

南海北部海域经济鱼类的重金属含量与分布研究

陆超华

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

摘要 研究了南海北部海域经济鱼类的重金属 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和 Ni 等的含量与分布。结果表明, 重金属在鱼体不同器官组织中的分布是不均衡的, 肌肉中的重金属含量最低; 底层鱼类的重金属含量相对较高; 肉食性鱼类的 Cd 含量较高, 但其余 5 种金属含量与鱼类食性的关系不明显; 近海鱼类的重金属含量与河口咸淡水鱼类的重金属含量之间无显著差异; 经济鱼类受重金属污染的影响不明显, 其食用价值尚未受影响。

关键词 重金属, 经济鱼类, 南中国海

八十年代初曾对广东省和海南省的海洋生物重金属含量状况进行过调查, 但这些调查的对象主要是沿岸浅海底栖生物和潮间带生物, 几乎不涉及海洋捕捞的经济种类, 而海洋捕捞的经济鱼、虾、蟹、头足类等是人们食用的主要海产品。改革开放以来, 沿海地区的工业迅速发展, 排入海洋中的污染物质也明显增加。为了解南海北部海域经济种类的有害物质含量, 以及这些物质在鱼、虾体中的分布情况, 掌握海洋污染对水产资源的影响, 于 1986—1988 年调查研究了南海北部海域真骨鱼类、虾类、蟹类、头足类和双壳类等 5 大类经济水产品中 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和 Ni 的含量与分布。本文对该海域经济鱼类重金属含量的地理分布、组织分布进行分析, 探讨了鱼类重金属含量与其栖息环境、生活习性的关系, 并对其污染程度进行了评价。

材 料 和 方 法

(一)样品的采集和保存 鱼类样品采用渔船拖网捕获。在捕获的鱼类中随机抽取一定数量的代表性鱼类在冰冻保鲜条件下送回实验室, 然后在 -20°C 的条件下保存至分析。鱼类样品的采集状况见表 1, 采样水域位置如图 1 所示。

(二)分析方法 鱼样在室温条件下自然解冻后, 用不锈钢剪刀剪取所需部位, 用捣碎机捣碎, 然后称取一定量捣碎了的均匀样品测定其重金属。样品用王化泉等^[1]介绍的方法进行消化处理, 在 WFD-Y₂ 型原子吸收分光光度计上测定。该方法在所用仪器上对 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和 Ni 的回收率分别为 97、101、92、96、100、96%; 变异系数均小于 8%。

表 1 鱼类样品采集状况

收稿日期: 1993-03-08。

Table 1 Parameters related to fish sampling

海区 Region	采样区编号 Site	采样日期 Sampling date	种数 Number of species	个体数 Number of individuals
海南 Hainan	A	1987年11月 Nov. 1987	8	81
广西 Guangxi	B	1988年6月 June 1988	20	67
粤西 Western Guangdong	C	1987年8月 Aug. 1987	5	40
珠江口 The Pearl River estuary	D E F	1987年6月 June 1987	10	76
		1988年3月 March 1988	10	93
粤东 Eastern Guangdong	G	1987年11月 Nov. 1987	11	119

