

新增保育物種台灣水鼯(*Chimarrogale himalayica*)

族群分佈、棲地利用與保育對策研究

Population distribution, habitat usage, and conservation
strategy of Himalayan water shrew (*Chimarrigale himalayica*)
in Taiwan

委託單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：東海大學熱帶生態學與生物多樣性研究中心

研究主持人：林良恭

研究人員：袁守立、姜博仁

中華民國 99 年 3 月



目次

圖次	2
表次	3
中、英文摘要	4
二、研究目的	7
三、研究材料及方法	7
四、結果與討論	8
五、建議	10
六、參考文獻	24
附錄一、 2009，2010 年水鼃調查溪流環境與工作照片	26
附錄二、桃園北橫段，卡拉溪施工前中後之比較(資料提供：觀察家生態顧問有限公司)	30
附錄三、野外水鼃排遺辨識方法	32
附錄四、水鼃基礎資料	38
附錄五、參考文獻	39

圖次

圖 1、台灣水鼩的調查與出現地點。.....	12
圖 2、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水鼩地點之水文環境棲地比較.....	14
圖 3、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水鼩地點附近植被與樹冠覆蓋度比較...	15
圖 4、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水鼩地點與人工建築物之最短距離比較	15
圖 5、有捕獲（藍），無捕獲（綠）地點棲地環境因子進行 PCA 分析後的結果	19
圖 6、以鄰接法建構之台灣水鼩 mtDNA cytochrome <i>b</i> (1140 bp) 親緣關係樹， bootstrap 重複測試 1000 次的支持度標示於節點位置。.....	20
圖 7、以鄰接法建構之台灣水鼩 mtDNA control region (649 bp) 親緣關係樹， bootstrap 重複測試 1000 次的支持度標示於節點位置。.....	21
圖 8、粒線體 DNA 親緣分析結果中，A、B 群的分布位置圖.....	22

表次

表 1、水鼃研究之調查年份，調查地點與捕獲量/捕捉夜資料.....	13
表 2、2009，2010 年各調查地點之棲地因子記錄.....	16
表 3、由粒線體 DNA 控制區 (control region, 649 bp) 資料計算而得的各項族群遺傳指數.....	23

中、英文摘要

亞洲水鼩 (Asiatic water shrew) 為 *Chimarrogale* 屬的動物，是一群生活習性特殊的小型哺乳類，其食物來源依靠淡水河流，為半水棲的哺乳類，其生存與河流分佈有密不可分之關係。台灣是屬於高山島嶼而非高原，河流的流速快，流域小，水量少，寬度窄，深谷多，屬於典型年輕河流之特色。此一特殊的環境對於水鼩極可能產生一定程度的隔離效應，致使水鼩的分佈範圍小，族群密度低，且加大遺傳分化。本研究將於台灣地區各溪流之中上游進行水鼩之調查與捕捉，初步估計其族群大小，並分析水鼩出現的棲地環境因子。此外以粒線體 DNA 片段作為分子標記，探討台灣地區各溪流，山脈間水鼩族群之是否因地形或人工建物的阻隔產生遺傳分化現象。累計全台 30 個調查點中 12 處有捕獲水鼩個體，3 處有發現水鼩糞便但未捕獲個體，而未捕獲且未發現水鼩糞便地點共 15 處。微棲地環境因子比較後發現有捕獲水鼩之地點溪流寬度較小，有較高比例的淺瀨面積，以及溪流沿岸有較高比例的草本植物或灌木覆蓋而較少禾本科雜草。粒線體 DNA 分析則顯示目前台灣島內之水鼩樣本可明顯分為二大群，但此二群間並沒有地理分隔的現象。

關鍵詞：亞洲水鼩、保育、族群分布、溪流生態、親緣地理

Asiatic water shrews (*Chimarrogale*) are small insectivores habiting in rivers and streams. They adapt to semi-aquatic life and associating with aquatic environments. Taiwan is an island with highland mountains. The rivers or streams in Taiwan are short, fast-running, shallow, and with deep valleys. This special mountainous region may affect the distribution of water shrews. They may be isolated by those valleys or reduced population due to unstable aquatic environment. In present study, we will investigate the distribution of water shrews in Taiwan by using habitat factors and mitochondrial DNA markers to evaluate the presence and isolation of water shrews among basin systems. We investigated 30 localities and caught water shrews in 12 localities of Taiwan. We also found feces traces in three localities but no sign of water shrews in other 15 localities. The habitat analysis showed water shrews may appear in smaller streams with larger pool area, and higher appearance of bank-side grass land. Mitochondrial DNA analysis also showed the population of water shrew was separated into two phylo-groups. However, no geographic isolation was found between these two groups.

Key words: *Chimarrogale*, water shrew, conservation, population distribution, stream ecology, phylogeography

一、前言

亞洲水鼯 (Asiatic water shrew) 為 *Chimarrogale* 屬的動物，分類上屬於哺乳綱 (Mammalia)，鼯形目 (Soricomorpha)，尖鼠科 (Soricidae)，尖鼠亞科 (Soricinae)，是一群生活習性特殊的小型哺乳類。其食物來源完全依靠淡水河流。Dunstone and Gorman (1998) 定義此類動物為半水棲哺乳類 (semi-aquatic mammals)。水鼯的體型小，顏色從灰色到灰黑色，與水底岩石顏色接近；沒有背腹顏色界線；吻端較為扁平；腦腔容積較其他鼯類大；耳殼小，游泳時能閉鎖以防水；四肢趾端有白色硬毛 (stiff hair)，游泳時能增加與水接觸的面積；毛髮綿密，末端扁平，推測能增加抗水性並保暖，且全身毛髮間夾雜較長的白色之保護毛 (guard hair)，此為水鼯類的獨有特徵 (Churchfield 1990, Corbet and Harris 1991, Dunstone and Gorman 1998)。

過去針對亞洲水鼯屬動物所進行的相關研究僅止於分類學的描述，最近，日本學者開始對日本境內所分佈之日本水鼯 *Chimarrogale platycephala* 進行棲息地與族群數量的調查。結果顯示日本水鼯多分佈在海拔 200~1400 公尺的森林內，偏好多石頭、岩塊、倒木且遮蔽良好、水中無脊椎動物豐富的乾淨溪流。此外，水鼯的族群量比其他的陸域小型哺乳類來得低，且很容易因人類的工事活動而消失 (阿部等 2002, Abe 2003, Arai et al. 1985)。而在日本長野縣所進行的日本水鼯族群動態研究中，研究者在長達 7 公里的溪段內連續設置十個調查站，持續捕捉半年後，所捕獲的個體僅有 24 隻，族群密度非常低 (Ichikawa 2005)。

歐亞水鼯 *Neomys fodiens* 的研究同樣指出此種水鼯只能生存於乾淨、無污染且無脊椎動物豐富的溪流，個體間的領域重疊性極低，族群數量也較一般的陸生鼯類小。活動範圍約在 10~60 公尺，最大亦只有 150~200 公尺，這顯示水鼯的移動能力相當低。此物種壽命不到 2 年，冬季時成體會大量死亡，族群內成員替換速度相當快，幾乎每年更新一次 (Corbet and Harris 1991)。此外，*Neomys fodiens* 的食物來源有 80% 是水中生物，對溪流的依賴性極高，水中食物的豐富度直接影響水鼯的族群量 (DuPasquier and Cantoni 1992)。由此推知，由於採用特殊的生態棲位，相比之下，水鼯的族群數量遠較其他陸域小型哺乳類來得低，對溪流品質有高度的依賴性，活動範圍較小，對環境變動或人為干擾等因素十分敏感，且個體壽命短，容易因外在壓力致使族群被分割或消失。

台灣的水鼯描述始於 1971 年駐台美軍所進行之採集與基礎分類學的研究 (Jones et al. 1969, Jones and Mumford 1971)。經過與中國大陸四份 *Chimarrogale himalayica* 頭骨標本加上二份 *Chimarrogale styani* 頭骨標本以及取自日本的 *C. platycephala* 三份頭骨標本做比對後，Jones 等認為台灣發現的水鼯應為 *C. himalayica*。然而，台灣之標本比大陸的 *C. himalayica* 體型略小，幾乎所有的頭骨測值也略小於大陸及日本之標本，極可能是一獨立亞種，但比對的標本數不足，無法做此一定論。繼 Jones and Mumford (1971) 之後，針對台灣的水鼯之學術研究即中斷至今，中間僅有零星的目擊與採集記錄。根據行政院農業委員會特有生物研究保育中心提供之統計資料，在台中縣烏石坑，南投縣奧萬大，南投

縣溪頭以及台北縣坪林曾有目擊水鼃活動之記錄。國立師範大學亦曾經於台中縣武陵農場附近的七家灣溪捕獲過數隻個體。依據這些記錄，台灣水鼃的分佈似乎並不只限於中低海拔，高海拔地區可能還有隱藏族群尚未被發現。2002 年，特有生物研究中心的研究人員在桃園拉拉山附近進行調查時，於海拔 1100 公尺左右的拉拉溪段成功捕獲 2 隻水鼃，其後並分析胃內含物以瞭解食性，發現台灣的水鼃同樣以溪流中底棲無脊椎動物為食，與日本水鼃的食性相似（方等 2007，張等 2006）。

