

ISSN 1018 - 7324
GPN 2008200207

水產研究

**JOURNAL OF
TAIWAN FISHERIES RESEARCH**

Vol. 33 No.1 / June 2025

水產研究

出版者：農業部水產試驗所

發行人：張錦宜

總編輯：葉信明

管理編輯：蔡惠萍、曾振德

諮詢委員：丘臺生、吳金冽、胡興華、孫璐西、郭光雄、許建宗、黃登福、陳瑤湖、張清風
張水鍇、廖一久、劉錫江、鄭森雄、蕭錫延

編輯委員：江偉全、吳豐成、城振誠、翁進興、許晉榮、黃美瑩、張可揚、楊順德、蔡慧君

(皆依姓氏筆劃排列)

執行編輯：吳美錚、陳威克

本刊連絡處：

基隆市 202 和一路199號 農業部水產試驗所 水產研究執行編輯

電話：(02) 2462-2101 轉 2506 或 2517

傳真：(02) 2462-4627

E-mail：mcwu@mail.tfrin.gov.tw / wkchen@mail.tfrin.gov.tw

本刊刊登本所同仁研究成果，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載

JOURNAL OF TAIWAN FISHERIES RESEARCH

Published by *Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture*

Publisher: *Chin-I Chang*

Editor-in-Chief: *Hsin-Ming Yeh*

Managing Editors: *Hui-Ping Tsai, Chen-Te Tseng*

Advisory Board: *Ching-Fong Chang, Shui-Kai Chang, Yew-Hu Chien, Tai-Sheng Chiu, Chien-Chung Hsu
Sing-Hwa Hu, Deng-Fwu Hwang, Lucy Sun Hwang, Sen-Shyong Jeng, Guang-Hsiung Kuo
I-Chiu Liao, Hsi-Chiang Liu, Shi-Yen Shiau, Jen-Leih Wu*

Editorial Board: *Huey-Jine Chai, Ke-Yang Chang, Chen-Cheng Cheng, Wei-Chuan Chiang, Jinn-Rong Hseu
Mei-Ying Huang, Jinn-Shing Weng, Feng-Cheng Wu, Shuenn-Der Yang*

(in alphabetical order)

Executive Editors: *Mei-Chen Wu, Wei-Ke Chen*

The Journal of Taiwan Fisheries Research contains scientific contributions from colleagues of Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture (MOA) and researchers of fisheries science. It is published by Fisheries Research Institute, MOA. Correspondence should be addressed to the Editor-in-Chief, Journal of Taiwan Fisheries Research, 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan. Phone: +886-2-2462-2101 ext. 2517 or 2506. Fax: +886-2-2462-4627. E-mail: wkchen@mail.tfrin.gov.tw or mcwu@mail.tfrin.gov.tw.

水產研究

第 33 卷 第 1 期 / 民國 114 年 6 月

目 次

澎湖南方四島及其周邊海域一支釣漁獲組成分析 / 葉宇庭 · 張芸甄 · 游庭于 · 林綉美 · 莊美英 · 冼宜樂 · 陳俊廷 · 謝恆毅 · 陳律祺

Catch Composition Analysis of Angling Surveys Around the Four Southern Penghu Islands / Yu-Ting Yeh, Yun-Chen Chang, Ting-Yu You, Shiow-Mei Lin, Mei-Ying Zhuang, Yi-Le Shean, Jun-Ting Chen, Hernyi Justin Hsieh and Lu-Chi Chen

.....1

羅丹明 WT、螢光素鈉鹽及葉綠素甲在螢光檢測中的穩定性與靈敏度比較 / 嚴國維 · 黃仕豪
Comparison of the Stability and Sensitivity of Rhodamine WT, Fluorescein Sodium Salt, and Chlorophyll *a* in Fluorescence Detection / Kuo-Wei Yen and Shih-Hao Huang

.....15

水產益健飼料對養殖魚蝦體內病原菌之抑制效益評估 / 劉佩姝 · 林佳勳 · 陳建彰 · 謝豐群 · 楊順德
Evaluation of Pro-Health Aquafeed's Efficacy in Inhibiting Internal Bacterial Pathogens in Farmed Fish and Shrimp / Pei-Wen Liu, Chia-Hsun Lin, Chien-Chang Chen, Feng-Chun Hsieh and Shuenn-Der Yang

.....25

石斑魚邊角肉加工品之開發與品質評估 / 潘宜庭 · 王庭玫 · 高堂穎 · 蔡慧君

Development and Quality Evaluation of Processed Products from Grouper Off-Cuts / Yi-Ting Pan, Ting-Mei Wang, Tang-Ying Gao and Huey-Jine Chai

.....41

英譯中特稿～臺灣魚類資料庫三十五年來的回顧 / 邵廣昭 · 黃世彬 · 許正欣 · 徐千禾 · 張慧怡 · 何宜慶

Chinese-English Translation Feature ~ A Review of the 35-Year History of the Taiwan Fish Database / Kwang-Tsao Shao, Shih-Pin Huang, Cheng-Hsin Hsu, Hui-Yi Chang, Chien-Ho Hsu and Hsuan-Ching Ho

.....51

英譯中特稿～臺灣魚類分類史的回顧 / 邵廣昭 · 何宜慶

Chinese-English Translation Feature ~ A Review of the Taxonomic History of Taiwan's Fishes / Kwang-Tsao Shao and Hsuan-Ching Ho

.....65



澎湖南方四島及其周邊海域一支釣漁獲組成分析

葉宇庭¹·張芸甄²·游庭于¹·林綉美¹·莊美英¹·冼宜樂¹·陳俊廷¹
謝恆毅¹·陳律祺^{2*}

¹農業部水產試驗所澎湖漁業生物研究中心

²農業部水產試驗所海洋漁業組

摘要

澎湖南方四島海域擁有豐富的生物多樣性以及功能健全的珊瑚群聚，若能妥善落實保育，可為澎湖群島提供生態資源的避難所及復育的種原庫。本研究在澎湖南方四島及其鄰近海域進行為期兩年的一支釣調查，以評估分析當前管理措施對海域魚類資源的影響。調查期間在澎湖南方四島國家公園海域內共採集到 978 尾魚類樣本，分屬於 24 科 96 種，其中最常見的魚種為紅鰓龍占魚 (*Lethrinus rubrioperculatus*，佔比 10.94%)，其次為伏氏眶棘鱸 (*Scolopsis vosmeri*，佔比 10.63%) 及多帶海緋鯉 (*Parupeneus multifasciatus*，佔比 8.79%)。望安海域共採集到 561 尾魚，包含 13 科 53 種，漁獲尾數最多的種類為伏氏眶棘鱸 (佔比 23.35%)、斑帶石斑魚 (*Epinephelus fasciatomaculosus*，佔比 22.28%) 及藍豬齒魚 (*Choerodon azurio*，佔比 14.97%)。分析漁獲多樣性指數在各季及各海域間的差異，顯示季節為最重要的影響因素，而比較國家公園與望安海域間漁獲的各項多樣性指數則皆不具顯著差異。漁獲物組成上，相較於東、西吉海域，東、西嶼坪海域與望安海域較為相似，但國家公園海域漁獲組成在各季節間的差異較望安海域更大。漁獲豐度及單位努力漁獲量在海域間及季節間皆觀察到明顯的差異，然國家公園海域並未優於望安海域；而就季節而言，冬季則顯著低於其他各季。主要漁獲種類的體型分析中，國家公園海域的漁獲體型亦不大於望安海域。許多研究指出，海洋保護區有賴適當規範及確實管理才能真正發揮效益，惟本研究的結果顯示，目前國家公園海域經濟性魚類所承受的捕撈壓力仍大，且主要漁獲種類相關的生殖生物學研究也不充分，凸顯了調整當前管理措施並增加相關研究以強化資源保育的必要性。

關鍵詞：澎湖南方四島國家公園、一支釣、海洋保護區、漁獲組成分析

前言

澎湖南方四島國家公園為我國第 9 座國家公園，也是我國繼東沙環礁國家公園後的第 2 座海洋型國家公園，全區面積 35,843.62 ha，其中陸域面積僅 370.29 ha，海域面積則達 35,473.33 ha。除東嶼坪嶼、西嶼坪嶼、東吉嶼、西吉嶼等四個主要島嶼外，另有頭巾、鐵砧、二塹、香爐、鋤頭嶼、豬母礁、鐘仔、紫坵塹與離塹仔等島礁座落其間。基於其自然景觀及生態資源之特殊性，過去曾在該海域進行過多次漁業生態的相關調查 (鄭與戴，

2009; 蔡等, 2011; 王等, 2012; 陳等, 2017; 謝與冼, 2021)，指出澎湖南方四島海域全區深度在 100 m 以淺，以東側較深，流場季節性變化明顯，水文特性與南海水團較相近，具有珊瑚生長適合的水溫及底質，因而孕育出多樣而高覆蓋率的珊瑚群聚 (王等, 2012)。在南海表層流、黑潮支流及地形抬升的共同影響下，鄰近海域常有湧升的現象，也吸引種類繁多的魚類定棲或洄游至此，魚類群聚兼有北方體系與南方體系特徵，並具有底棲珊瑚礁魚類與大洋洄游性魚類的雙重特性 (鄭與戴, 2009)。

根據目前澎湖南方四島國家公園的海域分區規範，在海域特別景觀區中，除經漁業主管機關公告禁止管制的漁捕方式外，原則許可既有之傳統季節洄游性漁業活動。澎湖縣政府於 102 年 2 月制定

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號; TEL: (02) 2462-2101
轉 2304; FAX: (02) 2463-3110; E-mail:
lcchen@mail.tftrn.gov.tw

「東吉、西吉、東嶼坪、西嶼坪周邊海域禁漁區相關限制事宜」，在該海域分別劃設「完全禁漁區」、「底刺網禁漁區」及「底刺網季節性禁漁區」（現行禁捕期間為每年農曆 9 月至翌年 2 月）等海域 (Fig. 1)。相關調查曾在澎湖南方四島國家公園中記錄的漁捕活動包括一支釣、延繩釣、底刺網、流刺網、籠具及曳繩釣等，分別會在特定的月份利用該海域。其中一支釣作業在全年皆有紀錄，為該海域最盛行的作業漁法 (蔡等, 2011)。作業船隻的噸級方面以 CT3 以下未達 50 噸的小型船隻為主，作業熱點多集中在主要島嶼 (礁) 的周邊海域，以珊瑚礁及礁砂混合區的底棲性魚類為最主要的漁獲對象 (謝與洗, 2021)。

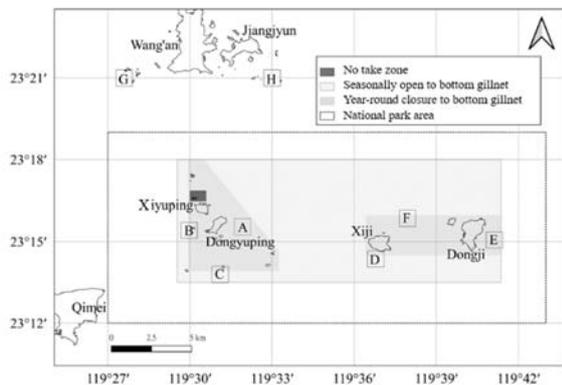


Fig. 1 Map showing the eight sampling stations (A to H) and the three management zones within South Penghu Marine National Park: a no-take zone, a bottom gillnet ban zone, and a seasonal bottom gillnet ban zone (enforced annually from September of the lunar calendar to February of the following year). Name comparison: Dongyuping (東嶼坪), Dongji (東吉), Jiangjun (將軍), Qimei (七美), Wang'an (望安), Xiyuping (西嶼坪), Xiji (西吉)。

已有許多研究結果表明劃設海洋保護區 (Marine Protected Area, MPA) 限制採捕對提高魚類多樣性及促進資源復育的幫助 (Tetreault and Ambrose, 2007; Uehara *et al.*, 2019)，但相關措施也常因限制特定漁場或族群的利用而引起利害關係人的反彈，因此主管單位可能在權衡下採取相對較寬鬆的管理方案，如澎湖南方四島國家公園除鐵砧海域生態保護區外，其他生態熱區係以特定漁法的限制加以保護 (或季節性限制)。雖然部分研究認為這類部分海洋保護區 (partial marine protected area, pMPA) 所能提供的效益相當有

限，但亦有相關報告透過比較分析研究指出其潛在的保育效益，相關的保護措施如體型限制、捕獲量限制及週期性禁漁等，仍會某程度上反映在魚類的多樣性、生物量和體型結構上 (Bohnsack, 2011; Alós and Arlinghaus, 2013)。因此，相對於沒有管理干預且承受休閒或商業漁捕壓力的生態相似海域中，我們預期應該能在受到特定管制措施保護的海域裡觀察到這些正向的差異。

在本研究中，為驗證以上假設，釐清現行管理方案的保育效益，我們規劃一支釣試驗收集澎湖南方四島國家公園中的漁獲資料，並與南方四島以外的周邊海域加以對照，比較分析歷次調查數據，希望能了解澎湖南方四島及其鄰近海域魚類的資源利用現況，彌補相關調查研究所未能闡明之處，並提供管理單位未來政策訂定與相關決策的參考。

材料與方法

一、研究地點及調查方法

在澎湖南方四島國家公園及其周邊的望安海域，分別參考該海域一支釣作業船隻的利用情形規劃固定測站 (Fig. 1)。其中國家公園海域規劃 6 個測站，包括西嶼坪東側海域 (A)、西嶼坪西北側海域 (B)、鐘仔巖西側海域 (C)、西吉嶼南側海域 (D)、東吉嶼東側海域 (E) 及西吉嶼東北側海域 (F)。另周邊的望安海域則規劃望安西南側三塢海域 (G) 及望安東南側將軍海域 (H) 二個測站 (Table 1)。位於國家公園海域的 6 個測站在分區規範上皆位於底刺網禁漁區及底刺網季節禁漁區範圍內。該海域一支釣作業的漁獲物種以雌雄同體的底棲性魚類為主，相關研究指出，這些物種成年個體活動範圍在大多情況下皆不超過 1 km² (March *et al.*, 2010; Alós *et al.*, 2011; Palmer *et al.*, 2011)，而本次調查各測站間的距離皆大於 1 km，因此應可認為測站間具有足夠的區隔，假設測站間彼此獨立並進行相關比較 (Alós and Arlinghaus, 2013)。

海況允許下，在 2020 年 5 月起至 2021 年 11 月的調查期間內，每月在每一測站各進行一次連續 1 小時的一支釣調查作業，每次調查人數為 3 人。使用釣具為一般碳纖維船釣竿 (俗稱敲底

Table 1 Locations and profiles of the sampling stations in this study

Station	Coordinates range	Depth (m)	Substrate	Management practices (bottom gillnet fishing)	Survey efforts (times)
A	23°15.669'N, 119°31.840'E 23°15.425'N, 119°32.000'E	22-29	Reefs, rubble and sand	Year-round closure	13
B	23°15.316'N, 119°29.991'E 23°15.516'N, 119°29.949'E	16-30	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
C	23°13.702'N, 119°31.274'E 23°13.882'N, 119°30.937'E	13-32	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
D	23°14.366'N, 119°36.915'E 23°14.356'N, 119°36.654'E	17-28	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	13
E	23°14.835'N, 119°41.068'E 23°15.288'N, 119°41.171'E	13-36	Reefs, rubble and sand	Year-round Closure	13
F	23°16.032'N, 119°37.787'E 23°15.684'N, 119°38.107'E	19-30	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	12
G	23°20.400'N, 119°27.000'E 23°21.600'N, 119°28.200'E	16-32	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	14
H	23°20.400'N, 119°32.400'E 23°21.600'N, 119°33.600'E	16-25	Reefs, rubble and sand	Seasonal allowance in partial area	14

竿), 釣餌為澎湖地區一支釣作業最常使用的鬚赤蝦 (*Metapenaeopsis barbata*, 俗稱狗蝦), 釣組為 5 門直鉤, 依據當天海流配置足重鉛錘使釣組沉底。每位調查人員皆具有相近的經驗及技巧。調查皆在白天進行, 每次調查在各測站間無固定之調查順序, 試驗船在抵達各測站範圍後隨機挑選起始位置開始進行, 調查中不下錨固定船位, 配合當天海流使試驗船隨之漂流移動, 接近調查範圍邊界時即通知調查人員起竿, 將試驗船開往隨機上流處重新下竿。此調查方法與該海域漁業人及休閒釣魚所使用的實際操作方法相同, 此方法可使釣組慢速掃過海底, 提高漁獲對象接觸釣餌並加以捕獲的機率。

所有漁獲在取得當下立即在船上凍藏保存, 當天或隔天即攜回實驗室進行鑑定、丈量及過磅, 體長最小單位為 1 mm, 體重最小單位為 0.1 g。魚種鑑定及物種名稱參考國內出版之魚類圖鑑 (沈, 1993; 邵等, 1993; 邵, 1996; 江等, 2014) 及網路資料庫 (邵, 2014)。

二、生物多樣性分析

藉由生物多樣性 (Biodiversity), 得以瞭解一個群聚中物種的分布狀況, 或是多個群聚之間物種組成的相對情形。生物多樣性指數的適當選用

及量測, 可作為良好的生態監測指標或提供保育上的參考依據 (蔡與馮, 1999)。本次分析中採用以下多樣性指數:

(一) 歧異度指數 (Diversity index, H')

在許多常用的物種歧異度指數中, 本研究中使用 Shannon index of diversity (Shannon, 1948; 林與陸, 2012) 評估之, 其算式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$$

其中 P_i 為第 i 個物種的個體數在總個體數中所佔比例, 即各物種之可能性, 而 S 則為樣本中的物種數量。公式中除了考慮物種總數外, 也考慮各物種個體數的佔比, 當物種數越多, 個體分佈越平均, 此指數越高; 反之, 當樣本中只有一種物種時, 其值為 0。

(二) 豐富度指數 (Species richness index, D)

描述在群聚中包含物種的豐富程度。該指數越高, 表示物種相對越豐富, 其算式如下:

$$D = (S-1) / (\ln N)$$

其中 N 為個體總數、 S 為物種的數量。

(三) 均勻度指數 (Evenness, J')

物種均勻度是指一個群聚中物種間個體數量的分配情形。物種數目相同時，每個物種的個體數越平均，則均勻度越高。其算式如下：

$$J' = H' / \ln S$$

其中 S 為群聚中的物種數， H' 為 Shannon 歧異度指數。

三、漁獲豐度及單位努力漁獲量

探討調查結果的漁獲豐度 (catch abundance) 及單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE)，其中漁獲豐度指歷次調查 (survey session) 的總漁獲尾數 (單位：indiv./hr)，另計算每小時可釣獲漁獲生物量的名目單位努力漁獲量 (單位：kg/hr) 以進行後續分析。

四、統計分析

為比較評估歷次調查結果中魚類的組成結構、生物量和體型分布，利用使用 R 軟體 (版本 4.3.1, <http://www.r-project.org>) 進行處理分析。在季節間的分析中，本研究參考戴 (2018) 之分季方式，以每年 3 - 5 月為春季，以此類推。受限於調查計畫的執行期間與冬季海況，本研究不具完整兩年的四季調查資料，爰將兩年的資料依月別合併分析。合併的資料忽略調查期間季節周期變化的年間差異，因此該處理可能某程度會弱化季節間的差異。另基於地理相對位置及相關分析結果，除比較南方四島海域與望安海域間的調查數據外，亦將南方四島海域進一步拆分為東、西嶼坪海域 (A、B、C 測站) 及東、西吉海域 (D、E、F 測站)，另與望安海域 (G、H 測站) 共同比較分析。

(一) 多變量分析

利用非度量多維尺度分析 (non-metric multidimensional scaling, NMDS) 檢視歷次調查的漁獲豐度組成，此方法可透過計算距離來量化樣本間物種豐度組成上的差異。將每次調查的漁獲組成數據按不同海域及季節整理，以 $\log(x+1)$ 進行數據轉換後，計算出 Bray-Curtis 距離矩陣，以克氏法 (Cook's distance) 排除離群值，以繪製二維空間分布圖，觀察各組樣本間的組成相似度與空

間分布差異。進一步再利用分層聚類分析 (hierarchical cluster analysis) 繪製樹狀圖以探討各組間之相似程度。

為確認魚類群聚物種豐度組成與海域及季節間的關係，此分析中建構並使用代表歷次調查和所對應物種豐度的資料矩陣，進行重複分析 (redundancy analysis, RDA)。調查人員和測站環境的影響都在調查中加以控制並視為協變量。另外，也構建了一個虛擬變量 (dummy variables) 矩陣，除季節 (4 季) 及調查人員 (3 名) 外，基於東、西吉海域，東、西嶼坪海域及望安海域間在 NMDS 及聚類分析中的結果，亦將海域 (3 區) 作為解釋變量分別檢視之，並估計應變矩陣中有多少變化可歸因於解釋變量。雖使用典型相關分析 (canonical correlation analysis, CCA) 也可完成相同的分析，但根據 ter Braak and Smilauer (2002) 的建議，參考去趨勢對應分析 (detrended correspondence analysis) 的檢定結果，資料的特性更符合 RDA 模型，故選用 RDA 進行分析。排除資料中尾數佔比小於 2% 的偶見物種，並將漁獲豐度標準化處理，以排除量級的影響。採用基於模型的分析方法，除當下欲探討的變量外則皆作為協變量加以控制，以降低其影響。使用 R 軟體 vegan 套件進行分析。

(二) 單變量分析

為瞭解各季節及各海域間漁獲特性及漁獲量是否具統計上差異，對歷次調查的多樣性指數、豐度及 CPUE 進行變方分析 (ANOVA)。資料分布經過常態性檢查，包括直方圖、QQ 圖的視覺檢視，並進行 Shapiro-Wilk 常態性檢定，若發現違反假設的情況，則以對數轉換進行處理，另透過 Levene 法檢查變方之同質性。事後成對檢定以 Tukey-Kramer 法進行。

另為釐清在不同的管理方式下的各海域是否能在漁獲物體型大小上發現差異，針對總漁獲量最高的物種的體型進行比較。部分魚種因資料不符合變方同質性假設，採用 Welch's 變方分析，而事後成對檢定以 Games-Howell 法進行。所有分析中拒絕虛無假設的臨界值皆為 0.05。

結 果

一、主要漁獲組成

本研究共進行 101 次調查並取得 1,539 尾魚類樣本，分別屬於 25 科 105 種。最常見的科別是金線魚科 (Nemipteridae, 佔比 20.21%)，其次是隆頭魚科 (Labridae, 佔比 18.19%) 和鬚鯛科 (Mullidae, 佔比 13.78%)。以魚種而言，釣獲數量最多的物種依序為金線魚科的伏氏眶棘鱸 (*Scolopsis vosmeri*, 佔比 17.29%)、隆頭魚科的藍豬齒魚 (*Choerodon azurio*, 佔比 11.11%) 及鮨科 (Serranidae) 的斑帶石斑魚 (*Epinephelus fasciatus*, 佔比 10.01%)。以下分別以海域及季節分別說明：

(一) 各海域漁獲組成

1. 澎湖南方四島國家公園海域漁獲組成

本次調查在國家公園海域中共採集到 978 尾魚類樣本，分屬於 24 科 96 種，其中有 12 科 52 種僅在該海域中釣獲。漁獲尾數較高的前 10 種詳如 Table 2，其中最常見的魚種為龍占魚科 (Lethrinidae) 的紅鰓龍占魚 (*Lethrinus rubrioperculatus*, 佔比 10.94%)，其次為伏氏眶棘鱸 (佔比 10.63%) 及鬚鯛科的多帶海緋鯉 (*Parupeneus multifasciatus*, 佔比 8.79%)。

Table 2 Top 10 catch species in the waters of South Penghu Marine National Park

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	10.94
2	<i>Scolopsis vosmeri</i>	10.63
3	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	8.79
4	<i>Trachinocephalus myops</i>	7.57
5	<i>Choerodon azurio</i>	6.85
6	<i>Parapercis tetracantha</i>	6.44
7	<i>Parupeneus spilurus</i>	4.50
8	<i>Sufflamen chrysopterum</i>	3.58
9	<i>Halichoeres hartzfeldii</i>	2.45
10	<i>Scolopsis monogramma</i>	1.94

進一步區分，在東、西嶼坪海域所釣獲的 557 尾魚中，包含 20 科 74 種，其中有 6 科 23 種僅

在該海域中採獲。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 3，其中以伏氏眶棘鱸 (佔比 17.77%) 最多，其次為合齒魚科 (Synodontidae) 的準大頭狗母魚 (*Trachinocephalus myops*, 佔比 12.21%) 以及擬鱸科 (Pinguipedidae) 的四棘擬鱸 (*Parapercis tetracantha*, 佔比 7.72%)。其中鱈科 (Carangidae)、飛角魚科 (Dactylopteridae)、海鱧科 (Elopidae)、箱鮪科 (Ostraciidae)、雀鯛科 (Pomacentridae) 及琵琶鱸科 (Rhinobatidae) 等 6 科僅在該海域釣獲。

Table 3 Top 10 catch species in the waters around Dongyuping and Xiyuping islets

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Scolopsis vosmeri</i>	17.77
2	<i>Trachinocephalus myops</i>	12.21
3	<i>Parapercis tetracantha</i>	7.72
4	<i>Choerodon azurio</i>	7.18
5	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	5.75
6	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	4.49
7	<i>Halichoeres hartzfeldii</i>	3.77
8	<i>Opistognathus castelnaui</i>	2.51
9	<i>Parapercis pulchella</i>	2.51
10	<i>Parupeneus spilurus</i>	2.33

在東、西吉海域共採集 421 尾魚，分屬於 17 科 64 種，其中有 3 科 20 種僅在該海域中取得。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 4，紅鰓龍占魚 (佔比 17.81%) 是最常出現的漁獲種類，其次為鬚鯛科的多帶海緋鯉 (佔比 14.49%) 及大型海緋鯉 (*Parupeneus spilurus*, 佔比 7.36%)。蝴蝶魚科 (Chaetodontidae)、二齒鮪科 (Diodontidae)、石鱸科 (Haemulidae) 及鸚哥魚科 (Scaridae) 等 4 科僅在該海域漁獲。

2. 望安海域漁獲組成

望安海域樣點共採集到 561 尾魚，包含 13 科 53 種。漁獲尾數最高的前 10 種詳如 Table 5，漁獲尾數最多的種類為伏氏眶棘鱸 (佔比 23.35%)、斑帶石斑魚 (佔比 22.28%) 及藍豬齒魚 (佔比 14.97%)。其中舵科 (Kyphosidae) 僅在該海域中採獲。

Table 4 Top 10 catch species in the waters around Dongji and Xiji islets

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	17.81
2	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	14.49
3	<i>Parupeneus spilurus</i>	7.36
4	<i>Choerodon azurio</i>	6.41
5	<i>Sufflamen chrysopterum</i>	6.41
6	<i>Parapercis tetraacantha</i>	4.75
7	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	3.09
8	<i>Scolopsis monogramma</i>	2.61
9	<i>Sufflamen fraenatum</i>	2.14
10	<i>Variola albimarginata</i>	2.14

Table 5 Top 10 catch species in the waters around Wang'an island

Rank	Scientific name	Proportion (%)
1	<i>Scolopsis vosmeri</i>	23.35
2	<i>Epinephelus fasciatomaculosus</i>	22.28
3	<i>Choerodon azurio</i>	14.97
4	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	5.35
5	<i>Cephalopholis boenak</i>	3.74
6	<i>Parupeneus ciliatus</i>	3.57
7	<i>Parupeneus spilurus</i>	2.32
8	<i>Synodus jaculum</i>	1.96
9	<i>Opistognathus castelnaui</i>	1.25
10	<i>Synodus ulae</i>	1.25

(二) 各季漁獲組成

1. 澎湖南方四島國家公園海域各季漁獲組成

國家公園海域內春季共取得 237 尾魚類樣本，分屬於 18 科 46 種。最常見的物種為準大頭狗母魚 (佔比 17.14%)，其次依序為紅鰓龍占魚 (佔比 12.24%) 及伏氏眶棘鱸 (佔比 12.24%)，其餘佔比皆低於 10%。

夏季共採集到 319 尾魚，分屬於 17 科 60 種。漁獲數量最高的物種為紅鰓龍占魚 (佔比 11.60%)，其次依序為多帶海緋鯉 (佔比 10.03%) 及伏氏眶棘鱸 (佔比 9.40%)，其餘則無佔比高於 10% 者。

秋季共採集到 394 尾魚，分屬於 17 科 61 種。尾數最高的物種為伏氏眶棘鱸 (佔比 11.17%)，其次為多帶海緋鯉及紅鰓龍占魚，佔比皆為 10.41%，其餘種類佔比皆未達 10%。

國家公園海域冬季僅取得 28 尾樣本，包含於 13 科 23 種。以龍占魚科漁獲較多 (佔比 21.43%)，其餘科別則漁獲較平均。

2. 望安海域各季漁獲組成

望安海域春季共釣獲 118 尾魚，分屬於 8 科 18 種。最常見的物種為斑帶石斑魚 (佔比 24.58%)，其次依序為伏氏眶棘鱸 (佔比 22.88%)、藍豬齒魚 (佔比 19.49%) 及多帶海緋鯉 (佔比 10.17%)，其餘佔比皆低於 6%。

夏季樣本數為 246 尾，分屬於 13 科 32 種。漁獲數量依序為斑帶石斑魚 (佔比 26.02%)、伏氏眶棘鱸 (佔比 23.17%) 及藍豬齒魚 (佔比 14.63%)，其餘種類佔比皆低於 6%。

秋季共釣獲 190 尾，包含 11 科 32 種。數量最高的種類同樣為伏氏眶棘鱸 (佔比 24.74%)、斑帶石斑魚 (佔比 15.79%) 及藍豬齒魚 (佔比 13.16%)，其餘魚種佔比皆低於 7%。

冬季樣本僅 7 尾，屬於 2 科 3 種，其中以合齒魚科占 7 成以上。

二、漁獲物種多樣性

為瞭解調查海域間各季一支釣漁獲物的組成特性，分別計算漁獲的豐富度、歧異度及均勻度等多樣性指數以進行比較。歷次調查中，漁獲豐富度指數介於 0.621 - 5.739 之間，最高值出現在夏季的東、西吉海域 (D 測站)，而最低值則係冬季的望安海域 (H 測站)，顯示海域間漁獲物種的種類數差異；歧異度指數介於 0.673 - 2.840 之間，最高值出現在秋季的東、西吉海域 (D 測站)，最低值則出現在冬季的望安海域 (H 測站)；均勻度方面，數值介於 0.6630 - 1.000 之間，冬季的東、西嶼坪及東、西吉海域皆曾出現最大值 (A、D、E、F 測站)，而最低值則出現在春季的東、西嶼坪海域 (B 測站)，代表該站於該季節漁獲物種分布較不平均，其中大頭狗母魚即占總漁獲尾數的 50% 以上，因而造成數值的差異。

分別就多樣性指數在各季及各海域間進行分析 (Table 6, Figs. 2 & 3)。二因子變方分析的結果顯示海域對物種豐富度 (D) 影響並不大 ($p = 0.144$)，且海域與季節的交互作用對物種豐富度的

Table 6 ANOVA results for biodiversity indices across survey sessions, testing differences between areas and seasons

Variate	df	Richness index (D)			Diversity index (H')			Evenness (J')		
		F	<i>p</i>	n.s	F	<i>p</i>	n.s	F	<i>p</i>	n.s
Area	2	2.151	0.144	n.s	1.955	0.169	n.s	5.250	0.015	*
Season	3	23.076	< 0.001	***	32.022	< 0.001	***	9.242	< 0.001	***
Area: Season	6	0.520	0.786	n.s	0.746	0.620	n.s	0.665	0.679	n.s
Residuals	19									

Notes: n.s = not significant, * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

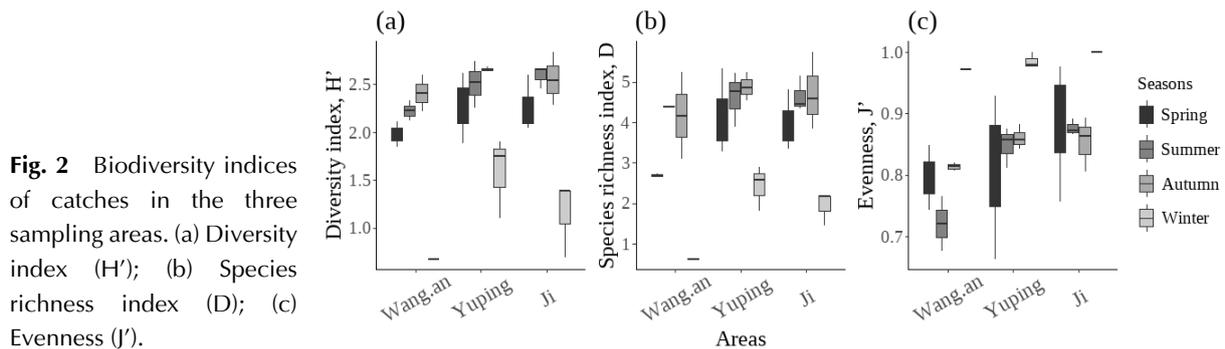


Fig. 2 Biodiversity indices of catches in the three sampling areas. (a) Diversity index (H'); (b) Species richness index (D); (c) Evenness (J').

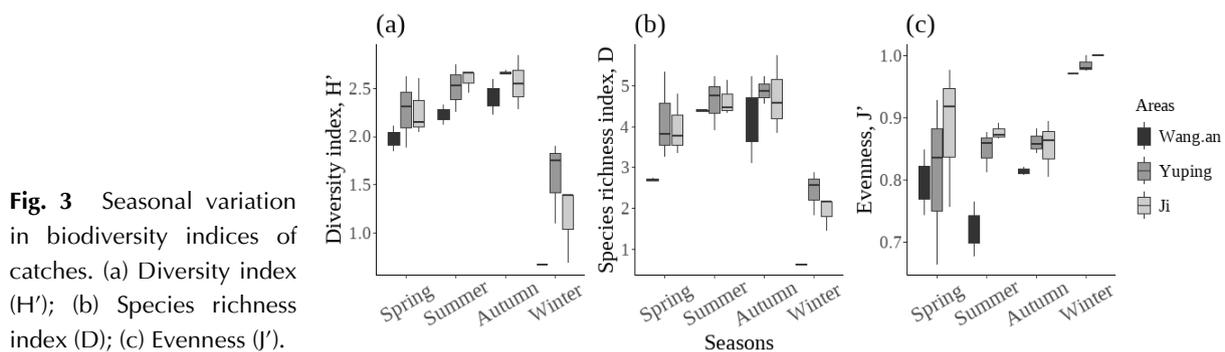


Fig. 3 Seasonal variation in biodiversity indices of catches. (a) Diversity index (H'); (b) Species richness index (D); (c) Evenness (J').

影響亦不顯著 ($p = 0.786$), 但季節對物種豐富度的影響則非常明顯 ($p < 0.001$), 其中冬季物種豐富度顯著低於其他三季。

物種歧異度 (H') 在二因子變方分析的結果亦指出季節為影響歧異度的因素 ($p < 0.001$), 調查海域以及海域與季節間的交互作用對歧異度皆無顯著影響 (p 值分別為 0.169 及 0.620), 季節間同樣以冬季顯著低於其餘三季 ($p < 0.001$)。

漁獲的均勻度指數 (J') 上, 透過二因子變方分析顯示海域與季節的交互作用對漁獲均勻度的影響並不大, 海域對漁獲均勻度的影響已達統計上顯著 ($p = 0.015$), 但仍以季節最為重要的影響因素 ($p < 0.001$)。事後成對比較下, 東、西吉的漁獲均勻度程度顯著高於望安海域 ($p = 0.012$), 而冬季則顯著高於其它三季 ($p < 0.01$)。

在本次調查中, 若在南方四島與望安海域間進行比較, 歷次調查漁獲的多樣性指數則皆不具顯著差異 (Welch's t-test, 物種豐富度 p 值為 0.569; 物種歧異度 p 值為 0.810; 均勻度指數 p 值為 0.671), 而同樣皆以季節為最主要的影響因素。

三、漁獲群聚分析

將歷次調查資料按季節及測站分組, 繪製 NMDS 二維空間分布圖, 可看出其中東、西吉海域相對於其他兩個海域在漁獲組成上大致形成分開的群體 (Fig. 4), 望安海域各測站各季調查的魚獲組成較為一致, 並與東、西嶼坪海域漁獲組成重疊性高。在聚類分析的結果中也能觀察到相同的模式 (Fig. 5), 季節間無明顯的分組, 而以東、西

吉海域與另外兩個海域的集合區分形成兩大群，東、西嶼坪測站中又以 A 站點的漁獲組成與望安海域更相近。

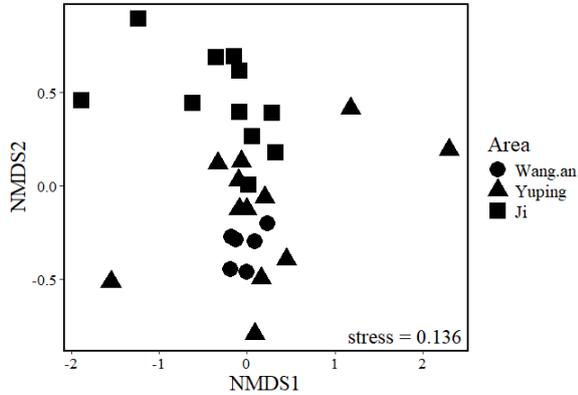


Fig. 4 NMDS ordination of catch species composition across three areas.

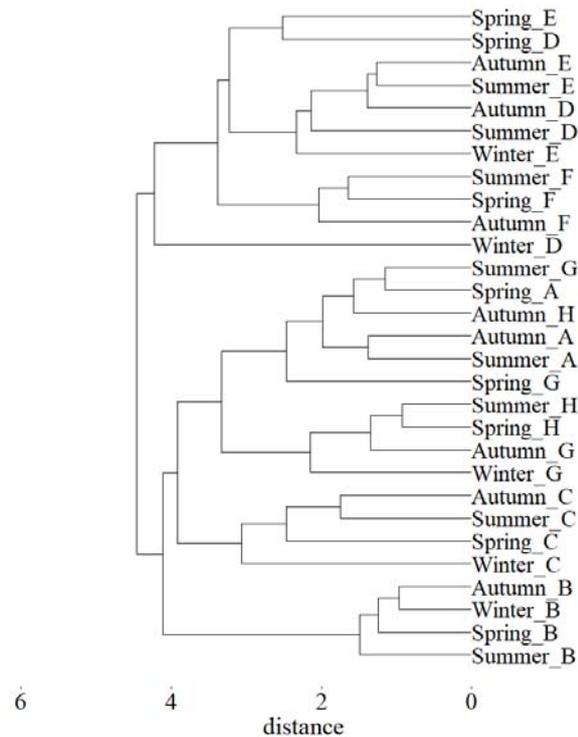


Fig. 5 Dendrogram of cluster analysis for seasonal catches at sampling stations.

RDA 分析中考量了季節、海域及調查人員等因素，針對主要漁獲種類，解釋變數整體對物種組成具有顯著影響 [RDA 模型在 999 次置換檢驗 (permutation test) 下， $F = 5.7937$ ， $p < 0.001$]，其中季節因素解釋了模型內總變異的 10.00%，對漁獲物種組成的影響相對較低 (pRDA 模型在 999 次

置換檢驗下 $F = 4.1095$ ， $p < 0.001$)，而以海域因素為解釋漁獲物種特定豐度最主要的原因，可解釋總變異的 21.62% (pRDA 模型在 999 次置換檢驗下 $F = 13.25$ ， $p < 0.001$)。其中東、西嶼坪海域以準大頭狗母魚、四棘擬鱸及伏氏眶棘鱸最豐富，而東、西吉海域則可漁獲較多的多帶海緋鯉、大型海緋鯉、鱗鮪科 (Balistidae) 的金鰭鼓氣鱗鮪 (*Sufflamen chrysopterum*) 及紅鰓龍占魚，至望安海域的漁獲組成則以斑帶石斑魚、橫紋九刺鮨、藍豬齒魚及伏氏眶棘鱸為主要特徵 (Fig. 6)。此外，在模型中調查人員的影響效應並不顯著 (pRDA 模型在 999 次置換檢驗下 $F = 0.9408$ ， $p = 0.508$)。

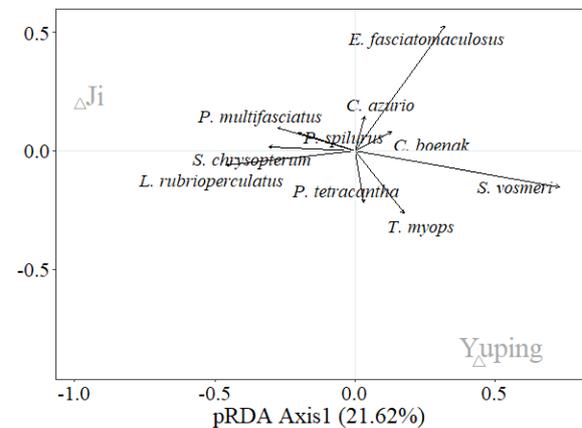


Fig. 6 Bi-plot from Partial Redundancy Analysis (pRDA) investigating area-specific effects on fish abundance. The percentage of variance explained by the first axis is shown in parentheses. Triangles represent the centroid of each category, with Wang'an area serving as the reference group in this plot.

四、漁獲豐度及 CPUE 分析

比較各海域及季節間歷次調查漁獲豐度及 CPUE 的變化顯示，漁獲豐度介於 2 - 51 indiv./hr 之間，最高值出現在夏季望安海域 (H 測站)，而最低值則係冬季的東、西吉海域 (F 測站)，南方四島海域中則以秋季的東、西吉海域最高 (E 測站)；CPUE 介於 0.336 - 9.60 kg/hr 之間，最高值出現在夏季的望安海域 (H 測站)，最低值亦出現在冬季的同一海域，僅以南方四島海域而言則以秋季的東、西吉海域最高 (D 測站)。

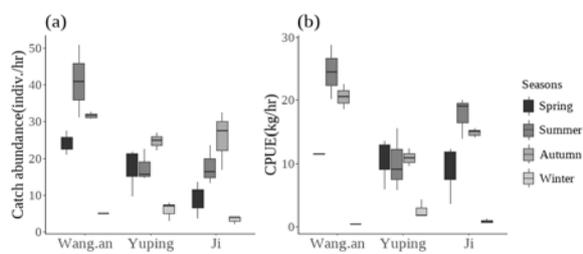
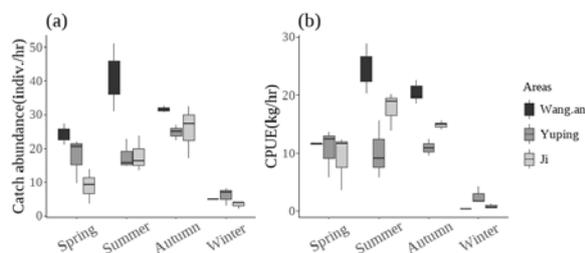
分析各季及各海域的漁獲豐度及 CPUE。漁獲豐度在季節上以冬季最低，其後隨著季節轉變逐

Table 7 ANOVA results for catch abundance and CPUE across survey sessions, testing differences between areas and seasons

Variate	Catch abundance (indiv./hr)			CPUE (kg/hr)			
	df	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>		
Area	2	15.280	<0.001	***	7.077	0.005	**
Season	3	19.637	<0.001	***	13.541	<0.001	***
Area: Season	6	2.255	0.082	n.s	3.390	0.0191	*
Residuals	19						

Notes: n.s = not significant, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

漸提高，海域間則以望安高於其他海域 (Figs. 7 & 8)，二因子變方分析的結果顯示海域及季節間的交互作用影響未達顯著 ($p = 0.082$)，而漁獲豐度在海域及季節間則皆具有顯著的區別 ($p < 0.001$) (Table 7)。事後成對比較結果中，望安海域歷次調查漁獲豐度顯著高於東、西吉 ($p < 0.001$) 及東、西嶼坪海域 ($p = 0.002$)，而東、西吉和東、西嶼坪海域間則無顯著的差異。就季節而言，漁獲豐度在冬季顯著低於其他季節，而秋季又顯著高於春季 ($p = 0.012$)。

**Fig. 7** Variations in (a) catch abundance (indiv./hr) and (b) CPUE (kg/hr) among three areas.**Fig. 8** Seasonal variations in (a) catch abundance (indiv./hr) and (b) CPUE (kg/hr).

CPUE 在季節上的變化趨勢與漁獲豐度相似，同樣自春季起逐漸增高，冬季較為低迷，海域間望

安海域數值略高於南方四島海域 (Figs. 7 & 8)。二因子變方分析中在海域、季節及兩者的交互作用上皆發現顯著的影響，以季節為最重要的影響因素 ($p < 0.001$) (Table 7)。事後比較發現歷次調查 CPUE 以望安海域高於東、西嶼坪海域 ($p = 0.016$)，而季節間則以夏季及秋季顯著高於冬季，其餘則未達統計顯著程度。調查分析結果顯示，南方四島海域在漁獲豐度或 CPUE 方面皆不優於望安海域，季節間漁獲豐度的變化情形，與相關調查報告中所觀察到的趨勢相似 (陳與李, 2017)。

五、漁獲體型分析

以統計分析比較本次調查中主要漁獲種類在各海域的體型大小，包括藍豬齒魚、伏氏眶棘鱸、大型海緋鯉、多帶海緋鯉及紅鰓龍占魚。各魚種樣本並未發現季節因素在統計上的顯著性，爰僅就海域間漁獲體型差異進行說明 (Fig. 9)。

藍豬齒魚為本研究中南方四島海域總漁獲量最高的魚種，漁獲個體的平均體長在南方四島海域為 25.24 cm，其中東、西嶼坪海域為 25.59 cm，東、西吉海域為 24.72 cm，而望安海域則為 25.08 cm，平均體長在海域間並不具統計上差異 (Welch's ANOVA, $p = 0.646$)。

本研究釣獲的伏氏眶棘鱸個體平均體長在南方四島海域為 16.40 cm，其中東、西嶼坪海域為 16.43 cm，東、西吉海域為 15.74 cm，而望安海域則為 17.56 cm，平均體長在望安海域顯著大於東、西嶼坪海域 (Welch's anova, $p < 0.001$)。

大型海緋鯉樣本的平均體長在南方四島海域為 31.00 cm，其中東、西嶼坪海域為 32.05 cm，東、西吉海域為 30.55 cm，而望安海域則為 29.92 cm，

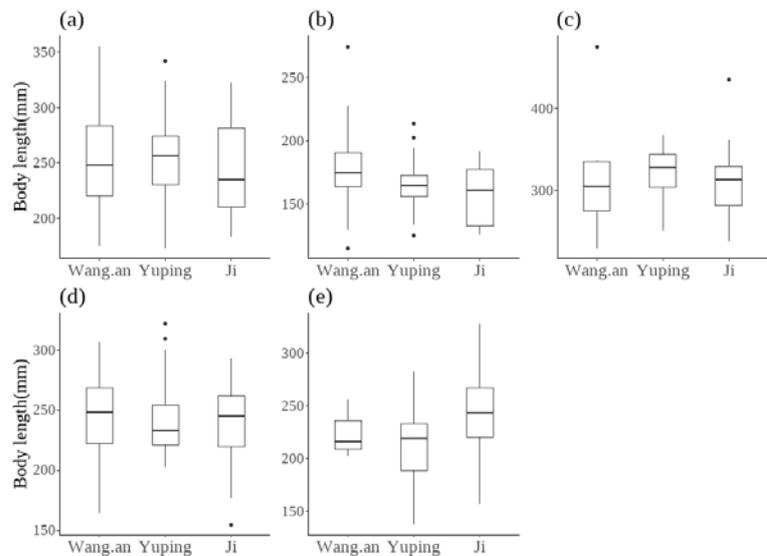


Fig. 9 Box plots of fish standard length (mm) for dominant species sampled across three areas. (a) *Scolopsis vosmeri* (n = 235), (b) *Choerodon azurio* (n = 151), (c) *Epinephelus fasciatus* (n = 136), (d) *Parupeneus multifasciatus* (n = 116), and (e) *Lethrinus rubrioperculatus* (n = 110).

