其分布如表 1 所示。其中以 A4、A5、A6 和 B7 等 4 水池邊有較茂密的植被可供水雉覓食、活動與躲藏，且離遊憩區較遠較不易受到遊客的干擾。

由於濕地規劃後的景觀優美，成爲高雄縣境內重要的休閒地區。每天的晨昏時刻及假日時間，均吸引大量遊客到此活動(羅 2006)，遊客活動區域大部分集中於舊鐵橋右側區域，但偶爾少數遊客也會進入左側核心區活動，由於核心區內面積遼闊，較少對區域內的野生動物造成嚴重的干擾。

2009 年的八八水災，此人工濕地被大水淹沒並沉澱大量泥砂，高度可達 1m，所有水池均被填滿，景觀已完全改變。目前地方政府計畫重新整理以恢復濕地舊有的景觀，對於濕地內野生動植物棲息環境的營造，希望能以

圖 1. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地水域分布圖，A 系統水域 A1-A6 及 B 系統水域 B1-B7 共 13 水域，綠色區域( )爲水雉繁殖區域(圖像取自 Google Earth)。

Fig. 1. Distribution of 13 ponds at the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008 (A system: A1-A6; B system: B1-B7; the breeding area of pheasant-tailed jacana, image from Google Earth).

表 1. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地 13 處水域中(A1-B7)水生植物優勢種類與其分布

Table 1. Distribution of dominant plants in 13 ponds (A1-B7) of the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008

Species	Chinese names	Ponds												
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
Nymphaea tetragona	睡蓮	-	-	-	◎	○	◎	-	-	-	-	-	-	○
Nymphoides indica	印度莕菜	-	-	-	○	○	◎	-	-	-	-	-	-	○
Ipomoea aquatica	空心菜	-	-	-	◎	◎	◎	-	-	-	-	-	-	◎
Ludwigia peploides	黃花水龍	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○
Pistia stratiotes	水芙蓉	-	-	-	◎	◎	○	-	-	-	-	-	-	-
Typha orientalis	香蒲	-	-	-	◎	◎	-	-	-	-	-	-	-	◎
Salvinia natans	槐葉萍	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○

(- no growth ○ growth ◎ dense growth)

符合水雉生存繁殖上的生態需求來加以規劃。

二、研究方法

(一) 族群與分布

本研究自 2008 年 1 月至 12 月止進行全年的觀察，自 1 月冬季非繁殖期開始，每星期中以 3 天的時間調查水雉在濕地內族群數量、活動範圍與活動地點分布。在水雉繁殖期間，每天至濕地內進行觀察，並在每星期調查中選擇 1 天做白天全日的觀察共計 22 天，在濕地中 13 個水池區域內，對於水雉出現的地區進行觀察，記錄牠們在各水池出現的地點、活動範圍、在一定點中停留時間的長短，並注意牠們在浮葉植物上蹲伏的行為，以找出可能的築巢位置。

(二) 繁殖行為

在繁殖期間為了避免進一步干擾水雉，而迫使其離開濕地，所以未對繁殖的個體上標。一般來說鳥類在繁殖領域建立後，若無受到嚴重的威脅，是不輕易放棄其已建立的領域，水雉也不例外。且由於在繁殖期間人工濕地內沒有第 3 隻水雉出現，因此假定在研究期間在此濕地範圍內，僅有 1 對繁殖的水雉。以雙筒望遠鏡(Leica 10 x 50)和單筒望遠鏡(Leica 60 x 85)在水雉繁殖期每日觀察水雉繁殖的狀況，記錄公母鳥共同出現活動地點和範圍，以每 1 hr 內水雉所在的區域做紀錄，將主要活動的地點依 13 個水池區域和區域內植被種類位置為紀錄點。在發現水雉配對行為及孵蛋蹲伏行為後，記錄水雉產卵的地點、產卵的時間與日期、築巢的浮葉植物種類、產蛋數、巢與蛋消失的日期，並尋找出繁殖失敗後遺失的蛋。

