

青藏高原鱼体内的痕量金属*

刘明星 李国基 包万友 张首临 顾宏堪

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提要 作者于1982年对青藏高原进行了有关环境背景值的调查,对青藏高原部分地区的主要经济鱼类进行了痕量金属含量的测定。分析了 Zn, Cd, Pb, Cu, 分别测定鱼体7个组织的含量,并将分析的结果与采样现场的水样、沉积物中的金属含量作了对比,还计算了鱼体对痕量金属的富集系数。结论说明,作者所测定的青藏高原鱼类和我国一些不同海区的鱼类,其体内所含上述四种痕量金属的情况基本相似。

根据国家提出环境背景值调查的要求,我们在1982年对青藏高原的部分地区的主要经济鱼类进行了痕量金属含量的测定。测定的部位包括肉、卵、皮、鳍、骨、鳃和内脏,分析了 Zn, Cd, Pb 及 Cu 在其中的含量。将测得的结果与采样现场的水样及沉积物中的痕量金属含量作了对比,计算出鱼体各组织对痕量金属的富集系数,并与国内外一些河、湖及海洋鱼类各组织的富集系数进行了比较。这些调查分析资料,对进一步了解和评价青藏高原的环境质量,提供了重要的科学依据。

一、采样及分析

1. 样品采集及处理

(1) 青海湖裸鲤 *Gymnocypris przewalskii* (Kessler): 该鱼是青海高原上的主要经济鱼类之一,也是青海湖里唯一的一种鱼,当地居民称为青海湟鱼。样品系作者于1982年5月在青海湖和渔民一起捕捞的几百条鱼中抽取的,具有一定的代表性。在现场测量体长、称湿重,回青岛实验室解剖,在80℃以下烘干,称干重。干样用玛瑙研钵磨成细粉,保存于干燥器内以备分析。

(2) 青藏高原细鳞鱼 *Brachymystax lenok* (Pallas): 样品于1982年6月采自西藏雅鲁藏布江曲水大桥附近,采样后亦按上述方法处理。

(3) 水样和沉积物样品: 在采集鱼类样品的同时,还采集水样和沉积物样品。水样的痕量金属离子,均在就近实验室于1—3日内进行测定。沉积物样品装入聚乙烯袋,密封带回青岛实验室内分析。

2. 分析方法

(1) 生物体痕量金属的测定: 称取0.10g上述处理的粉样于石英坩埚中,置于马福炉在450℃灰化8小时,冷却后加入0.1ml浓HCl(特纯,北京化工厂产)溶化。然后加

