

壹、前言

藉由族群監測所得到的數量與變化，可直接反應棲地對於鳥類在各種時期的重要性 (Colwell and Cooper 1993, Frederiksen *et al.* 2001, Ganter and Madsen 2001)，目前透過一般鳥類調查方法所得的結果，以每次調查時所觀察到的數量再求其平均或取其最大值等方式，可能造成低估族群量的狀況 (Howes and Bakewell 1989)，而以累加隻次的方式或其他族群估計所得到之結果，卻可能遠大於真正的族群數量。即使選擇在冬季對度冬鳥種進行調查，發現族群數量亦會隨時間而變動 (Ganter and Madsen 2001, Hestbeck and Malecki 1989, Rehfish *et al.* 2003)，且造成數量變動的可能原因很多，因此若要掌握特定時間內更趨於實際的族群量，必須透過其他的調查方法或估計方式來得知，雖然現階段任何一種估計方式仍有誤差的存在，並且還無法知道確切的族群數量，但若將估計值更趨近於真實的族群量，對於族群的掌握與未來的保育規劃更具有意義 (Bechet *et al.* 2004, Hestbeck and Malecki 1989)。

沿海溼地鳥類調查所得到的資料，通常是選擇在適當的時間進行直接計數觀察，將所得各種鳥種的數量，以直接表示或以月或季等為單位取其平均值或最大值來表示，雖然這樣的調查方法是較經濟的資源調查方式，但所呈現出來的結果，可能與實際的族群量會有差距而無法反應一個棲地或溼地實際的重要性，尤以候鳥過境的重要棲地所顯示的差異更大，因為過境期以單次或多次調查取最大值之資料所反應的可能僅為過境族群的一部份，但其間若不同族群陸續通過，一般的計數調查將無法反應出來 (Bamford *et al.* in prep, Frederiksen *et al.* 2001, 許 2001)。而捕捉標記再觀察法 (capture-mark-resight) 是由 Lincoln-Petersen 族群估計法衍生而來，估計的原理是藉由標示個體在釋放後隨機分佈在族群中，經由下一次的觀察數量中標記與未標記個體的比例，推估可能的族群量大小 (Krebs

1999)。捕捉標記再觀察法的優點在於調查頻率比目視計數法高，並可藉由推估的方式得知整個族群量，涵蓋目標鳥種可能被忽略的停棲點，而這些停棲點可能是在調查路線外或不易到達的區域；缺點是需花費較大的人力與物力，通常只應用在某特定物種的調查或研究（Frederiksen *et al.* 2001, Krebs 1999）。

由中興工程顧問有限公司(1997- 2004)委託東海大學環科所在彰濱工業區的長期鳥類監測資料顯示，在漢寶溼地的黑腹濱鶉（Dunlin, *Calidris alpina*）是當地數量最多的水鳥，無論是總體數量或是過境期數量均可達東亞遷徙線重要溼地的標準（Bamford *et al.* in prep）。加上李（2002）指出，由體脂肪變動的資料顯示，2~3月期間的體脂肪有下降後再上升的情況，推測在彰濱地區春季時可能有族群移入，但限於資料不足，因此實際族群變動的情況仍不清楚。因此本研究嘗試利用「捕捉標記再觀察法」，估計黑腹濱鶉於度冬期與春過境期間在漢寶溼地的數量，比較並討論「捕捉標記再觀察法」與現今調查方法所呈現結果之間的差距，以作為日後概估鳥類族群數量的參考。並藉由估計所得之族群數量變動情況，嘗試討論台灣的地理位置對於黑腹濱鶉由度冬至過境期所扮演的角色。

貳、文獻回顧

一、黑腹濱鵲的特徵與分佈概況

黑腹濱鵲屬於小型鵲科鳥類，體長約 19 公分（林等 1991），目前已經確定有九個亞種，在台灣及東亞遷徙線上可見的有 *C. arctica*、*C. sakhalina*、*C. kistchinski*、*C. actites* 四個亞種，各亞種的繁殖地分別為阿拉斯加西部、西伯利亞東北部、勘察加半島、庫頁島的苔原溼地（Warnock and Gill 1996, Lappo and Tomkovich 1998）。其度冬期間主要分佈至日本、南韓、中國大陸沿海與台灣，鮮少族群分佈至赤道區域附近（Bamford *et al.* in prep），棲息環境包括海岸的潮間帶、河口沙洲、沼澤溼地或漁塢，因黑腹濱鵲是東亞遷徙線上數量最多、分佈最廣的鳥種之一，還有許多地區的調查資料不是很完整，總族群量至今仍不是相當的清楚。在 Wetland International 組織的報告指出，依據 2003 年 4 月 29 日前所收集到的調查資料，黑腹濱鵲在東亞遷徙線上約有 95 萬隻。

二、黑腹濱鵲在台灣的主要分佈地點與重要溼地判斷

根據中華民國野鳥學會調查資料顯示，黑腹濱鵲在台灣地區的主要分佈地點為彰化的彰濱工業區、台南四草地區與曾文溪出海口，每年都約有 1 萬隻左右的族群量在此度冬。而根據拉姆薩爾濕地公約（Ramsar Convention Bureau, 2000）提出的幾個國際重要濕地的判斷標準，其中有兩個標準是以濕地中水鳥族群數量是否達到國際重要性來判斷：

- （一）經常性有兩萬隻以上的水鳥族群的濕地。
- （二）經常性有某種或某亞種水鳥總族群的 1%個體的濕地。

因此是否達到總族群的 1%變成一個很重要且簡單用來判斷某個濕地是否具有國際重要性的標準。根據 Wetland International 組織的報告為基準，黑腹濱鵲

總族群量的 1%也就是 9500 隻，在這三個地點的族群數量皆達到此標準，故可以定義為國際重要濕地之一。

水鳥在過境期間重要溼地判斷的部分，拉姆薩爾濕地公約考慮到過境期 turnover rate 的問題，特別是針對一些重要的過境點，總經過的數量會大於任何單一時間出現的量，如果單一次調查某種鳥類數量達到總族群量的 0.25%，雖小於 1%也可列為國際重要濕地，若以黑腹濱鷸做為指標的情況下就是要約達到 2,500 隻，但這必須是於過境棲地在過境期間做的調查。而根據中興工程顧問有限公司(1997- 2004)委託東海大學環科所在福寶、漢寶地區(漢寶溼地)的長期鳥類監測資料，黑腹濱鷸在過境期間(三月份)的族群量，只有 1997 年是 1,789 隻未達到總族群量的 0.25%，從 1998 至 2004 年之間的調查資料，最低是 2,602 隻而最高是 6,534 隻，則是都達到過境期 2,500 隻以上，也就是達到總數量 0.25% 的標準，因此漢寶溼地對於黑腹濱鷸在東亞遷徙線上，也是重要的溼地與中途遷徙棲息地之一。

漢寶溼地位於彰化縣西邊的沿海地區，緊鄰在福興與芳苑鄉的交界處，涵蓋了漢寶村與福寶村，是濁水溪多次沖積變遷而來的河口潮間帶，漢寶溼地分為海域與陸域兩部份，海域部份為高於低潮線的泥質與沙質灘地，陸域部份以養殖魚塢、稻作、沼澤與防風林等多樣化棲地環境構成，另外在福寶與漢寶區域內許多土地因地層下陷及海水倒灌導致土壤鹽化無法耕種，許多廢耕與閒置的土地成為許多生物的棲息地，因此是中部地區少數較完整且大範圍的溼地之一(鄭 2003)。在彰化縣漢寶地區鳥類名錄中(廖及羅 1998)，自 1986 年至 1998 年所紀錄到的鳥類共有 13 目 24 科 178 種，其中包括許多「瀕臨絕種保育類野生動物」與「珍貴稀有保育類野生動物」，也說明了在漢寶溼地多樣化的棲地條件下構成各種鳥類過境、繁殖與度冬期間重要的棲地之一。

三、黑腹濱鷸的活動模式與範圍

黑腹濱鷸雌鳥的體型與重量都比雄鳥大 Warnock *et al.* (2004), 而雌鳥的活動距離也較雄鳥大 (Sanzenbacher and Haig 2002)。以無線電追蹤黑腹濱鷸的活動模式與範圍的研究中, 指出追蹤個體回收的定位點, 距離繫放地點最遠可達 14.9 ± 1.5 公里, 主要回收到的定位點在 9.4 ± 0.4 公里內的地區為主 (n=57), 在度冬期間的活動模式有往內陸棲地移動的趨勢, 而接近春過境時期回收到的定位點距離繫放地點會比度冬期間大 (Sanzenbacher and Haig 2002)。Warnock and Takekawa (1996) 指出 Western Sandpipers (*Calidris mauri*) 的雌鳥與雄鳥活動範圍並無太大的差異, 但是在度冬期的活動範圍卻比春過境期間要大, 而亞成鳥的活動範圍也比成鳥大。

