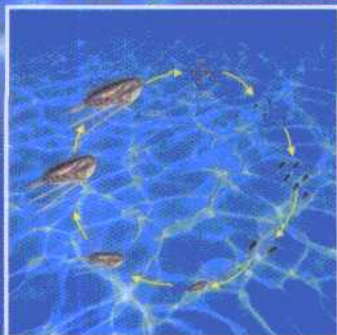
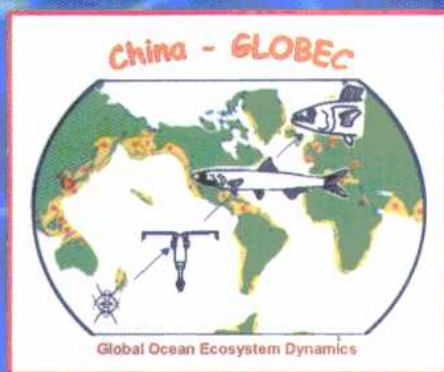


中国海洋生态系统 动力学研究

I 关键科学问题与研究发展战略

唐启升 苏纪兰 等著



国家重点基础研究专项经费资助

中国海洋生态系统动力学研究

I 关键科学问题与研究发展战略

唐启升 苏纪兰 等著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书为我国海洋生态系统动力学关键科学问题与发展战略研究成果。全书共分为二篇：第一篇系统地论述了在我国发展海洋生态系统动力学的意义、研究现状、工作条件、拟解决的关键科学问题以及实施计划；第二篇围绕资源关键种能量流动与转换、浮游动物种群的补充、生源要素循环与更新、关键物理过程的生态作用、水层与底栖系统耦合和微食物环的贡献等6个关键科学问题的研究对策进行了较为详尽的论证。本书对于海洋生态系统动力学这门新兴交叉学科的发展,对于我国海洋科学和渔业科学的研究,对于我国海洋工业的发展都具有重要的理论和实践意义。

本书可供从事海洋科学、渔业科学、生态科学以及全球变化领域研究的科技人员、高校师生及有关决策人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国海洋生态系统动力学研究. Ⅰ. 关键科学问题与研
究发展战略/唐启升等著. -北京: 科学出版社, 2000. 10
ISBN 7-03-008805-0

I. 中… II. 唐… III. 海洋生态学: 系统动力学-
研究-中国 N. Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 69896 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2000 年 10 月第一次印刷 印张: 16 1/4 插页: 2

印数: 1—1 000 字数: 373 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈杨中〉)

前 言

海洋生态系统动力学是海洋科学与渔业科学交叉发展起来的新学科领域,其研究核心是物理过程与生物过程相互作用和耦合,并为全球变化研究的一个重要部分。因此,这一新学科领域的发展普遍受到重视,特别是20世纪90年代初在国际海洋研究科学委员会(SCOR)和联合国政府间海洋学委员会(IOC)等国际主要海洋科学组织的推动下,开始筹划“全球海洋生态系统动力学研究计划(GLOBal ocean ECosystems dynamics, GLOBEC)”,并成立了GLOBEC科学指导委员会。1995年,GLOBEC被遴选为“国际地圈生物圈计划(IGBP)”的核心计划,1997年公布了《GLOBEC科学计划》,1999年公布了《GLOBEC实施计划》,使海洋生态系统动力学研究成为当今海洋跨学科研究的国际前沿领域。

我国海洋生态系统动力学的发展几乎与国际同步。我国科学家于1991年进入国际GLOBEC科学指导委员会,参与《GLOBEC科学计划》、《GLOBEC实施计划》的制定和促进GLOBEC发展的一系列重要活动。1994年,国家自然科学基金委员会发起成立了我国“海洋生态系统动力学发展战略小组”,着手制定我国海洋生态系统动力学发展规划,探索跨学科的研究体系,确定了中国海洋生态系统动力学研究以近海陆架为主的发展目标。1996年,国家自然科学基金委员会不失时机地启动了“渤海生态系统动力学与生物资源持续利用”重大项目,它是北太平洋地区第一个国家层次的GLOBEC研究项目,使我国在全球海洋生态系统动力学这一国际前沿领域占居了一席之地。

“国家重点基础研究发展规划项目”(简称重点规划项目)的启动,为中国海洋生态系统动力学的发展提供了新的机遇。根据科技部发布的重点规划项目重点支持的方向,我们于1998年7月提交了《东、黄海生态系统动力学与生物资源可持续利用》申报项目建议书,经过几轮评审,同年10月进入综合评审答辩。评审专家们认为,该申报项目基本符合立项要求,但还有一些不足。因此,科技部决定将该申报项目作为培植项目运行一年。根据这个要求,项目建议人苏纪兰、唐启升等组织国家海洋局、农业部、中国科学院和教育部有关专家,从1999年3月开始了项目的培植工作。本着“围绕我国社会、经济和科技自身发展中的重大科学问题”、“瞄准科学前沿,体现学科交叉、综合,探索科学基本规律”和“发挥我国优势与特色,结合我国自然环境与资源特点,能在国际科学前沿占有一席之地”等原则,我们对该项目进行了修改,进一步明确了面向国家重大需求,开展多学科综合研究,了解东、黄海生态系统动力学机制,为我国近海生物资源持续利用和渔业管理提供理论基础和科学依据的立项原则,并相应制定和实施了培植工作计划:①第一阶段以关键科学问题研讨为主,先后召开了3次研讨会,着重讨论关键科学问题的目的、意义、相关研究内容、预期目标、实施方案和创新点等,还就如何开展多学科交叉与综合进行了研讨;涉及到的关键科学问题有资源关键种能量流动与转换、浮游动物种群的补充、生源要素的循环与更新、关键物理过程的生态作用、水层-底栖系统耦合、微食物环的贡献等。②第二阶段针对关键科学问题进行一次海上实验性调查。1999年8月下旬,以中华哲水蚤和鳀鱼为

