

东海陆架水域夏季无机氮分布特征*

刁 焕 祥

(中国科学院海洋研究所)

本文根据作者1981年7月3日至8月5日观测资料,对东海陆架水域(25°—32°N, 122°—129°E)夏季无机氮的分布特征进行了研究,并相应作了生物营养盐环境评价。

一、无机氮的分布变化

文中诸参数所用符号及单位如下。硝酸盐, $\text{NO}_3\text{-N}$; 亚硝酸盐, $\text{NO}_2\text{-N}$; 氨氮, $\text{NH}_4\text{-N}$; 总无机氮, ΣN (上述三种盐和 ΣN 单位,皆以 mg-N/m^3 表示); 硝酸盐的氮磷原子比, $\text{NO}_3\text{-N N/P}$; 总无机氮的氮磷原子比, $\Sigma\text{N N/P}$; 密度垂直最大梯度所处的深度, DMD (m) ; 浮游植物, $\text{PTP} (\times 10^4 \text{个/m}^3)$ 。浮游植物量,沿用自底至表层垂直拖网的平均生物量。图1列出了观测海区的站位及水深,

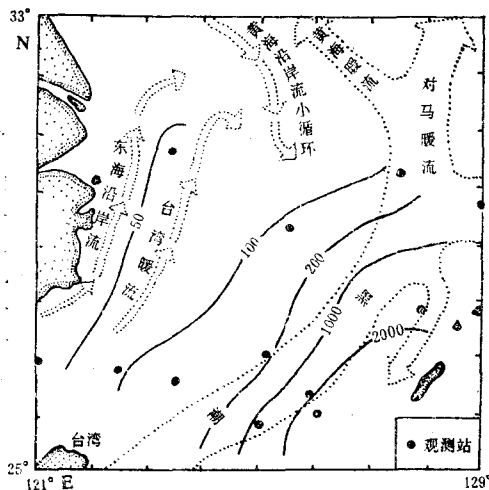


图1 站位及水深(m)

Fig.1 Location of stations and depth(m)

并附有水体流系¹⁾。

由图2看出,PTP的高生物量(50—100)集中分布于27°30'N以北、123°30'E以西水域;在124°E以东水域,PTP大致小于10,最低为0.1。27°N以南及126°30'E以东水域,PTP生物量又有稍升高趋势。总的看来,27°30'N以南、124°E以东的大片水域,PTP生物量是很低的,虽然缺少同年PTP资料,但根据以往的研究,PTP的分布趋势各年中大体相同^[5]。图3列出了 ΣN 的水平分布。由该图看出,表层水 ΣN 含量的分布与PTP大致呈相反趋势,并且布及整个水文学跃层最大密度垂直梯度以上水体,自西部(123°E)至东部(127°E)0—30m和0—60m水层,大致皆有这种分布趋势。在0m层, ΣN 由10增至40,而PTP由100降至0.1。75m水层,为上下水体的过渡水层, ΣN 水平梯度较小,含量大致为80—100。底层 ΣN 含量丰富,由西向东增加,变化范围约为150—200,这主要与水的深度大、PTP生物量少及无机氮的再生积累有关^[4,6,8]。图4表明,0m水层, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量大致在125°E以西水域小于1,最低达分析零值,向东量值逐渐增至30;75m水层大致为50;底层含量为100—170,在27°—30°N、126°—128°E范围,则大于170。表层 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量