四、黑腹濱鷸的棲地利用與選擇

黑腹濱鷸並非隨機選擇棲地與覓食地點, 日間比較喜愛在高密度的甲殼綱 (crustaceans) 與小環節動物 (small annelids) 地區覓食, 夜間則有部份族群於農牧區域內, 在土壤底層有較多食物的地點覓食 (Shepherd 2001), 覓食的時間大部份在日間進行, 但是在春、秋過境期間也會在夜間進行覓食的行為, 並且比度冬期間有較高的夜間覓食比例 (Dodd and Colwell 1996, Dodd and Colwell 1998), 若是在休息時就偏好停歇在食物密度較低的地區, 並且對於棲地的忠誠度很高 (Shepherd 2001)。

五、黑腹濱鷸的體脂肪變化與遷徙時間的關係

許多具有遷徙性的動物在遷徙前會累積體脂肪以作為主要的能量來源 (Blem 1976, Hochachka *et al.* 1977, Dawson *et al.* 1983), 對於鳥類在遷徙前累積能量時, 可將體內的碳水化合物與蛋白質轉換為體脂肪, 是因為體脂肪可以提供較大的能量密度 (Pond 1981, Newsholme and Leech 1983), 因此體脂肪增加的同時體

重也隨之增加，也代表著即將進行遷徙。李（2002）指出大肚溪口南岸的黑腹濱鵲族群，2001年與2002年的體脂肪比例在2月底至3月初開始明顯增加，推測可能是度冬族群開始累積遷徙時所需的體脂肪，在3月底至4月份之間整體的體脂肪比例亦持續增加，蔣等（2005）的研究指出2004年的黑腹濱鵲體脂肪在2月底最低，3月初的體重最輕，4月份的體重與體脂肪明顯都增加，因此可能從2月底至3月初之間會有部分度冬族群開始離開，或是有部份過境族群在此短暫停留以補充能量。

六、現今鳥類調查方法的限制

由現階段的文獻中，鳥類調查研究方法共可分類為16種（Ralph and Scott 1981, Bibby *et al.* 1992, Ralph *et al.* 1993, Bookhout 1996, Sutherland 1996），因台灣的地形與棲地環境較複雜，適合應用在一般鳥類調查的方法有穿越線法（line transect, strip）、定點計數法（point count）、群集計數法（counting flocks）、地區搜尋法（area search）及時間種類計數法（time species count）（謝 1986，尤 1997，許 2001），穿越線法、地點與群集計數法調查是較省時、省力、適合大面積與長時間的沿海溼地鳥類調查方式（許 2001），但是目視計數的調查結果可能因調查路線的規劃與地區的限制，無法代表此區域內實際的數量，但若是在長期的監測下則能提供較精確的野生動物族群變化趨勢，因此全球各保育相關單位都希望透過監測以掌握野生動物的族群變化，同時為了保育物種多樣性與棲地的經營管理，國際性的鳥類調查與監測計畫亦不斷的進行中（Bamford *et al.* in prep, Cayford and Water 1996, Ganter and Madsen 2001）。

七、標放法在鳥類族群量研究的應用

若是針對特定物種的調查或研究，標放法（mark-release-recapture）是較需花費較大的人力與物力，相對的調查結果可能會比一般的鳥類調查方式更能提供

較趨於實際的數量 (Frederiksen *et al.* 2001)。標放法又可區分為封閉式族群 (closed population model) 與開放式族群 (open population model) 兩種族群估計法，封閉式族群估計法最早是 Petersen (1896) 與 Lincoln (1930) 為了估計野生動物的族群量發展而來，所以封閉式族群估計法又可稱為 Lincoln- Petersen 族群估計法，此種方法只標記一次，且標記個體在整個族群中的比例不變，藉由下一次的捕獲數量中標記與未標記個體的比例而得到的一個估計值，這個估計模式需要三個假設前提，第一個假設是調查期間的族群是封閉的，即無出生、死亡、遷入與遷出，第二個假設是所有動物再次被捕獲的機會均等，第三個假設是標記無脫落與誤判，但是自然環境中大部份均難以符合 Lincoln- Petersen 族群估計法假設的情形 (Krebs 1999)，僅有少數因地理或氣候造成的封閉環境才吻合 Lincoln- Petersen 的假設。自 1986 年至 2005 年為止，在台灣進行的水鳥繫放工作所捕獲的 3 萬多隻水鳥中，台灣本地繫放本地回收率約為 4.5%，而屬他國繫放台灣回收的回收率則為 0.26% (劉等 2005)，回收比例低，因此對鳥類而言要在野外利用霧網重複捕捉到已標記的個體是很不容易的，利用無線電追蹤 (radio telemetry) 的技術以個體標記的方式追蹤訊號，或是用標記再觀察法 (mark-resight) 取代個體的實際重複捕捉，可藉由標記釋放後的野外觀察即可取代實體捕捉的效果，是更有效率的回收方式，標記的方式有色環標記 (color-rings mark)、編碼標記 (individually coded mark) 或染色標記 (dyes mark)，以下將這四種標記方式分別介紹。

(一) 無線電追蹤標記

自 1950 年代末期開始應用在野生動物的研究上，用於鳥類的相關研究時其無線電發報器重量不得超過目標鳥種重量的 3%~5%，否則會使目標鳥種造成活動障礙，同時需考量研究地點是否易因樹林、建築物、機械運轉等造成無線電波反射 (reflection)、折射 (refraction)、繞射 (diffraction) 與干涉 (interference) 而影響電波追蹤 (Kenward 1987)。

(二) 色環標記

色環標記較適用於容易觀察的鳥種上，並且須注意色環的品質是否會因污染或變質而導致變色，Bearhop *et al.* (2003) 使用不同的色環組合標記於灰斑鶇 (*Pluvialis squatarola*) 翻石鶇 (*Arenaria interpres*) 三趾鶇 (*Calidris alba*) 大杓鶇 (*Numenius arquata*) 斑尾鶇 (*Limosa lapponica*) 五種鳥類的研究上，其中只有三趾鶇與黑腹濱鶇體型相差不大，但是黑腹濱鶇會有部份族群於漲潮時飛進內陸半乾漁塭棲息，對於繫於脛骨或跗蹠的色環可能會被淹沒或忽略，因此需考量比色環標記更易觀察的標記方式。

(三) 編碼標記

應用於水鳥研究方面，此種標記方式為了後續的觀察與判讀標記上的編碼，比較適合應用於中型與大型的鳥類，例如加拿大雁的族群估計研究 (Hestbeck and Malecki 1989, Sheaffer and Jarvis 1995) 就是於前胸繫上有編碼的標記，此外也有將編碼的足旗繫在脛骨或跗蹠上的情況。色環標記與編碼標記較適合針對目標鳥種有長期研究計畫的情形下進行標記，短期的標記再觀察法應用於鳥類族群估計研究，無線電標記或染色標記即可達成。

(四) 染色標記

Kennard (1961) 為了觀察 Black-capped Chickadee (*Parus atricapillus*) 使用有顏色的高揮發性有機溶劑筆 (麥克筆) 染色，另外也有使用若丹明 (Rhodamine B) 苦味酸 (Picric Acid) 或 Malachite Green 染色在鷺科與鷗科的鳥類研究 (Cavanagh *et al.* 1992, Belant and Seamans 1993)，然而食用色素 (food pigment) 或稱食用性酸性煤焦色素亦可達到類似的染色效果並且是較安全與無害的染色原料，現行我國食品衛生法中規定的食用色素大多是酸性煤焦色素而且是水溶性，煤焦色素大多由煤焦油經蒸餾、硫化、硝化及其他複雜的有機反應製造而來，法定的食用色素只有下述的八種，食用紅色六號、七號、

四十號、黃色四號、五號、綠色三號、藍色一號、二號。在一般食品材料行可以買到的有食用紅色六號、黃色四號、五號、綠色三號、藍色二號，色素的號碼越大表示顏色越濃，同時因為食用色素遇水會褪色，染色標記時須選擇褪色後較易於判別的顏色，而食用色素藍色二號（藍色）、綠色三號（綠色）、紅色六號（紅色）、黃色五號（橘色）是上色能力較強且著色力較其他色系更久的染劑原料。

