

## 漢江 淡水魚中の 重金屬 含量에 관한 研究

金明姬 · 朴聖培

서울特別市 保健研究所

(Received September 1, 1981)

Myung Hee Kim and Sung Bae Park

Seoul Metropolitan Government Institute of Public Health, Seoul 140, Korea

### Studies on the Heavy Metal Contents in Freshwater Fishes from Han River

**Abstract**—This study was performed to investigate the contamination level of heavy metals in freshwater fishes. The samples of 92 cases were collected at 7 areas located on Han River from November to December in 1980. Contents of heavy metals: cadmium, lead, copper, chromium and zinc were analyzed by atomic absorption spectrophotometry. The results were as follows: 1. Generally mean value of the heavy metal contents of fishes collected on lower parts of Han River were higher than those of upper parts. 2. In the cadmium contents, the highest value was  $20.52 \pm 5.10$  ppb in *Carassius auratus*, and the values at Hannam and Noryangjin area were higher than those at other parts on Han River. 3. In the lead contents, the highest was  $0.29 \pm 0.03$  ppm in *Carassius auratus* and that in *Parasilurus asotus* was the lowest  $0.12 \pm 0.02$  ppm. Mean contents of lead in the samples of Hannam and Haengjue area were higher than those of other area. 4. In the copper contents, the highest value was  $3.13 \pm 0.34$  ppm in *Carassius auratus* and the contents of fishes of Haengjue area was higher than those of any other area. It was significant among the species, but not among the collecting areas in copper contents. 5. In the chromium contents, the highest was  $1.16 \pm 0.12$  ppm in *Carassius auratus* and that in *Parasilurus asotus* was the lowest  $0.21 \pm 0.01$  ppm. The contents of samples of Hannam and Noryangjin area were also higher than those of other area. 6. In the zinc contents, that in *Carassius auratus* was the highest value with  $14.06 \pm 1.13$  ppm and that in *Parasilurus asotus* was the lowest  $4.79 \pm 0.53$  ppm. On the other hand, it was significant among the species and collecting areas. 7. Accumulation of heavy metals in freshwater fishes is tended to increase with growth.

發達하는 現代文明과 産業의 發展에 따라 環境은 점차 汚染되고 工場이나 鑛山에서 흘러나오는 廢水, 農藥의 多量使用 및 人口增加에 따른 都市下水 汚染등은 급기야 重金屬에 의한 海洋 汚染의 問題에 까지 이르게 되었다. 더욱이 이런 重金屬의 汚染은 food chain을 통하여 人體에 까지 影響을 미치고 있는데 그 代表的인 例가 日本에서 發生한 水銀에 의한 Minamata 病<sup>1)</sup>, 카드뮴에 의한 Itai-Itai 病<sup>2)</sup> 등이다.

이렇게 集團中毒의 事例가 發生됨에 따라 重金屬에 의한 環境汚染은 커다란 社會問題로 擡頭되고 나아가서는 이들에 관한 많은 研究가 試圖되었다.

Chung<sup>3)</sup> 등을 비롯한 Yamazoe<sup>4)</sup>, Ciusa<sup>5)</sup>, Hartung<sup>6)</sup>, Patin<sup>7)</sup> 등의 많은 學者들이 河川이나 江河口, 海岸地域 또는 工場地域 등에서 生鮮을 求得하여 여러가지 重金屬類들의 含量을 調查研究한 바 있으며 WHO 에서도 水産食品中の 重金屬含量에 대한 國際規格基準을 設定하기 위한 作

業을 進行시키고 있다<sup>8)</sup>.

한편 우리나라에서는 일부 農産物<sup>9~12)</sup>과 食品 및 市販되는 몇가지 海産物中<sup>13~14)</sup>의 重金屬含量이 報告되고는 있으나 아직까지 水産物中의 重金屬 허용량에 대한 確實한 規制値가 定해져있지 않을 뿐만 아니라 이에 관한 研究가 別로 많지 않고 더욱이 독특한 맛을 가진 淡水魚에 대한 報告는 거의 없는 실정이다.

이에 著者等은 漢江流域 7個 地點을 택하여 각기 6種의 淡水魚를 求得, 그 筋肉에서 납, 아연, 카드미움, 구리, 크롬의 含量을 測定하므로써 漢江 水質汚染에 의한 淡水魚 섭취시 食品衛生上의 有害性을 檢討하고 나아가 水産物中의 重金屬에 관한 기초자료를 얻고자 本研究를 試圖하였다.

### 實驗方法

材料—1) 試料: Fig. 1에서 보는 바와 같이 漢江의 팔당댐 下流로부터 미사리, 광장, 뚝도, 한남동, 노량진, 마포, 행주산성의 7個 地點을 택하여 1980年 11月~12月 사이에 求得한 붓어, 잉어, 메기, 끄리, 눈치, 모래무지를 試料로 使用하였다.

