

NAMR-S-112007 (自行研究報告)

海洋環境DNA資訊蒐集(I)

(正式報告)

中華民國112年12月

NAMR-S-112007 (自行研究報告)

海洋環境DNA資訊蒐集(I)

(正式報告)

主辦單位：本院海洋生態及保育研究中心

研究員：陳宜暄、沈康寧、張至維

研究助理：邱子恩、蔡聿家、鄭名宏

研究期程：中華民國112年2月至112年12月

研究經費：新臺幣60萬元

中華民國 112年12月

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

目 次

表 次.....	3
圖 次.....	4
提 要.....	6
第一章 前 言	10
第一節 研究緣起與背景	10
第二節 研究目的及研究重點	10
第三節 研究內容及重要文獻回顧	10
第四節 預期目標	13
第二章 材料與方法	14
第一節 樣本採集	14
第二節 環境 DNA 次世代定序檢測	14
第三章 研究結果與討論	16
第一節 海洋環境 DNA 樣本採集及基本環境因子量測	16
第二節 海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立	17
第三節 海洋生物序列資料蒐集	39
第四節 討論	39
第四章 研究發現與建議	42
第五章 結 論	44
謝 誌.....	45
附 錄.....	47
附錄一、112 年環境 DNA 測站資料表	47
附錄二、以 18S 基因序列發現之北部及東北部海域不同季次環境 DNA 真核生物科層級數.....	51
附錄三、國海院發布「全海域基礎生態調查環境 DNA 資料集」納 入 NODASS 平台新聞稿	52
參考資料.....	57

表 次

表 1、各生物類群目標基因及比對資料庫	14
表 2、112 年測站採樣完成率	16
表 3、生態系編號對照表	17
表 4、樣本編號及採樣點對照表	17
表 5、北部及東北部海域不同季次真核生物前十的總科層級數.....	26
表 6、北部及東北部海域不同季次藻類前十的總科層級數.....	30

圖 次

圖 1、國家海洋研究院海洋調查監測網 54 個監測站點位圖.....	12
圖 2、不同生態系物種豐度前 10 之菌種.....	19
圖 3、北部及東北部海域第一季海洋菌種 alpha diversity 分析結果	20
圖 4、北部及東北部海域第二季海洋菌種 alpha diversity 分析結果	21
圖 5、北部及東北部海域第三季海洋菌種 alpha diversity 分析結果	22
圖 6、河口生態系菌種組成 PCoA 分析.....	23
圖 7、紅樹林生態系菌種組成 PCoA 分析.....	24
圖 8、岩礁生態系菌種組成 PCoA 分析.....	25
圖 9、北部及東北部海域二季次科層級物種豐富度前十的真核生物	27
圖 10、北部及東北部海域不同季次科層級物種豐富度前十的真核 生物.....	27
圖 11、北部及東北部海域第 1 季次岩礁生態系真核生物圓餅圖...28	
圖 12、北部及東北部海域第 1 季次河口生態系真核生物圓餅圖...28	
圖 13、北部及東北部海域第 1 季次紅樹林生態系真核生物圓餅圖	29
圖 14、北部及東北部海域第 1 季次藻礁生態系真核生物圓餅圖...29	
圖 15、太平島第一季次海水樣本豐度前十菌種.....	31
圖 16、太平島第二季次海水樣本豐度前十菌種.....	32
圖 17、太平島第三季次海水樣本豐度前十菌種.....	32
圖 18、太平島第一季次海洋菌種 alpha diversity 分析.....	33
圖 19、太平島第二季次海洋菌種 alpha diversity 分析.....	34
圖 20、太平島第三季次海洋菌種 alpha diversity 分析.....	35
圖 21、太平島第一季次海洋菌種 PCoA 分析.....	36

圖 22、太平島第二季次海洋菌種 PCoA 分析	37
圖 23、太平島第三季次海洋菌種 PCoA 分析	38
圖 24、國海院環境 DNA 搜尋平台展示第一季次新北麟山鼻(潮間帶表層)藻礁生態系 18S 真核生物互動樹狀圖	40
圖 25、國海院環境 DNA 搜尋平台展示第一季次新北麟山鼻(潮間帶表層)藻礁生態系 18S 真核生物互動圓餅圖	41
圖 26、國海院環境 DNA 搜尋平台 BLAST 序列比對提供 NAMR 臺灣魚類 12S 序列資料庫	41

提 要

關鍵詞：環境DNA、海洋基線調查、海洋生態監測

一、研究緣起

配合國家海洋研究院112至115年「國家全海域基礎調查與海洋大數據建置計畫」，本研究以環境DNA (environmental DNA, eDNA)新興技術輔助偵測海洋生物資訊，瞭解長期監測站所棲息的海洋生物種類，以提供我國海洋生物多樣性保育政策之建議。

二、研究方法及過程

本研究以臺灣北部、東北部及南沙太平島為主要目標海域，採集至少二季次海水樣本，提取環境DNA進行16S、18S及12S等基因片段進行次世代定序(next generation sequencing, NGS)，分別針對 (1)海洋菌種、(2)真核生物(eukaryote)及(3)海水魚等三個生物類群進行海洋生物種類分析，並建立生物多樣性指標(biodiversity index)，以及蒐集國際資料庫上可供比對之臺灣海水魚12S序列資料。

三、重要發現

以環境DNA調查共計完成28個長期監測站、4個臨時監測站、531件海水樣本採集，本(112)年度分析北部、東北部目標海域16S海洋菌種及18S真核生物二個生物類群，初步結果顯示北部、東北部在不同季次、不同生態系(河口、紅樹林、藻礁及岩礁)之海洋生物組成不同；海洋菌種多樣性在同一生態系、不同季次之菌相組成皆有明顯差異，而四種生態系之alpha生物多樣性之指數高低在不同季次無一致性；北部及東北部海域二季次真核生物總計發現40門526科，以節肢動物門(Arthropoda)科層級數最高(44科)，第一季次(39門377科)總科層級數高於第二季次(35門334科)，並以岩礁生態系之真核生物組成最高(29門)。另，南沙太平島不同季次菌種組成沒有明顯的差異，可能與熱帶氣候特性有關。海水魚12S序列資料方面，本研究完成臺灣2,586種魚類12S序列蒐集。

四、主要建議事項

本研究建立我國全海域112年度海洋環境DNA對照基準，並建立臺灣海水魚12S序列資料庫。短期建議於跨年度延續計畫持續完整長期監測網之海洋環境DNA資訊蒐集，以及提供海水魚12S序列資

料庫供學者進行比對查詢；中長程建議納入本院資料庫，作為未來探討不同年間變化之參照資料，並持續充實可比對之環境DNA序列。

Abstract

Keywords: environmental DNA, marine baseline surveys, marine ecological monitoring

I. Purpose

In accordance with the National Marine Baseline Surveys and Marine Database Project conducted by National Academy of Marine Research (NAMR) from 2023 to 2026, this research applies the emerging environmental DNA (eDNA) technology to assist in detecting marine biological information. The goal is to understand the marine species inhabiting long-term monitoring stations and provide recommendations for Taiwan's marine biodiversity conservation policies.

II. Methods and Procedures

This study focuses on the primary target areas of northern and northeastern Taiwan, and the Taiping Island in Nansha. At least two seasonal seawater samples were collected from each area, and environmental DNA was extracted for next-generation sequencing (NGS) of gene fragments, including 16S, 18S, and 12S. The study conducted marine biodiversity analysis and established diversity indices on three biological groups: (1) marine bacteria, (2) eukaryotes, and (3) marine fishes. The 12S sequence data for marine fishes in Taiwan was gathered from international databases for reference and comparison.

III. Results

A total of 28 long-term monitoring stations, 4 temporary stations, and 531 seawater samples were analyzed for marine bacteria and eukaryotes in the northern and northeastern target areas. Preliminary results show distinct marine organism compositions in different seasons and ecological systems (estuary, mangrove, algal reef, and rocky reef). Marine bacteria biodiversity exhibited significant differences in composition between seasons within the same ecosystem, while alpha diversity indices varied inconsistently across the four ecosystems and different seasons. In the northern and northeastern seas, a total of 40 phyla and 526 families of

eukaryotes were discovered over two seasons, with the phylum Arthropoda having the highest family level count (44 families). The first season had a higher total family level count (377 families) than the second season (334 families), and the rocky reef ecosystem exhibited the highest diversity (29 phyla). In contrast, Taiping Island showed no significant differences in marine bacteria composition between seasons, possibly due to its tropical climate. Regarding the 12S sequence data for marine fish, this study has successfully gathered sequences from 2,586 fish species in Taiwan.

IV. Suggestions

The research establishes a baseline for Taiwan's marine environmental DNA in the 2023 and creates a database for Taiwan's marine fish 12S sequences. Short-term recommendations include continuing the collection of marine eDNA information within the ongoing multi-year project and providing the marine fish 12S sequence database for scholar reference. As a medium to long-term recommendation, it is suggested to incorporate the data into our NAMR database, serving as reference information for future investigations into interannual variations. Additionally, continuous efforts should be made to enrich comparable environmental DNA sequences.

第一章 前 言

第一節 研究緣起與背景

在全球氣候變遷、海水酸化及人類活動等影響下，棲地環境的破壞將導致生物多樣性滅失，科學界在近幾十年間開始設置生物保存庫，而生物遺傳資源的儲存為重要工作之一，以維護生物多樣性之延續。隨著生物技術發展，科學家開始能解析環境中的總基因體(Metagenomics)，此從海水或土壤等環境樣本中所提取的DNA生物資訊，稱為環境DNA(environmental DNA, eDNA)，僅需採集環境樣本之優點，使其成為生態調查的新興工具之一。現階段的环境DNA樣本儲存及分析數據，將可提供未來的研究機會。然而，目前學界在環境DNA研究仍相當有限，且多以陸域及微生物為主。

第二節 研究目的及研究重點

為持續蒐集我國海洋環境DNA資訊，配合本院112年全海域基礎調查及海域環境水質檢測等相關計畫所規劃之監測網，本研究以環境DNA新興生態研究技術，偵測海洋生物資訊，瞭解棲息的海洋生物種類。本研究所蒐集之海洋生物遺傳資料，可應用於我國海洋生態長期監測、特定物種(例如：外來種、目標保育生物及環境指標生物等)之族群分布及生物種數調查，並可應用於重大污染事件前後之對照，以提供我國海洋生物多樣性保育政策之建議，以達海洋永續發展之願景。另，本研究配合典藏及索引系統之建立，可提供國內外學術研究及產官學相關單位使用，共築跨界研究交流合作橋樑，以提升我海洋研究量能。

第三節 研究內容及重要文獻回顧

一、海洋環境DNA樣本採集及資訊蒐集

本「海洋環境DNA資訊蒐集(I)」研究為配合本院112至115年「國家全海域基礎調查與海洋大數據建置計畫」(以下簡稱為全海域基礎調查)進行環境DNA調查及相關研究，全海域基礎調查分為海洋水文、底質地形、海洋生態及海洋大數據建置等四大分項，以分區

逐年進行、四年一次為原則，112年以北部、東北部為目標海域。其中，海洋生態包含基礎海洋生態調查，以及環境DNA及水下聲景等發展中技術。

為訂定112年北部、東北部之海洋環境DNA目標海域，根據本院109年「我國海洋生態調查監測網與監測規範建立整體規劃」報告書所建議之臺灣海洋生態調查監測網的15類海洋生態系、54個監測站(圖1)，擇定以臺灣北部(淡水河口、麟山鼻)、東北部(基隆潮境公園(八斗子大坪)、深澳、龍洞)作為北部、東北部之目標海域進行海洋生態調查。

另依據本院111年「南沙太平島周邊海域環境DNA資訊蒐集」研究，110年發現棘冠海星爆發及移除後，以環境DNA研究結果顯示110年及111年之海洋生物組成有年間差異，為了解季節變動及追蹤該海域珊瑚礁生態系恢復情形，建議持續追蹤並增加南沙太平島採樣頻率。

綜上，本計畫海洋環境DNA之調查海域，包含以全海域基礎調查112年北部、東北部為目標海域建立生物多樣性指標，並追蹤南沙太平島生物組成，以及預先蒐集其他本島岸際監測站環境DNA資訊，以利後續作為參照。

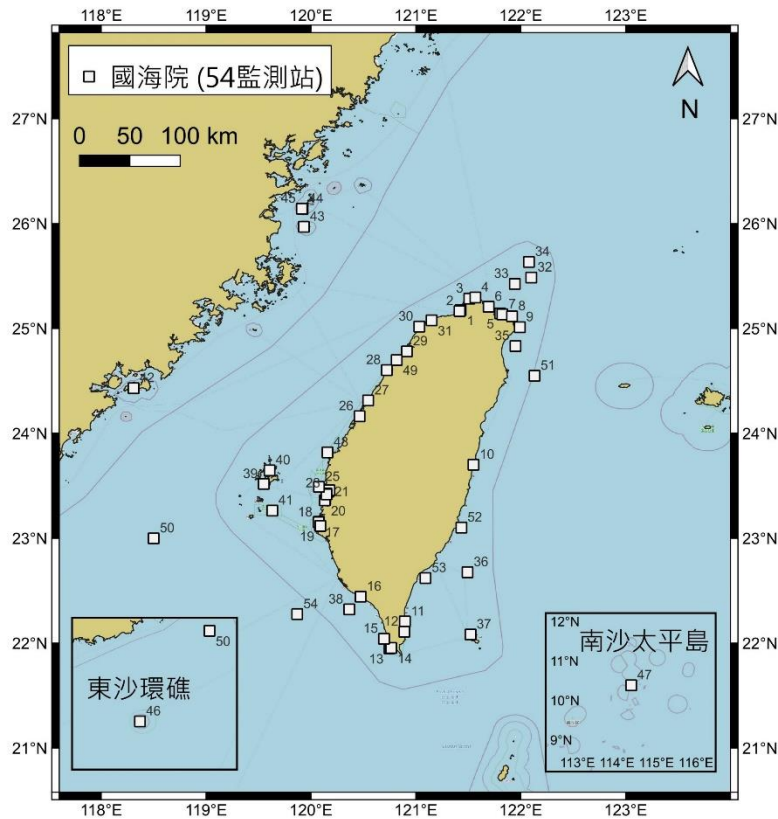


圖 1、國家海洋研究院海洋調查監測網 54 個監測站點位圖(國家海洋研究院繪製)

二、海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立

(一)北部、東北部目標海域

依據本院112年度「臺灣北部及東北部岸際生態資源調查」成果報告，於臺灣本島北海岸(淡水、八里及石門)及東北角(大坪、深澳及龍洞)共6測站，進行全年四季次調查魚類、無脊椎動物及大型藻類，生物多樣性以魚類最高、藻類次之，潮間帶及亞潮帶生物有明顯分群。

(二)南沙太平島

依據本院111年度「南沙太平島周邊海域環境DNA資訊蒐集」自行研究，棘冠海星爆發及移除後，生物組成有年間差異，菌相多樣性於移除後明顯升高，物種均勻度增加，真核生物及海水魚之物種數皆增加。

三、海洋生物序列資料蒐集

根據日本MiFish Pipeline所建立之12S比對資料庫為1萬782種魚(v3.98 2024-02-08)，查臺灣魚類資料庫，臺灣魚類名錄共計298科3,290種，然而目前國內尚無可供比對之臺灣海水魚12S比對資料庫。

第四節 預期目標

- 一、完成112年全海域基礎調查海洋環境DNA海水樣本採集至少200件，以作為未來研究參照資料。
- 二、完成112年臺灣北部及東北部海域至少2季次之海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立，以作為推動海洋生物多樣性保育之參據。
- 三、蒐集海洋生物序列資料及DNA定序至少200筆，以強化未來環境DNA比對成功率。

第二章 材料與方法

第一節 樣本採集

本年度研究的全海域生態調查點位及對照點，包含北海岸、東海岸、西北海岸、西南海岸、南海岸及南沙太平島等共計 28 個長期監測站，進行 4 季次環境 DNA 海水樣本採集；另於當年度新增基隆嶼及離岸風場共計 4 個臨時監測站進行 2 季次採集，並於現場量測溫度及鹽度等 2 項基本環境因子，全年度所得樣本總計 12 種海洋生態系類型(附錄一)。

