

# 臺灣犁頭鰻調查計畫

## 成果報告書



主辦單位：海洋委員會海洋保育署

執行單位：農業部水產試驗所

計畫主持人：徐華遜、翁進興

協同研究人員：賴繼昌、李佳芸、鄭群學、吳浩祥、何珈欣、  
張致銜、鄭力綺、吳伊淑、黃星翰、黃建智、  
陳秋月、楊錦樺、黃婉綺、吳稷芑、趙仲昆、  
陳東本、許哲華

中 華 民 國 113 年 12 月 20 日

## 摘要

犁頭鰻（Rhino rays）乃指犁頭鋸鰻目（Rhinopristiformes）中的鰻頭鰻科（Rhinidae）、大琵琶鰻科（Glaucostegidae）及琵琶鰻科（Rhinobatidae）物種，是當前軟骨魚類資源中最易受威脅的類群之一，為因應國際管理趨勢，本研究於 2023–2024 年間針對臺灣西南部海域（包括澎湖）之犁頭鰻物種類群資源現況進行調查。經現地採樣，本研究共鑑定出 6 種犁頭鰻物種，包括：波口鰻頭鰻（*Rhina ancylostoma*）、南方龍紋鰻（*Rhynchobatus australiae*）、無斑龍紋鰻（*Rhynchobatus immaculatus*）、史氏龍紋鰻（*Rhynchobatus springeri*）、薛氏琵琶鰻（*Rhinobatos schlegelii*）及斑紋琵琶鰻（*Rhinobatos hynnicephalus*）等，而龍紋鰻樣本以 DNA 條碼方式尚無法清楚鑑別物種，故物種辨識仍應以型態學方式為主。由目前的漁獲資料來看，犁頭鰻在春夏季節的種類及數量較多，主要漁獲地點在臺中到雲林地區沿近海域以及澎湖海域。漁獲性比（雄：雌）在南方龍紋鰻為 1：1.37，無斑龍紋鰻於體（全）長 100–140 公分為雄魚較多，140 公分以上為雌魚較多，史氏龍紋鰻為 1：1 無顯著差異，斑紋琵琶鰻及薛氏琵琶鰻則都是雌魚顯著多於雄魚。50%性成熟體全長（TL<sub>50</sub>）在無斑龍紋鰻雄魚為 129.9 公分，雌魚為 136.8 公分，薛氏琵琶鰻雄魚為 69.2 公分；交配季節在無斑龍紋鰻及史氏龍紋鰻約為 6 月，斑紋琵琶鰻為 6–7 月，薛氏琵琶鰻為 6 月；產仔季節在無斑龍紋鰻為 6–7 月，史氏龍紋鰻為 5–7 月，斑紋琵琶鰻為 5–8 月，薛氏琵琶鰻為 6–7 月，前述 4 種犁頭鰻的妊娠期及生殖週期都是 12 個月，生殖之後馬上又交配排卵，沒有休息期，但受精卵會有滯育現象，等到隔年才會開始發育成為胎仔。平均胎仔數在無斑龍紋鰻為 6.1，史氏龍紋鰻為 6.3，斑紋琵琶鰻 6.5，薛氏琵琶鰻 10.8；出生體長在無斑龍紋鰻為 32.7 公分，史氏龍紋鰻約為 29.5 公分，斑紋琵琶鰻為 15.3 公分，薛氏琵琶鰻在 18–19.9 公分之間。以體長頻度分析求得無斑龍紋鰻季節時序變化范氏成長方程式（soVBGF）經最大概似比例

法檢定雌雄間無顯著差異，因此將性別合併處理，所求得極限全長為 295.2 公分，成長參數  $K$  為  $0.066\text{ (yr}^{-1}\text{)}$ ，體長為 0 時的理論年齡  $t_0$  為  $0.796\text{ (yr)}$ ，季節性振蕩幅度參數  $C$  為 0.29，振蕩開始於一年中的時間分比  $t_s$  為  $0.824\text{ (yr)}$ 。胃內容物分析結果，3 種龍紋鱗及 2 種琵琶鱗都以甲殼類為主要餌料生物，營養位階為南方龍紋鱗 3.60，無斑龍紋鱗 3.74，史氏龍紋鱗 3.83，斑紋琵琶鱗 3.61，而薛氏琵琶鱗為 3.73；3 種龍紋鱗經穩定氮同位素分析所計算的營養位階分別為南方龍紋鱗 3.52，無斑龍紋鱗 3.96，史氏龍紋鱗 4.12。衛星標識放流共標放 7 尾犁頭鰻，其中 3 尾標籤尚未彈脫、1 尾放流時死亡，3 尾已取得資料（1 尾南方龍紋鱗及 2 尾無斑龍紋鱗），結果顯示南方龍紋鱗整體棲息深度較深（7.5–42 m），棲息水溫較低（25.1–28.9 °C），無斑龍紋鱗棲息深度在 0–28 m，棲息溫度為 26.75–32.25 °C，但需要追蹤更多個體加以比較。犁頭鰻的利用及管理初步建議主要有大型個體放流獎勵或限制捕撈，以及在生殖及漁獲高峰的 6 月限制捕撈等，針對不同物種可採取不同方法。

**關鍵詞：**犁頭鰻目；生殖模式；體長頻度；攝食生態；標識放流追蹤；保育管理。

## Abstract

Rhino rays refer to species within the order Rhinopristiformes, including members of the families Rhinidae, Glaucostegidae, and Rhinobatidae. They are currently one of the most threatened groups within the chondrichthyan fishes. To address international management trends, this study has investigated the current status of the rhino rays in the waters of southwest Taiwan including Penghu during 2023–2024. This study collected rhino ray specimens on sites, and a total of 6 species have been identified, including bowmouth guitarfish *Rhina ancylostoma*, whitespotted wedgefish *Rhynchobatus australiae*, Taiwanese wedgefish *Rhynchobatus immaculatus*, broadnose wedgefish *Rhynchobatus springeri*, ringstreaked guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus*, and brown guitarfish *Rhinobatos schlegelii*. This study indicates that the DNA barcoding approach cannot clearly identify species within the genus *Rhynchobatus* (Wedgefishes). Therefore, species identification should still primarily rely on morphological methods. Based on current catch data, rhino rays are more abundant in species and quantity during spring and summer, with primary fishing locations in coastal and offshore waters from Taichung to Yunlin, and the Penghu. The **sex ratio** (male:female) of three species of wedgefishes shows variation: in the *R. australiae*, the ratio is 1:1.37. Among the *R. immaculatus*, males are more prevalent at a total length (TL) of 100–140 cm, while females dominate above 140 cm TL. For the *R. springeri*, there is no significant difference from 1:1. In contrast, for the two species of guitarfishes, females are significantly more abundant than males. The **TL at 50% sexual maturity (TL<sub>50</sub>)** for male *R. immaculatus* was 129.9 cm, while for females, it was 136.8 cm. For the *R. schlegelii*, the TL<sub>50</sub> for males was 69.2 cm. The **mating period** for *R. immaculatus* and *R. springeri* occur around June, *R. hynnicephalus* in June–July, and *R. schlegelii* in June. The **parturition period** for *R. immaculatus* was June–July, *R. springeri* May–July, *R. hynnicephalus* May–August, and *R. schlegelii* June–July. The four species of rhino rays have a **gestation**



**period** and **reproductive cycle** of 12 months, with immediate mating and ovulation after parturition, and no resting period. However, fertilized eggs exhibit diapause, delaying development until the following year. The **average litter size** was 6.1 for *R. immaculatus*, 6.3 for *R. springeri*, 6.5 for *R. hynnicephalus*, and 10.8 for *R. schlegelii*. The **size at birth** was 32.7 cm TL for *R. immaculatus*, approximately 29.5 cm for *R. springeri*, 15.3 cm for *R. hynnicephalus*, and 18–19.9 cm for *R. schlegelii*. **Length-frequency analysis** for *R. immaculatus* determined a seasonally-oscillating von Bertalanffy growth function (soVBGF), and maximum likelihood ratio test indicated no significant difference between sexes, so the sexes were combined in the analysis. The estimated **asymptotic length ( $L_{\infty}$ )** was 295.2 cm TL, the **growth parameter K** was 0.066 yr<sup>-1</sup>, the **theoretical age at zero length ( $t_0$ )** was 0.796 yr, the **seasonal oscillation amplitude parameter C** was 0.29, and the **start of the oscillation period within a year ( $t_s$ )** was 0.824 yr, respectively. **Stomach content analysis** revealed that crustaceans are the primary prey for the three *Rhynchobatus* species and two *Rhinobatos* species. The trophic levels based on diet were as follows: *R. australiae* 3.60, *R. immaculatus* 3.74, *R. springeri* 3.83, *R. hynnicephalus* 3.61, and *R. schlegelii* 3.73. **Stable nitrogen isotope analysis** calculated trophic levels for *R. australiae*, *R. immaculatus*, and *R. springeri* as 3.52, 3.96, and 4.12, respectively. A total of 7 rhino rays were tracked using **satellite tagging**, the tag on three of them not yet pops off to transmit signals, one individual died while release, and tracking data from three individuals (one *R. australiae* and two *R. immaculatus* individuals) have been received. The results show that *R. australiae* inhabits greater depths (7.5–42 m) and cooler water temperatures (25.1–28.9 °C) overall, and *R. immaculatus* inhabits depths of 0–28 m and resides in water temperatures ranging from 26.75 to 32.25 °C. However, more individuals need to be tracked for further comparison. **Preliminary recommendations for the utilization and management** of rhino rays include rewards or restrictions for releasing large individuals, as well as a fishing ban during the reproductive and fishing peak in

June. Species-specific management measures may also be implemented.

**Keywords:** Rhinopristiformes, Reproductive patterns, Length frequency, Feeding ecology, Tagging and tracking, Management and conservation.

# 臺灣犁頭鰻調查計畫

## 目錄

摘要.....	II
Abstract.....	IV
表目錄.....	II
圖目錄.....	III
一、前言.....	1
二、材料與方法.....	5
2.1 蒐集、盤點我國犁頭鰻資料.....	5
2.2 盤查臺灣犁頭鰻資源概況.....	5
2.3 漁業生物學研究.....	6
2.4 衛星標識籤標識放流.....	15
三、工作項目與工作進度成果.....	22
3.1 蒐集、盤點我國犁頭鰻資料.....	22
3.1.1 分布及生物學概況文獻回顧.....	22
3.1.2 臺灣出現紀錄.....	26
3.2 盤查臺灣犁頭鰻資源概況.....	29
3.2.1 港口現地調查.....	29
3.2.2 犁頭鰻物種紀錄.....	36
3.2.3 DNA 條碼.....	40
3.2.4 犁頭鰻物種漁業分布及體長季別變化.....	40
3.3 漁業生物學研究.....	48
3.3.1 體長與體重關係.....	48
3.3.2 生殖生物學.....	52
3.3.3 年齡與成長.....	73
3.3.4 攝食生態.....	75
3.4 進行犁頭鰻衛星籤標識放流及衛星資料回收分析.....	85
3.5 研擬我國犁頭鰻資源管理及利用初步建議.....	91
本計畫工作執行進度甘特圖.....	94
四、討論與後續工作.....	94
五、參考文獻.....	96
附錄一：審查委員意見與回覆.....	100
附錄二：臺灣常見犁頭鰻科普資料介紹.....	113
附錄三：本研究各月、季別調查採樣情形.....	127

## 表目錄

表 1. 犁頭鰩生殖系統發育及成熟標準.....	8
表 2. 胃飽滿程度標準.....	10
表 3. 採取肌肉組織用於穩定同位素分析之犁頭鰩基本資料.....	11
表 4. 採取肌肉組織用於 DNA 條碼分析之龍紋鱗基本資料.....	14
表 5. 2024 年所標識犁頭鰩基本資料.....	22
表 6. 文獻紀錄中曾出現於臺灣海域犁頭鰩之生活史參數及棲地環境資料.....	25
表 7. 2023 年 2 月至 2024 年 10 月於臺灣西部、西南部及澎湖各月別所採樣記 錄之犁頭鰩.....	41
表 8. 2023 年 2 月至 2024 年 10 月於臺灣西部、西南部及澎湖各海域所採樣記 錄之犁頭鰩.....	41
表 9. 犁頭鰩 TL-PCL 及 TL-FL 線性迴歸模式雌雄間差異檢定 .....	49
表 10. 根據 2023–2024 年所採樣各犁頭鰩物種不同體長間之關係.....	49
表 11. 根據 2023–2024 年所採樣各犁頭鰩物種體重與體長間之關係.....	49
表 12. 南方龍紋鱗性比卡方檢定表.....	54
表 13. 無斑龍紋鱗性比卡方檢定表.....	60
表 14. 史氏龍紋鱗性比卡方檢定表.....	67
表 15. 斑紋琵琶鱗性比卡方檢定表.....	67
表 16. 薛氏琵琶鱗性比卡方檢定表.....	70
表 17. 無斑龍紋鱗以體長頻度法求得 soVBGF 之各參數 .....	73
表 18. 本研究所採南方龍紋鱗之胃內容物及其營養位階.....	78
表 19. 本研究所採無斑龍紋鱗之胃內容物及其營養位階.....	78
表 20. 本研究所採史氏龍紋鱗之胃內容物及其營養位階.....	78
表 21. 本研究所採斑紋琵琶鱗之胃內容物及其營養位階.....	79
表 22. 本研究所採薛氏琵琶鱗之胃內容物及其營養位階.....	79
表 23. 臺灣西部及澎湖海域犁頭鰩之漁獲分布情形及生活史各參數.....	82

## 圖目錄

圖 1. 臺灣西部海域所採不同體色及斑紋之斑紋琵琶鱸樣本.....	3
圖 2. 犁頭鰻體長及雄魚交接器長之量測方式.....	6
圖 3. 以塑膠墊片及束帶連結波口鰻頭鰻及衛星標識籤.....	15
圖 4. 以鈦合金或不銹鋼所製作之箭矢型鏢頭.....	16
圖 5. 小型個體將鏢頭標識於第一背鰭基底位置.....	16
圖 6. 大型個體將兩枚鏢頭分別標識第一背鰭前緣處及基底後方位置.....	17
圖 7. 在標識及運送過程中確保標識個體口吻部位都在水中.....	17
圖 8. 安裝標籤完成後的波口鰻頭鰻暫養於養殖池等待放流.....	18
圖 9. 安裝標籤完成後的南方龍紋鰻以水車載運至港口接駁船舶.....	19
圖 10. 安裝標籤完成後的無斑龍紋鰻暫養於養殖池中等待放流.....	19
圖 11. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰻雌魚於放流前死亡.....	20
圖 12. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰻雄魚放流於澎湖龍門漁港外海.....	20
圖 13. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰻成熟雌魚放流於澎湖鎖港漁港外海.....	21
圖 14. 安裝標籤完後的史氏龍紋鰻成熟雌魚放流於澎湖鎖港漁港外海.....	21
圖 15. 1990 年至今文獻紀錄中臺灣 5 種常見犁頭鰻於臺灣周邊海域之分布地 區.....	29
圖 16. 松柏漁港.....	31
圖 17. 臺中梧棲漁港卸魚拍賣處及零售販賣處之漁獲物.....	32
圖 18. 塭仔漁港之零售攤.....	32
圖 19. 箔子寮漁港.....	33
圖 20. 東石漁港漁獲拍賣.....	33
圖 21. 布袋漁港拍賣處以及觀光魚市場水產品攤位.....	34
圖 22. 將軍漁港部分漁獲拍賣.....	34
圖 23. 安平漁港漁船於半夜卸魚之後送至合作的攤商交易販售.....	34
圖 24. 高雄蚵仔寮漁港漁船回港及漁獲拍賣.....	35
圖 25. 澎湖第三漁港.....	35
圖 26. 鎖港定置網作業之漁獲.....	36
圖 27. 波口鰻頭鰻.....	37
圖 28. 兩種不同體表斑紋類型之南方龍紋鰻.....	37
圖 29. 兩種不同體表斑紋類型之無斑龍紋鰻.....	38
圖 30. 史氏龍紋鰻.....	38
圖 31. 兩種不同體表斑點類型之斑紋琵琶鱸.....	39
圖 32. 薛氏琵琶鱸.....	39
圖 33. 尚未確認物種之龍紋鰻個體.....	40
圖 34. 2023 年 10 月至 2024 年 9 月南方龍紋鰻採樣之體長頻度季別變化.....	42
圖 35. 2023 年 10 月至 2024 年 9 月無斑龍紋鰻採樣之體長頻度季別變化.....	43

圖 36. 2024 年 1 至 10 月薛氏琵琶鱔採樣之體長頻度季別變化.....	44
圖 37. 各犁頭鰻物種採樣出現頻度月別變化情形.....	45
圖 38. 各犁頭鰻物種採樣出現於不同海域頻度變化情形.....	46
圖 39. 各犁頭鰻物種採樣於不同地區海域數量分布情形.....	47
圖 40. 各犁頭鰻物種採樣漁獲地點分布情形.....	48
圖 41. 南方龍紋鱔體重與體長關係.....	50
圖 42. 無斑龍紋鱔體重與體長關係.....	50
圖 43. 史氏龍紋鱔體重與體長關係.....	51
圖 44. 斑紋琵琶鱔體重與體長關係.....	51
圖 45. 薛氏琵琶鱔雌魚體重與體長關係.....	52
圖 46. 波口鰻頭鱔成熟雄魚交接器發育情形.....	53
圖 47. 南方龍紋鱔雄魚交接器長隨體長變化情形.....	54
圖 48. 無斑龍紋鱔雄魚交接器長隨體長變化情形.....	55
圖 49. 無斑龍紋鱔雄魚精巢重量隨體長變化情形.....	56
圖 50. 無斑龍紋鱔雄魚體長與成熟程度之邏輯曲線.....	56
圖 51. 無斑龍紋鱔雌魚卵巢重量隨體長變化情形.....	57
圖 52. 無斑龍紋鱔雌魚卵巢中最大卵徑隨體長變化情形.....	58
圖 53. 無斑龍紋鱔雌魚卵殼腺寬隨體長變化情形.....	58
圖 54. 無斑龍紋鱔雌魚子宮寬隨體長變化情形.....	59
圖 55. 無斑龍紋鱔雌魚體長與成熟程度之邏輯曲線.....	59
圖 56. 無斑龍紋鱔懷孕初期子宮內卵莢及卵粒.....	61
圖 57. 無斑龍紋鱔發育早期胎仔及其卵黃囊.....	62
圖 58. 無斑龍紋鱔發育中期胎仔.....	62
圖 59. 無斑龍紋鱔發育中後期胎仔.....	63
圖 60. 無斑龍紋鱔出生一天之死胎及幼魚.....	63
圖 61. 無斑龍紋鱔胎仔及初生幼魚體長月別變化情形.....	64
圖 62. 史氏龍紋鱔雄魚交接器長隨體長變化情形.....	65
圖 63. 史氏龍紋鱔發育初期胎仔.....	66
圖 64. 史氏龍紋鱔發育中期胎仔.....	66
圖 65. 史氏龍紋鱔胎仔及初生幼魚體長月別變化情形.....	67
圖 66. 斑紋琵琶鱔發育完全之胎仔.....	68
圖 67. 斑紋琵琶鱔接近發育完全之胎仔.....	69
圖 68. 斑紋琵琶鱔胎仔及初生幼魚體長月別變化情形.....	69
圖 69. 薛氏琵琶鱔雄魚交接器長隨體長變化情形.....	71
圖 70. 薛氏琵琶鱔雄魚體長與成熟程度之邏輯曲線.....	71
圖 71. 薛氏琵琶鱔發育中後期之胎仔.....	72
圖 72. 薛氏琵琶鱔發育後期之胎仔.....	72
圖 73. 薛氏琵琶鱔胎仔及初生幼魚體長月別變化情形.....	73

圖 74. 無斑龍紋鱗以體長頻度法所推估之成長曲線.....	74
圖 75. 無斑龍紋鱗脊椎骨輪紋呈現不清晰情形.....	75
圖 76. 各種犁頭鰻胃飽滿程度情形.....	76
圖 77. 各種犁頭鰻胃內容指數隨體長分布情形.....	76
圖 78. 肌肉組織的穩定氮同位素與龍紋鱗體長間之相關性.....	80
圖 79. 肌肉組織的穩定碳同位素與龍紋鱗體長間之相關性.....	81
圖 80. 龍紋鱗肌肉組織的穩定氮同位素與碳同位素之相關性.....	81
圖 81. 本研究所調查所有犁頭鰻不同成熟程度個體之分布.....	83
圖 82. 本研究懷孕犁頭鰻個體漁獲海域及其比例與數量.....	84
圖 83. 本研究犁頭鰻初生幼魚漁獲海域及其比例與數量.....	85
圖 84. 2024 年間所標識 3 尾龍紋鱗追蹤期間之移動路徑.....	86
圖 85. 於 6/22 放流之南方龍紋鱗雌魚追蹤期間棲息深度 .....	87
圖 86. 尋回的標籤外觀有啃食痕跡.....	87
圖 87. 於 6/22 放流之南方龍紋鱗雌魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度 .	88
圖 88. 於 6/28 放流之無斑龍紋鱗雄魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度 .	89
圖 89. 於 8/30 放流之無斑龍紋鱗雄魚追蹤期間棲息深度 .....	90
圖 90. 於 8/30 放流之無斑龍紋鱗雄魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度 .	91

## 一、前言

### 計畫緣由與背景

犁頭鰻 (Rhino rays) 泛指犁頭鋸鰻目 (Rhinopristiformes) 中鰻頭鰻科 (Rhinidae)、大琵琶鰻科 (Glaucostegidae) 及琵琶鰻科 (Rhinobatidae) 之物種類群，在近年來被歸類為最受威脅的海洋魚類群之一，族群數量正在嚴重下降中 (Last et al. 2016a; Moore 2017)。Moore (2017) 呼籲應針對犁頭鰻有更廣泛而積極的行動，以避免步入鋸鰻 (Sawfishes, Pristidae) 面臨高度滅絕風險的後塵。

許多同一海域出現的犁頭鰻有相似的生活史特徵，普遍屬於成長緩慢、成熟遲緩、繁殖率較低、壽命較長特性的類群，因此若過度開發族群的恢復不易 (Ebert et al. 2021; CITES 2022; D'Alberto 2022)；此類群棲地環境也相近，又多生活於沿近海域之底棲環境，容易受漁業活動影響，其魚翅本身的高價值，以致在多個區域已經過度捕撈，加劇了滅絕風險 (香港餐務管理協會 2008; Moore 2017; IUCN SSG 2019; CITES 2022; Kyne and Jabado 2022)。

根據國際自然保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 的紅色名錄 (IUCN Red List of Threatened Species) 物種族群現況評估顯示，當前所列的 10 種鰻頭鰻科物種中，僅有瞬眼龍紋鰻 (*Rhynchobatus palpebratus*) 為近危 (Near Threatened, NT) 等級，其餘 9 種皆是極度瀕危 (Critically Endangered, CR) 等級 (Jabado 2019; Kyne et al. 2020; IUCN 2023)；而 7 種大琵琶鰻科物種皆為 CR 等級 (Jabado 2019; Kyne et al. 2020; IUCN 2023)。

Sherman et al. (2022) 利用漁業管理風險 (M-Risk) 評估的方式針對琵琶鰻科物種提出警告，因貿易資訊不透明，又多數國家/區域管理不彰的情況下，全球的琵琶鰻科物種的理想分數僅有 45%，有 76% 的琵琶鰻物種族群受到威脅。另根據 IUCN 紅色名錄的評估，現列的 35 種琵琶鰻有 8 種為易



受威脅 (Vulnerable, VU) 等級，5 種瀕危 (Endangered, EN) 等級，10 種 CR 等級，65.7% 的種類屬於受威脅物種，其餘 12 種有 4 種為 NT，5 種為資料缺乏 (Data Deficient, DD) 的情況，僅有 3 種 (8.6%) 屬於無危 (Least Concern, LC) 等級 (IUCN 2023)。

瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約 (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES) 於 2019 年第 18 次會員國大會中，因絕大多數鰲頭鱔科 (10 種) 及大琵琶鱔科 (9 種) 物種為 CR 狀態，決議將上述兩科所有物種列入附錄二 (Appendix II) 中，需要貿易管制 (CITES 2019a,b)；而在 2022 年第 19 次會員國大會中，因為許多種類會同時捕獲，又外型相近分類不易，決議將所有琵琶鱔科物種 (共 39 種)，列入附錄二，實施貿易管理 (CITES 2022)。至此，所有犁頭鰻物種進入全球性管理的階段。

上述犁頭鰻物種目前共有 58 種，在臺灣海域出現的紀錄為：鰲頭鱔科 5 種，分別是波口鰲頭鱔 (*Rhina ancylostoma*)、南方龍紋鱔 (*Rhynchobatus australiae*)、瞬眼龍紋鱔 (*Rhynchobatus palpebratus*)、無斑龍紋鱔 (*Rhynchobatus immaculatus*) 及史氏龍紋鱔 (*Rhynchobatus springeri*)；大琵琶鱔科 2 種為顆粒棘琵琶鱔 (*Glaucostegus granulatus*) 以及小眼琵琶鱔 (*Glaucostegus microphthalmus*) (Ebert et al. 2013; Last et al. 2013; Last et al. 2016b)，其中小眼琵琶鱔近來被認為是大琵琶鱔 (*Glaucostegus typus*) 之同種異名 (Kyne et al. 2019a)；琵琶鱔科原本有 3 種，分別是臺灣琵琶鱔 (*Rhinobatos formosensis*)、斑紋琵琶鱔 (*Rhinobatos hynnicephalus*) 以及薛氏琵琶鱔 (*Rhinobatos schlegelii*) (Ebert et al. 2013; Last et al. 2016a,b)，其中臺灣琵琶鱔被認為是薛氏琵琶鱔之同種異名，因此應只有 2 種 (Ebert et al. 2013; Last et al. 2016b; Rigby et al. 2021)。

犁頭鰻的調查與研究尚處於起步階段，美國板鰐學會 (American

Elasmobranch Society) 在 2021 年的年會中，特別召開了一場針對犁頭鰻的座談會，想要瞭解當前犁頭鰻在世界各地的研究調查現況，該場座談會共有來自於 37 個國家的 280 人（含線上）參加，而來自 18 個國家的研究人員則發表了 27 篇論文（Ebert et al. 2021）。世界各國以及臺灣，對犁頭鰻的研究都還相當缺乏，即使是普遍的科學知識，對不同物種的了解都相當有限，甚至在部分物種的分類上都還有疑義（陳等 2023）；除了上述同種異名的情況外，還有像過去紀錄較常見的吉打龍紋魷（*Rhynchobatus djiddensis*），其實並無出現於臺灣海域，可能多為南方龍紋魷及無斑龍紋魷的誤鑑（Ebert et al. 2013）；而斑紋琵琶魷（*Rhinobatos hynnicephalus*）在不同資料庫及文獻上的體色及斑紋不盡相同，是因環境、季節所產生的個體差異（圖 1）？抑或根本是不同物種？還需要更詳細地調查，也因此制定此類群物種的管理政策更顯困難。

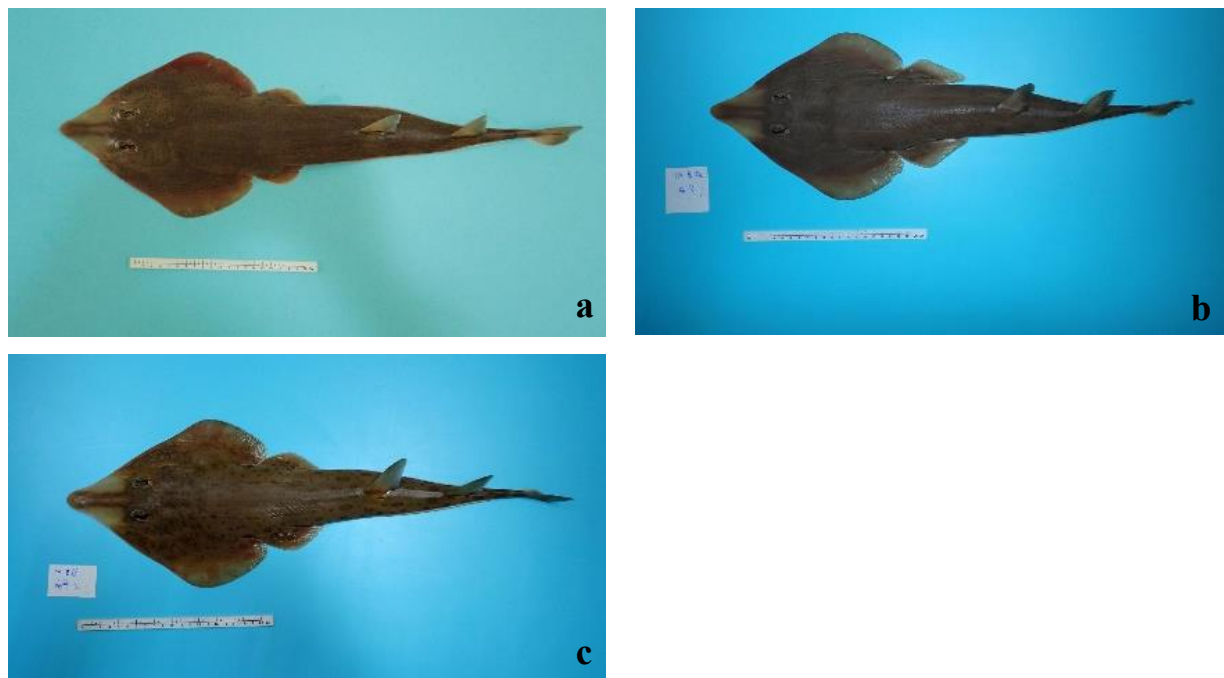


圖 1. 臺灣西部海域所採不同體色及斑紋之斑紋琵琶魷樣本。(a)為 2023 年 2 月於彰化海域所採，(b)及(c)為 2023 年 7 月於馬祖南竿所採樣本。([a]徐華遜，2023/2/15，[b]、[c] 徐華遜，2023/8/11)。

Kyne et al. (2024) 提出犁頭鰻類群在族群現況（如族群變動趨勢、滅絕風險等）、分類學、生活史、棲地、分子生態學、漁業、貿易，以及易地繁殖（Ex situ breeding）等 8 個當務之急的面向需要進一步地調查研究。臺灣在 2008 年將犁頭鰻目中鰻鰻科（Pristidae）的全部物種列入野生動物保育法內完全保護，但是根據漁民的訪談，這三十年來鰻鰻在臺灣周邊海域已不復見。犁頭鰻與鰻鰻同樣有相近的生活史特徵及棲地環境（CITES 2022; IUCN 2023），其魚鰭（魚翅）品質及價格更勝過多數鯊魚，魚肉及魚皮也有一定價格，據漁民所述每年有為數不少的個體於國內利用或加工後出口他國，然而除了有部分的分類學研究及出現紀錄外，其他如漁業生物學、多樣性、生態分布及棲地利用等相關研究卻相當缺乏，有必要進行更廣泛地調查。根據過去執行其他計畫的調查記錄，以及進來與漁民初步的訪談，犁頭鰻多於臺灣西（南）部及澎湖海域所捕獲，因此，本計畫將進行文獻回顧、調查澎湖地區及西（南）部重點港口、強化臺灣西岸資料蒐集，以期對犁頭鰻資源狀況有更進一步了解，並進行犁頭鰻衛星籤標識放流及資料回收，分析棲地利用情形，以研擬我國犁頭鰻資源管理，提出利用初步建議。

## 計畫目標

由於過漁造成多種犁頭鰻族群量持續下降，IUCN 於 2019 將多數大型犁頭鰻（鰻頭鰻科及大琵琶鰻科）物種評估為極度瀕危（Critically Endangered）（Jabado 2019; IUCN 2023）。此外，CITES 亦於 2019 及 2022 年陸續將所有犁頭鰻物種列入附錄二（Appendix II）中，進行貿易管制（CITES 2019a, b, 2022）。本研究「臺灣犁頭鰻調查計畫」，針對臺灣西部至西南部以及澎湖海域之犁頭鰻，進行物種、漁業資源時空分布調查，完成至少 1 種的漁業生物學研究，並利用上脫型可記錄式衛星標識籤（Pop-up satellite archival tags, PSATs）進行至少 4 尾犁頭鰻之標識放流追蹤；總和調查研究結果，並考量

國際保育及管理現況，提出臺灣犁頭鰻管理及利用的初步建議，同時提供臺灣犁頭鰻各物種的基本介紹，作為公眾教育教材之用。

## 二、 材料與方法

### 2.1 蒐集、盤點我國犁頭鰻資料

本研究根據 IUCN 的紅色名錄、臺灣魚類資料庫（邵 2023）以及 Ebert et al.（2013）所著臺灣軟骨魚類紀錄報告中現有的資料，再蒐集自 1990 年起國內其他單位的調查研究計畫、學術論文、書籍刊物、資料庫、媒體報導等資料，盤點犁頭鰻各物種在臺灣周邊海域的出現紀錄，以及文獻紀錄中的生活史參數。本研究將臺灣分布海域界定為北部（新北及基隆海域）、東北部（宜蘭海域）、東部（花蓮及臺東海域）、南部（屏東海域）、西南部（高雄、臺南海域）、西部（嘉義、雲林、彰化、臺中海域）、西北部（苗栗、新竹、桃園海域），以及澎湖、金門、馬祖等海域。

### 2.2 盤查臺灣犁頭鰻資源概況

前往西部、西南部及澎湖各主要港口（魚市場），瞭解犁頭鰻漁獲情形，盡可能記錄犁頭鰻種類、漁獲犁頭鰻之漁法及漁獲海域位置，同時量測犁頭鰻之體長、體重。犁頭鰻物種根據 Last et al. (2016b)及 Jabado (2019)之分類學圖鑑以外部型態進行分類；體長、體重量測的部分包括尾前長（Precaudal length, PCL）、尾叉長（Fork length, FL）、全長（Total length, TL）及全重（Total weight, TW）等，另雄魚還會量測其交接器長（Clasper length, CL）（圖 2）。

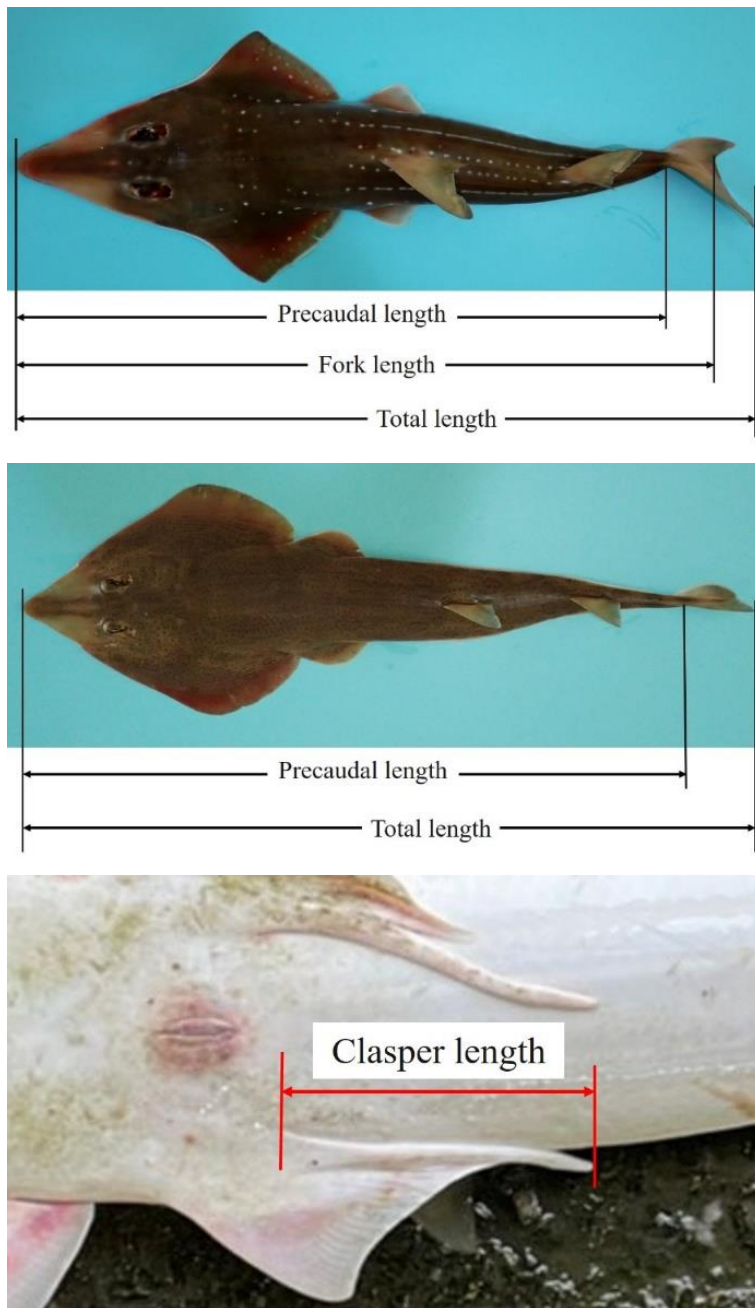


圖 2. 犁頭鰐體長（上及中圖）及雄魚交接器長（下圖）之量測方式。

### 2.3 漁業生物學研究

犁頭鰐各物種樣本累積達足夠，其 PCL、FL、TL 以線性迴歸的方式建立 TL-PCL 及 TL-FL 關係式，並利用統計分析軟體 R 語言（R Development Core Team; [www.r-project.org](http://www.r-project.org)）中變異數分析（Analysis of variance, ANOVA），比較線性迴歸模型的殘差平方和（Residual sum of squares, RSS）是否顯著不

同，來比較雌雄間的差異；體長與體重資料，同樣利用 R 語言中非線性迴歸的方式，描繪 TW-TL 關係式，其公式如下：

$$TW = a \times TL^b$$

式中 TW：體重(g)

TL：體長(mm)

a、b：常數

其中 a 為截距，b 則是關係之斜率。再利用最大概似比率法 (Likelihood ratio test) 檢定關係式雌雄間有無顯著差異，若無顯著差異則將雌雄資料合併分析 (Kimura, 1980; Cerrato, 1990)。

所採得的犁頭鰻樣本，除了量測基本的體長及體重資料外，亦會解剖做進一步量測，包括肝臟重及生殖腺(雄魚的精巢 Testes 及雌魚的卵巢 Ovaries) 重，另雌魚還會量測卵巢中最大顆卵粒之卵徑 (Maximum ovum diameter, MOD)、卵殼腺寬 (Oviducal gland width, OGW) 及子宮寬 (Uterus width, UW)，懷孕的個體並會觀察及量測子宮中之卵粒或胎仔。

犁頭鰻個體的發育成熟情形，參考 Kume et al. (2009)、ICES (2020) 以及 D'Alberto et al. (2024) 的報告及實際觀察，將雄魚區分為未熟 (Immature)、成熟中 (Maturing) 以及成熟 (Mature) 三種，雌魚在三種成熟程度外，還加了懷孕 (Pregnant) 狀態，各成熟標準描述於表 1。

表 1. 犁頭鰻生殖系統發育及成熟標準

未成熟/已成熟	階段	狀態描述
<b>雄魚</b>		
未成熟	未熟	交接器短小且柔軟未鈣化；精巢小未發育；輸精管細小甚至難以辨識。
未成熟	成熟中	交接器部分鈣化變硬，或可輕易往吻端折轉，或交接器鈎（Clasper hook）可輕易翻出；精巢開始膨大，結球狀結構開始發育；輸精管變粗，甚或彎曲。
已成熟	成熟	交接器鈣化完全，可輕易往吻端折轉，交接器鈎可輕易翻出；精巢碩大，結球狀結構發育完整；輸精管明顯彎曲，副睪明顯出現如腦狀結構。
<b>雌魚</b>		
未成熟	未熟	卵巢小顏色淡；卵粒未發育或僅有小型卵粒；卵殼腺未發育，或僅略微發育；子宮細長，難以與輸卵管分別出差異。
未成熟	成熟中	可明顯看出含有卵粒之卵巢；已有數顆較大型卵粒及其他小型卵粒，然顏色仍偏淡黃色；卵殼腺膨大成腎形，寬度略大於子宮寬度；子宮開始變厚並膨大如手指寬度。
已成熟	成熟	卵巢碩大，佔據背側體腔之大半；有數顆巨大型卵粒及其他較大型卵粒，顏色為較深之黃色或橘黃；卵殼腺膨大更為明顯，腎形的兩邊呈淡綠色；子宮更厚並膨大至比軟殼腺寬得多，富有彈性，解剖後可發現多重皺摺構造，若是產後之子宮則呈現鬆弛而寬大之樣貌。
已成熟	懷孕	子宮中出現軟殼、卵粒或已經孵化之胎仔。

若物種之未成熟（包含上述之未熟及成熟中階段）與已成熟（包含上述之成熟及懷孕階段）數據達到一定連續性，便以 R 語言統計分析軟體，利用邏輯曲線（Logistic curve）描述成熟機率（P）與 TL 之關係，其關係式如下：

$$P = [1 + \exp(c + d \times TL)]^{-1}$$

其中 c、d 為常數值。當 P 為 0.5 時，其對應之 TL 值便為 50%性成熟體長（TL<sub>50</sub>）。

本研究以生殖腺及子宮內卵或胎仔的發育過程，用來判定交配、產仔季節、妊娠期、胎仔數及產出體長，而季節的界定則以 2–4 月為春季，5–7 月為夏季，以此類推。

犁頭鰻雌雄魚的性比以「雄魚：雌魚」的方式表示及計算，並以卡方檢定其與 1：1 是否有顯著差異，除了檢視全部樣本的性比之外，亦檢視不同

季節別，不同漁獲海域（各地區海域由北至南分別為苗栗、臺中、彰化、雲林、嘉義、高雄及澎湖），以及不同體長別（體長組距 20 cm）之性比（Iskandar et al. 2023）。

所蒐集的犁頭鰻樣本，採取尾柄部位之脊椎骨進行處理，以脊椎骨輪紋定齡，同時以各月別所量測之體長資料，利用 R 語言中 TropFishR 套件的 ELEFAN（Electronic Length Frequency Analysis）功能，估計季節時序變化范氏成長方程式（Seasonally-oscillating von Bertalanffy growth function, soVBGF）之各參數，方程式表示如下（Taylor and Mildenerberger 2017）：

$$L_t = L_{\infty} \times \{1 - e^{-[K(t-t_0) + S(t) - S(t_0)]}\}$$

$L_t$ ：年齡為  $t$  之體長

$L_{\infty}$ ：理論極限體長

$K$ ：成長參數

$t$ ：年齡

$t_0$ ：體長為 0 時的理論年齡

$$S(t) = (CK/2\pi) \times \sin 2\pi(t-t_s)$$

$$S(t_0) = (CK/2\pi) \times \sin 2\pi(t_0-t_s)$$

$C$ ：季節性振蕩幅度參數

$t_s$ ：相對於  $t_0$  之振蕩開始於一年中的時間分比

食性研究則採取胃袋，進行胃內容物分析（Stomach content analysis, SCA）。首先將胃袋的飽滿程度分成空胃（Empty）、小胃（Small）、中胃（Medium）以及滿胃（Full）等 4 個狀態，4 種狀態的標準則描述於表 2 中，空胃率指數（Vacuity index）為空胃的數量所佔全部胃袋數量之百分比，而胃內容物指數（Stomach contents index）則是胃內容物濕重佔體（全）重（TW）之百分比（Hsu et al. 2022）。胃內容物大類分成頭足類（Cephalopods）、硬骨魚類（Teleosts）、甲殼類（Crustaceans）、植物類（Plants）、其他（Others）、食糜（Unidentified remains）以及寄生蟲（Parasites）等。



