

浙江沿海上升流区无机总氮、溶解氧 及生物量之间关系的初步探讨*

雷 鹏 飞

(国家海洋局第二海洋研究所)

提 要

本文探讨了浙江沿海上升流区无机总氮、溶解氧同生物量之间的关系。作者认为,在上升流区及上升流影响较强海区,总氮和氧成反比关系;但是氧和叶绿素a成正比关系,氧和浮游动物也成正比关系。表明在高氮低氧的上升流核心区,不仅初级生产力不大,而且次级生产力也较小。

营养要素(N, P, Si, Fe²⁺等)和溶解氧是海洋生物繁殖、生长的基本要素。在一定温度下,生物对营养盐的摄取量同营养盐浓度之间的关系,可用米凯利斯——门顿动力学公式^[1]描述。如果假定生长同摄取量成正比,则:

$$k = \frac{k_m \cdot C}{K_s + C} \quad (1)$$

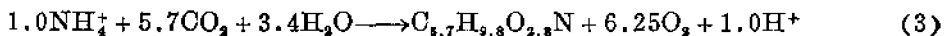
式中 K_s 为常数,在数值上等于给出一半最大生长速度(K_m)时的浓度。当营养盐浓度 C 与 K_s 在相同数量级时,营养盐是限制因素,但若大于 K_s 时则接近于饱和状态。J. P. 赖利和 G. 斯基罗等所著的化学海洋学一书中所列的 K_s 值一般都很小^[6]。William H. Thomas 等的研究表明:氮是浮游植物的首要限制因素,但 K_s 较小,如 NO_3^- 的 K_s 为 $0.5 \mu\text{g-at/L}$ 。故在贫营养海区,营养盐是海洋浮游植物大量生长的限制因素^[11];而在富营养区(如浙江沿海上升流区的营养盐大大过量⁽¹⁾⁽²⁾)生物的生长受营养盐的制约较小。

存在于浮游植物中的叶绿素 a 是海洋初级生产者之一,与初级生产力成定量正比关系^[5,10]。

海水中的溶解氧是海洋生物必不可少的呼吸气体。在光合作用下,随着蛋白质和其他有机质的合成,由叶绿素释放出大量的氧气。以 NO_3^- 为例,有如下反应式:



或者,氮源为氨时则:



根据有关资料表明,(2)(3)式产生的蛋白质占总数的60%,同时使海水中的氧含量增

* 参加无机总氮测定工作的还有徐鲁强和任典勇同志,溶解氧由林建平同志测定。

(1) 王玉衡等,1981。海洋实践,(4):62—66。

(2) 雷鹏飞,浙江沿海上升流区氮含量分布特征(待发表)。

大^[9]；而在营养盐过量的水体中(如上升流),过量的营养盐能大大刺激藻类的生长^[11]。浮游植物的生长和分解要消耗大量氧气,往往在下层水中造成缺氧状态。上升流水体正是这种营养盐丰富而又缺氧的高盐水系。当这种缺氧水上升到有氧海区时,不仅那里的浮游植物生长要受到影响,而且往往造成鱼类死亡。有的研究认为,当氧含量降至正常含量的3/5时,鱼类就要窒息死亡^[2]。

根据1980年7月进行的,有水文、化学、生物三方面科研人员参加的,对浙江沿海上升流区调查的结果,参照上述原理,对总氮量、溶解氧和生物量的关系探讨如下:

测定方法

(1) 调查测定的时间和站位分布: 调查于1980年7月进行,调查采样的站位分布如图1。

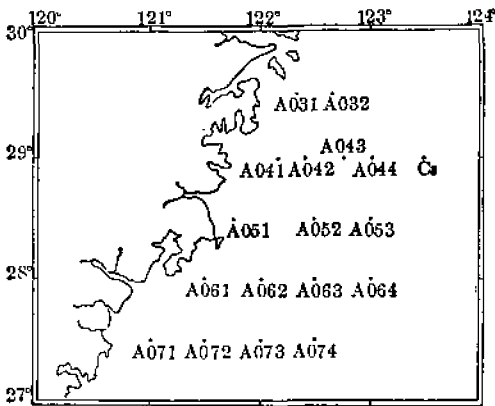


图1 浙江沿海上升流调查站位分布

(2) 生物量的测定方法和溶解氧的测定方法: 按国家海洋局的《海洋调查规范》所规定的方法进行。

(3) 无机总氮($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, 另外, NO_2^- 含量很低故从略)测定方法: 先将 NO_3^- 用金属还原粉 ($\text{Cu}/\text{Zn} = 3/7$) 在酸性条件下还原为氨,再用氨气敏电极法测定总氮,方法误差在10%以内。

