

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚 為例）監測計畫

A population monitoring program of hynobiid
salamanders for detecting climatic changes in
alpine national park

受委託者：國立臺灣師範大學

計畫主持人：呂光洋

協同主持人：

計畫助理：賴俊祥

玉山國家公園管理處

中華民國 97 年 12 月

該研究報告非本處立場、僅供參考

目次

表次	
圖次	
摘要	
第一章 緒論	1
第一節 緣起與目的	1
第二節 文獻回顧	2
第二章 材料與方法	5
第一節 玉山步道沿線山椒魚分布調查	5
第二節 國家公園保育人員山椒魚監測研習	5
第三節 雪霸園區山椒魚分布調查	6
第三章 結果與討論	7
第一節 玉山步道沿線山椒魚分布調查	7
第二節 國家公園保育人員山椒魚監測研習	9
第三節 雪霸園區山椒魚分布調查	13
第四節 山椒魚長期監測規劃	17
第四章 結論與建議	21
第一節 結論	21
第二節 建議	21
附錄一 研習班講義：認識山椒魚	23
附錄二 研習班講義：台灣有尾兩棲類研究之回顧	29
附錄三 研習班講義：山椒魚監測的技術	31
附錄四 研習班講義：全球環境變遷與生物多樣性	39
附錄五 研習學員及工作人員名冊	41

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

附錄六 評審意見、審查意見及辦理情形	43
參考書目	45

表次

表 2-1 國家公園保育人員山椒魚監測研習班報名表	6
表 3-1 玉山主峰登山步道沿線山椒魚調查結果表	7
表 3-2 國家公園保育人員山椒魚監測研習班議程	9

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

圖次

圖 3-1 初步調查玉山主峰登山步道沿線山椒魚分布地點圖。	8
圖 3-2 全體講師及學員合照	10
圖 3-3 主辦人呂光洋教授致詞	11
圖 3-4 玉管處呂秘書志廣致詞	11
圖 3-5 呂光洋教授講授認識山椒魚及學員們聆聽中	12
圖 3-6 示範山椒魚之標記及測量	12
圖 3-7 學員們野外實作之情形，此為學員找到山椒魚並且拍照紀錄之情形。	14
圖 3-8 學員們翻找到的山椒魚個體的照片	14
圖 3-9 雪霸國家公園已知的山椒魚分布地點圖。	15
圖 3-10 本計畫於雪霸國家公園大鹿林道東線調查情形	16
圖 3-11 本計畫於雪霸國家公園檜山神木步道溪流調查情形	16
圖 3-12 本計畫於雪霸國家公園檜山神木步道溪流調查到的觀霧山椒魚。	17

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

摘 要

關鍵詞：山椒魚、長期監測、研習班、氣候暖化

一、緣起

全球環境之變遷(global change)是目前世界各國都非常重視的的議題,尤其是氣候的暖化對物種及生態系的影響更是受到極大的關注。政府一直以來非常重視氣候暖化的問題,然相關研究及監測工作仍然缺少。由於低緯度高海拔的動植物是最適合當作氣候暖化對生態系種種變化的指標。在臺灣的動物中山椒魚是最適合當作指標的動物,山椒魚絕大部份都僅分布在國家公園的範圍,故有必要進行長期監測。而長期監測不能僅夠學術單位在進行,宜推廣使更多保育志工來進行大範圍且長期的監測,因此需辦理研習班。

二、方法及過程

首先對玉山步道沿線山椒魚分布進行調查包括塔塔加(大鐵杉至登山口)、石山服務區、排雲山莊、圓峰山屋、神木林道。調查的時間分別在五月下旬及九月上旬。本部分主要在評估適合長期監測的地點,並為研習班的野外課程地點進行規劃。

第二部分為監測研習班。首先安排課程,並連絡食宿事宜,並且開始報名及室內外研習活動。

三、重要發現

經過評估,玉山步道沿線山椒魚密度最高為圓峰山屋,其次為神木林道。這兩個地點皆是適合長期監測。而後者選定為監測研習之地點。

第二部分為監測研習班。課程安排有認識山椒魚、研究歷史及現況、全球暖化對生物的影響、山椒魚監測技術及野外實作等。研習班於 97 年 11 月 10 日至 11 日假鹿林山莊舉行,三個高山型國家公園的保育工作相關人員約有 30 人參加。

四、主要建議事項

立即可行之建議

建議未來山椒魚長期監測的地點可選擇在圓峰山屋及神木林道。山椒魚因為對微棲地環境需求嚴謹，因此應詳加紀錄各監測地點的微氣候變化。各高山型國家公園的保育志工，可立即於日常執勤的路線上尋找山椒魚，再將相關訊息告知國家公園保育課及研究單位。研究單位提供長期監測上之建議，並由國家公園研究單位參與執行。

中長期建議

經過研習班教授監測方法後，未來山椒魚長期監測可先由學術單位先期監測，然後逐漸將技術轉移給國家公園保育相關人員，直到國家公園保育相關人員能夠完全接手為止。其後學術機構負責訊息之統整及意見交流。如何整合志工人力參與保育課執行的相關業務，應由管理處好好規劃及整合。

英文摘要

Global changes are international concern topics, especially the impacts of global warming on organisms and ecosystems. The government of Taiwan has paid much attention to the climatic changes, but the relevant researches and monitoring programs still wanted. Because alpine animals and plants in low latitudes are excellent indicator species to climatic changes. In this project we select hynobiid salamanders as the indicator animal for long-term monitoring, they distributed only in the range of alpine national park of Taiwan. A sophisticated monitoring program can't be done only by academic institutes, so we hope to train more volunteers to involve in the related monitoring programs.

First, we survey the locations where salamanders distributing around Yushan areas. Then we hold the salamander monitoring workshop. After the preliminary survey, Yuanfeng and Shenmu Trail were the two localities with higher salamander density. These two localities both are suitable for long-term monitoring. The latter was chosen as the field survey site of the workshop. The workshop was held on 10 - 11 of November of 2008 at Lulin Villa. The courses included "Introduction to hynobiid salamander", "Study history and current status of hynobiid salamander", "Global warming and its impacts on biodiversity", "Standard technique for monitoring salamanders", and "Field survey". Attendants are conservation personnel from three alpine national parks.

We suggest that salamander populations of Yuanfeng and Shenmu Trail are good localities for a pioneer long-term monitoring. More volunteers should involve in this program.

Key Words: Hynobiid salamander; Long-term monitoring; Workshop; Global warming;

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

第一章 緒論

第一節 緣起與目的

一、緣起

全球環境之變遷(global change)是目前世界各國都非常重視的議題，尤其是氣候的暖化對物種及生態系的影響更是受到極大的關注。過去十年來在重的科學期刊，如 Science 及 Nature 都有相當的報告在探討這些議題。資料顯示在過去不到 100 年的時間全球平均的溫度至少上升 0.6℃，在歐洲很多地區已顯示出亞熱帶及溫帶的植物有向高緯度及高海拔擴散的現象，植物的物候學資料指出不少植物的開花期提前，不少高山植物發生地區性的滅絕。在動物方面如鳥類及蝴蝶的遷移發生改變，有些蝴蝶的分布向北擴散，兩棲類的繁殖季節提前，蝌蚪的發育受到衝擊。這些資料都是相關科學家長期收集資料比對及監測才獲得答案。

我國雖非 UN 及 IUCN 的會員，但政府的自然保育及種種環保的政策仍然是遵循國際的規範，因此也非常重視氣候暖化的問題，然相關研究及監測工作仍然缺少。科學家指出，在低緯度高海拔的動植物是最適合當作氣候暖化對生態系種種衝擊的指標，臺灣就有這樣優厚的條件。在植物中的龍膽及山椒魚就最合進行監測的生物。在臺灣已知的五種山椒魚中絕大部份都僅分布在國家公園高海拔的範圍，如阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis*)(玉山)、臺灣山椒魚(*H. formosanus*)(太魯閣 雪霸)、楚南氏山椒魚(*H. sonani*)(太魯閣)、觀霧山椒魚(*H. fuca*)(雪霸)及南湖山椒魚(*H. glacialis*)(太魯閣)。在玉山國家公園內，登玉山的步道沿線有幾個地點有相對穩定的山椒魚族群，故很適合進行氣候暖化對山椒魚族群變動的長期監測研究。

二、計劃目標

1. 調查玉山登山步道沿線的山椒魚族群
2. 長期監測這些山椒族群的變動以瞭解與長期氣溫變化之相關性。
3. 訓練高山型國家公園的保育人員如何進行野外山椒魚的調查和監測的技

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

術，以便日後可進行長期的監測工作。

4. 對山椒魚的生態進行更深入的研究，以做為日後保育的依據。

第二節 文獻回顧

我們搜集了有關各高山型國家公園山椒魚研究的相關文獻資料。首先是玉山國家公園，葉明欽(1991)執行山椒魚研究計畫¹，當時在玉山地區(新中橫公路嘉玉段)選擇了鹿林山、塔塔加及石山、神木林道等四個樣點²，調查此地的族群變動。在 11 個月的調查期間(1990 年 6 月至 1991 年 4 月)的調查資料中，石山樣區 9 隻次、鹿林樣區 14 隻次、塔塔加 19 隻次及神木林道 7 隻次。這幾個樣區的山椒魚數量皆相當少。

