

# 東亞家蝠與高頭蝠棲息蝙蝠屋之選擇因子

張恒嘉<sup>1\*</sup>、黃致融<sup>2</sup>、鄭先祐<sup>3\*\*</sup>

<sup>1</sup>臺灣永續聯盟

<sup>2</sup>國立臺南大學環境生態研究所

<sup>3</sup>教授，國立臺南大學環境與生態學院

## 摘 要

於2008年5-9月期間，在雲林縣誠正國小設置的52個蝙蝠屋有27個被利用。蝙蝠傾向選擇架設在較高處、顏色較深的蝙蝠屋。這些蝙蝠屋接近水源及舊棲所、覆蓋度較低、日照時數較長、方位偏東，以及遠離樹木的建築物或獨立竿上。在獨立竿上的蝙蝠屋，比在建築物或樹上的更早被蝙蝠使用。東亞家蝠利用蝙蝠屋繁殖育幼，高頭蝠使用蝙蝠屋則是國內首度發現。本研究使用的蝙蝠屋，適合於平地推廣蝙蝠和其他動物復育使用。

**關鍵詞：**蝙蝠屋、東亞家蝠、高頭蝠、復育

---

\* Add: 651 雲林縣北港鎮新街里慶華街 31 號, Tel: 05-7825461, E-mail: mfflavus@yahoo.com.tw

\*\* Add: 701 台南市東區榮譽街 67 號, Tel: 06-2601301, E-mail: hycheng@mail.nutn.edu.tw

## 壹、前言

棲所對蝙蝠相當重要，除可提供蝙蝠繁殖、生殖、育幼、躲避天敵等功能之外，也是維持社會互動的場域 (Kunz and Lumsden, 2003)。安置蝙蝠屋試圖來替代樹洞、或原先被破壞的棲所，也就成爲重要的蝙蝠保育工作 (Bartonicka and Rehak, 2007; Flaquer *et al.*, 2006; Korsten, 2006; Lourenco and Palmeirim, 2004; Mayle, 1990; Tuttle *et al.*, 2004; White, 2004)。

蝙蝠屋可提供許多蝙蝠種類進入棲息，也提供許多稀有、受脅蝠種進入 (Altringham, 2003)。Stebbing (1988) 指出，歐洲30種蝙蝠當中，除蹄鼻蝠科 (Rhinolophidae) 成員之外，絕大多數種類皆曾於蝙蝠屋中發現。Altringham (2003) 表示，褐大耳蝠 (*Plecotus auritus*)、水鼠耳蝠 (*Myotis daubentonii*)、納氏鼠耳蝠 (*Myotis nattereri*)，甚至是稀有的長尾鼠耳蝠 (*Myotis bechsteini*)，皆曾進入蝙蝠屋中繁殖育幼。家蝠屬 (Genus *Pipistrellus*) 的蝙蝠也常在秋季利用蝙蝠屋當成配對場所。此外，北美40多種蝙蝠中，就有16種會使用蝙蝠屋，其中，亦不乏瀕臨絕種的中南美燧蝠 (*Eumops glaucinus*) (Tuttle *et al.*, 2004) 及印第安納蝠 (*Myotis sodalis*) (Butchkowski and Hassinger, 2002; Ritzi *et al.*, 2005; Tuttle *et al.*, 2004)。

影響蝙蝠棲息蝙蝠屋的因素包含蝙蝠屋的形式、架設的位置，以及蝙蝠對蝙蝠屋內部不同微氣候的生理需求 (Mitchell-Jones, 1999; Taylor, 2000; Tuttle *et al.*, 2004)。蝙蝠屋設計的形式而言，較受蝙蝠青睞的蝙蝠屋具有大型 (Korsten, 2006)、黑 (深) 色 (Lourenco and Palmeirim, 2004)、內部多隔間 (Brittingham and Williams, 2000; Lyman, 1970)，以及有較大面積停留板 (White, 2004) 等特徵。蝙蝠屋架設的位置而言，蝙蝠傾向選擇位於年輕且缺乏樹洞的林分 (Ciechanowski, 2005)、掛置於獨立竿或建築物 (Flaquer *et al.*, 2006; White, 2004)、掛置於棲所附近 (White, 2004)、懸掛高度超過4m (Mitchell-Jones, 1999)、面向東方或南方 (Mitchell-Jones, 1999; Tuttle, 1988)、前方較無遮蔽，以及較少人爲干擾 (White, 2004) 等特徵的蝙蝠屋棲息。蝙蝠棲所離水源、建築物或樹林的距離，也是限制蝙蝠的棲所選擇條件之一 (張, 2007; Boonman, 2000; Sedgeley and O, Donnel, 1999)。蝙蝠自身的生理需求而言，不同種的蝙蝠會因爲蝙蝠屋內部微氣候的變異，而有不同的棲所選擇 (Bartonicka and Rehak, 2007; Tuttle, 1988)。同種的繁殖育幼群棲息的蝙蝠屋，其內部溫度可能也與獨棲的雄蝠棲息之蝙蝠屋不同 (Bartonicka and Rehak, 2007; Lourenco and Palmeirim, 2004; White, 2004)。