主要研究对象, 针对浮游动物种群补充和鲢鱼仔鱼分布特征等有关问题, 在东、黄海选择 3 个断面进行了包括物理、化学在内的多学科探索调查。这两个阶段工作中, 先后产生了两册工作汇报, 共计 50 多万字, 在此基础上, 完善了培植项目建议书, 顺利通过了 1999 年综合评审, 被列为第二批实施的重点规划项目之一。

这本专著是在上述背景情况下完成的。它不仅是《东、黄海生态系统动力学与生物资源可持续利用》项目第一个工作结果, 同时也是中国海洋生态系统动力学研究系列专著之一。这本专著的产生, 是我国海洋科学、渔业科学和生态科学领域中众多专家学者辛勤劳动的结果, 他们各自参与了相关科学问题的研究, 为本书提供和撰写了相关章节, 具体执笔者均在有关章节末指明, 由于涉及人较多, 这里不再一一列出, 请予谅解。科技部基础研究司副司长邵立勤博士、国家自然科学基金委员会地球科学部常务副主任林海研究员和海洋学科主任王辉博士对于海洋生态系统动力学在我国的发展给予了热情关心和指导, 林海还对本专著文稿进行了认真审阅, 提出了很有价值的修改意见, 在此, 向他们一并表示衷心的感谢。

海洋生态系统动力学是一个正在发展中的交叉学科领域, 不足之处会不断改进, 新的研究内容会不断增加, 殷切地期望大家予以关注, 共同促进这个新学科领域的发展。

唐启升 苏纪兰

2000 年 4 月 5 日

第一篇 总论



第一章 海洋生态系统动力学及其在我国的发展战略

第一节 海洋生态系统动力学研究对我国 社会与科技发展的意义

目前,我国沿海地区以13%陆地面积承载了40%多的人口,创造了60%以上的国民经济生产总值,近海生态系统已成为国家缓解资源环境压力的重要地带。到本世纪中,我国人口将达到16亿,耕地减少和人口增加的矛盾更加突出,满足日益增长的食物和优质动物蛋白的需求是一个十分艰巨的任务,而海洋是尚未充分开发利用的最大疆域,具有巨大的动物蛋白生产潜力。海洋作为我国现在和未来赖以生存与发展的重要基础,已引起国家和社会的高度重视。因此,深入了解和认识我国近海生态系统的结构、功能及其受控机制,持续健康地开发利用其资源,获得更多更好的海洋动物蛋白食品,不仅对促进我国国民经济持续发展有不可忽视的推动作用,也是21世纪中国16亿人口食物安全的重要保证。

我国海域辽阔,陆架宽广,海岸线长达18000km,拥有 $300 \times 10^4 \text{km}^2$ 可管辖的海洋国土,包含了黄海(含渤海)生态系统、东海生态系统、南海生态系统,以及黑潮生态系统,蕴藏着丰富的自然资源。经过长期努力,我国在开发利用海洋、发展海洋经济方面已经取得举世瞩目的成就。1997年海洋产业总产值达3148亿元,占国民经济生产总值的5%,预计2010年将达到10%,成为国民经济发展的新的增长点,其中海洋渔业是海洋经济的支柱产业,占海洋总产值的50%。近20年来,我国海洋渔业总产量年平均递增20%以上,创造了同期世界渔业最高的增长率,也为我国水产品人均占有量超过世界人均20kg的水平做出重要贡献。1997年我国海洋渔业产量达到 $2176 \times 10^4 \text{t}$,从海洋获取的优质动物蛋白已占我国动物蛋白总供给量的1/5,并呈继续增加的趋势。然而,在发展过程中,产业的母体——近海生态系统的服务和产出发生了一些令人担忧的变化,明显影响了海洋产业的可持续发展,经济损失巨大。主要表现在:①基础生产力下降,如渤海20世纪90年代初的初级生产力比80年代初下降了30%,并在系统中引起连锁反应;②生物多样性减少,如胶州湾潮间带底栖生物,60年代有120种左右,目前仅剩20种;③多数传统优质鱼类资源量大幅度下降,已形不成渔汛,低值鱼类数量增加,种间交替明显,大、小黄鱼等优势种为鲢鱼等小型鱼类所替代;④渔获个体愈来愈小,资源质量明显下降,如70年代在黄海捕捞鱼种的平均长度在20cm以上,而目前只有10cm左右;⑤近海富营养化程度加剧,养殖病害严重,赤潮发生频繁,直接影响资源再生产能力。

产生上述问题的原因是多方面的,其中有自然因素,如气候波动及其他环境变迁等;有人类活动的影响,如生物资源(包括其遗传资源)过度开发利用、过量的营养物质通过河流及污水口排入海中以及大型水利工程建设等;也有生态系统自身的内在波动等。但是,其根本原因是因为我们对近海生态系统缺乏深入和全面的认识,对它的功能和受控机制基本

