

「111 年度臺灣海域重要生態系調查與生態服務價值評估」委託專業服務案

(案號：111-P-40)

服務建議書

委託機關：海洋委員會海洋保育署

研提單位：國立臺灣大學海洋中心

中華民國 111 年 1 月

目錄

第一章 計畫緣起與目的.....	9
第二章 計畫目標.....	13
第三章 工作內容、方法及預期效益.....	15
3.1 船舶調查.....	15
3.1.1 背景及預期效益	15
3.1.2 調查範圍、作業內容及頻率	16
3.1.3 採樣方法、觀測及基本資料分析	21
3.2 人員潛水調查	30
3.2.1 背景及預期效益	30
3.2.2 調查範圍、作業內容及頻率	32
3.2.3 採樣方法、觀測及基本資料分析	37
3.3 自動監測系統調查	42
3.3.1 背景及預期效益	42
3.3.2 調查範圍、作業內容及頻率	42
3.3.3 資料分析	44
3.4 進階資料分析	47
3.4.1 建立各大類生物之時空、特性資料集	47
3.4.2 建立與數化我國海洋保護區歷年生物分佈資料	48
3.4.3 熱點分析	49
3.5 海洋生態系統服務評估及價值衡量	50
3.5.1 背景及預期效益	50
3.5.2 評估方法說明	51
3.5.3 本年度預計執行之生態系統服務評估	53
3.6 調查人力培育	55
3.7 綜合預期效益	56
第四章 工作進度安排.....	58
第五章 經費分析.....	60
第六章 執行團隊人力配置、學經歷、專業知能及經驗實績.....	62
6.1 主要人力配置	63
6.2 計畫主持人、協同主持人學經歷及著作發表	65

6.3 其他成員簡歷與工作要項	93
參考文獻	96
附錄、廠商企業社會責任 (CSR) 指標	108

表目錄

表 1、110 年度計畫完成之以研究船方式進行船舶調查站點座標列表。	19
表 2、本計畫規劃 110~113 年以人員潛水方式調查之 100 處站點詳細經緯度座標。 ...	32
表 3、調查站點對於海洋資源保護的具體規範之示意表格。	38
表 4、分類生物類群，轉換係數，以及體積估算方法。	40
表 5、本計畫工作期程與期限表。	58
表 6、團隊主要成員與工作要項分配表。	63
表 7、計畫主持人陳韋仁教授學經歷背景表。	65
表 8、協同計畫主持人黃千芬教授學經歷背景表。	71
表 9、協同計畫主持人魏志潾副教授學經歷背景表。	74
表 10、協同計畫主持人單偉彌副教授學經歷背景表。	81
表 11、協同計畫主持人柯佳吟副教授學經歷背景表。	87
表 12、其他成員與工作要項分配表。	93

圖目錄

圖 1、以生態系統為基礎之管理與內涵層面示意圖。	10
圖 2、近（110~113 年）、中（114~121 年）、長（122 年~）期之整體海洋研究與推廣計畫。	11
圖 3、計畫工作流程圖。	13
圖 4、水試一號試驗船與水試二號試驗船（擷取自水產試驗所網站）。	17
圖 5、科技部委託臺大海洋研究所管理的新海研一號 (NOR1)。	17
圖 6、110 年度計畫完成之以研究船方式進行的環島基本調查（淺藍色及黃色標記）及特定區域之加值(底棲生態與人為衝擊)調查（深藍色及黃色標記）站點。紅色標記／範圍為海洋保護區及野生動物重要棲息環境；綠色網狀區／範圍為離岸風機開發區。	19
圖 7、船上作業實況（拍攝於新海研一號研究船）。(A) CTD 採水，(B) 動浮／仔稚魚網採集，(C) 底拖網採集，(D) 採集之巨型底棲動物及海底垃圾。	21
圖 8、廢棄物樣本處理流程。(a) 大型廢棄漁具在樣站被底拖上船。(b) 廢棄物分樣處理示意圖。(c) 各站點廢棄物冷凍後帶回實驗室進行分樣。(d) 樣站廢棄物（分樣前）。(e) 將生物與廢棄物分開，左側為生物，右側為廢棄物。(f) 塑膠餐具、杯子等常有附著型生物附生，如：藤壺。(g) 平鋪分樣前須先加以清潔，以便顯示廢棄物原始樣貌。(h) 完成廢棄物分樣示意圖。	27
圖 9、常用之多變量分析方法包括排序分析 (ordination analysis) 與集群合分析 (cluster analysis)。排序分析方法包括：PCA: Principal Component Analysis; CA: Correspondence Analysis; PCoA: Principal Coordinate Analysis; NMDS: Nonmetric Multi-Dimensional Scaling; RDA: Redundancy Analysis; CCA: Canonical Correspondence Analysis; db-RDA: distance-based Redundancy Analysis。上述之排序分析方法都依據共變異矩陣之特性根分析 (eigen analysis of the variance-covariance matrix)，差別在於資料的常規化 (normalization) 以及拓樸投射方法不同 (different ways of topological projection methods)。這些分析將在矩陣運算語言（例如 R 或 Python）完成。	29
圖 10、(a) 臺灣海域珊瑚礁生態系分佈地圖（紅色標示部分），此圖片取自 Dai and Horng (2009)；(b) 臺灣海域周圍多樣的底棲群聚，此圖片取自 Lin and Denis (2019)。	31
圖 11、本計畫規劃 110~113 年以人員潛水調查之 100 處站點。淺藍色標記為研究團隊於本計畫開始執行之前已調查過的站點（本計畫將再次調查），其歷史資料可整合併入做為人工智慧運算影像辨識之訓練數據 (training data)。紅色標	

記／範圍為海洋保護區及野生動物重要棲息環境。(A) 臺灣周邊海域；(B) 澎湖及南方四島；(C) 東沙環礁。	36
圖 12、從現場調查到實驗室之分析診斷臺灣珊瑚礁生態系底棲生物的多樣性，現況和生態系中扮演的角色之工作流程圖。右側為資訊／人工智慧 (AI) 工具的開發，未來將用於整合來自公民科學 (citizen-science) 計畫的數據。ODB: Ocean Data Bank，設置於國立臺灣大學海洋研究所海洋學門資料庫平台。	37
圖 13、於小琉球與龜山島以攝影測量法重建之珊瑚礁三維結構。	39
圖 14、SoundTrap 300 HF 錄音系統。	43
圖 15、水下錄音系統之固定方法示意圖與實際佈放之範例。	43
圖 16、聲音資料分析流程示意圖。	44
圖 17、InVEST 模型系統計畫標章示意圖。	51
圖 18、望海巷潮境海灣資源保育區 Scenic quality 服務評估結果。	53
圖 19、望海巷潮境海灣資源保育區 Recreation 服務評估結果。	54
圖 20、海洋保育署林文琪 110 年參加新海研一號 8 月航次進行隨船海漂垃圾及海洋四足類動物調查。	55
圖 21、本計畫提出近、中、長期之規劃與效益。	57
圖 22、本計畫工作進度甘特圖。	59

第一章 計畫緣起與目的

印度—西太平洋海域（包含臺灣在內）具有全球最高的物種多樣性，其中不同生態系統間的歧異度很高，彼此間的交互過程複雜，此特性不僅對海洋之生物地球化學循環影響重大，在其他研究如生物地理學、演化學，甚至是醫學研究上，也都扮演著非常重要的角色；其中豐富的生物（如漁業）及非生物（如海底礦產、石油、天然氣等）資源被人們廣為利用，同時也提供人類社會重要的生態系統服務（如生態旅遊）。然而，人們在利用海洋的同時，也對其生態系統造成嚴重的衝擊，包括：過漁、海洋污染、棲地破壞、海洋酸化／暖化／塑化等環境變遷衍生的問題，都威脅著此區域海洋生態系統的健全發展及生物多樣性的正常呈現。如何促進海洋的永續利用是非常重要且迫切的議題，而此議題的關鍵在於全盤了解區域內海洋生物多樣性、生態系現況、自然與人為活動的衝擊等，以便針對這些問題研擬妥適的保育策略。

現今全球生物多樣性與生態保育以生態系統為基礎的管理 (ecosystem-based management) 和基於自然的解決方案 (natural-based solutions) 為重要趨勢，透過可持續管理和利用自然來應對環境變化與保育挑戰，這些挑戰包括氣候變遷、生物多樣性喪失、水污染、糧食安全、生態系統服務功能破壞、人類健康和災害風險管理等問題 (Ruckelshaus et al. 2008)。海洋保育署為我國新成立的海洋保育專責機構，應該要跳脫傳統以特定旗艦 (flagship) 物種為保育對象之窠臼，用更前瞻的方式看待海洋保育議題，以生態系統為基礎，並利用海洋科學中的新興技術及整合式研究方法，如環境 DNA (eDNA)／次世代定序 (Next Generation Sequencing，簡稱為 NGS) 生命條碼分析、智慧型監測系統及水下探勘工具運用、人工智慧 (artificial intelligence，現簡稱為 AI) 及影像自動辨識等，進行調查、監測、保育及復育等相關工作，以確保臺灣周圍海域在受衝擊或干擾 (disturbance) 之後生態系可恢復的彈性與韌性 (resilience) (Hofmann and Gaines 2008)。

生態系統管理 (ecosystem-based management)

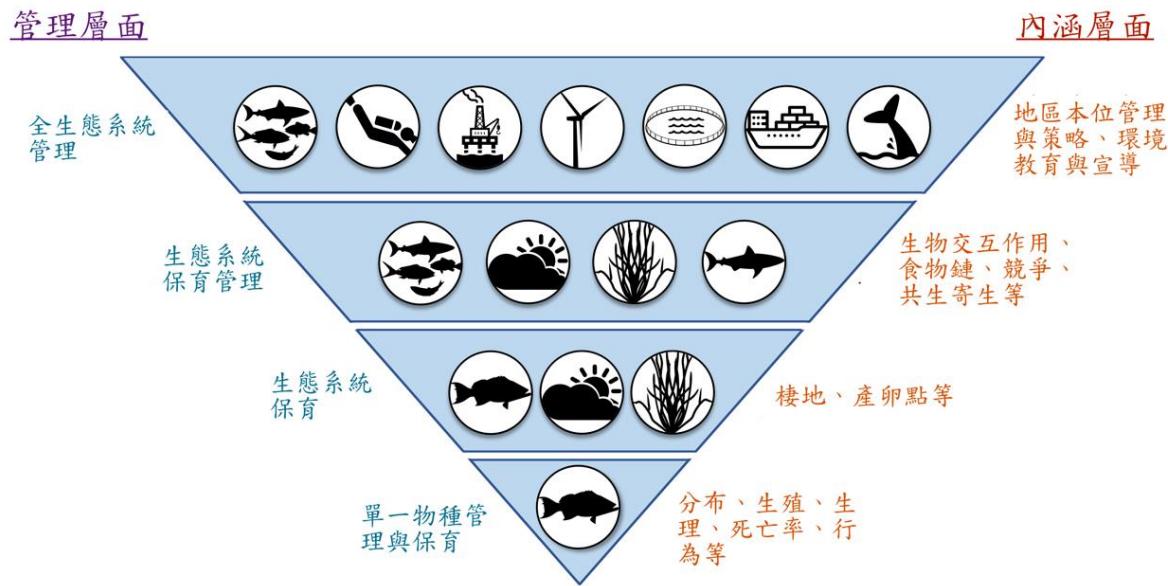


圖 1、以生態系統為基礎之管理與內涵層面示意圖。

本團隊基於上述之原則，並依據海洋保育署「110 年度臺灣海域重要生態系及海洋保護區調查與生態服務價值評估」採購需求說明，於 110 年 1 月初以生態系統為管理基礎之構想，綜合管理層面的需求（圖 1）提出為期四年的計畫，其經費來源為海洋委員會之「向海致敬-臺灣海域生態環保計畫」。整體計畫構想期望在近期內（即 110~113 年）從臺灣 0~3 海浬周邊海域包括重要海洋生態系環境及保護區調查出發，瞭解與親近臺灣沿岸環境，隨後（即 114~121 年）持續擴展至 12 海浬海洋友善區並增加深海調查計畫構想（圖 2），希冀能在海洋保育署成立十年後，讓民眾共同感受「海洋也是我家」，做到即使在非保護區也能愛海洋，護海洋，並進一步建立整體國民的海洋素養，此「素養」亦即讓國民瞭解「海洋對個人之影響，以及人為活動對海洋環境所造成的衝擊」。此外，本計畫亦確實貼近相關部門所提出之「向海致敬」五大原則：開放、透明、服務、教育及責任，從科學研究出發，繼而透過科學成果與展示，鼓勵人民「知海」（知道海洋）、「近海」（親近海洋）及「進海」（進入海洋），確保海洋之永續發展。

整體計畫第一年於 110 年 3 月 9 日完成議價後開始執行並於同年 12 月 20 日完成驗收，而今年的規劃為接續 110 年度的工作內容，並依據過去一年的執行經驗進行調整及修正，在此提出本年度的服務建議書。

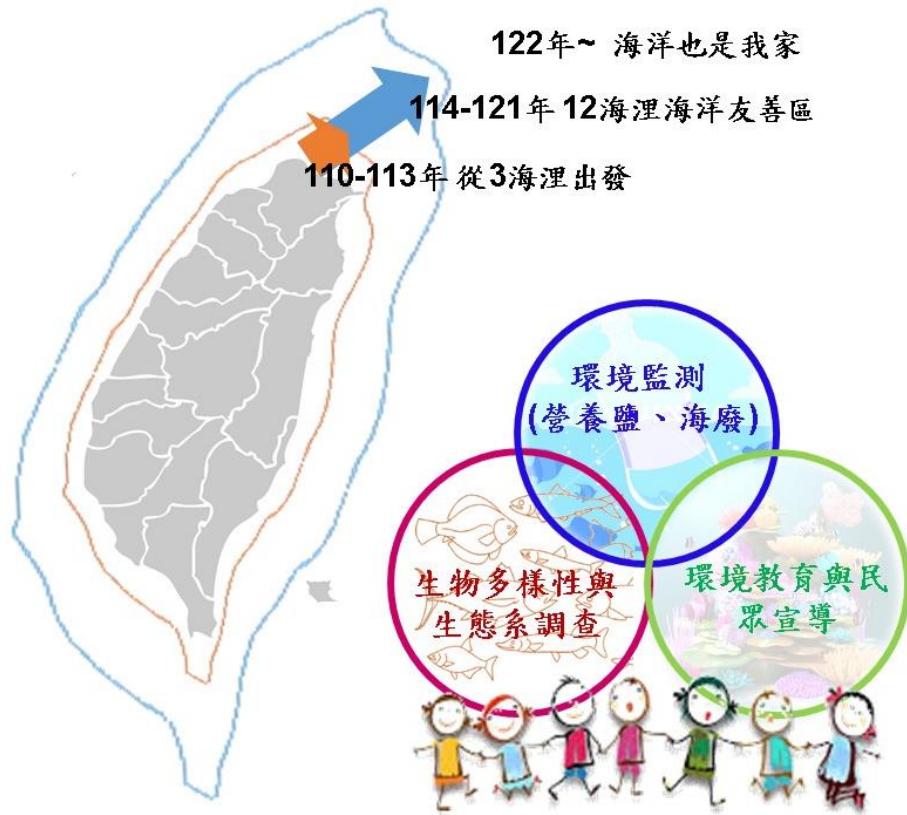


圖 2、近（110~113 年）、中（114~121 年）、長（122 年~）期之整體海洋研究與推廣計畫。

第二章 計畫目標

本計畫目標在建立我國海洋（含重要生態系及海洋保護區）固定測站之長期生態與環境基礎資料調查，期望其資料整合分析的結果，可作為我國海洋保育署或其他單位／組織未來研究，或推動保育、復育、環境教育推廣等相關工作之重要參考。為達成此目標，本團隊依循海洋保育署之需求設定相關工作內容如圖 3，包含（1）臺灣周邊海域生態系—船舶調查；（2）臺灣海域重要海洋生態系（以珊瑚礁區為主）—人員潛水調查；（3）自動監測系統調查；（4）進階資料分析：臺灣海域重要海洋生態系及海洋保護區資料庫建立與歷年資料收集彙整，再整合本案生態調查之成果，進行進階生態熱點分析及生態系統服務評估與價值衡量；（5）調查人力培育。各項工作之背景及本年度工作內容詳述如下一章節。

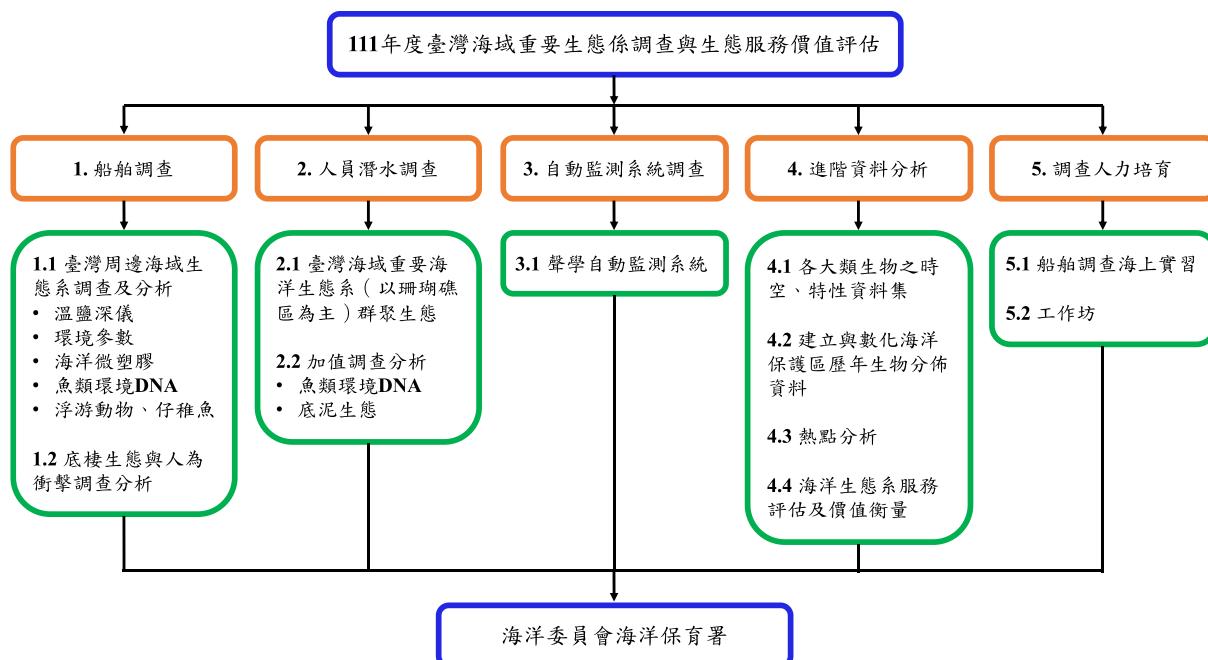


圖 3、計畫工作流程圖。

第三章 工作內容、方法及預期效益

3.1 船舶調查

3.1.1 背景及預期效益

臺灣位於歐亞大陸與西太平洋的交會區與熱帶至溫帶的過渡帶，南邊有黑潮和南海水團把太平洋低緯度熱帶海域的豐富海洋生物帶來臺灣，北邊則有東海海流把東海陸棚的溫帶生物送到臺灣海域，加上臺灣沿岸海域多樣的棲地、地形和水文環境等生態條件，使得臺灣成為全球海洋生態系統上重要的輻合帶，擁有高度的海洋生物物種多樣性（戴與陳 2018）。四十多年來，我國海洋科學團隊及與其他國家的合作研究，對臺灣周邊海域的洋流、海洋地質特徵，以及生物多樣性和生態系統過程已有大致的了解，但仍然有許多複雜或是跨領域的議題還需要進一步以多重尺度及定量或定性的方法進行長期調查與研究。這些議題包括如瞭解這個區域不同生態系統間（或是生物地理區域）的生物多樣性之歧異性、各個生態系統（或區域）內及彼此間的複雜交互過程，以及其在海洋生物地球化學循環中扮演之角色等。此外，近年來我國的海洋生物棲地環境受到日趨密集的人類活動如漁業、遊憩等，以及其他如全球氣候變遷等因素的嚴重衝擊，已造成生物多樣性的嚴重流失，海洋保育也因此為當前迫切的課題。

海洋保護區（Marine Protected Areas，簡稱為 MPA）的設置為海洋保育執行的重要策略之一。事實上，按日前政府之臺灣的生物多樣性推動方案，參考「2010 年的生物多樣性愛知目標（Aichi target）」及「2015 年的聯合國永續發展目標（SDGs）」，認為臺灣領海內 10% 的海域應劃為 MPA，甚至在 2030 年前要達到 30% 的目標，且依國際的標準，還需要建立保護區的網絡，其中更應保留一定面積做為不准任何漁獲行為的「海洋保留區」或是「完全禁漁區」，才能達到保育的成效。然而，目前有些保護區形同虛設，功能不彰，更只是執行單位執著於數字上的迷思之工作，疏不知海洋保護區網絡的設計極需完整的臺灣海域生態資料及生態系統服務評估與價值之衡量。

另外，近年來海洋生物因誤食廢棄物或被網具纏繞而受傷或死亡的新聞時有所聞，根據最近的科學報告（Jambeck et al. 2015），全球在 2010 年約有 4.8 到 12.7 百萬噸未妥善管理的塑膠廢棄物由陸地進入海洋，但全球的大洋環境卻只有約 6.6 到 35.2 千噸的海漂塑膠廢棄物，這代表了全球海漂塑膠廢棄物的總重竟不到 2010 年由陸地進入海洋塑膠廢棄物的百分之一或接近千分之一，其中巨大的差異顯示，成千上百萬噸進入海洋

的塑膠廢棄物並沒有停留在海面上，一方面很可能因浪擊、日曬而逐漸分解成塑膠微粒，另一方面可能早已沉降到海底，但兩者皆因採樣困難而無法估計，也因此臺灣至今沒有一個完整的，有計畫性的海洋廢棄物，包括微塑膠的調查計畫或報告。

有鑑於此，本計畫規劃於臺灣周邊海域進行長期較大規模的生態調查，以及人為活動對生態系統衝擊之調查研究，並對重要生態區域（如臺灣西部中華白海豚野生動物重要棲息地及離岸風機開發／潛在區，或是已成為政治口水論戰的桃園藻礁保護區）進行底棲生態 (benthic ecology) 與人為衝擊調查，旨在藉由底棲生物生物量及多樣性（主要聚焦於大型底棲生物，如魚類）及非生物（如海底垃圾）之調查與分析，以了解人類影響下之環境變遷對生態系統的可能衝擊。

最後，本計畫提出的整體目標是完成生態網路之連結與跨食階生物多樣性 (Multiple trophic-level biodiversity) 的調查工作，以期在將來進一步研究後，了解以下問題及生態機制：(1) 臺灣周邊海域海洋物理、化學過程，甚至是人類的活動如何影響各食階生物多樣性（包括：浮游植物，浮游動物，魚類、底泥生物等）；(2) 食階間生物多樣性之交互作用；(3) 食階生物多樣性如何影響海洋食物網、生態系統功能，以至於生物地球化學循環；(4) 物種的生物地理分佈及其族群或群聚之間的連通性。亦希冀可以根據研究結果提供政府相關部會／部門研擬妥適的保育策略，並促進海洋生物資源的永續利用。

3.1.2 調查範圍、作業內容及頻率

針對臺灣本島北、中、南、東部周邊海域（優先針對 3 海浬範圍內之海洋保護區及野生動物重要棲息環境，以掌握當地海洋生態及海洋廢棄物熱區與海域環境特徵），每季或半年（頻率視海況而定，每年至少兩次）配合行政院水產試驗所（簡稱水試所）的兩艘研究船（水試一號及二號，見圖 4）於臺灣海域進行例行調查之航次，或是計畫總主持人執行科技部計畫之新海研一號 (NOR1) 調查航次（圖 5）共同探勘，以完成環島基本調查及特定區域之底棲生態與人為衝擊調查。本團隊在執行本計畫任務時所需分攤之油料及作業費用，由海保署透過與研究船管理單位之行政協助方式支出。



圖 4、水試一號試驗船與水試二號試驗船（擷取自水產試驗所網站）。



圖 5、科技部委託臺大海洋研究所管理的新海研一號 (NOR1)。

基本調查（每次或半年調查點至少 15 處）之作業內容包括以研究船上配置的輪狀採水器 (rosette) 及溫鹽深儀 (CTD) 進行水樣採集（無機營養鹽、葉綠素、溶氧等環境參數、水體中之微塑膠以及魚類環境 DNA 之分析）；動浮網採集（浮游動物及仔稚魚）。而底棲生態與人為衝擊調查（每次或半年調查點至少 10 處）之作業內容包括底拖網採集作業（大型底棲動物如魚類及海底垃圾）。圖 6 為 110 年度計畫規劃並完成的

以研究船方式進行調查的站點，其經緯度座標見表 1。為延續調查的一致性，本年度的調查站點將從 110 年度的環島基本調查及加值（底棲生態與人為衝擊）調查中的站點選擇之。實際站點之位置包括經緯度座標會依當下航次作業狀況、海底地形及海況進行微調。船上作業實況，見圖 7。

此外，為培養國家海域生態調查之人力及能力，本年度的環島基本調查，每趟次將邀請海保署同仁至少 1 名人員同行，除協助其了解各項船舶調查工作之程序與儀器操作方式外，在白天航行期間亦可進行海漂垃圾及海洋四足動物之調查。在航次結束後亦會辦理至少一次為期兩天的工作坊，以利人（學）員熟悉樣本於實驗室的後續分析工作。

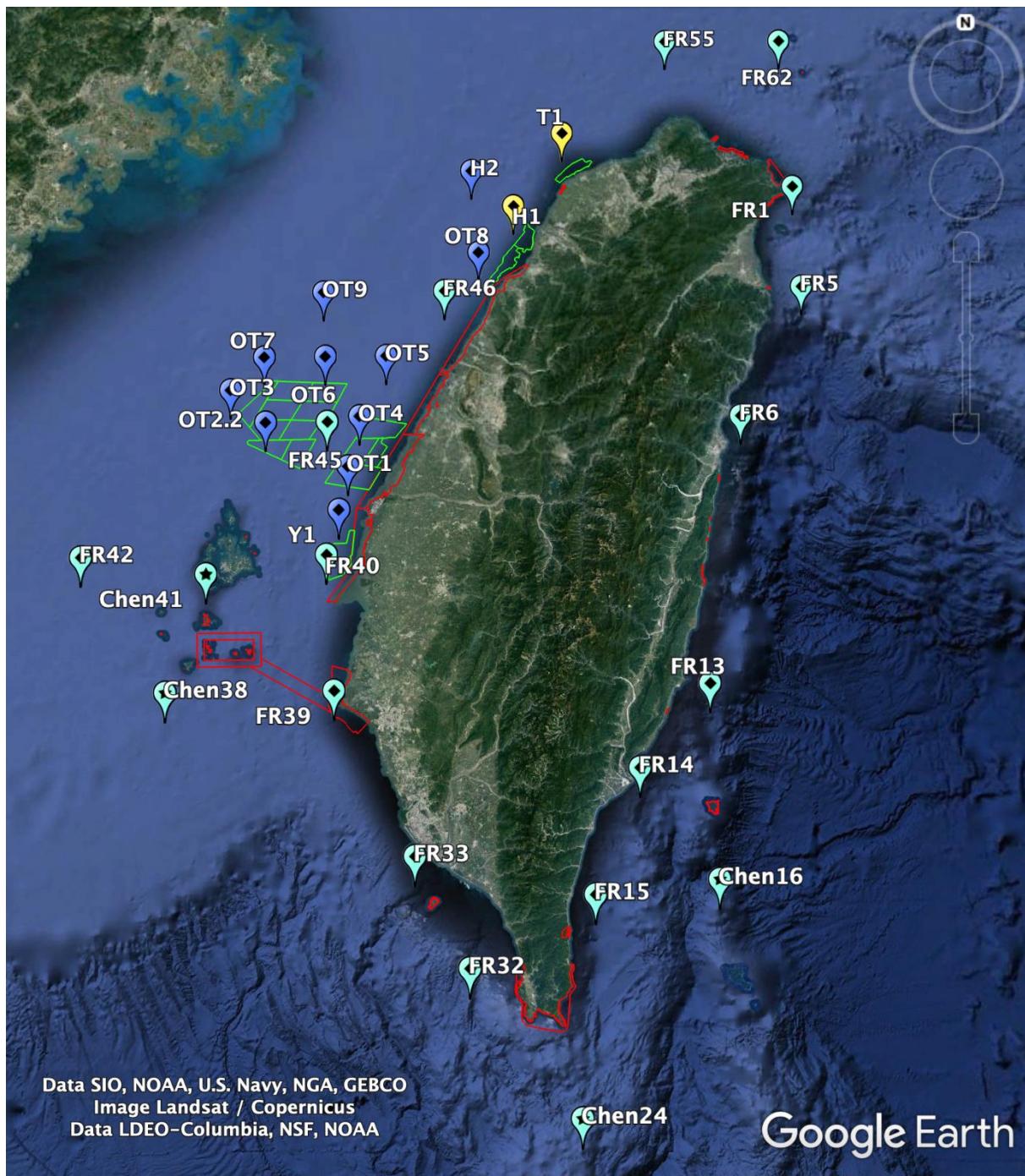


圖 6、110 年度計畫完成之以研究船方式進行的環島基本調查（淺藍色及黃色標記）及特定區域之加值(底棲生態與人為衝擊)調查（深藍色及黃色標記）站點。紅色標記／範圍為海洋保護區及野生動物重要棲息環境；綠色網狀區／範圍為離岸風機開發區。

表 1、110 年度計畫完成之以研究船方式進行船舶調查站點座標列表。

緯度	經度	地點	水深 (m)	測站名稱	生態系類型
24°54'N	122°0'E	宜蘭外海	146	FR1	大陸斜坡
24°30'N	122°0'E	宜蘭外海	754	FR5	大陸斜坡

24°0'N	121°42'E	花蓮外海	300	FR6	大陸斜坡
23°0'N	121°30'E	臺東外海	1968	FR13	海槽
22°42'N	121°12'E	臺東外海	261	FR14	大陸斜坡
22°15'N	121°0'E	臺東外海	1072	FR15	海槽
22°17.51'N	121°29.52'E	綠島蘭嶼海域	152	Chen16	海山
21°28'N	120°54.76'E	恆春海脊	250	Chen24	海脊
22°0'N	120°30'	枋寮海脊	320	FR32	海脊
22°24'N	120°18'E	小琉球海域	100	FR33	大陸斜坡
23°0'N	120°0'E	臺南外海	73	FR39	大陸棚
23°0'N	119°20'E	七美海域	50	Chen38	大陸棚
23°26'N	119°30'E	望安海域	56	Chen41	大陸棚
23°30'N	119°E	澎湖海域	53	FR42	大陸棚
23°30'N	119°59'E	嘉義外海	25	FR40	大陸棚
24°0'N	120°0'E	彰化外海	45	FR45	沙脊
24°30'N	120°30'E	臺中外海	53	FR46	大陸棚
25°30'N	121°30'E	新北外海	55	FR55	大陸棚
25°30'N	122°0'E	基隆嶼海域	126	FR62	大陸棚
23°49.80'N	120°04.8'E	雲林外海	32	OT1	大陸棚
24°0'N	119°45'E	雲林外海	35	OT2.2	大陸棚
24°07.50'N	119°36.60'E	雲林外海	27	OT3	大陸棚
24°01.20'N	120°7.98'E	雲林外海	35	OT4	大陸棚
24°15'N	120°15'E	彰化外海	44	OT5	大陸棚
24°15'N	120°00'E	臺中外海	39	OT6	大陸棚
24°15'N	119°45'E	彰化外海	35	OT7	大陸棚
24°39'N	120°39'E	苗栗外海	60	OT8	大陸棚
24°30'N	120°00'E	臺中外海	63	OT9	大陸棚
23°40.02'N	120°02.31'E	雲林外海	36	Y1	大陸棚
24°50'N	120°48.33'E	新竹外海	61	H1	大陸棚
24°58.560'N	120°38.168'E	新竹外海	89	H2	大陸棚
25°7.50'N	121°1.73'E	桃園外海	78	T1	大陸棚

