研究報告

惠蓀國家森林遊樂區兩棲爬蟲類初步資源調查

翁聖崴[1] 陳相伶[1*]

【摘要】生物資源的調查是增進我們對地區生物多樣性保育的基礎工作，有助於了解各物種族群的變動情形，提供經營管理的依據。本研究旨在調查南投縣仁愛鄉惠蓀國家森林遊樂區兩棲爬蟲類資源及複查20年前所記錄臺灣瀕臨絕種金絲蛇 (*Amphiesma miyajimae*) 的存在與否。本研究於108年7月至8月，在園區內設置4區穿越線，並藉由目視遇測法、鳴叫計數法、陷阱捕捉法及路殺調查法調查兩棲爬蟲類，以比較不同調查方法的成效及優缺點，以及不同陷阱類型與捕捉地點的兩棲爬蟲類捕捉效率是否不同。本次調查共記錄兩棲類4科9種 (301隻次)，爬蟲類10科14種 (34隻次)，總計335隻次兩棲爬蟲類，並未發現金絲蛇。調查方法以目視遇測法成效最好，其次爲鳴叫計數法。結果顯示不同陷阱類型的捕捉成效並無差異，惟本次陷阱捕獲之物種樣本數較少，仍需未來研究進一步查證。這些資訊將可以作爲園區未來調查研究與保育的參考依據。

【關鍵詞】森林遊樂區、目視遇測法、鳴叫計數法、陷阱捕捉法、路殺調查法。

Research paper

Preliminary survey on reptiles and amphibians in Hui-Sun Forest Recreation Area

Sheng-Wei Wong[1] Hsiang-Ling Chen[1*]

【**Abstract**】Survey of natural resources is fundamental for biodiversity conservation, and is critical for monitoring species population and distribution to inform effective management. In this study, we conducted a preliminary survey on reptiles and amphibians in Hui-Sun Forest Recreation Area, and checked the existence of *Amphiesma miyajimae*, an endangered species that was recorded 20 years ago in the recreation area. Amphibians and reptiles were surveyed from July to August of 2019 by transect survey (including visual encounter method and audio strip transects), funnel traps, and survey of road-killed animals at four transects. Efficiency of different survey methods was compared and Chi-square test was used to test whether capturing efficiency of amphibians and reptiles was affected by funnel trap types (including single-

1. 國立中興大學森林學系。
Department of Forestry, National Chung Hsing University.
* 通訊作者，40227台中市南區興大路145號。
Corresponding author. 145 Xingda Rd., South Dist., Taichung City 40227, Taiwan.
Email:hsiangling@dragon.nchu.edu.tw

ended funnel traps and double-ended funnel traps) and trap locations. We recorded 301 amphibians (4 family, 9 species) and 34 reptiles (10 family, 14 species). However, we did not find any sign of *Amphiesma miyajimae*. The most prominent survey method was visual encounter method, followed by audio strip transects. Trapping efficiency of single-end funnel traps and double-end funnel traps were not significantly different. Trapping locations did not affect trapping efficiency. Because the number of species caught by traps was low, the results may need further validation.

【**Key words**】forest recreation area; visual encounter method; audio strip transects; funnel traps capture; road-killed.

一、前言

生物資源提供人類生存所需要的物質，然而伴隨人類經濟建設的開發，棲地破壞造成生物多樣性的消失，許多物種甚至在人類尚未發現之前就已經滅絕 (Butchart et al. 2010; Dawson et al. 2011)。生物多樣性喪失連帶影響自然生態系功能的減少，例如氣候調節、食物生產、養分循環及授粉等，而這些問題最終會威脅著人類的生存權利及健康福祉 (Cardinale et al. 2012)。

生物資源調查爲增進了解地區生物多樣性的基礎工作。一個地區的生物資源田野基礎調查，可得知物種豐富度，以及物種分布的範圍，進而說明動物與棲地環境的關係，同時提供基礎知識，引導生態學和演化學理論的發展，增進生態學、生物地理學與保育生物學等領域的了解。雖然在時間及人力上的投入較高，但對於管理機關，掌握資源變化狀況，適時的調整資源的經營管理的方針與策略，像是對於瀕臨絕種的動物之保育規劃，與做爲區內環境解說及教育的參考應用素材，生物基礎調查均扮演其重要性 (毛俊傑 2014)；而長期的生物監測資料不僅有助於了解各物種族群的變動情形，更可進一步了解氣候或環境變遷對生物多樣性的影響，提供經營管理的依據。

森林遊樂園區設立的重要目的之一，是保護區域內擁有的自然風景、野生動植物，對於其中的生態系統維持以及生物多樣性保育，扮演重要角色。2018年惠蓀國家森林遊樂區遊客人數近16萬人次 (觀光局 2018)，人數多於其鄰近的森林遊樂區 (如八仙山國家森林遊樂區)，顯示其自然資源提供一定程度的休閒遊憩價值，然而，惠蓀園區長期缺乏兩棲爬蟲類動物的田野調查，因此區內的兩棲爬蟲類動物狀況及資料來源，除了少數局部地區的調查研究 (關永才 1999) 之外，整體的狀況與分布變化的趨勢所知有限。了解園區內生物的組成、數量、空間分布與棲地利用狀況，是後續相關研究、經營管理、解說教育的基礎。

