

附錄五、浪潮中生活的滋味

謝蕙蓮

中央研究院動物研究所研究員
師大生物系兼任教授

一、海與陸的交會

人類的汗水、淚水是鹹的，帶著海的訊息，不時提醒我們，人類跟地球上其它各式各樣的生物一樣，源起於海洋。人類這個物種的出現，不過是最近 400 萬年的事，這麼年輕的物種，來到與海交會的陸地前緣，其實不需要什麼生物學的知識與技能，只要掬起一瓢水，捧起一把沙，翻開一塊石頭，就不能不怵然而驚，震驚於地球是浩瀚星際裡的一個奇蹟，因為它有生命。更不能不驚喜於海洋無脊椎動物的多樣性，因它是這個奇蹟裡的奇蹟。

海洋無脊椎的身影遍及超過 29 個動物門裡的每一個門類 (phyla)，包括了人類也歸屬在內的脊索動物門 (Chordata) (邵廣昭 1998, Ruppert & Barnes 1994)。在陸與海交會地帶，在潮水退去的灘地，人類無需藉助其它維生工具 (如空氣瓶、面罩、呼吸管)，就可以細細思考這些多樣的生命形式，是經過了多少的重重難關與考驗 (自然淘選, natural selection)，歷經了多久的漫漫長途，活下來，人類才有機會與它們互動，才有機會見證「生命之地球」與其中生命演化的歷史長河。

二、浪潮永不止息

海浪與潮汐左右了許許多多海洋無脊椎動物的分布、成長、生殖與衰亡。特別是那些生活在海陸交會地帶的潮間帶區域的種類，都有一套精緻的生存本領。

太陽照射地球，空氣因受熱不均，有了氣流，有了風；海水因風的推送，在海洋表層起了浪。太陽、月球、地球的引力作用，以及地球自轉產生的離心力，把海水拔升，海面有了垂直的水位變化。這個水位的變化在潮間帶，表現得最明顯。規律的潮汐運動，有日週期的漲潮、退潮；有月週期的大潮水 (農曆初一、十五) 小潮水。浪呢？隨風吧。風大，浪也大，颱風來臨的日子，狂濤巨浪。不論是風浪，還是潮汐，湧向岸邊的巨大能量，在堅硬的岩石上刻出溝渠、洞穴；在柔軟的沙灘地繪出波紋。在這浪潮來去的地帶，水分、鹽分、水分子的拖曳力、光、紫外線、溫度、食物、敵害 等等規則性與突發性的變化，在在都是海洋無脊椎動物必需面對的挑戰。

三、棲身岩岸海濱

臺灣北部、東北部、東部及離島的綠島、蘭嶼、小琉球、馬祖等海濱，地質上多屬岩石和珊瑚礁，對生物而言，屬硬底質。經過長年累月波浪、潮水、雨水的作用，刻劃出今日擁有多重性格、風貌與魅力的岩岸景觀 (張崑雄、陳育賢，

民國 81 年，王鑫等，1998)。各式各樣的無脊椎動物，也各自以其經過長遠演化而來的特質，在這兒找到棲身之地。岩石海濱地帶，無脊椎動物要面對的最艱難挑戰，是抵抗水的磨損與退潮之後的乾燥。

➤ 水的打擊

浪潮的沖刷、拍打、潑濺，首先會把形體上產生大阻力的動物剷除。退潮後，炙熱、乾燥的空氣，又會把柔軟、肉質、又沒有保護構造的動物清除。倒是，岩壁中大大小小的隙縫、凹槽、洞穴，陰涼潮濕，是體形呈側扁、楔狀、或低矮、體盤寬圓、體壁光滑者的好所在。

側扁的龜爪用足柄、貽貝用足絲，牢牢黏附在岩石上；低矮的笠貝、石，藉著寬大平扁的腹足，伸展平貼後與外套膜所造成的真空吸力，緊緊地貼在岩石表面。

在最高潮帶，暴露於高溫、失水狀態也最長，但仍有堅固如小火山般的藤壺生長，牡蠣也時有所見。分泌的粘著劑與硬殼都能確保免於浪潮推移時產生的機械力的傷害。淺白的體表，有助於散熱（Nybakken 1982）。

➤ 乾燥的威脅

然而，即使躲過浪潮的沖擊，退潮期間的乾旱，卻大大地威脅著這些動物的柔軟、精緻的鰓。不能移動，有殼的可以緊閉（如藤壺、牡蠣）；可以行動，又有殼的，趁早尋好凹縫，以匍匐之姿，拉下背著的殼，貼到岩石表面上去（如笠貝、石）；螃蟹只消躲在潮濕的洞穴中；不能行動，又沒有殼，全身裸露的（如海葵），該怎麼辦？那就要縮起觸手、體幹，這還不夠，幼小時固著下來生活之前，就該搶佔岩石最下方，頂好沾著點細沙的縫縫，還浸得著海水之處，那就更安全了。