*調查站點及其確切之經緯度可能因當地海洋及天候狀況而做調整



圖 7、船上作業實況（拍攝於新海研一號研究船）。(A) CTD 採水，(B) 動浮／仔稚魚網採集，(C) 底拖網採集，(D) 採集之巨型底棲動物及海底垃圾。

3.1.3 採樣方法、觀測及基本資料分析

(一) 環境參數（含營養鹽、溶氧、葉綠素等）

本計畫預定於各測站使用 CTD 探針收集該測站深度剖面之環境參數（溫度、鹽度等）。另外亦利用 CTD 採水瓶依測站之水深，採取 0-200 米不同深度層之水樣（預定可收集水深為 5 米、（10 米）、25 米、50 米、75 米、100 米、150 米、200 米，但仍視船上設備使用度與整體船行調查時間進行最後調整），若水深小於 200 米，則採樣至離底 20 米之深度。水樣採集後立即分裝並儲存，溶氧測量以生化需氧量 (Biochemical oxygen demand, BOD) 測試瓶裝樣本海水後，分別加入氯化錳與疊氮-碘化鈉試劑，於室內常溫避光進行保存，靜置 4-6 小時待耦合物完全沈澱後在船上即時進行測量；無機營養鹽 (NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 、 SiO_2) 測量以 100mL 之 polyethylene 营養鹽瓶填裝樣本海水後，快速移至 -50 至 -80°C 冷凍保存；葉綠素則直接利用抽氣幫浦過濾樣本海水至玻

璃纖維 (GF/F) 濾紙上，對摺於包埋盒中，放至-20°C 冷凍保存。待船舶調查結束，將無機營養鹽和葉綠素樣本帶回實驗室，於數周內進行測量分析。

溶氧以疊氮修正希巴辣光度測氧法 (Shibala colorimetry) 進行，其化學反應原理與傳統的溫可樂點滴定法類似，以分光光度計取代滴定步驟，直接透過 456nm 波長測定，測值精密度可達 0.1%，準確度則可達 0.5%；無機營養鹽測定使用三同步營養鹽分析裝置 (Trident-222 Simultaneous Nutrient Analyzer) 注入分析 (Gong 1992)，硝酸鹽與磷酸鹽分別以 cadmium, ascorbic acid/oxalate 及 ascorbic acid 還原比色法測定濃度 (Parsons et al. 1984)，其中硝酸鹽的偵測極限為 $0.01 \mu\text{M}$ ，而磷酸鹽的偵測極限則為 $0.03 \mu\text{M}$ ；溶氧以光學測溶氧法進行，其化學反應園裡與傳統的溫可樂點滴定法類似，其中以分光光度計取代滴定步驟，直接透過 456nm 波常測定，使測值精密度可達 0.1%，準確度則可達 0.5%；葉綠素分析將濾紙以 95%丙酮 (acetone) 於暗處或陽光未直射處下粹取 24 小時，粹取之葉綠素濃度以 fluorometer (Turner ; 10-AU-005) 測量 (Strickland and Parsons 1972)。

綜合 CTD 探測資料及溶氧、無機營養鹽和葉綠素濃度實測資料，可連結海洋物理環境及生物圈，了解臺灣周圍海域水體的溫鹽變化和基礎生產力高低情形，探討可能影響海洋基礎生產力的限制因子。

(二) 魚類環境 DNA (eDNA)

若測站水深大於 500 米，每個測站採水四層分別為表水（5 米深）、底水（離底 5 米）、葉綠素極大層、海底與葉綠素極大層之中間層；若測站水深介於 125 米及 500 米，每個測站採水三層分別為表水、葉綠素極大層及底水（離底 5 米）；若測站水深小於 125 米，則採表水及底水（離底 2 米）兩層水。每層採水 10 公升，使用 $0.45\mu\text{m}$ 濾膜過濾收集環境 DNA 並保存於-20°C 冰箱，航次結束後樣本攜回臺灣大學海洋研究所所建置之 eDNA 專用分子生物正壓實驗室，以利日後結合次世代定序技術，採用複合生命條碼方式 (meta-barcoding) 之實驗。這個方法主要是利用環境 DNA (Kelly et al. 2014) 萃取技術，完整無差別的蒐集海水中看不到的大型生物之殘留物，如魚類的代謝廢物、損傷組織或脫落的表皮細胞，經魚類通用的 12S 引子放大定序，再以類似傳統 DNA 生命條碼分析方式，將所得的序列與已知或自行建立的魚類基因資料庫進行比對（詳細方法可參考 Miya et al. 2015），以得知當地海域中的魚類多樣性。傳統魚類標本採集除受網具選擇性的影響，也無法在高濁度水域、深水區（無法潛水）或海洋保留區（無

法底拖) 進行採樣。在此所提以分子生物學方式進行的調查，可以克服此困境，達成魚類生物多樣性的完整調查。

魚類 eDNA 的取得遵循 Miya et al. (2016) 所建構之步驟。所有設備在替換不同樣本之間都經過清水清洗、烘乾，並暴露在紫外燈下三十分鐘以上，並同時使用相同裝置以及方法過濾 5 公升的超純水 (milli Q water) 作為對照組實驗，以監控實驗中可能的交叉污染。過濾後的濾芯使用 DNA 萃取套組 (DNeasy Blood and Tissue Kit, Qiagen, Hilden, Germany) 萃取 DNA。萃取獲得的 eDNA 以 12S 引子對進行 PCR 擴增，獲取粒線體 12SrRNA 基因片段。每一組樣本共進行五至八次 PCR 擴增，並且將多次產物以等比例混合後，送至國立臺灣大學生物技術研究中心進行 Illumina 次世代定序。

次世代定序是利用聚合酵素鍊鎖反應 (PCR) 放大出的片段產物使用 GeneHlowGel/PCR 純化試劑盒純化 (Gene aid)，由於放大後的序列尾端皆設計有次世代定序平台 Illumina 之突出轉接子 (overhang adapters)，因此可以藉此突出轉接子序列 (overhang adapters)，以 Illumina 提供之 Nextera XT Index 試劑盒，利用內含條碼 barcodes 與 Illumina 定序接頭序列 (P5, P7) 的正反引子將上述純化過後的產物進一步以 PCR 反應放大，再利用 AMPure XP 磁珠純化成約 630bp 大小的文庫 (library)。接著，使用 Agilent bioanalyzer 2100 測量待測文庫之大小及使用螢光定量法 (Qubit) 測量待測文庫濃度，調整待測文庫濃度後，將樣本加入表面帶有互補轉接子序列的定序晶片上，並利用 Illumina 次世代定序儀 (MiSeq) 之橋式聚合酶鍊鎖反應 (bridge amplification) 將樣本擴增以放大螢光檢測的訊號，藉由定序過程中不同鹼基的螢光標記擁有不同的螢光顏色來辨認互補的鹼基對，經重覆進行螢光標記移除與偵測，即可偵測眾多魚類的基因序列 (雙邊定序長度 2*150bp)。接著將 Illumina 次世代定序儀偵測到之片段 12SrRNA 序列先使用 trimomatic (Bolger, Lohse, & Usadel, 2014) 進行品質篩選、長度篩選、清除 adapters 以及將 5' 及 3' 方向互補的讀序組合後，上傳至 MiFish Pipeline (<http://mitofish.aori.u-tokyo.ac.jp/mifish>) 分析，並將分析中物種指派信心為高 (HIGH)、中 (MODERATE) 或是低 (LOW) 的類群另外透過物種分佈等其他資料確認該物種名稱。

為提升物種辨識的正確度，本計畫另外選取已確定物種之樣本進行 12SrRNA 片段定序，做為參考序列與資料庫合併比對使用，序列分析步驟為：(1) 使用 MiFish-U-F 和 H1478 (Kocher et al. 1989) 引子針對樣本之目標 12SrRNA 序列擴增，進行 Sanger 方法基因定序；(2) 將取得 12S 序列利用 CodonCode Aligner 軟體 (v. 10.0.1) 之次世代定序分析工具 (identify sequences) 與 e-DNA 偵測序列比對，特別是檢視是否有與參考序列相似度

極高（兩序列相差約在 1% 以下）的序列；(3) 若一樣點 e-DNA 中偵測的序列與參考序列吻合，則可推論該 e-DNA 偵測序列來自於該參考序列之物種，並可判定該樣點有該物種分布。

(三) 海洋微塑膠

搭配魚類 eDNA 調查測站及採樣深度/水層，分別收集各站點在不同深度水體各 20 公升的海水樣本，藉以了解臺灣周邊海域水體中的的微塑膠背景值，甚或有機會剖析這些微塑膠經過被攝食或沾附於其他生物表面而進入食物鏈的可能性。水樣採集後，立即在船上進行過濾作業，每個海水樣本分別以直徑 47 釐米，網目 $308 \mu\text{m}$ 和 $25 \mu\text{m}$ 金屬濾網進行雙層過濾，並保留 1 公升的濾過水，以直徑 47mm，網目 $3 \mu\text{m}$ 鐵氟龍 (PTFE) 濾紙進行第三層過濾，過濾完成之濾紙以鋁箔紙摺疊包裝，標記保存於 -20°C 冷凍庫。樣本帶回實驗室後分別進行微塑膠或其他人造物之定量與定性試驗，利用解剖顯微鏡觀察記錄微塑膠/人造物的數量及型態並拍照存檔；完成後，隨機抽取樣本金屬濾網移至傅立葉轉換紅外線光譜儀 (Fourier transform infrared spectrometer，簡稱為 FTIR)，並對濾紙上的個別微塑膠/人造物進行化學定性分析，透過比對圖譜資料庫評估該微塑膠/人造物的可能材質。因儀器之限制，計畫期間將至少分析完網目 $308 \mu\text{m}$ 之樣本，若實驗時間允許則隨機選取其餘之樣本作為分析代表。

透過微塑膠/人造物定量及定性試驗可初步了解臺灣周圍海域的微塑膠/人造物分佈情形，分析不同型態及材質的微塑膠/人造物在二維和三維空間的分布差異，並合併環境參數資料探討造成差異的可能原因。

(四) 動浮網

動浮網採集主要包含浮游動物與仔稚魚兩大類。浮游動物預計以 $330 \mu\text{m}$ -mesh, 135cm ring net, 1m/s 的拖網速度，從水深 200 米往上斜拖至表水(若水深少於 200 米，則下放至離底 20 米)(依實際所使用之調查船儀器限制調整)，最後將樣本保存於 5% 福馬林。採集的樣本帶回實驗室，分析前將浮游動物樣本以 Folsom splitter 分割至約 2000 的個體，並以浮游動物掃瞄器 (ZooScan)，將約 2000 的個體掃成圖檔，利用程式語言 R 以及 Python 使用 deep convolution neural network 做 AI 影像自動辨識，並分成約 50 種類（生態功能類群），進而估算生物量、群聚結構、多樣性等。

仔稚魚預計以 500 μm -mesh, 135cm ring net, 1m/s 的拖網速度，從 200m 水深往上斜拖至表水(若水深少於 200m，則下放至離底 20m)(依實際所使用之調查船儀器限制調整)，最後將樣本以 300 μm -mesh, 200mm 篩網瀝乾後保存於-20°C 冷凍庫。仔稚魚採樣點與浮游動物採樣點相同。樣本帶回實驗室後，快速解凍並將仔稚魚挑出以酒精固定，進行物種鑑定。物種鑑定係由工作 20 年以上經驗之專任研究助理執行，所使用之文獻資料甚廣，其中主要為沖山(1988)之日本產稚魚圖鑑。

完成各採樣點之浮遊動物與仔稚魚樣本鑑定分類後，依各網次濾水體積標準化不同類群之量豐度，據以分析各採樣點的物種豐富度、多樣性及均勻度，並使用多變量分析方法比較採樣點之間的物種組成差異，了解不同類群生物在臺灣周圍海域的分布情形，並預計合併海洋微塑膠資料探討海洋生物受到微塑膠/人造物之可能影響。

(五) 底棲生態與人為衝擊調查

本年度之底棲生態與人為衝擊調查部分之站點選擇，延續 110 年度完成之加值調查測站(圖 6)，原則上使用行政院農業委員會水產試驗所水試一或二號研究船之網板拖網(Otter Trawl)進行，預計於 5 月及 9 月各進行一次調查，每次皆對各測站進行一次拖網作業，其網板拖網網目為 20 毫米，入水後拖網寬度為 8 公尺，拖網時船速約 1~2 海浬/小時，作業時間約 1 小時。拖網捕撈物依生物／非生物、類群、個體大小進行分類及秤重。可過篩的捕撈物分別依序以 1000 毫米、500 毫米及 0.5 毫米網目大小之篩網進行初步分類。拖網回收之底棲動物(主要聚焦於魚類)以型態及分子生物學方法鑑定並分析包含生物量，群聚結構及多樣性等(參見 Lee et al. 2019)。拖網回收之海底垃圾涵蓋中大型海洋廢棄物，中型海洋廢棄物之尺寸介於 5 毫米至 25 毫米；大型海洋廢棄物介於 25 毫米至 1000 毫米，屬於肉眼可辨識之範圍。

廢棄物樣本處理流程則參照圖 8：拖網上甲板後，將生物、肉眼可見之廢棄物分開。生物部分記錄其種類、數量與重量；廢棄物則於拍照紀錄後冷凍帶回。於實驗室解凍後，將廢棄物分類，計算其種類與數量並附上比例尺拍照，盡可能保留採集當下情況與生物共存的關聯。而後將其浸潤清洗，避免廢棄物再度破碎，再置於室溫無風環境自然風乾，最後量測其重量(精度=0.2 克)。

廢棄物分類之標準參考美國國家海洋暨大氣總署(Lippiatt et al., 2013)，將廢棄物依材質區分為 7 大類 43 項細目：(1) 塑膠類(如塑膠碎片、食物包裝、飲料瓶、其他瓶子、瓶蓋、雪茄嘴、香菸、打火機、鋁罐包裝膠環、塑膠袋、塑料繩子、浮標、釣魚

誘餌和線、塑膠杯、餐具、吸管、氣球、護理產品及其他）；（2）金屬類（如鋁/錫罐、噴霧罐、金屬碎片及其他）；（3）玻璃類（如飲料瓶、罐、玻璃碎片及其他）；（4）橡膠類（如人字拖、手套、輪胎、橡膠碎片及其他）；（5）木材類（如紙箱、紙跟紙板、紙袋、建築材料及其他）；（6）布材類（如衣物鞋子、麻布手套、毛巾、棉麻繩、布塊）；（7）其他類。若廢棄物上有可辨識之文字，將額外記錄，以做為追溯源頭的線索。所有資料轉為單位面積數量與重量，以利進行後續分析比較。

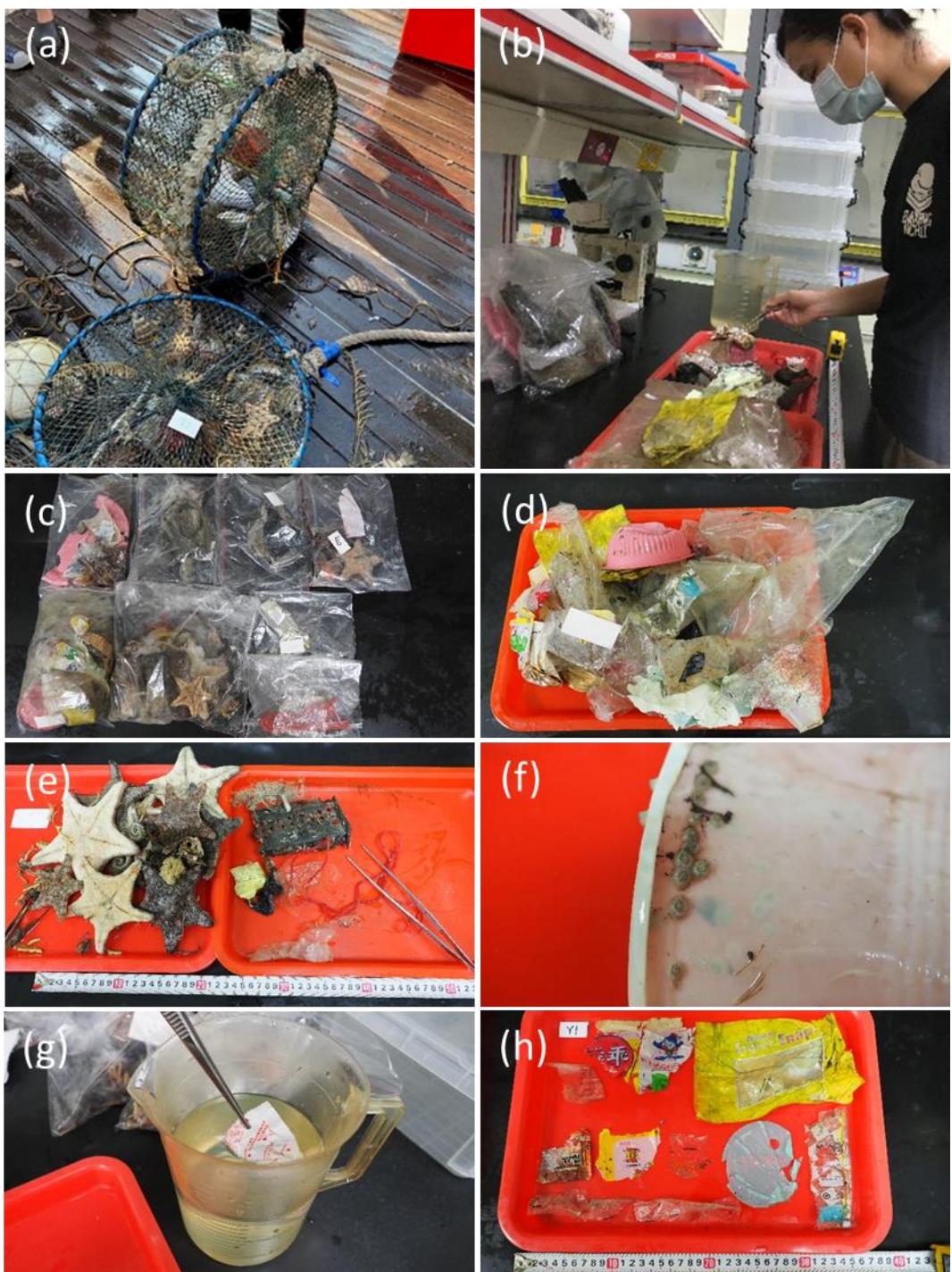


圖 8、廢棄物樣本處理流程。(a) 大型廢棄漁具在樣站被底拖上船。(b) 廉棄物分樣處理示意圖。(c) 各站點廢棄物冷凍後帶回實驗室進行分樣。(d) 樣站廢棄物（分樣前）。(e) 將生物與廢棄物分開，左側為生物，右側為廢棄物。(f) 塑膠餐具、杯子等常有附著型生物附生，如：藤壺。(g) 平鋪分樣前須先加以清潔，以便顯示廢棄物原始樣貌。(h) 完成廢棄物分樣示意圖。

(六) 群聚分析

群聚分析預計將包含生物多樣性與物種組成分析。定義生物多樣性指標需要考量種類之相對豐度。最常使用的生物多樣性計量公式為：

${}^qD = \left(\sum_{i=1}^S P_i^q \right)^{\frac{1}{1-q}}$ ， q 稱為 Hill number。當 $q = 0$ ， qD 單純表示種類數目(species richness)；當 $q = 1$ ， qD 表示最常用的 Shannon 多樣性，此指標平衡考量稀少種與優勢種；當 $q = 2$ ， qD 則為 Simpson 多樣性，強調優勢種的重要。不同多樣性指標有不同生態意涵，需通盤考量並作比較分析 (Chao et al. 2014)。再者，生物多樣性估算需考量採樣努力量(sampling effort)，因為努力量越高，多樣性自然就越高。考量採樣努力方法有二：(1) 依據相同個體分析數量做標準化 (by rarefaction)；(2) 依據估算之採樣完成度做標準化 (by sampling coverage) (Hsieh et al. 2016)。樣本需要經過資料標準化後，才能做比較。

本計畫預計將結合環境因子來做測站間種類組成差異之多變量分析（如圖 9 中之範例），包含多變數迴歸分析 (regression analyses)、排序分析(ordination analysis)、集群分析 (cluster analysis) (Legendre and Legendre 2012)等。

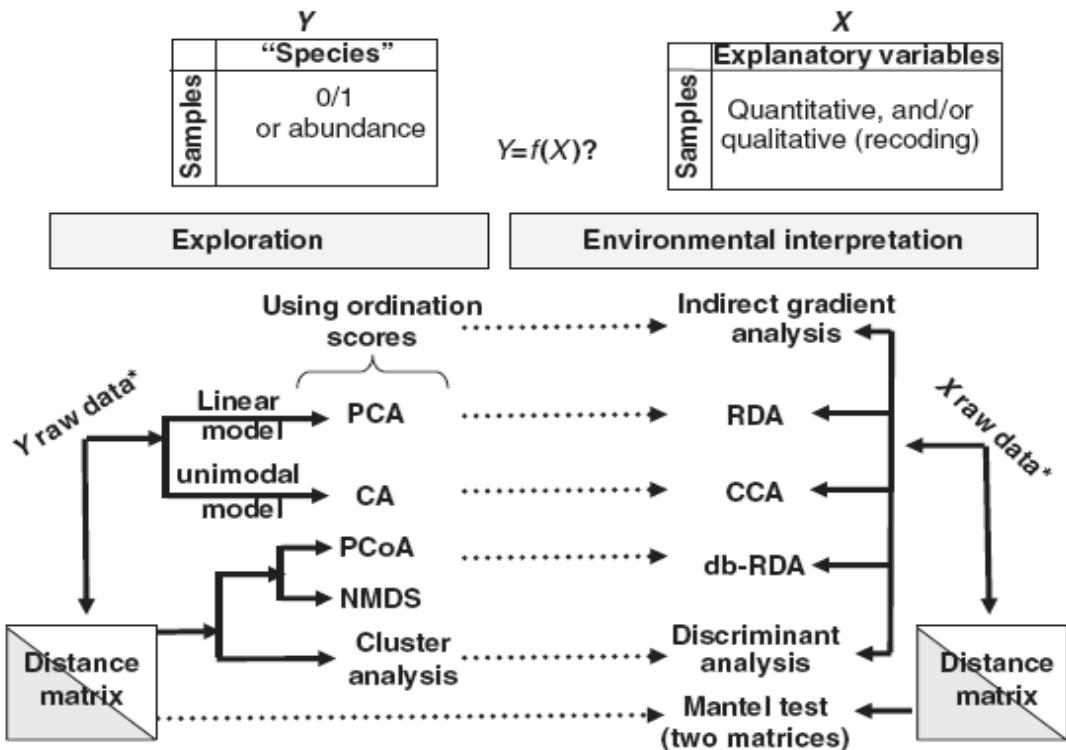


圖 9、常用之多變量分析方法包括排序分析 (ordination analysis) 與集羣合分析 (cluster analysis)。排序分析方法包括：PCA: Principal Component Analysis; CA: Correspondence Analysis; PCoA: Principal Coordinate Analysis; NMDS: Nonmetric Multi-Dimensional Scaling; RDA: Redundancy Analysis; CCA: Canonical Correspondence Analysis; db-RDA: distance-based Redundancy Analysis。上述之排序分析方法都依據共變異矩陣之特性根分析 (eigen analysis of the variance-covariance matrix)，差別在於資料的常規化 (normalization) 以及拓樸投射方法不同 (different ways of topological projection methods)。這些分析將在矩陣運算語言（例如 R 或 Python）完成。

3.2 人員潛水調查

3.2.1 背景及預期效益

臺灣沿岸海域擁有豐富的珊瑚礁生態系（圖 10），估計每年每平方公里的珊瑚礁可帶來高達 514,417 美元之相關經濟效應 (Spalding et al. 2017)。然而除了珊瑚礁本身，位於其中的底棲生物群聚在不同區域／環境也有著高度的歧異性，這些群聚生物的多樣性可藉由不同區域生物功能特徵的差異來解釋 (Denis et al. 2019)。如前所述，人類在利用豐富的沿岸珊瑚礁資源之同時，這些珊瑚礁的底棲生物群聚也遭受到不同程度的人為影響。例如根據 2004 年來自澳洲昆士蘭大學的報告顯示，臺灣大多數的珊瑚礁海域都是處於過漁的狀態，且這些漁業資源早在十年前即被消耗殆盡 (Kimrua et al. 2004)。臺灣的海岸也已過度開發被用來做農漁業、道路及觀光建設等用途，這些建設造成水土流失，導致大量沉積物頻繁被沖刷至沿岸海域。另外，沿海的鄉鎮的家庭廢水往往未經處理就直接排入海中，造成了沿岸海水的優養化，優養化的狀況在東北角、墾丁及小琉球特別嚴重 (Kimrua et al. 2004)。

為了解決這些問題，政府已根據不同層級的保育法條設立保護區，以期盼能夠減緩（或是恢復）沿岸生物群聚的破壞及漁業資源的衰退。截至目前為止，我國針對海洋資源管理所設立的保育區可分為以下五種：(1) 國家公園（根據國家公園法所設立）、(2) 自然保留區（根據文化資產保存法所設立）、(3) 野生動物重要棲息環境及野生動物保護區（根據野生動物保育法所設立）、(4) 漁業資源保育區（根據漁業法所設立）、(5) 海域資源保護區（根據發展觀光條例及都市計畫法所設立）。保育／護區內的規範差異非常大，像是同一個國家公園內又可區分為禁止進入或影響、禁止採捕及分區多功能使用等區域。這些規範有時候限於海洋資源（如特定捕撈生物）的利用，有時候也會包含其他陸域的景觀或生物之保護。例如墾丁國家公園於 1982 年公告計畫後不久，便將恆春半島上的自然遺產納入保護範圍內，有部分的規範除了保護自然資源外，也納入文化遺產及傳統使用的觀點。除此之外，根據不同法源建立在各地的保護區有不同程度的強制力。而盜捕及各種違法活動在臺灣大多數的海洋保護區內仍屢見不鮮，這造成了臺灣的保育區網絡運作起來效率非常低落，需要進一步的整合及管理 (Mora et al. 2006)。

有鑑於此，本計畫欲藉由臺灣海域各區珊瑚礁生態系群聚生態及生物多樣性調查，對各保護區的規範及特徵進行交叉分析比較，以提供一個針對臺灣海洋保護區在保育海洋生物資源效率上的全面性評估。

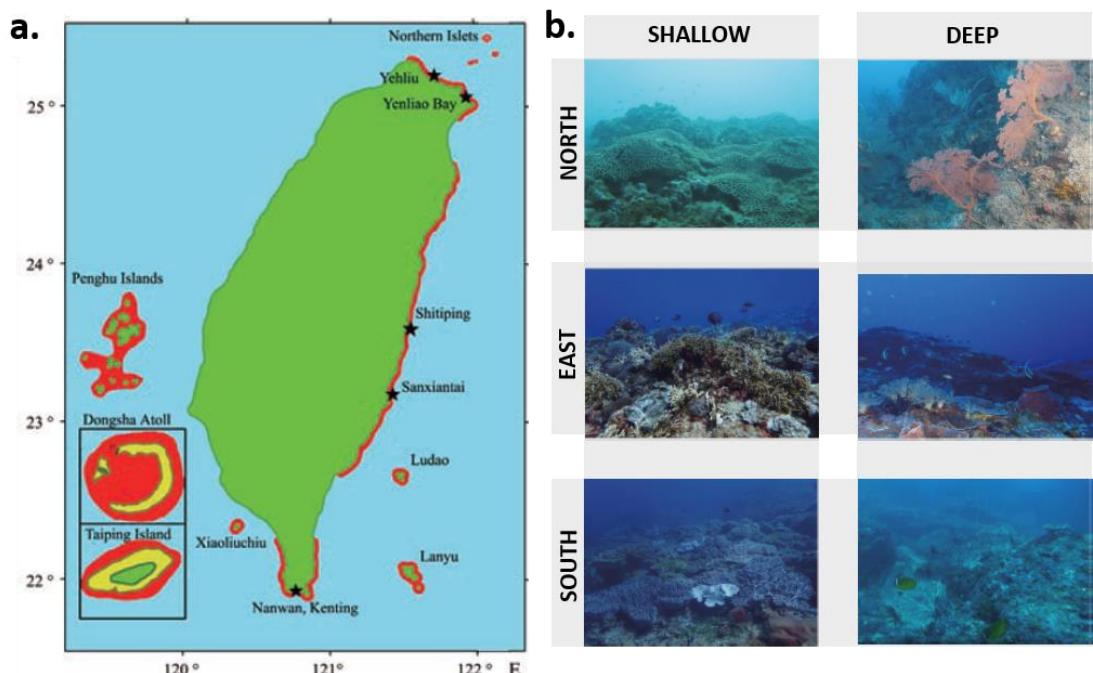


圖 10、(a) 臺灣海域珊瑚礁生態系分佈地圖（紅色標示部分），此圖片取自 Dai and Horng (2009)；(b) 臺灣海域周圍多樣的底棲群聚，此圖片取自 Lin and Denis (2019)。

本計畫期望在 110~113 年完成 100 處臺灣海域珊瑚礁生態系之調查與分析後，達到以下目標或效益：

- (1) 回顧並比較目前臺灣海洋保護區的規範及條文是否能具體保護沿岸生物群聚。
- (2) 以珊瑚礁底棲生物群聚狀況來評估目前海洋保護區網保護沿岸生物資源的成效。
- (3) 使用和人為影響有關因子的歷史和／或觀測資料來解釋現今沿岸生物群聚狀況，並提供改善現今海洋保護區網絡的建議。
- (4) 強調臺灣各沿岸區域的環境異質性，對每個區域建立不同的生物基準線以及區域性的保育目標。

本計畫的亮點為，首度在臺灣周圍各珊瑚礁區使用標準調查方法來蒐集底棲生物資料之研究，同時團隊也將回顧沿岸底棲生物的狀況，評估現今海洋保護區的成效。此外，本計畫將使用人工智慧運算網路來加快底棲生物影像的鑑定，以期與公民科學家合作，以便拓展生物調查的時空尺度。

3.2.2 調查範圍、作業內容及頻率

本計畫規劃之站點及其經緯度座標見表 2 及圖 11。實際上的調查站點以及其確切之經緯度座標則會視當時海洋及天候狀況而做調整。本團隊已於 110 年度成位於北臺灣、東臺灣及澎湖共 53 處站點之調查及採樣（見表 2）。預計於 111 年度計畫中，繼續完成剩下站點中的 40 處。

另外，本計畫亦將延續去年的作業內容，於調查站點中擇定代表性或特殊之調查點，針對魚類（主要以魚類環境 DNA 檢測）及底泥生物多樣性及群聚結構，於本年度完成至少 20 處新增的加值調查部分之樣本分析。

表 2、本計畫規劃 110~113 年以人員潛水方式調查之 100 處站點詳細經緯度座標。

No.	區域	編碼	站點	站點 (英文)	緯度	經度	110 年度 已完成
1	A - 北臺灣	TRM1	彭佳嶼	Pengjiayu	25.629	122.078	✓
2	A - 北臺灣	TRM2	棉花嶼	Mianhuayu	25.485	122.105	✓
3	A - 北臺灣	TRM3	花瓶嶼	Huapingu	25.424	121.946	✓
4	A - 北臺灣	TRM4	石門洞	Shimendong	25.424	121.946	
5	A - 北臺灣	TRM5	野柳	Yeliu	25.208	121.694	✓
6	A - 北臺灣	TRM6	基隆嶼	Keelung Island	25.191	121.785	✓
7	A - 北臺灣	TRM7	潮境	Chaojing	25.145	121.805	✓
8	A - 北臺灣	TRM8	深澳	Shenao	25.135	121.820	✓
9	A - 北臺灣	TRM9	鼻頭	Bitou	25.126	121.915	✓
10	A - 北臺灣	TRM10	82.5	82.5	25.121	121.898	✓
11	A - 北臺灣	TRM11	龍洞	Longdong	25.113	121.920	✓
12	A - 北臺灣	TRM12	美艷山	Meiyanshan	25.071	121.924	✓
13	A - 北臺灣	TRM13	桂安漁港	Guian harbor	25.023	121.963	✓
14	A - 北臺灣	TRM14	馬崗	Magong	25.018	121.999	✓
15	A - 北臺灣	TRM15	卯澳	Maoao	25.018	121.990	✓
16	A - 北臺灣	TRM16	石城	Shicheng	24.979	121.953	
17	A - 北臺灣	TRM17	龜山島 I	Turtle Island I	24.843	121.937	✓
18	B - 臺灣東岸	TRM18	密島	Midao Island	24.599	121.902	
19	B - 臺灣東岸	TRM19	密島	Midao Rock	24.597	121.898	
20	B - 臺灣東岸	TRM20	粉鳥林	Fen Niao Lin	24.498	121.844	✓
21	B - 臺灣東岸	TRM21	烏石鼻	Wushibi	24.482	121.862	✓
22	B - 臺灣東岸	TRM22	朝陽	Zhaoyang	24.457	121.822	
23	B - 臺灣東岸	TRM23	磯崎	Jiqi	23.694	121.552	✓
24	B - 臺灣東岸	TRM24	新社	Xinshe	23.661	121.543	✓
25	B - 臺灣東岸	TRM25	石梯坪	Shitiping	23.483	121.514	✓
26	B - 臺灣東岸	TRM26	石雨傘	Shiyusan	23.177	121.404	✓

