

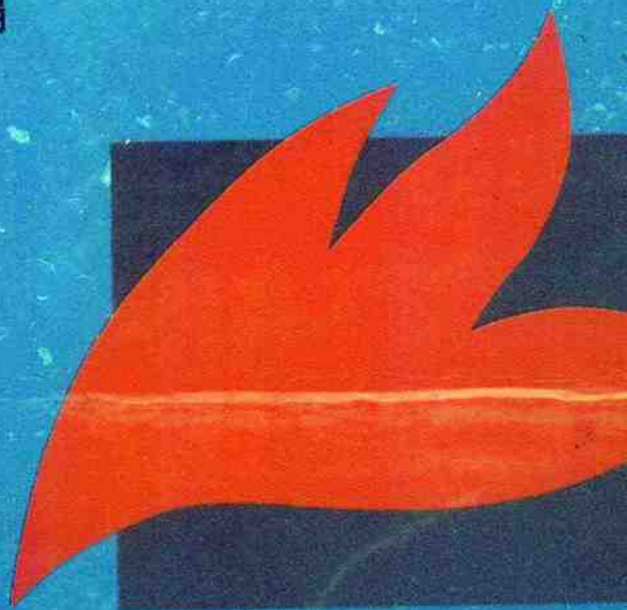
文海環境科學叢書06

邵廣昭 著

海洋生態學

明文書局印行

國立編譯館主編



海洋生態學

邵廣昭

版權所有・翻印必究

356 海洋生態學

平裝一冊 定價 553 元

著作者：邵廣昭

主編者：國立編譯館

著作財產權人：國立編譯館

發行人：李世琪

出版、發行：明文書局股份有限公司

地址：台北市重慶南路一段 49 號 7 樓之 3

電話：(02) 2375-4679 . 2331-8447

傳真：(02) 2361-9101

郵政劃撥帳號：01436784

登記證：行政院新聞局局版台業字第 6591 號

印製所：國華印製有限公司

板橋市三民路一段 138 巷 3 之 1 號一樓

1998 年 3 月初版

1999 年 3 月修訂 1 刷

2000 年 10 月修訂 2 刷

2003 年 3 月修訂 3 刷

Ming Wen Book Co., Ltd.

7 F No. 49, 1 Sec., Chunking South Road,

Taipei, Taiwan, R. O. C

本書如有缺頁、破損、倒裝，請寄回更換

ISBN 957-703-086-6

環境科學叢書序

隨著人類對自然世界更多的了解，環境保護問題已成為當前國際性的焦點議題。世界各國為了滿足國民對生活環境之需求，以及對於泛地球有限資源的合理使用與保護，多紛紛立法或訂定中長程計劃，以推動自然生態保育以及環境規劃等工作，如荷蘭的「國家環境政策計劃」、日本的「二十一世紀環境綜合計劃」，以及澳洲的「生態永續發展國家策略」等。我國亦於民國七十六年成立環保署，並頒布「現階段環境保護政策綱領」，另於民國八十一年五月第二屆國民大會臨時會增修憲法條文，明定「經濟及科學技術發展，應與環境及生態保護兼籌並顧。」具體顯示對環保工作的重視。

本館為國家編譯機構，依照組織條例，掌管關於學術文化書籍及教科圖書之編譯事務，其出版品除了各級學校的教科用書外，同時也涵蓋了世界學術著作中譯、本國文化圖書、科學名詞和各類叢書等，近年來，尤其注重規劃培育我國邁入現代化國家之國民素質所需學術文化工具、媒介之編譯與推廣工作。為順應世界環境保護潮流，並配合國家環保政策之推展，爰積極擬訂自然生態保育教材編纂計畫，邀請國內生物、毒物、海洋、藥理、農化、公害等自然環保領域之專家學者組成編輯委員會，聘請中央研究院周院士昌弘博士擔任召集人，於民國八十年十一月十四日召開環境科學叢書第一次籌備會議，著手進行本套環境科學叢書之編審事宜。

本叢書一套六種，全書編審工作歷時五年始克完成，在此除衷心

感謝周召集人昌弘先生之策畫和推動，以及各編輯委員：包括徐國士教授（撰寫國家公園概論）；王鑫教授（撰寫地景保育）；楊冠政教授（撰寫環境教育）；邵廣昭教授（撰寫海洋生態學）；王一雄教授（撰寫土壤環境汙染與農藥）；曾四恭教授、吳先琪教授及李慧梅教授（撰寫環境汙染及防治）之心血付出之外，同時樂以此書之出版，聊盡本館作為國內學術文化尖兵及地球村一分子的責任。又本叢書之編審印行過程雖相當審慎從事，但疏漏之處仍恐不免，敬請海內外賢達，垂察賜教。

