

海洋生态学

(修订版)

沈国英 施并章 编著

HAIYANG SHENG TAI XUE

厦门大学出版社

[闽]新登字 09 号

海洋生态学

(修订版)

沈国英 施并章 编著

*

厦门大学出版社出版发行

三明日报印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 16.125 印张 372 千字

1990 年 4 月第 1 版 1996 年 12 月第 2 次印刷

印数:1001—2000 册

ISBN 7-5615-0267-2/Q·9

定价:18.80 元

内 容 提 要

本书从海洋环境中的个体、种群、群落和生态系统等不同层次系统地阐述生态学的基本原理和现代海洋生态学的研究进展,同时也介绍海洋生物资源的科学管理和海洋环境污染防治等应用生态学问题。本书可作为大专院校海洋科学各有关专业的基础教材,还可供海洋生态学研究人员和海洋渔业、环保等专业工作者参考。

目 录

绪 论	(1)
一、生态学的定义和研究对象	(1)
二、海洋生态学的发展简史和研究现状	(3)
三、海洋生态学的发展趋势	(5)
四、我国海洋生态学的研究进展	(6)
第一章 海洋生态系统概述	(9)
第一节 生态系统的概念及海洋生态系统的特点	(9)
一、什么叫生态系统	(9)
二、海洋生态系统的特点	(11)
第二节 海洋生物的生态类群	(14)
一、浮游生物(plankton)	(14)
二、游泳生物(nekton, necton)	(17)
三、底栖生物(benthos)	(18)
第二章 理化环境因素与海洋生物的关系	(22)
第一节 环境因素作用的一般规律	(22)
一、环境与生态因素	(22)
二、限制因子的原理	(22)
三、生物与环境的辩证统一	(25)
第二节 温度的生态作用	(26)
一、海洋水温分布	(26)
二、海洋生物对温度的耐受限度及海洋生物的地理分布	(27)
三、温度对新陈代谢和发育生长的影响	(28)
第三节 光的生态作用	(29)
一、海水中光的衰减及海水的透明度	(29)
二、光照强度与藻类光合作用速率的关系	(30)
三、光与海洋生物的分布及动物的趋光行为	(31)
四、海洋生物的发光现象	(33)
第四节 海水的化学组成	(34)
一、盐度与海洋生物的关系	(34)
二、溶解有机物与海洋生物的关系	(37)
三、溶解气体与海洋生物的关系	(38)
第五节 海流、潮汐、波浪与海洋生物的关系	(41)
一、海流	(41)
二、潮汐、波浪	(42)
第六节 海洋基底的性质及其与海洋生物的关系	(43)
一、海洋沉积物类型	(43)
二、海洋底质与海洋生物的关系	(44)

第三章 种群的结构与数量变动	(45)
第一节 种群的概念、特征和研究意义	(45)
一、种群的概念	(45)
二、种群的鉴别	(46)
三、研究意义	(46)
第二节 种群的结构	(47)
一、种群中个体的空间分布类型	(47)
二、种群密度与阿利氏规律	(48)
三、种群的年龄结构和性比	(49)
四、种群的体长和重量组成	(51)
第三节 种群的数量动态	(51)
一、出生率和死亡率、生命表和存活曲线	(51)
二、种群增长模型	(55)
三、自然种群的数量变动和生态对策	(60)
第四节 影响种群数量的因素和种群调节	(62)
一、密度制约和非密度制约因素	(62)
二、非生物环境因素	(63)
三、生物因素	(63)
四、内源性因素	(64)
第四章 种间关系	(66)
第一节 种间食物关系	(66)
一、动物食性的分化及基本类型	(66)
二、捕食者和被食者的辩证关系和洛特卡—沃尔泰勒的捕食模型	(67)
三、食物联系的生态意义	(69)
第二节 种间竞争	(70)
一、种间竞争模型和高斯假说	(70)
二、生态位(ecological niche)及生态分离(ecological separation)	(72)
第三节 共生关系	(76)
一、共生现象的类别	(76)
二、藻类—藻类之间的共生关系	(76)
三、藻类—动物之间的共生关系	(77)
四、动物—动物之间的共生关系	(78)
五、生物之间的生化相互关系	(81)
第五章 海洋生物群落	(84)
第一节 生物群落的概念及群落区分	(84)
一、生物群落的概念	(84)
二、群落的划分	(85)
第二节 群落的结构	(88)
一、群落的种类结构	(88)
二、群落的空间结构与时间节律	(92)

