

流域生态学:水生生态系统多样性研究和保护的一个新途径 Watershed Ecology

蔡庆华

(中国科学院水生生物研究所, 副研究员 武汉 430072)

吴 刚

(中国科学院生态环境研究中心, 副研究员 北京 100085)

刘建康

(中国科学院水生生物研究所, 中国科学院院士 武汉 430072)

一、淡水生态系统研究的特征与问题

人类文明主要集中于淡水生境。世界的河流、湖泊、水库、溪流和湿地提供了大部分饮用、农业、卫生和工业用水,同时也是大量鱼类、两栖动物、水生植物、无脊椎动物和微生物的栖息地。但人们对地球上淡水生物多样性的认识还极为贫乏。由于盲目开发、利用,生物多样性受到了严重威胁。淡水系统生物多样性分布格局与海洋或陆地系统具有本质的不同。陆地或海洋中的生命,在一个广大的地区,基本上生活在或多或少连续的介质中,物种只需适当调整其活动范围就可以适应气候和生态条件的变化。但淡水生境相对不连续,许多淡水物种的分布不易突破陆地的阻隔(这些阻隔将淡水系统分隔成不连续的单元),这便产生了3个重要的效应:淡水物种必须战胜局部地区气候和生态条件的变化;淡水生物多样性通常高度特化,即使一个小小的湖泊或溪流系统也积累了特有的、区域进化的生物群落;即使在任一类生境中物种数都很低的地区,淡水生物多样性也很高,这是物种在各生境间的相异性所致。

回顾近40年来我国淡水生态学的研究和发展进程,以淡水渔业为例,存在的主要问题有:天然资源的严重破坏(多样性下降,种类和个体小型化上升,天然产量下降)、养鱼的经济和社会效益不乐观(收益开支比下降,商品饲料紧缺并且价高,主要养殖鱼类质量下降)、盲目引种的不良后果以及淡水生态系的缩小、碎裂和退化等。物种多样性下降的4个基本因素,即生境破碎污染、人对生物的过度捕杀、引种和物种灭绝的次生效应在我国的一些淡水

生态系统中同样严重地存在着。

按拉姆萨尔(Ramsar)公约的定义,内陆水体包括不同类型的淡水系统均属于湿地范畴。全世界的湿地可以划分为7种自然景观,即河口、海涂、泛滥平原、淡水沼泽、湖泊、泥炭沼泽和沼泽森林。除拥有河口和海涂外,其余5种属内陆湿地景观,在我国也均有分布。各种内陆湿地景观都包含了一系列的不同类型的湿地环境,构成一个复合生态系统,如泛滥平原就包括了多种类型的浅水湖泊、淡水沼泽以及洲、滩地等地貌环境。内陆湿地中不同类型湿地环境镶嵌分布,而且任何一种类型的湿地都与其它类型具有多方面的联系,因而环境结构具有多样化格局,这是湿地生态系统具有极高生物多样性的基础。长期以来,人们往往将湿地看成荒地,任意开荒垦植或作为排弃污水、废物的场所。此外,由于对湿地环境结构的完整对于生态系统的重要性认识不足,就随意建造人工设施破坏环境结构,如长江中下游泛滥平原的许多水工建筑就使当地江湖一体的环境结构濒临解体。因此,必须从保护和恢复湿地多样化的环境结构着手,研究栖息地环境结构多样化格局对于维持生物多样性的作用。

过度的人类活动是湿地包括淡水系统生物多样性丧失的重要原因,其影响可分为如下两个方面。一是,因生物栖息环境的破坏而导致物种生存受到威胁或消亡,如土地的利用(围垦和城市化等)导致栖息地的直接丧失,人为建筑(水利设施、堤坝等)导致环境结构改变,以及工、农业废水和城市生活污水造成环境污染等。二是,生物资源的过度利用或污染造成物种的消亡或濒危,而直接引起生物多样性下降。某些物种消失后,还导致生态平衡失调,如江河阻隔引起人工调蓄湖泊中江湖洄游鱼类种类资源灭绝,使其水体食物网络结构缺损,鱼类

通过食物链的下行效应,导致少数内禀增长力高的生物种群极度发展,而其他生物的生长受到抑制,从而使生物多样性持续下降。

恢复湿地生物多样性的重点应在生物栖息环境的完整性和湿地食物网的结构完整性两个方面,因为一个完善的水生态系统必须具有一个完整的营养结构。通过对水体食物网的主要消费者——鱼类的群落结构的营养平衡的监测,可以判断水生态系统的完整性。这个监测和研究的基本思想由美国学者卡尔(Karr)于1980年提出,并建立了生物完整性指数(IBM)的概念,目前已在北美洲及欧洲较为广泛地应用于渔业及环境的评价。此外,应根据不同种群的生物学特征,研究制定合理的利用尺度,协调资源的保护和利用之间的关系,以利于维持自然生态系统和人类本身的持续发展。

