

珍珠湾海水增养殖区 2004~2008 年丰水季节的水环境变化趋势分析*

The Variation Trend Analysis of the Water Environment at the Zhenzhu Bay Mariculture Zone in High Water Period During 2004~2008

蒙珍金¹, 覃盈盈², 何祥英¹, 罗万次¹

MENG Zhen-jin¹, QIN Ying-ying², HE Xiang-ying¹, LUO Wan-ci¹

(1. 防城港市海洋环境监测预报中心, 广西防城港 538001; 2. 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004)

(1. Fangchenggang Marine Environmental Monitoring and Forecasting Center, Fangchenggang, Guangxi, 538001, China; 2. College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要:根据珍珠湾海水增养殖区 2004~2008 年夏秋两季的海洋环境监测数据, 分析珍珠湾海水增养殖区 5 年来丰水季节水环境参数的变化趋势, 讨论各特征参数之间的相互关系。结果表明, 2004~2008 年, 珍珠湾海水增养殖区营养盐的含量和分布结构(N/P 和 Si/P)均发生了较明显的变化, 表现为溶解态无机氮、活性磷酸盐呈增加趋势, N/P、Si/P 值升高。珍珠湾海水增养殖区水质已由原来的氮限制变为磷限制, 水质类型由良好类型演变为受到污染类型。

关键词:水质 海水增养殖区 水环境参数

中图分类号:X834 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2011)01-0025-04

Abstract: Using the monitoring marine environment data of the mariculture zone at the Zhenzhu Bay in the summer and fall from 2004 to 2008, the variation trend of the water environmental parameters in abundant water period during the past 5 years were analysed systematically and the relationships between the characteristic parameters were discussed. The results showed that the content and the distribution structure of nutrient salt(N/P and Si/P) at the Zhenzhu Bay mariculture zone had changed significantly in the past 5 years, which are continuous increase of dissolved inorganic nitrogen, active phosphate and the ratio of N/P, Si/P. The seawater quality at the Zhenzhu Bay mariculture zone have changed from the nitrogen restriction into the phosphorus restriction now and have evolved from the well-type into the polluted type.

Key words: sea-water quality, mariculture, environmental parameters of seawater

珍珠湾位于广西防城港市防城区江山半岛白龙, 口门西起沥尾岛的东沙头, 东至江山半岛的白龙台, 口门宽约 3.5km。全湾岸线长 46km, 海湾面积 94.2km², 其中滩涂面积 53.33km²。该湾沿岸乡镇有江平镇和江山乡(部分)。珍珠湾自然环境优

良, 水产资源丰富, 生态类型多样, 是防城港市的重点海水增养殖区之一, 是著名的南珠养殖基地; 湾内有中国大陆海岸红树林连片面积最大的海湾红树林。但是由于近年来海水养殖业的发展和白龙尾港口的建设和发展, 未经任何处理的大量船舶废水和沿岸乡镇生活污水直接排入湾内, 加上养殖自身产生的污染, 使珍珠湾的海洋环境质量逐年下降, 对该海域生态环境造成了一定的影响。本文根据 2004~2008 年间夏秋两季的监测数据, 对珍珠湾丰水季节的海水质量及营养水平变化趋势进行分析, 旨在

收稿日期: 2010-06-10

作者简介: 蒙珍金(1968-), 女, 工程师, 主要从事海洋环境监测、质量管理与控制工作。

* 广西海洋环境监测项目资助。

了解珍珠湾海水增养殖区水质状况及其变化趋势,为该海域的生态环境保护和资源的合理开发利用提供参考依据。

1 监测站点及分析方法

1.1 监测站点

珍珠湾海水增养殖区监测站点见图1。监测海域范围为东经 $E108^{\circ}11.900' \sim 108^{\circ}14.050'$,北纬 $N21^{\circ}29.733' \sim 21^{\circ}33.217'$ 。根据珍珠湾的环境特点,在该湾养殖海域内共布设7个测站,其中湾口两边各设1个测站(Z01、Z06),珍珠养殖密集区水域设2个测站(Z04、Z05),在湾的中部设2个测站(Z02、Z03),在湾口外约1000m处设一个参照测站(Z07)。



图1 监测站点

1.2 样品采集与分析评价方法

所有样品的采集和分析均按《海洋监测规范》GB17378-2007^[1]和《海洋调查规范》GB/T12763-2007^[2]规定的方法进行。水质监测项目为pH值、盐度、叶绿素a、DO、COD、无机氮(DIN)、无机磷(DIP)、 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 等。溶解态无机氮(DIN)为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的总和。于2004~2008年的夏秋两季(2004年6月~9月、2005年6月~10月、2006年7月~9月、2007年6月~9月、2008年6月~10月)丰水季节采集增养殖区海域的水质样品进行调查监测,其中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的数据只有2004年和2008年,COD缺2006年的数据。各参数平均值均为当年各月数值的平均值。

