

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科
(鄉土)教材獎

080302

型不型？—青斑蝶前翅翅型、面積與越洋行為的
關聯

學校名稱：澎湖縣湖西鄉隘門國民小學

作者： 小六 陳媼霓 小六 鄭雯涵 小五 郭沛君 小五 郭雨菲 小五 呂采璇	指導老師： 許自由 陳俐文
---	-------------------------

關鍵詞：青斑蝶、翅型、面積

型不型？—青斑蝶前翅翅型、面積與越洋行為的關聯

摘要

本年度在湖西林投尖山步道標放青斑蝶總數比例為歷年來最高，推測應與風向及青斑蝶抵澎湖位置有較大關聯；雌蝶數量約占總數 41.0%，高於歷年平均數值，同時整個研究過程皆維持略高比例，與往年僅存在初期與末期的高雌蝶比率不同，是否為單一年度的偶發現象？有待持續研究。由網格膠片與紀錄紙量尺所得數據顯示，不同測量前翅長的方式皆為可行紀錄方式；青斑蝶前翅長度與寬度的比值約為 2，翅型較類似 2 個等腰三角形上下疊合之寬翼鳶形；以方格法計算青斑蝶前翅面積，發現前翅長與面積平方成正比；以青斑蝶前翅長寬比的差異超過 10% 來定義不同翅型，僅有 1.5% 分屬不同翅型，應是族群內偶發差異現象，故可推論青斑蝶前翅翅型並不影響其越洋行為。

壹、研究動機

青斑蝶課程是本校五年級的校訂課程，依據青斑蝶各項主題進行探究也是課程內容之一。澎湖從 2013 年發現日本越洋青斑蝶後，本校從 2015 年便投入青斑蝶標放研究，透過每年的標放與調查以累積基礎資料外，並透過學長姐歷年的研究主題，從而進一步了解青斑蝶的生態與渡海行為。

本年度的研究，我們持續參與青斑蝶的標放工作以累積基礎資料外，我們將 10 年來所累積的資料進行分析，並回顧青斑蝶議題在澎湖的研究成果，同時立基在學長姐的研究基礎上，想了解渡海抵澎的青斑蝶，其前翅翅型是否存在不同的類型？翅型與面積的關係？而不同翅型是否會影響青斑蝶的渡海行為呢？

貳、研究目的

- 一、透過青斑蝶標放調查工作，持續累積本校在青斑蝶的各項生態資料。
- 二、透過分析 2013~2022 年 10 年所累積的青斑蝶資料，以統整青斑蝶在澎湖的研究成果。
- 三、比較前翅長度的不同測量方式對測量結果的差異，以供未來調查研究之建議。

四、透過調查資料，分析越洋青斑蝶的前翅翅型種類。

五、分析青斑蝶前翅長與前翅面積的關係，並探究其與渡海行為的關聯。

參、研究設備及器材

一、標放與紀錄用具：捕蝶網、油性簽字筆、紀錄表、相機或手機。

二、前翅長度與面積測量：網格板、相機或手機。

三、2013~2022 年標放原始資料數位檔案。

肆、研究方法、結果、討論

一、2022 年澎湖青斑蝶的標放與再捕獲

(一)研究方法：

- 1.以「標識再捕法」(MRR, Mark-Release-Recapture)進行青斑蝶的標放，並紀錄 2022 年越洋抵澎青斑蝶的各項生態資料。
- 2.紀錄澎湖地區原地再捕獲與再捕獲日本標放青斑蝶之資料。

(二)研究步驟：

- 1.選擇澎湖西嶼西堡壘、湖西林投尖山步道為主要研究場域，輔以澎湖其他發現青斑蝶地點，以捕蝶網捕捉渡海抵澎的青斑蝶。
- 2.填寫青斑蝶標放紀錄表之基本資料，如地點、日期、時間、天氣、標放者等。
- 3.進行青斑蝶標記，以油性筆在捕獲青斑蝶的左後翅中室標記地點代碼、日期，右後翅中室標記標放者代碼、標放編號等 4 項資料(陳，2018)。
- 4.記錄青斑蝶各項生態資料，包含標記符號、性別、新鮮度、翅的破損、前翅長等，並在完成各項紀錄後拍照釋放。
- 5.對於原地再捕獲青斑蝶，即由澎湖標放再捕獲的青斑蝶，則紀錄其標記符號與再捕獲日期等資料，同時紀錄是否於澎湖當地具有跨越兩研究區的情形。
- 6.對於越洋再捕獲青斑蝶，即翅上有日本標記之青斑蝶，則紀錄其標記符號、再捕獲日期與地點、再捕獲者等資料，並貼於青斑蝶刺青會社之臉書社團，分享再捕獲訊息。
- 7.將標放原始紀錄數位化後，分析本研究年度青斑蝶之各項生態紀錄。

(三)研究結果與討論：

- 1.本研究年度(2022)由本校調查團隊、台灣青斑蝶移動研究協會與其他單位或個人進行青斑蝶標放，總共標放 234 隻青斑蝶，主要捕獲地區集中於西嶼西堡壘(N=134)與湖西林投尖山步道(N=90)兩處。其中湖西林投尖山步道捕捉總數 90 隻，佔標記總數 38.6%，為歷年來最高比例(2017 年 16%、2018 年 14%、2019 年 7%、2020 年 27%、2021 年 20%)，推測此情形應與風向及青斑蝶飛抵澎湖的位置有較大關聯。
- 2.本研究年度標放總量(N=234)與前一年有明顯落差，推測其原因是因為青斑蝶越洋抵澎是一種依靠東北季風風力與風向的無規律擴散行為有關，同時若由日期觀察標放數目之連續變化，本年度約略出現三次峰值，但是數量差距幅度不若往年(圖 4.1.1)，若以大尺度觀之，本年度之極大值出現在 10/28，較歷年極大值落在 11/10 前後，大約提前 1~2 星期，此亦證明抵澎青斑蝶易受日本氣候變化的影響。

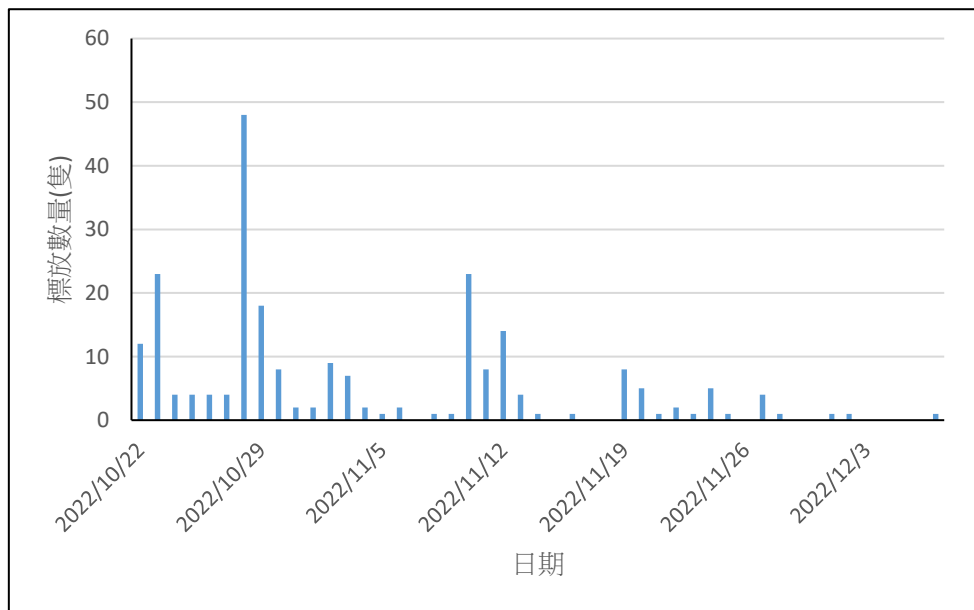


圖 4.1.1 澎湖標放青斑蝶數量與日期關係圖

- 3.在本研究年度所標放的青斑蝶中，其中雌蝶約占總數 41.0% (96/234)，略高於歷年數值。以往每年在標放青斑蝶的期間，通常是初期與末期時雌蝶比例會較中期為高，但本年度雌蝶比例多數維持在略高的比例(2015 年 22%、2016 年 26%、2017 年 38%、2018 年 27%、2019 年 27%、2020 年 30%、2021 年 36%)，此現象是否為單一年度的偶發現象？還是有其他因素影響，值得持續研究。
- 4.依據本研究年度標放青斑蝶的資料顯示，在新鮮度與翅破損方面與往年研究類似。在新舊蝶比率方面，新鮮 42%、中等 40%、老舊 18%，其與往年一樣是變動最大的項目，顯

示越洋青斑蝶並不因老舊問題而影響其越洋的能力；在翅的受損方面仍呈現左右對稱，後翅受損程度大於前翅的狀況；在翅長方面雄蝶約 55.1mm，雌蝶 58.4mm，符合一般的情形。

5. 青斑蝶原地再捕獲紀錄，在刪除重複捕捉部分後總計有 50 筆紀錄，其最長停留時間為 15 日，在一週內便已離開澎湖的青斑蝶比例達 92%(2021 年 88%、2020 年 90%、2019 年 96%)，對比青斑蝶長距離移動中，澎湖是向南擴散飛行的一個中繼站，故青斑蝶在暫時停留後便繼續往南或其他方向飛行，此種情形亦可做為標準擴散行為的證明。
6. 全台灣地區在 2022 年總共有 8 筆越洋的在捕獲紀錄，其中 1 筆由台灣飛往日本被再捕獲，另外 7 筆則是日本飛往台灣的再捕獲紀錄，底下圖 4.1.2 的 3 筆紀錄為本年度研究期間在澎湖的再捕獲紀錄。自 2013 年澎湖開始參與青斑蝶標放工作，總共已經累積 80 筆再捕獲紀錄，目前在澎湖再捕獲占全台灣地區再捕獲總數約 7 成，可見澎湖地區對於青斑蝶冬季在亞洲東岸島弧擴散的重要性。

