

钦州三娘湾营养盐的分布及其化学特性

The Chemical Characteristic and Distribution of the Nutrient Substance in Sanniang Bay of Qinzhou

韦蔓新 赖廷和 何本茂

Wei Manxin Lai Tinghe He Benmao

(广西海洋研究所, 北海市长青东路 92号, 536000)

(Guangxi Institute of Oceanography, 92 East Changqinglu, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要 为了解广西钦州三娘湾营养盐的化学特征及其分布规律, 2000年 3月 15日对钦州三娘湾 3条断面、9个测站进行表层水样采集, 分析水样中的硝酸盐 ($\text{NO}_3^- \text{N}$)、亚硝酸盐 ($\text{NO}_2^- \text{N}$)、氨氮 ($\text{NH}_3^- \text{N}$) 和无机磷 ($\text{PO}_4^- \text{P}$) 结果表明, 三娘湾水域的营养水平不高, 无机氮的含量 ($2.85 \mu\text{mol/L}$) 分别是北海湾 ($26.06 \mu\text{mol/L}$) 和钦州湾 ($42.54 \mu\text{mol/L}$) 的 10.9% 和 6.7%, 但比铁山港 ($0.99 \mu\text{mol/L}$) 高 1.88倍; 而其无机磷含量 ($0.14 \mu\text{mol/L}$) 与其他 3个海湾的差异不大。三娘湾无机氮的含量分布由东北向西南呈规律性递减趋势; 无机磷则以东南远岸测站含量较高, 向西北沿岸呈递减趋势。该水域大部分测站 N/P均在 21.00以上, 处于磷相对缺乏状态。氨态氮与盐度、pH值、COD、SS的相关系数分别为 -0.845, -0.962, 0.407和 0.535。 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 与 $\text{NO}_2^- \text{N}$ 和 $\text{NH}_3^- \text{N}$ 的相关系数分别为 0.736和 0.769。

关键词 营养盐 化学特性 分布规律 海湾

中图法分类号 X145

Abstract To find out the chemical characteristic and distribution pattern of nutrient substance, sea water was sampled in the surface layer of sea at 9 spots along 3 fracture zones at Sanniang Bay, Qinzhou, Guangxi, southern China on March 15th 2000. The contents of $\text{NO}_3^- \text{N}$, $\text{NO}_2^- \text{N}$, $\text{NH}_3^- \text{N}$ and $\text{PO}_4^- \text{P}$ were analyzed. The content of inorganic nitrogen was $2.85 \mu\text{mol/L}$ at Sanniang Bay, accounting for 10.9% of $26.06 \mu\text{mol/L}$ at Beihai Bay, and 6.7% of $42.54 \mu\text{mol/L}$ at Qinzhou Bay, but 1.88-fold of $0.99 \mu\text{mol/L}$ at Tieshangang Bay. There is not much different of inorganic phosphorus among the four bays, with $0.14 \mu\text{mol/L}$ for Sanniang bay. A trend of inorganic nitrogen declining from the northeast to the southwest and a trend of inorganic phosphorus declining from the southeast to the northwest were found at Sanniang Bay. The N/P at most of the spots are over 21.00, suggesting lack of phosphorous. The correlation coefficients of $\text{NH}_3^- \text{N}$ to salinity, pH value, COD and SS are -0.845, -0.962, 0.407 and 0.535, respectively, and $\text{NO}_3^- \text{N}$ to $\text{NO}_2^- \text{N}$ and $\text{NH}_3^- \text{N}$ are 0.736 and 0.769, respectively.

