

# 东海外陆架及钓鱼岛以北海域鱼类、底栖生物的痕量金属测定\*

刘明星 顾宏堪

(中国科学院海洋研究所)

从海洋生物生态学本身的研究,生物体常量,微量元素的测定,前人已作了很多的工作。随着国防、工业及海上交通运输不断高速发展,各种工业废物大量抛入海洋,海洋污染日趋严重。为此,许多海洋学者又从海洋环境保护出发,对各个海域里的生物成分进行了监测,特别对生物体痕量金属的测定已作了大量工作<sup>[1-6]</sup>。测定的范围是广范的,从大洋到极地,从深海到岸边,而对受污染严重的港湾及河口的生物毒物研究得更多。学者们对生物样品的预处理基本是一致的,有酸消化法(湿法)、高温灰化(干法)等。其测定方法是多种的,有比色法、原子吸收、阳极溶出及中子活化法等<sup>[3-5]</sup>。

本文用防吸附物理涂汞电极反向极谱法,测定了东海陆架外缘东经124°—128°,北纬32°30′—26°30′及钓鱼岛以北海域底栖生物及鱼类的Zn、Cd、Pb、Cu重金属含量。该法优点是样品用量少,样品灰化时间短,使用试剂少,用天然海水稀释灰化的样品,被稀释之样品溶液勿需过滤及加底液,预电解1—3分钟,即可一次连测四种痕量元素。该法对上述元素的定量偏差分别为 $< \pm 7-14\%$ 。回收偏差分别为 $< \pm 9-15\%$ 。精确度良好<sup>[1]</sup>。

同时用文献[1]的方法测定了东海海水样品中的痕量金属(采水样站位参见图1),以作对照。并且计算了所测定的金属与生物之间的生物浓集因数。对生物体内重金属的浓度作了初步讨论。该海域底栖等生物中的痕量金属迄今尚未见过报道,本文首次报告了近30余种鱼类、甲壳动物、软体动物、棘皮动物等生物中痕量金属的测定结果。