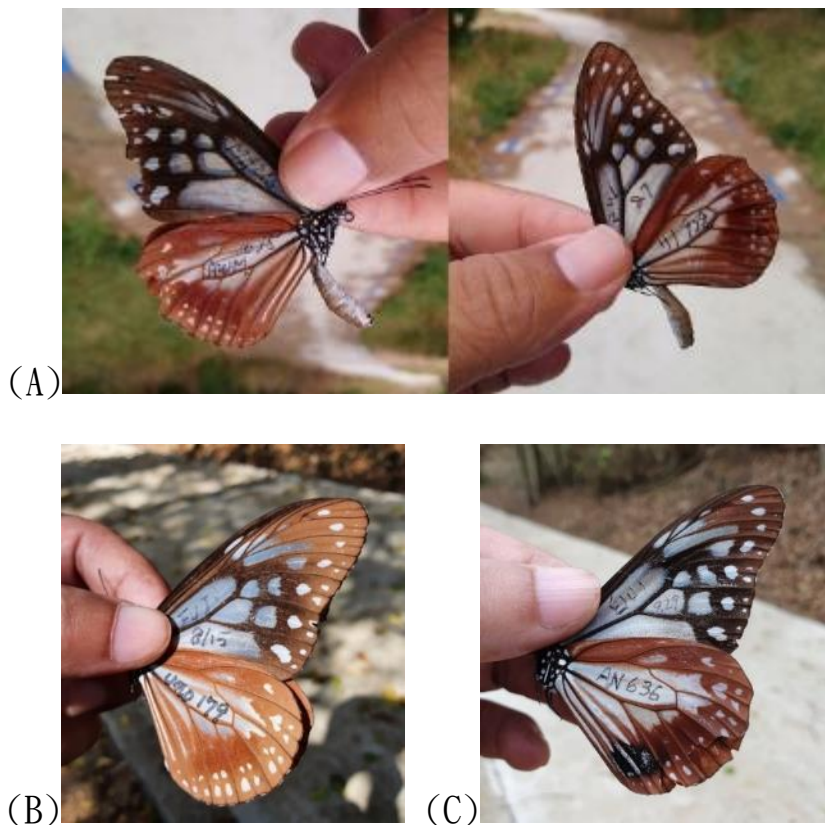


圖 4.1.2 2022 年澎湖地區再捕獲日本標放青斑蝶記錄

- (A) マル 8.7 リノ 928、MA 265 AWM 10/5
- (B) FUJI 8/15 uno 179
- (C) 白山 9.29 AN 636

二、澎湖 2013~2022 年間標放青斑蝶資料研究分析

(一)研究方法：

以 2013~2022 年在澎湖所進行的青斑蝶標放所累積的資料進行研究，就青斑蝶的性別、新鮮度、翅的破損、前翅長等生態項目進行分析與討論；同時分析歷年本校對青斑蝶探究的成果，呈現目前澎湖青斑蝶研究的相關成果。

(二)研究步驟：

- 1.統整 2013~2022 年在澎湖標放的青斑蝶各項生態資料。
- 2.就歷年在澎湖再捕獲的日本青斑蝶與每年標放的青斑蝶，就其數量、性別、新鮮度、翅的破損、前翅長度等生態項目進行分析與探討。
- 3.分析與討論本校歷年青斑蝶探究主題，呈現目前在澎湖的青斑蝶研究成果。

(三)研究結果與討論：

- 1.台灣從 2000 年開始記錄到青斑蝶標放的回收資料， 20 幾年來第一次大量回收紀錄發生於 2013 年，也是澎湖首次記錄到再捕獲日本標放的青斑蝶，全台灣地區包含澎湖總共記錄有 10 筆，其中澎湖回收 8 筆(80%)；第二次則是 2015 年，再捕獲總數高達 27 筆，澎湖更占 23 筆(85%)，這 10 年來，台灣地區再捕獲日本標放青斑蝶的數量便是依澎湖再捕獲數量而起伏，其數量趨勢變化如圖 4.2.1 所示，很明顯的，澎湖在亞洲東岸島弧青斑蝶移動的路線上具有一定的重要地位。

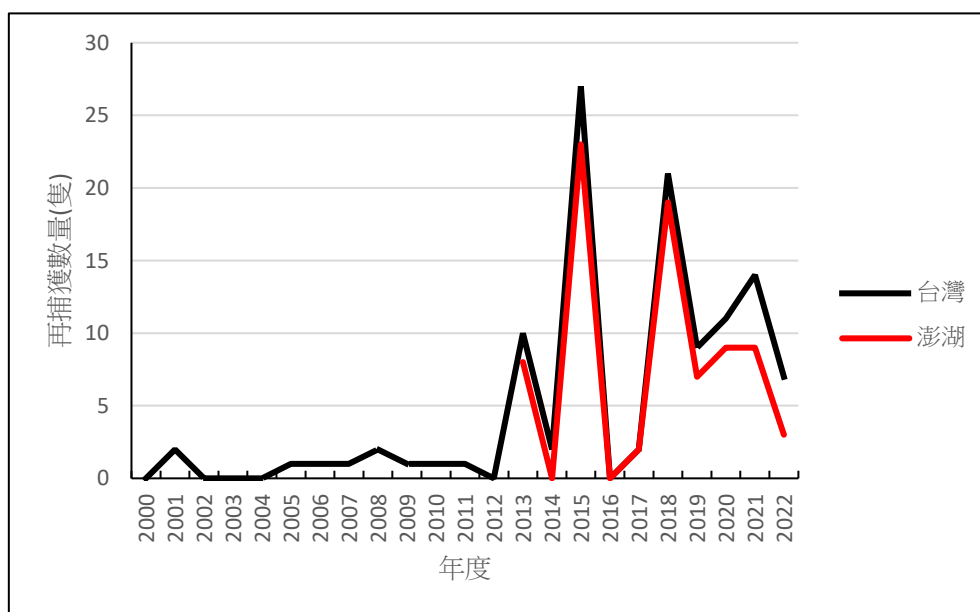


圖 4.2.1 澎湖歷年再捕獲日本標放青斑蝶數量趨勢變化圖

2.澎湖在 2013 年首度發現日本標放的青斑蝶後， 10 年來標放超過 4000 隻(N=4212)，但每年的標放數量落差極大，如圖 4.2.2 所示，其說明冬季越洋抵澎的青斑蝶族群是依據各年度東北季風的風向、風力大小，無規律的越洋抵達澎湖，是一種標準的擴散行為。

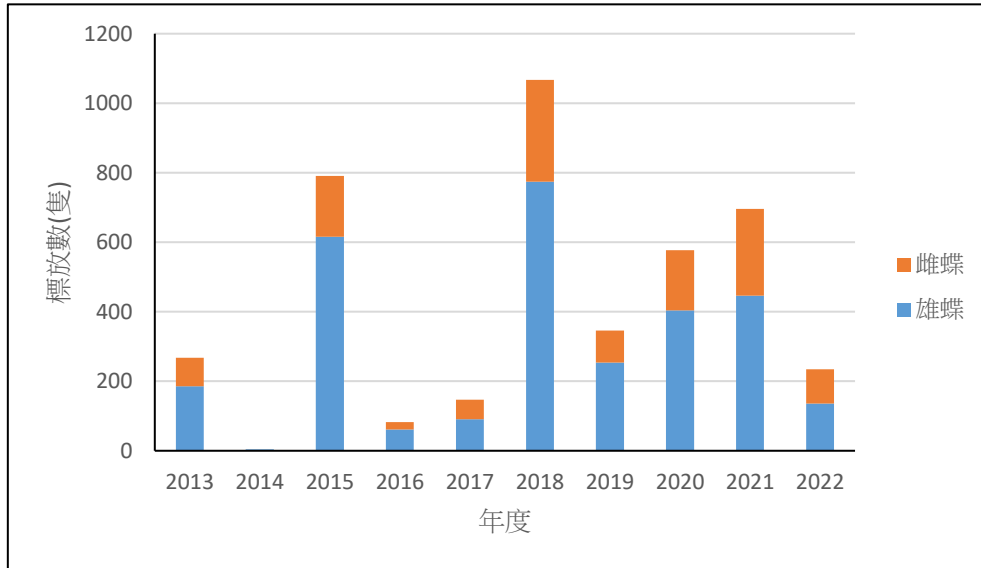


圖 4.2.2 澎湖歷年青斑蝶標放數量統計圖

3.本校於 2015~2022 年間標放近 4000 隻(N=3922)青斑蝶，雌蝶比率近 3 成，如圖 4.2.3 所示，其遠高於陽明山約 1 成的雌蝶比率，可推論越洋行為具有較高雌蝶比的篩選作用，但每年雌蝶比仍存在頗大的變化，落於 2~4 成的比率。研究亦發現，每年標放的前後期具較高雌蝶比，此與陽明山研究類似；另若處於青斑蝶大量抵澎時期，雌蝶比則迅速降低，也類似陽明山青斑蝶大爆發的情形，故越洋青斑蝶高雌蝶比率尚有值得研究分析之處。

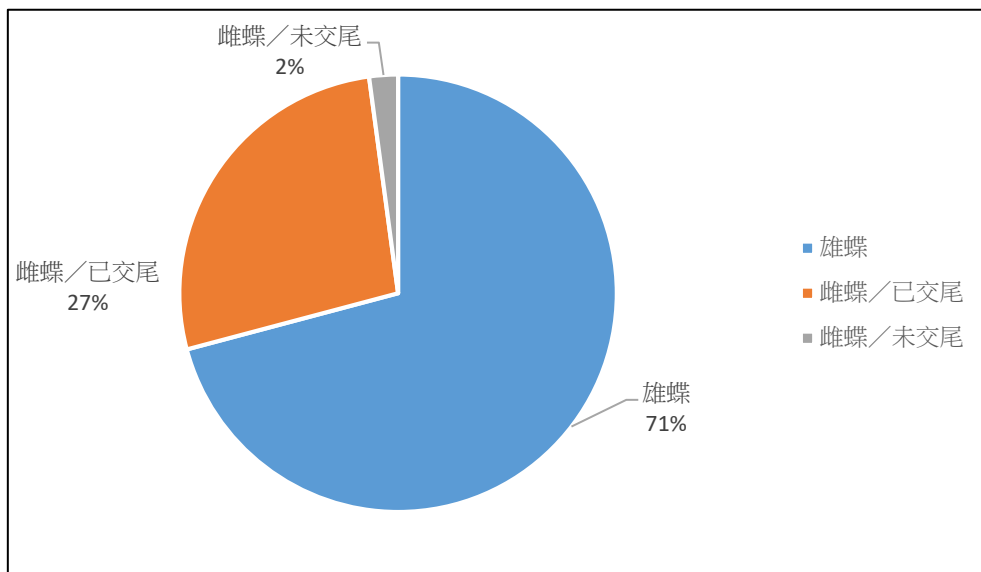


圖 4.2.3 澎湖歷年標放青斑蝶雌雄個體比率圖

4.統計本校 2015~2022 年的青斑蝶標放紀錄(N=3913)可得圖 4.2.4 之統計圖，對比每年青斑蝶新舊蝶比率變化，可發現該其為歷年變動頗大的項目，有時新蝶比超過半數，有時不到 2 成，顯示青斑蝶的老舊並不影響其越洋能力。

