

Environmental Biology

環境生物學

作者
熊治廷

校訂
蔡詩偉
國立台灣大學環境衛生研究所副教授



合記圖書出版社 發行

Environmental Biology

| 環境生物學 |

作者
熊治廷

校訂
蔡詩偉
國立台灣大學環境衛生研究所副教授



合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

環境生物學 = Enviromental biology / 熊治廷作.

— 初版. — 臺北市：合記，2008. 08

面：公分

參考書目：面

ISBN 978-986-126-517-9 (平裝)

1. 環境生態學

367

97007843

環境生物學

作 者 熊治廷

校 訂 蔡詩偉

執行編輯 金明芬

發行人 吳富章

發行所 合記圖書出版社

登記證 局版臺業字第0698號

社 址 台北市內湖區(114)安康路322-2號

電 話 (02)27940168

傳 真 (02)27924702

網 址 www.hochi.com.tw

西元 2008 年 8 月 10 日 初版一刷

70磅雪白道林紙 49版 392頁

本書繁體中文版由武漢大學出版社（簡體版2000年12月第1版）

授權臺北合記圖書出版社在臺灣出版發行

版權所有・翻印必究

總經理 合記書局

郵政劃撥帳號 19197512

戶名 合記書局有限公司

北醫店 電話 (02)27239404

臺北市信義區(110)吳興街249號

臺大店 電話 (02)23651544 (02)23671444

臺北市中正區(100)羅斯福路四段12巷7號

榮總店 電話 (02)28265375

臺北市北投區(112)石牌路二段120號

臺中店 電話 (04)22030795 (04)22032317

臺中市北區(404)育德路24號

高雄店 電話 (07)3226177

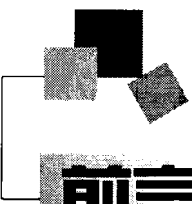
高雄市三民區(807)北平一街 1 號

花蓮店 電話 (03)8463459

花蓮市(970)中山路632號

成大店 (籌備中)

台南市(704)勝利路272號



前言

工業革命以來，工農業生產的迅速發展和人類生活方式的巨大改變深刻地影響了人類的生存環境。酸雨、溫室效應和臭氧層破壞已成為全球性環境問題。水體、大氣和土壤污染使環境質量迅速惡化。自然資源因過度開發而日趨枯竭。人為活動產生的這些環境問題已對人類的生存與發展構成重大威脅，是有史以來人類面臨的最嚴峻和影響最深遠的挑戰之一。

為了研究和解決這些環境問題，20世紀下半葉誕生了環境科學。環境生物學是環境科學的主要分支學科。與環境科學的其他分支學科類似，環境生物學目前仍處於創始不久的幼年階段。關於環境生物學學科本身的若干重要問題，如環境生物學的定義、性質、理論體系、研究物件、研究內容、分類地位及分支學科等尚無明晰而統一的認識，更無有關專著問世。在教學方面，雖然環境生物學已被中國國家教育部環境科學教學指導委員會列為高等院校環境科學專業的重要專業基礎課，並已有多年教學實踐，但迄今未見有關教材出版。這種現狀無疑不利於環境生物學的科學研究和教學，並將影響到其進一步發展。

有鑑於此，作者結合自己的科學研究和教學實踐，並在廣泛研讀國內外有關書刊的基礎上寫成此書。在擬定本書的體系和內容時，作者依據以下三項基本原則：

第一，環境生物學是研究生物系統與人為有害因子相互關係的科學。生物系統包括從基因到生態系統各級組構水平。人為有害因子則將環境因素限定在對生物系統產生有害或不利影響的範圍。相互關係既包括人為逆境對生物系統的效應，也包括生物系統對有害因子行為的影響。這使得環境生物學與普通生物學和普通生態學之間有明晰的區分，彼此不能替代。

