

海洋浮游桡足类种群动力学研究方法

REVIEW OF METHODS IN STUDYING POPULATION DYNAMICS OF MARINE COPEPODS

王崇江

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

“全球海洋生态系统动力学”(CLOBEC)研究计划目前已被国际地圈与生物圈计划(IGBP)接纳为核心计划之一,并且可能成为今后10 a内最大的国际海洋学研究计划。其主要目的是要了解海洋生态系统对全球变化特别是物理环境变化的响应。浮游动物是研究海洋环境变化对生态系统胁迫反应理想的研究对象,其数量变动是监测海洋生态系统动态的理想指标,因此GLOBEC计划特别强调对浮游动物的研究。

海洋浮游桡足类的种类多、数量大、分布广,在繁殖盛季往往超过其他种类而在浮游动物中占据优势^[1],因此海洋浮游桡足类的研究是浮游动物研究的重要组成部分。海洋浮游桡足类种群动力学作为其种群生态学的核心问题,其研究的重点是种群在时间和空间上的变化规律,这也是GLOBEC计划的重要内容之一,并对揭示整个生态系统的动态变化起到重要作用。本文的目的在于探讨海洋浮游桡足类种群动力学研究方法以及取得的进展,为海洋生态系统动力学研究中海洋桡足类方面将开展的工作提供参考。

1 现场调查

对海洋浮游桡足类的种群动力学进行研究,主要目标是搞清楚自然海域中的种群数量变化及其影响机制并定量地加以描述,因此现场调查和现场实验是必不可少的研究方法。能够体现种群数量变化的主要因子是种群的出生率、生长率和死亡率。如,Uye,S.I.(1982)在分析Onagawa Bay的克氏纺锤水蚤(*Acartia clausi*)的种群动力学时,利用种群的出生率、生长率和死亡率作为参数,采用了指数增长模型的公式进行分析。

在分析自然海域的浮游动物种群动力学变化时,应该注意种群并不总是遵循指数增长模型,而且测量种群的大小时存在不可消除的误差。这些误差包括各次取样之间的变化和不同地点取样的误差。重复取样的误差是由在空间异质性的尺度上取样以及取样

过程本身引起的,这涉及到浮游桡足类在海洋中的分布。很多海洋浮游桡足类的平面分布是不均匀的,常常有密集成块的现象。不同种类的垂直分布有所不同,而且同一种桡足类在不同时间和不同发育期的垂直分布也有不同。Baarbara, E. Taylor(1988)认为取样是影响种群动力学分析的最重要的因素,只有适当地取样和计数才能对种群的生殖率、生长率和死亡率进行正确的估量。在生物分布不均匀的环境下,对不同的生物群斑块进行取样可以减少种群的生长率和死亡率的估计误差。另外一个补偿措施是选取包括不同斑块的较大样方。

取样的时间间隔对海洋浮游桡足类的种群动力学分析也有很大的影响,较长时间的取样可能错过取样之间的种群变化情况。间隔7 d进行取样对海洋浮游桡足类来说是较为可行的方法,Liang,D.等^[11]研究Fukuyama Harbor的*Centropages abdominalis*种群动力学时采用的取样间隔时间是3~5 d。

2 海洋桡足类实验生态学与环境因子之间的关系研究

在对自然环境的生物种群动力学进行研究时,野外实验无疑应该是起主要作用的。但对海洋浮游桡足类来说,环境中的一切因素,包括生物和非生物的,种群本身内部的,都共同影响种群的数量变动,因此造成了对种群动力学因果分析的复杂性。实验室研究作为分析因果关系的一种有用的补充手段,对海洋浮游桡足类的种群动力学研究起着重要作用,受到了越来越多的重视。种群是由生物个体组成的,种群的动态特征,如种群的生殖率、生长率和死亡率等是由生物个体的产卵量、卵的孵化率、卵到成体的发育时间和成体的寿命等体现出来的。在实验室中,可以控制温度、盐度、光照、食物的质和量等环境条件,只变动其中的一个或几个因素,以观察种群动态特

收稿日期:1997-02-27

征的变化,如观察种群个体的产卵量、卵的孵化率以及卵到成体发育时间的长短。在这方面已经有许多学者对不同的海洋浮游桡足类进行了研究。结合野外调查所取得的结果,可以看到影响海洋浮游桡足类的主要环境因子有:

2.1 温度的影响

自然海域水温的波动是影响海洋浮游桡足类数量变动的一项重要因素。温度对浮游桡足类的产卵量、卵的孵化率、卵到成体的发育时间以及桡足类寿命都有重要影响。陈清潮(1964)、林元烧等(1986)、Uye, S. (1988)等认为,在适宜的温度范围内,随温度的升高,桡足类的摄食率、生殖量增加,卵到成体的发育时间缩短,寿命缩短,世代周期也缩短^[7]。

2.2 盐度的影响

Gaudy, R. (1982), Ambler, J. W. (1986), Hagiwara, A. 等^[7]对几种不同的桡足类的研究发现盐度影响着桡足类的生殖量和寿命长短,不同桡足类的适宜盐度也有不同。

2.3 光照的影响

Lonsdale, D. J. 等(1983), Marcus, N. H. (1980), Uye, S. I. (1985)认为在环境条件不适宜时,有的海洋浮游桡足类会产生滞育卵或进入滞育状态,光照情况对滞育卵和滞育状态的产生有影响。

2.4 污染物的影响

Patricia, L. Dudley (1996)列举了几种金属对*Scolecodes huntsmani*的无节幼体发育的影响。Reeve, M. R. 做过铜、酚、氨对桡足类生殖和孵化影响的实验^[5]。

2.5 食物的影响

海洋浮游桡足类大多以浮游植物为食。浮游植物的浓度与质量影响到桡足类的摄食率、产卵量、卵的孵化率和无节幼体的成活率等。浮游植物对浮游桡足类产卵量和孵化率的影响主要表现在两个方面:

2.5.1 浮游植物数量变动对浮游桡足类的影响

浮游植物的数量变动对桡足类的产卵量影响非常明显,特别是对浮游植物比较贫乏的水域更是如此。在一些自然海域中,浮游桡足类的产卵量与叶绿素浓度有关。Plourde, S. et al. (1993)实验室内的实验也证明,在一定的浓度内,桡足类的产卵量与食物浓度成正相关^[10]。

2.5.2 不同种类的浮游植物对桡足类产卵量和孵化率的影响 对同一种桡足类来说,不同种类的浮游植物导致其不同的产卵量。将不同种类的浮游植物

进行混合后所喂养的桡足类比用单一一种浮游植物喂养的桡足类产卵量高。有人认为这是由于营养不同而导致的,并提出了衡量浮游植物的营养指标,如C:N的比值、蛋白质和脂肪酸含量等。Kleppe1等人(1991)的研究指出,硅藻仅为桡足类食物的一小部分,甲藻及微浮游动物可能是桡足类的主要营养和能量来源,这对传统的认为硅藻是桡足类的主要食物的看法提出了挑战。Poulet(1994)等提出硅藻细胞中存在抑制桡足类卵裂从而影响其胚胎发育的物质^[13]。Miralto, A., Ianora 等人也支持这种观点^[8,12],但Jónasdóttir, S. H. 等对此持有异议^[9]。对硅藻的地位问题还有不同的争论,尚需进一步探讨。

2.6 捕食者的影响

捕食者的种群结构和数量的变化影响着浮游桡足类的种群数量变化。这主要是野外调查得出的结论。如Allen, D. M. 在研究Noreth Inlet湾内的两种鱼类的食性和分布时提到,不同的鱼食性和分布不同,对浮游动物种群的压力也不同^[2]。其他还有Uye, S. I.^[15], Runge, J. A.^[14]等对桡足类种群的研究。

3 关于海洋浮游桡足类种群动力学的模型研究

对种群的模型研究是利用数学等手段,描述种群的动态和种群的动态变化的受控机制,并进行模拟预测种群的行为和数量动态。近几年来,许多人对海洋浮游桡足类的种群动力学进行了模型分析和模拟,如Broekhuizen, N. 等建立生物量模型,对北海(North Sea)的桡足类和肉食性浮游动物进行分析^[4]。Anderson, T. R. 等用化学计算模型分析海洋桡足类的生长限制因子时认为海洋桡足类的生长受碳的限制较大,对一些特殊化合物(如必需氨基酸)需求的不平衡控制着桡足类的生殖^[3]。Tiselius, P. 等(1993)用计算机对纤毛虫类和桡足类的死亡率、摄食率和生长率进行模拟。Carlotti, F. 等(1992)对*Centropages typicus*发育周期中的各期死亡率进行了数学模拟。由于影响因素十分复杂,对自然海域的种群动力学进行模拟需要长期的调查,收集大量的数据才能进行,其准确程度也值得考虑。

