

# 한강 및 지천에 분포하는 어류체내의 유해성 중금속 농도에 관한 연구

수환경 생태팀

조석주 · 배경석 · 정의근 · 윤종철 · 이상열 · 이종현 · 이승천 · 윤호균 · 신정식 · 김명희

## The Study on Concentration of Heavy Metals in Body of Freshwater Fishes in Han River

*Aquatic Ecology Team*

Seog-ju Cho, Kyung-seok Bae, Eui-grun Jeong, Chong-cheul Yun,  
Sang-yeoul Lee, Chong-hynn Lee, Seung-chon Lee, Ho-kyun Yoon,  
Jung-sik Shin and Myung-hee Kim

### Abstract

We collected 333 samples from Jan. through Jun. in 2004 to analyse 6 heavy metals in 111 freshwater fishes, such as *Carassius auratus*, *Cyprinus carpio*, *Hemibarbus labeo* etc, which are main fishes in Han River. The average concentrations of them were Pb 0.225 mg/kg(ND~11.890 mg/kg), Hg 0.033 mg/kg(0.002~0.200 mg/kg), Cd 0.027 mg/kg(ND~0.890 mg/kg), Cu 2.681 mg/kg(0.390~27.857 mg/kg), As 0.084 mg/kg(ND~0.595 mg/kg), Cr 0.196 mg/kg(ND~2.051 mg/kg), which are far below of the standard concentration of Korean freshwater fish. However, some of them had high concentrations of Pb, 2.856 mg/kg in the liver and Hg, 11.89 mg/kg in the gill. The highest concentrations of Pb, Hg, Cd, Cu, As and Cr by the part of fish were found at the gill, the flesh, the liver, the river, the flesh and the gill respectively. As Korean average fish intake is 64.1 g/person, day average daily intakes of heave metals from fish are very low rates considering Tolerable daily intake(TDI) of WHO/FAO; Pb 7.6%, Hg 4.9%, Cd 2.8%, As 4.5%.

**Key words** : fish, heavy metal, TDI, Han river

### 서 론

중금속은 미네랄 형태로 인체에 유익한 종류도

있지만 비교적 독성이 강한 Cd, Hg, Pb 등은 비필수 무기질로서 섭취량에 따라 인체 내 축적되어 유해한 영향을 끼치므로 위생학적, 안전성의 측면

에서 중요한 오염물질이며(1), 필수 무기질도 그 양에 따라 인체에 영향을 줄 수 있다. 강 및 연안 해역에 유입된 중금속류는 1차적으로 플랑크톤이 오염되어 생태계의 먹이사슬을 통하여 점차 농축되는데, Hg, Cd, Pb, As 등은 고유의 독성을 갖고 축적성이 강하며 만성중독을 일으키기 쉬운 것들이다(1,2). 수은은 “미나마타병”의 원인으로 잘 알려진 중금속으로, 1953년 일본의 질소비료공장에서 버린 폐수 중 포함된 수은이 황산수산화되어 해수에 유입되면서 여러 요인으로 메틸화되고, 어패류에 농축된 메틸수은(Methyl Hg)을 섭취한 사람에게 발병되는 등 현재까지 2,300여명이 발병하였고 이중 1,000명 정도가 사망한 것으로 알려져 있다(1,4,6). 우리나라 국민들이 수산물을 섭취하는 양은 해양 수산물이 많지만 일부 청정지역의 담수어는 아직도 회나 매운탕 등으로 식탁에 오르고 있으며, 예로부터 붕어, 잉어 등은 자양식품으로 중탕에 의한 엑기스나 매운탕 등으로 섭취하고 있다.

서울을 관류하는 한강 및 그 지천은 상수원으로 서의 중요성뿐만 아니라 서울시민에게 쾌적한 휴식 및 레저공간의 제공, 철새도래지로서의 생태학적 측면 등 다양한 기능을 가지고 있다. 최근에는 일부지역에서 낚시 및 어로활동으로 한강에 서식하는 어류를 포획하여 섭취하거나 음식점 등으로 판매되는 경향이 있다는 언론의 제보 등으로 한강 물고기에 대한 안정성에 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 서울시보건환경연구원에서는 매년 분기별로 한강 본류 서식 담수어에 대한 중금속 함유량을 조사하여 왔으며, 금년에 한강본류 및 주요 지천에 서식하는 주요 어종에 대하여 어종별 중금속 함유량, 어종의 연령에 따른 체내 축적정도, FAO/WHO 기준과의 비교 등을 통하여 식용시 안정성 여부를 판단하는 기초자료로 활용하고자 본 조사를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

분석에 사용한 시료는 2004년 1월에서 6월까지 한

강본류와 지천 10개 지점에 서식하는 붕어, 잉어, 누치를 대상으로 하였으며 채집장소는 그림 1과 같다.



