

# 胶州湾蛤仔体中某些痕量金属 含量季节变化\*

刘明星 包万友 张首临

(中国科学院海洋研究所)

用测定双壳类软体动物的痕量金属含量评述水域生态系统的污染状况的方法已被广泛采用。国际上,已有许多学者以贻贝、牡蛎等双壳类软体动物作为指标生物去研究某些海区的重金属污染情况<sup>[3-6]</sup>。

本文以蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 为实验材料,分析测定了胶州湾东岸这种双壳软体动物中痕量金属含量及其季节含量变化。以蛤仔为监测生物,符合国际上提出的作为指标生物的基本条件:(1)该生物是定居的双壳软体动物,生长面广量大,生命期在一年以上,并具有一定的抗毒性,对痕量金属的吸收积累量较大。(2)样品不必分离提取即可直接测定。(3)蛤仔是沿海居民极为喜食的海产品,营养丰富,是当地一种主要经济水产资源。测定其有害重金属的含量对保护沿海群众健康有着极为重要的意义。作者在1979年11月—1980年8月对蛤仔软体中的 Zn, Cd, Pb, Cu 进行了连续四个季度的定点采样测定,结合底质(沉积)中的痕量金属浓度进行了相关讨论,计算了该生物对痕量金属的富集系数。

## 一、材料和方法

样品采集地点在胶州湾东岸,南起青岛汇泉湾北至女姑山,全程长约35公里。沿低潮线设14个采样站,湾中设2个站,站位见图1。

岸边各站样品是定时在固定地点采集。P—N站样品分别在1979年11月及1980年2,5,8月采集,共采样四次;A<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>两站在1980年8月采集;P—I站的样品是在高潮线以下50—100米(接近低潮线)范围内采集;J—N站样品在低潮线滩涂上采集,离高潮线约500—1500米;湾内样品用蛤仔网或采泥器采取后在现场用海水洗净,装入保温瓶冷冻带回实验室进行预处理。各站每次取6—10个体长约3cm的样品,撬壳取出软体,称其湿重,而后放入烘箱并在80±2℃脱水干燥,待恒重称其干重,以求干/湿比。

将干样用玛瑙研钵磨成细粉,保存于干燥器内备用。测定前称取一定量的粉样置石英或瓷坩埚中,在马福炉中于450℃灰化8小时。灰粉溶解稀释后,用Davis A1660型(英国)示差示波极谱仪,以防吸附物理涂汞电极单池示差反向极谱系统测定样品中 Zn, Cd, Pb, Cu。用添加法定量<sup>[2]</sup>。

国外的学者(如Phillips, 1979)指出,生物样品经过冷冻保存后再称湿重,不能正确

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第793号。

崔玉珩同志对本文提出宝贵意见,特此致谢。

本刊编辑部收到稿件日期:1980年11月15日。

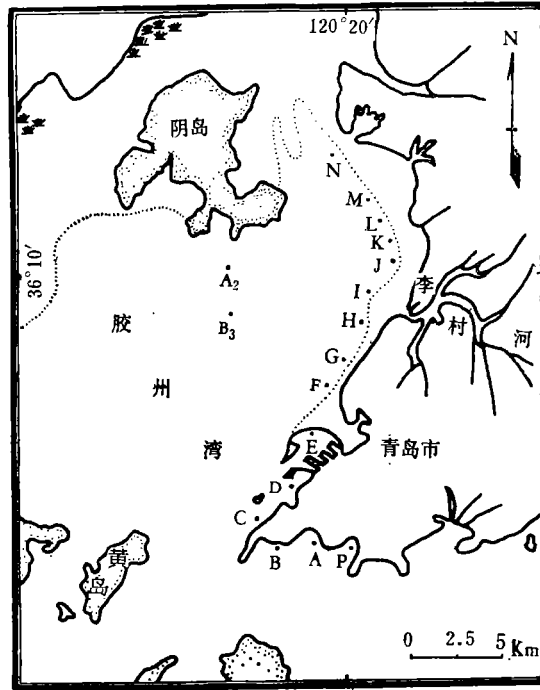


图1 胶州湾蛤仔采样站

反映原始湿重。所以近几年来,国际上报道的一些有关生物痕量金属的数据,不少都以干重计算。为此,本文所提出的数据均以  $\mu\text{g/g}$  干重计算,并且所测数据均扣除试剂空白。