本計畫旨在調查南投縣仁愛鄉惠蓀森林遊樂區內兩棲爬蟲類資源及複查20年前所記錄臺灣瀕臨絕種物種金絲蛇 (*Amphiesma miyajimae*) 存在與否，並比較園區內不同環境因子、相異調查方式在兩棲爬蟲類物種數量結果上是否存在差異性，主要研究目的爲：Ⅰ、製作惠蓀森林遊樂區初步兩棲爬蟲類物種名錄，II、分析不同調查方法對於兩棲爬蟲類調查結果的影響，及III、不同環境因子下，不同陷阱種類的捕捉效率是否有差異。

二、研究區域與方法

(一) 實驗地點：

惠蓀實驗林場 (以下簡稱惠蓀林場) 附屬於國立中興大學實驗林管理處，爲中興大學所屬四大林場之一，林場位於北緯24°2'-24°6'，東經120°59'-121°59'之間，行政區域屬於南投縣仁愛鄉，海拔自林場入口迎翠橋的450 m至守城大山的2,419 m，垂直高度差異近2,000

m，具備亞熱帶、暖帶、溫帶氣候等不同的氣候特色 (呂俊廷 2014)。惠蓀林場總面積達7,477 ha，園區內近八成的區域爲未開發的原始林，保留豐富的森林景觀及生物資源，提供生物棲息、休閒娛樂及研究等功能。

(二) 兩棲爬蟲類動物調查樣區的選定及調查方法

本次調查執行區域爲惠蓀森林遊樂園區內，考量時間及地點可及性問題 (排除無法進入調查的危險地形、坡度過大無法安全抵達的區域等)，範圍著重在森林的邊緣地帶，且爲調查兩棲爬蟲類物種的出沒狀況，主要利用惠蓀森林遊樂園區內道路及步道系統，以步行的方式進行沿線調查並收集相關資料。

而此次惠蓀林場兩棲爬蟲類資源調查方法分爲兩大類：1. 沿線調查及2. 陷阱捕捉。

1.沿線調查

參考農委會之兩棲類監測標準作業手冊 (國立東華大學 2009)，採穿越線調查爲主要資料收集的方式，同時進行路殺動物調查法 (dead on road 或 road-killed) 之記錄。穿越線調查一般多採目視遇測法 (visual encounter method)，指一特定時間內，以取徒步緩行的方式，走過一特定段落 (如穿越線) 的棲地，針對兩棲爬行動物可能出沒的地點，如森林底層、草叢、池塘、溝渠、斷崖流水與溪流等微棲地進行調查，並記錄沿線所目擊到動物的種類、隻數以及出現地點等項目，調查結束後沿相同路線返回時，若發現已記錄過的物種時，爲避免重覆計數則不再列入記錄，只記錄先前未發現的物種；路殺動物調查法則以調查人員利用步行的方式，沿調查路徑記錄所搜尋、發現之兩棲爬蟲動物的活體及其遺留痕跡 (如蛇蛻) 或屍體 (路殺動物記錄)，可藉由動物特殊的外部型態，如體型、顏色、斑紋及其他獨有特徵來作爲辨識物種的依據 (關永才等 2004)。

另外，針對兩棲類的鳴叫聲，以鳴叫計數法 (audio strip transects)，作爲兩棲類出沒及分布的輔助依據，利用蛙類在求偶季的鳴叫行爲，記錄在特定穿越線中兩側所聽到蛙類數量 (林德恩 私人通訊；關永才等 2004)，以瞭解該地區物種組成狀態、估算雄性成蛙相對數量，進而估計族群相對數量，唯本法受限於調查人員對鳴叫聲音之辨識、聽力與辨析數量的經驗及能力，加上各物種繁殖季節不同，且鳴叫的音頻與音量差異甚大等因素，在調查過程中會有較大的執行誤差，因此一般較爲適切的方式爲合併使用目視遇測及鳴叫聲辨識法 (visual and acoustic encounter surveys)(Rodel & Ernst 2004)。

本次目視遇測法與鳴叫計數法調查範圍爲惠蓀森林遊樂園區內咖啡樹區、研習中心、大岩壁及校友中心四處 (圖1)。考量目標調查物種金絲蛇喜歡潮溼的環境，以青蛙和蝌蚪爲主食 (杜銘章 2013)，以具有較充足兩棲類資源的大岩壁爲主要勘查地點。頻率爲上下午各目視調查一次，一天共計兩次；路殺調查則步行沿道路搜索，調查範圍包含投80鄉道 (自收費站至觀景臺)、關刀溪林道及小出山林道 (圖1)，調查次數自2019年7-8月共計六天，分區段針對森林遊樂區內進行資料收集。

2.陷阱捕捉

自2019年7-8月於森林遊樂區內架設穿越線並放置陷阱捕捉兩棲爬蟲類，由於主要目標物種爲金絲蛇，考量其偏好於山區潮濕環境、草本植物覆蓋度低的地表活動 (Heather et al. 2009)；此外，納入地點可及性因素，而將穿越線設置在惠蓀林場的原始林及次生林邊緣或是馬路周圍較爲潮濕的環境。本次調查穿越線地點總共有四處：咖啡樹區 (投80 9.5 k)、研習中心、校友會館跟涉水步道前大岩壁 (以下簡稱大岩壁)，穿越線在每處地點的長度均爲100 m (校友中心因爲環境因素僅設40 m)(圖1)。