八、族群估計軟體在野生動物的應用

許多生物或統計學者專家為了掌握野生動物的族群量，並且因廣泛的應用 Lincoln- Petersen 族群估計法於野生動物族群調查，衍生出一些最佳的族群估計方法與軟體。在封閉式族群估計法的部份常用的有 Lincoln- Petersen 與 Program CAPTURE 族群估計法；在開放式族群估計法的部份則有 Jolly Seber 族群估計法，而此種估計方法至少需要三次以上的捕捉與標示，並以個體標示的方式可以掌握更詳細的族群存活率、分佈與活動範圍等。同時生物或統計學者專家為了使估計值更符合各種野生動物在不同時間或環境下的族群量，發展出 Program SURGE、Program POPAN、Program NOREMARK、Program MARK 與 Program CARE-2 等相關族群估計方式，研究者可以就各別的研究目的選擇標記的方式或族群估計軟體，更詳細的族群估計軟體資料可於 Phidot 組織 (<http://www.phidot.org/software/>) 與 <http://chao.stat.nthu.edu.tw> 網站下載參考。

對於標示再觀察方式的研究，可以採用 Program NOREMARK 來做估計，此程式主要是對標示再觀察族群估計法的研究 (Krebs 1999)，是屬於某特定時間內的族群量估計，此程式當初的發展主要是對透過無線電標記後的追蹤，收集標記個體的資料以推估族群量 (White 1996)，並且允許增加標記的次數以增加標記的總數量，單次的調查回收估計值並不是 Program NOREMARK 主要的估計目的，而是將特定時間內所有調查數據做最大可能性的族群量估計。Program

NOREMARK 共有四種估算模式 [Joint hypergeometric maximum likelihood estimator (JHE)、 Immigration-emigration (JHE)、 Minta and Mangel estimator、 Bowden's estimator] ; 其中 Joint hypergeometric maximum likelihood estimator (JHE)、 Minta and Mangel estimator、 Bowden's estimator 都是封閉式的族群估計法，只有 Immigration-emigration (JHE) 是屬於開放式的族群估計法。在封閉式族群估計法的部份，Minta and Mangel estimator、 Bowden's estimator 有限制必須以個體標記的方式，若非採用個體標記的方式，則可以利用 Joint hypergeometric maximum likelihood estimator (JHE) 來做族群量估計；估計原理與 Lincoln-Petersen 短期間內的重複捕捉相似，優點是可以將多次 ($i=2$ 次以上) 的調查數據累積合併後，估計出最有可能性的族群量，此估計模式所需的假設有下列四個：

- (1) 調查期間的族群分佈是屬於封閉狀態。
- (2) 所有標示與未標示個體被觀察到的機會都相同。
- (3) 所有標示的個體在第 i 至 $i+1$ 次間被觀察的機會都相同。
- (4) 所有標示的個體在族群中是隨機分佈的狀態。

目前已經有學者應用此種估計方式於野生動物族群的估計，例如北美黑尾鹿 (Bartmann *et al.* 1987)、山羊 (Neal 1990, Neal *et al.* 1993)，此種估計法亦可用於鳥類度冬期間或於短期間內的族群估計研究。所需的各符號說明如下：

- T_i : 第 i 次標記的數量。
- m_i : 第 i 次觀察到的標記數量。
- n_i : 第 i 次觀察到的總數量。
- N : 母體中的總數量(為未知)。
- \hat{N} : N 的估計式。

JHE 的估計原理主要是假設每一次的捕捉取樣過程為一超幾何分配，因此在

第 i 次有 m_i 隻已標記的動物被觀察到的機率可表示如下：

$$\Pr (m_i | N, T_i, n_i) = \frac{\binom{T_i}{m_i} \binom{N - T_i}{n_i - m_i}}{\binom{N}{n_i}}, \quad i = 1, \dots, k, \quad \text{方程式 (1)}$$

因此其聯合概似函數 (joint likelihood function) 為

$$L (N | T_i, n_i, m_i) = \prod_{i=1}^k \frac{\binom{T_i}{m_i} \binom{N - T_i}{n_i - m_i}}{\binom{N}{n_i}}, \quad i = 1, \dots, k, \quad \text{方程式 (2)}$$

利用此概似函數所算得的最大概似估計式 (maximum likelihood estimator, MLE) 即為 Program NOREMARK 所用的 JHE , 但當 k 為 1 時 , 即只有 1 次捕捉取樣過程時 , 採用 Chapman (1951) 所提出的偏差修正估計式為 :

$$\hat{N} = \frac{(n_i + 1)(T_i + 1)}{m_i + 1} - 1, \quad i = 1, \dots, k, \quad \text{方程式 (3)}$$

此修正估計式可有效降低在野外若觀察到的標記數量太少時所造成的偏差。

參、研究地點與方法

一、研究地點

研究範圍以漢寶溼地（包含福寶與漢寶村）（圖一）為核心，向北向南各延伸 10 公里，由北而南分別為崙尾區與鹿港區（彰濱工業區內）福寶與漢寶村、王功村的沿海灘地、漁塭堤與放乾漁塭。

二、研究方法

（一）研究對象之捕捉

自 2004 年 12 月初至 2005 年 5 月初，於福寶、漢寶地區選擇黑腹濱鵲夜間可能的停棲地點，在每月的兩次大潮期間內各進行一次霧網繫放工作，在鳥網架設完成後每小時巡網一次。

（二）鳥體測量（體重）

將捕捉到的個體放置於鳥箱靜置後，再進行鳥體測量與秤重，秤重時先選定適合的塑膠管以方便固定待測鳥體，並先於電子秤上歸零後，再將待測物置入以固定受測個體，之後置於電子秤上以方便精確至小數點以下 1 位。

（三）標記方法、原料與流程

1、標記方法

Program NOREMARK 主要是配合無線電標記後的追蹤，收集回收的資料以推估可能的族群量。假設以無線電追蹤標記 30 隻個體計算，花費將約為新台幣 18 萬元以上；同時在彰化海岸地區漁船的馬達運轉相當頻繁，防風林與建築物等地形因素也會遮蔽電波傳送的效果，因此在彰化海岸應用無線電標記的方式估計黑腹濱鵲族群，在成本與追蹤訊號上會有一定程度上的困難。加上

黑腹濱鵲是遷徙性的鳥種，且目前東亞遷徙線所使用的足旗系統，不適合再搭配色環使用，以避免野外辨識的困擾；為了增加野外的發現率，配合對鳥體有較低的影響，因此選用了在尾部（腹部或尾下覆羽）染色的方式。但因染色標記可使用的顏色並不多，為了避免兩種以上的顏色碰到水後暈開再混合成其他顏色，造成觀察時不易判別，因此不採用個體標記的方式，只能每次使用一種顏色標記，下次標記時使用不同顏色以作區隔。由於未能使用無線電追蹤來先瞭解黑腹濱鵲在樣區內的分布狀況，因此在 2004 年 3 月即開始進行了染色標記的前置測試，透過追蹤有染色黑腹濱鵲的棲息位置，先對族群的分布狀況作初步的評估。

2、染劑調配

使用較無害的食用色素做為染劑原料，因此選用食用色素藍色二號（藍色）、紅色六號（紅色）、黃色五號（橘色）、綠色三號（綠色）這四種顏色為原料，主要原因是上色力強且易於判別，調配時取適量色素放入水中混合，再加入微量的洗髮精（選用較天然無害的）攪拌均勻以利於去油上色。

3、標記使用的顏色順序

於 2004 年 3 月開始將四種顏色染色於黑腹濱鵲的腹部與尾下覆羽（經過試驗後，以尾下覆羽對鳥體影響最小也仍可在野外觀察），測試各種顏色在野外可停留的時間，在可清楚判別各顏色的情況下，藍色最長可達到四週、紅色最長可達到七週、橘色最長可達到六週、綠色當時並無觀察回收到，而使用綠色標記的時間為 2004 年的 4 月 5 日，當時初步判斷可能有部份染綠色標記的黑腹濱鵲已北返，或是綠色褪色後會不易判別。2004 年 12 月 23 日再次使用綠色標記並調高綠色溶液的濃度，於野外觀察發現黑腹濱鵲於內陸半乾漁塭棲息時，綠色標記容易褪掉成淺藍色，並且在褪色後顏色會變的較不鮮明，因此不再使用綠色標記。所以標記的顏色使用順序為藍色（四週）、紅色（七週）、藍