表 2. 胃飽滿程度標準

胃飽滿程度	各飽滿程度之狀態描述
空胃	胃內空無一物，或僅剩胃液。
小胃	胃內容物含量小於胃袋容積之 50%。
中胃	胃內容物含量介於胃袋容積之 50%-100%間。
滿胃	胃袋充滿內含物，有時甚至可看出內涵物突出於胃袋之形狀。

根據同一種胃內容物種類出現在有攝食胃中之頻率 (Occurrence, O)、同一種胃內容物出現的數量 (Number, N)，以及同一種胃內容物所佔的重量 (Weigh, W) 等 3 指數，再將 3 指數標準化為百分比，便能計算出胃內容物之相對重要性指數 (Index of relative importance, IRI)，IRI 的計算公式為：

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%O$$

接著將所有胃內容物之 IRI 值標準化成 %IRI，數值越高者表示該胃內容物越重要 (Cortés 1997)。

除了胃內容物分析，本研究亦採取 24 尾犁頭鰻之肌肉組織 (表 3)，進行穩定氮、碳同位素分析 (Stable isotope analysis, SIA)。所採取的犁頭鰻肌肉組織先以去離子水潤洗三次，去除組織上方的附著物及油脂，再置於錶玻璃上後放入烘箱 (50 °C, 24 hours) 將組織烘乾，組織完全乾燥後，以研鉢將組織磨成粉末，接著將組織粉末取 0.75 mg 至錫囊中，並包成圓錠狀，再置入元素分析儀 (Flash EA 2000 Automatic Elemental Analyzers, Thermo, Germany)，以 1800 °C 以上之高溫將樣本燃燒產生氣體，經由層離管分離出 N<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub>，再以質譜儀 (Finnigan MAT 253, Thermo, Germany) 進行穩定氮、碳同位素值分析，在分析過程中，先以 USGS65 (Carbon and nitrogen isotopes in glycine)、USGS62 (Hydrogen, carbon, and nitrogen isotopes in caffeine)、蛋白質 (Protein) 及 USGS40 (Carbon and nitrogen isotopes in L-glutamic acid) 等標準品進行 2 次分析，之後每 8 個樣本再穿插標準品分析，最後再進行 1 次標準品分析，總共 5 次，以作為換算與校正。穩定氮、碳同位素值 ( $\delta^{15}\text{N}$

及  $\delta^{13}\text{C}$ ) 計算公式如下所示：

$$\delta = \left( \frac{R_{\text{sample}} - R_{\text{reference}}}{R_{\text{reference}}} \right) \times 1000 (\text{‰})$$

其中  $\delta$  為穩定同位素值， $R_{\text{sample}}$  值為分析樣本之穩定氮同位素比值  $15\text{N}/14\text{N}$  或穩定碳同位素比值  $13\text{C}/12\text{C}$ ， $R_{\text{reference}}$  為參考標準的同位素比值，氮同位素的參考標準為大氣中的氮氣值，碳同位素的參考標準為國際標準品 VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite) 之數值 (鄭 2016；黃 2024)。

表 3. 採取肌肉組織用於穩定同位素分析之犁頭鰻基本資料

漁獲日期 (年/月/日)	漁獲海域	物種	性別	體重 (公斤)	體長 (公分)
2024/3/13	臺中	無斑龍紋鱻	M	8.19	116.1
2024/3/13	臺中	無斑龍紋鱻	M	13.21	135.7
2024/3/15	臺中	無斑龍紋鱻	M	1.97	76
2024/3/15	臺中	無斑龍紋鱻	M	3.71	89
2024/3/15	臺中	無斑龍紋鱻	F	3.64	92
2024/3/16	臺中	無斑龍紋鱻	M	10.93	128
2024/3/25	彰化	無斑龍紋鱻	F	4.21	95
2024/3/25	彰化	無斑龍紋鱻	F	3.35	91
2024/3/25	臺中	無斑龍紋鱻	F	28.3	173
2024/3/27	臺中	無斑龍紋鱻	F	39.7	189
2024/3/27	彰化	南方龍紋鱻	M	3.17	88
2024/3/27	彰化	南方龍紋鱻	F	3.60	95
2024/5/9	雲林	無斑龍紋鱻	F	21.4	159
2024/5/9	雲林	無斑龍紋鱻	F	30.5	175
2024/5/9	雲林	無斑龍紋鱻	F	23.3	154
2024/5/11	臺中	無斑龍紋鱻	M	7.8	113
2024/5/11	臺中	無斑龍紋鱻	F	10.7	128
2024/5/11	臺中	無斑龍紋鱻	F	9.7	123
2024/5/16	雲林	無斑龍紋鱻	F	23.5	163
2024/5/16	雲林	無斑龍紋鱻	F	4.1	92
2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱻	F	36.7	191
2024/5/31	臺中	史氏龍紋鱻	F	25.4	162
2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱻	M	17.2	138
2024/5/31	雲林	史氏龍紋鱻	F/M	10.18	126

M：雄魚；F：雌魚；體重所指為全重 (TW)；體長所指為全長 (TL)。

營養位階 (Trophic level, TrL) 分別從 SCA 及 SIA 的結果計算。SCA 的計算方式是先將胃內容物中的寄生蟲排除後，根據所剩下的餌料生物種類再加以計算 (Hsu et al. 2022)，計算公式為：

$$\text{TrL} = 1 + \left( \sum_{j=1}^n P_j \times \text{TrL}_j \right)$$

其中  $P_j$  表示第  $j$  種餌料生物在所有  $n$  種餌料生物中數量所佔比例， $\text{TrL}_j$  為第  $j$  種餌料生物之營養位階，以 Cortés (1999) 所歸納的結果為基準，分別為頭足類 3.2，硬骨魚類 3.24，甲殼類 2.52，植物 1，其他類裡面主要有雙殼綱 (Bivalvia) 的軟體動物，少部分初生幼魚則有未消化之卵黃，因此營養位階以軟體動物 (排除頭足類) 的 2.1 計算，食糜則為頭足類、硬骨魚類及甲殼類等三類之平均值 2.99。

SIA 的營養位階計算方式則根據氮同位素值隨營養位階上升之增加率計算 (Post 2002)，計算公式為：

$$\text{TrL} = \left( \frac{\delta^{15}\text{N}_i - \delta^{15}\text{N}_{\text{baseline}}}{\Delta\text{N}_{\text{baseline}}} \right) + \text{TrL}_{\text{baseline}}$$

其中  $\delta^{15}\text{N}_i$  為犁頭鰻樣本所測得之穩定氮同位素值， $\delta^{15}\text{N}_{\text{baseline}}$  為基準物質之穩定氮同位素值，本研究使用 2021 年混合動物性浮游生物採樣結果之數值 6.6‰ 為基準， $\Delta\text{N}_{\text{baseline}}$  為每 1 營養位階之富級指數，本研究設定為 3.4‰， $\text{TrL}_{\text{baseline}}$  為基準物種之營養位階，本研究設定動物性浮游生物之營養位階為 2 (Post 2002; 黃 2024)。

為加以確認龍紋鱗物種 (*Rhynchobatus* spp.)，與型態學分類結果比較，本研究採取 95 尾龍紋鱗肌肉組織，做進一步 DNA 條碼 (DNA barcoding) 分析 (表 4)。肌肉組織採樣後先保存於 95% 酒精裡，再以 Chelex 法萃取 DNA (Walsh et al. 1991)。物種鑑定先以聚合酶連鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR) 和桑格定序進行確認，針對 95 尾龍紋鱗樣本進行粒線體 DNA 基因部分定序，包括細胞色素 c 氧化酶 I (Cytochrome c oxidase I, COI) 基因序列或

脫氫酶 2 亞基 (NADH dehydrogenase subunit 2, NADH2) 基因序列，以驗證先前的物種鑑定。COI 的擴增透過 PCR，並使用通用 FISH F1/R1 引子 (Ward et al. 2005) 進行，而 NADH2 則使用 ILEM/ASMN 通用引子 (Naylor et al. 2012) 進行擴增。PCR 產物由 0.5 $\mu$ l 的 DNA、2 $\mu$ l 的正反引子和 12.5 $\mu$ l 的 Master Mix 組成，並在以下條件下進行擴增：95 °C 4 分鐘，隨後進行 36 個循環，包括在 94 °C 變性 30 秒、50-57 °C 退火 30 秒和 72 °C 延伸 30 秒，最後在 4 °C 延伸 1 分鐘，並使用 Geneious 軟體評估序列品質 (Olsen et al. 2014)。物種鑑定以美國國家生物技術資訊中心 (National Center for Biotechnology Information, NCBI) 之搜尋工具 BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) 進行確認，將序列與基因資料庫 (GenBank) 中的序列進行比對，亦利用加拿大生物多樣性基因組學中心開發的生命條碼數據系統 (Barcode of Life Data System, BOLD) 進行比對，並計算相似百分比。

表 4. 採取肌肉組織用於 DNA 條碼分析之龍紋鱗基本資料

漁獲日期 (年/月/日)	漁獲 海域	物種	性 別	體長 (公分)	漁獲日期 (年/月/日)	漁獲 海域	物種	性 別	體長 (公分)
2023/12/?	高雄	無斑龍紋鱗	F	86	2024/5/11	臺中	無斑龍紋鱗	F	128
2023/12/?	高雄	無斑龍紋鱗	F	81.7	2024/5/16	雲林	無斑龍紋鱗	F	156
2024/1/21	澎湖	南方龍紋鱗	F	85	2024/5/16	雲林	無斑龍紋鱗	M	120
2024/1/21	澎湖	南方龍紋鱗	F	81	2024/5/16	雲林	無斑龍紋鱗	F	92
2024/1/21	澎湖	南方龍紋鱗?	F	125	2024/5/28	雲林	無斑龍紋鱗	F	100
2024/1/21	澎湖	無斑龍紋鱗	M	81.5	2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱗?	F	191
2024/1/21	澎湖	無斑龍紋鱗	F	80	2024/5/31	臺中	史氏龍紋鱗	F	162
2024/1/21	澎湖	南方龍紋鱗	M	73.5	2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱗	M	138
2024/1/21	澎湖	南方龍紋鱗	F	87.2	2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱗	F	175
2024/1/21	澎湖	無斑龍紋鱗	F	89	2024/5/31	臺中	無斑龍紋鱗?	F	178
2024/1/21	澎湖	無斑龍紋鱗	F	93.5	2024/5/31	雲林	史氏龍紋鱗	F/M	126
2024/2/2	澎湖	無斑龍紋鱗	F	84	2024/6/2	雲林	無斑龍紋鱗?	M	119
2024/2/2	澎湖	無斑龍紋鱗	F	88.5	2024/6/2	雲林	史氏龍紋鱗	F	155
2024/2/2	澎湖	無斑龍紋鱗	F	79.7	2024/6/6	雲林	無斑龍紋鱗	F	139
2024/3/4	雲林	無斑龍紋鱗	F	165.5	2024/6/13	雲林	史氏龍紋鱗	M	37
2024/3/4	彰化	無斑龍紋鱗	M	86.5	2024/6/15	雲林	無斑龍紋鱗	F	134
2024/3/4	彰化	南方龍紋鱗	M	77	2024/6/15	雲林	無斑龍紋鱗	M	38
2024/3/13	臺中	無斑龍紋鱗	M	116.1	2024/6/15	雲林	史氏龍紋鱗	F	35
2024/3/15	臺中	無斑龍紋鱗	F	79.3	2024/6/18	雲林	無斑龍紋鱗	F	158
2024/3/16	臺中	無斑龍紋鱗	M	128	2024/6/18	雲林	無斑龍紋鱗	M	117
2024/3/23	彰化	無斑龍紋鱗	M	116	2024/6/19	雲林	無斑龍紋鱗	F	35
2024/3/25	彰化	無斑龍紋鱗	F	95	2024/6/19	雲林	無斑龍紋鱗	M	35
2024/3/25	臺中	無斑龍紋鱗	F	173	2024/6/19	雲林	無斑龍紋鱗	F	155
2024/3/27	彰化	南方龍紋鱗	M	88	2024/6/19	雲林	史氏龍紋鱗	F	38
2024/4/1	彰化	南方龍紋鱗	F	87	2024/6/21	雲林	無斑龍紋鱗	F	141
2024/4/1	彰化	無斑龍紋鱗	M	77	2024/6/21	雲林	無斑龍紋鱗	F	141
2024/4/11	臺中	無斑龍紋鱗	F	116	2024/6/26	雲林	無斑龍紋鱗	F	37
2024/4/11	雲林	無斑龍紋鱗	M	123.5	2024/6/26	雲林	史氏龍紋鱗	F	40
2024/4/14	雲林	無斑龍紋鱗	F	93.5	2024/6/26	雲林	史氏龍紋鱗	F	37
2024/4/15	澎湖	南方龍紋鱗	F	166	2024/6/26	雲林	無斑龍紋鱗	M	32
2024/4/15	臺中	無斑龍紋鱗	M	91.1	2024/6/26	雲林	無斑龍紋鱗	F	34.5
2024/4/15	臺中	無斑龍紋鱗	F	92	2024/6/27	雲林	無斑龍紋鱗	M	39
2024/4/18	彰化	無斑龍紋鱗	M	97	2024/6/27	雲林	無斑龍紋鱗	F	35
2024/4/23	雲林	無斑龍紋鱗	M	97	2024/6/27	雲林	無斑龍紋鱗	M	29
2024/4/25	雲林	無斑龍紋鱗	M	116.8	2024/6/27	雲林	無斑龍紋鱗	M	35.5
2024/4/27	雲林	無斑龍紋鱗	F	91.5	2024/6/27	雲林	史氏龍紋鱗	M	40
2024/4/30	澎湖	南方龍紋鱗	F	188.5	2024/6/28	雲林	無斑龍紋鱗	M	34.5
2024/4/30	雲林	無斑龍紋鱗	F	89.8	2024/6/28	雲林	史氏龍紋鱗	F	36
2024/4/30	彰化	無斑龍紋鱗	F	130	2024/6/28	雲林	無斑龍紋鱗	F	36.5
2024/4/30	彰化	無斑龍紋鱗	M	123.5	2024/6/28	雲林	史氏龍紋鱗	M	42
2024/4/30	彰化	無斑龍紋鱗	F	118.5	2024/6/28	雲林	無斑龍紋鱗	F	35.5
2024/5/4	雲林	無斑龍紋鱗	F	98	2024/6/28	雲林	無斑龍紋鱗	M	137
2024/5/4	雲林	無斑龍紋鱗	M	88	2024/6/28	澎湖	無斑龍紋鱗	M	135
2024/5/5	雲林	無斑龍紋鱗	M	90	2024/6/28	澎湖	無斑龍紋鱗	M	123.5
2024/5/5	雲林	無斑龍紋鱗	F	99	2024/7/1	雲林	無斑龍紋鱗	M	134
2024/5/7	苗栗	史氏龍紋鱗	F	171.5	2024/7/1	雲林	無斑龍紋鱗	F	106
2024/5/9	雲林	無斑龍紋鱗	F	159	2024/7/14	臺中	無斑龍紋鱗	F	158.5
2024/5/11	臺中	無斑龍紋鱗	M	113					

M：雄魚；F：雌魚；體長所指為全長 TL。

## 2.4 衛星標識籤標識放流

以 PSAT 中較小型的款式 MiniPAT (Wildlife Computers Inc.) 安裝於大型犁頭鰻 (波口鰻頭鰻或龍紋鰻) 身上。

PSAT 標籤可同時記錄溫度及深度資料，並利用照度 (Light level) 資料推算經緯度位置，根據本研究於犁頭鰻放流前短暫飼育於養殖池中的觀察，設定犁頭鰻的游泳速度為 0.8 m/s，用以推估照度換算之經緯度位置 (Kyne and Pillans 2014; Wildlife Computers 2024)；PSAT 能於設定的時間自動脫離標籤基座，並浮出水面，同時傳輸浮出的經緯度資訊，以及標識期間所記錄的資料訊號於人造衛星，再傳送給地面接收站轉譯 (Kyne and Pillans 2014)。

安裝標籤之前，器械及各項用於標識之裝置，均先以酒精及碘液 (Betadine) 清潔消毒。安裝方式於波口鰻頭鰻，從背部中間之稜脊靠近胸鰭前緣位置，以電鑽橫向穿透兩道距離約 3 公分之孔道，稜脊兩側各有兩個鑽孔，安上預先設計好有孔塑膠片以及墊片 (Washer)，再以塑膠束帶穿過孔道，連結兩側的塑膠片，塑膠片則連結著 PSAT 標籤 (圖 3)；標識於龍紋鰻時，若體長小於 150 公分者，以一枚鈦合金或不鏽鋼製箭矢型鏢頭 (圖 4)，標識於第一背鰭基底或前緣處 (圖 5)，大於 150 公分之魚體，則以兩枚鏢頭，分別標識於第一背鰭前緣及第一背鰭基底末端 (圖 6)。



圖 3. 以塑膠墊片及束帶連結波口鰻頭鰻及衛星標識籤。(游紀汝，2024/6/12，澎湖私人養殖場)。

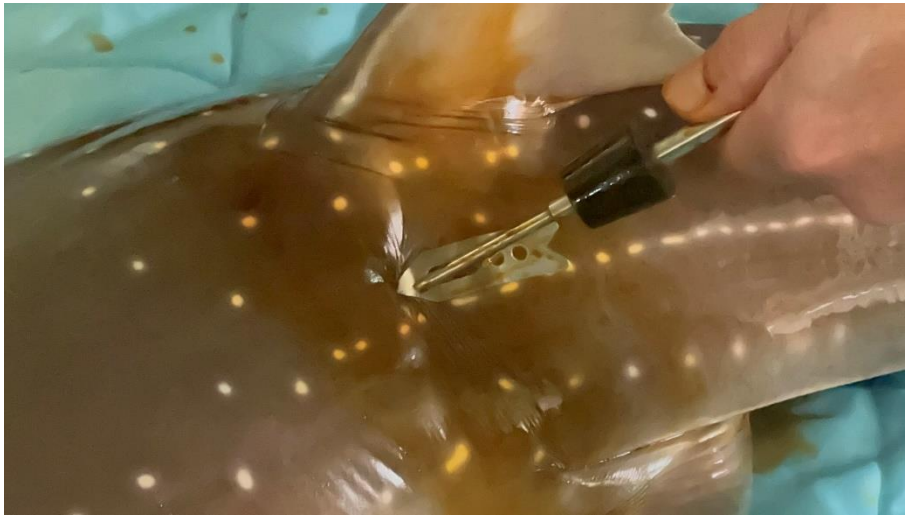


圖 4. 以鈦合金或不銹鋼所製作之箭矢型鏢頭。(翁進興，2024/6/27，水產試驗所臺西試驗場)。

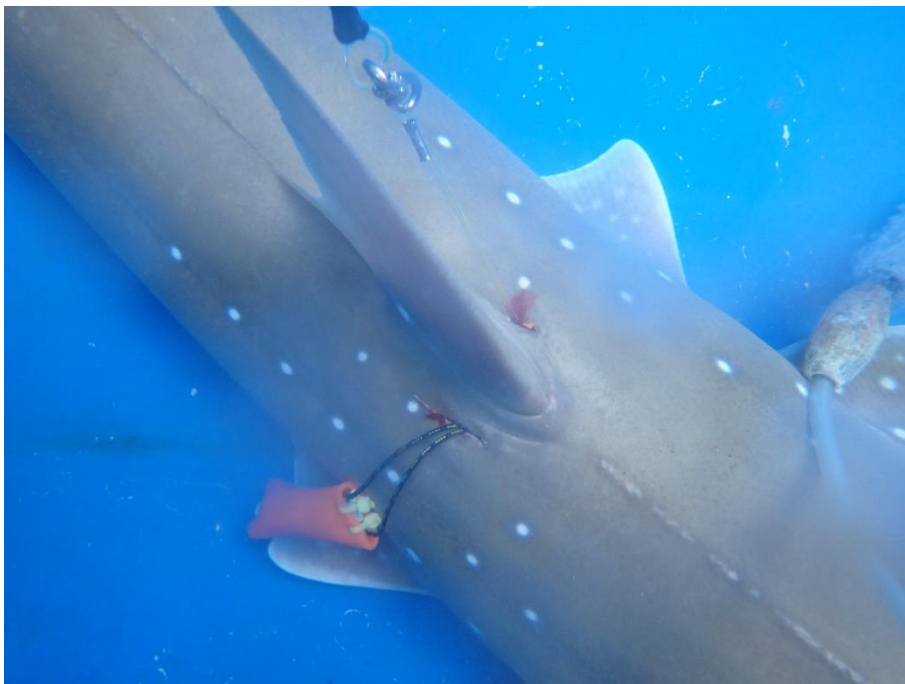


圖 5. 小型個體將鏢頭標識於第一背鰭基底位置，圖中魚體分別標識衛星籤及超音波籤（徐華遜，2024/6/22，澎湖私人養殖場）。



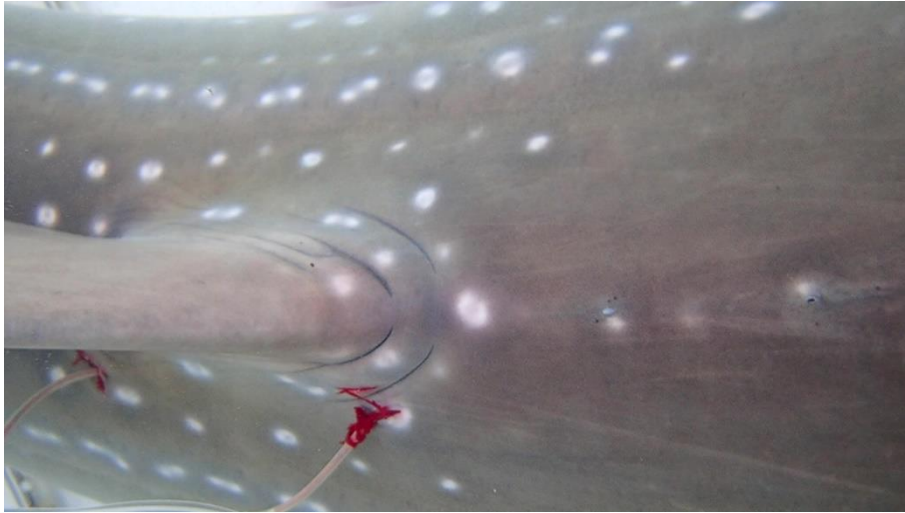


圖 6. 大型個體將兩枚鏢頭分別標識第一背鰭前緣處及基底後方位置。(徐華遜，2024/9/27，澎湖私人養殖場)。

安裝標籤時，須以足夠人力維持魚體穩定，口及鰓部置於水下，或者以海水持續流通過口及鰓部，必要時亦會視情況施用麻醉藥劑（圖 7）。



圖 7. 在標識及運送過程中，確保標識個體口吻部位都在水中，得以持續呼吸。(徐華遜，2024/6/12，澎湖私人養殖場)。



放流時會視魚體狀況做不同處置：已經飼育過一段時間之個體，安裝標籤後需等帶魚體恢復正常狀態，能開始進食後才會予以放流；若是在海上捕獲之個體，安裝標籤後，檢視魚體無異常行為或出血後便予以放流。放流海域則盡量避開漁業（尤其是刺網）作業範圍。

本研究於 2024 年 6 月 12 日至 9 月 27 日共標識 7 尾犁頭鰻，包括與國立臺灣海洋大學、澎湖泛洋水產行、范氏海洋企業社(Fred Fan Aquatics Co.)、美國喬治亞水族館（Georgia Aquarium）以及 Save Our Seas Foundation 合作標識 1 尾波口鰻頭鰻（圖 8），另標識 1 尾南方龍紋鰻（圖 9）、4 尾無斑龍紋鰻（圖 10–13）以及 1 尾史氏龍紋鰻（圖 14），標識放流的犁頭鰻基本資料如表 5。



圖 8. 安裝標籤完成後的波口鰻頭鰻，暫養於養殖池等待放流。(Kevin Weng, 2024/6/12, 澎湖私人養殖場)。



圖 9. 安裝標籤完成後的南方龍紋魷，以水車載運至港口接駁船舶。(徐華遜，2024/6/22，澎湖鎖港漁港)。



圖 10. 安裝標籤完成後的無斑龍紋魷，暫養於養殖池中等待放流。(翁進興，2024/6/27，水產試驗所臺西試驗場)。



圖 11. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰐雌魚，於放流前死亡。(2024/8/30，徐華遜，澎湖龍門漁港外海)。



圖 12. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰐雄魚，放流於澎湖龍門漁港外海。(2024/8/30，徐華遜，澎湖龍門漁港外海)。





圖 13. 安裝標籤完後的無斑龍紋鰕成熟雌魚，放流於澎湖鎖港漁港外海。  
(2024/9/27，徐華遜，澎湖鎖港漁港外海)。



圖 14. 安裝標籤完後的史氏龍紋鰕成熟雌魚，放流於澎湖鎖港漁港外海。  
(2024/9/27，徐華遜，澎湖鎖港漁港外海)。

表 5. 2024 年所標識犁頭鰻基本資料

犁頭鰻物種	標籤編號	性別	體長	追蹤起始日	追蹤結束日	追蹤天數	備註
波口鰻頭鰻	23P2034 (254656)	M	201	2024/6/12	--	--	標籤尚未彈脫。
南方龍紋鰻	22P1415 (241397)	F	112	2024/6/22	2024/7/6	15	標籤尋回
無斑龍紋鰻	23P1757 (253056)	M	128	2024/6/28	2024/7/4	7	漁民再捕，標籤取回。
無斑龍紋鰻	22P1416 (241398)	F	94	2024/8/30	2024/8/30	0	放流時死亡，標籤取回。
無斑龍紋鰻	22P1418 (241399)	M	98	2024/8/30	2024/9/7	9	標籤尋回。
無斑龍紋鰻	23P2057 (252868)	F	175	2024/9/27	--	--	標籤尚未彈脫。
史氏龍紋鰻	23P2058 (252869)	F	234	2024/9/27	--	--	標籤尚未彈脫。

M：雄魚；F：雌魚；體長所指為全長（TL）。

### 三、工作項目與工作進度成果

#### 3.1 蒐集、盤點我國犁頭鰻資料

##### 3.1.1 分布及生物學概況文獻回顧

根據文獻，臺灣記錄過9種犁頭鰻，分布於沿近海域至大陸棚，棲地環境以沙泥底為主，在部分珊瑚礁及河口等汽水域也可發現其蹤跡，生殖模式為卵黃營養型胎生，以下就各物種加以描述（表6）：

波口鰻頭鰻廣泛分布於印度-西太平洋，棲息深度0–70 m，最大體長270 cm TL，雄魚成熟體長150–175 cm TL，雌魚成熟體長約180 cm TL，胎仔數2–11尾，出生體長46–48 cm TL，臺灣分布於北部、東北部、東部、西南部及澎湖（陳等 2016; Kyne et al. 2019a; 邵 2023）。

南方龍紋鰻廣泛分布於印度–西太平洋，棲息深度0–60 m，雄魚TL<sub>50</sub>為110–130 cm，50%性成熟年齡（A<sub>50</sub>）為5.03 yr，壽命40 yr（Kyne et al. 2019b; D’Alberto et al. 2024）；雌魚TL<sub>50</sub>為96.1–155 cm，A<sub>50</sub>為3.25 yr，壽命47 yr（Kyne et al. 2019b; D’Alberto et al. 2024）；胎仔數7–19尾（平均14尾），出生體長46–50 cm TL（Kyne et al. 2019b）；理論極限體長為雄魚281.4–332.8 cm TL，

雌魚305.3 cm TL，成長參數 $k$ 雄魚為0.035–0.07 yr<sup>-1</sup>，雌魚0.06 yr<sup>-1</sup>（Iskandar et al. 2023; D’Alberto et al. 2024）；臺灣除北部海域外皆有分布（Kyne et al. 2019b; 邵 2023）。

無斑龍紋鱗目前僅於臺灣海域發現，尚無具體深度紀錄，最大觀測體長為99 cm TL之未熟個體，最大體長應可達到約150 cm TL（Last et al. 2013; Kyne and Ebert 2019）。

瞬眼龍紋鱗之外型容易與吉達龍紋鱗混淆，因此其分布範圍尚無清楚界定，約略分布於東印度洋至西太平洋5–61 m深之水域，最大體長至少262 cm TL，雄魚成熟體長103 cm TL，出生體長46–50 cm TL，臺灣紀錄僅有兩尾標本（1尾為1960年於基隆所採），之前被誤鑑為吉打龍紋鱗（Ebert et al. 2013; Kyne and Rigby 2019; 邵 2023）。

史氏龍紋鱗分布於東印度洋至中西太平洋1–40 m深之水域，最大體長213 cm TL，雄魚成熟體長約115 cm TL，胎仔數較少，臺灣分布於南部（Kyne 2019; 邵 2023）。

顆粒棘琵琶鱗（*Glaucostegus granulatus*）分布於印度洋北部之沿岸（包括潮間帶）至大陸棚水域，棲息深度0–120 m，最大體長229 cm TL，胎仔數6–18尾，出生體長約39 cm TL，臺灣僅記錄過兩尾標本，1尾為1967年T. H. Tan於澎湖馬公採集，另1尾為1978年李信徹教授於野柳所採集（Ebert et al. 2013; Kyne et al. 2022; 邵 2023），國外描述此種僅分布於印度洋，臺灣卻有出現紀錄，未來應更深入調查（Ebert et al. 2013）。

大琵琶鱗（小眼琵琶鱗）分布於印度-西太平洋沿近海至100 m深之大陸棚水域，幼魚及成魚會同時出現於沿近海、海灣、珊瑚環礁等棲地，初生魚及幼魚較常出現於包括潮間帶之淺水區，最大體長至少270 cm TL，成熟體長150–180 cm TL，出生體長38–40 cm TL，成熟年齡6–8歲，最大觀測年齡為19歲（250 cm TL之雌魚），唯一1尾標本（模式標本）為1957年於基隆所採

集並典藏於基隆本所，然而標本已經遺失（Ebert et al. 2013; Kyne et al. 2019c; 邵 2023）。

斑紋琵琶鱗僅分布於西北太平洋20–100 m深之底棲水域，最大體長100 cm TL，雄魚TL<sub>50</sub>為38–43.1 cm，雌魚TL<sub>50</sub>為39–47.6 cm，胎仔數1–9尾，妊娠期12個月，出生體長16 cm TL，產仔季節在6–8月，臺灣分布於西部、澎湖、金門及馬祖等海域（Zheng and Qiu 1993; 邵與陳 2000; Kume et al. 2009; Rigby et al. 2020; 馬 2023; 邵 2023）。

薛氏琵琶鱗（*Rhinobatos schlegelii*）僅分布於西北太平洋1–230 m深之大陸棚底棲水域，雖然印尼爪哇島南部海域（東印度洋）有漁獲紀錄（Bintoro et al. 2021）；最大體長約100 cm TL，雄魚成熟體長約55 cm TL，胎仔數1–14尾（平均8.5尾），且與母體體型呈現正相關，而胎仔性比為1：1，臺灣分布於東北部、北部、西部、西南部及澎湖（Schluessel et al. 2015; Rigby et al. 2021; 邵 2023）。

表 6. 文獻紀錄中曾出現於臺灣海域犁頭鰻之生活史參數及棲地環境資料

Species	<i>Rhina ancylostoma</i>	<i>Rhynchobatus australiae</i>	<i>Rhynchobatus immaculatus</i>	<i>Rhynchobatus palpebratus</i>	<i>Rhynchobatus springeri</i>	<i>Glaucostegus granulatus</i>	<i>Glaucostegus typus</i>	<i>Rhinobatos hynnicephalus</i>	<i>Rhinobatos schlegelii</i>
中文名	波口鰻頭鰻	南方龍紋鰻	無斑龍紋鰻	瞬眼龍紋鰻	史氏龍紋鰻	顆粒棘琵琶鰻	大琵琶鰻	斑紋琵琶鰻	薛氏琵琶鰻
棲息深度 (m)	0-70	0-60	--	5-61	1-40	0-120	0-100	20-100	1-230
出現洋區紀錄	I-WP	I-WP	NWP	EI-WCP	EI-WCP	I, NWP	EI-WP	NWP	NWP
臺灣出現海域紀錄	N, NE, E, SW, P	NE, E, S, SW, W, NW, P	N, W, NW	N	S	N, P	N	NE, N, NW, W, P	NE, N, NW, W, SW, P
最大觀測全長 (cm)	270	300	150	262	213	229	270	100	100
性成熟全長 (cm)	150-175 (M), 180 (F)	110-130 (M), 155 (F)	--	103 (M)	115 (M)	--	150-180 (F)	38-43.1 (M), 39-47.6 (F)	55 (M)
胎仔數 (平均)	2-11	7-19 (14)	--	--	--	6-18	--	1-9	1-14 (8.5)
出生全長 (cm)	46-48	46-50	--	46-50	--	39	38-40	16	--
性成熟年齡 (yr)		5.03 (M), 3.25 (F)					6-8		
成長參數 k (yr <sup>-1</sup> )		0.035-0.07 (M), 0.06 (F)							
壽命 (yr)		40 (M), 47 (F)							
IUCN 評估	CR	CR	CR	NT	CR	CR	CR	EN	CR

I: 印度洋; EI: 東印度洋; WP: 西太平洋; WCP: 中西太平洋; NWP: 西北太平洋; N: 北部; NE: 東北部; E: 東部; S: 南部; SW: 西南部; W: 西部; NW: 西北部; P: 澎湖; M: 雄魚; F: 雌魚; CR: 極危; NT: 近危; EN: 瀕危。(資料來源: 陳等 2016; 邵與陳 2000; 馬 2023; 邵 2023; Zheng and Qiu 1993; Kume et al. 2009; Last et al. 2013; Schluessel et al. 2015; Kyne 2019; Kyne et al. 2019a, b, c, 2022; Kyne and Ebert 2019; Kyne and Rigby 2019; Rigby et al. 2020; Bintoro et al. 2021; Rigby et al. 2021; Iskandar et al. 2023; D'Alberto et al. 2024)。



### 3.1.2 臺灣出現紀錄

對9種犁頭鰻的分布及生物學概況有初步了解後，再蒐集自1990年起國內其他單位的調查研究計畫、學術論文、書籍刊物、資料庫、媒體報導等資料，盤點犁頭鰻各物種在臺灣周邊海域的出現紀錄。

#### 東岸

陳(2008)分析花蓮沿岸兩組定置網於1995–2005年間漁獲物的平均營養位階變動，顯示曾漁獲波口鰻頭鰻以及某一種龍紋鰻(文中吉打龍紋鰻應為誤鑑，然確實為何物種則未知)；游(2009)分析臺東、宜蘭、苗栗、屏東等四處定置網於1991–2008年間漁獲物的平均營養位階變動則發現，上述的波口鰻頭鰻及龍紋鰻在多個季節均會被臺東的定置網所獲；另根據媒體報導，2023年3月臺東捕獲1尾波口鰻頭鰻，到成功新港卸魚時仍為活體，魚販購買後予以野放(<https://www.cna.com.tw/news/ahel/202303080300.aspx>)；另1尾波口鰻頭鰻的懷孕個體於9月在宜蘭海域捕獲，然運送至南方澳漁港時已經死亡(<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4440548>)；查詢台灣生物多樣性網絡(<https://www.tbn.org.tw>)，顯示波口鰻頭鰻在宜蘭及臺東有出現紀錄，龍紋鰻物種(*Rhynchobatus* spp.)在宜蘭及臺東也有出現紀錄，薛氏琵琶鰻(含臺灣琵琶鰻)及斑紋琵琶鰻在宜蘭及基隆有出現紀錄。

#### 西岸

陳等(2016)即描述1尾波口鰻頭鰻於高雄外海被拖網所獲；周等(2017)記錄無斑龍紋鰻及斑紋琵琶鰻於彰化海域被底刺網所漁獲；陳等(2019)指出南方龍紋鰻一年四季皆會被於臺南海域作業之刺網船所漁獲；陳等(2020、2021)以及康等(2022)表示在彰化風場的離岸測站可發現南方龍紋鰻及無斑龍紋鰻，其中無斑龍紋鰻為離岸測站中生物量最優勢種，同時也出現於苗

栗風場海域，而斑紋琵琶鱸則出現於雲林風場海域；莊等（2021、2022）於西岸由北（桃園）至南（屏東）選擇八處重點漁港進行軟骨魚類調查，其中南方龍紋鱸在110年為魷鱈類記錄頻度第三高物種，在苗栗（龍鳳漁港）、臺中（梧棲漁港）、雲林（台子村漁港）、嘉義（東石漁港）、臺南（將軍漁港）、高雄（蚵仔寮漁港）及屏東（東港漁港）皆有漁獲紀錄，另外無斑龍紋鱸在嘉義有漁獲紀錄，而薛氏琵琶鱸則出現在臺中，到了111年無斑龍紋鱸（出現於南部、西南部及西北部漁港）及薛氏琵琶鱸（出現於西北部及西南部漁港）同為魷鱈類第四優勢種，南方龍紋鱸則於西南部及南部漁港有漁獲紀錄；劉等（2021、2022）的報告中顯示無斑龍紋鱸為桃園永安漁港漁獲量前十大物種；查詢台灣生物多樣性網絡的資料，發現南方龍紋鱸出現於彰化海域，無斑龍紋鱸出現於臺中、彰化及臺南海域，不確定之龍紋鱸物種（*Rhynchobatus* spp.）出現於新北及苗栗海域，斑紋琵琶鱸出現於苗栗海域，薛氏琵琶鱸（含臺灣琵琶鱸）出現於新北、臺中及屏東海域；最後根據媒體報導，2011年臺中一梧棲漁港籍之拖網漁船於臺中港外海捕獲3000多公斤龍紋鯊（龍紋鱸及琵琶鱸），以每公斤價格110元售出，共獲利30萬元（<https://e-info.org.tw/node/66287>），另臺中區漁會的網頁中介紹：「梧棲漁港四季各有特色漁獲，不論是夏季的龍紋鯊、秋季的蝦蟹、……」，顯示臺中、彰化海域可捕獲許多犁頭鰻（<https://www.tcfish.org.tw/pages/sales/index.php>），需要更詳盡地調查紀錄。

## 離島

陳（2003）調查1991–2000年澎湖海域的魚類相，所記錄到的犁頭鰻物種分別有波口鰻頭鰻、南方龍紋鱸（原文為吉達龍紋鱸）、斑紋琵琶鱸及薛氏琵琶鱸（原文分別有臺灣琵琶鱸及薛氏琵琶鱸）等；張等（2019）的報告中顯示，金門海域可漁獲斑紋琵琶鱸及薛氏琵琶鱸，其中斑紋琵琶鱸於主要漁獲

物種數目中排名第12多；馬（2023）分析本所試驗船水試二號2021年於金門海域進行拖網調查的軟骨魚類漁獲，發現斑紋琵琶鱸為排名前三的優勢種；邵與陳（2000）記錄到斑紋琵琶鱸及薛氏琵琶鱸出現於馬祖海域；另從臺灣生物多樣性網絡資料中，顯示薛氏琵琶鱸於澎湖有出現紀錄。

由上述資料中，可以發現出現於臺灣周邊海域的犁頭鰻物種紀錄主要有五種，分別是波口鰻頭鱸，出現於東部、東北部、西南部及澎湖海域；無斑龍紋鱸出現於西北部、西部及西南部沿近海域；南方龍紋鱸除西北部、西部及西南部海域外，亦會出現於澎湖海域；斑紋琵琶鱸及薛氏琵琶鱸則從東北部、北部、西北部、西部、西南部至澎湖、金門及馬祖等離島都有出現紀錄；不確定的龍紋鱸物種還會出現於東部、東北部、北部、西北部及臺中海域，而不確定的琵琶鱸物種會出現於臺中海域，未來還需更詳細調查（圖15）。

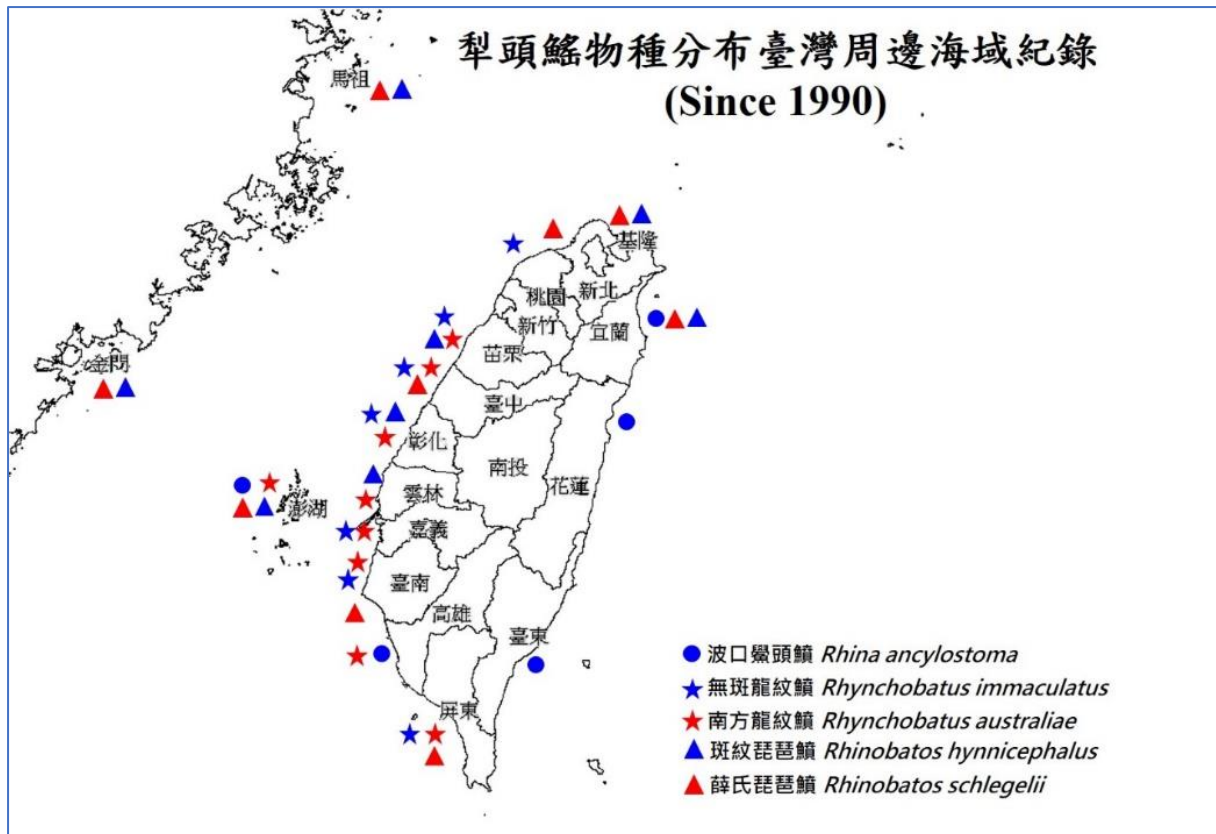


圖 15. 1990 年至今文獻紀錄中臺灣 5 種常見犁頭鰻於臺灣周邊海域之分布地區。圖中犁頭鰻物種位置非海域中相對位置，僅表示出現於行政區域劃分之海域。(資料來源：陳等 2016; 邵與陳 2000; 馬 2023; 邵 2023; Zheng and Qiu 1993; Kume et al. 2009; Last et al. 2013; Schluessel et al. 2015; Kyne 2019; Kyne et al. 2019a, b, c, 2022; Kyne and Ebert 2019; Kyne and Rigby 2019; Rigby et al. 2020; Bintoro et al. 2021; Rigby et al. 2021; Iskandar et al. 2023; D'Alberto et al. 2024)。