一如本文所述，水鼃的生態棲位與一般哺乳類截然不同，相對於其他中高海拔分佈的鼃類和鼠類，水鼃的生存與河流分佈有密不可分之關係。和中國大陸相比，台灣是屬於高山島嶼而非高原，全島有 67.4% 屬於陡坡地形。反映出來的台灣河流有如下之特點：河流短，河水急，水量少，寬度窄，深谷多以及含沙量高，均指出年輕河流之特色—環境變動高（林 1974）。此外台灣河流之流域互不相連，直注入海，對於淡水生動物的影響可能更為顯著，呈現出的地理隔離效應理論上與高山山脈隔離的效果不同，半水棲生物的族群分化應與水系流域相關。Wang *et al.* (2000) 利用粒線體 DNA 的控制區，細胞色素 *b* 以及 12s 核糖體 RNA 區域序列針對台灣 12 條不同溪流內的淡水魚類台灣石賓 (*Acrossocheilus paradoxus*) 進行地理親緣之分析。台灣石賓是一種廣分佈在台灣西部中低海拔河流的魚類，族群數量龐大。研究結果顯示溪流之間的族群呈現高度遺傳分化現象，且同一溪流內的不同地點採集之個體遺傳分化亦十分顯著；個體間遺傳距離隨地理距離呈線性增加。證實不同溪流間之個體幾乎無法互相交流，同一溪流上游和下游之個體亦缺乏基因交流之現象，具有統計上的顯著差異。同時發現台灣石賓族群可能是在最近一次冰河期進入台灣，屬於一次入侵，由中部之小族群開始往北部及南部擴散形成。作者認為台灣島的高山峻嶺是導致淡水魚類族群分化的重要原因，山脈的隔閡使台灣河川即使在高海拔地區也互不相連，除了偶發的洪水外，淡水魚類族群幾乎沒有機會互相交流。同樣的，由於山脈坡度陡，台灣河川水勢湍急，下游魚類也很難有機會逆流而上與上游族群交流，使得同一流域內不同樣區之個體間也有顯著的遺傳分化現象。此一環境條件對於半水棲的哺乳類如水鼃等極可能產生類似的隔離效應，然而，水鼃並非完全依靠水域生活之物種。在 Donstone and Gorman (1998) 所整理的文獻中，描述水鼃雖然以水中的無脊椎動物為食，但同時也會使用水域附近 60–80 平方公尺之區域作為棲息之用。因此，相較於其他台灣淡水魚類，水鼃可能更有機會透過水邊陸域往上游或下游擴散，或是通過台灣中高海拔山區之分水嶺，達成水系間互相交流的可能，呈現獨特的地理親緣模式。綜合這些特性，推測台灣島內的水鼃族群將無法突破陡峭地形以及溪流所產生的天然（例如瀑布、深谷）或人工（例如攔砂壩、水壩）障礙，並受到第四紀晚期冰河期之影響，族群遺傳結構因山脈與水系隔離而有分割的現象。

在對於哺乳動物之親緣與分類研究中，普遍使用粒線體 DNA 的基因片段作為遺傳標記物。其理由為：1. 母系遺傳，僅具有單倍之遺傳訊息，容易分析。2.

已有大量物種之完整序列被分離成功，容易比對研究。3. 平均演化速度較核基因快 5 到 10 倍，能提供大量訊息。而其中粒線體 DNA 之細胞色素 *b* 區域更是廣泛應用在分子親緣與系統分類之研究中 (Johns *et al.* 1998, Esposti *et al.* 1993, and Spradling 2001)。Saccone *et al.* (1999, 2000) 更指出粒線體 DNA 各個基因之變化百分率，比對 33 種哺乳類的結果中，控制區 (control region or d-loop) 之變化最大，而細胞色素 *b* 區域之跨物種相似度約在 75—80% 左右。基於上述背景資料，本研究計畫使用粒線體 DNA 的控制區與細胞色素 *b* 區域序列來分析台灣島內族群內的親緣地理問題。

台灣的半水棲哺乳類 (semi-aquatic mammal) 只有水獭與水獺 (otter)。在台灣本島，水獺目前認為瀕臨滅絕，相形之下水獭的研究就格外重要而有意義。因此 2008 年八月農委會已正式公告將台灣的水獭列為第三級保育類，然而目前對於台灣水獭的分佈狀況與族群大小所知仍極為有限，台灣地形的特殊條件亦可能造成水獭族群交流的障礙，值得深入探討。

因此本研究的主要目標有二：1. 於台灣地區各溪流之上游，選取平緩多淺灘且具有豐富植被的溪段進行水獭之調查與捕捉，並初步估計其族群大小。2. 以粒線體 DNA 片段作為分子標記，探討台灣地區各溪流，山脈間與溪流內上下游間水獭族群之是否因地形或人工建物的阻隔產生遺傳分化現象。

二、研究目的

1. 瞭解台灣地區水獭族群的主要分佈地點。
2. 粗估各地點水獭的族群數量與穩定性。
3. 結合以上資訊，評估台灣地區水獭的主要分佈地點，以及各地族群數量的差異程度，評估區域間或水系間的數量變化。
4. 以粒線體 DNA 分析台灣地區水獭的親緣地理結構，及各地區族群交流程度。
5. 綜合上述資訊，提出對水獭族群保育之建議。

三、研究材料及方法

1. 水獭標本採集與族群密度調查

選取平緩多淺灘且具有豐富植被的溪段，以薛門氏活體捕捉器，加上切片的魚肉為餌，進行水獭的活體捕捉。每條溪流均設置 1 條樣線，樣線長度約 300-800 m，捕捉器均置於溪流水流中的石塊上但不沈入水中以防止水獭溺死。每次至少進行三個捕捉夜，捉得的水獭活體剪取其腳趾二根作為 DNA 分析材料後釋回。若捉得死亡之個體，其組織存放在 95% 的試藥級 EtOH 中，儲存於常溫之下備用。此外，一併記錄捉得個體的編號、捕捉地點 GPS 座標、性別、體重以及生殖狀況等資料。進行活體捕捉時將同步設置食痕調查裝置。該裝置以細繩綁小魚固定於網箱中，半置入溪水並以石頭固定。此裝置可吸引水獭前來取食，在其周邊並設置紅外線自動照相機記錄其活動。水獭取食後會留下排遺以及啃咬後的食痕，可藉以推估水獭出沒的數量 (市川哲生等 2004)。紅外線相機所拍得之

照片則可用於估算水鼃活動的時間與頻度。

2. 水鼃棲地特徵

於進行水鼃調查的溪流內樣線起始位置，及起始位置起算上下游各約 100 m 處量取各項棲地特徵並記錄 GPS 座標 (WGS 84) 與海拔高度 (m)，棲地特徵內容參考 Greenwood *et al.* (2002) 對於歐亞水鼃的棲地研究報告，其中包括 1. 水流坡向：以指北針觀察水流方向，分為東、南、西、北、東北、東南、西南、西北八個方向 2. 坡度：以坡度計度量測量點的傾斜角度 3. 河岸高度：以皮尺測量河岸的高度 (m)，若河岸過高無法測量則標示為 >3 m 4. 河寬：以測量點為中心，測量該位置附近水流的最大寬度 (m) 5. 水深：以測量點為中心，逐步測量該位置附近的水深，記錄最大深度 (m) 6. 水流速：以美國 General Oceanic 公司的機械式水流計 (model 2030)，測定測量位置附近最深處之水流速 (cm/s) 7. 水溫與溶氧量：以德國 WTW 公司的攜帶式溶氧測定儀 (Oxi 315i) 測定測量位置附近最深處的溶氧量 (mg/l) 與水溫 (°C) 8. 樹冠覆蓋度：二位工作人員分別使用凹面樹冠覆蓋度計量測量位置東南西北四個方位的樹冠覆蓋度 (%) 後，合併求其平均值 9. 流水型態：估計測量位置附近 50 m 內之流水型態，分為淺瀨 (水深 < 30 cm，流速 > 30 cm/s)、緩流 (水深 > 30 cm，流速 < 30 cm/s)、急流 (水深 > 30 cm，流速 > 30 cm/s)、水潭 (水深 > 30 cm，流速 < 30 cm/s) 共四等級 10. 河岸植被形式：目測估計測量位置附近 50 m 內植被形式 (%)，分為禾本科雜草，其他草本植物，灌叢，喬木四個等級 11. 溪流底質成分：目測估計測量位置附近 50 m 內溪流的底質組成，分為沙土 (< 2 mm)、砂礫 (< 20 mm)、石塊 (> 20 mm)、砂礫加石塊四個等級 12. 與人工建築物最短距離：以 GIS 系統計算測量點與最近的人工建築如道路或橋樑等的距離 (m)。

3. 粒線體 DNA 定序與親緣關係分析

將取得之肝或肌肉組織研磨後，以 Phenol/ Chloroform/ Isoamylalcohol 法粹取其完整 genomic DNA，再以特定引子 (primer) 進行 PCR 合成粒線體 DNA 之控制區，細胞色素 *b* 片段。所得之 PCR 產物經電泳檢測後送交生技公司進行定序。定序結果以 Clustal-W 軟體排序後，剪取所需之片段，再利用電腦軟體 MEGA 以 neighbor-joining 法重建各地區族群間之親緣關係，並與地理位置相互比較。評估各地區出現的單型 (haplotype) 和水系之間是否有相關連，並比較各地區間水鼃族群之遺傳多樣性。

四、結果與討論

1. 水鼃調查地點

各水鼃調查與捕獲地點，海拔高度，捕獲量/捕捉夜數量如圖 1 與表 1 所示。本計劃執行前的先期調查 (2003-2008) 共調查台灣地區溪流合計 18 處，有捕獲水鼃個體 7 處，僅發現水鼃糞便但未捕獲個體 2 處 (三光溪，唯金溪)，未捕獲且未發現水鼃糞便地點共 9 處。2009 至 2010 年共調查台灣地區溪流 12 處，有捕獲水鼃個體 5 處，僅發現水鼃糞便但未捕獲個體 1 處 (沙里仙溪)，未捕獲且

未發現水鼃糞便地點共 6 處。合計共調查台灣地區溪流共 30 處，有捕獲水鼃個體 12 處，僅發現水鼃糞便但未捕獲個體 3 處（三光溪，唯金溪，沙里仙溪），未捕獲且未發現水鼃糞便地點共 15 處（圖 1）。

2. 調查捕獲記錄

水鼃的發現地由北而南按溪流位置區分：磺溪上游，南勢溪上游，大漢溪中游（拉拉溪，三光溪），蘭陽溪上游與中游（有勝溪，多望溪），大甲溪上游（七家灣溪），大安溪上游（雪山坑溪），立霧溪上游（慈恩溪，瓦黑爾溪），眉溪上游，陳有蘭溪上游（沙里仙溪），楠梓仙溪上游（旗山溪），以及荖濃溪上游（唯金溪）均有發現水鼃蹤跡（圖 1）。各捕獲點中以烏來福山村（南勢溪，4/79）的捕獲率最高，其次為上巴陵（拉拉溪，4/86），均位於台灣北部（表 1）。可判斷性別的標本中有 12 隻雄性，11 隻雌性，雄性略多於雌性但差異不大。調查期間每個調查樣線均設置食痕調查裝置與紅外線相機，但調查期間並未拍攝到水鼃活動之相片。