第二，環境生物學是一門理論科學，相應地在高等院校環境科學專業課程體系中是一門專業基礎課。它主要研究和論述該領域內的基本規律和普遍現象。當然，這並不排除必要時介紹某些重要的應用領域。這使環境生物學免於與其相關的應用學科相互重疊，如環境質量評價、環境監測、環境工程、生態工程等。

第三，環境生物學是一門有其自身內在有機結構的科學。這種結構是由其定義所界定和維系的；生物系統是其基本構架，人爲脅迫則是其邊界。這使環境生物學得以從其初創階段的案例研究與描述進入體系化的發展階段，並避免成爲一個隨意性的拼盤。

根據以上原則，作者將全書分爲十章。第一章緒論，系統闡述環境生物學的定義、研究物件、研究內容、發展簡史、分類地位及分支學科等問題。本章是全書的基礎和概括。第二章介紹化學性、物理性和生物性三大類人爲有害因子。本章突出反映人爲有害因子在環境生物學中的重要性。第三章和第四章分別介紹外來化學物在生物體內的歸宿與效應。第五章介紹重要物理因素在生物體內的行爲及對機體的損傷。第六章將物理、化學因素對生物體的效應擴展到基因和染色體水平，其核心內容是誘發突變及由此產生的遺傳毒理效應。這四章主要涉及生物個體及其以下微觀水平的內容。第七章介紹化學性污染對生物種群動態和種間關係的影響，以及污染曝露下種群的進化。第八章介紹化學性污染對生物群落和生態系統的影響及其在生態系統中的歸宿。這兩章主要涉及個體以上宏觀水平的內容。生物多樣性涵蓋生物系統的各級主要結構水平。研究人爲有害因子中生物多樣性喪失在環境生物學中具有特殊的意義。因此，第九章集中介紹生物多樣性及導致其喪失的各種人爲逆境因素。第十章介紹依據環境生物學的基本原理與方法發展起來的若干應用領域，包括生物監測、危害性與風險評價、環境生物技術及生物多樣性保護。

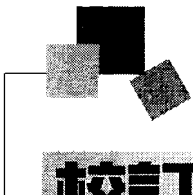
本書資料主要有兩個來源。一是國內外有關的專著、論文集、教材、手冊和辭書，二是近年來毒理學、生態毒理學、生態學和環境化學等學科內有關環境生物學內容的原始研究論文和評論。對某些成熟理論和普遍現象的介紹，本書直接取材於有關書籍。而對尚處於研究階段，甚至爲當前研究前沿的內容，本書則主要依據原始研究論文，並融入作者本人的觀點。因此，可以作爲綜合性大學和師範院校環境科學專業和其他相關專業的本科教材，也可供有關專業的研究生閱讀，以及供有關領域和學科的研究人員參考。若作爲本科教材使用，教師可視具體情況將書中部分內容作爲閱讀材料。

作者深知首次編著本書的難度和風險。由於環境生物學本身具有年青和廣博的特點，加之作者水平的限制和資料占有的局限性，書中難免有不妥及錯漏之處。作者懇請讀者批評指正，以便進一步修訂完善。

本書的出版發行得到武漢大學教務處和武漢大學出版社領導的關心和支援。責任編輯黃漢平同志在書稿的編審和發行方面作了大量工作。本書的寫作得到武漢大學環境科學系領導的鼓勵和支持，也得到同事們的熱情幫助。作者在此謹致衷心謝意。

熊治廷

武漢大學環境科學系

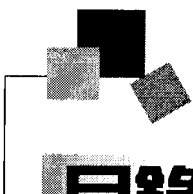


校訂者序

環境科學的範疇非常廣泛，而本書是從生物學的角度切入，帶領讀者認識各種對人類生存與發展造成威脅的環境有害因子，及其可能對健康的傷害。

由於環境相關問題包羅萬象，解決方法除了應具備物理、化學、地理學及工程學等知識外，更需要生物學的背景，才能瞭解生態與人類之間各種錯綜複雜的關係。因此，本書以生物學為基礎，介紹不同環境有害因子對人體及族群的影響，進而討論生物多樣性等議題，其豐富的內容相信將可增加不同背景大專學生對環境科學的認識；另一方面，本書亦應適合作為對環境科學領域有興趣者的入門學習教材。