國立編譯館館長

趙麗雲

中華民國八十五年四月

序 言

十九世紀的工業革命帶來了全球工商業的急劇發展，尤其在第二次世界大戰後，全球經濟結構亦劇烈轉變，工商業的發達導致全球環境日益惡化，層出不窮的環境問題衍生，如空氣污染、水污染、固體廢棄物污染及核能廢料之污染等問題。甚至，由於大量溫室氣體的產生，如甲烷、碳氧化物（CFC）、氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂）及其他氣體，造成地球臭氧層的破洞，使紫外光直趨大地，影響生物生存至鉅。上述氣體的增加亦造成溫室效應，導致全球溫度上升。全球有識之士遂大力推動全球環境問題之研究，譬如在國際科學聯合會（ICSU）下成立國際環境科學委員會（SCOPE），以從事全球環境問題之研究。尤有進者，自1984年ICSU更主導全球變遷（Global Change）研究，這個跨科際的整合研究已在全球各地認真地進行，我國自不例外，亦從事環境科學及全球變遷的研究，以提出對環境品質改進之道。

環境科學是綜合物理科學、生命科學及人文社會科學之跨學門的科際整合科學。從定義言，環境是包括有形與無形的環境因子。有形的環境因子則包括生物因子及非生物因子，生物因子如動物、植物、微生物及DNA等；非生物因子則包括環境週遭的各種因子，如空氣、水、光線、溫度、土壤等；無形的環境因子則包括時空及人的思想及行爲。這些有形的因子若不善加經營及管理，而任由人之私慾為所欲為來決定的話，各種不合理的措施與破壞，將置環境於浩劫之地，為

澈底解決環境問題，環境科學的教育首應重視。因此，如何從環境中學習，以對環境有所了解，進而對環境產生愛心，且能主動愛護環境，並落實環境保護，至為重要。若環境的品質能予以維護，則地球上的生物才有生存的機會，進而人類才能永續地生存在這大地上。

有鑑於環境科學教育逼切性，環境科學教育之教材編纂實為當務之急。國立編譯館曾前館長濟群遂於三年前，特邀國內專家學者對環境問題提出討論以編纂環境科學叢書。未學有此榮幸應邀，擔任本叢書之召集人，除研擬系列叢書之內容外，並邀請國內學有專精，飽學之士來編寫。譬如：王鑫教授著地景保育；楊冠政教授著環境教育；曾四恭教授著環境污染及防治；王一雄教授著土壤環境污染與農藥；徐國士教授等著國家公園概論；邵廣昭教授著海洋生態學。期間，有些學者因極為忙碌，未能應允參加撰寫，本人深感遺憾，但希望不久的將來，他們能在公餘時加入撰書行列，俾使本叢書之內容更臻完美。相信這部環境科學叢書必可供為從事環境科學工作者之參考，亦可提供各大學從事環境科學教育之重要教材內容。

書到用時方恨少，學而後知不足，這是我們讀書人的痛苦經驗。但我相信，沒踏出著書的第一步，焉能得到方家的指正。這部叢書之誕生是在編著者犧牲假日，利用公餘時間，在短短三年間完成，每位作者窮盡心血，完成此叢書，誠屬不易。謹此卷首，再申謝忱，並感謝國立編譯館之資助以如期付梓。祈望讀者及先進們，不吝指教。

環境科學叢書召集人

周昌弘 謹識

民國八十四年七月一日

自序

海洋雖佔了地球表面的大部份，但人類對海洋的了解卻遠不如陸地，特別是在海洋生物與海洋生態方面。在這樣一知半解，又不去關心和愛護海洋，對海洋資源更是予取予求的情況下，當然魚源枯竭和物種絕滅的問題也就接踵而來。這不僅是臺灣的問題，也是全球普遍存在的現象。所幸近年來在許多學者的大聲疾呼下，海洋生態保育和漁業資源永續利用的重要，已逐漸獲得大家普遍的共識。這也得歸功於各類媒體的報導，使大家能有更多的機會一窺美妙的海洋生物、深海的奧秘，投入海洋的遊憩活動，也了解到海洋的污染、鯨豚的保育、珊瑚礁的復育、國際漁業的糾紛，或是聖嬰現象如何由海洋改變整個地球的氣候與生態等等的問題。人們對海洋生物和生態的興趣和求知慾可說是與日俱增，但遺憾的是在坊間除了一些通俗的圖鑑外，卻找不到一本能較深入介紹海洋生物或生態的中文書籍。多年來在大學和研究所的課堂上也一直缺少一本海洋生態的中文參考教材。

