

莱州湾海域营养盐现状及年际变化规律

刘义豪¹ 杨秀兰² 靳 洋¹ 汤宪春¹
白艳艳¹ 孙 珊¹ 陶慧敏³ 谷伟丽³ 王国华⁴

(¹山东省海洋水产研究所 山东省海洋生态修复重点实验室, 烟台 264006)

(²烟台大学海洋学院, 264005)

(³烟台山水海产有限公司, 264006)

(⁴龙口市水产技术推广站, 265700)

摘 要 通过对 2006~2009 年莱州湾调查数据分析, 结果显示, 2009 年莱州湾海域 5 月和 8 月无机氮受小清河径流影响明显, 西部海域显著高于东部海域; 活性磷酸盐、活性硅酸盐 5 月受小清河径流影响明显, 西部海域高于东部海域, 8 月影响不明显; 5 月, 53.3% 的海域内无机氮超四类海水水质标准, 100% 的海域内无机氮超一类海水水质标准。8 月, 34.9% 的海域内无机氮超一类海水水质标准; 活性磷酸盐含量总体偏低, 只有 5 月小清河口海域超三类海水水质标准, 其他海域均符合一类海水水质标准。无机氮年际变化结果显示, 5 月有逐步上升的趋势, 8 月有逐渐下降的趋势; 活性磷酸盐 5 月变化不明显, 8 月下降趋势明显; 活性硅酸盐 5 月和 8 月变化不明显。4 年整个海域无机氮污染严重, 磷缺乏; 平均 N/P 为 164、Si/P 为 130、Si/N 为 0.77; 净营养盐收支呈磷减少而氮增加的总体变化趋势。

关键词 莱州湾 小清河 富营养 磷限制 氮污染

中图分类号 S912 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)04-0001-05

Distribution and inter-annual variation of nutrients in Laizhou Bay

LIU Yi-hao¹ YANG Xiu-lan² JIN Yang¹ TANG Xian-chun¹
BAI Yan-yan¹ SUN Shan¹ TAO Hui-min³ GU Wei-li³ WANG Guo-hua⁴

(¹Key Laboratory for Marine Ecological Restoration, Marine Fisheries Research Institute of Shandong, Yantai 264006)

(²Ocean School, Yantai University, 264003)

(³Landscape Seafood Yantai Co., Ltd., 264006)

(⁴Longkou Fishery Technical Extension Station, 265700)

ABSTRACT The inorganic nutrients in Laizhou Bay was monitored during 2006~2009. The results showed that due to the runoff of Xiaoqing River, the concentration of inorganic nitrogen in the western Laizhou Bay was significantly higher than that in the eastern area in May and August of 2009. Phosphate and silicate in the western Laizhou Bay were significantly higher than those in the eastern area in May, 2009, and no obvious variation in August. In May of 2009, concentrations of inorganic nitrogen in 53.3% of the seawater exceeded the fourth grade of Sea Water Quality Standard, and all samples exceeded the first grade. In August, concentrations of inorganic nitrogen in 34.9% of the seawater exceeded the first grade. Phosphate was generally at a low level; in May 2009 the seawater sample from the estuary of Xiaoqing River exceeded

the third grade, and the other samples met the first grade. Combined data of inorganic nitrogen during 2006~2009 showed a gradually increasing trend in May and a decreasing trend in August. Phosphate did not change obviously in May but apparently declined in August. Silicate did not change significantly either in May or in August. The average ratios of nitrogen to phosphate, silicate to phosphate and silicate to nitrogen were 164, 130, and 0.77 respectively. Inorganic nitrogen pollution was serious, phosphorus was a potential limiting factor in the surveyed area, and this trend is supposed to go further in the future.