Key words nutrient substance, chemical characteristic, distribution pattern, bay

钦州三娘湾位于广西沿海中部, 即钦州湾以东, 大风江以西海域, 北与钦州市钦南区相接, 南临北部湾, 是一个三面临海, 滩涂水域广阔的海湾, 有着丰富的海洋水产资源。近年来, 随着近岸海域增养殖业的迅速发展, 该湾已初步形成了以文蛤、珍珠、大蚝、

泥蚶等贝类养殖为龙头的鱼、虾、蟹连片养殖基地。为了合理地开发和利用该水域的水产资源, 促进海洋增养殖业迅速、健康地发展, 本文根据 2000年 3月的调查资料, 首次系统地研究了该湾营养盐的化学特征及其分布。

1 采样与分析

调查海区及采样站位布设如图 所示

2000年3月15日对钦州三娘湾 条断面、9个测站进行了表层采样,水样采集后,部分样品经 $0.45\mu\text{m}$ 微孔滤膜减压过滤后,按《海洋监测规范》中的分析方法测定硝酸盐($\text{NO}_3^- \text{N}$)、亚硝酸盐($\text{NO}_2^- \text{N}$)、氨氮($\text{NH}_4^+ \text{N}$)和无机磷($\text{PO}_4^{3-} \text{P}$)。

2 结果与讨论

2.1 水文特征

三娘湾的潮汐主要受北部湾外海潮波的影响,潮汐性质属正规全日潮,日分潮占主导地位,最高高潮位为 3.36m ,最低低潮位为 -2.39m ;潮流相对较弱,属不规则日潮流,涨潮时流向东北,落潮时流向西南,与大风江水槽的走向相一致,既利于陆源输送的营养物质的迁移,也利于本水域海洋生物的繁殖和生长。虽然本水域受大风江径流直接影响,但由于径流量不大,水温、盐度和酸碱度变化均较小,是海洋生物最佳栖息场所。

2.2 营养盐的分布特征及其控制因素

2.2.1 营养盐水平

由表可知,三娘湾水域营养盐含量不高,远低于GB3092-82《海水水质标准》中无机氮和无机磷的一类标准(无机氮为 0.1mg/L ,无机磷为 0.015mg/L)。与广西沿海相邻的北海湾^[1,2]、钦州湾^①和铁山港湾^②相比,无论是无机氮和无机磷均位于第3位,仅略高于铁山港湾(见表2)。尤以无机氮含量差异较大,分别是北海湾和钦州湾的 10.9% 和 6.7% ,比铁山港湾则高 1.88 倍;无机磷含量则相差不大,各海湾变化幅度均在 $0.11\mu\text{mol/L}\sim 0.21\mu\text{mol/L}$ 之间。这说明,该水域营养盐水平不高,尤以无机磷更为明显,属低营养水域。

2.2.2 营养盐的平面分布及控制因素

表2 三娘湾与相邻海湾营养盐水平比较

Table 2 The comparison of contents of nutrient substance in Sanniang Bay and the neighboring bays

| 海湾名称 Bay | 调查时间 Time | 无机氮 Inorganic nitrogen ($\mu\text{mol/L}$) | | 无机磷 Inorganic phosphorus ($\mu\text{mol/L}$) | |
|--------------------------------------|--------------|---|----------------|---|----------------|
| | | 变化范围 Range | 平均值 Average | 变化范围 Range | 平均值 Average |
| | | 北海湾 ^[1,2] Beihai Bay | 1999-4 | 5.53~ 69.54 | 26.06 |
| 钦州湾 ^① Qinzhou Bay | 1999-5 | 32.20~ 65.25 | 42.54 | 0.15~ 0.30 | 0.21 |
| 铁山港湾 ^② Tieshangang Bay | 1999-12 | 0.38~ 2.12 | 0.99 | 未检出 undetected~ 0.25 | 0.11 |
| 三娘湾 Sanniang Bay | 2000-3 | 1.24~ 5.60 | 2.85 | 0.10~ 0.21 | 0.14 |