以台灣及香港的蝙蝠屋實驗爲例，陳怡文 (1993) 發現台大校園鐵籠中的東亞家蝠 (*Pipistrellus abramus*) 傾向選擇有較長隔板，以及有降落板的小型蝙蝠屋。絕大多數東亞家蝠傾向棲息在隔板之間縫隙的頂端。鍾孝瑩 (2004) 於雲嘉地區發現，雲林平原地區及嘉義市丘陵區的東亞家蝠會進入大型蝙蝠屋棲息或繁殖。Chan (2006) 則發現，位於香港濕地公園 (Hong Kong Wetland Park) 的大、小兩種蝙蝠屋也會受到東亞家蝠的青睞。

雖然，蝙蝠屋具有保育上的價值，但並不是所有蝙蝠屋都能成功吸引蝙蝠 (Ritzi *et al.*, 2005)，或是可成功替代蝙蝠的天然棲所提供的功能 (Ciechanowski, 2005; Ritzi *et al.*, 2005)。得知適合蝙蝠棲息的棲所特徵，對蝙蝠的保育來說相當重要。本研究的目的即在探索何種架設位置與設計形式的蝙蝠屋，較適合平地的蝙蝠棲息？並做爲未來蝙蝠屋架設的參考。

## 貳、研究方法

本研究選定雲林縣水林鄉誠正國民小學 (X: 174646, Y: 2613204, TWD97) 爲實驗樣區 (圖 1)。樣區海拔爲 8m，坡度爲 0°，坡向朝西。樣區內行政大樓屋頂曾因嚴重漏水而改建，並於2樓屋簷填補所有穴蝠可以棲息的縫隙。樣區內曾出現的蝠種有東亞家蝠 (*Pipistrellus abramus*)、高頭蝠 (*Scotophilus kuhlii*)、棕蝠 (*Eptesicus horikawai*) 及金黃鼠耳蝠 (*Myotis formosus flavus*)。東亞家蝠主要棲息在行政大樓3樓屋頂以下之各式縫隙；高頭蝠僅於行政大樓東南側1樓的鐵皮縫

隙中發現4-5隻，這些棲所已經連續使用超過5年的時間；金黃鼠耳蝠以6種樹木的葉叢為棲所；棕蝠僅有捕捉紀錄。樣區內木本植物有110棵，依各科數量多寡分屬於桑科 (Moraceae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、樟科 (Lauraceae)、夾竹桃科 (Apocynaceae) 及豆科 (Fabaceae) 等。樣區周圍 200 m 地景依面積大小依序為農耕地、建築區、裸露地 (道路、廣場)、草地、水域。

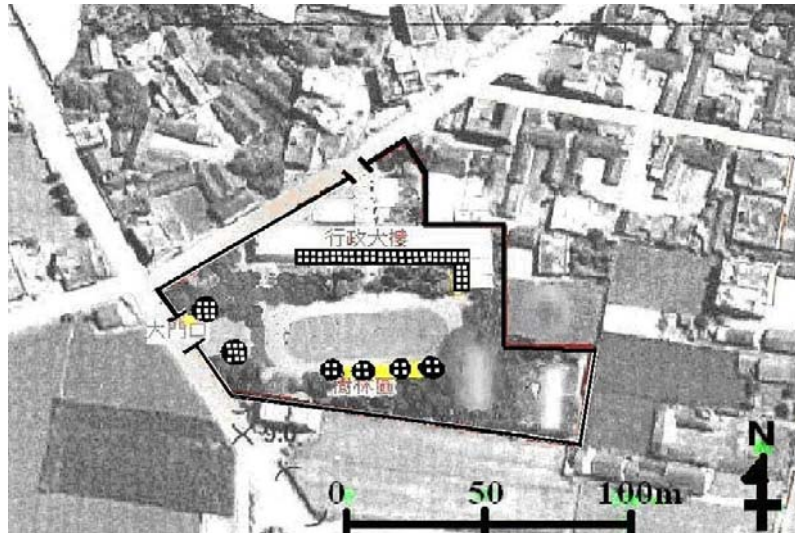


圖1. 雲林縣誠正國小校區研究樣區 (黑線範圍內)。蝙蝠屋架設在網狀區域。行政大樓 (建築物) 24個、樹林區 (樹上) 12個、大門口 (獨立竿) 16個。

本實驗採用的小型蝙蝠屋是使用無化學藥劑防蟲處理的原木製作 (Tuttle *et al.*, 2004)。蝙蝠屋的大小 (詳如圖2)、隔間 (4個隔間)、入口縫隙長寬 (4×2.5cm) 及停留板面積 (306cm<sup>2</sup>) 都相同。木材都使用 1.5cm 寬的柳安木，外表都上防水漆。所有蝙蝠屋都具有左掀式面板，以利進一步觀察。停留板及屋內所有隔間，皆以 2×2cm 的方格鋸出深約 1.5mm 的縫隙，以利蝙蝠攀爬。

