



教育部2019年海洋教育推手獎—團體獎—財團法人海洋公民基金會

財團法人海洋公民基金會

跨過十年，海洋公民邀您結伴一同乘浪前行

自2014年創立至今，海洋公民已走過十個年頭。十年之間，足以讓一個孩子從呱呱墜地，進到校園開啟視野，海洋公民也是如此，從一開始的辛苦經營至今，海洋公民已長成一支深耕在地的團隊，為了澎湖與海洋持續努力。

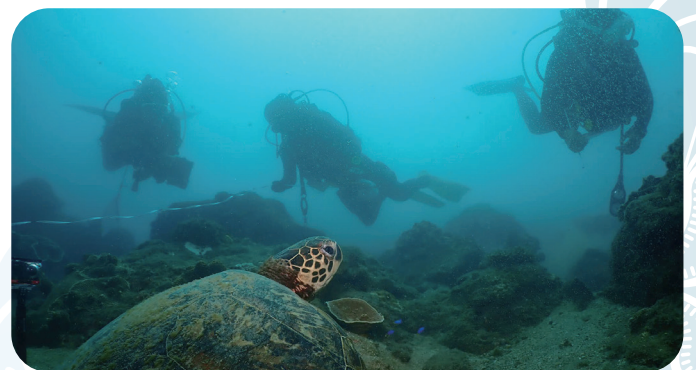
散落於臺灣海峽的澎湖群島，具有多樣的地形與自然生態，珊瑚礁、玄武岩是澎湖的基底，東北季風與洋流分別帶來候鳥、土魷與小管，西邊的臺灣淺灘由於地形平緩，成為眾多海洋生物的棲地；更值得一提的是，臺灣—澎湖正位處於全球海洋生物多樣性最高的「珊瑚大三角」北端頂點，珊瑚礁生態系生養無數珊瑚礁魚種，因而形塑澎湖為「海鮮王國」的印象。在澎湖縣內，就擁有望安的綠蠵龜產卵棲地保護區、貓嶼海鳥保護區、玄武岩自然保留區、地質特別景觀、南方四島國家公園、菜園重要濕地與青螺重要濕地等海洋保護區。澎湖人猶如位處寶山之上，欣賞者有之、習慣者有之、認同有之、擷取者有之。寶山的存在自然吸引人去挖掘，但我們能不能合理利用、令這個寶藏能為萬代所擁有，則是我們要思考的課題。

海洋公民基金會雖從反賭而生，真正關注的卻是澎湖環境的永續。坐擁豐富生態的澎湖，其天然美景不遜於馬爾地夫、大堡礁等知名旅遊勝地。除了珊瑚，澎湖還有臺灣第二大的海草床，有二棘鬚、燕鷗、海龜與多種鯨豚棲身於身旁海域，並有豐富多樣的地質景貌及歷史人文等待我們發揚光大。德國建築大師凡德羅（Ludwig van der Rohe）曾說：「少即是多（Less is More.）」。當人類的足跡已踏遍這個地球的每一片土地，刻意更動自然樣貌後，

維持自然反將成為新主流。人類由掠奪式的使用自然資源漸漸走向現代的強調永續，這不僅是由於少數菁英的反省，更是不得不然的結果。近百年來，人類已發現自己無法脫離自然而生存，無論是農林漁牧業，都需要健康、均衡的自然環境支持，否則遲早坐吃山空；即使是工商、高科技業，也無法脫離乾淨的水源、永續的原料來源與身心健全的勞動力，而一個崩潰的自然環境，又怎麼奢求有健康的人民苟活其中？



▲ 南方四島珊瑚礁。



▲ 與海龜相遇。

既然我們都身處其中，那就一起來讓環境、讓海洋變得更美麗吧！無論是學者、政府

官員、商業人士或社會大眾，男女老少如你我，只要我們還棲身於此，都能做一件事讓海洋變得更好，無論是少丟一個垃圾、潛進海底種珊瑚，或只是分享一篇介紹生態的圖文給孩子，每一件小事都有機會激起更多漣漪，帶來更多認同守護海洋的海洋公民。因此，海洋公民基金會從淨海淨灘、珊瑚復育到偏鄉環境教育，努力串連各方資源，只為引動更多人的參與。

跨過十年，海洋公民基金會期待未來能成為更多海洋公民認識、學習及愛上海洋的平臺，藉由舉辦海洋永續講座、公民討論、海洋志工參與、推廣生態旅遊等方式拉近社會大眾與海洋的距離，期待有更多有志一同的個人、團體、企業夥伴，讓我們一起思考，在永續發展的浪潮下，如何乘著浪頭跨過廣袤的海，創造未來的海洋產業。



▲ 珊瑚礁體檢志工。



▲ 環境教育親海遊程。

第六屆教育部海洋教育推手獎 獲獎名錄



第六屆教育部「海洋教育推手獎」計有「團體獎」4名、「個人獎」5名、「地方政府獎」6名，以及「課程教學團隊獎」7名，獲獎者涵蓋財團法人、民間團體、政府機關，以及各級學校的師長，分布在不同角落的海洋教育推手，以在地作為根基，串連特色與情感，把海洋帶入日常風景。透過這些生動而具溫度的行動，既鼓勵民眾走向海洋，也提升社會對海洋資源永續的關注。

★獲獎名錄：

<https://tmecontou.edu.tw/p/412-1016-13439.php?Lang=zh-tw>



致同行者：為後代積累「不必焦慮」的幸福

基隆市中山區港西國民小學 曾勝鴻 教師

教育執行者的凝視

文學讓我們省思，數據讓我們警醒。身為島國的子民，我們不僅是時間的旅人，更是海洋的同行者。

站在島嶼的門楣，我所見的並非疆域的盡頭，而是一片文明的濫觴。然而，輪到我們這一代，身為海洋教育的執行者——我們這些既熟悉海洋恩惠、更深知其生態極限的夥伴，正承接著一種深沉的、科學的語言——那來自海洋的迫切警訊。

