

文章编号: 1008- 830X(2007)01- 0083- 04  
· 研究简报 ·

# 中国东海西闪岛水产养殖场水质变化分析

郑立东<sup>1</sup>, 郭远明<sup>2</sup>, 金彩杏<sup>2</sup>, 朱敬萍<sup>2</sup>, 丁跃平<sup>2</sup>

(1. 厦门大学海洋学系, 福建厦门 361004; 2. 浙江海洋学院海洋与渔业研究所,  
浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316000)

**摘要:** 根据 2004 年 5 月 10 日对西闪岛试验场 4 个养殖塘及进、排水口水体温度、盐度、pH、溶解氧、各种无机氮、磷酸盐、COD 等理化指标和大肠菌群、细菌总数等生物指标的测定结果分析养殖场水质变化。结果表明: 养殖场和进、排口水体温度、盐度变化不明显, pH 下降与养殖周期有关; 营养盐含量增加, 在不同养殖种类、养殖周期和养殖饲料系数变化不同; 受消毒杀菌等措施影响下细菌总数与大肠杆菌总数明显减小, 而养殖周期长的池塘, 细菌总数仍增加, 大肠杆菌总数减少幅度变小。

**关键词:** 水产养殖; 进水口; 排水口; 水质变化

中图分类号: X832

文献标识码: A

## Variation Characteristics of Water Quality in Aquaculture Ponds in Xishan Island of Eastern China Seas

ZHENG Li-dong<sup>1</sup>, GUO Yuan-ming<sup>2</sup>, JIN Cai-xing<sup>2</sup>, et al

(1. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005; 2. Marine and Fishery Institute of Zhejiang Ocean University, Marine Fisheries Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

**Abstract:** Based on the results of water quality (physical and chemical factors: water temperature, salinity, pH, DO, DIN, PO<sub>4</sub>-P, COD, and biomarker - indicated: total bacteria and Coliforms) determining from the 4 pools and infall, outfall of the Xishan Island aquaculture pond, the variation characteristics of water quality in infall, outfall of pond and its reasons were analysed and discussed.

**Key words:** aquaculture; infall; outfall; water quality variety

水产养殖的发展,是缓解水产品供需矛盾的主要途径之一,但其负面影响日益受到关注,尤其是对近岸生态环境的影响。迄今为止,国内外许多学者对水产养殖对环境造成的影响进行了研究<sup>[1-4]</sup>,水产养殖中产生的可引起污染的废物在质和量上的差异依赖于水产养殖系统类型和养殖种类,不同的水产养殖系统向环境中排放废物的种类和数量不尽相同。目前报道主要集中于养殖水体在养殖过程中水质变化的研究,而少有根据进水、排水分析养殖水质变化的研究。鉴于以上原因,笔者拟根据浙江省海洋水产研究所西闪试验场养殖塘进排水口以及养殖塘水质变化的实测数据,分析养殖场进排水口、水质的变化特征和规律,探讨养殖过程对水质的影响,以期对水产养殖可持续发展提供参考依据。

### 1 材料、方法及评价

#### 1.1 样品采集

收稿日期: 2006- 10- 18

样品于 2004 年 5 月 10 日采自浙江省海洋水产研究所西闪试验场的 2 号、3 号、7 号和 8 号塘及进、排水口,采集表层水样。水样的采集、贮存、运输和预处理均按 GB 17378.3-1998<sup>[9]</sup>规定执行。试验场养殖塘基本情况见表 1。

表 1 西闪试验场养殖塘基本情况

Tab.1 Basic conditions of aquaculture ponds in the Xishan Island

养殖塘编号	养殖总水面 积/hm <sup>2</sup>	养殖总产量 /t	养殖种类	养殖周期	养殖用水量 /10t·hm <sup>2</sup>	饲料系数	饲料蛋白 含量
2 号	0.7	2.5	黑鲷苗	1 a	1.5	15%	鲜活饲料
3 号	0.7	1.25	梭子蟹	110 d	1.5	4%	鲜活饲料
7 号	1.6	2.5	梭子蟹	110 d	1.5	5%	鲜活饲料
8 号	3.53	4	梭子蟹	110 d	1.5	4%	鲜活饲料

西闪试验场所在的西闪岛,位于 122°10' E, 29°55' N,处于近岸区和外海区的交界线上,主要受沿岸流控制,亦受台湾暖流余脉的影响。该海域透明度常年偏高(>0.5 m),温度、盐度、溶解氧和 pH 等因子在海域和虾塘中的变化趋势基本一致<sup>[9]</sup>。