環境生物學具有廣博的特點，而本書亦的確提供了足夠廣度的知識；不過，如同作者於前言中所述，礙於各種限制，本書的資料亦有其侷限性。因此，建議讀者可於研讀完本書，獲得環境生物學及環境科學的基本認識後，再進一步參考其他各種不同主題的教科書；如此，相信在學習上將能達到事半功倍之效。



目錄

第一章	緒 論	1
	一、環境生物學的定義	1
	二、環境生物學的研究對象與內容	3
	三、環境生物學的發展簡史	5
	四、環境生物學的分類地位與分支學科	8
第二章	人為有害因子	11
第一節	環境的化學性污染	11
	一、大氣的化學性污染	11
	二、水體的化學性污染	13
	三、土壤的化學性污染	15
第二節	環境的物理性污染	16
	一、游離輻射污染	16
	二、非游離輻射污染	19
	三、噪音污染	21
	四、熱污染	22
第三節	病原體傳播和外來物種引入	23
	一、病原體傳播	23
	二、外來物種引入	24
第四節	自然資源過度開發	25
	一、水資源的過度開發	25
	二、土地資源的過度開發	26
	三、生物資源的過度開發	27

第三章	外來物質在生物體內的歸宿	29
第一節	吸收	30
	一、生物膜的基本結構和物質的跨膜轉運	30
	二、吸收途徑	35
第二節	分布	40
	一、外來物質與內源性物質結合	40
	二、運輸途徑	42
	三、外來物質在不同器官組織中的分布	42
第三節	生物轉化	45
	一、生物轉化的基本階段和反應類型	46
	二、生物轉化中酶的誘導和抑制	56
	三、生物轉化的物種與個體差異	59
第四節	排泄	63
	一、動物的排泄	63
	二、植物的排泄	66
第五節	生物累積	68
	一、概述	68
	二、生物累積的定量測定方法	69
	三、超量累積現象	72
第六節	外來物質動力學簡介	73
	一、概述	73
	二、模型	73
第四章	外來物質的毒性效應	83
第一節	毒物的種類	83
	一、無機毒物	84
	二、有機毒物	85
第二節	毒性效應及其測定	88
	一、毒性效應的類型	88
	二、毒性參數	90
	三、毒性分級	92
	四、毒性試驗	94
	五、劑量與毒性	104
	六、聯合毒性	105

第三節	典型毒物的毒性效應.....	109
	一、有機合成殺蟲劑的毒性效應.....	109
	二、除草劑的毒性效應.....	112
	三、重金屬的毒性效應.....	114
	四、有害氣體的毒性效應.....	118
第四節	毒性作用的機制.....	119
	一、對酶的抑制.....	120
	二、與受器結合.....	125
	三、生物膜通透性改變.....	127
	四、自由基反應.....	128
第五節	外來物質的分子結構與生物毒性.....	131
	一、概述.....	131
	二、有機物的定量結構與活性相關.....	131

第五章

物理因素對生物體的損傷.....137

第一節	游離輻射的生物效應.....	137
	一、游離輻射對細胞的損傷.....	137
	二、游離輻射的軀體效應.....	142
	三、游離輻射的生物化學效應.....	144
第二節	紫外線的生物效應.....	150
	一、生物組織對紫外線的吸收與傳輸.....	151
	二、紫外線對軀體的損傷.....	151
	三、紫外線對DNA的損傷.....	152
	四、紫外線對蛋白質的影響.....	154
第三節	微波和射頻輻射的生物效應.....	156
	一、有機體對微波和射頻能量的吸收.....	156
	二、微波輻射的熱效應.....	160
	三、微波和射頻輻射的非熱效應.....	163
	四、微波和射頻輻射對有機體結構與功能的影響.....	165
第四節	紅外線的生物效應.....	170
	一、對眼睛的損傷.....	170
	二、對皮膚的損傷.....	170
	三、其他效應.....	171
第五節	超音波的生物效應.....	172
	一、生物組織的超聲特性.....	172

