

象山港表层沉积物中营养元素的分布特征及影响因素^{*}

尹维翰¹ 曹志敏¹ 蓝东兆² 翟 滨¹ 李桂海¹ 王珊珊¹

(1 中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛, 266003; 2 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门, 361005)

摘 要 通过对象山港表层沉积物中不同形态氮、磷含量的调查, 分析了该海区表层沉积物中氮、磷的分布特征, 象山港表层沉积物中氮、磷含量较高, 已对底栖生物产生生态毒性; 海产养殖是造成本海域营养元素超标的最主要因素, 也是控制营养元素在空间和时间上变化的主要因素。
关键词 营养元素, 分布特征, 影响因素, 象山港.

近年来, 由于海产养殖业的过度发展, 海洋资源的过度开发利用与人为污染, 很多天然优良的海产养殖场的自然平衡遭到很大的破坏, 出现了富营养化甚至发生赤潮现象. 如何确保减小环境压力与保障人类与社会对养殖业需求的平衡, 保障和实现海产养殖业可持续性发展成为重要的研究课题. 本文对象山港表层沉积物中营养元素的分布及其影响因素进行研究, 为确定本区域人为作用对环境的影响, 估算该海域的养殖容量有很重要的作用, 也为本海区的环境管理和水产养殖的可持续发展提供科学依据.

1 样品的采集和分析

象山港地处浙江省中部沿海, 调查海区覆盖象山港的中部和顶部, 共设 9 个站位, 其中, 1, 2, 3, 6, 7 号位于象山港主港区中, 4 号位于铁港与主港交汇处, 8 号位于黄墩港与主港交汇处, 5 号和 9 号分别位于铁港和黄墩港内.

于 2005 年春季 (5 月) 和秋季 (11 月) 在象山沉积物中的营养元素以及上覆水体理化因子 (温度、盐度、DO 和 pH 值) 进行监测. 其中, 上覆水体理化因子采用美国 YSI-6600 型便携式水质检测仪现场测定; 沉积物粒度采用 Mastersize 2000 激光粒度仪进行测定; 沉积物中的总磷 (TP) 和无机磷 (IP) 采用 Asphila 法^[1]测定, 差值法求有机磷 (OP); 沉积物中的总氮 (TN) 和有机氮 (ON) 采用 Lü Xiaoxia 等^[2]的方法进行测定, TN 和 ON 的差值即为无机氮 (N) 的含量.

2 象山港表层沉积物氮磷的分布特征

在时间分布上, 象山港各站位表层沉积物中氮、磷的含量 11 月 (秋季) 明显高于 5 月 (春季) (图 1). 春季各形态氮、磷的含量分别为: N $229.64\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, ON $301.05\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, TN $530.70\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, IP $284.34\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, OP $180.42\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, TP $464.76\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; 秋季各形态氮、磷的含量分别为: N $309.88\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, ON $523.98\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, TN $833.86\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, IP $399.66\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, OP $251.56\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, TP $651.22\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

在空间分布上, 5 月各形态氮含量的变化幅度较小, 空间分布相对稳定; 各形态磷含量除黄墩港内的 9 号站位外, 其余各站位变化幅度较小, 空间分布相对稳定. 11 月各形态氮、磷大多都表现出象山港两内港 (黄墩港和铁港) 的含量明显高于主港区. 总体来说, 各形态氮、磷的含量除 5 号、9 号站位外, 其波动不大, 在两个港内的站位出现了氮、磷含量的高值.

在丰度上, TN 的含量变化为 $470.31\text{—}1149.04\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, TP 的含量变化为 $285.97\text{—}1271.51\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. 其中, TN 达到或超出东海沉积物背景值 ($472.6\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)^[6]的监测次数占总监测次数的 94.44%, 达到或超出对底栖生物产生生态毒性含量 ($550\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)^[7]的占了 72.22%; TP 达到或超出

2006 年 6 月 6 日收稿.

^{*} 欧盟第六框架与发展中国家合作项目 (NCO-CT-2004-510706).