KEY WORDS Laizhou Bay Xiaoqing River Eutrophication Phosphorus-limitation Nitrogen pollution

莱州湾水域面积约 7 000 km², 周围有黄河、广利河、小清河等 10 余条河流流入。进入 20 世纪 90 年代, 由于沿岸经济的快速发展、陆源排污量的迅猛增加、黄河淡水入海量的锐减等原因, 莱州湾海域环境质量不断下降, 导致了经济海洋生物产卵场萎缩, 渔业资源遭到破坏, 底栖生物多样性急剧减少, 海洋生境恶化明显(贾晓平等 1997; 赵章元等 2000; 苏一兵等 2003; 崔毅等 2003; 郝艳菊等 2005; 纪大伟等 2007)。因此, 及时掌握莱州湾水质变化特点, 特别是近几年的水质变化规律就显得非常重要。作者对变化较大的水质营养盐变化特征, 结合前人的研究成果进行了其规律性研究。

1 材料与方 法

1.1 调查站位与时间

水域内均匀布设 24 个站位, 2006~2009 年 5 月上旬、8 月上旬各调查 1 次(图 1)。

1.2 调查项目与分析方法

调查分析项目包括亚硝酸盐(NO₂-N)、硝酸盐(NO₃-N)、氨氮(NH₃-N)、活性磷酸盐(PO₄-P)和活性硅酸盐(SiO₃-Si)等。采样分析按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)、《海洋监测规范》(GB 17378-2007)规定的方法进行。

1.3 数据整理与评价方法

统计数据为表层数据, 采用单因子指数法, 评价标准采用《海水水质标准》(GB 3097-1997)。当 $P_i \leq 1.0$ 时, 符合标准; 当 $P_i > 1.0$ 时, 超过标准。

$$P_i = C_i / S_i$$

式中, P_i 为第 i 种污染物的海水质量、沉积物质量或生物质量指数; C_i 为第 i 种污染物的实测值; S_i 为第 i 种污染物的评价标准值。

2 结果及讨论

2.1 2009 年无机营养盐现状

2009 年 5 月、8 月莱州湾水域环境无机氮污染较重, 污染程度 5 月重于 8 月。5 月, 53.3% 的站位无机氮含量超四类海水水质标准, 100% 的站位无机氮含量超一类海水水质标准。8 月, 34.9% 的站位无机氮含量超一类海水水质标准。活性磷酸盐含量总体偏低, 仅 5 月小清河口海域超三类海水水质标准, 其他海域无机磷含

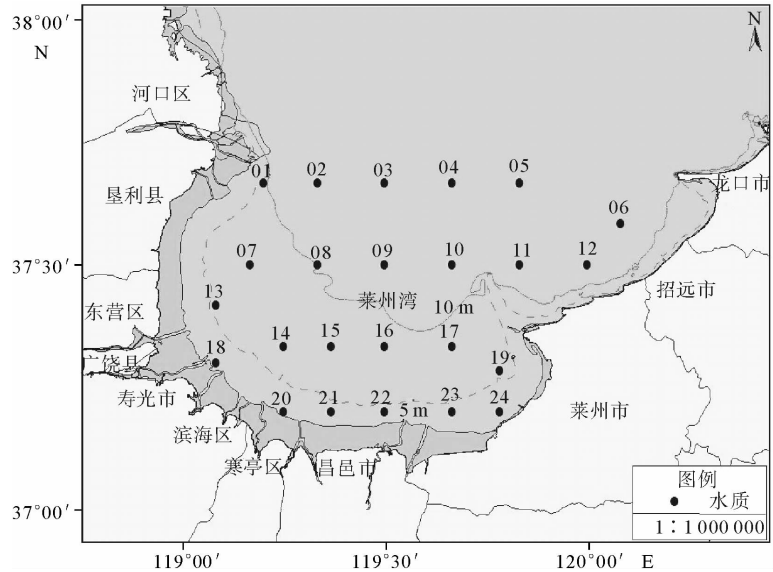


图 1 莱州湾调查站位

Fig. 1 Location of sampling stations in Laizhou Bay

量均符合一类海水水质标准。活性硅酸盐含量在5月小清河口附近最高,呈条状向外延伸并逐渐降低;8月向东部海域扩大,分布较均匀。

2.1.1 无机氮

5月,变化范围为0.302~1.47 mg/L,平均值为0.637 mg/L。平面分布变化趋势明显,西部海域高于东部海域,小清河口海域含量最高,呈舌状向外延伸,含量逐渐降低(图2)。