## 一、实验部分

### 1. 试剂和仪器

所用的HCl、Hg、NH<sub>4</sub>OH、褐藻酸钠均为优级纯。

Zn、Cd、Pb、Cu标准溶液,按分析化学常规方法配制。

玛瑙钵、石英坩埚及其有关玻璃器皿在使用前需经酸浸泡。

本文1979年7月30日收到。

\* 本文所用生物样品,由本所底栖生物组及吴光宗协助采集,崔玉珩、孙继仁提供宝贵意见,特此致谢。

1) 刘明星、包万友、顾宏堪,用防吸附电极反向极谱测定海生物中的痕量金属 1978。

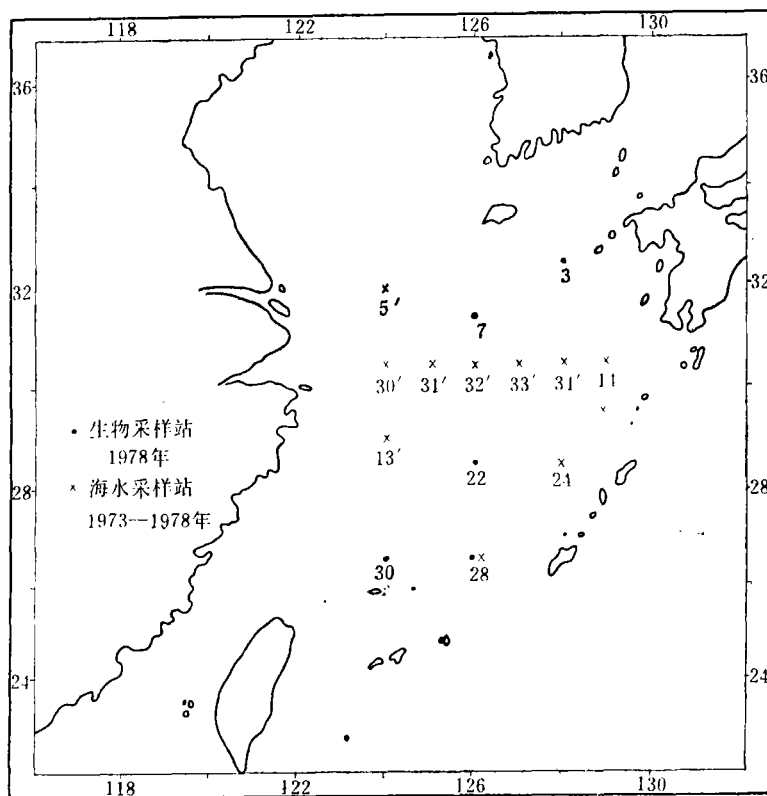


图1 东海海域海水及生物采样站

极谱仪, DAVIS A1660, 示差示波极谱仪, 英国南方分析仪器公司, 扫描速率为 250mV/秒。

防吸附银丝汞膜电极制备, 参见文献[1]。

**2. 生物样品制备:** 鱼类样品用手网或拖网捕获。底栖生物样品由底栖生物网拖取(采样站位参见图1)。生物样品用现场洁净海水冲洗, 以除去表面污物, 再用蒸馏水淋洗, 然后称其湿重。同时将部分鱼类解剖, 把肉、未成熟卵、鳞、鳃、肝分开。蛤类样品去壳, 用不锈钢刀或竹刀取出软体部分。蟹用同样方式去壳取肉。海参是剖腹除去内脏, 保留肉(皮)作分析用。海胆去壳取肉。海星、虾类、棘海鸡冠虫、纤细玛丽羽枝取其整体混合。将上述样品放入 80°C 干燥箱烘干 2 天。待恒重后称其干重, 记录湿重与干重之比。各干样放入密封瓶中冷冻保存备用(在船上进行)。

将干样粗切放入玛瑙研钵中研磨, 样品磨得愈细愈好, 必要时可过 100—150 目尼龙筛, 将细粉保存于干燥器中。

称取 0.1 克粉样放入 50 毫升石英坩埚中, 置于马福炉内, 在 450°C 灰化 8 小时。

**3. 样品测定:** 将 0.1 克干样之灰放入 100 毫升石英烧杯中, 加 0.1 毫升浓 HCl (优级或高纯) 或适量的海水超纯 HCl。溶解后用无污染海水稀释至 50 毫升, 以 NH<sub>4</sub>OH

(优级)调 pH 为 5.5 左右。调 pH 时用毛细管滴加, 不能过快, 否则将引起溶液局部沉淀。用海水稀释的样品不需过滤(因使用防吸附电极)。但有时样品中会出现不灰化的微细碳粒, 实验证实并不影响电极灵敏度和再现性。