东海沉积物背景值 ($427.2\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)^[6] 的占了 50%，达到或超出对底栖生物产生生态毒性含量 ($600\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)^[7] 的占了 27.78%。

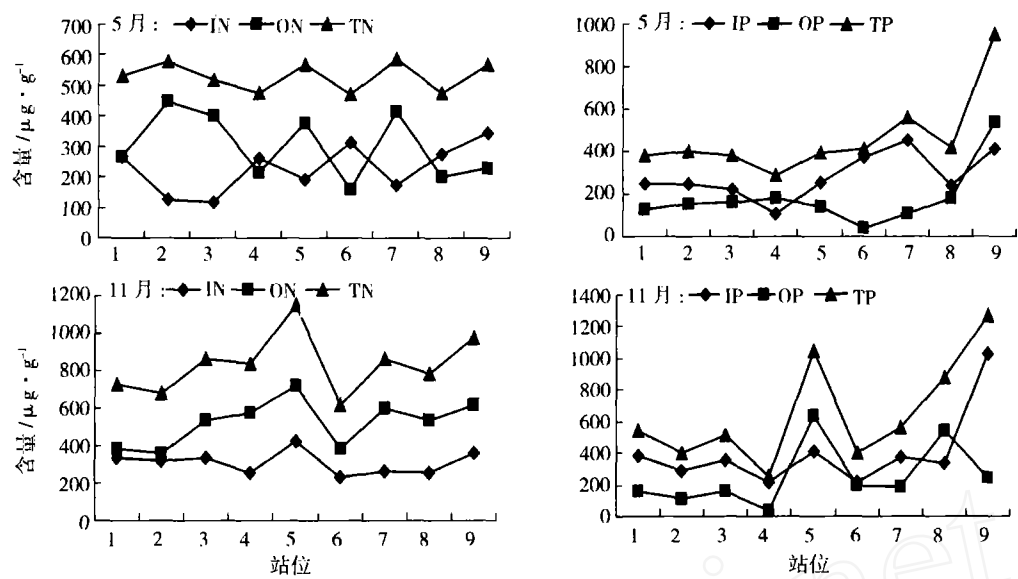


图 1 象山港研究海域表层沉积物中氮、磷的平面分布
Fig. 1 Horizontal distributions of nitrogen and phosphorus in the surface sediments of Xiangshan bay

3 象山港表层沉积物氮、磷含量的影响因素

3.1 沉积物粒度及结构

象山港表层沉积物以粘土和粉砂为主，个别站位含有少量的砂、砾。5月和 11月各组的分含量相差不大，但是对沉积物中氮、磷含量的影响却相差较大。5月份，粘土与 N 和粉砂与 OP 分别呈比较好的负相关，其相关系数分别为 - 0.7和 - 0.686 ($p<0.05$) (表 1)。说明 5月份粗颗粒组分对 N 与 OP 含量有较大的影响。当粘土和粉砂含量高时，N 与 OP 含量就低；当粘土和粉砂含量低时，N 与 OP 含量就高。11月份，粒度大小、各组分含量与各形态氮、磷都没有表现出较强的相关性 (表 1)，说明在 11月份，与其它影响因素相比，沉积物性质对氮、磷含量的影响相对较弱。

表 1 5月和 11月象山港表层沉积物中不同形态 N, P 与粒度的相关系数
Table 1 Coefficient of correlativity between grain size and different forms of nitrogen and phosphorus in the surface sediment of Xiangshan bay in May and November

沉积物		N	ON	TN	IP	OP	TP
春季 (5月)	Md (φ)	- 0.602	0.55	0.235	0.026	- 0.543	- 0.375
	砂	0.432	- 0.353	- 0.072	0.047	0.497	0.383
	粉砂	- 0.406	0.25	- 0.118	- 0.227	- 0.686 (*)	- 0.619
	粘土	- 0.700 (*)	0.629	0.248	0.07	- 0.503	- 0.322
秋季 (11月)	Md (φ)	0.453	0.053	0.218	- 0.041	- 0.489	- 0.32
	砂	- 0.35	0.032	- 0.112	0.25	0.483	0.468
	粉砂	0.344	- 0.015	0.122	- 0.315	- 0.409	- 0.471
	粘土	0.471	0.111	0.27	0.117	- 0.517	- 0.222

