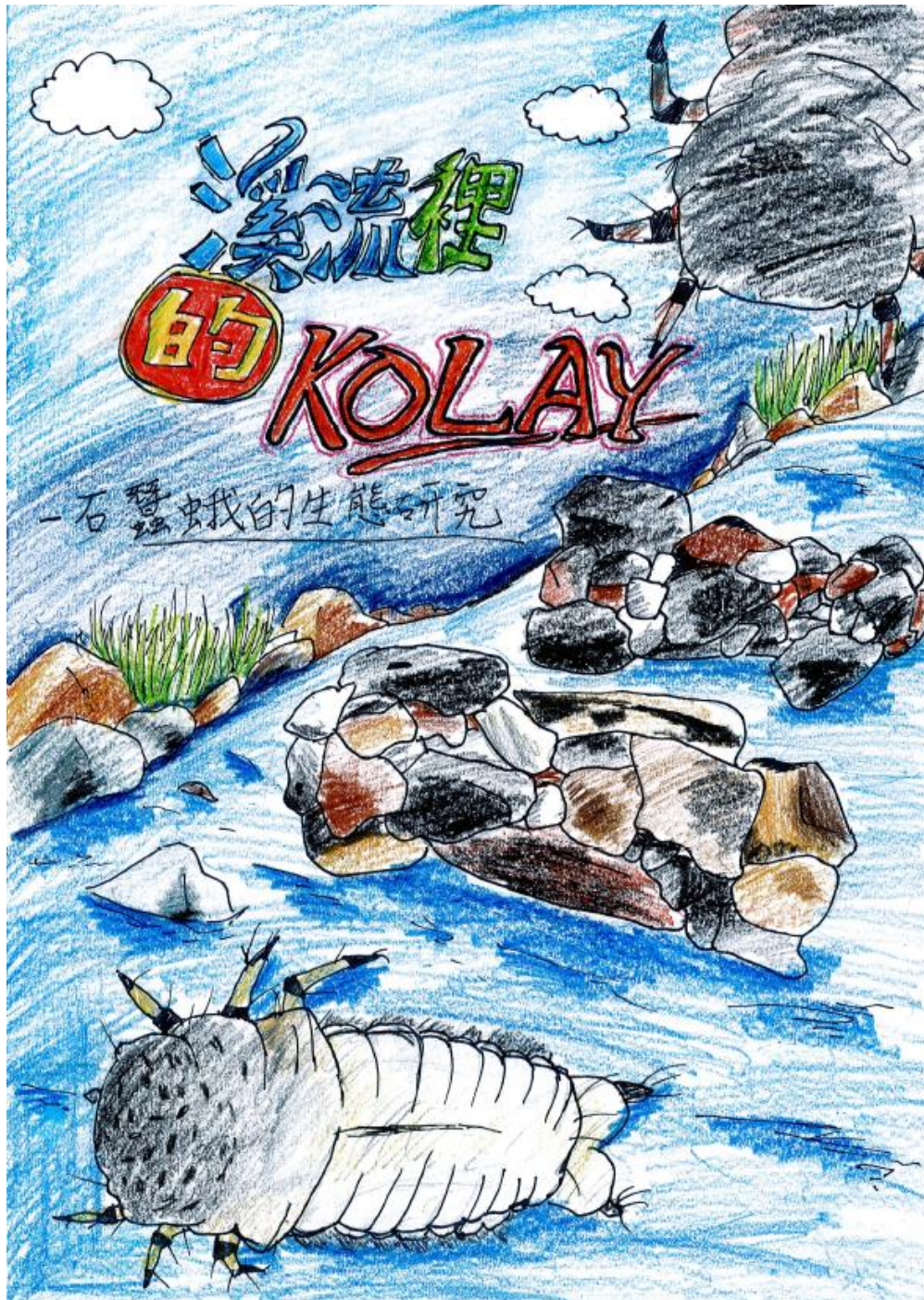


第九屆原住民雲端科展

2017 年原住民族文化科教獎~發現原住民族文化的科學智慧

作品說明書



作品編號：2017062

團隊名稱：溪流探索家

目錄

表目次	II
圖目次	III
摘要	1
壹、研究動機	1
貳、研究目的及架構	1
參、研究設備及器材	2
肆、研究過程、方法及討論	3
【研究一】南澳南溪支流水棲昆蟲相調查與水質評估	3
一、 田野調查	3
二、 水文與底質調查	3
三、 水棲昆蟲相調查	5
四、 水質評估	8
【研究二】認識石蠶蛾幼蟲的形態構造	9
一、 文獻探討	9
二、 毛翅目幼蟲分類	9
三、 沼石蛾科幼蟲形態構造	11
【研究三】探討沼石蛾科幼蟲的可攜巢	13
一、 巢的形態觀察	13
二、 幼蟲頭殼寬與巢長	17
三、 巢長與齡期	18
四、 巢的測量	20
五、 化蛹時的觀察	21
伍、與耆老對談的經驗與傳承	22
陸、結論	24
柒、未來展望	25
捌、參考資料	25
附錄一、南澳南溪支流所採獲之水棲昆蟲(污染忍受值)	26

表目次

表 1、水文調查結果-----	4
表 2、底質粒徑分類表-----	4
表 3、採獲水棲昆蟲之科名和個體數-----	6
表 4、科級生物指標之水質等級-----	8
表 5、水質評估結果-----	8
表 6、五種毛翅目幼蟲外部型態描述-----	9
表 7、巢的翼部石數量統計表-----	15
表 8、翼部石排列模式統計表-----	16
表 9、翼部石對稱排列模式-----	17
表 10、幼蟲頭殼寬及其巢長統計表-----	18
表 11、巢長與分群資料統計表-----	19
表 12、巢的測量資料平均值統計表-----	20

圖目次

圖 1、採集地點地理位置-----	3
圖 2、底質組成調查結果-----	5
圖 3、各科水棲昆蟲之個體數-----	7
圖 4、樣站所採獲的水棲昆蟲-----	7
圖 5、和耆老互動及採集調查情形-----	7
圖 6、巢的翼部石數量-----	15
圖 7、翼部石排列模式圖-----	16
圖 8、翼部石對稱排列模式圓形圖-----	17
圖 9、幼蟲頭殼寬與其巢長散佈圖-----	18
圖 10、巢長關係圖-----	19
圖 11、巢長與巢寬平均值趨勢圖-----	20
圖 12、巢的前端和尾端平均值趨勢圖-----	20
圖 13、巢(含蟲體)重量趨勢圖-----	21
圖 14、蛹期的巢-----	22

摘要

本研究在南澳南溪支流水域環境進行生態調查，共採獲水棲昆蟲共 6 目 17 科 445 隻，兩次穿越線調查，計算出來的 FBI 值分別為 4.03 和 3.16，水質評估結果分別為非常好及優良；未來可擴展至南澳南溪及南澳北溪進行溪流水文及水棲昆蟲相調查，將生物指標的方法應用在水質監測以了解當地溪流生態的變化。另外採集到毛翅目的幼蟲有沼石蛾科、長鬚石蛾科、流石蛾科、指石蛾科及紋石蛾科共 5 科，其中沼石蛾科的幼蟲經鑑定為 *Goera* sp.。發現沼石蛾科幼蟲的可攜巢其翼部石多呈現對稱排列，達 74%，其中具 3 對翼部石的數量最多，佔 86%。依幼蟲頭殼寬與巢長的散佈圖推估幼蟲齡期為 5~6 齡，巢長、巢寬、巢前端及巢尾端分別與齡期呈現線性正相關，巢的重量則呈現指數正相關。

壹、研究動機

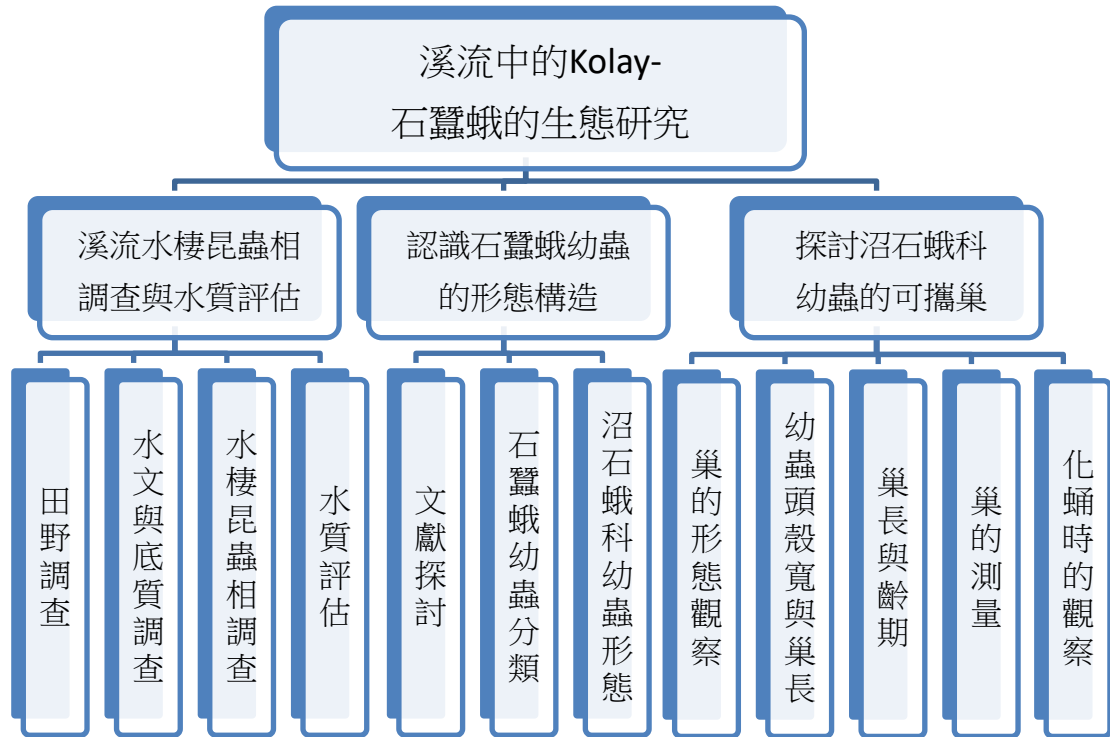
每次回部落時，最喜歡去附近的溪玩水、游泳，然後打水漂。在找石頭的時候，會發現石頭上有許多更小的石頭、細沙，黏在一起很堅固，有的是用一般中型的石頭黏住，看到時就會覺得很好奇。以前也聽過爸爸說，舅舅他們和山上的親戚會先把石頭剝開，再抓裡面的蟲來釣魚。這一個個石頭堆砌的巢，究竟裡面的蟲長成什麼樣子？這個巢又是如何蓋起來的呢？於是我們展開一系列的觀察及實驗，希望能逐一解開這一道道的謎題。