不了解。这样,就难以遵循可持续发展的规律开发利用生态系统及其资源,也难以建立合理、有效的管理和制约体制。因此,了解海洋生态系统,研究其动态变化及原因已成为开发海洋、保护海洋,实现人与自然和谐发展必不可少的科学基础。

海洋生态系统动力学是渔业科学与海洋科学交叉发展起来的边缘学科新领域,是全球变化研究的重要内容,当今海洋跨学科研究的国际前沿领域。由于海洋物理性质的特殊性,海洋生态系统与陆地生态系统大不相同。海洋的初级生产主要由 $1-100\mu\text{m}$ 的浮游植物完成,次级生产由仍然较小的 $0.1-10\text{mm}$ 的浮游动物完成。这样,海流等海洋物理过程以及与悬浮颗粒物有关的生物地球化学循环就成为影响生态系统结构及其变化的关键过程。因此,海洋生态系统动力学研究把我国近海生态系统(如东、黄海生态系统)视为一个有机的整体,以物理过程与生物过程相互作用和耦合为核心,研究生态系统的结构、功能及其时空演变规律,定量物理、化学、生物过程对海洋生态系统的影响及生态系统的响应和反馈机制,并预测其动态变化,有望在我国近海生态系统动力学关键过程和生物资源补充机制研究上取得突破。这种目标明确、有较高深度的多学科交叉研究必将促进海洋科学与渔业科学综合研究能力的迅速提高,产生新的生长点,推动海洋新学科的发展。

海洋生态系统动力学不仅侧重关键过程的定量研究,同时也注重对作用机制的解释,注重对生物资源补充机制和优势种替代规律的解释。例如海洋生物资源的变化,除人为因素外,有多少与气候波动及其他环境变迁有关?富营养化及其他环境污染的影响有多大,其生态效应如何?大江大河的工程对沿海生态系统资源的形成所起的作用?其研究结果将为生物资源可持续利用提供重要的理论依据。因此,海洋生态系统动力学研究不仅能使集多种机制于一体的我国近海陆架生态系统动力学科学理论体系和研究队伍进入国际先进行列,推动全球海洋生态系统动力学研究发展,同时对解决我国近海海洋可持续发展过程中出现的资源和环境问题也具有典型的科学意义,为建立我国近海可持续发展的生态系统、合理的渔业管理体系和负责任的捕捞制度提供科学依据。

参 考 文 献

- 国务院. 1994. 中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书. 中国环境科学出版社
国家自然科学基金委员会. 1998. 全球变化: 中国面临的机遇和挑战. 高等教育出版社, 施普林格出版社

第二节 海洋生态系统动力学研究现状和发展趋势

海洋生态系统研究在国际国内均起步较晚,直到 20 世纪 60 年代后期有关海洋生态系统结构、功能、食物链和生物生产力等方面的研究才逐渐增多。这是因为海洋生态系统较陆地生态系统复杂,研究难度大,且不易观察和定量。例如陆地生态系统食物链一般为 2—3 个营养层次,而海洋生态系统则为 4—5 个营养层次,再加上特殊的海洋物理、化学环境条件,稳定性远比陆地低,能量流动过程就变得十分复杂了。20 世纪 80 年代以来,社会发展和科学进步为海洋科学发展提供了新的机遇,产生了一系列全球性的大型国际海洋研究计划,如热带海洋与全球大气计划(TOGA)、世界海洋环流实验(WOCE)、全球海洋通量联合研究(JGOFS)、海岸带陆海相互作用(LOICZ)和全球海洋观测系统(GOOS)等。在这些计划的发展过程中,人们认识到海洋物理过程与生物资源变化密切相关,对其相互关

系研究方面基本上是空白。于是,多学科交叉综合研究成为海洋生态学发展的生长点。它要求物理海洋学家、化学海洋学家、生物海洋学家和资源生态学家(渔业生物学家)携手共进,把海洋看作一个整体来研究它的生态过程和受控机制,同时,对研究的区域规模和时间尺度也有了较多的要求。众多国际科学组织积极推动和支持发展海洋生态系统研究计划,产生了一些新的概念和理论。具代表性的研究计划有大海洋生态系(LMEs)、全球海洋观测系统(GOOS)和全球海洋生态系统动力学(GLOBEC)。它们分别代表了应用管理、观测系统和理论基础等三个方面的研究,三者互补互益,共同促进了自身研究发展和海洋生态系统研究的整体发展。