至於阿里山山椒魚在其他地區的研究，近年來本實驗室在阿里山進行了四年的研究^{3,4,5}。此研究的主題是瞭解阿里山山椒魚的族群變動，同時分析其微棲地偏好並且進行復育試驗。此研究的結果顯示阿里山地區的山椒魚族群量相當穩定，對微棲地的偏好非常明顯，同時其地表活動會受到溫度、濕度及雨量的影響。再者，研究人員也嚐試重建山椒魚的棲地，初步達到預設的復育目標。

從這些文獻中我們認為要對玉山步道沿線進行山椒魚的監測，首先需要找到合適的地點，特別是族群數量較高且穩定者。因此兩次的勘察行程對新中橫公路上的樣點作初步的評估。再者，因為山椒魚對微棲地的需求嚴謹，故必需詳實紀錄微氣候的變化，以瞭解全球暖化如何對微氣候造成改變。綜

¹葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。

²葉明欽、呂光洋、賴俊祥，1994，阿里山及玉山國家公園台灣山椒魚族群生態研究。師大生物學報 29(2): 79-87。

³呂光洋、賴俊祥、梁高賓、張俊文，2004，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(二)。行政院農業委員會保育研究系列 92-12 號。50 頁。

⁴呂光洋、賴俊祥，2005，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(3/4)-就地復育試驗。行政院農業委員會保育研究系列 93-13 號。48 頁。

⁵呂光洋、賴俊祥，2006，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(4/4)-就地復育試驗(二)。行政院農業委員會保育研究系列 94-16 號。51 頁。

觀本實驗室先前的研究,唯一缺少的是在海拔 3000 公尺以上的地區進行監測。在海拔 3000 公尺以上高山草原中的山椒魚族群是否族群的變動及特性與 2000 公尺左右者相同呢?這是未來值得探究的問題。

太魯閣國家公園山椒魚的調查,最初開始於國家公園成立之前,當時亦由本實驗室對園區的動物景觀資源進行評估⁶。調查結果在現今園區的合歡山、奇萊連峰、畢祿山、大禹嶺、南湖大山及中央尖溪等地海拔 2300 公尺以上的部份地區均有其分布。並且在大禹嶺附近首次發現其蝌蚪。爾後於 1989 年⁷,仔細針對大合歡山地區的山椒魚進行調查,當時調查的範圍包括主峰、黑水塘、成功堡至奇萊北峰。調查結果顯示,不論是原始針葉林及高山草原的環境都有山椒魚棲息。山椒魚在此區分布的海拔最低為 2100 公尺。報告中詳細分析其利用的遮蔽物的大小、底質、與體型的相關性,並且探討其禦敵行為。報告中亦提及太魯閣園區的山椒魚體色型變異相當大,可能因不連續小族群分布所造成基因漂變(genetic drift)而形成。後來則進一步確認在太魯閣園區中的山椒魚應有楚南氏山椒魚、台灣山椒魚及南湖山椒魚等三個種類⁸。

雪霸園區及鄰近地區的兩生爬行動物調查資料中,在最初較為全面性的調查中⁹,當時在大霸尖山的霸南營地的溪床水源中就發現到 6 隻山椒魚。而呂光洋等(1989)¹⁰亦提及此地發現的 6 隻山椒魚,這 6 隻山椒魚的體色型為全黑具有白點,趾式為 4444,當時認為是山椒魚的幼體,推測有可能是觀霧山椒魚。雪霸國家公園成立之初,曾委託新竹市野鳥學會¹¹對觀霧地區步道進行動物調查,當時記錄到山椒魚的地點有樂山林道 3.5K 處及大鹿林道東線

⁶呂光洋、呂紹瑜、莊國碩,1983,太魯閣國家公園動物生態景觀資源之調查,內政部營建署國家公園組,47 頁。

⁷呂光洋、張巍薩、林政彥,1989,太魯閣國家公園大合歡山地區山椒魚調查,內政部營建署太魯閣國家公園,38 頁。

⁸ LAI JS, LUE KY. 2008. TWO NEW *HYNOBIUS* (URODELA: HYNOBIIIDAE) SALAMANDERS FROM TAIWAN. *HERPETOLOGICA* 64(1): 63-80.

⁹林曜松,1989,雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究,內政部營建署委託中華民國自然生態保育協會調查。

¹⁰呂光洋、張巍薩、林政彥,1989,太魯閣國家公園大合歡山地區山椒魚調查,內政部營建署太魯閣國家公園,38 頁。

¹¹郭承裕、魏美莉、張永仁、許慶文、姜博仁、林玉漳,1994,雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀之調查研究-動物資源部份,雪霸國家公園管理處,87 頁。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

東支線沿途的水源。爾後對武陵地區登山步道沿線進行動物調查時¹²，列出的兩生爬行動物名錄中並未見到山椒魚。此後，本實驗室曾對雪霸三個主要的遊憩區(觀霧、武陵及雪見)進行過兩棲爬行動物的調查，對山椒魚的分布有更詳細的描述。其中在觀霧地區¹³分別於樂山林道 5K 處、神木步道、大鹿林道東線東支線 10K 工寮水源及霸南山屋水源等 4 個地點發現，皆為觀霧山椒魚。而霸南山屋是本種已知分布點中海拔最高者(約 3100 公尺)。武陵地區¹⁴僅在雪山翠池旁曾發現南湖山椒魚。而雪見地區¹⁵則未發現任何的山椒魚。雪霸國家公園山椒魚分布的詳細情形有待人員參調查及收集。

¹²袁孝維, 1995, 武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查研究, 雪霸國家公園管理處, 62 頁。

¹³呂光洋、賴俊祥、莊鎮碩、李文傑, 2000, 觀霧地區兩棲爬行類動物調查, 雪霸國家公園管理處, 25 頁。

¹⁴呂光洋、賴俊祥、梁高賓、連志台, 2002, 雪霸國家公園兩生爬蟲類調查研究-武陵地區, 雪霸國家公園管理處, 26 頁。

¹⁵呂光洋、賴俊祥、連志台、張俊文, 2003, 雪霸國家公園兩生爬行類調查研究—雪見地區, 雪霸國家公園管理處, 35 頁。

第二章 材料與方法

第一節 玉山步道沿線山椒魚分布調查

一、調查地點

沿著玉山排雲線登山步道為調查主線，具體的調查地點包括塔塔加(大鐵杉至登山口)、石山服務區、排雲山莊、圓峰山屋、神木林道、自忠步道(特富野步道)等。原先預定至玉山南峰水源進行調查，因受颱風封山的影響，未能成行。

二、調查方法

在這些調查地點以徒手翻找的方式，翻找調查地點中山椒魚所有可能躲藏的地表遮蔽物。尋獲山椒魚後，紀錄其微棲地、個體形值並拍照其形態體色，然後再釋放回原地。調查同時持衛星定位儀(GPS)測量調查點的面積，依此面積資料來計算各調查點中山椒魚的密度。

三、調查時程

計畫開始至今我們按照預定進度分別赴野外進行調查，這兩次調查的日期分別為五月下旬及九月上旬。(本計畫在八月中旬核定)

第二節 國家公園保育人員山椒魚監測研習

一、課程安排

與玉管處溝通協調研習班之研習相關事宜並赴塔塔加遊客中心及鹿林山莊瞭解研習場所，同時編寫研習講義。在分布調查點評估適合山椒魚棲息環境以決定進行日後野外示範研習之場所。依據前項評估的密度資料，確定研習地點的可及性。

二、報名及食宿安排

表 2-1、國家公園保育人員山椒魚監測研習班報名表

單位		職稱	
姓名		性別	
連絡電話		素食	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
E-mail			

發文並寄送報名表(表 2-1)予相關單位。以傳真或 E-mail 的方式進行報名。玉管處、雪管處及太管處皆安排各級保育相關人員及志工報名參加，各管理處並給予報名人員在交通費上的資助。主辦單位再依報名人數安排食宿事宜。

第三節 雪霸園區山椒魚分布調查

一、方法

依據文獻、本實驗室往年的調查資料及林務局委託計畫來獲得初步的資料。(國家公園需有長期計畫去收集資料)

二、調查方法

在這些調查點以徒手翻找的方式，翻找調查地點中山椒魚所有可能躲藏的地表遮蔽物。尋獲山椒魚後，紀錄其微棲地、個體形值並拍照其形態體色，然後再釋放回原地。調查同時持衛星定位儀(GPS)定位。

第三章 結果與討論

第一節 玉山步道沿線山椒魚分布調查

一、調查地點

沿著玉山排雲線登山步道為調查主線，具體的調查地點包括塔塔加(大鐵杉至登山口)、石山服務區、排雲山莊、圓峰山屋、神木林道、自忠步道(特富野步道)等。原先預定至玉山南峰水源進行調查，然因受颱風封山的影響，未能成行。經過五月及九月的野外探勘，在葉(1991)的樣區¹⁶中，發現有山椒魚棲息之地點如圖 3-1。這些地點為自忠、神木林道、塔塔加，而石山服務區及鹿林山未發現。而在玉山連峰地區，排雲山莊未發現，而在圓峰山屋水源發現，玉山南峰水源則因為颱風而無法前往。

