

行政院國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處

一百零一年度委託計畫

鴛鴦湖水生生物暨兩棲爬行類動物調查計畫



委託單位：行政院退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業
管理處

執行單位：國立宜蘭大學

計畫主持人：毛俊傑 助理教授 森林暨自然資源學系

中華民國 一百零一年 十二月

鴛鴦湖水生生物暨兩棲爬行類動物調查

摘要

本研究計畫自 2012 年 4 月起，以系統取樣的方式沿湖域的長短軸不同方向，設置了 4 條放射狀調查樣線，並利用改良式蝦籠及魚籠，進行鴛鴦湖湖域水生生物及兩棲爬行動物相調查。共計調查到：外來入侵種魚類兩種、兩棲類三種及水棲昆蟲 7 種，其中，鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 及泥鰍 (*Misgurnus anguillicaudatus*) 兩種外來入侵種所占所取樣的總生物量之 97.15%，建議未來針對此兩種魚類對鴛鴦湖內的腹斑蛙 (*Babina adenopleura*) 的影響，進行近一步的監測與評估。

關鍵字：水文周期、外來入侵種、掠食、水生昆蟲、腹斑蛙蝌蚪

The aquatic fauna, amphibian and reptile of Yuan-Yang Lake

Abstract

This inventory project was conducted in Yuan-Yang Lake since April, 2012. The study design was based on systematic samplings, which contained 4 transect lines set along the primary axis of the lake, and utilized domestic re-modified shrimp and fish funnel traps to obtain aquatic fauna, amphibian and reptile for survey. There were two alien fishes, three amphibians and seven aquatic insect species were recorded on this study respectively. The percentage of two alien *Cyprinus carpio* and *Misgurnus anguillicaudatu* compared with entire sampling biomass in the lake region is 97.15%. Further monitoring and evaluation on the affection of two alien fishes to *Babina adenopleura* tadpole is needed.

Key words: aquatic insect, *Babina adenopleura* tadpole, hydro-period, invasive species, predation

目次

摘要.....	1
Abstract	2
目次	3
表目次	4
圖目次	5
壹、前言.....	6
貳、材料與方法	7
參、結果.....	10
肆、討論.....	24
伍、參考文獻.....	27
陸、附錄一.....	29
陸、附錄二.....	31

表目次

表 1：鴛鴦湖域各月份出現之水棲昆蟲種類及調查到的數量18

表 2：鴛鴦湖湖域之水溫、氣溫、水位等三項物理因子與各主要動物
出沒狀況之 Pearson coefficient correlation 之相關係數22

圖目次

圖 1：鴛鴦湖湖域水生生物調查樣線設置及樣點位置編號（圖片修改自：薛郁欣等，2010）	7
圖 2：鴛鴦湖第一調查樣線之水深剖面圖	11
圖 3：鴛鴦湖第二、三、四調查樣線之水深剖面圖	12
圖 4：本年度調查期間鴛鴦湖湖域氣溫、水溫及水位月變化（調查期間 4-11 月）	13
圖 5：本年度調查結果所取樣之鴛鴦湖域各動物物種之生物量及其相對比例比較	14
圖 6：2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所捕獲之鯉魚及泥鰍數量	16
圖 7：鴛鴦湖鯉魚體長族群結構及各長度分級之平均體飽滿度（K）	17
圖 8：2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所調查到之腹斑蛙蝌蚪及腹斑蛙成蛙隻次數	19
圖 9：2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所調查到之盤古蟾蜍蝌蚪及盤古蟾蜍成蛙隻次數	20
圖 10：鴛鴦湖域腹斑蛙蝌蚪與盤古蟾蜍蝌蚪長出後肢比例之月變化	21

壹、前言

關於宜蘭地區的山地湖泊生物因子方面的生態研究，近年來曾針對翠峰湖（毛俊傑等，2006、2007）、神秘湖（陳子英等，2006）、雙連埤、冷埤（毛俊傑、陳子英，2010）、崙埤（毛俊傑、陳子英，2011）、松蘿湖（方穗銓，2012）等進行研究，依現有的研究結果來看，各湖泊因自身水文狀況、海拔高度等差異，會導致湖域動、植物種類組成上與多樣性上的不同。另外，湖域池沼中外來入侵種生物的有無，亦會造成湖域之生物相種類單純化的狀況。

根據陳建志、邱錦和（2002）依地形及成因上的劃分，鴛鴦湖屬於因山崩堵塞河谷所形成的堰塞湖，具有明顯的出水口。關於鴛鴦湖過去的生態研究，多集中探討湖域周邊的植物（鄧振華，2006；蔡正偉等，2010）與湖泊的代謝（蔡正偉等，2009；薛郁欣等，2010；王文正等，2011；藍煜翔等，2011），動物相調查則以陸域的物種為主（林亞立、陳凱俐，2005）。湖域中水生動物的種類及生態，在過去非正式的調查性觀察中，鴛鴦湖曾記錄過泥鰍及鯉魚等兩種魚類，盤古蟾蜍、腹斑蛙及莫氏樹蛙等三種兩棲類，但是否還有其他類群的動物，相關紀錄付之闕如。

鴛鴦湖湖域中的泥鰍及鯉魚，應該是屬於人為放生的外來種魚類，有關人為放生魚類於台灣高山湖泊相關的研究，過去曾有戴永禎（1996）針對屏東縣政府放養於小鬼湖的鯉魚，及毛俊傑等（2006）針對翠峰湖進行調查及研究。鴛鴦湖中出現的鯉魚，不僅名列於全球入侵種資訊網路（Global Invasive Species Information Network, GISIN）國際百大入侵種名單之列。根據戴永禎（1996）指出，鯉魚耐低溫，並以湖區及周邊的水草為食，當水草缺乏時則會取食大型的無脊椎動物，造成局部物種多樣性的降低。本計畫針對鴛鴦湖水域中的動物相進行調查，了解湖域中動物的種類、相對豐富度及空間分布狀況，以利後需外來種鯉魚影響之評估及湖域經營管理之需求。

貳、材料與方法

1.環境特性與調查樣線之設置

鴛鴦湖之湖域形狀呈西側寬大，東側狹窄細長狀，湖域最大長度約 230 公尺，呈東西走向，西側約 100 公尺長度屬於湖域深水區。本年度 4 月份調查測得的最大深度為 4.25 公尺，湖域東側狹長水道的部分，多屬於水深一公尺以內的淺泥灘區，並著生大量的東亞黑三稜。

本研究採系統取樣的方式，針對鴛鴦湖進行水生動物之調查，調查對象以湖域內之魚類、兩棲爬行動物及大型無脊椎動物為主要對象，依湖域的長軸線及與其垂直短軸線做為湖區取樣的 I、III 調查樣線，兩樣線之間依等角度夾角，再設置 II、IV 兩調查樣線，其中，第四調查樣線一端，延伸至湖域西南側之出水口，四條調查樣線交會於湖中央（圖 1）。

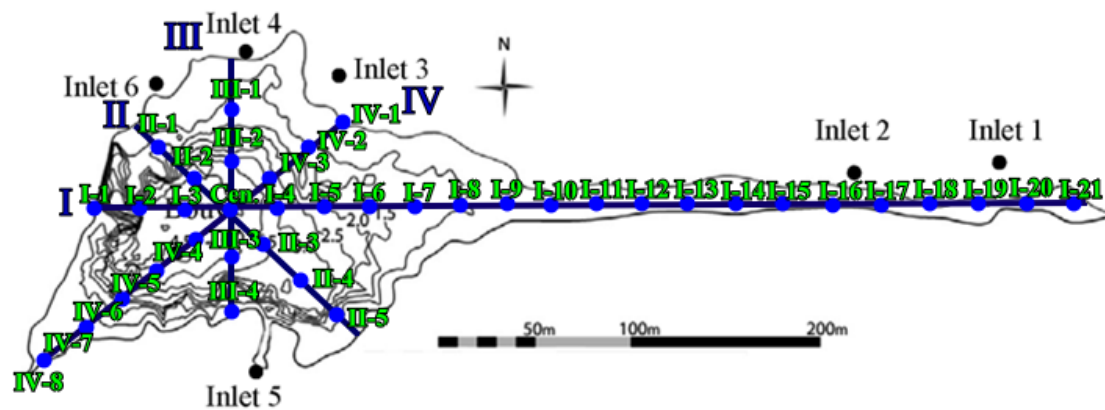


圖 1、鴛鴦湖湖域水生生物調查樣線設置及樣點位置編號（圖片修改自：薛郁欣等，2010）

調查期間湖域水文周期(Hydro-period)之監測，是利用自計水位計之設置。於湖區中選擇一個常水深(Normal Depth)較高且無水流移動之地點，進行自計

