

91 年 7 月

彰濱工業區東方環頸鴉巢孵化之探討

劉威廷* 陳炳煌*

摘 要

本研究於 1999 年針對彰濱工業區線西區內總面積 22.74 公頃的東方環頸鴉繁殖地進行調查。調查從四月中旬至五月中旬於樣區共追蹤 110 巢東方環頸鴉的孵化情形，並於五月份設置 36 個人工試驗巢進行兩星期的追蹤以了解捕食和降雨對孵化成功率的影响程度。110 巢東方環頸鴉中有 98 巢成功孵化，孵化成功率高達 89.09%，以 Mayfield Method 估算之孵化成功率亦高達 83.53%，未孵化的 12 巢中，有 6 巢是因降雨淹水而失敗，4 巢是親鳥棄巢，2 巢被捕食。成功孵化的巢和失敗的巢在距道路距離和距植被線距離上無顯著差異($P>0.05$)，各樣區的孵化成功率和樣區面積 寬度亦無顯著相關($P>0.05$)。設置的 36 個人工試驗巢有 14 個持續到第 16 天，以 Mayfield Method 估算換算東方環頸鴉之孵化成功率為 19.38%，因降雨淹水而失敗的巢佔全部的 27.8% (10 巢)，被捕食的佔 25% (9 巢)。

調查結果顯示梅雨季的降雨是造成彰濱工業區東方環頸鴉孵化失敗的主要原因，雨量的變化對孵化成功率有很大的影響。巢被捕食的情形在本區並不嚴重，主要捕食者是受到附近垃圾掩埋場和人類活動吸引而來的野狗。

關鍵詞：彰濱工業區、東方環頸鴉、繁殖、孵化成功率。

前 言

東方環頸鴉廣泛分布於亞洲、歐洲和美洲，一般認為有五個亞種(Hoyo et al. 1996)，台灣是 *C. a. alexandrinus* 和 *C. a. dealbatus* 兩個亞種分布的交會區，但兩個亞種在台灣的時空分布和族群動態目前並不清楚。東方環頸鴉是台灣數量最多的水鳥之一，全年可見，度冬族群數量高達 70000 隻，繁殖期族群數量估計在 2000 對以上，主要集中於彰化和台南海岸地區。

鴉科(Charadriidae)鴉屬(Charadrius)的水鳥通常築巢於平坦、完整、貧瘠無植被或植被稀疏的環境，包括海灘、河湖岸、鹽田等，巢位於地面 (Page et al. 1985, Powell and Collier 2000, Cramp et al. 1983)，彰濱工業區抽砂填海造陸形成的大面積礫石地環境正符合東方環

頸鵒等地面築巢鳥種的繁殖地需求，但是工業區的施工和建廠、各類人為活動、道路與車輛的增加、生產產生的噪音和污染等影響均可能直接或間接的造成繁殖鳥類的棲地消失、親鳥的棄巢、被捕食機率的增加、成鳥、雛鳥或蛋的死亡而使繁殖成功率下降。國內目前針對這類地面群聚或半群聚(colonial or semicolonial)繁殖的水鳥所進行的相關研究並不多，僅杜(1991)曾針對彰濱工業區內的東方環頸鵒繁殖族群進行微棲地選擇和成功率方面的研究、翁等(1996)針對高蹺鵒繁殖區分布做過調查、翁和陳(1997)、裴和孫(1997)針對台南科學工業區內生態保護用地的燕鵒族群做過調查和經營管理方面的建議。

國外研究指出，西北歐和中歐到以色列的東方環頸鵒族群在 1950 年代以後減少了 25-50%(Hoyo et al. 1996)，主要原因是海岸地區的人為干擾(Cramp et al. 1983)。美洲的東方環頸鵒亞種(*C. a. nivosus*)在美國被列為受威脅物種(Winton et al. 2000)，其族群在 1977-1989 年間減少了 20%，主要原因是填海和都市化造成其海岸棲地的消失和破碎化，以及各類干擾的增加(Hoyo et al. 1996)。本研究的主要目的即在瞭解彰濱工業區的東方環頸鵒的繁殖情形，並找出可能影響繁殖成功率的因素。

研究地點和方法

一、研究地點

彰濱工業區北起伸港鄉田尾排水口，南達鹿港鎮員林排水口，南北長約 12 公里，東西寬約 3.5 公里-4.5 公里，總開發面積為 3643 公頃，包括線西、崙尾、鹿港三大區。工業區各區施工流程主要包括圍堤工程、造地工程、公共設施工程和植栽工程，通常造地工程完成後的環境是鸕鶿科水鳥最佳的繁殖棲地，此時面積大、植被覆蓋度低、干擾少，而在造地完成後不久各區會開始進行公共設施工程施工，這類的施工視其工程面積會對繁殖族群產生影響程度不一的干擾，同時每年五月上旬至六月中旬的梅雨季帶來的大量雨水會降低土壤中的鹽分，使植被開始大量生長，繁殖地的品質開始下降，通常植栽工程開始進行時該區環境已形成以印度田菁(*Sesbania sesban*)為主的高莖草生地，大部分鸕鶿科水鳥即會放棄利用此類環境繁殖。因為工業區採分期分區方式開發，而各區在完成造地工程後大約可提供一到三年合適的繁殖環境，所以鸕鶿科水鳥繁殖族群每年在工業區內的繁殖地位置和

數量需視該年施工情形而定。

本研究於 1999 年進行調查,該年主要的東方環頸鴿繁殖族群集中於線西西一區和西二區,此兩區公共設施工程大部分已完成,新設道路將全區分為九個區塊,除最北側的區塊已開始進行植栽工程外,其他八個區塊植被覆蓋度亦高,各區塊四面緊臨工業區主要道路,西面的主要道路外側靠海,內側有前一季新建的排水水道,排水水道和旁邊道路興建工程的干擾使各區緊臨水道的小面積礫石地仍保持裸露至稀疏植被的狀態,此即為 1999 年工業區內東方環頸鴿的主要繁殖區,依道路分隔成八塊矩形或不規則形狀的樣區(A-H),面積分別為 2.74、2.35、5.47、5.02、3.16、0.83、2.09、1.08 公頃(圖一)。