二、對有機體的影響	173
三、對細胞的影響	174
四、分子效應	174

第六節 噪音的生物效應	175
一、對聽覺的影響	175
二、其他生理效應	176
三、心理效應	176

第六章 遺傳毒理學..... 179

第一節 突變的基本類型	179
一、染色體結構變異	180
二、染色體數目變異	181
三、基因突變	183
第二節 誘發突變	185
一、致突變因子	186
二、化學致突變劑誘發的突變	187
三、輻射誘發的突變	194
第三節 誘發突變的後果	199
一、顯性致死和遺傳疾病	199
二、體細胞突變與腫瘤	202
三、體細胞突變與致畸胎作用	203
第四節 遺傳毒理學試驗	205
一、試驗系統的分類	205
二、一些常用的試驗	207
三、方法的選擇與結果的評估	214

第七章 污染的族群生物學效應..... 219

第一節 污染對族群動態的影響	220
一、生活史及其對污染的敏感性	220
二、污染對族群增長率的影響	224
三、污染影響族群的調節	227
第二節 污染對不同物種間關係的影響	232
一、污染對捕食的影響	233
二、污染對競爭的影響	237
三、污染對寄生的影響	241

四、污染對食草作用的影響	245
第三節 污染與族群進化	249
一、抗污染變異及其機制	249
二、抗性族群的形成	258
三、抗性進化的代價	266

第八章 污染物在生態系統中的歸宿與效應.....269

第一節 污染物在生態系統中的歸宿	269
一、歸宿的一般特徵	270
二、污染物在食物鏈中的轉移	274
三、污染物環境歸宿的實驗研究方法	276
第二節 污染物的群落與生態系統效應.....	278
一、研究方法	279
二、結構效應	284
三、功能效應	287
四、生態系統的功能冗餘問題	294
第三節 污染與生態系統演替	295
一、污染對水生生態系統演替的影響	295
二、污染對陸生生態系統演替的影響	297

第九章 生物多樣性及其人為喪失..... 299

第一節 什麼是生物多樣性.....	299
一、生物多樣性的層次	300
二、生物多樣性的形成	304
第二節 生物多樣性的分佈.....	307
一、概述	307
二、生物多樣性的關鍵區域	308
三、生物多樣性特豐的國家	311
第三節 生物多樣性的喪失.....	312
一、物種的滅絕速度	312
二、物種的脆弱性	314
三、棲息地喪失和片斷化對生物多樣性的影響	318
四、過度開發對生物多樣性的影響	321
五、環境污染對生物多樣性的影響	322
六、外來物種引入對生物多樣性的影響	325



第四節	滅絕的群落和族群生物學理論.....	326
一、	島嶼生物地理學理論.....	326
二、	異質族群理論.....	329
三、	最小生存族群理論.....	331

第十章 應用環境生物學 337

第一節	生物監測.....	337
一、	生物監測的基本概念.....	337
二、	生物監測的特點.....	338
三、	監測生物及指標的選擇.....	340
四、	生物監測的基本方法.....	342
第二節	危害性與風險評估.....	344
一、	危害性與風險評估的整體流程.....	344
二、	危害性鑑別.....	346
三、	危害性評估.....	346
四、	風險評估.....	348
五、	風險管理.....	349
第三節	環境生物技術.....	349
一、	概述.....	349
二、	污染水體與污水的生物處理.....	350
三、	大氣污染的生物防治.....	353
四、	土壤污染的生物治理.....	354
五、	固體廢棄物的生物處理.....	354
第四節	生物多樣性的保護.....	356
一、	就地保護——保護區.....	356
二、	遷地保護.....	361
三、	新族群重建.....	363
四、	受損生態系統恢復.....	364