由于该调查水域位于大风江河口区淡水与海水交汇处,虽然径流量不大,但营养盐的平面分布仍具有明显的河口区域特征。这是因为大风江口门由于长期受潮流和沿岸水冲刷,形成了一条很深的水槽,而且从陆岸到水槽深处坡度较大,潮流相对较强,加上该水域的潮流流向自东北向西南,与大风江沿岸水的流向极为一致,当河水将富含营养盐的陆源水带入该海湾后,在潮流的作用下陆源水逐渐向西南浅海区域扩散,波及了该调查区域3个断面的水域范围,从而使该水域的营养盐结构发生改变而呈现出特有的分布特征。本调查结果表明,由大风江径流携带入海的营养盐以无机氮为主,高含量的无机氮在湾内强潮流的作用下以先急后缓的迁移速度向西南海区递减,形成了明显的盐度梯度变化趋势,等值线呈舌状随落潮流的流向由东北向西南呈规律性的梯度递减(见图2),梯度变化幅度为 $5.60\mu\text{mol/L}\sim 1.24\mu\text{mol/L}$,这是沿岸水与潮流综合影响的结果。它既体现了潮流对本湾无机氮的输送有较大影响,也体现了大风江河水

Table 1 The contents of inorganic nitrogen and inorganic nitrogen in Sangniang Bay

| 站号 Spot | 无机氮 Inorganic nitrogen ($\mu\text{mol/L}$) | 无机磷 Inorganic phosphorus ($\mu\text{mol/L}$) |
|------------|---|---|
| 101 | 1.33 | 0.10 |
| 102 | 1.24 | 0.10 |
| 103 | 2.97 | 0.14 |
| 201 | 2.17 | 0.10 |
| 202 | 3.59 | 0.14 |
| 203 | 3.78 | 0.17 |
| 301 | 5.60 | 0.14 |
| 302 | 3.14 | 0.14 |
| 303 | 1.87 | 0.21 |

① 韦蔓新等. 钦州湾内湾贝类养殖海区水环境特征及营养状况初探. 黄渤海海洋, 待刊. ② 韦蔓新等. 铁山港湾生原要素的变化特征及其影响因素. 海洋湖沼通报, 待刊.

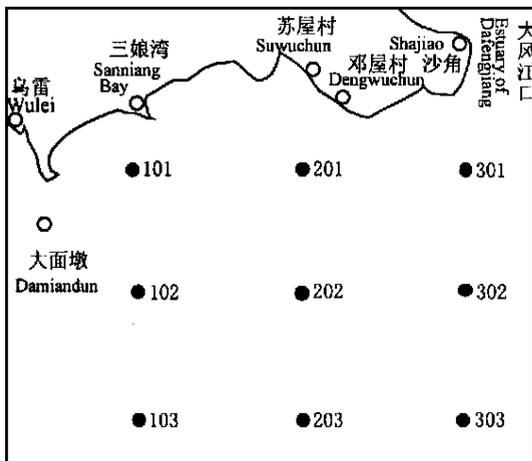


图 1 调查站位

Fig. 1 Sampling spots

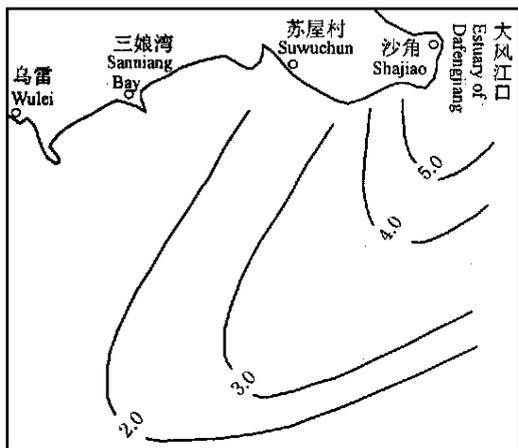


图 2 三娘湾无机氮的平面分布

Fig. 2 The plane distribution of inorganic nitrogen in Sanniang Bay

物理混合过程对无机氮的迁移具有重大作用。无机氮与盐度和 pH 值相关系数分别为 -0.830 和 -0.864。显然,大风江河水携带的无机氮为三娘湾水域无机氮的补充提供了重要途径,是影响无机氮含量分布的主要因素。

