江苏如东紫菜增养殖区水环境质量评价

殷小琴，张静波，李冰

（江苏省南通市海洋环境监测预报中心　南通　226006）

摘要：文章对 2016 年江苏省如东紫菜增养殖区的水质监测数据进行了分析评价，并结合 2014 年和 2015 年的监测数据，将 3 年的监测结果进行比较，结果表明：如东紫菜增养殖区的水温、盐度和 pH 值适合紫菜生长，虽然近 3 年均有所变化，但仍有利于紫菜养殖；化学需氧量、溶解氧、无机氮、石油类均符合一类海水水质标准，且年际变化较小；重金属含量均符合一类海水水质标准。但石油类、砷含量正逐年增加，海水中活性磷酸盐含量超出一类海水标准，有机污染指数表明水质开始受到污染状态，应引起重视。

关键词：如东紫菜增养殖区；海水；环境质量评价

中图分类号：P7　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005－9857(2017)07－0085－04

Seawater Environment Quality Assessment of the Porphyra Culture Area at Rudong, Jiangsu Province

YIN Xiaoqin, ZHANG Jingbo, LI Bing

(Nantong Marine Environment Monitoring and Prediction Center, Nantong 226006, China)

Abstract: Based on the monitoring data of porphyra culture area of Rudong in 2016, this paper carried on a systematical analysis and evaluation. Combined with the monitoring data in 2014 and 2015, the three-year-monitoring results were compared. The results showed that the water temperature, salinity and pH of porphyra culture area at Rudong are suitable for the growth of porphyra, although the data of three years varied, the environment is still good for laver cultivation. The DOC, DO, DIN and petroleum oil reached seawater standard grade Ⅰ, and the annual variation was small. The heavy metal contents reached seawater standard grade Ⅰ, while the contents of petroleum oil and As had shown an increasing tendency. The content of PO_4－P exceeded the seawater standard grade Ⅰ, and the organic pollution index showed that the water in porphyra culture area was beginning to be polluted, which should be paid attention to.

Key words: Porphyra culture area of Rudong, Seawater, Environment quality assessment

如东滩涂养殖区位于江苏省东南部，长江三角洲北翼，拥有 106 km 的海岸线，6.93 万 hm^2 的潮间

收稿日期：2017-01-10；**修订日期：**2017-06-01

作者简介：殷小琴，工程师，研究方向为海洋环境监测预报

带滩涂，良好的自然地理优势使紫菜产业成为当地传统产业、优势产业[1]。近年来，随着海岸带经济和养殖业的快速发展，大量的陆源入海污染物、过度的捕捞养殖以及涉渔工程等不利因素的影响，导致了增养殖区的环境发生了很大变化，贝类死亡和紫菜烂菜减产等现象时有发生，给当地渔业经济造成巨大损失[2-5]。因此，客观、准确地进行增养殖区内水环境质量评价已成为改善、治理养殖区污染问题的重要措施之一。本研究对 2016 年如东紫菜增养殖区的水环境调查结果进行了分析评价，旨在掌握当地水环境现状及其变化趋势，为水产养殖健康可持续发展及海洋环境保护提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集和处理

2016 年在如东紫菜增养殖区共布设 7 个采样站位，分别于 3 月、4 月、5 月和 10 月对水环境各项目进行采样监测，监测项目的采样和处理方法均依据《海洋调查规范》[6]和《海水增养殖区监测技术规程》[7]进行。

1.2 监测项目与测定方法

水质监测项目为：pH、盐度、水温、化学需氧量(COD)，溶解氧(DO)、无机氮(NO_2-N、NO_3-N NH_4-N)、活性磷酸盐(PO_4-P)、石油类、总汞、砷、铜、铅、镉共计 15 项，分析方法按照《海洋监测规范》[8]进行。

2 环境质量评价方法

本研究采用单因子污染指数法和综合评价指数法相结合的方法，对紫菜养殖区海水进行综合评价；采用有机污染评价指数法和富营养状况综合指数法，对海水的有机污染状况和富营养水平进行评价。

2.1 单因子污染指数法和综合评价指数法[9]

根据海水增养殖区监测技术规程，海水增养殖区水质评价采用一类海水水质标准。单因子污染指数法是一种较为简单的评价方法，计算公式为：

$$P_i = C_i / S_i$$

式中：P_i 为单项污染指数；C_i 为单项实测值；S_i 为单项评价标准值。

综合污染指数法计算公式：

$$P = 1/n \sum P_i$$

式中：n 为污染指标总数。

2.2 营养盐评价方法

水环境营养化状况评价采用有机污染指数(A 值)和海水营养化指数(E 值)评价相结合的方法[10]。

有机污染指数采用下列公式计算：

$$A = COD_i/COD_s + DIN_i/DIN_s + (PO_4-P)_i/(PO_4-P)_s - DO_i/DO_s$$

式中：A 为有机污染指数；COD_i、DIN_i、$(PO_4-P)_i$、DO_i 为实测值；COD_s、DIN_s、$(PO_4-P)_s$、DO_s 为相应因子的标准值，本研究采用第一类海水水质标准($mg \cdot L^{-1}$)。有机污染指数 $A<1$，水质清洁；A 为 1～2，水质开始受到污染；A 为 2～3，水质属轻污染；A 为 3～4，水质属中污染；$A>4$，水质属重污染 。