很慶幸國立編譯館在兩年前籌劃編撰一套環境科學叢書時，能將海洋生態一冊納入，彌補了一些過去重陸輕海的缺憾。筆者首先要感謝中研院周昌弘院士及台大林曜松教授等專家之引薦，使我能有機會來負責編撰其中海洋生態的一冊。雖然筆者才疏學淺，多年來的研究也只專精於海洋生態中的一小部份，但想到十五年前考取教育部公費留學考「海洋生態」學門的獎學金出國進修，今天能有此機會來替大家整理一本海洋生態的書，不但自己深以為榮，也是一份應盡的義務。

和責任，更是提供我一個回饋社會的最佳機會。

寫一本涵蓋範圍可說博大精深，研究結果又日新月異的海洋生態的書的確相當艱難。在篇幅有限和時間受限的情況下，實在很難鉅細靡遺地把本來想寫的都容納進去，譬如本想納入的海洋生物取樣和資料分析方法的一章就只好放棄了。這本書雖然書名是海洋生態，但其中有三分之一是在介紹海洋生物。在介紹完第一章海洋環境的概說後，就有四章從低階的海洋微生物、浮游生物、海洋植物介紹到無脊椎和高階的脊椎動物。其中還包括了1996年才新發表的環口動物門。接著第六、第七章是談海洋生物如何適應海洋環境以及海洋生態系的結構與功能。第八、第九章是由不同棲地環境來介紹不同的海洋生態系，包括潮間帶、河口、紅樹林、底土、海草、珊瑚礁、大洋及深海等。其實生長在台灣의 同胞應覺得慶幸，因為台灣島嶼雖小，但卻兼具了上列各類不同的棲所環境，也因此讀者不難在台灣本土的海洋裏，去實地驗證書中所敘述的各項理論或假說。又爲了使讀者們能了解生物多樣性中還有基因、個體、族群和群聚的層級，並加強生態和進化基本原理的知識，第十、第十一章專門談族群和群聚的生態。第十二章則是談人與海洋間的互動關係，特別是近年來深受全球共同關心的全球變遷及人爲活動影響海洋生態系的問題。最後一章則很扼要地整理了台灣海洋環境、海洋生態的現況，問題與因應之策。爲了讓這本書能夠方便在教學和研究上使用，書後亦附上引用文獻，以及專有名詞中英對照的索引。當然也有若干專有名詞的中譯仍有譯名與其它書的譯法不盡一致的情形，這也只有留待日後再來解決了。在編撰此書的過程中個人覺得最遺憾的莫過於台灣本土的資料太少，許多實例或圖表仍不得不引用國外的材料，引用較多的是 Nybakken

(1993)、Levinton (1982,1995) 或 Lerman (1986) 等幾本國外常用的海洋生物的課本。總之，但願這一本仍不儘理想，只能說是拋磚引玉的書能夠有助於讀者們去認識、學習和探討海洋生物和生態，更進而促使大眾更關心和愛護我們的海洋環境，共同為拯救台灣每下愈況的海洋生態來努力。

最後要感謝國立海洋生物博物館籌備處方力行主任的審訂全書和提供寶貴意見，許多國內海洋生物學界同仁的鞭策與鼓勵。在編撰過程中要特別感謝林幸助博士協助整理書中第六和第七章，以及書中海洋環境、海洋植物和海草生態系的部份，高炳華先生協助重繪書中大部份的插圖，吳瑩月及吳瓊媛小姐協助打字，以及蔡永春、郭道仁、鄭毓毅及蔡坤龍先生等提供精彩的海底攝影作品等，使得此書終於得以順利付梓。但也由於出版在即，書中有些仍感需要再修正和改寫之處，也已無法如願。在此只有盼望各方先進不吝賜教，並希望未來能再版的機會可予大幅增補和訂正。

