

渤海湾生态系中汞的富集与迁移

张毓琪 陈叙龙

(南开大学化学系)

为了解自然水体中汞污染的生物富集、迁移规律,我们于 1980—1981 年采集了渤海湾的北塘口(永定新河、潮白河、蓟运河汇合后的入海口)的蛏头沽大队和海河口的驴驹河大队近岸地区的水、泥和各种生物样品。生物样品选择不同营养级及不同生态习性的生物,如浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类和鸟类。对 500 多个样品进行了总汞的测定、300 多个样品进行了甲基汞的测定。取得的生物样品保持在 -20°C 冰箱中备用。泥样先在通风处阴干,过 100 目筛后备用。水样采后在 24 小时内处理测定。

结 果 与 讨 论

在我们所测定的 500 多个样品中,有鸥类 28 只,鱼类 368 条,底栖动物 70 多个样品,浮游生物 24 个样品,水 8 个样品,底泥 8 个样品。全部样品测定了总汞,其中 300 多个样品测定了甲基汞(测定方法从略)。详细数据见表 1。

从表 1 可以看到渤海湾近岸水中总汞的平均含量为 0.039 微克/升,比我国规定的渔业用水最高允许浓度 0.5 微克/升要低,但在生物体内总汞的含量却比水高得多并随食物链等级的提高而增高。如浮游植物汞的含量为 9 微克/公斤,为海水汞含量的 200 多倍。浮游动物汞的含量为 13 微克/公斤,为海水汞含量的 300 多倍。底栖动物汞的含量为 13.8 微克/公斤。为海水汞含量的 350 多倍。食浮游植物的鱼类,汞的含量为 17.2 微克/公斤,为海水汞含量的 400 多倍。食浮游

动物的鱼类,其汞含量为 25.8 微克/公斤,为海水汞含量的 660 多倍。食鱼的鱼类,汞的含量为 112.4 微克/公斤,为海水汞含量的 2800 多倍。食鱼的鸥类,胸肌的汞含量为 152.6 微克/公斤,为海水汞含量的 4000 多倍。羽毛汞的含量为 4782 微克/公斤,为海水汞含量的 123000 倍。

从表 1 还可看出,渤海湾近岸水中甲基汞的平均含量为 0.0014 微克/升。浮游植物甲基汞含量为 6 微克/公斤,为海水含量的 4000 多倍。浮游动物甲基汞含量为 9 微克/公斤,为海水含量的 6000 多倍。底栖动物甲基汞的含量为 9.1 微克/公斤,为海水汞含量的 6500 倍。食浮游植物的鱼类,甲基汞含量为 14.3 微克/公斤,为海水汞含量的 10000 倍。食浮游动物的鱼类,甲基汞含量为 21.9 微克/公斤,为海水的 15000 多倍。食鱼的鱼类,甲基汞含量为 93.9 微克/公斤,为海水的 67000 多倍。食鱼的鸥类,胸肌甲基汞含量为 108 微克/公斤,为海水的 77000 多倍。羽毛中甲基汞含量为 2105 微克/公斤,为海水的 150000 倍。

把水、泥和各营养级生物汞的富集量和浓缩系数绘成图 1,从中可以看出:

1. 生态系中各营养级生物对总汞和甲基汞均有较强的富集能力和较高的浓缩系数,并都有随食物链等级升高,富集量增高,浓缩系数增大的趋势。这表明营养级高的生物除了能直接从海水中富集汞外,还可以从摄食低一级营养生物中获得汞的富集。同营养级的生物,不同种类对汞的富集能力和浓缩系

表 1 渤海湾生态系中汞的蓄积(单位: $\mu\text{g}/\text{kg}$)