Fig. 1. Location of sampling site in major tributaries of the Han river.

물고기는 종류별로 각 하천에서 9~37개체, 총 111마리를 분석하였으며, 어종별로는 붕어 40마리, 잉어 37마리, 누치 34마리를 조사하였다. 물고기의 크기는 누치 31~49 cm, 붕어 19~34 cm, 잉어 23~69 cm의 크기를 나타냈다.

### 2. 시험 방법

물고기의 채집은 투망, 초코그물을 이용하였으며, 일부는 낚시에 의하여 채집하였다. 채집 즉시 실험실로 가져와서 즉시 분석을 원칙으로 하였으나 시료를 보관할 경우 -70°C가 유지되는 초저온 냉장고에 보관하여 시료의 변질을 최소화하고자 하였다.

채집한 물고기는 종류수로 가볍게 씻고 물기를 제거한 후 주 식용부위인 육질과, 아가미, 간으로 해부하여 분리하였으며, 대형어류의 경우 육질과 아가미는 매우 많은 양이 분취되어 Homogenizer를 이용하여 균질하게 마쇄한 후 10g 이상을 취하였다. 간의 경우 대부분 10g 이하인 경우가 많아 질량을 쟈 후 전량을 취해서 유해중금속용 질산 20 ml를 넣어 1~2일 동안 hood안에서 자연분해 시킨 후 hot plate 상에서 100°C로 투명한 액이 될 때까지 가열 분해를 하였으며, 실온 방냉 후 Toyo 5B 여과지로 여과 한 후 25 ml Vol. flask에 넣어 0.5N-HNO<sub>3</sub>로 mass up을 하였다. 이때 회수율을 조사하기 위하여 실험조작 전에 분석시료에 자연계에 잘 존재하지 않으며, 방해 물질의 영향이 적은 스칸듐(Sc,

Scandium)을 넣어 동일한 조작을 실시하였다. Pb, Cu, Cd, Cr, As의 분석은 Inductively coupled plasma(ICP, Model Spetro Ciros ccd, Germany)를 사용하였으며, Hg은 전처리 없이 약 0.5~1g의 시료를 직접 주입하여 cold vapor AAS(Model DMA-80, 속의 파장은 ICP의 경우 Pb 220.3 nm, Cu 324.75 nm, Cd 226.5 nm, Cr 267.7 nm, As 430.0 nm이며, Hg는 253.6 nm이다.

Nitric acid는 유해금속측정용(Matsunoen chemical Ltd, Japan)을 사용하였으며, 증류수는 순수제조장치(Model ELGASTAT PRIMA5,

ELGA Ltd., England)를 이용한 증류수를 재증류하여 사용하였다. 각 금속의 표준용액은 1 mg/ml의 원자흡광분석용 표준원액(Wako Pure Chrmical Industry Ltd, Japan)을 0.5N-HNO<sub>3</sub> 용액으로 희석하여 사용하였으며 Scandium(Wako Pure Chrmical Industry Ltd, Japan) 역시 0.5N-HNO<sub>3</sub> 용액으로 희석하여 사용하였다.

