

厦门大学新世纪教材大系

(第二版)

海洋生态学

新

● 沈国英 施并章 编著

世

纪

教

材

大

系

科学出版社

厦门大学新世纪教材大系

海洋生态学

(第二版)

沈国英 施并章 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以生态系统生态学为中心,从海洋环境,海洋生物生态类群、种群、种间关系、群落,以及海洋初级生产力、能量流动和生物地化循环等方面系统地阐述了海洋生态学的基础知识和理论,并且介绍了海洋生物资源科学管理与利用、海洋污染以及海洋生物多样性保护等理论与实践相结合的生态学内容。同时,现代海洋生态学最新研究前沿,如新生产力、生物泵、粒径谱、微型生物食物环的研究进展在各有关章节中均有专门介绍。

本书可作为高等院校海洋科学各有关专业本科生的基础课教材和研究生的选修教材,还可供从事海洋科学、海洋生态学、渔业科学和环境保护科学的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋生态学/沈国英,施并章编著.—2版.—北京:科学出版社,2002
(厦门大学新世纪教材大系)

ISBN 7-03-009864-1

I. 海… II. ①沈…②施… III. 海洋生态学-高等学校-教材
IV. Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 075324 号

责任编辑:胡华强、韩学哲/责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平/封面设计:高海英

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

1990年4月厦门大学出版社第一版

2002年1月第二版 开本:720×1000 1/16

2003年2月第二次印刷 印张:28 3/4

印数:3 001—5 500 字数:515 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

生态学在传统意义上是生物科学的一门分支学科,研究生物与环境的相互关系,但是现代生态学已经发展成为一门与人类生存及持续发展密切相关的综合性学科。海洋生态学是生态学按环境划分的生态学分支学科,是海洋科学的重要组成部分,也是一门发展极为迅速的前沿学科,因此,与海洋科学有关的高等院校陆续开设海洋生态学课程。

本书第一版由厦门大学出版社于1990年出版,并于1996年修订补充,先后在厦门大学和国内有关院校使用过。随着海洋生态学的迅速发展,有必要对原有各章内容做相应的修改与补充。由于本书以生态系统生态学为主线,因此第二版首先单独一章介绍生态系统的基本概念,然后依次介绍海洋环境特征、海洋生物生态类群、海洋生态因子以及种群、种间关系和生物群落等有关海洋生态系统的基本组成、结构及动态的内容。在海洋初级生产力、能流、分解作用与生物地化循环等有关海洋生态系统功能的章节中,除了补充微型生物食物环的内容外,还增加了简化食物网与营养层次关键种团、粒径谱和生物量谱的概念与应用的内容,补充了硫循环一节并联系全球气候变化的问题加以讨论。海洋渔业资源科学管理一章增加了大海洋生态系管理的理论基础——海洋生态系统动力学一节。第二版还增加了一章(第十三章)有关海洋生物多样性保护的内容。此外,对第一版各章中较为次要的内容进行了删节,以避免第二版的篇幅过多。

厦门大学海洋生态学教学组同仁郭丰、黄凌风博士对本书第二版修订给予了大力帮助,没有他们的支持,本书的修订任务是难以如期完成的。

由于编者水平有限,书中一定存在不少缺点、错误,谨请各位专家和广大读者批评、指正。

沈国英

2001年6月于厦门大学

目 录

绪 论	(1)
一、生态学的定义、研究对象和研究意义	(1)
二、海洋生态学的研究进展	(6)
第一章 生态系统概述	(12)
第一节 生态系统的组成结构与功能	(12)
一、什么叫生态系统	(12)
二、生态系统的基本组成成分	(13)
三、生态系统的营养结构和空间结构	(14)
四、生态系统能量流动和物质循环的基本过程	(16)
五、生态系统的自校稳态和生态平衡	(20)
六、生态系统的主要类型	(22)
第二节 生态系统的形成、进化与 Gaia 假说	(24)
一、生命起源与生态系统的形成与进化	(24)
二、Gaia 假说——地球自我调节理论	(28)
第二章 海洋环境与海洋生物生态类群	(32)
第一节 海洋环境	(32)
一、海洋环境的基本特征	(32)
二、海水某些物理特性的生态学意义	(32)
三、海洋环境的主要分区	(33)
四、海洋沉积物	(35)
第二节 海洋生物的生态类群	(37)
一、浮游生物	(37)
二、游泳生物	(47)
三、底栖生物	(53)
第三章 海洋非生物生态因子及其生态作用	(64)
第一节 生态因子作用的一般规律	(64)
一、环境与生态因子	(64)
二、限制因子的原理	(65)
三、生物与环境的辩证统一	(68)

