

教育部九十六年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：新竹縣湖口新豐地區蝙蝠生態研究暨教材研發

主持人：陳智華

執行單位：新竹縣福龍國民小學

壹、計畫目的

一、研究計畫背景

學童於校園內發現墜落之幼蝠，為了照顧蝙蝠寶寶及解答學童對蝙蝠的各種疑問之下，興起了蝙蝠生態研究的念頭。

二、研究計畫目的

本研究主要的目的有四：

- (一) 新豐湖口地區蝙蝠相調查。
- (二) 了解棲息校園內蝙蝠的棲所環境及其形態特徵、生態習性。
- (三) 解決校內蝙蝠排遺散發惡臭之衛生問題，尋求人蝠共存，以維持校園生態多樣性。
- (四) 配合九年一貫課程，研發蝙蝠生態的補充教材及作為推廣保育工作的參考。

貳、執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

一、校內支援情形

配合本研究案不干擾破壞蝙蝠棲所，並於夜間開放學校場地方便蝙蝠觀察。

二、計畫執行人員與工作執掌：

表 1 計畫人員工作執掌表

| 執行計畫人員 | 姓名 | 工作執掌 |
|--------|-----|----------------|
| 計畫主持人 | 陳智華 | 總理計畫執行 |
| 協同研究人員 | 潘淑華 | 計劃撰寫、資料蒐集、野外調查 |
| 協同研究人員 | 何啟煊 | 野外調查、報告撰寫 |
| 協同研究人員 | 許千惠 | 資料蒐集、經費支出規劃與核銷 |
| 協同研究人員 | 陳俊志 | 野外調查、網頁製作 |
| 協同研究人員 | 莊豐松 | 野外調查、報告撰寫 |
| 協同研究人員 | 溫振義 | 野外調查、報告撰寫 |

參、研究方法

一、生態研究

(一) 蝙蝠相調查

1. 捕捉實體：蝙蝠飛行路徑架設霧網或以昆蟲網置於巢穴口進行蝙蝠捕捉，依據台灣的蝙蝠一書並諮詢台灣蝙蝠學會以鑑定種類。
2. 超音波記錄：礙於蝙蝠某些活動區域不易接近架網或飛行高度過高而無法捕捉，因此使用蝙蝠音頻偵測器(ANABAT SD1) 記錄蝙蝠活動過程所發出之超

音波音頻，委由台灣蝙蝠學會分析音頻、確定種類。

(二) 校內蝙蝠之棲所環境及其形態特徵、生態習性調查

1. 棲所環境調查：描述並測量校內蝙蝠棲所之環境特性，放置溫度/相對濕度/照度記錄器(HOBO Temp/RH/Light data logger)監測棲所內部之微棲地環境變化。
2. 形態特徵記錄：記錄捕捉及拾獲蝙蝠之性別、成長階段、毛色、鼻部特徵、耳殼及耳珠形狀，並以重量、前臂長、翼展長作形質測量。
3. 生態習性調查：
 - (1) 群集量調查：每月 2~3 次於傍晚蝙蝠離巢時段，利用直接目視觀察並輔以手按式計數器記數外飛、返巢之蝙蝠隻次，若蝙蝠大量集中離巢，則統計至五分鐘內無個體飛出為止，以此時段內之總飛出隻次扣除總返巢隻次之淨值代表群集量；若分散離巢或持續有蝙蝠飛出、返巢，則以一小時內之總飛出隻次扣除總返巢隻次所得淨值來表示群集量。
 - (2) 食性分析：東亞家蝠每月的排遺集中一次採集，高頭蝠則每週採集一次，僅採集當天的排遺，排遺樣本於實驗室中隨機挑選 10 顆，利用電子游標尺及電子秤測量單顆之長度、重量，再浸泡於 95% 酒精使其完全鬆散，置於解剖顯微鏡檢視其中碎片，以內田亨(1972)編著之動物系統分類學及McAney et al.(1991)之蝙蝠排遺分析為依據，並對照於蝙蝠覓食區利用昆蟲網所採集之動物標本，將可判斷之排遺碎片鑑定分類至目。

二、建置蝙蝠屋

蝙蝠屋是以 1.5cm 厚之乾淨無毒的戶外用合板，「木製」蝙蝠屋能微調蝙蝠屋內的環境，比較能穩定屋內的溫度、溼度。屋子高 60cm、寬 40cm，並且有 10cm 的「降停區」方便蝙蝠攀附用。掛置的位置要高，前方不宜被建築物、樹木遮到。除了高度之外，還必須考量蝙蝠屋是否照得到太陽，最後，為了解決蝙蝠排遺所造成的環境問題，在蝙蝠屋下可以放置像園藝用的托盤，收集到的排遺不但可以進行排遺分析，也是最佳的肥料。