式水位計之設置，本研究於湖域心各樣點交會處（樣點代號 Cen.），架設自記式水位計，以記錄湖域的水位波動狀況及水溫的變化狀況。所採用之自計式水位計為一組感壓式記錄計（HOBO Water Level Logger；ONSET Computer, MA, USA）可同時記錄水溫及水位。水位計之準確度為 0.1 cm，溫度之準備度為 0.37°C，其內記憶體為 64K 位元組，如設定 15 分鐘記錄一筆資料，可以連續記錄 225 天，再行下載。設置時必須同時一組（兩支）感壓式記錄計，一支放置於水面上，一支設置於水面下，藉由水壓與大氣壓力差推估水位高及其變動狀態。

2. 水域動物相及空間分布調查

水域動物相調查，以與濕地變化密切相關的魚類、兩棲爬行動物為主要的調查研究對象，水域動物調查利用蝦籠改裝之集井式陷阱（以下簡稱蝦籠）(Mao et al., 2004)，沿湖域畫設之取樣帶進行架設，以求取不同植物及環境梯度間之動物多樣性差異。

此種蝦籠所改裝之集井式陷阱可有效的對半水棲蛇類（Mao et al., 2004）、蝌蚪、無脊椎動物及中小型魚類進行調查（毛俊傑、陳子英，2010、2011），調查樣點之設置採取以湖域中心為起點，調查陷阱之設置方式則仿自 Anderson et al. (1983) 並略做改良，設置 4 條穿越湖心之放射狀的陷阱取樣帶，每一取樣點視水深狀況，放置一至多組蝦籠（Mao et al., 2004；毛俊傑、陳子英，2010），針對湖域的表層及底層水域，誘捕其中活動之動物，誘捕水中動物之餌料，以釣魚所使用之萬能餌，滲入生雞蛋及蝦粉，加水攪拌成硬團塊後使用。調查陷阱放置的依據，以水深未達 30 公分者，僅進行水表層的取樣，超過 30 公分深的樣點，則另外增加水底層陷阱的設置，當水深超過 1 公尺的樣點則增加中層水深的取樣，針對池塘的表層及底層水域，誘捕其中活動之兩棲類成體及其蝌蚪、爬行動物及大型無脊椎動物並藉以了解鴛鴦湖水域中，各種水生動物之空間分布概況。

湖域之外來種魚類（如：已知的鯉魚、泥鰱）則採用定置的大型魚籠進行

誘捕，設置方式以初期每條調查樣線設置兩組的方式，等距設置於樣線兩側；中期因捕獲效率不佳，因此改採每條樣線設置一組的方式進行；所捕獲的魚類個體均進行長度、重量、飽滿度及相對豐富度之計算，所捕獲之外來種魚類，則於量測後直接自湖域移出。

所捕獲的鯉科魚類體質量狀態以飽滿度(K)作為指標進行計算(陳傳民等，2005)，計算方式：

$$K = W / L^3$$

K：飽滿度（%）

L：體長（cm）

W：體重（g）

湖域內魚類族群大小估算，利用估計封閉族群的 Lincoln-Peterson 法，進行取樣的魚類數量計算 (Krebs, 1999)，該法的使用必需符合三項前提假設：1)封閉族群，2)研究過程中估算的種類持續被調查器材所捕獲，3)每一個體被捕獲的機率一致。本年度四月份首次捕獲的鯉魚個體中，我們隨機挑選 20 隻個體，於背鰭基部的部位，注入錨形標 (Hallprint tag) 做為鯉魚個體之辨識標記，並原地釋回湖中，截至本月為止，共回收 2 尾有標記的個體，鯉魚族群量的估算，假設以首次釋回的 20 尾魚做為已標記的個體，將後續 7 次的調查視為一次再捕獲的過程，以 Lincoln-Peterson index 進行湖域中魚類族群量估計，鯉魚的族群量估算，我們採用 Ecological Methodology Version 6.1.1 版軟體進行運算。

參、結果

一、湖域水文特徵

鴛鴦湖的剖面在第一調查樣線呈現西側的主湖區深(樣點編號 I1-I8)，湖底的底質以石頭為主，湖域最大深度約為 4.25 公尺，位於調查樣點 I-3 的位置，第一樣線主湖區，各調查樣點平均深 247 ± 119.4 公分 (mean \pm SD)，泥砂含量較東側狹長湖域低；東側則有比較明顯的底泥淤積狀態 (I9-I21)，各樣點平均深 67.2 ± 22.8 公分 (mean \pm SD) (圖 2)。

第二、三、四調查樣線均位於西側主湖區，所量測到的三組湖域剖面，呈現尖底的漏斗狀，湖底底質同樣以石頭為主，參雜腐植質及泥砂，第二樣線的平均水深為 287.5 ± 147.1 公分 (mean \pm SD)，第三樣區為 245 ± 119 公分 (mean \pm SD)，第四樣區為 226.1 ± 148.4 公分 (mean \pm SD) (圖 3)。

根據設置於樣區交會中心點(樣點編號 Cen.)的自計式水位計，所紀錄的本年度 4 到 11 月的水位資料顯示，調查期間鴛鴦湖的水位波動並不明顯，水位的平均高低差約為 15 公分，以夏季的平均水位 345.5 ± 1.47 公分 (mean \pm SD) 最高，秋季 334.1 ± 5.59 公分 (mean \pm SD) 最低；春季(4 月份)平均氣溫為 14.3 ± 3.24 °C (mean \pm SD)，水底平均水溫為 10.3 ± 0.36 °C (mean \pm SD)；夏季(5-7 月)平均氣溫為 17.4 ± 2.93 °C (mean \pm SD)，水底平均水溫為 12 ± 0.37 °C (mean \pm SD)；秋季(8-10 月)平均氣溫為 15.3 ± 3.24 °C (mean \pm SD)，水底平均水溫為 14.2 ± 0.27 °C (mean \pm SD)；冬季(11 月)平均氣溫為 10.8 ± 2.52 °C (mean \pm SD)，水底平均水溫為 12.3 ± 0.31 °C (mean \pm SD) (圖 4)。