3. 棲地分析

比較未捕獲與有捕獲水鼃地點的環境微棲地因子，分析結果如圖 2，圖 3 與圖 4 所示。水流速、水深、溪流底質成分與樹冠覆蓋度等因子沒有明顯差異，但溶氧量、河流寬度、流水型態、河岸植被形式以及與人工建築物的距離等因子在未捕獲與有捕獲地點之間有較明顯的不同（表 2）。有捕獲水鼃之地點溪流寬度較小，有較高比例的淺瀨面積，以及溪流沿岸有較高比例的草本植物或喬木覆蓋而較少禾本科雜草。溶氧量的部分發現到有水鼃分布的地點有較高的溶氧，而高溶氧的溪流通常有較好的底棲無脊椎動物相，同樣地溪流中若是比較多淺瀨或緩流，則可以提供底棲無脊椎動物躲藏，與水鼃獵食並休息的場所，因此對於水鼃來說此類環境有較豐富的食物來源與棲息空間，顯示出水鼃比較偏好優質的水域食物條件。另外有捕獲與未捕獲地點與人工建築物的最短距離差異頗大，這可能是因為 2010 年我們前往台灣中南部幾個較偏遠的地區進行調查，這些地點與人工建築物的距離較遠，但仍未能發現水鼃的存在。然而目前調查資料顯示水鼃主要捕獲點都集中在中北部，南部地區較難發現水鼃，故此距離測量結果不能說明水鼃不會受到人工建築等干擾影響。

我們將測量所得之棲地因子（河寬、水深、流速、覆蓋度、水溫、溶氧量、流水型態、河岸植被形式、溪流底質成分）進行 PCA 分析後結果如圖 5。PC1，PC2 解釋度分別為 24.8%與 16.5%，合計僅佔全部解釋度的 41.3%，顯示各地點所測得的棲地因子參數變異大，較無特定的趨勢。圖 5 中藍色的有捕獲地點主要集中在 PC1 的負數象限，PC2 則無明顯趨勢。PC1 主成分中最重要的前三位因子依次為溶氧量、流水型態中的淺瀨比例、底質沙土比例，而這與前段各因子獨立比較所得的結論一致，水鼃可能比較偏好高溶氧，多淺瀨，適合躲藏與捕食底棲無脊椎昆蟲的優質溪流環境。

4. 分子親緣分析

利用 neighbor-joining 法建構粒線體 DNA 細胞色素 *b* (cytochrome *b*) 基因完整序列 (1140 bp) 與控制區部分序列 (649 bp) 後結果分別如圖 6, 圖 7 所示。二種遺傳標記均呈現出一致的結果顯示台灣的水鼈樣本在遺傳上可明顯分為 A、B 二群 (支持度 99%), 但此二群內的個體分布並無明顯的地理隔離現象 (圖 8)。福山村, 眉溪, 拉拉溪, 武陵地區, 雪山坑溪採得的水鼈樣本都超過 1 隻以上, 但遺傳分析結果都發現這些複數個體均勻分開至二群內。此外控制區序列的族群遺傳指數 (表 3) 顯示 B 群的變異位點 (number of variable sites), 單型多樣性指數 (haplotype diversity) 與核苷酸多樣性指數 (nucleotide diversity) 均高於 A 群, 這表示此二群有可能經歷過不同的演化路徑或有不同的族群擴張歷史, F_{ST} 值為 0.67 亦顯示此二群有一定程度的遺傳分化。此親緣地理模式與部分台灣淡水蝸牛與魚類親緣地理研究發現之模式相似。這些研究中指出最近一次冰期台灣與大陸相連時, 閩南與閩北分別各有一條大河注入當時為草原型態的台灣海峽區域, 此二條大河與台灣西部的複雜河系相連接。因此大陸的二個屬於不同遺傳組成的水鼈族群可以分別經由南北二路徑來到台灣, 並在台灣西部混合並通過山區水路擴張成如今的模式。

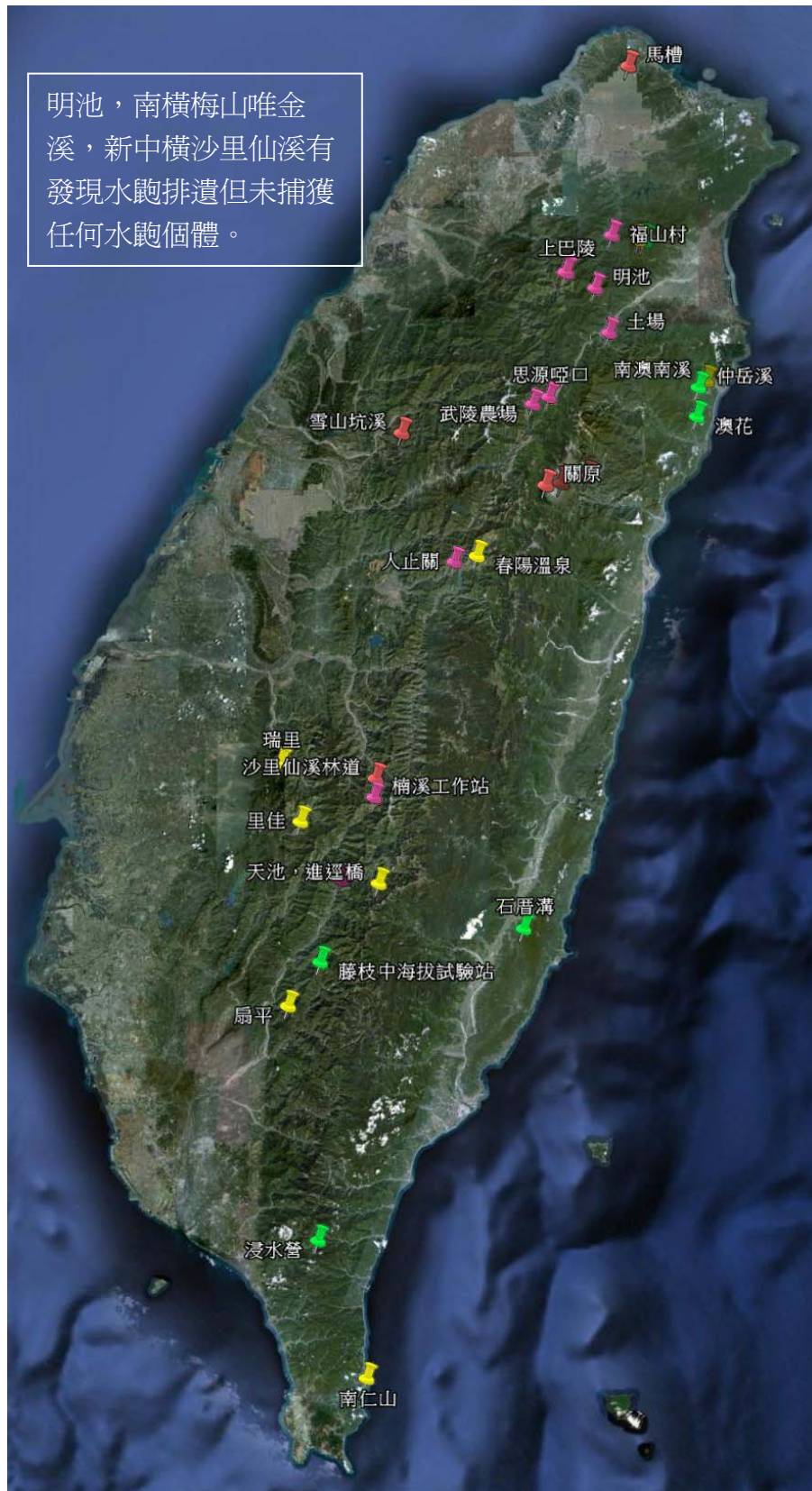
五、建議

1. 由於水鼈的出沒隱密且棲位特殊, 需要特別的調查方法, 過去我們對於台灣水鼈的分佈所知極為有限而難以保護, 本研究之調查結果顯示台灣水鼈的主要分布地點集中於中北部山區, 高溶氧, 多淺瀨的清澈溪流。北起台北縣、宜蘭縣山區近台中縣範圍、桃園縣、苗栗縣、台中縣、南投縣等山區為主要分布範圍, 此外並包含花蓮縣中央山脈近南投縣區域, 因此這些區域的溪流保護措施相對重要。現行的溪流整治工法會嚴重改變溪流生態, 以卡拉溪 (桃園北橫拉拉溪支流) 為例, 2009 年的護岸工程將溪流改道並伏流化, 嚴重影響當地水鼈生存 (附錄二)。建議上述縣市未來在進行任何溪流整治、河岸護堤或堰堤建設工程前都必須進行水鼈分布調查與影響評估, 並且必須採生態工法施行。
2. 研究結果顯示在嘉義以南地區很難發現水鼈蹤跡。2008 年的先期調查時曾於南部橫貫公路梅山村附近溪流發現水鼈排遺, 但該次並未能捕獲任何個體。2009 年莫拉克颱風造成台灣南部溪流暴洪後對該地區造成重創, 因此無法前往原地再次進行調查。除此之外其餘的南部調查點都沒有發現任何水鼈痕跡。此類週期性的溪流劇烈改變會破壞溪流的水生生物相, 將不利於水鼈生存。相對於南部地區, 北部的溪流環境相對穩定。同樣以 2009 莫拉克颱風造成之災害為例, 我們於 2009 年九月前往中橫沿線進行水鼈調查, 但該處溪流並沒有受到任何傷害, 無任何土石崩落的情形。但次年 2010 年前往南投縣沙里仙溪與屏東縣浸水營古道時便可發現 2009 年颱風造成的影響極為顯著, 至今半年後仍未有復原的跡象, 溪谷間土石仍在不停崩落, 只要降雨溪水濁度就隨之提高 (附錄一), 而這

種環境極不利於水生無脊椎昆蟲存活，間接導致水鮑無食物資源與居住空間而無法生存。因此我們推測南台灣地區的水鮑可能僅分布於溪流最上游，受影響最輕微的地區。

3. 花蓮、台東地區因山勢陡峭，多數山區道路年久失修不堪使用，前往溪流調查必須花費較多天數與人力進行，執行難度較高。

4. 本研究案旨在進行台灣地區整體性的水鮑分布調查，並未針對缺少各地點族群的細節資料進行調查，未來建議專案針對水鮑捕獲數量較多之特定族群（例如烏來、武陵、雪山坑、拉拉溪、眉溪地區）進行族群動態的長期調查，研究其族群密度變化，性別組成，活動與領域範圍等資料，作為保育決策之參考。



