

江苏海岸带生物体的重金属水平与生态评价

袁旭音^{1,2}, 乔 磊^{1,2}, 刘红樱³, 王爱华³

(1. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 教育部浅水湖泊综合治理与资源开发重点实验室, 江苏 南京 210098; 3. 南京地质矿产研究所, 江苏 南京 210016)

摘要 通过对江苏海岸带几种主要生物的重金属含量测定, 分析生物体的重金属富集效应和元素间的变化. 分析结果表明, 底栖生物的重金属含量高于浮游生物, 生物肉体 and 壳体对外界金属元素的吸收具有选择性, 一般壳体吸收更多的有害元素. 对于不同的生物个体, 吸收的主要方式和含量不同. 根据有关海洋生物体污染物标准, 认为江苏沿海的生物体已受到轻度污染.

关键词 重金属; 生物富集; 海岸带; 江苏省

中图分类号 X132 **文献标识码** A **文章编号** 1000-198X(2005)03-0237-04

海岸带生活着众多的动植物, 它们直接以海水中的物质为食物, 当海水遭受污染时, 污染物质就会进入这些动植物体内并且累积, 从而对生物造成危害. 我国的一些河口和港口海域都有受重金属元素污染的报道^[1,2]. 江苏沿海的城镇和居民点很多, 人们在生产和日常生活中都产生污染物质, 农田肥料的使用也会增加环境中的金属元素. 为了解江苏海岸带生物的重金属含量水平, 2002 年春天笔者在江苏沿海进行了样品采集, 采样点位置见图 1.

1 材料与方法

海水直接用塑料桶采集, 样品分布区域为连云港海域、灌河口、射阳河口、王港河口、吕四海域. 沉积物样在居民集中区、主要河流入海口附近采集, 生物样采集了紫菜、扁玉螺、牡蛎、文蛤、蛤蜊和小鱼体. 样品采集后放在冰柜中低温保存.

沉积物样首先在室温下自然风干, 然后碾碎至 200 目, 再进行消解; 生物样在 60℃ 下烘干, 将生物体捣碎, 然后碾磨. 生物样主要采用原子吸收分光光度计进行分析, 海水和沉积物样品主要用法国产的 JY-Ultima 等离子发射光谱仪(ICP-AES)进行分析; As, Hg 则用原子荧光法分析, 所用仪器为国产双道原子荧光光度仪, 型号为 AFS-2202a; Cd 则由等离子光谱加质谱测定(ICP-MS). 分析误差在国家标准范围内.

2 分析结果

2.1 海水和沉积物重金属的背景含量

由表 1 可知, 金属元素在海水和沉积物中分布是不均匀的, 这可能会影响海洋生物的吸收. 一般来说, 海区的重金属含量在沿岸河口含量较高, 海水中的重金属含量不仅与元素总量有关, 还涉及元素的溶解性质; 沉积物中重金属含量则与粒度有关^[3,4].

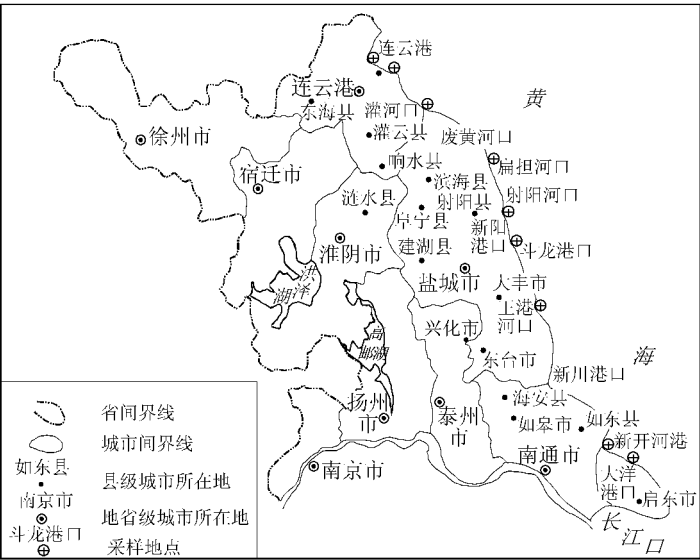


图 1 海洋生物体采样点位置
Fig.1 Location of sampling sites for marine organisms

对具体数据进行比较可知,海水中 Hg、Cd、Cu 的含量较低,而在沉积物中除了 Cd 较低,其余元素的含量都要高 1~2 个数量级,特别是 Hg 在水体与沉积物中相差极大。