测定步骤: 用量筒量取上述 25 毫升溶液, 置于经海水洗净的电解池中, 按天然海水微量金属的测定方法进行。

样品 Zn、Cd、Pb、Cu 的定量, 用加入标准法进行。图 2 示出纤细玛丽羽枝、骑士章鱼海星及海水样品的示差示波反向极谱图。

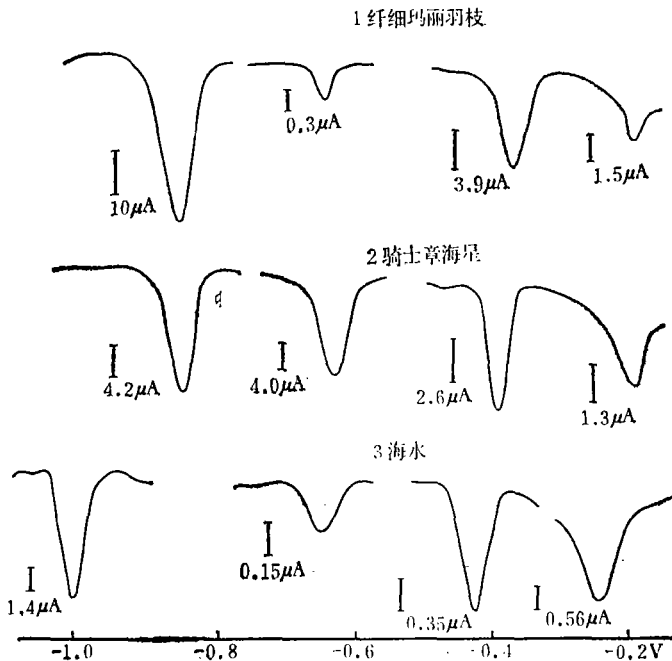


图 2 纤细玛丽羽枝、骑士章鱼海星及海水的示差示波反向极谱图

1, 2、取 25ml 溶液, 调 pH 5.5, 示差示波反向极谱。

$E_e = -1.3V$ ,  $t_e = 1$ 分钟,  $V = 250mV/秒$ 。

$ZnE_p = -0.85V$ ,  $CdE_p = -0.61V$ ,  $PbE_p = -0.35V$ ,  $CuE_p = -0.17V$ 。

3、天然海水 25ml, 不加任何试剂。

$E_e = -1.3V$ ,  $t_e = 3$ 分钟,  $V = 250mV/秒$ 。

$ZnE_p = -1.0V$ ,  $CdE_p = -0.65V$ ,  $PbE_p = -0.46V$ ,  $CuE_p = -0.23V$ , SV: Hg池。

## 二、结果及讨论

作者于 1973—1978 年在东海区系统地测定了各站表至底层海水微量金属的分布, 为了便于该海区海洋生物体微量金属作对照, 列出调查结果。从几年的连续测定可以看出海水中, Zn 的变动范围大都在  $(0.6-1.1) \times 10^{-7}M$ , 即  $3.9-7.1\mu g/l$ ; Cd 大都在  $(3.6-4.6) \times 10^{-9}M$ , 即  $0.40-0.52\mu g/l$ ; Pb 大都在  $(1.5-2.1) \times 10^{-10}M$ , 即  $0.03-0.04\mu g/l$ ; Cu 大都在  $(1.0-2.0) \times 10^{-8}M$ , 即  $0.63-1.2\mu g/l$ 。调查指出, 在不同时间、空间

及垂分布上, 海水中 Zn, Cd, Pb, Cu 离子分布是比较均匀的, 除了污染海域外, 与国际上报导的数据相一致<sup>[2]</sup>。

东海外陆架某些鱼类、底栖生物中的痕量金属含量由以下各表分别列出。

生物样品采集深度除了表层鱼类外, 大都在 72—184 米之间, 个别样品取至 2200 米。斑鳍燕鳐、太平洋鲷鱼取自近表层。属游泳动物不能从捕获站位反映出它的活动范围, 只能供作参考。