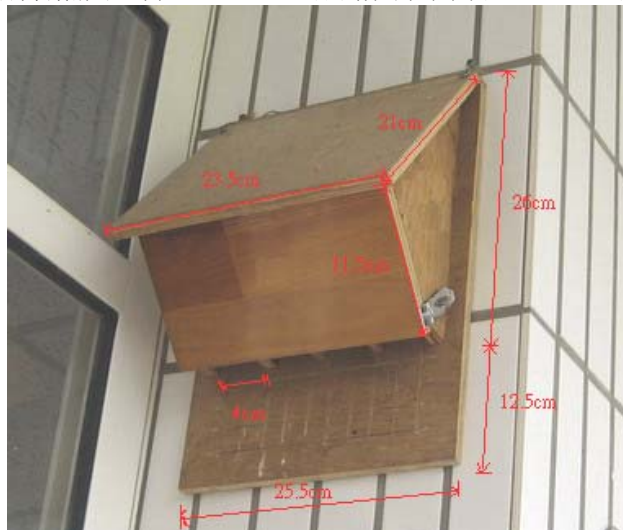


圖2. 本實驗使用的蝙蝠屋大小及形式。

於2008年5月1日將52個蝙蝠屋固定在三種形式的附著物上。其中，行政大樓走廊外的牆壁上 (以下稱建築物) 共設置24個蝙蝠屋；樹林區最外側的黑板樹樹幹 (以下稱樹上) 共設置16個蝙蝠屋；大門口狀似獨立竿的大王椰子 (*Roystonea regia*) 樹幹上 (以下稱獨立竿) 共設置12個蝙蝠屋。遮住蝙蝠屋的樹枝、樹葉等遮蔽物會進行修剪或移除 (Flaquer *et al.*, 2006)，讓蝙蝠屋周圍 2m

內無遮蔽物。蝙蝠屋的顏色、方位、高度、日照時數、覆蓋度，以及該蝙蝠屋離最近棲所（有棲息的縫隙）、最近蝙蝠屋（另一個蝙蝠屋）、最近建築物或樹林與最近淡水源的距離，會列入紀錄。蝙蝠屋的顏色分別為白、淡黃、黃、紅、綠、黑，於5-8月期間利用晴朗的氣候於白天測試其屋內平均溫度與室溫相差依序為 $0.13 \pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 、 $0.24 \pm 0.02^{\circ}\text{C}$ 、 $0.40 \pm 0.04^{\circ}\text{C}$ 、 $0.85 \pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 、 $1.51 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 、 $1.96 \pm 0.23^{\circ}\text{C}$  ( $n=16$ , Mean  $\pm$  SE)。蝙蝠屋的方位指蝙蝠屋正前方所面對的角度。蝙蝠屋的日照時數則計算每個蝙蝠屋被陽光照射的時數，再加以平均。覆蓋度則於蝙蝠屋正下方使用覆蓋儀（Spherical densitometer）往蝙蝠屋之方位測量。蝙蝠屋正下方，最近棲所的確定，則觀察附近建築物或樹林區地下是否有蝙蝠的排遺。若有排遺則往上搜尋蝙蝠的棲所，或利用黃昏時等待是否有穴棲的蝙蝠飛出，藉以判定該處是否為蝙蝠的棲所。之後，再使用皮尺測量最近棲所的距離。最近水源距離的確定，以1/5000地圖由蝙蝠棲所投影處直接計算至距離最短的穩定淡水域。

自蝙蝠屋架設後，迄2008年9月初，每周利用晴朗的白天至少至樣區調查一次。以手電筒往所有蝙蝠屋內觀察是否有蝙蝠棲息。若有棲息，再進一步辨識種類、數量及繁殖與否。難以確定時，則打開蝙蝠屋或使用微型紅外線攝影器輔助，並於30秒內之內完成辨識，以免過度干擾蝙蝠。

以SPSS之獨立樣本T檢驗（t-test）檢定蝙蝠對高度、日照時數、覆蓋度、最近棲所距離、最近蝙蝠屋距離、最近建築物或樹林距離，與最近水源距離之蝙蝠屋的棲所選擇偏好（two-tailed,  $\alpha = .05$ ）。蝙蝠對蝙蝠屋之附著物、顏色，以及方位等棲所選擇是否有偏好，則以卡方檢定（Chi-Square Test,  $\alpha = 0.05$ ）。使用主成份分析（Principal Component Analysis, PCA），分析高度、日照時數、覆蓋度、最近棲所距離、最近蝙蝠屋距離、最近建築物或樹林距離、最近水源距離、附著物（1為樹上、2為建築物、3為獨立竿）、顏色（1為白、淡黃、黃等淡色系，2為紅、綠、黑等深色系），以及方位（1為北， $314^{\circ} - 45^{\circ}$ 、2為西， $224^{\circ} - 315^{\circ}$ 、3為南， $134^{\circ} - 225^{\circ}$ 、4為東， $44^{\circ} - 135^{\circ}$ ）等10個因子。並依據特徵值（eigenvalue） $> 1$ 作為標準，萃取蝙蝠屋棲所特徵要素的共同成份（Kaiser, 1960）。再將每一蝙蝠屋經主成份分析後產生之各個因素分數，以 t-test 來判別棲息與未棲息的蝙蝠屋特徵之主要差異（two-tailed,  $\alpha = 0.05$ ）。

## 參、結果

在樣區內有 52 個蝙蝠屋，東亞家蝠（*Pipistrellus abramus*）或高頭蝠（*Scotophilus kuhlii*）曾棲息的有 27 個（51.9%）。東亞家蝠棲息的蝙蝠屋有 24 個（46.2%）；高頭蝠共使用 5 個蝙蝠屋（9.6%），都是獨棲。其中，有 2 個蝙蝠屋先後被東亞家蝠、高頭蝠輪流使用。東亞家蝠棲息的蝙蝠屋有 7 個，於 5-8 月發現繁殖育幼群，單次最多繁殖育幼群被發現的時間在 6、7 月。於 7 月期間，曾在 5 個蝙蝠屋中發現體型較小、稍具軟黑絨毛、獨棲或成對的亞成蝠，但是未見母蝠。有 1 個原本是東亞家蝠育幼群使用，後來母蝠消失卻發現高頭蝠與 2 隻東亞家蝠幼蝠共棲。高頭蝠有張嘴發聲驅趕東亞家蝠幼蝠的現象，兩隻幼蝠於隔日消失，高頭蝠則繼續佔用該蝙蝠屋。另外，樣區中原先高頭蝠群集棲息的縫隙，於蝙蝠屋中的高頭蝠開始出現後，即無紀錄。

