

한강으로 유입된 저질층의 중금속오염도 조사

신정식, 박상현

서울시 보건환경 연구원

Studies on the Heavy Metal Contamination in the Sediment of the Han River

Jung Sik Shin, Sang Hyun Park

*Seoul Metropolitan Government Institute
of Health and Environment*

Abstract

For the survey of water pollution, several heavy metals were analyzed in the sediment of the Han River from March 20 to April 22, 1989.

The results were as follows :

1. The respective ranges of heavy metal concentrations of Cadmium, Lead, Copper, Zinc and Manganese found in the sediments of the Han River were 0.32~2.41 $\mu\text{g/g}$, 15.80~129.64 $\mu\text{g/g}$, 13.82~372.36 $\mu\text{g/g}$, 58.40~925.40 $\mu\text{g/g}$, 271.50~668.30 $\mu\text{g/g}$.
2. In the sediment of inflow site Jung Rang Chon the contents of Lead, Copper, Zinc were the highest among other sampling points and An Yang Chon, the contents of Cadmium, was the highest among other sampling points and Wang Sook Chon, the contents of Manganese, was the highest among other sampling points.
3. Through all sampling points general trend of heavy metal contamination showed the highest in Zinc, the next Manganese, Copper, Lead and Cadmium respectively.
4. The higher amount of heavy metal was found in the finer particles of sediment.
5. The amount of Cadmium and Lead of the Han River water was below the standard of environment.

I. 서론

수천년 동안 국토의 심장부를 도도히 흐르며 풍요로운 삶의 동반자가 되었던 한강은 1960년대초부터 시작된 경제개발계획에 의한 급격한 공업화정책으로 수도권의 인구 집중과 산업시설집중을 유발하여 이로 인한 막대한 양의 생활하수와 공장폐수 등이 지천을 통해 한강에 유입되어 1980년대에 이르러는 수질오염의 정도가 나날이 심화되어 가고 있는 실정이다.

수질오염의 요인도 다양해지고 그 요인간의 상호작용으로 점점 복잡한 양상을 보이고 있다. 이에 본 조사는 수질오염에 의한 하상저질의 중금속오염도를 조사분석하기 위하여 한강의 상류인 팔당에서 하류인 창릉천에 이르는 지역에서 각지천유입 지점의 수질과 하상저질(sediment) 중의 주요 중금속오염도를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료채취

1989년 3월 20일부터 3월 25일까지 6일간에 걸쳐 Table 1과 같이 각지천수가 한강으로 유입되는 지점에서 일정깊이(0~10cm)의 저질을 시료로 채취하였다. 채취지역은 팔당에서부터 창릉천까지 총 11개지천을 선정, 각지천당 5개 지점에서 채취시험하였으며 채취지천은 Fig 1과 같다.

하상에 퇴적되어 있는 저질은 심도 5cm 이내에서 저질채취기(Ekman Grab) Fig 2로 채취하였으며 polyethylene bag에 담아 운반하였다. 수질은 저질을 채취한 지역의 유입부에서 본연구원에서 고안한 채수기(Fig 3)를 이용하여 채취한 후 역시 polyethylene 병에 담아 운반하였다.

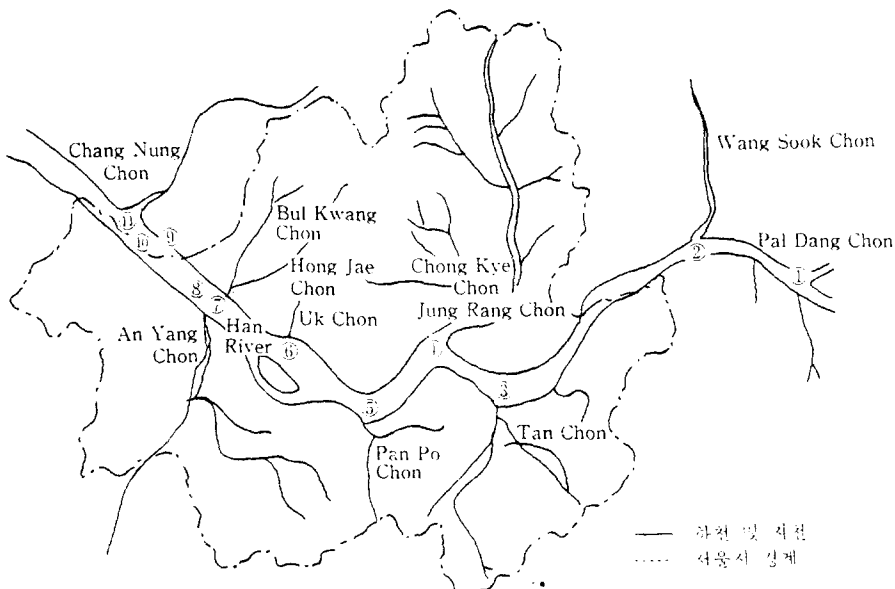


Fig 1. Sampling sites in the Han River.