海域間平均體長未發現統計上差異 (Welch's anova, $p = 0.287$)。

研究中多帶海緋鯉體長在海域間同樣無顯著差異 (Welch's anova, $p = 0.716$)，平均體長在南方四島海域為 24.15 cm，其中東、西嶼坪海域為 24.29 cm，東、西吉海域為 24.09 cm，而望安海域則為 24.63 cm。

本次調查取得的紅鰓龍占魚樣本平均體長在南方四島海域為 23.46 cm，在東、西嶼坪周邊釣獲個體為 21.44 cm，東、西吉為 24.32 cm，望安海域則為 22.44 cm。東、西吉周邊個體顯著大於東、西嶼坪海域 (Welch's t-test, $p < 0.001$)，其餘則無顯著差異。

就本次調查所取得樣本的初步分析結果而言，主要漁獲種類平均體長在南方四島海域並不大於望安海域。

討 論

過去 2008 年間曾在澎湖海域發生嚴重的寒害事件，長時間劇烈波動的水溫造成大量魚類及無脊椎動物的死亡，導致當地漁業的重大損失及生態衝擊 (Hsieh *et al.*, 2008)。其後許多團隊投入相關研究，在澎湖海域進行大範圍的漁業資源及生態調查，發現寒害的影響程度以南海較北海低，南方四島海域所受影響相對較小 (鄭與戴, 2020)。該海域擁有豐富的生物多樣性以及功能健全的珊瑚群聚，若能妥善落實保育，可為澎湖群島提供生

態資源的避難所及資源復育的種原庫 (蔡等, 2011)，凸顯澎湖南方四島海域對我國海洋生態及漁業資源的重要性。海洋保護區規劃及管理背後的理論基礎，其中之一是透過相關的管制措施維持保護區內有更多的高齡及大型魚類個體，而基於高齡與大型個體更高的繁殖潛力 (Birkeland and Dayton, 2005)，確保當地魚類群聚的入添量 (recruit)，進而可能對周邊海域產生溢出效應 (spillover effect) (Pauly *et al.*, 2002; Botsford *et al.*, 2009)。魚類群聚組成及體型結構會反映人為捕撈壓力及環境變異而有所變化 (Tu *et al.*, 2018)，在一些保護區的評估調查報告中，亦可觀察到漁獲豐度與魚類體型與海域管理強度呈正向相關的研究結果 (Alós and Arlinghaus, 2013)。如果相關限制規定造成保護區海域漁獲努力轉移到鄰近海域的效果，甚至可能進一步擴大兩處之間漁業資源的對比。基於這些假設，在本研究中我們以固定測站一支釣調查方式比較了澎湖南方四島海域及鄰近的望安海域，觀察是否能觀察到漁獲豐度和體型結構上的不同。然而，本次調查結果並未顯示澎湖南方四島在現行管理制度下，比起望安海域在漁獲豐度和魚類體型上有顯著的正向差異。

在澎湖南方四島國家公園成立後，歷次調查所記錄的魚類物種數有逐漸增加的趨勢，顯示國家公園的成立對生態環境具有某程度正向的影響 (陳與李, 2017; 鄭與戴, 2020)。但從本次調查的結果可觀察到，漁獲豐度及 CPUE 雖有明顯的季節變動，但望安海域的調查數據整體而言仍高於南

方四島海域；漁獲體型上，部分魚種也出現南方四島海域測站個體小於望安海域的情形，似乎並未能達到劃設海洋保護區以增裕高齡及大型魚類數量的目標。作為一支釣、曳繩釣、底刺網、流刺網及雜魚延繩釣的傳統既有作業漁場，本次調查範圍中包括西吉嶼北側、東吉嶼東側及東、西嶼坪周邊海域皆為商業漁捕活動的作業熱區，此外休閒釣魚活動在該海域也相當活躍，包括隆頭魚、金線魚、鬚鯛、石斑、石鱸、笛鯛 (*Lutjanidae*) 及龍占魚等經濟性魚類皆為其主要的漁獲目標 (謝與洗, 2021)，而相關研究亦發現漁捕活動會對這些目標魚類族群在特定海域的豐度、生物量及體型產生顯著的影響 (Lester *et al.*, 2009)。邵與賴 (2011) 指出持續開放漁捕及缺乏落實管理為國內海洋保護區難以發揮功能的主因，在商業及休閒漁捕的共同影響下，該海域經濟性魚類所承受的獵捕壓力仍大，可能與本次調查的結果有關。

本研究的調查結果顯示，不同於漁獲豐度及 CPUE，漁獲的種類組成受海域差異的影響較季節因素的影響更明顯，在一些針對珊瑚礁魚類群聚的相關研究中也曾發現類似的現象 (Westera *et al.*, 2003; Letourneur *et al.*, 2008)，然回顧過去在該海域的相關調查報告，則得到一支釣漁獲的物種組成受到季節或測站的影響皆不明顯的結論 (蔡等, 2011)。棲地對漁獲組成的影響可能源自許多不同因素，除了珊瑚的覆蓋率或主要的珊瑚形態 (Bell and Galzin, 1984)、波浪與遮蔽 (Letourneur *et al.*, 1996)、魚類的運動及補充 (Lecchini *et al.*, 2005) 外，人為的干擾或漁捕也可能造成海域魚類群聚組成的變化 (Westera *et al.*, 2003)。因前後 2 次調查所涵蓋的範圍不盡相同，因此該結果的差異究竟是因為研究範圍不同，或是 2 次調查的間隔中海洋環境變化或人為捕撈壓力所致，則需要進一步研究的結果才能說明。

魚類的生物學特性包括體長體重關係、年齡成長曲線、性成熟體長及順序性雌雄同體 (sequential hermaphroditism) 魚類的性轉變體長等，皆為資源評估管理所需要參考的重要資訊，然該海域許多重要經濟性魚種的基礎研究都尚待充實。Kusen (1991) 分析在日本九州北方近岸採集的少量藍豬齒魚樣本，發現該魚種如同許多其他隆頭魚類為先雌後雄的雌雄同體 (protogynous

hermaphrodite) 魚類。雖然在其樣本中並未發現初級雄性 (primary males) 的個體，但作者認為需要更多樣本才能釐清該物種究竟是單雄性 (monoandric) 亦或具有雙雄性 (diandric) 的特徵。該研究從九州海域個體觀察到的最小性轉變體長大約為 28.50 cm (標準體長)，本研究捕獲樣本皆未達該體長，但目前尚無針對我國海域系群的相關研究可資參考。伏氏眶棘鱸是本次調查中釣獲樣本數量最多的魚種，本研究中觀察到東、西嶼坪海域釣獲的樣本體型有小於望安海域的現象，可能反映海域間漁捕強度的差異，但目前該魚種的生殖特性及成熟體長都尚不清楚，需要更多的生物學研究才能評估其影響。大型海緋鯉是澎湖海鮮市場常見的魚種之一，根據 Bandai *et al.* (2020) 對九州南方近岸及沖繩島樣本的研究，該魚種為雌雄異體 (gonochoristic)，且在型態及體色上都具有雌雄二型性 (dichromatism 及 dimorphism)。樣本中雄性最小成熟體長為 11.54 cm (標準體長)，生殖期可能介於 7 - 10 月之間；雌性樣本最小成熟體長則為 21.54 cm (標準體長)，且具一年中多次產卵的特性，本研究採集樣本大多已達該體長。多帶海緋鯉根據 Pavlov *et al.* (2011) 對越南熱帶海域族群的研究，與同為鬚鯛科的大型海緋鯉一樣具一年多次產卵的特性，生殖期主要為 11 月至隔年 5 月之間。雌魚的初次性成熟體長約為 11.00 cm (尾叉長)，雄魚的初次性成熟體長則約介於 10.00 - 12.20 cm (尾叉長) 之間，本研究採集的樣本多已達該體長，兩種鬚鯛科魚類皆尚待補充本地族群的生物學資料。紅鰓龍占魚是在本次調查中釣獲數量最多的龍占魚類，佔比達 85% 以上，與其他同屬魚種如正龍占魚 (*L. haematopterus*)、長吻龍占魚 (*L. miniatus*) 及青嘴龍占魚 (*L. nebulosus*) 皆為澎湖地區高經濟價值的常用食用魚。相關研究指出紅鰓龍占魚為先雌後雄的雌雄同體魚種 (Ebisawa, 1997; Trianni, 2011)，根據生殖腺指數及卵巢成熟階段的月別變化，沖繩海域族群的生殖高峰約介於 4 - 10 月之間，而琉球群島族群則主要集中在 6 - 8 月之間。雌性最小成熟體長在沖繩海域為 26.40 cm，而在琉球群島則為 23.80 cm (尾叉長) (Ebisawa and Ozawa, 2009)，本研究在澎湖海域取得的雌性樣本中達到該體長的比例小於 1 成，主要的生殖期及性成熟體長也都

有待進一步研究加以釐清。許多珊瑚礁魚類除了壽命長、成熟晚等特性外，研究並指出它們在特定淺水海域小範圍定棲活動的習性，使它們成為漁捕者容易針對的目標，進而可能因為相關參考指標的過度穩定 (hyperstability)，而導致在過漁時初期不易觀察到資源崩潰的跡象 (Hamilton *et al.*, 2016)。因此，為確保資源得以永續利用，充實相關基礎研究並持續監測才能及時察覺警訊，在發生不可逆的變化前調整管理措施以促進資源重建。

本研究在澎湖南方四島海域進行兩年間四季的一支釣調查，以分析其漁獲組成及豐度變化，評估現行管理制度下的資源現況。由於缺乏在國家公園成立前的調查數據，因此無法確定其因果關係，難以直接將調查結果與管理規定直接進行連結；其次，目前該海域除完全禁漁區以外，主要將其區分為底刺網禁漁區及底刺網季節性禁漁區分別管理，本次調查部分測站範圍位於兩者的交界處，因此未能探討漁獲組成及豐度在兩種管理強度下的差異；再者，主要漁獲種類的體長分析中，發現部分魚種在國家公園內的各海域間亦可能存有體型的差異，許多問題仍有待未來規劃相關的調查研究加以釐清。然而儘管存在這些限制，本研究的分析結果仍然提出了一些資源現況的有用資訊，可供管理者作為制訂或調整管理規範的參考依據。

謝 辭

本研究經費由內政部國家公園署海洋國家公園管理處委託研究計畫 (計畫編號: 109401) 項下支應，執行期間承蒙澎湖漁業生物研究中心相關領域及「海安號」試驗船同仁傾力協助，讓本研究得以順利完成，特此感謝。

參考文獻

王玉懷, 劉金源, 李逸環, 宋克義 (2012) 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 264 pp.
江偉全, 林沛立, 陳文義, 劉燈城 (2014) 臺灣東部海洋魚類. 水產試驗所特刊第18號, 352 pp.
沈世傑 (1993) 臺灣魚類誌, 國立臺灣大學動物學系, 962 pp.
林朝欽, 陸聲山 (2012) 生物多樣性指數 - Shannon公

式探源. 台灣生物多樣性研究, 14 (1-2): 41-50.
邵廣昭 (1996) 台灣常見魚介貝類圖說 (下) - 魚類. 台灣省漁業局.
邵廣昭 (2014) 臺灣魚類資料庫. 網路電子版 <http://fishdb.sinica.edu.tw> (2024-5-12).
邵廣昭, 賴昆祺 (2011) 台灣海洋保護區的現況與挑戰. 海洋事務與政策評論, 65-90.
邵廣昭, 沈世傑, 陳正平 (1993) 墾丁國家公園海域魚類圖鑑. 墾丁國家公園管理處, 656 pp.
陳春暉 (2003) 澎湖的魚類. 行政院農委會水產試驗所特刊第14號, 379 pp.
陳義雄, 李明安 (2017) 澎湖南方四島漁類資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 152-157.
蔡尚, 馮豐隆 (1999) 生態歧異度及其求算方法之分類. 中國生物, 42(1): 65-83.
鄭明修, 戴昌鳳 (2009) 澎湖南方東嶼坪, 西嶼坪, 東吉嶼及西吉嶼似島周邊海域生態資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告, 海洋國家公園管理處, 265 pp.
鄭明修, 戴昌鳳 (2020) 澎湖南方四島國家公園海域長期生態監測與保育策略. 國家公園學報, 30 (1): 28-41.
蔡萬生, 鐘金水, 冼宜樂, 朱雲璋, 易毅成 (2011) 澎湖南方四島海域漁業資源與生態敏感區調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告, 海洋國家公園管理處, 高雄, 236 pp.
謝恆毅, 冼宜樂 (2021) 澎湖南方四島漁業資源調查. 海洋國家公園管理處委託之研究成果報告. 海洋國家公園管理處, 高雄, 281 pp.
戴昌鳳 (2018) 第七章：海岸及淺海海洋生態系. 臺灣區域海洋學 (二版), 263-309.
Alós, J., D. March, M. Palmer, A. Grau, and B. Morales-Nin (2011) Spatial and temporal patterns in *Serranus cabrilla* habitat use in the NW Mediterranean revealed by acoustic telemetry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 427: 173-186.
Alós, J. and R. Arlinghaus (2013) Impacts of partial marine protected areas on coastal fish communities exploited by recreational angling. *Fish. Res.*, 137: 88-96.
Bandai, A., T. Matsubara, R. Goto, T. Hayakawa, Y. Iwatsuki and H. Motomura (2020) Sexual dichromatism and dimorphism in the goatfish *Parupeneus spilurus* (Perciformes: Mullidae) in southern Japan. *Ichthyol. Res.*, 67: 203-211.
Bell, J. D. and R. Galzin (1984) Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 15(3): 265-274.
Birkeland, C., and P. K. Dayton (2005) The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends Ecol. Evol.*, 20(7): 356-358.
Bohnsack, J. A. (2011) Impacts of Florida coastal

- protected areas on recreational world records for spotted seatrout, red drum, black drum, and common snook. *Bull. Mar. Sci.*, 87(4): 939-970.
- Borcard, D., F. Gillet and P. Legendre (2011) *Numerical Ecology* with R. Springer, New York, U.S.A., 59-150.
- Botsford, L. W., J. W. White, M. A. Coffroth, C. B. Paris, S. Planes, T. L. Shearer and G. Jones (2009) Connectivity and resilience of coral reef metapopulations in marine protected areas: matching empirical efforts to predictive needs. *Coral Reefs*, 28: 327-337.
- Ebisawa, A. (1997) Some aspects of reproduction and sexuality in the spotcheek emperor, *Lethrinus rubrioperculatus*, in waters off the Ryukyu Islands. *Ichthyol. Res.*, 44(2): 201-212.
- Letourneur, Y. (1996) Dynamics of fish communities on Reunion fringing reefs, Indian Ocean. I. Patterns of spatial distribution. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 195(1): 1-30.
- Letourneur, Y., J. C. Gaertner, J. P. Durbec and M. E. Jessu (2008) Effects of geomorphological zones, reefs and seasons on coral reef fish communities of Réunion Island, Mascarene Archipelago, SW Indian Ocean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 77(4): 697-709.
- Ebisawa, A. and T. Ozawa (2009) Life-history traits of eight *Lethrinus* species from two local populations in waters off the Ryukyu Islands. *Fish. Sci.*, 75: 553-566.
- Hamilton, R. J., G. R. Almany, D. Stevens, M. Bode, J. Pita, N. A. Peterson and J. H. Choat (2016) Hyperstability masks declines in bumphead parrotfish (*Bolbometopon muricatum*) populations. *Coral Reefs*, 35: 751-763.
- Hsieh, H. J., Y. L. Hsien, M. S. Jeng, W. S. Tsai, W. C. Su, and C. A. Chen (2008) Tropical fishes killed by the cold. *Coral Reefs*, 27: 599-599.
- Kusen, J. D. (1991) Protogynous hermaphroditism in the wrasse *Choerodon azurio*. *Nippon Suisan Gakk.*, 57(3): 417-420.
- Lecchini, D., J. Shima, B. Banaigs, and R. Galzin (2005) Larval sensory abilities and mechanisms of habitat selection of a coral reef fish during settlement. *Oecologia*, 143: 326-334.
- Lester, S. E., B. S. Halpern, K. Grorud-Colvert, J. Lubchenco, B. I. Ruttenberg, S. D. Gaines and R. R. Warner (2009) Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 384: 33-46.
- March, D., M. Palmer, J. Alós, A. Grau and F. Cardona (2010) Short-term residence, home range size and diel patterns of the painted comber *Serranus scriba* in a temperate marine reserve. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 400: 195-206.
- Palmer, M., S. Balle, D. March, J. Alós and M. Linde (2011) Size estimation of circular home range from fish mark-release-(single)-recapture data: case study of a small labrid targeted by recreational fishing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 430: 87-97.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Guénette, T. J. Pitcher, U. R. Sumaila, C. J. Walters and D. Zeller (2002) Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418(6898): 689-695.
- Pavlov, D. A., N. G. Emel'yanova, L. T. B. Thuan and V. T. Ha (2011) Reproduction and initial development of manybar goatfish *Parupeneus multifasciatus* (Mullidae). *J. Ichthyol.*, 51: 604-617.
- Shannon, C. E. (1948) A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27(3): 379-423.
- ter Braak, C. J. F. and P. Smilauer (2002) *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*.
- Tetreault, I. and R. F. Ambrose (2007) Temperate marine reserves enhance targeted but not untargeted fishes in multiple no-take MPAs. *Ecol. Appl.*, 17(8): 2251-2267.
- Trianni, M. S. (2011) Biological characteristics of the spotcheek emperor, *Lethrinus rubrioperculatus*, in the Northern Mariana Islands. *Pac. Sci.*, 65(3): 345-363.
- Tu, C. Y., K. T. Chen and C. H. Hsieh (2018) Fishing and temperature effects on the size structure of exploited fish stocks. *Sci. Rep.*, 8(1): 7132.
- Uehara, M., A. Ebisawa, I. Ohta and Y. Aonuma (2019) Effectiveness of deepwater marine protected areas: Implication for Okinawan demersal fisheries management. *Fish. Res.*, 215: 123-130.
- Westera, M., P. Lavery and G. Hyndes (2003) Differences in recreationally targeted fishes between protected and fished areas of a coral reef marine park. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 294(2): 145-168.

Catch Composition Analysis of Angling Surveys Around the Four Southern Penghu Islands

Yu-Ting Yeh¹, Yun-Chen Chang², Ting-Yu You¹, Shiow-Mei Lin¹, Mei-Ying Zhuang¹,
Yi-Le Shean¹, Jun-Ting Chen¹, Hernyi Justin Hsieh¹ and Lu-Chi Chen^{2*}

¹Penghu Fishery Research Center, Fisheries Research Institute

²Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The waters surrounding the Four Southern Penghu Islands are characterized by high biodiversity and well-functioning coral assemblages. With effective conservation measures in place, these areas have the potential to serve as ecological refugia and genetic repositories for the restoration of marine resources throughout the Penghu Archipelago. This study conducted a two-year handline fishing survey in the Four Southern Penghu Islands and adjacent waters to assess the impact of current management measures on local fishery resources. Over the course of the survey, a total of 978 fish specimens were collected within the Four Southern Penghu Islands National Park, representing 96 species across 24 families. The most abundant species was *Lethrinus rubrioperculatus* (10.94% of total catch), followed by *Scolopsis vosmeri* (10.63%) and *Parupeneus multifasciatus* (8.79%). In the waters around Wang'an, 561 fish specimens were collected, comprising 53 species from 13 families. The dominant species in this area were *Scolopsis vosmeri* (23.35%), *Epinephelus fasciatomaculosus* (22.28%), and *Choerodon azurio* (14.97%). Analysis of catch diversity indices indicated that seasonality was the primary factor influencing species composition, while no significant differences were observed between the national park and Wang'an waters. In terms of catch composition, the East and West Xijiyu waters were more similar to Wang'an, whereas seasonal variation in catch composition was more pronounced within the national park. Significant differences in catch abundance and catch per unit effort (CPUE) were observed among sites and seasons; however, the national park did not outperform the Wang'an area. Seasonal patterns showed that winter yields were significantly lower than those of other seasons. Furthermore, size analysis of major target species revealed that fish caught within the national park were not larger than those from Wang'an. Previous studies have demonstrated that the effectiveness of marine protected areas relies on appropriate regulations and rigorous enforcement. The findings of this study indicate that current fishing pressure on commercially valuable fish species within the national park remains high, and there is a lack of sufficient reproductive biology research on key target species. These results underscore the need to refine existing management measures and expand research efforts to strengthen resource conservation and sustainable fisheries management.

Key words: South Penghu Marine National Park, angling survey, marine protected area, catch composition analysis

*Correspondence: No. 199 Hou-lh Road, Keelung County, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101 ext. 2304; FAX: (02) 2463-3110; E-mail: lcchen@mail.tfrin.gov.tw

羅丹明 WT、螢光素鈉鹽及葉綠素甲在螢光檢測中的穩定性與靈敏度比較

嚴國維·黃仕豪*

農業部水產試驗所海洋漁業組

摘要

透過光學來定量海中葉綠素濃度已經催生出許多先進科技的商業與研究用途。這些儀器運用了螢光、光吸收和散射等原理，能夠以高時間分辨率和快速採樣率來定量各種物質。然而，實驗所需的葉綠素甲 (Chlorophyll-*a*, Chl-*a*) 標準品價格昂貴且需低溫保存，增加了成本與不便性。本研究旨在替葉綠素測定尋找更穩定且經濟的標準品，為此比較三種螢光化學物質-羅丹明 WT (rhodamine WT, RWT)、螢光素鈉鹽 (fluorescein sodium salt, FSS) 和 Chl-*a* 在不同濃度下的螢光強度表現。本研究使用微孔板分析儀測量這些化合物的螢光反應，並分析其穩定性與靈敏度。結果顯示，FSS 在所有濃度下表現出最佳的穩定性與區分能力，而 RWT 在高濃度下出現輕微重疊，但仍具應用潛力。相比之下，Chl-*a* 在高低濃度下的螢光反應變異性較大。FSS 的穩定螢光表現顯示出它作為 Chl-*a* 標準品替代品的潛力。這些發現為未來螢光檢測標準品的選擇提供了指引，特別是在環境科學與生物監測領域的應用中。

關鍵詞：螢光檢測、葉綠素甲、螢光素鈉鹽、羅丹明 WT、穩定性

前言

葉綠素甲 (Chlorophyll-*a*, Chl-*a*) 是光合藻類的主要色素，其濃度可以反映水體的生物生產力和生態系統健康狀況 (Holm-Hansen and Riemann, 1978)。測定 Chl-*a* 涉及從浮游植物中提取色素，這需要過濾水樣並使用適當的溶劑進行提取 (Pinckney *et al.*, 1994, Aminot and Rey, 2000, Ritchie, 2008)。Chl-*a* 標準品是用於檢測和分析葉綠素含量的參考材料，須具備可靠的標準濃度及穩定性，以利校準儀器和建立檢量線 (Axler and Owen, 1994)。透過 Chl-*a* 標準品螢光分析在生物、化學及環境研究領域中是一種重要且普遍應用的技術 (Pinckney *et al.*, 1994)，葉綠素含量作為生物指標，用於評估環境健康和生物多樣性，幫助識別生態系統中的潛在問題，能夠提供各項研究關鍵的指標，對於環境科學、農業、漁業和水資源管

理等領域具有重要意義 (Arar and Collins, 1997)。

透過光學來定量海中葉綠素濃度已獲得先進的科技，並催生出許多商業及研究用途。這些儀器利用螢光、光吸收和散射的不同原理，以高時間分辨率和快速採樣率定量溶解和顆粒物質的濃度 (Earp *et al.*, 2011)。目前 Chl-*a* 螢光分析中常使用 Chl-*a* (Gall *et al.*, 2024)。然而，由於其價格高昂並且需要嚴格的保存條件，因此對研究經費和便利性帶來挑戰。相對而言，同樣具有類似效果、且可常溫保存的羅丹明 WT (rhodamine WT, RWT) 目前已發現有部分研究採用於取代實驗之上 (Tamburri, 2005)。螢光素鈉鹽 (fluorescein sodium salt, FSS) 皆可在常溫下保存，且成本較低，因此在應用及實驗設計上更具靈活性。

為了確保螢光測量的結果具備可靠性，穩定性和靈敏度是兩個關鍵參數。穩定性指的是測量值在重複試驗中的一致性，而靈敏度則是指螢光訊號能夠區分不同濃度的能力。本研究將評估不同濃度下 RWT、FSS 和 Chl-*a* 的螢光測量變異性，並比較這三種物質在螢光檢測上的性能。本研究的主要目的是比較三種螢光化合物 (RWT、FSS

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, Tel: (02) 2462-2101 ext. 2322; Fax: (02)2463-3110; E-mail: shhuang03@mail.tfrin.gov.tw

和 Chl-*a*) 的螢光強度隨濃度變化的穩定性與靈敏度，並探討其在不同實驗條件下的應用可行性。通過系統性的測量與分析，本研究期望能夠為選擇更具成本效益且保存便利的螢光標準品提供指導，並為材料與方法部分的實驗設計奠定基礎。

材料與方法

一、器材與試劑

本研究利用微孔板分析儀 (Tecan Infinite 200 Pro)，評估不同化學物質的螢光反射強度穩定性。微孔板分析儀經過校正和優化，以確保測量結果的準確性與可重複性。除微孔板分析儀外，還使用了微量天平 (Precisa, XS 225A-SCS) 以精確稱量樣品粉末及試劑，以及微量吸管 (Eppendorf, EPP-3123000055-1EA、EPP-3123000063-1EA、EPP-3123000080-1EA)，包含 10 ml、1 ml 和 200 μ l 的容量，用於準確測量樣品和試劑體積。使用的試劑包括：1. 丙酮：用作葉綠素甲的溶劑；2. RWT：由 Turner 提供的校正標準溶液 (Rhodamine WT, 400 ppb)；3. FSS：由 Sigma 提供的螢光素鈉鹽 (F6377) 與 4. Chl-*a*：由 Sigma 提供的標準粉末 (96145)。

二、螢光物調配及量測

本研究的主要目標是評估 RWT、FSS 及 Chl-*a* 三種螢光標準品在不同濃度下的表現，以探討其作為 Chl-*a* 檢量線標準品的可行性。因此，標準品的配置濃度範圍是根據本所過去進行 Chl-*a* 檢量線實驗時常用的 Chl-*a* 濃度範圍對應之螢光值推算而來。同時，為提升實驗操作的精確性與效率，我們選擇整數濃度，減少微量吸管的移液操作數量，以降低人為誤差的影響。此外，由於各標準品的螢光強度存在較大差異，我們根據其螢光響應特性調整配置範圍，使其螢光強度分佈覆蓋 Chl-*a* 的典型測試範圍，以利於後續比較。

RWT：配置濃度為 400 ppb 的 RWT 標準溶液，然後用蒸餾水依次稀釋得到濃度為 9、18、36、72、180、270 和 360 ppb 的標準溶液。在螢光測量中，取各標準溶液 200 μ l 置於 96 孔微孔

板中，使用微孔板分析儀測量螢光強度。

FSS：取 FSS 標準品 0.1 g，溶於蒸餾水並定容至 1 L，配製成 100 ppm 的標準溶液；取 100 ppm 溶液 10 ml 加入蒸餾水稀釋至 1 L，得到 1 ppm (1000 ppb) 的標準溶液。再用蒸餾水進行系列稀釋，配置成濃度為 14、28、56、112、280、420 和 560 ppb 的標準溶液。取各標準溶液 200 μ l 置於 96 孔微孔板中，測量螢光強度。

Chl-*a*：取 Chl-*a* 標準粉末 1 mg，溶於 90% 丙酮中，配製成濃度為 1 ppm 的標準溶液；取 1 ppm 標準溶液 10 ml 加入 90% 丙酮稀釋至 100 ml，得到 100 ppb 標準溶液。用 90% 丙酮進行系列稀釋，配置成濃度為 0.5、1、2、4、10、15 和 20 ppb 的標準溶液。取各標準溶液 200 μ l 置於 96 孔微孔板中測量螢光強度。

所有螢光強度測量所得數據皆繪製成檢量線，並進行後續的統計分析，以評估三種標準品在不同濃度範圍內的穩定性與靈敏度。

三、螢光強度隨時間變化分析

為了研究不同化學物質的螢光強度隨時間的變化，本研究於 2024 年 7 月 4 日至 8 月 30 日期間進行了一系列實驗，並使用微孔板分析儀測量螢光強度。儀器的受控條件包括：固定激發與發射波長、測量環境的溫度控制 ($25 \pm 0.5^\circ\text{C}$)、避免外部光源影響，以及統一使用黑色透明底 96 孔微孔板。此外，樣品測量前均充分混合，並進行空白校正，以排除背景螢光干擾。

為確保光學系統的準確性與穩定性，本研究使用 SPARK QC 工具校正盤進行光學系統的校準，確認儀器符合原廠允收標準。校正內容包括螢光、吸光度與冷光的光學對準，確保光源與偵測器的準確性。此外，透過標準螢光樣品測試信號強度，以驗證螢光激發與發射光譜的一致性，並確保不同通道間的測量誤差最小化。所有校準均參考原廠校正盤手冊進行，並定期檢測儀器狀態，以確保測量結果的準確性與穩定性。

螢光數據記錄在一個 CSV 檔案中，包含三種類型化學物質 (RWT、FSS 和 Chl-*a*) 的螢光強度測量值。數據被導入 R 軟體中，並將日期格式設為英文，以方便處理。所有表示螢光強度的欄位均轉

換為數值格式，以確保一致性。分析的內容包括將螢光數據隨時間繪圖，每個濃度的數據均單獨繪製。

數據繪製分為三個單獨的圖形，每個圖形代表一種化學物質。x 軸顯示測量日期，y 軸表示螢光強度。每條線對應的濃度標籤被放置在圖的左側或右側，以確保標示清晰。此外，為了更好地呈現數據，程式碼將 y 軸的範圍增加了最大值的 20%。所有可視化圖形均被儲存 PDF 檔案，以供進一步分析。

四、螢光強度密度圖分析

為了確定不同濃度的個別化學物質螢光強度的獨特性，本研究使用 R 軟體的 ggplot2 package 生成密度圖以觀察可能的重疊情況。重疊的存在表明不同濃度的螢光強度變異可能導致型一錯誤或型二錯誤。為檢測不同濃度密度曲線間的重疊情況，首先計算並繪製每條曲線的最大密度值。設置一個閾值來識別重疊區域，定義為兩條曲線密度值之間差異小於 0.01 的區域。如果發現重疊，則在圖中繪製灰色長方形來標示這些重疊區域。此外，本研究進一步透過 R 軟體的 corrplot package 來分析不同濃度間的重疊程度，建立濃度相關矩陣 (correlation matrix)，以可視化不同濃度螢光信號的重疊程度。藉由 corrplot 以熱圖 (heatmap) 的方式呈現不同濃度之間的重疊面積，以圓圈大小、數字及顏色深淺顯示不同濃度間的螢光強度重疊程度，範圍從 0 (無重疊) 至最大 0.17，反映螢光強度隨濃度變化的可區分性。

五、可視化與趨勢分析

為了評估不同化學物質在不同濃度下重複螢光測量的穩定性，本研究分析了以下三個參數。(一) 密度最高值 vs 螢光平均值 (對數刻度)：為了更清楚地觀察密度最大值的變化，Y 軸被設置為對數刻度；(二) 標準差 (SD) vs 螢光平均值：將標準差與螢光平均值對比，以檢查測量的穩定性以及 (三) 變異係數 (CV) vs 螢光平均值：將變異係數與螢光平均值對比，以了解濃度增加時的相對變異性。數據的處理與可視化是使用 R 軟體的 ggplot2 package 進行，並產生圖形以展示這些參數隨螢光平均值的變化趨勢。計算出的參數與

每種化學物質的螢光平均值進行對比，生成了三個獨立的圖形。

結果與討論

一、多種濃度下螢光強度隨時間變化趨勢

根據分析結果，三種化學物質的螢光強度隨濃度變化表現出不同波動的趨勢 (Fig. 1)。RWT 螢光表現主要受限於材料本身的螢光強度，即便使用原液，仍無法完全應對高濃度葉綠素的反應 (Fig. 1A)。因此，RWT 在低葉綠素濃度的環境中仍具可行性，但在高濃度條件下，其檢量線無法滿足樣品需求。Fig. 1B 顯示 FSS 的分析結果，研究顯示其螢光反射在不同濃度下隨時間波動較為平緩，且其範圍涵蓋超過 20 ppb 的葉綠素甲濃度。進一步觀察傳統使用的 Chl-a 標準品 (Fig. 1C)，其穩定性關鍵濃度在 10 ppb，當濃度低於該值時穩定性較高，超過此濃度則穩定性下降。此外，自 8 月 15 日以後，Chl-a 的螢光反應顯著隨時間增加。

在進行實驗前，研究團隊已大致掌握這三種化學物質各自的限制。RWT 的限制主要在其檢量範圍，FSS 則擔心螢光反射過強導致測量困難，而 Chl-a 標準品的螢光來源於有機物，因此擔心其穩定性及隨時間衰退的問題。然而，研究結果顯示，RWT 是一個不錯的標準品選擇，但其檢量範圍限制依然存在。Chl-a 的穩定性在時序分析中確實表現出些許波動，且波動幅度略高於其他化學物質。原本擔心生物螢光會隨時間衰退，但實驗結果顯示螢光反應反而隨時間增加，這一點相當出乎意料。三種標準品的螢光強度存在顯著差異，RW 的螢光強度僅為 FSS 的 1/7，而 Chl-a 的螢光強度則介於兩者之間。雖然 RWT 的螢光強度相對較低，但仍可作為低螢光強度環境中的校正標準。然而，若應用於高通量分析或高濃度測試時，FSS 更能確保測量結果的一致性。

二、化學物質螢光密度曲線

根據 Fig. 2 的螢光強度機率密度曲線分析，發現了三種化學物質 (Rhodamine WT、Fluorescein Sodium Salt 以及 Chlorophyll a) 的濃度與螢光強度之間具有以下共同趨勢和特性：

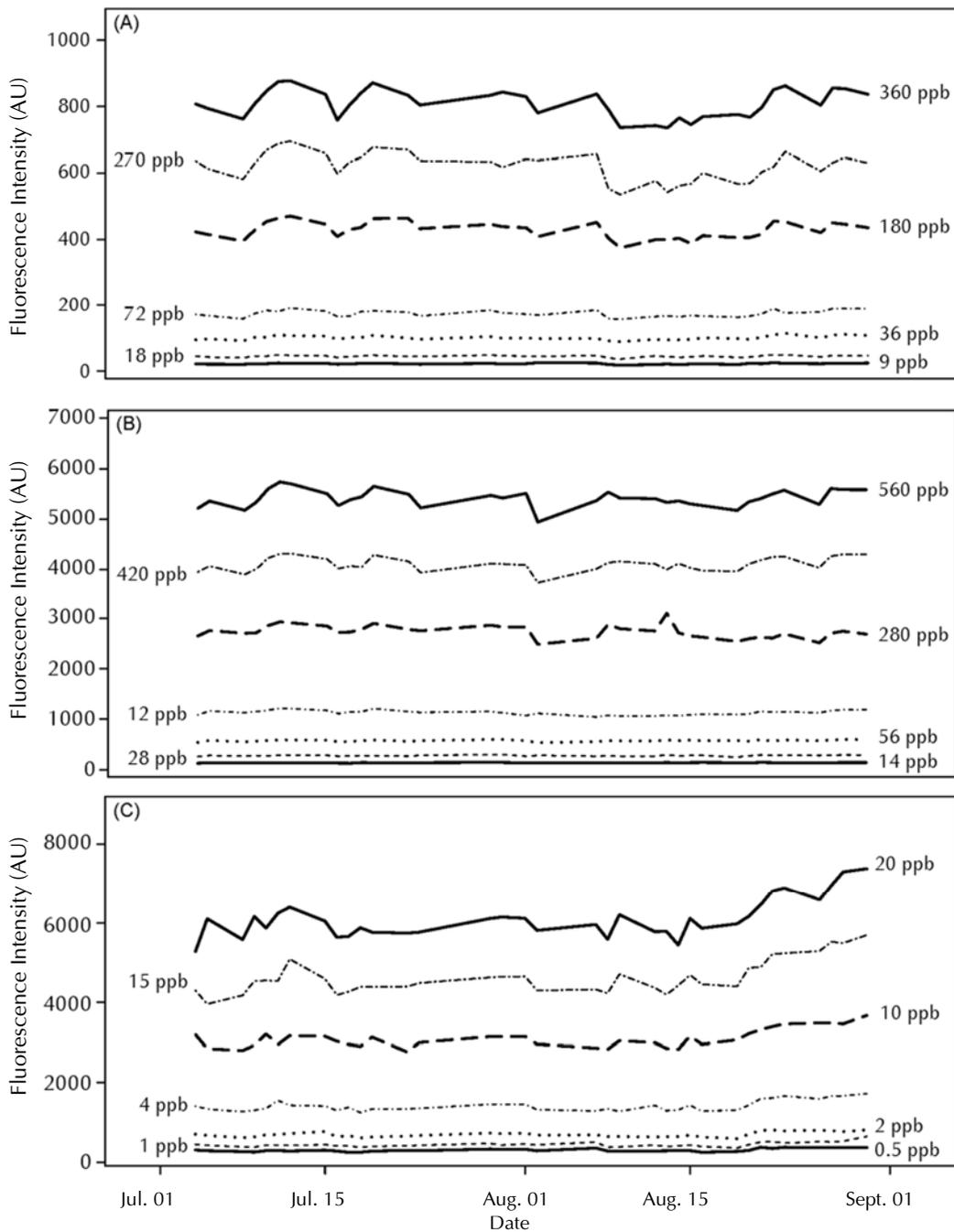


Fig. 1 Trends in Fluorescence intensity of different chemical substances (July 4 - August 30, 2024). The X-axis represents the study period, and the Y-axis represents fluorescence intensity. Each panel shows measurement results for a different chemical substance: (A) Rhodamine WT, (B) Fluorescein Sodium Salt, and (C) Chlorophyll a. Curves in each graph indicate fluorescence intensity trends at various concentrations.

首先，三張圖中皆顯示出濃度較小的化學物質，其螢光強度的集中趨勢較高，顯示出較為穩定的分佈曲線。而濃度較高時，集中趨勢減弱，曲線的分佈範圍變得更為分散，表示高濃度下的螢光反射變異性增大。針對 Rhodamine WT (RWT) (Fig. 2A)，高濃度的螢光曲線呈現明顯的重疊現象。隨著濃度的增加 (180 ppb、270 ppb 和 360

ppb)，重疊的螢光強度範圍逐漸擴大，顯示出高濃度下不同濃度的螢光反應較難區分，這樣的疊疊會對分析精度產生影響。Fluorescein Sodium Salt (FSS) (Fig. 2B) 的螢光強度分佈顯示了穩定之特徵，低濃度下的集中趨勢最為明顯。該化學物質在不同濃度下 (從 0 ppb 到 400 ppb) 沒有出現重疊現象，這顯示出在各濃度之間，螢光強度的區

別較為清晰。Chlorophyll a (Chl a) (Fig. 2C) 的螢光強度分佈顯示了穩定之特徵，低濃度下的集中趨勢最為明顯。該化學物質在不同濃度下 (從 0 ppb 到 400 ppb) 沒有出現重疊現象，這顯示出在各濃度之間，螢光強度的區

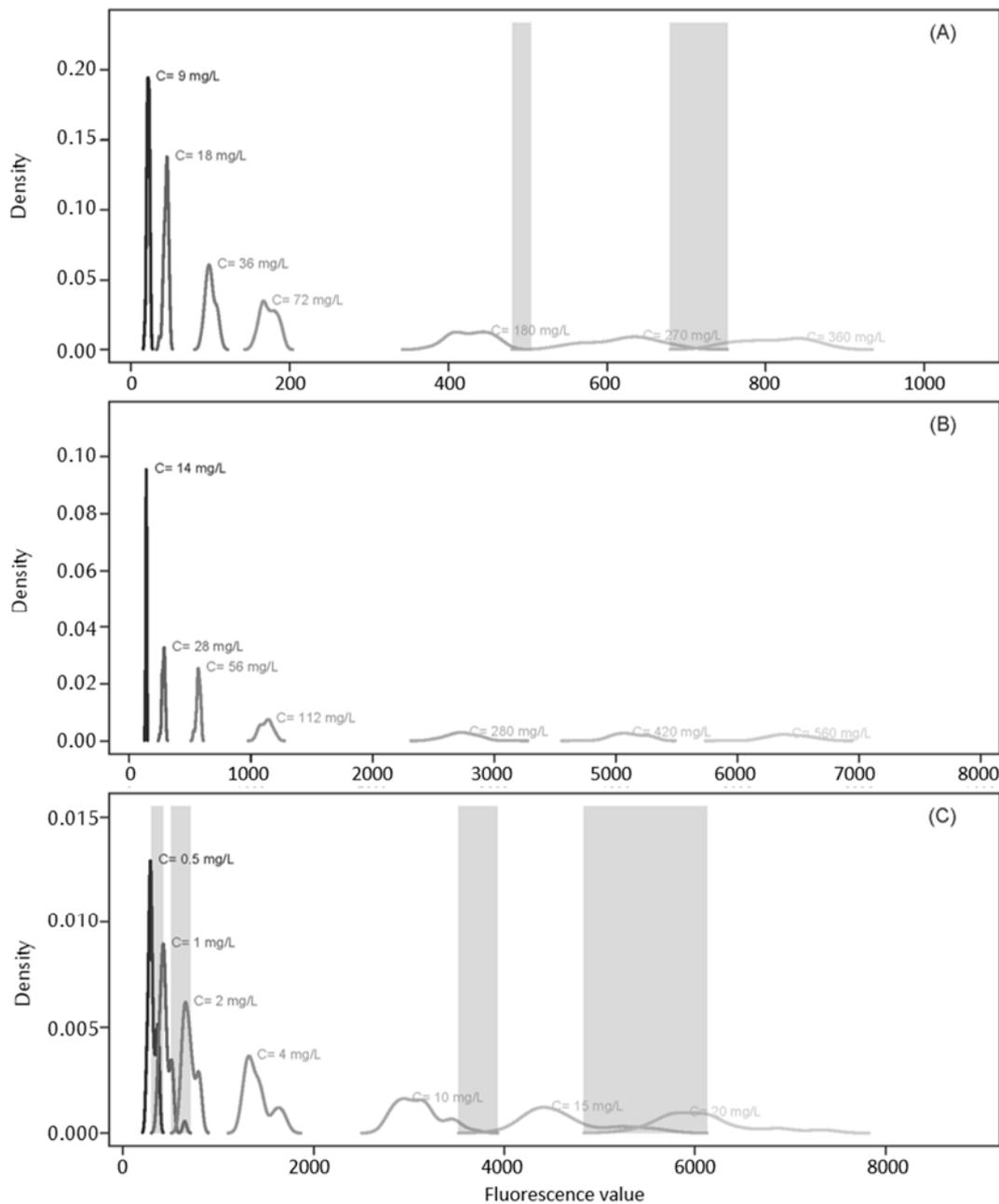


Fig. 2 Fluorescence intensity probability density distributions for different chemical substances. This figure displays the probability density distribution curves of fluorescence intensity for: (A) Rhodamine WT, (B) Fluorescein Sodium Salt, and (C) Chlorophyll *a*. Each curve within a panel corresponds to the fluorescence intensity probability density distribution at a different concentration. The gray shaded areas highlight regions where the probability density curves of different concentrations overlap, indicating the distinguishability of fluorescence responses under high-concentration conditions.

分較為明確。因此，FSS 在不同濃度下的螢光反射變化具可預測性，對於精確測量具有潛力。最後，Chl-*a* (Fig. 2C) 的曲線顯示出類似於 RWT 的重疊現象。除了濃度為 4 ppb 的曲線與其他濃度曲線沒有重疊外，其他濃度下 (10 ppb 和 16 ppb) 的

螢光強度曲線存在明顯的重疊現象，並且隨著濃度增加，重疊範圍變得更大。這表明在高濃度下，Chl-*a* 標準品的螢光反應不易區分不同的濃度，可能導致分析準確性降低。

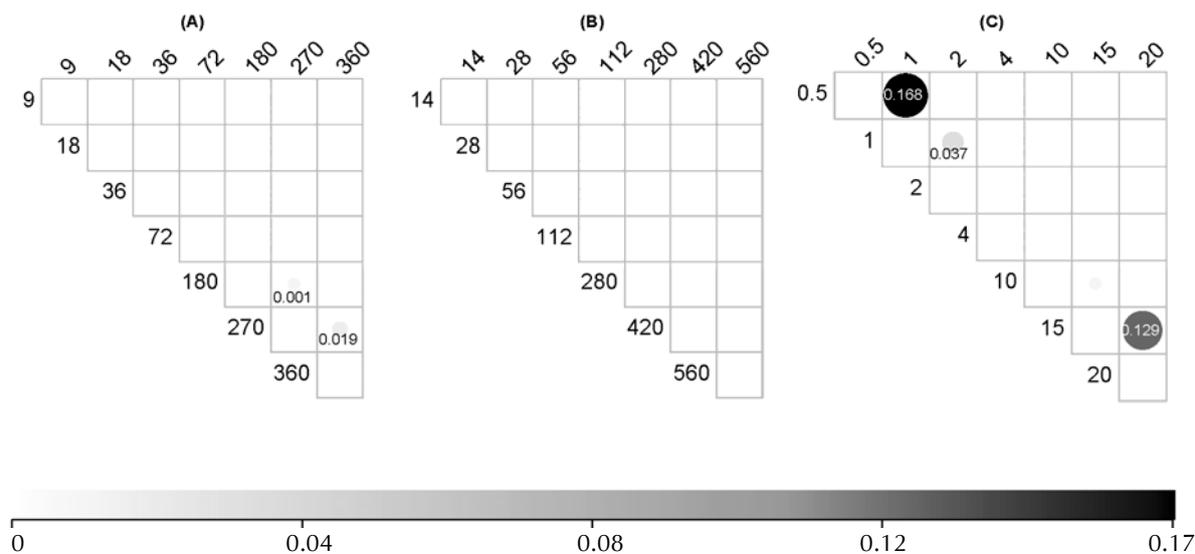


Fig. 3 Fluorescence intensity overlap density matrices for three chemical substances at different concentrations. This figure presents the fluorescence intensity overlap density matrices for: (A) Rhodamine WT, (B) Fluorescein Sodium Salt, and (C) Chlorophyll a. In each matrix, the size and color of the circles indicate the degree of fluorescence intensity overlap between different concentrations, ranging from 0 (no overlap) to a maximum of 0.17. This reflects the distinguishability of fluorescence intensity as a function of concentration.

