

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列第 91-61 號

阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地 利用之研究(一)

Distribution and Habitat Preference of *Hynobius*
arisanensis in Alishan Areas (1)

委託機關：林務局嘉義林區管理處

執行機關：國立臺灣師範大學

計畫主持人：呂光洋

研究人員：賴俊祥

中華民國 九十二 年 四 月

目錄

目錄	1
中文摘要	2
英文摘要	3
壹、前言	4
貳、材料與方法	6
參、結果	10
肆、討論	15
伍、阿里山山椒魚保育計畫之建議	21
陸、下年度研究方向	22
柒、參考文獻	23
捌、致謝	25
附表	26
附圖	32

中文摘要

本研究主要的目的在於瞭解阿里山山椒魚在阿里山地區各林班地的分布，並得知其棲地利用狀況。

分布調查方面，在所調查的 22 個林班地中，我們在阿里山 2 林班及大埔 209 林班調查到山椒魚，二個林班地共有的特色是坡度平緩及具有穩定水源。棲地利用方面，山椒魚停棲的遮蔽物的特性方面，遮蔽物絕大部分為石塊及木塊，石塊體積的平均值為 5117.8 cm^3 ；木塊遮蔽物體積平均值為 14132.7 cm^3 ，皆屬中小型的遮蔽物。遮蔽物上皆有植物附著，以苔蘚類為主。至於棲息地的基質方面，以泥土為主。

在族群生態方面，本年度調查中，共捕捉到 79 隻次山椒魚，其中 20 隻次為再捕獲。利用 Jolly-Seber 法估算每月族群量，在姐妹潭(阿里山 2 林班)族群數量介於 9.7 至為 80.0 之間。捕獲個體的雄/雌性別比為 1.53。年齡結構方面，皆以中大型成體為主。估算的個體活動範圍在 0 至 1646 平方公尺之間，平均值 465.7 ± 684.3 平方公尺。

文中建議了阿里山山椒魚未來的保育經營策略。

英文摘要

The purposes of this study are to know the distribution and habitat preference of *Hynobius arisanensis* in Alishan areas.

During the study period, we found that *Hynobius arisanensis* in two forest areas, the Alishan 2nd Forest Section and Dapu 209th Forest Section. These two forests have the same characters of gradual rise slope and wellspring. In habitat preference study, the *Hynobius arisanensis* prefer to use the habitat below coverage. Most of the coverage is rock, and the sizes of rock are small to medium, and have mosses attached on the rock.

In addition, we study the population ecology of *Hynobius arisanensis* in this area. From April 2002 to April 2003, we caught 79 salamanders, among these 20 individuals were recaptured. Using Jolly-Seber method, we estimated the population size in the study site is between 9.7 and 80.0 individuals. The sex ratio of the study population is 1.53. Most individuals are adult. The estimated home ranges were 0 to 1646 m².

We also provide the future conservation and management strategy of *Hynobius arisanensis* in the main context.

壹、前言

阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis*)為兩生類有尾目(Urodela)、小鯢科(Hynobiidae)的種類，體長 11 公分左右，體背深紅褐色，腹部灰黑色，後肢一般為五趾(Fig. 1)。在台灣廣泛分布於中央山脈中南段，北起丹大山、南至北大武山；海拔分布範圍在 2000 公尺以上，而分布區的年平均溫度多在 20°C 以下。小鯢科的種類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特殊多高山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孑遺物種(glacial relict)。

阿里山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。生殖季大約在晚冬至早春之時，每年二至四月可發現小山椒魚。

台灣的山椒魚的發現早在廿世紀初，然而由於其稀少性且行為隱蔽，在台灣的山椒魚的研究上，大多以分類為主(見陳及呂(1987)的回顧)，對於山椒魚的生態研究方面，至今僅只本實驗室進行過相關的研究(陳及呂，1986、葉等，1994)。

阿里山地區的山椒魚生態研究最早由陳及呂(1986)進行，他們的研究開始於 1982 年 12 月，持續至 1985 年 6 月，當時即選定了阿里山森林遊樂區內的山葵田進行研究。在此研究中，研究者劃設了 A、B 兩個樣區，主要以山椒魚的棲所、乾雨季分布的差異、活動範圍、及 A、B 樣區間比較為主。葉等(1994)亦接續在這個樣區進行研究，此外亦將整個研究地點擴展到玉山國家公園，他們共選定了 6 個樣區，包括阿里山、自忠、石山、鹿林、塔塔加及神木林道。在他們的研究結果，單位面積捕獲率方面，以自忠樣區最高，鹿林樣區最低，而阿里山的族群量及族群的年齡結構最為穩定。在後者的研究，除阿里山樣區為山葵田外，而自忠樣區亦為一山葵田，這引

發了一個疑問--是否山葵田有較多的山椒魚分布呢？如果是，那是來自於山葵田的農作型態？或者僅僅是他們調查的山葵田有特殊的棲地因子使族群量較高？因此本計畫的目的之一，即是在阿里山地區的山葵田進行山椒魚分布狀況的調查，瞭解是不是所有的山葵田皆有分布。若結果為是，則可能是山葵田的耕作型態對山椒魚的生存有正向作用；如果不是，則僅是隨機造成的。

事實上山椒魚在林班地分布狀況的調查研究是非常重要的工作，因為山椒魚的隱密性非常高，一般在野外若不刻意去尋找，通常是不會見到的。因此必需進行以山椒魚為主要調查對象的研究，經由每個林班地內地表物的仔細翻找調查，才能瞭解山椒魚在整個地區的分布狀況。這個研究將對整個阿里山地區內動物資源的瞭解將有貢獻。

再者，經過將近十年的調查間隔，本實驗室在姐妹潭樣區中的阿里山山椒魚族群的數量經過這些年是增加還是減少、棲地利用是否和前述研究有差異，都是值得研究的課題。因此本計畫第二個目的即在研究阿里山山椒魚使用何種棲地環境。

本研究計畫為二年計畫的第一年，預計在第一年的時間先蒐集初步的數據，接著在第二年調查增加更多的調查點及個體資料，綜合兩年的調查結果，提供管理處對於阿里山山椒魚的保育及經營管理最佳的策略。

貳、材料與方法

本計畫分為兩部分進行，第一為調查山椒魚在山葵田內的分布狀況，另一則為棲地利用調查，各分項的調查方法分述如下：

1. 阿里山山椒魚在阿里山地區山葵田的分布情況調查

研究範圍：

阿里山事業區第 1 至 11、16 至 20 林班、大埔事業區第 209 至 214 林班(Fig. 2)。

調查方式：

配合現場工作人員，由工作人員的帶領至每一個林班地調查。在每個林班地中，隨機選取山葵田，紀錄進行調查山葵田的面積(概估)、坡向、海拔高度，並依據農民或現場工作人員的資訊記錄主要水源狀況(穩定、季節性乾涸、無水源)。接著尋找山葵耕作範圍及附近地區中任何適合山椒魚棲息的棲地，包括山葵田、小溪流、石壁滲水處或潮溼處等等，在這些地點內徒手翻找山椒魚慣於躲藏的石塊及枯木。當發現山椒魚時，捕捉個體(山椒魚的移動速度通常很低，只要在遮蔽物下發現，不會有個體逃脫)。捕捉到的山椒魚紀錄以下的資料，包括日期、發現林班地、TM2 座標(GPS 定位座標)、巨棲地類型(主要植被)、微棲地類型、遮蔽物類型、測量遮蔽物的體積與棲息位置基質等。同時測量個體的吻肛長、尾長、頭長、體重等形質資料，若可分辨出性別亦記錄下來，此外亦以照相的方式記錄每隻個體身體背腹面的斑紋或色彩，最後將這些數據及照片填入及貼入山椒魚分布狀況調查表(Table 1)，並將出現地點標示於調查林班地的圖上。

調查頻度：

調查範圍共計 22 個林班地。因此，每次調查時以三個林班地為調查範圍，每次 1 個工作天。調查安排至所有林班地皆調查過為止。

2. 阿里山山椒魚棲地利用調查及族群生態研究

調查樣區：

為瞭解阿里山地區山椒魚的棲地利用及族群變動，我們在本實驗室先前的研究地點—森林遊樂區姐妹潭旁重新劃設樣區。樣區位置在姐妹潭北方的山谷內，屬阿里山事業區 2 林班(Fig. 2)。整個樣區中間被溪流及樹木分隔為上下兩個不連續的部分，因此將樣區分為 A、B 兩區，兩區間相距約 20 公尺，A 區及 B 區的示意圖分別見 Fig. 3 及 Fig. 4，。

A 區大致與陳及呂(1986)及葉等(1994)A 樣區位置相當，但田畦形狀及耕作狀態有差異。A 區總面積約為 3000 平方公尺，長約 100 公尺，寬約 30 公尺，為柳杉(*Cryptomeria japonica*)和紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)混合林地，由東南向西北方傾斜約 15 度。森林鐵路塔山線位於本樣區東邊 20 公尺上方的山腰上，南北兩面則以高大箭竹與外界隔離，西邊為山谷的出口，樣區內有三條主要水道，一在樣區的東南邊，二條在樣區的西北邊，二者皆由南向西流。地表為當地居民依山勢闢為梯田，種植山葵(*Wasabia japonica*)，田畦四周以石塊或木板或枕木堆砌而成，約 61 畦山葵田，其中有 52 畦在種植，9 畦為休耕地(Fig. 3，淡綠色區域為休耕地)。此外，本區草本植物以絨莖樓梯草(*Elatostema minutum*)、長梗盤麻花(*Lecanthus sasakii*)、阿里山赤車使者(*Pellionia arisanensis*)、台灣噴啞草(*Mitella formosana*)、戟葉蓼(*Polygonum thunbergii* f. *biconvexum*)、單花鳳仙花(*Impatiens uniflora*)、阿里山天胡荽(*Hydrocotyle setulosa*)、曲莖蘭嵌馬藍(*Parachampinella flexicaulis*)及苔蘚植物和蕨類等陰性植物為主，樣區邊緣一公尺內，則有較高大樹種或灌木、蔓性植物等，如玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)、深紅茵芋(*Skimmia revesiana*)、銳葉柃木(*Eurya acuminata*)、台灣鵝掌柴(*Schefflera taiwaniana*)、玉山假沙梨(*Strancaesia niitakayamensis*)和懸鉤子屬(*Rubus* spp.)植物。

B 區約在 A 區北方 10 公尺處，兩概為西北向東南的長方形，長約 80 公尺、寬約為 40 公尺，總面積約 3200 平方公尺，由東西兩側向來自 A 區的溪流凹陷，兩側坡度約 20 度。B 樣區的位置約當陳及呂(1986)的 B 樣區，但面積較大。本區共有 24 畦山葵田，亦為柳杉及紅檜的造林地，但種植較為稀疏，樣區中央一部分整日直射陽光，其底層植被狀況似 A 區，但以樣區四週樹木的下層較多。

調查方式及分析方法：

(1)棲地利用

在樣區內徒手翻找所有可能被山椒魚利用為遮蔽物的土表物體，尋獲的個體紀錄除記錄日期、時間外，並記錄其微棲地的資料(見 Table 2 記錄範例)包括遮蔽物類型、遮蔽物表面覆蓋物、遮蔽物體積(測量長度、寬度及高度)、基質等，並予以拍照記錄。同時測量個體的形質資料如吻肛長、尾長、頭長、體重等，若可分辨出性別亦記錄下來。此外亦以照相的方式記錄每隻個體身體背腹面的班紋或色彩，以輔助個體的辨識，並將個體的位置點於樣區圖上。