參考文獻	367
------------	-----

一、環境生物學的定義

環境生物學 (environmental biology) 是研究生物系統與人為有害因子之間相互關係的科學。生物系統 (biological system) 是生物各級組織 (organization) 層級的總稱。根據一般的分類，各個組織層級從微觀到宏觀依次為基因 (gene)、細胞 (cell)、器官 / 組織 (organ/tissue)、個體 (organism)、族群 (population)、群落 (community)、生態系統 (ecosystem) 及生物圈 (biosphere)。人為有害因子 (anthropogenic stress) 是由人類活動產生不利於生物生存的環境危害或狀態。生物系統與人為有害因子的相互關係有兩方面的含義。一方面，各種有害因子 (stressor) 對生物系統產生不利或有害的影響（或效應），如大氣中的 SO_2 污染物對動植物生長發育的抑制，游離輻射對細胞中 DNA 分子損傷，過度砍伐使森林生長衰退等等。另一方面，生物系統同時也對有害因子的行為（或歸宿）產生影響，如有機磷農藥在生物體內的代謝降解，游離輻射通過有機體時被吸收而衰減，綠色植物吸收大氣中過量 CO_2 而釋放出氧氣等等。根據這種相互關係可發生在生物系統各組織層級與各種有害因子的不同組合之間，從而形成相當複雜的相互作用模式。

《中國大百科全書》(1983) 認為環境生物學是環境科學的一個分支。研究生物與受人類干預的環境之間相互作用的規律及其機制。它以斯坦利的生態系統概念作為重要的理論基礎，因此有人認為環境生物學就是生態學……研究的對象是受人類干預的生態系統。這裏所說的人類干預包括兩個方面：一是指人類活動對生態系統造成的污染；二是指人類活動對生態系統的影響和破壞，主要是指人類對自然資源的不合理利用。

金鑒明和周富祥 (1987) 認為“生態學與環境生物學在研究課題上確實難嚴格區分。現在一般把環境生物學狹義地理解為污染環境生物學。它以研究受污染的生態系統為核心，向兩個方面發展，從宏觀上，研究環境中污染物對生態系統產生的影響及其反作用；從微觀上，即在細胞和分子的層級上，研究污染物對生物產生毒害的作用和機制。”

《環境科學大辭典》(1991) 認為環境生物學是環境科學的一個分支學科。研究生物與受人類干預的環境之間相互作用及調控機制。其主要理論基礎是生態學中生態系統的概念，因此

有人認為環境生物學就是生態學。也有人認為環境生物學的主要研究內容為污染與生物之間的相互作用，因此環境生物學就是污染生態學。

Trivedi 和 Raj (1992) 認為，環境生物學並非一門新的學科，而僅是生態學體系的一個擴展，主要研究與人類相關的環境……環境生物學不是一門單一學科，而是一個多學科體系，由許多不同學科組成。

Barrington (1980) 曾著有《Environmental Biology》一書。書中所述內容包括生物與細胞、生物與能量、初級生產、消費、呼吸作用、鹽與水、生命熱量與溫度、生活史、通訊與整合等，基本上為普通生態學的內容。

Parker (1984) 主編的《McGraw-Hill 科學技術語彙詞典》在註釋生態學時也使用了環境生物學一詞：生態學是研究有機體與其環境相互關係的一門科學。亦被稱為環境生物學。

顯然，這些論述對環境生物學一詞的使用，彼此間有較大的歧異。這種歧異一方面來自語義理解上的差異，另一方面來自學科背景的不同。其中包括對許多基本概念和術語的理解和使用不一致。這種歧異的存在必然導致對環境生物學科學定義的不統一。