无机磷的平面分布以西南近岸水域含量较低,向江口和远岸海域递增(见图 3)。沿岸水影响较大的测站,无机磷含量相对高些,但与沿岸水影响较小的近岸水域相比差值并不大;而叶绿素 a 含量高的测站,无机磷含量反而明显高些。显然,浮游植物对无机磷含量的影响比起沿岸水的影响相对要大些。无机磷与叶绿素 a、DO 和盐度的相关系数分别为 0.469、0.301 和 -0.218。影响该水域无机磷分布特性的主要因素,一是陆源磷输入明显偏少;二是沿岸多以非投饵养殖滤食浮游植物的贝类为主,水域本身缺乏提供磷再生的途径。调查水域少数远岸测站同时出现无机磷和叶绿素 a 高值,说明该水域磷的补充源相对缺乏,从而

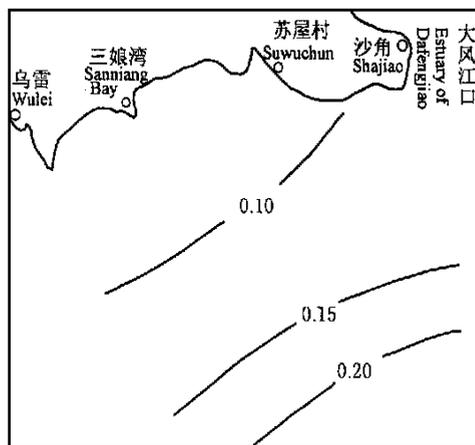


图 3 三娘湾无机磷的平面分布

Fig. 3 The plane distribution of inorganic phosphorus in Sanniang Bay

限制了浮游植物的繁殖和生长。

2.3 N/P 比值

三娘湾水域的 N/P 随着营养盐体系的变动而发生改变。由调查结果可知,调查水域 N/P 在 12.40~40.00 之间,氮源补充大的测站(如 103、201、202、203 和 30 站),由于补充大于消耗, N/P 比较高,均在 21.21~25.64 之间;氮源补充小的测站(如 101、102 和 30 站),由于浮游植物的消耗大于补充, N/P 比较低,为 8.90~13.30;而在江口测站(30 站),由于陆源带入大量的无机氮, N/P 比高达 40.00。由此可见, N/P 的分布和变化,与受陆源水影响程度是分不开的。该水域有 3 个测站 N/P 比较低,但已接近正常比值 15^[3],对浮游植物的繁殖生长不会造成大的影响,大部分测站 N/P 比均在 21.00 以上, P 相对缺乏状态较为明显, P 成为这些测站浮游植物繁殖生长的限制因子。

综上所述,该调查水域具有低磷特征,氮的供应源远比磷充裕,可以推断,该水域磷比氮对初级生产力具有重要的影响^[4]。

2.4 营养要素间的相互关系

由于海水中的无机氮包括了 $\text{NO}_2^- \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 3 种形态氮,它们在海洋生物饵料循环中起着非常重要的作用,当氨化及硝化作用充分进行时,各种形态氮之间才能基本达到热力学平衡状态^[5,6]。该水域的无机氮虽以氮的有机物分解后的最终产物 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 为主要存在形式,但其只占三态氮总和的 71.23%,在沿岸水影响较大的 30 和 20 站,则只占 58.75% 和 67.69%,其余测站也均在 70.38%~82.49% 之间。显然,该水域的无机氮没有达到热力学平衡状态。 $\text{NH}_4^+ \text{N}$ 占三态氮总和的比例仅次于 $\text{NO}_3^- \text{N}$,平均为 24.91%,其分布趋势恰与 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 相反,

NO₃⁻ N百分比低的测站, 则 NH₄⁺ N百分比高。整个水域 NH₄⁺ N变化范围为 13.13%~38.21%, 绝大部分测站均在 20%以上。造成该水域 NH₄⁺ N比值高的原因, 一是陆源带入的大量含氮化合物在潮汐作用下来不及分解; 二是该水域以贝类、虾类养殖为主体, 贝类的排泄物以及对虾养殖中的残饵腐解。NH₄⁺ N与 pH值、盐度呈显著负相关以及与 SS和 COD呈明显正相关趋势。相关方程为:

$$Y_{\text{NH}_4^+ \text{ N}} = 30.93 - 51.53x_{\text{sal}}, r = -0.845, \quad (1)$$

$$Y_{\text{NH}_4^+ \text{ N}} = 7.93 - 15.69x_{\text{pH}}, r = -0.962, \quad (2)$$

$$Y_{\text{NH}_4^+ \text{ N}} = 1.90 + 9.23x_{\text{COD}}, r = 0.407, \quad (3)$$

$$Y_{\text{NH}_4^+ \text{ N}} = 6.66 + 322.02x_{\text{SS}}, r = 0.535, \quad (4)$$