二、研究方法

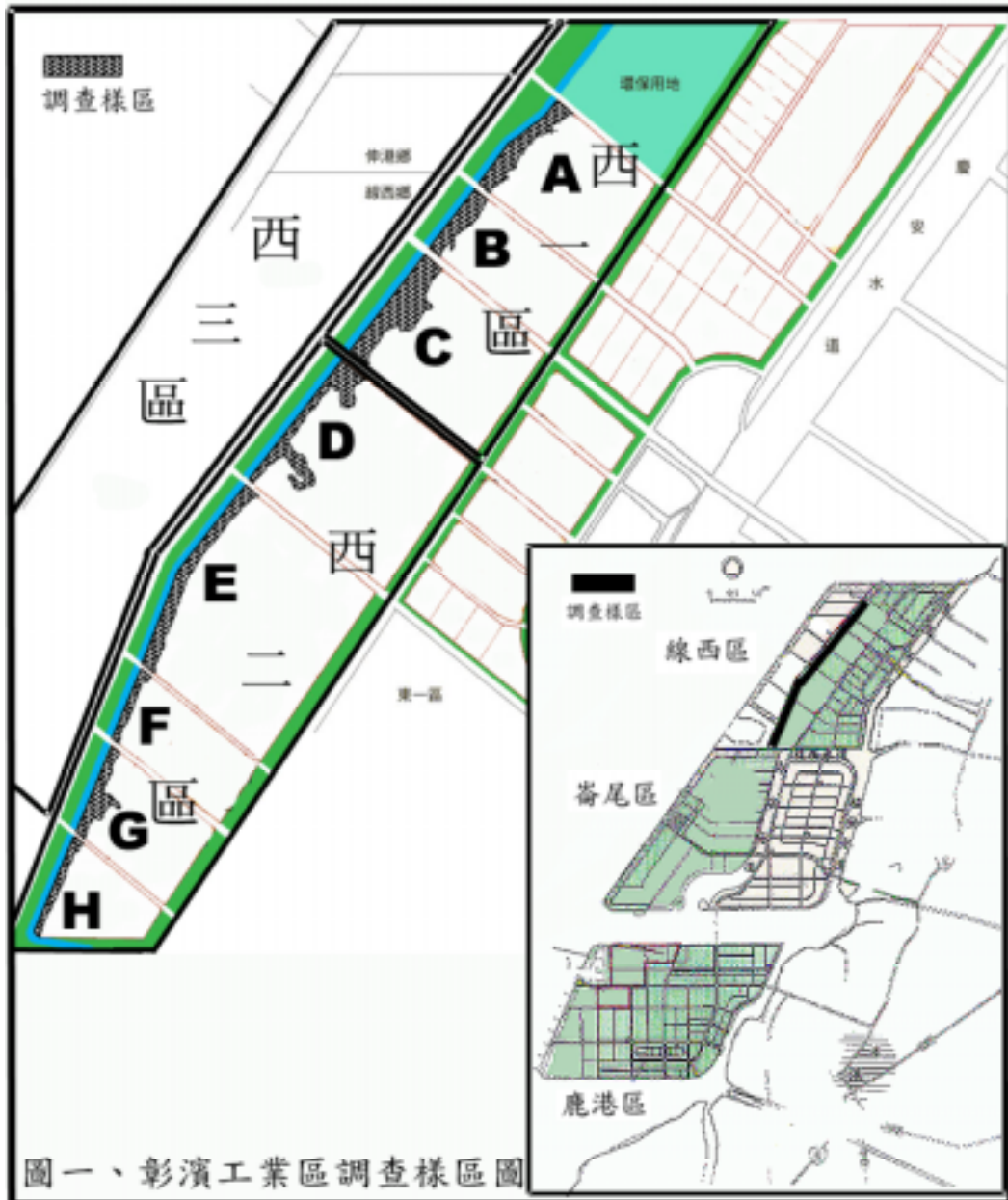
1999 年四月中旬至五月中旬每三天進行一次調查,調查工作包括尋找標記巢位、測量巢位的棲地參數、進行漂浮法實驗(Egg flotation method)以追蹤判斷巢蛋孵化情形。

(一) 巢位尋找標記

巢位的尋找方式包括徒步搜尋所有可能築巢的環境,以 8 倍雙筒望遠鏡和 30 倍單筒望遠鏡尋找孵蛋中的成鳥、觀察成鳥回巢地點和跟隨地面的鳥腳印等,找到巢後以長 20-40 公分不等,寬 3 公分的木棍豎立於巢西方五公尺,木棍頂端以白色噴漆編號來標記巢位。

(二) 繁殖成功率計算

發現巢時,記錄親鳥開始抱卵的日期(產最後一顆蛋的日期),配合東方環頸鴿 26 天(杜 1991)的平均孵化期推估該巢可能的孵化日期,在預測的孵化期前後較密集的觀察巢的孵化情形。而對於未在產卵期發現而無法得知開始抱卵日期的巢,則以漂浮法來推估開始抱卵日期和孵化日期,漂浮法是利用蛋的比重會隨胚胎發育程度而改變的原理,將蛋置入水中,以其浮沈狀態來判斷胚胎發育程度(Hays and LeCroy 1971),此方法並不會影響到蛋的孵化成功率(Alberico 1995),且對於孵化日期的預測準確度很高(± 3 天,Page et al. 1983)。本研究對大部分東方環頸鴿的巢蛋進行 1-6 次不等的漂浮法測量(少數巢第一次發現時雛鳥正在破殼,則不進行漂浮法測量),參考 Hays and LeCroy (1971)發表的燕鷗漂浮法結果與胚胎發育階段對照表,以 26 天的孵化期將東方環頸鴿蛋的漂浮情形區分為 9 個等級,各巢每次進行漂浮法時均畫下每顆蛋的漂浮情形,綜合所有蛋的漂浮情形和同一