岩石，也有脆弱的角落，存在石灰岩層裡。星蟲、多毛類、石蠅等能分泌酸液，或以硬殼、角質化的構造，在這些角落慢慢施展溶蝕工夫，砥磨出千千百百的坑道、孔隙。這些動物藏身其中，既不怕浪擊，又能得到陰涼，有雙重保護。岩石、珊瑚礁，也因這種生物性的侵害而逐漸崩解。

總歸，這些無脊椎動物能以形態構造，避免被浪潮打翻；以行為反應，選擇住所（幼生期）或尋找隱蔽（成體期）或關閉通口，或縮小暴露的表面積；也能做生理調節，降低代謝，防止水分散失，並保護呼吸器官。退潮，對岩岸潮間帶的無脊椎動物而言，是蟄伏期，不活動，等待潮水再來。

四、 藏身海濱濕地

臺灣西部海濱，不僅有廣闊的沙質潮間帶灘地，還有眾多的溪流在入海前，形成河口泥濘沼澤。更有河流輸沙、波浪與潮汐的搬運所共同營造出的沙洲與潟湖（王鑫等 1998）。這些水草豐富的淺水域，是全島的重要濕地，長久以來供養無數的水鳥、水族，以及島上居民。相較於岩岸上附著生物的醒目，退潮的灘地上，似乎平淡許多。然而，這只是錯覺。待成千上萬，甚至上億的螃蟹在沙灘上行進，那番陣式與沙沙之聲，精采與壯觀，唯在濕地（王嘉祥，劉烘昌 1996，劉靜榆編，民國 88 年）。

➤ 滑動的沙地

對沙灘地或泥灘地裡管棲或穴居的無脊椎動物而言，退潮時，所面臨的環境壓力，不是水份的散失，也不是溫度的改變，因為沙地或泥地保水效果與絕緣效果(如隔熱)都很強，而是水流作用於沙泥顆粒本身所衍生的問題。顆粒的大小，是軟質棲地裡最重要的環境因素。它決定是否適合鑽掘、含氧量、食物量等(謝蕙蓮 1990)。

開闊的粗沙質灘地，受浪潮的翻攪，沙粒滾動，底質是不穩定的，只有鑽沙鑽的深的，鑽沙鑽的快的少數幾種甲殼類、二枚貝類，能夠存活。小馬氏海錢有「鉛垂帶」，也為這個持續變動著的天地，見證了動物的適應機制(Chen and Chen 1994)。

➤ 缺氧的泥沼地

泥質灘地，多在河口、瀉湖，地形受到保護，風浪小，水流緩，是細泥沈積的地方。浪潮的作用力，不致使底質滑動，但會把細而輕的小顆粒懸浮起來，這些懸浮質太多的話，容易把二枚貝、多毛類、甲殼類等的鰓塞住，嚴重的結果導致窒息。但是從另一個角度看它，細粒泥質本身很多是有機質顆粒，是可供食用的碎屑；累積在河口、或紅樹林沼澤地上，養活了眾多的環節多毛類、端腳類及螃蟹。多毛類族群數量的龐大，每平方公尺常以萬計(Hsieh 1995)。然而，細泥多，有機質多，也意味著底質的不通透、缺氧、以及硫化氫等還原氣體的出現。無氧狀態是泥質灘地的首要險惡因子。然而牠們可藉棲管、洞穴開口，以身體的擺動，肢腳的扇動，把水層裡氧氣帶到牠們棲居的小空間，滿足了自身對氧氣的需求，也附帶的使周圍的環境得到氧氣的滋潤。

比起硬的岩層，在沙泥灘地裡生活的無脊椎動物，對底質展現很大的操弄能力。螃蟹挖掘洞穴，環節多毛類，除了挖掘穴道之外，尚能構築棲管。築管所用的顆粒大小、形狀，是經過挑選的(謝蕙蓮 1990, Hsieh and Chang 1991)。凸出於灘地表面的各式管口的形狀、大小、長短、疏密不一，為均勻平坦的灘地添增變化。對沙泥顆粒最徹底的操弄，就是吞食。而泥裡所含的養分，是濕地生態系得以支撐千千萬萬的螃蟹、多毛類等魚介貝類漁產與鳥類資源的基礎。