綜合上述結果，可以得出結論：低濃度的化學物質螢光反應較為穩定，具有較高的集中趨勢，而高濃度時，重疊現象較為明顯，可能會影響測量的分辨能力。RWT 和 Chl-*a* 在高濃度下的重疊現象值得進一步探討，以改善分析的準確性。而 FSS 在所有濃度下均無重疊，顯示其在螢光反射測量中具有有良好的潛力。

三、統計分析與穩定性評估

如 Fig. 3 所示，RWT 在高濃度區域有重疊現象，但與 Chl-*a* 相比，重疊面積相對較小。這意味著 RWT 在高濃度下的螢光反應仍具區分能力，儘管會出現輕微的重疊。FSS 在不同濃度之間完全沒有重疊現象。這表明 FSS 的螢光強度在不同濃度下表現出良好的區分度，使其成為螢光分析中波動平穩的物質。Chl-*a* 在高濃度與極低濃度下均出現重疊現象。值得注意的是，重疊面積並沒有隨著濃度增加而顯著變大，這表示即便濃度提升，Chl-*a* 的螢光強度區分度在部分濃度範圍內仍然存在挑戰。有關 RWT 在高濃度區域的重疊現象與前人研究結果一致，且該研究還發現，RWT 之螢光訊號可能受環境影響而容易出現變化 (Earp *et al.*, 2011)。

Figure 4 展示了三個關鍵指標：(A) 最大密度值、(B) 標準差 (SD) 以及 (C) 變異係數 (CV) 與螢光平均值之間的關係。研究結果顯示，三種化學物質的最大密度值都隨著螢光強度的增加而降低。三種化學物質之中，FSS 的數值最高，RWT 次之，Chl-*a* 的最低。這個數值可以從另外一種角度說明不同濃度的集中趨勢及產品穩定性。這個現象同樣可以從標準差 (Fig. 4 B) 發現，因為在此圖中三種化學物質在高螢光強度下的標準差顯著增加，這意味著螢光反射的變異性更大。但是 FSS 的標準差較為穩定，顯示出該化學物質在不同濃度下的穩定性較高。本研究經過標準化後的變異係數 (Fig. 4C) 成功移除掉螢光值增加所產生的變異性，由圖同樣可以發現 FSS 同樣是三種產品中變異性最低的一個產品，由此可見其產品的穩定性相當高。

四、與前人研究比較

標準品材質之穩定性是非常重要的選材考量。例如 Ritchie (2008) 為了優化葉綠素 a、b、c 和 d 的光譜測定方法，採用藍綠藻及英國菠菜 (*Spinacia oleracea*) 來建立標準品，研究結果顯示，這些產品容易因樣品劣化或溶劑干擾導致測量誤

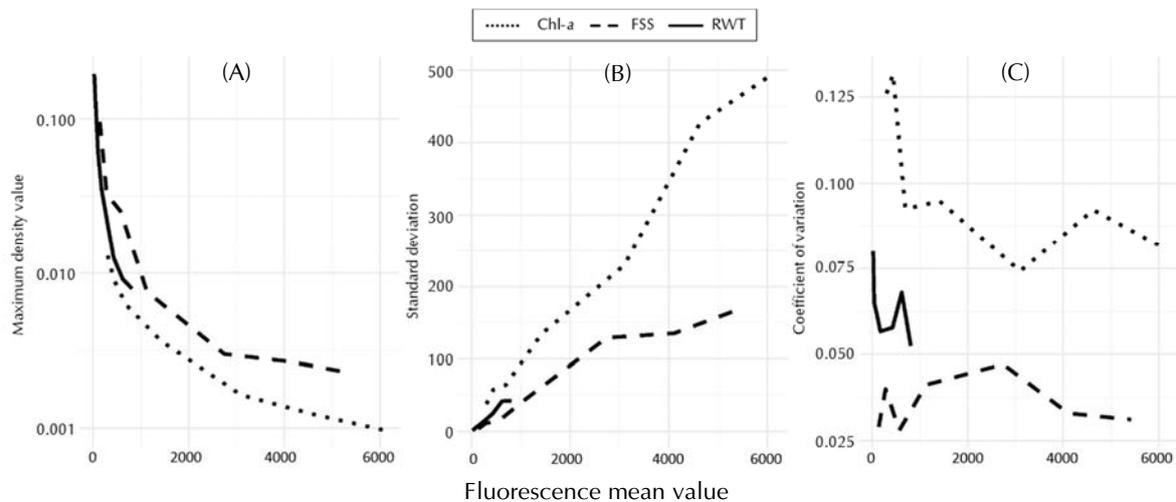


Fig. 4 Relationship between mean fluorescence and three key indicators. This figure illustrates the relationship between the mean fluorescence value and three key indicators: (A) maximum density value, (B) standard deviation, and (C) coefficient of variation. These panels show the trends of key indicators for three chemical substances - Chlorophyll *a*, fluorescein sodium salt, and rhodamine WT - in relation to fluorescence intensity changes. This assessment evaluates the stability and sensitivity of each chemical substance across different concentrations.

差。此外，本研究與 Earp *et al.* (2011) 皆探討螢光標準品在環境監測中的適用性。Earp *et al.* (2011) 評估標準品在 Chl-*a* 感測器校正中的應用，發現 Fluorescein 作為 Chl-*a* 校正標準品具穩定性。然而，Fluorescein 難以溶於水，通常需藉助有機溶劑。本研究採用 FSS，其具有高水溶性，使樣品製備更加簡單並減少有機溶劑干擾。實驗結果顯示，FSS 在高低濃度範圍內均表現出穩定的螢光強度，靈敏度優於 RWT 及 Chl-*a*，提供了一種更具操作便利性與可靠性的標準品選擇。相較於 Earp *et al.* (2011) 需要多種標準品測試與環境條件調整，本研究透過標準化的微孔板分析技術，確保螢光測量的一致性，並簡化了標準品的選擇與應用流程，使螢光測量技術更適用於長期監測與高通量分析。低成本是目前科學研究的重要方向之一 (Hagh *et al.*, 2024)。本研究證實 FSS 在水溶性、螢光穩定性及靈敏度方面優於傳統 Chl-*a* 標準品和 RWT，可作為更可靠的標準品應用於監測設備。透過 FSS 作為標準品，可降低環境因素對數據穩定性的影響，使感測系統能夠更準確地測量水體中葉綠素濃度，提升數據的時空連續性。

結 論

本研究探討三種化學物質 (RWT、FSS、Chl-*a*)

在不同濃度與螢光強度下的表現，提供了有關穩定性和區分能力的重要見解。

首先，FSS 在本研究中的表現尤為突出。Fig. 3 顯示 FSS 在各濃度範圍內完全沒有重疊，這說明其螢光強度具備良好的區分度。即使在螢光強度提高的情況下，FSS 依然能保持穩定的螢光反應，這在 Fig. 4 的標準差 (SD) 和變異係數 (CV) 中得到了強化支持。FSS 的標準差和變異係數在螢光強度變化中變動較小，顯示其具有優異的穩定性和較低的變異性。這些結果表明 FSS 在螢光分析應用中是一個波動平穩且可靠的標準品，適合不同濃度範圍的螢光測試。

RWT 的表現與 FSS 相比稍顯不足，但仍然具備一定的區分能力。在高濃度下，RWT 的螢光強度有輕微的重疊現象，但與 Chl-*a* 相比，重疊面積相對較小，說明 RWT 在高濃度下仍然能夠保持部分區分度。從 Fig. 4 可以看出，RWT 的標準差和變異係數在高螢光強度下逐漸增加，顯示其高濃度下穩定性有所降低。因此，在高濃度條件下使用 RWT 時，需要謹慎考慮其重疊效應。

Chl-*a* 標準品的表現較為不穩定。在 Fig. 3 中，Chl-*a* 的重疊現象發生在高濃度和低濃度兩端，且這種重疊現象並沒有隨著濃度的增加而顯著改善。這意味著 Chl-*a* 在不同濃度範圍內區分度較差，特別是在極端濃度下更為明顯。此外，Fig. 4

中的標準差和變異係數數據顯示，Chl-*a* 的螢光反應變異性較大，這進一步說明了其在不同螢光強度下的穩定性較低。

總結來說，本研究證實了 FSS 的穩定性和可靠性，特別適合用於不同濃度下的螢光分析。RWT 雖然在高濃度下存在輕微重疊，但仍具一定的應用潛力。而 Chl-*a* 標準品雖然是過去慣用的物質，但其區分度和穩定性則相對較差，在實際應用中可能需要進一步優化，以提高其分析性能。這些發現將為螢光分析的標準物質選擇提供有價值的依據，尤其是在高濃度測試中的應用。

參考文獻

- Aminot, A. and F. Rey (2000) Standard procedure for the determination of chlorophyll *a* by spectroscopic methods. *ICES Tech. Mar. Envir. Sci.*, 112 (25): 1-2.
- Arar, E. J. and G. B. Collins (1997) Method 445.0: In vitro determination of chlorophyll *a* and pheophytin *a* in marine and freshwater algae by Fluorescence. U.S. *Envir. Prot. Age.*, Washington, DC.
- Axler, R. P. and C. J. Owen (1994) Measuring chlorophyll and phaeophytin: Whom should you believe? *Lake Reser. Manag.*, 8 (2): 143-151.
- Earp, A., C. E. Hanson, P. J. Ralph, V. E. Brando, S. Allen, M. Baird, L. Clementson, P. Daniel, A. G. Dekker, P. R. C. S. Fearn, J. Parslow, P. G. Strutton, P. A. Thompson, M. Underwood, S. Weeks and M. A. Doblin (2011) Review of fluorescent standards for calibration of in situ fluorometers: Recommendations applied in coastal and ocean observing programs. *Opt. Express*, 19 (27): 26768-26782.
- Gall, M., J. Zeldis, K. Safi, S. Wood and M. Pinkerton (2024) Vertical stratification of phytoplankton biomass in a deep estuary site: Implications for satellite-based net primary productivity. *Front. Mar. Sci.*, 10: 1250322.
- Hagh, S. F., P. Amngostar, W. Chen, J. Sheridan, C. J. Williams, A. M. Morales-Williams, D. Huston and T. Xia (2024) A low-cost lora optical fluorometer-nephelometer for wireless monitoring of water quality parameters in real time. *IEEE Sens. J.*, 24 (13): 21511-21519.
- Holm-Hansen, O. and B. Riemann (1978) Chlorophyll *a* determination: Improvements in methodology. *Oikos*, 438-447.
- Pinckney, J., R. Papa and R. Zingmark (1994) Comparison of high-performance liquid chromatographic, spectrophotometric, and fluorometric methods for determining chlorophyll *a* concentrations in estuarine sediments. *J. Microbiol. Methods*, 19 (1): 59-66.
- Ritchie, R. J. (2008) Universal chlorophyll equations for estimating chlorophylls *a*, *b*, *c*, and *d* and total chlorophylls in natural assemblages of photosynthetic organisms using acetone, methanol, or ethanol solvents. *Photosynthetica*, 46 (1): 115-126.
- Tamburri, M. (2005) Protocols for verifying the performance of in situ chlorophyll fluorometers. Solomons, MD, ACT, 31 pp. (ACTPV05-01). DOI <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-346>.

Comparison of the Stability and Sensitivity of Rhodamine WT, Fluorescein Sodium Salt, and Chlorophyll *a* in Fluorescence Detection

Kuo-Wei Yen and Shih-Hao Huang*

Marine Fisheries Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Optical methods for quantifying chlorophyll-*a* (Chl-*a*) concentrations in marine environments are crucial for commercial and research applications. Instruments leveraging fluorescence, light absorption, and scattering offer high temporal resolution and rapid sampling for dissolved and particulate matter. However, calibrating with Chl-*a* standards is costly and requires cold storage, posing significant experimental challenges. This study compares the fluorescence intensity performance of three compounds – Rhodamine WT (RWT), Fluorescein Sodium Salt (FSS), and Chl-*a* – at various concentrations. Using a microplate reader under controlled conditions, we measured their fluorescence responses, analyzing stability and sensitivity. FSS demonstrated superior stability and distinguishability across all concentrations. While RWT showed slight overlap at high concentrations, it remains a promising candidate. In contrast, Chl-*a* exhibited greater variability in fluorescence response at both high and low concentrations. The stable fluorescence performance of FSS suggests its strong potential as a substitute for Chl-*a* standards. These findings offer valuable guidance for selecting fluorescence standards, particularly in environmental science and biological monitoring.

Key words: Fluorescence detection, Chlorophyll *a*, Fluorescein Sodium Salt, Rhodamine WT, stability

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 20246, Taiwan. Tel: (02) 2462-2101 ext. 2322; Fax: (02)2463-3110; E-mail: shhuang03@mail.tfrin.gov.tw

水產益健飼料對養殖魚蝦體內病原菌之抑制效益評估

劉佩玟* · 林佳勳 · 陳建彰 · 謝豐群 · 楊順德

農業部水產試驗所淡水養殖研究中心

摘要

全球水產養殖業隨著科技進步和市場需求持續增長，但氣候變遷與高密度養殖增加細菌性疾病的風險，本研究探討含益生菌短小芽孢桿菌 (*Bacillus pumilus* D5) 的飼料對抑制水產動物病原菌的效果，試驗對象包括吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*)、金目鱸 (*Lates calcarifer*)、午仔魚 (*Eleutheronema tetradactylum*) 及白蝦 (*Penaeus vannamei*)，樣本來自 10 個養殖場實證場域，試驗飼料使用含 10^6 CFU/g 短小芽孢桿菌 D5 的益健飼料，並定期針對試驗動物肝臟、脾臟、腸道或胰臟中的弧菌 (*Vibrio* spp.)、鏈球菌 (*Streptococcus* spp.) 和產氣單胞菌 (*Aeromonas* spp.) 進行菌數監測，同時監測優勢病原菌及其藥物敏感性。結果顯示，益健飼料普遍對所有試驗動物的病原菌有抑制效果，吳郭魚腸道中的鏈球菌和弧菌分別減少 82.20% 和 75.00% 以上，肝臟中的產氣單胞菌減少至少 85.48%；金目鱸肝臟和腸道中的鏈球菌可減少 92.06% 以上，腸道中的弧菌減少 46.60% 以上，肝臟中的產氣單胞菌下降 99.96%；午仔魚腸道中的弧菌 (含發光桿菌 *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, PDSD) 數量少 1 個對數值，鏈球菌數量則未檢測到；白蝦的肝胰臟中弧菌數量在多次採樣中均低於 10^3 CFU/g。優勢病原菌方面，吳郭魚與金目鱸以維隆產氣單胞菌 (*A. veronii*) 為主，午仔魚則以發光桿菌 (PDSD) 為主，白蝦以腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*) 為主。藥物敏感性結果顯示，試驗組的各種病原菌至少五成以上菌株可對 4 種以上抗生素具敏感性。綜上，使用含短小芽孢桿菌 D5 的益健飼料能夠減少水產動物體內常見病原菌數量，並有助於減少產生抗藥性病原菌的風險。

關鍵詞：益生菌、細菌性病原、益健飼料、抑制能力

前言

隨著人口增長、健康飲食趨勢的推動，使民眾對水產品的需求日益增加，加上水產養殖技術的進步，水產養殖產量逐步上升，根據 FAO (2024) 統計，全球水產養殖產量包含藻類養殖達 130.9 百萬噸，較 2013 年成長 13.8%，可見水產品在提供糧食動物性蛋白質方面具有發展潛力。然而，近年因為全球氣候變遷、養殖環境老化及高密度飼養，養殖業者相較過去面臨更多挑戰，其中水產動物疾病問題為重要。

大多數水產細菌性病原屬於機緣性病原，且為環境中的常在菌，近年的高水溫有利於水中病

原菌增長，Reverter *et al.* (2020) 的研究發現，不同水溫下水產動物感染病原菌後的死亡情形，水溫每升高 1°C ，死亡率平均增加約 2.82 - 6.00%，而這些病原菌包括產氣單胞菌屬 (*Aeromonas* spp.)、愛德華氏菌屬 (*Edwardsiella* spp.)、鏈球菌屬 (*Streptococcus* spp.)、弧菌屬 (*Vibrio* spp.) 等，其在較高的水溫下更容易滋生並導致更嚴重的疾病爆發，未來全球暖化將會使病原菌問題更加突出，尤其是熱帶和亞熱帶地區。而每種養殖魚介類都有其最適合生長的水溫，水溫若超出動物所能負荷的極限，加上水質不良與環境中存在過多的病原，亦容易造成養殖魚蝦罹患疾病 (Reverter *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2022)。高溫條件會對魚蝦的免疫系統產生緊迫，長期的高溫刺激會影響神經內分泌系統以及滲透壓調節，削弱其免疫反應能力，這使得它們對病原菌的抵抗力下降，導致其更容易罹患疾病 (Maulu *et al.*, 2021)。

*通訊作者 / 彰化縣鹿港鎮海埔里 106 號, TEL: (04) 777-2175 ext. 2206; FAX: (04) 777-5424; E-mail: pwliu@mail.tfrin.gov.tw

根據財團法人台灣養殖漁業發展基金會歷年的水生動物病例彙整統計資料，細菌性疾病以弧菌、鏈球菌、產氣單胞菌與奴卡氏菌 (*Nocardia* spp.) 為主，在臺灣常見的弧菌有腸炎弧菌 (*V. parahaemolyticus*)、創傷弧菌 (*V. vulnificus*)、溶藻弧菌 (*V. alginolyticus*)、哈威氏弧菌 (*V. harveyi*) 等 (Liu *et al.*, 1996; Tey *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2016)；鏈球菌有無乳鏈球菌 (*S. agalactiae*)、海豚鏈球菌 (*S. iniae*)、乳酸鏈球菌 (*Lactococcus garvieae*)，感染鏈球菌的魚隻通常眼凸且白濁 (Liao *et al.*, 2020)，鏈球菌好發季節為夏季 (7-9 月)，冬季增殖速度較慢，但隨著全球暖化影響，水溫上升可能使的鏈球菌的增殖加速，若未做好養殖管理或操作不當，容易使魚隻感染鏈球菌症。產氣單胞菌常見的例如親水性產氣單胞菌 (*A. hydrophilia*) 和維隆產氣單胞菌 (*A. veronii*)，其容易於腸道內增生，造成出血性卡他性腸炎 (catarrhal inflammation)，並經由養殖魚類的腸道、池底沉積物及豐富有機體的池水中快速增殖傳播。

近年來，益生菌 (probiotics) 在水產養殖中的應用愈受到重視，國內外大量研究表明，通過在飼料中添加益生菌或益生元 (prebiotics)，不僅可以有效提升養殖生物的免疫力，還能顯著抑制病原菌的增殖。例如 Park *et al.* (2020) 的研究指出，益生菌可以改善魚隻的整體健康，增強其對病原菌的抵抗力；Cruz *et al.* (2012) 的研究也顯示，益生菌在促進免疫系統功能的同時，能有效減少疾病的爆發。此外，黃等 (2016) 更具體證明，適當使用益生菌飼料能顯著降低細菌性疾病的發生率，並改善抗生素的過度使用問題。

肝臟和脾臟是魚類重要的代謝與免疫器官，近年來，有研究指出在健康魚類內臟中也有細菌存在 (Suzuki, 2018; Pujalte *et al.*, 2003)，而這些細菌出現在應該是無菌的器官中，是因為緊迫導致免疫防禦機制崩潰 (Tort, 2011)，而緊迫因素包括水質差、溫度變化、營養缺乏、過度擁擠、創傷和感染 (Sousa *et al.*, 1999)。Meron *et al.* (2020) 對以色列地中海海岸線的五種常見魚類進行肝臟與腎臟中病原菌 16S rRNA 次世代定序，結果可檢測到三種潛在病原菌，分別為發光桿菌 (*Photobacterium damsela*)、哈威氏弧菌和海豚鏈

球菌，其中病原菌在腎臟中的豐度高於肝臟。

綜合以上，在魚隻經歷緊迫、環境驟變或水質、底質條件不佳時，容易導致魚蝦的免疫系統被削弱，從而增加感染的風險 (Ellis, 2001; Tort, 2011)，雖然可藉由養殖管理的改進減少這些問題，但隨著全球氣候變遷的加劇，大環境的變化難以逆轉，因此需要尋找其他有效的解決方案。

水產業界過去在使用口服益生菌方面，大多是在投餵前以人工或機器輔助方式，將益生菌粉或菌液拌入飼料中，費工又費時，故而水產試驗所自 2021 年整合各研究中心共同開發了一款含有短小芽孢桿菌 (*Bacillus pumilus* D5) 的水產益健飼料 (pro-health aquafeed)，其中短小芽孢桿菌 D5 是朱等 (2016) 自白蝦腸道所分離，其具有 kanosamine、bacilysin 及 toxoflavin 等抗菌物質。由抑菌試驗結果顯示，該菌抑制腸炎弧菌、哈威氏弧菌和霍亂弧菌 (*V. cholerae*) 等常見病原菌效果佳；此外亦可抑制海豚鏈球菌、無乳鏈球菌、親水性產氣單胞菌以及發光桿菌 (*Ph. damsela* subsp. *damsela*, PDS) 等常見病原菌 (黃等, 2016; 黃等, 2022)。益健飼料中短小芽孢桿菌 D5 活性至少含有 10^6 CFU/g，且該飼料具有即拆即使用的特性，讓養殖業者不需再額外添加益生菌。2023 年開始相關驗證從實驗室規模逐漸擴散到田間驗證場域，並委請水產養殖業者依照慣行方式投餵益健飼料，而本研究主要目的為探討益健飼料在不同環境與不同養殖業者的操作手法下，對病原菌的抑制成效。

材料與方法

一、試驗材料與試驗場域

本研究所使用之尼羅吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*)、金目鱸 (*Lates calcarifer*)、午仔魚 (*Eleutheronema tetradactylum*) 與白蝦 (*Penaeus vannamei*) 樣本是來自於與民間養殖業者共同建置的田間驗證場域，平時委請養殖業者依照各自慣行的養殖操作方式進行投餵管理，再由水試所研究人員定期前往採樣，吳郭魚驗證場域共 3 處，分別位於嘉義布袋 2 處 (第 I 和第 II 處) 和臺南學甲，除了布袋第 II 處僅有試驗組外，其餘皆包含

對照組與試驗組；金目鱸驗證場域共 3 處，分別位於雲林麥寮、臺南學甲和本所淡水養殖研究中心（彰化鹿港），皆包含對照組與試驗組；午仔魚驗證場域共計 4 處，於同一養殖生產區另尋對照池 4 處，分別位於屏東佳冬和枋寮；白蝦驗證場域共計 2 處，皆位於屏東枋寮，皆僅有試驗組。

二、試驗方法

(一) 飼料備製及投餵

對照組飼料分別為養殖業者慣用之市售吳郭魚、鱸魚、午仔魚及白蝦飼料，試驗組則為委託同品牌飼料公司製作之益健飼料，而益健飼料經檢測均含有 10^6 CFU/g 以上的短小芽孢桿菌 D5，吳郭魚及鱸魚飼料部分另添加 0.1% 腸膜明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides* B4) 發酵之優格。投餵方式依照各業者習慣之手法進行，以飽食為原則；本所淡水養殖研究中心（彰化鹿港）之驗證場域則以每日投餵魚體重 5%。

(二) 益健飼料控制病原菌成效

1. 標的病原菌菌數監測

本試驗標的病原菌設定為養殖魚蝦常見病原菌，如弧菌屬、鏈球菌屬以及產氣單胞菌屬，每組各取 3 尾正常魚，此處正常魚指正常攝食且無肉眼可見外部病徵的魚，將解剖後秤取其肝臟、脾臟與腸道，將 3 尾魚的不同臟器分別混成 1 管，加入適當體積的 1 倍磷酸鹽緩衝鹽水 (phosphate buffered saline, PBS) 後進行研磨均質，離心後取上清液並以 $1 \times$ PBS 進行 10 倍連續稀釋，再依照欲監測的標的病原菌選擇適當商用培養基，弧菌屬以硫代硫酸鹽-檸檬酸鹽-膽鹽-蔗糖培養基 (thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar, TCBS, 購自 Dicfo)、鏈球菌屬以鏈球菌培養基 Streptococcus, CHROMagar™, 購自 CHROMagar) 以及產氣單胞菌屬以產氣單胞菌培養基 (*Aeromonas* Selective Agar, 購自 Himedia) 培養，製成平板培養基後，取定量上清液後以 L-shape 塗抹棒將其均勻塗抹在培養基表面，依照不同菌種生長速度，於 28°C 下培養 24 - 48 hr 後計算平均菌落數量。

2. 優勢病原菌監測

以滅菌之白金接種環進行臟器三區鈎菌，培養基使用胰蛋白酶大豆瓊脂培養基 (tryptone soy agar, TSA, 購自 Dicfo) 並配合不同鹽度之養殖生物添加氯化鈉，於 28°C 下培養 24 - 48 hr 後再分離純化菌株，而在養殖過程若收到養殖業者寄送之病魚，採樣方法同上。

(三) 菌種鑑定

將生長在培養基上的菌株分離並純化，以商用微生物鑑定套組 API 20E 或 API 20 Strep strip (購自 bioMérieux) 鑑定，若遇到資料庫鑑定不出來的菌種，則萃取細菌核酸，並委託生技公司以 16S rRNA 定序，最後在 NCBI (national center for biotechnology information) 上進行比對。

(四) 病原菌藥物敏感性測定

使用紙錠擴散法 (disk diffusion method)，參考臨床和實驗室標準化研究所 (the clinical & laboratory standards institute, CLSI) 指引，將純化後的病原菌以 1 倍 PBS 配置成濁度與 0.5 McFarland 標準液相當的菌懸液，並以滅菌棉花棒沾取菌液後均勻塗抹在穆勒辛頓瓊脂 II (müller-hinton agar II, MHA, 購自 Dicfo) 或含有 5% 羊血的 MHA 上，而本試驗使用的 10 種抗生素紙錠有：氟滅菌 (flumequine, 30 μ g)、羧四環黴素 (oxytetracycline, 30 μ g)、氟甲磺氯黴素 (florfenicol, 30 μ g)、脫氧羧四環黴素 (doxycycline, 30 μ g)、歐索林酸 (oxolinic acid, 2 μ g)、紅黴素 (erythromycin, 15 μ g)、林可黴素 (lincomycin, 15 μ g)、史黴素 (spiramycin, 100 μ g)、安比西林 (ampicillin, 10 μ g) 與安默西林 (amoxicillin, 25 μ g)，將直徑 6 mm 的紙錠貼在培養基表面上於 28°C 下培養 24 hr 後量測抑菌圈，並參照紙錠生產商提供之 zone size interpretative chart 判定。

(五) 統計分析方法

在標的病原菌菌數監測試驗中，部分吳郭魚、白蝦及午仔魚的養殖業者因場地限制，無法同時設置對照組與試驗組，故其數據僅以平均值呈現 (如嘉義布袋吳郭魚驗證場 II、白蝦驗證戶及午仔魚驗證戶)，未進行統計分析；此外，由於每位業者的經營管理策略各異，難以在整個養殖過程中持續取得數據，針對這些場地，本研究以魚蝦收成

Table 1 Bacterial loads in different organs of Nile tilapia from private farm I (Budai, Chiayi)

Organ	Target bacteria	Group	Loads (CFU/g)	Change (%)	p-value
Liver	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0	–
		Experimental	ND		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0	–
		Experimental	ND		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	2.22×10^2	-99.55	–
		Experimental	ND		
Spleen	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0	–
		Experimental	ND		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0	–
		Experimental	ND		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	ND	0	–
		Experimental	ND		
Intestine	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	1.00×10^3	-82.2	1
		Experimental	1.78×10^2		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	1.63×10^3	-98.36	0.333
		Experimental	2.67×10^1		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	1.16×10^5	-91.44	0.333
		Experimental	9.95×10^3		

The Mann-Whitney U test was used for statistical analysis.

ND (Not Detected) was considered as 1 CFU/g when calculating the relative percentage change.

The symbol '–' indicates that the variance was zero after grouping by Group, making statistical analysis not applicable.

A p-value of less than 0.05 indicates a statistically significant difference.

時為採樣時間點，並以平均菌數呈現（如臺南學甲吳郭魚驗證場及臺南學甲金目鱸驗證場），未進行統計分析；至於其餘養殖業者的細菌數據，則採用 JASP (Jeffrey's Amazing Statistics Program) 軟體以 Mann-Whitney U 檢定進行統計分析，包括嘉義布袋吳郭魚驗證場 I、彰化鹿港淡水養殖研究中心及雲林麥寮驗證場，顯著水準定在 0.05；菌數相對變化百分比公式 (relative percentage change) = (試驗組平均菌數 - 對照組平均菌數) / 對照組平均菌數 × 100%。

結 果

一、益健飼料控制病原菌成效

(一) 吳郭魚標的病原菌菌數監測 (2023 年調查)

1. 嘉義布袋吳郭魚驗證場 I

連續使用益健飼料並在投餵後 1 個月後開始監

測，結果顯示 (Table1)，鏈球菌部分，對照組腸道中平均菌數為 1.00×10^3 CFU/g，試驗組腸道中平均菌數 1.78×10^2 CFU/g，可減少吳郭魚腸道鏈球菌數 82.20%；弧菌部分，對照組腸道中平均菌數 1.63×10^3 CFU/g，試驗組腸道中平均菌數 2.67×10^1 CFU/g，可減少腸道弧菌數 98.36%；產氣單胞菌部分，對照組的肝臟可以培養到菌，但試驗組則未檢測到；在腸道中，試驗組之平均菌數 9.95×10^3 CFU/g，顯示使用益健飼料可分別減少肝臟與腸道 99.55% 與 91.44% 的菌量，統計上不具顯著差異，但可減少 80% 以上菌數。

2. 臺南學甲吳郭魚驗證場

養殖業者連續使用益健飼料 9 個月，於 6 月收成時採樣分析，結果如 Table 2 所示。弧菌部分，對照組腸道中平均菌數為 2.91×10^7 CFU/g，試驗組腸道中平均菌數 7.28×10^6 CFU/g，可減少吳郭魚腸道弧菌數 75.00%；產氣單胞菌部分，對照組與試驗組之肝臟、脾臟與腸道皆可以培養到菌，而

Table 2 Bacterial loads in different organs of tilapia from private farm (Xuejia, Tainan)

Organ	Target bacteria	Group	Loads (CFU/g)	Change (%)
Liver	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	1.53×10^4	-85.48
		Experimental	2.22×10^3	
Spleen	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	4.68×10^3	-97.58
		Experimental	1.13×10^2	
Intestine	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	2.91×10^7	-75.00
		Experimental	7.28×10^6	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	1.26×10^5	-86.28
		Experimental	1.73×10^4	

ND (not detected) was considered as 1 CFU/g when calculating the relative percentage change.

Table 3 Mean bacterial loads in different organs of Nile tilapia from the experimental group at private farm II (Budai, Chiayi)

	Liver	Spleen	Intestine
<i>Streptococcus</i> spp.	1.07×10^4	1.35×10^4	1.69×10^4
<i>Vibrio</i> spp.	ND	ND	1.52×10^3
<i>Aeromonas</i> spp.	1.07×10^4	4.11×10^1	7.22×10^4

ND : not detected

試驗組各器官之平均菌數分別為 2.22×10^3 CFU/g、 1.13×10^2 CFU/g 和 1.73×10^4 CFU/g，顯示使用益健飼料可分別減少吳郭魚肝臟、脾臟與腸道之產氣單胞菌數 85.48%、97.58% 和 86.28%。

3. 嘉義布袋吳郭魚驗證場 II

此部分所配合之驗證戶已全面使用益健飼料，無對照組做比較，故病原菌數以 1.00×10^3 CFU/g 為閾值，超過此菌數可能對魚蝦健康產生影響。業者連續使用 6 個月，期間進行 3 次採樣，結果顯示 (Table 3)，鏈球菌部分，正常魚肝臟、脾臟、腸道中平均菌數介於 $1.07 \times 10^4 - 1.69 \times 10^4$ CFU/g；弧菌菌數介於 $0 - 1.52 \times 10^3$ CFU/g；產氣單胞菌數則介於 $4.11 \times 10^1 - 7.22 \times 10^4$ CFU/g。

(二) 金目鱸標的病原菌菌數監測 (2023 年調查)

1. 彰化鹿港淡水養殖研究中心

連續使用益健飼料 6 個月，投餵期間進行 4 次採樣，結果顯示 (Table 4)，鏈球菌部分，試驗組肝臟中平均菌數 7.83×10^1 CFU/g、脾臟未檢測到和腸道 8.76×10^5 CFU/g，可分別減少金目鱸肝臟、脾臟與腸道鏈球菌數 99.17%、99.88% 和 92.28%；弧菌部分，試驗組肝臟中平均菌數未檢測到和腸道 1.96×10^1 CFU/g，可分別減少肝臟與腸道弧菌量 99.79% 和 98.28%；產氣單胞菌部分，試驗組肝臟中平均菌數未檢測到，較對照組降低約 99.99% 菌數，然而腸道中的平均菌數 2.40×10^6 CFU/g，反

Table 4 Bacterial loads in different organs of Asian seabass from Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute (Lukang, Changhua)

Organ	Target bacteria	Group	Loads (CFU/g)	Change (%)	p-value
Liver	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	9.39×10^3	-99.17	0.408
		Experimental	7.83×10^1		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	4.88×10^2	-99.79	-
		Experimental	ND		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	2.39×10^4	-99.99	0.183
		Experimental	ND		
Spleen	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	8.67×10^3	-99.99	-
		Experimental	ND		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0	-
		Experimental	ND		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	ND	0	-
		Experimental	ND		
Intestine	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	1.10×10^7	-92.06	0.110
		Experimental	8.76×10^5		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	1.14×10^3	-98.28	1.00
		Experimental	1.96×10^1		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	8.44×10^4	+2,740.24	0.343
		Experimental	2.40×10^6		

The Mann-Whitney U test was used for statistical analysis.

ND (Not Detected) was considered as 1 CFU/g when calculating the relative percentage change.

The symbol '-' indicates that the variance was zero after grouping by Group, making statistical analysis not applicable.

A p-value of less than 0.05 indicates a statistically significant difference.

而增加了約 2 個對數值，除了腸道產氣單胞菌含量外，其他均可減少 90% 以上菌數。

2. 雲林麥寮金目鱸驗證場

連續使用益健飼料 1 個月後開始監測，期間進行 2 次採樣，結果顯示 (Table 5)，鏈球菌部分，試驗組肝臟中未檢出菌數到和腸道則為 4.55×10^3 CFU/g，相較對照組減少金目鱸肝臟鏈球菌數 99.86%，但在腸道方面，使用第 1 個月菌數 8.97×10^3 CFU/g，相較對照組 7.8×10^2 CFU/g 增加約 1 個對數值，使用 2 個月後腸道鏈球菌數降低為 1.35×10^2 CFU/g，相較對照組 6.7×10^2 CFU/g 可減少 79.85% 菌數；弧菌部分，試驗組肝臟中平均菌數 4.38×10^2 CFU/g、脾臟 1.59×10^3 CFU/g 和腸道 1.19×10^3 CFU/g，可分別減少 87.76%、22.15% 和 46.60%；產氣單胞菌部分，試驗組肝臟中平均菌數 2.11×10^4 CFU/g、脾臟 2.07×10^2 CFU/g 和腸道 1.03×10^4 CFU/g，除肝臟有稍微增加 2.85% 菌數，脾臟與腸道則分別減少 80.22% 和 97.94%，統計上

不具顯著差異，但普遍可減少 80% 以上菌數。

3. 臺南學甲金目鱸驗證場

連續使用益健飼料 4 個月，於收成時進行採樣，結果顯示 (Table 6)，鏈球菌部分，對照組與試驗組各臟器平均菌數皆未檢測到；弧菌部分，試驗組腸道未檢測到，可減少金目鱸腸道菌數 99.42%；產氣單胞菌部分，試驗組肝臟平均菌數未檢測到、脾臟 1.73×10^2 和腸道未檢測到，相較於對照組可分別減 98.85%、71.43% 和 99.94%。

(三) 午仔魚標的病原菌菌數監測 (2024 年調查)

此部分所配合之驗證戶已全面使用益健飼料，故於實證場域鄰近另找其他業者做為對照戶，對照戶與驗證戶各 4 家，病原菌數以 1.00×10^3 CFU/g 為閾值，超過此菌數可能對魚蝦健康產生影響。採樣結果顯示 (Fig. 1)，弧菌部分 (含發光桿菌)，對照戶腸道平均菌數 1.34×10^3 CFU/g，驗證戶平均

Table 5 Bacterial loads in different organs of Asian seabass from private farm (Mailiao, Yunlin)

Organ	Target bacteria	Group	Loads (CFU/g)	Change (%)	p-value
Liver	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	7.20×10^2	-99.86	-
		Experimental	ND		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	3.58×10^3	-87.76	1.00
		Experimental	4.38×10^2		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	2.05×10^4	+2.85	0.645
		Experimental	2.11×10^4		
Spleen	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0	-
		Experimental	ND		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	2.04×10^3	-22.15	1.00
		Experimental	1.59×10^3		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	1.05×10^3	-80.22	1.00
		Experimental	2.07×10^2		
Intestine	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	7.25×10^2	+527.93	1.00
		Experimental	4.55×10^3		
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	2.23×10^3	-46.60	0.825
		Experimental	1.19×10^3		
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	4.99×10^5	-97.94	0.507
		Experimental	1.03×10^4		

The Mann-Whitney U test was used for statistical analysis.

ND (Not Detected) was considered as 1 CFU/g when calculating the relative percentage change.

The symbol '-' indicates that the variance was zero after grouping by Group, making statistical analysis not applicable.

A p-value of less than 0.05 indicates a statistically significant difference.

菌數 1.08×10^1 CFU/g，相較未使用益健飼料組別少 1 個對數值，然而在驗證戶肝臟雖有培養到弧菌，但仍控制在 1.00×10^3 CFU/g 以下。鏈球菌部分，對照戶腸道平均菌數為 3.12×10^3 CFU/g，驗證戶則皆未檢測到。

(四) 白蝦標的病原菌菌數監測 (2024 年調查)

此部分所配合之驗證戶已全面使用益健飼料，無對照組做比較，以病原菌數以 1.00×10^3 CFU/g 為閾值，超過此菌數可能對魚蝦健康產生影響。3 - 7 月採樣結果顯示 (Table 7)，驗證戶 I (A 池) 之肝胰臟弧菌數介於 $8.66 \times 10^1 - 9.62 \times 10^2$ CFU/g，驗證戶 I (B 池) 之肝胰臟弧菌數除了 6 月份高達 2.77×10^5 CFU/g 之外，其餘月份肝胰臟弧菌數介於 $1.30 \times 10^2 - 5.48 \times 10^3$ CFU/g，而 6 月蝦樣本送驗微孢子蟲結果呈現陽性。驗證戶 II 弧菌數則介

於 $2.17 \times 10^1 - 2.17 \times 10^4$ CFU/g。

二、優勢病原菌監測

在 2023 年 2 - 11 月的監測期間，吳郭魚與金目鱸驗證場域中，對照組與試驗組的優勢病原菌並無太大差異，皆以產氣單胞菌屬為主，其中又以維隆產氣單胞菌較常分離到；而在吳郭魚驗證場域中，又以類志賀鄰單孢菌 (*Plesiomonas shigelloides*) 次之。進一步分析選擇性培養基上之菌落，弧菌中以霍亂弧菌較常分離到；鏈球菌則以屎腸球菌 (*Enterococcus faecium*)、糞腸球菌 (*E. faecalis*) 和乳酸球菌 (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*) 較常分離到。

在嘉義布袋吳郭魚驗證場 II 中，3、6 及 8 月季節變化之際與高水溫期，計有 3 次疾病發生，主要優勢病原菌 3 月為創傷弧菌、6 及 8 月為無乳鏈

Table 6 Bacterial loads in different organs of Asian seabass from private farm (Xuejia, Tainan)

Organ	Target bacteria	Group	Loads (CFU/g)	Change (%)
Liver	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	8.67×10^1	-98.85
		Experimental	ND	
Spleen	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	6.07×10^2	-71.43
		Experimental	1.73×10^2	
Intestine	<i>Streptococcus</i> spp.	Control	ND	0
		Experimental	ND	
	<i>Vibrio</i> spp.	Control	1.73×10^2	-99.42
		Experimental	ND	
	<i>Aeromonas</i> spp.	Control	1.73×10^3	-99.94
		Experimental	ND	

ND (not detected) was considered as 1 CFU/g when calculating the relative percentage change.

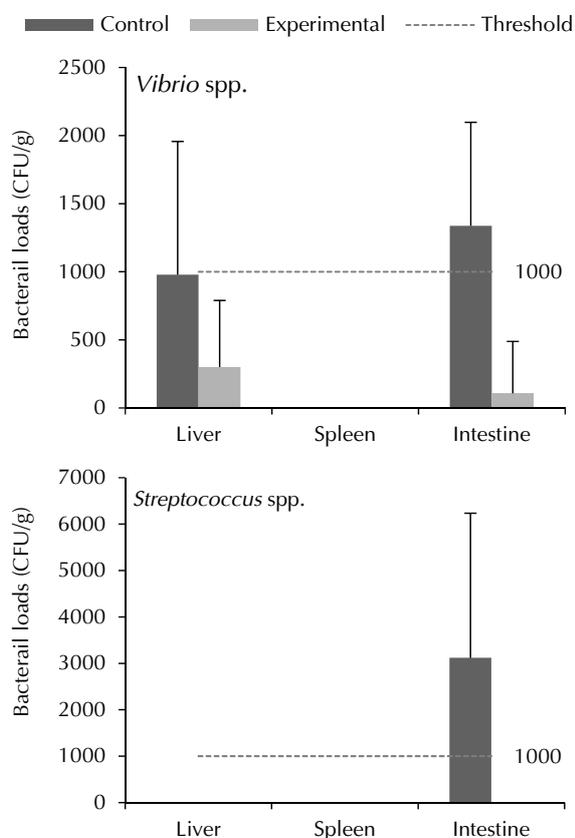


Fig. 1 Bacterial loads (mean \pm SE) in different organs of East Asian fourfinger threadfin from private farms. The threshold for bacterial loads is set at 10^3 CFU/g.

球菌；而在3月的案例中，肝臟平均弧菌數 2.46×10^3 CFU/g；6月案例中肝臟與腸道平均鏈球菌分別為 5.98×10^8 CFU/g 和 2.21×10^8 CFU/g；8月案例中腸道平均鏈球菌為 1.39×10^5 CFU/g。

在2024年3-7月的監測期間，午仔魚驗證場的正常魚體內主要優勢病原菌為發光桿菌 (PDS) 為主，其次是弧菌例如腸炎弧菌與創傷弧菌；白蝦驗證場的正常白蝦體內主要優勢病原菌以腸炎弧菌為主，亦可培養到歐氏弧菌 (*V. owensii*)；6月嘉義地區金目鱸驗證場之發病魚之主要優勢病原菌為奴卡氏菌。

三、病原菌藥物敏感性測定

收集自投餵益健飼料之驗證場域中分離之常見病原菌，並測定其藥物敏感性 (Fig. 2)。吳郭魚與鱸魚產氣單胞菌屬共收集 14 株，以脫氧四環黴素 (100%) 抑制效果最佳，其次是氟滅菌 (94.44%)、歐索林酸 (94.44%)、羥四環黴素 (84.44%)、氟甲磺氯黴素 (84.44%)，至少有 84.44% 菌株對以上抗生素具敏感性；鏈球菌屬共收集 9 株，以紅黴素 (100%) 抑制效果最佳，其次氟甲磺氯黴素 (88.89%)、羥四環黴素 (77.78%)、脫氧四環黴

Table 7 *Vibrio* spp. loads in the hepatopancreas of white shrimp from different experimental groups across various months

	March	April	June	July
EXP. I (A)	9.62 x 10 ²	8.66 x 10 ¹	—	—
EXP. I (B)	—	5.48 x 10 ³	2.77 x 10 ⁵ (*)	1.30 x 10 ²
EXP. II	—	2.17 x 10 ¹	1.95 x 10 ²	2.17 x 10 ⁴

Notes: – (Not tested): Data was not collected for this time point.

(*): Indicates shrimp were infected with *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP).

EXP. I (A): pond A in Farm I (white shrimp private farm).

EXP. I (B): pond B in Farm I (white shrimp private farm).

EXP. II: farm II (white shrimp private farm).

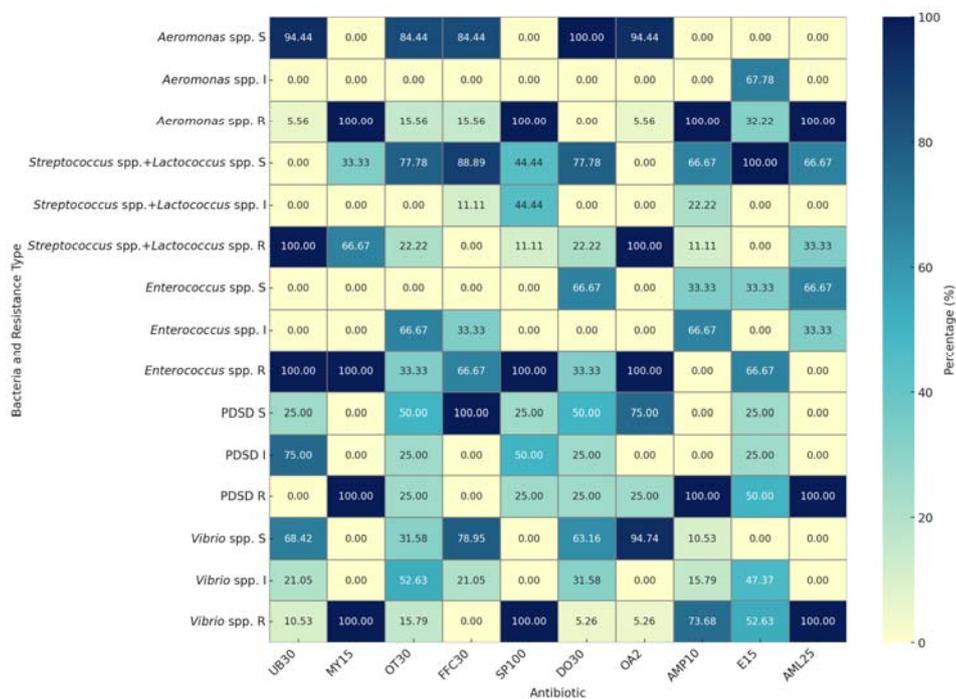


Fig. 2 Antibiotic susceptibility profiles of different pathogenic bacteria. S indicates susceptibility, I indicates intermediate, and R indicates resistance. Percentages represent the proportion of bacterial strains susceptible to each antibiotic.

