

利用近江牡蛎监测 广东沿海重金属污染的研究

陆超华 贾晓平 林 钦

(南海水产研究所环境保护研究室, 广州·510300)

摘 要 对近江牡蛎作为指示生物监测海洋重金属污染的能力进行了初步的研究和评价, 应用 POLYDIV 统计技术对采自广东沿海12个站的近江牡蛎重金属含量数据进行了分析, 结果表明: 广东沿海近江牡蛎的重金属含量地理分布如实地反映了广东沿海工矿业废水排放状况, 牡蛎中的 Cu、Zn、Cd 含量地理分布与广东沿海潮间带表层沉积物和潮间带贝类的 Cu、Zn、Cd 含量地理分布一致, 但牡蛎 Pb 含量的地理分布与潮间带贝类 Pb 含量的地理分布不一致。因此, 近江牡蛎看来是一种有效、灵敏的 Cu、Cd、Zn 污染的指示生物, 但它是否具有有效准确地反映环境中 Ni、Cr 和 Pb 分布量的能力还待更深入的研究。

关键词 指示生物 牡蛎 重金属

目前, 在一些国家和地区, 尤其是温带地区, 已普遍利用水生物监测沿岸水域的重金属分布量以及其生物可获取性, 在这些指示生物中, 双壳类被认为是最理想的。

利用指示生物评估水环境生态系统中的重金属分布量的优点之一是, 生物组织中的重金属含量可用来解释说明环境中生物可获取的重金属的量, 目前还没有方法可通过测定水体或沉积物中的重金属来证明其生物可获取性或可获取量, 因为人们对生物群对不同形态金属的相对或绝对的获取量的了解认识还很少^[1]。

广东沿岸水域为研究重金属污染指示生物提供了理想的环境条件, 因为广东沿岸水域受工矿业排放的污染物的影响是极不平衡的。近江牡蛎广泛地分布于广东沿岸海域及河口区, 且具有指示生物应具备的属性。

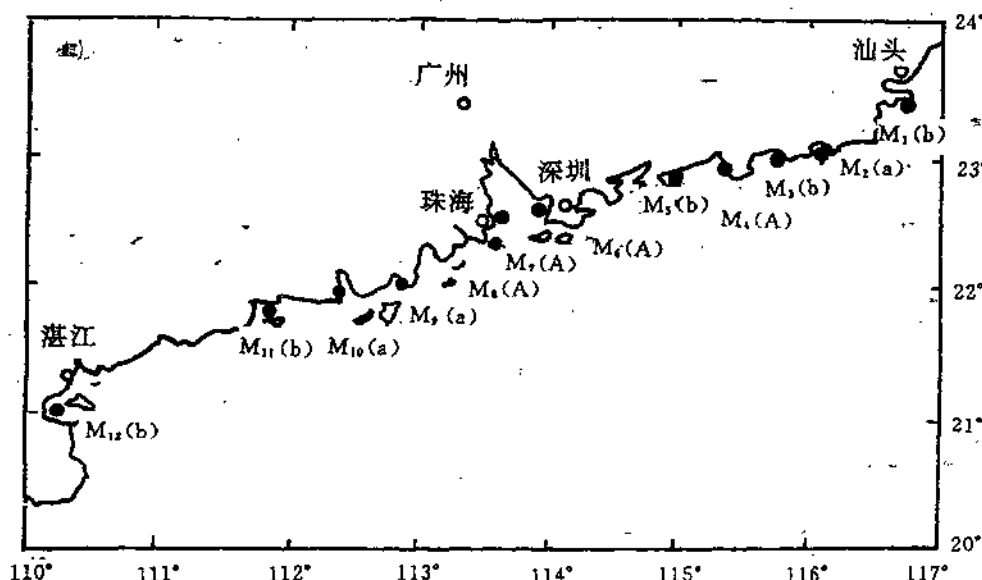
文章对采自广东沿岸海域12个站点的近江牡蛎 (*Ostrea rivularis*) 的重金属 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和 Ni 含量状况及其与环境的关系进行了初步分析, 评估了近江牡蛎作为广东沿岸海域和河口海区的重金属污染指示生物的可能性。

1 材料与方法

1.1 样品的采集与保存

文稿收到日期: 1992-11-4。

样品于1991年4月、6月、10月、12月共4次同步采自广东沿岸海域12个站点(附图)的3—4龄近江牡蛎。牡蛎样品采集后立即开壳剥离软组织, 装于干净的聚乙烯袋中冰冻保存送回实验室, 然后在 -10°C 条件下冷冻保存至分析。