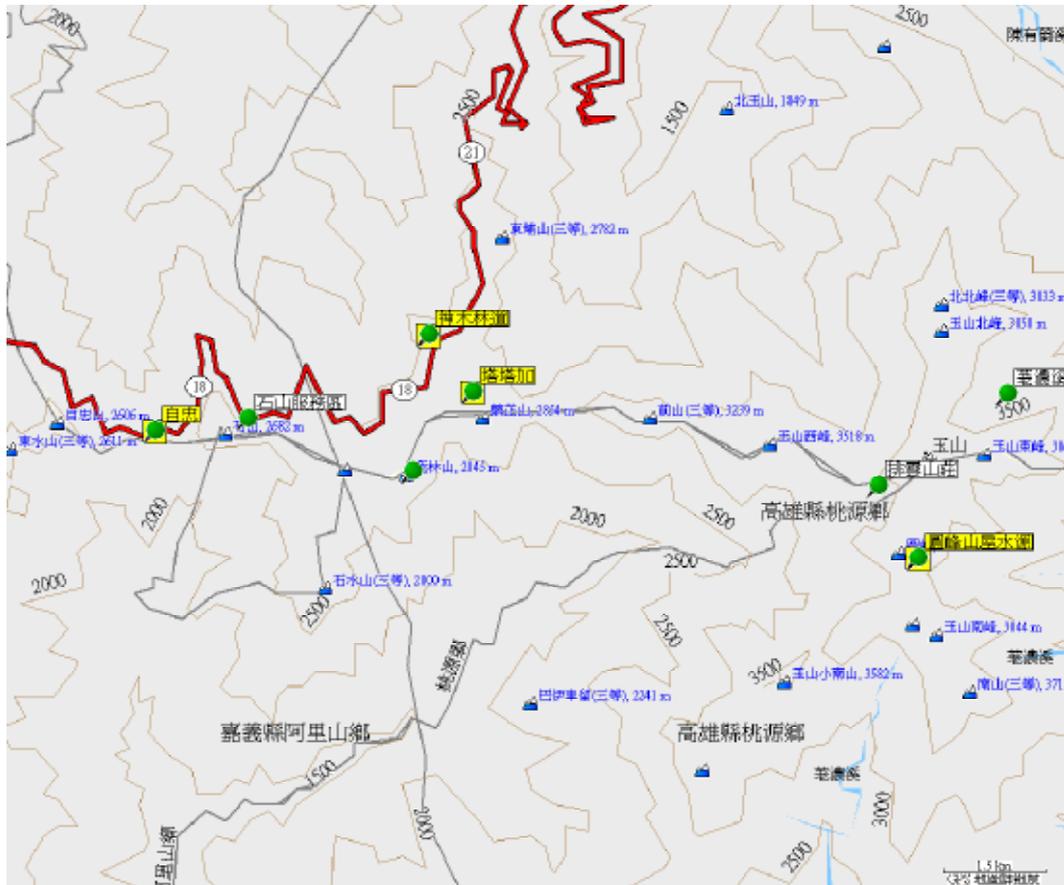
各地點的調查面積及發現山椒魚數量及估算的山椒魚族群密度如表 3-1。密度最高為圓峰山屋達 1.71 隻/1000 m²，自忠及神木林道的密度亦在 1.6 隻/1000 m² 左右。

表 3-1、玉山主峰登山步道沿線山椒魚調查結果表。

地點	海拔	調查面積 (m ²)	發現數量		密度 (隻/1000 m ²)
			五月	九月	
自忠步道	2300	7543	0	12	1.59
石山服務區	2500	840	0	0	0
鹿林山	2620	1300	0	0	0
神木林道	2580	1869	3	3	1.61
塔塔加	2730	7134	3	0	0.42
排雲山莊	3410	2120	0	0	0
圓峰山屋	3650	10530	18	封山	1.71

¹⁶葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。

圖 3-1、初步調查玉山主峰登山步道沿線山椒魚分布地點圖。發現山椒魚的地點以黃底表示。



*此分布圖請不要流傳。

由於為了瞭解族群變動需要進行標記再捕捉，而標記的回收率要達到30%以上才可得到較為可信的估計值¹⁷，當族群密度較高時，較容易達成此要求。依據表 3-1 的密度資料，加以地點的海拔代表性，初步評估未來進行長期監測的地點為 3000 公尺以上的圓峰山屋、2500 公尺的神木林道及塔塔加地區。

¹⁷賴俊祥、呂光洋，2007，阿里山地區阿里山山椒魚的分布與族群監測，BioFormosa 42(2): 105-117。

表 3-2、國家公園保育人員山椒魚監測研習班議程

日期	主題	講者
11月10日 14:50~15:20	報到	
11月10日 15:20~15:30	主席及貴賓致詞	
11月10日 15:30~16:30	認識山椒魚	呂光洋
11月10日 16:30~17:30	臺灣的山椒魚研究歷史與現況	賴俊祥
11月10日 17:30~18:30	晚餐	
11月10日 19:00~21:00	全球暖化對生態系的影響	呂光洋
11月10日 21:00~22:00	準備就寢	
11月10日 22:00~	熄燈	
11月11日 06:00	起床	
11月11日 07:00~08:00	早餐	
11月11日 08:00~09:00	山椒魚監測的技術	賴俊祥
11月11日 09:00~12:00	野外實習	呂光洋 賴俊祥
11月11日 12:00~13:00	午餐	
11月11日 13:00~15:00	綜合討論： 1.三個高山型國家公園那裏有山椒魚？ 2.三個高山型國家公園日後如何監測？	呂光洋

對於玉山北峰測候所的長期氣溫資料與山椒魚族群變動的比對，因本計畫尚未開始對此地之族群進行監測，無法進行比對。未來若開始監測，則可藉由標放再捕捉法對族群的密度值進行估算。而氣候資料來自於北峰測候所並且加上自行於監測地所置放之氣候記錄器。得到的密度變動與溫濕度及照度數值可進行相關分析，以瞭解氣候變動對山椒魚族群密度的影響。國家公園應該收集及提供相關地點之氣候資料。

第二節 國家公園保育人員山椒魚監測研習

一、研習時間及課程編排

經評估氣候及參加人員的方便性後，擇定於 97 年 11 月 10 日至 11 日假

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

圖 3-2、全體講師及學員合照。



鹿林山莊舉行。為使學員全面瞭解氣候暖化的長期監測工作，除安排有認識山椒魚的相關課程外，亦介紹全球暖化會對生物多樣性產生何種可能的影響示範山椒魚的監測技術，搭配野外實作，藉由研究人員的指導，讓學員知道在何種環境中可以發現山椒魚。最後進行綜合討論，分享學習心得及提出建議。

二、課程講義

附錄一為「認識山椒魚」、附錄二為「台灣有尾兩棲類研究之回顧」、附錄三為「山椒魚監測的技術」及附錄四為「全球環境變遷與生物多樣性」。

三、研習概況

1. 學員報到：本次研習班參加人員包括三個國家公園的保育、巡查、警察、解說及保育志工等人員，計約 36 人共襄盛舉(圖 3-2)(學員名單如附錄五)。其中玉山國家公園 24 人、雪霸國家公園 6 人、太魯閣國家公園 6 人。

2. 主席及貴賓致詞：首先由主辦人呂光洋教授闡述為何辦理此研習班、山椒魚監測之迫切性及研習班企望達到的功能(圖 3-3)。爾後由玉管處呂秘書志廣鼓勵參加學員能努力在研習班中學習,將所獲得之知識為台灣的生物多樣性保育盡一份心力(圖 3-4)。

圖 3-3、主辦人呂光洋教授致詞。



圖 3-4、玉管處呂秘書志廣致詞。



國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

3. 室內課程：「認識山椒魚」由呂光洋教授主講(圖 3-5)、「臺灣的山椒魚研究歷史與現況」由賴俊祥主講、「全球暖化對生態系的影響」由呂光洋教授主講、「山椒魚監測的技術」由賴俊祥主講並實際操作示範如何測量及標記(圖 3-6)。

圖 3-5、呂光洋教授講授認識山椒魚及學員們聆聽中。



圖 3-6、示範山椒魚之標記及測量。



4. 室外課程：除室內課程活動之外，並進行野外調查，於 11 日上午在神木林道以徒手翻找的方式，翻找所有可能躲藏的地表遮蔽物(圖 3-7)，各學員經由老師的指導在約 1.5 小時的時間內共尋獲 5 隻山椒魚(圖 3-8)，每人皆欣喜若狂，直說活動獲益良多。
5. 綜合討論：學員們請教如何在自己的保育志工的例行調查路線上來進行山椒魚的監測。呂老師建議在高山地區依據山椒魚的習性選擇溪流兩側較為平坦之處劃設樣區，再按時監測，但切忌調查太過頻繁而干擾其棲息。山椒魚繁殖的相關訊息學員們亦相當關心。學員們希望老師儘快建立發現山椒魚的調查通報系統，以能獲得進一步山椒魚資訊和對國家公園生態盡一份力。未來國家公園應持續進行山椒魚之監測研究。