素 (77.78%)、安比西林 (66.67%) 與安默西林 (66.67%)，至少有 66.67% 菌株對以上抗生素具敏感性；鱸魚腸球菌屬共收集 3 株，以脫氧羧四環黴素 (66.67%) 和安默西林 (66.67%) 之抑制效果最佳，有 66.67% 菌株對二種抗生素具敏感性；午仔魚發光桿菌共收集 4 株，以氟甲磺氯黴素 (100%) 最佳，其次是歐索林酸 (75.00%)、羧四環黴素 (50.00%) 和脫氧羧四環黴素 (50.00%)，50.00% 以上菌株對以上抗生素具敏感性；白蝦弧菌屬共收集 19 株，以歐索林酸 (94.74%) 抑制效果最高，其次是氟甲磺氯黴素 (78.95%)、氟滅菌 (68.42%) 和脫

氧羧四環黴素 (63.16%)，至少有 63.16% 菌株對以上抗生素具敏感性。

討 論

過去，有學者藉由定期調查池水和魚隻體內器官的細菌載量 (bacterial load)，用以了解這些微生物在不同季節和環境條件下的變化，從而為該區域的環境保護和魚類健康管理提供科學依據。肝臟是魚類重要的免疫器官及保菌器官，研究顯示，哈維氏弧菌定殖在石斑魚肝臟中，會誘導肝腸

免疫反應 (gut-liver immune response)，從而顯著干擾魚類腸道細菌群的組成和種間相互作用，改變了腸道微生物調節的功能，並導致魚類死亡 (Deng *et al.*, 2020)。

Abdelhamid *et al.* (2013) 調查埃及曼扎拉湖區的保護區 (Ashtoum El-Gamil) 內的尼羅吳郭魚和鰱魚 (*Mugil cephalus*)，發現皆可在肝臟與腸道中培養出細菌，例如尼羅吳郭魚肝臟總生菌數 1.3×10^6 CFU/g，腸道總生菌數 5.2×10^6 CFU/g，細菌載量隨著季節的變化和不同器官的生理條件而有差異，夏季溫度升高導致細菌載量顯著增加。Ahmad *et al.* (2017) 收集不同水域的鱸魚 (sea bass)、笛鯛 (snapper)、石斑魚 (grouper) 和吳郭魚監測其不同器官內的病原菌載量，發現腎臟與腸道皆可培養出弧菌屬與產氣單胞菌屬，其中腸炎弧菌、霍亂弧菌與創傷弧菌在腎臟介於 $3.4 \times 10^5 - 5.6 \times 10^5$ CFU/g，在腸道則介於 $3.9 \times 10^5 - 7.5 \times 10^5$ CFU/g；親水性產氣單胞菌部分，在腎臟與腸道中則介於 $5.9 \times 10^5 - 8.2 \times 10^5$ CFU/g，藉由監測數據來預測可能的疾病爆發，為水產養殖業提供預防和管理策略，而本研究監測業者所養殖的魚蝦體內的細菌載量，業者可針對培養結果了解魚蝦健康狀況，若細菌載量高於閾值則可以及早做預防管理，以減少魚蝦爆發疾病風險。

拮抗作用或抑制多種病原體的能力是益生菌最重要的特性之一 (Simón *et al.*, 2021)，本研究餵食魚蝦益健飼料的主要目的為避免腸道中的病原菌數量過高，防止病原菌生長狀況進入穩定階段，並降低細菌入侵其他臟器的機會，如此就不會超出魚隻對病原菌的容忍度。而不同食性的魚蝦因為消化道結構、消化酵素和微生物群的不同，導致益生菌應用效果有所差異，例如草食性魚類，食物來源主要為植物或藻類，腸道長度較長，消化酵素以能分解碳水化合物為主，益生菌的應用主要為能夠提升對纖維的分解；肉食性魚類，食物來源主要為動物性蛋白質，腸道長度較短，消化酵素以能分解蛋白質和脂質為主，益生菌的應用主要為改善對蛋白質的消化吸收以及提高免疫力；雜食性魚類，食物來源介於上述兩者，腸道長度中等，益生菌的應用主要為促進微生物相的平衡和提高免疫力 (Nayak, 2010; Wu *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2016)。

本研究中，益健飼料在抑制金目鱸與吳郭魚上普遍可降低病原菌載量八成以上，然而在降低金目鱸腸道中的鏈球菌和產氣單胞菌的效果不如吳郭魚，推測原因可能有，一是因為金目鱸為肉食性魚類，其腸道較吳郭魚短，飼料停留在腸道中的時間較短，因此短小芽胞桿菌 D5 在腸粘膜上定殖的時間較短或位置不足，二為金目鱸腸道分解酵素與吳郭魚不同，沈 (2018) 以不同分解酵素處理短小芽胞桿菌 D5 的細胞外產物 (extracellular product, ECP)，發現經過 pronase E、proteinase K 和 lipase 後對無乳鏈球菌和腸炎弧菌的抑制活性大幅降低至 50% 以下。而 Jiao *et al.* (2023) 研究指出肉食性魚類鱈魚 (*Siniperca chuatsi*)，其消化道內胰蛋白酶 (trypsin)、胰脂肪酶 (pancrelipase)、腸肽酶 (enteropeptidase) 之活性皆較雜食性魚類高，因此推斷不同食性消化道酵素可能影響其抑菌能力。另外，短小芽胞桿菌可分泌出 kanosamine、bacilysin 及 toxoflavin 等抗菌物質，而抗菌物質對病原菌而言也是一種壓力源，當病原菌受到這些物質刺激後，會引起一些反應，例如促進細菌細胞生理的保護性改變和活化抗性機制等 (Poole, 2012)，因此推測可能造成投餵益健飼料組別短期內出現菌數較高的現象。

淡水魚類的消化道中以腸內菌 (enterobacteria) 中的種類最多，根據文獻指出，養殖尼羅吳郭魚腸道中的優勢菌相主要可分為兩群，其一是類志賀鄰單胞菌；另一是親水性產氣單胞菌 (Sakata *et al.*, 1986)；而養殖鱸魚腸道中以鄰單胞菌屬 (*Plesiomonas* spp.) 與鯨桿菌屬 (*Cetobacterium* spp.) 為優勢菌種 (習, 2021)。本研究在吳郭魚與金目鱸優勢病原菌監測，淡水養殖吳郭魚與金目鱸以產氣單胞菌屬和類志賀鄰單胞菌為主，故使用益健飼料後，金目鱸與吳郭魚之體內優勢菌種並未有太大改變，另以 16S rRNA 進一步鑑定，吳郭魚與金目鱸的產氣單胞菌以維隆產氣單胞菌最常分離到，維隆產氣單胞菌是環境中環境中常在菌，但若環境條件不佳或魚隻免疫力低時仍有造成罹病的可能。Aly *et al.* (2023) 指出，維隆產氣單胞菌會造成尼羅吳郭魚潰瘍症 (ulcerative syndrome)，感染的魚隻體表會出現潰瘍且爛鰭。Ibrahim *et al.* (2024) 在埃及 Ismailia 省的吳郭魚養殖場中，從所收集外觀正常與瀕死的魚

隻中檢出有 18.6% 的維隆產氣單胞菌，且僅從瀕死吳郭魚中檢測到，在親緣分析 (phylogenetic analysis) 顯示，所收集的菌株與來自中國和埃及的其他維隆產氣單胞菌菌株在遺傳上有很高的相似性，表明其具有全球性傳播潛力，又該菌株可攜帶多種毒力基因，以細菌濃度 3×10^8 CFU/ml 的維隆產氣單胞菌注射到健康魚體後，累計死亡率達到 86.7%。

本研究監測外觀正常之吳郭魚與金目鱸腸道中的常態鏈球菌主要有屎腸球菌、糞腸球菌和乳酸乳球菌，糞腸球菌和屎腸球菌為環境菌也可在動物腸道內共存，而因其成長快速與不易受抗生素影響的特色，在過去常被作為益生菌使用。Du *et al.* (2021) 以屎腸球菌粉末餵食白蝦後期幼蟲 (post-larval shrimp)，發現可改變腸道微生物相組成並提高成長與存活率，然而儘管腸球菌具有益生菌的潛力，因其攜帶的毒力因子和抗藥基因可能會導致疾病風險 (Hanchi *et al.*, 2018)，例如以糞腸球菌對尼羅吳郭魚進行攻毒試驗，該菌會造成出血性敗血症，死亡率可達 80%，在組織病理學與穿透式電子顯微鏡 (TEM) 檢查結果，魚隻的心臟與肝臟均出現退化性 (degenerative) 與壞死性病變 (Zahran *et al.*, 2019)；Noroozi *et al.* (2022) 對自水產品中所收集的糞腸球菌進行抗生素抗性分析，發現分離的菌株對多種抗生素表現出高度抗性，例如四環素 (100%)、紅黴素 (100%) 和西福斯汀 (cefoxitin, 89.2%) 等。再者，從法規現狀來看，腸球菌屬的細菌仍未獲得歐洲食品安全局 (european food safety authority, EFSA) 的合格安全假設 (qualified presumption of safety, QPS) 清單，在飼料管理法「可供給家畜、家禽、水產動物之飼料添加物」中，屎腸球菌和糞腸球菌雖有正面表列，但臺灣衛生福利部亦表明該菌應經審慎的安全評估與申請才能應用於食品中。

乳酸乳球菌可在自然環境中生存，在過去通常做為益生菌使用，常被應用於乳製品生產 (Murray, 1990; Wichtel *et al.*, 2003)，不過仍有文獻指出該菌會造成一些水產動物感染乳酸球菌感染症，例如造成淡水長臂大蝦 (*Macrobrachium rosenbergii*) 的乳酸球菌感染症 (Lactococcosis)，病蝦肌肉呈現白濁，一般認為是由而乳酸鏈球菌感染，不過也有案例可在病蝦中分離出乳酸乳球

菌。而將乳酸乳球菌以人工方式感染鱒龍魚與雜交吳郭魚，會使魚隻體表出血、腹脹與肛門紅腫等，並造成魚隻高死亡率 (Chen *et al.*, 2012)。由本研究金目鱸與吳郭魚病原菌抑制結果可知，除了上述可能因食性不同而有所差異外，投餵益健飼料確實可減少腸道與主要免疫器官的細菌載量，其中又以雜食性的吳郭魚應用效果較穩定。

鏈球菌、發光桿菌和弧菌是午仔魚常見病原菌，陳 (2023) 自 2019 年至 2022 年的病例調查結果，細菌性病原以海豚鏈球菌最高佔 50.5%，其次為發光桿菌 (*Ph. damselae* subsp. *piscicida*, PDSP) 23.2%，第三為弧菌屬的 8.1%，且該調查結果發現，午仔魚細菌性病原的總被分離率有不斷增多的趨勢，尤其與水環境溫度變化確實有正向關聯，當水溫較高期 (夏季) 死亡率攀升的同時，鏈球菌的分離率亦較高，而冬季低水溫期間以發光桿菌為主要被分離之細菌性病原，而本研究在監測優勢病原菌部分，以發光桿菌 (PDSD) 為主，其次是弧菌；而從鏈球菌選擇性培養基判斷，對照戶午仔魚鏈球菌主要是海豚鏈球菌，調查結果與陳 (2023) 病例調查相符。而雖然 PDSD 和 PDSP 都可能造成魚隻疾病，但前者是海水中機會性病原，會在免疫受損或表皮受傷的多種宿主中引發疾病，後者則是高度適應性且對魚類專一性高的病原菌 (Basseggio *et al.*, 2022)，本研究所採樣的午仔魚為健康魚隻，且養殖戶未反應有發病情形，故發光桿菌以 PDSD 為主。

TCBS 除了大部分的弧菌可生長外，發光桿菌 (PDSD) 也可培養出來，並呈現綠色菌落，本研究自午仔魚腸道之 TCBS 菌盤分析結果，經鑑定除了弧菌屬外亦包含發光桿菌，在抑制病原菌監測部分，雖本研究的對照戶和驗證戶非同一管理人，較難以比較，然而從結果得知，投餵益健飼料的弧菌屬 (含發光桿菌) 細菌載量普遍低於對照戶，鏈球菌部分甚至未檢測到。又從黃等 (2016) 洋菜擴散法抑菌試驗可知，短小芽胞桿菌 D5 可抑制腸炎弧菌、霍亂弧菌、海豚鏈球菌、無乳鏈球菌以及發光桿菌 (PDSD) 等，益健飼料應用於業界午仔魚養殖現場確實可降低病原菌。

造成白蝦弧菌感染症的病原有溶藻弧菌、坎氏弧菌、對蝦弧菌 (*V. penaeicida*)、創傷弧菌、熱帶魚弧菌 (*V. damsela*)、腸炎弧菌以及哈威氏弧

菌，而弧菌的存在會受到水質參數條件的影響，如溫度、pH 值、鹽度、溶氧和養殖水體中的營養含量等，當弧菌數量超過 10^4 CFU/ml 可能會導致白便綜合症和弧菌病 (Supono *et al.*, 2019)。Hoa *et al.* (2023) 研究顯示，以滅菌的營養培養基中加 1.5% 氯化鈉浸泡白蝦，正常的白蝦肝胰臟中的總弧菌數約 4.49×10^6 CFU/ml；Thakur (2004) 自改良過的草蝦集約養殖池中發現病蝦肝胰臟中的總弧菌數為 8.3×10^6 CFU/g，高於健康草蝦 2.6×10^6 CFU/g，由以上可知肝胰臟內的弧菌數量受環境影響，而本研究的白蝦皆為正常健康，肝胰臟中總弧菌數除了 6 月有驗到微孢子蟲 (enterocytozoon hepatopenaci, EHP) 陽性而導致弧菌數較高外，其餘月份幾乎都低於 10^4 CFU/ml，根據 Aranguren Caro *et al.* (2021) 研究指出，EHP 和腸炎弧菌菌株之間具協同關係，導致了白便綜合症 (white feces syndrome, WFS) 的表現，因此可解釋本研究在 EHP 陽性的白蝦肝胰臟中總弧菌數較高，而在養殖業者適當處理後，肝胰臟內的弧菌數也隨之下降。

根據陳等 (2022) 研究成果，投餵益健飼料可降低吳郭魚養殖過程中的用藥週期 23 - 55%，總用藥量/飼料量相對比例降低 40 - 86%。然而，雖已知使用益健飼料可以減少抗生素使用量，但在減少細菌抗藥性部分，則需經過長時間的管理與用藥習慣的改變才得以改善。本研究結果顯示，廣效型抗生素如安比西林和安默西林，中廣效型抗生素如林可黴素、史黴素和紅黴素，因在魚病上主要用來治療鏈球菌，故在抑制產氣單胞菌效果不佳之外，在氟滅菌、羥四環黴素、氟甲磺氯黴素、脫氧羥四環黴素、歐索林酸皆有八成菌株對其具敏感性；而氟滅菌和歐索林酸主要用來治療產氣單胞菌與愛德華氏菌，因此對於鏈球菌抑制效果不佳，然而在可治療鏈球菌的林可黴素、史黴素上，僅三至四成鏈球菌屬菌株對其具敏感性；而自仔魚養殖池採集之發光桿菌，僅二種抗生素可對八成以上菌株具敏感性，在魚病上可用來治療發光桿菌的氟滅菌僅約二成五菌株具敏感性，安默西林和安比西林則幾乎零；白蝦弧菌部分，羥四環黴素主要用來治療弧菌與產氣單胞菌，但本研究僅 31.58% 菌株對其具藥物敏感性。

腸球菌的部分，除了對主要治療革蘭氏陰性

菌的抗生素不具藥物敏感性外，林可黴素、史黴素、氟甲磺氯黴素等可用來治療鏈球菌的抗生素皆無法對一成的菌株具敏感性，由本研究調查結果顯示，腸球菌屬具藥物敏感性的抗生素比鏈球菌少，僅二種抗生素能對六成菌株具敏感性。過去，在腸球菌的抗藥性相關研究發現，其具有多重抗藥性，而屎腸球菌和糞腸球菌是萬古黴素耐藥性最常見的腸球菌類型，尤其在醫院環境中普遍存在 (Cetinkaya *et al.*, 2000)，因此由本研究抑制病原菌結果顯示，益健飼料可以減少病原菌的數量，亦可降低抗藥性基因跨菌種間的水平轉移之風險。

結 論

各養殖場的病原菌情況會因地區、季節及管理方式的不同而有所變化，且影響微生物數量的因素極為複雜，儘管本研究在統計分析中未顯示顯著差異，但結果顯示，餵食含有 10^6 CFU/g 短小芽孢桿菌 D5 的益健飼料可普遍減少魚蝦體內病原菌的數量，尤其在雜食性的吳郭魚上應用效果更為穩定。除了對常見病原菌具有抑制作用，益健飼料還能降低糞腸球菌和屎腸球菌的數量，從整體來看，這有助於減少抗藥性細菌的生成。

參考文獻

- 朱惠真, 黃美瑩, 劉旭展, 曾亮璋, 潘崇良, 張錦宜 (2016) 自海水蝦篩選抗水產病原弧菌之拮抗菌. 水產研究, 24 (1): 37-50.
- 沈佳穎 (2018) 探討 *Bacillus pumilus* D5 抑制水產養殖病原菌之能力及其抗菌物質特性分析. 國立臺灣海洋大學食品科學系 碩士論文, 72 pp.
- 習孟祖 (2021) 鹽度對金目鱸 (*Lates calcarifer*) 腸道之菌相、細胞激素基因表現與組織構造的影響. 國立中興大學生命科學系 碩士論文, 66 pp.
- 陳婉資 (2023) 養殖仔魚主要細菌性病原鑑定及疾病研析. 國立屏東科技大學獸醫學系所 碩士論文, 84 pp.
- 陳建彰, 劉佩姮, 謝豐群, 黃美瑩, 周瑞良, 蘇慧敏, 郭裔培, 楊順德 (2022) 淡水經濟魚種益健飼料最適應用研究 (II). 2023年度研究報告, 52.
- 黃美瑩、朱惠真、廖哲宏、曾福生、林泓廷 (2022) 水產病原弧菌之拮抗菌-*Bacillus pumilus* D5 抗菌物質之探討. 水產研究, 30 (2): 15-29.
- 黃美瑩、朱惠真、陳力豪、劉旭展、曾亮璋、潘崇良、

- 張錦宜 (2016) 飼料中添加益生菌 *Bacillus pumilus* D5 對於白蝦成長、免疫反應及抗腸炎弧菌效率之影響. 水產研究, 24 (2): 57-69.
- Abdelhamid, M. A., M. I. El-Barbary, and M. E. Mabrouk (2013) Bacteriological status of Ashtoum El-Gamil protected area. Egypt. J. Aquat. Biol. Fish., 17 (3): 11-23.
- Ahmad, A., O. M. F. Al-Khozai, A. A. Sharad, and G. Usup (2017) Isolation, identification and distribution of potentially pathogenic bacteria associated with selected water bodies and fish organs in different locations in Peninsular Malaysia. Int. J. Adv. Sci. Tech. Res., 7 (1): 323-342.
- Aly, S. M., M. E. Abou-El-Atta., H. S. El-Mahallawy., A. Elasad., F. A. ElAbyad and N. Elbanna (2023) . *Aeromonas veronii* and ulcerative syndrome in cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and their associated factors. Aquac. Int., 1-15.
- Aranguren Caro, L. F., H. N. Mai, R. Cruz-Florez, F. L. A. Marcos, R. R. R. Alenton, and A. K. Dhar (2021) Experimental Reproduction of White Feces Syndrome in Whiteleg Shrimp (*Penaeus vannamei*). PLoS ONE, 16 (12): e0261289.
- Baseggio, L., O. Rudenko, J. Engelstädter, and A. C. Barnes (2022) The evolution of a specialized, highly virulent fish pathogen through gene loss and acquisition of host-specific survival mechanisms. Appl. Environ. Microbiol., 88 (14): e00222-22.
- Cetinkaya, Y., P. Falk, and C. G. Mayhall (2000) Vancomycin-resistant Enterococci. Clin. Microbiol. Rev., 13 (4): 686-707.
- Chen, M. H., S. W. Hung., C. L. Shyu., C. C. Lin., P. C. Liu., C. H. Chang., W. Y. Shia., C. F. Cheng., S. L. Lin., C. Y. Tu., Y. H. Lin and W. S. Wang (2012) *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* infection in Bester sturgeon, a cultured hybrid of *Huso huso* × *Acipenser ruthenus*, in Taiwan. Res. Vet. Sci., 93 (2): 581-588.
- Cruz, P. M., A. L. Ibáñez., O. A. M. Hermosillo., and H. C. S. Ramírez (2012) Use of Probiotics in Aquaculture. ISRN Mic., 2012 (916845): 13.
- Cruz-Florez, F. L. A. Marcos, R. R. R. Alenton, and A. K. Dhar (2021). Experimental reproduction of White Feces Syndrome in whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei*). PLoS ONE, 16 (12): 1-14.
- Deng, Y., Y. Zhang, H. Chen, L. Xu, Q. Wang, and J. Feng (2020) Gut-liver immune response and gut microbiota profiling reveal the pathogenic mechanisms of *Vibrio harveyi* in pearl gentian grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *E. fuscoguttatus* ♀). Front. Immunol., 11: 607754.
- Du, S., W. Chen, Z. Yao, X. Huang, C. Chen, H. Guo, and D. Zhang (2021) *Enterococcus faecium* are associated with the modification of gut microbiota and shrimp post-larvae survival. Anim. Microbiome, 3: 88.
- Ellis, A. E. (2001) Stress and the modulation of defense mechanisms in fish. Fish Shellfish Immunol., 11 (4): 287-294.
- FAO (2024) The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in Action. FAO Fisheries Report No. 0683, Rome, 225 pp.
- Hanchi, H., W. Mottawea, K. Sebei and R. Hammami (2018) The Genus *Enterococcus*: Between probiotic potential and safety concerns - An update. Front. Microbiol., 9: 1791.
- Hoang, T. T. T., M. S. Fagnon, D. T. M. Thy, T. Chabrilat, N. B. Trung, and S. Kerros (2023) Growth performance and disease resistance against *Vibrio parahaemolyticus* of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed essential oil blend (Phyto AquaBiotic). Animals, 13 (3320): 1-12.
- Ibrahim, G. A., M. Mabrok, K. J. Alfifi, M. Alatawy, A. S. Al-otaibi, A. M. Alenzi, A. N. Abdel Rahman, R. M. S. El-Malt, S. A. Ibrahim, R. M. El-Tarabili, and A. M. Algammal (2024) Pathogenicity, resistance patterns, virulence traits, and resistance genes of re-emerging extensively drug-resistant (XDR) *Aeromonas veronii* in *Oreochromis niloticus*. Aquac. Int., 32: 6987-7006.
- Jiao, F., L. Zhang, S. M. Limbu, H. Yin, Y. Xie, Z. Yang, Z. Shang, L. Kong, and H. Rong (2023) A comparison of digestive strategies for fishes with different feeding habits: digestive enzyme activities, intestinal morphology, and gut microbiota. Ecol. Evol., 13: 1-14.
- Liao, P. C., Y. L. Tsai., Y. C. Chen., and P. C. Wang., S. C. Liu and S. C. Chen (2020) Analysis of *Streptococcal* infection and correlation with climatic factors in cultured tilapia *Oreochromis* spp. in Taiwan. Appl. Sci., 10 (11): 4018.
- Liu, H., X. Guo, R. Gooneratne, R. Lai, C. Zeng, F. Zhan, and W. Wang (2016) The gut microbiome and degradation enzyme activity of wild freshwater fishes influenced by their trophic levels. Sci. Rep., 6: 24340.
- Liu, P. C., K. K. Lee., Y. K. Ching., G. H. Kou and S. N. Chen (1996) News & Notes: isolation of *Vibrio harveyi* from diseased kuruma prawns *Penaeus japonicus*. Curr. Microbiol., 33 (2): 129-132.
- Maulu, S., O. J. Hasimuna, L. H. Haambiya, C. Monde, C. G. Musuka, T. H. Makorwa, B. P. Munganga, K.

- J. Phiri, and J. D. Nsekanabo (2021). Climate change effects on aquaculture production: Sustainability implications, mitigation, and adaptations. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5: 1-15.
- Meron, D., N. Davidovich, M. Ofek-Lalzar, R. Berzak, A. Scheinin, Y. Regev, R. Diga, D. Tchernov, and D. Morick (2020) Specific pathogens and microbial abundance within liver and kidney tissues of wild marine fish from the Eastern Mediterranean Sea. *Microb. Biotechnol.*, 13 (3): 770-780.
- Murray, B. B. (1990) The life and times of the Enterococcus. *Clin. Microbiol. Rev.*, 3 (1): 46-65.
- Nayak, S. K. (2010) Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquac. Res.*, 41 (11): 1553-1573.
- Noroozi, N., H. Momtaz and E. Tajbakhsh (2022) Molecular characterization and antimicrobial resistance of *Enterococcus faecalis* isolated from seafood samples. *Vet. Med. Sci.*, 8 (3): 1104-1112.
- Park, Y., H. Kim., S. Won., A. Hamidoghli., Md T. H., I. Kong and S. Bai (2020). Effects of two dietary probiotics (*Bacillus subtilis* or *licheniformis*) with two prebiotics (mannan or fructo oligosaccharide) in Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquac. Nutr.*, 26 (2): 316-327.
- Poole, K. (2012) Stress responses as determinants of antimicrobial resistance in gram-negative bacteria. *Trends Microbiol.*, 20 (5): 227-234.
- Pujalte, M. J., M. Ortigosa, M. C. Macián, and E. Garay (2003) *Vibrio* species associated with molluscan microbiota. *Aquat. Living Resour.*, 16 (3): 401-405.
- Reverter, M., S. Sarter., D. Caruso., J. C. Avarre., M. Combe, E. Pepey., L. Pouyaud., S. Vega-Heredía., H. de Verdal and R. E. Gozlan (2020) Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nat. Commun.*, 11 (1): 1870.
- Sakata, T. and Y. Koreeda (1986) A numerical taxonomic study of the dominant bacteria isolated from tilapia intestines. *Bull. Jap. Socie. Sci. Fish.*, 52 (9): 1625-1634.
- Simón, R., F. Docando, N. Nuñez-Ortiz, C. Tafalla, and P. Diaz-Rosales (2021) Mechanisms used by probiotics to confer pathogen resistance to teleost fish. *Front. Immunol.*, 12: 653025.
- Sousa, A. de J., J. da Costa Eiras, M. Jose, T. Ran-zani-Paiva, and A. C. Alexandrino (1999) Bacteriology of wild grey mullets, *Mugil platanus* Gunther, from Cana-neia, Sao Paulo State, Brazil. *Rev Bras Zool.*, 16: 1065-1069.
- Sun, B., B. Sun, B. Zhang and L. Sun (2022) Temperature induces metabolic reprogramming in fish during bacterial infection. *Fro. Imm.*, 13: 1010948.
- Supono, Wardiyanto, E. Harpeni, A. H. Khotimah, and A. Ningtyas (2019) Identification of *Vibrio* sp. as cause of white feces diseases in white shrimp *Penaeus vannamei* and handling with herbal ingredients in East Lampung Regency, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 12 (2): 417-425.
- Suzuki, K. (2018) Stress and immune function in fish: A review focusing on bacterial infection. *Fish Shellfish Immunol.*, 83: 190-202.
- Tey, Y. H., K. J. Jong., S.Y. Fen and H.C. Wong (2015) Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio cholerae*, and *Vibrio vulnificus* in the aquacultural environments of Taiwan. *J. Food Prot.*, 78 (5): 969-976.
- Thakur, A. B., R. B. Vaidya, and S. A. Suryawanshi (2004) *Vibrio* abundance in modified extensive culture ponds of *Penaeus monodon*. *Indian J. Fish.*, 51 (2): 147-152.
- Tort, L. (2011) Stress and immune modulation in fish. *Dev. Comp. Immunol.*, 35 (12): 1366-1375.
- Wichtel, M. E., S. G. Fenwick., J. Hunter., A. Stephenson., D. Martin and J. J. Wichtel (2003) Septicaemia and septic arthritis in a neonatal calf caused by *Lactococcus lactis*. *Vet. Rec.*, 153 (1): 22-3.
- Wu, S., G. Wang, E. R. Angert, W. Wang, W. Li, and H. Zou (2012) Composition, diversity, and origin of the bacterial community in grass carp intestine. *PLoS One*, 7 (3): e30440.
- Wu, Y. S., T. Y. Tseng and F. H. Nan (2016) Beta-1,3-1,6-glucan modulate the non-specific immune response to enhance the survival in the *Vibrio alginolyticus* infection of Taiwan abalone (*Haliotis diversicolor supertexta*). *Fish Shellfish Immunol.*, 54: 556-563.
- Zahran, E., H. A. Mahgoub, F. Abdelhamid, J. R. Sadeyen, and E. Risha (2019) Experimental pathogenesis and host immune responses of *Enterococcus faecalis* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 512: 734319.

Evaluation of Pro-Health Aquafeed's Efficacy in Inhibiting Internal Bacterial Pathogens in Farmed Fish and Shrimp

Pei-Wen Liu*, Chia-Hsun Lin, Chien-Chang Chen, Feng-Chun Hsieh and Shuenn-Der Yang

Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The global aquaculture industry's expansion, driven by technological advancements and increasing market demand, faces heightened risks of bacterial diseases, exacerbated by climate change and high-density farming practices. This study investigated the efficacy of pro-health aquafeed containing the probiotic *Bacillus pumilus* D5 in inhibiting pathogenic bacteria in farmed aquatic animals. We selected Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Asian seabass (*Lates calcarifer*), East Asian fourfinger threadfin (*Eleutheronema tetradactylum*), and white shrimp (*Penaeus vannamei*) from 10 private aquaculture farms. An experimental diet containing *B. pumilus* D5 at 10^6 CFU/g was regularly administered, and bacterial loads of *Vibrio* spp., *Streptococcus* spp., and *Aeromonas* spp. were monitored in the liver, spleen, intestine, or hepatopancreas of the animals. We also identified dominant pathogens and assessed their antibiotic susceptibility. Results consistently showed that the pro-health aquafeed inhibited pathogens across all tested species. In Nile tilapia, intestinal *Streptococcus* spp. and *Vibrio* spp. decreased by over 82.20% and 75.00%, respectively, while liver *Aeromonas* spp. dropped by at least 85.48%. Asian seabass exhibited reductions of over 92.06% for *Streptococcus* spp. in liver and intestine, more than 46.60% for intestinal *Vibrio* spp., and 99.96% for liver *Aeromonas* spp. For East Asian fourfinger threadfin, intestinal *Vibrio* spp. (including *Photobacterium* spp.) was reduced by one log, and *Streptococcus* spp. was undetectable. White shrimp consistently maintained *Vibrio* spp. loads below 10^3 CFU/g in the hepatopancreas across multiple samples. *A. veronii* predominated in Nile tilapia and Asian seabass. *Ph. damsela* subsp. *damsela* (PDS) was the main pathogen in East Asian fourfinger threadfin, and *V. parahaemolyticus* was dominant in white shrimp. Notably, over 50% of pathogenic strains from the experimental group demonstrated susceptibility to at least four antibiotics. In conclusion, diets supplemented with *B. pumilus* D5 effectively reduce common pathogens in aquatic animals, thereby mitigating the risk of antibiotic-resistant pathogen emergence.

Key words: probiotics, bacterial pathogens, pro-health aquafeed, inhibitory capacity

*Correspondence: No. 106, Haipu Ln., Lukang Township, Changhua County 505, Taiwan. TEL: (04) 777-2175 ext. 2206; FAX: (04) 777-5424; E-mail: pwliu@mail.tfrin.gov.tw

石斑魚邊角肉加工品之開發與品質評估

潘宜庭·王庭玫·高堂穎·蔡慧君*

農業部水產試驗所水產加工組

摘要

國內養殖石斑魚多以活魚形式外銷，或以急速冷凍鮮魚、冷凍切片等未經調理狀態出售，加工製品種類有限，且石斑魚加工約產生 40 - 60% 的剩餘物未被妥善利用，為有效提升其利用率及附加價值，本研究以石斑魚邊角肉加值開發中度水活性之重組魚肉乾，並探討黏著劑配方、低溫膠化、烘烤條件對其品質的影響。研究結果顯示，添加天然膠組和酵素製劑組之黏著劑配方於低溫膠化 4 hr 後製成之重組魚肉具有較高的內聚性與彈性，且重組魚肉再經二段式烘烤製成的魚肉乾成品，其水分分別為 $15.63 \pm 1.55\%$ 與 $13.00 \pm 1.08\%$ ，水活性分別為 0.66 ± 0.01 與 0.71 ± 0.01 ，皆符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾之規定。官能品評的結果以酵素製劑組的重組魚肉乾之整體接受度最佳達 6.5 分，而儲藏試驗則顯示可於常溫流通至少 6 個月。另盤點市售相關產品及分析成本，評估石斑魚肉乾可提升 2 - 5 倍石斑魚邊角肉附加價值。

關鍵詞：石斑魚、邊角肉、重組魚肉乾、中度水活性食品

前言

根據 2023 年漁業統計年報顯示，臺灣石斑魚之年產量為 18,327 公噸，年產值高達新臺幣 46.4 億元 (漁業署, 2024)，不僅是臺灣重要的海水養殖魚種，更為我國外銷主要魚種。販售型態多以活魚為主，次為冷凍品，如條凍、冷凍切片、切塊等未經調理產品，其加工製品種類不多，倘遇外銷障礙、出口受阻時，將因活魚大量滯銷，且未建立多元加工技術以調節水產品產銷失衡，導致產業遭受巨大衝擊與損失。此外，石斑魚加工所產生的剩餘物包含殘餘肉、魚頭、魚鱗、中骨及內臟，高達全魚之 43% (高, 2017)，大部分都作為飼料，附加價值低，有些則丟棄處理，造成環境汙染 (鍾, 2012)，亟待研發提高剩餘物附加價值的應用。

漁產品具有高水分且易腐敗等特性，開發加工品具一定的技術門檻，然至今以漁產品作為原

料並利用欄柵技術開發加工品已有許多相關研究，黃 (2013) 以大宗水產品，如秋刀魚、鯖魚、吳郭魚為原料，混合魚肉與魚漿製成重組魚排、鯖魚膨發餅及鯖魚蘇打餅等相關產品。黃 (2016) 以臺灣養殖金目鱸為原料，經濕式鹽漬再分以輕度乾燥、日曬乾燥、室溫乾燥或低溫低濕冷風乾燥處理製成一夜干，於乾燥期間水分含量由 73.6% 下降至 67.9 - 71.7%，而總生菌數皆低於 3×10^6 CFU/g 以下，感官品評結果則顯示，一夜干的整體喜好度以低溫低濕冷風乾燥 6 小時為最佳。綜合前人研究成果，研發水產品可結合如乾燥、鹽漬及煙燻等欄柵技術，製作可常溫流通之中濕性食品 (intermediate moisture foods, IMF)，使加工水產品多元化，提供消費者更多的選擇。又重組技術可利用價值較低的肉類加工邊角料來生產更高品質、成分均一且具增值性之產品 (Boles, 2011)。目前石斑魚開發常溫流通產品等相關技術研究闕如，本研究以石斑魚剩餘物應用重組加工技術，開發中度水活性食品，有效提升剩餘物利用率及產品附加價值，增加石斑魚加工品多樣性，提升本土水產品競爭力。

*通訊作者 / 基隆市和一路 199 號, TEL: (02) 2462-3792 ; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: hjchai@mail.tfrin.gov.tw

材料與方法

一、石斑魚邊角肉之來源與前處理

石斑魚邊角肉原料購自安永生物科技股份有限公司，冷凍運送至實驗室後置於-20°C保存備用，加工前先以流水解凍。

二、建立重組魚肉乾之加工製程

(一) 黏著劑配方探討與重組魚肉之製作

以絞肉機 (Test Rite brand Agency Co., Ltd, KitchenAid® Stand Mixer) 搭配孔眼 2 mm 大小之孔板，將邊角肉製作成絞肉，後續添加以不同比例的鹽類、天然膠、品質改良劑、酸鹼緩衝劑或酵素製劑所組成 a、b、c、d、e 共 5 種黏著劑配方，將其平鋪於不鏽鋼盤後分別試製厚度 3、5 mm 的薄、厚片重組魚肉，並置於 4°C 進行低溫膠化。

(二) 烘烤條件

將重組魚肉切塊後分別以下列 2 種方式進行烘烤：1. 一段式烘烤：將重組魚肉直接以 150°C 高溫進行烘烤；2. 二段式烘烤：將重組魚肉先於 40°C 中溫熟成後，再以 150°C 高溫烘烤。

三、品質分析

(一) 一般成分分析

依 AOAC (2016) 方法測定水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分及碳水化合物之含量。

(二) 水活性測定

將樣品以水活性測定儀 (Novus Ferro Pte Ltd, Novasina LabMaster-aw) 於 25°C 下測定，每次試驗處理之測定為三重複，以平均值表示。

(三) 水分含量測定

使用紅外線水分分析儀 (Kett Electric Laboratory Co., Ltd, FD-610) 測定樣品水分含量，於溫度 105°C，水分蒸發速率 0.05% 以下，取 5 g 樣品乾燥至恆定，三重複取得平均值。

(四) 質地分析

以質構分析儀 (Stable Micro Systems Co., Ltd, TA-XT2) 於 25°C 室溫下，使用直徑 25 mm 圓柱形探頭 (P25)，以測試速度 1 mm/sec、變形率 40%、觸發力 10 g，對樣品進行兩次壓縮，測定重組魚肉之內聚性與彈性；另使用刀片形探頭 (HDP-BSK)、測試速度 1 mm/sec、到平台的距離為 30 mm、觸發力 20 g 測定重組魚肉乾之剪切力。

(五) 官能品評

將本研究開發之肉乾切塊後，每人依產品外觀、色澤、風味、口感及整體接受度進行喜好性評分，並以 9 分制方式評分，以 9 分為最喜歡，1 分為最不喜歡。本研究以 14 位品評者進行官能品評。品評內容描述包括：1. 外觀：指視覺上對肉乾外表及整體形狀的感受；2. 色澤：指視覺上對肉乾顏色、光澤、均勻度等感受；3. 風味：指肉乾進入口腔後，在口腔內的味道，如鮮味、甜味、鹹味等以及 4. 口感：指肉乾進入口腔後，在口腔內的感受，如咀嚼、軟硬度等。

四、保存試驗

溫度效應係數 (Q_{10} effect) 的定義為溫度每增加 10°C，其化學或生化的反應速率增加的比率，其數值通常為 2，方程式如下所示：

$$Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{10/(T_2-T_1)} = 2$$

R 是速率、T 是攝氏溫度或絕對溫度。

本實驗將重組魚肉乾成品經真空包裝後放置 45°C 恆溫箱進行 8、15、23、30、38 及 45 天的保存期限加速試驗 (accelerated shelf life studies)，以 Q_{10} 係數為 2 的假設下，於加速試驗下獲得的品質劣變指標數值可推估為成品於室溫 25°C 下儲藏 32、60、92、120、152 及 180 天期間之品質變化。

另依據行政院衛生福利部公告「食品微生物之檢驗方法 - 其他即食食品類」之微生物衛生標準，檢測產品之總生菌數 (total viable count, TVC)、金黃色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 及沙門氏菌 (*Salmonella* spp.) 數。

五、統計分析

實驗數據以電腦統計軟體 IBM®SPSS Statistics®(IBM, 2015) 進行變方分析 (Analysis of Variance, ANOVA)。當 F 值為顯著時，再以 Duncans' test 測定組與組間差異顯著性， $p < 0.05$ 即視為具顯著性差異。各組間統計結果以英文字母表示，不同英文字母代表彼此間有顯著差異存在 ($p < 0.05$)。

結果與討論

一、黏合劑配方對重組魚肉乾之影響

重組肉製品是由絞肉加工製成具有均一質地及外觀的產品 (Choi *et al.*, 2008)，係以魚溶膠 (Sol) 為黏合劑的魚漿加工品，影響其品質的各種因素，包括加工條件 (Silva *et al.*, 2016; Ismail *et al.*, 2017)、原材料 (Yang *et al.*, 2009; Nisov *et al.*, 2020) 和添加物 (Ku *et al.*, 2013)。

本研究以石斑魚邊角肉添加 a - e 組黏著劑配方 (Table 1) 試製重組魚肉，結果顯示，a 組 (未添加黏著劑) 之重組魚肉結構鬆散易碎，而使用 c、d、e 組黏著劑的重組魚肉在煮熟後呈現較綿密結構且不易碎開 (Fig. 1)。



Fig. 1 Appearance of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesive formulations. Group a (Control): No adhesives used; Group b: High salt content; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group d: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content; Group e: Used enzyme.

Table 1 Adhesive compositions for restructured fish meat

Group	Adhesive composition
a	Control (no adhesives used)
b	High salt content
c	Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content
d	Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content
e	Used enzyme

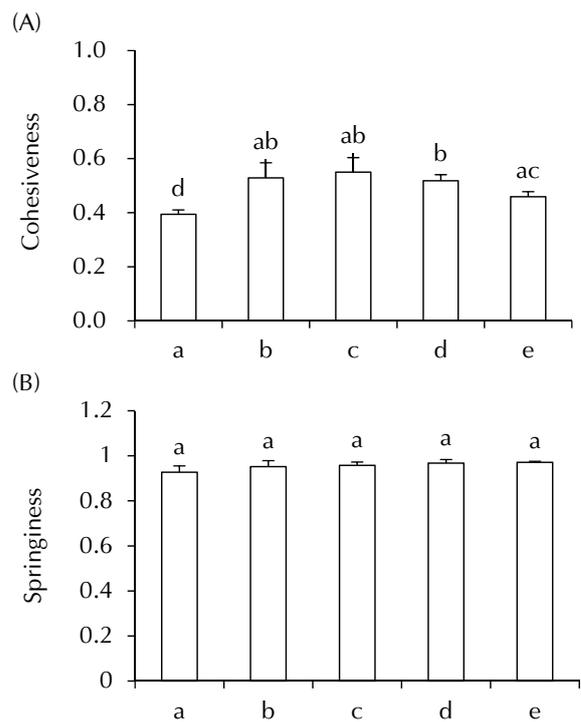


Fig. 2 (A) Cohesiveness and (B) springiness of restructured jerky from grouper off-cuts made with different adhesives. Group a (Control): No adhesives used; Group b: High salt content; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group d: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and high salt content; Group e: Used enzyme. Data are presented as mean \pm standard deviation ($n=3$), with statistical significance set at $p < 0.05$.

以質地分析儀分析 b - e 組重組魚肉之內聚性 (cohesiveness) 為 0.46 - 0.55 (對照組 Group a 為 0.39)；彈性 (springiness) 為 0.95 - 0.97 (對照組 Group a 為 0.93)，其中使用黏著劑 (b - e) 之各組相較對照組皆呈現較高之內聚性與彈性 (Fig. 2)。趙等 (2008) 指出重組魚排之內聚力達 0.5 以上，可使重組魚肉呈現良好的組織結構，且肉品之彈性及內聚力越高，表示重組魚肉品

質愈好。蔡 (2016) 發現添加 1 - 2% 食鹽的金線鱸魚漿其彈性優於 3 - 5% 添加組。本研究顯示添加鹽類、天然膠、品質改良劑、酸鹼緩衝劑或酵素製劑皆可提升重組魚肉之內聚性 (> 0.5) 而得到更佳的重組肉品質, 但當提升鹽類添加量時 (如 Group b、d; Table 1), 則未獲得較高之內聚性與彈性, 故後續試驗以添加低鹽比例之 Group c、e 黏著劑配方進行重組魚肉之品質分析探討, 同以 Group a (未添加黏著劑) 作為對照組。

二、低溫膠化時間對重組魚肉乾之影響

冷固化黏合系統 (cold-set binding systems) 對重組肉的網絡形成和流變結構取決於黏合系統與冷固化的時間和溫度 (Sadeghi-Mehr *et al.*, 2018)。肌肉的黏合可藉由: (一) 用鹽和磷酸鹽萃出肌原纖維蛋白, 並透過熱處理 (如: 烹飪過程) 誘導凝膠化, 從而在肉塊之間提供黏合力; 或 (二) 以化學方法凝固黏合以誘導黏合劑凝膠化 (Boles and Shand, 1998), 其中方法 (二) 可直接利用冷凍原料, 且於後續的熱切片和冷切片的處理過程中皆保持黏合 (Esguerra, 1994; Desmond *et al.*, 2001), 此外, 其在無須添加鹽和磷酸鹽的作用下即可達成黏合效果, 亦能滿足消費者對低鹽產品的健康需求。因此本研究將添加黏著劑 Group c、e 之重組魚肉於 4°C 下進行 4、8、20 及 24 hr 之低溫膠化作用, 並探討凝膠性質的變化, 結果顯示添加黏著劑組 (Group c、e) 之重組魚肉的彈性在膠化第 4 hr 時, 相較對照組呈現顯著增加的趨勢, 其中以 e 組增幅較多, 之後各組之彈性在 24 hr 內皆未隨時間而產生明顯的變化, 而各組之內聚性則在低溫膠化期間皆未產生明顯變化 (Fig. 3), 此結果表示低溫短時間 (4 hr) 的處理即可促進石斑魚邊角肉與黏著劑間形成鍵結, 且黏著劑的添加更有助於形成緊實及彈性的重組魚肉結構。此結果與金線鱸魚漿於低溫 (4°C) 靜置處理 20 hr 可達最大膠強度 (王, 2004), 及使用天然膠在 4°C 低溫膠化 2 hr 後顯示出最高的結合強度 (Hong and Chin, 2010) 的研究相同。

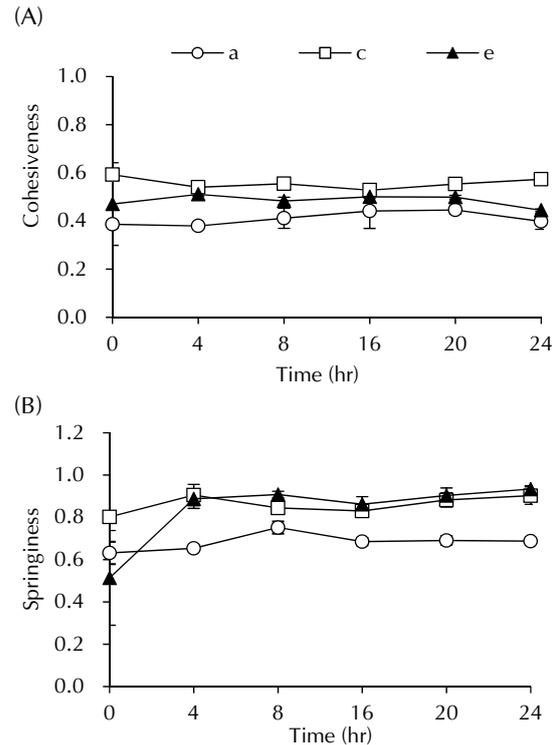


Fig. 3 (A) Cohesiveness and (B) springiness of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesives during the low-temperature gelation process. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Data are presented as mean \pm standard deviation ($n=3$).

三、烘烤條件對重組魚肉乾之影響

將添加黏著劑之重組魚肉 (厚度為 3 mm) 分別探討一段式高溫烘烤 (one-stage baking) 或先中溫熟成再高溫烘烤的二段式烘烤 (two-stage baking) 對品質之影響, 結果顯示以一段式烘烤之重組魚肉乾其水分含量為 26.07 - 38.07%; 水活性為 0.82 - 0.87, 整體外觀較濕潤、表面較脆且部分容易焦化 (Fig. 4A), 此原因可能為高溫使表面水分蒸發過快、而內部水分擴散太慢, 使食品外部形成乾層, 阻礙食品內部的水分向外擴散, 而此現象為表面硬化 (case hardening) (Gulati and Datta, 2015)。然二段式烘烤因先以中溫熟成將肉乾之內部水分隨乾燥處理漸外擴至表面, 降低水分含量, 再施以高溫烘烤將肉乾烤熟並伴隨梅納反應產生香氣, 可使產品相較於一段式烘烤呈現較低的水分含量 10.00 - 11.83% 與水活性 0.64 - 0.71 (Table 2), 且外觀完整較無焦化現象

Table 2 Moisture content and water activity of 3 mm-thick restructured jerky made from grouper off-cuts after one-stage and two-stage baking processes

Group	Moisture (%)		Aw	
	One-stage baking	Two-stage baking	One-stage baking	Two-stage baking
a	38.07 ± 1.31	10.00 ± 1.37	0.87 ± 0.01	0.64 ± 0.01
c	32.13 ± 1.84	11.53 ± 1.91	0.82 ± 0.02	0.64 ± 0.04
e	26.07 ± 2.64	11.83 ± 2.90	0.82 ± 0.01	0.71 ± 0.04

Data are presented as mean ± standard deviation (n=3).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

Table 3 Moisture content, water activity (Aw), and weight loss of 5 mm-thick restructured jerky made from grouper off-cuts after the two-stage baking process

Group	Moisture (%)	Aw	Weight loss ¹ (%)
a	14.20 ± 0.92	0.74 ± 0.01	57.16
c	15.63 ± 1.55	0.66 ± 0.01	54.03
e	13.00 ± 1.08	0.71 ± 0.01	55.41

Data are presented as mean ± standard deviation (n = 3).