一個教育者的平衡課題

身為受海洋恩惠數十年的勝鴻，著實受到海洋教育前行者的影響，進而加入海洋教育者的行列中，我必須指出一個冷峻的事實：海洋的物理與化學性質正在改變。我們過去習慣稱頌的「豐饒」，是海洋生態系億萬年積累的「資產」；而我們近百年的行為，則是一種近乎恐慌的「消費」。我們以為海洋的慷慨是無限的提款機；殊不知她更像一間嚴謹的銀行。這就帶到了我們的第一個核心課題：我們必須從即時的「消費」，轉向永續的「儲蓄與平衡」。

為海洋留下孳息的本金

在科學上，這叫「生態承载力」與「資源管理」。但用文學的語言來說，這是一種對待「生命總帳」的倫理，一種決定我們是否能在「生態信用」上保持平衡的態度。我們不能再做揮霍的敗家子，必須學會做一個有遠見的理財者。當我們捕撈時，是否想過留下「本金」讓魚群得以孳息？當我們排放時，是否計算過海洋這家銀行處理「廢料」（如塑膠、廢水）的「手續費」？

教育的焦慮

「儲蓄」意味著克制，而「平衡」則是一種動態的智慧。這不僅是技術問題，更是教育的核心——教育我們的下一代，如何從海洋的索取者，轉變為海洋的合夥人。然而，談及教

育與改變，總會伴隨焦慮。我們面臨的挑戰如此巨大——氣候變遷、海洋酸化、生態枯竭，每一件都是「天大的事」。

今日的陣痛，明日的坦途

在這裡，我想引入文學家王鼎鈞，或者說是一個史學家對時間的理解：「時間能使前代天大的事，到後代無足輕重。」這句話有兩層涵義，一層是警惕，一層是安慰。警惕的是，如果我們失敗了，我們現在所珍視的「天大的事」——那些美麗的珊瑚礁、那些洄游的魚群——對我們的後代而言，將變得「無足輕重」，因為他們從未擁有過，只存在於教科書的蒼白描述中；他們將活在一個貧瘠的現實裡，無法理解我們為何為此哀嘆。而安慰的是，我們現在認為「天大」的阻礙——例如轉型帶來的經濟陣痛、改變生活方式的不便——在未來回望時，若我們做對了選擇，這些都將「無足輕重」；後代會輕易地越過我們爭論不休的門檻，視永續為理所當然。



▲ 閱讀一片海。



▲ 我們留下的，我們撿起；海洋教育的現場。

科學、文學與教育的共同語言：耐煩

時間是殘酷的淘洗者，它終將篩掉我們短視的焦慮，只留下我們是否為存續付出了真正的努力。海洋教育，就是在與時間賽跑，為未來世代保留那些「真正天大的事」，一個健康的生態系統。

這場賽跑，靠的不是百米衝刺的激情，而是馬拉松的耐力。這引出了我們作為教育者與實踐者的最終修養；做事要耐煩，做好事尤其如此。科學研究，需要耐煩。一條生態廊道的恢復，需要數十年的監測與等待。海洋的酸化逆轉，更是跨世紀的工程。科學不相信奇蹟，只相信積累。文學的感悟，亦需要耐煩。我們無法期待一篇報導、一堂課，就能立刻扭轉社會的慣性。教育，尤其如此。教育是「人」的工作，而人心的轉變是最緩慢、也最深刻的化學反應。我們這些「海洋教育的同行者」，是在做最根本的「儲蓄」工作——在孩子的存下對海洋的敬畏、好奇與責任感。這筆「存款」不會立竿見影，但它會在未來的某個關鍵時刻，成為支撐文明作出正確抉擇的「信用」。

我們耐煩，只為後代的「不必焦慮」

好事多磨，因為「好」的定義：是經得起時間的考驗。我們今日在海洋教育上的每一分「耐煩」，都是在為後代積累「無足輕重」的幸福——那種他們不必再為「是否有乾淨的海洋」而焦慮的幸福。身為同行者，我們不孤單。望向那片深藍，她既是我們科學的考場，也是我們文學的靈感，更是我們教育的終極關懷。讓我們耐著煩，一步一步，走穩這條通往平衡與永續的漫長航道。



▲ 在微物中，點亮未來；從指尖開始的海洋。

海洋藝廊



第三屆海洋詩徵選比賽得獎作品

特優

《窺海者》

黃馨翊

中原大學會計學系

一年級



和天際線交會在海平面的最尾端
輪船深沉的低鳴逐漸霸佔了這蔚藍的平台
盤旋的海鳥 邁開雙翼在海面上翱翔
等待著人們給予的恩惠 漫無目的
抑或是向著下個目的地啟程
無人能看清漸行漸遠的鳥兒
更無人能看清
海的另一端奮力招手的人們

海浪 週而復始地拍打著沙岸
白皚皚的浪花散落在海岸線的角落
展翅的鳥兒 行駛的渡輪 濺起的浪花
不斷的輪迴 週而復始 不論季節的更迭
矗立於岸上的微小模型 仍舊眺望著遠方
凝視著細長而無止盡的線
思索著這片汪洋的終點

鹹澀的海風拂掃在廣闊的沙灘上
微量的氯化鈉不疾不徐的腐蝕著
緩慢的令人不自知也無從得知
可時間的步履卻無情的奮力奔跑著
一條 兩條 無數條的刮痕
猶如他未曾停下腳步的證據
傷痕累累的眺望者也無力回天

日復一日年復一年
傷疤肉眼可見的暈染開來
凹凸不平的觸感有目共睹
被束縛的人偶卻也無可奈何
只能縱容著如罪犯被鞭笞的印記烙印在身
忍受不堪 矗立於此
凝視著撲朔迷離的將來
縱使
鹹澀的海風拂掃在廣闊的沙灘上

一雙窺視的雙眼
歷經了紅塵的洗禮、消磨和喧鬧
我闔上乾涸的雙眸 稍作休憩
不自覺滴落的眼淚挾帶著風沙
融入在廣闊蒼茫的深海中
再次睜開眼 無邊無際的滄海
又一次的映入了
我那
一雙窺視的雙眼

海生百科



忍者小章的求愛大作戰

國立海洋生物博物館科學教育組 陳勇輝 榮譽研究員

在潮間帶的岩礁縫隙裡，住著一隻身手矯健的忍者——雄性藍紋章魚小章。別看牠身形玲瓏小巧，一身黃色「西裝」低調又精緻，一旦情緒興奮時，身上的藍色花紋就會像霓虹燈一樣閃閃發亮、迷人又耀眼。