(三) 氣候因素

以鄰近舊鐵橋人工濕地的中央氣象局屏東測候站(位於屏東市)資料，比較水雉繁殖期每日的降雨量與颱風發布的時間和襲台的日期，以和水雉繁殖情況做比對分析。

結　果

一、活動與棲地環境

繁殖期間的水雉對人類活動較為警覺，人為的干擾常會影響牠們的行為和活動的範圍及巢位的選擇。在濕地中水雉的活動多出現在遠離遊客、干擾較少的核心區，且池岸邊水草較茂密的地方，在 13 個水池中，水雉的活動大多集中於 A4、A5、A6 和 B7 這 4 個水池(表 1)。

二、族群數量與行為

2008 年水雉在研究範圍內的數量，在 3 月底前的非繁殖期間最高有 6 隻，4 月中旬以後水雉的羽色已逐漸替換為繁殖羽，在活動上仍可發現集體的活動如共同覓食、移動、警戒等。進入 5 月上旬繁殖期前發現個體間相互打鬥、驅趕，族群數量減為 4 隻。這時已出現明顯的領域行為，若有其他水雉個體出現，不僅發出警告的鳴叫聲，甚至進行驅趕的動作。到了 5 月中旬濕地內僅剩下雌雄各 1 隻，此後直到 8 月底水雉繁殖結束，濕地內一直只出現 2 隻繁殖的個體。9 月繁殖期後，逐漸有其他個體出現在濕地中，2008 年 12 月在濕地內最高共出現 8 隻個體，由於出現的個體身上並無被繫放的任何標幟，無法辨別這些個體的來源。

三、繁殖行為與氣候的關係

2008 年 6 月 10 日濕地內的水雉築第一巢後產下第一個蛋，至 8 月 22 日最後一個巢繁殖失敗為止，前後共築了 5 個巢位，總計產下 18 顆蛋，平均產卵數為 3.6 個(分別為 3、4、4、4 和 3 顆)，5 個巢均位於同一水池(A6 池)內的東北角落面積約為 25 x 30m 的印度莕菜(*Nymphoides indica*)植群中，新舊巢間距離平均為 4.5m (分別為 8、1、6 及 3m) (圖 3)。但未發現有雛鳥孵出，每個繁殖巢中蛋出現存活的時間平均為 6.4 天(n=5)，繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的間隔時間最短為 5