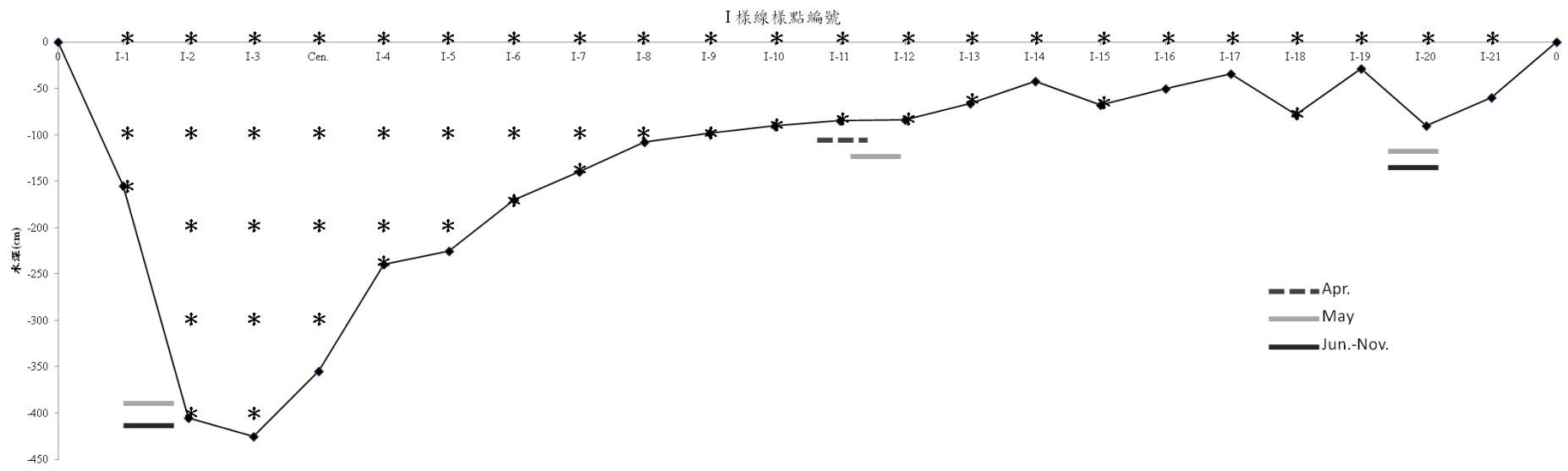


圖 2、鴛鴦湖第一調查樣線之水深剖面圖及相關陷阱（紅色星號）、魚籠（不同月分以不同顏色之線段表示）所在位置

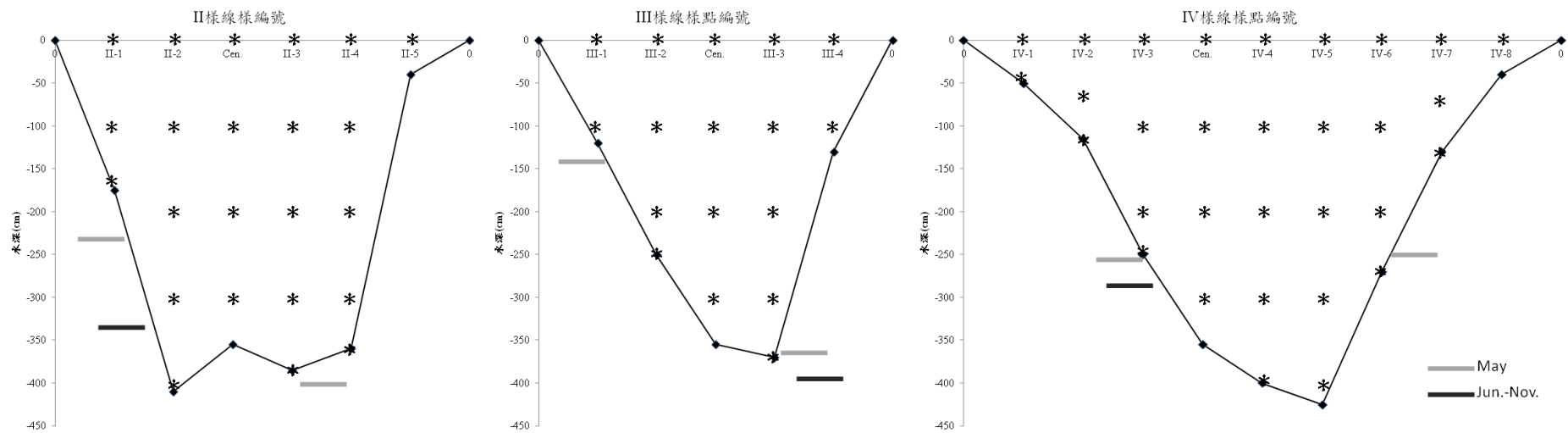


圖 3、鴛鴦湖第二、三、四調查樣線之水深剖面圖及相關陷阱（紅色星號）、魚籠（不同月分以不同顏色之線段表示）所在位置

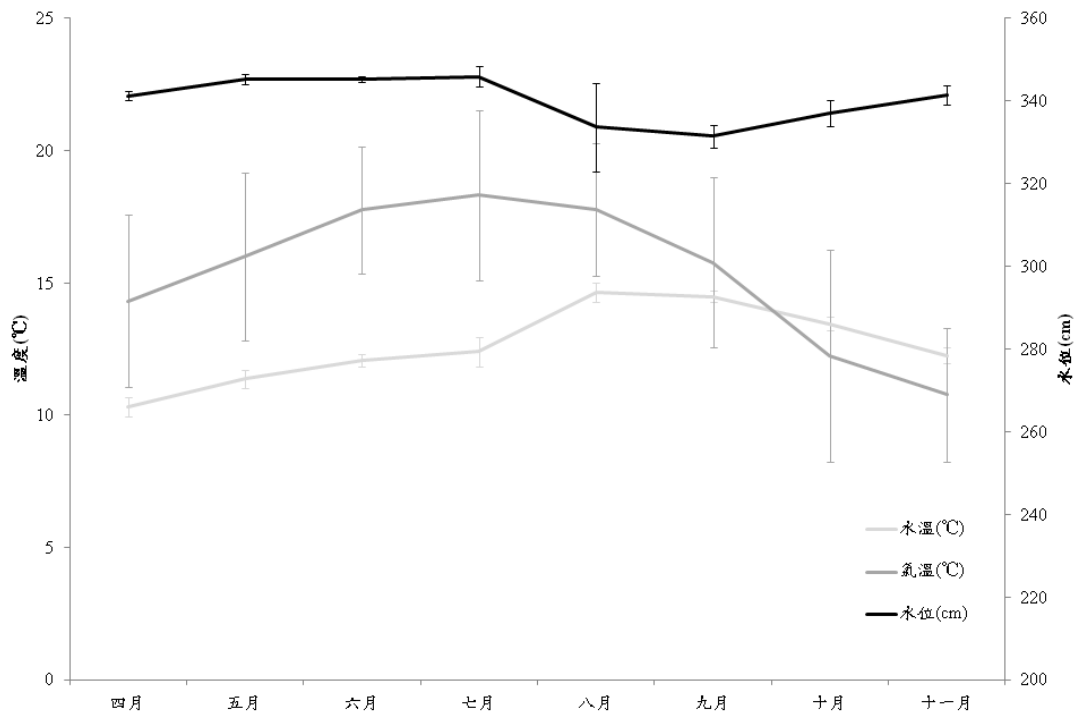


圖 4、本年度調查期間鴛鴦湖湖域氣溫、水溫及水位月變化（調查期間 4-11 月）

二、湖域動物相調查結果

鴛鴦湖湖域內的動物調查結果，總和蝦籠及魚籠調查到的次數及個體多寡，依序為：泥鰍 (*Misgurnus anguillicaudatus*) (n=5,140)、盤古蟾蜍蝌蚪 (n=2,087)、鯉魚 (*Cyprinus carpio*) (n=297)、腹斑蝌蚪 (n=188)、腹斑蛙 (*Babina adenopleura*) (n=28)、盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*) (n=6) 及烏帶晏蜓 (*Anax nigrofasciatus nigrofasciatus*) 水蠶 (n=2)、橙斑龍虱 (*Cybister rugosus*) (n=1)，其他尚有待確認種類的蜻蜓科水蠶 (n=3)、晏蜓科水蠶 (n=1)、仰泳椿 (n=2)、水黽 (n=7) 及石蛉幼蟲 (n=3) 等。在生態學上，生物量 (Biomass) 的多寡可用以代表特定生物類群，於特定生態系能量流轉過程中之重要性及影響力。鴛鴦湖所取樣到水生生物的生物量，由高至低依序為：鯉魚 (63.08%；37,105.8 g)、泥鰍 (34.08%；20,045.6 g)、腹斑蝌蚪 (1.41%；829.5 g)、盤古蝌蚪 (0.76%；445.33 g)、腹斑蛙 (0.52%；305.3 g)、盤古蟾蜍 (0.15%；90.8 g) 及水棲昆蟲 (0.02%；

9.4 g)，結果顯示鴛鴦湖湖域中，以鯉魚及泥鰍兩種外來入侵種生物，佔整個取樣調查結果總生物量的 97.16%（圖 5）。截至本年度 11 月止，整個調查期間，並未曾於湖域發現任何爬行類動物的出沒，調查中並未捕獲，但曾經紀錄其活動痕跡或鳴叫聲的種類則有莫氏樹蛙（*Rhacophorus moltrechti*）一種。

