

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

第三名

030307

嘉有「諸」叫聲-嘉義市諸羅樹蛙棲地與鳴叫行為調查研究

學校名稱：嘉義市立北興國民中學

作者：  國二 曾琮凱  國二 郭怡潔  國二 邱韋錫	指導老師：  林嘉慶  陳雪卿
---	-----------------------------

關鍵詞：諸羅樹蛙、棲地調查、鳴叫行為

## 摘要

諸羅樹蛙 (*Zhangixalus arvalis*) 屬於樹蛙科 (*Rhacophoridae*) 為台灣特有種青蛙。研究者調查發現，在嘉義市頂庄里及新店里共有九處諸羅樹蛙的棲息地。在 2020 年 3 月至 2021 年 4 月間，於新店里農場進行的研究顯示：諸羅樹蛙共有五種叫聲，為整夜鳴叫的青蛙，在當日晚上 7 時至 8 時之間出現高峰，而過了翌日凌晨 1 時，鳴叫時間長度有再次上升的趨勢，凌晨 3 時之後才下降。相對濕度、水池水位高度、是否下雨以及氣溫都是影響諸羅樹蛙各種鳴叫聲次數的環境因子，其中水池水位高度越低，各種鳴叫聲出現的次數越高。未來從事諸羅樹蛙棲地調查時，建議使用晚上 7 時到 9 時的鳴叫高峰期進行棲地調查；在進行棲地改善時，水池水位高度為 0~10 公分最為合適。

## 壹、研究動機

在頂庄里社區進行獨角仙夜間生態觀察時，我們聽到一種響亮的青蛙叫聲，即便距離很遠也可以聽到響亮聲音。透過老師詳盡介紹後，才認識以發現所在地嘉義命名的青蛙—諸羅樹蛙。我們開始進行夜間生態觀察活動後，發現：諸羅樹蛙的鳴叫聲十分多變，且當牠鳴叫時，同一個區域的雄蛙會聚集一起鳴叫。搜尋相關文獻資料，得知關於諸羅樹蛙的研究並不多，且大部分的研究都限於研究人員，鮮少有資料提及定點且長時間紀錄諸羅樹蛙鳴叫之行為，故我們決定針對「鄰近社區進行諸羅樹蛙的棲地調查」及「諸羅樹蛙鳴叫聲音」進行定點長時間的紀錄，用以了解居住在我們身旁的諸羅樹蛙，並提供未來保育諸羅樹蛙時的行動參考依據。

## 貳、研究目的

本研究目的，如下說明：

- 一、調查頂庄里與新店里社區諸羅樹蛙族群之分布，以利諸羅樹蛙的保育。
- 二、進行諸羅樹蛙生態調查與棲地狀態調查，以利未來掌握長期的棲地狀態。

- 三、調查諸羅樹蛙的鳴叫種類，了解諸羅樹蛙的鳴叫種類與意義。
- 四、探討「月份」與諸羅樹蛙鳴叫長度、「時段」與諸羅樹蛙鳴叫長度和鳴叫種類出現次數之關聯。
- 五、探討「時段」、「氣溫」、「水池水位高度」、「是否下雨」、「相對濕度」等環境變項對諸羅樹蛙鳴叫行為（鳴叫長度與各種鳴叫聲種類出現次數）之影響。

## 參、研究設備及器材

本研究的設備及器材，如下說明：

- 一、研究設備：手電筒、SONY 錄音筆、筆電等設備。
- 二、研究器材：蛙調記錄表、蛙音記錄表、塑膠袋、尺等器材。
- 三、應用軟體：IBM SPSS Statistics（智慧數據統計分析軟體）、EXCEL、Sonic Visualiser、Audacity（聲音剪輯軟體）等應用軟體。

## 肆、研究過程或方法

本研究的過程及方法，如下說明：

本研究首先確定研究主題，說明其研究背景、動機與目的等相關資訊，蒐集並探討諸羅樹蛙棲地與鳴叫行為調查相關文獻，擬定研究方法，建立研究架構，同時蒐集相關文獻資料，進行田野調查，我們定時定點實地考察，且訪問在地達人與教授，接續將文件資料分析與進行彙整，最後，結合生態專家和資訊分析專家意見將所得到的資訊應用於本研究，分析其各項結果並歸納其鳴叫行為模式，提出研究結論與建議。以下為本研究流程圖，如圖 4-1 所示：

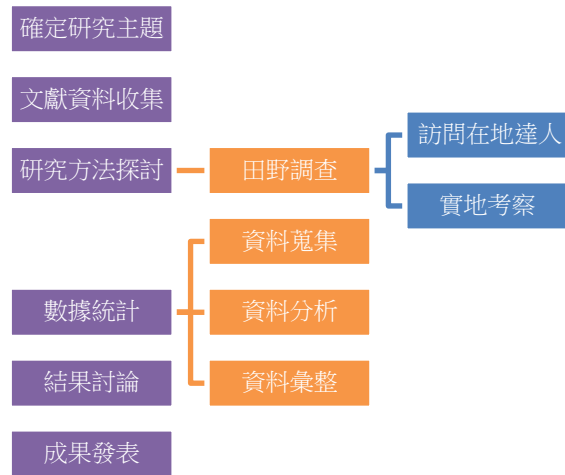


圖 4-1 研究流程圖

### 一、研究樣區

本研究樣區位於嘉義市新店里 義教街的農場內，樣區長與寬的長度分別為 13.000 公尺與 13.150 公尺，面積共 171 平方公尺。樣區內有臨近水田的暫時性農用取水池，水池的長、寬與深分別為 4.180 公尺、2.090 公尺與 0.333 公尺（如圖 4-2 所示）。



研究樣區正面，白圈處為社區建置的樹蛙復育池、紅圈處為錄音筆置放處

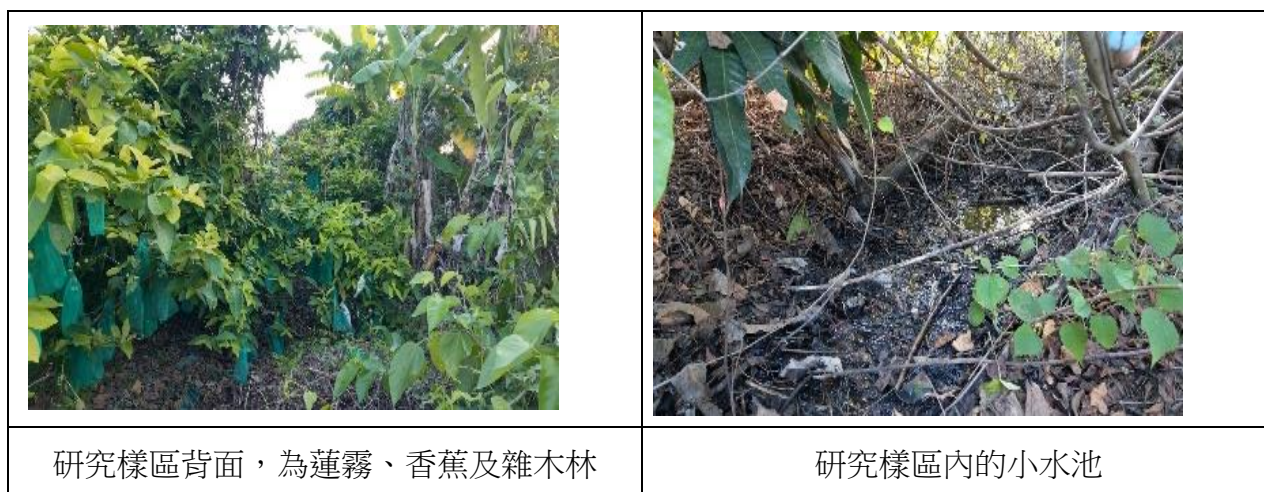


圖 4-2 樣區照片

## 二、研究對象

本研究對象為「諸羅樹蛙」(*Zhangixalus arvalis*) 屬於樹蛙科 (*Rhacophoridae*) 為台灣特有種青蛙，為保育類等級 II 的珍貴動物。研究期間採用定點、定時錄音 (錄音筆放置時間自當日晚上 5 時至翌日 7 時) 與定期的田野調查，避免對研究對象造成干擾。

## 三、調查時間和方法

本研究調查時間和方法，如下說明：

### (一) 田野調查

根據〈台灣兩棲類野外調查手冊的方法論〉(楊懿如, 2005), 我們選擇目視遇測法及繁殖地調查法, 自 2020 年 3 月至 2021 年 4 月共 14 個月進行了 19 次諸羅樹蛙田野調查。在鳴叫活躍度 (鳴叫聲長度較長且各鳴叫種類出現次數較多) 較高之期間 (4 月初到 9 月中旬), 隔週日到頂庄里開心農場與新店里生態農場進行田野調查, 每次調查時間約為晚上 7 時 30 分至 9 時, 經過錄音樣區時會特意停留, 以進一步在附近尋找更多諸羅樹蛙, 並觀察其活動狀況; 非諸羅樹蛙鳴叫活躍度高之期間, 每月至少到樣區調查一次, 確認有無諸羅樹蛙活動。每次調查都會透過「目視」與「聽音」兩種方式來記錄所觀察之青蛙 (含卵泡) 種類和數量 (如表 4-2 所示)。

## (二) 錄音

### 1. 研究樣區之選擇

在頂庄里開心農場與新店里生態農場進行蛙調後，透過田野調查結果和在地里長與里民們歷年來的觀察記錄，我們選擇諸羅樹蛙族群相較穩定，且人為干擾較少的新店里生態農場中，一處下雨易積水的水池旁雜木林，作為我們的研究樣區。