陷阱種類方面，採用屬雙開式漏斗陷阱 (double-ended funnel traps) 的蝦籠 (內徑12.5 cm，長50 cm) 和屬單開式漏斗陷阱 (single-ended funnel traps) 的Animex (ANIMEX SNAKE TRAPS prototype，長30 cm，寬30 cm，深60 cm，內徑開口長25 cm，寬15 cm) 兩種陷

阱，數量上考量穿越線長度及地點周邊環境(如大岩壁由於放置處有水溝因此不適合設置Animex)，咖啡樹區 (投80 9.5k) 跟研習中心各別放置五個Animex與五個蝦籠，校友會館放置四個Animex，大岩壁放置五個蝦籠，共計使用15個蝦籠，14個Animex，共29個陷阱。陷阱巡查頻率爲早上及下午各1次，1天共計2次。自2019年7月起至8月中旬止，共執行了24日次，合計兩人次的分段園區內的沿線調查。其中目視調查法調查天數24天，共計20.5小時；針對兩棲類的鳴叫計數法，調查天數24天；陷阱捕捉調查天數23天；路殺調查法調查天數6天，共計13小時 (784分鐘)。

(三) 調查資料分析方法

爲比較調查方法中各陷阱樣點所調查到的物種結果，以物種相對豐富度 (relative abundance)，代表各選定樣區之間兩棲爬蟲類出沒的狀況，其計算方式如下：

$$\text{各樣點各物種相對豐富度} = \frac{\text{各物種捕獲個體數 (隻次)}}{\text{努力量代表 (陷阱數} \times \text{陷阱放置調查夜數)}}$$

此外，爲探討陷阱類型 (蝦籠及Animex) 在相異地點 (咖啡樹區及研習中心) 兩棲爬蟲類捕捉效率是否有差異，利用SPSS軟體進行卡方檢定 (the Chi-squared test)，且由於樣本數少於30，因此以費雪精確檢定Fisher's exact test 來判定之，若有顯著差異，再進一步分析樣本次數分配狀況，以了解差異所在。

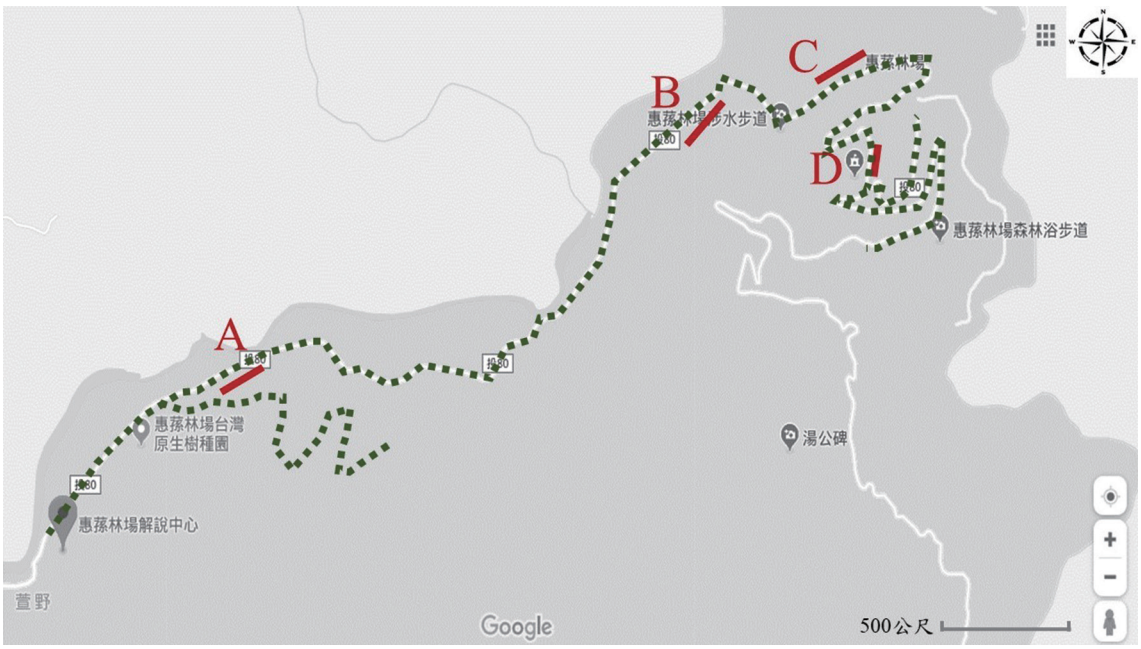

圖1. 穿越線、陷阱設置地點與路殺調查路線 (以紅色實線A、B、C及D部分表示，A爲咖啡樹區，B爲大岩壁，C研習中心，D爲校友會館。路殺調查路線以綠色虛線表示，底圖引用自google map)。

Figure 1. Locations of transects, trapping areas, and road kill survey (Red line represents transects and trapping areas: A- coffee tree, B- rock wall, C- Education Center, D- Alumni Hall; green line represents road kill survey route).