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1238号。

对鱼类的鉴定及解剖,得到本所成庆泰教授和王存信同志的热情帮助,特此致谢。

收稿日期: 1983年4月16日。

表 1 青藏高原鱼类组织中的痕量金属

| 样品名称 | 性别 | 体长 (cm) | 样品 干/湿 (%) | 测定部位 | 金属含量 ($\mu\text{g/g}$, 干重) | | | |
|-----------------|------|------------|------------------|-----------------|------------------------------|------|------|------|
| | | | | | Zn | Cd | Pb | Cu |
| 青海湖裸鲤 1# | ♀ | 33.2 | 30.0 | 肉 | 25.2 | 0.16 | 0.63 | 1.34 |
| | | | | 卵 | 21.1 | 0.12 | 0.75 | 0.91 |
| | | | | 皮 | 33.3 | 0.28 | 1.12 | 2.02 |
| | | | | 骨 | 19.5 | 0.12 | 1.25 | 1.60 |
| | | | | 鳍 | 16.3 | 0.08 | 0.75 | 1.26 |
| | | | | 鳃 | 50.4 | 0.36 | 1.75 | 2.69 |
| | | | | 内脏 | 65.0 | 0.80 | 1.63 | 3.28 |
| | | | | 整体平均 | 32.9 | 0.27 | 1.12 | 1.87 |
| 青海湖裸鲤 2# | ♂ | 30.7 | 32.5 | 肉 | 29.3 | 0.12 | 0.75 | 1.51 |
| | | | | 皮 | 38.1 | 0.20 | 1.50 | 1.76 |
| | | | | 骨 | 36.6 | 0.18 | 2.25 | 1.60 |
| | | | | 鳍 | 48.8 | 0.30 | 1.62 | 1.43 |
| | | | | 鳃 | 94.9 | 0.60 | 3.87 | 2.52 |
| | | | | 内脏 | 143.0 | 0.44 | 2.75 | 2.27 |
| | | | | 整体平均 | 52.0 | 0.31 | 1.62 | 1.85 |
| | | | | 雅鲁藏布江 细鳞鱼 1# | ♀ | 23.6 | 31.0 | 肉 |
| 卵 | 19.2 | 0.33 | 0.50 | | | | | 2.52 |
| 皮(鳞) | 57.6 | 1.10 | 1.65 | | | | | 3.30 |
| 骨 | 60.8 | 0.37 | 0.99 | | | | | 0.50 |
| 鳍 | 64.0 | 1.54 | 0.55 | | | | | 1.73 |
| 鳃 | 70.4 | 1.65 | 3.19 | | | | | 5.67 |
| 内脏 | 92.8 | 2.09 | 2.42 | | | | | 2.80 |
| 整体平均 | 54.1 | 1.12 | 1.36 | | | | | 2.45 |
| 雅鲁藏布江 细鳞鱼 2# | ♂ | 26.1 | 32.4 | 肉 | 14.7 | 0.55 | 0.55 | 0.94 |
| | | | | 皮(鳞) | 110.7 | 0.77 | 2.97 | 2.24 |
| | | | | 骨 | 48.0 | 0.44 | 1.21 | 1.42 |
| | | | | 鳍 | 73.6 | 0.99 | 2.42 | 2.21 |
| | | | | 鳃 | 76.8 | 1.87 | 3.08 | 2.52 |
| | | | | 内脏 | 80.0 | 1.54 | 2.64 | 2.04 |
| 整体平均 | 67.3 | 1.03 | 2.14 | 1.89 | | | | |

注: 表中“青海湖裸鲤”样品系作者 1982 年 5 月 22 日采自青海湖 2 号站(哈尔盖调查站);“雅鲁藏布江细鳞鱼”样品系 1982 年 6 月 3 日采自雅鲁藏布江曲水大桥测站。

50ml 陈海水,用 NH_4OH (特纯,北京化工厂产)调 pH 为 5.0。取 25ml 溶液用防吸附物理涂汞电极系统,测定 Zn, Cd, Pb, Cu, 用加入标准法定量。详细操作见文献 [1—2]。

(2) 水质痕量金属测定: 取水样 12.5ml 加等体积陈海水(作底液用,海水中的痕量金属浓度要预先测定,以便扣除空白),按天然海水痕量金属离子的示差反向极谱测定方法进行。

(3) 沉积物中酸可溶痕量金属的测定: 称取 0.10g 干沉积物样品,加 0.10N HCl (用陈海水配制),振荡浸泡 24 小时,滤膜过滤后用 NH_4OH 调 pH 5.0。取 25ml 溶液作反

向极谱测定,测定结果作空白校正。

二、结果与讨论

鱼类样品体长、性别、鱼体的湿重及干重、各个组织中的痕量金属测定结果,列入表1。

从表1的数据可看出,青海湖雌性裸鲤内脏含 Zn, Cd, Cu 最高,分别为 65.0, 0.80 及 3.28 $\mu\text{g/g}$ (干重,下同)。鳃含 Pb 最高,达 1.75 $\mu\text{g/g}$ 。鳍含 Zn, Cd 最低,分别为 16.3 及 0.08。肉及卵含 Pb, Cu 最低,分别为 0.63 及 0.91 $\mu\text{g/g}$ 。雌鱼整体平均含上述金属的量依次为 Zn > Cu > Pb > Cd。

青海湖雄性裸鲤,内脏含 Zn 最高,为 143.0 $\mu\text{g/g}$ 。鳃含 Cd, Pb, Cu 最高,分别为 0.60, 3.87 及 2.52 $\mu\text{g/g}$ 。而肉含 Zn, Cd, Pb 最低,分别为 29.3, 0.12, 0.75 $\mu\text{g/g}$ 。鳍含 Cu 最低,为 1.43 $\mu\text{g/g}$ 。雄鱼整体平均含上述金属的量依次为 Zn > Cu > Pb > Cd。与雌性鱼的含量情况相一致。