### 2. 錄音方法

根據〈台灣兩棲類野外調查手冊的方法論〉(楊懿如, 2005)，我們選擇定點聲音監控法，將 SONY 錄音筆放置於樣區中心，記錄整個晚上(自當日晚上 5 時至翌日 7 時)所有雄蛙的鳴叫活動。錄音時間自 2020 年 4 月 18 日至 2020 年 9 月 14 日，每週記錄三次；自 2020 年 9 月 14 日至 2021 年 3 月 31 日，每兩週記錄一次，共計進行了 78 次錄音，每次錄音 14 小時。我們選取晚上 6 時至翌日 6 時，使用聲音剪輯軟體 (Audacity、Sonic Visualiser) 播放聲音、分析聲紋，記錄每小時 15 分至 45 分之間的鳴叫聲長度、各鳴叫種類出現次數，聽音記錄時間總計為 932 小時，統計分析 756 小時 (如表 4-1 所示)。

表 4-1 諸羅樹蛙繁殖季錄音數據取樣日期

月份	日期	資料數
4 月	4/18、4/21、4/23、4/25、4/28、4/30	共 6 日，72 筆資料
5 月	5/02、5/05、5/07、5/09、5/12、5/14、5/16 5/19、5/21、5/23、5/25、5/28、5/30	共 13 日，156 筆資料
6 月	6/01、6/04、6/06、6/09、6/11、6/12(註 1) 6/16、6/18、6/20、6/23、6/25、6/27、6/30	共 13 日，144 筆資料， 6/12 的 8 筆為無效數據
7 月	7/02、7/04、7/06、7/09、7/11、7/13、7/15 7/17、7/20、7/22、7/24、7/27、7/29、7/31	共 14 日，168 筆資料



8 月	8/03、8/05、8/07、8/10、8/12、8/14、8/17 8/19、8/22、8/24、8/26、8/28	共 12 日，144 筆資料
9 月	9/02、9/04、9/09、9/11、9/14、9/28	共 6 日，72 筆資料

註 1：6/12 因錄音筆電力不足，僅收音 8 小時，不足 12 小時，視為無效數據。

註 2：依照聽音紀錄，諸羅樹蛙在 8/28 之後鳴叫行為大幅減少，至 9/11 後就沒有記錄到鳴叫聲，因此固定錄音由 9/14 之後改為兩週一次。

註 3：針對諸羅樹蛙鳴叫行為與環境因子的關係僅分析 4 月至 9 月繁殖季的錄音資料，9 月 14 日之後到翌年 3 月 31 日錄音資料中沒有諸羅樹蛙鳴叫記錄。

表 4-2 調查時間和方法

	<p>田野調查：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 每次調查時間為晚上 7 時 30 分至 9 時。</li> <li>2. 紀錄諸羅樹蛙的數目、共域兩棲類的數目以及確認鳴叫聲與棲地狀況。</li> </ol>
	<p>錄音：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 整個晚上(當日晚上 5 時至翌日 7 時)。</li> <li>2. 透過每週三次錄音，了解諸羅樹蛙的鳴叫行為。並在收放錄音筆時進行棲地的觀察。</li> </ol>

#### 四、統計分析

##### (一) 分析方法

先利用 EXCEL 初步分析，探討月份與鳴叫聲長度的關係、時段與鳴叫聲長度的關係，和時段與各鳴叫種類出現次數的關係。再用 SPSS 進行逐步多元回歸

分析，將顯著的環境因子用逐步輸入法投入回歸模式，以探討各環境因子對諸羅樹蛙鳴叫行為有無顯著相關及各環境因子，對諸羅樹蛙鳴叫行為總變異量的解釋量。

## (二) 變數說明與樣本資料

本研究各變數名稱、定義及其相關說明（如表 4-3 所示）：

1. 變數名稱 time 定義「時段」。
2. 變數名稱 T 定義「氣溫」：紀錄嘉義市氣象站的資料。
3. 變數名稱 humidity 定義「相對濕度」：紀錄嘉義市氣象站資料。
4. 變數名稱 rain 定義「當日是否下雨」：有：1，無：0。
5. 變數名稱 poolhight 定義「當日水池水位高度」：乾：1（水位 0 至 10 公分），半滿：2（水位 11 至 20 公分），全滿：3（水位 21 至 33 公分）。
6. 變數名稱 call 定義「鳴叫時長」。
7. 變數名稱 A 定義「宣告 A」：有：1，無：0。
8. 變數名稱 B 定義「宣告 B」：有：1，無：0。
9. 變數名稱 C 定義「宣告 C」：有：1，無：0。
10. 變數名稱 release 定義「釋放」：有：1，無：0。
11. 變數名稱 repression 定義「壓迫」：有：1，無：0。

表 4-3 原始資料敘述統計表

環境因子	變數名稱	個數	平均	標準差	相關說明
鳴叫時長	call	756	262.78	472.047	
宣告 A	A	756	0.52	0.500	
宣告 B	B	756	0.39	0.487	
宣告 C	C	756	0.38	0.485	
釋放	release	756	0.24	0.427	



壓迫	repression	756	0.01	0.73	
時段	time	756	6.40	3.467	
氣溫	T	756	26.71	2.663	嘉義市氣象站的資料
相對濕度	humidity	756	79.90	8.683	嘉義市氣象站的資料
是否下雨	rain	756	0.38	0.486	有：1，無：0
水池水位高度	poolheight	756	1.89	0.893	乾：1，半滿：2，全滿：3

## 伍、研究結果與討論

### 一、嘉義市頂庄里與新店里的諸羅樹蛙棲地調查結果

#### (一) 頂庄里與新店里周遭的諸羅樹蛙棲地位置調查

觀察圖中標示可知，頂庄里與新店里社區共涵蓋九個棲地(如圖 5-1 所示)。雖然數量眾多，但涵蓋範圍都相當狹小，有嚴重棲地破碎問題，導致族群對環境的適應力較低。再加上鄰近人類生活範圍，常有人為破壞，造成族群狀況大多相當不穩定。



圖 5-1 頂庄里與新店里周遭的諸羅樹蛙棲地位置衛星圖

#### (二) 頂庄里與新店里周遭的諸羅樹蛙棲地狀況調查，結果如下：

1. 一號棲地：新店里農場的諸羅樹蛙族群最穩定，棲地周遭有果樹、雜木林可供諸羅樹蛙棲息，有下雨時容易積水的水池，且人為干擾較少，故本研究以

此棲地作為主要的研究樣區。

2. 二號棲地：瓊崖海棠棲地是 7 月後發現的新棲地，母蛙出現比例高。但因地主開發，棲地受到破壞，所以於 8 月和嘉義荒野保護協會一同進行棲地再造，未來會持續進行諸羅樹蛙族群的觀測。
3. 三號棲地：合成衛浴棲地是位於民宅後方的棲地。7 月中出現兩週的密集蛙鳴後，蛙鳴即消失不見。與民宅主人訪談調查後，發現是因為主人覺得該地雜亂，進行廢棄物清理。推估是由於此次清理，使原本的諸羅樹蛙居住環境被破壞，導致諸羅樹蛙鳴叫行為消失，未來會持續進行諸羅樹蛙族群的觀測。
4. 四號棲地：585 巷棲地僅在 8 月中有兩次目視紀錄與聽音紀錄。
5. 五號棲地：新生路後雜木林僅在 8 月下旬進行兩次聽音紀錄，後續田野調查並無目視紀錄。
6. 六號棲地：博東路菜園於 8 月中有一次聽音紀錄，並無目視紀錄。
7. 七號棲地：芒果園棲地於 8 月下旬有兩次聽音紀錄，並無目視紀錄。但 2020 年 8 月 23 日於有居民通報：在棲地旁的自行車道上發現路殺個體一隻。
8. 八號棲地：平地造林棲地，於四月至九月均有聽音紀錄，但因此棲地幅員較廣，地形地貌複雜，觀察不易，因此無目視紀錄。
9. 九號棲地：頂庄里開心農場棲地於 5 月、6 月均有目視與聽音紀錄。本棲地於 2021 年 1 月因地主開發，將原有香蕉園變成稻田，使棲地遭到破壞。

### (三) 調查結果討論

#### 1. 棲地破碎：

根據我們田野調查結果，發現在頂庄里與新店里的諸羅樹蛙棲地分布極為破碎，中間被道路和住宅區隔開。這樣的分布情況導致諸羅樹蛙缺乏不同基因間的交流，不利於諸羅樹蛙的遺傳多樣性。根據我們之前參加的研討會「大湖口溪水環境與綠網串聯工作坊（2020.11.27）」中也有提及，棲地破碎會造成諸羅樹蛙基因多樣性降低，當外在環境產生變更時，易造

成諸羅樹蛙族群滅絕。即使將來復育成功，基因的多樣性也無法挽回，也就是所謂的「瓶頸效應」(bottleneck effect)。

2. 人為影響－農耕、利用，造成棲地破壞：

頂庄里與新店里鄰近牛稠溪，為嘉義市東區少數保留大量農耕地的社區。經由田野調查發現，棲地的人為破壞情況非常嚴重，主要原因有農作物改植（香蕉園改變成水田、竹林變成鳳梨田）、環境整理（將樹木砍伐，土地淨空），均導致昔日諸羅樹蛙叫聲此起彼落的榮景已不復存在。看來在經濟發展和生態維護之間取得平衡點，為諸羅樹蛙保育的重要課題。

3. 加強宣導作為、復育作為：

除了做科展，我們也全心投入諸羅樹蛙棲地保育活動，用更直接的方式關懷這片土地。在 2020 年 8 月，我們與荒野保護協會共同進行二號棲地再造；2021 年也與新店里里長一同著手改善一號棲地的周遭環境，為諸羅樹蛙打造更大、更合宜的棲息空間。盼能透過我們的實際行動，緩解諸羅樹蛙受外力的衝擊。