8月,变化范围为0.028~0.720 mg/L,平均值为0.199 mg/L。平面分布变化趋势明显,西部海域高于东部海域,小清河口海域含量最高(图3)。

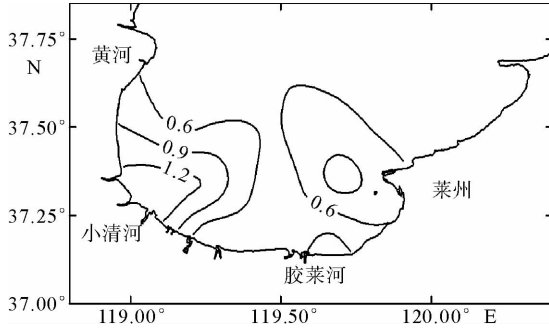


图2 2009年5月无机氮(mg/L)平面分布
Fig. 2 Horizontal distribution of inorganic nitrogen in May, 2009

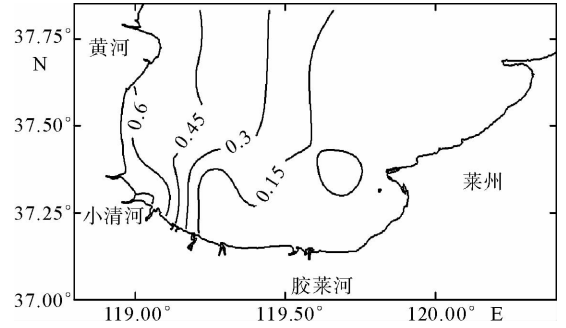


图3 2009年8月无机氮(mg/L)平面分布
Fig. 3 Horizontal distribution of inorganic nitrogen in August, 2009

2.1.2 活性磷酸盐

5月,变化范围为未检出~0.0443 mg/L,平均值为0.00744 mg/L。平面分布变化趋势明显,西部海域高于东部海域,小清河口海域含量最高,呈舌状向外延伸,含量逐渐降低(图4)。8月,变化范围为0.00086~0.00917 mg/L,平均值为0.00214 mg/L。平面分布变化趋势不明显,但活性磷酸盐含量整体偏低(图5)。

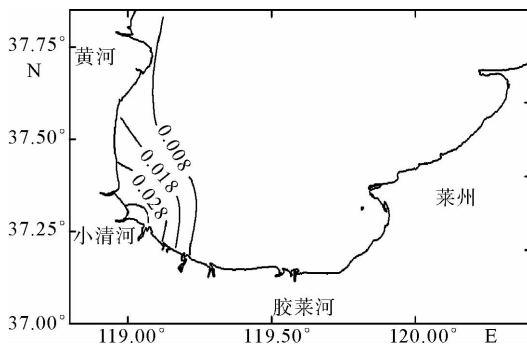


图4 2009年5月活性磷酸盐(mg/L)平面分布
Fig. 4 Horizontal distribution of phosphate in May, 2009

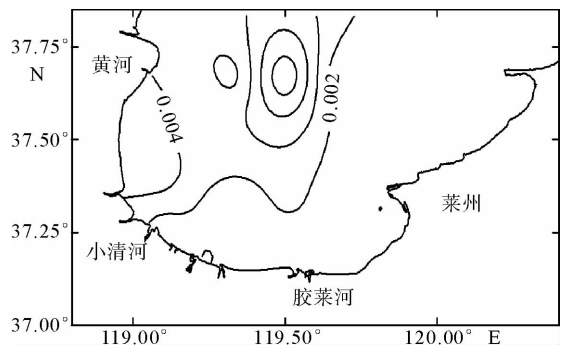


图5 2009年8月活性磷酸盐(mg/L)平面分布
Fig. 5 Horizontal distribution of phosphate in August, 2009

