

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031702

鮎魚(Channa asiatica)的棲地、型態及行為模式研究

學校名稱：基隆市立銘傳國民中學

作者： 國一 鄭仕群	指導老師： 王晨帆
---------------	--------------

關鍵詞：鮎魚 棲地 行為模式

壹、摘要

鮎魚 (*Channa asiatica*) 又名七星鱧是臺灣原生種小型蛇頭魚 (snakehead)，目前野外族群數量日益稀少，值得深入研究。本次科展主題包括：一、重新調查基隆市近郊水域後僅發現兩處七星鱧的自然棲地。二、進一步描述七星鱧與臺灣另外三種大型蛇頭魚的形態差異，並製作分類檢索表以正確地鑑別原生種與入侵種蛇頭魚。三、首次紀錄七星鱧的攻擊行為可歸納成以下七種：(1) 體色加深 (2) 展鰭 (3) 鰓蓋展開 (4) 搖頭 (5) 互相摩擦 (6) 弓身 (7) 攻擊。特別的是「搖頭行為」具有種間的專一性。七星鱧能偵測水溫、水色的變化，並以此區別固有與非固有領域。七星鱧具有挖洞行為，但在有現成掩蔽物的情況下，會停止挖洞行為；食性實驗結果支持七星鱧並不會挑食，故七星鱧是天生的機會主義者。

貳、研究動機

有回到生物老師家觀察老師所飼養的魚，我看到了一種外形特殊的魚，這種魚的頭部很像蛇頭。老師說：這種魚稱為七星鱧（*Channa asiatica*）是臺灣的原生種淡水魚，閩南語俗稱「鮎鮠」；客家話俗稱「陽公仔」，從前是溪流、池塘及灌溉溝渠中常見的肉食性魚類，但是現在野外的七星鱧數量已經愈來愈少了。

老師的一段話讓我想對七星鱧有更多的認識，於是我開始查閱相關的文獻資料，發現七星鱧屬於小型鱧科（Channidae）魚類，最大只達 30 公分左右，身體直且長呈圓筒型，體色為綠褐色或暗褐色，缺腹鰭，體側有 8 至 10 條<字形暗色橫帶，腹部呈乳白色。口大，上下頷具有銳利的細齒，頭部扁平，背有大型鱗片，很像蛇頭，故英名稱為亞洲蛇頭魚或是小蛇頭魚（Asian snakehead or small snakehead）。七星鱧分布於臺灣宜蘭、台北到台南以北的純淡水水域，中國大陸廣東省及海南島亦產此魚。七星鱧與所有的蛇頭魚種皆具有鰓上器

（Suprabranchial chamber）能探出水面直接呼吸空氣，因此不管在清澈的溪流或者污濁缺氧的水域裏，都可以生存。七星鱧喜歡棲息在河流、池塘或是沼澤中。夜間活動為主，以小型魚、蝦、蛙類及其他小動物為食，是凶猛的肉食性魚類。臺灣原生鱧科魚類除七星鱧外，還有另一種原生蛇頭魚—斑鱧（*Channa maculata*），閩南語稱為「雷魚」。斑鱧體型較七星鱧大，最大可達 60 公分。斑鱧味美具食用價值，在臺灣南部已有人工養殖。（曾，1986；沈 等，1993；陳 等，1999）。

我還意外地發現七星鱧在臺灣民間有其文化價值。例如：在臺灣早期還是農業社會時，客家人會將七星鱧放養於水井中，用來捕食落水的昆蟲，以維護井水的水質。有趣的是客家聚落還流傳古時候土地公不小心迷了路，最後土地公是由好心的七星鱧帶路，才能回到土地公廟，因此土地公為了感謝七星鱧，就在牠的尾鰭基部蓋了一個圓形的印章，所以現在七星鱧尾鰭基部都有一個黑色的圓斑（詹，2002）。此外臺灣民謠《西北雨直直落》歌詞中也有提到俗稱鮎鮠的七星鱧，歌詞部分內容為「西北雨直直落，鯽仔魚欲娶某。鮎鮠兄拍鑼鼓，媒人婆仔土虱嫂，日頭暗找無路，趕緊來火金姑，做好心來照路，西北雨直直落。」（作詞：葉明龍；作曲：黃敏）。

目前臺灣野外的七星鱧族群數量正在快速地消失中（陳 等，2003；陶，2005；臺灣特有生物保育中心網頁），可能的原因為七星鱧的自然棲息地不斷地遭受人為破壞及兩種外來大型鱧科魚類—線鱧；俗稱泰國鱧（*Channa striata*）和小盾鱧；俗稱魚虎（*Channa macropeltes*）的強勢入侵。有鑑於七星鱧的族群數量日益稀少，恐有滅絕的可能性！因此在老師的鼓勵下，我決定以七星鱧作為科學展覽的題材，首先想調查現今基隆市近郊是否還有七星鱧的族群；其次是比較現今臺灣四種鱧科魚類（兩原生種，兩外來種）的形態差異及製作分類檢索表；最後是研究七星鱧的行為模式。

參、研究目的

- 一、調查現今基隆市近郊水域是否還存有七星鱧的自然棲地。
- 二、進一步描述七星鱧 (*C. asiatica*)、斑鱧 (*C. maculata*)、線鱧 (*C. striata*) 和小盾鱧 (*C. macropeltes*) 之間的形態差異，並製作現今臺灣四種蛇頭魚的分類檢索表。
- 三、七星鱧對同種與不同種魚類的攻擊行為模式。
- 四、七星鱧是否能以水溫及水色的變化，作為區分固有領域與非固有領域的依據。
- 五、七星鱧是否具挖洞行為及對掩蔽物 (不同口徑水管) 的選擇性。
- 六、七星鱧是否具腐食性及對不同活體食物的選擇性。

肆、研究材料及器材

- 一、實驗物種：詳見表一內容。

表一、本次科展所需的生物種中名(學名)、採集地點及樣本數。* 表示臺灣原生物種；— 表示無記錄；N 表示活體樣本數；n 表示標本樣本數。

中名(學名)	採集地點(棲地)	樣本數
七星鱧 (<i>C. asiatica</i>)*	1.臺北縣貢寮鄉(野塘)	N=3 (n=2)
	2.台北縣瑞芳鎮(山區野溪)	N=3
	3.台北縣瑞芳鎮(深澳坑溪支流)	N=1
斑鱧 (<i>C. maculata</i>)*	基隆市仁愛市場(無)	(n=4)
線鱧 (<i>C. striata</i>)	彰化縣溪湖鎮(溝渠)	(n=6)
線鱧 (<i>C. striata</i>)	屏東縣林邊鄉(溝渠)	N=2
小盾鱧 (<i>C. macropeltes</i>)	嘉義縣大埔鄉(曾文水庫)	(n=7)
鯽魚 (<i>Carassius auratus</i>)*	臺北縣汐止市(金龍湖)	N=2
吉利慈鯛 (<i>Tilapia zillii</i>)	基隆市美的世界社區(野塘)	N=60
朱文錦 (<i>Carassius auratus</i>)	基隆市某水族館(無)	N=60
革條副鱗 (<i>Tanakia himategus</i>)*	臺北縣汐止市(金龍湖)	N=60
粗糙沼蝦 (<i>Macrobrachium asperulum</i>)*	基隆市美的世界社區(野塘)	N=40

註：1 號採集地的七星鱧活體為飼養兩年多的馴化個體，是市展前實驗數據的主要來源。

2 及 3 號採集地的七星鱧活體為市展後才釣獲的野外個體。

二、實驗器材：

1. 水族箱 (60 cm × 30 cm × 30 cm) × 5
2. 置物箱 (70 cm × 45 cm × 35 cm) × 3
3. 30 cm 水管 (直徑 5.5 cm ; 7.5 cm ; 9.5 cm) × 3
4. 打氣幫浦 × 6
5. 控溫加熱器 (20~30°C) × 4
6. 溫度計 × 4
7. 保麗龍板 × 1
8. 燒杯、量筒、玻璃標本瓶
9. 解剖剪、鑷子
10. 針線、針灸針
11. 解剖顯微鏡、放大鏡
12. 游標尺 (mm)、刻度墊板 (cm)

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 13. 黃色、綠色及藍色玻璃紙 | 14. X-ray 照射機 |
| 15. 計時器 (Timer) | 16. 手撈網、釣具 |
| 17. 望遠鏡 × 2 | 18. 數位相機 × 1 |
| 19. 電腦 | 20. 統計分析軟體 (STATISTICA 6.0) |
| 21. 水族箱 (90 cm × 45 cm × 60 cm) × 2 | |

三、實驗藥品：

- | | |
|----------------------|-----------|
| 1. 50% 酒精 | 2. 70% 酒精 |
| 3. 15% 甲醛 (Formalin) | |

伍、研究過程和方法

一、調查現今基隆市近郊水域是否還存有七星鱧的自然棲地。

- (一) 根據部分釣客口述及老師的私人經驗決定調查地點 (詳見表二)。
- (二) 基隆市境內水域是否已遭外來種線鱧及小盾鱧入侵。
- (三) 紀錄七星鱧棲地的魚、蝦類相組成，並留意是否有線鱧及小盾鱧。
- (四) 配合第五個研究目的，觀察七星鱧棲地周遭土壤是否有七星鱧挖洞的痕跡。

表二、調查地點：包括基隆市近郊及台北縣

地點	棲地環境
1. 基隆市美的世界社區	野塘
2. 台北縣瑞芳鎮山區	山澗積水處
3. 台北縣瑞芳鎮山區	大型農用蓄水池
4. 台北縣瑞芳鎮與基隆市交界	深澳坑溪支流
5. 基隆市大水窟山區	小型農用蓄水池
6. 基隆市大水窟山區	野溪
7. 基隆市大水窟山區	野塘