巢不同時間漂浮情形的變化來修正 9 個等級的區分標準和間隔時間，製作出東方環頸鴿漂浮法與胚胎發育階段對照表。各巢進行漂浮法查表得知蛋的發育等級後，可回推出開始抱卵的日期，加上 26 天的東方環頸鴿平均孵化期可預測蛋的孵化日期，在預測的日期前後密

集觀察巢的孵化情形，記錄各巢實際孵化日期以分析漂浮法預測孵化日期的準確度。

在預估的孵化日期前後檢查各巢狀況，若巢中或巢附近有剛孵化的雛鳥、或是巢內有雛鳥破殼時所產生的 1–4mm 小蛋殼碎片則視該巢的蛋成功孵化(Mabee 1997)。失敗的巢則判斷原因，若蛋明顯被破壞、蛋消失而巢中留有大型蛋殼碎片或巢附近有捕食者的足跡則判斷巢被捕食；巢蛋浸泡於水中或沖離巢外而在附近發現則判斷巢被水淹；巢明顯被風砂掩埋、連續三次的觀察未發現親鳥、蛋的溫度較低、超過預估的孵化日期數天未孵化則判斷為棄巢；不屬於以上三種原因的失敗巢則歸為未知原因失敗，各巢孵化失敗的蛋均帶回實驗室檢查胚胎發育情形。

東方環頸鴿的雛鳥為早熟性，雛鳥存活率不易追蹤，因此本研究只計算巢的孵化成功率，以一巢中有一顆以上的蛋孵化即視該巢為成功。成功率的計算使用兩種方法-Mayfield method 和 Apparent method，Apparent nesting success 是直接計算成功的巢在所有巢中所佔的百分比，Mayfield nesting success 則是計算每日巢存活率再以平均孵化期轉換成實際成功率(Mayfield 1961, 1975, Johnson 1979)，Johnson and Shaffer (1990)的研究指出在巢的失敗率是穩定的時候 Mayfield method 可以計算出較正確的成功率，而當巢是受災難式的原因影響而短時間大量失敗時，以 Apparent method 計算可以得到較正確的結果，且尋找鳥巢的頻率越高、發現的鳥巢越多，結果會越準確。因此，對於群聚繁殖且巢的死亡率不穩定的東方環頸鴿來說，密集調查得到的 Apparent method 應該是較合適的繁殖成功率計算方式 (Johnson and Shaffer 1990, Klett and Johnson 1982, Winton et al. 2000)。

$$\text{Mayfield nesting success} = \left(1 - \frac{\text{No. of Loss Nests}}{\text{Total Nest Days}} \right)^{(\text{Incubation days})}$$

No. of Loss Nests = 失敗的巢數量

Total Nest Days = 每巢存活天數的總和

Incubation days = 孵化期，東方環頸鴿 25.8 天 (本研究結果)

(三) 巢位棲地參數測量

測量的棲地參數包括各巢距道路的最近距離、各巢距植被線的最近距離、各樣區的面積和各樣區的寬度 (道路和植被線的平均距離)。以 t 檢定比較成功的巢和失敗的巢在棲地選擇上是否有顯著的差異，以 Pearson 積差相關來探討樣區面積與成功率、寬度與成功

率之間是否有相關性存在。以 $P < 0.05$ 為顯著水準。

(四) 人工試驗巢

為進一步確定捕食和水淹對工業區內鸕鶿科水鳥繁殖族群的影響程度並找出確定的捕食者種類,本研究於 1999 年 5 月 5 日在線西區八個樣區依各樣區記錄到的東方環頸鵒巢數比例分別設置 2-9 個不等的人工試驗巢,總共設置 36 個。人工試驗巢設置於各樣區內隨機選取的東方環頸鵒已孵化空巢,巢中放置 3 顆鶉鴉蛋(Common Quail),設置日期從 5 月 5 日到 5 月 21 日共 16 天,每三天檢查一次各巢狀況,5 月 21 日時仍有一顆以上的蛋保持完好的巢視為成功,以 Mayfield method 計算成功率,並分析各巢失敗的原因。

(五) 雨量資料

收集調查進行期間中央氣象局梧棲測站的雨量資料。

結 果

1999 年於線西區八個樣區共記錄到 117 巢東方環頸鵒(其中 7 巢東方環頸鵒未追蹤至孵化結束,不列入成功率的計算),每巢產卵數平均為 2.95 ± 0.23 顆($n=113$),其中 3 顆蛋的巢佔全部的 94.6%。