小章可是個狩獵高手，專門埋伏在石縫裡，等著傻乎乎的螃蟹和蝦子路過。「嘿，獵物上門了！」小章迅速撲上去，一口咬住對方並釋放麻痺液，讓獵物瞬間麻痺，動彈不得。然後，優雅地把大餐送進嘴裡，彷彿在品味一道精緻的法國料理。

但小章的毒素可不只是用來捕食，還能用來防禦天敵呢！只要有掠食者靠近，牠的皮膚就會分泌麻痺素，讓敵人望之色變，趕緊落跑。而且放一次麻痺素能維持三天，任何敵人都難以靠近。可以說，小章不但是忍者，還是個癱瘓高手！

藍紋章魚的戀愛難題



這天，小章站在洞口看著遠方游過來的小花，一隻體型是牠三倍大的雌性藍紋章魚。

小章心裡癢癢的：「好想告白喔……可是，小花那麼大隻，會不會一個不小心，把我當點心吞了？」藍紋章魚的麻痺素比氰化鉀還強1,000倍，目測小花比自己大三倍，要是被她咬上一口，恐怕比吞了海膽還難受！

小章思來想去，不禁想起昆蟲界的恐怖故事：螳螂界的「黑寡婦」們會在交配完後把雄性當營養補給品吃掉！其實章魚家族的傳統也不遑多讓，雄性在交配後，往往會變成女方的「一道盛宴」……光是想到這裡，小章就不寒而慄，差點抱著自己的八隻手臂哭出來。

「不行，我還沒活夠，還不想變成小花的晚餐！」

老章的神祕建議



正當小章煩惱時，家族長輩老章來了。這位德高望重的藍紋章魚曾經談過無數次戀愛而且活下來了，絕對是戀愛顧問的不二人選。

小章趕緊把自己的煩惱說出來。沒想到，老章哈哈大笑：「哈哈！這不是什麼大問題，用你的秘密武器啊！」

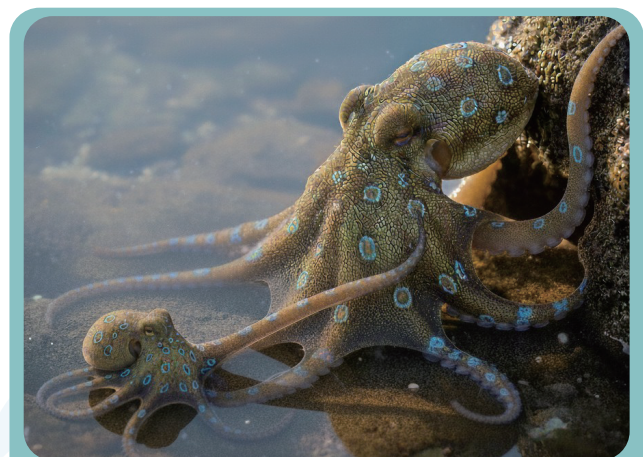
「什麼!?秘密武器？」小章睜大眼睛，「難道是……鮮花？螃蟹晚餐？還是高級珊瑚戒指？」

老章神秘地搖搖頭：「不不不，是你的麻痺素。」

「什麼!?你要我咬她？這是求婚，還是暗殺?!」小章聽了差點暈倒。

老章耐心解釋：「別緊張，雌性藍紋章魚對我們的麻痺素有特殊的耐受力，最多只是麻痺一下，不會死的。我當年追求你章孀孀時，也是這麼成功的！」

小章半信半疑，但似乎別無選擇……



▲ 雄性藍環章魚害怕被吃掉，會先將雌性個體暫時麻痺之後，再進行交配 (AI生成示意圖)。



求愛大作戰



幾天後，小章躲在岩石後等待小花的出現。當小花游過來時，牠鼓起勇氣，開始用華麗的變色舞蹈展現自己的魅力，像個海底的迪斯科舞王。

小花皺起眉頭：「這傢伙怎麼了？發燒？還是吃錯東西了？」

見小花注意到自己，小章知道時機到了！牠深吸一口氣，閉上眼睛，小心翼翼地接近，然後迅雷不及掩耳地咬了小花一口！

「哎喲！你幹嘛？」小花嚇了一跳，還沒反應過來就感覺身體一陣酥麻，無力地癱在礁岩上。

小章也嚇得不輕，趕緊確認小花還活著：「呼.....還好只是暫時性麻痺，又沒毒死她！」趁著這個時候，小章快速伸出特化手臂，把精子莢送進小花體內完成傳宗接代的使命，然後拔腿就跑得遠遠地躲起來，深怕小花醒來後暴怒，把牠捉來當成晚餐饗宴。

過了一會兒，小花緩緩甦醒，揉了揉頭，一臉懵然：「剛剛發生什麼事？好像.....小章咬了我一口？」

幾週後，小花發現自己懷孕了！她把卵產在岩石上，細心、耐心地照顧著。遠方的小章看到這一幕終於放下心來，揮舞著手臂，開心地閃爍著藍色花紋，像是在對小花打招呼：「嗨！親愛的，我們的寶寶要出生了！」

這場驚險又搞笑的求愛行動，終於成功了！



向海洋學習：從鮪魚到海龜的仿生工程革命

國防大學理工學院 賴渝翔 副教授

前言

在工業與科研領域，對水下機器人的需求日益殷切。海洋覆蓋地球表面約70%，蘊藏豐富資源，無論是環境監測、海洋探勘、國防巡邏或水下救援，都需要長時間、高效率且高機動的水下載具。傳統螺旋槳推進的潛水器雖然成熟，卻存在能耗高、噪音大、在複雜環境中操縱受限等問題。相形之下，魚類經過億萬年的演化，已發展出低噪音、高效率且靈活敏捷的游泳機制。例如，1936年Gray的研究就指出，海豚高速游泳時耗能遠低於同等尺寸剛體在水中拖曳所需的能量——這被稱為「Gray悖論」^[1]，啟發了人們對生物優異泳技的好奇。1994年，麻省理工公開了全球首條機器魚「RoboTuna」，開創了仿生機器魚研究的先河^[2]。此後，無論是水母、翻車魚、鮪魚，甚至是一般小魚，都陸續出現了對應的機器版本^[3,4]。越來越多科學家投入仿生水下機器人的開發，希望學習海洋生物的絕技，打造新一代能效更高、性能更優的水下載具。