1. 大海洋生态系研究

与陆地不同,关于海洋综合利用和保护的基本理论形成比较晚。1984年美国生物海洋学家K. Sherman和海洋地理学家L. Alexander提出了大海洋生态系概念,并作了以下定义:①世界海洋中一个较大区域,包括从进岸的江河海盆和河口水域到陆架和近海流系的外边缘水域;②具有显著的海底深度、水文和生产力特征;③其生物种群具有适宜的繁殖、生长和摄食策略以及营养依赖关系;④受控于共同要素的作用,如污染、人类捕食、海洋环境条件等。按照这个定义,全球海洋被划出50个大海洋生态系统,我国的黄海(含渤海)生态系统和东海生态系统是其中的两个。这50个大海洋生态系统虽然仅占全球海洋面积的10%,但它包含全球95%以上的海洋生物资源产量。大海洋生态系统作为一个具有整体系统水平的管理单元,不仅可以广泛应用于专属经济区内,同时,也可以用于在生态学和地理学上相关联的多个专属经济区或更大的区域。使海洋资源管理从狭义的行政区划管理走向以生态学和地理学边界为依据的生态系统管理,有利于解决海洋可持续发展以及跨界管理的有关问题,因此,这个新的学科概念和管理构想受到普遍重视。世界保护同盟(IUCN)、政府间海洋学委员会(IOC)、联合国环境规划署(UNEP)、世界银行等国际组织的支持,力图将大海洋生态系研究和管理推向全球。

大海洋生态系的概念已在一些区域海洋生态系研究和管理中被接受,如美国北加州海流生态系、南大洋生态系、澳大利亚陆架和大堡礁生态系、南非本格拉海流生态系、黄海生态系等。主要研究内容包括以下几个方面:

(1) 大海洋生态系特征和变化原因研究。生态学动态理论是大海洋生态系概念的理论基础。因此,找出影响各个特定系统变化主导因素(如过度开发利用、污染、环境影响和全球气候变化等),并分辨其影响程度是很重要的,其中生产力动态、食物链、补充量、种类替代现象、生物量波动以及物理化学影响的生物学作用都是一些重要的研究课题。

(2) 大海洋生态系监测及相应技术的研究。整体研究、长期资料积累和不同时空规模的取样调查是大海洋生态系的主要监测策略。主要监测内容和技术包括:生物资源拖网和声学调查;初级生产力和次级生产力及其环境连续观测;富营养化和环境质量监测。以上监测结果将为生态系统多样性、稳定性、产量、生产力和复原能力提供定量的“健康”指标。

(3) 大海洋生态系管理体制可行性研究。大海洋生态系作为一个管理实体,既面向全球又有明显的区域特点,管理体制基本从两个方面考虑:一是从生态学的角度,对不同扰动类型的生态系统采取不同的管理策略。如人工增殖放流被认为是黄海生态系生物资源保护和管理的策略,而控制陆源缺氧水输入是波罗的海生态系资源管理的重要目标;二

是从跨国管理的角度考虑区域性管理体制,管理决策要求简便性和可操作性。

另外,大海洋生态系概念在设计上是将研究、监测和管理一体化,因此,发展能够综合表达生态系变化和“健康”指标的分量模型也是今后一个重要的研究内容。

2. 全球海洋观测系统

《21 世纪议程》指出,为了断定大洋和在其中发生的各种海洋现象在推动地球系统中的作用,预测海洋和沿海生态系统的自然变化和人为变化,需要协调并大力加强上述活动所获资料的收集、综合和传播。为此,政府间海洋学委员会正在组织建立“全球海洋观测系统(GOOS)”,其主要子系统和重点领域如下:

(1) 气候监测、评估和预报。重点领域为年际变化,特别是厄尔尼诺现象。

(2) 海洋生物资源监测和评估。重点领域为气候与生态系统相互作用,如大尺度的浮游生物量、分布和种类组成变化。

(3) 沿岸带环境和变化监测。重点领域为沿岸环流和海平面变化,古海洋和古气候研究。

(4) 海洋健康评估和预报。重点领域为毒性爆发检测和预报,沿岸带污染物负载变化,沿岸带纳污能力。

(5) 海洋气象学和海洋学作业服务。重点领域为表面波、水色和风。

预计“全球海洋观测系统”在 21 世纪初全面实施。

3. 全球海洋生态系统动力学

迄今为止,人类对海洋生态系统的规律知之甚少,物理过程与生物资源变化相互关系研究将是一个重要的启动点。科学家们注意到海洋生物资源的变动并非完全受捕捞的影响,渔业产量也和全球气候波动密切相关,环境变化对生物资源补充量有重要影响,认识到物理过程与生物过程的相互作用在生态系统中的重要性。一批生物、渔业海洋学家还认为,浮游动物的动态变化不仅影响许多鱼类和无脊椎动物种群的生物量,同时,浮游动物在生态系统结构形成和生源要素循环中起重要作用,也对全球的气候系统产生影响。因此,从全球变化的意义上研究海洋生态系统被提到日程上来。1991 年在国际海洋研究科学委员会(SCOR)、联合国政府间海洋学委员会(IOC)、国际海洋考察理事会(ICES)和国际北太平洋海洋科学组织(PICES)等国际主要海洋科学组织的推动下,“全球海洋生态系统动力学研究计划(GLOBEC)”开始筹划,1995 年该计划被遴选为国际地圈生物圈计划(IGBP)的核心计划,使海洋生态系统动力学研究成为当今海洋跨学科研究的国际前沿领域。