2.1.3 活性硅酸盐

5月,变化范围为0.218~0.976 mg/L,平均值为0.375 mg/L。平面分布变化趋势明显,西部海域高于东部海域,小清河口附近最高,并呈条状向外延伸含量逐渐降低(图6)。8月,变化范围为0.126~1.06 mg/L,平均值为0.579 mg/L,东营及湾口海域最低,小清河口东南海域出现最高区(图7)。

2.2 2006~2009年氮、磷、硅年际变化规律

5月无机氮含量基本呈逐年上升的趋势;8月无机氮含量呈先升后降的变化趋势,2007年含量最高。5月活性磷酸盐年际变化不显著,8月下降趋势明显。5月活性硅酸盐年际变化不显著,8月呈先升后降的变化趋势,2007年含量最高(图8、图9)。

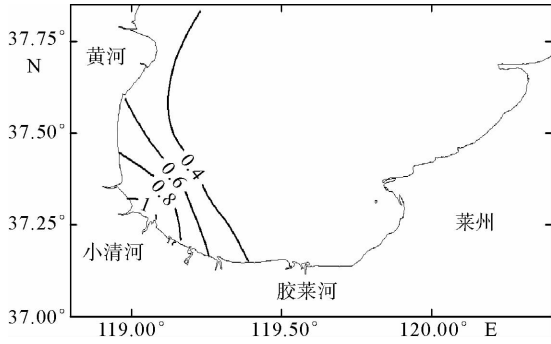


图 6 2009 年 5 月活性硅酸盐(mg/L)平面分布
Fig. 6 Horizontal distribution of silicate in May, 2009

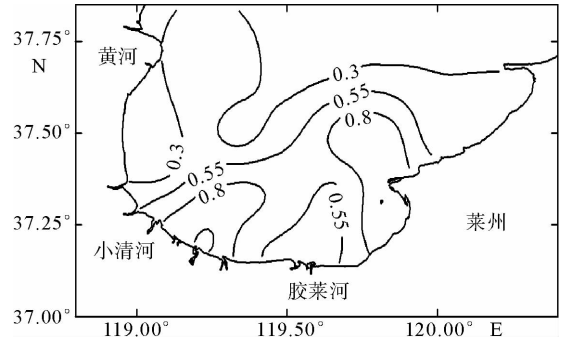


图 7 2009 年 8 月活性硅酸盐(mg/L)平面分布
Fig. 7 Horizontal distribution of silicate in August, 2009