表 1 指出, 游泳动物, 如鱼类、虾类、蟹等 Zn 的含量相对于底栖生物是比较高。随部位不同其 Zn 等的含量差异很大。以斑鳍燕鳐为例, 纯肉含 Zn 为 6.0 $\mu\text{g/g}$ 干重, 卵含 Zn 为肉的 13 倍, 肝为 35 倍, 鳃为 14 倍, 鳞为 11 倍。海地瓜(海参)较其他底栖种生物为高, 约 44.6 $\mu\text{g/g}$ 干重。含量最低的是棘海鸡冠虫, 仅含 3.5 $\mu\text{g/g}$ 干重。从表中可以看出, 生物浓集因数大都在  $1 \times 10^3$  至  $4 \times 10^4$ 。鱼类富集 Zn 的能力最强, 次为虾、蟹。表 2 列出各种生物 Cd 的含量。各种鱼类含量比较均匀, 各部位含量的变化也不大(斑鳍燕鳐)。海星含 Cd 比较高, 骑士章海星含量最高, 达 21.11 $\mu\text{g/g}$ 干重。其次为海地瓜、灌木管螈和奇异绵织螈。Cd 的浓集因数最高达  $5 \times 10^4$ , 最低达  $6 \times 10^2$ 。表 3 示出各种生物 Pb 的含量。在所测的鱼类中鲮含量最高, 达 7.51 $\mu\text{g/g}$ 干重。其他鱼类含量大致相同, 一般在 1—2 $\mu\text{g/g}$ 左右。虾比其他生物含量较低。底栖动物棘海鸡冠虫 22 站采的(红色)含 Pb 为 0.80 $\mu\text{g/g}$ , 30 站(红色)为 7.50 $\mu\text{g/g}$ , 两者相差 9.5 倍。其生物浓集因数在  $2 \times 10^5$  至  $4 \times 10^3$  之间。表 4 为各种生物 Cu 的测定结果。从表中可以看出, 在鱼类中以鲮含量为最高, 达 18.5 $\mu\text{g/g}$ 干重。其次是底层鱼类五眼斑鲆、蝙蝠鱼。虾、蟹、蛤蜊比其他底栖生物含量也高, 长手隆背蟹含 Cu 高达 7.5 $\mu\text{g/g}$ 。棘海鸡冠虫、纤细玛丽羽枝、腔海胆含量很低, 低于 0.2 $\mu\text{g/g}$ 。生物浓集因数最高为  $2 \times 10^4$ , 最低是 60, 上述是东海外陆架所测生动含 Zn, Cd, Pb, Cu 的基本概况。

表 1 东海外陆架海域底栖等生物 Zn 的测定结果

站号	采样深度(m)	样品名称	干重/湿重(%)	测定部位	Zn 浓度 $\mu\text{g/g}$ 干重	生物浓集因数
28	2200	鳍 <i>Callionymus</i> sp.	19.6	皮肉混合	61.7	$1 \times 10^4$
30	表层	斑鳍燕鳐(飞鱼) <i>Cypselurus poecilopterus</i> (Cuvier et Valenciennes)	35.2	净肉	6.0	$1 \times 10^3$
				卵	78.9	$1 \times 10^4$
				肝	212.8	$4 \times 10^4$
				鳃	83.1	$2 \times 10^4$
				鳞	67.0	$1 \times 10^4$
145		五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> Gunther	27.3	肉	70.1	$1 \times 10^4$

续 表 1

站 号	采样深度 (m)	样 品 名 称	干重 湿重 (%)	测定部位	Zn 浓度 μg/g 干重	生物 浓集因数
7	72	星鳎 <i>Astroconger myriaster</i> (Brevoort)	31.8	肉	10.7	$2 \times 10^1$
3	184	蝙蝠鱼 <i>Malthopsis luteus</i> Alcock	28.0	皮肉混合	107.0	$2 \times 10^4$
		日本鼓虾 <i>Alpheus Japonicus</i> Miers	16.0	整体混合	46.2	$8 \times 10^3$
		短足管鞭虾 <i>Solenocera brevipes</i> Kube	13.1	整体混合	49.8	$9 \times 10^3$
		长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissurus</i> (Bate)	15.0	整体混合	53.4	$1 \times 10^4$
7	72	敖氏红虾 <i>Plesionika Ortmanni</i> Doflein	12.0	整体混合	74.9	$1 \times 10^4$
		长手隆背蟹 <i>Carcinoplax longimana</i>	16.7	肉	80.2	$1 \times 10^4$
28	表层	太平洋尤鱼 <i>Ommastrephes Sloani Pacificus</i>	26.3	整体混合	46.7	$8 \times 10^3$
7	72	斧蛤蜊 <i>Mactra dolabrata</i> Reeve	25.0	肉	29.0	$5 \times 10^3$
		胡桃蛤 <i>Nucula</i> SP.		肉	24.8	$5 \times 10^3$
22	112	灌木管螭 <i>Lafoea fruticosa</i> (M. Sars)	10.0	整体混合	23.1	$5 \times 10^3$
		奇异绵织螭 (金刚海棉) <i>Serta mirabilis</i> (Jederholm)	12.0	整体混合	10.6	$2 \times 10^3$
30	145	纤细玛丽羽枝 <i>Mariametre delicatissima</i>		整体混合	21.2	$4 \times 10^3$
22	112	棘海鸡冠虫 (红色) <i>Dendronephthya</i> SP.	10.0	整体混合	3.57	$6 \times 10^4$
30	145	棘海鸡冠虫 (黄色) <i>Dendronephthya</i>	13.3	整体混合	3.35	$6 \times 10^4$
		棘海鸡冠虫 (红色) <i>Dendronephthya</i>	10.0	整体混合	5.20	$9 \times 10^4$
22	112	海地瓜 (海参) <i>Acaudina</i>		皮肉混合	44.6	$7 \times 10^4$
		骑士章海星 <i>Stellaster equestris</i>	33.3	整体混合	10.1	$2 \times 10^3$
3	184	鸡爪海星 <i>Henricia</i>	25.3	整体混合	39.2	$7 \times 10^3$
22	112	帚羽星 <i>Comasteridae</i>	30.9	整体混合	15.4	$3 \times 10^3$
30	145	腔海胆	17.5	肉	5.45	$1 \times 10^3$