蝙蝠進入棲息平均最早於  $74.1 \pm 6.3$  天（Mean  $\pm$  SE）。其中，東亞家蝠平均最早於  $71.4 \pm 6.0$  天進入棲息，最早在第 34 天進入棲息。高頭蝠平均最早於  $86.2 \pm 19.5$  天進入棲息，最早在第 29 天即進入棲息。兩種蝙蝠平均最早進入棲息的天數，並無顯著差異（ $P > 0.5$ ）。

高頭蝠棲息蝙蝠屋的個數僅為 5，且 40% 的棲息蝙蝠屋與東亞家蝠棲息的蝙蝠屋相同，故兩種蝙蝠對於蝙蝠屋的各項特徵之棲所選擇的值合併比較。表 1 顯示，蝙蝠傾向選擇高度較高（ $P < .001$ ）、日照時數較長（ $P < .01$ ）、覆蓋度較低（ $P < .001$ ）、最近水源距離較短（ $P < .001$ ）、最近棲所距離較短（ $P < .01$ ）的蝙蝠屋。最近蝙蝠屋，以及最近建築物或樹林距離，則無顯著差異。

表 1. 蝙蝠棲息與未棲息的蝙蝠屋的高度、日照時數、覆蓋度、最近水源距離、最近蝙蝠屋距離、最近棲所距離與最近建築物或樹林距離等 7 個棲所特徵之比較。

	棲息的蝙蝠屋 (n=27)		未棲息的蝙蝠屋 (n=25)	
	Mean	SE	Mean	SE
高度** (m)	4.6	2.8	2.5	2.7
日照時數* (h)	6.1	0.4	3.4	0.7
覆蓋度** (%)	28	5	65	7
最近水源距離** (m)	177	3	202	5
最近棲所距離* (m)	2.6	0.3	4.1	3.3
最近蝙蝠屋距離 (cm)	47.9	13.9	61.4	14.6
最近建築物或樹木距離 (m)	6.4	0.5	5.4	4.8

\*表示  $P < .01$ ，\*\*表示  $P < .001$ 。

蝙蝠對附著在不同物體上的蝙蝠屋之棲所選擇，有顯著的差異 ( $\chi^2=16.698$ , d.f.=2,  $P < .001$ )。被蝙蝠棲息的蝙蝠屋有 79.2% 附著於建築物上，然而，建築物上沒被蝙蝠棲息的蝙蝠屋僅有 20.8%。樹上的蝙蝠屋，有 91.7% 不受蝙蝠青睞，僅有 8.3% 被蝙蝠棲息。獨立竿上有 43.8% 的蝙蝠屋曾被蝙蝠棲息，另外 56.3% 的蝙蝠屋未被棲息 (表 2)。

表 2. 蝙蝠對附著於樹上、建築物、獨立竿的蝙蝠屋之棲息與未棲息的數量與比例。

蝙蝠屋 附著物	數量 (個)	棲息的蝙蝠屋		未棲息的蝙蝠屋	
		數量(個)	比例 (%)	數量 (個)	比例 (%)
樹上	12	1	8.3	11	91.7
建築物	24	19	79.2	5	20.8
獨立竿	16	7	43.8	9	56.3
總合	52	27	51.9	25	48.1

依蝙蝠屋內、外的溫度差將蝙蝠屋分為白、淡黃、黃等淡色系，與紅、綠、黑等深色系，則蝙蝠對於不同顏色的蝙蝠屋之棲所選擇，有顯著的差異 ( $\chi^2=9.871$ , d.f.=1,  $P < .01$ )。有 91.7% 的深色系蝙蝠屋被蝙蝠利用，然而，沒被蝙蝠利用的深色系蝙蝠屋只有 8.3%。有 40.0% 的淺色系蝙蝠屋被蝙蝠利用，然而，沒被蝙蝠利用的淺色系蝙蝠屋卻有 60.0% (表 3)。

表 3. 蝙蝠於兩種顏色（淡色系、深色系）的蝙蝠屋之棲息與未棲息的數量及比例。

蝙蝠屋 顏色	數量 (個)	棲息的蝙蝠屋		未棲息的蝙蝠屋	
		數量(個)	比例(%)	數量(個)	比例(%)
淡色系	40	16	40.0	24	60.0
深色系	12	11	91.7	1	8.3
總和	52	27	51.9	25	48.1

蝙蝠對不同方位的蝙蝠屋之棲所選擇，於東方（45° - 135°）及其他方位的比較上，對東方有顯著的偏好（ $\chi^2=5.450$ , d.f.=1,  $P<.05$ ）（表 4）。於北方（315° - 45°）及其他方位的比較上，傾向遠離北方的蝙蝠屋（ $\chi^2=6.711$ , d.f.=1,  $P<.05$ ）。其餘方位的比較，皆無顯著差異。

