

計畫名稱：湖山水庫及鄰近地區諸羅樹蛙的棲地需求與分布

(原：湖山水庫及鄰近地區史丹吉氏小雨蛙的生活史)

英文名稱：Habitat requirement of the treefrog *Rhacophorus arvalis* and its distribution in Hushan Reservoir

計畫編號：130-5

全程計畫期間：2010年1月1日至2010年12月31日

本年計畫期間：2010年1月1日至2010年12月31日

計畫主持人：林春富

## 一、摘要

諸羅樹蛙屬於臺灣特有種的樹蛙，其分布範圍侷限在嘉義、雲林及臺南縣市。為了解其分布與棲地需求，我們從2010年1到12月間在湖山水庫及鄰近地區進行調查與研究。在過去所調查過的130樣點中，諸羅樹蛙的分布地點有31處，佔所有調查樣點的24%。諸羅樹蛙在湖山水庫分布於有人工干擾的棲地，例如雜木林、竹林、荔枝園、鳳梨園、柑橘園等棲所。調查資料顯示：湖山水庫及鄰近地區的諸羅樹蛙棲地需求為暫時性積水環境(93%)；而棲地中的主要植被型態則為雜木林(43%)與麻竹林(39%)。此外，我們也記錄諸羅樹蛙成蛙的生殖特徵，結果顯示該蛙在當年的三到八月間生殖，繁殖期間該蛙以產卵泡於地面上的方式生殖，每個卵泡中卵粒的平均數目約有378顆卵(n=6)。在夏天的環境下，卵粒約約3-4天即可孵化成為蝌蚪；再經過23-55天後(n=185)，蝌蚪陸續變態為小蛙。依據趾骨鑑齡法判別較大個體之雌蛙年齡為5歲；較大個體之兩隻雄蛙年齡分別為3及4歲。

## Abstract

*Rhacophorus arvalis* is an endemic species of tree frog in Taiwan and its range is confined to Chiayi, Yunlin and Tainan prefectures. In order to understand the distribution and habitat requirement, we investigated in Hushan Reservoir from Jan. to Dec. 2010. We surveyed 130 plots through the year and found 31 breeding sites of this frog (24%). The Habitats of *R. arvalis* in Hushan Reservoir were found in human-modified areas such as woodlands, bamboo, lichi trees, pineapples, orange trees. The data showed that habitat requirement of *R. arvalis* was mainly in the temporary water body (93%). And, woodlands (43%) and bamboo (39%) were the mainly vegetations types in Hushan Reservoir. We also recorded the reproductive characteristics of adult's *R. arvalis*. Results of this study indicated that *R. arvalis* bred

from March to August. During the breeding season, the tree frogs descended to the ground for laying eggs in white foam nest. The females deposited at an average of 378 eggs per clutch (n=6). The hatching period was about 3-4 days, and tadpoles became froglets after 23-55 days (n=185) in summer. According to skeletochronology, the large female individual examined was 5 years old and the two large males were 3 to 4 years old.

**關鍵詞：**諸羅樹蛙、棲地需求、湖山水庫

## 二、計畫目的

目前湖山水庫及其鄰近地區所記錄到的兩棲類共有 1 目 6 科 21 種。其中特有種兩棲類有 8 種，分別是史丹吉氏小雨蛙、諸羅樹蛙、莫氏樹蛙、面天樹蛙、褐樹蛙、盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙及斯文豪氏赤蛙。其中史丹吉氏小雨蛙因僅在下雨時候才大量出現且其鳴聲似蟲鳴，一般野外觀察人員並不易發現，因此在 2008 年之前被歸類為珍貴稀有的保育類野生動物，並被指定為湖山水庫開發時，所須規劃研究的指標物種。本中心於 2008 到 2009 年間已對於該蛙的生活史中的繁殖、食性、天敵、覓食及棲地需求進行相關研究。但隨著保育名錄的修正，2008 年之後史丹吉氏小雨蛙未再被歸類為保育類野生動物。因此，本年度則將研究物種改為目前該地區唯一的保育類物種諸羅樹蛙。

