

海洋生态学的研究现状与发展趋势

罗秉征 胡晓燕

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

人类所取得的“巨大成就”,是以生态环境的破坏和资源的耗竭为代价的。人口的增加、资源的匮乏和生态环境的恶化已成为影响世界经济发展和人类生存的关键。科学家预测,到2000年大气 CO_2 将增加25%,如果人类对 CO_2 的排放不加控制,每10a全球平均气温将升高 0.3°C ,即人们所关心的温室效应。气温平均升高 4°C 时,将出现极地冰雪融化,海平面升高,沿海城市将成为水乡泽园。人类的生存将受到严重的威胁。因此,这一发展趋势已引起世界科学家极大关注,他们不断探索着人口、资源和环境之间的协调关系以及解决这一矛盾的途径。

海洋除了蕴藏着丰富的生物资源外,还有丰富的能源、矿产资源和海水化学资源等。海洋是生物圈主要组成部分,它对陆地乃至全球以巨大影响。海洋对整个地球气候有着调节作用,同时对生物圈的生态平衡也有重要影响。因此海洋对维持地球上的生命系统具有极为重要的意义。

1 当前海洋生态学的研究特点

1.1 海洋生态结构与功能的研究

在现代海洋生态学研究,生态系的结构与功能研究受到很大重视。一般着眼于营养结构、空间结构和物种结构。自养生物(生产者)、异养生物(消费者)和分解者表现为3种不同营养代谢的生物要素,由初级消费者到次级消费者构成的不同营养层次的食物链和复杂的网络结构。物质和能量通过生态系的生物结构进行转换和流动。不同层次的消费者(个体、群体或种群直到群落)在其不同的生态位发挥着作用。能量沿着食物链传递时有大量的消耗,随着营养级逐级向上,其净生产量呈阶梯式递减,形成生产力底宽上窄的塔形锥体。从能量观点看,限定动物种群数量的最主要因素是其所处的营养级次,营养级的层次愈多,其次级生产量就愈少。一般来说,海洋中食物链愈长,生态效率就愈低,食物链愈短,生态效率就愈高。而食物链(网)愈复杂,生态系统愈成熟,其自我调节的能力就愈强,这是生态系统的主要

功能。人们所直接利用的是次级生产量,因此,探讨能流的最佳模式是研究生态结构与功能的主要任务。

随着生态学的不断发展,既需要多学科的交叉,又需要各层次间的综合。因此,一方面产生了许多交叉学科如数学生态、化学生态和生物物理生态,另一方面产生了以研究生态系统基本功能和各层次间的3大流,即能流、物流和基因流的传递、转化为基本内容的学科,其中能量生态学就是令人瞩目的一支。其核心内容是研究能量与含能物质在生态系统各层次的传递、转化和动态平衡,研究能量与生物适应性的关系。能量生态学的研究不局限于生态系统的本身,它可以研究一个物种,一个种群,一个群落或一个生态系统甚至全球。能量生态学已成为研究生态系统的核心,它的目标是寻求人类需要的最佳能流模式。

在生态系结构与功能研究中,近年来海洋微生物生态研究日益受到重视,科学家们发现微生物在海洋生态系能流中起重要作用^[13],其中最大的进展就是微生物食物环的发现^[6]。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再被其他动物利用。现已证实海洋微生物(主要是蓝细菌)不仅是还原者,而且也是生产者,它们以溶解有机碳(DOC)的形式迅速被浮游细菌吸收,共同形成微生物循环^[10]。因此,海洋食物链除捕食食物链、碎屑食物链外,还存在着可溶性物质(DOM)→细菌和真菌→原生动物食物链等^[2]。微生物食物链不仅是海洋生态系的主要研究内容,而且也是生物海洋学的重要研究课题。

生命活动是海洋中最活跃的因素,几乎所有生物地球化学过程都与生命活动有关。生命活动所需要的物质元素,通过食物链在各营养级中传递、转化,最后被生物分解回到环境中。当前人们所关心的温室效应,一般认为主要由于人类活动造成 CO_2 进入大气的结果。海洋既可吸收大气的 CO_2 ,又向大气释放 CO_2 ,因此,有关海洋碳的循环就成为世界性所关注的问题。海洋在调节气候系统方面起着关键作用。国际地圈生物圈计划中一个优先研究领域就是海洋生物地球化学过程对气候变化的