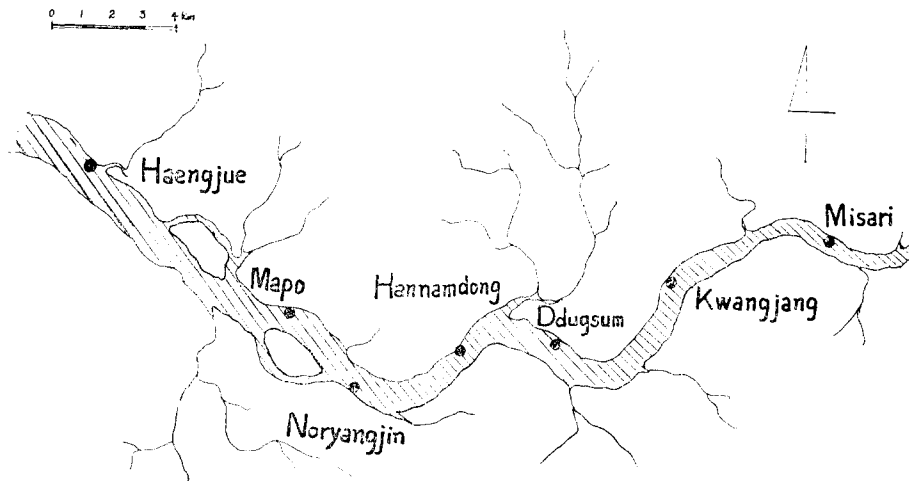


Fig 1.—Sampling sites in Han River.

Table I—Six kinds of freshwater fishes from Han River.

Korean name	Scientific name	Food chain	NO. of samples	Length of samples (cm)	Weight of samples (g)
붕어	<i>Carassius auratus</i>	O	31	12.0~28.5	28~425
잉어	<i>Cyprinus carpio</i>	O	17	20.3~57.00	141~3,600
눈치	<i>Hemibarbus labeo</i>	O	22	19.2~47.8	60~1,000
메기	<i>Parasilurus asotus</i>	C	4	21.0~56.0	48~2,800
모래무지	<i>Pseudogobio esocinus</i>	O	14	16.7~21.0	45~85
끄리	<i>Opsariichthys bidens</i>	C	4	10.6~21.0	67~88

O : Omnivorous C : Carnivorous

2) 試藥: 本實驗에 使用된 모든 試藥은 特級을 使用하였고 물은 ion 交換樹脂를 통한 純水를 使用하였다.

3) 裝置: Perkin-Elmer 306型 atomic absorption spectrophotometer (AAS) 를 使用하였다.

實驗方法——各 淡水魚들의 길이와 體重을 計測한 다음 筋肉만을 分離하여 均一하게 磨碎한 後, 2-3g을 正確히 秤量하여 Fig. 2에 圖示된 方法으로 實驗하였다.

이때 AAS의 測定條件은 Table II와 같으며 試料溶液의 吸光度를 測定하여, 作成된 檢量線에 의해 각각의 含量을 計算하였으며 同時에 空試驗液에 대하여도 同一하게 操作하여 結果를

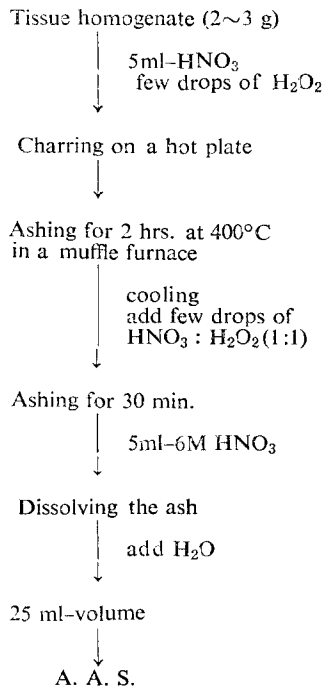


Fig 2. Determination method of heavy metals in fishes.

Table II—Analytical condition of AAS.

Method	Flameless method			Flame method	
Element	Pb	Cd	Cu	Cr	Zn
Wave length (nm)	285.0	230.6	326.3	359.9	213.9
Lamp current (mA)	10	4	30	15	25
Slit	4 (0.7)	4(0.7)	4(0.7)	4(0.7)	4(0.7)
Gas flow	50	10	50	25	Acetylene: 2l/min
Charring temp.	500°C	350°C	1000°C	1350°C	Air : 13l/min
Atomizing temp.	2000°C	1500°C	2500°C	1700°C	
Range	10	10	20	10	5
Sample size	0.1~1.0 ppm	1~5 ppb	0.1~1.0 ppm	0.1~1.0 ppm	1.0~10.0 ppm

補正하였다.

標準溶液들의 調製는 atomic absorption spectrophotometer 의 manual<sup>15)</sup>과 金等의 方法에 依據하여 Table III 과 같이 원액을 調製한 後 이 液을 稀釋하여 最終濃度로 만들어 使用하였다.

Table III—Preparation of standard solution.

Element	Compound	Anion used	Stock sol. concentration	Working sol. concentration
Pb	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	nitrate	1,000 mg/l	0.1~1.0 μg/l
Cd	Cd metal	chloride	1,000 mg/l	1~5 ng/l
Cu	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	sulfate	1,000 mg/l	0.1~1.0 μg/l
Cr	KCrO <sub>4</sub>	nitrate	1,000 mg/l	0.1~1.0 μg/l
Zn	Zn metal	nitrate	1,000 mg/l	1.0~1.0 μg/l

### 實驗結果 및 考察

漢江流域에서 棲息하는 淡水魚 6種, 92例 試料를 7個 地點으로 부터 求得하여 筋組織內의 Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, 含量을 測定하여 다음과 같은 結果를 얻었다 (Table IV).

