

結 果

於 2004 年和 2005 年研究期間分別記錄到 7 巢和 11 巢青背山雀使用巢箱繁殖 (表二), 其中有 4 對配偶重複使用巢箱繁殖, 且有 2 對配偶在 2004 年至 2005 年都有使用巢箱繁殖之記錄, 平均窩卵數為 5.722 ± 0.669 枚/巢, 平均雛數為 4.667 ± 1.328 隻/巢。在 18 巢中, 有 13 巢得到完整之秤重資料, 用以進行形值資料之分析; 有 11 巢進行了錄影資料收集, 用於進行雛鳥乞食行為和親鳥食物分配之分析, 由於有些巢在育雛過程為天敵所捕食, 無法持續記錄, 且於 2004 年研究期間, 雛鳥並非都有持續性地秤重, 因此僅以這 11 巢中有進行秤重的天數來進行分析, 共 32 天 (平均每巢分析 2.909 ± 1.375 天), 96 小時, 1221 趟餵食, 其中雄鳥 745 趟, 雌鳥 476 趟。

A. 個體形值

a. 親鳥形值資料

2004~2005 年研究期間共捕獲 9 隻雄鳥, 11 隻雌鳥, 比較成鳥雄雌在形值上的差異 (表三), 結果顯示除了在體長 (male: 110.56 ± 4.67 公釐; female: 104.80 ± 5.10 公釐, $P = 0.020$) 和黑帶寬 (male: 21.33 ± 2.31 公釐; female: 18.68 ± 2.39 公釐, $P = 0.022$) 這兩個項目中, 雄鳥顯著高於雌鳥外, 其餘形值特徵在不同性別的成鳥之間沒有顯著差異。在所捕獲到的雄鳥中, 皆無孵卵斑發育, 雌鳥則皆有發育完全之孵卵斑。

b. 雛鳥性別對雛鳥體重、孵化順序之影響

1. 雛鳥性別比

於 2004 年進行繁殖的 7 巢, 28 隻雛鳥中, 雄性雛鳥有 9 隻, 雌性雛鳥有 19 隻, 於 2005 年進行繁殖的 11 巢, 56 隻雛鳥中, 雄性雛鳥有 35 隻, 雌性雛鳥有 21 隻, 兩年合計雄性雛鳥為 44 隻, 雌性雛鳥為 40 隻, 雄雌比例近似 1:1。

2. 雛鳥體重與孵化順序

在同時有雄、雌性別雛鳥的巢中，雛鳥體重（表四）顯著受到育雛天數的影響，隨著育雛天數的增加，雛鳥體重逐漸上升（Day：coefficient = 0.292， $P < 0.001$ ），但隨著育雛天數的增加，雛鳥體重的增加率逐漸減小（Day*Day：coefficient = -0.067， $P < 0.001$ ）；雛鳥體重亦顯著受到雛鳥孵出順序的影響，越早孵出、排名等級越前的雛鳥體重越重（Hatching order：coefficient = -1.168， $P < 0.001$ ），以統計控制雛鳥孵出順序後，雛鳥性別對於體重無顯著影響（Offspring sex：coefficient = -0.030， $P = 0.827$ ）；在不同育雛天數中，雛鳥性別對體重之影響也沒有顯著差異（Offspring sex*Day：coefficient = 0.069， $P = 0.195$ ）。孵化順序和雛鳥性別間無顯著相關， $\ln(\text{Female} / \text{male}) = -0.768 + 1.554 * \text{Hatching order}$ （ $P = 0.123$ ）。

c. 雛鳥親緣關係對雛鳥體重、孵化順序之影響

1. 偶外交配子代比例

於 2004 年繁殖的 7 巢中（表五），有 3 巢（42.86 %）有偶外交配之行為，其中有兩巢皆為同一對雄雌配偶所繁殖，偶外交配子代佔總雛數的 10.71 %；於 2005 年繁殖的 11 巢中，有 2 巢（18.18 %）有偶外交配之行為，2 巢皆為同一對配偶所繁殖，偶外交配子代佔總雛數的 7.14 %。合併兩年的資料，於 18 巢中共有 5 巢（27.78 %）有偶外交配之行為，偶外交配子代佔總雛數的 8.33 %（圖五）。

