

計畫編號： DOH99-DC-2032

行政院衛生署疾病管制局 99 年度科技研究發展計畫

不同飼養管理狀況下之毒蛇蛇毒生產效益評估及研究

研究報告

執行機構：行政院衛生署疾病管制局血清疫苗研製中心

計畫主持人：鄭雅芬

研究人員：賴祐暘、毛俊傑

執行期間：99 年 1 月 1 日至 99 年 12 月 31 日

目 錄

| | 頁 碼 |
|-------|------|
| 封面 | (1) |
| 目錄 | (2) |
| 中文摘要 | (3) |
| 英文摘要 | (4) |
| 前言 | (5) |
| 材料與方法 | (7) |
| 結果 | (16) |
| 討論與建議 | (32) |
| 參考文獻 | (35) |

中文摘要

本計畫擬針對本局現有籠飼毒蛇所面臨之瓶頸進行改進方式之研擬，共分為兩大部份，首先，藉由改善現有蛇類飼養所提供的食餌多樣性，及飼養空間之改進，以提高現有毒蛇之存活狀況及蛇毒生產效率，並減少野外毒蛇收集之需求，且符合當前之生態保育潮流。其次，藉由監測特定地區毒蛇族群的過程中，評估採取蛇毒的可行性及採毒後對蛇類的影響，並計算所需之成本效益與現行籠飼之差異，以突破現有籠飼毒蛇所面臨之瓶頸，最適當的替代方式。

關鍵詞：龜殼花、赤尾青竹絲、食餌多樣性、環境條件、生態保育

Abstract

This project proposes to resolve the present predicament of captive venomous snakes management, and deals with two aspects. First, to focus on food diversity, captivity space improvement to increase the survivorship of the venomous snakes, to improve the efficiency of venom production and reduce the requirement of the collection of snakes from the wild, and to enhance the current conservation concepts. The second, we attempt to conduct venomous snakes population monitoring in certain areas, and evaluate the affect of venom “milking” (i.e. extraction) from free-living terrestrial snakes. This is done to determine the benefits and drawbacks, as well as possible differences, between venom extraction from captive and wild populations. Eventually, the goal is to find ways to reduce the numbers of captive venomour snakes, and the dependency on them, for venom extraction.

keywords : *Protobothrops mucrosquamatus*, *Viridovipera stejnegeri*
stejnegeri, food diversity, environmental condition, ecological conservation

前言

台灣氣候溫暖多溼，適合蛇類繁殖，但毒蛇傷人時有所聞，常見有六大毒蛇：雨傘節 (*Bungarus multicinctus multicinctus*)、飯匙倩 (*Naja atra*)、百步蛇 (*Deinagkistrodon acutus*)、龜殼花 (*Protobothrops mucrosquamatus*)、赤尾青竹絲 (*Viridovipera stejnegeri stejnegeri*)及鎖鍊蛇 (*Daboia russelii siamensis*) (毛壽先 等, 1990)。由於抗蛇毒血清之研發應用，毒蛇咬傷的總死亡率由 6.2% (1904-1938 年)，下降至 4.6% (1965-1971 年)；依 1986-1994 年榮總毒藥物諮詢中心統計，總死亡率為 2.4%。使用正確的抗蛇毒血清是毒蛇咬傷最決定性的治療。目前市面上有四種抗蛇毒血清製品出售，皆由疾病管制局生產，分別是：抗龜殼花及赤尾鮎蛇毒血清凍晶注射劑，抗雨傘節及飯匙倩蛇毒血清凍晶注射劑，抗百步蛇血清凍晶注射劑，抗鎖鍊蛇血清凍晶注射劑。

現有之蛇毒血清凍晶注射劑製作過程中，必須自野外收集大量的毒蛇以提供蛇毒採集所需，但目前做為提供蛇毒的蛇類在飼養與管理上，面臨瓶頸（如：正確的食餌種類取得不易、食餌數量亦不足以長期支撐大量籠飼毒蛇、蛇類拒食、存活率低等等），加上台灣現有的多數毒蛇種類，均列名野生動物保育法之保育類物種名錄，蛇毒採集日趨困難，且受地域性、季節性及採毒次數之影響，每一批次採取之毒液品質不同 (Willemse, 1978; Willemse et al., 1979; 廖明一 等, 1990)。

et al. (2010) 提到，全球蛇類族群有大量減少的趨勢，且以兼具活動範圍小、特定居所及伏擊型攝食策略等三種生態特徵的蛇類，為族群大量下降的主要類群，對照台灣兼具此三種生態特徵的毒蛇，如：百步蛇、龜殼花、赤尾青竹絲及鎖鍊蛇等均屬之，若長期自野外大量收集此類毒蛇，進行一次性的單向利用方式，除了可能造成其族群無法弭補的傷害之外，日後亦恐有保育上之爭議，長遠來看，尋求具有保育思維的蛇毒採集替代方案，為基於自然資源永續利用，長遠考量的未雨綢繆之計。加上文獻上亦指出，自野生毒蛇個體所能採集到的毒液量，遠高於籠飼毒蛇（成都生物研究所 等，1979），基於眾多理由及考量，本計畫擬同時針對照養空間及技術之更新，與試行國外兼顧保育與蛇毒採取的血清生產方式，進行試驗與評估，以圖解決現有之困境。本研究擬藉由建立完整且符合保育潮流之蛇毒採集流程與照養方式，及評估田野蛇類之蛇毒採取可行性與流程建立，做為主要之重點。計畫內容，共分為兩大部份，依室內試驗及野外工作兩部份，同時分別於疾病管制局內現有之毒蛇飼養室及國立宜蘭大學大礁溪實驗林場兩地進行。

材料與方法

第一部份（委託國立宜蘭大學森林暨自然資源學系執行）

一、未來飼養毒蛇圈養環境之準備

由於疾病管制局局內現有室內之飼養環境及空間已不敷使用，且根據現有國外的蛇類飼養方式，多半採用戶外半集約式的多個體圈養方式進行，除了可提供多樣的溫濕度梯度供蛇類調控生理之外，天然的日照亦是另一項重點。蛇類的圈養飼養場的方位以南向為首選（趙爾宓，2006）。本年度與國立宜蘭大學森林暨自然資源學系合作，於大礁溪林場選址以做為後續毒蛇進行戶外半集約式的多個體圈養場之設置規劃及參考。國立宜蘭大學大礁溪林場，面積廣達173公頃，為台灣現有學術實驗單位中，生態基礎調查最為完整的自然場域（已知有24種蛇類分布，其中眼鏡蛇、雨傘節、龜殼花及赤尾青竹絲均有穩定的族群）（毛俊傑等，2008），目前於林場中，除了可提供相關的軟硬設備，使之得以直接針對野外活動的毒蛇進行蛇毒的採集外，亦有獨立的蛇類照養溫室，提供蛇類的飼養管理。由於廣闊的空間及豐富的蛇類資源，極適合做為兼具生態保育思維之蛇毒生產方式可行性評估之試行場域。

二、餌料動物圈養環境之準備及種源採集

提供籠飼及圈養毒蛇食餌豐富化，為本計畫為提高毒蛇飼養存活率之工作要項之一。貴局現有提供毒蛇之食餌，主要為小白鼠一種。

但根據現有的蛇類食性文獻及田野調查的結果顯示（Mao, 1993; 林華慶等, 1995; 李文傑、呂光洋, 1996），小型哺乳動物並非台灣六大毒蛇之唯一食餌，且在各類群間取食與否之差異極大，取食比例較高者如：眼鏡蛇、龜殼花、鎖鍊蛇三種，其次為百步蛇及赤尾青竹絲，而多數的兩傘節並不取食小白鼠，往往會出現拒食進而死亡的現象。再者儘管取食比例較高的種類，成體與幼體亦有明顯的差異，如：龜殼花與鎖鍊蛇的幼體主要以蜥蜴及蛙類為主食，至體形逐漸增長始轉換為小型哺乳動物。

