

应用多元回归法研究赤潮特征有机物与赤潮关系^{*}

赵明桥, 李攻科, 张展霞

(中山大学化学与化学工程学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 以海水中赤潮特征有机物的含量作为自变量, 赤潮生物密度作为因变量, 应用多元回归分析法, 对样品进行了回归分析, 根据样品的回归预测值, 可为探索赤潮预报提供参考。

关键词: 特征有机物; 多元回归分析; 赤潮; 预报

中图分类号: X55 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 01-0035-05

赤潮的形成与发展是生态系统内多种环境因子综合作用的结果。国内外学者在进行赤潮与环境因子关系的研究中, 多把水温、盐度、溶解氧和 pH 与赤潮的关系作为其研究的重点。Quchi^[1] 以水温、盐度等作为自变量, 赤潮生物密度作因变量, 应用多元回归分析法研究了广岛湾 1979 年 8 月赤潮模型。黄良民等^[2] 以叶绿素 a (chl a) 代替赤潮生物密度, 应用多元回归模式分析了大鹏湾盐田海域 1990 年 3 月至 1991 年 8 月叶绿素 a 含量同环境因子的关系, 结果表明, 影响大鹏湾盐田海域叶绿素 a 的主要因子有铁、COD 和盐度。洪君超等^[3] 根据生长速度方程, 以赤潮生物密度的对数作为因变量, 应用二元线性回归法分析了长江口嵊山水域骨条藻与 DO、DIN、PO₄、SiO₃、Fe、Mn 等营养因子和微量元素的二元相关模式, 发现赤潮生物密度与这些参数有较好的相关性。林永水等^[4] 以多元回归分析法研究了大鹏湾盐田水域小等刺硅藻与环境因子、无机营养成分、微量元素的关系, 结果表明, 小等刺硅藻与温度、总氮质量浓度、盐度等呈显著相关性, 其中化学耗氧量是小等刺硅藻形成赤潮的主要环境理化因子。本文以海水中赤潮特征有机物的质量浓度作为自变量^[5], 赤潮生物密度作因变量, 应用多元回归分析方法对样品进行了回归分析, 根据样品的回归预测值, 可半定量地预报赤潮的发生及其发展趋势。

1 实验部分

1.1 样 品

以 1998 年 3—5 月南海珠江口赤潮海水样品 (样品号 1—12)、南海珠江口 1999 年 3—6 月非赤

潮海水样品 (样品号 15—62 中有生物密度数据部分) 作为建立赤潮预报模型样品, 1999 年南海珠江口其他非赤潮海水 (无生物密度数据部分) 作为模型检验样品, 进行赤潮 (生物量) 的预测。

1.2 分析方法

选取用角鲨烯 (SQU)、雪松醇 (CED)、2,6-二特丁基-对苯二醌 (PBQ)、4-甲基-2,6-二特丁基苯酚 (BHT)、3-*t*-丁基-4-羟基茴香醚 (BHA)、邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP)、邻苯二甲酸二正丁酯 (DNBP) 作为赤潮特征有机物^[5], 采用固相微萃取—气相色谱—质谱联用法 (SPME—GC—MS)^[6] 测定海水样品中的这些特征有机物的质量浓度。

2 数据处理

2.1 多元回归分析原理

对于变量数为 m 的 n 次测定, 其因变量可表示为:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + \cdots + b_m x_{im} + e_i \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad (1)$$

其中, e_i 为残差或剩余。令 y_i' 为 y_i 的估计值, 即

$$y_i' = b_0 + b_1 x_{i1} + \cdots + b_m x_{im} \quad (2)$$

则

$$e_i = y_i - y_i'$$

式 (2) 亦称为预报方程。和一元回归分析完全类同, b_i 的估计值可以用最小二乘法得到, 即选取 b_i , 使残差 e_i 的平方和为最小, 通过解 m 个变量的联立方程组可求出 $b_1, b_2, \cdots, b_m$ 。

为衡量回归效果需计算以下 4 个变量:

$$\text{回归平方和} \quad U = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3)$$

* 收稿日期: 2002—09—02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (29977029)