* 包万友、熊孝先同志帮助采水;顾宏堪、郭玉洁先生对本文给与指导,谨致谢忱。

1) 管秉贤,1978。东海海流系统概述。东海大陆架论文集。中国科学院海洋研究所编,第126—133页。

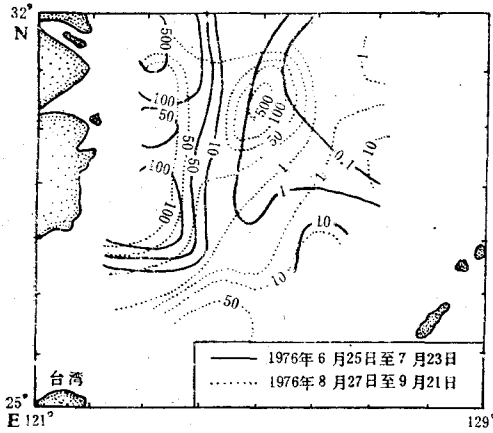


图2 PTP分布
Fig.2 Distribution of PTP

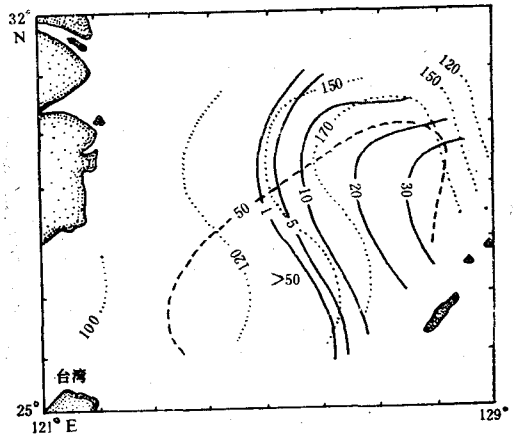


图4 NO₃-N平面分布 (图例同图3)
Fig.4 Horizontal distribution of NO₃-N

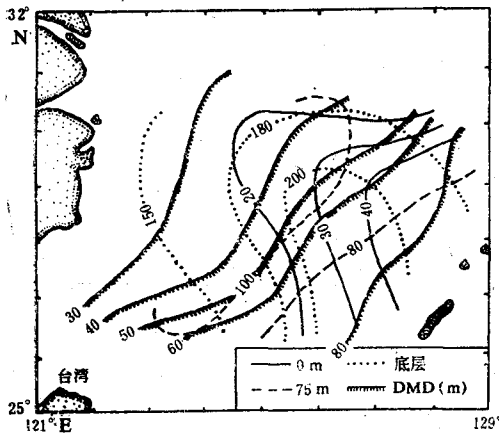


图3 ΣN平面分布
Fig.3 Horizontal distribution of ΣN

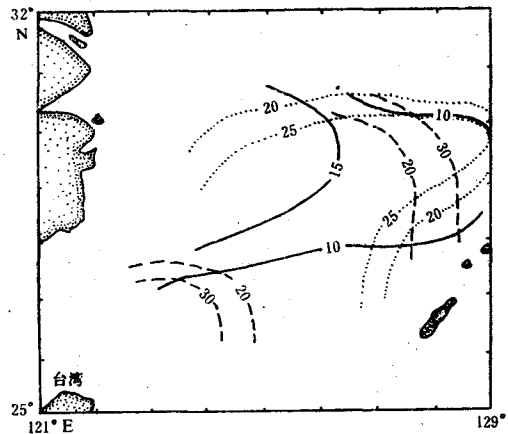


图5 NH₄-N平面分布 (图例同图3)
Fig.5 Horizontal distribution of NH₄-N

急剧下降, 与PTP繁殖消耗有关, 底层NO₃-N增量系水体稳定无机氮氧化所致^[1,4,6,8]。由图5看出, NH₄-N含量变化在本水域小于NO₃-N。表层由东向西量值增加, 这可能与浮游动物繁殖一定量地排泄NH₄-N有关^[3,6]。75m水层其含量范围为20—30, 底层为20—25。大致可以看出, 124°E以东较深水域(水深80—2000m)具有较多的大洋性特点(亦即陆架斜坡的性质), NH₄-N含量较低, 而NO₃-N量值较高。

在调查水域中, ΣN主要为NO₃-N与NH₄-N组成, NO₂-N含量很低(3—7), 而且分布比较均一, 因此, 本文不再列图讨论。

图6列出了无机氮的百分组成。它指出, 0m层, NH₄-N占ΣN的20—80%, 而NO₃-N占20—60%。它们的水平分布趋势是, NH₄-N百分数由东向西增加, NO₃-N与之相反, 这与西部水域浮游生物量大有关^[4,6], 因为PTP耗用氮及浮游动物排泄NH₄-N。75m水层, NO₃-N百分含量增加, 为50—80%, 其高值中心区, 正是PTP量最小水域, 而NH₄-N