色(四週)、橘色(六週)為一個循環，在每兩週進行一次繫放與標記的情形下可達到標記不會混淆。

4、標記流程

標記時採用水彩筆沾濕已調配好的染劑，染色於鳥體尾下覆羽的表層，上色後以吹風機吹乾並以手指撥弄羽毛直到羽毛蓬鬆且顏色均勻，並在吹乾後立即釋放。另外為達到全部過程對鳥體的干擾最小，從霧網解下鳥體、進行基本測量、標記染色至吹乾後釋放最好控制在 3 小時之內。

(四) 野外觀察

1、調查頻率與工具

參考李(2002)指出在 2-3 月份之間，黑腹濱鵲的體重或體脂肪有開始增加的情況時，可能就會有部份在漢寶溼地度冬的族群開始北返，或是有春過境的族群加入，因此判斷 2-3 月之間族群是否開始進行遷徙，可藉由捕獲個體平均重量的最低點來判斷，因為重量的最低點是代表著部分體重較重的個體已經離開，同時若野外觀察的總數量有減少的情況時，調查頻率就必須提高。在 2005 年 2 月 23 日所捕獲個體的平均重量為最低，同時 2 月 24 日野外觀察的總數量亦減少的情況下，為了避免標示個體在釋放後只停留數日後即離開，因此在 2005 年 2 月底至 5 月中旬的過境期間，觀察頻率增加至一週至少兩次，而 2004 年 12 月初至 2005 年 2 月 24 日的度冬期間內，觀察頻率為一週至少一次，觀察時利用 20 或 30 倍單筒望遠鏡，以及 8 倍雙筒望遠鏡進行觀察計數。

2、調查方法

使用穿越線法、定點與群集計數法觀察，配合潮水表(參考中央氣象局潮汐資料)選擇適合的潮高，於最大潮的前後共四個小時內完成調查。

3、記錄事項

野外觀察須確定標記的個體不會重複計算與所有未標記個體皆有完整計數，同時紀錄黑腹濱鵲標記個體的分佈地點與有繫上足旗但無染色的數量，還有觀察當日潮高大小與風速概況(葉動、小枝動、大枝動)。

(五) NOREMARK 族群估計軟體分析

本研究使用的染色標記方式無法區分個體且顏色亦會慢慢褪去，在各種標記顏色還能清楚判別的時間內觀察回收各次的標記量，屬於短期間的標記再觀察族群估計方式；再使用 Program NOREMARK 的 Joint hypergeometric maximum likelihood estimator (JHE)估計族群量，所需輸入軟體的三個參數分別為(T_i)第 i 次標記的數量、(m_i)第 i 次觀察到的標記數量、(n_i)第 i 次觀察到的總數量。

從 2004 年 12 月 10 日至 2005 年 2 月 24 日之間，將各次標記的顏色在可判別的時間內，依次將可判別的顏色做累加以增加總標記的數量(T_i)，並將野外單次觀察到的各種顏色標記量加總(m_i)，列表整理後再將每三次的調查數據輸入軟體做一個估計值(\hat{N})。主要是為了修正可能因野外觀察的標記數量回收太少時所造成的偏差，同時可修正各次族群估計的結果，避免造成高估的情況。

自 2 月 28 日至 5 月中旬的過境期間，在每兩週進行一次繫放的情況下，野外觀察回收的數據就以每兩週做為一個封閉的區間，並且自 2 月 28 日起在標記的數量(T_i)、觀察到標記的數量(m_i)只有各次的調查數據，不做累加的動作，列表整理後再將每兩次的調查數據輸入軟體做一個估計值(\hat{N})。主要是盡可能的將封閉區間縮短，以避免時間過長而影響了估計的準確性。

調查區域內(崙尾區、鹿港區、福寶與漢寶村、王功村)若有某一區域的所有調查資料並無觀察到有標記的黑腹濱鵝($m_i=0$)，則將那個區域的所有調查值不列入估計，或是某個區域內觀察到標記的數量(m_i)經常為零，同樣亦不列入估計。

肆、結果

一、標記黑腹濱鵲的分佈狀況

本研究自 2004 年 12 月 9 日至 2005 年 5 月 5 日止，共進行了 11 次的繫放工作，累計繫放了 384 隻次黑腹濱鵲，其中回收了 47 隻次個體，回收率約為 12.2 %。在捕獲的個體中，若有些個體狀況不佳則不染色標記，所有的繫放與標記次數中，只有 2005 年 5 月 5 日的部份因只捕獲 4 隻個體，所以當次沒有標記，各次繫放的個體數量、標記顏色、標記數量、個體平均重量、回收隻數與回收率整理如表一。

調查期間於研究樣區內觀察有標記的黑腹濱鵲之分佈情況，共進行了 36 次的觀察，分佈地點有福寶與漢寶地區的內陸半乾漁塭或農地、漢寶海堤與鹿港工業區內的閒置土地（圖一），其他地區則無觀察回收的紀錄（ $m_i=0$ ）。在有回收紀錄的地點當中，鹿港區回收到的標記數量經常為零（ $m_i=0$ ）或沒有觀察到有鳥群棲息的狀態（ $n_i=0$ ），僅有五次的觀察回收紀錄，而福寶與漢寶地區的資料（ m_i 與 n_i ）則是持續的回收。

回收到有標記的黑腹濱鵲之分佈地點，大致上會出現以繫放地點為中心向外擴散的狀態，最遠的分佈地點距離繫放地點約 4.5 公里（鹿港工業區內的閒置土地），最近的約在 500 公尺內，絕大多數距離繫放地點都約在 2-3 公里之間（漢寶堤防附近的漁塭堤），約占總回收數量的 90%。

2004 年 12 月至 2005 年 2 月 28 日之間，黑腹濱鵲在福寶與漢寶內陸的棲地或海堤區域皆有紀錄，但是自 2005 年 3 月 4 日之後僅有很少的個體會停棲在福寶與漢寶內陸的棲地，漲潮時段大部份都停棲在漢寶海堤附近。

二、黑腹濱鵲的族群估計

觀察回收的資料當中，最北的崙尾區與最南的王功區皆無觀察到染色的黑腹濱鵲，而鹿港區則是僅有五次的觀察回收紀錄，僅有福寶與漢寶地區是有持續的回收紀錄，因此只取這個部份的回收資料進行黑腹濱鵲族群的估計，估計結果如表二與表三。

(一) 2004 年 12 月 10 日至 2005 年 2 月 24 日之間的數量(表二)

在 2004 年 12 月 10 日至 12 月 24 日之間的所有觀察總數量中，以 12 月 24 日的觀察總數量 1,400 隻最多，經由每三次的調查數據估計這段期間之可能族群量，第一期的估算結果為 12,464 隻、標準誤差為 4,863 隻，族群估計結果大約為觀察計數的 9 倍。

2005 年 1 月的所有觀察總數量中，以 1 月 11 日的觀察總數量 1,861 隻最多，而 1 月的估計結果為 4,558 至 5,772 隻，族群估計結果大約為觀察計數大量的 2.4 至 3.1 倍之間。

2005 年 2 月的所有觀察總數量中，以 2 月 1 日的觀察總數量 1,395 隻最多，而 2 月的估計結果為 3,607 至 5,904 隻，族群估計結果大約為觀察計數大量的 2.6 至 4.2 倍之間。

選擇標準誤差較低期間(2005 年 1 月 11 日至 2 月 24 日)的資料來比較，以 1 月 11 日的觀察總數量 1,861 隻最多，而估計結果為 3,607 至 5,904 隻，這段期間的族群估計結果大約為觀察計數大量的 1.9 至 3.2 倍之間。在各次的觀察標記量(m_i)與標記數量(T_i)的關係，以 2005 年 1 月 11 日的觀察回收率： $(m_i/T_i)=(30/77)=0.39$ 為最高，其次是 2 月 6 日的 $(m_i/T_i)=(26/90)=0.29$ ，

因此若取較高的觀察回收率推估族群量，估計結果會是觀察計數的 2.5 至 3.4 倍 $[(1/0.39) = 2.5, (1/0.29) = 3.4]$ 。

(二) 2005 年 2 月 28 日至 2005 年 5 月 9 日之間的數量(表三)

觀察總數量的部份，自 3 月 8 日起的觀察總數量開始增加，最大量出現在 3 月 24 日的 2,610 隻，在 4 月 25 日後即陸續的減少，最後於 5 月 9 日就沒有再觀察到有標記的黑腹濱鵑。藉由 2 月 24 日($T_i=59, m_i=4, n_i=381$)與 2 月 28 日($T_i=28, m_i=10, n_i=807$)這兩次的調查資料輸入軟體可得到 2 月 28 日的族群估計量 3150 隻，之後的估計值再由每兩次的調查數據去估計每兩次之間可能的族群量；3 月 24 日至 28 日之間的估計值達到 1 萬隻以上，但是標準誤差也較大。