邵廣昭

謹識於中研院動物所

1997年9月

目 錄

環境科學叢書序

序 言

自 序

第一章 海洋環境概說	1
1.1 海水的物理與化學性質	1
1.2 海洋的地理、地形與生態環境分區	13
1.3 水團與海水的波動	19
1.4 海洋與陸地生態環境之比較	29
1.5 海洋生物概說	32
第二章 海洋微生物、浮游生物與海洋植物	41
2.1 病毒	42
2.2 原核生物 — 細菌及藍綠藻	43
2.3 真菌	47
2.4 原生生物 — 矽藻、腰鞭類、原生動物	47
2.5 浮游生物 -- 浮游植物、浮游動物	54
2.6 海洋植物 -- 海藻與海草	63
第三章 海洋無脊椎動物	75
3.1 海綿、刺胞與櫛水母動物	75
3.2 其他種類之無脊椎動物	80
3.3 環節動物	92
3.4 軟體動物	94
3.5 節肢動物	98

3.6 棘皮動物及半索動物	101
3.7 脊索動物 -- 原索動物 (尾索及頭索動物)	104
第四章 海洋脊椎動物 (I) — 魚類	107
4.1 魚類分佈	108
4.2 魚類的食性與棲所	110
4.3 魚類體型及游速	115
4.4 魚類的感覺	117
4.5 魚類的生殖與發育	122
4.6 魚類的洄游	127
第五章 海洋脊椎動物 (II) — 爬蟲、鳥類和哺乳類	129
5.1 海洋爬蟲類	129
5.2 海鳥	131
5.3 海洋哺乳類	137
第六章 海洋生物的適應	149
6.1 適應之意義及其測量方法	149
6.2 溫度	154
6.3 鹽度	160
6.4 溶氧	165
6.5 波浪與潮流	171
6.6 光線與濁度	171
第七章 海洋生態系	177
7.1 基礎生產力	179
7.2 浮游生物動力學	184
7.3 次級生產力	190

7.4 食物網.....	191
7.5 物質能量流程.....	194
第八章 潮間帶、河口、紅樹林及底土生態系	203
8.1 潮間帶環境.....	203
8.2 岩礁岸.....	210
8.3 沿海溼地.....	217
8.4 河口.....	225
8.5 紅樹林.....	232
8.6 底土生態系.....	237
第九章 海草、珊瑚礁、大洋及深海生態系	247
9.1 海草區.....	247
9.2 珊瑚礁區.....	249
9.3 大洋區.....	264
9.4 深海區.....	274
第十章 海洋生物的族群生態	289
10.1 族群成長與年齡結構.....	289
10.2 族群使用與分配資源之策略.....	295
10.3 族群之洄游與擴散.....	307
10.4 海洋生物之多樣性.....	312
10.5 族群變異、種化與地理分布.....	321
10.6 交互作用 — 競爭與掠食.....	331
第十一章 海洋生物的群聚生態	343
11.1 群聚之特徵與群聚結構.....	343
11.2 群聚結構之描述與分析方法.....	345

11.3 群聚結構之穩定性.....	352
11.4 群聚的演替與巔峰.....	354
11.5 干擾.....	358
第十二章 人與海洋.....	363
12.1 海洋資源的利用.....	363
12.2 漁業.....	367
12.3 淺海養殖、栽培漁業及人工魚礁.....	375
12.4 全球變遷對海洋生態系之影響.....	380
12.5 人爲活動對海洋生態系之影響.....	397
第十三章 台灣的海洋生物、生態與保育.....	407
13.1 台灣海洋生物資源之種類與分佈.....	407
13.2 台灣地理環境與海域生態的特性.....	411
13.3 台灣海岸開發利用對海洋生態造成之衝擊.....	414
13.4 台灣的漁業.....	417
13.5 海洋生態保育之策略.....	420
參考文獻.....	427
英漢索引.....	451

第 1 章

海洋環境概說

海洋佔有地球表面積70%以上。其平均深度約為3800m，累積的總體積可達 $1.4 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。此龐大的海洋中蘊藏著地球上最豐富的生物資源，幾乎涵蓋了所有的動、植物分類學門的生物。這些生物爲了要能在海水中生存，都具有一些共同的特性以適應海水的物理和化學的性質，以及不停波動的特性。雖然如此，海洋的地理和地形區分仍是影響海洋生物分佈的重要因素。本章最後將藉著海洋與陸地生態環境的交互比較來突顯出海洋環境的特色。