2. 雛鳥體重與孵化順序

在有偶外交配子代的巢中，雛鳥體重（表六）顯著受到育雛天數的影響，隨著育雛天數的增加，雛鳥體重也逐漸上升（Day：coefficient = 0.503， $P < 0.001$ ），但隨著育雛天數的增加，雛鳥體重的增加率逐漸減小（Day*Day：coefficient = -0.078， $P < 0.001$ ）；雛鳥體重亦顯著受到雛鳥孵出順序的影響，越早孵出、排名等級越前的雛鳥體重越重（Hatching order：coefficient = -1.156， $P < 0.001$ ），以統

計控制雛鳥孵出順序後，親緣關係對於體重無顯著影響（Paternity：coefficient = -0.228, $P = 0.353$ ）；在不同育雛天數中，親緣關係對雛鳥體重之影響也無顯著差異（Paternity*Day：coefficient = -0.020, $P = 0.808$ ）。偶外交配子代並未顯著地較晚孵化， $\text{Ln}(\text{EPO} / \text{WPO}) = -3.214 + 3.075 * \text{Hatching order}$ ($P = 0.133$)。

因為雛鳥性別和親緣關係對於雛鳥體重無顯著影響，所以將同時有雄雌性別雛鳥的巢和單一性別雛鳥的巢合併，也將有偶外交配子代的巢和整巢皆為原生子代的巢合併分析。

d. 孵化順序、育雛天數對雛鳥體重之影響

1. 雛鳥孵化間隔

由於並非每巢都能觀察到第一隻孵出雛鳥和最後一隻孵出雛鳥其孵出時間，因此於此項分析中樣本數只有 5 巢，其中最早孵出雛鳥和最晚孵出雛鳥孵出時間相差 0.963 ± 0.372 天。

2. 雛鳥體重

雛鳥體重（表七）顯著受到不同育雛天數所影響，隨著育雛天數的增加，雛鳥體重也成逐漸上升（Day：coefficient = 0.274, $P < 0.001$ ），但育雛天數對於雛鳥體重的增加並非線性的，隨著育雛天數的增加，雛鳥體重的增加率逐漸減小（Day²：coefficient = -0.071, $P < 0.001$ ）；雛鳥體重亦顯著受到孵化順序所影響，越早孵出、排名等級越前的雛鳥體重顯著越重（Hatching order：coefficient = -1.038, $P < 0.001$ ），且在不同育雛天數中，孵化順序對體重的影響程度有所不同，越接近育雛後期，體重受到孵化順序的影響越小（Hatching order*Day：coefficient = 0.118, $P = 0.038$ ），Day = 11 時，孵化順序對體重影響的係數為 -1.379，Day = 19 時，孵化順序對體重影響的係數為 -0.435。

雛鳥體重於育雛期之變化如圖六，比較在巢中體重最重和最輕雛鳥於體重上

之差異（圖七），發現在不同育雛天數中，體重最重和最輕的個體相差約 1~2 公克，然而最重和最輕雛鳥體重之差距相對最輕雛鳥體重之比例，隨著育雛天數的增加而呈現逐漸減小之趨勢（圖八）。

3. 雛鳥體重排名

雛鳥體重排名（表七）為等級資料，經過標準化的動作，因此育雛天數對其無任何影響（Day、Day²： $P > 0.5$ ），但雛鳥體重排名仍顯著受到孵化順序所影響，越早孵出的雛鳥其體重排名通常也較前面（Hatching order：coefficient = 0.577， $P < 0.001$ ），且在不同育雛天數中，孵化順序對雛鳥體重排名的影響程度有所不同，越接近育雛後期，雛鳥體重排名受到孵化順序的影響越小（Hatching order*Day：coefficient = -0.072， $P < 0.001$ ），Day = 11 時，孵化順序對體重影響的係數為 0.785，Day = 19 時，孵化順序對體重影響的係數為 0.209。

B. 雛鳥乞食行為

a. 乞食行為指標間的相關性

檢測四個雛鳥乞食行為指標的兩兩相關性（表八），結果顯示雖然在乞食順序和乞食高度（ $r = 0.174$ ， $P = 0.001$ ）以及乞食順序和乞食百分比（ $r = -0.107$ ， $P = 0.05$ ）上到達顯著水準，但兩兩指標間之相關係數 r 值皆不高，表示四個雛鳥乞食行為指標在解釋雛鳥行為上未有很高的重疊程度，各有各的解釋能力。

b. 餵食前雛鳥和親鳥間距離

餵食前雛鳥和親鳥間距離（表九）不受育雛天數、進巢的親鳥性別、乞食雛鳥的體重排名所影響（Day, Parental sex, Body size rank： $P > 0.05$ ）；不同性別的親鳥進巢時，不同體重排名的雛鳥和親鳥間之距離無顯著差異（Parental sex*Body size rank：coefficient = -0.075， $P = 0.188$ ）；在不同育雛天數中，不同體重排名的