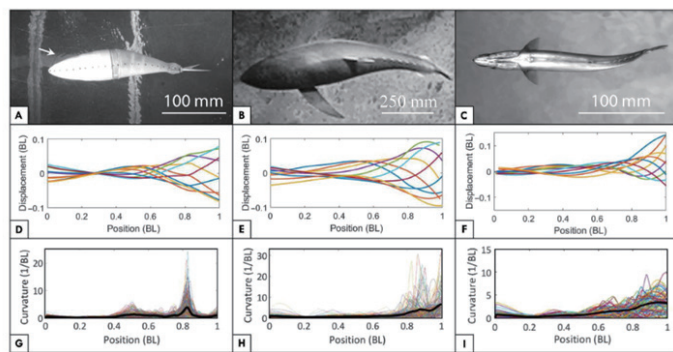
本篇文章將深入介紹如何實現「向海洋學習」——科學家們是如何從觀察海洋生物的泳姿，到模擬其水動力特性，最後設計出仿生機器魚的。我們將分享三個具代表性的仿生機器魚案例：大型魚類的身體和尾鰭擺動推進（如TunaBot）、魷魚型機器人（例如MantaBot），以及海龜型機器人（如Naro-Tartaruga）。每個案例我們將說明其設計重點並揭示各自獨特的仿生原理。

仿生機器魚的設計流程：觀察、模擬與實作

打造一條仿生機器魚，就像重新演繹大自然的造物過程，需要跨越觀察、生物力學分析到工程製造的多個步驟。我們可以將這個流程概括為三個階段：

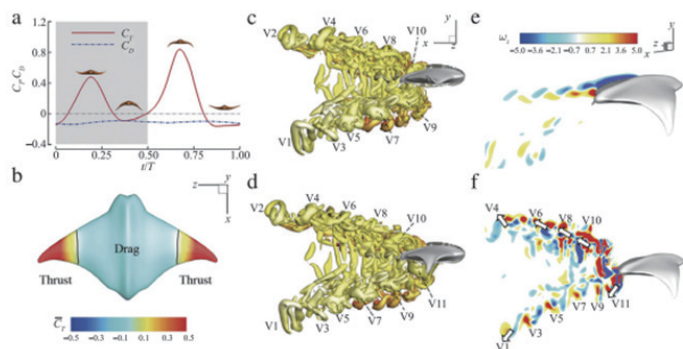
1. 高速攝影觀察生物泳姿：第一步，研究人員必須深入了解原型生物是如何游泳的。他們常用高速攝影或多角度同步攝影，記錄魚類或海洋生物游泳時的精細動作。例如，美國哈佛大學與維吉尼亞大學團隊為了製作「TunaBot」機器

鮪魚，先透過實驗精確量測黃鰭鮪的游泳動態，包括尾鰭擺動的頻率、振幅，以及全身波動的模式^[5]。這些相機配合精準校準，能三維重建整個尾鰭的波浪形變形。透過這類觀察，工程師得以提取生物運動函數——例如魚體的軀幹波動曲線、尾鰭擺動角度隨時間變化、胸鰭的波動波形等等，甚至可用數學模型描述。總之，此階段的目標是量化生物的運動學特徵：包括頻率、振幅、相位差以及肢體協調等，為後續仿生提供精準藍圖。



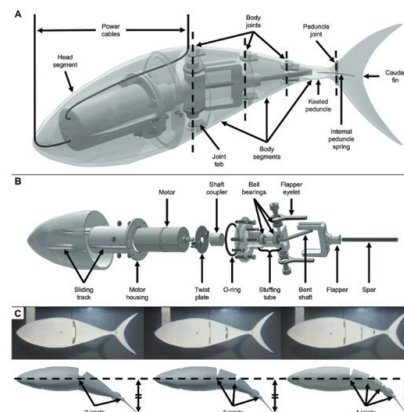
▲ 圖1、研究團隊記錄了TunaBot、黃鰭鮪與魷魚在一個尾鰭擺動週期中的身體彎曲變化。圖中顯示三者在中線變形，突顯 TunaBot 能成功模仿魚類游動曲線，展現出良好的仿生動態。圖片來源：Zhu et al., (2019)^[5]

2. 數值模擬重建流場：光有生物的動作還不夠，我們還想知道這些動作為什麼會那麼有效。第二步，研究人員會將量化後的運動資料作為輸入，利用計算流體力學（CFD）等數值工具重建生物游泳時周圍的流場。透過模擬，能夠可視化水流如何跟隨魚的身體和鰭葉流動、產生渦旋，又如何形成推進力。例如，MantaBot 團隊打造了一款高度仿真的魷魚機器人，並透過一種叫作「浸入邊界法」的電腦模擬方式，來分析胸鰭拍動時水流的變化。這種方法能準確描繪流體與機器魚外型之間的互動。模擬顯示，胸鰭的波浪拍動會在水中產生一連串像「煙圈」的環狀渦旋，從魚體後方推出穩定的水流，形成有效的推進力^[6]。



▲ 圖2. 模擬之 MantaBot 渦流與推進分析。圖片來源: Liu et al., (2015) [6]