資料分析上，計算各種類型遮蔽物、遮蔽物表面覆蓋物、基質的數目，換算成百分比，再以圓形圖比較。遮蔽物的體積則以 5000 cm^3 為一個刻度，製成頻率分布圖(frequency polygon)，以瞭解利用遮蔽物的大小。

(2)族群生態

將樣區內捕獲的個體依 Martof (1953)的去趾標記系統(Fig. 4)編號，再放回原棲地，並儘量回復原有棲地形態。個體及族群相關參數估算上，我們利用 Jolly-Seber 法、Schnabel 法(in Krebs, 1999)估算族群數量、並依據其體型計算其族群的年齡結構、並以最小凸多邊形法(minimum convex polygon method)(Stickel, 1950)計算個體的活動範圍(home range)。Jolly-Seber 法使用 Krebs ver.0.9 軟體(Bruzstowski, 1997)計算，而活動範圍使用 Calhome 軟體。

調查頻度：

每月一次。在工作的分配上，第一月為進行為地點勘察及樣區劃設，其餘十一個月份，則每月一次至樣區調查，不論日數的長短直至樣區所有的地表物皆翻找過一次為止。

參、結果

1. 阿里山山椒魚在阿里山地區山葵田的分布情況調查

在現場工作人員的帶領及陪同之下，研究者分別於 2002 年的 4、8、10、12 月及 2003 年的 1、3 月到計畫調查的林班地進行調查，已完成預定之林班地的調查。各林班地進行調查山葵田的數量、概略面積、坡向、水源狀況、調查到山椒魚數量見 Table 3。Fig. 6 為幾個調查林班地中具代表性的山葵田照片。

本年度在 22 個林班地中共調查了 42 處的山葵田(Table 3)，每個林班地調查 1 至 3 塊山葵田，調查的面積介於在 300 至 9000 平方公尺之間(隨調查地區的山葵田數而異)，總調查的面積為 56500 平方公尺。在調查的林班地的坡向方面，有 2 個林班地為東向坡、12 個為西向坡、3 個南向坡、5 個北向坡；而調查的山葵田在水源的特性方面，有 6 個具有穩定的溪流水源，9 個為季節性乾涸溪流水源，7 個沒有水源(其種植山葵的水源由他處引來或依靠天然雨水)。林班地內種植山葵的梯田坡度在 10 至 45 度之間。其中在阿里山 2 林班地勢最為平坦，而阿里山 7 林班則較為陡峭。

在本計畫的調查中僅在阿里山事業區 2 林班及大埔事業區 209 林班的山葵田中調查到山椒魚(Fig. 2)，但數量皆為 1 隻。發現山椒魚的林班地及棲地特性方面，在阿里山 2 林班(Fig. 7A)調查到山椒魚的山葵田是較為平坦的(坡度為 10 度)，發現的位置在整區山葵田中段的外緣，此塊田的左側為一陡陷的溪谷，此溪中的水流全年不斷，發現位置距離此條溪流約 15 公尺，而此塊山葵田樹冠層為柳杉。大埔事業區 209 林班(Fig. 7B)的山椒魚發現位置的地形亦為平坦的(坡度為 15 度)，本區的山葵田的四週種滿造林的柳杉，在中央部分日照較為強烈，山椒魚的發現位置位於強烈日照區的邊緣。此塊山葵田內的溪流水源不穩定，僅在雨季雨量較大時才有水，在調查時呈乾涸狀態，發現山椒魚的位置與此條溪相距約 30 公尺。

2. 阿里山山椒魚棲地利用調查及族群生態調查

經過第一個月的初步調查，我們選擇了阿里山森林遊樂區姐妹潭旁的山葵田劃設樣區，樣區的狀況已如材料與方法中所述。其餘月份中，我們在此樣區內共調查到 79 隻山椒魚，加以分布調查中所調查到的個體，共 81 隻個體的資料統計歸納山椒魚的棲地利用以及樣區內山椒魚的族群資料分項描述如下：

(1) 棲地利用

山椒魚棲所典型的發現狀況方面，根據觀察得知，山椒魚棲所的位置絕大部分是位於遮蔽物的下方(Fig. 8A)，此遮蔽物極不易搖動或受自然界外力移動者，遮蔽物的下方留有少許空隙，除了山椒魚進出口，周圍封閉良好，若遮蔽物四周空隙太多或下方太密實，都少有山椒魚棲息。個體在棲所中有一明顯的窩，窩內較平整且較四周土壤為低，山椒魚呈 S 形在窩內靜止不動(Fig. 8B)。

山椒魚窩的遮蔽物的特性方面，遮蔽物絕大部分為石塊(含兩塊石頭下者)，其百分比為 82.5%；少部分為木塊(16.0%)，僅 1 個體在無遮蔽物狀況下發現(Fig. 9)。石塊遮蔽物的長度、寬度及高度的平均值分別為 24.3、17.0、9.8 cm，體積的範圍從 75 至 21546 cm³，平均值為 5117.8 cm³；木塊遮蔽物的長度、寬度及高度的平均值分別為 110.0、15.1、8.5 cm，體積的範圍從 4000 至 27000 cm³，平均值為 14132.7 cm³。將遮蔽物的體積分布作圖(Fig. 10)，可見石頭體積的眾數(mode)在 0~5000 cm³此項，木頭則在 1000~15000 cm³，這代表山椒魚主要利用的遮蔽物為中小型的石塊。有記錄的遮蔽物中，其上皆有植物附著，在附著的植物中包括了苔、蘚類及高等植物，或僅有一種植物附著或二種混合，幾乎遮蔽物上皆有苔蘚類(合計佔 96.7%)，而以僅為苔類附著者較多 60.0%(Fig. 11)。

窩內的基質，在樣區內及林班的調查中，發現的類型包括了泥土、腐葉、碎石、草根、木塊等，山椒魚主要棲息的基質為泥土(82.7%)，其次為腐葉(6.2%)及木塊(6.2%)(Fig. 12)。

(2) 族群生態

捕獲率

在本年度調查中，共捕捉到 79 隻次山椒魚，其中 20 隻次為再捕獲，共標放了 59 隻山椒魚，平均每隻捕獲 1.33 次(Table 4)。在個體被捕捉次數方面，大部分的個體僅被捕獲一次，11 隻個體有再捕獲的記錄，而單一個體被捕獲次數最高為 5 次(編號 17 號個體)(Fig. 13)。每次捕獲量，因月別而異，5、7 兩月 15 隻最高，12 月 1 隻最低。再捕獲個體數方面，以 8 月 5 隻最高，1 月底及 3 月皆為 0 隻最低。再捕獲率方面，12 月為 100%，1 月初及 3 月為 0%(Table 4)。個體捕獲間隔時間由 1 個月至 11 個月不等，平均捕獲間隔為 3.8 月。捕獲的個體僅有 1 隻為在 A 區及 B 區之移動(Table 8)。

族群數量

依據 Table 4 的每個月標放再捕捉資料，利用 Jolly-Seber 法估算每月族群量(population size)、存活率(survival rate)、增減個體數及前二者的 95%信賴區間(調查最初及最終之月分無法估算)，結果列於 Table 5&6。估計的族群量最高為 2003 年 1 月，族群數量為 80.0(11.9~1646.6) 隻，最低為 2002 年 10 月，數量為 9.7(6.7~17.7) 隻。存活率的範圍在 0.325~2.000 之間，數值大於 1 代表族群有新的個體加入，數值小於 1 則族群有個體消失，估算的增減個體數亦列於 Table 5 中。

族群的估算量是否可信，需要先行檢測標記個體與未標記個體是否有相同的被捕獲率(Krebs, 1999)。依據我們研究取樣的特性，即取樣數在三次以上、有自然死亡、族群有新增個體、存活率高等，選用 Leslie's Test 進行等捕獲率檢測(Test for Equal Catchability)。檢測的結果 $\chi^2=114.5$ ($v=58$ $p<0.05$)，表示否定捕獲率相等的假設。再按 Krebs(1999) 書上所建議針對 Jolly-Seber 法的等捕獲率檢測--Leslie, Chitty and Chitty test 來檢測等捕獲率是否相等，則估計的新增個體數為 7.6 隻，而實際上加入族群的個體數為 15 隻，因此所得到的族群估算量是低估的，低估的比例為 49%。所以我們對整個樣區族群的估算量是較實際為低。

若將每次標放的新個體皆視為第一個月標放的，而每個月進行的工作是再取樣，就可使用 Schnabel 法來估算族群量。估計研究樣區所得的族群量為 112.3 隻，95%的信賴區間為 74.8~175.2 隻。

形值及體重

捕獲個體的各形值之均值及標準差在吻肛長為 53.6 ± 6.4 mm、尾長 36.7 ± 6.6 mm、頭長為 13.0 ± 1.4 mm。依據陳及呂(1986)將山椒魚依吻肛長分為不同的年齡，來看不同月份的年齡結構(Table 7)，樣區內捕獲的個體主要的體型大小 45 至 65 mm 之間，屬於中大型個體亦為成體的類別。在四至七月有中小型的個體，八月至翌年三月所見皆為中或大型的個體。研究中未調查到體型小於 25 mm 的個體。

測量個體的體重範圍從 0.8 g 至 5.2 g，平均體重為 3.1 ± 0.96 g。將體重劃分為每 0.5g 一個級數，作出其體重分布如 Fig. 14。其中 2.5~3.0 g 的個體最多(20 隻)，體重小於 0.5 g 的個體未發現。

性別比

依據泄殖腔口的特徵(雄性膨大、雌性平扁)判定所捕獲的山椒魚的雌雄性。在標放的 59 隻個體中，11 隻未能判定性別，能判定性別的個體中，有 29 隻雄性及 19 隻雌性，雄/雌性別比(male/female sex ratio)為 1.53。

水平分布與活動範圍

將捕獲的個體依據月份(數字及字母)分別標示於樣區圖上，可以畫出每個月個體在樣區出現位點的水平分布圖。在 A 樣區(Fig. 15)，捕獲的個體不論月份皆集中在樣區中段較為平坦處，在 B 樣區則在水道的西側較多(Fig. 16)。

Fig. 17&18 是將捕獲三次以上的個體出現的位置連接而成的區

域，再將這些個體依其出現點的座標，以最小凸多邊形法計算其活動範圍，所計算出來的面積值列於 Table 8。估算的個體活動範圍在 0 至 1646 平方公尺之間，平均值 465.7 ± 684.3 平方公尺。其中 017 號個體捕獲共 5 次，但每次皆在同一位置出現。而編號 004 的個體，在 A 區及 B 區皆有捕獲的記錄。扣除 017 號個體後，山椒魚在樣區內地點間平均移動的距離在 4.28 至 38.38 公尺之間，平均為 18.88 公尺。活動範圍的位置上，能估算活動範圍的山椒魚，他們之間在活動範圍在邊緣區域是重疊的 (Fig. 17)。