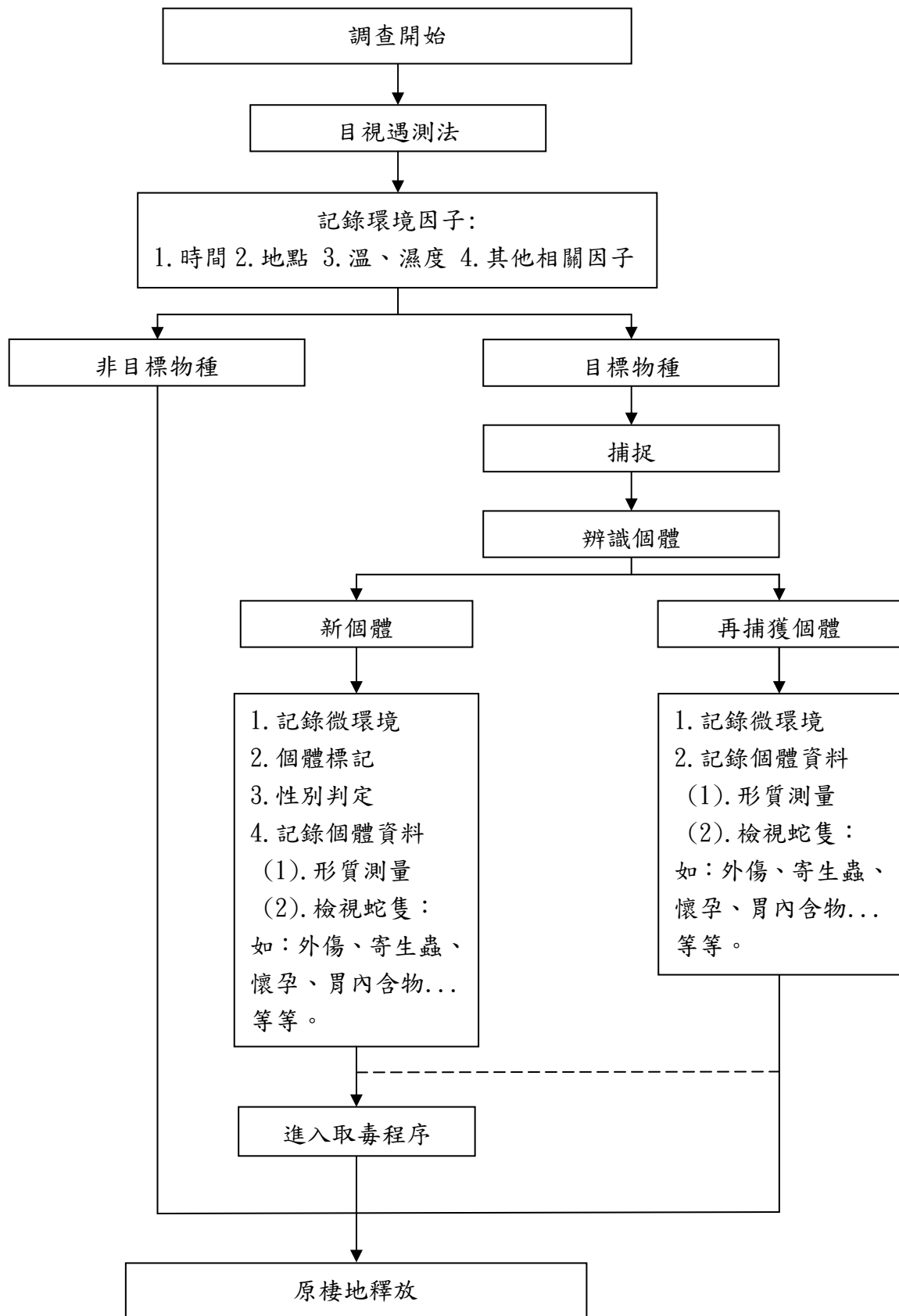
兩傘節主要取食的食餌為泥鰍、鱔魚、蛇、蜥蜴等，且棲息於山區森林與平原濕地的族群取食蛇類、蜥蜴與泥鰍、鱔魚的比例明顯不同（Mao et al., 2010），由於泥鰍與鱔魚取得容易，無需自行進行繁殖，但其他的餌料（如：蛇與蜥蜴）均不易取得，且來源不穩定，相較於蛇，蜥蜴較容易飼養繁殖，且現有田野觀察及文獻資料記錄上，又為多數現有籠飼毒蛇取食的對象之一，因此本年度擬以粗放圈養或繁殖的麗紋石龍子（*Plestiodon elegans*），做為現有及往後籠飼毒蛇之新增餌料種類，加上經常為蛇類所取食的澤蛙（*Fejervarya limnocharis*），以此兩種餌料同時進行繁殖及量產試驗前，種源的收集及飼養。

三、大礁溪林場田野毒蛇豐富度調查及蛇毒直接採取之可行性評估

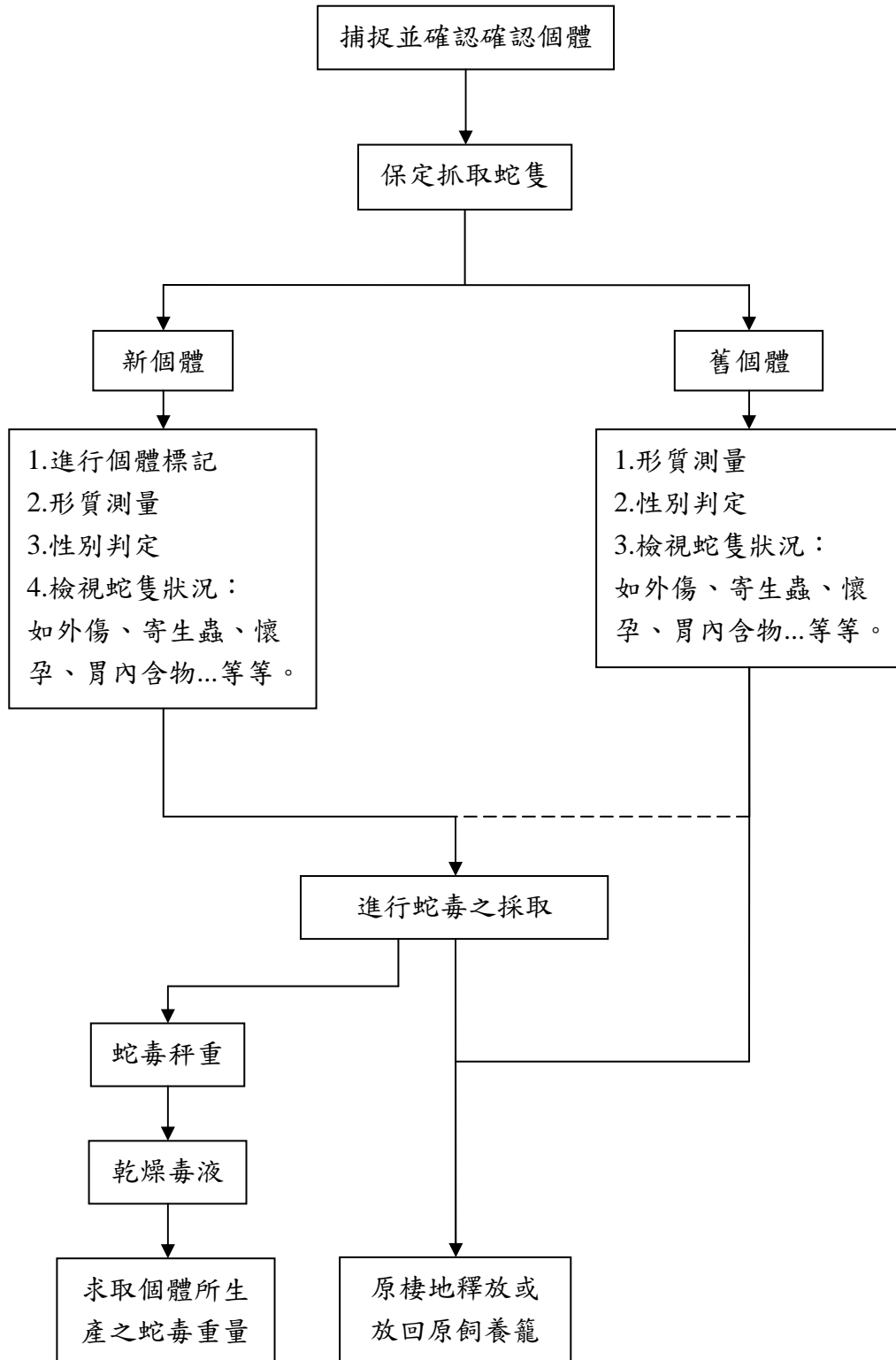
此一部份之研究，主要是擬藉由野外個體的直接蛇毒採取並利用標放法 (Marking and Recapture Method) 針對特定蛇類族群進行族群豐富度估算及長期監控 (圖一)，進而評估野外採取蛇毒之效益及蛇毒採取對於特定毒蛇族群是否造成負面影響，藉以尋求現有圈養籠飼毒蛇取毒之其他可行替代方案。自五月份起我們開始以每周一次的調查頻度，於大礁溪林場中已劃設完成之總長635公尺的線狀調查樣區，並利用目視遇測法 (Visual Encounter Method) 進行赤尾青竹絲及龜殼花之調查。將發現的目標蛇類捕捉後，進行長度 (吻肛長、尾長) 及重量的測量，並對個體進行雌雄判別後，利用已秤空重的量杯，進行蛇毒的採取，並於蛇毒採集完畢之後復秤一次，以量化採集蛇毒的重量，最終擬用以比較野外個體與圈養個體蛇毒量之差異。將採集完蛇毒之毒蛇，於注射PIT晶片後原地釋放 (圖二)。藉由調查期間多次重覆捕捉的過程中，瞭解蛇類的體質量變化狀況。體質量變化指標，利用Seigel et al. (1998) 所推導出來的蛇類體質量 (Body Condition, BC) 公式進行運算、比較及分析，以做為研究結果中，蛇類體質狀況與產毒量多寡之轉換數據比較依據。Seigel et al. (1998) 所推導出來的蛇類體質量 (Body Condition, BC) 公式如下：