本年度樣本採集遍及本島及離島，北海岸及基隆嶼採集，係委由國立臺灣海洋大學、洋聲股份有限公司分別執行本院 112 年度臺灣北部及東北部岸際生態資源調查案、臺灣北部及東北部海洋生態系水下聲景資料蒐集案進行。東海岸花蓮磯崎採集，係委由國立中山大學執行本院 112 年度東部沿近岸生態調查及採集案進行。南沙太平島採集，係由本院南沙海洋研究站於海洋委員會海巡署東南沙分署及艦隊分署的協助下進行。離岸風場採集，係委由財團法人成大研究發展基金會執行本院 112 年度離岸風電場生態保育環境監測-苗雲彰風場生態環境及生物資源研究案進行。

第二節 環境 DNA 次世代定序檢測

以本院 111 年度南沙太平島周邊海域環境 DNA 資訊蒐集自行研究所建立之方法為原則，目標生物類群包含海洋菌種、真核生物及海水魚類等三種(表 1)，進行海水樣本採集與過濾、DNA 萃取、目標基因片段擴增、次世代定序、物種比對及資料分析，次世代定序服務以勞務採購由圖爾思生物科技有限公司(BIOTOOLS CO., LTD.)實驗室進行檢測。

表 1、各生物類群目標基因及比對資料庫

生物類群	目標基因	比對基因資料庫
海洋菌種	16S rRNA V3-V4變異區 (BIOTOOLS CO., LTD.)	SILVA v138資料庫(2020.11) (Quast et al., 2013; Yilmaz et al., 2014)

	商業套組)	
真核生物	18S rRNA (DiBattista et al., 2021)	NCBI NT BLAST資料庫 (National Center for Biotechnology Information, 2022)
海水魚類	12S rRNA (Miya et al., 2015)	NCBI NT BLAST資料庫 (National Center for Biotechnology Information, 2022)

第三章 研究結果與討論

第一節 海洋環境 DNA 樣本採集及基本環境因子量測

本年度海洋環境DNA總樣本數總共採集531件，本島岸際僅西南海岸之嘉義朴子溪口水域未順利採集海草床水樣，測站採樣完成率詳如表2。

表 2、112 年測站採樣完成率

	生態系類型	測站名稱	第1季(2-3月)	第2季(4-6月)	第3季(7-8月)	第4季(9-10月)
1	泥灘	(1)新竹香山濕地 (2)彰化大肚溪口濕地 (3)嘉義朴子溪口水域 (4)臺南七股	100%(4)	100%(4)	100%(4)	100%(4)
2	沙灘	(1)花蓮磯崎 (2)桃園草漯 (3)嘉義外傘頂洲 (4)屏東九棚沙漠	100%(4)	100%(4)	100%(4)	100%(4)
3	沙洲潟湖	(1)臺南七股 (2)屏東大鵬灣	100%(2)	100%(2)	100%(2)	100%(2)
4	河口	(1)淡水河口水域 (2)嘉義朴子溪口水域	100%(2)	100%(2)	100%(2)	100%(2)
5	礫石灘	(1)花蓮磯崎 (2)苗栗灣瓦 (3)臺東阿朗壹	100%(3)	100%(3)	100%(3)	100%(3)
6	岩礁	(1)八斗子大坪 (2)新北深澳 (3)新北龍洞 (4)屏東後灣 (5)基隆嶼2季	100%(4)	100%(4+1)	100%(4)	100%(4+1)
7	藻礁	(1)新北麟山鼻 (2)桃園觀新藻礁	100%(2)	100%(2)	100%(2)	100%(2)
8	珊瑚礁	(1)屏東南灣 (2)屏東後灣 (3)南沙太平島8測站	100%(3)	100%(3)	100%(3)	100%(3)
9	海草床	(1)新竹香山濕地 (2)嘉義好美寮 (3)嘉義朴子溪口水域 (4)臺南七股 (5)屏東南灣	75%(4)	75%(4)	75%(4)	75%(4)
10	鹽沼	(1)臺中高美濕地	100%(1)	100%(1)	100%(1)	100%(1)
11	紅樹林	(1)淡水河口水域 (2)嘉義好美寮 (3)嘉義朴子溪口水域 (4)臺南七股	100%(4)	100%(4)	100%(4)	100%(4)
12	大陸棚(2季)	(1)苗栗離岸風電場 (2)彰化離岸風電場 (3)雲林離岸風電場	-	100%(3)	-	100%(3)
完成採集樣本累積件數			120件	243件	387件	531件

第二節 海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立

海洋環境DNA樣本分別針對海洋菌種、真核生物及海水魚等3種生物類群之目標基因片段進行次世代定序，每樣本數據量平均達10萬條序列以上，Q30平均高於80%。由於次世代定序服務需三個月的時間，112年度完成第一至第三季次，第四季次之原始定序資料預計於下年度完成，將納入後續跨年度報告。以下針對北部、東北部目標海域，以及南沙太平島周圍海域二部分進行至少二季次海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立。

一、北部、東北部

蒐集臺灣北海岸(淡水河口水域、新北麟山鼻、基隆潮境公園、新北深澳、新北龍洞、新北卯澳及基隆嶼)地區海水樣本(1公升，n = 3)，其中包含了河口、紅樹林、藻礁及岩礁生態系(表3、4)。

表 3、生態系編號對照表

EcologyId	EcologyName
e	河口
mg	紅樹林
ar	藻礁
r	岩礁

表 4、樣本編號及採樣點對照表

StationId	StationNameLocal	
e1	淡水河口水域(河口)	潮間帶表層
e1sh	淡水河口水域(河口)	亞潮帶表層
e1sl	淡水河口水域(河口)	亞潮帶底層
mg2	淡水河口水域(紅樹林)	潮間帶表層
mg2sh	淡水河口水域(紅樹林)	亞潮帶表層
mg2sl	淡水河口水域(紅樹林)	亞潮帶底層
ar3	新北麟山鼻	潮間帶表層
ar3sh	新北麟山鼻	亞潮帶表層

StationId	StationNameLocal	
ar3sl	新北麟山鼻	亞潮帶底層
r5	基隆潮境公園(八斗子大坪)	潮間帶表層
r5sh	基隆潮境公園(八斗子大坪)	亞潮帶表層
r5sl	基隆潮境公園(八斗子大坪)	亞潮帶底層
r7	新北深澳	潮間帶表層
r7sh	新北深澳	亞潮帶表層
r7sl	新北深澳	亞潮帶底層
r8	新北龍洞	潮間帶表層
r8sh	新北龍洞	亞潮帶表層
r8sl	新北龍洞	亞潮帶底層
rst1	基隆嶼 ST1	亞潮帶表層
rst1l	基隆嶼 ST1	亞潮帶底層
rst2	基隆嶼 ST2	亞潮帶表層
rst2l	基隆嶼 ST2	亞潮帶底層

(一)海洋菌種

1.生物種類分析

結果顯示，以科層集分類(family level)在四種生態系皆有大量發現的細菌為黃桿菌科(Flavobacteriaceae)、毛螺菌科(Lachnospiraceae)、紅桿菌科(Rhodobacteraceae)、擬桿菌科(Bacteroidaceae)及Cyanobiaceae科。

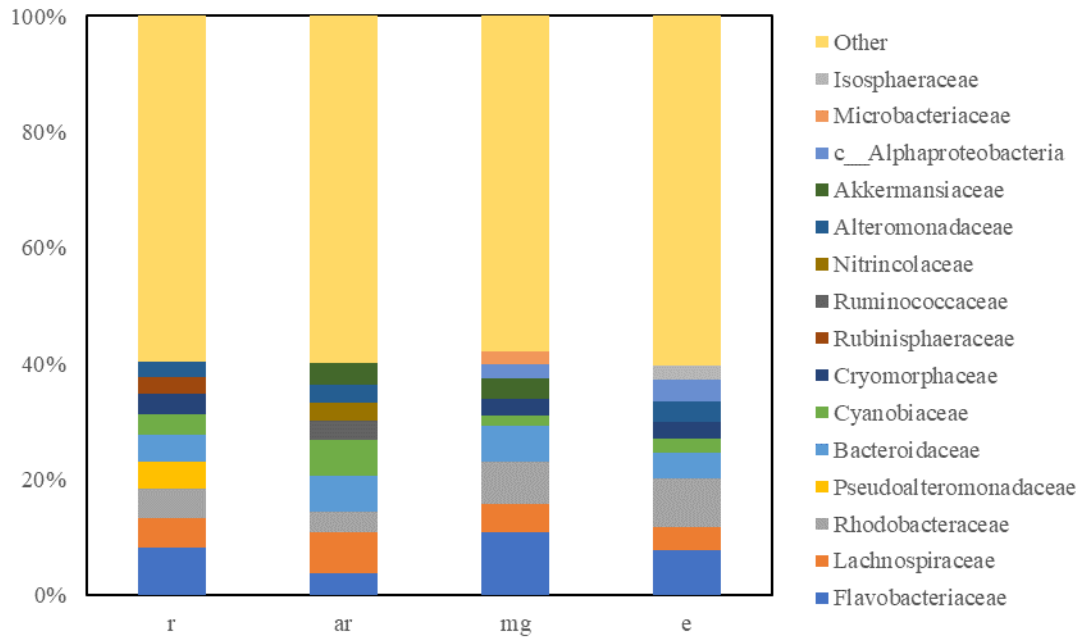


圖 2、不同生態系物種豐度前 10 之菌種(分類層級為科)

2. 生物多樣性指標建立

Alpha 多樣性指數方面，各生態系 Shannon 指數為藻礁 6.03 ± 0.94 、岩礁 5.23 ± 1.14 、紅樹林 5.99 ± 0.63 及河口 6.08 ± 0.62 ；chao1 指數為藻礁 350.92 ± 169.96 、岩礁 255.89 ± 168.29 、紅樹林 387.79 ± 198.97 及河口 348.39 ± 152.74 ；simpson 指數為藻礁 0.1 ± 0.06 、岩礁 0.09 ± 0.06 、紅樹林 0.08 ± 0.03 及河口 0.11 ± 0.09 (圖3至5)。

Beta 多樣性方面，對四種生態系三季次樣本進行主座標分析(PCoA, Principal Co-ordinates Analysis) (圖6至8)，四種生態系在不同季次的菌相組成皆明顯不同。

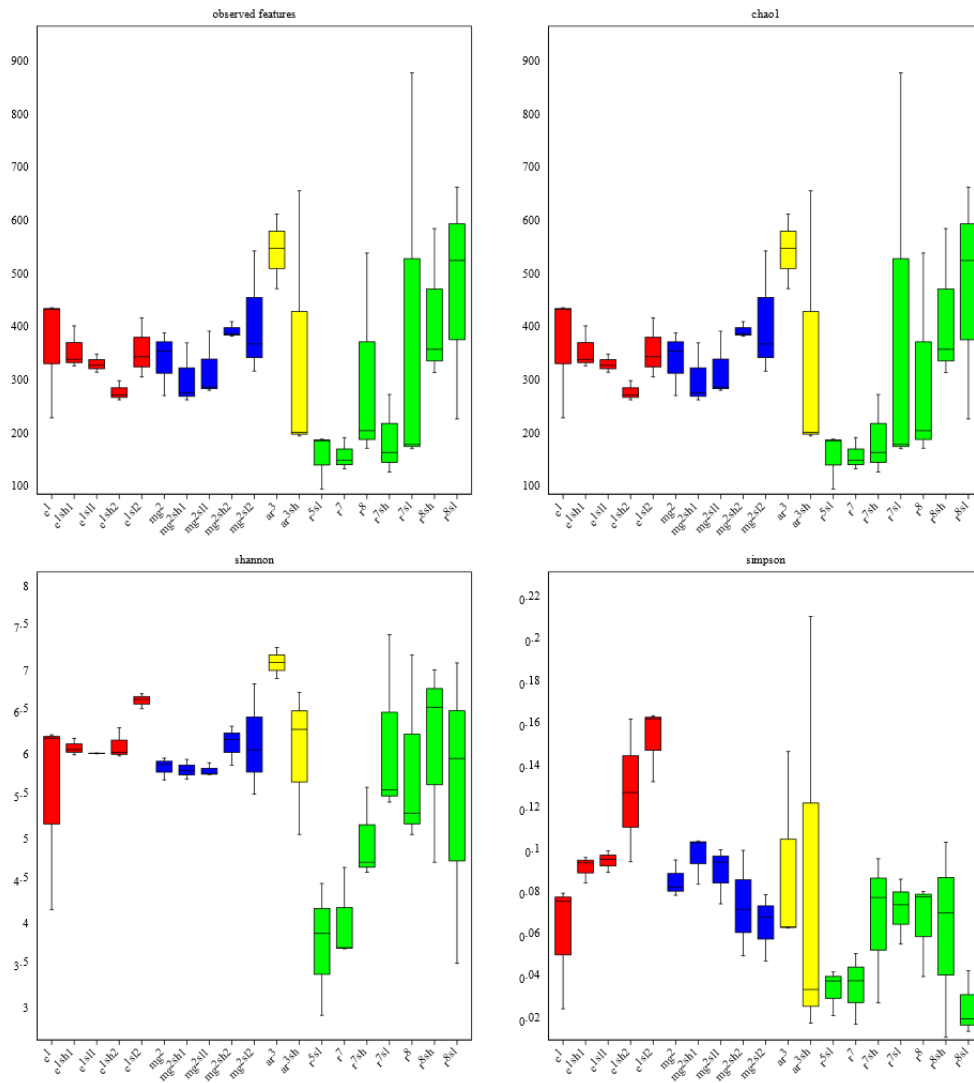


圖 3、北部及東北部海域第一季海洋菌種 alpha diversity 分析結果
(不同顏色為不同生態系)

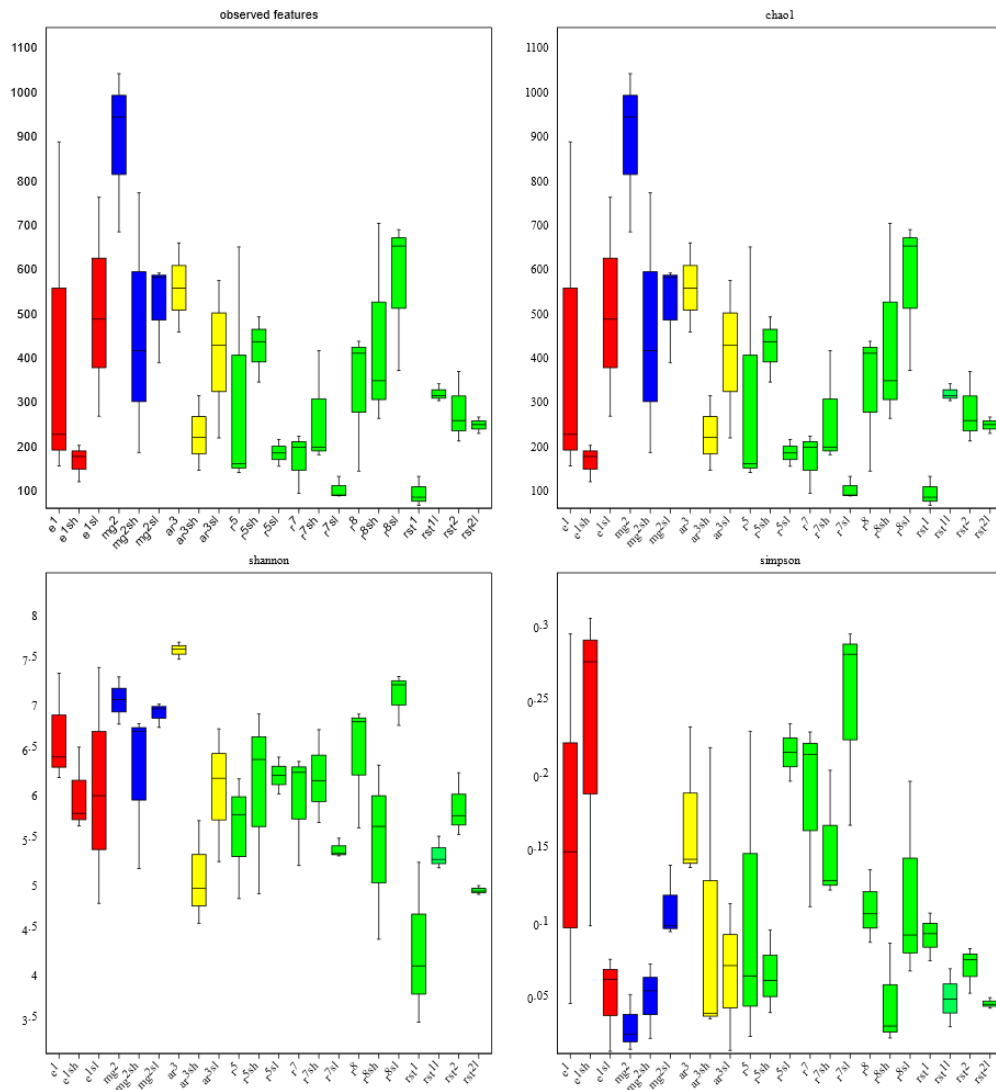


圖 4、北部及東北部海域第二季海洋菌種 alpha diversity 分析結果
(不同顏色為不同生態系)