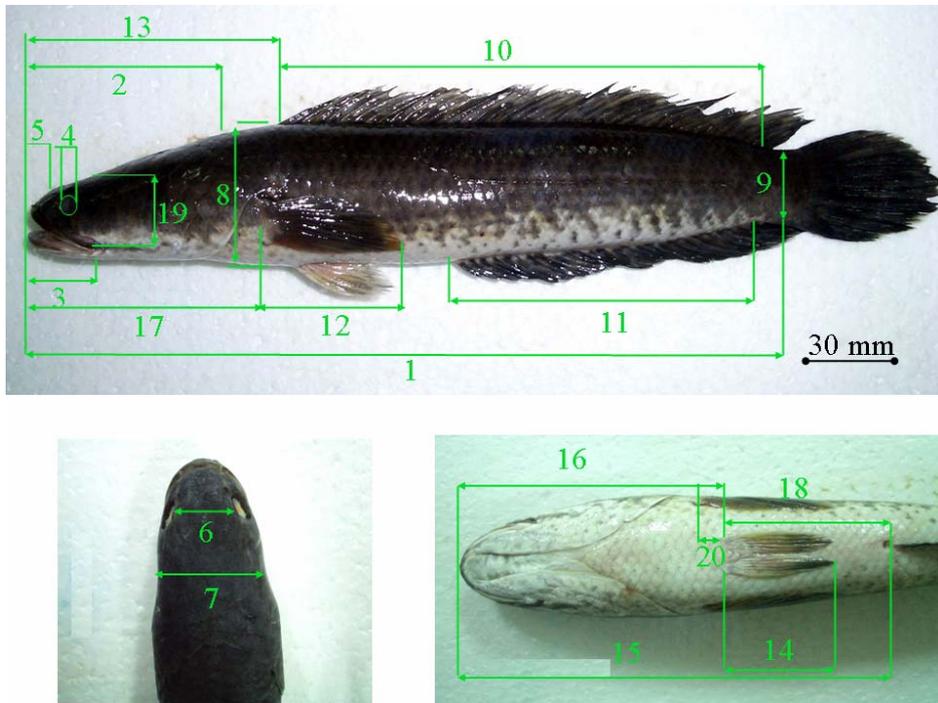
二、分析七星鱧 (*C. asiatica*)、斑鱧 (*C. maculata*)、線鱧 (*C. striata*) 和小盾鱧 (*C. macropletes*) 的測量形質、計數形質及體色差異

- (一) 本研究選取20種外部測量形質 (metric characters) 進一步分析臺灣四種蛇頭魚的外部形態差異 (內容詳見圖一)。
- (二) 分別將吻端長、眼徑、上顎骨長、眼間距、頭寬及頭高除以頭長進行標準化 (%)。
- (三) 分別將頭長、頭高、體高、尾柄高、背鰭基部長、臀鰭基部長、胸鰭前長、背鰭前長、腹鰭前長、臀鰭前長、腹鰭至臀鰭長、胸鰭長及腹鰭長除以標準長進行標準化 (%)。
- (四) 本研究選取9種外部計數形質 (meristic characters) 分析臺灣四種蛇頭魚的外部形

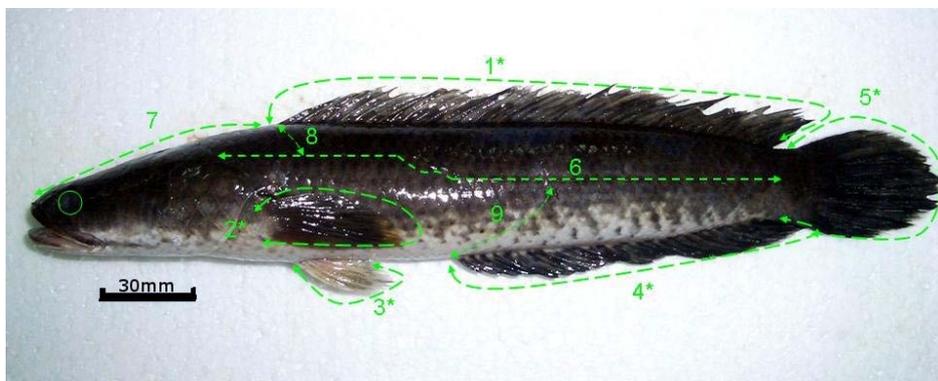
態差異（內容詳見圖二）。脊椎骨數目屬魚類內部計數形質，需以X-射線照射樣本後計算之。

(五) 觀察臺灣四種蛇頭魚的體色差異。

(六) 建構二分叉檢索表及數字編碼檢索表，作為鑑定與分類臺灣原生種蛇頭魚和入侵種蛇頭魚的依據。



圖一、本研究選用的20種外部測量形質（metric characters）：(1) 標準長；(2) 頭長；(3) 吻端長；(4) 眼徑；(5) 上顎骨長；(6) 眼間距；(7) 頭寬；(8) 體高；(9) 尾柄高度；(10) 背鰭基部長；(11) 臀鰭基部長；(12) 胸鰭長；(13) 背鰭前長；(14) 腹鰭長；(15) 臀鰭前長；(16) 腹鰭前長；(17) 胸鰭前長；(18) 腹鰭至臀鰭長；(19) 頭高及 (20) 腹鰭至胸鰭長。(圖一為線鱧)。



圖二、本研究選取9種外部計數形質（meristic characters）：(1) 背鰭鰭條數；(2) 胸鰭鰭條數；(3) 腹鰭鰭條數；(4) 臀鰭鰭條數；(5) 尾鰭鰭條數；(6) 側線鱗數；(7) 背鰭前鱗數；(8) 側線上鱗數；(9) 側線下鱗數。(圖二為線鱧)。

三、七星鱧對同種與不同種魚類的攻擊行為模式

(一)、七星鱧對七星鱧：同屬同種。

1. 將三尾七星鱧 (*C. asiatica*) 活體樣本 Ca01、Ca02 及 Ca03，全長分別為 22 cm、23.5 cm 及 18.5 cm (mean = 21.33 ± 2.57 cm)，並依序飼養於水溫維持在 25°C 的 A、B、C 三缸水族箱中 (60 cm × 30 cm × 30 cm)。
2. 依據表三中的六種配對組合，觀察固有七星鱧對入侵七星鱧所展現的行為模式，並記錄各種行為出現的時間點，每次觀察時間為二十分鐘。
3. 每種配對組合重複操作四次。

表三、固有七星鱧對入侵七星鱧的配對組合表。(—代表無)

	入侵 Ca01	入侵 Ca02	入侵 Ca03
固有 Ca01	—	Ca02 vs. Ca01	Ca03 vs. Ca01
固有 Ca02	Ca01 vs. Ca02	—	Ca03 vs. Ca02
固有 Ca03	Ca01 vs. Ca03	Ca02 vs. Ca03	—

(二)、七星鱧對吉利慈鯛：不同屬不同種。

1. 依據表四的四種配對組合，觀察七星鱧對入侵吉利慈鯛 (*Tilapia zillii*) (編號 Tz01；全長 14 cm) 所展現的行為模式，並記錄各種行為出現的時間，每次觀察時間為二十分鐘。
2. 每種配對組合重複操作四次。

表四、固有七星鱧對入侵吉利慈鯛 (Tz 01) 的配對組合表。

	入侵 Tz01
固有 Ca01	Ca01 vs. Tz01
固有 Ca02	Ca02 vs. Tz01
固有 Ca03	Ca03 vs. Tz01

(三)、七星鱧對鯽魚：不同屬不同種。

1. 依據表五的三種配對組合，觀察七星鱧對入侵鯽魚 (*Carassius auratus*) (編號 Cu01；全長 cm) 所展現的行為模式，並記錄各種行為出現的時間，每次觀察時間為二十分鐘。
2. 每種配對組合重複操作四次。

表五、固有七星鱧對入侵鯽魚（Cu01）的配對組合表。

	入侵 Cu01
固有 Ca01	Ca01 vs. Cu01
固有 Ca02	Ca02 vs. Cu01
固有 Ca03	Ca03 vs. Cu01

（四）、七星鱧對線鱧：同屬不同種。

1. 依據表六的三種配對組合，觀察七星鱧對入侵線鱧（*C. striata*）（編號 Cs01；全長 35 cm）所展現的行為模式，並記錄各種行為出現的時間，每次觀察時間為二十分鐘。
2. 每種配對組合重複操作四次。

表六、固有七星鱧對入侵線鱧（Cs01）的配對組合表。

	入侵 Cs01
固有 Ca01	Ca01 vs. Cs01
固有 Ca02	Ca02 vs. Cs01
固有 Ca03	Ca03 vs. Cs01

（五）、七星鱧同時面對同種及非同種魚類。

1. 為進一步證明七星鱧對同種的反應行為較非同種魚類顯著，我將 Ca03 和 Tz01 同時放入 A 缸（Ca01）及 B 缸（Ca02）中（表七），觀察與記錄 Ca 01 和 Ca02 的行為反應，每次觀察三十分鐘。
2. 每種配對組合重複操作四次。

表七、固有七星鱧對入侵七星鱧（Ca03）和吉利慈鯛（Tz01）的配對組合表。

	入侵 Ca03 和 Tz01
固有 Ca01	Ca01 vs. Ca03 & Tz01
固有 Ca02	Ca02 vs. Ca03 & Tz01

六、七星鱧是否能以水溫及水色的變化，作為區分固有領域與非固有領域的依據

由實驗結果發現固有七星鱧只會對入侵七星鱧表現出「搖頭行為」，表示搖頭行為具有物種專一性。因此可以利用搖頭行為的有無，設計實驗探討七星鱧是否能辨識水溫及水色的變化，藉以區分固有領域與非固有領域。若七星鱧能正確區分出固有領域與非固有領域！表示七星鱧能分辨水溫及水色的變化。

(一)、七星鱧是否能分辨水溫 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) 的變化?