## 二、諸羅樹蛙生態調查結果

### (一) 諸羅樹蛙觀察結果

根據我們自 2020 年 3 月至 2021 年 4 月進行 19 次田野調查中，諸羅樹蛙目視共計 27 隻次及聽音共計 49 隻次。諸羅樹蛙在頂庄里、新店里的棲地多屬雜木林（與嘉義縣大林鎮的竹林棲地有所不同）。在田野調查時發現：諸羅樹蛙若在香蕉樹上，多棲息在葉片上方靠近葉柄處；若於雜木林間，則出現在樹枝間隙。母蛙的體型明顯大於公蛙，且體色有明顯不同（如表 5-1 所示），公母數目比例懸殊，在研究樣區（一號棲地），公蛙與母蛙的比例約為 16：1（2020/06/07 調查公 16 隻，母 1 隻）。此一觀察結果與〈諸羅樹蛙生殖行為之研究〉（莊鎮碩，2000）及〈諸羅樹蛙群集展示行為之研究〉（謝煒智，2004）的研究結果，母蛙體型顯著比公蛙大，比例高達 1.33，公母族群比例為 13.8：1（莊，2000）與公

母族群比例為  $18.6 \pm 6.5 : 1$  (謝, 2004) 相似。

表 5-1 諸羅樹蛙觀察紀錄

		
	<p>諸羅樹蛙為單鳴囊的蛙類</p>	<p>諸羅樹蛙喜歡躲在樹葉下方的枝條，不易發現</p>
		
<p>諸羅樹蛙的雄蛙聚集在繁殖場的周圍一同鳴叫，吸引母蛙前來</p>	<p>諸羅樹蛙抱接(左側為母蛙、右側為公蛙)，公蛙與母蛙有明顯的體型與顏色差異</p>	<p>諸羅樹蛙的卵泡，會在水池旁邊的泥土上，或在水面上</p>

公蛙從晚上五點多就會開始間歇性鳴叫。鳴叫時，通常會由其中一隻公蛙開始鳴叫後，同一繁殖場的公蛙們便會開始一起鳴叫。我們觀察到的母蛙出現的時間大約在晚上 8 點至 9 點，9 點之後會出現配對成功，開始抱接的情況。若有抱接成功，隔天可在水池旁邊找到卵泡。自 2020 年 4 月至 9 月期間，在研究樣區觀察到的卵泡數目僅有四個(5/19、5/23、6/5、6/8)，我們推測是因為研究樣區內母蛙數量可能不多，導致看到成功配對的比率不高。

## (二) 諸羅樹蛙共域生物調查

經我們田野調查發現，頂庄里與新店里社區共有九處棲地，其中我們選擇人為干擾較少、諸羅樹蛙族群較為穩定的新店里農場作為我們科展研究的研究樣區，進行諸羅樹蛙及與諸羅樹蛙共域之生物的觀察(如表 5-2 所示)。

在共域生物中，斑腿樹蛙、亞洲錦蛙、泰國鱧等生物，對諸羅樹蛙的生態有較大影響。其中外來種斑腿樹蛙和亞洲錦蛙會搶奪諸羅樹蛙的食物和地盤。楊懿如、龔文斌、陳立瑜、陳建志（2014）指出：外來種斑腿樹蛙的出現，不僅和當地蛙類競爭食物，也可能捕食大量的動物，包括蛙類。而泰國鱧則會趁著下過雨後，水溝水淹過諸羅樹蛙棲地水池時，捕食棲地水池內的蝌蚪（包含諸羅樹蛙、小雨蛙、澤蛙等蛙類蝌蚪）。在發現斑腿樹蛙、亞洲錦蛙和泰國鱧等外來種時，我們會與嘉義荒野保護協會合作進行移除，並將移除個體提供給嘉義大學進行相關研究。

表 5-2 共域生物觀察紀錄表（時間為 2020 年 3 月至 2021 年 4 月，共 19 次田野調查）

共域生物種類（兩棲類）	紀錄位置	田野調查紀錄
	諸羅樹蛙 ( <i>Zhangixalus arvalis</i> ) 主要分布於樣區旁農耕竹林、果園等地	目視 27 隻次 聽音 49 隻次 錄音 406 次
	小雨蛙 ( <i>Microhyla fissipes</i> ) 主要分布於樣區旁水田與棲地水池	目視 51 隻次 聽音 59 隻次 錄音 285 次
	黑眶蟾蜍 ( <i>Duttaphrynus melanostictus</i> ) 主要分布於樣區旁菜園，偶而會於樣區水池發現	目視 52 隻次 聽音 5 隻次 錄音 6 次
	貢德氏赤蛙 ( <i>Rana guentheri</i> ) 主要分布於樣區水池附近，在水池水位高時活動較頻繁	目視 16 隻次 聽音 26 隻次 錄音 29 次





澤蛙 (*Fejervarya limnocharis*) 目視 29 隻次  
主要分布於樣區旁水田與棲地水池 聽音 3 隻次  
錄音 367 次



中國樹蟾 (*Hyla chinensis*) 目視 19 隻次  
主要分佈於樣區的香蕉樹，位置多位於香蕉樹葉子上，較靠近枝幹的位置 聽音 8 隻次  
錄音 81 次



史丹吉氏小雨蛙 (*Micryletta steinegeri*) 目視 3 隻次  
主要分布於雜木林下方落葉堆 聽音 5 隻次  
錄音 37 次



斑腿樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 目視 20 隻次  
主要分布於樣區水池附近，與諸羅樹蛙棲息地重疊 聽音 13 隻次  
錄音 261 次



亞洲錦蛙 (*Kaloula pulchra*) 目視 7 隻次  
主要分布研究樣區旁菜園 聽音 3 隻次  
錄音 18 次



兩傘節 (*Bungarus multicinctus*) 目視 4 隻次  
主要分布於樣區水池附近



紅斑蛇 (*Dinodon rufozonatum*) 目視 2 隻次  
主要分佈於新店里農場的香蕉樹附近





王錦蛇 (*Elaphe carinata*)

主要分佈於新店里農場的香蕉樹附近 目視 2 隻次



南海溪蟹

(*Nanhaipotamon formosanum*) 每次調查均有發現，數量為 20~50 隻。  
主要分布於新店里農場的水溝兩側，於研究樣區水池旁也有發現



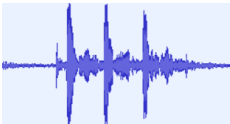
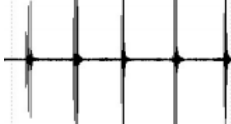


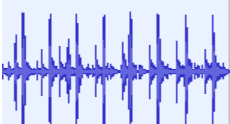





泰國鱧 (*Channa striata*)

主要分布於新店里農場的水溝，於研究樣區水池也有兩次發現紀錄 目視成魚 6 隻次，幼魚 4 群(數量 200 隻以上)

### 三、諸羅樹蛙蛙音分析結果

在田野調查時，我們發現諸羅樹蛙的鳴叫聲音相當多變。透過檢視錄音資料，發現諸羅樹蛙常見的鳴叫聲總共有四種。由文獻探討發現，許浩瑩（2006）將諸羅樹蛙的鳴叫聲，可分為宣告 A（advertisement calls A）、宣告 B（advertisement calls B）、宣告 C（advertisement calls C）、釋放（release call）、壓迫（distress call）等五種。透過聲紋分析比對文獻資料，可以將發現的四種鳴叫聲分別對應到宣告 A（advertisement calls A）、宣告 B（advertisement calls B）、宣告 C（advertisement calls C）、釋放（release call）等四種叫聲，而壓迫叫聲為諸羅樹蛙被天敵攻擊時所發出的叫聲。在後續的錄音資料分析時，我們才透過聲紋比對發現壓迫叫聲（四次），將諸羅樹蛙鳴叫聲的聲紋、功能和伴隨行為的說明整理（如表 5-3 所示），並作為後續蛙音分析之依據。

表 5-3 諸羅樹蛙鳴叫聲種類說明表

鳴叫聲種類	鳴叫聲聲紋 (錄音)	鳴叫聲聲紋 (文獻)	鳴叫聲伴隨行為
宣告 A			求偶叫聲
宣告 B			沒有明顯的伴隨行為，功能與求偶無關
宣告 C			沒有明顯的伴隨行為，功能與求偶無關
釋放叫聲			伴隨雄蛙被誤抱、雌雄配對被另一隻雄蛙干擾、雄蛙與同種或異種的雄蛙有肢體接觸或雄蛙彼此距離接近，但無肢體接觸等行為出現
壓迫叫聲			雌雄個體皆能發出的叫聲，伴隨被天敵攻擊

註：整理自許浩瑩 (2006) 〈從鳴聲探討諸羅樹蛙的雌性選擇〉與錄音資料

透過表 5-3 可以得知，宣告 A 與諸羅樹蛙求偶有關，而宣告 B 及宣告 C 在文獻中提到沒有明顯的伴隨行為，功能與求偶無關。針對此一結果，我們感到相當好奇，我們田野調查在錄音樣區停留時，發現諸羅樹蛙的鳴叫聲在不同時段，似乎會有不同的變化。故我們希望透過後續的錄音來分析來了解影響諸羅樹蛙的鳴叫聲與鳴叫聲種類的因素。

#### 四、月份和時段對鳴叫聲長度與鳴叫聲種類出現次數的影響

根據圖 5-2 所示，可得知諸羅樹蛙的鳴叫活躍期為 4 至 9 月，在 8 月時達到最

高峰。根據〈台灣特有種諸羅樹蛙的鳴叫多樣性〉(林文璿, 2009)中提到：鳴叫為蛙類主要溝通方式，且在配對行為中扮演重要的角色；在莊鎮碩(2000)的研究中，記錄到諸羅樹蛙繁殖期為7至8月。故我們可以合理的推論，頂庄里的諸羅樹蛙繁殖季由4月到9月之間，在8月為繁殖期的最高峰，繁殖季到9月為止，由此推論「鳴叫活躍期」與「繁殖季」有直接關聯性。而2021年4月推測是因為乾旱的關係，導致鳴叫時間長度相較2020年大幅下降。