第二节 光照	(69)
一、光在海洋中的垂直分布和水平分布	(69)
二、光照强度与藻类光合作用速率的关系	(71)
三、光与海洋生物的分布及动物的趋光行为	(72)
四、海洋生物的发光现象	(74)
第三节 温度	(75)
一、海洋水温分布	(75)
二、海洋生物对温度的耐受限度及海洋生物的地理分布	(77)
三、温度对新陈代谢和发育生长的影响	(79)
第四节 盐度	(81)
一、海水的盐度与分布	(81)
二、盐度对海洋生物的影响	(82)
第五节 表层流	(84)
一、大洋表层的环流	(84)
二、海流的生态作用	(86)
第六节 溶解气体	(88)
一、溶解氧	(88)
二、二氧化碳和 pH 值	(89)
三、氮	(91)
第四章 生态系统中的生物种群	(95)
第一节 种群的概念与种群统计学基本参数	(95)
一、种群的概念	(95)
二、种群密度与阿利氏规律	(96)
三、种群的年龄结构和性比	(99)
四、出生率和死亡率	(101)
五、种群内禀增长率	(104)
第二节 种群的数量变动与生态对策	(106)
一、种群增长的数学模型	(106)
二、自然种群的数量变动	(110)
三、r 选择和 K 选择	(114)
四、影响种群数量的因素和种群调节	(117)
第三节 种群的衰退与灭绝	(121)
一、种群的建立和种群的衰退与灭绝	(121)
二、导致种群灭绝的内在机制	(123)

三、灭绝旋涡	(124)
✓第五章 海洋生物群落中的种间关系	(128)
第一节 种间食物关系	(128)
一、海洋动物摄食的基本类型和食性分化	(128)
二、捕食者和被食者的辩证关系	(130)
三、洛特卡-沃尔泰勒(Votka-Voterra)的捕食模型	(131)
四、食物联系的生态学意义	(132)
第二节 种间竞争和生态位理论	(133)
一、种间竞争	(133)
二、生态位基本理论	(135)
第三节 共生关系	(140)
一、共生现象的类别	(140)
二、藻类-藻类之间的共生关系	(141)
三、藻类-动物之间的共生关系	(142)
四、动物-动物之间的共生关系	(144)
五、生物之间的生化相互关系	(147)
✓第六章 生物群落的组成、结构和生态演替	(153)
第一节 生物群落的概念	(153)
一、生物群落的定义及特征	(153)
二、群落的划分	(155)
三、平行群落与生态等值	(157)
第二节 群落的结构	(158)
一、群落物种多样性	(158)
二、群落的空间结构	(164)
三、群落结构的季节动态	(165)
四、群落交错区与边缘效应	(167)
第三节 形成群落结构的一些影响因素	(168)
一、捕食作用对群落结构的影响	(168)
二、关键种对群落结构的影响	(169)
三、竞争对群落结构的影响	(170)
四、空间异质性对群落结构的影响	(171)
五、干扰对群落结构的影响	(172)
六、岛屿与群落结构	(173)
第四节 群落的生态演替	(174)

一、生态演替及演替的类型	(174)
二、顶极群落和波动状稳定	(177)
三、水生生物群落的生态演替举例	(178)
四、演替过程群落结构与机能的变化	(183)
✓ 第七章 海洋初级生产力	(189)
第一节 海洋生物生产及初级生产力的测定方法	(189)
一、生物生产力的有关概念	(189)
二、初级生产过程的基本化学反应	(191)
三、海洋初级生产力的测定方法	(192)
第二节 影响海洋初级生产力的因素	(194)
一、光	(195)
二、营养盐	(197)
三、铁	(199)
四、温度	(201)
五、垂直混合和临界深度	(202)
六、牧食作用	(204)
第三节 海洋初级生产力的分布	(205)
一、不同纬度海区初级生产力的季节分布	(205)
二、不同水文特征海域的初级生产力	(207)
三、近岸水域的初级生产力	(208)
四、全世界海洋初级生产力的估计	(209)
五、海洋大型底栖植物的产量	(212)
第四节 海洋新生产力	(213)
一、新生产力的概念和研究方法	(213)
二、海洋新生产力的估计	(217)
三、新生产力与营养盐供应特征的关系	(219)
四、新生产力水平与浮游生物的粒径组成及营养循环特征的关系	(221)
五、新生产力的研究意义	(223)
✓ 第八章 海洋生态系统的能流及次级生产力	(230)
第一节 海洋食物链、营养级和生态效率	(230)
一、海洋牧食食物链与碎屑食物链	(230)
二、营养级与生态效率	(233)
第二节 海洋食物网及能流分析	(238)
一、简化食物网与营养层次关键种	(238)