## 二、结果与讨论

表1—2 分别列出不同季节蛤仔的 Zn, Cd, Pb, Cu 含量及各站全年平均值(同一站位不同季节4次采样测定的平均值)。图2—3 分别绘出胶州湾各站蛤仔痕量金属的季节变化及全年平均含量。

从表及图2 可以看出,蛤仔含 Zn 的最高值出现在1979年11月和1980年8月,分布在D, E, F站,含量分别为102.5, 73.3, 59.3  $\mu\text{g/g}$ 。低值出现在1980年2, 5月;分布在P, B, K, N站,含量分别为7.4, 12.8, 9.5, 15.2  $\mu\text{g/g}$ 。其全年总的分布趋势是夏、秋季高于冬、春季。

蛤仔含 Cd 的高值出现在11, 2月。其中11月含量最高,分布在A, D, F, M站,含量分别为1.90, 2.33, 1.48, 1.48  $\mu\text{g/g}$ ; 2月出现的高值分布在A, D, H, L站,含量分别为1.40, 1.62, 1.40, 1.40  $\mu\text{g/g}$ 。5, 8月含量基本一致,为0.20  $\mu\text{g/g}$ 。从蛤仔含 Cd 的全年分布可以明显看出秋、冬季高于春、夏季,并且5, 8月的含量相对稳定,各站之间的含量没有显著差别。

蛤仔含 Pb 的高值出现在8, 2月,8月含量最高,分布在B, C, D, E站,含量分别为2.81, 4.87, 1.75, 1.75  $\mu\text{g/g}$ 。2月的高值出现在D, F, G站,含量分别为1.33, 1.33, 1.66  $\mu\text{g/g}$ 。5月含量最低,而最低值分布在K, N站,含量各为0.10  $\mu\text{g/g}$ 。全年总的分布趋势

表 1 1979 年 11 月至 1980 年 2 月胶州湾蛤仔体内痕量金属含量

站号	干/湿 (%)	1979 年 11 月采样 ( $\mu\text{g/g}$ , 干重)				干/湿 (%)	1980 年 2 月采样 ( $\mu\text{g/g}$ , 干重)			
		Zn	Cd	Pb	Cu		Zn	Cd	Pb	Cu
P	13.3	8.8	0.21	0.33	0.67	17.1	18.3	0.98	0.67	2.18
A	10.5	50.6	1.90	0.50	4.05	13.9	17.7	1.40	1.00	1.12
B	12.2	36.7	0.95	0.33	0.95	14.9	12.8	1.12	0.67	1.31
C	11.9	30.9	1.05	0.66	1.33	14.9	22.8	1.40	1.00	1.99
D	13.3	120.5	2.33	1.33	23.6	13.1	48.5	1.62	3.33	6.24
E	13.3	71.3	0.32	1.66	3.78	14.5	33.5	0.98	1.00	3.74
F	20.0	59.3	1.48	0.50	1.22	16.5	32.5	0.84	1.33	1.56
G	12.5	24.3	0.58	0.38	1.22	14.8	28.6	0.84	1.66	1.06
H	12.3	47.8	0.32	1.16	2.42	18.2	25.4	1.40	0.62	1.37
I	11.2	37.5	0.43	0.83	1.08	18.3	16.3	0.98	0.67	1.12
J	11.7	29.7	0.32	0.66	1.35	—	—	—	—	—
K	13.1	46.8	0.63	0.66	1.62	15.1	21.3	0.84	1.00	2.68
L	20.0	51.5	1.37	0.83	2.02	12.0	24.2	1.40	1.00	2.49
M	14.5	54.0	1.48	1.00	3.44	15.4	16.3	1.40	1.00	1.25
N	14.7	52.3	0.84	0.83	2.16	15.3	15.2	1.40	1.00	2.18