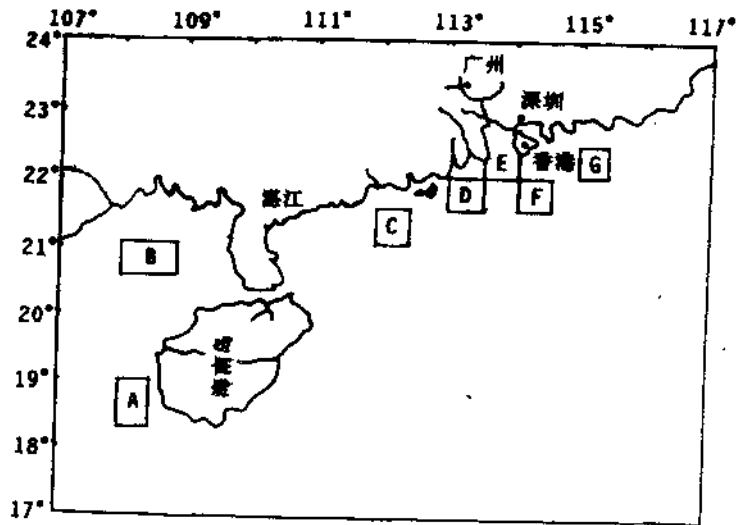


图1 采样水域位置示意图

Fig. 1 Sampling locations

结 果

(一)各海区鱼类的重金属含量 表2列出了南海北部5个海区鱼类肌肉中的Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni含量(质量分数,下同)的统计值。鱼类肌肉中的Cu平均含量,海南岛、广西、粤西和珠江口海区>粤东海区($P < 0.05$);Pb的平均含量,海南岛、广西、粤西、粤东海区>珠江口海区($P < 0.005$);Zn的平均含量,粤西、海南岛海区>粤东海区>珠江口海区($P < 0.05$);广西海区与珠江口海区、粤东海区间的差异不显著($P > 0.10$);Cd的平均含量,粤西海区>粤东、海南岛海区>广西、珠江口海区($P < 0.01$);Cr和Ni的平均含量,

各海区之间的差异不显著。

表2 各海区鱼类肌肉的重金属含量

Table 2 Heavy metal concentrations in muscle tissue of fish from northern South China Sea

海区 Region	样次 No. of sample	重 金 属 含 量 (克/千克干重) Metal concentrations ($\bar{X} \pm SD$ g/kg dry wt.)					
		Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
海 南 Hainan	12	3.86 \pm 1.76	1.32 \pm 0.34	41.05 \pm 20.97	0.13 \pm 0.05	0.86 \pm 0.19	0.68 \pm 0.36
广 西 Guangxi	19	4.33 \pm 2.07	1.30 \pm 0.58	25.32 \pm 9.13	0.08 \pm 0.05	0.92 \pm 0.37	0.81 \pm 0.43
粤 西 Western Guangdong	5	3.15 \pm 1.41	1.27 \pm 0.58	49.28 \pm 24.74	0.27 \pm 0.10	0.99 \pm 0.20	0.64 \pm 0.24
珠江口 The Pearl River estuary	20	3.80 \pm 1.64	0.72 \pm 0.24	21.42 \pm 8.49	0.08 \pm 0.05	1.07 \pm 0.60	0.71 \pm 0.68
粤 东 Eastern Guangdong	11	2.53 \pm 1.70	1.36 \pm 0.98	27.52 \pm 10.09	0.16 \pm 0.10	1.00 \pm 0.42	0.57 \pm 0.27

(二) 鱼类重金属含量与其栖息水层的关系

在检测的鱼样中,参照文献^[2-4],按其栖息水层分为底层鱼类、中下层鱼类和中上层鱼类3大类。栖息于不同水层鱼类的6种重金属含量的平均值列于表3。各栖息水层鱼类的重金属含量有如下差异(t检验法)。Cu:底层鱼类、中上层鱼类>中下层鱼类($P < 0.025$);Pb:底层鱼类>中下层鱼类>中上层鱼类($P < 0.025$);Cd:底层鱼类>中下层鱼类>中上层鱼类($P < 0.025$);Cr:底层鱼类、中下层鱼类>中上层鱼类($P < 0.025$);Zn、Ni:各水层鱼类间的差异不显著。总的来说,底层鱼类的重金属含量较高。

表3 栖息于不同水层鱼类的重金属含量

Table 3 Heavy metal concentrations in muscle of fish staying in various water layers

鱼 类 Group	重 金 属 平 均 含 量 (克/千克干重) Mean metal concentrations (g/kg dry wt.)					
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
底层鱼类 Demersal fishes	3.65	1.51	34.39	0.19	1.13	0.71
中下层鱼类 Midwater fishes	2.94	1.13	27.86	0.12	1.16	0.62
中上层鱼类 Pelagic fishes	4.41	0.94	32.58	0.08	0.86	0.65