第三節 雪霸園區山椒魚分布調查

一、相關調查資料

依據文獻回顧一節¹⁸¹⁹²⁰²¹，整理雪霸園區中山椒魚的分布如圖 3-9。觀霧山椒魚分布在檜山神木步道、樂山林道、東支線及霸南山屋 4 個地點。而南湖山椒魚分布在雪山翠池。此外本實驗室對於雪霸鄰近地區的調查紀錄，亦曾在 230 林道(圖 3-9)發現山椒魚。此地的山椒魚經過遺傳標記的檢測後確認為台灣山椒魚。至於園區的北側石鹿古道一帶依據執行林務局調查計畫的結果則全為觀霧山椒魚。因此就雪霸園區而言，現今已知有台灣山椒魚、觀霧山椒魚及南湖山椒魚等 3 種山椒魚的分布。

¹⁸郭承裕、魏美莉、張永仁、許慶文、姜博仁、林玉漳，1994，雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀之調查研究-動物資源部份，雪霸國家公園管理處，87 頁。

¹⁹呂光洋、賴俊祥、莊鎮碩、李文傑，2000，觀霧地區兩棲爬行類動物調查，雪霸國家公園管理處，25 頁。

²⁰呂光洋、賴俊祥、梁高賓、連志台，2002，雪霸國家公園兩生爬蟲類調查研究-武陵地區，雪霸國家公園管理處，26 頁。

²¹呂光洋、賴俊祥、連志台、張俊文，2003，雪霸國家公園兩生爬行類調查研究—雪見地區，雪霸國家公園管理處，35 頁。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

圖 3-7、學員們野外實作之情形，此為學員找到山椒魚並且拍照紀錄之情形。



圖 3-8、學員們翻找到的阿里山山椒魚個體的照片。



國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

圖 3-10、本計畫於雪霸國家公園大鹿林道東線調查情形。



圖 3-11、本計畫於雪霸國家公園檜山神木步道溪流調查情形。於此地點發現觀霧山椒魚。



三、討論

綜觀雪霸國家公園已知的山椒魚分布點，因為調查的遊憩區可說僅是雪霸國家公園的周邊地區，至於園區的核心區域雖曾有調查記錄，但當時主要調查的動物以哺乳類及鳥類為主。對於習性較為隱蔽的山椒魚實有需要另外的調查計畫來詳細瞭解，特別是針對核心區域。而園區內可見到觀霧山椒魚、台灣山椒魚及南湖山椒魚，這些種類確實的分布地在哪，是否有共域的現象，都是值得探討的問題，這部分應由國家公園管理處規劃收集。再者考量園區地域廣大加以山椒魚的數量稀少此計畫規劃的執行時間宜設定在二年以上。

第四節 山椒魚長期監測規劃

長期監測有尾類族群方法相當多樣，往往需考慮監測物種的特性，例如以陸棲有尾兩生類如山椒魚，牠們白天躲藏在遮蔽物下，因此需要翻找，這相當花費人力。在以下的段落中我們提出可行的山椒魚長期監測的規劃給國家公園參考。

圖 3-12、本計畫於雪霸國家公園檜山神木步道溪流調查到的觀霧山椒魚。



國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

一、監測方法

附錄三中列出了幾種有尾類監測常用的調查法—固定時數法、固定面積法、穿越線法及遮板法。學者²²評估認為固定面積並在自然遮蔽物中尋找的方法對陸棲蝾螈類的族群監測是個簡單、安全且有效率的方法。因此，在長期監測時人力有限的狀況下，建議採用這種方式。

二、樣區劃設

若經過初期的評估，知道山椒魚分布在哪些地點後，劃設樣區時可以採用附錄三中提到監測溪流兩棲類時一個監測樣區(study site)內樣點(plot)的配置。在監測溪流的上、中、下游各設立一個取樣點，因此一個樣區有三個樣點。樣點的大小²³建議是 30×40 公尺，當然這可以依據溪流的型態來彈性調整，重要的是樣點需要包括溪流主體，使樣點能充分反應棲地的變異性。

三、樣區數目及監測頻度

因為樣區的數量及監測的頻度是互為關連的，故一併討論。

監測頻度若為每季一次，其優點是監測資料可以反應不同年間及季節之間族群數量的變化，但缺點是需要長期穩定的調查人力，且可以監測的樣區相對較少。監測的時間最好固定間隔三個月。

監測頻度若為每年一次，其優點是監測樣區的數目可以增加，使涵蓋的範圍相當廣，並且調查人力可採用大量的義工。就以高山型國家公園而言，每年可進行此種大規模、短時間的調查。然而這種方式有幾點需要考慮，第一個是監測的日期，山椒魚的活動受到溫濕度的影響，當濕度高時(特別是下雨後)在地表的活動量就會增加²⁴，因此若監測日期選在久旱不雨之時將會有很大的影響。第二是調查工具的問題，一般而言長期監測捕捉到山椒魚時雖然僅需要測量其頭長、尾長及體重，但為了能得到更佳的族群量估算就需要

²² JUNG RE, DROEGE S, SAUER JR, LANDY RB. 2000. EVALUATION OF TERRESTRIAL AND STREAMSIDE SALAMANDER MONITORING TECHNIQUES AT SHENANDOAH NATIONAL PARK. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT 63: 65-79.

²³ DODD, KC, JR. 2005. MONITORING AMPHIBIANS IN GREAT SMOKY MOUNTAINS NATIONAL PARK. USGS CIRCULAR 1258. 118PP.

²⁴ 呂光洋、賴俊祥、梁高賓、張俊文，2004，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(二)。行政院農業委員會保育研究系列 92-12 號。50 頁。

標記，可長期存在螢光標記費用高，工具及藥品約 3 萬元左右，並且藥品的有效期限僅 1 年左右需每年添購(約 2 萬元)，對經費而言是很大的負擔。若需要記錄樣點的氣候及環境因子，加上自動氣候記錄器的費用，整個計畫的經費就會非常龐大。唯有分年編列經費來逐漸達成。第三是每年監測時，每個樣區都需要有一個每年固定不變的人員，以協助其他調查者。第三是數據代表性的質款，一年監測一次會讓人有代表性不足的疑問，然而學者²⁵對陸棲蝾螈類監測頻率進行評估時指出，每年監測一次其再現性(repeatability)及正確性(validity)與每季監測一次在統計上是沒有差異的。

考量這些因素後，我們建議可以依據 Dodd(2005)²⁶的方式，在樣區劃設後，每年選定山椒魚地表活動量較高的季節(春夏季)來監測，樣區連續三個月都進行監測，但每次翻找不同的樣點(減少干擾)，因此每個樣點一年只翻找一次，同時能兼顧代表性並且減少遇到調查期久旱不雨的情形。若樣點的海拔差異較大，也可瞭解族群的海拔分布的變化。未來以何種方式監測有待更進一步收集資料及規劃。

四、氣候及環境因子

陸棲蝾螈類長期監測需記錄環境因子為(1)水量狀態；(2)水位；(3)氣溫；(4)水溫；(5)基質溫；(6)相對溼度；(7)土壤及水的 pH 值；(8)導電度；(9)棲地類型；(10)植被；(11)罩蓋度；(12)坡向；(13)水流方向；(14)兩棲類；(15)無脊椎動物；(16)主動取樣努力量。各因子的測量方式詳如附錄三。

五、數據分析

要瞭解族群的變動、生活史與棲地是否受氣候變遷影響。可以採用標放再捕捉法來估算出族群數量或者翻找數量(surface count)作為標準，比較年間的差異，再與各種氣候因子作相關分析。而且也記錄了棲地因子，可以瞭解不同年間棲地的變化，及氣遷變遷如何對棲地產生影響。

²⁵ SMITH, CK, JW PETRANKA. 2000. MONITORING TERRESTRIAL SALAMANDERS: REPEATABILITY AND VALIDITY OF AREA-CONSTRAINED COVER OBJECT SEARCHES. J. HERPETOLOGY 34 (4) 547-557.

²⁶ DODD, KC, JR. 2005. MONITORING AMPHIBIANS IN GREAT SMOKY MOUNTAINS NATIONAL PARK. USGS CIRCULAR 1258. 118PP.