2005 年 2 月 28 日至 3 月 31 日的所有觀察總數量中，以 3 月 24 日的觀察總數量 2,610 隻最多，而 3 月的估計結果為 1,238 至 15,424 隻。估計結果的最小值 (1,238) 比觀察總數量的最大值 (2,610) 少，而估計的最大值 15,424 隻的標準偏差有 6,417 隻，若只取族群估計與觀察總數量的最大值 15,424 隻 2,610 隻來比較，這段期間的族群估計結果大約為觀察計數最大量的 5.9 倍。

2005 年 4 月 6 日至 4 月 30 日的所有觀察總數量中，以 4 月 6 日的觀察總數量 1,334 隻最多，而這段時間內的估計結果為 2,494 至 7,687 隻，因此這段期間的族群估計結果大約為觀察計數最大量的 1.9 至 5.8 倍之間。

2005 年 5 月 3 日至 9 日之間的觀察總數量都在 200 隻上下，而估計值也在 1036 至 1245 隻之間，大約是觀察計數的 5 倍左右。

若以 2005 年 2 月 28 日至 5 月 9 日之間的資料來比較，以 3 月 24 日的觀

察總數量 2,610 隻最多，而族群估計的最大量是 15,424 隻，因此這段期間的族群估計結果大約為觀察計數最大量的 5.9 倍之間。在各次的觀察標記量(m_i)與標記數量(T_i)的關係，以 2005 年 3 月 9 日的觀察回收率： $(m_i/T_i)=(21/34)=0.62$ 為最高，其次是 4 月 11 日的 $(m_i/T_i)=(15/36)=0.42$ ，因此若取較高的觀察回收率推估族群量，估計結果會是觀察計數的 1.6 至 2.4 倍 [$(1/0.62)=1.6$ ， $(1/0.42)=2.4$]。

三、黑腹濱鵲的族群變動

(一) 觀察總數量與潮水高度關係

規劃的觀察路線與地點都是在漲潮時黑腹濱鵲的休息地，於潮水高度較高時，潮間帶的水鳥會被迫飛至漁塭堤或放乾漁塭休息，因此觀察數量的多寡會因潮水高度而改變（圖二），此外在風速較大的情況下，鳥群會往漁塭堤坡的背風面或放乾漁塭內躲風，而觀察到的族群數量也會較多。

(二) 觀察數量與捕獲個體的平均重量關係

藉由各次捕獲個體的平均重量（表一）可以推測族群的體重概況，再由體重的變化可以看出族群中數量變動的可能性（圖三），在 2004 年 12 月 9 日平均體重開始下降至 2005 年 1 月 10 日達到最低點，而 1 月 25 日的平均體重值在上升後卻又在 2 月 5 日即下降，同時觀察數量也是類似的變化，但是 1 月 24 日的潮水高度較低，導致觀察數量亦較少，之後的平均體重在 2 月 23 日起，即開始慢慢的上升並且沒有再下降過。

(三) 觀察數量與族群估計數量之變化關係

將表一、表二的所有觀察總數量與估計值統合後推測族群的變化（圖四），可以看出兩者的變化趨勢相當的類似，最大值都是出現在 2005 年 3 月 24 日，

並且在 3 月 28 日後就沒有再觀察到超過 2 千隻以上的族群量。

四、黑腹濱鵲的繫放回收

本研究自 2004 年 12 月 9 日至 2005 年 5 月 5 日止，累計繫放了 384 隻次黑腹濱鵲，其中重複回收了 47 隻次的個體，回收率為 12.2%，都是同地重複回收的繫放個體（表四），共有 13 隻個體是在不同年度再次被重複捕獲，其中有 4 隻個體（B37609、B37644、B37253、B37303）是在 2003 年繫放後至 2005 年再次被重複捕獲，其餘的個體皆是同年度再次被重複捕獲。

在 2005 年 1 月 25 日捕捉到由南韓繫放的黑腹濱鵲，環號為 040-04814，回報至南韓的繫放單位後至今仍未取得原始的繫放日期，因此無法得知更近一步的資訊。

伍、討論

一、標記黑腹濱鷸分佈的探討

(一) 棲地的選擇性與分佈範圍

由本研究的觀察結果顯示黑腹濱鷸會停棲在某些特定地點，顯示族群在野外的分佈狀態並非隨機選擇，相同的 Sanzenbacher and Haig (2002) 與 Shepherd (2001) 亦指出黑腹濱鷸並非隨機選擇棲息地，而 Harrington and Leddy (1982) 亦指出漂鷸 (Red Knots, *Calidris canutus*) 會停棲在某些特定地點，顯示許多族群在野外的分佈狀態並非隨機選擇。在本研究發現的這些停棲地點當中，有標記的黑腹濱鷸數量並非每次都相同，且礙於無法判別這些有標記的個體是否為相同的個體，故無法確認某些個體喜歡停棲於特定的停棲點，若日後能以個體標記的方式來追蹤，能更加了解標記個體在族群中的分佈狀態與停棲地點的選擇，亦可驗證是否有違背族群估計軟體的假設情形 (4)。

本研究的調查範圍最北從彰化的崙尾區至最南的王功地區，但是因觀察需要在當日最大潮的前後四小時內完成，而且礙於無法在同一天內對所有的區域做全面的調查，故需要劃分數個區域分批完成。此次研究中回收到有標記的黑腹濱鷸之分佈地點，距離繫放地點最遠約為 4.5 公里，絕大多數距離繫放地點都約在 2-3 公里之間，分佈在鹿港或福、漢寶地區內，而其他地點卻無回收的情形；Rehfishch *et al.* (1996) 於英國的黑腹濱鷸度冬期間，透過不同繫放地點之間的捕捉資料，顯示回收個體的停棲地點可以相距達到 5 公里左右，與本研究的觀察結果 4.5 公里相似。Sanzenbacher and Haig (2002) 以無線電追蹤回收黑腹濱鷸的定位點，距離繫放地點最遠可達 14.9 ± 1.5 公里，主要回收到的定位點在 9.4 ± 0.4 公里，與本研究的觀察結果 4.5 公里相差甚多；推測可能是研究地點的棲地環境與漢寶溼地不同所造成的差異，或者即使在每月的兩次

最大潮時，仍有其他的棲地有黑腹濱鵲族群分佈，而這些棲地是交通工具或人力無法順利抵達進行調查的區域，這部份的推測日後可藉由無線電追蹤或其他方式來驗證推論。

(二) 季節分佈

2004 年 12 月至 2005 年 3 月之前的觀察紀錄顯示，黑腹濱鵲在福寶與漢寶內陸的棲地或海堤區域皆有紀錄，但是自 2005 年 3 月之後僅有很少的個體會停棲在福寶與漢寶內陸的棲地，大部份在漲潮的時段都停棲在漢寶海堤附近，尤其在 2005 年 3 月 24 日的調查中，漢寶海堤的其中一條漁塭堤岸就聚集了 1 仟多隻的黑腹濱鵲，而內陸的棲地僅紀錄到 31 隻的數量，這樣的觀察結果與 Sanzenbacher and Haig (2002) 以無線電追蹤黑腹濱鵲的活動模式結果類似，度冬期間會有往內陸棲地移動的趨勢，而接近春過境時期則無此現象。

二、黑腹濱鵲族群估計結果的探討

2004 年 12 月 10 日至 2005 年 2 月 24 日之間的資料，是以每三次的調查數據為一個估計期間，估計這段期間之可能族群量，主要是為了修正可能因野外觀察的標記數量回收太少所造成的誤差，同時可避免造成高估的情況，但是這樣的方式會拉長族群估計假設的封閉時間。然而調查初期的觀察回收並不好，2004 年 12 月 10 日與 12 月 16 日的回收標記數量都只有一隻，造成第一期（2004 年 12 月 24 日）的估計值與標準誤差都變大，原因可能是調查初期並無法正確掌握到族群的分佈地點；另外在 2004 年 12 月 23 日採用綠色標記了 23 隻，卻因綠色標記在野外不易觀察回收，在無法完整確定野外的回收數量之下，導致後續兩週的數據不列入估計。因此在 2005 年 1 月 11 日之前的數據並不完整，導致無法清楚了解這段時間內族群的變化。在 2005 年 1 月 11 日至 2 月 24 日之間以 Program NOREMARK 的估計結果是觀察計數的 1.9 至 3.2 倍之間；若取這段期間較高的