三、形成群落结构的一些影响因素	(94)
第三节 海洋主要生物群落类型	(96)
一、沿岸、浅海生物群落概述	(96)
二、河口生物群落	(99)
三、红树林生物群落	(102)
四、珊瑚礁生物群落	(105)
五、近岸上升流生物群落	(109)
六、海藻(草)场生物群落	(111)
七、大洋区生物群落概述	(115)
第六章 海洋初级生产力	(119)
第一节 海洋生物生产及初级生产力的测定方法	(119)
一、海洋生物生产力	(119)
二、初级生产过程和主要化学反应	(120)
三、海洋初级生产力的测定方法	(121)
第二节 影响海洋初级生产力的因素	(123)
一、光	(123)
二、营养盐	(124)
三、铁(Fe)	(126)
四、温度	(128)
五、湍流和临界深度	(129)
六、浮游动物的摄食	(129)
第三节 海洋初级生产力的分布	(130)
一、海洋初级生产力的地理变化	(130)
二、全世界海洋初级生产力的估计	(132)
三、我国各海区的初级生产力	(134)
四、海洋大型底栖植物的产量	(134)
第四节 海洋新生产力	(135)
一、新生产力的概念和研究意义	(135)
二、新生产力的研究方法	(137)
三、海洋新生产力的估计	(138)
四、影响新生产力因素的讨论	(141)
第七章 海洋生态系统的能量流及次级生产力	(145)
第一节 能量流动途径及生态效率	(145)
一、能流基本模型——能量的分配与消耗	(145)
二、食物链和食物网——能流途径	(146)
三、生态效率	(152)
第二节 海洋生态系统的能流分析	(154)
一、沿岸生态系统	(154)
二、河口和盐沼生态系统的能流特点	(157)
三、外海生态系统	(158)
第三节 动物种群产量的测定方法	(159)

一、股群法(cohort method)	(159)
二、积累生长法(cumulative grow method)	(160)
三、周转时间法(turnover time method)	(162)
四、碳预算法(the carbon-budget method)	(163)
第四节 海洋次级生产力.....	(165)
一、海洋动物的生物量与生产力.....	(165)
二、影响次级产量的因素	(167)
第八章 海洋生态系统的物质循环	(172)
第一节 概 述.....	(172)
一、生态系统物质循环过程及其特点	(172)
二、生物地化循环的类型	(173)
第二节 碳 循 环.....	(173)
一、生态系统内二氧化碳循环的基本途径	(173)
二、海水中颗粒有机物质的沉降和分解	(174)
三、海洋生物泵及其对大气 CO ₂ 含量的调节作用	(176)
第三节 氮 循 环.....	(178)
一、海水中可溶性氮的化学形态及其相互转化	(178)
二、植物对氮的吸收	(179)
三、氮营养盐的再生	(182)
四、海洋生态系统氮的补充与损失	(188)
第四节 磷 循 环.....	(189)
一、海洋环境中磷的化学特性	(189)
二、海洋植物对磷的吸收	(190)
三、海洋浮游生物在无机磷再生中的作用	(190)
四、海洋水层和沉积物中磷的动态	(191)
五、海洋生态系统的磷循环	(192)
第九章 生态系统的发展与生态平衡	(194)
第一节 群落的生态演替.....	(194)
一、生态演替及演替的类型	(194)
二、顶极群落和波动状稳定	(195)
三、海洋生物群落的生态演替举例	(195)
四、演替过程群落结构与机能的变化	(197)
第二节 生态平衡.....	(199)
一、什么是生态平衡	(199)
二、生态平衡失调的原因和标志.....	(200)
三、维护生态平衡和建立新的生态平衡	(201)
第三节 保护海洋生物多样性.....	(202)
一、生物多样性的概念及保护生物多样性的意义.....	(202)
二、海洋自然保护区	(205)
第十章 海洋渔业资源的科学管理	(208)
第一节 持续产量原理与剩余产量模式.....	(208)