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

第四章 結論與建議

第一節 結論

- 一、玉山國家公園玉山登山路線上，初步建議適合長期監測的地點為圓峰山屋水源及神木林道，分別可當作中海拔及高海拔族群的代表，可全面性瞭解氣候暖化對高山生物的影響。
- 二、山椒魚監測研習班辦理成功，除了讓學員們認識台灣各種山椒魚之外，亦激起學員們的興趣，志工們表示未來願意在自己執勤的路線上增加山椒魚監測的項目。
- 三、其他國家公園亦應規劃進行有關山椒魚之分布普查及監測。

第二節 建議

一、立即可行之建議

1. 建議未來山椒魚長期監測的地點首先初步可選擇在圓峰山屋及神木林道。
2. 山椒魚因為對微棲地環境需求嚴謹，因此應詳加紀錄各監測地點的微氣候變化，如溫度、濕度及照度，雨水酸度。
3. 各高山型國家公園的保育志工，可於日常執勤的路線上尋找山椒魚，再將相關訊息告知研究單位。研究單位提供長期監測上之建議。

二、中長期建議

1. 經過研習班教授監測方法後，未來山椒魚長期監測可先由學術單位先期監測，然後逐漸將技術轉移給國家公園保育相關人員，直到國家公園保育相關人員能夠完全接手為止。其後學術機構負責訊息之統整及意見交流。
2. 如何整合志工人力參與保育課執行的相關業務，應由管理處好好規劃及整合。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

附錄一、研習班講義：認識山椒魚

一、山椒魚簡述：

世界的兩棲類包括無足目—蚓螈，有尾目—山椒魚、蝾螈、娃娃魚，以及無尾目—青蛙、蟾蜍等；其中無足目及有尾目較早出現，屬於較原始的生物，多分佈在溫帶地區，而無尾目較晚才演化出來。

台灣的山椒魚之特色：

是台灣唯一的有尾兩棲類群，數量相當稀少，棲息於高山潮濕環境，通常在溪流兩側，分布於海拔 1300—3600 公尺山區，祖先族群可能在冰河時期經由陸橋從對岸遷移過來，並在台灣的冰河撤退時遺留下來，屬於冰河子遺物種，而台灣是目前全球已知山椒魚這一類群分布的最南界限。

二、台灣的山椒魚之發現及研究歷史：

(一) 日據時期 (1919—1945) —

西元 1919 年 5 月，Sonan (楚南仁博) 在追分及能高駐在所分別捕獲一隻山椒魚，這是生活於寒溫帶地區的山椒魚首次在亞熱帶地區被發現。1922 年 Maki (牧茂市郎) 根據標本發表了三個新種—即楚南氏山椒魚

(*Salamandrella sonani*)、台灣山椒魚 (*Hynobius formosanus*) 和阿里山山椒魚 (*Hynobius arisanensis*)。其後，學者間持續對於此三種山椒魚的分類界定產生了眾多的分歧與爭議，1935 年，Okada (岡田彌一郎) 在「日本產有尾類分類之總括和分布」一文中指出，台灣的山椒魚應該是兩種，即楚南氏山椒魚和台灣山椒魚，認為 Maki 的阿里山山椒魚為台灣山椒魚的同物異名。Sato (佐藤井岐雄) 更首先明確指出，台灣山椒魚和楚南氏山椒魚的區別是鋤骨齒的形狀和體色斑紋的不同，因而支持 Okada 當年的意見。這個時期的研究，主要偏重野外的採集和傳統的分類工作。

(二) 二次大戰後 (1946—1980) —

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

陳兼善著「台灣脊椎動物誌」初版（1956）和增訂再版（1969），以及 Otsu（大津高，1974）完全依照 Sato 的結論，將台灣的山椒魚分為兩種。Thorn（1968）則認為只有一種。本期由於中日雙方都處於戰後復原的階段，台灣的山椒魚研究工作大多中斷，並無多少進展。

（三）近代（1981 迄今）—

本期由於國內鄉土教材資源和環境保育受到重視，山椒魚的研究又再次展開，呂、陳（1982）「台灣的兩棲類」一書中記載了楚南氏山椒魚和台灣山椒魚兩種的形態及棲息環境的描述。翌年，Seto et al.（瀨戶宇都宮等人）發表了阿里山山椒魚（*H. arisanensis*）的核型，另外 Iizuka（飯塚司光）也進行了楚南氏山椒魚和台灣山椒魚的核型比較。Kakekawa（懸川雅市）則從事了台灣的山椒魚雜交實驗。近十年來，多半已採納 Maki 的觀點，將台灣的山椒魚視為三種；其後，賴 呂（2008）更發表了南湖山椒魚（*Hynobius glacialis*）、觀霧山椒魚（*Hynobius fuca*）兩種新的物種，將台灣的山椒魚增為五種。

三、台灣的山椒魚生態資料：

（一）棲地分析—

台灣的山椒魚多棲息於中高海拔的原始針葉、闊葉林的底層，靠近山溪陰暗潮濕的環境，通常在溪流兩側的石頭或泥土上出沒。





(二) 族群變動—

台灣的冬末春初時期可能是山椒魚活動的高峰期，較易發現山椒魚的蹤跡，這時期可能是為了進食以補充生殖活動所損失的能量，同時濕度較高的表土也較適於活動，等到了秋末冬初時期，能發現到的族群數量較少。

(三) 行為—

白天多藏匿於石頭或枯倒木底下，可能是為了尋求保護或者減少水分散失，於夜間出沒覓食；受攻擊時，偶爾會有弓起尾部或者甩尾的禦敵行為；遭蛇類咬噬時，會從體表的腺體分泌出物質，可能造成蛇類感到不適而將之吐出。

(四) 食性—

會吃鼠婦、步行蟲、蠼螋、蝗蟲、蚯蚓等小型無脊椎動物。

(五) 活動範圍—

一般的陸棲有尾兩棲類的日常活動距離約 2.0 到 20.3 公尺不定 (Nijhuis & Kaplan 1998)，阿里山山椒魚的平均活動距離為 14.2 公尺，亦在此範圍內。

(六) 山椒魚的卵及幼體發育—

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫



A、山椒魚的卵串



B、具外鰓的蝌蚪

四、台灣的五種山椒魚簡介：

（一）台灣山椒魚—

體背褐色，有橘黃色不規則斑紋，但斑紋的數量有相當大的變異；前肢四指，後肢四趾。主要分布於中央山脈北段及雪山山脈南端。

（二）阿里山山椒魚—

體背褐色，無任何斑紋，有明顯較大且規則的淡橘色腺點，少數個體有些許白色斑點；前肢四指，後肢五趾。主要分布於中央山脈南段及玉山、阿里山山脈。

（三）楚南氏山椒魚—

體背褐色，佈滿灰白色不規則斑紋；前肢四指，後肢五趾。主要分布於中央山脈北段，可能與台灣山椒魚有共域的現象。

（四）觀霧山椒魚—

體背黑褐色，體側有許多明顯規則的白色斑點；前肢四指，後肢四趾。主要分布於雪山山脈北端。

（五）南湖山椒魚—

體背褐色，佈滿橘黃色不規則斑紋，與某些台灣山椒魚的個體斑紋相似，但前肢四指，後肢則為五趾。主要分布於雪山山脈及南湖大山一帶。

五、氣候暖化和山椒魚的保育監測：

隨著近年來全球氣候暖化的現象越來越顯著，對於這些高山上珍貴稀少的冰河子遺生物會帶來多大的衝擊，是目前較受關注的議題；另外，高山森林棲地的保存以及溪流水源品質的維持與否，也可能會影響到台灣有尾兩棲類的生存，因此急需要對這些保育標的物種進行全面性的瞭解，以期發展有效的保育策略。

台灣的五種山椒魚：

A、台灣山椒魚—



B、阿里山山椒魚—



C、楚南氏山椒魚—



D、觀霧山椒魚—



國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

E、南湖山椒魚—



附錄二、研習班講義：台灣有尾兩棲類研究之回顧

本文回顧了台灣有尾類的研究歷程及建議未來的研究方向。分布在台灣的有尾兩棲類包括蝾螈科(Salamandridae)及山椒魚科(Hynobiidae)。由於蝾螈在台灣未再有發現的記錄，因此對台灣有尾類的研究主要集中在山椒魚科的種類上。

山椒魚在 20 世紀初於台灣的高山地區發現後，對其物種多樣性一直迭有爭議。最初發表時認為台灣有楚南氏山椒魚(*Hynobius sonani*)、台灣山椒魚(*H. formosanus*)及阿里山山椒魚(*H. arisanensis*)三個種類，爾後部份學者認為僅有一種，部份學者則認為阿里山山椒魚應是台灣山椒魚的同物異名。這些年來，我們對山椒魚進行了更全面性的野外調查，同時以形態、同功酶及粒腺體 DNA 序列資料確認了牠們是三個有效種。除此之外，從新發現的族群中辨認出二個新種。

對於山椒魚的生態研究上，食性及禦敵行為曾進行過研究。族群生態上主要以阿里山地區的阿里山山椒魚為主，已研究過的項目包括族群量、活動範圍、棲地偏好、乾雨季分布及年齡鑑定。近年來，我們評估了這個族群的現況及影響族群長存的各種因子，同時也嚐試進行山椒魚的就地復育。未來對其生殖生物學的瞭解亟待進行的。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

附錄三、研習班講義：山椒魚監測的技術

山椒魚(*Hynobius* sp.)為兩生類有尾目(Urodela) 小鯢科(Hynobiidae)的種類。小鯢科主要分布於亞洲大陸及日本等溫帶及寒帶地區，而台灣的種類是此類群唯一分布於亞熱帶地區者。學者們因為這種分布特性認為小鯢科的種類應該是冰河時期擴散到台灣，當冰河退卻後因為台灣高山區就因具有寒溫帶氣候特性而被保留下來，生物地理學上稱此類生物為冰河子遺物種(glacial relict)。

台灣的山椒魚在棲地的特性上，一般生活在森林底層較潮溼處，又以小溪流或天然滲水處附近較為常見。習性隱蔽，白天躲藏在石頭或朽木下，鮮少於地表面活動，故不易觀察。夜間偶會出現在地表面。有尾兩生類的棲地特性主要可以分為三類：(1)水生型，活動的區域以池塘及溪流為主，日間或夜間會出現在水域中；(2)陸地型(地表型)，活動及覓食區域在陸地上，白天棲息在石頭及朽木下，夜間到地表活動，生殖才會到水中；(3)樹棲型，活動、覓食及繁殖地點都在樹上。台灣的山椒魚明顯地是屬於地表型的種類。以下分為二個部分，首先介紹長期監測兩棲類族群的方法，第二部分以阿里山地區山椒魚的長期監測為例，說明適合用於山椒魚的監測法，並且配合實際的野外操作，以期對山椒魚的監測法有初步的印象。