表内数据均为单次测定, 已扣除 (海水+试剂) 空白。

表 2 东海外陆架海域底栖等生物中Cd的测定结果

站 号	采样深度 (m)	样 品 名 称	Cd浓度 μg/g干重	生 物 浓 集 因 数	样 品 说 明
28	2200	鲭	0.27	$7 \times 10^2$	体长8.5cm, 湿重49.5克
30	表层	斑鳍燕瑶肉	0.60	$2 \times 10^3$	体长22cm, 湿重340克
		卵	0.25	$6 \times 10^2$	
		肝	0.28	$7 \times 10^2$	
		鳃	0.56	$1 \times 10^3$	
		鳞	0.41	$1 \times 10^3$	
	145	五眼斑鲜肉	0.44	$1 \times 10^3$	体长11cm, 湿重62克
7	72	星 鳎	0.43	$1 \times 10^3$	体长30cm, 湿重110克
3	184	蝙蝠鱼	0.45	$1 \times 10^3$	体长7.5cm
		日本鼓虾	0.31	$8 \times 10^2$	体长<3cm
		短足管鞭虾	0.36	$9 \times 10^2$	
		长缝拟对虾	0.25	$6 \times 10^2$	
7	72	敖氏红虾	0.28	$7 \times 10^2$	
		长手隆背蟹	0.28	$7 \times 10^2$	体长5cm
28	表层	太平洋尤鱼	0.27	$7 \times 10^2$	体长25cm, 湿重195克
7	72	斧蛤蜊	0.43	$1 \times 10^3$	体长2.5cm
		胡桃蛤	0.30	$8 \times 10^2$	
22	112	灌木管螭	1.06	$3 \times 10^3$	
		奇异绵织螭	1.67	$4 \times 10^3$	
30	145	纤细玛丽羽枝	0.67	$2 \times 10^3$	
22	112	棘海鸡冠虫(红)	0.33	$8 \times 10^2$	
30	145	棘海鸡冠虫(黄)	0.28	$7 \times 10^2$	
		棘海鸡冠虫(红)	0.61	$2 \times 10^3$	
22	112	海地瓜(海参)	1.26	$3 \times 10^3$	体长12cm
		骑士章海星	21.1	$5 \times 10^4$	体长5cm
3	184	鸡爪海星	3.35	$3 \times 10^3$	体长3cm
22	112	栉羽海星	7.25	$2 \times 10^4$	
30	145	腔海胆	0.69	$2 \times 10^3$	