Table 1. Sampling area.

Sampling Area
Site
1. Pal Dang the mouth of a river
2. Wang Sook Chon the mouth of a river
3. Tan Chon the mouth of a river
4. Jung Rang Chon the mouth of a river
5. Pan Po Chon the mouth of a river
6. Uk Chon the mouth of a river
7. Bul Kang Chon the mouth of a river
8. An Yang Chon the mouth of a river
9. Nan Gi a Sewage disposal plant
10. An Yang a Sewage disposal plant
11. Chang Nung Chon the mouth of a river

2. 시료의 조제

하상저질의 입자크기에 따른 중금속농도는 입자가 미세할수록 중금속의 함량이 증가한다는 학자들의¹⁾ 견해를 감안해서 본 조사에서는 중금속 오염농도를 보다 정확하게 조사하기 위해 체진탕기로 100 mesh, 230 mesh로 각각 분리한 후 시료로 5g씩을 취하였다.

3. 시료의 분석

한강의 저질 및 수질중의 중금속 분석은 위생시험법주해²⁾에 의한 원자흡광분석법

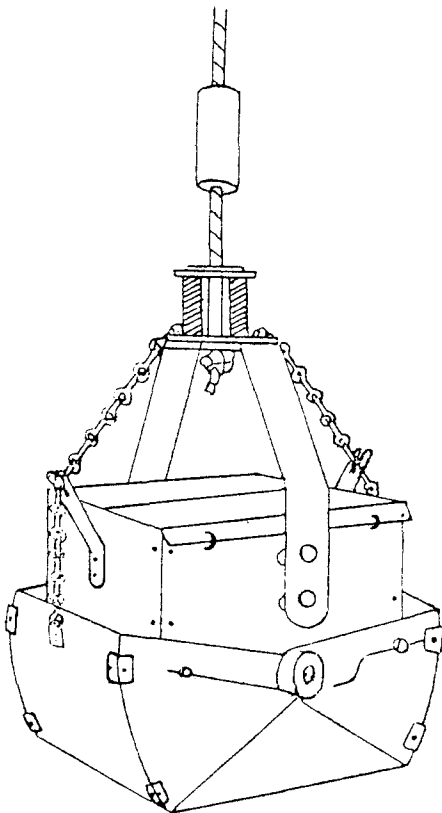
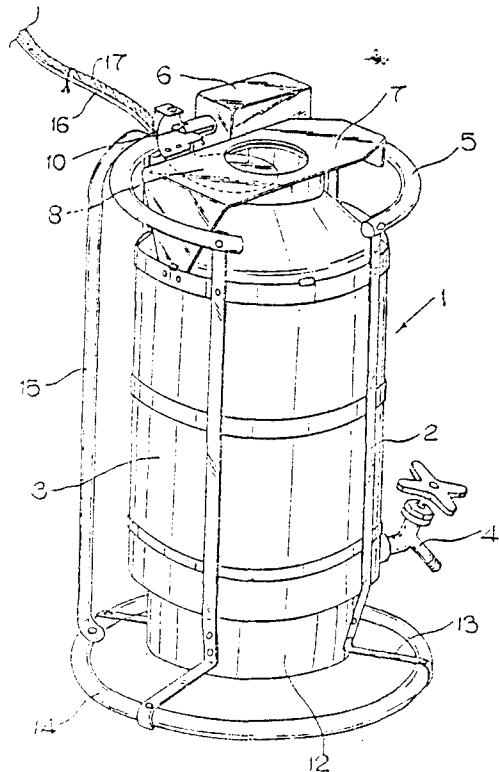


Fig 2. Ekman grab



1. 채수기 2. 보호망 3. 채수통 4. 물배출코크 5. 상부링 6. 슬레노이드 7. 채수안대관 8. 개폐기 9. 슬레노이드 고정판 10. 연결봉 11. 무추 12. 연결부 13. 하부링 14. 손잡이 15. 도선 16. 수심측정선 17. 스위치

Fig 3. Water Sampler.

(HITACHI-AAS, Model 170-30)으로 5개 항목을 선택하여 정량분석하였다. 별도로 순수증류수에 동일조작에 따라 바탕시험을 병행하였다.

III. 결과 및 고찰

한강수계의 중금속 오염도의 결과를 보면 수질의 경우 Cd은 팔당과 왕숙천에서는 검출되지 않았으며 기타 지역에서는 미량 검출되었다. Pb, Cu, Zn, Mn 등은 대부분의 지역에서 미량 검출되었다. 중금속의 수질 환경기준³⁾은 수역의 등급과 관계없이 전수역에서 Cd 0.01 mg/l이하 Pb 0.1 mg/l이하로 되어 있는 바 본 실험결과 기준이내였다.