2009 年之前調查記錄有水熊出現地點：粉紅色；無水熊出現地點：黃色

2009，2010 年進行的調查中有水熊出現地點：紅色；無水熊出現地點：綠色

圖 1、台灣水熊的調查與出現地點。

表 1、水鼯研究之調查年份，調查地點與捕獲量/捕捉夜資料

調查年份	地點	縣市	海拔(m)	捕獲量/捕捉夜	性別
2003	眉溪	南投縣	820	5/131	3 ♂, 2 ♀
2003	上巴陵	桃園縣	900	4/86	2 ♂, 2 ♀
2003	天池，進逕橋	高雄縣	2400	0/59	
2004	春陽溫泉	南投縣	1100	0/50	
2004	楠溪工作站	南投縣	1900	1/226	1 ♂
2005	土場	宜蘭縣	530	*1/蝦籠	無法判斷
2005	南仁山	屏東縣	100	0/100	
2005	明池	桃園縣	1060	0/130	
2006	武陵農場	台中縣	2000	1/234	1 ♀
2006	南澳南溪	宜蘭縣	190	0/113	
2006	思源啞口	宜蘭縣	1980	1/150	1 ♂
2007	福山植物園	宜蘭縣	670	0/394	
2007	扇平森林生態科學園	高雄縣	710	0/346	
2007	里佳	嘉義縣	980	0/160	
2007	瑞里	嘉義縣	1050	0/46	
2008	雪山坑溪	台中縣	980	0/130	
2008	烏來福山村	台北縣	430	4/79	2 ♂, 2 ♀
2008	唯金溪	高雄縣	870	0/92	
2009	馬槽	台北市	580	*1/蝦籠	1 ♂
2009	澳花村	宜蘭縣	160	0/124	
2009	福山植物園門口	宜蘭縣	650	0/136	
2009	洛韶	花蓮縣	1150	1/51	1 ♀
2009	慈恩附近	花蓮縣	2180	2/84	1 ♂, 1 ♀
2009	關原附近	花蓮縣	2290	1/122	1 ♀
2009	藤枝	高雄縣	1450	0/45	
2009	雪山坑溪	台中縣	1015	2/135	1 ♂, 1 ♀
2010	沙里仙溪林道	南投縣	1597	0/110	
2010	南澳仲岳溪	宜蘭縣	198	0/90	
2010	浸水營古道	屏東縣	1016	0/90	
2010	富里 石厝溝	台東縣	410	0/75	
合計				24/3457	12 ♂, 11 ♀

*為其他研究單位提供之發現記錄

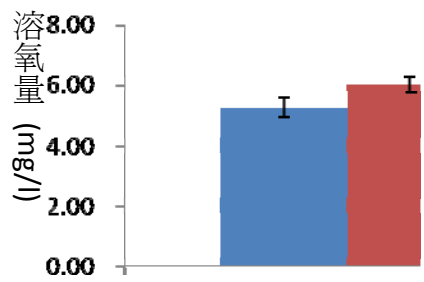


圖 2a、溶氧量

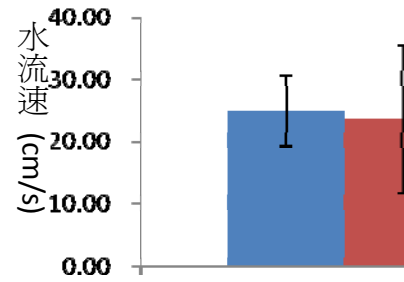


圖 2b、水流速

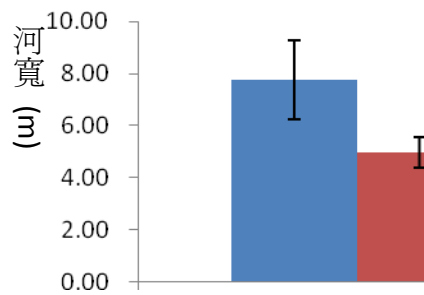


圖 2c、河流寬度

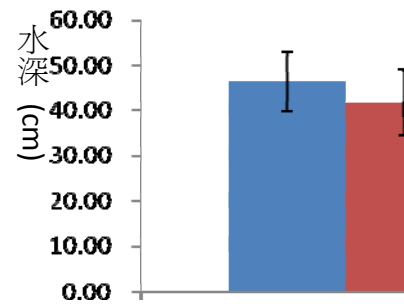


圖 2d、水深

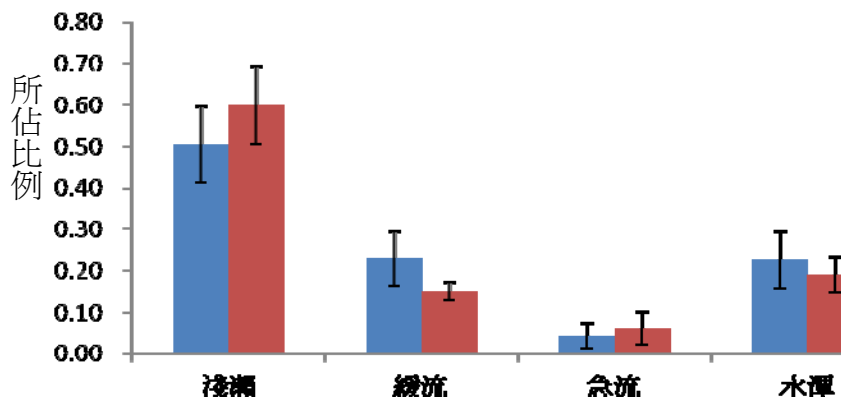


圖 2e、流水型態

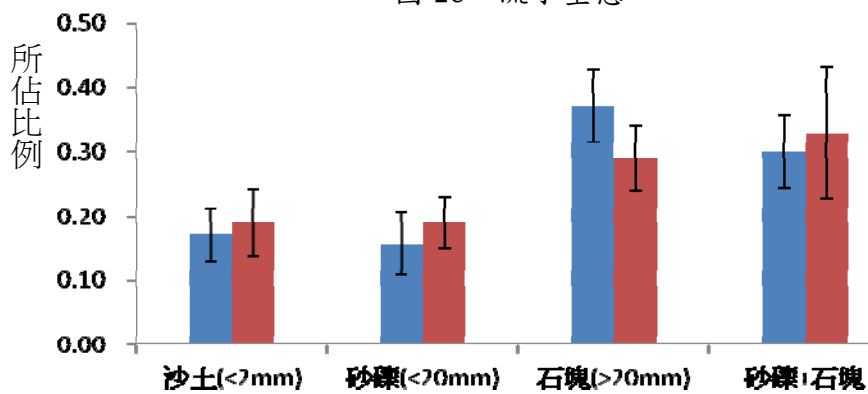
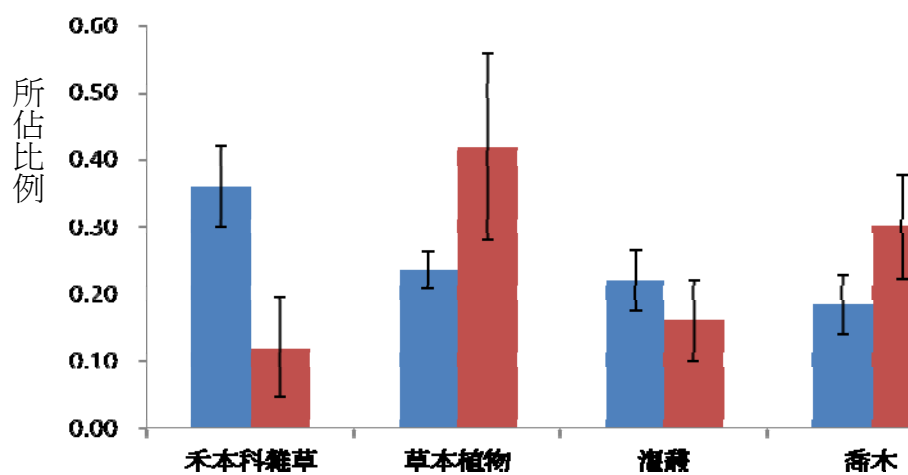
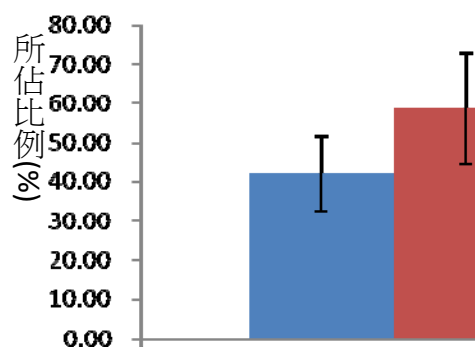


圖 2f、溪流底質成分

圖 2、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水鮑地點之水文環境棲地比較



3a、河岸植被形式



3b、樹冠覆蓋度

圖 3、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水飽地點附近植被與樹冠覆蓋度比較

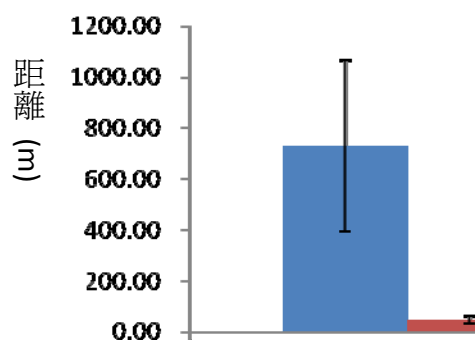


圖 4、未捕獲（藍），有捕獲（紅） 水飽地點與人工建築物之最短距離比較

表 2、2009，2010 年各調查地點之棲地因子記錄

	藤枝	福山	澳花 P1	澳花 P2	關原	慈恩
是否有捕獲	否	否	否	否	是	是
測量點緯度	23° 4' 44.63"	24° 45' 28.6"	24° 21' 0.39"	24° 21' 0.58"	24° 11' 17.14"	24° 11' 35.22"
測量點經度	120° 47' 52.71"	121° 36' 49.0"	121° 44' 2.03"	121° 43' 59.90"	121° 20' 38.44"	121° 23' 2.02"
海拔高度(m)	1450	650	160	165	2290	2180
水流坡向	西	東南	東	東	東	東北
坡度(°)	30	5	18	23	17	12
河岸高度(m)	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3	> 3
河寬(m)	0.7	2.2	9.8	12.2	4.6	6.9
水深(cm)	< 5	21	49	68	31	40
流速(cm/s)	-	12.5	56.3	62.7	-	63.5
覆蓋度(%)	66.69	78.25	9.38	12.38	56.88	27.75
水溫(°C)	-	21	25	24.9	14.2	14.4
溶氧(mg/l)	-	7.5	6.8	6.7	6.8	5.9
河岸植被形式(%)						
禾本科雜草	70	0	35	20	10	10
草本植物	20	30	35	30	30	20
灌叢	5	10	15	20	30	10
喬木	5	60	15	30	30	60
流水型態(%)						
淺瀨	100	100	35	35	80	30
緩流	0	0	30	30	10	15
急流	0	0	10	10	0	20
水潭	0	0	25	25	10	35
溪流底質成分(%)						
沙土	10	0	10	10	10	20
砂礫	20	10	70	40	30	20
石塊	10	50	20	10	40	30
砂礫+石塊	60	40	0	40	20	30
與人工建築 最短距離(m)	283	1	0	275	10	50