三、海洋生态系统能流分析举例·····	(242)
第三节 海洋各类动物次级产量估计·····	(248)
一、海洋动物的生物量与生产力·····	(248)
二、影响动物种群产量的因素·····	(251)
三、动物种群产量的测定方法·····	(253)
第四节 粒径谱、生物量谱的概念及其在海洋生态系统能流研究中的应用·····	(260)
一、粒径谱、生物量谱的概念·····	(260)
二、粒径谱、生物量谱概念在海洋生态系统能流研究中的应用·····	(262)
第五节 海洋微型生物食物环·····	(263)
一、海洋微型生物食物环的组成和基本结构·····	(263)
二、微型生物食物环中各类生物的生物量与生产力·····	(266)
三、微型生物食物环在海洋生态系统能流、物流中的重要作用·····	(268)
✓第九章 海洋生态系统的分解作用与生物地化循环·····	(274)
第一节 海洋生态系统的分解作用·····	(274)
一、有机物质的分解作用及其意义·····	(274)
二、主要分解者生物类别·····	(276)
第二节 海洋水层有机颗粒物的沉降与分解·····	(279)
一、水层中颗粒有机物的沉降与分布·····	(279)
二、海洋水层营养盐再生效率·····	(280)
第三节 沉积环境中有机物质的分解和营养盐再生·····	(283)
一、底栖-水层系统耦合·····	(283)
二、海洋沉积物及其栖息生物的垂直结构·····	(284)
三、沉积物中有机物质的分解作用和营养物质循环特征·····	(285)
第四节 碳循环和海洋生物泵·····	(287)
一、碳的生物地球化学循环·····	(287)
二、海洋生物泵对海洋吸收大气 CO ₂ 的作用·····	(289)
第五节 营养物质循环·····	(292)
一、氮循环·····	(292)
二、磷循环·····	(295)
三、硫循环·····	(300)
第十章 海洋主要生态系统类型·····	(306)
第一节 沿岸、浅海生态系统概述·····	(306)
一、环境特征·····	(306)

二、生物群落的特点	(307)
第二节 岩岸潮间带和大型海藻场	(310)
一、岩岸潮间带	(310)
二、大型海藻场	(313)
第三节 沙滩	(317)
一、环境特征	(317)
二、生物组成	(317)
第四节 河口、盐沼和海草场	(320)
一、河口区环境概述	(320)
二、盐沼	(325)
三、海草场	(327)
第五节 红树林沼泽	(329)
一、生境特征及红树的适应机制	(329)
二、红树林种类的演替特点	(331)
三、红树林生物群落及生产力	(332)
四、保护红树林生态系统的重要意义	(334)
第六节 珊瑚礁	(335)
一、珊瑚礁的分布及其生境特征	(335)
二、珊瑚礁的类型和环礁的形成	(336)
三、珊瑚-藻类共生关系及其意义	(337)
四、珊瑚礁生物群落多样性	(338)
五、生产力与能流特点	(340)
第七节 近岸上升流区	(340)
一、上升流及上升流区生态特征概述	(340)
二、上升流形成与消长过程及上升流区理化要素特征	(341)
三、生物群落组成的特征	(343)
四、生产力与能流特点	(344)
第八节 深海区	(345)
一、概述	(345)
二、深海底栖动物的多样性	(347)
三、深海底栖动物的生物量	(349)
四、深海底栖动物的食物源和产量	(350)
第九节 热液口区与冷渗口区	(353)
一、海洋中的独特生态类型	(353)