1. Cadmium.—카드미움의 魚種別, 地域別 平均含量이 Table IV, Fig. 3, Fig 4 및 Fig 5 에 각각 提示되었다. 地域別, 魚種別로는 노랑진 地域에서 採取된 붕어와 잉어가 각각 34.51ppb, 37.79 ppb로서 다른 地域에 比하여 顯著히 높았고 ( $0.05 < p < 0.1$ ) 이 값은 林<sup>14)</sup> 등이 報告한 錦江下流 淡水魚中의 重金屬含量보다는 매우 높았으나 元<sup>18)</sup> 및 韓等의 報告值보다는 오히려 낮았

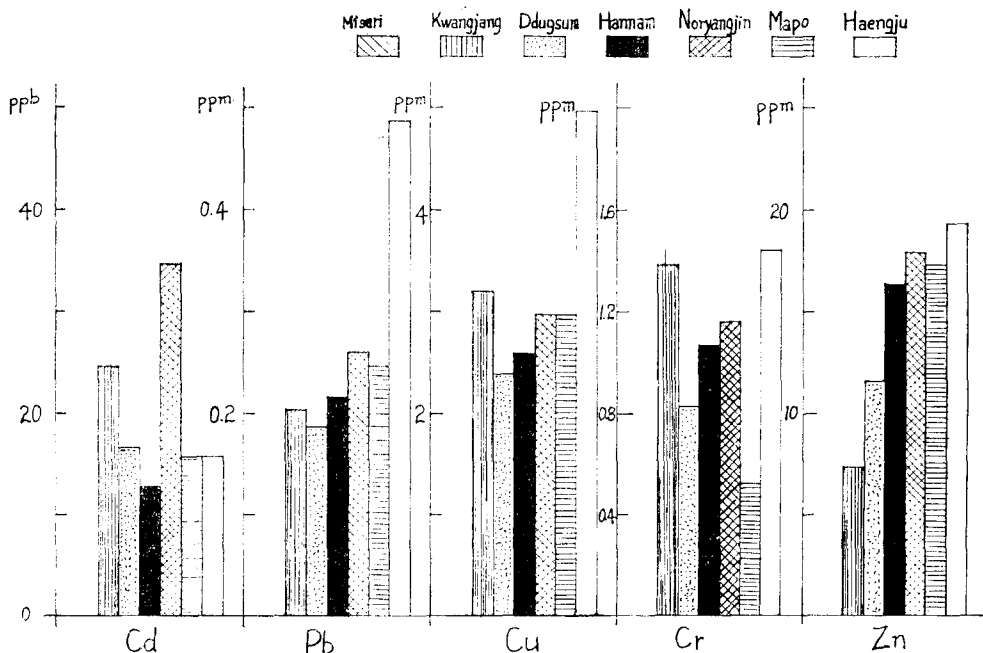


Fig 3.—Regional distribution of heavy metals in *Carassius auratus*.

Table IV-Contents of heavy metals in some fishes at 7 areas on Han River.