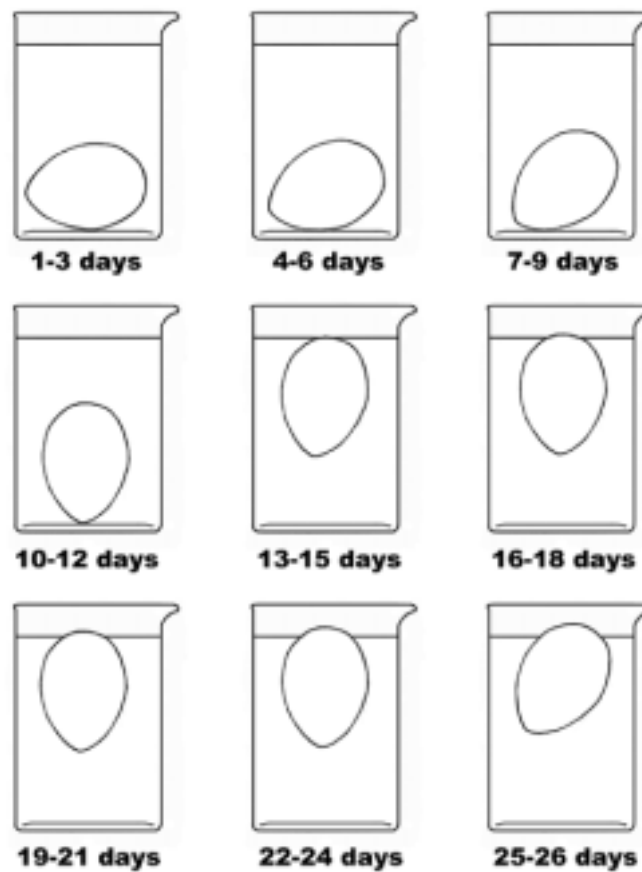
一、以漂浮法估算孵化日期

對 110 巢孵化情形確定的東方環頸鵒的蛋(共 299 顆蛋)進行漂浮法記錄(表一),比較 98 個成功孵化的東方環頸鵒巢以漂浮法預估的孵化日期和實際孵化日期,沒有誤差的佔 53.1%,誤差在 ± 2 日內的佔 93.9%,誤差 4 日以上的有 4 巢,其中一巢為延長孵化。綜合比對所有巢的漂浮情形得到東方環頸鵒漂浮法結果與胚胎發育階段對照圖(圖二),使用時,建議每巢在不同時間進行兩次以上的漂浮法測量,將結果比對圖二可以得到較準確的孵化日期預測。以單因子變異數分析比較孵化情形確定的 110 巢中,所有蛋全部孵化、只有部份蛋孵化和所有蛋都失敗的三種巢的漂浮次數,結果並無顯著不同($F=1.24, P > 0.05$),顯示進行漂浮法的次數對巢蛋的成功率並無影響。

全部 98 個成功孵化的東方環頸鴿巢中，有 10 巢從產卵期開始持續追蹤到成功孵化，平均孵化期 25.8 ± 0.6 天，剩下 88 巢中，有 1 巢孵化期長達 38 天，其餘 87 巢以漂浮法估算配合觀察得到的平均孵化期為 25.8 ± 1.3 天。

表一、進行不同漂浮次數的東方環頸鴿巢蛋數量

漂浮次數	0	1	2	3	4	5	6	Total
巢數	8	17	22	26	25	8	4	110
蛋數	21	46	67	75	64	21	5	299



圖二、漂浮法結果與胚胎發育階段對照圖 (參考自 Hays & Lecroy 1971)

二、孵化成功率和失敗原因

1999 年東方環頸鴿孵化成功率為 89.09%(n=110)，以 Mayfield method 估算成功率為

83.53%。未成功孵化的 12 巢東方環頸鴿中，降雨淹水造成失敗的有 6 巢，親鳥棄巢有 4 巢，被捕食的有 2 巢。降雨淹水的巢全部是在五月第二週所記錄，其中 4 巢在 C 區，2 巢在 D 區；親鳥棄巢從四月中到五月中每星期各記錄到 1 巢，出現在 A、C、H 三區，其中 3 巢是在產卵期棄巢，檢查胚胎發育的情形也都是在未發育或剛開始發育的階段，推斷可能原因是產卵期受到研究者干擾，第 4 巢棄巢原因不明；被捕食的兩巢於四月第三週和五月的第一週在 F、G 兩區記錄，巢中有大的蛋殼破片，巢附近礫石地較硬並無足跡，推測捕食者可能是野狗，其他文獻中曾提及且樣區中有記錄的可能捕食者包括人類、野鼠、黃頭鷺(*Bubulcus ibis*)、夜鷺(*Nycticorax nycticorax*)、遊隼(*Falco peregrinus*)、紅隼(*Falco tinnunculus*)、澤鷺(*Circus spilonotus*)。

成功孵化的 98 巢中，有 18 巢未完全孵化，將各巢未孵化的蛋帶回實驗室檢查胚胎(共 20 顆蛋)，其中 9 顆蛋胚胎尚未發育，可能是未受精或繁殖初期即失敗，有 7 顆蛋胚胎大致已發育完成，可能會在數日內破殼，未孵化原因推測是受惡劣天候影響。

三、棲地參數對孵化成功率的影響

1999 年東方環頸鴿成功孵化的巢位與失敗的巢位在距道路最近距離和距植被線最近距離上並無差異($t=-1.29, 0.04, P>0.05$) (表二)。

表二、東方環頸鴿孵化成功巢和失敗巢棲地參數值比較

	成功巢(n)	失敗巢(n)	t test
最近道路距離(m)	45.10±37.30(98)	64.60±50.62(12)	-1.29
最近植被線距離(m)	32.69±30.80(98)	32.35±30.08(12)	0.04

分別計算八個樣區的成功率和失敗原因，成功率從 82.8%–100%，其中 B 區和 E 區的巢全部成功孵化，C、D、F、H 四區成功率稍低(表三)。計算各樣區的築巢密度，D 區密度最低(每公頃 2.59 巢)，F 區密度最高(每公頃 7.25 巢)，其餘各區密度在每公頃 4.43 巢到 5.95 巢之間。Pearson 相關性分析的結果顯示各樣區孵化成功率和樣區寬度、面積均無顯著的相關性($r=-0.132, -0.05, n=8, P>0.05$)。

表三、各樣區東方環頸鴿孵化成功率

樣區	A	B	C	D	E	F	G	H
總巢數	16	14	29	12	14	6	13	6
寬度(m)	63.1	81.9	129.0	75.3	43.4	25.8	67.2	31.5
面積(ha)	2.74	2.35	5.47	5.02	3.16	0.83	2.09	1.08
孵化成功率 A(%)	87.5	100	82.8	83.3	100	83.3	92.3	83.3
孵化成功率 M(%)	83.8	100	72.5	79.8	100	74.2	86.3	65.3
失敗的巢數	2	0	5	2	0	1	1	1
降雨造成淹水	0	0	4	2	0	0	0	0
親鳥棄巢	2	0	1	0	0	0	0	1
被捕食	0	0	0	0	0	1	1	0