$$BC = \text{蛇隻體重 (g)} / \text{蛇隻體全長 (cm)}$$

研究目標蛇種之族群量，則利用Schumacher Estimate及Original Schnabel Binomial Estimate兩種方法，估計大礁溪林場蘭花溪樣區之目標蛇類族群量（Krebs, 1999），本年度選定赤尾青竹絲做為試行材料，所有調查到的毒蛇僅於第一次採集蛇毒，於後續調查過程中，若發現已標記重複捕捉的個體，則只進行體重之測量，以了解採毒個體後續體質量變化之趨勢。



圖一：田野毒蛇調查、標放法及相關個體檢查之工作項目及流程圖



圖二：本研究毒蛇個體之蛇毒採取工作項目及流程圖

第二部份（局內執行部份）

食物、遮蔽物及飲水為野生動物生存的三項基本需求，但因現有疾病管制局內所飼養毒蛇，主要為提供醫療上的蛇毒抗血清生產，依實驗動物管理及檢查小組的要求，建議局內的毒蛇飼養環境的清潔與衛生，比照實驗動物（如：小白鼠）的飼養方式及條件，因此局內的毒蛇飼育，主要是利用不鏽鋼籠架，並僅提供清潔的飲用水，並無供其躲藏的遮蔽物提供。導致長久以來籠飼毒蛇的進食狀況不佳且死亡率偏高，為改善本局蛇類飼養的存活狀況，擬藉由此一部份試驗，瞭解如何兼顧實驗動物管理及檢查小組的要求及提升飼育籠中毒蛇存活率，因此本次局內自行研究部份，主要為針對適當的遮蔽物提供與否，做為飼養環境的變因，以取得科學性的數據，比較遮蔽物的有無，與毒蛇的存活率、體質量變化及蛇毒產出量，是否有明顯的差異。另外，宜蘭大學的合作研究團隊除現場技術的協助外，後續亦會定期提供多樣化的食餌選擇，如麗紋石龍子及澤蛙等，予籠飼毒蛇，以豐富現有籠飼毒蛇之食餌多樣性，並提高圈養的存活率。

一、飼養環境改善試驗：

因本局現有蛇類中，只有龜殼花數量超過 100 隻(其它蛇種樣本皆未達 20 隻)，考量到樣本數的關係，本年度僅針對龜殼花進行試驗。進行比較的試驗項目包括：遮蔽物提供之有無，飼養地點之不同及其各

組存活率、體質量狀況及所能採取之製備之乾燥蛇毒結晶量。

遮蔽物的提供，以 7 吋及 9 吋(視蛇類體形大小)的紅土瓦盆倒置，提供毒蛇躲藏之用，並將其側面切開一 5 公分直徑圓孔，供其出入之用。紅土盆之使用優點，在於取得容易，並便於清洗消毒，透氣且多孔隙的材質，為飼養蛇類的不鏽鋼籠舍提供較大的溫度及濕度梯度變化，若提供適當的加溫燈具，照射於紅土瓦盆上，除了保溫功能外，亦可適度提供蛇類所需的傳導熱，以維持籠飼狀況下，蛇類的溫度需求。

疾病管制局內籠飼毒蛇，有無遮蔽物影響的試驗方式，將 40 隻龜殼花分成兩組，分別在測量全長與重量後，個別單獨飼養於有遮蔽物籠舍，及不提供遮蔽物的飼養環境各 20 隻。以每週餵食一次的頻度進行飼養。另外，為比較局內與未來擬進行移地飼養的大礁溪林場兩地之間在環境上之可能差異，本年度七月份已自疾病管制局血清疫苗中心移交了 50 隻龜殼花飼養於大礁溪林場，以進行提供遮蔽物但於不同地點飼養之影響與差異，除比較各組之間存活率外，並利用 Seigel et al. (1998)對蛇類體質量進行測定的 BC (Body Condition) 指數進行測定，以計算出的比值做為蛇類狀況優劣的比較依據。預計在每次採取蛇毒的同時，亦計算各受測個體的 BC 值指數，以比較有無遮蔽物的飼養狀況下，其 BC 值的差異與存活率之高低。

二、不同飼養方式及來源的龜殼花產毒量之比較

因新進蛇必需經過檢疫隔離及跟飼養環境試驗建立關聯性，為了解並本局內有遮蔽物室內飼養 (A)，及無遮蔽物室內飼養(B)，以及本局移交大礁溪林場提供遮蔽物及吸水材質墊料的籠飼方式 (C) 和田野捕獲 (D) 等四種處理方式，並比較其所採集到的毒液量。目前將局內每次採取蛇毒的間隔約 2 個月，將 (A)、(B) 兩組的三次採毒結果，與大礁溪林場組 (C) 及田野捕獲 (D) 的一次採毒結果，進行每條蛇平均採得並乾燥後的蛇毒結晶重量之比較。

結 果

第一部份（委託國立宜蘭大學森林暨自然資源學系執行）

一、未來飼養毒蛇圈養環境之準備

現有與宜蘭大學合作進行毒蛇圈養之環境，選定於該校大礁溪林場海拔約 300 公尺之林地中，周圍森林環繞，且為適宜蛇類飼養的南向坡面，自本年年初開始施工闢建，目前設有做為採毒操作及人員工作之 20 呎貨櫃屋兩座，及做為倉庫用之 20 呎貨櫃屋一座（圖三），預計做為圈養場之空地，長寬各約為 25x14 公尺，目前均已整地完成（圖四），並鋪設雜草抑制蓆及增設圍籬，且設置 12 組飼養槽（直徑x高=2x1.2 公尺），依基地面積估算，當地可設置 30 組飼養槽，若以每槽放養 10 條蛇來計算，估計至少可飼養 300 條蛇，當地氣象站亦設置完成，待水電接通後，防盜監視設施完備，至明年春季氣候逐漸回暖之後，人員及蛇類即可進駐並開始使用。目前已有 50 條龜殼花自疾病管制局移交至此，由於冬季將至，水電尚未接通的圈養場在蛇類冬季加溫及保溫上有困難，目前暫時飼養於林場野生動物研究站的房舍中。