Area	Fishes	No of case	Lenth (cm)	Weight (g)	Cd (ppb)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)
Misari	<i>Cyprinus carpio</i>	1	57.0	3600.0	8.61	0.161	1.080	2.285 (0.291-0.415)	12.100
	<i>Hemibarbus labeo</i>	3	38.0	604.7	9.42 (6.59-10.95)	0.189 (0.172-0.220)	1.840 (0.143-0.235)	0.337 (0.291-0.415)	4.367 (3.820-5.380)
	<i>Parasilurus asotus</i>	3	31.7	277.3	12.57 (6.79-23.47)	0.102 (0.097-0.11)	1.850 (1.170-2.430)	0.220 (0.1970.257)	4.370 (3.250-5.460)
Kwangjang	<i>Carassius auratus</i>	7	17.2	132.0	24.52 (4.96-89.25)	0.206 (0.141-0.424)	3.200 (1.040-10.591)	1.389 (0.331-3.420)	7.389 (3.100-14.121)
	<i>Cyprinus carpio</i>	2	42.5	1125.0	8.95 (6.89-11.02)	0.135 (0.086-0.184)	1.490 (1.150-1.830)	1.159 (0.608-1.710)	10.595 (3.440-17.750)
Ddugsum	<i>Hemibarbus labeo</i>	2	22.0	103.5	4.39 (3.43-5.36)	0.325 (0.134-0.515)	2.295 (2.140-2.452)	0.755 (0.682-0.828)	3.555 (3.480-3.630)
	<i>Pseudogobio esocinus</i>	14	17.8	56.6	8.28 (5.06-19.94)	0.150 (0.102-0.408)	2.060 (0.830-0.430)	1.061 (0.649-2.090)	5.143 (3.570-7.200)
	<i>Carassius auratus</i>	3	20.6	210.6	16.53 (8.63-22.95)	0.186 (0.140-0.274)	2.370 (1.880-2.740)	0.827 (0.630-1.164)	10.617 (5.640-14.140)
	<i>Cyprinus carpio</i>	5	25.9	282.0	12.36 (8.03-14.50)	0.188 (0.170-0.208)	1.112 (1.470-2.070)	0.683 (0.524-1.028)	9.88 (8.380-10.810)
	<i>Hemibarbus labeo</i>	5	24.8	158.8	9.42 (6.82-12.71)	0.188 (0.138-0.223)	2.036 (1.700-2.550)	1.126 (0.987-1.402)	4.59 (3.741-5.790)
Hannamdong	<i>Carassius auratus</i>	4	24.3	285.5	12.71 (7.81-17.98)	0.214 (0.199-0.244)	2.588 (2.0320-.954)	1.061 (0.841-1.593)	16.128 (11.640-19.27)
	<i>Cyprinus carpio</i>	2	39.0	881.0	17.94 (17.80-18.07)	0.181 (0.1690.193)	1.260 (1.010-1.510)	0.582 (0.449-0.715)	12.305 (10.280-14.330)
	<i>Hemibarbus labeo</i>	5	22.4	123.6	22.76 (5.14-36.84)	0.426 (0.169-1.405)	2.288 (1.681-2.827)	1.496 (0.333-4.964)	5.126 (4.220-5.769)
Noryangjin	<i>Carassius auratus</i>	5	21.9	209.6	34.51 (2.47-154.57)	0.260 (0.199-0.333)	2.906 (2.280-4.870)	1.182 (0.763-2.105)	17.978 (9.861-23.673)
	<i>Cyprinus carpio</i>	5	29.1	418.2	37.79 (4.95-148.58)	0.168 (0.135-0.182)	1.248 (0.770-1.972)	0.877 (0.098-1.446)	9.282 (6.390-15.490)
Mapo	<i>Hemibarbus labeo</i>	5	22.5	110.8	9.51 (8.79-11.61)	0.259 (0.143-0.377)	2.364 (1.080-4.130)	1.216 (0.921-1.502)	6.560 (5.870-7.450)
	<i>Carassius auratus</i>	4	22.6	243.0	15.47 (14.59-16.45)	0.243 (0.215-0.269)	2.095 (1.840-2.300)	0.505 (0.365-0.781)	17.045 (10.070-23.165)
Haengju	<i>Cyprinus carpio</i>	2	21.5	162.0	11.81 (10.65-12.97)	0.194 (0.183-0.204)	1.790 (1.430-2.130)	0.210 (0.161-0.258)	6.775 (3.670-9.880)
	<i>Hemibarbus labeo</i>	2	21.1	89.5	8.97 (8.90-9.05)	0.190 (0.189-0.190)	2.010 (1.700-2.320)	1.216 (0.800-1.059)	7.550 (6.140-8.960)
	<i>Opsarichthys bidens</i>	4	20.2	75.3	14.66 (2.46-18.72)	0.191 (0.143-0.871)	1.860 (1.330-1.945)	0.984 (0.325-1.795)	6.240 (5.091-22.382)
	<i>Carassius auratus</i>	8	20.8	200.9	15.35 (14.87-16.97)	0.483 (0.250-0.634)	4.919 (3.721-5.414)	1.444 (1.263-2.762)	18.711 (9.400-24.481)
	<i>Parasilurus asotus</i>	1	56.0	2800.0	13.50	0.185	2.880	0.190	6.050

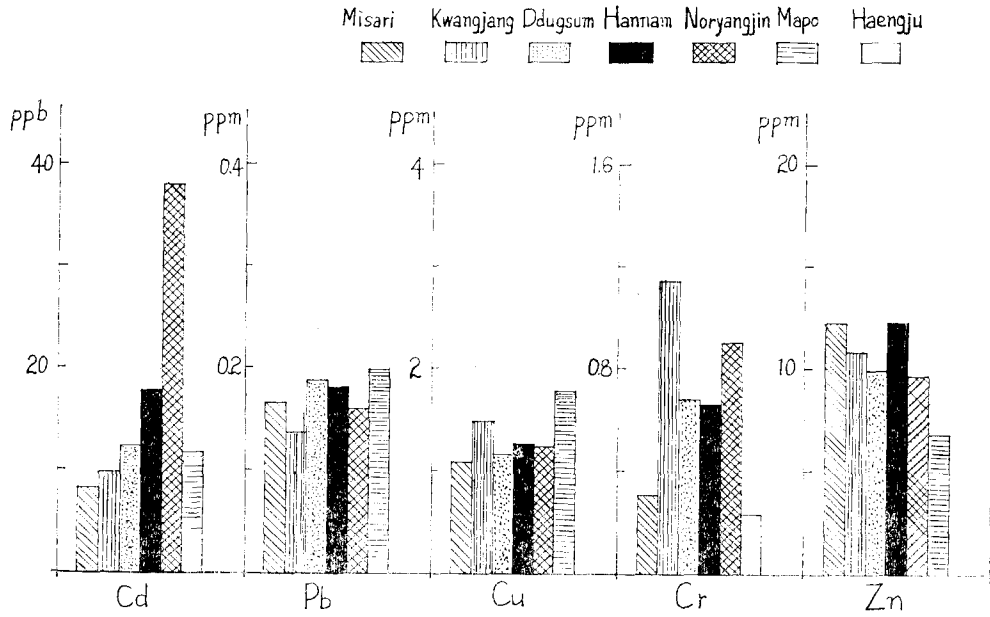


Fig 4.—Regional distribution of heavy metals in *Cyprinus carpio*.