孵化成功率 A 為 Apparent Success, M 為 Mayfield Success

四、人工試驗巢

設置的 36 個人工試驗巢中有 14 個巢持續到第 16 天(其中 5 巢失去了部份的蛋),以 Mayfield method 估算巢每日存活率為 93.84%,以東方環頸鴿 25.8 日的孵化期代入得孵化成功率為 19.38%。全部巢有 27.8%(10 巢)因降雨水淹而失敗,25%是被捕食(9 巢),有 3 巢不明原因消失。所有降雨水淹失敗的巢都是發生在實驗開始前四天(5/5-5/8),而第四天開始有巢被捕食,被捕食的 9 巢中 7 巢捕食者確定是野狗,剩下兩巢可能也是被野狗或鼠類捕食,被野狗捕食的巢可發現腳印,巢區有挖掘過的痕跡,其中數巢標定巢位的木棍亦被啃食。各樣區孵化成功率以 B、C 樣區最高(60%, 66.67%),A、D、G、E 樣區其次,F 和 H 兩區的人工試驗巢全部失敗,失敗原因中,A、B、C、D 四區水淹失敗的比例較高,而捕食情形以 E、F、G、H 四區較嚴重(表四)。

表四、各樣區人工試驗巢孵化情形

樣區	A	B	C	D	E	F	G	H
總巢數	6	5	9	3	5	2	4	2
成功率(%)	33.33	60	66.67	33.33	20	0	25	0
失敗的巢數	4	2	3	2	4	2	3	2
降雨造成淹水	3	2	3	1	0	0	1	0
被捕食	1	0	0	1	2	1	2	2
未知原因	0	0	0	0	2	1	0	0

五、雨量

根據梧棲測站的雨量資料，研究期間在 4 月 30 日以前雨量極少，4 月 30 日到 5 月 9 日有連續大雨（累積雨量 66.5 公釐），5 月 1 日至 5 月 5 日累積雨量為 30 公釐，5 月 5 日單日雨量為 16 公釐，5 月 6 日的調查發現有 6 巢東方環頸鵒被淹沒或沖走；5 月 5 日設置的 36 個人工試驗巢，5 月 7 日白天的檢查發現有 7 巢被水淹沒或沖走，5 月 8 日的檢查又發現 3 巢被沖走，5 月 5 日至 5 月 6 日的累積雨量為 19.5 公釐，5 月 7 日單日雨量為 14.0 公釐。

討 論

一、漂浮法與孵化期

結果顯示利用漂浮法對照胚胎發育狀況可以準確的預估東方環頸鵒的孵化期，誤差約在 ± 2 日以內，且並不會對孵化成功率造成影響。本研究計算之東方環頸鵒孵化期平均為 25.8 天，較杜(1991)在相同地點的研究結果(26.4 天)稍短，Warriner et al. (1986)和 Nol et al. (1997)均指出溫度和季節會影響孵化期長短，彰濱地區東方環頸鵒孵化期長短主要可能是受降雨量影響。

二、孵化成功率和造成孵化失敗的原因

研究期間東方環頸鵒孵化成功率高達 89.09%（Mayfield 成功率 83.53%），但五月初開始進行人工試驗巢結果以 Mayfield 方法換算東方環頸鵒孵化成功率為 19.38%，兩者差異極大。Major and Kendal (1996)整理 80 篇人工試驗巢試驗的相關研究，發現較多研究認為人工試驗巢估算的孵化成功率通常較自然狀況下低。本研究進行人工試驗巢試驗可能高估也可能低估孵化成功率，高估的原因包括：1. 使用的鵝蛋未受精，會沈水，不易隨水飄走，而東方環頸鵒的蛋發育後期會浮水，少許積水即會將蛋沖出巢外；2. 被水沖走的人工試驗巢都在設置初期四天發生，除因後期雨量減小外，下雨會將人工試驗巢鳥蛋稍微埋入沙土中，乾燥後鳥蛋會與沙土黏合，下次的降雨較不易將鳥蛋沖走，而東方環頸鵒親鳥會時時翻動鳥蛋，因此較易被沖走；而可能低估成功率的原因包括：1. 人工試驗巢無親

鳥照顧，較易被捕食者捕食；2. 鵝蛋放置過久可能會腐壞產生異味而吸引捕食者。因此與自然巢比較，人工試驗巢較易受捕食者侵害，但較不會受降雨淹水的影響。本研究設置的人工試驗巢的被捕食率和被水淹的比例均極高，其中被捕食率可能有高估，而被水淹的情形可能有低估。由自然巢和人工試驗巢被發現孵化失敗的時間來看，所有失敗的自然巢和人工試驗巢均是在雨量較大的五月初發現。整理相關文獻東方環頸鵝孵化成功率約在13%-73%之間(Paton 1995, Warriner et al. 1996, Page et al. 1983, Koenen et al. 1996 ab, Grover and Knopf 1982, 杜 1991)，本研究人工試驗巢試驗估算的成功率與前人研究相比接近最低成功率，而自然巢的成功率則較大部分的前人研究要高，這樣的結果也顯示出彰濱工業區東方環頸鵝的孵化成功率極不穩定，主要是受梅雨季雨量變化的影響，因此，若能解決降雨所造成的淹水問題應可維持相當高的繁殖成功率。

雛鳥的存活率通常比巢的孵化成功率還低(Hoyo et al. 1996)，高孵化成功率並不一定會有較高的雛鳥存活率(Holloway 1993)，本研究並未追蹤雛鳥存活率，但1999年大部分的巢多在雨季來臨前或雨季剛開始時孵化，因此巢的成功率很高，但相對的剛孵化的雛鳥必須面對大雨帶來的各種問題，存活率可能較低，且研究期間曾於樣區記錄到多隻東方環頸鵝雛鳥的屍體，也有發現在雨天孵化的雛鳥於四小時後死於巢中，另外也多次在繁殖區附近道路記錄到被車輛壓死的東方環頸鵝雛鳥，綜合各類因素的影響，彰濱工業區的雛鳥存活率可能極低。