貳、研究目的及架構

研究目的

- 一、進行南澳南溪支流水棲昆蟲相調查與水質評估。
- 二、認識石蠶蛾幼蟲的形態構造。
- 三、探討沼石蛾科幼蟲的可攜巢

研究架構



研究進度

研究步驟	106年				107年			
	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
文獻蒐集	■	■	■	■	■			
田野調查		■	■	■	■	■		
實驗設計與進行		■	■	■	■	■	■	
資料整理與統計					■	■	■	■
撰寫作品說明書						■	■	■

參、研究設備及器材

D型網、冷卻機、抽水馬達、過濾海綿、酒精溫度計、塑膠杯(蓋)、照相機、錄影機、解剖顯微鏡、手機微距鏡、培養皿、鑷子、酒精、滴管、小玻璃瓶、畚箕型篩網、白色盆栽底盤、夾鏈袋、珍珠板、廣用試紙、自製水深測量器、皮尺、簡易水質監測杯、自製窺箱、小藥盒。

肆、研究過程、方法及討論

【研究一】南澳南溪支流水棲昆蟲相調查與水質評估

行政院農業委員會已於 105 年 12 月 27 日公告劃定「大南澳休閒農業區」，而宜蘭縣政府也將該區域朝向永續發展、綠色產業及觀光遊憩的體驗場域持續深化。由於南澳地區開發較晚且沒有污染產業，因此保存了許多原始的天然景觀，加上近年來觀光遊憩的產業順應潮流發展，許多生態旅遊、露營體驗活動興盛，各部落諸多營地也順應而生，每逢假日可見許多崇尚自然旅遊、愛好自然之遊客驅車前往。今年 2 月蘇花公路改善計畫開放蘇澳段-東澳段通車，交通不便情形為之改善，且大幅縮短蘇花公路原有路程時間約 20 分鐘，在行車便利性及安全性提昇後，是否有更多遊客前往南澳各部落從事觀光遊憩活動？對於部落的自然環境衝擊及影響為何呢？所以我們嘗試針對金洋部落河域進行水生昆蟲及生態相關的初步觀察研究。

一、田野調查：

在宜蘭縣南澳鄉金洋部落境內南澳南溪支流水域環境設置採樣點，調查該水域環境中水棲昆蟲之組成。



圖 1、採集地點地理位置

二、水文及底質調查：

甲、水文調查：

實驗方法：於每個採樣點調查時，先利用器材或試紙進行測量，說明如下：

- (1)河寬：利用皮尺橫越溪流進行測量。
- (2)水溫：以酒精溫度計測量水溫。
- (3)水深：利用自製水深測量器進行測量。
- (4)流速：在樣點上下游共 3 公尺的河段，擺放塑膠球順水流而下並計時，重複三次取其平均值。

(5) pH 值：利用廣用試紙進行檢測，再使用色卡進行比對。

(6) 濁度：使用環保署推廣之簡易水質監測杯進行檢測，並使用濁度卡進行比對。

實驗結果：

表 1、水文調查結果

項目	採樣日期 20180201		採樣日期 20180228	
	採樣點 A	採樣點 B	採樣點 C	採樣點 D
河寬(m)	12.2	11.6	11.8	11.6
流速(cm/sec)	30.4	26.67	17.86	25.21
PH 值	7	7	7	7
濁度	0	0	0	0
水溫(°C)	16.7	16.8	19.3	18.7
水深(cm)	25	23.5	21.8	18.3

乙、底質組成調查：

實驗方法：

- 1、參考經濟部水利署河川情勢調查作業要點之附表：河床底質粒徑分類表(表 2)，將底質組成區分為六個級距。
- 2、使用 D 型網進行調查時，依照 D 型網之寬度所設定之採樣面積 0.25m² 範圍內，將底質依底質等級百分比記錄下來並進行分析。

表 2、底質粒徑分類表

底質等級	底質粒徑範圍 (單位：公釐)	
細沈積砂土、有機質碎屑 黏土、泥、砂	fine sediments、organic detritus clay、silt、sand	<2.0
小礫石	gravel	2.0~16
大礫石	pebble	16~64
圓石	cobble	64~256
小巨石	small boulder	256~512
大巨石	large boulder	>512

(資料來源：經濟部水利署河川情勢調查作業要點之附表)

實驗結果：

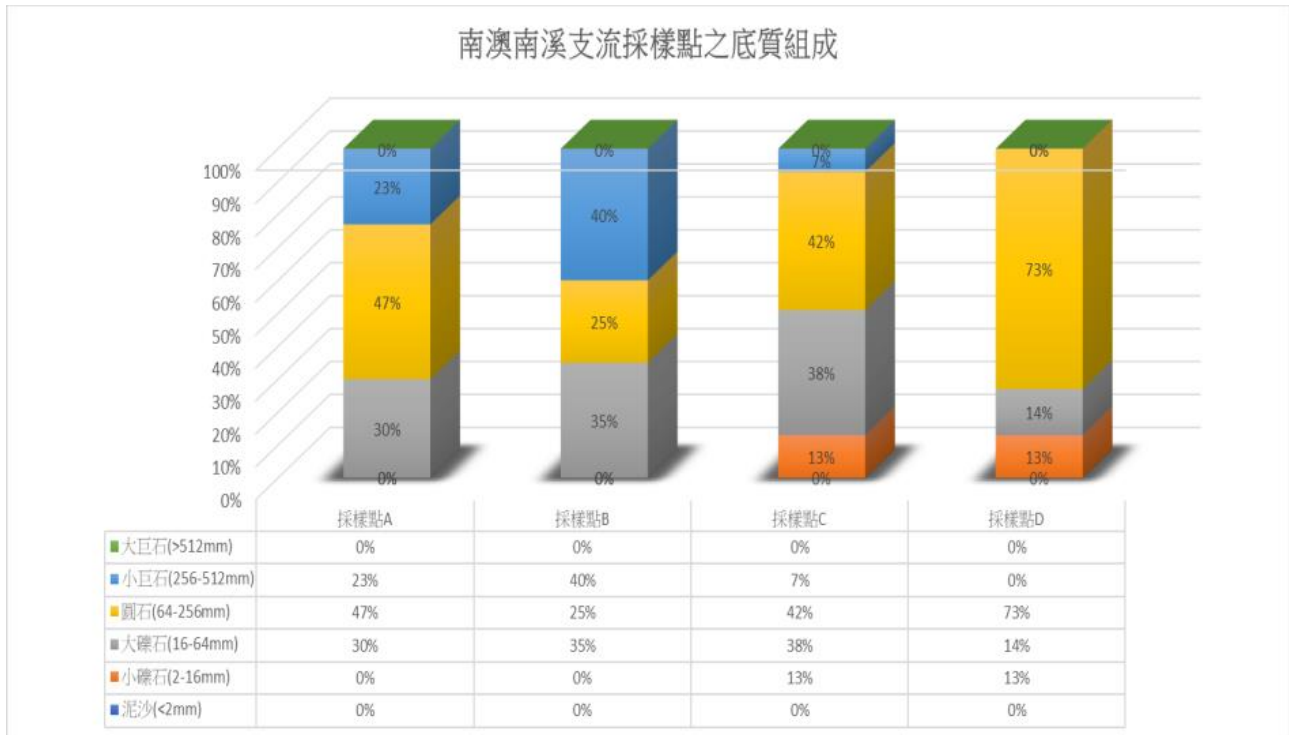


圖 2、底質組成調查結果

討論：

- 1、四條穿越線的底質組成以大礫石及圓石比例居多，合計達 60%以上，其中第四條穿越線的比例更高達 87%。
- 2、四條穿越線中，採樣點底質的組成均無泥砂。

三、水棲昆蟲相調查

實驗方法：

採用穿越線調查法，於金洋無名溪與金洋二號橋交會之橋面上游處設置一個樣站，此樣站為 20 公尺河段，於河段中點之上下游各拉兩條與河流垂直之穿越線，再於每條穿越線上，河寬 1/4、1/2、3/4 處，以 D 形網(網目大小為 0.5mm)進行水棲昆蟲採樣，採樣面積為 0.25m²，將採獲之水棲昆蟲進行分類、計數，並將部分樣本浸泡酒精帶回鑑定。

實驗結果：

在兩次的穿越線調查中，2 月 1 日採獲水棲昆蟲 5 目 12 科共 171 隻；2 月 28 日採獲水棲昆蟲 6 目 17 科共 274 隻，將各科採獲的個體數詳列如表 3。

表 3、採獲水棲昆蟲之科名和個體數。

目名/科名		污染 忍受值	採樣日期 20180201		採樣日期 20180228		總數
			採樣點 A	採樣點 B	採樣點 C	採樣點 D	
毛翅目	TRICHOPTERA						
長鬚石蛾科	Stenopsychidae	4	1	1	4	3	9
流石蛾科	Rhyacophilidae	0	0	0	2	1	3
指石蛾科	Philopotamidae	3	0	0	0	1	1
沼石蛾科	Limnephilidae	4	2	0	0	4	6
紋石蛾科	Hydropsychidae	4	0	0	0	3	3
蜻蛉目	ODONATA						
幽蟬科	Euphaeidae	7	16	13	3	14	46
春蜓科	Gomphidae	1	8	3	13	3	27
勾蜓科	Cordulegastridae	0	0	0	2	0	2
鞘翅目	COLEOPTERA						
長角泥蟲科	Elmidae	4	0	2	4	0	6
扁泥蟲科	Psephenidae	4	2	1	1	6	10
廣翅目	MEGALOPTERA						
石蛉科	Corydalidae	0	0	1	0	2	3
蜉蝣目	EPHEMEROPTERA						
扁蜉蝣科	Heptageniidae	4	11	21	18	41	91
褐蜉蝣科	Leptophlebiidae	2	0	0	49	36	85
四節蜉蝣科	Baetidae	4	27	15	8	12	62
小蜉蝣科	Ephemerellidae	1	6	9	9	8	32
蜉蝣科	Ephemeridae	4	11	21	18	5	55
雙翅目	DIPTERA						
搖蚊科	Chironomidae	8	0	0	4	0	4
總數			84	87	135	139	445