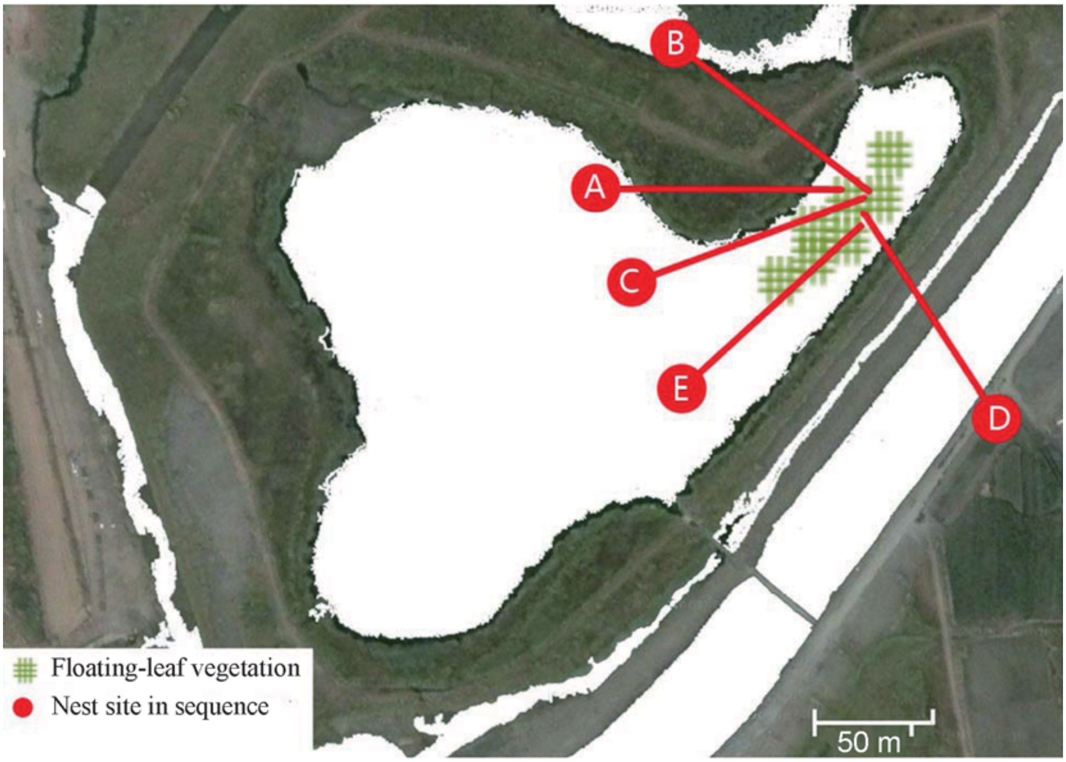

圖 2. 2008 年水雉在人工濕地 A6 池繁殖巢位分布，5 個巢位順序 A, B, C, D, E 間的巢間距離分別爲 8、1、6 和 3m。繁殖區域中印度莕菜面積約爲 25 x 30m，呈形狀不規則的區域。

Fig. 2. Distribution of pheasant-tailed jacana breeding nests (A, B, C, D and E) in the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008 (Image from Google earth).

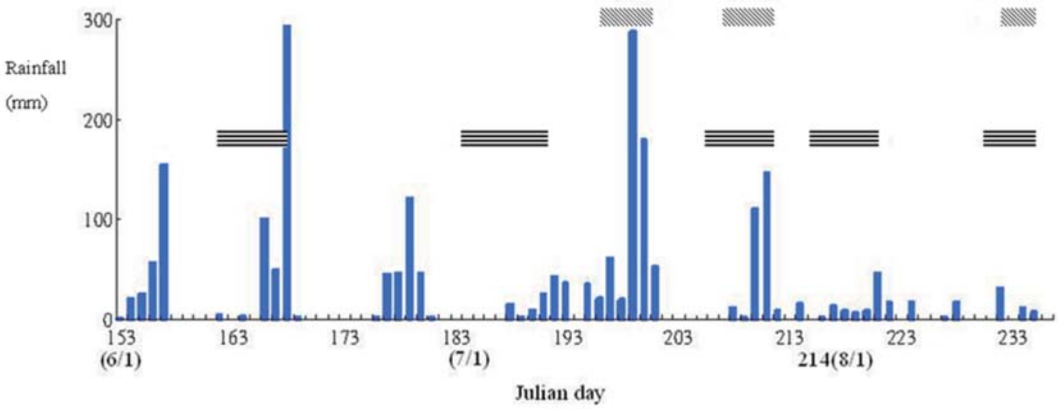

圖 3. 2008 年高屏溪舊鐵橋人工濕地內水雉繁殖期間(☰)，每日降雨量(■)與颱風警報發布時間(▨)關係圖。

Fig. 3. The relationships of breeding periods of jacana (☰) with rain falls (■) and alarm periods of typhoon (▨) at the Kao-Ping River Old Bridge Artificial Wetland, 2008.