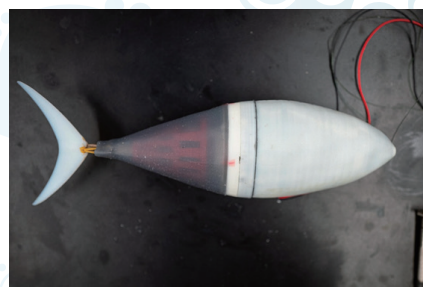
3. 仿生設計與製造：最後一步，工程師綜合前兩步所得，開始具體設計並製造仿生機器魚。在這階段，核心在於將生物的動作和特性轉化為工程實體。例如，需要設計適當的機構和材料來實現多自由度的擺動。鮪魚等魚類主要依靠身體和尾鰭擺動（Body-Caudal Fin, BCF模式）產生推進，因此仿生鮪魚通常有一個柔性或多關節的尾部機構，用強力伺服馬達來驅動快速擺尾。為了逼真地模擬魚體波動，早期的MIT機器鮪魚（RoboTuna）在長約1公尺的魚身內安裝多達6個電機關節，以近似連續的弧形擺動；而更現代的TunaBot則精簡為單一電機透過連桿帶動彈性尾椎，仍能產生類似的波動效果^[7]。再以魷魚為例，其以胸鰭的大幅波動產生滑翔式推進。仿效其特徵開發的「MantaBot」使用柔軟彈性的矽膠材料製作胸鰭，部分設計版本在胸鰭內嵌入主動驅動元件（如Ionic Polymer-Metal Composite, IPMC 人工肌肉）或彈性梁結構，透過電壓驅動前緣彎曲進而傳遞波動至鰭緣，使整個胸鰭呈現自然的波浪形變形^[8]。至於海龜等以前肢划水的動物，工程師則必須研製出多自由度關節：例如瑞士ETH蘇黎世的Naro-Tartaruga機器龜^[9]，左右兩肩各裝有複雜的三軸旋轉關節，每個肩關節內含三台馬達，能驅動前肢實現上下撲動（類似鳥翼拍翅）、前後掃掠以及扭轉角度的改變。這種3自由度前肢幾乎完全覆蓋了真實海龜划水時的運動模式，因此預期可重現其卓越的推進效果。



▲ 圖3. TunaBot機構設計與彎曲模式。圖片來源: White et al., (2021) [7]

大型仿生魚（BCF推進）：鮪魚機器人TunaBot

鮪魚型機器魚的設計重點在於如何達到真實魚類的擺尾頻率與幅度。一般機器魚受制於電機功率和結構強度，很難達到生物的高速擺動——多數早期機器魚的尾鰭頻率不超過3Hz，游速僅約1.5倍體長/秒。相比之下，活的鮪魚游泳時尾鰭頻率可達10Hz以上，速度動輒每秒幾倍體長。為了縮小差距，TunaBot採用輕量且高剛性的機體配合強勁的驅動：尾部只有單一馬達驅動，但透過巧妙的連桿傳動與彈性尾節設計，使整條魚在水中產生接近活魚的波形彎曲。這種極簡但高效的設計讓TunaBot在25公分長的體型下實現了高達15Hz的尾拍頻率，最快游速達到每秒約1公尺，相當於4至5倍體長/秒^[7]。如此性能幾乎追上了同尺寸真鮪魚的記錄。後續的TunaBot研究更顯示，增加魚體柔性能進一步提升速度與效率：當調整尾部關節使魚身更柔軟時，機器魚速度平均提高0.5倍體長/秒，最低單位運動能耗降低了53%，最柔軟配置下甚至游出4.6倍體長/秒的紀錄，同時耗能接近真魚水平^[7]。這證實了生物魚體適度的柔韌性有助於推進效率。



▲ 圖4. TunaBot機器人。圖片來源: UVA Engineering (2019) [10]

魴魚型機器人：柔軟雙鰭的高效「滑翔翼」

平滑優雅的魴魚是另一種令科學家著迷的泳者。牠們代表了中線鰭或成對鰭推進(Median-Paired Fin, MPF推進)中的一類極端：完全不依靠尾部，而是透過寬大的胸鰭上下拍動或波動前進。魴魚扁平如翼的身形和滑翔般的泳姿，使其游動非常安靜而高效，同時具備出色的機動能力與懸停本領。這些特性使魴魚成為理想的仿生水下滑翔機範本。維吉尼亞大學的Hilary Bart-Smith教授早在2008年就獲得美國海軍資助，開始研製MantaBot仿生魴魚，希望打造出一款像魴魚般敏捷且省能的自主水下載具。真實魴魚的胸鰭既要柔軟可彎，又要有一定剛性來推擠水流。MantaBot的設計仿照魴魚，採用雙重結構：中央機身以真實魴魚的CT掃描（電腦斷層掃描）建模而成，具剛性以承載設備；左右胸鰭則使用柔軟的矽膠材料製成，內部嵌有杆件與鋼纜，透過電機牽引這些鋼纜，使胸鰭能像真魴魚一樣上下拍動^[11]。實驗顯示，胸鰭在拍動過程中會出現類似扭轉的三維變形，鰭尖甚至會出現約 $\pm 16^\circ$ 的周期俯仰，有助於產生穩定且強勁的推進力。這種模仿自然的變形方式，就像飛機機翼能根據需要改變攻角一樣，大幅提升了水下推進的效率與靈活性。



▲ 圖5. MantaBot機器人。圖片來源: Live Science (2012) ^[11]

海龜型機器人：仿生前肢划水的全方位推進

機器海龜的核心挑戰在於複雜的前肢關節設計。以瑞士ETH蘇黎世開發的Naro-Tartaruga為例，每個前肢由三個旋轉自由度的肩關節驅動，能實現上下撲動（產生升力）、前後划動（提供推進或煞車），以及長軸扭轉（調整攻角），幾乎涵蓋海龜前肢的所有主要運動方式。這種高機動性設計讓兩隻前肢能獨立運作，協同完成俯仰、翻滾與轉彎等動作，例如同步撲動可上升或下潛，反向撲動則能急煞。

為了實現這樣的控制精度，Naro-Tartaruga採用了模組化密封肩關節，每個模組內含三臺無刷馬達與齒輪，結構緊湊並降低漏水風險。此外，還運用同軸驅動設計，讓三臺馬達共同驅動一組關節，提升能效。由於全機六個自由度的控制系統功耗不低，機體內配備大容量鋰電池與高效能處理器，並整合壓力、溫度、流速與漏水感測器以即時監控運作狀況。儘管具備複雜機構，Naro-Tartaruga的性能也相當亮眼：最高速度可達2m/s（為其身長的兩倍），潛水深度達100公尺，幾乎可與真實大型海龜匹敵。



▲ 圖6. Naro-Tartaruga機器人。圖片來源: Siegenthaler et al., (2013) ^[9]