肆、討論

1. 阿里山山椒魚在阿里山地區山葵田的分布情況調查

經過一年的調查，僅在 2 個林班地發現到山椒魚，這是出乎原先預料之外的。除阿里山 9 林班、10 林班及 11 林班，海拔較低(低於 2000 公尺)，氣溫較高(現場工作人員語)，較不可能出現之外，其餘地點環境皆類似於族群研究的樣區。族群研究的樣區位於阿里山 2 林班內，我們也在鄰近地區找到山椒魚，這表示在 2 林班內山椒魚的數量是非常多的。對照於本實驗室以前的調查資料，山椒魚在阿里山森林遊樂區內的分布非常廣泛，除 2 林班外，1 林班、3 林班、4 林班及 5 林班都有。此外，我們的資料亦顯示眠月線鐵路沿線的 18 林班、19 林班及 20 林班也是很容易見到山椒魚的地點。

然而，今年度調查得到的地點很少，我們認為主要的原因是最初在規劃此項調查時，預定以一年的時間、每個月調查不同的地點，未考慮到乾雨季時山椒魚在土表層的活動量的差異，許多的林班地到現場時才發現其主要水源皆在雨季時才有水，而非雨季呈乾涸狀態。在檢視這些地點的地表物時，石頭或木頭下的表土皆非常的乾燥，實在是不適宜山椒魚的棲息。山椒魚是用皮膚及肺來呼吸的生物，而皮膚佔了絕大部份。皮膚要能進行呼吸必需隨時保持濕潤，故太過乾燥的土壤會使山椒魚體表失水，將會使牠呼吸困難。而本實驗室多年累積的資料，許多都是在雨季進行的，故有可能是因為這樣的原因而使分布調查得不到足夠的資訊，而使得結果呈現阿里山山椒魚在阿里山地區分布狹窄的結果。另外依據本實驗室在之前於阿里山地區的調查中，曾在阿里山 1 林班、3 林班、4 林班、5 林班、18 林班、19 林班及 20 林班等七個林班地調查到山椒魚(Fig. 2)，這些地點在本年度未調查到。

上述現象事實上反應在陳及呂(1986)及葉等(1994)與我們今年的研究上，在每年的一月至九月為阿里山地區的雨季，在這段時節內會調查到較多的山椒魚，這是因為山椒魚在雨季時，由於土壤表層較為潮溼，會到較淺層的土壤活動，同時分布的地點也會較為遠離水源(葉等, 1994)。

水源及水份除了會影響到山椒魚的活動，還會會影響到山椒魚的分布，主要的原因是山椒魚必需到溪流進行生殖活動。Lue et al. (1992)曾在玉山圓峰記錄到阿里山山椒魚(台灣山椒魚)幼體，幼體生活的環境即是在溪流的石頭下，他們發現的時間在四月，推測的生殖時間在冬季。若阿里山的族群亦在冬季生殖，則此時洽為阿里山的乾季，在沒有穩定水源的地點，山椒魚是不會在此長時間停留的。我們進行林班地調查的時間在各個月都有，但是調查到的數量很少，原因可能是調查的地點沒有穩定的水源，山椒魚少有棲息，另一個原因可能是2003年的雨季來得較晚。後者可以從棲地利用的樣區調查到的山椒魚數量看得出來，在陳及呂(1986)及葉等(1994)的調查中，數量在一月開始就在增加，而今年度的調查卻在四月開始調查數量才稍微攀升。因此，雖然我們有些林班地是在往常雨季月份調查的，但卻沒有任何的發現，主要的原因應該是今年天候太過乾燥。

為了解決上述問題，在下年度的研究中，我們將集中人力在阿里山的雨季，完成預定林班地的調查，俾使整個調查因乾雨季造成的調查數量偏差的現象減少。同時亦可由每個林班地所調查到的數量求算族群密度，並依此來比較巨棲息地因子，瞭解究竟何種巨棲息地中最易見到山椒魚。

綜觀整個調查山葵田的資料(Table 4)，會影響到山椒魚分布的另一個原因可能是坡度，阿里山 2 林班及大埔 209 林班調查到山椒魚的山葵田皆種植在較為平緩的區域，而其他曾調查過的地方亦屬此種特徵，我們推測可能是由於平緩地域土壤水份較不易散失的緣故。這部分有待下年度的研究再行確認。

2. 阿里山山椒魚棲地利用調查

(1) 棲地利用

山椒魚在所利用的微棲地特性方面，調查到的山椒魚幾乎全部都躲在遮蔽物的底下，但過程中也曾觀察到未躲在遮蔽物下的個體，而就本實驗室多年對山椒魚的野外調查則偶而可在夜間見到山椒魚離開遮蔽物到表面來活動。山椒魚隱蔽的生活習性，使得遮蔽物對牠們是很重要的。調查到的遮蔽物中，以石塊及木塊為主(Fig. 9)，石塊體積屬於中小型，

而木塊體積屬於大型。所調查到的石塊體積雖然較小，但都具有不易搖動及受外力移動的特色，木塊亦然。不易搖動或移動，使遮蔽物底下的棲所較為穩定，同時也不易被天敵移動，而躲避天敵的捕食。山椒魚停棲在地表面的石頭下，尚有一個優點，就是當要到地表面覓食時，能快速的進出。

此外，遮蔽物上皆有植物附著(Fig. 10)，附著的植物皆以苔蘚類為主，這給我們二方面的資訊，一是樣區的氣候潮溼，二是遮蔽物已很長一段時間未被移動。潮溼的氣候是山椒魚在各地分布最主要的條件。遮蔽物長時間未移動方面，在陳及呂(1986)的研究中，他們發現，若山葵田進行採收而移動到地表的遮蔽物時，有一段時間，調查到的山椒魚的數量會變的很少，這些遮蔽物必需經過一段時間，才會在這些遮蔽物重新見到山椒魚。我們推測這個時間的長度，應該是遮蔽物未再移動而苔蘚類重新長出後，山椒魚才會再利用這個遮蔽物。因此，山椒魚在遮蔽物的選擇上，除了遮蔽物要不易移動，同時此遮蔽物必需要長時間穩定。

在山椒魚棲息的基質方面，調查到的類別包括了泥土、腐葉、碎石、草根及木塊等，其中以泥土為主(Fig. 12)。山椒魚棲息在遮蔽物下，在此處他們必需能將身體塞在基質與遮蔽物的空隙中，許多的空隙不是天然產生的，必需要山椒魚自己來挖掘，較為柔軟的泥土就提供了這樣的條件，加以前面所提到利用遮蔽物的特性，利用泥土自己挖掘使得牠們能夠較為自由的選擇遮蔽物。而其他的基質腐葉、碎石、草根及木塊等與遮蔽物之間，我們推測應該會自然形成空隙，但配合遮蔽物的特性時，兩種條件同時適合的機率就不是很高了。

山椒魚利用這些泥土來作為牠們的棲身之所時，有沒有其他我們未記錄的因素參予其中呢？土壤的顏色、酸鹼度、硬度、含水量是不是都會有影響呢？這些我們都將在下一年度的計畫中增加這些記錄，以更明確的知道山椒魚利用棲地的特性。

本研究在棲地利用方面的結果與陳及呂(1986)、葉等(1994)的差異並不大。葉等(1994)指出山椒魚利用的棲地並沒有偏好的情形，山椒魚利用的微棲地是會隨著地點而變。葉等(1994)對整個棲地特性的調查是在樣區

內畫一條穿越線，記錄穿越線上的遮蔽物及底質狀況。在這個研究中，我們希望能較真實的進行偏好的檢測，且研究期程較長，因此在未來將對樣區內微棲地環境進行普查，比較樣區內微棲地的比例與實際上山椒魚所利用的棲地，以得知山椒魚在微棲地上是否有偏好。

(2) 族群生態

捕獲率及族群數量

本計畫利用 Jolly-Seber 法及 Schnabel 法估算了此地的族群數量，Jolly-Seber 法估算出的每月族群量在 9.7~80 之間，而 Schnabel 法估算的族群量為 112 隻，95% 的信賴區間為 74.8~175.2 隻。由於山椒魚一年生殖一次，族群不會隨時增加，故此地的族群量應是在生殖季後慢慢的減少，可惜我們的數據反應不出這種趨勢。估計的族群量若和陳及呂(1986)的估計的來比較，他們使用 Weight mean 法來估算，族群數量在 1 至 105.2 之間(A 樣區及 B 樣區合計)，與我們的估算相近。由等捕獲率的 Leslie, Chitty and Chitty test 的結果，等捕獲率是不相等的，且我們對此地的族群是低估的(比率為 49%)，若真是如此，則此地的族群量應該是估算值的兩倍。由本年度的研究結果與陳及呂(1986)相較之下，若估算值是準確的，則這些年來此地的族群量沒有很大的變動。

然而，我們對族群的估算量的變異非常大，因此，估算的量僅能作為參考，造成變異很大的原因可以用使用的族群量估算法 Jolly-Seber 法基本的假設來討論。由於 Jolly-Seber 法是針對開放族群設計的，而要使用這個方法必需滿足以下幾點假設：

- A. 不論個體被標記與否，每隻個體在採樣時有相同的被捕捉率
- B. 被標記的個體在取樣間有相同的存活率
- C. 個體不會失去牠的標記，且標記個體被捕時不會漏記
- D. 進行取樣的時間相較於取樣間隔時間是可忽略的

由於我們在等捕獲率的檢測方面，未能通過這個測驗，這反應了整個族群標放的研究上違反了上述的假設。我們認為造成此種偏差的原因

有二：第一個原因是再捕獲率偏低，整個研究的再捕獲率為 25.3%，屬於低數值，會使整個族群的估值偏差，但這也是兩棲類族群中常見的現象。第二個原因為標記的永久性，兩棲類在末端的肢體具有再生的能力，我們在研究的過程中使用剪趾標記法，並因為組織樣本之需而剪取了個體的尾部約 5 mm 長。許多時候，捕捉到的個體在腳趾上是完好無缺的，然而在尾部卻是明顯的有剪過的記號，我們懷疑山椒魚高度的再生能力在很短的時間內就以長好腳趾，尾部成為唯一留存的記號。然而，在本實驗室對台灣的山椒魚野外調查的經驗中，事實上會有許多的個體，因為逃脫了天敵的捕食，而損失掉他們的尾部，在尾部形成缺刻。因此對於剪尾這個輔助標記的可信度亦是存疑的。在研究中，最長的捕獲間隔為 11 月(34 號個體)，且此個體的標記仍十分明顯，這讓我們相信在一年的時間中標記仍是可信的，但是為了在未來能讓我們更確信我們的結果，仍有必要在標記的方法上改進，如在剪趾時以斜角來剪，使重新長出的腳趾為畸形，並繼續以剪尾作為輔助標記。

年齡結構

我們依據體型當作是個體的年齡，來看此地每月份的年齡結構 (Table 7)。捕獲的個體中，除了 2 隻個體為中小型，其餘的個體皆為中大型的成體。這樣的結果符合前人研究族群的年齡結構上以成體為主的現象。然而，陳及呂(1986)及葉等(1994)的研究中，每年春季都會在樣區內見到大量的小山椒魚(吻肛長小於 25mm)。然而本年度卻在整個調查過程中非常特殊的未發現到任何的小山椒魚。這種現象可能來自於阿里山地區在 2003 年的雨季來的較晚，使大部分地區都處在乾旱的狀態，可能使山椒魚延後或停止了他們的生殖活動，使得新生的個體未在此處出現。這是一個很特別的現象，但延後及停止生殖活動僅是我們的推測，這唯有比較下一年度的狀況才能詳細探究。