图例括号内的字母表示污染类型

附图 牡蛎样品采集站位和重金属污染类型图

Fig. Sampling locations of *Ostrea rivularis* and the profiles from POLYDIV analysis on metal concentrations in the oyster

1.2 样品中的重金属测定

样品在室温条件下自然解冻后, 每个采样点取30只牡蛎用组织捣碎机打成匀浆, 取一定量于坩埚中置于电炉上炭化, 然后在马沸炉中灰化, 用1:1硝酸浸取灰分, 过滤, 定容, 在岛津 AA-630-11型原子吸收分光光度计上火焰法测定 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Ni 的含量。该分析方法对 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni 的检出限($\times 10^{-6}$ 湿重)分别为 0.02、0.09、0.01、0.01、0.03、0.05。用同一样品测定10个平行样的方法进行了精密度试验, Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni 的变异系数分别为 2.5%、5.6%、7.8%、4.0%、8.5%、10%。

1.3 数据分析

采用 Ratkowsky 等提出的 POLYDIV 计算程序对所得数据进行统计分析^[4], 根据牡蛎重金属含量的差异将样品分组以获得牡蛎受重金属污染的地理分布。

2 结果与讨论

2.1 广东沿岸海域牡蛎软组织的重金属含量

受测牡蛎软组织中的 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni 含量的统计值列于表1。牡蛎软组织中的重金属含量，站内的变化比站间的变化低，尤其是 Cu、Zn、Cd。Cu、Zn、Cd、Cr、Ni、Pb，站内的最大变化幅度（最大值与最小值的比）分别是：5.57、5.69、3.54、4.32、3.62、2.81；而站间的最大变化幅度分别为：93.3、57.5、28.3、6.15、8.08、4.67。

表1 广东沿海近江牡蛎软组织的重金属含量

Table 1 Heavy metal concentrations in whole soft parts of *Ostrea rivularis* from Guangdong coastal waters

站号	地名	重金属含量 ($\times 10^{-4}$ 干重)					
		Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
M1	达濠	213 $\pm$ 73	3.61 $\pm$ 0.61	1307 $\pm$ 598	8.84 $\pm$ 3.71	1.34 $\pm$ 0.46	1.39 $\pm$ 0.45
M2	甲子	245 $\pm$ 161	4.37 $\pm$ 0.32	2231 $\pm$ 694	4.90 $\pm$ 1.21	2.51 $\pm$ 0.82	2.38 $\pm$ 0.99
M3	碣石	265 $\pm$ 44	3.81 $\pm$ 0.75	2493 $\pm$ 758	2.35 $\pm$ 1.45	1.30 $\pm$ 0.88	1.80 $\pm$ 0.73
M4	红草	1340 $\pm$ 774	4.86 $\pm$ 2.10	1665 $\pm$ 581	8.17 $\pm$ 1.77	1.94 $\pm$ 0.82	3.39 $\pm$ 0.95
M5	铁冲	65.6 $\pm$ 25.8	2.54 $\pm$ 0.18	350 $\pm$ 186	5.00 $\pm$ 0.89	1.06 $\pm$ 0.25	2.00 $\pm$ 0.62
M6	蛇口	836 $\pm$ 226	4.04 $\pm$ 1.32	2014 $\pm$ 404	11.4 $\pm$ 1.3	1.38 $\pm$ 0.43	4.02 $\pm$ 2.21
M7	银坑	1576 $\pm$ 430	4.79 $\pm$ 1.74	3700 $\pm$ 1108	28.6 $\pm$ 8.7	2.19 $\pm$ 0.40	2.92 $\pm$ 1.36
M8	香洲	2354 $\pm$ 1131	5.94 $\pm$ 1.73	4858 $\pm$ 2967	29.5 $\pm$ 13.7	2.04 $\pm$ 0.54	3.32 $\pm$ 1.26
M9	山咀	704 $\pm$ 181	4.26 $\pm$ 1.16	1647 $\pm$ 970	10.3 $\pm$ 3.7	1.98 $\pm$ 1.03	3.01 $\pm$ 1.58
M10	北陡	663 $\pm$ 234	3.87 $\pm$ 0.70	1601 $\pm$ 1403	9.61 $\pm$ 2.87	1.45 $\pm$ 0.29	2.75 $\pm$ 0.41
M11	程村	261 $\pm$ 295	3.80 $\pm$ 0.90	972 $\pm$ 66	8.10 $\pm$ 3.13	1.54 $\pm$ 0.52	1.88 $\pm$ 0.32
M12	调顺岛	101 $\pm$ 20	3.43 $\pm$ 1.35	1017 $\pm$ 246	2.56 $\pm$ 0.78	1.07 $\pm$ 0.27	1.92 $\pm$ 0.64