作者简介: 赵明桥 (1966 年生) 男, 博士, 通讯联系人, 李攻科, E-mail: cesgkl@zsu.edu.cn

残差平方和
$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i' - y_i) \tag{4}$$

U 和 Q 越小, 表明拟合度越高。

统计量
$$F = \left(\frac{U}{m} \right) \bigg/ \left(\frac{Q}{n-m-1} \right) \tag{5}$$

要求 F 大于临界 F_{α} 。

复相关系数
$$R = \sqrt{\frac{mF}{(n-m-1) + mF}} \tag{6}$$

R 越大, 表明回归效果越好。

2.2 数据处理

在发生赤潮时, 海水中特征有机物较赤潮前一般增加 2~6 倍, 而赤潮微生物增加倍数达 $10^2 \sim 10^4$ 倍, 两者的变化无线性关系。根据统计学原理, 必须将原始数据进行转换后才能作回归分析。

分析特征有机物和赤潮微生物在赤潮前后的变化倍数规律, 结合赤潮微生物在自然状态下的生

长, 根据生长模型

$$BD = \exp(b_0 + b_1x_1 + \cdots + b_nx_n) \tag{7}$$

在本研究中 BD 为赤潮生物量, $x_1, x_2, \cdots, x_n$ 为海水特征有机物质量浓度, b_i 为待定系数。对 BD 取自然对数处理后, 模型变为:

$$\ln(BD) = b_0 + b_1x_1 + \cdots + b_nx_n \tag{8}$$

然后, 对 $\ln(BD)$ 和 x_i 作线性回归分析。

3 结果分析

3.1 回归方程

以海水中赤潮特征有机物质量浓度作自变量, 赤潮生物密度的自然对数作因变量 (见表 1) 进行多元线性回归分析, 回归参数 B : SQU 为 -0.443, CED 为 -2.389, PBQ 为 -1.134, BHT 为 -0.067, BHA 为 0.220 4, DIBP 为 0.921 9, DNBP 为 0.078 4;

表 1 赤潮特征有机物质量浓度及赤潮生物密度

Tab 1 The concentration of characteristic organic compound and cell density in red tide seawater