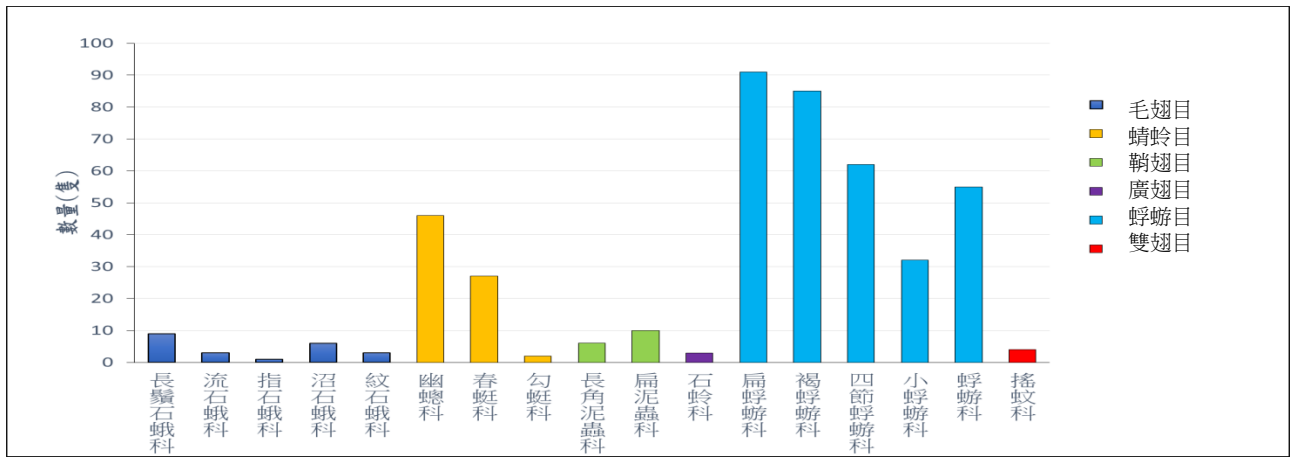


圖 3、各科水棲昆蟲之個體數。

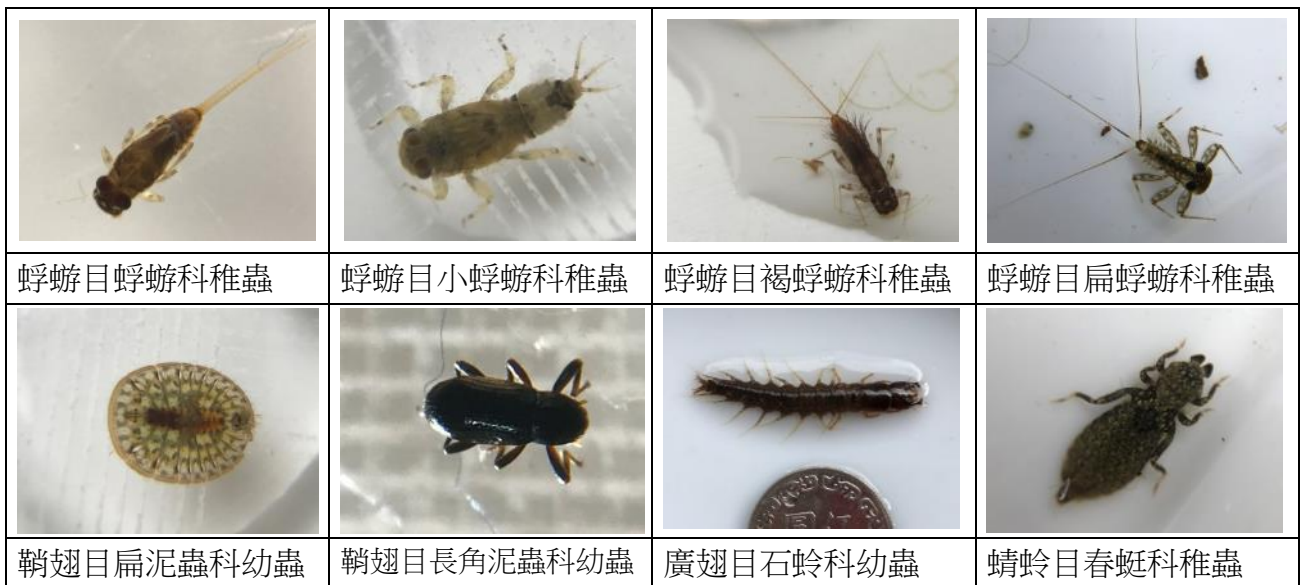


圖 4、樣站所採獲的水棲昆蟲



圖 5、和耆老互動及採集調查情形

討論：

- 1、在兩次的調查中發現均為蜉蝣目的個體數最多，其次為蜻蛉目。
- 2、依據分類結果，以蜉蝣目及毛翅目均為 5 科最多，蜻蛉目 3 科、鞘翅目 2 科，以廣翅目及雙翅目科數最少，只有 1 科。

四、水質評估

實驗方法：

將採獲之水棲昆蟲進行科級分類後，利用科級生物指標之公式計算出水質等級。

Family-level biotic index 科級生物指標：

為利於野外快速檢測，並減少分類上的困擾，Hilsenhoff(1988)研發出科級生物指數(Family biotic Index, 簡稱 FBI)，將美國底棲水生昆蟲 8 目 70 餘科歸納出各科的污染忍受值(tolerance value, TV)。臺灣常見科級生物指數污染忍受值主要依據 Hilsenhoff(1988)所定之標準，然為適切反應臺灣地區的水域狀況，部分物種依據(田與汪，2004)修改(表 3)。FBI 值越低表示水體越清淨，FBI 值越高則表示水體越污染。公式如下：

$$FBI = \sum ni ti / N$$

計算出科級水平生物性指數，其中 ni 表示第 i 科的水棲昆蟲個體數， ti 表示第 i 科的水棲昆蟲之污染忍受值， N 代表各採樣站水棲昆蟲之總個體數。

表 4、科級生物指標之水質等級

水質 (Water Quality)	Family-level Biotic Index Range
優良 (excellent)	0.00-3.75
非常好 (very good)	3.76-4.25
好 (good)	4.26-5.00
尚可 (fair)	5.01-5.75
不佳 (fairly poor)	5.76-6.50
差 (poor)	6.51-7.25
非常差 (very poor)	7.26-10.00

實驗結果：

表 5、水質評估結果

採樣日期	2018/02/01	2018/02/28
FBI 值	4.03	3.16
水質等級	非常好	優良

討論：

- 1、有採獲耐受值為 0 的流石蛾科、勾蜓科及石蛉科的個體，是監測水質的指標性物種。
- 2、此樣站的水質評估結果為非常好和優良。

【研究二】認識石蠶蛾幼蟲的分類及形態特徵。

一開始我們在搜尋文獻資料進行水棲昆蟲分類時，發現採獲的石蠶蛾幼蟲有些其實是會築巢的，牠所築的巢很特別，勾起了我們的好奇心，於是我們針對毛翅目的幼蟲持續的採集及觀察，並查詢文獻資料將採獲的石蠶蛾幼蟲進行分類及特徵描述。

一、文獻探討

毛翅目(Trichoptera)，學名是由希臘文 trichos(hair)和 pteron(wing)所組成，其英文俗名成蟲稱 caddisfly(中文稱石蛾)，幼蟲稱 caddisworm(中文稱石蠶)，屬於水棲昆蟲的一種，其生活史除成蟲外，卵、幼蟲及蛹三個時期均生活在水中。幼蟲通常棲息在溪流或湖泊池塘中，由於幼蟲對棲息環境有一定的適應性，且毛翅目昆蟲在流水域環境中的數量及種類數豐富，所以常被國內外學者作為監測水質的指標生物之一。大部分的毛翅目幼蟲具有築巢行為，幼蟲可藉著下唇腺分泌的絲質黏砌植物枝條、碎片、細砂、石礫及小貝殼等物質，而巢形可分成管狀、角錐狀、柱狀甚至螺旋狀 (Wiggins, 1996)。