저질의 중금속오염도를 살펴보면 수질과는 달리 높은 수준의 중금속 농도를 나타내고 있으나 이에 대한 기준은 아직 설정되어 있지 않으며 수질의 용해성 및 오염도의 변화에 따라 하상퇴적오나의 중금속함량에 직접적이고 복잡한 영향을 미치리라 생각된다.

한강 저질중 중금속의 함량을 알아보기 위해 입도별로 조사한 평균치를 보면 Fig 4~8에서 보는 바와 같이 입자가 미세할수록 중금속의 함량이 대부분 높게 나타났다.

저질오염 상태는 중량천과 안양천이 본 조사 중금속항목의 모두에서 다른 지천보다 높게 나타났으며 따라서 중량천과 안양천을 중심으로 중장기 대책을 수립해 하천 정화 사업을 추진해 나가야 될 것으로 생각된다.

1. 카드뮴

한강수질중의 Cd 함량은 팔당과 왕숙천에서 불검출이고 그외 지역은 미량검출(0.001~0.002 mg/l)되었다(Table 3).

저질중의 Cd 함량은 0.315~2.410 µg/g 범위를 나타냈고 팔당이 100 mesh에서 0.315 ± 0.022 µg/g으로 가장 낮고 안양천이 230 mesh에서 2.410 ± 0.342 µg/g으로 가장 높았다. 이는 M. Ajmal⁴⁾ 등이 India의 Gangas 강 Kapur 지역의 저질에서 0.50~0.53 µg/g 권⁵⁾ 등의 한강저질 2차 조사시 0.18~1.00 µg/g 보다는 다소 높은 Cd 함량을 나타냈으나

Table 2. Concentration of heavy metals on each sampling area of Han river.

(unit : mg/l)

Area	Concentration	Cd	Pb	Cu	Zn	Mn
Pal Dang the mouth of a river		ND	0.010	0.006	0.007	0.028
Wang Sook Chon the mouth of a river		ND	0.019	0.017	0.029	0.052
Tan Chon the mouth of a river		0.001	0.032	0.025	0.048	0.222
Jung Rang Chon the mouth of a river		0.001	0.021	0.045	0.123	0.310
Pan Po Chon the mouth of a river		0.001	0.033	0.011	0.012	0.092
Uk Chon the mouth of a river		0.001	0.022	0.013	0.019	0.008
Bul Kwang Chon the mouth of a river		0.001	0.026	0.011	0.018	0.130
An Yang Chon the mouth of a river		0.001	0.025	0.039	0.106	0.334
Nan Gi a sewage disposal plant		0.002	0.024	0.035	0.053	0.112
An Yang a sewage disposal plant		0.002	0.035	0.055	0.164	0.178
Chang Nung Chon the mouth of a river		0.001	0.043	0.017	0.015	0.076

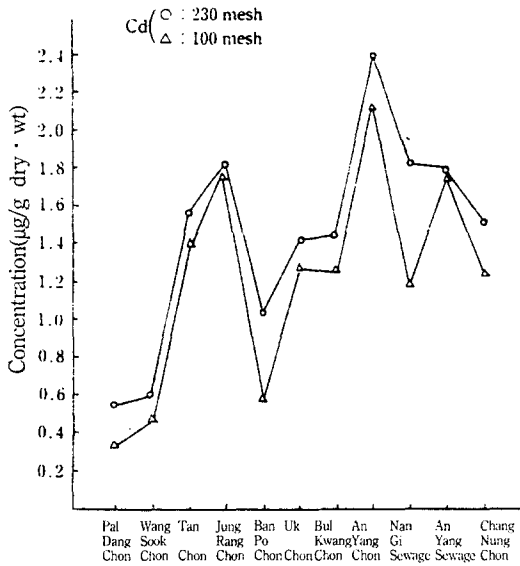


Fig 4. Average concentration of Cd on particle size, to 100/230 mesh in Sediments on each sampling area.

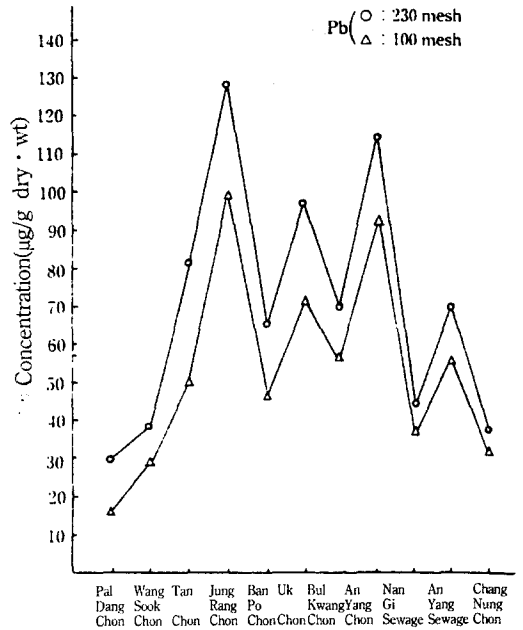


Fig 5. Average concentration of Pb on particle size, to 100/230 mesh in Sediments on each sampling area.