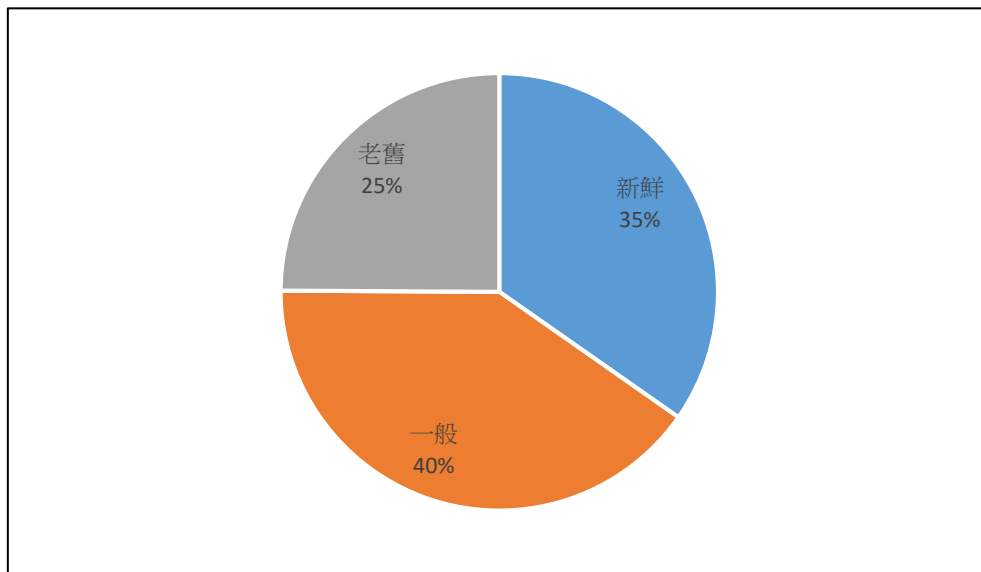


圖 4.2.4 澎湖歷年標放青斑蝶個體新鮮度統計圖

5.青斑蝶會因外力攻擊、自我碰撞、老化等因素造成翅的損傷，統計 2015~2022 年在澎湖標放青斑蝶(N=3917)在翅受損比例與受損位置可得圖 4.2.5、4.2.6 之結果。發現歷年翅無破損比率在 2~4 成之間，是每年變動頗大的項目；在受損位置上則歷年資料皆呈現受損具左右對稱、後翅受損高於前翅的情形，可說明青斑蝶停棲過程中易受鳥類攻擊，這可從許多單筆紀錄中發現後翅對稱受損得到驗證，而此項目則是每年研究相當一致的地方。

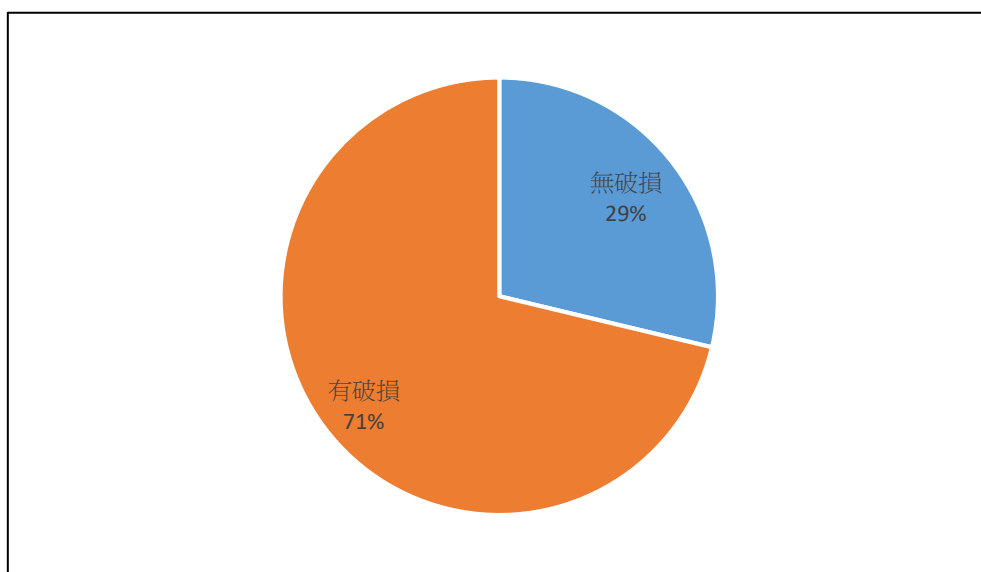


圖 4.2.5 澎湖歷年標放青斑蝶個體破損統計圖

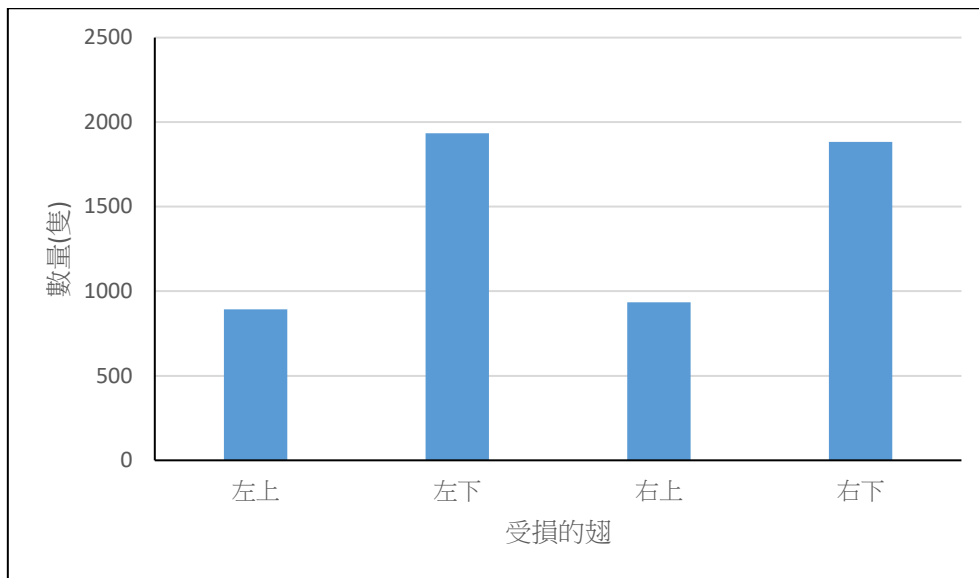


圖 4.2.6 澎湖歷年標放青斑蝶個體翅受損位置比較圖

6. 依據本校 2015~2022 年標放青斑蝶資料(N=3891)顯示，雄性個體前翅平均長 54.3mm，雌性個體前翅平均長 57.6mm，符合雌性個體較大的原則；就其分布狀況有如圖 4.2.7 的常態分佈，符合一般 48~62mm 的描述(徐琦峰，2013)，若將性別分開統計則再得圖 4.2.8，其中雄蝶主要集中在 55、56mm，占比 31.3%，雌蝶則主要集中在 58~60mm 之間，占比更高達 45.1%；同時，在雌雄兩者分布方面，發現皆有略大於平均前翅長度的現象，其分部呈現左偏現象，顯示青斑蝶較小個體的分佈較為分散。