首先，環境 (environment) 一詞的含義在生態學中和環境科學中是有差別的。一般是指一特定生物體或生物群體所處的空間，以及對其生存產生直接或間接影響的全部外界因素的集合。環境是一個相對的概念，即相對於一個特定的主體而言的。生態學通常被定義為生物與其環境之間相互關係的科學。顯然，在生態學中，主體事物是生物，而環境是指與生物相關的所有外界因素的集合（通常被區分為生物因子和非生物因子兩大類）。生態學中的環境概念突顯環境的自然特性。

在環境科學中，一般以人類為主體，環境是指人類所處的空間，以及能與人類發生相互作用的全部外界因素的集合，主要涉及地球表面與人類相關的各種自然因素及其總和。環境科學中的環境概念在保留環境之自然特性的同時，也強調其人文特性。它既是人類生存所依賴的空間，也是人類開發利用的對象。根據環境概念在生態學與環境科學中的這種差異，亦不難區分環境生物學的概念在生態學和環境科學中的相對差別。由此不難理解，作為一門科學，環境生物學首先在概念上不能等同於生態學，儘管它們之間有著密切的聯繫。

其次，如何理解人為有害因子一詞所表達的含義及如何使用該詞，對定義環境生物學有極大的影響。在物理學中，Stress 是指作用於某個物體的一種外加力 (externally applied force)，但並不反映受力物體變形的程度。該詞被引用到生物學後，譯為有害因子或逆境。根據《環境科學大辭典》的定義，逆境是指能使生物生長和生殖降到基因型潛能以下的任何一個因素。在自然條件下，土壤貧瘠、酷暑、嚴寒、乾旱、水災、病蟲害爆發等均為逆境。這些逆境類型可以稱為自然逆境或自然脅迫。研究自然逆境對生物的影響是生態學的任務。人類活動同樣可以使生物生長和生殖降到其基因型潛能以下。例如，化學性污染、物理性污染、外來物種引入、病蟲害傳播、過度開發等人類活動等均為人為有害因子。研究人為有害因子對生物（包括人類本身）的影響則是環境生物學的主要任務之一。

另外，區分干擾 (disturbance) 與脅迫也是有必要的。根據《Conservation Biology》一書對干擾的定義，該術語是指破壞生態系統、群落或族群結構及改變資源、物質可利用性或物理環境的任何中斷性事件。與脅迫類似，干擾也有對生物產生影響的含義，但是，所強調的是對較高組織層級（生態系統、群落和族群）的影響，同時，干擾並未明確對生物的影響達到何種程度。與此不同，脅迫所指的影響是對所有生物組織層級而言，而且最終使生物生存（生長和生殖）處於基因型潛能以下的層級或程度。因此，脅迫是一個比干擾更全面而明確的概念。在某種意義上可以說，干擾對生物產生影響，但並不一定對其生存產生有害的影響。

二、環境生物學的研究對象與內容

（一）研究對象

環境生物學研究的對象是受人為有害因子影響的生物系統。在正常的自然條件下，生物系統各層級遵循其本身的生物學規律，是普通生物學研究的對象。在人為有害因子影響條件下，生物系統會出現一些在自然條件下沒有或少見的現象，並遵循一些特殊的生物學規律。環境生物學研究具有這些特殊規律和現象的生物系統。根據組織層級的不同，人為有害因子會在生物系統的基因、細胞、器官 / 組織、個體、族群、群落、生態系統及生物圈層次產生作用。

個體是生物系統中最重要的組織層級。它一方面是器官、細胞和基因的整合單位，另一方面又是各個高層級（族群、群落、生態系統和生物圈）的組成單位或分子。個體的生長和生殖直接影響到生物系統其他層級。在人為有害因子的影響下，個體的生長發育受到抑制，嚴重時導致死亡。人為有害因子可作用於個體發育的任何階段，從胚胎期直至老年期。如果人為有害因子作用於個體的生殖過程，則會影響到子代的質量和數量。輕則產生不健康子代，重則導致完全不孕。這些效應最終影響到個體的生存。如果人為有害因子威脅到個體生存，那麼個體所攜帶的基因將不復存在或不能傳遞到下一代；另一方面，族群規模將減小，族群結構將簡化。正是因為個體層級的重要性，環境生物學中許多基本和常規實驗都是以個體作為實驗對象。這類實驗被稱為整體實驗或體內實驗，如急性毒性實驗、亞急性毒性實驗、蓄積毒性實驗及慢性毒性實驗等。