Yamato⁶⁾ 등의 추방호 퇴적물에서 Cd 함량 0.56~4.27 µg/g 이⁷⁾ 등의 금호강 하상퇴적오니 중에서 Cd 함량 0.182~5.361 µg/g 보다는 낮은 수치를 나타냈다.

Cd 오염의 대표적 증독사건은 1929년경부터 1946년사이 일본 신통천유역에서 아연, 납광산의 배수중의 높은 양의 카드뮴이 함유되어 하천을 오염시키고 이 하천을 이용한 농산물(쌀, 콩 등)에 축적되어 먹이연쇄(Food-Chain)에 의하여 주민들에게서 ItaiItai 병을 발생한 예가 있다.

지천별 Cd 함량은 안양천 중량천 난지하수처리장 순으로 높게 나타난 바 이는 대부분 이들 지천유역이 공장폐수가 많이 유입되는 지역으로 인한 원인으로 사료된다.

2. 납

한강 수질중의 납함량은 팔당이 0.010 mg

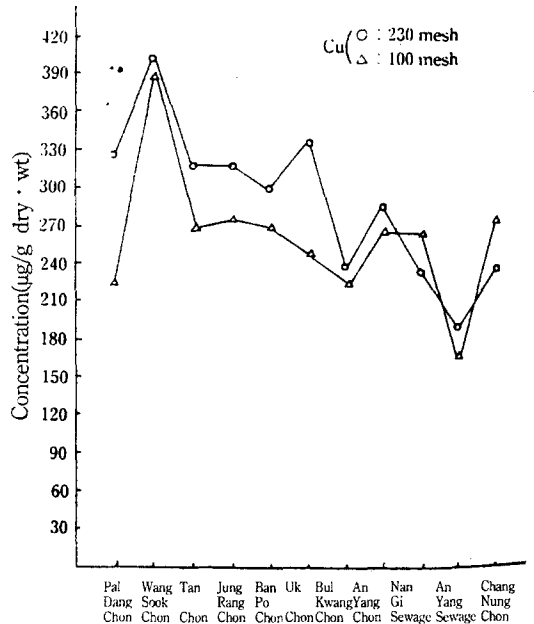


Fig 6. Average concentration of Cu on particle size, to 100/230 mesh in Sediments on each sampling area.

Table 3. Concentration of Cd on each sampling area particle sizes in the sediment of the Han River.

(unit : $\mu\text{g/g}$ dry wt)

Station	Sediment(mesh)	Area	1	2	3	4	5	Mean \pm S.D
Pal Dang Chon	100		0.300	0.300	0.300	0.325	0.350	0.315 \pm 0.022
	230		0.450	0.413	0.413	0.575	0.950	0.560 \pm 0.228
Wang Sook Chon	100		0.400	0.575	0.400	0.375	0.375	0.425 \pm 0.085
	230		0.495	1.100	0.480	0.450	0.510	0.607 \pm 0.276
Tan Chon	100		1.600	1.550	1.400	1.000	1.450	1.400 \pm 0.237
	230		1.650	1.600	1.500	1.600	1.540	1.578 \pm 0.058
Jung Rang Chon	100		1.950	1.800	1.875	1.425	1.625	1.735 \pm 0.211
	230		2.100	1.925	2.008	1.320	1.678	1.806 \pm 0.314
Pan Po Chon	100		0.625	0.525	0.475	0.675	0.599	0.560 \pm 0.086
	230		1.170	0.945	0.945	1.035	1.100	1.039 \pm 0.098
Uk Chon	100		1.150	1.000	1.350	1.450	1.400	1.270 \pm 0.189
	230		1.350	1.250	1.400	1.560	1.490	1.410 \pm 0.121
Bul Kwang Chon	100		1.150	1.300	1.150	1.350	1.350	1.260 \pm 0.102
	230		1.500	1.500	1.300	1.440	1.370	1.422 \pm 0.087
An Yang Chon	100		2.200	1.800	2.050	2.700	1.900	2.130 \pm 0.353
	230		2.450	1.950	2.300	2.900	2.450	2.410 \pm 0.342
Nan Gi Sewage	100		1.050	1.100	1.300	1.300	1.100	1.170 \pm 0.120
	230		1.440	1.944	1.860	1.920	1.800	1.793 \pm 0.205
An Yang Sewage	100		2.000	1.600	1.600	1.625	1.950	1.755 \pm 0.202
	230		2.035	1.650	1.740	1.680	1.740	1.769 \pm 0.154
Chang Nung Chon	100		1.300	1.500	1.250	1.000	1.000	1.210 \pm 0.213
	230		1.320	1.560	1.620	1.560	1.380	1.488 \pm 0.130

l로 낮게 나타났으며 하류지역인 창릉천에서 0.043 mg/l로 가장 높게 나타났다.