No.	區域	編碼	站點	站點 (英文)	緯度	經度	110 年度 已完成
27	B - 臺灣東岸	重覆刪除	基翹	Kihau	23.118	121.397	n/a
28	B - 臺灣東岸	TRM27	基翹	Jihui	23.116	121.397	✓
29	B - 臺灣東岸	TRM29	加母子	Jiamuzi Bay	22.863	121.209	✓
30	B - 臺灣東岸	TRM30	小野柳	Xiaoyeliu	22.803	121.200	✓
31	C - 澎湖	TRM31	目斗嶼	Mudouyu	23.787	119.601	✓
32	C - 澎湖	TRM32	姑婆嶼	Gupo Islet	23.714	119.559	✓
33	C - 澎湖	TRM33	北鐵砧	Tie Zhen Islet	23.707	119.567	✓
34	C - 澎湖	TRM34	澎澎灘	Pon-Pon Tan	23.673	119.639	✓
35	C - 澎湖	TRM35	鯨魚洞	Whale Cave	23.658	119.522	✓
36	C - 澎湖	TRM36	小門嶼	Xiaomen Islet	23.651	119.530	✓
37	C - 澎湖	TRM37	四角嶼	Sijiao Islet	23.556	119.543	✓
38	C - 澎湖	TRM38	雞籠嶼	Keelung Islet	23.542	119.531	✓
39	C - 澎湖	TRM39	懷恩堂	Wa En Tung	23.537	119.614	✓
40	C - 澎湖	TRM40	青灣	Qing Bay	23.533	119.563	✓
41	C - 澎湖	TRM41	青灣內灣	Chinwan Inner Bay	23.533	119.567	✓
42	C - 澎湖	TRM42	桶盤嶼	Tongpan Islet (east)	23.511	119.523	✓
43	C - 澎湖	TRM43	虎井嶼	Hujing Islet	23.493	119.521	✓
44	C - 澎湖	TRM44	花嶼	Huayu	23.404	119.321	✓
45	C - 澎湖	TRM45	望安	Wangan	23.373	119.498	✓
46	C - 澎湖	TRM46	貓嶼	Maoyu	23.326	119.320	✓
47	C - 澎湖	TRM47	西嶼坪	Siyuping	23.275	119.503	✓
48	C - 澎湖	TRM48	東嶼坪	Dongpingyu	23.262	119.517	✓
49	C - 澎湖	TRM49	東吉嶼	Dongjiyu	23.257	119.672	✓
50	C - 澎湖	TRM50	西吉嶼	Xijiyu	23.250	119.615	✓
51	C - 澎湖	TRM51	七美	Qimei	23.210	119.431	✓
52	D - 綠島	TRM52	青魚嶼	Xingyuyu	22.682	121.512	
53	D - 綠島	TRM53	柴口	Chaikou	22.678	121.482	
54	D - 綠島	TRM54	公館鼻 I	Gongguan I	22.678	121.493	
55	D - 綠島	TRM55	綠島燈塔	Garden Lighthouse	22.677	121.464	
56	D - 綠島	TRM56	公館鼻 II	Gongguang II	22.677	121.494	
57	D - 綠島	TRM57	海參坪	Haishenping	22.659	121.509	
58	D - 綠島	TRM58	孔子巖	Confucius Rock	22.652	121.505	
59	D - 綠島	TRM59	石朗	Shilang	22.648	121.471	
60	D - 綠島	TRM60	龜灣	Guiwan	22.640	121.481	
61	D - 綠島	TRM61	大白沙	Dabaisha	22.637	121.490	
62	E - 小琉球	TRM62	花瓶石	Vase Rock	22.356	120.380	
63	E - 小琉球	TRM63	美人洞	Beauty Cave	22.353	120.370	
64	E - 小琉球	TRM64	中澳沙灘	Zhongao Beach	22.352	120.387	
65	E - 小琉球	TRM65	肚仔坪	Duziping	22.350	120.364	

No.	區域	編碼	站點	站點(英文)	緯度	經度	110 年度 已完成
66	E - 小琉球	TRM66	龍蝦洞	Lobster Cave	22.345	120.389	
67	E - 小琉球	TRM67	杉福	Shanfu	22.341	120.361	
68	E - 小琉球	TRM68	烏鬼洞	Black Dwarf Cave	22.331	120.355	
69	E - 小琉球	TRM69	大福	Dafu	22.330	120.371	
70	E - 小琉球	TRM70	厚石	Houshi	22.324	120.367	
71	F - 蘭嶼	TRM71	雙獅岩	Two Lion Rock	22.085	121.565	
72	F - 蘭嶼	TRM72	母雞岩	Hen Rock	22.084	121.556	
73	F - 蘭嶼	TRM73	東清花園	Dongchin Garden	22.058	121.569	
74	F - 蘭嶼	TRM74	藍洞	Blue hole	22.056	121.507	
75	F - 蘭嶼	TRM75	椰油	Yayo	22.051	121.510	
76	F - 蘭嶼	TRM76	青青草原	Green Grassland	22.010	121.566	
77	F - 蘭嶼	TRM77	老人岩	Older Rock	22.002	121.573	
78	G - 墾丁	TRM78	跳石	Tiaoshi	21.956	120.767	
79	G - 墾丁	TRM79	香蕉灣 I	Banana Bay	21.925	120.831	
80	G - 墾丁	TRM80	佳樂水	Jialeshuei	21.999	120.873	
81	G - 墾丁	TRM81	萬里桐	Wanlitung	21.995	120.704	
82	G - 墾丁	TRM82	紅柴	Hung Chai	21.973	120.715	
83	G - 墾丁	TRM83	紅柴坑	Hongchaikeng	21.965	120.710	
84	G - 墾丁	TRM84	後壁湖	Houbihu	21.943	120.752	
85	G - 墾丁	TRM85	頂白砂	Dingbaisha	21.942	120.710	
86	G - 墾丁	TRM86	電廠出水口	Outlet	21.931	120.745	
87	G - 墾丁	TRM87	雷打石	Leidashih	21.930	120.745	
88	G - 墾丁	TRM88	小灣	Xiaowan	21.927	120.791	
89	G - 墾丁	TRM89	香蕉灣 II	Siangjiaowan	21.924	120.829	
90	G - 墾丁	TRM90	貓鼻頭	Maobitou	21.917	120.738	
91	G - 墾丁	TRM91	龍坑生態保護區	Longkeng	21.908	120.861	
92	G - 墾丁	TRM92	七星岩	Qixingyan	21.759	120.825	
93	H - 東沙	TRM93	北外環礁	North Outer Atoll	20.779	116.802	
94	H - 東沙	TRM94	北岸海草床	North Seagrass bed	20.711	116.725	
95	H - 東沙	TRM95	北內環礁	North Inner Atoll	20.707	116.806	
96	H - 東沙	TRM96	東岸外角	East Outer Atoll	20.700	116.923	
97	H - 東沙	TRM97	西岸內環礁	West Inner Atoll	20.695	116.752	
98	H - 東沙	TRM98	東岸內環礁	East Inner Atoll	20.692	116.866	
99	H - 東沙	TRM99	南岸內環礁	South Inner Atoll	20.644	116.806	
100	H - 東沙	TRM100	西南外角	Southwest Outer Atoll	20.595	116.765	
101	H - 東沙	TRM101	南岸外角	South Outer Atoll	20.586	116.795	
Extra	C - 澎湖	TRM47bis	頭巾嶼	Toujinyu	23.28883	119.50281	✓
Extra	C - 澎湖	TRM33bis	南鐵砧	Tie Zhen South	23.27507	119.50363	✓
Extra	A - 北臺灣	TRM17bis	龜山島 II	Turtle Island II	24.84581	121.94379	✓

No.	區域	編碼	站點	站點 (英文)	緯度	經度	110 年度 已完成
Extra	A - 北臺灣	Xiaoxianglan	小香蘭	Xiaoxianglan	25.02667	121.97327	✓
Extra	A - 北臺灣	Hepingdao	和平島	Hepingdao	25.16083	121.7715	✓
Extra	A - 北臺灣	Waimushan	外木山	Waimushan	25.1656	121.7224	✓
Extra	A - 北臺灣	Xiehe	協和	Xiehe	25.15898	121.7405	✓

*調查站點及其確切之經緯度可能因當地海洋及天候狀況而做調整；臺灣東岸站點已於 110 度完成調查及採樣將於今年一併完成樣本分析。

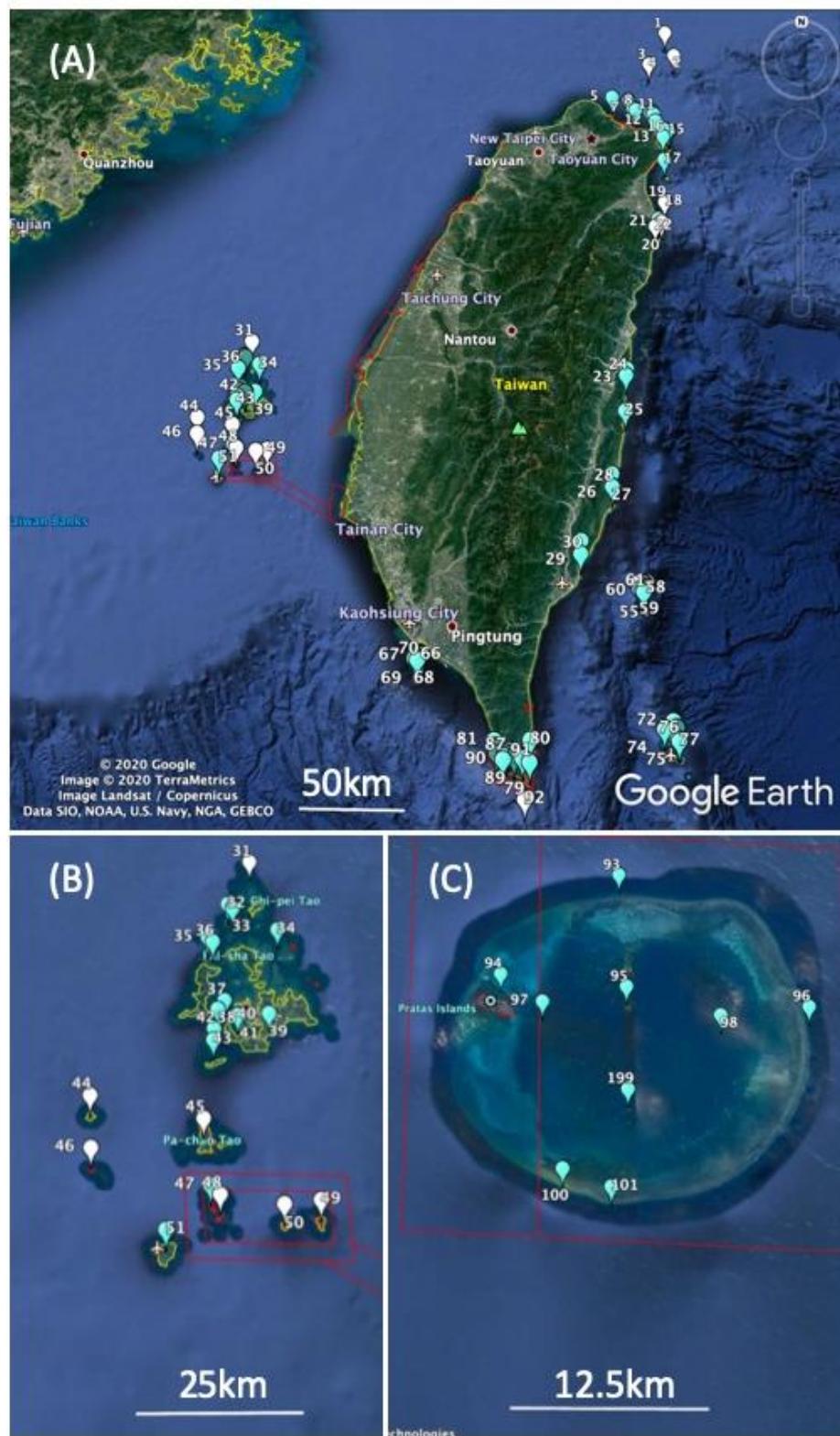


圖 11、本計畫規劃 110~113 年以人員潛水調查之 100 處站點。淺藍色標記為研究團隊於本計畫開始執行之前已調查過的站點（本計畫將再次調查），其歷史資料可整合併入做為人工智慧運算影像辨識之訓練數據 (training data)。紅色標記／範圍為海洋保護區及野生動物重要棲息環境。(A) 臺灣周邊海域；(B) 澎湖及南方四島；(C) 東沙環礁。

3.2.3 採樣方法、觀測及基本資料分析

(一) 群聚生態調查

本項工作以水肺潛水進行野外調查，工作流程詳見圖 12。每個站點於水深五米處設置五條 20 公尺長的穿越線，每條間隔五公尺，共計 100 公尺，用以代表站點的底棲群聚狀況。本計畫採取橫截線調查法配合方格樣區法，每隔 1 米拍攝一張 0.5×0.5 公尺的樣框照片，每個站點至少拍攝 100 張，再從每張照片中分層隨機選取 25 個點，並辨識點上的生物類別。照片上的底棲生物會用照片分析工具 CoralNet 來辨識，此工具結合人工智慧 (AI) 運算，可大幅加速生物影像鑑定的速度，且未來隨著底棲生態影像的累積，還能更進一步提升人工智慧運算的準確率。本團隊目前利用 110 年度計畫調查所得 53 個站點及之前調查所得的資料，持續進行 CoralNet 對於底棲生物鑑別度和效率的提升。

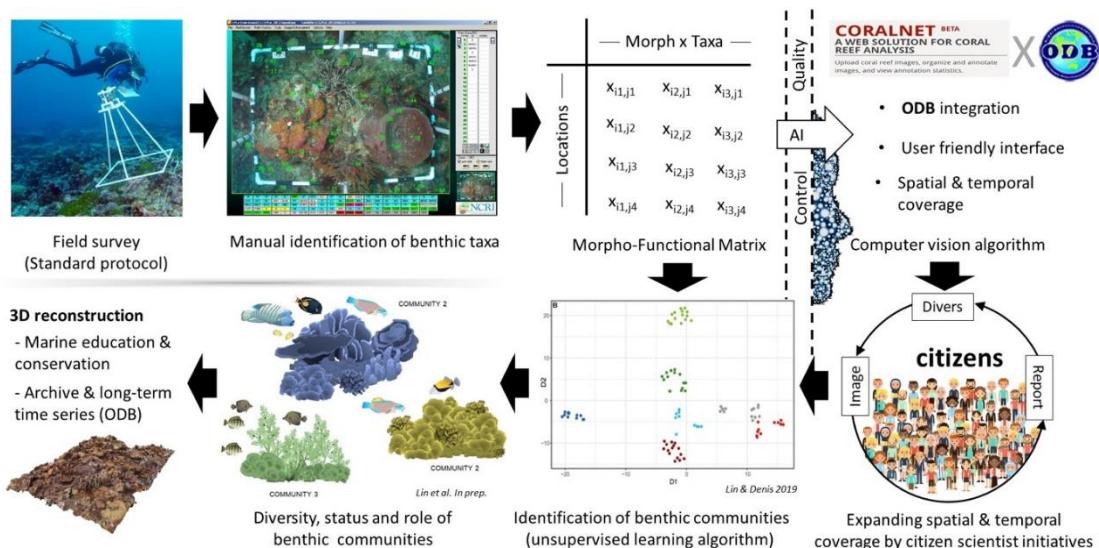


圖 12、從現場調查到實驗室之分析診斷臺灣珊瑚礁生態系底棲生物的多樣性，現況和生態系中扮演的角色之工作流程圖。右側為資訊／人工智慧 (AI) 工具的開發，未來將用於整合來自公民科學 (citizen-science) 計畫的數據。ODB: Ocean Data Bank，設置於國立臺灣大學海洋研究所海洋學門資料庫平台。

另一方面本團隊將繼續與國立中山大學海洋環境及工程學系夏沛亞助理教授合作，結合其電腦科學和生態模式的專業，將超過 170 次潛水調查所拍攝的 17,850 多張底棲生物照片，成功利用 CoralNet 的應用程式介面 (API) 建立臺灣的底棲生物照片訓練數據庫。此數據庫將由照片中選取的 69,725 個點（持續進行中）分類至 285 個底棲生物類別標籤，得到的準確率在底棲生物大類下為 67.7%，而在底棲生物功能群則為 87.1%。

重要的是，本團隊的數據庫考慮了臺灣周邊海域空間和環境梯度中分類群的型態變異，建立 285x285 混淆矩陣（confusion matrix）來找出此數據庫在辨識哪種底棲生物標籤時較不準確，如此將使辨識的準確率大幅提高；截至目前為止，已經提升部分標籤的準確率，並預計在今年度做更進一步的改良，例如：同時執行多個應用程式介面以快速生產數據，進行獨立的準確率評估，並針對準確率低的底棲生物標籤進行更多的人工智慧訓練。這些改良將有助於精進從採集底棲照片到產生數據的分析流程，在增進 CoralNet 靈活性的同時，也可以滿足公民科學家對監測珊瑚礁生長狀態的需求。

本計畫同時將各站點經人工智慧鑑種後產生的底棲生物功能群覆蓋率矩陣，以及生物影像提供給科技部海洋學門資料庫作永久保存。另一方面，有鑑於各調查站點的海洋資源保護具體規範會因為設立的法源依據及站點的資源不同而有所差異（表 3），本計畫將會使用聯合模型 (Joint model approach) 來探討這些具體規範對各底棲生物功能群的覆蓋率有無顯著的正負影響，並藉此評估這些規範是否對底棲生物資源有具體的保護效果。計畫中使用 Kennedy et al. (2020) 所提供的分析程式來進行模型分析 (<https://www.mdpi.com/2077-1312/8/10/760#supplementary>)。所有的資料分析皆使用 R 語言程式來進行。

表 3、調查站點對於海洋資源保護的具體規範之示意表格。

調查站點	站點 1	站點 2	站點 3	站點 4	站點 5
法源依據	國家公園	野生動物保護區	重要棲息地	漁業資源保護區	禁漁區
具體規範	捕撈	X	X	X	X
	觀光用途	O	O	X	X
	傳統使用	O	O	X	O
	船隻通行	O	O	O	O
	定錨	X	O	X	X
	其他	X	O	O	X

本團隊根據標準作業流程 (SOP)，於 110 年度計畫中已採集 53 個站點的底棲生物數據（參照 110 年度計畫期末報告），並計畫於 111 年度進行 40 個站點的採集調查，希望得到的完整數據可以建立臺灣珊瑚覆蓋率的分佈模型，並且根據模型所建立的基準，加以評估珊瑚礁的狀態和海洋保護區 (MPAs) 的整體效率，這對於重新分配海洋保護區和調整管理是非常重要的。此外，在時間及人力許可下，本團隊亦將同時利用水

肺潛水進行珊瑚礁區之海洋廢棄物調查。潛水人員將沿著穿越線前進並記錄穿越線左右各兩米內的海洋廢棄物種類、大小及數量，若遇到洞穴或石縫等有高低起伏之地形則會游近查看。同樣使用 R 語言程式來計算各類海洋廢棄物的密度、大小分布。最後，本計畫將評估各個站點的保育區規範是否影響海洋廢棄物的分布。

本計畫亦預計在每一個區域（見表 2 中區域一欄）挑選一個站點（在該區域內最具代表性的站點，即多維度分析中最靠近中心點者）設置長寬各五米的方框作為永久監測點（圖 12）。本團隊會使用攝影測量法 (photogrammetry) 對方框內的珊瑚礁地形進行三維結構建模。此方法的作業流程為：先以垂直底質的角度拍攝高解析度（4K-高速幀）的影片，再利用商業軟體 Agisoft Metashape® 校正各影像的位置，生成密集點雲 (dense point cloud) 和多邊形網格模型 (mesh model)。最後被建出來的數值高程模型 (digital elevated model, DEM) 和材質模型 (texturized 3D model) 會被用來估算珊瑚礁的結構複雜度 (architectural complexity)，而正射鑲嵌影像 (orthophoto mosaic) 則會被用來分析底棲生物的組成。此技術的可行性已被應證於圖 13 之案例中（小琉球和龜山島之珊瑚礁三維立體模型可參考圖中連結）。若此技術能在未來幾年重複的使用在各目標站點，將有助於追蹤這些區域的長期變化 (Denis et al. 2020)。此外，重建的珊瑚礁模型則可讓一般民眾了解水下世界的樣貌，加以提升國人對於國內珊瑚保育的意識。另外，若時間允許，還可將更多站點（為多維度分析中遠離中心點者）納入研究分析的範圍內，藉以重現各區域中的異質性。

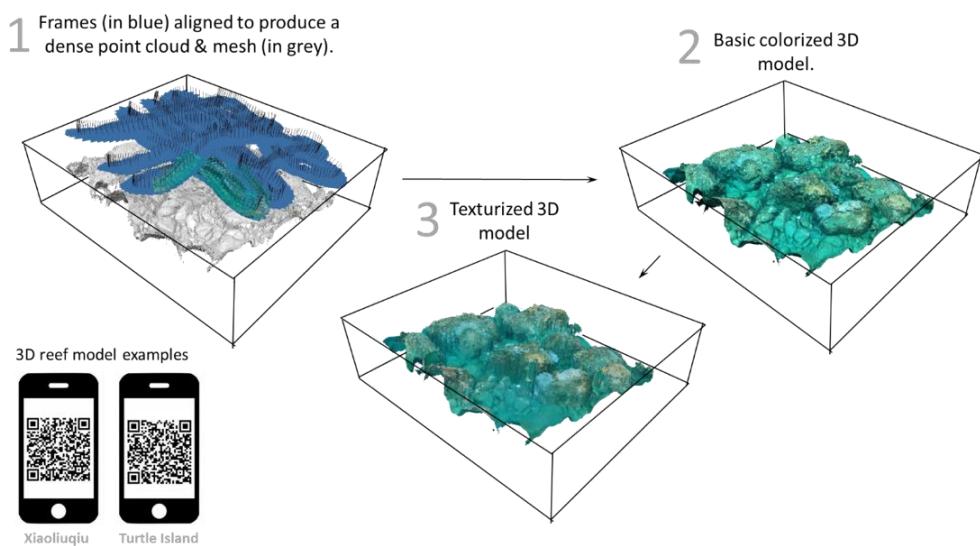


圖 13、於小琉球與龜山島以攝影測量法重建之珊瑚礁三維結構。

(二) 魚類環境 DNA 與底泥生態調查

潛水人員在進行前述群聚生態調查時，一併採集海水與底泥樣本帶回實驗室進行後續分析。在魚類環境 DNA 部分，每次採 2 至 5 升的海水樣本分析，樣本過濾、DNA 萃取、定序等分生及物種多樣性分析按照前章節中敘述之方法。

底泥生物將以透明壓克力管壓入珊瑚礁旁的軟底質海床，封閉上下蓋後回收標準體積的沉積物樣本（直徑 6.8 公分、長度約 10 公分 = 363 毫升）的沉積物樣本，接著將樣本帶回船上（或岸上）後，把管內的沉積物頂出，再以過濾海水（孔徑 $5 \mu\text{m}$ ）在 $500 \mu\text{m}$ 網目的篩網上過篩。最終留在篩網上沉積物樣本再與含玫瑰紅染劑 (1g/L) 的 10% 福馬林對半稀釋（達最終濃度為 5%），靜置至少一個星期以完成生物樣本的染色及固定。底泥樣本於實驗室的處理步驟包括：將保存於福馬林的樣本置換到 70% 酒精中，並在解剖顯微鏡 (Olympus® SZX16, 0.7-11.5 X zoom) 下將大型底棲動物分樣至綱或是目的分類階層，並用目鏡測微計 (ocular micrometer) 測量每個樣本的最大體長及體寬。部分環節動物、甲殼類及線蟲類群的體型太小會根據最大體長及體寬用下列公式： $V=L\times W^2\times C$ 來估計。公式中， L 為最大體長， W 為最大體寬， C 為不同分類群將體長寬轉換成體積的係數 (Rachor 1975; Warwick and Gee 1984; Feller and Warwick 1988)，此估計方法簡稱為體長體寬關係 (LWR，表 4)；缺乏轉化係數的生物類群的體積則根據其近似之幾何形狀來估計，如橢圓體 (Ellipsoid)，圓柱體 (Cylinder)，錐體 (Cone) 等；剩下的生物類群則是使用形狀相似的生物的轉化係數來模擬（例如：多板綱的生物類群使用了用扁形動物門的轉化係數）。本次分析各生物類群所使用的轉換係數以及體積估算方法請參考表 4。生物數量估算只考慮有保留完整頭部的個體，而生物量（濕重）則以生物體積乘以比重約 1.13 來估計 (Warwick and Gee 1984, Wieser 1960)。

表 4、分類生物類群，轉換係數，以及體積估算方法。

Taxon	Phylum	Method	轉換係數
Gastropoda (腹足綱)	Mollusca	Cone	
Echiura (螠蟲目)	Annelida	Cylinder	
Decapoda (十足目)	Arthropoda	Cylinder	
Mysida (糠蝦目)	Arthropoda	Cylinder	
Pycnogonida (海蜘蛛綱)	Arthropoda	Cylinder	
Cirripedia (蔓足亞綱)	Arthropoda	Cylinder	
Bryozoa (苔蘚動物門) (Polyp; Colony)	Bryozoa	Cylinder	
Bryozoa (苔蘚動物門)	Bryozoa	Cylinder	
Chaetognatha (毛顎動物門)	Chaetognatha	Cylinder	

Taxon	Phylum	Method	轉換係數
Ascdiacea (海鞘綱)	Chordata	Cylinder	
Actiniaria (海葵目)	Cnidaria	Cylinder	
Holothuroidea (海參綱)	Echinodermata	Cylinder	
Crinoidea (海百合綱)	Echinodermata	Cylinder	
Ophiuroidea (蛇尾綱)	Echinodermata	Cylinder	
Nemertea (紐形動物門)	Nemertea	Cylinder	
Sipuncula (星蟲動物門)	Sipuncula	Cylinder	
Calanoida (哲水蚤目)	Arthropoda	Ellipsoid	
Cyclopoida (劍水蚤目)	Arthropoda	Ellipsoid	
Echinoidea (海膽綱)	Echinodermata	Ellipsoid	
Polychaeta (多毛綱)	Annelida	LWR	0.53
Oligochaeta (寡毛綱)	Annelida	LWR	0.53
Amphipoda (端足目)	Arthropoda	LWR	0.4 (Tanaidacea)
Cumacea (漣蟲目)	Arthropoda	LWR	0.4 (Tanaidacea)
Tanaidacea (原足目)	Arthropoda	LWR	0.4
Isopoda (等足目)	Arthropoda	LWR	0.23
Ostracoda (介形綱)	Arthropoda	LWR	0.45
Harpacticoida (猛水蚤目)	Arthropoda	LWR	0.5
Acari (蜱蟎亞綱)	Arthropoda	LWR	0.399
Hydrozoa (水螅綱) (Polyp; Colony)	Cnidaria	LWR; Cylinder	0.385
Polyplacophora (多板綱)	Mollusca	LWR	0.55 (Tuberllaria)
Bivalvia (雙殼綱)	Mollusca	LWR	0.45 (Ostracoda)
Nematoda (線蟲動物門)	Nematoda	LWR	0.53
Platyhelminthes (扁形動物門)	Platyhelminthes	LWR	0.55 (Tuberllaria)
Hirudinea (蛭亞綱)	Annelida	LWR	0.53 (Polychaeta)

底泥生物密度與生物量皆做四次方根轉換來減少優勢類群對數據分析造成過大的影響。兩組方根轉換過的資料再分別用布雷-柯蒂斯相似度 (Bray-Curtis similarity) 量化不同樣點間生物組成的差異，並進行後續的多變量分析。其中，本團隊使用沃德法 (Ward's method) 來建構階層分群 (hierarchical clustering) 的關係樹，並使用輪廓分析 (Silhouette analysis) 來決定分群數目。這一系列的分析旨在檢視各區域底泥生物組成是否有空間上變化。另外，本團隊也以非度量多維度分析 (non-metric dimensional scaling; nMDS) 來檢視底泥生物的分布樣態，並視覺化階層分群分析的結果；以排列變異數分析 (PERMANOVA) 檢驗生物類群組成是否有顯著區域性差異；以及使用排列多變量散布分析 (PERMDISP) 檢驗不同區域之組成變異性是否有顯著差異。而事後多重比較 (post hoc test) 則以 Bonferroni correction 來校正 p 值。

3.3 自動監測系統調查

3.3.1 背景及預期效益

本項目之長期目標為發展新興海洋觀測技術，利用自動化智慧調查裝置，以長期且非侵入性的聲學遙測方式，有系統地蒐集海域生態及環境資料。在本年度計畫的執行中，團隊以架設水聽器 (hydrophones) 的方式，在桃園市觀新外海與基隆市望海巷潮境海灣資源保育區兩海域，於水深 10 米各建置一組長時間及固定式之聲學監測站，蒐集兩處調查海域的水下環境噪聲，即水下聲景 (underwater soundscape)，以追蹤海洋生態系關鍵發聲物種之群聚多樣性及其受人為活動（如船隻航行及離岸工程所造成的人為活動的聲響等）之衝擊。

本計畫之成果可以達到以下三個效益：

- (1) 計畫研究成果可協助保育主管機關與權益關係人應用水下聲學監測海洋生態系健康以及海洋發聲動物群聚之多樣性。
- (2) 協助社會大眾透過聆聽水下聲音了解海洋生物多樣性的變動趨勢，以及人為噪音對海洋生態的潛在影響。
- (3) 本計畫成果與全球海洋觀測系統 (Global Ocean Observing System; GOOS) 列入海洋聲音為基本海洋變量 (Essential Ocean Variable) 之目標一致，能協助國內參與國際海洋科學研究事務。

3.3.2 調查範圍、作業內容及頻率

本計畫在「基隆潮境望海巷海灣資源保護區」、「桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區」，分別架設 1 組自動錄音系統，並進行三次水下聲音監測。在基隆潮境海域，於春、夏、秋三季，以岸潛方式佈放水下聲音機。而在桃園觀新海域，將以船潛方式進行儀器佈放與回收。若受到新冠肺炎疫情影響，無法於對應季節出海時，將進行三次每次 15 天水下聲音監測。每次調查，若無遭遇颱風或其他可能導致錄音系統遺失、損壞的自然、人為事件，則在佈放系統後至少 15 天進行回收作業。

本計畫使用的 SoundTrap 300 HF (Ocean Instruments, 紐西蘭) 錄音系統（圖 14），取樣頻率最高可達 576 kHz，以高取樣率記錄各種水下聲音之波形變化。其搭配的水聽器可有效收錄 20 Hz – 150 kHz 的頻率範圍，整套系統的自身噪聲在 2 kHz 以上之頻率範圍可低於 38 dB re 1 μPa/Hz，能夠有效偵測高頻以及超音波範圍中的各種聲音。根據本團隊之調查經驗，SoundTrap 300 HF 錄音系統能夠有效擷取淺水海域的各種動物聲音

(槍蝦、發聲魚類以及海洋哺乳動物)，以及各種人為活動（潛水、船隻航行以及海洋工程開發）產生的噪音 (Lin et al. 2019; Heard et al. 2021)。在水下噪音監測期間，錄音系統之增益值 (Gain) 設定為高，取樣頻率設定為 96 kHz，以每 5 分鐘錄製 3 分鐘的錄音排程收集水下聲音。此設定能使我們取得最高頻率達 48 kHz，有效敏感度達 -175 dB re 1 V/ μ Pa 的水下錄音資料。



圖 14、SoundTrap 300 HF 錄音系統。

本計畫所選擇的兩處監測地點，依據海床特性需採用不同形式的系統架設方法。在桃園觀新海域，監測地點的海床主要由卵石與泥沙所構成，因此每次調查需派遣專業潛水人員將底錠重物與船錨固定在海床上，利用繩索連接底錠重物與水下浮球，再將錄音儀器固定於繩索上距離海床約 1 公尺的位置。在基隆潮境海域，監測地點位於珊瑚礁，在執行第一次調查時派遣專業潛水人員在礁盤選擇一處不會傷害到珊瑚的位置進行打樁作業，再將錄音系統固定於樁上（圖 15）。本計畫所使用之錄音儀器固定方法，經過長期的測試，已確認可以有效減少因為海面波浪與海流造成的噪音。