三、課程設計

檢視現有國小教科書有無蝙蝠或其他生態保育之相關內容；將蝙蝠生態融入現有課程及研發蝙蝠生態的補充教材，作為生態教育、環境教育及生命教育的參考。

肆、目前完成程度

一、新豐湖口地區蝙蝠相調查：

(一) 棲息於校園內之蝙蝠種類及棲所形態

福龍國小、瑞興國小位於新豐鄉郊區，海拔高度分別為 32m、86m，學校四周多是農業用地。新湖國小位於湖口鄉人口密集之市區，海拔高度 55m，學校四周為住宅、商業區，緊鄰縱貫鐵路、省道，但住宅、商業區之腹地不大，學校約半徑 1 公里之外圍即與農地相鄰，和福龍國小、瑞興國小四周之農地連成整片農業區，此農業區以種植水稻為主，近年來部分呈休耕狀態，周遭環境散佈

著許多渠道水圳、水池埤塘。

目前於以上三所學校內發現日間棲息在校內之蝙蝠共一科二種，蝙蝠科之東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)和高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)。棲息於福龍及瑞興國小校園內的蝙蝠皆為東亞家蝠，日間以建築物孔洞縫隙、走廊燈具、牆壁掛圖背後為日棲所，其平均高度約 3.7m，夜間以涼亭屋簷、電線盒、管路縫隙為夜棲所，其平均高度約 3.2m，除了二處方位朝北外，其餘皆為朝南。新湖國小校園棲息之蝙蝠為高頭蝠，以大門口二側乾枯未掉落之蒲葵樹葉叢為日棲所，校門口北側蒲葵有 15 棵，南側則有 6 棵，枯葉叢末端至地面平均高度為 4.9m，此列蒲葵樹位於校地的西方，蝙蝠群集約 2~3 天換一棵樹棲息，校內無發現其夜棲所。

(二) 新豐湖口地區蝙蝠相調查

除了在三所學校內發現之蝙蝠共一科二種，蝙蝠科之東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)和高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)之外，亦分別於新豐湖口蝙蝠出現頻繁之地區(中山橋、中正橋、七股溪、農田)，使用蝙蝠音頻偵測器(ANABAT SD1)記錄蝙蝠活動過程所發出之超音波音頻，經由台灣蝙蝠學會分析音頻，確定物種，發現新豐湖口地區除了東亞家蝠、高頭蝠之外還有蝙蝠科之摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、棕蝠(*Eptesicus serotinus horikawai*)、絨山蝠(*Nyctalus velutinus*)、台灣鼠耳蝠(*Myotis taiwanensis*)及游離尾蝠科之游離尾蝠(*Tadarida sp.*)等蝙蝠，這些新發現的蝙蝠族群從哪裡來，住在哪裡必須捕捉實體及尋找其棲息地來進一步確認。

二、棲所環境特性

為了解蝙蝠棲所之環境特性，於福龍國小、新湖國小各擇一蝙蝠日棲所放置溫度/相對濕度/照度記錄器，測得東亞家蝠與高頭蝠之微棲地環境資料；並由中央氣象局網站(<http://www.cwb.gov.tw/>)得知新竹地區 2006 年之氣象資料，見表 2。

表 2 新竹地區、東亞家蝠及高頭蝠棲所環境資料

| 環境因子 | | 溫度(°C) | | | 相對溼度(%) | | |
|------|--------|--------|------|------|---------|----|----|
| | | 平均 | 最高 | 最低 | 平均 | 最高 | 最低 |
| 5 月 | 新竹地區 | 25.7 | 34.8 | 17.6 | 73 | 99 | 28 |
| | 東亞家蝠棲所 | 29.0 | 30.0 | 27.4 | 88 | 92 | 78 |
| | 高頭蝠棲所 | 28.4 | 30.4 | 26.4 | 78 | 83 | 73 |
| 6 月 | 新竹地區 | 27.6 | 33.7 | 23.3 | 79 | 99 | 54 |
| | 東亞家蝠棲所 | 28.6 | 32.1 | 25.0 | 90 | 91 | 80 |
| | 高頭蝠棲所 | 27.2 | 32.2 | 23.3 | 84 | 98 | 62 |

以 5 月份來看，新竹地區之平均溫度 25.7°C，但溫差高達 17.2°C，平均相對濕度 73%，相對濕度差高達 71%；東亞家蝠棲所平均溫度 27.2°C，溫差僅 2.6°C，平均相對溼度 88%，相對濕度差僅 14%；高頭蝠棲所平均溫度 28.4°C，溫差 4°C，平均相對濕度 78°C，相對濕度差 10°C。可以發現蝙蝠棲所的溫度、