諸羅樹蛙 (*Rhacophorus arvalis*) 屬於臺灣特有的兩棲類，為 1995 年由師範大學呂光洋教授鑑定且發表的新種 (Lue *et. al* 1995)，在近年被列為 IUCN (世界自然保護聯盟) 紅皮書之瀕危物種。過去已有許多關於諸羅樹蛙的研究，例如：諸羅樹蛙生殖行為之研究 (莊鎮碩 2000)、諸羅樹蛙集體展示行為之研究 (謝煒智 2004)、棲地零碎化對諸羅樹蛙族群遺傳結構的影響 (盧建名 2005)、諸羅樹蛙的鳴聲研究 (許浩瑩 2007) 及諸羅樹蛙的鳴叫類型等 (林文燦 2009)。由於其低海拔分布的特色，與人類活動區域多所重疊，因此也有許多的關於諸羅樹蛙保育行動，例如：臺南真理大學莊孟憲老師偕同當地保育團體舉辦多場有關諸羅樹蛙棲地保育等活動。此外，古坑鄉華南國小校長、雲林縣野鳥學會理事長的陳清圳也偕同臺北市立動物園進行多次諸羅樹蛙棲地研究、保育等活動。本中心在進行全臺灣野生兩棲類的資源普查時，也於 1995 年在雲林發現諸羅樹蛙地點；於 1997 年進行古坑地區諸羅樹蛙生活史研究；1998 年在臺南發現諸羅樹蛙的新分布。本計畫因應工程開發可能對兩棲類棲地所造成的影響，因此重點選擇諸羅樹

蛙的棲地需求與分布進行調查與研究。

在此湖山水庫開發的環境變化下，我們除了希望了解該指標生物諸羅樹蛙在該區的分布、棲地的利用型式外，配合其生活史之資料的收集，將更有利於了解不同的發育階段與棲地間的關係。而生活史中的的年齡資料，亦可知道在棲地中，該物種貢獻於族群的時間有多久，這些基本資料的收集，對物種的經營管理或保育上是相當重要的知識。藉由以上這些基礎資料的調查、研究工作，希望有助了解湖山水庫及鄰近地區指標性物種的族群波動，及相關保育行動之參考。

### 三、重要工作項目及實施方法

(一) 重要工作項目：針對水庫鄰近地區森林生態系的指標性兩棲類諸羅樹蛙 (*Rhacophorus arvalis*) 進行野外調查，了解諸羅樹蛙的生活史、空間分布、棲地的利用型式、諸羅樹蛙生活史與棲地利用等相關資料。

(二) 實施方法：

1. 由本中心過去兩棲類的調查及相關學術文獻資料，以大尺度的觀點整理臺灣地區諸羅樹蛙的空間點位分布資料，並描述其海拔、水系、鄉、縣、等行政區的分布情形。另由本次湖山水庫計畫中，以較小尺度描述湖山水庫及其鄰近地區諸羅樹蛙的空間分布情形。
2. 為了解目前湖山水庫及其鄰近地區諸羅樹蛙分布的棲地需求，我們在有該樹蛙分布的 31 個樣點中，記錄其棲地類型、是否有農耕活動、活動面積大小及產卵的水域等環境資料。對於兩棲類而言，棲所中是否有提供可產卵水域為影響族群再補充的重要因素，因此我們詳細的記錄每樣點中的積水環境，並再區分為暫時或長時間水池，或者有蓄水容器等微棲所的環境。
3. 我們選擇指標生物諸羅樹蛙記錄其生活史中的卵數、蝌蚪變態所需天數與範圍、成蛙的壽命等生態參數，探討該蛙的生活史與其棲地利用間的相關情形。在蛙類年齡的判斷上，我們以趾骨鑑齡法 (skeletonochronology) 判定該群樹蛙的年齡。於野外，我們採集族群中較大個體之雄蛙與雌蛙測量其吻肛長，並剪下左後腳中趾趾節約 4 mm 後馬上浸泡於 10% 的福馬林中固定，切片前再將趾骨置換到 5% 的硝酸中使其硬骨軟化，再經自來水清洗、中和後，進行冷凍切片。切片的部位為骨節中段，厚度為 10  $\mu\text{m}$ ，組織以 Erlich's haematoxylin 染色，再經自來水清洗、褪染後，以 50% 的甘油封片封存 (參考蔡 2002)。最後，在

顯微鏡下檢視骨骼切片中之成長停滯環 (line of arrested growth, LAG) 數目，以判讀該個體的年齡。

4. 持續於湖山水庫庫區週邊進行兩棲類群聚組成的調查。調查方法以聲音調查法為主 (呂 1996)，調查時間自日落 1 小時後起進行。同時整理湖山地區的諸羅樹蛙文獻、生活史等相關資料，以配合相關解說教育活動或工程人員之生態教育時使用。