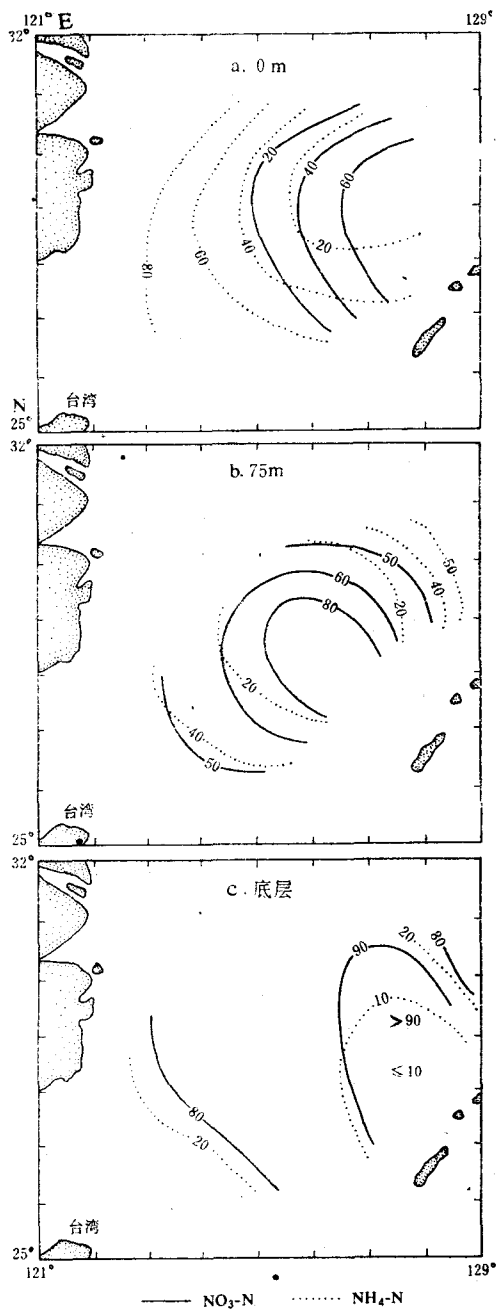


图6 无机氮百分组成

Fig. 6 Percentage composition of inorganic nitrogen

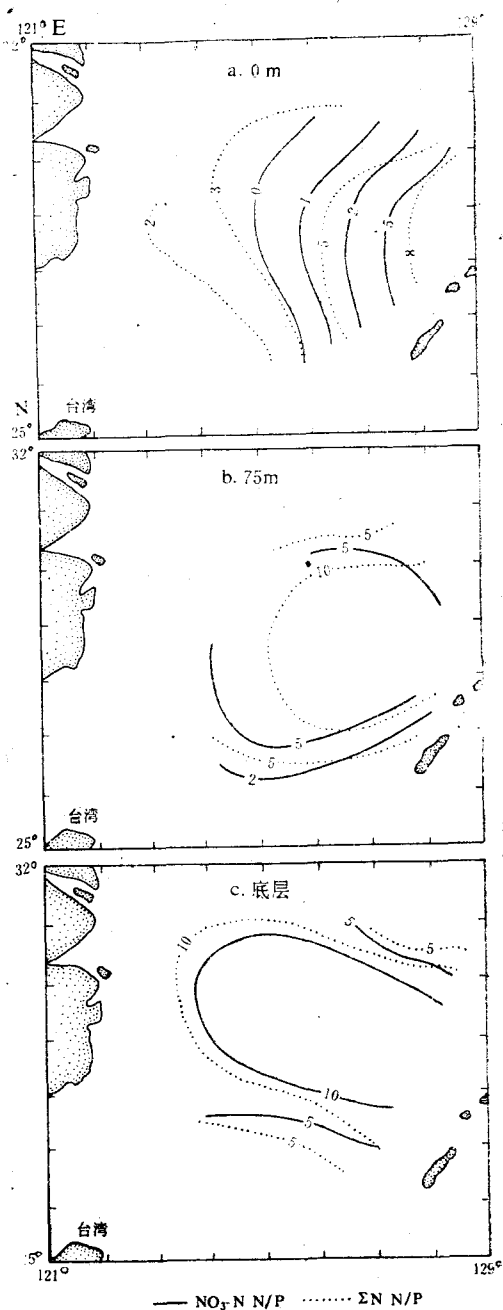


图7 N/P原子比

Fig. 7 N/P atom ratio

相应降低为20—40%，这应与浮游生物量少及无机氮氧化相关^[4,6]。底层，NO₃-N相对含量更大，为80—90%，而NH₄-N仅为10—20%；NO₃-N高含量分布区位于30°30'N以