营养盐与环境因子的关系采用计算机软件进行相关性分析计算。营养盐结构以N/P为主要考察指标,N/P<16表明N相对不足,N/P>16表明P相对不足。这是因为Redfield的研究结果表明,一般大洋深层水的N/P为16左右,与浮游植物体内元素组成的N/P大致相同,低于或高于这一比例都

可能引起浮游植物的生长受到某一相对低含量元素的限制^[8]。浮游植物从海水中摄取的动力/磷(DIN/DIP)也约为16:1^[9],偏离过高或过低都可能引起浮游植物的生长受到某一相对低含量元素的限制^[10]。

根据营养状况综合指数式^[3] $E = \text{COD} \times \text{DIN} \times \text{DIP} \times 10^6 / 4500$ 评价珍珠湾养殖区海域富营养化状况,其中,E为营养水平指数,COD、DIP、DIN的单位以mg/L表示。当 $E < 1$ 时,则水体为贫营养状况;当 $E > 1$ 时,则水体为富营养化。E值越大,富营养化程度越高。

采用有机污染指数 $A = \text{COD}_i / \text{COD}_0 + \text{DIN}_i / \text{DIN}_0 + \text{DIP}_i / \text{DIP}_0 - \text{DO}_i / \text{DO}_0$ 对珍珠湾海域进行评价^[3]其中:A为有机污染指数; COD_i 、 DIN_i 、 DIP_i 、 DO_i 为实测值; COD_0 、 DIN_0 、 DIP_0 、 DO_0 分别为水体的评价标准,其值分别为3.0 mg/L,0.10 mg/L,0.015 mg/L,5.0 mg/L。计算得到A值后,对水体污染状况进行评估,其判别标准见表1。

表1 有机污染评价分级

| A值 | 污染程度分级 | 水质评价 |
|-----|--------|--------|
| <0 | 0 | 良好 |
| 0~1 | 1 | 较好 |
| 1~2 | 2 | 开始受到污染 |
| 2~3 | 3 | 轻度污染 |
| 3~4 | 4 | 中度污染 |
| >4 | 5 | 严重污染 |

2 结果与分析

2.1 珍珠湾海水增养殖区水环境参数变化趋势

2.1.1 水质常规参数变化趋势

从表2中2004~2008年珍珠湾海水增养殖区水质参数的年度平均值来看:该湾pH值变化不大,盐度(S)呈下降趋势,下降幅度为7.139,说明陆源径流量的增加是导致该湾盐度下降的主要因素;溶解氧(DO)含量除2007年较低外,其余各年均大于6.0mg/L,符合一类海水水质标准^[4];COD含量呈上升趋势,一方面体现了陆源输入对有机污染物具有直接影响,另一方面则表明随着珍珠湾的开发及其沿岸经济的发展,排入珍珠湾的有机污染物具有增加趋势,会给该湾的生态环境带来一定的影响。

2.1.2 营养盐变化趋势

从表2可知,自2004~2008年,珍珠湾海水增养殖区DIN含量年度平均值变化范围为0.029~0.176 mg/L,DIN含量年平均值总体呈逐年上升趋势,近5a来上升了6倍,说明近年来随着珍珠湾养殖业的发展和白龙码头的建设,DIN已经成为珍珠

表 2 2004~2008 年珍珠湾海水增殖区水质参数的平均值

| 年份 | pH 值 | DO (mg/L) | S | COD (mg/L) | 叶绿素 a (mg/L) | DIP (mg/L) | NO ₂ -N (mg/L) | NO ₃ -N (mg/L) | NH ₄ -N (mg/L) | DIN (mg/L) | SiO ₃ -Si (mg/L) |
|------|------|--------------|--------|---------------|-----------------|---------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------|--------------------------------|
| 2004 | 8.08 | 6.33 | 29.403 | 0.72 | 0.0024 | 0.0033 | 0.0024 | 0.010 | 0.015 | 0.029 | 0.091 |
| 2005 | 8.07 | 6.16 | 28.298 | 0.72 | 0.0023 | 0.0046 | 0.0034 | 0.036 | 0.027 | 0.067 | — |
| 2006 | 8.17 | 6.40 | 26.708 | — | 0.0037 | 0.0055 | 0.0064 | 0.042 | 0.024 | 0.071 | — |
| 2007 | 8.03 | 5.90 | 26.408 | 1.02 | 0.0044 | 0.0061 | 0.0066 | 0.063 | 0.072 | 0.153 | — |
| 2008 | 8.01 | 6.59 | 22.306 | 1.02 | 0.0034 | 0.0074 | 0.0091 | 0.087 | 0.081 | 0.176 | 0.760 |