¹Weight loss = [weight before drying (g) – weight after drying(g)] ÷ weight before drying (g) × 100 (%).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

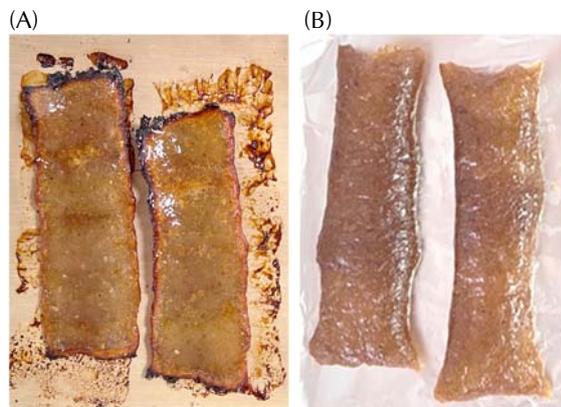


Fig. 4 Appearance of restructured jerky made from grouper off-cuts after (A) one-stage baking and (B) two-stage baking processes.

(Fig. 4B)。過去亦有文獻以豬肉製作肉乾，採用 50 – 55°C 乾燥後，再以 180°C 烘烤 (達米, 2021; 賴, 2022)。

為迎合市售商品販售樣態，將重組魚肉乾製成厚度為 5 mm 經二段式烘烤其水分含量與水活性亦比一段式烘烤的薄片 (厚度 3 mm) 低 (Table 3)。IMF 係指水分含量約 20 – 40%；Aw = 0.65 – 0.85 的半濕半乾食品，其組織及風味較保持原味且水活性不適合細菌與酵母菌生長，可於

長期室溫儲藏、增加食品貯存性、提高產品價值 (Qiu *et al.*, 2019)。本研究結果顯示，經二段式烘烤之重組魚肉乾 (厚度 3、5 mm) 其水分含量和 AW 皆屬於 IMF 產品應可於室溫儲藏，亦符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾產品之規定 (水分含量 < 25%、水活性 < 0.80) 之規定。

四、一般成分分析

將 a、c、e 組厚片 (5 mm) 重組魚肉乾進行一般成分分析，經換算為乾物重 (g/100 g) 後，結果顯示，相較於對照 (a) 組，添加黏著劑 (c、e) 組重組魚肉乾的蛋白質含量與脂肪含量有些微下降，而灰分與碳水化合物則略顯上升，推測與黏著劑的添加有關 (Table 4)。

五、質地分析

剪切力 (shear force) 是評估食品質地來呈現“咬合力”，其數值越高則代表產品質地較硬，試驗以物性測定儀將石斑魚邊角料所製成之重組魚肉乾與市售產品進行剪切力，分析結果如 Fig. 5，市售魚肉乾 fish jerky 1、fish jerky 2 之

Table 4 Proximate composition of restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesives

Group	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)	Carbohydrates (%)
a	44.99	4.40	2.24	48.38
c	38.41	3.75	7.25	50.59
e	42.67	3.27	3.42	50.63

Values are expressed on a dry weight basis (g/100 g).

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

剪切力分別為 12,450 與 6,246 g；豬肉乾 pork jerky 1、pork jerky 2 之剪切力則分別為 7,827 與 17,444 g；本研究之重組魚肉乾 Group c、e，其剪切力分別為 10,107 與 7,365 g，其口感類似市售較軟質的產品。

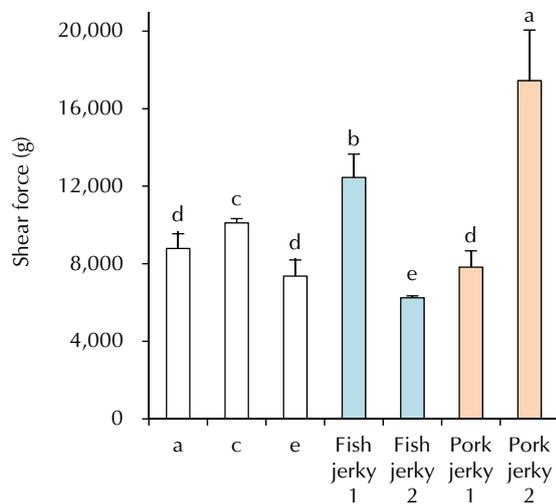


Fig. 5 Shear force of commercially available jerky and restructured jerky made from grouper off-cuts using different adhesive formulations ($p < 0.05$). Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Data are presented as mean \pm standard deviation ($n=3$).

六、保存試驗

溫度效應係數 (Q_{10} effect) 是指溫度每增加 10°C ，其化學或生化的反應速率會提高 2 倍。本實驗將重組魚肉乾成品經真空包裝後放置於恆溫箱以 45°C 、45 天進行保存期限的加速試驗 (accelerated shelf life studies)，在 $Q_{10}=2$ 的假設下，提高 20°C 的反應溫度，其化學反應速率將提升為 4 倍，藉此推估於室溫 25°C 下儲藏 180 天期間之品質變化。

將真空包裝之 a、c、e 組重組魚肉乾於 45°C 、45 天下經食品加速劣變試驗推估室溫下儲藏 180 天之品質變化，結果顯示，各試驗組之重組魚肉乾在儲藏期間水分皆 $< 25\%$ 、水活性皆 < 0.80 (介於 0.7 - 0.8 之間，屬於中度水活性食品)、pH 值介於 5 - 6 (Fig. 6)，且總生菌數皆 < 100 CFU/g；金黃色葡萄球菌和沙門氏菌則皆為未檢出 (Table 5)，綜上結果推算，本研究之重組魚肉乾在真空包裝下，可於室溫下儲存至少 6 個月。

七、重組魚肉乾之官能品評

參與本研究之官能品評中，女性有 5 位 (35.7%)，男性有 9 位 (64.3%)，共 14 人，且以男性居多；年齡方面，以 21 - 30 歲有 6 人居多，其次為 31 - 40 歲有 4 人，41 - 50 歲有 3 人，51 - 60 歲有 1 人。將 a、c、e 組黏著劑製成之重組魚肉乾以九分制官能品評評判產品之外觀、色澤、風味、口感和整體接受度，結果顯示 a 組除了外觀與色澤外，其他品評項目之評分皆低於 5 分，顯示其在口感與風味之喜好度較低；c 組除了風味外，其他品評項目之喜好度評分皆高於 5 分，整體接受度為 5.2 分；e 組的所有品評項目之喜好度評分則皆高於 5 分，且整體接受度最佳為 6.5 分 (Fig. 7)，為風味可接受度較佳的產品。

八、重組魚肉乾-市售產品比較

盤點目前市售魚肉乾多以鮪魚為原料，分析水分含量為 13.2% 和 14.2%，水活性約 0.6 - 0.7，厚度約 3 - 4 mm，每 100 g 售價為 65 - 120 元，保存期限標示為 6 - 8 個月；而市售豬肉乾水分約為 15.3% 和 10.8%，水活性約 0.6 - 0.8，厚度約 3 - 8 mm，每 100 g 價格約 130 - 170 元，保存期限標示為 6 個月 (Table 6)。本研究研製之重組魚肉乾，原料為石斑魚邊角肉，原料每公斤售價約

Table 5 Microbial counts (CFU/g) of restructured grouper jerky during storage, differentiated by adhesive treatment

Microorganism	Group	Storage days					
		0	30	60	120	150	180
Total viable count (TVC)	a	<10 ²					
	c	<10 ²					
	e	<10 ²					
<i>Staphylococcus aureus</i>	a	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	e	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	a	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	c	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	e	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Values are expressed as colony-forming units per gram (CFU/g).

<10² indicates counts were below the detection limit of 100 CFU/g.

ND: Not detected.

Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme.

Table 6 Comparison between commercially available fish jerky, pork jerky and this research products

Parameter	Fish jerky 1 (Tuna)	Fish jerky 2 (Tuna)	Pork jerky 1	Pork jerky 2	This research products (Group e)
Moisture (%)	14.17 ± 0.97	13.23 ± 0.60	15.30 ± 0.57	10.80 ± 0.85	13.00 ± 1.08
water activity	0.70 ± 0.01	0.66 ± 0.01	0.78 ± 0.02	0.62 ± 0.01	0.71 ± 0.01
Shear force (g)	12,450 ± 1,201	6,246 ± 95	7,826 ± 835	17,443 ± 2,610	7365 ± 829
Thickness (mm)	3	4	8	3.5	5
Price (NTD/100 g)	65	120	132	168	60-120 (estimated)
Shelf life (months)	6	8	6	6	6

Values are presented as mean ± standard deviation (n = 3)

為 300 元，製成魚肉乾後，每公斤售價可達 600 - 1,200 元，基此，利用重組技術將水產加工副產物（邊角肉）生產肉乾製品，不僅可增加其附加價值，同時也提升本土水產品的市場競爭力。

結 論

利用石斑魚邊角肉添加黏著劑導入重組技術，再經低溫膠化、中溫熟成、高溫烘烤等製程以產製 5 mm 厚度重組魚肉乾，經儲藏試驗證實，可於室溫下儲藏至少 6 個月，其總生菌數 < 100 CFU/g，且皆未檢出金黃色葡萄球菌與沙門氏菌，而產品品質符合「優良畜禽產品驗證基準」對肉乾之規定，並經官能品評結果顯示 e 組重組魚肉乾之整體接受度為最佳。本研究為魚肉乾

的重組加工應用，相關文獻較少，且市售魚肉乾多以鮪魚為原料，而本技術所添加之黏著劑亦希望可套用於其他魚種，且配方中未添加防腐劑，相較市售肉乾產品，添加物使用少，更符合消費者的期待，具有潛在優勢，未來可結合蔬果素材優化魚肉乾風味與質地，開發具市場差異化的肉乾產品，開拓健康化零食市場，滿足消費者對於美味與健康兼具的需求，提升產品競爭力。

參考文獻

- 王耀東 (2004) 冷凍金線鱸魚漿生產煉製品之適性研究. 國立臺灣海洋大學食品科學系 碩士論文, 基隆, 79 pp.
- 高淑雲, 蔡慧君 (2017) 石斑魚產業現況及其副產物研發可行性之評估. 水試專訊, 57: 17-19.

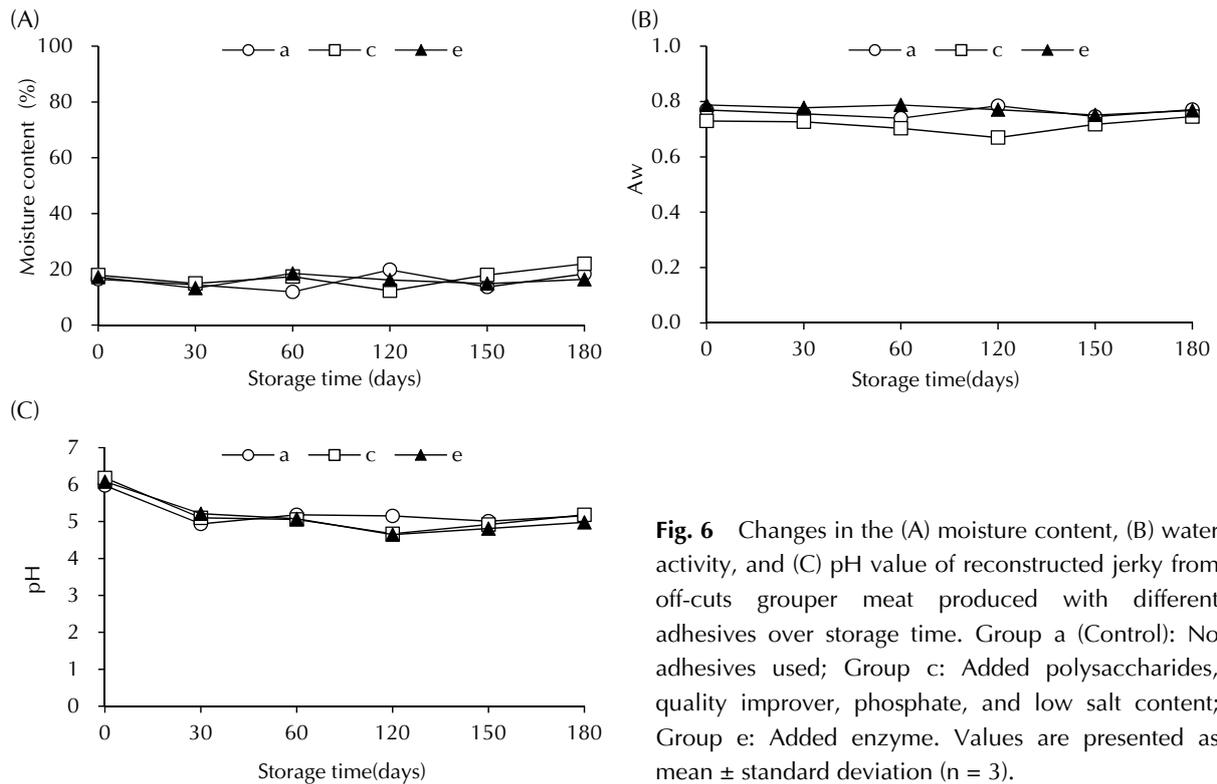


Fig. 6 Changes in the (A) moisture content, (B) water activity, and (C) pH value of reconstructed jerky from off-cuts grouper meat produced with different adhesives over storage time. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Values are presented as mean \pm standard deviation ($n = 3$).

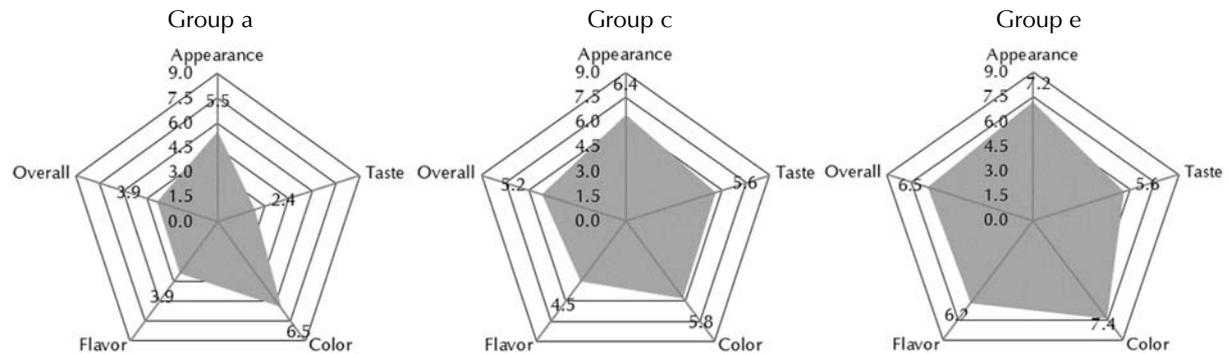


Fig. 7 Sensory evaluation of reconstructed jerky from off-cuts grouper meat prepared with different adhesives. Group a (Control): No adhesives used; Group c: Added polysaccharides, quality improver, phosphate, and low salt content; Group e: Added enzyme. Values are presented as mean \pm standard deviation ($n = 14$).

黃健政 (2013) 大宗水產原料產品之技術研發. 行政院農業委員會漁業署 102 年度科技計畫研究報告, 139 pp.

黃郁雯 (2016) 輕度乾燥處理對金目鱸及秋刀魚一夜干品質的影響. 國立嘉義大學食品科學系研究所碩士論文, 嘉義, 138 pp.

達米 (2021) 不同乾燥條件對重組肉乾脂肪氧化與風味口感之研究. 國立屏東科技大學食品科學國際碩士學位學程 碩士論文, 屏東, 62 pp.

蔡瑞慶 (2016) 加工參數對金線鱸魚漿煉製品品質之影響. 國立高雄海洋科技大學 碩士論文, 高雄, 75 pp.

漁業署 (2024) 2023 年中華民國臺灣地區漁業統計年

報. 農業部漁業署, 臺北.

趙毓謙, 陳淑德, 林榮信, 陳輝煌 (2008) 麩醯基轉移酶對重組魚排組織之影響. 宜蘭大學生物資源學刊, 4(2): 127-133.

賴郁雯 (2022) 肉乾和滷肉加工過程中雜環胺及多環芳香族碳氫化合物之生成與抑制. 輔仁大學食品科學系 碩士論文, 新北市, 248 pp.

鍾惠珊 (2012) 石斑加工之下腳料附加價值提升評估開發研究. 國立高雄海洋科技大學 碩士論文, 高雄, 92 pp.

AOAC (2016) Official Methods of Analysis (20th edition). Association of Official Analysis Chemists, Rockville, Maryland, U.S.A.

- Boles, J. A. (2011) Use of cold-set binders in meat systems. *Processed Meats*, 11: 270-298.
- Boles, J. A. and P. J. Shand (1998) Effect of comminution method and raw binder system in restructured beef. *Meat Sci.*, 49(3): 297-307.
- Choi, J. H., J. Y. Jeong, D. J. Han, Y. S. Choi, H. Y. Kim, M. A. Lee, E. S. Lee, H. D. Paik and C. J. Kim (2008) Effects of pork/beef levels and various casings on quality properties of semi-dried jerky. *Meat Sci.*, 80(2): 278-286.
- Desmond, E., D. Troy, T. Kenny, C. McDonagh and P. Ward (2001). Development of value-added beef products: Research report. Teagasc, The National Food Centre.
- Esguerra, C. M. (1994) Quality of cold set restructured beef steaks: Effects of various binders, marination and frozen storage. MIRINZ Tech. Rep. 945.
- Gulati, T. and A. K. Datta (2015) Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *J. Food Eng.*, 166: 119-138.
- Hong, G. P and K. B. Chin (2010) Effects of microbial transglutaminase and sodium alginate on cold-set gelation of porcine myofibrillar protein with various salt levels. *Food Hydrocoll.*, 24(4): 444-451.
- Ismail, I., N. H. M. Fauzi, M. Z. Baki and H. L. Hoon (2017) Effects of different drying methods and hydrocolloids on quality properties of semi-dried catfish jerky. *Mal. J. Appl. Sci.*, 2(1): 11-18.
- Ku, S. K., J. D. Park, N. H. Lee, H. J. Kim and Y. B. Kim (2013) Physicochemical and sensory properties of restructured jerky with four additives. *Food Sci. Anim. Resour.*, 33(5): 572-580.
- Nisov, A., H. Aisala, U. Holopainen-Mantila, H. L. Alakomi, E. Nordlund and K. Honkapää (2020) Comparison of whole and gutted baltic herring as a raw material for restructured fish product produced by high-moisture extrusion cooking. *Foods*, 9(11): 1541.
- Qiu, L., M. Zhang, J. Tang, B. Adhikari and P. Cao (2019) Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Res. Int.*, 116: 90-102.
- Sadeghi-Mehr, A., P. Raudsepp, D. A. Brüggemann and R. L. Stephan Drusch (2018) Dynamic rheology, microstructure and texture properties of model porcine meat batter as affected by different cold-set binding systems. *Food Hydrocoll.*, 77: 937-944.
- Silva, F. A. P., V. C. S. Ferreira, M. S. Madruga and M. Estévez (2016) Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken. *J. Food Sci. Tech.*, 53(8): 3137-3146.
- Yang, H. S., Y. H. Hwang, S. T. Joo and G. B. Park (2009) The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Sci.*, 82(3): 289-294.

Development and Quality Evaluation of Processed Products from Grouper Off-Cuts

Yi-Ting Pan, Ting-Mei Wang, Tang-Ying Gao and Huey-Jine Chai*

Seafood Technology Division, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Most domestically farmed grouper in Taiwan is exported live or sold as quick-frozen whole fish and fillets with minimal further processing. This limits the variety of value-added products and results in approximately 40–60% of the fish becoming underutilized by-products during processing. To improve utilization efficiency and added value, this study developed an intermediate-moisture restructured fish jerky using grouper off-cuts. We investigated how binding agent formulations, low-temperature gelling, and baking conditions affected its quality. Results showed that restructured fish prepared with either natural gum or enzymatic treatment exhibited higher cohesiveness and springiness after 4 hours of low-temperature gelling. Following a two-stage baking process, the final jerky products had moisture contents of $15.63 \pm 1.55\%$ and $13.00 \pm 1.08\%$ and water activities of 0.66 ± 0.01 and 0.71 ± 0.01 , respectively, all meeting Taiwan's "Certified Excellent Domestic Livestock Products" standards for dried meat products. Sensory evaluation indicated that the enzymatic treatment group achieved the highest overall acceptability score of 6.5. Shelf-life testing demonstrated that the restructured jerky could remain stable for at least six months at room temperature. Based on a survey of comparable commercial products and cost analysis, this approach could increase the added value of grouper off-cuts by two- to fivefold.

Key words: grouper, off-cut meat, restructured fish jerky, intermediate moisture food

*Correspondence: 199 Hou-lh Road, Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 2462-3792 ; FAX: (02) 2463-2677; E-mail: hjchai@mail.tfrin.gov.tw

～英譯中特稿～

臺灣魚類資料庫三十五年來的回顧

邵廣昭^{1,2*} · 黃世彬¹ · 許正欣³ · 徐千禾³ · 張慧怡³ · 何宣慶⁴

¹ 中央研究院生物多樣性研究中心

² 國立臺灣海洋大學海洋生物研究所

³ 中央研究院數位文化中心

⁴ 國立高雄海洋科技大學水產養殖系

摘要

「臺灣魚類資料庫」(<https://fishdb.sinica.edu.tw>) 可說是臺灣生物多樣性資料庫中建置最早，也最受歡迎的資料庫。1990 年前後即由中央研究院（下稱中研院）動物所魚類生態及演化研究室開始建置，迄今已有 35 年的歷史。最早從收集整理臺灣最新的魚類物種名稱及其地理分布開始，後來逐步擴充至標本典藏、物種解說及文獻目錄等較學術專業的內容。1998 年在中研院「臺灣研究網路化計畫」的支持下開始朝向科普的方向走入社會。2001 年起獲得國科會數典國家型計畫的專案支助，得以在內容及資訊技術上快速充實與精進，並成為全球「魚庫」(FishBase) 重要的合作夥伴。由於資料庫內容豐富、具權威性又完全開放，備受國內外學界所重視及肯定，因此在 2011 年成為「全球資料庫系統」WDS (World Data System) 的正式會員。但由於資安問題及系統老舊亟需更新，因此資料庫在 2016 年由中研院數位文化中心接手持續維運管理及負責改版，將原資料庫區分成以學術研究為主的「臺灣魚類資料庫」以及以科普內容為導向的「魚知識+」兩個子網站。2024 年改版大致完成後即對外開放，物種數亦增加到近 3500 種。舊版的網站仍然保留，以便習慣舊版的使用者查詢，但舊版內容已不再更新。本文將向大家介紹這個資料庫建置的由來，如何推展到多個國家生物多樣性資料庫的建置與整合，如何由本土走向國際，何以資料庫的開放這麼重要，以及未來仍應繼續努力的方向。

一、臺灣魚類資料庫建立的緣由及其發展歷程

資料庫之創始人邵廣昭自 1984 年自美國返國後，即參與國立臺灣大學（下稱臺大）沈世傑教授主持的國科會「臺灣魚類相調查研究」的群體計畫，與李信徹、莫顯蕎、陳哲聰、陳春暉及曾晴賢等老師，每年每人負責若干科進行實地採集調查研究，以解決過去因人才不足而存在許多誤鑑以及同種異名的問題，同時也刪除許多魚種過去只見名錄，卻沒有標本、不知產地以及缺乏文獻依據的種類。迄 1993 年出版《臺灣魚類誌》為止，共登錄有 237 科 2,028 種魚類（沈等, 1993）。此魚種數雖較陳兼善、于名振（1986）的 2,252 種少，但卻刪除了該書中數百種存疑的物種，另增加了數百種臺灣的新紀錄種或世界新種。

隨後在 1989 - 1995 年間，邵廣昭獲得國科會五年計畫支助，執行「臺灣魚類群聚生態時空分布之研究及資料庫之建立」，開始分年分區進行臺灣北部、東部、西部、南部及澎湖地區海域魚類之調查及「臺灣魚類資料庫」的建立。因此，臺灣魚類資料庫是在 1990 年代所建立，1994 年即與全球魚庫 (FishBase) 合作，在魚庫 2024 年全球共 2,539 位合作者 (collaborators) 中，邵廣昭排序第 41 位。但臺灣魚類資料庫正式對外開放是在 1997 年。1999 - 2002 年間幸獲中央研究院（下稱中研院）「臺灣研究網路化」計畫之支助，可聘專任助理專職於資料庫的工作。之後，又獲得國科會 2002 - 2006 年的「數位典藏國家型科技計畫」(National Digital Archives Program; NDAP)，以及 2007 - 2012 年的「數位典藏與數位學習國家型科技計畫」(Taiwan e-Learning & Digital Archives Program; TELDAP) 兩個時期共 11 年的長期支助，資料的內容乃得以大幅充

原文出處：Kwang-Tsao Shao, Shih-Pin Huang, Cheng-Hsin Hsu, Chien-Ho Hsu, Hui-Yi Chang and Hsuan-Ching Ho (2025) A review of the 35-Year history of the Taiwan Fish Database. Mar. Res., 5 (1): 40-57 (DOI:10.29677/MR.202506_5(1).0002)

*通訊作者 / E-mail: zoskt@gate.sinica.edu.tw

實。當年的林永昌資訊工程師獨立建構資訊系統及網站，林沛立、林欣樺及李瀚等助理在充實內容方面的努力亦功不可沒。

2012 年除陸續完成 295 科及約 3,000 種臺灣魚種解說及圖片，千餘篇和臺灣魚類分類生態有關的文獻資料的蒐集整理外，標本資料亦成功地整合了國內中研院、臺大、國立海洋生物博物館、國立臺灣海洋大學、國立清華大學、國立海洋科技博物館、國立臺灣博物館、國立自然科學博物館及農業部水產試驗所等 9 個機構，以及散佚在海外 25 個機構所典藏的臺灣魚類標本資料。使用者可在同一網頁上列出分散在國內外各機構之魚種標本及其 GIS 地理分布或採集點分布地圖。

由於資料庫的內容相當充實完整及多樣化，因此吸引了很多國內外從事魚類學術研究、科普教育、商業貿易及社會人士的點閱和查找資料。當時有來自 150 餘國，平均每月上網點閱逾 50 萬人次，對臺灣魚類的教育、研究、保育與永續利用提供重要的貢獻。2010 年獲中研院頒發年度最佳網站獎。然而網站能否永續經營是所有建置資料庫的工作者最大的挑戰。同樣臺灣魚類資料庫在 2016 年主持人退休，沒有研究計畫和經費的支持之後，資料庫內容的更新就變成十分緩慢。所幸中研院數位文化中心願意接手持續維運，主要是由許正欣、徐千禾和張慧怡負責，包括後續的系統更新及網頁改版。而資料庫的內容若發現有錯誤需要更新時，就由中研院生物多樣性中心研究標本館的魚類典藏經理來協助更新。先前是林沛立，後來則是由黃世彬博士負責（圖 1）。



圖 1、臺灣魚類資料庫建立及發展的歷程

二、臺灣魚類資料庫建立的目的是重要性

資料庫建立的最初目的是希望能統一魚類的拉丁學名及中文名稱，並整合物種在臺灣的時空分布資料，期能提供臺灣本土魚類最新、最完整、最權威的分類資訊 (Chiu and Shao, 1991)。但由於當時缺乏人力及物力故進展緩慢。任何生物多樣性資料庫的建置，通常都是先以建立物種電子名錄為首要工作。因為任何生物的資料都有物種的名稱，而物種的拉丁學名因為全球只有一個是有效名 (valid name)，其他的都是同物異名 (synonym) 或無效名 (invalid name)。因此可以用有效名作為主鍵 (primary key)，由此種名去連接到臺灣魚類資料庫本身或國內外其他資料庫中該物種的物種解說、地理或時空分布、標本典藏及相關文獻的資料庫。然而種名有效與否的認定或發現新紀錄種或新種，唯有仰賴魚類分類學家的提供，因此建立物種名錄資料庫是分類學家無可旁貸的責任。

臺灣魚類資料庫建置之初，首先面對的問題就是魚種中文名稱的選用。臺灣過去所出版的魚類專書如《臺灣魚類檢索》(沈, 1984) 及《臺灣近海魚類圖鑑》(沈, 1984)，《臺灣脊椎動物誌》(陳與于, 1986)，《臺灣魚類誌》(沈等, 1983)，《動物系統分類概要》(于, 2001)，《臺灣魚類圖鑑》(沈與吳, 2012) 等書

中同一魚種的中文名稱常有所不同。更遑論在中國大陸所出版的魚類名錄或各省的魚類誌等專書，譬如《拉漢英魚類名稱》(成與鄭, 1992)、《中國海洋生物名錄》(劉等, 2008)。

雖然統一中文魚名不如統一拉丁學名那麼重要，但在與魚類相關的教學、研究、商業貿易、漁獲統計、科普傳播、資源管理及生態保育各方面都會因為中文名不一致而難以彼此相互溝通，不但徒增困擾，在立法和執法上也會產生爭議。由於中文名在學術上算是俗名 (common name) 或是土俗名 (vernacular name)，常因各家說法不同，無法硬性規定何者為準。但如果能建立魚類資料庫，先提出一套所有魚種的中文名 (或稱標準名)，並上網公開給大家查詢使用，久而久之，相信能收到統一臺灣魚種中文名稱的功效。至於統一兩岸魚類的中文名稱，則更為困難，因兩岸分治已長達 50 年以上，魚類的中文名稱更是不同。也就只好採用對照的方式，譬如《拉漢魚類系統名典》(伍等, 2012)，或《中國海洋魚類圖鑑》(劉等, 2024) 就分別列出大陸和臺灣的中文名。當然大陸也有些書是把和大陸不同的臺灣中文名，直接列入別名中。但是如果有些物種只有臺灣有產，而大陸沒有記錄的話，他們就會直接採用臺灣的中文名。譬如，《中國生物物種名錄--魚類》即是如此 (張等, 2021)。

魚類是臺灣重要經濟漁獲命脈的大宗之一，與我們的人文、經濟、社會與自然等息息相關，然而因為過漁、污染、棲地破壞等人為因素的干擾，已使得許多魚種數量銳減或瀕臨滅絕，因此魚類多樣性之保育，漁產的復育已是全球各國政府共同努力的目標。而要達成此項目標必需要先有很好的魚類分類、生態、生物學及漁業資源長期變動的資料庫可供查詢比對，才能探討出究竟是自然 (氣候變遷、聖嬰) 或人為 (過漁、污染、棲地破壞、外來種) 因素之影響，也才能對症下藥，制定合宜之漁業經營管理政策。此外，海域生態環境之影響評估，生態旅遊之解說資料 (潛水賞魚、釣魚、養熱帶魚)，以及以魚為材料的所有科學研究也都需要查詢魚類基本資料。因此，建構一完備且可即時更新的臺灣魚類資料庫十分重要。

三、臺灣魚類資料庫的架構與內容

「臺灣魚類資料庫」是以魚類分類及名錄為核心 (邵等, 2005; 邵, 2009; 邵等, 2012)，利用學名整合魚類影像、照片、文獻、標本、發音、詞彙及分布資料。使用者可由魚名、名錄、照片、各科外型輪廓、字串等各種方法去查詢臺灣魚類資料。資料庫的架構及內容包括：(1) 魚種基本資料庫、(2) 分布資料庫、(3) 文獻資料庫、(4) 標本資料庫、(5) 魚類生態藝廊以及 (6) 其它相關資料—包括世界魚種中名、魚名中文造字檔、魚字旁發音、魚類詞彙、魚類新知及「臺灣魚類誌」之勘誤等，總計超過 100 個動靜態網頁 (參見圖 2 及表 1)。

(一) 分類資料

2012 年數位典藏計畫結束時，資料庫已收錄世界 31,715 種、兩岸 4,984 種及臺灣 3,090 種魚類 (伍等, 2012)，包括分類系統檢索表及同種異名資料 15,810 筆、臺灣魚類新種及新紀錄種名錄、與臺灣 3,090 種魚類及 39 種 IUCN 瀕危和農委會公告瀕危等級魚種之基本解說、拉丁學名發音、生態影像 (1,002 部影片與 3,768 張照片)、骨骼 X 光照 (1,814 張)、生命條碼 (951 種)、耳石 (393 張) 等資料，並提供多種查詢方式，含關鍵字、魚名、名錄、照片、各科外形廓等方式查詢臺灣魚類資料。2012 年更增加了化石魚類之名錄。

在分類系統上依邵等 (2008)，臺灣魚類資料庫採用 Joseph S. Nelson (1994, 2006) 所出版之《Fishes of the World》一書中所整理的高階分類系統架構為主。在軟骨魚類方面，因 Compagno *et al.* (2005) 有提出若干修訂，故未來可能會從其修訂。在真骨魚類方面，Wiley and Johnson (2010) 亦就高階體系作了不少更動。近年來利用 DNA 定序所發表的分子親緣關係研究陸續提出甚多新的論點，未來亦可能被引用作為修訂魚類高階分類系統之依據。學名部分則主要參照 William N. Eschmeyer (1998) 所出版之《Catalog of Fishes》一書，及日後在其網站所更新者 (<https://research.calacademy.org>)。當然也有不少魚類種名因不同學者之見解不一，而難以確定。

表 1、臺灣魚類資料庫中各項類型資料量彙整 (迄 2024 年 12 月底止)

資料類型	細項一	細項二	筆數
分類	名錄檢索	世界魚種	31,715 種
		兩岸魚種	4,984 種
		臺灣魚種	3,487 種
	詳細解說	臺灣魚類	3,246 種
		生態照片	4,184 張
	影像	生態影片	1,024 部
		耳石照片	393 張
		X 光照片	1,924 張
遺傳		基因條碼	951 種
分布	---	---	23 萬筆
標本整合	中央研究院	全部	25,211 筆
		液氮標本	3,762 筆
		酒精標本	3,664 筆
		基因序列	2,162 條
	國立臺灣大學	---	8,629 筆
	國立臺灣博物館	---	1,470 筆
	國立海洋科技博物館	---	1,230 筆
	國立海洋生物博物館	---	6,298 筆
	國立自然科學博物館	---	1,680 筆
	農業部水產試驗所	---	2,970 筆
	國立清華大學	---	495 筆
	國立臺灣海洋大學	---	485 筆
	連江縣政府	---	200 筆
	海外典藏	模式標本	323 筆
		其它	4,879 筆
臺灣魚類文獻	原始描述		1,050 筆
	其它相關		820 筆
其它	中英名詞對照		6,032 筆
	名詞圖說		860 張
	電子書		8 部
	魚字旁字讀音		952 字

(二) 分布資料

收錄歷年各魚類調查研究計畫之成果，分別以不同之地理資訊系統 (GIS) 呈現，目前有淡水特有種魚類、臺灣地區底拖漁業資源資料、深海生物多樣性及東沙生態資源基礎調查研究之資料庫，總計共約 23 萬筆資料。這些資料藉由分布調查點圖程式整合，可於地圖上合併呈現，亦可連結到標本資料，查看單筆資料之詳細資料。未來也希望能逐步擴大整合到主持人其他較長期的環評或環監計畫資料，例如：北

核、南核、八里放流管、離岸風場等之魚類 (包括成魚、魚卵及仔稚魚) 群聚結構及時空分布資料。

此外，為響應全球生物多樣性資訊機構 GBIF 推廣應用 IPT (Integrated Publishing Toolkit) 分布資料共享工具，繼 2011 年 9 月建置 IPT 資料發布站 (<https://ipt.fishbase.tw>) 後，並更進一步應用臺灣底拖魚類分布調查資料為例 (1998 - 2003)，發表臺灣第一篇資料論文 (Data paper) (Shao *et al.*, 2012)。隨後又在 2014 年將國科會支持的臺灣深海魚類調查計畫 (2002 - 2012) 的多年調查資料，同樣發表在 ZooKeys 期刊 (Shao *et al.*, 2014)。

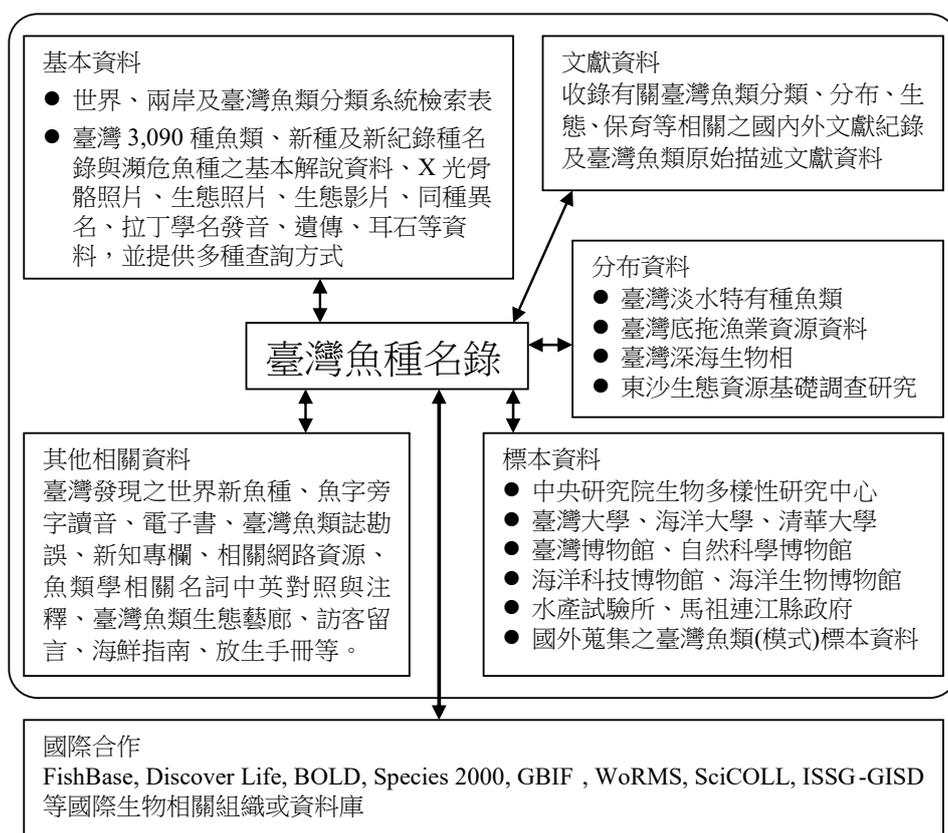


圖 2、臺灣魚類資料庫內容架構 (引自邵等, 2012a)

(三) 標本資料

臺灣的魚類實體標本在 2001 年前均少有數位化，且各單位皆各自管理。所幸在數位典藏一期 (NDAP) 及二期 (TELDAP) 國家型計畫之大力支助下，迄 2012 年止，已整合臺灣十個魚類標本典藏單位共 41,000 餘筆資料，分別為中央研究院生物多樣性研究中心研究博物館 17,547 筆、臺灣大學動物博物館 8,629 筆、臺灣博物館 1,470 筆、海洋科技博物館 1,230 筆、海洋生物博物館 6,298 筆、自然科學博物館 1,680 筆、水產試驗所 2,970 筆、清華大學 495 筆、海洋大學 485 筆及馬祖連江縣政府 200 筆。目前臺灣各單位之標本大多已完成數位化，並利用統一的後設資料 (metadata) 建置資料庫上網公開 (賴等, 2012)。臺灣魚類資料庫也應用了 Google Earth 與 Google Map 標本採集點圖程式，以 Google Map 為圖資，結合現有標本查詢及魚種解說介面，提供完整的標本採集點圖。

此外，由農委會林務局支助典藏之魚類冷凍遺傳組織標本及生命條碼資料庫，迄 2012 年止，共典藏約 1,127 種、3,762 筆液氮標本及 3,664 筆酒精標本資料；備份標本則保存在臺南新化的畜試所種原保存中心。所有標本資料亦可在 TaiBOL 專屬網站上查閱 (<https://taibol.biodiv.tw/>)，包括存取規則及採樣流程等。液氮標本及酒精標本主要目的是在從事分子鑑定或分子演化的研究。生命條碼 COI 之資料亦配合國際之 Fish-BOL 計畫積極建置中，迄 2012 止，已完成約 951 種臺灣魚種 (2,162 條序列) 及 350 種常見之

經濟性魚類，對組織或魚卵、仔稚魚、胃內含物之鑑定，以及系群判別、親緣地理之研究應甚有幫助。

除了國內蒐藏的臺灣魚類標本資料，臺灣也有不少模式標本是流落在國外各大博物館中，欲索回 (repatriation) 這些標本應是不可能，即便這已經是全球之共識，故其標本採集或標本籤之資訊，包括標本特徵之數位圖檔等數位資料應予以蒐集攜回國內，才能完整典藏臺灣的生物多樣性，未來的研究者亦不再需要到國外去檢視標本及查閱資料。臺灣魚類的模式標本主要散佚於八個國家，共約 34 個典藏單位，包括美國加州科學院 (接收自美國史丹佛大學)、美國自然科學博物館 (接收自卡內基博物館；費城)、美國國家自然史博物館 (華盛頓特區)、美國自然史博物館 (紐約)、美國芝加哥田野博物館、法國自然史博物館、英國自然史博物館及哈佛大學比較動物學博物館等。本計畫在數典二期計畫支助下，委請當時的博士研究生何宣慶將散佚在海外 25 個機構的臺灣魚類標本資料 (共 4,879 筆) 整合，並可在同一網頁上列出分散在國內外各機構之魚種標本及其 GIS 地理分布或採集點分布地圖，其中也包含模式標本資料 323 筆。

(四) 文獻資料

主要收錄有關臺灣魚類分類、分布、生態、保育等相關之國內外文獻紀錄共約 1,870 筆，提供學術研究之查詢使用，其中亦包括臺灣魚類之原始命名描述文獻。原始分類描述之報告是從物種鑑定比對，即發表新種前最重要之查證工作。臺灣因缺乏 1950 年以前之分類文獻報告，分類工作往往倍感困難，需自國外取得，而早於 1900 年代前之報告更因紙張脆弱而無法借閱，因此，從國外掃描建檔國內尚缺少之魚類原始描述文獻亦是數典二期計畫中的工作項目之一。計畫初期統計 3,000 種臺灣本土魚種在臺灣找不到的原始描述文獻共約 1,600 篇，臺灣魚類資料庫至 2012 年止，收錄原始描述文獻已達 1,050 篇以上。文獻資料之介面也已與魚種解說介面相互連結整合。生物多樣性遺產圖書館 (Biodiversity Heritage Library) 是世界上最大的生物多樣性數位圖書館。目的在將館藏中 18 - 20 世紀早期的生物分類與生態的文獻與書籍等數位化上網供民眾免費擷取使用。由於臺灣在 1980 年代之前，甚少有魚類文章發表，之後又有智財權問題。所以臺灣並未加入 BHL 的組織及配合收集臺灣的相關文獻。2012 後，雖然臺灣所發表的分類和生態相關文獻甚多，但資料庫因缺乏人力物力，就不再繼續擴充文獻的收集。好在利用 Google 等網路搜尋引擎，只要鍵入文章的標題，大多可以查到該篇文獻的出處及內容，或是透過物種學名的網網相連去查到其他資料庫中該物種的全球研究報告。

(五) 魚類相關資料

收錄有關臺灣魚類之相關知識，例如臺灣發現之世界新魚種、魚字旁字讀音、網路資源及魚類學相關名詞中英對照等。網路電子書則陸續收錄共八部，包含具查詢功能之電子書—農委會漁業署《同意輸入野生動物水產物種圖鑑》、中英文版《臺灣海域魚卵圖鑑》、《臺灣魚類誌》勘誤、2012 甫出版之《拉漢世界魚類系統名典》，及平面式電子書—《臺灣常見魚介貝類圖說 (下) — 魚類》、2010 年《墾丁國家公園海域魚類圖鑑增修壹版》、2011 年《常見魚介貝類圖鑑》、2011 年《正確放生手冊》。其中，臺灣魚類資料庫也依據《拉漢世界魚類系統名典》之資料製作成臺灣、中國大陸及兩岸合併的三種魚類分類階層樹狀名錄，方便使用者快速查詢參考 (邵等, 2012b)。

除了主動提供臺灣魚類的學術性知識，臺灣魚類資料庫也開放與使用者互動的管道，使用者可經由「訪客留言」提問或交換意見，水下攝影愛好者也可藉由「生態藝廊」呈現生動的魚類生態攝影作品。

四、國際合作

臺灣魚類資料庫在數典一期計畫執行初期正好臺灣也以經濟體名義參與「全球生物多樣性資訊網機構」(GBIF)，該機構亦在 2003 年完成標本及物種名錄資料之整合與交換平台，以 Darwin Core 為共通欄位之標準，故臺灣在建構臺灣之 GBIF 窗口 (TaiBIF, <https://taibif.org.tw>)，及建構臺灣生物多樣性資訊網

(TaiBNET, <https://taibnet.sinica.edu.tw>) 時，即遵循 GBIF 之國際規格，也因此臺灣所整合包括魚類在內的動、植物資料 (名錄及標本) 即已提供 GBIF，成為國際上首批資料整合成功的合作者之一。

另與全球魚庫「FishBase」長期且穩定的合作模式亦已成為生物多樣性資料庫從本土到國際之建構典範。內容合作上，臺灣魚類資料庫定期會將臺灣魚類標本、分布資料、文獻資料提供 FishBase，兩個網站間也以魚種為單位相互連結，可交互查詢。透過與「魚庫」之合作，全球「物種 2000」(Species 2000)、「國際分類資訊系統」(ITIS)、及「全球生物多樣性資訊機構」(GBIF) 及各國的國家入口網 (Node) 等之使用者均可獲取臺灣最新的魚類名錄、分布、標本、俗名、照片、地區性研究報告及文獻等資料 (Shao *et al.*, 2007a; 2007b)。技術上，臺灣魚類資料庫過去協助魚庫進行網站中文化，也負責維護 FishBase 臺灣鏡像站，相較於其他七個國家之鏡像站，臺灣鏡像站與德國鏡像站同為目前效能最佳且擁有最完整資料及程式的鏡像站；其它諸如分類系統建置與字元編碼轉換及學名搜尋及俗名搜尋的輔助工具、臺灣鏡像站之網域名稱及網站統計軟體之更新、AquaMap 繪圖效能提升之試驗等，臺灣魚類資料庫皆提供技術支援。甚至於 2011 年 FishBase 七個鏡像站中，有六個被植入攻擊程式，網站全部癱瘓，僅臺灣鏡像站倖免，我方並協助提供 FishBase 菲律賓總部三個解決方案，並轉給其它鏡像站參考。

國際合作交流層面上，臺灣魚類資料庫積極參與國際組織及合作計畫與各國分享資料，如魚類名錄提供給 2002 年建立的「臺灣物種名錄資料庫」(TaiCOL =TaiBNET) 與全球物種名錄 (Catalog of Life; COL) 建置之 Species 2000、ITIS 及全球海洋生物登錄系統 (WoRMS) 合作；魚類組織標本及魚體之存證標本及 DNA 定序資料則由 2004 年建立的「臺灣冷凍遺傳物質典藏及生命條碼資料庫」(TaiBOL) 與國際生命條碼計畫 BOL (Barcode of Life) 交換；英文之臺灣物種解說及俗名資料則由 2008 年建立的「臺灣生命大百科」(TaiEOL) 與生命百科國際合作計畫 EOL (Encyclopedia of Life) 及發現生命 (Discover Life) 二網站做交換；臺灣魚類地理或生態具經緯度的原始資料則由 2003 年建立的「臺灣生物多樣性入口網」(TaiBIF) 與海洋地理資訊系統 OBIS (Ocean Biogeographic Information System) 交換資料。臺灣入侵魚種的資訊則透過 2020 年建立的「臺灣之全球入侵物種資料庫」(TaiGISD 或 TISD) 與 IUCN 之 ISSG 中之「全球入侵種資料庫」(GISD) 接軌交換資料。其他如 2010 - 2013 與歐盟合作進行 Fish4Knowledge 國際合作計畫，提供墾丁海底魚類影像，供開發魚類物種 AI 自動辨識及分析系統。2011 年 9 月臺灣魚類資料庫亦成功申請加入 International Council for Science World Data System (WDS) 組織 (隸屬 International Council for Science, ICSU)，成為其正會員 (Regular Member) 之一。

