

玩動蝶口

—從澎湖再捕獲青斑蝶分析其冬季擴散的族群變化

摘要

研究以再捕獲青斑蝶進行族群大小推估，發現 2018 年澎湖西嶼西堡壘青斑蝶族群極大值在 800 ～ 900 隻之間，極大值日期 11/7，與標放情形相符；澎湖青斑蝶族群大小受遷入與遷出影響，研究發現同一天標放的青斑蝶其再捕獲率隨日期降低，而同一天再捕獲率則以最接近日最高，顯示兩種可能：一是抵澎青斑蝶立即遷出，使越早標記的數量變少，另一則是青斑蝶的快速遷入，使族群迅速變大而沖淡原本標記的比率，綜觀 2018 年冬季澎湖青斑蝶族群變化，由原本遷入量>>遷出量而急速膨脹，11/7 達到極大值，而後轉為遷入量<遷出量，族群在 1、2 週內迅速降低；若配合標放總數推估，西嶼西堡壘和湖西林投步道兩地同時間青斑蝶停留極大值約 1000 隻，而整個冬季的族群大小則約 6000 隻。

壹、研究動機

本校於 2015 年開始投入青斑蝶標放研究，探討日本青斑蝶越洋之謎，了解到澎湖是青斑蝶族群冬季在亞洲東岸島弧往南擴散的重要據點，也是擴散的中繼站，並發現除了「西嶼西堡壘」外，尚有「湖西林投步道」的第二個中繼棲息地，也了解到青斑蝶在澎湖會有類似在日本聚集南岸擴散的行為，進而有澎湖青斑蝶標放極大值發生在 11 月初的情形，2018 年我們繼續青斑蝶標放工作，除累積基礎生態資料外，我們想進一步透過再捕獲的資料，推估由日本越洋抵澎的青斑蝶族群大小與族群變化的情形。

貳、研究目的

- 一、文獻探討青斑蝶的特徵、生態、擴散行為與澎湖青斑蝶研究的現況。
- 二、以「標識再捕法」(MRR，Mark-Release-Recapture)為研究方法進行青斑蝶之標放，分析 2018 年青斑蝶各項生態資料，並與歷年資料比對異同之處與新發現。
- 三、以澎湖在地標放再捕獲青斑蝶的數量推估 2018 年澎湖「西嶼西堡壘」、「湖西林投步道」青斑蝶的族群大小與變化。

參、研究設備及器材

- 一、標放工具：
捕蝶網、紀錄表、溫溼度計、記錄板夾、油性簽字筆、原子筆、識別證掛帶、數位相機、手機等。
- 二、分析工具：
電腦 1 組
(含網路、MS Excel 軟體)



肆、研究方法、結果與討論

一、青斑蝶生態與澎湖青斑蝶研究的現況

- (一)文獻分析：探討青斑蝶的特徵、生態、擴散行為與澎湖青斑蝶研究的現況。
- (二)研究結果與討論：

1.青斑蝶的生態：

本研究之青斑蝶是分佈在台灣、琉球、日本、韓國等地的 *Parantica sita nipponica*，是青斑蝶分佈緯度最高的亞種，其構造如圖 1 所示，頭胸足呈黑褐色，胸部有白色斑點，雄蝶腹側灰色有白環，雌蝶腹側白色；前腳退化緊貼於前胸；翅薄具彈性，翅面具半透明淡青白色斑紋，前翅長約在 48~62mm 之間，雄蝶後翅臀區附近有一明顯黑色的「性標」；青斑蝶為多世代性物種，喜好棲息於海岸林、常綠闊葉林，成蝶飛行緩慢，對溫度敏感，對大花咸豐草、臺灣澤蘭、島田氏澤蘭、臺灣山菊等菊科植物的花蜜有特別喜好；台灣牛爛菜、歐蔓、毬蘭等植物為其幼蟲的寄主植物（徐堉峰，2013；陳建志，2008；佐藤英治，2007）。