#### 四、結果與討論

我們重新整理本中心過去臺灣全島的兩棲類調查，並進行部份地點之補充調查，結果顯示該蛙侷限在雲林 (斗六市、斗南鎮、古坑鄉)、嘉義 (大林鎮、民雄鄉、梅山鄉、竹崎鄉以及嘉義市)、臺南 (麻豆鎮、永康市) 等縣市的部分地區。若以水系來看，則分布於濁水溪以南，鹽水溪畔以北的範圍 (圖 1)。最北地點位於大埔溪北方的湖本村，最南地點位於鹽水溪畔南面的臺南縣永康糖廠。其分布點約在海拔 160m 以下之農耕地。其棲息的地點都與人類農耕有關，如荔枝園、芒果園、甘蔗園、鳳梨園、麻竹林、番石榴園、香蕉園、柑桔園、檳榔園及水田等。除了晚間配對時會降到地面產卵外，其他時間經常棲息於樹上。而在湖山地區，本次研究在該區共調查過 130 樣點 (圖 2)，其中諸羅樹蛙的分布地點有 31 處 (圖 3)，佔所有調查樣點的 24%。其主要分布的地點有樣仔坑、梅林、湖山岩、湖本等地區；而在水庫淹沒線內有 3 處，其餘 28 處分別零星散落庫區外，詳細樣點座標資料如表 1。

在湖山水庫及其鄰近地區諸羅樹蛙分布的棲地需求方面，湖山地區的諸羅樹蛙活動海拔分布在 76-166 m 之間，在已知分布的 31 個樣點中，庫區內的 3 處棲地由於施工因素均已鏟除，不列入後續分析。而其餘的 28 個可分析樣點中 (表 2)，若以是否有農耕活動來區分樣點，屬於人為開墾的棲地類型有 15 處，佔可分析樣點之 53%，其地上作物多為農作竹林及果園；屬於無人開墾的棲地有 13 處，佔可分析樣點之 46%，其地上作物大多為廢棄竹林及溪溝大圳。若以棲地的積水性來區分，有 26 處 (93%) 棲地類型為暫時性積水棲地；另 2 處 (7%) 為溪流或大圳，屬於長時間有水棲地 (圖 4a)。其中暫時性積水棲地的整體棲所面積大小平均為  $95 \pm 22 \text{ m}^2$  (平均  $\pm$  標準誤差；範圍 10-400  $\text{ m}^2$ ,  $n=26$ )，棲地外型大多為方形或梯形，其次為狹長帶狀及長方狀棲地類型。若以棲地的植被來區分，棲地植栽有 12 處為雜木林 (43%)，11 處為麻竹林 (39%)，2 處為荔枝園 (7%)，2 處為鳳梨園 (7%)，1 處為柳丁園 (4%) (圖 4b)。

在湖南壩進水口入口處旁竹林棲地中，此地由於工程進行，經常有砂石及工程卡車進出，干擾甚巨。我們在 5 月時發現其旁邊的竹林內有諸羅樹蛙的鳴叫聲，顯示該區有部分族群分布，但在 7 月初再次調查此樣點時，發現此棲地被開墾，已不見該族群，對於該族群是否存留須再行調查（圖 5、圖 6）。另在湖本橋前砂石場旁的雜木林裡也調查到有諸羅樹蛙的分布（圖 7）。此外，在本次分布調查以外的區域，例如斗六市區的週邊，也發現數處諸羅樹蛙的分布點。樣區的四周分為住宅區及馬路，人類活動頻繁，只留下一片約  $20 \times 20 \text{ m}^2$  尚未開發的雜木林，其下方略有積水。由其棲地的分散與週邊的環境特色，顯示湖山及其鄰近地區諸羅樹蛙的主要危機為棲地受到干擾與棲地零碎的現象。

由於兩棲類生活史必須經歷水中與陸地兩種不同的棲地環境，而兩棲類的成長也有包含水生的卵期、蝌蚪期與陸域生活的成蛙時期。因此不同階段的兩棲類其棲地利用的變化情形可能不盡相同。湖山水庫及其鄰近地區諸羅樹蛙的繁殖季從當年的 3 月底開始，直至同年 8 月底結束。諸羅樹蛙的產卵場所，必需在有積水的農耕地中。諸羅樹蛙交配後，雌雄共同使用後腳踩打出直徑約 7cm 的圓形白色卵泡，厚度約 4cm。大部分的卵泡則藏在有草本植物或落葉覆蓋的遮蔽環境下，且產卵時似有築巢的行為。卵泡則隱藏在有遮蔽的土壤凹陷中，十分不易被發現。諸羅樹蛙的卵泡在遮蔽物的覆蓋下，能保持卵的水分，剛受精的卵呈現乳黃色，卵泡中卵的平均數目約有 378 顆卵（範圍從 330 到 446 顆， $n=6$ ）。在夏天的環境下，卵粒約經 3-4 天即可孵化成為蝌蚪，再經過 23 到 55 天後（ $n=185$ ），蝌蚪陸續變態為小蛙（表 3）。因此棲所中的水體環境，至少要維持連續 23 天以上的積水時期，才有辦法使蝌蚪持續成長後變態成為小蛙。諸羅樹蛙的蝌蚪主要棲息於靜水域中，以水中的腐葉為食。