表 2 1980 年 5, 8 月胶州湾蛤仔体内痕量金属含量及年平均值

站号	干/湿 (%)	1980.5 采样 ( $\mu\text{g/g}$ , 干重)				干/湿 (%)	1980.8 采样 ( $\mu\text{g/g}$ , 干重)				全年平均值			
		Zn	Cd	Pb	Cu		Zn	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	Cu
P	18.5	7.4	0.37	0.30	0.86	5.0	31.0	0.20	0.63	0.61	16.4	0.44	0.48	0.95
A	19.7	24.3	0.22	0.27	1.00	14.3	51.7	0.30	1.13	1.04	35.9	0.96	0.72	1.80
B	21.6	16.8	0.22	0.20	0.79	14.3	50.3	0.15	2.81	1.48	29.2	0.61	1.00	1.13
C						18.2	29.3	0.34	4.87	3.60	27.6	0.93	2.18	2.31
D	17.6	19.2	0.28	0.53	2.45	22.2	49.6	0.22	1.75	2.40	54.9	1.11	1.74	8.67
E	22.7	22.2	0.11	0.23	0.66	20.0	73.3	0.37	1.75	0.80	50.1	0.49	1.16	2.24
F											53.7	1.16	1.40	1.32
G	23.8	13.4	0.28	0.20	0.33	15.3	26.5	0.22	0.38	0.32	23.1	0.48	0.64	0.73
H											36.6	0.66	0.89	1.90
I	21.9	16.3	0.25	0.60	1.01						23.4	0.55	0.70	1.04
J											29.7	0.32	0.66	1.35
K	21.4	9.5	0.20	0.10	0.31		20.7	0.12	0.56	0.64	24.5	0.45	0.58	0.95
L											37.9	1.38	0.91	2.34
M	23.9	16.4	0.30	0.33	0.27	20.0	52.4	0.30	0.94	0.40	34.8	0.87	0.82	1.34
N	20.6	21.0	0.25	0.10	0.20	16.7	37.7	0.34	0.63		31.0	0.71	0.64	1.51
A <sub>2</sub>						10.0	19.6	0.29	0.88	0.57				
B <sub>3</sub>						14.1	25.7	0.20	0.63	0.88				

是夏季高,春季低。其他两季含量较稳定,各站间的差别不大,尤其从H—N站变化很小。

从图 2 可看出蛤仔含 Cu 的高值是在 11, 2 月,秋季含量最高,分布在 A, D, E, H, M 站的,其含量分别为 4.05, 2.36, 3.78, 2.42, 3.44  $\mu\text{g/g}$ 。2 月的高值出现在 D, E 站,含量分别为 6.24, 3.74  $\mu\text{g/g}$ 。5, 8 月蛤仔的 Cu 含量一般较低,并且从 E—N 各站的含量变化也不大。

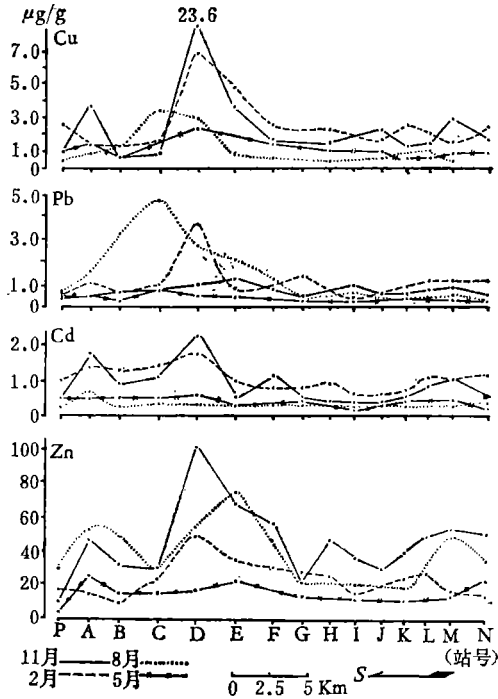


图 2 胶州湾东岸各站蛤仔体内痕量金属的季节变化

东岸各站(个别站例外)蛤仔所含上述痕量金属的平均值与湾中 B<sub>3</sub> 站相比, 岸边的高于湾中, 但没有超出量级。岸边蛤仔含 Zn 比湾中约高 1 倍左右, 含 Cd 高 3—7 倍, 含 Pb 高 1—3 倍, 含 Cu 高 1—10 倍。

