

密度的变化。幼虫过多时,对其资源补充并没有多大意义。因为这加剧了种内的食物竞争,从而增大了死亡。只有适度的幼虫补充,对维持一定水平的资源量才有意义。

经济虾类个体生态研究中,除调查其生长、发育和集群、洄游等习性外,尚从事预报捕捞量的研究工作。这方面多着重于探讨环境因素与各期幼虫的关系。注意力一直是放在温度、降雨量(径流量)等无机环境因子方面。最近几年,探讨有机环境(生物)的影响也在进行中。注意的因素主要是肉食性鱼类和前一时期亲虾繁殖种群的捕捞量。

3. 软体动物经济种类的研究主要是河口水域生活的种类。如 Godcharles(1973)对美国佛罗里达沿岸的四种双壳类进行的研究。单壳类的鲍鱼,主要是新西兰、澳大利亚和日本做了一些工作。对北太平洋的蛾螺也进行了专题研究。总起来说,这方面的研究还不如虾类研究的广泛和深入。

大洋和南极水域底栖生物的调查,在探讨海洋动物起源和海域历史方面是有意义的。自五十年代以来就为丹麦、美、苏等国家的研究机关所注意。但是,海洋生物资源主要分布于大陆架范围之内的浅海海域,从开发海洋生物资源的角度出发,底栖生物研究的重点,一直是在陆架海域及一些海湾水域。象我国黄、东海这样的陆架海域,范围广阔,地域上介于温带与热带海域之间,大洋水(黑潮等)和沿岸水对其均有强烈影响,因此底栖生物的成分极其复杂。在各种捕食性鱼类取食活动的影响下,象生活周期短的对虾科各属,长臂虾科、某些小形蟹类、虾蛄类的种类以及一些小形双壳类、后鳃类等,都有明显的季节变化。深入研究黄、东海区底栖生物的组成、分布、变化和生产能力,对于了解底食性鱼类资源,对于维持较高和稳定的经济虾类的捕捞量都具有重要意义。无疑的,这应成为我国底栖生物研究的重要内容之一。

海洋浮游生物研究的主要动向*

王 荣

(中国科学院海洋研究所)

海洋浮游生物的研究,不论过去和现在,在海洋生态学研究始终居重要地位。这主要是因为浮游生物是海洋生物世界中的主要成员,其数量之大、空间分布之广是底栖生物和游泳生物所不能比拟的。浮游生物广泛地参与着海洋中的能量转换和物质循环,海洋中的各种过程(如物理的、化学的、生物的、地质的等)无不与其发生着密切联系。同时,浮游生物是海洋中有机生产的基础。食物链(网)的第一环——由无机物到有机物的转化,几乎全部是由浮游植物来完成的(底栖藻类只占0.04%)。这些光合作用产品的绝大多数(近海80%,大洋100%)又是通过各类浮游动物

转化为可被人类利用的经济产品的。因此一个海区的渔业潜力取决于这个海区浮游植物进行光合作用的能力——初级生产力(以毫克碳/米³/天表示)和浮游动物等各营养阶层的生态转换效率。从发展趋势看,浮游动物本身也有可能成为重要的利用对象。浮游生物研究之所以受到重视还由于在其他一些方面的意义,如对海流和水团的指标作用,硅藻、双鞭毛藻、有孔虫等的尸骸作为微体古生物在沉积研究中

* 中国科学院海洋研究所邹景忠和肖贻昌同志曾对本文提出宝贵意见,特此致谢。

的指标作用,海水发光,声散射和赤潮的形成等。

进入七十年代以来,浮游生物研究的进展主要体现在两个方面:一是广泛采用新技术,一是实验性和综合性工作的加强。遥测遥感技术的应用,现场测量技术的发展和广泛使用电子计算机,使多少年来靠拖网、计数获取资料的古典的生态调查方法,即将发生革命性的变化,有可能以最少的人力物力解决以前难以解决的生态课题。实验性工作的发展,浮游植物光合作用生理的研究,光合作用中总量子与总能量关系的研究,从浮游植物到浮游动物氮、磷、碳循环的研究,以 ^{15}N 标记对兰藻固氮作用的研究,以 ^{14}C 标记对食物关系的研究,发光浮游生物发光系(不是单一物质)的分离、提纯和特性测定的研究,赤潮生物毒素的分离和毒理试验的研究,某些污染物(如DDT, PCB和一些重金属等)在浮游生物体内吸收、代谢和传递的研究,以及控制生态系的污染实验等,使我们对许多生态课题有了实质性的了解。美国新技术应用早,实验性工作多。据不完全统计,1971—1975年美国发表的工作中,生理、生化和实验生态方面的工作占40%。同期,苏联只占15%,其他85%仍为描述性工作。苏联的研究水平虽不甚高,但从六十年代开始在世界范围做了大量调查工作,为其海军势力和远洋渔业的扩张提供了重要资料。