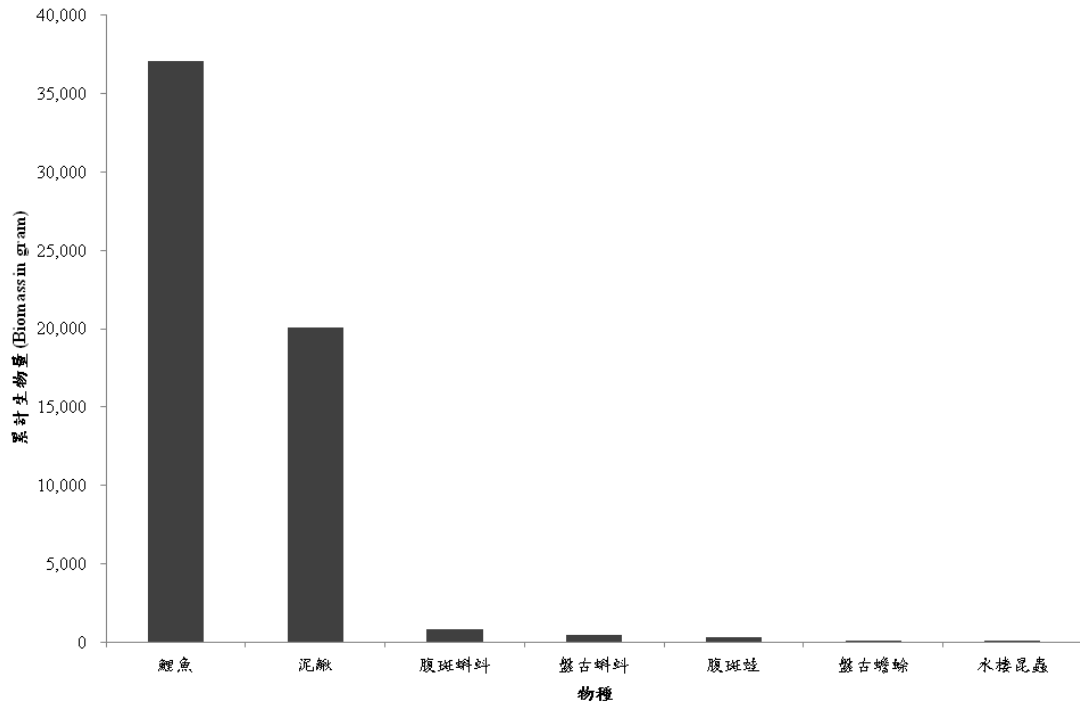


圖 5、本年度調查結果所取樣之鴛鴦湖域各動物物種之生物量及其相對比例比較

蝦籠與魚籠對於水域中不同動物類群的調查結果呈現明顯的不同，整體而言，本研究所使用的蝦籠對各類群的水生動物取樣結果較為平均，但魚籠只針對鯉魚，具有較佳取樣效果，其餘當捕獲泥鰍或蝌蚪時，由於網目的關係，時常會發生捕獲動物脫逃的現象。魚籠在捕獲鯉魚的數量上，有隨著調查月份逐月遞減的狀況，此種情形應與本研究的捕獲鯉魚是採移除的方式進行有關；但同樣採取移除做法的泥鰍，雖著氣溫的升高，捕獲的數量亦隨之增加，但隨著時序進入秋季，氣溫逐漸下降時，捕獲之效率也隨著降低（圖 6）。由於湖中的泥鰍為取樣過程中，群體數量最多的水生動物，其生物量亦名列第二高，目前就文獻紀錄上，

雖無關於入侵種泥鰍對湖域生態系，正反面影響的相關報導與文獻，倘若未來持續進行鯉魚的族群數量控制時，泥鰍是否會因優勢的競爭對手數量降低，使得食物資源的增加，而使族群大量擴張，仍值得持續注意。

為了解鯉魚在湖域中的族群大小，本研究採用 Lincoln-Peterson 法，使用 Ecological Methodology Version 6.1.1 版軟體，進行湖域中鯉魚的族群量估算。根據估計結果，鴛鴦湖的鯉魚族群量約為 1,189 隻（95%估計值的信賴區間為 463.5-2,633.7 隻之間）。以每 5 公分體長進行湖域中的鯉魚族群分級，所得之湖區的鯉魚族群結構呈常態分布，體型大小以 15.1-20 公分級的數量及比例最高（圖 7），此一結果與翠峰湖（毛俊傑等，2007）的研究結果相仿，但魚體的飽滿度（K），卻遠不如海拔較高的翠峰湖所取樣到的個體飽滿狀況。

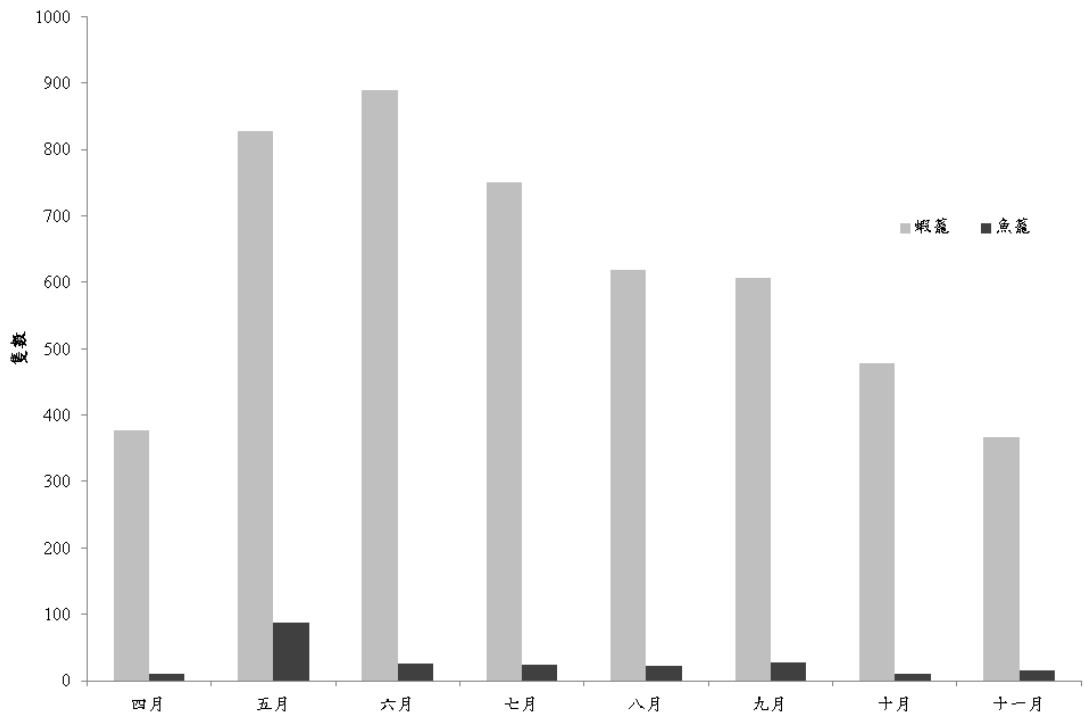
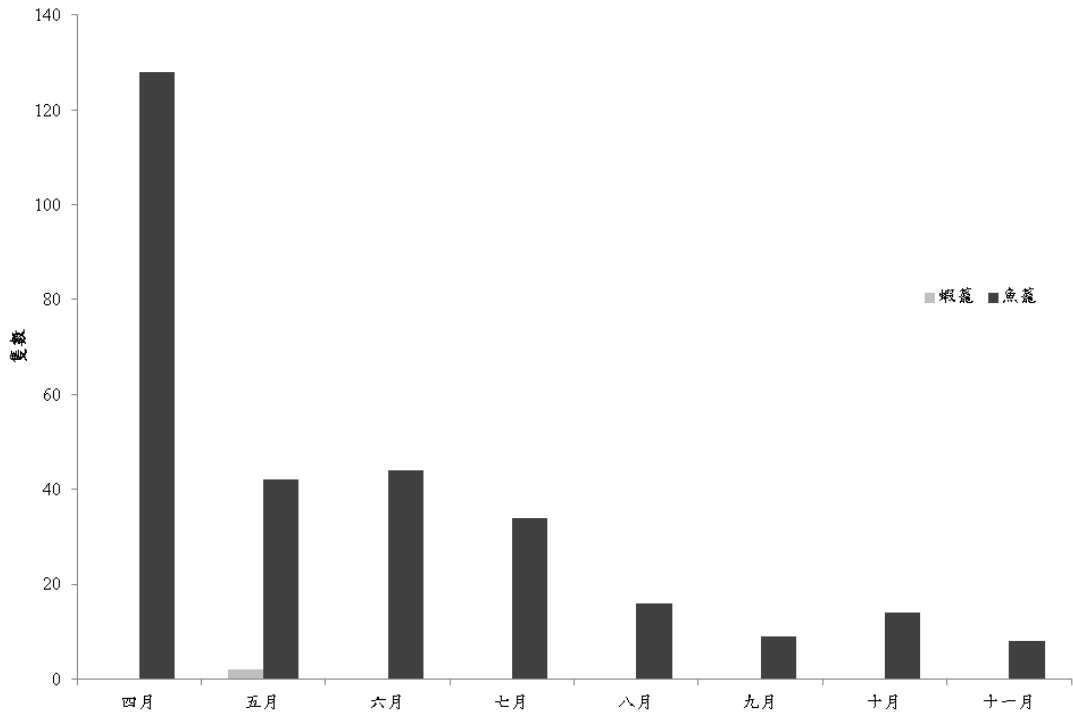