表 4. 蝙蝠於朝向東方、其他方位的蝙蝠屋之棲息與未棲息的數量及比例。

蝙蝠屋 方位	數量 (個)	棲息的蝙蝠屋		未棲息的蝙蝠屋	
		數量(個)	比例(%)	數量(個)	比例(%)
東方	14	11	78.6	3	21.4
其他方位	38	16	42.1	22	57.9
總和	52	27	51.9	25	48.1

獨立竿上的蝙蝠屋平均最早  $57.1 \pm 4.1$  被發現，建築物上的蝙蝠屋平均最早  $77.5 \pm 6.5$  天被發現，兩者之間並無顯著差異（ $P>.05$ ）。樹上的蝙蝠屋，僅由高頭蝠於第 128 天時進入棲息 1 次。建築物上的蝙蝠屋利用率最高（95%），其次是獨立竿上的蝙蝠屋利用率（43.8%），樹上的蝙蝠屋利用率最低（8.3%）。

蝙蝠棲息與未棲息的蝙蝠屋之 10 個棲所因子，經過取樣適當性檢定（Kaiser-Meyer-Olkin, KMO）後，其值為 0.736；巴氏球形檢定（Bartlett）的值為 618.792 後，其顯著性為 0.000，顯示此資料適合進行因素分析。以 PCA 萃取共同要素後，呈現出 3 個特徵值（eigenvalue）大於 1 之主成份，總變異量為 85.92%（表 5）。第一主成份的變異量為 48.98%，第二主成份的變異量為 22.71%，第三主成份的變異量為 14.23%。經過最大變異數轉軸法（Varmax），對選取的因素進行轉軸。發現於第一主成份負荷量最高的 6 個因素為最近水源距離（-.876）、最近棲所距離（-.839）、附著物（.811）、日照時數（.727）、覆蓋度（-.665）及方位（.632）。第二主成份負荷量最高的因素為蝙蝠屋高度（.863）及蝙蝠屋顏色（.843）。第三主成份負荷量最高的因素為最近蝙蝠屋距離（.935）及最近建築物或樹木距離（.807）。

表 5. 蝙蝠屋的高度、日照時數、覆蓋度、最近水源距離、最近蝙蝠屋距離、最近棲所距離、最近建築物或樹林距離、附著物、顏色、方位與等 10 個棲所特徵之主成份分析表。

	主成份		
	1	2	3
高度	.391	.863	-.094
日照時數	.727	.360	-.565
覆蓋度	-.665	-.453	.480
最近水源距離	-.876	-.433	-.034
最近棲所距離	-.839	-.133	-.383
最近蝙蝠屋距離	-.020	-.276	.935
最近建築物或樹木距離	-.094	.514	.807
附著物	.811	-.301	-.418
方位	.632	.242	-.150
顏色	.126	.843	.001
成份因子的特徵值	4.90	2.27	1.42
變異數的累積%	48.98	71.69	85.92

將主成份因素分數當成分析對象，把每一樣區萃取之三個主成份因素分數，進行蝙蝠棲息與未棲息的蝙蝠屋之比較，發現最近水源距離較短、最近棲所距離較短、傾向獨立竿之附著物、日照時數較長、覆蓋度較低及方位偏向東為主的第一主成份因素分數，以及高度較高、顏色較深為主的第二主成份因素分數，為影響蝙蝠出現在蝙蝠屋與否的重要成份（表 5、表 6）。其中，又以第二主成份因素分數影響比第一主成份大（表 6）。

表 6. 蝙蝠於棲息與未棲息蝙蝠屋對第一、第二及第三主成份因素分數利用差異表。

因素分數	平均數		t
	棲息 (n=27)	未棲息 (n=25)	
第一主成分*	.409	-.442	-3.281
第二主成分**	.439	-.474	-3.737
第三主成分	.018	-.019	-1.325

\*表示  $P < .005$ ，\*\*表示  $P < .001$ 。

設置的 52 個蝙蝠屋有 28 個被非蝙蝠的動物利用。蝙蝠屋中除了蝙蝠之外，屬於脊椎動物的蝎虎 (*Hemidactylus frenatus*) 以及無脊椎動物的昆蟲、蜘蛛和蝸牛也會出現。蝙蝠棲息的蝙蝠屋中，有 37% 被蝎虎、黃斑椿 (*Erthesina fullo*)、白鬚扁蠅虎 (*Menemerus fulvus*)、橫疣蛛 (*Hehnia corticicola*) 和澳洲蜚蠊 (*Periplaneta australasiae*) 等動物棲息。蝙蝠未棲息的蝙蝠屋中，有 68% 被白額高腳蛛 (*Heteropoda venatoria*)、吊鐘姬蛛 (*Achaearanea angulithorax*)、大黑叩頭蟲 (*Agrypnus politus*)，以及一些擬步行蟲類 (*Tenebrionidae*)、蟻類 (*Formicidae*) 和夜蛾類 (*Noctuidae*) 等昆蟲佔據，或是屬於軟體動物的扁蝸牛 (*Bradybaena similaris*) 等生物棲息。上述已知非蝙蝠的動物，棲息於樹上的蝙蝠屋比率有 91.7%，棲息於獨立竿上的蝙蝠屋比率為 62.5%，棲息於建築物上的蝙蝠屋比率為 29.2%。