雛鳥之反應也無顯著差異 (Body size rank*Day : coefficient = -0.004 , $P = 0.767$)。

c. 乞食高度

雛鳥乞食時的高度 (表九) 不受育雛天數、進巢的親鳥性別、乞食雛鳥的體重排名所影響 (Day, Parental sex, Body size rank : $P > 0.05$) ; 不同性別的親鳥進巢時, 不同體重排名的雛鳥之乞食高度也無顯著差異 (Parental sex*Body size rank : coefficient = -0.049 , $P = 0.169$) ; 在不同育雛天數中, 不同體重排名的雛鳥之反應也無顯著差異 (Body size rank*Day : coefficient = 0.010 , $P = 0.218$)。

d. 乞食順序

雛鳥張嘴乞食順序 (表九) 不受育雛天數、進巢的親鳥性別所影響 (Day, Parental sex : $P > 0.05$) ; 但不同體重排名的雛鳥在乞食順序上有所不同, 體重較輕、排名較後的雛鳥較早張嘴乞食 (Body size rank : coefficient = -0.066 , $P = 0.016$) , 且不同性別的親鳥進巢時, 雛鳥體重排名對乞食順序的影響程度有顯著差異 (Parental sex*Body size rank : coefficient = -0.119 , $P = 0.006$) , 當雄鳥進巢時, 雛鳥體重排名對乞食順序的影響係數為-0.0065, 當雌鳥進巢時, 雛鳥體重排名對乞食順序的影響係數為-0.1255, 即表示在雌鳥進巢時, 體重較輕、排名較後的雛鳥會比體重較重、排名較前的雛鳥更早張嘴乞食; 在不同育雛天數中, 不同體重排名的雛鳥之乞食順序則無顯著差異 (Body size rank*Day : coefficient = 0.004 , $P = 0.687$)。

e. 乞食百分比

親鳥進巢時, 雛鳥張嘴乞食的比例 (表九) 不受育雛天數、進巢的親鳥性別、乞食雛鳥的體重排名所影響 (Day, Parental sex, Body size rank : $P > 0.05$) ; 不同性別的親鳥進巢時, 不同體重排名的雛鳥之張嘴乞食比例也無顯著差異 (Parental sex*Body size rank : coefficient = -0.088 , $P = 0.979$) ; 在不同育雛天數中, 不同體

重排名的雛鳥之反應也無顯著差異 (Body size rank*Day : coefficient = -0.548 , $P = 0.467$)。

C. 親鳥餵食行為

a. 嘗試餵食次數

隨著育雛天數之增加，親鳥於每趟進巢餵食時，嘗試餵食次數呈現逐漸減少之趨勢 (圖九)，且兩性親鳥皆呈現一致之趨勢。

b. 親鳥餵食頻率與餵食量

不論是在觀察時段中，親鳥的總餵食趟數、總餵食量、親鳥對整巢餵食頻率、親鳥對整巢餵食量都顯著受到親鳥性別和巢中雛數的影響 (表十、十一)，雄鳥的餵食頻率和餵食量皆顯著高於雌鳥 (Parental sex : coefficient < 0 , $P < 0.05$)，在雛數越多的巢中，親鳥餵食頻率也越高 (Brood size : coefficient > 0 , $P < 0.01$)。但將餵食頻率或餵食量除以整巢雛數後，親鳥對每隻雛鳥餵食頻率、親鳥對每隻雛鳥餵食量則只受到親鳥性別所影響 (表十、十一)，雄鳥的餵食頻率和餵食量仍顯著高於雌鳥 (Parental sex : coefficient < 0 , $P < 0.05$)，但在不同雛數的巢中則無顯著差異 (Brood size : $P > 0.05$)，在不同育雛天數中亦無顯著差異 (Day : $P > 0.05$)；在不同育雛天數中，兩性親鳥之反應也無顯著差異 (Parental*Day : $P > 0.05$)。

c. 雄鳥佔餵食趟數 (或餵食量) 之百分比

雄鳥佔餵食趟數之百分比 (表十二) 和雄鳥佔餵食量之百分比 (表十三) 在育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例不同的巢中皆無顯著差異 (Day、Brood size、% of male Offspring、% of WPO : $P > 0.05$)。