二、化学合成生产	(354)
三、热液口特殊的动物组成	(354)
四、热液口环境特征及生态学研究意义	(356)
第十一章 海洋渔业资源的科学管理	(360)
第一节 传统的渔业资源管理模式	(360)
一、持续产量和最大持续产量的原理	(360)
二、持续产量模型	(363)
三、动态库模型	(365)
四、传统渔业资源管理模式的局限性	(372)
第二节 大海洋生态系的管理	(373)
一、大海洋生态系的内涵	(373)
二、大海洋生态系的管理目标与实践	(375)
三、生态系统动力学研究	(376)
第三节 海洋水产生产农牧化	(378)
一、海洋农牧化生产的内容与理论依据	(378)
二、海洋水产生产农牧化的实践	(379)
第十二章 海洋污染和赤潮现象	(384)
第一节 海洋污染概述	(384)
一、海洋污染和污染物质的迁移与转化	(384)
二、海洋污染的生物学效应和生物监测	(389)
第二节 赤潮现象	(394)
一、赤潮和赤潮生物	(394)
二、赤潮发生的原因和基本过程	(398)
三、潮间带内湾围垦养殖区的赤潮现象	(401)
四、赤潮的预测预报和防治对策	(404)
第十三章 保护海洋生物多样性	(410)
第一节 生物多样性的概念及其与人类的关系	(410)
一、生物多样性的定义和内涵	(410)
二、海洋生物多样性与人类的关系	(414)
第二节 海洋生物多样性面临的威胁	(417)
一、海洋生物资源的过度利用	(417)
二、人类活动对海洋自然环境的破坏	(420)
三、生物入侵	(422)
四、全球气候变化对海洋生物多样性的潜在威胁	(425)

第三节 保护海洋生物多样性的原则与途径·····	(427)
一、保护现存海洋生物多样性·····	(427)
二、退化生态系统和恢复生态学·····	(431)
参考文献·····	(436)

绪 论

一、生态学的定义、研究对象和研究意义

(一) 定 义

生态学(ecology)一词是德国生物学家 Haeckel 于 1869 年首先提出来的。“ecology”来源于希腊文的两个词根 oikos 和 logos,前者表示住所或栖息地,后者表示学问,因此生态学的一般定义是:研究生物有机体与其栖息地环境之间相互关系的科学。

随着生态学的发展,一些生态学家认为上述定义过于广泛并提出自己的看法。例如,1945 年原苏联生态学家 Кашкаров 认为生态学研究生物的形态、生理和行为上的适应性。随后一些学者则强调生态学主要是研究种群动态的科学。例如,1954 年澳大利亚的 Andrewartha 给生态学下的定义是:研究有机体的分布和多度的科学,其中心是强调种群的动态,反映了生态学的研究重心由研究生物的形态、生理和行为上的适应性转向研究种群动态的种群生态学。1971 年美国著名生态学家 Odum 认为,由于生态学特别注意到生物群体的生物学以及在陆地、海洋和淡水中的功能过程,应该把生态学定义为研究生态系统的结构与功能的科学。我国学者马世骏提出生态学是研究生命系统和环境系统相互关系的科学,强调必须把生物看成是有一定结构和调节功能的生命系统,把环境看成是诸要素相互作用组成的一个环境系统。1992 年德国生态学家 Lieth 把生态学概括为“人类生存的科学”。由此可见,不同学者对生态学下的定义实际上反映了生态学发展史中不同阶段的研究重点的差异。不过,“生态学是研究生物有机体与其栖息地环境之间相互关系的科学”这一定义仍被各种教科书广泛采用。

应当指出,随着人口增长和生产活动增强对环境与资源造成极大的压力,人类迫切需要以生态学原则来调整人与自然、资源以及环境的关系,必须在发展经济和保护生存环境之间得到协调和持续发展。因此,很多学者认为现代生态学发展至今已不仅是生物科学中揭示生物与环境相互关系的一门分支学科,而是已经成为指导人类行为准则的一门学科,生态学可定义为:“研究生物生存条件、生物及其群体与环境相互作用的过程及其规律的科学;其目的是指

导人与生物圈(即自然、资源与环境)的协调发展。”(国家自然科学基金委员会 1997)

(二) 研究对象与研究内容

Odum(1971)用组织层次(level of organization)或称为“生物学谱”(biological spectrum)的概念来表示生态学的研究对象(图 0.1)。每个组织层次和其环境的相互作用(物质和能量)组成了其独有的功能系统。虽然多数生态学家认为生态学是涉及谱的右侧部分,即个体以上的系统层次,但是微观生态学方面的研究也已引起人们的高度重视。

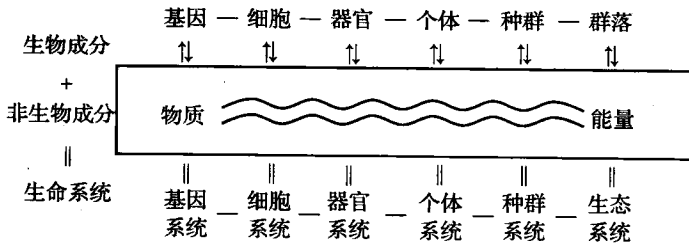


图 0.1 组织层次的谱(仿 Odum 1971)