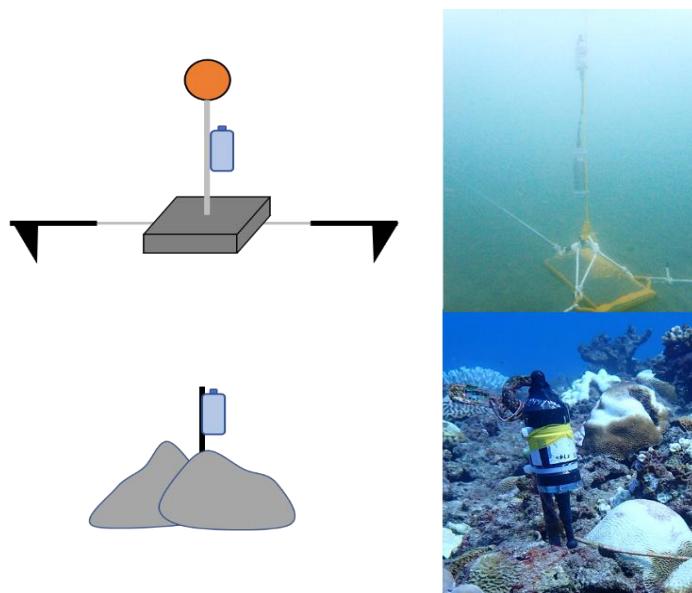


圖 15、水下錄音系統之固定方法示意圖與實際佈放之範例。

3.3.3 資料分析

從調查地點收回水下錄音系統之後，首先運用 SoundTrap Host (Ocean Instruments, 紐西蘭) 軟體將無損壓縮的 SUD 檔案格式，轉換為可以進行後續分析的 WAV 格式。完成資料轉換後，本計畫使用中央研究院海洋生態聲學與資訊實驗室所開發的開源聲音分析軟體 Soundscape Viewer (https://github.com/schonkopf/soundscape_IR) 進行大量錄音資料之分析，包含：(1) 長時間錄音資料之視覺化呈現，(2) 聲源分離，以及(3) 聲音多樣性分析（圖 16）。

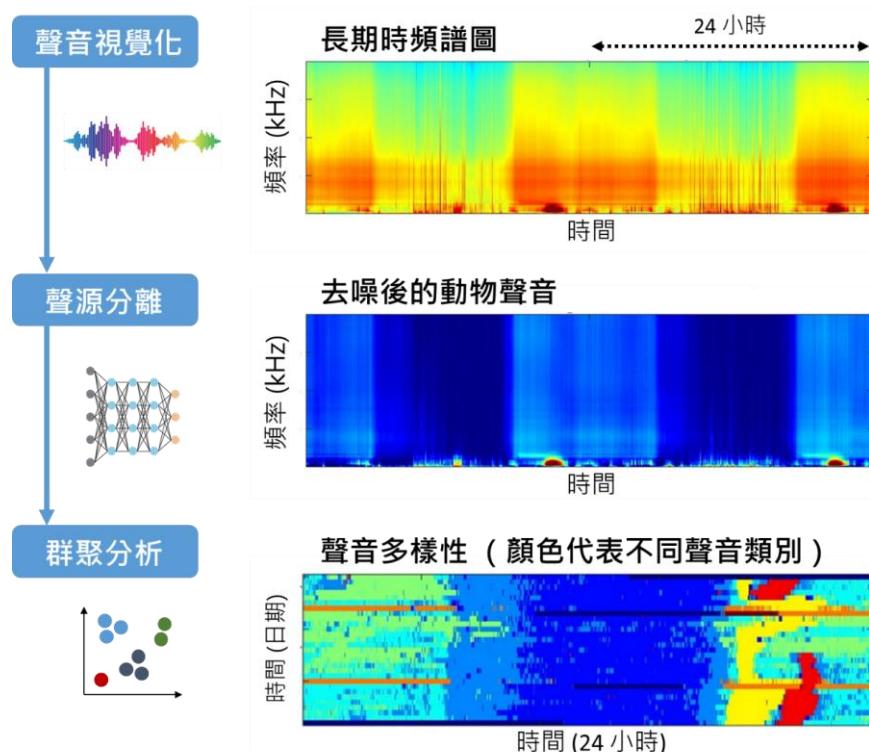


圖 16、聲音資料分析流程示意圖。

(一) 視覺化呈現長時間錄音資料

長期時頻譜圖是一種能夠呈現大量聲音資料在各種頻率與時間尺度下變化的方法，能夠協助研究人員不需花費大量時間檢查每一筆聲音資料，即能快速了解錄音資料中的聲景變化趨勢，以及各種聲源的出現時間與頻率特徵 (Merchant et al. 2015)。計算長期時頻譜圖的過程中，本計畫選擇 14 毫秒為視窗長度 (1024 筆聲音取樣資料) 進行快速傅立葉變換分析，以取得頻率解析度為 93.75 Hz 的時頻譜圖。接著，計算每 3 分鐘錄音片段中，各頻率的功率譜密度之中位數，再將所有的 3 分鐘聲音片段組合起來並

轉換為對數尺度後，即能產出以橫軸為時間、縱軸為頻率、色階為功率譜密度的長期時頻譜圖。

根據過去的研究結果，以功率頻譜中位數呈現長期時頻譜圖，能夠視覺化呈現環境中的各種動物合唱、環境噪音與人為噪音，例如：大量槍蝦產生的脈衝聲波、魚群合唱、船隻噪音等最主要貢獻水下聲景時空變化的動物與人為活動因子 (Lin et al. 2017; Lin et al. 2021)。此外，功率頻譜中位數較不容易受到環境中的高強度間歇性聲音影響，例如：船隻聲納、水中物體敲擊錄音機產生的噪音，因此能夠大幅簡化分析聲景變化的工作流程。透過此項技術，本計畫針對每 24 小時錄音產出一張基於 HTML 語言的長期時頻譜圖，透過互動化界面呈現長時間水下錄音資料，協助保育主管機關了解調查區域的水下聲景變化趨勢。

(二) 聲源分離

本計畫運用 Soundscape Viewer 工具箱的聲源分離演算法，訓練一個週期性編碼非負矩陣分解法 (Periodicity-coded non-negative matrix factorization, PC-NMF) 的機器學習模型。PC-NMF 是一種非監督式機器學習，能夠在不提供任何資料標籤的情況下，自主學習隱藏於時頻譜圖中的頻譜特徵，並根據每個頻譜特徵在長時間錄音資料中的週期性出現模式，估測哪些頻譜特徵屬於生物性聲音（通常具有高度日夜週期性），哪些屬於非生物性聲音（通常不具有高度日夜週期性）。完成特徵學習後，此模型即能重建各聲源的長期時頻譜圖，大幅降低不同聲音在同一筆錄音片段同時出現相互干擾所造成的誤差。此方法已經被應用於分析河口、藻礁、珊瑚礁、大陸棚海域的長時間水下錄音，能夠有效解析水下聲景的動態變化 (Lin et al. 2018, 2021a, 2021b)。

本計畫運用 PC-NMF 機器學習模型分析以功率頻譜中位數呈現的長期時頻譜圖，分離魚類合唱、甲殼類動物聲音與人為噪音，並重建個別聲源的長期時頻譜圖。完成聲源分離後，本計畫分析各聲源的時間變化趨勢。首先，運用針對各聲源重建的長期時頻譜圖，在每個 3 分鐘的片段計算訊雜比之積分。接著，依照整個調查期間收錄到的最小值與最大值進行訊雜比之正規化（重新調整至 0 到 1 之間的範圍），以調查日期為橫軸單位，將每日 24 小時的聲音強度變化以不同色階呈現於縱軸。

(三) 聲音多樣性分析

本計畫藉由分析動物聲音的聚類結構，評估各調查地點海洋發聲動物群聚之多樣性。基於 PC-NMF 重建的動物聲音長期時頻譜圖，運用一個新的 NMF 模型學習 10 個動物聲音的頻譜特徵降低資料維度，再利用 k -means 聚類演算法分析動物聲音在頻譜特徵上的變化特性，並輔以人工判斷動物聲音的類別數量。針對每一個聲音類別，本計畫分析其音頻特性，以及在日夜、潮汐週期以及三次調查期間的時間出現模式。

最後，針對每天所收錄到的聲音類別，本計畫使用香農多樣性指數 (Shannon diversity index) 量化動物聲音組成之複雜度與均勻度：

$$H' = - \sum_{i=1}^N p_i \log(p_i)$$

其中 N 表示辨認出之聲音類別總數， p_i 表示第 i 個聲音類別在每天錄音資料中出現之比例。若是每天的錄音資料只辨識出一個聲音類別，多樣性指數則為 0；若是有越多聲音類別出現，且比例越均勻，多樣性指數就會越高。

3.4 進階資料分析

3.4.1 建立各大類生物之時空、特性資料集

為保存國內海洋研究調查成果，行政院科技部自然科學及永續研究發展司海洋學門自 1986 年委由國立臺灣大學海洋研究所以服務型研究計畫，協助建立與維運「海洋學門資料庫」(Ocean Data Bank，簡稱 ODB)。ODB 除負責研究船海洋資料保存、品管、資料申請與推廣外（如海流、水深、水文、化學與生物資料等），亦發展前瞻資訊技術（如建置網頁呈現加值內容及應用查詢，發展分散式之互動式平台、海上作業資訊後勤輔助、及資訊技術研發等服務，詳見 <http://www.odb.ntu.edu.tw>），以確保珍貴海洋資料得以推廣運用並永續保存，並在環境變遷與氣候政策、漁業資源生態保育、海洋文教與人才培訓、海洋科研與技術發展，以及海洋能源開發評估等諸多議題上提供科學數據基礎。

基於科技部海洋學門賦予的任務，ODB 將與本計畫密切合作，利用多年發展的資訊技術來協助保存、品管及展示本計畫所收集之浮游生物、魚類、底棲（泥）動物等生物資料。這些不同類別及時空屬性的生物資料將透過分散式資料技術與 ODB 現有之海洋環境資料鏈結，而 ODB 利用本計畫製作的加值應用資訊產品服務（如互動式生物地理資訊圖台服務或是地理資訊圖層）也將清楚標示資料提供者（如海保署），並無償提供海保署嫁接使用。另外，ODB 也會協助收集彙整本計畫採樣區域內各類海洋相關地理資訊圖資，包含公開資訊及 ODB 內部資料，例如：海洋自然保護區，海洋國家公園，海域資源保護區/海岸風景區，TaiBIF 中海洋生物多樣性資料，生態環境因子，地貌/地質/底質，經濟/社會等超過 300 筆相關地理資訊圖資。這些圖資皆會以 ODB 自主建置的 ODBWMS 圖台服務（網址 <http://odbwms.oc.ntu.edu.tw/odbintl/rasters/wms/>）提供給海洋保育署做後續應用。ODBWMS 遵循開放地理資料協會 (Open GIS Consortium 簡稱為 OGC) 所制訂地圖查詢服務協定 (Web Map Service，簡稱為 WMS)。由於 WMS 為公開的標準協定，因此市面上絕大多數的 GIS 軟體如 ArcGIS、QGIS 或 Google Map API 均可直接套疊。近年來愈來愈多的政府單位亦開始建置各式 WebGIS 應用網站，並且支援引用外部 WMS 服務，如內政部海域資訊整合平台、海洋委員會的全國海洋資料展示系統。另外，ODBWMS 具有先進的 3D 投影轉換功能，可確保 ODBWMS 所發佈的圖層服務能正確的套用在外部單位的 3D 模式上。

本年度的工作重點將進行已完成的 110 年浮游生物、魚類、底棲（泥）生物等各大類生物之調查工作之結果包括生物多樣性、時空、特性資料集之建立，並配合 111 年新資料進行進階，如 3.4.3 熱點之分析或其它可供調查成果呈現之分析。

3.4.2 建立與數化我國海洋保護區歷年生物分佈資料

海洋保育署成立後，已著手完成相關上述海洋保護區之盤點，本計畫團隊將配合與彙整署內所收集之各海洋保護區之報告進行數化與資料庫建置，協助國內對目前海洋保護區資源與利用之掌握，如臺灣海洋保護區歷年生物分布、保護區內利用情形、以及保護區可能之社會人文與觀光效益等。

經檢視海洋保育署所提供之 77 篇與海洋生態系相關之研究報告，僅墾丁國家公園、東沙環礁國家公園、棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區、馬祖列島燕鷗保護區與部分的漁業資源保護區有持續性研究調查，其餘地區資料量少或無取得相關報告。

將所有保護區以法源依據區分，以國家公園法所設立之 4 個海洋保護區中，墾丁國家公園與東沙環礁國家公園歷年調查報告較為完整，持續性調查以硬骨魚類、棘皮動物、軟體動物、節肢動物、珊瑚、底質調查為主。此外，墾丁國家公園在部分年度也曾調查過鯨豚、鳥類與浮游生物。台江國家公園與澎湖南方四島國家公園與海域相關的研究報告各僅有 1 篇。

以野生動物保育法所設立之 6 個海洋保護區中，棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區與馬祖列島燕鷗保護區兩者皆有例行性年度鳥類調查，兩者在歷年也曾進行過一次海洋生物調查。澎湖縣望安島綠蠵龜產卵棲地保護區與中華白海豚野生動物重要棲息環境僅分別取得 2 篇與 1 篇研究報告，除了著重於關注物種之海龜產卵監測或白海豚族群分布，澎湖縣望安島綠蠵龜產卵棲地保護區曾進行過一次棲地其他物種調查（包括棘皮動物、軟體動物與甲殼動物）。桃園觀新藻礁生態系野生動物保護區與澎湖縣貓嶼海鳥保護區則未收到相關研究報告。

以漁業法設立之 29 個漁業資源保育區，歷年共有 7 篇報告，每篇報告同時進行多個海洋保護區調查。除了野柳水產動植物繁殖保育區、王功螻蛄蝦繁殖保育區、伸港（二）螻蛄蝦繁殖保育區、富山漁業資源保育區未有調查資料外，其餘保育區歷年約有 1 至 2 次生態調查，以硬骨魚類、棘皮動物、軟體動物、節肢動物、珊瑚與底質調查為主。此外，東部（小馬、小港、宜灣、綠島、鹽寮、水璉、高山、小湖、豐濱、石

梯坪）、西部（灣瓦、伸港）、澎湖（小門、七美）與金門的最近調查年度為 99 至 100 年，距今已 10 年左右未有海洋生態調查。

以文化資產保存法設立之 4 個海洋保護區，包含屬地質景觀以及發展觀光條例及都市計畫法所成立之 2 個國家風景區，目前無收到相關研究報告。

綜合以上整理，臺灣不同法源設立之海洋保護區的歷年研究頻率、尺度與強度不一，僅墾丁國家公園、東沙環礁國家公園、棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區、馬祖列島燕鷗保護區等共 4 個海洋保護區具有較持續性調查，部分漁業資源保護區（25 個）曾經有完整調查，但卻缺乏近年資料，應再進一步確認歷年是否有相關研究。

3.4.3 熱點分析

本計畫收集之環境參數與生物資料將套疊臺灣周邊海域重要生態系、海洋保護區及周圍海域環境因子之空間分布圖，並根據生物豐度、多樣性及重要棲地提出臺灣周圍生物多樣性熱點區域。另外，本計畫也會針對收集之微塑膠及中大型海洋垃圾豐度、組成及分布範圍資料，對應生物豐度及量之資料，以視覺化的方式呈現人類活動對臺灣周遭海洋環境衝擊的影響。

3.5 海洋生態系統服務評估及價值衡量

3.5.1 背景及預期效益

生態系統服務泛指人類受惠於生態系所提供的各項益處及功能，包含供給性 (provisioning)、調節性 (regulating)、支持性 (supporting) 和文化性 (cultural) 服務 (Brown et al. 2014)。評估生態系統服務並量化其服務價值，可幫助我們追蹤、比較各生態系統的功能 (Millennium Ecosystem Assessment 2005)，以達到生態系管理 (Ecosystem-based management) 的目的。

生態系統服務評估曾應用於估計各種海洋生態系服務的經濟價值，並由經濟損益的角度探討這些海洋生態系統提供的服務，可能及如何受到氣候變遷或人為因素影響 (Barbier et al. 2011; Lester et al. 2013; Liquete et al. 2013)。然而，受限於可得資料的限制，在臺灣，生態系統服務評估過去多應用於陸域、淡水及濕地生態系（呂等人 2012；王與邱 2017；Kuo and Wang 2018），針對海洋生態系之評估則相對較少，包含漁業資源保育區之生態系統服務之經濟效益評估（林 2013；Chen et al. 2018）、澎湖人工漁礁之休閒經濟價值 (Chen et al. 2013)、以及評估臺灣西部離岸風場開發時，其所影響的生態系統服務之補償金額（楊 2015）等。綜觀目前臺灣的海洋生態系統服務評估，目前尚缺乏系統性或連續監測之評估，各生態系所評估之服務面向亦各有差異，難以進行跨生態系之比較。

本計畫團隊將選擇臺灣重要的海洋生態系，進行生態系統服務價值評估，旨在提供一基準點及示範區域進行系統性的生態系統服務價值估計，以供管理機關後續追蹤我國海洋生態系統功能變化之用。本計畫去年度以受禁漁規範的海洋保護區-基隆市望海巷潮境海灣資源保育區為測試評估範例，今年度除了繼續在該區域進行更多樣的生態系統服務評估，並預計另擇澎湖南方四島國家公園作為第二個可能可以進行生態系統服務評估的海洋保護區，該區域海域面積為 355 平方公里，考量較大範圍的區域更適合系統性生態系統服務評估，較不會受到資料精度影響而失真，因此選擇之。

生態系統服務評估及價值衡量將使用生態系統服務及權衡的整合評估模型 (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs，簡稱為 InVEST) 進行（圖 17）。InVEST 為美國自然資本計畫 (Natural Capital Project) 所開發，用於評估生態系統服務功能及其經濟價值，支援生態系統管理決策的模型系統 (<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/>)。InVEST 過去曾被應用於貝里斯的海洋空間規

劃及溫哥華島西海岸的海洋生態系統服務評估 (Guerry et al. 2012; Arkema et al. 2014)。系統性生態系統服務評估模型另一項優點為情境分析 (Scenario Analysis)，對於需評估的目標設定情境，只需調整輸入假設參數，能有效的與當前環境進行比對，於環境管理與氣候變遷 (Willaert et al. 2019) 都能有所應用。本計畫預計針對臺灣海洋保護區進行可能的生態系統服務的價值評估（將視執行後資料限制方可確定可評估的服務項目）：(1) 調節服務 (Regulating services)：如碳儲存與固定、海岸侵蝕保護價值等，(2)文化服務 (Cultural services)：如自然休閒與旅遊價值等、(3)支持服務 (Supporting services)：如棲息地環境與風險等。由於兩個海洋保護區周圍未能有養殖活動進行，因此預期將無法進行提供服務 (Provisioning services) 之評估。此外，本年度預計根據訪談當地利害關係人後，得以設定未來管理方式之情境進行分析。



圖 17、InVEST 模型系統計畫標章示意圖。

3.5.2 評估方法說明

(一) 調節服務

1. 碳儲存及固定價值

海洋生態系能藉由海岸帶植物、紅樹林、海草等，吸收和釋放大氣中的溫室氣體來調節全球氣候。評估一海洋生態系碳儲存量，能幫助我們瞭解未來該地地景及生態系變化時對調節氣候變遷的影響。為了瞭解海洋生態系的碳儲存及固定所造成的經濟效益，採用 InVEST 之中 Coastal Blue Carbon 模型，所需要輸入的資料中，最重要者即

為底質（海草床、紅樹林及珊瑚礁等）覆蓋圖，其餘如碳匯表（二氧化碳/公頃）、碳量減半期、碳價等，若缺乏臺灣本地資料，本計畫預計透過全球文獻資料庫中之平均或中位數值進行估算。模型將以計量方法模擬碳循環 (Houghton 2003)，計算主要碳庫的固碳含量，並估計其碳儲存量的價值。

2. 海岸侵蝕保護價值

藉由風場、波場、深度、潮汐等資訊，同時綜合其他各類海洋相關地理資訊圖資，加上船舶與人員潛水調查所獲得之底棲生態調查之資料，利用 InVEST 之中 Coastal Vulnerability 模型，估計生態系海岸侵蝕保護之能力，再結合遊客與觀光相關統計數據或近岸水域基礎設施位置和價值等資訊，可估計海岸侵蝕保護對海洋保護區周邊社群產生的價值。

(二) 文化服務

1. 自然休閒及旅遊價值

海洋生態系常能吸引各式休閒及旅遊活動，促進地方發展及增加經濟效益。評估採用 InVEST 之中 Scenic quality 與 Recreation 兩種模型。Scenic quality 模型是使用數值地形模型(Digital Terrain Model)與景觀座標來評估景觀價值。景觀座標為需評估的因子，可分為正向與負向景觀：正向因子例如自然景點或觀光地標，負向因子則如突兀的人造物或垃圾汙染。並利用數值地形模型計算每格網格能否看見景觀座標，用以推算景觀價值。Recreation 模型則為估計該地可創造之旅遊休閒價值，Recreation 模型用於計算每日觀光人次分布，統計社交網站 Flickr 資料，計算每日中，遊客分享照片的數量與座標，並整理成指定面積的網格資料以便分析。

(三) 支持服務

1. 棲息地環境與風險

棲息地的優劣對於居住其中之物種有著巨大的影響，而各種的人類活動對於棲息地已造成不小的壓力。為了評估壓力則採用 InVEST 之中的 Habitat Risk Assessment 模型，該模型用於推算每格網格的棲息地受到壓力源所受暴露的風險值，主要經由文獻、調查資料與專家訪問判定棲息地受到風險值，並再根據與壓力源之距離遠近與其他相關地理因素給予權重進行調整，最後模型可顯示出各區域網格中所受到的風險高低，可了解該區人為活動所造成的影響與未來可作之調整。

3.5.3 本年度預計執行之生態系統服務評估

(一) 望海巷潮境海灣資源保育區

對於望海巷潮境海灣資源保育區預計新增進行三種生態系統服務模型分析：包含有碳儲存及固定、海岸侵蝕保護價值與棲息地環境與風險，並且檢視上一年度結果調整自然休閒及旅遊價值服務中模型之結果。新增三項服務部分，需要潮境海灣較細節的深度與底質資料，會與海洋科技博物館協尋資料提供已進行分析，並安排數次實地探訪景觀細節及與訪問當地利害關係人。

在 110 年度中所進行的自然休閒及旅遊價值評估，當中使用 InVEST 的 Scenic quality 與 Recreation 模型，在 Scenic quality 中挑選自然景觀（海灣海景、潮間帶等）及地標景觀（望海巷橋及海洋科技博物館等）作為正向景觀，並挑選非景點人造物(消波塊及停車場)及人為汙染點(漁港、民宅等)作為負向景觀，再分別計算正負景觀價值後分析，結果得出該地區視野價值最高處則為潮境保育區北側的公園地區，價值最低處則為長潭里漁港周遭地區（圖 18）。由於模型上的限制，景觀點之間的不同影響力（即比重）可能尚未反應出來，本年度將嘗試採用增設重複點位之方式，藉以設定不同影響力等級之景觀點。

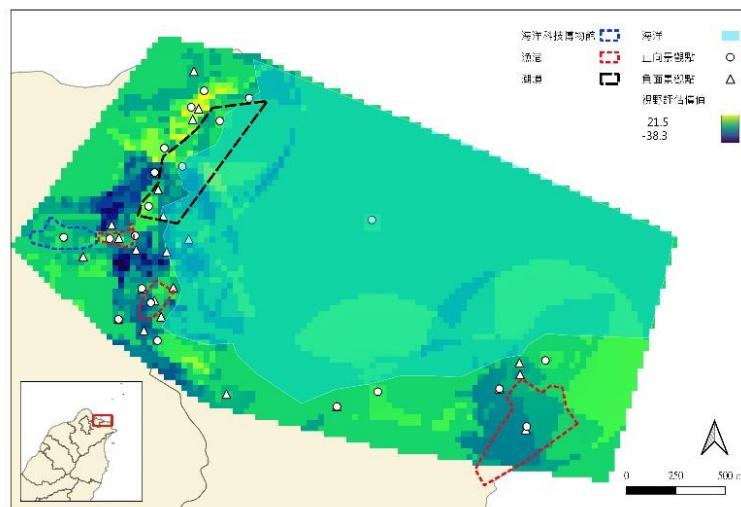


圖 18、望海巷潮境海灣資源保育區 Scenic quality 服務評估結果。

而 Recreation 的模型中，擷取 Flickr 網站於 2014-2017 年間在潮境周遭的資料，並將照相觀光人次分布在 100 公尺*100 公尺的網格中，結果中雖然資料較稀少，但最高值出現在海洋科技博物館與深澳酋長岩兩地區（圖 19）。然而 Flickr 網站記錄最高人

次的海洋科技博物館只有年平均 13.3 人次，相比臺灣觀光局的統計資料中，每年平均能達 190 萬多人次少上非常多，這可能是因為 Flickr 社群在臺灣不是主流平台，故此模型預設於此網站上擷取資料並沒有非常適合臺灣。本年度因主流平台 Facebook 與 Instagram 等有權限上的限制，若要改為由此類社群媒體擷取資料，後續可能需要從其他管道申請權限或參用其他方法進行旅遊熱點與人次的評估。

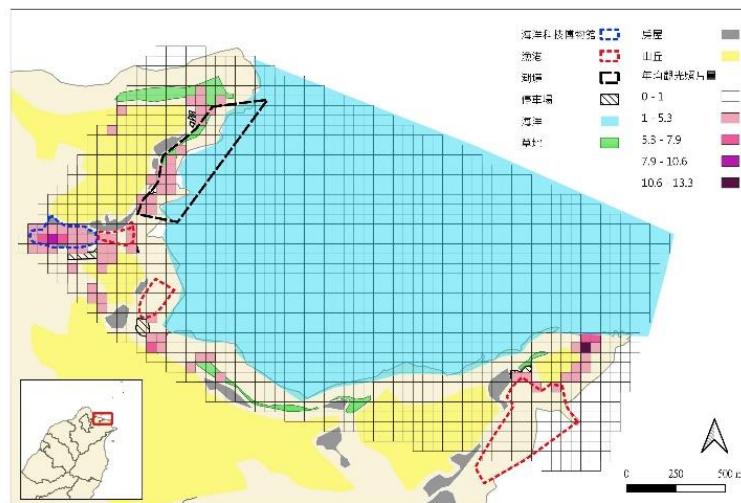


圖 19、望海巷潮境海灣資源保育區 Recreation 服務評估結果。

(二) 澎湖南方四島國家公園

本年度所預計新開始的生態系統服務價值評估將嘗試於澎湖南方四島國家公園進行，預計嘗試前述之各類模型，但可能仍受到資料量與精度影響服務評估。除了進行現況之生態系統服務價值評估外，本團隊亦預計訪談管理單位（如海洋國家公園管理處）、漁會及其他利害關係人（如居民與觀光業者等），討論未來可能之數種管理模式，進行情境模擬並推估生態系統服務價值在不同管理模式或氣候變遷下環境改變的變化，作為管理之依據與考量基礎。

3.6 調查人力培育

如前所述，為培養國家海域生態調查之人力及能力，本年度的環島基本調查，每趟次將邀請海保署同仁至少 1 名人員同行，協助其了解各項船舶調查工作之程序與儀器操作方式。在航次結束後亦會辦理至少一次為期兩天的工作坊（10~20 學員），以利人（學）員熟悉樣本於實驗室的後續分析工作。工作坊將安排至少半天的室內講座課程，說明分析工作的理論基礎及實驗／分析流程，其餘時間為分組實驗／分析及討論，工作坊以為時一個小時的綜和討論做結束。



圖 20、海洋保育署林文琪 110 年參加新海研一號 8 月航次進行隨船海漂垃圾及海洋四足類動物調查。

3.7 綜合預期效益

- (1) 完成生態網路之連結及完成跨食階生物多樣性 (Multiple trophic-level biodiversity) 之調查工作，以期在將來進一步研究後了解臺灣周邊海域多層級的生物與生物及生物與非生物之生態機制，此外，亦希冀根據本計畫成果提供相關政府部門研擬妥適的保育策略並促進海洋生物資源的永續利用。
- (2) 回顧並比較臺灣目前針對海洋保護區的規範，同時瞭解具體規範在保護沿岸生物群聚的意義。
- (3) 監測現今底棲生物群聚的狀況用以評估目前海洋保護區的網絡在保護沿岸生物資源的效率。
- (4) 使用資料庫和/或實際觀察之和人為影響有關的因子來解釋現今沿岸生物群聚狀況，用以提供改善現今海洋保護區網絡的建議。
- (5) 強調臺灣各區域環境狀況的不同用以鑑別每個區域不同的生物基準線，並以此衍生出各海洋保護區區域不同的保育目標。
- (6) 自動監測系統預期將可協助保育主管機關與權益關係人應用水下聲學監測海洋生態系健康以及關鍵物種之群聚多樣性。
- (7) 協助社會大眾透過聆聽水下聲音了解海洋生物多樣性，以及人為噪音的潛在影響。
- (8) 本計畫預期與全球海洋觀測系統 (Global Ocean Observing System) 中將海洋聲音列入關鍵海洋因子之目標一致，有助於協助國內參與國際海洋科學研究事務。
- (9) 盤點與彙整海洋保護區歷年研究報告，可剖析臺灣海洋保護區歷年生物分布、保護區內利用情形、以及保護區可能之社會人文與觀光效益等，協助國內對目前海洋保護區資源與利用之掌握。
- (10) 提供海洋生態服務評估，跨領域並綜合面向提出海洋保護區與相關區域之重要性，透過海洋保育與海洋永續提升臺灣國際能見度。

此外，本計畫提出基礎於調查結果，後續環境教育與民眾宣導海洋文化可衍生之短、中、長期效益（圖 21）：近期（即 110-113 年），將拍攝不同類別海洋熱點海底世界影像，使民眾了解臺灣近岸海洋生態之美，今年起亦嘗試保育區 3D 珊瑚礁建構影視，讓民眾透過不同角度瞭解與認識海洋。中至長期（即 114-121 年與其後），嘗試在中光層及暮光層（50-1000 米）海洋生物或環境熱點 ROV/拖曳式攝影機影像穿越線/攝影著陸器（江戶一號）調查分析及民眾教育之呈現；透過實境 AR、VR 製作，展現海洋之美，亦有機會使民眾在影視與遊戲中親海；從科學角度舉辦國內與國際工作坊