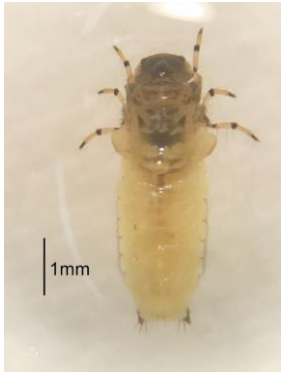



二、採獲的毛翅目幼蟲分類

實驗方法：

經由金洋部落耆老的指導下，我們在溪流中翻開石頭進行隨機採樣，將採獲的幼蟲帶回實驗室利用顯微鏡進行觀察及拍照記錄。

實驗結果：發現該溪流中的毛翅目幼蟲共有 5 科，描述如下：

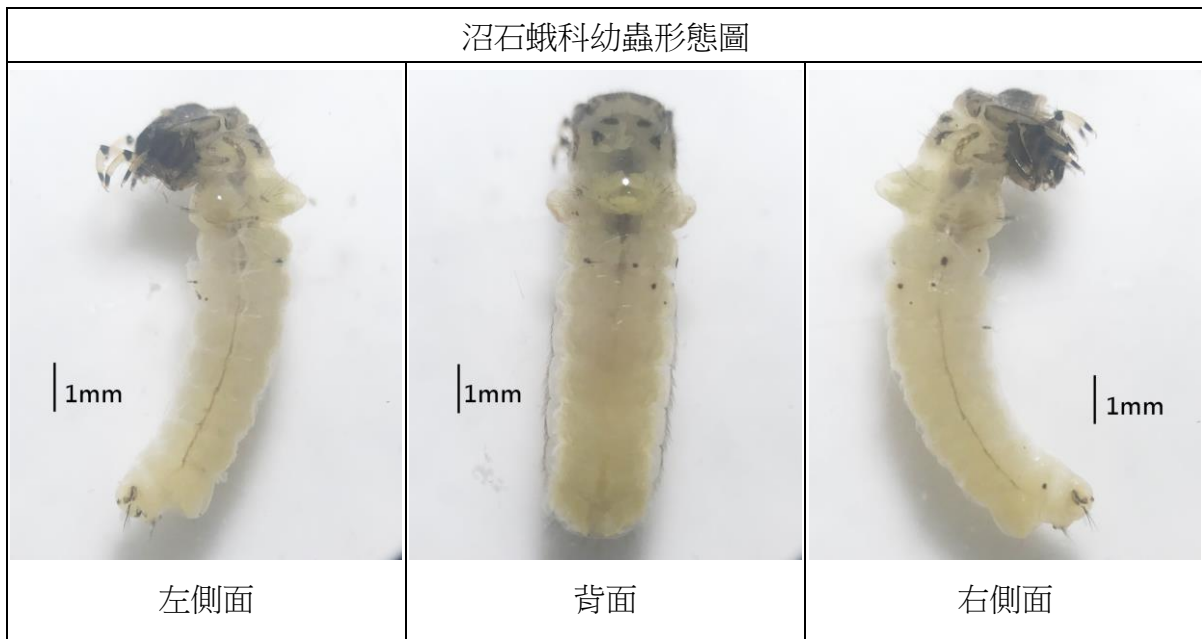
表 6、五種毛翅目幼蟲外部型態描述






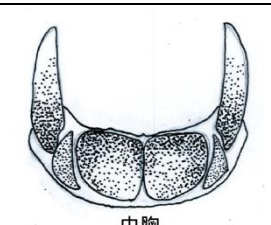
沼 石 蛾 科		 <p>沼石蛾幼蟲頭部及胸部</p>	 <p>沼石蛾幼蟲腹部</p>	 <p>沼石蛾幼蟲尾肢</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1、前胸及中胸具有幾丁質骨板及兩側前緣往前突出。 2、後胸背面大部分膜質。 3、腹部第一節具背隆起及側隆起。 4、腹部側面具側線毛，腹部氣管鰓呈長絲狀。 			

<p>長鬚石蛾科</p>		 <p>長鬚石蛾幼蟲頭部及胸部</p>	 <p>長鬚石蛾幼蟲腹部</p>	 <p>長鬚石蛾幼蟲尾肢</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、為溪流中大型的毛翅目幼蟲。 2、頭部細長型，顏色深褐色且具有斑紋。 3、前胸具有幾丁質骨板，中、後胸完全膜質。 4、腹部無氣管鰓。
<p>指石蛾科</p>		 <p>指石蛾幼蟲頭部及胸部</p>	 <p>指石蛾幼蟲腹部</p>	 <p>指石蛾幼蟲尾肢</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、前胸具有幾丁質骨板，中、後胸完全膜質。 2、腹部無氣管鰓，背面第9腹節完全膜質。 3、尾肢分叉明顯。
<p>流石蛾科</p>		 <p>流石蛾幼蟲頭部及胸部</p>	 <p>流石蛾幼蟲腹部</p>	 <p>流石蛾幼蟲尾肢</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、頭部細長型，顏色深褐色。 2、前胸具有幾丁質骨板，中、後胸完全膜質。 3、腹部無氣管鰓。
<p>紋石蛾科</p>		 <p>紋石蛾幼蟲頭部及胸部</p>	 <p>紋石蛾幼蟲腹部</p>	 <p>紋石蛾幼蟲尾肢</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、幼蟲前、中、後胸均有幾丁質骨板覆蓋。 2、腹部腹面氣管鰓呈分枝叢狀。 3、尾肢基部具有束狀長毛。

三、沼石蛾科幼蟲的形態構造

在所採獲的 5 種石蠶蛾幼蟲中，我們發現其中沼石蛾科幼蟲會利用溪流中的底質石頭來築巢，利用檢索表進行分類後應為 *Goera* sp. 的幼蟲，將形態描述如下：



沼石蛾科幼蟲的形態構造			
部位	描述	照片	手繪圖
頭部	1、頭部深褐色沒有斑紋。 2、觸角小而不明顯。 3、觸角位於頭前緣與眼前緣中間。 4、口器為下口式，故朝下取食。		
前胸	1、具大塊骨板覆蓋，稱為前胸背板。 2、前胸背板左前緣及右前緣往前突出。		
中胸	1、具左右對稱的骨板覆蓋。 2、中胸左前緣及右前緣另具有骨板往前突出。		

後胸	<ol style="list-style-type: none"> 1、大部分為膜質。 2、具有 3 對左右對稱的小骨板，由中央至外側 的編號依序為 sa1、sa2 及 sa3。 3、sa1 的小骨板具 3 根刺毛。 		
腹部	<ol style="list-style-type: none"> 1、腹節共分成 9 節。 2、第一腹節具背隆起及側隆起。 3、腹部兩側有黑色側緣毛。 4、腹部上下兩側具氣管鰓。 		
尾肢	<ol style="list-style-type: none"> 1、左右兩側各具有尾鉤。 2、尾鉤旁具有四根刺毛。 		
前肢	<ol style="list-style-type: none"> 1、具有基節、轉節、腿節、脛節、跗節及爪。 2、前肢是三對足中長度最短的。 3、脛節兩端均具有黑色的斑紋。 4、跗節靠近爪的一端具有黑色的斑紋，約佔跗節的 1/3。 5、爪具副爪，且無分叉。 		
中肢	<ol style="list-style-type: none"> 1、具有基節、轉節、腿節、脛節、跗節及爪。 2、脛節兩端均具有黑色的斑紋。 3、跗節靠近爪的一端具有黑色的斑紋，約佔跗節的 1/3。 4、爪具副爪，且無分叉。 		
後肢	<ol style="list-style-type: none"> 1、具有基節、轉節、腿節、脛節、跗節及爪。 2、後肢腿節較中肢腿節略粗。 3、脛節兩端均具有黑色的斑紋。 4、跗節靠近爪的一端具有黑色的斑紋，約佔跗節的 1/3。 5、爪具副爪，且無分叉。 		

【研究三】探討沼石蛾科幼蟲的可攜巢

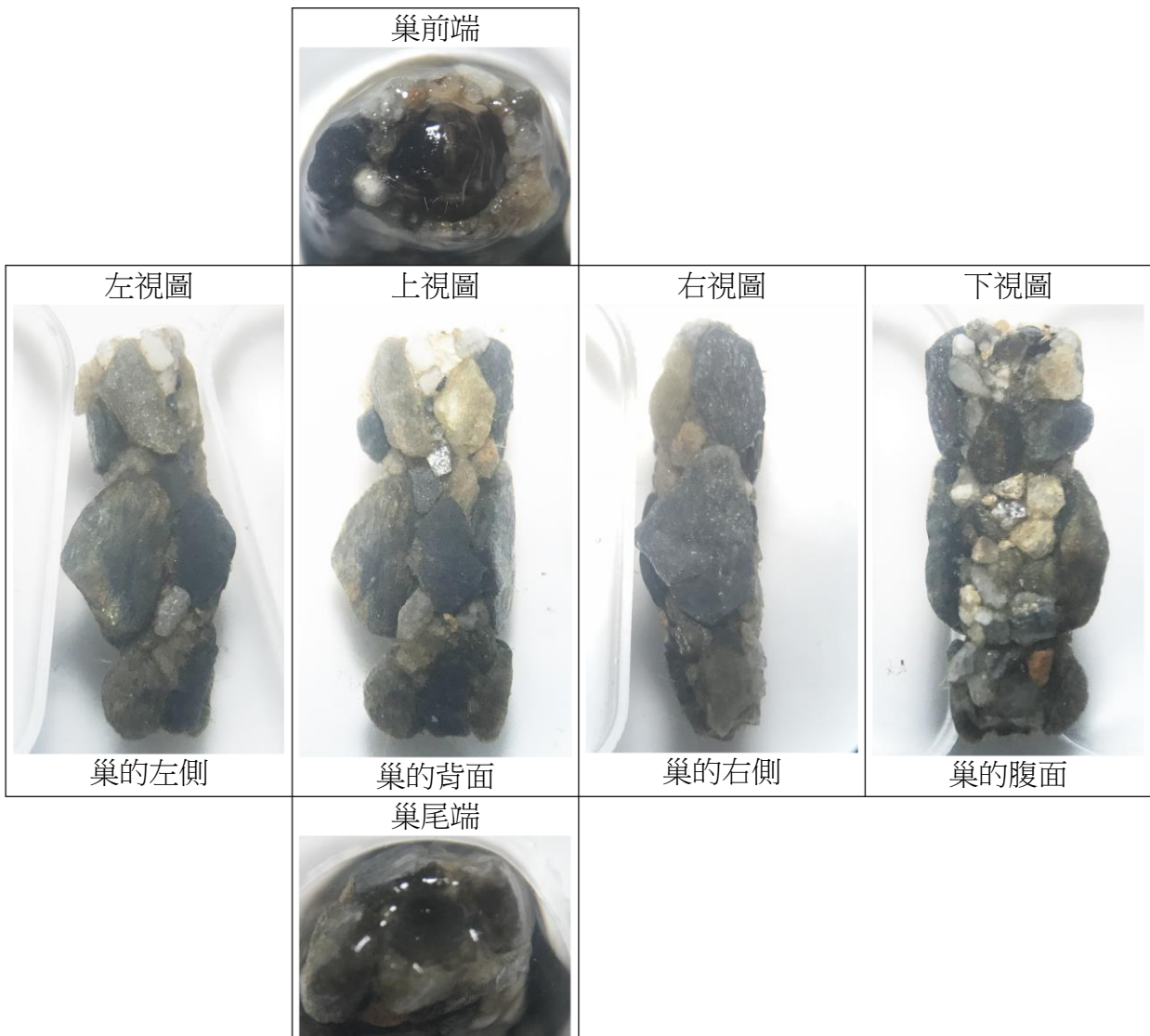
究竟牠們的巢長什麼樣子?牠們築巢的材料是什麼?築巢的功能及過程為何?我們非常好奇究竟牠們築巢的方式為何? 所以進行更仔細的觀察。

