

赤潮数值研究的有关问题

管玉平¹⁾ 林一骅²⁾ 高会旺¹⁾ 唐学玺¹⁾

(1) 青岛海洋大学, 青岛) (2) 中国科学院海洋研究所, 青岛)

摘 要

赤潮的实质是一个海洋生态系统动力学问题, 本文初步给出了描述赤潮的基本动力学方程组, 并讨论了进行赤潮数值研究的必要性。数值方法既利于赤潮机理的研究又可以推动赤潮预报的发展。

关键词: 赤潮, 海洋生态系统动力学, 数值研究, 预报。

一、赤潮研究的现状

赤潮是目前世界沿海国家面临的十分紧迫的海洋环境问题之一, 也是一种全球性的海洋灾害。近年来, 赤潮发生频率和影响范围都大幅度增加, 严重地破坏了海洋生态环境, 危及海产养殖, 其毒素通过食物链传递还可以危害人类的健康, 每次发生赤潮均造成了巨大的经济损失, 例如, 1989 年 8 月至 10 月渤海湾、莱州湾发生赤潮的损失达 3.4 亿元^[1]。因此, 该问题受到了高度重视, 已成为海洋科学研究的重要领域之一。

我国尽管起步较晚, 但对赤潮研究的海域却从渤海到南海, 在海域富营养化、赤潮生物、赤潮的种类、赤潮发生与环境的关系^[2~8]等方面取得了不少成果。近年来, 国内外对赤潮的研究更加活跃, 从微观的毒素毒理到宏观的对策^[9~10]等进行了多方位的研究。总的看来, 这些研究多限于赤潮灾害的调查及其防治, 而赤潮成因的研究几乎处于停滞状态, 更没有涉及赤潮的预报问题。这是由于赤潮的成因相当复杂, 除了赤潮生物自身的特性外, 还涉及到物理、化学、水文、气象等诸多因素。为了对赤潮问题做更深入的研究, 必须借助动力学方法综合考虑各种过程以便从整体上探讨赤潮发生、发展的规律。为了使赤潮研究由定性向定量发展, 建立赤潮的动力模式并进行数值模拟研究将是历史的必然, 并且这一趋势已初露端倪^[11]。

二、进行赤潮数值研究的必要性

数值模拟对研究赤潮所起的作用是野外观测和实验室研究所不可替代的, 野外观测的

* 本文得到国家自然科学基金(49546003)项目支持。

* * 本文 1996 年 10 月收到。

结果是各种过程作用的综合效果,难于确定某一因子的作用;而实验室研究只能考虑单个或少数几个因素造成的影响,很难进行综合性试验。众所周知,数值模式可以通过参数控制进行数值实验,以便确定哪些因素在赤潮发生和发展的过程中起主要作用。数值方法既可以确定单个因素的影响,又能对多因素的效果进行数值研究。

数值模式具有可重复性,能节约大量资金,也可以大大缩短赤潮的研究周期。这不仅有利于赤潮成因与机理的理论研究,而且将会促进赤潮预报的不断发展,使较为可靠的赤潮预报成为可能。

无论是观测还是理论研究,其目的归根结底在于对赤潮的发生进行预测防治,减少赤潮灾害。从预报的角度看,预报是由较完善的性能良好的数值模式来实现;从理论上讲,模式可用野外观测和实验结果来检验,反过来又能进一步指导野外或实验室的工作。

三、赤潮——一个海洋生态系统动力学问题

海洋界对赤潮已形成这样的共识:赤潮是由于海域环境条件的改变,促使某些浮游生物突然迅猛增殖,引起海水变色的一种生态异常现象。它的一般特点是:从时空上看,赤潮持续时间相对较短,一般在两周左右,赤潮发生具有局域性,通常在几到数十平方公里的范围,这种时空规模决定了研究赤潮时所应考虑的物理过程;从生物上看,赤潮生物多属于营养级较低的藻类,尽管赤潮生物有上百种之多,可是每次发生赤潮时也只有少数优势种,它同样限定了赤潮的生物过程。

赤潮的实质是一个海洋生态系统动力学问题。对赤潮的生物学、化学和物理学过程,以及系统内的能流、物流过程的研究将成为用动力学观点研究赤潮的主要课题。这一异常海洋现象,尽管十分复杂且突发性强,但描述赤潮生物变化的生物物理模型可以写成方程(1)的形式:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \text{物理}(P) + \text{生物}(P) \quad (1)$$