表 2 續、 2009，2010 年各調查地點之棲地因子記錄

	洛韶	雪山坑溪 P1	雪山坑溪 P2	沙里仙 溪林道	南澳仲 岳溪 P1	南澳仲 岳溪 P2
是否有捕獲	是	是	是	否	否	否
測量點緯度	24° 12' 31.57"	24°19'17.55"	24°19'18.16"	23°30'09.22"	24°25'02.81"	24°25'00.62"
測量點經度	121°27' 2.27"	120°58'29.62"	120°58'26.97"	120°54'38.79"	121°44'15.10"	121°44'15.40"
海拔高度(m)	1150	1015	998	1597	198	199
水流坡向	南	西	西南	東北	北	北
坡度(°)	4	18	18	23	8	8
河岸高度(m)	1.5 – 3	1.7	>3	>3	>3	>3
河寬(m)	5.5	4.2	3.6	8.7	8.9	13.8
水深(cm)	38	70	30	50	70	55
流速(cm/s)	31.1	無法測量	23.8	46.4	無法測量	12.6
覆蓋度(%)	27.75	90.38	91.25	11.33	33.13	0.50
水溫(°C)	19.4	19.1	18.7	11	17.1	16.5
溶氧(mg/l)	6.4	5.5	5.5	4.8	4.7	4.8
河岸植被形式(%)						
禾本科雜草	40	0	0	50	30	30
草本植物	10	70	80	10	40	20
灌叢	30	10	0	30	10	20
喬木	20	20	20	10	20	30
流水型態(%)						
淺瀨	50	60	80	30	30	60
緩流	20	20	10	10	40	20
急流	10	0	0	40	0	10
水潭	20	20	10	20	30	10
溪流底質成分(%)						
沙土	30	30	5	10	10	20
砂礫	20	20	5	0	10	0
石塊	15	40	20	60	60	70
砂礫+石塊	35	10	70	30	20	10
與人工建築 最短距離	8	82	76	1069	71	127

表 2 續、 2009，2010 年各調查地點之棲地因子記錄

	南澳仲 岳溪 P3	浸水營 P1	浸水營 P2	富里石 厝溝 P1	富里石 厝溝 P2	富里石 厝溝 P3
是否有捕獲	否	否	否	否	否	否
測量點緯度	24°24'57.97"	22°25'11.12"	與 P1 距離約 100 m	23°08'59.45"	23°09'0.98"	23°9'0.53"
測量點經度	121°44'18.05"	120°45'52.00"		121°17'9.21"	121°17'10.96"	121°17'9.85"
海拔高度(m)	237	1016	1016	411	418	425
水流坡向	西北	北	西北	西南	西南	西南
坡度(°)	8	5	8	30	5	4
河岸高度(m)	>3	>3	>3	>3	>3	>3
河寬(m)	22.1	4.2	4.6	8.4	9.1	5.5
水深(cm)	65	41	32	72	53	83
流速(cm/s)	28.3	20	21.2	27.7	17.7	無法測量
覆蓋度(%)	0.00	14.25	79.75	37.75	86.75	50.25
水溫(°C)	16.2	16.7	17	18	17.9	17.8
溶氧(mg/l)	5.2	4.8	4.6	4.8	4.3	4.2
河岸植被形式(%)						
禾本科雜草	15	20	10	50	50	30
草本植物	15	20	30	30	10	20
灌叢	40	50	50	10	10	40
喬木	30	10	10	10	30	10
流水型態(%)						
淺瀨	80	0	20	60	40	0
緩流	10	80	60	10	20	0
急流	0	0	0	0	0	0
水潭	10	20	20	30	40	100
溪流底質成分(%)						
沙土	10	20	20	30	30	60
砂礫	10	10	10	10	10	20
石塊	60	30	40	50	10	20
砂礫+石塊	20	40	30	10	50	0
與人工建築 最短距離	135	3615	3673	182	226	204

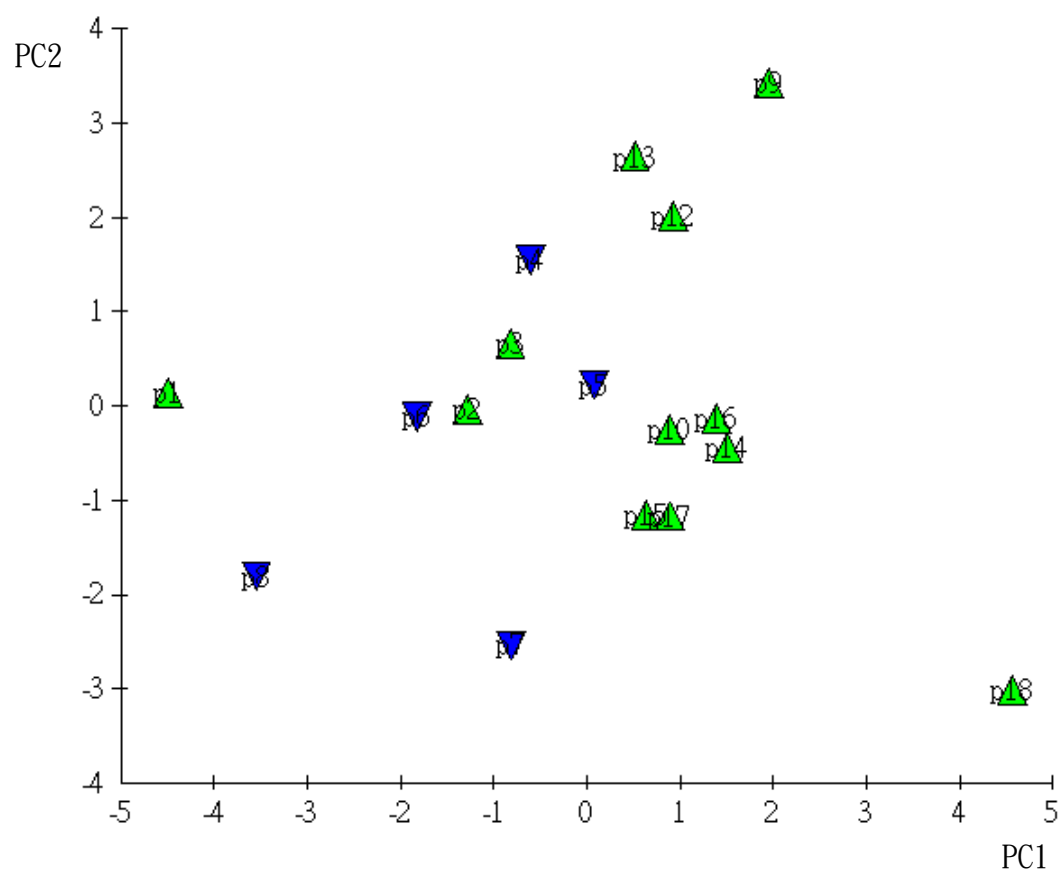


圖 5、有捕獲（藍），無捕獲（綠）地點棲地環境因子進行 PCA 分析後的結果

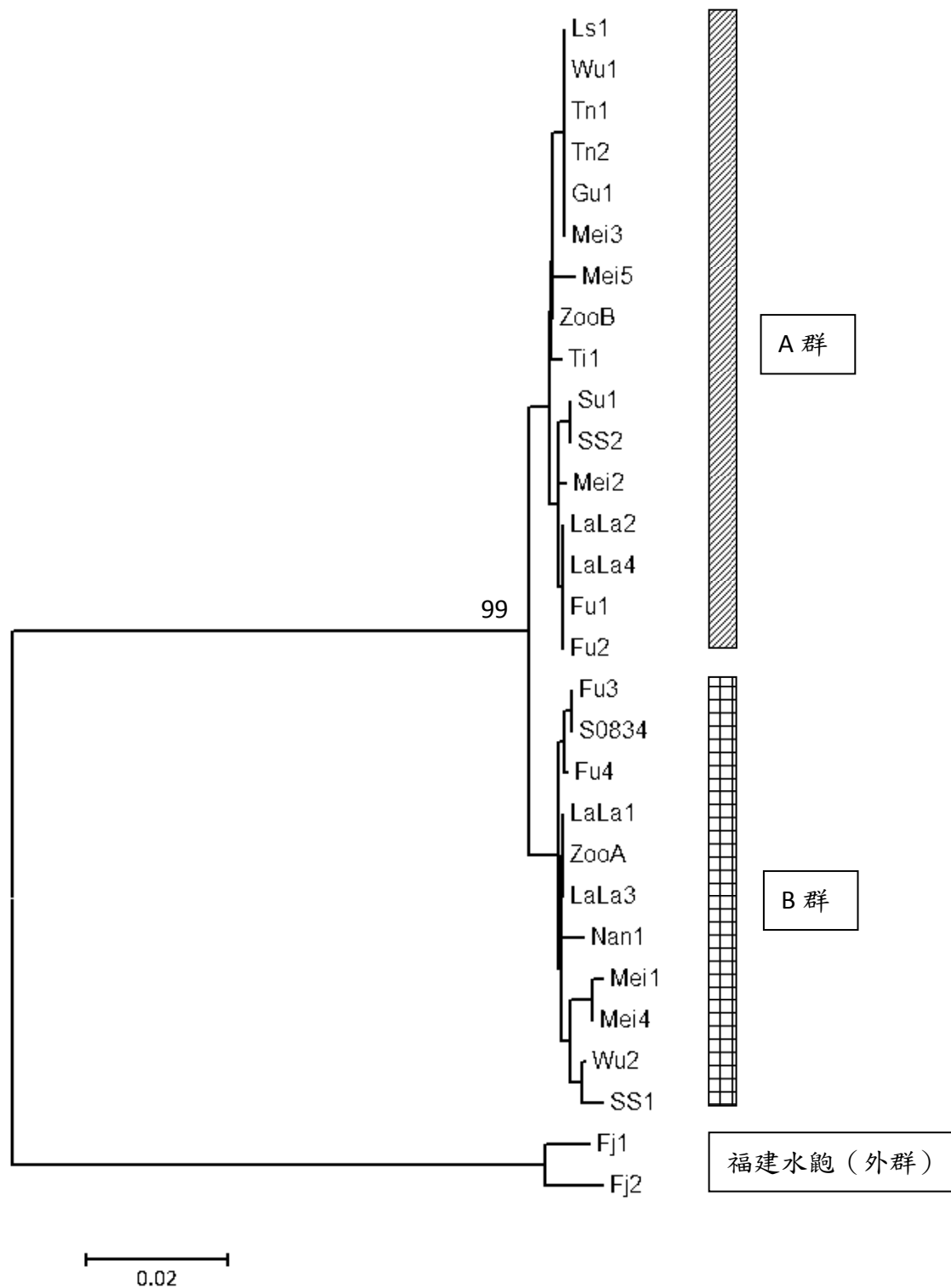


圖 6、以鄰接法建構之台灣水鮑 mtDNA cytochrome *b* (1140 bp) 親緣關係樹，bootstrap 重複測試 1000 次的支持度標示於節點位置。