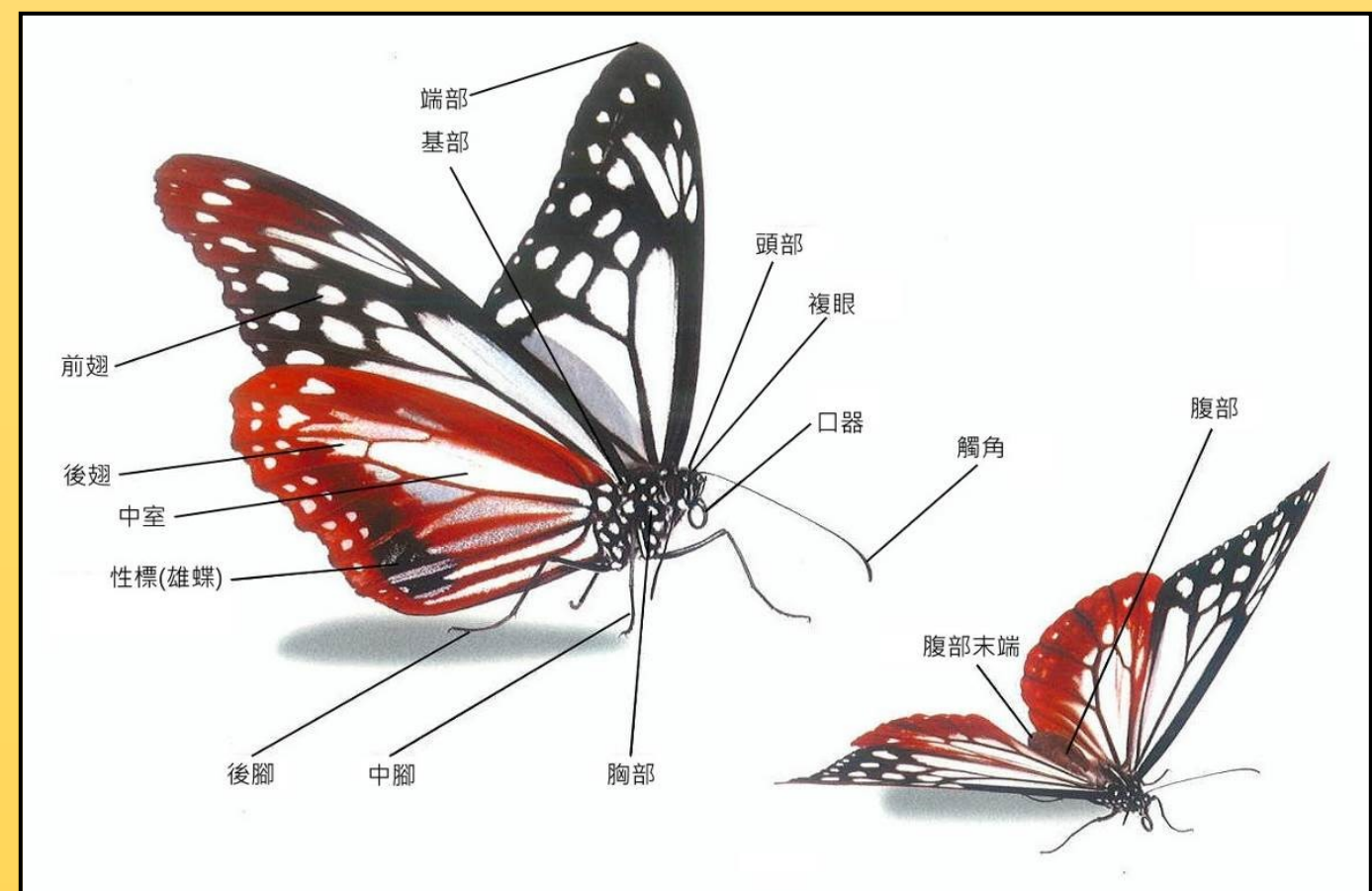


圖 1 青斑蝶身體構造圖

(底圖來源：佐藤英治(2007)。青斑蝶遷徙之謎，頁 18。)

2.青斑蝶的擴散行為：

日本境內青斑蝶會隨季節移動，春天從西南群島往北移動，夏季則聚集在高原上，初秋往日本的中部、四國地區移動，晚秋則回到溫暖的日本西南各島（佐藤英志，2007）；青斑蝶在日本與台灣間的移動，根據 20 年的再捕獲資料顯示，日本青斑蝶南下是隨東北季風氣流的單向移動，是一種擴散(Dispersal)的行為，不同於一般生物週期性、重複性往返棲地間的遷徙(Migration)行為（陳建志，2018）。

3.澎湖青斑蝶研究的現況：

- (1)台灣與日本自 1997 年開始合作青斑蝶標放，截至 2017 年為止，除澎湖以外的台灣地區總共再捕獲 18 筆日本南下的資料，但 2013 年在澎湖便記錄到 7 筆日本標放的青斑蝶，是 2013 年之前最高的回收紀錄，接著 2015 年再記錄 23 筆、2017 年有 2 筆，總計澎湖已再捕獲 32 隻日本標放的青斑蝶，占整個台灣地區再捕獲量的六成，正可確認澎湖是青斑蝶冬季在亞洲東岸島弧往南擴散的重要據點。
- (2)澎湖野外無台灣牛爛菜、歐蔓、毬蘭等青斑蝶幼蟲的寄主植物，故在澎湖野外並無青斑蝶的繁殖紀錄，目前澎湖冬季所見青斑蝶族群皆為外地遷入；又澎湖因為季節與植物相的因素，除野外無澤蘭、山菊等青斑蝶喜好的蜜源植物外，冬季時也僅有大花咸豐草和馬纓丹有較大規模的開花，所以冬季越洋抵澎的青斑蝶便以大花咸豐草和馬纓丹為其主要蜜源。
- (3)澎湖在 2013 年發現西嶼西堡壘有大量青斑蝶，2014 年卻僅有零星記錄，但 2015 年又爆大量，而 2016、2017 年又回到約百隻的標放量，這種現象正足以顯示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。
- (4)由澎湖標放的青斑蝶又在原地再捕獲的資料顯示，僅約 2 成標放的青斑蝶在一星期後仍可再被發現，亦即青斑蝶在澎湖僅做短暫停留後便再度離開，因此澎湖是青斑蝶冬季往南擴散的「中繼站」。
- (5)在澎湖標放青斑蝶的雌蝶比例約在 2 ～ 4 成之間，前翅長也較長，推論越洋行為對青斑蝶的性別、前翅長度具有篩選效果。
- (6)每年 11 月上、中旬是澎湖青斑蝶標放的極大期，與日本境內 10 月下旬青斑蝶集結在四國、九州地區具有高度相關性。

(7)冬季越洋抵澎的青斑蝶主要棲息地為「西嶼西堡壘」，2017年則再發現「湖西林投步道」為其第二處棲息地，若依標放數量判斷，其族群約低於西嶼西堡壘的2成，綜觀兩處棲息地皆具有「林木遮風」、「南面臨海」的共同特徵，與青斑蝶喜好海岸林、常綠闊葉林相符。