湾海域污染指标。

珍珠湾海水增殖区 DIP 含量较低,年度平均值变化为 0.0033~0.0074 mg/L,其总的变化趋势是逐年上升趋势。DIP 的含量同样具有明显的季节性变化特征,年内变化趋势以夏季较高,秋季较低。

SiO₃-Si 只有 2004 年和 2008 年的两次监测数据,但是两年的监测结果表明其变化趋势与 DIN、DIP 一致,而且季节影响很大。年平均由 2004 年的 0.091 mg/L 上升到 2008 年的 0.76 mg/L,均是丰水期 8 月的含量最高,远高于枯水期 10 月,这种变化趋势说明陆源径流量剧增的同时,入海的 SiO₃-Si 总量也随之增加,也表现出明显的河口区域特征^[5]。

2.2 珍珠湾海水增殖区营养盐与环境因子关系

营养盐与 DO 的相关性则随季节和时间变化较大。夏季,N 与 DO 的相关性随着 N 含量增加具有从 2004 年度的负相关向 2008 年度显著正相关过渡的趋势($r=-0.18 \sim 0.76, n=7$),一方面体现了陆源径流物理混合作用对 DO 的影响作用,另一方面则表明陆源径流有明显增加的趋势,其输送大量 N,使水域营养水平提高的同时,也促进了浮游植物大量繁殖和生长,而浮游植物的光合作用又使 DO 得到补充;P 与 DO 的相关性随着 P 含量增加,则具有从 2004 年度的明显负相关趋势向 2008 年度正相关趋势过渡的倾向($r=-0.96 \sim 0.44, n=7$),亦表明了 P 对浮游植物的直接影响作用。而秋季,随着陆源输送的减少,营养盐含量大幅度下降,N 与 DO 的相关性除 2006 年、2007 年不明显外其余各年具有较明显的负相关性($r=-0.78 \sim -0.53, n=7$);P 与 DO 的相关性除 2006 年外其余各年具有较明显的负相关性($r=-0.84 \sim -0.65, n=7$)。

营养盐与 pH 值的相关性,在夏季,N 与 pH 值的相关性除 2006 年不相关($r=-0.09, n=7$)、2008 年相关性较差外,其余均为负相关($r=-0.48 \sim -0.80, n=7$),其中 2007 年为极显著负相关($r=-0.91, n=7$);P 与 pH 值的相关性随着 P 含量增加,则具有从 2004 年度的明显负相关趋势向

2008 年度明显正相关趋势过渡的倾向($r=-0.94 \sim -0.78, n=7$)。在秋季,N 与 pH 值的相关性具有从 2004 年度的负相关趋势向 2008 年度正相关趋势过渡的倾向($r=-0.55 \sim 0.47, n=7$);P 与 pH 值的相关性除 2008 年为正相关外($r=0.55, n=7$),其余均为负相关($r=-0.18 \sim -0.97, n=7$)。

营养盐与叶绿素 a 的相关性,经相关分析计算,珍珠湾海水增殖区无机氮、无机磷与叶绿素 a 含量均具有相关关系,其中以夏季的相关性最好。N 与叶绿素 a 的相关性 2004 年 8 月、9 月和 2007 年 6 月、8 月及 2008 年 6 月,均为显著正相关,说明在丰水期的夏季由于沿岸水带来了大量的营养盐,对浮游植物的补充远大于消耗,陆源输送 N 含量增加的同时,也促进了浮游植物大量繁殖和生长;而在秋季 N 与叶绿素 a 为负相关,这是由于秋季陆源输送减少而浮游植物摄取的结果,充分体现了 N 在浮游植物繁殖生长过程中的重要影响。P 与叶绿素 a 的相关性在夏季 6 月和秋季均为正相关性,而在 8 月均为负相关,说明在 8 月浮游植物大量繁殖和生长消耗了 P,这也从前面分析的 P 与盐度为正相关,陆源输送对 P 的影响不大的结果相符合。

2.3 珍珠湾海水增殖区营养盐结构的变化趋势

珍珠湾海水增殖区的 N/P 值 2004~2008 年的变化极为显著(表 3),N/P 值由 2004 年的 8.71 上升到 2008 年的 23.75,从 2004 年明显的 N 限制到 2008 年的 P 限制,主要是由于无机氮的升高所致,P 成为浮游植物生长的限制因子。若按此趋势继续发展,会导致磷供给的相对不足,引起浮游植物的生长受到 P 元素的限制,相应地会使生态系统对磷的浓度变化十分敏感^[7]。