d. 親鳥餵食位置

檢視進行錄影觀察的 11 巢，不論是在雄鳥或雌鳥，其進巢後位置和餵食前位置多位於巢杯之左右兩側（圖十、十一），且為固定的位置（表十四），並非隨機分佈在巢杯邊緣（Rayleigh test, all $P < 0.001$ ），95 %信賴區間皆小於 60° 。當親鳥進巢後位置位於巢杯右側時（angle: 0° - 180° ），親鳥餵食前位置之角度皆大於或等於進巢後位置之角度（male: 9/9, female: 7/7），當親鳥進巢後位置位於巢杯左側時（angle: 180° - 360° ），親鳥進巢後位置之角度多小於餵食前位置之角度（male: 1/2, female: 4/4），表示親鳥進巢後多會略往巢內移動，才進行餵食。

檢視親鳥進巢後位置和餵食前位置是否有顯著差異（表十五），結果顯示，在雄鳥中，有 5/11 的巢有顯著差異（Watson-Williams test: $P < 0.05$ ），但在這 5 巢中，兩位置平均角度之夾角皆小於 60° ；在雌鳥中，有 9/11 的巢有顯著差異（Watson-Williams test: $P < 0.05$ ），但其中只有 2 巢的兩位置平均角度之夾角大於 60° （#116_(o)、#66_(o)），因此，雖然親鳥進巢後位置和餵食前位置會有所差異，但兩位置之夾角多小於 60° 。

檢視兩性親鳥在巢中之位置是否相同（表十五），結果顯示，在 9/11 巢中，雄鳥和雌鳥進巢後位置有顯著差異（Watson-Williams test: $P < 0.05$ ），但其中只有 2 巢（#113_(o)、#97_(o)）的兩位置平均角度之夾角大於 60° ；在 6/11 巢中，雄鳥和雌鳥餵食前為置有顯著差異（Watson-Williams test: $P < 0.05$ ），但其中只有 3 巢的兩位置平均角度之夾角大於 60° （#113_(o)、#97_(o)、#116_(n)）。

D. 親鳥餵食分配

a. 雛鳥乞食成功百分比與每趟雛鳥獲食百分比

不論是在雛鳥乞食成功百分比或每趟雛鳥獲食百分比（表十六）中，當雄鳥進巢時，和親鳥間的距離較近、乞食高度較高、較早張嘴乞食的雛鳥，被親鳥餵食之百分比比較高（Distance rank、Height rank、Start rank: coefficient < 0 , $P < 0.05$ ），

且在每趟雛鳥獲食百分比中，乞食百分比高之雛鳥被雄鳥餵食之百分比高（Begging percentage : coefficient = 0.23, $P < 0.001$ ）。不同體重排名的雛鳥被雄鳥餵食之百分比有顯著差異（Body size rank : coefficient < 0 , $P < 0.05$ ），體重較重、排名等級較前的雛鳥被雄鳥餵食之百分比高，體重較輕、排名等級較後的雛鳥被雄鳥餵食之百分比低。育雛天數對雛鳥獲食百分比無顯著影響（Day : $P > 0.05$ ）；在不同育雛天數中，不同體重排名的雛鳥其獲食百分比也無顯著差異（Body size rank*Day : $P > 0.05$ ）。

當雌鳥進巢時，和親鳥間距離較近、乞食高度較高的雛鳥，被雌鳥餵食之百分比高（Distance rank、Height rank : coefficient < 0 , $P < 0.05$ ），且在每趟雛鳥獲食百分比中，乞食百分比越高之雛鳥被雌鳥餵食之百分比越高（Begging percentage : coefficient = 0.3, $P < 0.001$ ），但雛鳥張嘴乞食之順序對於雛鳥被餵食與否無顯著影響（Start rank : $P > 0.05$ ）。相較於雄鳥而言，雌鳥傾向餵食體重較輕、排名等級較後的雛鳥，雖然在統計上未達到顯著（Body size rank : coefficient > 0 , $P > 0.05$ ）。育雛天數對雛鳥獲食百分比無顯著影響（Day : $P > 0.05$ ）；在不同育雛天數中，不同體重排名的雛鳥其獲食百分比也無顯著差異（Body size rank*Day : $P > 0.05$ ）。