样品号	SQU	CED	PBQ	BHT	BHA	DIBP	DNBP	ln(BD)	样品号	SQU	CED	PBQ	BHT	BHA	DIBP	DNBP	ln(BD)
1	0.76	1.52	1.64	5.16	9.54	4.67	22.39	16.36	32	1.28	0.26	2.63	1.61	4.75	0.37	0.23	
2	0.84	1.56	1.79	5.39	9.08	4.14	23.59	16.10	33	1.23	0.24	3.13	1.19	5.49	0.39	0.25	
3	0.61	1.83	1.24	5.21	10.46	4.32	21.96	16.31	34	1.25	0.21	2.56	1.15	4.39	0.33	0.26	
4	1.00	1.61	1.06	7.92	21.52	3.60	16.35	17.57	35	1.49	0.26	2.44	1.37	3.90	0.32	0.24	
5	0.85	1.78	1.73	8.50	22.44	3.70	14.87	16.62	36	1.38	0.23	1.98	1.20	3.86	0.31	0.22	
6	0.96	3.01	0.19	7.15	18.17	5.25	19.42	16.37	37	0.80	0.21	2.89	1.58	3.80	0.30	0.30	
7	0.48	1.73	0.71	6.04	14.87	3.75	12.70	16.20	38	1.30	0.26	2.63	1.66	3.86	0.36	0.26	
8	0.53	1.05	0.98	4.29	10.27	2.60	10.75	15.66	39	1.12	0.35	2.25	2.06	6.90	0.48	0.43	
9	0.52	1.01	0.89	3.72	8.38	2.84	16.65	15.91	40	1.29	0.34	2.37	1.98	6.96	0.54	0.42	
10	0.53	1.58	0.80	6.54	10.56	2.95	10.25	15.69	41	1.31	0.34	2.54	1.81	7.75	0.55	0.56	
11	0.45	1.41	1.25	6.43	13.78	3.37	13.89	16.34	42	1.59	0.29	2.58	1.41	6.21	0.48	0.42	
12	0.73	1.10	1.62	4.33	8.95	3.13	9.73	15.07	43	1.30	0.29	2.17	1.75	5.76	0.45	0.40	
13	0.93	1.03				2.03	2.69		44	1.27	0.32	2.48	2.22	6.21	0.38	0.46	
14	1.38	0.36				0.36	0.39		45	1.68	0.37	2.30	2.10	6.24	0.56	0.54	
15	1.28	0.28	2.46	1.59	2.53	0.35	0.26	11.35	46	1.72	0.36	2.45	1.98	7.99	0.50	0.56	
16	1.22	0.26	2.71	1.80	2.83	0.38	0.28	10.67	47	1.11	0.37	2.41	2.10	7.73	0.51	0.44	
17	1.38	0.31	2.83	1.40	3.19	0.37	0.33	10.17	48	1.21	0.35	2.28	2.01	8.03	0.55	0.43	
18	1.44	0.16	2.68	1.51	3.19	0.39	0.30	10.72	49	1.44	0.37	2.23	1.69	8.09	0.57	0.58	
19	1.52	0.14	2.17	1.79	2.26	0.29	0.28	11.55	50	1.32	0.30	2.33	1.32	6.84	0.48	0.44	
20	1.34	0.23	1.98	2.05	1.73	0.30	0.27	11.25	51	1.18	0.30	2.43	1.80	6.67	0.47	0.42	
21	1.16	0.28	2.67	1.69	2.59	0.40	0.37	11.23	52	1.23	0.35	2.16	2.17	7.50	0.39	0.47	
22	1.16	0.27	2.78	1.79	3.15	0.36	0.38	10.23	53	1.66	0.39	2.10	2.23	7.36	0.58	0.56	
23	1.15	0.33	2.14	2.02	6.65	0.50	0.33		54	1.52	0.38	1.96	2.00	8.68	0.51	0.58	
24	1.25	0.28	2.48	1.96	6.49	0.51	0.32		55	1.35	0.34	2.26	2.02	6.82	0.39	0.42	11.90
25	1.21	0.32	2.26	1.65	8.39	0.54	0.39	13.61	56	1.50	0.31	2.42	1.86	7.29	0.51	0.51	12.14
26	1.16	0.27	2.01	1.29	5.65	0.48	0.37	13.12	57	1.53	0.25	2.99	2.29	5.59	0.48	0.54	12.01
27	1.10	0.29	2.78	1.76	5.33	0.43	0.35	13.65	58	1.58	0.29	2.47	2.11	6.26	0.41	0.38	11.61
28	1.39	0.27	2.37	2.22	6.83	0.38	0.36	13.09	59	1.40	0.23	2.17	1.63	5.10	0.44	0.44	11.78
29	1.94	0.31	2.23	1.76	5.73	0.53	0.41	12.56	60	1.23	0.24	2.14	1.51	5.02	0.36	0.44	10.65
30	1.42	0.32	2.30	1.95	8.35	0.47	0.43	12.77	61	1.10	0.36	2.80	2.34	7.00	0.58	0.56	
31	1.16	0.22	2.68	1.29	4.52	0.31	0.25		62	1.23	0.35	3.00	2.03	7.79	0.53	0.54	

常数 14.462; R 为 0.965 074; F 为 46.527 38; F_a 为 6.16。

以 BD_P 表示赤潮生物量预测值 ($\ln(BD)$), 则回归预测方程为:

$$BD_P = 14.462 - 0.443SQU - 2.389CED - 1.134PBQ - 6.746 \times 10^{-2}BHT + 0.220BHA + 0.922DIBP + 7.837 \times 10^{-2}DNBP$$

可以看出, 回归方程的相关系数达到 0.965, F 值为 46.527, 显著性水平达到 0.01, 说明以赤潮特征有机物的质量浓度作为自变量, 赤潮生物密度 (生物量) 的自然对数作因变量, 进行线性回归分析, 二者相关性良好。