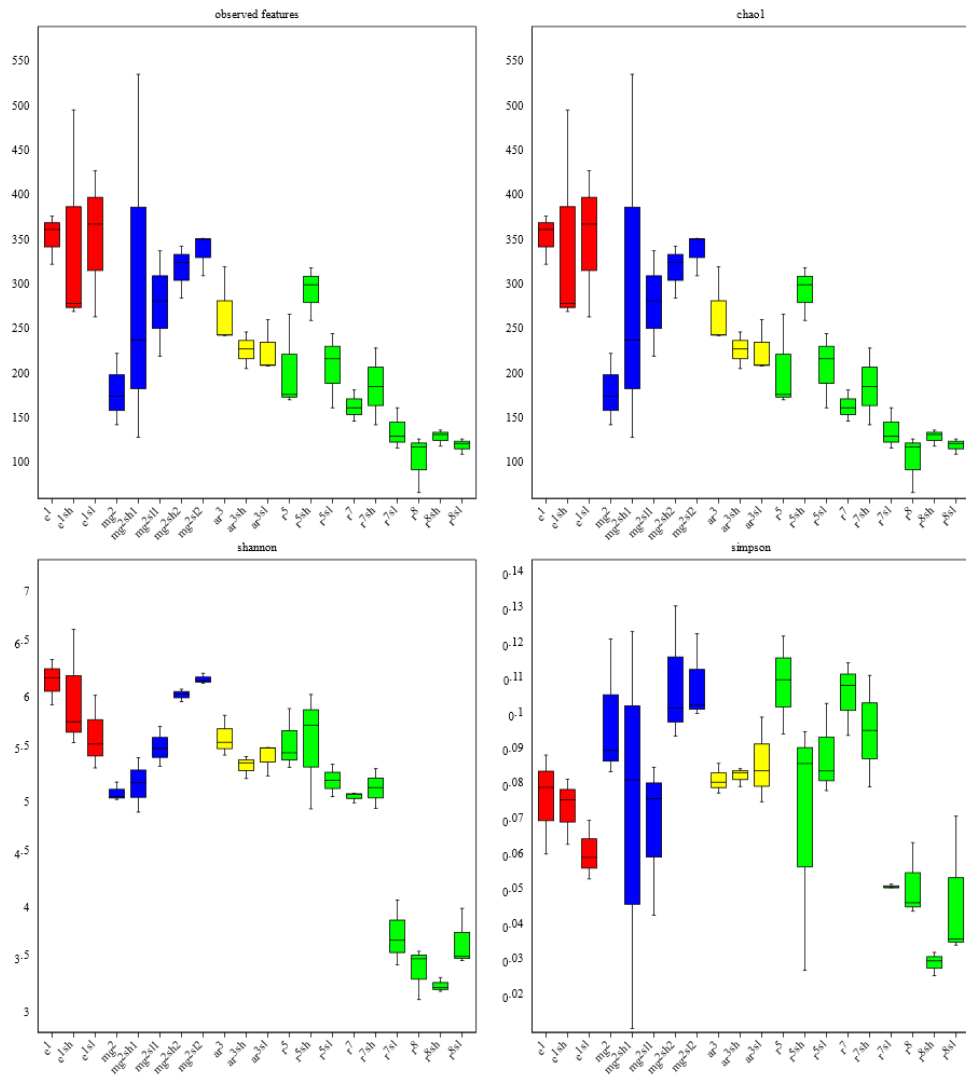


圖 5、北部及東北部海域第三季海洋菌種 alpha diversity 分析結果
(不同顏色為不同生態系)

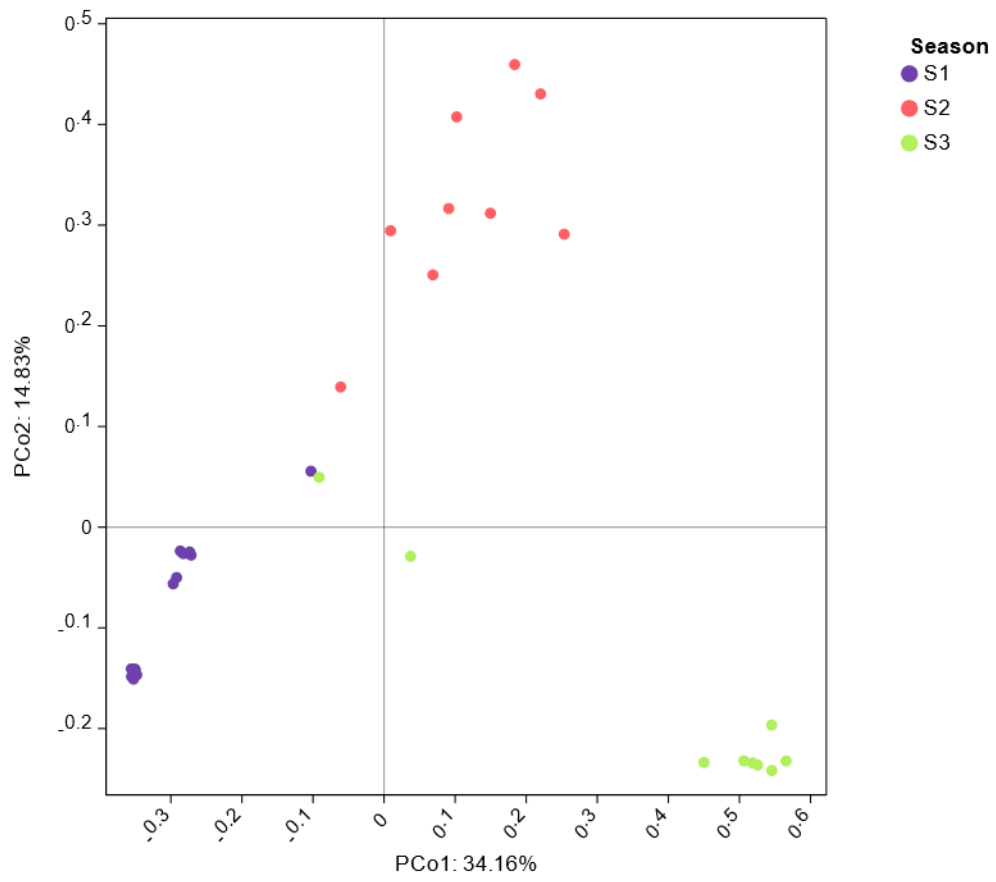


圖 6、河口生態系菌種組成 PCoA 分析(不同顏色為不同季次)

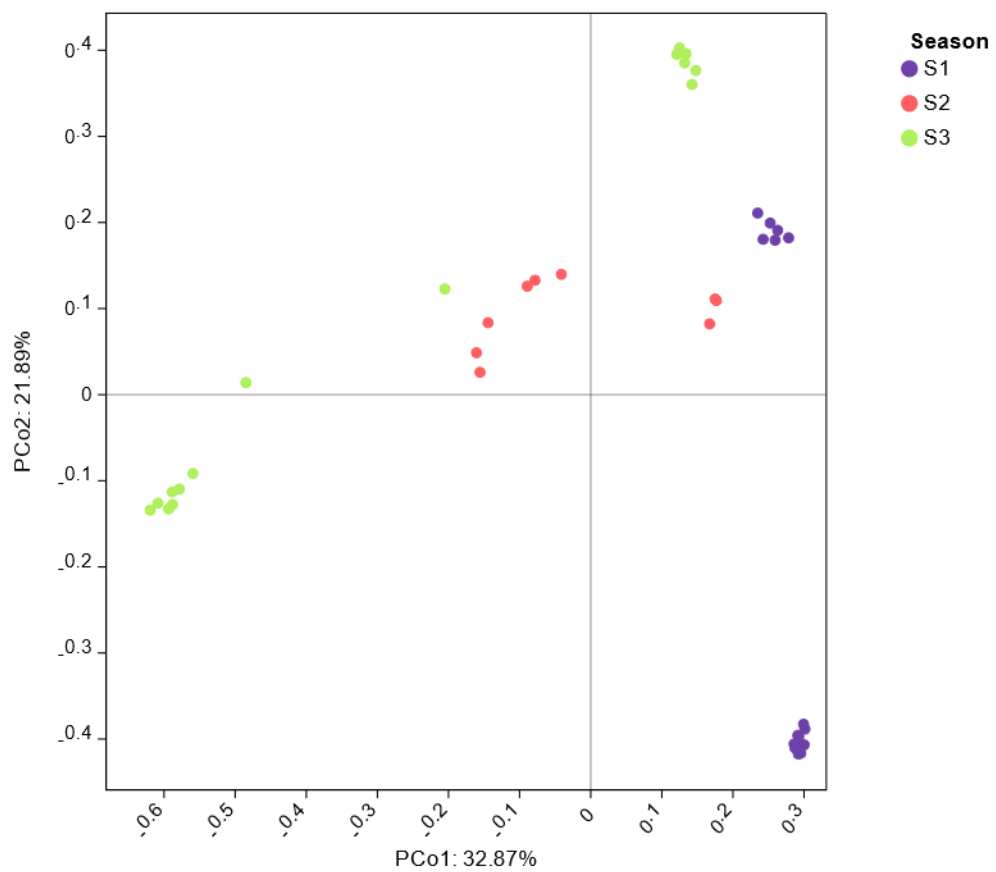
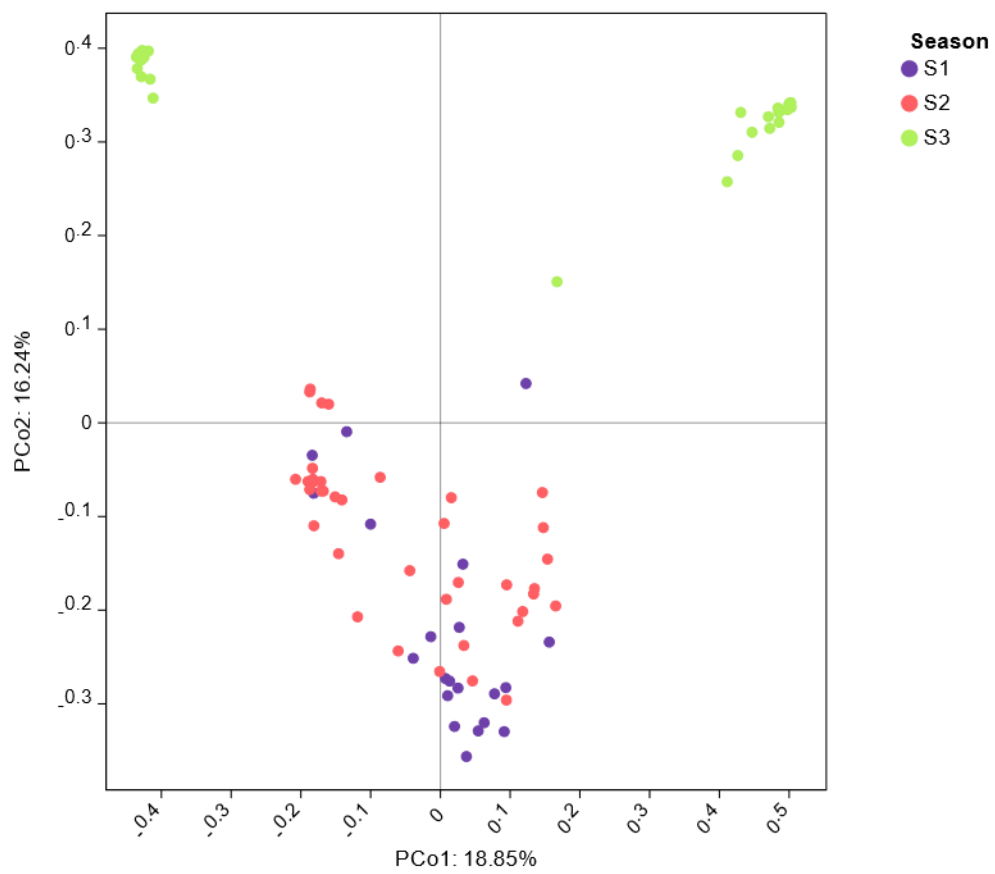


圖 7、紅樹林生態系菌種組成 PCoA 分析(不同顏色為不同季次)



(二)真核生物

北部及東北部海域第一季次檢出成功之樣點包含淡水河口水域(河口)、淡水河口水域(紅樹林)、麟山鼻、深澳及龍洞等5個測站，第二季次檢出成功之樣點則包含淡水河口水域(紅樹林)、麟山鼻、龍洞及基隆嶼等4個測站。

1.生物種類分析

以18S分析真核生物，第一季次共1萬4,801筆ASV (Amplicon Sequence Variants)，第二、三季次共2萬4,429筆ASV。本研究分析北部及東北部海域二季次結果總計發現40門526科(表5、圖9、附錄二)，以節肢動物門科層級數最高(61科)，纖毛蟲門(Ciliophora)次之(49科)；在不同季次上，第一季次發現39門377科，第二季次則發現35門334科，由圖10可見北部及東北部海域不同季次科層級物種豐富度前十的真核生物組成，第一季次以子囊菌門(Ascomycota)(41科)最多，第二季次以節肢動物門(44科)最多。

表 5、北部及東北部海域不同季次真核生物前十的總科層級數

Phylum	門	202303 第一季次	202305 第二季次	二季次總和
Arthropoda	節肢動物門	33	44	61
Ciliophora	纖毛蟲門	35	34	49
Ascomycota	子囊菌門	41	15	44
Mollusca	軟體動物門	25	26	41
Cnidaria	刺胞動物門	12	30	35
Bacillariophyta	矽藻門	30	33	34
Porifera	海綿動物門	16	24	29
Annelida	環節動物門	25	14	27
Chlorophyta	綠藻門	26	15	27
Basidiomycota	擔子菌門	14	10	19
Others	其他	120	89	160
Total family	科層級總數	377	334	526
Total phylum	門層級總數	39	35	40