1. 个体生态学 (autecology)

以生物个体为研究对象,探讨生物与环境之间的关系,特别是生物体对环境的适应性及其机制。它可以通过控制条件下的实验研究,检验生物体对各种环境因子的要求、耐受和适应范围。个体生态学的核心是生理生态学,在现代生态学理论和应用实践中仍占有重要位置。

2. 种群生态学 (population ecology)

研究栖息于同一地区同种生物个体的集合体所具有的特性,包括种群的年龄组成、性比例、数量变动与调节等及其与环境的关系。研究种群生态学对保护和合理利用生物资源以及防治有害生物具有特别重要的意义。

3. 群落生态学 (community ecology)

群落生态学研究栖息于同一地域中所有种群集合体的组合特点、它们之间及其与环境之间的相互关系、群落的形成与发展,等等。20 世纪 70 年代以

后,群落生态学有明显的发展,表现为由描述群落结构进而探讨群落结构形成及变化的机制。群落生态学对保护自然环境和生物多样性有重要指导意义。

4. 生态系统生态学(ecosystem ecology)

生态系统是生物群落与其栖息环境相互作用所构成的自然整体。生态系统包括生产者、消费者和分解者以及它们周围的非生物环境,是生态学研究的基本单位。生态系统生态学主要研究生态系统的能量流动、物质循环和信息传递及其稳态调节机制,这是现代生态学的主流与核心。以具有相互作用的生态系统的聚合所组成的景观层次单位作为研究对象称为景观生态学(landscape ecology),它是生态系统研究向全球生态研究发展的重要中间层次。

5. 生物圈生态学(biosphere ecology)

生物圈(biosphere)或称生态圈(ecosphere),是地球上最大的、接近自我维持的生态系统,是地球上全部生物及与之发生相互作用的物理环境的总和。其范围大体上包括大气圈的下层、岩石圈的上层以及整个水圈和土圈。地球上所有生命都在这个“薄层”里生活,故称生物圈。世界各国已相继联合开展有关生物圈的研究[例如“人与生物圈”(Man and Biosphere, MAB)计划等]。当前生物圈生态学主要研究生命必需元素和重要污染物在大气、海洋、陆地之间的生物地球化学循环、海-气交换过程、陆-海相互作用以及火山活动及太阳黑子活动、核污染对地球影响及其在全球变化中的作用等,出现所谓生物圈生态学或全球生态学(global ecology)的概念。当然,它是一个多学科、多部门配合的综合性研究,也是尚未充分研究的最高组织层次的生态学。

Odum(1971)指出,从互相依存、互相作用和生存的观点看,上述组织层次的“谱”不可能有明显的断裂,而且每个层次都有自己的特点。另一方面,下一个较低层次的知识只能部分地说明上一个层次的特性,但不能预测后者的所有特性。正如我们只知道氢和氧的性质却不能推测水的性质一样,不能从各个分离的种群知识来推测生态系统的特性。因此,我们既要研究森林(整体),又要研究树木(部分),Fiebleman把这个重要法则称为“整合层次的理论”(theory of integrative levels)。

(三) 生态学的分支学科和交叉学科

随着生态学的发展,出现越来越多的分支学科和交叉学科:

按照环境或栖息地的类型分为淡水生态学(freshwater ecology)、海洋生

生态学(marine ecology)和陆地生态学(terrestrial ecology)。实际上还可将它们划分为更小范围的生态学,例如,陆地生态学可再划分为森林生态学、荒漠生态学和草地生态学,等等。海洋生态学也可以再划分为潮间带生态学、浅海生态学、上升流区生态学、深海生态学,等等。以上按环境划分的生态学分支学科虽然它们的基本原理相同,但不同环境中生物的种类组成、研究的方法却有很大差别。

还有按分类学系统划分的生态学,如动物生态学(animal ecology)、植物生态学(plant ecology)和微生物生态学(microbial ecology)等等。生物的门类很多,所以还可以将它们划分为更小的单位,如动物生态学还可分为昆虫生态学、鸟类生态学、鱼类生态学、兽类生态学,等等。