3.2 赤潮判定标准的选择

1998 年在珠江口发生的赤潮主要为密氏裸甲藻, 其细胞大小介于 $21 \sim 40 \mu m$, 1999 年汕头各站位赤潮生物优势种主要有: 波罗的海原甲藻、微小原甲藻、奇异角毛藻、旋链角毛藻、窄隙角毛藻, 它们的大小介于 $7 \sim 37 \mu m$ 。根据安达六郎^[7]的赤潮判定标准, 选择以上赤潮生物密度 10^6 cell/L 为赤潮临界值, 3.0×10^5 为警戒值, 3.0×10^5 以下为非赤潮值。即当赤潮生物密度达到 10^6 以上时作为赤潮处理, 达到 3.0×10^5 以上时应加强对赤潮生物及其发展动向观测。1999 年汕头站还发现骨条藻为浮游植物优势种, 其大小为 $6 \sim 7 \mu m$, 选择 10^7 cell/L 为赤潮临界值, 10^6 cell/L 为警戒值。根据上述标准判断各站位海水是否发生赤潮。

以海水中赤潮特征有机物含量代入回归方程。对骨条藻, 当预测值 BD_P 达到 16.11 时可预报为赤潮, 13.81 时为警戒值; 对其他藻类, 当预测值 BD_P 达到 13.81 以上时可预报为赤潮, 达到 12.61 时为赤潮警戒值。达到警戒值时, 应引起海洋研究者、政府及当地渔民的关注, 加强对海水色度、黏度、颜色、气味、透明度等表象 (指标) 变化的观测。同时应用更为科学的方法, 如生物多样性指标、海水中赤潮特征有机物及赤潮生物密度等进行随时监控, 一旦发现赤潮发生, 立即采取相应措施, 防止鱼类大量死亡及进行赤潮的治理。而当预测值为非赤潮时, 可适当放宽监测密度。

3.3 模型的检验

根据上述模型, 应用 1998 年南海甲藻、裸甲藻赤潮和 1999 年非赤潮海水样品对模型进行检验和赤潮预测, 结果见表 2。

表 2 中, 1—14 号样品实际为赤潮海水样品, 回归分析结果 1—12 号样品为严重赤潮, 13、14 号

为非赤潮。15—62 号样品实际为非赤潮样品, 预测结果亦为非赤潮; 其中 30 号样品为旋链角毛藻, 预测达警戒程度, 实际赤潮生物密度的自然对数值为 12.77, 大于赤潮警戒值 12.61。对于缺少实际数据和未知优势藻种的 48、49、50 号样品, 选用优势藻种较多的角毛藻大小作为其赤潮预报标准, 通过回归预测可发现其已达到赤潮警戒值, 应引起重视。由上可知, 预测结果与实际情况较吻合。

对饶平港赤潮海水样品 (13 和 14 号) 进行预报, 结果与实际值相差较大, 可能由于该次海水样品在取样过程中放置时间较长 (达十多天) 才进行测定, 在存放过程中有机物因氧化还原、微生物的作用而发生了变化, 具体原因有待进一步研究。

应用回归分析法, 不仅能显示赤潮的发生及其严重程度, 也能对非赤潮海水所处状态进行监控, 从而预测发生赤潮的趋势和可能性, 便于在赤潮发生前提前采取有效措施, 减少灾害损失。

4 结 论

本文以海水中赤潮特征有机物的含量作自变量, 赤潮生物密度的自然对数做因变量进行回归分析, 根据样品的回归预测值, 可为探索赤潮预报提供参考。因回归方程只有一个, 可用于不同站位、时间、层次海水赤潮预报的研究。

参考文献:

- [1] QUCHI A. Simulation of red tide by means of multiple regression and fourier analysis[J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1986, 52(2): 203-207.
- [2] 黄良民, 钱宏林, 李锦蓉. 大鹏湾赤潮多发区的叶绿素 a 分布与环境关系初探[J]. 海洋与湖沼, 1994, 25(2): 197-205.
- [3] 洪君超, 黄秀清, 蒋晓山, 等. 崂山水域中肋骨条藻赤潮发生过程主导因子分析[J]. 海洋学报, 1993, 15(6): 135-141.
- [4] 林永水, 邱德全, 周近明. 小等刺硅鞭藻赤潮的成因 // 中国赤潮研究, SCOR-IOC 赤潮工作组中国委员会第二次会议论文选 [C]. 青岛: 青岛出版社, 1996: 48-53.
- [5] 赵明桥. 海水痕量有机物的测定及其与赤潮关系研究 [D]. 广州: 中山大学化学与化学工程学院, 2000. 51-69.
- [6] 李攻科, 赵明桥, 张展霞. SPME-GC-MS 联用快速检测赤潮海水中的有机物[J]. 环境化学, 2000, 19(1): 73-78.
- [7] 安达六郎. 赤潮生物と赤潮实态[J]. 水产土木, 1973, 9(1): 31-36.

