

台湾海峡北部冬季水文特性对叶绿素 a 分布变化的作用*

AFFECT OF HYDROLOGIC CHARACTERISTICS FOR THE DISTRIBUTION AND VARIABILITY OF CHLOROPHYLL A IN THE NORTHERN PART OF TAIWAN STRAIT IN WINTER

张 钊¹ 黄邦钦²

(¹ 福建海洋研究所 厦门 361012)

(² 厦门大学环境科学研究中心 361005)

关键词 台湾海峡北部, 叶绿素 a 分布, 水文特性

营养盐是限制浮游植物生长的主要因素之一,但在冬季,温度也是浮游植物生长繁殖的控制因素。台湾海峡北部的水文情况复杂,低温低盐高营养盐的沿岸水与来自台湾海峡南部的高温高盐低营养盐水相互消长^[1],必定影响海区营养物质及温度的分布及变化,这势必对海区浮游植物的生长及叶绿素 a 的分布和变化起到重要的控制作用。本文根据 1998 年 2 月在台湾海峡北部的调查资料,研究了海区重要水文特征对于叶绿素 a 分布变化的作用。

1 材料与方法

1998 年 2 月,福建海洋研究所与厦门大学联合在台湾海峡北部进行了综合性海洋调查,观测站位如图 1 所示。9813 站连续观测 60 h。水温、盐度及叶绿素 a 数据均采用 SBE19 型 CTD 仪(具有叶绿素探头)进行观测。连续观测的取样时间间隔为 1.5~3 h。每次取样均为垂深取样,垂深数据间隔为 1 m。在用 CTD 采取叶绿素 a 数据的同时,在某些层次采集水样,在实验室进行过滤(0.2 μm 核孔滤膜)、萃取,用荧光法^[2]测量叶绿素 a 含量,以对 CTD 仪的叶绿素 a 数据进行校正。本航次实验室叶绿素 a 数据与 CTD 仪的叶绿素 a 数据间的关系为: $Y = 0.335 X$ ($R = 0.69$, $n = 58$)。本文采用的叶绿素 a 数据为校正后的数据。

2 结果与讨论

2.1 叶绿素 a 断面分布

图 2 a 中 9802 站和 9803 站之间存在非常密集的

等温线和等盐线,是一个较强的温、盐锋面,表层温度锋和盐度锋的强度分别为 $0.35\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 和 $0.2/\text{km}^3$ 。在此锋面以西的测站(9801 和 9802 站)具有明显的低温低盐特性,温度低于 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$,盐度低于 29.5。在 9804 站 9805 站之间,也可发现较为密集的等温线,形成较弱的表层温度锋。在 9805 站到 9809 站,各站温度和盐度上、下呈均匀分布,而且具有高温高盐特性。温度在 $18\sim 19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,盐度大于 34。

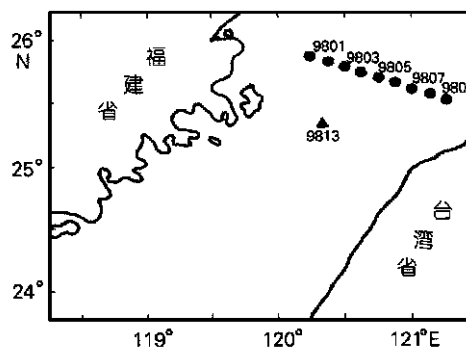


图 1 调查站位分布

图 2 b 中 9801 和 9803 站之间同样存在非常密集的 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 等值线,具有明显的高营养盐特性, $\text{NO}_3^- \text{N}$ 含