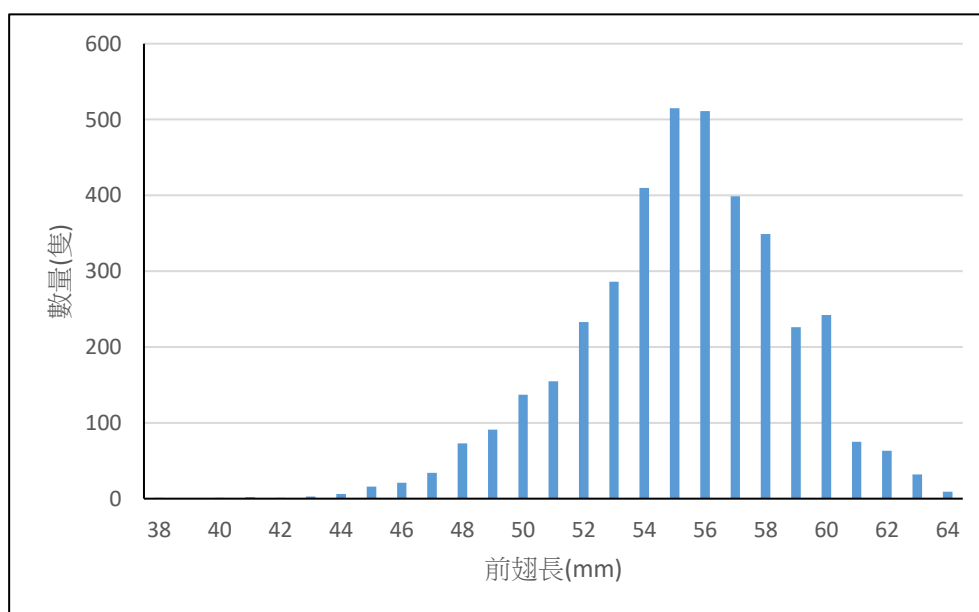


圖 4.2.7 澎湖歷年標放青斑蝶前翅長數量分布圖

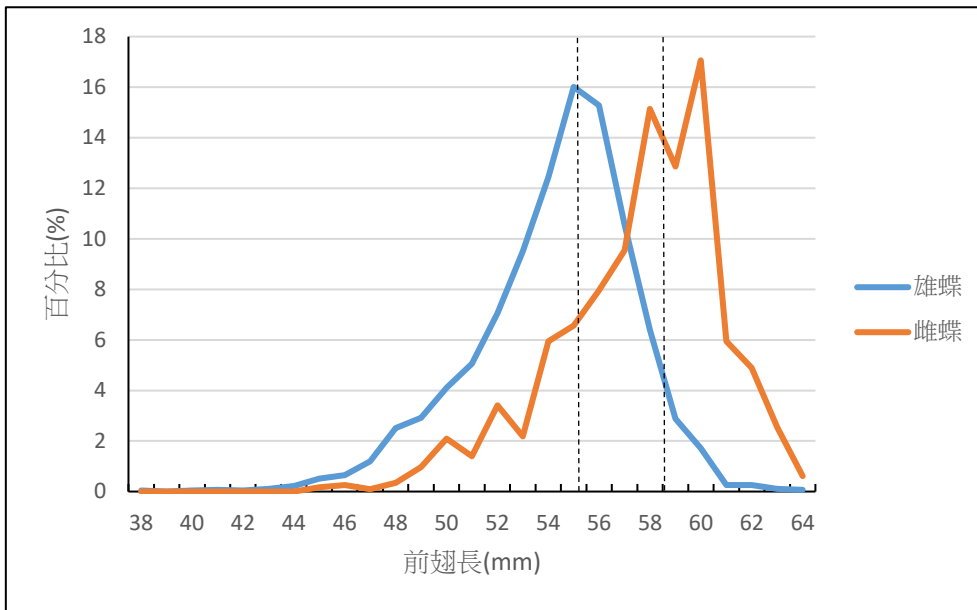


圖 4.2.8 澎湖歷年標放青斑蝶前翅長性別數量分布百分圖

7.本校自 2016 年開始記錄澎湖原地在捕獲青斑蝶(N=1066)的情形，分析如圖再捕獲與停留週數關係如圖 4.2.9，其中發現 1 週內再捕獲占超過 8 成，兩星期後在捕獲的占比不足 1 成，若再細部看 1 週內的變化，則隔天再捕獲占 30%，3 天內占 48%，近一半的比例是在 3 天內所再捕獲，其顯示澎湖僅只是青斑蝶擴散過程中的一個中繼站，在適度休息後便繼續未知的旅程，但同時也顯示澎湖冬天的溫度與風力或許不適合青斑蝶停留，再加上澎湖野外並沒有青斑蝶的寄主植物可以提供青斑蝶繁衍，冬季也沒有足夠的蜜源可供青斑蝶，似乎只能繼續往南擴散。

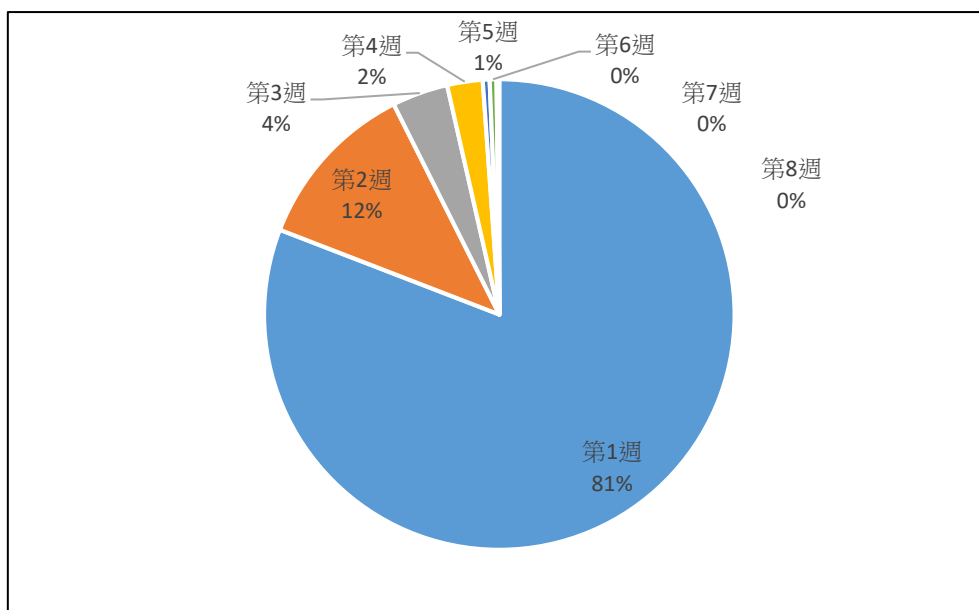


圖 4.2.9 澎湖歷年原地再捕獲青斑蝶停留週數統計圖

8.統整青斑蝶在澎湖的研究現況：

以上述分析資料與歷年研究(陳建志，2018；陳建志，2014；鄭翔、邱霽尹，2016；鄭翔等，2017；鄭子堯 等，2018；許閔棣 等，2019；洪家揚、顏君翰，2020；顏君翰、歐亭伊、林融婕，2021；歐亭伊、林融婕、陳燉霓，2022)，目前在澎湖青斑蝶的研究現況主要如下：

- (1)澎湖野外無青斑蝶幼蟲的寄主植物，野外並沒有發現繁殖紀錄，故青斑蝶族群皆為外地遷入；同時澎湖野外亦無澤蘭、山菊等青斑蝶喜好之蜜源植物，當其冬季越洋抵澎湖後的蜜源以大花咸豐草和馬纓丹為主。
- (2)越洋抵澎的青斑蝶應是由日本南下，跟隨東北季風氣流而來，是單一方向的移動，是青斑蝶的擴散(dispersal)行為，其可由每年標放數量的巨大起伏得到證實。
- (3)由歷年青斑蝶標放數量顯示，每年由日本越洋抵澎的青斑蝶族群數量通常由一主波所決定，但其抵澎時間則受日本冬季來臨時間所影響，在一般氣候狀態下，澎湖標放極大值約在 11 月初，與 10 月下旬正好是日本境內大量青斑蝶集結在四國、九州的時間相當吻合，但若碰氣溫較暖和漸冷的影響，則抵澎日期會有前後移動現象，同時也會出現多主波現象，但此現象通常伴隨較少的年度總標放數量。
- (4)冬季越洋抵澎的青斑蝶在澎湖的短暫棲息地點主要有二，一是西嶼西堡壘，另一為湖西林投步道，此兩處皆有林木遮風、南面臨海的共同特徵，與青斑蝶喜好海岸林、常綠闊葉林的生態行為相符，同時也具有預備往南繼續擴散特徵。
- (5)澎湖再捕獲日本標放的青斑蝶，其廣泛來自日本本土各地，其中飛行最遠來自福島地區，直線距離 2513km，最快平均每日飛行超過 350km，壽命最長超過百日。
- (6)澎湖自 2013 年首次紀錄日本標放青斑蝶再捕獲紀錄，截至 2022 年為止在澎湖總共在捕獲 80 筆，佔全台灣地區再捕獲數量的 7 成，確認澎湖是亞洲東岸島弧冬季青斑蝶往南擴散的重要據點。
- (7)從澎湖原地再捕獲的青斑蝶資料顯示，青斑蝶僅在澎湖做短暫停留，便再移出澎湖地區，而 2016 年高雄大崗山發現澎湖標放的青斑蝶，是目前澎湖標放異地再捕獲的第 1 筆資料，是澎湖青斑蝶向外擴散的第一條路線，除確認青斑蝶的移動路線外，也確認澎湖是亞洲東岸島弧青斑蝶冬季往南擴散的中繼站角色。
- (8)以澎湖原地再捕獲的青斑蝶數量進行族群大小推估，澎湖冬季青斑蝶族群變化由原本遷入量 >> 遷出量，先急速膨脹而達到極大值，再轉為遷入量 < 遷出量，族群數量在

1、2 週內會快速降低，與標放數量的變化相符合，而推估之族群總數約為當日標放總數量的 6 倍。

(9)從比較澎湖與陽明山兩地標放的青斑蝶個體前翅長，顯示青斑蝶的飛行能力與性別、大小皆無關；在越洋抵澎青斑蝶的高雌蝶比率，雖顯示越洋行為對青斑蝶性別上具有篩選效果，但確實原因尚待進一步探究；翅的受損方面，其呈現左右對稱，且後翅受損高於前翅的情形；在個體新鮮度方面，每年都是變化比例較大的項目，其意味青斑蝶個體的老化程度並不會影響其越洋的飛行能力；

(10)從青斑蝶翅的受損比例推估其在澎湖短暫停留時間約在 1~2 週間，與澎湖原地再捕獲青斑蝶的週次時間進行比較，超過 9 成以上的青斑蝶在 2 週後已不見蹤跡十分吻合，另外卻有極少數比例在標放後仍可再被發現，是否意味青斑蝶在擴散的過程中，會有少數族群隨地停留，藉以擴大群族，其有待後續研究。

三、青斑蝶的翅型、面積與越洋的關聯

(一)研究方法：

製作 1mm 為長度單位、5mm*5mm 正方形的透明網格膠片，以此測量青斑蝶前翅長，同時以此利用方格法估算前翅面積以進行資料分析。

(二)研究步驟：

- 1.將透明網格膠片疊放在青斑蝶上方，將網格膠片上的長度尺規對齊青斑蝶前翅基部大白點與前翅先端，並微微將前翅與後翅拉開，使前翅儘量完整露出，以利方格法估算前翅面積，然後在拍照後釋放青斑蝶。
- 2.將疊有網格的青斑蝶照片插入 WORD 中，調整適合的大小，利用印表機輸出。
- 3.透過網格膠片的尺規讀出青斑蝶的前翅長，即青斑蝶前翅基部大白點與前翅先端的長度。
- 4.呈上，再測量前翅橫向的寬度，無法直接讀出長度的部分則利用與 5mm 方格的比例估算青斑蝶前翅長。
- 5.比較一般測量青斑蝶前翅長時，前翅壓在測量表量尺上方與網格量尺壓在前翅上方數值的差異，以判斷標放青斑蝶標放時測量前翅長度的適合方式。
- 6.計算前翅長與寬的比例，分析青斑蝶前翅的可能翅型分類，並以此分析青斑蝶越洋行為與前翅型態的關係。
- 7.由翅基的大白點開始，畫出青斑蝶的前翅的輪廓，並數出膠片上的完整與不完整方格的

數量，再用方格法估算青斑蝶的前翅面積。

8.比較青斑蝶前翅面積與前翅長的關係，並分析、討論其與青斑蝶越洋行為的關聯。

(三)研究結果與討論：

1.本研究年度總共標放 234 隻青斑蝶，其中部分由參與青斑蝶標放研習成員或個人所標放，非為本研究蒐集資料範疇，同時蒐集資料過程中，由於部分以網格膠片所拍之照片(圖 4.3.1)，因拍照角度的遮擋，或照片不清楚等問題，研究總計獲得資料為 193 筆。對比一般標放青斑蝶時，會採用紀錄表上的尺規，或另行準備塑膠直尺進行青斑蝶前翅長度的測量，本研究進行過程中則透過網格膠片測量前翅長(N=193)，發現兩者總平均差異僅 0.30mm，由於一般紀錄紙量尺或一般塑膠直尺的最小刻度為 1mm，故平均差異低於 0.5 個測量單位，表示測量尺在上或在下的不同測量方式都可以準確測量出青斑蝶的前翅長度，亦即做青斑蝶標放工作時，此兩種方式都可以準確的獲得測量數據。