## 3.2 盤查臺灣犁頭鰻資源概況

### 3.2.1 港口現地調查

計畫執行初期，由於對犁頭鰻的漁獲現況所知不多，遂探訪數處西岸及澎湖的港口、魚市場，包括臺中松柏漁港及梧棲漁港、彰化溫仔漁港、雲林箔子寮漁港、嘉義布袋漁港及東石漁港、臺南將軍漁港及南市區漁會魚市場（安平漁港）、高雄蚵仔寮漁港、屏東東港漁港、澎湖第三漁港魚市場及鎖港漁港，採樣作業模式概述如下：

1、松柏漁港：為一候潮港，漁獲來源全為刺網，清早部分船家及魚販會於

漁港周邊販售當地漁獲物（圖 16）。

- 2、梧棲漁港：漁船主要卸魚及拍賣時間為半夜至清晨，主要作業方式為底拖網、刺網及一支釣；梧棲觀光魚市場另有零售攤位 販售魚貨，但是必須確定水產品來源（圖 17）。
- 3、塭仔漁港：漁船多為下午進港，主要作業方式為雙拖網及刺網，以往還有目標漁獲龍紋鱸的龍紋（刺）網，但近兩年因中國不再收購龍紋鱸，近來很少使用；沒有拍賣系統，漁獲直接販售（圖 18）。
- 4、箔子寮漁港：由於港口淤沙，魚貨交易已不具規模（圖 19）。
- 5、東石漁港：當地漁獲於下午一點半進行拍賣，但周邊的水產品攤商從早上便開始販售（圖 20）。
- 6、布袋漁港：當地漁獲於中午進行拍賣，拍賣處緊鄰觀光魚市場，亦有許多各地來的水產品（圖 21）。
- 7、將軍漁港：將軍漁港為複合式用途之漁港，設有魚貨拍賣中心，僅有承銷人能夠參與拍賣，部分當地漁獲會於上午約十點半進行拍賣，主要水產品魚貨則下午約一點拍賣（圖 22）。
- 8、南市區漁會魚市場：魚市場就在安平漁港旁，漁船會於半夜開始卸魚，市場的魚貨則以來源分為養殖及野生兩大區，大約凌晨一點開始交易販售（圖 23）。
- 9、蚵仔寮漁港：漁船多在中午時分進港卸魚並拍賣，下雜魚則會在漁港另一處，拍賣市場的對面卸魚（圖 24）。
- 10、東港漁港：東港漁港為擁有多種漁業漁船之大型漁港，經初步調查後，僅由底拖網下雜魚處尋找犁頭鰻個體。
- 11、澎湖第三漁港魚市場：半夜三、四點漁獲物便會陳列於拍賣處等待拍賣，

部分漁獲亦會在拍賣後移至旁邊零售攤位販售，軟骨魚則通常不進入拍賣，由少數專門收購軟骨魚的魚販運走做後續處理（圖 25）。

12、鎖港漁港：鎖港漁港雖擁有數種不同漁業之漁船停靠，但僅有定置漁業之漁獲會漁港邊直接販售，每天上午及下午各一次收網作業（圖 26）。

探訪過西部、西南部及澎湖之多數漁港、魚市場後，以臺中梧棲漁港及澎湖魚市場發現最多犁頭鰻，在有限的資源內，以這兩處的犁頭鰻漁獲為主，其次為彰化塭仔漁港，幾乎每次探訪就會記錄到犁頭鰻，惟數量不多，而雲林地區則委由「雲林縣近沿海作業漁船協會」協助蒐集犁頭鰻樣本。其他地方則很少漁獲犁頭鰻，有也僅零星捕獲。



圖 16. 松柏漁港屬候潮港（左），漁獲於清早在漁港周邊販售（右）。（徐華遜，2024/2/29，松柏漁港）。





圖 17. 臺中梧棲漁港卸魚拍賣處（左上、右上）及零售販賣處之漁獲物（左下、右下）。（徐華遜，2022/1/26–27，梧棲漁港）。



圖 18. 塭仔漁港之零售攤，偶爾可見龍紋鱗（左）及琵琶鱗（右）等漁獲。（徐華遜，2024/3/4，2023/12/21，塭仔漁港）。





圖 19. 箔子寮漁港現今之功能多僅供船舶停靠。(賴繼昌，2024/2/28，箔子寮漁港)。



圖 20. 東石漁港漁獲於下午時分開始拍賣。(賴繼昌，2024/2/28，東石漁港)。





圖 21. 布袋漁港拍賣處（左）以及觀光魚市場水產品攤位（右）。（徐華遜，2024/2/28，布袋漁港）。



圖 22. 將軍漁港部分漁獲在上午進行拍賣（左），亦可看到軟骨魚類（右）。（徐華遜，2024/2/28，將軍漁港）。



圖 23. 安平漁港漁船於半夜卸魚（左），之後送至合作的攤商交易販售（右）。（徐華遜，2024/5/29，安平漁港）。



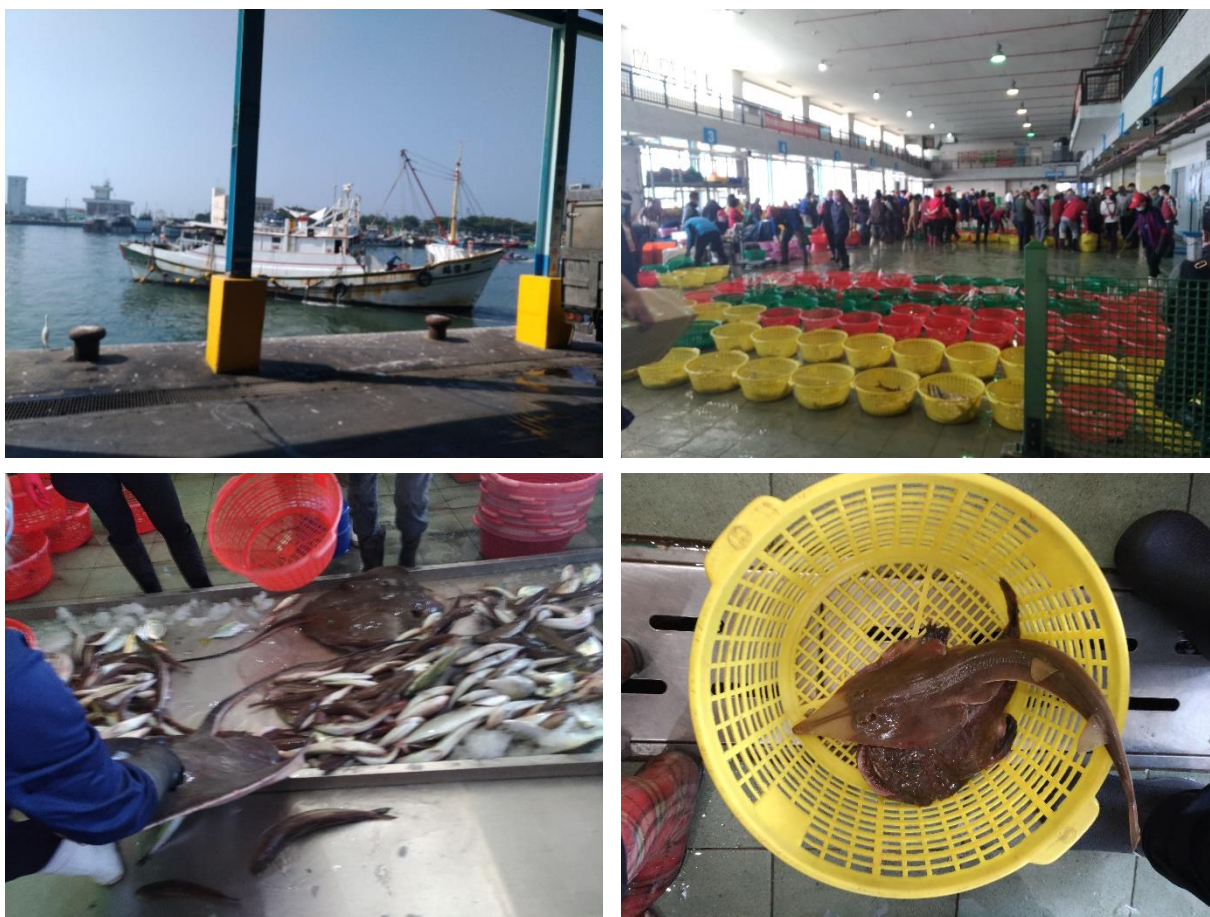


圖 24. 高雄蚵仔寮漁港漁船回港（左上）、漁獲拍賣（右上、左下）及琵琶鱸等漁獲（右下）。（徐華遜，2022/1/14，蚵仔寮漁港）。



圖 25. 澎湖第三漁港漁船將軟骨魚類卸魚後（左），由專門收購軟骨魚之魚販運走處理（右）。（徐華遜，2024/4/30，2024/3/26，澎湖第三漁港）。



圖 26. 鎖港定置網作業之漁獲。(徐華遜，2024/6/11，澎湖鎖港)。

### 3.2.2 犁頭鰻物種紀錄

截至目前為止，能辨識並確認的犁頭鰻有 6 種，分別是波口鰻頭鰻、南方龍紋鰻、無斑龍紋鰻、史氏龍紋鰻、斑紋琵琶鰻以及薛氏琵琶鰻（圖 27–32）。另有發現數尾身體滿佈白斑且無任何黑斑之龍紋鰻個體（圖 33），可能是無斑龍紋鰻之第三種型態，或者為新一龍紋鰻物種，需要進一步確認。





圖 27. 波口鰐頭鯊。(Male, 201 cm TL, 徐華遜, 2024/6/12, 澎湖鎮海私人養殖場)。



圖 28. 兩種不同體表斑紋類型之南方龍紋鯊。(上圖：Female, 107.1 cm TL, 陳安建, 2024/5/3, 澎湖第三漁港魚市場；下圖：Male, 122.1 cm TL, 陳安建, 2024/5/27, 澎湖第三漁港魚市場)。



圖 29. 兩種不同體表斑紋類型之無斑龍紋鱔。(上圖：Female, 159.0 cm TL，鄭群學，2024/5/9，梧棲漁港；下圖：Female, 101.0 cm TL，鄭群學，2024/5/18，採自台西外海)。



圖 30. 史氏龍紋鱔。(Male, 150.0 cm TL，吳浩祥，2024/9/14，梧棲漁港)。





圖 31. 兩種不同體表斑點類型之斑紋琵琶鱔。(上圖：Female, 61.0 cm TL，徐華遜，2024/5/16，採自梧棲漁港；下圖：Female, 56.5 cm TL，徐華遜，2023/7，採自馬祖南竿)。



圖 32. 薛氏琵琶鱔。(Female, 97.0 cm TL，徐華遜，2024/4/29，澎湖第三漁港魚市場)。



圖 33. 尚未確認物種之龍紋鱔個體。(Female, 165.1 cm TL, 陳安建, 2024/8/30, 澎湖第三漁港魚市場)。

### 3.2.3 DNA 條碼

本研究 95 尾進行基因序列比對的龍紋鱔樣本，由於龍紋鱔資料嚴重缺乏，NCBI Genbank BLAST 僅有庫氏龍紋鱔 (*Rhynchobatus cooki*) 及光滑龍紋鱔 (*Rhynchobatus laevis*)，而比對結果相似度太低 ( $<96\%$ )，顯示並非上述兩物種；另跟 BOLD 比對，與其中 1 尾編號 AAC4066 的樣本相似度達到 99.509%，該樣本為中央研究院 2007 年於宜蘭所採集的吉達龍紋鱔，而 2015 年 6 月中央研究院重新檢視該樣本，認定 AAC4066 應為無斑龍紋鱔，顯示本研究送驗之樣本，DNA 序列比對的結果均為無斑龍紋鱔，然而本研究由型態分類，可明確區別出至少三種龍紋鱔（南方龍紋鱔、無斑龍紋鱔及史氏龍紋鱔），故目前物種判別，仍應以型態辨識為主，未來需用其他分子生物分析的方式（如微衛星定序、次世代定序等），做進一步研究。

### 3.2.4 犁頭鰻物種漁業分布及體長季別變化

本計畫結合其他研究調查計畫（包括中能發電股份有限公司所委託的「中能離岸風場海域軟骨魚類資源調查計畫」，以及與美國喬治亞水族館、國立臺灣海洋大學合作的「以超音波標識籤追蹤鯨鯊及其他重要軟骨魚類計畫」），自 2023 年 2 月至今（2024）年所記錄採樣之犁頭鰻共 1,295 尾，資料

合併分析，各月份及地點所採樣的犁頭鰻物種紀錄如表 7 及表 8：

**表 7. 2023 年 2 月至 2024 年 10 月於臺灣西部、西南部及澎湖各月別所採樣紀錄之犁頭鰻**

採計月別 (年/月)	波口 鰲頭鰻	南方 龍紋鰻	無斑 龍紋鰻	史氏 龍紋鰻	斑紋 琵琶鰻	薛氏 琵琶鰻	小計
2023/2	0	0	5	0	8	0	13
2023/7	0	0	1	0	0	0	1
2023/9	0	0	3	0	0	0	3
2023/10	0	1	2	0	0	0	3
2023/12	0	2	5	0	0	0	7
2024/1	0	11	14	0	1	4	30
2024/2	0	0	5	0	5	1	11
2024/3	0	55	30	0	6	67	158
2024/4	1	17	32	0	0	114	164
2024/5	1	32	44	6	4	26	113
2024/6	1	58	87	10	2	250	408
2024/7	0	15	233	10	3	5	266
2024/8	1	14	61	3	0	17	96
2024/9	1	11	1	3	0	0	16
2024/10	0	0	0	0	0	6	6
總計	5	216	523	32	29	490	1,295

**表 8. 2023 年 2 月至 2024 年 10 月於臺灣西部、西南部及澎湖各海域所採樣紀錄之犁頭鰻**

採計海域	波口 鰲頭鰻	南方 龍紋鰻	無斑 龍紋鰻	史氏 龍紋鰻	斑紋 琵琶鰻	薛氏 琵琶鰻	小計
苗栗	0	0	4	1	0	0	5
臺中	0	0	86	3	14	2	105
彰化	0	6	35	5	9	0	55
雲林	0	0	323	17	4	0	344
嘉義	0	0	5	0	0	0	5
高雄	0	1	6	0	2	1	10
澎湖	5	209	64	6	0	487	771
總計	5	216	523	32	29	490	1,295

以下分別說明 6 種犁頭鰻漁業分布及體長季別變化情形：

(a) 波口鰲頭鰻：僅於澎湖記錄到 5 尾個體。其中 1 尾於 2024 年 4 月，體重約 50–60 公斤，由國立海洋生物博物館購得；另 1 尾 2024 年 5 月於澎湖南方外海漁獲，為 201 cm TL、79 kg TW 的成熟雄魚，先安置於澎湖一私人養殖場，後於 6 月 12 日安裝 MiniPAT 標識籤，6 月 15 日於澎湖鳥嶼外海放流；第 3 尾為 2024 年 6 月他人於澎湖魚市場目擊到之個體，為 1 歲



以內之幼魚，然並無其他更詳細資料；第 4、5 尾分別為 8、9 月間，澎湖底延繩釣船所捕獲，均由澎湖私人養殖場購得，然並無其他更詳細資料。

(b) 南方龍紋鱔：自 2023 年 10 月至 2024 年 9 月共有 216 尾確認的南方龍紋鱔紀錄，大多數 (96.8%) 個體於澎湖魚市場所記錄，以刺網及底延繩釣所獲，6 尾 (2.8%) 於彰化外海以拖網及刺網捕獲，1 尾 (0.5%) 於高雄外海以拖網所捕獲。從體長頻度分布的季別變化可以看出，最小的幼魚 (比出生體長大約 15 公分) 出現於秋季，顯示南方龍紋鱔應於夏天產出，但要成長至秋天才會開始進入漁場，夏天是盛漁期，除了有最多的幼魚外，也能捕獲到較多的成熟個體 (圖 34)。

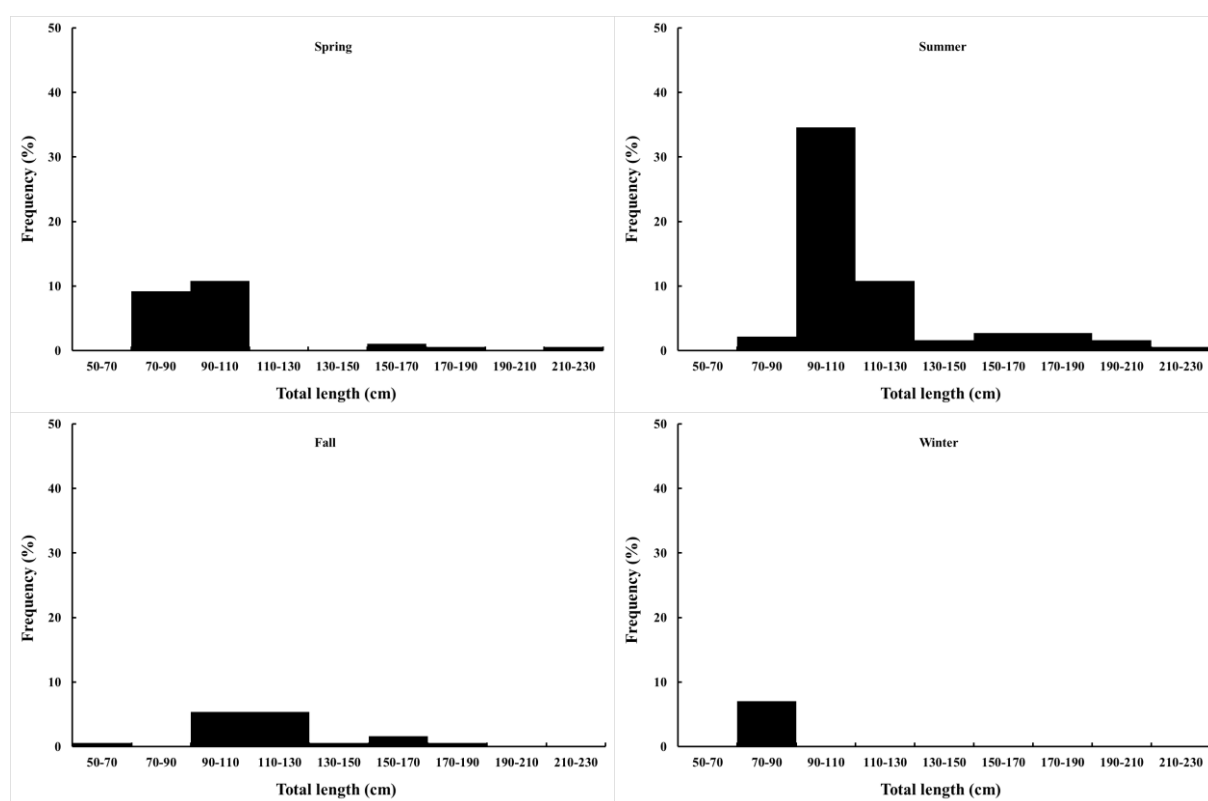


圖 34. 2023 年 10 月至 2024 年 9 月南方龍紋鱔採樣之體長頻度季別變化。

(c) 無斑龍紋鱔：自 2023 年 9 月至 2024 年 9 月共有 523 尾確認的無斑龍紋鱔紀錄，多數 (85.9%) 個體於臺灣西部沿近海域所獲，部分 (12.2%) 則是在澎湖周邊海域捕獲，苗栗及高雄海域則分別有 4 尾 (0.8%) 及 6 尾 (1.1%)

的漁獲紀錄；西部海域的個體除了 2 尾被一支釣漁船所捕獲外，其他皆以拖網及刺網捕獲，澎湖海域的個體漁獲方式則有拖網、刺網及底延繩釣。從體長頻度分布的季別變化發現，初生幼魚大量出現在夏季，同時也有較多的成熟個體被捕獲，體長分布明顯隨著季節變化推移，冬季漁獲最少，春季才開始增加（圖 35）。

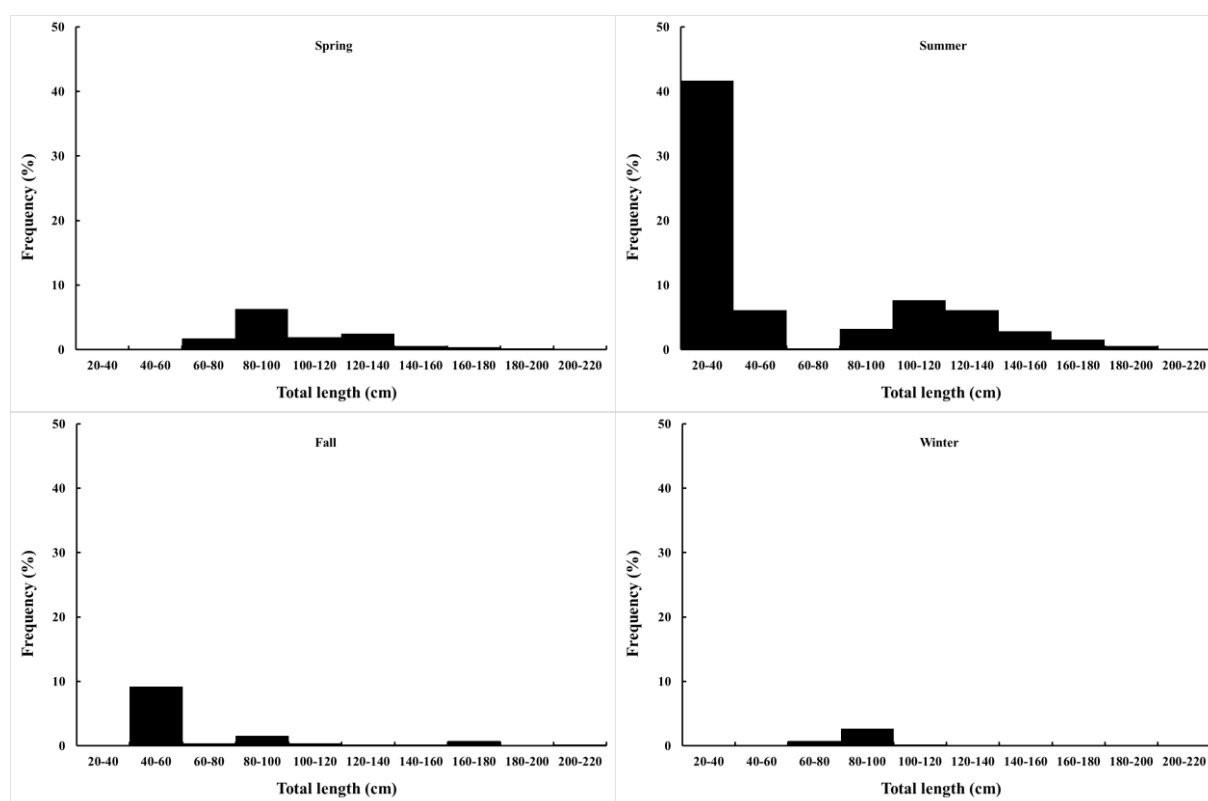


圖 35. 2023 年 10 月至 2024 年 9 月無斑龍紋鱗採樣之體長頻度季別變化。

(d) 史氏龍紋鱗：本種漁獲數量較低，僅有 33 尾確認紀錄，這些個體混雜於南方龍紋鱗及無斑龍紋鱗之中，漁獲範圍於臺灣西部從苗栗通霄外海往南至雲林箔子寮外海，澎湖外海亦有零星分布；漁獲季節主要在夏季（90.9%），剩下 3 尾個體（9.1%）於初秋（9 月）所捕獲。

(e) 斑紋琵琶鱗：總共 27 尾個體在冬末至晚秋（1-7 月）於臺中、彰化及雲林沿海被刺網及拖網零星漁獲，另有 2 尾個體 7 月被高雄蚵仔寮拖網船所

混獲；29 尾斑紋琵琶鱸中，有 1 尾出生 1 年內的幼魚（Young of the year, YOY）出現於雲林口湖外海（7 月），18 尾（62.1%）懷孕的個體中有 16 尾於臺中、彰化海域所捕獲，1 尾在雲林，1 尾在高雄，這些懷孕的個體主要是在 2 月出現（12 尾，66.7%）。

(f) 薛氏琵琶鱸：從 2024 年 1–6 月共記錄 490 尾，其中 3 尾（0.6%）分別在 2、3、4 月於臺灣西部外海（高雄及臺中）被拖網所獲，其餘 487 尾（99.4%）皆於澎湖魚市場所記錄，分別被底延繩釣及刺網捕獲。所有個體中僅有 9 尾（1.8%）幼魚，35 尾（7.1%）亞成魚，其餘 446 尾（91.0%）皆是成魚。此外，於 3 月及 4 月各有一次大量個體（超過 50 尾）被同時捕獲，分別是 66 尾及 111 尾，6 月也有 2 次分別是 53 尾及 69 尾，顯示本種有明顯群聚行為。根據體長頻度季別變化，發現秋、冬季漁獲很少，且完全沒有幼魚，而成熟個體在春、夏兩季被大量漁獲（圖 36）。

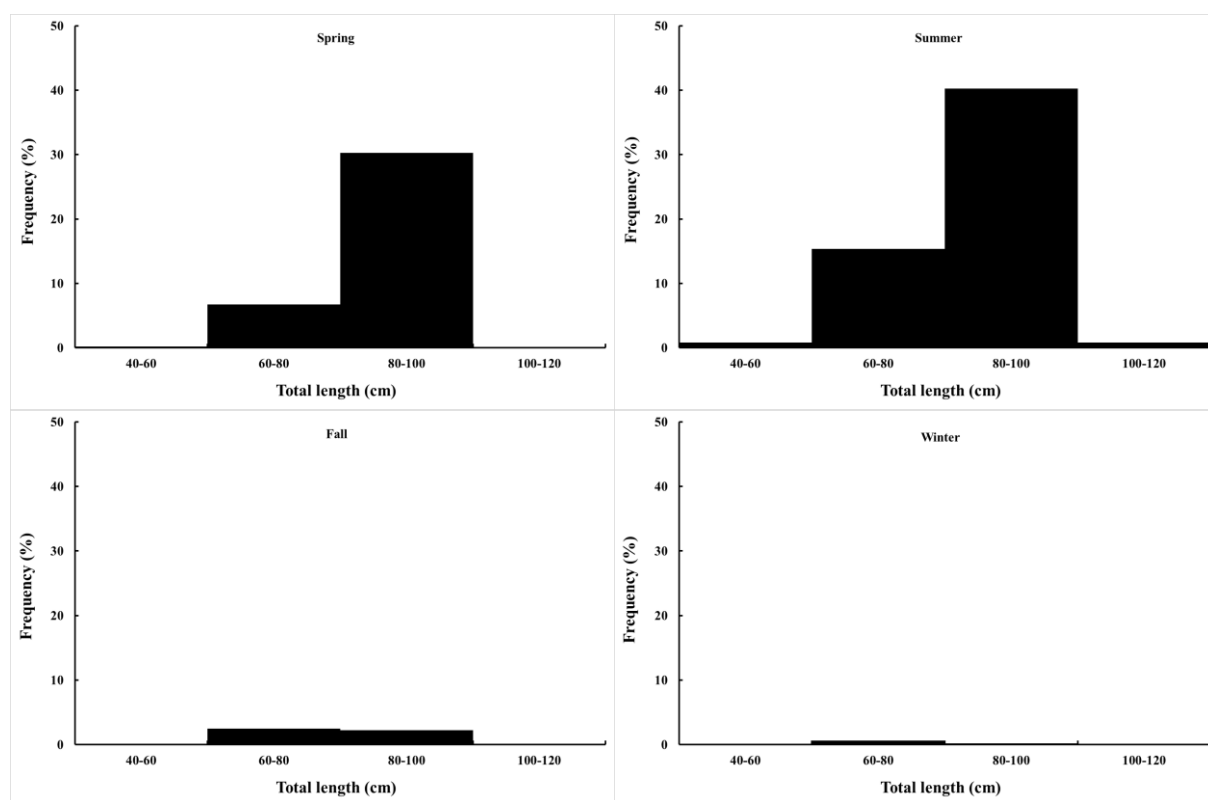


圖 36. 2024 年 1 至 10 月薛氏琵琶鱸採樣之體長頻度季別變化。

總的來說，波口鰲頭鱖僅零星捕獲，其餘3種龍紋鱖及薛氏琵琶鱖都在夏季漁獲量達到最高，只有斑紋琵琶鱖於春季較常出現（圖37）；以地區海域來看，澎湖海域犁頭鰻種類最多，漁獲數量也最高，西部海域的犁頭鰻則多集中於臺中至雲林海域（圖38、39）；若從漁獲地點分布來看，臺中至雲林的沿近海域，為主要的漁獲地點，而澎湖所紀錄之犁頭鰻，僅有一批薛氏琵琶鱖得知詳細經緯度資料（七美外海），未來還需加強漁獲地點的調查（圖40）。

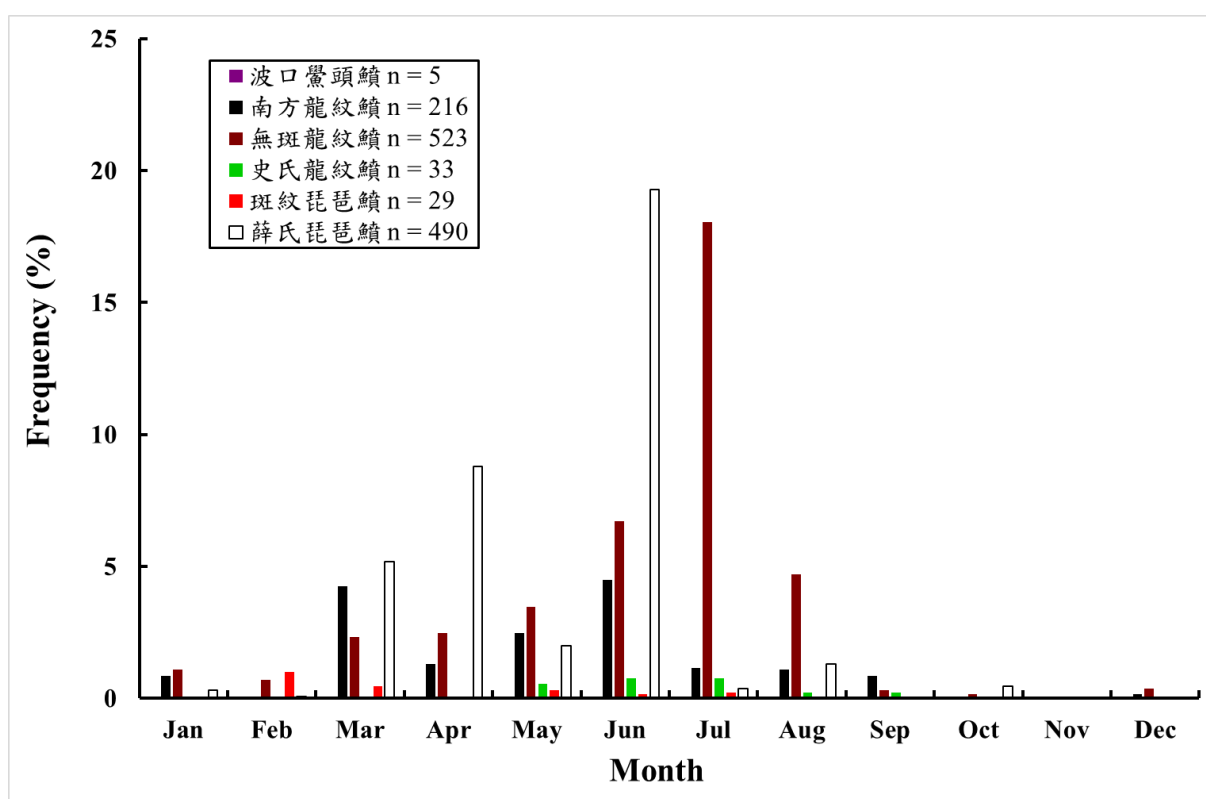


圖 37. 各犁頭鰻物種採樣出現頻度月別變化情形。

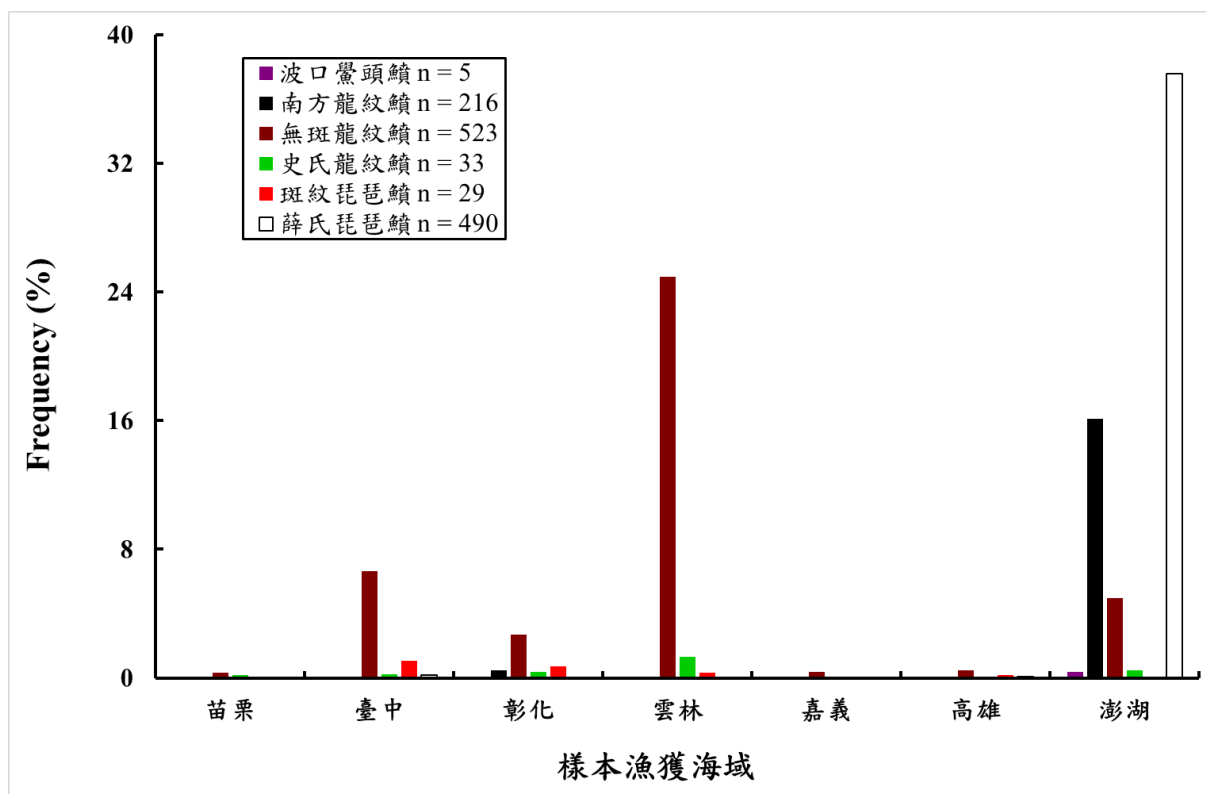


圖 38. 各犁頭鰻物種採樣出現於不同海域頻度變化情形。

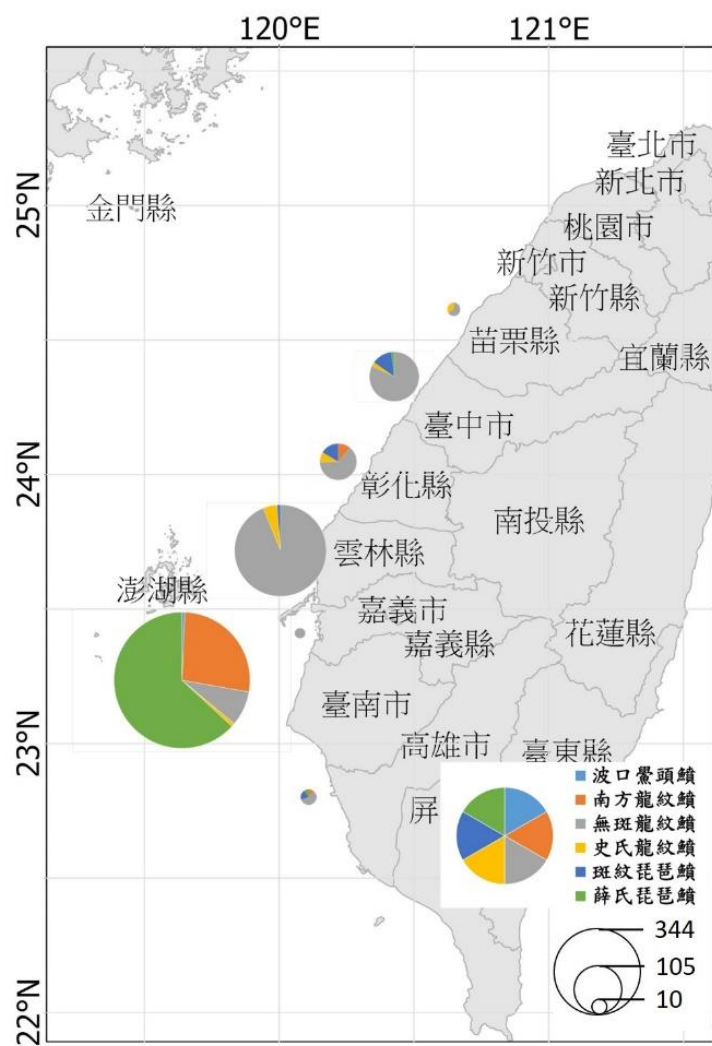


圖 39. 各犁頭鰻物種採樣於不同地區海域數量分布情形。

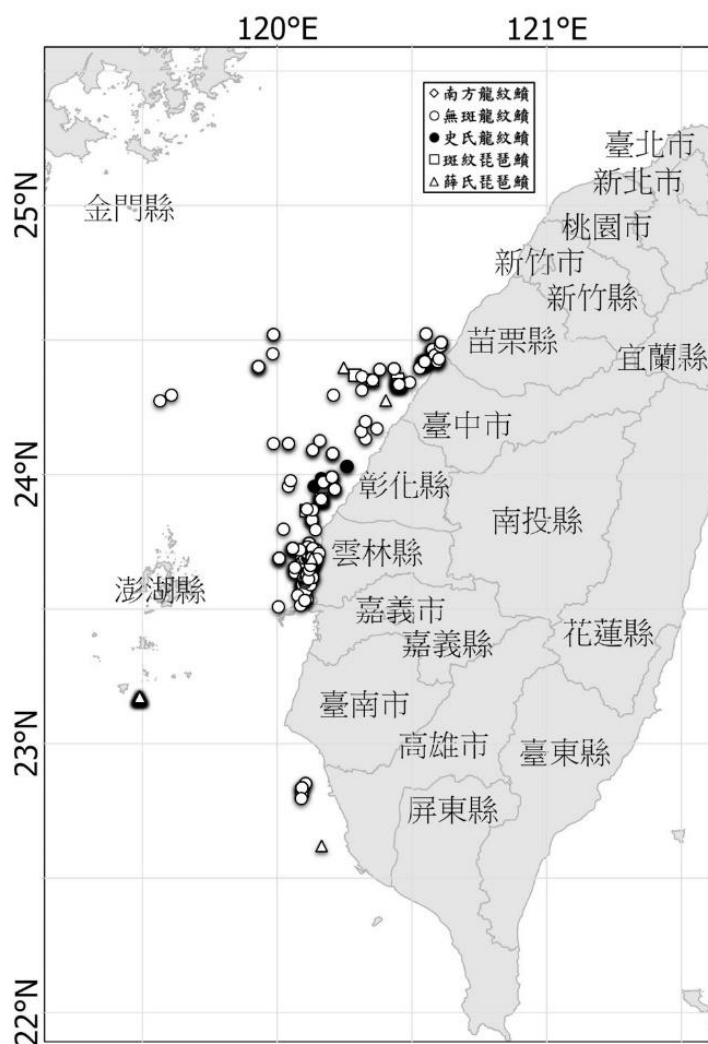


圖 40. 各犁頭鰻物種採樣漁獲地點分布情形。

### 3.3 漁業生物學研究

#### 3.3.1 體長與體重關係

波口鰻頭鰻僅有 1 尾樣本記錄完整體長不予以分析，其他 5 種犁頭鰻之 TL (cm) 分別與 PCL (cm) 及 FL (cm) 之間的關係，在雌雄間沒有顯著差異 ( $P > 0.01$ ) (表 9)，5 種犁頭鰻的 TL-PCL 及 TL-FL 關係式如表 10。

表 9. 犁頭鰻 TL-PCL 及 TL-FL 線性迴歸模式雌雄間差異檢定

犁頭鰻物種	TL-PCL		TL-FL	
	檢定值 F	機率 P	檢定值 F	機率 P
南方龍紋鰻	1.107	0.294	0.179	0.673
無斑龍紋鰻	4.205	0.041	4.231	0.041
史氏龍紋鰻	2.200	0.151	1.245	0.276
斑紋琵琶鰻	0.077	0.784	--	--
薛氏琵琶鰻	0	0.997	--	--

表 10. 根據 2023–2024 年所採樣各犁頭鰻物種不同體長間之關係

犁頭鰻物種	TL-PCL (n, r <sup>2</sup> )	TL-FL (n, r <sup>2</sup> )	TL range (cm)
南方龍紋鰻	TL = 1.185 PCL – 0.515 (214, 0.99)	TL = 1.094 FL – 1.576 (214, 0.99)	68.0–221.5
無斑龍紋鰻	TL = 1.182 PCL – 0.635 (324, 0.99)	TL = 1.082 FL – 0.907 (324, 0.99)	27.2–211.9
史氏龍紋鰻	TL = 1.218 PCL – 2.527 (27, 0.99)	TL = 1.090 FL – 0.918 (27, 0.99)	34.2–234.0
斑紋琵琶鰻	TL = 1.146 PCL – 0.962 (25, 0.95)	--	47.0–71.0
薛氏琵琶鰻	TL = 1.082 PCL + 2.893 (486, 0.96)	--	55.0–103.9