2.2 生物体中的重金属含量

生物样品主要集中在连云港、灌河口、射阳河口、斗龙港、王港河口和吕四港口,采集了海洋中最常见的生物,表 2 中的样品次序同上述的地点次序。从表 2 可以大致看出生物体重金属含量的趋势,即重金属含量由大到小的次序为:底栖生物肉体、底栖生物壳体、植物体、鱼类。但对于不同的金属尚存在差别,Zn、Cu、Cd 的含量在牡蛎肉体中最高,Pb 在紫菜中含量最高,Hg 则在牡蛎壳中含量最高。同样,Zn 的最低值出现在扁玉螺壳中,Cd 的最低值在扁玉螺肉体中,Cu 的最低值出现在紫菜中,而 Pb 的最低值则出现在鱼体中。

表 2 江苏海岸带几种常见生物的重金属含量

Table 2 Heavy metal contents in several common organisms in Jiangsu littoral zone							$\mu\text{g/g}$
生物类别	Zn	Pb	Cu	Cd	Cr	Hg	
紫菜	87.3	41.5	20.0	1.48	10.70	0.006	
牡蛎壳体*	13.1	37.0	34.5	0.64	2.45	0.079	
牡蛎肉体	460.0	3.2	419.0	7.27	9.48	0.018	
小鱼体	65.6	1.8	24.1	0.49	1.46	0.005	
文蛤壳	23.2	51.1	9.5	0.86	7.94	0.019	
文蛤肉体	184.1	16.0	35.7	2.63	8.50	0.001	
蛤蜊壳	14.3	36.7	22.4	0.15	3.97	0.081	
扁玉螺壳*	6.8	40.6	39.0	0.54	2.63	0.037	
扁玉螺肉体	90.4	39.9	81.7	0.44	3.66	0.058	

注:*表示样品数为 2,生物以干重计。

根据江苏省海洋污染基线调查队的资料,江苏海岸带常见贝类的 Cd 含量为 0.35~11.45 $\mu\text{g/g}$,Pb 的含量为 0.10~4.45 $\mu\text{g/g}$,Hg 的含量为 0.01~0.15 $\mu\text{g/g}$,平均值(几何平均值)分别为 1.49 $\mu\text{g/g}$,0.53 $\mu\text{g/g}$ 和 0.04 $\mu\text{g/g}$,与本文的测定值基本吻合^[5]。其中 Cd 和 Pb 的数据变化幅度都比较大,变异系数在 200% 以上,这表明不同的采样地点对生物体内的重金属含量影响较大。

3 讨 论

3.1 生物的重金属富集程度

表 3 是以江苏海域海水中重金属含量为基准,不同生物体对重金属的富集系数。从元素角度看,富集系数较大的是 Cu 和 Zn,最低的是 Cr;从生物体类型看,底栖生物软体的富集系数最大,壳体最小,紫菜和鱼介于中间。同样一种生物,肉体中的重金属含量比壳体中高,可能与有机质对金属有较强的吸附或络合作用有关^[6]。

表 3 不同生物体的重金属富集系数

Table 3 Enrichment coefficients of heavy metals for different marine organisms						
生物类别	Zn	Pb	Cu	Cd	Cr	Hg
紫菜	3 096	1 825	5 747	1 310	994	600
牡蛎壳	465	1 627	9 914	566	219	7 900
牡蛎肉体	16 312	141	120 402	6 434	846	1 800
小鱼体	2 326	79	6 925	434	130	500
文蛤壳	823	2 247	2 730	761	738	1 900
文蛤肉体	6 528	704	10 259	2 327	759	100
蛤蜊壳	506	1 614	6 437	221	369	8 100
扁玉螺壳	241	1 785	11 207	478	235	3 700
扁玉螺肉体	3 206	1 755	23 477	389	327	5 800

表 1 江苏海岸带表层海水和沉积物的重金属含量

Table 1 Heavy metal contents in surface seawater and sediment in Jiangsu littoral zone		
重金属	海水(6) / ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	沉积物(49) / ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Zn	28.20	67.59
Pb	22.74	27.04
Cu	3.55	35.94
Cd	1.15	1.80
Cr	11.28	159.55
Hg	0.01	59.16

注:括号中的数字为样品数,重金属含量采用算术平均

就生物肉体而言,牡蛎肉体中重金属的富集系数最高,小鱼体中重金属的富集系数最低.这与鱼类主要是浮游动物有关,因为重金属主要分布在沉积物中,在远岸的海水中含量较低.这也可以间接说明重金属污染主要在海岸带.