活動範圍

本研究使用了最小凸多邊形法估計了 5 隻個體的活動範圍，數值在

0 至 1646 平方公尺之間，平均值 465.7 ± 684.3 平方公尺。在陳及呂(1986)的研究中，使用 Pearson(1955)的方法，計算了 26 隻山椒魚的活動範圍，數值在 0.02~12.47 平方公尺；葉(1991)的研究則使用了最小凸多邊形法，記錄了 8 隻個體，平均活動範圍為 43.15 平方公尺，去除極端值後平均值為 4.49 平方公尺。這二者與我們的結果有很大的差異，造成的原因可能是因為個體進行了長距離的遷徙，特別是編號 004 的個體。但略去這個極端值，所得到的活動範圍仍然較高，這僅能說是個體間的差異造成的。由於這部分的樣本數仍然太少，有待下一年度累積更多的個體後再詳細討論。

不過從前人及本研究估算活動範圍的結果可以看出，山椒魚的移動距離並不大，往往同一隻個體會在同一塊或附近的遮蔽物下發現，這表示山椒魚是活動性很低的動物。調查中僅有 1 隻個體作了較長距離的移動，甚至在 A 區及 B 區之間移動。當然，有許多的個體我們都僅有捕獲一次，而這些個體在其他的時間究竟在何處是個值得探究的問題，我們推測應該仍舊停留在發現地點數公尺的範圍內，只是在較深土層的地方。由於調查是每個月進行取樣，恰巧這些個體未到表層來，故調查的再捕獲率是有限的，更難以對其活動範圍得到較詳細的資料。

綜觀本年度的調查，調查的改進方向上，對於分布的調查仍需加強，特別是要選對合適的季節。至於棲地利用方面，應該記錄更多的棲地因子。而族群動態的長期監測仍是要持續的進行，希望能對這種特稀有的野生動物族群的特性能有更全面的瞭解。

伍、阿里山山椒魚保育計畫之建議

1. 山椒魚息性較為隱密的動物，依據本研究得知，他們通常在土表層中活動，對於地表干擾活動如挖掘或石塊的移動應儘量減少。
2. 初步調查顯示，山椒魚的棲息地在潮溼的環境，山椒魚棲息在這樣的環境能保持其皮膚的溼潤，且需要有穩定的水源，作為其繁殖的場所。對於潮溼環境的保持方面，山葵田耕作地內的樹木，要維持其存在，避免陽光直接的曝曬使地表乾燥，而使山椒魚無法生存。維持穩定的水源方面，由於阿里山地區觀光旅遊活動的發達，為供應遊客的民生用水的需求，許多的水源被民眾隨意的接引，使許多原先穩定的溪流，在某些河段變成了乾溪或季節性的乾涸，對山椒魚的繁衍是很大的傷害，因此在管理上有必要對水源利用進行合理的管制。
3. 積極的保育計畫方面，山椒魚由於活動能力較弱，當棲地環境產生改變時，牠們沒有能力進行遷徙，往往使得個族群消失。因此，可以進行試驗性的棲地改善，直接利用收回的山葵田進行棲地的營造。依據本研究的初步調查結果，可選擇在棲地利用研究樣區附近，穩定的溪流邊較為平坦之處，建立試驗樣區，放置類似樣區大量的石塊或枯木等山椒魚利用的遮蔽物，使山椒魚能在其中棲息，並在試驗的過程中監測數量的改變。
4. 生態旅遊已逐漸為國人所接受，為了教育解說上的需要，可嚐試在園區中以人工的方法布置出一個合適於山椒魚棲息的微棲地，以教育展示的方式，使國人來阿里山旅遊除欣賞本地著名的櫻花及日出之外，亦能配合高山生態及高山動物，使遊客瞭解阿里山有其作為台灣高山地區代表的特性。
5. 本研究為二年度的計畫，對於族群的調查及監測也僅為短暫的時間，而此地族群的監測卻是更需要長久進行的，建議在本計畫結束之後，管理單位能培訓內部基層保育人員繼續進行此項監測，以確保阿里山山椒魚族群的健康及穩定。

陸、未來研究方向

整個研究的過程仍持續的在進行中，本報告僅是就第一年的結果進行初步的討論。在下一年度的研究中，繼續調查山椒魚在林班地的分布狀況，並持續進行族群監測，在進行這些工作時，我們將朝以下方向來進行：

1. 在山椒魚分布的研究方面，2002 至 2003 年可說是相當乾燥的一年，可能影響到整個調查的結果。在未來的一年，針對調查範圍的林班地，我們將集中在雨季時以大量的人力進行調查，若時間充裕或調查空檔，可再回頭補充今年度未調查到的林班地。並依據調查的面積求算每個林班地內山椒魚的密度，以得知究竟哪些是影響山椒魚分布的主要因子。
2. 棲地利用方面，對於棲地偏好，本研究並未進行檢測。由於偏好的證明，必須先對整個樣區的環境進行普查。下一年度，將在一開始時即針對此點作詳盡的普查，再檢測是否有偏好的現象。
3. 由於山椒魚的生殖生態在野外幾乎沒有任何的資料，本計畫將在下一年度嘗試進行此方面的調查。

柒、參考文獻

- 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。頁 79-104。
- 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。
- 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。
- Bogert, C. M. 1952. Relative abundance, habits and normal thermal levels of some Virginia salamanders. *Ecology*, 33: 16-30.
- Bruce, R. C. 1988. Life history variation in the salamander *Desmognathus quadramaculatus*. *Herpetologica* 44: 218-227.
- Jaeger, R. G. 1980. Microhabitats of a terrestrial forest salamander. *Copeia* 1980: 205-208.
- Jolly, G. M. 1982. Mark-recapture models with parameters constant in time. *Biometrics* 38: 301-321.
- Krebs, C. J. 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. 620pp.
- Lue, K. Y., C. Y. Lin and K. S. Chuang. 1992. Notes on larva of *Hynobius formosanus* found on Yu-Shan National Park. *Acta Zoologica, Sinica* 31: 68-70.
- Martof, B. S. 1953. Territoriality in the green frog, *Rana clamitans*. *Ecology* 43(1): 165-174.

- Schnabel, Z. E. 1938. The estimation of the total fish population of a lake. *American Mathematician Monthly* 45: 348-352.
- Seber, G. A. F. 1982. *The Estimation of Animal Abundance*, 2nd edition. Charles Griffin and Company, London.
- Seber, G. A. F. 1992. A review of estimating animal abundance II. *International Statistical Review* 60: 129-166.
- Stickel, L. F. 1950. Population and home range relationship of the box turtle, *Terrapene c. carolina* (L.). *Ecol. Mono.* 20(4): 353-378.

捌、致謝

本計畫執行期間要特別謝謝嘉義林管處在行政及現場調查時的支援，其中嘉義處許碧如小姐在研究期程的規劃及食宿安排上給予最大的支援。阿里山工作站的本計畫主辦人蕭明學先生、劉啟同先生、劉洋辰小姐對整個棲地利用及分布調查給予我們最佳的安排。此外，現場工作人員阿里山工作站的魏世昌先生、張文欽先生、呂芳淵先生、吳正義先生及奮起湖工作站陳東焜先生，帶著我們到外人鮮少到的林班地，也陪著我們翻找山椒魚。在此致上十二萬分的謝意。

Table 1、山椒魚在山葵田的分布狀況調查表之記錄。

山椒魚分布狀況調查表

編號：A2+36

日期/時間	林班地		GTM 座標		巨棲地	微棲地
0821/1030	2 林班	36 小班	229427N	2601609E	柳杉林	山葵田
遮蔽物	附著物	長寬高	基質			
石塊		10×8×4 cm	泥土			
水源	吻肛長	尾長	頭長	體重	性別	
15 m	53.7 mm	37.9 mm	12.7 mm	3.4 g	♀	

照片



Table 2、山椒魚棲地利用調查表及記錄。

姐妹潭樣區

日期	編號	GPS 定位		巨棲地類型	微棲地類型
		°N	°E		
0212 1445	003				
遮蔽物	遮覆物	長寬高	基質		
石頭	苔	28x24x15 cm	泥土		
吻肛長	尾長	剪尾長	頭長	體重	性別
52.9 mm	34.0 mm	mm	13.1 mm	2.2 g	F
個體特徵(請簡短描述)尾剪過					

背面



腹面



石頭



洞穴



泄殖腔孔



Table 3、已調查林班地的山葵田中，調查的山葵田數量及面積表。

林班地	海拔 (m)	調查月份 (月/年)	數量	面積 m ³	坡向	坡度 (°)	水源	尋獲 山椒 魚數
阿里山 1	2200	12/02	3	2500	北	30		無
阿里山 2	2100	08/02, 01/03	3	9000	北	10		1 隻
阿里山 3	2200	01/03	2	8000	南	30		無
阿里山 4	2200	08/02	1	500	北	30		無
阿里山 5	2200	10/02, 12/02	3	2400	南	20		無
阿里山 6	2200	08/02	1	400	北	40		無
阿里山 7	2000	08/02	3	5000	西	30	×	無
阿里山 8	2100	08/02	1	600	北	45	×	無
阿里山 9	1700	03/03	1	500	西	30		無
阿里山 10	1800	03/03	2	3000	東	30	×	無
阿里山 11	1800	03/03	1	1000	東	30	×	無
阿里山 16	2400	01/03	1	300	西	40	×	無
阿里山 17	2300	01/03	1	400	西	30		無
阿里山 18	2300	01/03	1	500	西	30		無
阿里山 19	2400	01/03	1	3000	西	20		無
阿里山 20	2400	01/03	1	2000	西	20		無
大埔 209	2500	04/02	3	6000	西	15		1 隻
大埔 210	2400	04/02	3	3000	西	15		無
大埔 211	2400	04/02	3	3000	西	20	×	無
大埔 212	2400	12/02	3	2400	西	40		無
大埔 213	2300	12/02	1	600	南	25	×	無
大埔 214	2400	04/02	3	2400	西	20		無
		總計	42	56500				

註： ：有溪流； ：有溪流但乾涸；×：無水源

Table 4、棲地利用及族群調查所捕獲山椒魚的標放記錄表

		調查日期										總計	
		02年 4月	02年 5月	02年 7月	02年 8月	02年 10月	02年 12月	03年 1月初	03年 1月底	03年 2月	03年 3月		03年 4月
捕捉數		13	15	15	8	3	1	4	3	4	4	9	79
最近 一次 捕獲 日期	02年4月		2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
	02年5月			1	2	0	0	0	0	0	0	1	4
	02年7月				2	0	0	0	0	1	0	1	4
	02年8月					2	0	1	0	0	0	1	4
	02年10月						1	0	0	1	0	0	2
	02年12月							0	0	0	0	0	0
	03年1月初								0	0	0	0	0
	03年1月底									0	0	0	0
	03年2月										0	0	0
	03年3月											1	1
標記個體數			2	2	5	3	1	1	0	2	0	4	20
再捕獲率 (%)			13.3	13.3	62.5	33.3	100	25	0	50	0	44.4	25.3