1. Ca01 (24 $^{\circ}\text{C}$) vs. Ca02 (20 $^{\circ}\text{C}$)

1-1. 分別將 A 缸 (Ca01)、B 缸 (Ca02)、C 缸 (空缸) D 缸 (空缸) 及 E 缸 (空缸) 的水溫維持在 24 $^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ 、22 $^{\circ}\text{C}$ 、24 $^{\circ}\text{C}$ 及 20 $^{\circ}\text{C}$ 。

「註：設置 D、E 缸的主要原因是為了避免 A、B 缸的殘存氣味干擾實驗的準確性。」

1-2. 分別以長 30 cm 的水管同時將 Ca01 和 Ca02 移動至 C 缸 (22 $^{\circ}\text{C}$) 中，用雙手掩蓋水管避免視覺干擾，並放置五分鐘。

1-3. 繼步驟 1-2 後，將 Ca01 和 Ca02 同時置入 D 缸 (24 $^{\circ}\text{C}$)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca01 對 Ca02 搖頭，表示 Ca01 能分辨水溫 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) 的變化。」

1-4. 繼步驟 1-2 後，將 Ca01 和 Ca02 同時置入 E 缸 (20 $^{\circ}\text{C}$)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca02 對 Ca01 搖頭，表示 Ca02 能分辨水溫 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) 的變化。」

1-5. 為驗證七星鱧分辨水溫變化的能力是屬於短期適應還是長期適應？我同時將 Ca01 (24 $^{\circ}\text{C}$) 和 Ca02 (20 $^{\circ}\text{C}$) 移動至 C 缸 (22 $^{\circ}\text{C}$) 中，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次六十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca01 與 Ca02 皆無搖頭行爲，表示七星鱧具分辨水溫變化的能力 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$)。若某段時間後 Ca01 開始攻擊 Ca02 或 Ca02 開始攻擊 Ca01，表示該段時間為七星鱧適應水溫變化所需的時間。」

2. Ca01 (20 $^{\circ}\text{C}$) vs. Ca02 (24 $^{\circ}\text{C}$)

2-1. 分別將 A 缸 (Ca01)、B 缸 (Ca02)、C 缸 (空缸) D 缸 (空缸) 及 E 缸 (空缸) 的水溫維持在 20 $^{\circ}\text{C}$ 、24 $^{\circ}\text{C}$ 、22 $^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ 及 24 $^{\circ}\text{C}$ 。

2-2. 分別以長 30 cm 的水管同時將 Ca01 和 Ca02 移動至 C 缸中 (22 $^{\circ}\text{C}$)，用雙手掩蓋水管避免視覺干擾，並放置五分鐘。

2-3. 繼步驟 2-2 後，將 Ca01 和 Ca02 同時置入 D 缸 (20 $^{\circ}\text{C}$)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

2-4. 繼步驟 2-2 後，將 Ca01 和 Ca02 同時置入 E 缸 (24 $^{\circ}\text{C}$)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

2-5. 同時將 Ca01 (20 $^{\circ}\text{C}$) 和 Ca02 (24 $^{\circ}\text{C}$) 移動至 C 缸 (22 $^{\circ}\text{C}$) 中，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行爲反應，每次六十分鐘，並重複操作四次。

(二)、七星鱧是否能分辨水溫 ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) 的變化?

1. Ca01 (28 $^{\circ}\text{C}$) vs. Ca02 (20 $^{\circ}\text{C}$)

除 A 缸 (Ca01)、B 缸 (Ca02)、C 缸 (空缸)、D 缸 (空缸) 及 E 缸 (空缸) 之水溫改變為 28 $^{\circ}\text{C}$ 、20 $^{\circ}\text{C}$ 、24 $^{\circ}\text{C}$ 、28 $^{\circ}\text{C}$ 和 20 $^{\circ}\text{C}$ 外，其餘實驗步驟和 (一) 1-2~1-5 相同。

2. Ca01 (20°C) vs. Ca02 (28°C)

除A缸(Ca01)、B缸(Ca02)、C缸(空缸)、D缸(空缸)及E缸(空缸)之水溫改變為 20°C、28°C、24°C、20°C和28°C外，其餘實驗步驟和(一) 2-2~2-5 相同。

(三)、七星鱧是否能分辨水色的變化？

1. Ca01 (綠色) vs. Ca02 (黃色)

1-1. 分別在 A 缸 (Ca01)、B 缸 (Ca02)、C 缸 (空缸)、D 缸 (空缸) 及 E 缸 (空缸) 的四周與頂部貼上綠色、黃色、藍色、綠色和黃色的玻璃紙。並讓七星鱧先適應環境 1 天。

1-2. 分別以長 30 cm 的水管同時將 Ca01 和 Ca02 移動至 C 缸中 (藍色)，放置五分鐘。

1-3. 將 Ca01 和 Ca02 同時放入 D 缸 (綠色)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行為反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca01 對 Ca02 搖頭，表示 Ca01 能分辨水色變化 (綠 → 藍 → 綠)。」

1-4. 將 Ca01 和 Ca02 同時放入 E 缸 (黃色)，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行為反應，每次三十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca02 對 Ca01 搖頭，表示 Ca02 能分辨水色變化 (黃 → 藍 → 黃)。」

1-5. 同時將 Ca01 (綠色) 和 Ca02 (黃色) 移動至 C 缸 (藍色) 中，觀察與紀錄 Ca01 和 Ca02 的行為反應，每次六十分鐘，並重複操作四次。

「註：若 Ca01 與 Ca02 皆無搖頭行為，表示七星鱧具分辨水色變化的能力。若某段時間後 Ca01 開始攻擊 Ca02 或 Ca02 開始攻擊 Ca01，表示該段時間為七星鱧記憶 (適應) 水色所需的時間。」

2. Ca01 (黃色) vs. Ca02 (綠色)

除A缸(Ca01)與B缸(Ca02)水色改變為黃色與綠色外，其餘實驗步驟和(三) 1-2~1-5 相同。

三、七星鱧是否具挖洞行為及對掩蔽物 (不同口徑水管) 的選擇性。

(一) 七星鱧是否具挖洞行為？

1. 將剛捕獲的野外七星鱧個體 Ca05、Ca06，全長分別為 28 cm 及 29.5 cm 分別放入 F 和 G 兩缸水族箱中 (90 cm × 45 cm × 60 cm)。

2. F 缸中只放土為 Ca05 實驗組，F 缸中放土及大、小口徑水管為 Ca05 對照組。

3. G 缸中只放土為 Ca06 實驗組，G 缸中放土及大、小口徑水管為 Ca06 對照組。

4. 每隔 45 分鐘紀錄一次 Ca05、Ca06 是否有挖洞痕跡以及棲息於哪一種口徑的水管中。

(二) 七星鱧對掩蔽物 (不同口徑水管) 的選擇性

1. 先放置中口徑水管 (直徑 = 7.5 cm) 於 A (Ca01)、B (Ca02)、C (Ca03) 三缸水族

箱中，一週後再將中口徑水管拿出，並同時放置大口徑水管（直徑=9.5 cm）與小口徑水管（直徑=5.5 cm）。

2. 每隔四十五分鐘觀察一次，一天觀察七次，並紀錄每次七星鱧出現於大、小口徑水管內的次數或水管外的次數。

六、七星鱧食性研究

（一）七星鱧是否具腐食性

1. 分別以死亡的朱文錦、吉利慈鯛、革條副鱗及粗糙沼蝦餵食Ca01、Ca02和Ca03，觀察七星鱧是否具腐食性。
2. 採用吉利慈鯛進行實驗，每次放入2死2活餵食Ca01、Ca02和Ca03，觀察七星鱧食用偏好。

（二）七星鱧對不同活體食物的選擇性

本實驗選用4種物種，分別為（1）朱文錦（2）吉利慈鯛（3）革條副鱗（4）粗糙沼蝦，並依照下列配對順序放入Ca01、Ca03和Ca04的水缸，共6組食性配對，每組各進行4次（詳見表八）

配對順序：朱 4 吉 4 → 朱 4 革 4 → 朱 4 蝦 4 → 吉 4 蝦 4 → 吉 4 革 4 → 蝦 4 革 4

表八、七星鱧食性配對表

	朱文錦	吉利慈鯛	粗糙沼蝦	革條副鱗
朱文錦	—	朱 4 吉 4	朱 4 蝦 4	朱 4 革 4
吉利慈鯛	—	—	吉 4 蝦 4	吉 4 革 4
粗糙沼蝦	—	—	—	蝦 4 革 4
革條副鱗	—	—	—	—

陸、研究結果

一、基隆市近郊水域的棲地調查

（一）師生進行棲地調查所拍攝的照片（圖三）

（二）師生進行棲地調查的結果發現基隆市近郊水域已經很難發現七星鱧的自然棲地了，對於調查地點附近住戶及釣客的訪談中也是得到相同的訊息。只有在人跡罕至的山區野溪或池塘才容易找到七星鱧的族群，本次調查未發現同時有七星鱧與線鱧出現的棲地。老師說：十多年前他曾在美的世界野塘抓到七星鱧，但是數量稀少，同時期野塘中的線鱧比七星鱧更容易發現。

(三) 線鱧已經在基隆近郊水域建立族群，但未發現小盾鱧的蹤跡。(表九)。



圖三、(A) 是深澳坑溪支流，尋獲 Ca04 的地點
(C) 是美的世界的野塘，圖中有線鱧的身影
(E) 是大水窟的農用蓄水池，發現白鱗

(B) 是大水窟的野塘，這裡疑似有七星鱧
(D) 是瑞芳的山澗積水處，釣獲 Ca05、Ca06 的地點
(F) 是瑞芳山區農用蓄水池，發現班鱧

表九、棲地調查結果

中文名	05/27/2007	05/27/2007	05/27/2007	05/27/2007	05/30/2007	05/30/2007	05/30/2007
	1.基隆美的世界 野塘	2.台北縣瑞芳 山澗積水處	3.台北縣瑞芳 大型農用蓄水池	4.台北縣瑞芳 深澳坑溪支流	5.基隆大水窟 小型農用蓄水池	6.基隆大水窟 野塘	7.基隆大水窟 野溪
七星鱧	—	+ (優、原)	◎	+	—	◎	—
線鱧	+ (外)	—	—	—	—	—	—
小盾鱧	—	—	—	—	—	—	—
班鱧	—	—	+ (原)	—	—	—	—
吉利慈鯛	+ (優、外)	—	—	—	+ (優、外)	+ (優、外)	+
鯽魚	+	—	—	+	—	+	—
白鱒	—	—	—	—	+	—	—
短吻紅斑吻鰕虎	—	—	—	+ (特)	—	—	—
極樂吻鰕虎	+	—	—	—	—	+	—
台灣馬口魚	—	+	—	+ (特、優)	—	—	+ (特、優)
錦鯉	+	—	—	—	—	—	—
大嘴黑鱸	+ (外)	—	+ (外)	—	—	+ (外)	—
巴西龜	+ (外)	—	—	—	—	—	—