### 3. 전처리 방법의 비교

물고기 생체 내 중금속 함량을 보다 정확히 분석하기 위하여 일부 전처리 방법을 비교하였으며,

Table 1. Comparison of several pretreatment

Hot Plate method	Microwave method	Food Sanitation Act(Korea)
Gill, Liver, Muscle 3 parts sampling	Gill, Liver, Muscle 3 parts sampling	Sampling to analyzing plask (dry weight 5~20 g)
Assimilating each sample	Assimilating each sample	Add pure water 50~70 ml and nitrozen 10~40 ml
Sampling 5~10 g	Sampling 3~5 g	Gently heating for fierce reaction
Adding nitrozen 20ml	Adding nitrozen 10ml	Cooling, adding sulfuric acid 5~20 ml and gently heating
1~2day dicomposing in nature	2days dicomposing in nature	Samples show dark colar, adding nitrozen 2~3 ml and continuously heating
Dicomposing in heat until samples transparent (hot plate)	Dicomposing in microwave until samples transparent	Samples show light yellow~colarlessness, complete decomposition
Cooling with ambient air	Cooling with ambient air	After cooling, adding pure water 30~50 ml and ammonium hydroxide 10~25 ml
Filitering	Filitering	Heating until white fume of sulfuric acid appear, and cooling
Filling 20~50 ml	Filling 20 ml	Filling pure water to fixed volume
Analyzing with ICP-MS	Analyzing with AAs, ICP	Analyzing with AAs, ICP

각 방법별 실험방법은 표 1과 같으며, 비교방법은 10마리의 물고기 육질을 대상으로 각각 균질화한 시료에 각 금속별 표준시료를 금속별로 다른 농도를 첨가하여 회수율을 구하였다. 회수율은 표 2와 같으며 각 항목별로 회수율은 As는 Hotplate법 100.2%, Cd는 Microwave법 99.8%, Cr은 Microwave법 98.7%, Cu는 Microwave법 102.0%, Pb는 Hotplate법 95.8%로 가장 좋은 회수율을 보였으며, Hg은 100.2%로 매우 양호한 회수율을 보였다. 식품공전상의 방법은 항목별로 85.4~110.0%로 회수율이 좋지 않았으며 이는 실험방법도 복잡하고 목적성분의 손실도 커서 회수율이 전반적으로 낮게 나타나는 것으로 사료된다. Hotplate법이나 Microwave법을 이용한 방법은 회수율이 비슷하며 그 중 Microwave법은 실험방법도 비교적 간편하나 본 실험에 이용한 방법은 Hotplate를 이용하여 실험하였다. 수은은 전처리 없이 바로 고형시료를 넣어 분석하였다.

#### 4. 회수율 실험 및 반복 재현성

분석시료에 방해 물질의 영향이 적은 스칸듐(Scandium)을 넣은 후 회수율을 조사하고 실제 분석농도를 보정하여 오차를 줄였으며, 항목별 회수율은 As 103.8%, Cd 97.2%, Cr 95.3%, Cu 103.7%, Pb 95.8%로 비교적 양호한 회수율을 보였다(표 3).

**Table 3.** Result of recovery rate

item	AS	Cd	Cr	Cu	Pb
Average(%)	103.8	97.2	95.3	103.7	95.8
Max(%)	107.1	100.8	98.6	106.2	97.5
Min(%)	101.3	95.2	92.9	101.5	93.6

반복 재현성은 동일한 시료를 10회 반복해서 분석한 값으로 ICP의 재현성을 평가한 결과 표준편차 N.D~0.003이며 정확도 및 정밀도가 10% 이내로 매우 양호한 재현성을 보였다(표 4).

**Table 4.** Precision and accuracy

item	Cr	Cu	Pb	Cd	As	Hg
Precision (% Bias)	±1.76	±0.07	±0.50	±0.01	±0.32	±4.57
Accuracy (% RSD)	±3.90	±1.59	±7.69	±0.01	±3.41	±6.21

※ Precision(% Bias) = (measurement value - true value)/true value×100

※ Accuracy(% RSD) = SD/Ave×100

**Table 2.** Recovery rates of pretreatment methods

Heavy Metals	Hotplate(%)		Microwave(%)		Food Sanitation Act (Korea).(%)	
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
As	98.0~107.3	100.2	96.7~114.3	100.3	105.7~114.2	110.0
Cd	96.4~100.8	98.2	96.0~103.2	99.8	91.8~96.6	93.1
Cr	94.5~108.6	98.3	94.0~109.2	98.7	80.5~95.2	90.3
Cu	99.1~106.2	103.7	99.2~115.9	102.0	86.2~98.2	91.3
Pb	93.6~97.5	95.8	91.4~99.6	92.5	78.4~92.3	85.4
Hg			99.2~102.5(Average 100.2)			