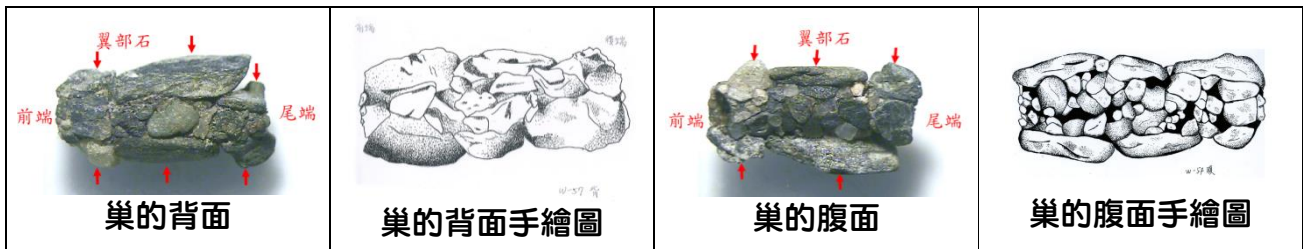
一、巢的形態觀察

(一)巢的外觀

實驗方法：利用顯微鏡進行觀察、拍照並記錄。

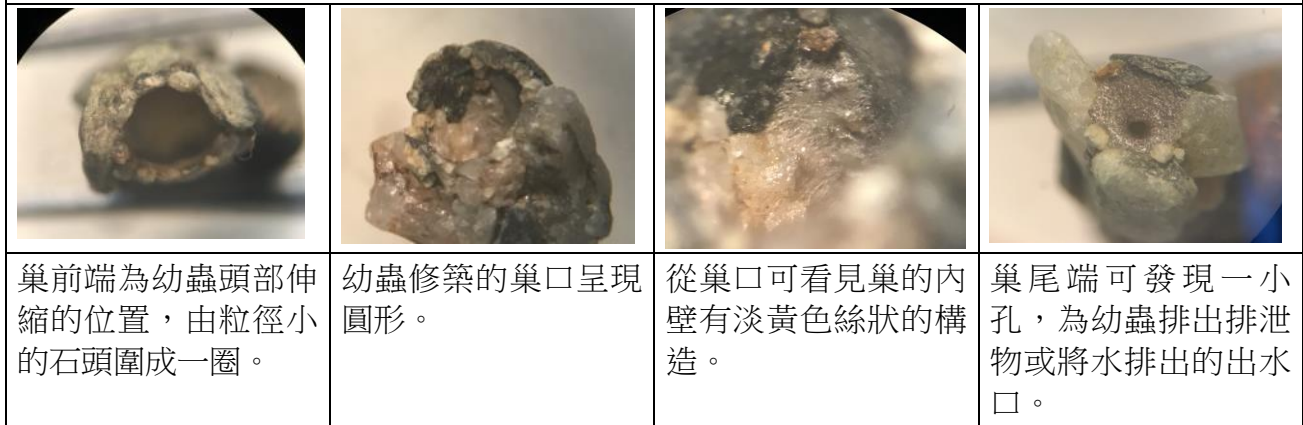
實驗結果：





觀察結果：

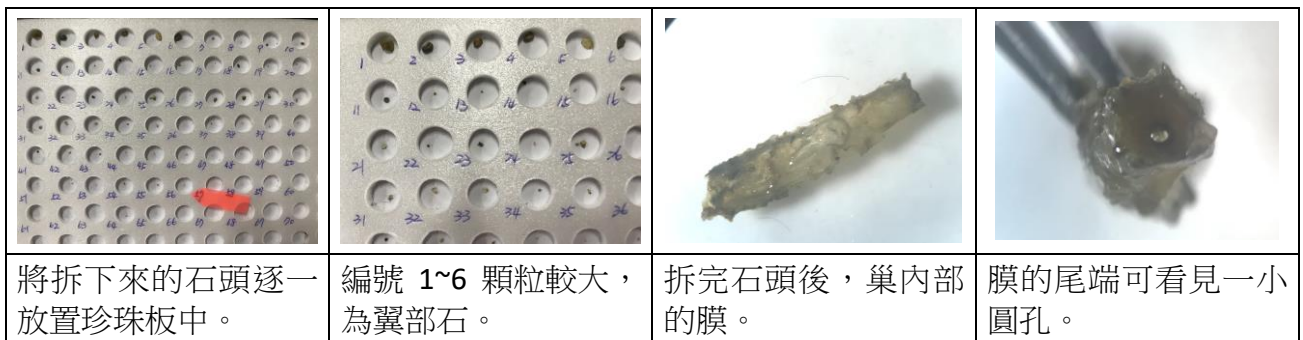
- 1、巢腹面的石頭粒徑較小且排列平整，巢背面的石頭粒徑較大且中間隆起。
- 2、發現巢的左、右兩側石頭粒徑較大，俗稱「翼部石」，從巢的橫切面來看約略成「八」字形。
- 3、從巢的腹面可以觀察到巢前端的上方會比下方略長。



(二)巢的組成

實驗方法：在顯微鏡下使用鑷子將巢的石頭逐一取下，並記錄結果。

實驗結果：共拆 2 個巢，巢的石頭數量分別為 64 顆與 56 顆。



討論：

- 1、原先使用厚紙板打洞耗時且容易變形造成底板有縫隙，後來使用珍珠板鑽洞後可改善此問題。
- 2、拆巢時要注意力道，不要夾碎石頭，以免造成數量上的錯誤。
- 3、巢內的淡黃色薄膜推測能使巢的結構更為堅固。
- 4、由膜的尾端觀察可推測巢的尾端是由幼蟲吐絲構成。

(三)翼部石的探討

問題 1：兩側翼部石的數量是多少呢？

實驗方法:利用顯微鏡觀察巢的腹面及兩側藉以判斷是否為翼部石，再逐一計數兩側翼部石的數量，分析並記錄。

實驗結果:

表 7、巢的翼部石數量統計表

巢的翼部石數量統計表				
翼部石數量	1	2	3	4
左側	1	15	62	9
右側	0	17	61	9
總計	1	32	123	18

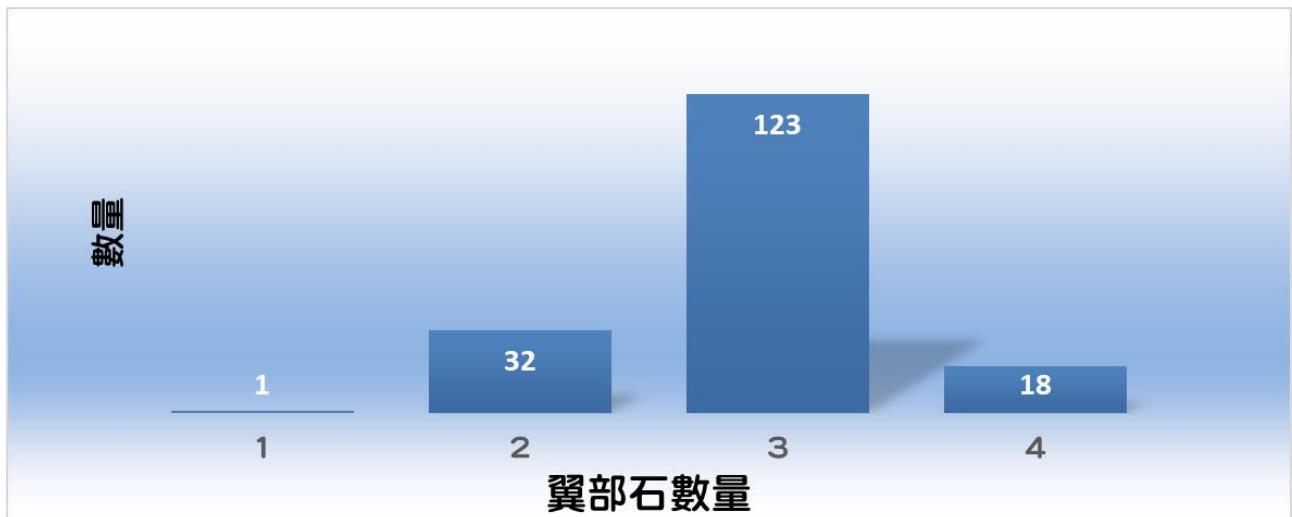


圖 6、巢的翼部石數量

討論：

- 1、巢的單側翼部石數量比例最多是由 3 顆組成，達到 123 筆資料。
- 2、翼部石在計數時，需使用顯微鏡詳細觀察腹側及兩側的排列情形，並需進行交叉比對及共同討論。

問題 2：翼部石的排列是否有對稱？

實驗方法：將同一個巢的兩側翼部石數量進行分析比較。

實驗結果：

表 8、翼部石排列模式統計表

翼部石排列模式			
類型	數量不對稱	數量對稱	總計
個體數	23	64	87
百分比	26%	74%	100%

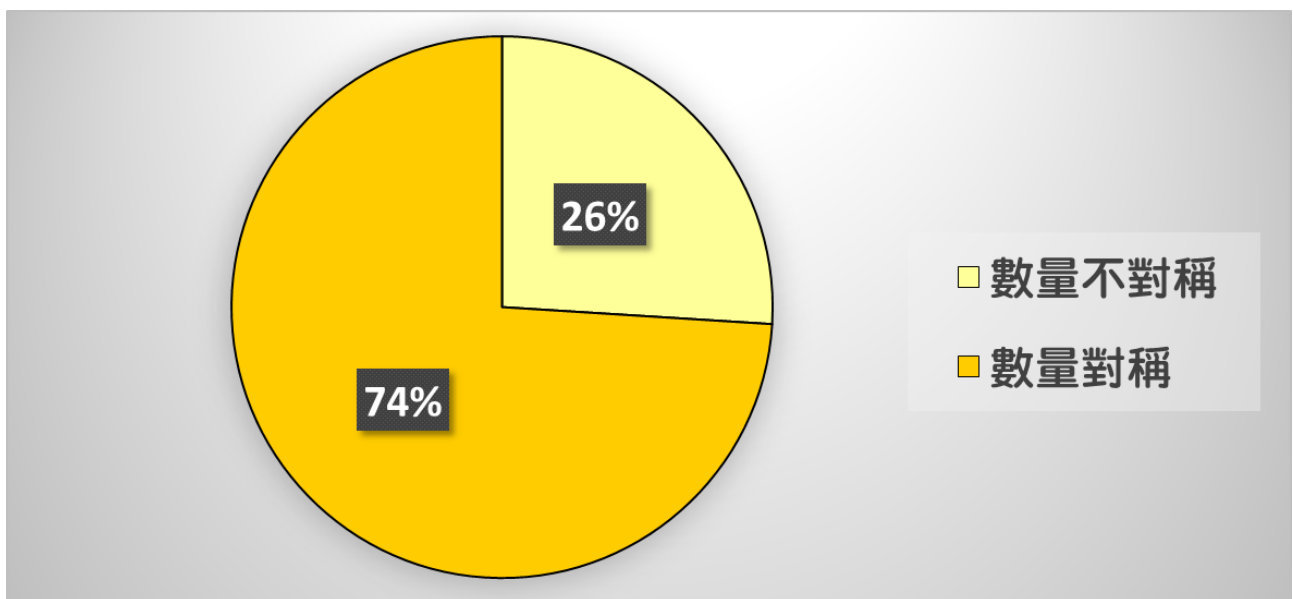


圖 7、翼部石排列模式圖

討論：

- 1、由結果可知翼部石排列屬於不對稱性的個體數有 23 個，占 26%；具有對稱性的個體數有 64 個，占 74%。
- 2、發現大部分的巢其翼部石排列具有對稱性。