與研討會，制定不同主題工作坊與研討會，普遍化海洋科學外，亦展現臺灣精進海洋科學之能力；舉辦如 TED 演講 (TED talk) 表現海洋生態系多樣化與保育。

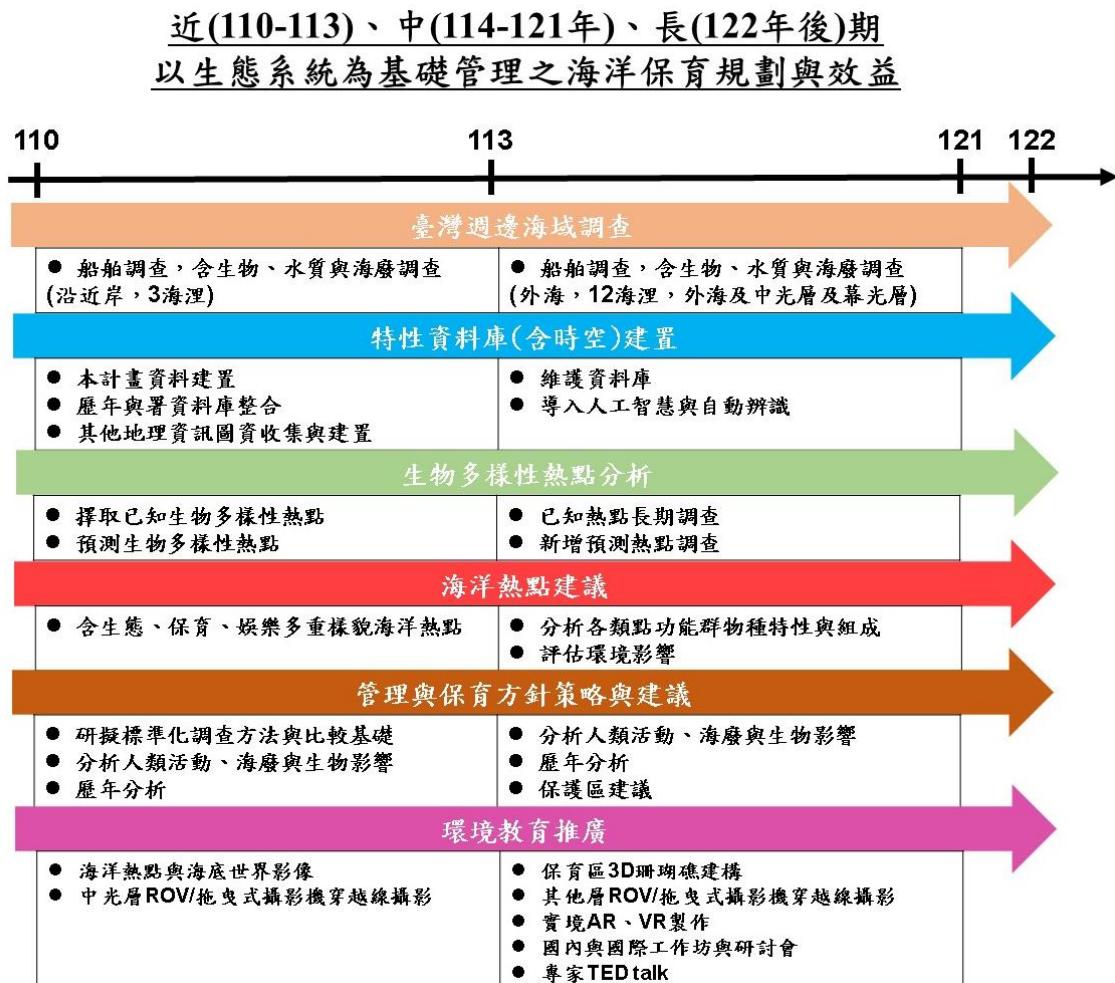


圖 21、本計畫提出近、中、長期之規劃與效益。

第四章 工作進度安排

依據採購需求說明之內容，本計畫期程共分 4 期如下表所示：

表 5、本計畫工作期程與期限表。

分期	期限	應完成工作項目	付款說明
第 1 期	開始履約日起 20 日內	函送工作計畫書 1 式 10 份	經機關審核通過，撥付契約分期付款為契約價金總額 30 %。
第 2 期	111 年 7 月 10 日前	完成下列工作，並函送期中報告書 1 式 10 份。 (1) 提出至期中報告繳交前船舶調查之工作進度（至少須完成 1 次、15 處調查）及後續工作規劃，並附船舶調查作業紀錄表影本。 (2) 提出至期中報告繳交前潛水調查之工作進度（至少須完成 20 處調查）及後續工作規劃。 (3) 報告自動監測系統辦理情形（至少完成 2 處各 15 天監測與分析）及後續規劃。 (4) 提出至期中報告繳交前海洋相關地理資訊圖資之初步收集成果與分析應用規劃。 (5) 報告生態系統服務評估及價值衡量辦理情形及後續規劃。	經機關審核通過後，撥付契約分期付款為契約價金總額 40 %。
第 3 期	111 年 11 月 10 日前	完成本案所有工作項目，並函送期末報告 1 式 10 份	經機關審核通過並完成驗收，撥付契約分期付款為契約價金總額 30 %。
第 4 期	指定日期內	函送依期末審查結果修改完竣之成果報告書 10 份及外接式行動硬碟 1 份（含相關照片、影片、資料電子檔、成果報告書 word 及 pdf 檔、各期簡報 ppt 及 pdf 檔、圖卡、文稿等）。	

各工作項目與進度以甘特圖顯示如下圖 22。

工作項目	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
招標與簽約		■										
工作計畫書			■									
一、船舶調查					■	■		■		■		
船舶海上調查					■	■		■		■		
資料整理及分析					■	■	■	■	■	■	■	
二、人員潛水調查					■	■	■	■	■	■		
群聚生態調查及海水與底泥採樣					■	■	■	■	■	■		
資料整理及分析					■	■	■	■	■	■		
三、自動監測系統調查					■							
監測系統設置及測試				■								
實地監測					■		■		■			
資料整理及分析					■	■	■	■	■	■		
四、進階資料分析												
建立各大類生物之時空、特性資料集					■	■	■	■	■	■		
建立與數化海洋保護區歷年生物分佈資料					■	■	■	■	■	■		
熱點分析							■	■	■	■		
海洋生態系服務評估及價值衡量							■	■	■	■		
資料收集						■	■	■	■	■		
整理及分析						■	■	■	■	■		
五、調查人力培訓												
船舶調查海上實作					■		■					
工作坊						■						
期中報告							◆					
期末報告									◆			
結案成果報告										◆		◆

圖 22、本計畫工作進度甘特圖。

第五章 經費分析

根據投標標價清單之項目，將各項經費所含費用補充說明如下：

項目	項次	內容	單位	數量	單價	金額	補充說明
					(元)	(元)	
船舶調查 (15 處每年至少 2 次)	一	(1)調查人員作業費(以每次至少 15 處調查點計算)	處	30	10,000	300,000	含差旅費、膳費、交通費、住宿費、海上作業費、出海保險、裝備運送等
		(2)溫鹽深儀(CTD)水樣採集分析，每次至少 15 處	處	30	10,000	300,000	採樣檢測費，含實驗耗材、樣本分析人力成本等。
		(3)環境參數檢測分析，每次至少 15 處	處	30	10,000	300,000	採樣檢測費，含實驗耗材、樣本分析人力成本等。
		(4)海洋微塑膠檢測分析，每次至少 15 處	處	30	35,000	1,050,000	採樣檢測費，含實驗耗材、分析儀器使用費、樣本分析人力成本等。
		(5)魚類環境-DNA 檢測分析，每次至少 15 處	處	30	35,000	1,050,000	採樣檢測費，含實驗耗材、次世代定序費、分析儀器使用費、樣本分析人力成本等。
		(6)動浮網採集分析，每次至少 15 處	處	30	35,000	1,050,000	採樣檢測費，含實驗耗材、網目維修、分析儀器使用費、樣本分析人力成本等。
		(7)底棲生態調查分析，每次至少 10 處	處	20	8,000	160,000	採樣檢測費，含實驗耗材、樣本運送，以及分析人力成本等。
		(8)人為衝擊等調查分析，每次至少 10 處	處	20	8,000	160,000	調查分析費，含實驗耗材、樣本運送，以及分析人力成本等。
人員潛水調查 (40 處每年至少 1 次)	二	(1)調查人員差旅費	處	40	10,000	400,000	含差旅費、膳費、交通費、住宿費、潛導費，以及潛水保險等
		(2)租賃車輛、接駁小艇、租金及油料(以 40 處計算)	處	40	14,000	560,000	租船、租車及氣瓶租用等費用。
		(3)潛水器材、相關調查儀器租金(以 40 處測點計算)	處	40	2,500	100,000	潛水調查相關裝備維修、實驗耗材、以及裝備與樣本運送費。
		(4)人員潛水群聚生態調查至少 40 處	處	40	40,000	1,600,000	潛水調查人力與資料分析、程式撰寫等人力成本。
		(5)魚類環境 DNA 檢測至少 20 處	處	20	24,000	480,000	採樣檢測費，含實驗耗材、次世代定序費、分析儀器使用費、樣本分析人力成本等。
		(6)底棲生態調查至少 20 處	處	20	20,000	400,000	採樣檢測費，含實驗耗材、樣本運送，以及分析人力成本等。
自動監測系統調查	三	利用如底碇式聲學自動監測系統等進行調查-設備租借、規劃測試及架設	處	2	600,000	1,200,000	含水下錄音設備租用、差旅費、租車、租船、油料費、設備運送、實驗耗材、專業潛導費等。
		利用如底碇式聲學自動監測系統等進行調查-後期監測及資料產出	天	90	8,200	738,000	含專資料分析人力成本、儲存設備，以及家學者出席費等。
進階資料分析	四	(1)建立 111 年浮游生物、魚類、底棲(泥)生物等各大類生物之時空、特性資料集	式	1	155,000	155,000	含資料數化與整理人力成本。
		(2)建立與數化我國海洋保護區歷年生物分布資料	式	1	350,000	350,000	含資料數化與整理人力成本。
		(3)熱點分析 含生態熱點(如高豐度、多樣性及重要棲地)及保育熱點(受人類活動衝擊最大)	式	1	155,000	155,000	含資料分析人力成本。
		(4)海洋生態系服務評估及價值衡量 擇一臺灣海域主要之生態	式	1	650,000	650,000	資料輸入與分析人力成本、問卷調查人力、差旅費、住宿費、交通費、印刷費、問卷調查禮券、郵資等費用。

項目	項次	內容	單位	數量	單價	金額	補充說明
					(元)	(元)	
		系或海洋保護區進行其生態系服務評估					
調查人力培育	五	船舶調查每趟次應提供本署至少1名人員同行，以培養本署同仁海域生態調查之能力	式	1	100,000	100,000	出海實習與工作坊之相關行政費，以及實驗耗材等。
其他	六	雜支	式	1	560,182	560,182	含調查成果展現方案作業費用、報告書等資料撰寫及編印、文書產製、文具、辦公事務用品、一般事務費用、工作紀錄影片、照片拍攝、雇主意外責任險、工作會議誤餐費、補貼臺灣大學不足額之計畫管理費等，最高以(一至六項)之5%計算
	七	行政管理費	式	1	1,181,818	1,181,818	以不超過(一至七項總和)*10%內計算(內含稅)；但根據臺灣大學「建教合作計畫處理要點」中規定管理費以計畫經費總額之 10%計算，故不足額部分需以雜費補足。
經費總額						13,000,000	

第六章 執行團隊人力配置、學經歷、專業知能及經驗實績

本計畫預計由陳韋仁教授（研究專長主要為海洋生物多樣性及演化生物學）當總主持人，負責統籌規畫並與四位協同計畫主持人：魏志溝副教授（研究專長主要為海洋底棲生態學、水下探勘技術開發及資料庫分析）、柯佳吟副教授（研究專長為全球變遷生物學、大數據與長期資料分析、生態系統服務分析及海洋垃圾）、單偉彌副教授（研究專長為珊瑚生態系統研究、水下影像系統、人工智慧資料分析專長）及黃千芬教授（研究專長為海洋聲學）共同執行。同時，為加強工作的執行力及後續數據分析的能力，本計畫亦邀請國立臺灣大學海洋研究所謝志豪特聘教授暨所長（研究專長為海洋生態及浮游生物暨漁業）、中央研究院環境變遷研究中心夏復國研究員暨副主任（研究專長為海洋生態及生地化循環）、中央研究院生物多樣性研究中心林子皓助理研究員（研究專長為海洋聲學）、國立臺灣海洋大學郭庭君助理教授（研究專長為海洋事務與資源管理），以及國立中山大學海洋環境及工程學系夏沛亞助理教授（研究專長為系統動力學、大數據分析、海洋生態模擬與群體建模）加入。

計畫主持人及前三位協同計畫主持人（魏等人）亦參與科技部委託之智慧災防新南向計畫，以海洋點線面之研究以了解南海環境變遷長期觀測與海洋生物多樣性之現況、衝擊和保育。在該計畫的架構底下指導國立臺灣大學海洋研究所碩士班學生，利用研究船的探測航次完成了臺灣海域及北南海海洋生態調查及垃圾初探。

另外，陳韋仁教授和柯佳吟副教授也以協同計畫主持人的身份執行桃園市政府委託之 108 年度至 110 年度之桃園市海岸地區生物多樣性指標調查計畫，目前亦皆為國立臺灣大學動物博物館研究員之列，多年來致力於典藏研究並改善及活化魚類包括仔稚魚標本典藏空間，與其他博物館成員一同支援由文化部及教育部計畫共同指導的標本製作課程及研習營，共同研發魚類標本製作課程，並擔任講師超過 5 年，這幾年亦投身科普教育講座及協助科普研究，例如 107 年協助環保署之金門海洋環境教育基礎數據與教材之在地培力計畫，以及籌辦動物博物館之特展。

本計畫團隊的成員科學研究的表現亮眼（見列於 6.2 一節學經歷背景資料），多年來不僅在基礎生態及生物多樣性調查（包括船舶及潛水調查）上，其在於資料庫建置上也擁有豐富經驗。近年來更致力於海洋保育及人為活動對生態環境衝擊之研究，也有重要成果發表。

6.1 主要人力配置

本團隊研究人員所組成，工作組織與人力配置根據計畫內容之需求，均依工作性質及團隊人員專長進行適當之調配與分工，其主要成員工作配置見表 6。

表 6、團隊主要成員與工作要項分配表。

姓名	任職單位與職稱	工作要項
計畫主持人		
陳韋仁	國立臺灣大學海洋研究所 教授	計畫統籌及執行； 魚類環境 DNA、底拖魚類分析
協同計畫主持人		
黃千芬	國立臺灣大學海洋研究所 教授	協助計畫執行； 自動化智慧調查及監測站之開發（應用被動式聲及智慧型裝置追蹤水下鯨豚及其獵物）
魏志灝	國立臺灣大學海洋研究所 副教授	協助計畫執行； 底泥動物群聚生態、底拖垃圾組成調查分析；資料彙整及資料庫建立，包括各類海洋相關地理資訊圖資收集及熱點分析。
單偉彌	國立臺灣大學海洋研究所 副教授	協助計畫執行； 重要海洋生態系及海洋保護區群聚生態調查分析；珊瑚礁海洋保護區管理之資料收集；環境因子與群聚生態關係分析及預測
柯佳吟	國立臺灣大學漁業科學研究所 副教授	協助計畫執行； 周邊海域環境參數、仔稚魚、海洋微塑膠調查分析；生物資料彙整；環境因子與生物分布模式分析及預測；歷年報告彙整與建置；海洋生態系統服務評估及價值衡量
計畫執行相關人員		
謝志豪	國立臺灣大學海洋研究所 特聘教授暨所長	協助計畫執行； 浮游動物分析
夏復國	中央研究院環境變遷研究中心 研究員暨副主任	協助計畫執行； 環境參數分析
林子皓	中央研究院生物多樣性研究中心 助理研究員	協助計畫執行； 水下聲景智慧調查及監測資料分析
郭庭君	國立臺灣海洋大學海洋事務與資源 管理研究所 助理教授	協助計畫執行； 歷年報告彙整與建置；海洋生態系統服務評估及價值衡量分析

夏沛亞	國立中山大學海洋環境及工程學系 助理教授	協助計畫執行； 利用 API 提升底棲生物的鑑別度及效率
-----	-------------------------	---------------------------------

6.2 計畫主持人、協同主持人學經歷及著作發表

計畫主持人陳韋仁教授於 2009 年至國立臺灣大學海洋研究所任職。研究上，已成功完成六個科技部補助的多年期計畫包括一個臺法雙邊合作計畫(海洋生物多樣性調查與深海底棲動物演化之研究)，目前尚有其它一個三年期計畫(深海生物多樣性探勘)正在執行。此外，計畫主持人亦參與一個由美國自然科學基金會補助的科研計畫(為計畫共同主持人)。最近五年內累積發表超過 30 篇期刊論文及專書論文，同時也包括一中文教科書(臺灣區域海洋學第二版)之其中一章節(海洋生物多樣性、演化和保育)之撰寫。個人著作目錄詳見：<https://sites.google.com/site/wjchenactinops/home/publication>。

計畫主持人研究主題除專長的魚類學，包括高階真骨魚類之親緣關係研究外，近年亦專注於印度—西太平洋區海洋生物多樣性探勘及生物地理學之研究(主要與法國自然歷史博物館(Museum national d Histoire naturelle，MNHN)和法國發展研究院(Institut de Recherche pour le Développement France，IRD)研究團隊合作)。研究方法則以透過由研究船、漁船及實地至漁港之系統性的採集(主要為魚類樣本，採集區域包括臺灣、南海、東南亞國家如泰國、馬來西亞等、西太平洋之巴布亞紐幾內亞及新喀里多尼亞周邊海域、西印度洋之馬達加斯加周邊海域、塞普爾、杜拜及安曼)與資料分析，探討海洋生物物種的多樣性模式，並透過親緣關係學的研究方法，檢驗生物演化與適應假說，解決長期存在的生物學課題：如珊瑚大三角地區及南海的高度生物多樣性是否為生物本身的演化及該地理區複雜的地質歷史、海洋環境或生態因子所造成？這些研究工作亦是未來十年的研究重點。此外，計畫主持人與其研究團隊亦進行海洋生物演化基因體學的研究，主要聚焦於基因多倍化與多樣性的關係，目前亦在開發以海洋環境 eDNA 結分子生物科技，探討魚類及環境微生物之多樣性及因人為因素造成如過漁、海洋污染、棲地破壞所造成生態系統之衝擊的研究。

表 7、計畫主持人陳韋仁教授學經歷背景表。

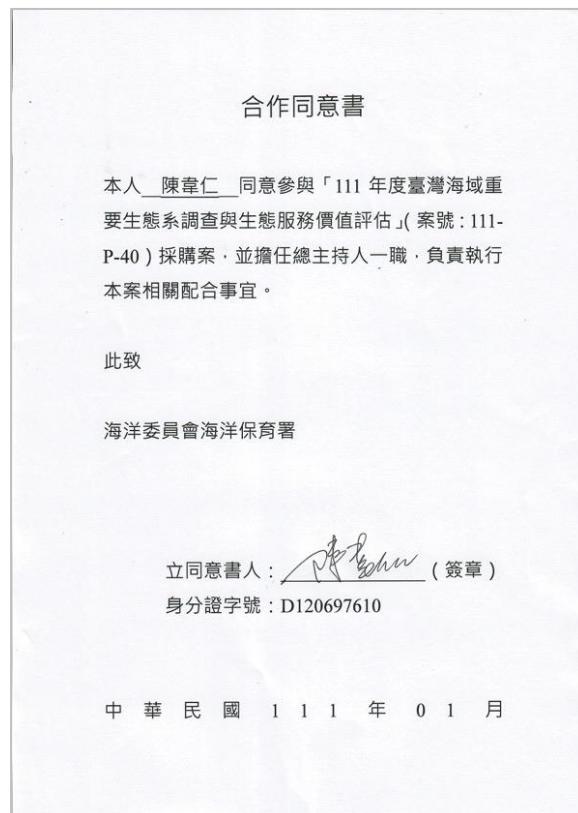
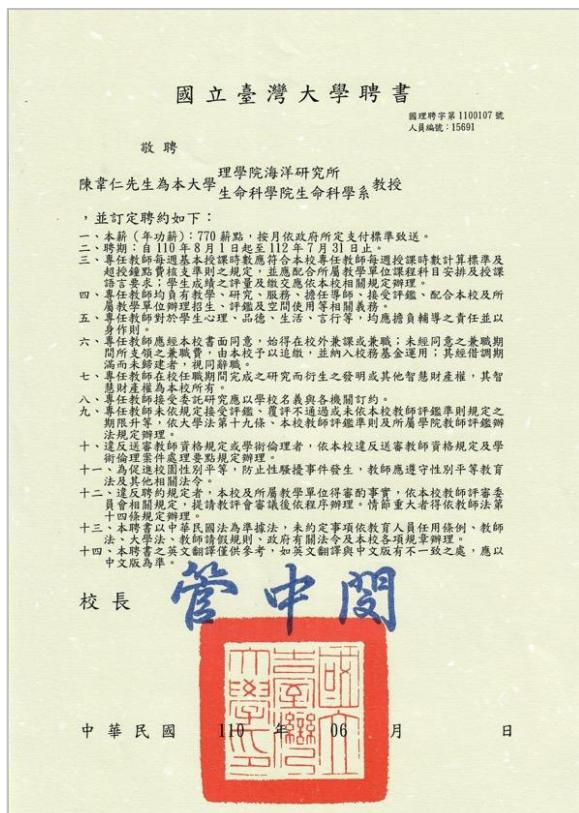
中文姓名	陳韋仁	英文姓名	Wei-Jen Chen
國籍	臺灣	性別	男
聯絡地址	臺北市羅斯福路四段 1 號 國立臺灣大學 海洋研究所 301 室		
聯絡電話	(02)3366-1630	Email	wjchen.actinops@gmail.com

學歷	巴黎第六大學生命科學/演化生物學 博士 巴黎第六大學生物多樣性/演化生物學 DEA 學位 國立臺灣大學動物系漁生組 學士
現職與經歷	教授(2017-present) 國立臺灣大學 海洋研究所/生命科學系 組長(2020-present) 國立臺灣大學 動物博物館 研究組 研究員(2020-present) 國立臺灣大學 海洋中心 客座副教授(2017.12-2018.02) 日本京都大學 總合博物館 副教授(2013-2017) 國立臺灣大學 海洋研究所/生命科學系 助理教授(2009-2013) 國立臺灣大學 海洋研究所 博士後(2006-2009) 美國聖路易斯大學 生物學系 博士後(2003-2005) 法國國家農學研究院 波爾多中心 博士後(2002-2003) 德國康斯坦斯大學 動物暨演化生物學系 博士後(2001-2002) 美國內布拉斯加大學 生物學系
專長領域	演化生物學、分子親緣關係學、魚類學、生物多樣性、族群遺傳學、海洋基因體學
研究著作	<p>Peer-reviewed papers: 86 (4 book chapters, 81 SCI journals & 1 community-oriented/open access journal) (complete list see: https://sites.google.com/site/wjchenactinops/ or https://scholar.google.com/citations?hl=zh-TW&user=QQi7UmkAAAAJ); Career H-index: 34; Conference papers: > 35</p> <p>近 5 年著作</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lim, H.C., Habib, A., & <u>Chen, W.-J.</u>* (2021) Comparative Phylogeography and phylogeny of pennah croakers (Teleostei: Sciaenidae) in Southeast Asian waters. <i>Genes</i> 2021, 12(12): 1926. 2. Hanafi-Portier, M.*, Samadi, S., Corbari, L., Chan, T.-Y., <u>Chen, W.-J.</u>, Chen, J.-N., Lee, M.-Y., Mah, C., Saucedo, T., Borremans, C., & Olu, K. (2021) When imagery and physical sampling work together: towards an integrative methodology of deep-sea image-based megafauna identification. <i>Frontiers in Marine Science</i> 8:749078. 3. Wong, M.-K., Lee, M.-Y., & <u>Chen, W.-J.</u>* (2021) Integrative taxonomy reveals a rare and new cusk-eel species of <i>Luciobrotula</i> (Teleostei, Ophidiidae) from the Solomon Sea, West Pacific. <i>European Journal of Taxonomy</i> 750(1), 52-69. 4. Chen, C.-J., <u>Chen, W.-J.</u>, & Chang, C.-F.* (2021) Multispecies spawning of scleractinian corals in nonreefal coral communities of northern Taiwan in the northwestern Pacific Ocean. <i>Bulletin of Marine Science</i> 97(2), 351-371. 5. Baird, A.H.*, Guest, J.R., [...], <u>Chen, W.-J.</u>, et al. (2021) The Indo-Pacific coral spawning database. <i>Scientific Data</i> 8, 35 6. <u>Chen, W.-J.</u>, & Borsig, P. (2020) Diversity, phylogeny, and historical biogeography of large-eye seabreams (Teleostei: Lethrinidae). <i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i>, 151: 106902.

7. Okamoto, M.*, Chen, W.-J., & Motomura, H. (2020) New distributional records of three deepwater cardinalfishes *Epigonus angustifrons*, *E. denticulatus*, and *E. exodon* (Perciformes: Epigonidae) in the South Indian Ocean. *Cybium* 44(2), 165-168
8. Campbell, M.A., Tongboonkua, P., Chanet, B.* , & Chen, W.-J.* (2020) The distribution of the recessus orbitalis across flatfishes (order: Pleuronectiformes). *Journal of Fish Biology* 97, 293–297.
9. Hurzaid, A., Chan, T.-Y., Nor Mohd S.A, Muchlisin, Z.A., & Chen, W.-J.* (2020) Molecular phylogeny and diversity of penaeid shrimps (Crustacea: Decapoda) from South-East Asian waters. *Zoologica Scripta* 49(5), 596-613.
10. Delrieu-Trottin, E.*, Durand, J.-D., Limmon, G., Sukmono, T., Kadarusman, Sugeha, H. Y., Chen, W.-J., et al. (2020) Biodiversity inventory of the grey mullets (Actinopterygii: Mugilidae) of the Indo-Australian Archipelago through the iterative use of DNA-based species delimitation and specimen assignment methods. *Evolutionary Applications* 13(6), 1451-1467.
11. Ogino, A., Lee, S.-H., Lee, M.-Y., Chen, W.-J., & Matsunuma, M.* (2020) *Chelidoperca cerasina* sp. nov., a new perchlet (Perciformes: Serranidae) from the southwest Pacific Ocean. *Ichthyological Research* 67, 117-132.
12. Chen, C.-J., Chen, W.-J., Shikina, S., Denis, V., & Chang, C.-F.* (2020) The plasticity of gonad development of sexual reproduction in a scleractinian coral, *Porites lichen*. *General and Comparative Endocrinology* 285: 113270.
13. Lee, S.-H., Lee, M.-Y., Matsunuma, M., & Chen, W.-J.* (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. lecromi* Fourmanoir, 1982. *Frontiers in Marine Science* 6:465.
14. Campbell, M.A., Chanet, B., Chen, J.-N. Lee, M.-Y., & Chen, W.-J.* (2019) Origins and relationships of the Pleuronectoidei: Molecular and morphological analysis of living and fossil taxa. *Zoologica Scripta* 48(5), 640-656.
15. Fricke, R.* , Allen, G.R., Amon, D., Andrefouet, S., Chen, W.-J., Kinch, J., Mana, R., Russell, B.C., Tully, D., & White, W.T. (2019) Checklist of the marine and estuarine fishes of New Ireland Province, Papua New Guinea, western Pacific Ocean, with 810 new records. *Zootaxa*, 4588(1), 1–360.
16. Lee, H., Chen, W.-J.* , Puillandre, N., Tsai, M-H, Aznar-Corman,L. & Samadi, S. (2019) Incorporation of deep-sea and small-sized species provides new insights into gastropods phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 135, 136–147.
17. Lee, H. , Lin, J.-P.* , Li , H.-C., Chang, L.Y., Lee, K.S., Lee, S.-J. , Chen, W.-J., Sankar, A., & Kang, S.-C. (2019) Young colonization history of a widespread sand dollar (Echinodermata; Clypeasteroida) in western Taiwan. *Quaternary International* 528, 120-129.
18. Chen, J.-N., Samadi, S., & Chen, W.-J.* (2018) Rhodopsin gene evolution in early teleost fishes. *PLoS ONE*, 13(11): e0206918.

19. Bakar, A.A., Adamson, E.A.S., Juliana, L.H., Nor Mohd S.A., Chen, W.-J., Man, A., et al. (2018) DNA barcoding of Malaysian commercial snapper reveals an unrecognized species of the yellow-lined *Lutjanus* (Pisces:Lutjanidae). *PLoS ONE*, 13(9): e0202945.
20. Okamoto, M.*, Chen, W.-J., & Shinohara, G. (2018) *Epigonus okamotoi* (Perciformes: Epigonidae), a junior synonym of *E. draco*, with new distributional records for *E. atherinoides* and *E. lifouensis* in the West Pacific. *Zootaxa*, 4476 (1), 141–150.
21. Wang, S.-Y., Chen, J.-N., Russell, B.C., & Chen, W.-J.* (2018) First record of Gauguin's blunt-nose lizardfish, *Trachinocephalus gauguini* Polanco, Acero & Betancur 2016 (Teleostei: Synodontidae) outside the Marquesas Archipelago. *Zootaxa*, 4476 (1), 151–156.
22. Tongboonkua, T., Lee, M.-Y., & Chen, W.-J.*, (2018) A new species of sinistral flatfish of the genus *Chascanopsetta* (Teleostei: Bothidae) from off Papua New Guinea, western Pacific Ocean. *Zootaxa*, 4476 (1), 168–181.
23. Lavoué, S.*, Ratmuangkhwng, S., Ho, H.-C., Chen, W.-J., Siti Azizah, M.N. (2018) Swimbladder evolution of longfin herrings (Pristigasteridae, Teleostei). *Zoological Studies* 57:39.
24. Chen, W.-J., Miki, R., & Borsa, P.* (2017) *Gymnocranius obesus*, a new large-eye seabream from the Coral Triangle. *Comptes Rendus Biologies* 340, 520-530.
25. Hung, K.-W., Russell, B.C., & Chen, W.-J.* (2017) Molecular systematics of threadfin breams and relatives (Teleostei, Nemipteridae). *Zoologica Scripta* 46, 536-551.
26. Lavoué, S.*, Bertrand, J.A.M., Wang, H.-Y., Chen, W.-J., Ho, H.-C., Motomura, H., Hata, H., Sado, T., & Miya, M. (2017) Molecular systematics of the anchovy genus *Encrasicholina* in the Northwest Pacific *PLoS ONE* 12(7): e0181329.
27. Lavoué, S.*, Bertrand, J.A.M., Chen, W.-J., Ho, H.-C., Motomura, H., Sado, T. & Miya, M. (2017) Phylogenetic position of the rainbow sardine *Dussumieri* (Dussumieriidae) and its bearing on the early evolution of the Clupeoidei. *Gene* 623, 41-47.
28. Lo, P.-C., Liu, S.-H., Mohd Nor, S.A. & Chen, W.-J.* (2017) Molecular exploration of hidden diversity in the Indo-West Pacific sciaenid clade. *PLoS ONE* 12(4): e0176623.
29. Hirt, M.V.*, Arratia, G., Chen, W.-J., Mayden, R.L., Tang, K.L., Wood, R.M., & Simons, A.M. (2017) Effects of gene choice, base composition and rate heterogeneity on inference and estimates of divergence times in cypriniform fishes. *Biological Journal of the Linnean Society* 121, 319-339.
30. Bertrand, J.A.M.*, Borsa, P., & Chen, W.-J.* (2017) Phylogeography of the sergeants *Abudefduf sexfasciatus* and *A. vaigiensis* reveals complex introgression patterns between two widespread and sympatric Indo-West Pacific reef fishes. *Molecular Ecology* 26, 2527–2542.
31. Fricke, R.*, Chen, J.-N., & Chen, W.-J. (2017) New case of lateral asymmetry in

fishes: a new subfamily, genus and species of deep water clingfishes from Papua New Guinea, western Pacific Ocean. *Comptes Rendus Biologies* 340, 47–62.