(三) 鱼类重金属含量与其食性的关系

根据文献^[3,4],将检测的鱼类按其食性分为肉食性鱼类、广食性鱼类和主食浮游生物鱼类 3 大类。不同食性鱼类肌肉组织中 6 种重金属含量见表 4。统计检验(t 检验)结果表明,肉食性鱼类肌肉中的 Cd 含量显著地比广食性和主食浮游生物鱼类肌肉中的 Cd 含量高($P < 0.005$),前者分别为后者的 1.7 倍和 2.1 倍;其余 5 种金属的含量,各食性鱼类间差异不显著。Denton 等^[18]报道,捕自澳大利亚大堡礁海域的长寿命肉食性鱼类—白鲨 *Triacanthodes obesus* 和灰鲨 *Carcharinus amblyrhynchos* 肌肉中的 Cd 含量明显地高于其它鱼类肌肉中的 Cd 含量,并据此推测 Cd 在鱼类肌肉中有一很长的生物半衰期,而且象 Hg 一样,它能被处于食物链顶端的长寿命肉食性鱼类累积到相当高的水平。Macky 等^[19]报道,捕自澳大利亚昆士兰北部水域的肉食性鱼类—黑枪鱼 *Makaira india* 肌肉中的 Cd 含量高达 0.4 克/千克湿重。

表 4 不同食性鱼类肌肉中的重金属含量

Table 4 Heavy metal concentrations in muscle tissue of various feeding-habit fishes

鱼 类 Group	重金属平均含量(克/千克干重) Mean metal concentrations(g/kg dry wt.)					
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
肉食性鱼类 Carnivores	3.66	1.41	37.13	0.19	1.30	0.71
主食浮游生物鱼类 Herbivores	4.20	0.94	31.13	0.09	0.86	0.72
广食性鱼类 Omnivores	2.99	1.22	23.99	0.11	1.22	0.63

表 5 重金属在鱼体不同器官组织中的分布

Table 5 Distribution of heavy metals in tissues of fish

器官组织 Tissue	重金属平均含量(克/千克干重) Mean metal concentrations(g/kg dry wt.)					
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
肌肉 Muscle	3.62	1.21	31.11	0.14	1.00	0.71
内脏 Internal organs	9.97	4.20	105.24	2.55	1.74	1.60
鳃 Gills	7.26	16.54	121.05	1.25	4.01	4.06
皮 Skin	5.79	9.61	141.67	0.72	3.15	2.33
骨 Vertebrae	4.56	13.64	72.54	0.74	1.98	3.47
鳞 Scale	4.59	28.33	265.46	1.43	3.50	7.23

(四) 重金属在鱼体不同器官组织中的分布

测定了 67 个鱼类样品的肌肉,46 个鱼类样品的内脏(指全部内脏的混合物,下同)、

鳃,17个鱼类样品的皮、骨、鳞器官组织中的Cu、Pb、Zn、Cd、Cr和Ni含量(表5)。用t检验法检验了这些不同器官组织中的重金属含量的差异性;结果如下。Cu:内脏>鳃>皮、骨、鳞>肌肉;Pb:鳞>鳃、骨>皮>内脏>肌肉;Zn:鳞、皮、鳃、内脏>骨、肌肉;Cd:内脏>鳞、鳃>皮、骨>肌肉;Cr:鳃、鳞、皮>骨、内脏>肌肉;Ni:鳞>鳃、骨>皮、内脏>肌肉。

表6列出了几种代表性鱼类不同器官组织的重金属含量。从表6可见,尽管各种重金属的含量在同一器官或组织中存在一定程度的种间差异,但各种重金属在鱼类不同器官组织中的分布趋势与上述统计结果是基本一致的。