三、調查結果

(一) 惠蓀初步兩棲爬蟲類生物名錄

本次調查共記錄兩棲類4科9種 (301隻次)(表1)，爬蟲類10科13種 (34隻次)(表2)，總計335隻兩棲爬蟲類，以大岩壁地區涵蓋本次調查大多數的物種數及數量 (共計兩棲類9種298隻次，爬蟲類7種17隻次)。本研究並未發現金絲蛇的蹤跡或其遺留下來的痕跡 (如蛇蛻)。

兩棲類的調查，以目視遇測法記錄的物種數及調查到的資料筆數最多，囊括這次調查所有兩棲種類，共記錄了區內4科9種的兩棲類(表1)，分別爲周氏樹蛙 (*Buergeria choui*)、褐樹蛙 (*Buergeria robusta*)、面天樹蛙 (*Kurixalus idiootocus*)、艾氏樹蛙 (*Kurixalus eiffingeri*)、及布氏樹蛙 (*Polypedates braueri*)(以上屬於樹蛙科)，福建大頭蛙 (*Limnonectes fujianensis*)(叉舌蛙科)，拉都希氏赤蛙 (*Hylarana latouchii*)、斯文豪氏赤蛙 (*Odorrana swinhoana*)，盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)(蟾蜍科)，且以全島廣泛分布的拉都希氏赤蛙目擊記錄的次數最多，並在本次所有調查方法中均記錄到；鳴叫計數法的調查結果僅次於目視遇測法，記錄3科6種，以面天樹蛙資料筆數最多，也曾於該種類繁殖期間(8月份)，記錄過一筆釋放叫聲。

表1. 2019年惠蓀國家森林遊樂區兩棲類調查結果。
Table 1. Species list of amphibian survey in Hui Sun Forest Recreation Area, 2019.

科名	中名	特有性	目視 (隻次)	鳴叫 (隻次)	陷阱 (隻次)	路殺 (隻次)
樹蛙科	周氏樹蛙 *Buergeria choui*		29	15		
	褐樹蛙 *Buergeria robusta*	特有種	1			
	面天樹蛙 *Kurixalus idiootocus*	特有種	43	33		
	艾氏樹蛙 *Kurixalus eiffingeri*		6	1		
	布氏樹蛙 *Polypedates braueri*		11	21		
叉舌蛙科	福建大頭蛙 *Limnonectes fujianensis*		15	2	3	
赤蛙科	拉都希氏赤蛙 *Hylarana latouchii*		94	17	8	1
	斯文豪氏赤蛙 *Odorrana swinhoana*	特有種	1			
蟾蜍科	盤古蟾蜍 *Bufo bankorensis*	特有種	1			
	Total		201	89	11	1
	科數		4	3	2	1
	種數		9	6	2	1

爬蟲類的調查結果，同樣以目視遇測法爲所有爬蟲類動物調查項目中，記錄資料筆數最多的調查方式，共記錄9科13種共22隻次，而陷阱捕捉和路殺調查資料數則零星出沒，合計共記錄6科6種共12隻次 (表2)。惟本次調查多數種類數量並不豐富，在蛇類中僅青蛇 (*Cyclophiops major*)(黃頷蛇科)，盲蛇 (*Ramphotyphlops braminus*)(盲蛇科) 及雨傘節 (*Bungarus multicinctus*)(蝙蝠蛇科) 記錄次數較多；蜥蜴類以印度挺蜥 (*Sphenomorphus indicus*)(石龍子科) 筆數最多，而斯文豪氏攀蜥 (*Diploderma swinhonis*)(飛蜥科) 則是3種調查均有記錄之。

表2. 2019年惠蓀國家森林遊樂區爬蟲類調查結果。
Table 2. Species list of reptile survey in Hui Sun Forest Recreation Area, 2019.

科名	中名	特有性	保育等級	目視(隻次)	陷阱(隻次)	路殺(隻次)
黃頷蛇科	青蛇 *Cyclophiops major*			3		1
	過山刀 *Zaocys dhumnades*			1		
	黑眉錦蛇 *Orthriophis taeniurus friesi*	特有亞種	III	1		
	臭青母 *Elaphe carinata*			1		
	白梅花蛇 *Lycodon ruhstrati ruhstrati*			1		
遊蛇科	擬龜殼花 *Macropisthodon rudis rudis*			1		
盲蛇科	盲蛇 *Ramphotyphlops braminus*			3		
蝙蝠蛇科	雨傘節 *Bungarus multicinctus*			4	1	
蝮蛇科	龜殼花 *Trimeresurus mucrosquamatus*					1
鈍頭蛇科	泰雅鈍頭蛇 *Pareas atayal*	特有種		1		
石龍子科	印度挺蜥 *Sphenomorphus indicus*			3	5	
飛蜥科	斯文豪氏攀蜥 *Diploderma swinhonis*	特有種		1	1	1
壁虎科	鉛山壁虎 *Gekko japonicus*			1		
正蜥科	古氏草蜥 *Takydromus kuehnei*			1	2	
	Total			22	9	3
	科數			10	4	3
	種數			14	4	3