除了波口鰻頭鰻外，其他 5 種犁頭鰻的體重與體長關係，經最大概似比率法檢定後，皆顯示雌雄間無顯著差異 ( $P > 0.01$ )，遂將雌雄資料合併處理，其關係如表 11 及圖 41–45。

表 11. 根據 2023–2024 年所採樣各犁頭鰻物種體重與體長間之關係

犁頭鰻物種	體重 (kg) 與體長 (cm) 關係	樣本數	雌雄差異檢定機率
南方龍紋鰻	$TW = 2.465 \times 10^{-6} TL^{3.145}$	n = 83	P = 0.016
無斑龍紋鰻	$TW = 1.684 \times 10^{-6} TL^{3.239}$	n = 284	P = 0.681
史氏龍紋鰻	$TW = 1.722 \times 10^{-6} TL^{3.218}$	n = 21	P = 0.520
斑紋琵琶鰻	$TW = 6.069 \times 10^{-7} TL^{3.414}$	n = 23	P = 0.433
薛氏琵琶鰻	$TW = 5.467 \times 10^{-7} TL^{3.366}$	n = 85	P = 0.039



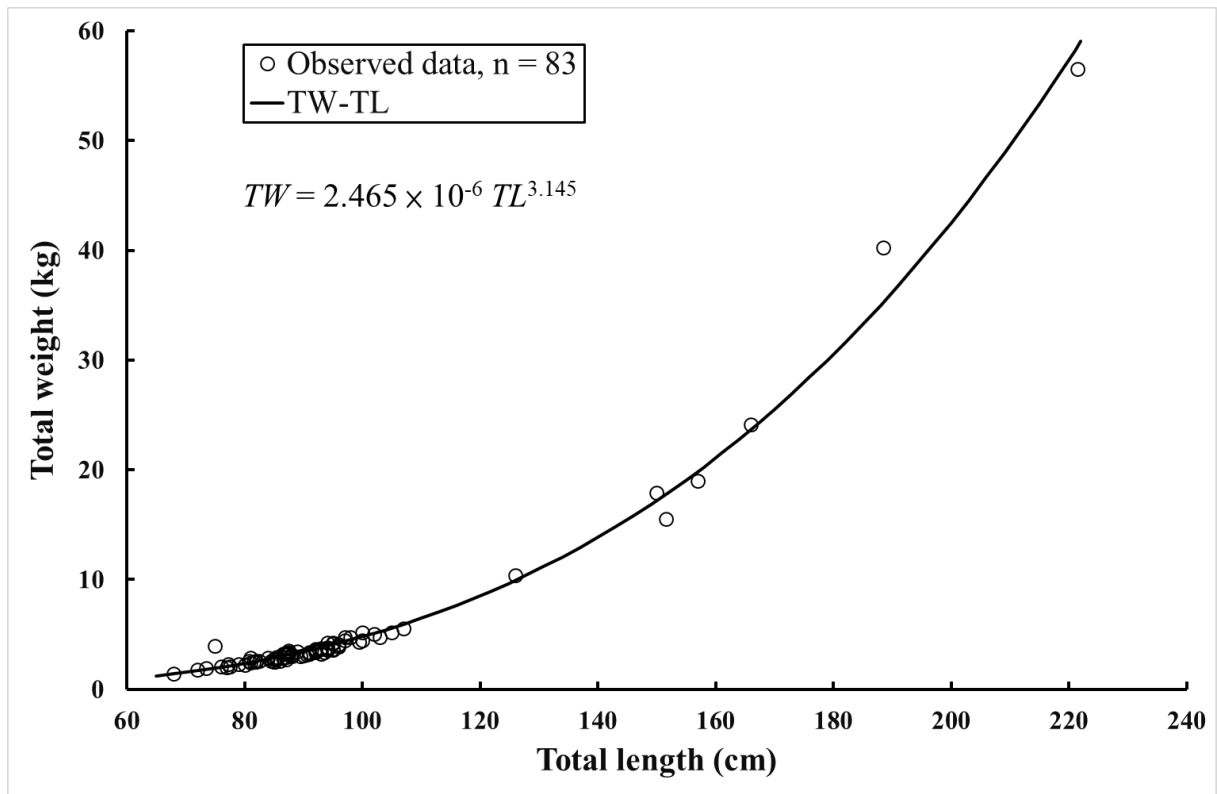


圖 41. 南方龍紋鱗體重與體長關係。

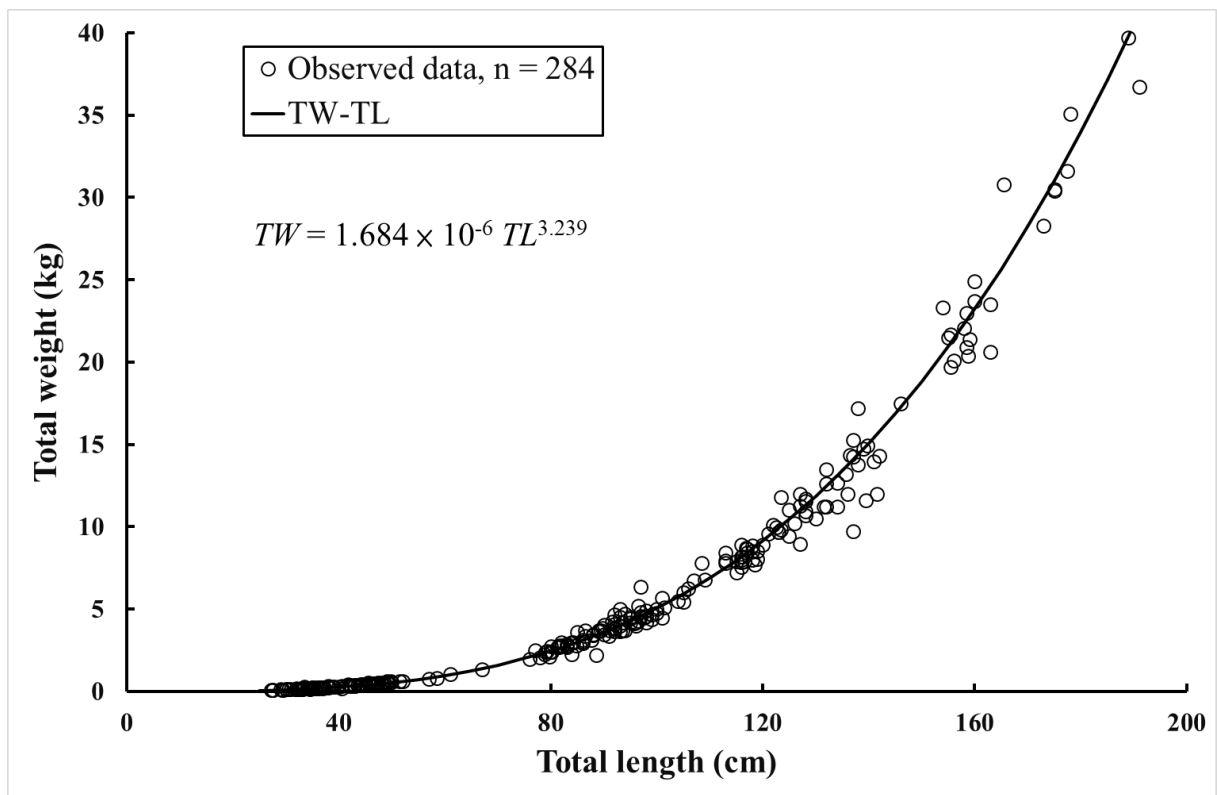


圖 42. 無斑龍紋鱗體重與體長關係。

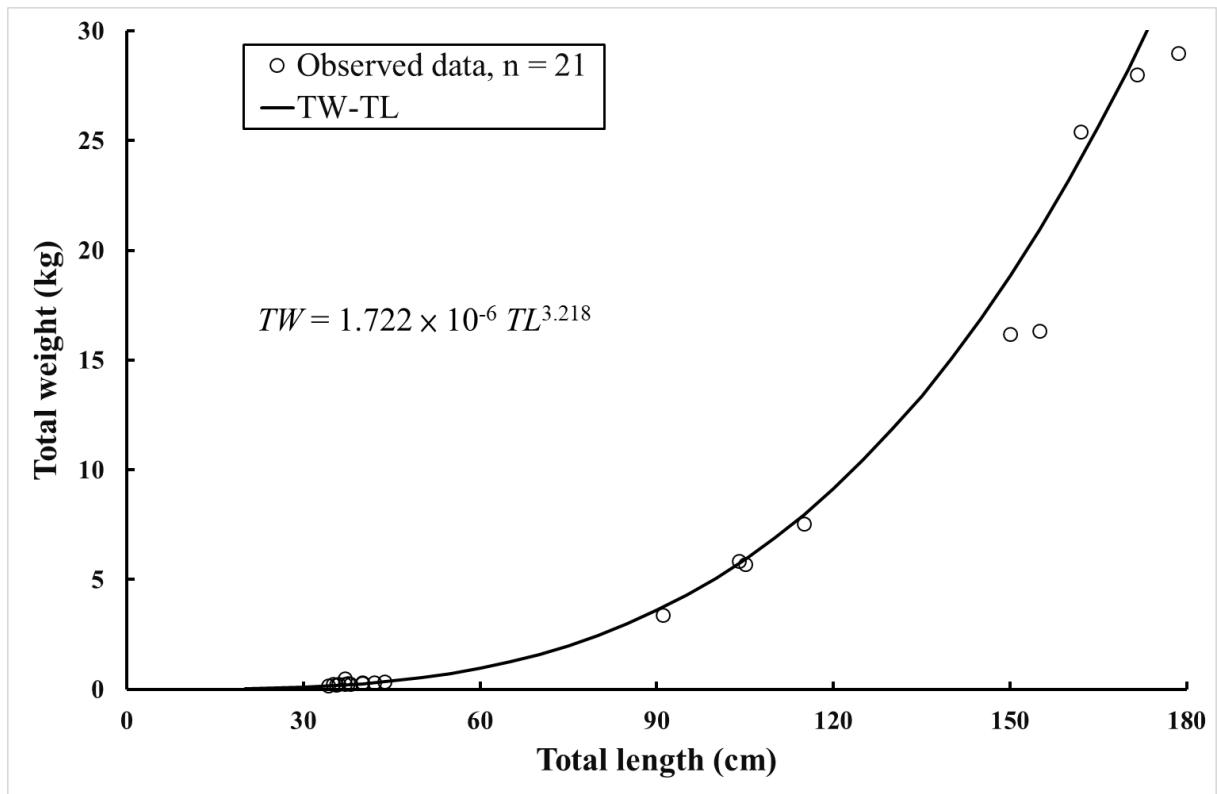


圖 43. 史氏龍紋鱗體重與體長關係。

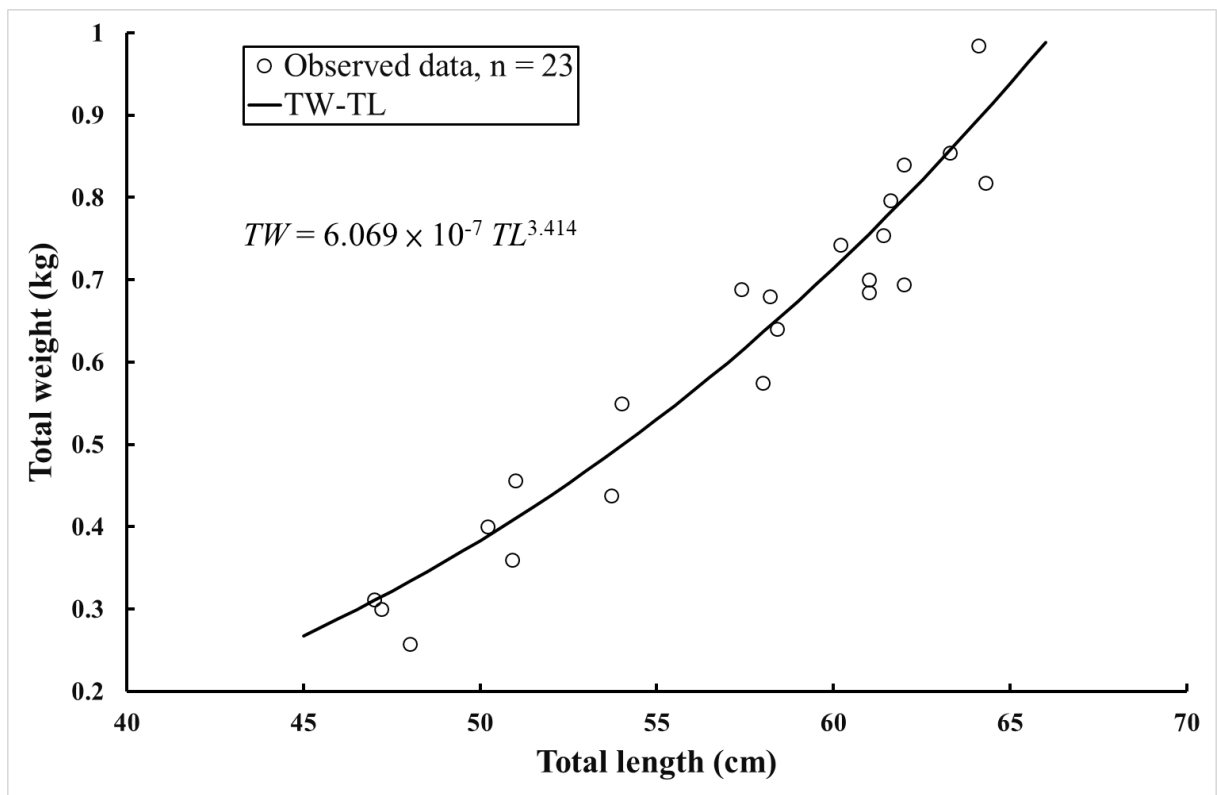


圖 44. 斑紋琵琶鱗體重與體長關係。

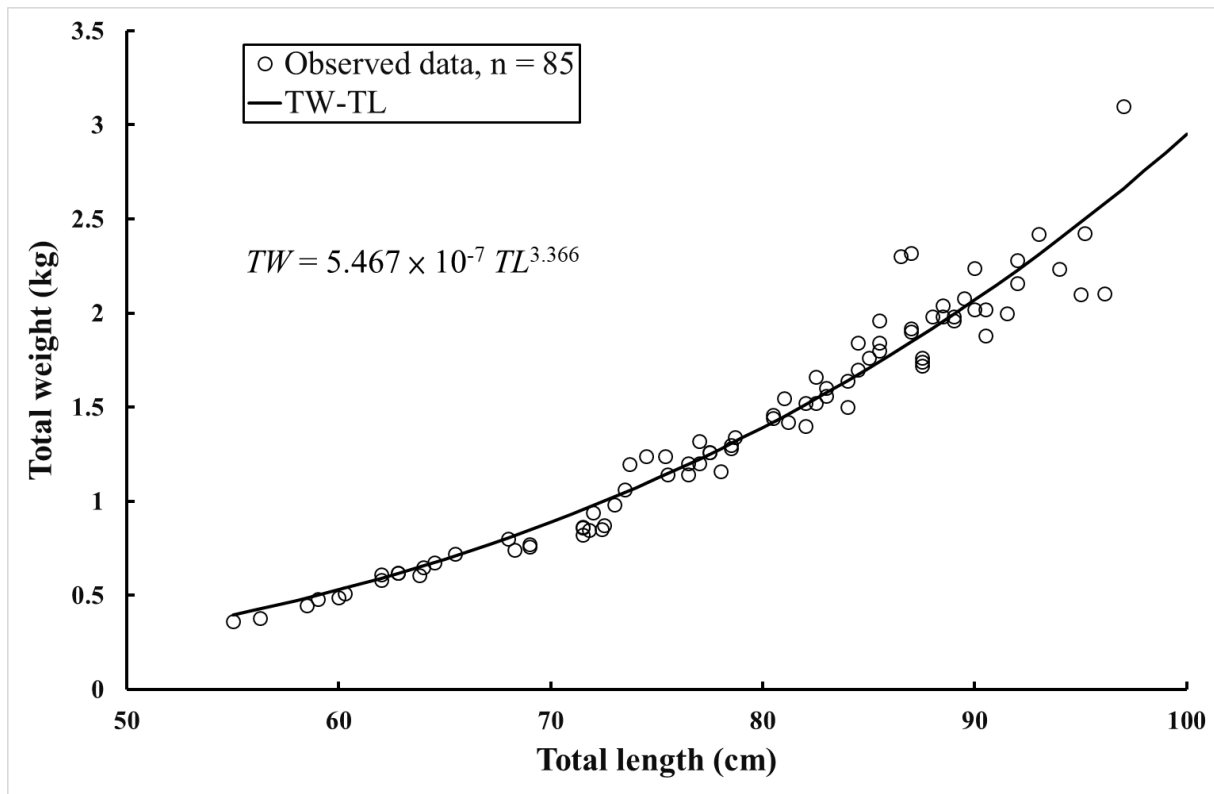


圖 45. 薛氏琵琶鱖雌魚體重與體長關係。

### 3.3.2 生殖生物學

由於採樣的關係，各物種有不同程度之研究成果，以下就各犁頭鰻物種分別說明：

#### (a) 波口鰻頭鰻

前述暫時安置於澎湖私人養殖場之波口鰻頭鰻雄魚，交接器長 32 cm CL，為一成熟個體（圖 46），但交接器經檢視後並無精液殘留，顯示此時可能不是交配季節。



圖 46. 波口鰲頭鱸成熟雄魚交接器發育情形。(徐華遜，2024/6/12，澎湖私人養殖場)。

#### (b) 南方龍紋鱸

雄魚交接器達到 23.6 cm CL (122.1 cm TL) 雖已鈣化完全，但仍無法輕易折轉，顯示為成熟中個體；本種雄魚最大未熟個體 130.2 cm TL，最小成熟個體 146.1 cm TL，50%性成熟體長可能介於 130.2–146.1 cm TL 之間（圖 47）。

記錄到的雌魚樣本多為未熟個體，並檢視了 1 尾 188.5 cm TL 樣本，卵巢內卵粒最大卵徑為 28 mm，卵殼腺寬 27 mm，子宮寬 18 mm 還不足以孕卵，顯示其生殖系統正在發育，判定為成熟中個體，以目前的樣本數量及資料，尚不足以推算性成熟體長。

雌雄魚整體的性比為 1：1.37，與 1：1 有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，雌魚略多於雄魚，再進一步檢視各採樣季節以及不同體長別（體長間距 20 cm），則與 1：1 無顯著差異 ( $P > 0.05$ )（表 12）。

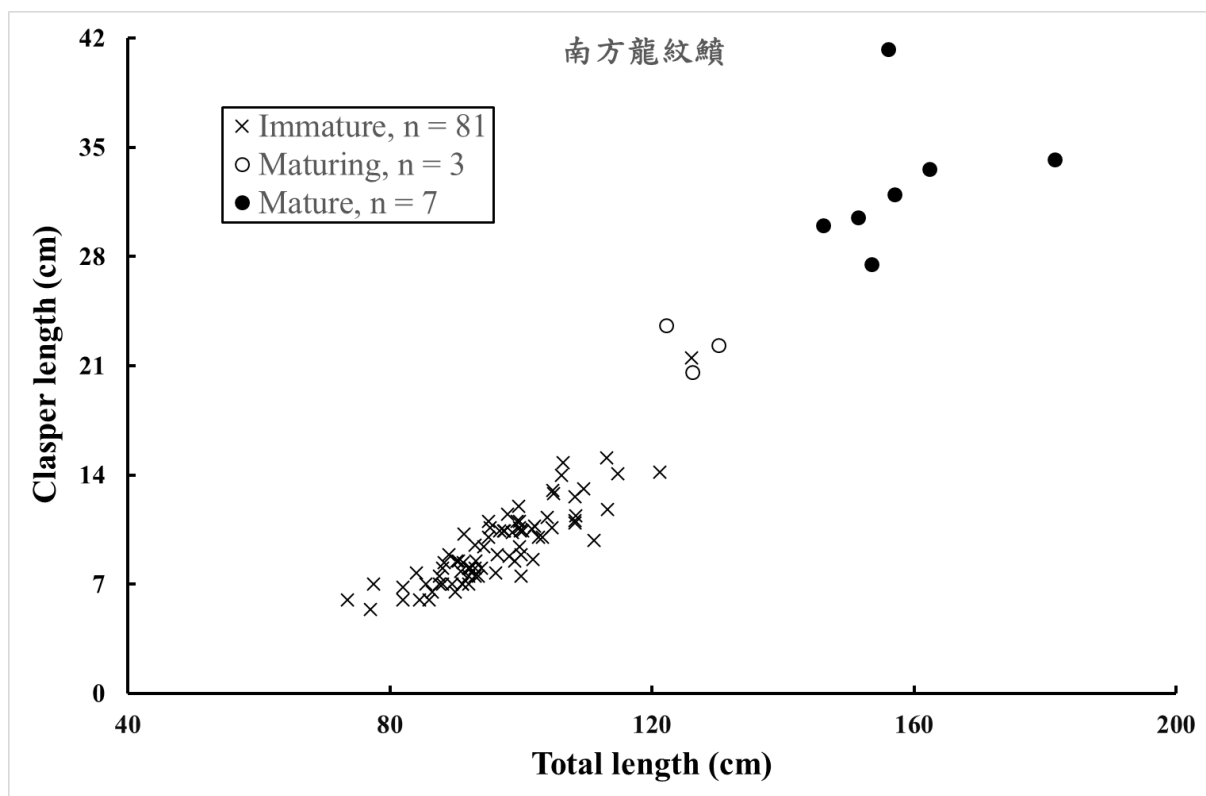


圖 47. 南方龍紋鱔雄魚交接器長隨體長變化情形。

表 12. 南方龍紋鱔性比卡方檢定表

檢定類別	卡方值	機率	自由度	備註
全部樣本	5.352	0.021*	1	
季節別	0.768	0.681	2	因樣本數不足，秋季與冬季樣本數合併。
體長組距別	2.729	0.435	3	因樣本數不足，60–100 cm 樣本數合併，>140 cm 樣本數合併。

\*:  $P < 0.05$ 。

### (c) 無斑龍紋鱔

雄魚交接器達到 19.0 cm CL 開始逐漸鈣化變硬，到 24.0 cm CL 以上完全成熟（圖 48）；精巢重量雖也會隨體長增加而增長，但有 4 尾成熟個體之精巢並無明顯重於其他未成熟個體，可能因為交配行為導致，又檢視其漁獲資料，其中 3 尾於 3 月捕獲，1 尾於 7 月捕獲，3–7 月可能為本種交配季節（圖 49）；本種雄魚最大的未成熟個體長 141.5 cm TL，最小成熟個體為 114.0 cm TL，成熟程度與體長之邏輯曲線關係式為：

$$P = [1 + \exp(18.519 + 0.143 \times TL)]^{-1}$$

雄魚  $L_{50}$  為 129.9 cm TL (圖 50)。

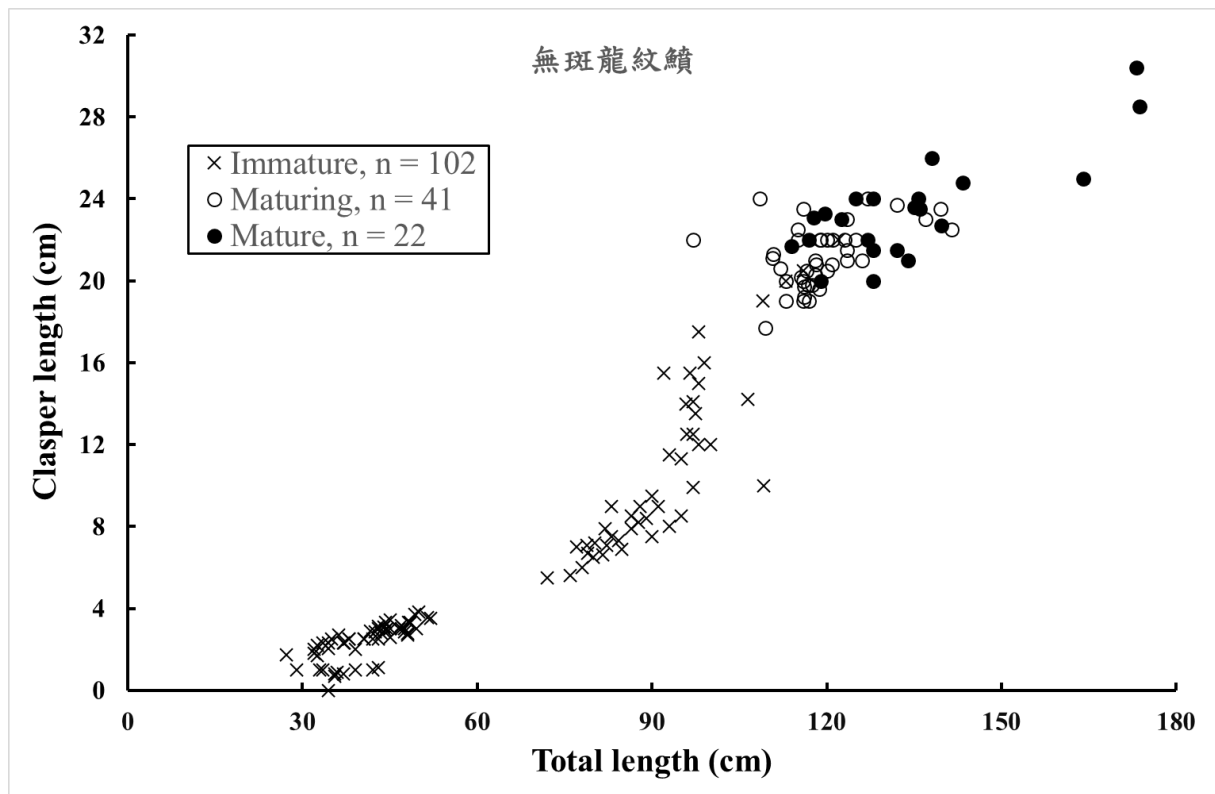


圖 48. 無斑龍紋鱗雄魚交接器長隨體長變化情形。

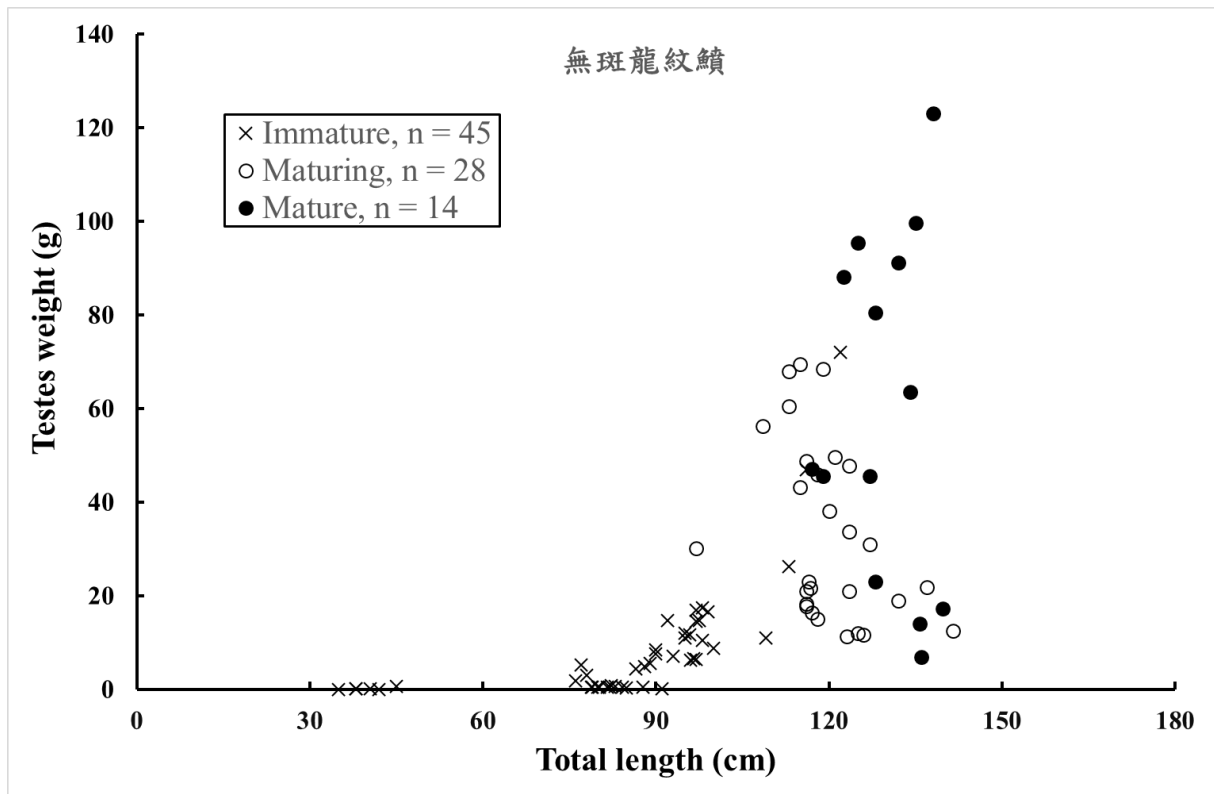


圖 49. 無斑龍紋鱗雄魚精巢重量隨體長變化情形。

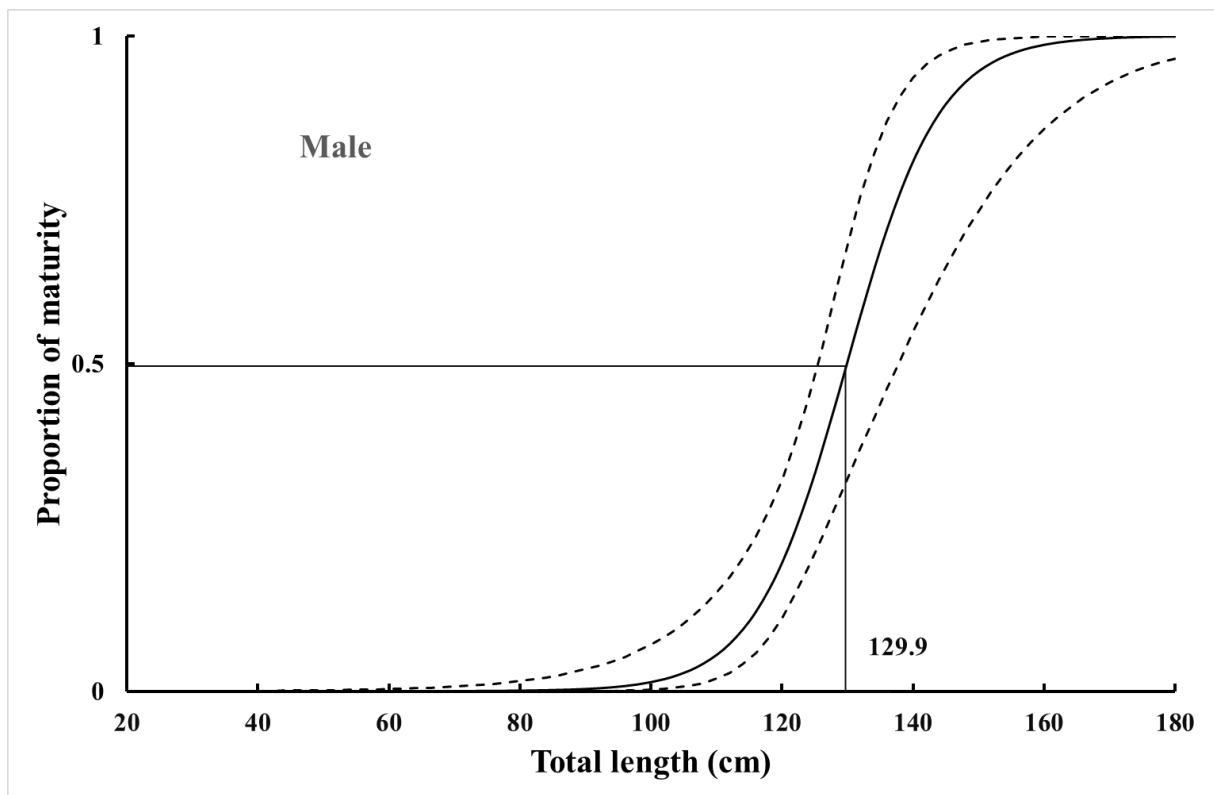


圖 50. 無斑龍紋鱗雄魚體長與成熟程度之邏輯曲線。虛線間範圍為 95%信賴區間。

雌魚的卵巢重量、MOD、OGW 以及 UW，均會隨著體長增加而增長，其中以子宮的寬度 UW 及狀態，最適合用來判斷雌魚成熟程度(圖 51-54)；最大的未成熟雌魚體長 142.0 cm TL，最小的成熟個體，同時也是最小的懷孕個體體長 136.4 cm TL，成熟程度與體長之邏輯曲線關係式為：