表6 几种鱼的不同器官组织的重金属含量

Table 6 Heavy metal concentrations in tissues of some fish

金属 Metal	器官 组织 Tissue	蓝园鲈 <i>Decapterus maruadsi</i>	日本金线鱼 <i>Nemipterus Japonicus</i>	多齿蛇鲭 <i>Saurida tumbil</i>	带鱼 <i>Trichurus haumela</i>	马六甲鲆 <i>Upeneus moluccensis</i>
Cu	A	3.21	2.52	3.48	2.88	2.19
	B	7.74	14.14	13.52	9.93	9.17
	C	6.41	8.76	7.43	6.40	7.00
	D	5.18	3.96	5.13	5.48	4.65
	E	4.10	3.48	4.07	4.90	4.85
	F	—	4.52	5.21	—	5.48
Pb	A	0.90	1.15	1.24	1.36	0.60
	B	5.35	4.80	3.21	4.25	6.61
	C	12.82	13.87	13.00	16.93	16.21
	D	8.20	8.30	6.17	5.12	9.07
	E	17.12	12.93	11.42	10.27	18.73
	F	—	30.00	23.89	—	35.04
Zn	A	26.60	28.95	36.30	42.45	30.62
	B	68.50	92.73	126.53	101.28	162.52
	C	86.25	82.50	119.87	134.33	143.84
	D	79.54	103.45	95.32	116.12	161.78
	E	48.40	39.75	57.65	64.24	70.52
	F	—	249.90	301.79	—	296.88
Cd	A	0.12	0.07	0.25	0.20	0.08
	B	1.96	2.71	2.92	3.14	2.63
	C	0.94	1.05	1.20	1.33	0.89
	D	0.70	0.40	0.63	0.73	0.65
	E	0.84	0.52	0.80	0.92	0.74
	F	—	1.26	2.10	—	1.77
Cr	A	0.72	1.10	0.88	1.13	0.69
	B	1.40	2.06	1.67	1.73	1.47
	C	2.96	3.06	3.26	4.17	3.81
	D	2.10	3.38	2.08	3.70	2.97
	E	1.67	1.83	1.54	2.11	2.03
	F	—	4.05	2.72	—	4.62
Ni	A	0.50	0.63	0.42	1.75	0.38
	B	1.73	1.92	1.26	3.86	1.41
	C	4.14	4.48	3.57	5.80	3.94
	D	1.80	2.04	2.43	3.48	2.65
	E	3.43	3.17	3.21	5.43	4.13
	F	—	6.38	5.13	—	8.92

* A:肌肉 Muscle, B:内脏 Internal organs, C:鳃 Gills, D:皮 Skin, E:骨 Vertebrae, F:鳞 Scale

由于生物代谢的变化以及其内环境的特点,各种金属在生物体内的分布并不一样。例

如,Cd 和 Cu 2 种金属在鱼体中的分布,以内脏中的含量最高,而它们在内脏中又主要贮存在肝脏和肾脏中^[23,24,26]。与 Cu 和 Cd 在鱼体中的分布情况形成鲜明的对比,Pb、Ni 和 Cr 在内脏中的分布较少,而在鳞、骨骼中较多。这种现象与这 3 种金属在鱼体中的代谢与 Ca 相平行有关^[5]。鳃组织中的 6 种金属含量都较高,这主要是由于鳃组织存在着大量的吸附微粒,而不是生物对金属的主动吸收^[5]。

(五)近海鱼类与河口咸淡水鱼类重金属含量的差异

根据文献^[2-4],将所测鱼类分为近海鱼类和河口咸淡水鱼类 2 大类。表 7 列出了这 2 大类鱼肌肉中的 6 种重金属含量的统计值。统计检验结果表明,近海鱼类肌肉中的重金属含量与河口咸淡水鱼类肌肉中的重金属含量之间的差异不显著。

表 7 近海鱼类和河口咸淡水鱼类的重金属含量

Table 7 Heavy metal concentrations in fish living in off-shore area and fish living in estuary area

鱼 类 Group	重金属含量(克/千克干重) Heavy metal concentrations($\bar{X} \pm SD$ g/kg dry wt.)					
	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
近海鱼类 Off-shore fishes	3.79±1.83	1.06±0.50	29.73±16.57	0.12±0.09	0.94±0.35	0.73±0.58
河口咸淡水鱼类 Estuarine fishes	3.31±1.63	0.90±0.29	22.95±3.87	0.12±0.10	0.99±0.45	0.92±0.81