각지천별 저질층의 납함량은 Table 4와 같이 팔당이 100 mesh에서 평균 15.80 \pm 3.018 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮으며 중량천이 230 mesh에서 129.64 \pm 14.914 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높게 나타났다. 이는 평광⁸⁾이 보고한 일본의 신통천(상류에 광산지역) 저질층의 76~216 $\mu\text{g/g}$ 보다는 낮은 수준이며 김⁹⁾ 등이 중량천 유역 저니토층의 76.056~85.983 $\mu\text{g/g}$ 범위보다는 다소 높은 수준의 농도치를 보여주었다. 납의 함량도 중량천 안양천 옥천 순으로 높은 농도를 보였다.

3. 구 리

한강 수질층의 구리함량은 팔당 0.006 mg/l 반포천 0.011 mg/l 불광천 0.011 mg/l로 낮게 나타났으며 안양하수처리장이 0.055 mg/l 중량천이 0.045 mg/l로 다른 지역보다 높은 구리농도를 보였다.

Table 5에서 저질층의 구리함량은 13.82~372.26 $\mu\text{g/g}$ 범위를 나타냈으며 이는 김⁹⁾ 등이 중량천 저니토층의 구리함량 40.713~228.209 $\mu\text{g/g}$ Abernathy¹⁰⁾ 등의 Fontana Lake의 Sediment 층의 구리함량 53 $\mu\text{g/g}$, Yamato⁶⁾ 등의 추방호 퇴적물층의 구리함량 150 $\mu\text{g/g}$ 보다는 높은 수치를 보였다.

그러나 이⁷⁾ 등의 금호강 하상퇴적오니중의 구리함량 8.3~1430.0 µg/g 보다는 낮은 구리함량을 나타냈다. 구리함량의 입도별 분포도 Fig 6 에서와 같이 230 mesh 에서의 구리함량이 100 mesh 보다 높은 농도를 보였다. 지천별 농도는 중량천 안양천 안양하수처리장의 순으로 높은 구리함량을 나타냈다.

4. 아 연

지천별 아연함량은 상류지역인 팔당이 0.007 mg/l 로 가장 낮은 수치를 보였으며 공장폐수가 많은 안양하수처리장 0.164 mg/l 중량천 0.123 mg/l 로 비교적 높은 아연 함량을 나타냈다.

Table 6 에서와 같이 저질층의 아연함량은 평균 58.40±9.005~925.40~195.269 µg/g 범위를 보였다. 이는 MAjamal¹⁰⁾ 등의 Gangas 강 Nardra 유역의 아연함량 60.15~67.36 µg/g Polprasert¹¹⁾의 Thailand Chophraya river 저질층 아연함량 103~108 µg/g 보다는 높은 아연함량을 보였다. 그러나 이⁷⁾ 등이 보고한 금호강 저질층의 아연함량 11.2~1608.1 µg/g 보다는 낮은 아연함량을 나타냈다.

각지천별 저질층 아연함량은 중량천 안양천 탄천 안양하수처리장의 순으로 높게 나타났다.

5. 망 간

한강 수질중 Mn 함량은 육천이 0.008 mg/l 팔당이 0.028 mg/l 로 비교적 낮은 수치를 보였으며 안양천이 0.334 mg/l 중량천이 0.310 mg/l로 다른 지역보다 높은 망간농도를 보였다.

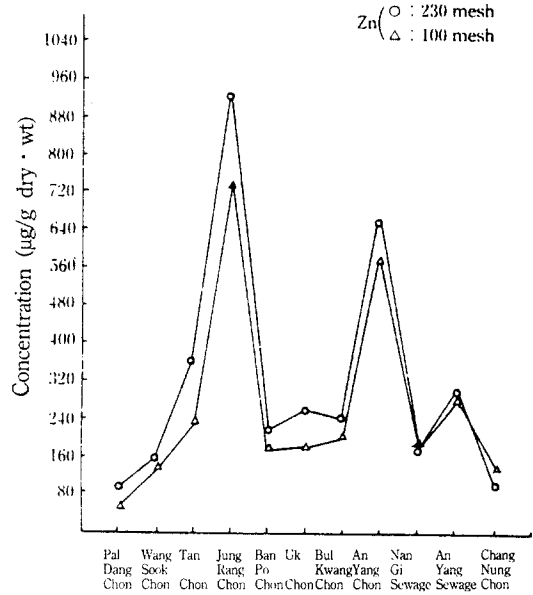


Fig 7. Average concentration of Zn on particle size, to 100/230 mesh in Sediments on each sampling area.