b. 雛鳥乞食獲食量與每趟雛鳥獲食量

雛鳥乞食獲食量和每趟雛鳥獲食量（表十六）皆經過 Box-Cow transformation $Y' = Y^{-2}$ ，所以係數之正負號在解釋上和一般解釋方向相反。不論是在雛鳥乞食獲食量或每趟雛鳥獲食量中，當雄鳥進巢時，和親鳥距離較近、乞食高度較高、較早張嘴乞食的雛鳥獲食量較高（Distance rank、Height rank、Start rank : coefficient > 0 , $P < 0.05$ ），雖然在每趟雛鳥獲食量中，雛鳥張嘴乞食之順序在統計上未到達顯著（Start rank : $P = 0.104$ ）。雄鳥對於不同體重排名之雛鳥在食物分配上有所不同，體重較重、排名等級較前的雛鳥獲食量較高（Body size rank : coefficient > 0 , $P < 0.01$ ）。育雛天數對雛鳥獲食量則無顯著影響（Day : $P > 0.05$ ）；在不同育雛天

數中，不同體重排名的雛鳥其獲食量也無顯著差異（Body size rank*Day： $P > 0.05$ ）。

當雌鳥進巢時，和親鳥距離較近、乞食高度較高的雛鳥獲食量較高（Distance rank、Height rank：coefficient > 0 ， $P < 0.05$ ），但雛鳥乞食順序對獲食量則無顯著影響（Start rank： $P > 0.05$ ）。相較於雄鳥而言，雌鳥傾向給予體重較輕、排名等級較後之雛鳥較多的餵食，雖然在統計上未到達顯著（Body size rank：coefficient < 0 ， $P > 0.05$ ）。育雛天數對雛鳥獲食量則無顯著影響（Day： $P > 0.05$ ）；在不同育雛天數中，不同體重排名的雛鳥其獲食量也無顯著差異（Body size rank*Day： $P > 0.05$ ）。

c. 食物大小

不論是雄鳥或雌鳥進巢，不同體重排名之雛鳥在平均獲得到的食物大小上（表十七）皆無顯著差異（Body size rank： $P > 0.05$ ），表示兩性親鳥並不會將特別大或小的食物餵食給某一體重排名的雛鳥；育雛天數對於雛鳥獲得的食物大小無顯著影響（Day： $P > 0.05$ ）；在不同育雛天數中，不同體重排名的雛鳥其獲得到的食物大小也無顯著差異（Body size rank*Day： $P > 0.05$ ）。

d. 雛鳥總獲食次數與總獲食量

不論是在雛鳥總獲食次數或總獲食量上（表十八），雄鳥皆給予體重較重、排名等級較前的雛鳥較多的餵食（Body size rank：coefficient < 0 ， $P < 0.05$ ），而雌鳥則傾向給予體重較輕、排名等級較後之雛鳥較多的餵食，雖然在統計上未到達顯著（Body size rank：coefficient > 0 ， $P > 0.05$ ），但就雛鳥獲得兩性親鳥之總獲食次數或是總獲食量（male + female）而言，不同體重排名之雛鳥間並無顯著差異（Body size rank：coefficient < 0 ， $P > 0.05$ ）。

e. 雄鳥佔雛鳥獲食次數（或獲食量）之百分比

不論是在雄鳥佔雛鳥獲食次數之百分比（表十九）或雄鳥佔雛鳥獲食量之百分比（表二十）上，皆顯著受到雛鳥體重排名和雄鳥佔餵食趟數（或餵食量）之百分比的影響，體重較重、排名等級較前的雛鳥其獲食次數（或獲食量）中，雄鳥所佔的百分比顯著較高（Body size rank：coefficient < 0， $P < 0.05$ ）；當雄鳥佔整巢的餵食趟數（或餵食量）之百分比比較高時，雄鳥佔巢中雛鳥獲食次數（或獲食量）之百分比也顯著較高（% of male trips：coefficient = 1.097， $P < 0.001$ ；% of male quantity：coefficient = 1.052， $P < 0.001$ ）；育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例則無顯著影響（Day、Brood size、% of male offspring、% of WPO： $P > 0.05$ ）。在育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例、雄鳥佔餵食趟數（或餵食量）之百分比不同的巢中，雄鳥佔不同體重排名雛鳥之獲食次數（或獲食量）之百分比在程度上並無顯著差異（Body size rank*Day、Body size rank*Brood size、Body size rank*% of male offspring、Body size rank*% of WPO、Body size rank*% of male trips、Body size rank*% of male quantity： $P > 0.05$ ），亦即表示在育雛天數、雛數、雛鳥性別比、原生子代比例、雄鳥佔餵食趟數（或餵食量）之百分比不同的巢中，體重較大的雛鳥其獲食次數（或獲食量）中，雄鳥所佔的百分比都較高。