(二) 兩棲爬蟲類調查方法比較

在不同調查方法記錄之物種數及數量中，方法成效最好的爲目視遇測法，記錄兩棲類4科9種，爬蟲類9科13種，共計223隻次兩棲爬蟲類；其次爲鳴叫計數法，共計兩棲類3科6種，共89隻次；最後則爲陷阱捕捉法，共計捕捉兩棲類2科2種，爬蟲類4科4種，共20隻次兩棲爬蟲類，以及路殺調查法，記錄兩棲爬蟲類1科1種，爬蟲類3科3種，共計4隻次兩棲爬蟲類 (圖2及圖3)。

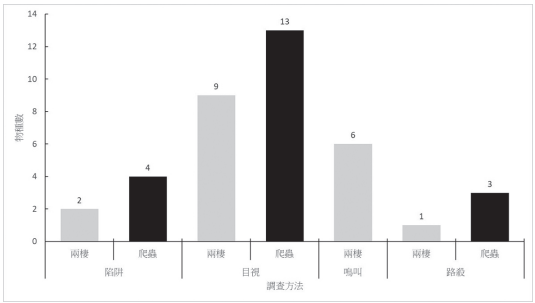

圖2. 不同調查方法記錄之兩棲爬蟲物種數 (調查天數：陷阱23天，目視24天，鳴叫24天，路殺6天)。

Figure 2. Number of species of amphibians and reptiles recoded by different survey methods (survey effort: traps-23 days, visual-24 days, audio-2 days, road kill-6 days).

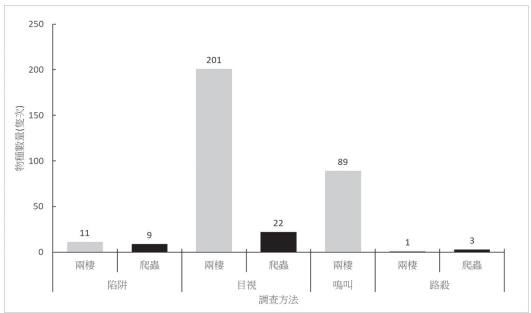

圖3. 不同調查方法記錄之兩棲爬蟲物種數量 (調查天數：陷阱23天，目視24天，鳴叫24天，路殺6天)。

Figure 3. Abundance of amphibians and reptiles recorded by different survey methods (survey effort: traps-23 days, visual-24 days, audio-2 days, road kill- 6 days).

兩棲類在離水源較近的大岩壁處物種相對豐富度較高，爬蟲類則是在咖啡樹區 (投80 9.5 k) 擁有較高的豐度，相對前者兩個地點，研習中心只捕捉到少數的兩棲類，而校友會館則在本次調查中沒有捕捉到任何一隻兩棲爬蟲類 (圖4)。

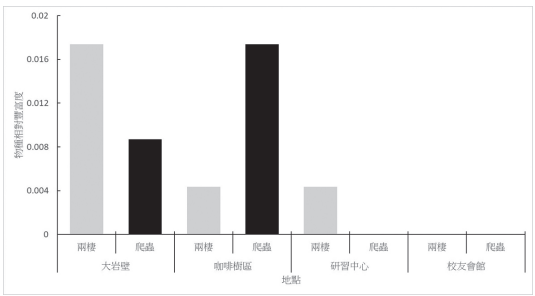

圖4. 陷阱捕捉法於不同地點物種相對豐富度。

Figure 4. Relative abundance recoded by trapping at four trapping areas.

(三) 環境、陷阱與物種間關聯性分析

兩棲和爬蟲類種類分布情況在咖啡樹區及研習中心無顯著差異 (χ_1^2=3.429，p=0.25)。咖啡樹區物種相對豐富度爲0.022 (共捕捉5隻兩棲爬蟲類及放置10個陷阱)，研習中心物種相對豐富度爲0.004 (共捕捉1隻兩棲爬蟲類及放置10個陷阱)。蝦籠物種相對豐富度爲0.026 (共捕捉六隻兩棲爬蟲類及放置10個蝦籠)；Animex物種相對豐富度爲0.009 (共捕捉2隻兩棲爬蟲類及放置10個陷阱)。結果顯示蝦籠及Animex在咖啡樹區及研習中心捕捉成效並無顯著差異 (χ_1^2=0.381，p=1)，對於兩棲和爬蟲類的捕捉成效亦無顯著差異 (χ_1^2=0.889，p=1)。

四、討論

(一) 惠蓀初步兩棲爬蟲類生物名錄探討

惠蓀林場森林遊樂園區長期缺乏兩棲爬蟲類田野調查，本研究結果能協助提供初步兩棲爬蟲類物種數及族群數量資料，記錄園區內臺灣兩棲爬蟲類特有種及保育類，作爲後續物種研究的參考依據。

根據過去惠蓀森林遊樂園區相關的文獻記錄整理 (關永才 1999；陳明義等 2001；關永才等 2003)，惠蓀關刀溪森林生態系共記錄過兩棲類4科13種 (含4種臺灣特有種及4種保育類)，爬蟲類7科25種 (5種臺灣特有種及12種保育類)(陳明義等 2001)，相較於本次調查的結果有相當的落差。