采用 POLYDIV 分析法对这些数据进行统计处理，并依样品的重金属含量差异将样品分为2组：A组，包括 M4、M6、M7、M8站的样品，这些样品的采样点除 M4站外，均在珠江口沿岸水域（附图）；B组，包括其余8个站的样品，这些样品分别采自粤东和粤西沿海。每组样品的重金属的平均值和标准偏差列于表2。

B组8个站的样品再用 POLYDIV 分析法将其分为2个亚组，这些亚组中样品的重

金属含量的平均值和标准偏差也列于表2。亚组 a 的样品取自甲子港和受珠江水影响较大的广海湾。亚组 b 的样品大多数采自没有明显陆源污染的相对清洁海湾。

表2 POLYDIV 分析牡蛎重金属含量的分组结果

Table 2 Separation of oyster samples on basis of their concentrations of heavy metals by use of POLYDIV analysis

初次分裂					
A 组 (4个站)			B 组 (8个站)		
1526±862	Cu		315±268		
19.3±12.5	Cd		6.46±3.72		
3060±1972	Zn		1451±932		
3.41±1.42	Ni		2.13±0.88		
4.91±1.71	Pb		3.65±0.93		
1.89±0.60	Cr		1.53±0.73		
第二次分裂					
亚组 a (3个站)			亚组 b (5个站)		
537±279	Cu		181±149		
8.26±3.57	Cd		5.37±3.46		
1826±1007	Zn		1228±829		
2.70±1.04	Ni		1.79±0.55		
4.16±0.76	Pb		3.35±0.90		
1.98±0.84	Cr		1.26±0.50		

A 组样品中的 Cu、Cd、Zn 含量显著地高于亚组 a 的 ($p < 0.005$ 或以下), 但 Ni、Pb、Cr 含量这两组间无显著差异。A 组样品的 6 种重金属含量均显著地高于亚组 b 的 ($p < 0.001$), 亚组 a 样品的 6 种重金属含量也高于亚组 b 的 ($p < 0.10$ 或以下)。

2.2 牡蛎重金属含量与环境因素的关系

广东沿岸水域为研究重金属污染指示生物提供了理想的环境条件, 因为广东沿岸水域受工矿业排放的污染物的影响是极不平衡的。广东沿海的工厂大多数位于珠江三角洲地区, 这些工厂的废水绝大多数未经处理就向江河、沿岸海域排放。广东省海岸带污染调查结果表明, 通过珠江八大口门进入和直接排入珠江口沿岸水域的工矿废水占

排入广东沿岸海域的工矿废水的64.06% (未计算香港和澳门地区的), 而排入粤东和粤西沿岸海域的工矿废水分别占排入广东沿岸海域工矿废水的10.7%和25.25%。广东省沿海重金属入海途径主要是由江河径流携带入海。通过珠江八大口门进入珠江沿岸海域的 Cu、Pb、Zn、Cd 的年入海通量分别为2254.3、3449.8、15463.5、269.68t, 占全省河流(口门)入海 Cu、Pb、Zn、Cd 年通量的92.2%、83.3%、86.8%、97.0%^[1]。而珠江口沿海大陆岸线仅占全省大陆岸线的15.5%。尽管没有 Cr 和 Ni 的排放分布资料, 但可推测因工业排污而引起的 Cr、Ni 排放也集中分布在珠江口海域。

附图展示了由 POLYDIV 分析法得到的牡蛎受重金属污染的地理分布类型。牡蛎软组织的 Cu、Cd、Zn 含量如实地反映了金属的排放状况, 牡蛎 Ni、Pb、Cr 的地理分布也基本上与金属排放分布一致。采自珠江口沿海的牡蛎, 其软组织 Cu、Cd、Zn 的含量显著地高于其它地方的 ($p < 0.05$ 或以下), Ni、Pb、Cr 的含量也比较高。另外, 采自粤东红海湾红草牡蛎养殖场(M4站)的牡蛎, 其软组织的重金属含量也较高。这是由于该湾接纳了含有大量重金属的矿业废水。该地区的一个硫铁矿和一个锡矿的废水未经处理直接通过黄江河排入红海湾; 其废水年排放总量为113万吨, 红草牡蛎养殖场正位于黄江河的入海处。