圖 4.3.1 本研究前翅長與面積測量方式

2.研究將青斑蝶(N=193)的前翅長與寬進行比較，其平均長寬比為 1.95，即其翅長度為前翅最寬處的 1.95 倍，若依據一般將青斑蝶前翅視為三角形而言，大概就是底是 2 倍高的等腰三角形，如圖 4.3.2 所示，其為依據等腰三角形與青斑蝶實際外型疊加之結果，但若以此三角型高的長度調整為 2 個不等高之等腰三角形，再將這 2 個三角形進行疊加，則可變成寬翼鳶型，雖然面積不變，但對外型之描述應更符合實際的青斑蝶前翅外型。

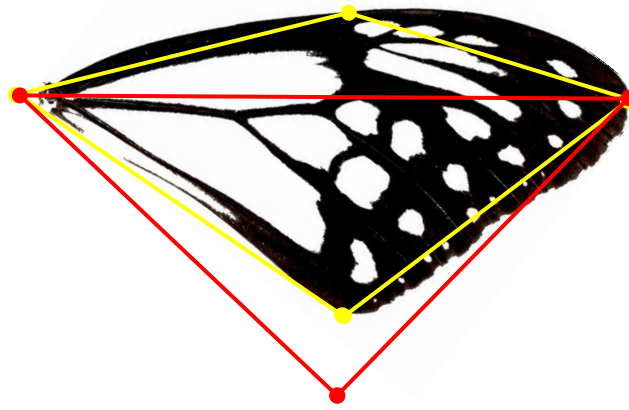


圖 4.3.2 青斑蝶前翅外型圖

3.在本研究年度的青斑蝶前翅長範圍落在 45~64mm 內，相對於翅長範圍，則翅寬範圍應落在 22.5~32mm 之間，若以最小測量單為 1mm 觀之，測量時會存在 0.5 測量單位的般判斷空間，亦即 1mm 的差別將達翅寬約 4%，若以平均翅寬 25mm 計算的話。故研究以 10% 來定義青斑蝶前翅翅型分屬不同類型，即一般青斑蝶前翅長介於 5~6cm 之間，若以此固定前翅長，則前翅寬度具有 2~3mm 的差別，此方能確認不是源自測量產生誤差的影響。研究以此進行翅型分類，則發現僅有 3 筆這樣的資料，占全部資料的 1.5%，其中符合這樣的標準的 3 筆資料如圖 4.3.3 照片所示，1 筆為 1.16，另 2 筆皆是 0.87，前者可視為寬大型，後者則屬於瘦長型。但以此極低的比例觀之，雖然並無原生地不同翅型族群的資料判斷，仍可將其視為原生族群的變異，而非因越洋行為而產生的結果。但未來仍可以此做為研究主題，了解青斑蝶原生地是否存在不同翅型的族群，與越洋行為對其族群的影響。

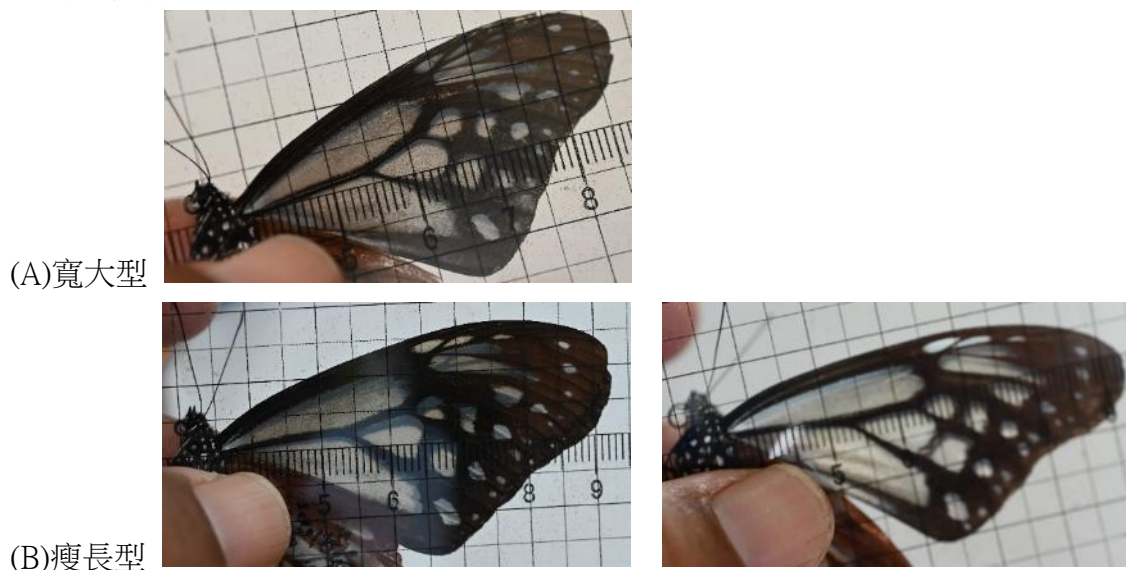


圖 4.3.3 青斑蝶前翅不同類型比較圖

4.若依據青斑蝶前翅長進行分類，可獲得長度與面積關係，如圖 4.3.4 所示，原則上符合長度與面積平方成正比的關係，在僅有 1.5%的翅型差異下，統計圖表上並無劇烈變化，僅有前翅長的個別數量太少所產生的起伏，此亦可反過來推論青斑蝶族群前翅翅型無明顯差別，也就不存在翅型差異產生影響其越洋行為的問題了。

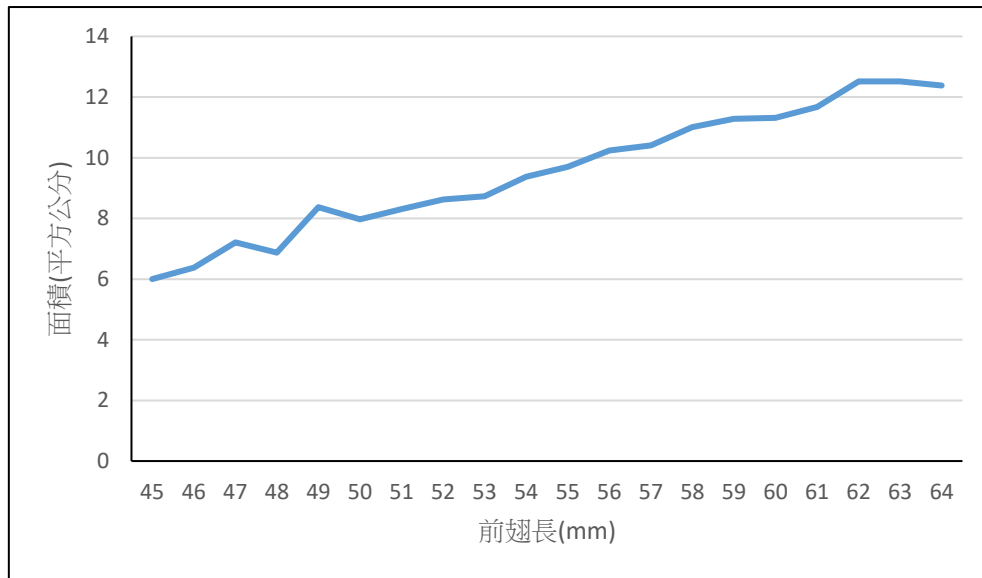


圖 4.3.4 青斑蝶前翅長與面積關係圖

5.雄蝶與雌蝶前翅長之數量最大值分別落於 56mm 和 60mm，位於雄蝶平均長度 55.1mm 和雌蝶 58.4mm 右方，符合歷年針對青斑蝶前翅長統計的左偏情形(圖 4.3.5)；同時，從研究統計上發現前翅長與前翅面積成正比，其亦符合洪家揚、顏君翰(2020)中前翅長或大小並不影響渡海行為的研究結果，故前翅面積並不會影響青斑蝶的渡海行為。

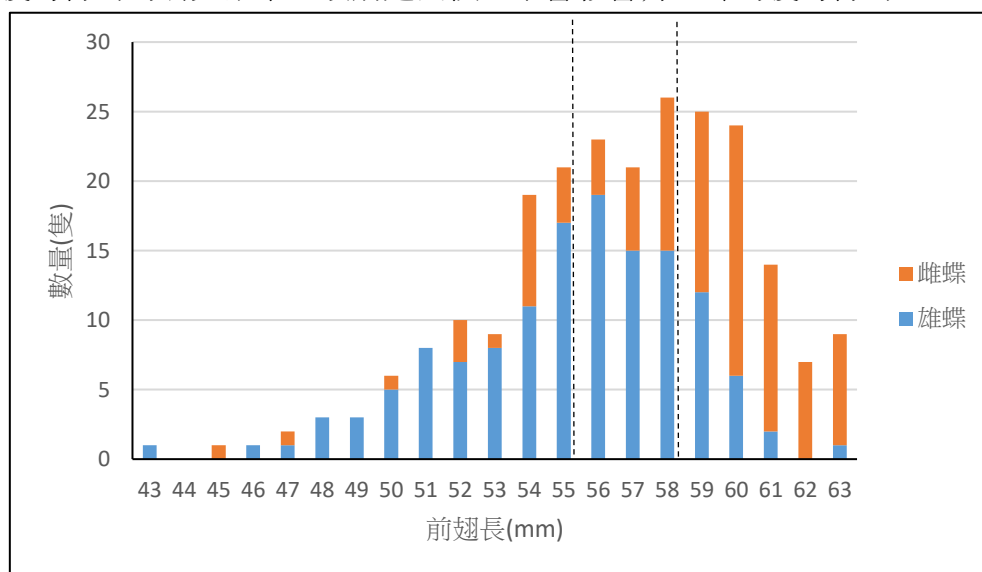


圖 4.3.5 青斑蝶雌雄前翅長數量統計圖

6.研究以方格法計算青斑蝶前翅長的面積，同時以 0.5mm*0.5mm 為一單位以提高計算精度，未來相關研究若能兼顧青斑蝶長度測量須達到 mm 等級，過程中常配合手機進行紀錄，則可考慮如下方式以減省研究時間：