雅鲁藏布江雌性细鳞鱼,内脏含 Zn, Cd 最高,分别为 92.8 及 2.09 $\mu\text{g/g}$ 。鳃含 Pb, Cu 最高,分别为 3.19 及 5.67 $\mu\text{g/g}$ 。肉含 Zn 最低为 14.1。卵含 Cd 最低为 0.33。肉和骨含 Pb, Cu 最低,分别为 0.25, 0.50 $\mu\text{g/g}$ 。整体平均含上述金属的量,依次为 Zn > Cu > Pb > Cd。

雅鲁藏布江雄性细鳞鱼,内脏含 Zn 最高为 80.0。鳃含 Cd, Pb, Cu 最高,分别为

表 2 青藏高原部分地区沉积物中酸可溶相的痕量金属含量

| 采样站位 | 采样时间 | 痕量金属浓度 ($\mu\text{g/g}$), 1) 干重, 2) 湿重 | | | |
|-----------------------|----------|--|------|------|------|
| | | Zn | Cd | Pb | Cu |
| 青海湖 2 号站 (哈尔盖) | 1982 年 | 1) 14.9 | 0.46 | 2.82 | 28.3 |
| | 5 月 22 日 | 2) 11.8 | 0.36 | 2.24 | 22.5 |
| 西藏 雅鲁藏布江 曲水大桥附近 | 1982 年 | 1) 8.7 | 0.15 | 0.92 | 18.9 |
| | 6 月 3 日 | 2) 6.5 | 0.11 | 0.68 | 14.0 |

注: 表内数据均扣除空白。

表 3 青藏高原部分地区水体中的痕量金属浓度

| 采样站位 | 采样时间 | 痕量金属浓度 ($\mu\text{g/l}$) | | | |
|-----------------------|----------|----------------------------|-----------|-------------|-----------|
| | | Zn | Cd | Pb | Cu |
| 青海湖 2 号站 (哈尔盖) | 1982 年 | 6.1—12.4 | 0.04—0.08 | 0.034—0.122 | 0.82—1.51 |
| | 5 月 22 日 | 9.3 | 0.06 | 0.076 | 1.17 |
| 西藏 雅鲁藏布江 曲水大桥附近 | 1982 年 | 4.4—7.8 | 0.08 | 0.036—0.068 | 0.63—1.26 |
| | 6 月 3 日 | 6.1 | | 0.052 | 0.95 |

注: 范围
平均, 表内数据均在就地测定。

1.87, 3.08, 2.52 $\mu\text{g/g}$ 。肉含 Zn, Pb, Cu 最低, 分别为 14.7, 0.55, 0.94。骨含 Cd 最低为 0.44 $\mu\text{g/g}$ 。整体平均含上述金属的量, 依次为 $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$ 。

表 2 和表 3 分别列出了青藏高原鱼类采样站、沉积物中酸可溶相及水体中痕量金属的含量情况。

从表 2 可看出, 两地区沉积物中酸可溶相的痕量金属含量, 以青海湖为高。但两地区差别不大, Zn, Cu 相差 1 倍左右, Pb, Cd 相差 3 倍。两地区沉积物中的金属含量趋势相一致, 即 $\text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cd}$ 。

从表 3 可看出, 青海湖(哈尔盖调查站)与雅鲁藏布江(曲水桥段)水体中的痕量金属离子浓度也是相似的, 青海湖稍微偏高。两地区的沉积物与水体中的痕量金属含量、分布基本相似。并且水体中含痕量金属浓度的次序与鱼体中的含量也相吻合。