表 2 模型的检验及赤潮预报

Tah 2 Venification of the model and forecasting of redtide

样品号	优势藻类	采样日期	站位	实测		预测	
				lnBD	是否赤潮	BD _p	是否赤潮
1	密实裸甲藻	19980423	赤湾水位房	16.36	是	16.44	是
2	密实裸甲藻	19980423	赤湾水位房	16.10	是	15.64	是
3	密实裸甲藻	19980425	赤湾对开海面	16.31	是	16.07	是
4	密实裸甲藻	19980424	赤湾码头西	17.57	是	17.78	是
5	密实裸甲藻	19980424	赤湾码头西	16.62	是	16.82	是
6	密实裸甲藻	19980420	澳头	16.37	是	16.51	是
7	密实裸甲藻	19980423	赤湾水位房	16.20	是	16.63	是
8	密实裸甲藻	19980423	蛇口码头	15.66	是	15.82	是
9	密实裸甲藻	19980423	赤湾油码头	15.91	是	16.33	是
10	密实裸甲藻	19980423	招商局码头	15.69	是	14.95	是
11	密实裸甲藻	19980423	赤湾码头	16.34	是	16.26	是
12	密实裸甲藻	19980423	赤湾对开海面	15.07	是	15.02	是
13	褐胞囊藻	19990711	饶平港 E50		是	8.30	否
14	褐胞囊藻	19990711	饶平港 E70		是	12.34	否
15	骨条藻	19990318	澳头 1	11.35	否	11.23	否
16	骨条藻	19990318	澳头 2	10.67	否	11.11	否
17	波罗的海原甲藻	19990318	澳头 3	10.17	否	10.87	否
18	微小原甲藻	19990318	澳头 4	10.72	否	11.38	否
19	波罗的海原甲藻	19990318	澳头 5	11.55	否	11.67	否
20	波罗的海原甲藻	19990318	澳头 6	11.25	否	11.62	否
21	波罗的海原甲藻	19990318	澳头 7	11.23	否	11.10	否
22	波罗的海原甲藻	19990318	澳头 8	10.23	否	11.09	否
23		1999042	澳头 1			12.54	否
24		1999042	澳头 2			12.22	否
25	骨条藻	1999042	澳头 3	13.61	否	12.87	否
26	骨条藻	1999042	澳头 4	13.12	否	12.65	否
27	骨条藻	1999042	澳头 5	13.65	否	11.60	否
28	骨条藻	1999042	澳头 6	13.09	否	12.25	否
29	奇异角毛藻	1999042	澳头 7	12.56	否	11.99	否
30	旋链角毛藻	1999042	澳头 8	12.77	警戒	12.62	警戒
31		19990427	澳头 1			11.60	否
32		19990427	澳头 2			11.59	否
33		19990427	澳头 3			11.31	否
34		19990427	澳头 4			11.73	否
35		19990427	澳头 5			11.50	否
36		19990427	澳头 6			12.13	否
37		19990427	澳头 7			11.35	否
38		19990427	澳头 8			11.36	否
39		19990502	澳头 1			12.44	否
40		19990502	澳头 2			12.32	否
41		19990502	澳头 3			12.31	否
42		19990502	澳头 4			11.89	否
43		19990502	澳头 5			12.34	否
44		19990502	澳头 6			12.31	否
45		19990502	澳头 7			11.93	否
46		19990502	澳头 8			12.02	否
47		19990517	澳头 1			12.42	否
48		19990517	澳头 2			12.68	警戒
49		19990517	澳头 3			12.65	警戒
50		19990517	澳头 4			12.41	否
51		19990517	澳头 5			12.29	否
52		19990517	澳头 6			12.54	否
53		19990517	澳头 7			12.46	否
54		19990517	澳头 8			12.95	警戒
55	窄隙角毛藻	19990601	澳头 1	11.90	否	12.23	否
56	窄隙角毛藻	19990601	澳头 2	12.14	否	12.31	否
57	窄隙角毛藻	19990601	澳头 3	12.01	否	11.36	否
58	窄隙角毛藻	19990601	澳头 4	11.61	否	11.92	否
59	窄隙角毛藻	19990601	澳头 5			12.29	否
60	骨条藻	19990601	澳头 6	11.78	否	12.28	否
61	骨条藻	19990601	澳头 7			11.90	否
62	窄隙角毛藻	19990601	澳头 8	10.65	否	11.79	否