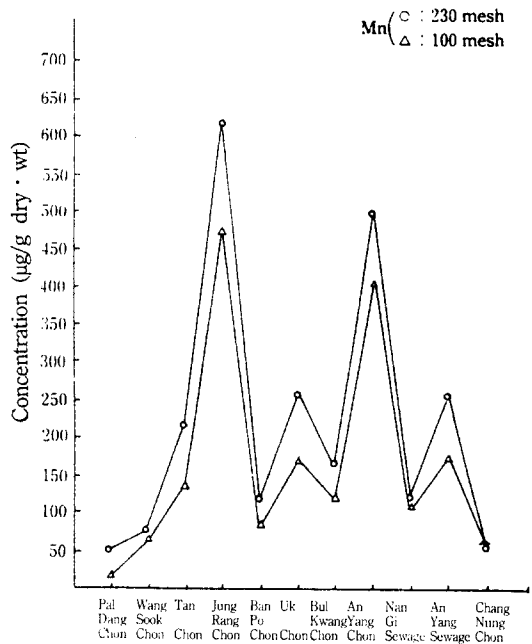


Fig 8. Average concentration of Mn particle size, to 100/230 mesh in Sediments on each sampling area.

Table 4. Concentration of Pb on each sampling area particle sizes in the sediment of the Han River.
(unit : $\mu\text{g/g}$ dry wt)

Station	Sediment(mesh)	Area	1	2	3	4	5	Mean \pm S.D
Pal Dang Chon	100	11.23	17.38	17.88	14.23	18.30	15.86 \pm	3.018
	230	22.35	26.25	28.75	24.00	49.93	30.26 \pm	11.259
Wang Sook Chon	100	29.25	30.10	29.60	28.58	29.50	29.41 \pm	0.556
	230	34.87	43.88	35.88	39.66	37.03	38.26 \pm	3.613
Tan Chon	100	56.00	65.70	36.20	53.25	36.65	49.56 \pm	12.852
	230	75.95	103.50	70.13	74.90	78.75	80.65 \pm	13.149
Jung Rang Chon	100	129.90	104.10	87.75	98.13	77.53	99.48 \pm	19.799
	230	136.40	133.60	132.80	141.70	103.70	129.64 \pm	14.914
Pan Po Chon	100	66.45	33.73	38.45	51.70	36.55	45.38 \pm	13.653
	230	88.07	53.24	54.95	70.02	57.60	64.78 \pm	14.588
Uk Chon	100	49.30	81.15	87.85	43.20	98.30	71.96 \pm	24.348
	230	93.50	104.80	139.00	50.88	100.70	97.78 \pm	31.523
Bul Kwang Chon	100	54.15	53.90	58.65	50.75	60.90	55.67 \pm	4.058
	230	68.20	68.60	70.35	65.85	73.75	69.35 \pm	2.937
An Yang Chon	100	102.30	77.15	88.50	100.60	94.40	92.59 \pm	10.208
	230	134.80	97.05	110.40	126.40	109.40	115.61 \pm	14.957
Nan Gi Sewage	100	32.45	37.85	43.25	40.10	30.75	36.88 \pm	5.222
	230	36.36	41.16	49.50	48.78	44.34	44.03 \pm	5.469
An Yang Sewage	100	52.35	64.20	49.00	51.30	60.10	53.39 \pm	6.454
	230	71.39	82.05	59.15	59.40	77.80	69.96 \pm	10.465
Chang Nung Chon	100	25.15	35.15	27.10	36.25	39.10	32.55 \pm	6.079
	230	28.50	35.10	32.76	49.56	40.74	37.33 \pm	8.140

Table 5. Concentration of Cu on each sampling area particle sizes in the sediment of the Han River.
(unit : $\mu\text{g/g}$ dry wt)