Cu 和 Zn 是生物生长的必需元素,因此在生物肉体中的含量明显高于其他元素,但 Cd 并不是生物的必需元素^[7],却也有相对较高的含量.原因在于 Cd 与生物体中的主要组成元素 Ca 具有相似的地球化学性质,特别是离子半径比较接近(Cd^{2+} $9.8 \times 10^{-8}\text{cm}$, Ca^{2+} $9.7 \times 10^{-8}\text{cm}$),因此 Cd 容易替代 Ca.相比之下,表 3 中的其他微量元素并不是生物生长的必需元素,在肉体中的含量较低.然而,在生物壳体中微量元素含量特征则有所不同,往往是生物生长的非必需元素,如 Hg、Pb 含量较高,说明生物肉体对微量元素的吸收具有选择性.

以往分析结果也表明,底栖生物壳体和肉体中的重金属含量有很大差别.翁焕新等^[8]对美国墨西哥湾牡蛎中的重金属生物积累进行了研究,结果表明,牡蛎肉体、贝壳和沉积物中的重金属含量并不存在简单的线性关系,牡蛎对重金属的吸收和累积具有明显的选择性.图 2 显示,底栖生物中除牡蛎外,扁玉螺和文蛤的肉体对金属元素的富集系数明显高于壳体,但少数元素表现出相反的趋势,如牡蛎中的 Pb 和 Hg,扁玉螺中的 Cd 和 Hg,文蛤中的 Hg 和 Pb.这些元素均为毒性较大的金属元素,底栖生物壳体中的金属含量高于肉体中的金属含量可能与生物的自我保护有关.

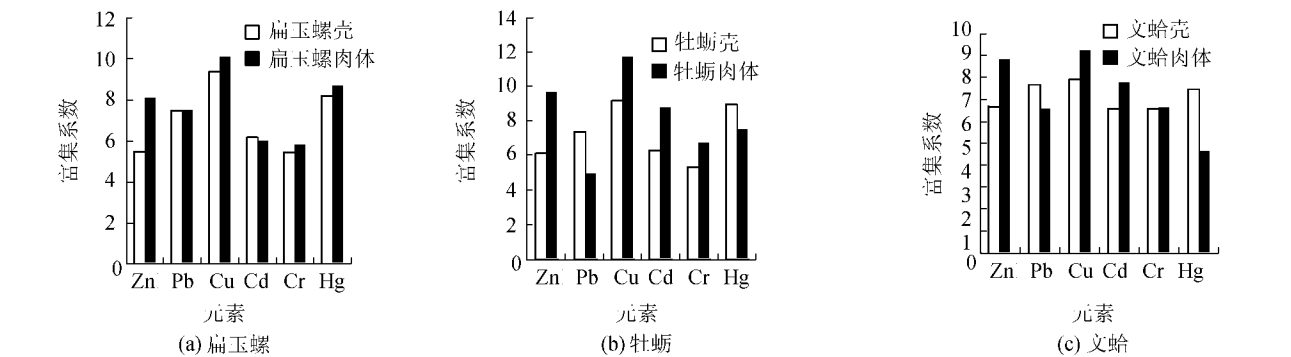


图 2 江苏海岸带几种底栖生物的重金属富集系数对比

Fig.2 Enrichment coefficients of heavy metals for several benthic organisms in Jiangsu littoral zone

4 江苏沿海生物体重金属污染的生态评价

根据生物分类污染物评价标准^{9~11}(表 4),江苏沿海的生物大部分重金属未超标,只有文蛤、扁玉螺、紫菜中的 Pb,紫菜和文蛤中的 Cr 超标,其中 Pb 的超标程度较高.对比人体消费卫生标准,除了上述提到的元素外,牡蛎、文蛤和紫菜中的 Cd 也超标.因此,江苏海岸带的重金属污染在生物体中已有所表现,尤其在底栖生物中.