Table 5、以 Jolly-Seber 法估算的族群量、存活率、增減個體數表。

取樣日期	標記比例	標記族群大小	族群估算量	存活率	增減個體數
02年4月	0.000	0.0	(a)	0.892	(a)
02年5月	0.188	11.6	61.9	0.325	22.5
02年7月	0.188	8.0	42.7	1.109	-17.9
02年8月	0.667	12.2	18.3	0.636	-2.0
02年10月	1.000	9.7	9.7	1.345	0.0
02年12月	1.000	13.0	13.0	2.000	39.0
03年1月初	0.400	26.0	65.0	0.690	35.2
03年1月底	0.250	20.0	80.0	0.739	-30.8
03年2月	0.600	17.0	28.3	0.395	26.3
03年3月	0.200	7.5	37.5	(a)	(a)
03年4月	0.500	(a)	(a)	(a)	(a)

(a): Jolly Seber 法無法計算此數值

Table 6、以 Jolly-Seber 法對族群量及存活率估算的 95 %信賴區間(Confidence Intervals)表

取樣日期	族群估算量			存活率		
	低	估值	高值	低值	估值	高值
02 年 4 月	(a)	(a)	(a)	0.343	0.892	2.180
02 年 5 月	24.9	61.9	328.5	0.148	0.325	0.717
02 年 7 月	22.6	42.7	141.4	0.628	1.109	1.736
02 年 8 月	11.9	18.3	41.2	0.306	0.636	1.250
02 年 10 月	6.7	9.7	17.7	0.348	1.345	4.718
02 年 12 月	4.5	13.0	68.7	0.230	2.000	17.105
03 年 1 月初	13.1	65.0	864.4	0.065	0.690	8.317
03 年 1 月底	11.9	80.0	1646.6	0.076	0.739	7.928
03 年 2 月	7.4	28.3	299.7	0.053	0.395	3.168
03 年 3 月	8.1	37.5	516.2	(a)	(a)	(a)
03 年 4 月	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)

(a): Jolly Seber 法無法計算此數值

Table 7、姐妹潭樣區內各月份捕獲山椒魚的吻肛長分布表。

月份	吻肛長(mm)					
	<25	25~35	35~45	45~55	55~65	>65
4/2002		1	1	9	2	
5/2002			2	8	5	
7/2002		2		7	5	1
8/2002				4	4	
10/2002					3	
12/2002					1	
1/2003				4	3	
2/2003				3	1	
3/2003				3	1	
4/2003				1	8	
總計		3	3	39	33	1

Table 8、捕捉三次以上的個體地點間平均距離及活動範圍表

編號	捕獲次數	地點間平均距離(公尺)	活動範圍(平方公尺)	備註
003	3	18.40	464.0	
004	4	38.38	1646.0	A、B 樣區間移動
005	3	14.46	177.5	
017	5	0	0.0	皆位於同一地點
025	3	4.28	41.0	
平均值	3.4	18.88*	465.7	

*:未將 017 計算在內



(A)



(B)