类 别			总 汞		甲 基 汞	
			含量	浓缩系数	含量	浓缩系数
海 水			0.039	—	0.0014	—
底 泥			245	6.28×10^3	0.19 ⁸	1.34×10^2
浮游植物			9.0	2.30×10^2	6.0	4.28×10^3
浮游动物			13.0	3.33×10^2	9.0	6.43×10^3
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>			21.0	5.38×10^2	15.0	1.07×10^4
底栖动物	对虾 <i>Penaeus orientalis</i>		11.0	2.82×10^2	7.2	5.14×10^3
	脊尾白虾 <i>Palaemon carinicauda</i>		14.0	3.58×10^2	11.2	8.00×10^3
	毛蚶 <i>Arca tenebrica</i>		19.8	5.07×10^2	9.3	6.64×10^3
	四角蛤蜊 <i>Macra quadrangularis</i>		11.2	2.87×10^2	8.2	5.92×10^3
	兰蛤 <i>Corbula sp</i>		10.4	2.66×10^2	7.9	5.64×10^3
	平均数		13.8	3.54×10^2	9.1	6.5×10^3
植物食性	鳀 <i>Clupanodon punctatus</i>		12.4	3.17×10^2	11.0	7.86×10^3
	鲻 <i>Mugil cephalus</i>		3.8	0.79×10^2	3.2	2.28×10^3
	梭鱼 <i>Mugil So-iuy</i>		28.8	7.38×10^2	23.7	1.69×10^4
	平均数		17.2	4.41×10^2	14.3	1.0×10^4
动物	食浮游动物	青鳞鱼 <i>Harengula zusasi</i>	22.5	5.76×10^2	20.1	1.43×10^4
		长颌稜鳕 <i>Scuteugraulis mystax</i>	33.5	8.58×10^2	27.6	1.93×10^4
		兰点鲛 <i>Sawara niphonia</i>	10.8	2.76×10^2	8.6	5.7×10^3
		银鲳 <i>Stromateoides argenteus</i>	15.1	3.84×10^2	12.1	8.57×10^3
		平均数	25.8	6.62×10^2	21.9	1.5×10^4
食性	食鱼类	鰕针鱼 <i>Tylosurus anastomelle</i>	49	1.26×10^3	39.3	2.81×10^4
		鲈鱼 <i>Lateolabrax japonicus</i>	92	2.36×10^3	77.2	5.51×10^4
		矛尾刺鲷虎鱼 <i>Acanthogobius hasta</i>	183.2	4.71×10^3	156.8	1.12×10^5
		鲬 <i>Platycephalus indicus</i>	292.4	7.49×10^3	247.1	1.76×10^5
		黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	146	3.74×10^3	116.2	8.28×10^4
		平均数	112.4	2.88×10^3	94.3	6.7×10^4
鸥类	银鸥 <i>Larus argentatus</i>	肉	108	2.77×10^3	84	6.00×10^4
		羽毛	2550	6.54×10^4	1298	9.27×10^5
	红咀鸥 <i>Larus ridibundus</i>	肉	130	3.33×10^3	90	6.43×10^4
		羽毛	4740	1.22×10^5	2200	1.57×10^6
	黑尾鸥 <i>Larus crassirostris</i>	肉	190	4.87×10^3	140	1.00×10^5
		羽毛	7495	1.92×10^5	3111	2.22×10^6
	平均数	肉	152.6	3.91×10^3	108	7.7×10^4
		羽毛	4782.3	1.23×10^5	2105	1.5×10^6

数有差异。这种差异是由生物本身造成的(因每种生物的生态习性不同,生物体内脂肪的含量多少不等)。由于有机汞在类脂物中有较大的溶解度,汞对生物的影响不仅取决于它在水体中的浓度,而且与汞的化学形态有密切的关系。汞在渤海湾鱼体内的化学形

态主要是甲基汞,甲基汞在红鲷鱼体内的生物半衰期为 340 天。这说明甲基汞在鱼体内排泄是很慢的。鱼又能从底泥中吸收汞,如梭鱼是食底栖硅藻为主的鱼类,它在摄食时,不仅摄取大量硅藻,同时也将大量泥沙吞入胃中(在食物分析时见到大量泥沙),海底泥