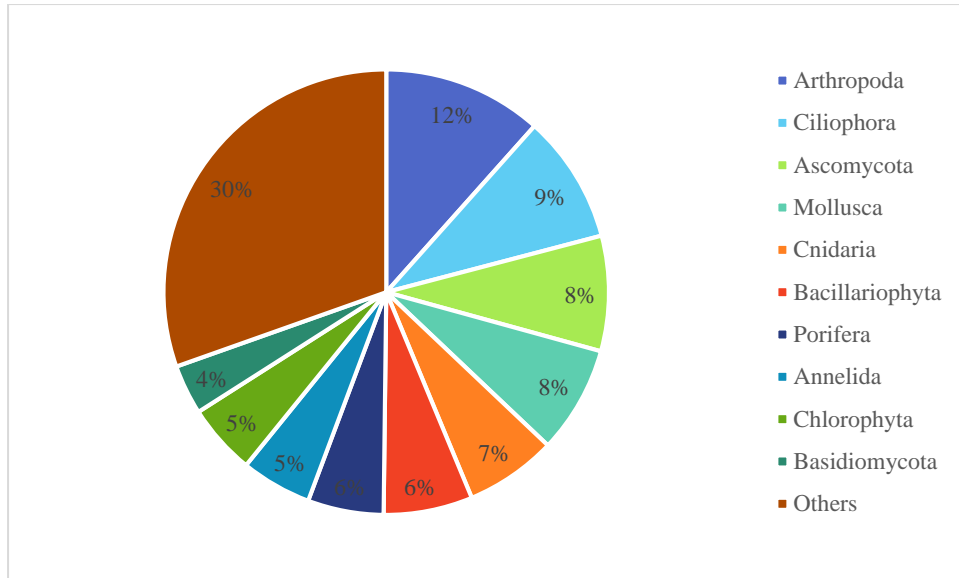


圖 9、北部及東北部海域二季次科層級物種豐富度前十的真核生物

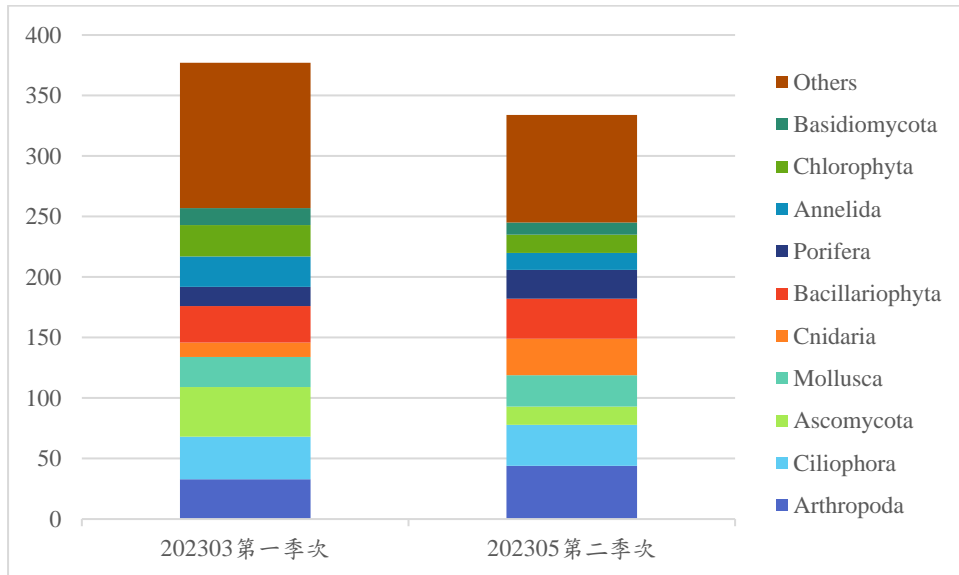


圖 10、北部及東北部海域不同季次科層級物種豐富度前十的真核生物

在112年第1季次不同生態系方面，以岩礁生態系計29門(圖11)，相較本院111年太平島珊瑚礁生態系46門為少；河口生態系計20門(圖12)，紅樹林生態系計25門(圖13)，藻礁生態系為26門(圖14)。

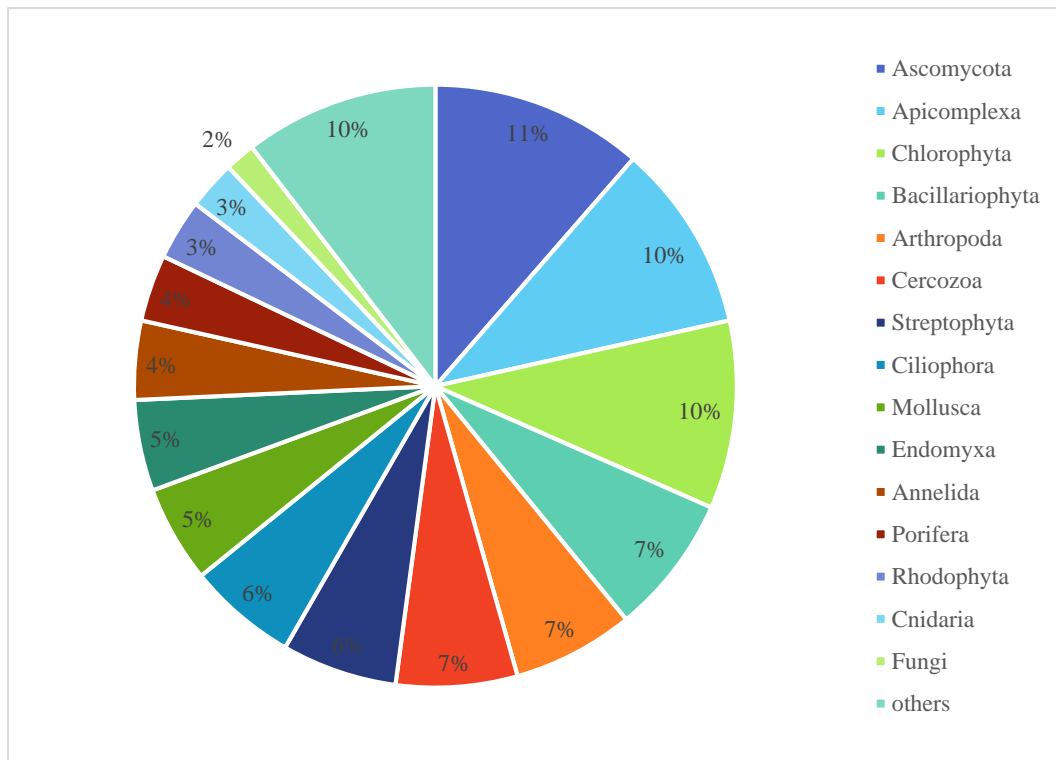


圖 11、北部及東北部海域第 1 季次岩礁生態系真核生物圓餅圖

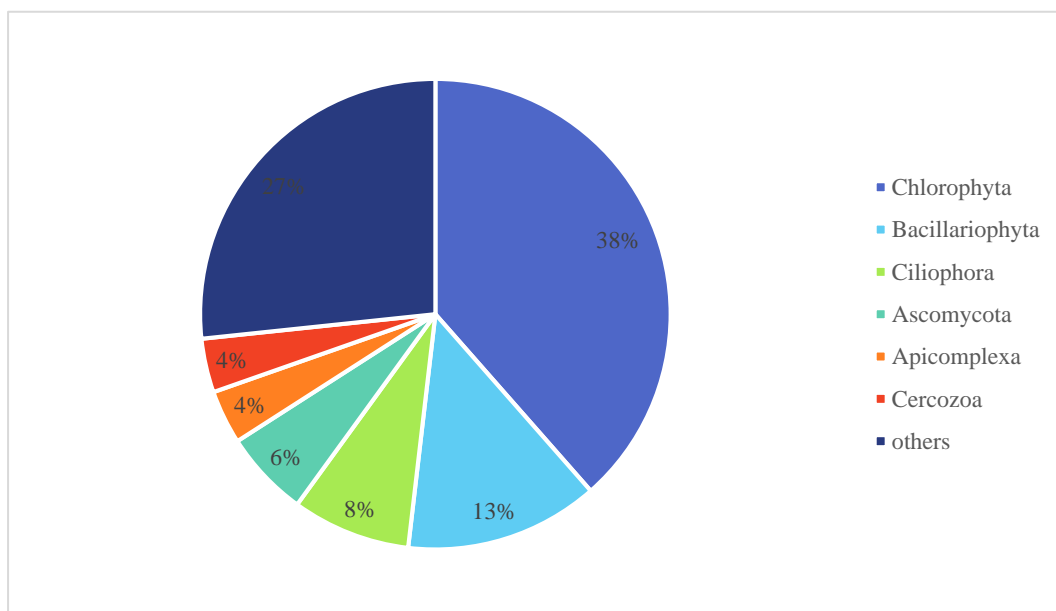


圖 12、北部及東北部海域第 1 季次河口生態系真核生物圓餅圖

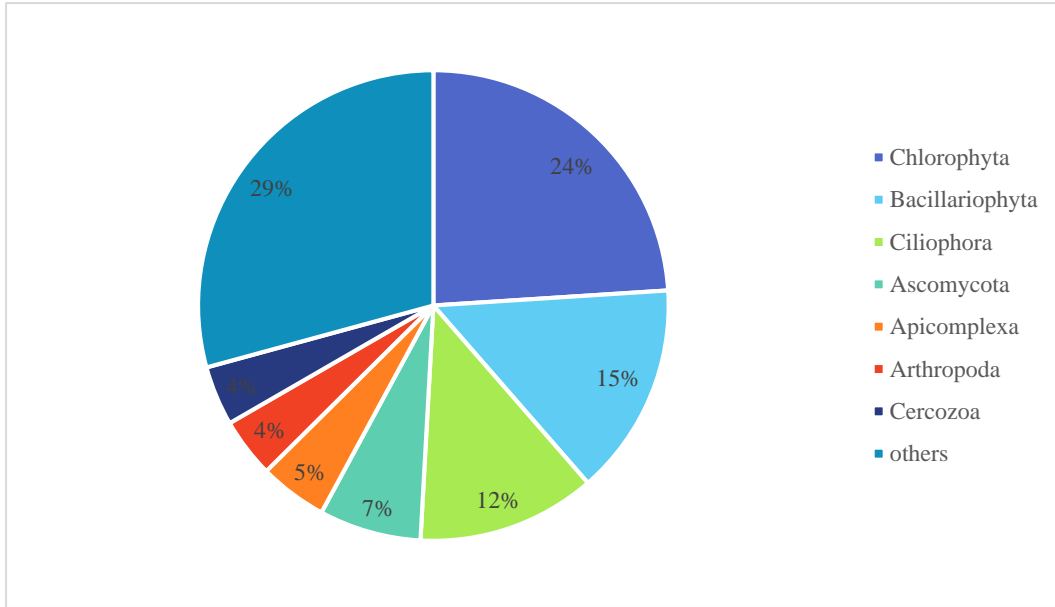


圖 13、北部及東北部海域第 1 季次紅樹林生態系真核生物圓餅圖

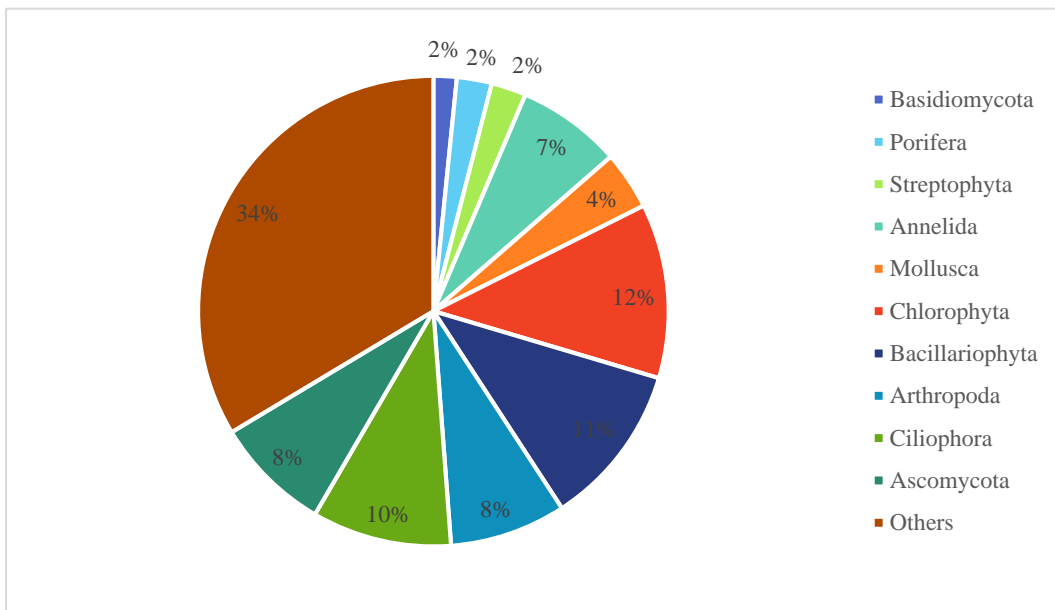


圖 14、北部及東北部海域第 1 季次藻礁生態系真核生物圓餅圖

2.關注之海洋真核生物

本研究以藻類為關注之海洋真核生物代表，以18S片段發現(表6)，綠藻門(Chlorophyta)計27科，紅藻門(Rhodophyta)計17科，淡色藻門(Ochrophyta)計10科；綠藻門科層級數在第一季次(26科)高於第二季次(15科)。

表 6、北部及東北部海域不同季次藻類前十的總科層級數

Phylum	門	202303	202305	二季次總和
		第一季次	第二季次	
Chlorophyta	綠藻門	26	15	27
Ochrophyta	淡色藻門	9	8	10
Rhodophyta	紅藻門	12	9	17
Total family	科層級總數	47	32	54

(三)海水魚類

以12S分析海水魚類，第一季次共4萬6,929筆ASV，第二、三季次共5萬5,383筆ASV，在未清理數據的情況下，預估第一季次條鰭魚綱(Actinopteri)計98屬130種，將於跨年度延續計畫提供詳細生物種類比對結果。

二、南沙太平島

蒐集112年前三季次太平島8個採樣點(TP01 - TP08)之海水樣本(1公升, n=3), 所有樣點皆為珊瑚礁生態系, 並將海水樣本進行16S總體基因體學定序之菌相分析。

(一)生物種類分析

細菌組成方面, 在三季次皆有豐富含量的細菌為黃桿菌科(Flavobacteriaceae)、紅桿菌科(Rhodobacteraceae)、Cyanobiaceae科及Actinomarinaceae科(圖15至17)。

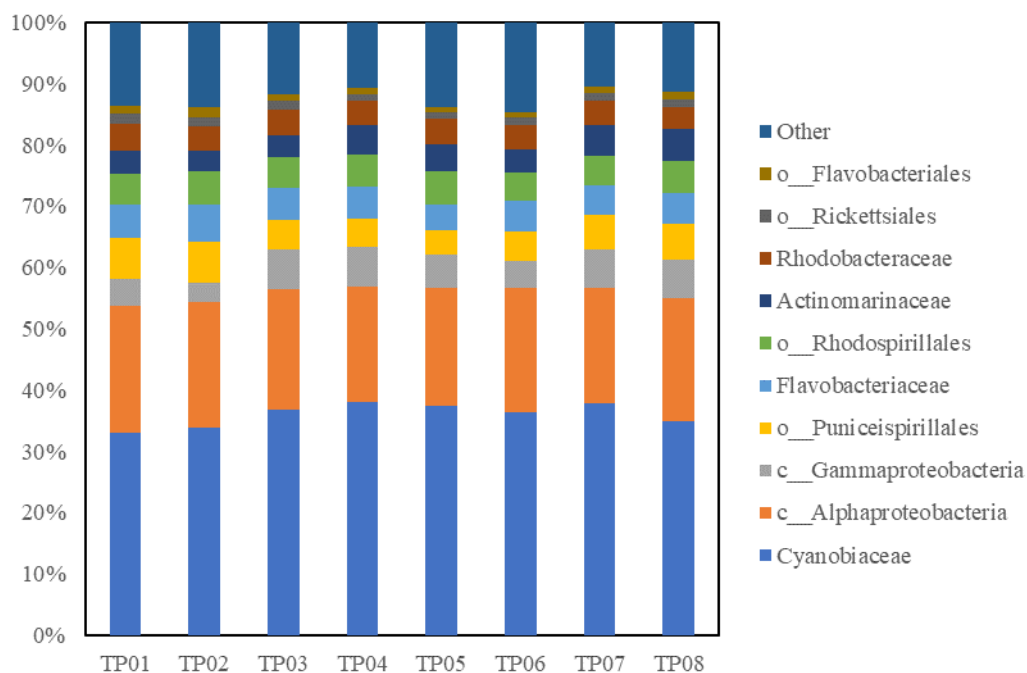


圖 15、太平島第一季次海水樣本豐度前十菌種(以科層級分類)