(9)澎湖標放的青斑蝶，翅的損壞具有後翅高於前翅，比例約達 2 倍的情形，同時翅的受損呈左右對稱，總破損率方面則約有 3 成青斑蝶的翅膀是毫無破損的。

二、2018 年澎湖青斑蝶標放資料分析、比較與新發現

(一)以「標識再捕法」(MRR，Mark-Release-Recapture)為研究方法，分析 2018 年越洋抵澎的青斑蝶各項生態資料，並比較與歷年研究結果之異同和新發現。

(二)研究方法與步驟：

1.填寫青斑蝶標放工作的基本資料，即紀錄表上的地點、日期、時間、天氣、標放者資料。

2.以油性筆進行青斑蝶標放工作，在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（陳建志，2008）。

3.記錄青斑蝶標放的各項生態資料，包含上述的標記編號與性別、新鮮度、翅的破損、前翅長、標記時刻與氣溫、生態行為、再捕資料等，並在完成各項紀錄後拍照釋放。

4.以 Microsoft Excel 將紙本記錄表資料數位化，再進行 2018 年各項資料的統計與分析，並比較與歷年研究結果之異同和新發現。

(三)研究結果與討論：

1.自 2013 年起澎湖開始進行青斑蝶的標放工作，歷年的標放數量統計如圖 2 所示，2018 年標放數量創新高，達到 1061 隻，從統計圖中可見每年標放數量的落差極大，正說明澎湖冬季青斑蝶越洋抵澎是隨東北季風風向、風力而定的擴散行為。

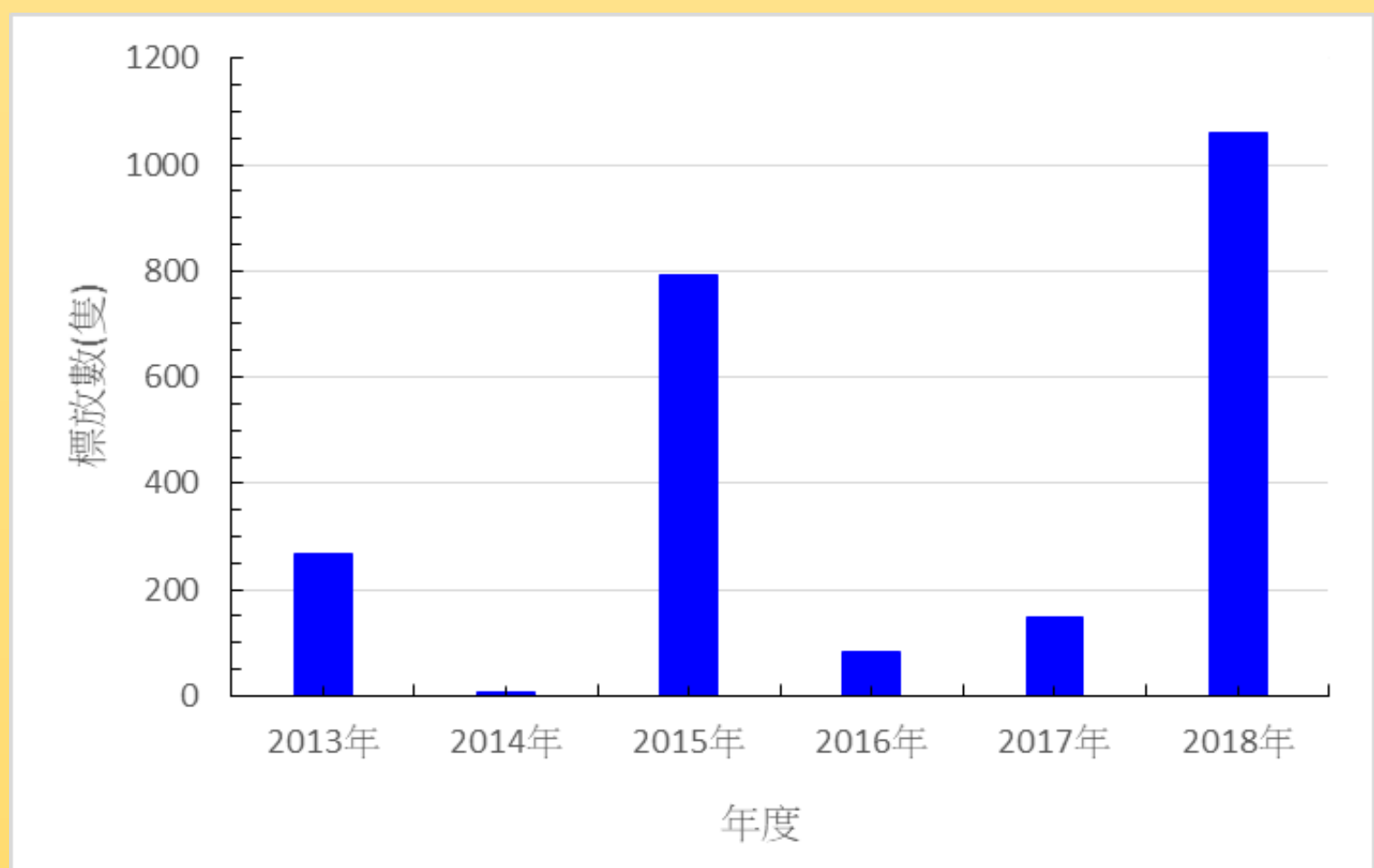


圖 2 澎湖歷年青斑蝶標放數量統計圖

2.將 2015 ~ 2018 年澎湖冬季青斑蝶標放數量與日期製成圖 3 之統計圖，可發現歷年越洋抵澎青斑蝶標放量最大值落於 11 月初，與日本 10 月底大量青斑蝶集結在日本南方的四國、九州有密切關聯，只待東北季風的風向、風力恰當時，便能大量擴散至澎湖。