在 SCOR 和 IOC 等组织的支持下,国际 GLOBEC 科学指导委员会成立于 1991 年,它全力推动 GLOBEC 研究计划的发展。1994 年召开了国际 GLOBEC 战略计划大会,1997 年公布了 GLOBEC 科学计划(Science Plan);1998 年召开了国际 GLOBEC 科学大会,1999 年公布了 GLOBEC 实施计划(Implementation Plan)。国际 GLOBEC 的目标被确定为:提高对全球海洋生态系统及其主要亚系统的结构和功能以及它对物理压力响应的认识,发展预测海洋生态系统对全球变化响应的能力。主要任务是:①更好地认识多尺度的物理环境过程如何强迫了大尺度的海洋生态系统变化;②确定生态系统结构与海洋系统动态变异之间的关系,重点研究营养动力学通道、它的变化以及营养质量在食物网中的作用;③使用物理、生物、化学耦合模型确定全球变化对群体动态的影响;④通过定性定量反馈机制,确

定海洋生态系统变化对整个地球系统的影响。

为了实现上述目标和任务, GLOBEC 实施计划由国际核心研究计划、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。

国际核心研究计划: 以工作组研究形式研究 GLOBEC 理论和综合性主题。工作侧重于: 回顾分析、过程研究、预测和建模、生态系统变化的反馈作用等问题的探讨。

区域性研究计划: 为 GLOBEC 实施计划的重要内容。其中: 国际海洋考察理事会支持的“鳕鱼与气候变化”研究计划, 目的是调查气候变化如何直接或通过捕食者-被捕食者相互作用影响鳕鱼的繁殖、生长和死亡; 美国科学基金会和国家海洋及大气管理局资助的“南大洋动物种群与气候变化”国际研究计划, 主要目标是探讨海洋动物种群变化有关过程; 国际北太平洋海洋科学组织发起的“气候变化与容纳量”研究计划, 目标是测定亚北极太平洋高营养层次动物种群的容纳量, 以及对气候变化的反应; GLOBEC 科学指导委员会直接支持的“小型中上层鱼类与气候变化”研究计划, 主要目的是确定物理压力与上层鱼类种群增长的关系, 特别注重对浮游动物动态的中间作用研究。

国家研究计划: 该计划的研究内容一方面是根据各国的需求和地区特点确定的, 另一方面也与国际重点计划以及区域计划衔接。先期发展的国家有美国、日本、挪威、加拿大、南非和中国等, 近期发展的国家有英国、德国、法国、荷兰、巴西、智利、新西兰等。例如: 美国的 GLOBEC 主要研究目标是测定控制海洋浮游动物和鱼类动态的大气压力、物理过程、生物过程之间的联系和耦合度, 进而评估和预测气候变化对海洋生态系统的影响。大西洋乔治滩海域被选为美国 GLOBEC 第一个野外重点研究区, 研究内容包括: 历史资料分析——应用浮游生物和卫星观测的表温、水色等资料分析水文、浮游植物、挠足类和仔鱼生物量变化; 宽尺度的过程调查——通过海上调查研究浮游动物、仔鱼的分布和数量与水文、生态和气候环境的关系, 捕食者对被捕食的鱼类和头足类的影响; 细尺度的过程调查——侧重研究控制水体分层的过程及其对食物链动态的影响; 长期监测——包括环流、浮游植物和动物的生物量; 模型研究——侧重在环流和影响补充量的物理/生物过程模拟。具有风生陆架特点的加利福尼亚海流系统将是美国 GLOBEC 第二个重点研究区; 挪威的 GLOBEC 主要研究目标是确认引起北欧海域生态系统变化的首要因素, 预测海洋气候、生产力和鱼类群体波动。研究内容包括: 海洋气候——确认和定量海洋气候变化的主要机制; 资源生态学——描述挪威海生态系统的功能和结构, 定量气候变异对鱼类种群生物量影响的主要机制; 碳循环——定量生物碳泵对北欧海和作为大气 CO_2 “汇”的重要性; 日本的 GLOBEC 主要研究领域为浮游动物和微型浮游动物种群动态, 西北太平洋中上层鱼类交替机制, 中上层鱼类种群及生态系统长期变化与亚北极涡流营养动态。西边界流(如黑潮、赤潮)生态系统将是重要研究区域, 狭鳕-磷虾-气候是一个主要研究课题。

在上述研究计划中, “过程研究”和“建模与预测”成为重中之重, 由此表明海洋生态系统动力学是一项目标明确、学术层次高的基础研究计划。另外, 无论是区域性研究计划, 还是国家计划, 无一不与生物资源可持续利用问题相联系。人们在关注人类活动和气候变化对海洋生态系统影响的同时, 更为关注它对海洋生物资源的影响, 特别是对与全球食物供给密切相关的渔业补充量变化的影响。

20 世纪 80 年代我国开始有部分工作在海洋生态系统水平上开展, 侧重于基础性调查研究, 如“胶州湾生态学和生物资源”(1980—1983)、“渤海水域渔业资源、生态环境及其

增殖潜力的调查研究”(1981—1985)、“三峡工程对长江口生态系的影响”(1985—1987)、“黄海大海洋生态系调查”(1985—1989)、“闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究”(1987—1990)、“渤海增殖生态基础调查研究”(1991—1995)。这些工作不仅对有关海域的理化、生态环境和生物资源的基本状况及其动态变化有了较多的了解,也为开展生态系统研究积累了大量的第一手资料。但是,在这些工作中过程研究较少,缺乏学科间的交叉结合,也难以对生态系统进行定量分析,如动力学建模。“八五”以来,这些问题受到重视,国家自然科学基金委员会启动了一批重点项目,如“东海海洋通量关键过程研究”、“台湾海峡生源要素地球化学过程研究”、“典型海湾生态系统动态过程与持续发展研究”和“黄海环流及营养盐长期输运研究”等,这些工作明显地加强了海洋生态系统的基础研究。