讨 论

(一)栖息于不同环境的鱼类的重金属

珠江为我国南方最大的入海河流,其年平均总流量为 $3.26 \times 10^{11} \text{m}^3$ 。珠江上游有多种正在开采和冶炼的金属矿(如 Cu、Pb、Zn、Cr 等),下游的珠江三角洲地区有众多的冶炼、石油化工、造纸、电镀、制革、印染、无机化工、农药、塑料橡胶等工业企业。这些工矿企业的废水、废渣、废气等污染物质为珠江口海区提供了大量的重金属元素。据报道,珠江口海区每年接纳 52.9 吨的 Cu、122.4 吨的 Pb、190.2 吨的 Zn 和 0.2 吨的 Cd^[6]。由地表径流、大气沉降和人为的直接倾倒进入珠江口海区的污染物质使珠江口近海海域成为重金属相对丰富的水域。然而,出乎我们意料的是,珠江口海区经济鱼类肌肉中的重金属含量普遍较低。一般来说,河口咸淡水鱼类栖息于受污染相对较重的河口海区,而近海洄游性鱼类栖息于受沿岸工矿业污染影响较轻的水域,因此河口咸淡水鱼类受污染影响相对较重。在我们的研究中,河口咸淡水鱼类肌肉中的重金属含量与近海洄游性鱼类肌肉中的重金属含量基本一致。这反映了目前南海北部海域经济鱼类受陆源污染的影响不明显,经济鱼类可获取的重金属在该海域各海区的分布是相一致的。

(二)经济鱼类重金属含量水平的评价

(1)Zn Zn 是鱼体各器官组织检测的元素中最丰富的元素。现在,人们普遍认为鱼类能主动地调节 Zn 在其肌肉组织中的含量^[12,14,15]。因此,鱼类肌肉组织中 Zn 的含量不能反映其栖息环境中 Zn 水平的实际变化^[21]。然而,值得注意的是,世界上污染相对严重的海区鱼类肌肉中的 Zn 含量普遍比相对清洁海区鱼类肌肉中的 Zn 含量高,这说明鱼类

对其体内 Zn 的调节是不彻底的。

本海域经济鱼类肌肉中的 Zn 含量($31.11 \pm 18.91 \times 10^{-6}$ 干重)低于受污染的胶洲湾和苏格兰 Clyde 湾鱼类肌肉中 Zn 的含量(分别为 11.05×10^{-6} 湿重和 52.3×10^{-6} 干重)^[17];比未受污染海区鱼类肌肉中的 Zn 含量略高,如 Harding 等^[18]报道太平洋东北部鱼类肌肉中 Zn 的含量为 19.0×10^{-6} 干重,Denton 等^[15]报道澳大利亚大堡礁鱼类肌肉中 Zn 的含量为 13.2×10^{-6} 干重。所测鱼样肌肉中 Zn 的含量远低于“海洋鱼类污染评价标准”(表 8)^[7],澳大利亚国家卫生和医学研究理事会制定的人体消费卫生标准中的鱼类重金属的限制值(下称“人体消费卫生标准”,见表 8)^[8],以及美国对海产品中 Zn 的最高允许值(40×10^{-6} 湿重)^[7]。

(2)Cu Cu 与 Zn 一样,在鱼类中是一种生物需要元素。人们普遍认为其在鱼类肌肉组织中被严格调节^[21],但也有不少学者对这种观点的严密性有异议,如 Powell^[27],Denton 等。在怀疑 Cu 元素相对丰富的水域鱼类肌肉中 Cu 的平均水平相对较高。当然,这是完全可能的,这种差异只是反映不同鱼类对这种和其它生物需要元素的需求差异,而不是它们环境可利用性的位置差异,然而这还有待于证实。

表 8 经济鱼类重金属的评价

Table 8 Evaluation of heavy metals to commercial fish from northern South China Sea

	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Ni
经济鱼类的重金属含量(克/千克湿重) Heavy metal concentrations(g/kg wet wt.) in commercial fish	0.28 ∫ 2.60	0.10 ∫ 0.90	1.62 ∫ 23.25	nd ∫ 0.12	0.12 ∫ 0.66	0.03 ∫ 0.79
海洋鱼类污染评价标准(克/千克湿重)* Pollution evaluation standards for marine fishes(g/kg wet wt.)	20	2.0	40	0.6	1.5	5.5
人体消费卫生标准(克/千克湿重) Healthy standards for human consumption (g/kg wet wt.)	100	1.5	150	0.2		1.0