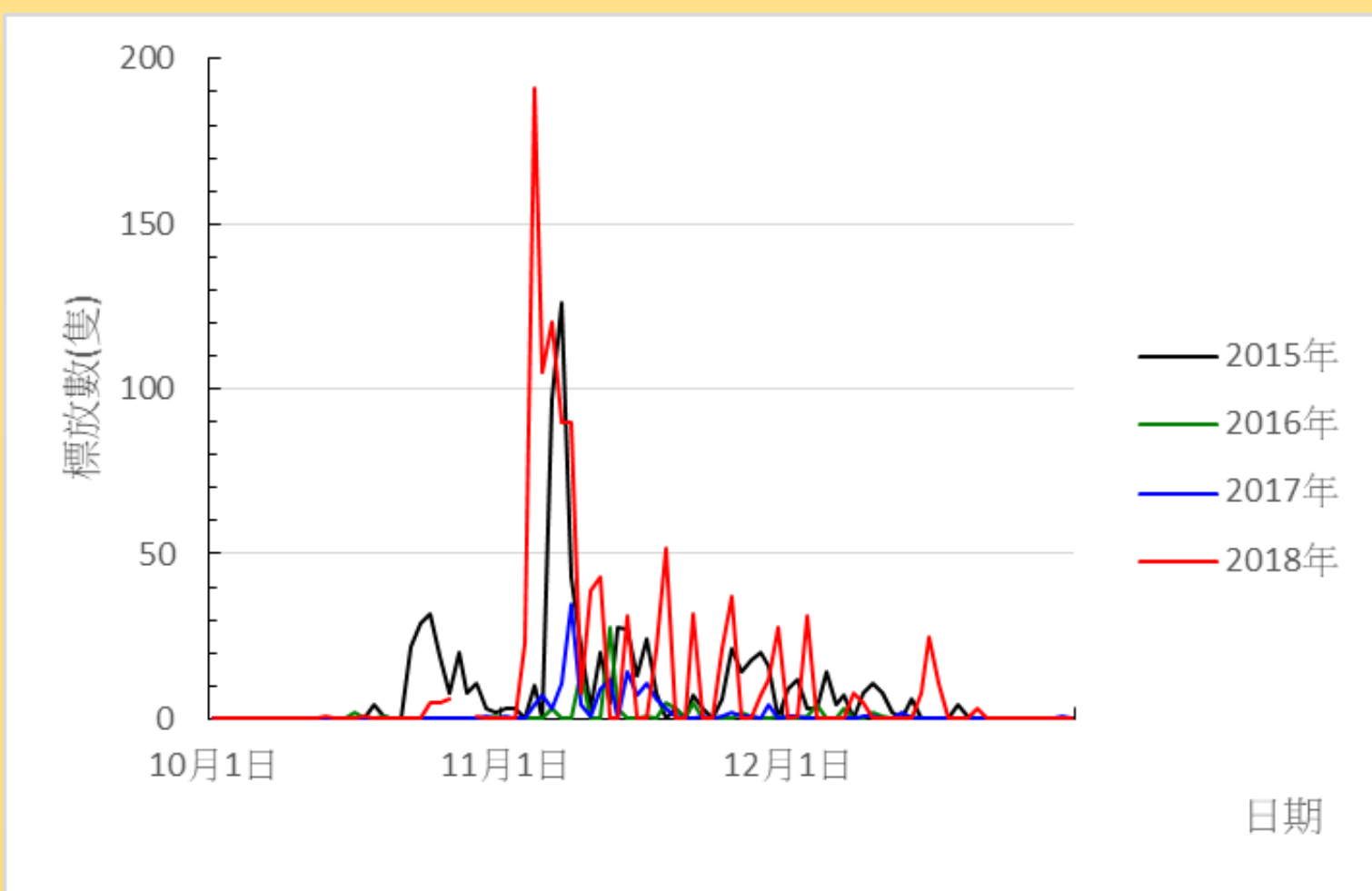


圖 3 澎湖 2015～2018 年青斑蝶標放數與日期分析圖

3. 依據 2015 ~ 2018 年資料，表 1 為澎湖標放青斑蝶個體前翅長度統計表，其較李信德於 2001 ~ 2008 年間在陽明山標放的個體為大，雄蝶略高於平均值的 53.8mm，雌蝶則較平均值的 55.8mm 大約 1.4 ~ 3.5mm 其符合青斑蝶越洋行為具有篩選雌蝶大小的推論。

表 1 澎湖 2015～2018 年標放青斑蝶個體翅長比較表

	2015 年 (N=773)		2016 年 (N=82)		2017 年 (N=145)		2018 年 (N=1059)	
	雄蝶	雌蝶	雄蝶	雌蝶	雄蝶	雌蝶	雄蝶	雌蝶
前翅長度 (mm)	54.6	58.1	55.4	59.32	54.8	57.8	54.4	57.2

4.包含 2018 年的歷年澎湖標放的青斑蝶資料顯示：雌蝶比率約在 2 ~ 4 成之間，與推論越洋青斑蝶具有高雌蝶比率相符；青斑蝶翅的損傷則呈現左右對稱，且後翅受損高於前翅；青斑蝶新鮮度變異大，表示個體老化程度並不會影響其越洋的能力。