問題 3：有對稱的巢，其翼部石是幾對？

實驗方法：將數量對稱的巢進行翼部石數量分析比較。

實驗結果：

表 9、翼部石對稱排列模式統計表

翼部石對稱排列模式			
翼部石	2 對	3 對	4 對
個體數	7	55	2
百分比	11%	86%	3%

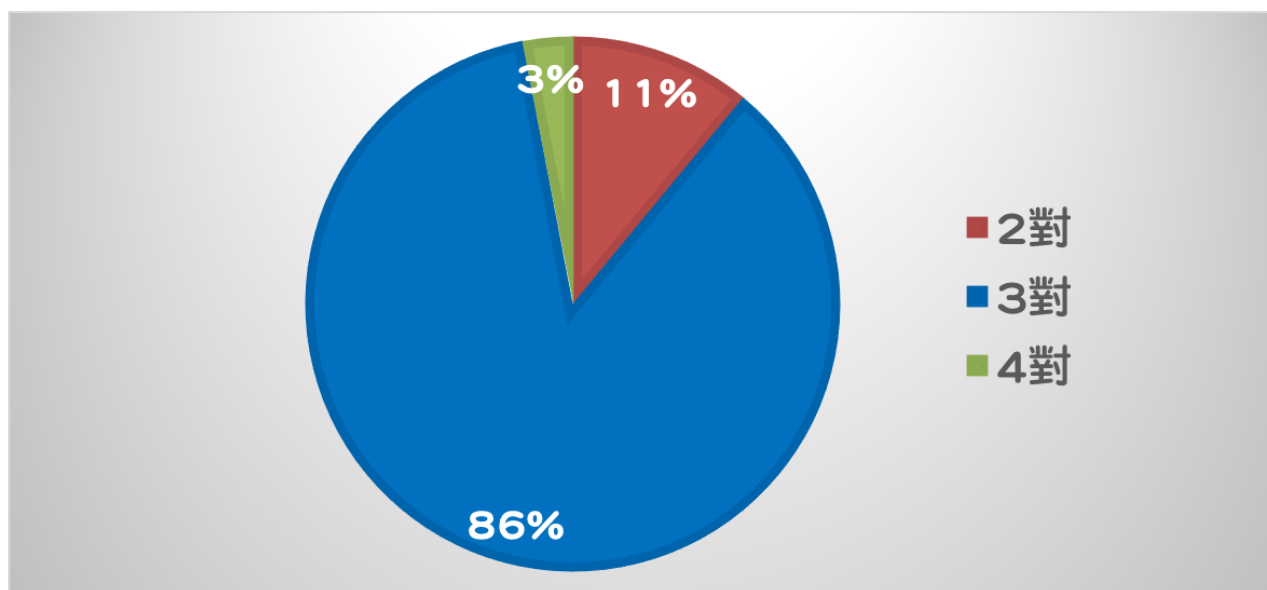


圖 8、翼部石對稱排列模式圓形圖

討論：

- 1、依翼部石的對數，可分為三類：2 對翼部石、3 對翼部石及 4 對翼部石。
- 2、三類對稱模式中以 3 對翼部石的數量最多占 86%。
- 3、屬於 4 對翼部石的巢均為已化蛹的巢。

二、幼蟲頭殼寬與巢長的關係

實驗方法：

- 1、使用顯微鏡將巢和幼蟲的頭部進行拍照，再使用相關電腦軟體進行測量。若巢體太大，則改使用游標尺測量巢的長度。
- 2、將測量結果記錄下來，使用電腦軟體 Excel 整理分析。

實驗結果：

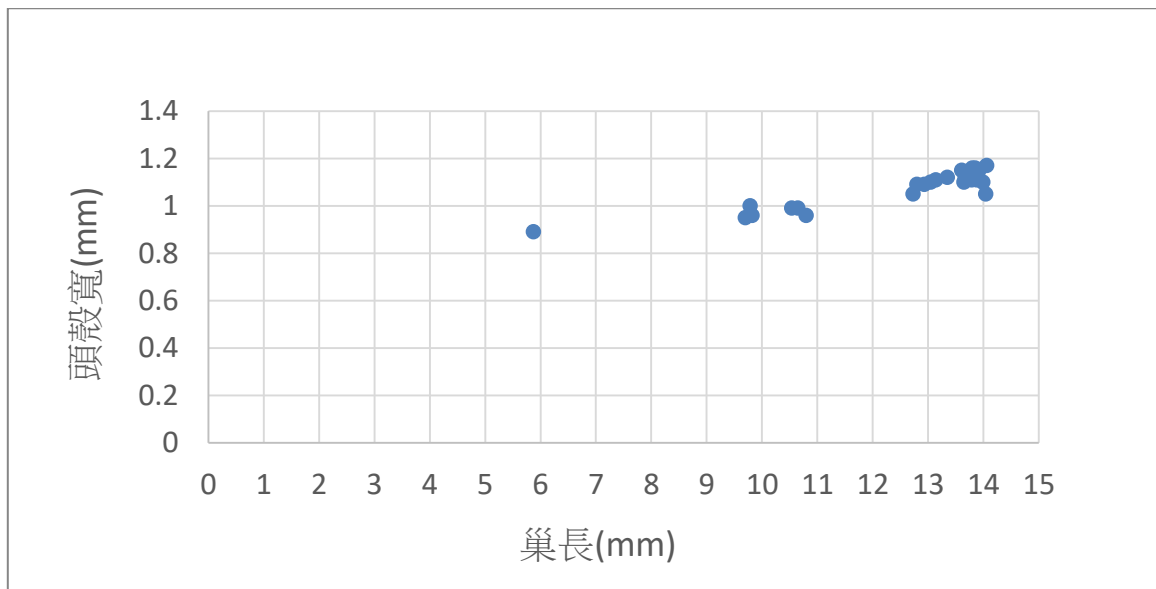


圖 9、幼蟲頭殼寬與其巢長散佈圖

表 10、幼蟲頭殼寬及其巢長統計表

分群	頭殼寬 (mm)	個體數	巢長(mm)		
			平均值	最小值	最大值
I	0.89	1	5.87	-	-
II	0.95-1	6	10.22	9.7	10.8
III	1.05-1.17	18	13.56	12.8	14.95

討論：

- 1、經由散佈圖可以將幼蟲分為三群，可推測為三個齡期。
- 2、採獲個體數中，最小齡期的頭殼寬是 0.89mm，巢長約 5.87mm；中間齡期的頭殼寬是 0.95-1 mm，巢長約 10.22mm；最大齡期頭殼寬是 1.05-1.17mm，巢長約 13.56mm。
- 3、活的幼蟲頭部不好拍攝，幼蟲的頭部朝下且會縮入巢中或伸出時被上方的前胸背板擋住，因此只能以死亡的幼蟲進行拍照測量，個體數比較少。

三、巢長與齡期

實驗方法:

- 1、使用游標尺測量巢的長度。
- 2、將測量結果記錄下來，使用電腦軟體 Excel 整理分析。

實驗結果:

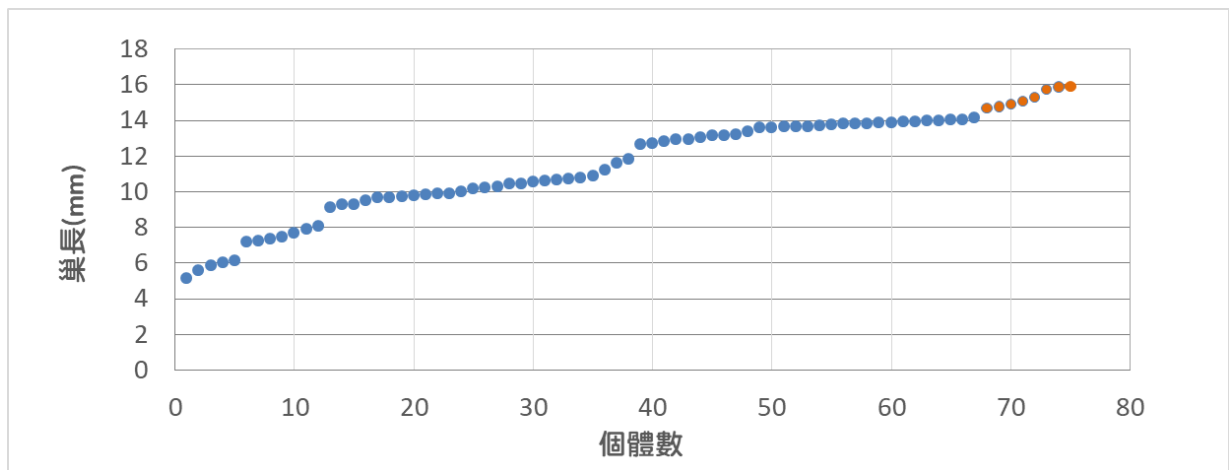


圖 10、巢長關係圖

表 11、巢長與分群資料統計表

分群	推測齡期	平均值	標準差	最大值	最小值	個體數
I	N-3	5.74	0.35	6.12	5.15	5
II	N-2	7.55	0.32	8.09	7.18	7
III	N-1	10.24	0.68	11.82	9.10	26
IV	N	13.54	0.44	14.13	12.65	29
V	蛹期	15.30	0.47	15.93	14.71	8