* 本标准被全国海岸带和海涂资源综合调查技术指导小组海化和环保专业组采纳为全国海岸带和海涂资源综合调查环境质量评价中的海洋生物污染评价标准。

南海北部海域经济鱼类肌肉中 Cu 的含量($3.62 \pm 1.79 \times 10^{-6}$ 干重)低于受污染的苏格兰 Clyde 湾鱼类肌肉中 Cu 的含量(10.5×10^{-6} 干重)^[17];比未污染海域鱼类肌肉中 Cu 的含量高,未污染海域如太平洋东北部和澳大利亚大堡礁经济鱼类肌肉中 Cu 的含量分别为 1.5×10^{-6} 干重和 0.82×10^{-6} 干重^[18,15]。所测鱼类肌肉中 Cu 的含量均远低于“海洋鱼类污染评价标准”和“人体消费卫生标准”,也低于我国制定的罐头鱼中 Cu 的最高允许值(10×10^{-6} 湿重)^[7]。

(3)Cd 鱼类肌肉中 Cd 的含量水平一般低于 0.1×10^{-6} 湿重^[16],但偶尔有报道在

污染环境的鱼类 Cd 的含量比之高 1~2 个数量级^[11,20,30]*。我们的调查研究结果表明,南海北部海域经济鱼类肌肉中 Cd 的含量($0.14 \pm 0.11 \times 10^{-6}$ 干重)远低于污染环境鱼类肌肉中 Cd 的含量;与未受污染海域鱼类肌肉中 Cd 的含量基本一致,例如澳大利亚新南威尔士 9 种鱼类肌肉中 Cd 的平均水平是 0.04×10^{-6} 湿重^[10],太平洋东北部鱼类肌肉中 Cd 的水平是 0.17×10^{-6} 干重^[18],澳大利亚大堡礁鱼类肌肉中 Cd 的含量为 $< 0.1 \times 10^{-6}$ 干重^[15]。

全部所测鱼样肌肉中 Cd 的含量远低于“海洋鱼类污染评价标准”、“人体消费卫生标准”以及美国对水产品中 Cd 的最高允许值(2.0×10^{-6} 湿重)^[7]。

(4)Ni 尽管报道过海洋真骨鱼类肌肉中 Ni 的含量高达 10.8×10^{-6} 干重^[29],但大多数海洋真骨鱼类肌肉中 Ni 的含量极少超过 0.3×10^{-6} 湿重^[16]。污染相对严重的澳大利亚 Cokburn 湾真骨鱼类肌肉中 Ni 的含量是 $(0.11 - 3.88) \times 10^{-6}$ 干重^[25];Burdon-Jones 等^[13]检测了澳大利亚 Townsville 近海 15 种真骨鱼类,只有 1 种鱼肌肉中的 Ni 被检出,其余的 14 种鱼肌肉中的 Ni 含量均低于检出限 $(0.2 - 0.9) \times 10^{-6}$ 干重;Denton 报道未受污染的澳大利亚大堡礁鱼类肌肉中 Ni 的含量水平低于检出限 0.5×10^{-6} 干重。在我们的研究中,各种鱼类肌肉组织中 Ni 的含量均与文献报道的相对清洁海域鱼类肌肉中 Ni 的含量基本一致。

被检测鱼样肌肉中的 Ni 含量均远低于“海洋鱼类污染评价标准”和“人体消费卫生标准”。

(5)Pb 人们普遍地认为人类的活动影响海洋真骨鱼类 Pb 的含量。Halcrow 等^[17]报道了苏格兰 Clyde 湾污染水域 8 种底栖鱼类肌肉组织中 Pb 的含量是 $(5.8 - 15.0) \times 10^{-6}$ 干重;林庆礼报道了受污染的胶州湾鱼类肌肉中 Pb 的平均含量为 2.30×10^{-6} 湿重。然而,所报道的污染较轻海域鱼类肌肉中 Pb 的含量普遍较低,例如苏格兰近海多种商品鱼肌肉中 Pb 的平均含量范围是 $(0.5 - 0.99) \times 10^{-6}$ 湿重^[26];美国沿海大多数鱼类肌肉中 Pb 的含量为 $(0.3 - 0.7) \times 10^{-6}$ 湿重^[16];澳大利亚新南威尔士 9 种商品鱼肌肉中的 Pb 含量为 $(0.4 - 0.71) \times 10^{-6}$ 湿重^[10]。未受污染海域鱼类肌肉中 Pb 的含量更低($< 0.2 \times 10^{-6}$ 湿重)^[9,15,20,27]。