此外我們取族群中兩隻較大體長的雄蛙，其吻肛長約在 5 cm 左右的個體，以及隻較大體長的雌蛙一隻，其吻肛長為 6 cm 左右的個體進行年齡鑑定。若以一個成長停滯環代表一年的話，雄蛙年齡分別為 3 及 4 歲；雌蛙年齡則為 5 歲。此兩隻雄蛙於野外採集時均在鳴叫，而雌性個體則活動於其間，這表示該雄蛙與雌蛙的在該年齡尚具有生殖能力，因此諸羅樹蛙對於族群應有持續 4 到 5 年以上的貢獻。這也代表該物種若有棲地的干擾，應儘量縮短在 3 到 4 年內，使其族群有再補充的機會。以上這些基本資料，對物種的經營管理或保育上是相當重要的知識，也有助了解湖山水庫興建後棲地改變對諸羅樹蛙族群的可能影響。至於諸羅樹蛙何時達性成熟並開始參與生殖，或是否每年均可生殖，則有待進一步的觀察與研究。

在湖山水庫庫區邊界進行兩棲類群聚組成的調查方面：直至 2010 年 12 月為止（含文獻資料：湖山水庫工程計畫生態保育措施定稿本 1995；湖山水庫施工導水路工程生物相調查及保育措施 2006），在湖山水庫及其鄰近地區所調查或整理不同時間之物種與地點資料共 816 筆，所記錄到湖山地區兩棲類共有 1 目 6 科 21 種 8,130 隻次。其中特有種兩棲類有 8 種，分別是史丹吉氏小雨蛙、諸羅樹蛙、莫氏樹蛙、面天樹蛙、褐樹蛙、盤古蟾蜍、梭德氏赤蛙及斯文豪氏赤蛙。

## 五、結論與建議

諸羅樹蛙目前侷限分布於濁水溪以南，鹽水溪畔以北範圍內之雲林、嘉義、臺南等縣市。其分布點約在海拔 160m 以下之農耕地。其棲息的地點都與人類農耕有關。而在湖山地區，其主要分布的地點有樣仔坑、梅林、湖山岩、湖本等地區。在本研究樣區中的諸羅樹蛙主要的棲地類型為暫時性積水棲地；棲地的植被主要為雜木林與麻竹林，其次為荔枝園、鳳梨園與柳丁園。由於諸羅樹蛙繁殖地點多在人類的農耕地中，與人類活動範圍相近，農耕地作物的改變也可能間接影響產卵的成功與否，建議於環境中需增加其庇護，以利於農作改變時供暫蛙類時躲藏之用。此外農耕地中農藥過分使用可能導致卵或蝌蚪的畸型或死亡，因此推廣有機農業或農藥減量的方式，如同過去由莊孟憲老師或陳清圳老師所推動的棲地保護活動，或現在正由雲林野鳥學會所推廣的生態標章認證等活動，都是直接保護該蛙的良好方式。

諸羅樹蛙因屬於臺灣特有種兩棲類，且目前局部零星分布於雲嘉南三縣市，與臺灣全島上其它兩棲類物種的族群分布數量上相對稀少。由於諸羅樹蛙分布於低海拔地區，因建築及馬路的切割，使得目前分布的地點十分侷限（盧建名 2005）。由其棲地的分散與週邊的環境特色，顯示湖山及其鄰近地區諸羅樹蛙的主要危機為棲地受到干擾與棲地零碎的現象。諸羅樹蛙的棲地易受破壞而減少，不經意的開發很有可能使該物種隨時消失在低海拔的城鎮中。

此外，由指（趾）骨鑑齡法可知：諸羅樹蛙可貢獻在族群的時間約在 4 到 5 年間，所以對於諸羅樹蛙棲地的干擾建議應縮短在 3 到 4 年內，使其族群有再補充的機會。以上這些基本資料，對物種的經營管理或保育上是相當重要的知識，也有助了解湖山水庫興建後棲地改變對諸羅樹蛙族群的可能影響。