## 결과 및 고찰

### 1. 물고기의 중금속 함량

물고기의 중금속 함량을 분석한 결과는 표 5, 6과 같으며 전체적인 평균농도는 Pb이 0.225 (N.D~11.890) mg/kg로 함이(1) 해수 및 담수어를 포함한 평균함량 0.213(N.D~1.6)(8) mg/kg과 유사하며, 최대농도는 큰 차이가 있다. 이는 어종별 구분에서 설명할 것이며, 현 등(7)의 0.071 mg/kg, Tam et al.(11)의 0.03(<0.01~0.13) mg/kg, 오 등(12)의 0.003~0.174 mg/kg 보다는 높은 농도를, 소 등(8)의 0.29(ND~1.87) mg/kg, 성 등(9)의 0.308(0.108~0.463) mg/kg, 김 등(10)의 2.26(0.0~4.80) mg/kg 등의 보고들보다는 낮은 함유량을 보였다.

Hg의 평균농도는 0.033(0.002~0.200) mg/kg로 함(1)이 0.018(N.D~0.19) mg/kg, 현 등(7)이 0.081 mg/kg, 소 등(8)이 0.82(0.04~0.500) mg/kg, 성 등(9)이 0.067(0.010~0.162) mg/kg, 박 등(13)이 0.042~0.111 mg/kg, 남 등(4)이 0.044 (0.0041~0.1585) mg/kg, Tam et al.(11)의 0.06 (<0.03~0.3) mg/kg로 보고한 것과 비교하면 비교적 낮은 농도에 속하였다.

Cd의 평균농도 0.027(N.D~0.890) mg/kg로 김 등(14)이 민물어류에서 0.002(N.D~0.050) mg/kg, 한 등(15)이 금강에서 0.11(0.04~0.18) mg/kg 보다는 다소 높은 농도이며, 김 등(16)이 일부 저수지(옥구, 영원)에서 0.1935±0.021 mg/kg, 0.1510±0.009 mg/kg 보다는 매우 낮은 농도를 나타냈다.

Cu는 평균농도 2.681(0.390~27.857) mg/kg로 김 등(14)이 민물어류에서 0.548(0.081~8.050) mg/kg, 한 등(15)이 금강에서 0.13(0.09~0.21) mg/kg, 김 등(16)이 일부 저수지(옥구, 영원)에서 0.1833±0.012 mg/kg, 0.1748±0.038 mg/kg 보다는 매우 높은 농도를 나타내 구리가 많이 포함된 저질 또는 지질의 영향을 받고 있는 것으로 판단되어 이에 대한 조사가 이루어져야 할 것이다.

As의 평균농도는 0.084(N.D~0.595) mg/kg로 김 등(16)이 일부 저수지(영원, 만경)에서 0.0018±0.003 mg/kg, 0.0012±0.006 mg/kg 보다는 매우 낮은 농도를 나타냈다. 그러나 Cr의 평균농도는 0.196 (N.D~2.051) mg/kg로 김 등(14)이 민물어류에서 조사한 0.135(N.D~1.250) mg/kg 보다는 다소 높은 농도를 보였다.

각 하천별 평균농도는 각 금속마다 차이를 보였는데 Pb와 Hg은 안양천이 각각 0.373 mg/kg, 0.043 mg/kg로 최고 농도를 보였으며, Cd과 Cu, Cr은 한강분류가 각각 0.037 mg/kg, 3.355 mg/kg, 0.234 mg/kg로 최고 농도이며, As는 탄천 0.148 mg/kg로 최고농도를 나타냈다. 하천별 수질오염은 일반적으로 한강이 가장 좋은 급수이나 물고기 체내의 중금속 평균농도는 대체로 높게 나타나 하천의 오염과의 상관성이 없는 것처럼 보이나 한강의 물고기가 각 지천으로 올라가 서식하거나 다시 내려와서 한강분류 내 서식한다는 것을 고려해야한다. 그러나 청평의 경우 한강분류의 상류에 위치하며 상수원으로 이용되고 있을 정도로 맑은 수질을 유지하므로 비교적 평균농도가 낮게 나타났다.

