

海水營養鹽採樣暨測定工作坊的實體、直播及線上課程

嚴國維、黃謙
水產試驗所海洋漁業組

前言

測定海水中營養鹽濃度，可以了解海洋漁場環境狀況，預測魚類資源變化，並制定相應管理策略。為了強化我國學者在營養鹽分析上的專業職能，農業部水產試驗所於2024年5月31日舉辦了「海水營養鹽採樣暨測定工作坊」。此次工作坊吸引了眾多專家學者參與，透過分享技術與研究成果，提升營養鹽測定的準確度與效率。工作坊由水產試驗所與中央研究院環境變遷研究中心核心實驗室共同籌劃數月，特別感謝國家科學及技術委員會自然科學及永續研究發展處陳佩芬小姐的協助，使全國海洋化學專家齊聚一堂，促成了這次寶貴的交流機會。活動當日上午，來自全臺各地的近40名專家學者陸續到場，另有約31位線上參與學員，為活動種下圓滿成功的種子。

海水營養鹽分析的重要性

中央研究院環境變遷研究中心何東垣研究員為本工作坊帶來第一個課程，題為「海水營養鹽分析的重要性」（圖1）。何研究員在講座中詳細闡述營養鹽的關鍵影響及營養鹽變化如何反映海洋環境之動態變化。他介紹



圖1 何東垣研究員介紹不同營養鹽對海洋環境的影響

營養鹽在生物地球化學循環中的作用，強調氮、磷及矽等元素在海洋生態系統中的關鍵性。何研究員表示，營養鹽濃度和分布不僅影響浮游植物的初級生產力，還對海洋食物網和碳循環有重要影響。特別是海洋作為全球碳循環的重要組成部分，當浮游植物光合作用過程吸收二氧化碳，將其轉化為有機碳並沉降到海底，營養鹽變化會影響這一過程，進而影響全球碳循環和氣候變化。此外，營養鹽濃度變化也可以反映環境變化，例如河流輸入、氣候變遷和人類活動等。通過長期監測營養鹽濃度，可以了解這些因素對海洋生態系統的影響，提供科學依據，支持環境保護和漁業政策制定。

營養鹽量測技術

在接續的課程裡，何東垣研究員進一步

介紹營養鹽量測標準操作流程，包括樣品採集、保存和分析方法。他強調採樣過程中的注意事項，例如如何避免樣品的污染和變質，確保測定結果的準確性和可靠性。營養鹽分析的第一步是正確採集海水樣品，常用的採樣設備包括溫鹽深儀 (CTD) 之傳感器和採水瓶。CTD 設備可以測量海水的基本物理參數，如溫度、鹽度和壓力等海洋環境參數，同時配備的採水瓶可以在不同深度採集水樣。這些水樣將被用於後續的營養鹽分析。為了確保數據的準確性，採樣過程中需要避免樣品的污染，並在現場進行基本處理，如過濾和冷凍保存。何研究員也說明了在實驗室中常見的營養鹽分析方法，包括傳統分光光度法、流動注射分析 (FIA) 和順序注射分析 (SIA) 等，及分析這些方法各有優勢，詳如表 1 所示。

表 1 傳統分光光度法、FIA 和 SIA 之原理、特點及優缺點

分析技術	傳統分光光度法	FIA	SIA
原理	測量溶液對特定波長光的吸收	樣品和試劑依設定規則注入及分析	電腦控制，精確控流和混合樣品試劑
技術比較	傳統	延續傳統、自動引流	新增電腦控制
優點	操作簡單	適合大批樣本，高效率、高精度	試劑消耗少，維護成本較低，人性化
缺點	效率較低	需技術人員維護	設備成本高

參加者在聆聽完上午的兩堂課程後，接著進入午間休息與交流活動時間。在此期間，學者和專家們有機會進行面對面交流，

分享他們在營養鹽測定方面的經驗和見解。這種交流不僅有助於增進彼此之間的了解，還能促進合作，為未來的研究奠定基礎。

現場自動觀測技術講座

下午的講座由國家海洋研究院海洋科學及資訊研究中心王博賢副研究員主講，題為「現場自動觀測技術」。王副研究員現場介紹自動觀測技術在海洋科學研究和環境監測中具有重要地位 (圖 2)。隨著社會對海洋資源和環境保護需求的增加，人力資源有限的情况下，自動化技術成為彌補人力不足的關鍵。這些技術不僅提高了觀測效率，還能長期、實時地收集海洋數據，減少人力需求並提供高精度數據。現場自動觀測技術的需求主要來自社會、實務、技術和效能等方面。社會方面，人力短缺需要自動化技術來彌補；實務方面，傳統觀測方法無法滿足大規模、長期連續觀測需求；技術方面，現代化儀器和數據處理技術的進步提供了實現自動化觀測的可能；效能方面，智慧治理需要高效數據收集和分析手段以支持決策和管理。王副研究員指出，由於人力資源有限和海洋



圖 2 王博賢副研究員為聽眾帶來現場自動化觀測儀器及技術之解說

環境監測需求的增加，自動化技術在海洋監測中的應用越來越重要。他詳細解釋了現場自動觀測系統的組成部分，包括科學儀器、數據傳輸系統和電力供應系統等。王副研究員展示了一些具體的自動觀測設備，如 Argo 浮標和自動水質監測站，這些設備可以長期在海洋中運行，實時收集和傳輸數據。他強調了這些技術在提升監測效率和數據質量方面的優勢，並分享了一些成功的應用案例，如在颱風期間利用自動觀測系統進行即時監測和預警的經驗。