南、126—128°30'E水域，水深大致为100—2000m，看来PTP量少及水体稳定有利于NO₃-N再生积累^[6,8]。

调查水域同期磷酸盐(PO₄-P)及硅酸盐

($\text{SiO}_3\text{-Si}$)的含量分布,我们已作了报道^[2],这里进而讨论水体中的氮磷原子比。由图7看出,0m水层, $\text{NO}_3\text{-N}$ N/P变化范围为0—5,呈现西低东高分布趋势, ΣN N/P值较大,相应是2—8。对PTP来说,N/P比值是偏低的,即无机氮含量低,这是因为,自养生物通常惯于栖息在N/P比为15或更大些环境之中,便于其按比例吸收氮磷营养盐^[1,6,8]。75m水层, $\text{NO}_3\text{-N}$ N/P变化范围为2—5, ΣN N/P是5—10,较高值分布于 $27^\circ\text{—}30^\circ\text{N}$ 、 $124^\circ\text{—}128^\circ\text{E}$ 水域。底层N/P比趋势大致同于75m水层, $\text{NO}_3\text{-N}$ N/P约为5—10,最大为14, ΣN N/P等值线与其相似,趋势亦一致,但比值偏大一些,最高为15。大洋水域N/P比值通常为15或更大一些, 124°E 以东水域具有某些大洋水特征^[6,8]。

二、讨论

朱树屏根据室内生物培养实验指出^[7],海洋浮游植物对溶解态无机磷氮需求最适浓度下限分别为 18mg P/m^3 及 80mg N/m^3 。作者研究渤海PTP与 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 关系时推断,当海水中含有 150mg Si/m^3 以上的无机硅时,对PTP没有限制作用^[1]。

调查资料指出,调查水域夏季 ΣN 含量,在0m水层为 $4\text{—}50\text{mg N/m}^3$,75m水层为 $9\text{—}170\text{mg N/m}^3$,底层为 $40\text{—}200\text{mg N/m}^3$;PTP生物量为 $0.1\text{—}100\times 10^4$ 个/ m^3 。在水文学跃层以上(大致在图3的密度垂直最大梯度所处深度之上),水体中 ΣN 的含量与PTP生物量的水平分布趋势相反,可见 ΣN 量值较低,对PTP繁殖有不利影响。同期 $\text{PO}_4\text{-P}$ 与 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 在水体中的含量如下:0m水层其量值分别为 $9\text{—}15\text{mg P/m}^3$ 及 $170\text{—}370\text{mg Si/m}^3$;75m水层分别为 $9\text{—}30\text{mg P/m}^3$ 及 $202\text{—}380\text{mg Si/m}^3$;底层分别为 $19\text{—}120\text{mg P/m}^3$ 及 $220\text{—}400\text{mg Si/m}^3$ 。表、底层的无机磷硅量值分布趋势,大致与PTP总生物量相似,可见磷硅含量较 ΣN 丰富些。一定范围的水温、相对稳定的水体、光照条件良好以及有适量的无机氮磷

硅营养物质,是自养生物的理想环境;其中任何一种因素发生变化,均能对生物有不良影响^[6,7,2]。黑潮流经水域,其水体流速较大³⁾。本次观测中,有几个测站水体中的无机氮磷含量较低,PTP量少;东海沿岸流以东至台湾暖流海区,水体流速小并相对稳定⁴⁾,营养盐丰富,PTP量明显较高。应强调指出,在温带海区,由于“春花期”PTP大量繁殖,延及夏季(本海区尚有喜温性的热带PTP群落),营养盐通常是明显降低的^[1,5,6],在该水域中出现 $\text{NO}_3\text{-N}$ 分析零值,就是上层PTP耗用的结果。在 124°E 以东海域,单从调查月份看, ΣN 含量系东部高于西部,但实际上是由于东部PTP量少对 ΣN 消耗量小的结果。而在冬季很可能是另外一种分布趋势,这在渤海已有过证实^[1]。东海陆架水域当前尚缺少周年调查资料,营养盐的时间变化可在以后研究。对照上述PTP对生原要素的需求,可以明显看出, $123^\circ30'\text{E}$ 以东水域, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 含量丰富,不是PTP的限制因素;无机氮磷含量偏低,对PTP繁殖有一定限制作用。