在实验室控制环境因子的条件下,对桡足类的生长模型的研究取得了较大的进展。人们发现食物浓度影响着桡足类幼体各期的发育时间。Miller(1977)描述了一种海洋纺锤水蚤发育各期的等时现象,但近年

来的研究发现,许多桡足类的各期发育时间并不相同。Hart(1990)总结了在38种桡足类中只有4种有发育等时现象,他认为各期的发育时间占总发育时间的比例是一定的,与食物浓度及其他环境条件无关。Frank van den Bosch 认为只有体内可用于构成甲壳的碳积累达到其身体的一定比例时,幼体才开始脱皮进入下一期。在此基础上,他提出了桡足类的生长发育模型^[6]。Uye, S. (1988)给出了中华哲水蚤从卵到成体的发育时间随温度变化的模型。此外,Sciandra (1990)提出了生殖量模型。近年来,已经有人利用纵向生命表来估算浮游动物的死亡率,并取得了较大的进展。关于个体发育时间以及生殖量和死亡率等模型的提出,为建立种群动力学模型提供了基础。

总之,海洋浮游桡足类的研究到现在已经取得了很大的进展,关于其种群动力学研究方法、种群动力学的变动机制已进行了很多有意义的探讨。值得指出的是,实验种群研究和数学模型研究推动了海洋浮游桡足类种群动力学研究。实验种群的研究可以为野外调查提供参数,为解释自然种群的数量动态提供补充数据,而模型研究能协助分析自然种群动力学及其调节机制,但这两方面的研究必须以野外调查的结果为基础,实验室内研究的环境控制应紧密结合自然环境条件来进行;模型的研究必须以实践来检验,并进行修改和发展。对自然海域中种群进行取样来调查其种群动力学,特别是调查种群的年龄结构时,应在基本了解种群的水平分布格局和垂直分布状况的基础上进行才能取得更为准确的结果。关于影响海洋浮游桡足类种群动力学的环境因子,应该进行综合分析才能更好地解释其影响机制,实验室内的关于几种因子

联合作用的正交实验应当在这方面的研究中发挥更大的作用。

参考文献

- 1 郑 重等. 海洋桡足类生物学. 厦门大学出版社. 1992
- 2 Allen, D. M.; Johnson, W. S.; Ogburn-Matthews, V.. *Environ. Biol. Fish.*, 1995, **42**(1): 37~ 50
- 3 Anderson, T. R.; Hessen, D. O.. *J. Plankton-Res.*, 1995, **17**(2): 317~ 331
- 4 Broekhuizen, -N. *et al.*. *Neth. J. Sea-Res.*, 1995, **33**(3-4): 381~ 406
- 5 Buttino, I. *Mar. Biol.*, 1994, 119: 629~ 634
- 6 Frank van den Bosch *et al.*. *Limnol. Oceanogr.*, 1994, **39**(7): 1528~ 1542
- 7 Hagihara, A. *et al.*. *Fish. Sci.*, 1995, **61**(4): 618~ 622
- 8 Ianora, A.; Poulet, S. A.; Miralto, A.. *Mar. Biol.*, 1995, 121(3): 533~ 539
- 9 Jnasdttir, S. H. *et al.*. *Mar. Biol.*, 1996, 125: 743~ 750
- 10 Kiorboe, T.; Nielsen, T. G.. *Limnol. Oceanogr.*, 1994, 39: 493~ 507
- 11 Liang, D. *et al.*. *Marine Biology.*, 1996, 124: 527~ 536
- 12 Miralto, A. *et al.*. *J. Plankton-Res.*, 1995, **17**(7): 1521~ 1534
- 13 Ploulet, S. A. *et al.*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1994, 111: 79~ 86
- 14 Runge, J. A.; De-Lafontaine, Y.. *Fish. Oceanogr.*, 1996, **5**(1): 21~ 37
- 15 Uye, S. I. *et al.*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1995, 118: 121~ 128