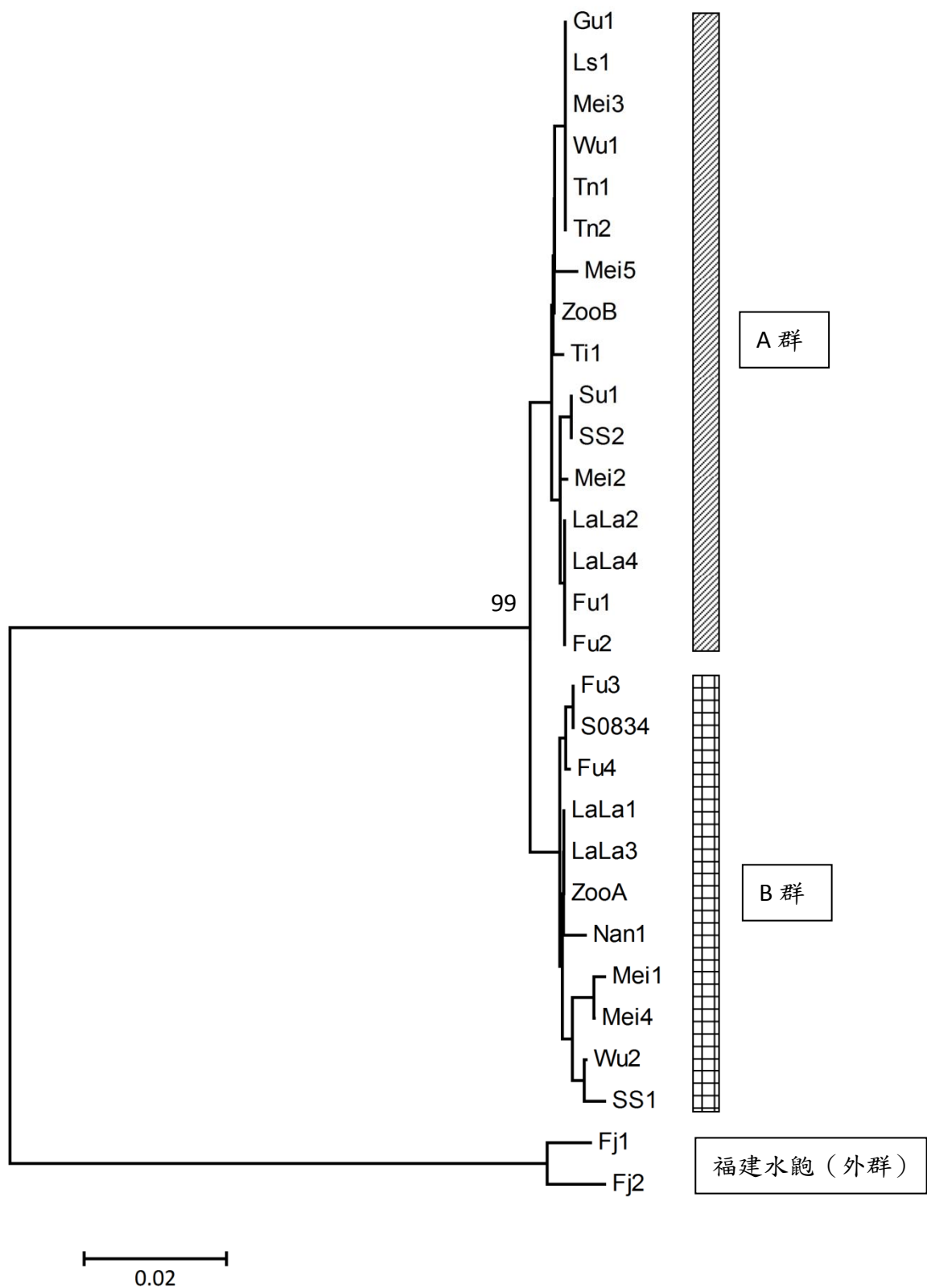


圖 7、以鄰接法建構之台灣水龜 mtDNA control region (649 bp) 親緣關係樹，bootstrap 重複測試 1000 次的支持度標示於節點位置。

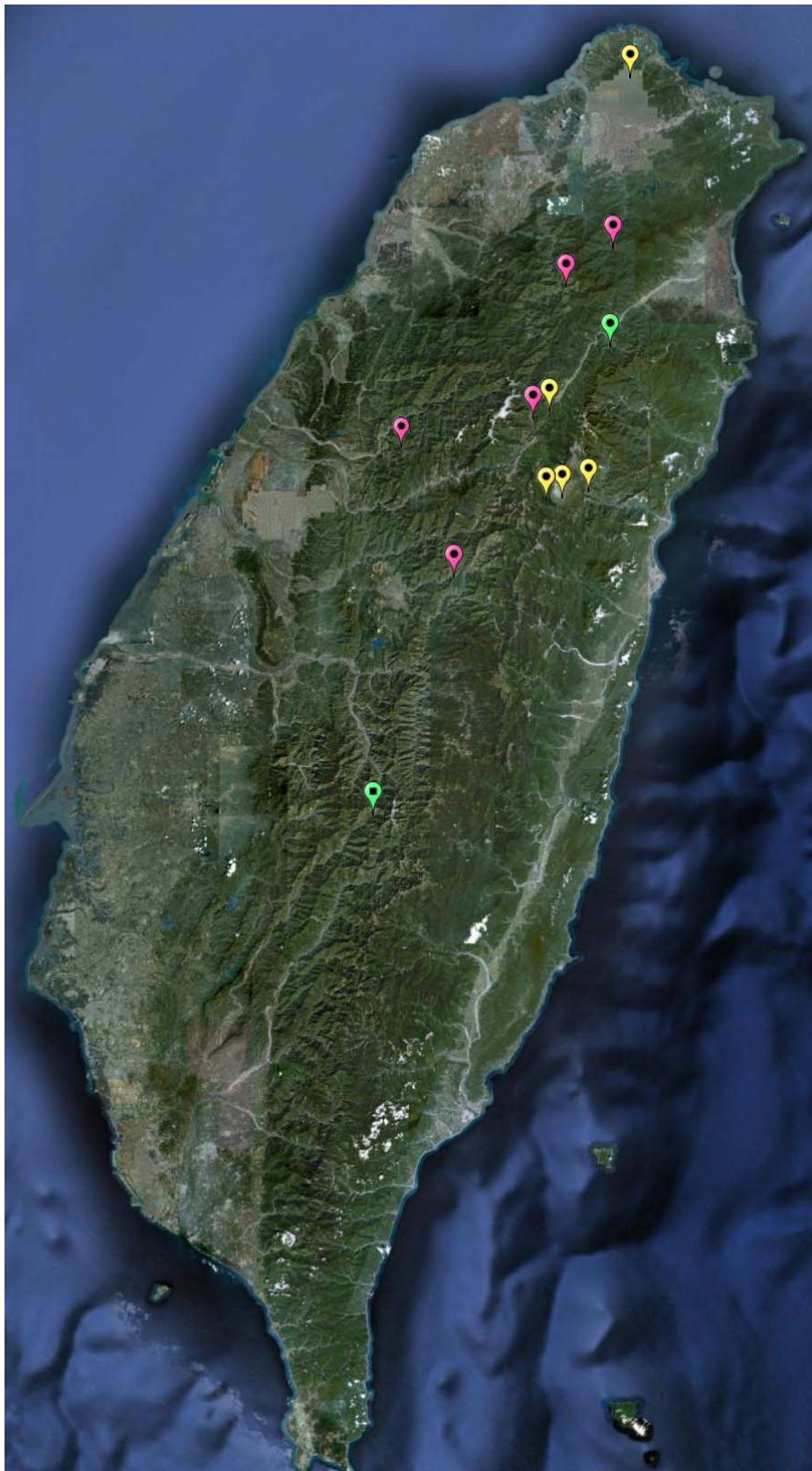


圖 8、粒線體 DNA 親緣分析結果中，A、B 群的分布位置圖
黃色：A 群；綠色：B 群；粉紅色：二群混合出現位置

表 3、由粒線體 DNA 控制區 (control region, 649 bp) 資料計算而得的各項族

	Group A	Group B	Total
Number of samples	16	11	27
Number of variable sites	7	11	21
Number of haplotypes	7	8	15
Haplotype diversity	0.82	0.93	0.93
(SD)	0.073	0.066	0.032
Nucleotide diversity (%)	0.27	0.47	0.75
(SD)	0.038	0.087	0.071
F_{ST} between A and B		0.67	
群遺傳指數			