- (1)尋找相關可計算不規則面積的電腦軟體，在後續分析時使用，快速獲得個別青斑蝶前翅的面積；
- (2)在研究之初，先尋找是否有測量長度與計算不規則面積的合適 app，便可在研究測量當下即進行前翅長度與面積的測量，將更可大量減少後續的研究時間負擔。

伍、結論

- 一、本年度在湖西林投尖山步道捕捉青斑蝶數量標記總數的 38.6%，為此處歷年來最高之比例，推測應與風向及青斑蝶飛抵澎湖的位置有較大關聯。
- 二、本年度標放總量與標放極大值顯示，其數量與歷年記錄呈現無規律落差，極大值有前後平移的現象，推測其原因為青斑蝶越洋抵澎是一種依靠東北季風風力與風向的無規律擴散行為有關，同時證明抵澎青斑蝶易受日本氣候變化的影響。
- 三、本研究年度所標放的青斑蝶中雌蝶約占總數 41.0%，略高於歷年數值，相較往年標放青斑蝶的期間，僅初期與末期時的雌蝶比例較高，但本年度雌蝶比例多數維持在略高的比例，此現象是否為單一年度的偶發現象？有待持續研究。
- 四、由網格膠片與紀錄紙量尺所得前翅長數據顯示，其平均差異低於 0.5 個測量單位，即 0.5mm，表示此兩種不同的測量方式皆是準確、可行的紀錄方式。
- 五、青斑蝶前翅長度與寬度的比值約為 2，翅型似以 2 個等腰三角形上下疊合所形成的寬翼鳶形，其面積不變，但對外型之描述更符合青斑蝶的實際前翅，也優於一般對青斑蝶前翅為三角形的說法。
- 六、研究以方格法計算青斑蝶前翅面積，發現青斑蝶前翅長與面積平方具有成正比的關係，可說明青斑蝶在前翅翅型上並不存在不同翅型所產生的面積劇烈變化。
- 七、若以青斑蝶前翅長寬比的差異超過 10% 來定義翅型的不同，則僅有 1.5% 是屬於不同翅型，可推論青斑蝶前翅翅型並不影響越洋行為，但目前並無日本或台灣原生地相關翅型分類的統計資料，此可做為未來研究主題以驗證本研究推論。

陸、參考資料

- 洪家揚、顏君翰(2020)。是大是小—青斑蝶渡海行為對族群個體前翅長之影響。澎湖縣：隘門國小。
- 徐堉峰(2013)。台灣蝴蝶圖鑑：蛺蝶（初版）。臺中市：晨星。
- 許閔棣、邱鉉尹、鄭子堯、李宜臻、林昕誼、李嘉誠(2019)。流動蝶口—從澎湖再捕獲青斑蝶分析其冬季擴散的族群變化。澎湖縣：隘門國小。
- 陳建志(2014年1月)。謎樣的越冬飛行：澎湖西嶼鄉西堡壘青斑蝶棲地踏查。大自然季刊，122，44-51。
- 陳建志(2018年11月)。亞洲東岸島弧青斑蝶的標放。載於澎湖縣隘門國小編輯，2018澎湖西嶼西堡壘青斑蝶標放研習專題。澎湖縣隘門國小。
- 歐亭伊、林融婕、陳嫩霓(2022)。女士優先—由雌蝶比率推估青斑蝶群族抵澎的高峰期。澎湖縣：隘門國小。
- 鄭子堯、許閔棣、邱鉉尹、李宜臻、李嘉誠、林昕誼(2018)。袋底現蹤—日本越洋青斑蝶在澎湖的擴散探究。澎湖縣：隘門國小。
- 鄭翔、邱霈尹(2016)。越洋的喜訊—青斑蝶標放之分析研究。澎湖縣：隘門國小。
- 鄭翔、邱霈尹、鄭子堯、許閔棣、邱鉉尹(2017)。決命中繼站—斑蝶在澎湖西嶼西堡壘越冬狀態之分析研究。澎湖縣：隘門國小。
- 顏君翰、歐亭伊、林融婕(2021)。生命印記—由青斑蝶標放時間序看其與翅膀破損之關聯。澎湖縣：隘門國小。

【評語】 080302

此科展研究乃針對渡海抵澎的青斑蝶，利用「標識再捕法」的研究方法探討其前翅的翅型、面積和渡海行為之間的關係。研究作品的題目名稱相當有趣，容易吸引讀者目光。適時結合五年級課程所學與地方鄉土特有的生態條件，長時間對渡海的青斑蝶詳加觀察和統計分析，具有實驗精神。

建議：

1. 除了前翅的型態、面積、大小等外，可更一進步嘗試其他變項，
例如：不同地區的差異、風向、氣流的影響等的探討。
2. 因為氣候與氣流產生過境因素探討，可使用氣象局之 APP 觀測紀錄。
3. 青斑蝶的翅膀受損方面，未知後翅受損高於前翅的可能原因為何？

作品海報

型不型？

—青斑蝶前翅翅型、面積與越洋行為的關聯

摘要

本年度在湖西林投尖山步道標放青斑蝶總數比例為歷年來最高，推測應與風向及青斑蝶抵澎湖位置有較大關聯；雌蝶數量約占總數 41.0%，高於歷年平均數值，同時整個研究過程皆維持略高比例，與往年僅存在初期與末期的高雌蝶比率不同，是否為單一年度的偶發現象？有待持續研究。由網格膠片與紀錄紙量尺所得數據顯示，不同測量前翅長的方式皆為可行紀錄方式；青斑蝶前翅長度與寬度的比值約為 2，翅型較類似 2 個等腰三角形上下疊合之寬翼鳶形；以方格法計算青斑蝶前翅面積，發現前翅長與面積平方成正比；以青斑蝶前翅長寬比的差異超過 10% 來定義不同翅型，僅有 1.5% 分屬不同翅型，應是族群內偶發差異現象，故可推論青斑蝶前翅翅型並不影響其越洋行爲。

壹、研究動機

澎湖從 2013 年發現日本越洋青斑蝶後，本校從 2015 年便投入青斑蝶標放研究。本年度的研究持續青斑蝶的標放工作以累積基礎資料，並將 10 年來所累積的資料進行分析，回顧歷年青斑蝶議題在澎湖的研究成果，同時研究青斑蝶前翅翅型是否存在不同的類型？翅型與面積的關係？而不同翅型是否會影響青斑蝶的渡海行爲呢？

貳、研究目的

- 一、透過青斑蝶標放調查工作，持續累積本校在青斑蝶的各項生態資料。
- 二、透過分析 2013 ~ 2022 年所累積的青斑蝶各項生態資料，以統整青斑蝶在澎湖的研究成果。
- 三、比較前翅長度的不同測量方式對測量結果的差異，以供未來調查研究之建議。
- 四、透過研究設計所得之調查資料，分析越洋青斑蝶的前翅翅型種類。
- 五、分析青斑蝶前翅長與前翅面積的關係，並探究其與渡海行爲的關聯。

參、研究設備及器材

- 一、標放與紀錄用具：捕蝶網、油性簽字筆、紀錄表、相機或手機。
- 二、前翅長度與面積測量：透明網格膠片、相機或手機。
- 三、2013~2022 年標放原始資料之數位檔案。

肆、研究方法、結果與討論

一、2022 年澎湖青斑蝶的標放與再捕獲

(一)研究方法：

- 1.以「標識再捕法」(MRR, Mark-Release-Recapture)進行青斑蝶的標放，並紀錄 2022 年越洋抵澎青斑蝶的各項生態資料。
- 2.紀錄澎湖地區原地再捕獲與再捕獲日本標放青斑蝶之資料。

(二)研究步驟：

- 1.選擇澎湖西嶼西堡壘、湖西林投尖山步道為主要研究場域，進行青斑蝶的標放，以油性筆在捕獲青斑蝶的左後翅中室標記地點代碼、日期，右後翅中室標記標放者代碼、標放編號等 4 項資料(陳, 2018)。
- 2.記錄青斑蝶各項生態資料，包含標記符號、性別、新鮮度、翅的破損、前翅長等，並在完成各項紀錄後拍照釋放。
- 3.對於原地再捕獲青斑蝶，即由澎湖標放後所再捕獲的青斑蝶，紀錄其標記符號與再捕獲日期等資料，同時紀錄是否於澎湖當地具有跨越兩研究區的情形。
- 4.對於越洋再捕獲青斑蝶，即翅上有日本標記之青斑蝶，則紀錄其標記符號、再捕獲日期與地點、再捕獲者等資料，並貼於青斑蝶刺青會社之臉書社團，分享及獲知相關再捕獲訊息。
- 5.將標放原始紀錄數位化後，分析本研究年度青斑蝶之各項生態紀錄。

(三)研究結果與討論：

- 1.本研究年度(2022)在澎湖總共標放 234 隻青斑蝶，主要捕獲地區集中於西嶼西堡壘(N=134)與湖西林投尖山步道(N=90)兩處。其中湖西林投尖山步道捕捉總數 90 隻，佔標記總數 38.6%，為歷年來最高比例，推測此情形應與風向及青斑蝶飛抵澎湖的位置有較大的關聯。
- 2.本研究年度標放總量(N=234)與前一年有明顯落差，其原因是因為青斑蝶越洋抵澎是一種依靠東北季風風力與風向的無規律擴散行爲。若由日期觀察標放數目之連續變化，本年度約略出現三次峰值，但是數量差距幅度不若往年(圖 4.1.1)，若以大尺度觀之，本年度之極大值出現在 10/28，較歷年極大值落在 11/10 前後，大約提前 1~2 星期，對比往年亦出現標放極大值延後至 11 月底的現象，此證明抵澎青斑蝶易受日本氣候變化的影響。
- 3.在本研究年度所標放的青斑蝶中，其中雌蝶約占總數 41.0% (96/234)，略高於歷年數值。以往每年在標放青斑蝶的期間，通常在初期與末期的雌蝶比例會較中期為高，但本年度雌蝶比例多數維持在略高的比例，此現象是否為單一年度的偶發現象？還是有其他因素影響，值得持續研究。
- 4.依據本研究年度標放青斑蝶的資料顯示，在新鮮度與翅破損方面與往年研究類似。在新舊蝶比率方面，新鮮 42%、中等 40%、老舊 18%，其與往年一樣是變動最大的項目，顯示越洋青斑蝶並不因老舊問題而影響其越洋的能力；在翅的受損方面仍呈現左右對稱，後翅受損程度大於前翅的狀況；在翅長方面雄蝶約 55.1mm，雌蝶 58.4mm，符合一般雌蝶較大的情形。
- 5.青斑蝶原地再捕獲紀錄方面，其最長停留時間為 15 日，在一週內便已離開澎湖的青斑蝶比例達 92% (2021 年 88%、2020 年 90%、2019 年 96%)。對比青斑蝶長距離移動中，澎湖是向南擴散飛行的一個中繼站，故青斑蝶在暫時停留後便繼續往南或其他方向飛行，說明此為青斑蝶標準擴散行爲的證據。