表内数据均为单次测定, 已扣除(海水+试剂)空白。

表 3 东海外陆架海域底栖等生物中 Pb 的测定结果

站 号	采样深度 (m)	样 品 名 称	测 定 部 位	Pb浓度 μg/g干重	生物浓集因数
28	2200	鳎	整体混合	7.51	$2 \times 10^5$
30	表层	斑鳍燕鳐	净肉	1.30	$4 \times 10^4$
			卵	3.22	$1 \times 10^5$
			肝	2.97	$9 \times 10^4$
			鳃	1.60	$5 \times 10^4$
			鳞	17.7	$5 \times 10^5$
	145	五眼斑鲆	肉	2.33	$7 \times 10^4$
7	72	星 鳎	净肉	1.20	$4 \times 10^4$
3	184	蝙蝠鱼	皮肉混合	0.92	$3 \times 10^4$
		日本鼓虾	整体混合	0.12	$4 \times 10^3$
		短足管鞭虾	整体混合	0.23	$8 \times 10^3$
		长缝拟对虾	整体混合	0.16	$5 \times 10^3$
7	72	敖氏红虾	整体混合	0.24	$8 \times 10^3$
		长手隆背蟹	肉	0.46	$2 \times 10^4$
28	表层	太平洋尤鱼	整体混合	0.47	$2 \times 10^4$
7	72	斧蛤蜊	肉	0.68	$2 \times 10^4$
		胡桃蛤	肉	0.54	$2 \times 10^4$
22	112	灌木管螭	整体	0.70	$3 \times 10^4$
		奇异绵织螭	整体	0.65	$2 \times 10^4$
30	145	纤细玛丽羽枝	整体	1.90	$6 \times 10^4$
22	112	棘海鸡冠虫(红)	整体混合	0.80	$3 \times 10^4$
30	145	棘海鸡冠虫(黄)	整体混合	1.00	$3 \times 10^4$
		棘海鸡冠虫(红)	整体混合	7.50	$2 \times 10^5$
22	112	海地瓜(海参)	皮肉混合	1.21	$4 \times 10^4$
		骑士章海星	整体混合	1.50	$5 \times 10^4$
3	184	鸡爪海星	整体混合	2.70	$9 \times 10^4$
22	112	栉羽海星	整体混合	0.40	$2 \times 10^4$
30	145	腔海胆	肉	1.42	$5 \times 10^4$

表内数据均为单次测定, 已扣除(海水+试剂)空白。

表 4 东海外陆架海域底栖等生物中 Cu 的测定结果

站号	采样深度 (m)	样品名称	测定部位	Cu 浓度 μg/g 干重	生物浓集因数
28	2200	鳎	皮肉混合	18.5	$2 \times 10^4$
30	表层	斑鳍燕鳐	净肉	0.58	$5 \times 10^2$
			卵	2.52	$2 \times 10^3$
			肝	2.83	$3 \times 10^3$
			鳃	0.20	$2 \times 10^2$
			鳞	0.26	$3 \times 10^2$
	145	五眼斑鲆	肉	8.8	$9 \times 10^3$
7	72	星 鳎	净肉	0.49	$5 \times 10^2$
3	184	蝙蝠鱼	皮肉混合	3.15	$3 \times 10^3$
		日本鼓虾	整体混合	6.93	$7 \times 10^3$
		短足管鞭虾	整体混合	4.71	$5 \times 10^3$
		长缝拟对虾	整体混合	5.02	$5 \times 10^3$
	72	敖氏红虾	整体混合	3.29	$3 \times 10^3$
7		长手隆背蟹	肉	7.53	$8 \times 10^3$
28	表层	太平洋尤鱼	整体混合	1.47	$1 \times 10^3$
7	72	斧蛤蜊	肉	1.26	$1 \times 10^3$
		胡桃蛤	肉	3.15	$3 \times 10^3$
22	112	灌木管螭	整体混合	0.18	$2 \times 10^2$
		奇异绵织螭	整体混合	0.28	$3 \times 10^2$
30	145	纤细玛丽羽枝	整体	0.12	$1 \times 10^2$
22	112	棘海鸡冠虫(红)	整体	0.20	$2 \times 10^2$
30	145	棘海鸡冠虫(黄)	整体	0.10	$1 \times 10^2$
		棘海鸡冠虫(红)	整体	0.08	80
22	112	海地瓜(海参)	皮肉混合	0.62	$6 \times 10^2$
		骑士章海星	整体混合	0.24	$2 \times 10^2$
3	184	鸡爪海星	整体混合	0.28	$1 \times 10^2$
22	112	帚羽海星	整体混合	0.16	$2 \times 10^2$
30	145	腔海胆	肉	0.06	60