我们的研究表明,南海北部经济鱼类肌肉中 Pb 的含量与文献报道的污染较轻海区鱼类肌肉中 Pb 的含量基本一致,远低于污染海区的。所测鱼样肌肉中 Pb 的含量均低于“海洋鱼类污染评价标准”和“人体消费卫生标准”,也低于我国制定的罐头鱼中 Pb 的最高允许值(2×10^{-6} 湿重)以及美国制定的水产品中 Pb 的最高允许值(2.0×10^{-6} 湿重)^[7]。

(6)Cr 南海北部海域经济鱼类肌肉中 Cr 的含量低于受污染的胶州湾鱼类肌肉中 Cr 的含量(0.40×10^{-6} 湿重),与太平洋东北部鱼类肌肉中 Cr 的含量(0.9×10^{-6} 干重)基本一致^[18]。所测鱼样肌肉中 Cr 的含量均远低于“海洋鱼类污染评价标准”和西澳大利亚对海产品中 Cr 的最高允许值(5.5×10^{-6} 湿重)^[7]。

* 林庆礼,1983.渤、黄海水产生物残留毒性的研究。渤、黄海污染对水产资源影响的调查研究文集,293~301。

综上所述,南海北部海域经济鱼类的重金属含量,与国内外一些非污染海域或轻微污染海域的经济鱼类重金属含量相近,而低于污染海域的。全部检测样品的6种重金属含量均低于或远低于“海洋鱼类污染评价标准”和“人体消费卫生标准”,以及我国和其它一些国家制定的水产品中重金属含量的限制值。这反映了南海北部海域经济鱼类尚未受到重金属的明显污染,基本上处于良好状态,其食用价值尚未受到影响。

参 考 文 献

- [1] 王化泉等,1980. 共沉淀分离—原子吸收法测定海产动物体中的痕量重金属。环境科学丛刊,(9):43~47。
- [2] 中国科学院动物研究所等,1962. 南海鱼类志。科学出版社。
- [3] 陈再超等,1982. 南海经济鱼类。广东科技出版社。
- [4] 福建水产学校,1981. 鱼类学与海洋生物。农业出版社。
- [5] 陆超华等,1991. 广东省海域经济鱼类的重金属污染及其评价。海洋环境科学,10(2):46—50。
- [6] 全国海岸带办公室环境质量调查报告编写组,1989. 环境质量调查报告。中国海岸带和海涂资源综合调查专业报告集,506。海洋出版社。
- [7] 王化泉等,1984. 关于海洋生物污染评价若干标准的初步探讨。珠江口海岸带和海涂资源综合调查研究文集(2):132~141。广东科技出版社。
- [8] Anon,1979. Report on revised standard for metals in food. Appendix IV. (Commonwealth Government Printer : Canberra.)
- [9] Babji, A. S. ,M. S. Embong and W. W. Woon,1979. Heavy metal contents in coastal water fishes of west Malaysia. Bull. Environ. Contam. Toxicol. ,23 : 830—836.
- [10] Bebbington, G. N. , *et al.* ,1977. Heavy metals, selenium and arsenic in nine species of Australian commercial fish. Aust. J. mar. Freshwat. Res. ,28 : 277—286.
- [11] Bohn, A. and B. W. Fallis,1978. Metal concentrations (As, Cd, Cu, Pb and Zn) in shorthorn sculpins, *Myoxocephalus scorpius* (Linnaeus), and Arctic char, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus), from the vicinity of strathcona Sound, Northwest Territories. Wat. Res. ,12 : 659—663.
- [12] Bryan, G. W. ,1976. Heavy metal contamination in the sea. Marine Pollution. 185—302. Academic Press, London.
- [13] Burdon—Jones, C. , *et al.* ,1975. Metals in marine organisms, Part 1 : Baseline Survey, Progress Report to the Water Qual. Council. Dept. Local Govt, 105. Queensland, Australia.
- [14] Cross, F. A. , *et al.* 1973. Relation between total body weight and concentrations of manganese, iron, copper, zinc, and abbathyl demersal fish *Antimira rostrata*. J. Fish. Res. Bd Can. ,30 : 1287—1291.
- [15] Denton, G. R. W. and C. Burdon—Jones, 1986. Trace metals in fish from the Great Barrier Reef . Mar. Pollut. Bull. ,17(5) : 201—209.
- [16] Eisler, R. I. ,1981. Trace Metal Concentrations in Marine Organisms. Pergamon Press, Oxford.
- [17] Halcrow, W. , *et al.* ,1973. The distribution of trace metals and fauna in the Firth of Clyde in relation to the disposal of sewage sludge. J. mar. biol. Assoc. ,53 : 721—739.
- [18] Harding Lee and Darcy Goyette, 1989. Metals in northeast Pacific coastal sediments and fish, shrimp, and prawn tissues. Mar. Pollut. Bull. ,20 : 187—189.
- [19] Mackay, N. J. , *et al.* 1975. Selenium and heavy metals in black marlin. Mar. Pollut. Bull. ,6 : 57—60.
- [20] Mcdermott, D. J. , *et al.* ,1976. Metal contamination of flatfish around a large submarine outfall . J. Water Pollut. Contr. Fed. ,48 : 1913—1918.
- [21] Phillips, D. J. H. ,1980. Quantitative Aquatic Biological Indicators. Pollution Monitoring series. Applied Science Publishers, London.
- [22] Phillips, D. J. H. , *et al.* , 1982. Trace metals of toxicological significance to man in Hong Kong seafood. Environ.