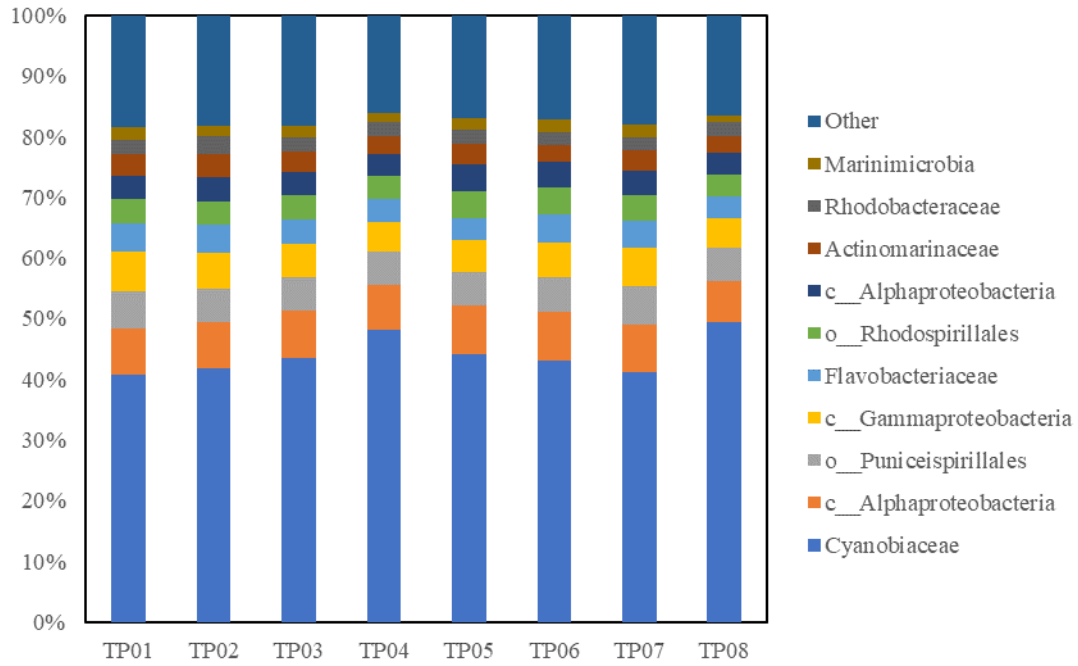


圖 16、太平島第二季次海水樣本豐度前十菌種(以科層級分類)

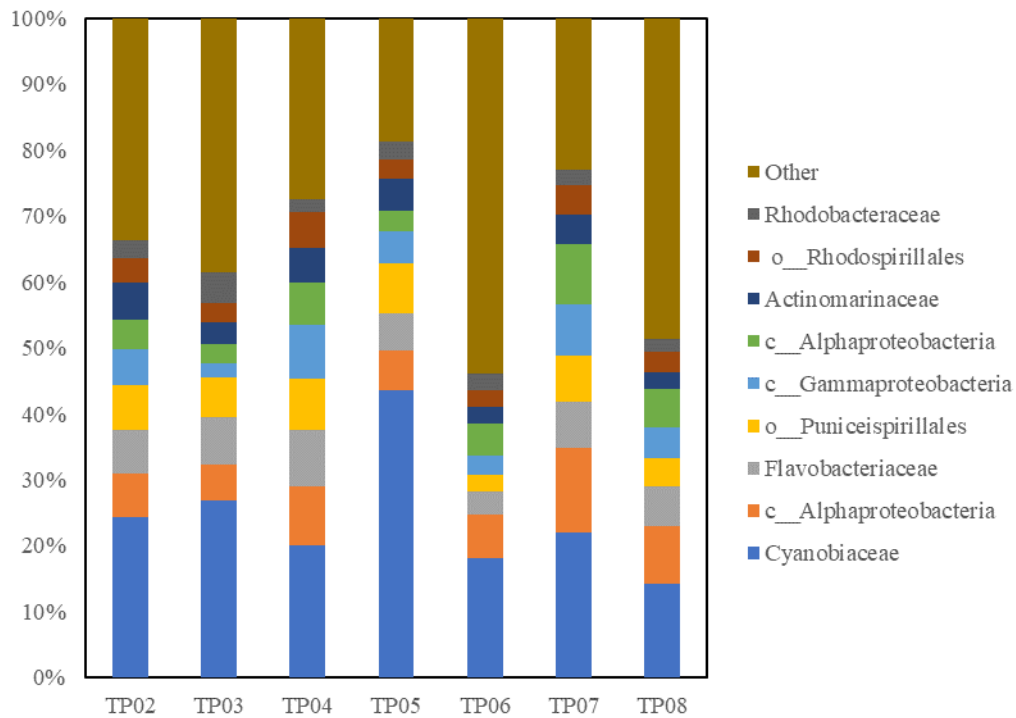


圖 17、太平島第三季次海水樣本豐度前十菌種(以科層級分類)

(二)生物多樣性指標建立

Alpha多樣性方面，第一季次Shannon指數為 6.54 ± 0.22 ；第二季次為 6.07 ± 0.31 ；第三季次為 7.35 ± 0.73 (圖18至20)。Beta多樣性方面，對三季次樣本進行主座標分析(圖21至23)，結果不同季次沒有明顯差異，需待第四季次世代定序結果討論全年度變化。

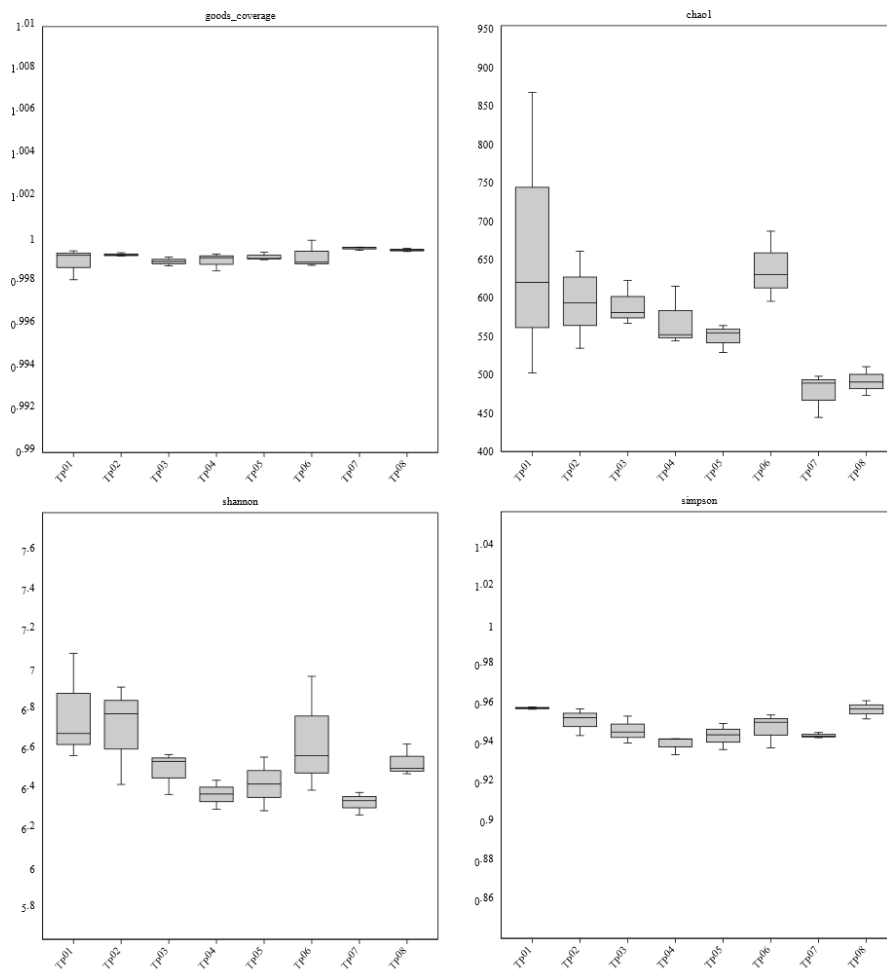


圖 18、太平島第一季次海洋菌種 alpha diversity 分析

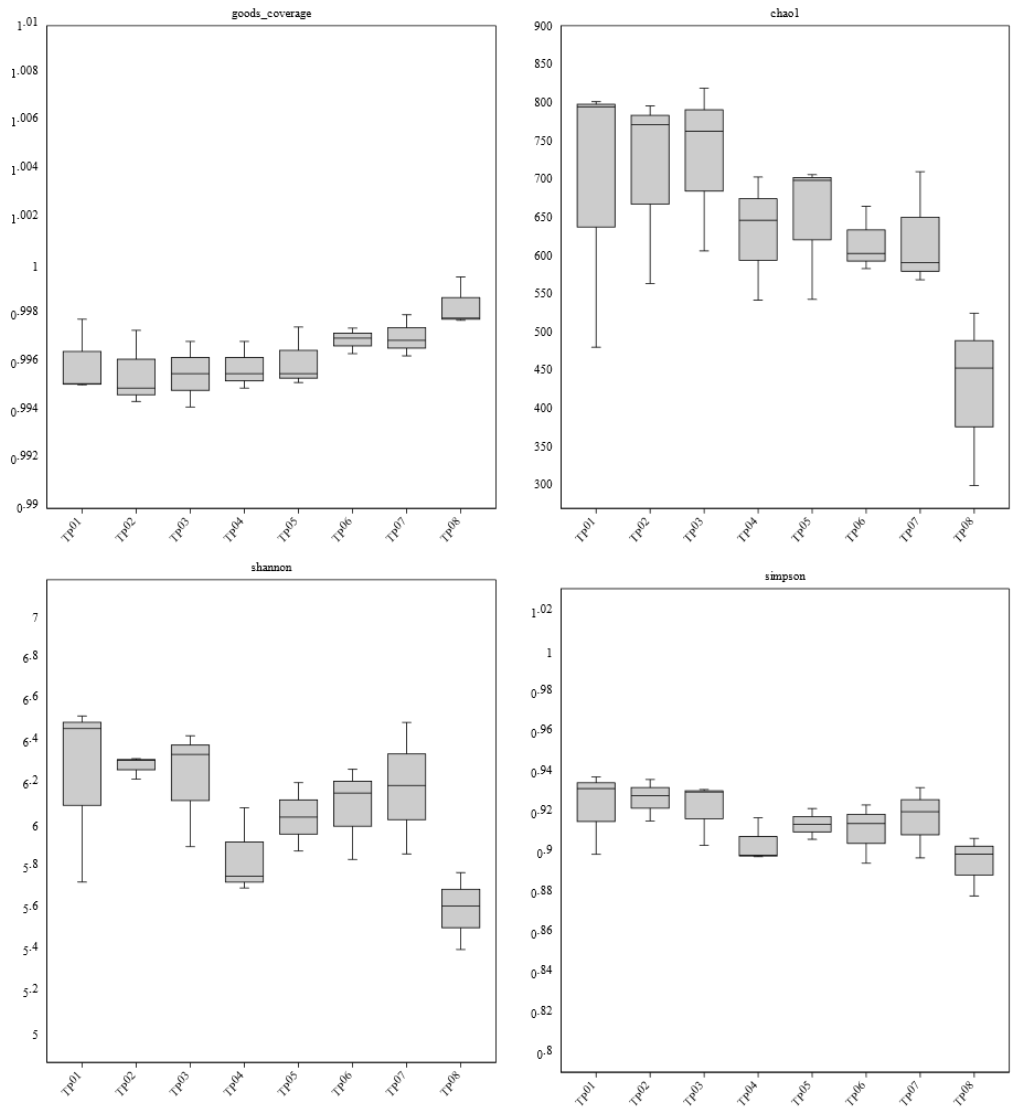


圖 19、太平島第二季次海洋菌種 alpha diversity 分析

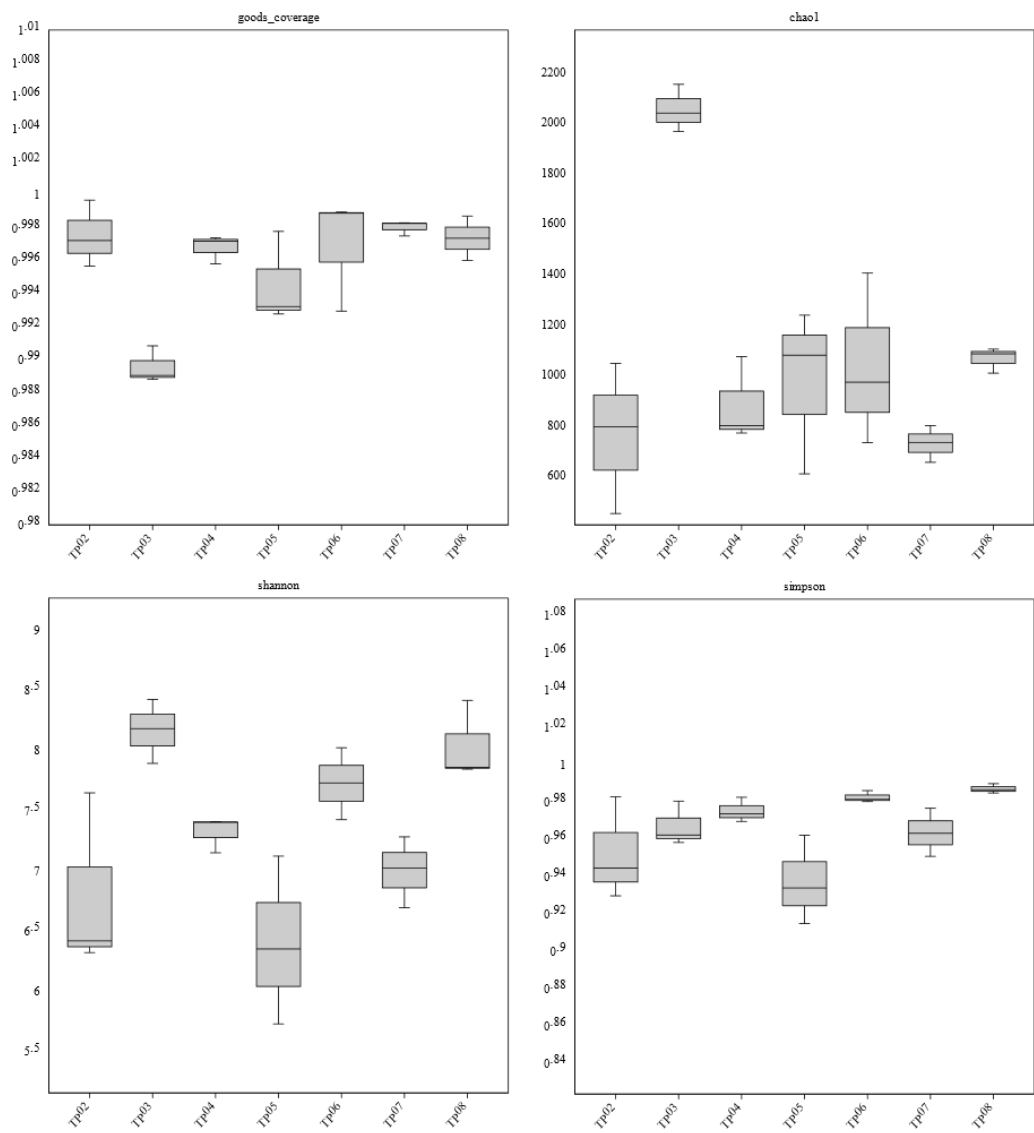


圖 20、太平島第三季次海洋菌種 alpha diversity 分析

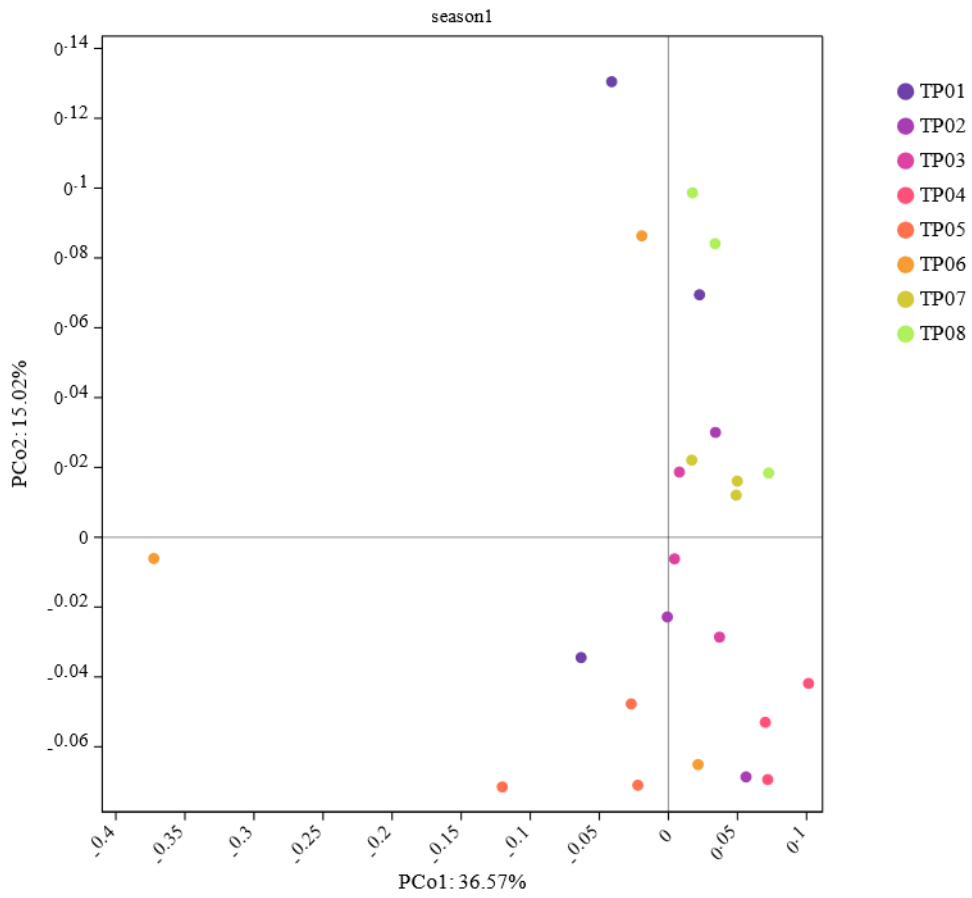


圖 21、太平島第一季次海洋菌種 PCoA 分析(以採樣點分群)