一、持续产量和最大持续产量的原理	(208)
二、剩余产量模式(surplus yield model)	(211)
第二节 动态库模型	(214)
一、同龄群体在生命周期中的数量和生物量变动	(214)
二、补充量	(215)
三、鱼类的生长	(216)
四、鱼类的死亡	(218)
五、动态库模型	(220)
第三节 海洋水产生农牧化	(223)
一、海洋水产生力的基本估计	(223)
二、海洋农牧化生产的内容与理论依据	(224)
第四节 大海洋生态系统的管理	(226)
一、大海洋生态系统的内涵	(226)
二、大海洋生态系统的管理	(228)
第十一章 海洋污染	(230)
第一节 海洋污染概述	(230)
一、海洋污染和污染物质的迁移与转化	(230)
二、海洋污染的生物效应和生物监测	(233)
第二节 赤潮现象	(237)
一、赤潮和赤潮生物	(237)
二、赤潮发生的原因和基本过程	(240)
三、潮间带内湾围垦养殖区的赤潮现象	(243)
四、赤潮的预测预报和防治对策	(245)
后 记	(248)
主要参考书目	(249)

绪 论

一、生态学的定义和研究对象

(一) 定义

生态学一词是德国生物学家赫克尔(Haeckel)于1869年首先提出来的。“Ecology”来源于希腊文 oikos 和 logos 两个词根组成,前者表示住所或栖息地,后者表示学问,因此,生态学的定义是:研究生物之间以及生物与环境之间关系的科学。

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,原苏联生态学家克什卡洛夫(Кашкаров, 1945)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,澳大利亚的安德列沃斯(Andrewartha, 1954)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。美国著名生态学家奥德姆(Odum, E., 1959, 1971)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构造与功能的科学。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。由此可见,不同学者对生态学下的不同定义,反映了生态学发展史中不同阶段的研究重点的差异。不过,迄今为止,“生态学是研究生物与其环境之间关系的科学”这一最简短的定义仍被各种教科书广泛采用。

海洋生态学(marine ecology)既是生态学按栖息地类型划分的一个基本分支,也是海洋生物学的重要组成部分,它与形态学、生理学、遗传学和进化论等共同组成海洋生物学的基础。

(二) 研究对象

图 0.1 表示用组织层次(levels 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。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。绝大多数生态学家认为生态学是涉及谱的右侧部分,即有机体以上的系统层次。

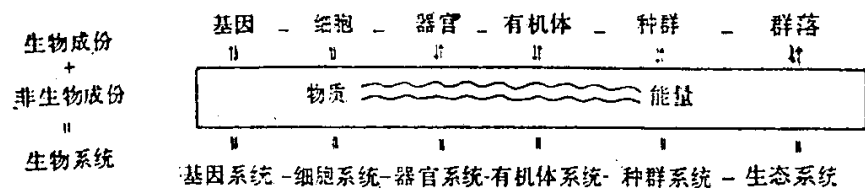


图 0.1 组织层次的谱 (仿 Odum, 1978)
(生态学集中在有机体到生态系统的组织水平)

1. 个体生态学(ecology of individuals):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。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。个体生态学是生理学和生态学交叉的边缘学科,在现代生态学中仍占有重要位置,例如,很多海洋经济动物的人工育苗和养殖首先要进行个体生态学研究。

2. 种群生态学(ecology of population):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因子的关系。研究种群生态学对合理利用生物资源和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。七十年代以后,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理。

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系统内能量流动、物质循环和信息流及其稳态调节机制,这是现代生态学的主流。

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。我们既要研究森林(整体),又要研究树木(部分),菲布莱曼(Feibleman, 1954)把这个重要法则称为“整合层次的理论”(theory of integrative levels)。现代生态学的研究对象(空间范围)越来越大,甚至包括整个生物圈。生物圈(biosphere)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。60年代以后,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,“国际地圈、生物圈计划”(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)亦即全球变化研究(A Study of Global Change)等,出现所谓生物圈生态学(ecology of biosphere)的概念,当然,它是尚未充分研究的更高组织层次的生态学。

(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(habitat)的类型分为(1)淡水生态学(fresh-water ecology)、(2)海洋生态学(marine ecology)和(3)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、研究的方法都有很大差别。

还有按分类学系统划分的生态学,如(1)动物生态学(animal ecology)、(2)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,产生了诸如(1)资源生态学(resource ecology)、(2)污染生态学(pollution ecology)、(3)农业生态学(agro-ecology)、(4)渔业生态学(fishery ecology)和(5)人类生态学(human 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(1)化学生态学(chemical ecology)、(2)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,化学生态学对生物之间(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个庞大的学科体系。

本世纪 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。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、热带雨林的破坏、沙漠化的迅速扩展,等等。从无数的教训中,人们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。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,否则将受到自然的严厉惩罚,直至危及人类本身的生存。因此,生态学既是发展很快的一门自然科学,也是当前研究任务非常艰巨的一门自然科学。