實驗討論:

- 1、測量的個體數共 75 隻，其中活的個體有 42 隻；蛹期有 8 隻；死亡或空巢者有 25 隻。
- 2、由圖 10 可發現，依據巢長資料可區分為 5 群。
- 3、將表 10 與表 11 比對可以發現，巢長的分群相互呼應吻合，且圖 10 的橘色 8 筆資料為蛹期。因此我們可以進一步推測幼蟲齡期為 5~6 齡。
- 4、可利用巢長來推估幼蟲的齡期，巢長與齡期呈現正相關。

四、巢的測量

實驗方法:

- 1、使用游標尺測量巢的長度、寬度、前端和尾端。
- 2、將巢體使用紙巾輕輕按壓 3 次吸除水分後，放在電子秤上秤重量。
- 3、將測量結果記錄下來，使用電腦軟體 Excel 整理分析。

實驗結果:

(一) 巢的測量結果

表 12、巢的測量資料平均值統計表

巢的測量平均值								
分群	個體數 (N)	巢長 (mm)	巢寬 (mm)	比值 (寬/長)	前端 (mm)	尾端 (mm)	比值 (尾端/前端)	重量 (g)
I	5	5.7	4.1	0.72	3.3	3.0	0.91	0.07
II	10	7.6	4.3	0.58	3.4	3.1	0.89	0.08
III	28	10.2	5.8	0.57	5.1	4.4	0.9	0.15
IV	30	13.5	6.8	0.50	6.1	5.4	0.9	0.31
V	8	15.3	6.8	0.44	7.0	5.2	0.74	0.37

(二)巢長與巢寬的變化

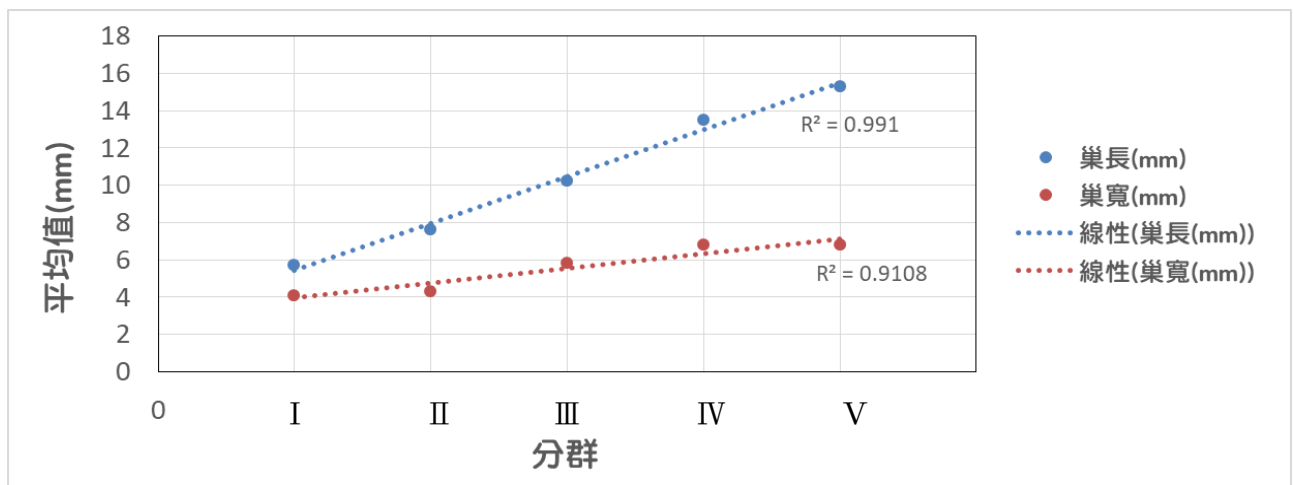


圖 11、巢長與巢寬平均值趨勢圖

討論：

- 1、巢長會隨著齡期增加而增加，呈現線性正相關。
- 2、巢寬會隨著齡期增加而增加，呈現線性正相關。
- 3、巢長增加比例比巢寬快，所以巢寬/巢長的比值(表 12)隨著齡期而下降。

(三) 前端和尾端的變化

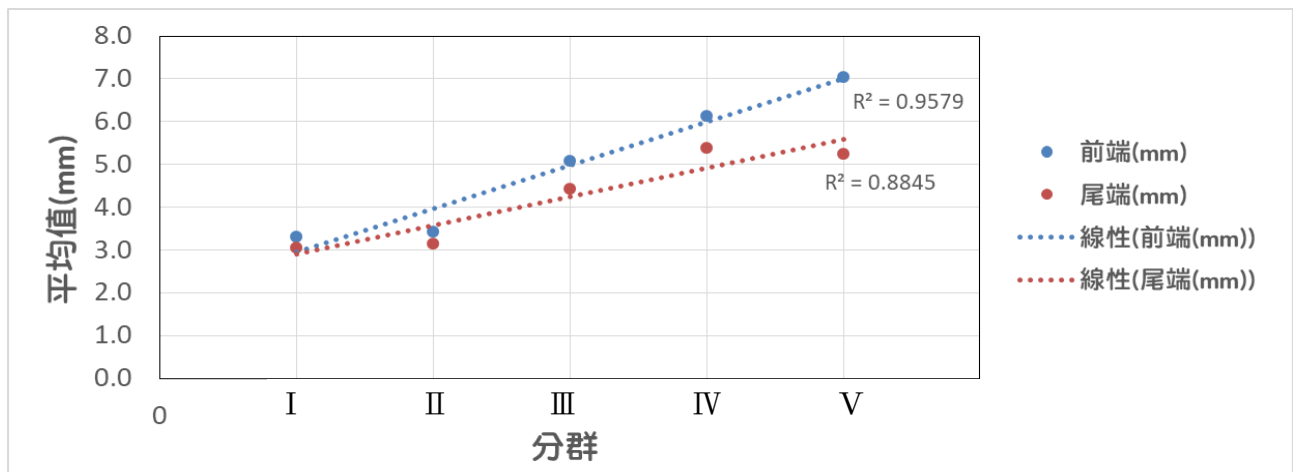


圖 12、巢的前端和尾端平均值趨勢圖

討論:

- 1、巢的前端會隨著齡期增加而增加，呈現線性正相關。
- 2、巢的尾端會隨著齡期增加而增加，呈現線性正相關。
- 3、齡期小的時候兩者增加的比例接近，所以比值很接近，但是到蛹期時尾端卻下降因此比值下降。

(四)巢的重量變化

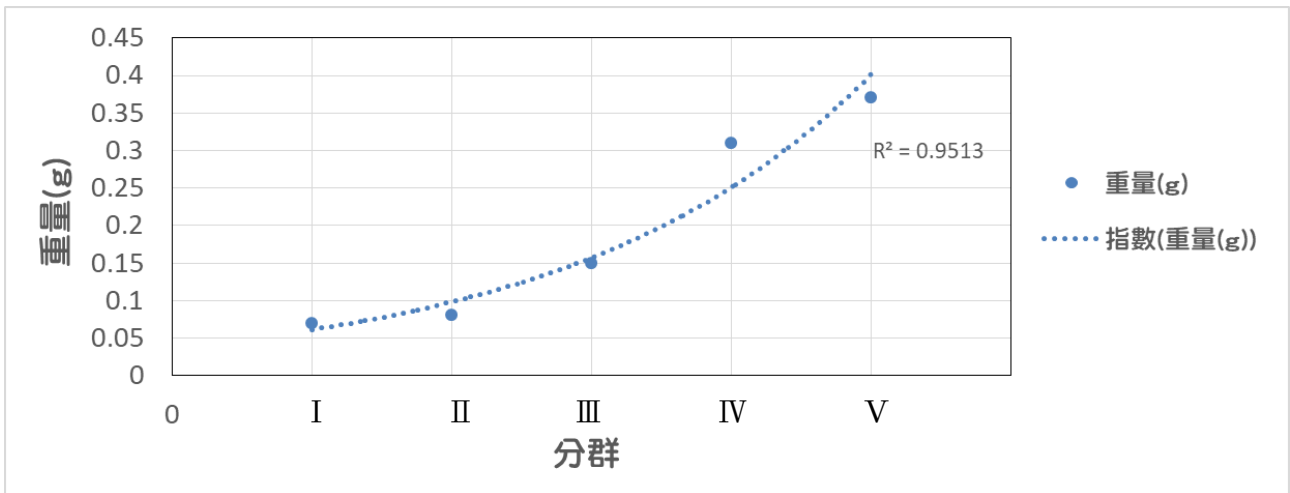


圖 13、巢(含蟲體)重量趨勢圖

討論：



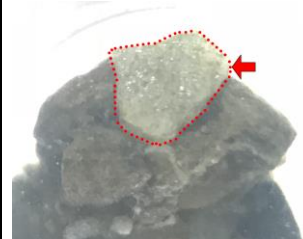

- 1、巢(含蟲體)的重量與齡期呈現指數正相關。
- 2、齡期越大，巢重增加的越快。

五、化蛹時的觀察

實驗方法：

- 1、將採集到的蛹巢利用顯微鏡進行觀察，並進行分析比較。
- 2、將蛹巢外部的石頭逐一拆解，觀察蛹巢內部的情形並記錄下來。

實驗結果：

			
幼蟲把巢前端的巢口用小石頭黏住。	巢前端被小石頭封住情形。	大部分化蛹的巢後端也會有小石頭封住。	發現少部分化蛹的巢後端沒有小石頭，也沒看到小小的排水孔。

		
把化蛹的巢石拆解後，可看見淺黃色的薄膜。	把薄膜拆開可見到未熟的成蟲。	發現未熟成蟲體表可防水，浮在水面上。

圖 14、蛹期的巢

討論：

- 1、在野外隨機採集時，會發現幼蟲會背著巢緩慢的移動，而化蛹的巢則會緊密的黏著在大石頭邊緣。
- 2、將巢兩側的翼部石拆開後，可透過薄膜看見巢內的蛹會偶爾蠕動。
- 3、未熟成蟲體表防水，應是在水中脫巢而出後能快速浮至水面再變成成蟲。