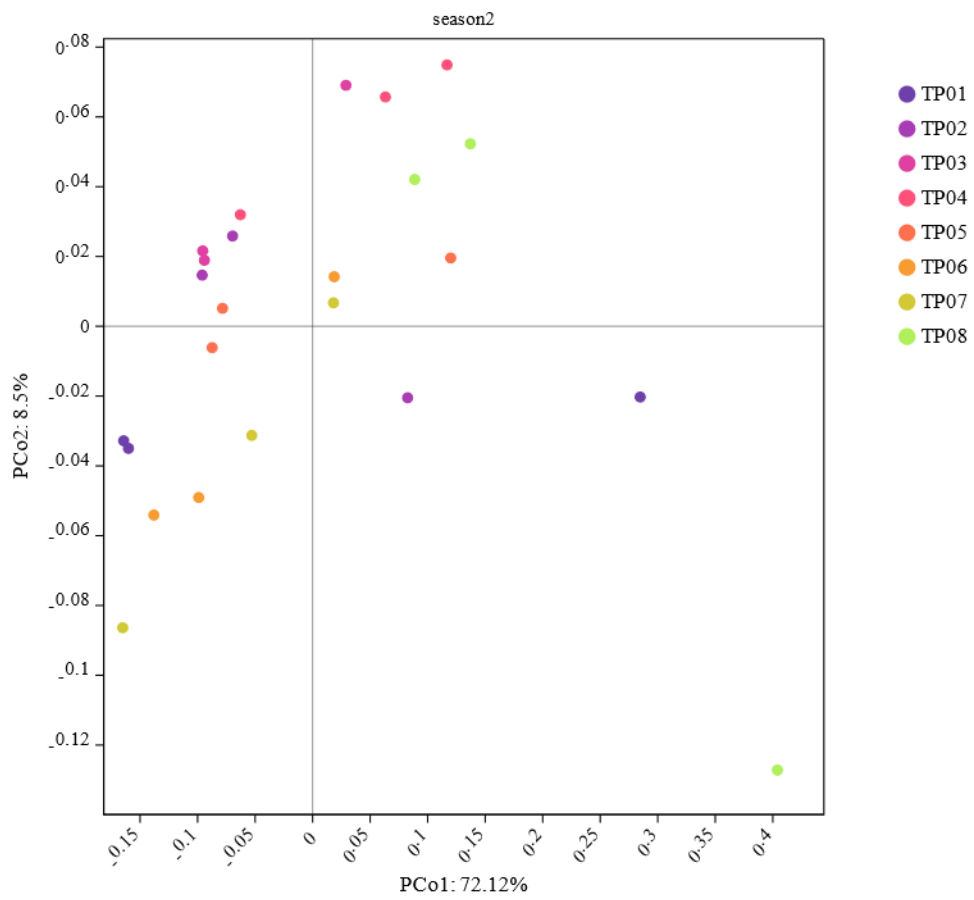


圖 22、太平島第二季次海洋菌種 PCoA 分析(以採樣點分群)

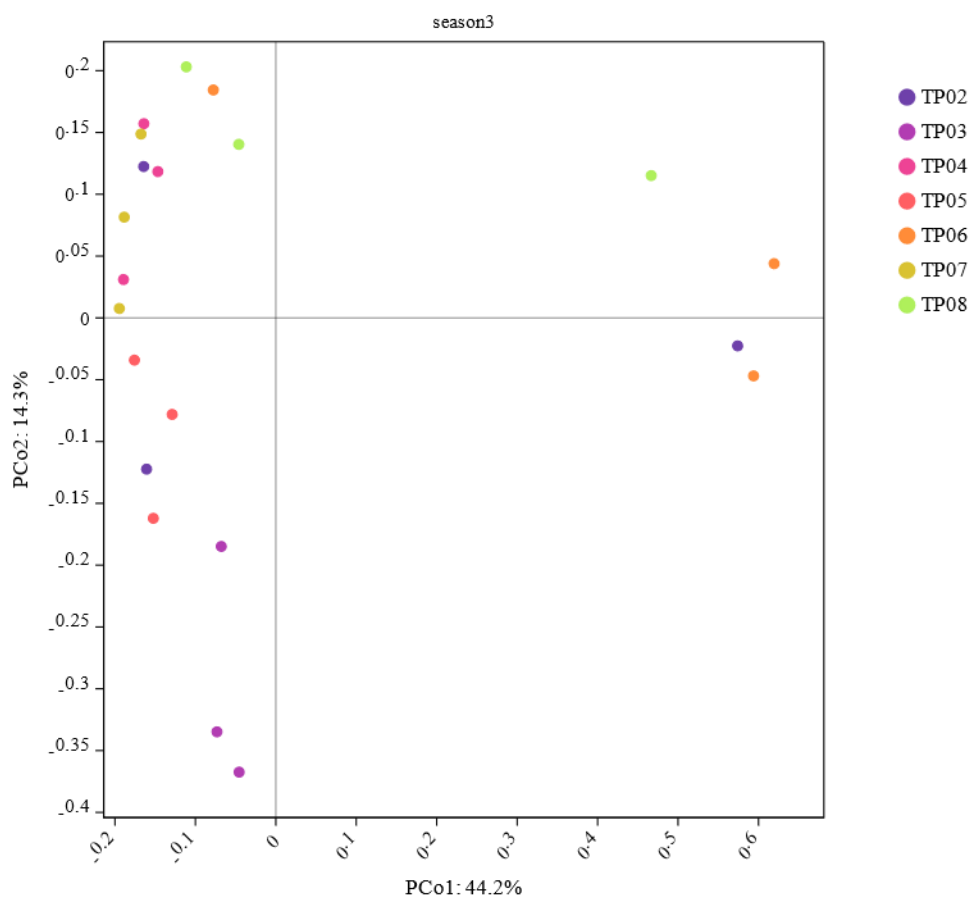


圖 23、太平島第三季次海洋菌種 PCoA 分析(以採樣點分群)

第三節 海洋生物序列資料蒐集

本年度先以國內外資料庫現有可比對魚類 12S 序列進行蒐集，以臺灣魚類資料庫的臺灣魚類名錄共計 3,290 種，於 NCBI 資料庫搜尋，結果共有 2,586 種有可比對之 12S 序列，達成完成超過 200 筆之目標；經盤點臺灣魚類名錄，目前共計 704 種魚類缺少 12S 序列，後續可針對這些物種進行組織蒐集進行基因定序。

第四節 討論

位於西南海岸的嘉義朴子溪口水域海草床生態系(120°08'48.4"E, 23°25'43.8"N)，經四季次現勘觀察，岸際底泥有鹽分結晶，水位極低且不會隨潮汐漲退變化，以致無法順利採集水樣，推測可能受氣候影響或當地環境改變有關。根據海洋委員會海洋保育署108年海草床生態系調查計畫，該地為廢棄鹽田，由排水道輸入海水，而鄰近漁塭及鹽田的開闢可能影響當地海草的生長及分布。建議於未來以西南海岸為目標海域時，可改採集底泥樣本方式取得環境DNA資訊。

位於南海岸屏東南灣海草床生態系(120°44'55.5"E, 21°57'0.9"N)，經二季次現勘觀察，本研究於該經緯度棲地沒有觀察到海草生長，因此配合本院大型藻類及水下聲景調查相關工作，改至同樣位於屏東南灣的大光海草床(120°45'0.07"E, 21°57'5.96"N)，進行四季次環境DNA海水採集。

南沙太平島因熱帶氣候僅有乾濕季之分，往年因人力及疫情考量，每年僅安排一次採樣。為了解季節變動，本年度增加南沙太平島採樣頻度，以本院南沙海洋研究站人力支援，目前顯示三季次的菌相組成結果無明顯差異，尚待第四季次之結果會有較完整討論。考量南沙太平島地處偏遠，倘人力有限，環境DNA調查建議於乾濕季各採集一次為原則；若四季次皆無差異，則可縮減至每年採集一次之調查頻度。

本研究過程中共辦理二次審查，委員意見包含所蒐集環境DNA資訊龐大，後續需要分析的工作繁多，建議聚焦於單一計畫目標，以及深層水環境DNA研究，持續建構臺灣海域環境DNA海洋生物種類數據庫，並期待資料能夠早日共享，將納入未來研究方向規劃參考。

為配合本院112至115年「國家全海域基礎調查與海洋大數據建置

計畫」，本研究進行過程中，亦規劃將結果納入本院本院國家海洋資料庫及共享平台 (National Ocean Database And Sharing System, NODASS) 整合運用，於113年1月23日正式發布「全海域基礎生態調查環境DNA」資料集(附錄三)，建立國海院環境DNA搜尋平台 (<https://nodass.namr.gov.tw/edna/>) 專區，其中海洋菌種16S及真核生物18S即以本研究第一季次資料作為展示規劃(圖24、25)，並提供線上「NAMR臺灣魚類12S序列資料庫(2,584種) (版本時間:2023-10-18)」，供臺灣海水魚環境DNA基因比對服務(圖26)。

環境DNA為海洋生態調查的一種新興技術，目前應用上仍有許多限制，隨著相關研究發展及基因資料庫的日新月異，所得生物組成比對結果也可預期會變動。為提供未來研究重新比對作業，本院已於本年度完成資料倉儲設備建置，以2座資料倉儲設備定期同步備份本院歷年所得環境DNA原始資料。

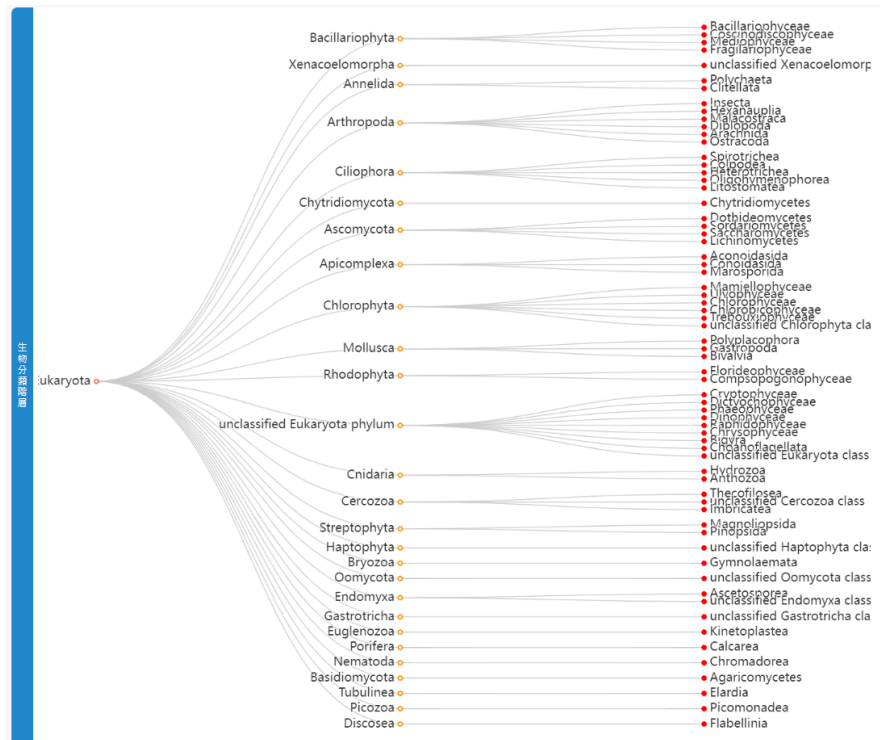


圖 24、國海院環境 DNA 搜尋平台展示第一季次新北麟山鼻(潮間帶表層)藻礁生態系 18S 真核生物互動樹狀圖

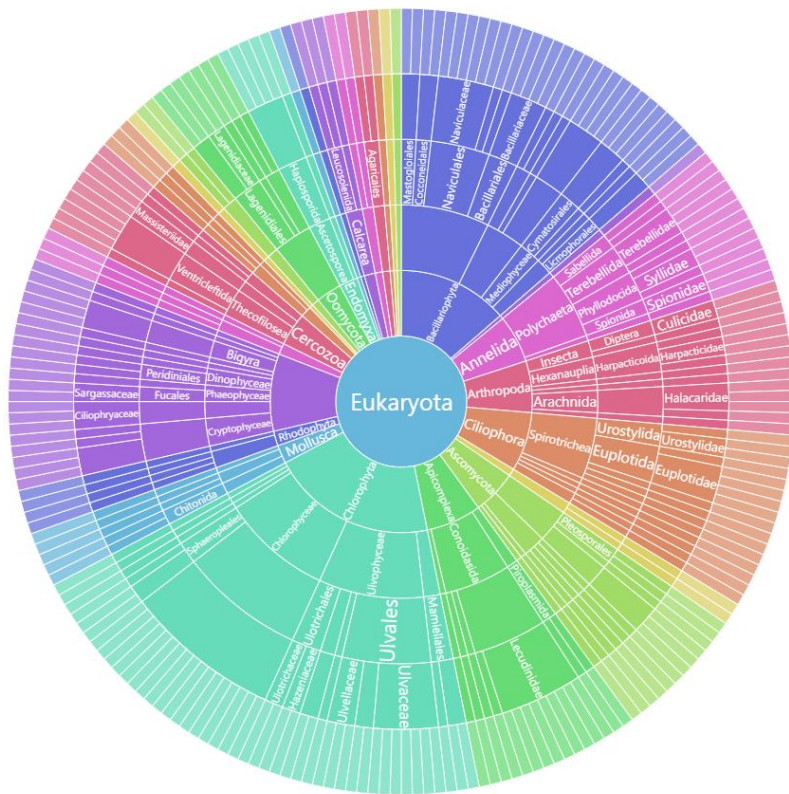


圖 25、國海院環境 DNA 搜尋平台展示第一季次新北麟山鼻(潮間帶表層)藻礁生態系 18S 真核生物互動圓餅圖



圖 26、國海院環境 DNA 搜尋平台 BLAST 序列比對提供 NAMR 臺灣魚類 12S 序列資料庫

第四章 研究發現與建議

一、研究主要發現

(一) 海洋環境 DNA 樣本採集及資訊蒐集

完成 112 年全海域基礎調查海洋環境 DNA 海水樣本採集 531 件，達成 200 件之目標，長期監測站包含北海岸、東海岸、西北海岸、西南海岸、南海岸及南沙太平島等共計 28 個、4 季次採集，臨時監測站包含基隆嶼及離岸風場共計 4 個、2 季次採集，並於現場量測溫度及鹽度等 2 項基本環境因子，全年度所得海洋環境 DNA 總計來自 12 種海洋生態系類型，本院已建立環境 DNA 原始數據倉儲系統，並冷凍保存環境 DNA 萃取物(-20°C)，以作為未來研究參照資料。

(二) 海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立

完成 112 年臺灣北部及東北部海域微生物 3 季次及真核生物 2 季次的海洋生物種類分析及生物多樣性指標建立，達成至少 2 季次之目標，並額外完成南沙太平島周圍海域之微生物 3 季次分析，初步明顯無季節差異。藉由比較不同年間生物多樣性指標的變動，可作為海洋生態的健康程度參照資料。

另外，本研究以藻類為關注之海洋真核生物代表進行分析討論，本調查資料可提供多種生物類群領域有興趣的學者查詢使用，延伸應用尚包含了解外來種、目標保育生物及環境指標生物等特定物種的族群分布，有助於科學家鎖定特定生物的分布範圍進行深入研究。