## 討論

除東亞家蝠 (*Pipistrellus abramus*) 之外，本研究首度發現高頭蝠 (*Scotophilus kuhlii*) 也會住在蝙蝠屋中，是台灣地區首次紀錄。高頭蝠是一種平地常見、棲息於棕櫚科植物的樹棲蝠 (張等, 2005)，但是也常見於建築物縫隙中 (林等, 2004)。雖然，高頭蝠於樣區中都是以獨棲的方式出現，未如於東亞家蝠會以繁殖育幼群方式出現，但此已可顯示本研究所使用的蝙蝠屋的確有吸引蝙蝠入住的保育價值。目前，台灣地區的蝙蝠屋僅記錄到 2 種蝙蝠進入棲息，棲息蝠種的比例仍低。但是，入住蝙蝠屋的蝠種應會隨著未來蝙蝠屋逐漸的推廣與大量架設，而有所遞增 (Stebbing, 1988)。

樣區內蝙蝠棲息的蝙蝠屋通常是架設在較高處，與許多種類的蝙蝠會選擇較高處棲息的結果一致 (張等, 2005; Kunz and Lumsden, 2003)。研究期間也曾發現，有些學童或民眾會刻意去打開、丟擲或敲擊架設在較低處的蝙蝠屋。蝙蝠棲息於高度較高的棲所，或許可降低來自地面掠食者的侵擾 (Vanhof and Bacalay, 1996, 1997)，也可遠離人類的干擾，增加生存繁衍的成功機會。

研究期間正是東亞家蝠及高頭蝠的繁殖期 (林等, 2004; 盧, 1988)，此時常見東亞家蝠繁殖育幼群或是拓殖後的亞成蝠棲息在蝙蝠屋中。選擇較深顏色、日照時數較長或覆蓋度較低的棲所，可獲得稍高的溫度 (Lourenco and Palmeirim, 2004; Tuttle, 1988; Willis and Brigham, 2005)，可能有利於母蝠的生理需求或幼蝠的發育，以確保繁殖成功的機會 (Hamilton and Barclay, 1994; Mager and Nelson, 2001; McNab, 1982; Menzel *et al.*, 1998)。



雖然，面對南方的棲所，通常較溫暖，有利於蝙蝠育幼 (Kunz and Lumsden, 2003)，然而，樣區中面對南方的蝙蝠屋，並未受到蝙蝠的青睞。可能是因為面對南方的蝙蝠屋數量少，且大多覆蓋度較高、能見度差，因而影響蝙蝠的棲所選擇。樣區中蝙蝠傾向使用面對東方的蝙蝠屋，或許可享受及早升溫所帶來的好處 (Tuttle, 1988)。

即使是樣區內每個蝙蝠屋離水源都不是很遠，然而，蝙蝠也會選擇離水源較近處棲息。水對多數蝙蝠的生理需求是一種限制 (McNab, 1982; Webb *et al.*, 1995)。蝙蝠張開翼膜後表面積相對於體積的比值增大，因此，水份散失也較快 (Webb *et al.*, 1995)。棲息在靠近水源處，可能有利於蝙蝠更快速補充水分 (Entwistle *et al.*, 1997; Evelyn *et al.*, 2004; Tidemann and Flavel, 1987)，或許也可減少因距離水源過遠而必須消耗的飛行能量 (Williams and Brittingham, 1997)。

選擇有蝙蝠棲息的地方放置蝙蝠屋，可成功吸引蝙蝠棲息 (White, 2004)，放置在被破壞的舊棲所附近之蝙蝠屋也有助於吸引舊蝠群的進入 (Brittingham and Williams, 2000)。樣區中，大多數被蝙蝠棲息過的蝙蝠屋，都比較接近蝙蝠的舊棲所。而於行政大樓蝙蝠舊棲所旁放置的蝙蝠屋，更曾有 87.5% 被蝙蝠當成棲所使用。另外，高頭蝠在開始使用新設置的蝙蝠屋之後，原先連續使用數年的鐵皮縫隙即無發現。因此，於即將施工處附近廣設蝙蝠屋，應可降低施工過程將蝙蝠逐出以致無家可歸之傷害。

樣區內樹林區的蝙蝠屋較少被蝙蝠使用，建築物或獨立竿上的蝙蝠屋卻較多或較早被使用，類似於溫帶地區的蝙蝠屋棲所選擇 (Flaquer *et al.*, 2006; White, 2004)。獨立竿或建築物上的蝙蝠屋除溫度可能稍高之外，通常也比樹木上的蝙蝠屋空曠，蝙蝠也比較容易發現 (Flaquer *et al.*, 2006)，可能有利於蝙蝠進出棲所 (Sedgeley and O'Donnell, 1999; Vonhof and Barcaely, 1997)。

蝙蝠能與其他動物共同棲息在同一蝙蝠屋中。本研究發現蝙蝠屋內常有壁虎、蜘蛛、昆蟲、軟體動物等動物出現。蝙蝠屋除了提供蝙蝠棲所之外，還能作為其他動物的棲所。澳洲昆士蘭的造林地的蝙蝠屋除了提供蝙蝠棲息外，還記錄到有袋類動物使用 (Smith and Agnew, 2002)。特別是破碎的林相，非蝙蝠的生物有較高的機會入住蝙蝠屋。本研究發現入住其他生物的蝙蝠屋以樹上 (91.7%) 的機會最高，依序為獨立竿 (62.5%) 和建築物 (29.2%)。於破碎的林相設置蝙蝠屋，能增加動物的棲所，以提高生物多樣性 (Smith and Agnew, 2002)。環境受破壞的地方，蝙蝠屋能提供動物作為棲所，達到保育的目標。