有尾兩生類常用監測法

在進行長期監測前首先要決定使用的監測方法，然後才能決定樣區的劃設、監測的時間頻率等。這些監測法概分為二大類：第一類為主動取樣法(Active Sampling)—調查者在樣區內走動，尋找出現的動物；第二類則是被動取樣法(Passive Sampling)—調查者設置動物喜歡躲藏的物體或者陷阱，待動物自行進入後，再進行計數的工作(Dodd, 2005)。以下我們介紹常用的幾個方法。

一、主動取樣法(Active Sampling)

1.固定時數法(Time constrained)—先決定在一個地區或棲地內取樣的時間，記錄物種及出現的個體數(性別、年齡期)。使用視覺遭遇法(visual encounter)來數算動物，既調查者看到動物出現在森林或溪流底層、躲藏在洞穴中、藉翻動地表落葉而尋獲、聽到叫聲、水網捕獲等等。觀察者的數目乘上取樣時間(努力量)記錄下來。在陸地或水域環境，時間可設定為15或30分鐘或以上，隨著觀察人數及需調查的棲地的數量及品質而變。

獲得資訊—(1)取樣時物種的存在(而非不存在)；(2)生活史資訊，如何時產卵、幼體及活動型式；(3)棲地資訊。取樣努力量容易定量。

2.固定範圍法(Area constrained)—選定固定面積的棲地來取樣。例如，研究者在步行調查時不考慮所花費的時間，僅取樣完所選擇的隨機樣點(如30×40 m樣點或較小的樣點(10×10 m))或者池塘、濕地或洞穴。樣點的數目為單一或成群。和前法相同記錄各物種出現與否及個體數(性別、時期)。亦使用目視遭遇法。需紀錄觀察者與總取樣時間。

獲得資訊—固定範圍法提供下列資訊：(1)取樣時物種的存在與否；(2)生活史資訊，如產卵時間、幼體及活動模式；(3)棲地資訊；(4)某些例子中可以對動物密度(面積已知)作最粗略的估算。此法的取樣努力量容易定量。

3.穿越線法(Transects)—穿越線取樣法可以使用簡單目視遭遇法，例如可以在夜間按照預先選擇的穿越線來算看到的有尾兩生類，也可以和被動取樣法合併使用，例如遮板(coverboards)放置在預先選擇的調查線上。當使用穿越線時，取樣的地點是經由分層隨機取樣(stratified random sampling)的過程來決定。調查線的長度是固定的，而觀察者以此線為基礎來進行調查。

獲得資訊—固定範圍法提供下列資訊：(1)取樣時物種的存在(而非不存在)；(2)生活史資訊，如何時產卵、幼體、體型分布及活動型式；(3)

棲地資訊；(4)有時可以得到密度的粗略估計值(例如，在調查的溪流長度內最少的蝶螈棲息量)。取樣努力容易定量。

二、簡單被動取樣法(*Easy Passive Sampling*)

1. 遮板法(Coverboard)—兩棲爬蟲學者長久以來以翻找地表物來尋找蝶螈及爬行動物。遮板法只是此種方法的延伸,但是有為正式的取樣設計。遮板可以用許多種材質作成(如木材、防水泡棉及塑膠板),但最常用的還是未經化學處理的合板。板子先裁成小塊(如20×25 cm; 35×35 cm)然後再放置於不同實驗設計的點上。板子不要太大,否則因為水份無法滲透而使板子中央底下的落葉會變得很乾燥,兩生類會變得不喜歡棲息。例如在Smoky公園中,使用了間隔數公分的4塊木板的組合,並放置於一條穿越線上,每個取樣點在線上距離10公尺,所以50公尺的穿越線會有24塊遮板(6站×4板/站)。調查之前遮板必需先放置一個月以上,以確保其老化的程度變成山椒魚的棲息所。理想中,遮板應該在前一年的秋天就要放置。有時可以先刮平遮板下方的地面,以確保遮板下方的空隙不致過大使蝶螈不愛棲息,也使氣流的流動不會增加。遮板必需1~2週檢查一次,但太過頻繁的干擾會造成山椒魚不喜歡棲息。最後,遮板會提供人為喜歡的遮蔽物,雖然初步的證據顯示捕捉上的偏差不如想像中嚴重。某些體型的個體會偏好使用(如孵化幼體及未成體的使用頻率就較自然遮蔽物少)。裁切及放置要花費很多勞力,很容易成為破壞對象,其他動物會將木板翻過來或把木板移動。

獲得資訊—遮板調查提供的資訊有：(1)取樣時物種是存在的；(2)生活史資訊,如體型級別結構、生殖及活動型態；(3)棲地資料。如果和標放再補法併用,此法可更進一步瞭解棲所忠誠性、移動及族群量。取樣努力容易定量(遮板數×天數)。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

監測樣點的選擇

山椒魚通常棲息於靠近溪流的棲所，因此監測樣區必以溪流為主體。要在溪流中進行調查必需取決於(1)目的(物種或是地區)；(2)經費與人員(野外調查時可以聘請多少調查者)；及(3)能進行調查的時間。很明顯的在進行監測之前必需要考慮這些限制。當決定了監測計畫進行的地點後，調查者也應該決定最初希望達到的目標。例如，使用的是“出現區域百分比(percentage of area occupied)” (PAO) analyses(見資料處理)，就可以調查更多的地點，相對於密集取樣法或標放再捕捉法而言。在人員及時間有限的前題下，就必需要限制取樣點的數目。當然，取樣點的數目愈多，結果的可信度就愈高。取樣的目的就是對捕獲或發現機率或者族群量的變異決定可信的估計值，變方估計值的在樣點數多時可信度較高。

一般而言，溪流兩生類的監測樣點的排列如附圖。首先，先決定要監測的溪流，然後在溪流的上中下游分別設立三個取樣點，每個取樣點的大小是30×40公尺。若以一年監測一次而言，這三個取樣點每年進行一次調查，但分別在不同的月份進行。而每個取樣點要包括溪流主體，以使樣點能充分反應棲地的變異性。

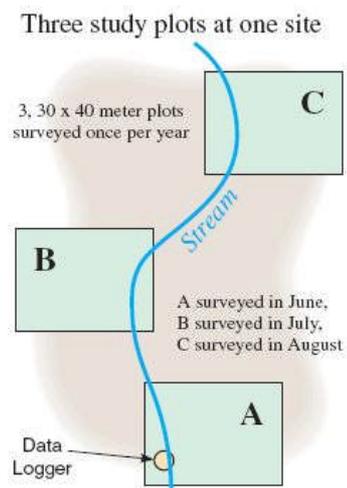


Figure 36. Diagram of the relationship of three 30 x 40-meter fixed sampling plots at a location. Plots need not be isolated. In this schematic, three plots are located along the course of a stream. Each plot is surveyed once per year during the summer, all in the same order (A in June; B in July; C in August), for the length of the study. A single data logger station is located at one of the plots.

圖一、研究樣點的排列方式。

個體辨視及標記

長期監測的目的在於偵測族群趨勢來採取行動，如果可能的話反轉族群頹降的趨勢。鑑於許多物種的族群量在年度間都會變動，特別是在不穩定棲地如暫時性池塘，族群可能自然會消失(而空缺的棲地會被再定殖)，故對於兩棲類族群而言趨勢分析不是件容易的工作。許多進行中的研究都將焦點放在兩棲類族群，新的生物數學方法按照兩棲類複雜的生活史來發展及分析。傳統上，族群趨勢透過標的動物數量或豐富度的改變來測量。如果監測不同時間的族群量變化，這個改變能顯示增加或減少的趨勢。要決定一族群的數量，就必需要將定期的計數量與整體的族群量作關聯。要達成這個目的最常用的方法是標記個別的動物，然後在後續的取樣期中記錄再捕捉的數目。因此，每一隻動物都有其捕捉的歷史。如果調查中有足夠的動物被捕捉及再捕捉，就可以將計數量以數學的方式與真實族群量相關聯，並且有一定的可信度。

而經由個體標記我們可以

1. 辨視個體以便後續的族群統計、行為及生態等等方面的研究
2. 為估計某個特定族群的族群數量及定量存活率、繁殖率及補充率。
3. 估計一個種或族群或個體的範圍及分布。
4. 辨視某個特定群體及群體的混合速率(此種資訊廣泛地被應用於監測進行保育經營中的族群)
5. 辨視個體以進行行為研究
6. 發展及確認定年技術並且確定個別動物的生長率。

最理想的個體標記法包括以下特色(Ferner, 2007)：

1. 標記不會影響生物的存活及行為。
2. 標記儘量使動物能免於壓力或疼痛。
3. 標記能明確的辨視每隻個體。
4. 標記可以持續無限久。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