在兩岸三地合作上，2008 - 2012 年臺灣魚類資料庫亦曾嘗試與中國科學院動物所、水生生物研究所、水產科學院之「漁業綜合信息研究中心」等典藏單位尋求兩岸魚類資料整合之合作機會，但因對方尚在起步階段，故目前尚無甚多進展。2012 年 6 月底與上海海洋大學伍漢霖教授、香港魚類學會莊棣華會長共同合作編修出版《世界拉漢魚類系統名典》，其內容已可在資料庫中公開查詢 (伍等, 2012)。同年於國際生命大百科計畫 EOL-TaiEOL-EOL China 三邊合作圓桌會議，臺灣魚類資料庫也將提供資料做整合。2013 年中國大陸正式啟動《中國生物物種名錄》的編研工作，其中魚類的部分是由中科院動物所張春光的團隊負責，包括淡水魚類；海洋魚類則主要由伍漢霖教授及邵廣昭教授共同負責，後來歷經多年的努力，終於在 2019 年完成，共收錄了 5,032 種 (包括亞種) 中國及臺灣的原生種魚類 (張等, 2020)。

五、加值應用與推廣

臺灣魚類資料庫自 2001 年開放至 2012 年的瀏覽人次統計圖請見圖 3。根據 Google analytics 統計，累積網頁瀏覽量逾 6,800 萬頁，使用者逾 800 萬。圖 4 則是近十年來臺灣魚類資料庫被瀏覽的人次統計。2024 年網頁瀏覽量逾 430 萬頁，使用者逾 148 萬；平均每月上網瀏覽量逾 35 萬，使用者為 12 萬。前六個使用國家依序為臺灣、中國、香港、美國、日本、馬來西亞。顯見本資料庫之豐碩成果已頗為國內外所利用。本資料庫每年平均可接獲約 10 次以上國內外之來信詢問素材授權使用，現也採用創用 CC 授權條款，在姓名標示-非商業性的原則下，一般大眾皆可自行加以利用網站內容。

除了學術性的服務，鑒於過漁、棲地破壞、污染、外來種入侵等人為因素的破壞，以及全球氣候變遷的推波助瀾及加乘作用，漁業資源匱乏已是眾所皆知的事實，臺灣魚類資料庫自 2010 年起進一步提供消費性知識—「海鮮選擇指南」，供消費者實際參與魚類資源保育行動的參考。希望從消費者自己作起，依據「海鮮指南」來買對的魚、吃對的魚，鼓勵只吃符合永續的「綠色海鮮」，包括「底食」及「素食」等運動，加強海洋保育之宣導教育，希望每個人均能由日常生活中來協助海洋保育。2012 年在林務局支助下所出版的《臺灣淡水魚紅皮書》(陳等, 2012)，共有 268 種淡水魚 (不含 37 種外來入侵種) 的解說及分布資料，除其 52 種保育及瀕危魚種需授權才能查詢外，其餘均已對外公開 (<https://sff.biodiv.tw>)。

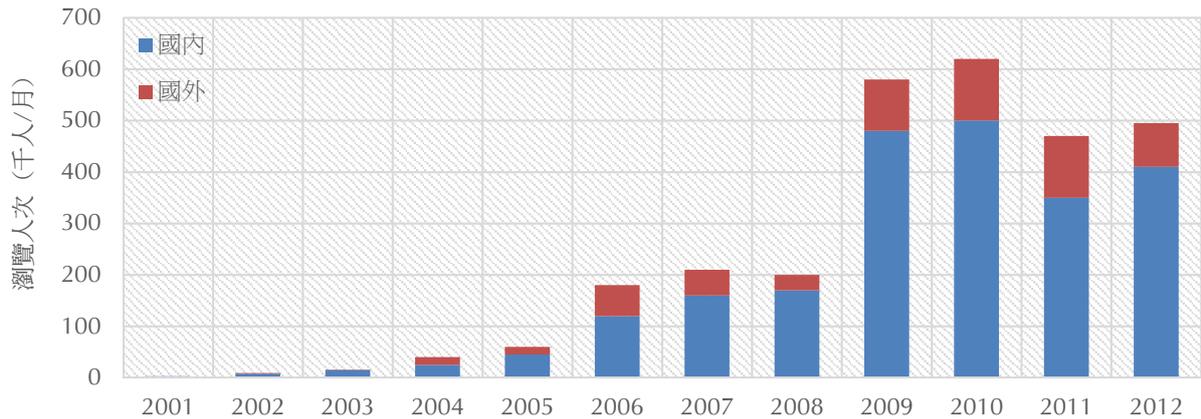


圖 3、自 2001 年至 2012 年 8 月止，臺灣魚類資料庫 (含搜尋引擎之機器連結) 各年度國內外每月平均上網瀏覽人次 (引自邵等, 2012)



圖 4、自 2015 年至 2024 年臺灣魚類資料庫各年度使用者與網頁瀏覽量統計圖

臺灣魚類資料庫豐富的內容也應用在其他科普性產品開發，例如：數典一期計畫期間透過數位典藏創意加值計畫與民間公司開發出的臺灣魚類圖典系統及臺灣自然人文知識庫；二期計畫期間經由經濟部工業局「數位內容產業發展補助計畫」的媒合與民間企業合作開發出的智慧型餐廳、3D 電子魚箱、擴增實境 AR 互動知識卡、Web2.0 海洋生活教育互動學習平台、及電子書與電子期刊等，以期達到寓教於樂之功能。

臺灣魚類資料庫也配合提供素材予數典計畫辦公室下之各類加值應用網站或計畫，提升典藏成果的應用價值，如中央研究院數位典藏應用加值原件圖庫、數典橋接計畫、數典產業化推動計畫或 TELDAP 授權加值平台先導計畫等，除了增加臺灣魚類資料的分享平台，希望也能漸漸提高與外界商業加值利用的合作機會。2011 年 12 月 7 日至 2012 年 4 月 30 日期間也配合中研院數位典藏推廣辦公室的規劃於院

內舉辦「魚樂 e 世代」計畫主題特展。展示內容除了計畫本身之成果外，也展示計畫內外之合作單位與民間業者之成果。臺灣魚類資料庫除了提供專業的學術資源以利臺灣魚類研究外，收錄許多科普內容諸如：認識魚類、臺灣海鮮選擇指南、魚與文化、海洋保育區等相關文章。

六、新版的臺灣魚類資料庫及與舊版的差別

2017 年，考量當時「臺灣魚類資料庫」現有系統已運行超過 15 年，中央研究院數位文化中心 (ASDC) 技術團隊接手維運工作後開始籌畫「臺灣魚類資料庫」系統的改版，以因應後續的資安與長期維運的各種挑戰。當時「臺灣魚類資料庫」內容已累積超過 20 多年，除了基礎的功能 (見表 1) 外，其他各種功能項目盤點後達到 80 多項，逐一改版下來可謂工程浩大。維運團隊當時決定將學術專業與魚類科普內容依據網路上的目標族群重新劃分、整理。將原資料庫區分成以學術研究為主的「臺灣魚類資料庫」以及以科普內容為導向的「魚知識+」兩個子網站 (圖 5)。2018 年起先進行「魚知識+」的科普網站內容重構與建置，2020 年起應用中央研究院數位文化中心發展的「開放博物館」(Open Museum) 技術平台為核心，開始進行新版「臺灣魚類資料庫」系統規劃與改版工程，至 2024 年兩個子網站改版大致完成後對外開放，物種數亦在何宣慶博士的協助提供他及國外學者近十年來所發表的臺灣新記錄種及新種，並修訂許多同物異名之後，物種數已增加到 3,489 種。舊版的網站仍然保留，以便習慣舊版的使用者查詢，但舊版內容已不再更新。



圖 5、改版後的臺灣魚類資料庫區分成以學術研究為主的「臺灣魚類資料庫」以及以科普內容為導向的「魚知識+」兩個子網站

(一) 學術研究性的臺灣魚類資料庫

維運團隊 2020 年起開始逐步整理「臺灣魚類資料庫」原有的各類型資料集，並從最核心與最多使用者應用的臺灣魚類名錄與物種解說資訊開始重構，過程中也重新檢視了過去的資料空缺，並請專人更新與增補部分資訊 (圖 6)。透過多位專家過去幾年協助校定增補後，目前收錄臺灣魚類有效學名近 3,500 種，完成種級與科級的解說超過 3,500 種。另外 2022 年起中央研究院動物標本館 (ASIZ) 管理系統的重建工作亦由 ASCDC 技術維運團隊協助進行，ASIZ 同樣採用「開放博物館」的技術架構，因此也讓同個數位庫房架構下的「臺灣魚類資料庫」可即時連動呈現的中央研究院動物標本館魚類典藏資訊。

除了上述「自然史典藏」資料外，「臺灣魚類資料庫」另一項重要的研究資料為邵廣昭研究員歷年主持各項魚類調查研究計畫的 23 萬筆「物種出現紀錄」資料，在經過重新整理後於 2024 重新上線，同時也發布到臺灣生物多樣性資料庫共通查詢系統 (<https://tbiadata.tw/>) 以供更廣大的使用需求。

在物種多媒體方面，新版系統除了納入原有的影片、圖片外，也透過新的技術架構即時的整合「臺灣生命大百科」與「愛自然-臺灣」(iNaturalist Taiwan) 的多媒體開放資料，未來隨著更多資料集整合到「開放博物館」的服務架構中，「臺灣魚類資料庫」的多媒體資料也將更多元。除了上述重要的資料項目外，仍有數個資料集仍在清理與重整，並尋求各方協力進行更新資料的可能性。為能因應未來不斷演進的資料展示技術，維運團隊採用「收存」與「取用」分離的架構，初期重點工作主要放在完整的「收存」各類型資料，讓後端的數位儲存庫可以穩定的留存這些重要資料，而「取用」資料的方式則可以彈性地採用當前掌握的技術工具與最適合的前端技術，讓網站的使用體驗可以隨著技術發展演進改版，但後端的庫房則可以穩定維持資料保存、管理與更新的任務。

物種屬性	列出臺灣地區特有魚種：共 117 種					
<input type="checkbox"/> 臺灣特有 (117) <input type="checkbox"/> 食用魚類 (37) <input type="checkbox"/> 觀賞魚類 (14) <input type="checkbox"/> 經濟性物種 (9) <input type="checkbox"/> 有毒物種 (6) <input type="checkbox"/> 為本地種但有入侵其他區域案例 (4) <input type="checkbox"/> 絕滅種 (1)	學名	中文名	臺灣名錄 有效性	物種屬性	階層	上層分類
	<i>Brachysomphus longipinnis</i> McCosker & Randall, 2001	長鰭短鰭蛇鰻	valid	臺灣特有	Species	Family: Ophichthidae 鰻
	<i>Pylorobranchus hol</i> McCosker, Loh, Lin & Chen, 2012	何氏守鰭蛇鰻	valid	臺灣特有 食用魚類	Species	Family: Ophichthidae 鰻
<input checked="" type="checkbox"/> 野生動物保育法公告 <input checked="" type="checkbox"/> iucn紅皮書	<i>Dysomma taiwanensis</i> Ho, Smith & Tighe, 2015	臺灣前肛鰻	valid	臺灣特有	Species	Family: Synphobran 合鰻鰻科
	<i>Dysomma opisthoproctus</i>	後鰻前肛鰻	valid	臺灣特有	Species	Family: Synphobran 合鰻鰻科

圖 6、魚種名錄是資料庫中的骨幹，使用者可以從網頁中選擇物種的屬性來羅列該屬性的所有物種。圖中所示是以查詢臺灣地區有哪些特有魚種為例

(二) 科普知識性的「魚知識+」

「魚知識+」子網站的內容以國、高中生為主要族群，對臺灣海洋、魚類有興趣的一般大眾為次要對象。希望透過海洋與魚類知識的整理與展示，讓大家對海洋有更深入、廣泛地認識與理解。網站包含四個主要單元：

單元一、「魚類學知識養成」

運用大量臺灣魚類資料庫的生態與標本照，推廣魚類的基礎知識。涵蓋：魚類的基本認識、魚類的體態構造 (圖 7)、魚類的生活環境以及魚類相關的特殊紀錄。

單元二、「人與魚之間」探討魚類與人類生活的關係

包括：人類如何食用魚類及各種用途、認識臺灣漁法以及臺灣的海鮮文化。

單元三、「與海共好」著重海洋保育教育

收錄邵廣昭 2017-18 年海洋講堂影音賞析、邵廣昭海洋保育等相關文章、分享國內外關於海洋保護區以及國際公約與指標等相關保育推廣文章。

單元四、「魚眼看臺灣」聚焦臺灣水域的魚類特色

展示臺灣特有的魚類棲息地、介紹當地魚類生態特點以及以展覽形式呈現臺灣海洋生態的多樣性。

《魚知識+》網站的特色是將專業的魚類知識轉化為易於理解的教育內容，希望滿足學生的學習需求，也能讓一般大眾對海洋生態有更深入的了解。通過多元化的內容呈現，幫助使用者建立海洋保育觀念。



圖 7、在「魚知識+」之網站中查詢魚類的體態構造時，可以查詢介紹魚類各部位的解說文字

七、未來展望與永續經營

臺灣魚類資料庫過去在數位典藏國家型計畫與中央研究院數位文化中心數典計畫之支持下已有豐碩的成果，在主持人屆齡退休之後，雖無法如過去般投入大量的資源更新資料，但「臺灣魚類資料庫」已是臺灣產官學界重要的魚類資訊來源依據，未來將透過多方協力的模式持續發展。由於資料庫在提供臺灣魚類資訊扮演重要角色，過去由單一團隊維持的資料庫將逐步轉型為由多單位協作的形式運營，透過不同研究機構、政府單位及民間團體的合作，確保資料的更新與維護能夠更加穩定且全面。資料庫的角色仍將以串聯臺灣魚類重要訊息為核心，未來應邀集臺灣各魚類分類專家提供最新研究資訊，並藉由集體力量推動資訊的持續更新，使其不僅能保有權威性，亦能適應快速變遷的生物多樣性研究需求。

近年來，資料開放與整合的概念已在臺灣逐步凝聚，尤其是在 2021 年成立的臺灣生物多樣性資訊聯盟 (Taiwan Biodiversity Information Alliance, TBIA) 的帶動下，跨單位的生物多樣性資料整合成為政府機構重視的工作。「物種出現紀錄」與「自然史典藏」資料的匯集便是該聯盟的核心任務之一，而中央研究院數位文化中心自 2023 年起成為 TBIA 的一員，同時讓「臺灣魚類資料庫」的「物種出現紀錄」亦作為貢獻開放資料的一環。隨著 TBIA 的串聯效應日益顯著，未來將有更多單位開放其生物多樣性資料，「臺灣魚類資料庫」也因此能夠整合更多、更完整的魚類相關資訊，為研究者、政策制定者及教育工作者提供更豐富的資源支援，並持續引領臺灣魚類研究及保育工作的發展。

參考文獻

- 于名振 (2001) 動物系統分類綱要. 水產出版社, 1002 pp.
成慶泰, 鄭葆珊 (1992) 拉漢英魚類名稱. 科學出版社, 296 pp.
伍漢霖, 邵廣昭, 賴春福, 林沛立, 莊棣華 (2012) 拉漢世界魚類系統名典. 水產出版社, 601 pp.
沈世傑 (1984) 臺灣魚類檢索. 南天書局出版, 533 pp.
沈世傑 (1984) 臺灣近海魚類圖鑑. 作者自行出版, 440 pp.
沈世傑 主編 (1993) 臺灣魚類誌. 臺大動物系, 960 pp.
沈世傑, 吳高逸 (2011) 臺灣魚類圖鑑. 國立海洋生物博物館, 896 pp.

- 邵廣昭 (2009) 臺灣魚類資料庫. 網路電子版, version 2009/01 (<http://fishdb.sinica.edu.tw>) (2012-8-27).
- 邵廣昭, 林永昌, 林欣樺 (2005) 臺灣魚類資料庫之現況與展望. 自然物及生物多樣性資料庫整合研討會 (2005.09.30 - 10.01), 自然科學博物館, 8-18.
- 邵廣昭, 林欣樺, 林永昌, 林沛立 (2012a) 臺灣魚類數位典藏之現況與未來展望《臺灣生物多樣性與地質資料庫 - 數位典藏國家型科技計畫「生物與自然主題小組」成果彙編》. 中央研究院生物多樣性研究中心, 1-10.
- 邵廣昭, 何宜慶, 林永昌, 林沛立, 林欣樺 (2008) 臺灣魚類物種多樣性之研究及資料庫之現況. 2008臺灣物種多樣性 - I. 研究現況 (邵廣昭, 彭鏡毅, 吳文哲 主編), 行政院農業委員會林務局, 249-258.
- 邵廣昭, 伍漢霖, 張春光, 林永昌, 麥館碩, 紀力強, 林沛立 (2012b) 兩岸魚類種數之統計及名錄整合的困難與解決方案. 中國魚類學會2012年學術研討會 (2012.09.15 - 18), 甘肅蘭州.
- 陳兼善, 于名振 (1986) 臺灣脊椎動物誌 (增訂二版). 臺灣商務印書館, 臺北.
- 陳義雄, 曾嘒賢, 邵廣昭 (2012) 臺灣淡水魚類紅皮書. 行政院農業委員會林務局, 242 pp.
- 張春光, 邵廣昭, 伍漢霖, 趙亞輝 (2021) 《中國生物物種名錄》第二卷: 動物 / 脊椎動物 / V. 魚類 (上, 下冊). 科學出版社, 北京, 900 pp.
- 劉瑞玉 (2008) 中國海洋生物名錄. 科學出版社, 1267 pp.
- 劉敏, 邵廣昭, Yvonne Sadovy, 陳驍 (2024) 中國海洋魚類圖鑑. 海峽出版發行集團 / 海峽書局.
- 賴昆祺, 邵廣昭, 林永昌, 陳麗西, 柯智仁, 李瀚, 李香瑩, 許秀雯, 許正欣, 麥管碩, 游輝宏, 蔡素甄 (2012) 生物多樣性標本典藏之資料整合及技術發展回顧. 《臺灣生物多樣性與地質資料庫-數位典藏國家型科技計畫「生物與自然主題小組」成果彙編》. 中央研究院生物多樣性研究中心, 135-144.
- Chiu, T. S. and K. T. Shao (1991) Fish fauna database in Taiwan. CODATA Bull., 5: 89-96.
- Compagno, L., M. Dando and S. Fowler (2005) A Field Guide to the Sharks of the World. Harper Collins Publ. Ltd.
- Eschmeyer, W. N. (ed.) (1998) Catalog of Fishes (3 vols.) Special Pub., California Acad. Sci., San Francisco, 2905 pp.
- Nelson, J. S. (1994, 2006) Fishes of the World (3rd - 4th ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Shao, K. T., Y. C. Lin and H. H. Lin (2007a) Linking the Taiwan fish database to the global database. Data Sci. J., Spe. Iss. 20th CODATA Conf. Beijing, 164-171.
- Shao, K. T., Y. C. Lin, C. H. Wu, H. M. Yeh and T. Y. Cheng (2012) A dataset from bottom trawl survey around Taiwan. ZooKeys, 198: 103-109.
- Shao, K. T., Y. C. Lin, H. M. Yeh, M. Y. Lee, L. S. Chen and H. W. Lin (2014) A dataset of deepsea fishes surveyed by Research Vessels in the waters around Taiwan. ZooKeys, 466: 103-110.
- Shao, K. T., C. I. Peng, E. Yen, K. C. Lai, M. C. Wang, J. Lin, H. Lee, Y. Alan and S. Y. Chen (2007b) Integration of biodiversity databases in Taiwan and linkage to global database. Data Sci. J., Spe. Iss. 20th CODATA Conf. Beijing, 2-10.
- Tzeng, C. S. (1986) Distribution of the freshwater fishes of Taiwan. J. Nat. Taiwan Mus., 39 (2): 127-146.
- Wiley, E. O. and G. D. Johnson (2010) A teleost classification based on monophyletic groups. In Origin and Phylogenetic Interrelationships of Teleosts (J. S. Nelson, H. P. Schultze and M. V. H. Wilson eds.), Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany, 123-182.

A Review of the 35-Year History of the Taiwan Fish Database

Kwang-Tsao Shao^{1,2*}, Shih-Pin Huang¹, Cheng-Hsin Hsu³, Hui-Yi Chang³,
Chien-Ho Hsu³ and Hsuan-Ching Ho⁴

¹Biodiversity Research Center, Academia Sinica

²Institute of Marine Biology, National Taiwan Ocean University

³Academia Sinica Center for Digital Cultures

⁴Department and Graduate Institute of Aquaculture, National Kaohsiung University of Science and Technology

Abstract

The "Taiwan Fish Database" (<http://fishdb.sinica.edu.tw>) is arguably the earliest and most popular biodiversity database in Taiwan. It was established around 1990 by the Fish Ecology and Evolution Laboratory of the Institute of Zoology at Academia Sinica, and has a history spanning more than 35 years. The database originally began by collecting and organizing the most recent species names and geographic distribution of fish in Taiwan, and later expanded to include specimen collections, species descriptions, and bibliographies, among other academic content. In 1998, with support from the "Taiwan Research Networking Project" at Academia Sinica, it began to take on a more public outreach direction. Starting in 2001, it received project support from the National Science Council's National Digital Archives Program, allowing for rapid improvements in content and information technology, and making it a key partner of the global FishBase. Due to its comprehensive, authoritative, and fully open-access content, it has been highly valued and recognized by both domestic and international academia. In 2011, it became a Regular Member of the World Data System (WDS). However, due to security issues and aging systems, the database was taken over in 2016 by the Academia Sinica Center for Digital Cultures (ASCDC) for ongoing management and updates. The original database was split into two sub-websites: "Taiwan Fish Database" (focused on academic research) and "Fish Knowledge+" (aimed at public education). After the 2024 update, the new version was launched with an expanded species list of nearly 3,500 species. The old version of the site is still available for users accustomed to it, but it is no longer updated. This article provides an overview of the database's origins, its development into an international resource, the importance of open-access data, and future directions for continued progress.

Key words: biodiversity database, fish knowledge, ichthyology, Taiwanese fishes, database history

*Correspondence / E-mail: zoskt@gate.sinica.edu.tw

～英譯中特稿～

臺灣魚類分類史的回顧

邵廣昭^{1,2*} · 何宣慶^{3,4,5}

¹ 中央研究院生物多樣性研究中心；² 國立臺灣海洋大學海洋生物研究所

³ 國立高雄海洋科技大學水產養殖系；⁴ 國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心；⁵ 澳洲博物館

摘要

臺灣光復後魚類學的研究也是從分類開始，確認魚類的種名是從事魚類生態、生物學（年齡成長、食性、生殖成熟、生理、行為）、生活史、洄游、演化、保育及資源永續利用的第一步。學術文章要發表也得要先確定魚種的學名，才能夠做到科學最重要的條件，可重現性以及可比較性。

陳兼善教授是臺灣最早魚類分類研究的推手，他在 1956 年出版的《臺灣脊椎動物誌》中，共記錄 870 種魚類，被用作大學魚類分類學的課本長達 40 年之久。梁潤生及沈世傑教授算是第二代。沈教授自 1967 起在國立臺灣大學動物系講授魚類分類學亦長達 40 年。他 1993 年主編的《臺灣魚類誌》共整理出 2,028 種。上過沈老師課的學生算是第三代，包括莫顯蕃及邵廣昭專攻海水魚類，曾晴賢則專攻淡水魚類，後來他們都拓展到生態、演化和保育等不同的領域；畢業於日本東京大學的國立臺灣海洋大學的陳哲聰教授則專攻軟骨魚類分類及漁業生物學。

2000 年後第三代老師們所指導的碩博士生，如陳餘鑒、王弘毅、莊守正、陳正平、陳義雄、陳鴻鳴、何宣慶、廖運志、李茂燮、邱詠傑等算是第四代，他們所指導的學生們則是第五代。他們除了利用傳統形態之外，也利用 DNA 或生命條碼作了許多目、科或屬的系統分類學的研究，包括分類整理及探討類緣關係等。前後共發表了至少 400 種以上的世界新種及上千種的臺灣新紀錄種，成果豐碩，真可謂是長江後浪推前浪，江山代有人才出。

另外，還有幾位從海外直接學成回國表現傑出的學者，如陳韋仁、廖德裕、林秀瑾等在分子親緣關係的探討，林千翔應用耳石或其他化石在魚類分類及重建古生物多樣性及生物地理學方面的研究。臺灣在魚類分類學研究的實力堅強，這與臺灣優越的地理位置以及豐富的魚類多樣性有直接的關聯。除了成魚的分類外，在魚卵和仔稚魚方面，利用生命條碼鑑種的方法也有很好的成績。臺灣魚類資料庫的建置迄今也有 35 年的歷史，在國內外頗受歡迎及好評。故臺灣能在 2005 年及 2025 年爭取到在台北主辦第 7 屆和第 12 屆的印度太平洋魚類會議，也為臺灣帶來許多魚類研究的契機。

本文的內容除了介紹上述從事臺灣魚類分類學研究的主要學者及其在分類上的貢獻之外，亦就魚類分類系統的演進、臺灣標本典藏的狀況、資料庫中魚種數的統計、臺灣魚類地理分布的類型及其形成的機制、魚卵及仔稚魚的分類、海峽兩岸魚類研究的合作交流，以及魚類分類研究的困難及展望等分別作扼要的整理，希能為臺灣魚類分類研究留下歷史性的紀錄。

一、臺灣魚類分類學研究的世代傳承

(一) 外國學者研究時期 (1758 - 1927 年)

有關臺灣淡水魚類的研究可追溯至 1858-1866 年間，英國領事 Robert Swinhoe (1836 - 1877) 到臺灣進行採集。他將採集到的 28 種標本賣給大英博物館，後由時任館長的魚類學家 Albert Günther (1830 - 1914) 在其著名的《大英博物館魚類目錄》中記錄有臺灣魚類 16 種，其中 1868 年出版的第七集中描述 7 個淡水魚新種，這也就成為臺灣魚類分類學研究的開端 (Günther, 1868)。之後，Boulenger (1894) 與 Regan (1908) 分別描述 1 個及 10 個新種。加拿大馬偕博士 (George L. Mackay, 1844 - 1901) 在臺行醫期間也採集過魚類，在其著作中也記錄過臺灣的 18 種魚類 (吳, 2001)。

原文出處：Kwang-Tsao Shao and Hsuan-Ching Ho (2025) A Review of the Taxonomic History of Taiwan's Fishes. Mar. Res., 5 (1): 1-39 (DOI:10.29677/MR.202506_5(1).0001)

*通訊作者 / E-mail: zoskt@gate.sinica.edu.tw

1896 - 1899 年間，日本技師多田綱輔 (Tsunasuke Tada) 在臺灣從事採集工作，這一批樣本送到美國史丹佛大學，並由 Jordan and Evermann (1902) 發表臺灣魚類 186 種，包含 2 個新屬，17 個新種，為史上第一次有系統研究臺灣魚類，並將臺灣魚類介紹給西方世界。約同一時期，德國昆蟲學家 Hans Sauter (1871 - 1943) 在 1902 年間到臺灣採集，這一批標本輾轉透過在日本的標本商被賣到歐美數個國家，並由 Jordan and Richardson (1909) 發表 286 種臺灣物種，包含 1 個新屬及 9 個新種，以及先前的 Jordan and Evermann (1902) 記錄的 186 種。另外 Jordan and Snyder (1908) 報導臺灣產 3 新種的鰱科魚類。

此階段真正比較深入研究臺灣魚類的應為日本魚類學家大島正滿 (Oshima Masamitsu, 1884 - 1965)。他在 1919 年發表了《臺灣淡水魚類之研究》，記述了臺灣魚類 76 種 (包含 15 新種)。同年，Jordan and Oshima (1919) 發表了臺灣鱒 (櫻花鉤吻鮭) (*Oncorhynchus masou formosanus*)。Oshima (1920) 又發表了兩篇相關論文，總共記錄了臺灣魚類 59 種，包含 4 個新屬及 10 個新種，奠定了臺灣淡水魚類研究的基礎。此外 Oshima 也研究臺灣的鯛科、蝦魚、鮨科及牙鮭科等海水魚物種。日本岡田彌一郎與松原喜代松 (Kiyomatsu Matsubara, 1907 - 1968) 1938 年合著的《日本產魚類檢索》書中收錄臺灣魚類 283 種。岡田的另一著作《日本脊椎動物目錄》(岡田, 1938) 則收錄有 430 種，但大多缺乏標本及文獻的依據。總之，臺灣光復前的魚類研究均為歐美及日人所為，共記錄過臺灣的魚類將近 500 種。

(二) 第一代分類學者 (1945 - 1970)

抗戰勝利後，陳兼善教授 (Chen Johnson Ta-Fu) (1898 - 1988) 到臺灣接管臺灣博物館、臺灣大學等，出任臺灣博物館館長，兼臺灣大學教授。1955 年，轉到臺中東海大學執教，創設魚類標本館。1956 出版了《臺灣脊椎動物誌》共整理出 870 種，是當年大學魚類分類學的課本，長達 40 年之久。期間他與共同作者共計發表 14 個魚類新種 (Chen, 1948, 1963; Chen and Liang, 1948, 1949; Chen and Weng, 1965a, b, 1967)，也多次整理臺灣的軟骨魚、比目魚跟鰻魚物種。Chen (1963) 發表了兩個臺灣所發現的新種鯊魚，分別為鄧氏沙條以及擬背斑琵琶鮫。對臺灣動物學界的啓蒙與貢獻，無人可望其項背。

同一時期，水產試驗所第七任所長鄧火土 (Teng Huo-Tu) (1911 - 1978) 負笈前往日本求學，師事松原喜代松，並在 1959 - 1962 年間，發表 11 個軟骨魚新種以及臺灣第一個盲鰻新種 (Teng, 1958, 1959a, b, c, d)，對於臺灣軟骨魚的研究有深遠影響及貢獻。時任鄧火土所長的助理楊鴻嘉 (Yang Hong-Chia) 則擅長於魚類的手繪圖，採集諸多樣本供其進行研究，並發表過一些臺灣的新紀錄魚種，以及金門和南沙群島的魚類調查報告。許多學者所發表的報告或書籍均可在《臺灣魚類資料庫》中的魚類文獻中查到，故在此就不一一羅列。

(三) 第二代分類學者 (1970 - 1990 年)

陳兼善退休後到上海博物館任職，他將所收集的文獻全部留給東海大學生物系的于名振 (Yu Ming-Tzeng) (1928 - 2011)。後來于根據文獻及書籍又整理出版了《臺灣脊椎動物誌 - 增訂版》(陳與于, 1986)，共羅列了 2,252 種魚類。他也中譯過第四版的《國際動物命名規約》，由水產出版社出版 (于, 2002)。臺大動物系梁潤生教授，師承陳兼善，專攻淡水魚類的分類，當年在國立臺灣師範大學兼魚類分類學的課時，李信徹 (Lee Sin-Che) 是他修課的學生，所以算是第二代。李畢業後先在北門中學任教，因勤於採集及發表分類報告，受到梁教授的賞識，乃聘他到師大擔任助教兩年，後來李老師到英國 Bristol 大學，在鰻虎魚類分類權威 Peter Miller 的指導下獲得博士學位。回國後即受梁老師推薦到中研院動物所任職。開始和當時留日回國專攻漁業生物學的張崑雄 (Chang Kun-Hsiung) 合作開始調查研究臺灣的魚類，從魚市場及潮間帶開始，發表了在臺灣南北部及澎湖潮間帶所採的 30 餘種新記錄種 (Chang *et al.*, 1969, 1971, 1973)。Chang *et al.* (1978) 又以水肺潛水方法增加了 40 種臺灣新記錄種的珊瑚礁魚類。1980 - 1990 年，李信徹在中研院動物研究所所刊分別發表了一些在三仙台及蘭嶼潮間帶魚類的分類和生態調查報告 (Lee, 1980a, b)。他後來也從傳統形態分類做到分子演化，直到 2017 年退休。

將臺灣魚類分類研究發揚光大的非臺大動物系沈世傑 (Shen Shih-Chieh, 1926-2025) 教授莫屬。他 1959 年赴日本東京大學進修，期間曾至香港中文大學研究，最後於 1966 年以香港的比目魚為題取得東大博士學位，並於次年返回臺大任教，直到 1999 年榮退。之後仍繼續講授魚類分類學亦長達 40 年。他在教學之餘，亦勤於分類研究。他從魚市場或水族館購買，潮間帶採集或購自遠洋漁船之漁獲標本中，共發現過 3 個新屬、40 幾種新種，以及上百種臺灣新紀錄種。1970 年代，他證實過去被認為是兩個不同種的管鼻鯻 (*Rhinomuraena quaesita*)，生命週期中的 3 個不同色相其實是同一種：稚魚是黑色，藍色為雄魚，黃色為雌魚 (Shen, 1974)。之後他又證實蓋刺魚科 (Pomacanthidae) 也有類似的現象，雌雄體色不同，但與管鼻鯻相反，是先雌後雄 (Shen and Liu, 1978)。

(四) 第三代分類學者 (1990 - 2000 年)

在修過沈老師分類課的學生中，莫顯喬 (Mok Hin-Kiu) 及邵廣昭 (Shao Kwang-Tsao) 專攻海水魚類，並拓展到生態、行為、演化和保育的不同領域。他和黃秉乾院士共同指導的曾晴賢 (Tzeng Chyng-Shyan) 則專攻淡水魚類，從形態作到分子演化。他在 1978 - 1984 年曾進行廣泛之調查與採集，出版過《臺灣的淡水魚類》(曾, 1986)。較完整的整理是在 1992 年在中研院所舉辦的「臺灣生物資源調查及資訊管理研習會」的論文中 (Shao *et al.*, 1992) 記錄了淡水魚 151 種。邵廣昭的碩士論文是沙鯪科系統分類 (Shao and Chang, 1978)，畢業後在張崑雄教授研究室擔任研究助理，利用水肺潛水開始調查珊瑚礁魚類，使珊瑚礁魚種數大幅增加，其中也有不少新種，如臺灣園鰻 (Shao, 1990)。1983 年底自美紐約州大石溪分校專攻數值分類學，學成返臺後重新投入魚分工作。陸續和陳正平及陳義雄共同發表天竺鯛、牛尾魚、隆頭魚及鰕虎魚等 (Shao and Chen, 1987)；以及和陳鴻鳴共同發表新屬新種的臺灣鬍鯻 (*Cirrimaxilla formosa*) (Chen and Shao, 1995) 和多個裸胸鯻新種 (Chen *et al.*, 1996, 2008)。國立臺灣海洋大學陳哲聰教授 (1943 - 2008) 1977 年畢業於日本東京大學，專攻軟骨魚類的分類及生物學的研究，他的團隊在鯨鯊胎生的研究成果轟動國際海洋生物學界 (Joung *et al.*, 1995)。

1985 年起，由國科會支助國內多位魚類分類學者，包括沈世傑、李信徹、莫顯喬、陳哲聰、邵廣昭、陳春暉及曾晴賢分年分科重新採集及清查各地標本館內典藏 2,010 種，包括 75 種淡水魚類，1,953 種海洋魚類，其中盲鰻綱 8 種，軟骨魚綱 146 種，硬骨魚綱 1,799 種 (圖 1)。此書共刪除了陳與于 (1986) 書中缺少標本、文獻依據及誤鑑的數百種魚種，另新增數百種新紀錄魚種。

長年旅居巴西的學者趙寧 (Labbish Chao Ning) 是國際研究石首魚的權威，曾在 2003 年在 Manaus 市主辦過第 83 屆美洲爬蟲及魚類學者協會 (ASIH) 的國際會議，後來擔任 IUCN 的瀕危物種評估小組石首魚科的召集人。他退休後曾到臺灣的國立海洋生物博物館擔任客座研究員，發表新種臺灣叫姑魚 (*Johnius macrorhynchus*) (Chao *et al.*, 2019)。並在臺灣國立中山大學的陳孟仙 (Chen Meng-Hsien)、張至維 (Chang Chih-Wei) 等共同指導過博士生 Hafiz Hanafi 整理過臺灣的石首魚科魚類 (Hanafi, 2023)。



圖 1、臺灣魚類誌部分作者們合照 (1993)。由左至右：前排-李信徹、沈世傑、莫顯喬；後排-邵廣昭、陳哲聰、陳春暉

(五) 第四代分類學者 (2000 - 2010 年)

2000 年代初期，莫顯蕎及他的學生陳餘鑒 (Chen Yu-Yun) 利用深海魚籠之採集方法成功地採到不少蛇鰻 (snake eels) 及合鰓鰻 (cutthroat eels) 的物種 (Mok *et al.*, 1991; Chen and Mok *et al.*, 1995, 2001)，另外郭建賢 (Kuo Chien-Siang) 專門研究臺灣盲鰻 (hagfishes)，先後發表 8 個新種，包含後被提升為亞科的紅尾盲鰻 (*Rubicundus rubicundus*) (Kuo *et al.*, 1994, 2010; Mok and Chen, 2001; Mok and Kuo, 2001a, b)。陳哲聰的學生王大明 (Wang Ta-Ming) 使用水試一號試驗船所採集的樣本，針對臺灣的燈籠魚科 (Myctophidae) 進行分類，共計鑑定出 16 屬 40 個種 (Wang and Chen, 2001)。

隨後邵廣昭和海洋大學甲殼類分類專家陳天任 (Chen Tien-Jen) 合作，2002 - 2012 年在國科會之支助下開始引進法國研究用之小型深海捕撈網具 beam trawl 和 otter trawl，利用海研一、二、三號及水試一號試驗船，可採集到 3,000 - 4,000 公尺以上的深海魚類。再輔以民間底拖漁船可達 600 公尺之底拖網作業，深海魚類乃得以大幅增加。特別是他指導的碩博士或博後在金鱗魚 (squirrelfishes)、天竺鯛 (cardinalfishes)、隆頭魚 (wrasses)、牛尾魚 (flathead fishes)、鰕虎魚 (gobies)、花鮨 (anthias)、狗母魚 (liardfishes) 及准雀鯛科 (dottybackes) (陳正平 Chen Jeng-Ping) (Chen *et al.*, 1990; Chen and Shao, 1993, 1995, 2000, 2002; Gill *et al.*, 1995; Randall *et al.*, 2003, 2007; Chen *et al.*, 2007) 等 8 個新種；燈籠魚目 (Myctophiformes) (王明智 Wang Ming-Chih) (Wang and Shao, 2006)、巨口魚目 (Stomiiformes) (廖運志 Liao Yun-Chih) (Liao *et al.*, 2006a, b, 2009, 2011)、鮫鱈目 (Lophiformes) (何宜慶 Ho Hsuan-Ching) (Ho and Shao, 2004, 2007, 2008, 2010a, b, c; Ho *et al.*, 2009, 2011)、鼠尾鱈科 (Macrouridae) (邱美倫 Chiou Mei-Lun) (Chiou *et al.*, 2004a, b)、舌鰻科 (Cynoglossidae) (李茂熒 Lee Mao-Ying) (Lee *et al.*, 2009a, b, 2014)、鼬鰻目 (Ophiformes)、黑頭魚科 (Alepocephalidae) (葉信明 Yeh Hsin-Ming) (Yeh *et al.*, 2005, 2006a, b)、蛇鰻科 (Ophichthidae) (邱詠傑 Chiu Yung-Chieh) (Chiu *et al.*, 2013, 2018, 2022) 等類群作分類整理，發表了不少新種與新記錄種。但由於臺灣的新記錄種增加甚多，因此有不少未正式文獻紀錄。之後，更多的新記錄種都只有陸續登錄到臺灣魚類資料庫中而已。2008 年，邵廣昭等報導了臺灣南部、南海北部及南海諸島的魚類 2,133 種。其中，盲鰻綱 10 種、軟骨魚綱 80 種、硬骨魚綱 2,043 種 (Shao *et al.*, 2008)。

在淡水魚部分命新種最多的是海大的陳義雄 (Chen I-Shiung)，他是邵廣昭 1992 - 1994 年指導之碩士生，也是英國 Bristol 大學 Peter Miller 教授 1996 - 1999 年指導的博士生，專長於鰕虎科魚類及淡水魚類。他自 1994 年起與方力行及韓僑權等人合作，出版了《臺灣淡水及河口魚類誌》(陳與方, 1999) 及一些新種的報告。他及曾晴賢與邵廣昭等受林務局委託編撰《臺灣淡水魚類紅皮書》，評估淡水魚類的瀕危等級，曾以三年期間在臺灣所有的大小河川進行詳盡的採樣及分類研究，又發現了許多疑似新種的淡水魚 (陳等, 2012)。近期亦協助編撰 Zootaxa 熱帶魚類多樣性國際研討會特輯論文等 (Chang *et al.*, 2024)，也於特輯發表了 28 種世界新種。總計，他自 1995 年起迄今，在鰕虎科 (Gobiidae)、鯉科 (Cyprinidae)、爬鰻科 (Balitoridae)、怪頰鱗科 (Adrianichthyidae)、鮭科 (Bagridae)、三鰭鰻科 (Tripterygiidae) 等海水、河口及淡水魚種共發表 4 個新屬 105 個新種，對東亞地區魚類分類有重要貢獻。在臺灣水域所發表共計 2 個新屬 48 個新種，物種佔比約 46%，其中有 31 種為淡水魚類或河口魚類 (Chen *et al.*, 1995, 1996, 1998, 2002, 2006a, b, 2008b, 2009; Chen and Fang 2003, 2009; Chen and Chang, 2007)，17 種為海洋魚類。最特別的是臺灣東部發表的台塘鱧屬 (*Formosaneleotris*) (Chen, 2024)。

(六) 第五代分類學者 (2010 年 -)

陳哲聰指導的學生莊守正教授；曾晴賢指導的碩士生廖德裕；邵廣昭指導的博士生陳正平、陳鴻鳴、何宜慶、廖運志、李茂熒、邱詠傑等人算是第五代。在他們共同的努力下，臺灣的魚種總數在近 15 年內已大幅增加到近 3,500 種。譬如莊守正於 2004 年及 2013 年分別發表了臺灣沿近海域軟骨魚類 9 個新紀錄種，他的學生伍晟禮 (Ng Shing-Lai) 於 2024 年針對燈籠鮫屬 (*Etmopterus*) 物種的研究，發表一個在臺灣發現的新種 (*E. lii*) (Ng *et al.*, 2024)。

國立臺灣海洋大學陳鴻鳴教授專攻鯨科分類，他的學生羅嘉豪 (Loh Kar-Hoe) 現任教於馬來西亞大學，從事鯨科魚類的分子類緣關係及生殖研究，也曾發表過幾個新種的裸胸鯨 (moray eels) (Loh *et al.*, 2012, 2015)。陳鴻鳴和邵廣昭以及美國的 Dr. Thomas Munroe 共同指導的李茂熒主要專長為舌鰻科魚類 (Cynoglossidae) 以及底棲深海魚的分類研究，曾發表過臺灣 8 個新種，包含 5 種無線鰻屬 (*Symphurus*)，2 種花鱸屬 (*Chelidoperca*) (Lee and Munroe, 2021; Lee, 2022)。邱詠傑則專攻蛇鰻科 (Ophichthidae)，從成魚作到魚卵及仔稚魚，也發表過幾種新種 (Hibino *et al.*, 2019; Chiu *et al.*, 2022)。

中山大學的廖德裕 (Liao Te-Yu) 畢業於斯德哥爾摩大學，與他的學生黃文謙 (Huang Wen-Chien) 研究鯨科的系統學和系統地理學。迄今已描述了 7 個新種 (Huang *et al.*, 2020, 2021, 2024)。此外，也發表了鯨科魚類自然雜交的第一個記錄案例。曹德祺 (Chou Tak-Kei) 則整理出臺灣的鮎科 (Scorpaenidae) 共有 29 屬 85 個物種，發表 1 個新屬、1 個新種及 3 個新記錄種 (Chou *et al.*, 2022, 2023, 2024)。他的學生莊維誠 (Jhuang Wei-Cheng) 則專精於淡水鰕虎魚亞科 (Sicydiinae) 的系統分類學和親緣地理學，並描述新種黃瓜鰕虎 (Jhuang *et al.*, 2024)。

何宜慶在碩博士期間主要以鮫鱈目 (Lophiiformes) 物種為研究標的，前後研究了蝙蝠魚亞目 (Ogcocephaloidei)、棘茄魚科 (Ogcocephalidae)、鮫鱈科 (Lophiidae)、單棘躑魚科 (Chaunacidae) 等，先後發表 54 個新種，也是當前全球鮫鱈魚分類專家。2010 到海生館任職後，密集的在臺灣的漁港及魚市場採集標本，為海生館增加上萬筆標本典藏，他在許多硬骨魚科，譬如擬鱸科 (Pinguipedidae) (Ho *et al.*, 2010c, 2012)、狗母魚科 (Synodontidae) (Ho *et al.*, 2016)、鱈形目 (Gadiformes) (Iwamoto *et al.*, 2009, 2011; Ho, 2019)、以及裸蜥魚科 (Paralepididae) (Ho *et al.*, 2019a, b) 等也有深入的研究。迄今共發表 2 新屬、154 個新種，其中 81 種產自臺灣。此外，他也與東華大學學生馬文鈞 (Ma Wen-Chun) 共同發表臺灣產單棘躑魚新種 (Ho and Ma, 2022)，與海大學生鄧志毅 (Tang Chi-Ngai) 發表臺灣花鱸類新種 (Tang *et al.*, 2020; Tang and Ho, 2021) 以及伍晟禮發表新種蛇鰻及甕鯙 (Ho *et al.*, 2022; Ng *et al.*, 2023)。蘇又 (Su Yo) 於中山大學畢業後於何宜慶實驗室工作，將研究類群拓展到金眼鯛類 (Berycida)，目前已發表數個新紀錄科、新種與新紀錄 (Su *et al.*, 2023a, b, 2024; Su and Ho, 2024)。總計，何為臺灣增加了數百種的新記錄種，對了解臺灣海水魚種的多樣性貢獻甚大。

陳義雄和其學生黃世彬 (Huang Shih-Pin) 及王慎之 (Wang Shen-Chi) 則陸續在臺灣發表過許多溪流、河口及海岸濕地的淡水及洄游性的鰕虎科魚類 (Wang *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 2022)，黃世彬發表了鰕虎科 1 個新屬 4 個新種及蛇鰻科 1 個新種 (Chen *et al.*, 2013; Huang *et al.*, 2013; Huang *et al.*, 2016a, b; Chiu *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2024)。陳義雄指導的江敏嘉 (Chiang Min-Chia) 專攻三鰭鰻科魚類，共計發表了 3 個新種 (Chiang and Chen, 2008, 2012)。其指導之印尼籍方威廷 (Tonisman Harefa)，則專攻海水鰕虎，特別是 *Trimma* 以及 *Priolepis* 各發表 1 新種 (Chen and Harefa, 2024; Chen *et al.*, 2024)。李賢恩則已發表臺灣之鰕虎魚類 2 個新種 (Chen and Li, 2024; Li and Chen, 2024) 以及重新確認吉氏纓口鰻 (*Formosania gilberti*) 之有效性 (Yeh *et al.*, 2024)。