$$P = [1 + \exp(31.519 + 0.230 \times TL)]^{-1}$$

雌魚  $L_{50}$  大於雄魚為 136.8 cm TL (圖 55)。

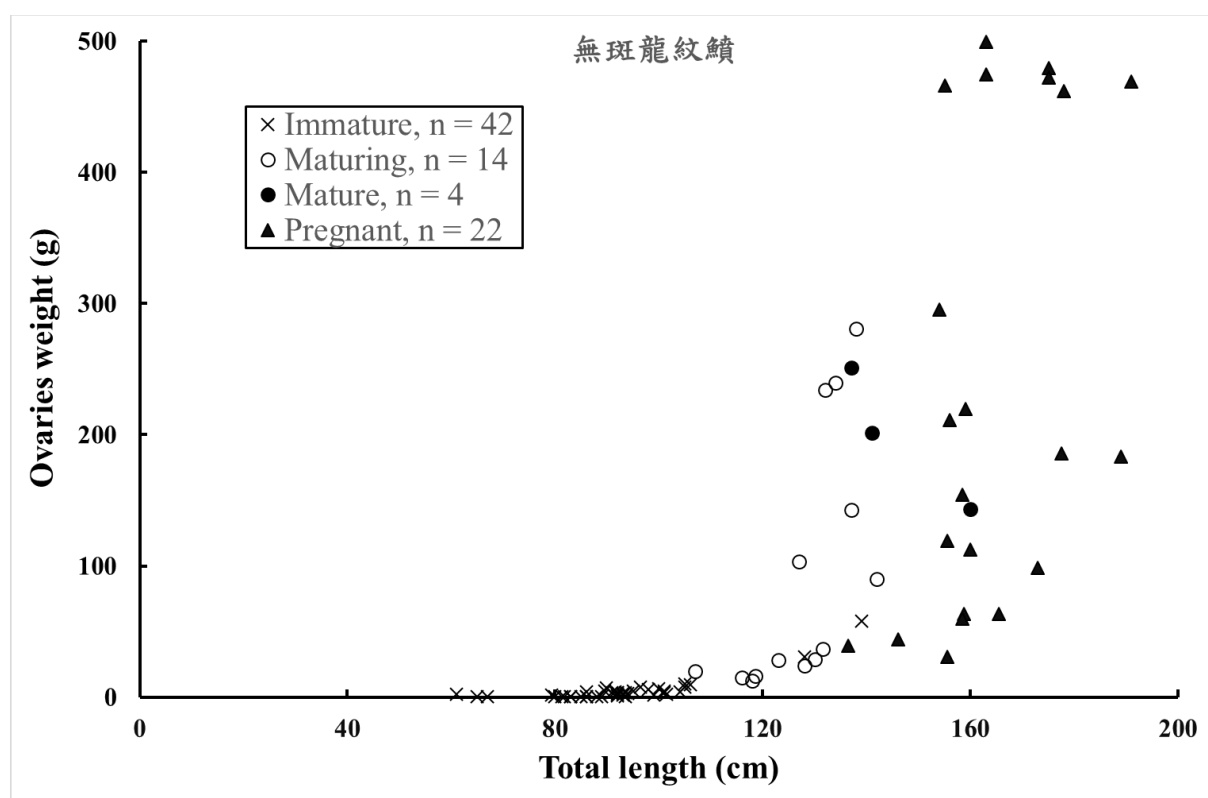


圖 51. 無斑龍紋鱔雌魚卵巢重量隨體長變化情形。



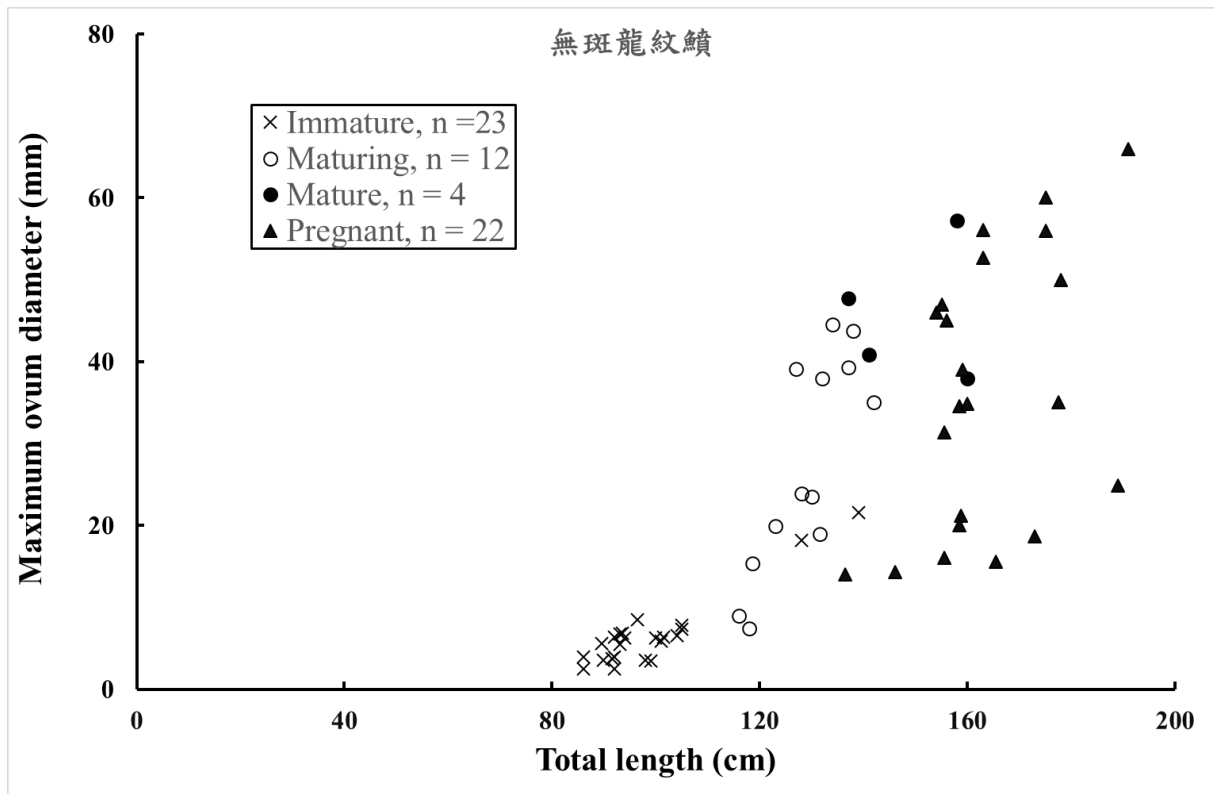


圖 52. 無斑龍紋鱗雌魚卵巢中最大卵徑隨體長變化情形。

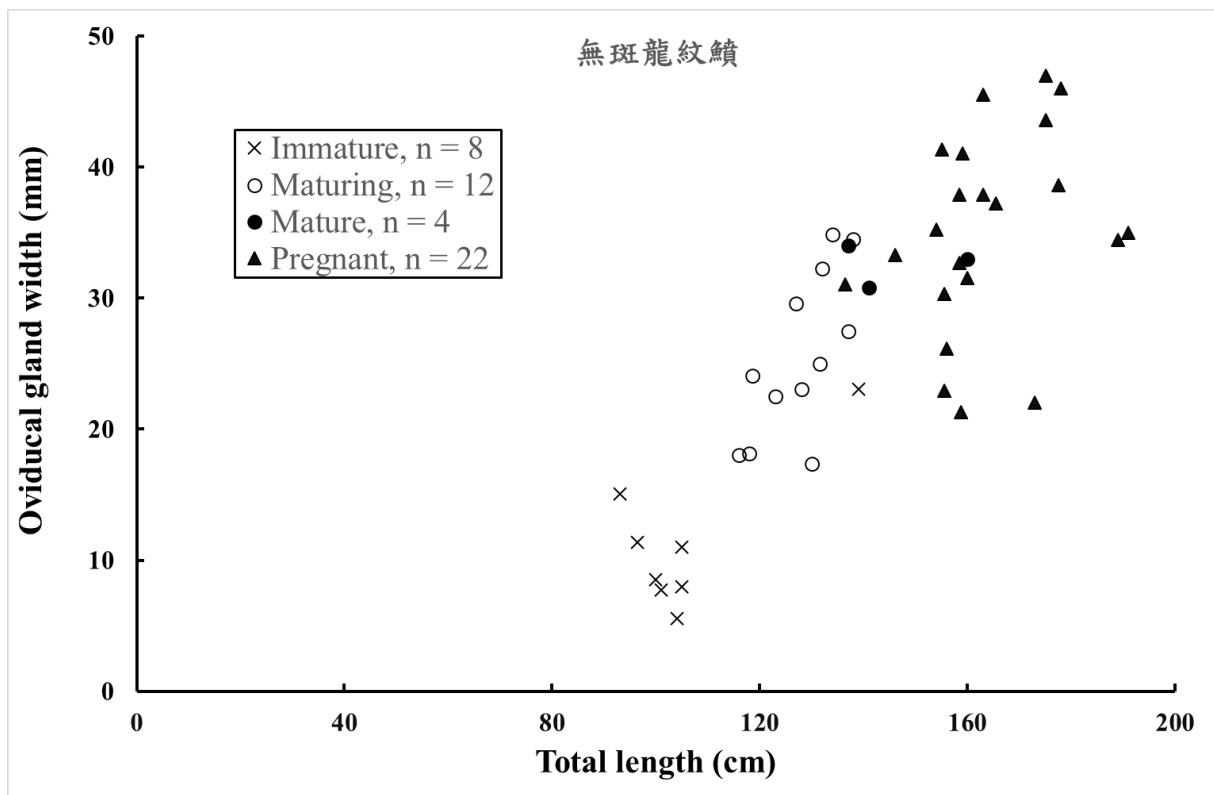


圖 53. 無斑龍紋鱗雌魚卵殼腺寬隨體長變化情形。

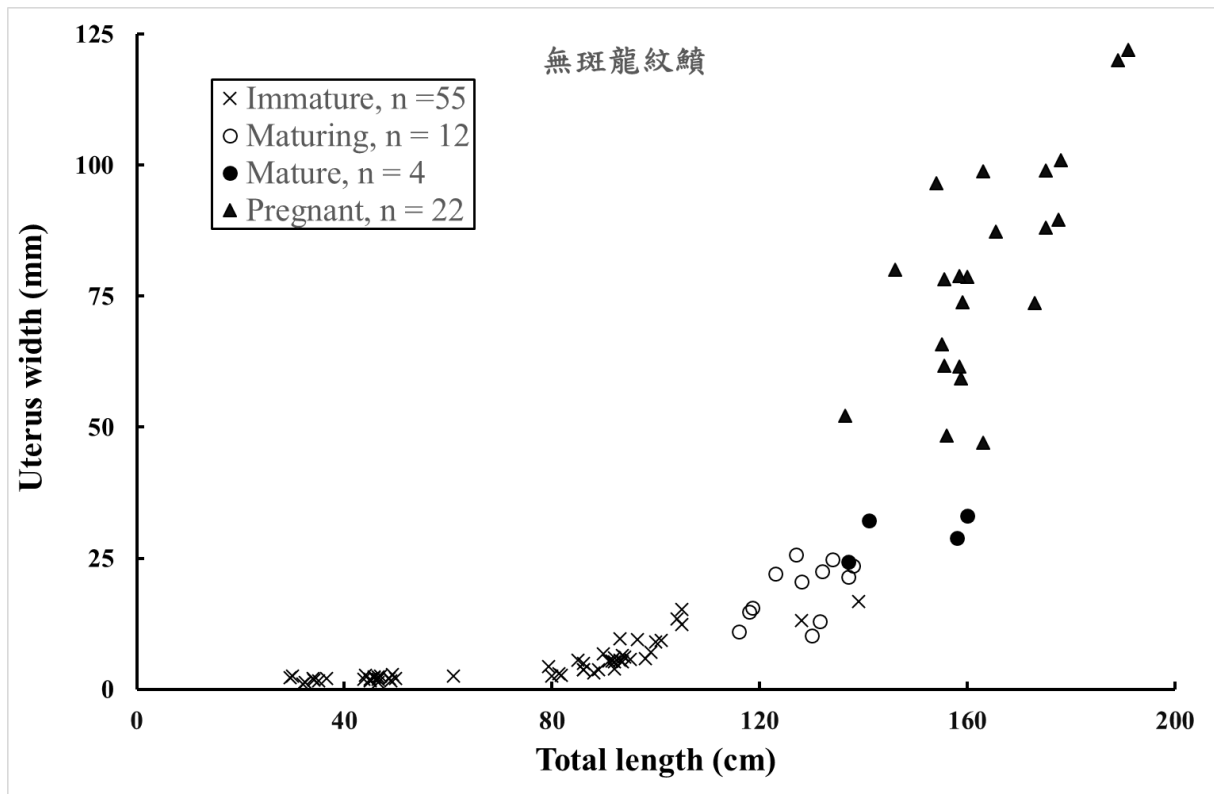


圖 54. 無斑龍紋鱚雌魚子宮寬隨體長變化情形。

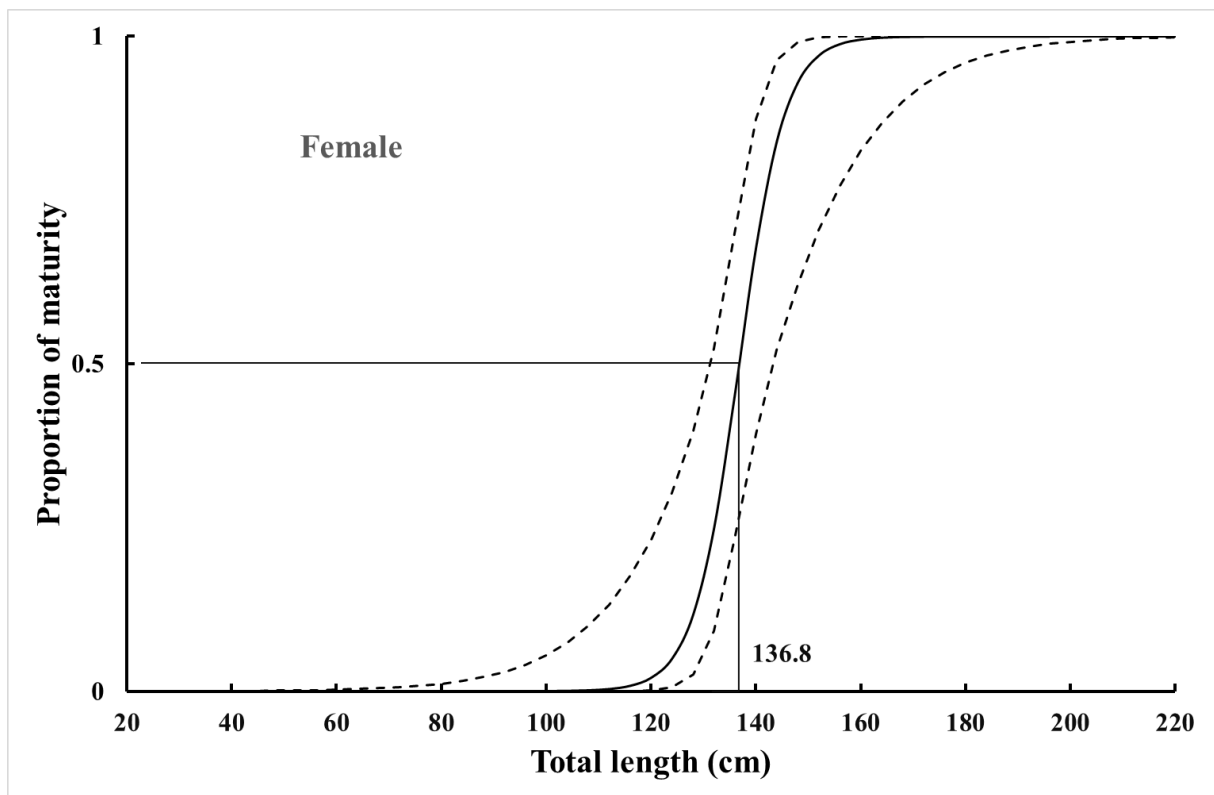


圖 55. 無斑龍紋鱚雌魚體長與成熟程度之邏輯曲線。虛線間範圍為 95%信賴區間。

雌雄魚整體的性比與 1：1 無顯著差異 ( $P>0.05$ )，再進一步檢視各採樣季別以漁獲海域，也都與 1：1 無顯著差異 ( $P>0.05$ )，然而體長別則有顯著差異 ( $P<0.05$ )，主要是體長 100–140 cm TL 雄魚明顯較多 (性比 2.2：1)，但體長 180 cm TL 以上完全不見雄魚 ( $>140$  cm 性比 6.4：1) (表 13)。

**表 13. 無斑龍紋鱗性比卡方檢定表**

檢定類別	卡方值	機率	自由度	備註
全部樣本	0.075	0.785	1	
季節別	1.645	0.649	3	
海域別	2.697	0.441	3	因樣本數不足，苗栗至臺中樣本數合併，雲林至高雄樣本數合併。
體長組距別	40.084	$4.385 \times 10^{-7}^{**}$	6	因樣本數不足， $>140$ cm 樣本數合併。

\*\*：  $P < 0.01$ 。

成熟雌魚從 3 月開始出現，檢視 26 尾成熟個體的生殖系統，發現其中 22 尾呈現懷孕狀態，3、6、7 月皆有發現子宮中受精卵尚未孵化的個體 ( $n=9$ ) (圖 56)；4 尾成熟但未懷孕的個體中，有 1 尾卵巢中卵粒尚未發育完全，未到排卵階段，但仍有 1 未包覆卵粒之卵莢 (空包彈) 排入子宮，另 1 尾 6 月捕獲的個體，檢視泄殖孔狀態，明顯剛交配完；4 月懷孕的個體 1 尾，子宮中卵粒已敷出幼小胎仔，體長平均 3.40 cm TL (圖 57)；5 月懷孕個體有 11 尾，子宮內胎仔逐漸發育成長，體長平均 2.67–18.01 cm TL，體長在 9.17 cm TL 時已可辨認性別，平均體長最大之胎仔仍有碩大的卵黃囊，身體色素尚未沈澱完全 (圖 58)；6 月有 1 尾懷孕個體，平均體長更大為 24.48 cm TL，卵黃囊縮得更小，僅剩 39.5–57.5 g，但身體色素尚未沈澱完全，顯示仍須發育一段時間才會產出 (圖 59)；子宮孕有胎仔的個體，卵巢卵粒同時發育，顯示生產後會馬上排卵；6 到 7 月開始大量出現臍帶孔尚未癒合之初生幼魚，8 月仍有 1 尾，體長範圍 21.0–45.0 cm TL，另有 1 尾暫養於澎湖私人養殖場之個體，於 7 月 19 日生產，產出 8 尾個體，有 3 尾明顯發育未

完全的個體，在子宮內已死亡，其他存活的幼魚全為雌魚，體長範圍 27.5–34.1 cm TL，平均 32.7 cm TL，在產出當天被其他同時飼養的軟骨魚類攻擊而死亡（圖 60）；於 6 月記錄到 1 尾臍帶孔已經癒合，僅剩痕跡的 YOY 個體，7 月有 2 尾，8 月大量出現（圖 61）；檢視子宮中受精卵數或胎仔數為 3–10，平均 6.1（ $n=20$ ）。

根據以上資料，可以得知，無斑龍紋鰩交配季節在 6 月，產仔季節為 6–7 月，受精卵可能有滯育現象，僅從 3–7 月發育，妊娠期 12 個月，沒有休息期，出生體長 32.7 cm TL。



圖 56. 無斑龍紋鰩懷孕初期子宮內卵莢及卵粒。(From a female, 165.5 cm TL, 2024/3/4，李佳芸)。



圖 57. 無斑龍紋鱗發育早期胎仔及其卵黃囊(為便於量測將胎仔與卵黃囊分離)。(Sex unknown, 5.308 cm TL, 2024/4/14, 李佳芸)。



圖 58. 無斑龍紋鱗發育中期胎仔 (為便於量測將胎仔與卵黃囊分離)。(17.019–18.738 cm TL, 2024/5/16, 李佳芸)。



圖 59. 無斑龍紋鰭發育中後期胎仔。(21.768–26.121 cm TL, 2024/6/19, 李佳芸)。



圖 60. 無斑龍紋鰭出生一天之死胎及幼魚。(死胎：19.0–21.5 cm TL；幼魚：27.5–34.1 cm TL；2024/7/19, 吳浩祥)。

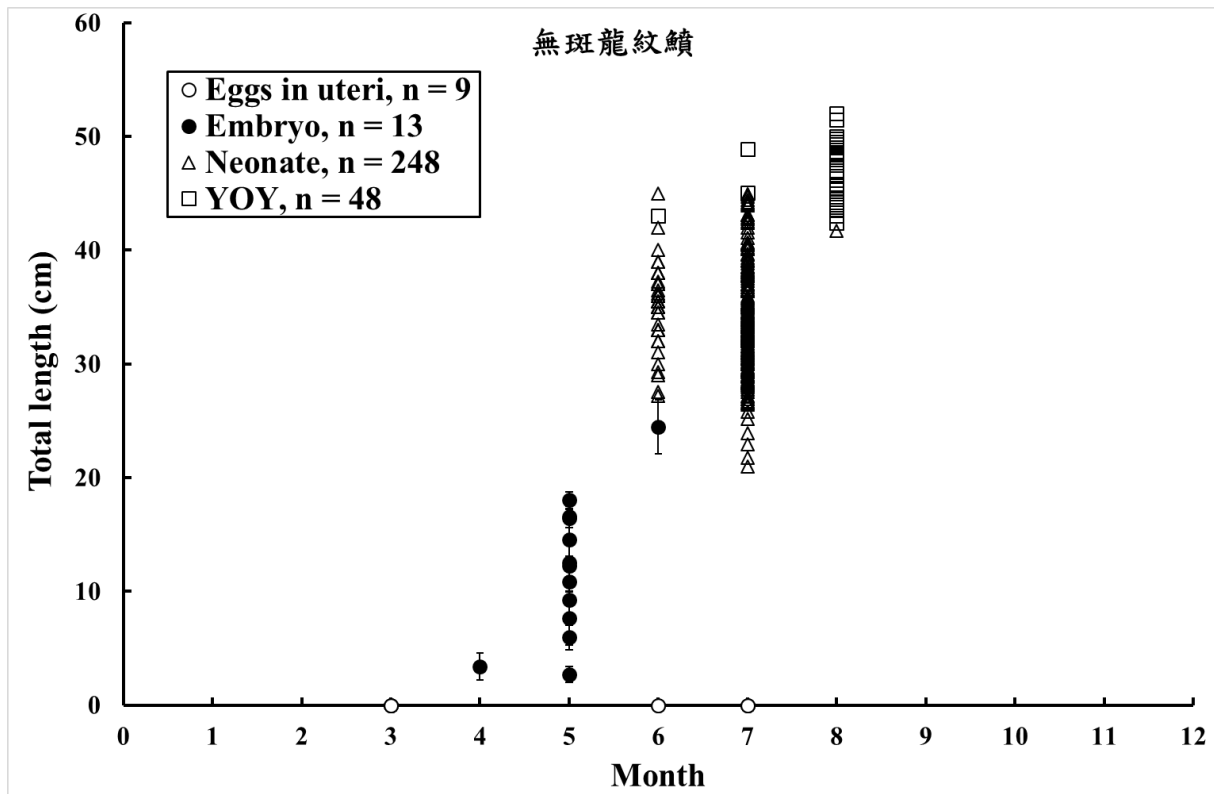


圖 61. 無斑龍紋鱗胎仔及初生幼魚體長月別變化情形。胎仔為每胎內胎仔平均體長 $\pm$ SD（垂直線）。

#### (d) 史氏龍紋鱗

本種雄魚主要藉由交接器發育情形判斷成熟程度，最大未成熟個體體長 115.0 cm TL，最小成熟個體 102.6 cm TL，雖然其交接器只有 17.2 cm CL，但是已經發育完全，50%性成熟體長可能介於 102.6–115.0 cm TL 之間（圖 62）。

雌魚檢視生殖系統的個體僅有 5 尾，除了 1 尾初生幼魚外，其他 4 尾皆為成熟個體，有 1 尾 6 月捕獲的個體卵巢內卵粒已經發育成熟（45.5 mm MOD），但尚未懷孕，子宮內有一枚無受精卵的空包彈卵莢，應即將交配排卵；另 3 尾懷孕雌魚中，2 尾 5 月捕獲的個體，其中 1 胎仔平均體長 8.10 cm TL，尚無法辨識性別（圖 63），另 1 胎平均體長 14.19 cm TL，已經可以辨識性別，但胎仔仍有碩大的卵黃囊，身體色素也還沒開始沈澱（圖 64），還有 1 尾 9 月捕獲的個體，子宮中受精卵尚未發育；6 到 7 月開始出現臍帶孔

尚未癒合之初生幼魚，體長範圍 29.5–38.0 cm TL，6–8 月記錄到數尾 YOY 個體，體長範圍 40.0–43.8 cm TL（圖 65），推測產仔季節在 5–7 月；由懷孕的受精卵或胎仔數量，推估本種胎仔數 5–9，平均 6.3（ $n = 3$ ）。

本種雌雄魚整體的性比與 1：1 無顯著差異（ $P > 0.05$ ）（表 14）。

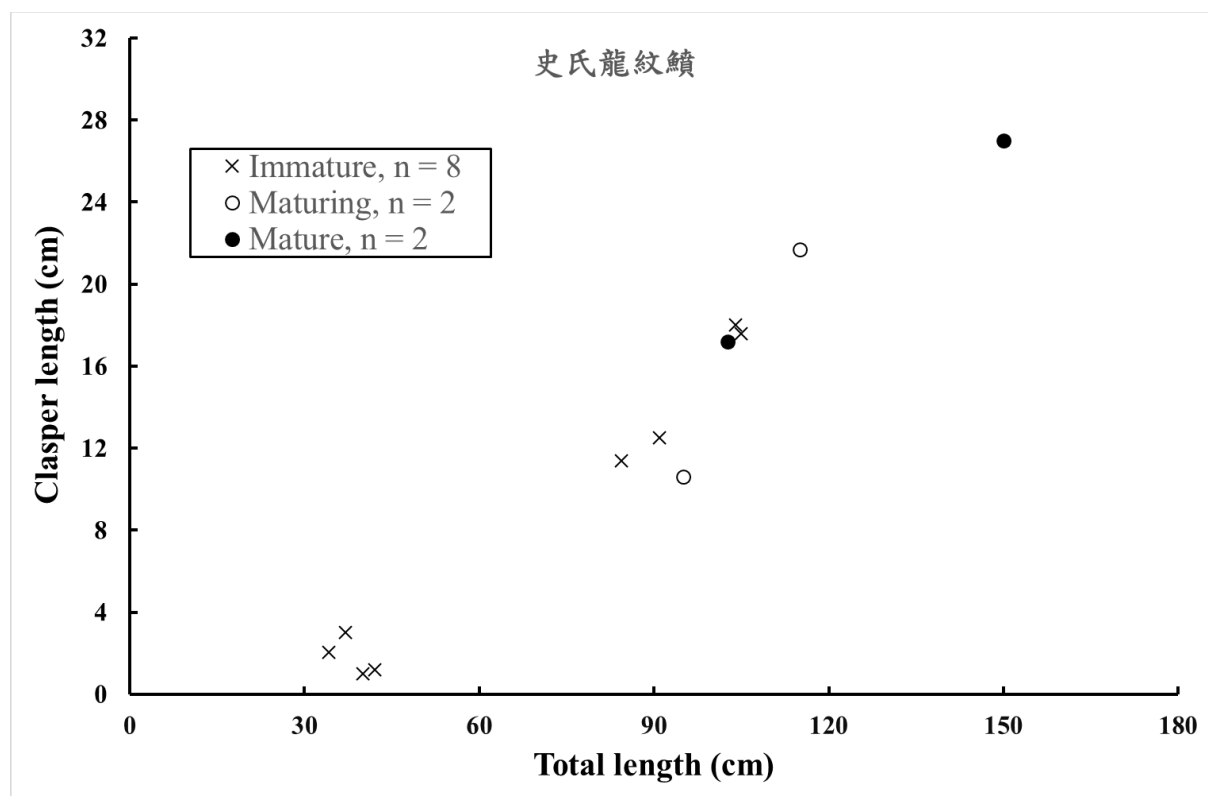


圖 62. 史氏龍紋鱔雄魚交接器長隨體長變化情形。



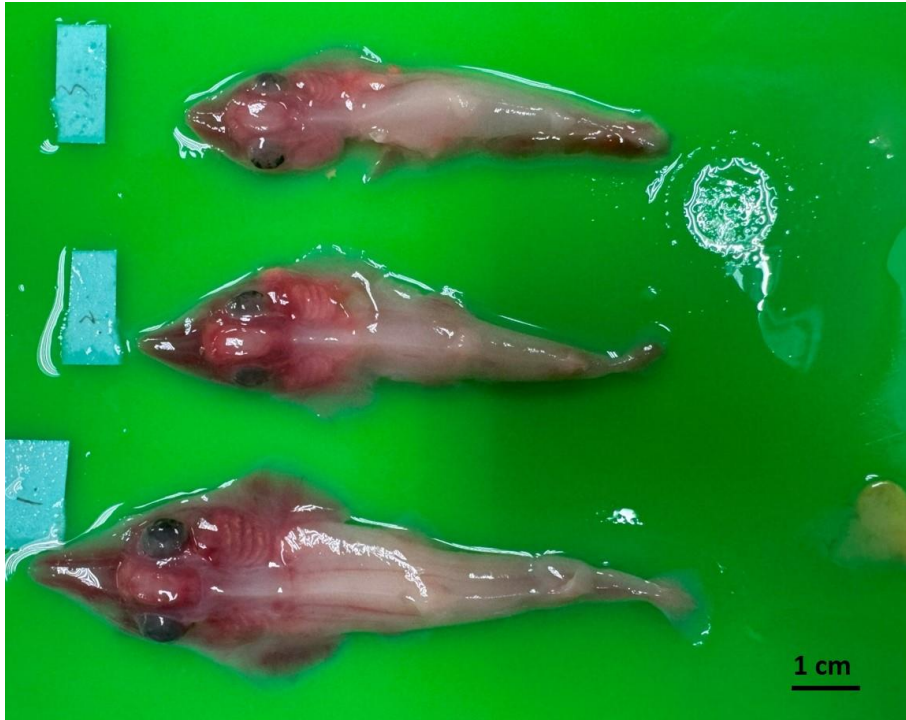


圖 63. 史氏龍紋鱗發育初期胎仔（為便於量測將胎仔與卵黃囊分離）。  
（6.813–9.929 cm TL，2024/5/7，李佳芸）。



圖 64. 史氏龍紋鱗發育中期胎仔。（13.315–14.858 cm TL，2024/5/31，李佳芸）。

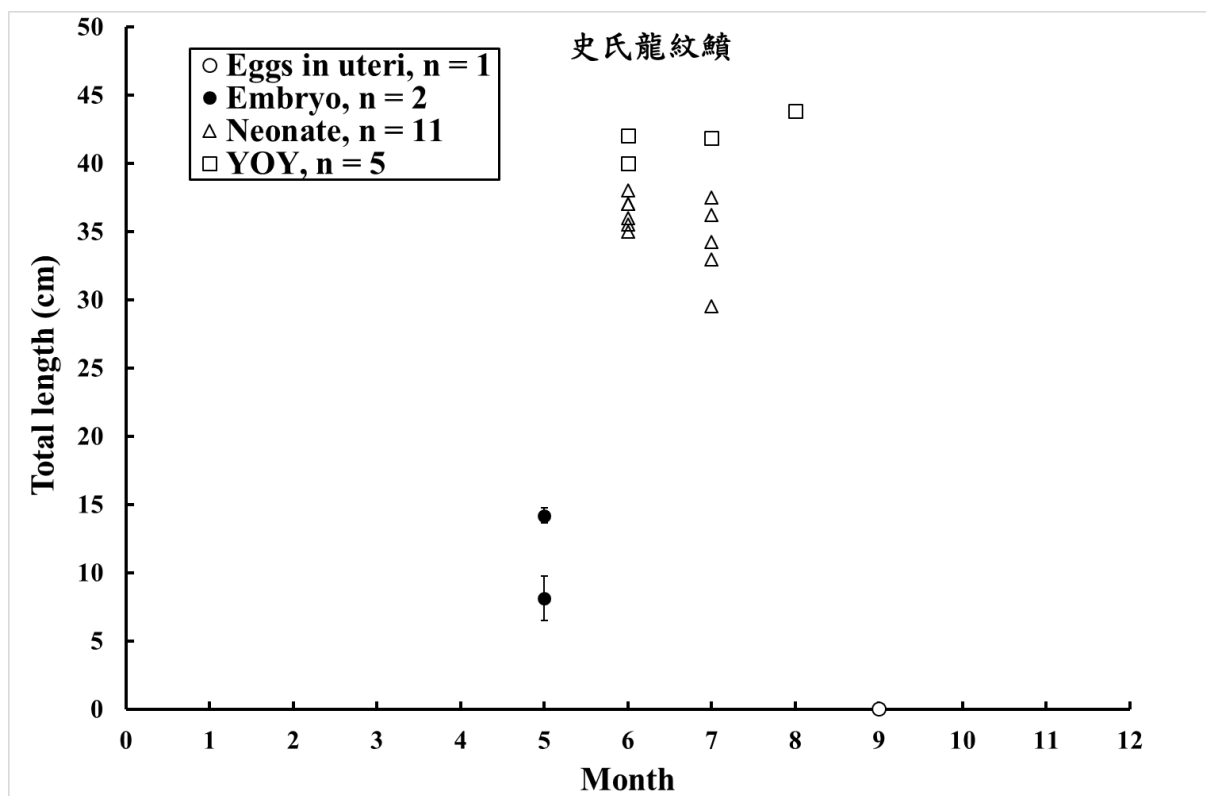


圖 65. 史氏龍紋鱚胎仔及初生幼魚體長月別變化情形。胎仔為每胎內胎仔平均體長 $\pm$ SD（垂直線）。

表 14. 史氏龍紋鱚性比卡方檢定表

檢定類別	卡方值	機率	自由度
全部樣本	0.257	0.612	1

#### (e) 斑紋琵琶鱚

記錄到的 29 尾個體中，有 1 尾未知性別，雄魚僅 6 尾，皆是未成熟個體，顯示本種雌雄明顯分開棲息，雌雄魚性比為 1：3.7，與 1：1 有顯著差異（ $P < 0.05$ ），雌魚遠多於雄魚（表 15）。

表 15. 斑紋琵琶鱚性比卡方檢定表

檢定類別	卡方值	機率	自由度
全部樣本	9.143	0.002**	1

\*\*：  $P < 0.01$ 。

剩餘 22 尾雌魚，檢視其中 19 尾生殖系統，有 3 尾屬成熟中個體 (51.0–61.0 cm TL)，有 2 尾分別是 54.0 及 61.0 的 cm TL 個體其最大卵徑均為 20.7 mm MOD，幾乎已經達到排卵階段，但子宮 (10.7–15.71 mm UW) 仍未發育完全；5 月有 3 尾個體 (2 尾成熟中、1 尾懷孕) 最大卵徑超過 20 mm MOD，應於 6–7 月排卵，此時亦為其交配季節；剩餘 16 尾個體皆呈現懷孕狀態，其中 1–3 月所採集的 14 尾樣本，子宮內卵粒皆未孵化；5 月 1 尾懷孕個體，子宮中 4 尾胎仔已不見卵黃囊，色素沈澱完全，能辨認性別，皆為雌魚，顯示為即將產出之狀態，平均體長 15.3 cm TL (14.7–15.7 cm TL)，應極為接近產出體長 (圖 66)；7 月另 1 尾懷孕個體的胎仔更大，平均體長 17.9 cm TL (17.3–18.5 cm TL)，但仍有少量卵黃囊，應會發育至 7–8 月間才會產出 (圖 67)；7 月記錄到 1 尾體長 26.5 cm TL 之幼魚，可能 6–7 月間才出生的個體 (圖 68)。本種交配季節 6–7 月，產仔季節在 5–8 月，妊娠期大約 12 個月，產仔後又立即排卵，根據子宮內受精卵及胎仔數目，推估胎仔數 3–10，平均 6.5 ( $n=8$ )，仍需要蒐集更多樣本作進一步分析。



圖 66. 斑紋琵琶鱘發育完全之胎仔。(14.7–15.7 cm TL, 2024/5/22, 李佳芸)。



圖 67. 斑紋琵琶鱔接近發育完全之胎仔。(17.3–18.5 cm TL, 2024/7, 黃信璋)。

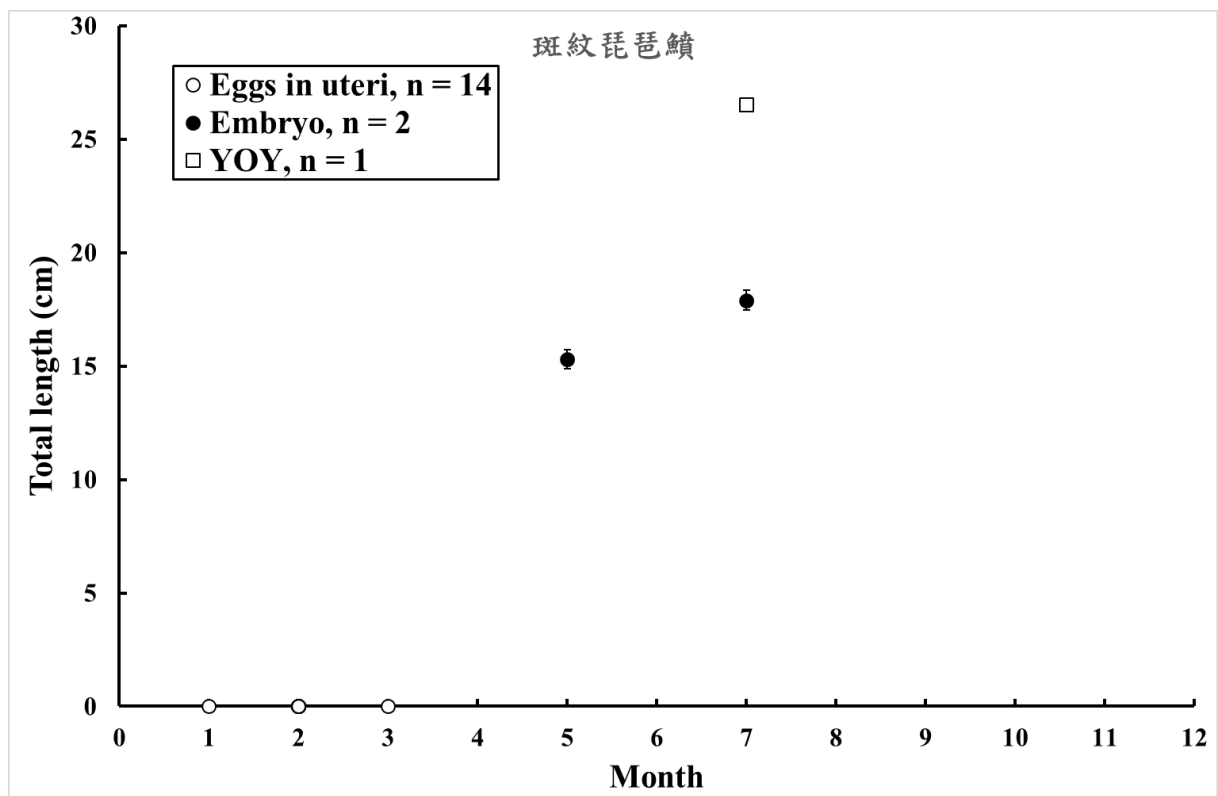


圖 68. 斑紋琵琶鱔胎仔及初生幼魚體長月別變化情形。胎仔為每胎內胎仔平均體長 $\pm$ SD (垂直線)。

#### (f) 薛氏琵琶鱖

本種所記錄 490 尾樣本中，有 2 尾未辨識性別，其他 488 尾個體中有 68 尾雄魚，420 尾雌魚，雌雄魚明顯分開棲息，性比為 1：6.2，與 1：1 有顯著差異（ $P < 0.05$ ），進一步檢視季別性比變化，與 1：1 仍有顯著差異（ $P < 0.05$ ），主要是雄魚集中在夏季（6 月），亦在 6 月發現有 1 尾確定剛交配完之雌魚，6 月可能為本種的交配季節（表 16）。

表 16. 薛氏琵琶鱖性比卡方檢定表

檢定類別	卡方值	機率	自由度	備註
全部樣本	--	$3.66 \times 10^{-57}^{**}$	1	
季節別	5.871	0.015*	1	因樣本數不足，春季與夏季樣本數合併，秋季與冬季樣本數合併。

\*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ 。

雄魚的交接器在達到 9.5 cm CL 後完全成熟，最大的未成熟個體 78.5 cm TL，最小成熟個體 61.8 cm TL，雄魚 50%性成熟體長可能介於 61.8–78.5 cm TL 之間（圖 69）。成熟程度與體長之邏輯曲線關係式為：

$$P = [1 + \exp(31.519 + 0.230 \times TL)]^{-1}$$

雄魚  $L_{50}$  為 69.2 cm TL（圖 70）。

雌魚記錄有 420 尾，多為成熟個體，顯示本種成幼分開棲息的情況亦非常明顯。1、2、4、6 月皆有發現子宮內受精卵尚未孵化的個體（ $n = 5$ ），4 月採到較多尾胎仔，體長範圍分布很廣（7.0–16.3 cm TL），從發育初期至中後期都有，至少在 13 cm 時便可辨認性別，16.0–16.3 cm 的個體身上暗斑的色素已開始沈澱（圖 71）；6 月所記錄的胎仔發育至更後期，色素沈澱更完全，卵黃囊亦所剩不多，體長 18.0–19.9 cm TL，應為即將產出之狀態（圖 72、73）。由以上資訊，推測 6 月為本種交配季節，受精卵可能也有滯育現象，胎仔發育時間較短，產仔季節 6–7 月，妊娠期大約 12 個月，由子宮內受精卵或胎仔數目，推估胎仔數 6–17，平均 10.8（ $n = 9$ ）。

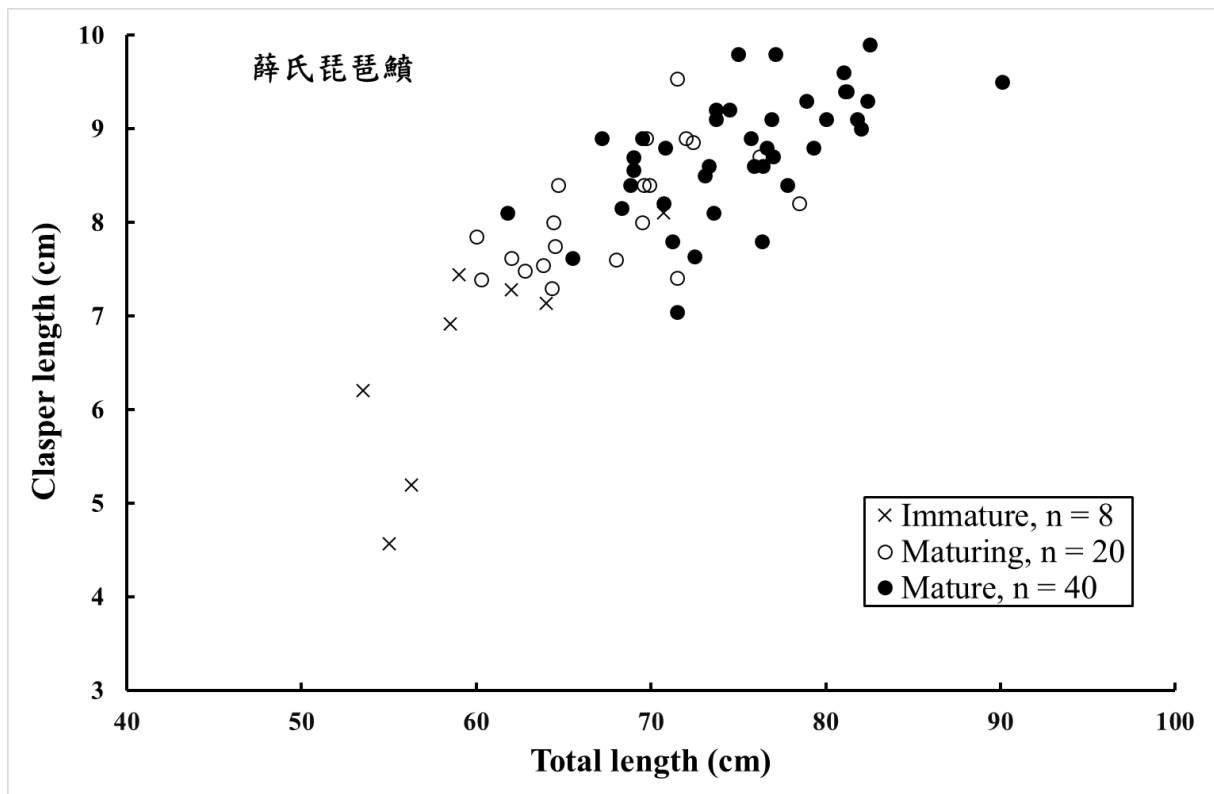


圖 69. 薛氏琵琶鱖雄魚交接器長隨體長變化情形。

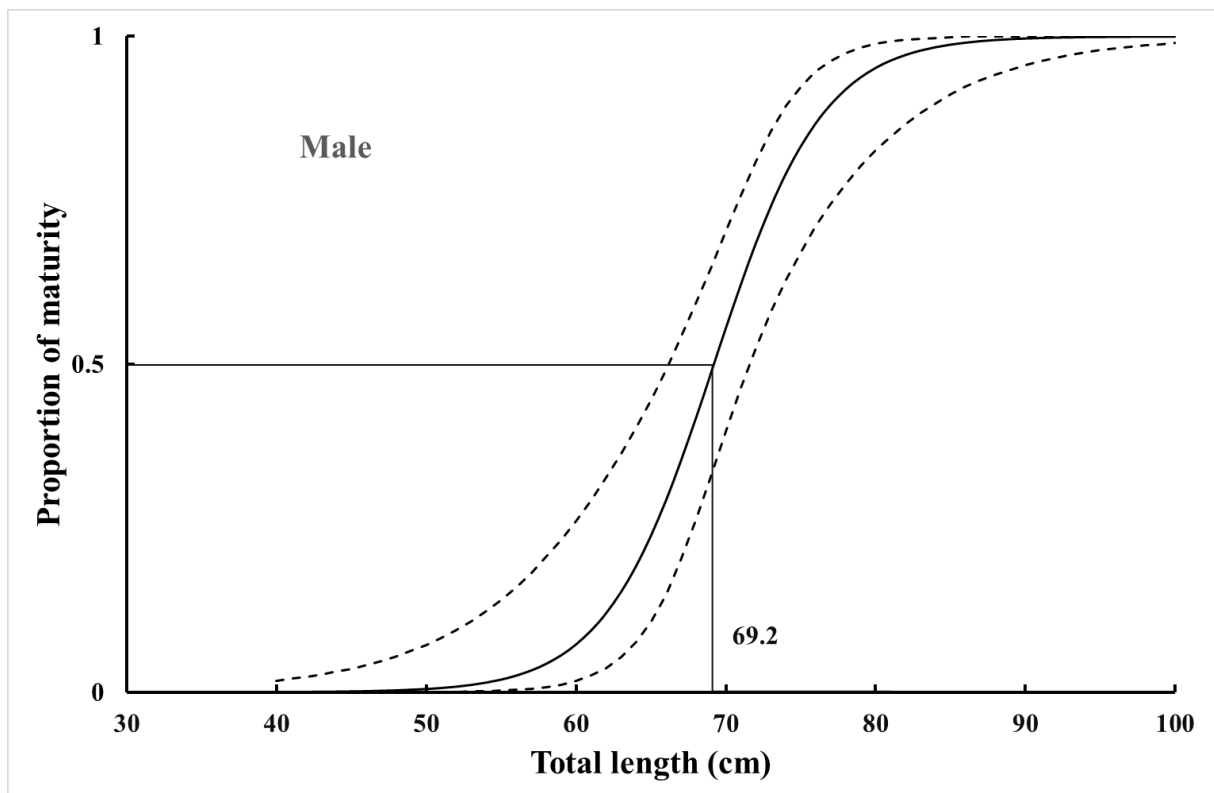


圖 70. 薛氏琵琶鱖雄魚體長與成熟程度之邏輯曲線。虛線間範圍為 95%信賴區間。





圖 71. 薛氏琵琶鱔發育中後期之胎仔。(Female, 16.3 cm TL, 2024/4/17, 李佳芸)。



圖 72. 薛氏琵琶鱔發育後期之胎仔。(18.0–19.9 cm TL, 2024/6/1, 陳安建)。

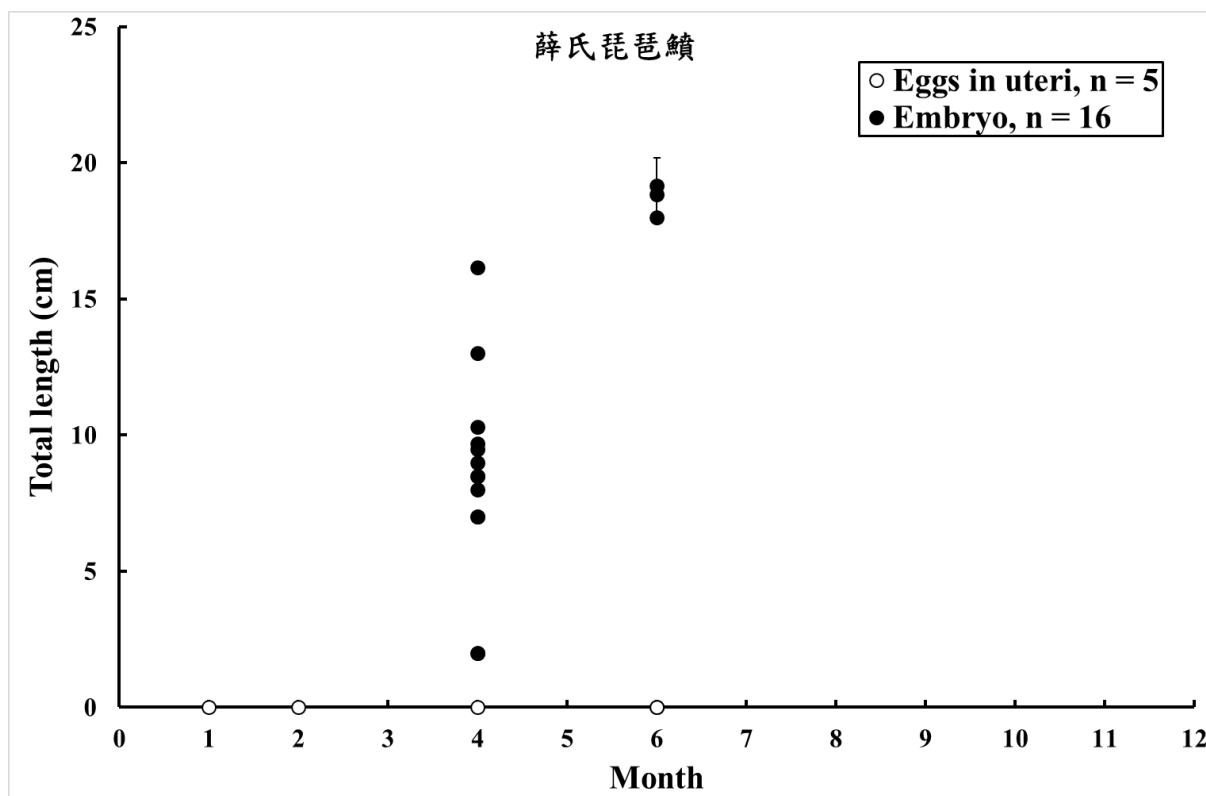


圖 73. 薛氏琵琶鱖胎仔及初生幼魚體長月別變化情形。胎仔為每胎內胎仔平均體長 $\pm$ SD（垂直線）。

### 3.3.3 年齡與成長

僅有無斑龍紋鱖有較完整體長頻度分布，經 ELEFAN 推估出本種之 soVBGF，並透過最大概似比例法檢定出雌雄間並無顯著差異（ $P = 0.07 > 0.01$ ），未來還需長期監控每年各月別間的體長變化，以修正 soVBGF 各參數，雌雄魚及性別合併之各參數如表 17，另根據 soVBGF 各參數所繪製之成長曲線圖如圖 74：

表 17. 無斑龍紋鱖以體長頻度法求得 soVBGF 之各參數

soVBGF 參數	雄魚	雌魚	合併性別
$L_{\infty}$	291.50	296.97	295.15
K	0.053	0.066	0.066
$t_0$	0.711	0.771	0.796
C	0.518	0.403	0.29
$t_s$	0.795	0.835	0.824