研究結果顯示可能造成工業區鳥類繁殖失敗的原因依影響程度排序包括降雨造成的淹水、捕食者捕食和人為干擾，分別討論如下：

1. 降雨造成的淹水

降雨造成繁殖地淹水是研究期間造成繁殖失敗的主要原因，影響包括巢蛋被沖走和巢蛋淹水造成溫度過低而無法孵化，降雨還會造成一些間接影響如低溫、親鳥能量不足、孵蛋時間過短、親鳥棄巢或親鳥死亡等，同時降雨會造成植物快速生長使合適的繁殖地減少也是間接造成成功率下降的原因。

線西區因降雨淹水而失敗的6巢東方環頸鵝位於C區和D區，而人工試驗巢試驗因降雨淹水而失敗的巢除G區有1巢外，其餘出現在A、B、C、D四區，調查期間發現E區環境最少積水，A、B、C、D、G五區較易積水，其中D區最常出現積水，而C區積水較不易退去，造成各區積水情形不同的原因可能是各區基質組成的差異和基質的緊密度，通

常造地工程完成時間越長基質越密實，工程車經過的頻率也會影響基質的緊密度。

杜(1991)分析造成 1990、1991 年四月到七月彰濱工業區東方環頸鵒繁殖失敗的原因，其中天候因素並未造成線西區和崙尾區東方環頸鵒的繁殖失敗，鹿港區也僅 7.3%的繁殖失敗是由天候因素造成，因此天候因素的影響極小，和本研究結果不同，推測造成此差異的原因有二，第一是 1990、1991 年彰濱工業區剛復工，大部分區域剛完成造陸工程不久，此時基質尚未壓實，孔隙較多，有利於排水；第二是 1991 年 3 月至 1992 年 7 月為聖嬰年，降雨量較平均少，而 1998 年 7 月至 2000 年 6 月為反聖嬰年，降雨量較平均多，因此造成本研究有較嚴重的淹水問題。

台灣梅雨季雨量極大，分析每日降雨量和巢失敗的情形可推論，單日降雨量超過 10 公釐或連續數日降雨累積雨量超過 20 公釐即可能造成彰濱工業區東方環頸鵒繁殖失敗。Koenen et al. (1996a, b)指出奧克拉荷馬州的東方環頸鵒巢在雨量超過 23 公釐時即無法成功孵化，此結果與彰濱工業區情形相似。

2. 捕食者

人工試驗巢試驗的結果確定野狗是 1999 年線西區繁殖地的主要捕食者，研究期間線西區內的野狗數量不少，常成群於樣區內活動，會對出現在樣區的人車吠叫，E、F、G、H 四區西側的垃圾堆是吸引野狗到樣區的主要原因，而被捕食的 2 巢東方環頸鵒分別位於 F、G 兩區，人工試驗巢也以 E、F、G、H 四區被捕食情形較嚴重。另外，調查期間有發現野狗會在研究者檢查完鳥巢孵化情形後至巢位附近活動，而研究者標定巢位的木棍有 8 根有被野狗啃咬的痕跡，因此研究者的調查活動可能會吸引野狗到巢區，而造成部份鳥巢被捕食。

杜(1991)的研究並未發現任何捕食者，但人類撿拾鳥蛋卻是造成東方環頸鵒繁殖失敗的主要原因之一，本研究進行期間並未發現任何人類撿拾鳥蛋的情形；杜(1991)於彰濱工業區捕捉到錢鼠(*Suncus murinus*)、小黃腹鼠(*Rattus losea*)、家鼠(*Rattus rattus*)及鬼鼠(*Bandicota nemorivaga*)，但亦未直接記錄到捕食情形，本研究在 F、G 兩區發現有較多的洞穴，可能為受西側垃圾堆吸引來的鼠類所築；空中捕食者部份，1999 年 5 月開始線西樣區西側垃圾堆吸引來較多的黃頭鷺(*Bubulcus ibis*)，常成群停棲於繁殖地，最多記錄到 17 隻於繁殖地活動，Koenen et al. (1996b)的研究提及黃頭鷺會捕食其他鳥種雜鳥，調查期間曾記錄到黃頭鷺在繁殖地捕食月鼠(*Mus formosanus*)，因此可能亦會捕食剛孵化的東方環頸

鴉雛鳥；出現在樣區的夜鷲(*Nycticorax nycticorax*)數量較少，多是受西側排水溝內魚類吸引而來，前人研究亦提及夜鷲會捕食其他鳥種鳥蛋和雛鳥 (Brunton 1997)，因此不排除捕食東方環頸鴉巢蛋和雛鳥的可能性；1999 年研究期間記錄到的三種猛禽多為冬候鳥或過境鳥，僅出現於繁殖季早期，其中遊隼(*Falco peregrinus*)停留較久，至四月底才離開，期間曾記錄到多次遊隼在繁殖地捕食鳥類，包括家鴿、鐵嘴鴉(*Charadrius leschenaultii*)和東方環頸鴉都有被捕食的記錄，親鳥被捕食可能是造成部份鳥巢棄巢的原因，其餘兩種猛禽出現時間較短，亦未曾發現捕食繁殖鳥類的情形。