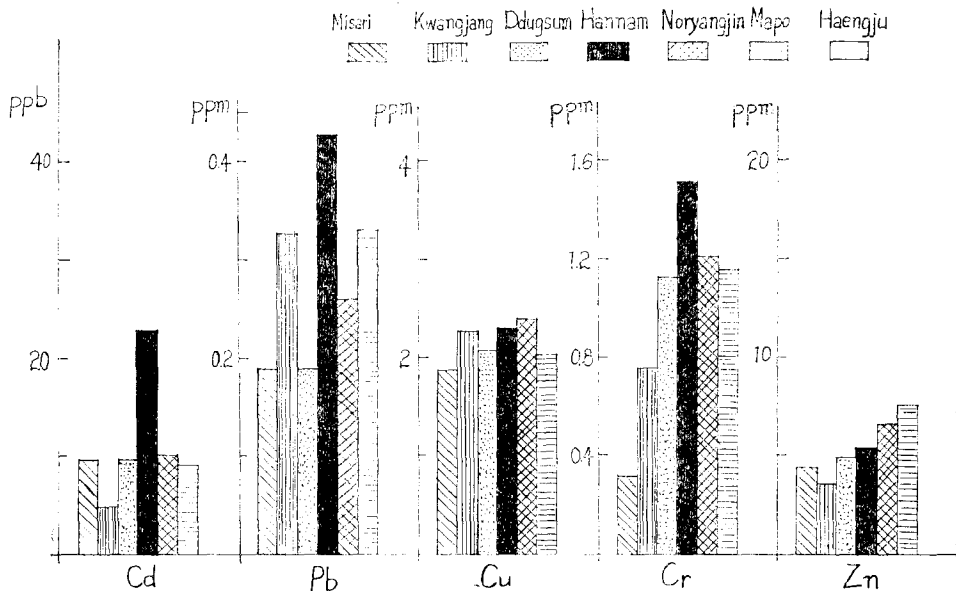


Fig 5.—Regional distribution of heavy metals in *Hemibarbus labes*.

다. 그러나 이런 差는 試料의 採取時期와 地域이 서로 다르며 魚種의 差 등에 기인되는 것이라 思料된다.

대체로 붕어나 잉어 모두에서 노랑진 地域이 가장 높게 나타난 反面, 한남동 地域의 붕어와 미사리 地域의 잉어가 가장 낮은 값을 나타냈다.

눈치에서는 한남동 地域이 다른 地域에 비해 약간 높았고 광장지역이 가장 낮았으나 이들의 實驗例數가 적어 本 實驗만으로는 이렇다 할 단정을 내리기가 어렵다.

한편 마포 地域의 끄리는 14.66 ppb 로 나타났으나 다른 地域에서의 試料 採受難으로 因하여 地域間의 比較를 檢討하지 못한 것은 유감스러운 일이다.

또한 이 魚種에서 특기할 만한 事實은 카드미움 含量이 유난히 높아 1838.9 ppb 까지 測定된 例가 있으나 이는 카드미움에 특수하게 汚染된 경우로 간주하여 통계처리에서 삭제되었다.

한편 카드미움은 도금, 塗料, 製鍊, 電氣, 工場의 廢水로 流出되어 河川을 汚染시키고 魚類 等に 慢性的으로 蓄積되어 계속적인 微量攝取로 人體에 影響을 미치는 事例가 간혹 있는데 이런 例로서 1968年 日本에서 發生한 Itai-Itai 病을 들수 있다. 또한 車<sup>17)</sup> 等に 의하면 人體의 組織內 카드미움이 過量 蓄積되면 貧血, 脚氣, 蛋白尿, 腎機能 및 肝機能障碍 등 여러가지 症狀 이 나타난다고 한다.

Ciusa<sup>3)</sup> 등은 魚類의 組織部位에서 檢出된 카드미움 含量은 0.017~0.025 ppm 으로 Bebbington<sup>19)</sup>은 0.01~0.09 ppm 으로, Weiser<sup>20)</sup> 등은 0.039 ppm 으로 田中<sup>21)</sup> 등은 0.01 ppm 以後로 報告하고 있어 本 實驗結果와 대체로 一致한다고 볼 수 있다.

그리고 WHO 에서는 一時的으로 攝取해도 좋은 카드미움 含量은 4000~5000 ug/week 로 定하고 있으며 田中<sup>21)</sup> 등은 生鮮의 組織에서 0.04 ppm 정도 檢出되어도 食品利用上 別 問題가 되지는 않는다고 報告하고 있어 대부분의 漢江 淡水魚는 食品安全性面으로 考慮해 볼때 크게 問題가 되지는 않는 것으로 思料된다.

## 2. Lead—魚種別, 地域別 납의 平均含量은 Table IV에 提示된 바와 같다.

붕어 筋肉中의 납의 平均含量 範圍는 採取한 地域에 따라 多少의 差가 있기는 하였으나 0.186~0.243 ppm 정도였고 淸州산정 地域에서 求得한 붕어는 顯著하게 납의 含量이 높아 0.483ppm 을 나타냈다. 붕어에 比하여 잉어에서는 그 含量이 약간 낮아 0.135~0.194 ppm 으로 檢出되었으나 採取場所에 따른 的인 差는 발견할 수 없었다. 이는 實驗한 例數가 너무 적은데에도 그 原因이 있다고 生覺된다.