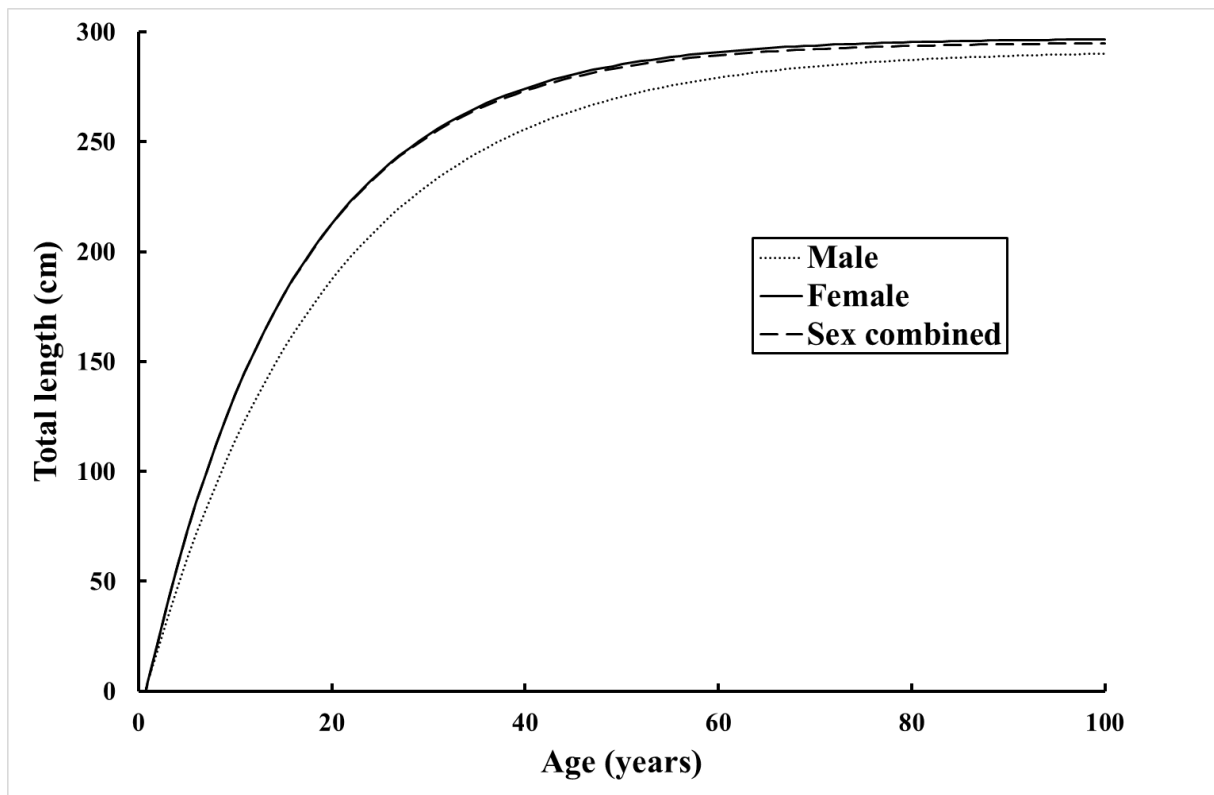


圖 74. 無斑龍紋鱗以體長頻度法所推估之成長曲線。

除了體長頻度分析外，本研究亦嘗試以脊椎骨為年齡形質定齡，然目前脊椎骨切片輪紋顯示不甚清楚，假輪的情形容易混淆，未來將持續以不同方式處理脊椎骨，以求更清楚的輪紋影像呈現（圖 75）。

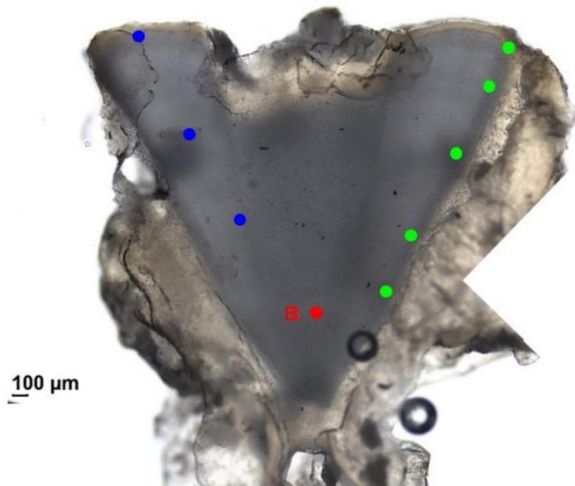


圖 75. 無斑龍紋鱗脊椎骨輪紋呈現不清晰情形。

#### 3.3.4 攝食生態

從 5 種犁頭鰻的胃飽滿程度來看，史氏龍紋鱗和斑紋琵琶鱗的空胃率較高，其他 3 種較低，而斑紋琵琶鱗雖然空胃比例最高，但也有最高的滿胃比例（圖 76）。再看胃內容物指數與各犁頭鰻物種的體長變化之間的關係，發現各種都有體型越大的個體，胃內容物指數較低的個體比例越多（圖 77）。

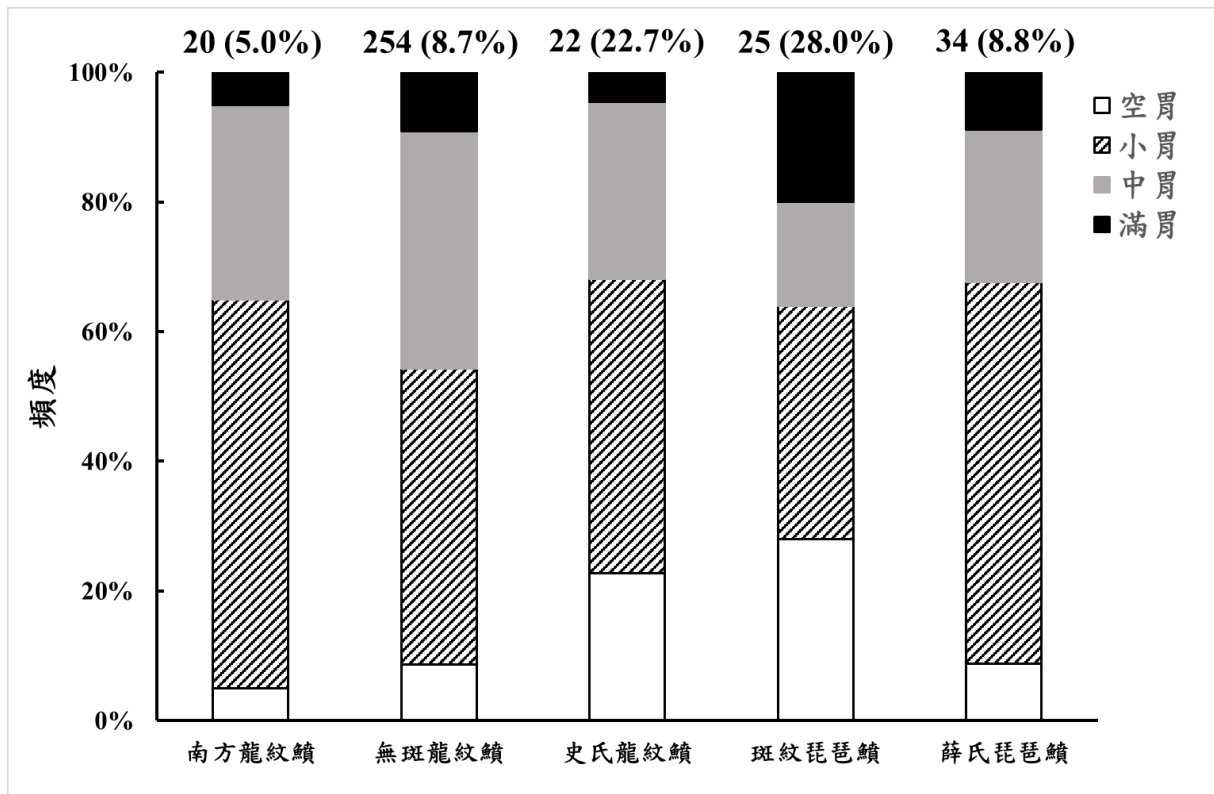


圖 76. 各種犁頭鰻胃飽滿程度情形。圖上方數字顯示為樣本數，括號內數字為空胃率指數。

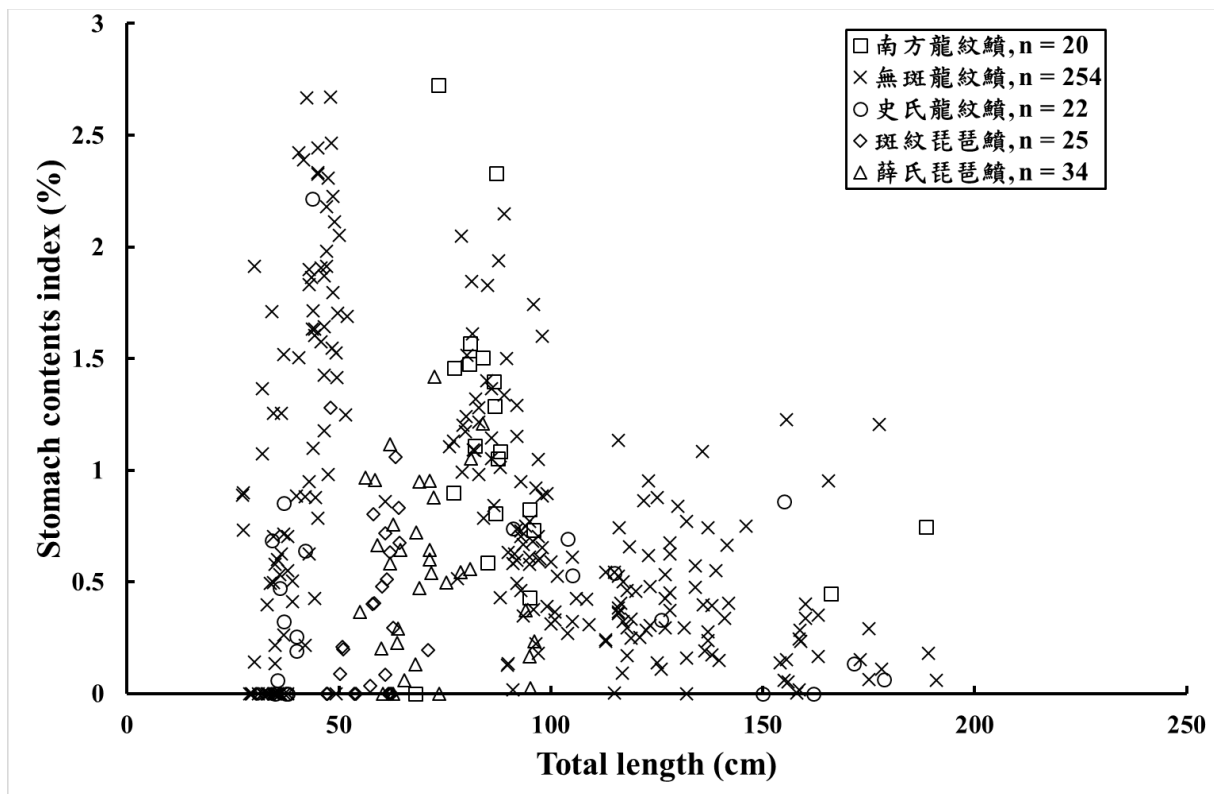


圖 77. 各種犁頭鰻胃內容指數隨體長分布情形。

經檢驗 19 尾南方龍紋鱸樣本之胃袋，從%IRI 指數可以初步得知甲殼類為南方龍紋鱸最重要之餌料生物（%IRI = 92.35），TrL 初步估計為 3.60（表 18）；從 231 尾無斑龍紋鱸的胃內容物分析顯示甲殼類為其最重要的餌料生物（%IRI = 71.68），除了以經消化未能辨識的食糜外，無斑龍紋鱸亦攝食不少硬骨魚（%IRI = 4.73），TrL 略高於南方龍紋鱸為 3.72（表 19）；17 尾史氏龍紋鱸的胃內容物分析中，雖然甲殼類仍是其主要食物（%IRI = 68.23），但是其他類別的餌料生物佔比很低，食糜的比例最高（%IRI = 25.67），TrL 更高為 3.83（表 20）。

表 18. 本研究所採南方龍紋鱻之胃內容物及其營養位階

<b>Stomach content items</b>	<b>%N</b>	<b>%W</b>	<b>%O</b>	<b>IRI</b>	<b>%IRI</b>	<b>TrL</b>
Cephalopods	1.87	0.70	10.53	27.02	0.12	3.2
Teleosts	6.54	4.54	15.79	174.95	0.78	3.24
Crustaceans	60.75	85.89	142.11	20837.11	<b>92.35</b>	2.52
Plants	0	0	0	0	0	1
Others	0	0	0	0	0	2.1
Unid. remains	2.80	8.54	15.79	179.11	0.79	2.99
Parasites	28.04	0.34	47.37	1344.22	5.96	--
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1218.84</b>	<b>22562.41</b>	<b>100</b>	<b>3.60 (n = 19)</b>

%N：數量百分比；%W：重量百分比；%O：出現率百分比；IRI：相對重要性指數；%IRI：相對重要性指數百分比；TrL：營養位階；Unid. Remains：未分類之食糜。

表 19. 本研究所採無斑龍紋鱻之胃內容物及其營養位階

<b>Stomach content items</b>	<b>%N</b>	<b>%W</b>	<b>%O</b>	<b>IRI</b>	<b>%IRI</b>	<b>TrL</b>
Cephalopods	1.73	6.23	7.34	58.57	0.43	3.2
Teleosts	8.44	19.41	23.38	651.20	4.73	3.24
Crustaceans	43.03	47.52	109.09	9878.31	<b>71.68</b>	2.52
Plants	0.71	0.02	2.60	1.91	0.01	1
Others	0.51	0.06	1.30	0.74	0.01	2.1
Unid. remains	11.90	26.24	50.65	1931.86	14.02	2.99
Parasites	33.67	0.51	36.80	1257.93	9.13	--
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100.07</b>	<b>13780.57</b>	<b>100</b>	<b>3.74 (n = 231)</b>

%N：數量百分比；%W：重量百分比；%O：出現率百分比；IRI：相對重要性指數；%IRI：相對重要性指數百分比；TrL：營養位階；Unid. Remains：未分類之食糜。

表 20. 本研究所採史氏龍紋鱻之胃內容物及其營養位階

<b>Stomach content items</b>	<b>%N</b>	<b>%W</b>	<b>%O</b>	<b>IRI</b>	<b>%IRI</b>	<b>TrL</b>
<b>Cephalopods</b>	0.82	0.23	5.88	6.15	0.05	3.2
<b>Teleosts</b>	0.82	0.41	5.88	7.23	0.06	3.24
<b>Crustaceans</b>	64.75	66.93	58.82	7746.26	<b>68.23</b>	2.52
<b>Plants</b>	0.82	0.39	5.88	7.09	0.06	1
<b>Others</b>	0.82	0.05	5.88	5.13	0.05	2.1
<b>Unid. remains</b>	9.84	31.465	70.59	2914.86	25.67	2.99
<b>Parasites</b>	22.13	0.54	29.41	666.72	5.87	--
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1072.66</b>	<b>11353.44</b>	<b>100</b>	<b>3.83 (n=17)</b>

%N：數量百分比；%W：重量百分比；%O：出現率百分比；IRI：相對重要性指數；%IRI：相對重要性指數百分比；TrL：營養位階；Unid. Remains：未分類之食糜。

檢視 17 尾斑紋琵琶鱸的胃內容物，除了少部分的食糜及寄生蟲外，斑紋琵琶鱸只有攝食甲殼類（%IRI=94.76），TrL 為 3.61（表 21）；從 31 尾薛氏琵琶鱸的胃內容物分析來看，甲殼類仍為其主要餌料生物（%IRI=87.18），但比斑紋琵琶鱸攝食較為廣泛，還會攝食頭足類及硬骨魚類，TrL 略高於斑紋琵琶鱸為 3.73（表 22）。

整體而言，5 種犁頭鰻均攝食甲殼類為主要餌料生物，無斑龍紋鱸及史氏龍紋鱸的胃內容物中有發現植物（海草、樹枝等），顯見這兩種龍紋鱸的棲息環境較近岸，而斑紋琵琶鱸幾乎只攝食甲殼類，其棲地環境可能有很高比例沙底地型。

**表 21. 本研究所採斑紋琵琶鱸之胃內容物及其營養位階**

<b>Stomach content items</b>	<b>%N</b>	<b>%W</b>	<b>%O</b>	<b>IRI</b>	<b>%IRI</b>	<b>TrL</b>
<b>Cephalopods</b>	0	0	0	0	0	3.2
<b>Teleosts</b>	0	0	0	0	0	3.24
<b>Crustaceans</b>	73.53	85.65	83.33	13264.63	<b>94.76</b>	2.52
<b>Plants</b>	0	0	0	0	0	1
<b>Others</b>	0	0	0	0	0	2.1
<b>Unid. remains</b>	11.76	13.38	22.22	558.83	3.99	2.99
<b>Parasites</b>	14.71	0.97	11.11	174.19	1.24	--
<b>Total</b>	100	100	648.15	13997.65	100	<b>3.61 (n=17)</b>

%N：數量百分比；%W：重量百分比；%O：出現率百分比；IRI：相對重要性指數；%IRI：相對重要性指數百分比；TrL：營養位階；Unid. Remains：未分類之食糜。

**表 22. 本研究所採薛氏琵琶鱸之胃內容物及其營養位階**

<b>Stomach content items</b>	<b>%N</b>	<b>%W</b>	<b>%O</b>	<b>IRI</b>	<b>%IRI</b>	<b>TrL</b>
<b>Cephalopods</b>	2.20	5.50	6.45	49.63	0.44	3.2
<b>Teleosts</b>	5.49	12.04	12.90	226.21	2.00	3.24
<b>Crustaceans</b>	76.92	62.24	70.97	9876.23	<b>87.18</b>	2.52
<b>Plants</b>	0	0	0	0	0	1
<b>Others</b>	0	0	0	0	0	2.1
<b>Unid. remains</b>	12.09	20.13	35.48	1143.25	10.09	2.99
<b>Parasites</b>	3.30	0.10	9.68	32.82	0.29	--
<b>Total</b>	100	100	437.04	11328.15	100	<b>3.73 (n=31)</b>

%N：數量百分比；%W：重量百分比；%O：出現率百分比；IRI：相對重要性指數；%IRI：相對重要性指數百分比；TrL：營養位階；Unid. Remains：未分類之食糜。

穩定同位素分析目前僅針對龍紋鱔物種，其中又以無斑龍紋鱔為主，從穩定氮同位素及穩定碳同位素與龍紋鱔體長的關係來看，兩種穩定同位素值與體長沒有明顯相關，顯示不同體型的無斑龍紋鱔其攝食及棲地環境可能近似（圖 78、79）；然而穩定氮同位素及穩定碳同位素的值呈現明顯正相關，顯示無斑龍紋鱔的攝食情形可能隨棲地變化，對照漁獲分布的資料（圖 40），在沿岸生態環境，可能離岸越近越能攝食營養位階較高的餌料生物（圖 80）。經由 SIA 所計算出無斑龍紋鱔的 TrL 為 3.59–4.62，平均  $3.96 \pm 0.27$  (mean  $\pm$  SD)。

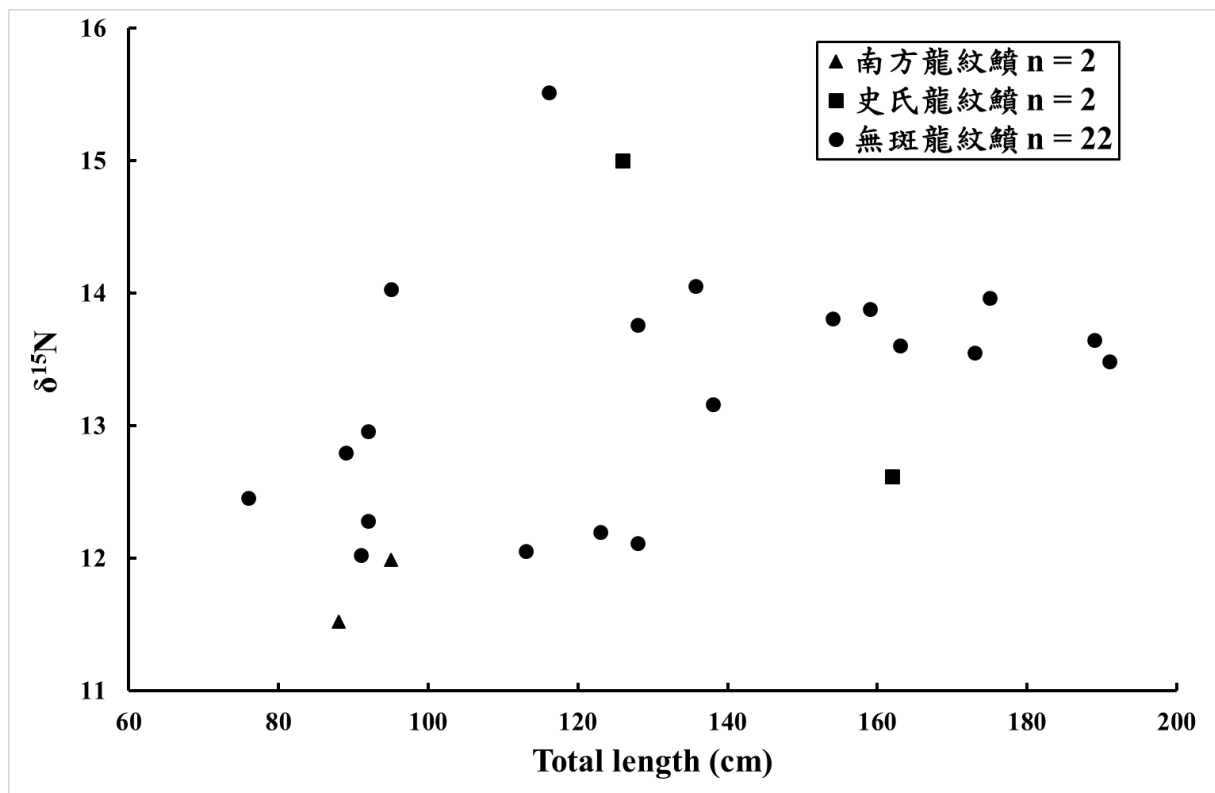


圖 78. 肌肉組織的穩定氮同位素與龍紋鱔體長間之相關性。

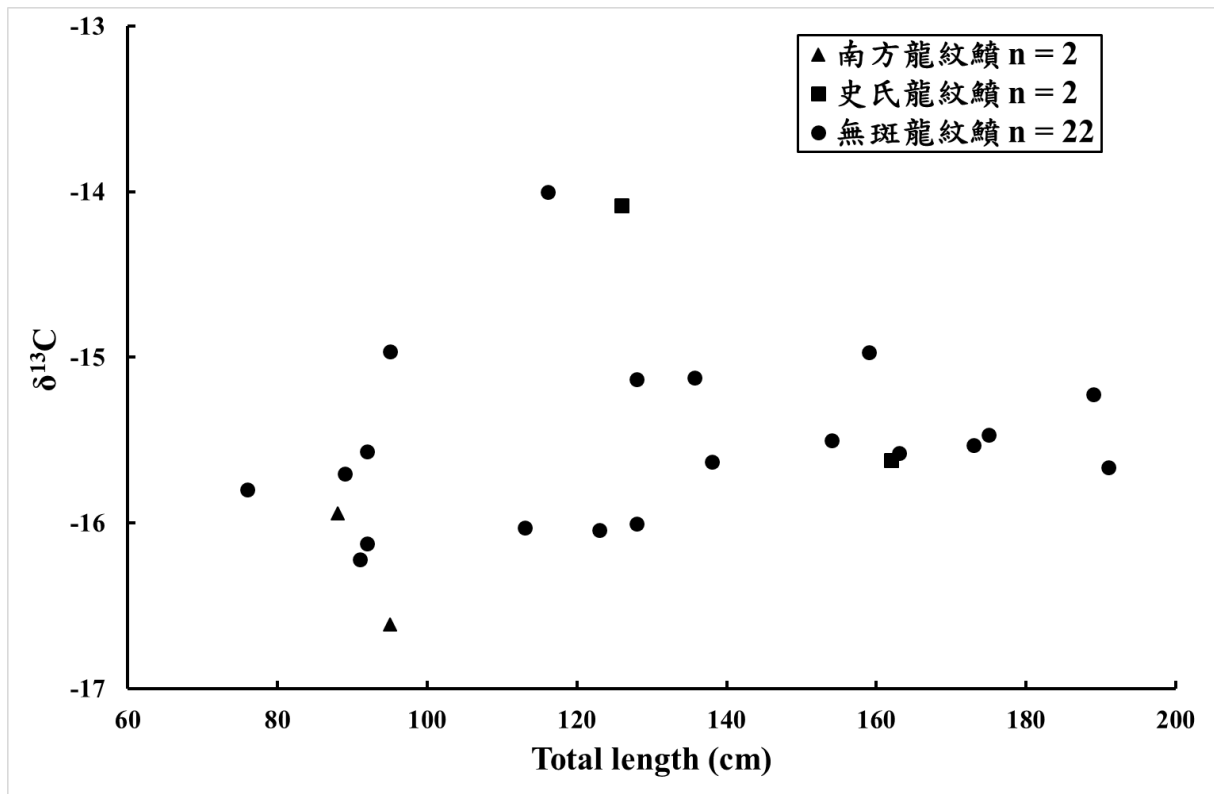


圖 79. 肌肉組織的穩定碳同位素與龍紋鱚體長間之相關性。

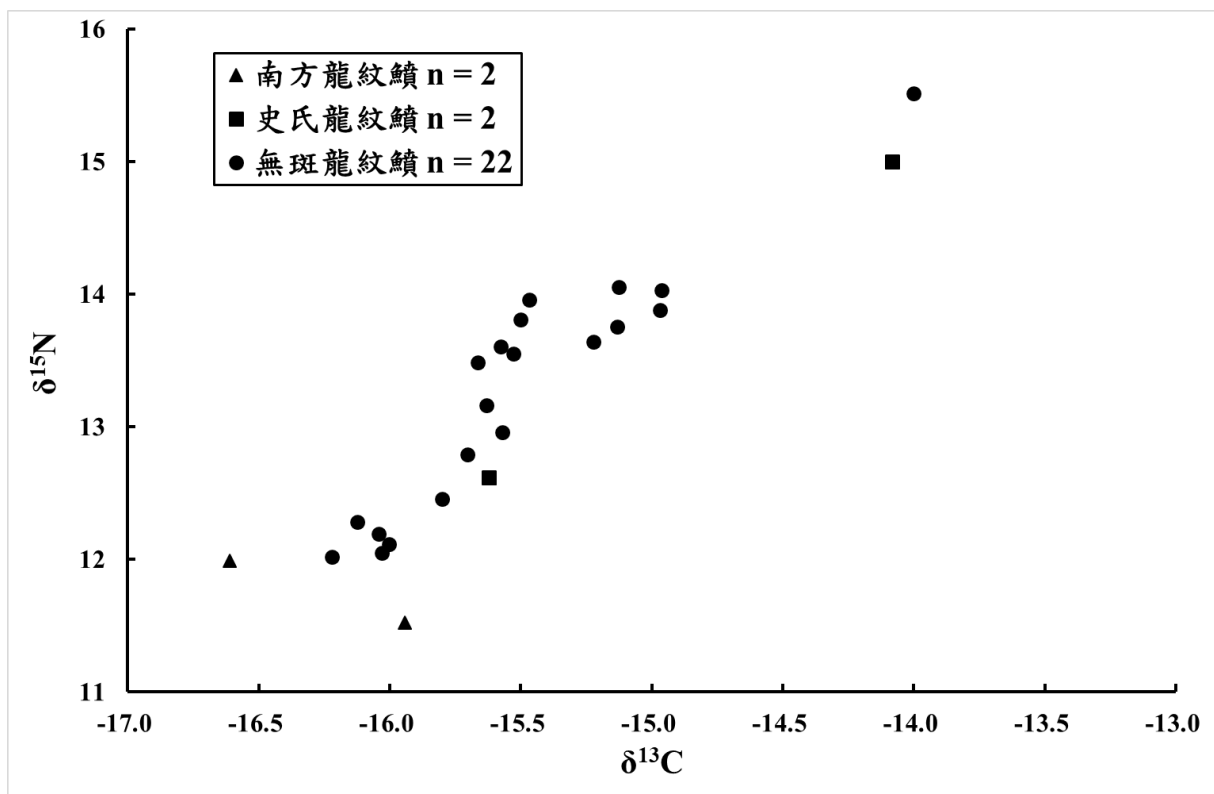


圖 80. 龍紋鱚肌肉組織的穩定氮同位素與碳同位素之相關性。



本研究於 2023–2024 年間於臺灣西部及澎湖海域所記錄 6 種犁頭鰻之漁獲分布情形及生活史各參數整理於表 23。另不同成熟程度個體、懷孕個體以及初生幼魚的漁獲分布則顯示於圖 81–83。

表 23. 臺灣西部及澎湖海域犁頭鰻之漁獲分布情形及生活史各參數

犁頭鰻物種	波口鰻頭鰻	南方龍紋鰻	無斑龍紋鰻	史氏龍紋鰻	斑紋琵琶鰻	薛氏琵琶鰻
分布海域	澎湖	彰、高、澎	苗-高、澎	苗-雲、澎	中-雲、高	中、高、澎
出現季節	夏秋	春夏秋冬	春夏秋冬	夏秋	春夏	春夏秋冬
體長範圍 (cm)	201	68–221.5	21.0–211.9	29.5–234	26.5–71	53.5–103.9
性比 (M:F)	--	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 3.7	1 : 6.2
成熟體長 (cm)	--	M: 130.2–146.1	M: 129.9 F: 136.8	M: 102.6–105	F: 47–61	M: 69.2
交配季節	--	--	6 月	6 月	6–7 月	6 月
產仔季節	--	--	6–7 月	5–7 月	5–8 月	6–7 月
妊娠期	--	--	12 個月	12 個月	12 個月	12 個月
生殖週期	--	--	12 個月	12 個月	12 個月	12 個月
胎仔數	--	--	6.1	6.3	6.5	10.8
出生體長	--	--	32.7	~29.5	15.3	18–19.9
$L_{\infty}$ (cm)	--	--	M: 291.5 F: 297.0 C: 295.2	--	--	--
K (year <sup>-1</sup> )	--	--	M: 0.053 F: 0.066 C: 0.066	--	--	--
TrL <sub>SCA</sub>	--	3.60	3.74	3.83	3.61	3.73
TrL <sub>SIA</sub>	--	3.52	3.96	4.12	--	--

M: 雄; F: 雌; C: 性別合併;  $L_{\infty}$ : 理論極限體長; K: 成長參數; TrL<sub>SCA</sub>: 胃內容物分析所計算的營養位階; TrL<sub>SIA</sub>: 穩定氮同位素分析所計算的營養位階; 中: 臺中; 彰: 彰化; 雲: 雲林; 高: 高雄; 澎: 澎湖。表中體長皆指全長。

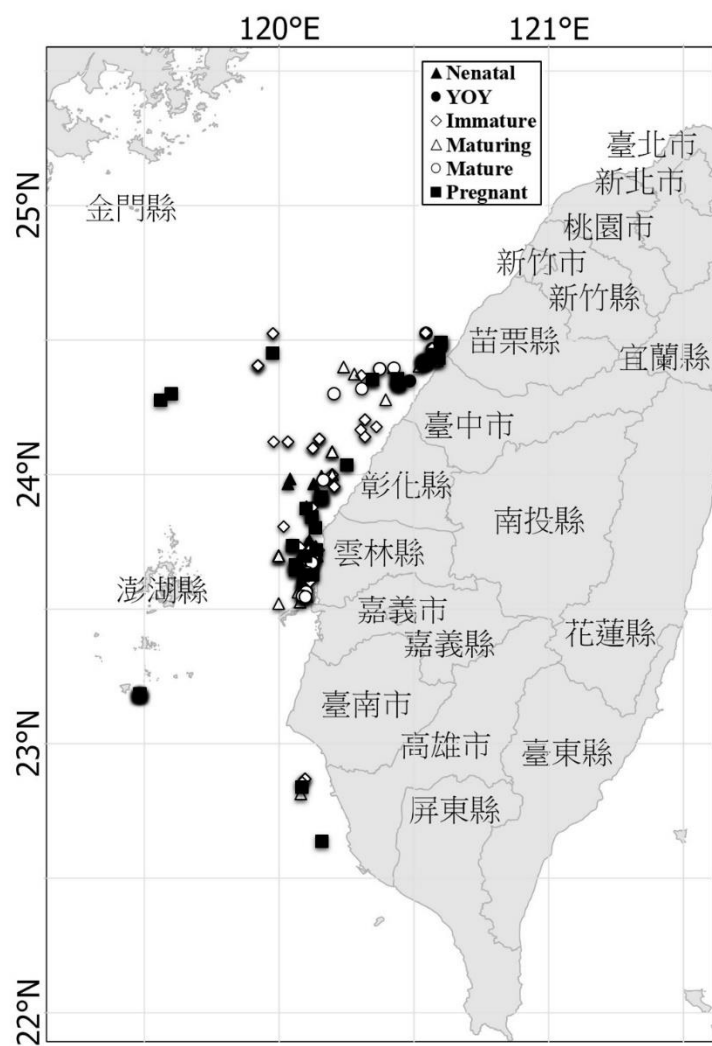


圖 81. 本研究所調查所有犁頭鰻不同成熟程度個體之分布。

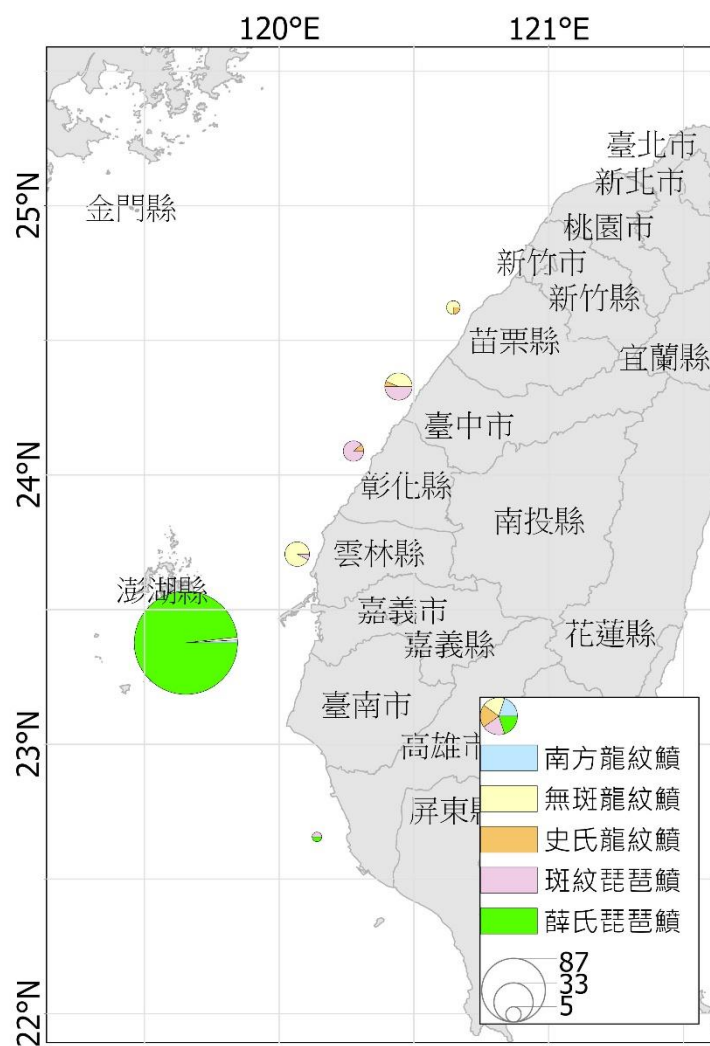


圖 82. 本研究懷孕犁頭鰩個體漁獲海域及其比例與數量。

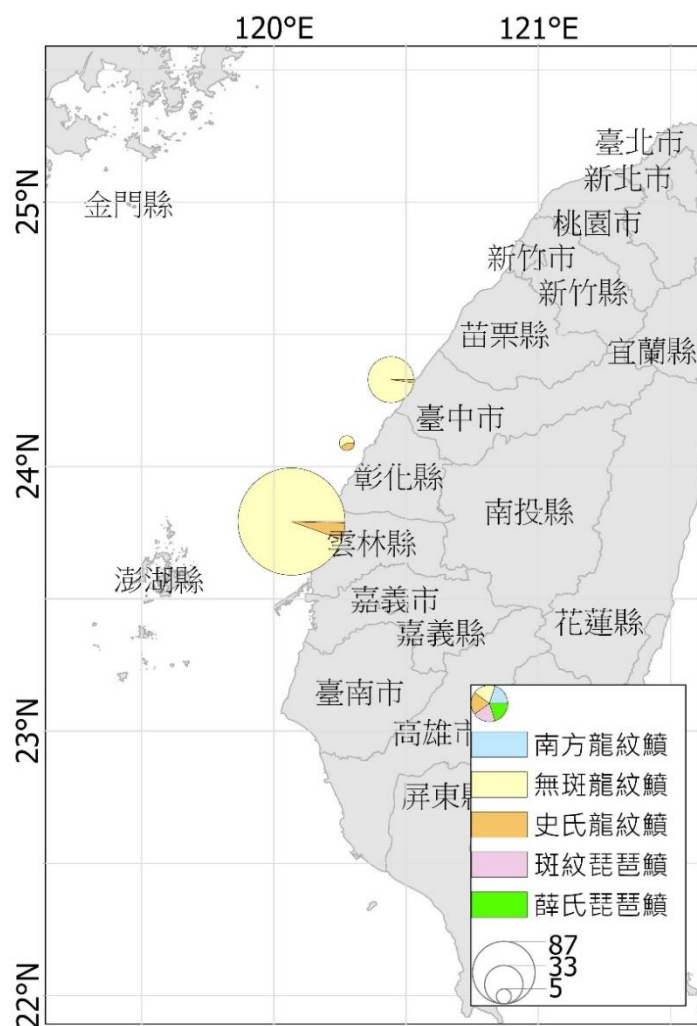


圖 83. 本研究犁頭鰻初生幼魚漁獲海域及其比例與數量。

### 3.4 進行犁頭鰻衛星籤標識放流及衛星資料回收分析

本研究共標識 7 尾犁頭鰻，其中 3 尾標籤尚未彈脫、1 尾放流時死亡、3 尾已取得資料。根據所取得 3 尾龍紋鰻的衛星標識籤資料，由於追蹤時間較短，顯示其都在臺灣周邊海域活動（圖 84）。6 月 22 日於澎湖鎖港外海放流的南方龍紋鰻雌魚，往南移動至高雄外海，途中經過陸棚邊緣；6 月 28 於雲林風場外放流的無斑龍紋鰻雄魚，仍活動於雲林沿近海域，然可惜被漁民再捕獲，無法繼續追蹤；8 月 30 於澎湖龍門外海放流的無斑龍紋鰻雄魚，持續於臺灣海峽間的陸棚區往北移動，未來應進行更多龍紋鰻個體之衛星標識放流追蹤。

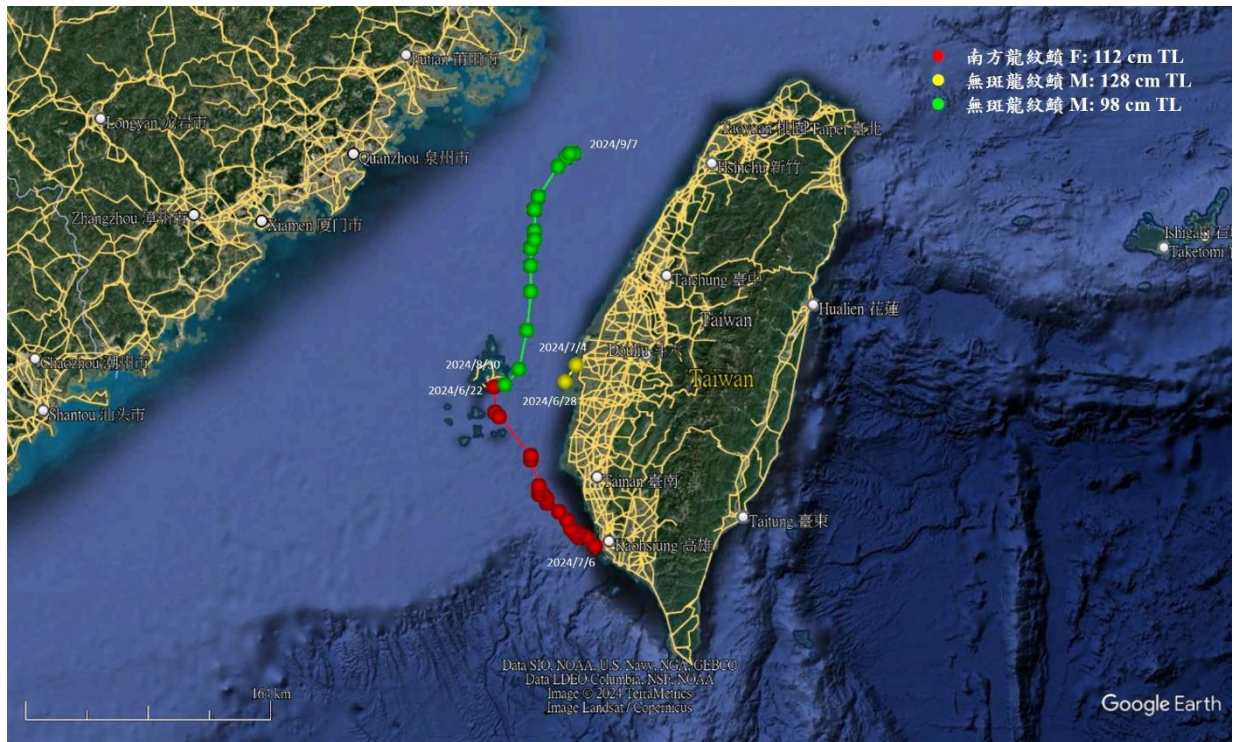


圖 84. 2024 年間所標識 3 尾龍紋鱚追蹤期間之移動路徑。

另針對 3 尾龍紋鱚的追蹤結果，分別說明如下：

(a) 南方龍紋鱚雌魚（112 cm TL，6/22 放流於澎湖海域）

由深度資料來看，7/7 之後深度變動穩定於 20–25 m 深，維持大約 10 天，顯示魚體死亡於 7/7（圖 85）。彈脫後的標籤尋回，檢查及外觀發現有啃咬痕跡，顯示該尾龍紋鱚可能是被其他掠食者攻擊而死亡（圖 86）。魚體死亡後的資料剔除後，將深度、溫度及照度資料一起比較，發現該尾龍紋鱚最深可到 42 m，最淺到 7.5 m，但是多在 17–27 m 之間移動，棲息溫度最低到 25.1 °C，最高到 28.9 °C，隨著天氣逐漸變熱，整體的棲息溫度在 6/27 後逐漸上升，另有一些突然上浮或深潛的行為，多發生在黃昏或清晨（圖 87）。