表一、個體辨視法

暫時性	半永久性	永久性
油漆或染料	標記	熱、冷凍或化學標記
膠帶及追蹤設備	頸圈、線束、頸帶	Passive integrated transponders (PIT)
去除毛髮	夜燈	Visible implant fluorescent elastomer tags (VIE)
螢光粉末	無線電及檔案數據記錄器	組織移除：剪耳；剪趾、吸盤及蹼
放射粉末		染色

5. 標記容易讀取或者觀察。
6. 標記可以施用到不同大小的個體上。
7. 標記方法不論在實驗室內或野外都很容易操作，並且以最簡便的方法及最低的花費來獲得。

表一為常用的個體辨識法，將這些方法依照標記存在的時間長度來作區分的。然而，要以標放再捕捉的方法來研究兩生類族群並不容易，其原因有二：

1. 兩棲類不容易“永久”標記。不同的方法，不論是較常使用的剪趾法、植入法或照片法，都有其個別的限制。兩生類會自然失去趾頭也會使失去的腳趾重新長出來；植入法使用上非常耗時並且在野外時讀取不易；照片的 ID 不實際，當動物的數量成百上千時，或者是動物一致有圖案或沒有圖案。觀察者的錯誤也一直是個存在的問題。
2. 在大部分的狀況下，再捕捉的個體相對於標記的個體數是相對少量的。這種狀況下，族群估計值的變方就會變得很高，而否決了估計值的可信度。例如在大煙山國家公園，只有一種兩棲類—隱鰓鮠的標放再捕捉族群估算量的可信度是經得起檢驗的。這些大型的有尾兩生類具有領域性並且侷限在非常有限的棲地中(僅在大型的河及溪流中)。他們可以用注射 passive

integrated transponder (PIT)標記來永久辨認。因此，在某些河段就可以追蹤族群。Nickerson and others (2002) 在利托河中以 PIT tags 來標記隱鰐鯢，其後國家公園中服務的生物學家就能每年追蹤此族群的狀態與數量，使用浮潛穿越線式的調查法。

若以調查整個研究區兩棲類動物相的變動而言，一種較受到歡迎的技術是在指定的地區(如公園或保留區中)對某些地點施行重覆取樣。長久下來，調查者可以記錄每個物種在每個點的捕捉歷史。因此，就能得到類似於個體捕捉歷史的物種捕捉歷史的數據。藉由記錄物種捕捉歷史，生物數學家就能決定每個物種的發現機率。物種的趨勢可以透過一物種的”佔據區域百分比”(PAO)及發現機率來估計。

野外數據

野外數據應該立即紀錄，數據可以記錄在記錄表上，最好是以鉛筆書寫在防水紙上，或者記在 PDA 中。取樣點中可記錄的資料如下：

日期：月/日/年。

樣點編號：獨特的樣點辨視號碼。

人員：調查人員的姓名。

天候：調查當時的天候。

海拔：公尺為單位。

風速：在取樣區上方 1 公尺的風速，以快慢等類別來判定。

地名(通稱)：樣區的大約地理位置。例如阿里山鄉。

地名(特定)：以 GPS 或者 TOPO 軟體所測得者。

開始及結束時間：軍事時間(0800 或 1600)。

水量狀態：水域的地點紀錄水是否存在。

水位：取樣點水位最深處。可以使用估計值(如> 0.5 m)。

氣溫：基質上方 1 公尺處的氣溫。

水溫：水下 30 公分處的溫度。

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

基質溫：落葉堆下方 30 公分處的溫度

相對溼度：基質上方 1 公尺處測量之。

pH：當合適時記錄土壤或水的酸鹼度。

導電度：當合適時，在水中測量之。

棲地類型：對棲地的一般性描述。

植被：對植被的一般性描述。

罩蓋度：對樹冠罩蓋程度的類別估算(對溼地樣點特別重要)。

坡向：棲地的整體坡向。

水流方向：樣點內溪流的整體流向。

兩棲類：物種、性別、生活史時期(成體，幼體)、個體數及其他註記(如繁殖狀況、缺少四肢)都需記錄。依在某些狀況中，吻肛長(蝶螈類)、全長(青蛙)；體重或其他依據研究目的所需的形態測量值。

捕捉方法：特別的捕捉方法需要在記錄表中註明以反應數據的來源型式。例如，陷阱、管子或遮板的編號皆需記錄以防止可能的捕捉偏差。動物被捕獲或觀察時距離穿越線起點或基線的長度幫助我們瞭解空間分布。

無脊椎動物：無脊椎動物的類型(屬、目、綱)及相對豐富度對兩生類的研究是非常重要的，特別是在池塘或森林中水池繁殖的兩生類。

主動取樣努力量：調查者人數(紀錄數據者不算在內，除非他也參多取樣)×取樣時間。

如果使用記錄表，上面還可以註記樣點的其餘訊息，如池塘的外形、特殊的色形或形態，樣點的物理特性，照相的記錄，特殊的動植物等。

附錄四、研習班講義：全球環境變遷與生物多樣性

一、生物多樣性(Biodiversity)

1. 物種多樣性(Species diversity)
2. 生態系多樣性(Ecosystem diversity)、棲地多樣性(Habitat diversity)
3. 遺傳多樣性(Genetic diversity)
4. 文化多樣性(Culture diversity)

二、環境變遷(Global change)

1. 氣候因子變遷(Climate change)：二氧化碳、氮氧化物、降雨
2. 棲息地零碎化(Habitat fragmentation)：土地開發
3. 種的消失及加入(Loss and add of species)：外來物種
4. 其他：污染、疾病、天災、偶發事件...

三、環境變遷之影響

1. 氣候變遷：主要為二氧化碳之增加，溫室效應明顯，它包括：
 - (1) 溫度改變
 - (2) 降雨改變
 - (3) UV增加
 - (4) 異常氣候發生
2. 氣候變遷對植物生態可能之影響
 - (1) 分布範圍的改變
 - (2) 物種組成的改變
 - (3) 生理適應上的改變
 - (4) 競爭發生變化
 - (5) 對熱及低溫敏感物種
 - (6) 不利因子的共同作用(Synergistic effect)
 - (7) 其他
3. 氣候變遷對動物生態可能之影響
 - (1) 分布範圍的改變
 - (2) 物種組成的改變
 - (3) 生理適應上的改變
 - (4) 行為的改變
 - (5) 動物生活史的改變
 - (6) 食物鏈、食物網結構的改變
 - (7) 不利因子的共同作用(Synergistic effect)

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

4. 氣候變遷對生態系、棲息地之影響
 - (1) 鑲嵌似的棲息環境
 - (2) 對海洋生態系
 - (3) 對極地、苔原之哺乳動物
 - (4) 對熱帶雨林
 - (5) 對沼澤生態系
 - (6) 對地中海型氣候之生態系
 - (7) 對土壤生態系
 - (8) 其他
5. 棲地零碎化：公路、水道、建築物、農田、水壩...會將原來大棲地分割成小棲地
 - (1) 生物交流機會減少
 - (2) 導致遺傳僵化
 - (3) 基因漂變
 - (4) 邊際效應(Edge effects)
 - (5) 緩衝作用減少
6. 種的消失及加入：過度的獵捕採集或引入外來生物
 - (1) 捕食動物之消失
 - (2) 被捕食動物之消失
 - (3) 寄生或共生動物受影響
 - (4) 食物鏈結構之改變
 - (5) 穩定性受到破壞
 - (6) 帶來新疾病
7. 基改作物(GMO, genetic modified organism)之影響
 - (1) 污染基因庫
 - (2) 生殖隔離遭到破壞
 - (3) 增加或降低生物之適應
 - (4) 自然演化步驟受干擾
 - (5) 其他
8. 其他
 - (1) 環境荷爾蒙
 - (2) 生化武器
 - (3) 人畜共同疾病之擴散
 - (4) 高科技對人類生活習性之改變

附錄五、研習學員及工作人員名冊

單位	職稱	姓名
太魯閣國家公園管理處	志工	王光祖
太魯閣國家公園管理處	巡山員	盧石明
太魯閣國家公園管理處	巡山員	胡文雄
太魯閣國家公園管理處	志工	張淑錦
太魯閣國家公園管理處	志工	嚴文鶯
太魯閣國家公園管理處	技工	李百泰
玉山國家公園管理處	解說志工	林元千
玉山國家公園管理處	解說志工	王麗兒
玉山國家公園管理處	解說志工	林聰德
玉山國家公園管理處	解說志工	張淑芬
玉山國家公園管理處	解說志工	林芷璿
玉山國家公園管理處	解說志工	趙水生
玉山國家公園管理處	技士	陳貞好
玉山國家公園管理處	課長	蘇志峰
玉山國家公園管理處	技士	楊舜行
玉山國家公園管理處	高山保育志工	陳大森
玉山國家公園管理處	高山保育志工	齊泰榮
玉山國家公園管理處	高山保育志工	張清圖
玉山國家公園管理處	高山保育志工	黃靜宜
玉山國家公園管理處	高山保育志工	葉世原
玉山國家公園管理處		王彥德
玉山國家公園管理處	課長	邦卡兒·海放南
玉山國家公園管理處	技佐	高旻揚
玉山國家公園管理處		江啟明
玉山國家公園管理處		印莉敏
玉山國家公園管理處		施博文
玉山國家公園管理處		吳萬台
玉山國家公園管理處	志工	溫筱雯
玉山警察隊		徐宗平
玉山警察隊		楊展華