二、生态系统多样性研究的主要内容和现状

生态系统多样性即生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样化以及生态系统内生境、生物群落和生态过程变化的惊人的多样性,其主要研究内容包括生态系统的组织化水平、生态系统多样性的维持与变化机制以及生态系统多样性时空变化的监测等。

实际上,对生态系统多样性的研究应仍属于生态系统生态学范畴。以往对生态系统的研究均自生态系统的属性开始,即研究生态系统的结构和功能以及生物生产力。生态系统结构方面的主要特征包括:生物群落的组成(种数、生物量、生活史)、非生物物质的量及分布、生物生存条件的范围和梯度等。这些特征在很大程度上包含了生物多样性的信息。而在一个自然的生态系统中,影响生物多样性的主要因素有以下几种。一是系统发育的时间,即系统发育时间越久,种的多样性越高。二是地域面积,即地域面积越大,种的多样性也越高。三是生境,即生境资源越丰富,对生物的容量大,从而负荷量大,抗逆性强,种的多样性就越高。此外,群落的演替过程、种间竞争以及人为或外界干扰均对生物多样性有较大影响,而这些影响均是通过生态系统的功能或过程进行的。从另一角度看,生物多样性参数对生态系统的功能显然亦存在重要影响,因此,研究生态系统中生物多样性和系统功能的相互关系具有十分重要的意义。

对生态系统多样性进行研究的目的是定量了解系统内的物种组成和变异程度,从而对生态系统的演替等级和趋势作数值分析。对淡水系统而言,虽然生物多样性和生态系统多样性的研究自一开始即与水质的评价紧密地联系在一起,但多样性

分析局限于主要类群内,如藻类多样性、浮游动物多样性和鱼类多样性等,缺乏生态系统层次的综合分析。目前提出的大量的生态多样性指数一般可分为 α 、 β 、 γ 三种,在很大程度上不能满足研究工作的需要,因此有必要“将多样性指数的测度对象由生物群落扩展到生态系统”以及加紧对生态系统的多样性综合指数和等级区划的研究,为生物多样性保护工作提供定量化的理论基础。

从目前国内研究较为深入的一些生态系统来看,我国的生态系统生态学研究还过分地停留在“静态”的结构参数的监测上,虽然这种“常规”监测是必须的,但从现代生态学角度看这些参数是不充分和不完备的。

现代生态学研究的基本单元是生态系统,如湖泊、河流生态系统。水生态系统的脆弱性表现在:易受岸上周边地区的影响(包括生命活动和自然过程),因此,仅仅研究水体本身是不够的。另外,水体占国土总面积份额很低,以湖泊为例,我国湖泊有24880个,总面积83400km²,面积大于1km²的湖泊有2848个,总面积为80645km²。而流域则大得多,如武汉东湖,水面32km²,汇水面积97km²,而长江流域面积约占国土面积的20%。故无论从理论研究或实际应用的角度来说,将流域视为一个大的生态系统,开展流域生态学研究都是十分必要的。

表1 我国主要河流的长度及其流域面积

河流	干流长(km)	流域面积(万 km ²)
长江	6 300	185.5
黄河	5 464	75.2
松花江	1 927	54.5
珠江	2 210	45.4
淮河	1 000	27.0
海河	1 100	26.5
辽河	1 390	21.9

三、流域生态学的背景和内容

湖沼学一直作为生态学思考和管理实践的前沿学科,而现代生态学研究更是迫切地需要与数学、地学、计算机科学等融合,景观生态学就是相互融合的较好的例子。但景观生态学不易与淡水科学结合,因为水体常作为不透明的、异质的嵌块在景观地图上被描绘,并且水体科学家不常借用景观生态学的工具和概念解释它们。其原因在于淡水生态系统格局很难被看到(多一个水的介质、可视的格局也很短暂)。另外,由于系统不能认识系统本身以及生态系统的开放性,就水而论水容易形成认知障碍,应从更高一个层次研究水体,将视野从水体扩大到汇水区域(对静水水体而言)或流域(对流水水体而言),开展流域生态学研究。

流域生态学以流域为研究单元,应用等级嵌块动态(Hierarchical patch dynamics)理论,研究流域内高地、沿岸带、水体间的信息、能量、物质变动规律。其近期目标是从中、大尺度上对我国内陆水体及水生生物资源保护与合理利用决策提供依据,为社会经济可持续发展作贡献。其技术手段应包括:3S 和计算机技术、景观生态学理论与假说、非线性科学的理论和方法等。有学者将生态系统中的几个互相联系的基本部分(即数据采集与处理,信息分析、解释,建模与预测,专家系统与优化管理系统)所组成的有机整体称为生态信息系统,将有关这一研究的学科定义为信息生态学,并认为它是生态系统理论与系统生态学的新发展。而流域生态学作为淡水生态学、系统生态学和景观生态学间的交叉学科,亦应包括基本的信息生态学内容。