從魴魚到魴魚、再到海龜，這些仿生水下機器人背後的设计都展現了一件事：模仿自然是一場跨領域的挑戰。工程師必須先從自然中學習，例如解析動物游動時的史特豪數、渦流特徵與柔性構造，再運用創新材料與機構設計，將這些原理轉化為機器上的解方。這不只是模仿，更是創新。生物學家的觀察資料為工程打下基礎，而工程師的開發設計也讓機器魚逐步脫離「模仿」的限制。例如魴魚的拍尾模式被簡化成單一馬達帶動彈性尾部，不只效果接近，甚至可進一步追求高速與高效。正如Bart-Smith教授所說，生物演化出的游動方式只是「夠用」；但我們的機器魚不需顧慮繁殖、防禦、覓食等限制，反而有機會設計出比自然更優的方案。未來的機器魚可能融合多種動物的優點：魚的擺尾、龜的撲翼、甚至海豚的聲納系統，打造全方位的水下探索工具。隨著材料、AI和水下通訊技術的進步，這些仿生機器人將不只是實驗室的成果，更會在海洋探測、深海研究、珊瑚保育等任務中扮演重要角色。這場向海洋學習的旅程，才正要開始。

本篇參考資料請參閱第15頁。

在動畫裡遇見海洋文化：觀察《海底總動員》、尼莫效應與人海關係的再思考

潘賢心 海洋文化研究工作者

「Just keep swimming ~ Just keep swimming ~」是動畫電影《海底總動員》(Finding Nemo)中，天性樂觀的多莉時常掛在嘴邊的座右銘，也象徵她面對困難時始終保持積極的生活態度。

2003年發行的《海底總動員》由皮克斯工作室 (Pixar Animation Studios) 製作，並與華特迪士尼公司 (Walt Disney Pictures) 合作發行。在大家想到海洋動畫，腦中只會浮現《小美人魚》紅髮女主角愛莉兒身影的年代，《海底總動員》重新定義了人們對於海底世界的想像，不僅成為當年全球票房收入最高的電影之一 (約 9.41 億美元)，也在隔年 (2004) 奪下了奧斯卡最佳動畫片獎。

電影劇情透過讓小丑魚爸爸馬林尋找被潛水員帶走的兒子尼莫，從澳洲的大堡礁前往雪梨 (Sydney)，路途中遇到了患有短暫性失憶症的擬刺尾鯛多莉，兩人結伴一同踏上尋魚之旅。曾失去妻子的經歷讓馬林對於浩瀚的陸海世界充滿戒備與恐懼，然而路途中的許多未知與新朋友們，教會他學會順應自然，放寬心面對不可控制的未來，勇敢把握並珍惜當下。某種層面上來說馬林對所有事物的恐懼，其實又與自古對海洋未知心存畏懼的人類，如此神似；對於未知的的事情感到退怯是人之常情，但在培養了充分的海洋素養、技能與知識後，也許人類對於海、對於大自然的力量，能轉變為共存與尊重，就如同馬林的心境一樣。

整部電影令我印象最深刻的是電影剛開場的三分鐘，尼莫的父母馬林與珊瑚，從準備為人父母的喜悅到失去摯愛的無常。劇情在一開始就呈現了所有生物都有喜怒哀樂，製作團隊「在真實魚類上做很多功課」來讓角色看起來可信，但同時又要賦予魚「人類化」的情緒與表情，讓人們在觀看後續的劇情時，也能自動從生活經歷中尋找相似的情感帶入，進一步在走出戲院後，開始關心並在乎現實生活中的角色與場景 (例如看過電影後的孩子們大部分都

不會再大力敲擊水族箱玻璃了吧)。劇情中儘管有一些失真的部分，例如小丑魚其實是階段性雌雄同體的生物，若按照劇情魚媽媽意外消失了，魚爸爸會變成雌性擔任母性的角色，但若一切都建立在真實世界的生物邏輯上，也許劇情就無法讓觀眾們如此帶入情感。這部風靡全球的海底動畫除了掀起小丑魚熱潮，也拉近了珊瑚礁等海洋議題與一般民眾的距離，依然記得電影推出後，當年的所有兒童營隊幾乎都輪過一遍海洋主題，彷彿全世界的小丑魚都是尼莫，而擬刺尾鯛都成了多莉。



▲ 海洋意象一直能激發人們的興趣，也因此催生了許多以海洋為靈感的文具、擺飾與出版品。(圖/林玟均)

全球觀眾越來越常接觸到以動物角色為主、但帶有虛構情節的數位媒體，野生動物貿易中一項較少被研究的問題，是電影可能影響觀眾想要更進一步接觸當中的動物，最常見的方式便是購買這些動物。當年亦有許多媒體與相關組織指出電影引發小丑魚變成熱門景觀魚類的風潮，國外有份報告便分析了電影上映後，對小丑魚或珊瑚礁魚類水族貿易是否產生「尼莫效應」(Nemo Effect)，導致過度捕撈小丑魚，使野外族群面臨枯竭的真實性，研究者的結論指出實際生態影響小於媒體宣稱



(Militz & Foale, 2017)。或許這就是電影探討海洋議題，並試圖提醒人類關注自身與海洋的關係時，一種必要的折衷手法，比起受媒體敘事影響而產生錯誤期待或恐慌，更重要的是倡導正確的飼養態度：飼養前應充分了解物種需求，避免因一時興起而購買；更不能任意棄養或將觀賞魚放生至自然水域，以免對生態造成不可逆的影響。唯有在娛樂、飼養與保育之間取得平衡，才能真正落實對海洋生態的友善與尊重。

從海洋污染到過度捕撈，還有觀賞圈養等議題，一部20年前的電影至今在國內外引發如此多樣的討論，並能讓人從中反思自己與海洋的距離，回到「海洋文化」，也很值得從電影的角度再補充一些觀點。如《海底總動員》這類的海洋動畫，雖然不是來自傳統航海技藝、信仰祭儀或海邊聚落的日常經驗，卻以大眾文化的方式重新把海呈現在我們眼前，它所描繪的海洋，不是原生的生活圖景，而是經過媒體再製、跨文化轉化後的「故事版海洋」。然而，正因為這些作品以親切、普及的方式帶大家走進海底世界，它們反而成了許多人理解海洋、靠近海洋的第一個入口。也許這不是那種帶著鹹味與海風的海洋文化，但它提供了一種現代人與海相遇的路徑，讓我們在螢幕前開始思考：原來海洋可以這麼近，應當值得被我們好好看見與珍惜。文化的定義本就廣泛，一切都起源於萬物生靈，始於想像，也終於想像，期待有更多海洋文化相關的創作出現並被看見。