相對溼度偏高，棲所外之環境變異非常大，而棲所內之微棲地則明顯穩定；六月份資料亦類似情形。整體而言，蝙蝠棲所具有溫暖、溼度高且穩定的特性。

雖然蝙蝠棲所為一穩定環境，但可以發現棲所環境依然會受大環境之天氣影響而造成變動，例如 6 月 7、8 日下雨造成溫度下降、相對濕度上升。進一步比較東亞家蝠與高頭蝠棲所之環境變化程度，高頭蝠棲所於圖中波動的幅度較大，東亞家蝠則具有較高的穩定性，其原因應與二種棲所形態不同有關，高頭蝠棲所位於戶外蒲葵樹葉叢而東亞家蝠位於建築物縫隙，相較之下高頭蝠棲所比較容易受大環境影響，因此變化程度較大。

三、東亞家蝠及高頭蝠之形態構造及生態習性

(一) 形態構造：

東亞家蝠毛髮灰黑蓬鬆，高頭蝠則呈黃褐色，伏貼於身體；二者的鼻部單純，耳珠呈弧曲形，耳殼分別呈三角形、橢圓形；二者前肢皆特化具有黑色翼膜，指骨延長以撐開翼膜，僅第一指有爪，以便攀爬或理毛，其餘指均無鉤爪；而後肢五趾均具有鉤爪，主要功能為懸掛。尾巴全為股間膜包住，可以在蝙蝠捕捉昆蟲時，當做捕蟲的網袋之用。

表 3 東亞家蝠及高頭蝠形質測量表

| 形態 種類 | 性別 | 前臂長(cm) | 翼展長(cm) | 體重(g) |
|----------|----------|---------|----------|----------|
| 東亞家蝠 | 雄 (n=5) | 3.1±0.2 | 20.8±1.5 | 5.5±0.7 |
| | 雌 (n=5) | 3.4±0.1 | 21.7±1.4 | 6.5±0.7 |
| 高頭蝠 | 雄 (n=9) | 5.0±0.1 | 32.7±1.2 | 17.1±1.4 |
| | 雌 (n=11) | 5.1±0.2 | 32.9±1.9 | 21.2±2.5 |

形質測量結果如表 3，發現高頭蝠的前臂長、翼展長及重量均大於東亞家蝠，東亞家蝠與高頭蝠之雌蝠前臂長、翼展長及重量皆大於該種雄蝠。

(二) 生態習性：

1. 群集數量

因瑞興國小東亞家蝠數量僅 3~4 隻，人力集中考量之下，僅計數福龍國小東亞家蝠及新湖國小高頭蝠數量。調查發現東亞家蝠與高頭蝠月平均數量之變化趨勢相似，五月份東亞家蝠 2 隻、高頭蝠 73 隻，7、8 月份數量大幅增加，應是幼蝠已具飛行能力而飛出覓食；9 月份蝠群數量達到最高峰，東亞家蝠 61 隻、高頭蝠 867 隻，10 月蝠群數量驟減，推測原因乃氣溫下降，蝙蝠已開始遷出至他處度冬，至於是否會全數遷離或何時全數遷離，則有待後續觀察。

2. 食性分析

排遺樣本採集自 6 月至 9 月，東亞家蝠、高頭蝠各 40 顆。東亞家蝠排遺樣本之平均長度 $0.891 \pm 0.154\text{cm}$ 、平均重量 $0.011 \pm 0.003\text{g}$ ，排遺碎片包含鞘翅目、膜翅目、雙翅目、同翅目、鱗翅目、嚙蟲目、半翅目共七目；高頭蝠排遺樣本之平均長度 $1.190 \pm 0.106\text{cm}$ 、平均重量 $0.029 \pm 0.007\text{g}$ ，排遺碎

片包含有鞘翅目、半翅目、雙翅目共三日。

四、掛置蝙蝠屋

自 7 月 1 日起於福龍國小二樓走廊（三個，朝南，高度 3.2m）及廚房頂樓（一個，朝東，高度 4m）共掛置四個蝙蝠屋，截至目前為止已經發現一個蝙蝠屋有蝙蝠棲息，其餘三個尚未獲蝙蝠青睞，可能是因為校園週遭蝙蝠棲所數量多且不易受干擾而不輕易轉換棲所，也可能是蝙蝠尚未發現蝙蝠屋的存在或者是因為蝙蝠屋放置的位置不適宜，真正原因仍有待研究。

五、課程設計

檢視現有國小教科書有關生態保育之相關內容及了解學生對於蝙蝠之認知以研發蝙蝠生態的補充教材及將蝙蝠生態融入現有課程。

- (一) 檢視現有國小教科書發現二~六年段各版本分別在生活、國語、藝術與人文、綜合、社會及自然等領域出現生態保育之課程內容。
- (二) 設計蝙蝠問卷調查，了解新豐湖口地區國小六年級學生對於蝙蝠之認知情形：