由兩年的研究結果顯示彰濱工業區的捕食壓力不大，主要是受人為活動影響，包括垃圾堆的吸引和研究者帶入繁殖區，因此工業區的人口增加可能會使捕食壓力增加。

3. 人為干擾

研究期間記錄到的人為干擾包括研究者本身的調查活動、施工人員進入樣區、工程車輛經過、釣客和遊客的車輛經過、鳥類攝影者、賞鳥者和施工工程等，但並未直接發現研究者以外的人為干擾有造成孵化成功率下降。研究期間共有 4 巢東方環頸鴉棄巢，其中 3 巢是在繁殖初期棄巢，Safina and Burger (1983)的研究指出繁殖初期鳥類較易受干擾影響而棄巢，因此推斷此 3 巢棄巢原因可能是受研究者調查活動的干擾，另外研究者會吸引野狗進入繁殖區，造成鳥巢被捕食，因此可確定研究者調查活動對繁殖鳥類有一定的影響；各類工程車輛和釣客遊客的車輛對繁殖中的鳥類影響似乎不大，研究期間樣區附近並無工程進行，但因為繁殖地與西側的灘地間有道路相隔，親鳥將雛鳥帶往灘地覓食時被來往車輛壓死的機會很大。另外有記錄到 3 巢正在孵化的東方環頸鴉鳥巢，親鳥在人類接近繁殖地時將已孵化的雛鳥帶離巢區，未孵化或剛孵化無法行動的雛鳥被留在原地，此時被留下的雛鳥存活率較低，當天候惡劣時影響更明顯。

三、棲地參數對孵化成功率的影響

杜(1991)認為巢位距道路距離可顯示道路的干擾強度，1999 年線西區樣區多為狹長的矩形樣區，巢位距植被線距離會受道路距離影響，距植被線越近通常表示距道路越遠，而線西區繁殖地主要的西側道路旁緊臨排水溝，且因南北兩端道路並未完成，因此調查期間並未記錄到車輛行駛於西側道路，南北側道路車流量亦極小，僅偶有釣客經過。調查期間樣區內道路使用頻率極低，干擾極小，因此巢位距道路距離並不影響孵化成功率。

繁殖地寬度越小，代表緩衝距離越短，越易受各類外界干擾和變動的環境影響，且捕食者較易尋找鳥巢。許多研究指出海灘寬度超過 20 公尺笛鵲(*Charadrius melodus*)巢(Espie et al. 1996, Gaines and Ryan 1988, Powell and Cuthbert 1992), Helmers (1992)亦指出東方環頸鵲繁殖地緩衝區寬度至少需要 35 公尺，1999 年線西區繁殖地人為干擾不大，因此樣區寬度和面積對孵化成功率並無影響。

Hoyo et al. (1996)和 Powell and Collier (2000)的研究整理出自然環境中東方環頸鵲平均繁殖密度為每公頃 0.5-3.2 巢，杜(1991)研究彰濱工業區各區的東方環頸鵲，線西區最大繁殖密度為每公頃 2.96 巢，崙尾區為每公頃 4 巢，鹿港區為每公頃 1.67 巢，本研究 1999 年各樣區密度為每公頃 2.59-7.25 巢，除植被覆蓋度較高的 D 區外，其餘七區繁殖密度均遠高於前人研究結果，顯示 1999 年線西區環境條件適合東方環頸鵲繁殖所需。另外 Hoyo et al. (1996)提到東方環頸鵲於適合的環境繁殖密度可高達每公頃 96 巢，Powell and Collier (2000)在加州營造的人工繁殖地亦有每公頃 13.3 巢東方環頸鵲的記錄，因此彰濱工業區在解決淹水等造成繁殖失敗的問題、改善棲地品質、提供足夠食物資源後繁殖密度應可再增加。

誌 謝

感謝東海大學環科所生態實驗室同仁協助野外工作的進行，感謝東海大學生物系林良恭主任和台灣大學森林系袁孝維教授對研究方向的建議和指導。

參考文獻

- [1] Alberico, J.A.R. (1995) "Floating eggs to estimate incubation stage does not affect hatchability." *Wildlife Society Bulletin* **23**, pp. 212-216.
- [2] Brunton, D.H. (1997) "Impacts of predators: center nests are less successful than edge nests in a large nesting colony of Least Terns. *Condor* 99:372-380.
- [3] Cramp, S., Simmons, K.E.L., Brooks, D.J., Collar, N.J., Dunn, E., Gillmor, R., Hollom, P.A.D., Hudson, R., Nicholson, E.M., Ogilvie, M.A., Olney, P.J.S., Roselaar, C.S., Voous, K.H., Wallace, D.I.M., Wattle, J., and Wilson, M.G. (1983) *Handbook of the birds of Europe the middle east and north Africa: the birds of the Western Palearctic*. Volume III. Waders to Gulls. Oxford University Press, Oxford.
- [4] Espie, R.H.M., Brigham, R.M., and James, P. C. (1996) "Habitat selection and clutch fate of Piping Plovers (*Charadrius melodus*) breeding at Lake Diefenbaker, Saskatchewan." *Can. J. Zool.* **74**, pp. 1069-1075.