1.1 海水的物理與化學性質

(一) 水

水是組成海水的的核心成分。水也是生物體內重要的組成成份，是各種化學反應發生的地方。

水分子由兩個氫原子 (H) 和一個氧原子 (O) 所組成，其化學式表示爲 H_2O 。兩個氫原子和氧原子的鍵結並非對稱性的，因此形成氫原子在一端，而氧原子在另一端，如圖1-1所示。氫原子和氧原子的

鍵結是藉著氫和氧之間的電子共享來滿足二者最外圍電子軌道所需的電子數。然而，氧原子傾向於將二者所共享的電子拉近氧原子核。因此使得水分子在氧原子端略帶有負電性，而在氫原子端略帶有正帶性，也因此產生了水分子的極性。

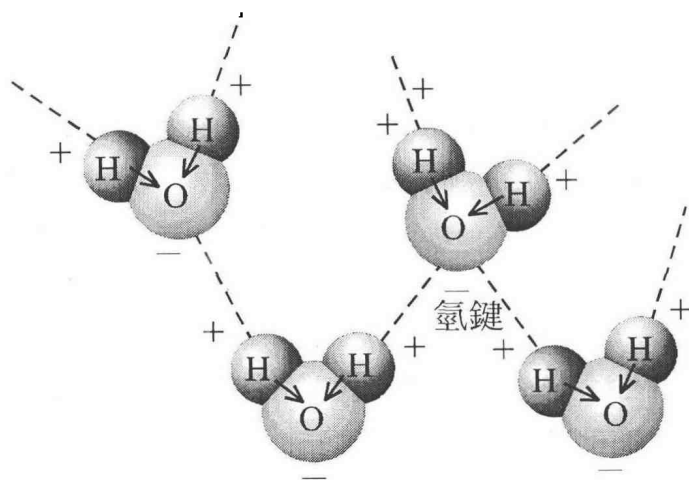


圖 1-1 水分子結構及水分子間因分子極性而產生之氫鍵

水分子的極性使得帶正電的氫原子端會吸引另一帶負電的氧原子端的水分子，如圖1-1所示。水分子間這種微弱的相互吸引力稱為氫鍵 (hydrogen bonds)。氫鍵的強度大約只有氫原子和氧原子之間鍵結的6%，因此非常容易斷裂，但也容易再形成鍵結。由於水分子的氫鍵和極性，產生許多水特有的物理和化學性質。若是水分子缺少氫鍵，也沒有極性，則水在室溫下並不是液體，而是氣體。水的凝結點也將低於大部份地球表面的溫度。假若如此，生物將無法依賴水而生存。

水分子間會因為氫鍵而緊密接合在一起，並且會反抗企圖打斷這些氫鍵的外力，這種抵抗力稱為內聚力 (cohesion)。內聚力的作用在空氣和水之間的介面尤其顯著，水面會形成如同薄膜一般，甚至可以承載小型物體，這種現象稱為表面張力 (surface tension)。水的表面張力強度是一般液體中最高的，因此可使有些生物或懸浮於水中生活，或於水面上活動。因為水的內聚力使得水具有黏性 (viscosity)。黏性是一種物質的特性，度量所需施用的力以排除分子間的吸引力而穿越此液體。海水的黏性會隨著溫度和鹽度而改變。海水黏度會隨著溫度下降而增加，也會隨著鹽度的增高而增加。海水的黏度是決定生物或其它物體沈降速度的一個重要因素，同時也是動物在水中活動所需克服的一個關卡。

水的另一項特性是關於熱效應。水的蒸發潛熱 (latent heat of vaporization) 是一般常見的液體中最高的。換言之，與其它大部份具有簡單分子結構的液體相比較，水被加熱時，其蒸發效率非常的低。這也是由於分子間氫鍵作用的結果。水具有的高蒸發熱，代表水的沸點非常高 (100°C)。其結果是水通常以液體，而非氣體存在於地球表面，與蒸發熱相關的是熔化潛熱 (latent heat of fusion)。熔化潛熱是物體由固體轉變成液體，或者由液體轉變成固體單位重量所需獲得或失去的熱量。水具有一般液體中最高的熔化潛熱，因此當冰溶化時會吸收出大量的熱。當水凝結成冰時也會釋放大量的熱。

水的高蒸發熱和高熔化潛熱表示要使得一定量水的溫度變動所需的熱量要比一般的液體來得多。這種水的高熱容 (heat capacity) 表示水是一個非常好的抗溫度變動的緩衝溶液，因此才足以維持水域溫度的穩定，同時也表示水中生物會經歷的溫度變動要比在空氣中來得