눈치에 있어서도 한남동 地域에서 採取한 例에서 약 1.410 ppm 까지 檢出되는 경우도 있었으나 平均 0.188~0.426 ppm 이었으며 한남동 地域이 平均 0.426 ppm 으로 다른 地域에 비해 顯著하게 높았다.

一般的으로 납의 含量이 높게 나타난 魚種은 붕어였으며 다음이 눈치類였고 끄리는 단지 마포 地域에서만 採取되었으며 그 例數가 적어 的의를 찾기 힘들어 대체로 붕어가 그 含量이 높은 것으로 볼 수 있겠다. 또한 배기에서 납의 含量은 漢江上流와 下流를 比較하였을 때 매우 的인 差를 나타냈으나 역시 例數가 적어 本 實驗만으로는 安정을 내리기가 곤란하다.

한편 우리나라 食品衛生法<sup>22)</sup>에서 規制하고 있는 一般食品에 있어서의 重金屬허용량은 10ppm 으로서 本 實驗結果는 상당히 낮은 含量을 보였으며 元<sup>18)</sup>의 調査에서 檢出된 魚具類中 납의 含量은 0.06~3.80 ppm 으로 報告되었고 宋<sup>23)</sup>은 水産食品中의 납의 含量을 0.03~7.00 ppm 으로 報告하였으나 이는 모두 海水魚이어서 本 實驗結果와 함께 比較하는 것은 큰 的의가 없다고 본다.

Table V—Mean value of heavy metal contents in some fishes from Han River (Mean±S.E.).

Fishes	No. of cases	Length (Cm)	Weight (gm)	Cadmium (ppb)	Lead (ppm)	Copper (ppm)	Chromium (ppm)	Zinc (ppm)
<i>Carassius auratus</i>	31	20.82	204.0	20.52±5.10	0.29±0.03	3.13±0.34	1.15±0.12	14.06±1.13
<i>Cyprinus carpio</i>	17	31.65	627.8	19.81±7.87	0.17±0.01	1.46±0.10	0.71±0.09	9.84±0.80
<i>Hemibarbus labeo</i>	22	24.93	189.4	11.98±1.80	0.27±0.05	2.25±0.14	1.00±0.19	5.30±0.29
<i>Parasilurus asotus</i>	4	37.75	908.0	12.74±3.35	0.12±0.02	2.11±0.32	0.21±0.01	4.79±0.53
<i>Pseudogobio esocinus</i>	14	17.83	56.6	8.28±1.68	0.15±0.02	2.06±0.28	1.06±0.12	5.14±0.26
<i>Opsariichthys bidens</i>	4	20.20	75.3	14.66±1.90	0.19±0.04	1.86±0.20	0.98±0.08	6.24±0.31

그러나 林<sup>14)</sup>은 錦江下流 淡水魚中の 重金屬을 魚種別로 調査한 報告에서 筋肉中の 납의 含量은 붕어가 0.07 ppm, 잉어가 0.09 ppm 으로 報告하였고 장어가 0.297 ppm 으로 가장 높게 檢出되었다고 하였으나 本 實驗에서는 붕어가 0.29 ppm, 잉어가 0.17 ppm 으로 매우 높게 나타났다. 이는 試料의 採取地域과 時期, 및 魚類의 크기에 따라 差가 있다고 볼수도 있으며 漢江의 汚染度 역시 하나의 要因이 되리라 思料된다.

3. **Copper**—魚種에 따른 구리의 含量이 Table V에 提示되었다. 구리의 含量이 가장 높은 魚類는 붕어로서 3.13 ppm 이었고 잉어는 1.46 ppm 으로 그 含量이 가장 낮았다. 또한 지역에 따른 붕어, 잉어, 눈치등의 含量이 Fig 3, 4, 5에 圖示되었다. 이에 의하면 구리의 含量은 魚種 사이에는 약간의 差를 인정할 수 있으나 地域에 따른 差는 거의 볼수 없었으며 이 역시 錦江下流 淡水魚中の 報告値보다는 약간 높게 나타났다.

구리는 人體에 필수적인 무기물로서 철분과 함께 조혈성분의 하나이지만<sup>17)</sup> 體內에 多量이 存在할 경우 胃腸障礙를 일으키며 綠變, oligouria(乏尿症), 筋肉의 麻痺等 症狀을 나타내는 것으로 알려져 있다<sup>18)</sup>.

食品中の 구리의 含量은 비오염食品에 있어서는 0.1~10 ppm, 어류중에는 0.3~8.0 ppm 으로 되어 있으며 元<sup>13)</sup>은 담수어에서 0.33~121 ppm, 林은 0.0535~3.2384 ppm 으로 報告하고 있어 著者들의 結果와는 대체로 일치하였다.

4. **Chromium**—漢江 淡水魚中の 크롬含量은 다른 重金屬과 마찬가지로 크롬含量은 다른 重金屬과 마찬가지로 붕어類에서 가장 높고 다음이 모래무지, 꼬리, 눈치의 順으로 낮아졌으며 메기에서 0.21 ppm 으로 가장 낮았다.