圖 6、2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所捕獲之鯉魚（上圖）及泥鰱（下圖）數量

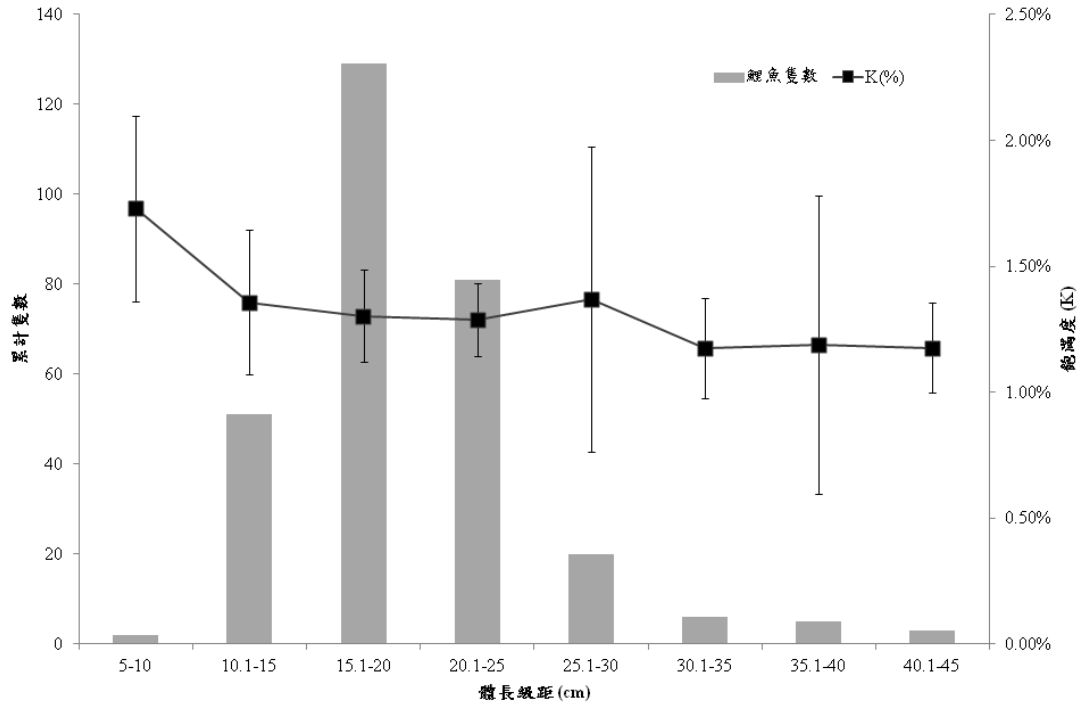


圖 7、鴛鴦湖鯉魚體長族群結構及各長度分級之平均體飽滿度 (K)

腹斑蛙及其蝌蚪過去在宜蘭幾處重要的湖沼及溼地均扮演生態系中關鍵種 (Keystone species) 的重要角色 (毛俊傑、陳子英, 2011), 目前已知在宜蘭的山區湖泊中, 腹斑蛙數量可能因外來種鯉科魚類的放生, 而受到影響的有翠峰湖一處, 當地因外來種魚類的放生, 而導致蛙類的數量銳減至目前僅少量零星的出現 (毛俊傑等, 2007)。目前湖域腹斑蛙及其蝌蚪主要的出現及分布區域為湖域東側的狹長淺水域, 但取樣到的相對豐富度, 仍遠不及其他的宜蘭山區溼地(如: 神祕湖 (陳子英等, 2006)、崙埤 (毛俊傑、陳子英, 2011))。根據研究結果, 鴛鴦湖的腹斑蛙蝌蚪與成蛙主要的出沒高峰期為六月, 蝌蚪在調查全期均有出沒, 但在秋季開始, 出現於深水區 (魚籠捕獲) 的比例, 開始增加。成蛙則在氣溫較高的夏、秋季出沒, 進行鳴叫及求偶的動作 (圖 8)。盤古蟾蜍蝌蚪出沒的月份則無特定模式, 初步觀察會聚集於特定的調查點, 成蛙則僅只於六月份有捕獲的紀錄 (圖 9)。腹斑蛙與盤古蟾蜍後肢發育的比例, 前者隨著時序進入夏季, 比例逐漸增加至穩定, 截至 11 月調查為止, 雖然調查到的腹斑蛙蝌蚪相對豐富度

明顯下降，但具有後肢的個體比例仍高，可能有部分個體會以具有後肢的型式度過冬季後，才進行變態 (Metamorphosis)；盤古蟾蜍蝌蚪具後肢比例則在，八月份之後提高，但趨勢與取樣到的蝌蚪數量並不具有一致性，尚無法有效的進行討論 (圖 10)。

鴛鴦湖的水棲昆蟲種類少，數量亦不豐，目前僅調查到 7 種，其中只有烏帶晏蜓水蠶及橙斑龍蝨兩種能確定種類之外，其他五種目前尚在進行比對中。當地的水生昆蟲出現的月份均集中於 4 到 8 月間，可能與氣溫較高有所關聯 (表 1)。

表 1、鴛鴦湖域各月份出現之水棲昆蟲種類及調查到的數量

隻數	烏帶晏蜓 水蠶	橙斑龍蝨	待鑑定 晏蜓科水蠶	待鑑定 蜻蜒科水蠶	待鑑定 石蛉幼蟲	待鑑定 仰泳椿	待鑑定 水黽
4 月					1	1	
5 月		1	1			1	7
6 月				2	1		
7 月	2			1			
8 月					1		
9 月							
10 月							
11 月							
total	2	1	1	3	3	2	7

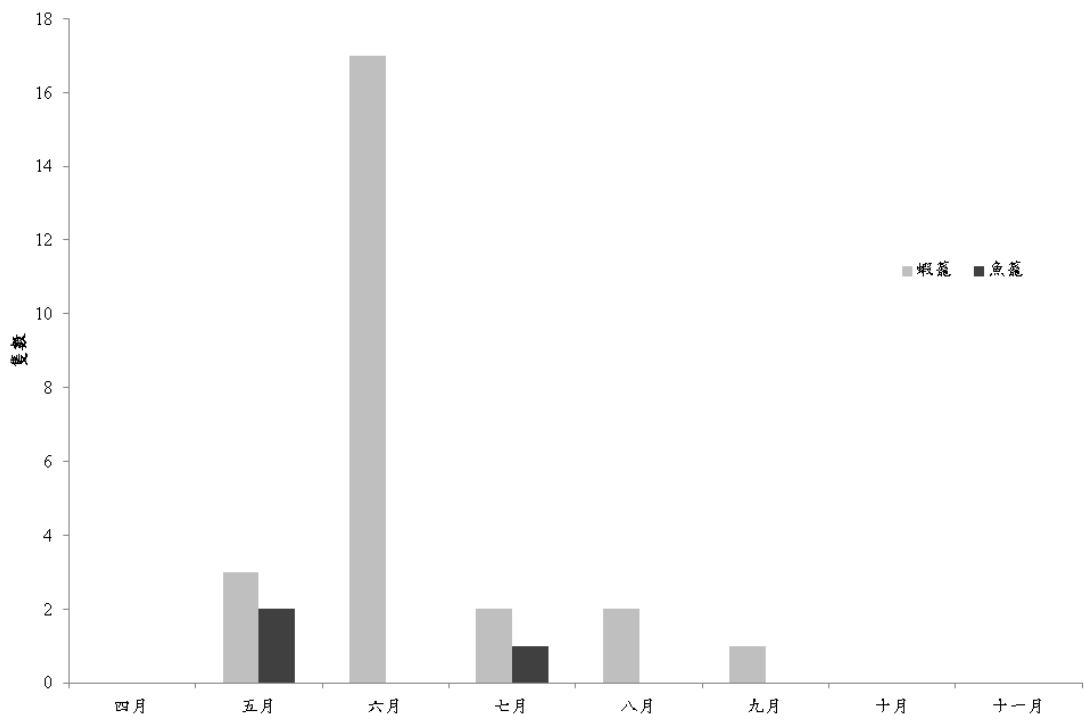
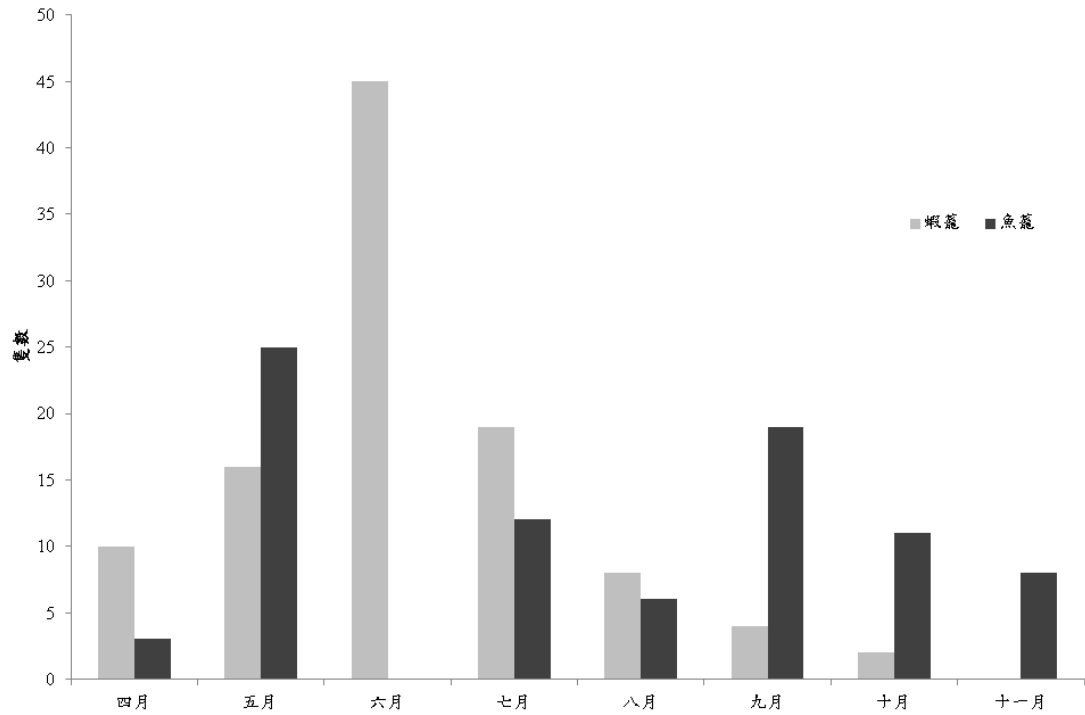