二、海洋生态学的发展简史和研究现状

自古以来,人类就因捕鱼、晒盐、航海等活动与海洋发生联系,逐步了解一些海洋生物与海洋环境的关系。但是,海洋生态学作为一门系统的学科历史较短。18 世纪初,一些科学家开始进行零星的海洋调查。英国的 E·福布斯用底拖网采集并观察底栖生物,提出海洋生物垂直分布的分带现象:潮间带(littoral zone)、昆布带(laminarian zone)、珊瑚藻带(coralline algae zone)以及深海珊瑚带(deep sea coral zone)。以后西欧各海洋国家相继进行多次大范围的海洋生物调查。在各国派遣的海洋远征队中,最有代表性的是英国的“挑战者号”(“Challenger”)于 1872—1876 年的调查。这次调查航程近 70 000 哩,涉及三大洋的主要部分,发现了大量新的种、属,初步分析了海洋生物与海洋环境的关系(主要是与生物分布有关的环境特征)。调查结果经过 20 年的整理,编写 50 本“挑战者号远征队报告”。此外,生态学的一些概念、术语也陆续被提出来。例如 1887 年德国 V·亨森首先使用了“浮游生物”(plankton)一词,1891 年德国 E·H·赫克尔首先提出底栖动物”(benthos)和游泳生物(nekton)两个名词,这是迄今仍继续沿用的海洋生物三大生态类群。与此同时,一

些滨海国家相继建立最早的海洋研究机构,对学科初期的发展作出贡献。1859年出版的《欧洲海的自然史》一书被认为是海洋生态学的第一部著作。总之,18世纪末至19世纪末是海洋生态学的初始阶段。

本世纪初开始,至50年代可以认为是海洋生态学发展的第二阶段,这个时期海洋生态学发展的主要特点之一是在大量定性研究的基础上开展定量研究。例如,亨森和丹麦的彼得森分别对浮游生物和底栖生物的数量分布、群落组成及其与环境的关系进行了较深入的研究。在游泳生物方面,对一些经济鱼类的种群生态(包括分布、洄游和数量变化规律等)以及人工捕捞对种群的影响进行了很多研究,为渔业资源的合理开发利用积累了很多有价值的资料,并提出了剩余生产力理论和最适渔获量理论等。与此同时,欧洲各国继续开展各种类型的海洋调查,在调查船只、测量仪器和调查方法上都不断改进,扩大了海洋调查的规模,提高了海洋调查的质量。例如,50年代丹麦的“铠甲虾号”和前苏联的“勇士号”通过调查获得大量的深海资料,证明在10 000m深的深海沟都有生物生存,这一发现促进了深海生态的研究。

本世纪60年代以来,随着全球工业化的迅猛发展,人类面临着人口、资源、环境矛盾日益突出的局面,迫切需要应用生态学原理(特别是生态系统的理论)来解决这些严重问题,这是推进海洋生态学以前所未有的速度发展的主要动力。这一阶段海洋生态学主要研究进展有:

(一) 海洋初级生产力研究方面

自丹麦科学家 Steemann-Nielsen 将 ^{14}C 示踪技术应用于测定海洋初级生产力以后,各国相继进行了大规模的海洋初级生产力调查。至70年代初,对世界海洋浮游植物生产力估计、区域分布和影响因素已有相当的了解。其研究成果不仅为海洋生态系统能流和物质流的定量研究打下基础,而且也为估计人类可能利用的海洋生物资源的潜力提供重要参考依据。近20年来,又对过去测定海洋初级生产力时被忽略的、由浮游植物细胞释出的初级生产的产品(可溶性有机碳)的数量和作用进行大量研究,从而认为海洋实际的初级生产力水平比70年代初的估计要高得多。此外,大量研究表明,一些超微型浮游生物在初级生产中起着极为重要的作用,目前正在对过去被认为是海洋贫瘠“沙漠”的广阔热带反气旋区的生产力进行重新研究。