(4) 叶绿素测定: 用751-G型分光光度计法测定,以联合国教科文组织规定的计算方程换算成叶绿素a含量^[8]。

调查结果

1. 无机总氮、溶解氧和叶绿素a的平面分布

图2和图3,分别是表层总氮和20米层总氮的平面分布。由图中可见,总氮的高值出现在 $28^{\circ}30' - 29^{\circ}20' \text{N}$, 123°E 以西的海域内,并以A043站为中心。表层和20米层的总氮值分别为 $7.94 \mu\text{g-at/L}$ 和 $11.0 \mu\text{g-at/L}$,由此向南递减伸展。而在表层的A041—A031站以西的沿岸海区,总氮最高达 $15.9 \mu\text{g-at/L}$,这与表层氧含量平面图4中在该区出现的高氧现象($>6.0 \text{ml/L}$)一致。而叶绿素a则出现低值现象(图5)。根据盐度资料,我们认为上述现象是沿岸淡水影响的结果。除此之外,受上升流影响较弱的整个表层氧和氮、氧和叶绿素a等的平面分布基本上相辅相成。

根据测量,上升流在该海区只能上升到10米层上下,所以,20米层主要受上升流影响^[8]。20米层溶解氧含量由北向南递增的趋势(见图6)同总氮递减的趋势(图2,图3)正好相反。总氮含量的最高中心,同溶解氧含量的最低中心,及叶绿素a含量的最低中心