通过测定可以看出胶州湾蛤仔含上述痕量金属的季节分布, 基本趋势是秋季含量较高, 夏、冬季次之, 而春季较低。

图 3 是胶州湾东岸各站蛤仔含 Zn, Cd, Pb, Cu 的全年平均值。含 Zn 较高的站是 D,

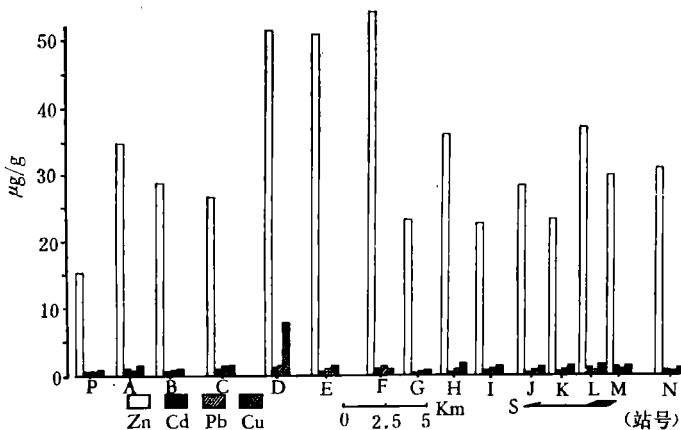


图 3 胶州湾东岸各站蛤仔体内含痕量金属的年平均分布

E, F 站, 含 Cd 较高的是 A, D, F, L, M 站, 含 Pb 较高的是 C, D, E, F 站, 含 Cu 较高的是 C, D, E, H, L 站。在所测的站位中, P 站含痕量金属最低。

从图 3 中可看出, 蛤仔所含痕量金属的高值大都出现在 A—F 站, 并且这些站之间蛤仔含痕量金属的量, 变动为最大。从 G—N 站相对于南部各站其含量变化就比较稳定, 这可能是由以下几种因素的影响: (1) 从 P—F 站沿途一线, 在岸边设有若干工业、生活排污口, 污物直接通过滩涂排入海, 而多数采样站在排污口的下方, 蛤仔生长直接受排污的影响。(2) 沿途有橡胶、农药、化工、电镀等废液通过小河支流不定期向滩涂排放, 致使滩涂表层沉积物中痕量金属浓度增加。但实测证明 P 站在疗养区, 没有受到工业排污的影响, 或者影响很小, 因而该站蛤仔含痕量金属就最少。(3) G—N 站, 虽然岸边也有许多工厂和小河道影响着潮间带, 甚至对滩涂造成了污染, 破坏了生物的生活环境, 但采样站都设在远离高潮线约 1500 米的低潮线以下(低潮线以上几乎没有蛤仔, 特别是 K, L, M 站)。由于离岸较远, 所以直接受工业、河道排污的影响是不大的。从蛤仔的实测资料可看出, 数据相对稳定, 各站之间的变化很小。