我国是开展海洋生态系统动力学研究较早的国家之一,并与世界主要 GLOBEC 研究国家建立了广泛的合作关系和工作联系。我国科学家于 1991 年进入国际 GLOBEC 科学指导委员会,参与国际 GLOBEC《科学计划》和《实施计划》的发展和制定,是 1998 年国际 GLOBEC 科学大会 5 个组委成员国之一。同时,我国科学家还积极推动了北太平洋 GLOBEC 区域计划的发展,参与“气候变化与容纳量”科学计划和实施计划的制定。这些科学活动,使我国科学家能够及时了解该领域研究的最新动向,也为独立发展我国的科学计划提供了依据和经验。1994 年由国家自然科学基金委员会发起,成立了我国海洋生态系统动力学发展战略小组,着手制定我国海洋生态系统动力学发展规划,探索跨学科的科研体系,确立了中国以近海陆架区为主研究生态系统动力学的发展目标。之后,还成立了中国 SCOR/GLOBEC 科学指导委员会和中国 IGBP/GLOBEC 科学工作组。1996 年国家自然科学基金委员会不失时机地启动了“渤海生态系统动力学与生物资源持续利用”重大项目。在有限目标原则下,选择了渤海的典型区域,开展诸如对虾早期生活史与栖息地关键过程、浮游动物种群动力学、食物网营养动力学和生态系统动力学模型等方面的研究。虽然其研究内容和它的深度是有限的,对生态系统的整体认识也有局限性,但是,它毕竟是北太平洋地区第一个具有国家层次的 GLOBEC 实施研究项目,不仅使我国在这一国际前沿领域先占居了一席之地,也为我国深入开展海洋生态系统动力学研究奠定了坚实的基础。

参 考 文 献

- Harris R et al. 1997. Global Ocean Ecosystem Dynamics (GLOBEC) /Science Plan. IGBP Report 40. IGBP Secretariat. Stockholm, Sweden
- Harris R et al. 1999. Global Ocean Ecosystem Dynamic (GLOBEC) /Implementation Plan. IGBP Report 47. IGBP Secretariat. Stockholm, Sweden
- Sherman K. 1993. Large marine ecosystems as global units for marine resources management-an Ecological perspective. In: Large Marine Ecosystems; stress, mitigation and sustainability, Ed. by K. Sherman et al., AAAS Press, Washington DC, USA

第三节 中国海洋生态系统动力学发展战略

在详尽分析国内外海洋生态系统动力学的发展趋势和开展我国近海海洋生态系统有关研究的基础上,通过较长时间的学科战略研究,逐渐明确我国海洋生态系统动力学研究应遵循的战略目标、“十五”期间乃至近 10—15 年内的发展原则、优先领域,以及为达到这

些目标所应采取的措施。

(一) 战略目标

(1) 确认自然变化和人类活动对我国近海生态系统的影响及其变化机制, 建立我国近海生态系统基础知识体系。

(2) 定量研究我国近海生态系统动力学过程, 预测其动态变化, 寻求海洋产业持续发展的调控途径。

(3) 促成多学科交叉研究与综合观测体制, 造就一支跻身于国际先进行列的优秀中青年研究群体。

(二) 发展原则

为了达到上述战略目标, 在制定为了 10—15 年优先领域时, 特提出如下发展原则:

(1) 抓住中国近海海洋生态系统的特点, 与海洋经济发展特别是生物资源开发利用中的科学问题紧密结合。

(2) 鼓励多学科交叉研究, 多部门联合攻关和开拓新的科学研究领域。

(3) 兼顾前沿性和可行性、近期与中长期目标, 有利于 21 世纪我国海洋生态系统研究的发展。

(4) 有利于同国际相应学科和区域性科学计划接轨和同步发展。

(三) 优先领域

我国近海海洋生态系统动力学研究目标的核心是认识海洋生态系统的变化规律并量化其动态变化。为此, “十五” 期间乃至到 2015 年, 在我国近海海域, 以其生态系统的关键物理过程、化学过程、生物生产过程及其相互作用进行重点研究和建模, 对生物资源开发利用的可持续性进行探讨和预测。主要研究重点有: ①生态系统结构、生产力和容纳量评估研究。评估近海海洋生态系统各级生产力及其影响的因素, 研究浮游动物种群动态对各级生产力的控制作用, 确认我国近海生态系统结构类型和生态容纳量; ②关键物理过程研究。确认影响海洋生产力的关键物理过程 (包括多种尺度的物理过程, 如湍流、层化、锋面、混合层、上升流、环流等), 研究沿海气候和海洋要素变化对海洋生产力的影响, 进行关键物理过程数值模拟研究; ③生源元素生物地球化学循环和生物生产过程研究。研究碳等生源元素的传输规律、生物碳泵的作用、微型生物在生物地球化学循环中作用, 查明基础生产力转换效率和动态变化, 进行新生产力研究; ④食物网和营养动力学研究。研究我国近海生态系统食物网结构特征, 侧重于营养动力学通道及其变化和营养质量在食物网内的作用, 定量捕食者与被捕食者相互作用, 以及与环境变化的关系; ⑤生物资源补充量动态和优势种交替机制研究。主要资源种类亲体与补充量关系, 确认物理过程对种群动力学的影响, 研究优势种交替规律, 定量环境变化、捕捞压力和种间相互作用对优势种的作用程度; ⑥生态系统健康状况评估与可持续性优化技术。评估过度开发利用、环境污染和全球变化对资源生产力和生物多样性的扰动程度, 研究近海生态系统资源环境健康状况及其复原能力, 探讨持续性海洋生态系统优化技术; ⑦生态系统动力学建模与预测。发展物理-化学-生物过程耦合模式, 建立典型海域生态系统动力学模型, 检验海洋生态系统胁迫反应