協同主持人黃千芬教授以水下聲學訊號處理為基礎，發展水下反入侵目標物追蹤、地聲反算、被動式水聲層析等，獲相當豐富的成果並發表在國際一流期刊。近年來致力於應用海洋聲層析遙測海洋流場與溫度場的研究，包括儀器發展、理論建立、與實海域實驗驗證，在海洋及水下技術發展方面，貢獻卓著。自 2013 年提出以分散式水下數據機於聯網的通訊信號進行水平切面海流測繪之典範，並以模擬與實測資料驗證其可行性。由於此海流測繪系統比傳統水聲層析系統的尺寸為小、所耗功率較低之優點，掀起了水聲學界在海洋聲層析的研究熱潮。

在垂直切面聲層析測流上，應用水聲層析法於臺灣東南海域黑潮垂直流速剖面之量測，藉由聲線受不同深度海流大小所造成之來回時間差異，以解析不同深度之流速。由於黑潮水域聲波傳播與海床作用頻繁，為了正確地辨識聲線的路徑，提出了聲線群組法（ray group method）估算聲波走時差，且於逆推中考慮路徑的誤差，以獲得可信賴的流速結果，此測流方法可應用於估算黑潮的體通量。在水平切面聲層析方面，重要的研究成果有三：1. 為提升水聲層析方法在水平切面解析力，藉由港區內因岸堤所產生的複雜聲場傳播（如自岸邊、結構物的水平反射聲線），利用一對聲層析儀進行港區內二維水平流場與溫度場的估算與監測；2. 以移動船拖曳聲層析儀，藉由拖曳式測站和四組固定式測站間的聲線，以各種角度掃描水體，提高水平空間上聲學資料，進而提升水平切面測流的解析能力；3. 利用多組配載聲層析儀的移動載具之靈活性，藉由載具所形成的聲線網以解析流場空間分佈。此研究亦應用於解析望海巷海灣內之渦流，其研究成果被認為具大眾影響力，應邀撰寫成短篇易讀的文章（lay-language paper），公布於年會新聞室。水聲層析法的量測資料可用於潮汐殘差流（tide-induced residual currents）之研究。藉由瀨戶內海內所佈放的一對聲層析儀，和與太平洋相通的 Bungo、Kii 兩水道潮位站所得海面高度差的資料進行迴歸分析。結果發現海面高度差與半月潮變異量可以解釋超過百分之 75 的殘差流；據此以估測每公分 Bungo-Kii 海面高度差可造成之潮汐殘差流與體通量的大小。

黃教授在水聲層析的研究成果深受國際矚目：在 2016 年受國際聲學委員會邀請至第 22 屆國際聲學會議進行大會專題演講，分享近年來應用聲層析在臺灣周遭海域之研究成果。2016、2018 年受邀至美國聲學學會（Acoustical Society of America; ASA）年會講演移動載具對聲層析的應用，更於 2019 年榮獲美國聲學學會 Medwin Prize，此乃水聲海洋學界至高榮譽，以表彰她在「地聲參數反演與聲學海流測繪（Geoacoustic

inversion and acoustic ocean current mapping)」對國際水聲海洋學界的貢獻。同年並獲選為美國聲學學會會士，為臺灣學者在水下聲學領域獲選為會士的第一人。

表 8、協同計畫主持人黃千芬教授學經歷背景表。

中文姓名	黃千芬	英文姓名	Chen-fen Huang
國籍	臺灣	性別	女
聯絡地址	106 臺北市大安區羅斯福路四段一號 國立臺灣大學海洋研究所 222 室		
聯絡電話	(02)3366-1371	Email	chenfen@ntu.edu.tw
學歷	美國加州大學聖地牙哥分校史奎普斯海洋研究院海洋學 博士 國立中山大學海下技術研究所 碩士 國立中山大學海洋環境學系 碩士 國立中山大學海洋環境學系 學士		
現職與經歷	2019- 國防科技研究中心技術審議組 委員 2016- 文化部水下文化資產專案小組 審查委員 2016- 國際地球科學奧林匹亞競賽選訓委員會 海洋領域委員 2016- 中華民國海洋及水下技術協會出版委員會專輯編審 2015 科技部海洋科技發展規劃 海洋聲學研究領域小組召集人 2016-2018 文化部水下文化資產審議會 委員 文化局文化資產部「水下文化資產保護區相關法規委託研究」專家諮詢會 專家學者 環保署「底泥污染風險評估平台建置計畫」顧問 2008-2014 國立臺灣大學海洋研究所 助理教授 2014-2019 國立臺灣大學海洋研究所 副教授 2019- 國立臺灣大學海洋研究所 教授		
專長領域	水聲海洋學、水下訊號處理、海洋聲層析學、地聲反算、水下目標定位、 水下搜尋與探測		
研究著作	近期著作 1. W.-P. Fang, D.-R. Wu, Z. -W. Zheng, G. Gopalakrishnan, C. -R. Ho, Q. Zheng, Chen-Fen Huang, H. Ho and M.-C. Weng, "Impacts of the Kuroshio Intrusion through the Luzon Strait on the Local Precipitation Anomaly," Remote Sens. 2021, 13(6), 1113. 2. N. Taniguchi, T. Takahashi, K. Yoshiki, H. Yamamoto, A. D. Hanifa, Y. Sakuno, H. Mutsuda, S.- W. Huang, Chen-Fen Huang, and J.-H. Guo, "A reciprocal acoustic transmission experiment for precise observations of tidal currents in a shallow sea," Ocean Engineering, vol. (Accepted), 2020.		

3. W.-K. Yen, Chen-Fen Huang, H.-R. Chang, and J. Guo, “Localization of a leading robotic fish using a pressure sensor array on its following vehicle,” *Bioinspiration & Biomimetics*, 2020.
4. K. Chen, Chen-Fen Huang, S.-W. Huang, J.-Y. Liu, and J. Guo, “Mapping coastal circulations using moving vehicle acoustic tomography,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 148, no. 4, EL353–EL358, 2020.
5. M. Chen, F. Syamsudin, A. Kaneko, N. Gohda, B. M. Howe, H. Mutsuda, A. H. Dinan, H. Zheng, Chen-Fen Huang, N. Taniguchi, X. Zhu, Y. Adityawarman, C. Zhang, and J. Lin, “Real-time offshore coastal acoustic tomography enabled with mirror-transpond functionality,” *IEEE J. Ocean. Eng.*, vol. 45, pp. 645–655, April 2020.
6. Chen-Fen Huang, Y.-W. Li, and N. Taniguchi, “Mapping of ocean currents in shallow water using moving ship acoustic tomography,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 145, pp. 858–868, February 2019.
7. N. Taniguchi, Chen-Fen Huang, M. Arai, and B. M. Howe, “Variation of residual current in the Seto Inland Sea driven by sea level difference between the Bungo and Kii Channels,” *J. Geophys. Res. Oceans*, vol. 123, pp. 2921–2933, April 2018.
8. T. C. Yang, Chen-Fen Huang, S. H. Huang, and J.-Y. Liu, “Frequency striations induced by moving nonlinear internal waves and applications,” *IEEE J. Ocean. Eng.*, vol. 42, pp. 663–671, July 2017.
9. C.-W. Chen, Chen-Fen Huang, C.-W. Lin, and B.-Y. Kuo, “Hydroacoustic ray theory-based modeling of T wave propagation in the deep ocean basin offshore eastern Taiwan,” *Geophysical Research Letters*, vol. 44, pp. 4799–4805, May 2017. 2017GL073516.
10. Chen-Fen Huang, N. Taniguchi, Y.-H. Chen, and J.-Y. Liu, “Estimating temperature and current using a pair of transceivers in a harbor environment,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 140, EL137–EL142, July 2016.



教授證書

Academic Teaching Rank Accreditation Certificate Professor



黃千芬 身分證字號：D220421485 中華民國62年2月17日生
由國立臺灣大學送審並經本部依專科以上學校教師資格審定辦法審定
合於教授資格，年資自108年8月1日起計

The application for Ms. CHEN-FEN HUANG at National Taiwan University to be conferred the rank of Professor has been reviewed by the Ministry of Education, in accordance with the Accreditation Regulations Governing Teacher Qualifications at Institutions of Higher Education. The Ministry of Education has approved the conferring of the academic teaching rank of Professor on Ms. CHEN-FEN HUANG, effective from August 1, 2019.
ID Number:D220421485
Date of Birth:February 17, 1973
Date of Issue:August 1, 2019

部長潘文忠
Wen-Chung Pan

Wen-Chung Pan
Minister of Education
Republic of China (Taiwan)

中華民國

108



年 10 月 26 日

國立臺灣大學聘書

國聘字第11101108號
人資編號：15082

敬賀

黃千芬女士為本大學理學院海洋研究所教授

，並訂定聘約如下：

- 一、本薪金（含功薪）：680薪點，按月發給政府所定支付標準率致送。
- 二、聘期：110年8月1日起至111年7月31日止。
- 三、專任教師每學期授課時數以合本校教師每週授課時數計算標準及起終錄滿費核支津貼則之規定，並應配合所屬教學單位課程科目安排及授課語言審核；學生成績之評量及報文應依本校相關規定辦理。
- 四、專任教師均應有教學、服務、擔任導師、接受評鑑、配合本校及所屬教學單位辦理招生、評量、空間使用等相關義務。
- 五、專任教師應對學生心理、品德、生活、言行等，均應擔負輔導之責任並以身作則。
- 六、專任教師應經由本校書面同意，始得在校外兼課或兼職，未經同意之兼職期間所生之兼職費，由本校予以扣繳，並納入校務基金運用；其經借調期滿而未歸建者，視同辭職。
- 七、專任教師在就任職期間完成之研究而衍生之發明或其他智慧財產權，其智財權歸屬依本校相關規定辦理。
- 八、專任教師應依研究專題之名義與各機關訂約。
- 九、專任教師未依規定接受評鑑，或評鑑不通過或未依本校教師評鑑準則規定之期限升等，依大學法第十九條、本校教師評鑑準則及所屬學院教師評鑑辦法規定辦理。
- 十、違反評鑑教師資格規定或學術倫理者，依本校違反送審教師資格規定及學術倫理處理準則之規定處置。
- 十一、為促進校園性別平等，防止性騷擾事件發生，教師應遵守性別平等教育法及其相關法令。
- 十二、違反聘約規定者，本校及所屬教學單位得審酌零罰。依本校教師評審委員會相關規定，提請教評會審議後依程序辦理。情節重大者得依教師法第十四條究究辦。
- 十三、本聘書依民國法為準據法，未約定事項依教育人員任用條例、教師法、人事行政法、教師評鑑規則、政府有關法令及本校各項规章制度辦理。
- 十四、本聘書之英文翻譯僅供參考，如英文翻譯與中文版有不一致之處，應以中文為準。

校長

管中閔

中華民國



月

日

合作同意書

本人 黃千芬 同意參與「111 年度臺灣海域重要生態系調查與生態服務價值評估」（案號：111-P-40）採購案，並擔任協同主持人一職，負責執行本案相關配合事宜。

此致

海洋委員會海洋保育署

立同意書人： 黃千芬 (簽章)

身分證字號：D220421485

中華民國 111 年 01 月

協同計畫主持人魏志潾副教授於 2014 年至國立臺灣大學海洋研究所任職，迄今已成功完成個科技部補助的多年期計畫及四個一年期整和型計畫，目前尚有其它一個一年期計畫正在執行。此外，協同計畫主持人最近五年內累積發表 27 篇期刊論文。個人著作目錄詳見: <https://iobenthos.weebly.com/publication.html>。

研究主題除協同計畫主持人專長的底棲生態學研究外，近年亦發表加拿大領海從大西洋、北極海至太平洋之底棲生物多樣性分布調查。此研究建立了加拿大海洋區域管理的關鍵基礎生態資料，這些重要資訊可以改善未來海洋保護區的設計，進而保護加拿大豐富的海洋底棲生物多樣性。另外，協同計畫主持人也以巨觀生態學角度探討能量與深海大型底棲生物多樣性之間的關係以及利用有孔蟲化石記錄重建末次冰盛期及前工業革命時期全球海洋生物多樣性的分佈模式，並預測至本世紀末前全球海洋生物多樣性的變化，協同計畫主持人與研究團隊也利用地球系統模型預測深海採礦預定區內氣候變遷發生的可能時間和強度，發現目前聯合國海底管理局規畫的採礦保留區及採礦預定區都將受氣候變遷影響，認為未來環境影響評估將無法區分人為活動或是氣候變遷的衝擊。此研究也建議深海採礦對環境破壞的預防措施以及採礦活動的全額成本都應納入氣候意識，才能切確反映深海礦業所支出的社會成本。除了上述的國際合作研究，協同計畫主持人的研究團隊也完成了臺灣西南海域沉積物群聚耗氧量以及中大型底棲生物的生物量的調查，調查的範圍包括陸棚、陸坡、海底峽谷等等，原始資料已經節錄在全球沉積物群聚耗氧量以及底棲生物量資料庫內。除此之外，協同計畫主持人與研究團隊最近也發表臺灣海域第一個深海線蟲的生態報告，透過了解臺灣的深海棲地及生物多樣性分佈模式，希望能夠有助於預測氣候變遷對海洋環境的影響，進而能夠提出有效的解決對策。

表 9、協同計畫主持人魏志潾副教授學經歷背景表。

中文姓名	魏志潾	英文姓名	Chih-Lin Wei
國籍	臺灣	性別	男
聯絡地址	臺北市 106 羅斯福路四段一號 國立臺灣大學海洋研究所		
聯絡電話	(02)3366-1642	Email	clwei@ntu.edu.tw
學歷	美國德州農工大學海洋研究所 博士 美國德州農工大學海洋研究所 碩士 國立中興大學動物學系 學士		

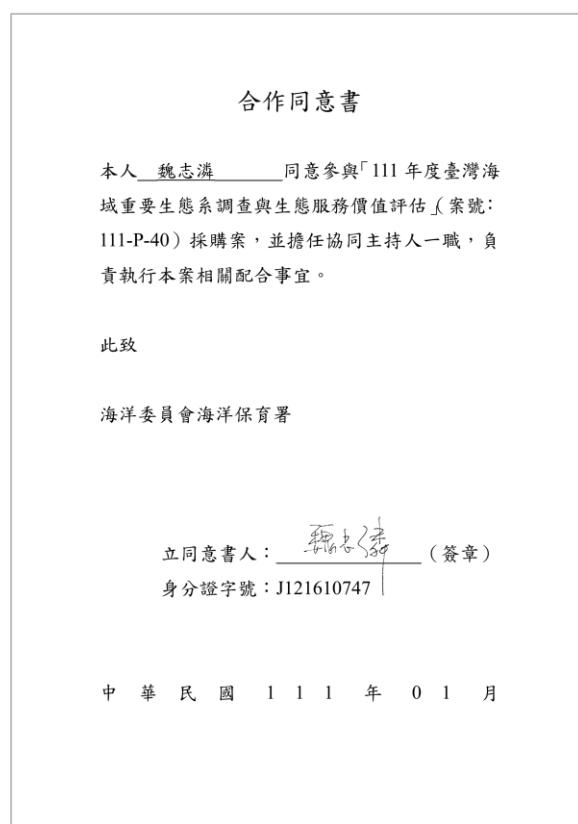
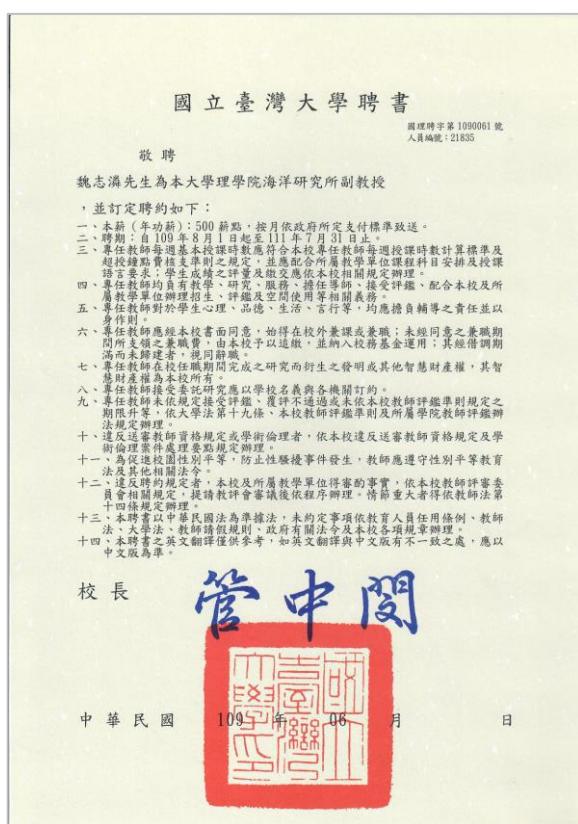
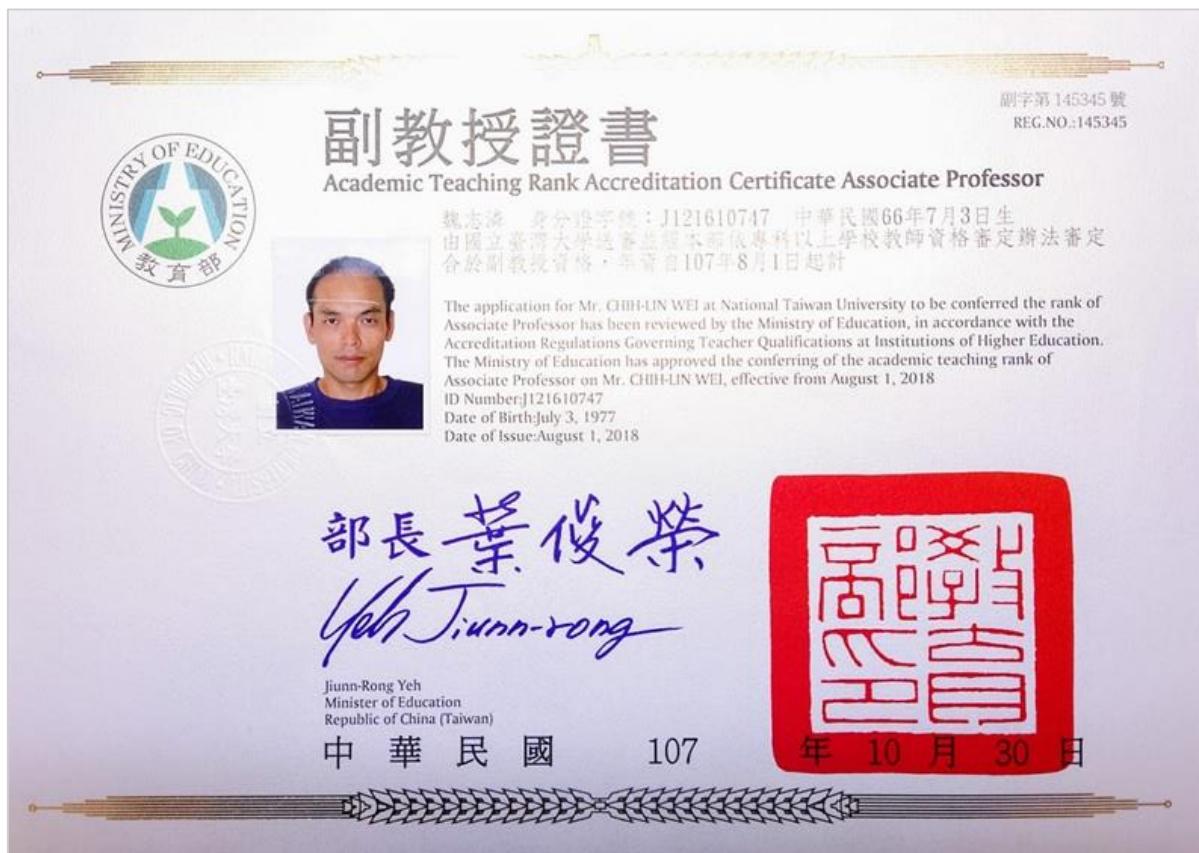
現職與經歷	<p>2018 迄今國立臺灣大學海洋研究所 副教授</p> <p>2014-2018 國立臺灣大學海洋研究所 助理教授</p> <p>2011-2014 加拿大紐芬蘭紀念大學海洋科學中心 博士後研究</p>
近五年研究著作	<ol style="list-style-type: none"> 1. Yuanyuan Hong, Moriaki Yasuhara, Hokuto Iwatani, Anne Chao, Paul G. Harnik, Chih-Lin Wei (2021, Dec). Ecosystem turnover in an urbanized subtropical seascape driven by climate and pollution. <i>Anthropocene</i>, 36, 100304. (SCI, 14/50, Geography, Physical). MOST 110-2611-M-002-017. 本人為第一作者. 2. Yuanyuan Hong, Moriaki Yasuhara, Hokuto Iwatani, Paul G. Harnik, Anne Chao, Jonathan D. Cybulski, Yuan Liu, Yuefei Ruan, Xiangdong Li, Chih-Lin Wei (2021, Nov). Benthic ostracod diversity and biogeography in an urbanized seascape. <i>Marine Micropaleontology</i>, j.marmicro.2021.102067. (SCI, 7/54, Paleontology). MOST 110-2611-M-002-017. 本人為第一作者、通訊作者. 3. Hui Liu, Nehad Nour El-Din, Gilbert Rowe, Mohsin Al-Ansi, Chih-Lin Wei,, Yoursia Soliman, Clifton Nunnally, Antonietta Quigg, Ibrahim S. Al-Ansari, Ibrahim Al-Maslamani, Mohamed A. Abdel-Moati (2021, Jul). Characteristics and renewal of zooplankton communities under extreme environmental stresses in the oligotrophic hypersaline Arabian Gulf. <i>Progress in Oceanography</i>, j.pocean.2021.102643. (SCI, 5/64, Oceanography). MOST 110-2611-M-002-017. 4. Arvind K. Shantharam, Chih-Lin Wei, Mauricio Silva, Amy R. Baco, (2021, Apr). Macrofaunal diversity and community structure of the DeSoto Canyon and adjacent slope. <i>Marine Ecology Progress Series</i>, 664, 23-42. (SCI, 24/116, Marine & Freshwater Biology). MOST 110-2611-M-002-017. 5. Travis W. Washburn, Daniel O. B. Jones, Chih-Lin Wei, Craig R. Smith (2021, Mar). Environmental Heterogeneity Throughout the Clarion-Clipperton Zone and the Potential Representativity of the APEI Network. <i>Frontiers in Marine Science</i>, fmars.2021.661685. (SCI, 14/116, Marine & Freshwater Biology). MOST 110-2611-M-002-017. 6. Roberto Sandulli, Jeroen Ingels, DANIELA ZEPPELLI, Andrew K. Sweetman, Sarah M. Hardy, Furu Mienis, Chih-Lin Wei (2020, Dec). EDITORIAL for Special Issue "Extreme Benthic Communities in the Age of Global Change" Frontiers in Marine Science Global Change and the Future Ocean. <i>Frontiers in Marine Science</i>, 6, fmars.2020.609648. (SCI, 8/107, Marine & Freshwater Biology). MOST 109-2611-M-002-018. 7. Lisa A. Levin, Chih-Lin Wei, Daniel C. Dunn, Diva J. Amon, Oliver S. Ashford, William W. L. Cheung, Ana Colaço, Carlos Dominguez-Carrió, Elva G. Escobar (2020, Sep). Climate change considerations are fundamental to management of deep-sea resource extraction. <i>Global</i>

	<p><i>Change Biology</i>, 26(9), 4664-4678. (SCI, 1/58,Biodiversity Conservation). MOST 109-2611-M-002-018.</p>
8.	Moriaki Yasuhara, Huai-Hsuan May Huang, Pincelli Hull, Marina C. Rillo, Fabien L. Condamine, Derek P. Tittensor, Michal Kučera, Mark J. Costello, Seth Finnegan, Aaron O'Dea, Yuanyuan Hong, Timothy C. Bonebrake, N. Ryan McKenzie, Hideyuki Doi, Chih-Lin Wei, Yasuhiro Kubota, Erin E. Saupe (2020, Sep). Time machine biology: Cross-timescale integration of ecology, evolution, and oceanography. <i>Oceanography</i> , 33(2), 16 - 28. (SCI, 8/67, Oceangraphy). MOST 109-2611-M-002-018.
9.	Jian-Xiang Liao, Chih-Lin Wei, Moriaki Yasuhara (2020, Jul). Species and functional diversity of deep-sea nematodes in a high energy submarine canyon. <i>Frontiers in Marine Science</i> , fmars.2020.00591. (SCI, 8/107, Marine & Freshwater Biology). MOST 108-2611-M-002-001. 本人為通訊作者.
10.	Tanja Stratmann, Dick van Oevelen, Pedro Martínez Arbizu, Chih-Lin Wei, Jian-Xiang Liao, Mathieu Cusson, Ricardo A. Scrosati, Philippe Archambault, Paul V. R. Snelgrove, Patricia A. Ramey-Balci, Brenda J. Burd, Ellen Kenchington, Kent Gilkinson, Rénald Belley, Karline Soetaert (2020, Jun). The BenBioDen database, a global database for meio-, macro- and megabenthic biomass and densities. <i>Scientific Data</i> , 7(206). (SCI, 1/71, Multisciplinary Scienses). MOST 108-2611-M-002-001.
11.	Moriaki Yasuhara, Chih-Lin Wei, Michal Kucera, Mark J. Costello, Derek P. Tittensor, Wolfgang Kiessling, Timothy C. Bonebrake, Clay R. Tabor, Ran Feng, Andrés Baselga, Kerstin Kretschmer, Buntarou Kusumoto, Yasuhiro Kubota (2020, Apr). Past and future decline of tropical pelagic biodiversity. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A</i> , 117(23), 12891-12896. (SCI, 8/71, Multidisciplinary Scienses). MOST 108-2611-M-002-001. 本人為第一作者.
12.	Patricia Puerta, Clare Johnson, Marina Carreiro-Silva, Lea-Anne Henry, Ellen Kenchington, Telmo Morato, Georgios Kazanidis, José Luis Rueda, Javier Urra, Steve Ross, Chih-Lin Wei, José Manuel González-Irusta, Sophie Arnaud-Haond, Covadonga Orejas1 (2020, Apr). Influence of water masses on the biodiversity and biogeography of deep-sea benthic ecosystems in the North Atlantic. <i>Frontiers in Marine Science</i> , fmars.2020.00239. (SCI, 8/107, Marine & Freshwater Biology). MOST 108-2611-M-002-001.
13.	Telmo Morato, José-Manuel González-Irusta, Carlos Dominguez-Carrió, Chih-Lin Wei, and 56 others (2020, Apr). Climate-induced changes in the suitable habitat of cold-water corals and commercially important deep-sea fishes in the North Atlantic. <i>Global Change Biology</i> , 26(4), 2181-2202.

	(SCI, 1/58,Biodiversity Conservation). MOST 108-2611-M-002-001.
14.	Buntarou Kusumoto, Mark J. Costello, Yasuhiro Kubota, Takayuki Shiono, Chih-Lin Wei, Moriaki Yasuhara, Anne Chao (2020, Mar). Global distribution of coral diversity: Biodiversity knowledge gradients related to spatial resolution. <i>Ecological Research</i> , 35(2), 315-326. (SCI, 108/169, Ecology). MOST 108-2611-M-002-001.
15.	Chih-Lin Wei, Min Chen, Mary K. Wicksten, Gilbert T. Rowe (2020, Mar). Macrofauna Bivalve Diversity from the Deep Northern Gulf of Mexico. <i>Ecological Research</i> . (SCI, 108/169, Ecology). MOST 108-2611-M-002-001. 本人為第一作者、通訊作者。
16.	Natalya D. Gallo, Maryanne Beckwith, Chih-Lin Wei, Lisa A. Levin, Linda Kuhn, James P. Barry (2020, Mar). Dissolved oxygen and temperature best predict deep-sea fish community structure in the Gulf of California with climate change implications. <i>Marine Ecology Progress Series</i> , 637, 159–180. (SCI, 26/107, Marine & Freshwater Biology). MOST 108-2611-M-002-001.
17.	Chih-Lin Wei, Mathieu Cusson, Philippe Archambault, Renald Belley, Tanya Brown, Brenda Burd, Even Edinger, Ellen Kenchington, Kent Gilkinson, Peter Lawton, Heike Link, Patricia Ramey-Balci, Ricardo Scrosati, Paul Snelgrove (2020, Feb). Seafloor Biodiversity of Canada's Three Oceans: patterns, hotspots, and potential drivers. <i>Diversity and Distribution</i> , 26(2), 226-241. (SCI, 7/58, Biodiversity Conservation 31/169 Ecology). MOST 108-2611-M-002-001. 本人為第一作者。
18.	Wing-Tung Ruby Chiu, Moriaki Yasuhara, Thomas M. Cronin, Gene Hunt, Laura Gemery, Chih-Lin Wei (2020, Jan). Marine latitudinal diversity gradients, niche conservatism, and out of the tropics and Arctic: climatic sensitivity of small organisms.. <i>Journal of Biogeography</i> . (SCI, 35/169, Ecology 12/50 Geography, Physical). MOST 108-2611-M-002-001. 本人為第一作者.
19.	Tanja Stratmann, Karline Soetaert, Chih-Lin Wei, Yu-Shih Lin, Dick van Oevelen (2019, Oct). The SCOC database, a large, open, and global database with sediment community oxygen consumption rates. <i>Scientific Data</i> , 242. (SCI, 11/71, Multidisciplinary Sciences). MOST 108-2611-M-002-001.
20.	Yu-Shih Lin, Huei-Ting Lin, Bo-Shian Wang, Shein-Fu Wu, Pei-Ling Wang, Chih-Lin Wei, Hsiao-Fen Lee, Tefang Lan, Wei-Jen Huang, Song-Chuen Chen, Yunshuen Wang, Chih-Chieh Su (2019, Oct). Early diagenesis and carbon remineralization in young rift sediment of the Southern Okinawa Trough. <i>Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences</i> , 30:633-647. (SCI, 60/67. Oceanography). MOST 108-2611-M-002-001.

21. Richard Ching Wa Cheung, Moriaki Yasuhara, Hokuto Iwatani, Chih-Lin Wei, Yun-wei Dong (2019, Aug). Benthic community history in the Changjiang (Yangtze River) mega-delta: Damming, urbanization, and environmental control. *Paleobiology*, 45(3): 469-483. (SCI, 16/55, Paleontology). MOST 108-2611-M-002-001.
22. Anna B. Jöst, Moriaki Yasuhara, Chih-Lin Wei, Hisayo Okahashi, Alexandra Ostmann, Pedro Martínez Arbizu, Briony Mamo, Jörundur Svavarsson, Saskia Brix (2019, Jun). North Atlantic Gateway: Test bed of deep-sea macroecological patterns. *Journal of Biogeography*, 46(9): 2056-2066. (SCI, 34/165. Ecology). MOST 107-2611-M-110-008. 本人為第一作者.
23. Chih-Lin Wei, Gilbert T. Rowe (2019, Jan). Productivity controls macrofauna diversity in the deep northern Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. (SCI, 12/66, Oceanography). MOST 107-2611-M-110-008. 本人為第一作者、通訊作者.
24. Ssu-Po Huang, Tzu-Yin Chen, Jwo-Sheng Chen, Li-Ting Wang, Lina Huang, Shih-Ting Lin, Chih-Lin Wei, Saulwood Lin, Pei-Ling Wang, Yi-Min Chen, Wung Yang Shieh (2018, Nov). Dongshaea marina gen. nov., sp. nov., a facultatively anaerobic marine bacterium that ferments glucose with gas production. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. (SCI, 94/133, Microbiology). MOST 107-2611-M-110-008.
25. Yueh-Ting Lin, Tzu-Hsuan Tu, Chih-Lin Wei, Douglas Rumble, Li-Hung Lin, Pei-Ling Wang (2018, Sep). Steep redox gradient and biogeochemical cycling driven by deeply sourced fluids and gases in a terrestrial mud volcano. *FEMS Microbiology Ecology*, 94(11), fiy171. (SCI, 36/133, Microbiology). MOST 107-2611-M-110-008.
26. Paul V.R. Snelgrove, Karline Soetaert, Martin Solan, Simon Thrush, Chih-Lin Wei, Roberto Danovaro, Robinson W. Fulweiler, Hiroshi Kitazato, Baban Ingole, Alf Norkko, R. John Parkes, Nils Volkenborn (2018, Feb). Global Carbon Cycling on a Heterogeneous Seafloor. *Trends in Ecology and Evolution*, 33(2):96-105. (SCI, 1/165, Ecology). MOST 107-2611-M-110-008.
27. Jian-Xiang Liao, Guan-Ming Chen, Ming-Da Chiou, Sen Jan, Chih-Lin Wei (2017, Jul). Internal tides affect benthic community structure in an energetic submarine canyon off SW Taiwan. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 125: 147-160. (SCI, 12/66, Oceanography). MOST 106-2611-M-110-019. 本人為通訊作者.
28. Andrew K. Sweetman , Andrew R. Thurber, Craig R. Smith, Lisa A. Levin, Camilo Mora, Chih-Lin Wei, Andrew J. Gooday, Daniel O. B. Jones,

	<p>Michael Rex, Moriaki Yasuhara, Jeroen Ingels, Henry A. Ruhl, Christina A. Frieder, Roberto Danovaro, Laura Würzberg, Amy Baco, Benjamin M. Grupe, Alexis Pasulka, Kirstin S. Meyer, Katherine M. Dunlop, Lea-Anne Henry, J. Murray Roberts (2017, Feb). Major impacts of climate change on deep-sea benthic ecosystems. <i>Elementa: Science of the Anthropocene</i>, 5: 4. (SCI, 19/86, Meteorology & Atmospheric Sciences). MOST 106-2611-M-110-019.</p> <p>29. Carol T. Stuart, Solange Brault, Gilbert T. Rowe, Chih-Lin Wei, Martine Wagstaff, Craig R. McClain, Michael A. Rex (2016, Aug). Nestedness and species replacement along bathymetric gradients in the deep sea reflect productivity: a test with polychaete assemblages in the oligotrophic northwest Gulf of Mexico. <i>Journal of Biogeography</i>. (SCI, 34/165, Geography, Physical). MOST 106-2611-M-110-019.</p> <p>30. Chih-Lin Wei, Gilbert T. Rowe, Mohsin Al-Ansi, Ibrahim Al-Maslamani, Yousria Soliman, Nehad Nour El-Din, Ibrahim S. Al-Ansari, Ismail Al-Shaikh, Antonietta Quigg, Clifton Nunnally, Mohamed A. Abdel-Moati (2016, May). Macrofauna in the central Arabian Gulf: a reflection of climate extremes and variability. <i>Hydrobiologia</i>. (SCI, 32/108, Marine & Freshwater Biology). MOST 105-2119-M-002-008. 本人為第一作者、通訊作者.</p> <p>31. Moriaki Yasuhara, Hideyuki Doi, Chih-Lin Wei, Roberto Danovaro, Sarah E. Myhre (2016, Apr). Biodiversity–ecosystem functioning relationships in long-term time series and palaeoecological records: deep sea as a test bed. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences</i>, 371(1964). (SCI, 7/87, Biology). MOST 105-2119-M-002-008. 本人為通訊作者.</p>
--	---