또한 地域別로는 눈치에 있어서 한남동 地域이 가장 높고 미사리 地域이 낮으며 대체로 下流로 갈수록 약간 增加함을 나타냈다. 그러나 魚種에 따라 약간의 差異가 있어 붕어나 잉어에서는 광장地域이 가장 함량이 높고 오히려 더욱 下流로 내려갈 수록 잉어는 그 含量이 低下되었으며 붕어에서는 행주산성 地域이 가장 높게 나타나고 있다.

5. **Zinc**—本 實驗에서 檢出된 漢江 淡水魚中の 아연의 含量이 Table IV, Table V에 각각 提示되었다.

아연의 含量이 가장 높게 나타난 魚種은 붕어로서 14.06 ppm 이었으며 메기가 4.79 ppm으로 가장 낮았다. 붕어를 제외한 다른 魚種에서는 地域간의 差異를 거의 찾아볼 수 없었으나 붕어類에서는 下流에 比하여 下流에서 採取한 붕어의 아연 含量이 약 253% 정도나 增加되었으며 下流로 갈수록 아연의 含量이 增加되는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이런 傾向은 눈치에서도 나타났다



으나(Fig 5), 오히려 잉어類에서는 下流로 갈수록 약간 減少되어 魚種에 따라 아연의 蓄積度가 서로 다름을 암시해주며 또한 魚類의 生活범위의 差에도 다소 영향이 있을 것으로 思料된다.

또한 메기에 있어서도 上流보다는 下流地域에서 採取한 것의 아연 含量이 높은 것으로 나타났으나 例數가 너무 적어 단정을 내리기 어려운 것으로 思料된다.

한편 著者 등의 結果는 韓<sup>13)</sup>의 시판 어류중의 아연 含量을 報告한 것에 비해 약간 낮은 수치를 나타내고 있으나 이는 주로 海水魚中의 아연 含量이므로 서로 比較하기는 곤란하다. 또한 本實驗에 의한 結果에서 아연은 그 蓄積度가 魚種에 따라 서로 다르며 地域에 따른 差 역시 認定해야 될 것으로 생각된다.

또한 전반적인 重金屬의 蓄積度는 행정산성 地域의 붕어類가 다른 地域에 비해 카드미움을 除外하고는 모든 重金屬含量이 다 높게 나타났으나 이 地域에서 다른 魚種을 求하지 못하여 다른 魚種에서도 이런 影響이 있는지의 여부를 檢討하지 못한것은 유감이다.

따라서 붕어의 重金屬 蓄積度를 관찰해 볼 경우 江의 上流에 비해 下流가 매우 汚染度가 크며 여기에 따라 魚類들의 重金屬 蓄積度가 增加하는 것으로 思料되나 좀더 많은 例를 實驗하여 다른 魚種에 있어서의 地域간의 差를 관찰해 보고자 한다.

또한 눈치의 경우에는 韓南동 地域에서 求한 試料에서 거의 모든 重金屬含量이 높게 나타나 이 地域 역시 漢江中 汚染度가 比較的 큰 地域임을 暗示해 주는것 같으나 一部 學者들은<sup>25)</sup> 魚類中의 重金屬 蓄積度는 生活環境에 의한 影響 보다는 오히려 food chain이나 年齡, 魚種에 따라 크게 달라진다고 하여 魚類의 重金屬蓄積度만으로 江의 汚染度를 나타내기는 무리가 있다고 주장하기도 한다.

그러므로 연령 즉 size에 의한 重金屬의 蓄積度는 著者들의 實驗에 의하면 크기가 增加함에 따라 一般的으로 重金屬含量이 增加하는 傾向을 나타냈다.

이런 대표적인 例로 붕어중의 크기에 따른 아연의 含量을 Fig. 6에 圖示하였다. 이에 의하면

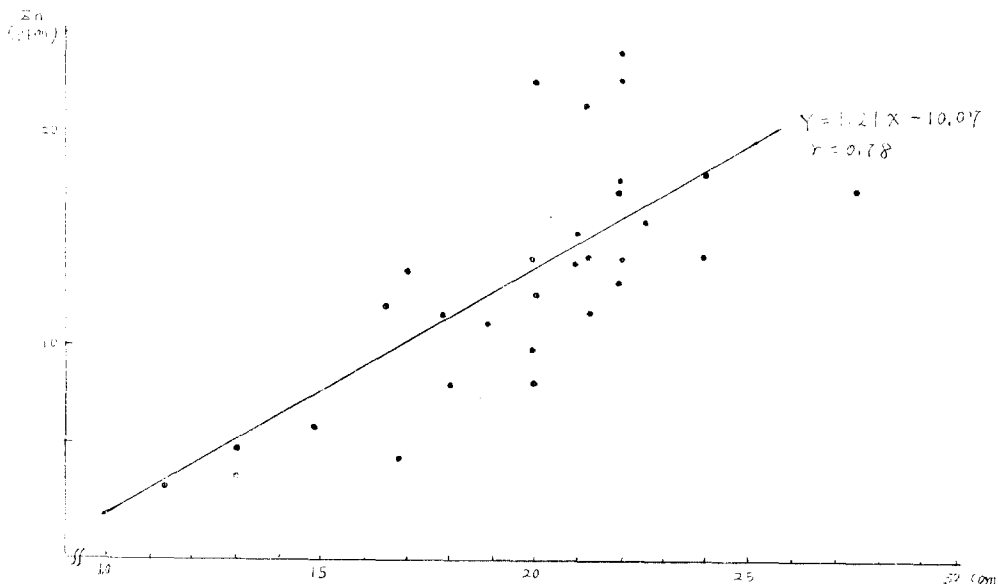


Fig 6.—Zinc concentrations in the muscle of *Carassius auratus* as a function of size.