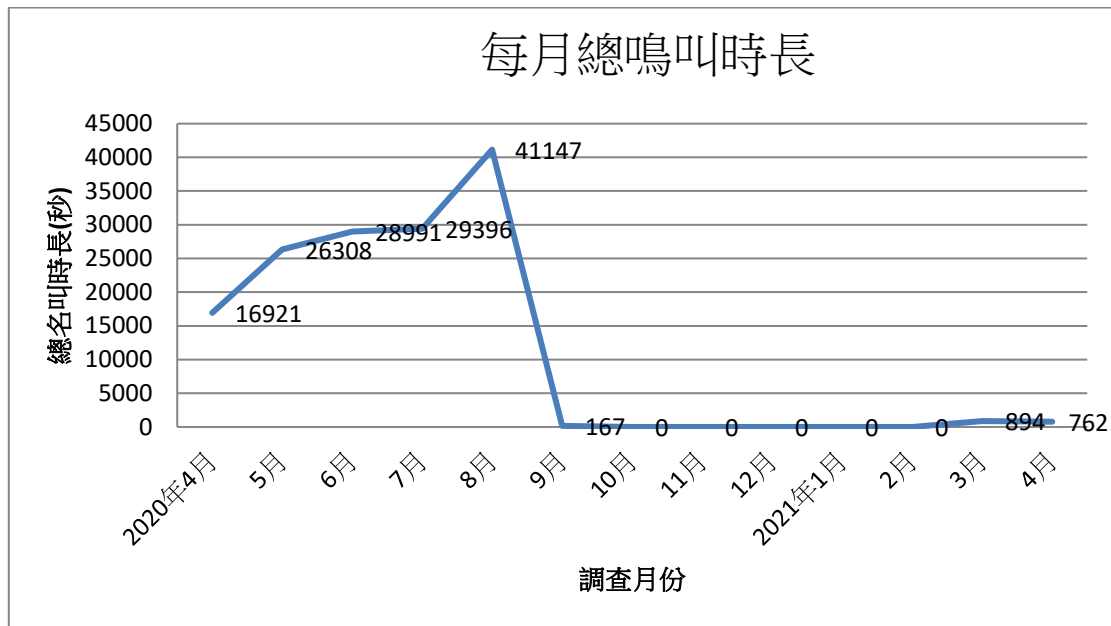


圖 5-2 每月總鳴叫時長

根據圖 5-3 所示，可以得知諸羅樹蛙的鳴叫行為自當日晚上 6 時至翌日 6 時會在當日晚上 7 時至 8 時之間出現高峰，之後逐漸降低，而過了翌日凌晨 1 時，鳴叫時間長度有再次上升的趨勢凌晨 3 時之後才再次下降。透過表 5-4 發現，在此之前諸羅樹蛙的相關研究中，將諸羅樹蛙列為上半夜鳴叫的青蛙。但檢視相關的研究方法與時間，發現大部分的研究者對於諸羅樹蛙的鳴叫行為僅記錄到上半夜。

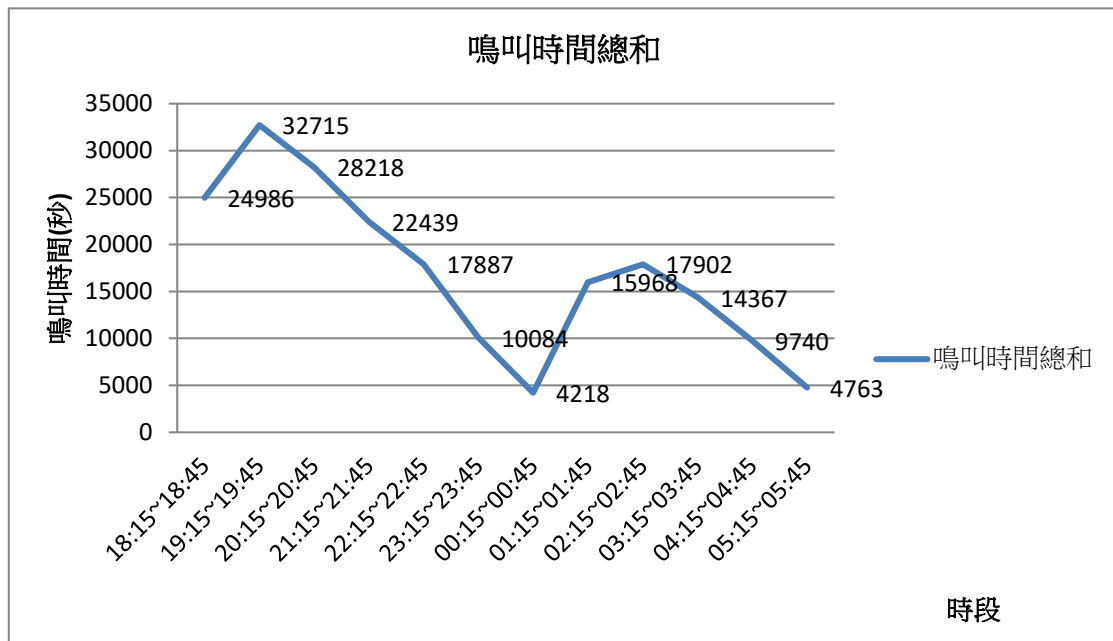


圖 5-3 每小時鳴叫時長

表 5-4 諸羅樹蛙鳴叫聲的相關研究彙整

論文作者	論文題目	田野調查時間	調查成果概述
林文瓏	台灣特有種諸羅樹蛙的鳴叫多樣性	18:00~22:00	不同河流流域的諸羅樹蛙在鳴叫聲種類、鳴叫陣有顯著差異。
謝煒智	諸羅樹蛙群集展示行為之研究	17:30~23:30	諸羅樹蛙的合唱在天黑後就開始(約晚上六時)，過了晚上十時後鳴叫聲稀疏，為上半夜鳴叫的蛙種。
許浩瑩	從鳴聲探討諸羅樹蛙的雌性選擇	18:00~23:00	最大的群集展示場由 40 隻雄蛙組成，其持續鳴叫時為 270 分鐘(晚上六時三十分至十一時)
莊鎮碩(2000)	諸羅樹蛙生殖行為之研究	日落前到晚上 11 時，有雌蛙出現盡可能延長至產卵完畢	一般於晚上五時左右開始鳴叫，晚上十一時過後會大幅減少，但下雨過後鳴叫可至翌日凌晨三時至四時，而鳴叫高峰則出現在晚上七時至八時左右

在莊鎮碩(2000)的研究中指出；諸羅樹蛙一般於晚上 5 時左右開始鳴叫，晚上 11 時過後會大幅減少，但下雨過後鳴叫可至翌日凌晨 3 時至 4 時，而鳴叫高峰則出現在晚上 7 時至 8 時左右。但根據下半夜有出現鳴叫行為的紀錄，統計結果共計 28 筆，其中當日有下雨共 8

筆；當日沒下雨共 20 筆（如表 5-5 所示），可見在沒有下雨的日子裡，諸羅樹蛙在下半夜依然會鳴叫。根據我們觀察結果，可推論：諸羅樹蛙是整夜鳴叫的蛙類，不是僅在上半夜鳴叫的蛙類。

根據「時段對諸羅樹蛙鳴叫種類（出現次數）影響分析圖」（圖 5-4）發現：下午 6 時是鳴叫種類出現次數最多的時間，但對照 5-3，其鳴叫時間長度卻非最高。而下午 7 至 9 點時，鳴叫種類出現次數減少，但其鳴叫時間長度卻較長。由田野調查及錄音紀錄的結果發現，諸羅樹蛙在繁殖季節六點左右，就會開始發出鳴叫聲，但鳴叫長度不一定很長。而在七點至九點的求偶高峰時段，若觀察到諸羅樹蛙有鳴叫行為時，其鳴叫行為會持續較長的時間。在過了翌日凌晨 1 時，各種鳴叫種類出現的次數有再次上升的趨勢凌晨 3 時之後才再次下降，與圖 5-3 的趨勢大致符合。而各個鳴叫聲種類中出現次數以宣告 A 最多，再來依序是宣告 B、宣告 C、釋放和壓迫叫聲，此觀察結果和許浩瑩（2006）觀察結果相同。

表 5-5 下半夜出現鳴叫行為總次數

當天有雨	當天無雨	下半夜有鳴叫行為
8	20	28

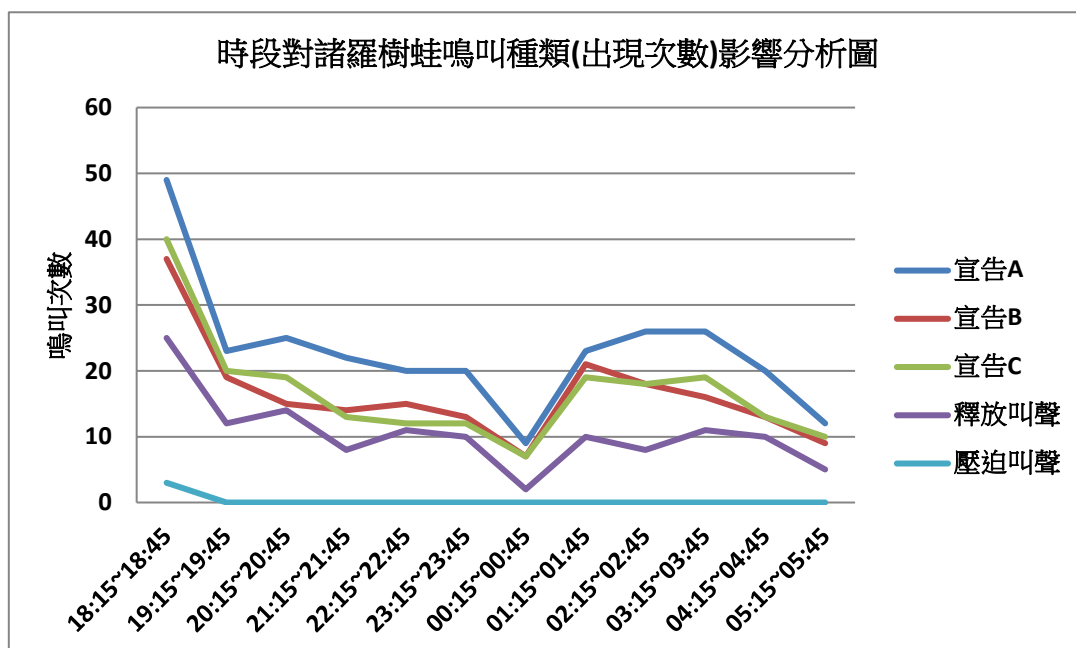


圖 5-4 時段對諸羅樹蛙鳴叫種類（出現次數）影響分析圖

	
諸羅樹蛙未吸引到母蛙，仍持續鳴叫	諸羅樹蛙抱接行為 (2020/5/16 晚上 9 時 14 分)