(二) 新生产力与物质通量研究方面

Dugdale 和 Goering (1967) 提出“新生产力”的概念,认为初级生产力包括再生生产力和新生生产力两部分,前者是由真光层中再循环的N支持的生产力,后者是由真光层之外提供的N支持的生产力。80年代以来,对很多海区的新生产力及其在初级生产力中的比例(即所谓“f”比)的差异与不同海域理化环境、生产者和消费者组成以及食物网结构特征的关系进行不少研究,推动了海洋生态系统能流和物质流的研究向纵深发展,而且与营养物质在不同海洋界面的通量研究紧密联系起来。由于新生产力的水平很大程度上代表了海洋的净固碳能力,而后者又反映了海洋对大气 CO_2 进而对全球气候变化(特别是温室效应)的调节能力,因而有关海洋新生产力、不同界面物质通量以及海洋生物泵(biological pump)的研究已成为当今海洋研究的最前沿领域。

(三) 海洋生态系统食物链、食物网研究方面

60年代以来,对各类海洋的能流特征进行了大量调查研究,Ryther(1969)提出大洋食物链、沿岸(大陆架)食物链和上升流区食物链三种捕食食物链类型。很多研究还表明,海洋碎屑食物链在河口、藻场等生态系统能流中占有特别重要的作用。近10多年来,海洋生态系统能流研究中最主要的进展是微生物食物环的发现。现已证实,海洋微生物(主要是蓝细菌)既是还原者,也是生产者,浮游植物一部分被草食性动物利用,而大部分死后由微生物分解,成为可溶性有机物,再经由细菌、原生动物等环节被其他后生动物所利用。因此,海洋生态系统的能流除捕食食物链、碎屑食物链外,还存在着可溶性有机物(DOM)→细菌和真菌→原生动物→后生动物的微生物食物链和微型食物网,它是当前海洋生态系统结构功能的主要研究内容之一。

(四) 对特定类型生态系统的研究方面

近几十年来,人们特别注意与环境保护和资源利用有密切关系的特定生态系统的研究。例如,河口受到人类的和自然的双重影响,也是生产力较高的生态系统。有关世界主要河口的生态系统的动力学功能机制、生产力和能流、碎屑组成和溶解有机物的作用、富营养化进程及其效应等方面的研究取得了丰硕的成果。又如对上升流生态系统的水文特征、营养物质迁移规律、生物生产力及其相应的生物学过程也进行了深入的研究,建立了上升流的理论模式。此外,对南极海区生态系统的结构和能流特征、南极磷虾的潜在生产力及可利用量等方面的研究也有很大进展。开展对这些生态系统的研究不仅推动了海洋生态学的学科发展,而且对海洋生物资源的开发利用和海洋环境保护都有重要意义。

(五) 大海洋生态系统的管理和海洋农牧化研究方面

近30年来,近海渔业资源普遍存在利用过度的问题,渔业资源结构发生很大变化。海洋生物资源(主要是一些经济鱼类)开发利用的研究由过去偏重于单个种类的研究向多种资源和系统水平的研究和管理方向发展。1984年Sherman和Alexander提出“大海洋生态系统”的概念,着重研究海洋中一个较大海域(200 000km²以上)的资源保护和管理,目的在于通过国际间协调、综合管理和持续利用海洋生物资源和保护海洋环境的稳定性,这是在持续利用海洋生物资源研究方面的最新进展,目前尚处在起阶段。

另一方面,充分利用广阔的滩涂、近海生物生产潜力的海洋农牧化研究也受到高度重视,在理论和实践上都有重要进展,同时也推动个体生态学、种群生态学和生态系统生态学的发展。近几十年来,水产增殖的产量在海洋水产生总产量中的比例不断上升,被认为是提高海洋生物生产力的重要途径之一。

60年代以来,很多反映现代海洋生态学研究成果著作陆续出版,其中最重要的代表有:Kinne, O.的《Marine Ecology》,该书共5卷;Vallela, I.的《Marine Ecological Processes》以及Parsons, T. R.等人的《Biological Oceanographic Processes》。此外,涉及海洋生态学某些领域的专著也很多,例如,Knox, G. A.出版的《Estuarine Ecosystems》全面系统地总结河口生态系统的研究成果;Platt, T.等人的《Primary Productivity and Biogeochemical Cycles In the Sea》汇集了当今有关海洋生产力生物地化循环的最新研究成果。

三、海洋生态学的发展趋势

1. 围绕可持续发展的生物圈目标开展海洋生态学研究

随着人口增长和工农业生产的发展,全球也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(如温室效应)。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,探讨人与环境的协调关系和对策,以达到持续发展生物圈的目的,这是现代生态学发展的明显趋势。