當環境生物學研究從個體向微觀層級深入，其研究對象集中在細胞或基因（分子）層級。對多細胞生物而言，細胞是機體的結構組成單位。細胞的重要性不僅僅在於作為機體的結構基礎，而且是機體的重要代謝場所，例如在毒物代謝中，具有重要作用的氧化酶系統即位於細胞微粒體系統中。基因層級實際上代表分子層級。基因作為遺傳單位，不但對個體發育具有決定性作用，而且也是種族延續的資訊基礎。體細胞DNA損傷或基因突變將導致機體發育異常、病變甚至死亡。生殖細胞DNA損傷或基因突變時，則危及生殖或對子代產生有害影響。蛋白質分子是另一種重要分子，具有多種多樣複雜的生理功能。除了作為細胞的組成成分外，生物化學催化作用是其最重要的功能之一。體內一種酶受到人為有害因子的抑制，往往導致整個機體出現病變，甚至危及生命。細胞及分子層級的生物學過

程，往往是個體或群體層級生物學過程的微觀機制。環境生物學在細胞及分子層級的研究，能為宏觀層級所發生的現象提供解釋。

當環境生物學研究由個體層級向宏觀層級發展，其研究對象便擴展到族群、群落、生態系統及生物圈。族群的重要性明顯的表現在它是物種存在與進化的基本單位。事實上，個體並不具有物種的全部屬性，因此不能代表物種。當人為有害因子使物種只剩下一個或少數幾個個體時，各種隨機因素可能很快就會消滅這些殘存個體，導致物種滅絕。由人為有害因子引起的物種滅絕和生物多樣性下降，已是目前人類所面臨的重大環境危機之一。

群落由不同族群組成；其特徵取決於組成群落的物種類型及族群大小。群落與其相關的各種非生物因素（生境）一起構成生態系統。在群落與生態系統層級，結構與功能特徵變得更為複雜。更為重要的是，人為有害因子引起的群落與生態系統結構及功能改變，比其他較低組織層級產生的變化，對人類及生物界的生存具有更大且深遠的影響。生物圈是生物系統在全球規模上的組織層級，包括其下各層次的生命過程、規律及系統特徵的總和。由於其高度複雜性，目前無法對生物圈進行直接研究。例如，即使研究CO₂排放這種單一因素對全球變化的影響，也存在著極大的困難。因此，迄今在生物圈層級上的研究僅限於模型研究，而且研究結果帶有很大的不確定性。

（二）研究內容

環境生物學研究生物系統與人為有害因子的相互關係，具體表現在兩大方面，即人為有害因子對生物系統的效應，以及生物系統對人為有害因子行為的影響。這兩個相互影響的過程通常關係密切，甚至互為因果。

► 1. 人為有害因子對生物系統的效應

人為有害因子對於生物系統的作用，通常是對某組織層級產生直接不利影響，並可能間接影響到其他層級。受到直接影響的通常是個體，在影響程度較輕的情況下，個體的生長（如體重、數量等）下降，發育和生殖能力（如產卵年齡、產卵量、產仔數、孵化率、胚胎存活率等）受到抑制。嚴重的話則可導致機體死亡，如化學物污染使大量個體死亡。個體的生長發育和生殖受到抑制或死亡的機制，取決於有害因子類型、強度及作用方式等。生物對有害因子的抵抗性對其生存具有重要的意義。在族群層級，敏感基因型被有害因子淘汰後，族群遺傳結構會發生改變；在群落層級，有害因子使敏感物種消失，進而導致群落結構簡化，並影響到生態系統的整體功能。