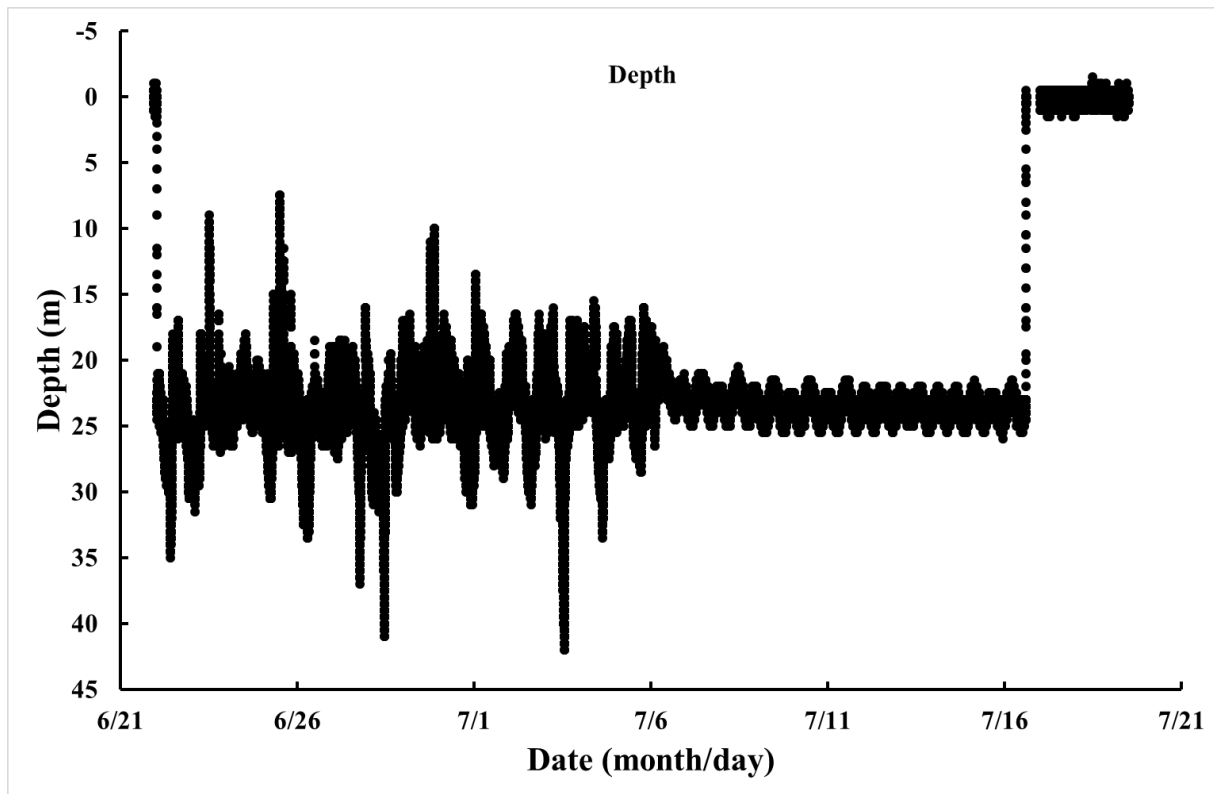


圖 85. 於 6/22 放流之南方龍紋鱗雌魚追蹤期間棲息深度。



圖 86. 尋回的標籤外觀有啃食痕跡。(2024/7/21，江偉全)。



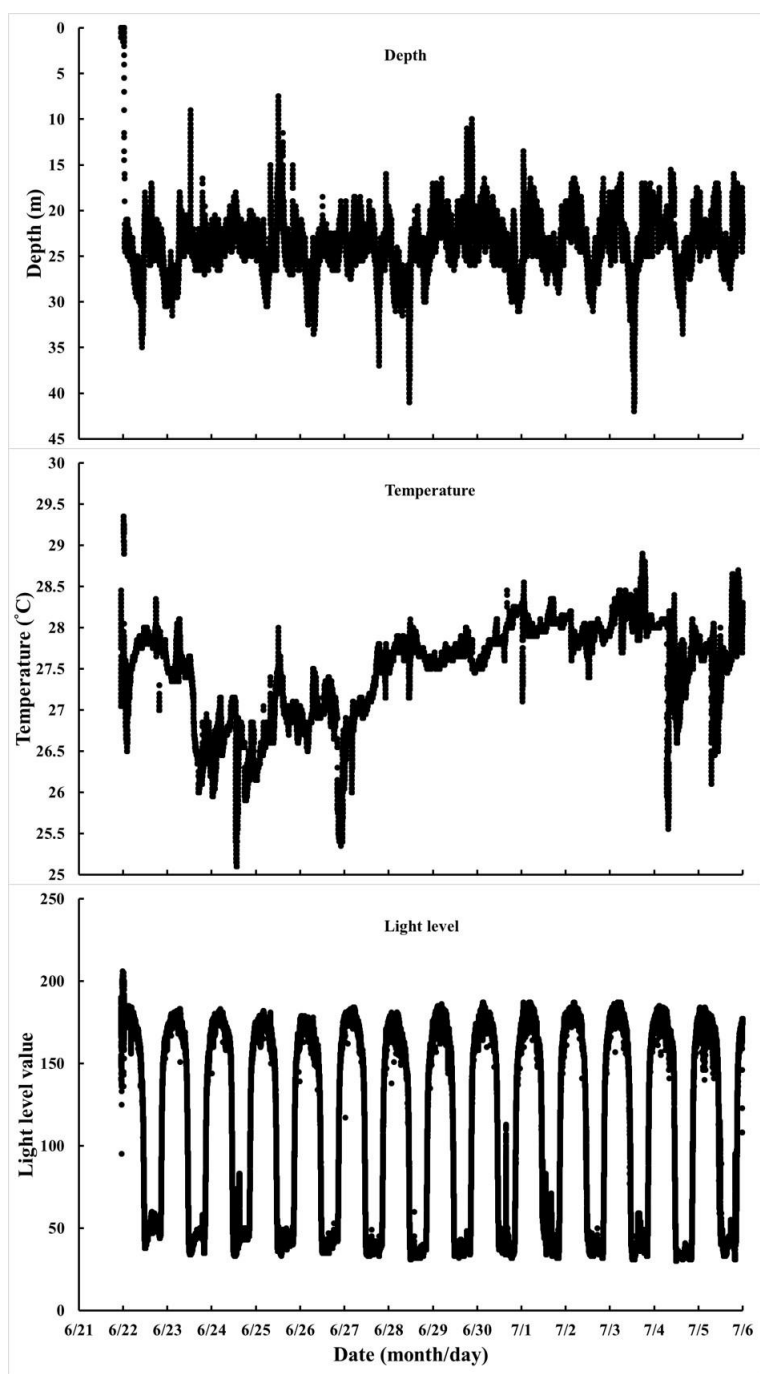


圖 87. 於 6/22 放流之南方龍紋鱗雌魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度。

(b) 無斑龍紋鱸雄魚 (128 cm TL, 6/28 放流於雲林海域)

本尾個體於 7/4 被漁民再捕獲，取回標籤並讀取資料，將被捕之後的資料剔除後，把深度、溫度及照度資料一起比較，發現該尾龍紋鱸最深可到 18.5 m，最淺到 0 m，但是多待在 10 m 以淺處，棲息溫度最低到 30.35 °C，最高到 32.25 °C，有較高的頻率利用夜間下潛 (圖 88)。

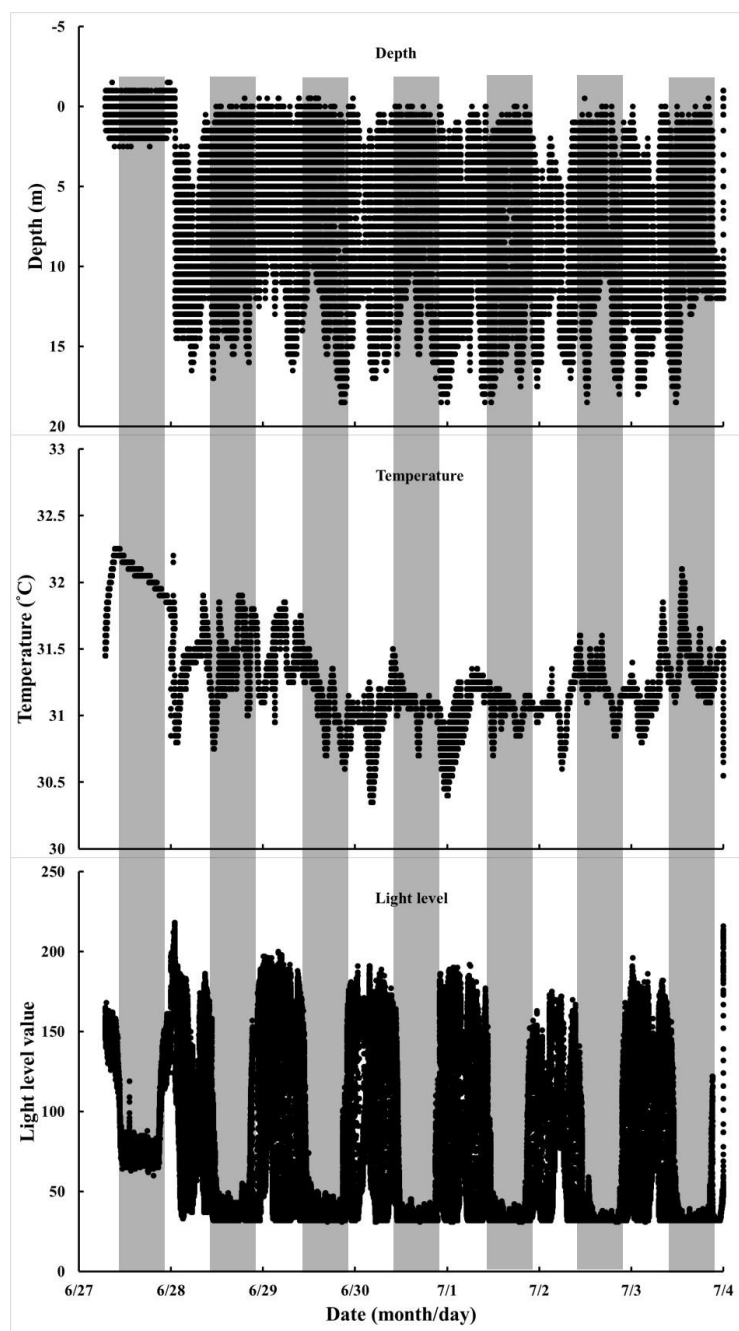


圖 88. 於 6/28 放流之無斑龍紋鱸雄魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度。灰色區域表示夜間。

(c) 無斑龍紋鱸雄魚 (98 cm TL, 8/30 放流於澎湖海域)

由深度資料來看，9/7 之後深度變動穩定於 5–10 m 深，維持大約 10 天，顯示魚體死亡於 9/7 (圖 89)。將魚體死亡後的資料剔除，把深度、溫度及照度資料一起比較，發現該尾龍紋鱸最深可到 28 m，最淺到 0.5 m，放流後到 9/1 多在 10–20 m 之間移動，9/1–9/2 往較深 20–25 m 之區域，隨後又回到 10–20 m 至 9/4，至 9/7 多維持在較淺的 8–11 m 處；棲息溫度最低到 26.75 °C，最高到 29.75 °C，隨著天氣逐漸轉涼，整體的棲息溫度逐步下降；有 3 次突然上浮的行為都發生在黃昏或清晨，但整體而言，其不分日夜不斷地上下移動 (圖 90)。

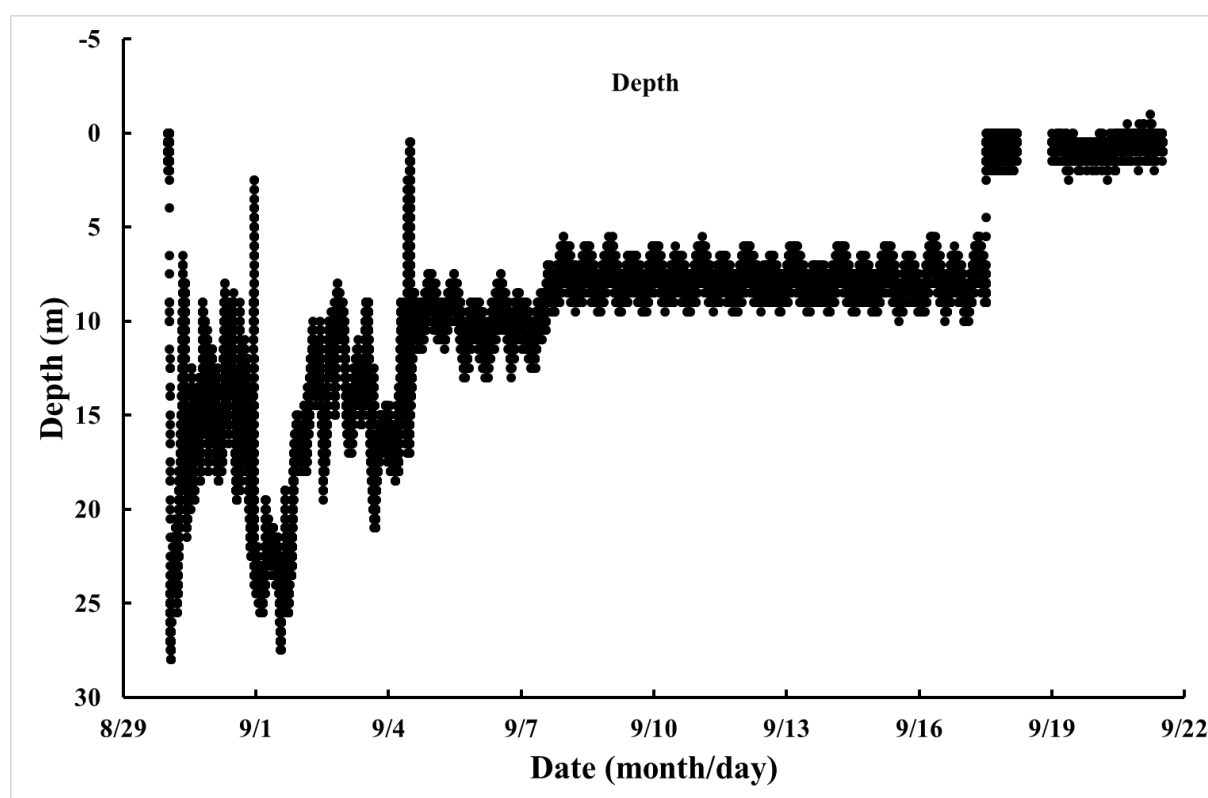


圖 89. 於 8/30 放流之無斑龍紋鱸雄魚追蹤期間棲息深度。

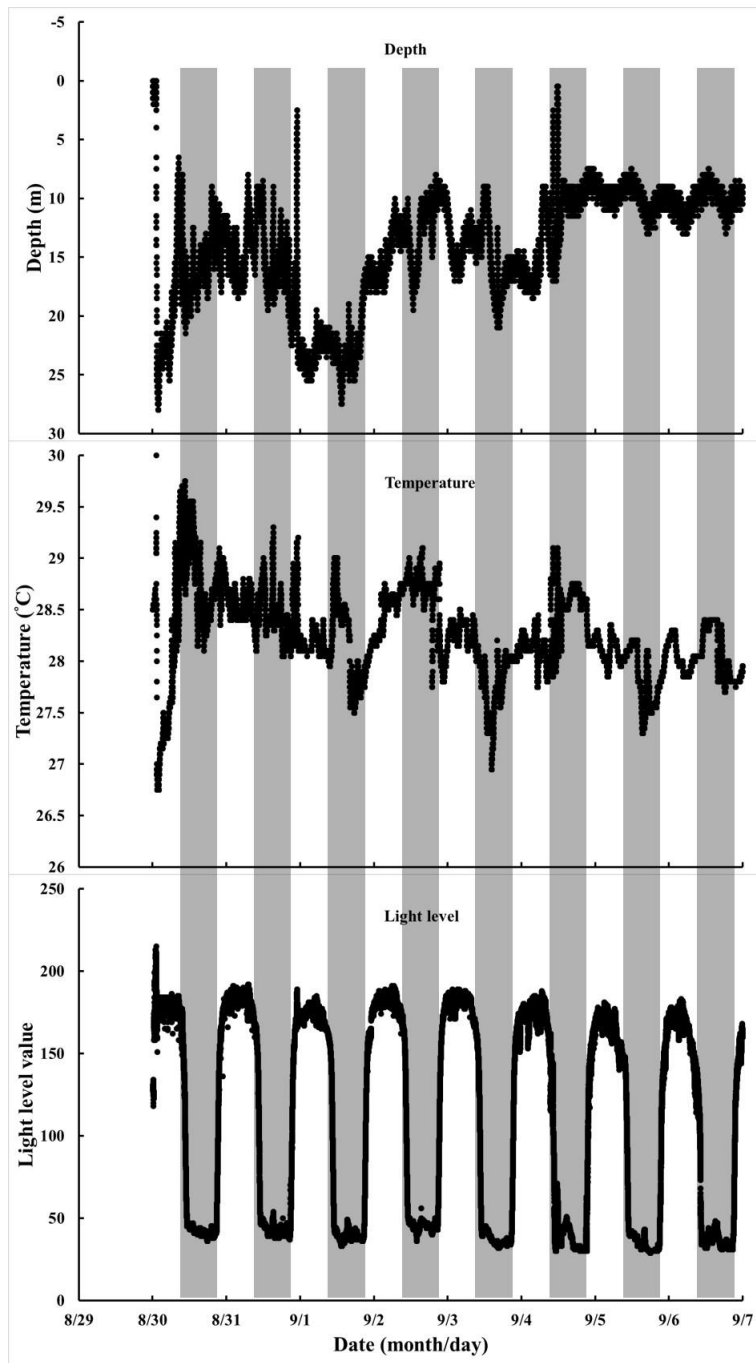


圖 90. 於 8/30 放流之無斑龍紋鱸雄魚追蹤期間棲息環境深度、溫度及照度。灰色區域表示夜間。

未來應持續針對不同體型、性別及海域的龍紋鱸，在不同季節進行標識放流追蹤。

### 3.5 研擬我國犁頭鰻資源管理及利用初步建議

本研究將針對 6 種記錄到的犁頭鰻提出管理及利用初步建議。

### (a) 波口鰐頭鱗

本種鮮少見於漁港、魚市場（僅傳聞紀錄 1 尾），雖然只有零星出現，但均為活體，顯見漁獲之後不易死亡，可以實施漁獲通報及放流獎勵制度；又本種記錄到的個體，皆被水族業者購得，除應掌握國內、外貿易情形外，可以參考大尾虎鯊（*Stegostoma tigrinum*）的 StAR（*Stegostoma tigrinum* Augmentation and Recovery Project）國際聯合計畫（<https://www.res shark.org/star-project>），飼育-繁殖後放流幼體，以回復其族群資源（Kyne et al. 2024）。

### (b) 南方龍紋鱗

本種絕大多數個體於澎湖海域所獲，四季皆可漁獲，但成熟個體所佔比例不高，可以實施大型個體放流獎勵制度，然適合的體長還需進行更多的漁業生物學研究。另無記錄到本種漁獲地點資料，未來需進一步調查，以掌握確切的漁獲分布。

### (c) 無斑龍紋鱗

根據圖 40 及圖 81–83 的漁獲地點分布，以及生物學、標識放流追蹤的研究結果，可以知道本種棲地離岸近，深度淺，懷孕個體及初生幼魚多分布於臺中至雲林的沿近海域，主要為刺網所獲，可以實施大型個體放流獎勵制度，以及產仔季節（6 月）禁捕大型個體，體長設定初期可以從比雌魚 TL<sub>50</sub>（136.8 cm TL）稍大之 140 cm TL 開始，此外，可以討論離岸 1 海里內禁用船舶刺網。至於初生幼魚的部分，因價值很低，漁民本就多自行放流，本研究樣本主要是委託標本船所取得。

#### **(d) 史氏龍紋鱔**

本種外型與無斑龍紋鱔相近，不易辨認，且棲地與生活史參數亦接近無斑龍紋鱔，建議兩種需同時管理，管理方式同上述無斑龍紋鱔。

#### **(e) 斑紋琵琶鱔**

本研究取得本種紀錄較少，西部漁民也表示並不常見，有將近 1/3 的樣本為其他計畫於彰化離岸風場內取得，故建議做好離岸風場的漁業管理（如禁漁、限漁等），即可對本種有一定程度的保護。

#### **(f) 薛氏琵琶鱔**

本種生產力較其他犁頭鰻物種高，漁獲數量也高，但經濟價值低（主要加工製成魚漿），初步可以鼓勵漁民放流（如澎湖定置網業者多自主放流），同時需要進一步調查漁獲資料，進行資源評估，之後可以總量管制，或者於漁獲、生殖高峰期（6 月）實施禁捕。

根據訪談漁民船長，犁頭鰻漁獲後經適當處理，存活率頗高，因此若實施放流獎勵，或有限度的禁捕，對漁民影響較低，且能確保犁頭鰻確實被保護。未來應持續探訪漁港、魚市場及相關從業人員，以對犁頭鰻漁業利用有更清楚地瞭解，並蒐集評估所需各參數資料。

本計畫工作執行進度甘特圖呈現如下：

工作項目		112 年			113 年											
		10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	蒐集、盤點我國犁頭鰻資料	●	●	●												
2	盤查臺灣犁頭鰻資源概況															
2-1	港口現地調查	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
2-2	建立標本船/戶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	樣本記錄及採集	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
2-3	漁業生物學研究	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	穩定同位素分析	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
2-4	提供科普教育資料													●	●	
3	進行犁頭鰻衛星籤標識放流及衛星資料回收分析						●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
4	研擬我國犁頭鰻資源管理及利用初步建議													●	●	
	第一次期中報告		●	●												
	第二次期中報告									●	●					
	期末報告													●	●	
	結案報告														●	●

●：已完成；○：進行中；X：待完成。

#### 四、 討論與後續工作

- 雖然目前已辨識記錄 6 種犁頭鰻，但是其中南方龍紋鰻、無斑龍紋鰻與史氏龍紋鰻等 3 種龍紋鰻的辨識方式，主要是依靠體色、斑點等特徵，仍常會遇到斑點不明顯或退色的個體，又目前 DNA 條碼的結果讓辨種更不明確，主因是基因資料庫缺乏各種龍紋鰻資料，未來需加強採樣，以建立基因資料。雖然 DNA 條碼的結果無法清楚鑑別 3 種龍紋鰻，但將無斑龍紋鰻的體重-體長關係與另外兩種做比較，卻有顯著差異（無斑-南方， $P =$



$3.34 \times 10^{-11}$ ；無斑-史氏， $P=4.82 \times 10^{-4}$ ），因此還需蒐集不同體型、性別跟類型的個體，做更仔細的型態差異分析。

2. 第一年初步的調查，著重於物種多樣性的調查，在有限的資源、人力運用上，難免顧此失彼，譬如澎湖記錄的南方龍紋鱗及薛氏琵琶鱗個體，較缺乏漁獲地點資料，同時整尾樣本採集較少，因此尚缺乏多個生活史參數資料，故未來需加強採樣澎湖的樣本。
3. 3 尾不同龍紋鱗或性別的標識放流追蹤也呈現不同結果，顯示目前追蹤的數量仍遠遠不足，還有 2 尾成熟龍紋鱗個體，等待標籤彈脫，若順利取得資料，應會有深具價值的成果，未來還需持需累積標識放流追蹤的數量，尤其是秋冬季節龍紋鱗漁獲數量明顯變少，顯然是棲地改變，這便需要更多個體進行跨年度的追蹤。
4. 有幾尾龍紋鱗標識放流後死亡，可能是因為較小尾個體，今年有新款更小型的 PSAT 標籤問世，可以用來標識小型個體，另已經累積許多經驗，並跟相關業者（水族飼育業者、定置網業者、刺網船長等）建立關係，之後便能朝標識後再飼育一段時間，等狀況穩定後再行放流的模式進行。
5. 今年度主要著重西部、西南部（包括澎湖）的調查，但調查過程中發現西北部及北部（苗栗、桃園、基隆等）也有不少犁頭鰻，譬如今年財團法人臺灣海洋保育與漁業永續基金會就記錄到兩次於基隆八斗子外海大量捕獲薛氏琵琶鱗，未來需加入這些地區的調查與採樣，得以整合臺灣西部海域的研究調查資料。
6. 審查委員意見與回覆列於附錄一，各犁頭鰻物種科普介紹列於附錄二，期末審查標準列於附錄三。

## 五、 參考文獻

- 馬暉承 (2023) 2021 年夏季金門沿海底棲軟骨魚類群聚結構分析與鱸總目優勢物種生活史特徵。國立中山大學碩士學位論文。國立中山大學，臺灣高雄，82 頁。
- 劉光明等人 (2021) 裸胸鯙與紅肉丫髻鮫之資源調查(1/3)。台灣中油股份有限公司委託研究計畫，計畫編號：AEA0958004。
- 劉光明、陳鴻鳴、劉雅萍、蘇冠宇、曾泊霖、蘇珊慧 (2022) 裸胸鯙與紅肉丫髻鮫之資源調查 (2/3)。台灣中油股份有限公司委託研究計畫，計畫編號：AEA0958004。
- 康兆凱、劉大綱、余進利、陳平、陳信宏、周瑋珊等人 (2022) 離岸風電廠生態保育環境監測研究-苗栗及雲彰風場。國家海洋研究院委託研究計畫，計畫編號：NAMR-111012。
- 黃郁心 (2024) 透過拖網資料建立澎湖東南海域魚類晚春及冬季之攝食生態及營養階層結構。國立臺灣海洋大學碩士學位論文。國立臺灣海洋大學，臺灣基隆，60 頁
- 香港餐務管理協會 (2008) 魚翅。[http://www.fooddb.com.hk/chi\\_fruit.php?id=4&type=8](http://www.fooddb.com.hk/chi_fruit.php?id=4&type=8).
- 莊守正等人 (2021) 臺灣西岸沿近海軟骨魚類資源調查。海洋委員會海洋保育署委託研究計畫，計畫編號：110-C-30。
- 莊守正等人 (2022) 臺灣沿近海軟骨魚類資源調查 (1/2)。海洋委員會海洋保育署委託研究計畫，計畫編號：111-C-04。
- 周蓮香、邵廣昭、邵奕達等人 (2017) 中華白海豚族群生態與食餌棲地監測。105 年度行政院農業委員會林務局委託研究計畫，計畫編號：105 林發-7.2-保-21。
- 張懿等人 (2019) 經濟魚種調查暨海洋牧場示範區可行性先期評估。金門縣水產試驗所委託研究計畫。
- 鄭力綺 (2016) 吳郭魚代謝性組織與耳石有機物之穩定性同位素分餾。國立臺灣大學碩士學位論文。國立臺灣大學，臺灣臺北，101 頁。
- 陳孟仙、賴建成、陳國書、陳煦森等人 (2020) 離岸風電場生態保育環境監測研究：底棲環境改變對海洋生態之潛在影響。國家海洋研究院委託研究計畫，計畫編號：NAMR-109-014。
- 陳孟仙、賴建成、陳姿君、鄭玉婷等人 (2021) 離岸風電場生態保育環境監測研究-彰化風場。國家海洋研究院委託研究計畫，計畫編號：NAMR-110-010。
- 陳春暉 (2003) 澎湖的魚類。水產試驗所特刊第 3 號，行政院農業委員會水產試驗所，臺灣基隆，379 頁。
- 陳曉譽 (2008) 1995–2005 年間花蓮沿岸定置網漁場漁獲物平均營養位階變動之研究。國立臺灣海洋大學碩士學位論文。國立臺灣海洋大學，臺灣基隆，71 頁。
- 陳維安、佩里斯、劉商隱、翁進興、蔡文沛、徐華遜 (2023) 彰化沿海軟骨魚類生物多樣性初探。2023 年中華民國魚類學會學術研討會，2023 年 8 月 22 日，臺灣高雄市。（摘要及海報）。
- 陳玟妤、翁進興、吳龍靜 (2016) 波口鯨頭鱈現蹤臺灣西南海域。水試專訊 56: 31。
- 邵廣昭 (2023) 臺灣魚類資料庫。網路電子版，<http://fishdb.sinica.edu.tw>。（2024 年 6 月 14 日登入）。
- 邵廣昭、陳靜怡 (2000) 馬祖風景特定區海洋生物資源調查與保育研究。交通部觀光局馬祖國家風景區管理處，福建連江，56 頁。
- 游朝義 (2009) 1991~2008 年間台灣定置網漁業漁獲物平均營養位階之研究。國立臺灣海洋大學碩士學位論文。國立臺灣海洋大學，臺灣基隆，95 頁。
- Bintoro G, Lelono TD, Setyohadi D, Maharani H, Rihmi MK (2021) Species composition and biology reproductions aspects of stingray (Batoidea) in south coast of Prigi waters,

- Trenggalek, East Java, Indonesia. The 4th International Symposium on Marine and Fisheries Research, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 919: 012018.
- Cerrato RM (1990) Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47: 1416–1426.
- CITES (2019a) CoP18 Prop. 43 - CONSIDERATION OF PROPOSALS FOR AMENDMENT OF APPENDICES I AND II. CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA, Eighteenth meeting of the Conference of the Parties Colombo (Sri Lanka), 23 May – 3 June 2019.
- CITES (2019b) CoP18 Prop. 44 - CONSIDERATION OF PROPOSALS FOR AMENDMENT OF APPENDICES I AND II. CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA, Eighteenth meeting of the Conference of the Parties Colombo (Sri Lanka), 23 May – 3 June 2019.
- CITES (2022) CoP19 Prop. 40 - CONSIDERATION OF PROPOSALS FOR AMENDMENT OF APPENDICES I AND II. CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA, Nineteenth meeting of the Conference of the Parties Panama City (Panama), 14 – 25 November 2022.
- Cortés E (1997) A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: Application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726–738.
- Cortés E (1999) Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56: 707–717.
- D'Alberto BM (2022) Conservation biology of wedgefishes (Family Rhinidae) and giant guitarfishes (Family Glaucostegidae). PhD Thesis, James Cook University, Australia.
- D'Alberto BM, Naomi CS, Xu KT, Green ME, Hutchinson N, Simpfendorfer CA (2024) Preliminary life history of the Critically Endangered bottlenose wedgefish *Rhynchobatus australiae* from Southeast Asia. *Endangered Species Research* 53: 363–378.
- Ebert DA, White WT, Ho H-C, Last PR, Nakaya K, Séret B, de Carvalho MR (2013) An annotated checklist of the chondrichthyans of Taiwan. *Zootaxa* 3752: 279–386.
- Ebert DA, Carlson P, Aitchison RM, Huerta-Beltran BL, Kyne PM (Eds) (2021) Report on the American Elasmobranch Society Global Wedgefish & Guitarfish Symposium 2021. Moss Landing Marine Laboratories, San Jose State University, USA.
- Hsu HH, Nazeer Z, Panickan P, Lin Y-J, Qasem A, Rabaoui LJ, Qurban MA (2022) Stomach content analysis for juvenile great hammerhead sharks *Sphyrna mokarran* (Rüppell, 1837) from the Arabian Gulf. *Fishes* 7: 359.
- ICES (2020) Workshop on Elasmobranchs maturity (WKSEL3; outputs from 2018 meeting). ICES Scientific Reports. 2:90. 103 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7501>.
- IUCN (2023) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <http://www.iucnredlist.org>.
- IUCN SSG (2019) A Special Group of Rays Are Now World's Most Threatened Marine Fish - IUCN Shark Specialist Group Flags Need to Protect Critically Endangered "Rhino Rays". International Union for the Conservation of Nature (IUCN) Shark Specialist Group (SSG), Press Release, London. <https://www.iucnssg.org/press/a-special-group-of-rays-are-now-worlds-most-threatened-marine-fish>.
- Iskandar MDN, Fadzi MH, Sharikin ASAA, Piah RM (2023) Fisheries and biological information of bottlenose wedgefish (*Rhynchobatus australiae*) in the Pulau Kambing fish landing port, Terengganu. *Universiti Malaysia Terengganu Journal of Undergraduate Research* 5: 42–51.
- Jabado RW (2019) Wedgefishes and giant guitarfishes: A guide to species identification. Wildlife Conservation Society, New York.

- Kimura DK (1980) Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin* 77: 765–776.
- Kume G, Furumitsu K, Tanaka S, Yamaguchi A (2009) Reproductive biology of the guitarfish *Rhinobatos hynnicephalus* (Batoidea: Rhinobatidae) in Ariake Bay, Japan. *Environmental Biology of Fishes* 85: 289–298.
- Kyne PM (2019) *Rhynchobatus springeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T60182A124448942. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T60182A124448942.en>.
- Kyne PM, Pillans RD (2014) Protocols for Surveying and Tagging Sawfishes and River Sharks. National Environmental Research Program Marine Biodiversity Hub, Hobart.
- Kyne PM, Ebert DA (2019) *Rhynchobatus immaculatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T104019954A104020006. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T104019954A104020006.en>.
- Kyne PM, Rigby CL (2019) *Rhynchobatus palpebratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T195475A2382420. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T195475A2382420.en>.
- Kyne PM, Rigby CL, Dharmadi, Jabado RW (2019a) *Rhina ancylostoma*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T41848A124421912. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T41848A124421912.en>.
- Kyne PM, Rigby CL, Dharmadi, Jabado RW (2019b) *Rhynchobatus australiae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T41853A68643043. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T41853A68643043.en>.
- Kyne PM, Rigby CL, Dharmadi, Gutteridge AN, Jabado RW (2019c) *Glaucostegus typus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T104061138A68623995. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T104061138A68623995.en>.
- Kyne PM, Haque AB, Charles R, Jabado RW (2022) *Glaucostegus granulatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T60166A215829219. Accessed on 24 September 2023.
- Kyne PM, Jabado RW (2022) Most rhino rays (Sawfishes, wedgefishes, giant guitarfishes, guitarfishes, banjo rays) are threatened with extinction. *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation* 2022: 763–772.
- Kyne PM, Carlson P, Aitchison RM, Al Hameli S, D'Alberto BM, Gonzalez-Pestana A, Groeneveld MJ, Hanna J, Karnad D, Ebert DA (2024) Global status and research priorities for rhino rays. *Endangered Species Research* 55: 129–140.
- Last PR, Ho H-C, Chen R-R (2013) A new species of wedgefish, *Rhynchobatus immaculatus* (Chondrichthyes, Rhinobatidae), from Taiwan. *Zootaxa* 3752: 185–198.
- Last PR, Séret B, Naylor GJP (2016a) A new species of guitarfish, *Rhinobatos borneensis* sp. nov. with a redefinition of the family-level classification in the order Rhinopristiformes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zootaxa* 4117: 451–475.
- Last PR, White WT, de Carvalho MR, Séret B, Stehmann MF, Naylor GJP (2016b) Rays of the world. CSIRO Publishing, Clayton South.
- Moore, A. B. M. (2017) Guitarfishes: The next sawfishes? Extinction vulnerabilities and an urgent call for conservation action. *Endangered Species Research* 34: 75–88.
- Naylor GJ, Caira JN, Jensen K, Rosana KA, Straube N, Lakner C (2012) Elasmobranch phylogeny: A Mitochondrial Estimate Based on 595 Species. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR (eds) *Biology of Sharks and Their Relatives*, 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press, Boca Raton, pp 31–56.
- Olsen C, Qaadri K, Moir R, Kearse M, Buxton S, Cheung M (2014) Geneious R7: a bioinformatics platform for biologists. International plant and animal genome conference XXII, San Diego, CA, USA, 10–15 January 2014.

- Post DM (2002) Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703–718.
- Rigby CL, Chen X, Ebert DA, Herman K, Ho H, Hsu H, Zhang J (2020) *Rhinobatos hynnicephalus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T60167A124446775. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T60167A124446775.en>.
- Rigby CL, Walls RHL, Derrick D, Dyldin YV, Herman K, Ishihara H, Jeong C-H, Semba Y, Tanaka S, Volvenko IV, Yamaguchi A (2021) *Rhinobatos schlegelii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T104005557A104006031. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T104005557A104006031.en>.
- Schluessel V, Giles J, Kyne PM (2015) Notes on female reproductive biology and embryos of the brown guitarfish *Rhinobatos schlegelii* from the Penghu Islands, Taiwan. *Ichthyological Research* 62: 347–350.
- Sherman CS, Simpfendorfer CA, Haque AB, Digel ED, Zubick P, Eged J, Matsushiba JH, Sant G, Dulvy NK (2022) Guitarfishes are plucked: Undermanaged in global fisheries despite declining populations and high volume of unreported international trade. *Marine Policy* 155: 105753.
- Taylor MH, Mildenberger TK (2017) Extending Electronic Length Frequency Analysis in R. *Fisheries Management and Ecology* 24: 330–38.
- Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R (1991) Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques* 10: 506–513.
- Ward RD, Zemplak TS, Innes BH, Last PR, Hebert PD (2005) DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 1847–1857.
- Wildlife Computers (2024) Location Processing (GPE3 & Fastloc GPS®) in the Wildlife Computers Data Portal User Guide (v202403). Wildlife Computers, WA, USA, 22 pp.
- Zheng W, Qiu S (1993) Reproductive biology of the guitarfish, *Rhinobatos hynnicephalus*. *Environmental Biology of Fishes* 38: 81–93.