## 六、參考文獻

- 呂光洋。1996。兩棲類動物資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 呂光洋。2008。生物多樣性行動計畫研討會論文集。108 頁。
- 林文璨、鄭先祐。2009。諸羅樹蛙(臺灣特有種)的鳴叫類型。環境與生態學報:2(1): 33-51。
- 許浩瑩。2006。從鳴聲探討諸羅樹蛙(*Rhacophorus arvalis*)的雌性選擇。國立臺灣師範大學論文。
- 莊鎮碩。2000。諸羅樹蛙(*Rhacophorus arvalis*)生殖行為之研究。國立臺灣師範大學論文。
- 彭國棟、林春富、林麗紅。1999。諸羅樹蛙之生態學及繁殖行為研究。特有生物保育研討會論文集。204 至 210 頁。南投。
- 盧建名。2005。棲地零碎化對諸羅樹蛙族群遺傳結構影響之探討。國立師範大學生物研究所碩士論文。
- 謝煒智。2004。諸羅樹蛙群集展示行為之研究。國立臺灣師範大學論文國立臺灣師範大學論文。
- 蔡雅芬。2002。古氏赤蛙體型性別二型性之研究。私立東海大學生物系碩士論文。
- 湖山水庫工程計畫生態保育措施(定稿本)。1995。中華顧問工程司、民翔環境生態研究有限公司。經濟部水利署中區水資源局。
- 湖山水庫施工導水路工程生物相調查及保育措施。2006。農委會特有生物保育中心。經濟部水利署中區水資源局。

