

全球浮游生物记录系统

—— I. 连续浮游生物记录仪(CPR)的历史和现状

THE PLANKTON RECORD SYSTEMS OF THE WORLD

—— I. THE HISTORY AND PRESENT CONDITION OF THE CONTINUOUS PLANKTON RECORDER

刘光兴 张志南

(青岛海洋大学海洋生命学院 266003)

* 80年代后期以来,以生态系统动力学为标志的海洋生态学与生物海洋学有了突破性的进展,产生了一些新的理论和概念,研究的时、空尺度扩大到整个地球系统,具有代表性的国际合作计划有大海洋生态系统(LMEs)、全球海洋通量联合研究(JGOFS)、沿岸带陆海相互作用研究(LOICZ)、全球海洋观测系统(GOOS)和全球海洋生态系统动力学(GLOBEC)。这些计划的一个共同特点就是把高质量的、具有全球范围可比性的现场资料的获取放在最优先的位置。鉴于连续浮游生物记录仪(The Continuous Plankton Recorder(CPR))所获资料的实用性、完整性和长期性,1992年在意大利召开的首次GLOBEC计划会议上明确提出,将全球CPR计划列入全球海洋观测战略研究的一项重要内容。本文着重简介CPR的历史并讨论所取得的主要成果和存在的局限,续篇将介绍CPR未来的发展——全球浮游生物连续记录系统。

1 CPR 简介

CPR是一种在固定深度快速、连续采集浮游生物的仪器^[4,7],由著名英国海洋生物学家Alister Hardy设计并首先在“发现者号”的南极调查期间(1925年~1927年)使用,用以研究不同区域浮游生物的块状分布。30年代起开始对北海南部每月进行调查,1948年起调查范围扩至北大西洋、北海、挪威海、英吉利海峡、爱尔兰海和比斯开湾等。

该记录仪的主体前端有 1.61 cm^2 的进水孔,有一下潜翼,稳定鳍和舵,内部是其主要的采集装置。采集时,水流推动螺旋桨,它操纵着CPR的齿轮装置,使得两卷筛绢从各自的卷轴上慢慢展开,浮游生物被过滤到下层筛绢上,上层筛绢再覆盖其上,形成一个“三明治”式的结构。之后,它们被卷到一个盛有福尔

* 国家自然科学基金项目 49376277。
收稿日期: 1997-08-28

马林的卷轴上加以固定。回到实验室后, 这些筛绢“三明治”被剪成相当于 10 n mile 的片段, 放于显微镜下分析。约 300 个以上的浮游植物和浮游动物分类实体被鉴定、计数并输入数据库。

CPR 的采样由志愿商船和海洋气象船完成。该项调查开始是由赫尔大学学院(University College of Hull)组织的。经过 60 a 的发展, 于 1990 年成立了阿里斯特·哈代爵士海洋科学基金会(SAHFOS—Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science), 专门执行 CPR 的调查。SAHFOS 是一个具有慈善性质的独立的有限责任公司, 经济支持主要来自英国农渔部和环境部、加拿大渔业海洋部、美国海洋和大气局、美国国家基金委、欧盟及荷兰的国际财团。另外, 冰岛和法国也给予支持。

目前使用的 CPR 尽管在有些部分做了改进, 但基本上与哈代 1930 年设计的一样。这使得 CPR 调查的数据保持了一致性和完整性。到目前为止, CPR 已拖了近 5×10^6 n mile, 获得了约 150 000 个样品。

CPR 的调查结果显示了极大的价值, 因为其数据库的建立从一个海洋污染、开发和全球人为影响比今天轻得多的时期开始一直延续到现在。

2 所获数据的应用

2.1 生物地理学

通过对数据进行累积, 出版了独一无二的《北大西洋和北海浮游生物图表集》, 发表了许多浮游生物分布格局及其分布与环境关系方面的论著。这些研究证明, 浮游生物的地理分布与纬度梯度、主要海流系统和陆缘海的位置等有关。