Table 5. Heavy metal concentration in body of fishes in Han river

item	(Unit : mg/kg)					
	Pb	Hg	Cd	Cu	As	Cr
Average	0.225	0.033	0.027	2.681	0.084	0.196
Han river	0.143	0.034	0.037	3.355	0.089	0.234
Tan stream	0.183	0.040	0.031	3.115	0.148	0.185
Jungrang stream	0.298	0.034	0.029	1.936	0.061	0.177
Anyang stream	0.373	0.043	0.017	2.559	0.094	0.221
Cheongpyong	0.128	0.038	0.018	2.440	0.028	0.163

어종별 평균농도는 Pb의 경우 붕어는 0.372 (N.D~11.890) mg/kg으로 안양천 붕어 1개체의 아가미에서 최대농도인 11.890 mg/kg이 검출되어 평균농도를 상승시켰으며, 이는 아가미 내 납에 오염된 잔류물질에 의하여 영향을 받은 것으로 판단된다. 최대농도를 제외하면 붕어의 평균농도는 0.238 mg/kg로 평균농도가 36% 정도 감소한다. 잉어는 0.160(N.D~1.086) mg/kg, 누치 0.144 (0.022~0.623) mg/kg로 누치가 최저함량 농도를 보였다.

Hg은 붕어의 경우 0.026(0.003~0.139) mg/kg이며, 잉어 0.023(0.002~0.129) mg/kg, 누치 0.050(0.005~0.200) mg/kg으로 유사한 농도 분포를 보였다.

Cd은 3어종이 매우 유사한 농도(0.025~0.028 mg/kg)를 나타냈으며, Cu는 잉어가 3.779(0.390~27.857) mg/kg, As는 누치가 0.121(N.D~0.529) mg/kg, Cr은 0.223(0.032~2.051) mg/kg로 각각 가장 높은 농도를 나타냈다.

생체 부위별로는 아가미에서 Pb 0.367 mg/kg,

**Table 6.** Heavy metal concentration in three kinds of fishes

Fishes		Pb	Hg	Cd	Cu	As	Cr
Average (range)		0.225 (N.D ~11.890)	0.033 (0.002 ~0.200)	0.027 (N.D ~0.890)	2.681 (0.390 ~27.857)	0.084 (N.D ~0.595)	0.196 (N.D ~2.051)
Total	Gill	0.093	0.064	0.004	0.781	0.138	0.080
	Muscle	0.367	0.014	0.010	0.842	0.038	0.374
	Liver	0.216	0.021	0.066	6.420	0.075	0.135
Average (range)		0.372 (N.D ~11.890)	0.026 (0.003 ~0.139)	0.027 (N.D ~0.890)	2.335 (0.480 ~25.917)	0.068 (N.D ~0.444)	0.223 (0.032 ~2.051)
Carassius auratus (40)	Gill	0.096	0.045	0.005	0.916	0.110	0.084
	Muscle	0.708	0.014	0.012	0.881	0.034	0.423
	Liver	0.312	0.020	0.063	5.209	0.059	0.162
Average (range)		0.160 (N.D ~1.086)	0.023 (0.002 ~0.129)	0.028 (0.001 ~0.629)	3.779 (0.390 ~27.857)	0.062 (N.D ~0.595)	0.158 (0.014 ~0.609)
Cyprinus carpio (3(7))	Gill	0.094	0.038	0.004	0.761	0.097	0.072
	Muscle	0.208	0.012	0.011	0.915	0.036	0.312
	Liver	0.177	0.019	0.069	9.662	0.052	0.090
Average (range)		0.144 (0.022 ~0.623)	0.050 (0.005 ~0.200)	0.025 (N.D ~0.300)	1.929 (0.406 ~13.223)	0.121 (N.D ~0.529)	0.208 (N.D ~1.343)
Hemibarbus labeo (3(4))	Gill	0.088	0.108	0.004	0.666	0.208	0.085
	Muscle	0.184	0.017	0.008	0.730	0.044	0.387
	Liver	0.159	0.025	0.064	4.390	0.113	0.153

Cr 0.374 mg/kg, 육질에서 Hg 0.064 mg/kg, As 0.138 mg/kg, 간에서 Cd 0.066 mg/kg, Cu 6.420 mg/kg로 최고농도를 보여 금속성분마다 어류 생체 내에 축적되는 부위가 다름을 알 수 있다.