- [5] Gaines, E.P., and Ryan, M.R. (1988) "Piping Plover habitat use and reproductive success in north Dakota." *Journal of Wildlife Management* **52**, pp. 266-273.
- [6] Grover, P.B., and Knopf, F.L. (1982) "Habitat requirements and breeding success of Charadriiform birds nesting at salt plains National Wildlife Refuge, Oklahoma." *Journal of Field Ornithology* **53**, pp. 139-148.
- [7] Hays, H., and LeCroy, M. (1971) "Field criteria for determining incubation stage in eggs for the Common Tern." *Wilson Bulletin*. **83**, pp. 425-429.
- [8] Helmers, D.L. (1992) *Shorebird management manual*. Western Hemisphere Shorebird Reserve Network, Manomet.
- [9] Holloway, M. (1993) "The variable breeding success of the Little Tern *Sterna albifrons* in South-east India and protective measures needed for its conservation." *Biological Conservation* **65**, pp. 1-8.
- [10] Hoyo, J.D., Elliott, A., and Sargatal, J. editors. (1996) *Handbook of the birds of the world*. Lynx Edicions, Barcelona.
- [11] Johnson, D.H. (1979) "Estimating nest success: the Mayfield method and an alternative." *Auk* **96**, pp. 651-661.
- [12] Johnson, D.H., and Shaffer, T.L. (1990) "Estimating nest success: when Mayfield wins." *Auk* **107**, pp. 595-600.
- [13] Klett, A.T., and Johnson, D. H. (1982) "Variability in nest survival rates and implications to nesting studies." *Auk* **99**, pp. 77-87.
- [14] Koenen, M.T., Leslie, Jr., D.M., and Gregory, M. (1996a) "Habitat changes and success of artificial nests on an alkaline flat." *Wilson Bulletin*. **108**, pp. 292-301.
- [15] Koenen, M.T., Utych, R. B., and Leslie, Jr., D.M. (1996b) "Methods used to improve Least Tern and Snowy Plover nesting success on alkaline flats." *Journal of Field Ornithology*. **67**, pp. 281-291. Tomkovich, J. Gromadzka, N. C. Davidson, J. Evans, D. A. Stroud, and R. B. West, editors. Migration and international conservation of waders- Research and conservation on north Asian, African and European flyways. International Wader Study Group, Norfolk.
- [16] Mabee, T.J. (1997) "Using eggshell evidence to determine nest fate of shorebirds." *Wilson Bulletin*. **109**, pp. 307-313.
- [17] Major, R.E., and Kendal, C.E. (1996) "The contribution of artificial nest experiments to understanding avian reproductive success: a review of methods and conclusions." *IBIS* **138**, pp. 298-307.
- [18] Mayfield, H.F. (1961) "Nesting success calculated from exposure." *Wilson Bulletin*. **73**, pp. 255-261.
- [19] Mayfield, H.F. (1975) "Suggestions for calculating nest success." *Wilson Bulletin*. **87**, pp. 456-466.
- [20] Nol, E., Blanken, M.S., and Flynn, L. (1997) "Sources of variation in clutch size, egg size and clutch completion dates of Semipalmated Plovers in Churchill, Manitoba." *Condor* **99**, pp. 389-396.
- [21] Page, G. W., Stenzel, L.E., and Ribic, C.A. (1985) "Nest site selection and clutch predation in the Snowy Plover." *Auk* **102**, pp. 347-353.
- [22] Page, G. W., Stenzel, L.E., Winkler, D.W., and Swarth, C.W. (1983) "Spacing out at Mono Lake: breeding success, nest density, and predation in the Snowy Plover." *Auk* **100**, pp. 13-24.
- [23] Paton, P.W.C. (1995) "Breeding biology of Snowy Plovers at Great Salt Lak, Utah." *Wilson Bulletin*. **107**, pp. 275-288.

- [24] Powell, A.N., and Collier, C.L. (2000) "Habitat use and reproductive success of western snowy plovers at new nesting areas created for California least terns." *Journal of Wildlife Management* **64**, pp. 24-33.
- [25] Powell, A.N., and Cuthbert, F.J. (1992) "Habitat and reproductive success of piping plovers nesting on Great Lakes islands." *Wilson Bulletin*. **104**, pp. 155-161.
- [26] Safina, C., and Burger, J. (1983) "Effects of human disturbance on reproductive success in the Black Skimmer." *Condor* **85**, pp. 164-171.
- [27] Warriner, J.S., Warriner, J.C., Page, G.W., and Stenzel, L.E. (1986) "Mating system and reproductive success of a small population of polygamous Snowy Plovers." *Wilson Bulletin*. **98**, pp. 15-37.
- [28] Winton, B.R., Leslie, J.D.M., and Rupert, J.R. (2000) "Breeding ecology and management of snowy plovers in north-central Oklahoma." *Journal of Field Ornithology* **71**, pp. 573-584.
- [29] 杜明林 (1991) 彰濱地區東方環頸鸕(*Charadrius alexandrinus dealbatus*)的巢位選擇與孵化成功率的研究。碩士論文。東海大學。台中。
- [30] 翁義聰、郭東輝、郭忠誠、陳榮作、翁榮炫 (1996) 台灣西南沿海地帶高蹺鸕繁殖區分佈的探討。野鳥 **5**:9-17。
- [31] 翁義聰、陳榮作 (1997) 台南科學工業區內生態保護用地燕鸕及環頸雉之調查及經營管理策略。野鳥 **5**, pp.73-79。
- [32] 裴家騏、孫元勳 (1997) 台南科學園區預定地(善化、道爺農場)燕鸕族群的調查報告。新竹科學園區管理處。

Hatching success and causes of hatching failure of Kentish Plover *Charadrius alexandrinus* in Changhua Coastal Industrial Park

Wei-Ting Liu* Ping-Huang Chen*

Abstract

The hatching success and causes of failure of Kentish Plovers were studied in Changhua coastal industrial park in 1999. We found 110 Kentish Plover nests in 8 sites, total area 22.74 ha, in Shengshi, Changhua during mid-April to mid-May. The hatching success of 89.09% was high compared to other studies. Thirty-six experimental artificial nests were set for a two weeks period in May to examine the effects of predators and rainfall.

Among the 12 unsuccessful nests, 6 were flooded, 4 were abandoned, and 2 were predated. Successful nests and unsuccessful nests showed no difference in distance to nearest road and distance to nearest vegetation line. The average hatching success of each site was not correlated with the area or width of each site. The Mayfield-estimated hatching success of the artificial nests was 19.38%. Among all the artificial nests, 27.8% were flooded and 25% were predated.

Flooding caused by the heavy rain during spring and summer is the main reason for nest failure. Six Kentish Plover nests and 10 artificial nests monitored were flooded. Clutch predation rate was low. Only 2 Kentish Plover nests and 9 artificial nests were predated, mainly by dogs. Garbage dumping and researcher activities which attracted dogs into the breeding sites are the only human disturbance recorded.

Keywords: Changhua coastal industrial park, Kentish plover, *Charadrius alexandrinus*, breeding, hatching success

* Department of Environmental Science, Tunghai University, Taichung 407, TAIWAN