表内数据均为单次测定, 已扣除(海水+试剂)空白。



东海外陆架是属开阔海域,面积大、水深,离岸又远,相对地说海域受环境污染的影响是微小的。各表数据说明,各种动物体内所含微量金属浓度各不相同,这与生物本体的生理状况、活动范围、以及自然环境等有密切关系。从所测的全部动物体中可以看出含Zn浓度的大体趋势:鱼类>甲壳动物>软体动物>棘皮动物。鱼类比其他动物活动范围广,又是杂食动物,进食量大,所以吸收、吸附微量元素就比较强,对Zn更为明显。现将国外Cd、Pb的情况,分叙如下:北大西洋青鱼含量分别为15—85 $\mu\text{g/g}$ 、3.0—18、0.1—3.5、1.0—25.5 $\mu\text{g/g}$ (换算为干重);英国西海区鳕的含量分别为12—35、1.5—6、0.1—2.5、0.5—1.5 $\mu\text{g/g}$ ;北大西洋比目鱼含量分别为41.5、7.5、3.5 $\mu\text{g/g}$ ,Pb的含量较低(Portman, 1973)。东海鱼类(表、中、底层)微量金属的分布情况与国外报导的外海水域鱼类基本一致,同样含Zn较高。这与海水中Zn的浓度大大高于Cu、Cd、Pb有密切关系。对比Cd的含量东海鱼类大都在0.4—0.6 $\mu\text{g/g}$ 之间,略低于国外数据。Cu的含量与国外报导的大体相似。英国西海区鳕和大西洋比目鱼Pb的含量比东海鱼类要高。对于上述这些差别,除了前面提到的因素外,还要考虑鱼类个体大小,一般说个体大的生长年龄大,所含微量元素就愈高。另外,Lunde, 1973年的报道指出动物体内微量元素,主要是从食物中吸取,由于饵料的不同,所以不同食性的鱼类,其含量也有变化。鱼类含脂量的高低也直接影响体内微量元素的含量。含脂量愈高,体内也就愈易于积累Zn、Cu(Windan, 1973)。

作者对斑鳍燕鳐各部位进行了详细测定。前面已谈过,肝的金属含量比较高,尤其是Zn、Cu,这是因为肝可能是由于滤毒的特性。内脏含量普遍高是大家公认的。其他一些动物也是如此,这早就被一些学者证实了(Brooks and Rumsby, 1965)。斑鳍燕鳐的鳞含Pb比较高,这和鱼表皮分泌出的有机粘液具有很强的吸附微量金属的特性密切相关。当然,其吸附金属的程度是随各金属的不同性质而有所差异。

东海甲壳类含微量金属的浓度比北海低。ICES (1974)的报告指出北海虾(*Crangon*)的Zn、Cu、Cd、Pb含量分别为31.5—200、36—205、5、23 $\mu\text{g/g}$ (换算为干重)。北海蟹(*Carcinus means*) Zn、Cu含量类似于虾,Cd、Pb含量略低于虾。对比东海与北海的差别,首先应考虑它们的生活环境,北海测定的虾、蟹是取自岸边。东海的虾、蟹是取自离岸较远的深水。此外,它们的年龄与个体的大小也能导致其含量的变化。