Fig. 1、阿里山山椒魚的外形。(A)背面；(B)腹面。

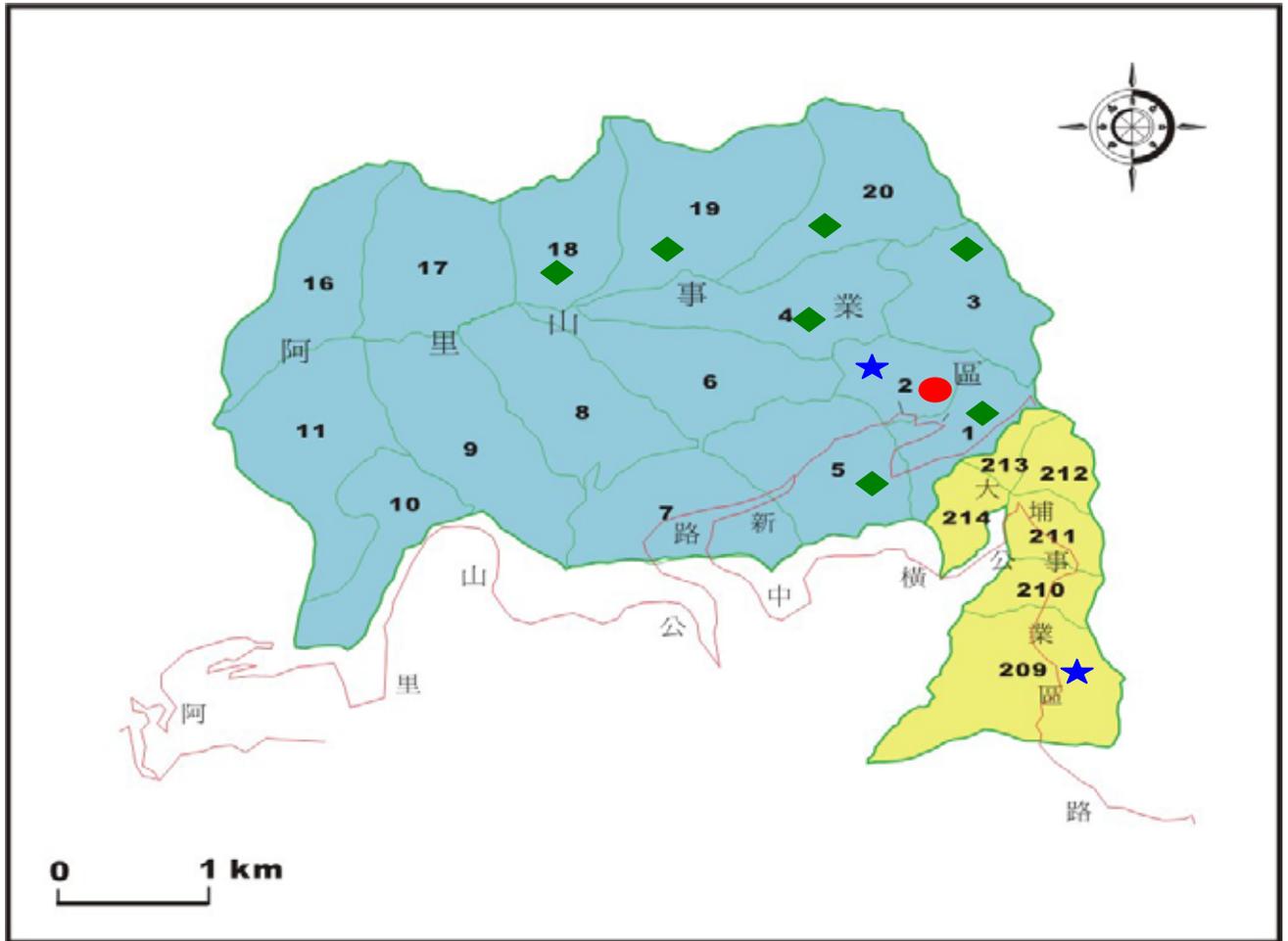


Fig. 2、本計畫的調查範圍圖；★表本計畫所調查到山椒魚的位置
◆表先前本實驗室有調查到山椒魚的位置；●為棲地利用調查的樣區位置。

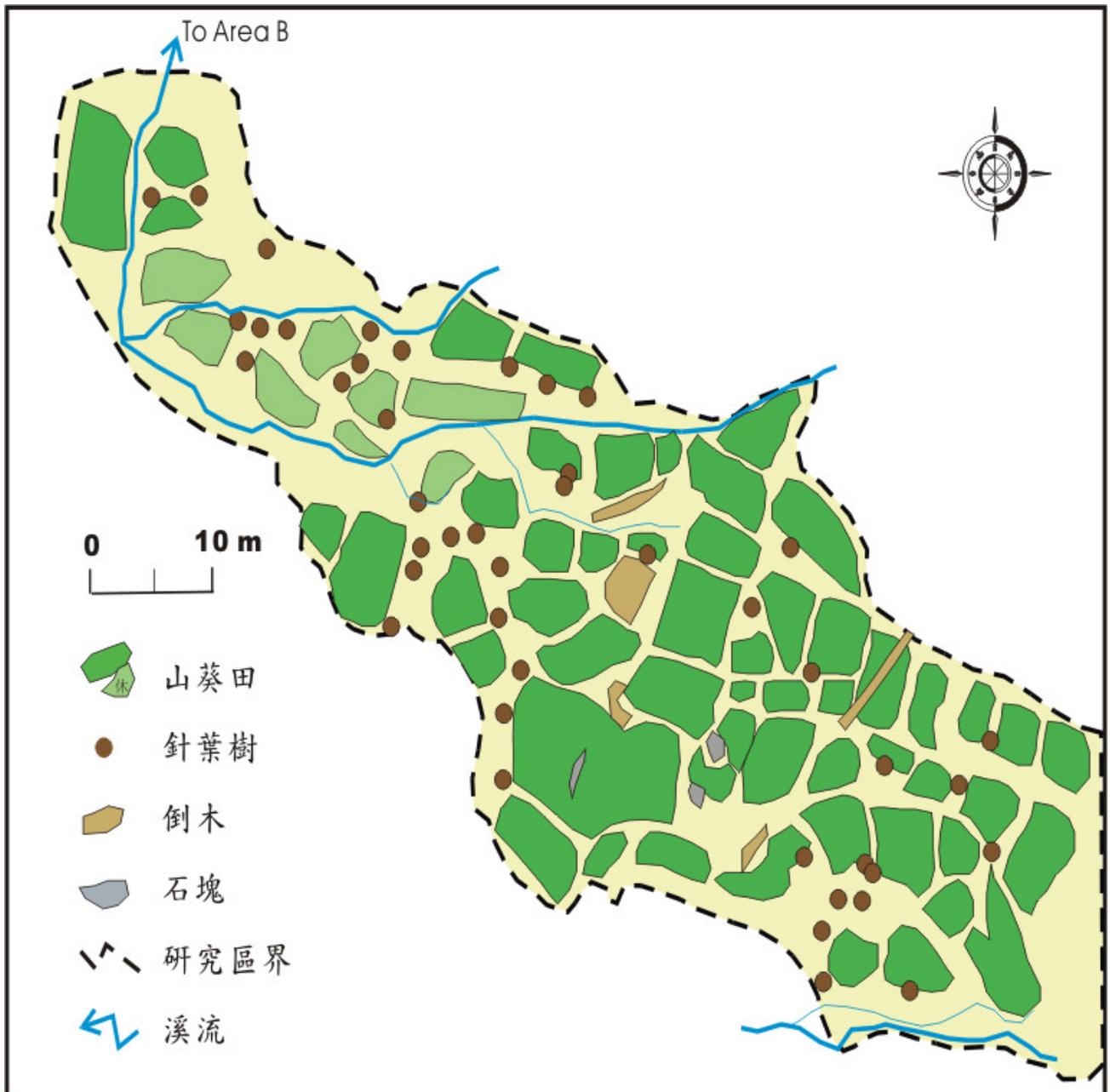


Fig. 3、姐妹潭樣區中 A 區的平面圖。

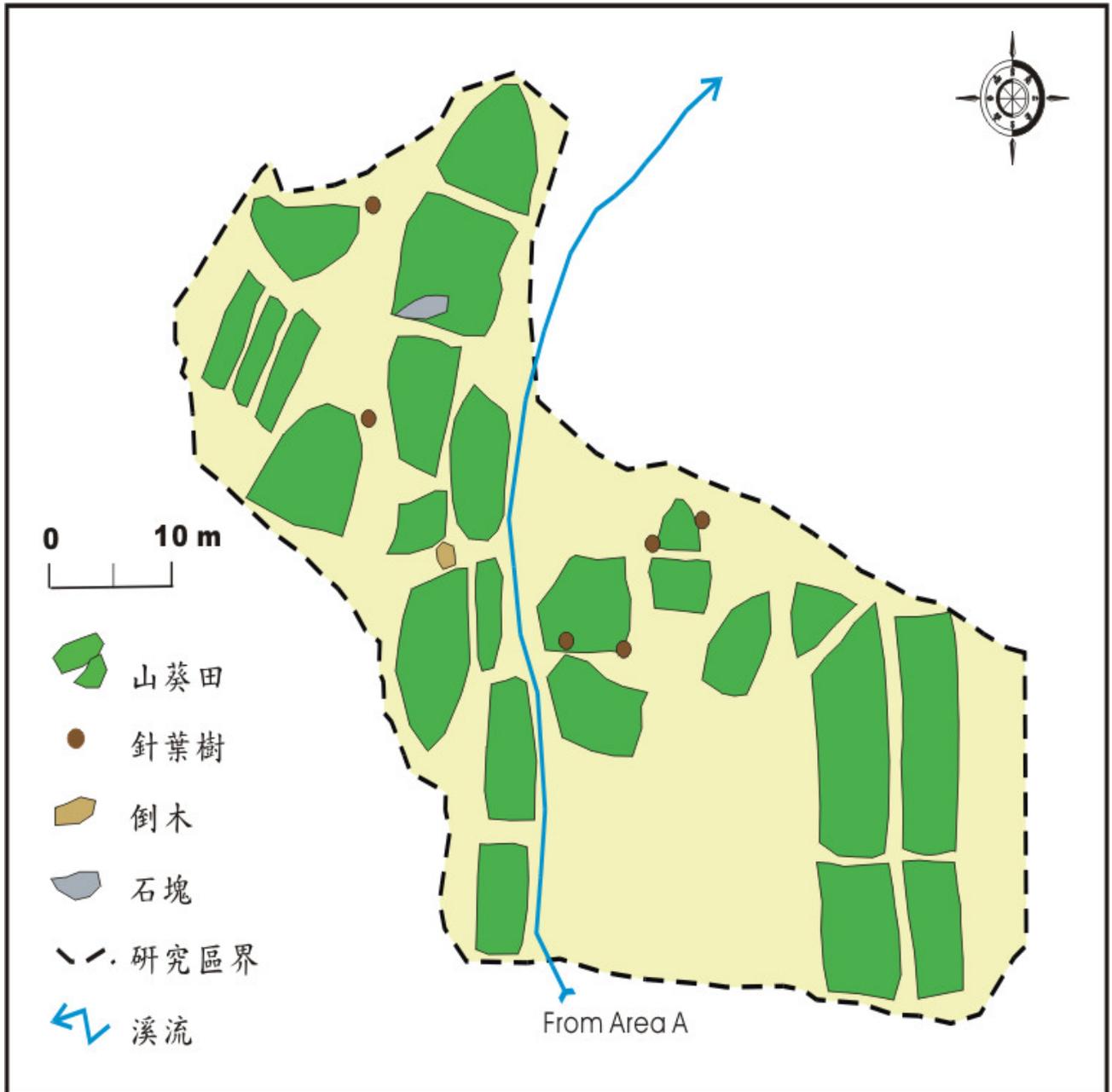


Fig. 4、姐妹潭樣區中 B 區的平面圖。

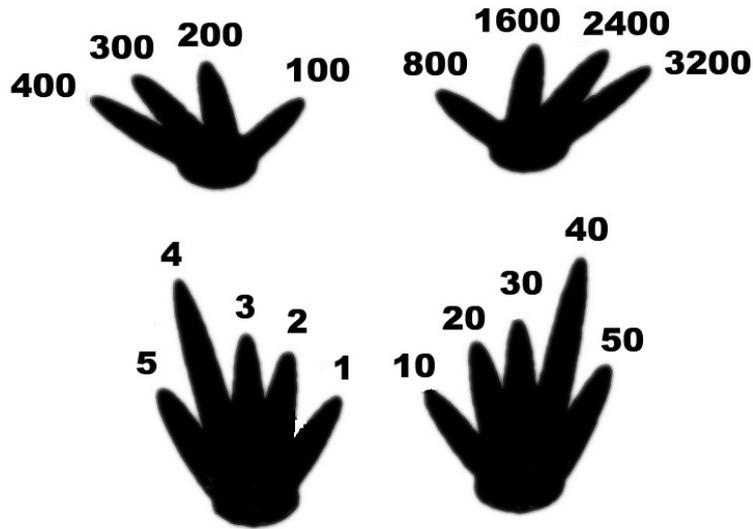


Fig. 5、Martof(1953)去趾編號系統。



(A)



(B)



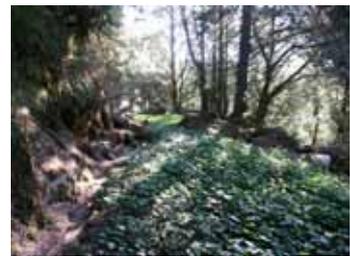
(C)



(D)



(E)



(F)

Fig. 6、分布調查中幾個調查林班地內山葵田(含休耕)的照片。(A) 阿里山 1 林班；(B) 阿里山 3 林班；(C) 阿里山 7 林班；(D) 阿里山 9 林班(已休耕)；(E) 大埔 209 林班；(F) 大埔 213 林班)。



(A)



(B)

Fig. 7、山椒魚分布調查中發現山椒魚的林班地照片—(A)阿里山事業區 2 林班 36 小班；(B)大埔事業區 209 林班。(箭頭所指為發現山椒魚之位置)



(A)



(B)