能力,预测生态系统动态变化。

(四) 典型实验区的选择

出于有限目标和研究经费的考虑,我国近海海洋生态系统动力学研究实验区的范围应由近及远,由小到大,首先要选择符合以下条件的典型海域:

- (1) 具有典型的理化环境特征,对全球变化反应灵敏。
- (2) 具有相对独立的生物区系,有不同营养层次的代表种或优势种。
- (3) 有较好的研究基础和较多的历史资料。
- (4) 有利于过程研究和模拟试验。
- (5) 有利于多部门合作和多学科交叉研究。
- (6) 有利于国际合作和与国际计划接轨。

“九五”期间已选择渤海海区,“十五”期间可扩大到东海和黄海。

(五) 实施发展战略的基本措施

1. 发展交叉学科及研究领域

为了适应我国 GLOBEC 的发展,必须重视交叉学科的发展,加强跨学科的科研活动,把海洋生态系统作为一个整体进行研究。因为海洋生态系统中的物理过程、化学过程和生物过程相互影响、相互制约,还受全球变化影响并通过其自身变化对全球变化产生反馈作用。因此,一系列的跨学科研究领域将会出现,学科的交叉与综合又会激发新的认识,产生新的观点,导致新的研究领域的出现。为了实现“从全球变化的涵义上,认识全球海洋生态系统和它的主要亚系统的功能和结构,以及它对物理压力的响应”这一目标,必须从一些基本的过程研究和交叉研究领域做起,逐步达到在生态系统水平上开展研究。为此应重视交叉领域的研究工作。例如:①小尺度湍流与浮游生物相互作用;②中尺度物理过程(锋面、浪潮、流等)与生物生产过程;③环流(包括上升流)与输运过程及营养动力学;④大尺度物理环境变化与生物种群动态和优势种交替;⑤生物地球化学循环与生物生产过程;⑥生物-化学-物理耦合数值模式。

2. 有关的学科新技术

为了更有效的发展我国的 GLOBEC,需要建立观测系统,采用新的实验手段、方法和技术,发展现场资料获取、储存和分析的方法和途径。因此,新技术的运用势在必行,高质量的现场资料的获取是当今海洋科学赖以发展的重要支柱,改进现有的海洋调查手段,使用先进的仪器是直接关系到我国 GLOBEC 能否取得实质进展的重要一环,为此,应重点发展以下学科新技术:①海洋生物取样技术。如连续浮游生物记录仪、底栖界面采集器、声学资源评估积分系统等;②生物地球化学中的新技术、新方法。如现场采样装置、现场快速测定装置、化学示踪技术等;③漂流浮标及锚系浮标;④卫星遥感技术。如遥感技术在测定海洋生态系统某些要素(叶绿素、悬浮物、溶解有机物、生物量和初级生产力等)中的应用。另外,数学模拟、图像技术和计算机作为一个有效的技术工具在过程研究和建模中将发挥重要作用。

3. 人才培养

科学研究和人才培养是密不可分的。一方面我们要有意识地培养一批适应海洋与生态

交叉领域的研究人才,以满足海洋生态系统动力学研究的需要;另一方面,随着我国开展 GLOBEC 研究及国家计划的实施,将会促使一大批海洋科学研究人员从事跨学科研究,拓宽研究领域,从而加速人才培养。

我国的海洋科学教育相对西方发达国家有明显差距,且专业设置过细,教材过于陈旧,不利于学科交叉和新知识的获取。海洋科学与其他学科相比,更应强调多学科的交叉与综合研究。因为一切海洋现象都发生于实际的海洋环境之中,各个因子彼此并不是孤立地存在,因此应改变我国传统的海洋教育体系,打破专业与系的限制,培养通才,为我国发展 GLOBEC 在人力上提供保障。应在环境海洋学、生物海洋学、化学海洋学等领域给予适当的倾斜,要大力发展研究生教育,广泛吸收原来学习物理、力学、数学、大气等专业的学生攻读海洋学研究生,有利于使从事海洋科学研究的人员有坚实的基础,物理海洋、生物海洋、化学海洋甚至海洋地质学的广泛结合才能真正促进 GLOBEC 战略目标的实施。另外通过实施 GLOBEC 这一契机,将使海洋科学教育观念有较大改变。

4. 加强国际合作

我国海洋科学家在积极参与 GLOBEC 国际科学计划和区域计划的发展过程中收益颇丰,明显地推动了我国海洋生态系统动力学的发展。但是,他们也清楚地认识到:我国海洋生态系统动力学的基础研究与先进国家的发展相比还有一定距离。在这种情况下,积极参与国际 GLOBEC 科学活动,开展国际合作,把我国的研究纳入国际 GLOBEC 计划整体中去,有助于提高我国的研究水平,增长科研实力,能够使我国早日跻身于 GLOBEC 研究的国际先进行列。