圖三：擬做為未來蛇毒採取及蛇類飼養管理用途之貨櫃屋



圖四：已整平擬做為未來毒蛇飼養場之林地

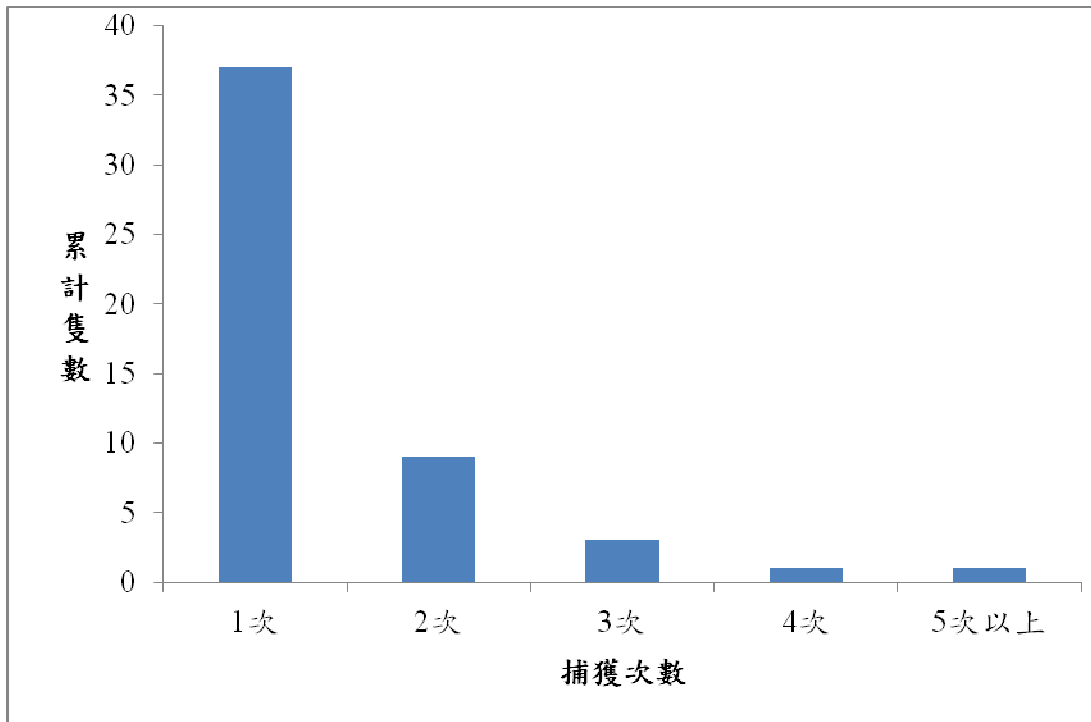
三、田野毒蛇豐富度調查及蛇毒直接採取之可行性評估

(一)赤尾青竹絲部分

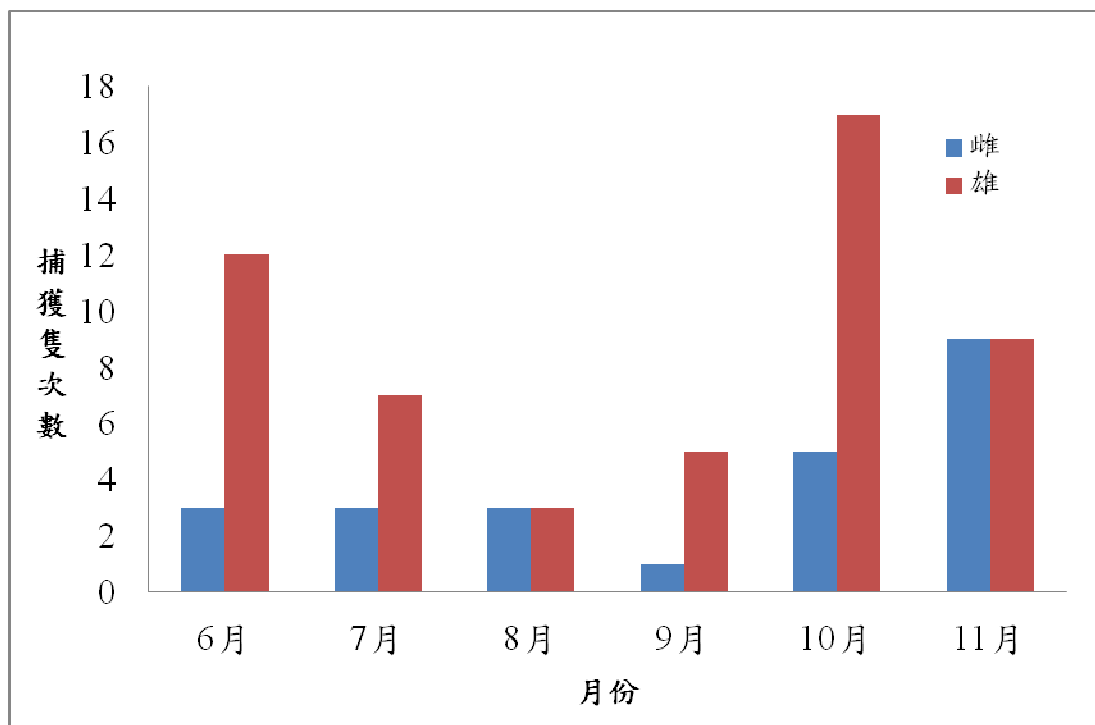
自2010年五月份起開始進行調查，迄今，共於大礁溪林場進行36次夜間田野調查。但五月份的四次調查，所發現的18條赤尾青竹絲，因於研究初期蛇毒採取及乾燥保存方式，尚未與疾病管制局內所使用方式達成共識，因此並未進行蛇毒之採取，僅針對赤尾青竹絲出現的位置及個體形質進行記錄。不同於疾病管制局利用低溫設備進行蛇毒乾燥，受限於器材設備，於大礁溪林場所採用的蛇毒乾燥方式，為利用乾燥矽晶所進行的常溫乾燥，目前在所收集到利用矽晶乾燥法進行蛇毒乾燥的相關研究文獻中，並無任何文獻指出兩者的乾燥效率有何差異。自六月始同時進行田野調查及蛇毒之採取，因此本報告內容僅針對六月份之後所收集的資料進行分析。

自6月8日起至11月30日止，共計於大礁溪林場進行32次夜間田野調查，調查到7種蛇類86隻次，分別為：赤尾青竹絲77隻次（52隻）、大頭蛇（*Boiga kraepelini*）3隻次，龜殼花、雨傘節及白梅花（*Lycodon ruhstrati ruhstrati*）蛇均各為2隻次，台灣鈍頭蛇（*Pareas formosensis*）及紅斑蛇（*Dinodon rufozonatum rufozonatum*）各為1隻次，以赤尾青竹絲為大宗，佔所有蛇類出現次數的89.5%，多數捕獲的赤尾青竹絲個體僅捕獲一次，僅有少數個體重覆捕捉超過兩次以上（圖五）。自六月份起，各月份之赤尾青竹絲出現隻次狀況，以6、10及11月份的蛇類出現

狀況最佳（圖六）。利用標記再捕捉法（Marking & Recapture Method）配合兩種不同估算模式，估算本年度田野調查期間，所估計的大礁溪林場蘭花溪林道635公尺長的樣區周邊之赤尾青竹絲族群量分別為87.2隻（Schumacher estimate；95%信賴區間為67.8~122.4）及87隻（Original Schnabel Binomial estimate）。



圖五：自六月份起至十一月底止大礁溪林場赤尾青竹絲捕獲個體累計次數分布圖



圖六：自六月份起至十一月底止大礁溪林場各月份赤尾青竹絲雌雄個體出現出現概況

針對這77隻次（52隻）的赤尾青竹絲，為追蹤已採蛇毒後野放的赤尾青竹絲個體，進行後續的體質量變化狀況紀錄，所有發現的赤尾青竹絲，我們僅於第一次捕捉時進行採毒作業，後續在捕捉時我們只測量重量之後即原地釋放。本年度我們共進行了52條赤尾青竹絲的採毒作業，扣除8條個體未採得任何蛇毒，共採得44條蛇的蛇毒，順利採取蛇毒的個體佔總採毒個體比例的84.6%，共採得未乾燥蛇毒1,613 mg，乾燥後之蛇毒結晶總重為404 mg，約佔未乾燥前總重之25%，平均每條蛇所能乾燥的蛇毒結晶約為9.2 mg（SD=11.02），依疾病管制局每年所需的赤尾青竹絲蛇毒乾燥結晶需要量600mg，尚不足196 mg，依平均各蛇所能取得的蛇毒乾燥後重量估算，約需再採集22條個體，若以估計之當地赤尾青竹絲族群量，扣除無法順利採取蛇毒之個體比例，當地推估能順利採集蛇毒之個體約為74隻左右，應能滿足疾病管制局年度所需生產抗蛇毒血清之乾燥蛇毒用量，但因本年度之實際田野調查僅進行6個月的時間，倘若以全年的調查結果進行應能提供年度所需無虞。再者，由於本年度重複捕捉的個體均不再進行重複採毒，若改採重複採毒作業，或擴大林場內的調查樣區範圍，亦能提供年度所需之蛇毒量。