## 附錄一：審查委員意見與回覆

### 第一次期中報告委員意見與回覆

委員	意見	回覆
劉委員 光明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. P2 摘要第 10 -11 行應修正為…以脊椎骨輪紋定齡並估計其成長…。</li> <li>2. 因資料蒐集的種類繁多，且執行時間不長，請問目前預估何種琵琶鱸的樣本數及體型範圍足以進行漁業生物學研究？</li> <li>3. 因脊椎骨取得不易，建議多量測體長以供後續分析。</li> <li>4. 部分內容引用相同計畫但表示方式不同，文獻引用寫法應一致。</li> <li>5. 可否提供 2019 年 IUCN 評估將多數龍紋鱸及琵琶鱸等列入極危等級之相關說明？</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已改成以脊椎骨輪紋定齡 (P9)。</li> <li>2. 目前以無斑龍紋鱸體型範圍及數量，足以進行漁業生物學研究，並已呈現於研究成果 P48 - 85。</li> <li>3. 目前使用體長頻度分析法進行無斑龍紋鱸年齡與成長研究，成果呈現於 P73 - 75。</li> <li>4. 文獻引用寫法已修改一致。</li> <li>5. 已說明於 P1 - 2。</li> </ol>
陳委員 餘鏗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已附中英文摘要，可見初步成果，值得肯定。</li> <li>2. 建議成果報告書採雙面列印，以節省紙張。</li> <li>3. 建議種名在文中第一次出現時，學名仍以全名呈現較佳（屬名勿縮寫），以避免不同屬名縮寫後無法區分，造成混淆。</li> <li>4. 已有完整的架構與分析方法，令人期待但仍建議將採樣內容完整敘述。</li> <li>5. 文獻引用十分完整，但 P4 Sherman et al. (2022) 未列在參考文獻中。另文獻的</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員肯定。</li> <li>2. 感謝委員建議，本報告將以雙面列印。</li> <li>3. 種名於第一次出現已用全名表示。</li> <li>4. 已將採樣內容完整敘述並增列材料與方法章節於 P5 - 22。</li> <li>5. 缺少文獻已補列。</li> </ol>

	<p>整理與寫法建議參考 APA 最新版，以維持一致性。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>建議內文段落整合，如 P4 整合為一段即可，另 P21 – 23 圖三至六建議標上日期。</li> <li>因部分種類較少見，資料蒐集不易，可考量以豐度較高的物種為主要研究對象，建立較完整的生物學資料。</li> <li>建議將何宣慶老師新種發表之文獻及相關資料納入報告。</li> <li>P22 圖五是否為已上標識之琵琶鱸？</li> <li>請問脊椎骨採樣會取哪一段？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>內文段落已整合，照片亦已經標上日期。</li> <li>目前以無斑龍紋鱸為主要生物學研究對象。</li> <li>已將何老師新種報告文獻列入。</li> <li>是的，然本次報告已無出現該照片。</li> <li>脊椎骨採樣將採尾柄部位，並已說明於 P9。</li> </ol>
許委員 建宗	<ol style="list-style-type: none"> <li>本報告已達第一次期中報告審查標準。</li> <li>請增加目錄內容並在各章節加入編號，例如 P8-12 應為 3.1 蒐集、盤點…3.1.1 分布及生物學概況…3.1.2 臺灣出現紀錄。</li> <li>P2 關鍵詞建議刪除「澎湖」及「漁業生物學」。</li> <li>P4 引用文獻 Sherman et al. (2022) 未列入參考文獻，應補上。</li> <li>P8-10 分布及生物學概況，宜將 P10 提及表一的敘述移至 P8 標題下的第一段：臺灣海域九種犁頭鰻的基本生物學資訊與棲息環境回顧摘要如表一。另本節全部敘述只有一段，過於冗長，應依生物學概況或種類</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>感謝委員。</li> <li>已增加目錄，並在各章節加入編號。</li> <li>已刪除。</li> <li>缺失文獻已補列。</li> <li>已修改寫法，並將各種分段說明於 P22 – 25。</li> </ol>



	<p>分段回顧，較容易閱讀，並建議多運用表格呈現。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. P11 表一表格內容應以中文為主，再附上英文註解。另「TLmat」是否為 50%成熟全長？應敘明定義。</li> <li>7. P11 後的頁碼編寫錯誤。</li> <li>8. P12 1.2 臺灣出現紀錄，段落太長不易閱讀，且引述時不用將作者所執行的計畫全名列出，網頁引用可在頁末用註解的方式引用。</li> <li>9. P15 1.3 漁業生物學的數據可列表呈現，並用 length-based 方法取得生物參數。</li> <li>10. P20 2-2 魚市場採樣及建立標準船(b)樣本記錄及採集的「今年」應清楚顯示為哪一年，且應統一用西元年，或民國年加註西元年。</li> <li>11. 所有照片皆應註明攝製人員、日期、地點，魚體的照片應附標尺。</li> <li>12. 文章縮排不一致。</li> <li>13. 建議可用船名搜尋 VDR 資料，進一步了解其作業航跡及時間等。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. 已修改該表格表示方式於 P25。</li> <li>7. 頁碼編碼已修改。</li> <li>8. 已修改為較簡潔寫法於 P26 – 28。</li> <li>9. 已將生物學參數列於表 23 (P82)，並以體長頻度分析進行無斑龍紋鱸成長研究 (P73 – 75)。</li> <li>10. 已經統一使用 2024 年。</li> <li>11. 照片皆已註明拍攝人、日期、地點等資訊。魚體標本照片已附標尺。</li> <li>12. 文章縮排已修改一致。</li> <li>13. 未來蒐集更多漁獲資料並取得漁船名或編號後，將會搜尋其航跡資料。</li> </ol>
羅委員 進明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. P20 提到透過魚市場採樣及建立標本船，請問預計數量為何？執行上是否有困難之處 有困難之處。</li> <li>2. 以犁頭鰻樣本之取得而言，主要係以何種漁法漁獲為主？分布海域主要在哪裡？如以 P16-17 西岸 5 處及澎湖主要港口為現地調查目標，樣本取得是否足夠及具有代表性？</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 經過半年現地採樣後，發現大多數時候犁頭鰻非主要目標魚種，標本船效率較低，本研究是以兩個主要漁獲地區（臺中、雲林）建立標本戶，協助蒐集樣本，並取得漁獲海域、作業漁法等資訊。而澎湖之犁頭鰻是由 2-3 個主要蒐購軟骨魚的魚販統</li> </ol>

	<p>3. 根據過往其他調查資料，因定置網所誤捕的犁頭鰻各物種比率數量為何？本計畫所選定之定置漁場主要在何處？如經通報有捕獲時，相關標識作業如何啟動？預估最遲會於多久時間完成標放作業，期間如何確保樣本存活？</p> <p>4. 本計畫在未來期末時希望能因應物種之保育及管理提出建議，屆時請就犁頭鰻之保育等級進行評估及建議相關管理對策 就犁頭鰻之保育等級進行評估及建議相關管理對策 就犁頭鰻之保育等級進行評估及建議相關管理對策 就犁頭鰻之保育等級進行評估及建議相關管理對策。</p>	<p>一處理，目前可以採樣記錄犁頭鰻，但各別的漁業資訊只能取得部分（如作業漁法或大略位置）。</p> <p>2. 主要為刺網、底延繩釣及拖網（P42-43）。經現地採樣後，目前以澎湖、臺中、雲林（+彰化）為主的採樣方式具有代表性。</p> <p>3. 定置網誤捕犁頭鰻比率極低。本計畫主要與澎湖鎖港（一組）定置網業者合作，捕獲琵琶鱸會立即放流，龍紋鱸則會暫置箱網中，於24小時內便可到達現場完成標識並放流，期間定置網業者會定時巡視魚體活存及健康狀況。</p> <p>4. 已所蒐集資料進行適當的評估，並提供管理建議（P91-93）。</p>
吳委員 龍靜	<p>1. 建議標本船的數量要考慮採樣代表性。</p> <p>2. 除目標物種外，其他漁獲漁種建議一併蒐集。</p> <p>3. 建議確認漁獲地點，並建立CPUE 資料。</p> <p>4. 標識放流過程建議拍攝高畫質影片。</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. 經過半年現地採樣後，發現大多數時候犁頭鰻非主要目標魚種，標本船效率較低，本研究是以兩個主要漁獲地區（臺中、雲林）建立標本戶，協助蒐集樣本，並取得漁獲海域、作業漁法等資訊。而澎湖之犁頭鰻是由2-3個主要蒐購軟骨魚的魚販統一處理，目前可以採樣記錄犁頭鰻，但各別的漁業資訊只能取得部分（如作業漁法或大略位置）。</p> <p>2. 考量到現有資源及現場作業情形，目前以拍照的方式，</p>

		<p>盡量記錄與犁頭鰩同時被漁獲之軟骨魚類物種。</p> <p>3. 本研究目前透過標本戶協助能取得多數個體漁獲海域（部分能取得詳細地點），尚須努力取得漁船及其作業資料。</p> <p>4. 標識放流過程會拍攝高畫質影片。</p>
--	--	---

### 第二次期中報告委員意見與回覆

委員	意見	回覆
劉委員 光明	<p>1. 新鑑別到的史氏龍紋鱔與無斑龍紋鱔外型非常相似，請以DNA 確認是否為同物種。</p> <p>2. P8「直線回歸」應為「線性迴歸」。</p> <p>3. P10 標識放流前有無前置實驗以確保標識不會造成魚體死亡？建議可考慮購買小型龍紋鱔暫養，針對標識位置及方式對魚體存活率、脫籤率等影響進行相關試驗。</p> <p>4. P12-13 有關臺灣周邊海域犁頭鰩之生活史描述，Kyne et al. 2019, 2019a, 2019b 之 IUCN 相關文獻引用應無臺灣資料，建議刪除。</p> <p>5. P31 表 3「各裡頭搖物種」應為「各犁頭鰩物種」。</p> <p>6. 經過盤點已初步掌握犁頭鰩主要出現漁港，建議海保署思考未來是否集中特定地點進行密集採樣，以提高樣本數，例如澎湖、梧棲等。</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. DNA 的結果無法清楚鑑別物種，乃因基因資料庫資料缺乏，已說明於 P40。</p> <p>2. 已修改（P6）。</p> <p>3. 目前有 1 尾經過前置實驗放流的個體，但於一週後被漁民再捕獲（P88-89），未來會進行更多前置飼育後放流之實驗。</p> <p>4. 相關文獻為整理臺灣記錄過之犁頭鰩生物學資料，故予以保留並於表 6（P25）中說明。</p> <p>5. 已修改。</p> <p>6. 未來需加強澎湖的採樣。</p>
許委員 建宗	<p>1. 應增加圖目錄、表目錄，目錄頁頁碼應用羅馬數字標示，並將 P5 第一次期中報告摘要加</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p>

	<p>入本次報告的摘要中，或將依委員意見修正後的第一次期中報告加入附錄。</p> <p>2. P5-6「計畫目標」應改為「前言」，並增加本計畫研究內容相關之國內外文獻回顧。</p> <p>3. P7 尾前長 (Precaudal length, PCL) 與一般的標準長 (standard length) 有何不同？量測方法示意圖應為圖 1。</p> <p>4. P9 邏輯曲線 (logistic curve) 的常數項 c 為何為 -c？</p> <p>5. P14 圖 3 請補充資料來源。</p> <p>6. P15 表 2 說明為「出現於臺灣海域」犁頭鰻，但漁業捕獲洋區亦包含其他海域，建議說明為全球海域分布，並請增加參考文獻。</p> <p>7. P26 港口魚類調查是一項繁瑣的調查取樣設計，應在「材料與方法」以節論述每月每港口的調查方法設計，包含調查日數、每日觀察多少時間(小時)等，因其影響體長及出現頻度的月別變化 (P28-30) 等。</p> <p>8. P26 2-4 節結果應可歸納成表 (如 P15 表 2)，較容易閱讀。</p> <p>9. P28-31 圖 21-24 的頻度 (frequency) 宜用百分比 (%)，因為其只是觀察的量，並非全部數量。</p> <p>10. P31-45 2-5 節漁業生物學研究，建議增加體長-體重、生殖之外的其他生物學性狀研究。</p> <p>11. P31-45 2-5 節中的統計檢定及迴歸套適(fitting)應附統</p>	<p>1. 已增加圖、表目錄，頁碼亦已經修改。並已附上計畫完整摘要 (PII - VI)。</p> <p>2. 將於成果報告中以前言的方式敘述計畫目標，文獻回顧為本計畫工項之一，已於成果 3.1 中呈現 (P22 - 29)。</p> <p>3. 尾前長為吻端至尾柄末端長度，為軟骨魚類慣用的量測方法及用詞，示意圖已正確呈現 (P6)。</p> <p>4. 已修改為 c (P8)。</p> <p>5. 已補充資料來源 (P29)。</p> <p>6. 已加以說明，並增加參考文獻 (P25)。</p> <p>7. 各月別及海域調查的犁頭鰻數量列於表 7 及表 8 (P41)，以及附錄三之附表一 (P129)。</p> <p>8. 內容另列於表 23 (P82)。</p> <p>9. 已修改成以百分比呈現 (P42-46 圖 34 - 38)。</p> <p>10. 已增加其他生物學研究 (P48 - 85)。</p> <p>11. 已附上檢定表 (P49 表 9、P54 表 12、P60 表 13、P67 表 14 及 15、P70 表 16)，並將圖中說明字體加大。</p>
--	---	---

	<p>計表，如概述檢定表、分析表等，且圖示的字體太小。</p> <p>12. 目前調查僅限於有無看到及看到的數量，應不足以估計總捕獲量，建議擬定調查計畫以推估各物種可能的總捕獲量。</p>	<p>12. 總捕獲量尚仰賴其他計畫及單位之漁獲資料補足，目前朝不同月別或季別物種多樣性及比例變化的方向努力。</p>
陳委員 餘鑒	<p>1. 資料逐漸補足，殊屬不易。尤其提供過往整合資料與漁港拍賣相關資料，十分辛苦與難得。</p> <p>2. 摘要建議一段式寫法，另「數量」建議改為「豐度」。</p> <p>3. 調查港口、次數、日期、調查到的種類及數量等，建議製成表格於期末報告呈現。</p> <p>4. P5 物種學名建議以全名呈現。</p> <p>5. P5、6 行距不同，且內文引用文獻格式不一致。</p> <p>6. P10 脊椎骨年輪取樣在尾柄，有些文獻建議在第一背鰭下脊椎骨，有何差別及何者較為適當？</p> <p>7. P12-13 請補充瞬眼龍紋鰭、顆粒琵琶鰭及大琵琶鰭的學名。</p> <p>8. P14 圖 3 請依所蒐集資料在期末更新。</p> <p>9. P15 表 2 中的「臺灣出現區域」建議改為「臺灣出現海域」。</p> <p>10. 表說明中英文夾雜呈現，可否改為一致文體？</p> <p>11. P28-29 圖 21-22 並非連續月份記錄，建議逐圖針對在何處及何月份進行文字說明。</p> <p>12. P30、31 圖 23、24 請冠上年份。</p> <p>13. P31 表 3 請加上年度，並修正表說明文字。</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. 感謝委員。</p> <p>2. 已改成一段式寫法，為避免豐度在生態學及資源學上面的用法差異而造成誤會，經與其他委員討論後使用漁獲數量。</p> <p>3. 已製成表格列於附錄三的附表一（P129）。</p> <p>4. 已使用全名。</p> <p>5. 已修改為一致。</p> <p>6. 第一背鰭下方脊椎骨最大，最為適合，但軟骨魚類採樣很多情況無法購買整尾，在資源有限的情況下可能只能購買一段尾柄，為保持一致均使用尾柄之脊椎骨，另有許多文獻及過去經驗，尾柄脊椎骨同樣可以有效讀取輪紋。</p> <p>7. 已於前面第一次出現時列出學名（P2）。</p> <p>8. 已另外製圖 39、40（P47、48）。</p> <p>9. 已修改。</p> <p>10. 已修改為一致。</p> <p>11. 已修改為季別（P42-44 圖 34-36）。</p> <p>12. 已加上年份（P34、35）。</p> <p>13. 已加上年份（P11）。</p>

	14. 無斑龍紋鱸目前是唯一分布在臺灣西部海域的物種，且其生物相關資料較為缺乏，可否強化此一物種之調查與資料收集？	14. 已加強本種生物學研究並於結果中呈現。
羅委員 進明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫希望能瞭解犁頭鰻漁獲情形，記錄種類、漁法、漁獲位置等，而依目前在盤查方法上，P16-P18 提到港口現地調查，根據漁港卸魚拍賣掌握資料，請問如何獲取相關漁獲位置？</li> <li>2. 長期而言，為利於犁頭鰻資源評估及保育等級評估作業，請問以目前執行的漁獲情形、樣本掌握數量狀況，是否算是順利？有無需調整之處？團隊的建議？</li> <li>3. 目前已成功標放之波口鰻頭鰻狀況如何？如訊號接收情形。</li> <li>4. 對於截至目前調查所獲得之各魚種基本數量、分布位置、體長、體重、捕獲時間等資料，建議能列表整理提供，以方便閱讀。</li> <li>5. 請問標識後如何選擇放流的海域？目前有衛星標訊號回傳嗎？</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 臺中的樣本主要由魚販協助取得其自家船舶所捕獲樣本，故能取得漁獲位置，雲林委由雲林地區近沿海作業漁船協會的標本船提供樣本，亦能取得漁獲地點資料。</li> <li>2. 目前掌握的漁獲情形及數量狀況堪稱順利，但仍須加強澎湖地區的採樣記錄，同時增加中部以北之漁獲調查。</li> <li>3. 波口鰻頭鰻的研究結果會由江偉全博士執行的標識計畫報告，本研究則呈現龍紋鰻的追蹤成果。</li> <li>4. 已分別製成圖表（圖 37-40，表 7-8、23，附錄三之附表一）。</li> <li>5. 放流位置選擇為捕獲時海域，目前有三尾追蹤資料，已呈現於報告中。</li> </ol>

### 期末報告委員意見與回覆

委員	意見	回覆
劉委員 光明	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 整本報告的「生殖季節」應改為較精準的「產仔季節」。</li> <li>2. 統計檢定的顯著水準若改為一般常用的 0.05，則卡方檢定結果將不同。</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已修改為產仔季節。</li> <li>2. 性比的統計檢定顯著水準已修改成 0.05。</li> </ol>



<ol style="list-style-type: none"> <li>3. P1「胎仔數為 6.1」應改為「平均胎仔數為 6.1」，另季節性 VBGF 的其他參數也應一併列出。「南方龍紋分」應改為「南方龍紋鱗」，「限制捕抓」應改為「限制捕撈」。</li> <li>4. P65 分析更多無斑龍紋鱗肌肉樣本後，可嘗試使用 SIBER 分析探討不同生活史階段攝食的重疊度。不同體型之 <math>\delta^{13}\text{C}</math>、<math>\delta^{15}\text{N}</math> 皆無顯著差異是否因樣本數太少所？從標識放流結果顯示其活動範圍不小（圖 63）。</li> <li>5. P72 圖 65 無斑龍紋鱗 128 cm TL 個體之移動軌跡看不清楚。</li> <li>6. P78 波口鯨頭鱗第 1 行刪除「未」。另執行團隊建議實施放流獎勵機制，但其活體出口水族館的價格高，是否討論或了解過漁民對於放流獎勵之意願？</li> <li>7. P78 無斑龍紋鱗體型限制訂為 140cm TL 的依據為何？為何不訂為更保守的 130 cm，因雄魚性成熟體長為 129.9cm。</li> <li>8. 目前資料較難以估算其族群量及可接受漁獲量（TAC），且軟骨魚多為混獲，不建議逕為列入保育類，應先蒐集相關生活史參數進行生態風險評估，推估建議優先保護的物種，實施預警式漁業管理措施，或可</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 已修改為平均胎仔數，soVBGF 各參數皆已列入，龍紋分錯次已修改，限制捕抓已改為限制捕撈。</li> <li>4. 未來完成更多肌肉樣本的穩定同位素分析後，可以用 SIBER，並配合洄游及不同生活史階段、性別等作進一步數據分析。</li> <li>5. 已修改路徑配色。</li> <li>6. 已刪除「未」，獎勵意願還需考量海保署或漁業署的行政作業，未來可就這方面共同討論。</li> <li>7. 考量到管理由寬趨嚴，因此先由 140 公分開始，若與放流獎勵同時執行，可持續監測並評估成效。</li> <li>8. 未來會持續進行生活史研究，並考慮使用生態風險評估之方法進行評估。</li> </ol>
---	--

	配合漁業署近期規劃之刺網禁漁期。	
許委員 建宗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本報告撰寫完整，但生物學部分種類多，撰寫方式有點複雜。</li> <li>2. P24、P70 等文中多處提到名詞「豐度」，與原豐度的用法不同，應做調整。</li> <li>3. 做圖應考量屬性的表現，如 P32 圖 16 及圖 17 不同種類數量的柱狀高低差太大，應用比例做圖（frequency（%）），方能顯現其時間變化，P34 圖 19 亦不清楚。</li> <li>4. P35 表 7 及表 8 應分雌雄做比較再合併，P36、P37 及 P38 亦同。</li> <li>5. P39 提及南方龍紋鱸成熟體長應介於 130.2-146.1 cm TL 之間，沒有更大的成熟體長？請確認寫法。</li> <li>6. 英文縮寫應先書寫全名如 P7 的 TL、PCL、FL、CL，P8 的 MOD、OGW、UW、YOY、soVBGF 等。</li> <li>7. P10 表 1 交接器鈣化變硬不見得成熟，應如何精確確定成熟？三種狀態的定義？</li> <li>8. P40 起的分析很有意義，做了很多統計處理，請再清楚潤色，並將結果用種類做表較為清楚，如 P67 表 20。</li> <li>9. 標識放流資料為本計畫補助或其他計畫的成果？本計畫放流者均短時間就回收，或可回顧水試所其他計畫成果作為參考並標明出處。</li> </ol>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 因第一年調查著重物種多樣性，故種類較為繁多。</li> <li>2. 為避免誤解，已修改成漁獲數量。</li> <li>3. 已修改成百分比的方式呈現（圖 34-38）。</li> <li>4. 已先進行雌雄差異檢定（表 9-10）。</li> <li>5. 已修改為 50%性成熟體長（P53）。</li> <li>6. 英文說明已有先書寫全名再用縮寫（P5、7、9）。</li> <li>7. 成熟狀態定義已詳列於表 1（P8）。</li> <li>8. 由於前面是各種不同的生活史研究下，各種有不同結果，後面遂將各種類的各生活史參數整理成表 23，應可清楚呈現各物種的研究分析結果樣貌（P82）。</li> <li>9. 標識放流為本計畫補助，尚有兩尾個體標識時間超過兩個月，但因標籤尚未彈脫，分析結果將放入來年之研究計畫報告中，水試所其他標識放流追蹤研究，會於之後相關計畫之文獻回顧中引用。</li> </ol>

	10. 調查、取樣、資料蒐集及估計等確實執行，應能了解總捕獲量、漁業生物學參數及環境概況等。	10. 漁業生物學參數及環境概況可以做較完整蒐集與分析研究，總捕獲量尚仰賴其他計畫及單位之漁獲資料補足，目前朝不同月別或季別物種多樣性及比例變化的方向努力，未來可使用生態風險評估之方法進行評估。
吳委員 龍靜	<p>1. 有關無斑龍紋鱚的成長參數推估，目前所蒐集的資料是否足以在未來推估其總量？是否有 CPUE 資料可利用相關模型進行推估？薛氏琵琶鱚是否也可比照進行總量推估？以作為未來推動物種保育及資源管理措施的重要依據。</p> <p>2. 針對波口鰲頭鱚、史氏龍紋鱚及斑紋琵琶鱚等數量較少的物種，如以現有的科學方法無法推估其總量，是否建議直接採取哪些保育措施？例如獎勵放流可否針對不同物種、地區、漁船類型及漁具別(如拖網、刺網、延繩釣)等提供推動方式建議，以及對漁民造成的損失及其配合意願如何？</p> <p>3. 本計畫標識放流目前只蒐集到短期資料，未來在技術方面是否能有所突破？如難以突破其族群量又少的情況下，是否建議直接依漁業別採取適當的管理措施？</p> <p>4. 本計畫資料蒐集主要來自苗栗至嘉義一帶，但標放資料顯示澎湖至高雄外海均</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. 成長參數可推估死亡率、壽命的參數，尚無法推估總量。CPUE 資料尚須蒐集努力量資料，未來初步可用作業船數評估。薛氏琵琶鱚持續蒐集樣本，可以完成漁業生物學研究，總量還需仰賴漁會或海漁會之查報資料，目前尚有難度，但由漁業生物學資料進行生態風險評估作為管理依據則是可行的。</p> <p>2. 現階段尚不宜進行直接保育措施，仍建議循序漸進之管理方式，管理建議已於報告中描述 (P91 - 93)。</p> <p>3. 事實上本計畫有兩尾個體標識時間超過兩個月，但因標籤尚未彈脫，分析結果將放入來年之研究計畫報告中，未來會朝標識後蓄養一段時間等狀況穩定後再行放流模式進行。</p> <p>4. 西南部的調查已趨完整(臺南、高雄、屏東數量非常零星)，未來應往北擴大調查範圍至基隆、宜蘭。</p>

	<p>有分布，是否建議未來擴大調查範圍？</p> <p>5. 部分物種調查到的資料極少，是否代表其族群量稀少？或可能為調查漁法或漁場的限制？</p>	<p>5. 數量較少的波口鯨頭鯢及史氏龍紋鯢應是本身族群數量就較低，而斑紋琵琶鯢則是漁場及漁法的關係所致（在金門、馬祖分布較多），用拖網會捕獲較多此種小型琵琶鯢。</p>
陳委員 餘鏐	<p>1. 成果豐碩，值得讚許。</p> <p>2. P24 可否說明何謂「彰化塭仔漁港，犁頭鯢豐度雖然不高，但是出現頻率頗高」，其資訊來源與如何分析得知？</p> <p>3. P24 提及之新型態物種，可否由 DNA 序列或 Barcoding 分析得知？若無法得知，可否詳述或進行型態之比較與分類，建構一檢索表。</p> <p>4. 本次調查多為依靠漁船的慣性捕捉場域與方式所得之紀錄，未來是否可能在研究規劃下進行較詳細之區域調查，以深入瞭解物種之跨年度豐度與群聚分布，建立完整的多年性生物資訊，提供保育單位進行保育規劃與保育區域之擬定。</p> <p>5. 衛星標的時間設定未來可否規劃較長時間，如 6-8 個月，以瞭解更多季節性移動細節。</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. 感謝委員。</p> <p>2. 主要以現地調查所做出結論，每次去溫仔港皆可見到犁頭鯢物種，但數量不多（&lt;10 尾）。</p> <p>3. 未來可由型態學及分子生物學方式鑑別出該物種，但目前只有極少數個體相片，尚無法做進一步量測及分析。</p> <p>4. 本次調查已有合併其他計畫進行分析，其他計畫（中能風場軟骨魚資源調查計畫）為定點測站刺網調查，未來還可結合本所試驗船之拖網調查，進行更廣泛的分析。</p> <p>5. 衛星籤多為設定 6-8 個月，但有時候會有提前彈脫現象，可能是魚體死亡或標籤脫落，目前則有兩尾個體標識時間超過兩個月，但因標籤尚未彈脫，分析結果將放入來年之研究計畫報告中。</p>
羅委員 進明	<p>1. 本計畫之期末成果報告，請參照海保署要求之格式範例提供，摘要部分請移至最前頁。</p>	<p>感謝委員意見，以下就各點回覆：</p> <p>1. 已將摘要移至最前頁(PII - VI)。</p>

	<p>2. 本計畫之目標在藉由犁頭鰻相關物種漁業及生物資料的蒐集，期望能提出合適的管理及保育建議，根據計畫執行成果 P77 有研擬初步建議，如以內容所提之 6 物種而言，是否能進一步描述其漁業經濟利用現況，如要進一步採取管理措施，例如禁捕或漁民作業過程捕獲釋回之獎勵，甚至依甫通過之海洋保育法第 14 條進行魚種、體長、漁法或季節限制公告之可能方向，請團隊給予建議。</p> <p>3. P78 提到波口鰻頭鰻可參考大尾虎鮫國際聯合計畫，飼育繁殖後放流幼體，以回復其族群，請問目前該物種是否已具備繁養殖技術？可行性如何？</p> <p>4. 本計畫有進行標識放流所獲致的成果，可否加以歸納整理主要有哪些具體分析結論及資訊，於文中加以描述，以利外界對於南方及無斑龍紋鰻在海中洄游路徑與特性，有更進一步的瞭解（P108 附表二可否有更多的補充說明，以求完整）。</p>	<p>2. 由目前漁獲、生物學等資料看來，若能在漁獲以及生殖高峰期的 6 月限制捕撈，對整體犁頭鰻族群保育應有顯著效果，而加上龍紋鰻及鰻頭鰻的大型個體放流獎勵，應可彌補漁民部分損失，然進一步詳細的管理措施，還需與 貴署、漁業署以及利益關係團體進行討論。</p> <p>3. 波口鰻頭鰻目前的養殖狀況穩定成熟，懷孕的個體可活體蓄養置產仔，然目前還未觀察到在飼育環境下自然交配的情形。另產仔後放流是非常可行的，我國的養殖業者亦有不少飼育過一歲左右幼魚之經驗。</p> <p>4. 已描述個體洄游路徑情形於 P85，棲息溫度及深度情形則描述於 P86 - 91，分物種的棲息溫深則歸納至摘要中 PII - VI。</p>
--	--	---

## 附錄二：臺灣常見犁頭鰻科普及資料介紹

臺灣常見的犁頭鰻有 6 種，分別是波口鰻頭鰻 (*Rhina ancylostoma*)、南方龍紋鰻 (*Rhynchobatus australiae*)、無斑龍紋鰻 (*Rhynchobatus immaculatus*)、史氏龍紋鰻 (*Rhynchobatus springeri*)、斑紋琵琶鰻 (*Rhinobatos hynnicephalus*) 以及薛氏琵琶鰻 (*Rhinobatos schlegelii*) 等，以下分別介紹：

### (a) 波口鰻頭鰻

因為口部成波浪狀，頭部圓形像鰻一樣，所以叫做波口鰻頭鰻，又稱圓犁頭鰻，廣泛分布於印度-西太平洋，在臺灣多出現於東部及澎湖海域，棲息深度 0–70 m，最大體長 270 公分，於臺灣西部及澎湖的漁港或魚市場經過一年的調查中，沒有確實發現波口鰻頭鰻個體，顯然本種被漁獲後活存率高，有觀察到數尾活體，都被澎湖私人養殖場購得，臺灣的國立海洋科技博物館以及國立海洋生物博物館也都有飼養於館中。本種的背部表面有近似三角形且尖銳的棘刺，攝食時會用來攻擊螃蟹等甲殼類，雄魚的性成熟體長 150–175 公分之間，雌魚在大約 180 公分，胎仔數 2–11 尾，出生體長 46–48 公分，根據養殖業者的觀察，本種似乎在交配季節雌雄魚才會聚集，因為養殖場將 1 尾雄魚跟 1 尾雌魚養在一起後，該尾雌魚常會出現攻擊行為；又根據過去漁船船長的觀察，波口鰻頭鰻會往岩礁或珊瑚礁地區，從岩縫獵食龍蝦。本種背部的棘刺可以加工製成飾品，魚翅也常被利用，其全球的族群現況被 IUCN 列為極危 (CR) 等級，需要即刻的管理及保育措施。

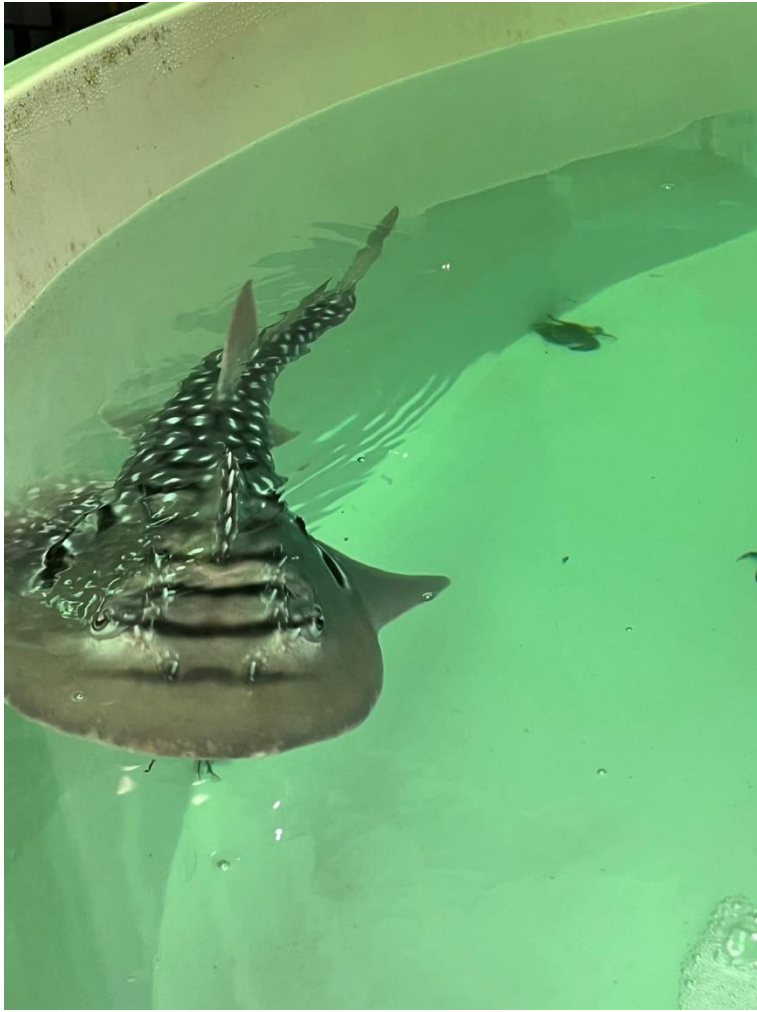


波口鯨頭鰐成波浪狀的顎部。



波口鯨頭鰐背部的棘刺。





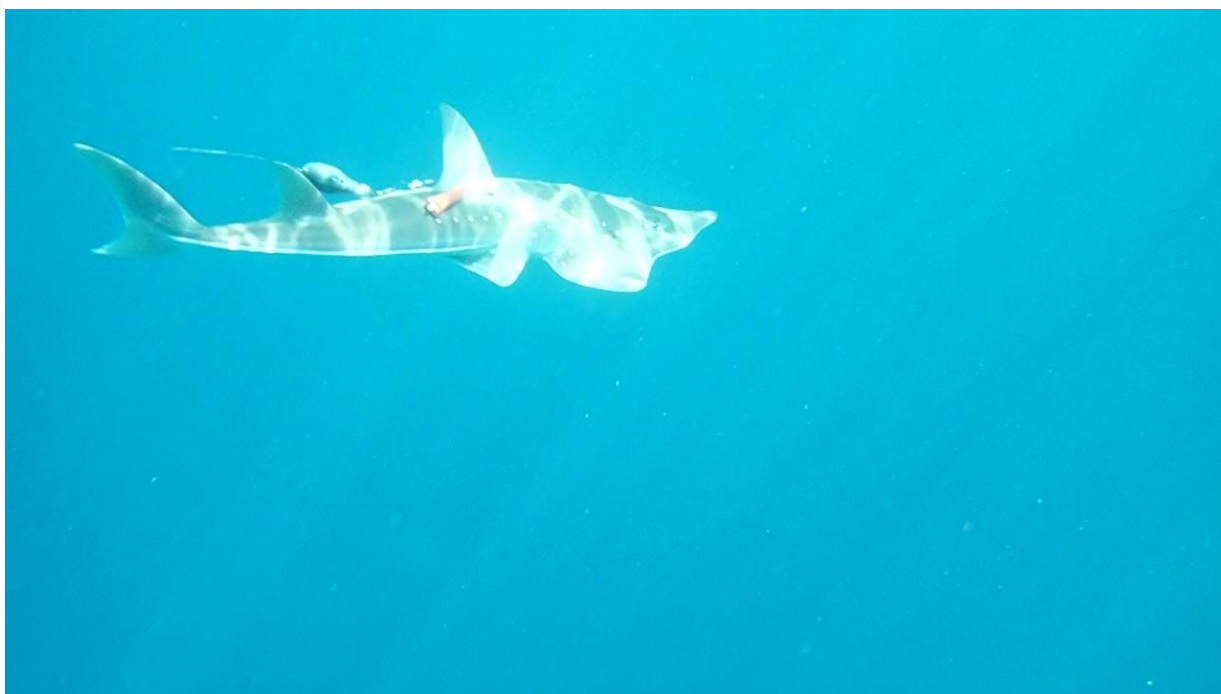
飼養於澎湖私人養殖場的波口鰐頭鯊。

## (b) 南方龍紋鱔

南方龍紋鱔廣泛分布於印度-西太平洋，棲息深度 0–60 m，最大體長 300 公分，是最大型的龍紋鱔物種，雄魚成熟體長 110–130 公分，雌魚成熟體長 96.1–155 公分，壽命 40–47 年，胎仔數 7–19 尾（平均 14 尾），出生體長 46–50 公分，在過去一年的調查中，多出現於澎湖海域，在澎湖第三魚市場若看到龍紋鱔漁獲，通常是南方龍紋鱔，胸鰭背側有兩明顯黑斑，周邊有排列整齊的白斑，有時候黑斑會不明顯或消失，但仍能見其整齊排列之白斑，第一背鰭前緣位置約略同於腹鰭起點，頭吻部較為窄長，為其鑑別特徵。本種主要的餌料生物為甲殼類，營養位階 3.52–3.60。今年 6/22 於澎湖海域標識 1 尾南方龍紋鱔雌魚，為臺灣龍紋鱔標識放流追蹤的首度紀錄，該尾龍紋鱔於鎖港外海放流後，花了兩個星期的時間游到了高雄外海，棲息深度最深達 42 米。本種全球的族群現況被 IUCN 列為極危（CR）等級，需要即刻的管理及保育措施。



南方龍紋魷胸鰭背側有兩枚黑斑，周邊有兩排排列整齊的白斑。



2024/6/22 於澎湖放流的南方龍紋魷為臺灣首度標識放流追蹤龍紋魷。

### (c) 無斑龍紋鱚

為 2013 年臺灣著名的魚類分類學家何宣慶副教授與國際軟骨魚類分類學家共同發表的新種，因胸鰭背側沒有其他種龍紋鱚常見的黑斑，身上白斑也較為稀少，因此叫做無斑龍紋鱚，但近來發現另一種個體同樣身上白斑較多但同樣無黑斑，認為也是無斑龍紋鱚的另一種外觀型態，本種又因為是在臺灣發現並命名，所以英文俗名為 Taiwanese wedgefish，周邊其他國家並無出現同種或相似物種的文獻紀錄，其可能為臺灣的特有物種。過去一年的調查，本種為臺灣西岸從臺中至雲林海域主要的龍紋鱚物種，在澎湖有部分漁獲紀錄，根據漁獲地點，本種亦會中部外海接近海峽中線被漁獲，基隆到苗栗海域也會出現。本種雄魚成熟體長為 129.9 公分，雌魚 136.8 公分，交配季節約在 6 月，產仔季節在 6–7 月，妊娠期及生殖週期都是 12 個月，生殖之後馬上又交配排卵，沒有休息期，但受精卵會有滯育現象，等到隔年才會開始發育成為胎仔，平均胎仔數 6.1，出生體長 32.7 公分，以甲殼類為主要餌料生物，營養位階 3.74–3.96。繼南方龍紋鱚之後，於 6/28 隨即又於雲林外海標識放流 1 尾無斑龍紋鱚雄魚，可惜一個星期後被雲林漁民再度捕獲，本種能棲息非常近岸的海域，產仔季節能在沿近海發現懷孕的個體及初生的幼魚，有必要做進一步管理。





身上白斑較少及白斑較多的兩種無斑龍紋魷型態。



2024/6/28 於雲林外海標識放流的無斑龍紋魷。

#### (d) 史氏龍紋魼

史氏龍紋魼分布於東印度洋至中西太平洋 1–40 m 深之水域，雄魚成熟體長約 115 公分，其外觀與無斑龍紋魼非常相像，差別在於胸鰭背側兩邊各有一枚黑斑，但有時黑斑會不明顯或消失，就較難分辨，過去一年的調查中，史氏龍紋魼較少出現，臺灣分布於西部到澎湖，偶爾會少量混雜於無斑龍紋魼的漁獲中，其生活史參數也跟無斑龍紋魼相近，交配季節在 6 月，產仔季節 5–7 月，妊娠期與生殖週期同樣也是 12 個月，平均胎仔數 6.3，出生體長大約是 29.5 公分。本種同樣也是以甲殼類為主要餌料生物，但營養位階較高為 3.83–4.12。9/27 於澎湖海域標識放流 1 尾 234 公分的成熟雌魚，未來希望等到標籤彈脫後能順利取得棲息環境資料。本種和無斑龍紋魼有諸多相似之處，因此漁業管理政策也必須一起考量。



史氏龍紋魼背側有明顯黑斑。



2024/9/27 於澎湖外海標識放流的史氏龍紋鱈。

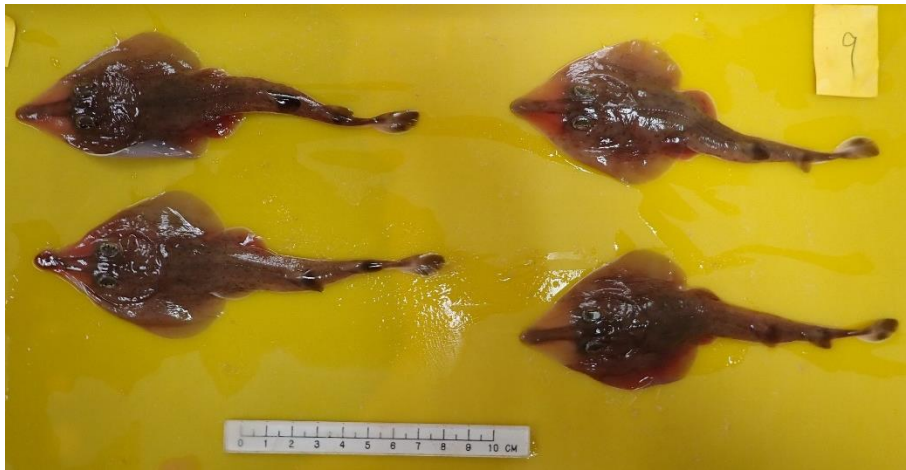


### (e) 斑紋琵琶鱔

斑紋琵琶鱔身上有蠕蟲狀的斑紋，僅分布於西北太平洋 20–100 m 深之底棲水域，喜好棲息於沙底地形，體色跟斑紋會隨不同棲地環境變化，像馬祖跟彰化海域所採樣的個體就有不同體色跟斑紋的外觀，與日本的個體也不盡相同。本種最大體長 100 公分，雄魚成熟體長 38–43.1 公分，雌魚成熟體長 39–47.6 公分，交配季節在 6–7 月，產仔季節 5–8 月，妊娠期 12 個月，生殖週期 12 個月，同樣有胎仔滯育的現象，僅在 3–6 月發育，胎仔數 1–9 尾，平均 6.5 尾，出生體長 15.3 公分，臺灣分布於西部、澎湖、金門及馬祖等海域。過去一年調查於臺灣西部海域取得的個體，雌魚的數量明顯較多，而且有很高懷孕的比例，本種同樣以甲殼類為主要餌料生物，營養位階 3.61，因本種體型小，較不具經濟價值，西部的刺網漁船捕獲後，船長多自行放流。



彰化跟馬祖的斑紋琵琶鱔呈現不同體色斑紋外觀。



斑紋琵琶鱔發育完全之胎仔。

#### (f) 薛氏琵琶鱔

薛氏琵琶鱔黃褐色的體色，身上有許多深褐色的不明顯暗斑，僅分布於西北太平洋 1–230 m 深之大陸棚底棲水域，雖然印尼爪哇島南部海域（東印度洋）有漁獲紀錄，臺灣分布於東北部、北部、西部、西南部及澎湖，在基隆八斗子及澎湖七美附近海域，偶而會有大量個體同時被漁獲，有時超過百尾，而且雌魚數量明顯多於雄魚，大部分都是成熟個體，且有很高懷孕的比例，顯示本種雌雄魚會分開棲息，而成魚幼魚也會分開棲息。本種最大體長略大於 100 公分，雄魚成熟體長 69.2 公分，交配季節在 6 月，產仔季節在 6–7 月，胎仔數 6–17 尾，平均 10.8 尾，出生體長約在 18–19.9 公分之間。本種同樣以甲殼類為主要餌料生物，營養位階 3.73。本種棲息深度範圍較廣，偶而會由進定置漁網中，因經濟價值不高，業者多會自行放流，同時也有與澎湖定置網業者合作，放流時標識超音波發射器，配合在不同海域設置的超音波接收器，可以對其移動範圍及棲地利用情形有更進一步瞭解。



薛氏琵琶鱔身上有許多不明顯的暗褐色斑。





薛氏琵琶鱸發育至中後期的胎仔。



澎湖定置網業者協助薛氏琵琶鱸的超音波標識放流追蹤研究。



澎湖定置網業者於鎖港外海協助標識放流薛氏琵琶鱔。

### 附錄三：本研究各月、季別調查採樣情形

本研究每季進行 4-8 個工作天現地調查，合計至少完成 48 個工作天現地調查，並累積紀錄犁頭鰻漁獲資料至少 1000 筆以上，各月、季別調查情形如附表一：

附表一、本研究於臺灣西部及澎湖月季別犁頭鰻調查採樣情形。表中數字顯示為「工作天(調查尾數)」。其他地區包含松柏、箔子寮、王功、東石、布袋、青山、將軍、安平、東港、枋寮等漁港及魚市場

月季別	小計	漁港/魚市場/採樣地					
		臺中 梧棲	彰化 塭仔	雲林 口湖	高雄 蚵仔寮	澎湖	其他
2023/9	1(1)	--	--	--	1(1)	--	--
2023/10	3(3)	--	--	--	1(3)	2(0)	--
<b>第一季</b>	<b>4(4)</b>	--	--	--	<b>2(4)</b>	<b>2(0)</b>	--
2023/11	2(0)	--	--	--	--	2(0)	--
2023/12	4(7)	1(0)	1(0)	--	1(3)	1(4)	--
2024/1	2(30)	--	--	1(1)	--	1(29)	--
<b>第二季</b>	<b>8(37)</b>	<b>1(0)</b>	<b>1(0)</b>	<b>1(1)</b>	<b>1(3)</b>	<b>4(33)</b>	--
2024/2	7(11)	1(5)	1(1)	--	1(1)	2(4)	2(0)
2024/3	12(158)	7(37)	1(2)	2(3)	--	1(116)	1(0)
2024/4	14(163)	5(29)	--	4(4)	--	5(130)	--
<b>第三季</b>	<b>33(332)</b>	<b>13(71)</b>	<b>2(3)</b>	<b>6(7)</b>	<b>1(1)</b>	<b>8(250)</b>	<b>3(0)</b>
2024/5	25(113)	6(25)	--	10(18)	--	8(70)	1(0)
2024/6	18(408)	2(5)	1(1)	3(78)	--	11(300)	1(24)
2024/7	12(262)	2(8)	--	4(220)	1(2)	5(32)	--
<b>第四季</b>	<b>55(783)</b>	<b>10(38)</b>	<b>1(1)</b>	<b>17(316)</b>	<b>1(2)</b>	<b>24(402)</b>	<b>2(24)</b>
2024/8	7(96)	1(54)	--	2(2)	--	4(40)	--
2024/9	4(15)	1(2)	--	--	--	3(13)	--
2024/10	2(11)	--	--	1(5)	--	1(6)	--
<b>第五季</b>	<b>13(122)</b>	<b>2(56)</b>	--	<b>3(7)</b>	--	<b>8(59)</b>	--
<b>總計</b>	<b>113(1278)</b>	<b>26(165)</b>	<b>4(4)</b>	<b>27(331)</b>	<b>5(10)</b>	<b>46(744)</b>	<b>5(24)</b>