兩棲類本次調查新增周氏樹蛙，但過去文獻記錄到的莫氏樹蛙、梭德氏赤蛙、澤蛙、黑蒙西氏小雨蛙及巴氏小雨蛙 (關永才 1999；莊銘豐等 2003；關永才等 2004) 則未發現。推測可能與調查時間、蛙類繁殖季節、與生態習性有所關聯。本次調查爲期兩個月，相較於關永才 (1999) 近兩年的記錄觀察，物種完整性及豐富度仍需更長的時間監測；繁殖季節上有些物種較常在春夏出沒 (如褐樹蛙、面天樹蛙及布氏樹蛙等)，有些則是偏好秋冬活動 (如梭德氏赤蛙)，造成在調查記錄上有所區別。棲地選擇上，蛙類雖然屬於水陸兩棲的物種，但不同種類對於水的依賴程度不盡相同，且根據水域型態的不同，可以再分爲流水、靜水、陸棲及樹棲型 (楊懿如 2010；楊懿如&李鵬翔 2019)，生態棲位也會有所差異，如生態棲位較寬廣的布氏樹蛙在前人文獻及本次調查中均有記錄，而關永才 (1999) 所記錄一些棲地偏好爲靜水池與草地的黑蒙西氏小雨蛙及巴氏小雨蛙，及喜好棲息在樹林和草叢間的莫氏樹蛙，在本次以溝渠環境爲主的大岩壁調查中均未見蹤跡。本次調查在大岩壁地區所記錄的周氏樹蛙屬於水棲性蛙類，棲地類型爲流水型(含溪流及溝渠)，但於關永才 (1999) 關刀溪生態流域調查中未記錄此物種，推測原因可能爲調查地區高度差異影響，關永才 (1999) 實驗地在海拔1,200 m左右的關刀溪集水區，相較於本次調查地點在海拔600 m上下，對於棲息地多爲低海拔1,000 m以下的周氏樹蛙而言，棲息於關刀溪集水區流域機率較低。

爬蟲類本次調查種類結果與前人研究 (陳明義等 2001) 落差較大，但爬蟲類多生性隱蔽，不容易察覺，因此發現機率及數量遠低於兩棲類。本次調查在蛇類物種方面新增泰雅鈍頭蛇及黑眉錦蛇 (農委會陸域保育類野生動物名錄列爲3級保育類)，但未發現金絲蛇的足跡，距離上次惠蓀記錄到金絲蛇蹤跡已相隔多年 (劉良力 私人通訊)。目前金絲蛇族群較多的地方爲北橫沿線，記錄地區多集中在北部山區，中南部記錄相當少 (游崇瑋&汪仁傑 2007)，金絲蛇本身屬於稀少的蛇種，加上路殺嚴重及棲地需求特殊等三項因素，2008年保育名錄修訂時將其列名保育類野生動物名錄1級保育類 (毛俊傑 2014)。

(二) 各調查方法之間成效比較

近年陸續有研究指出兩棲類有全球性減少的趨勢，因此調查監測方法的發展及標準化成爲重要的議題，方法的標準化能有助於全球各地調查者及研究單位進行更有效率且準確的調查工作 (Barinaga 1990; Heyer et al. 1994)。兩棲爬蟲類動物調查方法繁多，在研究進行前宜依據各方法在成本、效益、人力及時間需求選擇最爲適切的方法 (Parris et al. 1999)。

本次比較不同調查方法在各類群與物種間的記錄結果，不論是物種數及數量上面，都以穿越線調查法中的目視遇測法成效最爲顯著，共計23種223隻次兩棲爬蟲類。過去有許多調查文獻指出，穿越線調查法爲調查兩棲爬蟲類資源時，最具有經濟效益及建議使用的方法，只要穿越線地點設置得宜，成效比其他方法更爲顯著 (Pearman et al. 1995; Garden et al. 2007; Sung et al. 2011; 徐敏益 2002)。多數地區兩棲類最爲活躍的時期爲溫暖的雨季，因此若在雨季時期進行短期的穿越線調查，能記錄到大多

數的物種 (Aichinger 1987)；然而，穿越線調查法同時易受到許多因素影響，如調查人員的專業能力，調查時的天氣、時間、季節等，因此需要輔助其他監測方法來彌補人爲所造成的誤差。

在兩棲類調查結果中，鳴叫計數法爲本次調查次佳的方法，共記錄6種89隻次兩棲類。鳴叫計數法利用求偶鳴叫行爲估計族群量，亦可分析兩棲繁殖行爲與天氣或棲地之間關連性(國立東華大學 2009)。關刀溪生態流域的斯文豪氏赤蛙族群數量月變化與水和氣溫有顯著的相關性 (關永才 1999)；若將本次目視遇測法與鳴叫計數法結果相比較，鳴叫計數法未記錄到一些鳴叫不明顯 (如拉都希氏赤蛙) 或非繁殖季的種類 (如盤古蟾蜍)，顯示此方法可能受限於各蛙類繁殖季節不同，及鳴叫時的音頻及音量差異，造成調查結果產生誤差，此外也有可能因族群性別比例差異及特定物種鳴叫的不同，影響族群估算結果 (Veith et al. 2004)，因此一般鳴叫計數法鮮少在兩棲監測調查中單獨使用，多與其他方法合併使用。