* 显著性水平为 0.05

3.2 上覆水体的理化因子

上覆水体的理化因子 (温度、盐度、pH 值、溶解氧) 对沉积物中氮、磷的含量也有一定的影响，且具有一定的相关性^[2] (表 2)。

表 2 5 月和 11 月象山港表层沉积物中不同形态 N, P 与环境因子的相关系数

Table 2 Coefficient of correlativity between environmental parameters and different forms of nitrogen and phosphorus in the surface sediment of Xiangshan bay in May and November

环境因子		N	ON	TN	IP	OP	TP
春季 (5月)	水温	0.051	0.004	0.096	-0.204	0.313	0.11
	盐度	-0.226	0.131	-0.084	0.073	-0.53	-0.339
	溶解氧	-0.569	0.451	0.065	-0.402	-0.54	-0.612
	pH 值	-0.561	0.434	0.039	-0.404	-0.593	-0.652
秋季 (11月)	水温	-0.294	-0.798 (**)	-0.736 (*)	-0.704 (*)	-0.559 (*)	-0.842 (**)
	盐度	0.021	-0.501	-0.382	-0.46	-0.674 (*)	-0.733 (*)
	溶解氧	-0.036	-0.108	-0.098	-0.63	-0.026	0.441
	pH 值	-0.234	-0.515	-0.493	0.004	-0.439	-0.257

注: ** 显著性水平为 0.01; * 显著性水平为 0.05

水温: 在 5 月, 该海域各种形态氮、磷与上覆水温度均无显著的相关性, 说明在 5 月上覆水温度与其它影响因素相比对氮、磷含量的影响较小. 在 11 月, 该海域除无机氮与上覆水温度的相关性较弱外, 其余各形态氮、磷与上覆水的温度呈较强的负相关关系, 其中有机氮及无机磷的相关系数的绝对值高达 0.798 和 0.842. 也就是说, 随着温度的升高, 沉积物中各形态氮、磷含量呈下降的趋势. 因此, 在远离海洋、温度相对较低的 5, 8, 9 号站位, 其氮、磷的含量相对较高. 说明 11 月上覆水温度对沉积物中氮、磷含量的影响较大.

盐度: 在 5 月, 该海域各种形态氮、磷与上覆水盐度均无显著相关性, 说明在 5 月上覆水盐度与其它影响因素相比对氮、磷含量的影响很小. 在 11 月, 该海域除无机氮与上覆水盐度的相关性很弱外, 其余各形态氮、磷与上覆水的盐度呈现不同程度的负相关关系, 这是因为盐度对沉积物的吸附解析位点有很大影响^[5, 6]. 说明该海域上覆水盐度对沉积物中氮、磷含量影响较大.

溶解氧 (DO): 在 5 月, 该海域各种形态氮、磷与上覆水的 DO 均无显著相关性, 说明在该月上覆水 DO 与其它影响因素相比对氮、磷含量的影响很小. 在 11 月, 该海域仅无机磷与溶解氧呈一定的负相关性, 可能是由于磷的再生速率较快^[7], 与 DO 的消耗有一定的响应关系. 由此表明该月上覆水的溶解氧对沉积物中氮、磷含量影响较弱.

pH 值: 该海域 5 月和 11 月各形态氮、磷与上覆水 pH 值的相关性都很弱, 说明与其它影响因素相比, 上覆水 pH 值对沉积物中氮、磷含量影响很弱.