(七) 近 20 餘年外國學者在臺研究紀錄

早年國際上若要研究臺灣魚類的分類研究多以借用標本為主，且多集中在臺大以及中央研究院標本館。由於對於臺灣魚類的不熟悉，往往會跳過臺灣，僅使用日本、菲律賓等地樣本。這個現象在 2005 年，第七屆印度太平洋魚類會議時有了一個相當明顯的轉折點。在印度太平洋魚類會議期間，吸引全球學者造訪臺灣，除了到標本館檢視標本外，也在漁港進行採集。此後有多個新種是在會議期間所採集的，例如臺灣棘鰻 (*Acanthopagrus taiwanensis*) (Iwatsuki and Carpenter, 2006)、臺灣電鰻 (*Torpedo formosa*) (Haas and Ebert, 2006)、黃棘頸斑鰻 (*Nuchequula mannusella*) (Chakrabarty and Sparks, 2007)、南瓜鰻 (*Scorpaena pepo*) (Motomura *et al.*, 2007) 等。此外也創造了許多合作研究的契機，在未來的 20 年中，仍持續有外國學者前來臺灣進行採集及研究。

在 2000 年起，邵廣昭便透過各種經費支持，邀請國際專家前來臺灣指導學生。例如加州科學院 Tomio Iwamoto (鼠尾鱈) 及 John McCosker (蛇鰻)、美國華盛頓大學的 Ted Pietsch (深海鮫鱈)、美國 NOAA 的 Tom Munroe (舌鰷) 以及美國 Smithsonian 的 David Smith (鰻形目) 等，除了指導訓練學生外，也有諸多的研究產出 (Chiou *et al.*, 2004a, b; Ho and Shao, 2004; Iwamoto *et al.*, 2009, 2015; Lee *et al.*, 2009, 2014; Lee and Munroe, 2021)。

2010 年後，何宜慶邀請世界多位知名軟骨魚類專家在臺灣進行研究工作坊，出版臺灣軟骨魚研究專刊，共記錄臺灣軟骨魚 181 種，也將臺灣的軟骨魚多樣性推向全球前五名。後又邀請 John McCosker、Yusuke Hibino 等學者來台，也親赴美國 Smithsonian 與 David Smith 進行研究，並組成合作研究團隊共同合作研究臺灣鰻魚，先後出版兩本鰻魚研究專刊，包含 30 多個新種以及 40 多個新紀錄種。加上近年的研究結果，已經確認臺灣的鰻魚有近 250 種，為全球鰻形目多樣性最高者 (Ho *et al.*, 2015, 2018)。何宜慶與時任博士後研究員的小枝圭太 (現任職於琉球大學) 共同整理臺灣南部魚類，並在 2019 年出版《臺灣南部魚類圖鑑》紀錄，涵蓋 60 個新種、116 個新紀錄種，另有諸多可能的新種。全書共計 1,406 個物種，補齊了許多臺灣深海魚類的紀錄。

二、魚類分類系統及研究工具的演進

20 世紀的 30 年代，我國魚類學研究一般採用 Jordan (1923) 的分類系統，1955 年蘇聯科學家 Lev S. Berg (1876 - 1950) 結合現代和化石的材料提出一套完整的 Berg 系統 (Berg, 1947)。後來中國魚類學家王以康 (1958) 在他撰寫的《魚類分類學》中就採用了這一套系統。Greenwood *et al.* (1965) 因受到支序學派 (Cladistics) 的影響，對分類系統做了較大幅度的修改，傾向以探索演化關係或親緣關係來建立的分類系統才是最自然的系統的學說，後來歐美魚類學家也普遍接受了這樣的系統。

Joseph S. Nelson (1976, 1984, 1994, 2006) 前後共出版了四個版本的《世界魚類》(Fishes of the World) 一書，該書中的分類系統是目前國際上最常被採用的系統，它其實也是源自於 Greenwood 的系統。但 Nelson 書中收錄了所有已知現生和化石的類群，並就高階分類單元 (taxa) 做了特徵的描述，並提供各分類群物種數的最新統計數字。

然而魚類的分類系統會隨著時代、魚種及標本之增加，以及分類工具與方法的演進而日趨完善 (邵, 2009)。Nelson 教授於 2011 年過世之後的第五版則是在 Terry C. Grande 及 Mark V.H. Wilson 的協助下修訂出版 (Nelson *et al.*, 2016)。然而此版採用了許多分子演化的研究結果，其中某些類群的分類階層變動較大，並未被一些傳統形態分類學者所認同，因此引發不少爭議。再加上分子系統分類學的研究報告越來越多，仍不斷對各分類階層的架構及名稱在作修改的建議。因此迄今國際上對魚類的分類的系統尚無共識，所採用的分類系統及若干魚類的學名也不完全相同，譬如，「全球魚庫」(FishBase) (Froese and Pauly, 2024)、加州科學院 (CAS) 的「魚種物種名錄資料庫」(Eschmeyer's Catalog of Fishes)、「世界海洋生物名錄資料庫」(World Register of Marine Species; WoRMS) 以及「全球海洋生物多樣性資訊系統」(Ocean Biodiversity Information System; OBIS)。但原則上仍以 Nelson (2006) 為主，再部分採用 2016 版的新系統的架構及名稱。

中國過去的分類系統傳統上仍依據 Rass and Lindberg (1971) 之分類系統，自伍等 (1999, 2012) 所編的《世界拉漢魚類名典》及《世界拉漢魚類系統名典》，以及張等 (2021) 所出版的中國魚類物種名錄一書中才開始改採 Nelson (2006) 第四版的分類系統。在軟骨魚類方面，未來則可依 Compagno *et al.* (2005) 進行修訂。臺灣魚類資料庫 (Taiwan Fish Database) 自從 1997 年開站以來，採用的分類系統都是跟著 Nelson 書的新版本內容作更新。但資料庫在 2024 年改版完成後所採用的分類系統則主要參考 CAS 的 Eschmeyer's Catalog of Fishes，少部分採用了 Nelson 第六版的系統。

邵廣昭指導的學生林秀瑾 (Lin Hsiu-Cin) 完成臺灣文昌魚的系統分類研究後，到美國加州大學聖地牙哥分校 Scripps 海洋研究所攻讀博士，從事鰻亞目 (Blennioidei) 魚系類的統分類，專長以分子標誌進行

演化探討。她回到中山大學後，與何宜慶共指的學生生蘇又發表了 2 個新紀錄種及 4 個新種 (Su *et al.*, 2022a, b, 2023a, b, 2024)。

陳鴻鳴指導的菲藉馬樂娣 (Marites Ramos-Castro)，現任教於菲律賓 Isabela State University，專精於鰻形目魚類腦顱骨骼學的比較研究，曾發表過鰻形目 (Anguilliformes) 及鱒科 (Muraenidae) 的腦顱形態比較解剖的文章 (Ramos-Castro *et al.*, 2020, 2021)。

魚耳石的形態具有高度的分類學特異性，因而也被應用於分類學 (Mediodia *et al.*, 2024) 及系統學 (Nolf, 1985, 1993, 2013; Schwarzshans, 2014)。此外，耳石是碳酸鈣的結晶，容易保存在沉積物中。因此耳石遺骸是重建過去魚類群聚的有力工具 (Lin *et al.*, 2019, 2023)。中研院的林千翔 (Lin Chien-Hsiang) 畢業於義大利巴里大學，專長於古生物地理學。他應用耳石在魚類分類學上也有一些報告發表 (Ho and Lin, 2022; Ng *et al.*, 2024)，以及從各種化石遺址重建古生物多樣性和古生物地理學 (Lin *et al.*, 2018, 2021, 2023; Lin and Chien, 2022)。

臺大海研所的陳韋仁 2001 年畢業於法國巴黎第六大學，著重於高階真骨魚類之親緣關係研究以及印度-西太平洋區海洋生物地理學之研究。近年來利用環境 DNA 協助海保署調查臺灣周邊水域海水魚類的分布。他自 2009 返台迄今已發表 79 篇研究報告，主要包括證明骨鰾魚類 (Ostariophysi) 早期的演化與古大陸分離及大陸漂移有關；研究龍占科 (Lethrinidae) 魚類大眼白蠟 (large-eye seabreams) 的種化及擴散機制，支持海洋生物多樣性不平均分佈模式之起源中心假說；指導學生如羅珮純 (Lo Pei-Chun) 和陳貞年 (Chen Jhen-Nien) 等綜合形態學、化石和生物地理學的證據探討條鱸魚綱 (Actinopteri) (Chen and Mayden, 2010)、Acanthomorpha (Chen *et al.*, 2014)、Elopomorpha (Chen *et al.*, 2014)、Sciaenidae (Lo *et al.*, 2015)、Pleuronectoidei (Campbell *et al.*, 2019)、Actinopterygii (Chanet *et al.*, 2023)、Ophidioidei (Wong and Chen, 2024) 的分類系統。

三、臺灣魚類的標本典藏及魚種數統計

早期臺灣魚類標本典藏以在水試所 (鄧火土) 及東海大學 (陳兼善、于名振) 為多，省博館現改制為台博館也有一些，但只有一件模式標本。臺大動物系在 1990 年前沈世傑的積極蒐藏下乃成為臺灣魚類標本的最大典藏。但到了 2000 年代後，在李信徹及邵廣昭的努力下中研院動物所已後來居上，成為臺灣魚類最完整的典藏機構，並於 2004 年由動物所轉移到新成立的生物多樣性研究中心。海生館 (張至維、何宜慶)、海大 (陳義雄)、清大 (曾晴賢)、科博館 (張廖年鴻)、中山大學 (莫顯喬、廖德裕) 的蒐集下亦典藏有不少標本。特生中心也有不少淡水魚的標本。至於仔稚魚標本則以臺大 (丘臺生 Chiu Tai-Sheng) 最具規模。

以上這些標本在 2001 年前均少有數位化，並各自管理。所幸在數典一期 (NDAP) 及二期 (TELDAP) 國家型計劃之大力支助下，目前臺灣各單位之標本大多已完成數位化，並利用統一的後設資料建置資料庫，並上網公開。目前已數位化之魚類標本典藏數量依序別：中研院 (25,211)、臺大 (8,652)、海生館 (6,298)、水試所 (2,470)、科博館 (1,680)、臺博館 (1,470)、海科館 (1,230)、海大 (500) 以及清大 (500)。產於臺灣的模式標本總數約 1,300 尾，其中有 300 筆標本，目前散佚在國外，已利用數位典藏計畫陸續尋回資料及照片，並加入臺灣魚類資料庫中。可惜數典計畫結束之後，各館所是否有繼續在作標本數位化及上網更新的工作則不得而知。至少未再經過臺灣魚類資料庫或是 TaiBIF 之網站作橫向整合。

臺灣魚類種類之增加也隨著分類學家的努力，在近 20 年來正快速地累積增加，從 1993 年底《臺灣魚類誌》中所記載之 43 目 237 科 2,028 種；到 2008 年中臺灣魚類資料庫所登錄之 47 目 290 科 3,008 種。2010 年，邵廣昭主編的《2010 臺灣物種名錄》書中共收錄產於臺灣的生物 51,218 種。動物界有 34,154 種，其中魚類有 2,897 種，去除 111 種淡水魚，共收錄海洋魚類 2,786 種。包括盲鰻綱 11 種、軟骨魚綱 168 種、硬骨魚綱 2,607 種。同年，陳正平等 (2010) 報導了出現在墾丁海域的魚類 1,154 種。2018 年為 48 目 298 科 3,121 種；到 2024 年增加到 304 科 3,480 種，平均每年約增加 15 種。

根據何宜慶的最新統計數字，迄 2024 年底止，模式標本中包含產地為臺灣的新種 495 種，扣除 114 種無效種或疑問種後，有效種為 381 種。其中約有近 80 種為純淡水，約 400 多魚種為海水或汽水種。如以世代區分：1960 - 1990 年代 (沈世傑) 增加 41 種新種；1990 - 2000 年代 (邵廣昭) 增加 60 種；2000 - 2024 年代後也因生命條碼工具的應用，新種快速增加了 232 種。換言之，大部分的新種都是在 2000 年後所增加的，這顯示臺灣魚類分類的研究不但是後繼有人，而且更加發揚光大 (圖 2)。

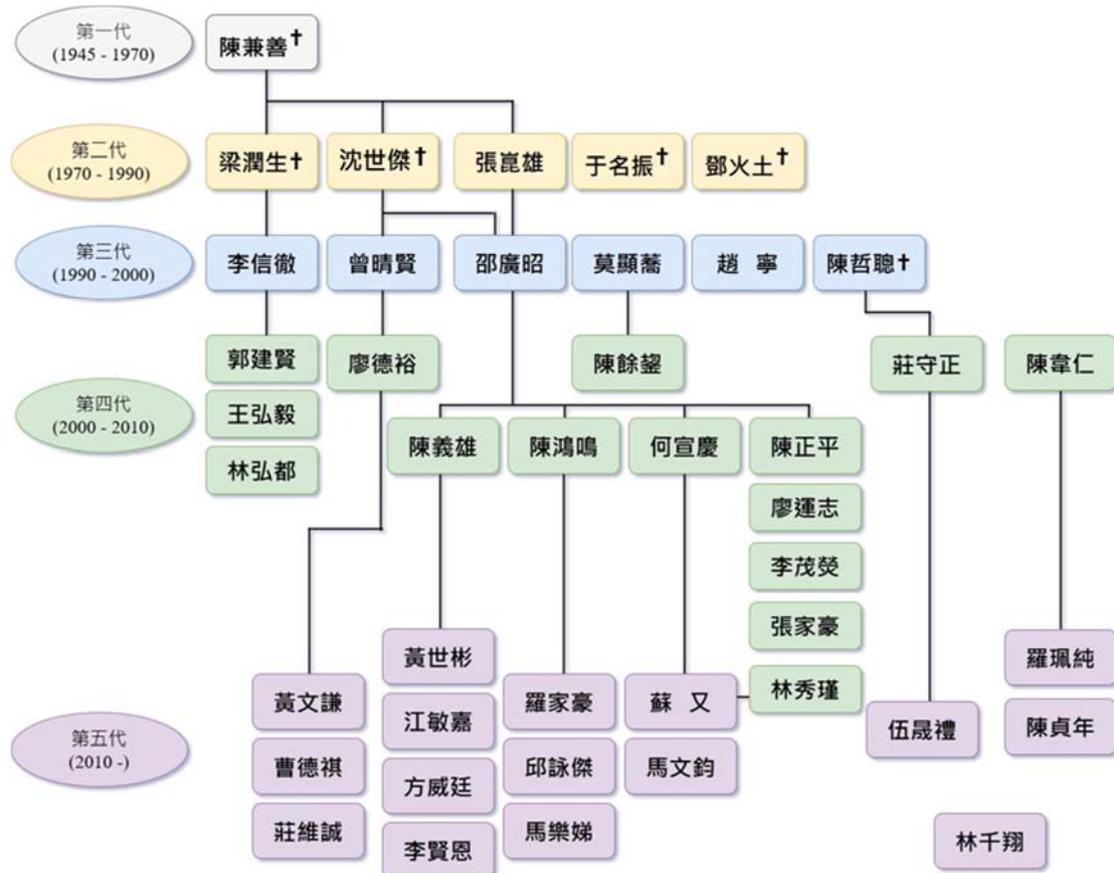


圖 2、臺灣魚類分類學者自 1945 臺灣光復後迄今依師生關係可略分為五個世代，人數至少在 50 人以上。納入本譜系圖的學者以具有博士學位或教職，且曾發表過新種，目前或未來仍積極從事魚類系統分類研究者為優先考量

近 20 餘年來，海生館、中研院以及臺灣大學的標本典藏大量成長，也吸引許多國際學者前來進行研究。澳洲 Northern Territory 博物館的 Barry Russell (Nemipteridae、Synodontidae) 多次造訪臺灣進行研究。澳洲維多利亞博物館 Martin Gomon (*Cherodon*、*Hoplostethus*、*Chlorophthalmus*)、美國自然史博物館 John Sparks 團隊 (Leiognathidae)、鄰近日本的鹿兒島大學 Hiroyuki Motomura 實驗室、北海道大學 Kunio Amaoka (Bothidae)、Kazuhiro Nakaya (軟骨魚類)、Toshio Kawai (Peristidiidae) 團隊等在近年內均有多次造訪紀錄，且亦採集大量樣本進行研究比對，也直接促成許多的合作研究發表 (Chakrabarty *et al.*, 2010; Nakaya *et al.*, 2013, 2020; Russel and Ho 2017; Amaoka and Ho, 2018, 2019, 2022)。

此外，由農業部林業及自然保育署支助典藏之魚類冷凍遺傳組織標本則典藏在中研院生物多樣性研究中心，共有約 2,020 種、5,689 件液氮標本及 14,345 筆酒精標本；備份標本保存在新化的畜試所種原保存中心。所有標本資料均可在網站上查閱，包括存取規則，採樣流程等 (<https://taibol.biodiv.tw/>)。液氮標本及酒精標本主要目的是在從事分子鑑定或分子演化的研究。生命條碼 COI 之資料庫亦配合國際之 Fish-BOL 計畫在積極建置中。相信對未來的魚卵、仔稚魚、成魚及其胃內含物之鑑定，以及系群判別、親緣

地理及海洋保育之研究應甚有幫助。譬如，張家豪 (Chang Chia-Hou) 2015 年畢業於交大生物科技學系，專長為演化生物學及親緣基因體學。曾就鱒鮠亞科 (Acheilognathinae) 魚類進行親緣關係的探討，認為本科有約 72 個物種和 6 個有效屬 (Chang *et al.*, 2014)。近期也發表過尖牙鱸屬 (*Synagrops*) 的一種隱蔽的新種 (Mediodia *et al.*, 2024)。他曾整理發表過臺灣條鰭魚類生命條碼的清單 (Chang *et al.*, 2017)；並利用條碼檢驗市售的水產品是否有欺騙消費者的情況 (Chang *et al.*, 2016)。

林千翔曾在數位典藏國家型計畫 (TELDAP) 的支援下，協助海生館的張至維 (現服務於國家海洋研究院)，收藏了上千種魚類耳石的標本典藏在中央研究院生物多樣性研究中心，也出版了魚類耳石圖鑑 (Lin and Chang, 2012)。中研院的生物多樣性研究博物館，除了典藏成魚標本外，也有骨骼的 X 光照片，以及部分魚卵和仔稚魚的標本，均可利用臺灣魚類資料庫來查詢。

四、臺灣魚類的地理分布、地理親緣及其形成機制

1990 年代，邵廣昭在國科會及農委會之支助下，開始對臺灣及離島各地珊瑚礁 (潛水) 及沙泥地 (底拖) 魚類群聚結構進行有系統分年分區的調查，以及地理分布之研究與魚類資料庫之建立。根據研究結果除了增加甚多新種與新記錄種之外，亦可推斷出臺灣海洋魚類分布的類型及造成臺灣魚類及海洋生物多樣性甚高的主要原因，包括：(1) 臺灣地理位置優越，正好位在全球最大歐亞大陸板塊及陸棚區的邊緣，同時具有深海及陸棚的海洋環境；(2) 全球海洋生物物種最繁茂的東印度群島 (East Indies Archipelago) 或珊瑚大三角 (coral triangle) 的北緣；(3) 位於東海、南海及黑潮三個大海洋生態系 (large marine ecosystem) 的交會處，具「生態交會帶」(ecotone) 之效應；(4) 臺灣海域棲地的多樣性非常高，這包括了複雜的底質、地形、水深、海流與水溫等生態因子的多樣化，造就出珊瑚礁河口、紅樹林、沙灘、潟湖、岩岸各種不同海岸海洋生態系，適合各種不同海洋生物棲息成長。如本島西岸皆為沙質淺灘，臺灣海峽平均深度不過 50 公尺，除水中表層的洄游魚種外，均為沙泥底棲魚種。此外西海岸還有不少河口與紅樹林。東岸外海水深則可達數千公尺以上，孕育著許多奇形怪狀的深海魚類。珊瑚礁則分布在臺灣南北兩端及澎湖、小琉球、綠島及蘭嶼幾個離島；(5) 由於東部、南部及小琉球等離島主要受到溫暖黑潮北上的影響，與北部及澎湖受大陸閩浙沿岸冷水流南下影響不同，造成溫度在冬季時南北可差到 4 - 5°C。也因此臺灣南北海域海洋生物的物種也有著明顯的差異，其分界線在東北角以及澎湖之東吉島附近 (Shao *et al.*, 1999, 2002) (圖 3)。此外，臺灣也有不少由冰河期海面升降所造成種化，形態極為相似、血緣關係最近的姐妹種的太平洋種及印度洋種的「成對種」(geminant species)，同時在臺灣的東、南及北、西兩側出現。像這樣只有 394 公里長的島嶼卻可以同時擁有兩種不同的海底景觀與生物種類的確難能可貴，這也提供了學者從事系統分類、地理分布、生態保育、資源利用等等最好的研究地點和材料。

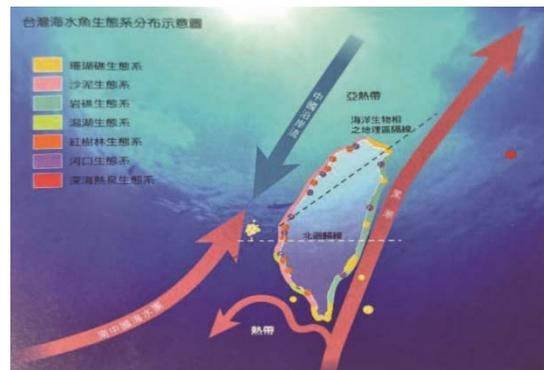


圖 3、臺灣海水魚類分布的類型主要受海流及棲地 (生態系) 型態所影響 (引自邵等, 2004；遠流出版社)

至於在淡水魚的地理分布及其形成機制在國內則有不同的見解與分區方法，從曾晴賢早期根據各區代表魚種分布狀況所分的東部、南部及北中部三個地理區 (Tzeng, 1986; Shao *et al.*, 1992)，乃至東、南、西北、西南、恆春及蘭嶼的六個地理區 (陳與方, 1999) (圖 4)。無論是鯉科、爬鰻科及鰕虎科魚類的物種分類新論述及其分子親緣學分析上，都有長足的進展。依照臺灣的魚種新分類資訊及地理分區，將臺灣淡水魚類的生物地理區，已界定包括有：I 北臺灣區；II 中臺灣區；III 南臺灣區；IV 恆春半島區；V 東臺灣區及 VI 蘭嶼綠島區 (無初級性淡水魚)。

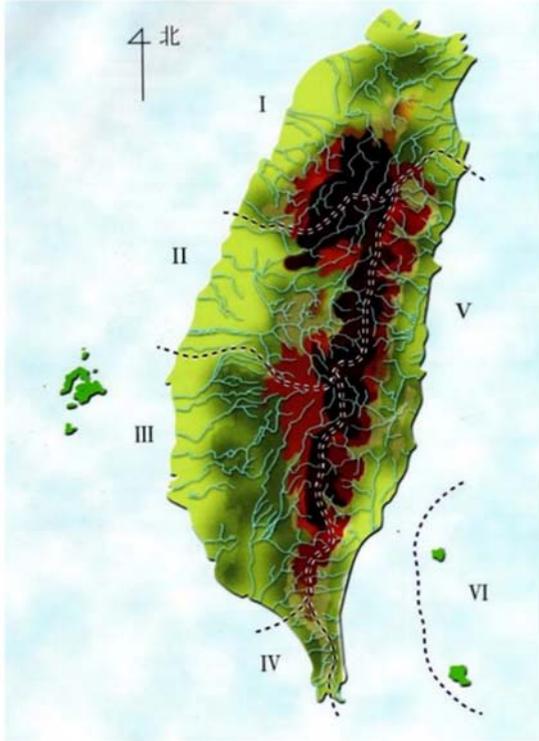


圖 4、臺灣淡水魚類地理分布的類型可區分為東、南、西北、西南、恆春及蘭嶼的六個地理區 (陳與方, 1999)

路徑：由福建閩江進入臺灣苗栗臺地水系，例如：臺灣鏟頰魚 (*Onychostoma barbatulum*) (Wang *et al.*, 2004)、臺灣石賓 (*Acrossocheilus paradoxus*) (Ju *et al.*, 2018)；南起源路徑：由廣東蓮花山以東水系進入臺灣南部水系，例如：條紋小鯽 (*Barbodes semifasciolatus*) (Wang *et al.*, 2023)。而若干兩側洄游或其仔稚魚會下海的種類如大吻鰕虎 (*Rhinogobius gigas*) (Liao *et al.*, 2021)、日本禿頭鯊 (*Sicyopterus japonicus*) (Ju *et al.*, 2013)，則可能藉黑潮等洋流由南擴散而來。

五、魚卵與仔稚魚的分類概況

魚類的早期生活史又稱浮游魚類 (ichthyoplankton)，也是浮游動物中的一類，包括魚卵 (fish eggs) 及仔稚魚的不同發育時期。Helfman *et al.* (2009) 又將仔稚魚分成變態前的仔魚期 (larvae) 和變態後的稚魚期 (juvenile) 兩個不同的時期。魚類的分類學家實際上又可分為成魚、仔稚魚及魚卵三種分類學家。成魚分類專家的人數常是仔魚和魚卵專家的十倍以上，主要的原因也是因為仔魚的體型小、特徵少，分類困難的緣故。

臺灣最早的魚卵分類是在邵廣昭的研究室開始嘗試，除了依卵的形狀、卵徑大小、油球的大小數目外，還可以利用電顯觀察卵膜及卵門的形態 (Chen *et al.*, 1999, 2007)，譬如邵等於 1995 - 2000 年在鹽寮灣核四廠海域利用光學和電顯鑑定出約 150 種，並出版《臺灣海域魚卵圖鑑》(Shao *et al.*, 2002a, b)。仔魚的分類則以臺大動物系丘台生教授過去在執行國科會的黑潮計劃時蒐集最多，並曾出版過《臺灣的仔稚魚圖鑑》(丘, 1999)。水試所的王友慈博士、中山大學的謝弘諺及廖德裕，海生館的呂明毅及海大的李明安等亦曾在執行不同的計畫時作過仔稚魚的分類工作。但如只利用形態常有無法確認種別的問題。

所幸 2003 年利用粒線體中片段的 DNA，如 CO1，約 450 個鹼基序列，可作為辨識物種的生命條碼 (barcode of life) 的方法被提出和推廣之後 (Herbert *et al.*, 2003)，對於海洋生物的分類、生態、演化及保育的基礎研究和應用有突破性的進展。特別是解決了魚卵和仔魚過去若只用形態來鑑定種類可能會有高達七至

近 20 多年來由於分子系統分類學研究成果所發表的 SCI 期刊點數較高，所以許多第四代老師在指導碩、博士學生除了傳統形態分類方法外，也包含分子演化或地理親緣關係在內。譬如，李信徹退休後仍和他所指導過的學生臺大醫學院的王弘毅 (Wang Hurng-Yi) 及在臺南市立第一中學教書的林弘都 (Lin Hung-Du) 和其他的一些學者，以 DNA 定序投入淡水魚地理親緣的研究，比較大陸與東南亞及東北亞地區相似種、近緣種或族群遺傳結構而得以驗明正身 (新種、亞種、有效種或特有種)，以及其起源與擴散路徑或種化之機制等等 (Chang *et al.*, 2016)。

他們認為臺灣的淡水魚親緣地理區依照中央山脈、桃園台地、苗栗台地、臺灣堆等地區分為四區，分別為蘭陽淡水區、頭前後龍區、中部地區 (大安、大甲、大肚、濁水)、東南部地區 (曾文、高屏、花蓮、秀姑巒、卑南) (Wang *et al.*, 2004; Liao *et al.*, 2008; Lin *et al.*, 2008; Jean *et al.*, 2014; Chang *et al.*, 2016; Chiang *et al.*, 2017)。



圖 6、第一屆海峽兩岸魚類學研討會在清大舉行。第一排左起：曾晴賢、陶錫珍、倪怡訓、武雲飛、邵廣昭、趙寧、沈世傑、陳湘麟、王建平



圖 7、兩岸魚類學家聚首中研院。左起：何舜平、曾晴賢、李信徹、邵廣昭、陳宜瑜、沈世傑、陳毅峰、劉振鄉（圖片來源：臺灣水產熱訊，1999 年 04 月 27 日）



圖 8、「第七屆印度太平洋魚類會議」與會者合影（2005 年 5 月 16 - 20 日在臺北福華文教會館舉辦）

位到二十幾位老師、研究生受邀或自由報名參加，發表口頭研究報告或貼海報，邵廣昭則每次受邀作過八次的大會報告，題目從臺灣魚類的分類、地理分布、生態保育、魚類資料庫、魚卵及仔魚的研究、海洋保護區到漁業資源的永續等等。但在 2016 年以後因兩岸關係趨於緊張而告中斷。其間最大規模的兩岸交流應屬 2005 年由邵廣昭在臺北所舉辦的「第七屆印度太平洋魚類會議」(The 7th Indo-Pacific Fish Conference; IPFC7) 曾邀請四十多位大陸的學者前來參加與 IPFC 同時舉行的海峽兩岸魚類學會議(圖 8)。後來臺灣魚類學會每年的會員大會及學術研討會雖然也開放或鼓勵大陸的學者或學生前來報名參加，但人數越來越少，到 2010 年左右就暫告中止。臺灣魚類學會歷任的理事長則在繼沈世傑及邵廣昭之後，分別由曾晴賢、黃鵬鵬、蕭仁傑及廖德裕接任，任期為三年，可連任一次。今年 2025 年 6 月所舉行的會員大會將辦理理監事的改選。

兩岸魚類學者的正式交流，雖然暫告中斷，但是學者間個別的交流或邀訪則並未中止。譬如曾晴賢經常受邀前往大陸指導淡水的保育及魚梯的建造；陳義雄及其學生黃世彬等人經常前往大陸沿海的福建及廣東省採集從事淡水魚分類的研究；邵廣昭亦和北京的中科院動物所及上海水產大學從事兩岸魚類物種名錄的建置及資料庫的交流合作，具體的成果包括與上海水產大學伍漢霖教授(1934 - 2022) 合作，臺灣水產出版社出版的《拉漢世界魚類名典》(伍等, 1999)、《拉漢世界魚類系統名典》(伍等, 2012)、與張春光合作由大陸科學出版社出版的《中國生物物種名錄. 第二卷. 動物. 脊椎動物 (V) 魚類》(張等, 2022)，以及與廈門大學劉敏教授合作，由海峽書局出版的《中國海洋魚類圖鑑》(劉等, 2024)。至於兩岸學者共同合作發表的學術期刊論文也有一些，包括陳義雄、曾晴賢和林弘都的淡水魚類的分類文章，邵廣昭的海水魚類系統分類文章等等。伍漢霖生前所編撰出版的《中國海洋及河口魚類檢索》有請臺灣的一些學者協助，負責若干科的撰寫，共收錄 3,711 種，也包括了臺灣的一些魚種 (伍與鐘, 2021)。

七、魚類分類研究的困難及展望

臺灣魚類分類雖然也和其他生物類群的分類一樣遭遇到同樣的困境，亦即不少領導者會認為分類學是一門傳統及落伍之學科，故在職缺及經費上被大幅刪減，以致傳統形態分類人才不斷流失。不少分類學者

不得已只好同時亦兼做生態及演化之研究。

目前國科會及許多科研單位對生物學科常會採用之文章的影響指數 (Impact factor; IF) 的計分方式更是對分類研究者十分不利。例如在評比個人研究成果時，只看 SCI 期刊之排名或 IF 之高低，亦即該報告或期刊在三年內被引用的次數為依據，而不看該文章被引用的年代長短 (half life)。也因此將同行人數甚少的分類學界，與同行人數甚多的分生或演化的社群來做比較時，分類學者即十分吃虧，因為在三年內分類報告會被引用到的機會要遠比分子演化的報告要少許多。且許多重要的分類報告常是以專刊、專書、圖鑑或資料庫的形式發表，或在非 SCI 期刊上發表，文獻被引用之次數雖多，但卻未被納入研究成績。此一不公平的評比方法如不改善，分類學的研究勢將因在新聘、升等或續聘上缺乏競爭力而日益式微。這也是何以願意從事傳統形態、解剖、生理方面的年青學子會越來越少，而多數的學生寧可從事以分子為主的演化、地理親緣研究的原因。未來的因應對策仍是應鼓勵學生均需擅長於某一類群的傳統分類學，再進一步利用包括分子在內的其他工具來探討演化、生態、生理、保育乃至仿生學的研究才能避免頭重腳輕，見樹不見林的問題。

臺灣魚類多樣性快速消失是另外一個更大的危機。其原因一般公認為：人為因素的 (1) 過漁及誤捕、(2) 棲地破壞、(3) 污染、(4) 外來種以及自然因素之 (5) 氣候變遷。臺灣溪流淡水魚種的瀕危物種已從過去的 10 種增加到現在的 18 種。海水魚類則應以過漁的問題最為嚴重，根據最近所做的電廠撞擊及潮間帶魚類的長期調查 (Chen *et al.*, 2015; 何, 2024)，顯示大型經濟價值高的種類及數量已大量消失，增加的是三鰭鰻或鰻虎等體型甚小的魚類。長此以往，不但未來可能會吃不到海裡的野生魚類，潛水看不到美麗的珊瑚礁魚類，學生想要從事魚類分類的研究，也很可能會採不到研究材料了。

雖然，生物多樣性公約締約方會議，在 2000 - 2010 年曾要求各國要重視與加強分類學之研究，並提出全球分類學倡議 (Global Taxonomy Initiative)，但仍難見其成效。當年國際上也在大力推動生物多樣性資訊之整合，或生物多樣性資訊學 (biodiversity informatics)，藉資訊科技之進步，文獻、標本分布、影音資料庫之建立，使得分類學家在進行研究工作時更為迅速便捷。臺灣也順應了國際的潮流趨勢，藉由 2001 年行政院頒布的生物多樣性推動方案，訂定要加強分類學能力建設及建置生物多樣性資料庫並公開分享，包括工作項目、期程和指標，如支持分類學研究、編撰生物誌及建立資料庫等等。因此在 2004 - 2014 年的十年內陸續出版了十本以上不同類群的生物誌，但是其中並沒有包括魚類誌在內。這段期間內，坊間出版的魚類圖鑑雖多，但是多半以科普教育及商業價值為考量 (邵等, 2004)。學術性以分類為主的魚類圖鑑較少，只有沈世傑和吳高逸的《臺灣魚類圖鑑》(沈與吳, 2011) 及小枝圭太與何宣慶合著的《臺灣南部魚類圖鑑 I & II》(小枝與何, 2019)。

臺灣魚類分類研究之實力在國際上已相當領先，也因此 2005 年 5 月臺灣獲得「第七屆印度太平洋魚類會議」之主辦權；2007 年 9 月亦獲邀主辦「第二屆國際生命條碼會議」；2025 年 6 月將再主辦「第十二屆印度太平洋魚類會議」及「亞洲魚類學會議」。因此我們很希望政府能重視及加強基礎的分類研究工作，重視、善用及維護好臺灣得天獨厚的生物多樣性資源。展望未來，最急迫的工作應是需要培養年青優秀的分類人才，以便能夠傳承接棒，更希望政府能支持分類學者進行研究與普查，生物誌的編撰與出版，博物館標本的改善與擴建，人才的培訓及任用，以及資料庫之整合與維運等等。

八、未來展望與永續經營

本文的完稿，首先要謝謝嚴宏洋教授的邀請，他讓第一作者在退休八年半後，還能有幸為推動臺灣魚類分類的研究盡一份心力。如果從光復後首位魚分學者陳兼善先生算起，迄今歷經約 80 年裏，應已傳承到了第 5 代。雖然全球基礎分類學的日漸式微，人才流失已成為生物多樣性保育的另一項危機，但臺灣的魚類分類的水準及研究成果卻仍能耀眼國際，主要原因除了臺灣本身具有豐富的魚類多樣性之外，應屬第 3 - 4 代若干魚分學者在近 20 年來的傑出表現。其中又以何宣慶和陳韋仁的海水魚的分類和演化；陳義雄、廖德裕和王弘毅等人的淡水魚研究最為突出，作者身為第 3、4 代也應善盡承先啟後的責任。此

外，因撰寫這篇文章需要蒐集及查核許多資料的正確性，絕非筆者一人獨自可以完成。所以在此要感謝十多位魚分前輩和後輩的鼎力相助，提供他們各自魚分成果的資訊。相信在新世代的努力下，定能青出於藍而勝於藍，長江後浪推前浪，在不久的將來，臺灣的魚類分類研究很快就能領先國際。

參考文獻

- 于名振 譯 (2002) 國際動物命名規約 (第四版). 水產出版社, 基隆, 196 pp.
- 小枝圭太, 何宜慶 (2019) 臺灣南部魚類圖鑑 (兩冊) 海洋生物博物館, 屏東.
- 王以康 (1958) 魚類分類學. 上海科學技術出版社, 上海.
- 丘臺生 (1999) 臺灣的仔稚魚. 國立海洋生物博物館籌備處, 296 pp.
- 伍漢霖, 鐘俊生 (2021) 中國海洋及河口魚類系統檢索. 中國農業出版社, 1437 pp.
- 伍漢霖, 邵廣昭, 賴春福 (1999) 拉漢世界魚類名典. 水產出版社, 基隆, 1028 pp.
- 伍漢霖, 邵廣昭, 賴春福, 莊棣華, 林沛立 (2012) 拉漢世界魚類系統名典. 水產出版社, 602 pp.
- 沈世傑, 吳高逸 (2011) 臺灣魚類圖鑑. 海洋生物博物館圖鑑系列11, 國立海洋生物博物館出版, 896 pp.
- 吳永華 (2001) 臺灣動物探險. 晨星出版有限公司, 臺中市.
- 邱詠傑 (2023) 整合分子與形態學之臺灣產蛇鰻 (鰻形目: 蛇鰻科) 魚卵、仔魚及成魚分類. 國立臺灣海洋大學 博士論文, 99 pp.
- 邵廣昭 (2009) 系統分類學的演進. 達爾文200, 國科會、特生中心、成大 編印, 26-39.
- 邵廣昭 主編 (2010) 臺灣物種名錄. 中央研究院生物多樣性研究中心.
- 邵廣昭, 陳麗淑, 黃崑謀, 賴百賢 (2004) 魚類入門. 遠流出版公司, 264 pp.
- 邵廣昭, 楊瑞森, 陳康青, 李源鑫 (2001) 臺灣沿岸魚卵圖鑑. 中央研究院動物所及臺灣電力公司.
- 邵廣昭, 邱詠傑, 黃信凱, 陳雅芳 (2024) 魚大十八變-魚卵及仔稚魚多樣性圖鑑 (1、2冊). 國家海洋研究院, 415 pp. (第1冊); 399 pp. (第2冊).
- 岡田彌一郎 (1938) 日本脊椎動物目錄. 日本東京國立國會圖書館.
- 岡田彌一郎, 松原喜代松 (1938) 日本產魚類檢索 (古本). 三省堂, 584 pp.
- 柯慧玲 (2007) 南臺灣墾丁周邊海域仔魚群聚之時空分布及DNA生命條碼在鑑種上之應用. 國立中山大學 碩士論文, 123 pp.
- 陳兼善 (1956) 臺灣脊椎動物誌. 臺灣商務印書館, 臺北.
- 陳兼善, 于名振 (1986) 臺灣脊椎動物誌 (增訂二版). 臺灣商務印書館, 臺北.
- 陳義雄, 方力行 (1999) 臺灣淡水及河口魚類誌. 國立海洋生物博物館, 288 pp.
- 陳義雄, 曾晴賢, 邵廣昭 (2012) 臺灣淡水魚類紅皮書. 農委會林務局, 242.
- 陳正平, 邵廣昭, 詹榮桂, 郭人維, 陳靜怡 (2010) 墾丁國家公園海域魚類圖鑑 (增修壹版). 墾丁國家公園管理處, 656 pp.
- 曾晴賢 (1986) 臺灣的淡水魚類. 臺灣省教育廳.
- 張春光, 邵廣昭, 伍漢霖, 趙亞輝 (2021) V. 魚類 (上、下冊). 中國生物物種名錄第二卷: 動物 - 脊椎動物, 科學出版社.
- 劉敏, 邵廣昭, Yvonne Sadovy, 陳驍 (2024) 中國海洋魚類圖鑑 (上、中、下冊). 海峽出版發行集團/海峽書局, 1227 pp.
- Amaoka, K. and H. C. Ho (2018) Review of the genus *Engyprosopon* Günther, 1862 (Pleuronectiformes: Bothidae) from waters off Taiwan, with descriptions of two new species. *Zootaxa*, 4413 (3): 449-481.
- Amaoka, K. and H. C. Ho (2019) The lefteye flounder family Bothidae (order Pleuronectiformes) of Taiwan. *Zootaxa*, 4702 (1): 155-215.
- Amaoka, K. and H. C. Ho (2022) *Engyprosopon keliaense*, a new lefteye flounder (Teleostei: Bothidae) from Taiwan. *Zootaxa*, 5189 (1): 222-232.
- Berg, L. S. (1955) Classification of fishes both recent and fossil.
- Campbell, M. A., B. Chanet, J. N. Chen, M. Y. Lee, and W. J. Chen (2019) Origins and relationships of the Pleuronectoidei: Molecular and morphological analysis of living and fossil taxa. *Zool. Scr.*, 48(5): 640-656.
- Chakrabarty, P. and J. S. Sparks (2007) Phylogeny and taxonomic revision of *Nuchequula* Whitley 1932 (Teleostei: Leiognathidae), with the description of a new species. *Am. Mus. Novit.*, 3588: 1-25.
- Chakrabarty, P., J. S. Sparks and H. C. Ho (2010). Taxonomic review of the ponyfishes (Perciformes: Leiognathidae) of Taiwan. *Mar. Biodivers.*, 40: 107-121.

- Chanet, B., N. K. Schnell, C. Guintard, and W. J. Chen (2023) Anatomy of the endocrine pancreas in actinopterygian fishes and its phylogenetic implications. *Sci. Rep.*, 13: 22501.
- Chang, C. H., H. Y. Lin, Ren Q., Y. S. Lin and K. T. Shao (2016) DNA barcode identification of fish products in Taiwan: Government-commissioned authentication cases. *Food Control*, 66: 38-43.
- Chang, C. H., K. T. Shao, H. Y. Lin, Y. C. Chiu, M. Y. Lee, S. H. Liu and P. L. Lin (2017) DNA barcodes of the native ray-finned fishes in Taiwan. *Mol. Ecol. Res.*, 17(4): 796-805.
- Chang, C. H., L. Fan, K. T. Shao, Y. S. Lin, T. Morosawa, S. Kim, H. Koo, W. Kim, J. S. Lee, S. P. He, C. Smith, M. Reichard, M. Miya, T. Sado, K. Uehara, S. Lavoué, W. J. Chen, R. L. Mayden (2014) Phylogenetic relationships of Acheilognathidae (Cypriniformes: Cyprinoidea) as revealed from evidence of both nuclear and mitochondrial gene sequence variation: Evidence for necessary taxonomic revision in the family and the identification of cryptic species. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 81: 182-194.
- Chang, C. W., I. S. Chen, M. F. Yeh, K. N. Shen and S. C. Wang (2024) Special volume of Tropical fish biodiversity. *Zootaxa*, 5550(1): 1-380.
- Chang, H. Y., W. K. Wang, K. N. Chen, J. K. Su, C. Y. Hsin, J. Li, Y. K. Wang and H. D. Lin (2016) Phylogeography and genetic structure of the endemic cyprinid fish *Microphysogobio brevirostris* in northern Taiwan. *Biochem. Syst. Ecol.*, 65: 176-184.
- Chang, K. H. and S. C. Lee (1971) Five newly recorded gobies of Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 10(1): 37-43
- Chang, K. H., S. C. Lee and T. S. Wang (1969) A preliminary report o ecological study on some intertidal fishes of Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 8(2): 59-72.
- Chang, K. H., S. C. Lee and K.T. Shao (1978) A list of forty newly recorded coral fishes in Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 17(1): 75-78.
- Chang, K. H., S. C. Lee, J. C. Lee and C. P. Chen (1973) Ecological study on some intertidal fishes of Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 12(2): 45-50
- Chang Y. W., H. L. Ko, C. Y. Chen and K.T. Shao (2019) Applying DNA barcoding to establish diagnostic keys for late-stage damselfish (Pomacentridae) larvae. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 46(4): 203-221.
- Chao, N. L., C. W. Chang, M. H. Chen, C. C. Guo, B. A. Lin, Y. Y. Liou, K. N. Shen and M. Liu (2019) *Johnius taiwanensis*, a new species of Sciaenidae from the Taiwan Strait, with a key to *Johnius* species from Chinese waters. *Zootaxa*, 4651(2): 259-270.
- Chen, C. H., C. C. Wu, K. T. Shao and J. S. Yang (2007a) Chorion microstructure for identifying five fish eggs of Apogonidae. *J. Fish Biol.*, 71(3): 913-919.
- Chen, H. M. and K. T. Shao (1995) New eel genus, *Cirrimaxilla*, and description of the type species, *Cirrimaxilla formosa* (Pisces: Muraenidae) from southern Taiwan. *Bull. Mar. Sci.*, 57(2): 328-332.
- Chen, H. M., K. T. Shao and C. T. Chen (1996) A new moray eel, *Gymnothorax niphostigmus* (Anguilliformes: Muraenidae) from northern and eastern Taiwan. *Zool. Stud.*, 35(1): 20-24.
- Chen, H. M., K. H. Loh and K. T. Shao (2008) A new species of moray eel, *Gymnothorax taiwanensis*, (Anguilliformes: Muraenidae) from eastern Taiwan. *Raffles Bull. Zool.*, Suppl. 19: 131-134.
- Chen, I. S. (2024) *Formosaneleotris hualienensis*, a new genus and species of inland water sleeper (Teleostei: Eleotridae) from eastern Taiwan. *Zootaxa*, 5550 (1): 235-239.
- Chen, I. S. and K. T. Shao (1996) A taxonomic review of the gobiid fish genus *Rhinogobius* Gill, 1859, from Taiwan, with descriptions of three new species. *Zool. Stud.*, 35(3): 200-214.
- Chen, I. S. and L. S. Fang (2003) A new marine goby of genus *Flabelligobius* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan. *Ichthyol. Res.*, 50(4): 333-338.
- Chen, I. S. and Y. C. Chang (2007) Taxonomic revision and mitochondrial sequence evolution of the cyprinid genus *Squalidus* (Teleostei: Cyprinidae) in Taiwan with description of a new species. *Raffles Bull. Zool.*, Suppl. 14: 69-76.
- Chen, I. S. and L. S. Fang (2009) *Hemimyzon sheni*, a new species of balitorid fish (Teleostei: Balitoridae) from Taiwan. *Enviro. Biol. Fishes*, 86: 185-192.
- Chen, I. S. and T. Harefa (2024) A new species of marine goby *Trimma* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan. *Zootaxa*, 5550 (1): 46-65.
- Chen, I. S. and H. E. Li (2024) A new brackish goby of *Drombus* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan, with short comments on related gobiid species. *Zootaxa*, 5550(1): 224-234.