影响和响应问题。人类活动将影响生物地球化学循环,从而导致海平面上升。我们需要了解海洋在形成地球生命环境中的特殊作用,特别是需要加深对气候系统和海洋过程间相互作用的定量认识。例如开展海洋生态系统与大气圈的相互关系研究,其目的就是查明限制生物生产能力和影响气候的大洋碳循环及其与其他元素循环的关系,以评价人类活动对气候变化的影响以及对近岸和海湾生态系统的影响。

1.2 不同类型生态系统的研究

随着海洋资源开发事业的发展,许多国家围绕渔业资源的合理开发和海洋环境的保护,对不同类型的海洋生态系统开展了大量的研究工作。研究领域涉及到各种不同类型的海洋生态系统。下面就近年研究较为活跃的领域作一简单介绍。

1.2.1 河口、海湾生态系 河口受到人类和自然的双重影响,与人类的社会活动密切相关。由于河口的生产力较高以及河口在经济中的重要作用,近20年来对河口生态系的研究越来越受到人们的重视。如北海的Barataria湾和美国的Chesapeake海湾,研究者对海湾生态系的能流途径、生态效率和营养循环的组成做了定量研究,并通过模拟结果来检验人们对系统的认识程度和模型的可靠程度。近年来人们更加注意控制河口产量和动力功能机制的研究,对河口水域能流、营养循环、食物网、微生物的分解作用、碎屑组成和溶解有机物的作用等均是研究的重点。著名海洋生态学家G. A. Knox近年出版的《河口生态系》一书,全面系统地对河口生态系研究进行了论述和总结。从河口环境到河口生态系统的非生物组分,各个层次的生物组成与结构;河口的物质循环以及与陆架之间的相互作用,对不同生态系统的能流和物质循环的特点均作了定性定量的论述^[9]。并提出现代河口生态系研究的方向是:(1)河口高产量的机制;(2)初级生产力的组成;(3)能流的途径与流速;(4)化学物质流动与流速;(5)微生物的作用;(6)河口与陆架水体间有机碳和营养物流通的速率和通量问题。

1.2.2 上升流生态系 已经查明海洋上升流区是初级生产力最高、生物量最多的区域。据估计上升流区仅占世界海洋面积的1%,而渔获量可高达世界海洋渔获量的50%。在上升流区域,由于物理海洋学作用,把底层丰富的营养盐类带上水层,促进浮游生物繁殖,为鱼类提供丰富饵料,从而形成鱼群密集的渔场。因此,海洋上升流现象日益引起海洋学和海洋生态学家的关注。了解上升流现象及其生物学过程的研究对开发海洋生物资源具有重要意义。70年代以来,上升流已成为国际上重点的研究课题,如“中大西洋东北部合作调查”

(CINECA),美国“沿岸上升流生态系研究”(CUEA)以及德国的“海洋上升流现象”计划等。通过上述计划的实施,基本摸清了上升流的动力学过程和营养物的迁移规律以及生物学过程的规律,并建立了上升流的理论模式^[8]。近年来对上升流区的种群动态、分布模式、丰度、群落多样性以及上升流区的物理化学特性等方面都做了深入研究。这些现象的揭示将对海洋生态系研究和生物资源开发利用带来深远的影响。据近年研究,在海洋发现了非常小的原核细菌和真核细菌(0.2~2.0μm),这些超微型浮游植物在海洋初级生产中占有极重要的地位,它的贡献高达60%^[1]。目前,对蓝细菌(Cyanobacteria)的研究很重视,在热带海洋的初级生产中具有特别的重要性,它们在光补偿层占总叶绿素的25~90%。这是在初级生产力研究中的一个重要进展。直到最近还把热带反气旋区看作“沙漠”不毛之地,认为那里浮游植物生产量每昼夜不超过0.1g/m²。但目前这种观点有了改变,注意到这里数量众多的金枪鱼、箭鱼、鲑、竹刀鱼、竹荚鱼及大量食微生物的种类。这种现象只有在浮游植物产量很高的情况才能出现。经研究该水域在某些时期的浮游植物产量每天可达0.5~0.9g/m²,大大地超过了用¹⁴C法获得的数据^[5]。表明在对初级生产者新的认识情况下必须改进传统的研究方法。

在研究上升流生态系的营养来源问题上,科学家把营养物的来源分为两个^[7],一个是上升流物理过程带来的营养盐,称“新生产”来源;另一是通过生物本身再循环而来的营养盐,叫“再生产”来源。两个来源的营养盐共同满足浮游植物的需要。如果把生产-消费过程的初级阶段作为海洋中生物生存的基础,那么有学者指出,一部分以新的营养元素生产的浮游植物产量就形成不平衡的生物群落;当浮游植物主要以再循环为生物营养元素的再生产产量(即再循环产量)就形成平衡的生物群落。对再循环产量来说,必须保持生产-消费的平衡,从生产-消费循环中捕出新产量才不会破坏平衡。否则,即使在其产量很高的情况下也将受到影响^[5]。