溫帶地區或亞熱帶地區有許多蝙蝠都偏好棲息在成熟的樹林中 (張等, 2005; Kunz and Lumsden, 2003)。對樹棲蝙蝠而言，樹林區有較多的天然棲所，讓樹棲蝙蝠擁有較多棲所選擇的機會 (Lewis, 1995)。架設在樹林區的蝙蝠屋可能與棲息於樹木縫隙或樹洞等天然棲所相差太多，而使替代功能不彰 (Ciechanowski, 2005; Ritzi *et al.*, 2005; White, 2004)。而且，不同蝠種偏好不同種類的蝙蝠屋 (Baranuskas, 2007; Taylor, 2000)，對於其他棲息於樹木縫隙或樹洞的蝠種，可能需要進行更多的實驗或設計更符合這些蝙蝠棲息的蝙蝠屋，以釐清樹棲蝙蝠對蝙蝠屋的棲所選擇。

本研究使用的蝙蝠屋體積小而質輕，頗適合平地缺乏自然縫隙的地區，或是即將對房舍施工的地區保育蝙蝠使用。蝙蝠屋最好塗成深色、面對東方、架設在較高的獨立竿或建築物外之陽光充足處。而且，最好架設在離舊棲所較近、鄰近乾淨淡水處，藉以吸引剛失去天然棲所或準備拓殖的蝙蝠使用。

## 參考文獻

- 林良恭、李玲玲、鄭錫奇（2004）台灣的蝙蝠（再版）。國立自然科學博物館。
- 張恒嘉（2007）金黃鼠耳蝠於雲林地區的棲所選擇。私立靜宜大學生態學系碩士論文。
- 張恒嘉、林良恭、鄭先祐。2005。金黃鼠耳蝠在台灣西南部城鄉林地之棲所選擇與數量變動。台灣人文生態研究，7(2)：79-96。
- 盧道杰（1988）竹東地區東亞家蝠活動模式之研究。臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳怡文（1993）台灣北部地區東亞家蝠的棲所選擇。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳亭儒（2004）從符號學角度詮釋傳統吉祥圖案之研究－以蝙蝠吉祥圖案為例。國立新竹師範學院美勞教育研究所碩士論文。
- 鍾孝瑩（2004）台灣蝙蝠屋推動經驗。頁21-31，於：張育誠、徐昭龍（編），台灣的蝙蝠研究：2004年蝙蝠多樣性研討會。台灣蝙蝠學會。
- Altringham, J. D. (2003) British Bats. Harper Collins, London.
- Baranauskas, K. (2007) Bats (Chiroptera) found in bat boxes in Southeastern Lithuania. *Ekologija* 53: 34-37.
- Bartonicka, T., and Z. Rehak. (2007) Influence of the microclimate of bat boxes on their occupation by the soprano pipistrelle *Pipistrellus pygmaeus*: possible cause of roost switching. *Acta Chiropterologica* 9: 517-526.
- Boonman, M. (2000) Roost selection by noctules (*Nyctalus noctula*) and Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*). *Journal of Zoology* 251:385-389.
- Brittingham, M. C., and L. M. Williams. (2000) Bat boxes as alternative roosts for displaced bat maternity colonies. *Wildlife Society Bulletin* 28: 197-207.
- Butchkowski, C. M., and J. M. Hassinger. (2000) Ecology of a maternity colony roosting in a building. Pp. 130-142 in *The Indiana bat: biology and management of an endangered species* (A. Kurta and J. Kennedy, eds.). Bat Conservation International, Austin Texas.
- Chan, C. S. M. (2006) Preliminary results of bat-box trial project in the Hong Kong Wetland Park. *Hong Kong Biodiversity* 13: 13-14.
- Ciechanowski, M. (2005) Utilization of artificial shelters by bats (Chiroptera) in three different types of forest. *Folia Zoologica* 54: 31-37.
- Entwistle, A. C., P. A. Racey, and J. R. Speakman. (1997) Roost selection by the brown long eared bat *Plecotus auritus*. *Journal of Applied Ecology* 34: 399-408.
- Evelyn, M. J., D. A. Stiles, and R. A. Young. (2004) Conservation of bats in suburban landscapes: roost selection by *Myotis yumanensis* in a residential area in California. *Biological Conservation* 115: 463-473.
- Flaquer, C., I. Torre, and R. Ruiz-Jarillo. (2006) The value of bat-boxes in the conservation of *Pipistrellus pygmaeus* in wetland rice paddies. *Biological Conservation* 128: 223-230.
- Hamilton, I. M., and R. M. R. Barclay. (1994) Patterns of daily torpor and day-roost selection by male and female big brown bats (*Eptesicus fuscus*). *Canadian Journal of Zoology* 72: 744-749.
- Kaiser, H. F. (1960) The application of electronic computer to factor analysis. *Educational Psychology Measurement* 20: 141-151.
- Korsten, E. (2006) A Bigger bat house for the Netherlands: A Dutch conservationist puts BCI plans to the test. *Bats* 26: 7-8.
- Kunz, T. H., and L. F. Lumsden. (2003) Ecology of cavity and foliage roosting bats. Pp. 3-89 in *Bat Ecology* (T. H. Kunz and M. B. Fenton, eds.). The University of Chicago Press, Chicago.
- Lewis, S. E. (1995) Roost fidelity of bats: a review. *Journal of Mammalogy* 76: 481-496.
- Lourenco, S. I., and J. M. Palmeirim. (2004) Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): relevance for the design of bat boxes. *Biological Conservation* 119: 237-243.
- Lyman, C.P., (1970) Thermoregulation and metabolism in bats. Pp. 266-299 in *Biology of Bats* (W.