- Chen, I. S., K. T. Shao and L. S. Fang (1995) A new species of freshwater goby *Schismatogobius ampluvinculus* (Pisces: Gobiidae) from southeastern Taiwan. *Zool. Stud.*, 34(3): 202-205.
- Chen, I. S., P. J. Miller and L. S. Fang (1998) A new species of freshwater goby from Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Ichthyol. Explor. Freshw.*, 9(3): 255-261.
- Chen, I. S., C. C. Han and L. S. Fang (2002) *Sinogastromyzon nantaiensis*, a new balitorid fish from southern Taiwan (Teleostei: Balitoridae). *Ichthyol. Explor. Freshw.*, 13(3): 239-242.
- Chen, I. S., S. C. Wang and K.T. Shao (2022) A new freshwater gobiid species of *Rhinogobius* Gill, 1859 (Teleostei: Gobiidae) from northern Taiwan. *Zootaxa*, 5189 (1): 29-44.
- Chen, I. S., J. P. Chen and L. S. Fang (2006a) A new marine goby of genus *Callogobius* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan. *Ichthyol. Res.*, 53(3): 228-232.
- Chen, I. S., K. T. Shao and J. P. Chen (2006b) Two new species of shrimp gobiid, *Amblyeleotris* (Teleostei: Gobiidae), from the West Pacific. *J. Nat. Hist.*, 40 (44-46): 2555-2567.
- Chen, I. S., J. H. Wu and C. H. Hsu (2008b) The taxonomy and phylogeny of *Candidia* (Teleostei: Cyprinidae) from Taiwan, with description of a new species and comments on a new genus. *Raffles Bull. Zool.*, Suppl. 19: 203-214.
- Chen, I. S., J. H. Wu and S. P. Huang (2009) The taxonomy and phylogeny of the cyprinid genus *Opsariichthys* Bleeker (Teleostei: Cyprinidae) from Taiwan, with description of a new species. *Envir. Biol. Fishes*, 86: 165-183.
- Chen, I. S., S. P. Huang and K. Y. Huang (2013) A new species of genus *Pseudogobius* *popta* (Teleostei: Gobiidae) from brackish waters of Taiwan and southern China. *J. Mar. Sci. Tech.*, Suppl. 21: 130-134.
- Chen, I. S., J. T. Chen and T. Harefa (2024) A new species of the gobiid genus *Priolepis* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan. *Zootaxa*, 5550 (1): 66-77.
- Chen, I. S., K. T. Shao and S. P. Huang (2024) A new *Calamiana* species (Teleostei: Gobiidae) from brackish waters of northern Taiwan. *Zootaxa*, 5550(1): 213-223.
- Chen, J. N., J. Lopez, J. A. Lavoué, S. M. Miya and W. J. Chen (2014) Phylogeny of the Elopomorpha (Teleostei): evidence from six nuclear and mitochondrial markers. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 70: 152-161.
- Chen, J. P. and K. T. Shao (1993) New species of cardinalfish, *Archamia goni* (Pisces: Apogonidae), from Taiwan. *Copeia*, 1993 (3): 781-784.
- Chen, J. P. and K. T. Shao (1995) New species of wrasse, *Pseudocoris ocellatus* (Pisces: Labridae), from Taiwan. *Copeia*, 1995 (3): 689-693.
- Chen, J. P. and K.T. Shao (2000) *Callogobius nigrimarginatus*, a new species of goby. *Bull. Ma. Sci.*, 66(2): 457-466.
- Chen, J. P. and K.T. Shao (2002) *Plectranthias sheni*, a New Species and *P. kamii*, a New Record of Anthiine Fishes (Perciformes: Serranidae) from Taiwan. *Zool. Stud.*, 41 (1): 63-68.
- Chen, J. P., K. T. Shao and H. K. Mok (1990) A review of the Myripristini fishes from Taiwan with description of a new species. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 29(4): 249-264.
- Chen, J. P., S. C. Ho and K. T. Shao (2007) A new lizardfish (Aulopiformes: Synodontidae) from Taiwan, with descriptions of three new records. *Zool. Stud.*, 46 (2): 148-154
- Chen, J. T. F. (1948) Notes on the fish fauna of Taiwan in the collections of the Taiwan Museum I. Some records of Platyosomidae from Taiwan, with description of a new species of *Dasyatis*. *Quar. J. Taiwan Mus.*, 1(3): 1-14.
- Chen, J. T. F. (1967) A review of the sharks of Taiwan. *Biol. Bull. Dep. Biol. Coll. Sci. Tunghai Univ.*, *Ichthyol.* (Ser. 1): 1-102.
- Chen, J. T. F. and Y. S. Liang (1948) A new genus and species of the family Acanthoclinidae. *Quar. J. Taiwan Mus.*, 1 (3): 31-34.
- Chen, J. T. F. and Y. S. Liang (1949) Description of a new Homalopteridae fish *Pseudogastromyzon tungpeiensis*, with synopsis of all the known Chinese Homalopteridae. *Quar. J. Taiwan Mus.*, 2 (4): 157-172.
- Chen, J. T. F. and H. T.C. Weng (1965) A review of the flatfishes of Taiwan. *Biol. Bull. Dep. Biol. Coll. Sci. Tunghai Univ.*, *Ichthyol.* (Ser. 5): 1-103.
- Chen, J. T. F. and H. T. C. Weng (1967) A Review of the apodal fishes of Taiwan. *Biol. Bull. Dep. Biol. Coll. Sci. Tunghai Univ.*, *Ichthyol.* (Ser 6): 1-86.
- Chen, K. C., K. T. Shao and J. S. Yang (1999) Using micropylar ultrastructure for species identification and phylogenetic inference among four species of Sparidae. *J. Fish Biol.*, 55 (2): 288-300.
- Chen, W. J. and R. L. Mayden (2010) A phylogenomic perspective on the new era of ichthyology. *BioScience*, 60: 421-432.

- Chen, W. J., F. Santini, G. Carnevale, J. N. Chen, S. H. Liu, S. Lavoué and R. L. Mayden (2014) New insights on early evolution of spiny-rayed fishes (Teleostei: Acanthomorpha). *Front. Mar. Sci.*, 1: 53.
- Chiang, M. C. and I. S. Chen (2008) Taxonomic review and molecular phylogeny of the triplefin genus *Enneapterygius* (Teleostei: Tripterygiidae) from Taiwan, with descriptions of two new species. *Raffles Bull. Zool., Suppl.* 19: 183-201.
- Chiang, M. C. and I. S. Chen (2012) A new species of the genus *Helcogramma* (Blenniiformes, Tripterygiidae) from Taiwan. *ZooKeys*, 216: 57-72.
- Chiang, T. Y., Y. Y. Chen, T. W. Lee, K. C. Hsu, F. J. Lin, W. K. Wang and H. D. Lin (2017) Comparative phylogeography of two codistributed endemic cyprinids in southeastern Taiwan. *Biochem. Sys. Ecol.*, 70: 283-290.
- Chiou, M. L., T. Iwamoto and K. T. Shao (2004a) A new species, *Caelorinchus sheni*, and 19 new records of grenadiers (Pisces: Gadiformes, Macrouridae) from Taiwan. *Zool. Stud.*, 43 (1): 35-50.
- Chiou, M. L., K. T. Shao and T. Iwamoto (2004b) New species of *Caelorinchus* (Macrouridae, Gadiformes, Teleostei) from Taiwan, with a redescription of *C. brevirostris* Okamura. *Copeia*, 2004(2): 298-304.
- Chiu, T. S. and K. T. Shao (1991) Fish fauna database in Taiwan. *CODATA Bull.*, 5: 89-96.
- Chiu, Y. C., J. Lin and H. M. Chen (2013) One new record genus and three New record species of snake eels (Ophichthidae: Anguilliformes) from Taiwan. *J. Ma. Sci. Tech.*, 21: 201-206.
- Chiu, Y. C., K. T. Shao and S. P. Huang (2018) The freshwater snake eel genus *Lamnostoma* (Anguilliformes: Ophichthidae) in Taiwan, with description of a new species. *Zootaxa*, 4454 (1): 18-32.
- Chiu, Y. C., H. M. Chen and K. T. Shao (2022) Additional description on morphology of the Misol snake eel from Taiwan, with four verified barcodes of life sequences. *Zootaxa*, 5189 (1): 114-121.
- Chou, T. K. and T. Y. Liao (2022) A new species of *Parascorpaena* Bleeker, 1876 (Teleostei: Scorpaenidae) from Taiwan. *Zool. Stud.*, 61(9): 1-12.
- Chou, T. K., M. Y. Liu and T. Y. Liao (2023) Systematics of lionfishes (Scorpaenidae: Pteroini) using molecular and morphological data. *Front. Mar. Sci.*, 10: 1109655.
- Chou, T. K., W. C. Huang, W. C. Jhuang and T. Y. Liao (2024) Checklist and DNA barcoding of the Scorpaenidae (Teleostei: Scorpaeniformes) in Taiwan. *ZooKeys*, 63: 1-18.
- Compagno, L., M. Dando and S. Fowler (2005) A field guide to the sharks of the world. HarperCollins Publ. Ltd.
- Fan, Y. C., Y. Su, C. H. Lin, C. W. Chang and H. C. Lin (2024) *Polymixia melanostoma*, a new beardfish from the western Pacific (Teleostei, Polymixiiformes, Polymixiidae). *Zookeys*, 1220: 105-121.
- Froese, R. and D. Pauly (2024) FishBase (<http://www.fishbase.org/>).
- Gill, A. C., K. T. Shao and J.P. Chen (1995) *Pseudochromis striatus*, a new species of pseudochromine dottyback from Taiwan and the northern Philippines (Teleostei: Perciformes: Pseudochromidae). *Revue française d'Aquariologie Herpétologie*, 21(3/4): 79-82.
- Greenwood, P. H., D. E. Rosen, S. H. Weitzman and G. S. Myres (1965) Phyletic studies of teleostean fishes with a provisional classification of living form. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 131 (4): 1-456.
- Gunther, A. (1868) Catalogue of the Fishes in the British Museum (Vol. 7). Taylor and Francis, London.
- Haas, D. L. and D. A. Ebert (2006) *Torpedo formosa* sp. nov., a new species of electric ray (Chondrichthyes: Torpediniformes: Torpedinidae) from Taiwan. *Zootaxa*, 1320: 1-14.
- Hanafi, N., M. H. Chen, Y. G. Seah, C. W. Chang, S. Y. V. Liu, C. C. Lai and N. L. Chao (2023) Taxonomic revision of the genus croaker *Johnius* (Perciformes: Sciaenidae) in Taiwanese waters. *J. Mar. Sci. Eng.*, 11 (3): 471.
- Helfman, G. S., B. B. Collette, D. E. Facey and B. W. Bowen (2009) *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell Pub., 720 pp.
- Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball and J. R. deWaard (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. Royal Soc. London B*, 270: 313-321.
- Hibino, Y., Y. C. Chiu, H. M. Chen and K. T. Shao (2019) Two new species of the genus *Ophichthus* from the western central Pacific Ocean, with a redescription of *Ophichthus megalops* Asano, 1987 (Anguilliformes: Ophichthidae). *Zootaxa*, 4702 (1): 140-154.
- Ho, H. C. (2019) A new genus and species of the cod fish family Moridae (Order Gadiiformes) from southwestern Taiwan. *Zootaxa*, 4702 (1): 32-40.
- Ho, H. C. and C. H. Lin (2022) Redescription of *Lophiodes lugubris* (Alcock 1894), with the largest record of *Lophiodes triradiatus* (Lloyd 1909) from the South China Sea (Lophiiformes: Lophiidae). *Zootaxa*, 5189 (1): 138-145.

- Ho, H. C. and W. C. Ma (2022) Four new species of the frogmouth genus *Chaunax* (Lophiiformes: Chaunacidae) from Taiwan and the Philippines. *Zootaxa*, 5189 (1): 146-179.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2004) New species of deep-sea ceratioid anglerfish, *Oneirodes pietschi* (Lophiiformes: Oneirodidae), from the north Pacific Ocean. *Copeia*, 2004 (1): 74-77.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2007) A new species of batfish (Lophiiformes: Ogcocephalidae) from western north and eastern central Pacific. *Raffles Bull. Zool.*, Suppl. 14: 87-92.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2008) A new species of anglerfish (Lophiidae: Lophiodes) from the western Pacific. *Ichthyol. Res.*, 55: 367-373.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2010a) A review of *Malthopsis jordani* Gilbert, 1905, with description of a new batfish from Indo-Pacific Ocean (Lophiiformes: Ogcocephalidae). *Bull. Nat. Mus. Nat. Sci. (Ser. A) Suppl.* 4: 9-19.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2010b) A new species of *Chaunax* (Lophiiformes: Chaunacidae) from the western South Pacific, with comment on *C. latipunctatus*. *Zootaxa*, 2445: 53-61.
- Ho, H. C. and K. T. Shao (2010c) *Parapercis randalli*, a new sandperch (Pisces: Pinguipedidae) from southern Taiwan. *Zootaxa*, 2690: 59-67.
- Ho, H. C., A. M. Prokofiev and K. T. Shao (2009) A new species of the batfish genus *Malthopsis* (Lophiiformes: Ogcocephalidae) from the northwestern Indian Ocean. *Zool. Stud.*, 48(3): 394-401.
- Ho, H. C., B. Séret and K. T. Shao (2011) Records of anglerfishes (Lophiiformes: Lophiidae) from the western South Pacific Ocean, with descriptions of two new species. *J. Fish Biol.*, 79: 1722-1745.
- Ho, H. C., C. H. Chang and K. T. Shao (2012) Two new sandperches (Perciformes: Pinguipedidae: *Parapercis*) from south china sea, based on morphology and DNA barcoding. *Raffles Bull. Zool.*, 60(1): 163-172
- Ho, H. C., C. D. Roberts and K. T. Shao (2013) Revision of batfishes (Lophiiformes: Ogcocephalidae) of New Zealand and adjacent waters, with description of two new species of the genus *Malthopsis*. *Zootaxa*, 3626(1): 188-200
- Ho, H. C., J. P. Chen and K. T. Shao (2016) A new species of the lizardfish genus *Synodus* (Aulopiformes: Synodontidae) from the western Pacific Ocean. *Zootaxa*, 4162 (1): 134-142.
- Ho, H. C., L. C. Halasan and S. Y. Tsai (2019a) Review of the slender barracudina genera *Dolichosudis* and *Stemonosudis* in Taiwan (Aulopiformes: Paralepididae). *Platax*, 16: 1-22.
- Ho, H. C., S. Y. Tsai and H. H. Li (2019b) The barracudina genera *Lestidium* and *Lestrolepis* of Taiwan, with descriptions of two new species (Aulopiformes: Paralepididae). *Zootaxa*, 4702 (1): 114-139.
- Ho, H. C., S. L. Ng and T. Y. Lin (2022) Description of a new *Ophichthus* eel from Dongsha Atoll, South China Sea, and a range extension of *Ophichthus kusanagi* Hibino, McCosker & Tashiro, 2019. *Raffles Bull. Zool.*, 70: 312-319.
- Ho, H. C., J. E. McCosker, D. G. Smith and K. T. Shao (2015) Introduction to the systematics and biodiversity of eels (orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes) of Taiwan. *Zootaxa*, 4060 (1): 5-18.
- Ho, H. C., W. Holleman, E. J. Hilton, D. G. Smith and J. E. McCosker (2018) Systematics and biodiversity of eels (orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes) of Taiwan (II). *Zootaxa*, 4454 (1): 1-237.
- Hsu, S. L., T. K. Liu, K. T. Chen, K. T. Shao and I. S. Chen (2013) Three newly recorded genera and species of gobiid fishes (Teleostei: Gobiidae) from the Dongsha Atoll (Pratas islands), South China Sea. *J. Mar. Sci. Tech.*, 21(5): 618-622.
- Huang, S. P., Z. Jaafar and I. S. Chen (2013) A new genus of *Hemigobius* generic group goby based on morphological and molecular evidence. *J. Mar. Sci. Tech.*, Suppl. 21: 146-155.
- Huang, S. P., I. S. Chen, M. M. N. Yung and K. T. Shao (2016a) The recognition and molecular phylogeny of *Mugilogobius mertoni* complex (Teleostei: Gobiidae), with description of a new cryptic species of *M. flavomaculatus* from Taiwan. *Zool. Stud.*, 55(39): 1-16.
- Huang, S. P., I. S. Chen, N. H. Jang-Liaw, K. T. Shao and M. M. N. Yung (2016b) Complete mitochondrial genome reveals a new phylogenetic perspective of brackish water goby *Mugilogobius* group (Teleostei: Gobiidae: Gobionellinae). *Zool. Sci.*, 33 (5): 566-574.
- Huang, W. C., D. G. Smith, K. H. Loh and T. Y. Liao (2021) Two new moray eels of genera *Diaphenchelys* and *Gymnothorax* (Anguilliformes: Muraenidae) from Taiwan and the Philippines. *Zool. Stud.*, 60: 24.
- Huang, W. C., Y. Hibino, R. A. Calico and T. Y. Liao (2024) Description of a new uniformly brown estuarine moray eel (Anguilliformes, Muraenidae) from the Central Indo-Pacific Ocean. *Zookeys*, 1220: 15-34.
- Huang, W. C., A. Mohapatra, P. T. Thu, H. M. Chen and T. Y. Liao (2020) A review of the genus *Strophidon*

- (Anguilliformes: Muraenidae), with description of a new species. *J. Fish Biol.*, 97 (5): 1462-1480.
- Iwamoto, T., H. C. Ho and K. T. Shao (2009) Description of a new *Coelorinchus* (Macrouridae, Gadiformes, Teleostei) from Taiwan, with notable new records of grenadiers from the South China Sea. *Zootaxa*, 2326: 39-50.
- Iwamoto, T., K. T. Shao and H. C. Ho (2015) Elevation of *Spicomacrus* (Gadiformes: Macrouridae) to generic status, with description of two new species from the southwestern Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, 87(3): 513-530.
- Iwatsuki, Y. and K. E. Carpenter (2006) *Acanthopagrus taiwanensis*, a new sparid fish (Perciformes), with comparisons to *Acanthopagrus berda* (Forsskål, 1775) and other nominal species of *Acanthopagrus*. *Zootaxa*, 1202: 1-19.
- Jang-Liaw, N. H., Y. H. Gong and I. S. Chen (2012) A new marine gobiid species of the genus *Clariger* Jordan & Snyder (Gobiidae, Teleostei) from Taiwan. *ZooKeys*, 199: 13-21.
- Jean, C. T., C. Y. Wu, K. C. Tsai, W. K. Wang, Y. Y. Hsu, Y. M. Chang, and H. D. Lin (2014) Population genetic structure in the endemic cyprinid fish *Microphysogobio alticarpus* in Taiwan: evidence for a new phylogeographical area. *Biochem. Sys. Ecol.*, 57: 108-116.
- Jhuang, W. C., A. C. Dimaquibo and T. Y. Liao (2024) *Stiphodon chlorestes*, a new species of sicydiine goby (Teleostei: Gobioidae) from Taiwan and Luzon. *J. Fish Biol.*, 105 (3): 944-959.
- Jordan, D. S. (1923) A classification of fishes, including families and genera as far as known. *Stanford Biol. Sci.*, 3 (2): 1-340.
- Jordan D. S. and B. W. Evermann (1902) Notes on collection of fishes from the Island of Formosa. *Proc. U.S. Natl. Mus.*, 25 (1289): 315-368.
- Jordan, D. S., and R. E. Richardson (1909) A catalogue of the fishes of the Island of Formosa or Taiwan, based on the collections of Dr. Hans Sauters. *Mem. Carnegie Mus.*, 4(4): 159-204
- Jordan, D. S. and M. Oshima (1919) *Salmo formosanus*, a new trout from the mountain streams of Formosa. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 71: 122-124
- Joung, S. J., C. T. Chen, E. Clark, S. Uchida and W. Y. Huang (1996) The whale shark, *Rhincodon typus*, is a livebearer: 300 embryos found in one 'megamma' supreme. *Environ. Biol. Fishes*, 46: 219-223.
- Ju, Y. M., C. H. Hsu, L. S. Fang, H. D. Lin, J. H. Wu, C. C. Han, I. S. Chen and T. Y. Chiang (2013) Population structure and demographic history of *Sicyopterus japonicus* in Taiwan inferred from mitochondrial control region sequences. *Genet. Mol. Res.*, 12(3): 4046-4059.
- Ju, Y. M., K. C. Hsu, J. Q. Yang, J. H. Wu, S. Li, W. K. Wang, F. Ding and H. D. Lin (2018) Mitochondrial diversity and phylogeography of *Acrossocheilus paradoxus* (Teleostei: Cyprinidae). *Mitochondrial DNA Part A*, 29 (8): 1194-1202.
- Ko, H. L., Y. T. Wang, T. S. Chiu, M. A. Lee, M. Y. Leu, K. Z. Chang, W. Y. Chen and K. T. Shao (2013) Evaluating the accuracy of morphological identification of larval fishes by applying DNA barcoding. *PLoS One*, 8 (1): e53451.
- Kuo, C. H., K. F. Huang and H. K. Mok (1994) Hagfishes of Taiwan (1): A taxonomic revision with description of four new Paramyxine species. *Zool. Stud.*, 33 (2): 126-139.
- Kuo, C. H., S. C. Lee and H. K. Mok (2010) A new species of hagfish *Eptatretus rubicundus* (Myxini dae: Myxiniformes) from Taiwan, with reference to its phylogenetic position based on mitochondria DNA sequence. *Zool. Stud.*, 49(6): 855-864.
- Larson, H. K. and I. S. Chen (2007) A new species of *Trysogobius* (Teleostei, Gobiidae) from Hainan Island, China and Taiwan. *Zool. Stud.*, 46(2): 155-161.
- Lee, S. C. (1980a) Intertidal fishes of a rocky pool of the Sanhsientai, Eastern Taiwan. *Bull. Instit. Zool. Acad. Sin.*, 19(1): 19-26
- Lee, S. C. (1980b) Intertidal fishes of the rocky pools at Lanyu (Botel Tobago), Taiwan. *Bull. Instit. Zool. Acad. Sin.*, 19 (2): 1-13.
- Lee, M. Y. (2022) A new species of deep-water tonguefish (Pleuronectiformes: Cynoglossidae: *Symphurus*) from the western North Pacific Ocean. *Zootaxa*, 5189 (1): 233-242.
- Lee, M. Y. and T. A. Munroe (2021) Unraveling cryptic diversity among shallow-water tonguefishes (Pleuronectiformes: Cynoglossidae: *Symphurus*) from the Indo-West Pacific region, with descriptions of five new species. *Zootaxa*, 5039 (1): 1-55.
- Lee, M. Y., T. A. Munroe and H. M. Chen (2009a) A new species of tonguefish (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) from Taiwanese waters. *Zootaxa*, 2203: 49-58.
- Lee, M. Y., H. M. Chen and K. T. Shao (2009b) A new species of deep-water tonguefish genus *Symphurus*

- (Pleuronectiformes: Cynoglossidae) from Taiwan. *Copeia*, 2009(2): 342-347.
- Lee, M. Y., T. A. Munroe and K. T. Shao (2014) Description of a new cryptic, shallow-water tonguefish (Pleuronectiformes: Cynoglossidae: *Symphurus*) from the western North Pacific Ocean. *J. Fish Biol.*, 85(3): 563-585.
- Lee, S. H., M. Y. Lee, M. Matsunuma and W. J. Chen (2019) Exploring the phylogeny and species diversity of *Chelidoperca* (Teleostei: Serranidae) from the western Pacific Ocean by an integrated approach in systematics, with descriptions of three new species and a redescription of *C. lecroimi* Fourmanoir, 1982. *Front. Mar. Sci.*, 6: 465.
- Li, H. E. and I. S. Chen (2024) Descriptions of a new species of *Callogobius* with a congeneric new record and comments on previous records of the genus from Taiwan. *Zootaxa*, 5550 (1): 159-173.
- Liao, T. Y., T. Y. Wang, H. D. Lin, S. C. Shen and C. S. Tzeng (2008) Phylogeography of the endangered species, *Sinogastromyzon puliensis* (Cypriniformes: Balitoridae), in southwestern Taiwan based on mtDNA. *Zool. Stud.*, 47(4), 383-392.
- Liao, T. Y., P. L. Lu, Y. H. Yu, W. C. Huang, J. C. Shiao, H. D. Lin, W. C. Jhuang, T. K. Chou and F. Li (2021) Amphidromous but endemic: Population connectivity of *Rhinogobius gigas* (Teleostei: Gobioidae). *PLoS one*, 16(2): e0246406.
- Liao, Y. C., L. S. Chen and K. T. Shao (2006) Review of the astronethid Fishes (Stomiiformes: Stomiidae: Astronethinae) from Taiwan, with a description of one new species. *Zoological Studies*, 45(4): 517-528.
- Liao, Y. C., L. S. Chen and K. T. Shao (2006) Ten new recorded of Stomiiformes fishes (Pisces: Stomiiformes) collected from Taiwan deep waters by the RV 'Ocean Researcher I'. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 33(1): 69-87.
- Liao, Y. C., R. Reyes and K. T. Shao (2009) A new bandfish, *Owstonia samiento* (Pisces: Perciformes: Cepolidae: Owstoniinae), from the Philippines with key to the genus. *Raffles Bull. Zool., Suppl.* 57(2): 521-525.
- Liao, Y. C, T. Y. Cheng and K.T. Shao (2011) *Parapercis lutevittata*, a new cryptic species of *Parapercis* (Teleostei: Pinguipedidae), from the western Pacific based on morphological evidence and DNA barcoding. *Zootaxa*, 2867: 32-42
- Lin, C. H. and C. W. Chang (2012) *Otolith Atlas of Taiwan Fishes*. National Museum of Marine Biology and Aquarium, Pingtung, 416 pp.
- Lin, C. H. and C. W. Chien (2022) Late Miocene otoliths from northern Taiwan: insights into the rarely known Neogene coastal fish community of the subtropical northwest Pacific. *Hist. Biol.*, 34(2): 361-382.
- Lin, C. H., L. C. Wang, C. H. Wang and C. W. Chang (2018) Common early Pleistocene fish otoliths from Niubu in Chia-Yi County, southwestern Taiwan. *J. Natl. Taiwan Mus.*, 71 (3): 47-68.
- Lin, C. H., C. W. Chien, S. W. Lee and C. W. Chang (2021) Fish fossils of Taiwan: a review and prospection. *Hist. Biol.*, 33 (9): 1362-1372.
- Lin, C. H., S. M. Wu, C. Y. Lin, and C. W. Chien (2023) Early Pliocene otolith assemblages from the outer-shelf environment reveal the establishment of mesopelagic fish fauna over 3 million years ago in southwestern Taiwan. *Swiss J. Palaeontol.*, 142: 23.
- Lin, C. H., B. De Gracia, M. E. R. Pierotti, A. H. Andrews, K. Griswold and A. O'Dea (2019) Reconstructing reef fish communities using fish otoliths in coral reef sediments. *PLoS ONE*, 14(6): e0218413.
- Lin, C. J., H. D. Lin, J. P. Wang, S. C. Chao and T. Y. Chiang (2010) Phylogeography of *Hemibarbus labeo* (Cyprinidae): secondary contact of ancient lineages of mtDNA. *Zool. Scr.*, 39(1): 23-35.
- Lin, H. D., K. C. Hsu, K. T. Shao, Y. C. Chang, J. P. Wang, C. J. Lin and T. Y. Chiang (2008) Population structure and phylogeography of *Aphyocypris kikuchii* (Oshima) based on mitochondrial DNA variation. *J. Fish Biol.*, 72 (8): 2011-2025.
- Lo, P. C., S. H. Liu, N. L. Chao, F. K. E Nunoo, H. K. Mok and W. J. Chen (2015) A multi-gene dataset reveals a tropical New World origin and Early Miocene diversification of croakers (Perciformes: Sciaenidae). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 88: 132-143.
- Loh, K. H., K. T. Shao and H. M. Chen (2012) *Gymnothorax melanosomatus*, a new moray eel (Teleostei: Anguilliformes: Muraenidae) from southeastern Taiwan. *Zootaxa*, 3134: 43-52
- Loh, K. H., K. T. Shao, H. C. Ho, P. E. Lim and H. M. Chen (2015) A new species of moray eel (Anguilliformes: Muraenidae) from Taiwan, with comments on related elongate unpatterned species. *Zootaxa*, 4060(1): 30-40.
- Mediodia, D. P., C. H. Chang, H. C. Ho, T. Prikryl and C. H. Lin (2024) A new cryptic species of splitfin fish from

- Taiwan with revision of the genus *Synagrops* (Acropomatiformes: Synagropidae). Zool. Stud., 63: 20.
- Mok, H. K. and C. S. Kuo (2001a) *Myxine formosana*, a new species of hagfish (Myxiniformes: Myxinidae) from the southwestern waters of Taiwan. Ichthyol. Res., 48: 295-297.
- Mok, H. K. and Y. Y. Chen (2001b) Distribution of hagfish (Myxinidae: Myxiniformes) in Taiwan. Zool. Stud., 40 (3): 233-239.
- Mok, H. K., C. Y. Lee and H. J. Chan (1991) *Meadia roseni*, a new synphobranchid eel from the coast of Taiwan (Anguilloidea: Synphobranchidae). Bull. Mar. Sci., 48 (1): 39-45.
- Motomura, H., S. G. Poss and K. T. Shao (2007) *Scorpaena pepo*, new species of scorpionfish (Scorpaeniformes: Scorpaenidae) from northeastern Taiwan, with review of *S. onaria* Jordan and Snyder. Zool. Stud., 46 (1): 35-45.
- Nakaya, K., S. Inoue and H. C. Ho (2013) A review of the genus *Cephaloscyllium* (Chondrichthyes: Carcharhiniformes: Scyliorhinidae) from Taiwanese waters. Zootaxa, 3752 (1): 101-129.
- Nakaya, K., W. T. White and H. C. Ho (2020) Discovery of a new mode of oviparous reproduction in sharks and its evolutionary implications. Sci. Rep., 10(1): 12280.
- Nelson, J. S. (1994, 2006) Fishes of the World (3rd & 4th ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Nelson, J. S., T. C. Grande and M. V. H. Wilson (2016) Fishes of the World (5th ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Ng, S. L., H. C. Ho, S. J. Joung and K. M. Liu (2023) *Okamejei picta* sp. nov., a new rajid skate from the South China Sea (Rajiformes: Rajidae). Zootaxa, 5278 (1): 103-118.
- Ng, S. L., C. H. Lin, K. M. Liu and S. J. Joung (2024) Description of a new lanternshark species from South China Sea, with additional description on *Etmopterus sheikoi* from Taiwanese waters (Squaliformes: Etmopteridae). Raffles Bull. Zool., 72: 26-41.
- Ng, S. L., H. W. Liu, D. P. Mediodia, Y. T. Lin, C.-H. Lee, S. P. Huang, S. M. Wu, C. F. Lin, C. R. Tung, H. C. Ho and C. H. Lin (2024) An updated checklist of fishes of Dongsha Island, Taiwan, northern South China Sea. ZooKeys, 1220: 175-242.
- Nolf, D. (1985) Otolithi piscium. In Handbook of Paleoichthyology (H. Schultze ed.), Vol. 10. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Nolf, D. (1993) A survey of perciform otolith and their interest for phylogenetic analysis with an iconographic synopsis. Bull. Mar. Sci., 52(1): 220-239.
- Nolf, D. (2013) The diversity of fish otoliths, past and present. The Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels.
- Oshima, M. (1919) Contributions to the study of the fresh water fishes of the island of Formosa. Ann. Carnegie Mus., 12 (2-4): 169-328
- Oshima, M. (1920a) Notes on freshwater fishes of Formosa, with descriptions of new genera and species. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila., 72: 120-135.
- Oshima, M. (1920b) Two new cyprinoid fishes from Formosa. Proc. Acad. Nat. Sci. Phila., 72: 189-191.
- Ramos-Castro, M., H. M. Chen and B. S. Mao (2020) Descriptions of neurocranium morphology in 34 species of moray eels (Muraenidae) found in Taiwan. Zootaxa, 4810 (1): 81-109.
- Ramos-Castro, M., K. H. Loh and H. M. Chen (2021) A descriptive and comparative neurocranium morphology of Anguilliformes fishes in Taiwan waters. Zootaxa, 5023 (4): 509-536.
- Randall, J. E., K. T. Shao and J. P. Chen (2003) A review of the Indo-Pacific gobiid fish genus *Ctenogobiops*, with descriptions of two new species. Zool. Stud., 42 (4): 506-515.
- Randall, J. E., K. T. Shao and J. P. Chen (2007) Two new shrimp gobies of the genus *Ctenogobiops* (Perciformes: Gobiidae) from the western Pacific. Zool. Studi., 46 (1): 26-34.
- Rass, T. S. and G. U. Lindberg (1971) Modern concepts of the natural system of recent fishes. Problem of Ichthyology, Acad. Sci. USSR Tom., 113 (68): 380-407.
- Russell, B. C. and H. C. Ho (2017) A new species of *Nemipterus* (Perciformes: Nemipteridae) and first record of *N. nematophorus* (Bleeker) from Taiwan. Zootaxa, 4231 (2): 281-288.
- Schwarzhan, W. (2014) Head and otolith morphology of the genera *Hymenocephalus*, *Hymenogadus* and *Spicomacrurus* (Macrouridae), with the description of three new species. Zootaxa, 3888(1): 1-73.
- Shao, K.T. (1990) Garden eels from Taiwan, with description of a new species. UO., (40): 1-16.
- Shao, K. T. and K. H. Chang (1978) A revision of the sandborers (Genus *Sillago*) of Taiwan. Bull. Inst. Zool., Acad. Sin., 17(1): 1-11.

- Shao, K. T. and J. P. Chen (1987) Fishes of the family Platycephalidae (Teleostei: Platycephaloidei) of Taiwan with descriptions of two new species. *Bull. Inst. Zool., Acad. Sin.*, 26(1): 77-94.
- Shao, K. T., J. P. Chen and S. C. Wang (1999) Biogeography and database of marine fishes in Taiwan waters. *Proc. 5th Indo-Pacific Fish Conf.*, Noumea, 673-680.
- Shao, K. T., K. C. Chen and J. H. Wu (2002a) Identification of marine fish eggs in Taiwan using light microscope, scanning electric microscope and mtDNA sequencing. *Mari. Freshwat. Res.*, 53(2): 355-365.
- Shao, K. T., Y. C. Lin and H. H. Lin (2007a) Linking the Taiwan fish database to the global database. *Data Sci. J., Spe. Iss. 20th CODATA Conf. Beijing*, 164-171.
- Shao, K. T., S. C. Shen, T. S. Chiu and C. S. Tzeng (1992) Distribution and database of fishes in Taiwan. *Process of Symposium of Biology Research Survey Information and Manage*, IBAS, Taipei, 11: 173-206.
- Shao, K. T., L. Y. Hsieh, Y. Y. Wu and C. Y. Wu (2002b) Taxonomic and distributional database of fishes in Taiwan. *Environ. Biol. Fishes*, 65: 235-240.
- Shao, K. T., C. I. Peng, E. Yen, K. C. Lai, M. C. Wang, J. Lin, H. Lee, Y. Alan and S. Y. Chen (2007b) Integration of biodiversity databases in Taiwan and linkage to global database. *Data Sci. J., Spe. Iss. 20th CODATA Conf. Beijing*, 2-10
- Shao, K. T., H. C. Ho, J. P. Chen, P. L. Lin, P. F. Lee, H. M. Yeh, M. Y. Lee, C. Y. Tsai, Y. C. Liao and Y. C. Lin (2008) A checklist of the fishes of southern Taiwan, northern South China Sea. *Raffles Bull. Zool., Supple.* 19: 233-271.
- Shen, K. N., T. H. Hung and I. S. Chen (2024) A new species and two newly recorded species of *Eviota* (Teleostei: Gobiidae) from Taiwan. *Zootaxa*, 5550(1): 32-40.
- Shen, S. C. (1974) Two new records of the genus *Rhinomuraena* (family Muraenidae), found in the waters of Taiwan. *Acta Oceanogr. Taiwan.*, 4: 181-190
- Shen, S. C. and C. S. Liu (1978) Clarification of the genera of the angelfishes (Family Pomacanthidae). *Proceedings of the Studies and Essays in Commemoration of the Golden Jubilee of Academia Sinica, June 9-15, 1978*, 57-77.
- Shen, S. C., C. H. Chen, S. C. Lee, K. T. Shao, H. K. Mok and C. S. Tseng (1993) Fishes of Taiwan. *Dep. Zool., NTU, Taipei*.
- Su, Y. and H. C. Ho (2024) A new species of the jawfish genus *Opistognathus* from Taiwan, northwestern Pacific Ocean (Perciformes, Opistognathidae). *ZooKeys*, 1220: 165-174.
- Su, Y., H. C. Lin and H. C. Ho (2022a) *Hoplostethus roseus*, a new roughy fish from the western Pacific based on morphology and DNA barcoding (family Trachichthyidae). *J. Fish Biol.*, 101(3): 441-452.
- Su, Y., H. C. Lin and H. C. Ho (2022b) A new cryptic species of the pineapple fish genus *Monocentris* (Family Monocentridae) from the western Pacific Ocean, with redescription of *M. japonica* (Houttuyn, 1782). *Zootaxa*, 5189(1): 180-203.
- Su, Y., H. C. Lin and H. C. Ho (2023a) New records of two roughy fish species of *Hoplostethus* and a confirmed record of *H. crassispinus* Kotlyar, 1980 (Trachichthyiformes, Trachichthyidae) from Taiwan. *ZooKeys*, 49: 85-101.
- Su, Y., H. C. Lin and H. C. Ho (2023b) A new luminous roughy fish from northeastern Taiwan, with comments on congeners in Taiwan (Trachichthyidae: Aulotrachichthys). *J. Vertebr. Biol.*, 7: 23060.
- Su, Y., A. N. Kotlyar, H. C. Lin, T. Kawai and H. C. Ho (2024) A new species of *Hoplostethus* from Sumatra, eastern Indian Ocean, with comments on its most similar congeners (Trachichthyiformes: Trachichthyidae). *J. Fish Biol.*, 1-10.
- Tang, C. N. and H. C. Ho (2021) Description of a new perchlet, *Chelidoperca formosa*, from southwestern Taiwan (Perciformes: Serranidae). *J. Fish Biol.*, 99(3): 844-855.
- Tang, C. N., N. W. Lai and H.-C. Ho (2020) *Plectranthias purpurealepis* sp. nov., a new anthiadine perchlet from northern Taiwan (Perciformes: Serranidae). *Zootaxa*, 4780(3): 508-522.
- Teng, H. T. (1958) A new species of Cyclostomata from Taiwan. *Chinese Fish.*, 66: 3-6.
- Teng, H. T. (1959a) Studies on the elasmobranch fishes from Formosa. Part II. A new carcharoid shark, *Carcharias yangi*, from Formosa. *Rep. Instit. Fish. Biol. MOEA NTU, Vol. 1 (3)*: 12-15.
- Teng, H. T. (1959b). Studies on the elasmobranch fishes from Formosa. Part III. A new species of shark of the genus *Cirrhoscyllium* from Kao-hsiung, Formosa. *Rep. - Lab. Fish. Biol., Taiwan Fish. Res. Instit.*, No. 7: 1-6.
- Teng, H. T. (1959c) Studies on the elasmobranch fishes from Formosa. Part IV. *Squaliolus alii*, a new species of deep sea squaloid shark from Tung-Kang, Formosa. *Rep. - Lab. Fish. Biol., Taiwan Fish. Res. Instit.*, No. 8: 1-6.
- Teng, H. T. (1959d) Studies on the elasmobranch fishes from Formosa. Part VI. A new species of deep sea shark

- (*Centrophorus niaukang*) from Formosa. Rep. - Lab. Fish. Biol., Taiwan Fish. Res. Instit., No. 9: 1-6.
- Tseng, L. C., S. P. Huang, D. I. S. Shagnika, K. T. Shao and J. S. Hwang (2019) A slender symbiotic goby hiding in burrows of mud shrimp *Austinogebia edulis* in western Taiwan. PLoS ONE, 14(7): e0219815.
- Tzeng, C. S. (1986) Distribution of the freshwater fishes of Taiwan. J. Taiwan Mus., 39(2): 127-146.
- Wang, J. P., H. D. Lin, S. Huang, C. H. Pan, X. L. Chen and T. Y. Chiang (2004) Phylogeography of *Varicorhinus barbatulus* (Cyprinidae) in Taiwan based on nucleotide variation of mtDNA and allozymes. Mol. Phylogenet. Evol., 31(3): 1143-1156.
- Wang, J., J. Wu, J. Yang, J. Chen, J. Yang, C. Li, H. D. Lin and J. Zhao (2023) Phylogeography and demographic history of the cyprinid fish *Barbodes semifasciolatus*: Implications for the history of landform changes in south mainland China, Hainan and Taiwan. Front. Ecol. Evol., 11: 1193619.
- Wang, M. C. and K. T. Shao (2006) Ten new records of lanternfishes (Pisces: Myctophiformes) collected around Taiwanese waters. J. Fish. Soc. Taiwan, 33(1): 55-67.
- Wang, S. C., K. T. Shao and S. C. Shen (1996) *Enneapterygius cheni*, a new triplefin fish (Pisces: Tripterygiidae) from Taiwan. Acta. Zool. Taiwan., 7(1): 79-83.
- Wang, J. T. M. and C. T. Chen (2001) A review of lanternfishes (Families: Myctophidae and Neoscopelidae) and their distributions around Taiwan and the Tungsha Islands, with notes on seventeen new records. Zool. Stud., 40(2):103-126.
- Wong, M. K. and W. J. Chen (2024) Exploring the phylogeny and depth evolution of cusk eels and their relatives (Ophidiiformes: Ophidioidei). Mol. Phylogenet. Evol., 199: 108164.
- Yang, J. Q., W. Q. Tang, T. Y. Liao, Y. Sun, Z. C. Zhou, C. C. Han, D. Liu and H. D. Lin (2012) Phylogeographical analysis on *Squalidus argentatus* recapitulates historical landscapes and drainage evolution on the island of Taiwan and mainland China. Int. J. Mol. Sci., 13(2): 1405-1425.
- Yeh, H. M., M. Y. Lee and K. T. Shao (2005) Fifteen Taiwanese new records of ophidid fish (Pisces: Ophidiidae) collected from the deep waters by the RV "Ocean Research I". J. Fish. Soc. Taiwan, 32(3): 279-299.
- Yeh, H. M., M. Y. Lee and K. T. Shao (2006a) Ten Taiwanese new records of alepocephalid fishes (Pisces: Alepocephalidae) collected from Taiwan. J. Fish. Soc. Taiwan, 33(3): 265-279.
- Yeh, H. M., M. Y. Lee and K. T. Shao (2006b) Three Taiwanese new records of halosaurid fishes (Pisces: Halosauridae) collected from the deep waters by the Research vessels. J. Fish. Soc. Taiwan, 33(4): 345-355.
- Yeh, M. F., H. E. Li, C. C. Han and I. S. Chen (2024) Redescription and validity of *Formosania gilberti* Oshima, 1919 (Cypriniformes: Balitoridae), an endemic hillstream loach from Taiwan. Zootaxa, 5550(1): 287-304.

A Review of the Taxonomic History of Taiwan's Fishes

Kwang-Tsao Shao^{1,2*} and Hsuan-Ching Ho^{3,4,5}

¹Biodiversity Research Center, Academia Sinica

²Institute of Marine Biology, National Taiwan Ocean University

³Department and Graduate Institute of Aquaculture, National Kaohsiung University of Science and Technology

⁴Taiwan Ocean Research Institute, National Applied Research Laboratories

⁵Australian Museum

Abstract

The study of the taxonomy of Taiwanese fishes started as early as 1858. Europeans, Canadians, and Americans were the pioneers in studying the fish fauna of Taiwan. After the Sino-Japanese war (1894 – 1895), China ceded Taiwan to Japan, and Japanese zoologists started the taxonomic study of Taiwanese fishes. After the end of WWII, Japan ended its colonial rule (1895 – 1945), and ichthyologists in Taiwan started their own studies on fish classification.

Professor Johnson Ta-Fu Chen was the earliest pioneer of fish taxonomy research in Taiwan. In 1954, he published the first edition of *Fishes of Taiwan*, which included 140 families and 675 species of fishes, along with key to all species. His A synopsis of the vertebrates of Taiwan, published in 1956, recorded a total of 870 species of fish and was used as a textbook on fish taxonomy in universities for more than 40 years. Professors Ren-Sheng Liang and Shih-Chieh Shen are considered the second generation of ichthyologists. Prof. Shen has been teaching fish taxonomy at the Department of Zoology, National Taiwan University, for more than 40 years since 1967. The *Fishes of Taiwan* he edited in 1993 compiled a total of 2,028 species. Students who took Prof. Shen's classes are considered the third generation, including Hin-Kiu Mok and Kwang-Tsao Shao, who specialized in marine fishes, and Chyng-Shyan Tzeng, who specialized in freshwater fishes. Later, they expanded into different fields such as ecology, evolution, and conservation. Prof. Che-Tsung Chen of National Taiwan Ocean University, a graduate of the University of Tokyo, specialized in cartilaginous fishes and fishery biology.

The master's or doctoral students supervised by the third generation after 2000, including Yu-Yun Chen, Hurng-Yi Wang, Shouou-Jeng Joung, Jeng-Ping Chen, I-Shiung Chen, Hong-Ming Chen, Hsuan-Ching Ho, Yun-Chih Liao, and Mao-Ying Lee, are considered the fourth generation, while the students supervised by them represent the fifth generation. In addition to using traditional morphological study methods, they also integrated genetics or DNA barcoding to conduct taxonomic or phylogenetic studies across various taxa, including species classification and exploration of their phylogeny. More than 400 new species and 1,000 new records in Taiwan have been described or documented. The results have been fruitful.

In addition, several outstanding scholars returned to Taiwan directly after studying abroad, including Wei-Jen Chen, Te-Yu Liao, and Hsiu-Chin Lin, who focused on exploring molecular phylogenetic relationships. Meanwhile, Chien-Hsiang Lin studied the application of otoliths and their fossils in fish classification and the reconstruction of paleobiodiversity and biogeography.

Taiwan's strength in fish taxonomy research is directly related to its unique geographical location and rich fish diversity. Moreover, the classification of adult fishes and the use of DNA barcoding for species identification of fish eggs and larvae have developed considerably and achieved laudable results. The Taiwan Fish Database has

a history of 35 years and is very popular and well-known both in Taiwan and abroad. Taiwan hosted the 7th and 12th Indo-Pacific Fish Conferences in Taipei, in 2005 and 2025, respectively, which attracted many ichthyologists and taxonomists from abroad to engage in intellectual exchanges with domestic scientists.

In addition to introducing the aforementioned major scholars engaged in Taiwanese fish taxonomy research and their contributions, this article also briefly summarizes the evolution of the fish classification system, the status of Taiwanese specimen collections, statistics on the number of fish species in the database, types of fish geographical distribution and mechanisms of their formation, the classification of fish eggs and larvae, cooperation and exchanges in fish research between Taiwan and China, and the difficulties and future prospects of fish taxonomy studies. The aim is to chronicle the historical development of fish taxonomy in Taiwan for future reference. However, because the article involves many different aspects, it is impossible to describe them all in detail, and some omissions are likely to occur. It is hoped that any unintentional omissions may be excused and that overlooked facts will be added in future documentation.

Key words: fish taxonomy, Taiwan, ichthyologists, DNA barcoding, species classification

水產研究 第33卷 第1期

出版者：農業部水產試驗所

發行人：張錦宜

總編輯：葉信明

地址：基隆市中正區 20246 和一路 199 號

電話：(02) 2462-2101

傳真：(02) 2462-9388

網址：<https://www.tfrin.gov.tw>

創刊日期：民國 82 年 6 月

出版日期：民國 114 年 6 月

刊別：半年刊

ISSN 1018-7324 GPN 2008200207

ISSN 1018 7324



9 771018 732009

GPN 2008200207