(三) 海洋生物序列資料蒐集

完成海洋生物序列資料蒐集共計 2,586 種，皆為臺灣海水魚 12S 序列，達成 200 筆之目標，相較於比對全球或日本的資料庫，可減少科學家排除非臺灣本地魚種的研究時間。臺灣魚類名錄中，共計 704 種魚類缺少 12S 序列，多為非經濟魚種且過去研究較少；同時，部分魚種與本研究使用之 12S 引子接合處鹼基對不合，會導致基因擴增效率較差。未來將配合本院的組織樣本蒐集進行 DNA 定序，甚至進一步改良引子，以強化未來環境 DNA 比對成功率。

二、環境 DNA 研究建議

(一)建立全海域海洋環境 DNA 對照基準

短期建議於跨年度延續計畫持續蒐集全海域海洋環境 DNA 資訊，中長程建議納入本院資料庫，此基線數據未來可供探討不同年間氣候環境變化、海設工程、海洋污染等事件之對照，並作為推動海洋生物多樣性保育之參據。

(二)臺灣海洋生物基因資料庫持續擴充

短期建議提供海水魚 12S 序列資料庫供學者進行比對查詢，中長程建議針對目前無可供比對之海水魚進行組織蒐集與 12S 基因定序，並持續擴充可供比對之臺灣海洋生物基因資料庫，以持續強化環境 DNA 比對成功率。

第五章 結 論

本研究「海洋環境 DNA 資訊蒐集(I)」為跨年度延續計畫(112 至 115 年)的第一年，業完成年度目標，初步結論如下：

一、以環境 DNA 輔助長期海洋生態調查可提升調查頻度

以環境 DNA 輔助海洋生態調查為國際趨勢，本研究利用環境 DNA 技術輔助本院 112 至 115 年「國家全海域基礎調查與海洋大數據建置計畫」的海洋生態調查子項目，海洋生態長期監測站總計 54 測站、15 類生態系，由於環境 DNA 僅需採集海水的優點，本研究於第一年已完成 28 測站、12 類生態系環境 DNA 資訊蒐集，相較於一般調查方法可擴及的調查範圍較廣，將可朝 2 年一輪的調查頻度來增密資料。

二、本研究海洋生物類群及範圍

依現行使用的分子標記，目前偵測海洋菌種、真核生物及海水魚類等三大海洋生物類群，可鑑定的生物層級不同。海洋菌種為目前國際上較早且較普遍作為評估指標的對象，鑑定層級以次世代定序一般建議可到屬層級，以最新的三代定序則可鑑定到種，但所需經費較高；真核生物涵蓋生物類群廣，可鑑定到科層級，有助於廣泛了解生態系中較高生物分類階層的多樣性組成；海水魚類可鑑定到種，本研究也以海水魚為目標，先行蒐集可比對序列建置資料庫。本調查資料有助於研究特定物種分布，若想新增分子標記或海洋生物類群研究的對象，則可使用本研究蒐集的環境 DNA 萃取物，但可能有 DNA 量不足或降解之風險。

三、長期監測資料潛在應用

海洋基線調查所累積之長期海洋生態監測資料，可應用於探討不同時間、空間尺度下氣候變遷、人類活動等因素，對棲地環境改變下生物多樣性的影響。以 110 年南沙太平島發生棘冠海星爆發為例，本院 110 至 111 年於環境 DNA 研究結果建議棘冠海星移除後生態系有逐漸回復，此與海洋委員會海洋保育署後續於 112 年監測調查結果相符。112 年度起，本院以長期監測網進行臺灣海域系統性的環境 DNA 收集，包含離岸風場等我國推動能源轉型的海設工程海域，將可作為評估參據之一。

四、海洋環境 DNA 資訊共享

環境 DNA 無法直接套用一般資料庫的格式，國際上多數的生物多樣性資料庫無法收錄，近年全球生物多樣性資訊機構(GBIF)已嘗試收錄環境 DNA 資料集。本研究進行過程中，也設定了標準化格式，並正式發布於本院國家海洋資料庫及共享平台，結合地理圖台展示優點，並可與水文資料綜合查詢，可直接下載物種清單。另外，本研究針對臺灣魚類提供 12S 序列基因比對服務(2,584 種)，可提供學者線上單筆比對。

五、海洋環境 DNA 的挑戰

環境 DNA 為新興的海洋生態調查工具，具調查效率及不傷害生物的優點，已在部分國家採行作為海洋生態監測項目。由於此技術仍於研究階段，仍存在方法學、實驗污染及成本高等挑戰，宜召開專家諮詢會議，廣納各方學者意見，評估此技術成熟度及解釋力，以及運用於政策之方式。

謝 誌

感謝海洋委員會海巡署東南沙分署及艦隊分署於 112 年協助本研究南沙太平島海水樣本採集、保存及運送。

附 錄

附錄一、112 年環境 DNA 測站資料表

測站名稱*	測站名稱(英)*	測站代號*	測站類別	縣市別	測站描述	計畫名稱*	圖台繪製 用經度	圖台繪製 用緯度	分區編號*	分區名稱*	海域編號*	採樣人員
LocationName	LocationNameEng	LocationID	LocationType	SiteAddress	Habitat	ProjectName	LocationLo ngitude	LocationLat itude	TerritorialW atersSide	TerritorialWater sSideName	Territorial Waters	Surveyor
淡水河口水域 (河口)	Danshuei_River_Mo uth_Estuary	淡水河口水 域(河口)	淡水河口水域河 口	新北市	河口潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'37.6"E	25° 10'32.8"N	N	北海岸	N1	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (河口)	Danshuei_River_Mo uth_Estuary	淡水河口水 域(河口)	淡水河口水域河 口	新北市	河口亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'37.6"E	25° 10'32.8"N	N	北海岸	N1	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (河口)	Danshuei_River_Mo uth_Estuary	淡水河口水 域(河口)	淡水河口水域河 口	新北市	河口亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'37.6"E	25° 10'32.8"N	N	北海岸	N1	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (河口)	Danshuei_River_Mo uth_Estuary	淡水河口水 域(河口)	淡水河口水域河 口	新北市	河口亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'37.6"E	25° 10'32.8"N	N	北海岸	N1	洋聲股份有限公司
淡水河口水域 (河口)	Danshuei_River_Mo uth_Estuary	淡水河口水 域(河口)	淡水河口水域河 口	新北市	河口亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'37.6"E	25° 10'32.8"N	N	北海岸	N1	洋聲股份有限公司
淡水河口水域 (紅樹林)	Danshuei_River_Mo uth_Mangroove	淡水河口水 域(紅樹林)	淡水河口水域紅 樹林	新北市	紅樹林潮間帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'00.8"E	25° 09'58.0"N	N	北海岸	N2	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (紅樹林)	Danshuei_River_Mo uth_Mangroove	淡水河口水 域(紅樹林)	淡水河口水域紅 樹林	新北市	紅樹林亞潮帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'00.8"E	25° 09'58.0"N	N	北海岸	N2	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (紅樹林)	Danshuei_River_Mo uth_Mangroove	淡水河口水 域(紅樹林)	淡水河口水域紅 樹林	新北市	紅樹林亞潮帶底 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'00.8"E	25° 09'58.0"N	N	北海岸	N2	國立臺灣海洋大學
淡水河口水域 (紅樹林)	Danshuei_River_Mo uth_Mangroove	淡水河口水 域(紅樹林)	淡水河口水域紅 樹林	新北市	紅樹林亞潮帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'00.8"E	25° 09'58.0"N	N	北海岸	N2	洋聲股份有限公司
淡水河口水域 (紅樹林)	Danshuei_River_Mo uth_Mangroove	淡水河口水 域(紅樹林)	淡水河口水域紅 樹林	新北市	紅樹林亞潮帶底 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 25'00.8"E	25° 09'58.0"N	N	北海岸	N2	洋聲股份有限公司
新北麟山鼻	Linshan_Cape	新北麟山鼻	新北麟山鼻	新北市	藻礁潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 30'34.6"E	25° 17'07.1"N	N	北海岸	N3	國立臺灣海洋大學
新北麟山鼻	Linshan_Cape	新北麟山鼻	新北麟山鼻	新北市	藻礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 30'34.6"E	25° 17'07.1"N	N	北海岸	N3	國立臺灣海洋大學
新北麟山鼻	Linshan_Cape	新北麟山鼻	新北麟山鼻	新北市	藻礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 30'34.6"E	25° 17'07.1"N	N	北海岸	N3	國立臺灣海洋大學
基隆潮境公園	Keelung_Chaojing_P ark	基隆潮境公 園	基隆潮境公園 (八斗子大坪)	基隆市	岩礁潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 48'12.2"E	25° 08'38.8"N	N	北海岸	NE1	國立臺灣海洋大學
基隆潮境公園	Keelung_Chaojing_P ark	基隆潮境公 園	基隆潮境公園 (八斗子大坪)	基隆市	岩礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 48'12.2"E	25° 08'38.8"N	N	北海岸	NE1	國立臺灣海洋大學
基隆潮境公園	Keelung_Chaojing_P ark	基隆潮境公 園	基隆潮境公園 (八斗子大坪)	基隆市	岩礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 48'12.2"E	25° 08'38.8"N	N	北海岸	NE1	國立臺灣海洋大學
新北深澳	Shenao	新北深澳	新北深澳	新北市	岩礁潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 49'27.8"E	25° 08'08.2"N	N	北海岸	NE2	國立臺灣海洋大學

測站名稱*	測站名稱(英)*	測站代號*	測站類別	縣市別	測站描述	計畫名稱*	圖台繪製 用緯度	圖台繪製 用經度	分區編號*	分區名稱*	海域編號*	採樣人員
LocationName	LocationNameEng	LocationID	LocationType	SiteAddress	Habitat	ProjectName	LocationLo ngitude	LocationLat itude	TerritorialW atersSide	TerritorialWater sSideName	Territorial Waters	Surveyor
新北深澳	Shenao	新北深澳	新北深澳	新北市	岩礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 49'27.8"E	25° 08'08.2"N	N	北海岸	NE2	國立臺灣海洋大學
新北深澳	Shenao	新北深澳	新北深澳	新北市	岩礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 49'27.8"E	25° 08'08.2"N	N	北海岸	NE2	國立臺灣海洋大學
新北龍洞	Longdong	新北龍洞	新北龍洞	新北市	岩礁潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 55'01.8"E	25° 07'01.3"N	N	北海岸	NE3	國立臺灣海洋大學
新北龍洞	Longdong	新北龍洞	新北龍洞	新北市	岩礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 55'01.8"E	25° 07'01.3"N	N	北海岸	NE3	國立臺灣海洋大學
新北龍洞	Longdong	新北龍洞	新北龍洞	新北市	岩礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 55'01.8"E	25° 07'01.3"N	N	北海岸	NE3	國立臺灣海洋大學
基隆嶼	Keelung_Island	基隆嶼	基隆嶼S1	基隆市	岩礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 46'55.5"E	25° 11'20.9"N	N	北海岸	S1	國立臺灣海洋大學
基隆嶼	Keelung_Island	基隆嶼	基隆嶼S1	基隆市	岩礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 46'55.5"E	25° 11'20.9"N	N	北海岸	S1	國立臺灣海洋大學
基隆嶼	Keelung_Island	基隆嶼	基隆嶼S2	基隆市	岩礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 46'55.5"E	25° 11'20.9"N	N	北海岸	S2	國立臺灣海洋大學
基隆嶼	Keelung_Island	基隆嶼	基隆嶼S2	基隆市	岩礁亞潮帶底層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 46'55.5"E	25° 11'20.9"N	N	北海岸	S2	國立臺灣海洋大學
花蓮磯崎	Jiqi	花蓮磯崎	花蓮磯崎礫灘	花蓮縣	礫石灘潮間帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 32'58.4"E	23° 42'07.0"N	E	東海岸		國立中山大學
花蓮磯崎	Jiqi	花蓮磯崎	花蓮磯崎沙灘	花蓮縣	沙灘潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 32'58.4"E	23° 42'07.0"N	E	東海岸		國立中山大學
花蓮磯崎	Jiqi	花蓮磯崎	花蓮磯崎加蘭溪 口	花蓮縣	河口潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 32'58.4"E	23° 42'07.0"N	E	東海岸		國立中山大學
花蓮磯崎	Jiqi	花蓮磯崎	花蓮磯崎九孔池	花蓮縣	岩礁潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	121° 32'58.4"E	23° 42'07.0"N	E	東海岸		國立中山大學
臺東阿朗壹	Alangyi	臺東阿朗壹	臺東阿朗壹	臺東縣	礫石灘潮間帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	120° 53'42.4"E	22° 12'28.4"N	E	東海岸		國家海洋研究院
屏東九棚沙溪	Chiupeng	屏東九棚沙 溪	屏東九棚沙溪	屏東縣	沙灘潮間帶表層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	120° 53'26.2"E	22° 06'35.3"N	S	南海岸		國家海洋研究院
屏東南灣1(海草 床)	Nan_Bay_1_Mangro ve	屏東南灣 1(海草床)	屏東南灣海草床	屏東縣	海草床潮間帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	120° 44'55.5"E	21° 57'0.9"N	S	南海岸		國家海洋研究院
屏東南灣2(珊瑚 礁)	Nan_Bay_2_Coral_ Reef	屏東南灣 2(珊瑚礁)	屏東南灣珊瑚礁	屏東縣	珊瑚礁潮間帶表 層	海洋環境DNA資 訊蒐集(I)	120° 45'54.7"E	21° 57'18.7"N	S	南海岸		國家海洋研究院

測站名稱*	測站名稱(英)*	測站代號*	測站類別	縣市別	測站描述	計畫名稱*	圖台繪製用經度	圖台繪製用緯度	分區編號*	分區名稱*	海域編號*	採樣人員
LocationName	LocationNameEng	LocationID	LocationType	SiteAddress	Habitat	ProjectName	LocationLongitude	LocationLatitude	TerritorialWatersSide	TerritorialWatersSideName	TerritorialWaters	Surveyor
屏東後灣	Back_Bay	屏東後灣	屏東後灣	屏東縣	岩礁及珊瑚礁潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°41'47.5"E	22°02'33.3"N	S	南海岸		國家海洋研究院
屏東大鵬灣	Dapeng_Bay	屏東大鵬灣	屏東大鵬灣	屏東縣	沙洲潟湖潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°28'23.2"E	22°26'38.8"N	S	南海岸		國家海洋研究院
臺南七股1(泥灘)	Cigu_1_Mud_Beach	臺南七股1(泥灘)	臺南七股泥灘	臺南市	泥灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°04'34.3"E	23°09'29.2"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
臺南七股2(沙洲潟湖)	Cigu_2_Sand_Bar_And_Lagoon	臺南七股2(沙洲潟湖)	臺南七股沙洲潟湖	臺南市	沙洲潟湖潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°04'21.0"E	23°09'13.0"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
臺南七股3(紅樹林、海草床)	Cigu_3_Mangroove_And_Seagrass	臺南七股3(紅樹林、海草床)	臺南七股紅樹林、海草床	臺南市	紅樹林、海草床潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°05'22.6"E	23°07'06.6"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義好美寮(紅樹林、海草床)	Haomeiliao_Wetland_Mangroove_And_Seagrass	嘉義好美寮(紅樹林、海草床)	嘉義好美寮紅樹林、海草床	嘉義縣	紅樹林、海草床潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°07'55.2"E	23°21'44.3"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義朴子溪口水域1(河口)	Puzih_River_Mouth_1_Estuary	嘉義朴子溪口水域1(河口)	嘉義朴子溪口水域河口	嘉義縣	河口潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°09'53.0"E	23°26'43.3"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義朴子溪口水域2(紅樹林)	Puzih_River_Mouth_2_Mangroove	嘉義朴子溪口水域2(紅樹林)	嘉義朴子溪口水域紅樹林	嘉義縣	紅樹林潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°10'34.7"E	23°27'29.9"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義朴子溪口水域3(海草床)	Puzih_River_Mouth_3_Seagrass	嘉義朴子溪口水域3(海草床)	嘉義朴子溪口水域海草床	嘉義縣	海草床潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°08'48.4"E	23°25'43.8"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義朴子溪口水域4(泥灘)	Puzih_River_Mouth_4_Mud_Beach	嘉義朴子溪口水域4(泥灘)	嘉義朴子溪口水域泥灘	嘉義縣	泥灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°08'53.9"E	23°25'10.4"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
嘉義外傘頂洲	Waisanding_Sand_Island	嘉義外傘頂洲	嘉義外傘頂洲	嘉義縣	沙灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°04'35.4"E	23°29'25.8"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
彰化大肚溪口濕地	Dadu_River_Mouth	彰化大肚溪口濕地	彰化大肚溪口濕地	彰化縣	泥灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°27'47.7"E	24°09'50.4"N	SW	西南海岸		國家海洋研究院
臺中高美濕地	Gaomei_Wetland	臺中高美濕地	臺中高美濕地	臺中市	鹽沼潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°32'43.4"E	24°18'51.5"N	SN	西北海岸		國家海洋研究院
苗栗灣瓦	Wanwa	苗栗灣瓦	苗栗灣瓦	苗栗縣	礫石灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°43'23.5"E	24°36'13.3"N	SN	西北海岸		國家海洋研究院
新竹香山濕地	Siangshan_Wetland	新竹香山濕地	新竹香山濕地	新竹市	泥灘及海草床潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°54'52.2"E	24°46'55.6"N	SN	西北海岸		國家海洋研究院