本篇參考資料請參閱第15頁。

食魚教育學生海洋讀本



本中心受教育部國民及學前教育署委託辦理「海洋教育課程與教學發展計畫」，旨在使學生能從課堂中獲得豐富的海洋學習經驗，讓學生走出課堂，親身探索大自然，培養「親海、知海、愛海」的態度。每冊讀本劃分為國小低年級 (1~2年級)、中年級 (3~4年級)、高年級 (5~6年級) 和國中組 (7~9年級)並以「食魚教育」為核心，結合釣魚體驗、潮間帶探索、水域安全教育及海洋生物保育知識，強調海洋環境永續的重要性。學生透過「體驗、閱讀、實驗、DIY」等多元學習方式，既能掌握海洋知識，也能在實地探索中建立與自然的深層連結。

★食魚教育讀本：

<https://tmec.ntou.edu.tw/p/406-1016-106020,r625.php?Lang=zh-tw>



2025海洋專業人才培育論壇 產官學共築海洋永續篇章

臺灣海洋教育中心於114年9月20日辦理「2025海洋專業人才培育論壇」，以「海洋永續與人海共好」為主題，呼應聯合國海洋科學十年行動與挑戰，特別是挑戰十「恢復社會與海洋的關係」，展現臺灣在海洋教育與人才培育上的長期深耕與創新。

論壇上午安排兩場專題演講，由淡江大學歷史學系李其霖教授從海洋文化剖析人海深層連結，以及國立陽明交通大學教育研究所楊子奇副教授分享智慧科技如何成為推動海洋永續新解方。透過文化與科技的雙視角，為與會者開啟新的思考方向，關心在地海洋文化在教學現場的實務推廣，也期待運用科技偵測海洋現況，珍惜海洋的寶貴資源。

下午的兩場專題論壇則以跨界對話為核心，在「海洋在地永續的實踐策略」場次，由本中心陳琦媛組長主持，邀請海洋委員會海洋保育署陸曉筠署長、台達電子文教基金會張楊乾執行長、國立臺灣海洋大學蕭堯仁副教授，以及長榮海運韓克勇部主管與談，探討從海洋保育到藍色經濟如何推動永續實踐。隨後的「海洋教育政策與社會參與」場次，則由本中心吳靖國主任主持，邀請到黃階/高階海洋教育者：國立中山大學海洋科學系張詠斌副教授、慈濟大學通識教育中心江允智副教授、新北市新店高中陳正昌教師、台灣海洋環境教育推廣協會黃宗舜理事長，以及公共電視兒少中心林瓊芬主任，共同分享如何透過教育、社會參與及媒體力量，推廣海洋教育向下紮根，讓與會者關注讓下一代重視海洋議題的方式，以及身為人類能為海洋付諸的實際行動。

最後由本中心吳靖國主任及陳琦媛組長兩位專題論壇主持人，以及教育部綜合規劃司、資訊及科技教育司、國民及學前教育署長官進行綜合座談，為人海共好的教育願景提供建議。本次論壇共計約200人次參與，匯集產、官、學各界海洋教育工作者，期盼能激盪更多永續發展海洋教育的想法，共同拉近人海距離。



與會人員合照。



專題論壇(二)：海洋教育政策與社會參與。



專題論壇(一)：海洋在地永續的實踐策略。



專題演講(二)：從智慧科技看見海洋永續解方。



專題演講(一)：從海洋文化看見人海深層連結。



綜合座談。

114年綠階/初階海洋教育者回流教育課程 走讀三村三島，從人文視角看見海洋文化

本中心為持續提升綠階 / 初階海洋教育者的專業視野與行動熱忱，規劃以「海洋文化」為主軸的回流課程，帶領學員實地走訪宜蘭漁村聚落，透過深度的人文探訪與文化論壇體驗，從地方生活與歷史脈絡中，思考文化傳承、海洋環境與永續教育之間的連結。

本次課程以「五漁五鐵」開啟宜蘭海洋人文之旅，從頭城車站出發，沿著東北角海岸線前行，透過鐵道串起人與海的關係。學員在海波浪團隊 (seabelongings) 的引領下，展開「三村三島」聚落踏查，走入大溪、大陳與龜山島三個社區，聆聽在地居民講述漁村遷徙、漁業變遷與生活調適的故事。從舊港到新港，每一處場景都見證了人們與海共存的智慧，也讓學員更深刻理解聚落如何在時代與環境變遷中維繫文化與生計。

下午課程於大溪漁港據點舉行「海洋文化論壇體驗」，以討論與分享的方式，鼓勵學員從教育現場出發，思考當代海洋文化的多樣面貌與教學應用。學員們分享各自在教學與社區推動海洋教育的經驗與挑戰，並交流如何將海洋文化轉化為課堂素材，培養學生關懷海洋、理解環境的能力。

透過這次回流課程，教育者不僅以人文視角重新凝視海洋，也在交流中累積行動的力量與共識。臺灣海洋教育中心期盼海洋教育者們能將此次的學習經驗轉化為課程創意與行動靈感，持續推動海洋教育的深耕與延展，讓更多學子在生活中感受海洋的溫度與文化的厚度。



▲ 大陳居民介紹在地特色飲食。



▲ 學員進行「海洋文化論壇體驗」。



▲ 114年綠階/初階海洋教育者回流教育課程大合照。



▲ 漁村聚落踏查講師介紹當地聚落。

114年藍階/進階海洋教育者回流教育課程 藍階教育者再連結：共譜海洋教育永續行動

今年度「藍階 / 進階海洋教育者回流教育課程」以「海洋保育與永續行動」為核心，邀請藍階 / 進階海洋教育者再次聚首，透過實地探查、主題講座與經驗交流，促進教育者持續學習、深化專業知能，共同拓展對海洋保育與教育應用的理解，凝聚未來推動行動的能量。