(下转第 48 页)

扩散系数和传递系数分别为 $1.34 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 和 0.16。

(2) 在 $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3-\text{CoCl}_2-\text{LiClO}_4-\text{DMSO}$ 体系中, 在铜电极上于 $-1.80 \sim -2.50 \text{ V}$ (vs SCE) 下恒电位电解, 可获得黏附性好、有金属光泽的 Eu-Co 合金沉积膜。铕的质量分数为 7.26% ~ 22.93%, 在 -2.30 V 时其质量分数最高。往体系中加入乙二胺作络合剂, 可使沉积层中铕的质量分数明显提高, 镀层中 $w(\text{Eu})$ 最高, 达 41.41%, 且 Eu-Co 合金膜的表面较未加乙二胺时规则、均匀。

参考文献:

[1] 刘冠昆, 童叶翔, 刘建平, 等. 有机溶液中电沉积稀土合

金[J]. 中国稀土学报, 1998, 16: 857.
[2] 日本化学会. 无机化合物合成手册, 第二卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 1986.
[3] 中山大学金属系. 稀土物理化学常数[M]. 北京: 冶金出版社, 1978.
[4] JANZ G J, TOMKINS R P T. Nonaqueous Electrolytes Handbook, V(II) [M]. New York and London: Academic press, INC, 1973.
[5] BARD A J, FAULKNER L R. Electrochemical methods, fundamentals and applications[M]. New York: John Wiley & Sons, 1980.
[6] 关福玉, 高小霞. 稀土在丙酮介质中的伏安行为[J]. 中国稀土学报, 1990, 8(2): 166.

Studies on Electrodeposition of Eu—Co Alloy Films in DMSO

HUANG Kai-sheng, YUAN Ding-sheng, ZHOU Hao, LIU Guan-kun

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The cyclic voltammetry method was used to investigate the electrochemical behavior of Co^{2+} and Eu^{3+} in DMSO on Pt and Cu cathodes. Experimental results indicate that the electroreduction of Co^{2+} to Co is irreversible in one step, the electroreduction of Eu^{3+} to Eu is irreversible in two steps, in which Eu^{3+} is reduced to Eu^{2+} in the first step followed to Eu in the second step. The diffusion coefficient and transfer coefficient of Co^{2+} in $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CoCl}_2-0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{LiClO}_4-\text{DMSO}$ system at 301 K are $1.34 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ and 0.16, respectively. Potentionstatic electrolysis was used to prepare Eu-Co alloy films. Eu-Co alloy films containing Eu from 7.26% to 22.93% were prepared by potentionstatic electrolysis on Cu substrate at deposition potential from -1.80 to -2.50 V (vs. SCE). Their surfaces were adhesive and metallic luster. And ethylene diamine was used as complexant, it can make the containing of Eu greatly increase. The content of Eu in the alloy films can attain to 41.41%.

Key words: europium; DMSO; Eu-Co alloy; electrodeposition

(上接第 38 页)

Study on the Relationship between the Concentration of Characteristic Organic Compounds and Red Tide by Multiple Regression

ZHAO Ming-qiao, LI Gong-ke, ZHANG Zhan-xia

(Chemistry and Chemical Engineering School, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Multiple regression showed that the concentration of characteristic organic compounds in red tide had significant correlation with cell density in seawater. The relationship between the concentration of characteristic organic compounds and red tide was discussed. Monitoring the variations of concentration of the characteristic organic compounds in seawater may provide a scientific basis for the studying and forecasting of redtide.

Key words: characteristic organic compound; multiple regression; red tide; prediction