天，平均間隔時間爲 11.5 天(n=4)。母鳥產完最後一個蛋至下一巢第一個蛋間的時間間隔最短爲 7 天，平均爲 14.5 天(n=4)。

2008 年水雉在舊鐵橋人工濕地繁殖失敗的原因皆可歸因於氣候因素，比對水雉繁殖失敗的日期與當日氣候，降雨量分別爲 293.5 mm (6 月 16 日)、24.5 mm (7 月 9 日)、109.5 mm (7 月 28 日)、 45.0 mm (8 月 8 日)和 6.0 mm (8 月 22 日)。8 月份水雉繁殖失敗當日降雨量雖僅爲 45.0 mm 與 6.0 mm，但均爲颱風來襲的時間。在水雉最後一巢繁殖失敗後，經過水底摸索搜尋，終於在印度莕菜的基部找到水雉的蛋，也證實了水雉繁殖巢中蛋的消失，是強風或大雨所造成蛋翻落水中。

討 論

水雉的繁殖棲地常選擇在人類干擾少，且浮葉植物生長茂密的地方。棲地中除了提供繁殖所需要的食物外，對於築巢位置的條件常是影響其在棲地中繁殖成功與否的重要環境條件。不同於台南縣官田水雉復育區與台南縣菱角田水雉的繁殖，在舊鐵橋人工濕地中僅種植印度莕菜而無菱角，因此無法探討水雉對這兩種植物繁殖利用上的比較。但是不論在印度莕菜或菱角田繁殖的巢位，在豪大雨或颱風天時，均有遭受植株流失、巢位散落，以致繁殖失敗的威脅。2009 年莫拉克颱風，更導致台南縣菱角田中繁殖的巢位有 57.4% (n=108)因植栽流失而繁殖失敗(翁 2009)。在水雉棲地營造上爲避免植栽流失，應在植物基部強化植物固著，並加強保護避免大水的沖擊，繁殖棲地的營造也應該增加浮葉植物的密度。水雉巢位建築於浮葉上，較大的葉面較葉面小的植物易被強風吹起，以致巢材分離。爲了避免強風吹襲巢位導致蛋的翻落，植物種類也應以葉面積較小的浮葉植物較爲適合。

在高屏溪舊鐵橋人工濕地中，水雉的繁殖期自 6 月 10 日起至 8 月 22 日最後一個巢繁殖失敗止，僅有 74 天，遠較台南地區菱角田中繁殖的水雉，自 4 月下旬至 10 月中旬爲短(翁及王 2000)。但水雉在這短短的 74 天繁殖期間，平均連續在失敗後第 11.5 天再築巢下蛋繁殖，期間最短間隔僅爲 5 天，較台南地區繁殖的水雉繁殖間隔最短爲 7 天更爲緊迫(翁及王 2000)。2008 年繁殖季中水雉在人工濕地共築巢繁殖 5 次，而在台南縣內雌水雉在繁殖季中可產下 1-6 窩蛋(翁及王 2000)。在泰國當食物供應充足時，水雉最高可以產下 4 窩蛋(Thong-aree *et al*. 1995)，可見水雉在人工濕地繁殖期間食物的供應是充足的。

水雉蛋的平均重量爲 11.7g，在繁殖季期間持續不斷共產下 18 個蛋，總重量約爲 210.6g。水雉母鳥體重介於 190-250g 間(翁及王 2000)，所以在繁殖期間母鳥產下約相當於自己本身體重的蛋，其能量與養分的付出是相當可觀的。而且爲了在繁殖期間內生產較多的子代，以彌補繁殖成功率低的困境，母鳥產卵的時間非常緊迫，由繁殖失敗後到再度築巢產下另一巢第一顆蛋的間隔時間最短爲 5 天，而由上一巢產下最後一顆蛋到下一巢第一顆蛋的最短間隔時間僅爲 7 天。因此在繁殖期間母鳥不僅在產卵上的負擔很重，而且還必需在較短的時間內快速補充能量，所以在繁殖期間母鳥在每日行爲時間分布上，以覓食行爲所占的時間最多，而非將時間花在孵蛋或育雛的繁殖工作上，這些撫育的工作皆由雄鳥負擔(Chen *et al*. 2008)。在繁殖失敗率高的情況下，對於母鳥能築較多的巢產下更多的蛋數，對雌雄親鳥的繁殖上皆有利益(Jenni 1974; Emlen and Oring 1977)。