为了与蛤仔体内的痕量金属含量作比较, 把各站沉积物的痕量金属浓度绘于图 4<sup>1)</sup>。从图中可看出, 采样站中沉积物含痕量金属高, 大都是该站蛤仔的含量也高。如沉积物中含 Zn 较高的 A, C, D, F, I, L, M 等, 其蛤仔含 Zn 也比较高, 只有少数情况相反。这些站沉积物所含痕量金属的浓度与蛤仔体内的含量是否有线性关系? 经计算, 认为蛤仔体内 Zn 的含量与沉积物 Zn 的浓度关系为  $y = 26.19 + 0.114 \text{ 沉积 Zn}$ ,  $r = 0.61$ ,  $n = 13$ 。蛤仔的 Pb 含量与沉积物的 Pb 浓度之间的关系为  $y = 0.725 + 0.066 \text{ 沉积 Pb}$ ,  $r = 0.56$ ,  $n = 13$ 。蛤仔的 Cu 含量与沉积物的 Cu 浓度之间的关系为  $y = 1.02 + 0.071 \text{ 沉积 Cu}$ ,  $r = 0.68$ ,  $n = 13$ 。蛤仔含 Cd 与沉积的 Cd 浓度之间的关系为  $r = 0.12$ 。图 5 是沉积物与蛤仔之间含痕量金属的关系图, 从上面的方程和系数可看出, 在蛤仔与沉积物之间除了 Cd 外, 其他三种痕量金属都有正相关关系。

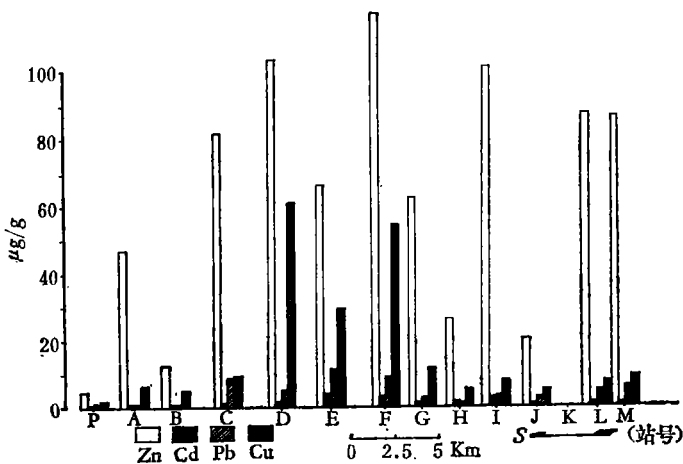


图 4 胶州湾东岸各站表层沉积物中的痕量金属含量

1) C—M 站, 引自尹相淳等 1980 年胶州湾表层底质中重金属污染调查报告。

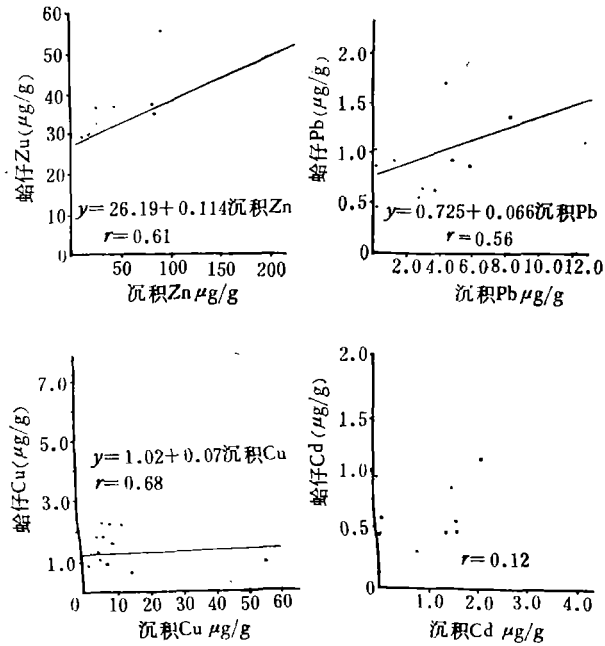


图5 蛤仔与沉积物之间含量金属的关系

为了解蛤仔体内痕量金属含量与海水的痕量金属浓度的关系,对该湾东岸海水也按时测定上述痕量金属浓度。由于岸边环境复杂,东岸海水含量变化也较大,1979.11—1981.11测定平均浓度,Zn为 $4.6\mu\text{g/l}$ ,Cd为 $0.17\mu\text{g/l}$ ,Pb为 $0.04\mu\text{g/l}$ ,Cu为 $0.36\mu\text{g/l}$ 。