### 1.2 测定项目、方法和评价标准

水质测定项目包括温度、盐度、pH、溶解氧、营养盐(硝酸氮、亚硝酸氮、氨氮、非离子氨、磷酸盐),化学需氧量(COD)等理化指标及大肠菌群、细菌总数等生物指标。

所有项目的测定均按 GB 17378.4-1998 进行。无机氮和非离子氨的结果通过计算得到。

### 1.3 评价标准

评价标准为渔业水质标准(GB 11607-1989)和海水水质标准(GB 3097-1997),采用单项指标判别法和综合评价法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 水质监测结果

西闪试验场各采样点的水质测定结果见表 2。

### 2.2 分析与讨论

#### 2.2.1 水温、盐度、pH 和溶解氧

表 2 西闪试验场采样点水质测定结果

Tab.2 The water quality from Xishan Island sampling points

项目	进水口	2 号塘	3 号塘	7 号塘	8 号塘	排水口
水温/	21.0	19.5	21.0	20.0	19.0	20.0
盐度	27.9	28.1	28.0	28.1	28.3	28.2
pH	8.23	7.83	8.33	8.08	8.19	8.21
溶解氧/mg·L <sup>-1</sup>	8.63	9.14	8.65	8.65	8.55	8.43
活性磷酸盐/mg·L <sup>-1</sup>	0.022	0.107	0.027	0.030	0.014	0.009
亚硝酸氮/mg·L <sup>-1</sup>	0.007	0.038	0.010	0.024	0.015	0.014
氨氮/mg·L <sup>-1</sup>	0.067	0.16	0.086	0.024	0.016	0.011
硝酸氮/mg·L <sup>-1</sup>	0.279	0.412	0.355	0.448	0.281	0.262
非离子氨/mg·L <sup>-1</sup>	0.003 8	0.003 3	0.006 0	0.000 9	0.000 7	0.000 5
无机氮/mg·L <sup>-1</sup>	0.375	0.717	0.478	0.526	0.326	0.296
COD/mg·L <sup>-1</sup>	0.80	1.24	0.92	0.93	1.08	1.72
细菌总数/个·mL <sup>-1</sup>	15 000	27 000	15 000	3 800	5 100	2 000
大肠菌群/个·L <sup>-1</sup>	430	280	<30	20	<20	<20

排水口温度相对于进水口变化仅为 1.0, 盐度变化幅度也仅为 0.4。温度、盐度变化不明显。pH 是海水化学性质的一个综合指标,它与养殖对象的代谢及浮游生物等生长繁殖密切相关。一般认为,在养殖中后期 pH 较低<sup>[7]</sup>。监测结果表明:养殖场和排水口相对于进水口 pH 为下降趋势,2号塘 pH 最低。这与 2号塘养殖周期长有关。

溶解氧变化范围符合渔业水质标准要求(>5.0mg/L),溶解氧均维持在饱和状态。溶解氧最大出现在 2号塘。溶解氧饱和状态与养殖塘用增氧设备提高溶解氧含量有关,因而未出现由于高密度养殖而导致溶解氧下降<sup>[8]</sup>。

### 2.2.2 营养盐

养殖场和进、排水口无机氮变化如图 1 所示。

无机氮含量为硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮三者之和。有研究表明:以施肥、投饵为主的人工养殖水体中,氮的增加以饵料和肥料为主,在一般养殖中,饵料占总氮的 70%~90%,肥料为氮总输入的 10%~20%<sup>[9]</sup>。测定结果表明,各采样点水体无机氮含量很高,均超过第二类海水水质标准 GB 3097-1997(<0.3 mg/L),最高值出现在 2号塘,超过第四类海水标准(<0.5 mg/L)。无机氮的含量上升趋势明显。硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮,最高都出现在 2号塘。这与 2号塘和其他各塘的养殖种类,养殖周期和养殖饲料系数有一定关系。在养殖周期长,饲料系数高的鱼养殖塘比梭子蟹养殖塘无机氮增加表现更明显。

由各氮变化结果分析表明:硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮变化一致,而且在无机氮各种形式中硝酸盐的含量最大,表明硝酸氮是无机氮的主要存在形式,三氮之间的相互转化趋于热力学平衡的趋势,没有出现以氨氮为主的情况<sup>[9]</sup>,可能是水中充足的溶解氧下水体氧化环境中氨氮氧化为硝酸氮。