+ 代表發現、— 代表未發現、◎ 代表可能存在，但調查期間未發現、(原) 代表台灣原生種、(外) 代表外來種、(特) 代表台灣特有種、(優) 代表優勢種。

二、目前臺灣四種蛇頭魚的形態差異

(一)、臺灣四種蛇頭魚的測量形質差異

1. 四種蛇頭魚中背鰭基部長與臀鰭基部長百分比最大的是七星鱧，分別為（68.6%）及（45%）。
2. 三種有腹鰭的蛇頭魚中，以斑鱧的胸鰭至腹鰭長百分比最大（7.8%），表示斑鱧腹鰭位置離胸鰭較遠，反觀線鱧（3.7%）與小盾鱧（1.8%）的胸鰭至腹鰭長百分比較小，表示線鱧與小盾鱧的腹鰭位置較靠近胸鰭。
3. 四種蛇頭魚中頭寬最小的是小盾鱧（38.7%），表示小盾鱧的頭部較尖。

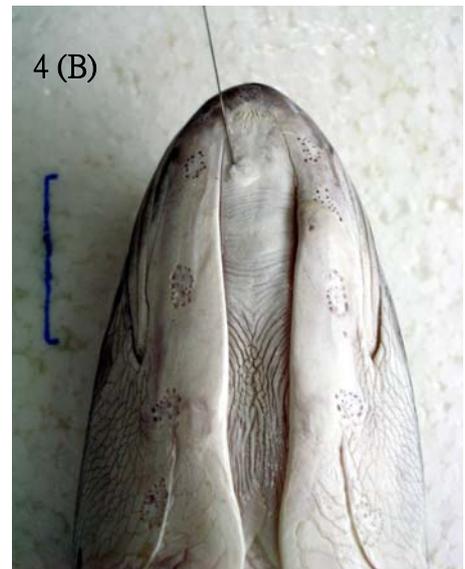
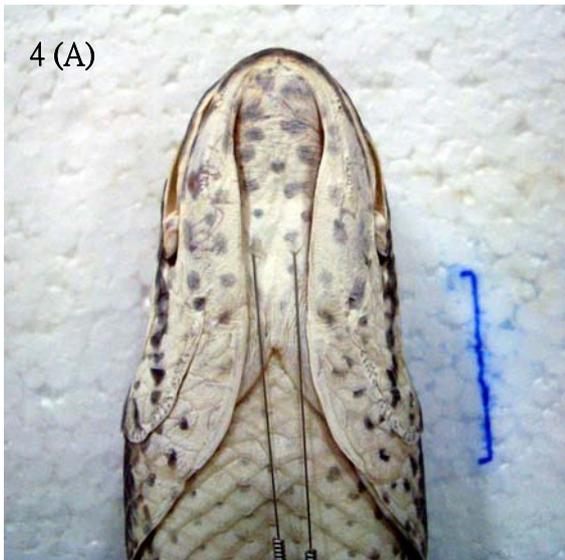
(二)、臺灣四種蛇頭魚的計數形質差異

1. 臺灣四種蛇頭魚中，七星鱧是唯一缺腹鰭的蛇頭魚。
2. 七星鱧的側線鱗並不連續，與曾（1986）和（陳 1999）的描述不同。
3. 斑鱧的側線鱗不連續，與曾（1986）和（陳 1999）的描述相同。
4. 線鱧與小盾鱧的側線鱗連續。
5. 四種蛇頭魚中，以小盾鱧的側線鱗數（86）、側線下鱗數（15）與背鰭前鱗數（26）最多，故小盾鱧的鱗片明顯比其他三種蛇頭魚的鱗片小。
6. 四種蛇頭魚中，以小盾鱧的脊椎骨數最多（56）。
7. 線鱧與小盾鱧頭部腹面具有鱗片，七星鱧和斑鱧則無（圖四）。
8. 屬大型蛇頭魚的小盾鱧、線鱧及斑鱧的上下顎皆具有犬形齒，屬小型蛇頭魚的七星鱧無犬形齒只有細齒。（圖五）

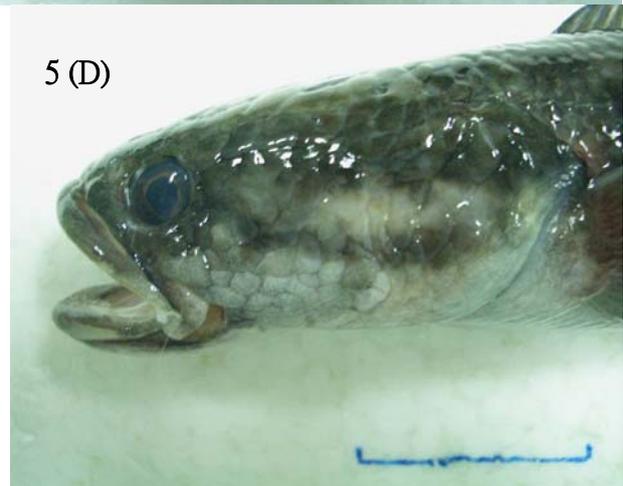
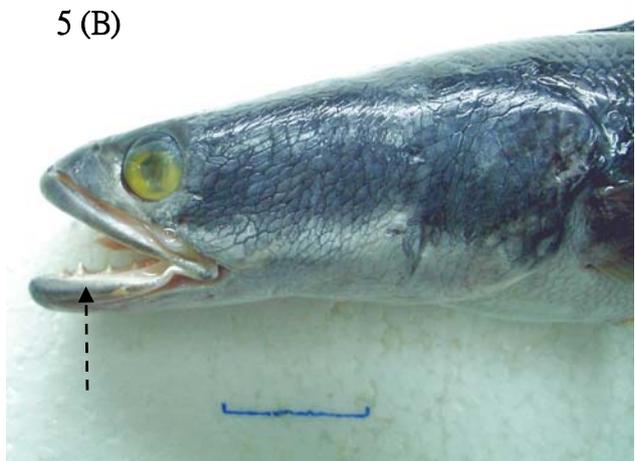
(三)、臺灣四種蛇頭魚的體色差異

1. 七星鱧的尾柄具一黑褐色眼斑，眼斑外圍有一黃色的紋路環繞，體側具 8~10 條呈『< 型』的橫紋，頭部在眼後有兩條黑色縱紋延伸至鰓蓋末端。幼魚和成魚的體色、紋路無太大變化（圖六）。
2. 斑鱧體側有兩條大型黑色塊狀縱紋，背側亦有一條黑色塊狀縱紋，頭部在眼後有兩條黑色縱紋延伸至鰓蓋末端。幼魚和成魚的體色、紋路無太大變化（圖七）。
3. 線鱧頭部有兩條褐色的過眼縱紋從吻端一直延伸至頭部背側，眼睛下方有一黑色橫紋延伸至上顎，瞳孔周圍呈橙紅色，體側近三分一呈較淡的白色。幼魚的背鰭末端有一黑色斑紋但成魚時該斑紋會消失（圖八）。
4. 小盾鱧的瞳孔周圍呈黃色，幼魚和成魚的體色、紋路差異頗大，可區大致分成三型（圖九）。

(四)、臺灣四種蛇頭魚的二分叉檢索表與數字編碼檢索表（詳見圖十及圖十一）。



圖四、4 (A) 是線鱧，4 (B) 是小盾鱧。指針指向鱗片，藍色線條為比例尺=30 mm。



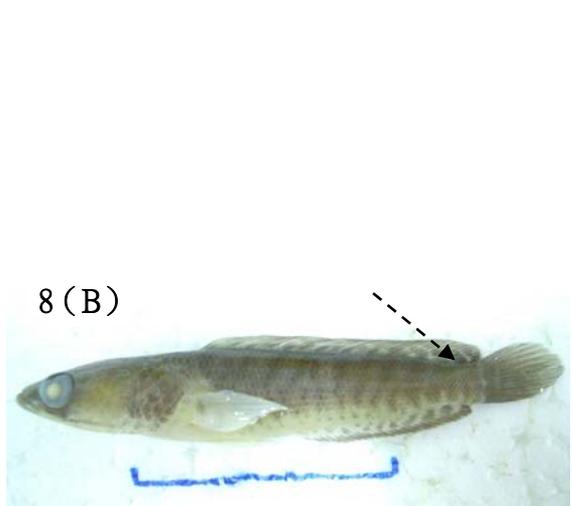
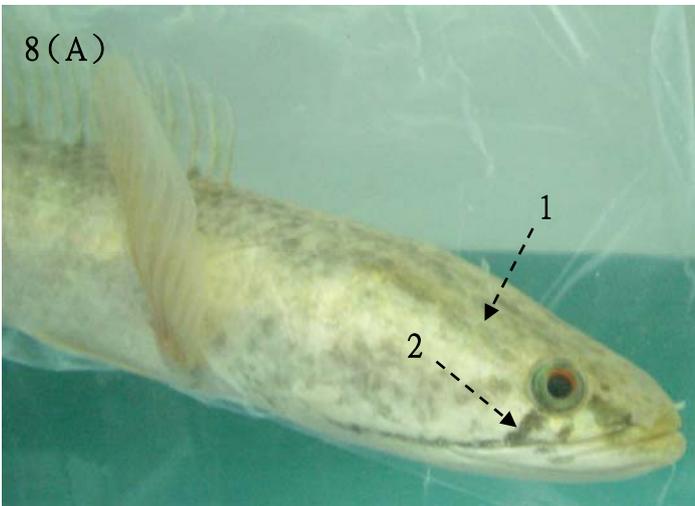
圖五、5 (A) 是線鱧、5 (B) 是小盾鱧、5 (C) 是斑鱧、5 (D) 是七星鱧。箭號指向犬形齒，藍色線條為比例尺=30 mm。



圖六、七星鱧成魚，缺腹鰭，箭號指向尾柄圓形眼斑，藍色線條為比例尺=30 mm。



圖七、斑鱧成魚，藍色線條為比例尺=30 mm。



圖八、8 (A) 線鱧成魚頭部特寫，箭號 1 指向褐色的過眼縱紋從吻端一直延伸至頭部背側。箭號 2 指向眼睛下方的黑色紋路，瞳孔周圍呈橙紅色。

8 (B) 線鱧幼魚，箭號指向背鰭黑色斑紋。成魚背鰭的黑色斑紋消失，藍色線條為比例尺=30 mm。

9(A)



9(B)



9(A)