圖 8、2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所調查到之腹斑蛙蝌蚪（上圖）及腹斑蛙成蛙（下圖）隻次數

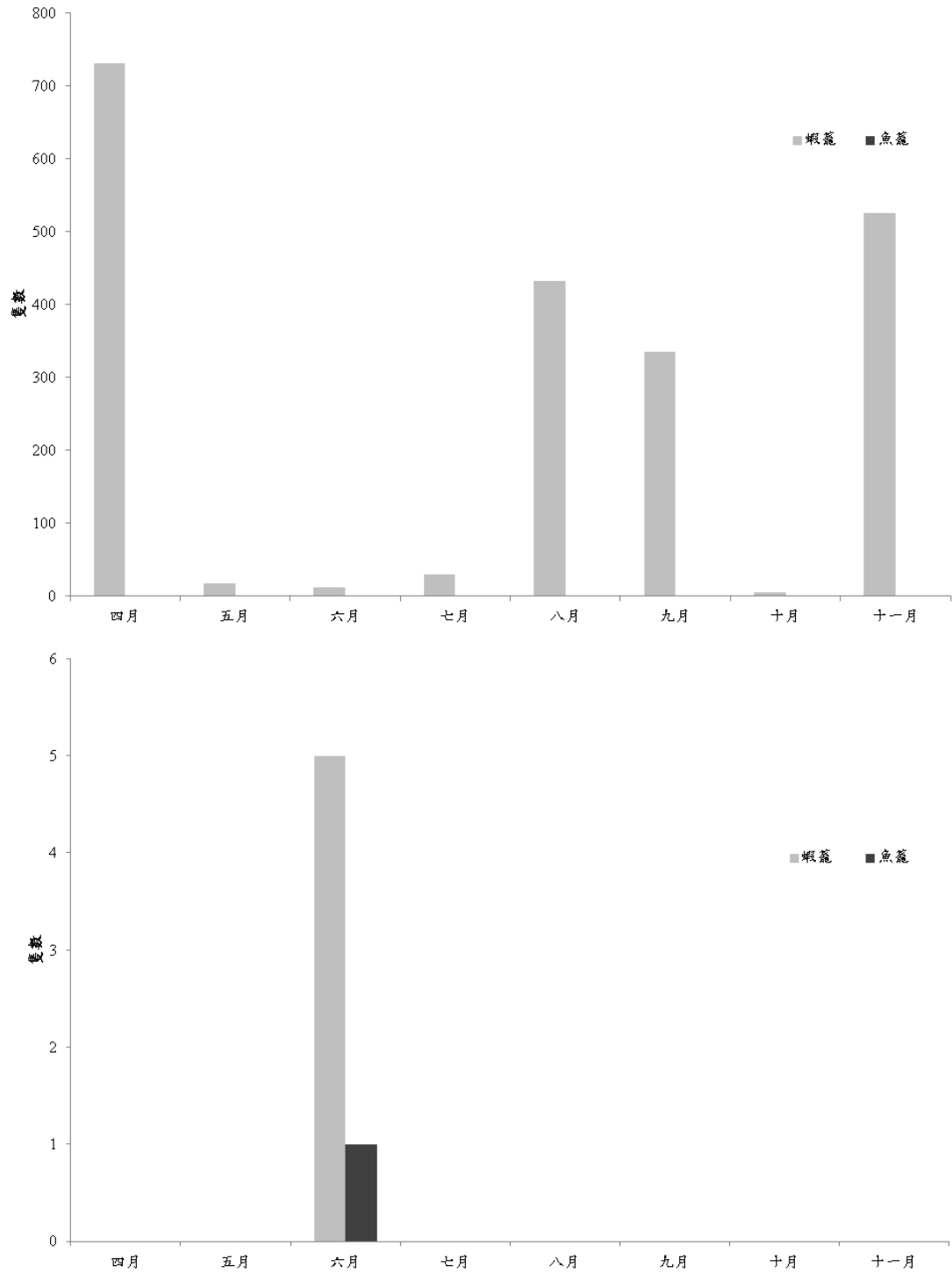


圖 9、2012 年各調查月分利用不同調查器材於鴛鴦湖所調查到之盤古蟾蜍蝌蚪 (上圖) 及盤古蟾蜍成蛙 (下圖) 隻次數

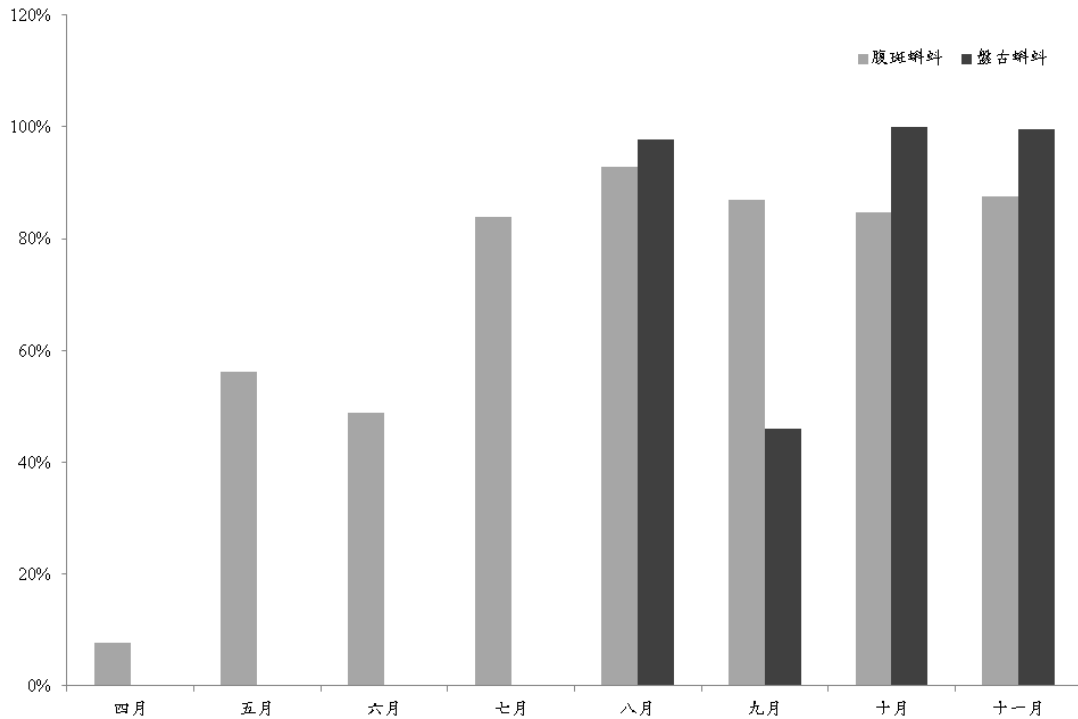


圖 10、鴛鴦湖域腹斑蛙蝌蚪與盤古蟾蜍蝌蚪長出後肢比例之月變化

針對各個月份之氣溫、水溫與水位進行各主要種類之 Pearson coefficient correlation 分析，以了解湖域之環境物理因子與物種出沒之關係。鯉魚的出沒與環境的氣溫呈現明顯的負向關聯，但前面提到，因鯉魚是採移除法進行調查，此一關聯性，也有可能因隨著計畫執行的月份進入夏季，氣溫逐漸升高的同時，可捕獲的魚類個體數亦逐漸減少所導致；泥鰱的出沒，則與腹斑蛙成蛙、蝌蚪及水溫之間有明顯的正向關係，與盤古蟾蜍及其蝌蚪為負向關聯性，但腹斑蛙及其蝌蚪與水溫的關聯性並不顯著，由於泥鰱與腹斑蛙蝌蚪均以湖沼中的有機碎屑為食，且兩者均以底棲為主，彼此之間可能存在著資源利用的競爭關係；腹斑蛙、盤古蟾蜍的出現及其蝌蚪之關係，與該物種之生殖活動有所關聯；而本年度湖域的水位，因無較大強度的颱風及降雨，水源補注較少，隨著氣溫的上升導致湖域蒸散作用的加大，而使湖水水位下降（表 2）。