五、 養分的傳遞

浪潮在潮間帶區域的進退，左右無脊椎動物食物的來源、種類、與覓食時間的長短，以及被掠捕的壓力。岩石表面，適於底棲性微細藻類、大型藻類的附生。浮游藻類隨著漲潮，進入岩礁的濾食圈。濾食性的藤壺、牡蠣、蛤，肉食性的捕掠者，都在浪潮來的時候紛紛從隱藏的角落，靜伏的狀態活躍起來。共生藻是岩礁裡另一項能源，海葵在浪潮掩蓋之下，得以伸展觸手，以利共生藻行光合作用。浪潮剛退去，潮濕的底藻，是笠螺、石刮取的對象，海蟑螂則東搜西尋揀取碎屑。

濕地的景象是不同的。退潮後，是許許多多的螃蟹，如招潮蟹、方蟹、和尚蟹等的進餐時間。被取食過的灘地，留下一粒一粒的泥團，鋪陳出一幅幅美麗的圖案。浪潮淹漫的時段，則是多毛類伸出各式各樣的觸手捕捉食物顆粒的時候。

濕地裡的無脊椎動物，多以蓄積在灘地上的有機碎屑為食。這些有機碎屑的組成頗為複雜，多半是混雜了維管束植物、大型藻類的組織碎片、附在這些碎片上以及礦物顆粒上生長的細菌、底棲性微細藻類、藍綠藻等等。許多無脊椎動物，例如多毛類、星蟲、蟲，牠們多半直接吞食泥沙，在胃腸道消化、利用其中的

有機物質，獲得養分。螃蟹吞下的泥沙較少，口器及肢腳上的剛毛、加上水分泡沫，可從泥沙中濾出可食的部分，不可食的礦物部分，形成一個個小圓球，棄置於地。

濕地在還未退乾或漲滿的時刻，鳥群沿著潮水線，埋首啄食。沙蠶、磯沙蠶等多毛類、端腳類、橈腳類等小型甲殼類，是濕地常見的鷗、鸞等鳥種的美食。而灘地完全為水覆蓋的時候，花身雞魚、斑海鯰、星塘鱧、大尾 等等不下十數種的魚，都隨時準備以沙蠶、巢沙蠶、纓鰓蟲等多毛類及小型甲殼類飽餐一頓。

濕地的無脊椎動物，在能量的傳遞上是極為重要的一環，牠們把大型動物沒辦法使用的碎屑甚或泥沙，經由攝食的作用，轉化成自身的組織重量，以一種次級生產量的形式，成為水鳥和魚的食物，維繫著濕地生態系的生機活力。

六、 結語

臺灣沿海，海陸交會的海岸，不論是岩岸海濱或濕地海濱，目前遭遇著共同的命運：填海造陸，設立工業區、垃圾掩埋場，廢水、廢棄物污染、堆積，不當及超限使用的遊憩旅遊 等等。其實，在浪潮來了又去了的時間及空間裡，岩石不言語，海灘也不言語，只一勁地以不同的生命形色，展現它首當其衝的創痛與危機。島上的居民，要以什麼樣的心情面對？

余秋雨在「千年一嘆」書中寫道：微笑不語的是老子和莊子，把文明和自然一起放在面前，只選自然。面向自然，回歸自然，是文明之道。

七、 參考資料

- 王嘉祥、劉烘昌，1996。臺灣海岸濕地的螃蟹。高雄市野鳥學會。
- 王鑫等，1998。太空看臺灣。臺北市：大地地理。
- 邵廣昭，1998。海洋生態學。明文書局。
- 張崑雄、陳育賢，民國 81 年。東北角海濱生物。交通部觀光局東北角海岸風景特定區管理處。
- 劉靜榆，民國 88 年。大肚溪口野生動物保護區生態導覽。彰化縣政府、行政院農委會特有生物研究保育中心。
- 謝蕙蓮，1990。臺灣多毛類研究之回顧及其在環保應用之展望。生物科學，33:19-33。
- Chen, C.P. & B.Y. Chen. 1994. Diverticulum sand in a miniature sand dollar *Sinaechinocyamus mai* (Echinodermata: Echinoidea). Mar. Biol. 119: 605-609.
- Hsieh, H.L. 1995. Spatial and temporal patterns of polychaete communities in a subtropical mangrove swamp: influences of sediment and microhabitat. Mar. Ecol. Prog. Ser. 127:157-167.
- Hsieh, H.L. & K.H. Chang. 1991. Habitat characteristics and occurrence of the spionid *Pseudopolydora* sp. On the tube-caps of the onuphid *Diopatra bilobata* (Polychaeta:

Spionidae, Onuphidae). Bull. Inst. Zool. Academia Sinica. 30: 331-339.

Nybakken, J.W. 1982. Marine Biology. New York: Harper & Row , Publishers.

Ruppert, E.E. & R.D. Barnes. 1994. Invertebrate Zoology. New York: Saunders College Publishing.