Fig. 8、(A)山椒魚遮蔽物典型的大小及外表；(B)山椒魚在窩內的情形

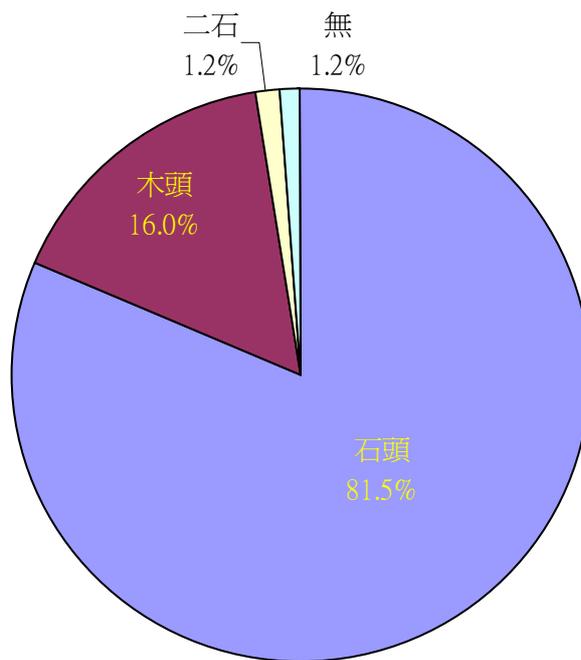


Fig. 9、山椒魚出現在不同遮蔽物的百分比圖。

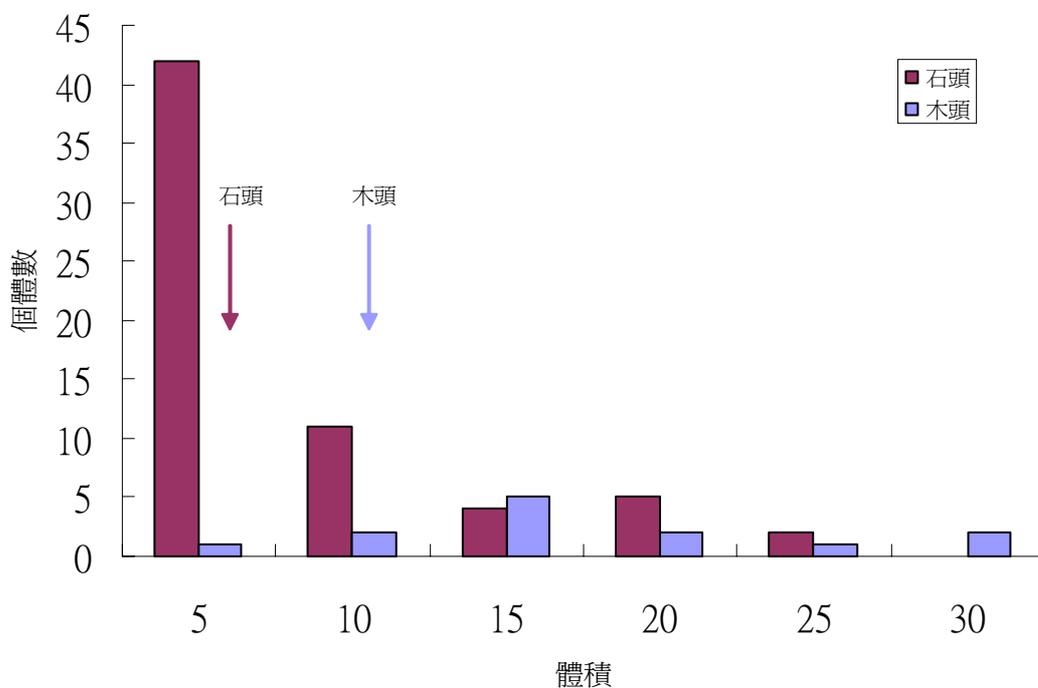


Fig. 10、遮蔽物的體積分布圖，單位為 10^3 cm^3 ，箭頭表示平均值所在數值。

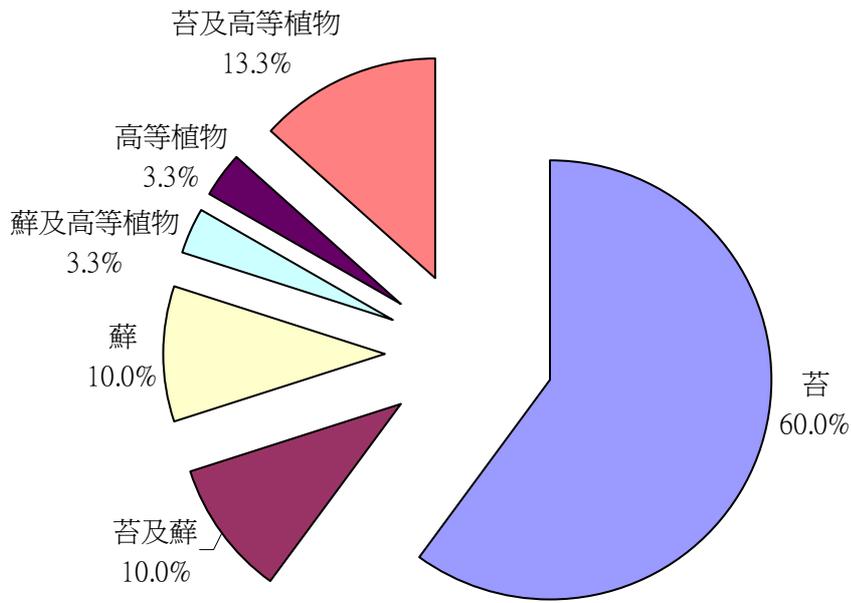


Fig. 11、遮蔽物上附著植物類別及百分比圖。

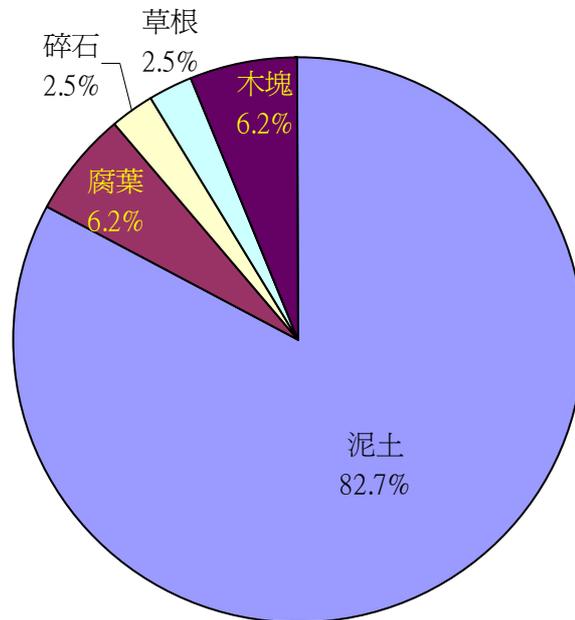


Fig. 12、山椒魚出現在不同基質的百分比圖。

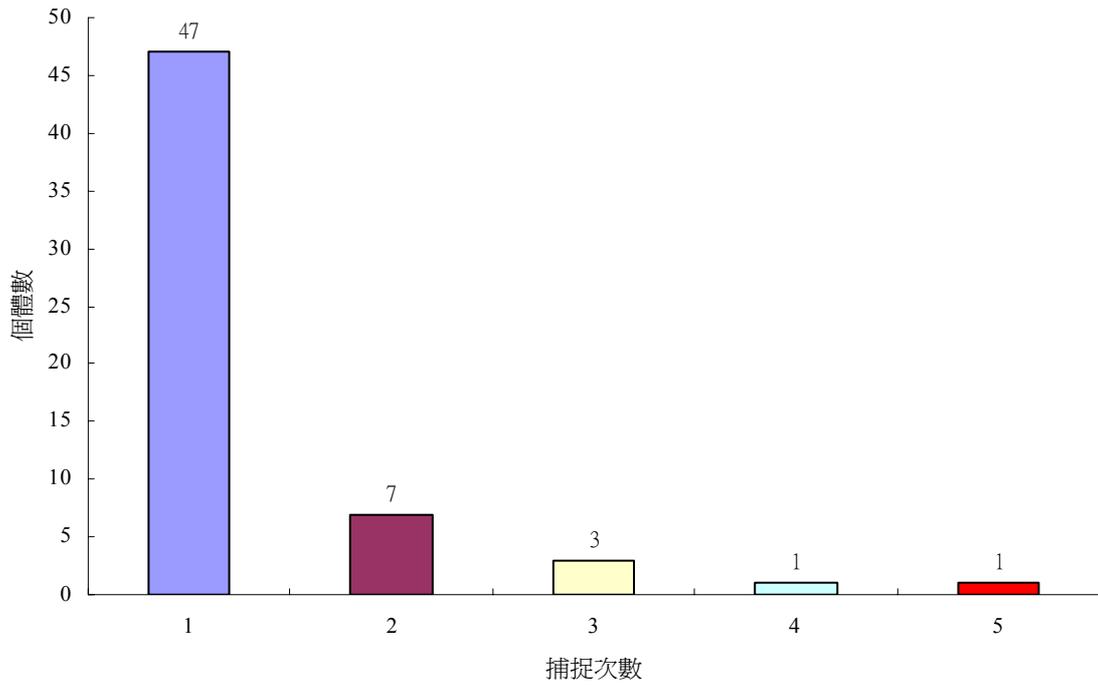


Fig. 13、姐妹潭樣區調查中每隻個體被捕捉的次數分布圖。

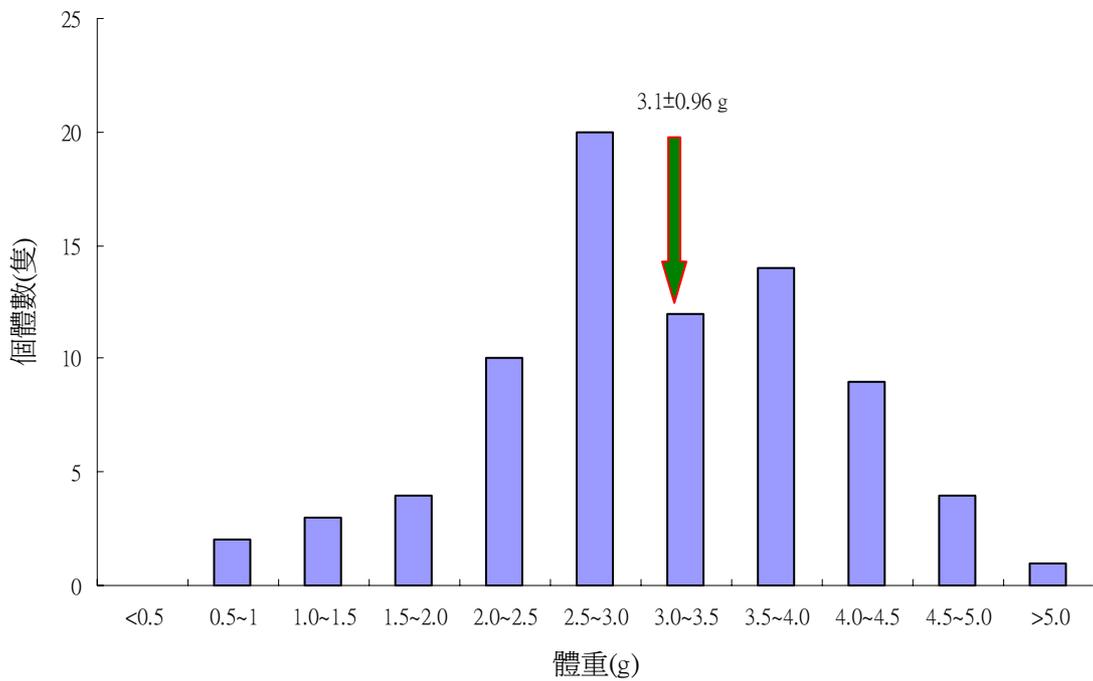


Fig. 14、姐妹潭樣區調查捕獲山椒魚體重分布圖，箭頭所指為平均值位置。

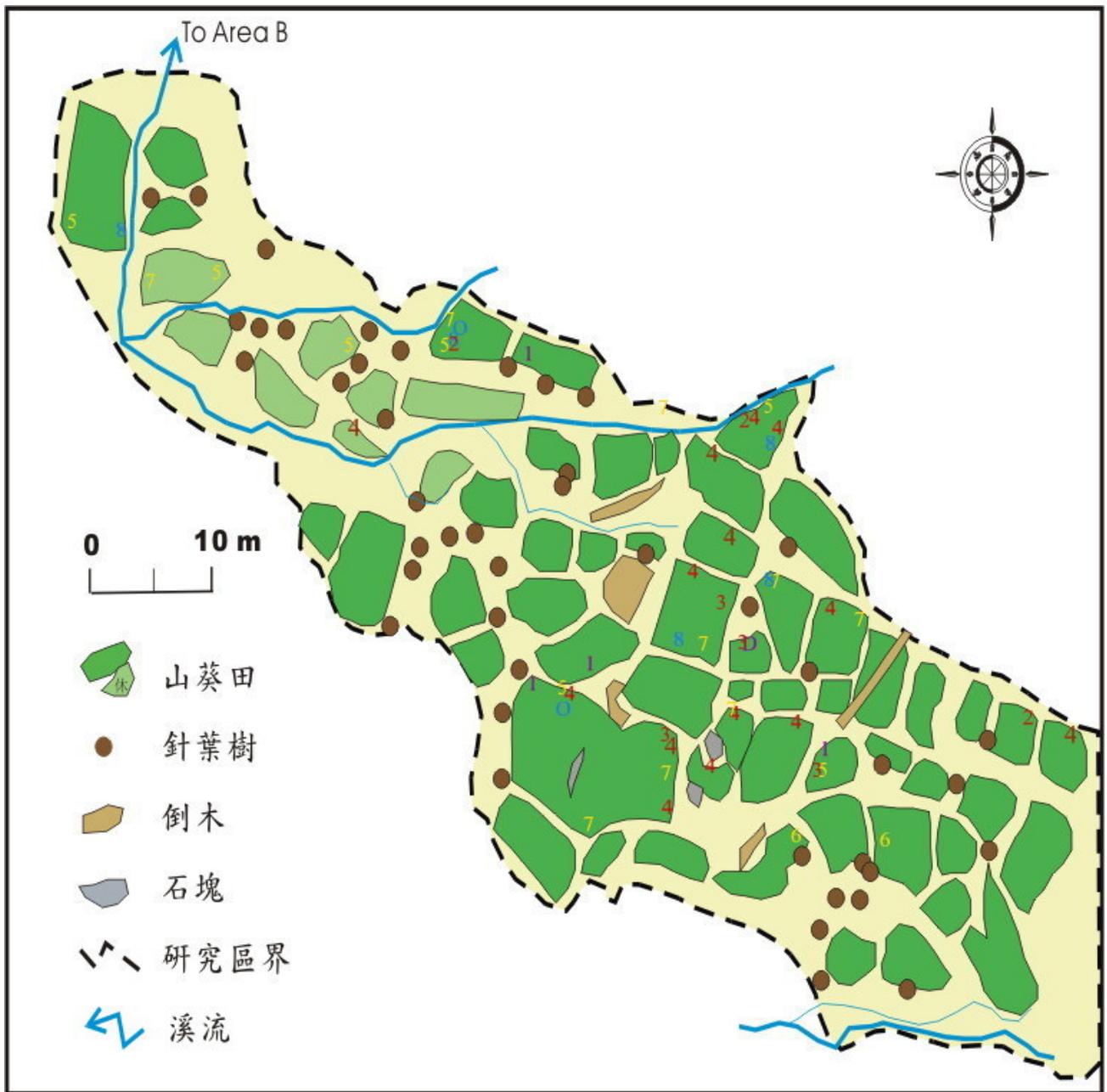


Fig. 15、姐妹潭 A 樣區捕獲個體的水平分布圖，其中數字及字母代表月份(O 為 10 月、N 為 11 月、D 為 12 月)；顏色代表季節，紅色:春季、黃色:夏季、藍色:秋季、紫色:冬季。