表3中提到底栖动物棘海鸡冠虫(红色),虽属同种,但因采集地点不同,两者含Pb相差9.5倍。另外,同属不同种的骑士章海星含Cd比鸡爪海星高7倍。国外对棘皮动物的微量成分很少有人测定,至今尚未见过报导。但就作者的实测认为,产生上述的差别主要有二个因素:一为外因,这些近靠海底生存的动物,与海底沉积物的微量成分有密切关系。因各站的沉积环境不同,底质结构有软泥或粉砂等,加上沉积中有机物的分解,pH及Eh的变化,使沉积物的微量元素也产生变化。另一是生物内因,这是主要的,而且也是复杂的。如动物的食性、个体的肥瘦、年龄大小、生殖期前后的季节变化等综合影响也是应考虑的。有时同一种动物在同一地点采集,因采集时间不同,其含量也会产生较大的差别,这在港湾、沿岸,特别是受污染严重的海区更为突出。其原因是生物对毒物的积累与生活环境中的毒物浓度成正比,排污期间毒物含量高,生物吸收的多。非排污期,毒物

减少或消失, 那么该生物积累的毒物也就逐渐排出体外, 与体内原有含量达到平衡。这结果由我们的动物毒性实验和某湾的生物调查及国外一些学者证实了。如 Floronce (1972) 报道同用反向极谱测 Jervis 湾蚝的 Zn 含量, 在同一地点两次采集相差三个月, 其测定结果分别为  $28.3\mu\text{g/g}$  及  $1490\mu\text{g/g}$  干重, 两次相差 53 倍。显然, 后者为环境污染所致。

总之, 对生物体微量元素的含量讨论, 应结合上述各因素综合进行分析。作者对东海外陆架的鱼类、甲壳类、软体动物、棘皮动物等的调查、分析测定是初步的。这个海域的生物测定在我国是首次, 更进一步的评述有待于今后的继续调查。

### 参 考 文 献

- (1) 顾宏堪、刘明星, 单池示差反向极谱, 分析化学, 1(1973), 1, 15—22.
- (2) 顾宏堪、刘明星、包万友等, 中国海海水中几种微量金属离子的分布研究, 海洋科学集刊, 1978, 13, 1—7.
- (3) Floronce, T. M., Determination of trace metals in marine samples by anodic stripping voltammetry. *J. Electroanal. Chem.*, 35(1972), 237—245.
- (4) Lande, E., Heavy metal pollution in Trondheimsfiorden, Norway, and the recorded effects on the fauna and flora. *Enviren.* 12(1977), 3, 187—198.
- (5) Phillips, D. J. H., The common mussel *mytilus edulis* as an indicator of the metals in Scandinavian waters. I Zinc and Cadmium. *Marine Biology*, 43(1977), 4, 283—291.
- (6) Segar, D. A., The distribution of the major and some minor elements in marine animals, part I Mollusca, *J. Mar. Biol. Ass. UK* 51(1971), 1, 131—136.

## TRACE METAL CONCENTRATION OF THE FISHES AND BENTHOS FROM THE OUTER CONTINENTAL SHELF AND THE NORTHERN DIAOYU DAO (TIAOYU ISLAND) OF THE EAST CHINA SEA

Liu Mingxing and Gu Hongkan

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

### ABSTRACT

This paper describes the application of the technique of inverse polarography (anodic stripping voltammetry) with antiadsorption physical coating mercury electrode, which is convenient and highly sensitive for the determination of seawater, fishes, benthos, and other marine organisms, giving precise and rapid results.

The technique has an advantage over other methods in that it requires only a small amount of sample and analytical solution. Neither filtration nor the addition of supporting electrolyte is needed. Ashed samples diluted by seawater can be directly used for the determination of Zn, Cd, Pb, and Cu.

Detailed analytical procedures are given. The concentration factors of trace metal in marine organisms to that of sea water was calculated.

The Zn, Cd, Pb, and Cu concentration of determined marine organisms (fishes and benthos) give values ranging 3—212  $\mu\text{g/g}$ , 0.3—7.2  $\mu\text{g/g}$ , 0.1—7.5  $\mu\text{g/g}$ , and 0.06—8.8  $\mu\text{g/g}$  dry weight. Biological concentration factors are at  $6 \times 10^2 - 4 \times 10^4$ ,  $6 \times 10^2 - 5 \times 10^4$ ,  $4 \times 10^3 - 5 \times 10^5$ , and  $60 - 2 \times 10^4$ , respectively.