赤尾青竹絲在第一次捕捉並採取蛇毒後，重覆（第二次）捕捉到同一個體的平均天數為 51.08 ± 46.51 天（ $n=12$ ），其中有一半（50%； $n=6$ ），再捕獲的天數介於7到49天之間的蛇，體質量狀況呈現低於初次

捕捉的狀態，但亦有另一半再捕獲的天數介於14到149天之間的個體，與初次捕捉的體質量狀況相同，甚至是高於初次捕捉的狀況，顯示採完蛇毒之後野放的赤尾青竹絲，個體之間受到採毒工作的影響不一，除了採毒之外，其後能量的消耗狀況及是否能順利持續的捕食也是影響體質量變化的關鍵。

利用Spearman's rank correlation coefficient進行赤尾青竹絲形質相關參數與最終產出之乾燥蛇毒結晶重量相關性分析顯示，雄蛇的吻肛長（Snout-vent length, SVL）與所獲得的乾燥蛇毒結晶重量的關係最為明顯（ $r_s = 0.520$; $n = 32$; $p < 0.01$ ），其次依序為：體質量狀況（Body Condition, BC）（ $r_s = 0.437$; $n = 32$; $p < 0.05$ ）、體全長（Total length, TL）（ $r_s = 0.420$; $n = 32$; $p < 0.05$ ）及體重（Body mass, BM）（ $r_s = 0.415$; $n = 32$; $p < 0.05$ ）。雌蛇同樣以吻肛長（SVL）與乾燥蛇毒結晶重量的關係最為明顯（ $r_s = 0.714$; $n = 20$; $p < 0.01$ ），體全長（TL）（ $r_s = 0.699$; $n = 20$; $p < 0.01$ ）及體重（BM）（ $r_s = 0.616$; $n = 20$; $p < 0.05$ ）次之，其次為體質量狀況（BC）（ $r_s = 0.599$; $n = 20$; $p < 0.05$ ）（表一）。

| 性別 | n | | TL (cm) | SVL (cm) | Tail-L (cm) | BM (g) | BC | VWM (mg) | VDM (mg) |
|----|----|------|------------|-------------|----------------|-----------|------|-------------|-------------|
| M | 32 | Mean | 51.83 | 40.59 | 11.24 | 29.59 | 0.54 | 26.84 | 7.87 |
| | | SD | 10.58 | 9.81 | 6.99 | 14.38 | 0.20 | 21.50 | 12.63 |
| F | 20 | Mean | 52.40 | 43.17 | 9.23 | 39.72 | 0.68 | 37.70 | 7.55 |
| | | SD | 13.30 | 11.03 | 2.42 | 25.98 | 0.36 | 31.57 | 6.64 |

表一：大礁溪林場田野採集蛇毒之赤尾青竹絲平均形質特徵及出產毒液量一覽表（TL：體全長；SVL：吻肛長；Tail-L：尾長；BM：體重；BC：體質量狀況；VWM：新鮮蛇毒重；VDM：蛇毒結晶乾重）

(二) 龜殼花部分

由於大礁溪林場本年度龜殼花出現較往年少了許多，因此於八月份之後，我們改採針對野外不特定地點發現的龜殼花進行形質的測量及蛇毒的採取，共計採集了16雄7雌的龜殼花個體，採得4,737mg之未乾燥蛇毒，乾燥後得到1,593 mg蛇毒結晶（表），乾燥後之蛇毒結晶重量約為乾燥前之33.63%。其中僅有兩條採自大礁溪林場，出現的狀況明顯較往年少了許多。由於田野調查過程中，所發現的龜殼花體型及體質量狀況明顯不如現有圈養於大礁溪林場之龜殼花，加上斷尾、受傷、有寄生蟲（n=4）、剛進食不久（腹中有未完全消化的獵物；n=8）及捕捉過程中噬咬捕蛇工具（n=6）等現象發生的比例偏高，因此採得的毒量不如預期，但此種方式之蛇毒採取，經本年度之試驗結果顯示，

雖仍屬可操作以做為蛇毒取得的方式之一，惟可能因外在影響（如：天候及蛇類族群波動）因素而造成效率上的差異，應列入未來使用與否的考量重點。

可能受到野外多變的內外因素的影響，田野所採集到的龜殼花其形質特徵與最終乾燥後蛇毒重量的相關性似乎不若室內飼養的同種蛇類一般明顯，利用Spearman's rank correlation coefficient進行了形質特徵與最終乾燥後蛇毒的相關性比較結果顯示，田野採集的龜殼花雄蛇以體質量狀況（BC； $r_s = 0.674$ ； $n = 16$ ； $p < 0.01$ ）與體重（BM； $r_s = 0.653$ ； $n = 16$ ； $p < 0.01$ ）與乾燥蛇毒的重量相關性較為明顯，吻肛長（SVL； $r_s = 0.512$ ； $n = 16$ ； $p < 0.05$ ）的相關性次之，體全長（TL； $r_s = 0.406$ ； $n = 16$ ； $p > 0.05$ ）則無顯著的關聯。雌蛇可能受到樣本數偏低的影響，僅有吻肛長（SVL； $r_s = 0.964$ ； $n = 7$ ； $p < 0.01$ ），與最終所能生產的乾燥蛇毒結晶的關聯性高，其餘的形質特徵，呈現無相關性（表二）。

| 性別 | n | | TL (cm) | SVL (cm) | Tail-L (cm) | BM (g) | BC | VWM (mg) | VDM (mg) |
|----|----|------|------------|-------------|----------------|-----------|------|-------------|-------------|
| M | 16 | Mean | 94.12 | 78.33 | 15.79 | 146.70 | 1.48 | 231.25 | 77.70 |
| | | SD | 14.26 | 13.33 | 3.57 | 84.64 | 0.58 | 188.83 | 63.83 |
| F | 7 | Mean | 83.73 | 59.63 | 24.10 | 94.84 | 1.08 | 148.14 | 50.02 |
| | | SD | 17.88 | 23.45 | 27.25 | 42.68 | 0.33 | 110.23 | 37.44 |