澎湖 2018 年再捕獲 19 筆日本標放的青斑蝶，自 2013 年起至 2018 年為止總共累積 51 筆紀錄，占全台灣地區總數 76 筆的 67%，若僅計算 2013 年以後的再捕獲資料，則高達 82% 是在澎湖所再捕獲的，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，其再捕獲數量的比較如圖 4 所示。

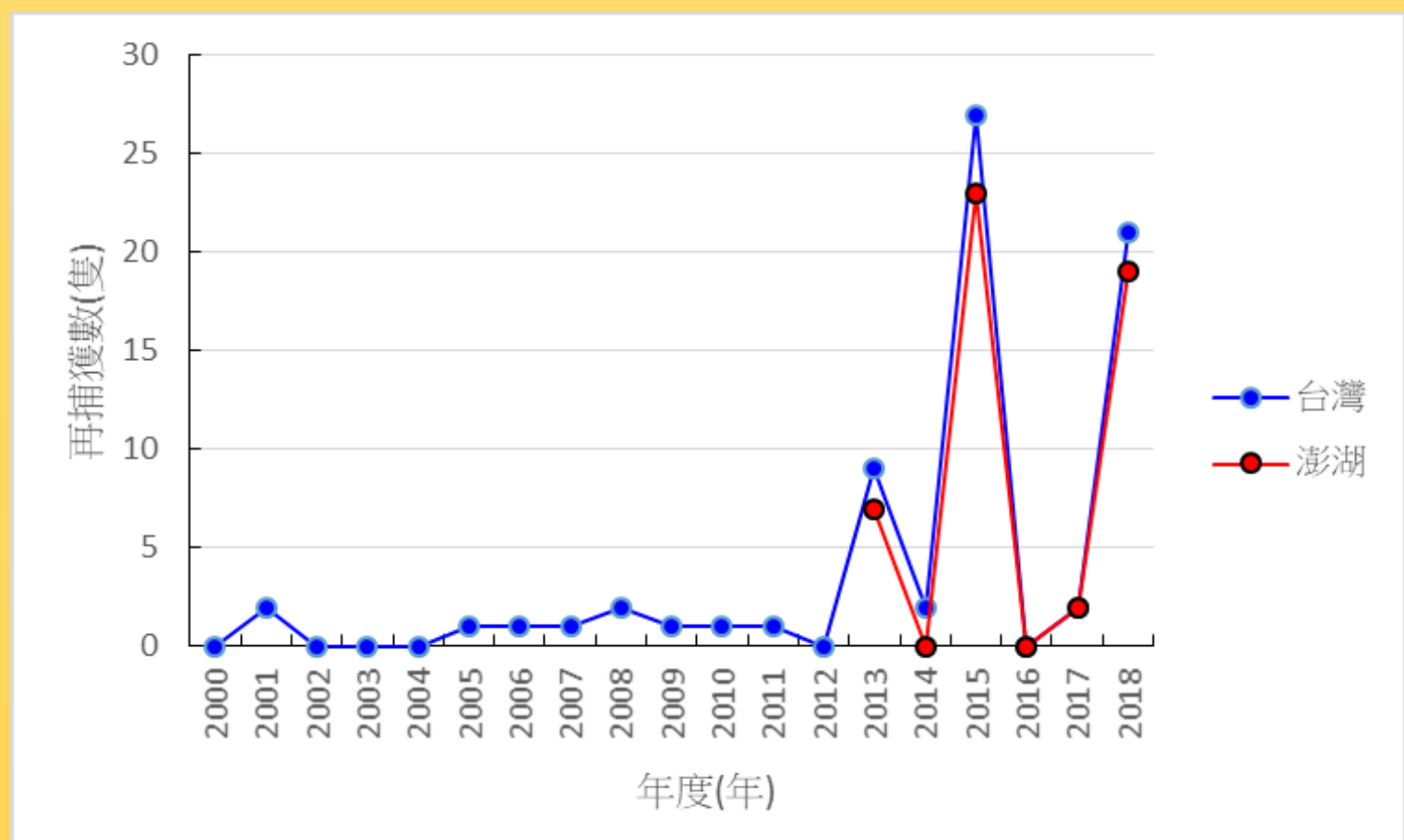


圖 4 澎湖與台灣歷年青斑蝶再捕獲數量比較

6. 標記符號「Xiyu 11/5 AM280」的青斑蝶，在 11/5 標放後，先於 11/18 在西嶼王屋營區再捕獲，紀錄資料後放飛，25 天後的 11/30 又在湖西林投步道被李信德所捕獲，其由西向東飛行約 15km，飛行圖見圖 5，與 2017 年標記符號「Huxi11/16 AM81」的第 1 筆澎湖群島內跨島再捕獲青斑蝶做反向的飛行，但目前尚無南北向島嶼間的跨島飛行紀錄。



圖 5 澎湖再捕獲的青斑蝶島內跨島飛行資訊圖
(底圖來源： Google Map)