測站名稱*	測站名稱(英)*	測站代號*	測站類別	縣市別	測站描述	計畫名稱*	圖台繪製 用緯度	圖台繪製 用經度	分區編號*	分區名稱*	海域編號*	採樣人員
LocationName	LocationNameEng	LocationID	LocationType	SiteAddress	Habitat	ProjectName	LocationLongitude	LocationLatitude	TerritorialWatersSide	TerritorialWatersSideName	TerritorialWaters	Surveyor
桃園觀新藻礁	Guamin_Algal_Reef	桃園觀新藻礁	桃園觀新藻礁	桃園市	藻礁潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	121°01'59.2"E	25°01'07.7"N	SN	西北海岸		國家海洋研究院
桃園草深	Caota	桃園草深	桃園草深	桃園市	沙灘潮間帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	121°09'00.1"E	25°04'43.3"N	SN	西北海岸		國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島西北測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP01	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島東北測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP02	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島正東測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP03	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島東南測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP04	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島西南測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP05	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島正西測站	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP06	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島西南方淺水	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP07	國家海洋研究院
南沙太平島	Taiping_Island	南沙太平島	南沙太平島中洲礁	高雄市	珊瑚礁亞潮帶表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	114°21'43.2"E	10°22'53.8"N	TP	南海離島	TP08	國家海洋研究院
離岸風場之苗栗外海	Off_Shore_Of_Miaoli_Wind_Farm	離岸風場之苗栗外海	苗栗離岸風電場(control)	苗栗縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°49'03.0"E	24°42'00.0"N	TS	臺灣海峽	Control	財團法人成大研究發展基金會
離岸風場之苗栗外海	Off_Shore_Of_Miaoli_Wind_Farm	離岸風場之苗栗外海	苗栗離岸風電場(fowi-1)	苗栗縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°49'03.0"E	24°42'00.0"N	TS	臺灣海峽	Fowi1	財團法人成大研究發展基金會
離岸風場之苗栗外海	Off_Shore_Of_Miaoli_Wind_Farm	離岸風場之苗栗外海	苗栗離岸風電場(fowi-2)	苗栗縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°49'03.0"E	24°42'00.0"N	TS	臺灣海峽	Fowi2	財團法人成大研究發展基金會
離岸風場之苗栗外海	Off_Shore_Of_Miaoli_Wind_Farm	離岸風場之苗栗外海	苗栗離岸風電場(fowi-3)	苗栗縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	120°49'03.0"E	24°42'00.0"N	TS	臺灣海峽	Fowi3	財團法人成大研究發展基金會
彰化離岸風電場	Changhua_Wind_Farm	彰化離岸風電場	彰化離岸風電場-1	彰化縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	E 120°16'37.68"	N 24°02'55.80"	TS	臺灣海峽	CH-1	財團法人成大研究發展基金會
彰化離岸風電場	Changhua_Wind_Farm	彰化離岸風電場	彰化離岸風電場-2	彰化縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	E 120°16'22.62"	N 24°00'03.44"	TS	臺灣海峽	CH-2	財團法人成大研究發展基金會
雲林離岸風電場	Yunlin_Wind_Farm	雲林離岸風電場	雲林離岸風電場-1	雲林縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	E 120°03'56.17"	N 23°40'46.76"	TS	臺灣海峽	YL-1	財團法人成大研究發展基金會
雲林離岸風電場	Yunlin_Wind_Farm	雲林離岸風電場	雲林離岸風電場-2	雲林縣	大陸棚表層	海洋環境DNA資訊蒐集(I)	E 120°03'25.52"	N 23°35'46.30"	TS	臺灣海峽	YL-2	財團法人成大研究發展基金會

附錄二、以 18S 基因序列發現之北部及東北部海域
不同季次環境 DNA 真核生物科層級數

phylum	202303 第一季次	202305 第二季次	二季次總和
Amoebozoa	1	1	1
Annelida	25	14	27
Apicomplexa	11	8	15
Arthropoda	33	44	61
Ascomycota	41	15	44
Bacillariophyta	30	33	34
Basidiomycota	14	10	19
Blastocladiomycota	2	1	2
Bryozoa	4	8	11
Cercozoa	11	7	13
Chlorophyta	26	15	27
Chordata	9	8	12
Chytridiomycota	5	2	5
Ciliophora	35	34	49
Cnidaria	12	30	35
Ctenophora	0	6	4
Discosea	3	1	3
Echinodermata	1	0	1
Endomyxa	5	4	5
Euglenozoa	3	1	4
Evosea	1	1	1
Gastrotricha	2	0	2
Haptophyta	3	3	3
Mollusca	25	26	41
Mucoromycota	3	2	4
Nematoda	7	2	8
Nemertea	1	2	2
Oomycota	6	1	7
Orthonectida	1	1	1
Perkinsozoa	1	0	1
Picozoa	1	0	1
Platyhelminthes	4	6	9
Porifera	16	24	29
Preaxostyla	1	1	1
Rhodophyta	12	9	17
Rotifera	3	2	4
Streptophyta	16	10	19
Tardigrada	1	0	1
Xenacoelomorpha	1	1	1
Zoopagomycota	1	1	2
Total family	377	334	526
Total phylum	39	35	40

附錄三、國海院發布「全海域基礎生態調查環境 DNA 資料集」納入 NODASS 平台新聞稿

海洋基因檢測新突破！國海院發布「全海域基礎生態調查環境 DNA」資料集 納入 NODASS 平台

國家海洋研究院推出「全海域基礎生態調查環境 DNA」資料集，即日起發布於國家海洋資料庫及共享平台(NODASS)，是國內在海洋研究領域的一里程碑。透過應用環境 DNA 技術，該院成功蒐集了臺灣全海域超過 100 個測站的海洋環境 DNA 基因檢測資訊，分析產出微生物、真核生物和魚類等三大生物類群的種類組成。

環境 DNA (environmental DNA)，又稱為 eDNA，是指生物遺留到環境中的 DNA，來源可能是自然脫落的皮屑或鱗片，這項技術可讓科學家在避免過度干擾自然生態下，從一杯海水即可獲得從微生物到大型海洋動物，甚至是有躲藏習性的生物基因序列，進而推估曾存在於環境中的生物物種。這將有助於科學家深入探討海洋物種的豐富度、多樣性和分布情況，可應用於偵測外來種等關注生物的蹤跡，同時促進對海洋資源的有效管理與保護。

在 NODASS 平台上，國海院發布了「全海域基礎生態調查環境 DNA」資料集，方便使用者根據調查時空、計畫名稱、生物名稱等多種條件於地理圖台上進行搜尋，歡迎海洋生物多樣性領域的研究學者或有興趣的民眾瀏覽使用。

此外，國海院還提供更多進階資訊，包括歷年環境 DNA 調查計畫成果、物種組成圖、序列比對等。該院海洋生態及保育研究中心沈康寧研究員表示，目前建立的「臺灣魚類 12S 序列資料庫」已累計 2,584 種魚類，有興趣的學者可至環境 DNA 搜尋平台進行序列比對，同時也提供了個別魚種的 12S 序列可下載。112 年起該院海洋生態及保育研究中心由陳宜暄助理研究員等人執行「海洋環境 DNA 資訊蒐集計畫」，資

料集將持續更新，為臺灣海域的環境 DNA 調查提供更全面的資訊。

陳建宏院長表示，在 112 至 115 年進行的全海域基礎調查包含水文、地形底質和生態調查等多項工作，所有這些寶貴的海洋資料將被整合到我們的 NODASS 平台，為海洋科學的進階應用提供強大的基礎，符合我們長期、應用和全面的開放政府資料政策。



圖 1：海水中的各種海洋生物環境 DNA 示意圖

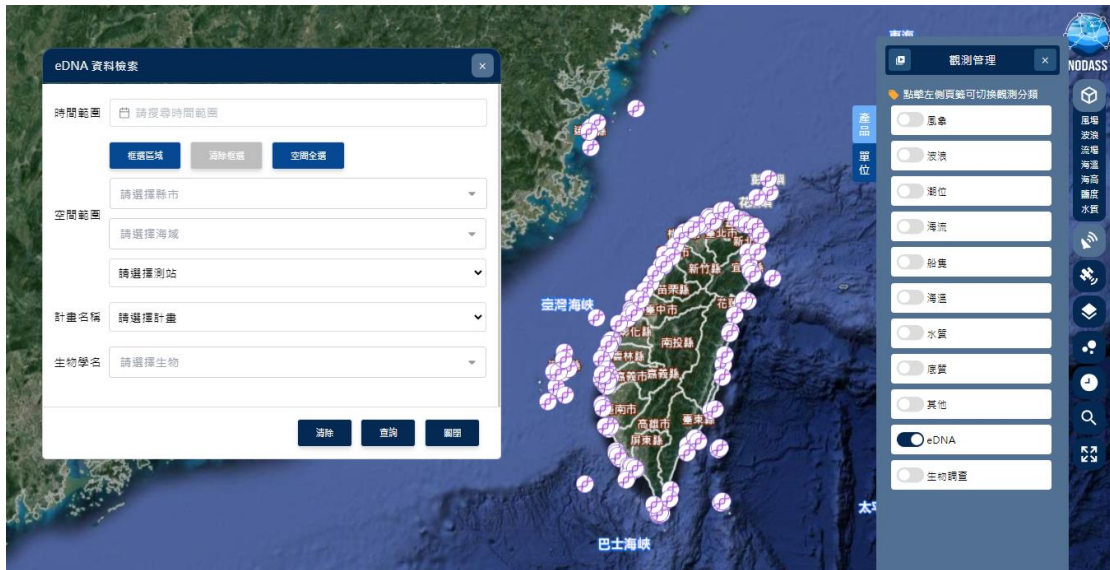


圖 2：全海域基礎生態調查環境 DNA 資料集顯示超過 100 個測站點位資料



圖 3：109 年 9 月北方三島訪查首次以環境 DNA 調查所發現彭佳嶼 92 種魚類

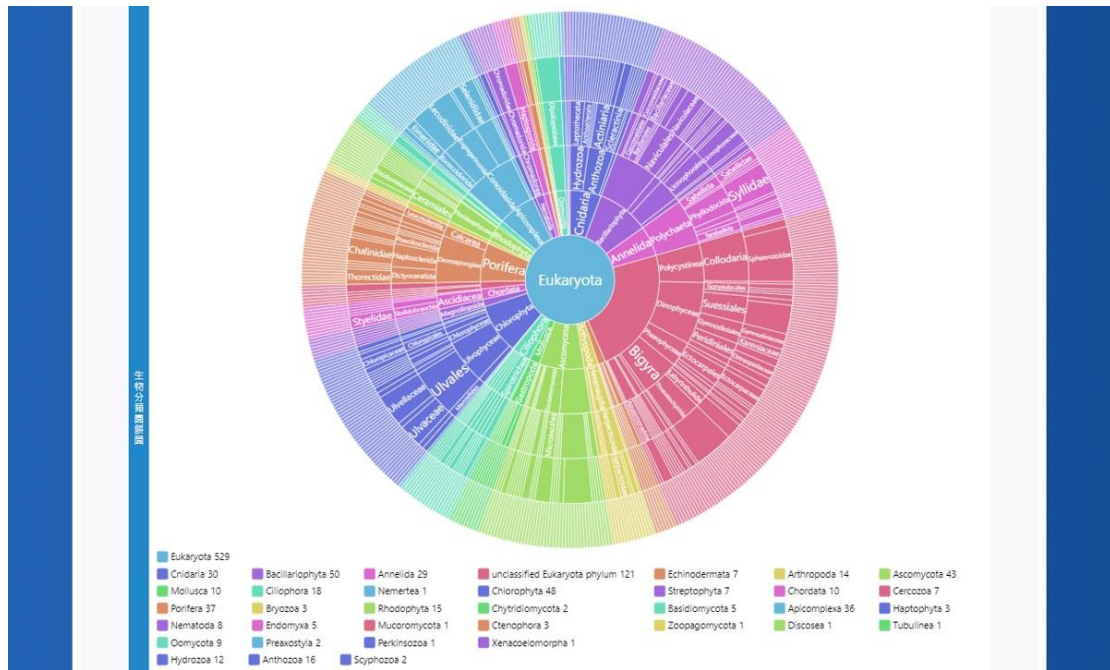


圖 4：112 年 3 月屏東後灣海水環境 DNA 調查所得生物組成



圖 5：礫石生態系環境 DNA 海水樣本採集



圖 6：河口生態系量測環境因子

參考資料

- 林幸助(2019) 108 年海草床生態系調查計畫。海洋委員會海洋保育署。
邵廣昭 (2024 年 2 月 29 日)。臺灣魚類資料庫〔網路電子版〕。
<http://fishdb.sinica.edu.tw>
- 陳宜暄、沈康寧、張至維(2022) 111 年度南沙太平島周邊海域環境
DNA 資訊蒐集研究。國家海洋研究院。
- 陳義雄、鄭明修、陳天任、孟培傑、張睿昇(2023) 112 年度臺灣北部
及東北部岸際生態資源調查。國家海洋研究院。
- 國家海洋研究院 (2024) 國家海洋資料庫及共享平台。
<https://nodass.namr.gov.tw/> [2024-03-02]。
- Callahan, B. J., McMurdie, P. J., Rosen, M. J., Han, A. W., Johnson, A. J.
A., & Holmes, S. P. (2016). DADA2: High-resolution sample
inference from Illumina amplicon data. *Nature methods*, 13(7), 581-
583.
- Caporaso, J. G., Kuczynski, J., Stombaugh, J., Bittinger, K., Bushman, F.
D., Costello, E. K., ... & Knight, R. (2010). QIIME allows analysis of
high-throughput community sequencing data. *Nature methods*, 7(5),
335-336.
- DiBattista, J. D., Reimer, J. D., Stat, M., Masucci, G. D., Biondi, P., De
Brauwer, M., ... & Bunce, M. (2020). Environmental DNA can act as
a biodiversity barometer of anthropogenic pressures in coastal
ecosystems. *Scientific reports*, 10(1), 1-15.
- Miya, M., Sato, Y., Fukunaga, T., Sado, T., Poulsen, J. Y., Sato, K.,
Minamoto, T., Yamamoto, S., Yamanaka, H., Araki, H., Kondoh, M.
& 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(7),
150088.
- Oka, S. I., Doi, H., Miyamoto, K., Hanahara, N., Sado, T., & Miya, M.
(2021). Environmental DNA metabarcoding for biodiversity
monitoring of a highly diverse tropical fish community in a coral reef

lagoon: Estimation of species richness and detection of habitat segregation. *Environmental DNA*, 3(1), 55-69.

Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies J., & Glöckner, F. O. (2012). The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic acids research*, 41(D1), D590-D596.

Sato, Y., Miya, M., Fukunaga, T., Sado, T., & 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(6), 1553-1555.

Yilmaz, P., Parfrey, L. W., Yarza, P., Gerken, J., Pruesse, E., Quast, C., Schweer T., Peplies J., Ludwig W., Glöckner, F. O. (2014). The SILVA and “all-species living tree project (LTP)” taxonomic frameworks. *Nucleic acids research*, 42(D1), D643-D648.