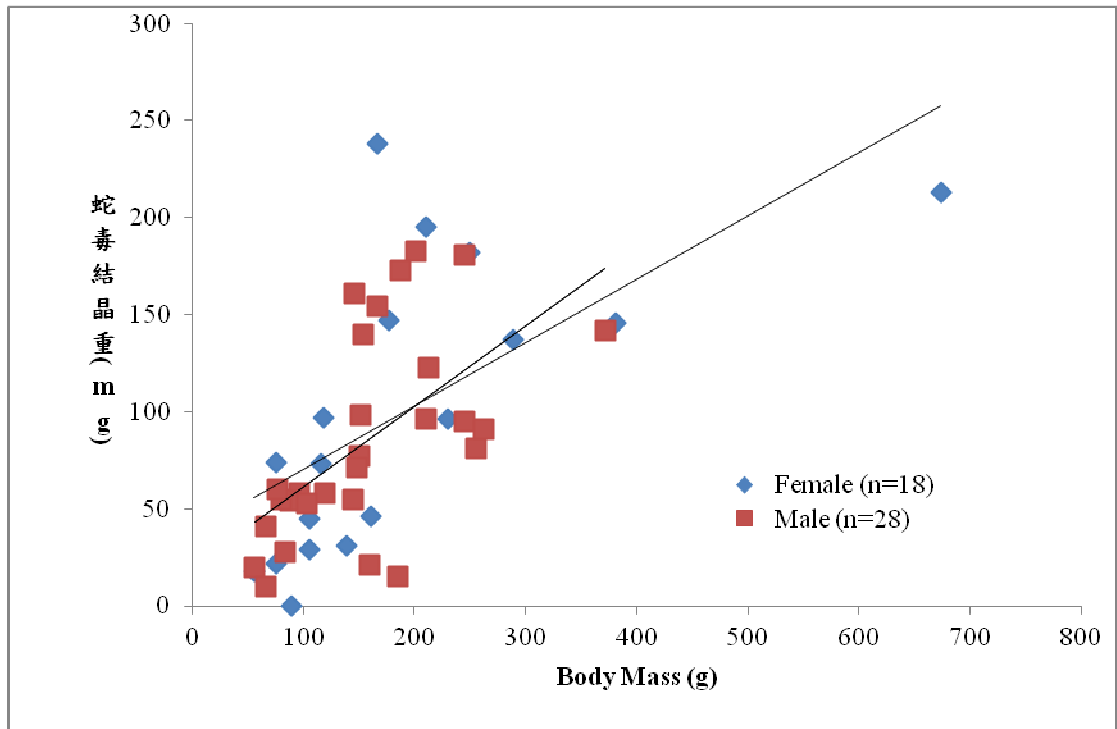
表二：田野採集蛇毒之龜殼花平均形質特徵及出產毒液量一覽表（TL：體全長；SVL：吻肛長；Tail-L：尾長；BM：體重；BC：體質量狀況；VWM：新鮮蛇毒重；VDM：蛇毒結晶乾重）

針對大礁溪林場內移交自疾病管制局的龜殼花，我們利用 Spearman' s rank correlation coefficient進行了形質狀況與最終乾燥後蛇毒的關聯性比較結果顯示，龜殼花母蛇無論在體重（BM； $r_s = 0.800$ ； $n = 18$ ； $p < 0.01$ ）、體全長（TL； $r_s = 0.754$ ； $n = 18$ ； $p < 0.01$ ）、體質量狀況（BC； $r_s = 0.752$ ； $n = 18$ ； $p < 0.01$ ）或是吻肛長（SVL； $r_s = 0.721$ ； $n = 18$ ； $p < 0.01$ ），均與最終所能生產的乾燥蛇毒結晶的關聯性較為明顯。相同的比較之下，龜殼花公蛇同樣在體重（BM； $r_s = 0.656$ ； $n = 28$ ； $p < 0.01$ ）、體質量狀況（BC； $r_s = 0.642$ ； $n = 28$ ； $p < 0.01$ ）、體全長（TL； $r_s = 0.623$ ； $n = 28$ ； $p < 0.01$ ）及吻肛長（SVL； $r_s = 0.578$ ； $n = 28$ ； $p < 0.01$ ），與最終所能生產的乾燥蛇毒結晶的關聯性高，但相較於雌蛇相關性系數略低，顯示體重越重、體長及吻肛長越長及體質量狀況越佳

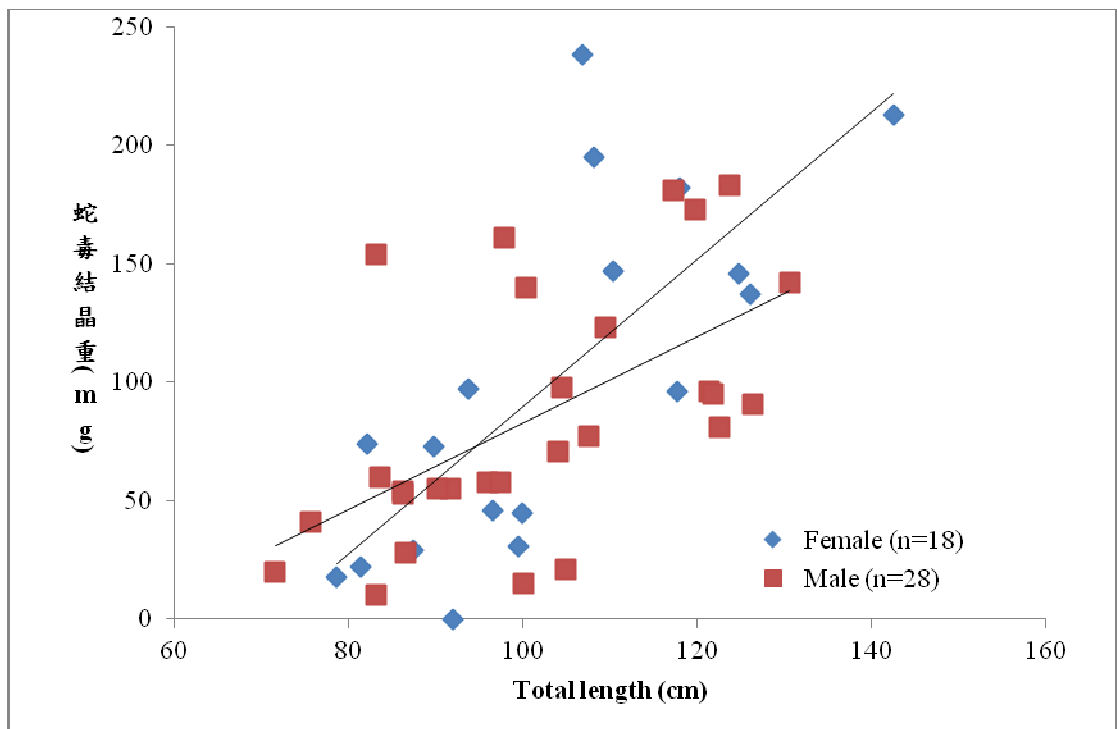
的蛇類個體，能生產的蛇毒量越多，建議未來若需挑選做為籠飼毒蛇的個體，應以這幾項特徵為篩選的特徵（表三）。

| 性別 | n | | TL (cm) | SVL (cm) | Tail-L (cm) | BM (g) | BC | VWM (mg) | VDM (mg) |
|----|----|------|------------|-------------|----------------|-----------|------|-------------|-------------|
| M | 28 | Mean | 101.54 | 83.31 | 18.23 | 158.24 | 1.50 | 263.86 | 85.50 |
| | | SD | 16.60 | 13.91 | 3.79 | 74.40 | 0.50 | 155.17 | 52.85 |
| F | 18 | Mean | 103.06 | 85.78 | 17.28 | 189.82 | 1.70 | 325.17 | 99.39 |
| | | SD | 17.64 | 14.90 | 2.98 | 147.43 | 0.96 | 231.51 | 74.05 |

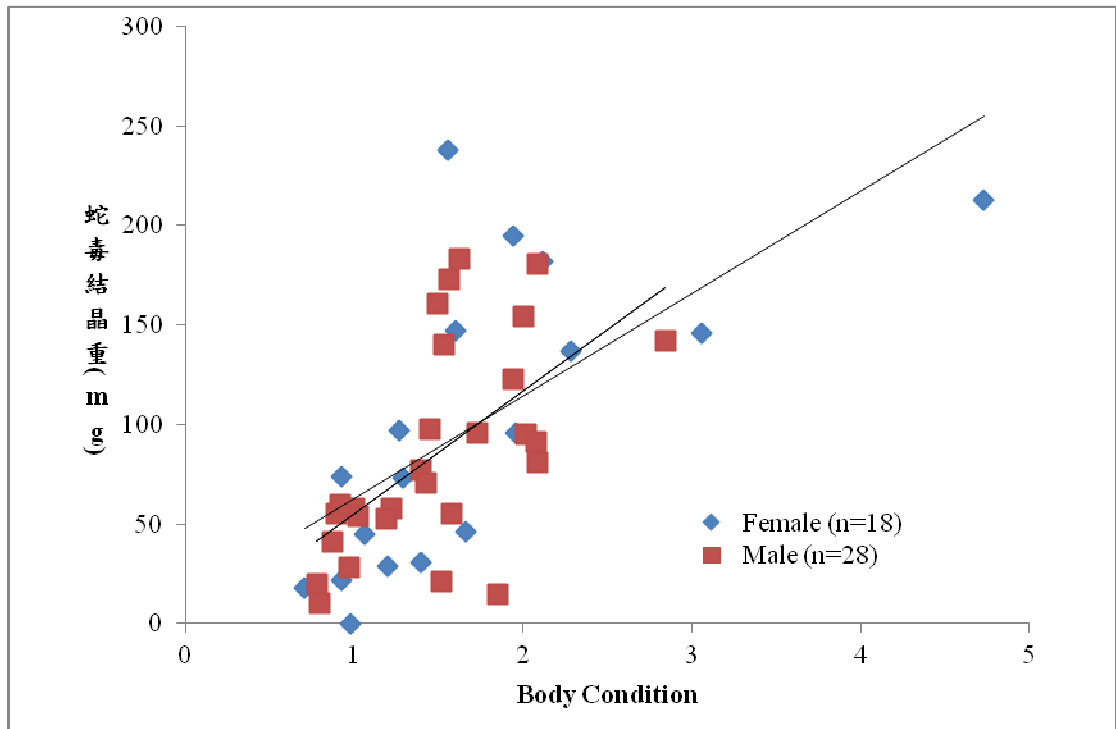
表三：疾病管制局移交至大礁溪林場進行代養之龜殼花平均形質特徵及出產毒液量一覽表（TL：體全長；SVL：吻肛長；Tail-L：尾長；BM：體重；BC：體質量狀況；VWM：新鮮蛇毒重；VDM：蛇毒結晶乾重）