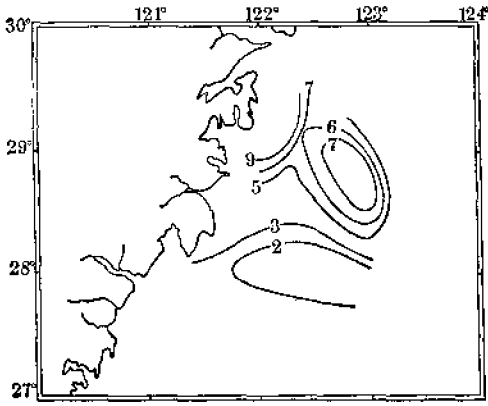


图2 表层总氮平面分布



图3 20米层总氮平面分布

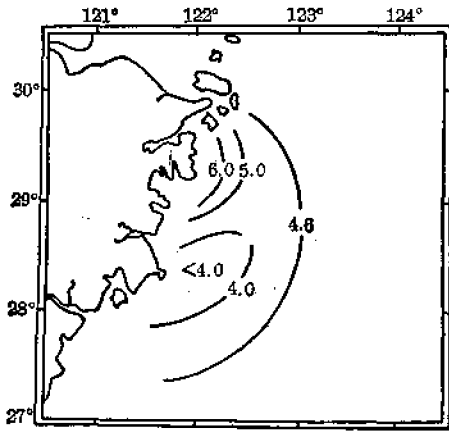


图4 表层溶解氧平面分布

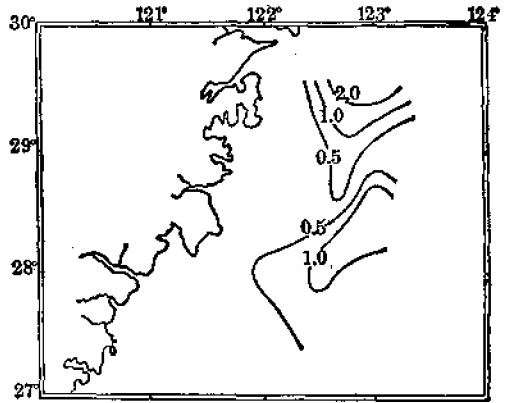


图5 表层叶绿素a平面分布

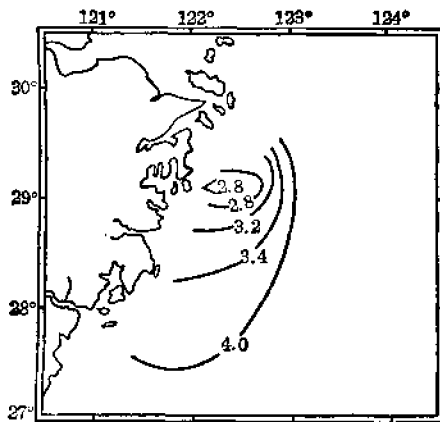


图6 20米层溶解氧平面分布

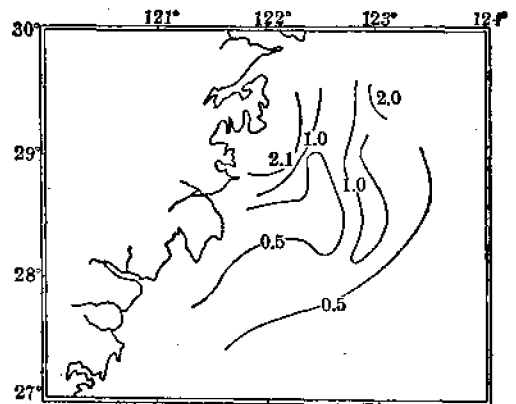


图7 20米层叶绿素a的平面分布

(图7),在29°N断面处基本重合。由此可见,氧与总氮的平面分布正好相反,而同叶绿素a的平面分布基本一致。

此外,氧和叶绿素 a 含量的平面分布又同浮游动物的平面分布基本一致(比较图 6,图 7 和图 8)。

2. 无机总氮、溶解氧和叶绿素 a 的断面分布

图 9 是 29°N 处的无机总氮含量垂直分布的断面图。由图可见,高氮等值线在 A042—A043 站之间向上弯曲,在 A041—A042 站之间,虽然高氮等值线向上托起,但是,盐度资料表明,此间是沿岸淡水影响较强区,5 米层以上,其盐度均小于 30‰(见表 1)。

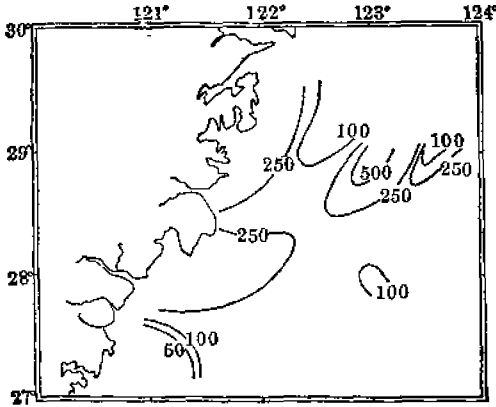


图 8 浮游动物平面分布

图 10 表示 29°N 断面处溶解氧的垂直分布,在 A042—A043 站之间,低氧等值线向上弯曲,并有顺海底向岸伸展的趋向。

由图 9 和图 10 可以看出,总氮和溶解氧

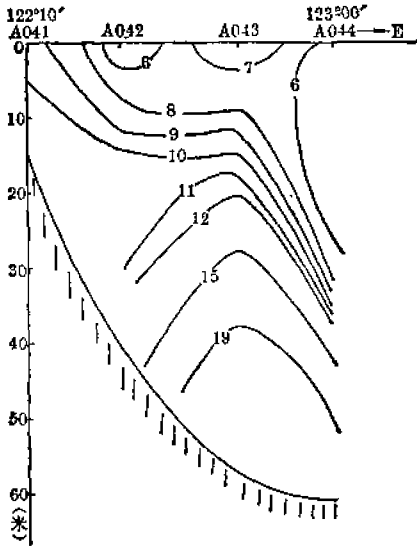


图 9 29°N 断面总氮垂直分布

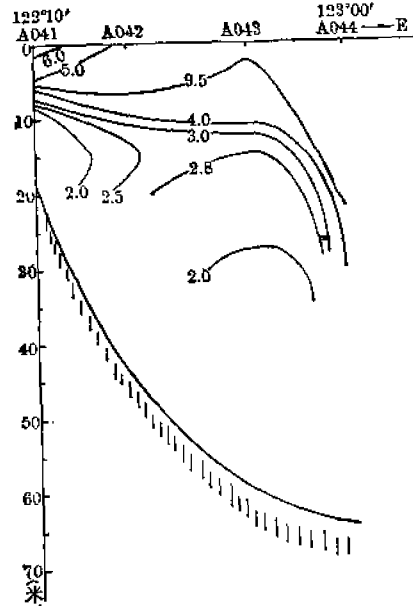


图 10 29°N 断面溶解氧垂直分布

之间,存在着负相关关系。以 29°N 和 29°30'N 两个断面为例,分别有回归方程:

$$29^{\circ}\text{N 断面处: } O_2 = 6.67 - 0.352N, (r = -0.927, n = 14);$$

$$29^{\circ}30'\text{N 断面处: } O_2 = 5.68 - 0.476N, (r = -0.872, n = 11).$$

两个断面的回归线,有近乎平行的关系(图 11),并且置信度都在 95% 以上,说明总氮和溶解氧垂直分布的负相关关系是明显的。

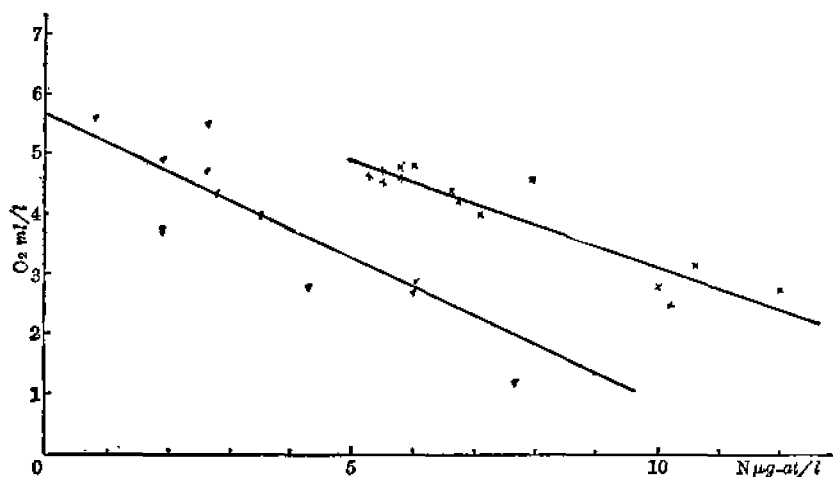


图 11 溶解氧与总氮的回归线
(×为 29°N 断面; ▼为 29°30'N 断面)

表 1 部份站位的温度、盐度和 PO_4^{3-} 含量

项目	数值 深度(米)	站 位			
		A 041	A 042	A 043	A 044
温 度 (°C)	0	28.85	29.64	29.50	29.08
	10	21.16	24.51	27.47	28.95
	20	—	18.71	24.98	25.72
	30	—	18.24	19.68	24.05
	50	—	—	17.13	16.80
	底 层	20.46	17.90	17.08	16.79
盐 度 (‰)	0	29.676	30.205	33.823	34.138
	10	33.518	34.391	34.314	34.154
	20	—	34.465	34.373	34.392
	30	—	34.508	34.488	34.401
	50	—	—	34.446	34.539
	底 层	33.710	34.512	34.528	34.542
磷 酸 盐 浓 度 (µg-at/L)	0	0.64	0.68	0.27	0.22
	10	1.31	0.19	0.13	0.16
	20	—	1.18	0.25	0.26
	30	—	1.23	1.26	0.38
	50	—	—	1.68	1.12
	底 层	1.82	1.41	1.12	1.28

从图 12 可以看出,叶绿素 a 的断面分布(29°N), 在 A042—A044 站之间, 叶绿素 a 的含量很低(0.5mg/m³), 离岸越近含量越高。这与溶解氧的断面分布一致, 而与总氮的断面分布相反。

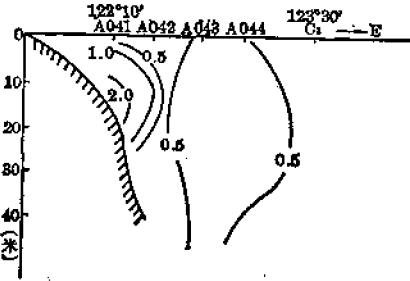


图 12 29°N 断面处叶绿素 a 的垂直分布

其他平面和断面分布也有类似情况。

讨 论

根据以上测定的资料和分析, 约在 28°30'—29°20'N, 123°E 以西的海域内, 存在着高氮、低氧、并伴有高磷、高盐低温等特征(表 1), 可以认为该海域为上升流强盛区。而且上升流以 29°N 断面为核心, A042—A043 站为中心, 不断向上涌升。这个情况与其他作者研究的结果基本吻合^[3,4]。

由上述结果分析, 可以看出, 浮游植物密集在沿岸的上升流边缘区⁽¹⁾, 而在上升流的中心区反而较少。这并不是说明上升流过量的营养盐是浮游植物生长的限制因素。这可能是因为该水体中维生素的含量较少, 或 Cu²⁺ 的含量过高而限制了浮游植物的大量生长^[6]。上升流水体涌起之后反而稀释了原来该海区的浮游植物浓度, 以致上升流中心区的初级生产力反而不大, 初级生产力高的倒是上升流的边缘区。