非离子氨对养殖生物有一定的毒性作用。非离子氨变化范围符合渔业水质标准要求(0.02 mg/L)。非离子氨变化有减小的趋势,与氨氮变化一致,这与氨氮含量变化下降有关,可能还与养殖水体中 pH 下降有关。

在以投饵为主的人为养殖模式下,水体中活性磷酸盐的主要来源是饵料、肥料及引水过程中带来的磷<sup>[9]</sup>,其中引水过程中引入的清洁水与养殖水体混合,使得养殖水体中磷被稀释后相对于沉积物中磷的浓度较低,沉积物的释磷量增加,使磷含量维持在高水平<sup>[12]</sup>。测定结果表明:活性磷酸盐除 2号塘,各采样点水体含量符合二类海水水质(<0.03 mg/L),变化趋势与无机氮变化相似。这与方志山等<sup>[10]</sup>的结果一致。磷酸盐最高值出现在 2号塘,这与 2号塘养殖周期长,底质沉淀物在一定条件下释放磷有关。排水口磷含量最低与水交换稀释,而没有沉淀物磷释放补充有关。

### 2.2.3 化学耗氧量(COD)

化学耗氧量(COD)作为反映水体有机污染程度的重要指标,COD 含量与硝酸盐的含量显现显著的正相关<sup>[12]</sup>。各采样点水体含量均符合海水一类水质的要求(COD < 2 mg/L)。进、排水口的 COD 变化幅度大,排水口区比进水口升高了 1 倍。养殖场 COD 相对于进水口有不同程度的增加,结果与舒廷飞等<sup>[12]</sup>的研究结果一致。其中 2号塘增加最多,除与 2号塘无机氮含量高相关外,可能与其养殖周期长,饲料系数高有关,因为饲料残饵和生物排泄物的积累,会造成有机物含量升高。

### 2.2.4 水体富营养化程度分析

利用营养指数法计算水体的富营养化程度指数。营养指数法计算公式为

$$E = \text{COD}(\text{mg/L}) \times \text{无机氮}(\text{mg/L}) \times \text{无机磷}(\text{mg/L}) \times 10^6 / 4500$$

当 E > 1 时,即为富营养化。进排水口和 2、3、7、8号塘采样点 E 值分别为 1.4、1.0、18.2、5.3、1.1、1.0。结果表明,研究水体均为富营养化状态,富营养化程度指数都有不同程度地增大。最大值出现在 2号养殖塘(18.0),富营养化程度最为严重。养殖过程使得水体富营养化现象更为严重,尤其是养殖周期长,饲料系数

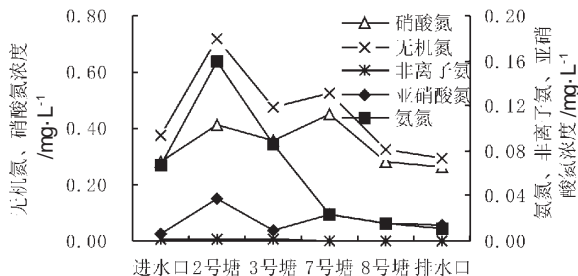


图 1 养殖场和进、排水口无机氮变化图  
Fig.1 Variation of the DIN from aquaculture pools, infall and outfall

高的鱼类养殖塘。

### 2.2.5 细菌总数和大肠菌群

养殖场和进、排水口细菌总数与大肠菌群变化如图 2。

一般而言,养殖水体中,养殖前期异养菌数量较低,中后期异养菌数量的增长幅度会高于对照池<sup>[13]</sup>,而曲克明等发现进水口的异养菌总数均比试验池水体中异养菌总数高<sup>[14]</sup>。西闪岛养殖场监测结果表明:相对于进口水体,各采样点细菌总数变化主要呈减少趋势,细菌总数变化结果与曲克明等的结果一致,且在各养殖塘之间有较大波动也一致,原因与养殖塘为减少养殖生物发病率,投放了消毒剂等化学药剂杀菌消毒,使得细菌总数减少。2号养殖塘细菌总数最高,超过进口水体,与该塘养殖周期长有关。所以,养殖过程可以促使细菌大量地繁殖,人为因素可以降低细菌总数,养殖过程对细菌总数影响很大。