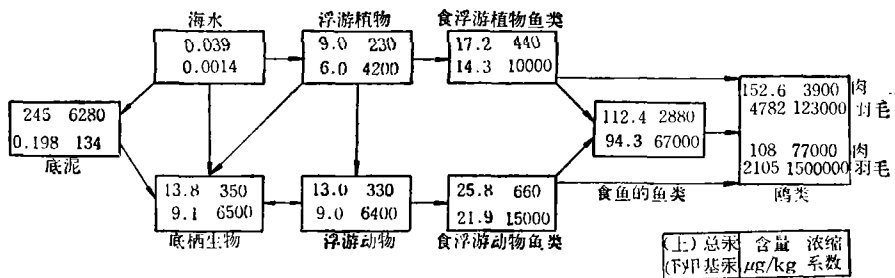
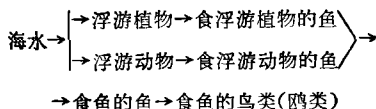


图 1 总汞、甲基汞在渤海湾不同营养级生物的富集和迁移

沙中汞的含量较高,从而梭鱼不仅从水和食物链中富集汞,还能从底泥中吸收汞,梭鱼体内甲基汞含量占总汞含量的 82.3%。因此,梭鱼体内汞含量较高。

2. 不同营养级生物体内甲基汞占总汞的比例不同,一般为 65.9—84.9% (按不同营养级生物体汞含量的平均值计算)。除鸥类外,甲基汞的比例有随营养级生物升高而加大的趋势,每种生物体内甲基汞含量占总汞比例的变动范围较大(在 46.9—89.3% 之间)。这说明不同种的生物对不同形态汞的富集能力有明显的差异。一般甲基汞的浓缩系数比总汞要高一个数量级,少数种类可达两个数量级。这可能由于水体中的无机汞可通过微生物的作用转化为甲基汞。目前尽管该水域中汞的含量不高,但通过生物富集(生物放大)作用,使营养高的生物中毒受害,从而对人体健康存在潜在的威胁,必须引起人们的足够重视。

3. 一般认为鱼体内蓄积的汞一半是直接从中吸收,另一半则通过食物链摄取。不同种的鱼,二者各占的比例差距较大,但都能从食物链中吸收汞。因此,各种生物体内汞的来源有两方面:从水、悬浮物、底泥中直接吸收和从食物中吸收。从图 1 可以看出,汞入海后被生物富集,有一条沿食物链迁移的途径,即:



4. 从历史的情况来看,在蓟运河下游的天津化工厂的氯碱车间,自 1958 年投产后,汞就污染了蓟运河下游的北塘口及渤海湾。到 1968 年,在蓟运河与永定河汇合处,在蓟运河上建了防潮闸,从此由潮汐河流变成了半封闭的水库式河流,从而改变了汞的污染状况。我们可从在北塘口采到的历史性鸥类羽毛的汞含量看出其变化的情况。在氯碱车间投产前 1955—1956 年间采到的红嘴鸥,羽毛的总汞含量为 8.1 毫克/公斤,银鸥羽毛的总汞含量为 2.6 毫克/公斤。在投产后 1961—1962 年间采到的红嘴鸥羽毛总汞含量为 12.8 毫克/公斤,银鸥羽毛的总汞含量为 16.1 毫克/公斤。建防潮闸后,1980—1981 年间采到的红嘴鸥羽毛的总汞含量为 4.7 毫克/公斤,银鸥羽毛的总汞含量为 2.5 毫克/公斤。