六、參考文獻

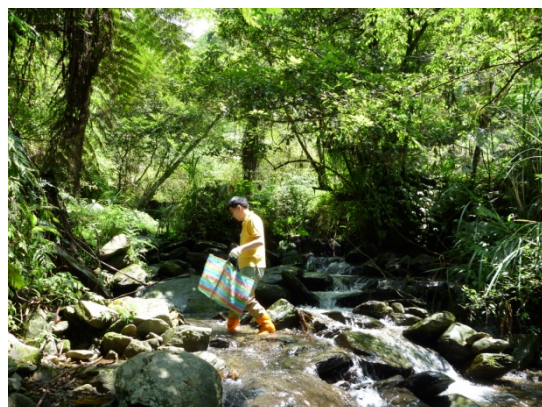
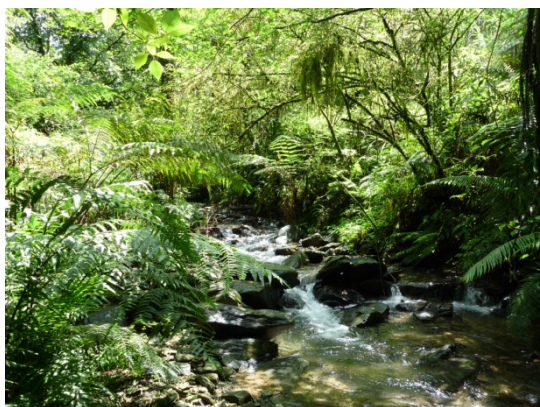
- 方引平、林雅玲、張簡琳玟、鄭錫奇。2007。拉拉溪台灣水鼩食性初探。特有生物研究。9:1-6。
- 市川哲生、中村寛志、吉田利男。2004。Use of plastic containers as a new strategy to survey the distribution of Japanese water shrew *Chimarrogale platycephala* (Temminck)。環動昆 15:169-177。(in Japanese)
- 林朝榮、周瑞燦。1974。台灣地質。台灣省文獻委員會。台灣。
- 阿部永、石井信夫、金子之史、前田喜四雄、三浦慎悟、米田政明。2002。日本の哺乳類。東海大學出版會。日本。(in Japanese)
- 張簡琳玟、鄭錫奇、方引平。2006。能游善潛的水中精靈-水鼩。自然保育季刊。56:15-19。
- Abe, H. 2003. Trapping, habitat, and activity of the Japanese water shrew, *Chimarrogale platycephala*. Mammalian Science 43:51-65.
- Arai, S., T. Mōri, H. Yoshida, and S. Shiraishi. 1985. A note on the Japanese water shrew, *Chimarrogale himalayica platycephala*, from Kyushu. Journal of the Mammalogical Society of Japan 10:193-203.
- Churchfield, S. 1990. The natural history of shrews. Comstock Publishing Associates, New York.
- Corbet, G. B., and J. E. Hill. 1992. The mammals of the Indomalayan region: a systematic review. Oxford University Press, New York.
- Corbet, G. B., and S. Harris. 1991. The handbook of British mammals. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- Dunstone, N., and M. L. Gorman. 1998. Behaviour and ecology of riparian mammals. Cambridge University Press, Cambridge.
- DuPasquier, A. and D. Cantoni. 1992. Shifts in benthic macroinvertebrate community and food habits of the water shrew, *Neomys fodiens* (Soricidae, Insectivora). Acta Ecologica 13:81-99.
- Esposti, M. D., S. D. Vries, M. Crimi., A. Ghelli, T. Patarnello, and A. Meyer. 1993. Mitochondrial cytochrome *b*: evolution and structure of the protein. Biochimica et Biophysica Acta 1143:243-271.
- Greenwood, A., S. Churchfield, and C. Hickey. 2002. Geographic distribution and habitat occurrence of the water shrew (*Neomys fodiens*) in the weald of South-East England. Mammal Review 32:40-50.
- Ichikawa, A., H. Nakamura, and T. Yoshida. 2005. Mark-recapture analysis of the Japanese water shrew *Chimarrogale platycephala* in the Fujisawa Stream, a tributary of the Tenryu River, central Japan. Mammal Study 30:139-143.
- Johns, G. C., and J. C. Avise. 1998. A comparative summary of genetic distance in

- the vertebrates from the mitochondrial cytochrome *b* gene. *Molecular Biology and Evolution* 15:1481-1490.
- Jones, G. S., and R. E. Mumford. 1971. *Chimarrogale* from Taiwan. *Journal of Mammalogy* 52: 228-232.
- Jones, G. S., F. L. Huang, and T. Y. Chang. 1969. A checklist and the vernacular names of Taiwan mammals (excluding Sirenia, Pinipedia, and Cetacea): a review of the literature. *Chinese Journal of Microbiology* 2: 47-65.
- Saccone, C., C. D. Giorgi, C. Gissi, G. Pesole, and A. Reyes. 1999. Evolutionary genomics in Metazoa: the mitochondrial DNA as a model system. *Gene* 238:195-209.
- Saccone, E., C. Gissi, C. Lanave, A. Larizza, G. Pesole, and A. Reyes. 2000. Evolution of the mitochondrial genetic system: an overview. *Gene* 261:153-159.
- Spradling, T. A., M. S. Hafner, and J. W. Demastes. 2001. Differences in rate of cytochrome-*b* evolution among species of rodents. *Journal of Mammalogy* 82:65-80.
- Wang, J. P., K. C. Hsu, and T. Y. Chiang. 2000. Mitochondrial DNA phylogeography of *Acrossocheilus paradoxus* (Cyprinidae) in Taiwan. *Molecular Ecology* 9:1483-1494.

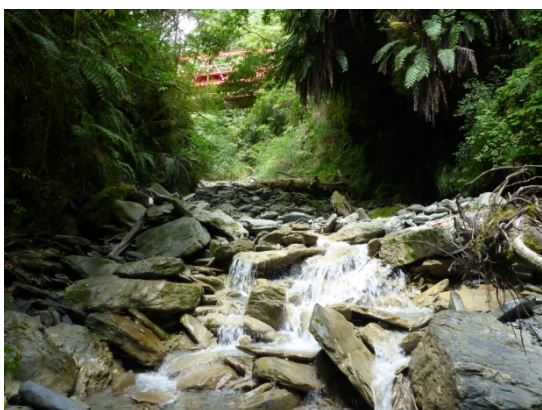
附錄一、 2009，2010 年水鮑調查溪流環境與工作照片



宜蘭縣花蓮縣交界，澳花



宜蘭縣，福山植物園門口



花蓮縣，關原



花蓮縣，慈恩



花蓮縣，落韶



高雄縣，籐枝





台中縣，雪山坑溪



南投縣，沙里仙溪



宜蘭縣，南澳 仲岳溪



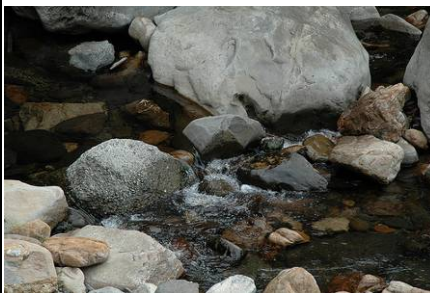


屏東縣，浸水營



台東縣，石厝溝

附錄二、桃園北橫段，卡拉溪施工前中後之比較(資料提供：觀察家生態顧問有限公司)

日期描述	卡拉溪現場狀況	
20081029 溪流周邊具人為構造物，然湍瀨與深潭狀況良好		
20090320 瀨潭環境良好，有許多孔隙提供水鮑停棲使用		
20090401 枯水期仍有潺潺水流，昆蟲相穩定，發現水鮑排遺		
20090430 施工便道開設於溪流中，伏流化湍瀨與深潭消失		
20090623 固床工完成，水流伏流化，棲地受到汙染變的單調		

20090729
完工後溪流
伏流化，水流最
深僅有 10
公分，流速
緩慢，長了
很多藻類。



附錄三、野外水鼯排遺辨識方法

前言

如報告本文中所指出，目前各國研究資料均顯示亞洲水鼯（*Chimarrogale* 屬）的野外數量十分稀少，此類動物對溪流環境專一度高，容易受到人為干擾影響，日本方面的野外調查資料更顯示即使是良好的典型棲地環境，也不一定能找到水鼯蹤跡或捕獲水鼯，此外，有報告指出水鼯從未在溪流附近以外的環境被捕獲過，顯示其對溪流環境的高度依賴性（Abe 2003, Lunde and Musser 2002, Churchfield 1990, Dunstone and Gorman 1998）。在族群稀少的情形下，傳統調查方法效果有限且費時費力。與日本學者經驗交流後，我們認為利用水鼯排遺作為標記來判斷水鼯的出現與否，是目前較可行的無傷害調查法，且具有相當的可信度。但此方法需要一定的經驗判斷，且只能當做水鼯是否存在的依據，無法估算水鼯族群密度（Ichikawa 私人通信）。

方法與結果

本方法主要依賴目視法沿水鼯可能會出現的溪流，取水流兩側逐一檢視石塊與岩石縫隙，觀察是否有可疑排遺出現，若有疑似水鼯排遺，可當場檢視其大小、形狀、光澤、氣味，並碾碎觀察判斷其內含物，以確定是否為水鼯排遺。

以研究室進行水鼯觀察飼養時的記錄照片為例，典型水鼯成體排遺如下圖，長度大約 2~4 cm 不等，為圓柱體，直徑大約為 0.5 cm，此顏色為實驗室圈養環境下餵食溪蝦的新鮮水鼯排遺，因此呈現紅色且較完整。

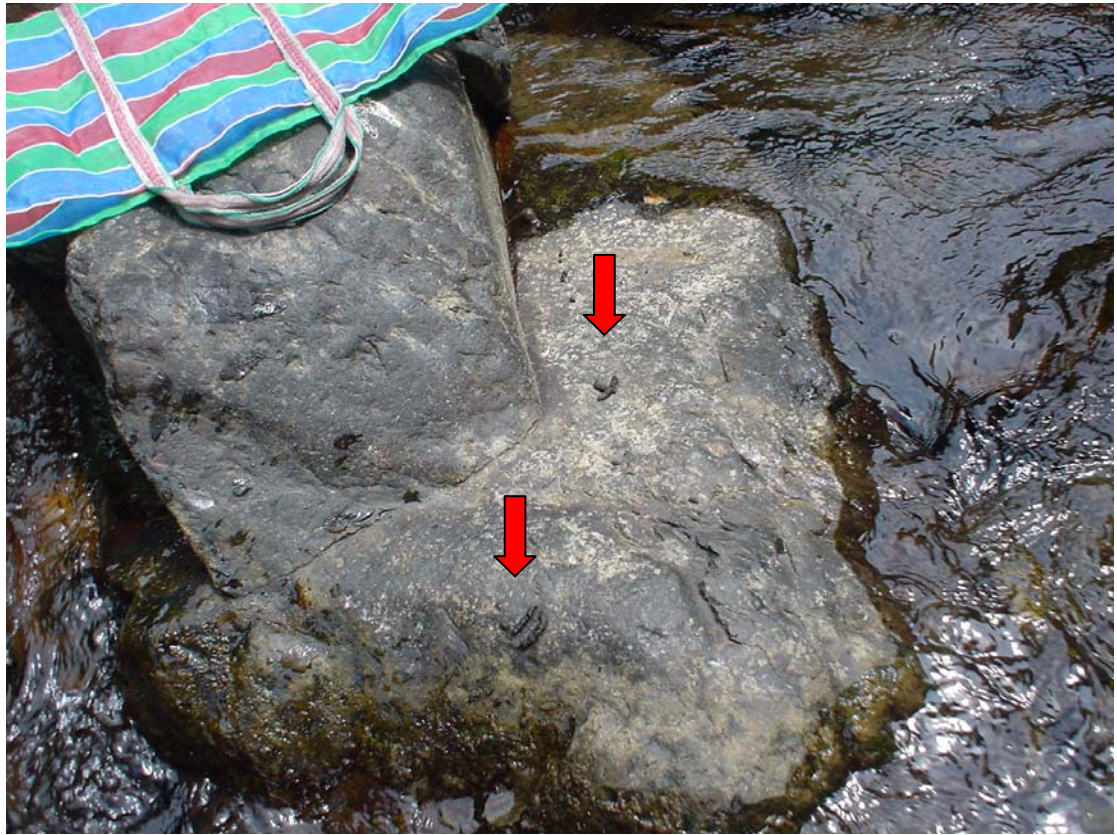


一般野外環境中，水鼃的主食主要為底棲無脊椎動物，包含各種昆蟲幼蟲（如毛翅目，蜉蝣目等），少數是甲殼綱（溪蝦，溪蟹等），甚少取食魚類或兩生類（方等 2007）。因此野外環境中水鼃排遺通常呈現亮黑色，片斷圓柱體，與一般常見溪鳥（例如鉛色水鴨）之排遺略為相似，但仍可分辨。