1.2.3 大海洋生态系 近20,30年来由于对近海渔业资源利用过度,一些经济种类资源衰退,导致一些小型低值种类增加,渔业资源结构发生了很大变化。人们逐渐认识到单种鱼类的研究对渔业的保护与管理已达不到预期效果。单种类研究只考虑某个单一种类在一段时间内的生活周期和各种生物过程,而不考虑同一海域的其他各类及其之间的相互关系和影响。70年代渔业学家对多种类资源的评估与管理曾做过许多探讨,用于多种类渔业管理模型相继出现^[12]。例如多种类生态系统模型等,这一模型特点是把鱼作为一个海洋生态系

的一个组成部分,研究在复杂的生态环境中多鱼种的数量变动,采取适宜管理措施以增加产量和经济效益,所以也称为整体系统模型。

1984年K. Sherman和L. Alexander提出了大海洋生态系的概念,这个概念的条件是:(1)世界海洋中一个较大的海域(一般在200 000km²以上);(2)具有独特的海底深度、海洋学特征和生产力特征;(3)生物种群具有适宜的繁殖、生长和营养的依赖关系;(4)对污染、人类捕食和环境条件等因素具有相同的影响和作用。大生态系统作为一个新的海洋资源保护、管理的概念和策略已引起国际社会的广泛注意。许多有影响的国际科学组织积极参与组织大海洋生态系的研究和发展活动。我国是较早参与大海洋生态系研究的国家,研究海域为渤海和黄海^[4]。

世界渔业的管理方向将由过去的开发型向管理型转变。从单种到多种资源管理并向着整体、系统水平发展。大海洋生态系作为一个具有整体系统水平的研究和管理单元,能够从全球出发,逐步走向以生态系和地理学边界为依据的生态系统管理。

2 海洋生态学的发展趋势

海洋生态学作为一门系统科学的历史尚不长,60年代以来海洋生态学有了较快的发展,特别是近20年来,随着海洋探测手段的提高,一个全面开发利用海洋的热潮在全世界兴起,成为推动海洋生态学发展的动力。另一方面,国际上相继实施的若干重大研究计划,使海洋生态学的研究内容和范围不断深入和扩大,较快地促进了海洋生态学的发展。例如早在60年代提出的国际生物学研究计划(IBP),就是以研究全球主要生态系统结构、功能和生产力为目标的。70年代初开始执行的人与生物圈计划(MAB)是一项长期性的国际计划,其目的是研究人类活动与环境的相互关系,为生物圈资源的合理利用和保护提供科学依据。由于人类正面临着一系列重大而紧迫的全球环境问题,人们如何对迅速变化着的全球环境作出较好的预测和研究,取决于人们对这些变化中的地球系统过程的监测和认识水平。为了迎接这个挑战,国际科联理事会(ICSU)于1986年组织了全球变化研究计划,即国际地圈生物圈计划(IGBP)。其目的是了解全球的变化、变化过程和造成这种变化的原因以及对人类未来的影响,同时研究人类如何制约自己的行动,以防止生态灾难的出现。这是一项以地球科学和生态科学为主的跨学科的计划,是全球科学家最大的协作,我国也参加了这一计划,并成立了国家委员会。1991年由政府间海洋学委员会(IOC)和海洋研究科学委员会

海洋科学,1993年7月,第4期

(SCOR)共同发起的全球大洋生态系统动态研究(GLOBEC),其核心内容也是了解全球气候系统和人类活动所产生的变化及其对大洋生态系统的影响。除了国际性的大型生态学网络研究计划外,还有跨国区域性的或一个国家的生态学研究网络。比较突出的有美国长期生态系统研究网络(LTER);美国陆缘生态系统研究网络(LMER),该网络在4个不同类型的海湾和河口建立了生态系统的实验站;此外还有东南亚的农业生态网络(SUAN)和英国的环境变化网络站(ECN)以及中国生态系统研究网络(CERN)。1987年中国科学院提出建立“中国生态研究网络”,由分布在全国不同自然区域的52个生态观测试验站组成,其中有关海洋的有5个,即胶州湾黄岛生态研究站、汕头海洋植物试验站、大亚湾海湾生产力试验站、湛江海洋经济动物试验站、海南热带海洋生物研究站。中科院海洋所黄岛站是全国29个网络站之一。网络生态站的目的是围绕全球生态环境变化、可再生资源的合理利用、农林牧渔业生产力的发展、环境保护和不同生态系统的演化等重大问题的研究,预测生态环境演变趋势,提出合理利用资源、保护环境的对策,为我国国民经济的持续发展和全球生态环境问题作出贡献。生态系统研究网络的研究领域归纳起来有4个方面:(1)初级生产力与能量生态;(2)人类活动对生态系统和生态环境的影响;(3)水循环和重要元素的生物地化循环;(4)自然资源的合理利用和生物多样性保护。