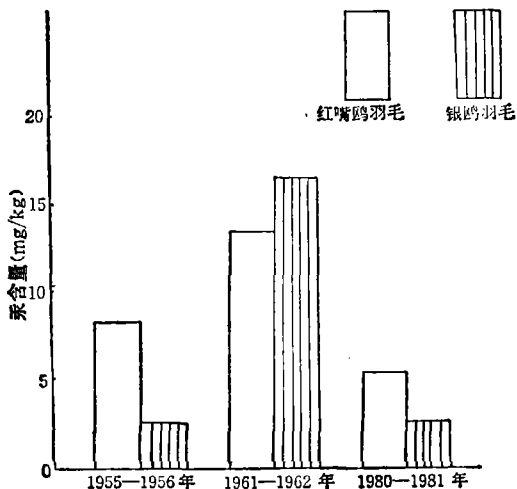


图 2 历年鸥类羽毛汞含量比较

从图2鸥类羽毛总汞含量的不同年代看,1961—1962年含量最高,因当时蓟运河河口尚未建闸,是潮汐河流。潮汐对含汞废泥有较强的推移作用,渤海湾汞污染较重,此时采到的鸥类羽毛中的汞含量最高。建防潮闸后,汞对渤海湾的污染减少(因汞主要沉积在该厂的排污口附近)。1980—1981年鸥类羽毛的总汞含量比1955—1956年鸥类羽毛总汞含量稍低,这与永定新河、潮白河、蓟运河上建防潮闸有关,另一方面,该厂近年来采取了治理措施,加之1980年以前鸥类标本羽毛的水分含量要比刚采的少,因此1980—1981年鸥类羽毛汞含量稍低。从不同年代羽毛的汞含量看这几年渤海湾受汞的污染比以前轻。从吃鱼鸟类的羽毛中汞含量的多少,可以了解当时鱼类受汞污染的情况。所以从不同年代鸥类羽毛的汞含量可以看出不同年代蓟运河内汞对渤海湾污染的轻重程度。

小 结

通过对渤海湾生态系中各营养级生物对汞的富集、迁移及鸥类羽毛含汞量的研究,了解到渤海湾中各营养级生物对总汞和甲基汞均有较强的富集能力和较高的浓缩系数,并都有随食物链等级的升高、富集量增高、浓缩系数增大的趋势。不同营养级生物体内甲基

汞占总汞的比例不同,按营养级生物计算平均值一般在65.9—84.9%之间,按生物种类计算平均值在46.9—89.3%之间。汞入海后被生物富集有一条沿食物链迁移的途径。从不同年代鸥类羽毛的汞含量,可以看出不同年代蓟运河内汞含量对渤海湾污染的程度。建防潮闸前,潮汐河流对渤海湾污染较重;建防潮闸后,水库式河流对渤海湾污染较轻。

参 考 文 献

- [1] 修瑞琴等,卫生研究,2,27(1980).
- [2] 蔡宏道,环境污染与卫生监测,人民卫生出版社,1981年.
- [3] 章申等,环境科学学报,1(4),349(1981).
- [4] 陈叙龙等,海洋环境科学,1,66(1982).
- [5] 修瑞琴等,环境科学,2,27(1982).
- [6] Jensen, S. and Jernlov, A., *Nature*, **223**, 753 (1969).
- [7] Hartung, et al., *Environmental Mercury Contamination*, 172(1972).
- [8] Tsuguyoshi, S. et al., *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology*, **10**(6), 347 (1973).
- [9] Miettinen, J. K., In *Ecological Toxicology Research*, A. D. McLntyre and C. F. Mills, Eds., Plenum Press, pp. 215—229, 1975.
- [10] Tsai Shan-Ching et al., *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology*, **13**(2), 188(1975).
- [11] 早津産哉,生体濃縮 微量有害物質の生体内運命,里柳製本株式会社,1975.
- [12] Kudo, A. et al., *Environmental Pollution*, **19**, 239(1979).

影响金属汞、氧化汞、硫化汞 溶解度因素的研究

吴敦虎 齐少华

(中国科学院长春地理研究所)

汞及其化合物是环境中重要的污染物,无机汞在一定条件下可以转化为有机汞^[1].因此研究影响金属汞、氧化汞、硫化汞溶解度的因素,是综合防治汞污染的基础工作之一。

河流与湖泊沉积物中的汞,主要以硫化汞等形式存在^[2-4],无论采用何种治理方案,均涉及到金属汞、氧化汞、硫化汞等的稳定性。本文选择11种无机、有机配位体,在不