觀察回收率推估族群量，估計結果則會是觀察計數的 2.5 至 3.4 倍之間，兩種估計方式的結果類似，顯然可能仍有部份族群是一般鳥類調查方法無法觀察計數到；Hestbeck and Malecki (1989) 以標記再觀察法估計加拿大雁於度冬期間的族群量，標記方式是在鳥體的前胸繫上有編碼的標記以利於觀察回收，估計結果為觀察計數的 1.2 至 2.2 倍之間；顯示不同的鳥種與標記方式對於族群量估計的結果會有影響。

2005 年 2 月 28 日至 5 月 9 日之間的資料，各次總標記的數量 (T_i) 值是以兩週為一個單位，而調查數據是以每兩次的調查為一個估計期間，估計這段期間之可能族群量。2 月底至 3 月底的估計結果為 1,238 至 15,424 隻，估計結果的最小值 (1,238) 比觀察總數量的最大值 (2,610) 少，是由於野外觀察的數量變動太大，且可能有部份標記的個體已北返所造成，而估計的最大值 15,424 隻的標準偏差有 6,417 隻，顯然是當次的回收標記量 (m_i) 太低造成的影響，因此若取估計的最大值 15,424 隻與觀察總數量的最大值 2,610 隻來比較，這段期間的族群估計結果大約為觀察計數的 5.9 倍。在春過境末期的族群估計部份，5 月 3 日至 9 日之間的觀察總數量都在 200 隻上下，而估計值也在 1036 至 1245 隻之間，大約是觀察計數的 5 倍左右，由觀察總數量可看出大部份的族群都已北返，雖然仍有觀察到標記的個體，但是這段時間內的標記數量 (T_i) 已無法確定還有多少，因此估計值可能會高估觀察總數量許多。

在族群數量多，並且集中於某一個漁塢的堤岸上時，會不利於觀察回收染色的數量，同時在這段期間的數量變動相當明顯，在兩週進行一次繫放與標記的頻率之下，時間的間隔可能還太長，若能縮短至每週進行一次繫放與標記，可縮短每次的封閉時間。Howes and Bakewell (1989) 提到，在馬來西亞地區以標記再觀察法估計水鳥過境期間的族群量，其標記方式是在鳥體的下腹部以染色標記並繫上代表當地的足旗，估計結果為觀察計數的 3 至 4.5 倍之間；Frederiksen *et al.*

(2001) 提到，在愛爾蘭地區鳥類的秋過境期間，以色環組合的個體標記方式，並配合標記再觀察法估計 Whooper Swans 族群量，每週的調查頻率固定為 3 至 4 次，在 1994-96 年期間的估計結果大約為觀察計數的 1.6 至 2.47 倍之間；顯示在水鳥過境期間，調查頻率能越高越好。

本研究觀察的族群數量有超過 2 千隻以上的部份，只出現在 2005 年的 3 月 24 日至 28 日之間，在 Frederiksen *et al.* (2001) 的研究中指出，在過境期間出現最大族群量的時間相當短，最短的停留時間也可能僅有數個小時；因此，現階段計數調查的資料，可能僅為過境族群中的一部份，無法反應出黑腹濱鵝的實際數量，導致某些關鍵的過境地點可能被忽略。

三、國內外回收資料的討論

根據過去在台灣中部地區繫放回收的紀錄，大肚溪口南岸與福漢寶地區至少有 191 例的個體在同地重複回收的紀錄。另外，進行繫放時會在鳥體的左腳繫上代表台灣中部地區足旗(脛骨白旗/跗蹠藍旗)，可利於在日後野外調查時直接觀察回收，根據過去的觀察回收紀錄，大肚溪口南岸與福漢寶地區的觀察回收，台灣地區足旗的部份也是僅有回收到中部地區的紀錄。在 2002 年福漢寶地區開始進行繫放工作之前，並無觀察回收到中部地區足旗的紀錄，在 2002 年開始進行繫放工作之後才開始有觀察回收的紀錄，顯示大肚溪口南岸與漢寶溼地的黑腹濱鵝族群可能有區隔，同時族群對於棲地選擇的忠誠度亦相當高。

黑腹濱鵝的捕捉或觀察回收的資料，皆可以幫助我們更加瞭解其遷徙的路徑與停留在各地點的時間關係。2005 年的 4 月 21 日至 29 日之間，在漢寶海堤區域附近觀察到三隻次(右腳跗蹠上白旗/下黑旗)由中國大陸崇明島繫放的黑腹濱鵝，是研究人員在 2004 年 10 月所繫放(蔣 2005a)，但是在本研究的觀察期

間內，於 2005 年的 4 月 21 日前並無觀察回收到任何一隻，經由拍照的資料比對之下，判斷這三隻次的觀察結果極有可能都是同一隻個體，因此這隻個體至少會在漢寶溼地停留 9 天，且可能是 4 月份才由其他地區移入的，而漢寶溼地的族群量在 3 月份才開始增加，至 3 月底才開始陸續減少，5 月初左右才會剩下不到一百隻的數量，顯示仍有黑腹濱鵲在漢寶溼地以南的部份族群，可能會在春過境期間會陸續經過漢寶溼地補充能量，而這些過境族群數量的多寡，是很難藉由調查計數的結果來得知，因此透過標放法與 Program NOREMARK 的估計結果，可進一步探討觀察計數所無法得知的族群量可能會有多少。

在中國大陸崇明島，2005 年 4 月 2 日繫放捕捉到台南所繫放的黑腹濱鵲(右腳脛骨白旗/跗蹠藍旗)，並且在 4 月 21 日觀察到在台灣中部地區繫放的黑腹濱鵲(左腳脛骨白旗/跗蹠藍旗)(蔣 2005a)，顯示在台灣中部或台南地區的族群，會有部份族群在北返繁殖地時經過中國大陸的沿海地區，再配合中華民國野鳥學會調查資料顯示，台南四草地區與曾文溪出海口，在每年的 2 月至 3 月份之間陸續減少，3 月份之後就剩下不到一百隻的數量，但是在漢寶溼地或大肚溪口南岸的族群量則是會在 3 月底之後才會陸續減少，因此更可證明台南地區族群的北返時間會比中部地區的族群來得早。此外在漢寶溼地或大肚溪口南岸於春過境時期，並無觀察到台南地區所繫放的足旗，因此在台南地區度冬的黑腹濱鵲族群，於北返時可能不會在漢寶溼地或彰濱地區停留，飛行至中國大陸的沿海地區後才會為了補充能量而停留，而漢寶溼地在春過境期間所增加的族群數量，會是哪個地區的族群至此停留以補充能量，或許可以藉由個體標記的方式與增加調查的頻率以找到答案。

在 2004 年的 10 月 29 日與 2005 年的 2 月 23 日於彰濱工業區的崙尾區內，發現了由阿拉斯加地區繫放的黑腹濱鵲(左腳脛骨暗綠色旗)，台南地區也在 2005 年的 1 月底發現了由阿拉斯加地區繫放的黑腹濱鵲(左腳脛骨暗綠色旗)(蔣

2005a), 因此可以確定在繁殖期分佈於阿拉斯加地區的 *C. arctica* 這個亞種, 於度冬期會南遷至台灣地區度冬。此外, 在 2005 年的 5 月 20 日, 蘇俄的研究人員 Dr. Pavel Tomkovich 於西伯利亞東北方的黑腹濱鷸繁殖地點, 觀察回收到台灣中部地區繫放的黑腹濱鷸 (左腳脛骨白旗/跗蹠藍旗), 當地是黑腹濱鷸亞種 *C. Sakhalina* 的繁殖地 (蔣 2005b), 因此可以確定台灣中部地區有 *C. Sakhalina* 的族群在此度冬, 但無法確定是在彰濱工業區或漢寶溼地度冬的族群, 日後若能以色環組合或編碼足旗的個體標記方式, 就可藉由觀察即得知更詳細的資料。*C. arctica* 與 *C. Sakhalina* 的繁殖地皆位於北半球的高緯度地區, *C. Sakhalina* 是在 5 月份於西伯利亞東北方被發現, 而 *C. arctica* 在台灣地區所發現的時間都約在 2 月份之間, 由回收的時間點關係, 推測這兩種亞種的部份族群很可能在較早的 2 月至 3 月之間就開始北返至繁殖地。