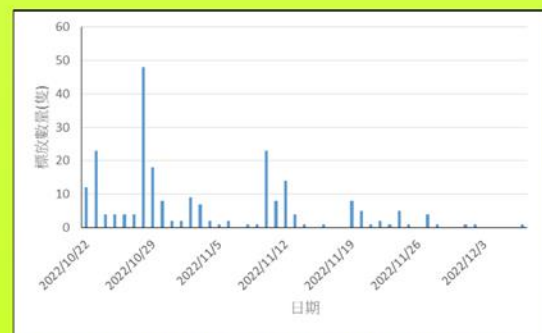


圖 4.1.1 澎湖標放青斑蝶數量與日期關係

6.全台灣地區在 2022 年總共有 8 筆越洋的再捕獲紀錄，其中 1 筆由台灣飛往日本被再捕獲，另外 7 筆則是日本飛往台灣的再捕獲紀錄，底下圖 4.1.2 的 3 筆紀錄為本年度研究期間在澎湖的再捕獲紀錄。自 2013 年澎湖開始參與青斑蝶標放工作，總共已經累積 80 筆再捕獲紀錄，目前在澎湖再捕獲占全台灣地區再捕獲日本標放青斑蝶總數的 7 成(80/113)，可見澎湖地區對於青斑蝶冬季在亞洲東岸島弧擴散的重要性。

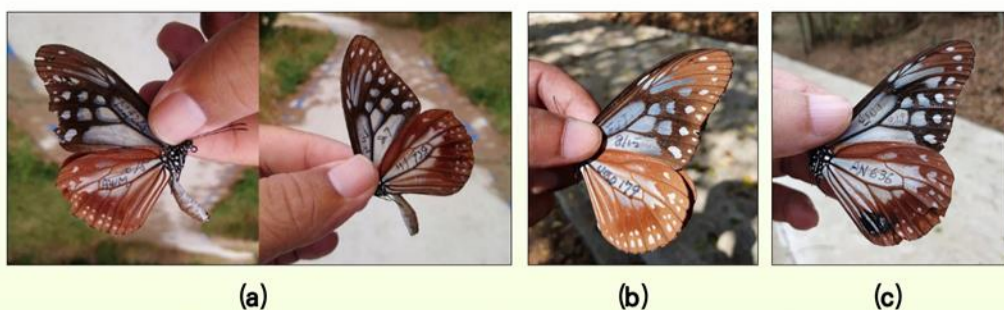


圖 4.1.2 2022 年澎湖地區再捕獲日本標放青斑蝶紀錄
(a) マル 8.7 リノ 928、MA 265 AWM 10/5
(b) FUJI 8/15 uno 179 (c) 白山 9.29 AN 636

二、澎湖 2013 ~ 2022 年間標放青斑蝶資料研究分析

(一)研究方法：

以 2013~2022 年間在澎湖所進行青斑蝶標放所累積的資料進行研究，就青斑蝶的性別、新鮮度、翅的破損、前翅長等生態項目進行分析與討論；同時分析歷年本校對青斑蝶探究的資料，呈現目前澎湖青斑蝶研究的相關成果。

(二)研究步驟：

- 1.統整 2013~2022 年在澎湖標放的青斑蝶各項生態資料。
- 2.就歷年在澎湖再捕獲的日本青斑蝶與每年標放的青斑蝶，就其數量、性別、新鮮度、翅的破損、前翅長度等生態項目進行分析與探討。
- 3.分析與討論本校歷年青斑蝶探究主題，呈現目前在澎湖的青斑蝶研究成果。

(三)研究結果與討論：

- 1.台灣從 2000 年開始記錄到青斑蝶標放的回收資料，20 幾年來第一次大量回收紀錄發生於 2013 年，當年也是澎湖首次記錄到再捕獲日本標放的青斑蝶，全台灣地區包含澎湖總共記錄有 10 筆，其中澎湖回收 8 筆(80%)；自此，台灣地區再捕獲日本標放青斑蝶的數量便依澎湖再捕獲數量而起伏，其數量趨勢變化如圖 4.2.1 所示，故確立澎湖在亞洲東岸島弧青斑蝶移動的路線上重要的地位。
- 2.澎湖在 2013 年首度發現日本標放的青斑蝶後，10 年來標放超過 4000 隻(N=4212)，但每年的標放數量落差極大，如圖 4.2.2 所示，其說明冬季越洋抵澎的青斑蝶族群是依據各年度東北季風的風向、風力大小而決定，是無規律的越洋抵達澎湖，是一種標準的擴散行為。
- 3.本校於 2015~2022 年間標放近 4000 隻(N=3922)青斑蝶，雌蝶比率近 3 成，如圖 4.2.3 所示，其遠高於陽明山約 1 成的雌蝶比率，可推論越洋行為具有較高雌蝶比的篩選作用，但每年雌蝶比仍存在頗大的變化，通常落於 2~4 成之間。研究亦發現，每年標放的前後期具較高雌蝶比，此與陽明山研究類似；另若處於青斑蝶大量抵澎時期，雌蝶比則會迅速降低，也類似陽明山青斑蝶大爆發的情形，故越洋青斑蝶高雌蝶比率尚有值得持續研究分析之處。
- 4.統計本校 2015~2022 年的青斑蝶標放紀錄(N=3913)可得圖 4.2.4 之統計圖，但對比每年青斑蝶新舊蝶比率變化，可發現其為歷年變動頗大的項目，有時新蝶比超過半數，有時不到 2 成，顯示青斑蝶的老舊並不影響其越洋能力。

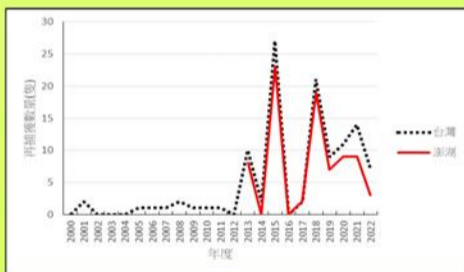


圖 4.2.1 澎湖歷年再捕獲日本標放青斑蝶數量趨勢變化圖

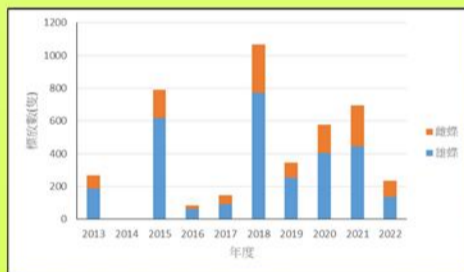


圖 4.2.2 澎湖歷年青斑蝶標放數量統計圖

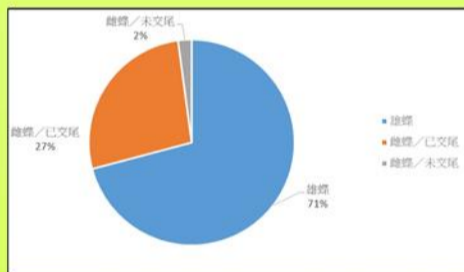


圖 4.2.3 澎湖歷年標放青斑蝶雌雄個體比率圖

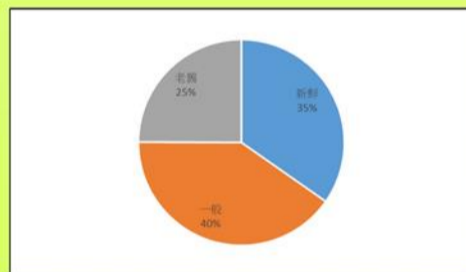


圖 4.2.4 澎湖歷年標放青斑蝶個體新鮮度統計圖

5.青斑蝶會因外力攻擊、自我碰撞、老化等因素造成翅的損傷，統計 2015~2022 年澎湖標放青斑蝶(N=3917)在翅受損比例與受損位置可得圖 4.2.5、4.2.6 之結果。發現歷年翅無破損比率在 2~4 成之間，是每年變動頗大的項目；在受損位置上則歷年資料皆呈現受損具左右對稱、後翅受損高於前翅的情形，可說明青斑蝶停棲過程中易受鳥類攻擊，這可從許多單筆紀錄中發現後翅對稱受損得到驗證，此項目是每年研究相當一致的地方。

6.依據本校 2015~2022 年標放青斑蝶資料(N=3891)顯示，雄性個體前翅平均長 54.3mm，雌性個體前翅平均長 57.6mm，符合雌性個體較大的原則；就其分布狀況有如圖 4.2.7 的常態分佈，符合一般 48~62mm 的描述(徐堉峰，2013)，若將性別分開以百分率進行統計則再得圖 4.2.8，其中雄蝶主要集中在 55、56mm，占比 31.3%，而雌蝶則主要集中在 58~60mm 之間，占比更高達 45.1%；同時，在雌雄兩者分布皆有略大於平均前翅長度的現象，其分部呈現左偏現象，顯示青斑蝶較小個體的分布較為分散。