人為有害因子對個體層級的直接效應，能在其他層級上產生一系列的間接效應。當一個物種在有害因子存在條件下，個體死亡數增加時，該物種所涉及的食物網中的種類構成將發生改變。其他物種可能取代該物種的位置，或者食物鏈變短，對個體層級的效應也能破壞生境。這通常導致空間異質性下降、生態位元數目減少，進而影響到群落結構。物種間競爭關係的改變也是一種重要的間接影響，例如，一個物種個體數目下降，將減輕其分享資源的另物種的競爭壓力。當物種的個體數目下降時，與之有其他各種生態相互關係的物種也會受到影響，如寄生者與宿主間、共生物種之間、傳粉物種與植物之間等。此外，敏感個體和敏感物種的消失會改變物種的進化和群落的演替。

人爲有害因子影響生物的直接和間接生物學效應在生態系統層級得到整合。這種綜合作用導致新的宏觀層級效應產生。首先，在生態系統層級中存在著對生態系統結構與功能具有決定性作用的所謂關鍵種。而關鍵種本身及其功能均會受到這種綜合作用的影響。其次，綜合作用能改變群落結構。這主要透過改變群落中物種的相對豐富程度和物種間關係而實現。另外，綜合作用能影響生態系統過程，特別是初級生產、分解和營養循環。與這些過程相關的效應常常受到生態系統中優勢植物種類的光合作用、控制分解作用的微生物活動、營養循環的類型以及各種理化環境因素的強烈影響。

► 2. 生物系統對人爲有害因子行爲的影響

人爲有害因子對生物系統的影響與其環境行爲密切相關。另一方面，生物系統對人爲有害因子的行爲也有重要影響。這種影響可以大致區分爲體內影響和體外影響。物理性人爲有害因子如各類游離輻射和電磁輻射，在穿透機體組織時會發生與體外不同的反應（如穿透距離、能量衰減等）。而且不同機體組織（如骨骼、肌肉、脂肪等）有不同的影響。化學性人爲有害因子如各種有毒有害化學污染物，進入機體後通過代謝轉化，其形態和去向均會受到影響。某些外來物質會被轉化成其他形態的代謝物，其生物學效應得到增強或減弱。某些外來物質被降解（或礦化）成最簡單的化合物（如 CO_2 和水）。這些外來化學物及其代謝產物和降解產物依其性質可能蓄積在機體內或被排出體外。

人爲有害因子在機體外的環境行爲會受到生物系統各種直接或間接影響。污染物在環境介質中的遷移是其環境行爲的重要表現形式之一。生物系統的各種生物學機制或過程能影響污染物的遷移。植物根系能吸附土壤中的重金屬離子。藻類能吸附水體中的多種污染物。森林和草地能有效降低大氣中的粒狀污染物。綠籬能降低市區以及工業區的環境噪音。植物分泌的多種揮發性物質能有效殺死或抑制人爲傳播的病原體。

三、環境生物學的發展簡史

在科學發展史中，一門科學的誕生往往源自人類爲了解決某一類實際問題的需要。環境生物學也不例外。它是在人類面臨越來越嚴峻的當代環境問題、人類及地球上生物的生存受到嚴重威脅的歷史背景下產生的。

（一）環境問題的產生和發展

所謂環境問題，是指人類爲了自身的生存與發展，不合理地開發利用自然資源及不負責任地排放污染物所產生的危及人類和生物生存的問題。環境問題的產生具有諷刺意味：人類爲了生存而生產和生活，而生產和生活產生的環境問題反而危及人類的生存。

嚴格說來，人類活動所引起的環境問題自人類誕生起便開始出現。在以採集和狩獵爲基本謀生方法的舊石器時代，人類的過度採集和獵捕曾對某些物種的族群大小與生存造成一定的不良影響。但是，這種影響是局部和暫時的，而且不足以破壞生態系統的自然恢復能力。進入新石器時代，人類開始經營所謂刀耕火種的原始農業生產。這是人類發展史中