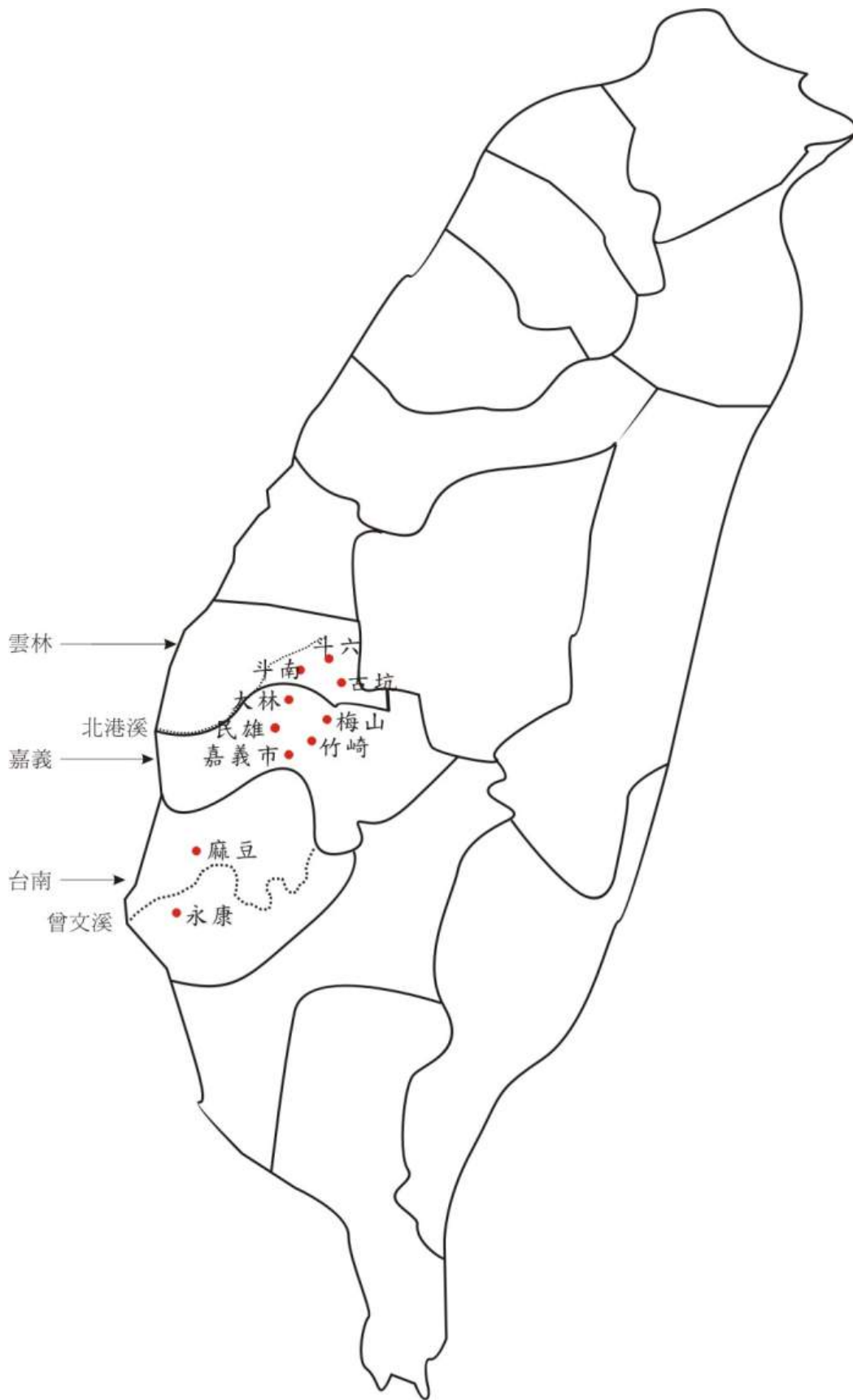


圖 1. 諸羅樹蛙在臺灣的分布區域



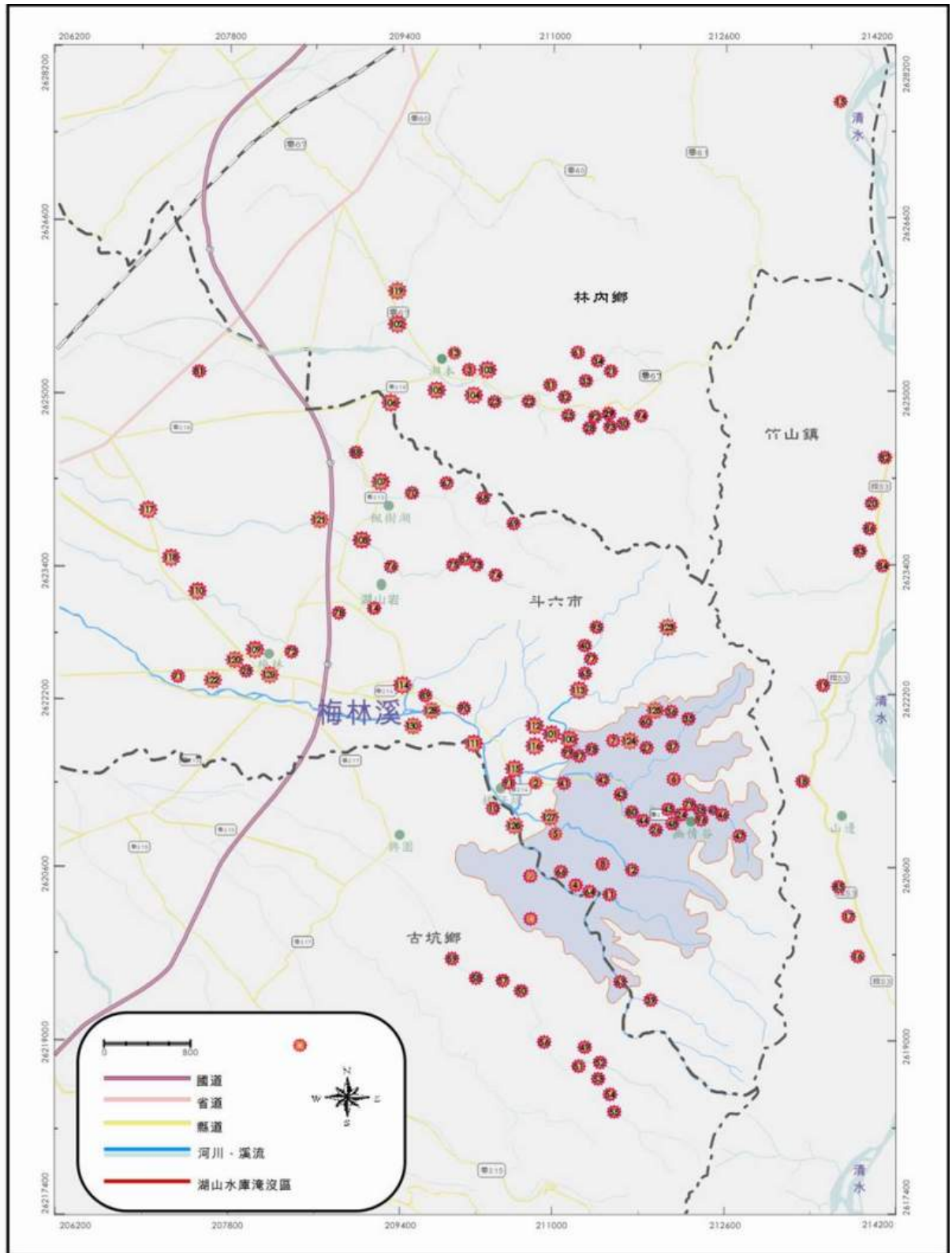


圖 2. 湖山水庫暨鄰近地區兩棲類普查的位置圖（共 130 個樣點）。

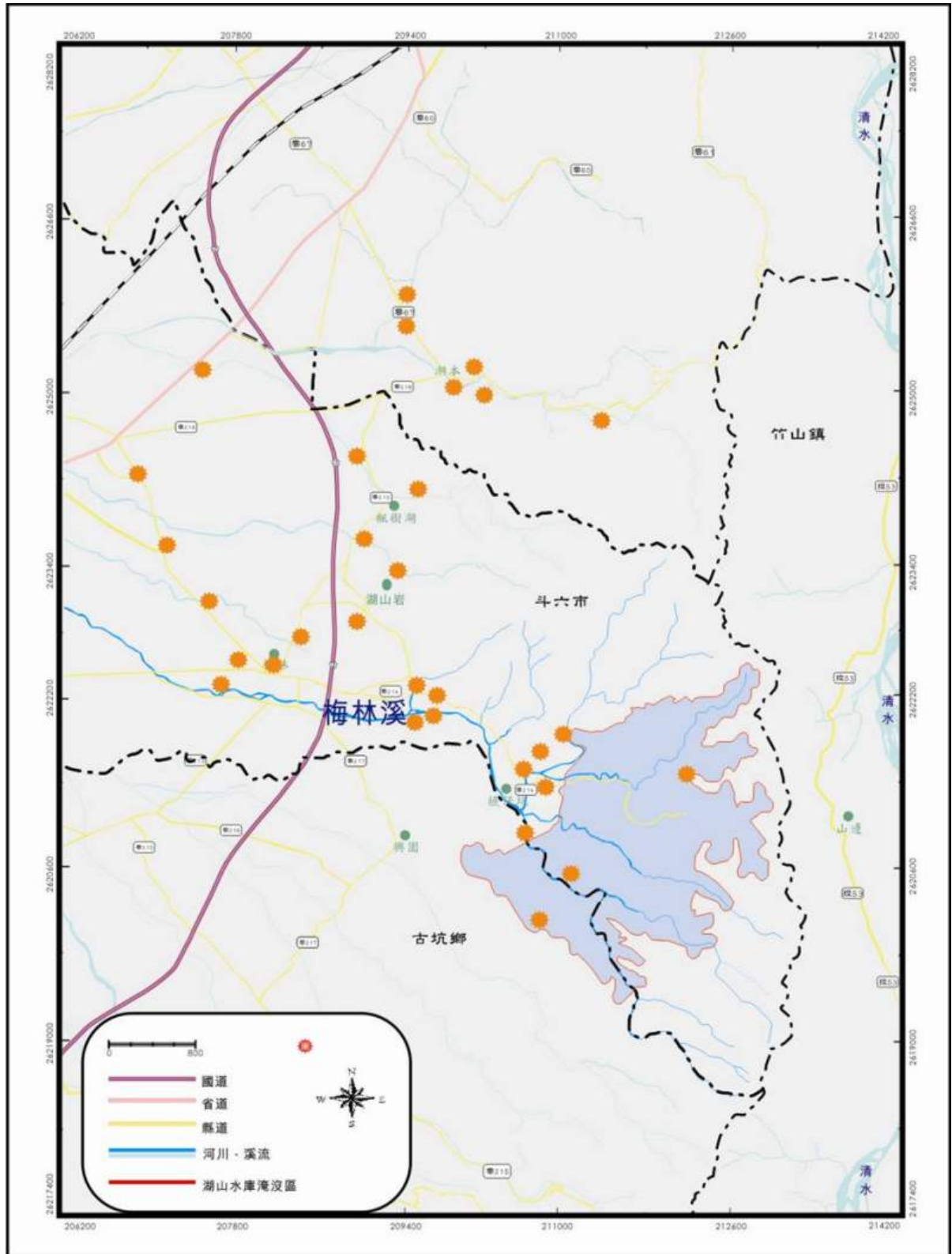


圖 3. 湖山水庫暨鄰近地區發現諸羅樹蛙分布的點位圖 (共 31 個樣點)。

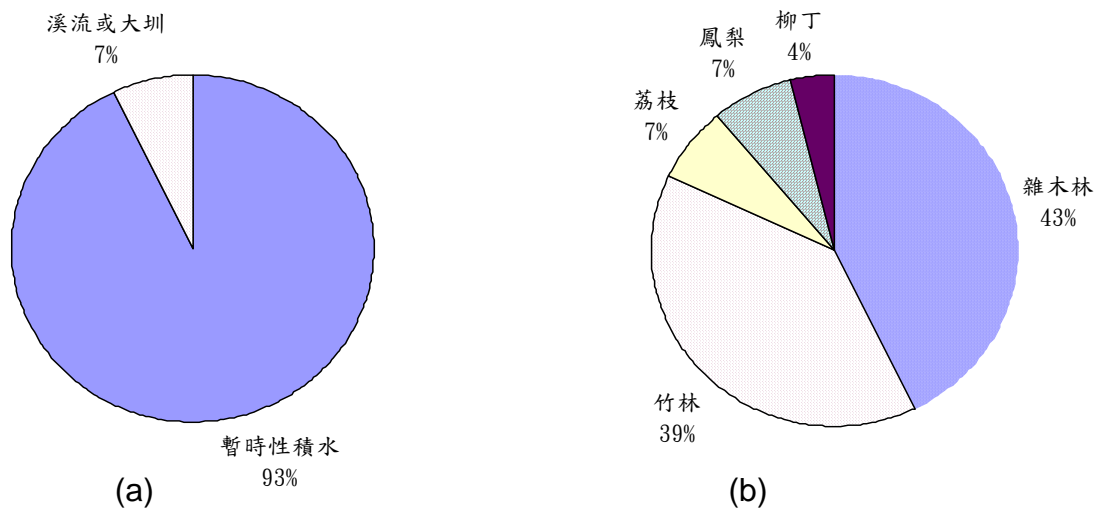


圖 4. 依環境的(a)積水性與(b)植被來區分諸羅樹蛙的棲地類型。



圖 5. 湖南壩進水口旁諸羅樹蛙分布的竹林（紅圈處）。





圖 6. 干擾中的諸羅樹蛙棲地 (紅圈處) (湖南壩進水口旁)。



圖 7. 砂石場旁的諸羅棲地 (紅圈處) (湖本橋前)。

表 1. 湖山水庫及鄰近地區諸羅樹蛙分布樣點資料

No.	年度	月份	地點簡稱	隻次	67 座標(X)	67 座標(Y)
1	2003	05	湖山水庫(水庫淹沒線以上及下游地區)	2	211461	2620348
	2004	05	湖山水庫(水庫淹沒線以上及下游地區)	8	211461	2620348
	2005	02	湖山水庫(水庫淹沒線以上及下游地區)	3	211461	2620348
2	2005	04	湖山水庫鄰近熱點－北勢坑溪	1	211640	2523080
3	2005	04	湖山水庫鄰近熱點－湖本	3	234340	1203646
	2005	05	湖山水庫(水庫淹沒線以上及下游地區)	3	211461	2620348