## 2. 간, 근육에서 체장(나이)과 오염물질간의 상관성

어류 체장(어류의 나이 기준)에 따른 간과 근육에서 중금속 축적정도 및 오염물질간의 상호작용을 파악하기 위하여 한강 어류 37마리, 총시료수 74개(간, 근육)로 상관관계를 분석하였다. 아가미는 기관 내 축적보다는 오염물질이 아가미 거름판에 붙어 있는 경우가 있어 제외하였으며, 조사결과를 체장에 따른 상관성은 대부분 체장이 크면 클수록 중금속 축적정도가 정의 상관성을 보였으며, 특히 Hg은 신뢰구간 내에서 육질 및 간에서

매우 뚜렷한 정의 상관성을 보였다. 그러나 Cr의 경우 신뢰구간 밖에서 부의 상관성을 보였다. 또한 중금속 물질간의 상관성은 신뢰구간 내에서 Hg와 As가 정의 상관성을 보였으나 대부분 상관성이 낮게 나타나 한 종류의 중금속 농도가 높다고 다른 중금속 농도가 높아지는 경향은 없는 것으로 볼 수 있다(표 7,8).

## 3. 어류를 통한 중금속 1일 섭취허용량

한국인의 어류 섭취량은 2001년도 국민건강영양조사 보고서(17)에서 패류를 포함하여 성인 1인 1일당 평균 64.1 g으로 조사되었으며 이를 근거로 어류에 함유된 중금속 1일 섭취량을 산출하였다(표 9).

한강의 민물고기를 섭취한다고 가정할 때 어류에 의한 중금속섭취량은 FAO/WHO에서 설정된

**Table 7.** Correlation coefficient between heavy metals and age of fishes(muscle)

item	age	Cr	Cu	Pb	As	Cd	Hg
age	1.000						
Cr	-0.321	1.000					
Cu	0.015	-0.113	1.000				
Pb	0.119	-0.074	0.091	1.000			
As	0.560*	-0.493	0.003	-0.405	1.000		
Cd	0.492	-0.217	0.590*	0.324	0.349	1.000	
Hg	0.741**	-0.599*	-0.060	-0.232	0.730**	0.279	1.000

※ \*p<0.05, \*\*p<0.01

**Table 8.** Correlation coefficient between heavy metals and age of fishes(liver)

item	age	Cr	Cu	Pb	As	Cd	Hg
age	1.000						
Cr	-0.214	1.000					
Cu	0.466	-0.500	1.000				
Pb	0.311	-0.144	-0.002	1.000			
As	0.265	-0.198	-0.114	0.441	1.000		
Cd	0.157	-0.292	0.291	0.340	-0.227	1.000	
Hg	0.580*	-0.082	-0.195	0.172	0.695**	-0.163	1.000

※ \*p<0.05, \*\*p<0.01

**Table 9.** Comparison of average daily intakes of heavy metals from fishes with TDI established by FAO/WHO

Heavy metals	Mean(mg/kg)	Total daily intake ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ 60 kg b.w)	TDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ 60 kg b.w)	TDI(%)
Pb	0.255	16.3	214	7.6
Hg	0.033	2.1	43	4.9
Cd	0.027	1.7	60	2.8
As	0.084	5.4	120	4.5

\* TDI : Tolerable Daily Intake

\* b.w : body weight

섭취허용기준 TDI(Tolerable Daily Intake) 또는 ADI(Acceptable Daily Intake)와 비교시 Pb는 7.6%, Hg는 4.9%, Cd는 2.8%, As는 4.5%로 매우 낮은 비율로 나타났다. 패류까지 포함한 1일 섭취량이므로 더욱 낮은 비율은 보이겠지만 FAO/WHO의 섭취허용량은 우리가 하루 동안 섭취하는 식품 전체를 통한 최대허용량이기 때문에 다른 식품과 연관시켜 고려되어야 할 문제이다. 그러나 일부 어류 생체 내 중금속농도가 높다하더라도 매일 그 식품을 섭취하지 않는 상황도 함께 고려되어야 할 것이다.

0.374 mg/kg, 육질에서 Hg 0.064 mg/kg, As 0.138 mg/kg, 간에서 Cd 0.066 mg/kg, Cu 6.420 mg/kg로 최대 평균농도를 보였다.

3. 우리나라 국민의 평균 어패류 섭취량과 WHO/FAO에서 설정한 Tolerable daily intake (TDI)를 적용한 허용량으로 비교해보면 Pb는 7.6%, Hg 4.9%, Cd 2.8%, As 4.5%로 매우 낮은 비율을 보였다.