5 结 语

重金属在海洋生物体内富集程度明显不同,底栖生物的重金属含量高于浮游生物.在底栖生物中,肉体的重金属含量远高于壳体,前者富集 Cu、Zn,后者的 Pb、Cr 含量较高,表明生物体对环境金属元素的吸收有选择性.生物体重金属富集程度的变化显示,生物对元素的吸收方式和吸收程度不同.根据有关污染物评价标准,江苏沿海生物体中已有 Pb、Cd 的轻度污染.

综上所述,海洋生物体内重金属的累积是其自身的生理活动、金属元素的地球化学性质和环境因素综合作用的结果,江苏海岸的底栖生物已受到重金属的轻度污染,必须采取措施控制污染物入海.

表 4 海洋生物体内重金属污染物评价标准

Table 4 Pollutant guideline of heavy metals

for several marine organisms						$\mu\text{g/g}$
生物种类及其他	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg
鱼类	20	2.0	40	0.6	1.5	5.5
甲壳类	100	2.0	150	2.0	1.5	
软体动物	100	10.0	250	5.5	1.5	0.3
贝类	50	2.5	100	1.0		
人体卫生消费标准	100	1.5	150	0.2	0.5	0.3

注:生物以湿重计.

参考文献:

- [1] 陈静生, 邓宝山, 张莉, 等. 锦州湾沉积物重金属污染若干问题研究[J]. 环境科学学报, 1985, 5(2): 129—139.
- [2] 魏泰莉, 杨婉玲, 赖子尼, 等. 珠江口水域鱼虾类重金属残留的调查[J]. 中国水产科学, 2002, 19(2): 172—176.
- [3] 弗斯特纳 U, 维特曼 G T W. 水环境的金属污染[M]. 王忠玉, 姚重华译. 北京: 海洋出版社, 1987. 89.
- [4] 陈静生, 周家义. 中国水环境重金属研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 1992. 16—31.
- [5] 江苏省海洋污染基线调查队. 江苏省海洋污染基线调查报告[M]. 南京: 河海大学出版社, 2001. 51—78.
- [6] 金相灿. 沉积物污染化学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 78—110.
- [7] 廖自基. 微量元素的环境化学及生物效应[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 56—94.
- [8] 翁焕新, PRESLEY B J. 重金属在牡蛎中的生物累积及其影响因素的研究[J]. 环境科学学报, 1996, 16(1): 51—58.
- [9] 王化泉. 珠江口海岸带和滩涂资源综合调查研究文集(2)[M]. 广州: 广东科技出版社, 1984. 132—141.
- [10] 崔毅, 辛福言, 马绍赛, 等. 乳山湾贝类体中重金属含量及其评价研究[J]. 海洋水产研究, 1997, 18(2): 46—54.
- [11] 陆超华. 南海北部海域经济水产品的重金属污染及其评价[J]. 海洋环境科学, 1995, 14(2): 12—19.

Heavy metal characteristics of several marine organisms in Jiangsu littoral zone and ecological evaluation

YUAN Xu-yin^{1, 2}, QIAO Lei^{1, 2}, LIU Hong-ying³, WANG Ai-hua³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China;

2. Key Laboratory for Integrated Regulation and Resources Exploration on Shallow Lake, Ministry of Education, Nanjing 210098, China;

3. Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China)

Abstract The contents of heavy metals in seawater, sediments and organisms in Jiangsu littoral zone were determined. The metal bioaccumulation and differences of metal contents in several organisms were studied. The results show that the metal contents in benthic organisms are higher than those in floating organisms, that the tissue and shell of organisms absorb heavy metals in a selective way, and generally, the latter absorbs more toxic metals. It is also indicated that the ways and contents of metal absorption by various marine organisms are different. According to the pollutant guideline of marine organisms, it is concluded that the organisms in Jiangsu littoral zone are lightly polluted.

Key words heavy metal; bioaccumulation; littoral zone; Jiangsu Province