美国生态学于 1991 年发表了可持续发展的生物圈动议(sustainable biosphere initiative)的报告,提出以下三个方面是优先研究的领域:(1)全球变化,包括气候、大气、陆地和水域变化的生态学原因和后果;(2)生物多样性,决定生物多样性的生态因子和生态学效应,全球性和区域性变化对生物多样性的影响;(3)持续发展的生态系统,探讨持续发展生态系统的生态学原理和策略,特别注意包括多种资源、多种生态系统的大尺度生态系统及其持续发展研究。这个报告实际上阐明了生态学(包括海洋生态学)的发展趋势和当前急需解决的问题。

2. 加强国际间合作开展联合研究

由于生态学面临一些急待解决的全球性生态难题,因此当前海洋生态学的另一发展趋势是围绕某一重大课题,组织全球性跨国联合研究。例如,国际地圈生物圈计划(IGBP)直接与海洋有关的就有(1)全球海洋通量联合研究(JGOFS), (2)沿岸带陆海相互作用研究(LOICZ), (3)全球海洋真光层研究(GOEZS), 其中心内容就是了解海洋各种过程及变化与全球变化的关系。又如,全球海洋生态系统动态研究(GLOBEC)计划就是通过国际间合作了解全球气候系统和人类活动所产生的变化及其对海洋生态系统的影响。其基础发展研究由重点研究计划、区域研究计划和国家研究计划三个部分组成,三者分别进行,相辅相成。在联合研究中除了国际性的生态学研究网络外,还有跨国区域性的研究网络,这种研究网络之间的联系更为紧密,同时也与全球变化联系起来。

3. 发展多学科配合的综合研究

海洋生态学是海洋生物学的分支学科,但是要促进生态学的发展以及要解决当今人类面临的生态问题,则越来越需要通过生物学、化学、数学及其他海洋学的多学科配合研究才得以实现。例如,海洋中碳及生源要素的海洋通量变化是“全球海洋通量联合研究”的主要内容。该项研究要揭示碳体系及生源要素的通量变化过程,估计它们在大气、真光层及海底各界面交换及时空变化规律,了解碳各种形态间相互转化的生物、化学过程,在海洋中停留时间,生物利用能力,食物链传递结构及生物地球化学循环速率等。由此可见,碳体系和生源要素通量本身就包含有生物的、化学的、物理水文的各种过程的相互作用,只有通过跨学科的综合研究才能真正揭示其规律和机制。因此,现代海洋生态学发展的又一趋势是越来越重视多学科的综合研究,当然也包括高新技术(如遥感、深潜和各种自动化仪器)的开发应用。

四、我国海洋生态学的研究进展

我国是一个海洋大国,漫长的海岸线纵跨温带、亚热带和热带三大气候带,渤海、黄海、东海和南海总面积达 $3 \times 10^6 \text{ km}^2$, 约占大陆总面积的三分之一。解放以前,除了一些零星的调查以外,我国海洋生态学几乎空白。解放后由于党和政府的重视,海洋生态学和其他学科一样,有了很大的发展,兹扼要介绍如下:

(一) 开展我国沿海普查和特定海区的专项综合调查

海洋调查是认识海洋和开发利用海洋的基础。我国第一艘海洋专用调查船“金星号”于1957年在渤海及黄海西部开展了我国首次的海洋综合调查。1958年,国家科委组织全国60多个单位,对渤、黄、东、南海的近海部分进行了大规模的综合调查(通称“全国海洋普查”)。参加这次调查的船有30余艘,历时一年多,共获得各种资料报表92 000多份,图表30 000多幅,样品10 000多号,调查研究报告8册,绘制了我国第一套海洋图集,出版了我国第一部《海洋调查规范》,是我国海洋生态学发展史上的一个重要里程碑。全国海洋普查之后,又先后组织了全国海岸带和海涂资源综合调查,目前这项工作已经完成。通过这些调查研究,对我国海区的海洋生物种类组成、生活习性、季节变化、分布移动与海洋环境的关系等方面已经有了较为系统的了解,基本上掌握了我国各海区浮游生物、游泳生物和底栖生物的数量变动规律、群落区系特点及其与海区水系的关系,为海岸带的环境保护和资源开发提供科学依据。