Station	Sediment(mesh)	Area	1	2	3	4	5	Mean \pm S.D
Pal Dang Chon	100	11.03	15.40	12.90	14.45	15.30	13.82 \pm	1.852
	230	21.45	25.10	20.23	20.93	62.05	29.95 \pm	18.042
Wang Sook Chon	100	47.90	22.80	42.48	39.10	38.13	38.08 \pm	9.358
	230	50.22	36.30	46.32	44.20	43.78	44.16 \pm	5.082
Tan Chon	100	103.40	114.30	50.05	84.95	55.05	81.55 \pm	28.531
	230	144.90	172.20	118.60	135.20	143.50	142.88 \pm	19.446
Jung Rang Chon	100	353.30	325.50	356.30	213.50	193.00	288.32 \pm	78.914
	230	463.60	371.20	399.80	240.00	387.20	372.36 \pm	81.882
Pan Po Chon	100	69.88	36.35	42.48	61.75	43.88	50.87 \pm	14.229
	230	111.90	59.81	62.28	82.80	51.10	73.58 \pm	24.373
Uk Chon	100	104.80	95.65	151.80	52.80	98.10	100.63 \pm	35.195
	230	145.70	160.80	259.30	60.54	148.60	154.99 \pm	70.644
Bul Kwang Chon	100	73.55	68.50	77.55	66.35	83.40	73.87 \pm	6.889
	230	97.10	95.40	100.20	93.05	107.30	98.61 \pm	5.512
An Yang Chon	100	223.10	141.70	184.20	469.00	217.00	247.00 \pm	128.245
	230	336.80	208.90	247.40	475.70	246.00	302.96 \pm	107.428
Nan Gi Sewage	100	48.35	69.45	74.95	70.50	64.15	65.48 \pm	10.318
	230	34.62	64.26	74.52	75.54	97.50	69.26 \pm	22.856
An Yang Sewage	100	118.60	136.10	101.50	105.90	120.70	116.56 \pm	13.634
	230	159.80	179.90	127.80	128.50	177.90	154.78 \pm	25.541
Chang Nung Chon	100	33.40	40.70	33.00	41.45	40.10	37.73 \pm	4.165
	230	30.96	30.36	34.02	45.00	38.94	35.86 \pm	6.137

Table 6. Concentration of Zn on each sampling area particle sizes in the sediment of the Han River.

(unit : $\mu\text{g/g}$ dry wt)

Station	Sediment(mesh)	Area	1	2	3	4	5	Mean \pm S.D
Pal Dang Chon	100		44.35	66.78	54.85	62.13	63.90	58.40 \pm 9.005
	230		71.78	92.90	70.35	71.90	180.50	97.49 \pm 47.340
Wang Sook Chon	100		141.30	138.50	146.40	135.30	140.00	140.30 \pm 4.079
	230		152.70	152.30	151.40	146.20	150.00	150.52 \pm 2.628
Tan Chon	100		282.00	346.10	158.50	232.20	168.00	237.36 \pm 78.857
	230		361.00	499.20	284.40	330.40	356.20	366.24 \pm 80.295
Jung Rang Chon	100		917.30	849.00	933.80	545.80	475.50	744.28 \pm 217.058
	230		113.50	920.80	105.10	622.00	898.20	925.40 \pm 195.269
Pan Po Chon	100		213.10	137.30	139.00	240.80	140.10	174.06 \pm 49.275
	230		324.10	181.80	189.20	257.40	173.10	225.12 \pm 64.637
Uk Chon	100		160.50	176.10	207.60	147.00	200.60	178.36 \pm 25.774
	230		239.30	262.70	355.70	176.80	279.00	262.70 \pm 64.887
Bul Kwang Chon	100		195.30	207.80	216.20	184.10	234.40	207.56 \pm 19.338
	230		233.50	232.70	249.80	216.90	251.80	236.94 \pm 14.297
An Yang Chon	100		534.40	416.80	488.80	989.50	541.00	594.10 \pm 226.552
	230		706.00	492.20	535.40	101.50	583.00	666.32 \pm 210.685
Nan Gi Sewage	100		132.30	194.90	199.30	187.70	144.70	171.78 \pm 30.973
	230		116.60	169.40	193.10	191.90	166.70	167.54 \pm 31.007
An Yang Sewage	100		269.80	328.60	232.60	287.80	313.00	286.36 \pm 37.618
	230		285.00	338.20	238.00	304.00	336.40	300.32 \pm 41.439
Chang Nung Chon	100		115.70	147.00	124.70	145.20	134.90	133.50 \pm 13.373
	230		96.84	109.10	111.40	137.60	123.10	115.61 \pm 15.428

Table 7에서와 같이 저질층의 망간함량은 평균 $271.50 \pm 26.289 \sim 668.30 \pm 97.997 \mu\text{g/g}$ 범위를 나타냈으며 왕숙천이 $668.30 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 망간함량을 보였다, 그러나 청정 지역인 팔당이나 오염된 하류지역의 저질층의 망간함량과의 차이는 별로 없었다.

IV. 결 과

한강 수질 및 저질오염도 조사를 1989년 3월 20일부터 4월 22일까지 실시한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 한강저질의 중금속 함량 범위는 카드뮴

($0.32 \sim 2.41 \mu\text{g/g}$) 납($15.80 \sim 129.64 \mu\text{g/g}$) 구리($13.82 \sim 372.36 \mu\text{g/g}$) 아연($58.40 \sim 925.00 \mu\text{g/g}$) 망간($271.50 \sim 668.30 \mu\text{g/g}$)이었다.