現場自動觀測技術由幾個主要組成部分構成，包括溫鹽深傳感器、溶解氧傳感器、營養鹽傳感器等科儀單元，浮子、錨繫和錨碇系統等載體單元，電池和太陽能電池等電力單元，無線電和衛星通信等通訊單元，以及保護觀測儀器免受生物汙損、腐蝕和機械損壞的防護單元。常見設備如 Argo 浮標和錨碇浮標能長期監測海洋溫度、鹽度、深度和水質等參數，自動營養鹽監測設備則專門測量海水中的硝酸鹽和磷酸鹽濃度。這些技術優勢包括提高觀測效率、降低成本和風險、提高數據準確性和擴大觀測範圍。然而，自動觀測儀器在某些情況下可能無法達到人工觀測的精度，通信系統在惡劣環境下可能不穩定，儀器的電力供應可能限制其長期運行，且海洋生物可能附著在儀器上影響其正常運行。這些技術廣泛應用於海洋環境監測、氣候研究和漁業管理，能長期監測海洋環境參數，評估環境變化趨勢，支持氣候模型和預測，並監測漁場環境，提供科學依據，支持永續漁業管理。隨著技術的進一步發展，其應用將更加廣泛和深入。

營養鹽採樣注意事項

在現場實作開始前，中央研究院環境變遷研究中心的盧美臻研究助理進行「營養鹽採樣注意事項」的講座。她從實驗室和現場兩個角度詳細講解營養鹽採樣的各種注意事項。在實驗室方面，樣品的處理流程，包括過濾、冷凍和保存等步驟，在操作過程中避免樣品汙染和變質的重要性。她還展示了如何使用透明 PP 瓶和液態氮進行樣品保存，確保樣品的穩定性。在現場操作方面，盧研究助理講解甲板上過濾法和現場自動採樣設備的使用方法，並分享實際操作中的小技巧，例如如何在惡劣天氣條件下進行安全的樣品採集。

隨後，工作坊進入了現場實作環節。學員登上試驗船，在中央研究院環境變遷研究中心的呂佳蓉博士的指導下，進行營養鹽採樣的實際操作（圖 3）。呂博士詳細說明在海上進行營養鹽採樣的步驟和注意事項，並演示如何使用專業設備進行樣品採集和處理。國立臺灣大學海洋研究所謝玉德老師也即興分享其採樣經驗。在實作過程中，吳玥慶和張舜凱兩位助教協助參加者進行操作，確保每個人都能掌握操作技巧。



圖 3 在研究船水試一號上，呂佳蓉博士親自示範海水採樣流程

實驗室操作示範

本次工作坊的壓軸由盧美臻研究助理進行「營養鹽實驗室分析暨操作」的實際操作示範(圖4)。學員在她的指導下,親自體驗營養鹽分析的整個過程。她詳細介紹各種設備的使用方法,例如如何正確使用微量天平、磁力攪拌器和分光光度計等,並演示樣品的預處理和分析步驟。盧研究助理還強調每一步操作中的關鍵點,例如如何準確配製標準溶液和校正儀器,確保測定結果的準確性和重現性。學員在實際操作中學到了許多實用的技巧,並在課後與盧研究助理進行深入討論,解決他們在操作中遇到的疑問。



圖4 在實作課程中,盧美臻研究助理親自示範實驗分析技巧及應注意事項

結語

本工作坊許多營養鹽研究方法和技術由國立臺灣大學海洋研究所特聘教授白書禎老師所發展。白老師是享譽國際海洋化學領域的傑出研究人員,自1981年回國任教以來,42年來持續專注於海洋化學研究,涉獵範疇包括探索臺灣四周海域的環境現象,創建高鹽基質樣本中的濃縮與分離理論,並在測定海水中超微量元素及營養鹽成分的分析方法

方面創造許多非凡成就。在國立臺灣大學多次挽留而數度延後退休後,終於在2024年2月1日正式退休。而他最近的一項突破性研究《Determination of Nitrate in Natural Waters by Vanadium Reduction and the Griess Assay: Reassessment and Optimization》,發表在ACS ES&T Water 期刊上,重新評估並優化測定天然水體中硝酸鹽的量測,提供一個更精確、簡單且高效之方法,此方法也在本工作坊中教給各位學員。

本工作坊不僅提高參加者對營養鹽分析技術的理解和應用,也促進學者之間的交流與合作,為未來的研究奠定了堅實的基礎。為了讓更多學者和專家能夠受益,活動不僅現場透過直播進行同步授課,所有課程也都經由剪輯,製作成線上課程,並上傳至YouTube【<https://youtu.be/Em2yQjW5x0w?si=e2dtMNVwXJu67eUJ>】,供有興趣的學者和研究人員隨時學習(圖5)。透過這次活動,我們看到了營養鹽分析技術在海洋科學中的巨大潛力,期待未來有更多的突破和發展,為保護海洋生態環境和永續漁業發展貢獻力量。



圖5 工作坊透過本所所臉書粉絲專頁進行直播,會後也可在粉專及 Youtube 上重複收看