協同計畫主持人單偉彌副教授所帶領的研究團隊著重於珊瑚礁的生態、底棲生物群聚結構及居住在珊瑚礁區的各種生物所能提供的生態功能，並藉此評估這些生物或生態系對自然或人為干擾的抵抗性。主要研究的議題為珊瑚礁生態學、珊瑚礁的功能性、珊瑚生理學高緯度邊緣型的珊瑚群聚及中光層珊瑚生態系的生態。研究的地理範圍遍佈黑潮流域的國家，如日本、韓國、臺灣、菲律賓、印尼等地區，以及法國的留尼旺島。近年來專注於研究臺灣各區的珊瑚群聚，包括東北角、宜蘭花東地區、蘭嶼、綠島、墾丁、小琉球、澎湖及東沙。研究的海域深度除了淺海(約 30~40 米以淺的海域，為造礁珊瑚的主要分布範圍)外，也包含中光層(約 40~120 米深，但還是有造礁珊瑚分布的地區)以及高緯度的海域(副熱帶及寒帶，如臺灣的東北部、日本、韓國)。

協同計畫主持人自從任職於國立臺灣大學以來，已經成功執行四個來自科技部之研究計畫(2015 年至 2020 年)，且目前有多個正在執行或洽談的跨國珊瑚研究合作案、也曾與許多來自不同國家的學者合作發表國際論文的豐富經驗。根據上述這些研究主軸而發表在 SCI 期刊上的論文在近五年來已有二十餘篇(自任職於國立臺灣大學以來)。另外，協同計畫主持人與其研究團隊還有在國際專書「中光層生態系」中發表專門描述臺灣中光層珊瑚生態系的章節。

表 10、協同計畫主持人單偉彌副教授學經歷背景表。

中文姓名	單偉彌	英文姓名	Vianney Denis
國籍	法國	性別	男
聯絡地址	臺北市 106 羅斯福路四段一號 國立臺灣大學海洋研究所 406 室		
聯絡電話	(02)3366-1393	Email	vianneydenis@g.ntu.edu.tw
學歷	法國留尼旺大學海洋生物學 博士 法國皮埃爾和瑪麗·居里大學生物海洋學及海洋環境學 碩士 法國里爾第一大學族群生物學 碩士		
現職與經歷	2021/10- 國立臺灣大學海洋研究所 副教授 2015/9-2021/9 國立臺灣大學海洋研究所 助理教授 2011/4-2015/7 中央研究院 博士後研究員 2009/12-2010/8 法國留尼旺大學 兼任教師及研究員		
研究著作	Manuscripts accepted, in press, on-line first or published 1. Sturaro N‡, Hsieh YE‡, Chen Q, Wang PL, Denis V* (2021, Dec) Trophic plasticity of mixotrophic corals under contrasting environments. <i>FUNCTIONAL ECOLOGY</i> 35(12), 2841-2855. doi: 10.1111/1365-		

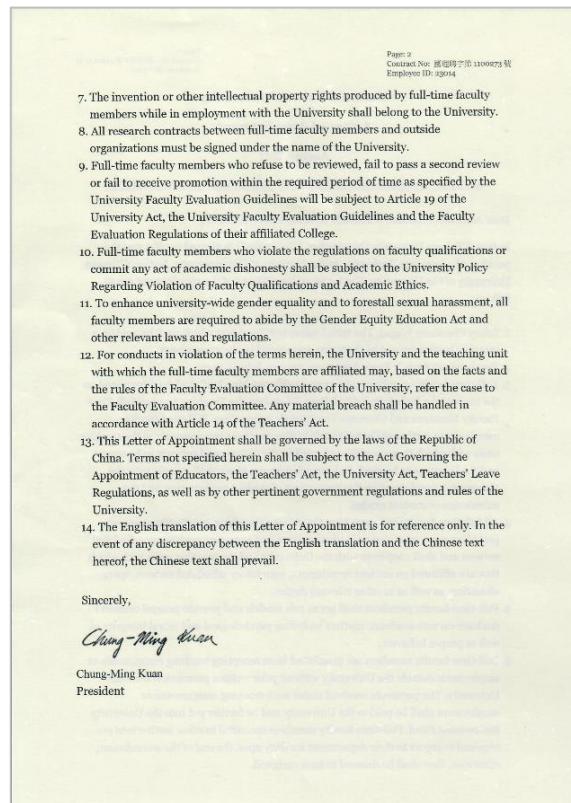
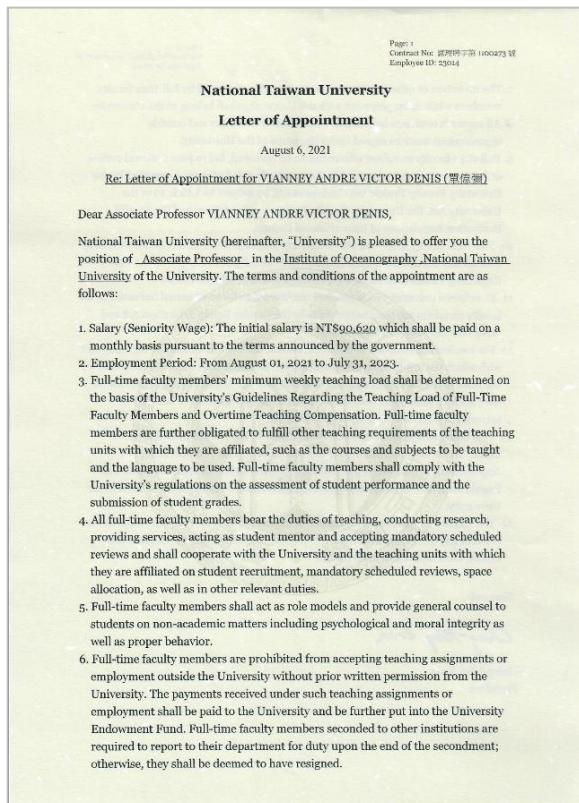
	<p>2435.13924 (SCI, 2020 IF: 5.608, 5-IF: 6.749 Ecology: 20/166 Citation: 0)</p> <p>2. Soto D, De Palmas S, Ho MJ, Denis V, Allen Chen C* (2021, Oct) A molecular census of early-life stage scleractinian corals in shallow and mesophotic zones. <i>ECOLOGY & EVOLUTION</i> 11, 14573-14584. doi: 10.1002/ece3.8122 (SCI, 2020 IF: 2.912, 5-IF: 3.271 Ecology: 70/166, Evolutionary Biology: 25/50 Citation: 1)</p> <p>3. De Palmas S, Soto D, Ho MJ, Denis V*, Chen CA* (2021, Oct) Vertical and horizontal genetic connectivity of the coral <i>Pocillopora verrucosa</i> from Ludao, Taiwan, a small oceanic island. <i>PLOS ONE</i> 16(10), e0258181. doi: 10.1371/journal.pone.0258181 (SCI, 2020 IF: 3.240, 5-IF: 3.788 Multidisciplinary Sciences: 26/73 Citation: 0)</p> <p>4. De Palmas S, Denis V*, Soto D, Lin YV, Ho MJ, Chen CA* (2021, Sep) Scleractinian diversity in the upper mesophotic zone of Ludao (Taiwan): a museum collection with new records from Taiwanese waters. <i>MARINE BIODIVERSITY</i> 51, 80. doi: 10.1007/s12526-021-01210-y (SCI, 2020 IF: 1.533, 5-IF: 1.756 Biodiversity Conservation: 40/60, Marine & Freshwater: 69/110 Citations: 3)</p> <p>5. Hsiao WV, Lin YV, Lin HT, Denis V* (2021, Aug) Learning from differences: Abiotic determinism of benthic communities in Northern Taiwan. <i>MARINE ENVIRONMENTAL RESEARCH</i> 170, 105361. doi: 10.1016/j.marenvres.2021.105361 (SCI, 2020 IF: 3.130, 5-IF: 3.496 Marine & Freshwater Biology: 18/110, Environmental Sciences 132/274, Toxicology: 54/93 Citation: 0)</p> <p>6. Hsu THT, Carlu L, Hsieh YE, Lai TYA, Wang CW, Huang CY, Yang SH, Wang PL, Sturaro N, Denis V* (2020, Dec) Stranger things: physiological performance of two octocorals associated with singular Symbioniaceae in a high-latitude coral community from northern Taiwan. <i>FRONTIERS IN MARINE SCIENCE</i> 7, 606601. doi: 10.3389/fmars.2020.606601 (SCI IF: 4.912, 5-IF: 5.125 Marine & Freshwater Biology: 6/110 Citation: 0)</p> <p>7. Maggioni D*, Arrigoni R, Seveso D, Galli O, Berumen ML, Denis V, Hoeksema BW, Huang D, Manca F, Pica D, Puce S, Reimer JD, Montano S (2020, Oct) Phylogeny, biogeography, and evolution of the Zanclean-scleractinians symbiosis. <i>CORAL REEFS</i>. doi: 10.1007/s00338-020-02010-9 (SCI IF: 3.902, 5-IF: 3.880 Marine & Freshwater Biology: 12/110 Citations: 7)</p> <p>8. Denis V*, Fan TY, Hsiao WV, Hwang SJ, Lin YV, Nozawa Y (2020, Jul) Idea Paper: Tracking the distribution of accretive reef communities across the Kuroshio region. <i>ECOLOGICAL RESEARCH</i> 35, 595-598. doi:</p>
--	--

	<p>10.1111/1440-1703.12128 (SCI IF: 1.917, 5-IF: 2.095 Ecology: 112/166 Citations: 5)</p> <p>9. Sturaro N, Hsieh YE, Chen Q, Wang P-L, Denis V* (2020, Apr) Toward a standardised protocol for the stable isotope analysis of scleractinian corals. <i>RAPID COMMUNICATIONS IN MASS SPECTROMETRY</i> 34(8), e8663. doi:10.1002/rcm.8663 (SCI IF: 2.419, 5-IF: 2.439 Spectroscopy: 19/43, Biochemical Research Methods: 50/77, Analytical Chemistry: 57/83 Citations: 6)</p> <p>10. Boissin E*, Leung JK, Denis V, Bourmaud CAF, Gravier Bonnet-N (2020, Jan) Morpho-molecular delineation of structurally important reef species, the fire corals, <i>Millepora</i> spp, at Reunion Island, Southwestern Indian Ocean. <i>HYDROBIOLOGIA</i> 847, 1237-1255. doi: 10.1007/s10750-020-04179-0 (SCI IF: 2.694, 5-IF: 2.781 Marine & freshwater Biology: 29/110 Citations: 4)</p> <p>11. Kavousi J, Denis V, Sharp V, Reimer JD, Nakamura T, Parkinson JE* (2020, Jan) Unique combinations of coral host and algal symbiont genotypes reflect intraspecific variation in heat stress responses among colonies of the reef-building coral, <i>Montipora digitata</i>. <i>MARINE BIOLOGY</i> 167, 23. doi:10.1007/s00227-019-3632-z (SCI IF: 2.573, 5-IF: 2.778 Marine & freshwater Biology: 31/110 Citations: 6)</p> <p>12. Darling ES*, McClanahan TR, Maina J, Gurney GG, Graham NAJ, [...], Denis V, et al. (2019, Aug) Social-environmental drivers inform strategic management of coral reefs in the Anthropocene. <i>NATURE ECOLOGY AND EVOLUTION</i> 3, 1341-1350. doi:10.1038/s41559-019-0953-8 (SCI IF: 12.541, 5-IF: 12.559 Ecology: 3/168, Evolutionary Biology: 3/50 Citations: 84)</p> <p>13. Lin YV, Denis V* (2019, Jul) Acknowledging differences: number, characteristics, and distribution of marine benthic communities along Taiwan coast. <i>ECOSPHERE</i> 10(7), e02803. doi:10.1002/ecs2.2803 (SCI IF: 2.878, 5-IF: 3.419 Ecology: 48/168 Citations: 8)</p> <p>14. Denis V*, Soto D, De Palmas S, Lin YTV, Benayahu Y, Huang YM, Liu SL, Chen JW, Chen Q, Sturaro N, Ho MJ, Su Y, Dai CF, Chen CA (2019, Jun) Taiwan. In: Loya Y, Puglise KA, Bridge T (eds) Mesophotic coral ecosystems. SPRINGER, CHAM. pp 249-264. doi:10.1007/978-3-319-92735-0_14 (Citations: 12)</p> <p>15. Denis V*, Lin YTV, Ho MJ (2019, Feb) A new association between goblet worms (Entoprocta) and xeniid corals (Cnidaria). <i>MARINE BIODIVERSITY</i> 49(1), 487-493. doi:10.1007/s12526-017-0766-4 (SCI IF: 1.487, 5-IF: 1.733 Marine & Freshwater Biology: 52/106, Biodiversity Conservation: 38/59 Citations: 3)</p>
--	--

16. Denis V*, Chen JW, Chen Q, Hsieh YE, Lin YV, Wang CW, Wang HY, Sturaro N (2019, Jan) Biogeography of functional trait diversity in the Taiwanese reef fish fauna. *ECOLOGY & EVOLUTION* 9(1), 522-532. doi:[10.1002/ece3.4771](https://doi.org/10.1002/ece3.4771) (SCI | IF: 2.392, 5-IF: 2.749 | Ecology: 71/168, Evolutionary Biology: 27/50 | Citation: 5)
17. Yang SH, Tandon K, Lu CY, Wada N, Shih CJ, Hsiao SSY, Jane WN, Lee TC, Yang CM, Liu CT, Denis V, Wu YT, Wang LT, Huang L, Lee DC, Wu YW, Yamashiro H, Tang SL* (2019, Jan) Metagenomic, phylogenetic, and functional characterization of predominant endolithic green sulfur bacteria in the coral *Isopora palifera*. *MICROBIOME* 7, 3. doi:[10.1186/s40168-018-0616-z](https://doi.org/10.1186/s40168-018-0616-z) (SCI | IF: 11.607, 5-IF: 12.160 | Microbiology: 8/135 | Citations: 26)
18. De Palmas S, Soto D, Denis V*, Ho MJ, Chen CA* (2018, Oct) Molecular assessment of *Pocillopora verrucosa* (Scleractinia; Pocilloporidae) distribution along a depth gradient in Ludao, Taiwan. *PEERJ* 6, e5797. doi:[10.7717/peerj.5797](https://doi.org/10.7717/peerj.5797) (SCI | IF: 2.353, 5-IF: 2.700 | Multidisciplinary Sciences: 27/69 | Citations: 10)
19. Soto D, De Palmas S, Ho MJ, Denis V*, Chen CA* (2018, Aug) Spatial variation in the morphological traits of *Pocillopora verrucosa* along a depth gradient in Taiwan. *PLOS ONE* 13(8), e0202586. doi:[10.1371/journal.pone.0202586](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202586) (SCI | IF: 2.776, 5-IF: 3.337 | Multidisciplinary Sciences: 24/69 | Citations: 16)
20. Denis V*, Ribas-Deulofeu L, Sturaro N, Kuo CY, Chen CA (2017, Aug) A functional approach to the structural complexity of coral assemblages based on colony morphological features. *SCIENTIFIC REPORTS* 7, 9849. doi:[10.1038/s41598-017-10334-w](https://doi.org/10.1038/s41598-017-10334-w) (SCI | IF: 4.011, 5-IF: 4.525 | Multidisciplinary Sciences: 12/64 | Citations: 45)
21. Ribas-Deulofeu L[†], Denis V[‡], De Palmas S, Kuo CY, Hsieh HJ, Chen CA* (2016, Aug) Structure of benthic communities along the Taiwan latitudinal gradient. *PLOS ONE* 11(8), e0160601. doi:[10.1371/journal.pone.0160601](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160601) (SCI | IF: 2.806, 5-IF: 3.394 | Multidisciplinary Sciences: 15/64 | Citations: 19)

Book Chapters

1. Denis V*, Soto D, De Palmas S, Lin YTV, Benayahu Y, Huang YM, Liu SL, Chen JW, Chen Q, Sturaro N, Ho MJ, Su Y, Dai CF, Chen CA (2019, Jun) Taiwan. In: Loya Y, Puglise KA, Bridge T (eds) Mesophotic coral ecosystems. SPRINGER, CHAM. pp 249-264. doi:[10.1007/978-3-319-92735-0_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_14) (Citations: 5)



合作同意書

本人 單偉彌 同意參與「111 年度臺灣海域重要生態系調查與生態服務價值評估」(案號：111-P-40) 採購案，並擔任協同主持人一職，負責執行本案相關配合事宜。

此致

海洋委員會海洋保育署

立同意書人： (簽章)

身分證字號 F800275703

(AC03213093)

中華民國 111 年 01 月

協同計畫主持人柯佳吟副教授現為國立臺灣大學漁業科學研究所副教授，熟習海洋垃圾與海洋環境與生物調查，亦跨領域協助臺北市動物保護處設計小水鴨與水鳥保育推廣刊物及小水鴨與水鳥保育推廣、執行數項生物資料庫建置與長期時空分析計畫，擅長較大空間尺度整合性分析，此外，協同計畫主持人積極參與國際事務，以綜合之觀點提出各類相關管理之可能性策略。

表 11、協同計畫主持人柯佳吟副教授學經歷背景表。

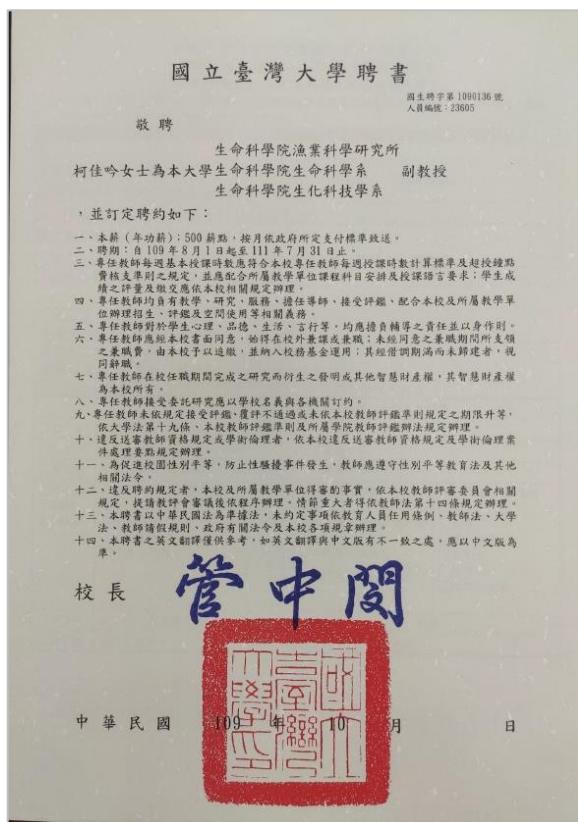
中文姓名	柯佳吟	英文姓名	Chia-Ying Ko
國籍	臺灣	性別	女
聯絡地址	10617 臺北市羅斯福路四段一號 國立臺灣大學漁業科學研究所 307 室		
聯絡電話	(02)3366-2885/2886	Email	cyko235@ntu.edu.tw
學歷	國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所 博士 國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所 碩士 國立臺灣大學生命科學系 學士		
現職與經歷	國立臺灣大學漁業科學研究所 副教授 國立臺灣大學漁業科學研究所 助理教授 中央研究院環境變遷研究中心 博士後研究員 美國耶魯大學(Yale University)森林環境學院與生態演化系 博士後研究員 國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所 博士後研究員 美國史丹福大學(Stanford University)生物系 研究學者		
專長領域	全球變遷生物學、大數據與長期資料分析、跨領域科學、生態模式、生物地理學、巨觀生態學、生態系統動態與服務、海洋垃圾		
研究著作	1. Shih, Y.-Y., F.-K. Shiah, C.-C Lai, W.-C. Chou, J.-H. Tai, Y.-S. Wu, C.-Y. Lai, <u>C.-Y. Ko</u> & C.-C. Hung*. 2021. Comparison of primary production using in situ and satellite-derived values at the SEATS station in the South China Sea. <i>Frontiers in Marine Science</i> (SCI) (IF: 5.125; Ranking: Marine & Freshwater Biology, 6/110, Q1), 8, 747763. 2. Chen, T.-Y*, C.-C. Lai, J.-H. Tai, C.-Y. Ko & F.-K. Shiah*. 2021. Diel to seasonal variation of icoplankton in the tropical South China Sea. <i>Frontiers in Marine Science</i> (SCI) (IF: 5.125; Ranking: Marine & Freshwater Biology, 6/110, Q1), 8, 732017. 3. Tsai, N.-C., T.-S. Hsu, S.-C. Kuo, C.-T Kao, T.-H. Hung, D.-G. Lin, C.-S. Yeh, C.-C. Chu, J.-S. Lin, H.-H. Lin, C.-Y. Ko, T.-H. Chang*, J.-C. Su* & Y.-C. J. Lin*. 2021. Large-scale data analysis for robotic yeast one-hybrid platforms and multi-disciplinary studies using GateMultiplex. <i>BMC Biology</i> (SCI) (IF: 8.182; Ranking: Biology, 7/93, Q1), 19, 214.		

4. Chang, S.-W., R.-G. Chen, T.-H. Liu, Y.-C. Lee, C.-S. Chen, T.-S. Chiu & C.-Y. Ko*. 2021. Dietary shifts and risks of artifact Ingestion for Argentine shortfin squid *Illex argentinus* in the Southwest Atlantic. *Frontiers in Marine Science (SCI)* (IF: 5.125; Ranking: Marine & Freshwater Biology, 6/110, Q1), 8, 675560.
5. Lai, C.-C., C.-Y. Ko, E. Austria & F.-K. Shiah*. 2021. Extreme weather events enhance DOC consumption in a subtropical freshwater ecosystem: a multiple-typhoon analysis. *Microorganisms (SCI)* (IF: 4.128; Ranking: Microbiology, 52/137, Q2), 9, 1199. (co-first author)
6. Ko, C.-Y.*, S. Asano, M.-J. Lin, T. Ikeya, E. M. Peralta, E. M. C. Triño, Y. Uehara, T. Ishida, T. Iwata, I. Tayasu & N. Okuda. 2021. Rice paddy irrigation seasonally impacts stream benthic macroinvertebrate diversity at the catchment level. *Ecosphere (SCI)* (IF: 3.832; Ranking: Ecology, 62/166, Q2), 12, e03468.
7. Heng, W. K., M.-J. Ho, C.-Y. Kuo, Y.-Y. Huang, C.-Y. Ko, M.-S. Jeng & C. A. Chen. 2021. Crown-of-thorns starfish outbreak at Taiping Island (Itu Aba), Spratlys, South China Sea. *Bulletin of Marine Science (SCI)* (IF: 1.889; Ranking: Marine & Freshwater Biology, 65/110, Q3). <https://doi.org/10.5343/bms.2021.0030>
8. Ko, C.-Y.*, Y.-C. Hsin & M.-S. Jeng*. 2020. Global distribution and cleanup opportunities for macro ocean litter: A quarter century of accumulation dynamics under windage effects. *Environmental Research Letters (SCI)* (IF: 7.801; Ranking: Environmental Sciences, 33/274, Q1), 15, 104063.
9. Peralta, E. M.*, L. S. Batucan Jr, I. B. B. De Jesus, E. M. C. Triño, Y. Uehara, T. Ishida, Y. Kobayashi, C.-Y. Ko, T. Iwata, A. S. Borja, J. C. A. Briones, R. D. S. Papa, F. S. Magbanua & N. Okuda. 2020. Nutrient loadings and deforestation decrease benthic macroinvertebrate diversity in an urbanised tropical stream system. *Limnologica (SCI)* (IF: 2.386; Ranking: Limnology, 8/21, Q2), 80, 125744.
10. Ishida, T.*, Y. Uehara, T. Iwata, A. P. Cid-Andres, S. Asano, T. Ikeya, K. Osaka, J. Ide, O. L. A. Privaldos, I. B. B. De Jesus, E. M. Peralta, E. M. C. Triño, C.-Y. Ko, A. Paytan, I. Tayasu & N. Okuda. 2019. Identification of phosphorus sources in a watershed using a phosphate oxygen isoscape approach. *Environmental Science & Technology (SCI)* (IF: 9.922; Ranking: Environmental Sciences, 20/274, Q1), 53, 4707-4716.
11. Austria, E. S., C.-C. Lai, C.-Y. Ko, K.-Y. Lee, H.-Y. Kuo, T.-Y. Chen, J.-H. Tai & F.-K. Shiah*. 2018. Growth-controlling mechanisms on heterotrophic bacteria in the South China Sea shelf: Summer and Winter patterns. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (TAO) (SCI)* (IF: 0.938), 29,

	441-453.
12.	Ko, C.-Y.*, Y.-C. Hsin, T.-L. Yu, K.-L. Liu, F.-K. Shiah & M.-S. Jeng*. 2018. Monitoring multi-year macro ocean litter dynamics and backward-tracking simulation of litter origins on a remote island in the South China Sea. <i>Environmental Research Letters (SCI)</i> (IF: 7.801; Ranking: Environmental Sciences, 33/274, Q1), 13, 044021.
13.	Ko, C.-Y.*, T. Iwata, J.-Y. Lee, A. Murakami, J. Okano, N. F. Ishikawa, Y. Sakai, I. Tayasu, M. Itoh, U. Song, H. Togashi, S. Nakano, N. Ohte & N. Okuda*. 2018. Assessing alpha and beta diversities of benthic macroinvertebrates and their environmental drivers between watersheds with different levels of habitat transformation in Japan. <i>Marine and Freshwater Research (SCI)</i> (IF: 2.162; Ranking: Fisheries, 25/55, Q2), 70, 504-512
14.	Ko, C.-Y.*, C.-C. Lai, H.-H. Hsu & F.-K. Shiah*. 2017. Decadal phytoplankton dynamics in response to episodic climatic disturbances in a subtropical deep freshwater ecosystem. <i>Water Research (SCI)</i> (IF: 11.547; Ranking: Environmental Sciences, 6/274, Q1), 109, 102-113.
15.	Ko, C.-Y.*, O. J. Schmitz & W. Jetz*. 2016. The limits of community-level modeling approaches for broad-scale predictions of ecological assemblage structure. <i>Biological Conservation (SCI)</i> (IF: 6.552; Ranking: Biodiversity Conservation, 6/60, Q1), 201, 396-404.
16.	Chen, T.-Y., J.-H. Tai, C.-Y. Ko, C.-H. Hsieh, C.-C. Chen, N. Jiao, H.-B. Liu and F.-K. Shiah*. 2016. Nutrient pulses driven by internal solitary waves enhance heterotrophic bacterial growth in the South China Sea. <i>Environmental Microbiology (SCI)</i> (IF: 6.438; Ranking: Microbiology, 30/137, Q1), 18, 4312-4323.
17.	Ko, C.-Y.*, C.-C. Lai, T.-Y. Chen, H.-H. Hsu & F.-K. Shiah*. 2016. Typhoon effects on phytoplankton responses in a semi-closed freshwater ecosystem. <i>Marine and Freshwater Research (SCI)</i> (IF: 2.162; Ranking: Fisheries, 25/55, Q2), 67, 546-555.
18.	Chow, M.-F.*, F.-K. Shiah, C.-C. Lai, H.-Y. Kuo, K.-W. Wang, C.-H. Lin, T.-Y. Chen, Y. Kobayashi & C.-Y. Ko. 2016. Evaluation of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Fei-Tsui Reservoir basin, Taiwan. <i>Environmental Earth Sciences (SCI)</i> (IF: 2.867; Ranking: Water Resources, 47/98, Q2), 75, 6.
19.	Lee T.-M.*, E. M. Markowitz, P. D. Howe, C.-Y. Ko & A. Leiserowitz. 2015. Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world. <i>Nature Climate Change (SCI)</i> (IF: 28.803; Ranking: Environmental Sciences, 1/225, Q1), 5, 1014-1020.
20.	Ko, C.-Y.*, O.J. Schmitz, M. Barbett-Massin & W. Jetz*. 2014. Dietary

	<p>guild composition and disaggregation of avian assemblages under climate change. <i>Global Change Biology</i> (SCI) (IF: 11.716; Ranking: Biodiversity Conservation, 1/60, Q1), 20, 790-802.</p> <p>21. Ko, C.-Y., S. C. Murphy, T. L. Root & P.-F. Lee*. 2014. An assessment of efficiency of protection status through determinations of biodiversity hotspots based on endemic bird species, Taiwan. <i>Journal for Nature Conservation</i> (SCI) (IF: 2.339; Ranking: Biodiversity Conservation, 13/48, Q2), 22, 570-576.</p> <p>22. Lai, C.-C., Y.-W. Fu, H.-B. Liu, H.-Y. Kuo, K.-W. Wang, C.-H. Lin, J.-H. Tai, G. T.-F. Wong, K.-Y. Lee, T.-Y. Chen, Y. Yamamoto, M.-F. Chow, Y. Kobayashi, C.-Y. Ko & F.-K. Shiah*. 2013. Distinct bacterial production – DOC – primary production relationships and implications for biogenic C-cycling in the South China Sea shelf. <i>Biogeosciences</i> (SCI) (IF: 4.477; Ranking: Geosciences, Multidisciplinary, 17/184, Q1), 11, 147-156.</p> <p>23. Ko, C.-Y., C.-J. Ko, R.-S. Lin & P.-F. Lee*. 2013. Influences of temporal independence of data on modeling species distributions. <i>Basic and Applied Ecology</i> (SCI) (IF: 2.707; Ranking: Ecology, 75/149, Q2), 14, 309-319.</p> <p>24. Howe, P. D.*, E. M. Markowitz, T.-M. Lee, C.-Y. Ko & A. Leiserowitz. 2012. Global perceptions of local temperature change. <i>Nature Climate Change</i> (SCI) (IF: 19.257; Ranking: Environmental Sciences, 2/225, Q1), 3, 352-356.</p> <p>25. Ko, C.-Y., T. L. Root, S.-H. Lin, S. H. Schneider & P.-F. Lee*. 2012. Global change projections for Taiwan island birds: linking current and future distributions. <i>Nature Conservation</i> (SCI), 2, 21-40.</p> <p>26. Kuo, C.-C.*, J.-L. Huang, C.-Y. Ko, P.-F. Lee & H.-C. Wang. 2011. Spatial analysis of scrub typhus infection and its association with environmental and socioeconomic factors in Taiwan. <i>Acta Tropica</i> (SCI) (IF: 2.682; Ranking: Tropical Medicine, 5/19, Q2), 120, 52-58.</p> <p>27. Ko, C.-Y., T. L. Root & P.-F. Lee*. 2011. Movement distances enhance validity of predictive models. <i>Ecological Modelling</i> (SCI) (IF: 2.594; Ranking: Ecology, 61/149, Q2), 222, 947-954.</p> <p>28. Ko, C.-Y., R.-S. Lin & P.-F. Lee*. 2010. Macrohabitat characteristics and distribution hotspots of endemic bird Species in Taiwan. <i>Taiwania</i>, 55, 216-227.</p> <p>29. Ko, C.-Y., P.-F. Lee, M.-L. Bai & R.-S. Lin*. 2009. A rule-based species predictive model for the vulnerable Fairy Pitta (<i>Pitta nympha</i>) in Taiwan. <i>Taiwania</i>, 54, 28-36.</p> <p>30. Ko, C.-Y., R.-S. Lin, T.-S. Ding, C.-H. Hsieh & P.-F. Lee*. 2009. Identifying biodiversity hotspots by predictive models: a case study using Taiwan's endemic bird species. <i>Zoological Studies</i> (SCI) (IF: 1.043;</p>
--	--

	<p>Ranking: Zoology, 90/160, Q3), 48, 418-431.</p> <p>31. Ko, C.-Y.* 2008. Impacts of climate change on different species groups in various elevation ranges. <i>Journal of Forest Research</i>, 15, 13-15.</p> <p>32. Lee, P.-J., C.-Y. Ko, E. H.-S. Tsao & S.-F. Chen*. 2007. Behaviour patterns and spatial uses of captive Eurasian otters, <i>Lutra lutra</i>. <i>Taipei Zoo Bulletin</i>, 19, 15-31.</p> <p>33. Ko, C.-Y., P.-J. Lee, E. H.-S. Tsao, T. C.-T. Chen & S.-M. Chen*. 2004. Growth and behavioral development of gray wolf (<i>Canis lupus</i>) new borns in captivity. <i>Taipei Zoo Bulletin</i>, 16, 47-54.</p>
--	--

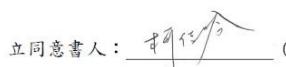


合作同意書

本人__柯佳吟__同意參與「111 年度臺灣海域重要生態系調查與生態服務價值評估」(案號：111-P-40) 購採案，並擔任協同主持人一職，負責執行本案相關配合事宜。

此致

海洋委員會海洋保育署

立同意書人：  (簽章)