2. 저질조사 지천중 오염 특성은 중량천은 납 구리 아연, 안양천은 카드뮴, 왕숙천은 망간이 각각 높은 농도로 나타났고 특히 중량천 안양천이 모든 항목에서 중금속오염도가 높게 나타났다.

3. 저질층의 중금속 함량은 입경이 미세한 부분이 중금속의 오염도가 높게 나타났으며 오염수준으로 아연>망간>구리>납>카드뮴의 순으로 나타났다.

4. 각저질 채취지점의 수질에서는 카드뮴

Table 7. Concentration of Mn on each sampling area particle sizes in the sediment of the Han River.

(unit : $\mu\text{g/g}$ dry wt)

Station	Sediment(mesh)	Area	1	2	3	4	5	Mean \pm S.D
Pal Dang Chon	100		318.30	486.30	327.80	376.50	372.00	376.18 \pm 66.773
	230		555.00	650.00	470.50	599.00	535.00	542.10 \pm 68.480
Wang Sook Chon	100		525.50	692.30	660.00	660.00	745.00	656.56 \pm 81.085
	230		549.50	805.00	617.40	649.60	720.00	668.30 \pm 97.997
Tan Chon	100		544.50	528.50	364.00	447.50	347.50	446.40 \pm 90.742
	230		575.50	556.00	486.00	514.50	516.50	529.70 \pm 35.722
Jung Rang Chon	100		502.50	507.80	466.30	513.30	318.80	461.74 \pm 81.997
	230		589.60	554.20	492.50	533.80	473.80	528.78 \pm 46.662
Pan Po Chon	100		391.00	408.80	440.50	475.30	483.00	439.72 \pm 40.216
	230		510.80	439.20	496.40	502.00	546.70	499.02 \pm 38.750
Uk Chon	100		343.00	283.50	316.00	758.50	362.50	412.70 \pm 195.576
	230		363.00	368.00	620.00	807.60	648.00	561.32 \pm 192.558
Bul Kwang Chon	100		359.50	359.00	389.00	354.00	393.50	371.00 \pm 18.678
	230		392.70	401.50	389.00	367.50	415.30	393.20 \pm 17.576
An Yang Chon	100		394.50	463.50	402.00	445.00	502.50	441.50 \pm 44.684
	230		445.50	469.00	434.50	467.00	537.00	470.60 \pm 39.868
Nan Gi Sewage	100		442.00	451.00	512.00	479.00	272.50	431.30 \pm 92.881
	230		384.00	369.60	496.80	432.60	275.40	391.68 \pm 81.842
An Yang Sewage	100		282.50	303.50	251.00	238.50	282.00	271.50 \pm 26.289
	230		278.90	303.00	265.00	447.00	283.30	315.44 \pm 74.792
Chang Nung Chon	100		416.50	504.50	455.50	498.00	423.50	459.60 \pm 40.830
	230		363.00	372.00	405.00	427.80	417.00	397.00 \pm 28.256

및 낮은 환경기준 이내였다.

참 고 문 헌

1. 高橋淑子, 西井戸敏夫, 位樂議天: 東京都内 土壤中重金屬 垂直分布, 東京都公害研究所報, 129~134, 1985.
2. 日本藥學會: 衛生 試驗法注解 (底質試驗法) 1986.
3. 環境廳: 環境保全法 1986.
4. Mohammad Ajmal, MujahidA, Aham and AzharA, Nomani: Monitoring of heavy metals in the water and sediments of the GANGA River, INDIA, Wat. Sci, Tech, 19 (9): 107~117, 1987.
5. 權肅杓, 李秀桓: 서울地域의 漢江水質에 관한 調査研究, 漢江生態系, 調査研究報告書, 95~114, 1987.
6. Masno, Yamamoto Watanabe: 諏訪戸 堆積物の重金屬分布, 龍鬚と廢水, 24: 59, 1982.
7. 李禎載, 崔征: 琴湖江 및 그 支流의 河床 堆積汚泥中重金屬(Zn, Cu, Cd, Pb)分布와 그 形態. Korean J. Environ Agric Vol. 5, No. 1, June, 1986.
8. 坂井宏光: 河川におけそ水質および粒徑

- 別 底質中 重金屬の 舉動と外部起因汚染の評價方法に關すそ研究. 用水と廢水, Vol. 29, No. 12 1987.
9. 金教勝, 洪思澳: 中浪川 流域 底泥土 中の 重金屬汚染에 관한 研究, Sungkyun Pharm. J, Vol. 1, pp. 43~52, 1989.
10. A.R. Abernaty, G.L. Larson and R.C. Matthews J.R.: Heavy metals in the surficial sediments of Fontana Lake North Carolina, Water Res., 13 : 351, 1984.
11. Polprasert C.: Heavy metal pollution in the chaophraya river estuary, Thailand Water Res., 16 : 775, 1982.