課程首日從海洋保護區的潮間帶踏查出發，學員們親身體驗公民科學的觀察與行動，理解海洋保育與教育實踐的緊密連結。接續的專題課程以「其他有效保育措施之區域」(Other Effective area-based Conservation Measures, OECMs) 為主題，帶領學員掌握國際保育新趨勢，拓展對海洋永續的專業視野。藍階教育者們的經驗分享，彼此交流在教學推動中的挑戰與啟發，將個體的熱忱轉化為集體的推力，凝聚持續行動的能量。

第二日課程聚焦海洋科學與實務應用。學員認識海洋學門資料庫 (ODB) 開放海洋數據平臺，探討如何將科研成果轉化為教育素材，創造更多跨域教學的可能性。隨後參訪新海研2號，了解海洋探測工作的現場運作與數據蒐集過程。午後課程以藍碳生態系為主題，結合理論講解與海草植栽體驗，讓學員從實作中深化對藍碳資源與海洋永續的理解，體現從知識到行動的學習精神。

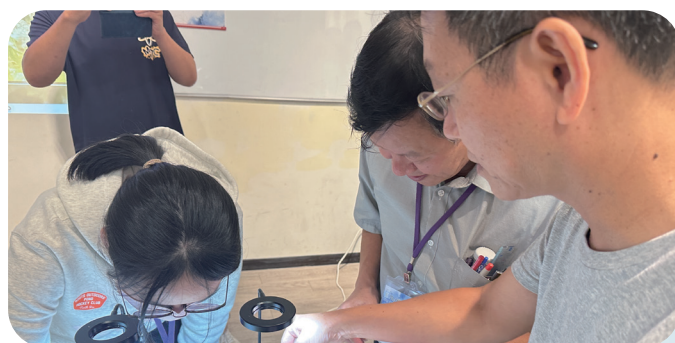
本次回流課程的價值，不僅在於提升教育者的專業知能，更在於重啟交流與合作的能量。夥伴們坦誠分享推動海洋教育的經驗與挑戰，透過情感與專業的雙重對話，持續激發對海洋教育的熱忱。中心期盼這群具備實踐力與影響力的教育者，能持續攜手前行，續寫臺灣海洋教育的永續篇章。



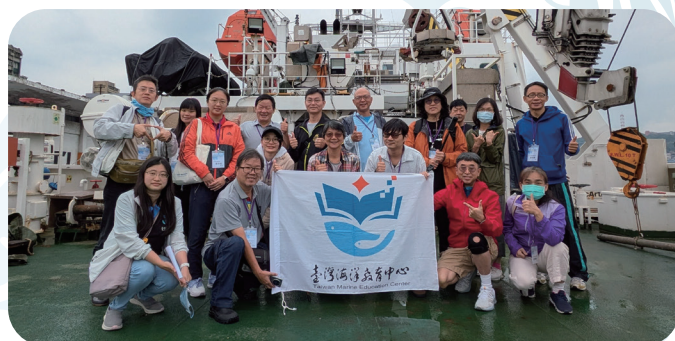
▲ 在潮境海洋保護區進行潮間帶踏查。



▲ 藍階海洋教育者專業學習社群召集人的經驗分享。



▲ 藍碳介紹後進行海草植栽體驗。



▲ 參訪新海研2號大合照。



本期參考資料



向海洋學習：從鮪魚到海龜的仿生工程革命

- [1] **Gray, J. (1936).** Studies in animal locomotion: I. The movement of fish with special reference to the eel. *Journal of Experimental Biology*, 13, 192–199.
- [2] **Barret, D. S. (1994).** The design of a flexible hull undersea vehicle propelled by an oscillating foils (Doctoral dissertation, Massachusetts, USA: Massachusetts Institute of Technology).
- [3] **Joshi, A., Kulkarni, A., & Tadesse, Y. (2019).** FludoJelly: Experimental study on jellyfish-like soft robot enabled by soft pneumatic composite (SPC). *Robotics*, 8(3), 56.
- [4] **Youssef, S. M., Soliman, M., Saleh, M. A., Elsayed, A. H., & Radwan, A. G. (2022).** Design and control of soft biomimetic pangasius fish robot using fin ray effect and reinforcement learning. *Scientific Reports*, 12(1), 21861.
- [5] **Zhu, J., White, C., Wainwright, D. K., Di Santo, V., Lauder, G. V., & Bart-Smith, H. (2019).** Tuna robotics: A high-frequency experimental platform exploring the performance space of swimming fishes. *Science Robotics*, 4(34), eaax4615.
- [6] **Liu, G., Ren, Y., Zhu, J., Bart-Smith, H., & Dong, H. (2015).** Thrust producing mechanisms in ray-inspired underwater vehicle propulsion. *Theoretical and Applied mechanics letters*, 5(1), 54–57.
- [7] **White, C. H., Lauder, G. V., & Bart-Smith, H. (2021).** Tunabot Flex: A tuna-inspired robot with body flexibility improves high-performance swimming. *Bioinspiration & Biomimetics*, 16(2), 026019.
- [8] **Chen, Z., Um, T. I., & Bart-Smith, H. (2012).** Bio-inspired robotic manta ray powered by ionic polymer–metal composite artificial muscles. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 3(4), 296–308.
- [9] **Siegenthaler, C., Pradalier, C., Günther, F., Hitz, G., & Siegwart, R. (2013, November).** System integration and fin trajectory design for a robotic sea-turtle. In *2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 3790–3795). IEEE.
- [10] **UVA Engineering. (2019, September 18).** UVA Engineering-led team unveils robotic fish 'Tunabot'. University of Virginia. <https://engineering.virginia.edu/news/2019/09/uva-engineering-led-team-unveils-robotic-fish-tunabot>
- [11] **Choi, C. Q. (2012, August 23).** How 'Mantabot' robot fish could help Navy missions. *Live Science*. <https://www.livescience.com/21847-mantabot-robot-fish-navy.html>

在動畫裡遇見海洋文化：觀察《海底總動員》、尼莫效應與人海關係的再思考

The “Nemo Effect”: Perception and reality of Finding Nemo's impact on marine aquarium fisheries

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/faf.12202>

《我們的島》—尋找小丑魚

<https://ourisland.pts.org.tw/content/2393>