- A. Wimsatt, ed.). Academic Press, London.
- Mager, K. J., and T. A. Nelson. (2001) Roost-site selection by eastern red bats (*Lasiurus borealis*). The American Midland Naturalist 145:120-126.
- Mayle, B. A. (1990) A biological basis for bat conservation in British woodlands-a review. Mammal Review 20: 159-165.
- McNab, B. K. (1982) Evolutionary alternatives in the physiological ecology of bats. Pp. 151-200 in Ecology of Bats (T. H. Kunz, ed.). Plenum Press, New York.
- Menzel, M. A., T. C. Carter, B. R. Chapman, and J. Laerm.(1998)Quantitative comparison of tree roosts used by red bats, *Lasiurus borealis*, and Seminole bats, *Lasuurus seminolus*. Canadian Journal of Zoology 76: 630-632.
- Mitchell-Jones, A. J. (1999) Conserving and creating bat roosts. Pp. 85–104 in: The Bat Workers' Manual (A. J. Mitchell-Jones and A. P. Mcleish, eds.). Joint Nature Conservation Committee Press, Peterborough.
- Ritzi, C. M., B. L. Everson, and J. O. Whitaker Jr. (2005) Use of bat boxes by a maternity colony of Indiana Myotis (*Myotis sodalis*). Northeastern Naturalist 12: 217-220.
- Sedgeley, J. A., and C. F. J. O'Donnell. (1999) Factors influencing the selection of roost cavities by a temperate rainforest bat (Vespertilionidae: *Chalinolobus tuberculatus*) in New Zealand. Journal of Zoology 249: 437-446.
- Smith, G. C., and G. Agnew. (2002) The value of 'bat boxes' for attracting hollow-dependent fauna to farm forestry plantations in southeast Queensland. Ecological Management & Restoration 13: 37-46.
- Stebbing, R. E. (1988) The Conservation of European Bats. Christopher Helm, London.
- Taylor, P. J. (2000) Bats of Southern Africa: Guide to Biology, Identification and Conservation. University of Natal Press, Pietermaritzburg.
- Tidemann, C. R., and S. C. Flavel. (1987) Factors affecting choice of diurnal roost site by tree-hole bats (Microchiroptera) in south-eastern Australia. Australian Wildlife Research 14: 459-473.
- Tuttle, M. D. (1988) America's Neighborhood Bats. University of Texas Press, Austin.
- Tuttle, M. D., M. Kiser, and S. Kiser. (2004) The bat house builder's handbook. Bat Conservation International, Austin, Texas.
- Vonhof, M. J., and R. M. R. Barclay.(1996)Roost-site selection and roosting ecology of forest-dwelling bats in southern British Columbia. Canadian Journal of Zoology 74: 1797-1805.
- Vonhof, M. J., and R. M. R. Barclay. (1997)Use of tree stumps as roosts by the 19 western long-eared bat. The Journal of Wildlife Management 61: 674-684.
- Webb, P. I., J. R. Speakman, and P. A. Racey.(1995)Evaporative water loss in two sympatric species of vespertilionid bat, *Plecotus auritus* and *Myotis daubentoni*, Relation to foraging mode and implications for roost site selection. Journal of Zoology 235: 269-278.
- White, E. P. (2004) Factors affecting bat house occupancy in Colorado. The Southwestern Naturalist 49: 344-349.
- Williams, L. M., and M. C. Brittingham. (1997) Selection of maternity roosts by big brown bats. Journal of Wildlife Management 61: 359-368.
- Willis, C. K. R., and R. M. Brigham. (2005) Physiological and ecological aspects of roost selection by reproductive female hoary bats (*Lasiurus cinereus*). Journal of Mammalogy 86: 85-94.

# Factors influencing the selection of bat boxes by *Pipistrellus abramus* and *Scotophilus kuhlii*

Heng-Chia Chang<sup>1</sup>   Zhi-Rong Huang<sup>2</sup>   Hsien Yu Cheng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Taiwan Sustainable Union

<sup>2</sup>Environmental Science and Ecology, National University of Tainan

<sup>3</sup>Professor, College of Environmental Sciences and Ecology, National University of Tainan

## ABSTRACT

During the period from May to September in 2008, of the 52 bat houses, there are 27 bat houses have been used in Yunlin Cheng Zheng Elementary School. Bats tend to select the bat boxes which site is higher and color is deeper. These bat houses near to the sources of water and the prior roosts which have lower coverage, longer hours of sunshine, eastern direction, and the buildings or independent poles that away from trees. The bat houses attached to the independent poles are earlier used by bats than the buildings or trees. *Pipistrellus abramus* use the bat boxes for breeding nursery, and *Scotophilus kuhlii* use the bat box is found in Taiwan at first time. The bat box in this research is suitable for the promotion of the bat and other hollow-dependent animals as restoration in plain.

**Keywords:** bat box 、 *Pipistrellus abramus* 、 *Scotophilus kuhlii* 、 restoration