	2005	05	湖山水庫鄰近熱點－湖本	9	234340	1203646
4	2006	03	湖南壩導水路－入口	2	211209	2620419
	2006	03	湖山壩導水路－入口	1	211947	2621612
5	2007	06	斗六梅林路--仕相陣炮超商	3	207875	2621962
6	2008	05	外湖溪堤岸--福興宮	15	209304	2624003
7	2008	05	梅林橋前(往梅林派出所方向)	5	207373	2622398
8	2008	05	湖山橋	12	208244	2622516
9	2008	06	環球技術學院旁(楓樹湖南溪)	3	209267	2623418
10	2008	06	湖山岩	7	208695	2623054
11	2008	07	石榴斑	1	207459	2625173
12	2008	07	楓湖路上(未至外湖橋)	3	208984	2624477
13	2008	12	北勢坑溪-靠近北勢橋處	1	210996	2621943
14	2009	04	湖本--白馬山	3	209303	2625802
15	2009	04	湖本民宿對岸	5	209945	2625029
16	2009	04	湖本橋	5	209643	2625123
17	2009	04	內湖橋	3	208873	2623625
18	2009	04	湖山岩水溝	5	209299	2622714
	2009	05	內湖橋	5	208873	2623625
19	2009	05	圳頭橋旁(雲 214)	3	209627	2622165
20	2009	05	樣仔坑水溝(玉當山前)	5	210517	2621546