从上述海洋生态学研究动向看,它们的基本目标都是针对全球人口资源和环境的日益矛盾,强调采用多学科综合性研究途径,运用生态学原理,探讨人与环境的协调关系和对策的。

1991年美国生态学会发表了题为“持续发展生物圈倡议”(Sustainable biosphere initiative)的报告,报告指出优先研究的领域有下述3个方面:(1)全球变化,如气候变化、大气、土壤和水化学(包括各种污染物变化)以及土地和水域变化的生态学原因和后果。(2)生物多样性,包括遗传、物种和环境多样性,自然的和人类活动而引起的各种变化;决定生物多样性的生态学因子和生态学后果;保护濒危物种;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。该报告还特别指出,上述第三个领域尚未受到足够重视,应特别注意包括有多种资源,多种生态系统和大尺度的生态系统,以及各种生态系统持续发展研究等。这是一份前所未有的重要文献,因为它详尽地讨论和阐明了当代生态学的发展趋势和当前急需解决的问题,提出了“持续发展生物圈”这一

概念,制定了本世纪末甚至到下个世纪应优先研究的领域和若干关键问题,对生态学研究有重要的参考价值和指导意义。

3 发展我国海洋生态学的研究

世界许多沿海国家为了捍卫自己的海洋权益,保护本国近海的资源,纷纷建立了 200n mile 的专属经济区。我国有着辽阔的海域,渤海、黄海、东海和南海总面积约为 $3 \times 10^6 \text{ km}^2$, 约占大陆总面积的三分之一。海岸线长为 $18\,000 \text{ km}$, 南北纵跨热带、亚热带和温带 3 个大气候带,自然条件优越,海洋资源丰富。但由于渔滥捕,利用过度,我国近海许多经济资源已处于衰退状态。由于人们对海洋资源的需求日益增多,当前对海洋的开发事业正从传统的开发方式向现代化海洋开发方式转变,对海洋各层次的生态系统和海洋环境的影响势必也日益加重。面对这一严峻形势,积极发展我国海洋生态学的研究,对持续利用海洋资源与保护海洋环境将具有极重要意义。

根据国内外海洋生态学研究现状和发展趋势,我国海洋生态学研究应紧密结合国家经济建设亟待解决的资源和环境重大问题开展研究工作。如对主要河口、海湾和近海生态系的研究,逐步开展大洋与南极生态系统的研究,为海洋生物资源的开发利用、增殖与管理以及全球面临的环境问题作出贡献。

主要参考文献

- [1] 王 荣,1991. 海洋科学 5:17~21.
- [2] 马世骏编,1991. 中国生态学发展战略研究. 中国经济出版社, 203~231.
- [3] 赵士洞、江 洪,1992. 生态学杂志 11(6):67~73.
- [4] 唐启升,1991. 海洋科学 4:66~68.
- [5] 格拉沙诺维奇, I. E., 1986. 国外水产 2:34~37.
- [6] Azam, F. *et al.*, 1983. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10:257-263.
- [7] Dugdale, R. C., *et al.*, 1990. *Limnol. Oceanogr.* 35(4):822-829.
- [8] Fransz, H. G., J. P. Mommaerts, *et al.*, 1991. *Netherlands Journal of Sea Research* 28(1/2):67-140.
- [9] Knox, G. A., 1986. *Estuarine ecosystems: A systems approach.* CRC press.
- [10] Larsson, U., A. Hagstom, 1982. *Mar. Biol.* 67:57-70.
- [11] Lubchenco, J., A. M. Olson and L. B. Brubaker, *et al.*, 1991. *Ecology* 72(2):371-412.
- [12] May, R. M., ed., 1984. *Exploitation of marine communities.* Dahlem Konferenzen, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo; Springer-Verlag. 155-190.
- [13] Nielsen, T. G., K. Richardson, 1989. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 56:75-87.