富营养化状态采用富营养化指数法进行评价，采用下列公式计算：

$$E = C_{COD} \times C_{DIN} \times C_{PO_4-P} \times 10^6 / 4500$$

式中：E 为海水营养化指数；C_{COD}、C_{DIN}、C_{PO_4-P} 分别为 COD、DIN 、PO_4-P 的实测浓度($mg \cdot L^{-1}$)；一般当 $E \geqslant 1$ 可视为富营养化，$E<1$ 视为贫营养化，E 值越大富营养化程度越高。

3 结果与讨论

3.1 监测结果

对如东紫菜增养殖区水质各项监测要素分别求平均值，结果及其波动范围值如表 1 所示。

表 1 如东紫菜增养殖区连续 3 年监测结果

监测项目	2014 年	2015 年	2016 年
水温/℃	18.04(16.94～19.48)	20.5(17.39～25.2)	21.4(17.5～25.1)
pH	7.90(7.85～7.96)	7.95(7.86～8.02)	7.93(7.85～8.02)

续表

监测项目	2014 年	2015 年	2016 年
盐度	28.91(28.50～29.43)	32.66(31.86～34.54)	30.61(26.36～33.01)
化学需养量/(mg·L^{-1})	0.65(0.56～0.76)	0.72(0.32～0.87)	0.65(0.46～0.84)
溶解氧/(mg·L^{-1})	6.75(5.89～7.39)	7.76(6.83～8.78)	7.26(5.87～8.01)
无机氮/(mg·L^{-1})	0.192(0.159～0.238)	0.178(0.071～0.448)	0.108(0.066～0.196)
活性磷酸盐/(mg·L^{-1})	0.024(0.020～0.030)	0.035(0.019～0.083)	0.023(0.015～0.029)
石油类/(mg·L^{-1})	0.014(0.005～0.042)	0.018(0.007～0.035)	0.026(0.007～0.045)
砷/(μg·L^{-1})	0.802(0.20～1.10)	0.824(0.560～1.20)	0.882(0.045～1.17)
铜/(μg·L^{-1})	1.51(0.257～3.30)	1.64(0.83～3.05)	1.14(0.33～3.64)
铅/(μg·L^{-1})	1.16(0.332～2.54)	0.601(0.240～1.40)	0.261(0.058～0.59)
镉/(μg·L^{-1})	0.171(0.059～0.729)	0.098(0.029～0.270)	0.103(0.029～0.274)

3.2　水温、盐度与 pH

水质各要素的监测结果显示，2016 年全年水温平均值为 21.4℃，pH 均值为 7.93，盐度均值 30.61。一般来说，水温不超过 20℃、pH 在 7.8～8.5 之间比较适合紫菜生长，盐度会间接影响生物的生物代谢和渗透压等，因此盐度不能过高或过低，需要保持稳定[11-13]。近 3 年来，如东紫菜增养殖区水温逐渐升高，盐度变化较明显，pH 保持相对稳定，基本都处在适合紫菜生长的范围内。

3.3　单因子污染评价及综合评价

单项因子污染评价以《海水水质标准》[14]中的一类水质标准为单项指标标准值，将各监测因子代入 2.1 的公式中对海水主要污染因子进行评价，计算结果见表 2。结果表明，如东紫菜增养殖区水质的主要污染因子单项污染指数范围为 0.04～－1.53，综合评价指数为 0.45，总体水质清洁。主要污染物为：活性磷酸盐、溶解氧、无机氮、石油类、化学需养量，从各种污染因子的污染情况来看，活性磷酸盐污染情况处于中度污染水平，单项污染指数变化范围为 1.00～1.93，均值达到 1.53，是影响紫菜增养殖区海水质量的主要环境因子；溶解氧是影响增养殖区海水质量仅次于活性磷酸盐的因子，其单项污染指数变化范围为 0.75～1.02，均值为 0.83，属于轻度污染；无机氮也是影响养殖区海水质量的因素之一，其单项污染指数变化范围为 0.33～0.98，均值为 0.54，属于较清洁。

2016 年如东紫菜增养殖区的总汞、砷、铜、铅、镉的均值分别为 0.031 μg/L、0.882 μg/L、1.140 μg/L、0.261 μg/L、0.103 μg/L，各重金属的单项质量指数变化范围为 0.04～0.26，综合评价指数为 0.16，均符合一类海水水质标准。