没有明显陆源污染的海湾(亚组 b)的近江牡蛎, 其软组织的重金属含量都较低。

表3 近江牡蛎重金属含量与潮间带表层沉积物重金属含量的相关关系

Table 3 Relationship between metal concentrations in *Ostrea rivularis* and those in surface sediments

统计参数	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr
相关系数 (r)	0.937	-0.453	0.722	0.699	0.507
样本个数 (n)	11	11	11	11	11
显著水平 (p)	<0.001	>0.10	<0.02	<0.02	>0.10

广东省海岸带和海涂资源综合调查大队环保专业队曾于1983—1985年对广东省沿岸海域的潮间带表层沉积物的 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和生物体的 Cu、Pb、Zn、Cd 进行过调查。对近江牡蛎软组织的重金属含量与潮间带表层沉积物、潮间带贝类的重金属含量进行相关分析, 结果(表3、4)表明, 牡蛎软组织的 Cu、Cd、Zn 含量与潮间带表层沉积物的 Cu、Cd、Zn 含量呈显著的正相关, Cr 含量两者之间呈一定程度的正相关, Pb 含量两者之间呈一定程度的负相关; 牡蛎软组织的 Cu、Cd 含量与潮间带贝类的 Cu、Cd 含量呈极显著的正相关, Zn 含量两者之间呈显著的正相关, 但 Pb 含量两者之间呈较低程度的负相关。这说明, 近江牡蛎受 Cu、Zn、Cd、Cr 污染的地理分布与广东沿海潮间带贝类和表层沉积物重金属的地理分布相一致, 牡蛎受 Pb 污染的地理分布

与潮间带贝类和表层沉积物 Pb 含量的地理分布不一致。

表4 近江牡蛎重金属含量与潮间带贝类重金属含量的相关关系

Table 4 Relationship between metal concentrations in *Ostrea rivularis* and those in shellfish

统计参数	Cu	Pb	Zn	Cd
相关系数 (r)	0.971	-0.252	0.575	0.897
样本个数 (n)	12	12	12	12
显著水平 (p)	<0.001	>0.10	<0.10	<0.001

2.3 近江牡蛎作为重金属污染指示生物的可能性

近江牡蛎有广泛的地理分布 (对水温适应范围为2—35℃), 能在半咸淡水 (盐度10—30) 的条件下生长^[2], 有较长的生命周期, 分布密度大, 便于收集, 且能在室内养活。近江牡蛎对重金属的污染有较大的忍受能力, 并且对重金属有较高的富集系数。因此, 它具有指示生物应具备的属性。

广东沿岸海域近江牡蛎的重金属含量地理分布, 如实地反映了广东沿海工矿业的废水排放状况; 牡蛎的 Cu、Zn、Cd 和 Cr 含量地理分布与广东沿海潮间带表层沉积物重金属污染的调查结果一致; 牡蛎的 Cu、Zn、Cd 含量地理分布也与潮间带贝类的 Cu、Zn、Cd 含量地理分布一致。但牡蛎的 Pb 含量地理分布与潮间带表层沉积物和潮间带贝类的 Pb 含量地理分布不一致。因此, 近江牡蛎是一种有效、灵敏的 Cd、Cu、Zn 污染指示生物, 但它是否具有有效准确地反映环境中 Cr、Ni 和 Pb 分布量的能力还待更深入的研究。

参 考 文 献

- 1、全国海岸带办公室《环境质量调查报告》编写组. 环境质量调查报告. 北京: 海洋出版社, 1989
- 2、大连水产学院主编. 贝类养殖学. 北京: 农业出版社, 1981
- 3、Phillips, D. J. H. and Rainbow, P. S., Barnacles and mussels as biomonitors of trace elements; a comparative study. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1988, 49 (10): 83~93
- 4、Ratkowsky, D. A., et al., A numerical study of some heavy metals in Tasmanian oysters. J. Fish. Res. Bd. Can., 1974, 31: 1165~1171