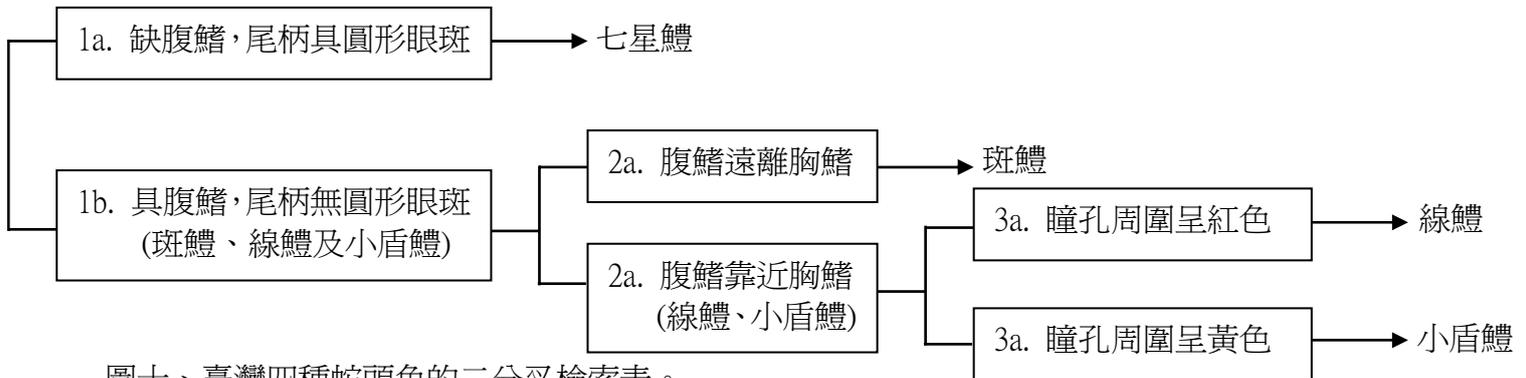


圖九、三種小盾鱧在不同時期所展現的體色、花紋。

9(A) 小盾鱧仔魚，圖片來源：http://fisc.er.usgs.gov/Snakehead_circ_1251/index.html。

9(B) 小盾鱧亞成魚，眼睛顏色呈黃色，藍色線為比例尺=30 mm。

9(C) 小盾鱧成魚，眼睛顏色呈黃色，藍色線為比例尺=30 mm。



圖十、臺灣四種蛇頭魚的二分叉檢索表。

1a. 缺腹鰭，尾柄具圓形眼斑	七星鱧 (鮎魷)
1b. 具腹鰭，尾柄無圓形眼斑	2
2a. 腹鰭離胸鰭較遠	斑鱧 (雷魚)
2b. 腹鰭靠近胸鰭	3
3a. 瞳孔周圍呈橙紅色 (紅眼)	線鱧 (泰國鱧)
3b. 瞳孔周圍呈亮黃色 (黃眼)	小盾鱧 (魚虎)

圖十一、臺灣四種蛇頭魚的數字編碼檢索表。

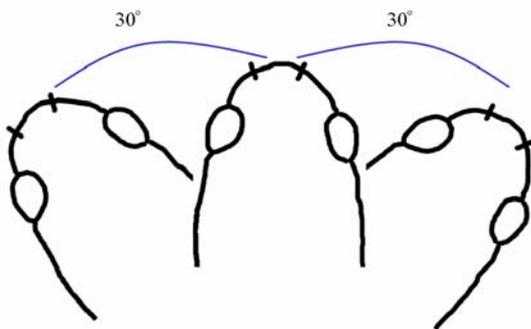
三、七星鱧對同種與不同種魚類的攻擊行為模式

(一)、七星鱧對七星鱧（同屬同種）

1. 七星鱧 CA01 會對入侵的七星鱧 CA02 或是七星鱧 CA03 展現出『搖頭行為』，而入侵的七星鱧則無搖頭行為，這表示七星鱧可以藉由搖頭行為向入侵七星鱧傳遞宣示領域主權的訊息。相同的搖頭行為在 CA02 對外來七星鱧和 CA03 對外來七星鱧都可發現（圖十三）（表十）。（註：有紀錄搖頭行為的影片，可在參展現場播放。）
2. 我們將固有七星鱧對入侵七星鱧的攻擊行為歸納成以下七種：
 - (1) 固有七星鱧會使體色變深（簡稱：體色加深）。
 - (2) 固有七星鱧會展開背鰭、臀鰭及尾鰭鰭條（簡稱：展鰭；圖十二）。
 - (3) 固有七星鱧會對入侵七星鱧表現出搖頭行為（簡稱：搖頭；圖十三）。
 - (4) 固有七星鱧與入侵七星鱧會互相摩擦身體（簡稱：互相摩擦；圖十二）。
 - (5) 固有七星鱧會展開鰓蓋，增加頭部體積（簡稱：鰓蓋展開；圖十二）。
 - (6) 固有七星鱧表現出頭部朝下，身體彎曲的預備攻擊姿勢（簡稱：弓身；圖十四）。
 - (7) 固有七星鱧開始攻擊入侵七星鱧的尾部（簡稱：攻擊）。



圖十二、七星鱧的展鰭、鰓蓋擴張及互相摩擦行為



圖十三、七星鱧搖頭行為的卡通示意圖，搖頭的角度約 30 度。搖頭頻率約 2~3（次/秒）。



圖十四、七星鱧的展鰭、鰓蓋擴張及弓身行爲

3. 根據表九各項行爲出現的平均時間長短，我認爲固有七星鱧對入侵的同屬同種個體所表現的攻擊行爲模式爲：
體色加深 → 展鰭 → 鰓蓋展開 → 搖頭 → 互相摩擦 → 弓身 → 攻擊。
七星鱧對於同種的搖頭行爲與攻擊行爲，可以在短時間內（約三分鐘內）表現。
4. 七星鱧 CA03 的體型較七星鱧 CA01、CA02 小，但以 CA01、CA02 作爲入侵者時，CA03 一樣會表現出搖頭行爲宣示領域主權，但是不敢主動攻擊體型較大的 CA01、CA02（表十）。

表十、固有七星鱧對外來七星鱧所表現的各項行爲及其出現的平均時間。

固有 v.s.外來	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	搖頭	互相摩擦	弓身	攻擊
CA01v.s.CA02	+	+	+	+	+	+	+
CA01v.s.CA03	+	+	+	+	-	+	+
CA02v.s.CA01	+	+	+	+	+	+	+
CA02v.s.CA03	+	+	+	+	-	+	+
CA03v.s.CA01	+	+	+	+	-	+	-
CA03v.s.CA02	+	+	+	+	-	+	-
各種行爲出現的平均時間	65 秒	74 秒	79 秒	102 秒	121 秒	134 秒	149 秒

（+ 代表有此行爲發生，- 代表無此行爲發生，適用下述所有表格。）

每當固有七星鱧攻擊入侵七星鱧一次後，實驗及馬上停止爲避免入侵七星鱧遭受過量的傷害。

（二）、七星鱧對吉利慈鯛（不同屬不同種）

七星鱧對於入侵的吉利慈鯛並不會展現出搖頭行爲宣示主權，只會表現出體色加深、展鰭、鰓蓋張開、弓身及攻擊等行爲（表十一）。吉利慈鯛面對七星鱧時，也會有展開背鰭、腹鰭、臀鰭及尾鰭鰭條的防禦行爲。

表十一、固有七星鱧對外來吉利慈鯛所表現的各項行爲及其出現的平均時間。

固有 v.s.外來	搖頭	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	弓身	攻擊
CA01v.s.TZ01	—	—	+	+	+	+	+
CA02v.s.TZ02	—	—	+	+	+	+	+
CA03v.s.TZ03	—	—	+	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	0	80 秒	98 秒	112 秒	165 秒	188 秒
CA07v.s.TZ03	—	—	+	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	0	121 秒	153 秒	205 秒	267 秒	350 秒

(三)、七星鱧對鯽魚（不同屬不同種）

七星鱧對於入侵的鯽魚並不會展現出搖頭行爲宣示主權，只表出現體色加深、展鰭、鰓蓋張開、弓身及攻擊等行爲（表十二）。

表十二、固有七星鱧對外來鯽魚所表現的各項行爲及其出現的平均時間。

固有 v.s.外來	搖頭	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	弓身	攻擊
CA01v.s.CU01	—	—	+	+	+	+	+
CA02v.s.CU02	—	—	+	+	+	+	+
CA03v.s.CU03	—	—	+	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	0	97 秒	126 秒	154 秒	177 秒	190 秒

(四)、七星鱧對線鱧（同屬不同種）

七星鱧對於入侵的線鱧並不會展現出搖頭行爲宣示主權，只會出現體色加深、展鰭、鰓蓋張開及弓身等行爲，但不敢攻擊（表十三）。

表十三、固有七星鱧對外來線鱧所表現的各項行爲及其出現的平均時間。

固有 v.s.外來	搖頭	摩擦	攻擊	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	弓身
CA01v.s.CS01	—	—	—	+	+	+	+
CA02v.s.CS02	—	—	—	+	+	+	+
CA03v.s.CS03	—	—	—	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	0	0	89 秒	106 秒	129 秒	171 秒

(五)、七星鱧同時面對同種及非同種魚類

由表十四得知七星鱧對同種魚類產生攻擊行爲的反應時間較非同種魚類快速，且再次驗證搖頭行爲具有種內的專一性。

表十四、七星鱧同時面對同種及非同種魚類所表現的各項行爲及其出現的平均時間。

固有 v.s. 外來	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	搖頭	弓身	攻擊
CA01 v.s. CA03	—	+	+	+	+	+	+
CA02 v.s. CA03	—	+	+	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	75 秒	80 秒	100 秒	132 秒	150 秒	167 秒

固有 v.s. 外來	搖頭	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	弓身	攻擊
CA01 v.s. TZ01	—	—	+	+	+	+	+
CA02 v.s. TZ02	—	—	+	+	+	+	+
各種行爲出現的平均時間	0	0	96 秒	105 秒	122 秒	170 秒	189 秒

四、七星鱧是否能以水溫及水色的變化，區分固有領域與非固有領域

(一)、七星鱧是否能記憶水溫變化 ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) ?