在调查水域中, $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量低($3\text{—}7\text{mg N/m}^3$),变化小; $\text{NO}_3\text{-N}$ 量值及变化均大, $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量中等,变化较大。在无机氮百分含量中,0m水层, $\text{NO}_3\text{-N}$ 及 $\text{NH}_4\text{-N}$ 分别为 $20\text{—}60\%$, $20\text{—}80\%$;75m水层,分别为 $50\text{—}80\%$ 及 $20\text{—}40\%$;底层,分别为 $80\text{—}90\%$ 及 $10\text{—}20\%$ 。 ΣN , $\text{PO}_4\text{-P}$ 及 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 含量的垂直变化趋势^[2]基本相同,均是由表至底层增加。因为PTP集中分布于 $0\text{—}200\text{m}$ 的上层水中,特别在 $0\text{—}80\text{m}$ 水层,生物量最大,故在夏季水文学跃层以上水体中,营养盐通常是减量的,所以, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 的分布趋势与此有关^[1,6]。氮磷原子比研究指出, $123^\circ30'\text{E}$

- 1) 刁焕祥,1985。渤海浮游植物的水温磷硅环境评价。
- 2) 刁焕祥,1985。长江口附近海域浮游植物与理化环境关系的探讨。
- 3、4) 管秉贤,1978。东海海流系统概述。东海大陆架论文集。中国科学院海洋研究所编,126—133页。

以东水域, 夏季整个水体的 $\text{NO}_3\text{-N}$ N/P 比值 (5) 高于渤海(0.5)及胶州湾(3)^[1,3], 但又低于大洋水域^[6,8]。而 $\text{NO}_3\text{-N}$ 在 ΣN 中的百分含量大致同于渤海及胶州湾及长江口水域的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 在 ΣN 中的百分数 (1/3—2/3以上)^[1,3,4]。这正是陆架水的特征。

三、结论

综上所述, 可以得出如下初步结论。调查水域在夏季 (7、8月) 无机氮磷含量较低, 对 PTP 有一定限制作用; 硅酸盐含量丰富, 有利于自养生物生长。无机氮转化比沿岸河口生物量较大的海区充分。

参 考 文 献

- [1] 刁焕祥等, 1985。渤海无机氮的分布。海洋科学集刊 25:53—63。
[2] 沈志良等, 1984。东海海水和沉积物间

隙水中硅酸盐和磷酸盐的分布。海洋与湖沼 15 (3): 214—221。

- [3] 顾宏堪等, 1982。胶州湾氮的地球化学。海洋湖沼通报 3: 8—17, 4: 37—46。
[4] 顾宏堪等, 1981; 1982。长江口附近氮的地球化学。山东海洋学院学报 11 (4): 37—46; 12 (2): 31—38。
[5] 郭玉洁等, 1982。1976年夏季东海陆架区浮游植物的生态研究。海洋科学集刊 19: 11—30。
[6] Horne, R.A., 1969。海洋化学。厦门大学海洋系海洋化学教研室译, 1976。科学出版社, 169—174页。
[7] Chu, S. P., 1949。Experimental studies on the environmental factors influencing the growth of phytoplankton. *Cont. Fish. Res. Inst. Dept. Fish. Nat. Univ. Shantung* 1: 37—52。
[8] Ин-т Океан. АН СССР, 1966。Химия Тихого Океана. Из. «Наука», Москва, стр. 168—184, 308—323。

THE DISTRIBUTIVE SPECIALITY OF INORGANIC NITROGEN OVER THE CONTINENTAL SLOPE OF EAST CHINA SEA

Diao Huanxiang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

The distributive speciality of inorganic nitrogen over the continental slope of East China Sea in Summer has been studied by the author. It indicates that the low content of inorganic nitrogen (ΣN) is a limiting factor for the phytoplankton in the investigated area (east of $123^{\circ}30'\text{E}$). The ΣN values change mainly in accordance with $\text{NO}_3\text{-N}$, i. e. it decreases above the thermocline, but increases below the thermocline. The percentage Content of $\text{NO}_3\text{-N}$ in Σn , its N/P atom ratio and so the transformation of inorganic nitrogen are higher than that in the seawater areas of the Bohai Sea and the Jiaozhou Bay.