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

特有生物保育研究中心	技士	陳明慧
雪霸國家公園管理處	技士	楊正雄
雪霸國家公園管理處	解說員	張燕伶
雪霸國家公園管理處	解說員	宋宜玲
雪霸國家公園管理處	巡山員	賴輝銘
雪霸國家公園管理處	司機	鍾宏昇
雪霸國家公園管理處	技士	蕭明堂
台灣師範大學	研究生	黃詠承
台灣師範大學	研究生	張立宜
台灣師範大學	研究生	李詩雯
台灣師範大學	教授	呂光洋
台灣師範大學	助教	賴俊祥

附錄六、評審意見、審查意見及辦理情形

一、評審會議意見及辦理情形

項次	評審意見	辦理情形
一	山椒魚監測研習課程有助於提升國家公園從業人員野外監測調查工作之能力。	如第一章第一節之計畫目標
二	全球環境變遷除暖化效應外，另包含酸雨等，除外還有地域性環境變化之影響，如以合歡山為例，人為干擾尤其嚴重，但在大型草食性動物比較缺乏下，造成碳循環等物質流動的影響。因此，山椒魚監測技術應能鑑別其它環境因子干擾程度問題。	同意
三	本案係玉山、太魯閣、雪霸之國家公園共同合辦及分攤經費，因此，若受限於研究經費與時間無法於雪霸園區內進行調查及研習，亦建議受託單位於報告書中對雪霸園區內之山椒魚現況多予說明。	如第一章第二節第二章第三節、第三章第三節
四	請彙整過去山椒魚之採集及出現記錄，以作為與本計畫調查結果之比較，尤其需注意記錄已調查但未發現之資料。	如第三章第二節
五	調查應包含形態體色之模式，提供調查人員野外鑑識之用。	如附錄一
六	請在辦理研習時，先編纂調查手冊或講義，而該資料請列入期末報告書中。	如附錄一至四
七	本計畫完成後，請說明未來國家公園該如何進行山椒魚之調查及後續監測重點，並規劃未來進行計畫之預算需求。	如第三章第四節

二、審查會議意見及辦理情形

項次	審查意見	辦理情形
一	本計畫準備豐富的研習教材，並有實際操作實習，是很成功的講習。建議計畫名稱英文更正為「A population monitoring program of hynobiid salamanders for detecting climatic changes in alpine national park」。	已修改

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

二	對於玉山北峰測候所的長期氣溫資料與山椒魚族群變動的比對，目前是否有所發現？若無，則應該於報告中說明此目標尚未進行之原因，或可將山椒魚族群監測如何比對氣象資料及可能規劃進行的方式進一步說明，以符合計畫目標。	說明如第三章第一節
三	建議對雪霸園區內之山椒魚現況多予說明，及報告中再補充有關雪霸的山椒魚相關調查的研究方向與規劃。	補充如第三章第三節
四	是否可建議進行長期監測之最適合時間，可仿倣雪霸每年做的櫻花鉤吻鮭族群調查，在高山型國家公園作大規模、短時間的調查。	說明如第三章第四節
五	國家公園應考慮延聘群聚生態及族群生態專長的博士後研究人才，統整並分析各類國家公園資料，以持續監測生物的族群或群聚的長期變動。	待國家公園管理處辦理
六	長期監測其固定調查方法、頻度、人力、生物學資料皆需建立，建議提供未來在山椒魚監測以瞭解氣候變遷的工作中，應該如何進行調查的方法與監測的技術，例如如何瞭解族群海拔分布、如何瞭解族群如何變動、如何瞭解生活史與棲地是否受氣候變遷影響等，請進一步說明，以供參考。	補充如第三章第四節
七	附錄中所引用文獻資料，有些資料未列入參考資料中，請補充。	已補正，見參考資料
八	報告編排有些未依本處「委託案報告撰寫範例」撰寫，請依本處「報告印製格式應注意事項」辦理。	已修正
九	文獻回顧部分，請對雪霸及太魯閣地區山椒魚研究狀況建議補充說明。	如第一章第二節
十	本報告未將評審會議之審查意見列表納入該報告書之附錄中，建請補充修正之。並請將上述審查意見及辦理情形製表納入期末報告書之附錄中。	如附錄六

參考資料

- Dodd, KC, Jr. 2005. Monitoring Amphibians in Great Smoky Mountains National Park. USGS circular 1258. 118Pp.
- Jung RE, Droege S, Sauer JR, Landy RB. 2000. Evaluation of terrestrial and streamside salamander monitoring techniques at Shenandoah National Park. *Environmental Monitoring and Assessment* 63: 65-79.
- Lai JS, Lue KY. 2008. Two new *Hynobius* (Urodela: Hynobiidae) salamanders from Taiwan. *Herpetologica* 64(1): 63-80.
- Otsu, T. 1974. A study of amphibians of Taiwan . *Bull. Yamagata Univ. Nat. Sci.*, 8(3): 429-443.
- Seto, T, Y Utsunomiya, T Utsunomiya. 1983. Comparative karyology in four species of genus *Hynobius*. *La Kromosomo II* (29): 903-904.
- Smith, CK, JW Petranka. 2000. Monitoring terrestrial salamanders: repeatability and validity of area-constrained cover object searches. *J. Herpetology* 34 (4) 547-557.
- Sonan, J. 1921. 台灣に山椒魚産す。台博報 11(52):55。
- Thorn, R. 1968. Hynobiidae in *Les Salamandres*. Editions Paul lechevalier. Pp. 36-104.
- 佐藤井歧雄，1943，日本産有尾類總說。日本出版社，大阪，日本。(日文)
- 呂光洋、呂紹瑜、莊國碩，1983，太魯閣國家公園公園動物生態景觀資源之調查，內政部營建署國家公園組，47 頁。
- 呂光洋、張巍薩、林政彥，1989，太魯閣國家公園大合歡山地區山椒魚調查，內政部營建署太魯閣國家公園，38 頁。
- 呂光洋、賴俊祥，2005，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究 (3/4)-就地復育試驗。行政院農業委員會保育研究系列 93-13 號。48 頁。
- 呂光洋、賴俊祥，2006，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究 (4/4)-就地復育試驗(二)。行政院農業委員會保育研究系列 94-16 號。51

國家公園氣候變遷指標動物族群（以山椒魚為例）監測計畫

頁。

賴俊祥、呂光洋，2007，阿里山地區阿里山山椒魚的分布與族群監測，*BioFormosa* 42(2): 105-117。

呂光洋、賴俊祥、梁高賓、張俊文，2004，阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(二)。行政院農業委員會保育研究系列 92-12 號。50 頁。

呂光洋、賴俊祥、梁高賓、連志台，2002，雪霸國家公園兩生爬蟲類調查研究-武陵地區，雪霸國家公園管理處，26 頁。

呂光洋、賴俊祥、莊鎮碩、李文傑，2000，觀霧地區兩棲爬行類動物調查，雪霸國家公園管理處，25 頁。

呂光洋、賴俊祥、連志台、張俊文，2003，雪霸國家公園兩生爬行類調查研究—雪見地區，雪霸國家公園管理處，35 頁。

岡田彌一郎，1935，日本產有尾類の總括と分布。*動物學雜誌*，47: 575-588。

(日文)

林曜松，1989，雪山、大霸尖山地區動物生態資源先期調查研究，內政部營建署委託中華民國自然生態保育協會調查。

牧茂市郎，1922，台灣產サンセウウに就て。*動物學雜誌*，34: 635-639。(日文)

袁孝維，1995，武陵地區登山步道沿線野生動物景觀資源調查研究，雪霸國家公園管理處，62 頁。

陳世煌、呂光洋，1986，台灣產山椒魚之研究(二)—阿里山地區山椒魚之族群生態研究。*師大生物學報*，21: 46-72。

陳世煌、呂光洋，1987，台灣產山椒魚之研究(一)—研究歷史、分布和形態學之初步研究。*野生動物保育研討會專集(一)國家公園和自然保留區之野生動物*，林曜松編，頁 79-104。

郭承裕、魏美莉、張永仁、許慶文、姜博仁、林玉璋，1994，雪霸國家公園觀霧地區步道沿線動物資源、植群及其景觀之調查研究-動物資源部份，

- 雪霸國家公園管理處，87 頁。
- 陳兼善，1956，臺灣脊椎動物誌，臺灣開明書店，臺北，619 頁。
- 陳兼善，1969，臺灣脊椎動物誌，增訂再版，下冊，臺灣商務印書館，臺北，440 頁。
- 鹿野忠雄，1930，台灣に於けるサンセウウの分布及習性，動物學雜誌，42: 275-276。
- 葉明欽，1991，臺灣山椒魚(*Hynobius formosanus*)棲地與族群變動之研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。74 頁。玉山國家公園保育研究報告編號 79-1。
- 葉明欽、呂光洋、賴俊祥，1994，阿里山及玉山國家公園台灣山椒魚族群生態研究。師大生物學報 29(2): 79-87。
- 賴俊祥，1996，台灣產山椒魚分類學研究，國立臺灣師範大學生物學系碩士論文。
- 賴俊祥、呂光洋，2007，阿里山地區阿里山山椒魚的分布與族群監測。BioFormosa 42(2): 105-117。