身分證字號：C220939785

中華民國 111 年 01 月

6.3 其他成員簡歷與工作要項

本計畫預計投入數十位博士級至學士級人員之人力資源，並依實際狀況需求聘用臨時人員以完成相關工作，下表為其他團隊成員簡歷與工作要項分配：

表 12、其他成員與工作要項分配表。

姓名	工作要項	專業年資	現職與簡要學經歷
林秀貞	協調、聯繫及相關行政工作	8	專任助理 國立臺灣大學海洋研究所
王德婷	魚類環境 DNA 執行與分析、報告書撰寫	2	專任助理 國立臺灣大學海洋研究所
許凌藍	魚類環境 DNA 執行與分析	5	博士生 國立臺灣大學海洋研究所
董木華	魚類環境 DNA 執行與分析	5	博士生 國立臺灣大學海洋研究所
黃文君	魚類環境 DNA 執行與分析	3	博士生 國立臺灣大學海洋研究所
待聘	自動化智慧調查及監測站之工作執行、報告書撰寫		專任研究助理
湯淨	底拖垃圾組成調查執行與分析、報告資料撰寫	3	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
陳彥廷	底泥動物群聚生態調查	2	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
董珏辰	底泥動物群聚生態調查	2	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
陳昕	底泥動物群聚生態調查	1	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
雷若安	野外潛水調查、資料分析、報告撰寫	10	博士後研究員 國立臺灣大學海洋研究所
潘爾瑪	野外潛水調查、資料分析	12	博士後研究員 國立臺灣大學海洋研究所

高洛德	野外潛水調查、資料分析	12	博士後研究員 國立臺灣大學海洋研究所
劉妍莉	協助計畫執行相關行政工作	9	計畫研究助理 國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士
賀安雅	協助計畫執行相關行政工作、野外潛水調查、報告撰寫	2	專任研究助理 國立臺灣大學海洋研究所
林玉婷	生態調查工作項目執行、資料分析、報告資料撰寫	10	博士班學生 國立臺灣大學海洋研究所碩士
高亞諾	野外潛水調查、資料分析	3	博士班學生 法國留尼旺大學碩士
徐才烜	生態調查工作項目執行	3	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
吳孟昕	生態調查工作項目執行	1	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
劉家宏	生態調查工作項目執行	1	碩士生 國立臺灣大學海洋研究所
黃靖雲	工作項目執行及辦理計畫相關實地調查作業及人力資源調配、資料分析、報告資料撰寫、建檔	5	專任研究助理 國立臺灣海洋大學海洋生物研究所碩士
謝宗澤	工作項目執行及辦理計畫相關實地調查作業及人力資源調配、資料分析、報告資料撰寫、建檔	2	專任研究助理 國立中興大學昆蟲系碩士班碩士
張貴鈞	工作項目執行及辦理計畫相關實地調查作業及人力資源調配、資料分析、報告資料撰寫、建檔	3	專任研究助理 國立中山大學海洋科學系碩士班碩士
邱靖淳	工作項目執行及辦理計畫相關實地調查作業、資料彙整分析	5	專任研究助理 國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所碩士

劉晴芳	相關實地調查作業、資料登錄與建檔	4	專任研究助理 國立臺灣海洋大學水產養殖學系 學士
徐昀翎	相關實地調查作業、資料登錄與建檔	2	碩士生 國立臺灣大學漁業科學研究所
陳葆仁	相關實地調查作業、資料登錄與建檔	2	大學生 國立臺灣大學生命科學系

參考文獻

- Arkema K.K., Verutes G., Bernhardt J.R., Clarke C., Rosado S., Canto M., Wood S.A., Ruckelshaus M., Rosenthal A., McField M. and De Zegher J. 2014. Assessing habitat risk from human activities to inform coastal and marine spatial planning: a demonstration in Belize. *Environmental Research Letters* 9, 114016.
- Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A.C. and Silliman B.R. 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. John Wiley & Sons, Ltd.
- Boland G.S. and Rowe G.T. 1991. Deep-sea benthic sampling with the GOMEX box corer. *Limnology and Oceanography* 36, 1015-1020.
- Brown C., Reyers B., Ingwall-King L., Mapendembe A., Nel J., O'farrell P., Dixon M. and Bowles-Newark N.J. 2014. Measuring ecosystem services: Guidance on developing ecosystem service indicators. In UNEP-WCMC.
- Brown G. and Mendelsohn R. 1984. The hedonic travel cost method. *Review of Economics and Statistics* 66, 427.
- Campanyà-Llovet N., Snelgrove P.V.R. and Parrish C.C. 2017. Rethinking the importance of food quality in marine benthic food webs. *Progress in Oceanography* 156, 240-251.
- Chao A., Chiu C.-H. and Jost L. 2014. Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity and related similarity/differentiation measures through hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 45, 297-324.
- Chen J.L., Chuang C.T., Jan R.Q., Liu L.C. and Jan M.S. 2013. Recreational benefits of ecosystem services on and around artificial reefs: a case study in Penghu, Taiwan. *Ocean Coastal Management* 85, 58-64.
- Chen J.L., Lin Y.S. and Chuang C.T. 2018. Improving the management of Taiwanese fishery resource conservation zones based on public perceptions and willingness to pay for ecosystem services. *Journal of Coastal Conservation* 22, 385-398.
- Chornesky E.A. and Peter E.C. 1987. Sexual Reproduction and colony growth in the scleractinian coral *Porites astreoides*. *Biol. Bull.* 172:161-177

- Dai, C.-F. and Horng S. 2009. Scleractinia fauna of Taiwan. I. The Complex group. National Taiwan University, Taipei, Taiwan.
- Danovaro R. 2010. Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity. CRC Press, Boca Raton.
- Denis V., Chen J.-W., Chen Q., Hsieh Y.E., Lin Y.V., Wang C.-W., Wang H.-Y. and Sturaro N. 2019. Biogeography of functional trait diversity in the Taiwanese reef fish fauna. *Ecology and Evolution* 9, 522-532.
- Forrest T.G., Miller G.L. and Zagar J.R. 1993. Sound propagation in shallow water: Implications for acoustic communication by aquatic animals. *Bioacoustics* 4, 259–270.
- Forward R. and Tankersley R. 2001. Selective tidal-stream transport of marine animals. *Oceanography and Marine Biology* 39, 305–353.
- Gibson R.N. 2003. Migrations and dispersal of marine organisms. *Hydrobiologia* 503, 153–161.
- Giere O. 2009. Meiobenthology: the microscopic motile fauna of aquatic sediments, 2nd ed. Springer, Berlin.
- Gray J.S. and Elliott M.M. 2009. Ecology of marine sediments: from science to management, 2nd ed. ed. Oxford University Press, Oxford; Toronto.
- Guan S., Lin T.H., Chou L.S., Vignola J., Judge J. and Turo D. 2015. Dynamics of soundscape in a shallow water marine environment: A study of the habitat of the Indo-Pacific humpback dolphin. *The Journal of the Acoustical Society of America* 137, 2939–2949.
- Guerry A.D., Ruckelshaus M.H., Arkema K.K., Bernhardt J.R., Guannel G., Kim C.-K., Marsik M., Papenfus M., Toft J.E., Verutes G., Wood S.A., Beck M., Chan F., Chan K.M.A., Gelfenbaum G., Gold B.D., Halpern B.S., Labiosa W.B., Lester S.E., Levin P.S., McField M., Pinsky M.L., Plummer M., Polasky S., Ruggiero P., Sutherland D.A., Tallis H., Day A. and Spencer J. 2012. Modeling benefits from nature: using ecosystem services to inform coastal and marine spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 8, 107-121.

Heard J., Tung W.-C., Pei Y.-D., Lin T.-H., Lin C.-H., Akamatsu T. and Wen C.K.C. 2020. Coastal development threatens area supporting greatest fish diversity at Taoyuan Algal Reef, NW Taiwan. *Aquatic Conservation Early view.*

Heard J., Tung W.C., Pei Y.D, Lin T.H., Lin C.H., Akamatsu T. and Wen C.K.C. 2021. Coastal development threatens Datun area supporting greatest fish diversity at Taoyuan algal reef, northwestern Taiwan. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31, 590–604.

Hoeksema B.W. & Arrigoni R. 2020. DNA barcoding of a stowaway reef coral in the international aquarium trade results in a new distribution record. *Mar. Biodivers.* 50:41

Hoeksema, B.W., Arrigoni, R. DNA barcoding of a stowaway reef coral in the international aquarium trade results in a new distribution record. *Mar. Biodivers.* 50, 41 (2020).
<https://doi.org/10.1007/s12526-020-01075-7>

Hofmann G.E. and Gaines S.D. 2008. New tools to meet new challenges: emerging technologies for managing marine ecosystems for resilience. *BioScience* 58, 43-52.

Houghton R.A. 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land use and land management 1850-2000. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology* 55, 378-390.

Hsieh T. C., Ma K.H. and Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7, 1451-1456.

Kimrua, T. et al. Status of coral reefs in East and North Asia: China, Hong Kong, Taiwan, Korea and Japan. in *Status of coral reefs of the world: 2004. Volume 1.* (ed. Wilkinson, C.) 277-301.

Kitahara M.V. et al. 2010. A comprehensive phylogenetic analysis of the Scleractinia (Cnidaria, Anthozoa) based on mitochondrial CO1 sequence data. *PLoS One* 5: e11490.

Kitano Y.F. et al. 2014. A phylogeny of the family Poritidae (Cnidaria, Scleractinia) based on molecular and morphological analyses. *PLoS One* 9:e98406.

- Kuo P.-H. and Wang H.-W. 2018. Water Management to Enhance Ecosystem Services in a Coastal Wetland in Taiwan. *Irrigation and Drainage* 67, 130-139.
- Lam K.K.Y. 2000. Sexual reproduction of a low-temperature tolerant coral *Oulastrea crispata* (Scleractinia, Faviidae) in Hongkong, China. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 205:101-111.
- Legendre P. and Legendre L. 2012. Numerical ecology. 3rd edition. Elsevier, Amsterdam.
- Lester S.E., Costello C., Halpern B.S., Gaines S.D., White C. and Barth J.A. 2013. Evaluating tradeoffs among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Marine Policy* 38, 80-89.
- Liao J.-X., Chen G.-M., Chiou M.-D., Jan S. and Wei C.-L. 2017. Internal tides affect benthic community structure in an energetic submarine canyon off SW Taiwan. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 125, 147-160.
- Lin M.F. et al. 2012. A new shallow-water species, *Polycyathus chaishanensis* sp. Nov. (Scleractinia: Caryophylliidae), from Chaishan, Kaohsiung, Taiwan. *Zool. Stud.* 51:213-221.
- Lin T.-H. 2018. Demonstration of soundscape separation by using the Soundscape_Viewer [Source Code]. <https://codeocean.com/capsule/7292152/tree>.
- Lin T.-H., Akamatsu T., Sinniger S. and Harii S. 2021. Exploring coral reef biodiversity via underwater soundscapes. *Biological Conservation* 253, 108901.
- Lin T.-H., Fang S.-H. and Tsao, Y., (2017b). Improving biodiversity assessment via unsupervised separation of biological sounds from long-duration recordings. *Scientific Reports* 7, 4547.
- Lin T.-H., Tsao Y., Wang Y.-H., Yen H.-W. and Lu S.-S. 2017. Computing biodiversity change via a soundscape monitoring network. 2017 Pacific Neighborhood Consortium Annual Conference and Joint Meetings (PNC), IEEE, pp. 128-133.
- Lin T.-H. and Tsao Y. 2020. Source separation in ecoacoustics: a roadmap towards versatile soundscape information retrieval. *Remote Sensing of Environment* 6, 236-247.

- Lin T.H., Akamatsu T. and Chou L.S. (2015). Seasonal distribution of Indo-Pacific humpback dolphins at an estuarine habitat: Influences of upstream rainfall. *Estuaries and Coasts* 38, 1376–1384.
- Lin T.H., Akamatsu T. and Tsao Y. 2021. Sensing ecosystem dynamics via audio source separation: A case study of marine soundscapes off northeastern Taiwan. *PLoS Computational Biology* 17, 1–23.
- Lin T.H., Akamatsu T., Sinniger F. and Harii S. 2021. Exploring coral reef biodiversity via underwater soundscapes. *Biological Conservation* 253, 108901.
- Lin T.H., Fang S.H. and Tsao Y. 2017. Improving biodiversity assessment via unsupervised separation of biological sounds from long-duration recordings. *Scientific Reports* 7, 1–10.
- Lin T.H., Yang H.T., Huang J.M., Yao C.J., Lien Y.S., Wang P.J. and Hu F.Y. 2019. Evaluating changes in the marine soundscape of an offshore wind farm via the machine learning-based source separation. In 2019 IEEE International Underwater Technology Symposium, UT 2019 - Proceedings.
- Liquete C., Piroddi C., Drakou E.G., Gurney L., Katsanevakis S., Charef A. and Egoh B. 2013. Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: a systematic review. *PLoS One* 8, e67737.
- Locascio J.V. and Mann D.A. 2005. Effects of hurricane charley on fish chorusing. *Biology Letters* 1, 362–365.
- Merchant N.D., Fistrup K.M., Johnson M.P., Tyack P.L., Witt M.J., Blondel P., and Parks S.E. 2015. Measuring acoustic habitats. *Methods in Ecology and Evolution* 6, 257–265.
- Meyers P.A. 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114, 289-302.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington, DC.

- Miya M., Minamoto T., Yamanaka H., Oka S., Sato K., Yamamoto S., Sado T. and Doi H. 2016. Use of a filter cartridge for filtration of water samples and extraction of environmental DNA. *Journal of Visualized Experiments* 117, e54741.
- Miya M., Sato Y., Fukunaga T., Sado T., Poulsen J.Y., Sato K., Minamoto T., Yamamoto S., Yamanaka H., Araki H., Kondoh M. and Iwasaki, W. 2015. MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science* 2, 150088.
- Montagna P.A., Baguley J.G., Hsiang C.-Y. and Reuscher M.G. 2017. Comparison of sampling methods for deep-sea infauna. *Limnology and Oceanography: Methods* 15, 166-183.
- Mooney T.A., DiIorio L., Lammers M., Lin T.H., Nedelec S.L., Parsons M., Radford C., Urban E. and Stanley J. 2020. Listening forward: Approaching marine biodiversity assessments using acoustic methods: Acoustic diversity and biodiversity. *Royal Society Open Science* 7, 201287.
- Mora1 C., Andrèfouët S., Costello M.J., Kranenburg C., Rollo A., Veron J., Gaston K.J. and Myers R.A. 2006. Coral reefs and the global network of marine protected areas. *Science* 312, 1750-1751.
- Rowe G.T. 1983. Biomass and production of deep-sea macrobenthos., in: Rowe, G.T. (Ed.), Deep-Sea Biology, The Sea, Ideas and Observations on the Progress in the Study of the Seas. Wiley-interscience, New York, pp. 97-121.
- Ruckelshaus M., Klinger T., Knowlton N. and DeMaster D.P. 2008. Marine ecosystem-based management in practice: Scientific and Governance Challenges BioScience 58, 53-63.
- Sato Y., Miya M., Fukunaga T., Sado T. and Iwasaki W. 2018. MitoFish and MiFish pipeline: a mitochondrial genome database of fish with an analysis pipeline for environmental DNA metabarcoding. *Molecular Biology and Evolution* 35, 1553-1555.
- Simmons K.R., Eggleston D.B. and Bohnenstiehl D.R. 2021. Hurricane impacts on a coral reef soundscape. *PLOS ONE* 16, e0244599.

Sládeček H. 1973. System of water quality from the biological point of view. Archiv für Hydrobiologie 7, 1-218.

Smith W. and McIntyre A.D. 1954. A spring-loaded bottom-sampler. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 33, 257-264.

Spalding M., Burke L., Wood S.A., Ashpole J., Hutchison J. and zu Ermgassen P. 2017 Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. Marine Policy 82, 104-113.

Stephenson T.A. 1931. Development and the formation of colonies in *Pocillopora* and *Porites*. Part I. Sci. Rep. Great Barrier Reef Exped. 3:113-134.

Ward S. 1992. Evidence for broadcast spawning as well as brooding in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. Mar. Biol. 112:641-646.

Warwick R.M. and Gee J.M. 1984. Community structure of estuarine meiobenthos. Marine Ecology Progress Series 18, 97-111.

Willaert, T., García-Alegre, A., Queiroga, H., Cunha-e-Sá, M. A., & Lillebø, A. I. (2019). Measuring vulnerability of marine and coastal habitats' potential to deliver ecosystem services: complex Atlantic region as case study. Frontiers in Marine Science, 6, 199.

Yamamoto S., Masuda R., Sato Y., Sado T., Araki H., Kondoh M., Minamoto T. and Miya M. 2017. Environmental DNA metabarcoding reveals local fish communities in a species-rich coastal sea. Scientific Reports 7, 40368.

Yamanaka H., Minamoto T., Matsuura J., Sakurai S., Tsuji S., Motozawa H., Hongo M., Sogo Y., Kakimi N., Teramura I., Sugita M., Baba M. and Kondo A. 2017. A simple method for preserving environmental DNA in water samples at ambient temperature by addition of cationic surfactant. Limnology 18, 233-241.

Zayasu Y., Miyazaki K., Lien Y.-T., Okubo N. 2015. Direct evidence of sexual reproduction in the zebra coral, *Oulastrea crispata* (Anthozoa, Scleractinia), in Japan. Invertebr. Reprod. Dev. 59:61-65.

王怡平，邱祈榮。2017。臺灣森林生態系服務價值估算初探。臺灣林業。

王愈超(2000)。墾丁國家公園鄰近海域鯨豚類生物調查研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

王愈超(2003)。墾丁南灣及其附近海域印太洋瓶鼻海豚 (*Tursiops aduncus*) 分佈、移動及豐度之保育研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

王愈超(2010)。墾丁國家公園海域哺乳類動物相調查。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

臺灣環境資訊協會(2021)。歷年臺灣珊瑚礁體檢成果報告。檢自：

https://teia.tw/ocean_lastestpost/歷年臺灣珊瑚礁體檢成果報告/

左承偉(2019)。108 年度棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區巡護暨動植物生態調查委託案。基隆市動物保護防疫所委託研究報告。

呂明倫，黃靜宜，鍾玉龍。2012。恆春半島生態系服務價值之評估。中華林學季刊。

沈振中、沈錦豐、李佳陵(2016)。105 年棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區陸域生態調查委託案。基隆市動物保護防疫所委託研究報告。

沈振中、沈錦豐、李佳陵(2017)。106 年棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區陸域生態調查委託案。基隆市動物保護防疫所委託研究報告。

沈錦豐(2018)。107 年棉花嶼、花瓶嶼野生動物保護區生態調查計畫。行政院農業委會林務局基隆市政府補助研究報告。

周蓮香、丁建均、林幸助、孫建忼(2018)。中華白海豚族群生態與河口棲地監測(II)。行政院農業委員會林務局補助研究計畫。

林育香。2013。宜蘭漁業資源保育區生態系統服務之經濟效益評估。國立臺灣海洋大學。

社團法人台北市野鳥學會(2007)。馬祖列島燕鷗保護區海鳥資訊監測衛星追蹤計畫。連江縣政府委託調查報告。社團法人台北市野鳥學會(2010)。馬祖鳥類資源成果報告書。連江縣政府委託調查報告。

社團法人台北市野鳥學會(2011)。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫。連江縣政府委託調查報告。

社團法人台北市野鳥學會(2012)。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫。連江縣政府委託研究報告。

社團法人台北市野鳥學會(2013)。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫。連江縣政府委託研究報告。

社團法人台北市野鳥學會(2014)。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案報告。連江縣政府委託研究報告。

社團法人台北市野鳥學會(2015)。馬祖列島燕鷗保護區及自然地景經營管理計畫。連江縣政府委託研究報告。

社團法人台北市野鳥學會(2016)。馬祖列島燕鷗保護區及自然地景經營管理計畫。連江縣政府委託調查報告。

社團法人台北市野鳥學會(2017)。馬祖列島燕鷗保護區及自然地景經營管理計畫。連江縣政府委託調查報告。

社團法人台北市野鳥學會(2018)。馬祖列島燕鷗保護區及自然地景經營管理計畫。連江縣政府委託調查報告。

社團法人台北市野鳥學會(2019)。馬祖列島燕鷗保護區及自然地景經營管理計畫。連江縣政府委託調查報告。

邵廣昭、呂學榮、黃將修、陳天任、林綉美、吳書忬(2018)。臺灣東北部海域人工魚礁區、水產動植物繁殖保育區生態調查。行政院農業委員會委託研究報告。

邵廣昭、呂學榮、鄭有容、陳天任、林綉美、吳書平、林嘉瑋(2019)。臺灣南部海域人工魚礁區、水產動植物繁殖保育區生態調查。行政院農業委員會委託研究報告。

邵廣昭、宋克義、林嘉瑋、吳書平、陳天任、張睿昇(2010)。漁業資源保育區及稀有物種之調查及規劃(第1年，全程3年)。行政院農業委員會委託研究報告。

邵廣昭、宋克義、林嘉瑋、吳書平、陳天任、張睿昇(2011)。漁業資源保育區及稀有物種之調查及規劃(第2年/全程3年)。行政院農業委員會委託研究報告。

邵廣昭、宋克義、林嘉瑋、吳書平、陳天任、張睿昇、程一駿(2012)。漁業資源保育區及稀有物種之調查及規劃(第3年/全程3年)。行政院農業委員會委託研究報告。

海洋保育署(2021)。我國海鳥名錄。檢自：

<https://www.oca.gov.tw/filedownload?file=sustainable/202107221242230.pdf&filedisplay=我國海鳥名錄.pdf&flag=doc>

張崑雄(1986)。墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究－海域之底棲脊椎動物之調查研究（續）。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

張崑雄(1989)。墾丁國家公園海域軟體動物之生態研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

張崑雄、詹榮桂、邵廣昭、陳一鳴、李玉玲(1985)。墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

陳孟仙、孟培傑、洪慶章、翁韶蓮、陳志遠、陳義雄、廖德裕(2018)。台江國家公園海域生態系生物資源調查與多樣性保育研究。台江國家公園管理處委託研究報告。

陳昭倫(2018)。墾丁國家公園珊瑚礁生態多樣性監測調查計畫。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

程建中、邱郁文、張學偉(2007)。馬祖列島燕鷗保護區棲地海域生物調查分析。連江縣政府建設局委託研究報告。

楊瀅珊。2015。生態系統服務功能補償應用於臺灣西部離岸風力發電開發。國立成功大學。

劉弼仁、林幸助、楊明德(2018)。東沙環礁海草生態相調查。內政部營建署海洋國家公園管理處委託研究報告。

鄭有容、張懿、李孟珊(2019)。東沙環礁國家公園海域資源評析。內政部營建署海洋國家公園管理處委託研究報告。

鄭明修(1997)。墾丁國家公園海域及陸域甲殼十足類生物相調查（第二年）海域甲殼十足類群聚調查研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

鄭明修、戴昌鳳、陳正平、王瑋龍、孟培傑(2008)。東沙海域珊瑚礁生態資源調查與監測(二)。內政部營建署海洋國家公園管理處委託研究報告。

戴昌鳳(1986)。墾丁國家公園海域珊瑚礁類分類學暨生態學之研究。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

戴昌鳳(2012)。東沙環礁國家公園自然資源與經營管理策略評析。內政部營建署海洋國家公園管理處委託研究報告。

戴昌鳳，陳韋仁。2018。第十章海洋生物多樣性、演化和保育。臺灣區域海洋學(第二版)，國立臺灣大學出版社。

羅柳墀(2016)。澎湖縣望安島綠蠵龜產卵棲地保護區經營管理效能評估及野生動物重要棲息環境調查。澎湖縣政府農漁局委託研究報告。

附錄、廠商企業社會責任(CSR)指標

(一) 近一年內曾替員工普遍性加薪/工作與生活平衡措施

本計畫聘僱之專任助理與博士級研究人員，其薪資皆依照「國立臺灣大學計畫專任研究助理支給參考表」、「國立臺灣大學博士後研究人員薪級表」之標準給付，且每年依照年資調整，詳見下列表格。

國立臺灣大學計畫專任研究助理支給參考表

單位：新台幣元

年 級 資 別	五專(二專) 以下	三專	學士	碩士
第九年	33,208	34,804	39,573	44,878
第八年	32,147	33,846	38,625	43,930
第七年	31,199	32,888	37,668	42,869
第六年	30,241	31,827	36,710	41,911
第五年	29,283	30,880	35,762	40,953
第四年	28,222	29,922	34,907	40,006
第三年	27,275	28,964	34,063	38,945
第二年	26,317	27,903	33,208	37,987
第一年	25,359	27,378	32,466	37,132

註：1. 表列數額為月支工作酬金標準。

2. 本表自 109 年 1 月 1 日起實施(如勞動部公告調整每月基本工資，最低月薪從其標準)。

國立臺灣大學博士後研究人員薪級表

106年10月3日第2966次行政會議討論通過

單位：新台幣元

年資	薪級	薪級差額
第十一年	79,568	
第十年	77,446	2,122
第九年	75,324	2,122
第八年	73,203	2,121
第七年	71,081	2,122
第六年	68,959	2,122
第五年	66,837	2,122
第四年	64,715	2,122
第三年	62,594	2,121
第二年	60,472	2,122
第一年	58,350	2,122

註：1. 表列數額為月支工作酬金標準。

2. 科技部延聘博士後申請階段，計畫主持人得依本表擬訂建議月薪，經計畫執行單位核章後逕送科技部審查；如有本表酬金標準外之額外加給，請依「國立臺灣大學博士後研究人員薪酬額外加給表」程序辦理。

3. 本表自 107 年 1 月 1 日起實施。

國立臺灣大學博士後研究人員薪酬額外加給表

106年6月27日第2954次行政會議通過

職稱	薪酬加給幅度	審議程序
博士後研究人員 (Postdoctoral Fellow)	15%(含)以內	1. 計畫主持人及計畫執行單位主管同意核章。 2. 經所屬院(中心)一級主管核定。(院<中心>得自訂審議程序)。 3. 送校方審核小組核備後逕用敘薪(<u>科技部延聘博士後申請階段得逕送科技部審查，無須送審核小組</u>)。
	超過15%， 30%(含)以內	1. 計畫主持人及計畫執行單位主管同意核章。 2. 經所屬院(中心)會議審議通過後，經所屬院(中心)一級主管核定。 3. 送校方審核小組核備後逕用敘薪(<u>科技部延聘博士後申請階段得逕送科技部審查，無須送審核小組</u>)。
	超過30%， 並以60%(含) 以內為原則	1. 計畫主持人及計畫執行單位主管同意核章。 2. 經所屬院(中心)會議審議通過。 3. 送校方審核小組審議通過後經校長核定(<u>科技部延聘博士後申請階段經審核小組核備後得逕送科技部審查</u>)。

註：額外加給如有衍生之年終獎金、勞健保費等相關差額及人事費用，計畫執行單位應一併考量補足。

在工作與生活平衡措施中，國立臺灣大學依據行政院 102 年 4 月 2 日院授人綜字第 1020029524 號函訂定之「國立臺灣大學員工協助方案」辦理，已與財團法人張老師基金會簽約，使該機構成為本校教職員工心理諮詢特約機構，提供專業之心理諮詢晤談服務、電話諮詢服務及網路回函諮詢服務等，每人每年最高可獲得 6 小時免費諮詢服

務。除此之外，從 110 年開始，為促進全校教職員工職場健康管理，環安衛中心設有每個月免費職場健康諮詢門診，提供健康檢查說明及職場健康相關議題諮詢。上述措施之相關網頁及公文，詳見下圖。

► 首頁 > 各類專區 > 教職員工心理諮商協助資訊

教職員工心理諮商協助資訊

教職員工心理諮商協助資訊

項目	說明
辦理依據	依據行政院102年4月2日院授人綜字第1020029524號函訂定之「 國立臺灣大學員工協助方案 」辦理
本校心理諮商特約機構	本校已與 財團法人張老師基金會 完成簽約程序，該基金會即日起已正式成為本校教職員工心理諮商特約機構，將提供專業之心理諮商晤談服務、電話諮商服務及網路回函之諮商服務， 每人每年最高可獲得6小時免費諮商服務 （PS：無須自行墊付或辦理核銷事宜，由張老師基金會直接向本校請款，身分絕對保密），敬請多加利用。
實施方式	<ul style="list-style-type: none">• 暮談商服務：<ol style="list-style-type: none">1. 有諮商需求之同仁，可自行使用電話（預約聯絡人：劉先生；電話：02-25326180 轉142）或e-mail至tpcgc@cyc.tw向張老師中心預約申請。2. 諮商地點由同仁自由選擇學校內教職員工諮商室或台北張老師中心（台北中心-台北市 大直街20巷18號）。3. 服務時間：<ul style="list-style-type: none">■ 校內駐點諮商：星期四上午9:00~11:00■ 校外諮商時間：依約定時間• 電話諮商服務：<ol style="list-style-type: none">1. 有諮商需求之教職員工可自行向張老師中心事先預約。2. 諮商時間在教職員工預約後，由張老師中心安排諮商師後告知。3. 服務時間：依約定時間• 網路回函諮商服務：<ol style="list-style-type: none">1. 有諮商需求之同仁將個人困擾以e-mail寄至國立臺灣大學教職員工諮商專用信箱（tpcgc@cyc.tw）。2. 答覆時間：由諮商師儘速於一週內以電子郵件回覆。
勞動部/勞動活力補給	為落實關懷、優質之人事服務，健全員工身心健康，行政院勞動部建置之 工作生活平衡網 ，提供「工作」、「生活」、「健康」面向等文章，歡迎本校同仁使用該網站各項服務功能。
好站連結	<ul style="list-style-type: none">• 財團法人張老師全球資訊網• 勞工活力補給臺• 國立臺灣大學學生心理輔導中心• 財團法人董氏基金會• 臺北市政府衛生局社區心理衛生中心

國立臺灣大學 書函

地 址：10617臺北市大安區羅斯福路4段1號
聯 絡 人：黃心潔
聯絡電話：(02)33668616
電子郵件：hsinchieh1208@ntu.edu.tw

受文者：海洋研究所

發文日期：中華民國 109年12月29日

發文字號：校環保字第 1090130785 號

速別：速件

密等及解密條件或保密期限：

附件：職場健康諮詢門診-1月

主旨：為促進全校教職員工職場健康管理，環安衛中心設有每個月免費職場健康諮詢門診，提供健康檢查說明及職場健康相關議題諮詢，請查照。

說明：

- 一、免費職場健康諮詢門診無須健保卡、每月有9個時段，如有任何建檢、就醫或健康相關疑問，竭誠歡迎預約或依公告時段逕自門診地點諮詢，110年1月份駐診時間、服務地點及預約網址資訊如附件。
- 二、職場相關健康問題，如肌肉骨骼痠痛、工作場所人因工程改善建議、異常工作負荷、母性計康保護預防、職場不法侵害等亦歡迎諮詢。

正本：中國信託慈善基金會兒少暨家庭研究中心、國際產學聯盟辦公室、臺大中研院聯合辦公室、議事組、綜合業務組、臺大行銷中心、校友中心、媒體公關中心、註冊組、課務組、研究生教務組、資訊組、教學發展中心、馬來西亞臺灣教育中心、數位學習中心、醫學院教務分處、招生辦公室、老人與長期照護學程、亞洲藝術學程、藝術設計學程、傳染病學學程、數量財務學程、中英翻譯學程、能源科技學程、雲端計算趨勢學程、保健營養學程、人口學程、雲端運算與商業應用學程、日本研究學程、全電化都會運輸系統基礎技術學分學程、茶與茶業學分學程、動物福祉學分學程、生活輔導組、課外活動指導組、校園安全中心、學生職業生涯發展中心、衛生及陸生輔導組、學生活動中心管理組、學生住宿服務組、學務長室、醫學院學務分處、學生心理輔導中心、保健中心、學生活動中心餐廳及福利社膳食督導小組、文書組、事務組、出納組、保管組、營繕組、採購組、經營管理組、教職員住宿服務組、醫學院總務分處

第1頁，共4頁

(二) 辦理綠色採購

國立臺灣大學自政府推行綠色採購以來，積極落實綠色消費，優先購買具環保、節能、省水、減碳等標章之綠色產品。去年承接貴署計畫也成功達成契約金額之 1%並完成申報，而今年也將繼續「承諾契約金額之 1%採購綠色產品於環保署綠色生活資訊

網完成申報」，用於採購辦公耗材（如碳粉匣、影印紙、衛生紙、擦手紙、垃圾袋等），以及差旅調查（如高鐵、旅館住宿需求、汽車租賃等）等物品。