当前国外对浮游生物的研究在内容上是极其广泛的,这里仅就生态系、水域生产力、浮游动物的直接利用几个主要课题和浮游生物研究中新技术的应用作简要介绍。

一、海洋生态系的研究

海洋环境中的各种过程是相互影响和互为因果的。在任何一个特定水域内,生物学过程的各个环节之间,生物学过程和非生物学过程之间,有着相对稳定的联系。作为一个整体,全面地、动态地研究它们之间纵和横的联系是现代海洋生态学的中心课题,即生态系的研究。传统的描述性研究,或者片面地就生态系

中的某个过程进行研究,不可能揭示生态系结构的全貌,更不可能阐明其变化规律。

当前在生态系研究中的一个重要动向是把着眼点放在能量循环(或称能流)上。要在生物学过程的各环节之间以及与非生物学过程之间建立联系,必须有一种“共同语言”,而能量就是沟通各个环节和各种过程的最能表达实质内容的“共同语言”。因为,任何一种过程,乃至一个浮游动物种群的摄食、同化、排泄、生长、繁殖、死亡和被其他动物捕食、都伴随着能量的增减和传递。在这方面以具有广泛海洋生态学研究基础的美国 and 英国工作最多。Odum(1971, 1972, 1973, 1975), O'Brien(1973, 1976)和Steele(1972, 1974, 1976)的工作具有代表性。他们就不同海区建立了包括光照、初级生产、浮游植物、浮游动物等整个生态系的能流模型,来阐明海洋上层生态系的结构,并进行数学模拟。

研究生态系的另一途径是着眼于物质循环,也就是说以某一种物质的输入、传递和输出来表达海洋生态系中生物学过程各环节间以及各过程之间的联系,从而反映出该生态系的结构。物质,例如氮、磷,和能量之间是可以互相转换的。这一途径与能流的途径是互相补充的。O'Brien和Wroblewski(1976)对墨西哥湾陆架区以氮和磷的循环建立了生态系的空间模式。Walsh和Howe(1976)以氮和碳的循环对秘鲁上升流区的生态系进行了研究,并作了数学模拟。

通过能量和物质的流动研究生态系的结构,目前还在探索阶段。但其优点已经显示出来,那就是它可以同时定性和定量地反映一个生态系的内部联系,而且便于数学模拟。也可以用电子计算机对一个生态系进行模拟计算,检验那些因子是敏感的,或者估计某一因子改变后可能产生的后果。

生态系研究的基础是大量的生态调查和深入的实验性工作。值得提到的是,美国近年来开展的控制生态系的污染实验,他们采用容量为66立方米的聚乙烯圆筒悬浮于海中,在筒内

进行接近自然条件的在人为控制下的生态系统模拟实验,以估计在引进某种污染物后对浮游植物和浮游动物种群的影响。

海洋生态系统研究是学科发展的需要,更是生产力发展的需要。因为人类对海洋环境的干预(捕捞、石油开发、水利工程建设等)是如此之大,以至可能破坏自然界的生态平衡,造成不可挽回的后果。当然,我们开展生态系统研究的目的在于保护环境,更积极的目的是向着有利于人类的方向改造环境。

二、水域生产力的研究

着眼于水域生产力方面的浮游生物研究包括以下几个基本内容: 1、食物链(网)的结构, 2、初级生产力和各营养阶层现存生物量的观测, 3、各营养阶层的产量和它们之间转换效率的计算, 4、与各种环境因子的关系, 5、建立必要的数学模式。目的是对一个海区的有机生产能力和渔业潜力提出估计,制定合理的生物资源开发方案。

初级生产力的测定自五十年代发展了 ^{14}C 法以来,方法已比较成熟,在世界范围做了大量观测。根据积累的资料已粗略地绘出了初级生产力的世界分布图。据计算全世界海洋中每年有机碳的产量为 $15-18 \times 10^9$ 吨,另一种估计为 23×10^9 吨。目前人类利用的只是其中的0.03%,潜力是巨大的。现存生物量的测定在浮游植物方面,过去采用体积、重量或细胞总个数表示,现在已普遍为叶绿素含量的测定所取代。用得较多的是分光光度计法,也采用荧光光度法。最近还发展了一种现场荧光计,可直接在水下测定叶绿素含量。由于遥测遥感技术的发展,现在已利用装在卫星和飞机上的多光谱摄影大面积观测海上叶绿素的含量。在浮游动物方面,现存生物量的测定重量法仍继续采用,但在生产力研究中多用热量、总碳量和总氮量表示。为了区分总碳量和总氮量中的有生命部分和死亡部分,有的还结合进行ATP, RNA和DNA的分析。这都有助于准确反映现存生物量和转换效率的计算。