- Pollut. ,3 : 27—45.
- [23] Philip Vas and J. D. M. Gordon, 1988. Trace metal concentrations in the scyliorhinid shark *Galeus melastomus* from the Rockall Trough. *Mar. Pollut. Bull.* ,19(8) : 396—398.
- [24] Piotr Szefer, *et al.* , 1990. Distribution of trace metals in some representative fauna of the southern Baltic . *Mar. Pollut. Bull.* ,21(2) : 60—62.
- [25] Plaskett, D. and I. C. Potter, 1979. Heavy metal concentrations in the muscle tissue of 12 species of teleost from Cockburn Sound, Western Australia. *Aust. J. Freshwat. Res.* ,30 : 607—616.
- [26] Portmann, J. E. , 1972. The levels of certain metals in fish from coastal waters around England and Wales. *Aquaculture*,1 : 91—96.
- [27] Powell, J. H. , *et al.* , 1981. Trace element concentrations in tropical marine fish at Bougainville Island , Papua New Guinea. *Water, Air, Soil Rollut.* ,16 : 143—158.
- [28] Qasim, S. Z. and R. Sen Gupta, 1988. Some problems of coastal pollution in India. *Mar. Pollut. Bull.* ,19(3) : 100—106.
- [29] Roth, I. and H. Hornung, 1977. Heavy metal concentrations in water, sediments, and fish from Mediterranean coastal area, Israel. *Environ. Sci. Technol.* ,11 : 265—269.
- [30] Sims , R. R. , *et al.* , 1976. Heavy metal concentrations in organisms from an actively dredged Texas bay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* ,16 : 520—527.

STUDIES ON HEAVY METALS IN COMMERCIAL FISHES FROM THE NORTHERN PART SOUTH CHINA SEA

Lu Chaohua

(South China Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guang zhou 510300)

ABSTRACT Distributions of Cu, Pb, Zn, Cd, Cr and Ni in tissues of the commercial fish taken from the northern part South China Sea were studied. The relations between heavy metal concentrations in fish and its living habits, living environment have been analyzed. Levels of heavy metals in fish have been evaluated as well. There were significant differences of heavy metal levels in different parts of tissues; levels of heavy metals in muscle tissue being lowest. The Cd concentration of carnivorous fish was much higher than that of the other taxa. Heavy metal levels of demersal fishes were higher than those of other fishes. There was no significant difference in heavy metal concentrations between fish living in estuary area and those fishes living in off—shore area. Commercial fish in the northern part South China Sea have not been affected significantly by heavy metals and their eating value has not been affected yet.

KEYWORDS Heavy metal, commercial fish, South China Sea