NO₂⁻ N在三态氮中占比例最低, 平均为 3.86%, 其分布趋势与 NH₄⁺ N相反, NH₄⁺ N百分比低的测站, NO₂⁻ N百分比最高。说明该水域 NH₄⁺ N的分解对 NO₂⁻ N是一项重要贡献^[7]。

以上结果表明, 不同形态无机氮之间具有较为密切的关系, 相关分析显示, NO₃⁻ N与 NO₂⁻ N和 NH₄⁺ N均呈良好的正相关关系,

$$Y_{\text{NO}_3^- \text{ N}} = -0.0058 + 0.057x_{\text{NO}_2^- \text{ N}}, r = 0.736, \quad (5)$$

$$Y_{\text{NO}_3^- \text{ N}} = -0.427 + 0.599x_{\text{NH}_4^+ \text{ N}}, r = 0.769, \quad (6)$$

这既说明了它们之间具有很好的同源性, 同时也说明该水域无机氮的相互转化是通过氨的氧化分解作用来完成。

不同形态无机氮与无机磷之间虽然具有明显的正相关趋势, 但关系不很密切, 表明三态无机氮与无机磷之间的同源性较差, 这与陆源磷的输入相对缺乏有关。

3 结论

三娘湾水域营养盐水平不高, 无机氮含量分别是

相邻的北海湾和钦州湾的 10.9%和 6.7%, 但比铁山港湾高 1.88倍; 无机磷与北海湾、钦州湾、铁山港湾的含量则相差不大。

三娘湾无机氮的含量分布具有由东北向西南呈规律性递减趋势; 无机磷则以东南远岸测站含量较高, 向西北沿岸呈递减趋势, 生物作用为主要影响因素。

该水域绝大部分测站 N/P在 21.00以上, 处于 P相对缺乏状态, P为该水域初级生产力的限制因子。

不同形态无机氮之间具有良好的正相关关系, 但与无机磷之间的相关性较差, 这与陆源磷的供应源明显不足有关。

参考文献

- 1 韦蔓新, 童万平, 何本茂等. 北海湾无机氮的分布及其与环境因子的关系. 海洋环境科学, 2000, 19(2): 25~29.
- 2 韦蔓新, 童万平, 何本茂等. 北海湾无机磷和溶解氧的空间分布及其相互关系研究. 海洋通报, 2000, 19(4): 29~35.
- 3 韦蔓新, 何本茂. 廉州湾富营养化与赤潮形成的研究. 热带海洋, 1998, 17(4): 65~72.
- 4 陈水土. 九龙江口、厦门西海域无机氮与磷的关系. 海洋通报, 1993, 12(5): 26~32.
- 5 宋树林. 车由岛附近海域营养盐分布特征. 黄渤海海洋, 1994, 12(3): 50~54.
- 6 张正斌, 顾宏堪, 刘莲生等. 海洋化学. 上海: 科学技术出版社, 1984, 276~281.
- 7 赖利 J P, 斯基罗 G. 化学海洋学. 北京: 海洋出版社, 1982, 308~310.

(责任编辑: 蒋汉明)

我国成为化学论文大国

据美国《化学文摘》(CA)收入的论文统计资料, 我国发表化学学术论文从 1989年占世界化学论文总数(397200篇)的 3.7% (约 14650篇)上升到 1999年化学总论文数(591092篇)的 9.0% (53139篇), 成为继美国、日本之后的化学论文大国。2000年继续上升为占世界化学总论文(573469篇)的 9.46% (54268篇)。这些数据从一侧面反映了我国化学基础研究水平和在国际上的地位有了显著的提高。

(摘自《科学时报》)