现存生物量不等于产量,浮游植物的现存生物量一般比浮游动物低,但其产量却比浮游动物大一个数量级。一般规律是:营养阶层愈高,产量与现存生物量之比(P/B)愈低。

Bogorov(1967)曾有一个大致的估计, P/B 在浮游植物为366,浮游动物为2.5,游泳动物为0.25。这是因为营养阶层愈高生命周期愈长的缘故。除浮游植物的产量可直接测定外,其他各营养阶层的产量是用大量的现存生物量观测资料和优势种生物学的资料间接推算的。在水域生产力研究中这一部分的工作量最大,因为除了需要周年的生态调查资料外,还必须对各营养阶层中优势种的生活史、生长、繁殖、摄食、呼吸、代谢等有全面的了解。后者必须借助于实验性工作。这方面基础好的北海水域生产力的研究也很深入。

Steele(1965)曾全面地分析了北海的食物网,并计算了各营养阶层的产量和转换率。以初级产量的百分比表示,植物食性的浮游动物产量为16,动物食性的浮游动物为1.8,上层鱼为0.6,实际捕获量为0.3;初级产量的20%为底栖生物利用,转化到底层鱼类产量为0.17,实际捕获量为0.13。

Cushing(1973)用国际印度洋调查的结果和已有的实验数据,按经纬度每5度一个方格,计算了初级、次级和三级生产的能力,并同金枪鱼延绳钓的试捕结果作了对比。发现从初级到次级的转换率变动在2—34%之间,平均10%。转换率与初级生产力的大小成反比。在三级生产与金枪鱼渔获量之间的联系存在困难,因为金枪鱼的洄游不限于5度的方格内。

Petipa等(1975)采用定点连续观测和现场实验的方法对黑海上层和深层浮游生物群落的食物关系做了研究。他们对6个营养阶层的产量和转换率作了计算。在初夏,上层浮游生物群落各营养阶层的平均日增长率(dB/B ,以热量计)为13.9%,深层为14.5%。转换率(G/R ,输出与输入之比)在上层群落为7—71%,营养阶层愈高,转化率有降低的趋势;在深层群落各阶层的转化率较稳定,平均为30%。

对属于我国的广大陆架区的生物资源潜力,我们还缺少必要的了解。开展我国近海的水域生产力研究,应当成为海洋生态学研究的重要课题。

三、浮游动物直接利用的研究

Cushing(1975)曾估计,海洋的年渔获量不太可能超过1—1.4亿吨,他是根据初级和次级生产能力得出这一结论的。这一估计可能有出入,但从海洋渔业现状看,不寻找新的利用途径要大幅度提高渔获量是困难的。海洋的生产能力是巨大的,但人类只利用了其中的0.03%。利用比较充分的北海为0.43%,里海被认为是很高的,也只有1%。这是因为人类利用的鱼和无脊椎动物等,是经过许多营养阶梯转化来的,每上一层就要消耗90%左右。因此,向食物链中较低的环节直接获取蛋白将是增加海洋中蛋白来源的方向。南极的磷虾已经显示了这方面的巨大潜力。

南极的磷虾约有6种。数量最大的是大磷虾(*Euphausia superba*),它分布在南极辐合带(50° — 60° S)以南,生活在250米以上的上层。体长50—60毫米,含蛋白15.7%,其蛋白质量不亚于鱼肉、鲸肉和牛肉。资源量的确切数字还不清楚,但一般估计为8—50亿吨,至少也有5—7亿吨。联合国粮农组织估计,在不破坏南极生态平衡的前提下,每年可捕5,000—7,000万吨。这一数字刚好是现在全世界渔获量的总和。现在日本、苏联、西德、法国、智利等国竞相试捕。苏联下手最早,1961年开始调查,1964年开始试捕,现在每年捕数千吨。日本1972年由日本水产资源开发中心派船调查和试捕,1974年以来每年捕捞千吨以下。1975年以东京大学为中心成立了专门研究小组,研究南极磷虾的开发利用及有关生态问题。日本的五大渔业会社组成“五社协”共同研究开发。围绕南极磷虾资源的开发,在两霸以及各主要资本主义国家之间必将展开一场激烈的争夺。我国作为一个社会主义大国,为了合理利用这一人类财富,为了捍卫第三世界人

民的利益,应当积极准备条件开展南极考查并组织磷虾试捕。

除磷虾之外,这类潜在资源是不少的。如桡足类的哲水蚤(*Calanus*),挪威沿海很早已在利用,1975年有人报道在北太平洋日本与夏威夷之间发现有绵延数十海里的密集群体,使海水变红(体内含大量类脂所致)。这类资源的掌握有赖于广泛的海洋调查。