三、澎湖冬季青斑蝶族群的大小與變化

(一)以「標識再捕法」(MRR)為研究方法，紀錄標放、再捕獲數量，推估越洋抵澎青斑蝶的族群數量大小與變化情形。

(二)研究方法與步驟：

1.進行青斑蝶標放時，針對在澎湖標放且原地再捕獲之青斑蝶紀錄其再捕日期與編號，並將紀錄數位化後進行統計與分析。

2.推估「西嶼西堡壘」之青斑蝶族群數量大小，推估公式為 $N : M = n : m$

其中 N 為青斑蝶族群推估總數量、M 為青斑蝶標放數、n 為青斑蝶當日再捕獲總數、m 為青斑蝶當日再捕獲總數中的已標記青斑蝶數量。

3.選擇標放數超過 50 隻的天數，以前 1 天、2 天、3 天的標放數，採累計數目與每日單獨計數方式進行青斑蝶族群大小之推估。

4.探討與分析影響青斑蝶族群大小的各種因素，並嘗試找出青斑蝶大量遷入、遷出開放系統中的計算因子，以推估越洋抵澎的青斑蝶族群大小。

5.以「西嶼西堡壘」、「湖西林投步道」標放總數比例推估「湖西林投步道」之青斑蝶族群數量大小。

6.以標放總數推估整個冬季由日本越洋抵澎的青斑蝶族群總數量。

(8)在澎湖再捕獲日本標放的青斑蝶是廣泛來自日本本土各地，但可能因風向、台灣地形阻隔的因素，目前尚未有再捕獲日本琉球地區標放的青斑蝶紀錄，其中再捕獲紀錄中，飛行最遠的直線距離是 2513km，來自福島地區，飛行最快速度則平均每日可超過 350km。

(10)冬季越洋抵澎的青斑蝶會在澎湖群島內進行跨島飛行，飛行方向由東向西，但 2017 年為止尚無南北向島嶼間的跨島飛行紀錄。

(三)研究結果與討論：

1.澎湖 2018 年在地再捕獲的青斑蝶總數計 494 隻，以停留週數之統計結果如圖 6 所示，其顯示超過 7 成比例是在標放後 1 週內所再捕獲，而僅有不足 5%停留超過 3 週，即大部分青斑蝶在短暫停留後便遷出澎湖，隨東北季風擴散，故對日本越洋而來的青斑蝶而言，澎湖僅只是擴散的中繼站。

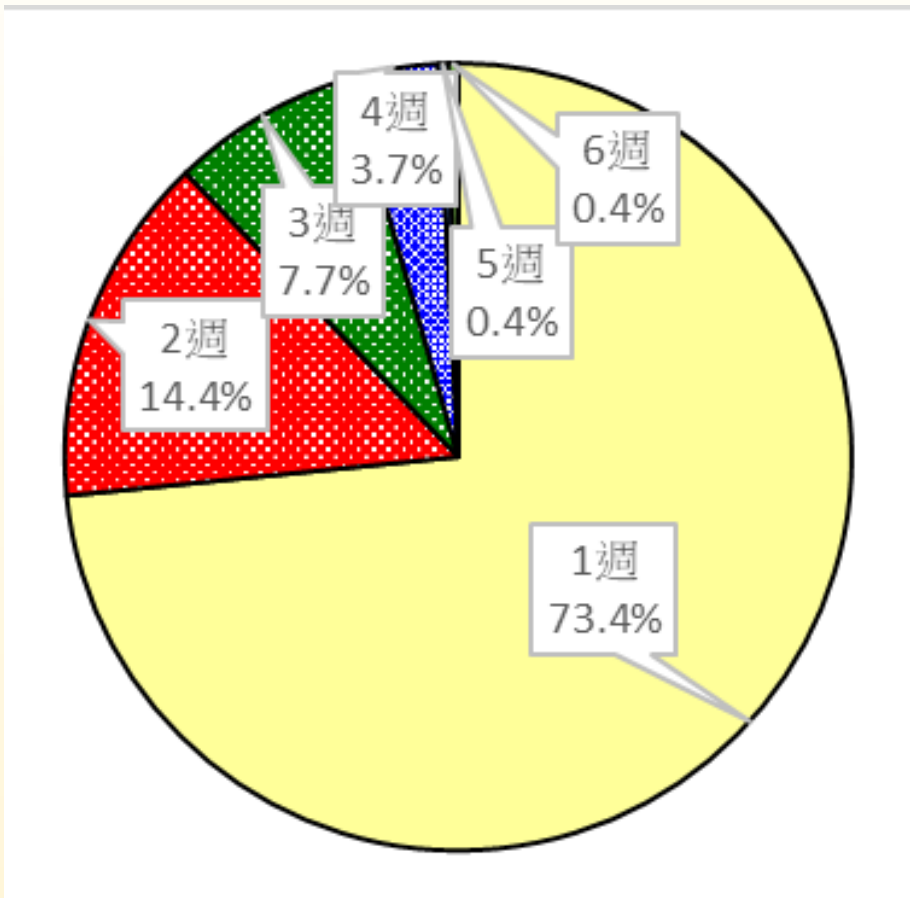


圖 6 澎湖 2018 年青斑蝶停留時間比例圖

3.研究為避免標放數量過少而產生統計誤差，故選擇「西嶼西堡壘」每日標放量超過 50 隻的天數進行推估，故以標放量最多的 11/4~11/8 期間進行推估，這也是往年青斑蝶族群發生量最大的期間。研究將此段日期的青斑蝶標放數、再捕獲前第 1 天、2 天、3 天青斑蝶數量與再捕獲率製成表 2，可得知青斑蝶再捕獲情形會隨日期而減少，即捕獲前第 1 天的比率會多於前第 2 天，以此類推，此表示兩種可能：一是抵澎青斑蝶立即遷出，使越早標記的數量變少，另一則是青斑蝶的快速遷入，使族群迅速變大而沖淡原本標記的比率。