圖 5-5 諸羅樹蛙田野調查紀錄

## 五、逐步多元回歸分析 (SPSS)

### (一) 環境因子對鳴叫聲長度的逐步回歸分析

我們以時段、氣溫、相對濕度、水池水位高度與是否下雨等五個變項，對鳴叫聲長度進行逐步迴歸分析。選入迴歸程式的顯著變項有氣溫、是否下雨、時段等三個變因，能聯合預測 23.8% 的變異量。其中時段的解釋變異量最大，為 19.9%，其次為是否下雨的 2.9%、以及氣溫的 1%（如表 5-6 所示）。

從統計結果可以發現，時段對諸羅樹蛙的鳴叫長度有最大的解釋量，時段的迴歸係數為 -0.482，顯示時間越晚，鳴叫長度越短，此結果與圖 5-3 的趨勢一致。諸羅樹蛙在前半夜的鳴叫長度較下半夜長。在環境變因中，是否下雨以及氣溫對於諸羅樹蛙的鳴叫長度有影響，濕度與水池水位的高度則沒有顯著的差異。本結果與林文璨（2009）中提到蛙類的鳴叫會受到氣溫、相對濕度、雨量等環境因子影響的結果大致符合。

表 5-6 環境因子對鳴叫聲長度逐步回歸分析結果整理

項目	環境因子	解釋變量	標準化迴歸係數	顯著性
鳴叫聲長度	時段	19.9%	-0.482	0
	是否下雨	2.9%	0.151	0
	氣溫	1%	-0.11	0.002
	聯合解釋變異量	23.8%		



## (二) 環境因子對鳴叫聲種類出現次數的逐步回歸分析

針對五項環境因子對諸羅樹蛙各種鳴叫聲種類出現次數的迴歸分析統計結果如表 5-7 顯示，除了壓迫叫聲與各項環境因子的關係均未達顯著之外，其他叫聲各自和部分環境因子有顯著相關。

從統計結果可以發現：影響諸羅樹蛙叫聲的最主要的環境因子為時段，其迴歸係數介於-.422~- .452 之間，解釋變量則介於 13.1%~18.2%之間。此結果與時段對諸羅樹蛙鳴叫長度的統計分析相近，顯示諸羅樹蛙的鳴叫行為與鳴叫長度，會隨著時間越晚，各種鳴叫聲出現的次數越少，此結果與圖 5-4 的趨勢一致。透過此研究結果，未來我們在進行諸羅樹蛙田野調查，或要針對諸羅樹蛙棲地進行普查時，時間訂在剛入夜的時間會比較合適。

除了「時段」之外，相對濕度、水池水位高度、是否下雨以及氣溫都是影響諸羅樹蛙各種鳴叫聲出現次數的環境因子，其解釋變量介於 0.6%~4.6%之間，顯示這些環境因子對於諸羅樹蛙各種鳴叫聲的次數有影響，但影響並不大。在這些環境因子中，「水池水位高度」是唯一對於各種鳴叫聲種類都有影響且可以透過人為操控的因子，對於諸羅樹蛙的棲地改善與再造非常重要。根據表 5-7 可以發現，水池水位高度對各種鳴叫聲出現次數的迴歸係數分別為-.103（宣告 A）、-.208（宣告 B）、-.093（宣告 C）與-.212（釋放叫聲），顯示會各種鳴叫聲次數會隨著水位高度提高，而減少次數。由圖 5-6 也可以觀察到：水池水位高度為「乾」（水池水位高度為 0~10 公分）時，諸羅樹蛙各個鳴叫聲的平均鳴叫次數均高於水池半滿（水位高度 11 至 20 公分）與全滿（水位高度 21 至 33 公分）。

在田野調查的過程中，我們也發現當研究樣區水位在乾到半滿的時候，較易發現諸羅樹蛙的卵泡。在雨季期間，研究樣區因為地勢較低，水池水位經常出現

滿水位。此時諸羅樹蛙會遷移到地勢較高的地方鳴叫。此觀察結果與謝煒智（2004）的研究結果一致。根據我們的觀察，在水池水位高的時候，易有其他掠食者（如泰國鱧、水蠶、福壽螺等）出現，導致胚胎或蝌蚪死亡。因此，在未來進行諸羅樹蛙棲地復育與再造時，棲地的水池不需要營造過深的水池，反而要營造穩定的積水環境，對於諸羅樹蛙的繁殖行為才有所助益。

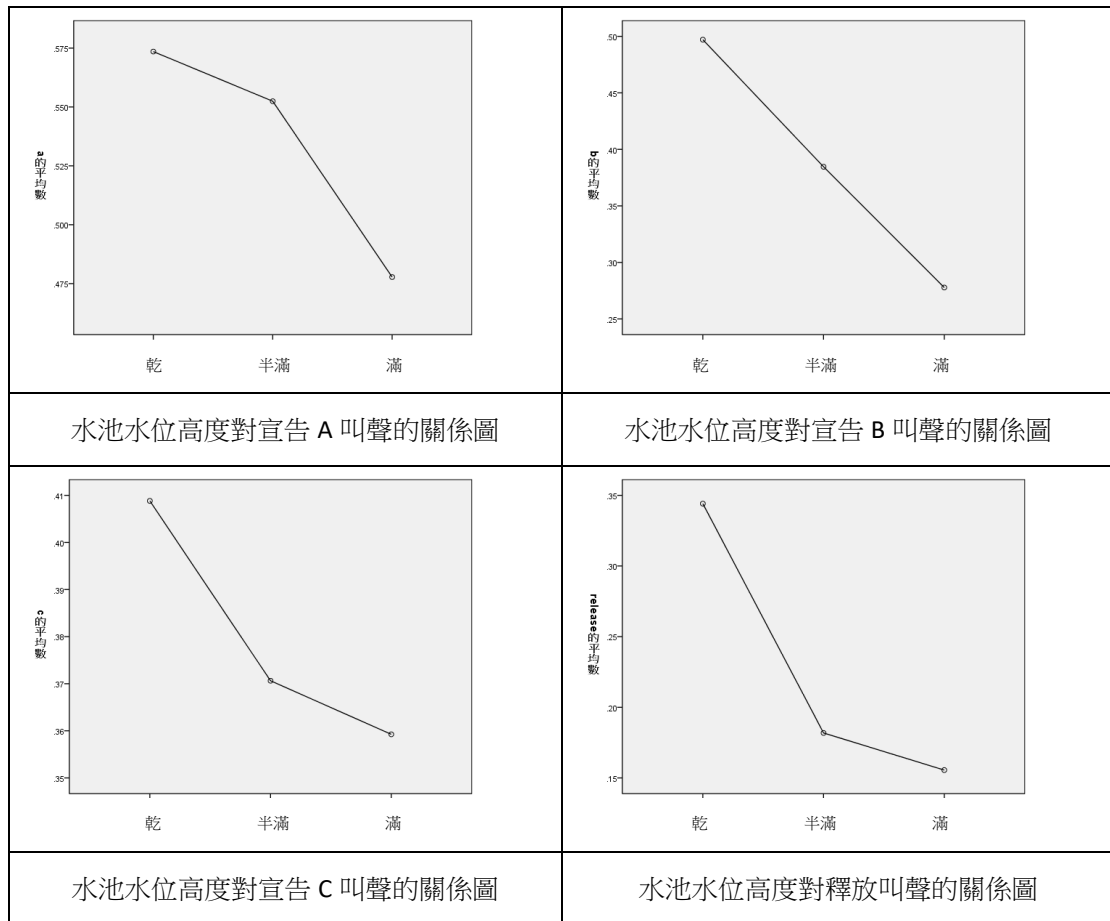


圖 5-6 水池水位高度對鳴叫種類的影響分析圖

表 5-7 環境因子對鳴叫聲種類出現次數逐步回歸分析結果整理

鳴叫聲種類	環境因子	解釋變量	標準化迴歸係數	顯著性
宣告 A	時段	18.20%	-0.452	0
	水池水位高度	0.80%	-0.103	0.002
	相對濕度	0.70%	0.083	0.016
	聯合解釋變異量	19.70%		
宣告 B	時段	16.40%	-0.434	0
	水池水位高度	4.60%	-0.208	0
	氣溫	0.60%	-0.084	0.015
	聯合解釋變異量	21.60%		
宣告 C	時段	21.80%	-0.465	0
	是否下雨	0.60%	0.114	0.001
	水池水位高度	0.80%	-0.093	0.007
	聯合解釋變異量	23.20%		
釋放叫聲	時段	13.10%	-0.422	0
	水池水位高度	4.20%	-0.212	0
	相對濕度	1.50%	0.102	0.003
	氣溫	0.60%	-0.083	0.022
	聯合解釋變異量	19.40%		
壓迫叫聲	與所有環境因子的相關性均未達顯著			