四、可能造成黑腹濱鷸族群估計誤差原因的探討

黑腹濱鷸亞成鳥的特徵在於褐色覆羽會有皮黃色或栗色的全緣 (Warnock *et al.* 1997), 但是會因飛行時與空氣磨擦而漸漸褪去, 造成有些捕獲個體無法確定年齡, 因此在本研究的染色標記並無區分成鳥與亞成鳥。而亞成鳥的存活率在繁殖期或度冬期都比成鳥低, 可能會造成各次野外實際的總標記數量, 比各次繫放總標記的數量 (T_i) 低的情況下, 而有高估整個族群量的情形 (Warnock *et al.* 1997, Sandercock 2003) 此外, Warnock and Takekawa (1996) 指出 Western Sandpipers (*Calidris mauri*) 成鳥會佔據較佳的覓食地點, 造成亞成鳥為了找尋其他的覓食地, 需要有較大的活動範圍, 而這種現象亦出現在許多的水鳥種類上 (Groves 1978, van der Have *et al.* 1984, Goss-Custard and leV. dit Durell 1987), 因此成鳥與亞成鳥分佈的差異, 對於觀察回收後的族群估計結果亦會產生影響。

黑腹濱鷸的雌鳥不論度冬期或在春過境期間的活動範圍都比雄鳥大

(Sanzenbacher and Haig 2002, Warnock *et al.* 2004), 因此在野外觀察回收染色的數量當中, 可能回收到雄鳥的數量會多於雌鳥; 這樣可能會違背族群估計軟體的假設情形(2)與(3), 而影響族群估計的準確性。此外, 日間觀察回收黑腹濱鵝的地點是選擇在其日間與夜間可能出沒的棲地, 但是繫放地點則選擇在其夜間的棲地, Bearhop *et al.* (2003) 認為日夜棲地的不同, 不論在繫放捕捉或觀察回收都會有影響, 活動範圍較小的個體, 被重複回收的機率就較大。

而黑腹濱鵝在停棲時偶爾會集中於某一個漁塢的堤岸上, 這樣會不利於觀察回收, 必須調整多個角度重複觀察以確認有標記的數量與所有的族群數量。風速大小則是影響鳥群的停棲位置, 當風速較小時鳥群會停棲於漁塢堤岸的正上方, 並且在數量多的時候會變的相當密集, 此時變的更不易於觀察, 當風速較大時鳥群會停棲於漁塢堤岸的側邊避風, 這樣的停棲狀態會較容易觀察到是否有標記, 且不易有忽略的情況發生。Ganter and Madsen(2001) 指出在 Svalbard Pink-footed Geese 腳上繫上具有編碼的足旗, 當鳥群聚集過於密集時亦不容易觀察回收, 造成估計值之間會有較大的波動。

在度冬期間的干擾通常來自於猛禽的獵捕行為所造成, 但是在調查期間亦不乏有野狗、觀光客與漁塢主人巡邏產生的干擾。適當的干擾可以造成鳥群聚集程度較為分散, 觀察時可以更加確定觀察的數量; 一般輕微的干擾只會造成鳥群做短距離的移動後, 即停棲到原來或是附近的地點, 對於整體數量的影響可能不大, 但是過度的干擾可能會造成調查工作的不完整, 而必須在隔日重新觀察。

五、如何改善族群估計準確度的探討

(一) 改善標記方式

染色標記並無法掌握個體的狀況下, 適合短期內的研究, 若對於特定物種

有長期的族群研究計畫，還是建議採用個體標記的方式以利於長時間的觀察回收，但是必須注意標記的材質是否會變色或變質與標記可判別的時間。中大型的鳥類可以選擇於胸部繫上有編碼的標記，或是將有編碼的足旗繫在脛骨或跗蹠上，小型的鳥類通常使用色環標記的方式（Kejia *et al.* 2005, 蔣 2005a）。此外，若是能以色環組合、編碼足旗的個體標記方式再配合染色標記，短期內觀察回收的資料可以估計族群量，而長期的觀察回收可以分析個體的分佈範圍、棲地偏好與停留時間，是最佳的族群估計與研究標記方式，但是對於分析標記個體的存活率，依舊會因回收率與個體差異的因素而無法分析（Frederiksen *et al.* 2001）。

（二）調整研究的時間與提高調查的頻率

本研究對於度冬期的族群估計是從 12 月初才開始，但是卻因初期的回收不佳與染色標記因素，導致 12 月至隔年 1 月 11 日前的估計結果並不好，因此需要提早族群估計研究的時間，建議在 10 月份族群抵達的前期就應進行研究，但前提是能找到適合的繫放地點下，就更能掌握族群量的狀況。

日後對於度冬或春過境期間的族群估計研究，若是使用個體標記再配合染色標記的方式下，並且提高調查的頻率，更能準確掌握族群量的狀況，建議一週至少 2 次或是在人力與時間許可的情況下固定 2 天 1 次的調查頻率，尤其是春過境期間的部份，若能在每週進行繫放與標記之下，再配合 2 天 1 次的調查頻率，應可對於過境期間的數量變化更加了解。

（三）族群估計軟體的選擇

若是使用個體標記再配合染色標記的方式下，對於短期內的族群估計研究，使用 Program NOREMARK（JHE）即可達成，因為 Program NOREMARK（JHE）是屬於短期內以封閉狀態下的估計模式（Krebs 1999）。在過境期間的

族群變動較大，必須以更密集的繫放與調查頻率才能得到更準確的估計結果。Program MARK 與 Program CARE-2 是較新的族群估計模式，採用個體標記與回收的方式，可以更準確估算各個期間可能的族群量，其中 Program CARE-2 的介面設計又比 Program MARK 易於了解與應用。若針對黑腹濱鵲有長期的研究計畫下，可以藉由個體的標記、密集的觀察與使用 Program CARE-2；在度冬期間使用封閉的估計模式，而過境期間可在繫放標記後的一週內以封閉模式估計，第二週以開放模式估計，這樣的估計方式可以更符合族群的野外情況與估計模式的假設，瞭解更詳細的族群數量與變化，反應漢寶溼地對於黑腹濱鵲在度冬與過境期間的重要性。

陸、參考文獻

- Bamford, M. J., D. G. Watkins, W. Bancroft, and G. Tischler. in prep. Migratory shorebirds of the East Asian-Australasian Flyway-population estimates and important sites. Wetlands International-Oceania, Canberra. Available from <http://www.wetlands-oceania.org/>.
- Bartmann, R. M., G. C. White, L. H. Carpenter, and R. A. Garrott. 1987. Aerial mark-recapture estimates of confined mule deer in pinyon-juniper woodland. *J. Wildl. Manage* 51 : 41-46.
- Bearhop, S., R. M. Ward, and P. Evans. 2003. Long-term survival rate in colour-ringed shorebirds-practical considerations in the application of mark-recapture models. *Bird Study* 50 : 271-279.
- Bechet, A., A. Reed, N. Plante, J. F. Giroux, and G. Gauthier. 2004. Estimating the size of the greater snow goose population. *Journal of Wildlife Management* 68(3) : 639-649.
- Belant, J. L., and T. W. Seamans. 1993. Evaluation of dyes and techniques to color-mark incubating Herring Gulls. *J. Field Ornithol.* 64(4) : 440-451.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, and D. H. Hill. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press.
- Bookhout, T. A. 1996. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. The Wildlife Society Press.
- Blem, C. R. 1976. Pattern of lipid storage and utilization in birds. *Animal Zoology* 16 : 671-684.
- Cayford, J. T., and R. J. Waters. 1996. Population estimates for waders Charadrii wintering in Great Britain, 1987/88-1991/92. *Biological Conservation* 77 : 7-17.
- Cavanagh, P. M., C. R. Griffin, and E. M. Hoopes. 1992. A technique to