现将蛤仔对四种金属的富集系数列入表3,从表中可看出蛤仔对各金属在各季的富集情况不一样,但差别不大,如对Zn的富集各季之间仅差1倍,对Cd相差5倍,对Pb相差3倍,对Cu相差2.5倍,没有超出量级。蛤仔对痕量金属的富集能力依次为  $\text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cd}$ 。

表3 蛤仔对痕量金属的富集系数(以湿重计算)

金属 \ 时间	秋	冬	春	夏	平均
	1979年11月	1980年2月	1980年5月	1980年8月	
Zn	$1.4 \times 10^3$	$0.8 \times 10^3$	$0.8 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$
Cd	$0.8 \times 10^3$	$1.0 \times 10^3$	$0.3 \times 10^3$	$0.2 \times 10^3$	$0.5 \times 10^3$
Pb	$2.5 \times 10^3$	$4.5 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$	$5.0 \times 10^3$	$4.3 \times 10^3$
Cu	$1.3 \times 10^3$	$0.9 \times 10^3$	$0.4 \times 10^3$	$0.5 \times 10^3$	$0.8 \times 10^3$

影响胶州湾蛤仔的痕量金属含量季节变化的因素是复杂的,初步认为可能由以下几方面引起。(1)环境的影响:大部采样站在东岸,东岸是市区,工业及生活排污影响较大,并且各季的排放量和污染物的含量也各不一样,因而对滩涂的污染程度各季也不相同<sup>[1]</sup>,这就使得滩涂表层沉积物的金属浓度发生变化,势必将影响蛤仔对痕量金属的吸收与代谢。(2)食物的影响:海洋生物多数通过三种途径获得金属,即从海水中吸收、从摄取的饵料中获得和从含有金属的悬浮微粒中得到。蛤仔属滤食性动物,虽然它能从各个途径

得到的痕量金属比例难以测定,但有的文章<sup>[4]</sup>报道从食物中摄取金属是主要的,并认为双壳软体类动物的主要食物是浮游植物。胶州湾浮游植物的大量繁殖期在春末夏初及秋季,在这个期间蛤仔滤食浮游植物量最大,对蛤仔的痕量金属含量可能会产生影响。(3)生物体本身的影响:蛤类生物的年龄、肥度和大小不同,对金属的吸收也不同,Romeril (1971b)报道硬壳蛤(*Mercenuria*)随年龄的增长,其含Zn, Cu, Fe的量也随之增加。胶州湾蛤仔的繁殖期在春季,这期间蛤仔变瘦,对金属的吸收减少,从春季蛤仔对痕量金属的富集系数最低也说明了这个问题。(4)径流的影响:该湾自北向南有四条河流注入,每年洪水期大量河水把常年淤积在河床上的污物冲到滩涂,使滩涂及悬浮体的金属浓度增加。各季的径流量相差很大,影响蛤仔对金属的吸收与代谢,也是产生季节变化的原因之一。(5)温度和盐度的影响:一些实验室的金属毒性实验证实温、盐度的变化可能影响蛤仔对金属的吸收。如文献[4]指出 Jones (1975)报道的河口甲壳动物对Zn, Cd, Pb的吸收,是随温度的升高而增加的,并把盐度的降低与毒性的增加联系起来。胶州湾海水的全年温度变化较大,1979年11月为15.7℃,1980年2月为3.6℃,5月为13.5℃,8月为25.4℃;岸边的盐度为28—30‰,夏季洪水期低于28‰。总之影响蛤仔体内痕量金属季节变化的因素很多,且互相交替,错综复杂。