* 国家自然科学基金重点资助项目 49636220 号。

文中温、盐数据,营养盐及浮游植物数据分别由洪建胜、吴丽云和杜庆红同志提供,谨此表示感谢。

收稿日期:2000-06-25;修回日期:2000-07-10

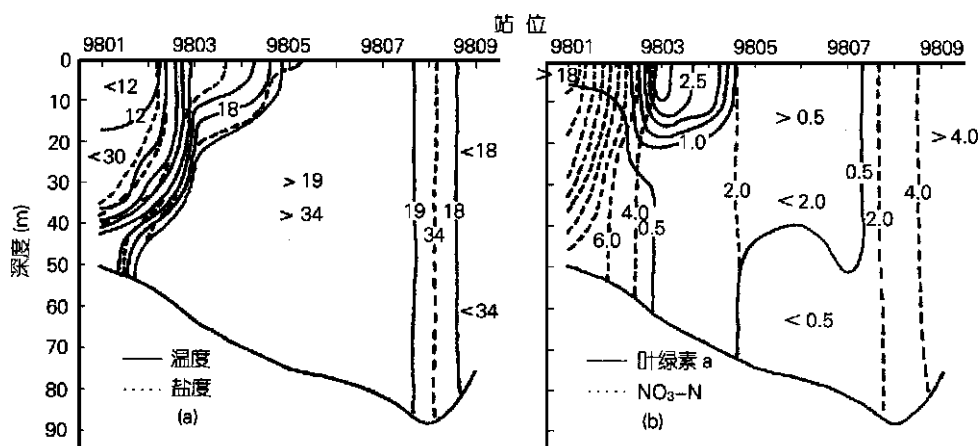


图2 温度、盐度、叶绿素 a 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的断面分布

量大于 $18 \mu\text{mol/L}$ 。在 9803 到 9809 站,除 9809 站 $\text{NO}_3\text{-N}$ 略高于 $4 \mu\text{mol/L}$ 外,各站 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量都较低,基本在 $2 \mu\text{mol/L}$ 左右,且呈垂直均匀分布。在 9803 和 9804 站, $0 \sim 20 \text{ m}$ 层之间,存在叶绿素 a 高值区,最大值大于 3 mg/m^3 。在本断面的其他水体中,叶绿素 a 含量仅为 0.5 mg/m^3 左右,分布均匀。

冬季,在台湾海峡西岸,低温低盐高营养盐的浙闽沿岸水进入台湾海峡^[1]。在海峡的东部海域,存在一支高温高盐的海水,从表层到底层温度在 19°C 左右,盐度大于 34,调查期间卫星遥感图像也表明此高温高盐水来自台湾海峡的南部,可认为是黑潮入侵台湾海峡的一部分^[3]。从观测结果看,这一水体的营养盐较低, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量在 $2 \mu\text{mol/L}$ 左右。沿岸低温低盐高营养盐水与东部高温高盐低营养盐水的交汇,形成了温度、盐度和营养盐锋。图 2 b 中叶绿素 a 高值区位于锋面的高温一侧,表明浙闽沿岸水进入研究海域,源源不断地提供浮游植物生长所需的营养物质,而东部高温高盐水则提供浮游植物生长较适宜的温度环境,从而形成了海区产生叶绿素 a 高值区的基本条件。在锋面的沿岸一侧,营养盐更加丰富, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量大于 $18 \mu\text{mol/L}$,但由于温度太低,小于 12°C ,限制了浮游植物的生长,叶绿素含量仍小于 0.5 mg/m^3 。因此,在冬季,营养盐与温度是叶绿素 a 高值区形成的必要因素,缺一不可。同时,本次调查结果还进一步表明在浮游植物生长的适宜季节(温度),营养盐的输入将决定着叶绿素 a 的变化与分布^[4]。

2.2 叶绿素 a 的时间变化

进行连续观测的 9813 站位于台湾海峡中部。在

整个 60 h 的连续观测中,9813 站温度变化范围在 $11.91 \sim 16.77^\circ\text{C}$,平均为 14.33°C ,30 m 层以浅平均仅为 13.35°C 。盐度变化范围在 $29.07 \sim 33.24$ 之间,平均为 31.25,在 30 m 以浅平均为 30.71。营养盐含量较高, $\text{NO}_3\text{-N}$ 平均为 $10.92 \mu\text{mol/L}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 平均为 $0.52 \mu\text{mol/L}$ 。以往的调查资料表明,浙闽沿岸水在表层存在一个分支呈舌状指向海峡的中部,文献的研究结果也指出浙闽沿岸水有入侵台湾海峡东侧的现象^[3]。从本次调查结果来看,9813 站显然是这一水文特征的一部分。因此,正如 9801 ~ 9809 站断面中温盐锋面沿岸一侧的水体(图 2)一样,9813 站在整个连续观测中叶绿素 a 含量都较低,平均仅 0.49 mg/m^3 ,变化范围在 $0.23 \sim 0.89 \text{ mg/m}^3$ 之间。