水雉繁殖的 5 個巢位均築於 A6 池面積約 25 x 30m 的印度莕菜植群中，且新舊巢間平均距離僅爲 4.5m。這情形與一般鳥類繁殖失敗，即更換築巢地點到較遠處築巢的習性不同。推測原因可能爲：濕地中以這區域的繁殖環境最好，無法找出更佳的繁殖地點；或是影響繁殖

成功的環境條件不是地點上的因素，而是不同繁殖時間上的天候因素，造成對繁殖中的巢位全面性的影響。依據人工濕地內水雉繁殖的現況推論，應是後者的天候因素影響較有可能。

水雉的繁殖生態受到氣候條件強烈的影響，在大雨與強風的侵襲下，常導致繁殖的失敗。由研究結果顯示，在繁殖期間當日降雨強度達 24.5 mm以上，即可能造成水雉繁殖的失敗。若遇到颱風環流的侵襲，雖然當日降雨量只達到 6.0 mm，但在強風的吹襲下即已造成水雉繁殖的失敗。在台南縣官田水雉復育區的觀察發現，颱風造成 66.0%的巢中鳥蛋的流失，和 85.8%幼雛的死亡(翁 2009)。比較台南縣官田水雉復育區 2008 年的水雉繁殖狀況，發現自 2000 年至 2007 年水雉的年平均繁殖成功率爲 32.6% (max=44%, min=15%, n=8)，水雉在 2008 年的繁殖成功率爲 5%，顯著的低於其他年份(鍾 2009)，可見在 2008 年的惡劣氣候，同樣影響到人工濕地和官田水雉復育區內水雉的繁殖。比較這兩區域的環境條件，發現同樣有較開闊的水域空間和相互流通的水域，在強風豪雨下較容易受到風雨的侵襲。

國內有氣象學者分別整理台灣近 45 年(1961-2005) (Shiu *et al.* 2009)和近 28 年(1979-2007) (Liu *et al*. 2009)的氣象資料，發現環境中的相對濕度有下降的趨勢，且有每小時小於 4 mm 的輕微降雨次數減少，而每小時大於 10 mm的降雨次數有增加的趨勢；而且這種趨向極端的氣象現象，在亞洲其他地方也有相似的情況。對水雉繁殖而言，極端的氣候是造成牠們繁殖失敗的重要原因之一，且水雉族群的分布又局限於亞洲南部地區，對於未來極端氣候事件增加趨勢的現象，將對水雉繁殖造成嚴格的考驗。

自 1998 至 2008 年在台南縣政府獎勵農民保育水雉的政策下，台南縣菱角田中的水雉有較高的孵化率與幼鳥離巢率(分別爲 50.2%與 64.0%) (翁 2008)，平均繁殖成功率爲 33.2% (max=42%, min=24%, n=9) (吳 2009)。比較 2008 年水雉在台南縣菱角田中的繁殖成功率(35%)，較官田水雉復育區與舊鐵橋人工濕地的繁殖狀況好，最可能的原因爲台南縣菱角田常是較小面積種植，且四周均有田埂或土堤保護，不易受到強風的吹襲；且菱角田在水門的阻擋下，水位常保持穩定，縱使下雨也無強烈的水流沖散植株或巢材；菱角種植的密度較高，菱葉也較密集，水雉的蛋較不易滾落水中；另外菱葉的葉面積較印度莕菜小，也較不易受到強風的吹起，而將蛋翻落水中。目前在本地的植栽中，在還沒有找到其他對水雉繁殖更適合的植物之前，菱角仍是很好的選擇。