21	2009	05	北勢坑溪旁山坡	2	210939	2621949
22	2009	05	榴南橋	5	207000	2623932
23	2009	05	活動中心前 100M(南仁寺)	15	207211	2623286
24	2010	04	樣仔坑水溝(玉當山前)	3	210517	2621546
	2010	04	活動中心前 100M(南仁寺)	5	207211	2623286
25	2010	05	鳳梨田	3	209303	2625802
26	2010	05	梅林路 7-11	5	208017	2622404
27	2010	05	果園	2	207327	2622221
28	2010	05	湖南壩出入口	3	210626	2620882
29	2010	05	中水局人工溼地	1	209418	2621968
30	2010	05	梅林派出所停車場	3	208017	2622404
31	2010	05	梅林 247 分 26A(電線桿編號)	5	209586	2622014

表 2. 湖山水庫及鄰近地區諸羅樹蛙的棲地需求

棲所需求	比例	n
是否有農耕活動(人為/無人)	53% / 46%	28
棲地的積水性(暫時/永久)	93% / 7%	28
棲地的主要植被(雜木林/麻竹林)	43% / 39%	28
棲地的次要植被(荔枝園/鳳梨園/為柳丁園)	7% /7% /4%	28

表 3. 諸羅樹蛙生活史中之不同發育階段的生殖生態資料

諸羅樹蛙發育階段	卵粒數目	卵孵化	蝌蚪變態	成蛙壽命
單位	顆	日數	日數	年
平均數目	378	3.5	32.5	4
範圍	330-446	3-4	23-55	3-5
n	6	340	185	3