式中, $\partial P / \partial t$ 表示赤潮生物量的变化, $\text{物理}(P)$ 代表由物理过程引起的赤潮生物量的变化, $\text{生物}(P)$ 代表由生物过程引起的赤潮生物量的变化,而 $\text{物理}(P)$ 可进一步表示为方程(2):

$$\text{物理}(P) = -u \frac{\partial P}{\partial x} - v \frac{\partial P}{\partial y} - w \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_i \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_j \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_k \frac{\partial P}{\partial z} \right) \quad (2)$$

式中,前三项代表对流引起的变化,后三项为扩散效应。

生物(P)可描述为方程:

$$\text{生物}(P) = NP - GP - gP - mP \quad (3)$$

其中, NP 、 GP 、 gP 和 mP 分别表示光合作用、浮游动物摄食、重力沉降以及自然死亡引起的变化。方程(1)~(3)构成了描述赤潮的生态动力学基本方程组。

由于物理过程不但控制了决定赤潮生物生长的营养盐的输送和分布以及浮游动物与浮游植物之间的摄食关系,而且还左右了海洋次级生产力的数量和资源种群的变化。因此,物理过程与赤潮生物变化的关系成为海洋生态系统动力学中赤潮研究的关键问题之一,特定

的生物条件则是赤潮研究中的另一个关键问题。赤潮的发生是海洋环境污染和海洋生态遭受破坏相互作用的结果, 方程(1)~(3)正表示了影响赤潮发生发展各过程的综合作用。

四、结 语

环渤海沿岸是我国十分重要的经济发展地区, 工业、农业、渔业、海上运输、石油开采以及近海养殖等都以相当高的速度发展。沿岸的各种工业废水、生活污水等污染物质通过黄河、辽河、滦河、海河等北方重要河流及排污口源源不断地进入渤海, 使得沿岸浅水区域不同程度地受到有毒、有害物质的污染, 整个渤海水体也处于较强的富营养化状态, 赤潮发生的频率不断增加。

我国对渤海的物理和生物过程进行了多方面的研究工作, 积累了相当的历史资料, 为进一步开展该区域赤潮的数值模拟研究奠定了基础。以上述动力方程为基础建立研究赤潮的数值模式将是研究赤潮形成机制、探讨赤潮发生、发展规律的有力手段, 也将为赤潮的预报奠定基础。同时, 在环渤海赤潮监测网的基础上, 在赤潮多发区, 合理加密布点观测, 以便搞清赤潮发生、发展的机制, 进而为检验和修正赤潮的数值模式提供基础资料, 这对我国赤潮和海洋生态系统动力学的研究均具有重要的理论意义和现实意义。

参 考 文 献

- [1] 吕颂辉、钱宏林, 我国的赤潮研究和管理工作又迈出可喜的一步, 海洋信息, (12), 1992。
- [2] 邹景忠、董丽萍、秦保平, 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨, 海洋环境科学, 4(2), 41~45, 1983。
- [3] 华泽爱, 中国海域的赤潮及对策, 海洋通报, 8(1), 108~113, 1989。
- [4] 齐雨藻, 中国的赤潮研究向纵深方向发展, 海洋信息, (10), 25, 1991。
- [5] 石肇忠, 赤潮及其研究动向, 海洋环境科学, 13(2), 14~20, 1992。
- [6] 邹淑美、张朝贤, 赤潮的主要特征参数和化学环境, 黄渤海海洋, 10(3), 73~76, 1992。
- [7] 符文侠等, 中国沿海赤潮危害及原因分析, 海洋与海岸带开发, 11(1), 45~47, 1994。
- [8] 俞志明等, 粘土矿物去除赤潮生物的动力学研究, 海洋与湖沼, 26(1), 1~6, 1995。
- [9] 林琼芳, 国外赤潮调查研究概况, 海洋环境科学, 7(1), 26~33, 1988。
- [10] 徐家声, 90年代国内外赤潮研究的特点及动态, 海洋信息, (7), 2~3, 1992。
- [11] T. Yanagi etc, A numerical simulation of red tide formation, J. Mar. Sys., (6), 269~285, 1995。

PROBLEMS IN THE NUMERICAL RESEARCH OF RED TIDE

Guan Yuping¹⁾ Lin Yihua²⁾ Gao Huiwang¹⁾ Tang Xuexi¹⁾

(1) *Ocean University of Qingdao, Qingdao*

(2) *Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao*

Abstract

Red tide is regarded as a issue of marine ecosystem dynamics. In this paper, the basic equations which describe characteristics of red tide are given, and the necessity of numerical studies discussed. Numerical method is helpful to understand the mechanism of red tide and promote the development of red tide prediction.

Key words: Red tide, Marine ecosystem dynamics, Numerical method, Prediction.