第一回、CA01 (24°C) v.s. CA02 (20°C)

1. 由表十五 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水溫是 24°C 。
2. 由表十五 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是 20°C 。
3. 由表十五 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水溫中 (22°C)，即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表十五、CA01 (24°C) v.s. CA02 (20°C)

	水溫變化	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	搖頭	弓身	攻擊
a. CA01	$24^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 24^{\circ}\text{C}$	—	+	+	+	+	+	+
b. CA02	$20^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 24^{\circ}\text{C}$	—	—	+	—	—	—	—
c. CA01	$24^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$	—	—	+	—	—	—	—
d. CA02	$20^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$	—	+	+	+	+	+	+
e. CA01	$24^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C}$	—	—	—	—	—	—	—
f. CA02	$20^{\circ}\text{C} \rightarrow 22^{\circ}\text{C}$	—	—	—	—	—	—	—

第二回、CA01 (20°C) v.s. CA02 (24°C)

1. 由表十六 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水溫是 20°C 。

- 由表十六 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是24°C。
- 由表十六 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水溫中（22°C），即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表十六、CA01（20°C）v.s. CA02（24°C）

	水溫變化	摩擦	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	搖頭	弓身	攻擊
a. CA01	20°C→22°C→20°C	—	+	+	+	+	+	+
b. CA02	24°C→22°C→20°C	—	—	+	—	—	—	—
c. CA01	20°C→22°C→24°C	—	—	+	—	—	—	—
d. CA02	24°C→22°C→24°C	—	+	+	+	+	+	+
e. CA01	20°C→22°C	—	—	—	—	—	—	—
f. CA02	24°C→22°C	—	—	—	—	—	—	—

(二)、七星鱧是否能記憶水溫變化（±4°C）？

第一回、CA01（28°C）v.s. CA02（20°C）

- 由表十七 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水溫是28°C。
- 由表十七 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是20°C。
- 由表十七 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水溫中（24°C），即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表十七、CA01（28°C）v.s. CA02（20°C）

	水溫變化	搖頭	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	摩擦	弓身	攻擊
a. CA01	28°C→24°C→28°C	+	+	+	+	—	+	+
b. CA02	20°C→24°C→28°C	—	—	—	—	—	—	—
c. CA01	28°C→24°C→20°C	—	—	—	—	—	—	—
d. CA02	20°C→24°C→20°C	+	+	+	+	—	+	+
e. CA01	28°C→24°C	—	—	—	—	—	+	+
f. CA02	20°C→24°C	—	—	—	—	—	+	+

第二回、CA01（20°C）v.s. CA02（28°C）

- 由表十八 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水溫是20°C。
- 由表十八 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是28°C。

3. 由表十八 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水溫中（24℃），即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表十八、CA01（20℃）v.s. CA02（28℃）

	水溫變化	搖頭	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	摩擦	弓身	攻擊
a.CA01	20℃→24℃→20℃	+	+	+	+	-	+	+
b.CA02	28℃→24℃→20℃	-	-	-	-	-	-	-
c.CA01	20℃→24℃→28℃	-	-	-	-	-	-	-
d.CA02	28℃→24℃→28℃	+	+	+	+	-	+	+
e.CA01	20℃→24℃	-	-	-	-	-	-	-
f.CA02	28℃→24℃	-	-	-	-	-	-	-

（三）、七星鱧是否能記憶水色變化？

第一回、CA01（綠色）vs. CA02（黃色）

1. 由表十九 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水色是綠色。
2. 由表十九 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是黃色。
3. 由表十九 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水色中（藍色），即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表十九、CA01（綠色）v.s. CA02（黃色）

	水色變化	搖頭	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	摩擦	弓身	攻擊
a. CA01	綠色→藍色→綠色	+	+	+	+	-	+	+
b. CA02	黃色→藍色→綠色	-	-	-	-	-	-	-
c. CA01	綠色→藍色→黃色	-	-	-	-	-	-	-
d. CA02	黃色→藍色→黃色	+	+	+	+	-	+	+
e. CA01	綠色→藍色	-	-	-	-	-	-	-
f. CA02	黃色→藍色	-	-	+	-	-	-	-

第二回、CA01（黃色）vs. CA02（綠色）

1. 由表二十 a、b 兩列數據可知CA01會對CA02搖頭，即說明CA01能記憶原來棲地的水色是黃色。
2. 由表二十 c、d 兩列數據可知CA02會對CA01搖頭，即說明CA02能記憶原來棲地的水溫是綠色。
3. 由表二十 e、f 兩列數據可知CA01不會對CA02搖頭而CA02也不會對CA01搖頭，

即說明CA01和CA02同時置入與原棲地不同的水色中（藍色），即無法區分彼此誰是入侵者，在30分鐘的觀察時間中，彼此都是和平共處。

表二十、CA01（黃色）v.s. CA02（綠色）

	水色變化	搖頭	體色加深	展鰭	鰓蓋張開	摩擦	弓身	攻擊
a. CA01	黃色→藍色→黃色	+	+	+	+	+	+	+
b. CA02	綠色→藍色→黃色	-	-	-	-	-	-	-
c. CA01	黃色→藍色→綠色	-	-	-	-	-	-	-
d. CA02	綠色→藍色→綠色	+	+	+	+	-	+	+
e. CA01	黃色→藍色	-	-	-	-	-	-	-
f. CA02	綠色→藍色	-	-	+	-	-	-	-

五、七星鱧對棲地場所的選擇性及是否具挖洞行爲

（一）、野外的七星鱧是否具挖洞行爲？



圖十五、15（A）是 Ca05 的實驗組起初的模樣
15（C）是 Ca05 的實驗組結束的模樣

15（B）是 Ca05 的對照組起初的模樣
15（D）是 Ca05 的對照組結束的模樣

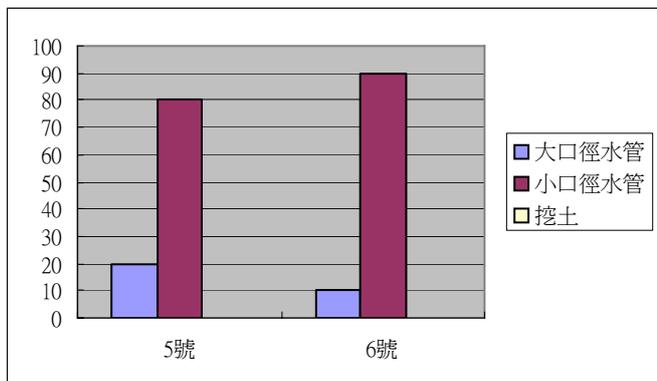
圖 15（C）箭頭指的地方是 Ca05 挖土時挖出來的土堆，黃圈內的 Ca05 正貼在洞裡面，與剛開始的模樣有很大的差異，可是對照組的 Ca05 卻整天待在管子裡，並沒有挖洞的痕跡。另外我發現七星鱧的頭部都會朝著洞口外。



圖十六、16 (A) 是 Ca06 的實驗組起初的模樣 16 (B) 是 Ca06 的對照組起初的模樣
16 (C) 是 Ca06 的實驗組結束的模樣 16 (D) 是 Ca06 的實驗組結束的模樣



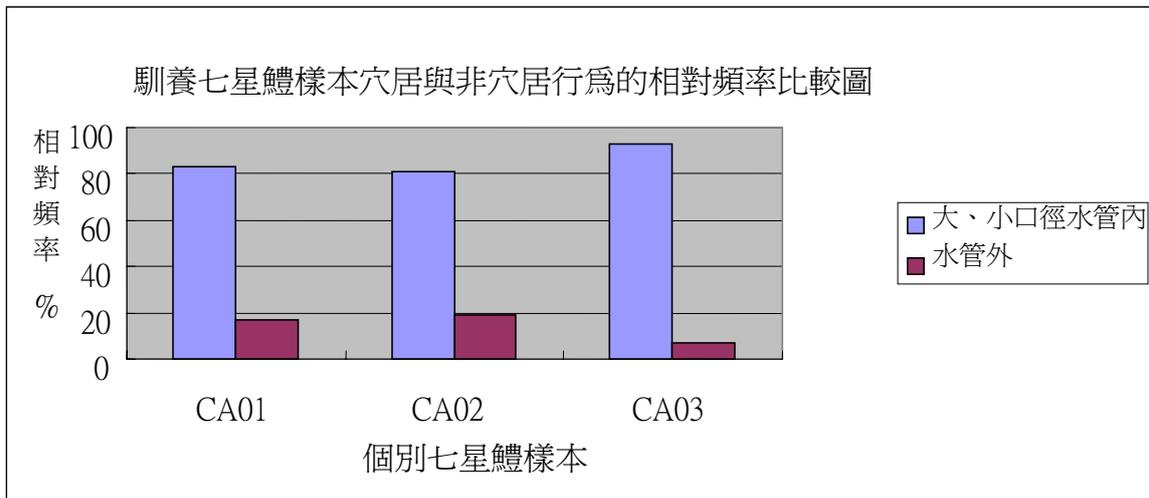
圖十七、16 (C) 的背面觀：
Ca06 正貼在牠挖的土中



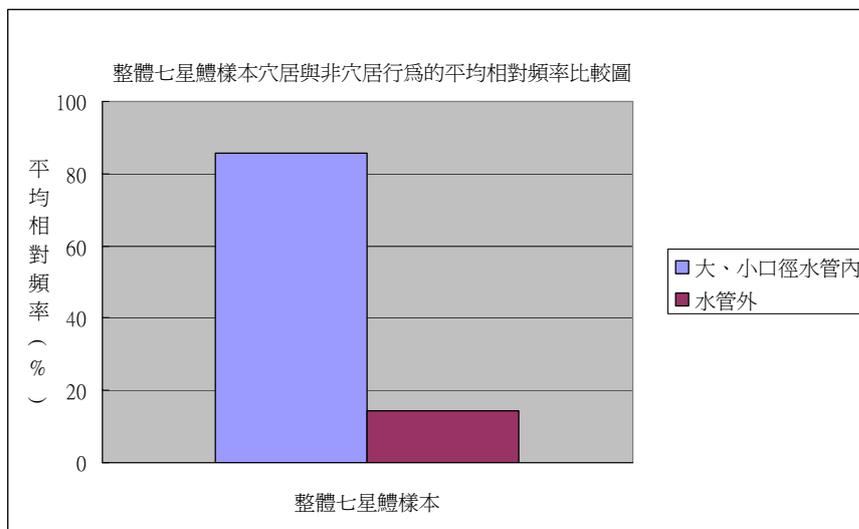
圖十八、兩組對照組的大小水管及挖土的相對頻率

由圖十七可以再次驗證野外的七星鱧具挖洞行爲，但是對照組一樣沒有挖洞的痕跡，16 (C) 和圖十七的箭頭指的是同一個地方，都有明顯內凹的痕跡而 Ca06 的頭部與 Ca05 的一樣都朝洞口外。由圖十八可發現野外的七星鱧若在有水管的情況下，根本不會挖洞，而且居於小口徑水管內的頻率也比大口徑水管多很多。