目前,我国海洋生态系统动力学研究发展直接与 IGBP 的 GLOBEC 国际核心计划和北太平洋海洋科学组织的“气候变化与容纳量”有关,即我国的研究将为国际核心计划提供一个近海陆架区海洋生态系统动力学实例,同时,也是北太平洋区域计划的组成部分。这样,就为我国海洋生态系统动力学开展国际合作提供了极好的国际背景和基础。事实上,我国科学家在参与国际计划的发展中,已与美国、日本、加拿大、挪威、英国、德国、法国、瑞典和南非等国家的 GLOBEC 学者建立了密切的工作联系。因此,作为加强国际合作的一项措施,需要有计划、有步骤地发展实质性的双边或多边的合作研究,上述提到的国家都有发展合作研究的基础,其中美国作为最早提出 GLOBEC 理论和实施 GLOBEC 计划的国家,应为双边合作的优先考虑对象。

另外, GLOBEC 与其他一些全球性国际研究计划有密切联系,如 WOCE、JGOFS、GOOS、LMEs 和 LOICZ 等,与这些研究计划之间不仅能够互相补充,同时也潜藏着新的生长点。因此,也应注意与 GLOBEC 密切有关的国际计划的合作研究。

5. 加强科学指导与组织协调

中国 GLOBEC 科学指导委员会和 IGBP 中国委员会下的中国 GLOBEC 工作组应切实发挥其作用,加强协调、指导和组织国内有关研究计划的实施,研究成果的交流和评估,听取有关部门领导和有关领域专家的意见,负责向国家上级部门提出建议。

科学指导委员会应进一步引导科学家协调国内有关部门在该领域的研究工作,做到相互配合,充分发挥部门优势,形成我国 GLOBEC 研究的整体优势。努力完成我国 GLOBEC 的研究计划,争取对国际 GLOBEC 及全球变化的研究做出更大的贡献。

参 考 文 献

唐启升, 范元炳, 林海. 1996. 中国海洋生态学统动力学研究发展战略初探. 地球科学进展. 11 (2): 160—168

第四节 中国海洋生态系统动力学研究的工作基础和条件

自 1958 年全国海洋普查以来,我国已经逐步形成了具有明显区域特色的多学科的海洋科研体系,在区域物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学和资源生态学等方面都有很好的工作积累和一些重要进展。近年来已经完成或正在进行的相关研究工作,也为实施海洋生态系统动力学研究创造了有利条件和基础,如“八五”期间完成的国家自然科学基金重点项目“中国海陆架环流及其动力学机制”和“东海陆架边缘海洋通量的研究”,以及“九五”正在执行的“黄海环流与营养盐长期输运研究”、“长江河口通量作用”、“台湾海峡生源要素地球化学过程研究”、“我国专属经济区和大陆架勘测”等。特别是国家自然科学基金重大项目“渤海生态系统动力学与生物资源持续利用”的实施,为开展这项研究奠定了良好的科学基础。国家海洋局第二海洋研究所、农业部黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、青岛海洋大学以及在该区做过大量工作的厦门大学、国家海洋局第一海洋研究所、农业部东海水产研究所等构成海洋生态系统动力学研究的国内优势单位。以下分三部分对重点内容作较详细介绍。

(一) 研究工作基础

1. 相关的国家自然科学基金重大项目

“九五”期间启动了国家自然科学基金重大项目“渤海生态系统动力学与生物资源持续利用”。该项目由国家海洋局第二海洋研究所、农业部黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、青岛海洋大学共同承担,总资助金额 500 万元。这是我国首次把生态系统与生物资源变动的研究深入到机制与过程的水平。在基金委的领导和各单位的大力支持下,到目前为止,共收集了 5 个方面的历史资料,组织了 11 次海上调查与现场实验,进行了 4 个方面的模拟实验,完成了百余篇科学论文,培养了 30 余名博士和硕士生。

在历史资料收集和分析方面,收集、分析了渤海自 1958 年至今的所有生物资源与环境的调查资料,分析了部分以前未曾分析、鉴定的标本。海上调查和现场实验除常规的生物资源与环境调查和连续观测外,在浮游动物种群动力学研究方面,进行了浮游动物摄食节率和摄食率现场试验,测定了浮游动物优势种摄食强度与温度的关系,微型浮游动物(20—200 μm)的种群丰度、摄食率和对浮游植物的摄食压力,测定了优势浮游动物种群的产卵量、孵化率,并据此计算了它们次级生产力。在底栖生物方面,进行了沉积物粒度测定和小型底栖动物昼夜垂直移动与沉积物/水界面通量关系的研究。

围绕生态系统动力学研究,该项目还进行了大量的室内生态试验,采集未扰动的沉积物,进行了水体-底层营养盐通量研究,测定了营养盐在沉积物-上覆水界面之间的交换率。完成了受控条件下浮游动物摄食、产卵、孵化以及营养盐浓度比例对海洋浮游植物影响的模拟实验。结合室内模拟和野外现场实验,研究了浮游动物食性和底栖动物食性两个营养通道 14 个资源重要种类的摄食生态学、摄食率和生态转换效率。初步建成了食物网营养物