以三光溪接近明池段為例，調查時發現很多水鼃排遺，如圖



此為多段分離之水鼃排遺，推測為多次留下



此處為溪流正中央的石頭，可發現二團排遺



排遺部分特寫，表層有光澤

以苗栗雪山坑溪為例



溪畔石塊上可發現水龜排遺



部分特寫，充當比例尺的鑷子寬約 1 cm

同地點，亦可發現鳥類排遺



此有可能是某種溪鳥的排遺或食繭，無法確認。但外觀顆粒明顯較粗，與水鮑排遺不同。

結論

一般鳥類的排遺會伴隨有白色尿酸（例如鉛色水鶇，最常見到的溪鳥），且形狀為鉤形，很明顯與水鮑排遺不同。某些鳥類的排遺或食繭大小與水鮑排遺近似，但外形為水滴形，且排遺內含物顆粒較粗，有時甚至可發現昆蟲外鞘殘骸。水鮑排遺則呈現圓柱狀，且表面光滑略帶亮澤，內容物多為細粉狀水生昆蟲殘骸，與鳥類排遺明顯不同。

據日本學者表示，日本水鮑有固定地點排放的習慣，甚至在這些地點附近可以聞到溪畔有特殊的刺鼻氣味。本研究中雖然有發現水鮑排遺，但並未找到任何固定地點排放的痕跡，大部分水鮑排遺都是零散地分布在溪畔不同位置，是否意味台灣水鮑與日本水鮑在習性上有所不同，則待未來繼續研究。

六、參考文獻

- 方引平、林雅玲、張簡琳玟、鄭錫奇。2007。拉拉溪台灣水鼯食性初探。特有生物研究。9:1-6。
- 阿部永、石井信夫、金子之史、前田喜四雄、三浦慎悟、米田政明。2002。日本的哺乳類。東海大學出版會。日本。（in Japanese）
- 張簡琳玟、鄭錫奇、方引平。2006。能游善潛的水中精靈-水鼯。自然保育季刊。56:15-19。
- Abe, H. 2003. Trapping, habitat, and activity of the Japanese water shrew, *Chimarrogale platycephala*. Mammalian Science 43:51-65.
- Arai, S., T. Mōri, H. Yoshida, and S. Shiraishi. 1985. A note on the Japanese water shrew, *Chimarrogale himalayica platycephala*, from Kyushu. Journal of the Mammalogical Society of Japan 10:193-203.
- Churchfield, S. 1990. The natural history of shrews. Comstock Publishing Associates, New York.
- Corbet, G. B., and S. Harris. 1991. The handbook of British mammals. Blackwell Science Ltd, Oxford
- Dunstone, N., and M. L. Gorman. 1998. Behaviour and ecology of riparian mammals. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ichikawa, A., H. Nakamura, and T. Yoshida. 2004. Use of plastic containers as a new strategy to survey the distribution of Japanese water shrew *Chimarrogale platycephala*. Japanese Society of Environmental Entomology and Zoology 15:169-177. (in Japanese)
- Ichikawa, A., H. Nakamura, and T. Yoshida. 2005. Mark-recapture analysis of the Japanese water shrew *Chimarrogale platycephala* in the Fujisawa Stream, a tributary of the Tenryu River, central Japan. Mammal Study 30:139-143.
- Lunde, D. P., and G. G. Musser. 2002. The capture of the Himalayan water shrew (*Chimarrogale himalayica*) in Vietnam. Mammal Study 27:137-140.

附錄四、水鼩基礎資料

水鼩 *Chimarrogale himalayica*

Chimarrogale (Crossopus) himalayica Gray, 1842, Ann. Mag. Nat. Hist, 10 : 261.

Chimarrogale himalayica Jones and Mumford, 1971, J. Mamm, 52 (1) : 228-232.

中文別名：無

英名：Asian water shrew

分類討論：尚無模式標本。Jones and Mumford(1971)謂台灣水鼩近似中國福建同樣為 *C. himalayica* 的亞種 *C. h. leander*，台灣的體型較小些。近年來研究顯示台灣與福建應不是 *C. himalayica* 種群內 (Motokawa et al. 2006)。

形態特徵：背部為石板黑色，腹面則由喉部至底尾部皆是均勻的深灰色。背面的硬毛，其尖端為白色，在臀部區這種毛的數量更多，且長而明顯。腹面的硬毛，雖具尖端亦為白色，但較不顯眼。背腹之境界不明顯，尾上部顏色均為黑，下部為白色。前後足邊緣長有流蘇狀的白色短硬毛，為蹠之作用。體長 11~13 cm，尾長 8~10 cm，體重 23-36 g。

鑑定特徵：體型似錢鼠、吻部具有長的白色鬚毛、前後足邊緣長有流蘇狀的白色短硬毛。

生態習性：多在山間溪流附近日夜活動，游泳能力甚強，其巢穴在岸邊附近。其食物多半為蝦、蟹、水棲昆蟲及其幼蟲、蚯蚓、蝌蚪和小魚。就胃內含物浮塵碎片分析，包括毛刺目（石蠶蛾）與浮游目及蜘蛛綱，並未發現魚類或兩生類等碎片。

棲地分布：主要分布於山區溪流旁，海拔 300 至 2000 公尺左右，目前已知在塔加楠溪林道、埔里眉溪、武林農場、思源啞口、拉拉溪、烏來等地皆有採集紀錄。

生存衝擊：本種主要棲息於溪岸植生覆蓋良好及水質較乾淨的溪流環境，河川污染及溪流整治工程對其影響極大。

附錄五、參考文獻

- Benstead, J. P., Kevin H., Barnes, and C. M. Pringle. 2001. Diet, Activity patterns, foraging movement and responses to deforestation of the aquatic tenrec *Limnogale mergulus* (Lipotyphla: Tenrecidae) in eastern Madagascar. *Journal of Zoology* 254:119-129.
- Cantoni, D. 1993. Social and spatial organization of free-ranging shrews, *Sorex coronatus* and *Neomys fodiens* (Insectivora, Mammalia). *Animal Behavior* 45:975-995.
- Castié, E. and J. Gosálbez. 1999. Habitat and food preferences in a guild of insectivorous mammals in the Western Pyrenees. *Acta Theriologica* 44:1-13.
- Churchfield, S. 1984. Dietary separation in three species of shrew inhabiting water-cress beds. *Journal of Zoology*. 204:211-228.
- Churchfield, S, V.A. Nesterenko, and E. A. Shvarts. 1999. Food niche overlap and ecological separation amongst six species of coexisting forest shrews (Insectivora: Soricidae) in the Russian Far East. *Journal of Zoology* 248:349-359.
- Churchfield, S., J. Barber, and C. Quinn. 2000. A new survey method for Water Shrews (*Neomys fodiens*) using baited tubes. *Mammal review* 30:249-254.
- Churchfield, S. and L. Rychlik. 2006. Diets and coexistence in *Neomys* and Sores shrew in Bialowieza forest, eastern Poland. *Journal of Zoology* 269:381-390.
- Darrin P. L. and G. G. Musser. 2002. The capture of the Himalayan water shrew (*Chimarrogale himalayica*) in Vietnam. *Mammal Study* 27:137-140.
- Haberl, W. 2002. Food storage, prey remains and notes on occasional vertebrates in the diet of the Eurasian water shrew, *Neomys fodiens*. *Folia Zool* 51:93-102.
- Haffner, M. 2000. Structure and function of pilosebaceous units on the heads of small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). *Acta Zoologica* 81:195-203.
- Hikka, H. 1989. Population biology of Eurasian shrews: Towards a synthesis. *Annales Zoologici Fennici* 26:469-479.
- Imaizumi, Y. and K. Kitagaki. 1997. Hunter behaviour of Japanese Water Shrew (*Chimarrogale himalayica*) in relation to hunting situations. *Tsuru University Graduate School Review* 1:1-23.
- Kotzageorgis, G. C. and C. F. Mason. 1997. Small mammal populations relation to hedgerow structure in an arable landscape. *Journal of Zoology* 242:425-434.
- Lopez-Fuster, M. J. and J. Ventura. 1995. Somatometry and reproductive data on the Northern water shrew, *neomys fodiens* (Pennant, 1771) from the Aran Valley (Spanish Pyrenees). *Mammalia* 59:156-159.
- Millán de la Peña, N., A. Butet, Y. Delettre, G. Paillat, P. Morant, L. L. Du, and F.

- Burel. 2003. Response of the small mammal community to changes in western French agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 18:265-278.
- Obara, Y. 1999. Distribution of the Japanese Water Shrew in Aomori Prefecture. *Mammalia Science* 39:299-306.
- Roman, W. G. and K. L. Campbell. 2004. Growth, development and maintenance of American water shrews (*Sorex palustris*) in captivity. *Mammal Study* 29:65-72.
- Rychlik, L. 1999. Changes in prey size preferences during successive stages of foraging in the Mediterranean water shrew *Neomys anomalus*. *Behaviour* 136:345-365.