根据 3 年监测数据比较，如东紫菜增养殖区溶解氧、化学需氧量变化较小，石油类含量逐年升高，增幅为 85.7%，无机氮含量逐年下降，降幅为 77.8%，活性磷酸盐含量则有增有减，2015 年超出二类海水标准；砷含量逐年增加，增幅为 9.98%；铅含量有所下降，降幅为 77.5%；铜、镉含量则有增有减，总体变化为下降趋势。

表 2　2016 年如东紫菜增养殖区水质监测结果统计

监测项目	年均值	一类水质标准	污染指数
水温/℃	21.4	—	—
pH	7.93	—	—
盐度	30.61	—	—
化学需养量/(mg·L^{-1})	0.65	2.00	0.32
溶解氧/(mg·L^{-1})	7.26	6.00	0.83
无机氮/(mg·L^{-1})	0.108	0.20	0.54
活性磷酸盐/(mg·L^{-1})	0.023	0.015	1.53
石油类/(mg·L^{-1})	0.026	0.05	0.52
总汞/(μg·L^{-1})	0.031	0.20	0.16
砷/(μg·L^{-1})	0.882	20.00	0.04
铜/(μg·L^{-1})	1.140	5.00	0.23
铅/(μg·L^{-1})	0.261	1.00	0.26
镉/(μg·L^{-1})	0.103	1.00	0.10

3.4 海水有机污染评价

将 3 年来的监测数据分别代入 2.2 计算公式，得出 A 值、E 值计算结果(表 3)。

表 3 2016 年如东紫菜增养殖区 A 值和 E 值

监测年份	A 值	E 值
2014	1.76	0.67
2015	2.29	1.00
2016	1.19	0.36

结果表明，2016 年如东紫菜增养殖区有机污染指数平均值为 1.19，表示水质开始受到污染；富营养化指数 E 值为 0.36，表明海水质量良好，未出现富营养化。

分析 3 年数据，如东紫菜增养殖区水质有机污染指数 A 值均在 1～2 之间，水质开始受到污染，但趋势向好；富营养化指数 2015 年出现富营养化，其余两年均小于 1，表明水质总体呈良好状态。

4 结论

(1)如东紫菜增养殖区有适合紫菜生长的水温、稳定的盐度和 pH 值，虽然近 3 年均有所变化，但仍有利于紫菜养殖；化学需氧量、溶解氧、无机氮、石油类均符合一类海水水质标准，且年际变化较小，不会对海水养殖产生较大影响。

(2)重金属含量均符合一类海水水质标准，但石油类、砷含量正逐年增加，海水中活性磷酸盐含量超出一类海水标准，有机污染指数表明水质开始受到污染状态，应引起重视。

参考文献

[1] 南都.如东探索紫菜业发展新途径[N].中国渔业报，2014－09－08(B04).

[2] 季建林.南通沿海开发若干问题研究[J].江海纵横，2009(5)：4－8.

[3] 张卫兵，王成钢，周颖，等.南通沿海贝类重金属含量分析[J].中国公共卫生，2003，19(12)：1490－1491.

[4] 张博，郑青松，赵耕毛，等.基于 GIS 和地统计学的滩涂增养殖区沉积物重金属污染评价[J].海洋环境科学，2011，30(3)：376－379.

[5] 黄强，季寅星.南通市重点增养殖区水质评价及因子分析[J].江苏农业科学，2016，44(2)：356－359.

[6] 国家海洋局第一研究所，国家海洋局第二研究所等.海洋调查规范：GB/T12763—2007[S].2007.

[7] 国家海洋局.海水增养殖区监测技术规程[Z].2002.

[8] 国家海洋环境监测中心.海洋监测规范：GB17378—2007[S].2007.

[9] 孙涛，张妙仙，李苗苗，等.基于对应分析法和综合污染指数法的水质评价[J].环境科学与技术，2014，37(4)：185－190.

[10] 简慧兰，陶建军，张健夫.南通市近岸海域水环境质量评价[J].海洋渔业，2006，28(4)：342－345.

[11] 商兆堂，蒋名淑，濮梅娟.江苏紫菜养殖概况和气候适宜性分析[J].安徽农业科学，2008，36(13)：5315－5319.

[12] 陈松春，王行松.紫菜养殖与气象条件的关系[J].南方农业，2012，6(8)：37－38.

[13] 倪建忠，杨正兵，许晨旭，等.条斑紫菜浅海翻板式养殖试验[J].科学养鱼，2016，11(29)：45－46.

[14] 国家海洋局第三研究所，青岛海洋大学.海水水质标准：GB3097—1997[S].1998.