2.2 对异常事件的指示作用

除了绘制各种浮游生物的常规分布图外, CPR 调查也显示非正常的现象。这些现象常预示着由于气候原因而引起的异常水团的侵入。被看作是东北大西洋水侵入北海的两个例证是: 1989 年秋季 Lindley 等在德国湾发现海樽, 1989 年 Reid 等发现大型硅藻长海毛藻(*Thalassiothrix longissima*)春季种群消失 20 a 后重新出现。

2.3 有机污染对浮游和底栖生物群落的影响

关于污染的效应对北海浮游和底栖群落相互作用的综合比较就是典型一例。底栖群落的资料为连续 15 a 逐月大型动物丰度和生物量资料, 浮游生物资料累积长达 40 a 多。对浮游和底栖生物的物种丰富度的数据进行多维按比例标序(MDS), 结果表明, 北海东

西两个站位底栖群落结构的改变有高度的相似性, 共同特征是在 70 年代末期出现了“过渡”。类似地, 北海东部的浮游生物群落于 70 年代和 80 年代之间出现了一个过渡, 只是不象底栖群落那样明显而已。对北海东部大型底栖动物的丰度和生物量作图(ABC 曲线)表明, 在 70 年代早期和中期, 底栖群落未受扰动, 而到 70 年代末期和进入 80 年代, 底栖群落结构受到中等程度的扰动。进一步的研究分析发现, 底栖群落丰度和生物量的这一改变是和浮游植物的色彩以及浮游动物的总丰度“协同变化”的。其原因是共同受到来自波罗的海有机质污染的影响, 这种污染在 80 年代曾达到阈值限, 导致群落结构的改变和总丰度、生物量的增加。

2.4 年际变化、季节变化和长期变化

Robinson 等 1986 年对 CPR 数据分析的结果显示浮游生物丰度的年际变化与多种环境因素有关, 其中大范围的气候变化与浮游生物的年际变化关系密切, 有些浮游生物的年际变化预示着对特定生物生长有利的复杂水文环境的变化。

Colebrook 1982 年、1986 年, Lindley 1987 年指出浮游生物群落季节演替在 CPR 数据中得到了很好的表达。大西洋西北部的数据显示, 纬度越高, 桡足类的平均现存量形成高峰越晚。显然, 种群的增长受纬度影响。

许多常见浮游生物丰度的时间序列呈现出明显的连贯性。Aebischer 1990 年、Colebrook 1986 年、Radach 1984 年、Taylor 1992 年的研究结果显示, 海流变化及与大气流动的变化相关的事件决定着浮游生物中的一些现象, 气候变化和浮游生物种群动态是相互作用的。

2.5 垂直移动

有关浮游动物昼夜垂直移动的研究^[1, 2, 5, 6]揭示出这一普遍存在的行为特性是如何随着纬度、时间和类别而变化的。对大量桡足类的调查显示, 垂直移动通常是个体较大的种类的特征, 但也有例外: 个体小、色素多的种类移动, 个体大、形态多变的种类不移动。这就进一步证明垂直移动是一种逃避敌害的机制。有关这一行为的时空变化的深入研究正在整个北大西洋展开。

2.6 生物多样性

Lindley 等利用 CPR 数据研究了北海浮游生物的生物多样性, 用多样性指数分析了 1958 年~1991 年间北海浮游植物和浮游动物的年际变化。两类浮游生

物的种类丰度指数很接近,而且一个6指数组(包括丰度、优势度、均匀度等)在二者之间也密切相关。对北海中部的数据进一步做了分析,发现该区域的中型浮游动物已由1958年至70年代末永久性浮游桡足类占数量优势变成80年代和90年代初期棘皮动物海胆幼虫和蛇尾幼虫占优势。这种趋势与报道的大型底栖动物丰度的增加相一致。这说明底栖动物的变化影响了浮游生物的组成。