四、新技术的应用

1. 遥测遥感技术的应用 从1970年开始,美国伍兹霍尔海洋研究所用光电分光计在飞机上观测海面光的光谱。不同叶绿素含量的海区,如藻海、墨西哥湾、美国东海岸等,其光谱明显不同。他们用这种方法区分水团界限。以后发展到用多光谱摄影大面积观测叶绿素含量,并用在卫星上。使用卫星进行这一工作固然有其优越性,但使用飞机、直升飞机、甚至气球也是经济方便的。日本科学技术厅决定在1976年开始进行一项利用遥测技术的海洋考察五年计划,用直升飞机、气球和调查船对叶绿素、海水浊度、温、盐、油膜等项目进行观测。

利用水声仪器宏观地观测浮游生物的分布和密度也是遥测方法之一。对南极磷虾资源量的估计方法之一就是利用高频鱼探机所得影像统计。Kampa(1975)利用200K.C.的鱼探机对浮游生物声散射层在全日蚀时的垂直移动作了连续记录,得出了非常直观的精确图形。

2. 现场观测技术的发展 现场荧光计是近年来发展的一种在水下直接测定叶绿素含量的仪器,省去了繁琐的采水、过滤等手续。它是利用叶绿素在特定波长激发之下产生荧光的原理设计的。探头中包括一个激发器和一个接受器,叶绿素荧光被一个光敏二极管接受,信号经放大由电缆传送到甲板上。数据可直接显示,也可以用磁带记录,以便用电子计算机处理数据。这一仪器不仅可以在走航中连续记录,如自带电源,还可以装在海洋观测浮标上用于定点连续观测。

美国斯克里普斯海洋研究所, 1974年开始试验一种水下激光全息摄影装置。水下运载器为一框架, 一端是激光源, 定时发出激光脉冲, 另一端是全息摄影装置。走航中不断地拍下激光源与镜头之间100立升水柱的全息照片。他们还设计了在实验室工作中用于观测浮游生物行为的全息摄影装置。所获得的照片对小到硅藻的浮游生物都可分辨清楚。

伍兹霍尔海洋研究所还研制了一种用于浮游生物研究的现场颗粒计数器, 技术上正在改进。

3. 标本采集的自动化 美国伍兹霍尔海洋研究所1974年试验成功了一种多网开闭和环境因子感受系统。是一种在甲板上指令控制的由9个网组成的采集系统。网口 1×1.4 米, 可进行垂直或水平分段采集, 同时记录下深度、温度、盐度、通过网的流速、网口角度和那一个网在工作等参数, 并直接存入电子计算机。

朗霍斯特-哈德浮游生物记录器自1966年提出原型以来, 经25位研究者提出了14种不同模型进行试验, 现仍在改进中。已有的产品可

在一次采集中取得100个样品, 并同时记录下各样品的现场温度、深度和通过网的流速。被认为是研究浮游生物中尺度分布的有效工具。

测定通过网的流速是浮游生物定量研究的基础。到目前为止都是采用机械式的流速计, 存在许多缺点, 伍兹霍尔海洋研究所正在试验一种采用电磁方法的流速计。

4. 电子计算机的应用 电子计算机的使用在国外已相当普遍。不仅自动观测仪器的记录需要用电子计算机处理数据, 在分析资料方面也开始应用。如Steele(1974)就是使用电子计算机研究北海生态系结构的。英国普利茅斯海洋环境研究所每年利用商船、气象观测船在大西洋上取得大量的浮游生物样品, 自1971年以来, 样品记录卡片标准化, 用计算机整理分析, 取得一定效果, 1975年还作了方法上的总结。

我国要实现四个现代化, 科学技术现代化是关键。而我们要使海洋生态学研究现代化, 赶超世界先进水平, 则在很大程度上有赖于观测和分析手段的现代化。

海洋调查研究技术

齐孟鸢 滕怀德

(中国科学院海洋研究所)

现代科学技术的发展, 大大改进了海洋调查研究技术, 从而使海洋科学研究展现着新的前景。水声、遥感、电子等技术已得到广泛应用; 浮标、潜水装置、人造卫星等运载工具, 为观测海洋提供了新的手段; 计算机已成为强有力的工具。

一、自动遥测浮标

海洋吸收大量太阳辐射能, 而后, 再返回影响大气变化。在海洋与大气相互作用中, 存

在着错综复杂的运动机理。为了加深对海-空相互作用的认识, 改进天气预报和揭露中长期天气过程, 近十几年来各工业发达国家都十分重视发展海洋浮标, 以作为调查船和卫星观测的补充。尤其对天气剧变而船只又难以到达的某些海区, 浮标的优越性更是十分明显。遥测浮标具有花费少又可获取大量定点连续观测资料的特点。目前, 世界各大洋已有几百个浮标投入工作, 今后还将投入更多浮标, 以形成全球性的海洋观测网, 为世界海洋环境和天气预报服