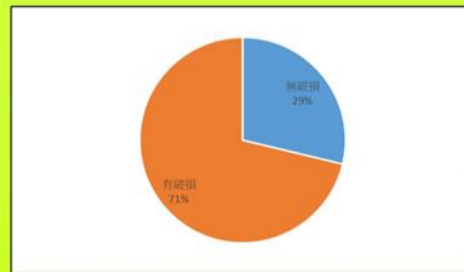


圖 4.2.5 澎湖歷年標放青斑蝶個體破損統計圖

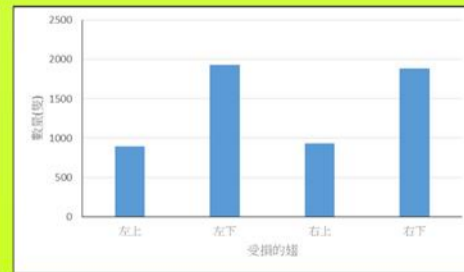


圖 4.2.6 澎湖歷年標放青斑蝶個體翅受損位置比較圖

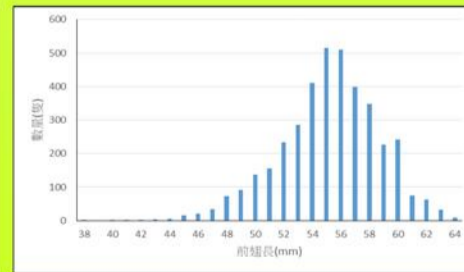


圖 4.2.7 澎湖歷年標放青斑蝶前翅長數量分布圖

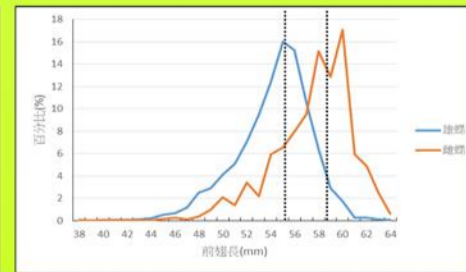


圖 4.2.8 澎湖歷年標放青斑蝶前翅長性別數量分布百分圖

7.本校自 2016 年開始記錄澎湖原地再捕獲青斑蝶(N=1066)的情形，再捕獲青斑蝶的停留週數關係如圖 4.2.9，其中發現 1 週內再捕獲占超過 8 成，兩星期後再捕獲的占比已不足 1 成；若再細部分析 1 週內的變化，標放隔天再捕獲占 30%，3 天內占 48%，故有近一半的比例是在 3 天內所再捕獲，其再次顯示澎湖僅只是青斑蝶擴散過程中的一個中繼站，其在適度休息後便繼續未知的旅程，但同時也顯示澎湖冬天的溫度與風力或許不適合青斑蝶停留，加上澎湖野外並沒有青斑蝶的寄主植物可供青斑蝶繁衍，冬季也無足夠蜜源可供青斑蝶吸食，似乎渡海抵澎的青斑蝶只能選擇繼續往南擴散一途了。

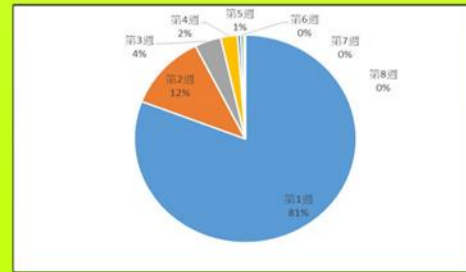


圖 4.2.9 澎湖歷年原地再捕獲青斑蝶停留週數統計圖

三、青斑蝶翅型、面積與越洋關聯

(一)研究方法：

製作 1mm 為長度單位、5mm*5mm 正方形的透明網格膠片，以此測量青斑蝶前翅長，同時以此利用方格法估算前翅面積以進行資料分析。

(二)研究步驟：

- 1.將透明網格膠片疊放在青斑蝶上方，將網格膠片上的長度尺規對齊青斑蝶前翅基部大白點與前翅先端，並微微將前翅與後翅拉開，使前翅儘量完整露出，以利方格法估算前翅面積，並在拍照後釋放青斑蝶。
- 2.將疊有網格的青斑蝶照片插入 WORD 中，調整適合的大小，利用印表機輸出。
- 3.透過網格膠片的尺規讀出青斑蝶的前翅長，即青斑蝶前翅基部大白點與前翅先端的長度。
- 4.測量前翅橫向的寬度，對無法直接讀出長度的部分，則利用邊長 5mm 方格的比例估算青斑蝶前翅長。
- 5.比較將前翅壓在測量表量尺上方測量，與網格量尺壓在前翅上方測量的數值差異，判斷青斑蝶標放時測量前翅長度的適合方式。
- 6.計算前翅長寬比例，分析青斑蝶前翅的可能翅型分類，並以此分析青斑蝶越洋行為與前翅型態的關係。
- 7.由翅基的大白點開始，畫出青斑蝶的前翅的輪廓，並數出網格膠片上的完整與不完整方格的數量，再用方格法估算青斑蝶的前翅面積。
- 8.比較青斑蝶前翅面積與前翅長關係，並分析討論其與青斑蝶越洋行為的關聯。

(三)研究結果與討論：

- 1.本研究年度總共標放 234 隻青斑蝶，符合本研究資料蒐集範疇(圖 4.3.1)者共 193 筆。發現以紀錄表上尺規或透過網格膠片測量前翅長(N=193)，其兩者總平均差異僅 0.30mm，由於測量最小刻度為 1mm，其平均差異低於 0.5 個測量單位，表示將測量尺置於青斑蝶上方或下方，是都可以準確測量出青斑蝶的前翅長度，即青斑蝶標放時以此兩種方式都可以準確獲得測量數據。
- 2.研究將青斑蝶(N=193)的前翅長與寬進行比較，其平均長寬比為 1.95。若將青斑蝶前翅視為三角形而言，即底是高的 2 倍之等腰三角形(紅色)，如圖 4.3.2，但依據青斑蝶實際外型，則可用 2 個等腰三角形(黃色)疊加而為寬翼鳶型，其面積不變，但對外型描述應更符合實際。
- 3.若青斑蝶前翅平均寬度以 25mm 觀之，測量單位 1mm 則占 4%，故研究以 10%來定義青斑蝶前翅的不同翅型，使前翅寬度測量時有 2 ~ 3mm 的差別，以確認數據不是因測量而產生的誤差。研究發現僅有 3 筆(1.5%)不同翅型的資料，如圖 4.3.3 照片，其中 1 筆是比值為 1.16 的寬大型，另外 2 筆則屬於比值是 0.87 的瘦長型，判斷其應是原生族群內的自然變異，而非因越洋行為而產生的篩選結果。
- 4.若依據青斑蝶前翅長進行分類，可獲得如圖 4.3.4 的長度與面積關係，原則上符合長度與面積平方成正比的關係，在僅有 1.5%的翅型差異下，統計圖表上並無劇烈變化，此亦可反推青斑蝶族群前翅翅型無明顯差別，也就不存在翅型差異而產生影響青斑蝶的越洋行為。
- 5.雄蝶與雌蝶前翅長之數量最大值分別落於 56mm 和 60mm，位於雄蝶平均長度 55.1mm 和雌蝶 58.4mm 右方，符合歷年針對青斑蝶前翅長統計的左偏情形(圖 4.3.5)；同時，從研究統計上發現前翅長與前翅面積成正比，其亦符合洪家揚、顏君翰(2020)中前翅長或大小並不影響渡海行為的研究結果，故前翅面積並不會影響青斑蝶的渡海行為。



圖 4.3.1 本研究前翅長與面積測量方式

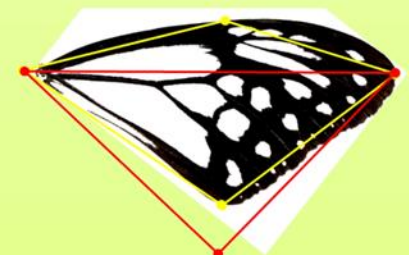


圖 4.3.2 青斑蝶前翅外型圖



圖 4.3.3 青斑蝶前翅不同類型比較圖

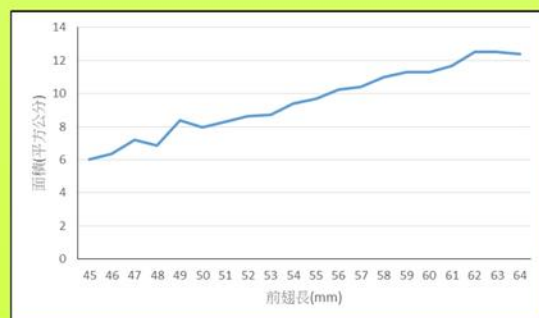


圖 4.3.4 青斑蝶前翅長與面積關係圖

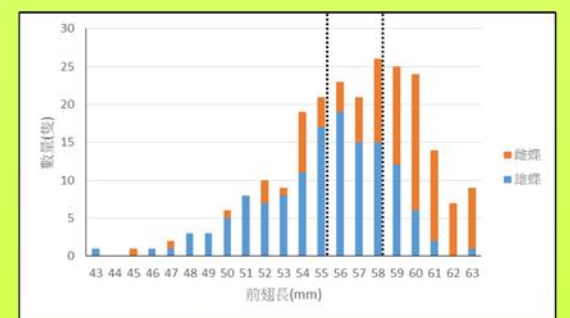


圖 4.3.5 青斑蝶雌雄前翅長數量統計圖

伍、結論

- 一、本年度在湖西林投尖山步道所捕捉青斑蝶數量為標記總量的 38.6%，為此處歷年來最高之比例，推測應與風向及青斑蝶飛抵澎湖的位置有較大關聯。
- 二、本年度標放總量與標放極大值顯示，其數量與歷年記錄呈現無規律落差，極大值有前後平移的現象，推測其原因為青斑蝶越洋抵澎是一種依靠東北季風風力與風向的無規律擴散行為有關，同時證明抵澎青斑蝶易受日本氣候變化的影響。
- 三、本研究年度所標放的青斑蝶中雌蝶約占總數 41.0%，略高於歷年數值，相較往年標放青斑蝶的期間，僅初期與末期時的雌蝶比例較高，但本年度雌蝶比例多數維持在略高的比例，此現象是否為單一年度的偶發現象？有待持續研究。
- 四、由網格膠片與紀錄紙量尺所得前翅長數據顯示，其平均差異低於 0.5 個測量單位，即 0.5mm，表示此兩種不同的測量方式皆是準確、可行的紀錄方式。
- 五、青斑蝶前翅長度與寬度的比值約為 2，翅型似以 2 個等腰三角形上下疊合所形成的寬翼鳶形，其面積不變，但對外型之描述更符合青斑蝶的實際前翅外型，也優於一般對青斑蝶前翅為三角形的說法。
- 六、研究以方格法計算青斑蝶前翅面積，發現青斑蝶前翅長與面積平方具有成正比的關係；同時，青斑蝶在前翅翅型上並不存在不同翅型而產生面積劇烈變化的情形。
- 七、若以青斑蝶前翅長寬比的差異超過 10%來定義翅型的不同，則僅有 1.5%是屬於不同翅型，可推論青斑蝶前翅翅型並不影響越洋行為，但未來可針對日本或台灣青斑蝶原生地進行翅型分類的相關研究，藉此驗證本研究之推論。