4.利用 11/3～11/8 期間每日青斑蝶的標記數與再捕獲數，分別累計前 1 天、2 天、3 天的再捕獲數量，或以每日單獨計數的方式進行「西嶼西堡壘」青斑蝶族群大小推估，可獲得表 3、表 4 之結果，發現兩種推估方式皆顯示族群大小的極大值在 800~900 隻之間，同時族群在遷入量>>遷出量的情形下，在 11/7 達到極大值。

5.若以 10/15～12/31 的整個冬季期間進行族群大小的推估，並採累計標記前 1 天、2 天、3 天、1 週的方式進行，可獲得圖 7 之統計圖，發現越洋抵澎的青斑蝶族群最大值出現於 11 月初，與標放數量統計相符。同時得知在 11 月初，大量青斑蝶遷入澎湖，在遷入量>>遷出量的情形下，族群迅速成長，在 11/7 達到極大值，然後青斑蝶在短暫停留後離開澎湖，使得此時的遷入量<遷出量，族群在 1、2 週內迅速變小，在 12 月底時已不容易見到青斑蝶。

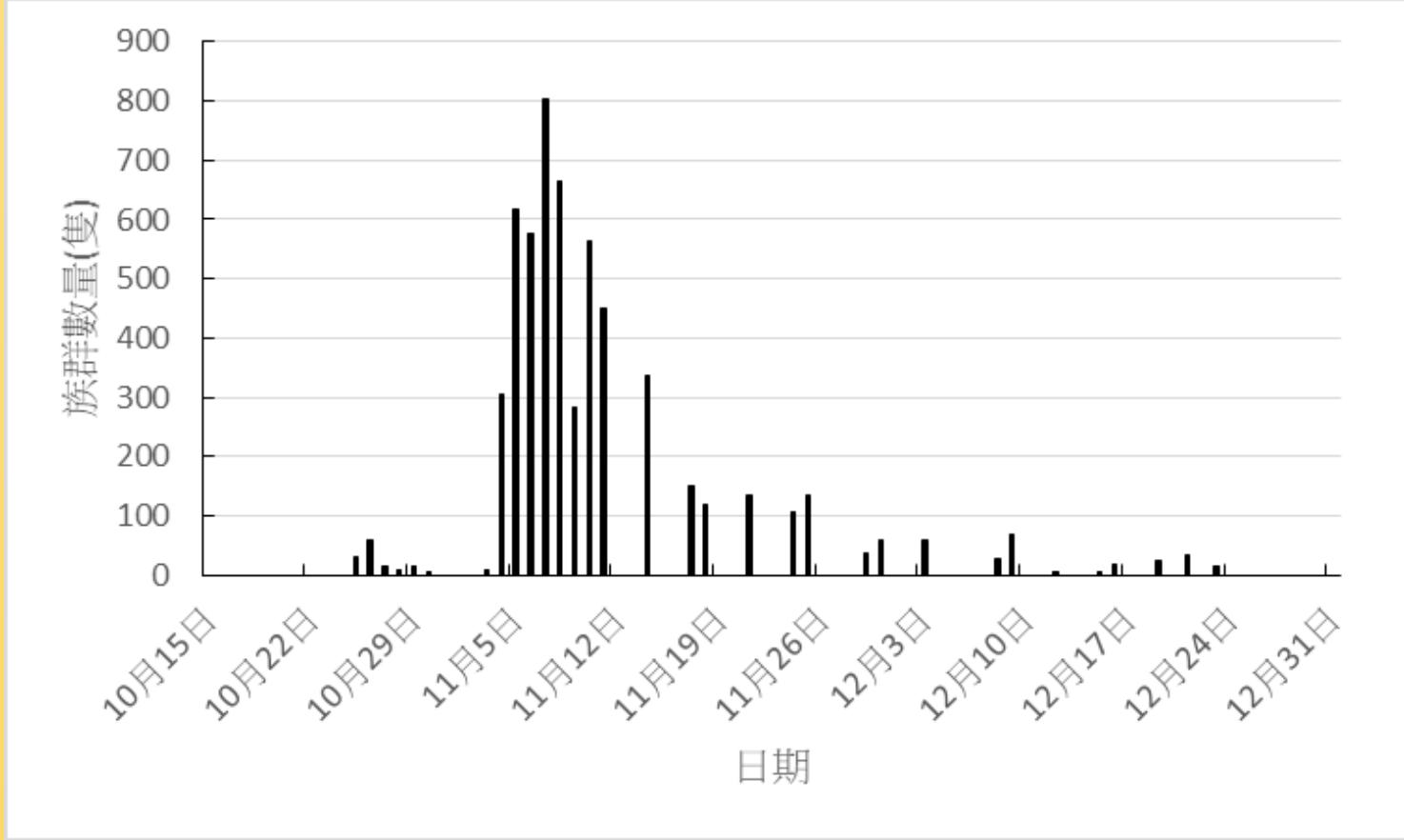


圖 7 澎湖 2018 年冬季青斑蝶族群大小變化圖

6.由於「湖西林投步道」的總再捕獲數僅 27 筆，為避免誤差過大，故以總標放數的比例進行推估，其比例為 907：154，11/7 極大值推估結果為 135～150 隻。

2.以「標識再捕法」推估生物族群大小，對於封閉或穩定族群較容易操作，其符合族群的出生+遷入=死亡+遷出，但越洋抵澎的青斑蝶具有流動性，較難估算。同時澎湖野外未有青斑蝶繁殖紀錄，可視為出生率為 0，而青斑蝶僅在澎湖做短暫的停留，此段時間死亡有限，亦可視死亡率為 0，故其族群大小便由遷入與遷出決定。