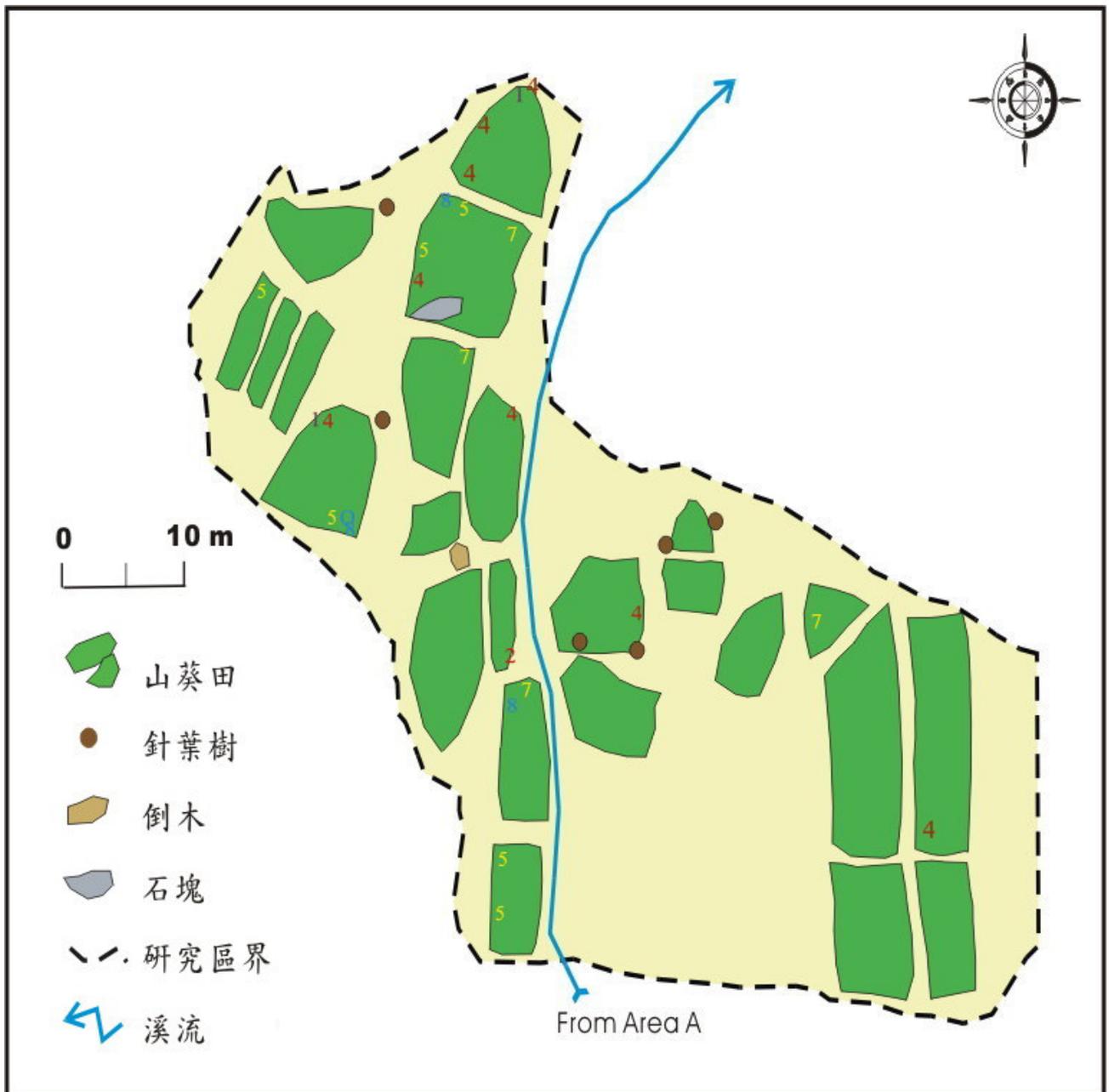


Fig. 16、姐妹潭 B 樣區捕獲個體的水平分布圖，其中數字及字母代表月份(O 為 10 月、N 為 11 月、D 為 12 月)；顏色代表季節，紅色:春季、黃色:夏季、藍色:秋季、紫色:冬季。

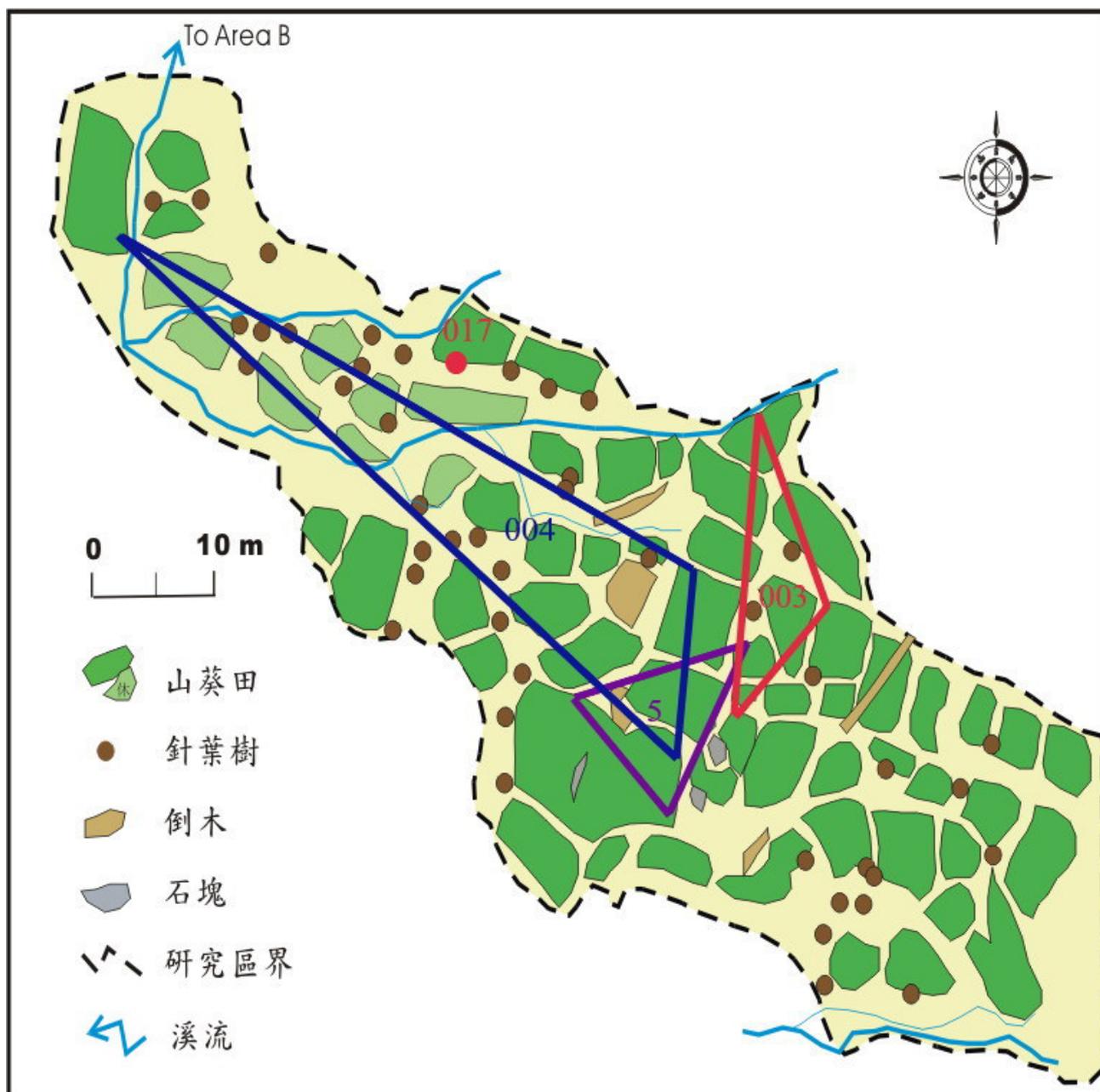


Fig. 17、姐妹潭 A 樣區捕獲三次以上個體的活動範圍圖，不同顏色的三角形代表不同的個體，個體的編號於三角形的中心。

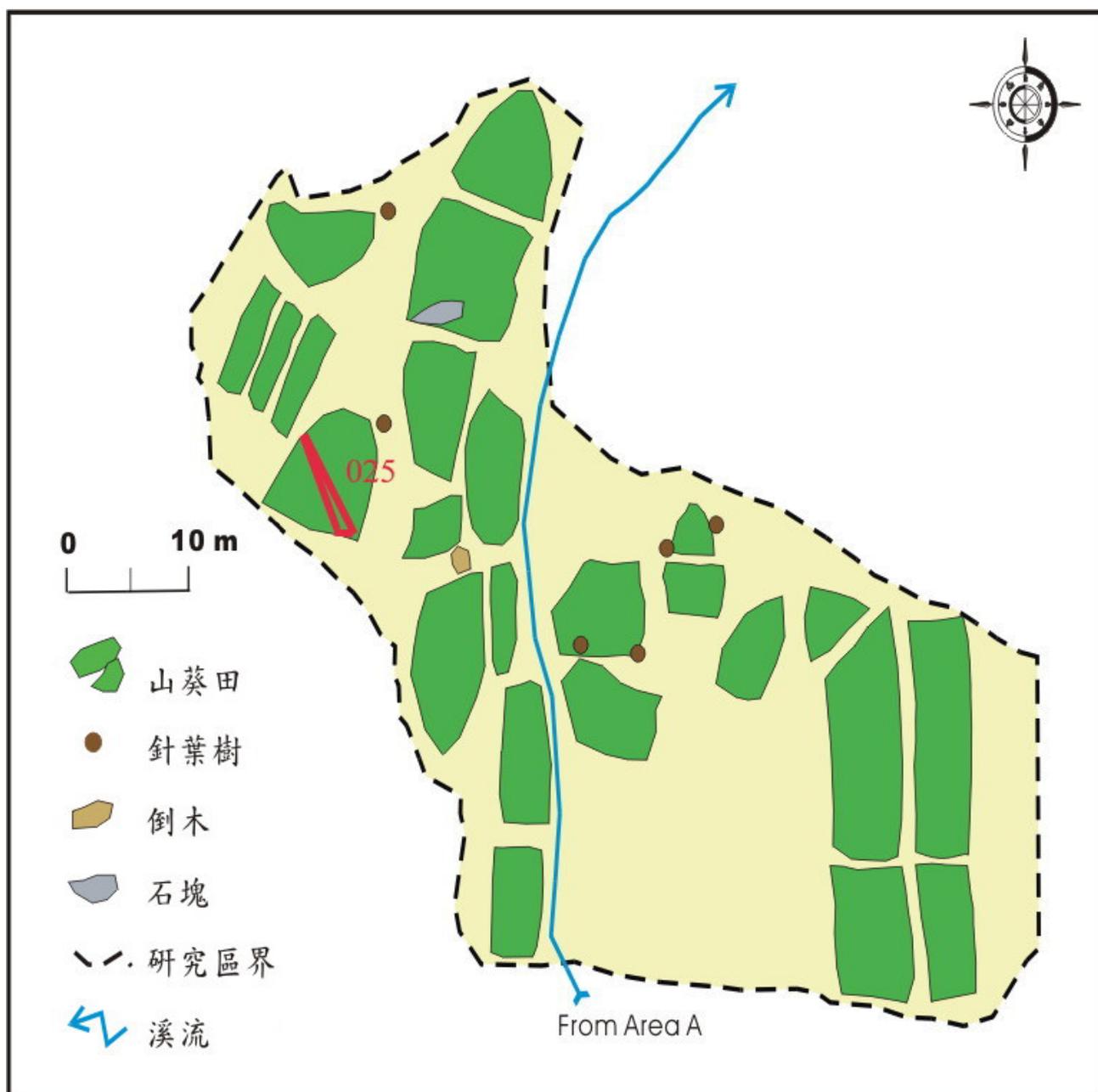


Fig. 18、姐妹潭 B 樣區捕獲三次以上個體的活動範圍圖，不同顏色的三角形代表不同的個體，個體的編號於三角形的外側。