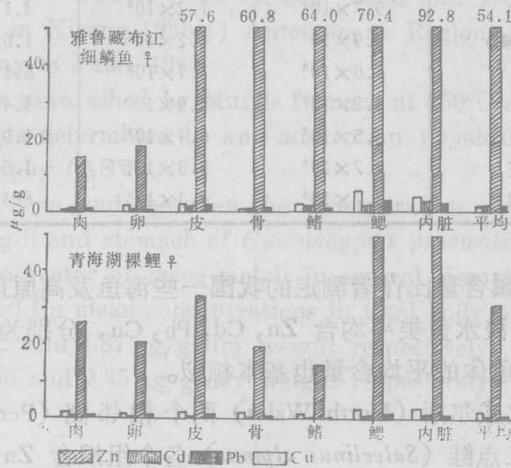


图 1 青海湖与雅鲁藏布江鱼体各组织的痕量金属含量

从图 1 中明显看出, 两种鱼体内痕量金属含量的比例为内脏及鳃最高, 肉及卵的含量相对较低。

表 4 表明上述鱼类各组织对 4 种痕量金属的富集情况。上述鱼类内脏、鳃对 Zn, Cd, Pb, Cu 的富集能力最强, 而卵、肉相对为低。这与作者在 1978—1982 年, 用同一方法测定海洋鱼类的含量情况基本相似。如 1978 年测得东海外陆架斑鳍燕鲷(即飞鱼) *Cypselurus poecilopterus* (Cuvieret velenciennes) 的肝、鳃对 Zn 的富集系数, 为 $(4-2) \times 10^4$, 而净肉为 1×10^3 ; 对 Cu 的富集, 肝为 3×10^3 , 肉为 5×10^2 ; 对 Pb 的富集, 肝、鳃为 $(9-5) \times 10^4$, 肉为 4×10^4 。又如 1982 年测定的渤海湾一种细鳍舌鲷 (*Cynoglossus* sp.) 对 Zn 的富集, 鳃及内脏为 $(2.7-3.5) \times 10^2$, 而肉为 1.2×10^2 ; 对 Cd 的富集, 内脏、肝为 $(3.0-5.0) \times 10^2$, 而肉为 2.0×10^2 ; 对 Pb 的富集是内脏、鳃为 $(4.9-8.2) \times 10^2$, 而肉为 2.5×10^2 ; 对 Cu 的富集是内脏、肝为 $(0.8-1.0) \times 10^2$, 而肉为 0.2×10^2 。所测得的高原鱼类和海洋鱼类都是鳃、肝及内脏富集痕量金属最强, 而肉比较低。

Brügmann^[3] 报道波罗的海的鳕鱼含 Zn, Cd, Pb 及 Cu, 分别为 1200, 2—50, 30—1300, 80—2400 $\mu\text{g/g}$ (湿重)。青鱼含量分别为 3400, 2—200, 16—1400, 300—1900 $\mu\text{g/g}$ 。

表 4 青海湖裸鲤及雅鲁藏布江细鳞鱼各组织对痕量金属的富集情况

| 样 品 | 组织部位 | 富集系数 (以湿重计算) | | | |
|-----------------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Zn | Cd | Pb | Cu |
| 青海湖裸鲤(♀) | 肉 | 8.1×10^2 | 8.0×10^2 | 2.3×10^3 | 3.4×10^2 |
| | 卵 | 7.0×10^2 | 6.0×10^2 | 2.8×10^3 | 2.3×10^2 |
| | 皮 | 1.1×10^3 | 1.4×10^3 | 4.2×10^3 | 5.1×10^2 |
| | 骨 | 6.5×10^2 | 6.0×10^2 | 4.6×10^3 | 4.1×10^2 |
| | 鳍 | 5.4×10^2 | 4.0×10^2 | 2.8×10^3 | 3.2×10^2 |
| | 鳃 | 1.7×10^3 | 1.8×10^3 | 6.5×10^3 | 6.8×10^2 |
| | 内脏 | 2.2×10^3 | 4.0×10^3 | 6.1×10^3 | 8.4×10^2 |
| | 平均 | 1.0×10^3 | 1.4×10^3 | 4.2×10^3 | 4.7×10^2 |
| 雅鲁藏布江 细鳞鱼(♀) | 肉 | 7.1×10^2 | 2.9×10^3 | 1.5×10^3 | 2.0×10^2 |
| | 卵 | 9.7×10^2 | 1.2×10^3 | 3.1×10^3 | 8.2×10^2 |
| | 皮(鳞) | 2.9×10^3 | 4.2×10^3 | 1.0×10^4 | 1.0×10^3 |
| | 骨 | 3.0×10^3 | 1.4×10^3 | 6.1×10^3 | 1.6×10^2 |
| | 鳍 | 3.2×10^3 | 5.9×10^3 | 3.4×10^3 | 5.6×10^2 |
| | 鳃 | 3.5×10^3 | 6.4×10^3 | 1.9×10^4 | 1.8×10^3 |
| | 内脏 | 4.7×10^3 | 8.0×10^3 | 1.5×10^4 | 9.1×10^2 |
| | 平均 | 2.7×10^3 | 4.3×10^3 | 8.4×10^3 | 7.9×10^2 |