至于该湾环境究竟对蛤仔产生了多大影响,由于以前没人对胶州湾的蛤仔进行痕量金属监测,国内也无其他海区的蛤仔资料进行对比。为此,作者只能选用国外报道的一些同类蛤资料作参考。据 Segar 等(1971)报道爱尔兰海偏顶蛤(*Modiolus*)含Zn, Cd, Pb, Cu分别为530, 71, 42, 10μg/g干重。索伦特硬壳蛤(*Marcenaria*)含Zn, Cd, Pb, Cu分别为98, 5.1, 9.1, 9.6μg/g干重。鸟蛤(*Cardium*)分别含量为130, 1.5, 0.76, 11μg/g干重。Stemer和Nickless<sup>[5]</sup>报道的食用鸟蛤含Zn, Cd, Pb, Cu分别为210, 7.5, 32, 15μg/g干重。大西洋西班牙和葡萄牙海岸的食用鸟蛤分别含量为100, 0.3, 0.7, 6μg/g干重。斧蛤(*Donax*)含量分别为180, 1.3, 2, 100μg/g干重。蛤(*Venerupis*)为137, 16, 5, 12μg/g干重。Valiela等<sup>[6]</sup>报道马萨诸塞的偏顶蛤Zn, Cd, Pb的含量分别为52.0, 7.1, 2.6μg/g。Jones<sup>[3]</sup>报道英国汉堡河口的白樱蛤含Zn, Cd, Pb, Cu为111.5, 2.14, 8.6, 14.6μg/g干重。我国胶州湾蛤仔的四种金属含量相比之下并不高,以该湾蛤仔各季的平均值计算,含Zn比国外同类蛤低1—10倍,含Cd低1—350倍,含Pb低1—65倍,含Cu低3—16倍。

由于胶州湾东岸靠近市区,环境较复杂,对这种指标生物的影响因素很多,因此这一工作需做深入研究,不断积累监测资料,以便为胶州湾的环境质量评价提供重要的科学依据。

### 参 考 文 献

- [1] 顾宏堪、刘明星, 1979. 青岛胶州湾沿岸夏季暴雨大量死鱼原因. 海洋湖沼通报 1: 55—58.
- [2] 刘明星、包万友、张首临, 1981. 渤海湾毛蚶等海生物的痕量金属含量. 中国环境科学 5: 29—36.
- [3] Jones, L. H., 1975. The distribution of heavy metal in the Humber Estuary and its organisms. In Proc. Jt. symp. Humber Estuary, 1973. No. 15, 19p. Hull, England, Univ. Dept. of Zoology, 1975.
- [4] Phillips, D. J. H., 1977. The use of biological indicator organism to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments—a review. Environ. Pollut. 13(4): 281—317.

- [5] Stenner, R. D. and G. Nickless, 1975. Heavy metals in organisms of the Atlantic Coast of S. W. Spain and Portugal. *Mar. Pollut. Bull.* 6: 89—92.
- [6] Valiela, I., M. D. Banus and J. M. Teal, 1974. Response of salt marsh bivalves to enrichment with metal—containing sewage sludge and retention of Lead, Zinc and Cadmium by marsh sediments. *Environ. Pollut.* 7: 149—157.

## THE SEASONAL VARIATION OF SOME TRACE METALS IN THE *RUDITAPES PHILIPPINUS* IN JIAOZHOU BAY\*

Liu Mingxing Bao Wanyou and Zhang Shoulin

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### ABSTRACT

The paper deals with the seasonal variation of Zn, Cd, Pb, Cu in *Ruditapes philippinus* as determined by inverse polarography (Anodic Stripping Voltammetry) with anti-adsorption physical coating mercury electrode.

The samples were collected once seasonally from November 1979 to August 1980 from 14 stations in the east part of Jiaozhou Bay. Though there was significant variation in individual *Ruditapes philippinus*, but the variation of trace metals content in *Ruditapes philippinus* as a whole from southern stations was higher than from northern ones. This is possibly due to the effect of industrial and domestic discharges near the southern stations. In general, the highest values were found in the months of Summer and Autumn.

The mean contents of Zn, Cd, Pb, Cu in *Ruditapes philippinus* are 16.4—54.9  $\mu\text{g/g}$ , 0.20—1.38  $\mu\text{g/g}$ , 0.48—2.18  $\mu\text{g/g}$ , 0.57—8.67  $\mu\text{g/g}$  dry weight respectively.

\* Contribution No. 793 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.