在全国海洋普查和海岸带、海涂资源综合调查的基础上,国家还组织大量科技力量对某些海区进行专题综合调查,包括“渤海、黄海生态系统综合调查”、“南沙群岛及其邻近海区综合科学考察”、“大亚湾环境、水域生产力及资源增殖研究”、“闽南—台湾浅滩上升流生态系统研究”……等等。这些调查都围绕着海洋环境保护和资源开发的目标,以生态系统的结构、功能为中心进行较深入的专项研究。例如,对广东省沿岸最大的海湾之一——大亚湾进行的环境与资源综合生态调查结合核电站建设进行本底和动态跟踪调查,为我国开创一条“核电站与水产增殖共同繁荣”的途径提供科学依据。

(二) 对重要渔业资源和渔场环境进行系统的调查研究

早在50年代初,有关科研机构 and 高等院校就开展“烟威外海鲈鱼渔场综合调查”,历时将近5年,基本上摸清了鲈鱼资源的生物学特征及其变化情况与主要影响因子、渔场形成的环境因素与鲈鱼集群特性。在我国首次进行中心渔场与渔期发展的短期预报及资源状况的年度试报。在此期间,还进行了黄河口小黄鱼调查、东海越冬渔场调查,1956年后对大黄鱼分布中心的浙江近海大黄鱼种群生态调查以及带鱼渔场调查。70年代初,成立黄渤海区和东海区鱼类资源调查组,连续6年对渤、黄、东海鱼类资源开展较深入的研究。1957年开始对闽南—台湾浅滩渔场进行连续3年的调查,并在调查基础上开展了汛期、中期的渔情预报和现场渔情通报。南海海区的鱼类资源调查也早在1954年就开始,陆续进行多年了,并将调查区扩展到大陆坡海域,获得了很多宝贵的资料。目前已经基本摸清我国主要渔业资源(如带鱼、大黄鱼、小黄鱼、黄海鲱、绿鳍马面鲀、鲈鱼、蓝点马鲛、日本鳀、蓝圆鲹以及毛虾、乌贼、海蜇等)的种群结构、洄游与分布和数量变动等特征和规律,为资源的开发利用和科学管理提供科学依据。

(三) 大力开展实验生态研究,促进重要经济海产动植物养殖业的发展

在藻类养殖方面,50年代开始通过海带和紫菜的实验生态研究,成功地解决了海带南移和紫菜人工养殖的关键问题,摸索出一套我国独特的藻类养殖方法。目前,我国养殖海带、紫菜和其他大型藻类的总产量已居世界前列。

在经济海产动物的养殖方面,通过对其生物学和生态学(特别是幼体生态方面)进行大量试验研究,推动了我国养殖业的发展。例如,50年代就开始对虾人工繁殖的生态研

究,60年代获得室内人工育苗成功,并在生产上逐步推广。目前我国对虾人工育苗已达到国际先进水平,苗种自给有余,正在进行病害防治和提高产量的研究。在经济软体动物方面,贻贝、太平洋牡蛎、海湾扇贝、花蛤、缢蛏等的人工育苗已获得成功,开始大量地养殖这些经济种类。鱼类方面进行梭鱼、大鳞鲷、梭鲷、大黄鱼、石斑鱼等的人工育苗研究,并逐步推广到生产实践中去。此外,还成功地进行海蜃的育苗和放流,证实了海蜃增殖的可行性。

近年来,已开始对养殖区(包括内湾围垦区、网箱养殖区和沿岸滩涂)的养殖生态环境进行专题性的研究,以生态学原理研究优化养殖结构和养殖对象病害的生态防治措施,有力地推动养殖业的发展。

(四) 海洋污染生态学的研究

我国的海洋环境污染调查和监测是从70年代初开始的。先后已经对渤、黄、东、南海约45万平方公里的海域进行了大量的海洋污染综合调查、专题调查和监测调查。基本掌握了我国近海海域污染范围、程度及变化趋势,并在大连、青岛、上海和广州分别设立渤、黄、东、南海的环境监测中心站,沿海各省份也已建立起很多有关海洋环境质量的监测站,承担和组织各海区的污染监测任务。调查结果表明,我国大部分海域环境质量较好,但局部海区受到不同程度的污染。在调查监测的同时,还进行了实验生态研究和毒性毒理研究。对污染物质在海水中的迁移规律及其在海洋生物体中的浓集现象等方面的研究也都取得一定的成果。我国和加拿大合作开展围隔式受控生态系研究(CEPEX)也取得良好效果。近年来,随着工农业的发展,加速了沿海、内湾的富营养化进程,赤潮现象频繁发生,已引起人们的重视,加速了我国赤潮的生物学和生态学研究。通过几年来的努力,对发生赤潮的机制、赤潮现象的过程及危害等都有较深入的了解,取得了丰硕的研究成果。