各采样点水体大肠菌群数变化范围在 N.D~430 个/L,符合海水养殖用水水质 NY 5052-2001(5000)。相对于进口水体,各采样点大肠菌群数量变化也呈明显的减小趋势,2号塘大肠菌群数相对较高,与细菌总数变化一致。养殖过程中,水体水质变化不仅受水体中的各种生物理化反应的影响,还受人为因素影响,有时人为因素起决定性作用。

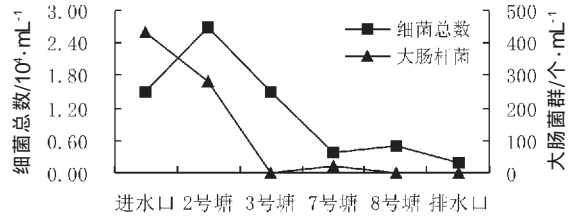


图 2 养殖场进、排水口细菌总数、大肠菌群变化图

Fig.2 Variation of the total number of bacteria, coliforms group in water from aquaculture pools, infall and outfall

## 3 小结

由以上分析结果可知:

(1) 养殖过程不会对温度、盐度等造成明显地影响。养殖场 pH 呈下降趋势,下降幅度最大出现在养殖周期较长,养殖饲料系数较高的养殖塘。养殖周期长对 pH 影响较大。

(2) 各养殖塘的营养盐升高,2号塘最明显,与养殖种类,养殖周期和养殖饲料系数有一定的关系。养殖过程对水体 COD 也有不同程度的增加,与无机氮具有正相关性。根据营养指数计算结果,表明西闪岛附近水体呈富营养状态,养殖过程一定范围内加剧了富营养状态。

(3) 养殖过程细菌总数与大肠杆菌总数在消毒杀菌等措施下养殖塘数量急剧下降,出水口小于进水口。说明养殖场生物因子除了受生物理化作用控制外,还受人为因素影响,有时人为因素起决定性作用。

## 参考文献:

- [1] 李庆彪. 养殖渔业生态系的特点、问题和解决途径[J]. 海洋科学, 1994, 21(5): 15- 17.
- [2] 韩家波, 木云雷, 王丽梅. 海水养殖与近海水域污染研究进展[J]. 水产科学, 1999, 18(4): 40- 43.
- [3] 舒廷飞, 罗琳, 温琰茂. 水产养殖对近海生态环境的影响[J]. 海洋环境科学, 2002, 21(3): 74- 79.
- [4] 董万平, 韦蔓新, 何本茂. 对虾封闭式工厂化养殖水环境要素的变化特征及其相互关系[J]. 台湾海峡, 2004, 23(1): 19- 23.
- [5] GB 17378.4- 1998 海洋监测规范[S].
- [6] 薛俊增, 蔡如星. 舟山虾塘纹藤壶生态及生物学研究[J]. 应用生态报, 1995, 6 (增): 119- 123.
- [7] 陈剑锋, 赖廷和, 董万平. 南美白对虾工厂化养殖水体值的变化特征[J]. 水产科学, 2006, 25(9): 456- 458.
- [8] 舒廷飞, 温琰茂, 汤叶涛. 养殖水环境中氮的循环与平衡[J]. 水产科学, 2002, 21(3): 30- 34.
- [9] 贾后磊, 舒廷飞, 温琰茂. 养殖水环境中磷的循环与平衡[J]. 水利渔业, 2002, 22(1): 37- 39.
- [10] 方志山, 杨圣云, 江惠琼, 等. 漳浦前亭两个综合养殖虾池环境因子的变化及其养殖效益的对比研究[J]. 台湾海峡, 2002, 21(4): 483- 488.
- [11] 何本茂, 董万平, 韦蔓新. 不同模式对虾养殖水体中硝酸盐和亚硝酸盐的变化特征及其影响因素[J]. 广西科学, 2005, 12(1): 76- 79.
- [12] 舒廷飞, 温琰茂, 贾后磊. 哑铃湾网箱养殖对水环境的影响[J]. 环境科学, 2004, 24(5): 97- 101.
- [13] 李秋芬, 曲克明, 陈碧鹃, 等. 老化虾池生态系中几类主要细菌的季节变化特征[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 12- 18.
- [14] 曲克明, 李秋芬, 陈碧鹃, 等. 对虾养殖生态环境的人工调控及其特征[J]. 黄渤海海洋, 2000, 18(3): 1- 6.