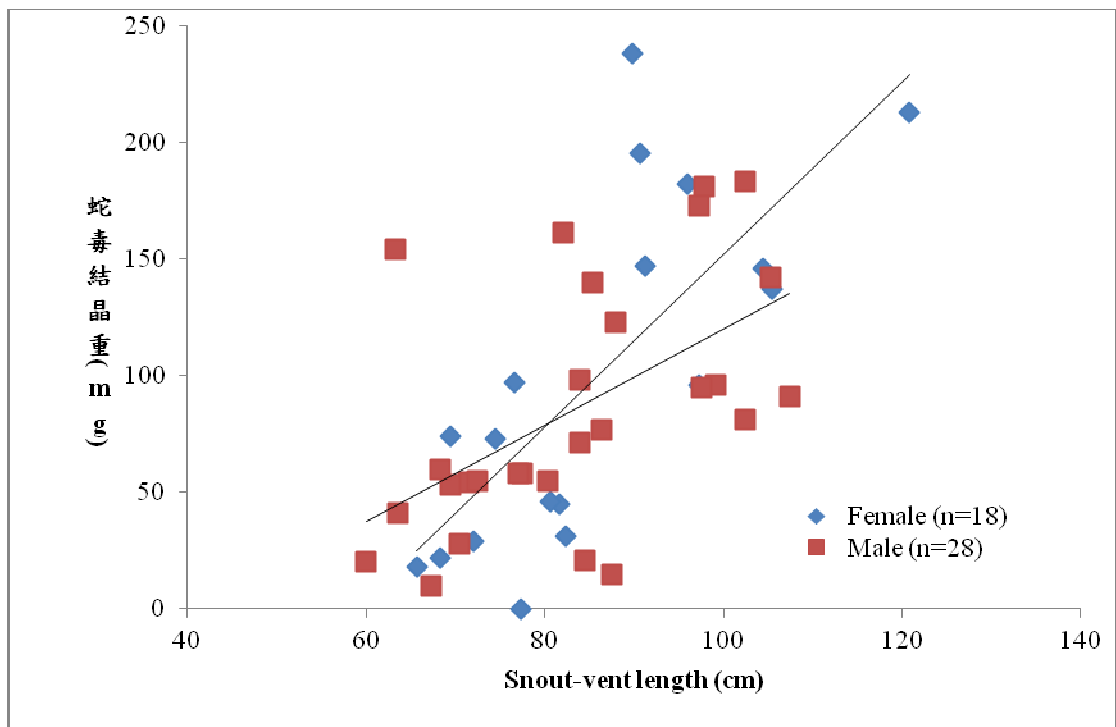
圖七：大礁溪林場代養之龜殼花雌雄個體體重與所生產蛇毒結晶重之關係



圖八：大礁溪林場代養之龜殼花雌雄個體體全長與所生產蛇毒結晶重之關係



圖九：大礁溪林場代養之龜殼花雌雄個體體質量狀況與所生產蛇毒結晶重之關係



圖十：大礁溪林場代養之龜殼花雌雄個體吻肛長與所生產蛇毒結晶重之關係

第二部份（局內執行部份）

疾病管制局內之蛇毒毒液生產任務，主要為滿足抗蛇毒血清之生產所需，相較之下，所有蛇毒採取過程所能量測的蛇類形質特徵、變因以及每一個體每次所能生產蛇毒量之量測，相對受限。因此在與大礁溪林場及田野調查研究結果的比較上，僅能單純以平均總量來呈現，如先前所提到的，因蛇毒的產量多寡，受到諸多的因子影響，如：體型大小、性別、進食狀況、季節等等內外因素，為將所有資料能做一完整的比較，並設法降低體型大小、性別及重量造成比較結果的偏差。基於前一節的相關性檢測所使用的形態特徵變數，於疾病管制局所飼養的蛇類，並未進行量測及數據收集，以下各不同地點及飼養方式之結果比較，均利用與體長及重量間，共同相關性較高的體質量狀況（Body condition）做為轉換參數，進行比較。

另外，由於疾病管制局內第二次（CDC-2）的採毒工作中，因前來支援採毒的工作人員，不慎將其他處理方式之龜殼花蛇組（Others）的蛇毒混入未提供遮蔽物組（No Shelter），因此就此部分的結果並不進行討論。單就其他兩次毒蛇體質量測與蛇毒採取狀況來看，無論在體質量狀況（BC）或是單位乾燥蛇毒量與體質量之比值（V/BC）關係，在第一次採毒（CDC-1）以提供蛇類遮蔽紅土盆組（Shelter）略高於未提供遮蔽物組（No Shelter），而第三次採毒（CDC-3）時，以其他組（Others）高於提供蛇類紅土盆遮蔽組（Shelter），相較之下，未提供

遮蔽物組 (No Shelter) 的狀況則最差，由於其他處理方式之龜殼花蛇組 (Others) 多屬於新進且未曾採集過蛇毒之組合，可能因此具有較為充足且飽滿之毒囊，可提供較為多量的蛇毒。而大礁溪林場組 (DEF) 除了同時提供遮蔽用紅土盆與底層吸水墊料，隔絕了冰冷的不鏽鋼網籠與蛇類的接觸，本組部分蛇隻，如同其他組 (Others) 一般，亦為新進且未曾採取毒液之個體，因此，在新進蛇類在採取毒液量上的優勢之外，加上飼養條件亦較佳的狀況下，使得其間飼養的龜殼花體質狀況及單位乾燥蛇毒量與體質量之比值，亦高於其他組別，但目前尚無法明確的區別究竟是因為新進的蛇類，或是相對較佳的人工飼養環境及其所提供遮蔽物及墊料對於蛇類的體質狀況與蛇毒生產，產生較強烈的正向作用 (表四)。

| | | Shelter | No Shelter | Others |
|--------|------|---------|------------|--------|
| CDC-1 | BC | 1.30 | 1.23 | |
| | V/BC | 2.10 | 2.00 | — |
| | n | 20 | 18 | |
| CDC-2* | BC | 1.42 | 1.44 | 1.61 |
| | V/BC | 1.41 | 1.77 | 1.65 |
| | n | 17 | 20 | 17 |
| CDC-3 | BC | 1.34 | 1.29 | 1.43 |
| | V/BC | 1.42 | 1.39 | 2.02 |
| | n | 16 | 17 | 24 |
| DEF | BC | 1.67 | | |
| | V/BC | 2.50 | — | — |
| | n | 46 | | |
| Field | BC | | | 1.46 |
| | V/BC | — | — | 1.08 |
| | n | | | 23 |