在连续观测期间,正值冷空气南下形成的强降温过程。在风力作用下,进入海峡的浙闽沿岸水的势力不断加强。温度、盐度逐日降低,上层低温低盐水体日益加深。温度和盐度由观测初始的平均 15.23°C 和 31.95 降至观测末的 13.63°C 和 30.55;温度和盐度小于 14°C 和 31 的水体,由观测初始的 10 m 深增至观测末的 40 m。在此影响下,叶绿素 a 含量无明显的周日变化,而呈逐日降低的趋势,低叶绿素 a 含量水体也日益加深。叶绿素 a 含量由观测初始的平均 0.68 mg/m^3 降至观测末的 0.41 mg/m^3 ,降低了 40%;叶绿素 a 含量小于 0.5 mg/m^3 的水体在观测初始仅限于 10 m 以浅,但在观测 36 h 以后,整个水体的叶绿素 a 含量已低于 0.5 mg/m^3 。同期观测的浮游植物丰度也呈明显的逐日降低趋势,观测初始丰度达 178×10^4 个/ m^3 ,随着温度的降低,在 24 h 后已逐渐降至 10×10^4 个/

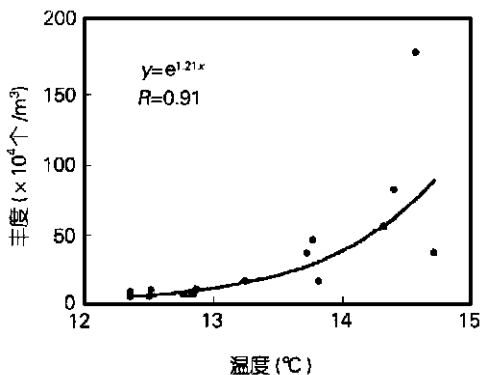


图3 浮游植物丰度与温度的关系

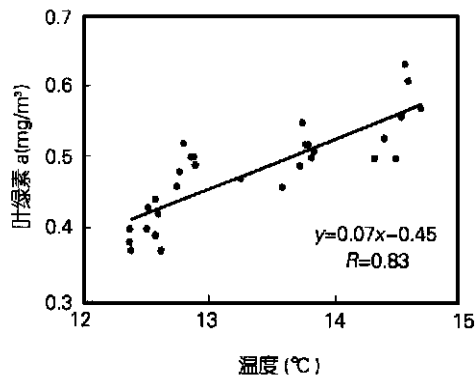


图4 叶绿素 a 含量与温度的关系

m^3 以下。将 30 m 以浅温度的平均值与叶绿素 a 平均值及浮游植物丰度作图,可看出它们具有密切的相关关系(图 3, 4)。表明在连续观测期间,随着温度的逐渐下降,进一步限制了浮游植物的生长,从而导致了叶绿素 a 含量的一再降低。

3 结论

综上所述,冬季,台湾海峡北部营养盐丰富,温度成为浮游植物生长及叶绿素 a 含量的主要控制因素。叶绿素 a 高值区仅出现于营养盐锋面的高温水体一侧;在连续观测中温度的持续下降,导致叶绿素 a 含量的逐日降低。因此,叶绿素 a 的分布和变化与低温低盐高营养盐的浙闽沿岸水及来自台湾海峡南

部的高温高盐低营养盐水相互间的消长,以及与受两水体影响的营养盐及温度的分布和变化具有密切的关系。

参考文献

- 1 福建海洋研究所.台湾海峡中、北部海洋综合调查研究报告.北京:科学出版社,1988.1~
- 2 黄邦钦,洪华生,王海黎等.见:洪华生等编.中国海洋学文集.北京:海洋出版社,1997.7:31~37
- 3 胡建宇,洪华生,贺志刚等.厦门大学学报(自然科学版),1999,38(2):263~267
- 4 张钊,杨尧,黄邦钦.见:洪华生等编.中国海洋学文集(7).北京:海洋出版社,1997.81~87

(本文编辑:张培新)