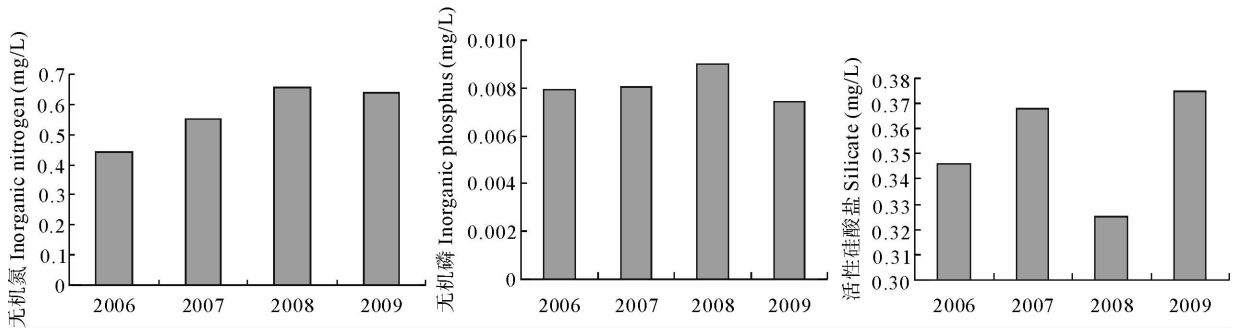


图 8 5 月营养盐年际变化
Fig. 8 Inter-annual variation of nutrients in Mays

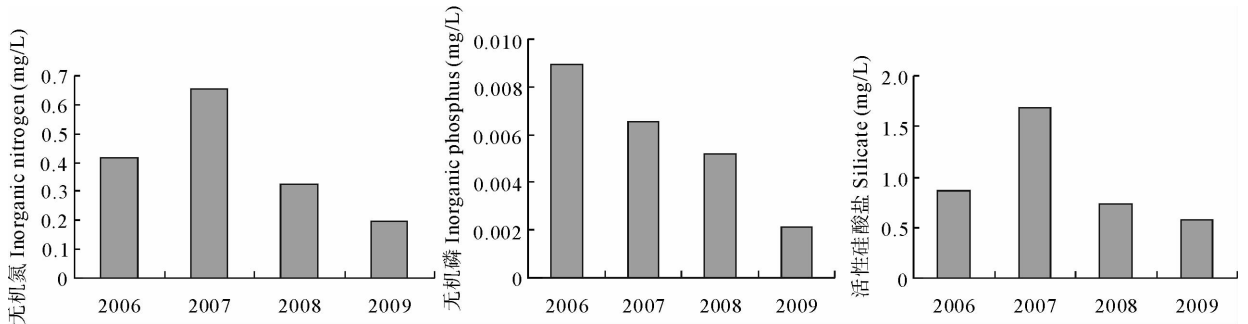


图 9 8 月营养盐年际变化
Fig. 9 Inter-annual variation of nutrients in Augusts

2.3 2006~2009 年 N/P、Si/P、Si/N 比值特征及成因分析

莱州湾海水中氮磷比值近 30 年总体呈升高趋势(表 1),最近 4 年升高尤为显著,正常 N/P 比为 16 : 1,近 30 年磷减少而氮增加特征明显。莱州湾海水中硅磷比值近 30 年总体呈升高趋势。硅氮比值近 30 年总体呈下降趋势。

造成氮磷比值不断升高的原因,一是陆源营养盐输入量的改变,农业大量使用氮肥(王修林等 2008),氮成为近几年陆源排污的第一污染物(国家海洋环境监测中心 2009);王修林等(2008)通过统计分析,发现 1979~2005 年间,陆源排放占渤海 DIN 排海总量的比例最大,高达 76%左右;二是浮游植物藻间竞争作用(康燕玉等 2006;Rhee 1974;Hecky *et al.* 1988)、浮游植物间的化感效应(彭喜春等 2007)等引起种类和优势种的改变,需磷浮游植物数量和种类受到限制,喜氮浮游植物大量繁殖。

由于磷含量的降低比率大于硅含量的降低比率,引起硅磷比值上升。同时由于磷含量的降低,浮游植物利用氮数量减少,引起剩余,水中氮含量逐渐升高,引起硅氮比值略有下降。

表1 1982、1992、2001、2006~2009年莱州湾海域N/P、Si/P、Si/N(摩尔比)
Table 1 N/P, Si/P, Si/N molar ratios in Laizhou Bay in 1982, 1992, 2001, 2006~2009

年 Year	N/P	Si/P	Si/N	备注 Note	年 Year	N/P	Si/P	Si/N	备注 Note
1982	4.1	25.4	6.1	5、8、10月表、底层平均值 (蒋红等 2005)	2007	185	167	0.811	5、8月表层平均值 (刘义豪等 2011)
1992	28.7	29	1.2	5、8、10月表、底层平均值 (蒋红等 2005)	2008	157	97	0.682	5、8月表层平均值 (刘义豪等 2011)
2001	69.5	34.2	1.38	5、9月表、底层平均值 (孙丕喜等 2006)	2009	199	178	0.875	5、8月表层平均值 (刘义豪等 2011)
2006	115	77.5	0.713	5、8月表层平均值 (刘义豪等 2011)					