表四：疾病管制局 (CDC-1~3)、大礁溪林場 (DEF) 不同飼養狀況下及田野捕獲 (Field) 龜殼花之平均體質量狀況 (BC)、蛇毒乾重與體質量狀況比值 (V/BC) 之比較表 (*：表示該所取得之蛇毒重量意外參雜其他組別之蛇毒重，因此文中不進行討論及比較)

討論與建議

研究推估結果，大礁溪林場一地雖然足以提供疾病管制局一年赤尾青竹絲進行馬匹免疫所需的蛇毒結晶量，但蛇毒結構具有地理變異 (Daltry et al., 1997)，單從一地取得的蛇毒是否會造成蛇毒毒蛋白結構的低變異性，仍有待進一步的研究驗證。另外，基於分散蛇毒來源的考量，未來亦建議於其他區域，試行小規模的此類研究，除了增加蛇毒來源的多樣性外，亦可降低對單一地點毒蛇族群的依賴

總體來看，體質量狀況 (Body Condition, BC) 較佳及新進未曾採集毒液的蛇，會有較佳的蛇毒採集狀況，但因本年度於宜蘭地區田野所採集的龜殼花，其出毒量並不如預期，可能與消化道中尚有未完全消化的食物 (34.78%；n=8)，亦即短期內剛進食完，飢餓狀況較低所致，赤尾青竹絲田野調查中的部分個體亦發現相同狀況。另外，捕捉過程中龜殼花噬咬捕蛇工具 (26.09%；n=6) 導致蛇毒耗損，亦是另一種可能性，未來可仿效印度依魯拉部落 (Irula Tribe) 的方式，將野外初捕獲的蛇留置一周左右，以提高毒蛇的飢餓狀態，增加毒囊的飽滿度，再進行蛇毒的採取 (Dharamarajan, 2007)。而寄生蟲的感染與受傷的個體，使得體質量狀況不佳，也可能導致龜殼花的出毒量偏低。

由於本年度規畫實驗之初，並未將新進與長期籠飼個體間的毒量差異，列入實驗設計的考量，未來或許可針對相同飼養條件下，新進與長期飼養的蛇進行採毒量的比較，以釐清究竟兩者之間是否有差

異？假設新進蛇類的產毒優勢為真，也可做為未來針對消防隊所捕獲的毒蛇，進行短暫留置後的毒蛇採毒工作之佐證，藉由此一方式的進行，也得以解決消防隊留置及處理毒蛇的困擾，並增加蛇毒之採取量，於採完蛇毒後，亦可將毒蛇進行野放，以維護資源循環利用的永續性

人為飼養狀況下，從疾病管制局內進行的相同狀況下，有無遮蔽物提供的實驗分組中，提供適當的遮蔽物以及鋪底墊料，可確知能有效提高圈養毒蛇之體質量狀況並增加蛇毒的生產，但與籠飼毒蛇死亡率是否能降低，則還看不出任何直接的關連。截至目前為止，由高至低之各飼養狀況分組的龜殼花死亡率分別為：疾病管制局內提供蛇類紅土盆遮蔽組 (Shelter) 20% (n=4)、大礁溪林場組 (DEF) 8% (n=4)，以及未提供遮蔽物組 (No Shelter) 的5.5% (n=4)。其中大礁溪林場組有三條蛇是死於剛移入的第一個月，可能與原有蛇類自身的體質狀況，加上環境的轉換，造成緊迫死亡有關，另一條初步推斷因攝食完畢後氣溫驟降，導致無法順利將食物消化，引起的消化道障礙有關，進一步是否還有其他的因素造成蛇類的死亡，但目前尚不足以論斷，仍有待未來進行死亡個體的病理解剖加以釐清。

總計本年度共採取赤尾青竹絲蛇毒1,613 mg乾燥後結晶404 mg，乾燥後之蛇毒結晶重量約為乾燥前之25.05%，除赤尾青竹絲因調查的時間僅幾個月的時間，尚不足以提供年度所需 (600 mg) 之外，但在後續的調查過程中，應該能順利的補足所需的乾燥蛇毒量。龜殼花新

鮮蛇毒總計88.49g 乾燥後結晶26.63 g，整體平均乾燥後之蛇毒結晶重量約為乾燥前之30.09%，相較於疾病管制局每年用於馬匹免疫所需要的龜殼花乾燥蛇毒量為16.6 g，本年度的研究過程中，業已採集了26.63g，並已足以應付年度血清製作所需且有餘。

參考文獻

1. 毛俊傑、王佑軒、黃襄德、吳旻俞。(2008)。大礁溪林場兩棲、爬蟲動物資源調查。國立宜蘭大學生物資源學報 4 (1) : 15-23。
2. 成都生物研究所、上海自然博物館、浙江省中醫研究所。(1979)。中國的毒蛇及蛇傷防治。上海科學技術出版社。889頁。
3. 李文傑、呂光洋。1996。台灣地區蛇類食性的初探。師大生物學報31: 119-124。
4. 林華慶、黃國峰、盧致華。1995。台灣幾種蛇類的食性記錄。野生動物保育彙報及通訊 3(2):19-21。
5. 趙爾宓。2006。中國蛇類。安徽科學技術出版社。
6. 廖明一、黃瑞禎、陳淑惠、繆伯齡、陳村光、張盛進。1990。台灣飯匙倩蛇毒類毒素之製備。行政院所屬各機關七十八年度研究發展綜合評獎獲獎報告輯要。
7. Daltry, J.C., W. Wuester, and R.S. Thorpe. 1997. The role of ecology in determining venom variation in the Malayan pitviper, *Calloselasma rhodostoma*. In Thorpe et al, (Eds) *Venomous Snakes, Ecology, Evolution and Snakebite*. pp. 155-171. The Zoological Society of London. Clarendon Press, Oxford.
8. Dharamarajan, S. 2007. Irula Tribe, Ecology and Business Innovation – A Case Study. IMK Conference on Global Competition & Competitiveness of Indian Corporate.
9. Gibbons, J.W., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann, T.D. Tuberville, B.S. Metts, J.L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy, and C.T. Winne. 2000. The reptiles, Déjà Vu amphibians. *Bioscience* 50(8):653-666.
10. Hattori, S. 1999. Development of box trap for Habu. In G.H. Rodda, Y. Sawai, D. Chiszar, and H. Tanaka (Eds). *Problem Snake Management-The Habu and the Brown Treesnake*. Cornell University Press. pp. 257-263.
11. Katsuren, S., C. Yoshida, and M. Nishimura. 1999. A ten-year trapping program to eradicate Habu (*Trimeresurus flavoviridis*) from Minnajima, a small island in the Okinawa islands, Japan. In G.H. Rodda, Y. Sawai, D. Chiszar, and H. Tanaka (Eds).

- Problem Snake Management-The Habu and the Brown Treesnake. Cornell University Press. pp. 340-347.
12. Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
 13. Mao, J.-J., G. Norval, C.-L. Hsu, W.-H. Chen, and R. Ger. 2010. Observations and Comments on the diet of the many-banded krait (*Bungarus multicinctus multicinctus*) in Taiwan. *IRCF Reptiles & Amphibians* 17(2):73-76. •
 14. Mao, S. H.. 1993. Common terrestrial venomous snakes of Taiwan. National Museum of Natural Special Publish. No.5.
 15. Reading, C.J., L.M. Luiselli, G.C. Akani, X. Bonnet, G. Amori, J.M. Ballouard, E. Filippi, G. Naulleau, D. Pearson, and L. Rugiero. 2010. Are snake populations in widespread decline? *Biology Letters* doi: 10.1098/rsbl.2010.0373.
 16. Schloegel, L.M., A.M. Picco, A.M. Kilpatrick, A.J. Davies, A.D. Hyatt, and P. Daszak. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Biological Conservation* 142:1420-1426.
 17. Seigel R.A., C. Sheil, and J.S. Doody. 1998. Changes in a population of an endangered rattlesnake *Sistrurus catenatus* following a severe flood. *Biological Conservation* 83(2):127-131.
 18. Willemse, G.T. 1978. Individual variation in snake venom. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61:553-557.
 19. Willemse, G.T., J. Hattingh, R.M. Karlsson, S. Levy, C. Parker. 1979. Changes in composition and protein concentration of puff adder (*Bitis arietans*) venom due to frequent milking. *Toxicon*, 17:37-42.