生态学的理论与资源、环境和人口等实际联系,产生了应用生态学(applied ecology),它是研究人对生物圈的破坏机制及自然资源合理利用原则的科学,也有人把它的内容扩大至“生态学中一切与人类实际利益有某种关系的各个方面”。应用生态学运用生态学理论成果,沿着生态学发展的轨迹进行,其焦点集中于以可持续发展的概念来对待人口、资源、环境问题,同时,应用生态学的发展也是推动生态学理论与基础研究的动力。目前,应用生态学已发展成为独立的生态学分支学科,诸如资源生态学(resource ecology)、污染生态学(pollution ecology)、农业生态学(agroecology)和渔业生态学(fishery ecology)等等。

此外,生态学与其他学科相互渗透,形成一系列的边缘学科,如化学生态学(chemical ecology)、数学生态学(mathematical ecology)和经济生态学(economical ecology),等等。这些交叉学科对推动生态学的发展具有重要意义。例如,化学生态学关于生物之间(包括同种与不同种个体之间)的生化关系(特别是外代谢产物的作用)的研究,对阐明生物之间一些相互关系的机理有重要意义。数学生态学应用数学模型,通过计算机运算,可以模拟复杂多变的自然界,了解各组分之间的定量关系和预测整个系统的发展。当前生态学通过与其他学科的渗透已形成一個庞大的学科体系。

(四) 生态学的研究意义

20世纪60年代以来,生态学以前所未有的速度发展,这是与迫切需要解决关系到人类生存的人口、资源、环境等严重问题有关。第二次世界大战以后,科学技术的进步和工业化生产的迅速发展,既给人类带来幸福与进步,同时也带来环境不断被破坏,资源(特别是可再生资源)日益衰竭的严重生态危

机。很多发展中国家人口膨胀促使人们加大对森林资源、土壤和水资源的索取,北美和欧洲等地区在 20 世纪经历的产业革命消耗了大量的资源和原料,废气、废水和废物造成环境的严重污染,而资源的过度消耗是导致环境退化的主要因素,使全球环境和生态系统失衡。有些问题已经是超越国界的全球性问题,包括全球气候变化、温室效应、酸雨以及热带雨林的破坏、沙漠化的迅速扩展,等等。这些生态危机都是人类活动造成的。人类曾一度自诩为主宰地球的力量,但无数事实说明,如果不按生态规律办事,就不能逃脱作为其生存环境的地球的种种变化对人类本身前途的影响。从无数的教训中,人们开始认识到地球的环境是脆弱的,各种资源也不是取之不尽的;当环境被破坏、资源被过度利用以后是很难恢复的。正如恩格斯早就告诫的:“我们不要过分陶醉于我们对自然的胜利,对于每一次的胜利,自然界都报复了我们。每一次胜利在第一步都确实取得了我们预期的结果,但是在第二步和第三步都有了完全不同的出乎意料的影响,常常把第一个结果给取消了。”人们也逐渐认识到,必须依赖于生态学原理和方法才能使维护人类赖以生存的环境和持续利用各种资源成为可能。例如,当人们树立了生态学的整体观(生物与生物、生物与环境之间是相互依存、相互制约的统一整体是生态学的首要原理)以及掌握了生态演替规律和生态平衡理论,就会自觉地遵守生态学原理开发利用环境和生物资源,避免出现破坏环境和掠夺生物资源的后果。同样,如果人们掌握了种群数量变动规律和自然种群的生态对策,就能合理利用生物资源以及避免物种的大量灭绝。再如全球气候变化问题,通过生态学研究,人们将对温室效应加速全球气候变化的严重生态后果有进一步了解,并且可从碳的生物地球化学循环过程和海洋对大气二氧化碳(CO₂)含量的生态调节机制探讨海洋调节大气 CO₂ 的潜力和途径。

应当指出,解决人类面临的生态危机在科学上并不仅仅取决于生态学的发展,同时还需要其他自然科学、社会科学的发展,特别是政府管理部门的决策。但是,生态学起着核心的作用和具有特殊的意义,这是生态学本身的性质所决定的。可以说,生态学是一门“基础性强、研究范围广、学科间渗透面大、应用范围宽的正在蓬勃发展的前沿学科”。

(五) 生态学的发展趋势与重点研究领域

随着人口增长和工农业生产的发展,全球出现越来越多的生态危机,人类活动已经达到可以影响生物圈生态平衡的程度。因此,现代生态学已不仅是通常意义上的研究生物与环境之间的关系,而是必须运用生态学原理,探讨人