在上升流区及上升流影响的较强区, 总氮与氧成反比关系, 这说明死亡的有机体在分解过程中消耗了大量溶解氧, 以致造成该水体的缺氧。但是溶解氧与叶绿素 a 成正比关系, 与浮游动物也成正比关系, 这表明高氮低氧(接近正常海区氧含量的 3/5)的上升流中心, 不仅初级生产力不大, 次级生产力也较小⁽¹⁾。Sunder(1957)曾证明^[6], 鳕鱼当氧含量接近 2.7ml/L 时死亡^[6]。幼鱼不适应在含氧量低于 4.7ml/L 的水中生活, 而是避开这种水体。我们的调查海区是盛产黄鱼、带鱼、海樽等种群的舟山渔场的一部分, 但正如以上所讲到的那样, 它们的种群在上升流区的生物量并不大。以海樽为例, 其个体数存在着中间少两侧多的现象(表 2)。此外, Brett(1970)总结了大量资料后指出, 36°C 的水温是鱼类胚胎的致死上限, 一般讲温度在 25°C 以下较为适宜。T. Л. Амаров 和 A. В. Фомичев(1980)^[7]也指出, 浮游动物产量与温度成反比^[7]。

(1) 国家海洋局第二海洋研究所生物室, 1980。上升流调查报告。

表 2 29°N 断面处软拟海樽数量比较

测 站 数 量	东 径 122°10'—123°30'				
	A 041	A 042	A 043	A 044	C ₁
个体数(个/米 ³)	2112.16	197.95	0.27	3.65	1513.73

(注: 本表及叶绿素 a 等数据由国家海洋局第三研究所生物室提供。)

综上所述,在上升流中心区虽然营养盐丰富,并且营养盐也并非生物生长的限制因素,但是由于缺氧,以及水温、盐度等其他因素,使上升流中心区的生物量反而较少。可是上升流带上来的丰富的营养盐与整个舟山渔场的高生产力却有很大关系。

参 考 文 献

- [1] 浙江水产学院,1981. 海洋学. 农业出版社,40—48.
- [2] H. B. 普契科夫(何大仁译),1959. 鱼类生理学. 上海科技出版社,69—98.
- [3] 曹欣中等,1982. 浙江近海沿岸上升流初步探讨. 中国海洋湖沼水文气象学会 1980 年年会论文集, 科学出版社,125—131.
- [4] 林建平,1983. 浙江沿岸上升流区溶解氧分布特征. 海洋科学(1): 6—8.
- [5] J. P. 赖利, G. 斯基罗(崔清展译),1982. 化学海洋学,第二卷. 海洋出版社,327—494.
- [6] W. B. 温伯格, F. J. 温伯格(宋天复译),1982. 海洋动物环境生理学. 农业出版社,124—160.
- [7] Г. Л. Амароз А. В Фомичев(叶冀雄译),1981. 太平洋水域提高鱼产量的海洋学条件. 海洋译丛, 第五期, 海洋出版社,69—72
- [8] 有贺祐胜,1973. 水界植物群落の物质生産 II——植物プロトクトン,第二章,共立出版. 14—27.
- [9] Myers, J., 1962. In Beiträ Zur Physiologie und Moiphologie der Algen, Vorträge a. d. Gesamtgebiet d. Botanik, Deutsch. Bot. Ges. N. F. 1: 13—19.
- [10] Tsu Chang Hung, 1980. Relationships among Particulate Organic Carbon, Chlorophyll A and primary Productivity in the Sea Water along the Northern Coast of Taiwan; *Acta Oceanographica Taiwanica*, No. II: 70—80.
- [11] William H. Thomas, 1970. Effect of Ammonium and Nitrate Concentration on Chlorophyll Increases in Natural Tropical Pacific Phytoplankton Populations; *Limnology and Oceanography*, 15(3): 386—394.

THE INTERRELATIONSHIP AMONG TOTAL INORGANIC NITROGEN, DISSOLVED OXYGEN AND BIOMASS IN THE COASTAL UPWELLING ZONE OF ZHEJIANG

Lei Pengfei

(The Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

Abstract

The interrelationship among nutrients, dissolved oxygen and biomass in the upwelling area is discussed in this paper. It is indicated that total inorganic nitrogen is in negative correlation with dissolved oxygen. Primary production is not limited by nutrients, and secondary production is possibly limited by low oxygen content.