表 5：蝙蝠問卷調查結果

| 題號 | 題目/各題選項比率（選項人數/總人數） | 答對率 |
|----|---|-----|
| 9 | 你知道蝙蝠是屬於哪一類的動物嗎？ 1 鳥類（8%） 2 哺乳類（78%） 3 爬蟲類（3%） 4 昆蟲類（2%） 5 兩棲類（7%） | 78% |
| 10 | 你知道蝙蝠主要的食物來源是什麼？（可複選） 1 牛奶（3%） 2 昆蟲（44%） 3 吸動物的血（50%） 4 果實（29%） 5 花粉（7%） 6 不知道（16%） | 33% |
| 11 | 你知道蝙蝠主要的棲所在哪裡嗎？（可複選） 1 建築物（19%） 2 樹木（21%） 3 雜草（4%） 4 洞穴（68%） 5 不知道（17%） | 36% |
| 12 | 你知道目前在台灣發現的蝙蝠種類有幾種嗎？ 1 1-10種（13%） 2 10-20種（20%） 3 21-30種（16%） 4 不知道（45%） | 16% |
| 13 | 根據蝙蝠活動時間來判斷，你知道蝙蝠是屬於哪一類的動物嗎？ 1 胎生動物（87%） 2 卵生動物（3%） 3 卵胎生（6%） 4 不知道（0%） | 87% |
| 14 | 你認為蝙蝠在溫度的調節上是屬於下列哪一種？ 1 變溫動物（31%） 2 恆溫動物（44%） 3 不知道（26%） | 26% |
| 16 | 目前的教科書或者是課堂上，您覺得有充分介紹蝙蝠嗎？ 1 資訊充足（4%） 2 普通（35%） 3 資訊不足（33%） 4 完全沒有（27%） | |
| 17 | 您贊成目前教科書應該教小朋友認識蝙蝠嗎？ 1 非常贊成（22%） 2 贊成（24%） 3 沒意見（43%） 4 不贊成（5%） 5 非常不贊成（3%） | |
| 18 | 如果教科書或課堂上加入蝙蝠的課程，你最想了解蝙蝠的哪些知識？（可複選） 1 長相特徵（48%） 2 回聲定位系統（56%） 3 食性分析（52%） 4 棲所環境（50%） 5 蝙蝠的種類（68%） 6 生育繁殖（53%） 7 其他（5%） | |

統計 9~14 題整體答對率為 46%，顯示受訪學生對蝙蝠有基本的認識，

而對於蝙蝠之概念仍以吸動物的血、住在洞穴的比率較高。對於目前的教科書或者是課堂上，是否有充分介紹蝙蝠，有 60%認為資訊不足或完全沒有；有 46%學生非常贊成或贊成教科書應該教認識蝙蝠，他們最想知道蝙蝠的哪些知識，依序是蝙蝠的種類、回聲定位系統、生育繁殖、食性分析、棲所環境及長相等議題。

(三) 設計與研發新豐湖口地區蝙蝠學習手冊。

(四) 進行蝙蝠融入各領域之教學活動設計。

六、推廣課程

帶領學生進行蝙蝠生態教育課程，分別規劃前導課程、實作課程以及參訪課程，認識與推廣蝙蝠之生態教育，維護校園生態多樣性，扎根生態保育之概念，永續經營。

伍、預期成果

一、了解新豐湖口地區之蝙蝠相。

二、了解校內蝙蝠的形態構造、棲所環境及生態習性。

三、設置蝙蝠屋，方便學生觀察、分析蝙蝠棲所，並期待能解決其排遺所造成之環境衛生問題。

四、了解現有國小教科書有關生態保育內容之現況及學生對於蝙蝠之認知情形，研發蝙蝠生態的補充教材。

陸、檢討

一、研究團隊對於蝙蝠的專業知識不足，整個研究歷程有賴專家指導及蝙蝠學會之協助，從作中學，備感辛苦。

二、實際著手研究後，發現似乎將題目訂得太廣了，例如要調查新豐湖口地區的蝙蝠相，比想像中還要投入更多的時間與儀器，很多蝙蝠活動的地方其實不好靠近調查，因此，在野外蝙蝠相的調查難免會有疏漏之處。

三、本計劃研究過程中，購置溫度/濕度/照度記錄器監測微棲地環境，廠商評估該儀器之電量至少可使用六個月，9月中旬將儀器取下讀取數值才發現電量早已耗盡，僅5、6月有資料，所幸仍可以看出蝙蝠棲所的環境特性，也學到一個經驗，要勤讀取儀器數值，減低資料遺漏的風險。

四、本計劃自四月核准至十二月結案，對研究蝙蝠生態來講時間稍嫌不足，無法看出蝙蝠生態年週期的完整變化，例如蝙蝠在幾月份回到校園棲所、幾月進入繁殖期等問題，因為錯過時間而未能及時觀察，此為較可惜之處。