这个海区鱼体的痕量金属含量比作者测定的我国一些海鱼及高原鱼类高得多。据 Патин (1979) 报道,黑海 11 种淡水鱼类平均含 Zn, Cd, Pb, Cu, 分别为 30.6, 0.4, 1.7, 0.6 $\mu\text{g/g}$ (湿重)。这与青藏高原鱼体的平均含量也基本相似。

Cowx^[4] 报道英国北威尔斯 (North Wales) 两个相邻湖 (Peris 和 Padarn) 的鳟鱼 (*Salmo trutta*) 和北极红点鲑 (*Salvelinus alpinus*) 各个组织含 Zn, Cu 的情况。Peris 湖鳟鱼的鳞、骨、肝、肾和肉含 Zn, 分别为 424.4, 298.7, 255.0, 476.8, 50.7 $\mu\text{g/g}$ (干重); 含 Cu 分别为 <3, <5, 392.7, <5, <1 $\mu\text{g/g}$ 。Padarn 湖的北极红点鲑含 Zn 分别为 306.4, 269.5, 218.4, 550.6, 54.1 $\mu\text{g/g}$; 含 Cu 分别为 <3, <4, 413.1, <4, <1 $\mu\text{g/g}$ 。这两个湖的鱼含痕量金属很高, 尤其是鳞含量更高, 说明鱼鳞对痕量金属有很强的吸着力。我国青藏高原鱼类的皮(鳞)同样也具有较高的吸着力。

综上所述, 我们所测定的青藏高原鱼类和我国的一些不同海区的鱼类, 体内所含的以上 4 种痕量金属情况基本相似。与国外一些淡水鱼及海洋鱼类相比, 有的大体相似, 有的差别很大。这可能与鱼类的生长环境、污染程度及鱼的种类、大小、性别等有关。另外, 不同的测定方法也会产生很大的偏差。

参 考 文 献

- [1] 刘明星, 包万友, 顾宏堪, 1981. 防吸附物理涂汞电极反向极谱测定海生物中的 Zn, Cd, Pb, Cu. 海洋湖沼通报 2: 9—14.
- [2] 顾宏堪, 刘明星, 包万友, 1980. 电极防吸附膜研究. 化学学报 38(4): 381—386.
- [3] Brugmann, L., 1981. Heavy metals in the Baltic Sea. Mar. Pollu. Bull. 12 (6):214—218.
- [4] Cowx, I. G., 1982. Concentrations of heavy metals in the tissues of trout *Salmo trutta* and Char *Salvelinus alpinus* from two Lakes in North Wales. Environ. Pollu. 29(2):101—110.

CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE TISSUES OF FISHES IN QINGHAI-XIZANG (TIBET) PLATEAU*

Liu Mingxing, Li Guoji, Bao Wanyou,
Zhang Shoulin and Gu Hongkan

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

The paper deals with the concentrations of zinc, cadmium, lead and copper in seven tissues of *Gymnocypris przewalskii* from Qinghai Lake and *Brachymystax lenok* from Yarlung Zangbo River in Xizang (Tibet) Autonomous Region. The samples of fishes were collected from May to June, 1982.

The tissue samples were ashed by Muffle furnace at 450°C and their zinc, cadmium, lead and copper contents determined by anti-adsorption physical coating mercury electrode inverse polarography (ASV).

A comparison has been made between the concentration of trace metals in muscle, spawn, skin, bone, fin, gill and stomach of *Gymnocypris przewalskii* and *Brachymystax lenok*, the concentration factor of trace metals in several tissues are calculated.

The Zn, Cd, Pb and Cu mean concentrations in total body of *Gymnocypris przewalskii* are 32.9, 0.27, 1.12 and 1.87 µg/g dry weight respectively. Those in *Brachymystax lenok* are 54.1, 1.12, 1.36 and 2.45 µg/g dry weight respectively.

* Contribution No. 1238 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.