(二)、馴養七星鱧樣本 CA01、CA02 及 CA03 皆明顯偏好棲息於不同口徑的水管內（圖十九），整體數據亦顯示七星鱧出現在大口徑與小口徑水管內的平均相對頻率（ $85.7 \pm 6.3\%$ ）明顯大於出現在水管外的平均相對頻率（ $14.3 \pm 6.3\%$ ）（圖二十），故七星鱧對棲地的選擇性具有穴居傾向。

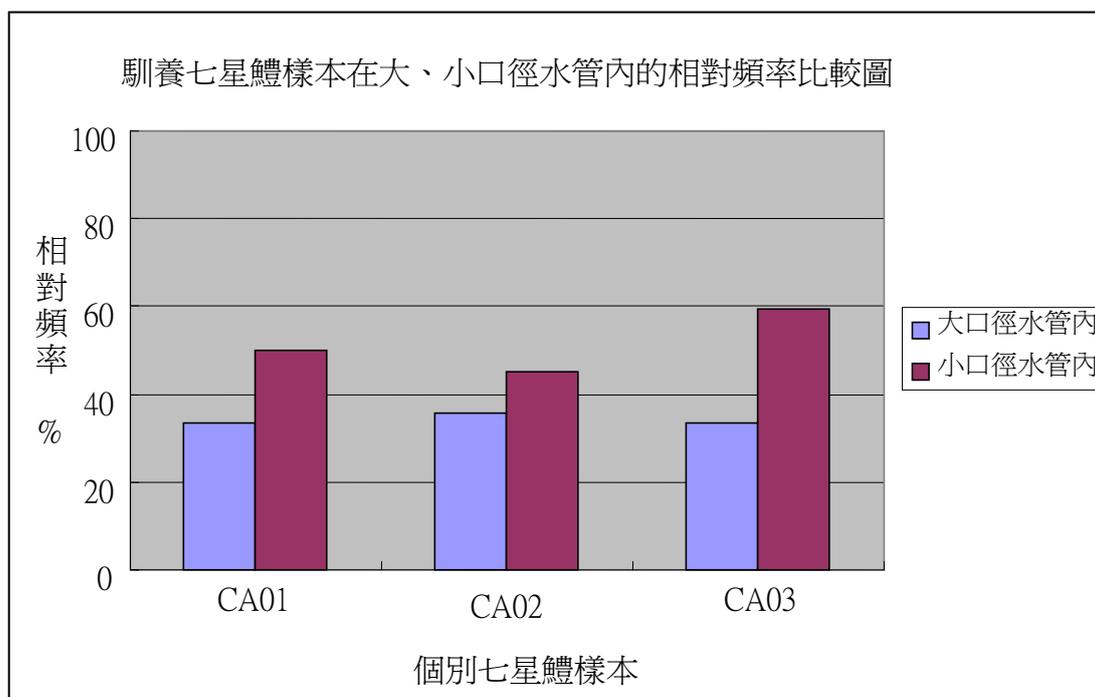


圖十九、馴養七星鱧樣本出現在大、小口徑水管內和水管外的相對頻率比較圖。



圖二十、整體馴養七星鱧樣本出現在大、小口徑水管內和水管外的平均相對頻率比較圖。

(三)、馴養七星鱧樣本 CA01、CA02 及 CA03 皆偏好棲息於小口徑的水管內（圖二十一），根據單尾；雙樣本 t 檢測的結果，支持七星鱧出現於小口徑水管內的平均相對頻率（ $51.59 \pm 7.27\%$ ）顯著大於出現於水管外的平均相對頻率（ $34.13 \pm 1.37\%$ ）。實驗數據的統計結果支持七星鱧偏好棲息於小口徑的水管內（ $t=4.09$ ； $p < 0.05$ ）。另外野外捕獲的 CA04 也都居於小口徑的水管

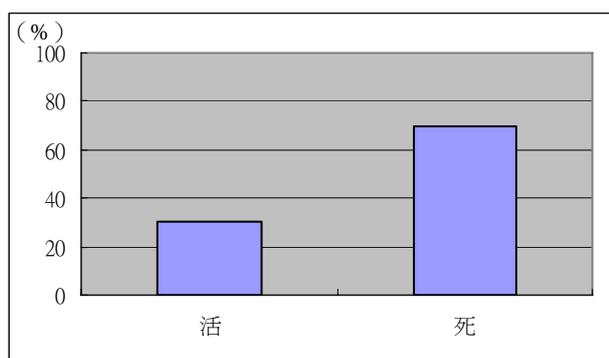


圖二十一、馴養七星鱧樣本出現在大、小口徑水管內的相對頻率比較圖。

六、七星鱧食性研究

(一) 七星鱧是否具有腐食性？

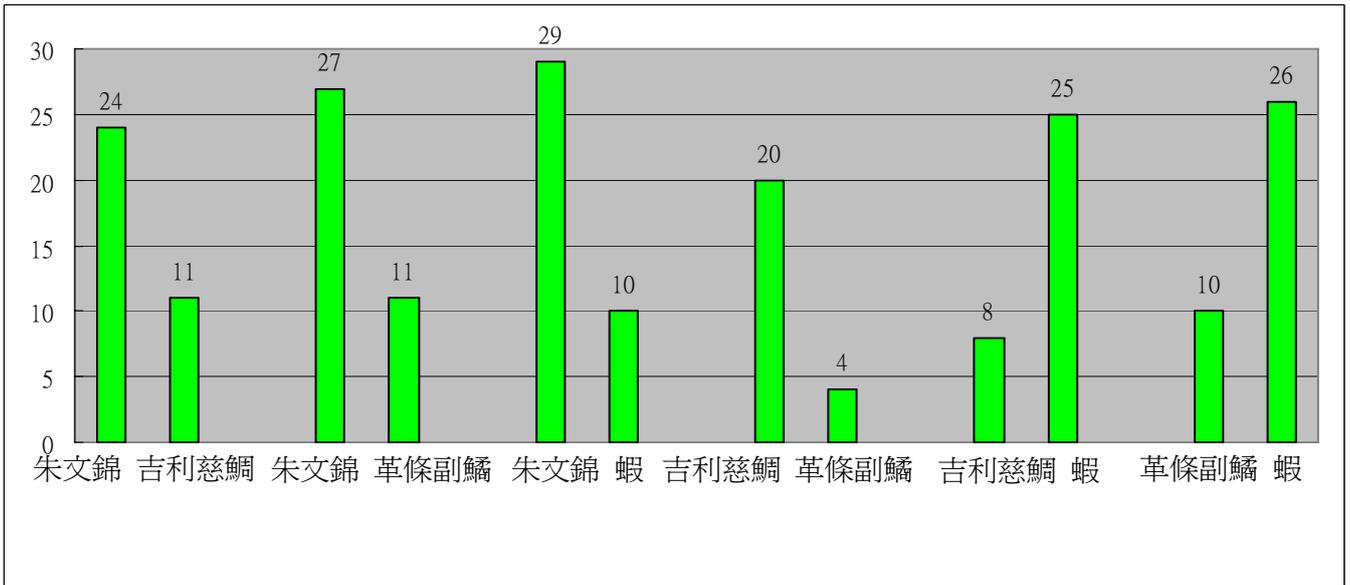
1. 死魚的被捕食率並不等於零，代表七星鱧具有腐食性。
2. 死吉利慈鯛的被捕食率（約 70%）比活吉利慈鯛的（約 30%）高上許多，代表七星鱧偏好捕食死吉利慈鯛（圖二十二）。



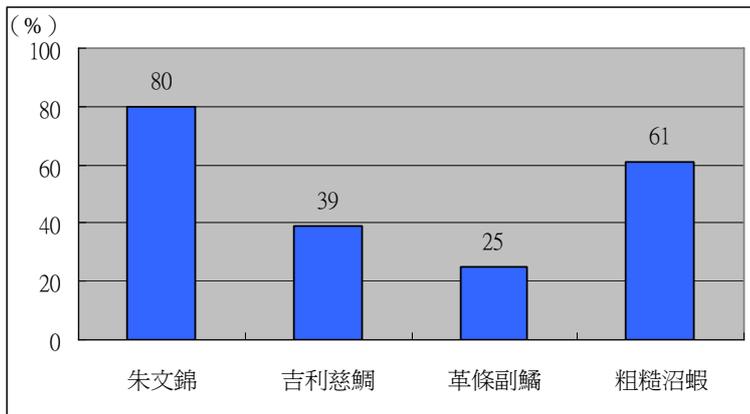
圖二十二、七星鱧捕食活吉利慈鯛和死吉利慈鯛的相對頻率

(二) 七星鱧之食性偏好

由被捕食總數（圖二十三）與總死亡率（、二十四）可知七星鱧偏好食性之順序為朱文錦、蝦子、吉利慈鯛然後是革條副鱗，這與我們先前假設的結果有所差異，一開始我們認為有硬棘的吉利慈鯛的死亡率應該最低，革條副鱗應該和朱文錦差不多，實驗結果可能與餌料本身的活動力差異有關。



圖二十三、食性配對與被捕食總數差異圖。把表內 6 組各四次的總數加總，發現朱文錦與吉利慈鯛、革條副鱗、蝦子的配對中，都是朱文錦的被捕食總數較高，而蝦對吉利慈鯛和革條副鱗的配對，蝦的被捕食數也比較多。吉利慈鯛和革條副鱗則是吉利慈鯛較高。由上述可表示（被捕食數）：朱文錦 > 粗糙沼蝦 > 吉利慈鯛 > 革條副鱗。