향후 분석어류의 종류도 다양화하고 중금속뿐만 아니라 내분비계 장애물질과 수체와의 인과관계 규명 등의 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 결 론

본 연구는 서울 시내를 관통하는 한강 및 지천에 서식하는 담수어 중 주요 어종인 붕어, 잉어, 누치 등 10개 지점에서 111마리를 수집하여 부위별로 중금속 6항목을 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 전체평균을 보면 Pb이 0.225 mg/kg, Hg 0.033 mg/kg, Cd 0.027 mg/kg, Cu 2.681 mg/kg, As 0.084 mg/kg, Cr 0.196 mg/kg으로 평균농도의 경우 우리나라 담수어 기준인 Pb(2 mg/kg), Hg(0.5 mg/kg) 기준치보다 매우 낮았으며, Cd은 패류기준치(2.0 mg/kg)에 비해 약 1/70수준으로 나타났다.
2. 부위별로는 아가미에서 Pb 0.367 mg/kg, Cr

## 참고문헌

1. 함희진 : 서울시내 수산 시장에서 유통되는 수산물의 유해성 중금속(Hg, Cd 및 Pb)분포에 관하여, 한국식품위생학회지, 17:146~151, 2002.
2. 강태중, 조규옥: 수입 냉동 어류중의 중금속 함량에 관한 연구(II), 여수수산대학교 수산과학연구소 연구보고, 5:101~108, 1996.
3. 이종옥, 김미혜, 소유섭, 이윤동, 정소영, 박성국, 강민철, 박효정: 식품중 미량중금속 모니터링, The annual report of KFDA, 6: 76~82, 2002.
4. 남은주, 박선주, 최정설, 이상엽, 최순남, 송숙자, 정순영, 정근희 : 서울 수산도매시장



- (가 락동, 노랑진)에서 유통되는 어패류의 수은함량분포에 관한 연구, 삼육대학교 논문집, 27: 181~185, 1995.
5. 유광식, 류석환, 김병삼 : 울산 인근해역의 어패류 및 해조류에 포함된 중금속농도에 관한 조사연구, 울산대학교 자연과학 연구논문집, 1:23~29, 1991.
  6. 차영섭, 함희진, 이재인, 이정자 : 서울 시내 수산시장에서 유통되고 있는 수산물의 비소, 카드뮴 및 연의 함량, Kor. J. Fd Hyg. Safety, 16:315~323, 2001
  7. 현대용, 이동배 : 충남 서해안 어패류의 중금속 함량조사, Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Nat'l Univ. Korea, 12:65~80, 1994
  8. 소유섭, 김정수, 정소영, 김미혜, 홍무기 : 우리나라 어패류 중 미량중금속 함량 및 안정성 평가, 한국식품영양학회지, 29:549~554, 2000.
  9. 성덕화, 이용욱 : 우리나라 일부연안 해산어류 중의 중금속 함량에 관한 연구, Kor. J. Fd Hyg. Safety, 8:231~240, 1993
  10. 김순경, 이종화, 김애정: 서해안 지역의 환경오염에 의한 수산물 오염실태 및 예방에 관한 연구(어류), J. Korea Soc. Food Sci. Nutr, 26:851~859, 1997
  11. Tam SYK and Mok CS : Metallic contamination in oyster and other seafood in Hong Kong, Food Additives and Contaminants, 8:333~342, 1991
  12. 오준세, 이석주, 성창근, 김성애, 정재홍, 오만진: 충청지역 농산물의 잔류농약 및 중금속 함량에 관한 조사, Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Nat'l Univ. Korea, 16, 57-70, 1998.
  13. 박원기, 차월석, 허남철 : 한국 서해안에서 포획된 어류중의 유해성 중금속 함량에 관한 연구, 조선대학교 환경공해연구, 5:13~23, 1988.
  14. 김연천, 한선희 : 국내 유통 민물어류와 연안산 패류의 중금속 함량에 관한 조사, Kor. J. Fd Hyg. Safety, 14:305~318, 1999.
  15. 한인전, 홍춘균 : 금강의 수질 및 어류의 중금속 함량 조사, 공주소대 논문집, 27:427~440, 1989.
  16. 김인숙, 한성희, 오성기 : 전라북도내 서해안 지역의 하천에 서식하는 붕어의 중금속 함량에 관한 연구, J. Korea Soc. Food Nutr, 22:484~488, 1993.
  17. 보건복지부 : 2001년도 국민건강·영양조사, 2002
  18. FAO : Summer of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA), ILSI, Geneva, 1994.