爲因應未來極端氣候增加的趨勢，建議未來水雉保護區內的經營規劃，應考慮到強風吹襲和水流沖擊的威脅，並且需要穩固植栽和種植葉片受風面較小的植物爲宜。

謝　誌

本文得以完成，感謝高雄縣政府農業處生態保育科提供經費，蘇建銘先生協助野外觀察，謹致謝忱。

引用文獻

行政院農業委員會林務局。2009。野生動物保育工作手冊。115 頁。台北市。

吳仁邦。2009。水雉棲地之經營管理。2009 年台灣鳥類論壇論文全集。259-269 頁。

翁榮炫。1999。水雉的天空。帝雉 4(8): 6-27。

翁榮炫。2009。莫拉克颱風對水雉繁殖的影響。2009 年台灣鳥類論壇論文全集。110-116 頁。

翁榮炫、王建平。2000。水雉的生殖生物學研究。台灣濕地雜誌(17): 18-26。

翁義聰。2008。台南縣歷年水雉保育計畫成果分析。行政院農業委員會林務局。

陳雲蘭。2008。百年來台灣氣候的變化。科學

發展 424: 6-11。

劉紹臣、許乾忠、陳正平。2007。台灣地區之氣候變遷: 區域及全球效應。中央研究院學術諮詢總會通訊 15: 72-75。

鍾孟瑾。2009。台灣官田復育區水雉的繁殖動態與生殖行爲之野外調查。2009 年台灣鳥類論壇論文全集。119-121 頁。

羅柳墀。2006。高屏溪右岸舊鐵橋河川生態復育工程後續監測。高雄縣政府。

Andersson, M. 2005. Evolution of classical polyandry: Three steps to female emancipation. Ethology 111: 1-23.

Betts, B. J. and D. A. Jenni. 1991. Time budgets and adaptiveness polyandry in Northern Jacanas. Wilson Bulletin 103: 578-597.

Butchart, S. H. M. 2000. Population structure and breeding system of the sex-role reversed, polyandrous Bronze-winged Jacana *Metopidius indicus*. Ibis 142: 93-102.

Chen T. C., Y. S. Lin and T. S. Ding. 2008. Time budget of polyandrous pheasant-tail Jacana (*Hydrophasianus chirurgus*) during breeding season in Taiwan. Taiwania 53(2): 107-115.

Crick, H. Q. P. 2004. The impact of climate change on birds. Ibis 146 (Supplement 1): 48-56.

Emlen, S. T. and L. W. Oring. 1977. Ecology, sexual selection and evolution of mating system. Science 197: 215-223.

Jenni, D. A. 1974. Evolution of polyandry in birds. American Zoologist 14: 129-144.

Liu, S. C., C. Fu, C. J. Shiu, J. P. Chen and F. Wu. 2009. Temperature dependence of global precipitation extremes, Geophysical Research Letters 36 (L17702): 1- 4.

Mace, T. R. 2000. Time budget and pair-bond dynamics in the comb-crested Jacana *Irediparra gallinacean*: A test of hypothesis. Emu 100: 31-41.

Osborne, D. R. 1982. Replacement nesting and polyandry in the Wattled Jacana. Wilson Bulletin 94: 206-208.

Shiu, C. J., S. C. Liu and J. P. Chen. 2009. Diurnally asymmetric trends of temperature, humidity and precipitation in Taiwan. Journal of Climate 22: 5635-5649.

Thong-aree, S., O. Khobkhet, V. Lauhachinda and S. Pong-Umpai. 1995. Breeding biology of pheasant-tailed Jacana *Hydrophasianus chirurgus* in central Thailand. Natural History Bulletin Siam Society 43: 289-302.

Ueng, Y. T. and Y. C. Yang. 2008. The strength of non-governmental organizations for protection of the pheasant-tail jacana in Taiwan. In“Asian Wetland Global Position”2008 Asian Wetland Convention and Workshop (2008/10/23-24). Society of Wetland Scientists (SWS) Asia Chapter.

Yu, Y. T. 2009. International Black-faced Spoonbill Census 2008 & 2009. Black-faced Spoonbill Research Group, Hong Kong Bird Watching Society, Hong Kong.