综上所述, 从时间分布上看, 象山港海区表层沉积物氮、磷含量 11 月份明显高于 5 月份, 这是由多方面原因引起的. 首先, 5 月至 11 月期间, 正是象山港养殖大量繁殖期, 此时大规模的投饵以及海洋生物的排泄物最终汇到海底, 使沉积物中氮、磷含量显著升高. 其次, 5 月至 11 月期间, 象山港地区的雨季带来了大量的陆源输入, 使沉积物氮、磷含量升高. 第三, 5 月至 11 月正是海洋浮游生物数量快速增长—高峰—消亡的过程, 因此, 在 11 月沉积物中汇聚了更多的浮游生物的残骸以及代谢产物, 亦使沉积物中氮、磷含量升高. 另外, 沉积物的性质以及上覆水体理化因子对沉积物中氮、磷的含量起到一定的调节作用.

从空间分布上看, 各月份的主要影响因素不同. 在 5 月份, 主要因素为海水养殖、沉积物的性质所引起的. 铁港和黄墩港均是象山港中网箱养殖比较密集且比较主要的养殖区, 故在两个港内位于养殖区的 5 号和 9 号站位受到的影响最大, 氮、磷含量明显高于其它站位. 另外, 5 号, 8 号和 9 号由于粘土和粉砂含量较小, 沉积物粒径较大, 减少了沉积物-水界面的面积, 从而减少了沉积物-水界面的氮、磷交换通量. 在 11 月份, 主要影响因素则为海水养殖和上覆水的温度和盐度. 因为尽管 11 月份除 5 号、8 号和 9 号站位外其它站位沉积物粒径仍很小, 但是经过夏季海洋生物的大量繁殖, 经过生物扰动作用, 增大了沉积物-水界面的氮、磷交换通量. 此时, 上覆水的温度和盐度变成了控制沉积物-水界面交换的主要影响因素.

参 考 文 献

[1] Aspila K I, Aganlian H, Chan A S Y, A Semi-Automated Method for the Detemination of Inorganic, Organic and Total Phosphate in Sediments [J] .*Analyst*, 1976, **101** : 187—197

[2] L ŭX X, Song J M, Li X G et al , Geochemical Characteristics of Nitrogen in the Southem Yellow Sea Surface Sediments [J] .*Journal of Marine Systems*, 2005, **56** (122) : 17—27

[3] 王菊英, 马德毅, 鲍永恩等, 黄海和东海海域沉积物的环境质量评价 [J] .*海洋环境科学*, 2003, **22** (4) : 21—24

[4] Leivuori M, Niemisto L, Sedimentation of Trace Metals in the Gulf of Bothnia [J] .*Chemosphere*, 1996, **31** (8) : 3839—3856

[5] Blackburn T H, Henriksen K, Nitrogen Cycling in Different Types of Sediments from Danish Waters [J] .*Limnol. Oceanogr* , 1983, **28** (3) : 477—493

[6] 丘耀文, 大亚湾营养物质变异特征 [J]. *海洋学报*, 2001, **23** (1) : 85—92

[7] Colliera B, Analysis of Particulate Matter Collected by Sediment Trips and from Sediment Gores [J]. *Geophysical Monograph*, 1991, **63** : 235—242

D ISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND CONTROLLING FACTORS
OF NUTRIENTS IN SURFACE SEDIMENTS IN XIANGSHAN BAY

YIN Wei-han¹ CAO Zhi-min¹ LAN Dong-zhao^{1, 2} ZHAI Bin¹
LI Gui-hai¹ WANG Shan-shan¹

(1 College of Marine Geok-Science, Ocean University of China, Qingdao , 266003, China;
2 Third Institute of Oceanograph, State Oceanic Administration, Xiamen , 361005, China)

ABSTRACT

Based on the monitoring data of different forms of N and P for the surface sediments from the Xiangshan bay, distribution characteristics, main influential factors and controlling processes for N and P were discussed. Results showed that contents of N and P in surface sediments were relatively high which had a poisonously effect to the benthic lives. Among the influential factors, mariculture was the main factor that caused the high level of nutrients contents, and controlled the spatial and temporal distribution characteristics of nutrient contents.

Keywords: nutrients, distribution characteristics, influential factors, Xiangshan bay.