## 陸、 結論

本研究根據統計報告分析，整合下述結論：

- 一、在 2020 年在頂庄里和新店里進行諸羅樹蛙棲地調查，共在九處地點發現有諸羅樹蛙棲息，其中族群數量較穩定的為新店里的生態農場。在棲地破碎與人為開發的影響下，諸羅樹蛙面臨很大的生存危機。
- 二、在研究樣區（新店里農場）中，諸羅樹蛙的公母比例約為 16：1，棲地內除了本土兩棲類外，有斑腿樹蛙、亞洲錦蛙、泰國鱧等外來種對諸羅樹蛙的生態具有威脅性。
- 三、根據田野調查、夜間錄音的結果，我們發現諸羅樹蛙共有五種叫聲：宣告 A、宣告 B、宣告 C、釋放和壓迫。其中宣告 A、宣告 B、宣告 C、釋放叫聲在田野觀察的過程中有觀察紀錄，而壓迫叫聲僅在夜間錄音時，比對聲紋後有四次的發現紀錄。推論這和壓迫叫聲為諸羅樹蛙被天敵攻擊時發出的叫聲有關。
- 四、新店里農場的諸羅樹蛙鳴叫活躍期為 4 月到 9 月，其中 7 至 8 月這段時間，諸羅樹蛙鳴叫最活躍。鳴叫時間長度在當日晚上 7 時至 8 時之間出現高峰，而過了翌日凌晨 1 時，鳴叫時間長度有再次上升的趨勢凌晨 3 時之後才再次下降，顯示諸羅樹蛙為整夜鳴叫的青蛙。
- 五、以時段、氣溫、水池水位高度、是否下雨、相對濕度等環境因子對諸羅樹蛙鳴叫聲的影響進行分析，發現「時段」對於諸羅樹蛙的鳴叫長度、各種鳴叫聲種類出現次數具有最高的解釋量。鳴叫行為與鳴叫的長度，會隨著時間越晚，鳴叫的長度越短、各種鳴叫聲出現的次數越少。「水池水位高度」是唯一對於各種鳴叫聲種類都有影響且可以透過人為操控的因子。水池水位高度為「乾」時，諸羅樹蛙各個鳴叫聲的平均鳴叫次數均高於水池半滿與全滿。
- 六、針對研究結果的保育策略建議：
  - (一) 透過棲地調查結果，結合鄰近社區進行諸羅樹蛙保育宣導，避免現有棲地繼續受到破壞。

- (二) 由本研究結果可以得知：諸羅樹蛙鳴叫行為與時段、水位高低有較高的關係。在未來進行諸羅樹蛙的環境宣導與棲地調查時，宜利用晚上 7 時到 9 時的鳴叫高峰期進行。在進行相關棲地建置與改善時，棲地水池不需要營造過深的水池，水池水位高度為 0~10 公分最為合適。

## 柒、參考資料

- 林文璨（2009） 台灣特有種諸羅樹蛙的鳴叫多樣性，靜宜大學生態學研究所位論文，未出版，台中市。
- 莊孟憲（2000） 莫氏樹蛙鳴叫模式、叫聲特質及鳴叫能量消耗之探討，國立成功大學生物學研究所，未出版，台南市。
- 莊鎮碩（2000） 諸羅樹蛙(*Rhacophorus%20arvalis*)生殖行為之研究，臺灣師範大學生物學系研究所學位論文，未出版，台北市。
- 許浩瑩（2006） 從鳴聲探討諸羅樹蛙 (*Zhangixalus arvalis*) 的雌性選擇，臺灣師範大學生命科學研究所學位論文，未出版，台北市。
- 楊懿如（2019）。台灣蛙類與蝌蚪圖鑑。台北市：貓頭鷹出版社。
- 楊懿如（2020）。聆聽葉片下的奏鳴曲，國家公園季刊。民 109 年 12 月 22 日，取自 <https://reurl.cc/v5LOOA>。
- 楊懿如、龔文斌、陳立瑜、陳建志（2004）。台灣外來種斑腿樹蛙的分布與監測，台灣林業，40（4），24-29。
- 劉柏麟（2010） 雲林縣諸羅樹蛙族群分佈調查與環境因子特性分析，環球技術學院環境資源管理學系研究所學位論文，未出版，雲林縣。
- 謝煒智（2004） 諸羅樹蛙群集展示行為之研究，臺灣師範大學生命科學研究所學位論文，未出版，台北市。

# 捌、附錄

## 附錄一 田野調查紀錄表

地點：頂庄開心農場( )、新店里農場( )、  
 日期： / / 時間： : : : : : :  
 氣溫： ℃ 相對溼度： %

生物種類	聽音	目視			卵 泡	備註	
		公	母	幼			
諸羅樹蛙							
小雨蛙							
史丹古氏 小雨蛙							
澤蛙						背中線	
中國樹蟾							
寶德氏赤蛙							
黑眶蟾蜍							
亞洲錦蛙						移除青蛙	移除卵泡
斑腿樹蛙						移除青蛙	移除卵泡

白表格

地點：頂庄開心農場( )、新店里農場( )、  
 日期：2020 / 4 / 19 時間：19:30 - 20:00, 20:00 - 21:00  
 氣溫：25 ℃ 相對溼度：79 %

生物種類	聽音	目視			卵 泡	備註	
		公	母	幼			
諸羅樹蛙	IF	公 IF	母	幼			
小雨蛙	正一	公	母	幼			
史丹古氏 小雨蛙		公	母	又			
澤蛙	一	公 T	母	幼		背中線	
中國樹蟾	一	公	母	幼			
寶德氏赤蛙	正一	公 F	母	幼			
黑眶蟾蜍		公 正	母	幼			
亞洲錦蛙		公 一	母	幼		移除青蛙	移除卵泡
斑腿樹蛙	IF	公 一	母	幼		移除青蛙	移除卵泡

蛙調紀錄

### 本研究田野調查日期

2020/3/18、3/22、4/19、4/26、5/3、5/17、6/7、6/26、7/5、7/26、8/8、8/30、9/13、  
 10/18、11/22、2021/1/24、2/21、3/14、4/18 共 19 次。



## 附錄 二 蛙音紀錄表

日期: 2020/6/27					水池水位高度: 乾				
宣告A	18:15~18:45	溫度	28.6°C	宣告B	溫度	29.7°C	宣告C	溫度	29.6°C
宣告B	溫度	29.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	572
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	572	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	572	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	572	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	19:15~19:45	溫度	29.1°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	1300
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	1300	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	1300	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	1300	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	20:15~20:45	溫度	27.8°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	1205
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	1205	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	1205	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	1205	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	21:15~21:45	溫度	28.7°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	643
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	643	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	643	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	643	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	22:15~22:45	溫度	27.7°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	723
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	723	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	723	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	723	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	23:15~23:45	溫度	26.3°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	207
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	207	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	207	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	207	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	0:15~0:45	溫度	29.6°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	0
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	3:15~3:45	溫度	29.7°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	45
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	45	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	45	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	45	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	4:15~4:45	溫度	29.4°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	22
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	22	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	22	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	22	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					
宣告A	5:15~5:45	溫度	29.4°C	宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C
宣告B	溫度	28.7°C	宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	0
宣告C	溫度	28.7°C	是否下雨	否	鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙
是否下雨	否	鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	
鳴叫秒數	0	釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙
釋放	小頭蛙	澤蛙	虎皮蛙	黑腹蟾蜍	壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他
壓迫	中國樹蟾	斑腿樹蛙	亞洲錦蛙	其他					

## 蛙音紀錄表

## 附錄 三 鳴叫聲長度統計報表

變項	多元相關係數	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 R	淨 F 值	原始化迴歸係數	標準化迴歸係數
截距 (常數項)					1146.665	
Time	.447 <sup>a</sup>	.199	.199	187.802	-65.661	-.482
Rain	.477 <sup>b</sup>	.228	.028	27.757	146.792	.151
T	.488 <sup>c</sup>	.238	.010	10.129	-19.438	-.110

## 附錄 四 鳴叫聲長度迴歸分析表

變項	B 之估計值	標準誤差	t	顯著性
(常數)	1146.665	178.959	6.407	.000
Rain	-65.661	4.636	-14.165	.000
Time	146.792	31.387	4.677	.000
T	-19.438	6.108	-3.183	.002

附錄 五 宣告 A 統計報表

變項	多元相關係數	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 R	淨 F 值	原始化迴歸係數	標準化迴歸係數
截距 (常數項)					.666	
Time	.427 <sup>a</sup>	.182	.182	167.931	-.065	-.452
Poolhight	.436 <sup>b</sup>	.190	.008	7.741	-.058	-.103
Humidity	.443 <sup>c</sup>	.197	.006	5.783	.005	.083

附錄 六 宣告 A 迴歸分析表

模式	B 之估計值	標準誤差	t	顯著性
(常數)	.666	.153	4.368	.000
time	-.065	.005	-13.168	.000
poolhight	-.058	.018	-3.112	.002
humidity	.005	.002	2.405	.016

附錄 七 宣告 B 統計報表

變項	多元相關係數	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 R	淨 F 值	原始化迴歸係數	標準化迴歸係數
截距 (常數項)					1.402	
time	.406 <sup>a</sup>	.164	.164	148.433	-.061	-.434
poolhight	.459 <sup>b</sup>	.210	.046	43.663	-.113	-.208
T	.465 <sup>c</sup>	.216	.006	5.934	-.015	-.084

附錄 八 宣告 B 迴歸分析表

模式	B 之估計值	標準誤差	t	顯著性
(常數)	1.402	.183	7.661	.000
time	-.061	.005	-12.614	.000
poolhight	-.113	.018	-6.420	.000
T	-.015	.006	-2.436	.015