表 2、鴛鴦湖湖域之水溫、氣溫、水位等三項物理因子與各主要動物出沒狀況之 Pearson coefficient correlation 之相關係數

		泥鰵	腹斑蛙	腹斑蝌蚪	盤古蝌蚪	盤古蟾蜍	水溫(°C)	氣溫(°C)	水位(cm)
鯉魚	r	-0.14	0.04	0.05	0.41	0.43	0.08	-0.79*	0.37
	P	0.74	0.92	0.90	0.31	0.29	0.85	0.02	0.36
泥鰵	r		0.74*	0.95**	-0.74	-0.71*	0.76*	0.01	0.42
	P		0.04	<0.01	0.04	0.05	0.03	0.99	0.30
腹斑蛙	r			0.81	-0.50	-0.48	0.53	-0.17	0.48
	P			0.01	0.20	0.23	0.18	0.68	0.22
腹斑蝌蚪	r				-0.69	-0.67	0.66	-0.23	0.57
	P				0.06	0.07	0.08	0.58	0.14
盤古蝌蚪	r					0.99**	-0.35	-0.14	-0.36
	P					<0.01	0.40	0.74	0.38
盤古蟾蜍	r						-0.33	-0.16	-0.34
	P						0.43	0.71	0.41
水溫(°C)	r							0.15	0.16

	<i>P</i>		0.72	0.71
氣溫(°C)	<i>r</i>			-0.78*
	<i>P</i>			0.02

肆、討論

一、水文特性

根據本年度水位監測的結果來看，鴛鴦湖的水位變動並不明顯，亦不具有明顯的水位漲退現象，薛郁欣等（2010）提到鴛鴦湖於颱風或大雨發生時會有劇烈的水位變化及水體混和的狀況，水體交換會促使營養鹽的抬升與混和，促進藻類的生長，使得湖泊的生產力提高。王文正等（2011）也提到鴛鴦湖的水體屬於多次混合湖泊（polymictic lake），水體的對流與分層混和，明顯受到太陽熱輻射、降雨、溫度等因素的影響。這些報告往往著重於水質的混和作用與湖域生產力的變化，卻忽視了湖域中動物對所探討的相關因子影響，透過本年度湖域動物調查計畫的進行與湖泊魚類的移除，或許有機會提供相關研究單位，進一步進行不同湖泊營養代謝研究方向的探討機會。

二、湖域水生動物之多樣性

整體看來，相較於其他宜蘭地區的山區湖泊而言，鴛鴦湖域的動物多樣性並不高，兩棲類之成幼體豐富度亦明顯較其它湖沼來的低，除了海拔與溫度的因素之外，外來入侵種的存在，我們認為是主要的影響因子，根據崙埤池的研究結果，當地的腹斑蛙及其蝌蚪為該湖域重要的關鍵物種（Keystone species），其主要功能是維繫並支持水域中眾多的捕食性水生昆蟲、蛇類與鳥類族群，使得當地的水生昆蟲可達到 10 多種，且數量豐富（毛俊傑、陳子英，2011）。雖然這些魚類的出現，降低了湖域中的動物多樣性，但如同翠峰湖一般，外來種入侵種的魚類出現，吸引了稀有迷鳥—白尾海鷗（*Haliaeetus albicilla*）的出現（毛俊傑等，2006）。鴛鴦湖的鯉魚，也提供了其他食魚性的鳥類，前來停留與捕食，計畫執行期間，曾觀察到魚鷹（*Pandion haliaetus*）出沒於鴛鴦湖，並曾經在湖畔發現掠食動物吃食鯉魚後所留下的殘骸。

複雜的湖岸結構與盤根錯節的林木使鴛鴦湖環湖周邊形成許多的泥灘地與

窪地，這些以泥沼為主的淺水域，並不利於鯉魚的生存，因而提供了像莫氏樹蛙之類，不受外來種魚類侵擾的生殖場所，然而湖域中並非多數的兩棲類生物均能使用此類的泥灘環境，因此湖域中的外來魚類，推測仍是對該生態系中，蛙類蝌蚪的最大影響因子，與翠峰湖相仿的是盤古蟾蜍的蝌蚪，在鴛鴦湖中的盤古蟾蜍蝌蚪與翠峰湖均呈現特定區域大量聚集的現象，該蝌蚪不受魚類的影響，可能與其本身所具有的防禦腺體有所關聯。

三、外來入侵種魚類之處理及控制建議

台灣長久以來存在的宗教動物放生現象，對於原有生態體系的影響及干擾十分顯著 (Severinghaus and Chi, 1999)。根據 Zambrano & Hinojosa (1999) 的研究結果顯示，外來的鯉魚 (*Cyprinus carpio*) 會對於入侵的池塘產生直接與間接的影響，直接的影響藉由掠食大型水生植物及底棲生物群聚產生干擾，間接的影響則顯現在改變湖水濁度及減少水中生物躲藏的庇護點。就調查結果來看，湖域中的鯉魚及泥鰍所佔比例高達 97.15%，為湖中主要的消費者，在全球入侵種資料庫 (Global Invasive Species Database) 中，鯉魚亦同時列名全球前百大入侵種名單之中 (100 of the "World's Worst" invaders)。可能受到鯉魚掠食影響的，除了意外掉入湖中的昆蟲或其他動物的屍體之外，很有可能為水中的無脊椎生物(如：水蠶、龍虱)，以及利用湖域進行生殖活動的盤古蟾蜍、莫氏樹蛙及腹斑蛙的卵與蝌蚪，在宜蘭地區其他相近海拔的高山湖泊，都有龐大數量的腹斑蛙進行生殖活動，唯獨部分曾經有魚類放生狀況的湖泊，如：鴛鴦湖、翠峰湖、冷埤等，腹斑蛙的數量稀少，湖中的蝌蚪捕獲率低或無，明顯不同於於神祕湖、崙埤等湖中並無放生鯉科魚類的池沼。由於腹斑蛙蝌蚪的發育時期較其他同為池沼型的赤蛙長，且體型亦比其他種類的蝌蚪大，低溫的冬季會有潛入深水區底部渡冬的現象，對照主要於池沼底部活動的鯉魚來說，腹斑蛙的蝌蚪極可能成為湖中外來種鯉魚掠食下的受害者，而導致目前的低族群數量，建議未來若預計進行控制或移除計

畫時，應密切監測腹斑蛙的族群變化。或可建立小型的鯉魚防除或隔離措施，進行試驗，以排除鯉魚的可能影響，以觀測腹斑蛙在這些措施執行後的族群狀況變化。但無論如何，湖域中外來種魚類的處理與否，及相關的處理方式，仍須視此一保留區之經營管理目標而訂定。