流域生态学不同于景观生态学,其与景观生态学的区别和联系在于:流域有明确的地理学上的边界,景观则没有;流域和景观都是由不同生态系统组成的异质性区域;景观主要针对陆地,而流域则主要关心水系;流域和景观都是社会—经济—自然复合生态系统;景观生态学是地理学和生态学的交叉学科,流域生态学则是淡水生态系统向陆地生态系统的拓展;景观生态学以景观为对象,研究其结构、功能和变化,即景观要素和生态客体(如动物、生物量、营养物)的空间格局、生态客体在景观要素之间的流动、镶嵌体随时间的变化;流域生态学则研究流域内不同景观(高地、沿岸带、水体)和不同生态系统间信息、能量、物质的变动规律。

流域生态学研究应包括如下主要内容:

(1)流域形成的(古地理和古气候)历史背景及发展过程;

(2)流域景观系统的结构(不同生态系统或要素间的空间关系,即与生态系统的大小、形状、数量、类型、构型相关的能量、物质和物种的分布),功能(空间要素间的相互作用,即生态系统组份间的能量、物质和物种的流)和变化(生态镶嵌体结构和功能随时间的变化);

(3)流域生物多样性测度,生态环境变化过程对流域景观格局(如水生、陆生及水陆交错带生物群落和物种)的影响与响应;

(4)流域内主要干、支流的营养源与初级生产力,干、支流间的能量、物质循环关系及其规律,流水与静水生境之间营养源和能源的动力学研究以及江湖阻隔的生态效应;

(5)流域的生态学特征以及区域生态环境整治的生态工程、流域城市生态学、人类生态学和生态经济;

(6)流域水系的环境背景值及环境容量,污水治理与资源化生态工程系统研究;

(7)水体梯级开发的生态学后果与对策,自然灾害的评估与预警;

(8)流域工农业现状及生物资源的利用与保护,流域社会经济可持续发展对策。

开展流域生态系统研究,需要多学科、多专业的交叉渗透和联合攻关。以长江流域为例,数十年来,中国科学院有关研究所与其他科研院所协作,从事水域生态学和陆地生态学的调查研究,已在长江流域的资源、环境科学方面作出了许多重要贡献,已具有较雄厚的开展流域生态系统研究的科学技术储备。有关部门将在“九五”期间选择重点类型与区域进行生态系统多样性维持机制的研究,主要内容包括重要生态系统的优势种、关键种的保护生物学研究,类群间相互作用(食物网)与生态系统稳定性之间关系的研究以及生境片断化的成因及恢复的研究。笔者建议在选择重点类型和区域时,选定一个具有代表性的中等尺度的流域,组织若干研究单位共同协作、联合开展流域生态学研究,增强生态系统多样性研究的理论性与实用性。

就水生生态系统多样性研究而言,近期应通过调研和收集各方面数据和资料,建立并逐步完善我国水生生物及内陆水体数据库(DOBEIC),结合 3S 技术、非线性科学和现代计算机理论,尝试对水体内的过程和格局的特征进行非线性度量,从而进行尺度转换或尺度推绎,在其基础上与 DOBEIC 相结合,拓展到长江中下游浅水湖泊群。具体而言,即以长江中下游水体为主要对象,研究湖泊与水系的分形特征与环境质量的关系、水草分布格局的非线性度量及与生物多样性的关系、人类活动对湖泊生态系统的影响与对策、林—农—渔复合生态系统优化结构的技术及示范、应用 SPOT 卫星对湖泊生态系统进行动态监测等。

主要参考文献

- [1]陈宜瑜主编,中国湿地研究,吉林科学技术出版社,1995
- [2]刘建康主编,东湖生态学研究(二),科学出版社,1995
- [3]蒋有绪,生态系统研究的理论分析参考,生态学杂志,1987. 6(1),P63~66
- [4]马克平等,生物多样性研究进展,中国科学技术出版社,P464~470,1995
- [5]沈韞芬等,河流的污染监测,中国建筑工业出版社,1994
- [6]世界资源研究所(WRI)等,全球生物多样性策略,中国标准出版社,1993
- [7]王如松等,现代生态学的热点问题研究,中国科学技术出版社,1996
- [8]张新时,现代生态学的几个热点,《未来十年的生物科学》,上海科学技术出版社,1991

(责任编辑 肖庆山)