表 3 2004~2008 年珍珠湾海水增殖区营养盐结构变化

| 年份 | N/P | Si/N | Si/P |
|------|-------|------|--------|
| 2004 | 8.71 | 3.15 | 27.42 |
| 2005 | 14.51 | — | — |
| 2006 | 12.97 | — | — |
| 2007 | 25.34 | — | — |
| 2008 | 23.75 | 4.31 | 102.25 |

2.4 珍珠湾海水增养殖区营养状态变化趋势

珍珠湾海水增养殖区水质长期以来一直较好,在连续5a的监测中,除个别站位 DIN、DO 偶尔超过国家一类海水水质标准(GB 3097-1997)外,大部分在一类海水水质标准范围内,其他水质指标如 pH 值、COD、DIP 也都小于一类海水标准。

在2004~2008年间,珍珠湾海水增养殖区的营养状况综合指数 E 各年均小于1(表4),水体属贫营养水平,但是营养状况呈逐年上升的趋势。显然,陆源输送大量的营养盐,在给浮游植物繁殖生长提供丰富营养条件的同时,也给生态环境的良性发展带来隐患。

2004~2008年,珍珠湾海水增养殖区的有机污染指数呈逐年增大的趋势, A 值从2004年的-0.52上升为2008年的1.28(表4)。水质类型2004年和2005年均良好,而2007年和2008年为开始受到污染类型。说明该海域水质已受到有机污染物的污染,因此,加强对珍珠湾海域的保护和管理,将是保持该湾生态环境良性发展的关键所在。

表4 2004~2008年珍珠湾海水增养殖区的营养状况综合指数和有机污染指数

| 年份 | E | A |
|------|-------|--------|
| 2004 | 0.015 | -0.52 |
| 2005 | 0.049 | -0.021 |
| 2006 | — | — |
| 2007 | 0.21 | 1.09 |
| 2008 | 0.30 | 1.28 |

3 结论

珍珠湾海水增养殖区水环境变化主要表现在以下几个方面:

(1)盐度呈下降趋势,间接反映了沿岸流域面积的雨量和径流量呈递增趋势;COD值呈明显上升趋势,意味着陆源有机物的增加对该湾水体质量造成了直接影响。

(2)该湾营养盐含量变化较明显,夏季营养盐含量较高,秋季较低,水体无机氮、无机磷、硅酸盐浓度呈增加趋势。陆源输入的多寡是导致本湾 N、Si 含量变化的主要因素。

(3)N/P 和 Si/P 呈上升趋势,2004~2006年水体浮游植物受 N 限制,2007年后则呈显著 P 限制。

(4)珍珠湾养殖区海域水体营养程度为贫营养状态,但是营养盐水平呈上升趋势。

(5)珍珠湾养殖区海域年度有机污染指数由2004年的-0.52上升到2008年的1.28,从评判标准上看,珍珠湾养殖区海域水质由良好类型演变为开始受到污染类型。因此,应加强对珍珠湾沿岸陆源排污和养殖容量的管理,合理开发和利用资源,保持该湾生态环境良性发展。

参考文献:

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB17378-2007,海洋监测规范[S]. 北京:中国标准出版社.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB12763-2007,海洋调查规范第[S]. 北京:中国标准出版社.
- [3] 国家海洋局. 海水增养殖区监测技术规程[S]. 2002.
- [4] 国家海洋局第三海洋研究所,青岛海洋大学. GB3097-1997,海水水质标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,1998.
- [5] 蒙珍金,覃盈盈. 珍珠湾海域水环境状况与评价[J]. 安徽农业科学,2009,37(30):14845-14847.
- [6] 韦蔓新,何本茂,赖廷和. 钦州湾近20a来水环境指标的变化趋势 I 平水期营养盐状况[J]. 海洋科学,2002,21(3):49-52.
- [7] 于志刚,米铁柱,谢宝东,等. 二十年来渤海生态环境参数的演化和相互关系[J]. 海洋科学,2000,19(1):15-19.
- [8] Redfield A C Ketchum B H, Richards F A. The influence of organisms on the composition of seawater[C]. HILLMN The Sea, Val 2. New York: Interscience, 1963:26-77.
- [9] Smith S V. Phosphorus Versus nitrogen limitation in the morinl environment[J]. Limner Oclanogr, 1984,29(1):1149-1160.
- [10] 何桐,谢健,方宏达,等. 大亚湾海域春季营养现状分析与评价[J]. 海洋环境科学,2008,27(3):220-223.

(责任编辑:韦廷宗 邓大玉)