伍、文獻引用

- 毛俊傑、陳子英。2010。宜蘭山區淺湖型濕地之動、植物生態研究。行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列第 99-01-08-01 號。62 頁。
- 毛俊傑、陳子英。2011。宜蘭縣山區淺湖型濕地生態研究—以崙埤池為例。行政院農業委員會林務局保育研究系列。37 頁。
- 毛俊傑、陳子英、阮忠信。2006。翠峰湖生物相與棲地調查之研究 (1/2)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 94-10 號。51 頁。
- 王文正、藍煜翔、蔡正偉、周秀美、林芳邦、柳文成、吳俊宗、邱志郁。2011。氣象因子對棲蘭山鴛鴦湖夏冬兩季水體混合作用的影響。中華林學季刊 44(1):41—54。
- 林亞立、陳凱俐。2005。鴛鴦湖及棲蘭神木園區鳥類調查。宜蘭大學生物資源學刊 1(1):65-78。
- 林幸助、薛美莉、陳添水、何東輯。2009。溼地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序。行政院農委會特有生物研究與保育中心。南投，集集。135 頁。
- 陳子英、毛俊傑、阮忠信。2006。南澳闊葉樹林自然保留區神祕湖濕生演替之研究。行政院農委會林務局。台北市。83 頁。
- 陳建志、邱錦和。2002。蘭陽湖泊初探。宜蘭文獻雜誌。58：3~33。
- 陳傳民、黃祥飛、周萬平。2005。湖泊生態系統觀測方法。中國環境科學出版社，北京。
- 鄧振華。2006。鴛鴦湖台灣扁柏天然下種更新林附生性苔蘚植物組成、分佈與生物量之研究。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。170 頁。
- 蔡正偉、邱志郁、吳俊宗。2010。氣候變遷對亞熱帶高山湖泊藻類群落動態及生態系統代謝之影響 (第 2 年)。行政院國家科學委員會補助專題研究計畫。
- 蔡正偉、周雅嵐、林秉石、吳俊宗、邱志郁。2009。鴛鴦湖湖泊代謝之季節性變化。中華林學季刊 42(3):335—345。
- 戴永禎。1996。小鬼湖鯉魚族群生態之研究。台灣省農林廳林務局保育研究系列 84-09 號。

薛郁欣、藍煜翔、蔡正偉、吳俊宗、柳文成、林芳邦、周秀美、邱志郁。2010。

棲蘭山鴛鴦湖水體的分層與混合現象。中華林學季刊 43(4):635—646。

藍煜翔、王文正、蔡正偉、周秀美、林芳邦、柳文成、吳俊宗、邱志郁。2011。

棲蘭山鴛鴦湖水體分層和混合作用對湖泊代謝之影響。林業研究季刊 33(1) : 77-90。

Anderson, D.R., K.P. Burnham, G.C. White, and D.L. Otis. 1983. Density estimation of small-mammal populations using a trapping web and distance sampling methods. *Ecology* 64:674-680.

Lips, K.R., J.K. Reaser, B.E. Young and R. Ibáñez. 2001. Amphibian monitoring in Latin America: A protocol manual. SSAR, Herpetological Circular 30. 115 pp.

Mao, J.-J., K.-C. Yen, and G. Norval. 2004. A preliminary test and report on the efficiency of a new funnel trap for semi-aquatic snakes. *Herpetological Review*, 35(4):350-351.

Nelson, G.L. and B.M. Graves. 2004. Anura population monitoring: comparison of the North American amphibian monitoring program's calling index with mark-recapture estimates for *Rana clamitans*. *Journal of Herpetology*, 38(3): 355-359.

Pierce, B.A. and K.J. Gutzwiller. 2004. Auditory sampling of frogs: detection efficiency in relation to survey duration. *Journal of Herpetology*, 38(4): 495-500.

Severinghaus, L. L. and Chi, L. 1999. Prayer animal release in Taiwan. *Biological Conservation* 89:301-304.

Zambrano, L. and D. Hinojosa. 1999. Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central Mexico. *Hydrobiologia* 408/409:131-138.

附錄一：鴛鴦湖湖域動物相名錄

AMPHIBIA 兩棲綱

BUFONIDAE 蟾蜍科

Bufo bankorensis 盤古蟾蜍

RANIDAE 赤蛙科

Babina adenopleura 腹斑蛙

RHACOPHORIDAE 樹蛙科

Rhacophorus moltrechti 莫氏樹蛙

OSTEICHTHYES 硬骨魚綱

CYPRINIDAE 鯉科

Cyprinus carpio 鯉魚

COBITIDAE 鰱科

Misgurnus anguillicaudatus 泥鰱

INSECTA 昆蟲綱

AESHNIDAE 晏蜓科

Anax nigrofasciatus nigrofasciatus 烏帶晏蜓

待確認晏蜓

LIBELLULIDAE 蜻蜒科

待確認蜻蜒

CORYDALIDAE 石蛉科

待確認石蛉

DYTISCIDAE 龍蝨科

Cybister rugosus 橙斑龍蝨

GERRIDAE 黽蝽科

待確認水黽

NOTONECTIDAE 仰泳椿科

待確認仰泳椿

附錄二：湖域生態研究之生物安全操作及處理建議

宜蘭山區的湖沼溼地生態系溼地，受到特殊的地形、環境及氣候因子的交互影響及調控，各自形成不同水生動植物排列組合而成的敏感生態體系，以鴛鴦湖為例，此一位處於自然保留區之中的高山溼地，有眾多的科學研究調查於此地進行，雖然國內溼地相關的調查研究單位，曾編撰溼地生態系的生物多樣性調查與監測的標準調查及作業程序（如：林幸助等，2009），但卻對溼地生態研究時，相關的裝備器材是否該進行消毒及如何進行，並無著墨。有鑑於近年來國際上部分兩棲類疾病（如：真菌性蛙壺菌）及有意無意被傳遞進入溼地的外來種生物與致病源的狀況，越來越嚴重，因此根據過去的操作經驗，配合國外的相關建議（<http://static.zsl.org/files/biosecurity-arguk4-511.PDF>），整理了以下之相關處理建議及流程。此一操作建議，雖然是以避免兩棲類的真菌性蛙壺菌，於調查人員在不同溼地調查的過程中，意外傳播為主要的目的，但因針對的對象為微生物病原，操作的標準較為嚴格，我們認為此一嚴格的標準亦可適用於相關的湖域調查時的生物安全（biosecurity）操作處理。

首先，在經費許可的情況下，我們強烈建議當調查單位必須同時操作多處溼地調查時，應將各地所使用的大型調查裝備器材（如：涉水衣褲、船艇及載具、捕捉動物之籠具及網具等），進行區隔並分開使用，或經由下述建議方式，充分的清洗及妥善的消毒之後，始能攜至其他濕地及水體進行操作，以避免微生物、致病原或小型水生動植物（如：青萍、滿江紅）意外被帶入其他溼地生態系，造成生態失衡。

消毒的處理需求如下：

- 一、消毒對象主要為可能接觸水體的靴鞋、涉水褲、潛水及防水保溫衣褲、人員或器材載具（如：游泳圈、橡皮艇、獨木舟等）、調查用網具、陷

阱、相關容器、及其他可能接觸生物體與水體的裝備及器材。

- 二、在野外進行簡易的裝備消毒時，需要準備下列器材：清洗及浸泡的桶子（市面上的大型塑膠整理箱亦可）、刷子、消毒劑（利用當地的湖水混和漂白水或 Virkon 溶液時做為消毒劑時，須注意盡可能減少有機物或雜質的含量，以避免減損消毒的效果）、拋棄式或可清洗的手套（進行消毒時穿戴）、棄置廢棄物的夾鍊袋或垃圾袋。

於特定調查或操作地點結束田野調查後之建議事項：

- 一、使用適當大小的刷子，仔細將裝備上的所有碎屑、植物片段及泥砂刷除。
- 二、利用清水進行裝備的初步沖洗（調查地水體的水亦可）。
- 三、消毒的方式可採用下列方法：
 1. 浸泡於漂白水溶液（比例為一份的家用漂白水，混入九份的清水進行調製）15 分鐘；或 Virkon 溶液（10 mg/ml）1 分鐘；或將穿戴來進行溼地調查的衣物以 40°C 以上的水溫重覆清洗數次（使用洗潔劑並確保沖洗乾淨）。網具應煮沸 10 分鐘，衣物布料可以消毒的話，可以在通風良好的地方噴灑漂白水進行。
 2. 以清水沖洗乾淨，並盡可能在下一次使用前晾乾
 3. 維持野外調查裝備（如：陷阱、網具等）於搬運或儲藏的過程中，適當的存放於塑膠袋或封套之中，以減少病原生物意外接觸及傳遞的機會。
- 四、理想的狀況下，所有使用完畢的消毒劑應倒入適當的排水管道，並以清水沖洗乾淨；當身處於野外環境時，建議將含有消毒藥劑的廢水裝入適當容器中，帶回處理，倘若必須就地處理時，建議找尋一處遠離溼地且無植物生長的裸露岩石地傾倒，使用完畢的髒污手套可帶回，

並依一般廢棄物處理。

五、若無須同時操作兩個以上的不同（水體不相連）溼地調查時，上述相關之調查後續消毒工作(步驟三以後)，可在當日溼地調查工作結束後，相關器材以大型垃圾袋包裹妥當後，帶回清洗、消毒及進行相關後續處理。