附錄 九 宣告 C 統計報表

變項	多元相關係數	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 R	淨 F 值	原始化迴歸係數	標準化迴歸係數
截距 (常數項)					.844	
time	.467 <sup>a</sup>	.218	.218	209.930	-.065	-.465
rain	.474 <sup>b</sup>	.224	.007	6.430	.114	.114
poolhight	.482 <sup>c</sup>	.232	.008	7.412	-.050	-.093

附錄 十 宣告 C 迴歸分析表

模式	B 之估計值	標準誤差	t	顯著性
(常數)	.844	.046	18.285	.000
time	-.065	.004	-14.538	.000
poolhight	.114	.034	3.345	.001
rain	-.050	.019	-2.722	.007

附錄 十一 釋放統計報表

變項	多元相關係數	決定係數 R <sup>2</sup>	增加解釋量 R	淨 F 值	原始化迴歸係數	標準化迴歸係數
截距 (常數項)					.719	
time	.363 <sup>a</sup>	.131	.131	114.138	-.052	-.422
poolhight	.416 <sup>b</sup>	.173	.042	37.829	-.101	-.212
humidity	.434 <sup>c</sup>	.188	.015	14.117	.005	.102
T	.440 <sup>d</sup>	.194	.005	5.001	-.013	-.083

附錄 十二 釋放迴歸分析表

模式	B 之估計值	標準誤差	Beta 分配	t	顯著性
(常數)	.728	.250		2.906	.004
poolhight	-.107	.017	-.223	-6.242	.000
T	-.014	.006	-.086	-2.295	.022
humidity	.005	.002	.111	2.930	.003
rain	.032	.033	.036	.981	.327
time	-.056	.005	-.443	- 12.311	.000

## 【評語】 030307

嘉義當地諸羅樹蛙為台灣特有種。學生調查鄰近社區進行諸羅樹蛙的棲地調查，並且針對諸羅樹蛙的鳴叫聲音進行定點長時間長時間的紀錄，是一個直得鼓勵的區域生態調查研究。

優點：

1. 本研究長期紀錄嘉義市新店里農場諸羅樹蛙棲息地，研究作品的內容具鄉土教材性及實用價值，記錄台灣特有種樹蛙之棲地與鳴叫聲值得鼓勵。
2. 長期定點觀察在地物種了解在地物種的生態行為過程體會到棲地破碎對諸羅樹蛙的影響，研究主題明確，研究方法恰當。
3. 研究方法對控制變因清楚及適當。以諸羅樹蛙棲地相對濕度、水池水位高度、是否下雨以及氣溫都是影響諸羅樹蛙各種鳴叫聲次數的環境因子與鳴叫行為進行調查研究。以作為未來從事諸羅樹蛙棲地調查時與進行棲地改善時的參考建議。研究過程中也發現因為人為因素造成諸羅樹蛙棲地破碎甚至消失的情形（如棲地3）。
4. 本研究皆利用晚上時間且高達14個月，學生的努力精神令人鼓舞。因此鼓勵學生應利用現有成功的觀測資料，對當地樹蛙生態保育提出建議方向。

改善建議：

1. 僅以觀察及錄音方式記錄台灣特有種樹蛙之棲地與鳴叫聲，如何準確判定為諸羅樹蛙，未能提供進一步證據。
2. 利用不同時段、氣溫、水池水位、雨量、相對濕度等環境因子做為影響蛙鳴之評估，多元回歸的計算方法未能說明，所得數值是否正確有待評估。
3. 應探討鳴叫行為對其生存、繁衍、社交有何關係？復育池的面積是否也會影響？解釋水的存在、高度對於樹蛙生存、繁衍、社交等的意義。
4. 在眾多棲地環境變因中，本研究結果顯示，唯有水池水位高度與諸羅樹蛙的平均鳴叫次數呈負相關，此研究結果是創新首度發現(具原創性)或有其他學術文獻、紀錄、報告可支持此立論？
5. 本研究如果也在白天對諸羅樹蛙在棲息地的繁殖生活史上作有系統的調查研究將會使本研究更完整。

## 作品簡報



作品編號:030307 組別:國中組 科別:生物科

# 嘉有「諸」叫聲

## 嘉義市諸羅樹蛙棲地與鳴叫行為 調查研究



# 研究動機與目的

(請參照作品說明書P. 2)





# 研究過程或方法

(請參照作品說明書P. 3)

確定研究主題



文獻資料收集



研究方法探討



# 研究過程

(請參照作品說明書P. 3)

數據分析



結果討論



成果發表

月份	資料數	鳴叫行為	環境因子
4月	共6日，72筆資料	鳴叫時長	時段
5月	共13日，156筆資料	宣告A	氣溫
6月	共13日，144筆資料	宣告B	相對濕度
7月	共14日，168筆資料	宣告C	是否下雨
8月	共12日，144筆資料	釋放	
9月	共6日，72筆資料	壓迫	水池水位高度

分析軟體	目的
EXCEL	探討月份和時段與鳴叫行為的關係
SPSS	逐步多元回歸分析，探討各環境因子對諸羅樹蛙鳴叫行為有無顯著相關及總變異量的解釋量。



# 研究結果：新店里與頂庄里社區棲地分布

(請參照作品說明書P.9，圖5-1)



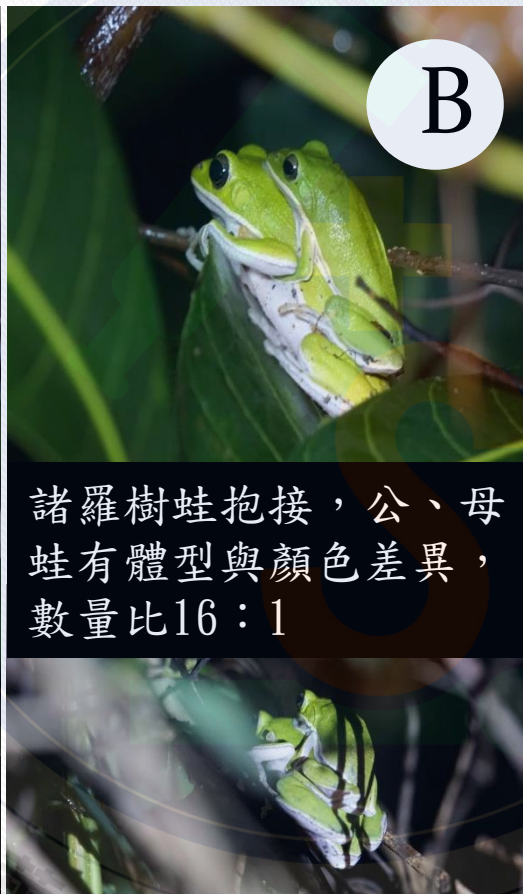
# 研究結果：諸羅樹蛙生態調查

(請參照作品說明書P.12，表5-1)



A

諸羅樹蛙的雄蛙聚在一起鳴叫，吸引母蛙



B

諸羅樹蛙抱接，公、母蛙有體型與顏色差異，數量比16：1



C

諸羅樹蛙喜歡躲在樹葉下方的枝條，不易發現



D

諸羅樹蛙卵泡會在水池邊的泥土或水面上

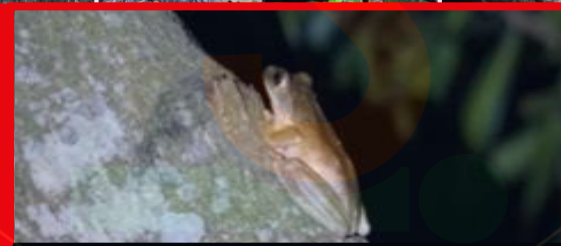


# 研究結果：共域生物調查

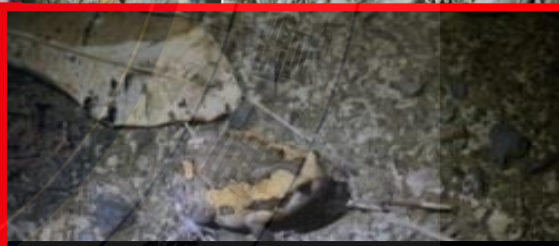
(請參照作品說明書P.13、14、15，表5-2)