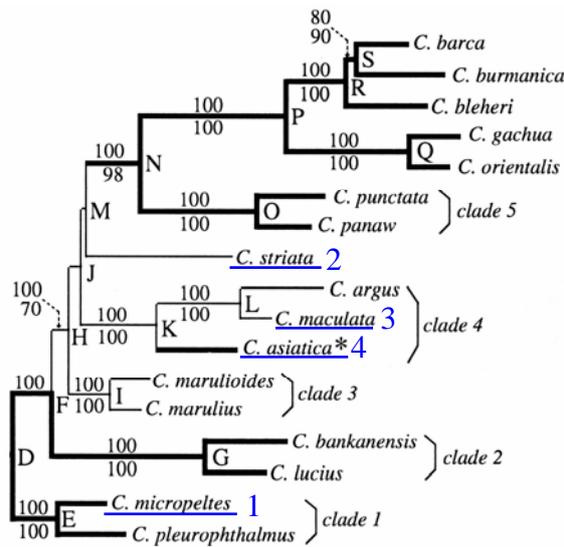


圖二十四、朱文錦、粗糙沼蝦、吉利慈鯛及革條副鱗的總死亡率。

柒、討論

一、外來種鱧科魚類對七星鱧的可能影響

世界自然保育聯盟 (IUCN) 在 2000 年時公布：外來種的定義是一物種出現於非自然分布範圍，但無法建立族群。而入侵種則是指該外來種已可在非自然分布範圍建立族群。像線鱧、小盾鱧已達入侵種層級，因為在臺灣西半部及宜蘭地區的河川中上游、湖泊、池塘及溝渠裡都可發現線鱧的成魚和幼魚 (陳等, 2003; 私人通訊)，而小盾鱧則是在曾文水庫已建立族群 (私人通訊)。兩者相比較，線鱧對七星鱧及其他台灣原生魚類威脅更大，因為線鱧適應環境的能力比小盾鱧好，因此線鱧已經擴散至整個台灣西半部各水域中，基隆近郊水域也有



圖二十五、圖中藍色底線 1~4 分別為小盾鱧、線鱧、斑鱧和七星鱧，在每個分枝點的數字表示該分枝的可信度。(修改自 Xia Li 等人，2006，*Ichthyological Research*)

三、七星鱧對同種與不同種魚類的攻擊行為模式

同種生物需要的生活棲地、食物種類及配偶相同，故同種生物之間的行為模式與非同種生物間的行為模式一定會有些區隔，例如同種生物間的求偶行為只會吸引同種的異性個體進行交配。同樣地，同種的七星鱧個體彼此在競爭生活空間時所展現出的行為模式，也會與在跟非同種魚類個體競爭時出現的行為模式有些許不同。本次科展首度描述七星鱧的搖頭行為具有種間專一性，連七星鱧遇見外觀、體型相近的線鱧時也不會有搖頭行為出現。我們推測七星鱧的搖頭行為除了表現在驅逐同種的入侵個体外，也極有可能在七星鱧求偶、配對行為模式中具有相對重要的地位，因為物種繁殖時，需要有區分同種與非同種個體的能力。

目前我們並無法有效地從七星鱧外觀分辨雌雄性別，那麼七星鱧同性與異性個體間的攻擊行為會不會有所差別？我們認為七星鱧在非繁殖季節不管是同性或異性個體間的攻擊行為皆會符合我們的觀察結果，因為同種生物個體不分性別所需的棲地條件、食物來源相近，所以一定為互相競爭生存資源。可是雌雄個體在生殖季節時，可能會展現與非生殖季節不同的行為模式，雄性對雌性個體會展現出求偶行為，配對成功後是否雌雄個體就不會相互攻擊？這些都值得做更深入的研究，前提是需找出能分辨七星鱧性別的有效方式。

四、七星鱧是否能以水溫及水色的變化，區分固有領域與非固有領域

我們以搖頭行為的有無，可以知道七星鱧對水溫及水色變化具有記憶能力，但七星鱧對外界環境變化的記憶能力，究竟是屬於短時間的適應還是長時間的記憶呢？我們後續的實驗發現雖然 CA01 (28°C) 和 CA02 (20°C) 同時移入水溫 24°C 的環境後，三十分

鐘內兩者相安無事，但延長觀察時間後發現在四十五分鐘左右 CA02 開始體色加深、展鰭，接著對 CA01 搖頭、展開鰓蓋，然後開始弓身攻擊。這個現象說明七星鱧對水溫變化的記憶能力只是短期的適應能力，因為當七星鱧移入與原棲地不同水溫的環境中需要一段短期適應時間，適應後便會認為這是牠固有的領域，開始攻擊牠所看見的同種七星鱧個體。至於為什麼是 CA02 先適應 24°C 水溫開始攻擊 CA01 呢？我們的解釋是魚類屬於外溫動物，身體的代謝速率取決於外界環境的溫度，因為 CA02 是由 20°C 水溫移入 24°C（低→高）而 CA01 是由 28°C 水溫移入 24°C（高→低），所以 CA02 體內的代謝速率會加快但 CA01 體內的代謝速率反而會變慢，故 CA02 的適應新水溫的時間較短會先攻擊 CA01。

五、七星鱧對棲地場所的選擇性

- (一) 七星鱧是機會主義者，如果有現成的水管就不會挖洞，七星鱧之所以會在水缸角落挖洞是因為我們有放置厚紙版，讓他認為內部是實心的。七星鱧平時都會貼在洞裡面不會到處游動。
- (二) 七星鱧偏好棲息於小管徑水管內，可能原因是在管徑小的管中較有安全感，受到同種或非同種大型魚類的威嚇或驚嚇時較能保護自己，因為大魚無法進入小管徑的水管。
- (三) 七星鱧 CA03 的體型最小，而出現在小管徑水管內的相對頻率最高 (59.52%) (圖二十一)，可支持上述的論點。因為體型最小所以選擇棲息於管徑最小的水管內，降低被大型掠食者攻擊的機會。
- (四) 我們發現七星鱧雖然一開始待在大管徑的水管內，但是有大型吉利慈鯛或是人類接近時，隔一段時間後還是會選擇進入管徑小的水管中。

六、七星鱧之食性及是否有腐食性

- (一) 我們推論，七星鱧之所以偏好吃死魚，是因為它不會躲避也不會掙扎，捕食較容易，因此是機會主義者的七星鱧必會先對死魚下手，才有此結果。
- (二) 依照結果推斷，朱文錦因為無硬棘且游速慢，所以死亡率最高。而其次的粗糙沼蝦，因為身具硬殼所以死亡率未及朱文錦，不過因游速很慢所以是居於第二位。位居第三吉利慈鯛因為游速比蝦子快上許多，因此死亡率低於蝦子，而死亡率最低的革條副鱗，因為游速比吉利慈鯛快上許多，所以不容易被捕食。因此可驗證七星鱧是機會主義者：偏好捕食容易到手的物種，不管好吃（革條副鱗；無硬棘）難吃（吉利慈鯛；有硬棘），能吃的到最重要！另外我們從也發現體型過大的吉利慈鯛常被咬的滿身傷痕，但無法被七星鱧吞食，可見一定長度的硬棘是可以降低吉利慈鯛被掠食性魚類捕食的機率。
- (三) 在野外捕獲的七星鱧，吐出一些節肢動物的部分殘骸，而未發現魚類遺骸可以進一步支持七星鱧是奉行機會主義的掠食性魚類（圖二十七、二十八）。



圖二十七、某種昆蟲的翅膀殘骸
比例尺為 10 mm



圖二十八、馬陸身體的部分殘骸
比例尺為 10 mm

捌、結論

- 一、基隆市近郊水域七星鱧的自然棲地較過去大幅減少。
- 二、本次科展所製作的檢索表，可以正確地鑑定出原生種蛇頭魚與入侵種蛇頭魚。
- 三、七星鱧的攻擊行為模式
 - (一) 體色加深 → 展鰭 → 鰓蓋展開 → 搖頭 → 互相摩擦 → 弓身 → 攻擊。
 - (二) 搖頭行為具有種間的專一性。
- 四、七星鱧能分辨水溫、水色的變化以區別固有領域與非固有領域。
- 五、七星鱧對棲地的選擇性
 - (一) 根據實驗發現七星鱧具有穴居行為。
 - (二) 發現七星鱧比較喜歡躲在管徑小的水管內。
- 六、七星鱧之食性研究
 - (一) 七星鱧具有腐食性，且偏好捕食死魚。
 - (二) 七星鱧偏好的食性順序：朱文錦 > 粗糙沼蝦 > 吉利慈鯛 > 革條副鱗。

玖、參考文獻

- 一、陶天麟，2005，淺談臺灣淡水魚。中華民國溪流環境協會會訊 第8卷 第一期。
- 二、曾晴賢，1986，台灣的淡水魚類。台灣省政府教育廳出版。
- 三、陳義雄、方力行，1999，台灣淡水及河口魚類說。屏東海洋生物博物館出版。
- 四、沈世傑 等，1992，臺灣魚類志。臺灣大學動物學系出版。
- 五、詹建平、陳瓊茹，2002，和魚兒做朋友。人人出版社。
- 六、陳榮宗、何平和、李訓煌，2003，外來種淡水魚類及蝦類在臺灣河川之分布概況。特有生物研究 5 (2)：33-46

- 七、陶天麟，2006，台灣淡水魚圖鑑。人人出版社。p161-164
- 八、李嘉亮，1990，台灣常見魚類圖鑑-溪流與河流。戶外生活出版社。p80-82
- 九、Xia Li, Prachya Musikasinthorn, and Yoshinori Kumazawa (2006), Ichthyo Res 53:148-159
- 十、http://enanimal.tesri.gov.tw/main/animal_sub.asp?item=3&Icategory=4&id=831 (特生中心)
- 十一、http://fisc.er.usgs.gov/Snakehead_circ_1251/index.html
- 十二、王慎之、邵廣昭，1997，基隆地區河川魚種之組成、分佈與豐度。中央研究院動物研究所 生物科學 第四十捲 第一期。

拾、致謝

在此向協助採集線鱧與小盾鱧和協助拍攝 X-ray 的朋友們，敬上最高的謝意。

【評語】

031702

鮎魚(*Channa asiatica*)的棲地、形態及行為模式研究

研究精神佳，觀察仔細。試驗處理不甚區分，若能變善，必會有更好的結果。主題雖清楚，非關主題，資料之添加會模糊主題。