- color-mark incubating Gulls. J. Field Ornithol. 63(3) : 264-267.
- Chao, A. and H.-C. Yang. 2003. Program CARE-2 (for Capture-Recapture Part. 2). Program and User's Guide published at <http://chao.stat.nthu.edu.tw>.
- Chapman, D. G. 1951. Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological censuses. Univ. Calif. Public. Stat. 1, 131-60. [60, 100, 122, 125]
- Colwell, M. A., and R. J. Cooper. 1993. Estimates of coastal shorebird abundance: The importance of multiple counts. J. Field Ornithol. 64(3) : 293-301.
- Dawson, W. R., R. L. Marsh, and M. E. Yacoe. 1983. Metabolic adjustments of small passerine birds for migration and cold. American Journal of Physiology 245 : 755-767.
- Dodd, S. I., and M. A. Colwell. 1996. Seasonal variation in diurnal and nocturnal distributions of nonbreeding shorebirds at north Humboldt Bay, California. The Condor 98 : 196-207.
- Dodd, S. I., and M. A. Colwell. 1998. Environmental correlates of diurnal and nocturnal foraging patterns of nonbreeding shorebirds. The Wilson Bulletin 110(2) : 182-189.
- Frederiksen, M., A. D. Fox, J. Madsen. and K. Colhoun. 2001. Estimating the total number of birds using a staging site. Journal of Wildlife Management 65(2) : 282-289.
- Ganter, B., and J. Madsen. 2001. An examination of methods to estimate population size in wintering geese. Bird Study 48 : 90-101.
- Gross-Gustard, J. D., and S. E. A. leV. dit Durell. 1987. Age related effects in Oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on mussels *Mytilus edulis*. I. Foraging and interference. J. Anim. Ecol. 56 : 521-536.
- Groves, S. 1978. Age-related differences in Ruddy Turnstone foraging and

- aggressive behavior. *Auk* 95 : 95-103.
- Harrington, B. A., and L. E. Leddy. 1982. Are wader flocks random groupings?- a knotty problem. *Wader Study Group Bull.* 36 : 20-21.
- Hestbeck, J. B., and R. A. Melecki. 1989. Mark-resight estimate of Canada goose midwinter number. *J. Wildl. Manage* 53(3) : 749-752.
- Hochachka, P. W., J. R. Neely, and W. R. Driedzic. 1977. Integration of lipid utilization with Krebs cycle activity in muscle. *Fed Proceedings* 36 : 2009-2014.
- Howes, J., and D. Bakewell. 1989. *Shorebird studies manual.* AWB Publication 55. Kuala Lumpur.
- Kejia, Z., A. Boyle, and C. Hassell. 2005 April. Chongming Dao banding program. *The Tattler* 43. Retrieved from <http://www.tasweb.com.au/awsg/>
- Kenward, R. 1987. *Wildlife radio tagging.* Academic Press. London.
- Kennard, J. H. 1961. Dyes for color-marking. *Bird-banding* 32(4) : 228-229.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology-Second Edition.* Benjamin/Cummings.
- Lappo, E. G., and P. S. Tomkovich. 1998. Breeding distribution of Dunlin *Calidris alpina* in Russia. In: Hotker, H., E. Lebedeva, P. S. Tomkovich, J. Gromadzka, N. C. Davidson, J. Evans, D. A. Stroud, and R. B. West. (Eds.). *Migration and international conservation of waders. Research and conservation on north Asian, African and European flyways.* *International Wader Studies* 10.
- Neal, A. K. 1990. Evaluation of mark-resight population estimates using simulations and field data from mountain sheep. M. S. Thesis, Colorado State Univ., Fort Collins. 198pp.
- Neal, A. K., G. C. White, R. B. Gill, D. F. Reed, and J. H. Olterman. 1993. Evaluation of mark-resight model assumptions for estimating mountain sheep numbers. *J. Wildl. Manage* 57 : 436-450.

- Newsholme, E. A. and A. R. Leech. 1983. Biochemistry for the medical science. New York, Wiley.
- Phidot organization website. Program NOREMARK. Retrieved Dec. 01. 2004.
Available: // www.phidot.org/software/
- Pond, C. M. 1981. Storage. Physiological ecology. C. P. Townsend C. R. Massachusetts, Sinauer : 190-219.
- Ralph, C. J., and J. M. Scott. 1981. Estimating Numbers of Terrestrial Birds. Cooper Ornithological Society.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, and D. F. Desante. 1993. Handbook of Field Methods for Monitoring Landbirds. Pacific Southwest Research Station Albany, California.
- Ramsar Convention Bureau. 2000. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- Rehfish, M. M., N. A. Clark, R. H. W. Langston, and J. J. D. Greenwood. 1996. A guide to the provision of refuges for waders : an analysis of 30 years of ringing data from the Wash, England. The Journal of Applied Ecology 33(4) : 673-687.
- Rehfish, M. M., S. J. Holloway, and G. E. Austin. 2003. Population estimates of waders on the non-estuarine coasts of the UK and the Isle of Man during the winter of 1997-98. Bird Study 50 : 22-32.
- Sandercock, B. K. 2003. Estimation of survival rates for wader populations: a review of mark-recapture methods. Wader Study Group Bull. 100 : 163-174.
- Sanzenbacher, P. M., and S. M. Haig. 2002. Residency and movement patterns of wintering Dunlin in the willamette valley of Oregon. The Condor 104 : 271-280.
- Sheaffer, S. E., and R. L. Jarvis. 1995. Bias in Canada goose population size estimates from sighting data. Wildl. Manage 59(3) : 464-473.
- Shepherd, P. C. F. 2001. Space use, habitat preferences, and time-activity budgets

- of non-breeding Dunlin (*Calidris alpina pacifica*) in the Fraser River, British Columbia. Dissertation, Simon Fraser University, Canada.
- Sutherland, W. J. 1996. Ecological Census Techniques. Cambridge University Press.
- van der Have, T. M., E. Nieboer, and B. C. Boere. 1984. Age-related distribution of Dunlin in the Dutch Wadden Sea. In Evans, P. R., Gross-Custard, J. D. and W. G. Hale. (eds) Coastal Waders and Wildfowl in Winter : 160-176. Cambridge : Cambridge University Press.
- Warnock, N., J. Y. Takekawa, and M. A. Bishop. 2004. Migration and stopover strategies of individual Dunlin along the Pacific coast of North America. Canada Journal of Zoology 82 : 1687-1697.
- Warnock, S. E. and J. Y. Takekawa. 1996. Wintering site fidelity and movement patterns of Western Sandpipers *Calidris mauri* in the San Francisco Bay estuary. IBIS 138 : 160-167.
- Warnock, N., G. W. Page, and B. K. Sandercock. 1997. Local survival of Dunlin wintering in California. The Condor 99 : 906-915.
- White, G. C. 1996. NOREMARK: Population estimation from mark-resighting surveys. Wildlife Society Bulletin 24(1) : 50-52.
- 中央氣象局。中央氣象局潮汐預報表。2004年12月1日。
<http://marine.cwb.gov.tw/mmc-fcs/tide/tidefcs.htm>
- 中華民國行政院衛生署食品衛生法。2004年3月。食品添加物使用範圍及限量暨規格標準。
- 中華民國野鳥學會。1993-2002。鳥類調查資料庫。台北。
- 中興工程顧問股份有限公司。1997-2004。彰化濱海工業區開發工程施工期間鳥類監測調查報告。經濟部工業局。台北。
- 尤少彬。1997。環境影響評估中鳥類調查之可靠性探討。野生動物保育教育與

經營管理研討會論文集 16-32 頁。

李致安。2002。大肚溪口南岸濱鵲族群之體脂肪變化與遷徙策略。碩士論文。東海大學環境科學研究所碩士論文。台中。

王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮。1991。台灣野鳥圖鑑。亞舍圖書有限公司。台北。

許富雄、姚正得。2001。野生動物資源調查方法手冊。行政院農業委員會。42-61。

廖自強、羅瑞焜。1998。彰化縣漢寶地區鳥類名錄。野鳥(6):123-129。

劉威廷、蔣忠祐、陳炳煌、陳志豪、許詩涵。2005。台灣水鳥繫放成果報告。候鳥遷徙與繫放學術研討會。

蔣忠祐、李致安、陳炳煌、劉威廷、曾文生、吳彥鋒。2005。利用 TOBEC 探討黑腹濱鵲與鐵嘴？之遷徙模式。候鳥遷徙與繫放學術研討會。

蔣忠祐。2005a。2005 年台灣中部地區第二季水鳥繫放成果報告。台灣水鳥研究通訊 (No6)。
<http://210.240.1.25/%7Ekite/vbb/showthread.php?s=&threadid=26525>

蔣忠祐。2005b。2005 年台灣中部地區第三季水鳥繫放成果報告。台灣水鳥研究通訊 (No7)。
<http://210.240.1.25/%7Ekite/vbb/showthread.php?s=&threadid=26525>

鄭一帆。2003。彰化縣福寶地區高蹺？利用天然環境與人工巢鳥繁殖比較。碩士論文。東海大學環境科學研究所碩士論文。台中。

謝寶森。1986。穿越線法與圓圈法在鳥類族群密度估算之比較。碩士論文。國立臺灣大學碩士。台北。