表 2 澎湖西嶼西堡壘 11/4~11/8 青斑蝶再捕獲率比較表

日期	標記數 (隻)	再捕獲數(隻)／再捕獲率(%)					
		前第 1 天		前第 2 天		前第 3 天	
11/3	19						
11/4	162	10	N				
11/5	91	33	20.4%	2	N		
11/6	93	23	25.3%	29	17.9%	2	N
11/7	90	12	12.9%	13	14.3%	20	12.3%
11/8	66	15	16.7%	9	9.7%	8	8.8%
平均		18.8%		14.0%		10.6%	

表 3 以累計各日再捕獲數推估青斑蝶族群大小統計表

日期	標記數 (隻)	累計各日再捕獲數(隻)			族群總數(隻)			
		前 1 天	前 2 天	前 3 天	前 1 天	前 2 天	前 3 天	平均
11/3	19							
11/4	162	10			327			327
11/5	91	33	35		609	652		630
11/6	93	23	52	54	459	705	740	635
11/7	90	12	25	45	791	846	1038	892
11/8	66	15	24	32	486	686	839	670

表 4 以每日單獨計數再捕獲數推估青斑蝶族群大小統計表

日期	標記數 (隻)	每日單獨計數再捕獲數(隻)			族群總數(隻)			平均
		前 第 1 天	前 第 2 天	前 第 3 天	前 第 1 天	前 第 2 天	前 第 3 天	
11/3	19							
11/4	162	10			327			327
11/5	91	33	2		609	884		746
11/6	93	23	29	2	459	682	903	681
11/7	90	12	13	20	791	721	891	801
11/8	66	15	9	8	486	775	842	701

7.青斑蝶標放數量與族群大小具有高度關聯性，以 11/4～11/8 期間標放數量平均與推估的族群數量做比較，族群總數量約為標放總數量的 6 倍，再以此推估 2018 年整個冬季越洋抵澎的青斑蝶族群大小，由於總標放數為 1061 隻，故 2018 年冬季由日本遷入澎湖的青斑蝶族群總數約 6000 隻。

伍、結論

- 一、2018 年是澎湖進行青斑蝶標放以來，標放數量最多的一年，標放總數達到 1068 隻，同時再捕獲日本標放青斑蝶有 19 隻，其中包含湖西林投步道的 3 筆回收記錄，澎湖目前總共累計 51 筆資料，占全台灣地區的 67%，證明澎湖是青斑蝶冬季在亞洲東岸島弧往南擴散的重要據點。
- 二、繼 2017 年發現澎湖地區島內青斑蝶跨島飛行紀錄後，2018 年則再記錄另 1 筆由西嶼西堡壘往湖西步道反向飛行的紀錄，表示若無強烈東北季風的干擾下，冬季越洋抵澎的青斑蝶在短暫停留期間可在澎湖島內因覓食、求偶等因素自由飛行。
- 三、對比 2018 年與歷年青斑蝶標放資料，其標放極大值日期、前翅長度、前後翅受損比例、受損對稱性、雌蝶比率等各項標放資料皆與往年相類似，顯示其規律性，同時亦表示越洋行為對性別與前翅大小具有篩選性，而新蝶比率變異性大則表示青斑蝶不因老舊而影響其越洋的飛行能力。

- 四、以澎湖標放且原地再捕獲青斑蝶資料進行族群大小的推估，發現 2018 年冬季西嶼西堡壘青斑蝶族群數量極大值落於 800～900 隻之間，極大值日期則為 11/7，與標放數值的極大值日期相符合。
- 五、由再捕獲數量發現同一天標放的青斑蝶其再捕獲率隨日期降低，而同一天再捕獲率則以最接近日的數量最高，其顯示兩種可能性：一是抵澎青斑蝶立即遷出，使越早標記的數量變少，另一則是青斑蝶的快速遷入，使族群迅速變大而沖淡原本標記的比率。
- 六、在 2018 年冬季的澎湖青斑蝶族群變化，由原本遷入量>>遷出量而急速膨脹，11/7 達到極大值，而後轉為遷入量<遷出量，族群在 1、2 週內迅速降低，在 12 月底時幾乎已無青斑蝶續留澎湖，與青斑蝶標放數量的變化程度相符合。
- 七、研究以青斑蝶總標放數量推估，西嶼西堡壘和湖西林投步道兩地同時間青斑蝶停留極大值約 1000 隻，而澎湖整個冬季的族群大小則約 6000 隻。

陸、參考資料

佐藤英治（2007）。*青斑蝶遷徙之謎*（初版）。臺中市：晨星。

徐堉峰（2013）。*台灣蝴蝶圖鑑：蛺蝶*（初版）。臺中市：晨星。

陳建志（2008）。陽明山國家公園青斑蝶與蜜源植物交互作用關係探討。陽明山國家公園管理處委託研究報告，未出版。

陳建志(2018 年 11 月)。亞洲東岸島弧青斑蝶的標放。「2018 澎湖西嶼西堡壘青斑蝶標放研習」，澎湖縣隘門國小。

陳建志等(2016 年 6 月)。從澎湖標放探討亞洲島弧青斑蝶移動。「亞洲東岸青斑蝶標放國際研討會」專題，臺北市立大學。

黃銘義、張永達(2019.03.13)。如何估算族群大小。科學 Online／高瞻自然科學教學資源平台 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/>。

詹家龍（2008）。*紫斑蝶*（初版）臺中市：晨星。