泰國鱧  
*Channa striata*



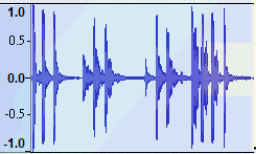

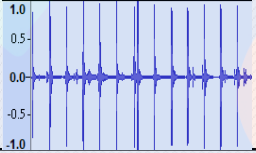

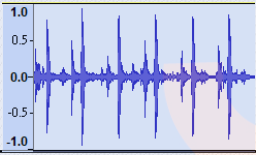

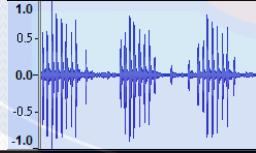

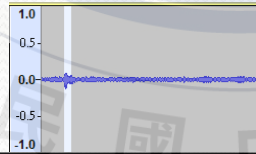

班腿樹蛙  
*Polypedates megacephalus*



亞洲錦蛙  
*Kaloula pulchra*

# 研究結果：鳴叫聲種類

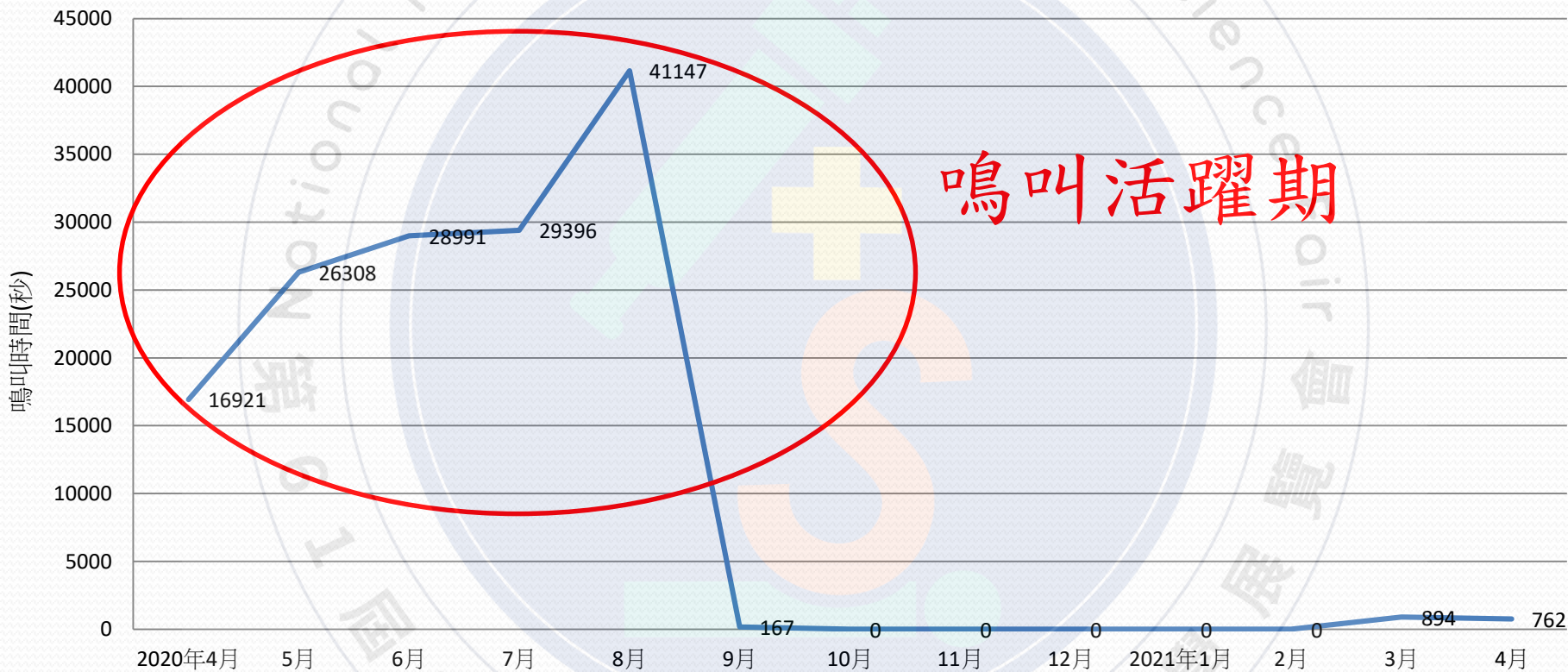
(請參照作品說明書P.16，表5-3)

鳴叫聲種類	鳴叫聲聲紋	鳴叫聲音檔
宣告A叫聲		現場觀察 比對論文 
宣告B叫聲		現場觀察 比對論文 
宣告C叫聲		現場觀察 比對論文 
釋放叫聲		現場觀察 比對論文 
壓迫叫聲		比對論文 



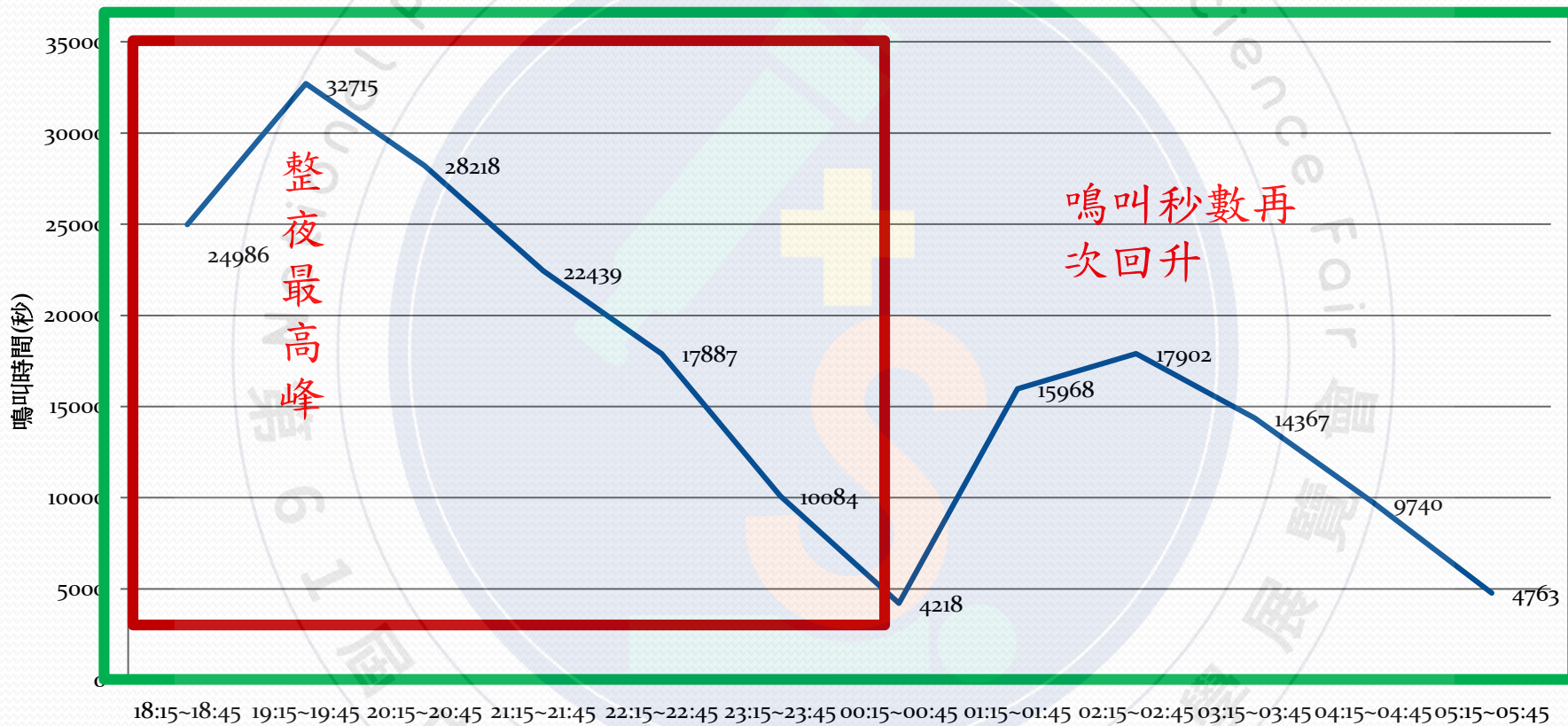
# 研究結果：月份與鳴叫聲長度關係

(請參照作品說明書P.17，圖5-2)



# 研究結果：時段與鳴叫聲長度關係

(請參照作品說明書P.18，圖5-3)



整夜最高峰

鳴叫秒數再次回升



大多研究者的研究時段  
18:00 - 23:00



我們的研究時段  
18:15 - 5:15

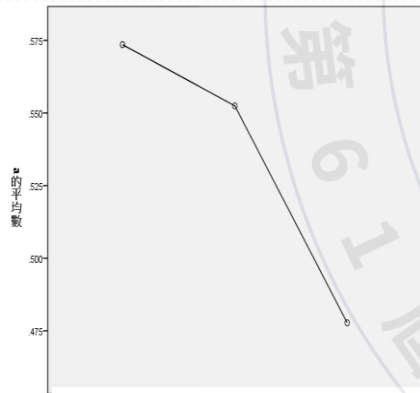
時段

# 研究結果：環境因子的影響

(請參照作品說明書P.22，圖5-6)

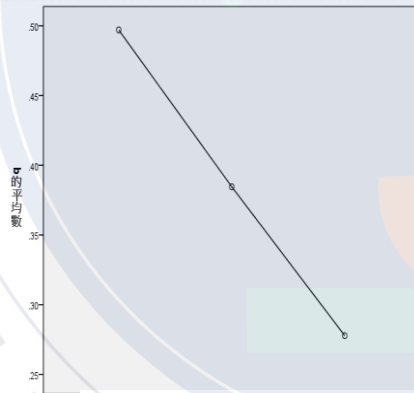
## 水池水位高度

- 唯一對於各種鳴叫聲種類都有影響且可以透過人為操控的環境因子。
- 最適高度為0~10公分，未來進行棲地復育與再造時，並非要營造大而深的水池，而要營造穩定而淺的復育池。



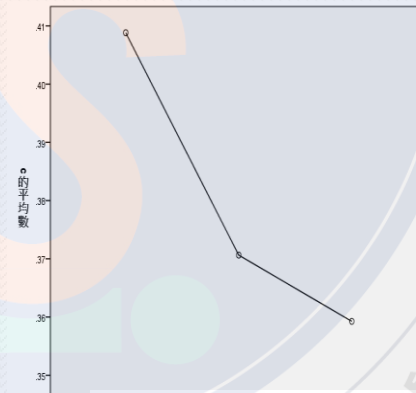
乾 半滿 滿

宣告A



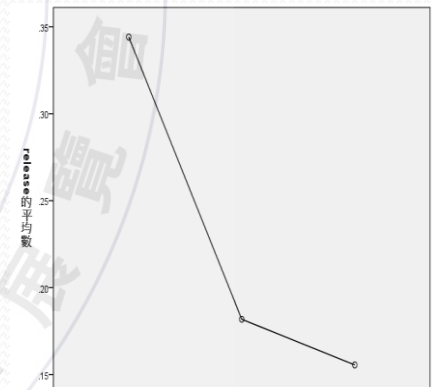
乾 半滿 滿

宣告B



乾 半滿 滿

宣告C



乾 半滿 滿

釋放

# 結論

(請參照作品說明書P.24)

頂庄里和新店里  
共有**九處棲地**，  
**分佈零碎**



**外來入侵種**影響  
諸羅樹蛙的生態

諸羅樹蛙為**整夜**  
**鳴叫**的蛙種

**水池水位高度**介於**0**  
**~10公分**最合適