3 结语

某种营养元素缺乏将限制生物的生长和繁殖,导致初级生产力水平下降;某一营养盐元素含量过高或营养结构失调可引起浮游植物种群结构变化或富营养化,影响整个生态系统,甚至引发赤潮、绿潮等极端生态现象(张辉等 2009;蒲新明等 2001;夏斌等 2009)。

分析结果表明,2009年莱州湾海域水质营养盐无机氮受小清河径流影响明显,西部海域显著高于东部海域,氮污染严重;磷、硅在5月受小清河径流影响明显。

年际变化显示莱州湾海域N/P比值逐渐增大,活性磷酸盐下降明显,净营养盐收支呈磷减少而氮增加的总体变化趋势,预计磷限制、氮污染趋势将继续扩大。

参 考 文 献

- 王修林,崔正国,李国强,韩秀荣,李雁宾,祝陈坚. 2008. 环渤海三省一市溶解态无机氮容量总量控制. 中国海洋大学学报(自然科学版), 38(4): 619~622, 626
- 孙丕喜,王波,张朝辉,王宗灵,夏滨. 2006. 莱州湾海水中营养盐分布与富营养化的关系. 海洋科学进展, 24(3): 329~335
- 纪大伟,杨建强,高振会,贾永刚. 2007. 莱州湾西部海域枯水期富营养化程度的初步研究. 海洋通报, 26(1): 78~81
- 张辉,石晓勇,张传松,王丽莎. 2009. 北黄海营养盐结构及限制作用时空分布特征分析. 中国海洋大学学报(自然科学版), 39(4): 773~780
- 苏一兵,雷坤,孟伟. 2003. 陆域活动对渤海海岸带的影响. 中国水利, (B03): 78~80
- 国家海洋环境监测中心. 2009. 陆源入海排污口对邻近海域生态环境的影响及监督监测
- 赵章元,孔令辉. 2000. 渤海海域环境现状及保护对策. 环境科学研究, 13(2): 23~27
- 郝彦菊,王宗灵,朱明远,李瑞香,孙丕喜,夏滨,陈立群. 2005. 莱州湾营养盐与浮游植物多样性调查与评价研究. 海洋科学进展, 23(2): 197~204
- 贾晓平,蔡文贵,林钦. 1997. 我国沿海水域的主要污染问题及其对海水增殖的影响. 中国水产科学, 4(4): 78~82
- 夏斌,马绍赛,崔毅,陈碧鹃,陈聚法,宋云利,毛玉泽,蒋增杰. 2009. 黄海绿潮(浒苔)暴发区温盐、溶解氧和营养盐的分布特征及其与绿潮发生的关系. 渔业科学进展, 30(5): 94~101
- 康燕玉,梁君荣,高亚辉,林荣澄,高华,邢小丽,马捷,骆巧琦. 2006. 氮、磷比对两种赤潮藻生长特性的影响及藻间竞争作用. 海洋学报, 28(5): 117~122
- 崔毅,马绍赛,李云平,邢红艳,王梅胜,幸福言,陈聚法,孙耀. 2003. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响. 海洋水产研究, 24(1): 35~41
- 蒋红,崔毅,陈碧鹃,陈聚法,宋云利. 2005. 渤海近20年来营养盐变化趋势研究. 海洋水产研究, 25(6): 61~67
- 彭喜春,杨维东,刘洁生. 2007. 赤潮期间藻类的化感效应. 海洋科学, 31(2): 84~88
- 蒲新明,吴玉霖,张永山. 2001. 长江口区浮游植物营养限制因子的研究II. 春季的营养限制情况. 海洋学报, 23(3): 57~65
- Rhee, G. Y. 1974. Phosphate uptake under nitrate limitation by *Scenedesmus* sp. and its ecological implications. J. Phycol. 10: 470~475
- Hecky, R. E., and Kilham, P. 1988. Nutrient limitation of phytoplankton in freshwater and marine environments; effect of enrichment. Limnology and Oceanography, 33(4): 796~822