아연은 그 魚類의 크기가 增加함에 따라 顯著하게 增加하였고( $p<0.01$ ), 다른 重金屬類 역시 이와 유사한 增加를 보였다. 이는 Yannai 等<sup>25)</sup> 주장하는 바와도 잘 一致하고 있다.

### 結 論

以上の 實驗結果를 통하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 漢江魚類의 重金屬含量은 上流에 비해 한남지역 以下の 下流에서 求得한 魚類에서 比較的 높게 나타났다.
2. 魚種別 카드미움의 含量은 붕어가  $20.52 \pm 5.10$  ppb 로 가장 높고 다음이 잉어, 끄리, 메기, 눈치, 모래무지의 順이었으며 地域別로는 한남동, 노당진 地域에서 求한 試料中の 카드미움 含量이 顯著히 높았다.
3. 납의 含量은 붕어가 가장 높아  $0.29 \pm 0.03$  ppm 으로, 다음이 눈치, 끄리의 순서로 각기  $0.27 \pm 0.05$  ppm,  $0.19 \pm 0.04$  ppm 이었으며 메기가 그 含量이 가장 낮아  $0.12 \pm 0.02$  ppm 이었고 地域別로는 한남동과 행주산성 地域의 魚類가 높게 나타났다.
4. 구리의 含量 역시 붕어가 가장 높았으며 地域別로는 행주산성 地域의 魚類가 가장 높았다.
5. 크롬의 含量은 魚種간에 큰 差는 없었으며 붕어가  $1.16 \pm 0.12$  ppm으로 가장 含量이 높고 메기가  $0.21 \pm 0.01$  ppm 으로 가장 낮았으며 地域간의 差 역시 한남동과 행주산성 地域이 높게 나타났다.
6. 아연의 含量은 붕어에서  $14.06 \pm 1.13$  ppm 으로 가장 높고 메기가 역시 가장 낮아서  $4.79 \pm 0.53$  ppm 을 나타냈다. 地域간의 差는 붕어에서 가장 顯著하여 江下流가 上流에 比하여 顯著히 含量이 增加되었다.
7. 淡水魚들의 重金屬蓄積度는 年令 즉 크기가 커짐에 따라 增加하는 것으로 思料된다.

### 文 獻

1. L. Friberg and J. Vostal, Mercury in the Environment, CRS Press, Cleveland. Ist. 17 (1972).
2. J. Kobayashi, *Advance in Water Pollution Research*, 1 (1971)
3. I. H. Chung and S. S. Jeng, *Chemical Abstracts*, **83**, 105 (1975).
4. Y. Yamazoe and F. Otubo, *Chemical Abstracts* **84**, 330 (1976).
5. W. Ciusa, V. D' Arrigo, F. Didonato and G. Santoprete, *Chemical Abstracts*, **83**, 142 (1975).
6. R. Hartung, *Chemical Abstracts*. **83**, 110 (1975).
7. S. A. Patin and N. P. Morozov, *Chemical Abstracts* **83**, 114 (1975).
8. F. A. O., *Food and Nutrition*, **1**, 20 (1975).
9. 高仁錫, 盧晶培, 宋哲, 權赫姬, 金吉生, 鄭國熙, 宋昌栢, 國立保健研究院報, **9**, 389 (1972).
10. 盧晶培, 宋哲, 金吉生, 沈漢燮, 兪炳天, 國立保健研究院報, **13**, 249 (1976)
11. 金明燦, 沈奇煥, 河永來, 韓國食品科學會誌, **10**, 299 (1978).
12. 朴鏞溜, 韓國營養學會誌, **7**, 31 (1974).
13. 韓仙嬉, 서울市保健研究所報, **15**, 57 (1979).
14. 林秉順, 高麗大學校大學院碩士學位論文, (1980)
15. Perkin-Elmer, Analytical method for Atomic Absorption Spectrophotometry, (1980).
16. 金旻永, 李首根, 鄭文植, 公衆保健, 雜誌, **11**, 130 (1974).
17. 車喆煥, 公害와 疾病, 最新醫學社, **62**. (1974).
18. 元鍾勳, 韓水雜, **6**, (1973).
19. G. N. Bebbington, N. J. Mackay, R. Chvofka, R. J. Williams, A. Dumn, and E. H. Auty, *J.*

*Mar. Freshwater Res*, **28**, 277 (1977)

20. M. Weiser, A. Lottermoser, H. Weingarten and W.E. Krocza, *Wien Tieraerztl*, **62**, 214 (1975).
21. 田中之雄, 池邊克彦, 田中凉一, 國園信治, *食衛誌*, **15**, 390 (1974).
22. 保健社會部, 食品, 添加物の規格 및 基準, 第八號, 食品工業協會 (1977).
23. 宋哲, *보건장학회보 論文集* **4**, 32 (1975).
24. E. D. Wilson, K. H. Fisher and P. A. Garcia, *Principles of Nutrition*, 4th. ed. 302 (1979).
25. S. Yannai, and K. Sachs, *Environm. Res.* **16**, 408 (1978).