伍、與耆老對談的經驗與傳承

經過耆老訪問，和資料的查詢。漁撈文化根據文獻上記載的泰雅族只有在山上溪流中進行捕魚活動。魚法有毒魚、射魚叉魚、堰魚、網魚和釣魚。釣魚法是至今還有使用的漁法之一。

研究者：我們什麼時候會來釣魚？

黃耆老：大約 3、4 月到 10 月左右

研究者：為什麼是這個時候？

黃耆老：比較有空。

我們很好奇使用什麼魚餌來釣魚？不管是金洋部落的黃耆老，還是留茂安的李耆老，他們都提到以前只能取材大自然，利用溪中石頭縫中的蟲當餌，我們推測應該是石蠶蛾。後來就改用蚯蚓來當釣餌，因為蚯蚓可以剪成很多段來用。

研究者：釣魚時我們用什麼當釣餌？

黃耆老：以前在溪裡把石頭翻起來就有蟲，直接就可以釣。

研究者：翻起來就有？

黃耆老：對啊！溪裡很多。

研究者：嗯！現在還是用那個蟲來釣魚？

黃耆老：沒有，現在都把蚯蚓切一段一段的。

研究者：釣魚時我們用什麼當釣餌？

李耆老：用石頭下面的蟲，你爸爸也有用過。

研究者：蟲很多？

李耆老：對，那個蟲很多。

我們到金洋部落與黃耆老一起到溪中抓蟲。石蠶蛾的成蟲稱石蛾，幼蟲稱石蠶，屬於水

棲昆蟲的一種，幼蟲通常棲息在溪流或湖泊池塘中，由於幼蟲對棲息環境有一定的適應性，常被國內外學者作為監測水質的指標生物之一。大部分的毛翅目幼蟲具有築巢行為，幼蟲可藉著分泌的絲質黏砌植物枝條、碎片、細砂、石礫及小貝殼等物質，而巢形可分成管狀、角錐狀、柱狀甚至螺旋狀。

黃耆老：把溪中石頭翻過來就有。

研究者：哇！就是這個？

黃耆老：對！把這些石頭撥開，就是這個蟲。

研究者：直接掛上魚鉤上釣魚？

黃耆老：對啊！

研究者：要翻哪一種石頭比較多蟲？

黃耆老：比較大的石頭下面比較多。

黃耆老帶著我們在溪中翻好多石頭

研究者：這些蟲都有白白的絲

黃耆老：對

請耆老帶我們到可以釣魚的地方，在這裡釣魚，大部分會釣到那些魚呢？耆老表示可以釣到的魚主要有石賓和苦花。但是現在(106.12.24)不適合要再慢一點，約3、4月魚才會比較大隻、比較多。與耆老訪談後，我們就在現場利用剛採獲的 *kolay* 進行釣魚。我們有釣到石賓、苦花和蝦虎。

研究者：我們會釣到那些魚？

黃耆老：很多，石賓、苦花。

研究者：現在可以釣到嗎？

黃耆老：不行！魚還太小。

研究者：什麼時候才適合？

黃耆老：3月4月，魚比較大。

在訪問的過程中，耆老們找到機會，就會教我們泰雅語怎麼唸，希望藉由生活經驗的傳承與互動中，留下更多的先人智慧。我們經過多方詢問，確認石蠶蛾的名稱不是 *cira* 而是 *kolay*

黃耆老：這個蟲叫 *cira*

研究者：*cira*？

研究者：*cira*

研究者：我們大家一起唸

研究者們：*cira*

研究者：魚要怎麼說？

黃耆老：*qulih*

研究者：*qulih*

我們詢問另一位耆老關於石蠶蛾的泰雅語

研究者：耆老說這個蟲叫 *cira*

楊耆老：*cira* 是指蝌蚪。石蠶蛾應該叫做 *kolay*

研究者：*kolay*

楊耆老：*kolay* 是指水中的蟲

研究者：我們大家一起唸

研究者們：*kolay*

金洋部落研究者回家再次向爸爸詢問和確認，爸爸也表示唸 *kolay*

訪談中我們知道原來釣魚是泰雅族的休閒娛樂，是目前仍被使用的傳統漁法之一。傳統的釣魚法中是使用石蠶蛾當釣餌，是一種就地取材容易製作的傳統漁法。

從黃耆老的訪問中，我得到了許多東西，像是以前人是用什麼當魚餌？我也得知了要怎麼找？要找哪一種石頭有比較多的 *kolay*？為什麼要用 *kolay* 來釣魚的原因？因為方便取得，在大自然的溪中就有了。我也知道了魚的稱呼是 *qulih*。經過我們的研究石蠶蛾 *kolay* 不只能當魚餌還能當水質指標物種，可以告訴我們這裡的水質好或壞，有沒有受汙染。老一輩的似乎都很喜歡這大自然的材料。在耆老那年代釣魚都是用溪中的 *kolay*，從耆老那可以得知我們不太清楚的問題，果然老人家都是有智慧的啊！

陸、結論

- 一、在兩次的穿越線調查中，2月1日採獲水棲昆蟲5目12科共171隻；2月28日採獲水棲昆蟲6目17科共274隻，未來可持續調查以建立南澳地區水棲昆蟲生態的資料(附錄一)。
- 二、依據分類結果，以蜉蝣目及毛翅目均為5科最多，蜻蛉目3科、鞘翅目2科，以廣翅目及雙翅目科數最少，只有1科，水棲昆蟲的形態可結合當地生態旅遊解說的內容，以提昇社會大眾對於自然資源生態保育的概念。
- 三、依據 Hilsenhoff(1988)所定之標準，計算出來的 FBI 值分別為 4.03 和 3.16，在水質等級上屬於非常好和優良，顯示該水域環境尚未受到汙染，可監測部落水域環境的水質並可應用此法評估各種生態活動對溪流水質的影響。
- 四、該樣站採獲的毛翅目幼蟲共有5科：沼石蛾科、長鬚石蛾科、流石蛾科、指石蛾科及紋石蛾科，其中沼石蛾科的幼蟲經鑑定為 *Goera* sp.
- 五、沼石蛾科的可攜巢，左右兩側由較大的石頭組成，稱為翼部石，腹面的石頭粒徑較小且排列平整，巢背面的石頭粒徑較大且中間隆起，從巢的橫切面看起來約略成「八」字形。
- 六、經由實驗觀察發現，單側翼部石的數量以3顆為最多，且74%成對稱排列，包含2對、3對及4對，其中巢具3對翼部石佔86%，數量最多。
- 七、依幼蟲頭殼寬與巢長的散佈圖，可發現幼蟲分為三群，可推測為三個齡期。
- 八、將巢長的資料進一步的分析，可發現其散佈圖可分成5群，與幼蟲頭殼寬資料進行比對，推測幼蟲的齡期可能為5~6齡。
- 九、巢長與巢寬分別與齡期均呈現線性正相關。
- 十、巢的前端與尾端分別與齡期均呈現線性正相關。

十一、巢的重量與齡期呈現指數正相關。

十二、發現蛹期的巢其前端與尾端會利用小石頭或螺類封住，且會緊密黏著於溪流中較大石塊。

柒、未來展望

一、未來可擴展至南澳南溪及南澳北溪進行溪流水文及水棲昆蟲相調查，將生物指標的方法應用在水質監測以了解當地溪流生態的變化。

二、希望孩子透過對於部落環境的認識與研究，增進孩子與部落耆老的互動進而增加對部落環境的關懷與認同。

三、針對沼石蛾科幼蟲築巢選擇石頭大小的標準，可更進一步的觀察以找出依據。

四、沼石蛾科幼蟲的築巢行為可做進一步的觀察研究。

捌、參考文獻

中文部分

川合禎次(1985)。日本產水生昆蟲檢索圖說。日本東海大學出版會，東京。409 頁。

田志仁、汪碧涵(2004)。河川生物多樣性調查方法與評估指標。環境檢驗 50:14-21。

周溫雅(2005)。台中縣和平鄉環山部落泰雅族的漁具漁法。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。73 頁。

徐歷鵬(1997)。台灣地區毛翅目之分類研究。私立東海大學生物所博士論文。370 頁。

黃國靖(1994)。景美溪水棲昆蟲生態及生物指標研究。國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文。150 頁。

英文部分

Wiggins, G. B. (1996). Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). 2nd ed. University of Toronto Press. 457pp.

Hilsenhoff, W.L. 1988. "Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index." J.N. Am. Benthol. Soc. 7:65-68.

網路資料

水利署電子書。後龍河流域河川情勢調查(2/2)。2018 年 2 月 20 日，取自

<http://lib.wra.gov.tw/libebookFlip/2014/1010301629b/index.html#p=1>

台灣生物多樣性資訊入口網。2017 年 12 月 20 日，取自 <http://taibif.tw/>

經濟部水利署。河川情勢調查作業要點。2017 年 12 月 20 日，取自

<http://ics.wrap.gov.tw/icsweb/data/%E6%B2%B3%E5%B7%9D%E6%83%85%E5%8B%A2%E8%AA%BF%E6%9F%A5%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E8%A6%81%E9%BB%9E.pdf>

附錄一、南澳南溪支流所採獲之水棲昆蟲(污染忍受值)

			
毛翅目長鬚石蛾科(4)	毛翅目流石蛾科(0)	毛翅目指石蛾科(3)	毛翅目沼石蛾科(4)
			
毛翅目紋石蛾科(4)	蜻蛉目幽螳科(7)	蜻蛉目春蜓科(1)	鞘翅目長角泥蟲科(4)
			
鞘翅目扁泥蟲科(4)	蜉蝣目扁蜉蝣科(4)	蜉蝣目褐蜉蝣科(2)	蜉蝣目四節蜉蝣科(4)
			
蜉蝣目小蜉蝣科(1)	蜉蝣目蜉蝣科(4)	雙翅目搖蚊科(8)	廣翅目石蛉科(0)