(五) 积极参与国际间合作研究计划的实施

我国的海洋生态学研究除了紧密结合国内急待解决的资源和环境问题,开展大量工作以外,还直接或间接参加国际间的一些联合研究(如有关黑潮的调查研究、南极海洋综合研究等)。80年代后期,国际上陆续实施的一些重大联合研究计划,我国都积极参与。例如,国际科联理事会于1986年组织的国际地圈生物圈计划(IGBP)是一项以地球科学和生态科学为主的跨学科计划,是全球科学家最大的协作,我国也参加这一计划,成立了国家委员会。国际JGOFS委员会成立后,我国很快就成立相应的“中国JGOFS委员会”,进行陆架边缘海洋通量、海洋新生产力等多项研究。这些事实说明,我国海洋生态学已经取得很大进展,大大缩小了与国际先进水平的差距。

第一章 海洋生态系统概述

第一节 生态系统的概念及海洋生态系统的特点

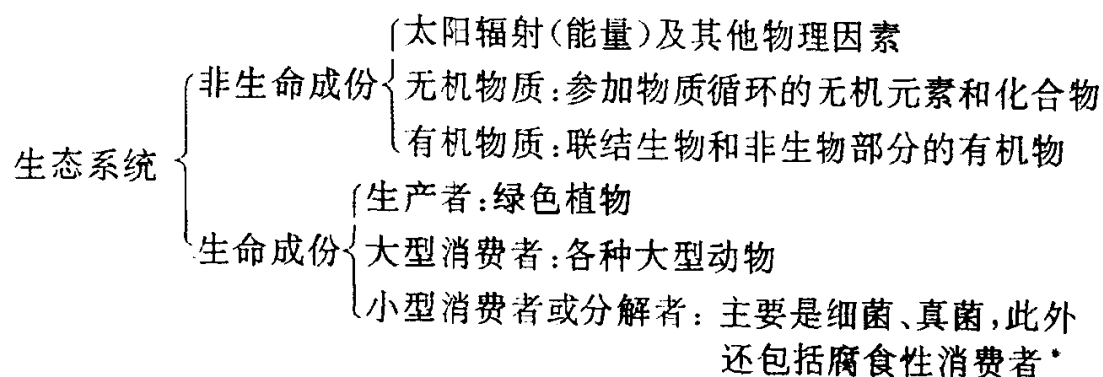
一、什么叫生态系统

生态系统(ecosystem, ecological system)或简称生态系是指一定空间范围内(生境),生物(群落)与非生物环境通过能量流动和物质循环所形成的自然整体。生态系统这个概念是英国生态学家坦斯利(Tansley, A. G. 1935)首先提出来的,强调系统中生物和非生物组分在结构上和功能上的统一。后来,美国生态学家林德曼(Lindeman, R. L. 1942)在研究湖沼生态系统营养级能量转移效率的基础上,提出“十分之一定律”,为生态系统的能流分析奠定了基础。

生态系统是一个广泛的概念。一般认为,一个自然系统只要有生产者、消费者、分解者等主要成分,并能相互作用,得到某种机能上的稳定性,这个自然系统就可以视为生态系统。因此,从大的范围来说,生物圈是一个行星水平的巨大生态系统,空气、水、土壤和岩石维持着地球表面层里生物的生命;地球上各种生物之间,以及生物与非生物环境之间互相作用,进行着物质和能量的交换。但是,要把生物圈作为一个整体来研究,实际上是不可能的,所以通常把生物圈的各个部分划分为不同的生态系统类型来研究。同样,整个海洋也是一个巨大的生态系统,它包括很多不同等级(或水平)的子系统,如沿海有河口、红树林、珊瑚礁和近岸上升流等等生态系统,远洋有外洋、深海、上升流等生态系统。每个海洋生态系统都占据一定的空间,包含有相互作用的生物和非生物成分,通过能量流和物质流构成具有一定结构和功能的统一体。

生态系统也象有机体一样,有一定的组织结构和功能,并且有发展和调节控制上的特征。

生态系统包括下列组成成份:



* Odum(1971)提出,不能把某些特定生物视为“分解者”,而应把分解作用(decomposition)看成是一个过程,包含有全部生物(和非生物因素)参与的过程更为正确。