2.7 历史资料的搜集

1993年,对1960年以来采自东北大西洋的哲水蚤属的种类的核酸进行了研究。最近对历史样品中石灰质鞭毛虫(*Coccolithophores*)的鉴定进一步证明了特定的研究所进行的回顾性分析是值得做的命题^[3]。对于历史资料,其他感兴趣的问题还包括稳定同位素比率的长期趋势的分析等。

3 CPR 的局限性

尽管CPR所获资料一直用来阐明浮游生物的空间格局、季节波动以及长期的格局变化,但是CPR资料的局限性是显而易见的。

首先,通过记录仪水流的流速过去未实际测定,现有的浮游生物丰度值是根据进水口的面积乘上拖曳的距离所得出的滤水体积计算出来的,而不是浮游生物的绝对丰度。而且过滤筛绢的堵塞影响到流速,这导致所得相对丰度也有较大误差。

其次,CPR的资料,对许多类群并未鉴定到种。石灰质鞭毛虫就是一例。尽管许多研究已经证明*Emiliania huxleyi*是北大西洋和北海数量上最丰富的种,但由于个体太小,CPR采不到。CPR上所记录的石灰质鞭毛虫都是较大型的种类。

基于上述原因,GLOBEC取样和观测系统工作组(SOS-WG)1993年拟定义和设计一种全新的浮游生物记录系统,取代CPR用于未来上层大洋生态系统的检测,这是考虑到GLOBEC的核心目标是研究物理过程对捕食与被捕食相互作用及浮游动物种群动力学的效应,而现有浮游生物的时空分布主要是依赖于浮游生物网采集样品,而网采样品无法分辨这一效应和机制。尽管如此,在北大西洋和北海所收集到的近50a的浮游生物时空连续资料,在海洋科学史上已写下了光辉的一页,在今后可预见的一段时期内,CPR仍将是一种有效的取样手段。

4 CPR 功能的改进及其未来

在CPR发明之初,只是为了采集浮游生物,随着CPR调查的深入,人们逐渐认识到环境感应系统和增强该记录仪的应用范围的必要性。于是,对CPR进行了改进,加装了一些轻便的仪器,包括测定叶绿素、温度、深度和传导性的传感器。这些仪器将能测定一些已知影响浮游生物分布的重要变量,并确定它们所在的水团的特性。特制的电磁流量计也装配到了CPR上,使得浮游生物丰度的估测更准确。另外,波动的海洋记录仪(UOR, Undulating Oceanographic Recorder)和U-Tow等新型仪器,具有与CPR相似的浮游生物连续采集装置,它们可以辨别浮游生物的垂直分布和水平分布,并且有一个加大的载荷以携带多种传感器。在将来的系统中,也可能有其他一些仪器,如与颗粒感知和计数有关的,与卫星遥感和植物色素光学分析有关的轻型仪器。

随着新的合作项目的参与和全球性研究计划的实施,如欧洲项目OMEX, NOWESP,世界范围的项目GOOS, GLOBEC, LMEs等,CPR将成为大的海洋计划中关键的监测仪器之一。

SAHFOS作为一个理想的操作机构,能够促成和监督诸如商船这类“机会船”的计划,给予浮游生物鉴定方法的训练,协调野外取样、数据处理及其数据的管理。相信该基金会的职能会随着全球性合作计划的展开日臻加强和完善。

参考文献

- 1 Hays, G. C. . *Mar. Ecol. Prog. Ser.* , 1995a, 127: 301 ~ 304
- 2 Hays, G. C. . *Nature* , 1995b, 376: 650
- 3 Hays, G. C. . *Limnol. Oceanogr.* 1995c. , 40: 1 461~ 1 465
- 4 Hays, G. C. . *Ecosystem Research Report 16-Change in marine benthos.* ECSC-EC-EAEC. 1997
- 5 Hays, G. C. , *et al.* . *Limnol. Oceanogr.* , 1994, 39: 1 621~ 1 629
- 6 Lindley, J. A. , *et al.* . *Mar. Biol.* , 1994, 120: 385~ 395
- 7 Warner, A. J. and G. C. Hays. *Prog. Oceanog.* , 1994, 34: 237~ 256