本次路殺調查成果比起其他調查方法並不顯著，僅記錄4種兩棲爬蟲類，推測原因爲路殺調查總體調查天數 (6天) 較短 (約爲其他調查方法天數的1/4) 所影響，因此實際成效仍有待後續研究進一步評估。Sillero (2019) 研究指出兩棲類爲脊椎動物中最容易遭受路殺的物種，對於族群數量有一定程度的影響，需要長期的監測與觀察；Kristina et al. (2019) 研究顯示，截至2018年3月爲止，在臺灣動物路死觀察網調查所記錄的496種物種數中，有近兩成 (96種) 物種屬於保育類動物，而其中最常觀察到的前三種保育類路殺物種數量，佔總體保育類路殺物種資料筆數的一半 (50%)，對於族群影響甚大，顯示路殺調查在物種保育及族群數量監控上 ，佔有重要地位。

另外陷阱法調查結果比起目視及鳴叫計數法，所記錄之物種數相對較少，兩棲類方面只有對於地面活動的蛙類 (如拉都希氏赤蛙) 有較佳的調查效果，但針對樹棲型蛙類 (如面天樹蛙) 及數量較稀少的蛙種，較難調查到 (關永才等 2004)；一般調查底棲蛙類 (赤蛙科、蟾蜍科) 多用掉落式陷阱 (pitfall traps) 居多 (國立東華大學 2009)，但本次調查結果顯示，漏斗式陷阱能調查到一定數量的赤蛙類。在爬蟲類方面，陷阱捕捉在蜥蜴類的成果並不亞於目視調查法；且雙開式陷阱捕捉成效 (涵蓋本次陷阱調查9成物種數量) 比起單開式陷阱更爲顯著。前人研究指出雙開式漏斗陷阱在捕捉較爲大型的兩棲爬蟲類動物上面，比起單開式更爲有效 (Greenberg et al. 1994)，而本次調查雙開式陷阱比起單開式，的確有捕捉到較爲大型的蛇類。另外有鑒於本次調查目的爲複查金絲蛇仍否存在，因此在陷阱選用上採捕捉大型有鱗目動物爲主的漏斗陷阱，如未來相關調查目標爲有尾目、無尾目及蜥蜴等小型動物，建議可採用掉落式陷阱 (Greenberg et al. 1994)。儘管本次陷阱法調查結果並非特別顯著，前人文獻指出陷阱捕捉法能有效協助穿越線調查法完成較爲全面性的物種記錄，爲較佳的輔助監測方法 (Sung et al. 2011)，由於陷阱捕捉法爲容易量化和標準化的調查方法，且受到人員野外能力偏差的影響較小，只要事先完成陷阱架設的工作，之後在調查期間每日檢視陷阱，採集並記錄陷阱中的物種和數量即可。

陷阱捕捉結合自動錄音的方法在兩棲類調查所得的種類，與穿越線目視遇測法所得的種類呈現顯著相關性 (Hsu et al. 2005; 關永才等 2004)，能被應用於地點較爲偏遠或可及性較低的地區來替代目視調查法，或許能作爲惠蓀林場未來相關調查的參考依據。

(三) 環境、陷阱與物種間關聯性結果討論

由於本次調查人員經驗不足，並未如期每天巡視各穿越線樣點，導致目視遇測及鳴叫計數法在各樣點調查次數差異懸殊，加上路殺調查執行天數較少，無法比較各調查方法在不同樣點表現程度差異性，僅能探討陷阱捕捉法中陷阱種類在不同環境因子下，是否有差異。

本研究顯示，陷阱種類捕捉成效不會因環境不同而有所差異，且陷阱種類捕捉效率不因物種而不同。但由於本次陷阱調查整體兩棲爬蟲類捕捉數量極少 (8筆) (一般相關分析研究樣本數需大於30筆)，在統計分析結果上較有可能形成樣本數太少造成有效檢驗出差異性，增加統計結果第二類型錯誤 (type II error) 發生的機率，造成實驗誤差，因此實際陷阱種類統計結果仍有待未來研究進一步查證。另外分析結果影響因子還包含本次調查使用的單開式陷阱Animex屬於測試產品，適用性較低 (如通風孔洞太大，不適合捕捉較爲小型兩棲爬蟲類動物；如果將通風孔貼上換氣膠布，箱內環境易悶熱導致兩棲爬蟲類可能較不願進入)，因此在兩棲爬蟲類捕捉效率表現上可較爲低落，需要後續陷阱改良與修正。

五、結論

本次調查共記錄兩棲類4科9種，其中包含4種臺灣特有種，分別爲褐樹蛙、面天樹蛙、斯文豪氏赤蛙及盤古蟾蜍；爬蟲類10科14種，記錄3種臺灣特有種或特有亞種，分別爲泰雅鈍頭蛇、斯文豪氏攀蜥及黑眉錦蛇，而黑眉錦蛇同時列爲3級保育類動物。本研究並未紀錄20多年前曾記錄過的一級保育類金絲蛇。調查方法比較上，都以目視遇測法成效最好。

本調查研究成果能有助於改善惠蓀園區長期缺乏兩棲爬蟲類動物的田野基礎調查的問題，並提供初步區內局部地區的兩棲爬蟲類物種數及族群數量資料。此外本研究調查方法以目視遇測法成效最佳，但考量其一些限制 (如調查天氣、季節、人員經驗等)，建議未來兩棲爬蟲類調查可以適時結合陷阱捕捉法來完成各地點較爲全面性的物種記錄。這些資訊將可以作爲惠蓀園區未來研究與保育的參考依據，針對園區內兩棲爬蟲動物族群，進行相關延伸研究及持續性的特定保育物種 (如黑眉錦蛇) 族群變化監測。

六、致謝

本研究感謝國立中興大學實驗林管理處提供計畫經費 (計畫編號：1081011A-04) 與行政協助，特有生物研究保育中心與國立中興大學昆蟲學系林暐倫協助本研究團隊進行現場調查，在此一併致謝。

七、引用文獻

Aichinger M (1987) Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. Oecologia 71: 583-592.

Barinaga M (1990) Where have all the froggies gone? Science 247: 1033-1034.

Butchart SHM, Matt W, Ben C, Acro VS, Jorn PWS (2010) Global biodiversity: indicators of recent declines. Science 328: 1164-1168.

Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, Hooper D U, Perrings C, Venail P, Naeem S (2012) Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature 486(7401): 59-67.

Dawson TP, Jackson ST, House JI, Prentice IC, Mace GM (2011) Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. Science 332(6025): 53-58.

Garden J, McAlpine C, Jones D, Possingham H (2007) Using multiple survey methods to detect terrestrial reptiles and mammals: What are the most successful and cost efficient combinations? Wildlife research 34 (3): 218-227.

Greenberg CH, Neary DG, Harris LD (1994) A comparison of herpetofaunal sampling effectivencess of pitfall, single-ended, and double-ended funnel traps used with drift fences. Journal of Herpetology 28(3): 319-324.

Heyer WR, Mcdiarmid RW, Donnelly M, Hayek L (1994) Measuring and monitoring biological diversity-Standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.

Hsu MY, Kam YC, Gary MF (2005) Effectiveness of amphibian monitoring techniques in a Taiwanese subtropical forest. herpetological journal 17: 73-79

Heather L, Howard L, Deborah M (2009) Abundance and species richness of snakes along the Middle Rio Grande riparian. Herpetological Conservation and Biology 4(1): 1-8.

Kristina C, Lin TE, Chen YK, Chen CY, Fitzgerald LA (2019) The magnitude of roadkill in Taiwan: Patterns and consequences revealed by citizen science. Biological Conservation 237: 317-326.

Parris MK, Norton WT, Cunningham BR (1999) A comparison of techniques for sampling amphibians in the forests of south-east Queensland, Australia. Herpetologica 55(2): 271-283.

Pearman PB, Velasco AM, Lopez A (1995) Tropical amphibian monitoring: A comparison of methods for detecting inter-site variation in species composition. Herpetologica 51(3): 325-337.

Rodel MO, Ernst R (2004) Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. I. An evaluation of methods with recommendations for standardization. Ecotropica 10: 1-14.

Sung YH, Karraker NE, Hau BCH (2011) Evaluation of the effectiveness of three survey methods for sampling terrestrial herpetofauna in south China. Herpetological Conservation and Biology 6 (3): 479-489.

Sillero N, Poboljšaj K, Lešnik A, Šalamun A (2019) Influence of Landscape Factors on Amphibian Roadkills at the National Level. Diversity 11(1): 13.

Veith M, Lotters S, Andreone F, Rodel MO (2004) Measuring and monitoring amphibian diversity in tropical forests. II. Estimation species richness from standardized transect censing. Ecotropica 10: 85-99.

毛俊傑 (2014) 陽明山國家公園兩棲類及爬蟲類生態資源調查。陽明山國家公園管理處委託辦理報告。

行政院交通部觀光局(2018)國內主要觀光遊憩據點遊客人數月別統計。取自https://admin.taiwan.net.tw/FileUploadCategoryListC003330.aspx?CategoryID=2638da16-f46c-429c-81f9-3687523da8eb&appname=FileUploadCategoryListC003330

杜銘章 (2013) 蛇類大驚奇。遠流出版事業股份有限公司。

呂俊廷 (2014) 由惠蓀林場百年經營歷史探討地景之變遷 (1916-2012)。國立中興大學森林學研究所碩士論文。

徐敏益 (2002) 蓮華池地區蛙類聲音群聚之研究兼論兩生類三種監測方法的比較。國立彰化師範大學生物學研究所碩士論文。

陳明義、許博行、吳聲海 (2001) 關刀溪森林生態系。興大農學院管理處。

國立東華大學 (2009) 兩棲類標準監測手冊。行政院農業委員會林務局。

莊銘豐、徐敏益、關永才、巫奇勳、陳鴻銓、邱嘉德 (2003) 臺灣中部地區生物資源調查及研究之五兩棲爬蟲動物。臺灣生物資源調查與研究研討會論文集，89-105頁。

游崇瑋、汪仁傑 (2007) 北橫公路沿線兩棲爬蟲類資源初探。自然保育季刊 59：38-47。

楊懿如 (2010) 臺灣蛙類的分布及棲地利用。臺灣博物季刊 29(3)：47-48。

楊懿如、李鵬翔 (2019) 臺灣蛙類與蝌蚪圖鑑。貓頭鷹出版社。

關永才 (1999) 關刀溪森林生態系兩棲動物群聚之研究。林業研究季刊21(2)：33-40。

關永才、巫奇勳、徐敏益、林逸賢、莊銘豐 (2004) 兩棲爬行動物資源調查方法及技術。整合性生物資源調查人力培訓研習會講義。楊正澤、郭雅惠主編。